

令和元年度

広島大学大学院理学研究科・理学部  
統合生命科学研究科（理）  
教育研究成果報告書

広島大学大学院理学研究科評価委員会



# 目 次

## I 数学専攻・数学科

1 数学専攻	I - 1
1-1 専攻の理念と目標	I - 1
1-2 専攻の組織と運営	I - 1
1-3 専攻の大学院教育	I - 2
1-4 専攻の研究活動	I - 4
1-5 その他特記事項	I - 43
2 数学科	I - 44
2-1 学科の理念と目標	I - 44
2-2 学科の組織	I - 44
2-3 学科の学士課程教育	I - 45
2-4 その他特記事項	I - 45

## II 物理科学専攻・物理学科

1 物理科学専攻	II - 1
1-1 専攻の理念と目標	II - 1
1-2 専攻の組織と運営	II - 1
1-3 専攻の大学院教育	II - 3
1-4 専攻の研究活動	II - 13
2 物理学科	II - 125
2-1 学科の理念と目標	II - 125
2-2 学科の組織	II - 125
2-3 学科の学士課程教育	II - 126

## III 化学専攻・化学科

1 化学専攻	III - 1
1-1 専攻の理念と目標	III - 1
1-2 専攻の組織と運営	III - 1
1-3 専攻の大学院教育	III - 7
1-4 専攻の研究活動	III - 19
2 化学科	III - 76
2-1 学科の理念と目標	III - 76
2-2 学科の組織	III - 76
2-3 学科の学士課程教育	III - 78
2-4 その他特記事項	III - 90

## IV 生物科学専攻・基礎生物学プログラム・生物科学科

1 生物科学専攻・基礎生物学プログラム	IV - 1
1-1 専攻・プログラムの理念と目標	IV - 1
1-2 専攻の組織と運営	IV - 1
1-3 専攻の大学院教育	IV - 6

1-4 専攻の研究活動	IV - 11
1-5 その他特記事項	IV - 92
2 生物科学科	IV - 93
2-1 学科の理念と目標	IV - 93
2-2 学科の組織	IV - 93
2-3 学科の学士課程教育	IV - 96
2-4 その他特記事項	IV - 99
<b>V 地球惑星システム学専攻・地球惑星システム学科</b>	
1 地球惑星システム学専攻	V - 1
1-1 専攻の理念と目標	V - 1
1-2 専攻の組織と運営	V - 1
1-3 専攻の大学院教育	V - 2
1-4 専攻の研究活動	V - 5
1-5 その他特記事項	V - 31
2 地球惑星システム学科	V - 32
2-1 学科の理念と目標	V - 32
2-2 学科の組織	V - 32
2-3 学科の学士課程教育	V - 32
<b>VI 数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラム</b>	
1 数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラム	VI - 1
1-1 専攻・プログラムの理念と目標	VI - 1
1-2 専攻・プログラムの組織と運営	VI - 1
1-3 専攻・プログラムの大学院教育	VI - 5
1-4 専攻・プログラムの研究活動	VI - 14
1-5 その他特記事項	VI - 50
<b>VII 生命医科学プログラム</b>	
1 生命医科学プログラム	VII - 1
1-1 プログラムの理念と目標	VII - 1
1-2 プログラムの組織と運営	VII - 1
1-3 プログラムの大学院教育	VII - 3
1-4 プログラムの研究活動	VII - 9
1-5 その他特記事項	VII - 10

※研究活動の記載について

発表論文、講演等のうち、本研究科の教員にはアンダーラインを付しています。また、専攻内で複数の教員があがっている場合には◎印を、複数の専攻にまたがっている場合は○印を、タイトル等の前に付しています。

# I 数学専攻・数学科



# 1 数学専攻

## 1-1 専攻の理念と目標

理学の目的は自然の真理を探究することであり、数学の目的は数学的真理を探究することにある。数学は数千年にわたる伝統を持ち、論理性と普遍性を基軸とした人類文化を代表する学問であり、自然科学・工学の基礎として近代科学文明の発展を支えてきた。近年は数理科学的手法が社会・人文科学へも応用され、コンピュータによる情報社会化の進展も相まって、数学の利用はますます広範かつ高度なものとなってきている。

広島大学大学院理学研究科数学専攻では、自然界に働く普遍的な法則や基本原理の解明に向けて、純粋科学の教育研究を推進し、未来を切り開く新たな知を創造・発展させ、これを継承し、また、教育研究成果を通じて社会に貢献するという広島大学大学院理学研究科の理念に則り、高度な専門的研究活動に参加することによって、将来の数学の発展を担う研究者を養成することを目標とし、同時に現代数学の本質とその学問的・社会的位置づけを理解した教育者、情報化社会のニーズに応える高度な数学的思考能力・創造性を持った人材を養成することを目指す。各分野における専門研究を深化し、国際学術研究の中心的役割を果たすことを希求している。

## 1-2 専攻の組織と運営

数学専攻は、代数数理、多様幾何、数理解析、確率統計、総合数理の5講座で構成されている。さらに代数数理講座には代数数理グループ、多様幾何講座には幾何学グループと位相数学グループ、数理解析講座には数理解析グループ、確率統計講座には確率論グループと数理統計学グループ、総合数理講座には総合数理グループというように、必要に応じて外部の人材も入れて研究グループをつくり研究・教育活動を行っている。運営は数学専攻共通で行われている。

### 1-2-1 教職員

令和元年度

代数数理	教授	木村俊一 島田伊知朗 松本 眞
	准教授	高橋宣能
	助教	飯島 優 (H31.4.1 採用) 鈴木航介 (R1.10.1 採用)
多様幾何	教授	作間 誠 藤森祥一 (R1.9.1 採用)
	准教授	古宇田悠哉 土井英雄
	講師	奥田隆幸
数理解析	助教	久保 亮
	教授	川下美潮 吉野正史
	准教授	滝本和広 平田賢太郎
確率統計	講師	神本晋吾
	教授	井上昭彦 若木宏文 柳原宏和
	准教授	岩田耕一郎 Heewon Park (R1.5.1 採用)
総合数理	助教	中川勝國 (R1.5.1 採用) 伊森晋平
	教授	阿賀岡芳夫 阿部 誠 水町 徹
	准教授	澁谷一博 橋本真太郎 (H31.4.1 昇任)

事務室 桂川信子 下森雅美 窪田庸子

### 1-2-2 教職員の異動

空きポストが生じると、将来計画等を勘案して、採用分野を決定した。新採用の助教はすべて任期がついている。

令和元年度

昇任	平成 31 年 4 月 1 日	橋本真太郎	准教授
採用	平成 31 年 4 月 1 日	飯島 優	助教 (任期 R4.3.31 まで)
	令和元年 5 月 1 日	Heewon Park	准教授
	令和元年 5 月 1 日	中川勝國	助教 (任期 R4.4.30 まで)
	令和元年 9 月 1 日	藤森祥一	教授
	令和元年 10 月 1 日	鈴木航介	助教 (任期 R4.9.30 まで)
退職	令和 2 年 3 月 31 日	作間 誠	教授
	令和 2 年 3 月 31 日	吉野正史	教授
	令和 2 年 3 月 31 日	阿賀岡芳夫	教授
	令和 2 年 3 月 31 日	土井英雄	准教授

### 1-3 専攻の大学院教育

#### 1-3-1 大学院教育の目標とアドミッション・ポリシー

数学的真理に対する強い探究心にあふれ、数学の専門的研究活動に、目的意識と積極性を持ち自発的に参加する学生の入学を期待している。

#### 1-3-2 大学院教育の成果とその検証

令和元年度

博士課程前期：(入学時) 学生数 16 名，定員 22 名，充足率 72.7%  
博士課程後期：(入学時) 学生数 5 名，定員 11 名，充足率 45.5%  
学位 (博士) 取得：4 件

#### 1-3-3 大学院生の国内学会発表実績

令和元年度 … 33 件 (修士の発表 9 件，博士の発表 23 件，修士・博士共同発表 1 件)

#### 1-3-4 大学院生の国際学会発表実績

令和元年度 … 4 件 (修士の発表 1 件，博士の発表 3 件，修士・博士共同発表 0 件)

#### 1-3-5 修士論文発表実績

令和元年度 … 12 件

井口 大幹	Twisted book decompositions and the Goeritz groups (ツイステッドブック分解とゲーリッツ群)
上田 拓登	2 独立変数 1 階連立偏微分方程式の型の標準形と判定法
高口 裕大朗	二次元球面上の一次微分形式のなす空間の SU(2)既約分解
河本 智嗣	正標数の関数体上のガロワ群について
鈴木 裕也	多変数モデルの変数選択



多田 安輝	カンドルの極と代数的連結性について
谷本 真一郎	ジャンプを持つ確率過程に対する確率解析と変額年金保険への応用
永江 幸志郎	Ramanujan の $\tau$ 関数の 49 を法とする合同関係
中嶋 康貴	直接的計算による特異平面曲線の定義方程式の求め方
橋本 康平	ポアソン・ランダム測度
宮下 純平	ホモロジーレンズ空間の 2 重分岐被覆となる $S^1$ 上の曲面束
渡辺 業	Generalization of the Collatz conjecture to $\mathbb{Z}_2$ and its applications (コラッツ予想の $\mathbb{Z}_2$ への一般化とその応用)

### 1-3-6 博士学位

申請基準は以下のとおり。

- (1) 数学または関連する分野における高度な学力を保持していること。
- (2) 数学または関連する分野の発展に寄与する研究能力を有すること。
- (3) 上記(1), (2)を示す博士学位請求論文を提出し、数学専攻における予備審査に合格し、理学研究科教授会において受理されること。博士の学位論文もしくは、その主要な部分が査読付き公刊論文として掲載されているか、または掲載が決定されていること。
- (4) 博士学位請求論文発表会および最終試験において、上記(1), (2)に関して主査を含む3名以上の教員による審査委員会の審査に合格すること。

令和元年度学位授与実績（課程博士4件，論文博士0件）

佐藤 倫治（広島大学大学院理学研究科博士課程後期）

令和元年7月22日

題目：  $C_p$  type criterion for model selection in the generalized estimating equation method  
(一般化推定方程式における  $C_p$  型モデル選択規準)

小田 凌也（広島大学大学院理学研究科博士課程後期）

令和2年3月23日

題目： Consistent variable selection criteria in multivariate linear regression even when dimension exceeds sample size  
(次元数が標本数を超えるときでも多変量線形回帰において一致性をもつ変数選択規準)

杉山 俊（広島大学大学院理学研究科博士課程後期）

令和2年3月23日

題目： Generalized Cousin-I condition and intermediate pseudoconvexity in a Stein manifold  
(Stein多様体での一般化されたCousin-I条件と中間的擬凸性)

道久 寛載（広島大学大学院理学研究科博士課程後期）

令和2年3月23日

題目： Optimal leading term of solutions to wave equations with strong damping terms  
(強摩擦項をもつ波動方程式の解の最適主要項)

### 1-3-7 TAの実績

令和元年度	前期	…	修士	3件
			博士	16件
	後期	…	修士	5件
			博士	10件

### 1-3-8 大学院教育の国際化

数学専攻においては以下のような取り組みを行っている。

- ・大学院生の研究指導においては、外国語の文献の講読をほぼ全員が行っている。また、英語での論文の執筆を推奨し、博士課程後期の大学院生はほぼ全員が実施している。
- ・外国人を招待した場合には、セミナーや談話会などに大学院生を積極的に参加させ、さらに大学院生にも英語での講演をさせるようにしている。
- ・外国人留学生を積極的に受け入れている。

## 1-4 専攻の研究活動

### 1-4-1 研究活動の概要

#### 数学教室談話会

##### 第1回

日時：令和元年5月28日（火），13:00-14:00

場所：大学院理学研究科 B707 号室

講師：中野 張 氏（東京工業大学・情報理工）

題目：確率偏微分方程式の数値解析

##### 第2回

日時：令和元年6月18日（火），13:00-14:00

場所：大学院理学研究科 B707 号室

講師：安井 弘一 氏（大阪大学・情報科学）

題目：4次元多様体の微分構造と幾何学的単連結性

##### 第3回

日時：令和元年6月25日（火），16:00-17:00

場所：大学院理学研究科 B707 号室

講師：田崎 創平 氏（理化学研究所・生命機能科学研究センター）

題目：ニワトリ胚中胚葉細胞集団の動的な移動秩序形成

##### 第4回

日時：令和元年7月16日（火），13:00-14:00

場所：大学院理学研究科 B707 号室

講師：藤井 雅史 氏（広島大学・統合生命）

題目：血糖値制御モデルを用いた血糖値が上がりにくい糖摂取パターンの考察

#### 第5回

日時：令和元年7月23日（火），13:00-14:00

場所：大学院理学研究科 B707 号室

講師：山澤 浩司 氏（芝浦工業大学・デザイン工学）

題目：q-アナログにおける差分-微分方程式の形式解の総和法について

#### 第6回

日時：令和元年10月1日（火），13:00-14:00

場所：大学院理学研究科 B707 号室

講師：藤森 祥一 氏（広島大学・理）

題目：完備極小曲面の全曲率

#### 第7回

日時：令和元年11月5日（火），13:00-14:00

場所：大学院理学研究科 B707 号室

講師：石井 亮 氏（名古屋大学・多元数理）

題目：Exceptional collections on the Hirzebruch surface  $\Sigma_2$

#### 第8回

日時：令和2年2月4日（火），13:00-14:00

場所：大学院理学研究科 B707 号室

講師：河備 浩司 氏（慶應義塾大学・経済）

題目：Central limit theorems for non-symmetric random walks on nilpotent covering graphs

#### 数学専攻構成員主催の研究集会等

##### ○北九州幾何学研究集会2019 [国内]

日程：2019年7月6日～7月7日

場所：九州工業大学 戸畑キャンパス 教育研究1号棟 3D講義室

参加人数：約15名

世話人：澁谷 一博（広島大学），野田 尚廣（九州工業大学），橋永 貴弘（北九州高専）

##### ○第18回広島仙台整数論集会 [国内]

日程：2019年7月9日～7月12日

場所：広島大学理学部（東広島キャンパス）B棟 B707号室

参加人数：約35名

世話人：平之内 俊郎（九州工業大学），飯島 優（広島大学），松本 眞（広島大学），宮谷 和堯（東京電機大学），高橋 浩樹（徳島大学），都築 暢夫（東北大学），雪江 明彦（京都大学）

##### ○The 4th Eastern Asia Meeting on Bayesian Statistics, EAC-ISBA 2019 [国際]

日程：2019年7月13日～7月14日

場所：神戸大学六甲台第1キャンパス

参加人数：約120名

世話人：Kazuhiro Kakamu (Kobe University), Koji Miyawaki (Kwansei Gakuin University), Mototsugu Fukushige (Osaka University), Tsunehiro Ishihara (Osaka University of Economics), Hideo Kozumi (Kwansei Gakuin University), Tsuyoshi Kunihama (Kwansei Gakuin University), Shuhei Mano (The Institute of Statistical Mathematics), Teruo Nakatsuma (Keio University), Yasuhiro Omori (University of Tokyo), Haruhiko Shimizu (Kobe University), Makoto Takahashi (Hosei University), Hisashi Tanizaki (Osaka University), Shintaro Hashimoto (Hiroshima University)

○広島幾何学研究集会 2019 [国内]

日程：2019年10月9日～10月11日

場所：広島大学 大学院先端物質科学研究科

参加人数：約40名

世話人：阿賀岡 芳夫（広島大学），田丸 博士（大阪市立大学），藤森 祥一（広島大学），澁谷 一博（広島大学），久保 亮（広島大学），奥田 隆幸（広島大学）

○研究集会「カンドルと対称空間」 [国内]

日程：2019年12月11日～12月13日

場所：大阪市立大学 理学部 F棟 415号室

参加人数：29名

世話人：鎌田 聖一（大阪大学），河村 建吾（大阪市立大学），奥田 隆幸（広島大学），田丸 博士（大阪市立大学），久保 亮（広島大学）

○合宿セミナー 2019 in 倉敷 [国内]

日程：2019年12月13日～12月15日

場所：くらしき山陽ハイツ（岡山県倉敷市）

参加人数：約25名

世話人：阿賀岡 芳夫（広島大学），奥田 隆幸（広島大学），久保 亮（広島大学），澁谷 一博（広島大学），田丸 博士（大阪市立大学），藤森 祥一（広島大学），権藤 暁則（広島大学 D2），上田 拓登（広島大学M2），高口 裕大朗（広島大学M2），多田 安輝（広島大学M2）

○HMAセミナー・冬の研究会 2020 [国内]

日程：2020年1月31日

場所：広島大学理学部 B棟 B707号室

参加人数：23名

世話人：神本 晋吾（広島大学），佐野 めぐみ（広島大学），滝本 和広（広島大学），山崎 陽平（広島大学），若杉 勇太（広島大学）

## 数学専攻各研究グループにより開催されたセミナー

### ○代数学セミナー

#### 第1回

日時: 2019年6月13日(木), 16:20-17:50  
場所: 理学部 B702 号室  
講師: 長町 一平 氏 (東京大学)  
題目: On homotopy exact sequences for normal algebraic stacks

#### 第2回

日時: 2019年7月19日(金), 16:20-17:50  
場所: 理学部 B701 号室  
講師: 渡辺 業 氏 (広島大学・理)  
題目: Collatz 予想の一般化の試み

#### 第3回

日時: 2019年10月11日(金), 15:00-16:30  
場所: 理学部 B701 号室  
講師: 高橋 宣能 氏 (広島大学・理)  
題目: 代数多様体と接続層 1

#### 第4回

日時: 2019年10月18日(金), 15:00-16:30  
場所: 理学部 B701 号室  
講師: 高橋 宣能 氏 (広島大学・理)  
題目: 代数多様体と接続層 2

#### 第5回

日時: 2019年11月15日(金), 16:20-17:50  
場所: 理学部 B701 号室  
講師: 梶浦 大起 氏 (広島大学・理)  
題目: Association scheme 上の difference set と block design

#### 第6回

日時: 2019年11月22日(金), 16:20-17:50  
場所: 理学部 B701 号室  
講師: 小野 舞子 氏 (岡山大学)  
題目: DG 加群の持ち上げ問題について

#### 第7回

日時: 2019年11月29日(金), 15:00-16:30  
場所: 理学部 B701 号室

講師：星 裕一郎 氏（京都大学）

題目：Hasse-Witt 不変量が非零である次数が小さい正標数代数曲線の巡回被覆の存在

#### 第 8 回

日時：2019 年 12 月 6 日（金），15:00-16:30

場所：理学部 B701 号室

講師：東山 和巳 氏（京都大学）

題目：配置空間の対数充満点と対数因子

#### 第 9 回

日時：2020 年 1 月 17 日（金），15:00-16:30

場所：理学部 B701 号室

講師：Benjamin Collas 氏（Universität Bayreuth）

題目：Moduli spaces of curves, arithmetic and operads

### ○広島大学トポロジー・幾何セミナー

#### 第 1 回

日時：2019 年 4 月 16 日（火），15:00-16:30

場所：理学部 B707 号室

講師：村尾 智 氏（筑波大学）

題目：On non-isotopic tunnels for knots

#### 第 2 回

日時：2019 年 4 月 23 日（火），15:00-16:30

場所：理学部 B707 号室

講師：吉田 はん 氏（奈良高専）

題目：Hidden symmetry of hyperbolic link

#### 第 3 回

日時：2019 年 5 月 14 日（火），15:00-16:30

場所：理学部 B707 号室

講師：古宇田 悠哉 氏（広島大学）

題目：Positive flow-spines and contact 3-manifolds

#### 第 4 回

日時：2019 年 6 月 4 日（火），15:00-16:30

場所：理学部 B707 号室

講師：久保 亮 氏（広島大学）

題目：非コンパクト型対称空間内の等質極小部分多様体

#### 第5回

日時：2019年6月11日（火），15:00-16:30

場所：理学部 B707 号室

講師：古谷 賢朗 氏（東京理科大学）

題目：ある種の Clifford 加群に付随するベキ零リー環の分類とスペクトル幾何への応用

#### 第6回

日時：2019年7月30日（火），15:00-17:30

場所：理学部 B707 号室

講師：宮下 純平 氏（広島大学大学院理学研究科）

題目：レンズ空間の2重分岐被覆となる  $S^1$  上の曲面束

講師：井口 大幹 氏（広島大学大学院理学研究科）

題目：On the mapping class groups of strongly irreducible Heegaard splittings

講師：高口 裕大朗 氏（広島大学大学院理学研究科）

題目：二次元球面上の一次微分形式の  $SU(2)$  既約分解

講師：多田 安輝 氏（広島大学大学院理学研究科）

題目：カンドルの極と代数的連結性について

#### 第7回

日時：2019年10月8日（火），15:00-16:30

場所：理学部 B707 号室

講師：石井 一平 氏

題目：(1,1)-knots and flow-spines

#### 第8回

日時：2019年11月5日（火），15:00-16:30

場所：理学部 B702 号室

講師：軽尾 浩晃 氏（京都大学数理解析研究所）

題目：Bloch 群に値を持つ twist 結び目の reduced Dijkgraaf--Witten 不変量

#### 第9回

日時：2019年11月12日（火），15:00-16:30

場所：理学部 B702 号室

講師：斎藤 敏夫 氏（上越教育大学）

題目：3-manifolds as viewed from virtual knot diagrams

#### 第10回

日時：2019年11月26日（火），16:00-17:30

場所：理学部 B702 号室

講師：牛島 顕 氏（金沢大学）

題目：余有限体積フックス群に対する exceptional な基点の存在について

#### 第 11 回

日時：2019 年 12 月 10 日（火），15:00-16:30

場所：理学部 B707 号室

講師：藤森 祥一 氏（広島大学）

題目：3 次元ド・ジッター空間の平均曲率 1 カテナノイド

#### 第 12 回

日時：2020 年 1 月 14 日（火），15:00-16:30

場所：理学部 B707 号室

講師：見村 万佐人 氏（東北大学）

題目：ルボツキーとヴァイスの予想について

#### 第 13 回

日時：2020 年 3 月 13 日（金），15:00-16:30

場所：理学部 B707 号室

講師：中川 勝國 氏（広島大学）

題目：Compactness of transfer operators and its application to the spectral representation of Ruelle zeta functions

#### ○広島数理解析セミナー

##### 第 233 回

日時：2019 年 5 月 10 日（金） 16:30 – 17:30

場所：広島大学理学部 B707

講師：林 雅行 氏（京都大学）

題目：Variational approach for nonlinear Schrödinger equations with derivative : Global existence

##### 第 234 回

日時：2019 年 5 月 24 日（金） 16:30 – 17:30

場所：広島大学理学部 B707

講師：清瀬 周 氏（神戸大学）

題目：定電磁場内の  $N$  体量子系に対する Avron-Herbst 型公式についての所見

(Remarks on the Avron-Herbst type formula for  $N$ -body quantum systems in constant electric and magnetic fields)

##### 第 235 回

日時：2019 年 6 月 7 日（金） 16:30 – 17:30

場所：広島大学理学部 B707

講師：福田 一貴 氏（北海道大学）

題目：移流項を伴う消散型波動方程式の解の漸近挙動



第 236 回

日時：2019 年 6 月 28 日（金） 16:30 – 17:30

場所：広島大学理学部 B707

講師：藤嶋 陽平 氏（静岡大学）

題目：Global in time solvability for a semilinear heat equation without the self-similar structure

第 237 回

日時：2019 年 7 月 26 日（金） 16:30 – 17:30

場所：広島大学理学部 B707

講師：中村 謙太 氏（九州大学）

題目：p-Sobolev 流の正則性評価とその応用

第 238 回

日時：2019 年 11 月 1 日（金） 16:30 – 17:30

場所：広島大学理学部 B707

講師：山添 祥太郎 氏（京都大学）

題目：Pitchfork bifurcations and spectral stability of solitary waves in coupled nonlinear Schrödinger equations

第 239 回

日時：2019 年 12 月 6 日（金） 15:00 – 17:30

場所：広島大学理学部 B707

15:00 – 16:00

講師：橋詰 雅斗 氏（愛媛大学）

題目：Trudinger-Moser 不等式に関する最大化問題におけるコンパクト項の影響

16:30 – 17:30

講師：菊池 弘明 氏（津田塾大学）

題目：Ground states to combined power-type nonlinear Schrödinger equations in three space dimensions

第 240 回

日時：2019 年 12 月 13 日（金） 15:10 – 17:40

場所：広島大学理学部 B707

15:10 – 16:10

講師：佐野 めぐみ 氏（広島大学）

題目：Minimization problem associated with an improved Hardy-Sobolev type inequality

16:40 – 17:40

講師：若杉 勇太 氏（広島大学）

題目：空間変数に依存する摩擦項をもつ波動方程式の解の漸近挙動について

第 241 回

日時：2020 年 2 月 7 日（金） 15:00 – 17:30

場所：広島大学理学部 B707

15:00 – 16:00

講師：白木 尚武 氏 (埼玉大学)

題目：Klein-Gordon 方程式に対するいくつかの双線形時空間評価とその最良定数  
16:30 – 17:30

講師：内免 大輔 氏 (室蘭工業大学)

題目：2次元臨界非線形楕円型方程式の球対称符号変化解の集中コンパクト現象  
について

## ○広島複素解析セミナー

### 第1回

日時：2019年6月21日(金), 16:30-18:00

場所：広島大学理学部 B 棟 707 教室

講師：蛭子 彰仁 氏 (千葉工業大学情報科学部)

題目：差分方程式の変換公式とその応用

### 第2回

日時：2019年7月5日(金), 16:30-18:00

場所：広島大学理学部 B 棟 707 教室

講師：佐々木 真二 氏 (芝浦工業大学建築学部)

題目：完全 WKB 解析における標準形の理論について

### 第3回

日時：2019年10月25日(金), 16:30-18:00

場所：広島大学理学部 B 棟 707 教室

講師：山中 祥五 氏 (京都大学大学院情報学研究科)

題目：2次元微分方程式系の可積分性と Poincaré-Dulac 標準形への変換の収束性

### 第4回

日時：2020年1月9日(木), 14:35-17:50

場所：広島大学理学部 B 棟 707 教室

講師：小見山 尚 氏 (名古屋大学大学院多元数理科学研究科)

題目：多重ゼータ値と mould 理論

## ○広島確率論・力学系セミナー

日時：2019年4月10日(水), 15:00-16:30

場所：広島大学理学部 B 棟 7階 B701 室

講師：中川 勝國 氏 (広島大学理)

題目：Remark on Decomposition of Normal Operators due to Riesz and Lorch

日時: 2019年4月17日(水), 15:00-16:30  
場所: 広島大学理学部 B棟7階 B701室  
講師: 井上 昭彦 氏 (広島大学理)  
題目: 多変量 ARMA 過程の有限予測係数に対する閉形式表示の応用

日時: 2019年5月8日(水), 15:00-16:30  
場所: 広島大学理学部 B棟7階 B701室  
講師: 井上 昭彦 氏 (広島大学理)  
題目: 多変量 ARMA 過程の有限予測係数に対する閉形式表示の応用 (2)

日時: 2019年5月15日(水), 15:00-16:30  
場所: 広島大学理学部 B棟7階 B701室  
講師: 中川 勝國 氏 (広島大学理)  
題目: スペクトル行列式としてのゼータ関数の明示公式

日時: 2019年7月24日(水), 15:00-16:30  
場所: 広島大学理学部 B棟7階 B701室  
講師: 井上 昭彦 氏 (広島大学理)  
題目: テプリッツ行列の逆行列

日時: 2019年8月7日(水), 15:00-16:30  
場所: 広島大学理学部 B棟7階 B701室  
講師: 中川 勝國 氏 (広島大学理)  
題目: スペクトル行列式としてのゼータ関数の明示公式(2)

日時: 2019年10月16日(水), 15:00-16:30  
場所: 広島大学理学部 B棟7階 B707室  
講師: 中田 寿夫 氏 (福岡教育大学)  
題目: 超ペテルスブルグゲームの極限定理

日時: 2019年10月23日(水), 15:00-16:30  
場所: 広島大学理学部 B棟7階 B701室  
講師: 井上 昭彦 氏 (広島大学理)  
題目: テプリッツ系に対するアルゴリズム

日時: 2019年10月30日(水), 15:00-16:30  
場所: 広島大学理学部 B棟7階 B701室  
講師: 井上 昭彦 氏 (広島大学理)  
題目: テプリッツ系に対するアルゴリズム 2

日時: 2019年11月6日(水), 15:00-16:30  
場所: 広島大学理学部 B棟7階 B701室  
講師: 井上 昭彦 氏 (広島大学理)

題目: テプリッツ系に対するアルゴリズム 3

日時: 2019年11月13日(水), 15:00-16:30

場所: 広島大学理学部 B 棟 7 階 B701 室

講師: 中川 勝國 氏 (広島大学理)

題目: スペクトル行列式としてのゼータ関数の明示公式(3)

日時: 2019年11月27日(水), 15:00-16:30

場所: 広島大学理学部 B 棟 7 階 B701 室

講師: 中川 勝國 氏 (広島大学理)

題目: スペクトル行列式としてのゼータ関数の明示公式(4)

日時: 2019年12月4日(水), 15:00-16:30

場所: 広島大学理学部 B 棟 7 階 B707 室

講師: 中川 勝國 氏 (広島大学理)

題目: スペクトル行列式としてのゼータ関数の明示公式(5)

日時: 2019年12月11日(水), 15:00-16:30

場所: 広島大学理学部 B 棟 7 階 B701 室

講師: 中川 勝國 氏 (広島大学理)

題目: スペクトル行列式としてのゼータ関数の明示公式(6)

日時: 2020年2月10日(月), 13:00-14:00

場所: 広島大学理学部 C 棟 6 階 C624 室

講師: 橋本 康平氏 (広島大学理)

題目: ポアソン・ランダム測度

講師: 谷本 真一郎 氏 (広島大学理)

題目: ジャンプを持つ確率過程に対する確率解析と変額年金保険への応用

## ○広島統計グループ金曜セミナー

### 第1回

日時: 2019年4月12日(金), 15:00-16:00

場所: 大学院理学研究科 C816 号室

講師: 柳原 宏和 氏 (広島大学・理)

題目: High-dimensionality adjusted asymptotically loss efficient GCp criterion in normal multivariate linear regression models

### 第2回

日時: 2019年5月10日(金), 15:00-16:00

場所: 大学院理学研究科 C816 号室

講師: 山田 宏 氏 (広島大・社会科学)

題目: Whittaker-Henderson Graduation and Graph Spectral Filtering

第3回

日時: 2019年5月24日(金), 14:40-15:40

場所: 大学院理学研究科 B707 号室

講師: 高島 哲也 氏 (広島大・社会科学)

題目: ボラティリティ変動はラフか?

第4回

日時: 2019年6月21日(金), 15:00-16:00

場所: 大学院理学研究科 C816 号室

講師: Xibin Zhang 氏 (Monash University)

題目: Hypothesis testing based on a vector of statistics

第5回

日時: 2019年7月26日(金), 15:00-16:00

場所: 大学院理学研究科 C816 号室

講師: Heewon Park 氏 (広島大・情報科学)

題目: Sparse modeling for personalized anti-cancer therapy

第6回

日時: 2019年10月18日(金), 15:00-16:00

場所: 大学院理学研究科 C816 号室

講師: 稲津 佑 氏 (理化学研)

題目: Black-box 関数に対するガウス過程を用いたレベルセット推定のための能動学習について

第7回

日時: 2019年11月1日(金), 15:00-16:00

場所: 大学院理学研究科 C816 号室

講師: 栗田 高光 氏 (福岡大・経済)

題目: Partial cointegrated vector autoregressive models with structural breaks in deterministic terms

第8回

日時: 2019年11月8日(金), 15:00-16:00

場所: 大学院理学研究科 C816 号室

講師: 菅澤 翔之助 氏 (東京大・空間情報)

題目: Weighted Complete Estimating Equation によるロバスト推定

第9回

日時: 2019年11月15日(金), 15:00-16:00

場所: 大学院理学研究科 C816 号室

講師: 矢野 恵佑 氏 (東京大・情報理工)

題目: Exact minimax estimation and prediction for high dimensional sparse count data

#### 第10回

日時: 2019年12月20日(金), 15:00-16:00

場所: 大学院理学研究科 C816 号室

講師: 鈴木 裕也 氏 (広島大・理)

題目: 多変量線形回帰における discrete first-order algorithm を用いた変数選択法の提案

#### 第11回

日時: 2020年1月10日(金), 15:00-16:00

場所: 大学院理学研究科 C816 号室

講師: 小田 凌也 氏 (広島大・情報科学)

題目: Consistency of variable selection criteria in high-dimensional multiple responses linear regression

#### 第12回

日時: 2020年1月31日(金), 15:00-16:00

場所: 大学院理学研究科 C816 号室

講師: 二宮 嘉行 氏 (統計数理研)

題目: 疑似相関を用いた多重性調整

#### 第13回

日時: 2020年3月13日(金), 15:00-16:00

場所: 大学院理学研究科 C816 号室

講師: 林 賢一 氏 (慶應義塾大・理工)

題目: The power-IDI: a quantification of the incremental predictive value based on the integrated discrimination improvement

#### ○広島統計談話会

#### 第316回

日時: 2019年4月19日(金) 15:00-16:00

場所: 放射線影響研究所 講堂

講師: キズメット A. コルドバ 氏 (放射線影響研), ジョン B. コローン 氏 (放射線影響研)

題目: 構造回帰モデルによる指標に対する共変量効果の解釈可能な推定

#### 第317回

日時: 2019年6月7日(金) 15:00-16:00

場所: 放射線影響研究所 講堂

講師: 廣瀬 慧 氏 (九州大・マス・フォア・インダストリ研)

題目: 正則化因子分析による単純構造推定

#### 第318回

日時: 2019年10月4日(金) 15:00-16:00

場所：放射線影響研究所 講堂

講師：大谷 敬子 氏（広島大・平和センター）

題目：コバルト 60 ガンマ線単一外照射によるラット運動量の経時的変化の統計解析-非線形混合モデルを用いて-

#### 第 319 回

日時：2019 年 10 月 25 日（金）15:00-16:00

場所：放射線影響研究所 E-205 会議室

講師：松井 秀俊 氏（滋賀大・データサイエンス学部）

題目：関数データに基づく判別モデルの変数選択と遺伝子発現データ分析への応用

#### 第 320 回

日時：2019 年 12 月 6 日（金）15:00-16:00

場所：放射線影響研究所 講堂

講師：小向 翔 氏（大阪大・医学系研究科）

題目：地域がん登録データ解析における頑健なネット生存率推測法

#### 第 321 回

日時：2019 年 12 月 13 日（金）15:00-16:00

場所：放射線影響研究所 講堂

講師：林 賢一 氏（慶應義塾大・数理科学科）

題目：Power-IDI：IDI に基づく予測能改善の定量化

#### 学術団体からの受賞実績

令和元年度 … 0 件

#### 学生の受賞実績

令和元年度 … 1 件

- ・ 小田凌也，理学研究科長表彰，広島大学理学研究科，2020 年 3 月

#### 国際交流実績

- ・ 島田伊知朗：外国からの招聘，Davide Veniani（ドイツ），Simon Brandhorst（ドイツ），2019 年 5 月 12 日-5 月 19 日。
- ・ 藤森祥一：外国からの招聘，Korea University（韓国），2019 年 10 月 4 日-10 月 7 日。
- ・ 古宇田悠哉：研究者招聘，Sangbum Cho（Hanyang University，韓国），2019 年 4 月 21 日-4 月 28 日。
- ・ 古宇田悠哉：外国からの招聘，Hanyang University，2019 年 9 月 8 日-9 月 13 日。
- ・ 古宇田悠哉：研究者招聘，Sangbum Cho（Hanyang University，韓国），2019 年 10 月 25 日-10 月 29 日。
- ・ 久保 亮：外国からの招聘，サンティアゴ・デ・コンポステーラ大学（スペイン），2019 年 10 月 26 日-11 月 1 日。
- ・ 阿賀岡芳夫：研究者招聘，Hans Jakob Rivertz（Norwegian University of Science and Technology，ノルウェー）

ルウェー), 2019年4月28日-5月6日.

- ・ 水町 徹: 外国からの招聘, Banff International Research Center (カナダ), 2019年6月30日-7月5日.
- ・ 水町 徹: 外国からの招聘, Fields Institute(カナダ), 2019年5月21日-5月25日.

## 国際共同研究・国際会議開催実績

令和元年度 … 国際会議開催 1件(「数学専攻構成員主催の研究集会等」に記載)  
国際共同研究 17件

- ・ 島田伊知朗 (国際共同研究): Igor Dolgachev (Michigan大学, アメリカ)
- ・ 島田伊知朗 (国際共同研究): Davide Veniani (Mainz大学, ドイツ)
- ・ 島田伊知朗 (国際共同研究): Simon Brandhorst (Saarland大学, ドイツ)
- ・ 高橋宣能 (国際共同研究): Jinwon Choi (Sookmyung Women's University, 韓国)
- ・ 高橋宣能 (国際共同研究): Michel van Garrel (University of Warwick, イギリス)
- ・ 高橋宣能 (国際共同研究): Sheldon Katz (University of Illinois at Urbana-Champaign, アメリカ)
- ・ 作間 誠 (国際共同研究): John Parker (Durham University, イギリス)
- ・ 藤森祥一 (国際共同研究): Peter Connor (Indiana University South Bend, アメリカ)
- ・ 藤森祥一 (国際共同研究): Seong-Deog Yang (Korea University, 韓国)
- ・ 古宇田悠哉 (国際共同研究): Sangbum Cho (Hanyang University, 韓国)
- ・ 古宇田悠哉 (国際共同研究): Junghoon Lee (Chonbuk National University, 韓国)
- ・ 古宇田悠哉 (国際共同研究): Bruno Martelli (University of Pisa, イタリア)
- ・ 奥田隆幸 (国際共同研究): Zhao Da (上海交通大学, 中国)
- ・ 久保 亮 (国際共同研究): Victor Sanmartin-Lopez (サンティアゴ・デ・コンポステーラ大学, スペイン)
- ・ 若木宏文 (国際共同研究): V. V. Ulyanov (モスクワ大学, ロシア)
- ・ 伊森晋平 (国際共同研究): Dietrich von Rosen (Swedish University of Agricultural Sciences, スウェーデン)
- ・ 伊森晋平 (国際共同研究): Ching-Kang Ing (National Tsing Hua University, 台湾)

## RAの実績

令和元年度 … 13件

- 上野 卓 ガロア群の実例の計算
- 植松 香介 代数体・代数曲線・代数曲面とその自己同型に関する研究
- 大石 峰暉 Fused Lasso に基づく隣接地域位置効果のクラスタリング
- 川又 将大 外微分式系を用いたモンジュ・アンペール方程式の研究
- 是枝 由統 代数体・代数曲線・代数曲面とその自己同型に関する研究
- 権藤 曉則 非コンパクト対称空間上の群作用の幾何
- 近藤 裕司 擬リーマン対称空間上の群作用の幾何
- 坂井 駿介 CAT(0)立方複体を用いた交代絡み目の研究
- 佐藤 倫治 一般化線形混合モデルに関する漸近理論
- 杉山 俊 複素多様体における中間的擬凸性の研究
- 道久 寛載 可微分性の損失が起こる波動方程式の解の漸近解析



吉田 雄亮 代数体・代数曲線・代数曲面とその自己同型に関する研究  
米田 好佑 正標数における双対曲線

## 1-4-2 個人別の研究活動の概要, 発表論文, 講演等

### 代数数理講座

木村俊一 (教授)

#### ○研究概要

正標数多項式環上の Collatz 予想および Lagarias Q-関数の研究に着手した。標数 2 の場合に Collatz 予想が成立することの別証明と一般化を与え, さらにべき級数  $F$  の  $Q$  関数が有理関数となるための必要十分条件が  $F$  自身が有理関数であることを証明した。多項式環上 2 次及び 4 次の代数的関数で,  $Q$  関数も代数的になる例を構成した。

島田伊知朗 (教授)

#### ○研究概要

計算機を用いて  $K3$  曲面およびエンリケス曲面の研究を行った。

#### ○論文

- Igor Dolgachev and Ichiro Shimada. 15-nodal quartic surfaces. Part II: The automorphism group. To appear in Rend. Circ. Mat. Palermo (2).
- Ichiro Shimada and Davide Cesare Veniani. Enriques involutions on singular  $K3$  surfaces of small discriminants. To appear in Ann. Sc. Norm. Super. Pisa Cl. Sci. (5).
- Ichiro Shimada. The elliptic modular surface of level 4 and its reduction modulo 3. To appear in Ann. Mat. Pura Appl. (4).

#### ○総説・解説

- Ichiro Shimada, Computation of automorphism groups of  $K3$  and Enriques surfaces, 日本数学会代数学シンポジウム報告集

#### ○国内学会での講演

- (依頼講演) 島田伊知朗, Computation of automorphism groups of  $K3$  and Enriques surfaces, 代数学シンポジウム, 2019.9.4, 東北大学

松本 眞 (教授)

#### ○研究概要

本年度は, ウェブブラウザで新標準として採用された擬似乱数である, xorshift128+の解析を行い, その非乱数性を明らかにした。まず, xorshift128+を2元体線形近似することにより, 3次元出力において可能な出力に規則性があることを予想した。次に, 数値実験により, 目に見える規則性があることを観測した。この擬似乱数の出力を三つずつ区切り,  $x,y,z$ 軸の座標とすることで3次元立方体内にランダムな点をプロットするが,  $x$ 軸だけを400万倍程度に拡大する(拡大して,  $x$ 軸を400万個に

等分して、うち一つの立方体を見る) と、 $x+y+z=0$ を含む8つの平面の近くにプロットが集中する。この現象を解明するために、排他的論理和と整数和、整数差が上位ビットにて一致する確率を求め、この擬似乱数の出力が前述の平面の近くに落ちる確率が高いことを示した。論文は現在投稿中である。また、既存の擬似乱数として広く使われているメルセンヌツイスターは、2元体線形テストに必ず棄却される。この線形性をなくし、かつ生成スピードを落とさないために、用いられている出力変換の一部を整数乗算と置き換えることを研究した。実際、改良後のメルセンヌツイスターは、線形性テストを含むTestU01のすべてのテストをパスするうえ、改良前のメルセンヌツイスターよりも高速であることが実験で示された。また、高度並列化に対応するため、この改良を行ったメルセンヌツイスターのパラメトリゼーションを行った。各パラメータごとに、対応する擬似乱数の漸化式は異なったものとなるため、各プロセスで違うパラメータを割り付けることによりプロセス間の相関をなくすことができる。

## ○論文

- Hiroshi Haramoto and Makoto Matsumoto, “Checking the quality of approximation of p-values in statistical tests for random number generators by using a three-level test”, *Mathematics and Computers in Simulation*, 161, July 2019, 66-75.

## 高橋宣能 (准教授)

### ○研究概要

1. カンドル多様体上の加群について、カンドル多様体が特に正則  $s$  多様体と呼ばれるものの場合、正則  $s$  多様体上の「正則」な加群と自己同型付き Lie-Yamaguti 代数のある種の表現の間に対応があることがすでに分かっていた。このことについて、さらに詳しく調べ、論文の作成を進めた。具体的には、カンドル多様体の圏と自己同型付き Lie-Yamaguti 代数の圏の対応を用い、それぞれの圏でのアーベル群対象を調べることにより対応を定める方針であったが、今年度は、それぞれの圏での対応について制限を緩める方向での研究を行い、手法を洗練することを目指した。特に、山口による Lie-Yamaguti 代数の表現と拡大の関係を自己同型付きの場合に考え、正確な対応の状況について調べた。
2. 数論的多様体に付随するカンドルについては、これまで主に可換なガロア群を持つ拡大の場合について考えてきたが、今年度は非可換だが可解なガロア群を持つ場合について簡単な例を調べた。
3. 対数的 BPS 不変量と局所 BPS 不変量の関係、および対数的 BPS 不変量の具体的な計算などについての研究を Jinwon Choi 氏、Michel van Garrel 氏、Sheldon Katz 氏との共同で進行しており、その内容について、今年度は2篇の論文を作成した。この中では、対数的状況でのある種の層のモジュライ空間の非特異性や対数的安定写像の具体的な記述など興味深い結果が得られている。これらのうち、1篇は掲載が決定しており、1篇は投稿中である。

## 飯島 優 (助教)

### ○研究概要

双曲的代数曲線の幾何学的基本群の外部自己同形が様々な退化曲線の既約成分に対応する部分群を保てばその外部自己同形はC-許容的、つまりカスプの惰性群を保つことを証明した。この結果を用

いることで星裕一郎氏と望月新一氏による双曲的代数曲線のモジュライスタックの幾何学的 Grothendieck 予想型の結果における  $C$ -許容的という条件を取り除くことができた。

#### ○国際会議での講演

- ・ (招待講演) Yu Iijima, Fundamental groups: Geometry and Arithmetic, 2019 年 8 月, Hefei.

#### 鈴木航介 (助教)

#### ○研究概要

準モンテカルロ法は、通常は単位立方体上の関数に対する数値積分のアルゴリズムである。しかし、積分誤差の解析に用いられるフーリエ解析やウォルシュ解析による関数空間の展開を有限で打ち切ること考えた場合、有限群上の積分を考えることは自然である。とくに格子やデジタルネットは有限群の部分群を考えることに相当する。本年度は、群という設定も取り払い、有限離散空間上の準モンテカルロ法を研究した。予備的な結果として、古典的な Koksma-Hlawka 不等式と関数空間の一意的な展開との間に密接な関係があることを把握した。この結果は、Koksma-Hlawka 不等式を新たな視点から再構築することにつながる結果だと期待している。また将来的には、グラフ上での数値積分への応用や、多様な超一様性の尺度に対応する数値積分などへの発展が期待される。

#### ○総説・解説

- ・ Takashi Goda and Kosuke Suzuki, Recent advances in higher order quasi-Monte Carlo methods, In: D. Bilyk, J. Dick and F. Pillichshammer (eds.), *Discrepancy Theory*, Radon Series on Computational and Applied Mathematics 26, (2020) pp. 69-102.

#### ○国際会議での講演

- ・ (一般講演) Kosuke Suzuki, The 12th International Conference on Monte Carlo Methods and Applications, 2019 年 7 月 12 日, UTS Business School, Sydney, Australia.

#### ○国内学会での講演

- ・ (一般講演) 鈴木航介, 2019 年度応用数学合同研究集会, 2019 年 12 月 14 日, 龍谷大学理工学部.
- ・ (一般講演) 鈴木航介, 第 1 回「乱数・準乱数の数学 (仮)」, 2019 年 10 月 18 日, 東京大学本郷キャンパス.
- ・ (一般講演) 鈴木航介, 愛媛大学代数セミナー, 2019 年 5 月 17 日, 愛媛大学.

#### 多様幾何講座

#### 作間 誠 (教授)

#### ○研究概要

- (1) 秋吉宏尚, 大鹿健一, John Parker, 吉田はん氏との共同研究により, Ian Agol 氏がアナウンスした「3次元双曲空間上の2つの放物的変換が生成する自由でない離散群は, 2橋絡み目群と Heckoid 群に限る」という定理に完全な証明を与えた (論文投稿中: arXiv:2001.09564).

- (2) 相見俊介, Donghi Lee, 坂井駿介氏との共同研究により, Ian Agol 氏がアナウンスした「2 橋絡み目群と Heckoid 群の放物的生成対」の分類定理に完全な証明を与えた (論文投稿中 : arXiv:2001.11662)。
- (3) 古宇田悠哉氏との共同研究により, 3 次元多様体のヘガード曲面に対して「モノドロミー群」を定義し, Hempel 距離と群構造の関係, 分岐ファイバー定理との関係に関する様々な問題を定式化した。

#### ○論文

- Luisa Paoluzzi and Makoto Sakuma and Yoshiyuki Yokota, Prime amphicheiral knots with free period 2. *Proc. Edinburgh Math. Soc.* 63 (2019), 105-138.

#### ○国際会議での講演

- (招待講演) Makoto Sakuma, Topology and Geometry workshop of Low-dimensional manifolds, 2019 年 6 月 6 日～10 日, 石川県政記念しいのき会館.
- (招待講演) Makoto Sakuma, Riemann surfaces and Teichmuller theory, 2019 年 7 月 8 日～12 日, Euler Mathematical Institute, St. Petersburg.
- (招待講演) Makoto Sakuma, Topology and Geometric group Seminar, 2019 年 11 月 19 日, Korea Institute for Advanced Study.
- (招待講演) Makoto Sakuma, Low-dimensional Topology, 2020 年 2 月 17 日～21 日, Mathematisches Forschungsinstitut, Oberwolfach.

#### ○国内学会での講演

- (招待講演) 作間 誠, Chirality, Topology and Knot Theory, 2019 年 10 月 30 日～31 日, 広島大学.

#### 藤森祥一 (教授)

#### ○研究概要

3 次元ユークリッド空間の極小曲面および 3 次元ミンコフスキー空間の平均曲率 0 曲面の大域的性質と特異点に関する研究を行った。

#### ○論文

- S. Fujimori, Y. Kawakami, M. Kokubu, W. Rossman, M. Umehara, K. Yamada, Analytic extension of exceptional constant mean curvature one catenoids in de Sitter 3-space, *Mathematical Journal of Okayama University*, 62 (2020), 179--195.

#### ○国際会議での講演

- (招待講演) S. Fujimori, 2019 Langenhop Lecture and SIU Pure Mathematics Conference, 2019 年 5 月, Southern Illinois University Carbondale (アメリカ).
- (依頼講演) S. Fujimori, Geometric shape generation, 2019 年 5 月, Southern Illinois University Carbondale.

## ○国内学会での講演

- ・ (依頼講演) 藤森祥一, 広島幾何学研究集会 2019, 2019 年 10 月, 広島大学.

## 古宇田悠哉 (准教授)

### ○研究概要

本年度は, 石井一平氏, 石川昌治氏, 直江央寛氏と共同で正フロースパインと接触構造に関する研究を行った。また, 井口大幹氏と共同でツイストブック分解に付随する Heegaard 分解の Goeritz 群の構造を解明した。廣瀬進氏, 井口大幹氏, 金英子氏との共同研究では, 絡み目の橋分解の Goeritz 群を定義し, この諸性質および Heegaard 分解の Goeritz 群の力学系的性質に関する応用の考察を行った。これらについて得られた成果はいずれも arXiv で公開し, 定期刊行専門誌に投稿中である。

### ○論文

- ・ Kenta Funayoshi, Yuya Koda, Extending automorphisms of the genus-2 surface over the 3-sphere, The Quarterly Journal of Mathematics 71 (2020), no. 1, 175-196.
- ・ Daiki Iguchi, Yuya Koda, Twisted book decompositions and the Goeritz groups, Topology and its Applications 272 (2020), 107064.
- ・ Sangbum Cho, Yuya Koda, Jung Hoon Lee, Disk surgery and the primitive disk complexes of the 3-sphere, Topology and its Applications 272 (2020), 107092.

### ○総説・解説

- ・ (書評) 古宇田悠哉『数学セミナー』10月号, 日本評論社 (2019).

## ○国際会議での講演

- ・ (招待講演) 古宇田悠哉, Positive flow-spines and contact 3-manifolds (石井一平氏, 石川昌治氏, 直江央寛氏との共同研究), 研究集会 “Intelligence of Low-dimensional Topology”, 京都大学数理解析研究所, 2019 年 5 月 23 日.

## ○国内学会での講演

- ・ (招待講演) 古宇田悠哉, Positive flow-spines and contact 3-manifolds (石井一平氏, 石川昌治氏, 直江央寛氏との共同研究), 広島大学 トポロジー・幾何セミナー, 広島大学, 2019 年 5 月 14 日.
- ・ (招待講演) 古宇田悠哉, 双曲絡み目の安定写像について (古谷凌雅氏との共同研究), 研究集会「Graph と 3 次元多様体の研究」, 東洋大学箱根保養所, 2019 年 10 月 29 日.

## 土井英雄 (准教授)

### ○研究概要

種数 0 の合同部分群による双曲平面の等質 tilings の list up と graphics により presentations を

研究した。

## 奥田隆幸（講師）

### ○研究概要

$G$  を Lie 群とし,  $X$  を  $G$  が推移的に作用する多様体(等質空間)とする。報告者の研究テーマは,  $(G,X)$ -多様体と呼ばれる種類の多様体をたくさん構成することである。 $(G,X)$ -多様体には  $X$  上の  $G$ -不変な局所構造が移植されるため, 豊富な幾何構造を持つ多様体が得られることになる。 $(G,X)$ -多様体の構成にあたり有用な方法の一つは「 $G$  の部分 Lie 群  $L$  であって  $X$  に固有に作用するものを構成する」というものである。

報告者は特に  $G$  が半単純 Lie 群であり,  $X$  が擬リーマン対称空間であるような場合において, 上記のような  $L$  の構成についての研究を行っている。報告者の以前の研究により,  $L$  が  $SL(2, \mathbb{R})$  と局所同型であるような場合においては, そのような  $L$  の分類や構成についての結果が知られていた。近年はこのような結果を  $L$  が  $SO(n,1)$  や  $SU(n,1)$  と局所同型であるような場合について一般化することを目的として研究を行ってきた。このテーマについての研究方針としては Lie 代数の埋め込みに関するよい不変量を準備するということが重要である。そのような不変量の中でも Dynkin index と呼ばれるものは重要である。Dynkin index は代数的に定義される不変量であるが, 当該年度の研究において, Dynkin index の微分幾何学的な側面の理論整備が行われ(論文準備中), この研究テーマへの応用について研究を進めているところである。また昨年度までの研究と併せて, 特に  $G$  が例外型の場合には  $L$  作用の分類が進んでいる(論文準備中)。

### ○国際会議での講演

- ・ (招待講演) Takayuki Okuda, The 18th OCAMI-RIRCM Joint Differential Geometry Workshop on “Differential Geometry of Submanifolds in Symmetric Spaces and Related Problems”, 2020年2月大阪市立大学(大阪).
- ・ (招待講演) Takayuki Okuda, Sendai Workshop on Combinatorics, 2019年12月, 東北大学(宮城).
- ・ (招待講演) Takayuki Okuda, The 22-nd International Workshop on Differential Geometry of Submanifolds in Symmetric spaces, and The 17-th RIRCM-OCAMI Joint Differential Geometry Workshop, 2019年8月, Kyoungpook National University(大韓民国).

### ○国内学会での講演

- ・ (一般講演) 奥田隆幸, 研究集会「カンドルと対称空間 2019」, 2019年12月, 大阪市立大学(大阪).

## 久保 亮（助教）

### ○研究概要

本年度は, 対称空間内の部分多様体やその一般化であるカンドル内の部分カンドルについて研究を行った。主な研究成果は以下の通りである。

- ・ 非コンパクト実2平面グラスマン多様体内の等質超曲面の接触構造について研究を行った。我々の先行研究により, ある特定の等質超曲面が  $(\kappa, \mu)$  空間と呼ばれる特殊な接触多様体であること



は分かっていたが、それ以外にも非コンパクト実 2 平面グラスマン多様体内の然るべき tube も  $(\kappa, \mu)$  空間であることを示した。

- ・ カンドル内の部分集合に対して、「s-可換」という性質を定義し、そのような性質を持つ部分集合について研究を行った。カンドル内の s-可換部分集合は対称空間の研究で知られていた「極集合」「対蹠集合」を一般化したものである。また、いくつかの対称空間やカンドルに対して、極大な s-可換部分集合を分類・決定した。

#### ○国際会議での講演

- ・ (招待講演) 久保 亮, Symmetry and shape, 2019.10.29, Santiago de Compostela (Spain).

#### ○国内学会での講演

- ・ (依頼講演) 久保 亮, 広島大学トポロジー・幾何セミナー, 2019.06.24, 広島大学.

### 数理解析講座

#### 川下美潮 (教授)

#### ○研究概要

令和元年度からの研究の目標は、時間に依存した微分方程式で記述される逆問題を囲い込み法により研究する際に現れる漸近挙動の解析に対する「局所化」の可能性の考察にある。逆問題では観測データから定められた「指示関数」と呼ばれる関数の解析を通じて媒質内部の情報を得ようとする。この問題はHelmholtz方程式におけるパラメータを純虚数にした定常問題の基本解の漸近挙動を調べる問題に帰着させるが、この方法で得られた結果は、基本解の一部の情報しか用いていない様に見える。これが正しければ、必要となるべき部分だけを取り出せるような解析を行えば、問題の局所化が出来るはずである。これまでの基本解をそのまま用いる解析は上記の「局所化」については全く考慮していないことを意味している。そこで、基本解から逆問題の解析に必要なと思われる部分のみを取り出せるか、もしそれができないのなら、その理由を解明したいというのがこの研究の目標である。

今年度は「局所化」および、誤差評価が可能かどうかについて調査するため、一番単純な場合と考えられる一様な媒質の中にディリクレ境界条件とノイマン型 (ロバン) 境界条件に従う穴とが混在する場合について考察した。局所化の可能性を調べるため、基本解ではなく、漸近解を用いて定式化を試みた。漸近解は指数関数の速さで減衰することが予想されるので、それを相殺する関数を掛けて評価を行う。この部分は概ね成功している。その結果、境界が十分滑らか (6回連続微分可能) なら指示関数の評価が可能なが分かった。基本解を用いる場合は2回連続微分可能で十分なので、双方の仮定を比べれば埋めるべき開きがあることが分かる。なお、ノイマン型の穴のみの場合は、基本解を用いる場合と同様の仮定で議論が展開できることが概ね確認できた。ディリクレ境界条件の穴もある場合は現在考察を続けている所であり、次年度における重要な課題となっている。

#### ○論文

- ・ Masaru Ikehata, Mishio Kawashita and Wakako Kawashita, On finding a buried obstacle in a layered medium via the time domain enclosure method in the case of possible total reflection phenomena, Inverse Problems and Imaging, 13, (2019), pp.959-981.



## ○国際会議での講演

- ・ (招待講演) 川下美潮, Asymptotics of some function corresponding to refraction phenomena arising in inverse problems for wave equations in flat two-layered medium, Spectral and Scattering Theory and Related Topics (スペクトル・散乱理論とその周辺(RIMS 共同研究 (公開型))), 2019年12月3日, 京都大学数理解析研究所.

## 吉野正史 (教授)

### ○研究概要

本年度の研究目的は非可積分ハミルトン系の特異解の大域的解析であり非可積分性の起こる構造と第一積分の接続情報を調べることを主に実行した。その際、ボレル総和法を偏微分方程式に対して拡張して解析的な道具として用いた。考えるハミルトン系の一般化されたバーコフ変換、動く分岐点とボレル総和法の研究を中心に行い、4編の論文を発表した。それは非可積分性の研究から現れた問題である非ボレル総和可能性の研究、本研究課題研究中に重要性が認識された“ハミルトン系の動く特異点とバーコフ変換”の研究が主なものである。重要な成果はボレル総和法を偏微分方程式に拡張し、それを用いることにより、考えるハミルトン系の一般化されたバーコフ変換から得られる標準的なハミルトン系の動く特異点の情報から、もとのハミルトン系の動く特異点の情報が得られることを証明した点にある。これはこの分野で新しい研究手法を与えると期待される。

### ○論文

- ・ Masafumi Yoshino, Movable singularity of generalized Emden equation via Birkhoff reduction, RIMS Kokyuroku Bessatsu, B75, (2019), 089-099.
- ・ Masafumi Yoshino and Kenji Kurogi, An example of a non 1-summable partial differential equation, RIMS Kokyuroku Bessatsu, B75, (2019), 203-209.
- ・ Masafumi Yoshino, Movable singularity of some Hamiltonian system, Proceedings of the School and Conference held at Bedlewo, Poland, September 2-15, 2018, (2020), 147-170.
- ・ Masafumi Yoshino, Movable Singularity and Blowup of Semi linear Wave Equation, 数理研講究録, 2101, (2019), 178-183.

## ○国際会議での講演

- ・ (招待講演) Masafumi Yoshino, FASPDE19, 2019年9月, Valladolid 大学 (Spain).
- ・ (招待講演) Masafumi Yoshino, Microlocal Analysis and Asymptotic Analysis, 2019年11月, 京大数理研.

## 滝本和広 (准教授)

### ○研究概要

完全非線形の楕円型・放物型偏微分方程式に対し、その境界値問題の可解性および解の性質についての研究を主に行っている。本年度行った研究は以下の通りである。

- (1)  $k$ -Hessian 方程式に対する境界爆発問題の解の挙動に関しては Salani(1998)など多くの結果が知ら

れていたが、境界付近における解の挙動の第 1 項を精密に得ることに成功した。この研究に関する論文を作成し、投稿した。

- (2) (1) で得られた結果を精緻化し、 $k$ -Hessian 方程式の境界爆発解の境界付近における挙動の第 2 項(さらに第 3 項, ……., 第  $m$  項) についての研究を行った。また、 $k$ -曲率方程式についても同様の問題を考察しており、これらは来年度以降も引き続き研究する。
- (3) 中森さおり氏との共同研究(2015, 2016)で得た放物型  $k$ -Hessian 方程式に対する Bernstein 型定理について、特別な場合については仮定を緩められるのではないかという問題を考察しており、これについても来年度以降引き続き研究する。

#### ○国際会議での講演

- ・ (依頼講演) Kazuhiro Takimoto, Král type removability theorems for  $k$ -Hessian equation and  $k$ -curvature equation, 4th Swiss-Japanese PDE Seminar, 大阪府立大学 I-site なんば, 2019 年 9 月 4 日.

#### ○国内学会での講演

- ・ (依頼講演) 滝本和広, Some removability results for  $k$ -Hessian equation and  $k$ -curvature equation, 浜松偏微分方程式研究集会, 静岡大学, 2019 年 12 月 14 日.

### 平田賢太郎 (准教授)

#### ○研究概要

今年度は、有界 Lipschitz 領域において、劣臨界指数をもつ半線形楕円型方程式の正值解に対して、境界 Harnack 原理、境界上の孤立特異点付近での挙動および孤立境界特異点の除去可能性について成果を得ることができた。2000 年の Bidaut-Veron 氏と Vivier 氏による研究では、滑らかな境界をもつ有界領域において、劣臨界指数をもつ Lane-Emden 方程式の正值解に対する孤立境界特異点付近での挙動が明らかにされた。具体的には、ポテンシャル論における Naim 氏の結果 (1957 年) により、一般に、孤立境界特異点をもつ正值優調和関数は下から Martin 核で評価されるが、滑らかな有界領域の場合、上記方程式の正值解は上からも Martin 核で評価できて、収束のスピードも評価できるというものである。しかし、彼らの証明方法は、境界が滑らかでない場合には適用できない。本研究では、境界が滑らかでない有界 Lipschitz 領域において、正值解に対して類似の評価を得ることで孤立境界特異点付近での挙動を明らかにするために、まず境界 Harnack 原理を確立した。界 Harnack 原理は調和関数など線形方程式の正值解に対して多く研究されたが、半線形方程式に対する研究成果はない。昨年度の研究成果により、境界全体でゼロとなる正值解は、境界付近では Green 関数と同様の減り方をすることがわかっていたため、Green 関数と正值解のペアに対して境界 Harnack 原理の証明を試み、Green ポテンシャルの評価とそれを用いた反復議論により証明することができた。境界 Harnack 原理を用いれば、2010 年に得た境界増大評価から、孤立境界特異点をもつ正值解は領域全体で Martin 核で評価されることがわかり、積分評価を通して、先行研究結果を拡張する形で正值解に対する評価を得ることができた。

#### ○論文

- ・ Kentaro Hirata, A priori growth estimate for nonnegative supertemperatures and solutions of semilinear heat equations in a Lipschitz domain, J. Anal. Math., 138, (2019), 441--463.

## 神本晋吾（講師）

### ○研究概要

2019 年度は, Mould 解析の手法を用いて, あるベクトル場の平衡点における Poincare-Dulac 標準形への変換級数の Resurgence 構造の解明を行った。これにより, ある非線形常微分方程式の特異点における, Transseries 解と呼ばれる形式解の Stokes 現象の記述も得られたことになる。より正確には, 外線付きの rooted tree による解の展開を用い, 解の Alien 微分と呼ばれる, Stokes 係数の対数に対応する量の, 反復積分による明示的な記述を得た。このような構造の記述には, Mould 展開を通して, Connes-Kreimer Hopf 代数と呼ばれる rooted tree により生成される代数上に定まる Hopf 代数の構造が本質的に用いられている。また, Bridge 方程式と呼ばれる, Alien 微分と通常の微分の橋渡しをする関係式の導出も行った。

上記の結果では, Connes-Kreimer Hopf 代数の構造を用いて, 解の【形式的】な構造だけでなく, Stokes 現象という【解析的】な構造までも捉えることが可能になったという点が重要である。このように, 形式解の構造から解析的な情報を引き出す枠組みを与えるという点が, 近年 Resurgence 理論が注目されている所以でもあり, この結果の意義は大きいと思われる。

以前より Borel 総和法を用いた Stokes 現象の解析の可能性に関して模索してきた。その過程で Resurgent 関数のなす函数空間の構造論, 非線形常微分方程式の特異点における形式べき級数解の Resurgence に関する結果が得られていたが, 2019 年度に得られた結果は, これらの結果の一つの到達点と考えている。

### ○論文

- S. Kamimoto, Convolution product and resurgence, “Complex Differential and Difference Equations” in the series De Gruyter Proceedings in Mathematics, (2019), 219—242.

### ○国際会議での講演

- (招待講演) Shingo Kamimoto, Microlocal Analysis and Asymptotic Analysis, 2019 年 11 月, 京都大学数理解析研究所.

### ○国内学会での講演

- (依頼講演) 神本晋吾, 解析学火曜セミナー, 2019 年 11 月, 東京大学大学院数理科学研究科.

## 確率統計講座

## 井上昭彦（教授）

### ○研究概要

私は, [Journal of Multivariate Analysis Volume 176, March 2020]で発表した論文で, 多変量 ARMA (Auto-Regressive Moving-Average, 自己回帰移動平均) 過程の有限予測係数に対する閉形式表示を示した。ここで閉形式表示とは, 与えられた有限個の定数から, 加減乗除等によく知られた操作の有限回により得られる表示のことである。この閉形式表示の著しい点は, 有限予測係数を線形時間  $O(n)$  で計算するアルゴリズムとなっていることである。有限予測係数は, 特殊なテプリッツ系の解となっ

ている。一般に、テプリッツ系の解を求めるアルゴリズムは、 $O(n^2)$  のとき高速、それより速いとき超高速 (super-fast) とよばれる。有名な Durbin-Levinson アルゴリズムは、テプリッツ系に対する  $O(n^2)$  の高速アルゴリズムである。線形時間  $O(n)$  は最良の速度であるので、究極の超高速であることができる。私は、2019年度に、この結果を、多変量 ARMA 過程に対する一般のテプリッツ系に拡張する研究を行い、基本的な結果を得ることができた。すなわち、多変量 ARMA 過程に対する一般のテプリッツ系の解に対し、上記と類似の閉形式表示を見出した。この閉形式表示は、アルゴリズムと見るとき、 $O(n)$  の超高速アルゴリズムとなっている。この成果については、2019年12月の確率論シンポジウムで講演し、またその内容を論文にまとめる作業を続けている。

#### ○論文

- ・ A. Inoue, Closed-form expression for finite predictor coefficients of multivariate ARMA processes, Journal of Multivariate Analysis 176 (2020), 104578 (18 pages).

#### ○総説・解説

- ・ 井上昭彦, 有限予測における表現定理とその応用, 数学 71 (2019), 302-324.

#### ○国内学会での講演

- ・ (招待講演) 井上昭彦, テプリッツ行列の逆に対する表現定理とその応用, 確率論シンポジウム, 2019年12月17日, 慶應義塾大学日吉来往舎.

#### 若木宏文 (教授)

##### ○研究概要

Bartlett-Nanda-Pillai検定統計量の分布の高次元漸近展開近似とその誤差評価を与えた。

##### ○国内学会での講演

- ・ (一般講演) 若木宏文, 日本数学会秋季総合分科会, 2019年9月19日, 金沢大学角間キャンパス

#### 柳原宏和 (教授)

##### ○研究概要

情報量規準最小化に基づくモデル選択法において、どの規準量を使用すれば良いかという問題は重要かつ深刻な問題である。情報量規準の良さの基準の一つに、漸近的に真のモデルを選ぶ確率が1となるような性質である一致性がある。この性質は標本数だけを無限大とする大標本漸近理論により得られたものであるが、パラメータ数が標本数に比べ比較的多い場合、この漸近理論による漸近近似の精度が悪くなることが知られている。観測値の次元数が大きいような高次元データにおいて、パラメータ数は次元数の2乗のオーダーの大きさなので、やはり大標本漸近理論では、漸近近似が悪くなる。そこで、一致性の評価に標本数だけでなく次元数も無限大とする大標本高次元漸近理論を用いて再評価を行い、そのような漸近枠組みにおいて、常に一致性を持つ情報量規準を提案した。

## ○論文

- Oda R., Yanagihara H. & Fujikoshi Y., Asymptotic null and non-null distributions of test statistics for redundancy in high-dimensional canonical correlation analysis, *Random Matrices: Theory and Applications*, 8, (2019), 1950001-1-26.
- 柳原宏和, 非正規性の下での多変量線形回帰モデルにおけるモデル選択規準の大標本・高次元漸近理論による一致性の評価, *日本統計学会誌*, 49, (2019), 133-159.
- Oda R., Suzuki Y., Yanagihara H. & Fujikoshi Y., A consistent variable selection method in high-dimensional canonical discriminant analysis, *Journal of Multivariate Analysis*, 175, (2020), 104561-1-13.

## ○総説・解説

- Ohishi M., Fukui K., Okamura K., Itoh Y. & Yanagihara H., Estimation for spatial effects by using the fused Lasso, TR No. 19-07, Statistical Research Group, Hiroshima University, 2019.
- Yanagihara H., High-dimensionality-adjusted asymptotically loss and mean efficient  $GC_p$  criterion for normal multivariate linear regression models, TR No. 20-03, Statistical Research Group, Hiroshima University, 2020.

## ○国際学会での講演

- (招待講演) Yanagihara H., High-dimensionality-adjusted consistent information criterion in multivariate linear models, The 11th ICSA International Conference, 2019年12月20日～22日, 中国.

## ○国内学会での講演

- (一般講演) 小田凌也, 柳原宏和, 高次元多変量モデルにおける非正規下での変数選択法の一致性, 2019年度統計関連学会連合大会, 2019年9月9日～12日, 彦根.
- (一般講演) 大石峰暉, 福井敬祐, 岡村健介, 伊藤嘉道, 柳原宏和, Estimation of geographically varying coefficient model via group fused lasso, 2019年度統計関連学会連合大会, 2019年9月9日～12日, 彦根.
- (一般講演) 福井敬祐, 大石峰暉, 小田凌也, 岡村健介, 伊藤嘉道, 柳原宏和, Variable selection method for nonparametric varying coefficient model via group lasso penalty, 2019年度統計関連学会連合大会, 2019年9月9日～12日, 彦根.
- (一般講演) 鈴木裕也, 大石峰暉, 小田凌也, 柳原宏和, Best subset selection in multivariate linear regressions via discrete first-order algorithms, 2019年度統計関連学会連合大会, 2019年9月9日～12日, 彦根.

## 岩田耕一郎 (准教授)

### ○研究概要

複素1次元トーラス上の点過程によって定められるランダム有理関数の多重相関関数を有理点上で評価するとそれは保型形式となる。表現可能な保型形式を特徴付けることに興味がある。確率場単独では表現可能となる保型形式は乏しいが、数 $n$ の分割型に着目して、確率場の汎関数を構成すると表現可能性が高くなる。汎関数のシステムは、高々1位の極で記述される特異性を持ち、極の位置と留数のなす配置に対する非自明な関係を表わす1階楕円型微分方程式系を満たす。その対称性を解



析するのが重要であると考え、分割に関する母関数を使った接近を図っている。

## Heewon Park (准教授)

### ○研究概要

GWAS の genetic relationship の推定問題に注目し、線形混合モデリングの研究を行った。特に、固定・ランダム効果の選択とモデルの推定が同時にできるスパース線形混合モデリングに関する研究に取り組んだ。SNP 選択に基づくランダム効果の分散共分散行列の推定法として、従来のスパース主成分手法を拡張し、主成分選択と各主成分に対する loading ベクトルのスパース推定が可能な手法を提案した。

### ○国内学会での講演

- ・ (一般講演) Heewon Park, 科研費シンポジウム「高次元複雑データの統計モデリング」, 2019 年 8 月, 九州大学.

## 中川勝國 (助教)

### ○研究概要

力学系とは、空間とその上の変換および測度からなる 3 つ組のことであり、決定論的法則により時間発展する物理現象の数学的モデルである。報告者は、力学系の逆問題、すなわち、与えられた不変量から元の力学系を復元する問題に取り組んでいる。特に、力学系の長時間挙動と関連付けられる不変量に対する逆問題を集中的に研究している。そのような不変量の中で、とりわけ重要かつ自然なものがエントロピースペクトルであり、これは、変換の反復合成による球体の測度の指數的減少率で空間を分割したときの、各集合の位相的エントロピーの組として定義される。

2018 年度までに、片側記号力学系上で、測度が Gibbs 的かつハミルトニアンが局所的定数関数である場合には、エントロピースペクトルの逆問題を解決できた (現在、論文を準備中)。方針は、エントロピースペクトルの逆問題を、力学系の Ruelle ゼータ関数 (これも重要な不変量である) の逆問題に帰着させて解こうというものであり、ハミルトニアンに付随する分配関数と転送作用素の固有値の和が一致するという跡公式が本質的な役割を果たす。

2019 年度に得られた最大の成果は、跡公式を、局所的定数でない、より一般的なハミルトニアンにまで拡張したことである。報告者は、一般のハミルトニアンに対するエントロピースペクトルの逆問題の解決を目指しているため、跡公式の拡張は必要不可欠である。この拡張は、1970 から 80 年代にかけて König, Pietsch らによって発展させられた作用素イデアルの理論を用いて、転送作用素の固有値の漸近挙動を導くことによって行われるものであり、結果・手法とも、それ自体興味深い。「跡公式の拡張」に関する論文は *Discrete and Continuous Dynamical Systems* 誌に投稿中である。また、転送作用素のスペクトルを考察する過程で、Hilbert 空間上の非有界正規作用素に対する古典的なスペクトル分解定理の別証明を得たので、こちらも論文にまとめ、*International Journal of Functional Analysis, Operator Theory and Applications* 誌に投稿中である。

### ○国内学会での講演

- ・ (一般講演) 中川勝國, 研究集会「エルゴード理論とその周辺」, 2019 年 11 月 20 日~23 日, 新

潟県長岡市大手通 2-6 まちなかキャンパス長岡

- ・ (一般講演) 中川勝國, 研究集会「2019 年度冬の力学系研究集会」, 2020 年 1 月 10 日~13 日, 長野県北佐久郡軽井沢町 1052-1 日本大学軽井沢研修所
- ・ (招待講演) 中川勝國, 広島大学トポロジー・幾何セミナー, 2020 年 3 月 13 日, 広島県東広島市鏡山 1-3-1 広島大学大学院理学研究科

## 伊森晋平 (助教)

### ○研究概要

本研究課題では, 補助変数の活用手法を開発することが目的である。本年度は, 関連する多変量解析の分野で以下の成果を得ている。

- (1) Wishart 分布に従う確率変数行列の一般逆行列に関する研究を行った。先行研究において, Wishart 分布のパラメータが単位行列の場合, 一般逆行列の分散はすでに計算されているが, 本研究では一般のパラメータに対して一般逆行列の分散の上限と下限を導出している。さらに本研究は先行研究の結果を特別な場合として含むため, 妥当な結果であると考えられる。これらの成果は論文としてまとめており, 国際雑誌に掲載されている。
- (2) Bilinear random coefficients を持つ成長曲線モデルにおける未知パラメータの最尤推定量の導出およびその漸近的性質に関して, 研究成果を論文としてまとめ, 国際雑誌に投稿した。理論的性質に加え, 数値実験により提案手法の有用性を確認している。
- (3) 多変量線形回帰モデルにおける変数選択において, 目的変数が高次元である場合に,  $C_p$  タイプ規準量が漸近損失有効性および漸近平均有効性をもつための十分条件を導出した。また, 十分条件の一部はそれ以外の条件を与えた下で必要条件となることも明らかにした。結果として, 従来の  $C_p$  規準は高次元下では一般に漸近有効でなく, バイアスを修正した  $C_p$  規準は漸近有効性を持つことが示された。これらは変数選択規準量の妥当性を判定する際の一つの要因として利用できると考えられる。本研究成果は国際会議で発表している。

### ○論文

- ・ Imori S. & von Rosen D., On the mean and dispersion of the Moore-Penrose generalized inverse of a Wishart matrix, The Electronic Journal of Linear Algebra, 2020, 36, 124-133.
- ・ Tanabe R., Kamo K., Fukui K. & Imori S., Statistical inference for estimating the incidence of cancer at the prefectural level in Japan, Japanese Journal of Clinical Oncology, 2019, 49(5), 481-485.

### ○国際会議での講演

- ・ (招待講演) Imori S., The 3rd International Conference on Econometrics and Statistics (EcoSta 2019), 2019 年 06 月 25 日, Taiwan (National Chung Hsing University, Taichung).
- ・ (招待講演) Imori S., The 11th ICSA International Conference, 2019 年 12 月 21 日, China (Hangzhou Dragon Hotel, Hangzhou).

### ○国内学会での講演

- ・ (ポスター発表) 前田篤刀, 奥野彰文, 伊森晋平 & 下平英寿, 第 22 回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS 2019), 2019 年 11 月 20 日, 愛知県(ウイング愛知).

## 総合数理講座

### 阿賀岡芳夫（教授）

#### ○研究概要

今年度は、主に次の二つの課題に取り組んだ。

1. 3次元リーマン多様体を4次元ユークリッド空間に埋め込む問題。前年度までの研究により、曲率がgenericの仮定の下、埋め込み可能となるための必要十分条件が既に求められており、その応用として計量が対角型の1変数関数の場合の条件を明示的に求めることにも既に成功している。今年度はその続きの課題として、埋め込み可能な計量のクラスを更に広い範囲の中で求める研究を行った。その結果、まだ完全解決には至れてはいないものの、ある種の埋め込み可能な対角型計量のクラスを見つけることに成功した。これは計量の対角成分が2変数関数となるものであり、解を見出すための計算が極度に難しくなるのであるが、更なる拡張を目指して研究を続けたい。
2. ガウス方程式の階数について。ガウス方程式は、一般に解くことが困難な2次の代数方程式系である。まず解の存在状況を把握するためには、この方程式が定める2次写像の微分を調べる必要がある。この計算は過去一度試みたことがあるが、今回再計算することにより、7次元リーマン多様体を15次元のユークリッド空間に等長に埋め込む場合、genericな仮定のもとでガウス方程式の解に本質的な一意性があることが確認できた。この状況は1で扱った3次元を4次元に埋め込む場合と似た状況にあり、埋め込めるための必要十分条件が1の場合と類似の形で求められる可能性がでてきた。それを把握するためには、1の場合に出現した曲率の不変式・共変式の高次版を考察する必要がある、この課題に関しても引き続き研究をすすめたい。

#### ○論文

- Y. Agaoka, T. Hashinaga, On local isometric embeddings of three-dimensional Lie groups, Geom. Dedicata 205, no.1 (2020), 191--219.

#### ○著書

- K. Shintaku, H. Dekihara, T. Ochi, R. Miyazaki, T. Ozaki, R. Wada, Y. Agaoka, J. Maeda, S. Sakai, T. Takahama, H. Hasegawa, Current Researches for Applied Economics, Information Systems, Mathematics and OR, Kyushu Univ. Press, Fukuoka, 担当部分 29-39, 2020.

#### ○総説・解説

- 阿賀岡芳夫, 余次元1のリーマン部分多様体の内在的特徴付け, 部分多様体論・湯沢2019研究会記録, (2020), pp.1--11.

#### ○国内学会での講演

- (招待講演) 阿賀岡芳夫, 組合せ論サマースクール2019, 2019年9月6日, 下関市営国民宿舎 海峡ビューしものせき
- (招待講演) 阿賀岡芳夫, 部分多様体論・湯沢2019, 2019年11月29日, 湯沢グランドホテル
- (招待講演) 阿賀岡芳夫, 合宿セミナー2019 in 倉敷, 2019年12月15日, くらしき山陽ハイツ
- (一般講演) 阿賀岡芳夫, 橋永貴弘, 日本数学会秋季総合分科会, 2019年9月17日, 金沢大学



## 阿部 誠 (教授)

### ○研究概要

$C^n$  上の領域に対する中間的擬凸性の1パラメータ球体族によるある種の特徴付けを完成して、学術雑誌に掲載するとともに(学内共同研究), 関連する劣多重調和関数の特徴付けに関する結果も得て、学術雑誌に掲載した(学内共同研究)。一方, シュタイン多様体内の領域に対する強い円板的性質と正則近似・有理型近似との関連についての研究も継続し, 1次元の場合に限定すれば, 開リーマン面の連結開集合についての正則近似と強い円板的性質の関係による単葉型開リーマン面の特徴付けを完成して, 学術雑誌に掲載した(国内共同研究)。さらに, 大域的正則関数の定義する解析的集合に関連する研究を行った(学内共同研究)。

### ○論文

- Makoto Abe, Tadashi Shima, and Shun Sugiyama, Intermediate pseudoconvexity for unramified Riemann domains over  $C^n$ , Toyama Mathematical Journal, vol. 40 (2018/19), 17–35.
- Makoto Abe, Gou Nakamura, and Hiroshige Shiga, A topological characterization of the strong disk property on open Riemann surfaces, Kodai Mathematical Journal, vol. 42 (2019), 587–592.
- Makoto Abe and Shun Sugiyama, A characterization of subpluriharmonicity for a function of several complex variables, Bulletin of the Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima Univ. II, Studies in Environmental Sciences, vol. 14 (2019), 1–5.

### ○総説・解説

- 阿部 誠, 正則近似・有理型近似・強い円板的性質, 第 62 回函数論シンポジウム講演アブストラクト, 大同大学, 名古屋市, 2019 年 11 月 2 日~4 日, pp. 24–34, 2019.

### ○国内学会での講演

- (招待講演) 阿部 誠, 正則近似・有理型近似・強い円板的性質, 第 62 回函数論シンポジウム, 2019 年 11 月 2 日~4 日, 大同大学, 名古屋市.

## 水町 徹 (教授)

### ○研究概要

空間 2 次元の長波長近似モデルである KP-II 方程式には複数の平面進行波が交叉する多線ソリトンと呼ばれる厳密解がある。本年度は多線ソリトン解の中でも定常解として扱うことのできる弾性 2 線ソリトン解 (P 型と O 型の 2 線ソリトン解) の重み付きの関数空間における線形安定性を研究目標とした。重み付きの関数空間での線形安定性を研究する理由は, 解に含まれる異なるタイプの波が伝播速度の違いにより分離する様子を定量的に評価できるという理由の他に, 摂動によって生じる線ソリトンのひずみを近似する線形化方程式の解 (共鳴連続固有関数) が線ソリトンの伝播方向と逆向きの方に僅かながら指数的に増加するためである。

空間 1 次元の完全可積分系方程式の多ソリトン解の安定性の証明には, N ソリトン解と(N-1)ソリトン解の対応を与えるベックルンド変換が有用なことが知られており, 空間 2 次元のモデルである KP-II 方程式においてもやや粗っぽい言い方をすれば, ダルブー変換が自明解のまわりでの線形化方程式の解空間と 1 線ソリトン解のまわりでの線形化方程式の解空間から共鳴連続固有モードを除い

た部分空間との間の同型対応を与えている。

本年度は弾性2線ソリトン解のまわりでの線形化方程式の解空間と1線ソリトン解のまわりでの線形化方程式の解空間との関係をダルブー変換を用いて記述することを目標に線形化作用素の共鳴連続固有関数とその共役連続固有関数との直交関係を調べ、ダルブー変換の基本解をラックス作用素の基本解を用いて構成するところまで研究を進めたが、2線ソリトン解の線形安定性に関する結果はまだ得られていない。

#### ○論文

- ・ T. Mizumachi, The phase shift of line solitons for the KP-II equation, Nonlinear dispersive partial differential equations and inverse scattering, Fields Inst. Commun. 83 巻, (2019), 433–495.

#### ○総説・解説

- ・ 水町 徹, On the phase shift of line solitary waves for the KP-II equation, 数理解析研究所講究録 (Workshop on Nonlinear Water Waves), 2109 巻, (2019 年), 171-176

#### ○国際会議での講演

- ・ (招待講演) T. Mizumachi, Nonlinear Dispersive Partial Differential Equations and Inverse Scattering, 2019 年 5 月 21 日～25 日, Fields Institute (トロント市, カナダ).

#### ○国内学会での講演

- ・ (依頼講演) 水町 徹, 第 17 回浜松偏微分方程式研究集会, 2019 年 12 月 14, 15 日, 静岡大学浜松キャンパス.

### 澁谷一博 (准教授)

#### ○研究概要

微分幾何学における微分式系(多様体上の接空間の部分束)の理論, 田中理論を用いて微分方程式の幾何学的研究を行った。

特に 2 独立変数 2 未知関数 1 階決定系連立偏微分方程式の型の分類問題の研究を行った。2 独立変数 1 未知関数 2 階単独偏微分方程式の研究に代表されるように 1 未知関数の偏微分方程式の幾何学的分類問題は, 19 世紀からダルブー, カルタンらにより研究されてきているなど, 広く研究が行われてきている。実際, 2 独立変数 1 未知関数 2 階単独偏微分方程式は大まかに判別式により双曲型, 放物型, 楕円型に分類され, この型の分類は接触変換による同値関係の下での分類(田中理論における表象代数と呼ばれる冪零階別リー環の同型類による分類)と一致していることが知られている。一方で, 多未知関数の偏微分方程式の幾何学的は, 個別の微分方程式に対するアプローチはあるものの, 未開拓な部分が多い。そのような中, 2 独立変数 2 未知関数 1 階決定系連立偏微分方程式の型の分類問題に対し, 正則性の仮定の下において, 接触変換の下では 5 つの型, 独立条件を保存する接触変換の下では 6 つの型に分類されることを示した。さらに, 判別式を定義することにより, 与えられた偏微分方程式が, どの型になるかの判定法も与え, また各型に対して表象代数の標準基底の具体的な表示を与えることに成功した。この表示は微分方程式の可積分条件の具体的な表示を与えることになっており, 解の求積論を構築するための基盤となる情報となり, 今後の研究の発展が期待されるものである。

## ○論文

- Kazuyoshi Kiyohara, Sorin V. Sabau and Kazuhiro Shibuya, The geometry of a positively curved Zoll surface of revolution, International Journal of Geometric Methods in Modern Physics, 16, suppl.2 (2019), 1941003(29pages).

## ○著書

- ◎阿部 誠, 本田竜広, 澁谷一博 ; 基礎線形代数学 第2版 第2刷, 学術図書出版社, 東京, 2020年3月30日.

## ○国内学会での講演

- (招待講演) 澁谷一博 「接触変換によるモンジュアンペール方程式のクラスの不変性」『北大幾何学コロキウム』, 2019年11月1日, 北海道大学, 札幌.

## 橋本真太郎 (准教授)

### ○研究概要

- 1) ベイズ統計学における事前分布の設計問題を高次漸近理論の観点から研究した。特に、密度関数が不連続を持つような非正則な統計モデルに焦点を当て、予測の観点から事後予測分布の信用区間が頻度論における被覆確率を漸近的に達成するような客観事前分布の性質を考察した。位置母数分布族と尺度母数分布族に対しては、結果が被覆確率に対して一様に成り立つ一方、切断正規分布に対しては結果が被覆確率に依存してしまうことがわかった。これはベイズ予測独特の現象であり、今後その構造をさらに解明していくことが求められる。得られた結果は現在国際誌に投稿中である。
- 2) データに含まれる外れ値に対して頑健なベイズ推論に関する研究を行った。尤度関数をロバストな統計的擬距離に基づく擬似尤度関数に置き換えた一般事後分布を用いて、高次元ベイズ線形回帰モデルのロバスト推定法を提案し、影響関数を用いた感度分析により、手法のロバスト性についても議論した。実装面では、ベイジアンブートストラップをマルコフ連鎖モンテカルロ法のなかに埋め込んだ新たなアルゴリズムを提案し、数値実験と実データ解析により性能の良さを示した。これらの結果は、2019年の日本数学会秋季総合分科会の統計数学分科会の特別講演として発表し、論文として国際誌に投稿した。

### ○論文

- 橋本真太郎, 一般ベイズ更新に基づく統計的推論の最近の発展について, 京都大学数理解析研究所講究録, 2133, (2019), p.50-p.55. (査読無し)

### ○総説・解説

- Shintaro Hashimoto and Shonosuke Sugawara, Robust Bayesian Regression with Synthetic Posterior, arXiv preprint (arXiv:1910.00812), 2019.

### ○国際会議での講演

- (招待講演) 橋本真太郎, The 4<sup>th</sup> Eastern Asia Meeting on Bayesian Statistics (EAC-ISBA 2019), 2019年7月, 神戸 (日本).

- ・（ポスター発表）中川智之，橋本真太郎，The 4<sup>th</sup> Eastern Asia Meeting on Bayesian Statistics (EAC-ISBA 2019)，2019年7月，神戸（日本）。
- ・（招待講演）中川智之，橋本真太郎，10<sup>th</sup> International Workshop on Simulation and Statistics，2019年7月，ザルツブルク（オーストリア）。

#### ○国内学会での講演

- ・（一般講演）橋本真太郎，2019年統計関連学会連合大会，2019年9月，滋賀大学。
- ・（特別講演）橋本真太郎，日本数学会2019年秋季総合分科会，2019年9月，金沢大学。
- ・（招待講演）橋本真太郎，広島大学大学院先端物質化学研究科高エネルギー物理学研究室「夏の学校」，2019年8月，国立三瓶青少年交流の家（島根）。
- ・（依頼講演）橋本真太郎，RIMS 共同研究による研究会「統計的モデルの新展開」，2020年3月，京都大学。

#### 1-4-3 各種研究員と外国人留学生の受入状況

##### 研究員

令和元年度 … 2名（学振特別研究員）

- ・鈴木 航介（PD）（R1.9.30 まで）
- ・片山 拓弥（PD）

##### 留学生

令和元年度 … 0名

#### 1-4-4 研究助成金の受入状況

##### [1] 科学研究費助成事業 基盤研究(B)

課題名：代数幾何学の計算機による研究

代表者：島田 伊知朗

金額：2,860 千円

##### [2] 科学研究費助成事業 基盤研究(B)

課題名：3次元多様体の幾何構造と組み合わせ構造

代表者：作間 誠

金額：3,120 千円

##### [3] 科学研究費助成事業 基盤研究(C)

課題名：数論と幾何のアルゴリズム的展開

代表者：松本 眞

金額：780 千円

##### [4] 科学研究費助成事業 基盤研究(C)

課題名：代数幾何学・数論幾何学におけるカンドルの研究

代表者：高橋 宣能

金額：1,040 千円

- [5] 科学研究費助成事業 基盤研究(C)  
課題名：ユークリッド空間の極小曲面およびミンコフスキー空間の平均曲率 0 曲面の大域的性質  
代表者：藤森 祥一  
金額：1,170 千円
- [6] 科学研究費助成事業 基盤研究(C)  
課題名：3次元多様体のシャドウ複雑度と幾何構造に関する研究  
代表者：古宇田 悠哉  
金額：1,560 千円
- [7] 科学研究費助成事業 基盤研究(C)  
課題名：時間依存微分方程式に対する逆問題における「局所化」による方法の可能性  
代表者：川下 美潮  
金額：1,170 千円
- [8] 科学研究費助成事業 基盤研究(C)  
課題名：偏微分方程式のボレル総和法理論の構成とストークス幾何の解明  
代表者：吉野 正史  
金額：1,430 千円
- [9] 科学研究費助成事業 基盤研究(C)  
課題名：非線形問題解明に向けたポテンシャル論研究  
代表者：平田 賢太郎  
金額：650 千円
- [10] 科学研究費助成事業 基盤研究(C)  
課題名：予測理論の手法による動的確率従属性解析とそのファイナンスへの応用  
代表者：井上 昭彦  
金額：1,560 千円
- [11] 科学研究費助成事業 基盤研究(C)  
課題名：高次元多変量データに対して一致性を持つ高速で簡便な変数選択法  
代表者：柳原 宏和  
金額：1,170 千円
- [12] 科学研究費助成事業 基盤研究(C)  
課題名：等質リーマン多様体の局所等長埋め込みと可積分条件  
代表者：阿賀岡 芳夫  
金額：1,040 千円
- [13] 科学研究費助成事業 基盤研究(C)  
課題名：複素空間における中間的擬凸性の研究

代表者：阿部 誠

金 額：910 千円

[14] 科学研究費助成事業 基盤研究(C)

課題名：非線形分散型方程式に現れる平面進行波解の安定性解析

代表者：水町 徹

金 額：910 千円

[15] 科学研究費助成事業 若手研究(B)

課題名：擬リーマン対称空間上の固有な群作用の組合せ論的手法を用いた研究

代表者：奥田 隆幸

金 額：1,040 千円

[16] 科学研究費助成事業 若手研究(B)

課題名：非正則な統計モデルに対する客観ベイズ法に関する研究

代表者：橋本 真太郎

金 額：1,040 千円

[17] 科学研究費助成事業 若手研究(B)

課題名：補助変数を用いたモデリング法の開発と応用

代表者：伊森 晋平

金 額：1,300 千円

[18] 科学研究費助成事業 若手研究

課題名：リサージェンス理論と数理物理学

代表者：神本 晋吾

金 額：910 千円

[19] 科学研究費助成事業 若手研究

課題名：エビデンスに基づくパーソナルゲノム医療・予防実現に向けた統計モデリング技術開発

代表者：Heewon Park

金 額：1,950 千円

[20] 令和元年度広島大学萌芽的研究支援金

課題名：零温度極限による次元スペクトルの逆問題の解決

代表者：中川 勝國

金 額：400 千円

[21] 広島大学 研究助成金 (若手研究者支援)

課題名：一般化されたダメック・リッチ空間の構成及びその幾何について

代表者：久保 亮

金額：1,000 千円

[22] 大阪市立大学 数学研究所 共同利用・共同研究 (C)

課題名：カンドルと対称空間

代表者：久保 亮

金額：300 千円

#### 1-4-5 学界ならびに社会での活動

##### ○研究成果の社会への還元実績

- ・ 木村俊一 : Newton ライト 2.0 「虚数」監修・協力, 2020 年 1 月
- ・ 木村俊一 : Newton ライト 2.0 「すうがくパズル」監修・協力, 2019 年 10 月
- ・ 木村俊一 : Newton 別冊「虚数がよくわかる」監修・協力, 2020 年 3 月
- ・ 木村俊一 : Newton 別冊「数学パズル」監修・協力, 2019 年 8 月
- ・ 木村俊一 : Newton 別冊「確率パズル」監修・協力, 2019 年 9 月
- ・ 木村俊一 : Newton 別冊「こんなに便利な対数とベクトル」監修・協力, 2019 年 8 月
- ・ 木村俊一 : Newton 別冊「数学の世界 図形編 改訂第 2 版」監修・協力, 2020 年 3 月

##### ○産学官連携実績

- ・ 柳原宏和 : (株)東京カンテイ, 2019 年 4 月 1 日-2020 年 3 月 31 日, 統計解析に関する技術指導・共同研究.
- ・ 柳原宏和 : 広島県教育委員会, 2019 年 9 月 17 日-2019 年 12 月 24 日, 広島大学, 統計学に関する技術指導.
- ・ 伊森晋平 : 2018 年 6 月 21 日-2019 年 6 月 30 日, 広島大学, 統計学に関する学術指導.

##### ○公開講座

- ・ 広島大学公開講座を令和元年 8 月 20 日と同 21 日に広島大学理学部 E 棟 2 階 E210 講義室において開催した。

##### ○学会役員

- ・ 木村俊一 : 日本数学会代数学分科会, 運営委員
- ・ 島田伊知朗: 日本数学会代数学分科会, 運営委員
- ・ 藤森祥一 : 日本数学会地方区代議員
- ・ 柳原宏和 : 日本数学会統計数学分科会, 運営委員
- ・ 阿賀岡芳夫: 日本数学会幾何学分科会, 拡大幹事会委員
- ・ 阿部 誠 : 日本数学会中国・四国支部会, 連絡責任評議員
- ・ 橋本真太郎: 国際ベイズ分析学会 (ISBA), 国際会議「The 4<sup>th</sup> Eastern Asia Meeting on Bayesian Statistics (EAC-ISBA 2019)」(神戸大) 大会実行委員.

##### ○学術誌編集委員等

- ・ 木村俊一 : 雑誌Hiroshima Mathematical Journal, 編集委員
- ・ 島田伊知朗: 雑誌Hiroshima Mathematical Journal, 編集委員



- ・ 松本 眞 : 雑誌Hiroshima Mathematical Journal, 編集委員
- ・ 松本 眞 : 雑誌ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation, 編集委員
- ・ 作間 誠 : 雑誌Hiroshima Mathematical Journal, 編集委員
- ・ 作間 誠 : 雑誌Journal of Knot Theory and Its Ramifications, 編集委員
- ・ 藤森祥一 : 雑誌Hiroshima Mathematical Journal, 編集委員
- ・ 藤森祥一 : 雑誌Mathematical Journal of Okayama University, 編集委員
- ・ 古宇田悠哉 : 日本数学会「数学」, 編集委員
- ・ 古宇田悠哉 : Mathematical Reviews (MathSciNet), Reviewer
- ・ 川下美潮 : 雑誌Hiroshima Mathematical Journal, 編集委員
- ・ 吉野正史 : 雑誌Hiroshima Mathematical Journal, 編集委員長
- ・ 吉野正史 : アメリカ数学会, Reviewer
- ・ 平田賢太郎 : Mathematical Reviews (アメリカ数学会), Reviewer
- ・ 井上昭彦 : 雑誌Hiroshima Mathematical Journal, 編集委員
- ・ 若木宏文 : 雑誌Hiroshima Mathematical Journal, 編集委員
- ・ 柳原宏和 : 雑誌 Hiroshima Mathematical Journal, 編集委員
- ・ 柳原宏和 : Japanese Journal of Statistics and Data Science, 編集委員
- ・ 柳原宏和 : 行動計量学, 編集委員
- ・ 柳原宏和 : Behaviormetrika, 編集委員
- ・ 阿賀岡芳夫 : 雑誌Hiroshima Mathematical Journal, 編集委員
- ・ 阿部 誠 : 雑誌Hiroshima Mathematical Journal, 編集委員
- ・ 水町 徹 : 雑誌Hiroshima Mathematical Journal, 編集委員

## ○講師

- ・ 木村俊一 : サイエンスカフェ (月についてわかったこと、わからないこと), 2019年9月28日.
- ・ 木村俊一 : サイエンスカフェ (遺伝子組み換え), 2019年12月18日.
- ・ 木村俊一 : ノーベル賞解説セミナー, 2019年12月15日.
- ・ 木村俊一 : GSC ホップステージ, 2019年5月26日.
- ・ 木村俊一 : GSC ステップステージ, 2019年9月16日, 10月6日.
- ・ 木村俊一 : GSC 異分野融合シンポジウム審査員, 2019年11月10日.
- ・ 木村俊一 : GSC ジャンプステージ講師 (数学ゲーム), 2019年4月27日, 5月18日, 6月15日, 7月27日, 8月10日.
- ・ 木村俊一 : GSC ジャンプステージ講師 (音響の数学解析), 2019年5月18日, 6月22日, 7月20日, 8月11日.
- ・ 古宇田悠哉 : 4次元図形を「みる」, 広島大学公開講座, 広島大学, 2019年8月20日-8月21日
- ・ 奥田隆幸 : 広島市立広島中等教育学校「広大探訪」理学部担当講師, 2019年4月26日
- ・ 滝本和広 : コーヒーの冷め方を考える～微分方程式入門～, 広島大学公開講座, 広島大学, 2019年8月20日-8月21日
- ・ 柳原宏和 : 法科学者のための初めての統計分析～仮説検定と中心として～, 科学警察研究所研修会, 2019年6月19日, 科学警察研究所
- ・ 柳原宏和 : クラスタ分析～データサイエンスの中の数学～, 広島国泰寺高校「広島大学訪問」, 2019年10月23日, 広島大学情報科学部
- ・ 柳原宏和 : Fused lasso を用いた空間データの分析, 広島大学-三菱ケミカル(株)包括契約共同研



究 2019 年度定期連絡会，2020 年 2 月 17 日，三菱ケミカル(株)

- ・ 柳原宏和 : 経営科学研究部会連合協議会「データ解析コンペティション」関西予選審査員，2020 年 2 月 23 日，大阪府立大学 I-site なんば
- ・ 阿賀岡芳夫 : 3 角形の幾何学，広島大学総合科学部公開講座，数理の世界，2019 年 7 月 27 日，広島大学総合科学部
- ・ 阿賀岡芳夫 : タイリングを研究しよう，SSH 事業学校設定科目「総合科学」特別講義(フロンティアサイエンス講義)講師，広島大学附属高等学校，2019 年 9 月 13 日
- ・ 阿部 誠 : ネイピアの数，広島大学総合科学部公開講座，数理の世界，2019 年 7 月 27 日，広島大学総合科学部
- ・ 水町 徹 : College admissions and stability of marriage，広島大学総合科学部公開講座，数理の世界，2019 年 7 月 27 日，広島大学総合科学部
- ・ 澁谷一博 : ルービックキューブはなぜ解けるのか? ，広島大学総合科学部公開講座，数理の世界，2019 年 7 月 27 日，広島大学総合科学部

## 1-5 その他特記事項

### ○Hiroshima Mathematical Journal

数学専攻は数理分子生命理学専攻数理計算理学講座と共に国際数学雑誌 Hiroshima Mathematical Journal を発行している。1930 年発刊の理学部紀要に始まり，1961 年に数学部門が独立し，その後 1971 年より現在の名称となった。1 巻は 3 号よりなり，令和元年度は 49 巻である。発行部数約 680 で，世界各国の雑誌と交換されている。平成 18 年 4 月から Euclid プロジェクトにも参加し，1961 年以降の全雑誌の電子ジャーナル版をオープンアクセス雑誌として公開している。

### ○数学図書室

数学図書室には，5 万冊以上の蔵書があり，雑誌だけでも約 900 種が所蔵されている。これらは，数学科および数学専攻の学生，教員の教育・研究に役立つばかりでなく，学内にも公開され利用されている。

## 2 数学科

### 2-1 学科の理念と目標

理学の目的は自然の真理を探究することであり、数学の目的は数学的真理を探究することにある。数学は数千年にわたる伝統を持ち、論理性と普遍性を基軸とした人類文化を代表する学問であり、自然科学・工学の基礎として近代科学文明の発展を支えてきた。近年は数理科学的手法が社会・人文科学へも応用され、コンピュータによる情報社会化の進展も相まって、数学の利用はますます広範かつ高度なものとなってきている。

広島大学理学部数学科では、創造性豊かな教育を重視し、現代数学の基礎をしっかりと身につけ、数学的センスと幅広い教養に根ざした総合的判断力を持った人材を養成することを目指す。

### 2-2 学科の組織

令和元年度

代数数理	教授	木村俊一 島田伊知朗 松本 眞
	准教授	高橋宣能
	助教	飯島 優 (H31.4.1 採用) 鈴木航介 (R1.10.1 採用)
多様幾何	教授	作間 誠 藤森祥一 (R1.9.1 採用)
	准教授	古宇田悠哉 土井英雄
	講師	奥田隆幸
	助教	久保 亮
数理解析	教授	川下美潮 吉野正史
	准教授	滝本和広 平田賢太郎
	講師	神本晋吾
確率統計	教授	井上昭彦 若木宏文
	准教授	岩田耕一郎
	助教	中川勝國 (R1.5.1 採用) 伊森晋平
数理計算理学	教授	小林 亮 坂元国望 西森 拓
	准教授	栗津暁紀 李 聖林 大西 勇 富樫祐一
	助教	藤井雅史
	事務室	桂川信子 下森雅美 窪田庸子 高原園子 谷 知美

### 教員の異動

空きポストが生じると、将来計画等を勘案して、採用分野を決定した。新採用の助教はすべて任期がついている。

令和元年度

採用	平成 31 年 4 月 1 日	飯島 優	助教 (任期 R4.3.31 まで)
	平成 31 年 4 月 1 日	藤井雅史	助教 (任期 R4.3.31 まで)
	令和元年 5 月 1 日	中川勝國	助教 (任期 R4.4.30 まで)

	令和元年 9 月 1 日	藤森祥一	教授
	令和元年 10 月 1 日	鈴木航介	助教 (任期 R4.9.30)
退職	令和 2 年 3 月 31 日	作間 誠	教授
	令和 2 年 3 月 31 日	吉野正史	教授
	令和 2 年 3 月 31 日	西森 拓	教授
	令和 2 年 3 月 31 日	土井英雄	准教授

## 2-3 学科の学士課程教育

### 2-3-1 アドミッション・ポリシーとその目標

数学科においては、創造性豊かな教育を重視し、現代数学の基礎をしっかりと身につけ、数学的センスと幅広い教養に根ざした総合的判断力をもった人材を養成することを目指している。この目標に応えうる資質を備えた以下の 3 タイプの学生の確保に努力する。

- ・将来の数学の発展を担う研究者を目指す学生。
- ・現代数学の本質と、その学問的位置づけを理解した上で、教育職を目指したい学生。
- ・情報化社会のニーズに応える高度な数学的思考能力・想像力を身につけるための資質を備えた、将来性豊かな意欲ある学生。

### 2-3-2 学士課程教育の理念と達成のための具体策

創造性豊かな教育を重視し、現代数学の基礎をしっかりと身につけ、数学的センスと幅広い教養に根ざした総合的判断力を持った人材を養成することを目指す。

数学科では、高校から大学、大学から大学院への教育課程の結びつきを配慮した、基礎から専門への段階的かつ系統的な教育課程を持ち、自主的学習の奨励と数学的な自己表現力の涵養、自主的な動機による 4 年間の総まとめとしての卒業論文執筆を指導している。

3 年次までの専門基礎科目および専門科目のほとんどに演習科目を付け、各演習科目に配置する TA を充実させて、学生の指導体制の強化を図っている。

### 2-3-3 学士課程教育の成果とその検証

教育課程が段階的であるので、各年度の教育成果は次年度の授業で反映され、検証される。最終年度は卒業論文の執筆により検証される。

### 2-3-4 卒業論文発表実績

令和元年度 … 47 件

## 2-4 その他特記事項

### ○公開講座

- ・公開講座を平成 4 年より実施している。令和元年度は 8 月 20 日 (火) 21 日 (水) に実施した。内容は「4 次元図形を「みる」」「コーヒーの冷め方を考える ～微分方程式入門～」。参加者は高校生を中心に 80 名。(講師：古宇田悠哉准教授、滝本和広准教授)



## Ⅱ 物理科学専攻・物理学科



# 1 物理科学専攻

## 1-1 専攻の理念と目標

物理科学専攻では、物質と時空・宇宙に関する物理現象とそれを支配している基礎法則の研究を行う。純粋科学の研究活動を基盤とした高度専門教育を通じて、優れた人材を産業・教育の分野に送り出す。そのために、学内の共同利用施設である放射光科学研究センターや宇宙科学センターとの連携も強化する。

## 1-2 専攻の組織と運営

物理科学専攻は、宇宙・素粒子科学講座、物性科学講座および、放射光科学研究センター所属の放射光科学講座からなる。それぞれの講座には数人で構成された、より専門化された研究グループがある。日常的な研究や教育などは主として研究グループ単位で行われている。人事や入試などの大きな問題には講座や専攻単位で運営が行われている。本年度から教育資格制度が研究科で導入された。物理科学専攻では、基本的に教授と准教授は教育資格1（博士課程前期後期学生の主・副指導教員になることができる）、助教は教育資格2（博士課程後期学生の副指導教員、博士課程前期学生の主・副指導教員になることができる）あるいは教育資格3（博士課程前期後期学生の副指導教員になることができる）、あるいは教育資格4（授業のみ担当）とした。助教の教育資格の変更は、物理科学専攻内規に定めた基準を満たした場合に可能となる。

### 1-2-1 教職員（2019年4月時点での講座の教職員を以下に示す。）

宇宙・素粒子科学講座

素粒子論（理論）

両角卓也（准教授）

石川健一（准教授）

宇宙物理学（理論）

小寫康史（教授）

岡部信広（助教）

クォーク物理学

志垣賢太（教授）

本間謙輔（助教）

三好隆博（助教）

<理学研究科LAN担当>

山口頼人（特任助教）

高エネルギー宇宙

深澤泰司（教授）

高橋弘充（助教）

可視赤外線天文学

川端弘治\*（教授）

植村 誠\*（准教授）

稲見華恵\*（助教）

観山正見\*（特任教授）

水野恒史\*（准教授）

笹田真人\*（特任助教）

\*：宇宙科学センター協力教員

## 物性科学講座

### 構造物性

黒岩芳弘（教授）

森吉千佳子（教授）

### 電子物性

中島伸夫（准教授）

石松直樹（助教）

### 光物性

木村昭夫（教授）

岩澤英明（特任准教授）

### 分子光科学

関谷徹司（准教授）

和田真一（助教）

吉田啓晃（助教）

## 放射光科学講座（放射光科学研究センター所属）

### 放射光物性

生天目博文（教授）

佐藤 仁（准教授）

Schwieer Eike Fabian（助教）

島田賢也（教授）

澤田正博（准教授）

泉 雄大（助教）

奥田太一（教授）

松尾光一（准教授）

宮本幸治（准教授）

### 放射光物理

加藤政博（教授）

## 専攻事務

重富宏美

須藤和子

前田 緑

### 1-2-1 教員の異動

ここ数年、定年退職や転出が毎年あり、テニユア教員のみを数えても、2018年度末に3名が退職、1名が転出、2019年度末に1名が退職した。しかし、それに応じた人事措置がすべて認められない状態が続いており、教育及び研究活動に徐々に影響が出ているため、さらなる人事計画を進めたい。

2019年7月1日	採用	Nuermairaiti Munisai（光物性 助教）
2020年2月1日	採用	内田悠介（高エネルギー宇宙 特任助教）
	退職	岩澤英明（光物性 特任准教授）
	採用	Kim Sangwook（構造物性 助教）
2020年3月31日	退職	Schwieer, Eike Fabian（放射光物性 助教）



## 1-3 専攻の大学院教育

理学研究科のアドミッション・ポリシー、カリキュラム・ポリシー、ディプロマ・ポリシーに則り専攻のポリシーを以下のように設定し、教育を行っている。

### 1-3-1 大学院教育の目標とアドミッション・ポリシー

#### 1. アドミッション・ポリシー

博士の学位を取り、物理関連分野の教育職、研究職、高度技術職を目指す人、及び現代物理の基礎を修め修士の学位を取り、その物理的知見を基に産業・教育の分野で活躍したい人を求めています。また社会人や留学生も積極的に受け入れます。

#### 2. カリキュラム・ポリシー

- (1) 理学の基盤学問としての物理学の専門的知識を習得し、高度職業人及び研究者を養成する。
- (2) 真理を探究する手法を習得すること及び国際的に協力し、又は競争できる能力を実践的学習を通じて習得させることを目的とする。

#### 3. ディプロマ・ポリシー

##### 博士課程前期

自然界に働く普遍的な法則や基本原理の解明を目指した専門的教育研究活動を通して、課題探求能力及び問題解決能力を高め、真理探究への感性及び総合的判断力を培い、以下の能力のいずれかを身につけること。

- (1) 基礎科学のフロンティアを切り開く力を持った研究者としての能力。
- (2) 専門的知識、技能及び応用力を身につけた技術者としての能力。
- (3) 専門的知識及び識見を有しリーダーシップを発揮できる力量のある教育者としての能力。

##### 博士課程後期

自然界に働く普遍的な法則や基本原理の解明を目指した専門的教育研究活動を通して、課題探求能力及び問題解決能力を高め、真理探究への感性及び総合的判断力を培い、以下の能力のいずれかを身につけること。

- (1) 基礎科学のフロンティアを切り開いて国際的に活躍できる研究者としての能力。
- (2) 高度の専門的知識、技能及び幅広い応用力を持ち国際的に通用する先進的な科学技術を創造できる技術者としての能力。
- (3) 高度の専門的知識及び識見を有しリーダーシップを発揮できる力量のある教育者としての能力。

大学院授業担当

2019年度【前期】物理科学専攻 授業時間割表				
曜日	時限	科目	教員	教室
月	1.2	分子光科学セミナー	関谷, 吉田(啓), 和田	研究室
	3.4	電子物性セミナー	中島, 石松	研究室
	5.6	社会実践理学融合特論	木村, 小原, 安東	E002
	7.8	放射光物性セミナー	生天目, 島田, 佐藤, 奥田, 澤田, 松尾, 宮本, 泉, Schwier	研究室
		クォーク物理学	志垣,	B101
	9.10			
火	1.2	宇宙物理学	小畷	B501
	3.4	高エネルギー宇宙学セミナー	深澤, 水野, 高橋	研究室
		電子物性	中島	B101
		クォーク物理学セミナー	志垣, 本間, 三好	研究室
	5.6			
	7.8			
	9.10	構造物性セミナー	黒岩, 森吉	研究室
水	1.2			
	3.4			
	5.6	光物性	木村	E210
	7.8			
	9.10	先端物理科学概論	島田, 稲垣, 岡部, 稲見, 志垣, 木村, 松尾, 宮本	E104
木	1.2	素粒子論セミナー	両角, 石川, 稲垣	研究室
	3.4	光物性セミナー	木村	研究室
		光赤外線宇宙観測	川端, 植村	C104
	5.6	放射光科学特論I	生天目, 島田, 佐藤, 奥田, 澤田, 松尾, 石松	放射光科学研究センター H201
		X線ガンマ線宇宙観測	深澤, 水野	C104
	7.8	量子場の理論 I	大川	E208
		可視赤外線天文学セミナー	川端, 植村, 稲見	研究室
9.10				
金	1.2			
	3.4	非線形力学	入江	C104
	5.6			
	7.8	宇宙物理学セミナー	小畷, 岡部	研究室
	9.10	放射光物理学セミナー	加藤	研究室
備考	放射光科学院生実験(黒岩, 松尾, 泉, 和田, 島田, 中島, 澤田, 佐藤。前期集中), 物理科学エクスターンシップ(森吉。集中形式),			

	重力波の電磁波対応天体（特別講義，前期集中）， 先端研究プレゼンテーション演習（森吉，奥田，両角，和田，三好。博士課程後期，前期集中）
--	--

2019年度【後期】物理科学専攻 授業時間割表				
曜日	時限	科目	教員	教室
月	1.2	分子光科学セミナー	関谷，吉田（啓），和田	研究室
	3.4	電子物性セミナー	中島，石松	研究室
	5.6	理学融合基礎概論 B	木村，小原，外	E002
	7.8	放射光物性セミナー	生天目，島田，佐藤，奥田， 澤田，松尾，宮本，泉，Schwier	研究室
	9.10			
火	1.2	素粒子物理学	稲垣	B101
	3.4	高エネルギー宇宙学セミナー	深澤，水野，高橋	研究室
	5.6			
	7.8			
	9.10	構造物性セミナー	黒岩，森吉	研究室
水	1.2	格子量子色力学	石川	A004
	3.4	クォーク物理学セミナー	志垣，本間，三好	研究室
		表面物理学	関谷	B101
	5.6			
	7.8			
	9.10			
木	1.2	素粒子論セミナー	両角，石川，稲垣	研究室
	3.4	放射光物性	生天目	放射光科学研究センター H201
	5.6			
	7.8	構造物性	黒岩	B101
		可視赤外線天文学セミナー	川端，植村，稲見	研究室
	9.10	光物性セミナー	木村	研究室
金	1.2	量子場の理論II	両角	A017
	3.4			
	5.6	放射光物理学	加藤	放射光科学研究センター H201
	7.8	放射光物理学セミナー	加藤	研究室
		宇宙物理学セミナー	小嶋，岡部	研究室
	9.10			
備考	放射光科学特論II（外部講師，生天目。後期集中），			

物理科学エクスターンシップ（森吉。集中形式），暗黒物質の素粒子現象論（特別講義，後期集中），恒星進化と超新星の天体物理学（特別講義，後期集中）
---

### 1-3-2 大学院教育の成果とその検証

博士課程前期では，研究する上で必要な内容を講義およびセミナー等で修得できており，特別な場合を除き，2年間で修士の学位を取得し，就職または進学している。博士課程後期では，研究室単位でより密着して指導が行われている。

博士課程前期の入学定員30名に対し，32名（内部生29名，他大学から3名）が入学している。博士課程後期の入学定員15名に対しては，7名（内部生6名，他大学から1名）が進学している。

### 1-3-3 大学院生の国内学会発表実績

○ 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数	117 件
○ 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数	71 件
○ 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数	41 件

### 1-3-4 大学院生の国際学会発表実績

○ 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数	116 件
○ 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数	100 件
○ 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数	50 件

### 外国人留学生の受入状況

○ 博士課程前期在籍者	2 名
○ 博士課程後期在籍者	17 名

### 1-3-5 修士論文発表実績

2019年度（30名）

	氏名	論文題目	指導教員	主査	副査
1	羽倉康喜	放射光粉末回折による非鉛強誘電体 (Bi <sub>1/2</sub> Na <sub>1/2</sub> )TiO <sub>3</sub> のクエンチ効果の研究	森吉	森吉	関谷
2	宮鼻叶太	1変数の複素作用モデルにおける Lefschetz Thimbles 上でのハイブリッドモンテカルロ法の 問題点とその解決策	石川	石川	本間
3	上田和茂	ディラック場の真空の量子もつれに関する研究	小畷	小畷	両角
4	大橋由佳	h-BN単原子層と接合したCo超薄膜における磁気 状態の膜厚依存性	澤田	澤田	中島
5	岩崎 駿	X線吸収分光の局所構造解析による Fe <sub>65</sub> Ni <sub>35</sub> 合 金の Invar 効果の研究	石松	石松	宮本
6	星野達也	磁気流体力学ケルビン・ヘルムホルツ不安定性 に対する カイラル磁気効果の基礎的研究	志垣	志垣	岡部
7	野田翔太	非調和熱振動解析による ペロブスカイト型酸 化物の構造相転移の研究	黒岩	黒岩	奥田

8	平出尚義	活動銀河核 3C279 の多波長スペクトル解析によるジェットパラメータの時間変動	深澤	深澤	志垣
9	次田周平	反強誘電体 $\text{Pb}(\text{Yb}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3$ の相転移と構造ゆらぎ	黒岩	黒岩	生天目
10	高木健吾	古典新星 V445 Puppis の長期観測に基づく親星と星周構造に関する研究	川端	川端	石川
11	前田和大	放射光を用いた価数相転移物質 $\text{YbInCu}_4$ の電子状態の研究	佐藤	佐藤	関谷
12	平原祐輔	sub-eV質量域未知場の探索領域拡大に向けた光パラメトリック増幅によるフェムト秒誘導光源の開発	本間	本間	高橋
13	岩尾祐希	ブラックホール連星の広帯域 X 線解析による降着円盤放射の研究	高橋	高橋	小嶋
14	徳永裕也	マヨラナニュートリノのレプトン数の時間発展について	両角	両角	志垣
15	北山悠斗	角度分解光電子分光を用いた $\text{LaAgSb}_2$ のバンド構造の研究	木村	木村	和田
16	越智 望	21cm 線から見る暗黒時代の新物理について	小嶋	小嶋	川端
17	今井健人	光電子分光による $\text{TlBiS}_2$ 及び $\text{TlBiSe}_2$ の温度誘起トポロジカル相転移の研究	奥田	奥田	石松
18	岩下憲之	Pythonを用いた3次元銀河分布のフーリエ解析	小嶋	小嶋	深澤
19	鹿子木将明	放射光光電子分光を用いたCo基ホイスラー合金のスピンの偏極電子構造の解明	木村	木村	生天目
20	野津庄平	干渉計を用いた放射光時間構造の研究	加藤	加藤	水野
21	尾崎堯弥	3つの同色レーザーを用いた誘導共鳴散乱によるアクシオンの粒子の初期探索	本間	本間	加藤
22	末永翔磨	真空紫外円二色性と直線二色性によるマガイニン2の生体膜相互作用研究	松尾	松尾	黒岩
23	甲佐美宇	X線吸収分光による $\text{Fe}_{72}\text{Pt}_{28}$ と $\text{Fe}_{65}\text{Ni}_{35}$ Invar合金の元素選択的な局所構造の比較	石松	石松	島田
24	吉川和樹	ALICE実験前方 $\mu$ 粒子飛跡検出器導入後の $\rho$ 中間子質量状態変化測定に向けた背景分布評価	志垣	志垣	川端
25	安藤玖瑠実	電子スペクトル測定によるシクロデキストリン包接された $\alpha$ -リポ酸の構造研究	関谷	関谷	佐藤
26	中村仁彦	軟X線および可視吸収分光による銅包接シクロデキストリンの電子状態の研究	関谷	関谷	澤田
27	木村優斗	機械学習による重力波の検出可能性	小嶋	小嶋	植村
28	大佐古拓海	Detectability of dimuon polarization due to ultra-intense magnetic field in non-central Pb-Pb collisions at the LHC-ALICE experiment	志垣	志垣	深澤
29	加藤盛也	交流電場と同期した時間分解X線吸収分光法による $\text{BaTiO}_3$ の誘電応答	中島	中島	松尾

30 YUN                      Observational study of transitional Type Ia supernova    川端    川端    小嵜  
JEUNG                      2018gv from its early phase

### 1-3-6 博士学位

2019年度（課程博士9名）

- [1] 大兼英朗                      2019年4月22日授与（甲）  
Construction of a renormalization group improved effective potential in a two real scalar system  
（二つの実スカラー系における繰り込み群で改善された有効ポテンシャルの構築）  
主査：両角卓也  
副査：小嵜康史，深澤泰司，稲垣知宏
- [2] 國府田由紀                      2019年4月22日授与（乙）  
Characterization of the automobile emission catalyst with nano structure using synchrotron radiation for high performance  
（放射光を用いたナノ構造を有する自動車用触媒の高性能化に関する研究）  
主査：生天目博文  
副査：黒岩芳弘，奥田太一，八木伸也
- [3] 上野峻一郎                      2019年6月24日授与（甲）  
Study of tensor renormalization group algorithm toward application to field theory  
（場の理論への応用へ向けたテンソルくりこみ群アルゴリズムの研究）  
主査：石川健一  
副査：稲垣知宏，小嵜康史，深澤泰司
- [4] APRIADI SALIM ADAM                      2019年7月22日授与（甲）  
Particle Number Asymmetry Generation in the Universe  
（宇宙の粒子数非対称性の生成）  
主査：両角卓也  
副査：小嵜康史，深澤泰司，稲垣知宏
- [5] Wang Xiaoxiao                      2019年3月3日授与（甲）  
Orbital and Spin Dependent Electronic Structures of Non-symmorphic Dirac Nodal Line Semimetals  
（非共型ディラック線ノード半金属の軌道およびスピンの依存した電子構造）  
主査：木村昭夫  
副査：黒岩芳弘，島田賢也，樋口克彦
- [6] 由宇朗大                      2020年3月3日授与（甲）  
Study of Three Generation Seesaw Model with Dirac Mass Matrix of Four-zero Texture and CP Violation in Neutrino Sector  
（Dirac 質量行列における 4-0 テクスチャーを用いた 3 世代シーソー模型とニュートリノセクターにおける CP 対称性の破れ）  
主査：両角卓也  
副査：稲垣知宏，小嵜康史，深澤泰司

- [7] 坂本弘樹 2020年3月23日授与（甲）  
Inflationary models improved by quantum corrections  
（量子補正によって改良されたインフレーションのモデル）  
主査：稲垣知宏  
副査：小嶋康史，志垣賢太，石川健一
- [8] 高木堅太 2020年3月23日授与（甲）  
Phenomenology for the Lepton Flavor Mixin  
（レプトン世代混合の現象論）  
主査：両角卓也  
副査：稲垣知宏，小嶋康史，志垣賢太
- [9] 高橋隼也 2020年3月23日授与（甲）  
Analysis of Model with Vector-like Quark through Standard Model Effective Field Theory  
（標準模型有効理論による Vector-like クォーク 模型の解析）  
主査：両角卓也  
副査：稲垣知宏，小嶋康史，志垣賢太

#### 1-3-7 TAの実績

2019年度は，博士課程前期の学生を22名（通年：5名，前期：7名，後期：10名）採用した。主たる業務は学部の実験及び演習を補助することであるが，大学院生が科目内容の再確認と教授法の技能の修得に役立った。

#### 1-3-8 大学院教育の国際化

博士課程後期の定員充足は喫緊の課題である。2013年度中から検討してきた外国人留学生特別選抜を活用して，2019年度10月入学で3名（中国1名，インド1名，アメリカ1名）を受け入れた。中国トップレベルの大学（中国科学院や復旦大学等）との連携の下で優秀な学生を見出す独自の取組みを継続している。しかし，本来，博士課程後期の定員充足は日本人学生の受入れで達成されるべきである。そのためには経済的支援の充実と海外派遣等を含む国際的な研究交流の活性化が不可欠と考えられる。2017年度から外国人教員による授業や研究指導を開始した。さらに，外国人を招待した研究室セミナーや共同研究（実験）などに院生を積極的に参加させている。例えば，物性科学講座の研究室では学内の放射科学研究センター（HiSOR）や高輝度光科学研究センター（SPring-8）などで国際共同実験に参画させている。大学院生には自身の研究の位置づけを確認されるとともに，外国人を含む本学以外の研究者や学生と交流させ，様々な研究方法や共同研究のあり方を実践的に習得させている。

物理科学専攻（博士課程前期）

授 業 科 目		博士課程前期		
		単位数	履修方法	
必修	物理科学特別研究		8	全ての必修科目十単位、及び選択必修から一科目（一又は二単位）を含む三〇単位以上
	基礎	先端物理科学概論	2	
必修 選択	大学院共通授業科目（基礎）（注1）		1又は2	
選 専 門 扱		量子場の理論Ⅰ	2	
		宇宙物理学	2	
		電子物性	2	
		構造物性	2	
		量子場の理論Ⅱ	2	
		格子量子色力学	2	
		素粒子物理学	2	
		非線形力学	2	
		クォーク物理学	2	
		X線ガンマ線宇宙観測	2	
		磁性物理学	2	
		表面物理学	2	
		光物性	2	
		分子分光学・光化学	2	
		放射光物理学	2	
		放射光物性	2	
		光赤外線宇宙観測	2	
		放射光科学院生実験	2	
		放射光科学特論Ⅰ	1	
		放射光科学特論Ⅱ	2	
	物理科学エクスターンシップ	2		
		1～8（年間）		



セ ミ ナ ー	素粒子論セミナー	8
	宇宙物理学セミナー	8
	クォーク物理学セミナー	8
	高エネルギー宇宙学セミナー	8
	可視赤外線天文学セミナー	8
	構造物性セミナー	8
	電子物性セミナー	8
	光物性セミナー	8
	分子光科学セミナー	8
	放射光物理学セミナー	8
放射光物性セミナー	8	
物理科学特別講義（集中講義）		

(注1) 選択必修から、1科目（1又は2単位）を超えて履修した場合は、(注2)により特別に認められた場合を除き、修了要件の単位には加えられない。

(注2) 必修、選択必修（1科目）及び選択以外の次に示す科目を履修した場合は、物理科学専攻の承認を得て6単位まで、修了要件に加えることができる。

- ・ 選択必修から、1科目を超えて履修した科目
- ・ 理学研究科の他専攻の授業科目
- ・ 共同セミナー
- ・ 理学研究科以外の他研究科等の授業科目

物理科学専攻（博士課程後期）

授 業 科 目		博士課程後期		
		単位数	履修方法	
必修	物理科学特別研究		12	全ての必修科目十三単位を含む十四単位以上 ただし、選択科目は博士課程前期において履修 していない科目を履修すること
	基礎	先端研究プレゼンテーション演習	1	
先端物理科学概論		2		
選 択	専 門	博士課程前期の専門科目と同一の 科目を提供する（前項の物理科学 専攻（博士課程前期）専門科目の欄を 参照）		
	物理科学特別講義（集中講義）			

就職情報

博士課程前期

進 学：博士課程後期進学 5,  
 企 業：(株) エヌ・ティ・ティ・ドコモ (株) 2, (株) アドバンテック 1,  
 サンディスク (株) 1, 東日本電信電話 (株) 1,  
 (株) 富士テクニカルリサーチ 1, 三菱電機 (株) 1,  
 ルネサスエレクトロニクス (株) 1, 日本製鉄 1,  
 (株) アルプス技研 1, 扶桑電通 (株) 1,  
 大同特殊鋼 (株) 1, (株) ISIDアドバンスストアウトソーシング 1,  
 京セラ (株) 1, (株) キーエンス 1,  
 レーザーテック (株) 1,  
 富士通 (株) 1, (株) NTTデータSMS 1,  
 一般財団法人リモート・センシング技術センター 1

その他企業：4

そ の 他：兵庫県教育委員会 1,

学生の表彰

広島大学 エクセレント・スチューデント・スカラシップ 成績優秀学生表彰者：3名

広島大学 大学院理学研究科長表彰者：1名

## 1-4 専攻の研究活動

### 1-4-1 物理科学専攻の教員が主導する研究拠点の活動

物理科学専攻の教員が主導する研究拠点は2つある。

- (1) 広島大学自立型研究拠点 極限宇宙研究拠点 (Core-U : Core Research for Energetic Universe)
- (2) 広島大学インキュベーション研究拠点 創発的物性物理研究拠点 (ECMP : Center for Emergent Condensed Matter Physics in Hiroshima University)

以下、各拠点が開催した国際会議やセミナーを紹介する。詳しい活動内容はそれぞれの拠点の報告書を参照されたい。

#### 広島大学自立型研究拠点 極限宇宙研究拠点

(Core-U : Core Research for Energetic Universe)

#### 2019年度の活動

##### Core-U 緊急セミナー「研究解説：ブラックホール直接撮像」

日時：2019年4月18日（木）17:00-18:00

場所：広島大学 理学研究科 E002 教室

講師：笹田真人氏（広島大学），岡部信広氏（広島大学）

##### 第42回（2019年度第1回）極限宇宙研究拠点セミナー

日時：2019年4月24日（水）12:50-14:20

場所：広島大学 理学研究科 E203教室

講師：Norbert Novitzky 氏（筑波大学）

題目：ALICE Forward Calorimeter (FoCal) upgrade

##### 第43回（2019年度第2回）極限宇宙研究拠点セミナー

日時：2019年5月10日（金）15:00-16:30

場所：広島大学理学研究科E203教室

講師：二間瀬敏史氏（京都産業大学）

題目：Possible constraints on neutrino mass and dark energy parameter from the lensing dispersion of the magnitude-redshift relation of Type Ia supernovae

##### 第44回（2019年度第3回）極限宇宙研究拠点セミナー

日時：2019年6月12日（水）15:00-16:30

場所：広島大学 理学研究科 E203教室

講師：山口頼人氏（広島大学）

題目：極限QCD物質クォーク・グルオン・プラズマの温度測定

##### 第45回（2019年度第4回）極限宇宙研究拠点セミナー

日時：2019年6月17日（月）14:30-16:00

場所：広島大学 理学研究科 E203教室

講師：Henric Krawczynski 氏（セントルイス・ワシントン大学）

題目：First Results from the X-Calibur Hard X-Ray Polarimetry Experiment

第46回 (2019年度第5回) 極限宇宙研究拠点セミナー

日時：2019年7月18日 (木) 15:00-16:30  
場所：広島大学理学研究科E002教室  
講師：山本 恵氏 (日本学術振興会特別研究員 広島大学/チューリッヒ)  
題目：Hints of New Physics in flavor sector

第47回 (2019年度第6回) 極限宇宙研究拠点セミナー

日時：2019年7月31日 (月) 13:30-15:00  
場所：広島大学理学研究科E002教室  
講師：井岡邦仁氏 (京都大学)  
題目：Electromagnetic counterparts to Gravitational waves and Gamma-ray Burst jets

第48回 (2019年度第7回) 極限宇宙研究拠点セミナー

日時：2019年8月19日 (月) 15:00-16:30  
場所：広島大学理学研究科C212教室  
講師：青山尚平氏 Dr. Shouhei Aoyama (中央研究院 天文及天文物理研究所)  
題目：ダストのサイズ分布を考慮したダスト形成シミュレーション

第49回 (2019年度第8回) 極限宇宙研究拠点セミナー

日時：2019年8月26日 (月) 14:35-16:05  
場所：広島大学理学研究科C212教室  
講師：Dr. Taishi Katsuragawa (Hua-Zhong Normal University)  
題目：Chameleon Hunters in Early Universe

第50回 (2019年度第9回) 極限宇宙研究拠点セミナー

日時：2019年9月10日 (火) 10:30-12:00  
場所：広島大学理学研究科E203大会議室  
講師：日高義将氏 (理化学研究所)  
題目：自発的対称性の破れと南部ゴールドストーンモード：相対論系から開放系まで

第51回 (2019年度第10回) 極限宇宙研究拠点セミナー

日時：2019年11月28日 (木) 14:35-16:05  
場所：広島大学理学研究科C212教室  
講師：青木真由美氏 (金沢大学)  
題目：Gravitational waves from phase transition in a hidden QCD like sector

第52回 (2019年度第11回) 極限宇宙研究拠点セミナー

日時：2019年11月28日 (木) 16:30-18:00  
場所：広島大学理学研究科C212教室  
講師：前田啓一氏 (京都大学)  
題目：超新星から迫る大質量星の終末進化

第53回 (2019年度第12回) 極限宇宙研究拠点セミナー

日時：2019年12月10日 (火) 13:30-15:00  
場所：広島大学理学研究科C212教室

講師：Nhut Truong 氏(ELTE)

題目：X-ray signatures of black hole feedback-based quenching

第54回（2019年度第13回）極限宇宙研究拠点セミナー

日時：2019年12月24日（火）16:10-17:00

場所：広島大学理学研究科C212教室

講師：坂野正明氏（ワイズバベル社）

題目：論文英語ことはじめ一分かる。伝える。訴える。

第55回（2019年度第14回）極限宇宙研究拠点セミナー

日時：2020年1月17日（金）11:00-12:20

場所：広島大学理学研究科C212教室

講師：Ryan Lau 氏(ISAS/JAXA IYTF)

題目：Nature of the Dust in Stellar Winds from Nearly Dead Massive Stars, To Be Resolved with the James Webb Space Telescope

第56回（2019年度第15回）極限宇宙研究拠点セミナー

日時：2020年1月22日（水）13:00-14:00

場所：広島大学理学研究科E211教室

講師：Francois Mernier 氏 (Hunbary, ELTE)

題目：from supernova to galaxies and beyond

広島大学インキュベーション研究拠点 創発的物性物理研究拠点

(ECMP: Center for Emergent Condensed Matter Physics in Hiroshima University)

2019年度の活動

International Workshop on New Trends in Topological Insulators 2019 & Variety and Universality of Bulk-edge Correspondence in Topological Phases

日時：2019年7月14日（日）-19日（金）

場所：JMSアステールプラザ広島

概要：本国際会議では、トポロジカル絶縁体や超伝導体、さらには磁性トポロジカル絶縁体や多層膜の研究において国内66名、海外35名の計101名（うち招待講演者27名）の第一線で活躍する研究者が集い、最新の成果発表と意見交換が行われた。広島大学創発的物性物理研究拠点は本国際会議の共催団体として参入し、拠点長が組織委員長を務め、拠点メンバーの一部が実行委員としても活躍した。

第35回（2019年度第1回）広島大学創発的物性物理研究拠点セミナー（第536回物性セミナー合同）

日時：2019年5月17日（金）16:30-

場所：広島大学理学研究科C212会議室

講師：片山郁文氏（横浜国立大学工学院）

題目：ディラック電子系におけるテラヘルツ非線型応答

第36回（2019年度第2回）広島大学創発的物性物理研究拠点セミナー（第539回物性セミナー合同）

日時：2019年8月29日（木）15:20-

場所：広島大学先端物質科学研究科405N

講師：中村正明氏（愛媛大学大学院理学研究科）

題目：朝永・Luttinger液体のトポロジカル相転移における偏極演算子の挙動

第37回（2019年度第3回）広島大学創発的物性物理研究拠点セミナー（第542回物性セミナー）

日時：2019年9月18日（金）15:30-

場所：広島大学先端物質科学研究科401N

講師：佐藤一彦氏（埼玉大学理工学研究科）

題目： $\beta'$ 型BEDT-TTF系有機磁性体の $\mu$ SR

### 1-4-2 RAの実績

物理科学専攻の研究活動を支えるRAとして、2019年度は15名の日本人学生及び9名の留学生の博士課程後期大学院生を採用した。

氏名	学年	研究グループ	指導教員
由宇朗大	D3	素粒子論	両角卓也
高木堅太	D3	素粒子論	両角卓也
高橋隼也	D3	素粒子論	両角卓也
坂本弘樹	D3	素粒子論	石川健一
信廣晃秀	D3	クォーク物理学	志垣賢太
山川皓生	D3	クォーク物理学	志垣賢太
中平夕貴	D3	構造物性	森吉千佳子
佐久間大樹	D2	宇宙物理学	小畠康史
安部友啓	D2	構造物性	黒岩芳弘
宮下剛夫	D2	光物性	木村昭夫
河村優太	D1	素粒子論	両角卓也
松尾大和	D1	素粒子論	両角卓也
下地寛武	D1	素粒子論	石川健一
今里郁弥	D1	高エネルギー宇宙	深澤泰司
石坂仁志	D1	光物性	木村昭夫
南 岳	D3	宇宙物理学	小畠康史
FAN DONGXIAO	D3	電子物性	中島伸夫
WU LIN	D2	構造物性	黒岩芳弘
ZHANG KE	D2	放射光物性・物理	島田賢也
BENOIT NICHOLAS JAMES	D1	素粒子論	両角卓也
楊 冲	D1	高エネルギー宇宙	深澤泰司
YUN JEUNG	D1	高エネルギー宇宙	川端弘治
HOU XUEYAO	D1	放射光物性・物理	澤田正博

KUMAR AMIT	D1	放射光物性・物理	島田賢也
------------	----	----------	------

### 1-4-3 研究グループの研究活動

物理科学専攻の研究活動を研究グループごとに以下の項目でまとめる。

- 研究活動概要（発表論文，講演等を含む）
- 学生の国際・国内学会等での活動状況
- 学会ならびに社会での活動
- 研究助成金の受入状況，学術団体等からの受賞実績
- その他

## 宇宙・素粒子科学講座

### ○素粒子論グループ

研究活動の概要

(I) 格子量子色力学を用いた強い相互作用の研究（石川）

(i) ラージN極限におけるツイストされた時空縮約モデルの研究（石川）

SU(N) 格子ゲージ理論は、Nを無限に持っていった極限で時空の自由度を内部空間に吸収できてしまう可能性がある。通常格子ゲージ理論は4次元格子上で定義されるが、江口・川合は格子点が1点しかない理論（江口・川合模型）を考えた。江口・川合模型には Z(N) 対称性があり、江口・川合はこの対称性が破れていない時、通常のゲージ理論と江口・川合模型が同じSchwinger-Dyson方程式を満たし同等であることを示した。強結合相ではこの対称性は破れていないが、物理的に重要な弱結合相および中間結合相ではZ(N) 対称性は破れてしまい、2つの理論は同等ではない。この困難を回避するために、大川とゴンザレス・アロヨは理論にtwisted境界条件を課するtwisted江口・川合模型を提案した。

R01年度は前年度に引き続きtwisted江口・川合模型の摂動論的研究を高次摂動まで計算する研究を行った。数値確率過程摂動論というモンテカルロ法に基づく摂動計算法をtwisted江口・川合模型に適用しラージNゲージ理論のウィルソンループを計算している。前年度におこなった8次までの数値確率過程摂動論による計算結果はJHEP誌に掲載された（原著論文[1]）。本年度はさらに高次項を目指して相互作用の63次まで計算した。この計算では多項式計算の加速のため高速フーリエ変換を利用した効率化を行った。初期的結果について国際会議Lattice2019にて発表した（国際学会一般講演[1]）

(ii) 格子QCDに関するその他の計算（石川）

1) 格子QCDによる物理点でのハドロン質量計算の研究（石川）

格子QCDを用いた第一原理計算による核子や軽い原子核の性質の導出が世界的に進められてきている。物理的クォーク質量における計算ではクォーク質量が軽いため核子の持つ仮想パイ中間子の放出吸収に伴う核子や原子核の有効体積の広がりによる有限体積効果への系統誤差の増加を抑えるために、非常に大きな物理体積での計算が必要になってきている。平成29年度から筑波大学，東北大学，理研の共同研究者とともに，物理クォーク質量での核子1つが有限体積効果を受けないような大きな体積としておよそ  $(10\text{fm})^4$  の大きさの体積の物理点格子QCDモンテカルロ計算を行っている。この大きな体積に対して有限体積効果を調べるた



めに $(5\text{fm})^4$ や $(8\text{fm})^4$ の体積の計算も並行して行っている。これまでの研究に引き続いて2019年度にはこれらの大きな物理体積のもとで次のような研究を行った。

前年度までに核子形状因子の有限体積効果を調べてきた。それと同時に基本的なハドロン質量や崩壊定数の有限体積項を調べた。ベクトル中間子とバリオンの有限体積効果について物理体積 $(5.5\text{fm})^4$ と $(10.9\text{fm})^4$ の2つの体積でこれらの質量への有限体積効果を調べた。フレーバー8重項のバリオンについての有限体積項は $(10.9\text{fm})^4$ にて0.5%以下と見積もられた。ベクトル中間子については不安定粒子であり、格子上でも固有状態としては存在せず、統計誤差の範囲内で有限体積効果は見られなかった。フレーバー10重項のバリオンについてもベクトル中間子と同様の傾向が見られた。原著論文[2]

また、大きな体積でのK中間子の崩壊形状因子 $K_{13}$ や核子アイソベクトル結合定数の計算なども共同研究を行っている（国際学会一般講演[2,3],国内学会一般講演[2,3]）。

## 2) 次世代計算機に向けた格子 QCD シミュレーションプログラムの開発（石川）

ポスト京計算機の計画が2014年より始まっており、スーパーコンピュータ「富岳」として2022年度から供用が始まる予定となっている。また国内の主な計算機設備の更新も次々と始まっている。

H30年度に引き続きスーパーコンピュータ「富岳」むけのクォークソルバーの最適化や新しいアルゴリズムの開発・探求を行っている。国内学会一般講演[1] 国内学会招待講演 [1]

## (II) 素粒子と宇宙の現象論（両角）

### 1) 3世代右巻きニュートリノを含むシーソー模型の研究と4ゼロテクスチャーモデルの隠れた関係; (両角, 清水)

シーソー模型はレプトジェネシスを通じて宇宙の物質反物質非対称性を説明し一方で小さなニュートリノ質量を説明するという点で興味深い。一方3世代右巻きニュートリノを含むシーソー模型においては、CP対称性の破れの独立な位相が6個あることなどから、低エネルギーにおけるニュートリノに関しての観測事実に基づいてシーソー模型を再構築することは難しい。特にニュートリノ振動で観測されているCP位相やニュートリノレス2重ベータ崩壊に現れるマヨラナ位相と（レプトジェネシスを通じての）物質反物質非対称性に関するCP対称性の破れの関係の議論が単純に行かない理由はその辺に事情がある。

研究では人為的にシーソー模型のパラメーターの数を減らすことで、現在のニュートリノ混合実験等で測られた混合角や質量2乗差と矛盾しないだけでなく、3つのCP位相の間に非自明な関係や相関が現れるような場合を発見した。このことはディラック質量行列と呼ばれる行列に4つのゼロの要素（4ゼロテクスチャー）を仮定することで可能になった。この場合ニュートリノのマヨラナ質量行列は観測可能量の数とほぼ同数の7個のパラメーターを含み観測量から模型のパラメーターを決めることが可能である。このような4ゼロテクスチャーは126個の異なるパターンがありこれらを系統的に分類して調べる方法を開発しこれを用いて解析をした。原著論文[3]

### 2) 統一した見方でのレプトン数の破れの研究（両角, 清水）

ニュートリノに関係したレプトン数の破れは主に2つの観点で研究されてきた。ひとつはニュートリノ振動と呼ばれる全レプトン数は保存されるが各レプトンフレーバー数は時間ともに変化する現象、いま一つはニュートリノレス2重ベータ崩壊のように全レプトン数が変



化する現象である。この研究ではレプトンファミリー数の時間変化という現象に着目し上記のレプトン数の非保存現象を統一的な観点から研究した。宇宙の物質反物質非対称性の中で最もよくわかっていないのはニュートリノが担うレプトン数である。宇宙には初期宇宙の残存物質として温度が低い背景ニュートリノが漂っていると予測されている。背景ニュートリノに蓄積されているレプトン数（正確にはレプトンファミリー数）の性質を研究するのが目的である。ニュートリノのレプトン数はニュートリノのエネルギーやニュートリノの質量のタイプ（ディラック粒子か マヨラナ粒子か）によって異なる性質を持つと考えられる。これを踏まえてニュートリノの担うレプトンファミリー数の時間発展をニュートリノ質量がマヨラナ粒子の場合に研究した。マヨラナ粒子は粒子と反粒子が同一の粒子なのでレプトン数を定義するのは困難に見えるが荷電レプトンの種類と数を観測する実験でカウントされるニュートリノのレプトン数はカイラリティの決まった状態に対するものなのでこの問題は克服できる。レプトンファミリー数に対応するハイゼンベルク演算子を構成し、始状態として(反)電子ニュートリノ、(反)ミューオンニュートリノ、(反)タウニュートリノをとることでレプトンファミリー数の期待値の時間発展を導いた。以上の研究結果を2つの国際会議と1つの国内研究会、海外の大学でセミナー発表をした。

国際学会招待講演[4,5] 国内学会一般講演[26]

### 3) カイラルラグランジアンを用いた固有パリティの破れの現象の研究（両角）

中間子のフォトンを含む崩壊の中で固有パリティを破る崩壊（ベクトル中間子（V）の擬スカラー（P）および  $\gamma$  への崩壊など）は実験と理論予想が十分な精度であっていない。特に中性  $\rho$  中間子と荷電  $\rho$  中間子の崩壊は大きなアイソスピンの破れを示している。このようなベクトル中間子を含む固有パリティの破れの伴う崩壊過程を記述するためにベクトル中間子を含むカイラルラグランジアンに固有パリティの破れの相互作用を導入し、ベクトル中間子の崩壊  $V \rightarrow P \gamma$  崩壊に対する擬スカラー中間子の one-loop 補正の研究を始めた。国内学会一般講演[24,28]

### 4) B 中間子稀崩壊の研究

Belle II 実験での高精度探索が期待されている B 中間子稀崩壊  $B \rightarrow K^* l^+ l^-$  を標準模型を超える理論と形状因子両面から研究した。標準模型を超える理論としてはクォークシーソー模型と呼ばれる素粒子の質量階層性に動機付けられたモデル、形状因子については光円錐和則と呼ばれる方法を研究した。実験にこれらの計算コードを提供できるよう準備を進めている。

### 5) 経路積分法による重い粒子を積分する方法の開発

### 6) 宇宙の粒子数生成を説明するモデルの開発

## (III) 清水勇介

素粒子標準模型は電磁気力・弱い力・強い力の3つをゲージ対称性を用いて系統的に説明する模型である。近年のヒッグス粒子の発見により、標準模型は成功を収めている。また、ニュートリノ振動実験の結果により、ニュートリノには質量があり、レプトンセクターには大きな世代混合があることが分かった。しかし、標準模型では素粒子の世代ごとの質量の違いやクォークセクターとレプトンセクターの世代混合の大きさの違いを自然に説明すること

が出来ない。この問題を解決する手段として素粒子の世代に対してフレーバー対称性を用いる方法がある。特に、フレーバー対称性として非可換離散対称性を用いることにより、レプトンの大きな世代混合を自然に導くことができる。先行研究により、非可換離散対称性を用いたモデルは数多くあり、モデルを構築する上で必要になってくるスカラー場（フラボン）の数も多くなり、モデルが複雑化しているという問題点がある。この問題を解決する方法として、超弦理論由来のモジュラー対称性を用いた研究が盛んに行われている。論文業績であげた論文ではフラボンを用いず、モジュラー対称性の部分群である非可換離散群を自然に用いることができ、フラボンを用いたフレーバーモデルより少ないパラメータで素粒子の質量や世代混合を説明・予言することができた。

#### 原著論文

- [1] Antonio González-Arroyo, Issaku Kanamori, Ken-Ichi Ishikawa, Kanata Miyahana, Masanori Okawa, Ryoichiro Ueno, “Numerical stochastic perturbation theory applied to the twisted Eguchi-Kawai model”, J. High Energ. Phys. (2019) 2019: 127, doi:10.1007/JHEP06(2019)127.
- [2] K.-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Kuramashi, Y. Nakamura, Y. Namekawa, E. Shintani, Y. Taniguchi, N. Ukita, T. Yamazaki, and T. Yoshié (PACS Collaboration), “Finite size effect on vector meson and baryon sectors in 2+1 flavor QCD at the physical point”, Phys. Rev. D 100, 094502, doi:10.1103/PhysRevD.100.094502.
- [3] Takuya Morozumi, Yusuke Shimizu, Hiroyuki Umeeda, Akihiro Yuu “Hidden relations in three generation seesaw model with Dirac mass matrix of four-zero texture”, Physics Letters B 799, 2019 ,135046 pp14—pp14, DOI. 10.1016/j.physletb.2019.135046
- [4] Tomohiro Inagaki, Yamato Matsuo and Hiromu Shimoji, “Four-Fermion Interaction Model on  $M^{D-1} \times S^1$ ”, Symmetry 11 (2019) 4, 451, DOI:10.3390/sym11040451(Accepted: 27 March 2019, Published: 1 April 2019)
- [5] Tatsuo Kobayashi, Yusuke Shimizu, Kenta Takagi, Morimitsu Tanimoto, Takuya H. Tatsuishi, and Hikaru Uchida, “CP violation in modular invariant flavor models”, Phys. Rev. D 101, 055046. DOI:10.1103/PhysRevD.101.055046
- [6] Tatsuo Kobayashi, Yusuke Shimizu, Kenta Takagi, Morimitsu Tanimoto, and Takuya H. Tatsuishi, “A4 lepton flavor model and modulus stabilization from S4 modular symmetry”, Phys. Rev. D 100, 115045. DOI: 10.1103/PhysRevD.100.115045; Erratum Phys. Rev. D 101, 039904 (2020).
- [7] Tatsuo Kobayashi, Yusuke Shimizu, Kenta Takagi, Morimitsu Tanimoto, and Takuya H. Tatsuishi, “New A4 lepton flavor model from S4 modular symmetry,” Journal of High Energy Physics volume 2020, Article number: 97 (2020), DOI: 10.1007/JHEP02(2020)097
- [8] Tatsuo Kobayashi, Yusuke Shimizu, Kenta Takagi, Morimitsu Tanimoto, Takuya H. Tatsuishi, “Modular S3 invariant flavor model in SU (5) grand unified theory”, Progress of Theoretical and Experimental Physics, Volume 2020, Issue 5, May 2020, 053B05. DOI: 10.1093/ptep/ptaa055
- [9] Yusuke Shimizu, Kenta Takagi, Shunya Takahashi, and Morimitsu Tanimoto, “Sign of CP violating phase in quarks and leptons”, Journal of High Energy Physics volume 2019, Article number: 74 (2019). DOI: 10.1007/JHEP04(2019)074

- [10] Tatsuo Kobayashi, Yusuke Shimizu, Kenta Takagi, Morimitsu, Tanimoto, Takuya H. Tatsuishi, Hikaru Uchida, “Finite modular subgroups for fermion mass matrices and baryon/lepton number violation”, Physics Letters B Volume 794, 10 July 2019, Pages 114-121. DOI: 10.1016/j.physletb.2019.05.034
- [11] J.Fuentes-Martín, G.Isidori, J.Pagès, Kei Yamamoto, “With or without U(2)? Probing non-standard flavor and helicity structures in semileptonic B decays” Phys. Lett. B 800 (2020), 135080

国際会議

(招待講演)

- [1] 山本 恵, “Theory of Kaon physics”, J-PARC Symposium 2019, つくば, 2019年9月23--26日 [2019年9月25日発表]
- [2] 山本 恵, “B-physics anomaly and U(2) flavor symmetry”, Flavour Changing and Conserving Processes 2019, Capri, Italy, 2019年8月29--31日 [2019年8月20日発表]
- [3] 山本 恵, “New Physics implications of the direct CP violation in Kaon decays”, WIN2019 (The 27th International Workshop on Weak Interactions and Neutrinos), Bari, Italy, 2019年6月3--8日 [2019年6月4日発表]
- [4] Takuya Morozumi, Yuta Kawamura, Apriadi Salim Adam, Yusuke Shimizu, Yuya Tokunaga, Naoya Toyota, “Lepton Number Violation in a Unified Framework”, Pacific 2019, Particle Astrophysics and Cosmology Including Fundamental Interaction, The Gump Research Station, Moorea, French Polynesia, 2019年9月1日--6日 [2019年9月3日発表]
- [5] Takuya Morozumi, Yuta Kawamura, Apriadi Salim Adam, Yusuke Shimizu, Yuya Tokunaga, Naoya Toyota, “Lepton Number Violation in a Unified Framework”, Higgs and Flavour Today (GUIFEST), IFIC, Valencia, Spain, 2019年10月15日 [2019年10月15日ビデオ発表]

(一般講演)

- [1] Antonio González-Arroyo, Issaku Kanamori, Ken-Ichi Ishikawa\*, Kanata Miyahana, Masanori Okawa, Ryoichiro Ueno, “Towards higher order numerical stochastic perturbation computation applied to the twisted Eguchi-Kawai model”, the 37th Annual International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2019), Wuhan, China, 2019年6月16--22日 [2019年6月19日発表]
- [2] Natsuki Tsukamoto\*, Yasumichi Aoki, Ken-Ichi Ishikawa, Yoshinobu Kuramashi, Eigo Shintani, Shoichi Sasaki, Takeshi Yamazaki, “Nucleon isovector couplings from 2+1 flavor lattice QCD at the physical point”, the 37th International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2019), Wuhan, China, 2019年6月16--22日 [2019年6月20日発表]
- [3] Junpei Kakazu\*, Ken-ichi Ishikawa, Naruhito Ishizuka, Yoshinobu Kuramashi, Yoshifumi Nakamura, Yusuke Namekawa, Yusuke Taniguchi, Naoya Ukita, Takeshi Yamazaki, Tomoteru Yoshié, “K13 form factors in Nf=2+1 QCD at physical point on large volume”, the 37th International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2019), Wuhan, China, 2019年6月16--22日 [2019年6月18日発表]
- [4] T. Inagaki and H. Sakamoto, “Inflationary Parameters for the General F(R) Gravity”, 2nd International Conference on Symmetry, スペイン(ベナスケ), 2019年9月1--7日 [2019年9月3日発表]

- [5] T. Inagaki, and H. Sakamoto, “Explicit Formulation of Inflationary Parameters in F(R) gravity”, The 29th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan, 神戸, 2019年11月25--29日[2019年11月27日,28日発表]
- [6] 稲垣知宏, 坂本弘樹, 松尾大和\* “Power law model of modified gravity” JGRG29, 神戸大学, 2019年11月25--26日, ポスター発表
- [7] Masahiko Taniguchi\*, Tomohiro Inagaki, “Scalar mode propagation in modified Gauss-Bonnet gravity”, The 29th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (JGRG29), Kobe university, 2019年11月25--29日 [25-26 poster presentation].

#### 国内学会

(招待講演)

- [1] 清水勇介, 「ニュートリノ振動とフレーバー物理」 第一回ニュートリノ若手研究会「ニュートリノ振動とフレーバー物理」 名古屋大学, 開催期間: 2019年6月11日[2019年6月11日発表]
- [2] 山本 恵, “Hints of new physics in flavor sector”, The 5th Core-U seminar of Hiroshima University, 広島 2019年7月18日
- [3] 石川健一, 「格子量子色力学(格子 QCD)における大規模並列計算と計算アルゴリズム」, STE シミュレーション研究会 - 計算プラズマ物理の新潮流 -, 広島大学東千田キャンパス, 2019年9月24日--26日[2019年9月24日発表]

(一般講演)

- [1] 石川健一, 金森逸作\*, 松古栄夫, 「共通コード Bridge++を用いたドメインウォールフェルミオン向けのマルチグリッドソルバーの実装」日本物理学会秋季大会, 山形大学(小白川キャンパス), 2019年9月17--20日[2019年9月18日発表]
- [2] 賀数淳平\*, 石川健一, 石塚成人, 藏増嘉伸, 中村宜文, 滑川裕介, 谷口裕介, 浮田尚哉, 山崎 剛, 吉江友照 for PACS Collaboration, 「物理点での  $N_f = 2+1$  格子 QCD による K13 形状因子の計算」日本物理学会秋季大会, 山形大学(小白川キャンパス), 2019年9月17--20日[2019年9月18日発表]
- [3] 塚本夏基, 青木保道, 石川健一, 藏増嘉伸, 佐々木勝一\*, 新谷栄悟, 山崎 剛, for PACS Collaboration 「物理点  $2+1$  フレーバー格子 QCD による核子のアイソベクター結合の計算」日本物理学会秋季大会, 山形大学(小白川キャンパス), 2019年9月17--20日[2019年9月18日発表]
- [4] 下地寛武\* 「4 体フェルミ相互作用モデルにおけるカイラル対称性に対する化学ポテンシャルの寄与」, 基研研究会「熱場の量子論とその応用」, 京都大学基礎物理学研究所, 2019年9月2--4日[2019年9月2日発表]
- [5] 稲垣知宏, 下地寛武, 松尾大和\* 「非一様なカイラル凝縮を持つ 4 対フェルミ相互作用モデルの  $\zeta$  関数正則化による解析」 熱場の量子論とその応用, 京都大学基礎物理学研究所 湯川記念館パナソニック国際交流ホール, 2019年9月2日, ポスター発表
- [6] 下地寛武\* 「4 体フェルミ相互作用モデルにおける有限サイズと化学ポテンシャルの効果」瀬戸内サマーインスティテュート(SSI2019), 広島県廿日市市宮島町, 2019年9月11--13[2019年9月11日発表]

- [7] 稲垣知宏, 下地寛武, 松尾大和\* 「Zeta 関数正則化による非一様なカイラル対称性の破れの解析」 瀬戸内サマーインスティテュート(SSI2019), 広島県廿日市市宮島町, 2019 年 9 月 11--13[2019 年 9 月 11 日発表]
- [8] 杉山祐紀\* 「Randall-Sundrum Brane-World in Modified Gravity」 瀬戸内サマーインスティテュート(SSI2019), 広島県廿日市市宮島町, 2019 年 9 月 11--13 日[2019 年 9 月 12 日発表]
- [9] 谷口真彦\*, 稲垣知宏 「修正重力理論の重力波」 瀬戸内サマーインスティテュート(SSI2019), 広島県廿日市市宮島町, 2019 年 2019 年 9 月 11--13 日[2019 年 9 月 12 日発表]
- [10] 徳永裕也\* 「マヨラナニュートリノのレプトン数の時間発展について」 瀬戸内サマーインスティテュート(SSI2019), 広島県廿日市市宮島町, 2019 年 2019 年 9 月 11--13 日[2019 年 9 月 11 日発表]
- [11] 両角卓也 「Lepton Number Violation in a Unified Framework」 瀬戸内サマーインスティテュート(SSI2019), 広島県廿日市市宮島町, 2019 年 2019 年 9 月 11--13 日[2019 年 9 月 11 日発表]
- [12] 由宇朗大\* 「Hidden Relations in three Generation Seesaw Model with four-zero Texture」 瀬戸内サマーインスティテュート (SSI2019) , 広島県廿日市市宮島町, 2019 年 9 月 11--13 日 [2019 年 9 月 11 日発表]
- [13] 高橋隼也\* 「 $b \rightarrow sl^+l$  in the model with Vector-like Quark」 瀬戸内サマーインスティテュート (SSI2019) , 広島県廿日市市宮島町, 2019 年 9 月 11--13 日[2019 年 9 月 11 日発表]
- [14] 高木堅太\* 「Modular  $S_3$  flavor model in SU(5) GUT」 瀬戸内サマーインスティテュート (SSI2019) , 広島県廿日市市宮島町, 2019 年 9 月 11--13 日[2019 年 9 月 12 日発表]
- [15] 河村優太\* 「古典的な SU(2)Higgs 模型と Sphaleron 解」 瀬戸内サマーインスティテュート (SSI2019) , 広島県廿日市市宮島町, 2019 年 9 月 11--13 日[2019 年 9 月 12 日発表]
- [16] 宮鼻叶太\* 瀬戸内サマーインスティテュート (SSI2019) , 広島県廿日市市宮島町, 2019 年 9 月 11--13 日[2019 年 9 月 12 日発表]
- [17] 稲垣知宏, 坂本弘樹 「F(R)重力理論におけるインフレーションの解析」, 瀬戸内サマーインスティテュート (SSI2019) , 広島県廿日市市宮島町, 2019 年 9 月 11--13 日[2019 年 9 月 13 日発表]
- [18] 稲垣知宏, 下地寛武, 松尾大和\* 「Zeta 関数正則化を用いた kink 解を持つ NJL モデルの解析」 日本物理学会 2019 年 秋季大会 山形大学, 2019 年 9 月 17--20 日[2019 年 9 月 18 日発表]
- [19] 小林達夫, 清水勇介, 高木堅太\*, 谷本盛光, 立石卓也 「Modular  $S_3$  flavor model in SU(5) GUT」 日本物理学会 2019 年 秋季大会 山形大学小白川キャンパス, 2019 年 9 月 17--20 日[2019 年 9 月 18 日発表]
- [20] 稲垣知宏, 松尾大和, 下地寛武\* 「コンパクト化された空間と化学ポテンシャルを伴う 4 体フェルミ相互作用モデル」 日本物理学会 2019 年秋季大会 山形大学小白川キャンパス, 2019 年 9 月 17--20 日[2019 年 9 月 19 日発表]
- [21] 谷口真彦\*, 稲垣知宏 「F(G)修正重力理論における重力波」 日本物理学会 2019 年秋季大会, 山形大学, 2019 年 9 月 17--20 日[2019 年 9 月 20 日発表]
- [22] 高橋隼也\*, 両角卓也, 清水勇介 「Vector-like クォーク模型に対する  $b \rightarrow sl^+l$  遷移からの制限」 日本物理学会 2019 年秋季大会, 山形大学小白川キャンパス 2019 年 9 月 17--20 日, [2019 年 9 月 17 日発表]



- [23] 両角卓也, 清水勇介, 梅枝宏之, 由宇朗大\* 「Hidden Relations for Majorana Mass Matrix in three Generation Seesaw Model with Dirac Mass Matrix of four-zero Texture」日本物理学会 2019 年秋季大会山形大学小白川キャンパス, 2019 年 9 月 17--20 日[2019 年 9 月 17 日発表]
- [24] 両角卓也, 木村大自, 田川容樹「1 ループ補正を含むベクトル中間子の固有パリティを破る崩壊過程の研究」日本物理学会 2019 年秋季大会山形大学小白川キャンパス, 2019 年 9 月 17--20 日[2019 年 9 月 17 日発表]
- [25] 稲垣知宏, 坂本弘樹 “共変形式を用いた F(R)重力理論におけるインフレーション理論の解析”,日本物理学会 2019 年秋季大会山形大学小白川キャンパス, 2019 年 9 月 17--20 日 [2019 年 9 月 19 日発表]
- [26] Takuya Morozumi, Yuta Kawamura, Apriadi Salim Adam, Yusuke Shimizu, Yuya Tokunaga, Naoya Toyota, 「Lepton Number Violation in a Unified Framework」, Flavor Physics Workshop 2019, かんぼの宿 富田林, 2019 年 11 月 19 日--11 月 22 日[2019 年 11 月 20 日発表]
- [27] 小林達夫, 清水勇介, 高木堅太\*,谷本盛光, 「Modular Stabilization in Flavor Symmetric Model」, 日本物理学会第 75 回年次大会 2020 年 3 月 16--19 日名古屋大学[2020 年 3 月 17 日発表]
- [28] 木村大自, 両角卓也, 田川容樹「SU(3) の破れの効果とパリティの破れを含むベクトル中間子のカイラルラグランジアン」日本物理学会第 75 回年次大会 2020 年 3 月 16--19 日名古屋大学(2020 年) [2020 年 3 月 16 日発表]
- [29] 下地寛武\*, 稲垣知宏, 松尾大和 「コンパクト化された空間を伴う 4 体フェルミ相互作用モデルにおける有限密度の寄与」日本物理学会第 75 回年次大会 名古屋大学(2020 年) 2020 年 3 月 16--19 日[2020 年 3 月 16 日発表]
- [30] 高橋隼也\*, 両角卓也, 清水勇介 「Vector-like クォークモデルにおける sd, bs,セクターの FCNC や CP の破れの相関関係」日本物理学会 2020 年第 75 回年次大会,名古屋大学, 2020 年 3 月 16--19 日, [2020 年 3 月 17 日発表]
- [31] 河村優太\*, 両角卓也, アプリアディ・サリム・アダム 「Two Higgs モデルの低エネルギー有効作用と現象論」日本物理学会 2020 年春季大会, 名古屋大学, 2020 年 3 月 16--19 日, [2020 年 3 月 16 日発表]
- [32] 河村優太, 松尾大和, 両角卓也, Apriadi Salim Adam, 清水勇介\*, 徳永裕也, 豊田直哉 「マヨラナニュートリノによるレプトン数の破れの時間発展」日本物理学会 2019 年春季大会, 名古屋大学, 2020 年 3 月 16--19 日, [2020 年 3 月 17 日発表]
- [33] 稲垣知宏, 下地寛武, 松尾大和 「磁場中における非一様なカイラル凝縮の解析」日本物理学会 2020 年春季大会, 名古屋大学, 2020 年 3 月 16--19 日[2020 年 3 月 16 日発表]

#### 学生の学会発表実績

(国際会議)

- |                             |     |
|-----------------------------|-----|
| ○ 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数      | 1 件 |
| ○ 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数      | 3 件 |
| ○ 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 | 2 件 |

(国内会議)

- 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 5 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 20 件
- 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 2 件

各種研究員と外国人留学生の受入状況

研究員	1名	清水勇介
日本学術振興会特別研究員 (PD)	1名	山本 恵
外国人留学生 (博士前期課程,2018年10月入学)	1名	Ji Yingbo (姫英博)
外国人留学生 (博士後期課程2019年10月入学)	1名	Nicholas James Benoit

○ SSH セミナー 高等学校による大学訪問  
該当無し

○ セミナー・講演会開催実績

[1] 石川健一 : 「高性能計算物理勉強会 (HPC-Phys)」アドバイザー

第4回勉強会, 2019年8月26日(月) 13:30-夕方まで, 理化学研究所 計算科学研究センター (神戸)

第5回勉強会, 2019年11月7日(木) 10:30-18:00, 早稲田大学 (西早稲田キャンパス) 55号館 N棟第二会議室

第6回勉強会, 2020年1月31日(金) 10:30-17:30, 京都大学基礎物理学研究所 研究棟206号室

[2] 両角卓也

(2019年度第5回) 極限宇宙研究拠点(CORE-U)セミナー

日時: 2019年7月18日

場所: 広島大学 理学研究科

講師: 山本 恵

○ 国際共同研究・国際会議開催実績

[1] 国際共同研究 両角卓也

Time Variation of Particle Number: Tomsk State Pedagogical University,

共同研究者 Takata Hiroyuki

社会活動・学外委員

○ 学協会委員

[1] 石川健一 : 筑波大学計算科学研究センター共同研究委員会委員

[2] 石川健一 : 今後の HPCI を使った計算科学発展のための検討会委員

[3] 両角卓也 : 素粒子論委員会委員長 (2019 年度)

○ 講習会・セミナー講師

[1] 両角卓也 「Lepton Number Violation in a Unified Framework」インド工科大学ボンベイ校物  
理学科 2019 年 12 月 13 日

- [2] 高橋隼也「Vector like クォーク模型における B 中間子系の物理」岡山理科大学,2019年5月29日

#### 研究助成金の受入状況

- [1] 石川健一：科学技術試験研究委託事業・「ポスト「京」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題に関するアプリケーション開発・研究開発」（2014年度～2019年度・受託機関：筑波大学計算科学研究センター,分担機関：広島大学,2019年度分担：1,000千円）
- [2] 両角卓也：科学研究費補助金基盤研究（C）,背景ニュートリノのレプトン数と宇宙の粒子数生成機構（2017年度～2021年度,研究代表者,2019年度 1,100千円）
- [3] 両角卓也：科学研究費補助金基盤研究（B）,統合解析による新物理の高精度探索（2016年度～2020年度,研究分担者,2019年度 100千円）
- [4] 清水勇介: 風樹会(2019年度 700千円)
- [5] 山本 恵:日本学術振興会特別研究員奨励研究費「フレーバー物理で探る素粒子標準模型を超える新物理の研究」（2018年度～2020年度,2019年度 1000千円）

### ○宇宙物理学グループ

#### 研究活動の概要（小嶋康史）

##### (I) マグネター（超強磁場をもつ中性子星）

中性子星の中でマグネターは特異な存在であり、この数年間、その理論的な研究をしている。永年的な時間尺度で星内部の磁場の時間変化が外部の磁気圏にひずみとエネルギーが徐々に蓄えられ、ある臨界状態に達した際、フレアなどの突然のエネルギー放出に繋がると考えられる。観測的にその進化の時間尺度は数千年程度とされ、それが得られる物理的機構に関して、中性子星のクラスト（殻）部分の磁場進化モデルがある。局所的に磁場が強くなると、磁場のストレスが蓄積され、変形の弾性限界を超えた場合に起きる可塑性な流れ (plastic flow) を考慮に入れなければならない、その流れの反作用として磁場の進化にも影響を与える。粘性のある可塑性な流れを取り入れた、磁場進化の数値シミュレーションを行った。その結果、粘性係数がある範囲の場合、磁場のエネルギーが循環的な運動エネルギーに効率的に転化され、磁場進化へ大きな影響があることが分かった。

##### (II) ブラックホール近傍の電磁氣的過程

2019年に4月にはM87のブラックホール近傍の電波観測の撮像が公開された。中心付近からジェットの発生に今後の進展に役立つものと思われる。この数年間、ブラックホール付近での電磁氣的なエネルギーの輸送過程を理論的に研究している。ブラックホール磁気圏を理論的に構成する近似的なモデルとして、電場と磁場の大きさが等しい電磁場(Null Electromagnetic fields)の詳細を検討中である。

##### (III) 重力波

2019年に日本の重力波望遠鏡（KAGRA）が試験を繰り返しながら稼働するようになった。地上のKAGRAや衛星のDECIGOの重力波関連の論文が出版された。また、データ解析での一つの可能性として、機械学習を用いたモデル分析を引き続き検討している。

##### (IV) カイラルMHDの不安定性モード解析

微視的に左巻きと右巻きカイラリティの数密度の不均衡が生じる状況下では、磁場に沿っ



た電流が生じることが知られている。これは、通常のMHDにはない電流であり、磁場が指数関数的に増加する不安定性を伴うことが知られている。重イオン衝突実験での検証や宇宙初期での磁場生成、超新星爆発、中性子内部での磁場が絡む現象において重要視され、大規模な数値実験も行われている。マクロな世界を記述する電磁流体力学（MHD）方程式系に磁場に沿った電流を取り入れた場合にどのようなことが起きるかを検討した。圧力と密度が一定の媒質中に、ある方向の様な磁場があり、そこに線形摂動が加わった場合、不安定な波の成長率を計算した。また、カイラル磁気効果が無い場合に存在する3種類の波のうち、どのモードが不安定になるかを詳細に議論した。その結果を公表論文として発表した。

#### 研究活動の概要（岡部信広）

銀河団の弱い重力レンズ解析を中心とする多波長観測の研究を行った。銀河団は宇宙で最大の天体であり、その質量の約85%が暗黒物質で占められ、目で見ることができる通常の物質（バリオン）のうち高温ガスが約10%、銀河が約5%占められる。高温ガスはX線衛星で、銀河は光学望遠鏡を通して観測される。これらの観測から銀河団の質量分布を測定するためには様々な仮定が必要となる。一方、背景銀河に対する弱い重力レンズ効果は銀河団の力学状態によらず、銀河団の質量分布を測定する唯一の観測手法である。また、各構成要素を直接観測する複数の手法を組み合わせる研究を多波長研究と呼ぶ。

本年度は、筆頭著者として、光学測光観測がX線やSZ観測とは異なり、銀河団衝突による影響を受けずに様々な力学状態やステージにある銀河団を探す手法を提案・確立する論文を執筆した。銀河団の質量分布に関するコンセンレーションパラメータが銀河団衝突によって低くなることを発見した。Planck衛星のSZE観測量やROSATのX線観測量による銀河団ガスのブーストを評価した。画像スタッキングにより、衝突銀河団のガスのX線分布の中心部は衝突軸に伸びているが、外縁部ではその約60度回転した方向に伸びていることを発見した。またSZE観測でも同様の傾向が見られた。これは銀河団衝突で圧縮されたガスが外側に飛び出ている様子を捉えている。銀河団の多波長研究や重力レンズに関する論文を8本共著で発表した。コラボレーションミーティングでの依頼講演を複数行った。

#### 原著論文

- [1] [Y. Kojima](#) and Y. Miura, “The growth of chiral magnetic instability in a large-scale magnetic field”, *Prog. of Theor. and Exp. Phys.* (2019), 4, id.043E01.
- [2] S. Kawamura et al ([Y. Kojima](#) 64番目/145人), “Space gravitational-wave antennas DECIGO and B-DECIGO”, *Intern Journal of Mod. Phys.* (2019) D28, id. 1845001.
- [3] Y. Akiyama et al, Kagra Collaboration ([Y. Kojima](#) 65番目/173人), “Vibration isolation system with a compact damping system for power recycling mirrors of KAGRA” *Class. and Quant. Grav.* (2019) 36, id. 095015.
- [4] T. Akutsu et al, Kagra Collaboration ([Y. Kojima](#) 73番目/204人), “First cryogenic test operation of underground km-scale gravitational-wave observatory KAGRA”, *Class. and Quant. Grav.* (2019) 36, id. 165008.
- [5] T. Akutsu et al, Kagra Collaboration ([Y. Kojima](#) 75番目/151人), “The status of KAGRA underground cryogenic gravitational wave telescope”, *J. of Phys.: Conference Series* (2020), 1342, id. 012014.
- [6] T. Akutsu et al, Kagra Collaboration ([Y. Kojima](#) 76番目/206人), “An arm length stabilization

system for KAGRA and future gravitational-wave detectors” *Class. and Quant. Grav.* (2020) 37, id 035004.

- [7] M. Sereno, K. Umetsu, S. Ettori, D. Eckert, F. Gastaldello, P. Giles, M. Lieu, B. Maughan, N. Okabe, M. Birkinshaw, and 6 others, “XXL Survey groups and clusters in the Hyper Suprime-Cam Survey. Scaling relations between X-ray properties and weak lensing mass”, *MNRAS*, 492, 4528-4545 (2020)
- [8] K. Umetsu et al. (N. Okabe is the 12th of 25 others), “Weak-lensing Analysis of X-Ray-selected XXL Galaxy Groups and Clusters with Subaru HSC Data”, *ApJ*, 890, 148 (2020)
- [9] N. Ota, I. Mitsuishi, Y. Babazaki, H. Akamatsu, Y. Ichinohe, S. Ueda, N. Okabe, M. Oguri, R. Fujimoto, T. Hamana, and 6 others, “X-ray properties of high-richness CAMIRA clusters in the Hyper Suprime-Cam Subaru Strategic Program field”, *PASJ*, 72, 1 (2020)
- [10] K. Tanaka et al. (N. Okabe is the 15th of 21 others), “X-ray study of the double source plane gravitational lens system Eye of Horus observed with XMM-Newton”, *MNRAS*, 491, 3411-3418 (2020)
- [11] H. Aihara et al. (N. Okabe is the 41th of 64 others), “Second data release of the Hyper Suprime-Cam Subaru Strategic Program”, *PASJ*, 71, 114 (2019)
- [12] K. Sebesta, L. Williams, J. Liesenborgs, E. Medezinski, N. Okabe, “Free-form GRALE reconstruction of Abell 2744: robustness of uncertainties against changes in lensing data”, *MNRAS*, 488, 3251-3261 (2019)
- [13] N. Okabe, M. Oguri, H. Akamatsu, A. Hamabata, A. Nishizawa, E. Medezinski, Y. Koyama, M. Hayashi, T. Okabe, S. Ueda, and 2 others, “Halo concentration, galaxy red fraction, and gas properties of optically defined merging clusters”, *PASJ*, 71, 79 (2019)
- [14] A. Farahi et al. (N. Okabe is the 12th of 12 others), “Detection of anti-correlation of hot and cold baryons in galaxy clusters”, *Nature Communications*, 10, 2504 (2019)
- [15] Miyatake et al. (N. Okabe is the 40th of 59 others), “Weak-lensing Mass Calibration of ACTPol Sunyaev-Zel'dovich Clusters with the Hyper Suprime-Cam Survey”, *ApJ*, 875, 63 (2019)

著書, 総説  
該当無し

著作

- [1] N. Okabe “Clusters of Galaxies: Physics and Cosmology” (Space Sciences Series of ISSI), 共著, English, 978-9402417333

国際会議

(依頼講演)

- [1] N. Okabe “Overview of HSC Weak-lensing Studies”, First HSC-eROSITA-DE joint collaboration meeting, 2019年5月13-16日, MPE Germany (国際コラボレーションミーティング, 参加者約150名)
- [2] N. Okabe “Status of the HSC-XXL collaboration” Joint XXL-HSC meeting, 2019年7月1-5日, Ovromnaz, Switzerland (国際コラボレーションミーティング, 参加者約30名)

- [3] N. Okabe “Updates of cluster science in the HSC survey” Joint XXL-HSC meeting, 2019年7月1-5日, Ovronnaz, Switzerland (国際コラボレーションミーティング, 参加者約30名)
- [4] N. Okabe “MUSTANG2-XXL joint analysis for HSC clusters” Joint XXL-HSC meeting, 2019年7月1-5日, Ovronnaz, Switzerland (国際コラボレーションミーティング, 参加者約30名)
- [5] N. Okabe “Joint MUSTANG-2 and XXL analysis for three CAMIRA clusters”, HSC-X collaboration meeting, 2019年9月18日, 名古屋大学 (国際コラボレーションミーティング, 参加者約30名)
- [6] N. Okabe “Cluster Sciences”, 研究会「Euclid 衛星とすばる望遠鏡とのシナジー」東京大学本郷キャンパス, 2020年2月22日 (参加者約20名)

(一般講演)

- [1] Y. Kojima : “Twisted magnetosphere in the exterior of a magnetar : GR at work in force-free magnetosphere”, Texas Sympo 30 in Portsmouth 2019年12月15-20日 (参加者500名)
- [2] Y. Kimura and Y. Kojima : “Detection of GW-burst signal with machine learning”, 新学術領域研究「重力波物理学・天文学：創世記」シンポジウム, 2020年2月10-12日, 甲南大学 (参加者50名)

#### 国内学会

(一般講演)

- [1] 小嶋康史, 鈴木一毅 : 「中性子星 (マグネター) のクラスト部分の数千年間の磁場進化」日本天文学会秋季年会 (2019年9月11-13日, 熊本大学)

#### 学生の学会発表実績

(国際会議)

- 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 1 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 1 件
- 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 0 件

(国内学会)

- 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 3 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 0 件
- 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 0 件

#### 社会活動・学外委員

○学協会委員

- [1] 小嶋康史 : 物理雑誌 Prog. Theo. Exp. Phys. 編集委員
- [2] 岡部信広 : 天文月報 編集委員
- [3] N. Okabe : HSC collaboration, cluster working group chair
- [4] N. Okabe : HSC-XXL collaboration, negotiator
- [5] N. Okabe : HSC-eROSITA collaboration, cluster working group coordinator

○講習会・セミナー講師

- [1] 小島康史：高大連携公開講座,「重力波」2019年7月26日 広島大学東広島キャンパス
- [2] 岡部信広：「緊急解説：ブラックホール直接撮像」,2019年04月18日,広島大学,講演会
- [3] 岡部信広：「ノーベル賞解説セミナー,精密宇宙論と広島大学」,広島大学附属理学融合教育研究センター主催,2019年12月11日,広島大学東広島キャンパス,講演会
- [4] 岡部信広：「ノーベル賞解説セミナー,精密宇宙論と広島大学」,広島大学附属理学融合教育研究センター主催,2019年12月15日,広島大学東千田,講演会

○SSHセミナー,講演会開催実績,講習会

- [1] 岡部信広：「Extensive Program,ダークマターとダークエネルギーがつくる宇宙」,広島女学院中学高等学校,2019年10月23日,出前授業,高校生

国際共同研究・国際会議開催実績

- [1] 小島康史：The 29th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (JGRG29) 2019年11月25-29日,神戸大学(参加者200人)SOC
- [2] 岡部信広：“HSC-X meeting”世話人,2019年9月18日,名古屋大学(参加者:約30名)
- [3] N. Okabe：“- DARK MATTER(A) - COSMOLOGY AND DARK MATTER WITHIN GALAXIES AND CLUSTERS”,2019年9月2-6日,Matera-Basilicata, Italy,(SOC,参加者約100名)

○各種研究員と外国人留学生の受入状況

- [1] 小島康史：南岳(大学院D3) (山本一博転出による受け入れ変更)
- [2] 小島康史：Ar Rohim(大学院D2) (山本一博転出による受け入れ変更)

○研究助成金の受入状況

- [1] 小島康史：科学研究費補助金,基盤研究(C)(令和元-4年度,代表,令和元年度1,300千円)「磁気圏変動現象を通じて探る中性子星やブラックホール物理」
- [2] 岡部信広：2019年度国際共同研究加速基金(国際共同研究強化(B))代表2019年度～2024年度「HSC-SSP光学サーベイとeROSTIA X線サーベイによる精密宇宙論」2019年度700千円

○その他特記すべき事項

該当無し

## ○クォーク物理学グループ

### 研究活動の概要

宇宙創成のシナリオ完成を目指し,欧州CERN研究所LHC加速器における国際共同実験研究ALICEにおいて高エネルギー原子核衝突により生成する超高温クォーク物質の究明を進めている。2019年はLHC加速器が第2期長期停止に入り,2021年からの第3期運転に向けて検出器の大幅な高度化を推進した。併せて収集済の衝突実験データの物理解析にも注力し,ALICE

国際共同実験共著として査読学術論文36編を公表した。特に従来は基準測定と来てきた陽子+陽子や陽子+原子核などの“小さい”衝突系にも解放クォーク相生成の兆候を複数観測し、同相生成の機構や条件の解明に向けた新たな謎として注目を集めている。ALICE実験以前から継続してきた米国BNL研究所RHIC加速器における国際共同実験研究PHENIXにおいては、衝突点近傍半導体検出器を用いた解放重クォーク挙動の解明を進め、これらの成果を含めてPHENIX国際共同実験共著として査読学術論文8編を公表した。また、ビッグバン直後の宇宙膨張と冷却に伴い、強い相互作用が支配する物質相転移と並行して生成した可能性のある暗黒成分を含めた真空構造の理解に、光子散乱を探针として挑んでいる。併せて、クォーク・グルーオン・プラズマと高強度磁場との相互作用による巨視的な運動を理論的に解明すべく、先進的な高精度磁気流体数値解法の開発を進めると共に、電磁プラズマ物理との学際領域の創生を目指している。

志垣賢太教授は、ALICE実験の主要な検出器高度化計画として2021年稼働を予定する前方ミュー粒子飛跡検出器MFTの開発建設をフランスなどの研究機関およびCERN研究所と連携して推進し、同検出器制御供給作業要素共同座長として制御系の総責任を担う。2019年度は広島大学に立上げた同検出器制御系の開発ベンチを活用し、CERN研究所が開発するGBT-SCAチップの新規採用に伴う技術基盤や有限オートマトンを用いた制御アルゴリズム実装などの個々の要素を統合して、実検出器制御に向けた実装準備を整えた。さらに、CERN研究所における検出器実機の立上試験において制御系を実装した。引続き、国際協力の下にLHC加速器に設置する実機への制御系実装を進め、確実な実機稼働を図る。併せて、新検出器を用いた物理解析を可能とする飛跡再構成アルゴリズムの開発や、原子核偏心衝突で生成する宇宙最高強度磁場の直接検出に向けた検討も進めている。2020年1月には、ALICE実験前代表者や前物理検討委員長ら4名を欧州から広島大学へ招聘し、国内の共同研究者らを集めて拡大ALICE実験日本グループ研究会を開催した。また、科研費新学術領域研究の計画研究代表者、日仏素粒子物理学研究所実施事業の日本側代表者などとして、継続的に研究を展開している。日本国内においても、J-PARC（茨城県）において、理化学研究所、高エネルギー加速器研究機構、京都大学などと物質質量起源に迫る共同実験研究を進め、2020年度の初期運転に向けた準備を進めた。また、日本原子力研究開発機構との共同研究契約に基づき、J-PARC RCS加速器における取出ビーム品質の高精度測定手法研究を進めた。教育面では、大学院博士後期学生2名、同前期学生5名（奈良女子大学1名を含む）、学部卒業研究生2名を直接指導し、修士（理学）3名（奈良女子大学1名を含む）、学士（理学）2名を輩出した。

本間謙輔助教は、宇宙の暗黒成分の源となり得る光と弱く結合する軽い未知素粒子を、真空内四光波混合過程を介して探索することを目指し、欧州連合で承認された超高強度レーザーを用いるExtreme Light Infrastructureプロジェクト（ELI）を推進した。ELIのルーマニアサイト（ELI-NP）の共同研究者らと共に、現地での真空容器群の導入を終え、レーザービームのコミッシュニングを開始した。並行して、京都大学化学研究所にて中規模のレーザーを用いた予備段階の探索を複数実施した。真空内四光波混合とは、軽い場の共鳴を介する $\omega_1+\omega_2 \rightarrow$  共鳴 $\rightarrow\omega_3+\omega_4$ という光子・光子散乱過程に相当する。これまで真空下で $\omega_1=\omega_2$ を満たす単一レーザー場集光による準平行光子・光子衝突系（QPS）において、 $\omega_4$ の混合集光により散乱の信号光を $\omega_3$ へと誘導する探索を実施してきた。QPSは1eV未満のsub-eV質量域全体に感度を有するが、正面衝突系（HCS）と比較すると、ルミノシティ因子が減少するため、より低質量



域の暗黒場探索には、より高強度のレーザーを必要とする。一方、HCSでは比較的low強度のレーザーを用いても、質量幅は狭くなるが、結合に関してQPSと同程度以上の感度を見込める。QPSにおけるsub-eV質量域の暗黒場探索結果の一部は、2019年度内にarXiv:2004.10637に公表した(2020年度現時点でPTEPに掲載決定)。さらなる感度向上を目指し、QPSで用いる誘導用レーザー場を時間圧縮する技術も確立した。HCSにおけるeV質量域の暗黒場探索では、3つの同色ビームを衝突させる系を大気下で実装し、微弱擬似信号を時差と直線偏光状態により分離・検知する光学系を実証し、初のHCSにおける探索を始動した。これらの関連し合う成果は複数の国際会議、国内会議にて報告した。以上の研究課題を通じ、本専攻大学院博士後期学生1名(信廣)、同前期学生2名(平原、尾崎、桐田)らの研究を指導した。さらに、質量がsub- $\mu$ eVにあり得る暗黒エネルギー源を念頭に、GHz帯域のマイクロ波を用いた真空内四光波混合探索の実現性を検証すべく、科研費挑戦的研究(萌芽)を新規に獲得した。この科研費に基づきGHz帯域ビームを集光するための光学系の設計と試作をした。並行して超伝導体を用いる単一マイクロ波光子センサーについて、理研および産総研の研究者らとの会合を通じて情報を収集した。これらの過程を通じて、大学院博士前期学生1名(柴田)および学部卒業研究生1名(長谷川)らを研究指導した。

三好隆博助教は、プラズマ流体モデルに対する先進的な数値解法の開発と宇宙プラズマ物理の理論・シミュレーション研究を幅広く推進する。名大ISEEの草野教授、井上特任助教らと太陽プラズマ物理に関する共同研究を進めている。太陽フレアなど太陽大気中の爆発現象の解明と予測のための重要基盤として、本共同研究では、太陽光球面ベクトル磁場から太陽大気中の磁気静水圧平衡磁場を外挿する新たな磁気流体力学緩和法を開発する。特に高精度数値計算コードの実装、および各種テスト計算を行い、学術論文として公表した。また、千葉大の松本特任准教授、松元教授をはじめ、国内機関の研究者と共同開発してきた高精度磁気流体力学コードの統合ソフトウェアCANS+ (<http://www.astro.phys.s.chiba-u.ac.jp/cans/doc/>)が完成し、オープンソースソフトウェアとして公開すると共に、学術論文としてその成果を公表した。合わせて、JAMSTECの簗島研究員、横浜国立大の北村准教授と共同で、非圧縮流れから極超音速流れにまで全速度領域において頑丈である革新的な磁気流体力学数値解法を研究開発した。また、宇宙プラズマ爆発現象における最重要な物理過程である磁気リコネクションに関する研究を神戸大の銭谷特命准教授と共同で進めた。これらの研究成果については、現在、学術論文投稿の準備を進めている。さらには、高エネルギー原子核物理、宇宙・天体物理と関連する新たな学際領域の創生を目指し、名大の野中准教授、駒澤大の高橋講師らと議論を深めた。特にカイラル磁気流体力学に関する基礎的研究を開始し、本研究室の大学院生(星野達也)がその初期的結果を研究会で報告すると共に、修士論文としてまとめた。

山口頼人特任助教は、ALICE実験の主要検出器増強計画の一つである前方ミュオン粒子飛跡検出器(MFT)の制御システム開発を進めた。このMFTを既存ミュオン粒子検出器群のハドロン吸収体の前に新たに設置し、これまで不可能であったミュオン粒子生成点測定を実現する。これにより、これまで測定困難であった広い横運動量領域でのベクトル中間子や重クォークoniumを高精度に測定できる。2022年に開始されるLHC加速器Run 3からのMFT新規運用に向け、CERN研究所内におけるMFT実機製作とデータ読み出しも含めた試運転が2019年6月から開始され、現地での長期滞在(6-8月、10-12月)を通してMFTの電源供給システムの構築とその制御システムの実装を行った。2020年内のMFT全体の制御システム完成を達成するため、

週例ミーティングを主催し、開発を進めている。また、広島大学においてもCERN研究所内と同等の試験ができるようにテストベンチを構築し、制御システムの基礎開発と試験ができる環境を整備した。

#### 原著論文

- [1] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, “Evidence of rescattering effect in Pb-Pb collisions at the LHC through production of  $K^*(892)^0$  and  $\phi(1020)$  mesons”, 10.1016/j.physletb.2020.135225, Phys. Lett. **B802**, 135225, 2020.
- [2] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, “Measurements of inclusive jet spectra in pp and central Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV”, 10.1103/PhysRevC.101.034911, Phys.Rev.C **101**, 034911, 2020.
- [3] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, “Scattering studies with low-energy kaon-proton femtoscopy in proton-proton collisions at the LHC”, 10.1103/PhysRevLett.124.092301, Phys.Rev.Lett. **124**, 092301, 2020.
- [4] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, “Measurement of electrons from heavy-flavour hadron decays as a function of multiplicity in p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV”, 10.1007/JHEP02(2020)077, JHEP **2002**, 077, 2020.
- [5] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, “Studies of  $J/\psi$  production at forward rapidity in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV”, 10.1007/JHEP02(2020)041, JHEP **2002**, 041, 2020.
- [6] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, “Multiplicity dependence of (multi-)strange hadron production in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV”, 10.1140/epjc/s10052-020-7673-8, Eur. Phys. J. C **80**, no.2, 167, 2020.
- [7] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, “ ${}^3_{\Lambda}H$  and  ${}^3_{\Lambda}\bar{H}$  lifetime measurement in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV via two-body decay”, 10.1016/j.physletb.2019.134905, Phys. Lett. B **797**, 134905, 2019.
- [8] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, “Measurement of  $Y(1S)$  elliptic flow at forward rapidity in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV”, 10.1103/PhysRevLett.123.192301, Phys. Rev. Lett. **123**, 192301, 2019.
- [9] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, “Measurement of prompt  $D^0, D^+, D^{*+}$ , and  $D_s^+$  production in p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV”, 10.1007/JHEP12(2019)092, JHEP **1912**, 092, 2019.
- [10] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, “Multiplicity dependence of light (anti-)nuclei production in p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV”, 10.1016/j.physletb.2019.135043, Phys. Lett. **B800**, 135043, 2020.
- [11] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, “Measurement of the inclusive isolated photon production cross section in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV”, 10.1140/epjc/s10052-019-7389-9, Eur. Phys. J. C **79**, no.11, 896, 2019.
- [12] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, “Inclusive  $J/\psi$  production at mid-rapidity in pp collisions at  $\sqrt{s} = 5.02$  TeV”, 10.1007/JHEP10(2019)084, JHEP **1910**, 084, 2019.
- [13] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, “Study of the  $\Lambda - \Lambda$  interaction with femtoscopy correlations in pp and p-Pb collisions at the LHC”, 10.1016/j.physletb.2019.134822, Phys. Lett. B **797**, 134822, 2019.
- [14] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, “Charged-particle production as a function of multiplicity and transverse sphericity in pp collisions at  $\sqrt{s} = 5.02$  and 13 TeV”, 10.1140/epjc/s10052-019-7350-y, Eur. Phys. J. C **79**, no.10, 857, 2019.
- [15] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, “Production of muons from heavy-flavour hadron decays in pp collisions at  $\sqrt{s} = 5.02$  TeV”, 10.1007/JHEP09(2019)008, JHEP **1909**, 008, 2019.
- [16] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, “Measurement of charged jet cross section in pp collisions at  $\sqrt{s} = 5.02$  TeV”, 10.1103/PhysRevD.100.092004, Phys.Rev. D **100**, 092004, 2019.
- [17] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, “Exploration of jet substructure using iterative declustering in pp and Pb-Pb collisions at LHC energies”, 10.1016/j.physletb.2020.135227, Phys. Lett. **B802**, 135227, 2020.
- [18] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, “Measurement of the production of charm jets tagged with  $D^0$

- mesons in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}$ ", 10.1007/JHEP08(2019)133, JHEP **1908**, 133, 2019.
- [19] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, "Measurement of jet radial profiles in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76 \text{ TeV}$ ", 10.1016/j.physletb.2019.07.020, Phys. Lett. B**796**, 204, 2019.
- [20] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, "First Observation of an Attractive Interaction between a Proton and a Cascade Baryon", 10.1103/PhysRevLett.123.112002, Phys. Rev. Lett. **123**, 112002, 2019.
- [21] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, "Coherent  $J/\psi$  photoproduction at forward rapidity in ultra-peripheral Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02 \text{ TeV}$ ", 10.1016/j.physletb.2019.134926, Phys. Lett. B**798**, 134926, 2019.
- [22] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, "One-dimensional charged kaon femtoscopy in p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02 \text{ TeV}$ ", 10.1103/PhysRevC.100.024002, Phys. Rev. C**100**, 024002, 2019.
- [23] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, "Measurement of strange baryon-antibaryon interactions with femtoscopic correlations", 10.1016/j.physletb.2020.135223, Phys. Lett. B**802**, 135223, 2020.
- [24] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, "Investigations of Anisotropic Flow Using Multiparticle Azimuthal Correlations in pp, p-Pb, Xe-Xe, and Pb-Pb Collisions at the LHC", 10.1103/PhysRevLett.123.142301, Phys. Rev. Lett. **123**, 142301, 2019.
- [25] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, "Multiplicity dependence of (anti-)deuteron production in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}$ ", 10.1016/j.physletb.2019.05.028, Phys. Lett. B**794**, 50, 2019.
- [26] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, "Calibration of the photon spectrometer PHOS of the ALICE experiment", 10.1088/1748-0221/14/05/P05025, JINST **14**, no.05, P05025, 2019.
- [27] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, "Measurement of  $D^0, D^+, D^{*+}$ , and  $D_s^+$  production in pp collisions at  $\sqrt{s} = 5.02 \text{ TeV}$  with ALICE", 10.1140/epjc/s10052-019-6873-6, Eur. Phys. J. C**79**, no.5, 388, 2019.
- [28] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, "Event-shape and multiplicity dependence of freeze-out radii in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}$ ", 10.1007/JHEP09(2019)108, JHEP **1909**, 108, 2019.
- [29] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, "Real-time data processing in the ALICE High Level Trigger at the LHC", 10.1016/j.cpc.2019.04.011, Comput. Phys. Commun. **242**, 25, 2019.
- [30] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, "Charged-particle pseudorapidity density at mid-rapidity in p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 8.16 \text{ TeV}$ ", 10.1140/epjc/s10052-019-6801-9, Eur. Phys. J. C**79**, no.4, 307, 2019.
- [31] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, " $\Lambda_c^+$  production in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02 \text{ TeV}$ ", 10.1016/j.physletb.2019.04.046, Phys. Lett. B**793**, 212, 2019.
- [32] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, "Energy dependence of exclusive  $J/\psi$  photoproduction off protons in ultra-peripheral p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02 \text{ TeV}$ ", 10.1140/epjc/s10052-019-6816-2, Eur. Phys. J. C**79**, no.5, 402, 2019.
- [33] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, "Analysis of the apparent nuclear modification in peripheral Pb-Pb collisions at 5.02 TeV", 10.1016/j.physletb.2019.04.047, Phys. Lett. B**793**, 420, 2019.
- [34] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, "Production of the  $\rho(770)^0$  meson in pp and Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76 \text{ TeV}$ ", 10.1103/PhysRevC.99.064901, Phys. Rev. C**99**, 064901, 2019.
- [35] S.Acharya, K.Shigaki, *et al.*, "Two particle differential transverse momentum and number density correlations in p-Pb and Pb-Pb at the LHC", 10.1103/PhysRevC.100.044903, Phys. Rev. C**100**, 044903, 2019.
- [36] J.Adam, K.Shigaki, *et al.*, "Erratum to: Insight into particle production mechanisms via angular correlations of identified particles in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7\text{TeV}$ ", 10.1140/epjc/s10052-019-7398-8, Eur. Phys. J. C**79**, no.12, 998, 2019.
- [37] © U. A. Acharya, K. Homma, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, *et al.*, " $J/\psi$  and  $\phi$  ( $2S$ ) production at forward rapidity in p plus p collisions at  $\sqrt{s} = 510 \text{ GeV}$ ", *Phys. Rev. D* **101**, 052006, 2020.
- [38] © C. Aidala, K. Homma, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, *et al.*, "Nuclear-modification factor of charged hadrons at forward and backward rapidity in p + Al and p + Au collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 200 \text{ GeV}$ ", *Phys. Rev. C* **101**, 034910, 2020.
- [39] © C. Aidala, K. Homma, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, *et al.*, "Nuclear Dependence of the Transverse



- Single-Spin Asymmetry in the Production of Charged Hadrons at Forward Rapidity in Polarized p+p, p+Al, and p+Au Collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=200$  GeV”, *Phys. Rev. Lett.* **123**, 122001, 2019.
- [40] © C. Aidala, K. Homma, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, et al., “Measurement of charm and bottom production from semileptonic hadron decays in p+p collisions at  $\sqrt{s}=200$  GeV”, *Phys. Rev. D* **99**, 092003, 2019.
- [41] © C. Aidala, K. Homma, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, et al., “Nonperturbative-transverse-momentum broadening in dihadron angular correlations in  $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV proton-nucleus collision”, *Phys. Rev. C* **99**, 044912, 2019.
- [42] © C. Adare, K. Homma, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, et al., “Beam Energy and Centrality Dependence of Direct-Photon Emission from Ultrarelativistic Heavy-Ion Collisions”, *Phys. Rev. Lett.* **123**, 022301, 2019.
- [43] © C. Aidala, K. Homma, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, et al., “Measurements of  $\mu\mu$  pairs from open heavy flavor and Drell-Yan in p+p collisions at  $\sqrt{s}=200$  GeV”, *Phys. Rev. D* **99**, 072003, 2019.
- [44] © C. Adare, K. Homma, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, et al., “Measurement of two-particle correlations with respect to second- and third-order event planes in Au + Au collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV”, *Phys. Rev. C* **99**, 054903, 2019.
- [45] T. Miyoshi, K. Kusano, and S. Inoue, “A magnetohydrodynamic relaxation method for non-force-free magnetic field in magnetohydrostatic equilibrium”, *Astrophys. J. Suppl.*, **247**, 6, 2020.
- [46] Y. Matsumoto, Y. Asahina, Y. Kudoh, T. Kawashima, J. Matsumoto, H. R. Takahashi, T. Minoshima, S. Zenitani, T. Miyoshi, R. Matsumoto, “Magnetohydrodynamic simulation code CANS+: Assessments and applications”, *Publ. Astron. Soc. Jpn.*, **71**, 83, 2019.

#### 国際会議

(招待講演)

- [1] K. Shigaki, “Experimental Approaches to Bridging Dynamics of Quark and Hadron Hierarchies”, International symposium on Clustering as a Window on the Hierarchical Structure of Quantum Systems (Beppu, Japan, 2020.1.23-24)
- [2] K. Homma, “Perspective to search for dark components in the Universe with coherent photon collisions”, 3rd Johns Hopkins Workshop, Kavli IPMU (Tokyo, Japan 2019.6.5)
- [3] K. Homma, “Stimulated Radar Collider Toward a Laboratory Search for a Dark Energy Candidate”, 28th ANNUAL INTERNATIONAL LASER PHYSICS WORKSHOP (Gyeongju, Korea 2019.7.11)
- [4] K. Homma, “Probing Quantum Vacuum at E4: Search for dark components in the sub-eV - 10 eV mass range”, 1st ELI-NP User Workshop (Bucharest, Romania 2019.10.08)
- [5] K. Homma, “Perspective of searching for axion-like particles in the mass range  $10^{-7}$  -  $10^3$  eV with stimulated photon-photon collider”, Zimanyi School 2019, Wigner Research Center for Physics (Budapest, Hungary 2019.12.02)

(依頼講演)

- [1] K. Homma, “Laboratory searches for pseudo Nambu-Goldstone bosons with stimulated photon-photon colliders”, Cosmic Acceleration, 17-19 February 2020 Kavli IPMU (Kashiwa, Japan 2020.2.19)

(一般講演)

- [1] K. Shigaki, “ALICE Forward Upgrade for High Precision High Statistics Single- and Di-Muon Measurements at the LHC”, 2019 Joint Workshop of TYL/FJPPL and FKPPL (Jeju, South Korea,

2019.5.8-10)

- [2] Y. Yamaguchi, “Activities of Hiroshima+Nara group in the MFT project”, Expanded ALICE Japan Meeting/Workshop (Hiroshima University, Japan, 2020.1.26-28)

#### 国内学会

(招待講演)

- [1] 志垣賢太: 「Dynamics to bridge quark and hadron hierarchies」新学術領域研究“量子クラスターで読み解く物質の階層構造”第2回研究会(東京工業大学, 2019年5月31日-6月1日)
- [2] 志垣賢太: 「高エネルギー原子核偏心衝突における宇宙最高強度磁場生成の直接探索」名古屋大学クォーク・ハドロン理論研究室セミナー(名古屋大学, 2019年6月18日)
- [3] 志垣賢太: 「Dilepton measurements and chiral symmetry restoration at LHC and elsewhere」第36回拡大 Heavy Ion Café 研究会(上智大学, 2019年6月22-23日)
- [4] 志垣賢太: 「クォーク階層とハドロン階層を繋ぐ動的機構」日本物理学会シンポジウム“量子クラスターで読み解く物質の階層構造”(現地開催中止, 2020年3月16-19日)
- [5] 山口頼人: 「ALICE 実験高度化における MAPS 飛跡検出器開発と実装」, 新学術領域「量子クラスター階層」「量子ビーム応用」合同検出器ワークショップ(東北大学, 2019年9月20-21日)
- [6] 山口頼人: 「QGP 温度測定の現状と今後の展望」, 新学術領域「量子クラスターで読み解く物質の階層構造」スクール(理化学研究所, 2020年3月2-4日)

(依頼講演)

- [1] 志垣賢太: 「高エネルギー原子核衝突実験 物理, 歴史, 手法, 展望」, チュートリアル研究会2019“高エネルギー重イオン衝突の物理: 基礎・最先端・課題・展望”(理化学研究所, 2019年8月19-21日)
- [2] 山口頼人: 「極限 QCD 物質クォーク・グルオン・プラズマの温度測定」, 極限宇宙研究拠点(Core-U)セミナー(広島大学, 2019年6月12日)
- [3] 山口頼人: 「光子」, チュートリアル研究会2019“高エネルギー重イオン衝突の物理: 基礎・最先端・課題・展望”(理化学研究所, 2019年8月19-21日)

(一般講演)

- [1] 三好隆博: 「二流体プラズマ方程式に対する高次精度無発散重み付き差分スキーム」, 日本地球惑星科学連合2019年大会(幕張メッセ, 2019年5月26-30日)
- [2] 三好隆博: 「相対論的流体力学方程式に対する高次精度衝撃波捕獲法の開発」, プラズマシミュレータシンポジウム2019(核融合科学研究所, 2019年9月19-20日)
- [3] 三好隆博: 「高エネルギー重イオン衝突におけるプラズマ物理的課題」, STE シミュレーション研究会(広島大学, 2019年9月24-26日)
- [4] 簗島 敬, 北村圭一, 三好隆博: 「磁気流体力学方程式に対する多状態 AUSM 型スキーム」, STE シミュレーション研究会(広島大学, 2019年9月24日-26日)
- [5] 星野達也, 三好隆博, 松本 仁, 松本洋介: 「カイラル磁気流体理におけるケルビン・ヘルムホルツ不安定性」STE シミュレーション研究会(広島大学, 2019年9月24-26日)
- [6] 簗島 敬, 北村圭一, 三好隆博: 「磁気流体力学方程式に対する多状態 AUSM 系スキーム」, 第146回地球電磁気・地球惑星圏学会(熊本大学, 2019年10月23-27日)

- [7] 山口頼人：「ALICE 実験 Run3 に向けた前方ミュオン飛跡検出器開発の現状」，日本物理学会第 75 回年次大会（現地開催中止，2020 年 3 月 16-19 日）

学生の学会発表実績

（国際会議）

- 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 5 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 3 件
- 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 0 件

（国内学会）

- 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 9 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 1 件
- 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 4 件

セミナー・講演会開催実績

- [1] 志垣賢太：チュートリアル研究会「高エネルギー重イオン衝突の物理：基礎・最先端・課題・展望」（理化学研究所，2019年8月19-21日）組織委員
- [2] 志垣賢太：第29回 Heavy Ion Pub 研究会（広島大学，2019年10月25日）世話人
- [3] 志垣賢太：第30回 Heavy Ion Pub および第37回 Heavy Ion Cafe 合同研究会（名古屋大学，2019年12月22日）世話人
- [4] 三好隆博：STE シミュレーション研究会「ー計算プラズマ物理の新潮流ー」（広島大学，2019年9月24-26日）世話人

社会活動・学外委員

（学協会委員）

- [1] 志垣賢太：高温高密度QCD物質オープンフォーラム 世話人
- [2] 志垣賢太：日本の核物理の将来ワーキンググループ 第4分野委員
- [3] 志垣賢太：理化学研究所 客員研究員
- [4] 志垣賢太：長崎総合科学大学 客員研究員
- [5] 志垣賢太：日本学術振興会 特別研究員等審査会専門委員
- [6] 志垣賢太：日本学術振興会 国際事業委員会書面審査員・書面評価員
- [7] 志垣賢太：日本学術振興会 科学研究費助成事業「特別推進研究」の新規研究課題の選定に係る審査意見書作成者
- [8] 本間謙輔：レーザー学会超高強度レーザーの学術応用調査専門委員会委員
- [9] 三好隆博：地球電磁気・地球惑星圏学会（SGEPSS）太陽地球惑星系科学シミュレーション分科会 代表幹事

（講習会・セミナー講師）

- [1] 三好隆博：宇宙磁気流体・プラズマシミュレーションサマーセミナー講師「差分法の基礎」，「MHD 近似リーマン解法」，および「実習」担当（千葉大学，2019 年 8 月 26-30 日）

## 国際共同研究・国際会議開催実績

(国際共同研究)

- [1] 志垣賢太, 本間謙輔, 山口頼人 : 国際共同研究PHENIX実験実施 (米国BNL研究所)
- [2] 志垣賢太, 山口頼人 : 国際共同研究ALICE実験実施 (欧州CERN研究所)
- [3] 本間謙輔 : 国際共同研究Extreme Light Infrastructure Nuclear Physics (ELI-NP) プロジェクト実施 (ルーマニアIFIN-HH研究所)

(国際会議開催)

- [1] 志垣賢太 : 国際会議 “International Symposium on Clustering as a Window on the Hierarchical Structure of Quantum Systems” (別府, 日本, 2020年1月23-24日) 組織委員
- [2] 志垣賢太 : Expanded ALICE Japan Meeting/Workshop (広島大学, 日本, 2020年1月26-28日) 組織委員長
- [3] 山口頼人 : Expanded ALICE Japan Meeting/Workshop (広島大学, 日本, 2020年1月26-28日) 組織委員

## 高大連携事業への参加状況

- [1] 志垣賢太 : 広島市立広島中等教育学校, 訪問授業「宇宙の始まり, 物質の謎, 重さの起源」(2019年7月12日)
- [2] 本間謙輔 : 広島県立広高等学校, 訪問授業「宇宙の暗黒成分を探る」(2019年10月17日)

## 研究助成金の受入状況

- [1] 志垣賢太 : 科学研究費補助金, 新学術領域研究(研究領域提案型) 計画研究(2019年度, 22,500千円)「クォーク階層とハドロン階層を繋ぐ動的機構」代表
- [2] 志垣賢太 : 日仏素粒子物理学研究所, 2018年度実施課題(2019年度, 250千円)「ALICE Forward Upgrade for High Precision High Statistics Single- and Di-Muon Measurements at the LHC」日本側代表
- [3] 本間謙輔 : 科学研究費補助金, 挑戦的研究(萌芽)(2019年度, 3,900千円)「暗黒エネルギー源探索へ向けたGHz帯誘導共鳴光子衝突実験実現性の検証」代表
- [4] 本間謙輔 : 科学研究費補助金, 基盤研究(B)(2019年度, 1,170千円)「真空内四光波混合によるsub-eV暗黒場の高感度探索」代表
- [5] 本間謙輔 : 科学研究費補助金, 新学術領域研究(公募)(2019年度, 5,200千円)「高強度レーザー場による誘導共鳴散乱を介したeV近傍質量域の暗黒場探索」代表
- [6] 本間謙輔 : 京都大学化学研究所課題提案型共同研究(2019年度, 1300千円)「真空内四光波混合の探索」代表
- [7] 三好隆博 : 科学研究費補助金, 基盤研究(S)(2019年度, 250千円)「クォーク物性を解き明かすALICE実験フォトン物理の新展開」分担

## ○高エネルギー宇宙・可視赤外線天文学グループ

### 研究活動の概要

令和元年度は, フェルミガンマ線衛星とかなた望遠鏡他を用いた観測を軸に, 次期X線ガンマ線観測小型衛星計画, かなた望遠鏡次期検出器の開発, 重力波対応天体探査用チベット

望遠鏡HinOTORIの開発などを柱として活動を行った。かなた望遠鏡関係の研究は、宇宙科学センターと強い協力関係の下で進めている。学位論文としては、修士論文4編（Yun, 岩尾, 高木, 平出）、卒業論文6編（今澤, 葛葉, 濱田, 森, 森脇, 山口）を発表した。また、Hi<sup>+</sup>サイエンティスト養成プログラムの自由研究の学生を2名、シカゴ大学からのサマージョブ学生を2名受け入れた。また、広島大学自立型研究拠点として極限宇宙研究拠点（Core-U）に関する活動も進めた。内田が2月より着任した。また、昨年度に続いて、Norbert Wernerがハンガリーよりクロスアポイントで3か月だけ滞在して研究教育活動に参加した。

### [フェルミ衛星によるガンマ線観測]

フェルミ衛星は、打ち上げから12年目を迎えたが、特に故障もなく全天ガンマ線サーベイを続けている。本グループも、かなた望遠鏡との多波長観測を進めた。また、重力波・ニュートリノ・潮汐力突破現象対応ガンマ線天体の探査にさらに関わった。重力波対応天体の探査においては、関連鄭他のガンマ線バーストに関するフェルミチームのモニター体制に参加している。その他、データプロセス管理とデータプロセスのモニタ当番に、ポスドクと学生が参加するとともに、2度のフェルミ衛星全体会議に参加して、研究の情報交換を行った。また、フェルミ衛星第4カタログについてリストのチェックなどを行い、カタログ出版に貢献した。

ジェット天体である電波銀河について、フェルミ衛星第4天体カタログが発表され、その中に50を超える電波銀河が含まれていたことから、それらのX線の観測データを集めて系統的な懸鼓タを開始し、ガンマ線光度関数、X線とガンマ線のスペクトルの比較、時間変動について調査を進めている。また、電波銀河の中で最もガンマ線で明るいNGC1275についてSwift衛星の可視光紫外線観測装置UVOTのデータおよび硬X線観測装置BATのデータを解析し、ガンマ線や軟X線と同様に最近ほど明るくなってきていることがわかり、論文を投稿した。また、ブレーザー天体の多波長スペクトルをMCMC法を用いて定量的にモデル化するためのモデル計算を行うことで、3C279のフェルミ衛星データも含めた多波長モニターデータの系統的解析を進め、時間変動に伴う物理量の変化を導出した。これは平出修論としてまとめられた。

まもなく観測が開始される大型TeVガンマ線望遠鏡CTAで観測が期待される電波銀河のTeVガンマ線フレアはブラックホール近傍の情報を含む。そこで、電波銀河IC310とNGC1275について、過去のTeVフレアに同期したフェルミ衛星のGeVガンマ線のデータを解析し、TeVフレアを起こす時期ではGeVガンマ線も明るくなっていることがわかった。これは今澤卒論としてまとめられた。

Fermi衛星はその広い視野を生かし、ガンマ線観測を通して銀河系内の宇宙線と星間物質をプローブすることができる。その際に他波長のデータと比較することが必要であり、従来は水素原子の21cm線の全天サーベイおよびCO分子からの2.6mmのマッピング観測が用いられてきたが、これら伝統的な電波観測では星間ガスを取りこぼしている（通称「dark gas」と呼ばれる）ことが分かってきた。ガンマ線はこのdark gasのよいプローブとなることから、星間ガスの分布を正確・精密に測定するため、ガンマ線とPlanck衛星によるダスト放射の比較を名古屋大学のグループと共同ですすめている。R1年度はChamaeleon分子雲および近傍原子雲の解析を推し進め共に原著論文として出版した。連してこの研究を通して近傍宇宙線スペクトルも精度よく推定することが可能であり、直接観測と合わせた解析を、シカゴ大学学生のサマージョブのテーマとして進め、2020年3月の物理学会で報告した。



### [すざく衛星, Swift衛星, XMM-Newton衛星のX線データ解析]

すばる超広視野カメラHSCサーベイで検出された銀河団について、重力レンズとともにX線による質量測定を行い、銀河団の進化や宇宙論パラメータに制限を与えるプロジェクトを進めている。本年度引き続きXMM-Newton衛星の銀河団系統的データ解析の手法を改良して約20個の銀河団に解析を広げた。また、その中にあった衝突銀河団についての詳細X線データ解析を進め、温度・密度・圧力・エントロピーマップを2種類の方法で作成し、衝突の様子を考察し、論文執筆を進めた。

Swift衛星105ヶ月カタログで検出されたブレーザー天体を用いたX線光度関数の導出を行い、ブレーザーの進化の情報を引き出す作業についてパラメータの最適化を進め、論文化を進めた。

恒星質量ブラックホールや中性子星に降着する物質の状態、またこれらコンパクト天体の物理量を明らかにするため、すざく、XMM-Newton、Swift衛星などで観測されたLMC X-3とIGR J00362+6122のデータ解析を進めた。LMC X-3については、X線放射は標準降着円盤モデルでは再現できず、ブラックホールの近傍で降着円盤の構造が特殊な状態になっていることが推察された。これは岩尾修論としてまとめられた。IGR J00362+6122については、中性子星の自転周期や光度から、磁場がマグネター並みに強い可能性があることが示唆される。

ブラックホール連星として有名なGRS1915+105は、2018年から歴史的にX線で暗い状態に突入したままとなっている。そのため、その状態変化の理由やジェット放射の有無を調べるため、かなた望遠鏡により近赤外線モニター観測を開始した。また、電波との同時観測も試みた。その結果、この状態では歴史的に近赤外線で明るい状態になっていることが確認され、また、電波と同期した時間変動も示したことから、ジェット放射が近赤外線で少し見えていることが示唆されたが、偏光度が低いことから別の熱的放射が支配的であると推測された。

### [将来X線ガンマ線観測に向けた活動]

2022年度に打ち上げを目指している次期X線天文衛星XRISMにプロジェクトメンバーとして参加している。広島大学からは水野と高橋が準備チームのサブグループリーダーを務めており、科学運用計画の議論やソフトウェア開発・検証活動・データプロセス整備の取りまとめを行い、搭載機器(X線カロリメータおよびCCD検出器)の較正要求・試験のレビューを主導した。また、深澤がサイエンス検討検討において突発天体のとりまとめを行っている。本年度は、広島大学では特に超新星、ガンマ線バースト、超新星残骸、活動銀河核、銀河団、中性子星X線連星について観測提案を立案した。

2021年に打ち上げを目指す軟X線偏光観測衛星IXPEに広島大学からは水野がScience Collaboratorとして参加している。修士学生がScience participantsとして参加し、広がった超新星残骸のシミュレーションを進め偏光解析の手法を検討し、2020年3月予定だった国際会議Astropol2020(COVID-19のため延期)の講演資料をIXPEチームに報告した。また、ブラックホール連星のシミュレーションを進め、葛葉卒論としてまとめられた。

日米瑞の国際協力で進めている硬X線集光偏光計X(L)-Calibur気球実験では、高橋が日本側代表として参画している。2018年12月に南極において科学観測を実施した成果は、投稿論文にまとめられた。質量降着型パルサーGX 301-2の観測を通し、望遠鏡で集光することにより従来よりも高感度を実現できることを実証できた。次回の2022年の北極圏でのフライトでは、

より大型な日本製のFFAST望遠鏡を搭載する。FFAST望遠鏡の支持構造の一部に予備品が使われていたため、フライト品を広島大学で製作し、取り付けが完了した。取り付け後に2回行う位置調整のうちの1回を、SPring-8の硬X線ビームを利用して実施した。

スウェーデンとは、宇宙での利用実績に乏しいGAGGシンチレータとMPPC光検出器の衛星軌道上での特性を評価するため、1 kg弱のCUBES検出器を2020年にキューブサットとして打ち上げる予定で準備を進めている。

重力波源の探査を目的として、ガンマ線バーストの到来方向を超小型衛星群を用いて到来時間差を利用して精度よく決めるプロジェクトCAMELOTをNorbert Wernerが中心となって進めており、隔週でオンライン会議をハンガリーと行うとともに、2月にハンガリーでF2F会議を行った。本年度は、2020年度にプロトタイプ衛星搭載の2つの機会を得たため、その設計、製造を進めた。また、昨年引き続き、若狭湾エネルギーセンターにおいて軌道上で想定される吸収線量の陽子線をMPPCに照射し、放射線耐性を調べた。その結果、照射してからしばらく時間がたつとともに性能が少し回復する傾向を定量化できた。

ひとみ衛星で我々が開発した軟ガンマ線観測装置の復活を目指した磁気再結合観測衛星計画PhoENiXでは、太陽フレアに伴う軟ガンマ線偏光観測の検討を進めるとともに、搭載検出器の規模の検討を進め、ISAS公募型小型衛星に応募した。フェルミ衛星に続いて全天ガンマ線モニターを行うものとし、アメリカで立ち上がったMeVガンマ線観測衛星計画AMEGOに広島大学のメンバーも加わり、10月のチーム会議にて日本の貢献について議論を行った。また、MeVガンマ線観測リサーチグループをJAXA宇宙科学研究所のもとに深澤が代表として立ち上げた。

#### [かなた望遠鏡等を用いた可視赤外線観測]

年間200晩程度にわたり、東広島天文台のかなた望遠鏡を用いた活動銀河核や超新星、ガンマ線バースト、X線連星、前主系列星、重力波対応天体等の観測が行われ、それに基づいた研究を行っている。観測を実施するのは、主に大学院生とポストドクである。2017年8月以降、ほぼすべての観測が主として東広島キャンパス内からリモートで実施されるようになっており、東広島天文台に車で通っていた頃と比べると格段に安全性・利便性が高まっている。これは、2018年7月の豪雨災害による東広島天文台へのアクセス道の被害や、2020年春からの新型コロナウイルス禍に対しても極めて有効に働き、ほぼ途切れない観測が実施できている。観測データの使用率や論文生産率は、この10年にわたり、国内の他の同クラス望遠鏡と比較して同等以上を維持できている。これには、可視光と近赤外線の同時観測が可能な汎用型の可視赤外線同時カメラHONIRと、一回の露出で直線偏光パラメータの取得が可能な一露出型可視広視野偏光撮像器HOWPolといったユニークな機能を持つ観測装置が常時装着され、望遠鏡と共に日常的にメンテナンスがなされる体制を維持できていることも貢献している。2019年度も望遠鏡や観測装置には年間を通じて大きなトラブルはなかった。9月には、望遠鏡の主鏡面のアルミ膜再蒸着作業を、国立天文台ハワイ観測所岡山分室にて、国立天文台や188cm鏡ユーザーグループの協力の下、広島大学の学生と教員との共同作業で遂行した。

かなた望遠鏡で行われた観測のうち1割程は、国内外の共同研究により、他機関の研究者がPIとなって実施した観測であり、天文学コミュニティの中でかなた望遠鏡が一つの観測研究拠点となっている。2019年度にかなた望遠鏡で実施された主な研究テーマとして、活動銀河核や超新星、重力波源天体が挙げられる。

活動銀河核に関しては、2016年より継続してきた、フェルミ望遠鏡を用いた多波長エネルギー

ギースペクトルをもってしても物理モデルが一意に決まらない問題に対して、マルコフ連鎖モンテカルロ法を用いてモデルを推定する方法の研究が2020年3月に原著論文として受理された。また、ブレーザーの時間変動の特徴を抽出する研究、及び、その偏光の時間変動をグラフィカルに検索する技術に関する慶應大学との共同研究を継続して行った。

超新星に関しては、IIP型超新星SN 2017czdについて、爆発初期に典型的なIIP型の性質を示したにも関わらず、通常は爆発100日後程度に見られる急減光が、爆発後わずか20日程度で見られるなど、過去の超新星にはない兆候を示した。この特異な光度変化から、単独星の恒星進化では説明できないほど水素外層の量が少ないと推定され、連星の相互作用によって外層が剥ぎ取られた可能性を議論した。Ia型超新星SN 2018gvについて、極大光度がやや暗めであったにもかかわらず、これまでの研究で見られたような、暗い超新星は速く減光するという法則に従っておらず、ゆっくりとした減光を示す遷移的な超新星であることを見出した(Yun修論)。加えて、超新星スペクトルモデル計算ソフトSYN++を用いて、過去の超新星での未同定吸収線を特定する研究を行った(濱田卒論)。この研究では過去のSN 2012awに関する研究で未同定とされていた吸収線が、窒素や高励起のニッケルで説明されることを議論した。

かなた望遠鏡ではこれ以外にも、前主系列星や各種変光星、ブラックホール連星、ガンマ線バースト等の多波長・多モード観測が行われているが、その中に20年ほど前に爆発を起こしたヘリウム新星V445 Pupの、爆発後の長期観測から、星周物質の分布やその中に含まれるダストの性質を考察した研究が含まれる(高木修論)。

LIGO/Virgoによる重力波アラートに対応した候補天体の搜索と追跡観測に関する研究については、日本の搜索チームJ-GEM(代表:吉田道利国立天文台ハワイ観測所長,広島大学宇宙科学センター客員教授)の拠点のひとつとして活動を行なった。LIGO/Virgoによる重力波観測ラン(O3)が2019年4月から2020年3月まで実施され、検出された重力波イベントに応じて、可視光・近赤外線帯域での電磁波フォローアップ観測を実施した。J-GEM全体では23個の重力波アラートに対してフォローアップ観測を行ない、10個以上の重力波アラートに対して重力波検出後1日以内からの可視光フォローアップ観測を実施することに成功している。この観測において、広島大学が中心となって重力波源を含む可能性の高い銀河のリストや観測実施状況についての情報をJ-GEM内で共有するためのシステムを構築・運用した。かなた望遠鏡においては、自動観測および即時データ解析システムを整備・運用することで、迅速な観測結果の報告を行なった。また、この自動解析システムの測光性能の評価を行なった(森卒論)。

光・赤外線天文学大学間連携(以下、OISTER。2011年度～)の参加大学として、OISTERの枠組みを通じて共同観測を実施している。昨年度は計14件64夜の観測を実施した。この観測の中には、矮新星や太陽系内天体、太陽系外惑星など、広島大学のメンバーではカバーしきれていない観測も行われており、研究テーマの多様性を生んでいる。また、本連携事業では大学院生の連携教育にも力を入れており、埼玉大学の学生2名を当センターにて2019年9月に1週間ほど広島大学で受け入れて、かなた望遠鏡を用いた観測やデータリダクションの指導を行った。

かなた望遠鏡の現主力装置である可視赤外線同時カメラHONIRにおいて、現在空いている近赤外チャンネルの1スロットに安価で手配のし易い国内メーカー製の検出器の導入を目指して、国立天文台、鹿児島大、浜松ホトニクス間でInGaAs検出器の共同開発を数年来進めてきた。今年度、これまでの試作品の実験に基づいてノイズやダークの低減の工夫を施した1.3K×1.3kピクセルモデルの最終版の製作が行われ、2020年3月に1ヶが納品された。評価はこ



れからである。

#### [その他の可視光赤外線グループの活動]

世界的な天文観測の好サイトとして期待されている中国・チベット地区に、口径50cmのパイロット望遠鏡を設置するHinOTORIプロジェクトが、2012年以来、中国科学院国家天文台、紫金山天文台と共同で進められてきた。2019年11月にはチベット・阿里観測所に広島大学から笹田、川端の2名が赴き、望遠鏡の観測システムの構築やドームその他のメンテナンス、校正用データの取得を行なった。また停電が発生した場合、電力復帰後リモートでシステムをスタートアップするために必要なUPSや遠隔電源管理装置を導入した。これにより、現地の電力が安定している時は、広島にいながら阿里観測所にある望遠鏡を立ち上げて操作し、データを取得することが出来るようになった。

イベント・ホライズン・テレスコープ（EHT）は世界各地にあるサブミリ波望遠鏡を連携させて観測することで視力300万を達成し、ブラックホールの事象の地平面に迫ることを目的としたプロジェクトである。2019年4月にEHTによってメシエ87（M87）銀河の中心にある超巨大ブラックホールのシャドウ（影）の撮影の成功が報告された。これにより光を発しない天体（ブラックホール）がM87銀河の中心に存在することを直接証明した。さらにはシャドウの直径から一般相対性理論に基づいてブラックホールの質量が推定され、太陽質量の65億倍であることもわかった。これらの結果は世界中のメディアで大きく報道され、社会現象となった。また、当研究で用いられたスパースモデリングによる画像復元ソフトウェア（SMILI）を用いたVery Long Baseline Arrayのデータ解析を行い、超巨大ブラックホールの周辺環境についても調べた。

宇宙航空研究開発機構（JAXA）宇宙科学研究所（ISAS）と欧州宇宙機関（ESA）が主導する赤外線衛星SPICAプロジェクトに関して、観測装置SMIの光学系の公差解析を行った。SMIと望遠鏡間のアライメントによる誤差測定が予定通りに進み、ISASを通じてESA側への報告も行われた。SMI内部での個々のサブ定盤と望遠鏡間の公差解析も併せて行った。また、SPICAでの使用を想定して開発が進められている新型の中間赤外線フィルターの実験・評価を行った。極低温を経験した赤外線フィルターが破壊されずに期待した性能を維持することを確認することができた（森脇卒論）。

2021年打ち上げ予定の過去最大の宇宙望遠鏡である米欧主導のジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（JWST）に関して、JWSTを用いた観測計画の立案の援助を目的として、ハンズオンのワークショップを3月10日に主催し、日本国内の天文学者への科学面・技術面での支援を行った。望遠鏡打ち上げ機関であるESAと米国宇宙望遠鏡科学研究所（STScI）等の研究者を招聘し、オーストラリアからの参加者もあった国際ワークショップであった。本来は対面開催の予定であったが、COVID-19の影響によりオンライン開催となった。また、メンバーとして参加している研究チームが確保済みとなっているJWST観測時間で、打ち上げ後に得られる赤外線銀河のデータを迅速に解析するためのソフトウェアの開発などの準備を進めた。

アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計（ALMA）に関し、Co-PIとして参画した宇宙初期の銀河輝線を探るALMA大型プロジェクトREBELSが採択され、観測が進行中である。また、メンバーとして参加している他のALMA大型プロジェクトASPECSにおいて、ハッブル・ウルトラ・ディープ・フィールドでのCO分子輝線のサーベイ観測が完了し、同領域の可視光でのMUSE観測の結果も合わせて解析を行った。

原著論文

- [1] “Study of the Cosmic Rays and Interstellar Medium in Local H I Clouds Using Fermi-LAT Gamma-Ray Observations”, Mizuno, T., Abdollahi, S., Koyama, T. (5th), and 5 coauthors, *The Astrophysical Journal*, 890, 120 (2020)
- [2] ©“Fermi and Swift Observations of GRB 190114C: Tracing the Evolution of High-energy Emission from Prompt to Afterglow”, Ajello, M., Fukazawa, Y. (38th), Mizuno, T. (76th), Poon, H., (94th), and 149 coauthors, *The Astrophysical Journal*, 890, 9 (2020)
- [3] ©“Bright Gamma-Ray Flares Observed in GRB 131108A”, Ajello, M., Fukazawa, Y. (35th), Mizuno, T. (66th), Poon, H. (95th), and 107 coauthors, *The Astrophysical Journal Letters*, 886, 33 (2019)
- [4] “A convolutional neural network approach for reconstructing polarization information of photoelectric X-ray polarimeters”, Kitaguchi, T., Mizuno, T. (8th), and 7 coauthors, *NIMA* 942, 162389 (2019)
- [5] “Fermi-LAT  $\gamma$ -Ray Study of the Interstellar Medium and Cosmic Rays in the Chamaeleon Molecular Cloud Complex: A Look at the Dark Gas as Optically Thick H I”, Hayashi, K., Mizuno, T., and 7 coauthors, *The Astrophysical Journal*, 884, 130 (2019)
- [6] ©“A Search for Cosmic-Ray Proton Anisotropy with the Fermi Large Area Telescope”, Ajello, M., Fukazawa, Y. (35th), Mizuno, T. (65th), and 96 coauthors, *The Astrophysical Journal*, 883, 33 (2019)
- [7] “Monte Carlo studies for the optimisation of the Cherenkov Telescope Array layout”, Acharyya, A., Mizuno, T. (268th), and 468 coauthors, *Astroparticle Physics*, 111, 35 (2019)
- [8] ©“Estimation of the detected background by the future gamma ray transient mission CAMELOT”, Ripa, J., Werner, N. (3rd), Mizuno, T. (7th), Fukazawa, Y. (11th), Takahashi, H. (12th), and 16 coauthors, *Astronomische Nachrichten*, 340, 666 (2019)
- [9] ©“A Decade of Gamma-Ray Bursts Observed by Fermi-LAT: The Second GRB Catalog”, Ajello, M., Fukazawa, Y. (39th), Mizuno, T. (72th), Poon, H. (91th), and 119 coauthors, *The Astrophysical Journal*, 878, 52 (2019)
- [10] ©“MAGIC and Fermi-LAT gamma-ray results on unassociated HAWC sources”, Ahnen, M. L., Fukazawa, Y. (286th), Mizuno, T. (315th), and 350 coauthors, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 485, 356 (2019)
- [11] ©“Event-selection technique for the multi-layer Si -CdTe Compton camera onboard Hitomi”, Ohno, M., Fukazawa, Y., Mizuno, T., and 27 coauthors, *NIMA*, 924, 327 (2019)
- [12] ©“Performance study of a large CsI(Tl) scintillator with an MPPC readout for nanosatellites used to localize gamma-ray bursts”, Torigoe, K., Fukazawa, Y. (2nd), Mizuno, T. (4th), Takahashi, H. (8th), Werner, N. (12th), and 14 coauthors, *NIMA*, 924, 316 (2019)
- [13] “The ALMA Discovery of the Rotating Disk and Fast Outflow of Cold Molecular Gas in NGC 1275”, Nagai, H., Fukazawa, Y. (6th), and 13 coauthors, *The Astrophysical Journal*, 883, 193 (2019)
- [14] “Spectral properties of gamma-ray bursts observed by the Suzaku wide-band all-sky monitor”, Ohmori, N., Fukazawa, Y. (9th), and 18 coauthors, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 71, 76 (2019)
- [15] “XCLUMPY: X-Ray Spectral Model from Clumpy Torus and Its Application to the Circinus Galaxy”, Tanimoto, A., Fukazawa, Y. (5th), and 4 coauthors, *The Astrophysical Journal*, 877, 95 (2019)
- [16] “Observations of a GX 301-2 Apastron Flare with the X-Calibur Hard X-Ray Polarimeter Supported by NICER, the Swift XRT and BAT, and Fermi GBM”, Abarr, Q., Takahashi, H. (22th), and 29 coauthors,

The Astrophysical Journal, 891, 70 (2020)

- [17] “Correlations between supermassive black holes, hot atmospheres, and the total masses of early-type galaxies”, Lakhchaura, K., Werner, N. (3rd), and 1 coauthors, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 488L, 134 (2019)
- [18] “Powerful AGN jets and unbalanced cooling in the hot atmosphere of IC 4296”, Grossova, R., Werner, N. (2nd), and 14 coauthors, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 488, 1917 (2019)
- [19] “Optical communications downlink from a low-earth orbiting 15U CubeSat”, Rose, T. S., Werner, N. (4th), and 11 coauthors, Optics Express, 27, 24382 (2019)
- [20] “Transient detection capabilities of small satellite gamma-ray detectors”, Bagoly, Z., Werner, N. (8th) and 6 coauthors, Astronomische Nachrichten, 340, 681 (2019)
- [21] “Magnetic fields and extraordinarily bright radio emission in the X-ray faint galaxy group MRC 0116 + 111”, Mernier, F., Werner, N. (2nd), and 5 coauthors, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 486, 5430 (2019)
- [22] “X-ray spectra of the Fe-L complex”, Gu, L., Werner, N. (7th), and 8 coauthors, Astronomy & Astrophysics, 627, A51 (2019)
- [23] “Suppressed effective viscosity in the bulk intergalactic plasma”, Zhuravleva, I., Werner, N. (6th) and 4 coauthors, Nature Astronomy, 3, 832 (2019)
- [24] “Mass-metallicity relation from cosmological hydrodynamical simulations and X-ray observations of galaxy groups and clusters, Truong”, N., Werner, N. (5th), and 8 coauthors, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 484, 2896 (2019)
- [25] “Cooling in the X-ray halo of the rotating, massive early-type galaxy NGC 7049”, Jurov, A., Werner, N., and 10 coauthors, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 484, 2886 (2019)
- [26] “Elevated ionizing photon production efficiency in faint high-equivalent-width Lyman- $\alpha$  emitters”, Maseda, M. V., Inami, H.(14th), and 17 colleagues, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, in press. (2020)
- [27] “Evidence for planetary hypothesis for PTF0 8-8695 b with five-year optical/infrared monitoring observations”, Tanimoto, Y., Nakaoka, T.(7th), Kawabata, K. S.(19th), and 16 colleagues, Publications of the Astronomical Society of Japan, in press. (2020)
- [28] “Near-infrared monitoring of the accretion outburst in the massive young stellar object S255-NIRS3”, Uchiyama, M., Nakaoka, T.(4th), Kawabata, K. S.(9th), and 10 colleagues, Publications of the Astronomical Society of Japan, 72, 4 (2020)
- [29] “An optical search for transients lasting a few seconds, Richmond”, M. W., Kawabata, K. S. (15th), and 38 colleagues, Publications of the Astronomical Society of Japan, 72, 3 (2020)
- [30] “Multiband optical flux density and polarization microvariability study of optically bright blazars”, Pasierb, M., Nakaoka, T.(23th), and 21 colleagues, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 492, 1295 (2020)
- [31] “A type Ia supernova at the heart of superluminous transient SN 2006gy”, Jerkstrand, A., Maeda, K., & Kawabata, K.S., Science, 367, 415 (2020)
- [32] “The ALMA Spectroscopic Survey in the HUDF: Constraining Cumulative CO Emission at  $1 < z < 4$  with Power Spectrum Analysis of ASPECS LP Data from 84 to 115 GHz”, Uzgil, B.D., Inami, H.(11th), and 14 colleagues, The Astrophysical Journal, 887, 37 (2019)
- [33] “New criteria for the selection of galaxy close pairs from cosmological simulations: evolution of the

- major and minor merger fraction in MUSE deep fields”, Ventou, E., Inami, H.(6th), and 9 colleagues, *Astronomy & Astrophysics*, 631, 87 (2019)
- [34] “Superhump period of SDSS J214354.59+124457.8: First Z Cam star with superhumps in the standstill”, Altan, M., Uemura, M.(6th), and 18 colleagues, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 489, 1451 (2019)
- [35] “On the observational behaviour of the highly polarized Type II supernova SN 2017hcc”, Kumar, B., Kawabata, K. S.(6th), Yamanaka, M.(7th), Otsubo, I.(8th), Nakaoka, T.(10th), Kawabata, M.(11th), Akitaya, H.(13th), and 6 colleagues, *C44*, 488, 3089 (2019)
- [36] ©“SN 2018hna: 1987A-like Supernova with a Signature of Shock Breakout”, Singh, A., Akitaya, H.(15th), Nakaoka, T.(16th), Kawabata, M.(17th), Kawabata, K. S.(18th), Sasada, M.(19th), and 18 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 882, L15 (2019)
- [37] “The ALMA Spectroscopic Survey in the HUDF: Nature and Physical Properties of Gas-mass Selected Galaxies Using MUSE Spectroscopy”, Boogaard, L., Inami, H.(17th), and 32 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 882, 140 (2019)
- [38] “The ALMA Spectroscopic Survey in the HUDF: CO Luminosity Functions and the Molecular Gas Content of Galaxies through Cosmic History”, Decarli, R., Inami, H.(23th) and 35 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 882, 138 (2019)
- [39] “The ALMA Spectroscopic Survey in the Hubble Ultra Deep Field: Evolution of the Molecular Gas in CO-selected Galaxies”, Aravena, M., Inami, H.(22th), and 32 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 882, 136 (2019)
- [40] “Molecular gas and dust properties of galaxies from the Great Observatories All-sky LIRG Survey”, Herrero-Illana, R., Inami, H.(19th), and 24 colleagues, *Astronomy & Astrophysics*, 628, 71 (2019)
- [41] “Spectropolarimetry of the superwind filaments of the starburst galaxy M 82 II: Kinematics of the dust surrounding the nuclear starburst”, Yoshida, M., Kawabata, K. S.(2th), and 3 colleagues, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 71, 87 (2019)
- [42] “The Event Horizon General Relativistic Magnetohydrodynamic Code Comparison Project”, Porth, O., Sasada, M.(182th), and 216 colleagues, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 243, 26, (2019)
- [43] “Three-Dimensional Optimal Spectral Extraction (TDOSE) from integral field spectroscopy”, Schmidt, K.B., Inami, H.(10th), and 9 colleagues, *Astronomy & Astrophysics*, 628, 91 (2019)
- [44] “The JCMT BISTRO Survey: The Magnetic Field of the Barnard 1 Star-forming Region”, Coude, S., Kawabata, K. S.(60th), and 121 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 877, 88 (2019)
- [45] “JCMT BISTRO Survey: Magnetic Fields within the Hub-filament Structure in IC 5146”, Wang, J.-W., Kawabata, K. S.(67th), and 131 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 876, 42 (2019)
- [46] “The JCMT BISTRO Survey: The Magnetic Field in the Starless Core  $\rho$  Ophiuchus C”, Liu, J., Kawabata, K. S.(77th), and 129 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 877, L43 (2019)
- [47] “SCOPE: SCUBA-2 Continuum Observations of Pre-protostellar Evolution - survey description and compact source catalogue”, Eden, D. J., Kawabata, K. S.(110th), and 161 colleagues, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 485, 2895 (2019)
- [48] “First M87 Event Horizon Telescope Results. VI. The Shadow and Mass of the Central Black Hole”, Event Horizon Telescope Collaboration, Akiyama, K., Sasada, M.(167th) and 212 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 875, L6, (2019)
- [49] “First M87 Event Horizon Telescope Results. V. Physical Origin of the Asymmetric Ring”, Event

- Horizon Telescope Collaboration, Akiyama, K., Sasada, M.(167th) and 219 colleagues, The Astrophysical Journal, 875, L5 (2019)
- [50] “First M87 Event Horizon Telescope Results. IV. Imaging the Central Supermassive Black Hole”, Event Horizon Telescope Collaboration, Akiyama, K., Sasada, M.(168th) and 213 colleagues, The Astrophysical Journal, 875, L4 (2019)
- [51] “First M87 Event Horizon Telescope Results. III. Data Processing and Calibration”, Event Horizon Telescope Collaboration, Akiyama, K., Sasada, M.(168th) and 215 colleagues, The Astrophysical Journal, 875, L3 (2019)
- [52] “First M87 Event Horizon Telescope Results. II. Array and Instrumentation”, Event Horizon Telescope Collaboration, Akiyama, K., Sasada, M.(168th) and 339 colleagues, The Astrophysical Journal, 875, L2 (2019)
- [53] “First M87 Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole”, Event Horizon Telescope Collaboration, Akiyama, K., Sasada, M.(169th), and 346 colleagues, The Astrophysical Journal, 875, L1 (2019)
- [54] “Comparison of polarization at two lunar eclipse events”, Takahashi, J., Akitaya, H.(4th), Takaki, K.(5th), Kawabata, K. S.(6th), and 4 colleagues, Publications of the Astronomical Society of Japan, 71, 47 (2019)
- [55] “Cosmology from cosmic shear power spectra with Subaru Hyper Suprime-Cam first-year data”, Hikage, C., Miyama, S.(23th) and 35 colleagues, Publications of the Astronomical Society of Japan, 71, 43 (2019)
- [56] “The MUSE Atlas of Disks (MAD): resolving star formation rates and gas metallicities on <100 pc scales”, Erroz-Ferrer, S., Inami, H.(12th) and 14 colleagues, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 484, 5009 (2019)
- [57] ©“SN 2017czd: A Rapidly Evolving Supernova from a Weak Explosion of a Type IIb Supernova Progenitor”, Nakaoka, T., Kawabata, K. S.(5th), Uemura, M.(13th), and 10 colleagues, The Astrophysical Journal, 875, 76 (2019)
- [58] “Multi-epoch Direct Imaging and Time-variable Scattered Light Morphology of the HD 163296 Protoplanetary Disk”, Rich, E. A., Miyama, S.(39th) and 58 colleagues, The Astrophysical Journal, 875, 38 (2019)
- [59] ©“Fermi Large Area Telescope Fourth Source Catalog,” Abdollahi, S., Fukazawa, Y.(58th), Mizuno, T. (112th), Poon, H. (154th), and 165 coauthors, ApJS 247, 33 (2020)
- [60] “The main sequence of star-forming galaxies - II. A non-evolving slope at the high-mass end”, Popesso, P., Morselli, L., Concas, A., Schreiber, C., Rodighiero, G., Cresci, G., Belli, S., Ilbert, O., Erfanianfar, G., Mancini, C., Inami, H., Dickinson, M., Pannella, M., & Elbaz, D., MNRAS, 490, 5285 (2019)
- [61] “The Atacama Large Millimeter/submillimeter Array Spectroscopic Survey in the Hubble Ultra Deep Field: CO Emission Lines and 3 mm Continuum Sources”, Gonzalez-Lopez, J., Inami, H. (20th) and 12 coauthors, Astrophysical Journal, 882, 139 (2019)
- [62] “First M87 Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole”, Mahito Sasada (168th), and 347 coauthors, The Astrophysical Journal Letters, 875, L1 (2019)
- [63] “First M87 Event Horizon Telescope Results. II. Array and Instrumentation”, Event Horizon Telescope Collaboration, Mahito Sasada (167th) and 339 coauthors, The Astrophysical Journal

Letters, 875, L2 (2019)

- [64] “First M87 Event Horizon Telescope Results. III. Data Processing and Calibration”, Event Horizon Telescope Collaboration, Mahito Sasada (167th), and 215 coauthors, The Astrophysical Journal Letters, 875, L3 (2019)
- [65] “First M87 Event Horizon Telescope Results. IV. Imaging the Central Supermassive Black Hole”, Event Horizon Telescope Collaboration, Mahito Sasada (167th), and 213 coauthors, The Astrophysical Journal Letters, 875, L4 (2019)
- [66] “First M87 Event Horizon Telescope Results. V. Physical Origin of the Asymmetric Ring”, Event Horizon Telescope Collaboration, Mahito Sasada (166th), and 220 coauthors, The Astrophysical Journal Letters, 875, L5 (2019)
- [67] “First M87 Event Horizon Telescope Results. VI. Shadow and Mass of the Central Black Hole”, Event Horizon Telescope Collaboration, Mahito Sasada (166th), and 212 coauthors, The Astrophysical Journal Letters, 875, L6 (2019)
- [68] “The Event Horizon General Relativistic Magnetohydrodynamic Code Comparison Project”, Porth, Oliver, Mahito Sasada (182nd), and 217 coauthors, The Astrophysical Journal Supplement Series, 243, 26, (2019)

総説

該当無し

国際会議

(招待講演)

- [1] Mizuno, T., “Multiwavelength Imaging-Spectro-Polarimetry for Transient Objects,” CTA workshop (The extreme Universe viewed in very-high-energy gamma-rays 2019), ICRR, Chiba, Japan, 2019.11.15, 50名
- [2] Hanae Inami & ASPECS team, “The ALMA Spectroscopic Survey in the Hubble Ultra Deep Field”, East-Asian ALMA Science Workshop 2019, Taipei, Taiwan, 2020.2.19-21
- [3] Mahito Sasada “Optical and multi-wavelength photo-polarimetric study for blazars with Kanata telescope”, Understanding the multiwavelength blazar variability, Stanford University, US, 2019.8.28-30, 50 persons
- [4] Kawabata, K. S., “Time domain astronomy with ‘Kanata’ and ‘HinOTORI’ telescopes”, AMON Workshop 2019, Chiba, Japan, 2019.5.21-22, 60 persons

(一般講演)

- [1] Y. Fukazawa, “X-ray studies of 4FGL radio galaxies”, Fermi-LAT collaboration meeting, 2019.9.10-13, University of California Santa Cruz, Santa Cruz, USA, 80 people
- [2] Y. Fukazawa “Japanese Compton Camera”, AMEGO F2F meeting, 2019.10.21-22, George Washington University, Washington D.C., USA, 60 people
- [3] Mizuno, T., “Detailed Study of MBM 53-55 Clouds and Pegasus Loop,” Fermi-LAT collaboration meeting, Univ. Of California, Santa Cruz, USA, 2019.9.11, 80名
- [4] Mizuno, T., “Study of the CRs and ISM in Local HI Clouds using Fermi-LAT Gamma-ray Observations,” TeVPA 2019, Sydney, Australia, 2019.12.5, 200名



- [5] Nagomi Uchida, “Radiation Hardness Tests of Si-PMs with a Proton Beam for Future Satellite Missions”, SiPM workshop: from fundamental research to industrial applications, University of Bari, Italy, 2019.10.2-4, 90名
- [6] Fumiya Imazato, “Origin of optical to X-ray emission explored from variability analysis of radio galaxy NGC 1275”, Extragalactic Radio Sky: Legacy of the Third Cambridge Catalogue, Torino, Italy, 2019.9.16-20, 100名
- [7] Naoyoshi Hirade, “Annealing of proton radiation damage in SiPM at room temperature”, 12th International Hiroshima Symposium on the Development and Application of Semiconductor Tracking Detectors (HSTD12), Hiroshima, 2019.12.15-18, 180名
- [8] Poon Helen, “Introduction to X-ray Polarimetry Projects at Hiroshima University”, university seminar, Tsinghua University (Beijing, China), 2019.10.15, 20 people
- [9] Poon Helen, “Introduction to the Gravitational Waves Projects at Hiroshima University”, university seminar, Wuhan University (Wuhan, China), 2019.10.18, 30 people
- [10] Poon Helen, “Introduction to the Gravitational Waves Projects at Hiroshima University”, university seminar, Huazhong University of Science and Technology (Wuhan, China), 2019.10.18, 40 people
- [11] Poon Helen, “Introduction to the Gravitational Waves Projects at Hiroshima University”, university seminar, Harbin University of Science and Technology (Shenzhen, China), 2019.12.26, 20 people
- [12] Hanae Inami & GOALS Team, “Using infrared spectra to reveal dusty galaxies in the local and distant universe”, Exploring the Infrared Universe: The Promise of SPICA, Crete, Greece, 2019.5.20-23
- [13] Hanae Inami, Fabian Walter, Roberto Decarli, Axel Weiss, Manuel Aravena, Chris Carilli, & ASPECS+MUSE team, “Stacking analysis of CO emission based on optical spectroscopic redshifts from MUSE”, ALMA2019: science results and cross-facility synergies, Sardegna, Italy, 2019.10.14-18
- [14] Hanae Inami, Fabian Walter, Roberto Decarli, Axel Weiss, Leindert Boogaard, Rychard Bouwens, Manuel Aravena, Chris Carilli, & ASPECS+MUSE team, “Gas Masses of  $z \sim 1-5$  Galaxies from Stacking”, Revolutionary Spectroscopy of Today as a Springboard to Webb, Leiden, the Netherlands, 2019.10.28-11.1
- [15] Hanae Inami, “Tips on how to write a successful proposal”, Japan JWST Cycle 1 Proposal Workshop, Remote, 2020.2.10
- [16] Hanae Inami, “Joint Hands-on B: APT”, Japan JWST Cycle 1 Proposal Workshop, Remote, 2020.2.10
- [17] Uemura, M., “Neural network estimation of the pointing error of ASTE using wind data”, ALMA/45m/ASTE Users Meeting 2019, Mitaka, 2019.12.18-19
- [18] Mahito Sasada, J-GEM Collaboration, “J-GEM Optical and NIR Follow-Up for Gravitational-Wave Source in Third Observing Run”, Gravitational Wave Physics and Astronomy Workshop, 2019.10.14-17, The Research Center for the Early Universe (RESCEU), The University of Tokyo, Japan, 100 persons
- [19] Mahito Sasada, J-GEM Collaboration “J-GEM Strategy and Performance in the Third Observing Run”, Gravitational wave physics and astronomy: Genesis Area workshop 2019 Early Summer, 2019.6.29, Osaka City University, Japan, 30 persons
- [20] Mahito Sasada, J-GEM Collaboration, “J-GEM Optical and NIR Follow-Up in Gravitational-Wave

Third Observing Run”, Gravitational Wave Physics and Astronomy: Genesis, The Third Annual Area Symposium, 2020.2.10-12, Konan university, Kobe, Japan

- [21] Mahito Sasada, J-GEM Collaboration, “J-GEM Optical and NIR Follow-Up in Gravitational-Wave Third Observing Run”, SUBARU TELESCOPE 20TH ANNIVERSARY – Optical & Infrared Astronomy for the Next Decade –, 2019.11.17-22, Waikoloa Beach Marriott Resort & Spa, The Big Island of Hawaii, USA
- [22] Hiromitsu Takahashi “Si-PM Performance Comparison for Readout of XsI/BGO Scintillators”, SiPM workshop: from fundamental research to industrial applications, University of Bari, Italy, 2019.10.2-4, 90名
- [23] Hiromitsu Takahashi “Hard X-ray polarimetric observations of Cygnus X-1 by PoGO+”, The Future of X-ray Timing, Rode Hoed, Amsterdam, Netherlands, 2019.10.21-25, 100名
- [24] Hiromitsu Takahashi “Radiation damage of Si-PM (MPPC) and coincidence method to reduce dark counts”, IEEE 2019 NSS/MIC conference, UK, 2019.10.26-11.2

#### 国内会議

(招待講演, 依頼講演)

- [1] 深澤泰司: 「宇宙における高温プラズマのX線観測」, 研究会「STEシミュレーション研究会」, 2019年9月25-27日, 広島大学東千田キャンパス, 30名
- [2] 深澤泰司: 「AMEGO計画」, 研究会「第2回MeVガンマ線天文学研究会」, 2019年9月26-27日, 東京大学本郷キャンパス, 70名
- [3] 高橋弘充: 「PoGO+とXL-Calibur気球実験による硬X線偏光観測」, 研究会「第2回MeVガンマ線天文学研究会」, 2019年9月26-27日, 東京大学本郷キャンパス, 70名
- [4] 深澤泰司: 「ガンマ線によるAGN観測の今後の展望」, 研究会「AGN核周領域とその関連研究」, 2019年10月4-5日, 山口大学, 30名
- [5] 植村 誠: 「宇宙物理学におけるデータ可視化と可視化研究への期待」, 日本学術会議公開シンポジウム「科学的知見の創出に資する可視化 (2):新しい可視化パラダイム」, 2019年7月13日, 約100名
- [6] 高橋弘充: 「高宇連の計画」, 2019年度第1回CRC将来計画タウンミーティング, 2019年12月20-21日, グランキューブ大阪, 50名

(一般講演)

- [1] 水野恒史: 「宇宙線直接観測とガンマ線観測による近傍宇宙線スペクトルの研究」, 春の物理学学会 (2020年3月16-19日, 名古屋大学東山キャンパス (中止, スライドのみ))
- [2] 川端弘治: 「OISTER で実現したこと, いま目指すべき道」, 春の天文学会 (2020年3月16-19日, 筑波大学筑波キャンパス (中止, スライドのみ))
- [3] 植村 誠: 「ニューラルネットワークによる風データを用いた ASTE の指向誤差の推定」, 春の天文学会 (2020年3月16-19日, 筑波大学筑波キャンパス (中止, スライドのみ))
- [4] 高橋弘充: 「硬X線偏光観測実験 XL-Calibur 気球の 2021 年フライトへ向けた準備状況」, 春の天文学会 (2020年3月16-19日, 筑波大学筑波キャンパス (中止, スライドのみ))
- [5] 笹田真人: 「重力波観測ラン O3 における J-GEM による電磁波対応天体探査」, 春の天文学会 (2020年3月16-19日, 筑波大学筑波キャンパス (中止, スライドのみ))
- [6] 中岡竜也: 「せいめい・かなたによる近傍銀河に現れたCa-rich transient SN 2019ehkの観測」,



春の天文学会（2020年3月16-19日，筑波大学筑波キャンパス（中止，スライドのみ）

- [7] 内田和海：「大質量X線連星: IGR J00370+6122の中性子星X線スペクトルおよび周期解析方法の研究」, 春の天文学会（2020年3月16-19日，筑波大学筑波キャンパス（中止，スライドのみ）
- [9] 山本龍哉：「シミュレーションを用いた IXPE 衛星による広がった天体の X 線偏光解析手法の研究」, 春の天文学会（2020年3月16-19日，筑波大学筑波キャンパス（中止，スライドのみ）
- [10] 水野恒史：「フェルミ衛星による太陽系近傍原子雲の宇宙線・星間ガスの研究（3）」, 秋の物理学会（2019年9月17-20日，山形大学（小白川キャンパス）
- [11] 高橋弘充：「硬X線集光偏光計XL-Calibur気球実験の2021年フライトへ向けた準備状況」, 秋の物理学会（2019年9月17-20日，山形大学（小白川キャンパス）
- [12] 内田和海：「将来衛星ミッションを見据えた，光検出器MPPCの陽子線耐性実験」, 秋の物理学会（2019年9月17-20日，山形大学（小白川キャンパス）
- [13] 深澤泰司：「全天 MeV ガンマ観測衛星計画 AMEGO の現状と日本の関わり」, 秋の天文学会（2019年9月11-13日，熊本大学（黒髪キャンパス）
- [14] 植村 誠：「マルコフ連鎖モンテカルロ法によるブレーザーMrk 421のSEDモデルパラメータ推定」, 秋の天文学会（2019年9月11-13日，熊本大学（黒髪キャンパス）
- [15] 高橋弘充：「硬X線偏光観測実験 X(L)-Calibur 気球の 2018 年の観測結果と 2021 年フライトへ向けた準備状況」, 秋の天文学会（2019年9月11-13日，熊本大学（黒髪キャンパス）
- [16] 高橋弘充：「GRB位置決定超小型衛星CAMELOTを見据えた光検出素子MPPCの基礎特性評価」, 秋の天文学会（2019年9月11-13日，熊本大学（黒髪キャンパス）
- [17] 笹田真人：「EHT による M87\*の観測成果 VI：ブラックホールパラメータの推定」, 秋の天文学会（2019年9月11-13日，熊本大学（黒髪キャンパス）
- [18] 笹田真人：「重力波観測ラン O3 における J-GEM の重力波フォローアップ」, 秋の天文学会（2019年9月11-13日，熊本大学（黒髪キャンパス）
- [10] 内田和海：「大質量 X 線連星: IGR J00370+6122 の主星である中性子星のスピン周期変動」, 秋の天文学会（2019年9月11-13日，熊本大学（黒髪キャンパス）
- [20] 平出尚義：「GRB位置決定超小型衛星CAMELOTを見据えた光検出素子MPPCの陽子線耐性の性能評価」, 秋の天文学会（2019年9月11-13日，熊本大学（黒髪キャンパス）
- [21] 岩尾祐希：「ブラックホール連星LMC X-3の降着円盤放射の研究2」, 秋の天文学会（2019年9月11-13日，熊本大学（黒髪キャンパス）
- [22] 高木健吾：「ヘリウム新星 V445 Puppis の歌詞近赤外観測から推察される星周構造と時間発展」, 秋の天文学会（2019年9月11-13日，熊本大学（黒髪キャンパス）
- [23] 大間々知輝：「確率過程モデルを用いたジェット天体の多波長光度曲線解析」, 秋の天文学会（2019年9月11-13日，熊本大学（黒髪キャンパス）
- [24] 山本龍哉：「シミュレーションを用いたIXPE衛星によるX線偏光解析手法の研究」, 秋の天文学会（2019年9月11-13日，熊本大学（黒髪キャンパス）
- [25] 眞武寛人：「ガンマ線を発する電波銀河の X 線統計解析」, 秋の天文学会（2019年9月11-13日，熊本大学（黒髪キャンパス）
- [26] 深澤泰司：「ブレーザーのX線光度関数と宇宙ガンマ線背景バックグラウンドへの寄与」, 超巨大ブラックホール研究推進連絡会第6回ワークショップ，2019年5月29-30日，京都大学，80名
- [27] 平出尚義：「3C279のSEDのMCMCフィットによるパラメータ変化」, 研究会「AGN核周領域とその関連研究」, 2019年10月4-5日，山口大学，30名

- [29] 眞武寛人：「ガンマ線電波銀河のX線の時間変動の系統的解析」, 研究会「AGN核周領域とその関連研究」, 2019年10月4-5日, 山口大学, 30名
- [29] 今澤 遼：「TeVガンマ線によるBH質量見積り」, 研究会「AGN核周領域とその関連研究」, 2019年10月4-5日, 山口大学, 30名
- [30] 内田和海：「光度が $10^{35}$  erg/sと暗い大質量X線連星における中性子星のスピンアップ」, サマースクール「コンパクト天体基礎講座」, 福山市生涯学習プラザ, 70名
- [31] 岩尾祐希：「ブラックホール連星LMC X-3のX線スペクトル形状の変化」, サマースクール「コンパクト天体基礎講座」, 福山市生涯学習プラザ, 70名
- [32] 大間々知輝：「ジェット天体の多波長間タイムラグへのデータ科学的アプローチ」, サマースクール「コンパクト天体基礎講座」, 福山市生涯学習プラザ, 70名
- [33] 平出尚義：「MCMC法を用いたFSRQ型活動銀河核ジェットのSED解析」, サマースクール「コンパクト天体基礎講座」, 福山市生涯学習プラザ, 70名
- [34] 今里郁弥：「ブラックホールX線連星GRS 1915+105の近赤外線測光偏光モニター観測」, サマースクール「コンパクト天体基礎講座」, 福山市生涯学習プラザ, 70名
- [35] 眞武寛人：「ガンマ線を発する電波銀河のX線統計解析」, サマースクール「コンパクト天体基礎講座」, 福山市生涯学習プラザ, 70名
- [36] 秋田谷 洋：「かなた望遠鏡における装置運用・開発」, 2019年度せいめいユーザーズミーティング (第29回光赤外ユーザーズミーティング), 2019年8月7-8日, 京都大学理学研究科セミナーハウス
- [37] 秋田谷 洋：「可視偏光サーベイプロジェクトSGMAP」, 2019年度光学赤外線天文連絡会シンポジウム, 2019年9月24-26日, 国立天文台三鷹キャンパス
- [38] 秋田谷 洋：「可視光偏光サーベイ計画 SGMAP プロジェクト」, 天の川銀河研究会2020, 2020年2月13-15日, 鹿児島大学郡元キャンパス
- [39] 稲見華恵：「広視野可視光面分光装置VLT/MUSEによる深宇宙探査の成果とそれを見据えた次への一步」, 我が国の(近)赤外線広視野観測サイエンスの戦略と展望, 2019年7月1-2日, 国立天文台
- [40] 稲見華恵, 高橋 葵, 大西崇介：「WP-04: Optical Tolerance Analyses」, SPICA/SMI全体会議, 2019年9月06日, 宇宙科学研究所
- [41] 稲見華恵：SPICA近傍銀河サイエンス検討班, 「近傍銀河円盤内における星間ガスの状態」, SPICAサイエンス検討会中間発表会, 2019年11月8-9日, 宇宙科学研究所
- [42] 稲見華恵：「Beyond the Visible: • Our Universe in the Infrared」, 第11回K-CONNEX研究会, 2020年1月24日, 京都大学
- [43] 植村 誠：「活動銀河核ジェットの時間変動とデータ科学的手法」, 天文学におけるデータ科学的方法2019, 2019年5月27-29日, 統計数理研究所
- [44] 大間々知輝：「オルンシュタイン・ウーレンベック過程を用いたジェット天体の多波長間タイムラグおよびタイムストレッチの推定」, 天文学におけるデータ科学的方法2019, 2019年5月27-29日, 統計数理研究所
- [45] 笹田真人：「チベット設置50cm望遠鏡 (HinOTORIプロジェクト) の進捗」, 2019年度せいめいユーザーズミーティング (第29回光赤外ユーザーズミーティング), 2019年8月7-8日, 京都大学理学研究科セミナーハウス
- [46] 笹田真人：「J-GEMによる重力波観測ランO3の電磁波対応天体探査」, 第10回光赤外線天文学大学間連携ワークショップ, 2019年12月2-3日, 倉敷市芸文館

- [47] 川端弘治：「広島大学宇宙科学センターの活動報告」，2019年度せいめいユーザーズミーティング（第29回光赤外ユーザーズミーティング），2019年8月7-8日，京都大学理学研究科セミナーハウス
- [48] 川端弘治：「広島大学の事例」，データアーカイブワークショップ，2020年1月29-30日，国立天文台三鷹キャンパス
- [49] 高橋弘充：「日米欧の国際協力で推進する硬X線集光偏光計XL-Calibur計画」，大気球シンポジウム，2019年11月7-8日，宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
- [50] 高橋弘充：「硬X線集光偏光計X(L)-Calibur気球実験の2018年フライトと将来計画」，第20回宇宙科学シンポジウム，2020年1月8-9日，宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
- [51] 高橋弘充：「硬X線集光偏光計XL-Calibur気球実験」，第19回高宇連研究会，2020年3月2-3日，Zoomオンライン，90名
- [52] 中岡竜也：「せいめい・かなたによる近傍銀河に現れたCa-rich transient SN 2019ehkの観測」，2019年度せいめいユーザーズミーティング（第29回光赤外ユーザーズミーティング），2019年8月7-8日，京都大学理学研究科セミナーハウス
- [53] 中岡竜也：「広島大学の活動報告」，第10回光赤外線天文学大学間連携ワークショップ，2019年12月2-3日，倉敷市芸文館
- [54] 中岡竜也：「せいめい・かなたによるCa-rich transient SN 2019ehkの早期測光分光観測」，第10回光赤外線天文学大学間連携ワークショップ，2019年12月2-3日，倉敷市芸文館

#### 学生の学会発表実績

（国際会議）

- |                            |     |
|----------------------------|-----|
| ○博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数      | 20件 |
| ○博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数      | 7件  |
| ○博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 | 4件  |

（国内会議）

- |                            |     |
|----------------------------|-----|
| ○博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数      | 45件 |
| ○博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数      | 16件 |
| ○博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 | 9件  |

#### セミナー・講演会開催実績

- [1] 川端弘治，植村 誠，稲見華恵，笹田真人，秋田谷 洋，中岡竜也，楊 冲，今澤 遼：学生観測実習，2019年8月26-28日，広島大学宇宙科学センター附属東広島天文台，9名参加，主催および講師
- [2] 川端弘治，植村 誠，稲見華恵，笹田真人，秋田谷 洋，中岡竜也：かなた望遠鏡特別観望会，2019年8月30-31日，11月15-16日，広島大学宇宙科学センター附属東広島天文台，570名参加，主催および講師
- [3] 稲見華恵，川端弘治，植村 誠，大間々知輝，山本龍哉：インターナショナル東広島天文台ツアー，2019年05月10日，約50名

#### 高大連携事業への参加状況

- [1] 深澤泰司：高校生のための広島大学公開講座「重力波天文学入門」，2019年7月26日，広島大学，約50名参加，主催

- [2] 川端弘治, 植村 誠, 稲見華恵, 中岡竜也, 今里郁弥, 濱田大晴: かなた天文教室 (高校生対象の観測実習), 2019年11月23-24日, 広島大学宇宙科学センター附属東広島天文台, 6名参加, 主催および講師
- [3] 高橋弘充, 大間々知輝, 眞武寛人, 木村浩輝: 東広島市 科学の芽育成講座, 2020年1月17日, 東広島市立安芸津中学校, 60名, 講師

#### 国内研究会開催

- [1] 深澤泰司: 「高宇連将来検討タウンミーティング 2030年代を見据えた将来計画検討」, 2019年12月26日, 東京工業大学田町ビル, 60名, 主催
- [2] 高橋弘充, 深澤泰司, 他: 第19回高宇連研究会, on zoom, 2020年3月2-3日, 70名, 会議組織委員

#### 国際会議, 国際研究会開催

- [1] 海野義信, 深澤泰司, 水野恒史, 高橋弘充, S. Hou, X. Lou, H. F-W. Sadrozinski: 12th International Hiroshima Symposium on the Development and Application of Semiconductor Tracking Detectors (HSTD12), 2019.12.15-18, 広島国際会議場, 180名
- [2] T. Sakamoto, N. Kawai, Sugita, S., Y. Fukazawa (SOC) 他20名: G, 200名 gamma-ray Bursts in the Gravitational wave Era, 2019.10.28-11.1, 横浜赤レンガ倉庫, 200名
- [3] 稲見華恵: Japan JWST Cycle 1 Proposal Workshop, 2020.3.10, COVID-19によりリモート開催, 約50名, 主催および講師・講演

#### 講演会・セミナー講師

- [1] 植村 誠: 「重力波対応天体: コンパクト連星」, 高校生のための広島大学公開講座「重力波天文学入門」, 2019年7月26日, 広島大学, 約50名参加
- [3] 川端弘治: 「重力波対応天体: 超新星」, 高校生のための広島大学公開講座「重力波天文学入門」, 2019年7月26日, 広島大学, 約50名参加
- [3] 笹田真人: 「重力波対応天体の探査: 可視光」, 高校生のための広島大学公開講座「重力波天文学入門」, 2019年7月26日, 広島大学, 約50名参加
- [4] 深澤泰司: 「重力波対応天体の探査: ガンマ線」, 高校生のための広島大学公開講座「重力波天文学入門」, 2019年7月26日, 広島大学, 約50名参加
- [5] 深澤泰司: [最新装置による宇宙観測], 広島大学オープンキャンパス, 2019年8月21日, 広島大学, 約100名参加
- [6] 川端弘治: 「広島大学東天文台より ~うごめく宇宙について~, 星の死, 超新星爆発」広島女学院高等学校 EPセミナー, 2019年9月18日, 広島女学院高等学校, 40名
- [7] 稲見華恵: 「壮大な銀河系の姿とその進化」広島女学院高等学校 EPセミナー, 2019年9月18日, 広島女学院高等学校, 40名
- [8] 水野恒史: 「X線ガンマ線で見える宇宙」広島女学院高等学校 EPセミナー, 2019年9月25日, 広島女学院高等学校, 40名
- [9] 笹田真人: 「今まで写すことのできなかつたブラックホールの撮影に世界で初めて成功!!」広島女学院高等学校 EPセミナー, 2019年11月13日, 広島女学院高等学校, 40名
- [10] 川端弘治: 「いよいよ本格化, 「時間変化」で迫る極限的宇宙の姿」, くちなし会講演会, 2019年7月12日, 福山ニューキャッスルホテル, 約30名参加

- [11] 川端弘治：「宇宙を見通す「目」の体験コーナー」, 宇宙の学び, 2019年8月3日, 福屋八丁堀店9階屋上, 約150名参加
- [12] 川端弘治：「恒星, 星の誕生, 終わり, 星雲, 星団」, マツダ財団 科学わくわくプロジェクト ジュニア科学塾セミナー, 2019年8月8日, 広島大学東千田キャンパス, 17名参加
- [13] 植村 誠：「宇宙の構造, ブラックホール」, マツダ財団 科学わくわくプロジェクト ジュニア科学塾セミナー, 2019年8月9日, 広島大学東千田キャンパス, 17名参加
- [14] 稲見華恵：「銀河と宇宙進化, 光のスペクトルの観測, 赤外線観測」, マツダ財団 科学わくわくプロジェクト ジュニア科学塾セミナー, 2019年8月9日, 広島大学東千田キャンパス, 17名参加
- [15] 笹田真人：「宇宙研究の最前線」ブラックホールの影を暴き出す」, マツダ財団 科学わくわくプロジェクト ジュニア科学塾セミナー, 2019年8月10日, 広島大学東千田キャンパス, 17名参加
- [16] 川端弘治：「重力波天文学・ニュートリノ天文学の幕開けと東広島天文台」, NPO法人東亜天文学会 広島年会特別公演, 2019年9月14日, 広島市こども文化科学館, 70名参加
- [17] 川端弘治：「広島大学東広島天文台 重力波源天体の観測」, マツダ財団 科学わくわくプロジェクト ジュニア科学塾セミナー, 2019年12月13日, 広島大学東広島天文台, 20名参加
- [18] Hanae Inami：「Beyond the Visible」, Science Cafe, 2020年01月15日, 広島大学, HU Science Communication Fellow主催
- [19] 笹田真人：「イベント・ホライズン・望遠鏡で探る巨大ブラックホールの影」日本分光学会中国四国支部年次講演会, 2020年1月11日, 広島大学, 60名
- [20] 笹田真人：「イベント・ホライズン・望遠鏡で探る巨大ブラックホールの影」宇宙工学講座 閉講式 特別講演, 2019年12月14日, 岐阜大学, 100名
- [21] 笹田真人：「宇宙の謎に迫る～ついに捉えたブラックホールの影～」中央生涯学習センター（くらら）主催 採れたて宇宙と東広島天文台, 2019年12月5日, 中央生涯学習センター（くらら）, 20名
- [22] 笹田真人：「イベント・ホライズン・望遠鏡によるブラックホールシャドウの撮像」広島ロータリークラブ 卓話, 2019年12月3日, リーガロイヤルホテル広島, 100名
- [23] 笹田真人：「ブラックホールの影を暴く」広島女学院 特別講座, 2019年11月13日, 広島女学院高等学校, 40名
- [24] 笹田真人：「宇宙研究の最前線」～ブラックホールの影を描き出す～」広島大学・千田塾 第12回交流会, 2019年11月12日, ANAクラウンプラザホテル広島, 100名
- [25] 笹田真人：「宇宙の謎に迫る～ついに捉えたブラックホールの影～」東広島市生涯学習フェスティバル, 2019年11月10日, 東広島芸術文化ホールくらら及び西条駅前ぎわい広場, 20名
- [26] 笹田真人：「宇宙研究の最前線」～ブラックホールの影を暴き出す～」大垣東高校高等学校 特別講座, 2019年10月24日, 岐阜県立大垣東高等学校, 80名
- [27] 笹田真人：「イベント・ホライズン・望遠鏡によるブラックホールシャドウの撮像」令和元年度島根県高圧ガス保安大会, 2019年10月23日, 「サンラポーむらくも」松江市殿町369番地, 150名
- [28] 笹田真人：「Imaging of Black Hole Shadow with Event Horizon Telescope」, Summer camp on ILC accelerator, physics and detectors 2019, 2019年9月5-6日, かんぼの宿 潮来, 50名



- [29] 笹田真人:「イベント・ホライズン・テレスコープによるブラックホールシャドウの撮像」SS研HPCフォーラム2019, 2019年8月20日, 富士通デジタル・トランスフォーメーション・センター (東京都港区浜松町2-4-1), 100名
- [30] 笹田真人:「宇宙研究の最前線」～ブラックホールの影を暴き出す～」科学わくわくプロジェクト「ジュニア科学塾」, 2019年8月10日, 広島大学 東千田キャンパス, 20名
- [31] 笹田真人:「重力波対応天体の探査: 可視光」高校生対象公開講座「重力波天文学入門」, 2019年7月26日, 広島大学 東広島キャンパス, 50名
- [32] 笹田真人:「ブラックホールシャドウの撮像」サイエンスパブ「西条 酒蔵×宇宙」, 2019年7月20日, 広島県東広島市西条 泉ホール, 40名
- [33] 笹田真人:「ブラックホールのちょっとわくわくするはなし」子ども宇宙アカデミー「スペシャル講演会」, 2019年5月19日, 広島県民文化センター, 60名
- [34] 笹田真人:「Event Horizon Telescopeによるブラックホールシャドウの撮像」ブラックホール緊急解説セミナー, 2019年4月18日, 広島大学 東広島キャンパス, 150名
- [35] 高橋弘充:「ブラックホールを観る」放送大学公開講演会, 2019年8月10日, 放送大学, 100名
- [36] 稲見華恵: 3分間コンペティション2019 広島大学 司会

社会活動, 学会委員

- [1] 深澤泰司: 高エネルギー宇宙連絡会将来検討委員, 委員長
- [2] 深澤泰司: ガンマ線観測衛星フェルミ衛星国際チーム予算委員メンバー
- [3] 深澤泰司: ガンマ線観測衛星フェルミ衛星国際チームシニアサイエンスアドバイザー委員メンバー
- [4] 深澤泰司: 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 MeVガンマ線観測衛星検討リサーチグループ代表者
- [5] 深澤泰司: 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 小規模計画「フェルミガンマ線宇宙望遠鏡による高エネルギー宇宙観測の推進」: 研究代表者
- [6] 深澤泰司: XRISM衛星Participating Scientist
- [7] 深澤泰司: 日本物理学会代議員
- [8] 川端弘治: 日本天文学会 欧文研究報告編集委員会 委員
- [9] 川端弘治: 日本天文学会 天体発見賞選考委員会 委員
- [10] 川端弘治: 国立天文台 すばる科学諮問委員会 委員
- [11] 川端弘治: 国立天文台 光・赤外線天文学研究教育大学間連携協議会委員
- [12] 川端弘治: 兵庫県立大学天文科学センター運営委員会 外部委員
- [13] 川端弘治: マツダ財団科学わくわくプロジェクト実行委員会 委員
- [14] 植村 誠: 国立天文台TMT科学諮問委員会 委員
- [15] 植村 誠: TMT International Science Development Teams 委員
- [16] 植村 誠: 日本学術会議総合工学委員会科学的知見の創出に資する可視化分科会可視化の新パラダイム策定小委員会 委員
- [17] 稲見華恵: JAXA/ISAS SPICAサイエンス検討会「近傍銀河・銀河系」班 委員
- [18] 稲見華恵: ESA SPICA Science Study Team (SST) / Science Working Group “Galaxy Evolution Working Group” 委員
- [19] 稲見華恵: TMT International Science Development Teams 委員

- [20] 稲見華恵：光学赤外線天文連絡会運営委員会 委員
- [21] 高橋弘充：高エネルギー宇宙物理連絡会運営委員会 委員
- [22] 高橋弘充：日本物理学会代議員
- [23] 高橋弘充：宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 大気球委員会 委員
- [24] 高橋弘充：宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 小規模計画「XL-Calibur気球実験」：研究代表者

#### 外部評価委員

- [1] 深澤泰司：金沢大学先進宇宙理工学研究センター外部評価委員
- [2] 川端弘治：国立天文台 TMT推進小委員会 TMT戦略基礎開発研究経費審査委員

#### 各種研究員と外国人留学生の受入状況

研究員4名（科研費3件，大学間連携1件）

留学生3名（D：3名，M：0名，研究生：0名）

#### 国際共同研究

- [1] 深澤泰司，水野恒史，高橋弘充，Helen Poon, Fermi LAT collaboration（主にアメリカ，イタリア，フランスの450名，約10の国内研究期間，宇宙ガンマ線観測衛星フェルミによる高エネルギー宇宙観測の研究
- [2] 深澤泰司，水野恒史，高橋弘充，XRISM（主にアメリカ，オランダ，イギリスの100名），ISAS/JAXA，約20の国内研究期間，X線観測衛星XRISMによる高エネルギー宇宙観測の研究
- [3] 深澤泰司，水野恒史，高橋弘充，MeVガンマ線衛星計画AMEGO，主にアメリカ，次期MeVガンマ線衛星計画AMEGOに関する共同研究
- [4] 高橋弘充，水野恒史，Prof. Mark Piece（スウェーデン，スウェーデン王立工科大学），早稲田大，東大など，硬X線偏光気球実験PoGOLite+
- [5] 高橋弘充，水野恒史，深澤泰司，Prof. Mark Piece（スウェーデン，スウェーデン王立工科大学），名大など，“超小型衛星CUBES，GRBガンマ線偏光小型衛星SPHiNX計画”
- [6] 水野恒史，深澤泰司，高橋弘充，IXPE衛星（主にイタリア，アメリカ），理研，名大，阪大，山形大，X線偏光観測衛星IXPE
- [7] 深澤泰司，水野恒史，高橋弘充，CTA collaboration（主にヨーロッパ，アメリカの約200名），東大宇宙線研など各20の国内研究期間，次世代TeVガンマ線望遠鏡の開発
- [8] Norbert Werner，大野雅功，深澤泰司，水野恒史，高橋弘充，Eotvos大学などハンガリー機関，名大，京大，理研，重力波対応SGRB観測超小型衛星群計画
- [9] 高橋弘充，水野恒史，深澤泰司，Prof. Henric Krawczynski（アメリカ，ワシントン大学），阪大，名大など，硬X線偏光気球実験X-Calibur
- [10] 深澤泰司，水野恒史，IceCube collaboration（主にアメリカ，他にヨーロッパなど），高エネルギーニュートリノ対応天体の研究
- [11] 高橋弘充，Dr. 濱口健二，Dr. Michael Corcoran，アメリカ・NASA/GSFC，大質量連星Eta Carinaeの国際共同研究
- [12] 高橋弘充，Dr. 岡島 崇（アメリカ，NASA），京大，理研など，X線CubeSat開発

- [13] 水野恒史, “Jessica Metzger (Chicago Univ. USA), Andrew Strong (MPE, German), Elena Orlando (Stanford Univ., USA)”, 星間空間宇宙線スペクトルの研究
- [14] 植村 誠, Ioannis Liodakis, アメリカ・Stanford University, ブレーザーの偏光観測
- [15] 植村 誠, Pankaj Kushwaha, ブラジル・University of Sao Paulo, ブレーザー OJ 287 の国際連携観測
- [16] 川端弘治, 植村 誠, 笹田真人, 秋田谷 洋, LIGO-Virgo Collaboration (California Institute of Technology, European Gravitational Wave Observatory 他), 内海洋輔・米国・Stanford University, 重力波の電磁波対応現象の探索
- [17] 川端弘治, 中岡竜也, “D. Sahu, G. C. Anupama (India, Indian Institute of Astrophysics), Shashi B. Pandey (India, Aryabhata Research Institute of Observational-Sciences)”, 近傍超新星の多バンドモニター観測研究
- [18] 川端弘治, 植村 誠, 笹田真人, Yao Yongqiang (Chinese Academy of Science, National Astronomical Observatory of China), 西チベット阿里観測所における HinOTIRI プロジェクトの推進
- [19] 川端弘治, 笹田真人, 中岡竜也, 秋田谷 洋, “IceCube collaboration (University of Alberta, Stanford University, 他多数), 内海洋輔・米国・Stanford University”, IceCube 高エネルギーニュートリノ対応天体の研究
- [20] 川端弘治, Antonio Mario Magalhaes, Universidade de São Paulo, ブラジル, 可視偏光サーベイによる銀河磁場・星間物質・突発天体の研究
- [21] 稲見華恵, “Lee Armus (California Institute of Technology, USA), Vassilis Charmandaris (University of Crete, Greece) 他”, 近傍宇宙の高光度赤外線銀河の研究
- [22] 稲見華恵, Fabian Walter 他, (Max Planck Institute for Astronomy), ミリ波サブミリ波を用いた深宇宙探査
- [23] 稲見華恵, Mark Dickinson 他, “(National Optical Astronomy Observatory, USA)”, 遠方宇宙の高光度赤外線銀河の研究
- [24] 稲見華恵, MUSE Consortium, “(France, Netherlands, Germany, Switzerland, Portugal)”, 超広視野可視光線面分光装置 MUSE を用いた深宇宙探査
- [25] 笹田真人, Event Horizon Telescope Collaboration, “(Harverd University, MIT, NAOJ 他)”, 巨大ブラックホールの影の観測
- [26] 稲見華恵, Rychard Bouwens 他, (Leiden University オランダ, 英国, 米国, スイス他), ALMA大型プロジェクトREBELS

#### 研究助成金の受け入れ状況

- [1] 深澤泰司：科学研究費補助金新学術領域研究（研究領域提案型）（計画研究）  
平成29-33年度「高エネルギー観測で探る重力波天体」研究分担者，平成29年度直接経費6,000千円
- [2] 深澤泰司：高エネルギー加速器研究機構 日米協力事業費「GLAST衛星開発」（平成12-28年度）研究代表者，平成29年度直接経費4,000千円
- [3] 深澤泰司：宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 小規模計画「フェルミガンマ線宇宙望遠鏡による高エネルギー宇宙観測の推進」：研究代表者，平成29-33年度，平成29年度直接経費4,500千円
- [4] 深澤泰司：ISAS/JAXA MeVガンマ線観測衛星検討リサーチグループ活動費500千円



- [5] 水野恒史：科学研究費補助金基盤研究(B) 平成29-32年度「GeVガンマ線観測を基軸とした多波長観測による星間ガスの定量」研究代表者，平成31年度直接経費1,600千円
- [5] 水野恒史：科学研究費補助金基盤研究(A) 平成31-35年度「X線偏光観測による回転するブラックホールの時空構造の解明」研究分担者，平成31年度直接経費465千円
- [6] 水野恒史：二国間交流事業 平成31-32年度「超小型衛星CAMELOTによる重力波対応天体のガンマ線観測」，研究代表者，平成31年度直接経費総額2,337.5千円
- [7] 高橋弘充：東北大学金属材料研究所共同研究 平成31年度「新規開発シンチレータの詳細測定と応用」研究代表者，平成31年度直接経費 248千円
- [8] 高橋弘充：宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 小規模計画「XL-Calibur気球実験」研究代表者，平成31-33年度，平成31年度直接経費 10,000千円
- [9] 高橋弘充：科学研究費補助金基盤研究(B) 平成31-33年度「世界最高感度の硬X線の偏光観測で実現する超巨大ブラックホールの相対論的効果の測定」研究代表者，平成31年度直接経費4,800千円
- [10] 高橋弘充：二国間交流事業 平成31-32年度「新しい天体観測手法である高エネルギー偏光測定を持続的な発展に向けた日米共同研究」研究代表者，平成31年度直接経費1,870千円
- [11] 高橋弘充：科学研究費補助金基盤研究(S) 平成31-35年度「X線・ガンマ線偏光観測で開拓する中性子星超強磁場の物理」研究分担者，平成31年度直接経費10,600千円
- [12] 川端弘治：科学研究費補助金基盤研究(A) 平成30-32年度「全天可視偏光サーベイで解き明かす銀河系構造と宇宙突発現象のメカニズム」研究分担者，平成31年度直接経費17,300千円
- [13] 川端弘治：科学研究費補助金基盤研究(A) 平成27-31年度「可視近赤外線同時偏光観測によるガンマ線バーストの研究」研究分担者，平成31年度直接経費800千円
- [14] 川端弘治：科学研究費補助金新学術領域研究（研究領域提案型）（計画研究）平成29-33年度「重力波源の光赤外線対応天体観測で迫る中性子星合体の元素合成」研究分担者，平成31年度直接経費6,000千円
- [15] 川端弘治：国立天文台 光・赤外線天文学研究教育大学間連携事業 平成29-33年度 平成31年度配分額 5,500千円
- [16] 川端弘治：日本学術振興会 二国間交流事業共同研究 平成30-31年度「近傍超新星の質の高い可視近赤外観測データに基づいた爆発物理の理論的研究」平成31年度配分額 1,000千円
- [17] 川端弘治：国立天文台 平成31年度 研究集会助成 Astronomical Polarimetry 2020 配分額 750千円
- [18] 秋田谷 洋：科学研究費補助金基盤研究(C) 令和2-4年度「星形成領域の星間直線偏光三次元空間マッピングによる塵粒子特性・磁場構造の解明」，研究代表者，令和2年度直接経費 2,300千円
- [19] 稲見華恵：科学研究費助成事業 研究活動スタート支援 令和1-2年度，「宇宙進化を決定づける赤外線銀河のガス・ダストと星形成メカニズムの解明」研究代表者，令和1年度直接経費 1,430千円
- [20] 稲見華恵：伊藤科学振興会，令和1-5年度「ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡で観測する赤外線銀河の性質」，研究代表者，100万円
- [21] 稲見華恵：2019年度広島大学ネットワーク形成支援助成，「Japan JWST Cycle 1 Proposal

Workshop 開催」, 研究代表者, 15万円 (辞退)

- [22] 笹田真人: 科学研究費助成事業 若手研究, 2019~2021年度「電波と可視の多波長偏光観測から探る活動銀河核ジェットの粒子加速領域の探査」令和元年度直接経費 1,500千円, 研究代表者
- [23] 笹田真人: 科学研究費助成事業 基盤研究B, 2019~2021年「次世代の国際VLBI観測網で明らかにする巨大ブラックホールジェットの磁力線構造」令和元年度直接経費 300千円, 研究分担者
- [24] 笹田真人: 科学研究費助成事業 国際共同研究加速基金 (国際共同研究強化(B)), 2019-2024年「事象の地平線スケールの動画解析で探る巨大ブラックホールの動的描像」令和元年度直接経費300千円, 研究分担者

その他, 報道, 特記事項

- [1] 笹田真人: ちゅーピー子供新聞 (新聞), ブラックホールの撮影について, 2020年1月
- [2] 笹田真人: ウェンディ広島 (雑誌), Wendy広島 12月号 217号, 2019年12月1日
- [3] 笹田真人: 岐阜新聞 (新聞), 大垣東高校講演, 2019年10月30日
- [4] 笹田真人: ウェンディ広島 (雑誌), Wendy広島 7月号 212号 7/1
- [5] 笹田真人: HIROSHIMA UNIVERSITY UPDATE (雑誌), Astronomers Capture First Image of a Black Hole 7/1
- [6] 笹田真人: 広島FM放送 (ラジオ) 大窪シゲキの9ジラジ 6/17 20:00-22:00
- [7] 笹田真人: 岐阜新聞 (新聞) ブラックホール撮影「岐阜の星」貢献 国際チームで大仕事 6/1
- [8] 笹田真人: プレスネット FM東広島 (新聞) 広島大学の若手研究者に聞く 5/30
- [9] 笹田真人: 中国新聞 (新聞) ブラックホール緊急解説セミナー 4/19
- [10] 笹田真人: 広島ホームテレビ (TV) 5UP 4/17 18:17-18:22
- [11] 笹田真人: 広テレ (TV) テレビ派 4/12 18:34-18:37, 2019
- [12] 笹田真人: 中国新聞 (新聞) ブラックホール撮影に成功した国際チームに参加 広島大宇宙科学センターの笹田真人特任助教インタビュー 4/12
- [13] 笹田真人: 中国放送 (TV) RCCニュース6 4/11 18:51-18:54

## 物性科学講座

### ○構造物性グループ

#### 研究活動の概要

構造物性グループは、黒岩芳弘教授、森吉千佳子教授、Kim Sangwook助教の3人で構成されている。Kim助教は、2020年2月に赴任した。

我々の研究グループでは、SPring-8 BL02B2において、放射光粉末X線回折の手法を用いて精密な電子密度分布を求め、電気分極や電気伝導などの物質機能、また電荷移動や熱振動などの相転移の起源に関わる構造情報を結晶構造上に可視化することにより、固体の構造物性について議論してきた。これらの電子密度研究に係わる研究テーマに対して、先導的な高い研究成果が期待できる研究者が携わる研究分野としてSPring-8において利用者指定型の重点研究課題（パワーユーザー課題）が創始され、黒岩教授が「粉末結晶による精密構造物性の研究」の研究代表者（BL02B2粉末構造解析ビームライン、パワーユーザー代表）として平成15年度から平成17年度にかけて3年間、研究を牽引した。この指名は依頼されたものであり、構造物性グループの従来研究成果およびSPring-8で果たしてきた役割が高く評価されたものと考えている。平成17年度に評価委員会から最高の評価を得ることができ、その結果、平成18年度から、再び3年間継続された。平成21年度から、新たな重点研究課題「構造物性研究の基盤としての粉末回折法の開発」を立ち上げ、SPring-8の利用研究を5年間推進した。

黒岩教授が牽引してきたBL02B2でのパワーユーザー課題は平成25年度で一度終了して、平成27年度からは名称を変え、森吉教授を代表者とする新たな利用者指定型の重点研究課題（パートナーユーザー課題）「粉末・多粒子X線回折による高速構造計測基盤の構築」（平成27年度-平成30年度）、「外場変化物質科学研究を実現する高エネルギーX線多目的一次元回折」（平成31年度（令和元年度）-令和2年度）を立ち上げ、現在に至っている。この課題の実施により森吉教授がBL02B2の年間の約16%のビームタイムを獲得した。このパートナーユーザー課題の中で我々の研究グループは、ビームラインの高度化に協力すると同時に、利用研究として様々な物質、特に酸化物強誘電体の構造物性について共同利用研究を行った。その中で、産業技術総合研究所と共同研究したエアロゾル・デポジション法を用いた常温衝撃固化により成膜された酸化物強誘電体薄膜の選択配向と原材料の化学結合との関係に関する研究が注目され、黒岩教授が日中強誘電体応用会議、応用物理学会秋季および春季講演会で招待講演を行った。また、2人の大学院生が国際会議でベストポスター賞を受賞した。さらに、産業界からも注目され、日本セラミックス協会のセラミックコーティング研究体講演会で黒岩教授が2度依頼講演を行った。一方、薄膜ではない通常のバルク結晶であるリラクサー強誘電体のプロトタイプ構造における構造ゆらぎの研究は国際誌で公表されたと同時に大学院生の修士論文の一部としても発表された。その成果により、大学院生は、エクセレント・スチューデント・スカラシップ表彰を受けた。山梨大学とは、鉛を使わない圧電材料を開発するという元素戦略プロジェクトの一つとして、 $\text{BaTiO}_3$ や $\text{BiFeO}_3$ をベースとしたセラミック材料について共同研究を行い、成果をいくつかの論文にまとめた。構造研究は、Kim助教が先導して行った。島根大学との共同研究では、層状複水酸化物の構造解析や溶液中での反応に関する時分割構造解析が森吉教授を中心に行われ論文にまとめられた。強誘電体以外では、北海道大学や首都大学東京の研究グループと行っている超伝導体や熱電材料等についての共同研究の成果を論文にまとめた。また、もう一つの山梨大学の研究グループとの超伝導体などの関する研究についても成果を論文で公表した。国際共同研究として、中国の蘇州大学と行ってきた光ルミネッ

センス材料についての研究は多くの成果をあげており、その内のいくつかを論文で公表することができた。さらに、企業1社と共同研究を行っており、研究成果論文で公表した。

このように、SPring-8 BL02B2の重点研究課題では、国内外の大学・研究所・企業との共同研究を通して、今までに確立してきた我々の実験・解析手法によりハイスループットが実現されている。一方、平成20年にSPring-8 BL02B1単結晶構造解析ビームラインに新しい回折装置が導入された。我々のグループは設計段階から参加し、コミッシュニング実験を行い設計どおりに装置が機能することを確認し、その成果を公表した。平成21年度から森吉教授がこの単結晶ビームラインのパワーユーザーメンバーに選任され、重点研究課題「単結晶高分解能電子密度分布解析による精密構造物性研究」を5年間推進した。BL02B2粉末構造解析ビームラインの重点研究課題と合わせて、2つの重点研究課題において我々構造物性グループのメンバーがそれぞれ利用者指定されたことにより、放射光粉末回折実験および放射光単結晶回折実験を両輪とした構造物性研究が強力に推進できる環境が整った。

BL02B1でもパワーユーザー課題は一度終了し、平成26年度より5年間、新たに、パートナーユーザー課題「Application of synchrotron radiation in materials crystallography」が、日本、デンマーク、フランス、イギリスのグループによる国際共同研究として開始された。日本からは黒岩教授が参加し、強誘電体の電場印加下での静的および動的構造変化と誘電特性との関係について研究を開始した。平成31年度（令和元年度）からは、黒岩教授がパートナーユーザー課題から発展した長期利用課題「2次元検出器を用いた電子密度・時分割・高圧・3次元PDFによる高エネルギーX線物質構造科学研究」に参加し、現在に至っている。50ピコ秒の時間分解能で一瞬の動きを構造解析する手法を開発したことで、研究は格段に進展した。任意の時間で構造解析した結晶構造を繋ぎ合せてアニメーションを作成することも可能になった。この技術を応用して、交流電場下で誘電緩和状態にある瞬間の誘電体の結晶構造を時間分解X線結晶構造解析で明らかにするプロジェクトを開始した。時間分解X線構造解析の成果に対して、黒岩教授が東北大学金属材料研究所のワークショップで招待講演を行った。強誘電体に対する時間分解X線構造解析は、薄膜やセラミックス試料を用いたものが主流で、試料中の基板や粒界の影響を含む現象を観測していた。単結晶試料を用いた時間分解X線回折実験では、基板等の影響を受けない圧電体本来の性質を測定できる。対象は圧電体材料に限らないため、蓄電デバイス等、様々な電子デバイスが実際に動作している瞬間の結晶構造を原子レベルで透視して観測することが可能となり、物質機能と結晶構造を一対一に対応させた材料開発に大いに貢献できると期待されている。一方、鉛系および非鉛系強誘電体の構造研究について、BL02B1での電場印加下单結晶構造解析の成果とBL02B2での粉末電子密度解析の成果を相補的にコンバインさせた利用研究を開始した。

2018年度より広島大学と量子科学技術研究開発機構量子ビーム科学部門との間で、共同研究「コヒーレントX線を利用した強誘電体一粒子計測」が締結された。量子科学技術研究開発機構が次代の東北放射光施設計画SLiT-Jの事業主体者となったことにより、X線回折による強誘電体の一粒子計測に学識経験のある黒岩教授が広島大学側の研究総括責任者に指名された。従来のX線回折実験では原子位置を問題にして構造解析を行ってきたが、今後はこれに加えて粒子の外形やドメイン構造も回折実験から同時に明らかになると期待している。共同研究はSPring-8のBL22XUで行われ、100 nmサイズのナノ粒子の外形や内部のストライプ状のドメイン構造を非破壊で3次元的に可視化することに成功し、研究成果を論文として発表した。

一方、構造物性研究グループでは、教育や社会貢献に係わる事業も積極的に行っている。平成23年度に立ち上げた広島県立祇園北高校とのJSTのサイエンス・パートナーシップ・プロ



グラム (SPP) は平成27年度からはポストSPPプログラムとして継続され、機能物質の結晶育成を競うコンテスト (クリスタルコンペ) を平成31年度 (令和元年度) も継続した。また、広島大学と釜山大学 (韓国) との間の学術・教育交流に関する大学間協定書に基づく国際交流事業として、釜山大学のSchool of Nanoscience and Technologyと理学研究科物理科学専攻物性科学講座・放射光科学講座との間でナノテクノロジーと放射光科学をテーマに学生ワークショップを開催してきた。開催場所を交互にしながら継続して毎年開催しており、平成31年度 (令和元年度) は第11回大会として黒岩教授が広島大学側組織委員長として釜山大学で開催した。広島大学からは9名の学生が英語で登壇講演した。このワークショップでは日本と韓国の大学生が主体となって学術交流を行い、親交を深める場として非常にうまく機能している。森吉教授は、いくつかの国際会議にオーガナイザーやプログラム委員として参加し、また、日本学術会議の連携会員としても活躍した。

#### 原著論文

- [1] © M. Saiduzzaman, T. Takei, S. Yanagida, N. Kumada, H. Das, H. Kyokane, S. Wakazaki, M. Azuma, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa, “Hydrothermal Synthesis of Pyrochlore-Type Pentavalent Bismuthates  $\text{Ca}_2\text{Bi}_2\text{O}_7$  and  $\text{Sr}_2\text{Bi}_2\text{O}_7$ ”, *Inorg. Chem.* **58** (2019) 1759-1763.
- [2] © Y. Goto, A. Miura, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa and Y. Mizuguchi, “Effect of Bi Substitution on Thermoelectric Properties of  $\text{SbSe}_2$ -based Layered Compounds  $\text{NdO}_{0.8}\text{F}_{0.2}\text{Sb}_{1-x}\text{Bi}_x\text{Se}_2$ ”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **88** (2019) 024705/1-5.
- [3] © T. Wakamatsu, G. Kawamura, T. Abe, S. Kawaguchi, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, M. Itoh, I. Terasaki and H. Taniguchi, “Structural Phase Transitions and Possibility of the Relaxor-like State in Improper Ferroelectric Strontium-Substituted Calcium Sulfoaluminates”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **88** (2019) 034718/1-6.
- [4] © R. Sogabe, Y. Goto, T. Abe, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, A. Miura, K. Tadanaga and Y. Mizuguchi, “Improvement of Superconducting Properties by High Mixing Entropy at Blocking Layers in  $\text{BiS}_2$ -based Superconductor  $\text{REO}_{0.5}\text{F}_{0.5}\text{BiS}_2$ ”, *Solid. State Commun.* **295** (2019) 43-49.
- [5] © K. Sudo, Y. Goto, R. Sogabe, K. Hoshi, A. Miura, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa and Y. Mizuguchi, “Doping-induced Polymorph and Carrier Polarity Changes in Thermoelectric  $\text{Ag}(\text{Bi,Sb})\text{Se}_2$  Solid Solution”, *Inorg. Chem.* **58** (2019) 7628-7633.
- [6] © J.-K. Chen, J.-P. Ma, S.-Q. Guo, Y.-M. Chen, Q. Zhao, B.-B. Zhang, Z.-Y. Li, Y. Zhou, J.-S. Hou, Y. Kuroiwa, C. Moriyoshi, O. M. Bakr, J.-Y. Zhang and H.-T. Sun, “High-Efficiency Violet-Emitting All-Inorganic Perovskite Nanocrystals Enabled by Alkaline-Earth Metal Passivation”, *Chem. Mater.* **31** (2019) 3974-3983.
- [7] © J.-P. Ma, J. Yin, Y.-M. Chen, Q. Zhao, Y. Zhou, H. Li, Y. Kuroiwa, C. Moriyoshi, Z.-Y. Li, O. M. Bakr, O. F. Mohammed and H.-T. Sun, “Defect-Triggered Phase Transition in Cesium Lead Halide Perovskite Nanocrystals”, *ACS Mater. Lett.* **1** (2019) 185-191.
- [8] © H. Yuwen, Y. Goto, R. Jha, A. Miura, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, T. D. Matsuda, Y. Aoki and Y. Mizuguchi, “Enhanced Superconductivity by Na Doping in  $\text{SnAs}$ -based Layered Compound  $\text{Na}_{1+x}\text{Sn}_{2-x}\text{As}_2$ ”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **58** (2019) 083001.
- [9] © H. Ito, A. Miura, Y. Goto, Y. Mizuguchi, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, M. Azuma, J.-J. Liu, X.-D. Wen, S. Nishioka, K. Maeda, Y. Masubuchi, N.-C. Rosero-Navarro and K. Tadanaga, “An Electronic Structure Governed by the Displacement of the Indium Site in  $\text{In-S}_6$  Octahedra:

- LnOInS<sub>2</sub> (Ln = La, Ce, and Pr)*”, *Dalton Trans.* **48** (2019) 12272-12278.
- [10] © H. Li, X.-F. Jia, Q. Zhao, J.-P. Ma, J.-D. Liu, B.-J. Ye, Y. Kuroiwa, C. Moriyoshi, Z.-Y. Li, Q. Liu, J.-Y. Zhang and H.-T. Sun, “Defective [Bi<sub>2</sub>O<sub>2</sub>]<sup>2+</sup> Layers Exhibiting Ultrabroad Near-Infrared Luminescence”, *Chem. Eur. J.* **25** (2019) 12842-12848.
- [11] © Md. Saiduzzaman, H. Yoshida, T. Takei, S. Yanagida, N. Kumada, M. Nagao, H. Yamane, M. Azuma, M. H. K. Rubel, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa, “Hydrothermal Synthesis and Crystal Structure of a (Ba<sub>0.54</sub>K<sub>0.46</sub>)<sub>4</sub>Bi<sub>4</sub>O<sub>12</sub> Double-Perovskite Superconductor with Onset of the Transition  $T_C \sim 30$  K”, *Inorg. Chem.* **58** (2019) 11997-12001.
- [12] © R. Matsumoto, Y. Goto, S. Yamamoto, K. Sudo, H. Usui, A. Miura, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, S. Adachi, T. Irifune, H. Takeya, H. Tanaka, K. Kuroki, Y. Mizuguchi and Y. Takano, “Pressure-induced Superconductivity in the Layered Pnictogen Diselenide NdO<sub>0.8</sub>F<sub>0.2</sub>Sb<sub>1-x</sub>Bi<sub>x</sub>Se<sub>2</sub> ( $x = 0.3$  and  $0.7$ )”, *Phys. Rev. B* **100** (2019) 094528/1-10.
- [13] © S. Okada, E. Node, K. Takagi, Y. Fujikawa, Y. Enokido, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa, “Synthesis of Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub>N<sub>3</sub> Powder Having a New Level of High Coercivity by Preventing Decrease of Coercivity in Washing Step of Reduction-diffusion Process”, *J. Alloys Compd.* **804** (2019) 237-242.
- [14] K. Ohwada, K. Sugawara, T. Abe, T. Ueno, A. Machida, T. Watanuki, S. Ueno, I. Fujii, S. Wada and Y. Kuroiwa, “Development of an Apparatus for Bragg Coherent X-ray Diffraction Imaging, and its Application to the Three Dimensional Imaging of BaTiO<sub>3</sub> Nano-crystals”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **58** (2019) SLLA05/1-5.
- [15] © S. Noda, Y. Yokoi, Y. Nakahira, T. Abe, I. Fujii, T. Wada, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa, “Structural Fluctuation of Pb(Mg<sub>1/3</sub>Nb<sub>2/3</sub>)O<sub>3</sub> in the Cubic Phase”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **58** (2019) SLLA06/1-5. 【C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa: corresponding authors】
- [16] H. Nam, S. Kim, G. P. Khanal, I. Fujii, S. Ueno and S. Wada, “Thermal annealing induced recovery of damaged surface layer for enhanced ferroelectricity in Bi-based ceramics”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **58** (2019) SLLD04/1-5.
- [17] P. Sapkota, S. Ueno, I. Fujii, G. P. Khanal, S. Kim and S. Wada, “Influence of grain size effect and Ba/Ti ratios on dielectric, ferroelectric, and piezoelectric properties of BaTiO<sub>3</sub> ceramics”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **58** (2019) SLLC05/1-8.
- [18] © T. Wakamatsu, G. Kawamura, T. Abe, Y. Nakahira, S. Kawaguchi, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, I. Terasaki and H. Taniguchi, “Antiferroelectric to Antiferroelectric-Relaxor Phase Transition in Calcium Strontium Sulfoaluminate”, *Inorg. Chem.* **58** (2019) 15410–15416.
- [19] © Md. Saiduzzaman, S. Wani, T. Takei, S. Yanagida, N. Kumada, I. Fujii, S. Wada, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa, “Synthesis and Crystal Structure of a New Bismuth Tin Titanate with the Pyrochlore-type Structure”, *J. Ceram. Soc. Jpn.* **127** (2019) 952-957.
- [20] H. Nam, I. Fujii, S. Kim, T. Aizawa, S. Ueno and S. Wada, “Effect of A-site off-stoichiometry on ferroelectric and piezoelectric properties of BaTiO<sub>3</sub>-Bi(Mg<sub>1/2</sub>Ti<sub>1/2</sub>)O<sub>3</sub>-BiFeO<sub>3</sub> ceramics”, *J. Ceram. Soc. Jpn.* **127** (2019) 369-373.
- [21] S. Kim, G. P. Khanal, H. Nam, I. Fujii, S. Ueno and S. Wada, “Effects of AC- and DC-bias field poling on piezoelectric properties of Bi-based ceramics”, *J. Ceram. Soc. Jpn.* **127** (2019) 353-356.
- [22] G. P. Khanal, I. Fujii, S. Kim, S. Ueno, T. S. Suzuki and S. Wada, “Optimization of preparation conditions of highly textured piezoelectric (Bi<sub>0.5</sub>K<sub>0.5</sub>)TiO<sub>3</sub> ceramics”, *J. Ceram. Soc. Jpn.* **127**

(2019) 362-368.

- [23] R. Sasai, H. Sato, M. Sugata, T. Fujimura, S. Ishihara, K. Deguchi, S. Ohki, M. Tansho, T. Shimizu, N. Oita, M. Numoto, Y. Fujii, S. Kawaguchi, Y. Matsuoka, K. Hagura, T. Abe and C. Moriyoshi, “Why Do Carbonate Anions Have Extremely High Stability in the Interlayer Space of Layered Double Hydroxides? Case Study of Layered Double Hydroxide Consisting of Mg and Al (Mg/Al = 2)”, *Inorg. Chem.* **58** (2019) 10928-10935. 【C. Moriyoshi: one of corresponding authors】
- [24] R. Sasai, T. Fujimura, N. Onda, Y. Nakayashiki, H. Sumiyoshi, K. Hagura, T. Abe, C. Moriyoshi and S. Kawaguchi, “Development of a Novel Time-Resolved Synchrotron-Radiation X-ray Diffraction Measurement System for In Situ Observation of Crystal Structure in Aqueous Solution During Chemical Reaction: Application to the Anion-Exchange Reaction of a Layered Double Hydroxide from Chloride to Nitrate”, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **92** (2019) 1986-1992.

#### 著書など

(編集雑誌)

- [1] N. Fujimura and Y. Kuroiwa [Guest Editor-in-Chief and Guest Editor-in-Charge], A. Ando, M. Iwata, K. Kakimoto, I. Kanno, K. Kato, S. Kojima, H. Nagata and M. Shimizu; *Ferroelectric Materials and Their Applications, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 58, No. SL (2019) Special Issue*: (総論文数 43編), The Japan Society of Applied Physics, IOP Publishing (2019年11月発行)

#### 総説

該当無し

#### 国際会議

(招待講演)

- [1] Y. Kuroiwa; “Synchrotron Radiation Structural study of Ferroelectric Thick Films Fabricated by Aerosol Deposition Method”, The 11th China and Japan Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (CJFMA11), (2019.9.22-25, Grand Metropark Hotel Nanjing, Nanjing, China).

(一般講演)

- [1] © S. Wada, R. Kayanuma, Y. Isobe, S. Ueno, I. Fujii, E. Magome, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa; “Preparation of BaTiO<sub>3</sub>-KNbO<sub>3</sub> System Nano-structured Ceramics by Solvothermal Solidification Method and Their Ferroelectric Properties”, 2019 International Workshop on Acoustic Transduction Materials and Devices (IWATMD2019), (2019.5.7-9, The Pennsylvania State University, PA, USA).
- [2] © S. Kim, I. Fujii, S. Ueno, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa and S. Wada; “Role of Bi ion off-centering in Bi-based lead-free piezoelectric ceramics”, 2019 IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics (ISAF), International Conference on ElectroCeramics (ICE), European Meeting on Ferroelectricity (EMF), International Workshop on PiezoMEMS (IWPM) and Piezoresponse Force Microscopy Workshop (PFM) Joint Conference (F<sup>2</sup>cπ<sup>2</sup>2019), (2019.7.14-19, SwissTech Convention Center, Lausanne, Switzerland).
- [3] H. Nam, I. Fujii, S. Kim, S. Ueno and S. Wada; “Development of Bi-Based Ceramics by Various



- Ceramic Processing for Enhanced Piezoelectric Properties”, 2019 IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics (ISAF), International Conference on ElectroCeramics (ICE), European Meeting on Ferroelectricity (EMF), International Workshop on PiezoMEMS (IWPM) and Piezoresponse Force Microscopy Workshop (PFM) Joint Conference (F<sup>2</sup>cπ<sup>2</sup>2019), (2019.7.14-19, SwissTech Convention Center, Lausanne, Switzerland).
- [4] P. Sapkota, I. Fujii, S. Kim, S. Ueno and S. Wada; “Preparation and Electrical Properties of Mn-Nb Co-doped Barium Titanate Ceramics for DC-Bias Free Dielectrics”, 2019 IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics (ISAF), International Conference on ElectroCeramics (ICE), European Meeting on Ferroelectricity (EMF), International Workshop on PiezoMEMS (IWPM) and Piezoresponse Force Microscopy Workshop (PFM) Joint Conference (F<sup>2</sup>cπ<sup>2</sup>2019), (2019.7.14-19, SwissTech Convention Center, Lausanne, Switzerland).
- [5] © L. Wu, T. Abe, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, M. Suzuki, R. Aoyagi and J. Akedo; “Structural Characteristics of PbTiO<sub>3</sub> Aerosol Deposition Films Evaluated by Synchrotron Radiation X-ray Diffraction”, The 11th China and Japan Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (CJFMA11), (2019.9.22-25, Grand Metropark Hotel Nanjing, Nanjing, China). **【Best Poster Award】**
- [6] © Q. Zhao, T. Abe, C. Moriyoshi, A. Taguchi, H. Moriwake, H.-T. Sun and Y. Kuroiwa; “Charge Order of Bi Ions and Chemical Bonding in Double Perovskite BaBiO<sub>3</sub> visualized by Synchrotron Radiation X-ray Diffraction”, The 11th China and Japan Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (CJFMA11), (2019.9.22-25, Grand Metropark Hotel Nanjing, Nanjing, China).
- [7] © S. Wada, R. Kayanuma, Y. Isobe, K. Matsumoto, S. Ueno, I. Fujii, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa; “Interface Engineering in Perovskite-based Nanocomplex Ceramics for High Dielectric & Piezoelectric Performances”, Advanced Ceramics and Applications VIII (ACA VIII), (2019.9.23-25, Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, Serbia).
- [8] © Y. Nakahira, G. Kawamura, T. Wakamatsu, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, I. Terasaki and H. Taniguchi; “Structural Phase Transition of Ca<sub>8</sub>[AlO<sub>2</sub>]<sub>12</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> Ferroelectric”, The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM13), (2019.10.27-11.1, Okinawa Convention Center, Okinawa).
- [9] © T. Abe, L. Wu, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, M. Suzuki, R. Aoyagi and J. Akedo; “Structural Characteristics of Ferroelectric PbTiO<sub>3</sub> AD Films by Synchrotron Radiation X-ray Diffraction”, The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM13), (2019.10.27-11.1, Okinawa Convention Center, Okinawa).
- [10] © H. Ito, A. Miura, N. C. Rosero-Navarro, Y. Mizuguchi, Y. Goto, Y. Kuroiwa, C. Moriyoshi and K. Tadanaga; “Molten Salt Synthesis of Chalcogenide Spinel MgIn<sub>2</sub>S<sub>4-2x</sub>Se<sub>2x</sub> (x = 0 and 0.5)”, The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM13), (2019.10.27-11.1, Okinawa Convention Center, Okinawa).
- [11] R. Sasai, H. Sato, E. Nii, M. Sugata, Y. Nakayashiki, T. Fujimura, N. Oita, Y. Fujii, S. Kawaguchi, Y. Matsuoka, H. Hoashi and C. Moriyoshi; “Nitrate Selectivity of Layered Double Hydroxide Consisting of Ni and Al”, The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM13), (2019.10.27-11.1, Okinawa Convention Center, Okinawa).
- [12] H. Sumiyoshi, T. Fujimura, C. Moriyoshi and R. Sasai; “Crystal Nucleation and Growth of Mg-

- Al Layered Double Hydroxide (Mg/Al = 2) under Hydrothermal Conditions”, The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM13), (2019.10.27-11.1, Okinawa Convention Center, Okinawa).
- [13] © S. Wada, R. Kayanuma, Y. Isobe, S. Ueno, I. Fujii, T. Sunada, E. Magome, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa; “Preparation of BaTiO<sub>3</sub>-KNbO<sub>3</sub> System Nano-structured Ceramics by Solvothermal Solidification Method and Their Ferroelectric Properties”, 19th US-Japan Seminar on Dielectric and Piezoelectric Ceramics, (2019.11.3-6, National Institute of Advanced Industrial Science and technology (AIST), Ibaraki).
- [14] S. Kim, I. Fujii, S. Ueno, S. Wada; “Proposal of Material Design Direction Using Material Softening by Ion’s Off-centering for High performance Piezoelectric ceramics”, The 5<sup>th</sup> International Conference on Advanced Electromaterials, (2019.11.5-8, Ramada Plaza Jeju Hodel, Jeju, Korea).
- [15] H. Nam, I. Fujii, S. Kim, S. Ueno, S. Wada; “Development of BaTiO<sub>3</sub>-Bi(Mg<sub>1/2</sub>Ti<sub>1/2</sub>)O<sub>3</sub>-BiFeO<sub>3</sub> Ceramics by Various Ceramic Processing for Enhanced Ferroelectric and Piezoelectric Properties”, The 5<sup>th</sup> International Conference on Advanced Electromaterials, (2019.11.5-8, Ramada Plaza Jeju Hodel, Jeju, Korea).
- [16] H. Mallik, S. Kim, I. Fujii, S. Ueno, S. Wada; “Fabrication of 111-oriented Barium Titanate Ceramics by a High-Magnetic-Field-Assisted Electrophoretic Deposition Method”, The 5<sup>th</sup> International Conference on Advanced Electromaterials, (2019.11.5-8, Ramada Plaza Jeju Hodel, Jeju, Korea).
- [17] R. Yamauchi, T. Abea, S. Uenob and Y. Kuroiwa; “Size Effect on Ferroelectric Phase Transitions in BaTiO<sub>3</sub> Polyhedra”, 2019 Korea-Japan Student Workshop (Pusan National University - Hiroshima University), (2019.11.7-9, Pusan National University, Busan, Korea).
- [18] H. Kaneshima, T. Abe and C. Moriyoshi; “AI’ × ‘Crystal Structure Determination’ – Making AI Which Predicts X-ray Diffraction Pattern of ABO<sub>3</sub> –”, 2019 Korea-Japan Student Workshop (Pusan National University - Hiroshima University), (2019.11.7-9, Pusan National University, Busan, Korea).
- [19] © T. Abe, L. Wu, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, M. Suzuki, R. Aoyagi and J. Akedo; “Structural Characteristics of Ferroelectric Lead Titanate Aerosol Deposition Films Evaluated by Synchrotron Radiation X-ray Diffraction”, 16th Conference of the Asian Crystallographic Association (AsCA 2019), (2019.12.17-20, UTown, National University of Singapore, Singapore). 【Best Poster Award】

#### 国内学会

(招待講演)

- [1] 黒岩芳弘 : 「酸化物強誘電体の化学結合とエアロゾルデポジションの特徴」, 2019年第80回応用物理学会秋季学術講演会, (2019年9月18 - 21日, 北海道大学 (札幌キャンパス), 札幌)
- [2] 黒岩芳弘 : 「放射光で観たペロブスカイト型強誘電体の機能発現に関する構造科学」, 東北大学金属材料研究所共同利用・共同研究ワークショップ 強誘電体関連物質の機能発現に関する構造科学の新展開, (2019年12月16 - 17日, 東北大学 (片平キャンパス), 仙台) 【チュートリアル講演】

- [3] 黒岩芳弘：「放射光で観たエアロゾル薄膜成長」，第67回応用物理学会春季学術講演会，（2020年3月12 - 15日，上智大学（四谷キャンパス），東京都千代田区）

（依頼講演）

- [1] 黒岩芳弘：「放射光 X線回折実験による構造の静的・動的構造計測手法の紹介」，セラミックコーティング研究体研究会 接合界面現象の解明II，（2019年9月4 - 5日，長良川観光ホテル石金，岐阜）
- [2] 黒岩芳弘：「放射光による多結晶膜の階層構造評価のための計測手法の提案」，セラミックコーティング研究体研究会 高信頼性・高機能デバイスの実現に向けた先進コーティングと先端評価技術，（2020年3月1 - 2日，有馬温泉瑞宝園，神戸）
- [3] B. Iversen, J. Overgaard, Y. Kuroiwa and E. Nishibori：「Activities at BL02B1 in PU project 0078」，SPring-8シンポジウム2019，（2019年8月30 - 31日，岡山大学 創立五十周年記念館，岡山）
- [4] 森吉千佳子，久保田佳基，西堀英治：「粉末・多粒子X線回折によるその場計測基盤の構築」，SPring-8シンポジウム2019，（2019年8月30 - 31日，岡山大学 創立五十周年記念館，岡山）

（一般講演）

- [20] © S. Kim, I. Fujii, S. Ueno, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, S. Wada：「Material Softening Behaviors with Bi Ion Off-Centering in Bi-Based Ceramics」，第 35 回強誘電体応用会議(FMA-34)，（2019 年 5 月 29 - 6 月 1 日，コープイン京都，京都）
- [21] © 馬込栄輔，砂田裕哉，黒岩芳弘，森吉千佳子，磯部大和，上野慎太郎，和田智志：「KNbO<sub>3</sub>-BaTiO<sub>3</sub> 複合セラミックスにおける接合界面付近の結晶構造の特徴」，第 35 回強誘電体応用会議(FMA-34)，（2019 年 5 月 29 - 6 月 1 日，コープイン京都，京都）
- [22] 大和田謙二，菅原健人，安部友啓，町田晃彦，綿貫 徹，上野慎太郎，藤井一郎，和田智志，黒岩芳弘：「コヒーレント X 線回折を利用した BaTiO<sub>3</sub> ナノ結晶の 3 次元イメージング」，第 35 回強誘電体応用会議(FMA-34)，（2019 年 5 月 29 - 6 月 1 日，コープイン京都，京都）
- [23] © 野田翔太，横井優人，森吉千佳子，黒岩芳弘，藤井一郎，和田隆博：「Pb(Mg<sub>1/3</sub>Nb<sub>2/3</sub>)O<sub>3</sub> の立方晶相の構造ゆらぎ」，第 35 回強誘電体応用会議(FMA-34)，（2019 年 5 月 29 - 6 月 1 日，コープイン京都，京都）
- [24] © 東谷篤志，山崎篤志，森吉千佳子，黒岩芳弘，播木 敦，藤原秀紀，関山 明，今田 真，玉作賢治，矢橋牧名，石川哲也，高瀬浩一：「マンガン系複合アニオン化合物で見られる異常混合低価数状態と電子状態の関係」，日本物理学会 2019 年秋季大会，（2019 年 9 月 10 - 13 日，岐阜大学（柳戸キャンパス），岐阜）
- [25] © S. Kim, I. Fujii, S. Ueno, S. Wada, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa：「Material Design using A-site ion Off-centering for Electrical Properties Enhancement in Bi-based Ceramics」，第 39 回電子材料研究討論会，（2019 年 11 月 28 - 29 日，ウインク愛知，名古屋）
- [26] H. Mallik, S. Kim, I. Fujii, S. Ueno, S. Wada：「Fabrication of <111>-Oriented BaTiO<sub>3</sub> Ceramics by Electrophoretic Deposition Method Using Hexagonal-Tetragonal Co-existing BaTiO<sub>3</sub> Powder」，第 39 回電子材料研究討論会，（2019 年 11 月 28 - 29 日，ウインク愛知，名古屋）
- [27] H. Nam, I. Fujii, S. Kim, S. Ueno, S. Wada：「Compositional dependence of piezoelectric and ferroelectric in Bi-based ceramics」，第 39 回電子材料研究討論会，（2019 年 11 月 28 - 29 日，ウインク愛知，名古屋）

- [28] ◎ 青柳 忍, 大沢仁志, 杉本邦久, 中平夕貴, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, 武田博明, 鶴見敬章:「交流電場下時分割 X 線回折による共振している圧電結晶の過渡構造解析」, 日本結晶学会 2018 年度年会, (2018 年 11 月 10 - 11 日, 東京工業大学大岡山キャンパス, 東京都目黒区)
- [29] ◎ S. Kim, I. Fujii, S. Ueno, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa and S. Wada : 「Origin of Material Softening in Bi-based Lead-free Piezoelectric Ceramics」, 第 38 回エレクトロセラミックス研究討論会, (2018 年 11 月 15 - 16 日, ユニオンビル, 川崎,)
- [30] ◎ S. Kim, I. Fujii, S. Ueno, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, S. Wada : 「A correlation between material softening and Bi ion off-centering in Bi-based lead-free piezoelectric ceramics」, 第 67 回応用物理学会春季学術講演会, (2020 年 3 月 12 - 15 日, 上智大学 (四谷キャンパス, 東京都千代田区)
- [31] 大和田謙二, 菅原健人, 安部友啓, 上野哲朗, 町田晃彦, 綿貫 徹, 上野慎太郎, 藤井一郎, 和田智志, 黒岩芳弘:「コヒーレント X 線回折を利用した BaTiO<sub>3</sub> ナノ結晶の 3 次元イメージング」, 日本物理学会第 75 回年次大会, (2020 年 3 月 16 - 19 日, 名古屋大学 (東山キャンパス)
- [32] ◎ 山内礼士, 安部友啓, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, 和田智志, 藤井一郎, 上野慎太郎:「BaTiO<sub>3</sub> 多面体微粒子の結晶構造と相転移」, 日本セラミックス協会 2020 年年会, (2020 年 3 月 18 - 20 日, 明治大学 (駿河台キャンパス), 東京都千代田区)
- [33] ◎ 漆原大典, 松村知輝, 中島健太, 浅香 透, 福田巧一郎, 安部友啓, 森吉千佳子, 黒岩芳弘:「混合原子価化酸化合物 GdBaFe<sub>2</sub>O<sub>5</sub> の逐次構造相転移」, 日本セラミックス協会 2020 年年会, (2020 年 3 月 18 - 20 日, 明治大学 (駿河台キャンパス), 東京都千代田区)

#### 学生の学会発表実績

##### (国際会議)

- 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 0 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 5 件
- 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 0 件

##### (国内学会)

- 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 2 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 5 件
- 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 0 件

#### セミナー・講演会開催実績

- 学会等  
該当無し
- セミナー・講習会等  
該当無し

#### 社会活動・学外委員

- 学協会委員  
[1] 黒岩芳弘: 日本誘電体学会 理事 副会長

- [2] 黒岩芳弘, 森吉千佳子 : 強誘電体応用会議 運営委員会 委員
- [3] 黒岩芳弘 : 強誘電体応用会議 論文委員会 委員
- [4] 黒岩芳弘 : Jpn. J. Appl. Phys. Editorial Board Member, Editor-in-Charge, 編集委員
- [5] 黒岩芳弘 : Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 58, No. SL(2019) Special Issue: Ferroelectric Materials and Their Applications, Guest Editor-in-Chief and Guest Editor-in-Charge, 編集委員
- [6] 黒岩芳弘 : Asian Ferroelectric Association (AFA), Executive Board Member
- [7] 黒岩芳弘 : Journal of Advanced Dielectrics (JAD), Editorial Board Member
- [8] 黒岩芳弘 : 日本セラミックス協会 セラミックコーティング研究体 世話人
- [9] 森吉千佳子 : 日本学術会議 連携会員
- [10] 森吉千佳子 : 日本結晶学会 評議員
- [11] 森吉千佳子 : 日本結晶学会 男女共同参画推進委員
- [12] 森吉千佳子 : 日本放射光学会 会誌編集委員
- [13] 森吉千佳子 : 日本セラミックス協会 男女共同参画推進委員
- [14] 森吉千佳子 : 広島県物理教育研究推進会事務局, 会計幹事
- [15] 森吉千佳子 : 応用物理学会リフレッシュ理科教室 (広島会場), 実行委員長

○ 外部評価委員等

- [1] 黒岩芳弘 : 量子科学技術研究開発機構 委員会 (2件)
- [2] 黒岩芳弘 : 日本原子力研究開発機構 委員会
- [3] 黒岩芳弘 : SPring-8/SACLA 委員会
- [4] 森吉千佳子 : SPring-8/SACLA 成果審査委員会

○ 客員教授, 研究員等

- [1] 黒岩芳弘, 森吉千佳子 : (財) 高輝度光科学研究センター 外来研究員
- [2] 森吉千佳子 : SPring-8 BL02B2 粉末構造解析ビームライン, パートナーユーザー, 代表

○ 講習会・セミナー講師

(集中講義)

該当無し

(セミナー講師)

該当無し

国際共同研究・国際会議開催実績

○ 国際共同研究

- [1] 黒岩芳弘 : SPring-8 BL02B1 単結晶構造解析ビームライン, 長期利用課題 (2019-2021年度), 参加国: 日本, デンマーク
- [2] 森吉千佳子 : SPring-8 BL02B2 粉末結晶構造解析ビームライン, パートナーユーザー課題 (2019-2021年度), 参加国: 日本, デンマーク
- [3] 黒岩芳弘, 森吉千佳子 : SPring-8 BL02B2 利用研究課題一般課題, Prof. Hong-Tao Sun, College of Chemistry, Soochow University, P. R. China
- [4] 黒岩芳弘, 森吉千佳子 : SPring-8 BL02B2 利用研究課題一般課題, Dr. Zhigang Zhang, Chinese Academy of Sciences, P. R. China

○ 国際会議開催実績

- [1] 黒岩芳弘（組織委員長）：2019 Korean - Japanese Student Workshop（Pusan National University - Hiroshima University），（2019年11月7-9日，参加人数：40名，Mechanical Engineering Building, Pusan National University, Busan, Korea）
- [2] 森吉千佳子（Organizer of Symposium 22, “Layered Double Hydroxides: Science and Design of Binding Field with Charged Layeres”）：The 13 Pacific Rim Conference of Ceramic Societies（2019年10月27日 - 11月1日，参加人数：50名，Okinawa Convention Center, Japan）
- [3] 森吉千佳子（International Programme Committee Member）：16th Conference of the Asian Crystallographic Association（2019年12月17-20日，参加人数：500名，National University of Singapore, Singapore）

高大連携事業への参加状況

○ 中高生の科学研究実践活動推進プログラム（研究指導力向上型）

広島県立祇園北高等学校理数科2年生対象プログラム「クリスタルコンペ」  
（ポストサイエンス・パートナーシップ・プログラム（SPP）  
「最先端の物質科学体験講座」～クリスタルコンペ～

- [1] 黒岩芳弘：結晶育成指導（祇園北高校，2019年9月30日）
- [2] 黒岩芳弘：クリスタルコンペ主催（広島大学，2019年12月19日）

○ その他の模擬授業

該当無し

○ 中・高校生に対する TA

- [1] 兼島 輝，山内礼士：広島大学附属三原中学校，模擬実験 TA（HiSOR，広島大学，2019年7月12日）
- [2] 辻 彩菜：広島県立広島井之口高等学校，模擬実験 TA（HiSOR，広島大学，2019年7月17日）
- [3] 辻 彩菜，兼島 輝，山内礼士：オープンキャンパス，模擬実験 TA（HiSOR，広島大学，2019年8月20-21日）
- [4] 山内礼士：鳥取東高等学校，模擬実験 TA（HiSOR，広島大学，2019年7月17日）
- [5] 辻 彩菜，牟田美慧：広島県立祇園北高校ポスト SPP，結晶育成指導，（広島県立祇園北高校，2019年9月30日）
- [6] 辻 彩菜，牟田美慧：広島県立祇園北高校ポスト SPP，クリスタルコンペ，（広島県立祇園北高校，2019年12月19日）

各種研究員と外国人留学生の受入状況

○ 外国人留学生

- [1] 黒岩芳弘：大学院理学研究科博士課程後期，2016年10月入学生，1名（中国）
- [2] 黒岩芳弘：大学院理学研究科博士課程後期，2018年10月入学生，1名（中国）

○ 各種研究員

該当無し



## 研究助成金の受入状況

- [1] 黒岩芳弘 (代表) : 科学研究費補助金基盤研究 (B) (一般) (2019年度, 2,080千円) 「交流電場下での強誘電体の時分割構造解析による誘電緩和現象の動力学可視化」
- [2] 黒岩芳弘 (分担) : 科学研究費補助金基盤研究 (B) (一般) (2019年度, 1,040千円) 「ナノ結晶一粒子に対するマルチスケールX線構造解析システムの開発」
- [3] 黒岩芳弘 (研究統括責任者) : (2019年度, 0千円) 量子科学技術研究開発機構・広島大学共同研究「コヒーレントX線を利用した強誘電体一粒子計測に関する研究」
- [4] 黒岩芳弘 (代表) : 関西光科学研究所寄付金 (2019年度, 300千円)
- [5] 黒岩芳弘, 森吉千佳子 : 企業共同研究費 (2018年度, 3,000千円)
- [6] 森吉千佳子 (分担) : 科学研究費補助金基盤研究 (B) (一般) (2018年度, 300千円) 「動的挙動から見た層状複水酸化物の陰イオン交換反応の機構解明」
- [7] 森吉千佳子 (代表) : SPring-8 パートナーユーザー課題 (2019-20年度, BL02B2) 「外場変化物質科学研究を実現する高エネルギーX線多目的一次元回折」 (BL02B2 粉末構造解析ビームラインでの年間 16%のビームタイムとビームタイム使用に係わる消耗品費, 学生・教員を含むグループ全員の出張旅費, SPring-8 で使用する消耗品費) (2019年度, 約 2,000 千円)

## その他特記すべき事項

### ○ 学術団体等からの受賞実績

- [1] Lin Wu (D2) : The 11th China and Japan Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (CJFMA11) Best Poster Award 受賞, 2019年9月24日
- [2] 安部友啓 (D2) : 16th Conference of the Asian Crystallographic Association (AsCA 2019) Best Poster Award 受賞, 2019年12月20日

### ○ 学内表彰・受賞

- [1] 中平夕貴 (D3) : 広島大学エクセレント・スチューデント・スカラシップ表彰, 2019年12月23日
- [2] 野田翔太 (M2) : 広島大学エクセレント・スチューデント・スカラシップ表彰, 2019年12月23日
- [3] 兼島 輝 (B4) : 広島大学理学部物理学科卒業論文発表優秀賞受賞, 2020年3月23日

## ○電子物性グループ

### 研究活動の概要

放射光X線を用いた分光学的手法による物性研究の展開を図っている。特に、放射光の元素感受性や軌道選択性を活かした実験手法を通して、誘電体・合金・磁性体において物性発現の決め手となる電子状態の探究を推進している。さらに、放射光X線のもつ偏光特性やパルス特性も活かしながら、空間及び時間に関する反転対称性に注目することで、構造相転移や磁気相転移に伴う電子状態の変化を捉えた研究を行っている。

本研究グループでは、高輝度光科学研究センター(SPring-8)や高エネルギー加速器研究機構放射光実験施設(KEK-PF)において、様々な外場(圧力・電場・磁場・温度・紫外線)を試料に印加した状態でX線回折(XRD), X線吸収分光(XAS), X線発光分光(XES)および光電子分光

による結晶構造と電子状態のその場測定(in situ測定)を実施している。高圧力印加に因る磁性体の構造及び磁気相転移に関する従来の研究から、更に空間・時間反転対称性の破れに伴う局所構造と電子状態の変化に注目した研究を行っている。また、パルス電場印加下のXAS及びXESの時間分解測定による誘電体中の電気分極の外場応答に関する研究を実施しており、外場印加による電子励起状態に関するX線分光学的研究の新展開を目指している。

ここ数年は、実験データの理論的な解釈にも力を入れている。XASのシミュレーションソフトは汎用的なものがいくつか提供されているが、それぞれに一長一短があるため、必要に応じてシミュレーション結果の再検討を重ねる必要がある。さらに、物質中の複雑な乱れも考慮するために、逆モンテカルロ法に基づくモデル計算や、一電子近似の枠組みを超えて電子相関を取り込んだバンド計算とそれに基づくスペクトル計算なども始めている。

#### (1) X線発光分光による誘電体の研究

XESは局所歪みに由来する固体内の低エネルギー励起(電荷移動励起・バンド内励起、マグノン励起)の検出に適している。また、電子検出法ではないことから、電場や圧力をはじめとする様々な外場を動的に加えることができる。これはXESを誘電体研究に用いる大きな利点である。この利点を活用して、チタン酸化物の構造変化を反映する電荷移動励起( $\sim 10$  eV)に着目し、単位格子内における誘電分極のゆらぎを電子状態の立場から研究している点が、本研究グループの取り組みの独創的な点である。励起光のエネルギーを連続的に変化させながら各エネルギーで得られる発光スペクトルを連続的に測定する自動測定プログラムを導入し、X線吸収分光法の新たな手法である高エネルギー分解蛍光X線検出分光法(HERFD-XAFS)を実現した。現在、国内の3グループの研究チームがこのプログラムや手法を活用しており、研究成果を生み出している。これまでも進めてきたOperando-XES測定(電子デバイスなどの作動条件下でのXES測定)と、この自動測定技術の組み合わせによって、新物質や低次元系の示す新奇誘電性を見つけ出ししていくことが究極の目標である。

#### SrTiO<sub>3</sub>の新規強誘電性の探求

SrTiO<sub>3</sub>は量子ゆらぎによって強誘電相の発現が抑制されて常誘電相に留まる量子常誘電体である。このゆらぎに打ち勝つ外場(電場・元素置換・応力)を加えることで、環境負荷の小さいSrTiO<sub>3</sub>を強誘電体に転用する試みが進められている。特に、応力は物質に簡単に加えることができるため、近年NatureやScienceなどの速報性の高い雑誌でもたびたび議論されている。しかし、誘電性の直接証拠であるヒステリシス測定は報告されておらず、応力によるSrTiO<sub>3</sub>の強誘電性出現については未だ結論が出ていない。これまでに、一軸応力下および曲げ応力下でSrTiO<sub>3</sub>単結晶を用いたX線分光測定および誘電率測定を進めてきたが、単結晶中に生じるひび割れが要因となってどちらの応力条件下においても期待された強誘電性の出現は観測されなかった。

そこで、共同研究者に10nm厚の極薄膜をレーザー蒸発法により作製してもらった。蒸着基板を圧縮応力と引張応力の異なる歪みが生み出されるものを選び、放射光の偏光特性と元素選択性を活かしたX線分光測定を行った結果、応力の違いによってSrTiO<sub>3</sub>薄膜に誘起される双極子モーメントの向きが面直(圧縮)あるいは面内(引張)へと変化することが分かった。現在、電子相関を考慮した電子状態の計算を進めており、測定結果と理論的な解釈との整合性を検証している。分極を配向制御することで、実用的な大きさの分極をもつ強誘電体に転化する方法を探求している。

## BaTiO<sub>3</sub>薄膜のパルス電場印加下の時分割分光測定

BaTiO<sub>3</sub>に電場を印加して誘電分極が生じると、逆圧電効果により結晶に歪みが生じる。電場に対する格子の伸びを調べたX線回折による研究報告は幾つかあるが、特にパルス電場に対するリアルタイムな応答では大きな格子歪みが現れている。また、交流電場を印加している状態で瞬間的に表れる「0 V」の状態と、全く電場を印加していない状態とでは、同じ「0 V」でも何か異なる指摘されてきた。そこで、XAS測定により電子状態の変化を動的に捉えることが本研究の目的である。BaTiO<sub>3</sub>単結晶の分極制御に必要な電場は極めて大きく高速応答測定には向いていない。これを解決するために、東工大のグループに100 nm厚程度のエピタキシャル薄膜を作製していただいた。1s→3d遷移に対応する前吸収構造ピーク（プリエッジピーク）に、分極反転に同期した強度変化が観測された。さらに、理論的な解釈のついていないスペクトルの肩構造に、印加電場の大きさに比例した強度変化を見出した。多重散乱理論に基づいたシミュレーション計算を併用しながら、実験で得られたスペクトル変化と電子状態の対応を調べている。

今年度は、これまで専らTi原子に着目した測定を行ってきたが、Ba原子に着目した研究にも着手している。Tiに比べ、X線のエネルギーが高いこととXASの信号強度変化が小さいことがこれまでほとんど研究されてこなかった理由である。本グループでは、薄膜試料を使って電場応答を大きく引き出す工夫をしたことに加え、逆モンテカルロ法によるモデルシミュレーションによる確度の高い考察を行っている。

## (2) 光電子分光法を活用した電子状態測定の新展開

### 共鳴硬X線光電子分光法

SPring-8・名古屋大・大阪府立大学の共同開発により、これまで汎用的ではなかった硬X線共鳴光電子分光法が一般ユーザーにも共用されるようになった。本研究グループは、令和2年度の供用開始前に試験運用する期待を得た。これまで光電子分光法でいわゆるチャージアップ（帯電）により測定が困難とされてきた誘電体物質での光電子分光測定に挑戦し、ある程度の成功を収めた。入射X線エネルギーを固定した通常的光電子分光測定に加え、XAS測定のように入射エネルギーを各元素の吸収端に共鳴させながら測定する共鳴光電子分光を、Ti KおよびBa L<sub>3</sub>吸収端で行った。構成元素の各内殻準位から光電子に加え、オーজে電子といわれる特定内殻準位を共鳴的に励起した光電子の検出をすることで、多体効果を取り込んだ部分電子状態密度の実験的測定が可能になった。現在、本格的な測定を進めるために、すでに測定されたデータの詳細な解析を進めている。この測定手法が確立されれば、これまで実現不可能と思われてきた誘電体の価電子帯と伝導帯の正確な電子状態測定が可能になり、物性の理解と物質機能の改善に大きく貢献するものと期待している。

### オペランド光電子分光法

本研究グループでは、TiO<sub>2</sub>ナノ粒子を用いた触媒活性評価と表面バンド折れ曲がりの研究を行ってきた。未だ十分に解決に至っていないTiO<sub>2</sub>の触媒活性のメカニズムとして、活性の場が物質表面だけであるのか、なぜ幾つかある構造異性体の中でアナターゼ構造の活性が高いのか、結晶サイズと活性の違いはなぜ起こるのかなど、枚挙に暇がない。共同研究者と協力のもとで、単結晶試料の異なる面方位の触媒活性を丁寧に調べるのが重要であるとの理解に至った。そこで、光電子分光測定装置に、放射光X線と紫外線レーザーの焦点を合わせて

入射し、有機分子を吸着させたTiO<sub>2</sub>表面における脱離速度の違いを図った。面方位による違いなど、これまで十分に議論されてこなかった情報について、現在解析を進めている。

### (3) 高圧下での物性研究

#### 元素選択的な弾性特性からみるインバー効果の起源

インバー効果として知られるFe<sub>65</sub>Ni<sub>35</sub>合金の小さな熱膨張率は、大きな自発体積磁歪が熱膨張を相殺する現象である。しかし、原子間結合のポテンシャルがどのように磁気構造の影響を受けるか？というミクロな視点でみると、インバー効果の起源は未だ分かっていない。現在最も有力な理論とされるNon-collinear spin structureモデルによると、Feの持つ磁気モーメントの格子の収縮に対する揺らぎがNi原子のそれよりも大きいことで生じる弾性異常が、Fe<sub>65</sub>Ni<sub>35</sub>のインバー効果の起源とされる。本研究ではこの理論の実験的な検証として、吸収元素周りの局所構造を取り出すことができる広域X線吸収微細構造 (EXAFS)を高圧下で測定することで、元素選択的な体積弾性率の異常を探索している。Fe<sub>65</sub>Ni<sub>35</sub>インバー合金の場合、強磁性相の特徴である小さな体積弾性率が主にFe周りの軟らかい結合が担うことを報告した。本研究ではさらに、逆モンテカルロ法による構造解析を導入し、Fe-Fe、Fe-Ni、Ni-Ni原子対を分離した合金構造の可視化を試み、インバー効果の理解を進めている。

#### クラスレート化合物のゲスト原子の振動状態の圧力変化

EXAFSによる圧力下での精密局所構造解析として、籠状物質I-型クラスレート化合物のゲスト原子の振動状態の圧力変化、同物質の圧力誘起のアモルファス転移の構造解析も進めた。籠状物質では、籠の中に内包される希土類元素やアルカリ土類金属のゲスト原子がラットリングと呼ばれる大振幅非調和振動をする。このラットリングはゲスト原子と籠との弱い相互作用によって生じるが、ゲスト原子の原子サイズや籠のサイズによって相互作用が異なることから、結果として熱伝導率やアモルファス転移の転移圧力がその影響を受けている。我々のEXAFS解析の結果、圧力で籠のサイズが小さくなるとゲスト原子の占有位置が籠のオフセンターからオンセンターに変化し、ラットリングの挙動が異なることを見出された。このようなEXAFSによる高圧下での精密な構造解析実験はアンビルのノイズのためにこれまで困難であったが、特殊なナノ多結晶ダイヤモンドをアンビルに用いることで近年可能となった。ナノ多結晶ダイヤモンドの利用を中心に、さらなる測定技術開発を実験と並行して進めている。

#### 合金および金属間化合物における水素化効果の研究

水素を圧力媒体としてフェリ磁性体のラーベス相化合物GdFe<sub>2</sub>を加圧すると、水素との直接反応によって常磁性転移を起し、さらに加圧すると常圧とは異なる強磁性相が生じることが放射光メスbauer分光法とX線磁気円二色性測定(XMCD)で観測されている。さらにGdFe<sub>2</sub>よりもフェリ磁性への転移温度が低いGdCo<sub>2</sub>に着目して、水素による磁気状態の変化を高圧下で調べるところ、GdCo<sub>2</sub>の場合も2段階の磁気転移が見出された。詳細にみると、XMCDの圧力変化にはGdFe<sub>2</sub>とはいくつか異なる相違が見出されている。以上のこれまでの実験は重希土類フェリ磁性化合物が実験対象だったが、強的な磁気カップリングを示す軽希土類の磁性化合物は水素の効果の理解のために重要である。このため永久磁石材料の一つであるSmCo<sub>5</sub>に着目し、高圧下で水素化した場合のXMCDを測定している。



## Multi-Mbar領域のXAS測定

100 GPaから1 TPaまでのmulti-Mbar領域では水素の金属化や室温超伝導など常圧下では見られない新奇物性の発現が期待される。ドイツのDubrovinskyらが開発した2段式ダイヤモンドアンビルセル(ds-DAC)は、multi-Mbarの静的圧力発生の有効な手法となっている。現在、世界の複数のグループでds-DACのアンビルの材質・形状等の技術開発が進められている。ds-DACの発生圧力は加圧された試料体積と状態方程式から評価するため、現在、X線回折が主な測定手法である。しかし、試料体積は広域 X線吸収微細構造(EXAFS)振動でも導出でき、かつX線吸収端近傍構造 (XANES)は吸収原子の電子軌道の非占有状態密度に対応する情報を含む。このため、これらを総称したXAFSとds-DACを組み合わせれば、multi-Mbar領域で結晶構造と電子状態を同時に検出できる利点がある。しかしこの取り組みはまだ着手されていない。そこで我々は、ds-DACで5d遷移金属を加圧してL2,3端XAFS測定を行い、multi-Mbar領域におけるXAFSの測定精度や有用性を検証している。

## 共同研究

学外の教育研究機関との共同研究として、以下の研究を推進している。

- ESRF での新規実験テーマ提案に向けた共同研究
- 愛媛大 GRC との共同研究. ナノ多結晶ダイヤモンドアンビルの提供と高圧発生技術の共同研究.
- 産総研, 広大先端研からの純良試料の提供
- 東京理科大. XAFS 解析技術の共同研究
- ラトビア大学との新規スペクトル解析に基づくチタン酸ストロンチウムおよびチタン酸バリウムの局所分極
- 東京工業大学理学研究科と天然チタン酸化物単結晶を用いた光触媒研究
- 東京工業大学フロンティア材料研究所から酸化物薄膜の試料提供 (酸化ハフニウム薄膜, チタン酸バリウム薄膜, アルミフェライト薄膜)
- 静岡大学工学部から良質の元素置換型ペロブスカイトチタン酸化物の資料提供
- 弘前大学理工学研究科と放射光X線発光分光 (硬X線および軟X線) の共同研究
- Spring-8,大阪府立大学と共鳴硬X線光電子分光の共同研究

## 原著論文

- [1] ○ Pressure-Induced Collapse of the Guest Eu Off-Centering in Type-I Clathrate  $\text{Eu}_8\text{Ga}_{16}\text{Ge}_{30}$ ;  
N. Ishimatsu, K. Yokoyama, T. Onimaru, T. Takabatake, K. Suekuni, N. Kawamura, S. Tsutsui, M. Mizumaki, T. Ina, T. Watanuki, V. Cuartero, O. Mathon, S. Pascarelli, E. Nishibori, and T. Irifune  
J. Phys. Soc. Jpn. 88, 114601 (2019) [9 Pages]
- [2] Conical support for double-stage diamond anvil apparatus;  
T. Sakai, T. Yagi, R. Takeda, T. Hamatani, Y. Nakamoto, H. Kadobayashi, H. Mimori, S. I. Kawaguchi, N. Hirao, K. Kuramochi, N. Ishimatsu, T. Kunimoto, H. Ohfuji, Y. Ohishi, T. Irifune and K. Shimizu  
High Pressure Res. 40, 12-21 (2020) [10 Pages] doi:10.1080/08957959.2019.1691190
- [3] Element-selective elastic properties of  $\text{Fe}_{65}\text{Ni}_{35}$  Invar alloy and  $\text{Fe}_{72}\text{Pt}_{28}$  alloy studied by extended X-ray absorption fine structure;  
M. Kousa, S. Iwasaki, N. Ishimatsu, N. Kawamura, R. Nomura, S. Kakizawa, M. Mizumaki, H.

Sumiya, T. Irifune

High Pressure Res. 40, 130-139 (2020) [10 Pages] doi:10.1080/08957959.2019.1702175

- [4] An application of NPD to double-stage diamond anvil cells: XAS spectra of rhenium metal under high pressures above 300 GPa;

K. Kuramochi, N. Ishimatsu, T. Sakai, N. Kawamura, T. Irifune

High Pressure Res. 40, 119-129 (2020) [11 Pages] doi:10.1080/08957959.2019.1702174

著書

該当無し

国際会議

(招待講演)

- [1] Nobuo Nakajima, Seiya Kato, and Fan Dongxiao; 「Electric field response of the electronic states of BTO studied by time resolved X Ray absorption spectroscopy utilizing SDD time stamps」; The 11th China and Japan Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (CJFMA11) (2019.9.22-25, Nanjing, China)

(一般講演)

- [1] Fan Dongxiao and Nobuo Nakajima; 「Photoluminescence mechanism of self activated titanates with non centrosymmetric  $\text{TiO}_5$  polyhedra」; The 11th China and Japan Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (CJFMA11) (2019.9.22-25, Nanjing, China)
- [2] Miu Kousa, Shun Iwasaki, and Naoki Ishimatsu; 「Element Selective Compressibility of  $\text{Fe}_{65}\text{Ni}_{35}$  Invar Alloy and  $\text{Fe}_{72}\text{Pt}_{28}$  Alloy Studied by EXAFS」; The 2019 Korea-Japan Student Workshop (2019.11.7-8, Pusan National Univ., Busan, Korea)
- [3] Keitaro Kuramochi and Naoki Ishimatsu; 「First Challenge of XAFS under multi-Mbar pressure measured by a double stage diamond anvil cell」; The 2019 Korea-Japan Student Workshop (2019.11.7-8, Pusan National Univ., Busan, Korea)

国内学会

(招待講演)

- [1] 石松直樹; 「SPring-8での高圧水素化物の磁性研究」第50回SPring-8先端利用技術ワークショップ「室温超伝導への道筋とSPring-8での水素化物研究」(2019.12.24, SPring-8 上坪記念講堂 佐用郡)

(一般講演)

- [1] 石本賢太郎, 金森 奨, 石松直樹, 河村直己, 榊 浩司, 中村優美子, 中野智志 「X線磁気円二色性でみる $\text{SmCo}_5$ における水素雰囲気圧力下の磁気構造」日本物理学会 第75回年次大会 (2020.3.16-19, 名古屋大学東山キャンパス)
- [2]◎石松直樹, 岩崎 駿, 甲佐美宇, 加藤盛也, 中島伸夫, 河村直己, 水牧仁一朗, 野村龍一, 柿澤 翔, 角谷 均, 入舩徹男, 北村尚斗 「高圧下EXAFSによるFe-Niインバー合金とFe-Pt合金の元素選択的な局所構造解析」日本物理学会 第75回年次大会 (2020.3.16-19, 名古屋大学東山キャンパス)



- [3] 中島伸夫, 水野志歩, 清水荘雄「X線分光法による酸化ハフニウム薄膜の電子状態の研究」日本物理学会 第75回年次大会 (2020.3.16-19, 名古屋大学東山キャンパス)
- [4] 加藤盛也, 中島伸夫, 安井伸太郎, 足立純一, 仁谷浩明, 武市泰男「時間分解XAFSを用いた交流電場下におけるBaTiO<sub>3</sub>の誘電応答」日本物理学会 第75回年次大会 (2020.3.16-19, 名古屋大学東山キャンパス)
- [5] 熊谷学人, 中島伸夫, 藤井康裕, 安井伸太郎「チタン酸ストロンチウム薄膜の格子歪みによる強誘電性の研究」日本物理学会 第75回年次大会 (2020.3.16-19, 名古屋大学東山キャンパス)
- [6] 廣森慧太, 中島伸夫, 小澤健一「アナターゼ型二酸化チタン単結晶表面でのエッジとテラスの光触媒活性の比較」日本物理学会 第75回年次大会 (2020.3.16-19, 名古屋大学東山キャンパス)
- [7] 手塚泰久, 上出晴輝, 任皓 駿, 渡辺孝夫, 中島伸夫, 八方直久, 木村耕治, 林 好一, 細川伸也「蛍光X線ホログラフィーによるAサイト秩序型ペロブスカイトCaCu<sub>3</sub>Ti<sub>4</sub>O<sub>12</sub>の局所構造研究II」日本物理学会 第75回年次大会 (2020.3.16-19, 名古屋大学東山キャンパス)
- [8] 手塚泰久, 上出晴輝, 高橋瑞樹, 野澤俊介, 中島伸夫, 岩住俊明「共鳴X線ラマン散乱によるSrTiO<sub>3</sub>の電子構造の温度依存性」第33回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (2020.1.10-12, ウィンクあいち (愛知県産業労働センター), 名古屋市)
- [9] 金森 奨, 石本賢太郎, 石松直樹, 河村直己, 榎 浩司, 中村優美子, 中野智志; 「X線磁気円二色性でみるラーベス相GdCo<sub>2</sub>の磁気構造の水素の効果」「水素化物に関わる次世代学術・応用展開研究会」第6回研究会 (2019.11.14-15, 広島大学 学士会館, 東広島市)
- [10] 石本賢太郎, 金森 奨, 石松直樹, 河村直己, 榎 浩司, 中村優美子, 中野智志「永久磁石材料SmCo<sub>5</sub>における水素雰囲気圧力下の磁気構造」「水素化物に関わる次世代学術・応用展開研究会」第6回研究会 (2019.11.14-15, 広島大学 学士会館, 東広島市)
- [11] 石松直樹, 倉持慶太郎, 境 毅, 河村直己, 入船徹男「2段式ダイヤモンドアンビルセルを用いたmulti-Mbar 領域での5d 遷移金属のXAFS 測定」第60回高圧討論会 (2019.10.23-25, かでる2・7 北海道立道民活動センター, 札幌市)
- [12] N. Ishimatsu, S. Kanamori, K. Ishimoto, K. Sakaki, Y. Nakamura, S. Nakano, N. Kawamura, V. Cuartero, R. Torchio, O. Mathon, S. Pascarelli 「Hydrogen-induced magnetism in 4f-3d intermetallic compounds studied by XMCD」PF研究会「X線分光理論の新展開：構造・電子状態解析から磁性研究まで」(2019.10.3-4, KEKつくばキャンパス 研究本館 小林ホール, つくば市)
- [13] 加藤盛也, 中島伸夫, 足立純一, 仁谷浩明, 武市泰男, 安井伸太郎「SDDタイムスタンプを利用した時間分解X線吸収分光法によるチタン酸バリウム薄膜の電子状態の電場応答」第80回応用物理学会秋季学術講演会 (2019.9.18-21, 北海道大学, 札幌市)
- [14] 中島伸夫, Fan Dongxiao「X線吸収分光による自己付活型チタン酸蛍光体の発光機構の研究」2019 年 強的秩序とその操作に関する第9回研究会 -夏の学校- (2019.9.21-22, ホテル深翠苑, 名古屋市)
- [15] 熊谷学人, 中島伸夫, 安井伸太郎「チタン酸ストロンチウム薄膜の講師歪みによる強誘電性の研究」2019 年 強的秩序とその操作に関する第9回研究会 -夏の学校- (2019.9.21-22, ホテル深翠苑, 名古屋市)
- [16] 加藤盛也, 中島伸夫, 廣森慧太, 石本賢太郎, 安井伸太郎, 足立純一, 仁谷浩明, 武市泰男「交流電場と同期した時間分解X線吸収分光法によるBaTiO<sub>3</sub>薄膜の誘電応答」日本物理学会 2019年秋季大会 (2019.9.10-13, 岐阜大学, 岐阜市)

- [17] 水牧仁一朗, 雀部矩正, 石松直樹, 河村直己, 西久保匠, 東 正樹「Pbペロブスカイト化合物PbTO<sub>3</sub>(T=Ti, Ni)のPbイオンの価数評価」日本物理学会 2019年秋季大会 (2019.9.10-13, 岐阜大学, 岐阜市)
- [18] 河村直己, 広瀬雄介, 本多史憲, 下笠諒平, 石松直樹, 水牧仁一朗, 河口沙織, 平尾直久, 三村功次郎「UPd<sub>2</sub>Cd<sub>20</sub>におけるウラン価数とウラン原子間距離の圧力効果」日本物理学会 2019年秋季大会 (2019.9.10-13, 岐阜大学, 岐阜市)
- [19] 手塚泰久, 上出晴輝, 高橋瑞樹, 野澤俊介, 中島伸夫, 岩住俊明「共鳴X線ラマン散乱によるTi酸化物電子構造の温度依存性と方位角依存性」日本物理学会 2019年秋季大会 (2019.9.10-13, 岐阜大学, 岐阜市)
- [20] 加藤盛也, 中島伸夫, 安井伸太郎, 足立純一, 仁谷浩明, 武市泰男「時間分解X線吸収分光法による交流電場下でのBaTiO<sub>3</sub>の誘電応答」第22回XAFS討論会 (2019.9.2-4, 京都大学, 吉田キャンパス, 京都市)
- [21] 倉持慶太郎, 石松直樹, 境 毅, 河村直己, 入船徹男「EXAFSによるFe<sub>65</sub>Ni<sub>35</sub>インバー合金におけるDebye-Waller因子の温度変化の比較」第22回XAFS討論会 (2019.9.2-4, 京都大学, 吉田キャンパス, 京都市)
- [22] 岩崎 駿, 甲佐美宇, 石松直樹, 河村直己, 水牧仁一朗, 野村龍一, 柿澤 翔, 入船徹男, 角谷 均「EXAFSによるFe-Niインバー合金の元素選択的な圧縮曲線の比較」第22回XAFS討論会 (2019.9.2-4, 京都大学, 吉田キャンパス, 京都市)

#### 学生の学会発表実績

##### (国際会議)

○博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数	2 件
○博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数	1 件
○博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数	1 件

##### (国内学会)

○博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数	16 件
○博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数	1 件
○博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数	0 件

#### 社会活動・学外委員

##### ○学協会委員

- [1] 中島伸夫：第15回RCBJSF（日本・ロシア・バルト3国・国家共同体誘電体会議） プログラム委員長
- [2] 中島伸夫：日本放射光学会 編集委員
- [3] 中島伸夫：日本物理学会 領域10運営委員
- [4] 中島伸夫, 石松直樹：第23回日本XAFS討論会 実行委員
- [5] 石松直樹：日本高圧力学会 会計幹事
- [6] 中島伸夫：放送大学 非常勤講師

○外部評価委員等

- [1] 石松直樹：(財)高輝度光科学研究センター，外来研究員
- [2] 中島伸夫：SPring-8 利用研究課題審査委員会・審査員
- [3] 石松直樹：SPring-8 利用研究課題審査委員会・審査員

高大連携事業への参加状況

- [1] 石松直樹：広島県立祇園北高等学校 模擬授業（2019年11月13日）
- [2] 中島伸夫，石松直樹：広島県立祇園北高等学校 クリスタルコンペ審査員（2019年12月19日）

国際交流

- [1] 中島伸夫：ラトビア大学物性物理学研究所の研究員1名を1週間招聘し，大型放射光施設（SPring-8）にてペロブスカイトチタン酸化物のX線吸収スペクトルに関する共同研究を行った。（2019年12月）
- [2] 中島伸夫：令和元年10月に，ラトビア大学物性物理学研究所に修士課程の学生1名を40日間海外派遣させ，逆モンテカルロ計算に基づく共同研究を開始した。

各種研究員と外国人留学生の受入状況

○外国人留学生

- [1] 大学院理学研究科博士課程後期，2017年10月入学生，1名（中国）

研究助成金の受入状況

- [1] 中島伸夫：科学研究費補助金基盤研究(B)（平成30年度-令和2年度）（代表，16,400千円）  
課題名：「X線分光による酸素の異方的電子状態が誘起する酸化物薄膜の新規強誘電性の解明」
- [2] 石松直樹：科学研究費補助金新学術領域研究（平成27年度-31年度）（分担，500千円）  
課題名：「核-マントル物質の精密高圧実験技術の開発」
- [3] 石松直樹：科学研究費補助金基盤研究(C)（平成29年度-31年度）（代表，900千円）  
課題名：「原子間の結合に着目したX線吸収分光法による鉄合金の熱膨張抑制機構の解明」

特記事項

- [1] 修士課程の学生が，村田学術振興財団の海外派遣援助に採択され，満額50万円の援助を受けた。これを受けて，国際交流の項で説明した40日間の海外派遣と共同研究を実現した。

## ○光物性グループ

### 研究活動の概要

機能性材料のもつ電氣的，磁氣的，熱的な性質はそのバンド構造に支配されていると言っても過言ではない。そのため，材料固有のバンド構造を理解することは，基礎的，応用的な観点からとても重要である。角度分解光電子分光（Angle-resolved photoelectron spectroscopy = ARPES）は，固体の占有バンド構造を直接観測する有用な実験手法と捉えられる。例えば，エネルギーギャップの存在は，金属か半導体（絶縁体）であるかどうかを決め，バンド分散の傾きや曲率が電子の速度や有効質量を決める。また高温超伝導体については電子クーパー対における「のり」の役割を担う相互作用の起源に迫るべく，これまでARPESは重要な役割を果たしてきた。光物性研究室では，放射光やレーザーを用いて，磁性体，超伝導体，トポロジカル絶縁体・半金属，熱電変換材料などの機能性物質の詳細な電子構造や結晶構造を実験的に観測し電氣的，磁氣的，熱的性質の起源を解明することを目的として研究を行っている。

#### (1) 反強磁性トポロジカル絶縁体の発見 -室温での無散逸伝導実現に向けて-

当研究グループは，ロシア・サンクトペテルブルグ大学やスペイン・ドノスティア国際物理センターなどと共同で反強磁性トポロジカル絶縁体を世界で初めて発見した。トポロジカル絶縁体とは，物質内部（バルク）が絶縁体で表面が金属になる物質である。ただし，絶縁体の上に金属をコーティングしたものとは異なり，その表面で有効質量がゼロでスピン分極した線形分散が交差するディラック電子バンドを形成するのが特徴である。トポロジカル絶縁体か普通の絶縁体かの違いは，そのバンド構造の違いにより決定され，スピン軌道相互作用によって引き起こされる「バンド反転」がトポロジカル絶縁体になるための必要条件となる。例えばよく知られる化合物半導体のGaAsは価電子帯頂上と伝導帯の底がそれぞれp軌道とs軌道から構成されるが，スピン軌道相互作用がより大きくなると，それらが反転しトポロジカル絶縁体となりうる（例えばHgTeなど）。トポロジカル絶縁体に今度は磁性を持たせると，その表面状態にエネルギーギャップが開き，量子異常ホール効果（QAHE）が起こる。QAHEとは，よく知られる量子ホール効果（QHE）と同じくホール伝導度が量子化する現象であるが，これが外部磁場をかけなくとも起こるという現象を指す。2013年に  $(\text{Bi,Sb})_2\text{Te}_3$  にCrやVをドーピングした希薄磁性トポロジカル絶縁体が量子異常ホール効果を示すことが見出され，大きな注目を浴びた。QHEやQAHEはともに系のバンド構造に起因したトポロジカルな現象であり，特徴的なこととしてその側面に一方向に走るエッジ電流（カイラルエッジ電流）が流れる。このカイラルエッジ電流は不純物等により散乱を受けず進み続ける無散逸なものであるため。これをデバイス化すれば消費電力を大幅に下げることが可能になると期待される。特にQAHEは外部磁場が不要な点で実用化には有利である。ただし，現状ではQAHEが起こる温度は最高でも2Kという極低温に留まっているため，室温で実現するためにはなんらかのブレークスルーが必要であり，少なくとも磁性元素が希薄でまばらに分布している物質ではなかなか実現が難しいと思われる。そもそも，希薄磁性トポロジカル絶縁体では，磁性原子の間の距離が長いため，安定した強磁性状態を保つのが難しく，強磁性転移温度が低くなってしまふ。磁性ドーピングではなく，化学量論組成の磁性トポロジカル絶縁体の実現できればQAHEが現れる温度も上昇すると期待される。

このような中，本研究ではまず，層状の反強磁性体 $\text{MnBi}_2\text{Te}_4$ が磁性トポロジカル絶縁体になりうることを第一原理計算より示した。また表面ディラック電子バンドはバルクバンドに



開いたエネルギーギャップ中に存在しているが、通常のトポロジカル絶縁体と異なり、表面バンドに88 meVのエネルギーギャップが開いていることも示された。実際にこの反強磁性体がトポロジカル絶縁体であるかどうかを検証するためにはこの表面ディラック電子バンドとエネルギーギャップの有無を実験的に検証する必要がある。そこで本研究では、実際に物質合成を行い、広島大学放射光科学研究センターにて放射光やレーザーを励起光源とした角度分解光電子分光 (ARPES) を行った。その結果、エネルギーギャップの開いた表面ディラック電子バンドを直接的に観測しMnBi<sub>2</sub>Te<sub>4</sub>が反強磁性トポロジカル絶縁体であることを世界で初めて明らかにした。

今回の成果は英国科学誌Nature (2019年12月18日) に掲載された。広島大学よりプレス発表 (<https://www.hiroshima-u.ac.jp/news/55379>) を行った。また当該研究成果が日本経済産業新聞にも掲載された (2020.1.21, 6面)。本研究は、日本学術振興会(JSPS)科学研究費補助金基盤研究A「非共型な結晶対称性を持つ強相関物質の電子状態観測とトポロジーの解明 (課題番号: 18H03683, 研究代表者: 木村昭夫)」, 同基盤研究S「トポロジカル相でのバルク・エッジ対応の多様性と普遍性: 固体物理を越えて分野横断へ (課題番号: 17H06138, 研究代表者: 初貝安弘)」の支援を受けて行われた。

## (2) 非共型ディラック線ノード半金属の軌道およびスピンの依存した電子構造の研究

本研究では、ZrSiSやHfSiSに代表されるディラック線ノード半金属に着目している。これらはP4/nmmの空間群に属し、バンド構造計算からノンシンモルフィック (非共型) な空間群に守られたバンド交差、いわゆるディラックコーンと呼ばれる直線的なバンド分散構造を形成することが予言されている。それらのディラックコーンは異方的で特定の方向に線ノードを有するのが特徴である。この特異な線ノードディラックコーンは通常のディラックコーン半金属で見られる点ノードと異なり、よりあらわに伝導現象をはじめとした巨視的な量子現象が現れることが期待され興味深い。先行研究ではZrSiSやHfSiSについて表面バルクバンドの観測にとどまり、スピン構造やバンドの軌道対称性については未解明であった。そこで本研究ではこれらの物質の巨視的な量子現象に関わるバルクや表面のスピンや軌道に依存した電子構造の解明に取り組んだ。

まず、周期性の途切れた表面に現れる特異な電子状態を調べるために、広島大学放射光科学研究センター (ビームラインBL-9B) にてスピン角度分解光電子分光を行なった。その結果、表面状態にスピンによる分裂構造があることを明らかにした。そのフェルミ面に沿ってスピン方向を調べたところ、スピンの方向が一方向に向いた、標準的なラシュバ型のスピントクスチャーとは大きく異なっていることを初めて明らかにした。このような特異なスピントクスチャーの形成起源を調べるためには、そのフェルミ面を構成している電子軌道を特定する必要がある。そこで、同センターBL-1にて直線偏光依存角度分解光電子分光を行い、表面準位に由来するフェルミ面を構成する電子軌道対称性を同定した。これらのスピントクスチャーや軌道対称性は理論計算でも再現された。さらにモデル計算からこの表面状態がラシュバ型とドレセルハウス型の両方が競合した結果現れたものであることを結論した。実験で明らかになった同一方向を向くスピントクスチャーは、標準的なラシュバ効果で形成される標準的なスピントクスチャーに比べて電子の後方散乱を大幅に抑制するため、スピンのコヒーレンス時間を伸ばすことができる。本研究では、このようなスピントクスチャーを電場などの外場をかけることなく形成する方法を示したとも言える。

本研究成果は米国物理学会の学術雑誌、Phys. Rev. Bに掲載された。本研究は、日本学術振

興会(JSPS)科学研究費補助金基盤研究A「非共型な結晶対称性を持つ強相関物質の電子状態観測とトポロジーの解明(課題番号:18H03683,研究代表者:木村昭夫)」,同基盤研究S「トポロジカル相でのバルク・エッジ対応の多様性と普遍性:固体物理を越えて分野横断へ(課題番号:17H06138,研究代表者:初貝安弘)」および同基盤研究S「実用デバイスに向けたハーフメタルホイスラー合金のスピン依存伝導機構の解明(課題番号:17H06152,研究代表者:宝野和博)」の支援を受けて行われた。

### (3) トポロジカル絶縁体における表面光起電力効果とキャリアダイナミクス

トポロジカル絶縁体は、結晶内部が絶縁体で、その表面には質量ゼロの金属的なディラック表面状態が存在する。またその表面電子は強いスピン軌道相互作用によりスピンと運動量が垂直に固定されるスピントロニクスをフェルミ面で形成するため、非磁性不純物に対して後方散乱が大幅に抑制される。このような特徴から、トポロジカル絶縁体の表面や界面を用いた高移動度スピン輸送デバイスへの応用が期待されている。最近、トポロジカル絶縁体に光を入射することで生じる表面光起電力(SPV)効果を利用し、スピン偏極した光電流を取り出す提案がなされた。このSPV効果は、表面とバルクのキャリア密度の違いによって生じるバンドベンディングが光の照射によって変化することで起こる。この効果を利用することで、トポロジカル絶縁体表面にスピン偏極した光電流が流れる。しかしながら、バルクキャリアのチューニングに制限があるため、一方向のSPV効果しか報告されていない。二方向のSPVシフトを実現することは、スピン偏極電流の湧き出しと吸い込みを実現することと同義である。これは、スピントロニクスデバイスの開発において重要なスピン偏極電流の生成、操作及び検出のうち、生成部分の研究であり大変重要である。また、トポロジカル絶縁体表面を用いたスピントロニクスデバイスを開発する上で、励起された表面ディラック電子の振る舞いを理解することも重要である。

そこで、光物性研究室を主体とした東京大学物性研究所極限コヒーレント光科学研究センターとノヴォシビルスク半導体研究所(ロシア)との国際共同研究チームは、時間角度分解光電子分光(TARPES)を用いてバルク絶縁性の高いトポロジカル絶縁体 $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ のn形とp試料を対象としてSPV効果のバルクキャリア依存性、及び励起された表面ディラック電子の振る舞いを研究することを目的として実験を行った。その結果、二方向のSPVシフトを世界で初めて確認した。また、SPVシフトによって発生する電圧を増大させる手法や励起された電子の振る舞いにn形とp形で違い関する知見を得た。これら結果は、トポロジカル絶縁体をスピントロニクスに応用する際の有益な情報を与えると期待される。

本研究成果は米国物理学会の学術雑誌Phys. Rev. Bに掲載された。本研究は、日本学術振興会(JSPS)科学研究費補助金基盤研究A「非共型な結晶対称性を持つ強相関物質の電子状態観測とトポロジーの解明(課題番号:18H03683,研究代表者:木村昭夫)」,同基盤研究S「トポロジカル相でのバルク・エッジ対応の多様性と普遍性:固体物理を越えて分野横断へ(課題番号:17H06138,研究代表者:初貝安弘)」の支援を受けて行われた。

### (4) 磁性トポロジカル絶縁体 $(\text{Sb}_{1-x}\text{V}_x)_2\text{Te}_3$ のキャリア誘起強磁性および超高速キャリアダイナミクス

近年、 $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ をベースとしたトポロジカル絶縁体薄膜に少量のCrあるいはVを添加した磁性トポロジカル絶縁体において量子異常ホール効果(QAHE)が観測された[C. Z. Chang et al., Science **340**, 167 (2013)][C. Z. Chang et al., Nat. Mater. **14**, 473 (2015)][M. Mogi et al., Appl. Phys. Lett. **107**, 182401 (2015)]。特に、Vを添加した系は、Cr添加の系に比べて高いキュリー温度・



大きな保磁力を示す硬磁性材料であることから、超低消費電力デバイス開発に向けた有力候補物質として大きな注目を集めている。一方、QAHEの観測温度が30 mK-2 Kと極低温に限られており、応用上高いキュリー温度を有し、大きな表面ギャップを持つ系の開発が必要となる。そのためには、現存の系における磁性発現機構を電子状態の立場から理解することが必要となる。

そこで本研究では、光物性研究室を主体として、日本原子力研究開発機構、東京大学物性研究所極限コヒーレント光科学研究センター、フィリップス大学マールブルグ（ドイツ）、ノヴォシビルスク半導体研究所（ロシア）との国際共同研究として $(\text{Sb}_{1-x}\text{V}_x)_2\text{Te}_3$ の磁性発現機構の多角的な理解に向けて軟X線磁気円二色性(XMCD)分光および時間角度分解光電子分光を行った。実験はSPring-8 BL23SU, 東京大学物性研究所LASOR, およびフィリップス大学マールブルグ（ドイツ）にて行った。

まず、磁性イオンと母体の局所的な電子構造を明らかにするために $\text{Sb}_{1.97}\text{V}_{0.03}\text{Te}_3$ について10K, 2Tの条件でXMCD分光を行った。極微量なV添加にも関わらず、 $\text{V } L_{2,3}$ 吸収端には明確なXMCDシグナルが観測された。更に、 $\text{V } 3d$ だけでなく、SbやTe  $5p$ 電子にも磁気モーメントが誘起されており、非磁性元素が強磁性発現に重要な役割を果たしていることが明らかになった。次に、フェムト秒・時間角度分解光電子分光による非占有電子状態の直接観測および超高速キャリアダイナミクスの追跡を行った。 $\text{Sb}_{1.97}\text{V}_{0.03}\text{Te}_3$ と $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ ではディラック点の位置やバンド分散の形状に顕著な変化は見られなかったが、Vを添加した系では、ポンプ光によって励起された電子の持続時間が極めて短くなることが明らかとなった。この結果は、V添加によって形成された $\text{V } 3d$ 不純物バンドが散乱を増加させた結果だと考えられる。

本研究成果は米国物理学会の学術雑誌、Phys. Rev. Bおよび独物理学会の学術雑誌、New J. Phys.に掲載された。本研究は、日本学術振興会(JSPS)科学研究費補助金基盤研究A「非共型な結晶対称性を持つ強相関物質の電子状態観測とトポロジーの解明（課題番号：18H03683, 研究代表者：木村昭夫）」, 同基盤研究S「トポロジカル相でのバルク・エッジ対応の多様性と普遍性：固体物理を越えて分野横断へ（課題番号：17H06138, 研究代表者：初貝安弘）」の支援を受けて行われた。また内殻吸収分光実験は日本原子力研究開発機構の施設供用の採択課題(2017A-E2), および文部科学省委託事業ナノテクノロジープラットフォーム(A-18-AE-0042)の支援を受けてSPring-8 BL-23SUにて実施された。

#### (5) 放射光光電子分光を用いた Co 基ホイスラー合金のスピンの偏極電子構造の解明

強磁性層で絶縁層を挟んだ構造のトンネル磁気抵抗効果(TMR)素子は、強磁性層の状態密度のスピンの偏極率がTMR比に大きく寄与し、スピンの偏極率が100%となるハーフメタル強磁性体が理想的な材料であると考えられている。理論的にハーフメタル強磁性体であることが予想されているCo基ホイスラー合金で、温度の上昇によるTMR比の減少が問題となっており、強磁性層と絶縁層との界面の電子状態が原因だと考えられている。

本研究では、 $\text{Co}_2\text{MnGe}$ ホイスラー合金の元素成分に分離した状態密度を観測するためにCo及びMn  $2p$ 内殻吸収端領域での共鳴光電子分光を行った。Mn  $2p$ 内殻吸収端領域での測定によって、内殻共鳴によるMn  $3d$ 成分の増大が観測された。非共鳴スペクトルと共鳴スペクトルの差分を取ることで、 $\text{Co}_2\text{MnGe}$ のMn部分状態密度を抽出することができ、Mn  $3d$ 成分のフェルミ準位への寄与が明らかになった。また、軌道対称性に分離した第一原理計算結果との比較により、フェルミ準位へのMn  $3d t_{2g}$ 軌道の寄与が示唆された。これらの結果は、TMR素子の界面の設計の指針となるものである。一方 Co  $2p$  内殻吸収端領域での測定では、内殻

共鳴による価電子帯の増大よりも、Co 3d軌道へ励起された電子の遍歴性に起因する通常オージェ電子が観測された。このMn 3d軌道とCo 3d軌道の局在性の違いは、軌道成分に分解した第一原理計算によるバンド分散の形状の違いからも理解できる。

本研究成果は米国物理学会の学術雑誌、Phys. Rev. Bに掲載された。本研究は、日本学術振興会(JSPS)科学研究費補助金基盤研究A「非共型な結晶対称性を持つ強相関物質の電子状態観測とトポロジーの解明(課題番号:18H03683, 研究代表者:木村昭夫)」, 同基盤研究S「実用デバイスに向けたハーフメタルホイスラー合金のスピンの依存伝導機構の解明(課題番号:17H06152, 研究代表者:宝野和博)」などの支援を受けて行われた。光電子分光実験は高輝度光科学研究センター(JASRI)の採択課題(2018B1019)のもと SPring-8 BL25SUにて行われた。また内殻吸収分光実験は日本原子力研究開発機構の施設供用の採択課題(2018B-E24), 高輝度光科学研究センター(JASRI)の採択課題(2018B3842), および文部科学省委託事業ナノテクノロジープラットフォーム(A-18-AE-0042)の支援を受けてSPring-8 BL-23SUにて実施された。

#### (6) ホイスラー合金のハーフメタルなバンド構造と複数のワイル交差点の観測

Co基ホイスラー合金において、完全にスピン偏極した電気伝導性が得られるハーフメタル性や、新しい物性の発現が期待されるバルクのトポロジカルなバンド構造が議論されており[S. Ishida *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **64**, 2152 (1995)][G. Chang *et al.*, Phys. Rev. Lett. **119**, 156401 (2017)][I. Belopolski *et al.*, Science **365**, 1278 (2019)], バルクのバンド構造の直接観測が求められている。ハーフメタル性が予測されているCo<sub>2</sub>MnSiについてバンド構造を観測する実験が行われたが[C. Lidig *et al.*, Phys. Rev. B **99**, 174432 (2019)], 試料表面に由来するバンド構造によって、バルクのバンド構造が隠されてしまっていた。そこで本研究では、同じくハーフメタル性が注目されているCo<sub>2</sub>MnGeホイスラー合金のバルクのバンド構造を観測するために、単結晶バルク試料に対して、比較的バルク敏感な軟X線角度分解光電子分光を行った。ホイスラー合金は劈開性が悪いことで知られているが、10マイクロメートル程度まで絞られた放射光を用いることで、平坦な単一ドメインからの光電子を明確に観測することができた。

ARPES実験により得られた等エネルギー面と密度汎関数理論(DFT)を用いた第一原理計算結果を比較すると、実験結果の( $k_x, k_y$ )=( $\pm 1.5, 0$ ), ( $0, \pm 1.5$ ) Å<sup>-1</sup>に現れる4つの円形の構造が、ブリルアンゾーンのΓ点に予測されている少数スピンホールバンドであることが分かる。この構造はフェルミ準位には現れておらず、Co<sub>2</sub>MnGeがハーフメタリックなバンド構造を持つことが実験的に明らかとなった。さらに、Γ-X方向のバンド分散を見ると、ホールバンドとフェルミ準位をよぎるバンドが観測されており、第一原理計算結果ともよい一致を示している。さらには、複数のワイル交差点が観測された。

本研究は、日本学術振興会(JSPS)科学研究費補助金基盤研究A「非共型な結晶対称性を持つ強相関物質の電子状態観測とトポロジーの解明(課題番号:18H03683, 研究代表者:木村昭夫)」, 同基盤研究S「トポロジカル相でのバルク・エッジ対応の多様性と普遍性:固体物理を越えて分野横断へ(課題番号:17H06138, 研究代表者:初貝安弘)」および同基盤研究S「実用デバイスに向けたハーフメタルホイスラー合金のスピンの依存伝導機構の解明(課題番号:17H06152, 研究代表者:宝野和博)」などの支援を受けて行われた。光電子分光実験は高輝度光科学研究センター(JASRI)の採択課題(2019A1548)のもと SPring-8 BL25SUにて行われた。

(7) ホイスラー合金  $\text{Co}_2\text{MnGe}$  (Ga) 薄膜の Ge (Ga)  $L_{2,3}$  端における磁気円二色性スペクトルを用いたスピン依存非占有電子状態の研究

フルホイスラー合金は、 $\text{X}_2\text{YZ}$ の組成を持つ典型的規則合金である。その中でも $\text{X}=\text{Co}$ としているCo基ホイスラー合金の多くは、フェルミレベル( $E_F$ )近傍にて一方のスピンの状態密度にバンドギャップが存在し、スピン偏極度100%のハーフメタルになることが予測されている。この特異な電子構造を利用し、高スピン偏極材料としてトンネル磁気抵抗(TMR)素子や巨大磁気抵抗(GMR)素子など、スピントロニクスデバイスへの応用が期待されている。特に $\text{Co}_2\text{MnGe}$ は理想的なハーフメタルの状態密度(DOS)を持っていることがすでに第一原理計算より示されており[I. Galanakis *et al.*, Phys. Rev. B **66**,174429 (2002)], 実験的にはスピン及び角度積分硬X線光電子分光により価/占有電子状態が明らかにされている[S. Ouardi *et al.*, Phys. Rev. B **84**, 155122 (2011)]。さらにX線磁気円二色性(XMCD)実験により、非磁性元素に磁気モーメントが誘起されることが分かってきた[K. Miyamoto *et al.*, J. Phys. Condens. Matter **16**, S5797 (2004)][K. Nagai *et al.*, Phys. Rev. B **97**, 035143 (2018)]。一方、そのスペクトル形状は複雑であり、長年、定性的な考察に留まっている。まず、 $\text{Co}_2\text{MnGe}$  (Ga)フルホイスラー合金薄膜において観測したGe (Ga)  $L_{2,3}$ 吸収端におけるXMCDについて、第一原理計算によるGe (Ga)  $4d$ 軌道の非占有部分状態密度(PDOS)と比較した。しかし、水素様原子モデルによる解析ではほとんど寄与しないと考えられていたGe (Ga)の $4s$ 軌道が大きく寄与することが分かった。そこで第一原理(バンド)計算及び、フェルミの黄金律に基づいたXAS/XMCDスペクトルの計算を行ったところ実験結果をより適切に再現した。本研究は、非磁性サイトのXAS/XMCDスペクトルが、非占有状態のスピン分極PDOSを明らかにするだけでなく、機能性材料設計へのフィードバックを行うための実験ツールになりうることを示唆する。

本研究は、日本学術振興会(JSPS)科学研究費補助金基盤研究A「非共型な結晶対称性を持つ強相関物質の電子状態観測とトポロジーの解明(課題番号:18H03683, 研究代表者:木村昭夫)」, 同基盤研究S「実用デバイスに向けたハーフメタルホイスラー合金のスピン依存伝導機構の解明(課題番号:17H06152, 研究代表者:宝野和博)」などの支援を受けて行われた。また実験は日本原子力研究開発機構の施設供用の採択課題(2018B-E24), 高輝度光科学研究センター(JASRI)の採択課題(2018B3842), および文部科学省委託事業ナノテクノロジープラットフォーム(A-18-AE-0042)の支援を受けてSPring-8 BL-23SUにて実施された。

(8) ホイスラー合金  $\text{Co}_2\text{Cr}(\text{Ga},\text{Si})$  におけるリエントラント・マルテンサイト変態機構の研究

Co基ホイスラー合金はハーフメタル材料の有力候補として知られているが、近年 $\text{Co}_2\text{CrGa}$ と $\text{Co}_2\text{CrSi}$ の混晶系において形状記憶効果が現れることが報告された[X. Xu *et al.*, Appl. Phys. Lett. **103**, 164104 (2013)]。形状記憶効果はマルテンサイト変態と密接に関連しており、高温における母相が冷却によってマルテンサイト相へと相転移することに起因している。しかし、 $\text{Co}_2\text{Cr}(\text{Ga},\text{Si})$ 合金では、マルテンサイト相をさらに冷却することによって再び母相が現れる、リエントラント挙動を示すことが明らかになっている。このような冷却誘起マルテンサイト逆変態を示す物質は非常に稀であり、金属では純鉄以外に類を見ない。

本研究では、光物性研究室, 東北大学電気通信研究所, 東北大学大学院工学研究科, 物質・材料研究機構, 日本原子力研究開発機構の共同研究として、 $\text{Co}_2\text{Cr}(\text{Ga},\text{Si})$ 合金に発現するリエントラント・マルテンサイト変態機構を電子状態の観点から明らかにすることを目的に、硬X線光電子分光, 軟X線磁気円二色性分光および第一原理計算を行った。実験はSPring-8 BL15XU, BL23SUにおいて行い300-20Kの範囲で温度依存性を測定した。



硬X線光電子分光により得られた価電子帯光電子分光スペクトルには、冷却を行うことで、フェルミ準位近傍の電子状態に顕著な変化が現れ、リエントラント・マルテンサイト変態を反映した電子状態が観測された。また、20Kでは300Kに比べてスピン磁気モーメントが大幅に増加することが軟X線磁気円二色性分光より明らかになった。これらの電子状態の変化は第一原理計算からも再現された。更に、母相のフェルミ準位近傍ではCo 3dおよびCr 3d軌道が高い状態密度を有していることが第一原理計算より明らかになり、これらが構造不安定性を誘起しマルテンサイト相を安定化させていると考えられる。

#### (9) 超高分解能角度分解光電子顕微分光装置 ( $\mu$ -ARPES) による高温超伝導体の不均一なエネルギーギャップの観測

角度分解光電子分光は、波数空間における電子構造を観測するのに最適な測定手段だが、実空間を分解できないのが弱点であった。本研究室では、紫外線レーザーを直径数  $\mu\text{m}$  のスポットに集光することで、超高分解能角度分解光電子顕微分光装置 ( $\mu$ -ARPES) の開発を進めた。平成28年度は、鉄系超伝導物質 FeSe について、 $\mu$ -ARPESにより試料不均一性を排除した局所バンド分散の観測を行い、電子液晶転移に伴うバンドのシフトを決定した。そして、鉄系の多秩序が絡む相図において、電子の軌道成分が大きな役割を果たしていることを示した。一方、高温超伝導の発現機構は、未だに統一した見解は得られておらず、秩序変数である超伝導ギャップの研究が発現機構の解明の鍵を握っている。走査型トンネル分光/顕微鏡を用いた研究では、銅酸化物高温超伝導体  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$  (Bi2212)の超伝導ギャップは、実空間でナノスケールの不均一性があることが報告されている[K. McElroy *et al.*, Phys. Rev. B **94**, 197005 (2005)]。一方で、銅酸化物高温超伝導体の特徴として、波数方向に異方的な  $d$  波超伝導ギャップを形成することが挙げられる。しかしながら、実空間不均一性が超伝導ギャップの振る舞いに与える影響はよくわかっていない。そこで本研究では、ギャップの波数依存性と空間依存性を同時に調べることを目的として、微小集光したレーザー( $h \cdot \nu = 6 \text{ eV}$ )を用いた高分解能のマイクロ角度分解光電子分光(ARPES)を使用して、不足ドーパBi2212 ( $T_c = 65 \text{ K}$ )の電子状態の実空間依存性を調べた。その結果、超伝導ギャップと擬ギャップの大きさの位置依存性が観測された。

#### (10) 新奇超伝導物質の電子構造の研究

銅酸化物系や鉄砒素系で発現する高温超伝導は、従来理論では説明のつかない現象として、興味を集めている。本研究グループでは、紫外線領域の集光レーザーや放射光を励起光とする高分解能角度分解光電子分光を用いて、新奇で多様な超伝導発現機構の解明に挑戦している。ルテチウム置換した層状リン化カルコゲナイド超伝導体  $\text{Zr}_{1-y}\text{Lu}_y\text{PX}$  ( $X = \text{S, Se}$ )の硬X線光電子分光実験を行い、超伝導を担う電子構造を世界で初めて直接的に観測した。Pの内殻準位が分裂していることを発見し、Pの主ピークがLu置換によって一気に0.8 eVほど移動することをつきとめた。これは、二次元平面を構成しているPの価数が -1 から0に変化したことを示しており、元素間の電子のやりとりの様子が判明した。他の元素の内殻準位についてもピーク位置の移動を報告し、移動量の元素依存性から、リジット・バンド描像による説明が難しく、Lu置換が価電子帯のバンド構造を質的に変化させていることを実証した。さらに、Luの置換量を増やすことで、フェルミ端のスペクトル強度が急激に増大することを示し、フェルミ準位における電子状態密度の増加が $T_c$ 向上に寄与していることを指摘した。これにより、層状リン化カルコゲナイド超伝導体のLu置換による電子構造の変化について多くの知見をもたらし、 $T_c$ 向上のしくみにつながる実験的証拠が提示された。

#### (11) ルテニウム酸化物超伝導体 $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ における多体効果の検証

ルテニウム酸化物 $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ は、異方的超伝導 ( $T_c \sim 1.5 \text{ K}$ ) が発現するのみならず、代表的な2次元強相関物質として知られている。電子状態の観点から超伝導機構を解明するには、超伝導発現に関わる電子・ボゾン相互作用と、強相関系の特徴である強い電子相関を分離し、定量評価することが理想的である。しかし、角度分解光電子分光(ARPES)で直接観測されたRu  $4d_{yz}, 4d_{xy}$ 軌道由来の電子バンドに働く相互作用の起源に関して解釈が分かれている。通常、電子相関とスピン軌道相互作用を取り入れた理論計算では、フェルミ準位近傍におけるバンドの繰り込みが過小評価され、ARPESやドハース・ファンアルフェン効果の測定結果を説明できない。従来は、この差分を満たす要因として、フェルミ準位近傍での複数のボゾンモードとの結合が主張されてきた[H. Iwasawa *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **105**, 226406 (2010)]。一方、近年の広波数領域のARPES測定から、増強したスピン軌道相互作用の導入により電子相関のみで繰り込みを再現できるとの主張もなされている[A. Tamai *et al.*, *Phys. Rev. X.* **9**, 021048 (2019)]。

そこで本研究では、広波数領域での電子・ボゾン相互作用を含めた多体効果の再検証を目的として、広島大学放射光科学研究センター (BL-1) において、高分解能ARPES実験を行った。広波数領域で観測したARPESスペクトルに対して、スペクトル形状解析からバンド分散を決定し、自己エネルギーの実部を導出した。その結果、波数に依らず、複数の構造が観測された。

#### (12) 高分解能 ARPES を用いた銅酸化物高温超伝導体の多体相互作用の評価

銅酸化物が示す高温超伝導のメカニズムの解明に向けて、角度分解光電子分光(ARPES)を用いた多体相互作用の評価が広く行われている。La系銅酸化物 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ (LSCO)は、結晶構造の3次元性が高いために良質なARPESスペクトルの取得が困難な系であったが、装置性能等の向上とともにスペクトルの質が改善し、より精度の高い多体相互作用の評価が可能となってきた。近年では、フェルミ準位近傍の電子の散乱確率が、エネルギー・波数に依存して、フェルミ液体的振る舞いから逸脱することが報告された[J. Chang *et al.*, *Nat. Commun.* **4**, 2559 (2013)]。一方、我々も高分解能ARPESにより、広エネルギー領域のバンド分散を検証し、反強磁性のスピン揺らぎのエネルギースケール(約 $0.3\text{eV}$ )で電子・電子相互作用由来と考えられるバンドの繰り込みが特徴付けられることを見出した。しかし、フェルミ準位近傍のバンドに働く相互作用を理解するためには、電子・電子相互作用だけでなく、電子・ボゾン相互作用を始めとした、その他の相互作用を含めた考察が必要である。

そこで本研究では、フェルミ準位近傍におけるLSCOの多体相互作用の働きを明らかにすることを目的として、最適ドーピングLSCO( $x=0.15$ )の高分解能ARPES測定を行った。実験は広島大学放射光科学センター及びスタンフォード放射光施設にて行った。電子・ボゾン相互作用を含まないとするバンド分散を二次関数により仮定し、実験で得られたバンド分散との差分を取ることで、電子・ボゾン相互作用を主に反映すると考えられる自己エネルギーの実部を導出したところ、特徴的な構造が約 $30\text{meV} \cdot 70\text{meV}$ に存在することから電子とボゾンの結合が強く示唆させる結果が得られた。

#### 原著論文

- [1] © X. Wang, J. Chen, M. Zheng, T. V. Menshchikova, I. P. Rusinov, E. F. Schwier, F. Orbanic, S. Wu, K. Sumida, T. Yoshikawa, K. Miyamoto, M. Nurmamat, T. Okuda, K. Shimada, M. Novak, E. V. Chulkov, A. Kimura, “Disentangling orbital and spin textures of surface-derived states in non-

- symmorphic semimetal HfSiS,” Phys. Rev. B **100**, 205140/1-7 (2019).
- [2] © T. Yoshikawa, K. Sumida, Y. Ishida, J. Chen, M. Nurmamat, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, S. Shin, A. Kimura, “Bidirectional surface photovoltage on a topological insulator,” Phys. Rev. B **100**, 165311/1-6 (2019).
- [3] © T. Kono, M. Kakoki, T. Yoshikawa, X. Wang, K. Sumida, K. Miyamoto, T. Muro, Y. Takeda, Y. Saitoh, K. Goto, Y. Sakuraba, K. Hono, A. Kimura, “Element-specific density of states of Co<sub>2</sub>MnGe revealed by resonant photoelectron spectroscopy,” Phys. Rev. B **100**, 165120/1-6 (2019).
- [4] © K. Sumida, M. Kakoki, J. Reimann, M. Nurmamat, S. Goto, Y. Takeda, Y. Saitoh, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, J. Güdde, U Höfer, A. Kimura, “Magnetic-impurity-induced modifications to ultrafast carrier dynamics in the ferromagnetic topological insulators Sb<sub>2-x</sub>V<sub>x</sub>Te<sub>3</sub>,” New J. Phys. **21**, 093006/1-8 (2019).
- [5] © M. Ye, T. Xu, G. Li, S. Qiao, Y. Takeda, Y. Saitoh, S.-Y. Zhu, M. Nurmamat, K. Sumida, Y. Ishida, S. Shin, A. Kimura, “Negative Te spin polarization responsible for ferromagnetic order in the doped topological insulator V<sub>0.04</sub>(Sb<sub>1-x</sub>Bi<sub>x</sub>)<sub>1.96</sub>Te<sub>3</sub>,” Phys. Rev. B **99**, 144413/1-7 (2019).
- [6] © K. Ito, Y. Yasutomi, S. Zhu, M. Nurmamat, Y. Takeda, Y. Saitoh, K. Toko, R. Akiyama, A. Kimura, T. Suemasu, “Manipulation of saturation magnetization and perpendicular magnetic anisotropy in epitaxial Co<sub>x</sub>Mn<sub>4-x</sub>N films,” Phys. Rev. B **101**, 104401/1-8 (2020).
- [7] © D. A. Estyunin, I. I. Klimovskikh, A. M. Shikin, E. F. Schwier, M. M. Otrokov, A. Kimura, S. Kumar, S. O. Filnov, Z. S. Aliev, M. B. Babanly, and E. V. Chulkov, “Signatures of temperature driven antiferromagnetic transition in the electronic structure of topological insulator MnBi<sub>2</sub>Te<sub>4</sub>,” APL Mater. **8**, 021105/1-7 (2020).
- [8] © K. Taguchi, K. Sumida, Y. Okuda, K. Miyamoto, A. Kimura, T. Oguchi, T. Okuda, “Spectroscopic evidence of quasi-one-dimensional metallic Rashba spin split bands on Si(111)5x2-Au surface,” Phys. Rev. B **101**, 045430/1-8 (2020).
- [9] © M. M. Otrokov, I. I. Klimovskikh, H. Bentmann, D. Estyunin, A. Zeugner, Z. S. Aliev, S. Gaß, A. U. B. Wolter, A. V. Koroleva, A. M. Shikin, M. Blanco-Rey, M. Hoffmann, I. P. Rusinov, A. Yu. Vyazovskaya, S. V. Ereemeev, Yu. M. Koroteev, V. M. Kuznetsov, F. Freyse, J. Sánchez-Barriga, I. R. Amiraslanov, M. B. Babanly, N. T. Mamedov, N. A. Abdullayev, V. N. Zverev, A. Alfonso, V. Kataev, B. Büchner, E. F. Schwier, S. Kumar, A. Kimura, L. Petaccia, G. Di Santo, R. C. Vidal, S. Schatz, K. Kißner, M. Ünzelmann, C. H. Min, Simon Moser, T. R. F. Peixoto, F. Reinert, A. Ernst, P. M. Echenique, A. Isaeva, and E. V. Chulkov, “Prediction and observation of an antiferromagnetic topological insulator,” Nature **576**, 416-422 (2019).
- [10] M. Novak, S. N. Zhang, F. Orbanic, N. Biliškov, G. Eguchi, A. Kimura, X. X. Wang, T. Osada, K. Uchida, M. Sato, O. V. Yazyev, Q. S. Wu, I. Kokanović, “Highly anisotropic interlayer magnetoresistance in ZrSiS nodal-line Dirac semimetal,” Phys. Rev. B **100**, 085137/1-7 (2019).
- [11] 木村昭夫: トポロジカル絶縁体の光駆動ディラック電流の観測-光周波数スピントロニクスに向けて- (解説), 応用物理 第 88 巻 7 号, pp.445-451 (2019).
- [12] H. Iwasawa, P. Dudin, K. Inui, T. Masui, T. K. Kim, C. Cacho, and M. Hoesch, “Buried double CuO chains in YBa<sub>2</sub>Cu<sub>4</sub>O<sub>8</sub> uncovered by nano-ARPES,” Phys. Rev. B **99**, 140510(R)/1-6 (2019).
- [13] M. D. Watson, P. Dudin, L. C. Rhodes, D. V. Evtushinsky, H. Iwasawa, S. Aswartham, S. Wurmehl, B. Büchner, M. Hoesch, and T. K. Kim, “Probing the reconstructed Fermi surface of antiferromagnetic BaFe<sub>2</sub>As<sub>2</sub> in one domain,” npj Quantum Mater. **4**, 36 (2019).



国際会議

(招待講演)

- [1] A. Kimura, “Incorporating Magnetism into Topological Materials,” International Workshop on “Variety and universality of bulk-edge correspondence in topological phases: From solid state physics to transdisciplinary concepts” [BE/BC2020F (Bulk-Edge/Boundary Correspondence)] (2020.2.28-29, Online).
- [2] A. Kimura, “Incorporating Magnetism into Topological Materials for Innovative Functions,” Materials Research Meeting (MRM2019) (2019.12.10-14, Yokohama Symposia, Yokohama, Japan).
- [3] A. Kimura, “Incorporating Magnetism into 2D Materials for Innovative Functions,” Workshop on Carrier Doping in two-dimensional layered materials: toward novel physical properties and electronic device applications (CA2D) (2019.11.4-5, Centro Congressi Federico II, Naples, Italy).
- [4] A. Kimura, “Incorporating magnetism into 2D materials for innovative functions” 32nd International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2019) (2019.10.30, International Conference Center Hiroshima, Hiroshima, Japan).
- [5] H. Iwasawa, “Angle-Resolved Photoelectron Spectroscopy,” MIRAI PhD School 2019: ELECTRONIC AND MAGNETIC PROPERTIES OF MATERIALS USING LARGE SCALE FACILITIES (2019.10.23, Hiroshima University, Japan).
- [6] H. Iwasawa, “Spatially-resolved Photoemission Spectroscopy of Surface Inhomogeneous Cuprate Systems,” 19th International Conference on Solid Films and Surfaces (ICSFS19) (2019.10.8, Aster Plaza, Hiroshima, Japan).
- [7] H. Iwasawa, “Spatially-resolved ARPES on High-Tc Cuprate Superconductors,” International Workshop on Strong Correlations and Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy (CORPES 2019) (2019.7.18, Oxford, UK).
- [8] H. Iwasawa, “Termination dependent electronic structure of YBCO studied by micro-ARPES,” Superstripes 2019 (2019.6.24, Ischia, Italy).

(一般講演)

- [1] K. Goto, Y. Sakuraba, Y. Miura, I. Kurniawan, A. Yasui, L. S. R. Kumara, Z. Chen, H. Tajiri, A. Kimura, K. Hono, “The atomic ordering dependence of valence electronic structure in half-metallic  $\text{Co}_2\text{Fe}(\text{Ga}_{0.5}\text{Ge}_{0.5})$  Heusler alloy observed by hard X-ray photoemission spectroscopy,” Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM)(2019.11.4-8, Rio All-Suites Hotel and Casino, Las Vegas, USA).
- [2] ©M. Nurmamat, T. Yoshikawa, X. X. Wang, H. Takemoto, S. Ereemeev, J. H. Chen, M. Kakoki, T. Kono, T. Muro, K. Zhang, S. Kumar, E. Schwier, K. Miyamoto, T. Okuda, K. Shimada, A. Kimura, “Direct evidence of the type-II bulk Dirac cone in transition metal dichalcogenides,” The 19th International Conference on Solid Films and Surfaces (ICSFS19) (2019.10.6-11, ASTER PLAZA, Hiroshima, Japan).
- [3] K. Goto, Y. Sakuraba, Y. Miura, I. Kurniawan, A. Yasui, L. S. R. Kumara, Z. Chen, H. Tajiri, A. Kimura and K. Hono, “The atomic ordering dependence of valence electronic structure in half-metallic  $\text{Co}_2\text{Fe}(\text{Ga}_{0.5}\text{Ge}_{0.5})$  Heusler alloy observed by hard X-ray photoemission spectroscopy,”

The 19th International Conference on Solid Films and Surfaces (ICSFS19) (2019.10.6-11, ASTER PLAZA, Hiroshima, Japan).

- [4] ©X. X. Wang, J. H. Chen, M. T. Zheng, M. Novak, F. Orbanic, E. F. Schwier, S. L. Wu, K. Sumida, T. Yoshikawa, K. Miyamoto, M. Nurmamat, T. Okuda, K. Shimada, and A. Kimura, “Spin-orbit coupling effect on bulk and surface states of the Dirac nodal line semimetal  $\text{Hf}_{1-x}\text{Zr}_x\text{SiS}$ ,” The 19th International Conference on Solid Films and Surfaces (ICSFS19) (Poster, 2019.10.6-11, ASTER PLAZA, Hiroshima, Japan).
- [5] ©T. Kono, M. Kakoki, T. Yoshikawa, X. Wang, K. Sumida, K. Miyamoto, T. Muro, Y. Takeda, Y. Saitoh, K. Goto, Y. Sakuraba, K. Hono, A. Kimura, “Element-specific density of states of  $\text{Co}_2\text{MnGe}$  revealed by resonant photoelectron spectroscopy,” The 19th International Conference on Solid Films and Surfaces (ICSFS19) (Poster, 2019.10.6-11, ASTER PLAZA, Hiroshima, Japan). \*Best Student Poster Award
- [6] ©T. Yoshikawa, T. Kono, M. Kakoki, K. Sumida, K. Miyamoto, Y. Takeda, Y. Saitoh, K. Goto, Y. Sakuraba, K. Hono, A. Kimura, “Unveiling spin-dependent unoccupied electronic states of  $\text{Co}_2\text{MnGe}$  (Ga) film via Ge (Ga)  $L_{2,3}$  absorption spectroscopy,” The 19th International Conference on Solid Films and Surfaces (ICSFS19) (Poster, 2019.10.6-11, ASTER PLAZA, Hiroshima, Japan).
- [7] ©Teruo Matsuda, Koji Miyamoto, Akio Kimura, Taichi Okuda, “Development of multi-channel spin-detector at HiSOR,” International Young Researchers Workshop on Synchrotron Radiation Science 2019 (Poster, 2019.9.3-4, Hiroshima University, Hiroshima, Japan).
- [8] ©S. Ishizaka, H. Takita, T. Kubo, T. Miyashita, W. Mansuer, K. Shimada, H. Namatame, S. Ueda, H. Kito, S. Ishida, K. Oka, Y. Gotoh, H. Fujihisa, Y. Yoshida, A. Iyo, H. Ogino, H. Eisaki, K. Kawashima, Y. Yanagi, A. Ino “Hard X-ray photoemission spectroscopy layered phosphide chalcogenide superconductors,  $(\text{Zr}_{1-y}\text{Lu}_y)\text{PX}$  ( $X = \text{S}, \text{Se}$ ),” International Young Researchers Workshop on Synchrotron Radiation Science 2019 (Poster, 2019.9.3-4, Hiroshima University, Hiroshima, Japan).
- [9] ©Xiaoxiao Wang, Jiahua Chen, Mingtian Zheng, Tatiana Menshchikova, Igor Rusinov, Eike F. Schwier, Filip Orbanic, Shilong Wu, Kazuki Sumida, Tomoki Yoshikawa, Koji Miyamoto, Munisa Nurmamat, Taichi Okuda, Kenya Shimada, Mario Novak, Evgueni V. Chulkov, Akio Kimura, “Disentangling Orbital and Spin Textures of the Surface-derived States in Non-symmorphic Semimetal  $\text{HfSiS}$ ,” International Young Researchers Workshop on Synchrotron Radiation Science 2019 (Poster, 2019.9.3-4, Hiroshima University, Hiroshima, Japan).
- [10] ©Hironoshin Oda, Hideaki Iwasawa, Syusuke Ozawa, Rikizo Yano, Satoshi Kashiwaya, Takao Sasagawa, Eike Fabian Schwier, Kenya Shimada, Akio Kimura, “Self-energy analysis on optimally-doped LSCO using high-resolution ARPES,” International Young Researchers Workshop on Synchrotron Radiation Science 2019 (Poster, 2019.9.3-4, Hiroshima University, Hiroshima, Japan).
- [11] T. Yoshikawa, Y. Ishida, K. Sumida, J. Chen, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, S. Shin, A. Kimura, “A bi-directional surface photovoltaic shift on the topological insulators,” International Young Researchers Workshop on Synchrotron Radiation Science 2019 (Poster, 2019.9.3-4, Hiroshima University, Hiroshima, Japan).
- [12] ©S. Ozawa, H. Iwasawa, M. Ochi, H. Oda, T. Yoshikawa, A. Kimura, T. Muro, Y. Yoshida, I. Hase, Y. Aiura, “Band renormalization effects on bulk electronic states in  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ ” International Young

Researchers Workshop on Synchrotron Radiation Science 2019 (Poster, 2019.9.3-4, Hiroshima University, Hiroshima, Japan).

- [13] ©Munisa Nurmamat, K. Okamoto, S. Y. Zhu, T. V. Menshchikova, I. P. Rusinov, Y. Ishida, K. Miyamoto, T. Okuda, T. Miyashita, X. X. Wang, K. Sumida, E. F. Schwier, M. Ye, Z. S. Aliev, M. B. Babanlyg, I. R. Amiraslanov, E. V. Chulkov, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, S. Shin, Akio Kimura “Topologically non-trivial phase change compound  $\text{GeSb}_2\text{Te}_4$ ,” International Young Researchers Workshop on Synchrotron Radiation Science 2019 (Poster, 2019.9.3-4, Hiroshima University, Hiroshima, Japan).
- [14] ©Mao Ye, Tao Xu, Gang Li, Shan Qiao, Yukiharu Takeda, Yuji Saitoh, Siyuan Zhu, Munisa Nurmamat, Kazuki Sumida, Yukiaki Ishida, Shik Shin, Akio Kimura, “Exchange interaction in ferromagnetic topological insulator V-doped  $(\text{Sb,Bi})_2\text{Te}_3$ ,” New Trends in Topological Insulators 2019 and Variety and universality of bulk-edge correspondence 2019 (NTTI 2019 and BEC 2019) (Oral, 2019.7.14-19, ASTER PLAZA, Hiroshima, Japan).
- [15] ©Dmitry A. Estyunin, I. I. Klimovskikh, A. M. Shikin, E. F. Schwier, A. Kimura, M. M. Otrokov, E. V. Chulkov, “Observation of the magnetic and topological phase transition by ARPES in antiferromagnetic topological insulator  $\text{MnBi}_2\text{Te}_4$ ,” New Trends in Topological Insulators 2019 and Variety and universality of bulk-edge correspondence 2019 (NTTI 2019 and BEC 2019) (Oral, 2019.7.14-19, ASTER PLAZA, Hiroshima, Japan).
- [16] ©Munisa Nurmamat, K. Okamoto, S. Y. Zhu, T. V. Menshchikova, I. P. Rusinov, Y. Ishida, K. Miyamoto, T. Okuda, T. Miyashita, X. X. Wang, K. Sumida, E. F. Schwier, M. Ye, Z. S. Aliev, M. B. Babanlyg, I. R. Amiraslanov, E. V. Chulkov, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, S. Shin, Akio Kimura, “Topologically non-trivial phase-change compound  $\text{GeSb}_2\text{Te}_4$ ” New Trends in Topological Insulators 2019 and Variety and universality of bulk-edge correspondence 2019 (NTTI 2019 and BEC 2019) (Oral, 2019.7.14-19, ASTER PLAZA, Hiroshima, Japan).
- [17] Gaku Eguchi, M. Taupin, C. Jiahua, K. Kuroda, A. Kimura, S. Paschen, “Light-sensitive surface transport in a bulk topological insulator,” New Trends in Topological Insulators 2019 and Variety and universality of bulk-edge correspondence 2019 (NTTI 2019 and BEC 2019) (Oral, 2019.7.14-19, ASTER PLAZA, Hiroshima, Japan).
- [18] Hiroshi Ito, Yuta Tomohiro, Takeru Shimano, Yukiaki Ishida, Ryota Akiyama, Akio Kimura, Shik Shin, Shinji Kuroda, “Surface Photovoltaic effect on the (111) surface of a topological crystalline insulator  $(\text{Pb,Sn})\text{Te}$ ,” New Trends in Topological Insulators 2019 and Variety and universality of bulk-edge correspondence 2019 (NTTI 2019 and BEC 2019) (Poster, 2019.7.14-19, ASTER PLAZA, Hiroshima, Japan).
- [19] ©Tomoki Yoshikawa, Yuto Kitayama, Xiaoxiao Wang, Hideaki Iwasawa, Masaaki Kakoki, Takashi Kono, Hironoshin Oda, Shusuke Ozawa, Shiv Kumar, Eike Schwier, Kenya Shimada, Takayuki Muro, Hiroshi Tanida, Akio Kimura, “Synchrotron radiation ARPES study of Dirac electron systems including rare earth elements,” New Trends in Topological Insulators 2019 and Variety and universality of bulk-edge correspondence 2019 (NTTI 2019 and BEC 2019) (Poster, 2019.7.14-19, ASTER PLAZA, Hiroshima, Japan).
- [20] ©Xiaoxiao Wang, Jiahua Chen, Mingtian Zheng, Tatiana V. Menshchikova, Igor P. Rusinov, Eike F. Schwier, Filip Orbanić, Shilong Wu, Kazuki Sumida, Tomoki Yoshikawa, Koji Miyamoto, Munisa Nurmamat, Taichi Okuda, Kenya Shimada, Mario Novak, Evgueni Chulkov, Akio Kimura,

“Disentangling Orbital and Spin Textures in surface-derived states in non-symorphic crystal HfSiS,” New Trends in Topological Insulators 2019 and Variety and universality of bulk-edge correspondence 2019 (NTTI 2019 and BEC 2019) (Poster, 2019.7.14-19, ASTER PLAZA, Hiroshima, Japan).

- [21] Takeru Shimano, Yuta Tomohiro, Ryo Ishikawa, Ryouta Akiyama, Yukiharu Takeda, Yuji Saitoh, Akio Kimura, Shinji Kuroda, “Magnetic Properties of IV-VI diluted magnetic semiconductor (Sn,Mn)Te thin films grown by MBE,” New Trends in Topological Insulators 2019 and Variety and universality of bulk-edge correspondence 2019 (NTTI 2019 and BEC 2019) (Poster, 2019.7.14-19, ASTER PLAZA, Hiroshima, Japan).

## 国内学会

(招待講演)

- [1] 岩澤英明, 「ナノ ARPES の研究動向」次世代放射光 ナノ光電子分光ワークショップ(2019年10月2日, 東京大学・本郷キャンパス)
- [2] 岩澤英明, Diamond Light Source I05 におけるマイクロ/ナノ ARPES, 最先端光電子分光で拓く量子物質科学研究に関するワークショップ (第24回 HiSOR 研究会) (2019年9月6日, 広島大学)
- [3] 岩澤英明, ナノ ARPES による局所電子状態の観測, 第11回放射光学会若手研究会, 「放射光を用いたナノ分光技術とスピントロニクスとの協奏 ～リサーチネットワークの形成に向けて～」(2019年8月23日, 東北大学).
- [4] 岩澤英明, 第3世代放射光を用いた最先端光電子分光, LASOR セミナー (2019年8月21日, 東京大学・物性研究所)

(一般講演)

- [5] ©Kazuki Sumida, Yuya Sakuraba, Keisuke Masuda, Takashi Kono, Masaaki Kakoki, Kazuki Goto, Koji Miyamoto, Yoshio Miura, Taichi Okuda, Akio Kimura, “Observation of Weyl Cones in Ferromagnetic Heusler Alloy Films  $\text{Co}_2\text{MnGa}$  by Spin- and Angle- Resolved Photoemission Spectroscopy,” 第67回応用物理学会春季学術講演会 (2020年3月12-15日, 上智大学・四谷キャンパス, 東京都千代田区)
- [6] 岩澤英明, Pavel Dudin, 乾 京介, 増井孝彦, Timur K. Kim, Cephise Cacho, Moritz Hoesch 「銅酸化物高温超伝導体  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  の nano-ARPES」日本物理学会第75回年次大会(2020年3月16-19日, 名古屋大学・東山キャンパス, 名古屋市)
- [7] 河野 嵩, 鹿子木将明, 吉川智己, Xiaoxiao Wang, 後藤一希, 室隆桂之, 梅津理恵, 木村昭夫 「軟 X 線 ARPES によるホイスラー型  $\text{Co}_2\text{MnGe}$  のハーフメタリックなバンド構造の観測」日本物理学会第75回年次大会(2020年3月16-19日, 名古屋大学・東山キャンパス, 名古屋市)
- [8] ©尾田拓之慎, 岩澤英明, 小澤秀介, 矢野力三, 柏谷 聡, 笹川崇男, E. F. Schiwier, 島田賢也, 木村昭夫 「銅酸化物高温超伝導体  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  の高分解能 ARPES」日本物理学会第75回年次大会 (2020年3月16-19日, 名古屋大学・東山キャンパス, 名古屋市)
- [9] ©石坂仁志, 田北仁志, 久保拓也, 宮下剛夫, Wumiti Mansuer, 木村昭夫, 島田賢也, 上田茂典, 鬼頭 聖, 石田茂之, 岡 邦彦, 後藤義人, 藤久裕司, 吉田良行, 伊豫 彰, 荻野 拓, 永崎 洋, 川島健司, 柳 陽介, 井野明洋 「Si 置換した層状リン化カルコゲナイド超伝導体

- Zr(P<sub>1-x</sub>, Si<sub>x</sub>)Se の硬 X 線光電子分光」日本物理学会第 75 回年次大会 (2020 年 3 月 16-19 日, 名古屋大学・東山キャンパス, 名古屋市)
- [10] ◎白石海人, Mario Novak, 吉川智己, 河野 嵩, Shiv Kumar, Eike F. Schvier, 島田賢也, Sergey V. Eremeev, 木村昭夫「Eu 系アキシオン絶縁体候補物質の ARPES」日本物理学会第 75 回年次大会 (2020 年 3 月 16-19 日, 名古屋大学・東山キャンパス, 名古屋市)
- [11] ◎今井健人, 加藤和貴, 松田旭央, Jiahua Chen, 宮本幸治, 木村昭夫, 奥田太一「TiBiSe<sub>2</sub> および TiBiSe<sub>2</sub> における温度誘起トポロジカル相転移の光電子分光による研究」第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (2020 年 1 月 10-12 日, ウィンクあいち, 名古屋市)
- [12] Kazuki Goto, Yuya Sakuraba, Yoshio Miura, Ivan Kurniawan, Akira Yasui, Kumara Rosantha, Chen Zixi, Tajiri Hiroo, Akio Kimura, Kazuhiro Hono, “The atomic ordering dependence of valence electronic structure in half-metallic Co<sub>2</sub>Fe(Ga<sub>0.5</sub>Ge<sub>0.5</sub>) Heusler alloy observed by hard X-ray photoemission spectroscopy,” 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 (2019 年 9 月 18-21 日, 北海道大学・札幌キャンパス, 札幌市)
- [13] ◎吉川智己, 河野 嵩, 鹿子木将明, 角田一樹, 宮本幸治, 竹田幸治, 斎藤祐児, 後藤一希, 桜庭裕弥, 宝野和博, 木村昭夫「フルホイスラー合金 Co<sub>2</sub>MnGe(Ga) 薄膜の Ge(Ga) L<sub>2,3</sub> 端における磁気円二色性スペクトル」第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 (2019 年 9 月 18-21 日, 北海道大学・札幌キャンパス, 札幌市)
- [14] ◎鹿子木将明, 角田一樹, 河野 嵩, 後藤一希, 宮本幸治, 奥田太一, 桜庭裕弥, 宝野和博, 木村昭夫「Co<sub>2</sub>MnSi 合金薄膜のバンド分解したスピン分極率の観測」第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 (2019 年 9 月 18-21 日, 北海道大学・札幌キャンパス, 札幌市)
- [15] ◎河野 嵩, 鹿子木将明, 吉川智己, Wang Xiaoxiao, 角田一樹, 宮本幸治, 室隆桂之, 竹田幸治, 斎藤祐児, 後藤一希, 桜庭裕弥, 宝野和博, 木村昭夫「共鳴光電子分光による Co<sub>2</sub>MnGe の部分状態密度の観測」第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 (2019 年 9 月 18-21 日, 北海道大学・札幌キャンパス, 札幌市)
- [16] ◎Nuramat Munisa, Wang Xiaoxiao, Takemoto Hiroko, Yoshikawa Tomoki, Chen Jiahua, Kakoki Masaaki, Kono Takashi, Zhang Ke, Kumar Shiv, Schvier Eike, Shimada Kenya, Miyamoto Koji, Okuda Taichi, Kimura Akio, “Direct evidence of the bulk Dirac cone in the transition metal dichalcogenides,” 日本物理学会 2019 年秋季大会 (2019 年 9 月 10-13 日, 岐阜大学・柳戸キャンパス, 岐阜市)
- [17] ◎吉川智己, 河野 嵩, 鹿子木将明, 角田一樹, 宮本幸治, 竹田幸治, 斎藤祐児, 後藤一希, 桜庭裕弥, 宝野和博, 木村昭夫「ホイスラー合金 Co<sub>2</sub>MnGe(Ga) 薄膜の Ge(Ga) L<sub>2,3</sub> 端における磁気円二色性スペクトル」日本物理学会 2019 年秋季大会 (2019 年 9 月 10-13 日, 岐阜大学・柳戸キャンパス, 岐阜市)
- [18] ◎鹿子木将明, 角田一樹, 河野 嵩, 後藤一希, 宮本幸治, 奥田太一, 桜庭裕弥, 宝野和博, 木村昭夫「Co<sub>2</sub>MnSi 合金薄膜のバンド分解したスピン偏極率の観測」日本物理学会 2019 年秋季大会 (2019 年 9 月 10-13 日, 岐阜大学・柳戸キャンパス, 岐阜市)
- [19] ◎Xiaoxiao Wang, Jiahua Chen, Mingtian Zheng, Tatiana Menshchikova, Igor Rusinov, Eike Schvier, Filip Orbanic, Shilong Wu, Kazuki Sumida, Tomoki Yoshikawa, Koji Miyamoto, Munisa Nuramat, Taichi Okuda, Kenya Shimada, Mario Novak, Evgueni Chulkov, Akio Kimura, “Disentangling Orbital and Spin Textures in Dirac Nodal-Line Semimetal HfSiS,” 日本物理学会 2019 年秋季大会 (2019 年 9 月 10-13 日, 岐阜大学・柳戸キャンパス, 岐阜市)



- [20] ◎河野 嵩, 鹿子木将明, 吉川智己, Xiaoxiao Wang, 角田一樹, 宮本幸治, 室隆桂之, 竹田幸治, 斎藤祐児, 後藤一希, 桜庭裕弥, 宝野和博, 木村昭夫「共鳴光電子分光によるホイスラー型  $\text{Co}_2\text{MnGe}$  薄膜の部分状態密度の観測」日本物理学会 2019 年秋季大会 (2019 年 9 月 10-13 日, 岐阜大学・柳戸キャンパス, 岐阜市)
- [21] ◎竹本紘子, Nurmatat Munisa, Wang Xiaoxiao, 吉川智己, Chen Jiahua, 鹿子木将明, 河野嵩, Zhang Ke, Kumar Shiv, Schwier Eike, 島田賢也, 宮本幸治, 奥田太一, 木村昭夫「遷移金属ダイカルコゲナイドにおけるバルクディラックコーンの直接観測」日本物理学会 2019 年秋季大会 (2019 年 9 月 10-13 日, 岐阜大学・柳戸キャンパス, 岐阜市)
- [22] ◎吉川智己, 北山悠斗, Wang Xiaoxiao, 岩澤英明, 鹿子木将明, 河野 嵩, 尾田拓之慎, 小澤秀介, Shiv Kumar, Eike Schwier, 島田賢也, 室隆桂之, 谷田博司, 木村昭夫「希土類元素を含むディラック電子系の放射光 ARPES」日本物理学会 2019 年秋季大会 (2019 年 9 月 10-13 日, 岐阜大学・柳戸キャンパス, 岐阜市)
- [23] ◎尾田拓之慎, 岩澤英明, 小澤秀介, 矢野力三, 柏谷 聡, 笹川崇男, E. F. Schwier, 島田賢也, 木村昭夫「高分解能 ARPES を用いた銅酸化物高温超伝導体  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  の自己エネルギー解析」日本物理学会 2019 年秋季大会 (2019 年 9 月 10-13 日, 岐阜大学・柳戸キャンパス, 岐阜市)
- [24] ◎小澤秀介, 岩澤英明, 尾田拓之慎, 吉川智己, 木村昭夫, 室隆桂之, 吉田良行, 長谷 泉, 相浦義弘「 $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  のバルク電子状態における繰り込み効果」日本物理学会 2019 年秋季大会 (2019 年 9 月 10-13 日, 岐阜大学・柳戸キャンパス, 岐阜市)
- [25] ◎今井健人, 加藤和貴, Jiahua Chen, 宮本幸治, 木村昭夫, 奥田太一「 $\text{TlBi}(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_2$  の温度誘起トポロジカル相転移の光電子分光による研究」日本物理学会 2019 年秋季大会 (2019 年 9 月 10-13 日, 岐阜大学・柳戸キャンパス, 岐阜市)
- [26] ◎石坂仁志, 田北仁志, 久保拓也, 宮下剛夫, Wumiti Mansuer, 島田賢也, 生天目博文, 上田茂典, 鬼頭 聖, 石田茂之, 岡 邦彦, 後藤義人, 藤久裕司, 吉田良行, 伊豫 彰, 荻野拓, 永崎 洋, 川島健司, 柳 陽介, 井野明洋「Hard X-ray photoemission spectroscopy layered phosphide chalcogenide superconductors,  $(\text{Zr}_{1-y}\text{Lu}_y)\text{PX}$  ( $X = \text{S}, \text{Se}$ )」最先端光電子分光で拓く量子物質科学研究に関するワークショップ (2019 年 9 月 5-6 日, 広島大学・東広島キャンパス)
- [27] ◎小澤秀介, 岩澤英明, 越智正之, 尾田拓之慎, 吉川智己, 木村昭夫, 室隆桂之, 吉田良行, 長谷 泉, 相浦義弘「軟 X 線角度分解光電子分光による  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  の電子状態の研究」最先端光電子分光で拓く量子物質科学研究に関するワークショップ (2019 年 9 月 5-6 日, 広島大学・東広島キャンパス)
- [28] ◎尾田拓之慎, 岩澤英明, 小澤秀介, 矢野力三, 柏谷 聡, 笹川崇男, E. F. Schwier, 島田賢也, 木村昭夫「高分解能 ARPES を用いた銅酸化物高温超伝導体  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  の自己エネルギー解析」最先端光電子分光で拓く量子物質科学研究に関するワークショップ (2019 年 9 月 5-6 日, 広島大学・東広島キャンパス)
- [29] ◎吉川智己, 角田一樹, 石田行章, 陳 家華, M. Nurmatat, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, 辛 埴, 木村昭夫「トポロジカル絶縁体  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  における両極性表面光起電力シフト」最先端光電子分光で拓く量子物質科学研究に関するワークショップ (2019 年 9 月 5-6 日, 広島大学・東広島キャンパス)
- [30] ◎Xiaoxiao Wang, Jiahua Chen, Mingtian Zheng, Tatiana Menshchikova, Igor Rusinov, Eike F. Schwier, Filip Orbanić, Shilong Wu, Kazuki Sumida, Tomoki Yoshikawa, Koji Miyamoto, Munisa



Nurmamat, Taichi Okuda, Kenya Shimada, Mario Novak, Evgueni V. Chulkov, Akio Kimura  
「Disentangling Orbital and Spin Textures of the Surface-derived States in Non-symmorphic Semimetal HfSiS」最先端光電子分光で拓く量子物質科学研究に関するワークショップ  
(2019年9月5-6日, 広島大学・東広島キャンパス)

- [31] ©Munisa Nurmamat, K. Okamoto, S. Y. Zhu, T. V. Menshchikova, I. P. Rusinov, Y. Ishida, K. Miyamoto, T. Okuda, T. Miyashita, X. X. Wang, K. Sumida, E. F. Schwier, M. Ye, Z. S. Aliev, M. B. Babanlyg, I. R. Amiraslanov, E. V. Chulkov, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, S. Shin, Akio Kimura 「Topologically non-trivial phase change compound GeSb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub>」最先端光電子分光で拓く量子物質科学研究に関するワークショップ (2019年9月5-6日, 広島大学・東広島キャンパス)
- [32] ©松田旭央, 宮本幸治, 木村昭夫, 奥田太一 「マルチチャンネルスピン検出器の開発」最先端光電子分光で拓く量子物質科学研究に関するワークショップ (2019年9月5-6日, 広島大学・東広島キャンパス)
- [33] ©岩澤英明, 田北仁志, 後藤一希, Wumiti Mansuer, 宮下剛夫, E. F. Schwier, 井野明洋, 島田賢也, 相浦義弘 「顕微 ARPES 測定手法の精密化・効率化」最先端光電子分光で拓く量子物質科学研究に関するワークショップ (2019年9月5-6日, 広島大学・東広島キャンパス)

#### 学生の学会発表実績

##### (国際会議)

- 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 10 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 14 件
- 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 8 件

##### (国内学会)

- 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 21 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 22 件
- 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 17 件

#### セミナー・講演会開催実績

##### ○ 学会開催

- [1] 木村昭夫 : New Trends in Topological Insulators 2019 and Variety and Universality of Bulk-edge Correspondence 2019 (NTTI 2019 and BEC 2019) (2019年7月14-19日, 96名, 広島アステールプラザ, 組織委員長)
- [2] 木村昭夫 : The 19th International Conference on Solid Films and Surfaces (ICSFS19) (2019年10月6-11日, 74名, 広島アステールプラザ, 組織委員長)
- [3] 岩澤英明 : International Young Researchers Workshop on Synchrotron Radiation Science 2019 (放射光科学若手国際ワークショップ) (2019年9月3-4日, 63名, 広島大学理学部, 実行委員長)
- [4] 岩澤英明 : 最先端光電子分光で拓く量子物質科学研究に関するワークショップ (第24回 HiSOR 研究会) (2019年9月6日, 29名, 広島大学理学部, 実行委員長)

社会活動・学外委員

○ 学協会委員

- [1] 木村昭夫: Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena (Elsevier 社), Editorial Board Member
- [2] 木村昭夫: 日本放射光学会評議委員会・委員 (2018 年 10 月-2020 年 9 月)
- [3] 木村昭夫: 日本物理学会・領域 5・副代表 (任期 2019.04-2020.03)
- [4] 木村昭夫: 日本物理学会・代議委員
- [5] 木村昭夫: 日本表面科学会・国際事業委員会・委員
- [6] 木村昭夫: VUV・SX 高輝度光源利用者懇談会・幹事
- [7] 木村昭夫: SPring-8 ユーザー共同体 広報・渉外幹事
- [8] 岩澤英明: Scientific Reports (Nature research 社), Editorial Board Member

○ 外部評価委員等

- [1] 木村昭夫: 東京大学物性研究所 軌道放射物性研究施設運営委員会・委員
- [2] 木村昭夫: SPring-8 選定委員会・委員
- [3] 木村昭夫: SPring-8 利用研究課題審査委員会・審査員
- [4] 木村昭夫: 次世代放射光施設利用研究検討委員会・委員
- [5] 木村昭夫: 磁性・スピントロニクス材料科学ビームライン検討グループ・代表
- [6] 木村昭夫: 広島大学放射光科学研究センター運営委員会・委員
- [7] 木村昭夫: 広島大学放射光科学研究センター協議会・委員
- [8] 岩澤英明: ナノ光電子分光ビームライン・アドバイザー

○ 国際共同研究・国際会議開催実績

(国際共同研究)

- [1] 木村昭夫: 化学量論組成に基づいた磁性トポロジカル絶縁体の電子状態に関する国際共同研究・スペイン
- [2] 木村昭夫: トポロジカル絶縁体・超伝導体の電子輸送現象に関する国際共同研究・オーストリア
- [3] 木村昭夫: 磁性ワイル半金属に関する国際共同研究・クロアチア
- [4] 木村昭夫: 角度分解光電子分光を用いた磁性トポロジカル絶縁体超構造に関する国際共同研究・ロシア
- [5] 木村昭夫: ポンププローブ ARPES を用いた国際共同研究・ドイツ
- [6] 木村昭夫: ドープ型磁性トポロジカル絶縁体のキャリアダイナミクスに関する国際共同研究・中国
- [7] 木村昭夫: 磁性形状記憶合金の電子構造の研究・スペイン
- [8] 木村昭夫: ホイスラー合金のスピン依存電子状態に関する国際共同研究・オーストリア
- [9] 木村昭夫: 第一原理計算を用いたディラック物質の電子構造に関する国際共同研究・ロシア
- [10] 木村昭夫: 巨大磁気抵抗効果材料の電子構造に関する国際共同研究・韓国

(国際会議開催実績)

- [1] 木村昭夫 : International Workshop on New Trends in Topological Insulators 2019 (NTTI2019)・広島市・2019年7月14-19日
- [2] 木村昭夫 : 19th International Conference on Solid Films and Surfaces (ICSFS19)・広島市・2019年10月6-11日
- [3] 岩澤英明 : International Young Researchers Workshop on Synchrotron Radiation Science 2019・広島大学(東広島市)・2019年9月3-4日

○ 研究助成金の受入状況

- [1] 木村昭夫 : 科学研究費補助金 基盤研究(A)(2018-2022年度)(代表)「非共型な結晶対称性を持つ強相関物質の電子状態観測とトポロジーの解明」, 4,400千円(2019年度直接経費)
- [2] 木村昭夫 : 科学研究費補助金 基盤研究(S)(2017-2021年度)(分担)「トポロジカル相でのバルク・エッジ対応の多様性と普遍性: 固体物理を越えて分野横断へ」, 8,100千円(2019年度直接経費)
- [3] 木村昭夫 : 科学研究費補助金 基盤研究(S)(2017-2021年度)(分担)「実用デバイスに向けたハーフメタルホイスラー合金のスピン依存伝導機構の解明」, 2,500千円(2019年度直接経費)
- [4] 木村昭夫 : 科学研究費補助金 基盤研究(B)(2018-2022年度)(代表)「トポロジカル結晶絶縁体におけるトポロジカル状態の外場による変調とデバイス応用」, 500千円(2019年度直接経費)
- [5] 木村昭夫 : 広島大学創発的物性物理研究拠点(2016-2019年度)(代表), 1,630千円(2019年度)
- [6] 木村昭夫 : 公益財団法人中国電力技術研究財団 国際会議等開催助成(2019年度)(代表), 100千円(2019年度直接経費)
- [7] 岩澤英明 : 科学研究費補助金 基盤研究(C)(2019-2021年度)(代表)「光電子顕微分光による銅酸化物高温超伝導のアンドレーエフ束縛状態の観測」, 1,600千円(2019年度直接経費)
- [8] 岩澤英明 : 村田学術振興財団 研究者海外派遣援助(2019年度)(代表)「Uncovering electron dynamics in the one-dimensional CuO chains of Y-based high-Tc cuprates by spatially resolved ARPES」, 440千円(2019年度直接経費)
- [9] 岩澤英明 : 広島大学 ネットワーク形成支援助成(2019年度)(代表)「支援事業: 放射光科学若手国際ワークショップ」, 150千円(2019年度直接経費)
- [10] 岩澤英明 : 東広島市 東広島市学術振興等補助(2019年度)(代表)「支援事業: 放射光科学若手国際ワークショップ」, 150千円(2019年度直接経費)
- [11] 岩澤英明 : 東広島市 東広島市学術振興等補助(2019年度)(代表)「支援事業: 最先端光電子分光で拓く量子物質科学研究に関するワークショップ」, 150千円(2019年度直接経費)

## ○分子光科学グループ

### 研究活動の概要

本研究グループでは、光と分子の相互作用を解明する分子光科学領域の構築を目指して、広島大学HiSORやSPring-8の高輝度放射光、自由電子レーザー、フェムト秒パルスレーザーなど様々な光源を用いてナノマテリアルやバイオ関連分子の電子状態を調べ、機能や物性、反応機構の解明に取り組んでいる。特に近年、自己組織化有機単分子膜や機能性有機ナノ結晶、金属ナノ粒子、有機金属錯体、包接化合物などの分子系に着目した研究を進めている。

#### ☆自己組織化有機単分子膜を利用した物性研究（和田，関谷）

表面分子系の中でも特に、分子間相互作用により表面上に分子が規則正しく配向して吸着する自己組織化有機単分子膜（SAM）に着目した研究を実施している。SAMは、末端官能基の特性を生かした機能性表面としての利用や、分子鎖の特性を生かした分子デバイスとしての利用など、工学、生物学、医学など様々な分野への応用が期待されている。2019年度は、鎖長が異なる芳香鎖SAMの単分子電荷移動ダイナミクス研究やナノ活性材料のためのSAM被覆金ナノ粒子の合成・評価を実施した。

分子-基板界面の電荷移動過程の理解は有機エレクトロニクスにおいて不可欠である。基板上分子の電荷移動度の評価法として、内殻共鳴励起によるコアホール・クロック（CHC）法がある。内殻電子を共鳴励起すると共鳴オーজে電子が観測されるが、励起電子が内殻正孔の失活より速く金属基板に電荷移動するとノーマルオーজে電子が観測される。CHC法では、共鳴オーজেとノーマルオーजेの比率から、数フェムト秒の内殻寿命を基準として分子から基板への電荷移動速度を評価することができる。一方、内殻励起によるイオン脱離反応では、最表面に配向したSAMの末端官能基で選択的な脱離が顕著に観測されるが、この反応も表面官能基から基板への電荷移動が深く関与している。そこで本年度は、異なる分子鎖を持つメチルエステル修飾SAMについて、分子内電荷移動速度を評価した。分子鎖長に依存した脱離イオンの断片化の違いは、結合解離時の余剰エネルギーの分配を基にした動力学解析から評価することができた。一方オーজে電子分光では、電荷移動に伴う共鳴オーজে収量の減少を観測し、それぞれのSAMの電荷移動速度を見積もることができた。そして分子鎖導電性に応じた選択的イオン脱離反応の断片化ダイナミクスと電荷移動速度との相関を確認することができた。軟X線放射光を用いた非接触かつ広いダイナミックレンジでの分子導電性評価法の確立に向けて更に研究を展開している。本研究での脱離イオン計測を広島大学のHiSORでも実施するため、引き続きパルス電場式飛行時間型イオン質量分析装置の開発も進めている。併せてビームラインBL13の直線偏光度の計測・決定も実施した。

金ナノ粒子はもともと古くから研究されているナノ粒子であり、ナノ粒子の大きさや形状・表面の化学的特性や凝集状態を変化させることで粒子の光学的・電子的特性を調整することができる。特にその表面を官能基を有したSAMで修飾することによって、新たな機能を付加したナノ粒子やナノ構造体を容易に構成することができる。我々は液中パルスレーザーアブレーション法を採用することで、従来の化学的な合成法では不可能な直径10nm程度のベアな金ナノ粒子の合成に成功した。有機被覆したナノ粒子やその巨大球状凝集体、ナノ粒子接合ワイヤーのコントロール合成を進めている。

#### ☆自由電子レーザーや超短パルス光学レーザーを利用した反応ダイナミクス研究（和田）

X線自由電子レーザー（XFEL）はこれまでのX線を遙かに凌駕する全く新しいパルスX線発

生源である。高輝度・高コヒーレント・超短パルスという特性を持つこの新しいX線を用いることで、有機ナノ結晶や非結晶化タンパク質のような、従来の手法では計測できなかった微小試料単体での三次元構造解析や構造変化の高速時分割測定が可能となる。我々は、日本のXFEL施設SACLAの性能を生かした、光励起反応中の機能性有機ナノ結晶や光応答タンパク質の原子の動きを捉えるダイナミックイメージングを目指した研究を推進している。また、このような高強度X線集光パルスと物質との相互作用は未知の領域でもあり、引き起こされる反応素過程・反応ダイナミクス of 解明もまたSACLAを用いて初めて可能となる新しい研究分野である。

2019年度は、SACLAの集光X線パルスと光学フェムト秒レーザーを同期併用することで、以下の成果を公表した。本研究はアメリカやヨーロッパ各国および中国との国際共同研究で実施している。

- (1) 多原子分子をターゲットに、X線吸収中心から電荷が分子内緩和する様子を実時間計測することに成功した。本研究で得られた成果は2019年5月にプレスリリースし、メディアに掲載された。
- (2) 希ガス原子クラスターへのXFELパルス照射によって、ナノメートルサイズの微小プラズマを生成させ、その生成および崩壊の様子を実時間で捉えることに成功した。また小角X線散乱計測によってナノスケールの単粒子の構造解明に成功した。

また、SACLAを用いた構造と機能の相関解明を目指す研究として光応答機能性有機ナノ結晶の研究を進めている。そこで、実験室ベースの研究として光学フェムト秒パルスレーザーを用いた超高速過渡吸収分光システムを整備し、ジアセチレン有機ナノ結晶の紫外光照射による固相重合・相転移プロセスの解明を目指した過渡吸収計測実験を東北大学多元物質科学研究所との共同研究で実施した。ピコ秒オーダーの反応初期過程と、その後のマイクロ秒オーダーでの多量体化の様子を捉えることに成功した。

#### ☆有機分子の内殻励起状態選択的解離の解離機構の解明（関谷）

内殻共鳴励起を利用すると、分子内の特定原子の内殻電子を結合性の異なる非占有電子軌道に選択的に励起することができる。内殻に正孔を持つ原子は核電荷が1つ増えた原子として振舞うことから、内殻励起状態での結合長や結合角の変化が起きる。内殻正孔はオージェ過程により短時間 ( $10^{-15}$ ~ $10^{-14}$ 秒) に崩壊するが、励起先の軌道が強い反結合性である場合にはオージェ過程より早く結合の切断が起きる場合が知られている。また内殻励起状態だけでなくオージェ崩壊後にも特異な解離過程が起きる。このような反応は、サイト選択的結合切断と呼ばれ、その探索と反応機構の解明が内殻励起反応の研究における最重要研究課題となっている。これまでに内殻励起で状態選択的解離の報告がされている酢酸メチルやメタノールについて理論計算からアプローチし、酸素内殻励起での吸収スペクトルと励起後の分子動力学的計算を行った。実験で報告されている各分子での内殻吸収スペクトルを再現するとともに、励起先の分子軌道の性質を調べた。また、内殻共鳴励起状態や内殻イオン化状態について、分子動力学により分子のポテンシャル中での各原子の座標位置の変化より原子間結合長の時間発展についても調べた。これらの結果より、各分子での特徴的なイオンの選択的な解離のおこる内殻共鳴励起について、励起状態の性質と解離の関係を明らかにした。

#### ☆シクロデキストリン包接体の電子状態と包接構造の研究（吉田）

シクロデキストリン(以下CyD)は、グルコースが環状に連なった天然に存在する糖である。その分子構造は穴の開いた円錐台のような形をしており、結合したグルコースの数が6, 7, 8



個のものをそれぞれ $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -CyDと呼ぶ。グルコースのヒドロキシメチル基 (-CH<sub>2</sub>OH基) が空洞を塞ぐように配向するのに対し, その他のヒドロキシ基 (-OH基) は空洞の外側に配向する。そのため, 外縁部が親水性, 壁面部が疎水性という特徴があり, 内部に疎水性物質を取り込むことができる。この現象を「包接」という。内部空洞内に包接されるゲスト物質はさまざまであり, 疎水性の有機分子や金属イオンなどを取り込む。本年度は有機分子としてリポ酸, 金属イオンとして銅イオンについて, 軟X線吸収分光, 可視吸収分光, 軟X線光電子分光などさまざまな実験を行い, シクロデキストリン包接体の電子状態と包接構造の研究を行った。

#### (1) 電子スペクトル測定によるシクロデキストリン包接された $\alpha$ -リポ酸の構造研究

$\alpha$ -リポ酸 (ALA) は, 環状のS-S結合, 不斉炭素, カルボキシル基をもつ有機化合物である。天然にはR体のみが存在し, 人体に有用であるが, 熱や光によって容易に分解してしまう。この問題の解決方法の一つとしてシクロデキストリン (CyD) が用いられている。 $\gamma$ -CyDに包接されたALA (ALA@ $\gamma$ -CyD) は熱や光などに対する安定性が向上することが知られているが, 包接時の詳しい構造はよく分かっておらず, 包接に大きく関与していると思われる硫黄原子に着目して研究を行った。

HiSORのBL-7でALAとALA@ $\gamma$ -CyD のS2p領域の軟X線光電子分光を行った。得られたS2p内殻光電子スペクトルのピークフィッティングを行った結果, ALAは2成分, ALA@ $\gamma$ -CyDは3成分で実験データを再現することができた。ALA@ $\gamma$ -CyDに新たに現れた成分は包接によるものと考えられる。また各ピークの面積比の違いも考慮し,  $\gamma$ -CyDに包接されたALAの構造について検討を行った。

#### (2) 軟X線吸収分光による銅包接シクロデキストリンの電子状態の研究

3d遷移金属である銅はCyDと相互作用する金属の中でも比較的多く研究されてきた物質であり, 強アルカリ条件下で包接体 (以下Cu@CyD) を形成することが知られている。これまではX線回折やNMRを用いた構造解析が中心であり, 電子状態に着目した研究例は非常に少ない。そこで軟X線および可視吸収分光法を用いて, CyDとCu@CyDの電子状態に関する詳細な知見を得ることを目的として研究を行った。 $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -CyD を用いてCu@CyDを作成して軟X線吸収分光を行い, O1sとCu2p内殻軌道からの電子遷移について調べた。

$\alpha$ -CyDとCu@ $\alpha$ -CyDのO1s領域の軟X線吸収スペクトルをHiSORのBL6で測定し比較した。包接による変化の情報を抽出するため差分スペクトルを算出し, ピークフィッティングを行った結果532.0 eVおよび533.9 eV付近に包接によって新たに生じたと考えられる成分を見出した。前者はCyD内部のCuとOの結合に起因する軌道への内殻電子遷移によるものだと考えられ, 後者はCu同士を結びつけるBridge上のOHの結合に起因する軌道への内殻電子遷移によるものだと考えられる。これらのピークは $\beta$ -CDおよび $\gamma$ -CDに包接された場合にも観測され, エネルギーや強度比についての考察を行った。

また, Cu@CyDの可視吸収スペクトルも $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -CyDについてそれぞれ測定を行い, d-d遷移ピーク波長のシフトについて, d軌道分裂幅の変化の観点から考察を行った。

#### 原著論文

- [1] H. Fukuzawa, T. Takanashi, E. Kukk, K. Motomura, S. Wada, K. Nagaya, Y. Ito, T. Nishiyama, C. Nicolas, Y. Kumagai, D. Iablonskyi, S. Mondal, T. Tachibana, D. You, S. Yamada, Y. Sakakibara, K. Asa, Y. Sato, T. Sakai, K. Matsunami, T. Umemoto, K. Kariyazono, S. Kajimoto, H. Sotome, P. Johnsson, M.S. Schöffler, G. Kastirke, K. Kooser, X.-J. Liu, T. Asavei, L. Neagu, S. Molodtsov, K.



- Ochiai, M. Kanno, K. Yamazaki, S. Owada, K. Ogawa, T. Katayama, T. Togashi, K. Tono, M. Yabashi, A. Ghosh, K. Gokhberg, L.S. Cederbaum, A.I. Kuleff, H. Fukumura, N. Kishimoto, A. Rudenko, C. Miron, H. Kono, and K. Ueda, “Real-time observation of X-ray-induced intramolecular and interatomic electronic decay in CH<sub>2</sub>I<sub>2</sub>” *Nat. Commun.* **10**, 2186(1-8) (2019).
- [2] R. Obaid, K. Schnorr, T.J.A. Wolf, T. Takanashi, N.G. Kling, K. Kooser, K. Nagaya, S. Wada, L. Fang, S. Augustin, D. You, E.E.B. Campbell, H. Fukuzawa, C.P. Schulz, K. Ueda, P. Lablanquie, T. Pfeifer, E. Kukk, and N. Berrah, “Photo-ionization and fragmentation of Sc<sub>3</sub>N@C80 following excitation above the Sc K-edge” *J. Chem. Phys.* **151**, 104308(1-8) (2019).
- [3] A. Niozu, N. Yokono, T. Nishiyama, H. Fukuzawa, T. Sakurazawa, K. Matsuda, T. Takanashi, D. You, Y. Li, T. Ono, T. Gaumnitz, M. Schöffler, S. Grundmann, S. Wada, P. Carpeggiani, W. Xu, X.-J. Liu, S. Owada, K. Tono, T. Togashi, M. Yabashi, N.V. Kryzhevoi, K. Gokhberg, A.I. Kuleff, L.S. Cederbaum, K. Ueda, and K. Nagaya, “Electron spectroscopic study of nanoplasma formation triggered by intense soft x-ray pulses” *J. Chem. Phys.* **151**, 184305(1-6) (2019).
- [4] T. Nishiyama, C. Bostedt, K.R. Ferguson, C. Hutchison, K. Nagaya, H. Fukuzawa, K. Motomura, S. Wada, T. Sakai, K. Matsunami, K. Matsuda, T. Tachibana, Y. Ito, W. Xu, S. Mondal, T. Umemoto, C. Miron, C. Nicolas, T. Kameshima, Y. Joti, K. Tono, T. Hatsui, M. Yabashi, and K. Ueda, “Multispectroscopic study of single Xe clusters using XFEL pulses” *Appl. Sci.* **9**, 4932(1-10) (2019).
- [5] T. Nishiyama, A. Niozu, C. Bostedt, K.R. Ferguson, Y. Sato, C. Hutchison, K. Nagaya, H. Fukuzawa, K. Motomura, S. Wada, T. Sakai, K. Matsunami, K. Matsuda, T. Tachibana, Y. Ito, W. Xu, S. Mondal, T. Umemoto, C. Nicolas, C. Miron, T. Kameshima, Y. Joti, K. Tono, T. Hatsui, M. Yabashi, and K. Ueda, “Refinement for single-nanoparticle structure determination from low-quality single-shot coherent diffraction data” *IUCrJ* **7**, 10-17 (2020).
- [6] 熊谷嘉晃, 福澤宏宣, 永谷清信, 和田真一, 上田 潔, “X線自由電子レーザーが誘起するナノプラズマ誕生の瞬間” *放射光* **33**, 10-18 (2020年).
- [7] D. You, H. Fukuzawa, Y. Luo, S. Saito, M. Berholts, T. Gaumnitz, M. Huttula, P. Johnsson, N. Kishimoto, H. Myllynen, A. Nemer, A. Niozu, M. Patanen, E. Pelimanni, T. Takanashi, S. Wada, N. Yokono, S. Owada, K. Tono, M. Yabashi, K. Nagaya, E. Kukk, and K. Ueda, “Multi-particle momentum correlations extracted using covariance methods on multiple-ionization of diiodomethane molecules by soft-X-ray free-electron laser pulses” *Phys. Chem. Chem. Phys.* **22**, 2648-2659 (2020).
- [8] Y. Kumagai, Z. Jurek, W. Xu, H. Fukuzawa, K. Motomura, D. Iablonskyi, K. Nagaya, S. Wada, S. Mondal, T. Tachibana, Y. Ito, T. Sakai, K. Matsunami, T. Nishiyama, T. Umemoto, C. Nicolas, C. Miron, T. Togashi, K. Ogawa, S. Owada, K. Tono, M. Yabashi, S.-K. Son, B. Ziaja, R. Santra, and K. Ueda, “Real-time observation of disintegration processes within argon clusters ionized by a hard-x-ray pulse of moderate fluence” *Phys. Rev. A* **101**, 023412(1-8) (2020).

著書

該当無し

総説

該当無し

## 国際会議

(依頼講演)

- [1] S. Wada, “Charge and nuclear dynamics of atoms and molecules induced by XFEL pulses”, International Young Researchers Workshop on Synchrotron Radiation Science 2019, (2019.9.3-4, Higashi-Hiroshima, Japan).

(一般講演)

- [1] K. Yamamoto, Y. Hikosaka, S. Wada, “Ion desorption measurement using pulsed HV-type TOF mass spectrometer at HiSOR”, 35th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics, (2019.6.5-7, Higashi-Hiroshima, Japan).
- [2] Y. Nakamura, R. Nobue, and H. Yoshida, “Study on electronic states of inclusion compounds with cyclodextrin and copper ion”, 35th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (2019.6.5-7, Higashi-Hiroshima, Japan).
- [3] S. Wada, R. Koga, Y. Iyobe, and M. Ogawa, “Evaluation of molecular conductivity of organic monolayers utilizing core-excitation dynamics”, The 40th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX19), (2019.7.1-5, San Francisco, USA).
- [4] M. Hirato, M. Onizawa, K. Fujii, Y. Baba, Y. Haga, S. Wada, and A. Yokoya, “Electronic properties of DNA related molecules incorporating a bromine atom”, The 9th International Symposium on Physical, Molecular, Cellular, and Medical Aspects of Auger Processes, (2019.8.23-24, Oxford, UK).
- [5] ○N. Akimaru, T. Sekitani, O. Takahashi, and A. Hiraya, “Theoretical calculations for dissociation processes of core-excited  $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$ ”, 2019 Korean - Japanese Student Workshop, (2019.11.7-9, Busan, Korea).

## 国内学会

(招待講演)

- [1] 和田真一：「原子・分子におけるXFEL誘起反応ダイナミクス」，第26回FELとHigh-Power Radiation研究会，(2019年12月17-18日，東広島市)。

(一般講演)

- [1] 安藤玖瑠実，中村仁彦，馬場公範，吉田啓晃：「シクロデキストリン包接による電子状態の変化」，第36回シクロデキストリンシンポジウム，(2019年9月12-13日，神戸市)。
- [2] 吉田啓晃，中村仁彦，安藤玖瑠実，馬場公範：「シクロデキストリンおよびその包接化合物の電子状態の研究」，第62回放射線化学討論会，(2019年9月23-25日，敦賀市)。
- [3] 新部正人，堀川裕加，徳島 高，吉田啓晃：「自立薄膜を隔壁としたHeパスによる大気圧下軟X線吸収分光装置の開発」，第55回X線分析討論会 (2019年10月30-31日，福島市)。
- [4] 彦坂泰正，和田真一：「有機薄膜に対する光電子・オージェ電子同時計測」，UVSORシンポジウム2019，(2019年11月16日，岡崎市)。
- [5] 彦坂泰正，和田真一：「有機薄膜に対する光電子・オージェ電子同時計測」，第33回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム，(2020年1月10-12日，名古屋市)。
- [6] 和田真一，伊豫部佳樹，古賀亮介，小川 舞：「内殻励起ダイナミクス計測から探る導電性芳香鎖の高速電荷移動評価」，第33回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム，(2020年1月10-12日，名古屋市)。

- [7] 平戸未彩紀, 馬場祐治, 和田真一, 藤井健太郎, 本田充紀, 横谷明德:「軟X線分光法を用いたハロゲン化DNA関連分子の電子状態の研究」, 第33回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (2020年1月10-12日, 名古屋市) .
- [8] 中村仁彦, 安藤玖瑠実, 馬場公範, 吉田啓晃:「銅イオンを包接させたシクロデキストリンの軟X線吸収分光」, 第33回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (2020年1月10-12日, 名古屋市) .
- [9] 新部正人, 堀川裕加, 徳島 高, 吉田啓晃:「自立膜を隔壁としたHeパスによる大気圧下軟X線吸収分光装置の開発」, 第33回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (2020年1月10-12日, 名古屋市) .

#### 学生の学会発表実績

##### (国際会議)

- |                             |     |
|-----------------------------|-----|
| ○ 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数      | 6 件 |
| ○ 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数      | 0 件 |
| ○ 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 | 0 件 |

##### (国内学会)

- |                             |     |
|-----------------------------|-----|
| ○ 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数      | 4 件 |
| ○ 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数      | 0 件 |
| ○ 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 | 0 件 |

#### セミナー・講演会開催実績

- [1] 和田真一: 第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム プログラム委員, (2020年1月10-12日, 名古屋市) .

#### 社会活動・学外委員

##### ○ 学協会委員

- [1] 吉田啓晃: 青少年のための科学の祭典第 24 回広島大会 推進委員
- [2] 和田真一: 日本放射光学会 編集委員
- [3] 和田真一: 第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム 学生発表賞審査員

##### ○ 講習会・セミナー講師

- [1] 吉田啓晃: 青少年のための科学の祭典第 25 回広島大会 指導講師 (2019年10月26-27日, 広島市こども文化科学館, 広島市) .

#### 国際共同研究・国際会議開催実績

##### (国際共同研究)

- [1] 和田真一: SACLA 利用国際共同研究, 参加国 アメリカ, フィンランド, フランス, ドイツ, スイス, ルーマニア, ポーランド, オーストリア, イギリス, エストニア, 中国

(国際会議開催)

- [1] 和田真一, 吉田啓晃 : 35th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics, 実行委員, (2019.6.5-7, Higashi-Hiroshima, 参加人数80名).
- [2] 和田真一 : 2019 Korea - Japan Student Workshop (Pusan National University - Hiroshima University), 組織委員・日本側コンタクトパーソン, (2019.11.7-9, Busan, Korea, 参加人数50名).

研究助成金の受入状況

- [1] 吉田啓晃 : 科学研究費補助金 基盤研究 (C) (一般) 1,800千円
- [2] 和田真一 : 科学研究費補助金基盤研究 (B) (分担) 14千円
- [3] 和田真一 : 2018年度 物質・デバイス領域共同研究課題 物質創製開発研究領域 (代表) 130千円

その他特記すべき事項

- [1] 和田真一 : プレスリリース「X線照射で始まる超高速反応の観測に成功 -レントゲンによるX線の発見から120年で初」(東北大学, 京都大学, 広島大学, 理化学研究所, 高輝度光科学研究センター) 2019年5月17日 (以下のメディアに掲載 大学ジャーナルオンライン <https://univ-journal.jp/26088/>)

## ○放射光物性・放射光物理グループ

### 研究活動の概要

#### (1) 重点研究の推進

放射光科学研究センター（本センター）は、共同利用・共同研究拠点に認定されており、センター教員は下記の重点研究の中核を担っている。

- ・ 放射光を用いた高分解能角度分解光電子分光による固体の微細電子構造の研究
- ・ 放射光を用いたスピン角度分解光電子分光による量子スピン物性の研究
- ・ 軟 X 線磁気円二色性分光によるナノ構造体の磁性に関する研究
- ・ 真空紫外円二色性分光による生体物質の立体構造に関する研究
- ・ 高輝度放射光源の研究開発

#### (2) 2019年度の特徴ある研究成果

- ・ 放射光の波としての形（時間構造）をアト秒の精度で精密に制御することで原子のエネルギー状態や軌道の形状などを制御できることを世界に先駆けて実証した。レーザー分野では光の波形をアト秒の精度で精密に制御することで物質の量子状態を制御する研究が進められてきたが、レーザーよりもはるかに波長の短い X 線領域に強みを持つ放射光で同様なことができることを示した。特に時間的に不揃いな自然放射である放射光でもその固有の時間構造が利用できることを示したという点で、従来の光科学の常識を覆す成果である。
- ・ 細胞膜表面で薬物を放出することで膜内への薬物輸送を促進させるとされる  $\alpha_1$  酸性糖タンパク質(AGP)を対象にした構造研究から、AGP と生体膜との相互作用機構を解明し、薬物輸送の仕組みについて検討した。膜結合状態の AGP の円二色性解析の結果、AGP は膜結合状態でヘリックスを複数本形成し、また、その内 2 本が膜結合領域であることが分かった。食塩などの生体内環境を模した状態での構造解析から、AGP と生体膜との 2 つの結合域は、それぞれ疎水性相互作用と静電的相互作用で安定化することが分かった。AGP の薬物結合サイトとの比較から、薬物放出には、薬物結合サイトを含む疎水性相互作用を持つヘリックス領域の構造変化が強く影響することが分かった。タンパク質などの生体分子は、様々な生命現象の発現に関与しており、その発現機構の理解には、生体分子の生体内での“働き”（機能）を反映する生体分子の立体構造情報が重要となる。本研究では、放射光を用いた CD 分光法を用いて、細胞内への薬物輸送に関わるとされる膜結合タンパク質“AGP”を対象に、生体膜との相互作用による AGP のコンフォメーション変化を直接捉え、生体膜内への薬物輸送機構を分子レベルで解き明かした。薬物放出に関わるタンパク質部位を分子レベルで明らかにした本研究は、膜タンパク質を含む生体膜と相互作用したタンパク質の構造と機能研究に新領域を拓くと考えられる。
- ・ 放射光源の高度化に向けた計測技術の R&D のため、紫外線レーザーを用いて世界最高水準のエネルギー・角度分解能と空間分解能を備えた角度分解光電子顕微分光装置を開発した。今年度より本装置を用いた国際共同研究を広く展開し、反強磁性トポロジカル絶縁体  $\text{MnBi}_2\text{Te}_4$  の表面準位にギャップないことを初めて明らかにした (Phys. Rev. X **9**, 041038 (2019), 米国物理学会のウェブページの Physics Synopsis で紹介された)。
- ・ 価数相転移を示す物質として有名な  $\text{YbInCu}_4$  に対し、スパッタ・アニールにより清浄表

面の作成に成功し、価数相転移とともに、局在スピンと伝導電子の混成が促進されることを、角度分解光電子分光で初めて観測した。また、硬 X 線領域における共鳴光電子スペクトルの取得に始めて成功し、価数相転移とともに、局在スピンと伝導電子の間の相互作用が小さくなることを明らかにした。これまで、予測されていたが実験的に観測されていなかった、価数相転移にもなう局在スピンと伝導電子の混成の変化、および、相互作用の変化を初めて観測したという点で、価数相転移現象の理解に貢献した。硬 X 線領域における共鳴光電子分光は最近開発がすすんでいる新しい手法で、この手法を適用することで、局在スピンと伝導電子の間の相互作用が抽出できることを示したという点で意義がある。

### (3) 2019年度の共同研究の状況

- 共同研究の国際公募を行い、130 課題を採択した。
- 受入人数 238 人 (実人数) のうち、学内者 79 人 (33%)、学外者 159 人 (67%) である。このうち海外研究機関からは 64 人 (27%) を受け入れている。共同研究機関は 51 機関で、内訳では、国立大学が 14 機関、公私立大学が 7 機関、公的研究機関および企業が 10 機関、外国が 20 機関であった。

### (4) 共同研究契約にもとづく学外研究機関との連携

- 産業技術総合研究所  
共同研究契約を締結し、1/10000 mmの超高精度で試料を移動させることができる、極低温超高精度多軸マニピュレータを開発した。レーザー励起の角度分解光電子分光装置に組み込み、空間分解能を高めたマッピングを効率的に行えるソフトウェアを整備した。令和元度は共同利用・共同研究に供し、不均一な表面を持つ反強磁性トポロジカル絶縁体や微小な針状カルコゲナイドなどの電子構造の研究などを進めた。
- 物質・材料研究機構  
真空紫外線とは相補的な情報が得られる硬X線域の高分解能光電子分光を推進するため、物質・材料研究機構と共同研究契約を締結し、大型放射光実験施設SPRING-8において硬X線高分解能光電子分光実験ステーションを共同開発した。内殻準位の精密解析が可能であり、強相関物質の価数転移の研究などで本拠点の放射光実験と相補的な情報を得ることができる。2019年度もこの実験ステーションは共同利用に供され、強相関物質、半導体、機能性材料などの研究に貢献をした。
- 高エネルギー加速器研究機構 (KEK)  
KEK とは、クロスポイントメントの活用により KEK の加速器専門家を特任准教授として雇用し、将来計画のための高性能小型放射光源の設計・検討を進めた。また、KEK の加速器科学総合支援事業 (大学等連携支援事業) に本学の提案した「次世代人材育成のための加速器科学教育・研究拠点の形成」が継続して採択され、この枠組みの中で KEK の専門家を招聘し、学生も参加する形で、最新の放射光源技術に関するセミナーを開催するなど、本学における加速器科学教育及び人材育成に貢献した。

### (5) 研究設備高度化への取組

- 直線偏光アンジュレータビームライン (BL-1) では、直線偏光依存高分解能角度分解光



電子分光装置を活用した共同利用・共同研究を展開している (H. Iwasawa, K. Shimada, E. F. Schwier *et al.*, Rotatable high-resolution ARPES system for tunable linear-polarization geometry, *J. Synchrotron Rad.* **24**, 836 (2017))。本年度は微小集光光学系を導入し、最適化を進めた。その結果、ビームスポットは従来の 1/10 以下に微小化でき、強度も 60eV 以下で約 35% 向上した。

- ・ 高分解能角度分解光電子分光ビームライン (BL-9A) では、低エネルギー放射光 (~10 eV) を用いた超高分解能角度分解光電子分光により、強相関電子系、トポロジカル系の電子構造の研究を推進している。極低温実験を効率的に実施するために液体 He フロー型の全軸モーター駆動のゴニオメータを整備した。これにより方位角を容易に微調整できるようになり、アジマス角、チルト角のいずれを用いてもフェルミ面マッピングができるようになった。
- ・ 紫外線 (6 eV) レーザーを導入し、レーザースピン ARPES 装置の開発を進めた。レーザーを用いた ARPES 測定は可能となり、スピン検出器の最終確認も完了した。また、数  $\mu\text{m}$  制御および 6 K 以下の極低温での測定を可能にした極精密 6 軸マニピュレーターを揮発・導入を推進している。これにより、従来に比べさらに高分解能なスピン ARPES 測定や微小領域のスピン ARPES 測定が可能になった。
- ・ マルチチャンネルスピン検出器開発を行っている。電子軌道のレイトレースを行い電子レンズ、真空チャンバー、磁場による電子偏向装置の設計製作を行った。この開発によりスピン ARPES 測定において現状の 1000 倍以上の検出効率の向上が期待される。
- ・ 真空紫外線円二色性実験ビームライン (BL-12) では、生体物質の立体構造に関する共同利用・共同研究を行っている。測定システムのハイスループット化を目指して、放射光サイズを微小化 ( $\phi=20 \mu\text{m}$ ) できる集光ミラーを用いて、16 種類の試料が一度のマウントで測定できる機構を構築した。また、回転機構を備えたセルホルダーの開発し、直線二色性を持つ固体やゲル化試料の構造研究を可能にした。
- ・ 高輝度紫外線レーザーを活用し、将来計画に向け超高分解能角度分解光電子分光要素技術の開発研究を行っている。高精度 CCD カメラを設置して試料位置をモニタリングするシステム、光電子スペクトルの空間マッピングの自動計測システムを整備し (H. Iwasawa, E. F. Schwier, M. Arita *et al.*, Development of laser-based scanning  $\mu$ -ARPES system with ultimate energy and momentum resolutions, *Ultramicroscopy* **182**, 85-91 (2017))、国際共同研究に供している。

#### (6) 国際ワークショップなどの開催

International Young Researchers Workshop on Synchrotron Radiation Science 2019 (2019年9月3-4日) を開催し、高輝度光源を利用した先端研究や計測装置・技術開発、計測・マテリアルズインフォマティクスなどの多彩なセッションにより、各分野の先端研究・手法・課題・近未来像を共有することで、異分野の若手研究者間で知識交換や共同研究をスタートできる土壌を作った (参加者60名、うち海外12名)。

2020年3月10-11日に第24回広島放射光国際シンポジウム (招待講演者8名、うち海外5名) の開催を予定していたが、新型コロナウイルス感染症の拡大の影響で中止した。

(7) 放射光科学院生実験の実施：大学院教育への貢献

2019年度も岡山大学大学院自然科学研究科との部局間協定のもとで両大学の教員が協力し、放射光ビームラインを活用した「放射光科学院生実験」(本学理学研究科のカリキュラム)を実施した(受講生：広島大学9名、岡山大学2名)。

原著論文

- [1] H. Anzai, S. Ishihara, H. Shiono, K. Mimura, T. Iwazumi, H. Sato, T. Zhuang, K. Matsumoto, K. Hiraoka: “Yb L<sub>III</sub>-edge and Cu K-edge x-ray absorption spectroscopy in YbCdCu<sub>4</sub> and YbInCu<sub>4</sub>”, *AIP Conf. Proc.* **2054**, 040006 (4p) (2019) .
- [2] © H. Shiono, S. Ishihara, K. Mimura, H. Sato, E. F. Schwier, K. Shimada, M. Taniguchi, S. Ideta, K. Tanaka, T. Zhuang, K. T. Matsumoto, K. Hiraoka, H. Anzai: “Temperature dependence of the Kondo resonance peak in photoemission spectra of YbCdCu<sub>4</sub>”, *AIP Conf. Proc.* **2054**, 040013 (4p) (2019) .
- [3] © E. F. Schwier, H. Takita, W. Mansur, A. Ino, M. Hoesch, M. D. Watson, A. A. Haghighirad, K. Shimada: “Applications for ultimate spatial resolution in LASER based  $\mu$ -ARPES: A FeSe case study”, *AIP Conf. Proc.* **2054**, 040017 (6p) (2019) .
- [4] O. J. Clark, F. Mazzola, I. Marković, J. Riley, J. Feng, B.-J. Yang, K. Sumida, T. Okuda, J. Fujii, I. Vobornik, T. Kim, K. Okawa, T. Sasagawa, M. S Bahramy, P. DC King: “A general route to form topologically-protected surface”, *Electronic Structure* **1**, 014002 (13p) (2019) .
- [5] P. K. Das, D. Di Sante, F. Cilento, C. Bigi, D. Kopic, D. Soranzio, A. Sterzi, J. A. Krieger, I. Vobornik, J. Fujii, T. Okuda, V. N. Strocov, M. B. H Breese, F. Parmigiani, G. Rossi, S. Picozzi, R. Thomale, G. Sangiovanni, R. Cava, G. Panaccione: “Electronic properties of candidate type-II Weyl semimetal WTe<sub>2</sub>. A review perspective”, *Electronic Structure* **1**, 014003 (18p) (2019) .
- [6] V. E. Bursian, A. K. Kaveev, A. M. Korovin, B. B. Krichevtsov, L. V. Lutsev, S. M. Suturin, M. Sawada, N. S. Sokolo: “Bulk-like dynamic magnetic properties of nickel ferrite epitaxial thin films grown on SrTiO<sub>3</sub>(001) substrates”, *IEEE Magnetics Letters* **10**, 6104505 (2019) .
- [7] ○ P. K. Gupta, S. Ghosh, S. Kumar, A. Pal, P. Singh, M. Alam, A. Singh, S. Roy, R. Singh, B. P. Singh, N. N. Kumar, E. F. Schwier, M. Sawada, T. Matsumura, K. Shimada, H. J. Lin, Y. Y. Chin, A. K. Ghosh, S. Chatterjee: “Room temperature exchange bias in antiferromagnetic composite BiFeO<sub>3</sub>-TbMnO<sub>3</sub>”, *J. Appl. Phys.* **126**, 243903 (2019) .
- [8] M. Matsusaki, A. Okuda, K. Matsuo, K. Gekko, T. Masuda, Y. Naruo, A. Hirose, K. Kono, Y. Tsuchi, R. Urade: “Regulation of plant ER oxidoreductin 1 (ERO1) activity for efficient oxidative protein folding”, *J. Bio. Chem.* **294**, 18820-18835 (2019) .
- [9] © T. Kawasaki, Y. Izumi, G. Ohori, H. Kitahara, T. Furuya, K. Yamamoto, K. Matsuo, M. Tani, K. Tsukiyama: “Study on irradiation effect of mid-infrared free electron laser on hen egg-white lysozyme by using terahertz-time domain spectroscopy and synchrotron-radiation vacuum-ultraviolet circular-dichroism spectroscopy”, *J. Infrared, Millimeter, Terahertz Waves* **40**, 998–1009 (2019) .
- [10] © A. Pal, S. Ghosh, S. Kumar, E. F. Schwier, M. Sawada, K. Shimada, M. Gupta, D. M. Phase, A. K. Ghosh, S. Chatterjee: “Electronic structure by X-ray absorption spectroscopy and observation of field induced unusually slow spin relaxation from magnetic properties in pyrochlore Eu<sub>2-x</sub>Fe<sub>x</sub>Ti<sub>2</sub>O<sub>7</sub>”, *J. Magn. Magn. Mater.* **476**, 7-17 (2019) .

- [11] © D. Ootsuki, H. Ishii, K. Kudo, M. Nohara, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, N. L. Saini, T. Mizokawa: “Interplay between spin-orbit interaction and stripe-type charge-orbital order of IrTe<sub>2</sub>”, *J. Phys. Chem. Solids* **128**, 270-274 (2019) .
- [12] © A. Pal, S. Ghosh, A. G. Joshi, S. Kumar, S. Patil, P. K. Gupta, P. Singh, V. K. Gangwar, P. Prakash, R. K. Singh, E. F. Schwier, M. Sawada, K. Shimada, A. K. Ghosh, A. Das, S. Chatterjee: “Investigation of multi-mode spin-phonon coupling and local B-site disorder in Pr<sub>2</sub>CoFeO<sub>6</sub> by Raman spectroscopy and correlation with its electronic structure by XPS and XAS studies”, *J. Phys.: Condens. Matter* **31**, 275802 (10p) (2019) .
- [13] © S. Matsuba, K. Shimada, M. Katoh, K. Kawase, K. Harada: “Design study of an electron storage ring for the future plan of Hiroshima Synchrotron Radiation Center”, *J. Phys.: Conf. Ser.* **1350**, 012015 (5p) (2019) .
- [14] © M. M. Otrokov, I. I. Klimovskikh, H. Bentmann, D. Estyunin, A. Zeugner, Z. S. Aliev, S. Gaß, A. U. B. Wolter, A. V. Koroleva, A. M. Shikin, M. Blanco-Rey, M. Hoffmann, I. P. Rusinov, A. Yu. Vyazovskaya, S. V. Ereemeev, Yu. M. Koroteev, V. M. Kuznetsov, F. Freyse, J. Sánchez-Barriga, I. R. Amiraslanov, M. B. Babanly, N. T. Mamedov, N. A. Abdullayev, V. N. Zverev, A. Alfonsov, V. Kataev, B. Büchner, E. F. Schwier, S. Kumar, A. Kimura, L. Petaccia, G. Di Santo, R. C. Vida, S. Schatz, K. Kißner, M. Ünzelmann, C. H. Min, S. Moser, T. R. F. Peixoto, F. Reinert, A. Ernst, P. M. Echenique, A. Isaeva, E. V. Chulkov: “Prediction and observation of an antiferromagnetic topological insulator”, *Nature* **576**, 416-422 (2019) .
- [15] P. K. Das, D. Di Sante, I. Vobornik, J. Fujii, T. Okuda, E. Bruyer, A. Gyenis, B. E. Feldman, J. Tao, R. Ciancio, G. Rossi, M. N. Ali, S. Picozzi, A. Yadzani, G. Panaccione, R. J. Cava: “Layer-dependent quantum cooperation of electron and hole states in the anomalous semimetal WTe<sub>2</sub> (vol 7, 11355, 2016)”, *Nature Commun.* **10**, 648 (2019) .
- [16] © Y. Ohtsubo, Y. Yamashita, K. Hagiwara, S. Ideta, K. Tanaka, R. Yukawa, K. Horiba, H. Kumigashira, K. Miyamoto, T. Okuda, W. Hirano, F. Iga, S. Kimura: “Non-trivial surface states of samarium hexaboride at the (111) surface”, *Nature Commun.* **10**, 2298 (2019) .
- [17] © Y. Feng, Q. Jiang, B. Feng, M. Yang, T. Xu, W. Liu, X. Yang, M. Arita, E. F. Schwier, K. Shimada, H. O. Jeschke, R. Thomale, Y. Shi, X. Wu, S. Xiao, S. Qiao, S. He: “Rashba-like spin splitting along three momentum directions in trigonal layered PtBi<sub>2</sub>”, *Nature Commun.* **10**, 4765 (2019) .
- [18] Y. Hikosaka, T. Kaneyasu, M. Fujimoto, H. Iwayama, M. Katoh: “Coherent control in the extreme ultraviolet and attosecond regime by synchrotron radiation”, *Nature Commun.* **10**, 4988 (2019) .
- [19] I. Markovic, C. A. Hooley, O. J. Clark, F. Mazzola, M. D. Watson, J. M. Riley, K. Volckaert, K. Underwood, M. S. Dyer, P. A. E. Murgatroyd, K. J. Murphy, P. Le Fevre, F. Bertran, J. Fujii, I. Vobornik, S. Wu, T. Okuda, J. Alaria, P. D. C. King: “Weyl-like points from band inversions of spin-polarised surface states in NbGeSb”, *Nature Commun.* **10**, 5485 (2019) .
- [20] P. Zhang, Z. Wang, X. Wu, K. Yaji, Y. Ishida, Y. Kohama, G. Dai, Y. Sun, C. Bareille, K. Kuroda, T. Kondo, K. Okazaki, K. Kindo, X. Wang, C. Jin, J. Hu, R. Thomale, K. Sumida, S. Wu, K. Miyamoto, T. Okuda, H. Ding, G. D. Gu, T. Tamegai, T. Kawakami, M. Sato, S. Shin: “Multiple topological states in iron-based superconductors”, *Nature Phys.* **15**, 41-47 (2019) .
- [21] J.-H. Jou, Y.-T. Lin, Y.-T. Su, W.-C. Song, S. Kumar, D. K. Dubey, J.-J. Shyue, H.-Y. Chang, Y.-W. You, T.-W. Liang: “Plausible degradation mechanisms in organic light-emitting diodes”,

*Organic Electronics* **67**, 222-231 (2019) .

- [22] © S. Xiao, D. C. Peets, W. Liu, S. Zhang, Y. Feng, W.-H. Jiao, G.-H. Cao, E. F. Schvier, K. Shimada, C. Li, X. Zhou, S. He: “Electronic structure and H-T phase diagram of  $\text{Eu}(\text{Fe}_{1-x}\text{Rh}_x)_2\text{As}_2$ ”, *Phys. Rev. B* **100**, 054510 (9p) (2019) .
- [23] © T. Kono, M. Kakoki, T. Yoshikawa, X. Wang, K. Sumida, K. Miyamoto, T. Muro, Y. Takeda, Y. Saitoh, K. Goto, Y. Sakuraba, K. Hono, A. Kimura: “Element-specific density of states of  $\text{Co}_2\text{MnGe}$  revealed by resonant photoelectron spectroscopy”, *Phys. Rev. B* **100**, 165120 (2019) .
- [24] © X. Wang, J. Chen, M. Zheng, T. V. Menshchikova, I. P. Rusinov, E. F. Schvier, F. Orbanić, S. Wu, K. Sumida, T. Yoshikawa, K. Miyamoto, M. Nurmamat, T. Okuda, K. Shimada, M. Novak, E. V. Chulkov, A. Kimura: “Disentangling orbital and spin textures of surface-derived states in non-symmorphic semimetal  $\text{HfSiS}$ ”, *Phys. Rev. B* **100**, 205140 (7p) (2019) .
- [25] H. Anzai, S. Ishihara, H. Shiono, K. Morikawa, T. Iwazumi, H. Sato, T. Zhuang, K. T. Matsumoto, K. Hiraoka: “Mixed-valence state of the rare-earth compounds  $\text{YbXCu}_4$  ( $X = \text{Mg}, \text{Cd}, \text{In}, \text{and Sn}$ ): Magnetic susceptibility, x-ray diffraction, and x-ray absorption spectroscopy investigations”, *Phys. Rev. B* **100**, 245124 (2019) .
- [26] © Y.-J. Hao, P. Liu, Y. Feng, X.-M. Ma, E. F. Schvier, M. Arita, S. Kumar, C. Hu, R. Lu, M. Zeng, Y. Wang, Z. Hao, H.-Y. Sun, K. Zhang, J. Mei, N. Ni, L. Wu, K. Shimada, C. Chen, Q. Liu, C. Liu: “Gapless surface Dirac cone in antiferromagnetic topological insulator  $\text{MnBi}_2\text{Te}_4$ ”, *Phys. Rev. X* **9**, 041038 (10p) (2019) .
- [27] M. Hoesch, L. Gannon, K. Shimada, B. J. Parrett, M. D. Watson, T. K. Kim, X. D. Zhu, C. Petrovic: “Disorder quenching of the charge density wave in  $\text{ZrTe}_3$ ”, *Phys. Rev. Lett.* **122**, 17601 (2019) .
- [28] © B. Feng, H. Zhou, Y. Feng, H. Liu, S. He, I. Matsuda, L. Chen, E. F. Schvier, K. Shimada, S. Meng, K. Wu: “Superstructure-induced splitting of Dirac cones in silicene”, *Phys. Rev. Lett.* **122**, 196801 (6p) (2019) .
- [29] © B. Feng, R.-W. Zhang, Y. Feng, B. Fu, S. Wu, K. Miyamoto, S. He, L. Chen, K. Wu, K. Shimada, T. Okuda, Y. Yao: “Discovery of Weyl nodal lines in a single-layer ferromagnet”, *Phys. Rev. Lett.* **123**, 116401 (6p) (2019) .
- [30] © K. Fukutani, R. Stania, J. Jung, E. F. Schvier, K. Shimada, C. I. Kwon, J. S. Kim, H. W. Yeom: “Electrical tuning of the excitonic insulator ground state of  $\text{Ta}_2\text{NiSe}_5$ ”, *Phys. Rev. Lett.* **123**, 206401 (5p) (2019) .
- [31] © Y. Hu, X. Chen, S.-T. Peng, C. Lane, M. Matzelle, Z.-L. Sun, M. Hashimoto, D.-H. Lu, E. F. Schvier, M. Arita, T. Wu, R. S. Markiewicz, K. Shimada, X.-H. Chen, Z.-X. Shen, A. Bansil, S. D. Wilson, J.-F. He: “Spectroscopic evidence for electron-boson coupling in electron-doped  $\text{Sr}_2\text{IrO}_4$ ”, *Phys. Rev. Lett.* **123**, 216402 (2019) .
- [32] T. Kaneyasu, Y. Hikosaka, M. Fujimoto, H. Iwayama, M. Katoh: “Controlling the orbital alignment in atoms using cross-circularly polarized extreme ultraviolet wave packets”, *Phys. Rev. Lett.* **123**, 233401 (5p) (2019) .
- [33] H. Kawaguchi, M. Katoh: “Orbital angular momentum of Liénard–Wiechert fields”, *Prog. Theo. Exp. Phys.* **2019**, 083A02 (18p) (2019) .
- [34] Y. Izumi: “Structural alterations of histone proteins in DNA-damaged cells revealed by synchrotron radiation circular dichroism spectroscopy: a new piece of the DNA-damage-response puzzle”, *Quantum Beam Science* **3**, 23 (2019) .

- [35] © K. Nishikubo, Y. Izumi, Y. Matsumoto, K. Fujii, K. Matsuo, A. Yokoya: “Structural analysis of DNA repair protein XRCC4 applying circular dichroism in an aqueous solution”, *Radiation Protection Dosimetry* **183**, 36-39 (2019) .
- [36] © K. Deng, M. Z. Yan, C. P. Yu, J. H. Li, X. Zhou, K. N. Zhang, Y. X. Zhao, K. Miyamoto, T. Okuda, W. H. Duan, Y. Wu, X. Y. Zhong, S. Y. Zhou: “Crossover from 2D metal to 3D Dirac semimetal in metallic PtTe<sub>2</sub> films with local Rashba effect”, *Sci. Bull.* **64**, 1044-1048 (2019) .
- [37] © H. Iwasawa, H. Takita, K. Goto, W. Mansuer, T. Miyashita, E. F. Schwier, A. Ino, K. Shimada, Y. Aiura: “Accurate and efficient data acquisition methods for high-resolution angle-resolved photoemission microscopy”, *Sci. Rep.* **8**, 17431 (2019) .
- [38] © A. M. Shikin, D. A. Estyunin, Y. I. Surnin, A. V. Koroleva, E. V. Shevchenko, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, S. Kumar, E. F. Schwier, K. Shimada, T. Yoshikawa, Y. Saitoh, Y. Takeda, A. Kimura: “Dirac gap opening and Dirac-fermion-mediated magnetic coupling in antiferromagnetic Gd-doped topological insulators and their manipulation by synchrotron radiation”, *Sci. Rep.* **9**, 4813 (2019) .

#### 国際会議

(招待講演)

- [1] K. Matsuo: “Characterizations of biomolecule structures in aqueous solution using synchrotron-radiation circular-dichroism spectroscopy”, Materials Science Workshop, (Linköping, Sweden, 2019.5.21-23)
- [2] T. Okuda: “Hidden spin-polarized states at the interface of layered materials investigated by spin- and angle-resolved photoemission”, The 17th International Conference on the Formation of Semiconductor Interfaces (ICFSI17) , (Shanghai, China, 2019.6.24-28)
- [3] K. Matsuo: “Synchrotron-radiation circular-dichroism spectroscopy as a tool to monitor protein structure in a lipid environment”, International Young Researchers Workshop on Synchrotron Radiation Science 2019, (Higashi-Hiroshima, Japan, 2019.9.3-4)
- [4] T. Okuda: “Hidden local spin-polarized electronic states investigated by spin- and angle-resolved photoelectron spectroscopy”, American Vacuum Society 66th International Symposium and Exhibition (AVS66) , (Columbus, Ohio, 2019.10.20-25)
- [5] T. Okuda: “Spin-resolved ARPES: high-efficiency detector and results at HiSOR”, Russian-German Workshop 2019, Inauguration of the Undulator Beamline of the Russian-German Laboratory at BESSY II, Accompanied by a workshop on Spin-resolved Photoemission and Electronic Structure of Quantum and Energy Materials, (Berlin, Germany, 2019.10.28-29)
- [6] M. Katoh: “Spatial structure of radiation from relativistic electrons”, 38th JSST Annual International Conference on Simulation Technology (JSST2019) , (San Diego, USA, Miyazaki, Japan, 2019.11.5-7)
- [7] Y. Izumi: “Structural changes of histone protein in DNA-damaged cells revealed by synchrotron radiation circular dichroism spectroscopy”, 2019 Korean-Japanese Student Workshop Pusan National University & Hiroshima University, (Busan, Korea, 2019.11.7-9)
- [8] K. Matsuo: “Synchrotron-radiation circular-dichroism spectroscopy for monitoring biomolecule structures in various environments”, MIRAI: Moving Together Towards a Sustainable Future, (Stockholm, Sweden, 2019.11.12-14)



(一般講演)

- [1] T. Okuda: “High-efficient spin-resolved photoelectron spectroscopy end-station at Hiroshima Synchrotron Radiation Center”, The 80th Okazaki Conference (Chirality-induced spin selectivity and its related phenomena) , (Okazaki, Japan, 2019. 5.15-18)
- [2] S. Matsuba, K. Kawase, A. Miyamoto, S. Sasaki, T. Konomi, N. Yamamoto, M. Hosaka, M. Fujimoto, M. Katoh: “Experimental demonstration of vector beam generation with tandem helical undulator”, 10th International Particle Accelerator Conference, (Melbourne, Australia, 2019.5.19-25)
- [3] © H. Sato, A. Rousuli, Y. Matsumoto, S. Ohara, T. Ueda, T. Nagasaki, K. Mimura, H. Anzai, K. Ichiki, S. Ueda, K. Shimada, H. Namatame: “Hard x-ray photoemission spectroscopy of Kondo lattices  $\text{YbNi}_2\text{X}_2$  ( $\text{X}=\text{Si}, \text{Ge}$ )”, 8th International Conference on Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy (HAXPES 2019) , (Paris, France, 2019.6.2-7)
- [4] K. Mimura, T. Kawabata, Y. Akedo, K. Abe, T. Matsumoto, R. Shimokasa, A. Yasui, M. Mizumaki, N. Kawamura, E. Ikenaga, S. Tsutsui, H. Sato, T. Uozumi, T. D. Matsuda, Y. Ōnuki: “Yb 4f-5d Coulomb repulsion of  $\text{YbCu}_2\text{Si}_2$  derived from resonant HAXPES (HAXPES 2019) , (Paris, France, 2019.6.2-7)
- [5] K. Matsuo, K. Gekko: “Interaction mechanism between  $\alpha_1$ -acid glycoprotein and membrane characterized by synchrotron-radiation circular-dichroism spectroscopy”, International Conference on Chiroptical Spectroscopy, (Pisa, Italy, 2019.6.23-27)
- [6] ©K. Shimada, K. Goto, H. Namatame, E. F. Schwier: “Electronic structure around the X-point of Ni studied by ARPES and DFT+(U, J,  $\mu$ )”, International workshop on strong correlations and angle-resolved photoemission spectroscopy (CORPES19) , (Oxford, UK, 2019.7.15-19)
- [7] M. Katoh: “Optical vortex emitted from free electrons in nature”, Light in Nature VII: SPIE Optics + Photonics, (San Diego, USA, 2019.8.11-15)
- [8] © T. Matsuda, K. Miyamoto, A. Kimura, T. Okuda: “Optical vortex emitted from free electrons in nature”, Light in Nature VII: SPIE Optics + Photonics, (San Diego, USA, 2019.8.11-15)
- [9] K. Maeda, H. Sato, Y. Akedo, T. Kawabata, K. Abe, R. Shimokasa, A. Yasui, M. Mizumaki, N. Kawamura, E. Ikenaga, S. Tsutsui, K. Matsumoto, K. Hiraoka, K. Mimura: “Yb  $L_3$  resonant hard x-ray photoemission spectroscopy of valence transition compound  $\text{YbInCu}_4$ ”, International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2019 (SCES2019) , (Okayama, Japan, 2019.9.23-28)
- [10] ©H. Sato, A. Rousuli, Y. Matsumoto, S. Ohara, T. Ueda, T. Nagasaki, K. Mimura, H. Anzai, K. Ichiki, S. Ueda, K. Shimada, H. Namatame: “Electronic structure of  $\text{YbNi}_2\text{X}_2$  ( $\text{X}=\text{Si}, \text{Ge}$ ) studied by hard x-ray photoemission spectroscopy”, International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2019 (SCES2019) , (Okayama, Japan, 2019.9.23-28)
- [11] K. Mimura, T. Kawabata, Y. Akedo, K. Abe, T. Matsumoto, R. Shimokasa, A. Yasui, M. Mizumaki, N. Kawamura, E. Ikenaga, S. Tsutsui, H. Sato, T. Uozumi, T. D. Matsuda, Y. Ōnuki: “Yb 4f-5d Coulomb repulsion of  $\text{YbCu}_2\text{Si}_2$  derived from resonant hard x-ray photoemission spectroscopy”, International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2019 (SCES2019) , (Okayama, Japan, 2019.9.23-28)
- [12] G. Isumi, M. Mizumaki, N. Sasabe, A. Yasui, Y. Akedo, T. Kawabata, R. Shimokasa, Y. Shibagaki, N. Kawamura, E. Ikenaga, S. Tsutsui, H. Sato, T. Uozumi, T. D. Matsuda, Y. Ōnuki, K. Mimura:



“Relation of Ce 4f-5d Coulomb repulsion to quantum critical phenomena in Ce122 studied by resonant hard x-ray photoemission spectroscopy”, International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2019 (SCES2019) , (Okayama, Japan, 2019.9.23-28)

- [13] K. Morikawa, H. Shiono, H. Sato, S. Ideta, K. Tanaka, T. Zhuang, K. Matsumoto, K. Hiraoka, H. Anzai: “Temperature dependence of the Kondo resonance peak in photoemission spectra of rare earth compound YbMgCu<sub>4</sub>”, International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2019 (SCES2019) , (Okayama, Japan, 2019.9.23-28)
- [14] T. Mayumi, Y. Ohashi, M. Sawada: “Development of a soft X-ray reflectometer in a low vacuum environment for magnetic films”, 19th International Conference on Solid Films and Surfaces (ICSFS19) , (Hiroshima, Japan, 2019.10.6-11)
- [15] X. Hou, W. Mi, M. Sawada: “Biaxial strain and electric effects at BaTiO<sub>3</sub>/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> heterointerface”, 19th International Conference on Solid Films and Surfaces (ICSFS19) , (Hiroshima, Japan, 2019.10.6-11)
- [16] Y. Ohashi, T. Mayumi, M. Sawada: “Magnetic moments and its adsorbate-induced modification of h-BN/Co/Ni(111)”, The 19th International Conference on Solid Films and Surfaces (ICSFS19) , (Hiroshima, Japan, 2019.10.6-11)
- [17] © T. Shimizu, Y. Izumi, K. Matsuo: “Effects of mono-saccharides on structural stabilization of apo-myoglobin studied by synchrotron-radiation circular-dichroism spectroscopy”, 2019 Korean-Japanese Student Workshop Pusan National University & Hiroshima University, (Busan, Korea, 2019.11.7-9)
- [18] © Y. Izumi, K. Matsuo: “Secondary structure analysis of histone H2A-H2B proteins extracted from heated cells using circular dichroism spectroscopy”, 3rd QST International Symposium “Quantum Life Science”, (Nara, Japan, 2019.12.4-5)

## 国内学会

(招待講演)

- [1] 泉 雄大 : 「次世代放射光がつなぐ分子カイラリティとバイオロジー: 軟 X 線自然円二色性測定」量子生命科学セミナー (量子科学技術研究開発機構, 2019 年 9 月 3 日)
- [2] 奥田太一 : 「スピン分解光電子分光の動向」次世代放射光ナノ光電子分光ワークショップ 2019 (東京大学, 2019 年 10 月 2 日)

(一般講演)

- [1] © 泉 雄大, 松尾光一 : 「放射光円二色性分光による K4/K9 メチル化ヒストン H3 の構造解析」第 13 回日本エピジェネティクス研究会年会 (神奈川県民ホール, 2019 年 5 月 28-29 日)
- [2] © 泉 雄大, 松尾光一 : 「Schwarzschild 型対物レンズを用いた真空紫外円二色性測定試料容量の低減」Symposium on Molecular Chirality 2019 (金沢, 2019 年 6 月 14-15 日)
- [3] F. Kato, K. Matsuo, M. Inouye : 「Characterization of staphylococcus aureus toxin-antitoxin system targeting DNA gyrase」広島大学歯学総会 (広島, 2019 年 6 月 15 日)

- [4] ◎ 熊代宗弘, 泉 雄大, 松尾光一:「真空紫外円二色性分光によるミエリン塩基性タンパク質のホスファチジルイノシトール生体膜相互作用研究」第 19 回日本蛋白質科学会年会 (神戸国際会議場, 2019 年 6 月 24-26 日)
- [5] ◎ 安富 諒, 古田桃子, 小林 翔, 鈴木和之, 泉 雄大, 松尾光一, 伊藤 廉:「放射光真空紫外円二色性を用いた毛髪蛋白質の構造変化の検討」第 19 回日本蛋白質科学会年会 (神戸国際会議場, 2019 年 6 月 24-26 日)
- [6] 増田太郎, 馬場清喜, 松尾光一, 三上文三:「立体構造から読み解くタイプ 3 銅タンパク質の機能分化について」第 19 回日本蛋白質科学会年会 (神戸国際会議場, 2019 年 6 月 24-26 日)
- [7] 平 義隆, 藤本将輝, 李 志遠, 保坂将人, 加藤政博:「楕円偏光アンジュレータ放射の位相構造」第 16 回日本加速器学会年会 (京都大学, 2019 年 7 月 31 日-8 月 3 日)
- [8] 松永幸大, 高嶋圭史, 保坂将人, 真野篤志, 郭 磊, 藤本将輝, 加藤政博:「UVSOR-III における短波長コヒーレント光渦発生の研究」第 16 回日本加速器学会年会 (京都大学, 2019 年 7 月 31 日-8 月 3 日)
- [9] 郭 磊, 加藤政博, 高嶋圭史, 保坂将人, 真野篤志:「CsK<sub>2</sub>Sb と Cs<sub>3</sub>Sb フォトカソード性能の pn 型半導体基板依存性」第 16 回日本加速器学会年会 (京都大学, 2019 年 7 月 31 日-8 月 3 日)
- [10] 堀 遥輝, 真野篤志, 保坂将人, 石田孝司, 郭 磊, 高嶋圭史, 加藤政博:「永久磁石を用いた偏向磁石の精密磁場測定と温度補償システムの開発」第 16 回日本加速器学会年会 (京都大学, 2019 年 7 月 31 日-8 月 3 日)
- [11] 中尾海斗, 保坂将人, 木村圭吾, 石田孝司, 真野篤志, 郭 磊, 高嶋圭史, 加藤政博, 大熊春夫:「あいち SR 電子蓄積リングにおける共鳴線の観測」第 16 回日本加速器学会年会 (京都大学, 2019 年 7 月 31 日-8 月 3 日)
- [12] ◎ 後藤公德, 松葉俊哉, 加藤政博, 島田賢也:「広島大学放射光科学研究センター光源加速器の現状」第 16 回日本加速器学会年会 (京都大学, 2019 年 7 月 31 日-8 月 3 日)
- [13] 藤本将輝, 山崎潤一郎, 林 憲志, 手島史綱, 水口あき, 加藤政博:「UVSOR の現状 2019」第 16 回日本加速器学会年会 (京都大学, 2019 年 7 月 31 日-8 月 3 日)
- [14] ◎ 福谷圭祐, Roland Stania, Jiwon Jung, Eike F. Schwier, 島田賢也, Chang Il Kwon, Jung Sung Kim, Han Woong Yeom:「励起子絶縁体 Ta<sub>2</sub>NiSe<sub>5</sub> の電場制御」日本物理学会 2019 年秋季大会 (岐阜大学, 2019 年 9 月 10-13 日)
- [15] ◎ 竹本紘子, Nurmamat Munisa, Wang Xiaoxiao, 吉川智己, Chen Jiahua, 鹿子木将明, 河野 嵩, Zhang Ke, Kumar Shiv, Eike F. Schwier, 島田賢也, 宮本幸治, 奥田太一, 木村昭夫:「遷移金属ダイカルコゲナイドにおけるバルクディラックコーンの直接観測」日本物理学会 2019 年秋季大会 (岐阜大学, 2019 年 9 月 10-13 日)
- [16] ◎ 吉川智己, 北山悠斗, Wang Xiaoxiao, 岩澤英明, 鹿子木将明, 河野 嵩, 尾田拓之慎, 小澤秀介, Shiv Kumar, Eike F. Schwier, 島田賢也, 室隆桂之, 谷田博司, 木村昭夫:「希土類元素を含むディラック電子系の放射光 ARPES」日本物理学会 2019 年秋季大会 (岐阜大学, 2019 年 9 月 10-13 日)
- [17] ◎ 守田智洋, 岡本陽平, 松澤 悠, 溝川貴司, Eike F. Schwier, 島田賢也, Naurang Saini, 梶谷 丈, 東中隆二, 松田達磨, 青木勇二:「Pr(O,F)BiS<sub>2</sub> の Pr 原子価とフェルミ面」日本物理学会 2019 年秋季大会 (岐阜大学, 2019 年 9 月 10-13 日)

- [18] ◎ 尾田拓之慎, 岩澤英明, 小澤秀介, 矢野力三, 柏谷 聡, 笹川崇男, Eike F. Schwier, 島田賢也, 木村昭夫:「高分解能 ARPES を用いた銅酸化物高温超伝導体  $\text{La}(2-x)\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  の自己エネルギー解析」日本物理学会 2019 年秋季大会 (岐阜大学, 2019 年 9 月 10-13 日)
- [19] ◎ 山岡人志, 佐藤 仁, 引地将仁, 山中俊介, 道岡千城, 辻井直人, 石井啓文, 平岡 望, 島田賢也, 吉村一良:「 $\text{Yb}_4\text{TGe}_8$  (T=Cr, Mn, Fe, Ni)系の X 線発光分光, 光電子分光, X 線回折による電子状態と結晶構造の測定」日本物理学会 2019 年秋季大会 (岐阜大学, 2019 年 9 月 10-13 日)
- [20] ◎ 伊藤 俊, 有田将司, 春山 潤, Baojie Feng, Wei-Chuan Chen, 生天目博文, 谷口雅樹, Cheng-Maw Cheng, Guang Bian, Shu-Jung Tang, Tai-Chang Chiang, 杉野 修, 小森文夫, 松田 巖:「ビスマス超薄膜における半金属-半導体転移の微視的機構の解明」日本物理学会 2019 年秋季大会 (岐阜大学, 2019 年 9 月 10-13 日)
- [21] ◎ 鹿子木将明, 角田一樹, 河野 嵩, 後藤一希, 宮本幸治, 奥田太一, 桜庭裕弥, 宝野和博, 木村昭夫:「 $\text{Co}_2\text{MnSi}$  合金薄膜のバンド分解したスピン偏極率の観測」日本物理学会 2019 年秋季大会 (岐阜大学, 2019 年 9 月 10-13 日)
- [22] ◎ 今井健人, 加藤和貴, Jiahua Chen, 宮本幸治, 木村昭夫, 奥田太一:「 $\text{TlBi}(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_2$  の温度誘起トポロジカル相転移の光電子分光による研究」日本物理学会 2019 年秋季大会 (岐阜大学, 2019 年 9 月 10-13 日)
- [23] 金安達夫, 彦坂泰正, 藤本将輝, 岩山洋士, 加藤政博:「極紫外フェムト秒放射波束対を用いたヘリウム原子のコヒーレント制御」日本物理学会 2019 年秋季大会 (岐阜大学, 2019 年 9 月 10-13 日)
- [24] 佐藤 仁, 松本拓真, 前田和大, 田口幸広, 文山知之, 石橋広記, 河村直己:「 $\text{Cu } 2p\text{-}1s$  X 線発光分光による  $\text{CuIr}_2\text{S}_4$  の金属絶縁体転移の研究」日本物理学会 2019 年秋季大会 (岐阜大学, 2019 年 9 月 10-13 日)
- [25] 松本拓真, 前田和大, 佐藤 仁, 末國晃一郎, 橋國克明, 高畠敏郎, 河村直己:「 $\text{Cu } 2p\text{-}1s$  X 線発光分光による  $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$  の金属半導体転移の研究」日本物理学会 2019 年秋季大会 (岐阜大学, 2019 年 9 月 10-13 日)
- [26] 井角 元, 水牧仁一朗, 雀部矩正, 保井 晃, 明渡 悠, 河端 拓, 下笠諒平, 柴垣善則, 河村直己, 池永英司, 筒井智嗣, 佐藤 仁, 魚住孝幸, 松田達磨, 大貫惇睦, 三村功次郎:「共鳴硬 X 線光電子分光による  $\text{Ce}122$  の電子状態の研究」日本物理学会 2019 年秋季大会 (岐阜大学, 2019 年 9 月 10-13 日)
- [27] ◎ 吉川智己, 河野 嵩, 鹿子木将明, 角田一樹, 宮本幸治, 竹田幸治, 斎藤祐児, 後藤一希, 桜庭裕弥, 宝野和博, 木村昭夫:「ホイスラー合金  $\text{Co}_2\text{MnGe}(\text{Ga})$  薄膜の  $\text{Ge}(\text{Ga})$  L2,3 端における磁気円二色性スペクトル」日本物理学会 2019 年秋季大会 (岐阜大学, 2019 年 9 月 10-13 日)
- [28] ◎ 河野 嵩, 鹿子木将明, 吉川智己, Xiaoxiao Wang, 角田一樹, 宮本幸治, 室隆桂之, 竹田幸治, 斎藤祐児, 後藤一希, 桜庭裕弥, 宝野和博, 木村昭夫:「共鳴光電子分光によるホイスラー型  $\text{Co}_2\text{MnGe}$  薄膜の部分状態密度の観測」日本物理学会 2019 年秋季大会 (岐阜大学, 2019 年 9 月 10-13 日)
- [29] 島岩泰暉, 密岡拓心, 溝川貴司, 大村瑠美, 千葉優馬, 東中隆二, 松田達磨, 青木勇二, 有田将司, A. Barinov, V. Kandyba, A. Giampietri, N. L. Saini:「カイラル結晶構造を持つ  $\text{IrGe}_4$  の光電子分光」日本物理学会 2019 年秋季大会 (岐阜大学, 2019 年 9 月 10-13 日)

- [30] 氷上颯馬, 森綱尚輝, 溝川貴司, 石田茂之, 永崎 洋, 伊豫 彰, 今井基晴, 阿部英樹, 有田将司, N. L. Saini : 「CaKFe<sub>4</sub>As<sub>4</sub> のマルチバンド電子状態と格子不安定性」日本物理学会 2019 年秋季大会 (岐阜大学, 2019 年 9 月 10-13 日)
- [31] Koichi Matsuo, Hirotsugu Hiramatsu, Robert W. Woody : 「Structural characterization of  $\beta$ 2-microglobulin core fragments in amyloid fibrils using circular dichroism theory and molecular dynamics」第 57 回日本生物物理学会 (シーガイア・コンベンションセンター, 宮崎, 2019 年 9 月 24-26 日)
- [32] 松尾光一 : 「放射光円二色性による糖類の構造ダイナミクスと水和に関する研究」第 25 回 HiSOR 研究会「小型放射光リングによる多彩な量子ビームの発生と応用」(広島大学, 2019 年 10 月 16-17 日)
- [33] 泉 雄大 : 「エピジェネティクス研究への放射光・量子ビームの応用」第 25 回 HiSOR 研究会「小型放射光リングによる多彩な量子ビームの発生と応用」(広島大学, 2019 年 10 月 16-17 日)
- [34] 島田賢也 : 「高分解能 ARPES の定量解析による自己エネルギーの導出とモデル化について」基研研究会「電子相関が生み出す超伝導現象の未解決問題と新しい潮流」(京都大学, 2019 年 10 月 28-30 日)
- [35] 島田賢也 : 「HiSOR 施設の現状と将来展望」UVSOR シンポジウム 2019 (分子科学研究所, 2019 年 11 月 17 日)
- [36] 野津庄平 : 「二光子相関による放射光パルス長の計測」2019 年度ビーム物理研究会・若手の会 (大阪大学, 2019 年 11 月 25-27 日)
- [37] 平田 翔 : 「パルス八極磁石による小型放射光リングへのビーム入射の可能性」2019 年度ビーム物理研究会・若手の会 (大阪大学, 2019 年 11 月 25-27 日)
- [38] 國宗ひな : 「レーザーコンプトン散乱によるマイクロフォーカスガンマ線源の可能性」2019 年度ビーム物理研究会・若手の会 (大阪大学, 2019 年 11 月 25-27 日)
- [39] 島田賢也 : 「Necessity for the DMFT ? Detailed comparison between LDA(+U) and ARPES」第 3 回動的平均場近似計算に関する情報交流会(ホテルアソシア静岡, 2019 年 12 月 2-3 日)
- [40] 佐藤 仁 : 「X 線発光分光・光電子分光でみる強相関電子系の電子状態」第 49 回 SPring-8 先端利用技術ワークショップ「高感度型 X 線発光分光・非弾性 X 線散乱計測が拓く元素選択的電子状態研究の展望」(名古屋大学, 2020 年 1 月 9 日)
- [41] © 石坂仁志, 田北仁志, 久保拓也, 宮下剛夫, Wumiti Mansuer, 島田賢也, 生天目博文, 上田茂典, 鬼頭 聖, 石田茂之, 岡 邦彦, 後藤義人, 藤久裕司, 吉田良行, 伊豫 彰, 荻野 拓, 永崎 洋, 川島健司, 柳 陽介, 井野明洋 : 「硬 X 線光電子分光による層状リン化カルコゲナイド超伝導体の電子状態の研究」第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (ウインクあいち, 2020 年 1 月 10-12 日)
- [42] 井角 元, 水牧仁一朗, 雀部矩正, 保井 晃, 明渡 悠, 河端 拓, 下笠諒平, 柴垣善則, 河村直己, 池永英司, 筒井智嗣, 佐藤 仁, 魚住孝幸, 松田達磨, 大貫惇睦, 三村功次郎 : 「共鳴硬 X 線光電子分光による Ce122 の電子状態の研究」第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (ウインクあいち, 2020 年 1 月 10-12 日)
- [43] © 田中慎一郎, 有田将司, 島田賢也 : 「エピタキシャルグラフェンにおける電子散乱による波動関数の位相回転」第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (ウインクあいち, 2020 年 1 月 10-12 日)

- [44] 眞弓達矢, 大橋由佳, 澤田正博:「低真空環境下における軟 X 線反射率測定装置の開発」第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (ウイנקあいち, 2020 年 1 月 10-12 日)
- [45] ◎ 有田将司, Eike F. Schwier, 佐藤 仁, 島田賢也, 鹿又 武:「FeSi の角度分解光電子分光」第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (ウイנקあいち, 2020 年 1 月 10-12 日)
- [46] ◎ 千島雅大, 中田惟奈, 織田浩輔, 中島忠宏, 三島康生, 浅井祥太, 市林侑弥, 山岸弘奈, 光原 圭, 滝沢 優, 宮本幸治, 奥田太一, 今田 真:「単結晶 Bi における円偏光スピンの角度分解光電子分光および軟 X 線内殻吸収」第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (ウイנקあいち, 2020 年 1 月 10-12 日)
- [47] 郭 磊, 高嶋圭史, 保坂将人, 真野篤志, 山口尚登, 山本将博, 松井文彦, 加藤政博:「フォトカソード用のグラフェン基板の加熱洗浄効果の評価」第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (ウイנקあいち, 2020 年 1 月 10-12 日)
- [48] 佐藤 仁, 松本拓真, 前田和大, 田口幸広, 文山知之, 石橋広記, 河村直己:「X 線発光分光による  $\text{CuIr}_2\text{S}_4$  の金属絶縁体転移の研究」第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (ウイנקあいち, 2020 年 1 月 10-12 日)
- [49] 松本拓真, 前田和大, 佐藤 仁, 末國晃一郎, 橋國克明, 高島敏郎, 河村直己:「X 線発光分光による  $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$  の金属半導体転移の研究」第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (ウイנקあいち, 2020 年 1 月 10-12 日)
- [50] ◎ 西久保開, 長谷川真保, 泉 雄大, 藤井健太郎, 松尾光一, 松本義久, 横谷明德:「VUV-CD で見えてきたリン酸化による XRCC4 会合体の構造変化解析」第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (ウイנקあいち, 2020 年 1 月 10-12 日)
- [51] ◎ 今井健人, 加藤和貴, 松田旭央, Jiahua Chen, 宮本幸治, 木村昭夫, 奥田太一:「 $\text{TlBiS}_2$  および  $\text{TlBiSe}_2$  における温度誘起トポロジカル相転移の光電子分光による研究」第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (ウイנקあいち, 2020 年 1 月 10-12 日)
- [52] 國宗ひな, 岡野泰彬, 加藤政博:「レーザーコンプトン散乱によるマイクロフォーカスガンマ線源の可能性」第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (ウイנקあいち, 2020 年 1 月 10-12 日)
- [53] 藤森公佑, 北浦 守, 平 義隆, 藤本將輝, 全 炳俊, 岡野泰彬, 加藤政博, 保坂将人, 山崎潤一郎, 鎌田 圭, 大西彰正:「LCS ガンマ線を用いた陽電子消滅寿命測定によるシンチレータ結晶中カチオン空孔の可視化」第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (ウイנקあいち, 2020 年 1 月 10-12 日)
- [54] 平田 翔, 石田孝司, 島田美帆, 加藤政博:「パルス八極磁石による小型放射光リングへのビーム入射の可能性」第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (ウイנקあいち, 2020 年野津庄平, 松葉俊哉, 川瀬啓悟, 加藤政博:「二光子相関による放射光パルス長の計測」第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (ウイנקあいち, 2020 年 1 月 10-12 日)
- [55] 河端 拓, 明渡 悠, 阿部晃大, 松本孝之, 下笠諒平, 保井 晃, 水牧仁一朗, 河村直己, 池永英司, 筒井智嗣, 佐藤 仁, 魚住孝幸, 松田達磨, 大貫惇睦, 三村功次郎:「共鳴硬 X 線光電子分光計測のための解析マクロの開発」第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (ウイנקあいち, 2020 年 1 月 10-12 日)



- [56] 末永翔磨, 熊代宗弘, 松尾光一:「放射光真空紫外円二色性によるマガイニン2の生体膜相互作用に関する研究」第33回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム(ウインクあいち, 2020年1月10-12日)
- [57] ◎ 熊代宗弘, 泉 雄大, 松尾光一:「放射光真空紫外円二色性によるミエリン塩基性タンパク質の生体膜相互作用研究」第33回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム(ウインクあいち, 2020年1月10-12日)
- [58] ◎ 泉 雄大, 松尾光一:「放射光円二色性分光によるK4メチル化ヒストンH3の構造解析」第33回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム(ウインクあいち, 2020年1月10-12日)
- [59] ◎ 清水 健, 熊代宗弘, Frank Wien, 泉 雄大, 松尾光一:「真空紫外円二色性分光法を用いた単糖類の分子特性とアポミオグロビンの構造安定化についての研究」第33回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム(ウインクあいち, 2020年1月10-12日)

#### 学生の学会発表実績

##### (国際会議)

- |                             |     |
|-----------------------------|-----|
| ○ 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数      | 4 件 |
| ○ 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数      | 1 件 |
| ○ 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 | 0 件 |

##### (国内学会)

- |                             |      |
|-----------------------------|------|
| ○ 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数      | 11 件 |
| ○ 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数      | 3 件  |
| ○ 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 | 5 件  |

#### セミナー・講演会開催実績

##### (HiSORセミナーの主催)

- [1] 福本恵紀(高エネルギー加速器研究機構); “フェムト秒時間分解光電子顕微鏡による半導体表面のキャリアダイナミクス”, 2019年8月26日
- [2] 寺尾憲(大阪大学); “多糖およびその誘導体の溶液中における分子形態と機能性”, 2019年10月8日
- [3] Sutiman B. Sumitro (Brawijaya University); “Herbal medicine, radical scavenger and metal detoxification: bioinorganic, complexity and nano science perspectives”, 2019年10月16日
- [4] Bernd Kaestner (Metrology Light Source); “シンクロトロン IR ナノ分光法 - 新しい検出および測定スキーム/Synchrotron IR nanospectroscopy - novel detection and measurement schemes”, 2019年11月19日
- [5] 奥村久士(分子科学研究所); “アルツハイマー病を引き起こすタンパク質凝集体の分子動力学シミュレーション”, 2019年11月21日
- [6] Zachary J. Liptak (University of Hawaii); “Belle II commissioning, first results, and future prospects”, 2019年12月2日
- [7] Yogendra Kumar (Chinese Academy of Sciences); “Introduction to ferromagnetic spinel system and HP-HT synthesis”, 2020年1月24日



- [8] 島田美帆, 本田洋介 (高エネルギー加速器研究機構); “先端放射光源研究の現状と展望”, 2020年1月31日
- [9] 金安達夫 (九州シンクロトロン光研究センター); “シンクロトロン放射によるヘリウム原子のアト秒コヒーレント制御”, 2020年3月24日

(国際シンポジウム・ワークショップ主催)

- [1] International Young Researchers Workshop on Synchrotron Radiation Science 2019, (2019年9月3-4日 参加者総数 60名)
- [2] Electronic and Magnetic Properties of Materials Using Large Scale Facilities, (2019年10月20-26日 参加者総数 28名)

各種研究員と外国人留学生の受入状況

外国人客員研究員受入	0 件
外国人留学生受入 (研究指導)	4 件

社会活動・学外委員

(高大連携 見学・研修受入)

- [1] 広島大学附属三原中学校, 24名 (2019年7月12日)
- [2] 広島県立広島井口高等学校, 28名 (2019年7月17日)
- [3] オープンキャンパス, 156名 (2019年8月20日)
- [4] オープンキャンパス, 19名 (2019年8月21日)
- [5] 磯松中学校, 38名 (2019年8月21日)
- [6] 鳥取県立鳥取東高等学校, 24名 (2019年9月10日)
- [7] 島根県立浜田高等学校, 23名 (2019年9月18日)
- [8] 竹原市賀茂川中学校, 34名 (2019年9月27日)
- [9] 広島大学附属福山中学校, 25名 (2019年10月18日)
- [10] 広島県立広島国泰寺高等学校, 60名 (2019年10月23日)
- [11] 高水高等学校附属中学校, 21名 (2019年11月6日)
- [12] 広島県立祇園北高等学校, 41名 (2019年12月19日)

(海外機関の見学・研修受入)

- [1] 駐日欧州連合代表部, 3名 (2019年4月17日)
- [2] グラスゴー大学, 4名 (2019年5月17日)
- [3] ロシア学生サマースクール, 12名 (2019年8月2日)
- [4] さくらサイエンスプロジェクト, 19名 (2019年8月8日)
- [5] エジプト政府派遣ショートステイプログラム, 25名 (2019年9月10日)
- [6] オーストラリア・クィーンズランド州 STEM 研修, 18名 (2019年12月6日)
- [7] 国立中山大学 (台湾), 9名 (2019年12月16日)

(一般の見学・研修受入)

- [1] 広島県環境保険協会, 3名 (2019年5月8日)
- [2] 横浜国立大学, 2名 (2019年5月17日)
- [3] 文部科学省, 4名 (2019年5月31日)

- [4] サンディスク株式会社, 1名 (2019年6月26日)
- [5] 浜松ホトニクス株式会社, 2名 (2019年7月4日)
- [6] 日本原子力研究開発機構, 2名 (2019年7月12日)
- [7] グローバルサイエンスキャンパス, 30名 (2019年8月8日)
- [8] 東京大学, 富山大学, 3名 (2019年8月22日)
- [9] 放射光科学若手国際ワークショップ参加者, 9名 (2019年9月4日)
- [10] 第24回 HiSOR 研究会参加者, 6名 (2019年9月6日)
- [11] 宇宙航空研究開発機構, 3名 (2019年10月11日)
- [12] 広島大学附属中学校職場体験学習, 15名 (2019年11月1日)
- [13] 令和1年度理学部・大学院理学研究科公開(ホームカミングデー), 70名 (2019年11月3日)
- [14] スカンジノバ・システムズ(株), 3名 (2019年12月4日)
- [15] 三菱電機, 3名 (2019年12月6日)
- [16] 第26回 FEL と High-Power Radiation 研究会, 8名 (2019年12月18日)
- [17] 高エネルギー加速器研究機構, 6名 (2019年12月24日)
- [18] 文部科学省高等教育局, 2名 (2020年1月21日)
- [19] アサヒクオリティードイノベーションズ株式会社プロセス開発研究所, 1名 (2020年2月7日)

(学内の見学・研修受入)

- [1] 工学研究科, 3名 (2019年4月11日)
- [2] 工学研究科, 2名 (2019年4月16日)
- [3] 広島大学新採用教員基礎研修, 19名 (2019年5月7日)
- [4] 中学教員免許用の実験授業(物理学実験A), 20名 (2019年5月16日)
- [5] 理学融合教育研究センター, 21名 (2019年5月23日)
- [6] 理学研究科, 21名 (2019年6月4日)
- [7] 理学研究科, 31名 (2019年6月7日)
- [8] 先端物質科学研究科, 13名 (2019年6月25日)
- [9] 理学研究科, 12名 (2019年6月28日)
- [10] 工学研究科, 2名 (2019年7月19日)
- [11] 理学融合教育研究センター, 21名 (2019年8月1日)
- [12] 理学研究科, 21名 (2019年11月8日)
- [13] 理学研究科, 4名 (2019年11月14日)
- [14] デジタルものづくり教育研究センター, 1名 (2019年11月27日)
- [15] 理学研究科, 7名 (2019年12月17日)
- [16] 工学研究院, 40名 (2019年12月20日)
- [17] 理学研究科, 13名 (2020年1月10日)
- [18] 理学研究科, 1名 (2020年2月12日)
- [19] 先端物質科学研究科, 3名 (2020年2月14日)
- [20] 先端物質科学研究科, 3名 (2020年3月3日)

(学協会委員)

- [1] 島田賢也 : Scientific committee member of “International workshop on strong correlations and angle-resolved photoemission spectroscopy (CORPES19)”
- [2] 奥田太一 : 日本表面科学会関西支部幹事
- [3] 奥田太一 : 日本放射光学会プログラム委員
- [4] 加藤政博 : 日本加速器学会評議員
- [5] 加藤政博 : 日本放射光学会評議員
- [6] 松尾光一 : Member of editorial board in “Biomedical Spectroscopy and Imaging - IOS Press”
- [7] 松尾光一 : Members of the PCDDDB (Protein Circular Dichroism Data Bank) International Technical Advisory Board
- [8] 松尾光一 : Molecular Chirality 2019 実行委員 (2019年6月14-15日)
- [9] 佐藤 仁 : 日本物理学会 Jr.セッション委員
- [10] 佐藤 仁 : 広島県物理教育研究推進会事務局, 庶務幹事
- [11] 佐藤 仁 : リフレッシュ理科教室実行委員会委員

(外部評価委員等)

- [1] 島田賢也 : 国立大学共同利用・共同研究拠点協議会幹事
- [2] 島田賢也 : SPring-8 専用施設審査委員会委員
- [3] 奥田太一 : SPring-8 / SACLA 成果審査委員会査読者
- [4] 奥田太一 : 高エネルギー加速器研究機構物質構造研究所放射光利用実験審査委員
- [5] 奥田太一 : 日本学術振興会 科学研究費委員会専門委員
- [6] 奥田太一 : 分子化学研究所・UVSOR 運営委員会委員
- [7] 奥田太一 : VSX 利用者懇談会幹事
- [8] 生天目博文 : SPring-8 課題審査委員
- [9] 生天目博文 : 東北放射光施設 SLi-T-J エンドステーション・デザインコンペ外部委員
- [10] 加藤政博 : 高エネルギー加速器研究機構加速器・共通基盤研究施設運営会議委員
- [11] 加藤政博 : あいちシンクロトロン光センター運営委員会委員
- [12] 佐藤 仁 : 原子力機構(JAEA)施設利用協議会光科学専門部会/量研(QST)施設共用課題審査委員会 専門委員

(産学官連携実績)

- [1] 島田賢也 : (独) 産業技術総合研究所 共同研究
- [2] 島田賢也 : (独) 物質・材料研究機構 共同研究
- [3] 島田賢也 : (株) マツダ 広島大学 共同研究
- [4] 奥田太一 : (株) 日立製作所 共同研究
- [5] 奥田太一 : VG シェンタ (株) 共同研究
- [6] 生天目博文 : (株) マツダ 広島大学 共同研究
- [7] 宮本幸治, 川瀬啓悟, 松葉俊哉 : 自然科学研究機構 分子科学研究所 協力研究

国際共同研究・国際会議開催実績

(学術国際交流協定)

- [1] 中国・中国科学院物理研究所超伝導国家重点実験室

- [2] ロシア・ロシア科学アカデミーヨッフエ物理技術研究所
- [3] ドイツ・ミュンスター大学物理学部
- [4] ロシア・サンクトペテルブルク大学

(国際共同研究)

- [1] 「A study on mechanism of hydrogen sulfide and phosphate removal with oyster shells by XAFS analysis」, Kyunghoi Kim (韓国・釜慶大学校)
- [2] 「Electronic structure of elementary excitation in quantum spin liquid」, Chaoyu Chen (中国・南方科技大学)
- [3] 「High-resolution ARPES measurements of honeycomb borophene」, Baojie Feng (中国・中国科学院物理研究所)
- [4] 「ARPES study of silicene」, Ya Feng (中国・中国科学院寧波工業技術研究所)
- [5] 「ARPES study of a Dirac semimetal candidate」, Ya Feng (中国・中国科学院寧波工業技術研究所)
- [6] 「Ex-situ/in-situ soft x-ray absorption investigation towards passivation behavior of Ti」, Ying Jin (中国・北京科技大学国家材料服役安全科学センター)
- [7] 「ARPES study of a new type-II Dirac semimetal candidate NiTe<sub>2</sub>」, Shaolong He (中国・中国科学院寧波工業技術研究所)
- [8] 「ARPES study on Zintl phase Ba<sub>3</sub>Cd<sub>2</sub>As<sub>4</sub> - A proposed topological crystalline insulator protected by C<sub>2</sub> rotational symmetry」, Chang Liu (中国・南方科技大学)
- [9] 「Spin-resolved ARPES measurements on the single-spin Weyl bands in kagome ferromagnet Co<sub>3</sub>Sn<sub>2</sub>S<sub>2</sub>」, Chang Liu (中国・南方科技大学)
- [10] 「ARPES studies of the polarization-dependent features of the electronic structure of ultrathin ferromagnetic films grown on the PST and BSTS topological insulators for spintronic applications」, Andrey Kamilevich Kaveev (ロシア・ロシア科学アカデミーヨッフエ物理技術研究所)
- [11] 「A feasibility study of the atomic hydrogen cleaning of the carbon contamination on optical elements 2」, Takashi Tokushima (スウェーデン・ルンド大学 MAX IV 研究所)
- [12] 「Details of electronic structure of antiferromagnetic magnetically-ordered topological insulators of different stoichiometry and their modification with temperature in the region of the Neel temperature」, Alexander Shikin (ロシア・サンクトペテルブルク大学)
- [13] 「Comparative ARPES analysis of electronic structure modification of the Cr- and Gd-doped topological insulators under synchrotron and laser photoexcitation」, Alexander Shikin (ロシア・サンクトペテルブルク大学)
- [14] 「ARPES study of the emerging topological states on the (111) surface of the MBE grown In-doped Pb<sub>x</sub>Sn<sub>1-x</sub>Te thin films with compositions outside topological crystalline insulator region.」, Vladimir Andreevich Golyashov (ロシア・ロシア科学アカデミーRzhanov 半導体物理学研究所)
- [15] 「Revealing “side surface states” and bulk states of the topological Dirac line-node semimetals ZrSiS/HfSiS」, Mario Novak (クロアチア・ザグレブ大学)
- [16] 「ARPES measurements of bulk and single-layer ruthenium chloride」, Baojie Feng (中国・中国科学院物理研究所)

- [17] 「High resolution laser-ARPES study on magnetic topological insulators  $\text{MnBi}_2\text{Te}_4$  and  $\text{MnBi}_4\text{Te}_7$ 」, Chang Liu (中国・南方科技大学)
- [18] 「Angle resolved photoemission study of Cr-doped  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  to search for the quantum anomalous Hall state.」, Turgut Yilmaz (アメリカ・ブルックヘブン国立研究所)
- [19] 「“Spatial resolved Laser-ARPES study on magnetic topological insulators  $\text{Mn}_2\text{Bi}_2\text{Te}_5$ , doped  $\text{MnBi}_2\text{Te}_4$  and  $\text{EuIn}_2\text{As}_2$ ”」, Chaoyu Chen (中国・南方科技大学)
- [20] 「Electronic structure and spin texture determination of magnetic Weyl semimetals」, Chaoyu Chen (中国・南方科技大学)
- [21] 「Investigation of band structures of tin oxide」, Baojie Feng (中国・中国科学院物理研究所)
- [22] 「ARPES study of type-II nodal loop in trigonal layered  $\text{PtBi}_2$ 」, Shaolong He (中国・中国科学院寧波工業技術研究所)
- [23] 「Ultrathin ferromagnetic films on spin-orbit-influenced metals: Interplay between exchange and spin-orbit interaction」, Markus Donath (ドイツ・ヴェストファーレン・ヴィルヘルム大学)
- [24] 「ARPES study of silicon nano-ribbons」, Ya Feng (中国・中国科学院寧波工業技術研究所)
- [25] 「The electronic structure investigation on Pd doped  $\text{SrIrO}_3$  thin film」, Takashi Komesu (アメリカ・ネブラスカ大学リンカーン校)
- [26] 「ARPES study of non-uniform charge transfer and circular dichroism in vanadium intercalated  $\text{NbS}_2$ 」, Mario Novak (クロアチア・ザグレブ大学)
- [27] 「ARPES investigation of new type of topological crystalline insulator  $\text{Ba}_3\text{Cd}_2\text{As}_4$ 」, Tian Qian (中国・中国科学院物理研究所)
- [28] 「Interface electronic structure of  $\text{Bi}_2\text{Se}_3/\text{VSe}_2$  heterostructure」, Turgut Yilmaz (アメリカ・ブルックヘブン国立研究所)
- [29] 「Detecting the surface states of the topological Dirac line-node semimetals  $\text{HfSiS}$  on the (100) surface」, Mario Novak (クロアチア・ザグレブ大学)
- [30] 「High resolution ARPES study on magnetic topological insulators  $\text{Mn}(\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x)_2\text{Te}_4$ 」, Chang Liu (中国・南方科技大学)
- [31] 「Instabilities and their competition in doped or intercalated  $\text{VSe}_2$ 」, Arghya Taraphder (インド・インド工科大学カラグプル校)
- [32] 「Probing the bulk and surface signatures of the time-reversal breaking in the electronic structure of the magnetically doped topological insulator  $\text{V}:(\text{Bi},\text{Sb})_2\text{Te}_3$  with high resolution UV-ARPES」, Friedrich Reinert (ドイツ・ヴュルツブルク大学)
- [33] 「High resolution ARPES study on magnetic topological insulators  $\text{Mn}(\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x)_2\text{Te}_4$ 」, Chang Liu (中国・南方科技大学)

#### 研究助成金等の受入状況

- [1] 奥田太一：基盤研究 (A) (研究代表者)「微小マルチドメインを持つ新奇ラッシュバ・トポロジカル物質のスピン電子状態の直接観測」総額 42,250 千円 2019 年度 4,940 千円
- [2] 宮本幸治：基盤研究 (B) (研究代表者)「スピン角度分解光電子分光で探るレーザー光による光誘起スピン電流の電子スピン制御」総額 18,330 千円 2019 年度 1,430 千円
- [3] 泉 雄大：若手研究 (B) (研究代表者)「放射光円二色性分光によるヒストンの DNA 損傷誘起「異常構造」形成過程の解明」総額 4,290 千円 2019 年度 780 千円

- [4] 松尾光一：基盤研究（C）（研究代表者）「真空紫外円二色性と直線二色性法による膜結合蛋白質の精密構造解析」総額 4,420 千円 2019 年度 1,690 千円
- [5] 島田賢也：マツダ（株）「放射光による自動車用材料の分析」研究費：1,002 千円
- [6] 奥田太一：（株）日立製作所「磁区観察用超低速電子線回折型スピン検出器の開発」研究費：540 千円

その他特記すべき事項

（受賞）

- [1] 後藤公德：広島大学長表彰

## 2 物理学科

2017年度より、学科名称を「物理科学科」から「物理学科」へ変更した。

### 2-1 学科の理念と目標

宇宙と物質に関する基本的な疑問を解明するための基礎的な知識と手法，論理的な思考など物理学に関する教育を行う。物理学科では，教育の理念を次のように定めている。

- 基本原理と普遍的法則の解明に向けた教育研究の推進
- 物理学の新たな知の創造とその発展・継承
- 人類社会の進歩に貢献する人材の育成

学科の目標は，学士課程で修得すべき事項と学部修了時まで修得すべき事項とに分けて設定されている。

#### （1）学士課程

学生の学習到達度や理解度に則した段階的な教育目標。

基礎知識から専門知識の習得を経て，応用・実践能力を培う。

#### （2）学部修了時

学生の進路に応じて修得すべき目標。

物理学的素養や問題解決能力を養い，物理学的素養を応用する能力と研究活動を行うのに必要な物理学の基礎知識と手法開発能力を培う。

### 2-2 学科の組織

物理学科の学部教育を担当する教員は，理学研究科物理学専攻の全教員（18名），先端物質科学研究科量子物質科学専攻の理学系教員（16名），および放射光科学研究センター（7名），宇宙科学センター（4名），自然科学研究開発支援センター（1名）の教授，准教授から構成される。学部教育を担当する教員数は現状で十分と考えられる。このように異なる研究科の2専攻と3センターが学部教育を担当しており，それぞれの中期計画・中期目標に沿った教員人事選考が行われているが，教員の公募・採用と配置では学部教育に関する共通の基盤にたった配慮がなされる様に「教員の理学部（物理学科）併任に関する申合せ」を作成し，人事選考の過程で物理学科教授懇談会の場で候補者の紹介が行われることが慣例となっている。



◎物理科学科教員リスト（平成31年4月時点）

・物理科学専攻

教授

小嶋康史，志垣賢太，深澤泰司，黒岩芳弘，森吉千佳子，木村昭夫

准教授

両角卓也，石川健一，中島伸夫，関谷徹司

助教

岡部信広，本間謙輔，三好隆博，高橋弘充，石松直樹，  
和田真一，吉田啓晃

・放射光科学研究センター（併任）

教授

生天目博文，島田賢也，奥田太一，加藤政博

准教授

佐藤 仁，澤田正博，松尾光一，宮本幸治

・宇宙科学センター（併任）

教授

川端弘治

准教授

植村 誠，水野恒史，稲見華恵

・先端物質科学研究科

教授

嶋原 浩，鬼丸孝博，鈴木孝至，岡本宏己，栗木雅夫

准教授

田中 新，樋口克彦，松村 武，八木隆多，高橋 徹，檜垣浩之

助教

比嘉野乃花，志村恭通，石井 勲，飯沼昌隆，伊藤清一

・自然科学研究開発支援センター

准教授

梅尾和則

## 2-3 学科の学士課程教育

物理教育では、数学による解析的能力を養い、それを物理法則や基礎方程式に応用することが求められる。さらに広く物理学の概念を学び、基本的法則を通して物理現象を検証し理解する必要がある。したがって、学生には講義と演習と実験、結果の報告と発表を通じて、かなりの量の体系的かつ論理的な思考の展開が要求される。この様な課程をスムーズに通過させ、入学時の期待と学習に対する熱意を持続させうる学士課程教育が必要となる。また、70%以上の学生が大学院博士課程前期（修士）に進学する現状をみると、学部での基礎教育から大学院での専門教育への接続、教育職免許などの資格取得意欲の持続など、到達目標型教育プログラ

ムの推進と併せて教員の取り組みに検討すべき点が多い。

物理学科では物理学の修得に必須となる科目をコア科目と位置づけ、学科としてその科目の内容（モデルシラバス）を定めることにより、年度や担当教員の違いによるばらつきを少なくする実施体制をとっている。また、演習科目や実験科目を中心にティーチングアシスタント（TA）を配置することにより、きめ細かな指導の下で習熟度を高める効果が上がっている。選択必修の専門科目については、授業アンケートの結果や大学院での専門教育への接続を考慮したカリキュラムの軽微な変更を含む見直しを行っている。

学士教育の担当教員数は現状で十分と考えられるが、負担が集中する傾向も見られる。准教授がチューターを担当するケースが増えており、教授と准教授の役割分担は必ずしも明確ではない。また、非常勤の削減を補うTAの雇用が増加している。TAによる授業補助や学生へのケアなど教育効果は確かに上がっているが、TA学生自身の教育と評価などは未検討の課題である。

なお、ミッションの再定義とRU/SGU支援事業の採択を受けて、主専攻プログラム（物理学）のカリキュラムの改訂を行った。

理学部のアドミッション・ポリシー、カリキュラム・ポリシー、ディプロマ・ポリシーに則り、物理学科・物理学プログラムのポリシーを以下のような設定し教育を行っている。

## 1. アドミッションポリシー

本学科が編成している物理学プログラムのディプロマ・ポリシー及びカリキュラム・ポリシーを踏まえ、入学前に以下のような多様な能力を身につけてきた学生を求めています。

- (1) 知識・技能については、物理学の基礎を学ぶために必要な、高等学校段階の物理学、数学についての高い学力を持つ人
- (2) 思考力・判断力・表現力等の能力については、実験や計算などの課題に取り組むのに必要な、自らの知識・能力・技能を駆使して、論理的に考える能力を持つ人
- (3) 主体性をもって多様な人々と協働して学ぶ態度については、幅広い分野で活躍するために必要な、コミュニケーション能力、特に英語について高い能力を持つ人

なお、第1年次の入学前に学習しておくことが期待される内容は、以下のとおりです。

- ① 物理学の基礎を学ぶために必要な、高等学校段階の物理学について、理解を深めること
- ② 物理学の基礎を学ぶために必要な、高等学校段階の数学について、理解を深めること
- ③ 物理学を学ぶために必要な、外国語を習得しておくこと
- ④ 物理学を学ぶために必要な、日本語の必要な読解力・表現力・コミュニケーション能力を身につけておくこと

また、入学後には、階層化された科目群による物理学の知識・能力・技能の修得、理学一般に通用する基礎学力の習得に意欲的に取り組み、大学院におけるより専門的な教育・研究に必要な能力を身につけることのできる学生、またそれらの知識や経験を活かして、将来、国公立研究機関の研究者や企業の技術職として社会で活躍することを目指す学生を求めています。

## 2. カリキュラム・ポリシー

本プログラムでは、積み上げの学問である物理学の知識・能力・技能を習得するため、教養コア科目、基盤科目、専門基礎科目、専門科目に階層化されています。また、専門基礎科目までは物理学に閉じることなく理学一般に通用する基礎学力を習得できる編成となっています。専門基礎科目では講義科目に対応する演習科目を設け、物理学の理解と活用力を育成しています。

## 3. ディプロマ・ポリシー

本プログラムでは、以下の4項目に示す物理における基礎的、専門的な知識・能力・技能を有し、大学院におけるより専門的な教育・研究に必要な能力を身につけ、大学や国公立研究機関の研究者、あるいは企業の技術職や専門職等で活躍することのできる人材の育成のため、教育課程の定める基準となる単位数を修得した学生に「学士（理学）」の学位を授与します。

- ・ 物理学における基礎的、専門的な知識・能力・技能。
- ・ 実験や観測などの客観的事実やモデル計算の結果に対して、物理学の知識・能力・技能を駆使して自ら論理的に考えることができる能力。
- ・ 物理学に限らず、広い視野と倫理観を持って、科学研究、教育、実業の幅広い分野で活躍することができる素養。
- ・ 国際的な感覚を持ち、科学的な内容に関する報告や議論、プレゼンテーションなどを英語で行うことができる能力。

学科授業担当

2019年度前期授業担当		
1年次		
火	教養ゼミ	深澤, 生天目, 小畠, 木村, 岡本, 鈴木
水	力学A	八木
	物理数学A	中島
金	物理学演習	川端, 水野, 本間
	教養ゼミ	深澤, 生天目, 小畠, 木村, 岡本, 鈴木
2年次		
火	物理数学C	石川
	電磁気学I	栗木
水	熱力学	松村
木	解析力学	黒岩
	電磁気学演習	関谷, 中島, 岡部
3年次		
火	物理学実験I	木村 (昭) 他
水	応用電磁力学	岡本
	量子力学演習	石川, 佐藤 (仁), 松村
木	統計力学I	嶋原
	固体の構造と物性	森吉
金	量子力学II	樋口
	相対性理論	小畠
	物理学実験I	木村 (昭) 他
4年次		
木	固体物理学II	鬼丸
金	相対論的量子力学	両角

2019年度後期授業担当		
1年次		
水	力学B	檜垣
	物理学序論	檜垣
金	力学演習	志垣, 八木, 奥田
	物理数学B	樋口
2年次		
月	先端物理学	鬼丸 他
火	物理学特別講義	飯沼
	電磁気学II	鬼丸
	物理学数値計算法	三好
	物理学英語	深澤 (泰), Werner, 稲見
	先端物理学	鬼丸 他
水	物理学特別講義	飯沼
	電磁・量力演習	島田 (賢), 松尾, 生天目
木	物理数学D	宮本
	量子力学I	大川
金	物理学実験法	梅尾
3年次		
火	物理学特別講義	飯沼
	分子物理学	関谷
	物理学実験II	木村 (昭) 他
水	物理学特別講義	飯沼
	統計力学II	嶋原
	原子核素粒子物理学	志垣
	宇宙天体物理学	深澤 (泰)
木	統計力学演習	澤田, 田中 (新), 森吉
	固体物理学I	生天目
	連続体力学	鈴木 (孝)
金	量子力学III	田中 (新)
	物理学実験II	木村 (昭) 他

学士課程教育の理念を達成するためには、教育および教育環境に関する支援が重要と考えられる。教育に関する支援では、履修指導が最も重要である。新入生および在学生に対するガイダンスや学生アンケート、成績交付時の個別面談などは恒例となっている。各年度に4名の教員がチューターとして16~17名の学生を担当するので、きめ細かい支援が実行されている。教育環境に関する支援では、施設・設備の充実とホームページの整備による履修と成績

に関する情報開示が挙げられる。

学生の授業アンケート調査の結果、教育内容と量に関する評価は概ね良好であった。学生は、授業内容に関する理解と達成感が得られたとして、授業に満足していることが分かる。特に演習やゼミナール形式の少人数授業の評価が高いが、予習・復習に対する取り組みの自己評価が低い。これらの評価の間に整合性を欠くことが憂慮される。これは成績分布に見られる二極化が、更に無極化する傾向と関連して深刻な問題である。一方、3年次の物理科学実験に対する良好な評価が得られているようで、卒業研究着手のための配属研究室の選択にも、その実験の経験が大いに影響している。担当教員の取り組みが重要であることを強く示唆している。

学生に基本的な学習習慣を身につけさせるために、成績評価を厳格にする傾向が見受けられる。これは教員の見識ある取り組みと言えるが、授業に対する教員の熱意と工夫が不可欠であり、成績不振者に対するケアも重要となる。成績分布の二極化が憂慮される中で、これも高校での教育や多様な入試制度などと無縁ではない。学生の意識を変えるための教員側の工夫が求められるが、学生の資質と強く関係して、その方法の模索が続いている。

履修指導を最も必要とする学生は成績不振者である。チューターの役割が重要であるが、多様な学生に対応しながら、深刻な状態にある学生をケアするチューターの負担が増加している。この様な現状から、現行のチューター制度は限界に来ていると考えられ、特に心身に不調を抱える学生には保健管理センターとの連携による支援が不可欠と考えられる。一方、成績不振の基準を定めて、成績不振学生に退学勧告を出す厳格な指導も必要と考えられる。

教育環境に関する学生の要望を汲み上げる仕組みとして「物理学科ミニ懇談会」を開催している。近年、学生の出席者数が減少傾向にあったので、平成26年より学年別に開催して出席者の増加を図っている。支援体制に対する学生の評価は概ね良好と判断される。

### 学士課程教育の成果とその検証

学士課程教育の成果は卒業研究に集約され、その内容は卒業論文と卒業論文発表会で検証される。卒業研究は、3年間での早期卒業を目指す学生を除き、4年次に行うことを原則としており、100単位以上の卒業要件単位と物理科学実験A、Bの修得を卒業研究着手の要件としている。

学士課程教育の総仕上げともいえるべき卒業研究のための研究室配属は、学生への履修支援の観点から極めて重要である。物理科学科では、3年次後期の配属ガイダンスから卒業研究着手に至る過程に「研究室配属に関するルール」が定められている。各研究グループに配属する学生数は当該グループの教員数に応じて均等に成るように配慮されている。

学生は物理科学科目を担当する研究グループに配属され、当該グループの教授あるいは准教授が指導教員となって前期・後期の通年で卒業研究を行う。卒業研究テーマは、いくつかのテーマからの選択あるいは学生の希望によって決定されるのが一般的である。卒業研究と同時に、各研究グループで前期に開講される物理科学セミナーを受講し、卒業研究に関連した専門知識の修得も行う。



## 2019年度入学生

	定員	志願者	入学者
AOI型	10	20	6
前期日程	36	82	40
後期日程	20	119	22
計	66	221	68

## チューター

入学年度	チューター			
2019	志垣	石川	中島	岡本
2018	鬼丸	八木	田中	両角
2017	嶋原	関谷	高橋	木村
2016	小寫	栗木	樋口	松村
2015	黒岩	山本	檜垣	深澤
2014	岡本	石川	中島	鈴木

## 卒業論文発表実績

卒業研究の成果は、卒業論文としてまとめられると共に、卒業研究発表会において口頭での概要発表（2分間）とポスター発表（1時間30分）を併用して報告される。教育交流委員が世話人となって、要旨集の作成、プログラム編成、座長の指名、会場設営などを取り仕切る。2019年度の発表会では卒業生を3グループに分割し、3セッションで実施した。この卒業論文と発表に対する主査1名と副査1名による評価に基づき、学科教員会において卒業研究の単位を認定する。また卒業論文発表に関する優秀賞（4～7名）を全教員の投票によって選考している。受賞者は学科別卒業証書授与式で表彰され、受賞者の氏名は学科ホームページと次年度以降の卒業論文要旨集に記録される。過去5年間の卒業論文発表実績を下表に示す。

年度	発表者数	優秀賞受賞	卒業学生数	大学院進学
2019	57	5	58	43
2018	64	5	65	46
2017	63	7	64	48
2016	74	6	73	53
2015	71	5	68	37
2014	60	6	61	40

2019年度の卒業論文発表会は、2020年2月17日（月）に3つのグループで時間帯を分け、シヨートオーラルを理学部E002講義室にて、ポスター発表をE203大会議室にて開催した。

以下に、卒業論文発表題目を掲載する。

2019年度 理学部・物理科学科 卒業論文発表会  
 2020年2月17日（月） 場所：理学部 E002講義室 ショートオーラル  
 理学部 E203大会議室 ポスター発表

氏名	論文題目	指導教員	主査	副査
1 森島春恵	層状ペロフスカイト(CnH2n+1NH3)2MeCl4の結晶育成とn=2,Me=Mnの結晶における比熱測定	鈴木	鈴木	鬼丸
2 白石海人	角度分解光電子分光によるアクシオン絶縁体候補物質EuIn2As2の表面およびバルク電子状態の観測	木村	木村	樋口
3 杉山貴哉	高分解能角度分解顕微光電子分光による銅酸化物高温超伝導体のギャップの不均一性に関する研究	木村	木村	田中
4 徳本涼香	ALICE実験新規前方飛跡検出器の $\pi$ /K中間子崩壊 $\mu$ 粒子除去性能評価	志垣	志垣	岡本
5 金野 舜	電子ビーム駆動式ILC陽電子源におけるキャプチャーライナックの空洞の設計と陽電子捕獲率の評価	栗木	栗木	小嶌
6 和田侑樹	超音波分光法によるTmFe4CoAl7の逐次相転移と磁場中相図の解明	鈴木	鈴木	奥田
7 伊藤嵩大	赤外超短パルスレーザーのサファイア結晶照射による可視コンティニウム光の生成	関谷	和田	黒岩
8 魚見彩乃	真空紫外円二色性法を用いた糖類によるアポミオグロビンの構造安定化に関する研究	松尾	松尾	鈴木
9 小澤春紀	TmTeの圧力下絶縁体金属転移近傍における非線形伝導現象の探索	松村	松村	宮本
10 今浦稜太	真空紫外円二色性分光法による $\alpha$ シヌクレイン蛋白質の生体膜相互作用研究	松尾	松尾	石井
11 森下亮司	比熱測定によるCeB6の磁気および四極子相転移の研究	松村	松村	和田
12 廣森慧太	アナターゼ型二酸化チタン単結晶表面でのエッジとテラスの光触媒活性の比較	中島	中島	松村
13 田伏真隆	電子軌道配向試料を利用したHiSOR BL-13の軟X線偏光度計測	関谷	和田	島田
14 前田康輝	スピンゆらぎを考慮に入れた遍歴電子磁性	嶋原	樋口	松尾
15 高原一朗	光子-光子衝突型加速器における実光子弾性散乱の背景事象排除の研究	高橋	高橋	志垣
16 陣内 駿	機械学習(CNN)を用いた見かけの天体構造の分類	小嶌	小嶌	伊藤
17 蔵田湧紀	Er3Ru4Al12における磁気秩序の弾性応答と磁気相図	鈴木	鈴木	比嘉
18 山内礼士	チタン酸バリウム多面体微粒子の結晶構造と強誘電相転移	黒岩	黒岩	木村

19	向井文哉	多層グラフェンにおけるモアレ超格子の電子構造	八木	八木	生天目
20	米田貴大	F(R)修正重力理論におけるインフレーション宇宙論	両角	両角	高橋
21	市川智聡	コヒーレント共鳴条件に基づくチューンダイアグラムの構築	岡本	岡本	本間
22	國宗ひな	レーザーコンプトン散乱によるマイクロフォーカスガンマ線源の研究	加藤	加藤	八木
23	辻 彩菜	充填トリジマイト型酸化物BaAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> の分極構造に及ぼすBa/Sr微量置換効果	森吉	森吉	鈴木
24	石本賢太郎	永久磁石材料SmCo <sub>5</sub> の水素化による磁気構造の圧力変化	中島	石松	奥田
25	秋野大知	XXL銀河団の質量とバリオン質量の相関関係	小嶌	岡部	稲見
26	五藤誠人	短バンチビーム実験用線形ポルトラップのイオン閉じ込め特性	岡本	伊藤	三好
27	沖 和賢	超伝導の微視的理論 -基礎理論とGor'kovの方法-	嶋原	嶋原	森吉
28	馬場裕太郎	面直スピン検出器のターゲット候補 Graphene/Co(0001)/W(110)の性能評価と電子構造の観測	宮本	宮本	鬼丸
29	今澤 遼	電波銀河からのGeV/TeVガンマ線の時間変動の研究	深澤	深澤	檜垣
30	濱田大晴	超新星のスペクトル解析に基づいた未同定吸収線と大気構造に関する研究	深澤	川端	栗木
31	馬場公範	硫酸-遷移金属(Fe,Co,Ni,Cu,Zn)錯体の軟X線吸収スペクトルの比較	関谷	吉田	黒岩
32	平 哲也	機械学習を用いた見かけの天体構造のクラスタリング	小嶌	小嶌	深澤
33	藤原 健	量子計算の基礎 -ショアの素因数分解アルゴリズム-	石川	石川	川端
34	平田 翔	パルス八極電磁石による小型放射光リングへのビーム入射の研究	加藤	加藤	嶋原
35	瀧川莉穂	立方晶PrIr <sub>2</sub> Zn <sub>20</sub> の非静水圧効果による反強四極子秩序と超伝導転移の同時消失	梅尾	梅尾	加藤
36	池田 昂	線形ポルトラップによる空間電荷駆動非線形共鳴の実験的研究	岡本	岡本	水野
37	堀 文哉	Pr希薄系La <sub>0.9</sub> Pr <sub>0.1</sub> V <sub>2</sub> Al <sub>20</sub> の非磁性基底二重項と非フェルミ液体的挙動	鬼丸	鬼丸	吉田
38	田中 佑	YbCu <sub>5-x</sub> Al <sub>x</sub> のX線発光分光	佐藤	佐藤	関谷
39	橋本惟吹	ボゾンの弦の量子力学	両角	両角	栗木
40	水野志歩	酸化ハフニウム薄膜における電子状態の膜厚依存性	中島	中島	澤田

41	森 文樹	かなた望遠鏡による偏光撮像データの自動解析システムの性能評価	深澤	川端	岡部
42	福島隆司朗	トポロジカル絶縁体とMajoranaエッジの基礎理論	嶋原	嶋原	中島
43	佐田和陽	新しい偏光の測定の強さ可変測定実現に向けた基礎研究	高橋	飯沼	志垣
44	大石遼平	ハニカム近藤格子系CePt6Al3の重い電子状態	鬼丸	鬼丸	木村
45	木村健斗	ALICE実験 $\mu$ 粒子検出領域における強磁場起因仮想光子偏光度の数値計算	志垣	志垣	植村
46	葛葉朋彦	IXPE衛星によるブラックホール連星からのX線偏光解析手法の研究	深澤	水野	石川
47	長谷川拓郎	GHz帯マイクロ波による未知場探索に向けた集光光学系の開発	志垣	本間	小嶋
48	森脇裕貴	SPICA宇宙望遠鏡赤外線光学フィルターの耐熱サイクル実験	深澤	稲見	高橋
49	西原壱政	YbCo2Zn20の重い電子状態に対するNi置換効果	鬼丸	志村	佐藤
50	宮井雄大	高分解能角度分解光電子分光による Nb(110)の電子構造の研究	島田	島田	志村
51	山口 光	シミュレーションデータを用いた将来ガンマ線バースト衛星での高赤方偏移候補検出	深澤	川端	飯沼
52	兼島 輝	AIを活用した結晶構造解析法の構築に向けて	森吉	森吉	加藤
53	武井玄德	ウィルソンループを用いたクーロンポテンシャルの導出	石川	石川	岡本
54	町田一葉	軸走査自由度とユーザビリティを両立する軟X線反射率計測ソフトウェアの開発	澤田	澤田	嶋原
55	上田祥央	キラル磁性体YbNi3Al9の非磁性Lu希釈下での電気伝導, 比熱, および磁気特性	松村	松村	森吉
56	酒井直人	2次元イジングモデルのオンサーガー解	嶋原	田中	石松
57	河野早紀	大強度ハドロンビームの共鳴不安定性とコヒーレントチューンシフトの評価	岡本	岡本	深澤

### 物理科学科就職情報

進 学：広島大学大学院博士課程前期 35，東京工業大学3，京都大学 2，筑波大学 1，  
名古屋大学1，県立広島大学1

企 業：(株) VSN 1，パーソルR&D 1，NECソリューションイノベータ (株) 1，  
(株) 福岡銀行 1，オハヨー乳業 (株) 1，中国電力 (株) 1，  
サーラビジネスソリューションズ 1，西日本電信電話 (株) 1，  
日本生命保険相互会社 1，西川ゴム工業 (株) 1，西日本旅客鉄道 (株) 1，  
(株) ジャストシステム 1

その他：広島市教育委員会 1

### 学生の表彰

広島大学 理学部長表彰者：2名

### Ⅲ 化学専攻・化学科





# 1 化学専攻

## 1-1 専攻の理念と目標

化学専攻の理念・目標は、学部教育を土台として、さらに高度な専門的研究活動を推進することによって現代科学のフロンティアを切り拓く実力をもった研究者を養成し、社会の各方面で活躍できる人材を輩出することである。

## 1-2 専攻の組織と運営

### 【1】化学専攻の組織

化学専攻では分子構造化学と分子反応化学の2つの大講座において、化学の柱である構造と反応、特にその基礎的研究・教育に重点を置き活動している。分子構造化学講座は構造物理化学、固体物性化学、錯体化学、分析化学、構造有機化学および光機能化学の6つの研究グループ、分子反応化学講座は反応物理化学、反応有機化学、有機典型元素化学、量子化学および放射線反応化学の5つの研究グループから構成され、お互いに連携を保ちつつ独自の研究を推進している。さらに、理学研究科の数理分子生命理学専攻の生命理学講座は化学系として位置づけられ、化学専攻の研究グループとは学部教育だけでなく、大学院における研究・教育活動においても相補的に活動している。したがって、本理学研究科には14の化学系研究グループが存在し、基礎科学としての化学研究・教育を総合的に行っている。

### 【2】化学専攻の運営

化学専攻の運営は、化学専攻長を中心にして行われている。化学専攻長補佐がそれを補佐する。

令和元年度	化学専攻長	山崎 勝義
	化学副専攻長	井口 佳哉
	化学専攻長補佐	久米 晶子

また、化学専攻の円滑な運営のために各種委員会等が活動している。令和元年度の各種委員会の委員一覧を次にあげる。

#### ・化学専攻内の各種委員会

エックス線委員	久保	岡田	中本
障害防止委員	高木	西原	平尾

・理学研究科における各種委員会の化学専攻委員

施設活用委員	石坂、山崎
人事交流委員会	山崎
教務委員	高口
評価委員	石坂、山崎
安全衛生委員	井口
広報委員	平尾
大学院委員	山崎
入学試験委員会	中本
情報セキュリティ委員会	村松
地区防災対策委員	山崎

化学専攻教員の理学研究科での活動

研究科長	安 倍	学	平成31年4月1日～
人事交流委員会	安 倍	学	平成31年4月1日～
安全衛生委員会	安 倍	学	平成31年4月1日～
防災対策委員会	安 倍	学	平成31年4月1日～
大学院委員会	安 倍	学	平成23年4月1日～
情報セキュリティ委員会	安 倍	学	平成23年4月1日～

化学専攻教員の全学での活動

・会議メンバーや全学委員会等の委員等

役員会	相 田 美砂子	平成28年4月1日～
教育研究評議会 評議員	相 田 美砂子	平成25年4月1日～
	安 倍 学	平成31年4月1日～
経営協議会 学内委員	相 田 美砂子	平成28年4月1日～
経営協議会 (オブザーバー)	安 倍 学	平成31年4月1日～
部局長等意見交換会	相 田 美砂子	平成25年4月1日～
	安 倍 学	平成31年4月1日～
学術・社会連携研究推進機構運営会議※名称変更	相 田 美砂子	令和元年10月1日～

人材育成推進本部 FD委員会	相 田 美砂子	平成31年4月1日～
広報企画戦略会議	相 田 美砂子	平成23年8月2日～
国際交流推進機構会議	相 田 美砂子	平成28年4月1日～
卓越大学院・大学院リーディングプログラム機構会議	相 田 美砂子	平成31年4月1日～
	安 倍 学	平成31年4月1日～
たおやかで平和な共生社会創生プログラム担当者	相 田 美砂子	平成26年10月1日～
ILDV運営会議	山 本 陽 介	平成31年4月1日～
グローバルキャリアデザインセンター会議	相 田 美砂子	平成26年7月1日～
	安 倍 学	平成28年4月1日～
未来を拓く地方協奏プラットフォーム運営協議会	相 田 美砂子	平成27年3月5日～
未来を拓く地方協奏プラットフォームコンソーシアム実行委員会	相 田 美砂子	平成27年3月5日～
教育本部	相 田 美砂子	平成27年5月28日～
教育推進機構会議	相 田 美砂子	平成27年5月28日～
	安 倍 学	平成31年4月1日～
入試委員会	水 田 勉	平成31年4月1日～
	中 本 真 晃	平成31年4月1日～
	安 倍 学	平成31年4月1日～
学生生活委員会	高 口 博 志	平成31年4月1日～
アクセシビリティセンター会議	波多野 さや佳	平成31年4月1日～
研究推進機構会議	安 倍 学	平成31年4月1日～
	相 田 美砂子	平成28年4月1日～
広報企画戦略会議	相 田 美砂子	平成23年8月2日～
教務委員会	安 倍 学	平成30年4月1日～
環境連絡会議	安 倍 学	平成31年4月1日～
校友会理事会 理事	安 倍 学	平成31年4月1日～
研究設備サポート推進会議委員会	山 本 陽 介	令和元年5月1日～
	水 田 勉	令和元年5月1日～
全学共用機器体制検討WG	山 本 陽 介	令和元年11月18日～
	水 田 勉	令和元年11月18日～
研究設備サポート推進会議専門部会	灰 野 岳 晴	令和元年6月1日～

全学教育統括部 統括会議	相 田 美砂子	平成28年7月26日～
男女共同参画推進委員会	相 田 美砂子	平成19年5月21日～
女性研究活動委員会	相 田 美砂子	平成25年10月3日～
研究企画会議	相 田 美砂子	平成25年5月9日～
先進理工系科学研究科（仮称）設立準備委員会	相 田 美砂子	平成29年8月1日～
研究人材養成委員会	相 田 美砂子	平成21年7月15日～
ひろしまアントレプレナー人材養成推進委員会 教育本部教務委員会	西 原 禎 文	平成26年11月13日～
	安 倍 学	平成28年9月1日～
情報セキュリティ委員会	安 倍 学	平成23年4月1日～
環境安全センター運営委員会	安 倍 学	平成22年4月1日～
理系女性研究者活躍推進プロジェクト会議	安 倍 学	平成31年4月1日～
化学基礎教育領域長	水 田 勉	令和元年11月1日～ 令和3年3月31日
広島大学薬品管理システム専門委員会委員	灰 野 岳 晴	平成16年4月1日～
先進機能物質研究センター運営委員会	灰 野 岳 晴	平成25年4月1日～
自然科学研究支援開発センター研究員	西 原 禎 文	平成29年4月1日～
	井 上 克 也	平成29年4月1日～
	灰 野 岳 晴	平成29年4月1日～
自然科学研究支援開発センター運営委員会 先進機能物質部門会議	灰 野 岳 晴	平成29年4月1日～
	井 上 克 也	平成29年4月1日～
図書館リポジトリ・アドバイザー	山 崎 勝 義	平成23年6月1日～
北京研究センター運営委員会	山 崎 勝 義	平成22年4月1日～

・ 全学組織やセンター等の責任者等

量子生命科学プロジェクト研究センター長	相 田 美砂子	平成15年4月1日～
広島大学自立型研究拠点 “キラル国際研究拠点（CResCent）” 拠点長	井 上 克 也	平成27年～
広島大学インキュベーション研究拠点 “「光」ドラッグデリバリー研究拠点” 拠点長	安 倍 学	平成29年～

## 1-2-1 教職員

令和2年3月現在の化学専攻の構成員は次のとおりである。

### 化学専攻分子構造化学講座

教授	石坂 昌司
教授	井口 佳哉
教授	井上 克也
教授	齋藤 健一 (併任)
教授	灰野 岳晴
教授	水田 勉
准教授	久米 晶子
准教授	関谷 亮
准教授	高橋 修
准教授	西原 禎文
助教	岡本 泰明
助教	久保 和幸
助教	GOULVEN COSQUER
助教	平尾 岳大
助教	福原 幸一
助教	村松 悟
助教	LEONOV ANDREY

### 化学専攻分子反応化学講座

教授	相田 美砂子 (併任)
教授	安倍 学
教授	山崎 勝義
教授	山本 陽介
教授	中島 覚 (併任)
准教授	岡田 和正
准教授	高口 博志
准教授	中本 真晃
講師	波多野 さや佳
助教	SHANG RONG
助教	高木 隆吉
助教	仲 一成
助教	赤瀬 大 (併任)

### 化学専攻事務

契約一般職員	竹村 夕子
契約一般職員	宮本 曜子

### 令和元年度の非常勤講師

- 岡本 晃一 (大阪府立大学/教授)  
授業科目名: プラズモニクスの基礎と応用  
担当: 光機能化学研究グループ
- 阿部 二郎 (青山学院大学工学部/教授)  
授業科目名: 光固体物性化学  
担当: 固体物性化学研究グループ
- 山下 誠 (名古屋大学工学研究科/教授)  
授業科目名: 典型元素化学特論  
担当: 有機典型元素化学研究グループ



## 1-2-2 教職員の異動

平成31年 4月 1日	井口 佳哉	(構造物理化学研究グループ 教授)	昇任
令和元年 7月 1日	GOULVEN COSQUER	(固体物性化学研究グループ 助教) 東北大学理学研究科 研究員より採用	
10月 1日	OLEKSIY BOGDANOV	(固体物性化学研究グループ 特任教授)	採用
令和 2年 3月31日	山本 陽介	(有機典型元素化学研究グループ 教授)	定年退職
	相田 美砂子	(量子化学研究グループ 教授)	定年退職
	OLEKSIY BOGDANOV	(固体物性化学研究グループ 教授)	任期満了につき退職

## 1-3 専攻の大学院教育

### 1-3-1 大学院教育の目標とアドミッション・ポリシー

#### 【1】教育目標

化学専攻は、学部教育での化学を体系的に身に付けた人材とともに、他分野の教育基盤をもつ人材を新たに受け入れ、物質科学の中心を占める基幹学問としての化学とその関連分野における最先端の領域を切り開いていく研究者および高度な専門的知識を有する職業人を養成することを目的とする。現代科学の急速な学際化・国際化・情報化に対応して、以下の教育目標を設定する。

- (1) 化学の専門的知識を体系化して教えるとともに、他分野の基盤をもつ人材にも配慮した幅広い教育を行う。
- (2) 化学分野の学際的な研究領域の拡大に応じ、他分野の研究者と交流し最先端の研究にふれることのできる教育を行う。
- (3) 社会的要請に対応するために、化学とその関連分野における高度専門職業人を養成する教育を行う。
- (4) 社会の国際化・情報化に対応するために、英語教育・情報教育を併用した化学専門教育に積極的に取り組む。

#### 【2】アドミッション・ポリシー

化学専攻では、大学院で高度な化学の専門知識や技法を学ぶために必要な基礎学力を有し、絶えず自己啓発努力を重ね、積極的に新しい分野を開拓していく意欲に富む学生を、学部教育を受けた分野にとらわれず広く受け入れる。

## 1-3-2 大学院教育の成果とその検証

### ・令和元年度化学専攻在籍学生数

(令和元年5月1日現在)

入学年度	化学専攻博士課程前期	化学専攻博士課程後期
令和元年度	37 (6) [1]	9 (1) {1}
平成30年度	34 (8) {1}	10 (2) [1] {4}
平成29年度	6 {6}	5 (1) [1] {3}
平成28年度		4 (2) {4}
平成27年度		4 {1}
平成26年度		1
合計	77 (14) [1] {7}	33 (6) [2] {13}

( ) 内は女子で内数

[ ] 内は国費留学生数で内数

{ } 内は私費留学生数で内数

### ・チューター

理学部においては以前から学部学生に対してチューター制度を適用していたが、理学研究科でも、大学院学生に対してチューターを設定することになった。各学年のチューターを次にあげる。

	博士課程前期	博士課程後期
令和元年度	水田・久保	岡田
平成30年度生	灰野, 石坂	高口
平成29年度生	江幡, 岡田	井口
平成28年度生	高口	井上
平成27年度生	井口, 高木	藤原(照)
平成26年度生	井上	福原

・令和元年度化学専攻授業科目履修表

化学専攻(博士課程前期)										博士課程前期			履修方法			担当教員	
授 業 科 目		1 年 次				2 年 次				単 位 数	使用言語			履修方法	担 当 教 員		
		1セメ	2セメ	3セメ	4セメ	1セメ	2セメ	3セメ	4セメ		日本語	英語	日本語・英語				
必修	物理化学概論	2				2					○				Leonov、齋藤		
	無機化学概論	2				2						○			久米、石坂、西原		
	有機化学概論	2				2						○			中本、関谷、波多野		
	化学特別研究	2	2	2	2	8							○		各教員		
選択必修	大学院共通授業科目(基礎)(注1)					1 又は 2									各教員		
	構造物理化学		2			2						○			井口		
	固体物性化学	2				2						○			開講しない		
	錯体化学	2				2						○			水田		
	分析化学		2			2						○			石坂		
	構造有機化学	2				2						○			開講しない		
	光機能化学		2			2						○			開講しない		
	放射線反応化学		2			2				○					中島		
	量子化学		2			2						○			開講しない		
	反応物理化学	2				2				○					高口		
	反応有機化学		2			2				○					安倍		
	有機典型元素化学Ⅰ	2				2						○			開講しない		
	有機典型元素化学Ⅱ		2			2						○			開講しない		
	生物無機化学		2			2						○			開講しない		
	計算情報化学	2				2						○			開講しない		
	計算化学演習		2			2						○			開講しない		
	物質科学特論		2			2						○			開講しない		
	量子情報科学	2				2						○			開講しない		
	計算機活用特論	2				2						○			開講しない		
	計算機活用演習	2				2						○			開講しない		
	グローバル化学特論	←				2						○			山崎		
	構造物理化学セミナー	1	1	1	1	4						○			井口、高橋、福原、村松		
	固体物性化学セミナー	1	1	1	1	4						○			井上、西原、Leonov		
	錯体化学セミナー	1	1	1	1	4						○			水田、久米、久保		
	分析化学セミナー	1	1	1	1	4						○			石坂、岡本		
	構造有機化学セミナー	1	1	1	1	4						○			灰野、関谷、平尾		
	量子化学セミナー	1	1	1	1	4						○			相田、岡田		
	反応物理化学セミナー	1	1	1	1	4						○			山崎、高口		
	反応有機化学セミナー	1	1	1	1	4						○			安倍、高木、波多野		
	有機典型元素化学セミナー	1	1	1	1	4						○			山本、中本、SHANG		
	光機能化学セミナー	1	1	1	1	4						○			齋藤、加治屋(自然科学研究支援開発センター)		
	放射線反応化学セミナー	1	1	1	1	4				○					中島(自然科学研究支援開発センター)		
	有機化学系合同セミナー	1		1		2						○			灰野、関谷、平尾		
特別講義	ブラズモニクスの基礎と応用(前期集中)					1										岡本晃一(大阪府立大学)	
	光固体物性化学(前期集中)					1										阿部 二郎(青山学院大学)	
	典型元素化学特論(後期集中)					1										山下 誠(名古屋大学)	

(注1) 選択必修から、1科目(1又は2単位)を超えて履修した場合は、(注2)により特別に認めた場合を除き、修了要件の単位には加えられない。  
 (注2) 必修、選択必修(1科目)及び選択以外の次に示す科目を履修した場合は、化学専攻の承認を得て、選択必修と合計して4単位まで、修了要件に加えることができる。  
 ・選択必修から、1科目を超えて履修した科目  
 ・理学研究科の他専攻の授業科目  
 ・共同セミナー  
 ・理学研究科以外の他研究科等の授業科目

・令和元年度化学専攻開講授業科目

授業科目	担当教員	授業のキーワード
構造物理化学	井口	量子化学, 分子の構造, 赤外, ラマン, レーザー線形, 非線形分光
錯体化学	水田	有機金属化学, 有機合成への応用, 常磁性錯体, 高酸化数錯体, 高配位錯体, 生物有機金属化学
分析化学	石坂	レーザー分光分析, 誤差, 統計学
放射線反応化学	中島	放射線, 元素合成, 放射線化学, 放射性同位元素の化学
反応物理化学	高口	衝突論, 遷移状態理論, マーカス理論, 連続状態, 散乱理論, フーリエ変換
反応有機化学	安倍	転位反応, 軌道相互作用, Woodward-Hoffmann則, 光反応
グローバル化学特論	山崎	海外留学

・各研究グループの在籍学生数

(令和元年5月現在)

研究グループ名	M1	M2	D1	D2	D3	D4
化学専攻分子構造化学講座						
構造物理化学研究グループ	4	4	1	2		
固体物性化学研究グループ	4	4	1		1	
錯体化学研究グループ	5	5				
分析化学研究グループ	2	1		1		
構造有機化学研究グループ	4	5	1		1	
光機能化学研究グループ	1	3	1		1	
化学専攻分子反応化学講座						
反応物理化学研究グループ	5	3	2	1		
有機典型元素化学研究グループ	5	2	2		1	1
反応有機化学研究グループ	4	6	3	4		
量子化学研究グループ	1	2	1			3
放射線反応化学研究グループ	3	4	2	1		2
計	38	39	14	9	4	6

・博士課程修了者の進路

(令和元年5月現在)

	修了者総数	就 職 者							進学	研究生・補助員	ポスドク・研究員	その他
		一 般 職				教 職						
		製造業	公務員	その他	小計	高等学校教諭	大学教員	小計				
前期修了	45(12)	23(4)	0	0	23(4)	1(1)	0	1(1)	12(3)	0	0	1
後期修了*	5(1)	2	0	0	2	0	0	0	0	0	2(1)	3

( ) 内は女子で内数

\*単位取得退学者を含む。



### 1-3-3 大学院生の国内学会発表実績

	国内学会 件数
博士課程前期 <sup>(1)</sup>	75
博士課程後期 <sup>(2)</sup>	24
博士課程前期・後期共 <sup>(3)</sup>	3

(2019年度の発表について記載：2019年4月から2020年3月まで)

<sup>(1)</sup>博士課程前期の学生が共同研究者の発表件数

<sup>(2)</sup>博士課程後期の学生が共同研究者の発表件数

<sup>(3)</sup>博士課程前期・後期の学生が共に共同研究者の発表件数

### 1-3-4 大学院生の国際学会発表実績

	国際学会 件数
博士課程前期 <sup>(1)</sup>	28
博士課程後期 <sup>(2)</sup>	13
博士課程前期・後期共 <sup>(3)</sup>	1

(2019年度の発表について記載：2019年4月から2020年3月まで)

<sup>(1)</sup>博士課程前期の学生が共同研究者の発表件数

<sup>(2)</sup>博士課程後期の学生が共同研究者の発表件数

<sup>(3)</sup>博士課程前期・後期の学生が共に共同研究者の発表件数

### 1-3-5 修士論文発表実績

秋田 隼人	リジットな環状骨格を有する新規カルボジホスホラン配位子とその遷移金属錯体の合成	錯体化学
飯田 祐士	レーザーアブレーション/超音速ジェットレーザー分光による桂皮酸誘導体の電子状態と無輻射緩和過程に関する研究	構造物理化学
岩部 佳樹	キラルピナフチル骨格を有するテトラキスカリックス[5]アレーンとC <sub>60</sub> の会合により生じるらせんフラレンポリマーの合成	構造有機化学
氏平 智章	極低温気相レーザー分光によるベンゾクラウンエーテル包接錯体の配座と電子状態の研究	構造物理化学
大田 晴久	※学外秘	光機能化学
大山 諒子	Photochemical Generation of Reactive Oxygen Species from <i>tert</i> -Butyl Cumyl Peroxide and Their Reactivity ( <i>tert</i> -Butyl Cumyl Peroxideの光照射による活性酸素種の発生と光解離機構の解明)	反応有機化学
小倉 光裕	キラル置換基を導入したCo <sup>II</sup> -ニトロキンド1次元分子磁性体の合成と物性	固体物性化学
川端 大悟	電子励起硫黄原子S(3p <sup>3</sup> 4p <sup>3</sup> P <sub>J</sub> )の非反応性分子による状態選択的消光過程の速度論的研究	反応物理科学
NGUYEN NGOC THANH LUAN	DESIGN AND SYNTHESIS NEW TWO-PHOTON RESPONSIVE PHOTOLABILE PROTECTING GROUP USING TRIPHENYLAMINE AND COUMARIN UNITs (トリフェニルアミンとクマリンを持つ2光子吸収性光解離保護基の設計と合成)	反応有機化学
久保 麻友子	極低温気相条件下におけるクラウンエーテル-アンモニウムイオン錯体の分光学的研究	構造物理化学
佐々木 海友	※学外秘	反応有機化学
佐藤 晶	逆ミセル構造を利用した銅錯体による酸化反応の開発	錯体化学
杉山 恭視	銅中心への生成物の配位によりトリガーされた触媒機構の開発	錯体化学
竹本 昌一	※学外秘	光機能化学
田邊 千佳	キノイド構造を有するノルボルネン誘導体の光反応	反応有機化学
近末 幸希	レーザー捕捉した単一エアロゾル水滴の位置揺らぎ計測	分析化学
茶木 信雅	7,7,8,8-テトラシアノキノジメタン(TCNQ)とその溶媒和錯体の超音速ジェットレーザー分光：電子状態および光化学	構造物理化学
土屋 直人	Mn <sup>II</sup> またはFe <sup>II</sup> を含む有機-無機ハイブリッドペロブスカイト型化合物の物性	固体物性化学
中西 一貴	Synthesis of Cyclometalated (CCC)Ir-Pincer Complexes from Bis-aryl Functionalized Dipyrido-annulated Carbenes by C-H activations. (ビスアリアル基によって官能基化されたジピリド縮環型カルベンからのC-H活性化を伴ってシクロメタル化した(CCC)Ir-ピンサー錯体の合成)	有機典型元素化学
西谷 翔平	外周部分に修飾したキラルなフェニルエチルフタルイミド骨格により誘起されるねじれたπ共役平面を有するナノグラフェンの光学特性	構造有機化学

西村 拓巳	超分子カチオン{M([24]crown-8)} <sup>+</sup> を含む[Ni(dmit) <sub>2</sub> ]塩の機能開拓	固体物性化学
花谷 快渡	TiO <sub>2</sub> ナノギャップでの電場増強効果	光機能化学
早瀬 友葉	※学外秘	固体物性化学
深澤 優人	溶媒抽出機構の解明を目指したDFT計算によるランタノイド・アクチノイドクラウンエーテル錯体の研究	放射線反応化学
深水 凜太郎	C <sub>2</sub> H( $\tilde{X}^2\Sigma^+$ , v <sub>2</sub> = 5, 6, 7)のレーザー誘起蛍光検出およびHeによる振動緩和速度定数の決定	反応物理科学
福原 大輝	水溶液中におけるトリメチルグリシンの構造に関する理論化学的研究	量子化学
藤井 直香	アミノ酸誘導体を導入したテトラキスポルフィリンの自己会合により生じるらせん超分子ポリマー	構造有機化学
藤本 陽菜	深い空孔を有するキャピタンドを四本のアルキル基で連結したホモジトピックなホスト分子の合成と機能	構造有機化学
前田 修平	三座配位子の立体的な束縛によって平面に近い構造を有するリン化合物の合成と反応性	有機典型元素化学
松木 大	シクロペンタジエニルビス(ホスフィンイミド)鉄錯体を用いた反応性メタラサイクルの合成	錯体化学
三上 海勇	Ag <sub>3</sub> Cu平面型錯体を保護ユニットとした新規銀ナノクラスター合成法の開発	錯体化学
宮原 愛奈	マクロ環滑格内に発生したジラジカル反応挙動	反応有機化学
秋田 隼人	リジットな環状骨格を有する新規カルボジホスホラン配位子とその遷移金属錯体の合成	錯体化学
飯田 祐士	レーザーアブレーション/超音速ジェットレーザー分光による桂皮酸誘導体の電子状態と無輻射緩和過程に関する研究	構造物理化学
岩部 佳樹	キラルピナフチル骨格を有するテトラキスカリックス[5]アレーンとC <sub>60</sub> の会合により生じるらせんフラーレンポリマーの合成	構造有機化学
氏平 智章	極低温気相レーザー分光によるベンゾクラウンエーテル包接錯体の配座と電子状態の研究	構造物理化学
大田 晴久	水とSiの反応による水素生成：欠陥と歪みが与える正の効果	光機能化学
大山 諒子	Photochemical Generation of Reactive Oxygen Species from <i>tert</i> -Butyl Cumyl Peroxide and Their Reactivity ( <i>tert</i> -Butyl Cumyl Peroxideの光照射による活性酸素種の発生と光解離機構の解明)	反応有機化学

### 1-3-6 博士学位

授与年月日を〔 〕内に記す。

吉富 翔平 [令和元年6月24日] (乙)  
Nitrogen Atom Effect on Reactivity of Localized Singlet 1,3-Diradicals  
(局在化一重項1,3-ジラジカルの反応性に及ぼす窒素原子効果)

主査：安倍 学 教授  
副査：灰野 岳晴 教授, 水田 勉 教授

ZHANG SIHAN [令和元年9月6日] (甲)  
Multinuclear Coinage Metal Complexes of Bis(diphenylphosphinyl)-functionalized Dipyrido-annulated N-heterocyclic Carbene  
(ビス(ジフェニルホスフィニル)官能基を有するジピリド縮環N-ヘテロサイクリックカルベンの多核貨幣金属錯体)

主査：SHANG RONG 助教  
副査：山本 陽介 教授, 水田 勉 教授, 斎藤 健一 教授

TATIANA SHERSTOBITOVA [令和元年10月28日] (甲)  
Synthesis of Cu(hfac)<sub>2</sub> Complexes with 3-Pyridyl-Substituted Nitroxide Radicals and Study Their Physical Properties  
(3-ピリジル置換ニトロキシドラジカルを有するCu(hfac)<sub>2</sub>錯体の合成及び物性評価)

主査：井上 克也 教授  
副査：中島 覚 教授, 井口 佳哉 教授, 谷本 能文 教授 (名誉教授)

力山 和晃 [令和2年3月3日] (甲)  
Unimer Structure and Micellization of Amphiphilic Alternating Multiblock Copolymers in Aqueous Solution  
(水溶液中における両親媒性交互ブロック共重合体のユニマー構造とミセル形成)

主査：相田 美砂子 教授  
副査：山崎 勝義 教授, 斎藤 健一 教授, 勝本 之晶 教授 (福岡大学)

Nguyen, Hai Thanh [令和2年3月3日] (甲)  
Properties of the Soil in Rice Fields and Transfer of Cesium to Rice Plants  
(水田土壌の性質とセシウムの米への移行)

主査：中島 覚 教授  
副査：水田 勉 教授, 井上 克也 教授, 石坂 昌司 教授

辻本 聖也 [令和2年3月3日] (甲)  
Field Study on Transfer into Rice Plants of Radioactive Cesium Derived from Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident  
(福島第一原子力発電所事故由来の放射性セシウムの米への移行に関する実地調査)

主査：中島 覚 教授  
副査：水田 勉 教授, 井上 克也 教授, 石坂 昌司 教授

下山 大輔 [令和2年3月23日] (甲)

Synthesis, Structure, Molecular Recognition, and Supramolecular Polymerization of Functionalized Feet-to-Feet Connected Bis- and Trisresorcinarenes

(機能化されたビス及びトリスレゾルシンアレーンの合成, 構造, 分子認識と超分子重合)

主査: 灰野 岳晴 教授

副査: 安倍 学 教授, 山本 陽介 教授

坂本 全教 [令和2年3月3日] (乙)

Field enhancement of plasmon-free materials: lowdimensional structures studied by microspectroscopy and simulation

(プラズモンフリー物質の電磁場増強効果: 顕微分光とシミュレーションによる低次元構造の研究)

主査: 齋藤 健一 教授

副査: 相田 美砂子 教授, 山崎 勝義 教授, 井口 佳哉 教授

### 1-3-7 TAの実績

化学専攻大学院博士課程前期・後期在学学生（留学生は除く）に、ティーチング・アシスタント（TA）のシステムを適用している。教員による教育的配慮の下に化学科3年次必修の化学実験の教育補助業務を行わせることによって、大学院生の教育能力や教育方法の向上を図り、指導者としてのトレーニングの機会を提供する。

令和元年度のTA

氏名	担当授業科目	所属研究グループ	学年
秋坂 陸生	化学実験	反応有機化学	D 2
伊藤 洋介	化学実験	有機典型元素化学	D 1
大石 拓実	化学実験	有機典型元素化学	D 1
大澤 翔平	化学実験	量子化学	D 1
大山 諒子	化学実験	反応有機化学	M 2
小野 大成	光機能化学	光機能化学	M 1
小野 雄大	化学実験	構造有機化学	M 1
黒瀬 友也	化学実験	錯体化学	M 1
小林 慧	化学実験	反応物理化学	M 1
古和 千絵	化学実験	放射線反応化学	M 1
坂田 俊樹	化学実験・化学概説A	光機能化学	D 1
佐々木 海友	化学実験	反応有機化学	M 2
佐藤 晶	化学実験	錯体化学	M 2
清水 翔太	化学実験	錯体化学	M 1
鈴木 博喜	化学実験	有機典型元素化学	M 1
高野 真綾	化学実験	反応有機化学	M 1
田中 悠太	化学実験	分析化学	M 1
田邊 千佳	化学実験	反応有機化学	M 2
谷本 佑貴	化学実験	反応物理化学	M 1
近末 幸希	化学実験	分析化学	M 2
千歳 洋平	化学実験	反応有機化学	D 2
天道 尚吾	化学実験	反応物理化学	D 1
中島 智哉	化学実験	放射線反応化学	M 1
中田 裕之	化学実験	反応物理化学	D 2
中西 一貴	化学実験	有機典型元素化学	M 2
長森 啓悟	化学実験	反応物理化学	D 1
西村 拓巳	化学実験・化学実験A	固体物性化学	M 2
西村 文武	化学実験・化学概説B	錯体化学	M 1
新田 菜摘	有機化学演習・構造有機化学・有機化学II	構造有機化学	D 1
原田 健太郎	化学実験	構造有機化学	M 1
平田 早紀子	化学実験	構造物理化学	M 1
深澤 優人	化学実験	放射線反応化学	M 2



福田 和志	化学実験	構造有機化学	M 1
福原 大輝	計算化学・同実習、化学実験	量子化学	M 2
藤井 直香	有機化学演習・構造有機化学・有機化学Ⅱ	構造有機化学	M 2
二又 望	化学実験	構造物理化学	M 1
眞邊 潤	化学実験・化学実験A	固体物性化学	M 1
宮澤 友樹	化学実験	反応有機化学	M 1
宮原 愛奈	化学実験	反応有機化学	M 2
Lin Qianghua	化学実験・化学概説B	反応有機化学	D 1
Wang Zhe	化学実験・化学概説B	反応有機化学	M 2
福原 大輝	化学実験・計算化学・同実習	量子化学	M 1

### 1-3-8 大学院教育の国際化

化学専攻では国際化に対応するため、ヒアリングを中心とした“現代英語”の講義を開講している。さらに、授業の英語化も進めている。また、さまざまな国際共同研究が行われており、学生が国際学会に参加したり、海外に短期留学したりしている。

## 1-4 専攻の研究活動

### 1-4-1 研究活動の概要

#### ・受賞実績

化学専攻の教員および名誉教授が、2010年度以降に受けた学協会賞等を次にあげる。

2010年度 (平成22年度)	Lectureship Award from Anstralian Janrnal of Chemistry	安倍 学
2014年度 (平成26年度)	日本物理学会第20回論文賞	井上 克也
2015年度 (平成27年度)	広島大学DP (Distinguished Professor)	井上 克也 山本 陽介
2015年度 (平成27年度)	高分子学会賞	灰野 岳晴
2016年度 (平成28年度)	Letter of Gratitude	井上 克也
2016年度 (平成28年度)	日本分光学会 学会賞	江幡 孝之
2016年度 (平成28年度)	分子科学会賞	江幡 孝之
2016年度 (平成28年度)	広島大学教育賞	山崎 勝義
2017年度 (平成29年度)	第16回広島大学学長表彰	灰野 岳晴 池田 俊明
2017年度 (平成29年度)	IUPAC 2017 Distinguished Woman in Chemistry or Chemical Engineering	相田美砂子
2019年度 (令和元年度)	第37回日本化学会学術賞	安倍 学

## ・学生の受賞実績

- 西村拓巳 (M2), 日本化学会中国四国支部大会 (徳島) 口頭発表賞「アルカリ金属イオンと[24]crown-8からなる超分子カチオンを含む[Ni(dmit)<sub>2</sub>]塩の構造と物性」(2019)
- 石貫達也 (M1), 第13回分子科学討論会 (名古屋) 分子科学会優秀ポスター賞「逐次相転移を示す有機無機ペロブスカイト型化合物の磁気弾性評価」(2019)
- Tatiana SHERSTOBITOVA (D3), 2019 Springer Student Special Presentation Award (6th AWEST 2019)  
“Ligand Structure Effects on Molecular Assembly and Magnetic Behavior of Cu(hfac)<sub>2</sub> Complexes with 3-Pyridyl-Substituted Nitroxide Derivatives” (2019)
- 土屋直人 (M2), 令和元年度 日本化学会中国四国支部 支部長賞
- 三上海勇 (M2), 錯体化学会第69回討論会 錯体化学会ポスター賞
- 三上海勇 (M2), The Best Student Presentation Award, The 16th Nano Bio Info Chemistry Symposium (2018年12月, 東広島)
- 黒瀬友也 (M1), 2019年日本化学会中国四国支部大会 ポスター賞
- 近末幸希 (M2), 第25回中国四国支部分析化学若手セミナー 優秀ポスター賞「単一エアロゾル水滴のサイズ計測法に関する研究」(2019)
- 下山大輔 (D3) エクセレントスチューデントスカラシップ, (2019)
- 藤本陽菜 (M2) 2019年日本化学会中国四国支部大会, 口頭発表賞, (2019)
- 原田健太郎 (M1) The 16th Nano Bio Info Chemistry Symposium, The best student presentation award, (2019)
- 原田健太郎 (M1) 第17回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム, ポスター賞, (2019)
- 大石拓実 (D1) The 2nd international Conference on Boron Chemistry (ICBC-II), Excellent Poster Award  
“Transition metal complexes bearing BPB ligand” (2019)
- 今川大樹 (M1) 第54回有機反応若手の会, ポスター講師賞 (山口 潤一郎先生)「ホウ素置換基を有するテトラヘドランの合成およびシクロブタジエンへの光異性化の試み」(2019)
- 伊藤洋介 (D1) 第30回基礎有機化学討論会, ポスター賞「安定な三重項カルベンの合成検討」(2019)
- 秋坂陸生 (D2), The 18th Asian Chemical Congress Best Prize Certificate 「Kinetic Stabilization of Localized Singlet Diradicals by Introducing Bulky Substituents」(2019)
- 高野真綾 (M1), The 18th Asian Chemical Congress Best Prize Certificate 「Study on Diradical Character of Coumarin-4-yl Cation Bearing Electron Donating Group」(2019)
- 大山諒子 (M2), The 18th Asian Chemical Congress Best Prize Certificate 「Photochemical Generation of Reactive Oxygen Species from tert-Butyl Cumyl Peroxide and Their Reactivity」(2019)
- 佐々木海友 (M2), IoLセンター主催講演会 IoL優秀発表賞「インデン骨格を有する光解離性保護基の開発」(2019)
- 大山諒子 (M2), 第72回日本酸化ストレス学会学術集会 優秀ポスター発表賞「tert-butyl cumyl peroxideの光照射による活性酸素種 (ROS) の発生と光分解機構の解明」(2019)

・RAの実績

化学専攻における研究支援体制を充実・強化し、また若手研究者の養成を促進するために、リサーチ・アシスタント（RA）のシステムを適用している。大学院博士課程後期在学者を、その所属研究グループに研究補助者として参画させることによって、その研究グループにおける研究活動を効果的に促進し、研究体制を充実させる。さらに、その学生に対して、若手研究者としての研究遂行能力の養成を図る。

令和元年度のRA

大学院生氏名	木下 真之介	学年	D 2
所属グループ	構造物理化学	指導教員	井口 佳哉 教授
研究プロジェクト名	桂皮酸およびその誘導体の光誘起異性化に関する研究		

大学院生氏名	中田 裕之	学年	D 2
所属グループ	反応物理化学	指導教員	高口 博志 准教授
研究プロジェクト名	遷移金属錯体の配位子光脱離ダイナミクスの解明		

大学院生氏名	秋坂 陸生	学年	D 2
所属グループ	反応有機化学	指導教員	安倍 学 教授
研究プロジェクト名	嵩高い置換基の導入による一重項2,2-ジアルコキシ-1,3-ジラジカル長の寿命化		

大学院生氏名	新田 菜摘	学年	D 1
所属グループ	構造有機化学	指導教員	灰野 岳晴 教授
研究プロジェクト名	超分子共重合構造の合成と機能創製		

大学院生氏名	伊藤 洋介	学年	D 1
所属グループ	有機典型元素化学	指導教員	山本 陽介 教授
研究プロジェクト名	三重項カルベン単離の試み		

大学院生氏名	大石 拓実	学年	D 1
所属グループ	有機典型元素化学	指導教員	SHANG RONG 助教
研究プロジェクト名	アクセプター-ドナー-アクセプター配位子をもつ遷移金属錯体の合成		

大学院生氏名	山村 涼介	学年	D 1
所属グループ	構造物理化学	指導教員	高橋 修 准教授
研究プロジェクト名	有機物水溶液の局所構造の解明		

大学院生氏名	坂田 俊樹	学年	D 1
所属グループ	光機能化学	指導教員	齋藤 健一 教授
研究プロジェクト名	塗布法による薄膜の作製とその評価		

大学院生氏名	長森 啓悟	学年	D 1
所属グループ	反応物理化学	指導教員	高口 博志 准教授
研究プロジェクト名	遷移金属原子に依存する錯体光化学の系統的研究		

大学院生氏名	大澤 翔平	学年	D 1
所属グループ	量子化学	指導教員	岡田 和正 准教授
研究プロジェクト名	軟X線分光法によるオスモライトの水和構造の研究		

大学院生氏名	SMIRNYKH DMITRII	学年	D 1
所属グループ	固体物性化学	指導教員	井上 克也 教授
研究プロジェクト名	新規キラル磁性体の合成と物性		

大学院生氏名	PHAM THI THU THUY	学年	D 3
研究グループ	反応有機化学	指導教員	安倍 学 教授
研究プロジェクト名	2光子感応性光アンテナ部位の設計, 合成, ケージド化合物への応用		

大学院生氏名	DANG HUY HIEP	学年	D 3
研究グループ	分析化学	指導教員	石坂 昌司 教授
研究プロジェクト名	Investigations of hygroscopic properties of single aerosol particles by means of a laser trapping technique and Raman spectroscopy		

大学院生氏名	BASUKI TRIYONO	学年	D 3
研究グループ	放射線反応化学	指導教員	中島 覚 教授
研究プロジェクト名	福島由来の放射性セシウムの環境中での移行		

大学院生氏名	DOUNG DUYEN THI	学年	D 2
研究グループ	反応有機化学	指導教員	安倍 学 教授
研究プロジェクト名	Hydroamination of alkenylamine catalyzed by chiral sulfonimide		

大学院生氏名	LIN QIANGHUA	学年	D 2
研究グループ	反応有機化学化学	指導教員	安倍 学 教授
研究プロジェクト名	Design and synthesis of indole-based caged compounds for two-photon uncaging		

大学院生氏名	BEKELESI WISEMAN CHISALE	学年	D 2
研究グループ	放射線反応化学	指導教員	中島 覚 教授
研究プロジェクト名	土壌から稲への放射性セシウムの取り込みに関する研究		

大学院生氏名	HABIBUR RAHMAN	学年	D 1
研究グループ	放射線反応化学	指導教員	中島 覚 教授
研究プロジェクト名	鉄酸化物ナノ粒子を用いた放射性セシウムの除去と光触媒の研究		

大学院生氏名	BANGUN SATRIO NUGROHO	学年	D 1
研究グループ	放射線反応化学	指導教員	中島 覚 教授
研究プロジェクト名	目で見て容易に判断できる放射線検出器の開発		

大学院生氏名	HERRY WIJAYANTO	学年	D 1
研究グループ	放射線反応化学	指導教員	中島 覚 教授
研究プロジェクト名	界面活性剤を用いた福島土壌からの放射性セシウムの除染		

大学院生氏名	NGUYEN TUAN PHONG	学年	D 1
研究グループ	反応有機化学	指導教員	安倍 学 教授
研究プロジェクト名	Oxetane Formation Using Two-Photon Excitation		

大学院生氏名	WANG ZHE	学年	D 1
研究グループ	反応有機化学	指導教員	安倍 学 教授
研究プロジェクト名	マクロ環を利用した一重項ジラジカルの長寿命化		

大学院生氏名	NGUYEN HAI DANG	学年	D 1
研究グループ	反応有機化学	指導教員	安倍 学 教授
研究プロジェクト名	Design, synthesis and photoproperties of caged neurotransmitter		

大学院生氏名	久野 尚之	学年	D 1
所属グループ	構造有機化学	指導教員	灰野 岳晴 教授
研究プロジェクト名	分子認識を用いた超分子ポルフィリンポリマーの合成		



## 1-4-2 研究グループ別の研究活動の概要, 発表論文, 講演等

### 分子構造化学講座

#### 構造物理化学研究グループ

##### ○スタッフ名 (職名)

井口佳哉 (教授), 高橋 修 (准教授), 福原幸一 (助教), 村松 悟 (助教)

##### ○研究活動の概要

当研究グループでは, 極低温気相分光, 時間分解気相分光, 表面増強赤外分光など最新の分光手法を開発し, それらを基盤技術として研究を進めている。研究対象としている系は, イオン包接錯体, 分子クラスター, 生体関連分子などである。我々が開発した分光手法を用い, 赤外~紫外領域のスペクトルを観測して, その幾何構造, 電子構造, 光励起後の化学反応, エネルギー緩和過程を明らかにしている。また実験と平行して量子化学計算を実行し, 実験と計算の結果を比較することにより, 幾何・電子構造の決定, 振動スペクトルの帰属や, 反応過程に関する分子論的知見を得ている。令和元年度の主な研究業績は次のとおりである。

(1) エレクトロスプレー/極低温イオントラップ装置を用いて極低温条件下で気相のホスト-ゲスト錯体を生成し, 種々のレーザー分光により錯体の電子スペクトルや分子種を選別した赤外スペクトルを観測した。これらの実験結果を量子化学計算と比較することにより, 包接構造やその電子状態を明らかにした。

(2) クマル酸や桂皮酸メチルの光励起トランス-シス異性化反応について, 紫外-深紫外ポンプ-プローブ法や時間分解分光を行い, 電子励起電子状態からの失活過程で現れる過渡電子状態の直接観測に成功した。

(3) 金薄膜上にランタノイドなどのfブロック元素の錯イオンを化学吸着させ, その錯体の構造変化や錯イオン形成能を表面増強赤外分光法で観測した。

(4) 放射光による軟X線を用い, 軟X線吸収分光, 発光分光などの手法を用い, 液相中の構造研究を行っている。同時に分子動力学計算, 量子化学計算を駆使し, 液体のモデル構築及び軟X線スペクトル計算を行い, 液体の局所構造の解明を行っている。最近の成果として,

1. 水の軟X線分光研究を行った。 $1b_1$ 対称性に帰属される2つのピークの解釈が長年議論されているが, 温度依存性, 同位体依存性を正しく説明できるモデルの構築に成功した。
2. アルコール水溶液の軟X線分光研究を行った。1-プロパノール水溶液の濃度による水素結合ネットワーク機構の切り替わりについて議論した。
3. 安息香酸メチルの軟X線照射後の解離メカニズムについて解析した。グラフ理論に基づくフラグメントネットワーク解析ツールを開発し, サイト選択的結合解離機構について議論した。

##### ○原著論文

◎N. Chaki, S. Muramatsu, Y. Iida, S. Kenjo, Y. Inokuchi, T. Iimori, and T. Ebata (2019) Laser spectroscopy and lifetime measurements of the  $S_1$  state of tetracyanoquinodimethane (TCNQ) in a cold gas-phase free-jet: unusual long  $S_1$  lifetime and its energy dependence. *ChemPhysChem*, **20**, 996–1000.

◎S. Kinoshita, Y. Inokuchi, Y. Onitsuka, H. Kohguchi, N. Akai, T. Shiraogawa, M. Ehara, K. Yamazaki, Y. Harabuchi, S. Maeda, and T. Ebata (2019) Direct observation of the doorway  $^1\pi^*$  state of methylcinnamate and effects of hydrogen-bonding on the photochemistry of cinnamate-based sunscreens. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **21**, 19755–19763.

◎K. Wada, M. Kida, S. Muramatsu, T. Ebata, and Y. Inokuchi (2019) Conformation of alkali metal ion-calix[4]arene complexes investigated by IR spectroscopy in the gas phase. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **21**, 17082–17086.

Y. Inokuchi, T. Ebata, and T. R. Rizzo (2019) UV and IR spectroscopy of transition metal-crown ether complexes in the gas phase:  $Mn^{2+}(\text{benzo-15-crown-5})(H_2O)_{0-2}$ . *J. Phys. Chem. A*, **123**, 6781–6786.

◎Y. Kitamura, S. Muramatsu, M. Kida, T. Ebata, and Y. Inokuchi (2019) Geometric and electronic structure of  $Ag^+(\text{benzo-18-crown-6})$ ,  $Ag^+(\text{dibenzo-18-crown-6})$ , and  $Ag^+(\text{dibenzo-15-crown-5})$  complexes investigated by cold gas-phase spectroscopy. *J. Phys. Chem. A*, **123**, 9185–9192.

S. Muramatsu, T. Tsukuda (2019) Reductive Activation of Small Molecules by Anionic Coinage Metal Atoms and Clusters in the Gas Phase. *Chem. Asian J.*, **14**, 3763–3772.

N. Yoshimura, O. Takahashi, M. Oura and Y. Horikawa (2019) Electronic states of acetic acid in a binary mixture

of acetic acid and 1-methylimidazole depend on the surrounding environment. *J. Phys. Chem. B*, **123**, 1332-1339.

R. Puettnner, T. Marchenko, R. Guillemin, L. Journel, G. Goldstejn, D. Ceolin, O. Takahashi, K. Ueda, A. Lago, M. N. Piancastelli, and M. Simon (2019) Si  $1s^{-1}$ ,  $2s^{-1}$  and  $2p^{-1}$  lifetime broadening of  $SiX_4$  ( $X=F, Cl, Br, CH_3$ ) molecules:  $SiF_4$  anomalous behaviour reassessed. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **21**, 8827-8836.

### ○著書

Y. Inokuchi (2019) Gas-phase spectroscopy of metal ion–benzo-crown ether complexes. *Physical Chemistry of Cold Gas-Phase Functional Molecules and Clusters*; T. Ebata, M. Fujii, Eds.; Springer, Inc., Tokyo, Japan, **2019**, 113–153.

### ○国際会議

Y. Inokuchi: Crown ether complexes with ion guests studied by cold, gas-phase spectroscopy. 4th Symposium on Weak Molecular Interactions (May 2019, Shimane, Japan) (招待講演)

Y. Inokuchi: Microsolvation effects on the encapsulation of metal ions by crown ethers. ACS National Meeting & Expo (Aug. 2019, San Diego, USA) (招待講演)

Y. Inokuchi: Supramolecular chemistry studied by cold gas-phase spectroscopy. International Symposium for Nano Science (ISNS 2019) (Nov. 2019, Osaka University, Osaka, Japan) (招待講演)

◎ S. Hirata, T. Hirao, D. Kajiya, S. Muramatsu, K.-i. Saitow, T. Haino, T. Ebata, and Y. Inokuchi: Surface-enhanced infrared absorption spectroscopy of lanthanide complexes. The 16th Nano Bio Info Chemistry Symposium (Dec. 2019, Higashi-Hiroshima, Japan) (一般講演)

◎ M. Kubo, S. Muramatsu, and Y. Inokuchi: UV and IR spectroscopy of crown ether complexes with ammonium ion under cold gas-phase condition. The 16th Nano Bio Info Chemistry Symposium (Dec. 2019, Higashi-Hiroshima, Japan) (一般講演)

◎ S.-n. Kinoshita, S. Muramatsu, Y. Inokuchi, H. Kohguchi, T. Shiraogawa, M. Ehara, K. Yamazaki, Y. Harabuchi, S. Maeda, and T. Ebata: Elucidation of trans  $\rightarrow$  cis photoisomerization route of cinnamate by using supersonic jet/laser spectroscopy and an automated reaction route mapping method. The 16th Nano Bio Info Chemistry Symposium (Dec. 2019, Higashi-Hiroshima, Japan) (一般講演)

◎ Y. Kitamura, M. Kida, S. Muramatsu, T. Ebata, and Y. Inokuchi: UV spectroscopy of cryogenically cooled  $Ag^+$ –benzo-crown ether complexes in the gas phase. The 16th Nano Bio Info Chemistry Symposium (Dec. 2019, Higashi-Hiroshima, Japan) (一般講演)

◎ S. Muramatsu, N. Chaki, Y. Iida, S. Kenjo, Y. Inokuchi, T. Imori, and T. Ebata: Laser spectroscopy of tetracyanoquinodimethane (TCNQ) isolated in a cold free-jet: unusually long  $S_1$  Lifetime and Its Energy Dependence. 35<sup>th</sup> Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (June 2019, Higashi-Hiroshima, Japan) (一般講演)

◎ Y. Kitamura, S. Muramatsu, T. Ebata, and Y. Inokuchi: UV spectroscopy of cold  $Ag^+$ –benzo-crown ether complexes in the gas phase. 35<sup>th</sup> Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (June 2019, Higashi-Hiroshima, Japan) (ポスター)

◎ S. Hirata, T. Hirao, T. Haino, D. Kajiya, K. Saitow, S. Muramatsu, T. Ebata, and Y. Inokuchi: SEIRA spectroscopic study of lanthanide complexes with bis(4-mercaptobutyl)phosphinic acid. 35<sup>th</sup> Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (June 2019, Higashi-Hiroshima, Japan) (ポスター)

◎ S. Kinoshita, Y. Inokuchi, K. Nagamori, H. Nakata, Y. Onitsuka, H. Kohguchi, N. Akai, T. Shiraogawa, M. Ehara, K. Yamazaki, Y. Harabuchi, S. Maeda, T. Taketsugu, and T. Ebata: Study on nonradiative decay process and trans  $\rightarrow$  cis photoisomerization of the most simple cinnamate. 35<sup>th</sup> Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (June 2019, Higashi-Hiroshima, Japan) (ポスター)

N. Futamata, O. Takahashi: Dissociation pathway of methylbenzoate dication following core excitation: Analysis using graph theory. 35<sup>th</sup> Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (June 2019, Higaoshi-hiroshima, Japan)(ポスター)

K. Akihiro, O. Takahashi, R. Yamamura, N. Futamata, M. Oura, Y. Horikawa: X-ray emission spectroscopy of aqueous 1-propanol solutions. 35<sup>th</sup> Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (June 2019, Higaoshi-hiroshima, Japan)(ポスター)

R. Yamamura, T. Suenaga, T. Tokushima, O. Takahashi: Site-selective soft X-ray emission study of carboxylic acids in aqueous solutions. 35<sup>th</sup> Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (June 2019, Higaoshi-hiroshima, Japan)(ポスター)

### ○国内会議

◎ 木下真之介, 村松 悟, 井口佳哉, 高口博志, 白男川貴史, 江原正博, 山崎 馨, 原渕 祐, 前田 理, 江幡孝之: 超音速ジェットレーザー分光と化学反応経路自動探索法による桂皮酸エステルの trans  $\rightarrow$  cis

- 光異性化経路の解明。第13回分子科学討論会(2019年9月,名古屋) (一般講演)
- ◎北村優真, 村松 悟, 江幡孝之, 井口佳哉: 銀イオン-ベンゾクラウンエーテル包接錯体の極低温気相レーザー分光。第13回分子科学討論会(2019年9月,名古屋) (一般講演)
- ◎平田早紀子, 平尾岳大, 加治屋大介, 村松 悟, 齋藤健一, 灰野岳晴, 江幡孝之, 井口佳哉: 表面増強赤外吸収分光法によるランタノイド錯イオンの構造と電子状態の研究。第13回分子科学討論会(2019年9月,名古屋) (一般講演)
- ◎茶木信雅, 木下真之介, 村松 悟, 井口佳哉, 飯森俊文, 江幡孝之: ジェット冷却した7,7,8,8-テトラシアノキノジメタン(TCNQ)およびTCNQ錯体のレーザー分光。第13回分子科学討論会(2019年9月,名古屋) (ポスター)
- ◎村松 悟, 木田 基, Yuan Shi, 山本陽介, 井口佳哉:  $S_{N2}$  遷移状態構造を有する超原子価5配位炭素化合物の気相光解離分光。第13回分子科学討論会(2019年9月,名古屋) (ポスター)
- ◎和田 梢, 木田 基, 村松 悟, 江幡孝之, 井口佳哉: 極低温・気相分光による, アルカリ金属イオン-カリックス[4]アレーン錯体の包接構造の研究。第13回分子科学討論会(2019年9月,名古屋) (ポスター)
- ◎木田 基, 和田佳奈子, 村松 悟, 山本陽介, 井口佳哉: 気相中におけるスフェランド-アルカリ金属イオン錯体の構造と包接能。第13回分子科学討論会(2019年9月,名古屋) (ポスター)
- ◎氏平智章, 木田 基, 下山大輔, 村松 悟, 灰野岳晴, 江幡孝之, 井口佳哉: アルカリ金属イオン-ベンゾクラウンエーテル包接錯体のベンゼン位置と電子状態の相関。第13回分子科学討論会(2019年9月,名古屋) (ポスター)
- ◎飯田祐士, 見生聖弥, 木下真之介, 村松 悟, 井口佳哉, 江幡孝之: 桂皮酸誘導体のレーザーアブレーション/超音速ジェットレーザー分光と励起状態無輻射過程に及ぼす水素結合効果の研究。第13回分子科学討論会(2019年9月,名古屋) (ポスター)
- ◎久保麻友子, 村松 悟, 井口佳哉: 極低温気相条件下におけるクラウンエーテル-アンモニウムイオン錯体の紫外～赤外分光。第13回分子科学討論会(2019年9月,名古屋) (ポスター)
- 村松 悟: 気相分光学でナノコロイド合成の謎に挑む!。第11回K-CONNEX研究会(2020年1月)(依頼講演)
- ◎村松 悟, 大下慶次郎, 木田 基, Yuan Shi, 美齊津文典, 山本陽介, 井口佳哉: Penta-coordinated hypervalent carbon compounds in the gas-phase: photodissociation spectroscopy and ion mobility spectrometry。日本化学会第100春季年会(2020年3月,千葉) (一般講演)
- 高橋 修, 徳島 高, 原田慈久: 軟X線発光分光法による水の構造。第13回分子科学討論会(2019年9月,名古屋)(一般講演)
- 高橋 修: 水の軟X線分光: 複数の理論解釈にピリオド。日本コンピュータ化学会年会: 2019秋季年会(2019年10月,広島)(ポスター)
- 高橋 修, 徳島 高, 原田慈久: X線分光による水の構造: 理論モデルの構築。第33回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム(2020年1月,名古屋) (一般講演)
- 山村涼介, 高橋 修: 過酸化水素水溶液の半古典論に基づくRIXSスペクトル解析。第33回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム(2020年1月,名古屋) (一般講演)
- 山添康介, Ugalino Ralph, 宮脇 淳, 高橋 修, 原田慈久: 温度応答性高分子のcoil-globule転移に関する脱水過程の観測。第33回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム(2020年1月,名古屋)(ポスター)
- 山根宏之, 大浦正樹, 石原知子, 高橋 修, 山崎紀子, 長谷川剛一, 高木清嘉, 初井宇記: 炭素繊維複合材料の接着機構可視化のための軟X線分光法の開発II: プラズマ処理接着界面の可視化。第33回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム(2020年1月,名古屋) (一般講演)

### ○学生の学会発表実績

	国際学会 件数	国内学会 件数
学部4年生 <sup>(1)</sup>	0	0
博士課程前期 <sup>(2)</sup>	7	3
博士課程後期 <sup>(3)</sup>	3	5
博士課程前期・後期共 <sup>(4)</sup>	1	3

### ○セミナー・講演会開催実績

- 井口佳哉: 日本分光学会広島地区講演会開催 (2019年4月15日)
- 井口佳哉: 日本分光学会広島地区講演会開催 (2019年5月27日)

井口佳哉：日本分光学会中国四国支部講演会開催（2020年1月11日）

福原幸一：第33回広島大学サイエンスカフェ「アポロ着陸から50年、「月についてわかったこと、わからないこと」」，広島大学マーメイドカフェ，参加者約60名，（2019年9月28日）

### ○社会活動・学外委員

井口佳哉：セミナー講師（JST さくらサイエンスプラン，2019年8月5日，広島大学，「Supramolecular Chemistry Studied by Cold, Gas-Phase Spectroscopy」）

井口佳哉：セミナー講師（2019年9月6日，福岡大学，「極低温・気相分光による超分子化学の研究」）

井口佳哉：セミナー講師（2019年12月17日，九州大学，「極低温・気相分光による超分子化学の研究」）

井口佳哉：日本分光学会中国四国支部 支部長（2019年～）

井口佳哉：第35回化学反応討論会実行委員

高橋 修：第35回化学反応討論会実行委員

村松 悟：日本分光学会中国四国支部 事務局長（2019年～）

村松 悟：第35回化学反応討論会実行委員

福原幸一：広島歴史資料ネットワーク運営委員（2019年～）

### ○産学官連携実績

村松 悟：共同研究「難揮発性試料測定用光電子—光イオンコインシデンス装置の開発」（共同研究先：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構）

### ○国際共同研究・国際会議開催実績

該当無し

### ○特許公報

該当無し

### ○共同プロジェクトへの参加状況（国内）

該当無し

### ○他研究機関での講義・客員

井口佳哉，福岡大学大学院理学研究科，非常勤講師，2019年9月5日-2019年9月6日

井口佳哉，九州大学大学院理学研究科，非常勤講師，2019年12月16日-2019年12月17日

### ○研究助成の受け入れ状況

科学研究費補助金 基盤研究 (B)，マイナーアクチノイド／ランタノイド分離に対する分子科学からの新展開，井口佳哉（代表）

量子化学探索研究所・研究助成，超分子化合物の生成・異性化反応の分光研究と，量子化学計算による反応経路探索，井口佳哉（代表）

科学研究費補助金 基盤研究 (C)，レーザー分光と多変量解析の融合による質量選別クラスターの赤外吸収断面積の観測，松本剛昭（代表）井口佳哉（分担）

科学研究費補助金 基盤研究 (C)，新規レーザー分光実験と反応経路探索理論の協奏による桂皮酸光化学過程の体系的な研究，江幡孝之（代表）井口佳哉（分担）村松 悟（分担）

科学研究費補助金 若手研究，金属クラスター湿式合成メカニズムの気相分光による解明，村松 悟（代表）

### ○座長を行った学会・討論会の名称

井口佳哉：第13回分子科学討論会 2019名古屋（2019年9月，名古屋）



## 固体物性化学研究グループ

スタッフ 井上 克也 (教授), 西原 禎文 (准教授), Andrey Leonov (助教),  
Goulven Cosquer (助教), Oleksiy Bogdanov (特任教授), 秋光 純 (客員教授)

### ○研究活動の概要

当研究室では新しい機能をもつ固体の創製を目指し、種々の手法によって固体の静的・動的構造と物性の相関を解明してきた。

**協奏的多重機能を有する分子磁性体の構築と物性研究**：キラル構造を有する磁性体（キラル磁性体）は、空間反転対称性と時間反転対称性が同時に破れた新しいカテゴリーに属する固体と考えられる。キラル磁性体では 2 つのパリティが同時に破れていることから、特異な磁気光学効果、磁気構造、電気-磁気効果 (M-E 効果) を示すと考えられる。純粋な無機化合物でキラル構造を達成するのは難しいため、我々は分子性の設計性の容易さを利用してキラル磁性体の構築とその物性研究を進めている。また無機キラル結晶の設計指針は存在しないため、AI を用いてこれまで集積してきた ICSD やケンブリッジ結晶データベースのデータを解析することで結晶設計に関する研究を進めている。また類似化合物群であるマルチフェロイック化合物に関する研究を磁気-弾性効果を中心に研究を進めている。スピンの集積キラリティが新しい特別な性質を示したことに端を発し、分子や原子の集積キラリティが示す、特異物性に関しても研究を進めている。形から動きのキラリティの関係が明らかになったので、さらに新しいキラリティに関しても研究を拡げている。現在、素粒子のキラリティを相関の関係から研究を進めている。またキラリティとトポロジーに関する研究も数学分野とともに進めている。

**動的イオン場を利用した新規機能性分子材料の開発**：単結晶内部に動的イオン空間を人為的に構築することにより、新規機能性材料の構築を目指した。例えば、イオンが包接可能な大環状分子を一次元に配列させることによってイオン伝導が可能な単結晶材料の合成が可能となる。この様に作成した材料を用いて、その電氣的、磁氣的評価や熱的效果を評価する。次いで、得られた物性値を基に固体電池などのデバイスへの応用を計り、新たな分子エレクトロニクスデバイスの構築を目指した。

**新規スピンギャップ系の構築と化学ドーピング**：現在、低次元スピンギャップ化合物の物理的・化学的研究が盛んに行われている。中でも、スピンギャップ化合物の一種であるスピンラダー物質は一次元と二次元の中間に位置する材料であり、その基底状態に興味をもたれている。加えて、この系は高温超伝導体の母体と類似した基底状態を有することから、キャリアドーピングによる超伝導相の出現が理論的に指摘されている。そこで、本研究室では分子磁性体を基盤とした低次元スピンラダー物質の作成と本系へのキャリアドーピングを実現し、新種の分子性スピンラダー超伝導体の構築を目指した。

### ○発表論文

#### 原著論文

- Gao Yan-Li and Inoue Katsuya (2019) Crystal structures and magnetic properties of nitroxide radical-coordinated copper(II) and cobalt(II) complexes. *Transit. Met. Chem.*, **44**, 3, 283-292.
- Lars J. Bannenberg, Heribert Wilhelm, Robert Cubitt, Ankit Labh, Marcus P. Schmidt, Eddy Lelièvre-Berna, Catherine Pappas, Observation of Chiral Magnetic Soliton Lattice Maxim Mostovoy and Andrey O. Leonov (2019) Multiple low-temperature skyrmionic states in a bulk chiral magnet, *npj Quantum Materials*, **4**, Article number:11
- Yoji Ichiraku, Rikuho Takeda, Seiya Shimono, Masaki Mito, Yoshiki Kubota, Katsuya Inoue, and Yusuke Kato (2019) Magnetic phase diagram and chiral soliton phase of antiferromagnetic chiral magnets [NH<sub>4</sub>][Mn(HCOO)<sub>3</sub>]. *J. Phys. Soc. Jpn.*, **88**, 094710.
- A. O. Leonov and C. Pappas (2019) Skyrmion clusters and conical droplets in bulk helimagnets with cubic anisotropy. *Phys. Rev. B* **99**, 144410.
- ◎M. Mito, H. Ohsumi, T. Shishidou, F. Kuroda, M. Weinert, K. Tsuruta, Y. Kotani, T. Nakamura, Y. Togawa, J. Kishine, Y. Kousaka, J. Akimitsu, and K. Inoue (2019) Observation of orbital angular momentum in the chiral magnet CrNb<sub>3</sub>S<sub>6</sub> by soft x-ray magnetic circular dichroism. *Phys. Rev. B* **99**, 174439.
- ◎Thomas T. J. Mutter, Andrey O. Leonov, Katsuya Inoue (2019) Skyrmion instabilities and distorted spiral states in a frustrated chiral magnet. *Phys. Rev. B* **100**, 060407(R).
- ◎Victor Ovcharenko, Galina Romanenko, Alexey Polushkin, Gleb Letyagin, Artem Bogomyakov, Matvey Fedin, Kseniya Maryunina, Sadafumi Nishihara, Katsuya Inoue, Marina Petrova, Vitaly Morozov, and Ekaterina Zueva (2019) Pressure-Controlled Migration of Paramagnetic Centers in a Heterospin Crystal. *Inorg. Chem.* **2019**, **58**, 9187-9194.
- ◎Hagino Morita, Ryo Tsunashima, Sadafumi Nishihara, Katsuya Inoue, Yuriko Omura, Yasutaka Suzuki, Jun Kawamata, Norihisa Hoshino, Tomoyuki Akutagawa (2019) Ferroelectric Behavior of a Hexamethylenetetramine-Based Molecular Perovskite Structure. *Angew. Chem. Int. Ed.* **58**, 27, 9184-9187.
- ◎M. Ohkuma, M. Mito, N. Nakamura, K. Tsuruta, J. Ohe, M. Shinozaki, Y. Kato, J. Kishine, Y. Kousaka, J.

- Akimitsu, and K. Inoue (2019) Surface-size and shape dependencies of change in chiral soliton number in submillimeter-scale crystals of chiral magnet CrNb<sub>3</sub>S<sub>6</sub>. *AIP Advances* **9**, 075212.
- ◎Thomas T. J. Mutter, Andrey O. Leonov, and Katsuya Inoue (2019) Skyrmion instabilities and distorted spiral states in a frustrated chiral magnet. *Phys. Rev. B* **100**, 060407(R).
- L. J. Bannenberg, R. Sadykov, R. M. Dalgliesh, C. Goodway, D. L. Schlagel, T. A. Lograsso, P. Falus, E. Lelièvre-Berna, A. O. Leonov, and C. Pappas (2019) Skyrmions and spirals in MnSi under hydrostatic pressure. *Phys. Rev. B* **100**, 054447.
- Hayley R. O. Sohn, Sergei M. Vlasov, Valeriy M. Uzdin, Andrey O. Leonov, and Ivan I. Smalyukh (2019) Real-space observation of skyrmion clusters with mutually orthogonal skyrmion tubes, *Phys. Rev. B* **100**, 104401.
- ◎Daichi Yoshizawa, Yuya Sawada, Yusuke Kousaka, Jun-ichiro Kishine, Yoshihiko Togawa, Masaki Mito, Katsuya Inoue, Jun Akimitsu, Takehito Nakano, Yasuo Nozue, and Masayuki Hagiwara (2019) Anomalous spiked structures in ESR signals from the chiral helimagnet CrNb<sub>3</sub>S<sub>6</sub>. *Phys. Rev. B* **100**, 104413
- ◎Tatiana Sherstobitova, Kseniya Maryunina, Svyatoslav Tolstikov, Gleb Letyagin, Galina Romanenko, Sadafumi Nishihara, and Katsuya Inoue (2019) Ligand Structure Effects on Molecular Assembly and Magnetic Properties of Copper(II) Complexes with 3-Pyridyl-Substituted Nitronyl Nitroxide Derivatives. *ACS Omega* 2019, 4, 17, 17160-17170.
- ◎Remi Murooka, Andrey O. Leonov, Katsuya Inoue, Jun-ichiro Ohe (2020) Current-induced shuttlecock-like movement of non-axisymmetric chiral skyrmions. *Scientific Reports* **10**, 396.
- Chihiro Tabata, Yuichi Yamasaki, Yuichi Yokoyama, Rina Takagi, Takashi Honda, Yusuke Kousaka, Jun Akimitsu, and Hironori Nakao, “Observation of Chiral Magnetic Soliton Lattice State in CrNb<sub>3</sub>S<sub>6</sub> by Coherent Soft X-ray Diffraction Imaging”, *JPS Conf. Proc.* **30**, 011164, Proceedings of the International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (SCES2019)
- Sergei M Vlasov, Valery M Uzdin and Andrey O Leonov (2020) Skyrmion flop transition and congregation of mutually orthogonal skyrmions in cubic helimagnets. *J. Phys.: Condens. Matter* **32**, 185801.
- Alexei N. Bogdanov, and Christos Panagopoulos (2020) The emergence of magnetic skyrmions. *Physics Today* **73**, 3, 44.
- H. Morita, R. Tsunashima, S. Nishihara, T. Akutagawa (2020) Doping of Metal-free Molecular Perovskite with Hexamethylenetetramine to Create Non-centrosymmetric Defects. *CrystEngComm.*, **22**, 2279-2282.
- ◎M. Wihadi, Muh. Nur Khoiru, A. Hayashi, T. Ozeki, K. Ichihashi, H. Ota, M. Fujibayashi, S. Nishihara, K. Inoue, N. Tsunoji, T. Sano, M. Sadakane (2020) Synthesis of Preyssler-Type Phosphotungstate with Sodium Cation in the Central Cavity through Migration of the Ion”, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **93**, 461–466.
- Y. Tatewaki, S. Nakamura, T. Takei, S. Nishihara, S. Okada, T. Akutagawa, T. Nakamura, One-Dimensional Molecular Nano-branched Structures of Tetrathiafulvalene Derivative with Crown Ether (2019) *Jpn. J. Appl. Phys.* **59**, SDDA10.
- ◎K. Maryunina, K. Yamaguchi, S. Nishihara, K. Inoue, G. Letyagin, G. Romanenko, I. Barskaya, S. Veber, M. Fedin, A. Bogomyakov, M. Petrova, V. Morozov, V. Ovcharenko (2020) Intermolecular Spin-Crossover-Like Phenomenon Sensitive to Applied External Pressure in Heterospin Crystals. *Cryst. Growth Des.* **20**, 4, 2796-2802 (Published online 12 March 2020, Published in issue 1 April 2020)
- Matteo Atzori, Ivan Breslavetz, Kévin Paillet, Katsuya Inoue, Geert L. J. A. Rikken, and Cyrille Train (2019) A Chiral Prussian Blue Analogue Pushes Magneto-Chiral Dichroism Limits. *J. Am. Chem. Soc.* **141**, 51, 20022–20025.
- Gao Yan-Li and Inoue Katsuya (2020) Synthesis, crystal structures and magnetic properties of nitronyl nitroxide radical-coordinated copper(II) complexes. *Transition Metal Chemistry* **45**, 195–201, Published: 02 December 2019, DOI: 10.1007/s11243-019-00370-y

#### 著書

該当無し

#### 総説・解説

- 土屋直人, 井上克也, 「 $\pi$ ラジカルがつくる新たな幾何構造-ダイヤモンドより魅力的!?', 月刊化学, 74, 2, 66-67 (2019)
- 帯刀陽子, 西原禎文, 岡田修司, 「導電性分子からなるゲルの創製と物性」, ケミカルエンジニアリング, Vol. 64, No. 1, 57-62 (2019)
- 西原禎文, 「単分子で強誘電性を示す「単分子誘電体」の開発」, ナノ学会会報, Vol. 117, No. 2, 37-41 (2019)
- 菊間一宏 (執筆: 西原禎文), 「室温で一つの分子に情報記録 -強誘電性を示す分子の発見-」, 電子情報通信学会誌 Vol. 102, No. 1, 85-86 (2019)



## ○国際会議

- Katsuya Inoue, “Properties of chiral spin solitons in chiral magnets”, 6th AWEST 2019 (the 6th Awaji International Workshop on “Electron Spin Science & Technology: Biological and Materials Science Oriented Applications”) 2019.6.16-19, Awaji Yumebutai International Conference Center, Hyogo, Japan. (招待講演)
- ◎A.O. LEONOV, S.M. VLASOV, V.M. UZDIN, H.R.O. SOHN, I.I. SMALYUKH and K. INOUE, “Clusters with mutually orthogonal skyrmion tubes: theoretical prediction and real-space observation”, International Workshop Spintronics 2019 “SPINPERU 2019”, 2019.10.20-25, Tawachaki Cafe and Restaurant, Ollantaytambo, Cuzco, Peru. (招待講演)
- ◎Tatiana Sherstobitova, Sadafumi Nishihara, Katsuya Inoue, Kseniya Maryunina, “Ligand Structure Effects on Molecular Assembly and Magnetic Behavior of Cu(hfac)<sub>2</sub> Complexes with 3-Pyridyl-Substituted Nitroxide Derivatives”, 6th AWEST 2019 (the 6th Awaji International Workshop on “Electron Spin Science & Technology: Biological and Materials Science Oriented Applications”) 2019.6.16-19, Awaji Yumebutai International Conference Center, Hyogo, Japan. (一般講演) 2019 Springer Student Special Presentation Award 受賞
- ◎Tatsuya Ishinuki, Naoto Tsuchiya, Saya Aoki, Yuki Nakayama, Sadafumi Nishihara and Katsuya Inoue, “Magneto-elastic evaluation of the organic-inorganic perovskite type compound (C<sub>6</sub>H<sub>9</sub>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>FeCl<sub>4</sub>”, 6th AWEST 2019 (the 6th Awaji International Workshop on “Electron Spin Science & Technology: Biological and Materials Science Oriented Applications”) 2019.6.16-19, Awaji Yumebutai International Conference Center, Hyogo, Japan. (一般講演)
- ◎Yuuta Izumi, Lecort Constance, Kseniya Maryunina, Sadafumi Nishihara, Luneau Dominique, Katsuya Inoue, “Physical Properties Controlled by Counter Anion Variation in a Layered Manganese-Radical Coordination Framework”, 6th AWEST 2019 (the 6th Awaji International Workshop on “Electron Spin Science & Technology: Biological and Materials Science Oriented Applications”) 2019.6.16-19, Awaji Yumebutai International Conference Center, Hyogo, Japan. (一般講演)
- Jun Akimitsu, “Correlation of superconductivity and magnetism in chiral crystals”, JSPS Core-to-Core Program “Pre-DMI mini-workshop on Dzyaloshinskii-Moriya interaction and chiral spin systems”, 2019.7.5-7, St. Petersburg, Russia. (一般講演)
- ◎Naoto Tsuchiya, Saya Aoki, Yuki Nakayama, Sadafumi Nishihara, Takashi Suzuki, Katsuya Inoue, “Magneto-elastic coupling in Organic-Inorganic Materials having Ferroelasticity and Magnetic Long Range Order”, JSPS Core-to-Core 【S2】DMI2019 “V International Workshop Dzyaloshinskii-Moriya Interaction and Exotic Spin Structures” 2019, 2019.7.8-12, Petrozavodsk, Russia. (一般講演)
- Jun Akimitsu, “Trial to carrier-doping in Sr<sub>2</sub>IrO<sub>4</sub> with strong spin-orbit coupling”, JSPS Core-to-Core 【S2】DMI2019 “V International Workshop Dzyaloshinskii-Moriya Interaction and Exotic Spin Structures” 2019, 2019.7.8-12, Petrozavodsk, Russia. (一般講演)
- ◎Yuuta Izumi, Lecort Constance, Kseniya Maryunina, Sadafumi Nishihara, Luneau Dominique, Katsuya Inoue, “Physical Properties Controlled by Counter Anion Variation in a Layered Manganese-Radical Coordination Framework”, JSPS Core-to-Core 【S3】 Final Meeting in Jaca (2019), 2019.9.2-6, Jaca, Spain. (一般講演)
- Katsuya Inoue, “Molecule-based chiral magnets”, JSPS Core-to-Core 【S3】 Final Meeting in Jaca (2019), 2019.9.2-6, Jaca, Spain. (一般講演)
- Jun Akimitsu, “Carrier-doping effects in Sr<sub>2</sub>IrO<sub>4</sub>”, JSPS Core-to-Core 【S3】 Final Meeting in Jaca (2019), 2019.9.2-6, Jaca, Spain. (一般講演)
- Jun Akimitsu, “Carrier-doping to Sr<sub>2</sub>IrO<sub>4</sub> with strong spin-orbit interaction”, SCES'19 OKAYAMA (International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2019.) 2019.9.23-28, Okayama Convention Center in Okayama, Japan. (一般講演)
- ◎Sadafumi Nishihara, Katsuya Ichihashi, Daisuke Konno, Takumi Nishimura, Katsuya Inoue, Tomoyuki Akutagawa, Takayoshi Nakamura, “Control of Electric Conductivity of Li<sub>2</sub>([18]crown-6)<sub>3</sub>[Ni(dmit)<sub>2</sub>]<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>4</sub> by Using the Solid-state Ion Exchange Function”, 13th International Symposium on Crystalline Organic Materials, Superconductors and Magnets, 2019.9.22-27, Tomar, Portugal. (一般講演)
- A. Bogdanov, “Nonlinear property on Chiral Magnet (Skyrmion)”, JSPS Core-to-Core Program Topical Meeting “Chirality, Topology and Knot Theory 3rd study group” 【S4】 , 2019.10.31-11.1, Hiroshima Univ., Higashi-hiroshima, Japan. (一般講演)
- Katsuya Inoue, “AI for chiral material design”, The 13th Japanese-Russian Workshop on “Open Shell Compounds and Molecular Spin Devices”, 2019.11.10-13, Awaji Yumebutai International Conference Center, Awaji Island, Japan. (一般講演)
- Katsuya Inoue, “The Chiral World”, JSPS Core-to-Core Program Topical Meeting “Workshop on multifunctional molecule-based material” 【S5】 , 2019.11.14-15, Hiroshima Univ., Higashi-hiroshima, Japan. (一般講演)
- Andrey Leonov, “Novel low temperature spiral and skyrmionic states”, JSPS Core-to-Core Program Topical Meeting “Workshop on multifunctional molecule-based material” 【S5】 , 2019.11.14-15, Hiroshima Univ.,

- Higashi-hiroshima, Japan. (一般講演)
- Goulven Cosquer, “Multi-functionality in single-molecule magnet”, JSPS Core-to-Core Program Topical Meeting “Workshop on multifunctional molecule-based material” 【S5】 , 2019.11.14-15, Hiroshima Univ., Higashi-hiroshima, Japan. (一般講演)
- Dmitrii Smirnykh, “Magnetic Properties of Metal Organic Frameworks Based on [Mn(HCOO)<sub>3</sub>-] and Alkylammonium Radical”, JSPS Core-to-Core Program Topical Meeting “Workshop on multifunctional molecule-based material” 【S5】 , 2019.11.14-15, Hiroshima Univ., Higashi-hiroshima, Japan. (一般講演)
- ◎Naoto Tsuchiya, Saya Aoki, Yuki Nakayama, Sadafumi Nishihara, Takashi Suzuki, Katsuya Inoue, “Magnetoelastic Effect in Organic-Inorganic Perovskite-Like Material (2-Phenylethylamine)<sub>2</sub>FeCl<sub>4</sub>”, JSPS Core-to-Core Program Topical Meeting “Workshop on multifunctional molecule-based material” 【S5】 , 2019.11.14-15, Hiroshima Univ., Higashi-hiroshima, Japan. (一般講演)
- ◎Sadafumi Nishihara, Chisato Kato, Masaru Fujibayashi, Rio Maruyama, Tomoha Hayase, Maki Kimura, Katsuya Inoue, and Ryo Tsunashima, “Dielectric Properties of P Preyssler-type Polyoxometalates Including Terbium ION”, the 7th Asian Conference on Coordination Chemistry, 2019.10.15-18, Putra World Trade Centre, Kuala Lumpur, Malaysia. (ポスター発表)
- ◎Manabe J., Nishida K., Zhang X., Nakano Y., Inoue K., Shimono S., Kubota Y., Nishihara S. “Magnetic anomaly in the molecular spin ladder based on Oxygen Bridging copper(II) complex”, the 7th Asian Conference on Coordination Chemistry, 2019.10.15-18, Putra World Trade Centre, Kuala Lumpur, Malaysia. (ポスター発表)
- ◎Masaru Fujibayashi, Chisato Kato, Katsuya Inoue, Yoko Tatewaki, Ryo Tsunashima, Sadafumi Nishihara, “Observation of Single-Molecular Electret Behavior on Preyssler-Type polyoxometalates”, 13th International Symposium on Crystalline Organic Materials, Superconductors and Magnets, 2019.9.22-27, Tomar, Portugal. (ポスター発表)
- Yuya Sawada, Yusuke Shimamoto, Yusuke Kousaka, Yoshihiko Togawa, Takehito Nakano, Daichi Yoshizawa, Jun-ichiro Ohe, Jun-ichiro Kishine, Katsuya Inoue, Yasuo Nozue and Masayuki Hagiwara, “Magnetization and ESR of the Chiral Helimagnet CrNb<sub>3</sub>S<sub>6</sub>”, International Symposium for Nano Science (ISNS2019), 2019.11.27-28, Σ Hall, Osaka Univ., JAPAN. (ポスター発表)

## ○国内学会

- 井上 克也, “分野横断によるキラリティーの解明—錯体化学を中心として—”, 第12回中国四国地区錯体化学研究会・錯体化学若手の会中国四国支部第4回勉強会, May. 25, 2019, 岡山理科大学 岡山キャンパス, Japan. (招待講演) (2019.5.25)
- 井上 克也, “Chirality in nature -focusing on the integration of static and dynamic chirality-”, Symposium on Molecular Chirality 2019, June. 14-15, 2019, 金沢商工会議所, Japan. (招待講演) (2019.6.15)
- 西原 禎文, “単分子強誘電メモリの実現を目指して” 電子情報通信学会 磁気記録・情報ストレージ研究会 (MRIS) 「固体メモリ・媒体, 一般」, 東京, Japan. (招待講演) (2019.7.19)
- 井上 克也, “Spin dynamics in chiral magnets, キラル磁性体のスピンドYNAMIX”, 第13回分子科学討論会 (2019年9月17日~20日), 名古屋大学 東山キャンパス, Japan. (招待講演) (2019.9.19)
- 井上 克也, “キラル物性科学—キラル磁性体の研究を中心に”, 統合物質創製化学研究推進機構 第5回国際シンポジウム「物質創製化学のフロンティア」(2019.11.18-19), 北海道大学 創成科学研究棟 5F大会議室, Japan. (招待講演) (2019.11.19)
- 西原 禎文, “単一分子で強誘電的性質を示す単分子誘電体の開発と応用” 電情報通信学会 高速通信ネットワーク時代を共創する磁性技術, ストレージ技術, 広島, Japan (招待講演) (2020.3.18)
- 井上 克也, “キラル磁性—静的および動的キラリティーの結合と特異物性—”, 熊大研究会 2019, Jun. 10, 2019, 熊本大学, Japan. (一般講演) (2019.6.10)
- Andrey Leonov, “Chiral and Frustrated Skyrmions: Overview of Perspectives”, 大阪大学川村・波多野研究室セミナー, Osaka, Japan. (一般講演) (2019.5.15)
- ◎澤田祐也, 中野岳仁, 野末泰夫, 高阪勇輔, 秋光 純, 島本雄介, 戸川欣彦, 井上克也, 萩原政幸, “キラル磁性体 CrNb<sub>3</sub>S<sub>6</sub> における磁化の磁場印加角度依存性”, 日本物理学会 2019年秋季大会 (物性) (2019.9.10-9.13), 岐阜大学 (柳戸キャンパス), Japan. (一般講演) (2019.9.11)
- ◎赤澤仁寿, 下澤雅明, 山下 穰, 高阪勇輔, 秋光 純, 土屋直人, 井上克也, J. Zaccaro, I. Gautier-Luneau, D. Luneau, “キラル反強磁性体 CsCuCl<sub>3</sub> の c 軸熱輸送測定 II”, 日本物理学会 2019年秋季大会 (物性) (2019.9.10-9.13), 岐阜大学 (柳戸キャンパス), Japan. (一般講演) (2019.9.11)
- ◎藤林 将, 加藤智佐都, 早瀬友葉, 井上克也, Muh. Nur Khoiru Wihadi, 定金正洋, 帯刀陽子, 綱島 亮, 西原禎文, “Dielectric Properties of Preyssler-Type Polyoxometalates Derivatives, プレイスラー型ポリオキソメタレート誘導体の誘電物性”, 第13回分子科学討論会 (2019年9月17日~20日), 名古屋大学 東山キャンパス, Japan. (一般講演) (2019.9.18)

- 野口聡士, 西原禎文, 芥川智行, 中村貴義, 帯刀陽子, “有機導体からなるナノコイルの作製”, 応用物理学会秋季学術講演会 (2019.9.18-21), 北海道大学札幌キャンパス, Japan. (一般講演) (2019.9.20)
- 岩田浩輝, 西原禎文, 芥川智之, 中村貴義, 帯刀陽子, “キラル部位を有する有機導電体を用いた 1 次元集合体の作製と評価”, 応用物理学会秋季学術講演会 (2019.9.18-21), 北海道大学札幌キャンパス, Japan. (一般講演) (2019.9.18)
- ◎木村真貴, 加藤智佐都, 丸山莉央, 井上克也, 綱島 亮, 西原禎文, “Ho<sup>3+</sup>を内包した Preyssler 型 Polyoxometalate の誘電評価及び有機化合物への展開”, 応用物理学会秋季学術講演会 (2019.9.18-21), 北海道大学札幌キャンパス, Japan. (一般講演) (2019.9.18)
- ◎木村真貴, 加藤智佐都, 丸山莉央, 早瀬友葉, 井上克也, 綱島 亮, 西原禎文, “単分子で磁気及び誘電ヒステリシスを示す材料開発”, CSJ 化学フェスタ (2019.10.15-17), タワーホール船堀, Japan. (一般講演) (2019.10.17)
- ◎藤林 将, 加藤智佐都, 早瀬友葉, 木村真貴, 井上克也, 綱島 亮, 西原禎文, “単分子誘電特性を示すポリオキソメタレートの開発と応用”, 応用物理学会中国四国支部 (2019.7.21), 高知工科大学香美キャンパス, 日本 (一般講演), 応用物理学会中国四国支部学術講演会発表奨励賞
- 西原禎文, “室温で駆動する不揮発性単分子誘電メモリーの開発”, 2019 年度「第 2 回電子デバイス事業化フォーラム」, 福山職業能力開発短期大学校 (一般講演) (2019.10.07)
- ◎藤林 将, 加藤智佐都, 井上克也, Muh. Nur Khoiru Wihadi, 定金正洋, 帯刀陽子, 綱島 亮, 西原禎文, “Na<sup>+</sup>を包接したプレイスラー型ポリオキソメタレートの誘電物性評価”, 2019 年日本化学会中国四国支部大会 徳島大会 (2019.11.16-17), 徳島大学常三島キャンパス, Japan, (一般講演) (2019.11.16)
- ◎眞邊 潤, 西田一輝, 張 笑, 中野佑紀, 井上克也, 下野聖矢, 久保田佳基, 西原禎文, “Cu(II)-CO<sub>3</sub>2-系スピラダー錯体の気体雰囲気依存した構造変化と物性評価”, 2019 年日本化学会中国四国支部大会 徳島大会 (2019.11.16-17), 徳島大学常三島キャンパス, Japan, (一般講演) (2019.11.16)
- ◎西村拓巳, 市橋克哉, 今野大輔, 井上克也, 下山大輔, 灰野岳晴, 芥川智行, 中村貴義, 西原禎文, “アルカリ金属イオンと [24]crown-8 からなる超分子カチオンを含む[Ni(dmit)<sub>2</sub>]-塩の構造と物性”, 2019 年日本化学会中国四国支部大会 徳島大会 (2019.11.16-17), 徳島大学常三島キャンパス, Japan, (一般講演) (2019.11.17)
- ◎伊藤みづき, 市橋克哉, 今野大輔, 井上克也, 芥川智行, 中村貴義, 西原禎文, “チャンネル構造を有する Li<sub>2</sub>([18]crown-6)<sub>3</sub>[Ni(dmit)<sub>2</sub>](H<sub>2</sub>O)<sub>4</sub> 塩におけるアンモニウムイオン交換”, 2019 年日本化学会中国四国支部大会 徳島大会 (2019.11.16-17), 徳島大学常三島キャンパス, Japan, (一般講演) (2019.11.17)
- ◎大隈理央, 美藤正樹, 高阪勇輔, 大石一城, V. Laliena, 岩崎 賢, 秋光 純, 井上克也, J. Campo, “交流磁気測定による MnSi における新しい磁気状態”, 日本物理学会第 75 回年次大会 (2020 年) (2020.3.16-19), 名古屋大学 (東山キャンパス), Japan. (一般講演) (2020.3.17)
- ◎FUJIBAYASHI Masaru, KATO Chisato, MUH. NUR KHOIRU Wihadi, SADAKANE Masahiro, TATEWAKI Yoko, TSUNASHIMA Ryo, INOUE Katsuya, NISHIHARA Sadafumi, “The Dielectric Properties of Polyoxometalates with Ion Fluctuation System”, 日本化学会第 100 春季年会 (2020 年) (2020.3.22-25), 東京理科大学 (野田キャンパス), Japan. (一般講演) (2020.3.25)
- ◎西村拓巳, 市橋克哉, 今野大輔, 井上克也, 下山大輔, 灰野岳晴, 芥川智行, 中村貴義, 西原禎文, “Structures and physical properties of [Ni(dmit)<sub>2</sub>] salts containing supramolecular cations constructed with aril ammonium ion or alkali metal ion and [24]crown-8, ([24]crown-8) - (アリーールアンモニウムイオン) または (アルカリ金属イオン) からなる超分子カチオンを含む[Ni(dmit)<sub>2</sub>] 結晶の構造と物性”, 日本化学会第 100 春季年会 (2020 年) (2020.3.22-25), 東京理科大学 (野田キャンパス), Japan. (一般講演) (2020.3.25)
- ◎眞邊 潤, 西田一輝, 張 笑, 中野佑紀, 井上克也, 下野聖矢, 石橋広記, 志賀美咲, 久保田佳基, 綱島 亮, 西原禎文, “Structural change depending on the kind of atmospheric gas in Cu(II)-CO<sub>3</sub>2- complexes, 気体雰囲気に依存して構造が変化する Cu(II)-CO<sub>3</sub>2-系錯体”, 日本化学会第 100 春季年会 (2020 年) (2020.3.22-25), 東京理科大学 (野田キャンパス), Japan. (一般講演) (2020.3.25)
- ◎伊藤みづき, 市橋克哉, 今野大輔, 井上克也, 芥川智行, 中村貴義, 西原禎文, “Solid state ion exchange for ammonium ion in Li<sub>2</sub>([18]crown-6)<sub>3</sub>[Ni(dmit)<sub>2</sub>](H<sub>2</sub>O)<sub>4</sub>, チャンネル構造を有する Li<sub>2</sub>([18]crown-6)<sub>3</sub>[Ni(dmit)<sub>2</sub>](H<sub>2</sub>O)<sub>4</sub> 塩を用いた固相アンモニウムイオン交換”, 日本化学会第 100 春季年会 (2020 年) (2020.3.22-25), 東京理科大学 (野田キャンパス), Japan. (一般講演) (2020.3.25)
- ◎廣野恵大, Dmitrii Smirnykh, 一樂陽司, 西原禎文, 井上克也, “Single crystal growth and physical property evaluation of chiral magnetic material composed of formic acid and cobalt ions, ギ酸とコバルトイオンからなるキラル磁性体の単結晶育成と物性評価”, 日本化学会第 100 春季年会 (2020 年) (2020.3.22-25), 東京理科大学 (野田キャンパス), Japan. (一般講演) (2020.3.25)



- ◎奥藤涼介, 櫻井敬博, 大久保晋, 太田 仁, 上床美也, 田中秀数, 世良文香, 高橋勇輔, 秋光 純, 世良正文, 井上克也, “圧力下における三角格子反強磁性体 CsCuCl<sub>3</sub> の相互作用パラメータの評価 II”, 日本物理学会 2019 年秋季大会 (物性) (2019.9.10-9.13), 岐阜大学 (柳戸キャンパス), Japan. (ポスター発表) (2019.9.10)
- ◎西村拓巳, 市橋克哉, 今野大輔, 井上克也, 下山大輔, 灰野岳晴, 芥川智行, 中村貴義, 西原禎文, “Structures and Physical Properties of [Ni(dmit)<sub>2</sub>]-Salts Containing Supramolecular Cations, M([21]crown-7 or [24]crown-8), 金属イオン ([21]crown-7, [24]crown-8) 超分子カチオンを含む[Ni(dmit)<sub>2</sub>]-塩の構造と物性”, 第 13 回分子科学討論会 (2019 年 9 月 17 日~20 日), 名古屋大学 東山キャンパス, Japan. (ポスター発表) (2019.9.17)
- ◎眞邊 潤, 西田一輝, 張 笑, 中野佑紀, 井上克也, 下野聖矢, 久保田佳基, 西原禎文, “Investigation of the magnetic anomaly at low temperature in molecular spin ladder Cu<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>, 分子性スピンドラダー Cu<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub> における低温磁気異常の調査”, 第 13 回分子科学討論会 (2019 年 9 月 17 日~20 日), 名古屋大学 東山キャンパス, Japan. (ポスター発表) (2019.9.17)
- ◎石貫達也, 土屋直人, 青木沙耶, 中山祐輝, 西原禎文, 井上克也, “Magneto-elastic evaluation of the organic-inorganic perovskite type compound exhibiting successive phase transition, 逐次相転移を示す有機無機ペロブスカイト型化合物の磁気弾性評価”, 第 13 回分子科学討論会 (2019 年 9 月 17 日~20 日), 名古屋大学 東山キャンパス, Japan. (ポスター発表) (2019.9.17)
- 森田萩乃, 西原禎文, 綱島 亮, “Ferroelectrics of tetrahedral hexamethylenetetramine-based metal free perovskite structure, 四面体型ヘキサメチレンテトラミンを回転子に用いたペロブスカイト型化合物の強誘電特性”, 第 13 回分子科学討論会 (2019 年 9 月 17 日~20 日), 名古屋大学 東山キャンパス, Japan. (ポスター発表) (2019.9.18)
- 澤田祐也, 島本雄介, 高阪勇輔, 戸川欣彦, 中野岳仁, 吉澤大智, 大江純一郎, 岸根順一郎, 井上克也, 野末泰夫, 萩原政幸, “キラル磁性体 CrNb<sub>3</sub>S<sub>6</sub> の磁化および ESR”, 強磁場コラボラトリーによる強磁場科学の新展開~光科学との融合も視野に~ (第 15 回強磁場フォーラム総会) (2019.12.3-5), 大阪大学理学研究科 J 棟 2 階・南部陽一郎ホール, Japan. (ポスター発表) (2019.12.3)

#### ○学生の学会発表実績

	国際学会 件数	国内学会 件数
学部 4 年生 <sup>(1)</sup>	0	3
博士課程前期 <sup>(2)</sup>	6	9
博士課程後期 <sup>(3)</sup>	2	0
博士課程前期・後期共 <sup>(4)</sup>	0	0

#### ○セミナー・講演会開催実績

- 井上克也, 日本学術振興会 研究拠点形成事業「キラル自然哲学会」【S1】, 2019 年 4 月 6 - 8 日, 神田山荘 (広島市), Japan, Apr 4-6, 2019, 組織委員長
- 井上克也, 日本学術振興会 研究拠点形成事業 トピカルミーティング「キラリティー、トポロジー、結び目論 第 3 回研究会」【S4】, 2019 年 10 月 31 日 - 11 月 1 日, 広島大学理学部 E002, 組織委員長
- 井上克也, 日本学術振興会 研究拠点形成事業「キラル自然哲学会」【S1】, 2019 年 4 月 6 - 8 日, 神田山荘 (広島市), Japan, Apr 4-6, 2019, 組織委員長
- 井上克也, 日本学術振興会 研究拠点形成事業 トピカルミーティング「キラリティー、トポロジー、結び目論 第 3 回研究会」【S4】, 2019 年 10 月 31 日 - 11 月 1 日, 広島大学理学部 E002, 組織委員長
- 井上克也, CResCent(キラル国際研究拠点)「キラル物性セミナー」 Prof. Malcolm Halcrow's Seminar, 2019 年 5 月 28 日, 広島大学 理学研究科 B501, 招聘
- 井上克也, 日本学術振興会 研究拠点形成事業 ブレインストーミング「分子性キラル磁性体のこれまでと今後の展望について: GN の総括」, 2019 年 6 月 24 日, 東京大学駒場 I キャンパス
- 井上克也, CResCent(キラル国際研究拠点) 第 10 回「キラル物性セミナー」 Prof. Prasanna S. Ghalsasi, Dr. Goulven Cosquer, Dr. Masaru Fujibayashi 合同セミナー, 2019 年 7 月 11 日, 広島大学 理学研究科 B501
- 井上克也, CResCent(キラル国際研究拠点) 第 11 回「キラル物性セミナー」 Prof. Srinivasan Natarajan's Seminar, 2019 年 7 月 19 日, 広島大学 理学研究科 B501
- 井上克也, CResCent(キラル国際研究拠点) 第 12 回「キラル物性セミナー」 Prof. Takeharu Haino's Seminar, 2019 年 8 月 27 日, 広島大学 理学研究科 B501
- 井上克也, 日本学術振興会 研究拠点形成事業 トピカルミーティング「Workshop of multifunctional molecule-based material」【S5】 - Satellite meeting of The 13th Japanese-Russian workshop, 2019 年 11 月

14 - 15 日, 広島大学理学部 E002  
井上克也, CResCent(キラル国際研究拠点) 第 13 回「キラル物性セミナー」Prof. Javier Campo's Seminar,  
2020 年 2 月 7 日, 広島大学 理学研究科 B501

### ○社会活動・学外委員

#### ・学協会役員, 委員

井上克也, 日本化学会, 中四国支部化学と工業懇話会事務局長, 事務局長 (2019-)

#### ・外部評価委員など

井上克也, KEK, PAC 委員会

#### ・高大連携事業

西原禎文, 2019 年 9 月 6 日, 武田高等学校 (1 学年と 2 学年の普通科計 300 名, 東広島市)

### ○産学官連携実績

井上克也, コニカミノルタ, 共同研究相談

### ○国際共同研究・国際会議開催実績

#### ・国際会議開催実績

井上克也, 日本学術振興会 研究拠点形成事業 Pre-DMI mini-workshop on “Dzyaloshinskii-Moriya interaction and chiral spin systems”, 2019 年 7 月 5 - 8 日, St Petersburg, Russia, 組織委員

井上克也, 日本学術振興会 研究拠点形成事業 DMI2019 “V International Workshop Dzyaloshinskii-Moriya Interaction and Exotic Spin Structures” 2019 【S2】, 2019 年 7 月 8 - 12 日, HOTEL KARELIA & Spa, Petrozavodsk, Russia ※Co-Chairman として

井上克也, 日本学術振興会 研究拠点形成事業「Core-to-Core Final Meeting in Jaca (2019)」【S3】, 2019 年 9 月 2 - 6 日, Jaca, Spain, 組織委員長

#### ・国際共同研究

井上克也, スペイン Zaragoza 大学 (分子性キラル磁性体の中性子線回折, 無機キラル磁性体のスピン相図, 無機キラル磁性体の中性子線回折に関する国際共同研究)

井上克也, 英国 Glasgow 大学 (無機キラル磁性体のローレンツ TEM, キラル磁性体のスピン位相ダイナミクス, キラル磁性体のプラズモニクス, キラル磁性体のスピン位相とボルテックスビームの相互作用, キラル磁性体の物性理論に関する国際共同研究)

井上克也, ロシア ウラル連邦大学 (無機キラル磁性体の合成, キラル磁性体のスピンドイナミクスと相図, 分子性キラル磁性体のスピンドイナミクス, キラル磁性体の物性理論に関する国際共同研究)

井上克也, フランス ネール研究所 (無機キラル磁性体の結晶成長に関する国際共同研究)

井上克也, フランス リヨン第一大学 (分子性キラル磁性体の合成, 分子性キラル磁性体のスピンドイナミクス, 分子性キラル磁性体の新規物性に関する国際共同研究)

井上克也, フランス ラウエーランジェバン 研究所 (ILL) (分子性キラル磁性体の中性子線回折, 無機キラル磁性体の中性子線回折に関する国際共同研究)

井上克也, スペイン Zaragoza 大学 (無機キラル磁性体のスピン相図, 無機キラル磁性体の中性子線回折, キラル磁性体とキラル液晶の類似性探索に関する国際共同研究)

井上克也, ドイツ IFW ライプツィヒ研究所 (無機キラル磁性体のスキルミオンに関する国際共同研究)

井上克也, オランダ グローニンゲン大学 (無機キラル磁性体のスキルミオンと磁気異方性に関する国際共同研究)

井上克也, オーストラリア 豪州原子力研究機構 ANSTO (OPAL) (無機キラル磁性体の中性子線回折に関する国際共同研究)

井上克也, オーストラリア モナッシュ大学 (キラル磁性体の電子線ホログラフィー, キラル磁性体とメタマテリアルに関する国際共同研究)

井上克也, フランス レンズ第一大学 (分子性キラル磁性体の光学物性に関する国際共同研究)

井上克也, カナダ ダルハウジー大学 (金属薄膜のキラル物性に関する国際共同研究)

井上克也, カナダ マニトバ大学 (キラル磁性体の磁気構造と表面異方性に関する国際共同研究)

井上克也, ロシア ピーターズバーグ原子核物理研究所 (無機キラル磁性体の中性子線回折とキラル効果に関する国際共同研究)

井上克也, ロシア 金属物性研究所 (無機キラル磁性体の合成に関する国際共同研究)

西原禎文, 中国 東南大学, (新規分子誘電体開発に関する国際共同研究)  
西原禎文, 中国 南京科学技術大学, (新規分子誘電体開発に関する国際共同研究)  
西原禎文, 英国 グラスゴー大学, (ポリオキシメタレートの機能開拓に関する国際共同研究)  
西原禎文, 中国 エディンバラ大学, (ポリオキシメタレートの機能開拓に関する国際共同研究)  
Andrey Leonov, ドイツ, Neel skyrmions in lacunar spinels, (Experimental Physics V, Center for Electronic Correlations and Magnetism, University of Augsburg, 86159, Augsburg)  
Andrey Leonov, スイス, Department of Physics, University of Basel, 4056, Basel, Switzerland (Dynamic cantilever magnetometry)  
Andrey Leonov, オランダ, Faculty of Applied Sciences, Delft University of Technology, Mekelweg 15, 2629 JB Delft, (SANS measurements on cubic helimagnets, oblique spiral and skyrmion states)  
Andrey Leonov, オランダ, Zernike Institute for Advanced Materials, University of Groningen, 9700 AB Groningen (theoretical models for chiral magnets)  
Andrey Leonov, アメリカ, Soft Materials Research Center and Materials Science and Engineering Program, University of Colorado, Boulder, Colorado 80309, torons, spherulites and other topological particle-like states in chiral liquid crystals)  
Andrey Leonov, ロシア, ITMO University, 197101 Saint Petersburg, (numerical studies on topological barriers between different modulated states)  
Andrey Leonov, ドイツ, IFW Dresden, Postfach 270016, D-01171 Dresden, (computational facilities, cluster simulations)

### ○特許公報

#### 【権利化】

西原禎文, 加藤智佐都, 井上克也, 「分子性金属酸化物クラスター、分子性金属酸化物クラスター結晶、分子性金属酸化物クラスター結晶凝集体、分子メモリ、結晶メモリ及び分子性金属酸化物クラスターへの分子分極形成方法」特許第 6650138 号 (2020 年 01 月 22 日登録)

#### 【特許出願】

西原禎文, 藤林 将, 井上克也, 定金正洋, 「分子性金属酸化物クラスター、電子デバイス、揮発性メモリ、揮発性メモリ用又は不揮発性メモリ用単分子誘電体層、及び記憶装置」特願: 2019-159643 (2019 年 09 月 02 日出願)

帯刀陽子, 西原禎文, 「分子性金属酸化物クラスター、電子デバイス、揮発性メモリ、揮発性メモリ用又は不揮発性メモリ用単分子誘電体層、及び記憶装置」特願: 2019-126158 (2019 年 07 月 05 日出願)

西原禎文, 早瀬友葉, 藤林 将, 井上克也, 「電界効果トランジスタ及びメモリ装置」特願: 2019-118917 (2019 年 06 月 26 日出願)

### ○共同プロジェクトへの参加状況 (国内)

井上克也, 日本学術振興会 研究拠点形成事業 (A.先端拠点形成型) “スピנקラリティを軸にした先端材料コンソーシアム”, 拠点リーダー (東京大学, 放送大学, 大阪府立大学, 山梨大学, 名古屋工業大学, 大阪大学, 岡山大学, 九州工業大学, 早稲田大学, 東邦大学, 横浜国立大学, 愛媛大学, スペイン ザラゴザ大学, イギリス グラスゴー大学, ロシア ウラル連邦大学, ロシア ピーターズバーグ原子核物理研究所, ロシア 金属物性研究所, フランス ネール研究所, フランス リヨン第一大学, フランス レンヌ第一大学, ドイツ ドレスデン IFW 研究所, ドイツ アウグスブルグ大学, ハンガリー ブタペスト大学, オランダ グローニンゲン大学, 自然科学研究機構分子科学研究所, 京都大学, 九州大学, 東北大学, 富山県立大学, 理化学研究所, Spring-8, 高エネルギー加速器研究機構, オーストラリア モナッシュ大学, カナダ マニトバ大学, カナダ ダルハウジー大学) スタッフ数約 100 名, 総勢 190 名 (H27-R2.11\*) ※新型コロナで 8 か月延長

井上克也, 広島大学自立研究拠点「キラル国際研究拠点 Chirality Research Center (CResCent)」拠点リーダー (東京大学, 放送大学, 大阪府立大学, 山梨大学, 名古屋工業大学, 大阪大学, 九州工業大学, スペイン ザラゴザ大学) スタッフ数 33 名, 総勢 190 名 (H27-現在)

西原禎文, 日本学術振興会 研究拠点形成事業 (A.先端拠点形成型) “先進エネルギー材料を指向したポリオキシメタレート科学国際研究拠点”, メンバー (H31-現在)

### ○他研究機関での講義・客員

西原禎文, 岡山大学工学部および同大学院自然科学研究科, 集中講義, 2019 年 11 月 23 日

### ○研究助成の受け入れ状況

・日本学術振興会 研究拠点形成事業 (A.先端拠点形成型) “スピנקラリティを軸にした先端材料コ



- ンソーシウム”, 井上克也
- ・文部科学省 研究大学強化促進事業, キラル国際研究拠点 (CResCent: Chirality Research Center), 井上克也
  - ・JST A-STEP「機能検証フェーズ 実証研究タイプ」, 超高密度記録に資する分子誘電メモリデバイスの改良と実証研究, 西原禎文 (単独)
  - ・科学研究費助成事業(基盤研究(B)), 単分子誘電物性の構造学的解明と新規物質群開拓, 西原禎文 (代表)
  - ・戦略的創造研究推進事業さきがけ, ペタビット時代を支える革新的分子ストレージング技術の確立, 西原禎文 (単独)
  - ・ひろしまベンチャー育成賞 (金賞) (公益財団法人ひろしまベンチャー育成基金), ビッグデータ社会を支える超大容量メモリの開発・製品化, 西原禎文 (単独)
  - ・科学研究費 (基盤研究 C), 分子集合体ナノコイルの創成と物性評価 (代表: 帯刀陽子), 西原禎文 (分担)
  - ・科学研究費 (基盤研究 B), 高温攪拌法・浮遊帯域法による無機キラル磁性体の普遍的な不斉合成手法の確立 (代表: 高阪勇輔), 西原禎文 (分担)
  - ・キャノン財団研究助成プログラム「産業基盤の創生」, 分子性電磁ナノコイルからなるメディカルデバイスの創成 (代表: 帯刀陽子), 西原禎文 (分担)
  - ・神戸大学フォトサイエンス研究センター共同利用研究・神戸大学・単独～令和元年度「テラヘルツ ESR を用いた低次元分子性磁性体の磁気構造解明に関する研究」, 西原禎文 (単独)
  - ・物質・デバイス領域共同研究課題研究費・物質創製開発研究領域・単独～令和元年度「Cucurbituril を含む機能分子材料の開発」, 西原禎文 (単独)
  - ・物質・デバイス領域共同研究課題研究費・ナノシステム科学研究領域・単独～令和元年度「ランタノイドイオンを包接した Preyssler 型 POM の低温磁気物性評価」, 西原禎文 (単独)

#### ○受賞状況 (職員)

- ・西原禎文, ひろしまベンチャー育成賞 (金賞), 公益財団法人ひろしまベンチャー育成基金, 「ビッグデータ社会を支える超大容量メモリの開発・製品化」, 2019 年 12 月
- ・西原禎文 (研究代表者), 物質・デバイス共同研究賞, 物質・デバイス領域共同研究拠点「イオン交換機構を利用した分子固体の電気伝導度制御」, 2019 年 5 月
- ・Highly Cited article in J. Phys. Soc. Jpn 2018 from Vol. 86 (2017) (Top 10 articles), “Chiral Soliton Lattice Formation in Monoaxial Helimagnet Yb(Ni<sub>1-x</sub>Cu<sub>x</sub>)<sub>3</sub>Al<sub>9</sub>”, Takeshi Matsumura, Yosuke Kita, Koya Kubo, Yugo Yoshikawa, Shinji Michimura, Toshiya Inami, Yusuke Kousaka, Katsuya Inoue, and Shigeo Ohara, J. Phys. Soc. Jpn. 86, 124702 (2017), 2019 年 6 月 5 日

#### ○受賞状況 (学生)

- 西村拓巳 (M2), 日本化学会中国四国支部大会 (徳島) 口頭発表賞「アルカリ金属イオンと[24]crown-8 からなる超分子カチオンを含む[Ni(dmit)<sub>2</sub>]-塩の構造と物性」(2019)
- 石貫達也 (M1), 第 13 回分子科学討論会 (名古屋) 分子科学会優秀ポスター賞「逐次相転移を示す有機無機ペロブスカイト型化合物の磁気弾性評価」(2019)
- Tatiana SHERSTOBITOVA (D3), 2019 Springer Student Special Presentation Award (6th AWEST 2019) “Ligand Structure Effects on Molecular Assembly and Magnetic Behavior of Cu(hfac)<sub>2</sub> Complexes with 3-Pyridyl-Substituted Nitroxide Derivatives” (2019)
- 土屋直人 (M2), 令和元年度 日本化学会中国四国支部 支部長賞

#### ○座長を行った学会・討論会の名称

- 井上克也, 日本学術振興会 研究拠点形成事業「Core-to-Core Final Meeting in Jaca (2019)」【S3】, 2019 年 9 月 2 - 6 日, Jaca, Spain,
- 井上克也, 第 12 回中国四国地区錯体化学研究会・錯体化学若手の会中国四国支部第 4 回勉強会, May. 25, 2019, 岡山理科大学 岡山キャンパス, Japan. (2019.5.25)
- 井上克也, Symposium on Molecular Chirality 2019, June. 14-15, 2019, 金沢商工会議所, Japan. (2019.6.15)
- 井上克也, 第 13 回分子科学討論会 (2019 年 9 月 17-20 日), 名古屋大学 東山キャンパス, Japan. (2019.9.19)
- 井上克也, 熊大研究会 2019, Jun. 10, 2019, 熊本大学, Japan. (2019.6.10)
- 井上克也, 2019 年日本化学会中国四国支部大会 徳島大会 (2019.11.16-17), 徳島大学常三島キャンパス, Japan, (2019.11.16)

○その他特記事項

・報道

室岡玲美, Andrey O. Leonov, 井上克也, 大江純一郎, 【研究成果プレスリリース】キラル磁性体中に配向性をもった新しいナノ磁気渦構造と特殊な磁化ダイナミクスを発見 ～ 磁性体中の“バドミントンシャトル” ～, 2020年2月10日, 東邦大学との共同発表

## 錯体化学研究グループ

スタッフ 水田 勉 (教授), 久米 晶子 (准教授), 久保 和幸 (助教)

### ○研究活動の概要

#### 1. ポリシロキサン解重合触媒の開発

ポリシロキサンは、大量に合成されているが、資源の再利用を考慮すると有用なオリゴマーに変換し再利用を可能にすることは重要な課題である。シリコーングリースに新規に開発したPd触媒を加えると、シロキサンユニットが4量体となった環状オリゴシロキサンが得られることが分かった。

#### 2. 2重架橋2座ホスフィンキレートの開発

キレートホスフィンは、有機金属錯体の補助配位子として広く用いられている。2つのリンを繋ぐキレート鎖を1本から2本にすることで、リン上のローンペアの配向を配位に適した形式に固定することが可能となり、通常2座キレートリン配位子よりもより強固に金属に配位できると期待できる。そこで、リン原子を繋ぐ部分として、1,8-ナフチレンを採用し、これで2重に架橋したリン2座配位子を合成した。得られた配位子を用いてPd(II)およびW(0)錯体を合成し、熱的安定性を調べたところ、期待どおり強固に配位したことによる安定性の向上が確認された。

#### 3. アルキンを保護配位子としたクラスター合成

アルキニル銀をクラスター構築ユニットとした銀クラスターの合成では、銅との異種金属クラスターの合成を目指した。その結果、 $[\text{CuAg}_3(\text{CCAr})_3(\text{PR}_3)_3]^+$ ユニットが平面状の骨格を形成し、保護配位子としてかご状の骨格を形成し、中心に銀ヒドリドクラスターを内包することを見出した。

#### 4. 銅電極のOn-surface修飾によるCO<sub>2</sub>還元特性

金属銅をカソードとして用いるCO<sub>2</sub>還元はメタンやエチレンなどの高次還元生成物を生じるため、有用な炭素変換反応として期待されている。我々は銅電極表面をアノード化することで、CuAAC反応を進行させ、表面に展開した有機ネットワークポリマーを成長させた。この表面修飾は従来のCast法による吸着構造と異なる金属-有機物接触構造界面を与え、二酸化炭素還元に対しより高い選択性を与える。また、この構造を用いて種々の有機構造を金属銅表面に導入し、有機構造によってCO<sub>2</sub>還元生成物にバイアスをかけられることを実証した。

#### 5. 反応性配位子をもつ遷移金属錯体による新規な協働反応の構築

0価炭素化合物であるカルボジホスホラン(R<sub>3</sub>PCPR<sub>3</sub>)を配位子骨格に組み込んだ遷移金属触媒の開発を検討している。ピンサー型カルボジホスホラン配位子を導入した白金錯体を触媒とするアルキンのヒドロシリル化反応を検討し、触媒反応中間体に関する知見を得るとともに触媒サイクルについての考察を行った。さらに、配位子骨格にフェロセンやナフタレン架橋を導入した、環状カルボジホスホランの合成に成功し、その構造や電子的性質について考察するとともに、これらを用いた遷移金属錯体の合成を検討した。

また、遷移金属の近傍にLewis塩基性部位を導入したambiphilic型触媒の開発についても検討を行った。環状FePNPNP骨格を有するピアノ椅子型鉄錯体を合成し、その構造や反応性を実験的、計算科学的に検討した。さらに、Cp環上にLewis塩基性部位を導入したピアノ椅子型鉄錯体を用いた触媒反応の開発を検討している。

### ○発表原著論文

- ◎T. Shimamura, Y. Maeno, K. Kubo, S. Kume, C. Greco, T. Mizuta, (2019) Protonation and electrochemical properties of a bisphosphide diiron hexacarbonyl complex bearing amino groups on the phosphide bridge. *Dalton Trans.* **48**, 16595-16603.
- ◎R. Igarashi, R. Takeuchi, K. Kubo, T. Mizuta, S. Kume, (2019) On-Surface Modification of Copper Cathodes by Copper(I)-Catalyzed Azide Alkyne Cycloaddition and CO<sub>2</sub> Reduction in Organic Environments. *Frontiers Chem.* **7**, doi:10.3389/fchem.2019.00860.
- K. Katsutani, S. Sugimoto, Y. Yamano, H. Otsuka, K. Matsunami, T. Mizuta, (2020) Eudesmane-type sesquiterpene glycosides: sonneratioides A-E and eudesmol beta-d-glucopyranoside from the leaves of *Sonneratia alba*. *J. Natural Med.* **74**, 119-126.
- M. Mikuriya, C. Yamakawa, N. Masuda, D. Yoshioka, S. Yamaguchi, H. Yamada, T. Mizuta, N. Kawata, H. Tanaka, M. Handa, (2019) Dinuclear Copper(II) 3,4,5-Tri-O-benzylgallate. *Open Chem. J.* **6**, 19-26.
- Y. Kusanose, T. Onimaru, G. B. Park, Y. Yamane, K. Umeo, T. Takabatake, N. Kawata, T. Mizuta, (2019) Hindered Quadrupole Order in PrMgNi<sub>4</sub> with a Nonmagnetic Doublet Ground State. *J. Phys. Soc. Jp.* **88**, doi:10.7566/jpsj.88.083703.

## ○国内学会

- ◎五十嵐亮太, 武内隆司, 水田 勉, 久保和幸, 久米晶子: 子金属銅電極と有機物との界面反応場におけるCO<sub>2</sub>還元。錯体化学会第69回討論会 (2019年9月, 名古屋) (一般公演)
- ◎清水翔太, 佐藤 晶, 水田 勉, 久米晶子, 久保和幸: 集積した銅錯体による空気酸化反応の研究。錯体化学会第69回討論会 (2019年9月, 名古屋) (ポスター発表)
- ◎三上海勇, Shen Hui, 久保和幸, 久米晶子, 水田 勉: Ag<sub>3</sub>Cu平面型錯体を保護ユニットとした新規銀ナノクラスター合成法の開発。錯体化学会第69回討論会 (2019年9月, 名古屋) (ポスター発表)
- ◎秋田隼人, 久保和幸, 久米晶子, 水田 勉: レドックス応答性カルボジホスホラン配位子を導入したスイッチング触媒の合成。錯体化学会第69回討論会 (2019年9月, 名古屋) (ポスター発表)
- ◎松木 大, 久保和幸, 湯浅隆寛, 横市 綾, 久米晶子, 水田 勉: メタラサイクル上にLewis塩基性フラグメントを配置したCp鉄錯体のambiphilic性。錯体化学会第69回討論会 (2019年9月, 名古屋) (ポスター発表)
- ◎黒瀬友也, 松岡美帆, 久保和幸, 久米晶子, 水田 勉: ナフタレンが2重に架橋したリン2座配位子とそのW(CO)<sub>n</sub>錯体の合成。2019年日本化学会中国四国支部大会 (2019年11月, 徳島) (ポスター発表)
- ◎西村文武, 三上海勇, Shen Hui, 久保和幸, 久米晶子, 水田 勉: 銀クラスターに結合したフェニルアセチレン誘導体配位子の交換反応。2019年日本化学会中国四国支部大会 (2019年11月, 徳島) (ポスター発表)
- ◎阿部朋也, 久保和幸, 水田 勉: 協働的分子活性化を指向したリンフラグメント置換シクロペンタジエンル-鉄錯体の合成。2019年日本化学会中国四国支部大会 (2019年11月, 徳島) (ポスター発表)

## ○学生の学会発表実績

	国際学会 件数	国内学会 件数
学部4年生 <sup>(1)</sup>	0	0
博士課程前期 <sup>(2)</sup>	0	8
博士課程後期 <sup>(3)</sup>	0	0
博士課程前期・後期共 <sup>(4)</sup>	0	0

## ○社会活動・学外委員

### ・学協会役員, 委員

水田 勉, 近畿化学協会 幹事 (2012年-)

水田 勉, 日本化学会 代議員 (2018年10月-)

久米晶子, 日本化学会中国四国支部 代表正会員 (2017年-2019年)

### ・高大連携事業

水田 勉, 自然科学実験セミナー鳥取県立鳥取東高等学校 (2011年-2019年9月, 広島大学)

水田 勉, 広島大学附属高校 先端研究実習 (基礎化学実験) (2019年7月, 広島大学)

水田 勉, 広島大学附属高校 平成30年度SSH事業 学校設定科目「AS科学探究I」(2019年度, 広島大学)

水田 勉, 安田女子高等学校 出張講義

久保和幸, 自然科学実験セミナー鳥取県立鳥取東高等学校 (2011年-2019年9月, 広島大学)

## ○研究助成の受け入れ状況

科学研究補助金 基盤研究(C) 「原子レベルの精密構造を基盤としたアルキニル銀ナノクラスターの反応開発」代表者 水田 勉

科学研究補助金 基盤研究(C) 「金属表面と有機構造の協奏的設計による新触媒開発」

代表者 久米晶子

科学研究補助金 基盤研究(C) 「求核的0価炭素配位子を基盤とした高活性金属錯体の新機能創出」

代表者 久保和幸

## ○受賞状況 (学生)

三上海勇 (M2), 錯体化学会第 69 回討論会 錯体化学会ポスター賞

三上海勇 (M2), The Best Student Presentation Award, The 16th Nano Bio Info Chemistry Symposium (2019年12月, 東広島)

黒瀬友也 (M1), 2019 年日本化学会中国四国支部大会 ポスター賞

○座長を行った学会・討論会の名称

久米 晶子：日本化学会第100回春季年会（中止）

久米 晶子：錯体化学会第69回討論会

○その他の委員

水田 勉：一般社団法人尚志会理事長（2017年6月－）

水田 勉：広島大学校友会常任理事（2017年10月－）

水田 勉：広島大学同窓会理事（2017年10月－）

水田 勉：公益財団法人広島大学教育支援財団評議員（2017年10月－2018年8月）

水田 勉：サタケ基金運営委員会委員（2018年4月－）

## 分析化学研究グループ

スタッフ 石坂 昌司 (教授), 岡本 泰明 (助教)

### ○研究活動の概要

大気中にはエアロゾルと呼ばれる小さな微粒子が浮遊している。エアロゾルは、大気中で水蒸気が水滴に変化するための足場を提供しているが、その詳細な機構は不明である。これは、エアロゾルが大気中を輸送される間に様々な化学反応が進行し、多種多様な微粒子が混在しているためである。我々は、単一のエアロゾル微粒子を空気中の一点に非接触で浮遊させ、光学顕微鏡下において人工的に雲粒の発生を再現し、微粒子ごとにどのように反応が進行するのかを調べ、エアロゾルを足場とした雲粒の発生機構を解明することを目指している。令和元年度の研究成果を以下に掲げる。

1. 海水のモデル水滴を気相中に浮遊させ、相対湿度を可逆に制御し、雲粒の発生過程を人工的に再現することに成功した。
2. ダブルビーム型レーザー捕捉光学系を構築し、気相中において二つの水滴を同時に捕捉し、それらを融合することに成功した。
3. 電気加熱気化装置-ICP 発光分析装置を用いた実験を行った。

### ○発表原著論文

- S. Ishizaka, F. Guo, X. Tian, S. Seng, Y. A. Tobon, and S. Sobanska (2019) In situ Observation of Efflorescence and Deliquescence Phase Transitions of Single NaCl and NaNO<sub>3</sub> Mixture Particles in Air using a Laser Trapping Technique, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **93**(1), 86-91 (2020).
- M. Dosen, Y. Kawada, S. Shibata, K. Tsuge, Y. Sasaki, A. Kobayashi, M. Kato, S. Ishizaka, N. Kitamura (2019) Control of Emissive Excited States of Silver(I) Halogenido Coordination Polymers by a Solid Solution Approach, *Inorg. Chem.*, **58**(13), 8419-8431.
- ◎A. Yamada, M. Abe, Y. Nishimura, S. Ishizaka, M. Namba, T. Nakashima, K. Shimoji and N. Hattori (2019) Photochemical generation of the 2,2,6,6-tetramethylpiperidine-1-oxyl (TEMPO) radical from caged nitroxides by near-infrared two-photon irradiation and its cytotoxic effect on lung cancer cells, *Beilstein J. Org. Chem.*, **15**, 863-873.
- M. Yoshiyama, Y. Okamoto, S. Izumi, D. Iizuka, (2019) Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometric Evaluation of Iron Excretion in Mouse Urine Caused by Whole-Body Gamma Irradiation, *Biol. Trace Elem. Res.*, **191**, 149-158.

### ○国際会議

- S. Ishizaka: Laser Trapping and Spectroscopy of Single Water Droplets in Air, The 3rd International Conference on Chemical Sciences 2019 (2019.9.16-17, Gajah Mada University, Yogyakarta, Indonesia) (招待講演)
- D. H. Hiep and S. Ishizaka: Fabrication of paper-based microfluidic analytical devices using a laser beam scanning technique, The 16th Nano Bio Info Chemistry Symposium (2019.12.7-8, Hiroshima University Higashi-Hiroshima Campus, Higashi-Hiroshima, Japan) (一般講演)
- U. Tanaka, S. Ishizaka: Fusion of aerosol droplets using double beam laser trapping method, The International Symposium on Plasmonics and Nano-photonics (iSPN2019) (2019.11.11-14, Ikuta Shrine Hall, Kobe, Hyogo, Japan) (ポスター)

### ○国内学会

- 石坂昌司, 大倉華奈: レーザー捕捉・顕微ラマン分光法を用いた単一エアロゾル分析。第 79 回分析化学討論会 (2019 年 5 月 18 日, 北九州国際会議場&AIM, 北九州市) (一般講演)
- 石坂昌司, 川辺貴之: レーザー捕捉法と蛍光相関分光法を駆使した単一エアロゾル液滴の新規粘度計測法の開発。第 36 回エアロゾル科学・技術研究討論会 (2019 年 9 月 6 日, 広島大学サタケメモリアルホール・学士会館, 東広島市) (一般講演)
- 田中悠太, 石坂昌司: ダブルビームレーザー捕捉法を用いたエアロゾル液滴の融合に関する研究。日本分析化学会第 68 年会 (2019 年 9 月 11 日, 千葉大学西千葉キャンパス, 千葉県千葉市) (一般講演)
- 近末幸希, 石坂昌司: レーザー捕捉した単一微粒子の位置揺らぎ計測。日本分析化学会第 68 年会 (2019 年 9 月 11 日, 千葉大学西千葉キャンパス, 千葉県千葉市) (一般講演)
- 近末幸希, 石坂昌司: 単一エアロゾル水滴のサイズ計測法に関する研究。第 25 回中国四国支部分析化学若手セミナー (2019 年 6 月 23 日, 休暇村帝釈峡, 広島県庄原市) (ポスター発表)
- 田中悠太, 石坂昌司: ダブルビームを用いた気相中での 2 つの液滴の同時捕捉に関する研究。第 25 回中国四国支部分析化学若手セミナー (2019 年 6 月 23 日, 休暇村帝釈峡, 広島県庄原市) (ポスター)



発表)

### ○学生の学会発表実績

	国際学会 件数	国内学会 件数
学部4年生 <sup>(1)</sup>	0	1
博士課程前期 <sup>(2)</sup>	1	5
博士課程後期 <sup>(3)</sup>	1	0
博士課程前期・後期共 <sup>(4)</sup>	0	0

### ○セミナー・講演会開催実績

石坂昌司, 第25回中国四国支部分析化学若手セミナー, 2019年6月22日(土), 23日(日), 休暇村 帝釈峡(広島県庄原市東城町三坂962-1), 実行委員長

### ○社会活動・学外委員

#### ・学協会役員, 委員

石坂昌司, 日本化学会, 理事(2019~2020)

石坂昌司, 日本分析化学会, 代議員(2018~2019)

石坂昌司, 日本学術振興会, 特別研究員等審査会専門委員(2017年8月1日より2018年7月31日まで)

石坂昌司, 日本分析化学会, 中国四国支部常任幹事(2016~)

石坂昌司, 日本化学会中国四国支部, 広島地区幹事(2018)

石坂昌司, 日本化学会中国四国支部, 事務局長(2017)

石坂昌司, 日本化学会中国四国支部, 会計幹事(2016)

#### ・講習会・セミナー講師

石坂昌司, 第23回エアロゾル基礎講座ーさまざまな分野のエアロゾル(基礎と研究の最先端)ー(第36回エアロゾル科学・技術研究討論会実行委員会主催), 2019年9月4日, 広島大学東広島キャンパス, 「光ピンセットの原理と単一エアロゾルの計測技術」

石坂昌司, 2018年ノーベル賞解説セミナー(広島大学理学研究科付属理学融合教育研究センター主催), 2018年12月, 広島大学東千田キャンパスA501講義室, 「光ピンセットで操る微粒子の化学」

#### ・高大連携事業

石坂昌司, 第50回広島県私学教育研修会 依頼講演, 2019年8月21日, 広島桜が丘高等学校(広島市)

石坂昌司, 模擬授業, 2014年7月, 広島市立安佐北高等学校(広島市)

#### ・論文誌編集委員

石坂昌司, 日本分析化学会, 「分析化学」誌編集委員(2013~2014)

#### ・討論会の組織委員

石坂昌司, ナノ・バイオ・インフォ化学シンポジウム実行委員会委員(2016~)

石坂昌司, 日本分析化学会第63年会実行委員会委員(2013~2014)

岡本泰明, 日本分析化学会第63年会実行委員会委員(2013~2014)

### ○産学官連携実績

石坂昌司, 第67回中国四国産学連携化学フォーラム, 広島大学大学院理学研究科E002講義室, 2018年4月6日

### ○国際共同研究・国際会議開催実績

石坂昌司, 日本学術振興会二国間交流事業・日仏交流促進事業 SAKURA プログラム「大気エアロゾル粒子の光化学反応と雲凝結核・氷晶核機能の解明」(2015~2016)

### ○他研究機関での講義・客員

石坂昌司, 京都大学大学院工学研究科, 非常勤講師, 2019年1月11日

○研究助成の受け入れ状況

日本学術振興会科学研究費補助金 新学術領域研究(研究領域提案型)公募研究「エアロゾル液／液界面反応場の構築とその応用」代表者 石坂昌司

日本学術振興会科学研究費補助金 基盤研究(B)「ドーナツビーム型エアロゾル粒子捕捉法の雲粒発生機構解明への応用」代表者 石坂昌司

日本学術振興会科学研究費補助金 基盤研究(A)「単一エアロゾル表面張力の光解析」分担者 石坂昌司

○受賞状況(学生)

近末 幸希(M2), 第25回中国四国支部分析化学若手セミナー 優秀ポスター賞「単一エアロゾル水滴のサイズ計測法に関する研究」(2019)

○座長を行った学会・討論会の名称

石坂昌司, 第79回分析化学討論会(2019年5月18日, 北九州国際会議場&AIM)

石坂昌司, 日本分析化学会第68年会(2019年9月11日, 千葉大学西千葉キャンパス)

## 構造有機化学研究グループ

スタッフ 灰野 岳晴 (教授), 関谷 亮 (准教授), 平尾 岳大 (助教)

### ○研究活動の概要

当研究グループは、分子間相互作用により形成される超分子集合体の化学を中心に研究を行っている。特に、有機化合物の三次元的な立体構造と、それらが示す様々な機能との相関を調べることを研究の基本としており、さらにその結果をもとにして、興味ある機能性分子集合体の開発を目指している。

2019年度の研究成果の概要を以下に示す。

1. 周辺修飾を施すことで、近赤外発光を示すグラフェン量子ドットの合成に成功した。
2. Head-to-tail型モノマー分子を合成し、超分子重合機構を定量的に明らかにした。
3. 平面積層型分子を利用して、右巻きと左巻きのCPL発光を自在にスイッチ可能な分子集合体の合成に成功した。
4. 強固に連結されたビスキャビタンド分子の配座変換に伴う活性化障壁およびゲスト包接に伴う配座変換を詳細に明らかにした。また、固体状態で超分子ポリマーを形成することを明らかにした。
5. ナノグラフェンを分離する新しい分画手法を開発した。
6. 三つのレゾルシンアレーンが連結した大環状分子の合成に成功した。
7. トップダウン法による平面のねじれたナノグラフェンの合成に成功した。
8. 親水性側鎖を有する白金錯体を基盤として、発光性ミセルの合成に成功した。
9. 金属錯化を駆動力として、空孔の大きさを変換可能な分子カプセルの合成に成功した。
10. カリックス[5]アレーンとフラーレンの会合を駆動力に、自在形状変換可能なポリメチルメタクリレート合成に成功した。

### ○発表原著論文

- ◎K. Yamato, R. Sekiya, M. Abe, T. Haino. (2019) Separation of Spectroscopically Uniform Nanographenes. *Chem. Asia J.*, **14**, 1785-1791.
- ◎T. Maehara, R. Sekiya, K. Harada, T. Haino, (2019) Tunable Enforced Cavities inside Self-assembled Capsules. *Org. Chem. Front.*, **6**, 1561-1566.
- ◎K. Harada, R. Sekiya, T. Maehara, T. Haino, (2019) Substituent-Controlled Racemization of Dissymmetric Coordination Capsules. *Org. Biomol. Chem.*, **17**, 4729-4735.
- ◎K. Yamato, R. Sekiya, K. Suzuki, T. Haino. (2019) Near-Infrared Emitting Nitrogen-Doped Nanographenes. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **58**, 9022-9026.
- ◎◎T. Hirao, N. Hisano, S.-i. Kihara, T. Haino. Ring-Chain Competition in Supramolecular Polymerization Directed by Molecular Recognition of the Bisporphyrin Cleft. *Macromolecules*, **52**, 6160-6168.
- ◎◎K. Hirano, T. Ikeda, N. Fujii, T. Hirao, M. Nakamura, Y. Adachi, J. Ohshita, T. Haino. (2019) Helical Assembly of a Dithienogermole Exhibiting Switchable Circularly Polarized Luminescence. *Chem. Commun.*, **55**, 10607-10610.
- D. Shimoyama, T. Haino. (2019) Conformation Characteristics of Feet-to-Feet Connected Biscavitands. *J. Org. Chem.*, **84**, 13483-13489.
- ◎K. Yamato, R. Sekiya, S. Nishitani, T. Haino. (2019) Intrinsic Emission from Nanographenes. *Chem. Asian J.*, **14**, 3213-3220.
- ◎I. Matsumoto, R. Sekiya, T. Haino. (2019) A protocol for Separation of Nanographenes. *RSC Advances*, **9**, 33843-33846.
- ◎D. Shimoyama, R. Sekiya, H. Kudo, T. Haino. (2020) Feet-to-feet Connected Trisresorcinarenes. *Org. Lett.*, **22**, 352-356.
- ◎D. Shimoyama, R. Sekiya, H. Kudo, T. Haino. (2020) Chirality-embedded Nanographene. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **59**, 669-673.
- ◎T. Hirao, H. Tsukamoto, T. Ikeda, T. Haino. (2020) AIE-active Micelles Formed by Self-assembly of an Amphiphilic Platinum Complex Possessing Isoxazole Moieties. *Chem. Commun.*, **56**, 1137-1140.
- D. Shimoyama, T. Haino. (2020) Entropy-driven Cooperativity in the Guest Binding of an Octaphosphonate Biscavitand. *Chem. -Eur. J.*, **26**, 3074-3079.
- ◎K. Harada, R. Sekiya, T. Haino. (2020) A Regulable Internal Cavity Inside A Resorcinarene-Based Hemi-Carcerand. *Chem. -Eur. J.*, **26**, 5810-5817.
- Y. Ishido, N. Kobayashi, N. Fujii, T.-a. Okayama, T. Haino, K. Onitsuka. (2020) Folding control of a non-natural glycopeptide using saccharide-coded structural information for peptides. *Chem. Commun.*, **56**, 2767-2770.
- ◎S. Shimoyama, R. Sekiya, T. Haino. (2020) Upper-Rim Functionalization and Supramolecular Polymerization of a Feet-to-Feet-Connected Biscavitand. *Chem. Commun.*, **56**, 3733-3736

- ◎T. Hirao, K. Fukuta, T. Haino. (2020) Supramolecular Approach to Polymer-Shape Transformation via Calixarene–Fullerene Complexation. *Macromolecules*, **53**, 3563-3570.

#### ○総説

- ◎平尾岳大, 灰野岳晴. (2019) 分子スイッチの合成. 化学, **74**, 72-73.
- ◎T. Haino, T. Hirao. (2020) Supramolecular Polymerization and Functions of Isoxazole Ring Monomers. *Chem. Lett.*, **49**, 574-584.
- ◎関谷 亮, 灰野岳晴. (2020) トップダウン法により得られる化学修飾ナノグラフェン. *フラインケミカル*, 1月号, 19-25.
- ◎R. Sekiya, T. Haino. (2020) Chemically Functionalized Two-Dimensional Carbon Materials. *Chem. Asian J.*, in Press.

#### ○国際会議

- T. Haino: Helical Supramolecular Porphyrin Assemblies. 235th ECS Meeting (May, 2019, Texas, USA) (招待講演)
- T. Haino: Molecular Recognition in Dissymmetric Space of Supramolecular Assemblies. Symposium on Molecular Chirality 2019 (Jun, 2019, Kanazawa, Japan) (招待講演)
- R. Sekiya: Near-Infrared Emission from Nitrogen-doped Nanographenes. The 18<sup>th</sup> international symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18) (July, 2019, Sapporo, Japan) (ポスター)
- S. Nishitani: Synthesis and optical properties of chiral nanographene. The 18<sup>th</sup> international symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18) (July, 2019, Sapporo, Japan) (ポスター)
- T. Haino: Chiral Molecular Recognition of Dissymmetric Supramolecular Assemblies. The 12th Taiwan-Japan Bilateral Symposium on Architecture of Functional Organic Molecules (Aug., 2019, Kyoto, Japan) (招待講演)
- T. Haino: Chiral molecular Recognition in Dissymmetric Space of Supramolecular Assemblies. 15<sup>th</sup> IUPAC International Conference on Novel Materials and their Synthesis (Sep., 2019, Shenyang, China) (基調講演)
- T. Hirao: Supramolecular Polymers Formed by Molecular Association of Bisporphyrin and Trinitrofluorene. 15<sup>th</sup> IUPAC International Conference on Novel Materials and their Synthesis (Sep., 2019, Shenyang, China) (招待講演)
- T. Haino: Designer Supramolecular Polymers with Unique Host-Guest Structures. The 3rd International Conference on Chemical Sciences (Sep., 2019, Yogyakarta, Indonesia) (招待講演)
- T. Haino: Sequence-Controlled Supramolecular Terpolymer formed via Specific Molecular Recognition. Symposium on Supramolecular Chemistry in Celebration of Professor Julius Rebek 75th Birthday • SHU (Oct., 2019, Shanghai, China) (招待講演)
- T. Haino: Functional Supramolecular Chiral Assemblies. JSPS Core-to-Core Program Topical Meeting “Chirality,” Topology and Knots Theory 3rd study group (Oct., 2019, Higashi-Hiroshima, Japan) (招待講演)
- ◎N. Hisano, T. Hirao, S. Akine, S.-i. Kihara, T. Haino: Ring-chain mechanism in supramolecular polymerization through molecular recognition of bisporphyrin cleft and trinitrofluorenone. The 16<sup>th</sup> Nano Bio Info Chemistry Symposium (Nov., 2019, Hiroshima, Japan) (一般講演)
- ◎K. Harada, R. Sekiya, T. Haino: Synthesis and Molecular Recognition of Size-regulable Hemi-carcerand. The 16<sup>th</sup> Nano Bio Info Chemistry Symposium (Nov., 2019, Hiroshima, Japan) (一般講演)
- ◎R. Sekiya, K. Yamato, K. Suzuki, T. Haino: Nanographene-based Supramolecular Chemistry. The 18<sup>th</sup> Asia Chemical Congress and the 20<sup>th</sup> General Assembly of the Federation of Asian chemical Societies (ACC 2019) (Dec., 2019, Taipei, Taiwan) (一般講演)
- ◎S. Nishitani, R. Sekiya, T. Haino: Synthesis and optical Properties of Nanographene Functionalized with Chiral Organic Substituent. The 18<sup>th</sup> Asia Chemical Congress and the 20<sup>th</sup> General Assembly of the Federation of Asian chemical Societies (ACC 2019) (Dec., 2019, Taipei, Taiwan) (ポスター)
- ◎K. Harada, R. Sekiya, T. Haino: Synthesis and Molecular Recognition of Covalently-linked Resorcinarene Capsule. The 18<sup>th</sup> Asia Chemical Congress and the 20<sup>th</sup> General Assembly of the Federation of Asian chemical Societies (ACC 2019) (Dec., 2019, Taipei, Taiwan) (ポスター)
- T. Haino: Synthesis of Sequence-controlled Supramolecular Polymers via Specific Molecular Recognition. The 16th Pacific Polymer Conference (Dec., 2019, Singapore) (招待講演)

#### ○国内会議

- ◎平尾岳大, 久野尚之, 木原伸一, 秋根茂久, 灰野岳晴: トリニトロフルオレノン部位とビスポルフィリンクレフトをアルキル鎖で連結したヘテロジトピック分子の超分子重合. 第17回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム (2019年5月, 金沢) (一般講演)

- 小野雄大, 灰野岳晴: トリス (フェニルイソオキサゾリル) ベンゼンの自己集合により制御されるヘリセンのらせん構造。第 17 回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム (2019 年 5 月, 金沢) (ポスター)
- ◎原田健太郎, 関谷 亮, 灰野岳晴: 共有結合で連結したレゾルシンアレーンカプセルの合成と分子認識。第 17 回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム (2019 年 5 月, 金沢) (ポスター)
- ◎○T. Hirao, N. Hisano, S.-i. Kihara, S. Akine, T. Haino: Mechanistic consideration on supramolecular polymerization of heteroditopic monomers possessing bisporphyrin cleft and trinitrofluorenone. 第 68 回高分子学会年次会 (2019 年 5 月, 大阪) (一般講演)
- ◎N. Nitta, M. Takatsuka, S.-i. Kihara, T. Haino: Facile Synthesis and Property of Supramolecular Graft Polymer Formed by Host-Guest Complexation of Self-Assembled Capsule Possessing Polystyrene Side Chains and Guest Polymer. 第 68 回高分子学会年次会 (2019 年 5 月, 大阪) (一般講演)
- ◎西谷翔平, 関谷 亮, 灰野岳晴: キラルな有機置換基で修飾したナノグラフェンの合成と光物性。第 68 回高分子学会年次会 (2019 年 5 月, 大阪) (ポスター)
- 小野雄大, 灰野岳晴: トリス (フェニルイソオキサゾリル) ベンゼンの自己集合により制御される [5]ヘリセンのキラリティー。第 68 回高分子学会年次会 (2019 年 5 月, 大阪) (ポスター)
- ◎福田和志, 平尾岳大, 灰野岳晴: カリックス [5] アレーンの分子認識によるフラーレンをもつポリマーの構造制御。第 68 回高分子学会年次会 (2019 年 5 月, 大阪) (ポスター)
- 関谷 亮: 構造有機化学とナノグラフェン。第 35 回有機合成化学協会中国四国支部若手化学者のための化学道場 in 島根 (2019 年 9 月, 島根) (招待講演)
- 小野雄大, 灰野岳晴: トリス (フェニルイソオキサゾリル) ベンゼンを導入した [5]ヘリセンの合成と会合挙動。第 36 回有機合成化学セミナー (2019 年 9 月, 岐阜) (ポスター)
- ◎吉田真也, 平野喬平, 塚本英視, 池田俊明, 平尾岳大, 灰野岳晴: ビス (フェニルイソオキサゾリル) ベンゼン誘導体を配位子にもつプラチナ(II)の合成と機能。第 36 回有機合成化学セミナー (2019 年 9 月, 岐阜) (ポスター)
- ◎関谷 亮, 西谷翔平, 灰野岳晴: キラリティーを有するナノグラフェンの合成。第 30 回基礎有機化学討論会 (2019 年 9 月, 大阪) (一般講演)
- 下山大輔, 灰野岳晴: ビスキャピタンドの自己集合により生じる超分子らせんポリマー。第 30 回基礎有機化学討論会 (2019 年 9 月, 大阪) (ポスター)
- ◎西谷翔平, 関谷 亮, 灰野岳晴: キラルなフェニルエチルフタルイミド骨格で修飾したナノグラフェンの合成と光物性。第 30 回基礎有機化学討論会 (2019 年 9 月, 大阪) (ポスター)
- ◎大山敦史, 関谷 亮, 灰野岳晴: サリチリデンアニリンを有する 5,17-二置換カリックス [4] アレーンの合成と物性。第 30 回基礎有機化学討論会 (2019 年 9 月, 大阪) (ポスター)
- ◎原田健太郎, 関谷 亮, 灰野岳晴: 内部空孔の大きさを制御できるレゾルシンアレーンカプセルの分子認識。第 30 回基礎有機化学討論会 (2019 年 9 月, 大阪) (ポスター)
- ◎松本育也, 関谷 亮, 灰野岳晴: 透析により分離されたナノグラフェンの構造と光物性。第 30 回基礎有機化学討論会 (2019 年 9 月, 大阪) (ポスター)
- ◎新田菜摘, 平尾岳大, 角田優太, 灰野岳晴: 自己集合カプセルの特異な分子認識を利用した超分子グラフト共重合体。第 68 回高分子討論会 (2019 年 9 月, 福井) (ポスター) (一般講演)
- ◎○平尾岳大, 久野尚之, 木原伸一, 秋根茂久, 灰野岳晴: ホスト部位とゲスト部位の様々な長さのアルキル基で連結した Head-to-Tail 型分子も超分子重合。第 68 回高分子討論会 (2019 年 9 月, 福井) (一般講演)
- ◎新田菜摘, 高塚芽衣, 木原伸一, 灰野岳晴: 自己集合カプセルとホストゲスト錯体により生じる超分子グラフトポリマーの合成と物性。第 68 回高分子討論会 (2019 年 9 月, 福井) (ポスター)
- ◎西谷翔平, 関谷 亮, 灰野岳晴: 外周部位を嵩高いイミド骨格で修飾したキラルナノグラフェンの光学特性。第 13 回有機  $\pi$  電子系シンポジウム (2019 年 11 月, 宮崎) (ポスター)
- ◎大山敦史, 関谷 亮, 灰野岳晴: Head-to-Tail 型カラム構造を用いたサーモクロミック結晶の開発。第 13 回有機  $\pi$  電子系シンポジウム (2019 年 11 月, 宮崎) (ポスター)
- ◎松本育也, 関谷 亮, 灰野岳晴: 透析膜によって分離したナノグラフェンの構造と物性。第 13 回有機  $\pi$  電子系シンポジウム (2019 年 11 月, 宮崎) (ポスター)
- ◎藤本陽菜, 下山大輔, 平尾岳大, 灰野岳晴: 四本のアルキル鎖で連結されたビスキャピタンド分子の合成と分子認識。2019 年日本化学会中国四国支部大会徳島大会 (2019 年 11 月, 徳島) (一般講演)
- D. Simoyama, Y. Tsunoda, T. Haino: Helical supramolecular polymer formed by coordination-driven selfassembly of biscavitands. 日本化学会第 100 春季年会 (2020 年 3 月, 東京) (一般講演)
- ◎N. Nitta, M. Takatsuka, S.-i. Kihara, T. Haino: Facile synthesis and Property of Supramolecular Graft Copolymer via the Complexation of Self-Assembled Capsule and Guest Polymer. 日本化学会第 100 春季年



- 会 (2020年3月, 東京) (一般講演)
- ◎N. Hisano, N. D. Lai, T. Hirao, T. Haino: Development of supramolecular network polymer through molecular recognition of bisporphyrin cleft. 日本化学会第100春季年会 (2020年3月, 東京) (一般講演)
- ◎T. Hirao, H. Tsukamoto, T. Ikeda, T. Haino: Self-Assembly of a Platinum Complex with Phenylisoxazole Moieties Possessing TEG Chain. 日本化学会第100春季年会 (2020年3月, 東京) (一般講演)
- 藤本陽菜, 灰野岳晴: Rebek キャビタンドをもつビスレゾルシンアレーンホスト分子の合成と分子認識。日本化学会第100春季年会 (2020年3月, 東京) (一般講演)
- ◎藤井直香, 灰野岳晴, 平尾岳大: キラルなテトラキスポルフィリンの自己集合により形成されるらせん超分子ポリマー。日本化学会第100春季年会 (2020年3月, 東京) (一般講演)
- 岩部佳樹, 灰野岳晴: テトラキスカリックス [5] アレーンとダンベル型フラーレンの会合により生じる超分子らせんポリマー。日本化学会第100春季年会 (2020年3月, 東京) (一般講演)
- ◎福田和志, 平尾岳大, 灰野岳晴: カリックス [5] アレーンとフラーレンの分子認識により制御される PMMA の構造制御。日本化学会第100春季年会 (2020年3月, 東京) (一般講演)
- 小野雄大, 灰野岳晴: トリス (フェニルイソオキサゾリル) ベンゼンを導入したヘリセンの特異な会合挙動。日本化学会第100春季年会 (2020年3月, 東京) (一般講演)

### ○学生の学会発表実績

	国際学会 件数	国内学会 件数
学部4年生 <sup>(1)</sup>	0	2
博士課程前期 <sup>(2)</sup>	4	20
博士課程後期 <sup>(3)</sup>	3	11
博士課程前期・後期共 <sup>(4)</sup>	0	0

### ○セミナー・講演会開催実績

- 灰野岳晴: 第17回生体機能関連化学若手の会サマースクール実行委員長 (2005)
- 灰野岳晴: 第7回ホスト—ゲスト化学シンポジウム組織委員長 (2011)
- 灰野岳晴: 日本化学会第91春季年会特別企画「分子配列空間の精密制御と情報変換」, 企画主催者 (2011)
- 灰野岳晴: 第29回若手化学者のための化学道場実行委員長 (2013)
- 灰野岳晴: 第27回基礎有機化学討論会実行委員 (2016)
- 灰野岳晴: 第66回高分子討論会組織委員 (2017)
- 灰野岳晴: 第66回高分子討論会「S1.多彩な元素ブロックの高分子化と組織化による機能創発」特定テーマセッションオーガナイザー (2017)
- 灰野岳晴: The 12th SPSJ International Polymer Conference 「T-8: Supramolecular Chemistry and Complex Macromolecular Science」セッションオーガナイザー (2018)
- 関谷 亮: 第26回有機結晶シンポジウム実行委員 (2015)
- 関谷 亮: 第27回基礎有機化学討論会実行委員 (2016)

### ○社会活動・学外委員

- 灰野岳晴: 新規素材探索研究会幹事 (2001—)
- 灰野岳晴: ホスト・ゲスト化学研究会幹事 (2006—)
- 灰野岳晴: 有機合成化学協会中国四国支部幹事 (2007—)
- 灰野岳晴: 日本化学会中国四国支部庶務幹事 (2008)
- 灰野岳晴: Editorial Board of Referees, ARKIVOC, ARKAT USA, Inc. (2003—)
- 灰野岳晴: A guest editor of a special issue of “Supramolecular Polymer” of the journal, “Polymer”. (2016)
- 灰野岳晴: Associate editor of “Frontiers in Chemistry” journal in Supramolecular Chemistry. (2018—)
- 関谷 亮: 中国政府による日本の若手研究者招聘プログラムによる中国訪問 (2018)
- 平尾岳大: 日本化学会生体機能関連化学部会・中国四国支部若手幹事 (2018—)

### ○産学官連携実績

積水化学工業株式会社とグラフェンに関する共同研究を実施



### ○共同プロジェクトへの参加状況（国内）

- ・金沢大学大学院自然科学研究科の秋根茂久教授とポルフィリンポリマーに関する共同研究を実施
- ・国立研究開発法人 物質・材料研究機構の有賀克彦教授とレゾルシンアレーンカプセルを基盤とした分岐ポリマーの合成に関する共同研究を実施
- ・大阪大学大学院理学研究科の鬼塚清孝教授とポリペプチドの配座に関する共同研究を実施
- ・東海大学理学部の池田俊明講師と発光性ミセルに関する共同研究を実施

### ○研究助成の受け入れ状況

- ・積水化学工業株式会社 共同研究，機能性グラフェンに関する研究及びモデル化合物に関する検討，灰野岳晴（代表者）
- ・科学研究費補助金 新学術領域研究，分子認識により誘起される非対称空間の創生と機能，灰野岳晴（代表者）
- ・JST A-STEP「機能検証フェーズ 実証研究タイプ」，グラフェンを基盤としたエレクトロクロミック材料の開発，灰野岳晴（代表者）
- ・科学研究費補助金 基盤研究(C)，革新的なナノグラフェン—有機複合体の開発と機能発現，関谷 亮（代表者）
- ・科学研究費補助金 研究活動スタート支援，特異な分子認識を利用したマルチブロック共重合体の自在構造制御，平尾岳大（代表者）
- ・科学研究費補助金 特別研究員奨励費，不斉増殖により誘導される超分子らせんポリマーの不斉空間，下山大輔（代表者）

### ○受賞状況（学生）

- 下山大輔（D3）エクセレントスチューデントスカラシップ，（2019）
- 藤本陽菜（M2）2019年日本化学会中国四国支部大会，口頭発表賞，（2019）
- 原田健太郎（M1）The 16th Nano Bio Info Chemistry Symposium, The best student presentation award,（2019）
- 原田健太郎（M1）第17回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム，ポスター賞，（2019）

### ○座長を行った学会・討論会の名称

- 灰野岳晴：第68回高分子討論会（2019年9月，福井）
- 灰野岳晴：15th IUPAC International Conference on Novel Materials and their Synthesis (NMS-XV)（2019年9月，瀋陽，中国）
- 灰野岳晴：第17回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム（2019年5月，石川）
- 関谷 亮：第30回基礎有機化学討論会（2019年9月，大阪）
- 平尾岳大：日本化学会第100春季年会（2020年3月，千葉）
- 平尾岳大：第68回高分子学会年次大会（2019年5月，大阪）

### ○その他特記事項

- 灰野岳晴：広島大学薬品管理システム専門委員会委員（2004年4月—）
- 灰野岳晴：広島大学薬品管理システム専門委員会委員長（2011年4月—）
- 関谷 亮：広島大学教育交流委員（2014年4月—2015年3月）
- 関谷 亮：広島大学中央廃液処理施設運営委員（2013年4月—2015年3月）
- 関谷 亮：作業環境WG（2017年4月—）
- 関谷 亮：理学研究科安全衛生委員（2018年4月—）

## 分子反応化学講座

### 反応物理化学研究グループ

スタッフ 山崎 勝義 (教授), 高口 博志 (准教授)

#### ○研究活動の概要

##### 1. 電子励起原子および振動励起分子の衝突素過程の速度論的研究

化学反応およびエネルギー移動過程への原子・分子の内部自由度の影響を量子状態選択的に明らかにする速度論的実験研究([1]~[4])を遂行した。[1]電子励起酸素原子  $O(2p^33p^3P)$  の He による消光過程の分岐比を、従来よりも高精度に決定できる解析法を開発し、消光  $2p^33p^3P \rightarrow 2p^34s^3S$  とそれ以外の消光過程の分岐比決定に成功した。[2]電子励起硫黄原子  $S(3p^34p^3P)$  の  $N_2$  による総括消光過程の速度定数を測定し、上記[1]で確立した解析法を適用して、消光  $3p^34p^3P \rightarrow 3p^34s^3S$  とそれ以外の消光過程の分岐比を決定した。同成果は *Chem. Phys. Lett.*誌に掲載された。[3]電子励起臭素原子  $Br(4p^45p^4D_{3/2})$  生成後の真空紫外発光と赤外発光の時間分解強度の相違の原因を明らかにし、赤外発光強度測定から He による総括消光速度定数を決定した。[4]オゾン( $O_3$ )への紫外光(226 nm)照射後に、照射光の多光子吸収で遷移できない複数の電子励起状態( $2p^34d^5D$ ,  $2p^35s^5S$ ,  $2p^34d^3D$ )からの可視・赤外発光を見出した。励起機構として  $O_3$  の光解離生成物である高振動励起  $O_2(X^3\Sigma_g^-)$  による 3 光子吸収により生成した超励起状態の  $O_2$  分子の解離を提案し、機構実証のための実験を開始した。

##### 2. 量子状態選別した散乱実験による光解離反応とイオン・分子反応の反応ダイナミクス研究

遷移金属錯体の光誘起配位子脱離の機構解明を目的として、光生成したカルボニル配位子およびニトロシル配位子のイオン-イメージング法による状態選別散乱分測定を行った。得られた放出運動量から、複数の配位子が逐次的に生成される多段階の過程を実験的に分離して、初期解離過程では対生成物である配位不飽和体が電子励起状態に生成されることを明らかにした。有機アミンの光化学ダイナミクス研究では、ジメチルアミンを対象として水素原子生成物とメチルラジカル生成物の状態選別測定を行った。N-H 結合解離と N-C 結合解離の競合過程を他のアルキルアミンと比較して考察を行った。反応分子の全自由度を制御した化学反応研究を行うために、RF イオンガイド法を適用した衝突実験装置を開発した。比較的高い衝突エネルギーにおいては、振動・回転状態を選択的にした  $NO^+$  イオンビームが効率よく輸送制御されるシステムを構築した。低速領域ではイオンビーム発散の影響が大きくなった。低速領域での輸送効率向上のための改善を行うとともに、イオンカウンティング測定システムと散乱分布画像観測システムを導入した。ケルン大学との共同研究のために、博士研究員 1 名、博士課程学生 2 名をそれぞれ 1 ヶ月間ドイツに派遣し、極低温イオンの分光実験と反応実験を行った。ケルン大学の博士課程学生は 2 ヶ月間ほど反応物理化学研究グループに滞在して、散乱実験を行い、それぞれの測定装置による結果の解析と考察を行った。

#### ○発表原著論文

- ◎S. Kinoshita, Y. Inokuchi, Y. Onitsuka, H. Kohguchi, N. Akai, T. Shiraogawa, M. Ehara, K. Yamazaki, Y. Harabuchi, S. Maeda, and T. Ebata (2019) Direct observation of the doorway  $^1n\pi^*$  state of methylcinnamate and effects of hydrogen-bonding on the photochemistry of cinnamate-based sunscreens *Phy. Chem. Chem. Phys.*, 21, 19755–19763. DOI: 10.1039/C9CP02914A
- M. Töpfer, P. C. Schmid, H. Kohguchi, K. M. T. Yamada, S. Schlemmer, and O. Asvany (2019) Infrared Photodissociation of Cold  $CH_3^+-He_2$  Complexes. *Mol. Phys.* 117, 1481–1485. DOI: 10.1080/00268976.2018.1563727
- ◎Y. Onitsuka, Y. Kadowaki, A. Tamakubo, K. Yamasaki, and H. Kohguchi (2019) Energy Dependence of Photodissociation Dynamics of Trimethylamine over the  $S_2$  and  $S_1$  Excited States. *Chem. Phys. Lett.* 716, 28–34. DOI: 10.1016/j.cplett.2018.11.062 (Cover Picture)
- T. Salomon, M. Töpfer, P. Schreier, S. Schlemmer, H. Kohguchi, L. Surin, and O. Asvany (2019) Double Resonance Rotational Spectroscopy of  $HCO^+-He$ . *Phys. Chem. Chem. Phys.*, Advance Article, 21, 3440–3445. DOI: 10.1039/C8CP04532A (2019 PCCP HOT Articles)
- ◎D. Kawabata, S. Tendo, Y. Tanimoto, R. Fukami, H. Kohguchi, and K. Yamasaki (2020) Branching Ratios of Electronic Quenching of Atomic Sulfur  $S(3p^34p^3P_j)$  by Collisions with  $N_2$ . *Chem. Phys. Lett.*, 739, 136962. DOI: 10.1016/j.cplett.2019.136962

#### ○著書

山崎勝義: 物理化学Monographシリーズ (上)。第1版第5刷, 広島大学出版会, 単著, 総頁数427. 改訂頁数266.

山崎勝義: 物理化学Monographシリーズ (下)。第2版第1刷, 広島大学出版会, 単著, 総頁数605. 改訂頁数598.

## ○総説

高口博志 (2020) 状態選別散乱法による多自由度系の化学反応ダイナミクス研究—アミンの光解離反応—。しょうとつ, 原子衝突学会, **17**, 19–32.

## ○国際会議

- ◎H. Nakata, K. Nagamori, M. Haze, K. Yamasaki, H. Kohguchi: Coordination-Specific Photoelimination of Carbonyl and Nitrosyl Ligands in Transition-Metal Complex. 35th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (2019年6月, 東広島) (一般講演)
- ◎M. Haze, H. Nakata, K. Nagamori, T. Matsugi, T. Mizuta, K. Yamasaki, H. Kohguchi: Photoelimination Reaction Dynamics of CO and NO from  $(\eta^5\text{-C}_5\text{H}_5)\text{W}(\text{CO})_2\text{NO}$ . 35th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (2019年6月, 東広島) (ポスター)
- ◎K. Nagamori, H. Nakata, M. Haze, T. Matsugi, T. Mizuta, K. Yamasaki, H. Kohguchi: Effect of Central Metal on NO Photoelimination Reactions of  $(\eta^5\text{-C}_5\text{H}_5)\text{M}(\text{CO})_2\text{NO}$  (M =Cr, Mo, W). 35th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (2019年6月, 東広島) (ポスター)
- ◎R. Shinohara, K. Inoue, K. Yamasaki, H. Kohguchi: State Distribution of CH<sub>3</sub> and HCO Product in Ultraviolet Photodissociation of N,N-dimethylformamide. 35th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (2019年6月, 東広島) (ポスター)
- ◎P. Wangchingchai, Y. Onitsuka, K. Yamasaki, H. Kohguchi: Photodissociation dynamics study of dimethylamine: CH<sub>3</sub> product detection and theoretical calculations. 35th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (2019年6月, 東広島) (ポスター)
- ◎K. Kobayashi, S. Tendo, H. Kohguchi, K. Yamasaki: Rate coefficients for vibrational relaxation of S<sub>2</sub>(X<sup>3</sup>Σ<sub>g</sub><sup>-</sup>) by collisions with He. 35th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (2019年6月, 東広島) (ポスター)
- ◎D. Kawabata, S. Tendo, S. Jongsik, H. Kohguchi, K. Yamasaki: Rate coefficients and the mechanism of S(3p<sup>3</sup>4p <sup>3</sup>P) quenching of electronically excited by collisions with He and N<sub>2</sub>. 35th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (2019年6月, 東広島) (ポスター)
- ◎Y. Tanimoto, S. Tendo, H. Kohguchi, K. Yamasaki: Rate coefficient for quenching of electronically excited O(2p<sup>3</sup>3p <sup>3</sup>P) by collisions with He. 35th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (2019年6月, 東広島) (ポスター)

## ○国内学会

- ◎中田裕之, 長森啓悟, 櫛 美里, 山崎勝義, 高口博志: 遷移金属ニトロシル錯体の光脱離における過渡的屈曲配位構造。第13回分子科学討論会 (2019年9月, 名古屋) (一般講演)
- ◎井上昂輔, 篠原 亮, 山崎勝義, 鬼塚侑樹, 高口博志: N,N-ジメチルホルムアミドの紫外光解離反応におけるCH<sub>3</sub>/HCO放出経路の同定。第13回分子科学討論会 (2019年9月, 名古屋) (一般講演)
- ◎木下真之介, 村松 悟, 井口佳哉, 高口博志, 白男川貴史, 江原正博, 山崎 馨, 原渕 祐, 前田 理, 江幡孝之: 超音速ジェットレーザー分光と化学反応経路自動探索法による桂皮酸エステルの*trans* → *cis*光異性化経路の解明。第13回分子科学討論会 (2019年9月, 名古屋) (一般講演)
- ◎鬼塚侑樹, Wangchingchai Peerapat, 山崎勝義, 高口博志: 脂肪族アミン光解離反応におけるRydberg/valence相互作用の実験および理論的研究。第13回分子科学討論会 (2019年9月, 名古屋) (ポスター)
- ◎D. Kawabata, S. Tendo, H. Kohguchi, K. Yamasaki: Overall rate coefficient and branching ratio for quenching of S(3p<sup>3</sup>4p <sup>3</sup>P<sub>i</sub>) by collisions with He. The 16th Nano Bio Info Chemistry Symposium (2019年12月, 東広島) (一般講演)
- ◎R. Fukami, D. Kawabata, Y. Tanimoto, S. Tendo, H. Kohguchi, K. Yamasaki: Rate coefficients for vibrational relaxation of C<sub>2</sub>H(X<sup>2</sup>Σ<sup>+</sup>) by collision with He. The 16th Nano Bio Info Chemistry Symposium (2019年12月, 東広島) (一般講演)

## ○学生の学会発表実績

	国際学会 件数	国内学会 件数
学部4年生 <sup>(1)</sup>	0	0
博士課程前期 <sup>(2)</sup>	6	2
博士課程後期 <sup>(3)</sup>	2	1
博士課程前期・後期共 <sup>(4)</sup>	0	0

## ○社会活動・学外委員

### ・学協会役員

- 山崎勝義, 日本化学会監事 (2018-2019)
- 山崎勝義, 日本化学会理事 (2013-2014)
- 山崎勝義, 日本化学会代議員 (2012-2014)
- 山崎勝義, 日本化学会単位・記号専門委員会委員長 (2019-)
- 山崎勝義, 日本化学会単位・記号専門委員会委員 (2015-2018)
- 山崎勝義, 日本化学会「化学と教育」編集幹事会担当理事 (2013-2014)
- 山崎勝義, 日本化学会化学教育賞等選考委員会担当理事 (2014)
- 山崎勝義, 日本分光学会中国四国支部代議員 (2004, 2006-)
- 山崎勝義, 日本分光学会中国四国支部監査 (2006-)
- 高口博志, 分子科学会運営委員 (2013-)
- 高口博志, 日本分光学会編集委員 (2012-)
- 高口博志, 日本分光学会常務委員編集担当 (2014-2016)
- 高口博志, 日本分光学会中国四国支部庶務幹事 (2016)
- 高口博志, 原子衝突研究協会運営委員 (2008-)
- 高口博志, 原子衝突学会編集委員 (2014-2017)

### ・講習会・セミナー講師

- 山崎勝義, 先端融合科学「Department of Chemistry」 (2015年8月, 広島大学)
- 山崎勝義, 科学技術振興機構 日本・アジア青少年サイエンス交流事業さくらサイエンスプランサマースクールプログラム「Chemical Reaction and Energy Transfer of Vibrationally Excited Molecules」 (2015年8月, 広島大学)
- 山崎勝義, 機関リポジトリ新任担当者研修「研究者から見た機関リポジトリ」 (2015年9月, 広島修道大学)
- 山崎勝義, 科学技術振興機構 日本・アジア青少年サイエンス交流事業さくらサイエンスプランサマースクールプログラム「Chemical Reaction and Energy Transfer of Vibrationally Excited Molecules」 (2016年8月, 広島大学)
- 山崎勝義, オープンアクセスリポジトリ推進協会地域ワークショップ「研究者の視点からリポジトリに期待すること」 (2016年12月, 広島大学)
- 高口博志, ACS on Campus (2018年12月, 広島大学)
- 高口博志, 科学技術振興機構 日本・アジア青少年サイエンス交流事業さくらサイエンスプランサマースクールプログラム「Introduction to Chemical Reaction Dynamics - Study for Molecular Photodissociation -」 (2019年8月, 広島大学)

### ・高大連携事業

- 山崎勝義, 大学模擬講義「サイエンス＝科学＝理学の楽しみ方」 (2014年7月, 広島県立福山誠之館高等学校)
- 高口博志, 広島県立井口高校校外研修「わかる！はかる！わかる！」 (2015年7月, 広島大学)
- 山崎勝義, 広島県科学オリンピック開催事業 第4回広島県科学セミナー (2016年1月, 広島市立大学)
- 高口博志, グローバルサイエンスキャンパス事業 第4回セミナー (2016年3月, 広島大学)
- 山崎勝義, グローバルサイエンスキャンパス事業 第5回セミナー (2016年3月, 広島大学)
- 山崎勝義, グローバルサイエンスキャンパス事業 第3回セミナー (2016年10月, 広島大学)
- 山崎勝義, グローバルサイエンスキャンパス事業 第5回セミナー (2016年12月, 広島大学)
- 山崎勝義, グローバルサイエンスキャンパス事業 異分野融合シンポジウム (2017年1月, メルパルク広島)



高口博志, 広島県立井口高校校外研修「わかる!はかる!わかる!」(2016年7月, 広島大学)  
高口博志, 広島県立井口高校校外研修「わかる!はかる!わかる!」(2017年7月, 広島大学)  
高口博志, 広島県立井口高校校外研修「わかる!はかる!わかる!」(2018年7月, 広島大学)  
山崎勝義, 高校・大学化学教育フォーラム広島「根深い誤りの伝統を断つには」(2019年8月, 広島大学東千田キャンパス)  
山崎勝義, 次世代化学教育研究会「根深い誤りの伝統を断つには—高等学校教科書修正の必要性—」(2020年1月, 岡山県立岡山一宮高等学校)

・論文誌編集委員

山崎勝義, Chemical Physics Letters, Advisory Editorial Board (2016-)

・討論会の組織委員

山崎勝義, 第35回化学反応討論会実行委員会委員 (2018-2019)

高口博志, 第8回分子科学討論会実行委員会委員 (2013-2014)

高口博志, 第35回化学反応討論会実行委員会委員長 (2018-2019)

・その他の委員

山崎勝義, 広島大学北京研究センター運営委員 (2006-)

山崎勝義, 広島大学グローバルサイエンスキャンパス(GSC)事業, コーディネーター (2015-2016)

○国際共同研究・国際会議開催実績

高口博志, 第35回化学反応討論会, 2019年

高口博志, International Symposium on “Diversity of Chemical Reaction Dynamics”, Organizing Committee Member

高口博志, 国際共同研究「極低温イオンの化学」, ドイツ・ケルン大学2016年8月-2017年1月滞在

高口博志, 国際共同研究「極低温イオンの化学」, ドイツ・ケルン大学2017年8月-2018年1月滞在

高口博志, Symposium on Advanced Molecular Spectroscopy, Organizing Committee Member

高口博志, International Symposium on Free Radical 2017, Local Organizing Committee Member

高口博志, 国際共同研究「レーザー分光法を基盤とする極低温化学の新規反応実験法の開拓」(共同研究先: ドイツ・ケルン大学) 2019年

○共同プロジェクトへの参加状況(国内)

高口博志(研究代表者), 自然科学研究機構分子科学研究所「光電子放出分布の偏光特性および光エネルギー依存性の測定」

○他研究機関での講義・客員

山崎勝義, 埼玉大学大学院集中講義「マクロ化学特論II」(2018年12月, 埼玉大学)

高口博志, 首都大学東京大学院集中講義「物理化学特別講義I」(2020年1月, 首都大学東京)

高口博志, 東京工業大学大学院トピックス講義(2015年12月, 東京工業大学)

高口博志, 神戸大学大学院集中講義(2012年12月, 神戸大学)

○研究助成の受け入れ

科学研究費補助金 基盤研究(C), 真空紫外発光観測による原子の紫外2光子励起検出法の確立, 研究代表者 山崎勝義

科学研究費補助金 基盤研究(C), 緩衝ガス冷却法と局所振動励起による化学反応経路の分割的観測, 研究代表者 高口博志

二国間交流事業共同研究(日本学術振興会)(共同研究先: ドイツ・ケルン大学)

「レーザー分光法を基盤とする極低温化学の新規反応実験法の開拓」研究代表者 高口博志

科学研究費補助金 基盤研究(B) 特設分野「遷移状態制御」, 多原子系反応の実効的反應座標の決定と反応設計に向けた体系化, 研究代表者 高口博志

東レ科学技術研究助成, 分子線実験による有機イオン反応系の反應座標の抽出, 研究代表者 高口博志

公益財団法人山田科学振興財団 2016年度 長期間派遣援助「分子イオンの極低温化学」 研究代表者 高口博志

## ○座長を行った学会・討論会の名称

高口博志, 第13回分子科学討論会, 名古屋, 2019年9月

高口博志, 35th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics, 東広島, 2019年6月

## 有機典型元素化学研究グループ

スタッフ 山本 陽介 (教授), 中本 真晃 (准教授), Shang Rong (助教)

### ○研究活動の概要

今年度は, 最近開発した一重項カルベン骨格を用いて, 金・銀・銅錯体の合成と構造解析・性質の解明を行なった。特に銅錯体については, 興味深い構造が得られた。また立体障害の大きな  $sp^3$  塩基の合成とホウ素化合物への導入について進展がみられた。(山本)

高歪み炭素シグマ結合からなる正四面体炭化水素分子テトラヘドランと, その原子価異性体であるシクロブタジエンを研究対象として, 光や熱によって誘起される分子変換に関する研究を進めてきた。今年度は,  $\sigma$  共役二量体やリン置換基およびホウ素置換基を導入した誘導体の合成を行い, 構造や反応性に関する知見を得た。また, 新規に遷移金属錯体への反芳香族分子の導入にも着手した。ボランールイス塩基付加体の構造解析に成功し, 光物性の向上に関する知見を得た。(中本)

In 2019, considerable efforts are on training of new students on synthesis of the boryl/borane ligand system for investigation of metal-assisted B-B bond cleavage. Meanwhile, the synthesis of an inversed pincer ligand for Mmetal-borane cooperative catalysis has been developed. Its complexation to group 9 and 11 metal precursors are also successful. Calculations on the catalyst showed that the BPB ligand forces the metal-centered Highest Occupied Molecular Orbital (HOMO) align with the Lowest Unoccupied Molecular Orbital (LUMO), which becomes a subject of interest to our project. Also, a series of multinuclear coinage metal complexes have been isolated and fully characterized. They showed luminescence properties in solution. In addition, triaryl amine compounds that feature the first hypervalent bonding of nitrogen have been fully characterized. (Shang)

### ○発表原著論文

- ◎Sihan Zhang, Rong Shang, Masaaki Nakamoto, Yohsuke Yamamoto, Yohei Adachi and Joji Ohshita(2019) Luminescent Di- and Tetranuclear Gold Complexes of Bis(diphenylphosphinyl)-Functionalized Dipyrido-annulated N-heterocyclic Carbene, *Inorganic Chem.*, 58(9), 6328-6335
- ◎Sihan Zhang, Rong Shang,\* Masaaki Nakamoto, Yohsuke Yamamoto, Yohei Adachi, and Joji Ohshita (2019) Bis(diphenylphosphinyl)-functionalized dipyrido-annulated NHC towards copper(I) and silver(I), *Dalton Trans.*, 2019, 48, 12250-12256
- ◎Xin-Dong Jiang, Zhumei Shao, Changliang Sun, Shuai Yue, Rong Shang, Yohsuke Yamamoto(2019) Development of aryl-containing dipyrrolyldiketone difluoroboron complexes(BONEPYS): Tune the hydrogen bond o-C-H...F for fluoride recognition, *Chinese Chemical Letters*, 2019, 31, 1317-1321.
- ◎Chenting Yan, Rong Shang, Masaaki Nakamoto, Yohsuke Yamamoto, Yohei Adachi(2020) The Substituent Effect of Bridged Triarylamine Helicenes on Light-emitting and Charge Transfer Properties, *Chem. Lett.*, 2020, 49, 457-461.

### ○著書

野依良治, 中筋一弘, 玉尾皓平, 奈良坂紘一, 柴崎正勝, 橋本俊一, 鈴木啓介, 山本陽介, 村田道雄編: 大学院講義有機化学 第2版 I 分子構造と反応・有機金属化学, 東京化学同人, 東京, 第8章有機典型元素化学, pp307-392, 2019

### ○国際会議

- ◎Yohsuke Yamamoto, Shogo Morisako, Rong Shang: Triaminotriborane(3): A Homocatenated Boron Chain Connected by B-B Multiple Bonds. The 2nd international Conference on Boron Chemistry (ICBC-II) (2019.7.14-17, Taiyuan, Shanxi, P. R. China) (招待講演)
- ◎Rong Shang, Shu Furukawa, Yoshitaka Kimura, Souta Saito, J. Oscar Jimenez-Halla, Yohsuke Yamamoto.: Understanding B-B cleavage of tri(tert-butyl)azadiboriridines by late transition metals. The 2nd international Conference on Boron Chemistry (ICBC-II) (2019.7.14-17, Taiyuan, Shanxi, P. R. China) (一般講演)
- ◎Takumi Oishi, Yichuan Jing, Rong Shang, Yohsuke Yamamoto: Transition metal complexes bearing BPB ligand, The 2nd international Conference on Boron Chemistry (ICBC-II) (2019.7.14-17, Taiyuan, Shanxi, P. R. China) (ポスター)
- ◎Taiki Imagawa, Masaaki Nakamoto, Yusuke Inagaki, Akira Sekiguchi, Rong Shang, Yohsuke Yamamoto: Synthesis of Boryltetrahedrane and Attempt of Photoisomerization toward Cyclobutadiene. The 2nd



- international Conference on Boron Chemistry (ICBC-II) (2019.7.14-17, Taiyuan, Shanxi, P. R. China) (ポスター)
- ◎Hiroki Suzuki, Shogo Morisako, Rong Shang, Masaaki Nakamoto, Yohsuke Yamamoto: New sterically hindered amino substituents for isolation of low-valent boron species. The 2nd international Conference on Boron Chemistry (ICBC-II) (2019.7.14-17, Taiyuan, Shanxi, P. R. China) (ポスター)
- 国内学会
- 山本陽介: 不安定な典型元素化合物の安定化の研究。第30回基礎有機化学討論会 (2019年9月25日~27日, 大阪) (招待講演)
- ◎Shang Rong, 古川 柊, 木村好貴, 齋藤聡太, 中本真晃, 山本陽介, J. Oscar Jimenez-Halla: Cleavage Of B-B Bond by Late Transition Metal Complexes. 第35回有機合成化学協会中国四国支部若手化学者のための化学道場 (2019年9月3日~4日, 松江) (師範講演)
- ◎中西一貴, 前田直人, Shang Rong, 中本真晃, 山本陽介: ジアリール基をもつ新規カルベン三座配位子の開発とその応用。第54回有機反応若手の会 (2019年6月30日~7月2日, 大阪府泉南郡岬町) (口頭発表)
- ◎Shang Rong, 古川 柊, 木村好貴, 齋藤聡太, Jimenez-Halla J. Oscar, 山本陽介: トリ(tert-ブチル)アザジボリリジンを用いた高周期遷移金属元素の多様な反応。第66回有機金属化学討論会 (2019年9月14日~16日, 東京) (口頭発表)
- ◎Shang Rong, 中西一貴, Zhang Sihan, 前田直人, 山本陽介: Bisaryl- and Bisphosphine-Substituted Dipyrido-Annulated N-Heterocyclic Carbenes and their Group 9 and 11 Complexes. 錯体化学会第69回討論会 (2019年9月21日~23日, 名古屋) (口頭発表)
- ◎鈴木啓太, Shang Rong, 中本真晃, 山本陽介, 岡庭健斗, 小林 譲, 関口 章:  $\pi$  共役拡張型シクロブタジエンの合成と反応性。2019年日本化学会中国四国支部大会 徳島大会 (2019年11月16日~17日, 徳島) (口頭発表)
- ◎今川大樹, 中本真晃, 稲垣佑亮, 関口 章, Shang Rong, 山本陽介: 光異性化によるホウ素置換基を有するシクロブタジエンの合成。第46回有機典型元素化学討論会 (2019年12月5日~7日, 松山) (口頭発表)
- ◎今川大樹, 中本真晃, Shang Rong, 山本陽介: ホウ素置換基を有するテトラヘドランの合成およびシクロブタジエンへの光異性化の試み。第54回有機反応若手の会 (2019年6月30日~7月2日, 大阪府泉南郡岬町) (ポスター)
- ◎木村好貴, Rong Shang, Jimenez-Halla J. Oscar, 齋藤聡太, 山本陽介: Synthesis of transition metal-diboron complexes. 第54回有機反応若手の会 (2019年6月30日~7月2日, 大阪府泉南郡岬町) (ポスター)
- ◎鈴木啓太, 中本真晃, Shang Rong, 山本陽介:  $\pi$  系置換基を有する反芳香族分子: 新規シクロブタジエン誘導体の合成と構造、物性解明。第54回有機反応若手の会 (2019年6月30日~7月2日, 大阪府泉南郡岬町) (ポスター)
- ◎鈴木博喜, 森迫祥吾, Shang Rong, 中本真晃, 山本陽介: 立体障害の大きな新規  $sp^3$  塩基の合成と新規ホウ素化合物への応用。第54回有機反応若手の会 (2019年6月30日~7月2日, 大阪府泉南郡岬町) (ポスター)
- ◎古川 柊, 齋藤聡太, Shang Rong, Jimenez-Halla J. Oscar, 山本陽介: 遷移金属によって容易化されたホウ素間結合の開裂及び活性化の研究。第54回有機反応若手の会 (2019年6月30日~7月2日, 大阪府泉南郡岬町) (ポスター)
- ◎松前翔三, 薄田康平, Shang Rong, 中本真晃, 山本陽介: 遷移金属-ガリウム錯体の合成と構造。第54回有機反応若手の会 (2019年6月30日~7月2日, 大阪府泉南郡岬町) (ポスター)
- ◎今川大樹, 中本真晃, Shang Rong, 山本陽介: 光異性化によるホウ素置換シクロブタジエン合成の試み。第35回有機合成化学協会中国四国支部若手化学者のための化学道場 (2019年9月3日~4日, 松江) (ポスター)
- ◎中西一貴, 前田直人, Shang Rong, 中本真晃, 山本陽介: ジピリド縮環型カルベンを用いたイリジウム錯体(V)の合成とその性質。第66回有機金属化学討論会 (2019年9月14日~16日, 東京) (ポスター)
- ◎村松 悟, 木田 基, Yuan Shi, 山本陽介, 井口佳哉:  $SN_2$  遷移状態構造を有する超原子価5配位炭素化合物の気相光解離分光。第13回分子科学討論会 (2019年9月17日~20日, 名古屋) (ポスター)
- ◎木田 基, 和田佳奈子, 村松 悟, 山本陽介, 井口佳哉: 気相中におけるスフェランド-アルカリ金属イオン錯体の構造と包接能。第13回分子科学討論会 (2019年9月17日~20日, 名古屋) (ポスター)
- ◎古川 柊, Shang Rong, J. Oscar C. Jimenez-Halla, 山本陽介: Investigation of Metal-Facilitated Boron-Boron Bond Activation and Cleavage. 錯体化学会第69回討論会 (2019年9月21日~23日, 名古屋) (ポスター)

- ◎木村好貴, 齋藤聡太, Shang Rong, 山本陽介: Synthesis and reactivity of transition metal-diboron complexes. 錯体化学会第 69 回討論会 (2019 年 9 月 21 日～23 日, 名古屋) (ポスター)
- ◎伊藤洋介, 山本純基, 福圓真一, 山口虎彦, 中本真晃, 山本陽介: 安定な三重項カルベンの合成検討。不安定な典型元素化合物の安定化の研究。第 30 回基礎有機化学討論会 (2019 年 9 月 25 日～27 日, 大阪) (ポスター)
- ◎鈴木博喜, 森迫祥吾, Shang Rong, 中本真晃, 山本陽介: 立体障害のある新規 sp<sup>3</sup> 塩基の合成と応用。第 30 回基礎有機化学討論会 (2019 年 9 月 25 日～27 日, 大阪) (ポスター)
- ◎村山仁愛, 伊藤洋介, 中本真晃, 山本陽介: 新規一重項リモートカルベンの合成とその応用。第 46 回有機典型元素化学討論会 (2019 年 12 月 5 日～7 日, 松山) (ポスター)

### ○学生の学会発表実績

	国際学会 件数	国内学会 件数
学部 4 年生 <sup>(1)</sup>	0	2
博士課程前期 <sup>(2)</sup>	2	13
博士課程後期 <sup>(3)</sup>	1	1
博士課程前期・後期共 <sup>(4)</sup>	0	0

### ○セミナー・講演会開催実績

山本陽介, 山下誠教授講演会

日時: 2019 年 11 月 12 日 (火) 13:00～

場所: 理学研究科 E002 講義室

講師: 山下誠教授 (名古屋大学大学院工学研究科)

演題: 高反応性 13 族元素化合物の化学

山本陽介, Anthony J. Arduengo, III 教授講演会

日時: 2019 年 12 月 9 日 (水) 14:30～

場所: 理学研究科 E002 講義室

講師: Anthony J. Arduengo, III 教授 ((University of Alabama, USA))

演題: The Long, but Misunderstood History of the Lightest Group 14 Element in Oxidation State II – Carbenes through History

### ○社会活動・学外委員

山本陽介, 第 22-23, 24-25 期日本学術会議連携会員(2011～)

- ・学協会役員, 委員

山本陽介, Journal of Physical Organic Chemistry, Editorial Board 論文編集委員 (2005～)

- ・外部評価委員など

該当無し

- ・講習会・セミナー講師

中本真晃, Shang Rong, 第 10 回 国立台湾大学理学院, チュラーロンコーン大学理学部, 岡山大学理学部及び広島大学理学部間の国際ワークショップ講師, 2019 年 8 月 27 日～9 月 4 日, 岡山大学

- ・高大連携事業

中本真晃, Shang Rong, 2019 年 8 月, 広島大学オープンキャンパスにて, 研究室公開「小さな結晶から分子の形がわかる!？」で X 線解析についての説明を行った。

- ・討論会の組織委員

該当無し

- ・その他の委員

山本陽介, 中国四国・化学と工業懇話会常任運営委員(2007～2019)

## ○産学官連携実績

山本陽介, コニカミノルタとの共同研究を開始した。(2016～)

## ○国際共同研究・国際会議開催実績

山本陽介, メキシコ国立自治大学, 遷移金属触媒に関する国際共同研究

山本陽介, カナダ・カルガリー大学, 遷移金属触媒に関する国際共同研究

山本陽介, アメリカ・テキサス A&M 大学, 三重項カルベン合成に関する国際共同研究

Shang Rong, メキシコ・ガナファト大学, 遷移金属触媒に関する国際共同研究

Shang Rong, 南京大学, 遷移金属触媒に関する国際共同研究

## ○特許公報

該当無し

## ○他研究機関での講義・客員

山本陽介, アラバマ大学客員教授 (2013 年～)

山本陽介, 山本陽介教授講演会, 2019 年 7 月 12 日, 南京大学, タイトル: T-Shaped Sulfur and Phosphorus Compounds with A Tridentate Ligand Bearing CF<sub>3</sub> or C<sub>2</sub>F<sub>5</sub> Groups

山本陽介, 愛媛大学集中講義, 2019 年 8 月 5 日～6 日, 愛媛大学大学院理工学研究科, タイトル: 自分の興味と偶然の結果と外部要因によって流される研究の面白さ

山本陽介, 立教大学特別講義, 2019 年 9 月 23 日, 立教大学理学研究科, タイトル: 不安定化学種の安定化: 感応性化学種の化学

## ○研究助成の受け入れ状況

科学研究費補助金基盤研究(A), 開殻性を有する新規機能性分子の創成, 代表者 山本陽介

科学研究費補助金基盤研究(C), 歪共役系分子の化学: 高歪み炭素  $\sigma$  骨格および  $4\pi$  反芳香族分子の構築と物性の解明, 代表者 中本真晃

科学研究費助成事業(学術研究助成基金助成金) 若手研究, ジボロン遷移金属錯体:ホウ素化反応に見られる遷移金属の B-B 結合活性化の解明, 代表者 Shang Rong

## ○受賞状況 (学生)

今川大樹 (M1) 第 54 回有機反応若手の会, ポスター講師賞 (山口 潤一郎先生)「ホウ素置換基を有するテトラヘドランの合成およびシクロブタジエンへの光異性化の試み」(2019)

今川 大樹 (M1) 第 35 回有機合成化学協会中国四国支部若手化学者のための化学道場, 優秀ポスター発表賞, 光異性化によるホウ素置換シクロブタジエン合成の試み

木村 好貴 (M1) The 16th Nano Bio Info Chemistry Symposium, Student Award, Towards Isolation of Boron-containing N-heterocyclic Carbene Complex

中西 一貴 (M2) 第 46 回有機典型元素化学討論会, 優秀ポスター賞, Synthesis and Application of Iridium Complexes Bearing Bis-aryl Functionalized Dipyrrodo-annulated Carbenes

前田 修平 (M2) 第 46 回有機典型元素化学討論会, 優秀ポスター賞, 平面構造を有するリン化合物の合成と反応性

大石拓実 (D1) The 2nd international Conference on Boron Chemistry (ICBC-II), Excellent Poster Award “Transition metal complexes bearing BPB ligand” (2019)

伊藤洋介 (D1) 第 30 回基礎有機化学討論会, ポスター賞「安定な三重項カルベンの合成検討」(2019)

## ○座長を行った学会・討論会の名称

Shang Rong, 第 35 回 有機合成化学協会中国四国支部 若手化学者のための化学道場 (松江市), 2019 年 9 月 3 日～4 日

## ○その他特記事項

山本陽介, 広島大学研究企画会議委員(2013 年 5 月～2020 年 3 月)

山本陽介, 広島大学研究設備サポート推進会議委員(2011 年 3 月～2020 年 3 月)

Shang Rong, ガナファト大学化学科学士課程学生の副指導教員 (2019 年 8 月～2020 年 3 月)

## 反応有機化学研究グループ

スタッフ 安倍 学 (教授), 波多野 さや佳 (講師), 高木 隆吉 (助教)

### ○研究活動の概要

- ・開殻系分子の反応挙動精査とその合成化学的利用に関する研究を行っている。
- ・一重項ジラジカルの非線形光学現象に関する知見を新たに得た。
- ・一重項ジラジカルと三重項ジラジカルのラジカル性の直接観測に成功した。
- ・新規フォトクロミック化合物の合成とフォトクロミック特性の検討, およびそれら知見を基とした新規機能性有機分子の開発に関する研究を行っている。
- ・新規な強酸性のキラルブレinstedd酸を用いたヒドロアミノ化反応やキラルなブレinstedd酸をテンプレートとして用いたエナンチオ選択的な光化学反応の開発を行っている。

### ○発表原著論文

- Sahara, K.; Abe, M.; Zipse, H., Kubo, T. (2020) Duality of Reactivity of a Biradicaloid Compound with an o-Quinodimethane Scaffold. *Journal of the American Chemical Society*, 142, 5408-5418.
- Ishida, K.; Yamazaki, H.; Hagiwara, C.; Abe, M.; Kusama, H. (2020) Efficient Generation and Synthetic Applications of Alkyl-Substituted Siloxycarbenes: Suppression of Norrish-Type Fragmentations of Alkanoylsilanes by Triplet Energy Transfer. *Chemistry - A European Journal*, 26, 1249-1253.
- Yoshida, H.; Seki, M.; Kamio, S.; Tanaka, H.; Izumi, Y.; Li, J.; Osaka, I.; Abe, M.; Andoh, H.; Yajima, T.; Tani, T.; Tsuchimoto, T. (2020) Direct Suzuki-Miyaura coupling with naphthalene-1,8-diamino (dan)-substituted organoborons. *ACS Catalysis*, 10, 346-351.
- Ismael, A.; Abe, M.; Fausto, R.; Cristiano, M.L.S. (2020) Insights into the photochemistry of 5-aminotetrazole derivatives with applications in coordination chemistry. effect of the saccharyl moiety on the photostability. *Pure and Applied Chemistry*, 92, 49-62.
- Akisaka, R.; Abe, M. Bulky Substituent Effect on Reactivity of Localized Singlet Cyclopentane-1,3-diyls with  $\pi$ -Single Bonding (C- $\pi$ -C) Character (2019) *Chemistry - An Asian Journal*, 14, 4223-4228.
- Yang, Y.; Deng, G.; Lu, Y.; Liu, Q.; Abe, M.; Zeng, X. Photodecomposition of Thienylsulfonyl Azides: Generation and Spectroscopic Characterization of Triplet Thienylsulfonyl Nitrenes and 3-Thienylnitrene (2019) *Journal of Physical Chemistry A*, 123, 9311-9320.
- Shields, D.J., Sarkar, S.K., Sriyathne, H.D.M., Brown, J.R., Wentrup, C., Abe, M., Gudmundsdottir, A.D. Transforming Triplet Vinylnitrene into Triplet Alkylnitrene at Cryogenic Temperatures (2019) *Organic Letters*, 21, 7194-7198.
- Li, X.; Ogihara, T.; Abe, M.; Nakamura, Y., Yamago, S. The Effect of Viscosity on the Diffusion and Termination Reaction of Organic Radical Pairs (2019) *Chemistry - A European Journal*, 25, 9846-9850.
- Gatlin, D.M.; Karney, W.L.; Abe, M.; Ault, B.S.; Gudmundsdottir, A.D. Formation and Reactivity of Triplet Vinylnitrenes as a Function of Ring Size (2019) *Journal of Organic Chemistry*, 84, 9215-9225.
- Nkayama, Y.; Ando, G.; Abe, M.; Koike, T.; Akita, M. Keto-difluoromethylation of aromatic alkenes by photoredox catalysis: Step-economical synthesis of  $\alpha$ -CF<sub>2</sub>H-substituted ketones in flow (2019) *ACS Catalysis*, 9, 6555-6563.
- ◎Yakiyama, Y.; Wang, Y.; Hatano, S.; Abe, M.; Sakurai, H. Generation of "Sumanenylidene": A Ground-State Triplet Carbene on a Curved  $\pi$ -Conjugated Periphery (2019) *Chemistry - An Asian Journal*, 14, 1844-1848.
- Joseph D. D.; Sayaka H.; and Dasan M. T. 28. Generation and Rearrangement of (1-Hydroxycyclopropyl)- and (1-Hydroxycyclobutyl)carbene (2019) *Australian Journal of Chemistry*, 72, 890-893.

### ○総説

- Abe, M. Generation of extremely long-lived localized singlet diradicals: New insights into bond-homolysis process and discovery of novel bonding system (C- $\pi$ -C). (2019) *Yuki Gosei Kagaku Kyokaishi/Journal of Synthetic Organic Chemistry*, 77, 503-511.
- Chitose, Y.; Abe, M. Design and synthesis of two-photon responsive chromophores for application to uncaging reactions. (2019) *Photochemistry*, 46, 221-241.

### ○国際会議

- ◎S. Hatano, C. Tanabe, M. Abe, Photo-reaction of Norbornene Derivative with Quinoid Structure. The 18th Asian Chemical Congress (ACC 2019) (Dec., 2019, Taipei, Taiwan) (一般講演)
- R. Akisaka: Kinetic Stabilization of Localized Singlet Diradicals by Introducing Bulky Substituents. The 18th Asian Chemical Congress (ACC 2019) (Dec., 2019, Taipei, Taiwan) (ポスター)
- R. Ohyama, Study on Diradical Character of Coumarin-4-yl Cation Bearing Electron Donating Group. The 18th



Asian Chemical Congress (ACC 2019) (Dec., 2019, Taipei, Taiwan) (ポスター)  
 M. Takano: Photochemical Generation of Reactive Oxygen Species from tert-Butyl Cumyl Peroxide and Their Reactivity. The 18th Asian Chemical Congress (ACC 2019) (Dec., 2019, Taipei, Taiwan) (ポスター)

## ○国内学会

- ABE, Manabu: Genesis of the Carbon-Carbon  $\pi$ -Single Bond. 日本化学会第 100 春季年会(2020 年 3 月, 千葉) (受賞講演)
- ◎波多野さや佳, 田邊千佳, 安倍 学, 石橋千英, 朝日 剛, 岡島 元, 坂本 章: キノイド構造を有するノルボルネン誘導体の光反応。日本化学会第 100 春季年会(2020 年 3 月, 千葉) (一般講演)
- ◎岡本和賢, 波多野さや佳, 安倍 学: 嵩高い置換基を導入したトリフェニルイミダゾリルラジカルの反応挙動。日本化学会第 100 春季年会(2020 年 3 月, 千葉) (一般講演)
- 秋坂陸生, 安倍 学: 一重項-2,2-ジアルコキシ-1,3-ジラジカルの反応性に及ぼす立体および粘度効果。日本化学会第 100 春季年会(2020 年 3 月, 千葉) (一般講演)
- Zhe Wang, Manabu Abe: Long lifetime of cyclopentane-1,3-diyl diradicals using stretch effect induced by macrocyclic structures. 第 30 回基礎有機化学討論会(2019 年 9 月, 大阪) (一般講演)
- 佐々木海友, 安倍 学: インデン骨格を有する新規光解離性保護基の開発。2019 年光化学討論会(2019 年 9 月, 名古屋) (一般発表)
- ◎KOYAMA, Satoki; HATANNO, Sayaka; ABE, Manabu: Synthesis and properties of phenoquinone derivative with naphthalene structure. 日本化学会第 100 春季年会(2020 年 3 月, 千葉) (ポスター)
- TAKANO, Ma-aya; ABE, Manabu: Photoreaction of Coumaril-4-methyl derivative which has electron donating group at 7-position. 日本化学会第 100 春季年会(2020 年 3 月, 千葉) (ポスター)
- PHAM Thi Thu Thuy, SATISH Jakkampudi, ABE, Manabu, FURUKAWA Ko, KANTAN, Claudine: Design and synthesis of two-photon responsive photolabile protecting group with a terphenyl unit for near IR calcium ion uncaging reaction. 2019 年光化学討論会(2019 年 9 月, 名古屋) (ポスター)
- Nguyen Ngoc Thanh Luan, Abe Manabu: Design and synthesis of new two-photon responsive photolabile protecting groups using triphenylamine and coumarin units. 2019 年光化学討論会(2019 年 9 月, 名古屋) (ポスター)
- NGUYEN Hai Dang, ABE Manabu: Design, Synthesis and Photoproperties of Novel Caged Dopamine. 2019 年光化学討論会(2019 年 9 月, 名古屋) (ポスター)
- 秋坂陸生, 安倍 学: 局在化一重項ジラジカルの反応性に及ぼす立体効果。第 30 回基礎有機化学討論会(2019 年 9 月, 大阪) (ポスター)
- 高野真綾, 安倍 学: 電子供与性基を有するアリールメチルカチオンのジラジカル性に関する研究。第 30 回基礎有機化学討論会(2019 年 9 月, 大阪) (ポスター)
- 大山諒子, 安倍 学: tert-Butyl Cumyl Peroxide の光照射による活性酸素種(ROS)の発生と光解離機構の解明。第 30 回基礎有機化学討論会(2019 年 9 月, 大阪) (ポスター)
- ◎岡本和賢, 波多野さや佳, 安倍 学: 架橋ペルオキシド構造を有するロフィン誘導体に関する研究。第 30 回基礎有機化学討論会(2019 年 9 月, 大阪) (ポスター)
- 宮澤友樹, 松本 岬, 岡本一茂, 中村岳史, 安倍 学: マルチラジカルを有するシクロパラフェニレン分子の構造と電子的性質。第 30 回基礎有機化学討論会(2019 年 9 月, 大阪) (ポスター)
- 佐原慶亮, 安倍 学, Hendrik Zipse, 久保孝史: 一重項ビラジカル種「シグマレン」の二量化挙動。第 30 回基礎有機化学討論会(2019 年 9 月, 大阪) (ポスター)
- 佐々木海友, 安倍 学: インデン骨格を有する光解離性保護基の開発。IoL センター主催講演会(2019 年 7 月, 山口) (ポスター)
- 大山諒子, 安倍 学: tert-butyl cumyl peroxide の光照射による活性酸素種 (ROS) の発生と光分解機構の解明。第 72 回日本酸化ストレス学会学術集会(2019 年 6 月, 北海道) (ポスター)

## ○学生の学会発表実績

	国際学会 件数	国内学会 件数
学部 4 年生 <sup>(1)</sup>	0	0
博士課程前期 <sup>(2)</sup>	2	11
博士課程後期 <sup>(3)</sup>	1	5
博士課程前期・後期共 <sup>(4)</sup>	0	0

## ○セミナー・講演会開催実績

安倍 学, Henrik Ottosson 教授 講演会

日時：2019年11月29日(火) 16:30-18:00

場所：理学研究科 B305 講義室

講師：Henrik Ottosson 教授 (スウェーデン, Uppsala University)

演題：Is Time Ready to Put Baird's Rule on Excited State Aromaticity and Antiaromaticity into Action?

安倍 学, Maurizio Fagnoni 教授 講演会

日時：2019年9月9日(火) 10:30-12:00

場所：理学研究科 B301 講義室

講師：Maurizio Fagnoni 教授 (イタリア, University of Pavia)

演題：Decatungstate salts for selective photocatalyzed C(sp<sup>3</sup>)-H / C(sp<sup>2</sup>)-H functionalization

安倍 学, Stanislav Presolski 教授 講演会

日時：2019年4月15日(火) 16:00-17:00

場所：理学研究科 B305 講義室

講師：Stanislav Presolski 教授 (シンガポール, Yale-NUS College)

演題：Functional A<sub>3</sub>B Porphyrins: Synthesis, Supramolecular Chemistry and Photocatalytic Activity in Complex Biological Media

## ○社会活動・学外委員

### ・学協会役員, 委員

安倍 学, 分子情報ダイナミクス研究会代表 (2007年～)

安倍 学, 基礎有機化学会, 理事 (2012年～)

安倍 学, IUPAC Subcommittee on Structural&Mechanistic Organic Chemistry (2016年7月～)

波多野さや佳, 日本化学会中国四国支部庶務幹事 (2019～2020)

### ・論文誌編集委員

安倍 学, EDITORIAL BOARD ARKIVOC EDITORIAL BOARD OF REFEREES (2005年～)

安倍 学, Australian Journal of Chemistry (2010年～)

安倍 学, Editorial Board Member in Advances in Physical Organic Chemistry (2016年～)

### ・討論会の組織委員

安倍 学, 基礎有機化学討論会組織委員 (2007年～)

安倍 学, 反応性中間体と異常分子の国際会議組織委員 (2010年～)

## ○国際共同研究・国際会議開催実績

安倍 学, 米国シンシナティ大学, Professor Anna Gudmunterdotirr, ニトレンに関する研究

安倍 学, 米国コルビー大学, Professor Das Thernatorr, カルベンに関する研究

安倍 学, 仏国ランス大学, Professor Norbert Hoffmann, イミンの光化学に関する研究

安倍 学, 仏国レンヌ大学, Professor Claudine Katan, 2光子吸収骨格の分子デザインに関する研究

安倍 学, 台湾中央大学, Professor Gavin Tsai, 励起状態分子の化学反応に関する研究

安倍 学, 台湾中央大学, Professor Tzu-Chau Lin, 2光子吸収断面積の測定

安倍 学, 中国蘇州大学, Professor Xiaoqing Zeng, ニトレンの電子共鳴分光

波多野さや佳, 米国コルビー大学, Professor Das Thernatorr, カルベンに関する研究

## ○特許公報

該当無し

## ○研究助成の受け入れ状況

科学研究費補助金, 基盤研究 (B), 近赤外 2 光子感応性新規光解離性保護基の合成と反応：ドラッグデリバリーへの基盤研究, 代表者 安倍 学

科学研究費補助金, 国際共同 (研究強化 B), 緊急時において公衆の線量を適及的に測定評価する実用的技術の開発, 分担者 安倍 学

科学研究費補助金, 特別研究員奨励費, 局在化 1.3-ジラジカル構造と反応性に関する研究,



代表者 安倍 学  
研究大学強化促進事業 (光ドラッグ), 代表者 安倍 学  
JST さくらサイエンスプラン, 代表者 安倍 学  
JST CREST, 分担者 安倍 学  
科学研究費補助金基盤研究 (C), 光による結合組み換えを利用したキノイド化合物の光反応に関する  
研究, 代表者 波多野さや佳

○受賞状況 (職員)

安倍 学, 日本化学会第37回学術賞「炭素-炭素 $\pi$ 単結合の創製」(2020)

○受賞状況 (学生)

秋坂 陸生 (D2), The 18th Asian Chemical Congress Best Prize Certificate 「Kinetic Stabilization of Localized Singlet Diradicals by Introducing Bulky Substituents」(2019)

高野 真綾 (M1), The 18th Asian Chemical Congress Best Prize Certificate 「Study on Diradical Character of Coumarin-4-yl Cation Bearing Electron Donating Group」(2019)

大山 諒子 (M2), The 18th Asian Chemical Congress Best Prize Certificate 「Photochemical Generation of Reactive Oxygen Species from tert-Butyl Cumyl Peroxide and Their Reactivity」(2019)

佐々木 海友 (M2), IoLセンター主催講演会 IoL優秀発表賞「インデン骨格を有する光解離性保護基の開発」(2019)

大山 諒子 (M2), 第72回日本酸化ストレス学会学術集会 優秀ポスター発表賞「tert-butyl cumyl peroxideの光照射による活性酸素種 (ROS) の発生と光分解機構の解明」(2019)

○その他特記事項

青少年のための化学の祭典第25回広島大会 (2019年10月26日, 広島市子ども文化科学館)

## 量子化学研究グループ

スタッフ 相田 美砂子 (教授), 岡田 和正 (准教授), 赤瀬 大 (助教)

### ○研究活動の概要

量子化学研究グループの研究の目的は、分子の構造や反応の特異性、分子挙動の特徴、また、電子構造における特徴を、量子化学における理論と実験の両方の手法を用いることによって明らかにすることである。

①生理活性分子や生体分子の構造の特徴や反応のメカニズム、また、それらへの溶媒や周りの環境の関与を明らかにすることを目的として、主として非経験的分子軌道法、分子動力学法、モンテカルロ法を用いた研究を進めた。尿素は、浸透圧調節物質であり、また、蛋白質変性作用があることでも知られている。尿素の水和構造を QM/MM-MD 法により多数発生させ、そこから尿素の周りの溶媒水分子の分布の特徴を解析した。

②NMR 遮蔽定数の数値は、測定化合物の構造だけでなく、それを取り巻く環境からも影響を受ける。メタノールの水溶液中の QM/MM-MD 計算から得た多数の溶媒和構造を用いて非経験的分子軌道法計算で求めた <sup>1</sup>H-NMR 遮蔽定数を目的変数とし、測定化合物の構造および溶媒水分子の配置から得られる原子間距離や結合角を説明変数として、機械学習を用いて、モデルを開発している。NMR 遮蔽定数を予測することができるモデルを構築することによって、NMR 遮蔽定数の溶媒効果に関する知見を得ることを目的としている。

③グリシンベタインは耐塩性の高い植物に多く蓄積されることが知られている。ベタインと塩との強い相互作用に伴ってベタイン水和構造が変化することが期待される。そこで、前年度に引き続き、グリシンベタイン・塩化ナトリウム混合水溶液の軟 X 線吸収スペクトルから、水和水の塩添加効果を調べた。グリシンベタインの水和水と帰属した吸収成分 534.0 eV は、塩添加に伴って面積強度が低下し、塩のモル濃度がベタインの半分を超えるとほぼゼロとなった。グリシンベタインとナトリウムイオンとの直接的相互作用 (イオン対の形成) によってカルボキシレートサイトの水和水が失われるものとして解釈できた。

④N,N-ジメチルグリシン(DMG)とベタインは、グリシンのアミノ基に導入されたメチル基の数が異なるだけであるが、水への溶解度には約 3 倍もの差がある。昨年度では試料間の差スペクトルから水和水による吸収成分を 534.0 eV および 534.9 eV と見積もった。今年度は、これらが水和水の成分であることを確かめるため、吸収スペクトルの水の共鳴バンドのピークデコンボリューションをおこなった。成分ピークを同じ光子エネルギー位置に固定して吸収スペクトルデータのピーク分離をおこなったところ、水和水の成分はともに試料濃度にほぼ比例することが分かった。この結果から、DMG との水素結合様式の違う水和水が 534.0 eV と 534.9 eV に共鳴吸収をもつと結論づけた。

### ○発表原著論文

- ◎Y. Nakagawa, T. Doi, K. Takegoshi, T. Sugahara, D. Akase, M. Aida, K. Tsuzuki, Y. Watanabe, T. Tomura, M. Ojika, Y. Igarashi, D. Hashizume, Y. Ito (2019) Molecular Basis of Mannose Recognition by Pradimicins and their Application to Microbial Cell Surface Imaging. *Cell Chemical Biology*, **26**, 950–959.
- ◎Y. Watanabe, F. Yamaji, M. Ojika, T. Sugawara, D. Akase, M. Aida, Y. Igarashi, Y. Ito, Y. Nakagawa (2019) The endocyclic oxygen atom of *d*-mannopyranose is involved in its binding to pradimicins. *Tetrahedron Letters*, **61**, 151530.
- ◎M. Kondoh, A. Sakuta, K. Okazawa, D. Akase, M. Aida, and T. Ishibashi (2019) Photo-Induced Ring-Opening Reaction of Flav-3-en-2-ol Monitored by Time-Resolved Infrared Spectroscopy. *Journal of Physical Chemistry B*, **123**, 8499–8504.
- ◎M. Kondoh, C. Takizawa, K. Okazawa, D. Akase, M. Aida, T. Ishibashi (2019) Time-resolved infrared study of photo-induced ring-closure reaction of trans-2-hydroxychalcone. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, **389**, 112280.
- K. Rikiyama, Y. Sanada, K. Watanabe, M. Aida, and Y. Katsumoto (2019) Unimer Structure and Micellization of Poly(ethylene oxide)-Stereocontrolled Poly(N-isopropylacrylamide) Alternating Multiblock Copolymers in Aqueous Solution. *Macromolecules*, **52**, 7188–7196.

### ○総説等

該当無し

## ○国際会議

- ◎D. Akase, M. Aida: Topologically distinct isomers of hydrogen-bonded clusters represented by digraphs. The 35th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (2019.6.5, Higashi-Hiroshima) (ポスター)

## ○国内学会

相田美砂子: コンピュータで化学する「水と溶媒効果」。日本コンピュータ化学会 2019 秋季年会 (2019 年 10 月 25 日, 広島市) (招待講演)

- ◎福原大輝, 赤瀬 大, 相田美砂子: 水溶液中における TMG と一価イオンとの間の相互作用に関する理論化学的研究。第 13 回分子科学討論会 (2019 年 9 月 17 日-20 日, 愛知県名古屋) (一般講演)

- ◎下岡 稔, 赤瀬 大, 相田美砂子: 水溶液中における尿素の水和構造についての QM/MM-MD シミュレーションによる理論化学的研究。2019 年日本化学会中国四国支部大 (2019 年 11 月 16 日-17 日, 徳島県徳島市) (一般講演)

- ◎玉野智章, 赤瀬 大, 相田美砂子: 機械学習を用いた NMR 遮蔽定数の溶媒効果についての理論化学的研究。2019 年日本化学会中国四国支部大 (2019 年 11 月 16 日-17 日, 徳島県徳島市) (一般講演)

- ◎福原大輝, 赤瀬 大, 相田美砂子: TMG が水を強く保持する能力に関する理論化学的研究。第 22 回理論化学討論会 (2019 年 5 月 27 日-29 日, 北海道札幌市) (ポスター)

- ◎福原大輝, 赤瀬 大, 相田美砂子: トリメチルグリシンの水和構造への塩の影響に関する理論化学的研究。日本コンピュータ化学会 2019 秋季年会 (2019 年 10 月 24 日-25 日, 広島県広島市) (ポスター)

福田直希, 湯澤勇人, 長坂将成, 岡田和正: 軟 X 線吸収分光法による *N,N*-ジメチルグリシンの水和構造の研究。UVSOR Symposium 2019 (2019 年 11 月 16 日-17 日, 愛知県岡崎市) (ポスター)

大澤翔平, 湯澤勇人, 長坂将成, 岩山洋士, 岡田和正: 軟 X 線吸収分光法で探る塩添加によるグリシンベタインの水和構造変化。UVSOR Symposium 2019 (2019 年 11 月 16 日-17 日, 愛知県岡崎市) (ポスター)

## ○学生の学会発表実績

	国際学会 件数	国内学会 件数
学部 4 年生 <sup>(1)</sup>	0	2
博士課程前期 <sup>(2)</sup>	0	4
博士課程後期 <sup>(3)</sup>	0	1
博士課程前期・後期共 <sup>(4)</sup>	0	0

## ○社会活動・学外委員

- 学協会役員, 委員

相田 美砂子, 日本学術会議会員 (2017-2023)

相田 美砂子, 日本学術会議連携会員 (2011-2017)

相田 美砂子, 文部科学省 科学技術・学術審議会 国際戦略委員会 委員 (2019-2020)

相田 美砂子, 文部科学省 科学技術・学術審議会 学術分科会 研究環境基盤部会 専門委員 (2017-2019)

相田 美砂子, 文部科学省 研究振興局 第 8 期学術情報委員会 専門委員 (2015-2017)

相田 美砂子, 文部科学省 科学技術・学術政策局 卓越研究員制度検討委員会 委員 (2014)

相田 美砂子, 日本化学会 理事 (2015-2017)

相田 美砂子, 分子科学会運営委員 (2014-2018)

相田 美砂子, 情報計算化学生物学会 (CBI 学会) 理事 (2002-2015)

岡田 和正, 日本化学会中国四国支部会計幹事 (2018-2019)

- 外部評価委員など

相田 美砂子, 立命館大学 産学連携コーオプ型高度人材育成プログラム 外部評価委員 (2011-2014)

- 講習会・セミナー講師

相田 美砂子, 日本学術会議シンポジウム「研究評価の客観化と多様化をめざして分野別研究評価の現状と課題」依頼講演「総合大学における教員の研究業績の可視化の試み」(2019 年 05 月 24 日, 東京都港区)

相田 美砂子, 全国ダイバーシティネットワーク 2019 年度中国・四国ブロックワークショップ「女性活躍促進の進展度合いを見るために」(2019 年 11 月 18 日, 島根県松江市)  
相田 美砂子, 第 16 回東北大学男女共同参画シンポジウム「共感の技術」澤柳記念賞受賞講演「女性研究者の活躍促進と、大学のシステム改革の推進」(2019 年 12 月 21 日, 宮城県仙台市)  
相田 美砂子, 日本学術会議化学委員会各分科会合同会議 招待講演「地方にある大学の活性化を」(2019 年 12 月 26 日, 東京都港区)  
岡田 和正, 東京工業大学理学院講演会「溶液の軟 X 線分光で見えたこと」(2018 年 7 月 25 日, 東京)

・高大連携事業

岡田 和正, 赤瀬 大, 日本化学会中国四国支部 夢・化学 21 化学への招待 (2019 年 8 月 20 日 - 21 日, 広島大学)

・討論会の組織委員

相田 美砂子, 岡田 和正, 赤瀬 大, 第 35 回化学反応討論会 実行委員 (2019 年 6 月)  
赤瀬 大, The 16th Nano Bio Info Chemistry Symposium 実行委員 (2019 年 12 月)  
岡田 和正, 第34回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム 実行委員 (2020年1月 - 2021年1月)

・その他の委員

岡田 和正, 量子科学技術研究開発機構 施設共用課題委員会委員 (2016年度-2018年度)  
岡田 和正, 日本原子力研究開発機構 光科学専門部会委員 (2008年度-2018年度)

○産学官連携実績

相田 美砂子, 赤瀬 大, 共同研究「カーボン繊維と樹脂パウダーの付着メカニズム」(株) サン・テクトロ  
相田 美砂子, 赤瀬 大, 共同研究「酸化ガリウムp型化に関する、フィージビリティ検討」矢崎総業株式会社

○共同プロジェクトへの参加状況

相田 美砂子, 科学技術人材育成費補助事業「世界で活躍できる研究者戦略育成事業」『地方協奏による世界トップクラスの研究者育成』実施責任者 (2019-2028)  
相田 美砂子, 科学技術人材育成費補助事業「科学技術人材育成のコンソーシアムの構築事業」次世代研究者育成プログラム『未来を拓く地方協奏プラットフォーム』実施責任者 (2014-2021)  
相田 美砂子, 科学技術人材育成費補助事業「ダイバーシティ研究環境実現イニシアティブ (牽引型)」実施責任者 (2017-2022)  
相田 美砂子, 研究拠点形成費等補助金 (未来価値創造人材育成プログラム (a) 超スマート社会の実現に向けたデータサイエンティスト育成事業)『「実世界データ演習」を用いる価値創造人材教育の大学連携』広島大学実施責任者 (2018-2022)  
赤瀬 大, 研究拠点形成費等補助金 (未来価値創造人材育成プログラム (a) 超スマート社会の実現に向けたデータサイエンティスト育成事業)『「実世界データ演習」を用いる価値創造人材教育の大学連携』事業担当者 (2019-2022)

○受賞状況 (職員)

相田 美砂子, 第6回澤柳政太郎記念東北大学男女共同参画賞 (2019)

○座長を行った学会・討論会の名称

赤瀬 大, The 35th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (June 2019, Higashi-Hiroshima)

### 1-4-3 各種研究員と外国人留学生の受け入れ状況

#### ・外国人留学生の受け入れ状況

令和元年度は、博士課程前期に2名、後期に8名の外国人留学生を受け入れた。

### 1-4-4 研究助成金の受け入れ状況

化学専攻のスタッフが令和元年度（2019年度）に受けた研究費等の総数を示す。

項目	分類	件数
文部科学省科学研究費補助金	新学術領域	2
	基盤研究(S)	0
	基盤研究(A)	1
	基盤研究(B)	3
	基盤研究(C)	6
	挑戦萌芽研究	1
	若手研究(A)	1
	国際共同	1
	若手研究(スタートアップ)	2
	外国人特別研究員奨励費	1
その他の研究費（公募）		28

### 1-4-5 学会ならびに社会での活動

#### ・学協会役員，委員（過去5年以内）

- 井口 佳哉：日本分光学会中国四国支部事務局長（2013～2018）  
 井口 佳哉：日本分光学会中国四国支部 支部長（2019～）  
 井口 佳哉：第35回化学反応討論会実行委員（2019）  
 高橋 修：第35回化学反応討論会実行委員（2019）  
 村松 悟：日本分光学会中国四国支部 事務局長（2019～）  
 村松 悟：第35回化学反応討論会実行委員（2019）  
 井上 克也：固体物理，誌友（2015）  
 井上 克也：広島県教育委員会，広島市立大学主催 平成28年度 第3回広島県科学セミナー審査員（2017）  
 井上 克也：日本化学会，中四国支部化学と工業懇話会、事務局長（2019～）  
 水田 勉：近畿化学協会，幹事(2012～)  
 水田 勉：日本化学会 代議員(2018年10月～)  
 久米 晶子：日本化学会，中四国支部庶務幹事（2014～）  
 久米 晶子：日本化学会，中国四国支部 代表正会員（2015～2017, 2017～2019）  
 久米 晶子：錯体化学会，理事（2015～2017）  
 石坂 昌司：日本化学会，中国四国支部会計幹事（2016）  
 石坂 昌司：日本分析化学会，中国四国支部庶務幹事（2012～2015）  
 石坂 昌司：日本分析化学会，中国四国支部常任幹事（2016～）  
 石坂 昌司：日本化学会中国四国支部，事務局長（2017）  
 石坂 昌司：日本化学会，理事（2019～2020）  
 石坂 昌司：日本分析化学会，代議員（2018～2019）  
 石坂 昌司：日本学術振興会，特別研究員等審査会専門委員（2017年8月～2018年7月）  
 石坂 昌司：日本化学会中国四国支部，広島地区幹事（2018）  
 中川 真秀：日本大気化学会 人材育成WG(2017～)  
 灰野 岳晴：新規素材探索研究会幹事（2001～）  
 灰野 岳晴：ホスト・ゲスト化学研究会幹事（2006～）  
 灰野 岳晴：有機合成化学協会中国四国支部幹事（2007～）  
 平尾 岳大：日本化学会生体機能関連化学部会・中国四国支部若手幹事(2018～)  
 山崎 勝義：日本分光学会代議員（2004, 2006～）



山崎 勝義：日本分光学会中国四国支部監査（2006～）  
山崎 勝義：日本分光学会中国四国支部代議員（2004, 2006～）  
山崎 勝義：日本化学会単位・記号専門委員会委員（2015～2018）  
山崎 勝義：日本化学会単位・記号専門委員会委員長（2019～）  
山崎 勝義：日本化学会監事（2018～2019）  
高口 博志：原子衝突研究協会運営委員（2008～）  
高口 博志：原子衝突学会編集委員（2014～2017）  
高口 博志：原子学会運営委員（2014～）  
高口 博志：分子科学会運営委員（2013～）  
高口 博志：日本分光学会編集委員（2012～）  
高口 博志：日本分光学会常務委員編集担当（2014～2016）  
高口 博志：日本分光学会中国四国支部庶務幹事（2016）  
山本 陽介：第22期日本学術会議連携会員（2011～）  
山本 陽介：基礎有機化学会副会長（2012年10月～2014年9月）  
山本 陽介：日本化学会中国四国支部副支部長（2013年3月～）  
山本 陽介：日本化学会中国四国支部支部長（2014年3月～2015年2月）  
山本 陽介：中国四国・化学と工業懇話会常任運営委員（2007～2019）  
中本 真晃：日本化学会中国四国支部庶務幹事（2018年3月～2019年2月）  
安倍 学：分子情報ダイナミクス研究会代表（2007～）  
安倍 学：基礎有機化学会・副会長（2010～2012, 2015～）  
安倍 学：基礎有機化学会・理事（2012～）  
安倍 学：IUPAC Subcommittee on Structural&Mechanistic Organic Chemistry（2016年7月～）  
波多野 さや佳：日本化学会中国四国支部庶務幹事（2019～2020）  
相田 美砂子：情報計算化学生物学会（CBI学会）理事（2002～2015）  
相田 美砂子：分子科学会運営委員（2008～2012, 2014～2018）  
相田 美砂子：日本学術会議連携会員（2011～2017）  
相田 美砂子：文部科学省 研究振興局 第8期学術情報委員会 専門委員（2015～2017）  
相田 美砂子：文部科学省 科学技術・学術審議会 学術分科会 研究環境基盤部会 専門委員  
（2017～2019）  
相田 美砂子：日本化学会 理事（2015～2017）  
相田 美砂子：日本学術会議会員（2017～2023）  
相田 美砂子：日本学術会議連携会員（2011～2017）  
相田 美砂子：文部科学省 科学技術・学術審議会 学術分科会 研究環境基盤部会 専門委員（2017～）  
相田 美砂子：文部科学省 科学技術・学術審議会 国際戦略委員会 委員（2019～2020）  
岡田 和正：日本化学会中国四国支部庶務幹事（2015～2016）  
岡田 和正：日本化学会中国四国支部会計幹事（2018～2019）

#### ・外部評価委員など（過去5年以内）

井上 克也：九州工業大学 外部評価委員（2013, 2015）  
井上 克也：KEK, PAC委員会

#### ・講習会・セミナー講師（過去5年以内）

福原 幸一：広島文化学園米食文化研究会「米食文化講座 科学の目で見た米食よもやま話」（2015年11月）  
福原 幸一：第40回全国高等学校総合文化祭（2016ひろしま総文）サイエンスカフェ（2016年8月, 広島大学）  
福原 幸一：広島文化学園米食文化研究会「米食文化講座 米と油」（2016年11月広島文化学園大学）  
久保 和幸：第11回中国四国地区錯体化学研究会・錯体化学若手の会中国四国支部第3回勉強会「2つのリン配位子が配位した炭素配位子が配位した白金錯体が配位した銀錯体の配位化学!?～金属のようにふるまう典型元素と配位子としてふるまう遷移金属～」(2017年5月, 東広島)  
石坂 昌司：2018年ノーベル賞解説セミナー(広島大学理学研究科付属理学融合教育研究センター主催), 2018年12月, 広島大学東千田キャンパスA501講義室, 「光ピンセットで操る微粒子の化学」  
石坂 昌司：第23回エアロゾル基礎講座ーさまざまな分野のエアロゾル（基礎と研究の最先端）ー（第36回エアロゾル科学・技術研究討論会実行委員会主催）, 2019年9月4日, 広島大学東広島



- キャンパス, 「光ピンセットの原理と単一エアロゾルの計測技術」
- 井口 佳哉: H28年度高校・大学化学教育フォーラム広島, 「広島大学理学部化学科の教育内容」(2016年, 広島大学)
- 井口 佳哉: セミナー講師(2019年1月, 静岡大学理学部, 極低温・気相分光による超分子化学の研究)
- 井口 佳哉: セミナー講師(2019年9月, 福岡大学, 極低温・気相分光による超分子化学の研究)
- 井口 佳哉: セミナー講師(2019年12月, 九州大学, 極低温・気相分光による超分子化学の研究)
- 井口 佳哉: セミナー講師(2019年8月, JSTさくらサイエンスプラン, 広島大学, Supramolecular Chemistry Studied by Cold, Gas-Phase Spectroscopy)
- 山本 陽介: 第2回北海道大学オープンファシリティシンポジウム「広島大学における研究基盤整備の取り組み」(2015年1月, 北海道大学)
- 山本 陽介: 第7回 国立台湾大学理学院, チュラーロンコーン大学理学部, 岡山大学理学部及び広島大学理学部間の国際ワークショップ「Organic Main Group Chemistry」(2016年8月, 国立台湾大学)
- Shang Rong: テニユア・トラック教員による報告「未来を拓く地方協奏プラットフォーム第1回成果報告会」(2015年7月, 広島大学中央図書館ライブラリーホール)
- Shang Rong: 第1回コンソーシアム教員セミナー 未来を拓く地方協奏プラットフォーム第6回HIRAKUコンソーシアム教員研修「Clever Molecular Design For Catalysts of Sustainable Chemical Transformations」(2016年2月, 広島大学)
- Shang Rong: Department of Chemistry, Guanajuato University, Mexico, 「Reactivity of the Terminal Borylene Complex [Cp(CO)<sub>2</sub>Mn=B-tBu]」(2016年9月, Guanajuato University, Mexico)
- Shang Rong: 広島大学女性研究活動委員会主催・男女共同参画意識啓発セミナー「どんな人生を歩みたいですか?」 「Synthesis of  $\pi$ -withdrawing boron-ligated transition metal complexes」(2016年12月, 広島大学)
- Shang Rong: 第8回 国立台湾大学理学院, チュラーロンコーン大学理学部, 岡山大学理学部及び広島大学理学部間の国際ワークショップ(2017年8月, 広島大学)
- Shang Rong: Globalization A Science Chat 「Clever Molecular Design For Catalysts of Sustainable Chemical Transformations」(2017年7月, 広島大学)
- 中本 真晃: 第9回 国立台湾大学理学院, チュラーロンコーン大学理学部, 岡山大学理学部及び広島大学理学部間の国際ワークショップ講師, 2018年8月27日～9月6日, タイ チュラーロンコーン大学
- 中本 真晃, Shang Rong: 第10回 国立台湾大学理学院, チュラーロンコーン大学理学部, 岡山大学理学部及び広島大学理学部間の国際ワークショップ講師, 2019年8月27日～9月4日, 岡山大学
- 波多野 さや佳: 第16回 体験科学講座～女子高校生特別コース～(2016年3月, 広島大学)
- 相田 美砂子: 「バッファリングによる女性研究者養成の加速」総括シンポジウム(熊本大学)パネリスト(2015年1月, 熊本市)
- 相田 美砂子: シンポジウム「産学連携・協力プロセスを通じた高度博士人材の育成」(立命館大学)パネリスト(2015年3月, 京都市)
- 相田 美砂子: 日本化学会第95回春季年会「社会にはばたく, 世界にはばたく: あなたがリーダーになるためにー男女共同参画シンポジウムー」講演「あなたがあなたの道を歩むために」(2015年3月, 船橋市)
- 相田 美砂子: 未来を拓く地方協奏プラットフォーム第1回成果報告会, 「未来を拓く地方協奏プラットフォーム」概要説明(2015年7月, 東広島市)
- 相田 美砂子: 第3回若手研究者シーズ発表会ー計測と分析ー, 「未来を拓く地方協奏プラットフォーム」概要説明(2015年7月, 広島市)
- 相田 美砂子: 広島大学 関西フェニックスの会 講演「広島大学の大型プロジェクトと若手人材養成の取り組み」(2015年9月, 大阪市)
- 相田 美砂子: 岐阜大学キャリア支援部門FD「コンソーシアム構築による博士人材育成ー広島大学の取り組みー」(2015年10月, 岐阜市)
- 相田 美砂子: 福山大学 平成27年度 第6回FD/SD研修会(ワークライフ支援室意識啓発研修会)講演「なぜ, 今, 男女共同参画なのかー広島大学の取組紹介と, 未来へのステップー」(2015年10月, 福山市)
- 相田 美砂子: 富山大学「ダイバーシティ研究環境実現イニシアティブ(特色型)」キックオフ講演会ー大学躍進のチャンスとしての男女共同参画ー 特別講演「大学で男女共同参画推進が必要な理由ー広島大学の事例紹介と将来展望ー」(2015年12月, 富山市)

- 相田 美砂子：平成27年度 科学技術人材育成費補助事業シンポジウム 「科学技術人材育成 これまでの10年、これからの10年 人材育成について多様な立場から考える –若手や女性がさらに輝くために、産学官でなすべきことは何か–」 分科会1 パネリスト (2015年12月, 東京都千代田区)
- 相田 美砂子：未来を拓く地方協奏プラットフォーム第2回成果報告会, 「未来を拓く地方協奏プラットフォーム」 概要説明 (2016年2月, 東広島市)
- 相田 美砂子：新潟大学ダイバーシティ研究環境実現イニシアティブ事業 管理FD 「女性の採用・登用に向けて」 特別講演「女性が活躍する社会は大学での男女同等の環境構築から」(2016年2月, 新潟市)
- 相田 美砂子：群馬大学「男女共同参画推進 大学幹部向けFDセミナー」講演「大学の将来構想の一環としての女性研究者の活躍促進」(2016年5月, 前橋市)
- 相田 美砂子：広島大学説明会(松山会場)「広島大学で自分の道を見つける」(2016年7月, 松山市)
- 相田 美砂子：RA協議会第2回年次大会 セッション(シュプリング・ネイチャー)「大学の特徴を伸ばす研究戦略策定とNature index分析に基づく共同研究ホットスポットの紹介」講演「広島大学の挑戦—新設した学術院の紹介とその意義, 教員の専門性と業績の把握, 広島大学における世界を牽引する研究の推進, 大学力の可視化—」(2016年9月, 福井市)
- 相田 美砂子：山口大学「女性研究者研究活動支援事業総括シンポジウム」—研究活動支援によるダイバーシティ・キャンパスの推進— 基調講演「社会における大学の役割 —大学改革構想の一環としての女性研究者の活躍促進—」(2016年12月, 山口市)
- 相田 美砂子：第9回中国四国男女共同参画シンポジウム「平和で持続可能な社会づくりにおける男女共同参画」基調講演「広島大学の長期ビジョンと男女共同参画」(2017年11月17日, 東広島市)
- 相田 美砂子：平成29年度科学技術人材育成費補助事業フォーラム「研究力強化に向けた女性研究者の活躍促進」パネルディスカッション「大学マネジメントの観点からの女性の活躍促進の在り方」広島大学の取組紹介 (2018年3月2日, 東京都千代田区)
- 相田 美砂子：平成29年度 研究開発評価シンポジウム ~「若手研究者の育成・支援を推進する研究開発評価」とは何か~ 講演「広島大学における取組—若手研究者の育成・支援につながる評価—」 パネルディスカッション (2018年03月22日, 東京都千代田区)
- 相田 美砂子：立命館大学「ダイバーシティ研究環境実現イニシアティブ(特色型)」中間総括シンポジウム「女性研究者支援とダイバーシティ研究環境実現に向けて」基調講演「広島大学のダイバーシティ推進」(2018年09月20日, 滋賀県草津市)
- 相田 美砂子：長崎西高等学校 平成30年度SSH講演会「ナノとバイオとインフォの融合は化学から」(2018年10月12日, 長崎県長崎市)
- 岡田 和正：東京工業大学理学院講演会「溶液の軟X線分光で見えたこと」(2018年7月25日, 東京)
- 山崎 勝義：先端融合科学サマースクール「Department of Chemistry」(2015年8月, 広島大学)
- 山崎 勝義：科学技術振興機構 日本・アジア青少年サイエンス交流事業さくらサイエンスプランサマースクールプログラム「Chemical Reaction and Energy Transfer of Vibrationally Excited Molecules」(2015年8月, 広島大学)
- 山崎 勝義：機関リポジトリ新任担当者研修「研究者から見た機関リポジトリ」(2015年9月, 広島修道大学)
- 山崎 勝義：科学技術振興機構 日本・アジア青少年サイエンス交流事業さくらサイエンスプランサマースクールプログラム「Chemical Reaction and Energy Transfer of Vibrationally Excited Molecules」(2016年8月, 広島大学)
- 山崎 勝義：オープンアクセスリポジトリ推進協会地域ワークショップ「研究者の視点からリポジトリに期待すること」(2016年12月, 広島大学)
- 山崎 勝義：埼玉大学大学院集中講義「マクロ化学特論II」(2018年12月, 埼玉大学)
- 高口 博志：ACS on Campus (2018年12月, 広島大学)
- 高口 博志：科学技術振興機構 日本・アジア青少年サイエンス交流事業さくらサイエンスプランサマースクールプログラム「Introduction to Chemical Reaction Dynamics - Study for Molecular Photodissociation -」(2019年8月, 広島大学)
- 井上 克也：第40回全国高等学校総合文化祭「化合物の電気・磁氣的性質右手の世界と左手の世界は同じか?—キラリティと物性—」(2016年8月, 広島大学)
- 井上 克也：日本物理学会2016年度科学セミナー「Solid State Chemistry -Chiral Magnetism」(2016年8月, 東京大学)
- 井上 克也：ブダペスト工科経済大学 Institute seminar, “CHIRAL EFFECTS ON PHYSICAL PROPERTIES”,

2017年9月11日, ブダペスト工科経済大学

- 井上 克也: H29年度日野研究会, “キラルな話題”, 2017年12月1日, 愛媛大学  
井上 克也: JSPS 研究拠点形成事業「キラル物性研究の将来構想会議」, “実験系からの将来ビジョン  
について”, 2017年10月2日, キャンパス・イノベーションセンター (CIC)  
井上 克也: ザラゴザ大学 セミナー, Zaragoza, Spain, 2018年11月8日, “Chiral Sciences”  
井上 克也: バルセロナ大学 セミナー, Barcelona, Spain, 2018年11月7日, “Chirality in Nature”  
井上 克也: パリ南大学(オルセー)&エコールノルマルスペリオール ドゥ カシヤン合同セミナー, Orsay,  
Paris, France, 2018年11月6日, “Chiral Science”  
井上 克也: ソルボンヌ大学 セミナー, Paris, France, 2018年11月2日, “Chirality in Nature”  
西原 禎文: JSTさくらサイエンスプラン (日本・アジア青少年サイエンス交流事業) 先端化学コース  
(Summer School Program for Advanced Chemistry)「化合物の電気・磁氣的性質」(2016年8月,  
広島大学)  
西原 禎文: “Exploring a Single Molecule Electret (SME)” Riken Seminar, 2018年12月25日.

### ・高大連携事業 (過去5年以内)

- 水田 勉: 自然科学実験セミナー鳥取県立鳥取東高等学校 (2011-2018年9月, 広島大学)  
水田 勉: 広島大学付属高校 先端研究実習 (基礎化学実験) (2018年7月, 広島大学)  
水田 勉: 広島大学付属高校 平成30年度SSH事業 学校設定科目「AS科学探究I」(2018年度, 広島大  
学)  
水田 勉: 広島県立広島観音高校 出張講義  
水田 勉: 安田女子高等学校 出張講義  
水田 勉: グローバル・サイエンス・キャンパス 課題中間発表審査会審査員 (2015年9月), 分野別セ  
ミナー講師 (2016年1月・3月), 課題中間発表審査会審査員 (2016年3月) (広島大学)  
水田 勉: 広島県立広島国泰寺高等学校 SSHサイエンス講座 (2015年10月, 広島市)  
水田 勉: 広島大学付属高校「フロンティアサイエンス講義」(2016年7月, 広島)  
水田 勉: 広島大学付属高校 先端研究実習 (基礎化学実験) (2016年7月, 広島大学)  
水田 勉: 第40回全国高等学校総合文化祭(ひろしま総文2016) 自然科学部門審査員(2016年7月, 広島  
大学)  
水田 勉: 広島大学付属高校 先端研究実習 (基礎化学実験) (2017年7月, 広島大学)  
水田 勉: 広島県科学セミナー 化学分野 助言・審査員(2018年1月, 広島市立大学)  
久保 和幸: 自然科学実験セミナー鳥取県立鳥取東高等学校 (2011~2019年9月, 広島大学)  
石坂 昌司: 第50回広島県私学教育研修会 依頼講演, 2019年8月21日, 広島桜が丘高等学校 (広島市)  
石坂 昌司: 模擬授業 (2014年7月, 広島市立安佐北高等学校)  
山崎 勝義: 大学模擬講義「サイエンス=科学=理学の楽しみ方」(2014年7月, 広島県立福山誠之館高  
等学校)  
山崎 勝義: 先端融合科学サマースクール「Department of Chemistry」(2015年8月, 広島大学)  
山崎 勝義: 科学技術振興機構 日本・アジア青少年サイエンス交流事業さくらサイエンスプランサマ  
ースクールプログラム「Chemical Reaction and Energy Transfer of Vibrationally Excited  
Molecules」(2015年8月, 広島大学)  
山崎 勝義: 機関リポジトリ新任担当者研修「研究者から見た機関リポジトリ」(2015年9月, 広島修道  
大学)  
山崎 勝義: 広島県科学オリンピック開催事業 第4回広島県科学セミナー (2016年1月, 広島市立大学)  
山崎 勝義: グローバルサイエンスキャンパス事業 第5回セミナー (2016年3月, 広島大学)  
山崎 勝義: グローバルサイエンスキャンパス事業 第3回セミナー (2016年10月, 広島大学)  
山崎 勝義: グローバルサイエンスキャンパス事業 第5回セミナー (2016年12月, 広島大学)  
山崎 勝義: グローバルサイエンスキャンパス事業 異分野融合シンポジウム (2017年1月, メルパルク  
広島)  
山崎 勝義: 高校・大学化学教育フォーラム広島「根深い誤りの伝統を断つには」(2019年8月, 広島大  
学東千田キャンパス)  
山崎 勝義: 次世代化学教育研究会「根深い誤りの伝統を断つには—高等学校教科書修正の必要性—」  
(2020年1月, 岡山県立岡山一宮高等学校)  
高口 博志: 広島県立井口高校校外研修「わかる!はかる!わかる!」(2015年7月, 広島大学)  
高口 博志: グローバルサイエンスキャンパス事業 第4回セミナー (2016年3月, 広島大学)  
高口 博志: 広島県立井口高校校外研修「わかる!はかる!わかる!」(2016年7月, 広島大学)  
高口 博志: 広島県立井口高校校外研修「わかる!はかる!わかる!」(2017年7月, 広島大学)



- 高口 博志：広島県立井口高校校外研修「わかる！はかる！わかる！」（2018年7月，広島大学）
- 山本 陽介：2014年7月，広島大学附属高等学校 SSH 事業（理学研究科）
- 山本 陽介：2014年7月，広島県科学オリンピック開催事業，第2回広島県科学セミナー講師
- 山本 陽介：2014年11月，広島県科学オリンピック開催事業，第3回広島県科学セミナー指導助言者
- 山本 陽介：2015年1月，広島県科学オリンピック開催事業，第4回広島県科学セミナー審査
- 山本 陽介：2015年7月，広島大学附属高等学校 SSH 事業（理学研究科）
- 山本 陽介：全国高校総合文化祭広島大会自然科学部門審査委員長（2016年7月30日～8月1日，広島大学東広島キャンパス）
- 中本 真晃：広島大学オープンキャンパス，研究室公開「小さな結晶から分子の形がわかる！？」（2018年8月，広島大学）
- 中本 真晃：広島大学オープンキャンパス，研究室公開「小さな結晶から分子の形がわかる！？」（2019年8月，広島大学）
- Shang Rong：広島大学オープンキャンパス，研究室公開「小さな結晶から分子の形がわかる！？」（2017年8月，広島大学）
- Shang Rong：広島大学オープンキャンパス，研究室公開「小さな結晶から分子の形がわかる！？」（2018年8月，広島大学）
- Shang Rong：広島大学オープンキャンパス，研究室公開「小さな結晶から分子の形がわかる！？」（2019年8月，広島大学）
- 赤瀬 大：日本化学会中国四国支部 夢・化学21 化学への招待（2014年8月7日～8日，広島大学）
- 赤瀬 大：日本化学会中国四国支部 夢・化学21 化学への招待（2015年8月18日～19日，広島大学）
- 赤瀬 大：日本化学会中国四国支部 夢・化学21 化学への招待（2016年8月19日～20日，広島大学）
- 赤瀬 大：日本化学会中国四国支部 夢・化学21 化学への招待（2017年8月17日～18日，広島大学）
- 相田 美砂子：日本化学会中国四国支部 おもしろワクワク化学の世界 2016 広島化学展（2016年7月16日～18日，広島市こども文化科学館）
- 井上 克也：平成28年度 第3回広島県科学セミナー 広島県教育委員会，広島市立大学主催 2017年1月28日（土）広島市立大学 審査員
- 井上 克也：第40回全国高等学校総合文化祭 2016年7月30（土）～8月1日（月）“化合物の電気・磁気的性質右手の世界と左手の世界は同じか？ーキラリティと物性ー”
- 西原 禎文：2019年9月6日，武田高等学校（1学年と2学年の普通科計300名，東広島市）
- 福原 幸一：第40回全国高等学校総合文化祭（2016ひろしま総文）サイエンスカフェ講師（2016年8月，広島大学）
- 岡田 和正：日本化学会中国四国支部 夢・化学21 化学への招待（2018年8月21日～22日，広島大学）
- 岡田 和正：日本化学会中国四国支部 夢・化学21 化学への招待（2019年8月20日～21日，広島大学）
- 赤瀬 大：日本化学会中国四国支部 夢・化学21 化学への招待（2018年8月21日～22日，広島大学）
- 赤瀬 大：日本化学会中国四国支部 夢・化学21 化学への招待（2019年8月20日～21日，広島大学）

#### ・論文誌編集委員（過去5年以内）

- 石坂 昌司：Analytical Sciences (Special Issue: Young Generation in Analytical Sciences) 29(1), 2013, ゲストエディター（2013～2014）
- 石坂 昌司：日本分析化学会，「分析化学」誌編集委員（2013～2014）
- 灰野 岳晴：ARKIVOC EDITORIAL BOARD OF REFEREES（2003～）
- 灰野 岳晴：A guest editor of a special issue of “Supramolecular Polymer” of the journal, “Polymer”. (2016)
- 灰野 岳晴：Associate editor of “Frontiers in Chemistry” journal in Supramolecular Chemistry. (2018-)
- 山崎 勝義：Chemical Physics Letters, Advisory Editorial Board (2016-)
- 山本 陽介：Journal of Physical Organic Chemistry, Editorial Board（2005～）
- 安倍 学：ARKIVOC EDITORIAL BOARD OF REFEREES（2005～）
- 安倍 学：Australian Journal of Chemistry（2010～）
- 安倍 学：Editorial Board Member in Advances in Physical Organic Chemistry（2016～）

#### ・学会・討論会の組織委員（過去5年以内）

- 井口 佳哉：日本分光学会中国四国支部 支部長（2019年～）
- 井口 佳哉：第35回化学反応討論会実行委員

- 高橋 修：第35回化学反応討論会実行委員  
 村松 悟：日本分光学会中国四国支部 事務局長（2019年～）  
 村松 悟：第35回化学反応討論会実行委員  
 井上 克也：12th Japanese-Russian workshop (MolMag-2018, Astrakhan, Russia, 2018年9月17日～21日, Co-Chair)  
 井上 克也：広島大学キラル国際研究拠点 (CResCent) & 広島大学極限宇宙研究拠点 (Core-U) 合同セミナー「キラル素粒子論セミナーII」【S-1】神田山荘 (広島市), Japan, 2018年4月1日～2日, 組織委員長  
 井上 克也：The 6th International Conference on Superconductivity and Magnetism- ICSM2018, Premier Palace Hotel, Beldibi, Antalya, Turkey, 2018年4月29日～5月4日, 組織委員  
 井上 克也： $\chi$ Mag2018 Symposium, 奈良春日野国際フォーラム麓～I・RA・KA～, Nara, Japan, 2018年7月25日～28日, 組織委員長  
 井上 克也：ICCC2018, Sendai, Japan, 2018年7月30日～8月4日, キラル磁性セッション組織委員長  
 井上 克也：IX RUSSIAN-JAPANESE SCIENTIFIC CONFERENCE, Orenburg, Russia, 2018年10月28日～11月2日, Co-Chair  
 井上 克也：日本学術振興会研究拠点形成事業「第8回キラル物性若手の会 2018年度 冬の学校」【S-5】, 2018年12月12日～14日, Osaka Prefecture University I-site Namba, Osaka/I-site なんば (大阪市), 組織委員長  
 井上 克也：日本学術振興会 研究拠点形成事業トピカルミーティング「キラル物性シンポジウム」【S-7】, 2019年1月27日～29日, Kanda Sansou Resort (Kurhaus), Hiroshima/神田山荘 (広島市), 組織委員長  
 井上 克也：11th Japanese-Russian workshop (2017年11月12日～15日, Awaji Yumebutai International Conference Center, Awaji Island, Japan), Co-Chairperson  
 井上 克也：12th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM2017) (2017年9月24日～29日, Miyagi Zao Royal Hotel, Zao, Miyagi, Japan), Domestic Advisory Committee  
 井上 克也：SPRING-8シンポジウム2017 “SPRING-8の目指す将来” (2017年9月4日～5日, 広島大学 東千田未来創生センター, Hiroshima, Japan), 実行委員会 委員  
 井上 克也：JSPS 研究拠点形成事業 2017【S-5】「キラル磁性の将来構想トピカルミーティング」(2017年12月8日～10日, 休暇村大久野島), 開催  
 井上 克也：JSPS 研究拠点形成事業DMI2017 “IV International Workshop Dzyaloshinskii-Moriya Interaction and Exotic Spin Structures” (2017年5月23日～26日, Peterhof, Russia), Co-Chairman  
 井上 克也：日本学術振興会 研究拠点形成事業「キラル自然哲学会」【S1】, 2019年4月6-8日, 神田山荘 (広島市), Japan, 2019年4月4日～6日, 組織委員長  
 井上 克也：日本学術振興会 研究拠点形成事業 トピカルミーティング「キラリティー、トポロジー、結び目論 第3回研究会」【S4】, 2019年10月31日～11月1日, 広島大学理学部 E002, 組織委員長  
 水田 勉：錯体化学会 錯体化学討論会運営委員 (2006～)  
 水田 勉：日本化学会 CSJ化学フェスタ実行委員会委員 (2012～)  
 石坂 昌司：日本分析化学会第63年会実行委員会委員 (2013～2014)  
 石坂 昌司：ナノ・バイオ・インフォ化学シンポジウム実行委員会委員 (2016～)  
 岡本 泰明：日本分析化学会第63年会実行委員会委員 (2013～2014)  
 灰野 岳晴：第27回基礎有機化学討論会実行委員 (2016)  
 灰野 岳晴：第66回高分子討論会「S1.多彩な元素ブロックの高分子化と組織化による機能創発」特定テーマセッションオーガナイザー (2017)  
 灰野 岳晴：The 12th SPSJ International Polymer Conference 「T-8: Supramolecular Chemistry and Complex Macromolecular Science」セッションオーガナイザー (2018)  
 関谷 亮：第26回有機結晶シンポジウム実行委員 (2015)  
 関谷 亮：第27回基礎有機化学討論会実行委員 (2016)

山崎 勝義：第8回分子科学討論会実行委員会委員（2013～2014）  
 山崎 勝義：第35回化学反応討論会実行委員会委員（2018-）  
 高口 博志：第8回分子科学討論会実行委員会委員（2013～2014）  
 高口 博志：第35回化学反応討論会実行委員会委員長（2018-）  
 安倍 学：基礎有機化学討論会組織委員（2007～）  
 安倍 学：反応性中間体と異常分子の国際会議組織委員（2010～）  
 安倍 学：第50回有機反応若手の会実行委員長（2015）  
 安倍 学：第27回基礎有機化学討論会実行委員長（2016）  
 高木 隆吉：第50回有機反応若手の会実行委員（2015）  
 高木 隆吉：第27回基礎有機化学討論会実行委員（2016）  
 波多野 さや佳：第50回有機反応若手の会実行委員（2015）  
 波多野 さや佳：第27回基礎有機化学討論会実行委員（2016）  
 相田 美砂子：第8回分子科学討論会実行委員（2014）  
 相田 美砂子：The 11th Nano Bio Info Chemistry Symposium 実行委員長（2014）  
 相田 美砂子：The 12th Nano Bio Info Chemistry Symposium 実行委員長（2015）  
 相田 美砂子：The 13th Nano Bio Info Chemistry Symposium and the 8th Japanese-Russian Seminar 実行委員長（2016）  
 相田 美砂子：The 14th Nano Bio Info Chemistry Symposium 実行委員長（2017年12月）  
 相田 美砂子：The 15th Nano Bio Info Chemistry Symposium 実行委員長（2018年12月）  
 相田 美砂子：第35回化学反応討論会 実行委員（2019年6月）  
 岡田 和正：第27回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム実行委員会委員（2013～2014）  
 岡田 和正：第8回分子科学討論会実行委員（2014）  
 岡田 和正：第27回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム実行委員会委員（2013～2014）  
 岡田 和正：第35回化学反応討論会 実行委員（2019年6月）  
 岡田 和正：第34回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム 実行委員（2020年1月～2021年1月）  
 赤瀬 大：第8回分子科学討論会実行委員（2014）  
 赤瀬 大：The 11th Nano Bio Info Chemistry Symposium 実行委員（2014）  
 赤瀬 大：The 12th Nano Bio Info Chemistry Symposium 実行委員（2015）  
 赤瀬 大：The 13th Nano Bio Info Chemistry Symposium and the 8th Japanese-Russian Seminar 実行委員（2016）  
 赤瀬 大：The 14th Nano Bio Info Chemistry Symposium 実行委員（2017年12月）  
 赤瀬 大：The 15th Nano Bio Info Chemistry Symposium 実行委員（2018年12月）  
 赤瀬 大：第35回化学反応討論会 実行委員（2019年6月）  
 赤瀬 大：The 16th Nano Bio Info Chemistry Symposium 実行委員（2019年12月）

#### ・その他の委員（過去5年以内）

福原 幸一：「サイエンスカフェ」代表（2012～）  
 福原 幸一：理学研究科附属理学融合教育研究センターアウトリーチ部門委員（2012～）  
 井上 克也：日本学術振興会科学研究費審査委員  
 井上 克也：高輝度放射光研究施設，利用者懇談会，委員  
 井上 克也：高輝度放射光研究施設，利用者懇談会，キラル/マルチフェロイック磁性研究会会長  
 西原 禎文：日本学術振興会産学協力研究委員会第181委員会 委員（2019～）  
 水田 勉：サタケ基金運営委員会委員（2018年4月～）  
 水田 勉：一般社団法人 尚志会理事（2013年6月～2017年5月）  
 水田 勉：一般社団法人 尚志会理事長（2017年6月～）  
 水田 勉：公益社団法人 広島大学教育研究支援財団評議員（2017年10月～2018年8月）  
 水田 勉：広島大学校友会常任理事（2017年10月～）  
 水田 勉：広島大学同窓会 理事（2017年10月～）  
 灰野 岳晴：広島大学薬品管理システム専門委員会委員（2004～）  
 灰野 岳晴：広島大学薬品管理システム専門委員会委員長（2011～）  
 灰野 岳晴：理学研究科施設活用委員（2012～2014）  
 灰野 岳晴：理学研究科評価委員（2012～2014）  
 灰野 岳晴：理学研究科大学院委員（2012～2014）



関谷 亮：広島大学中央廃液処理施設運営委員（2013～2015）  
 関谷 亮：広島大学教育交流委員（2014～2015）  
 関谷 亮：作業環境 WG（2017年4月～）  
 関谷 亮：理学研究科安全衛生委員（2018年4月～）  
 山崎 勝義：広島大学北京研究センター運営委員（2006～）  
 山崎 勝義：広島大学図書館リポジトリ・アドバイザー（2007～2014）  
 山崎 勝義：広島大学図書館資料選定会議委員（2013～2014）  
 山崎 勝義：広島大学グローバルサイエンスキャンパス（GSC）事業、コーディネーター（2015～2016）  
 山本 陽介：中国四国・化学と工業懇話会常任運営委員（2007～）  
 山本 陽介：広島大学研究設備サポート推進会議委員（2011～）  
 山本 陽介：広島大学研究設備サポート推進会議専門部会委員（2011～）  
 山本 陽介：広島大学技術センター長（2008～）  
 山本 陽介：先端機能物質研究センター運営委員会委員（2005～）  
 山本 陽介：ものづくりプラザ管理運営委員会委員長（2012～2014）  
 山本 陽介：広島大学研究企画会議委員（2013年5月～2020年3月）  
 Shang Rong：ガナファト大学化学科学士課程学生の副指導教員（2019年8月～2020年3月）  
 安倍 学：青少年のための科学の祭典第20回広島大会（2014）  
 安倍 学：青少年のための科学の祭典第21回広島大会（2015）  
 安倍 学：青少年のための科学の祭典第20回広島大会（2016）  
 安倍 学：青少年のための科学の祭典第21回広島大会（2017）  
 安倍 学：青少年のための科学の祭典第25回広島大会（2019年10月26日）  
 相田 美砂子：立命館大学 産学連携コーオプ型高度人材育成プログラム 外部評価委員（2011～2014）  
 岡田 和正：日本原子力研究開発機構 光科学専門部会委員（2008～2018）  
 岡田 和正：広島大学若手研究人材養成センター 研究科連絡WG（2009～2016）  
 岡田 和正：量子科学技術研究開発機構 施設共用課題委員会委員（2016年度～2018年度）

#### ・他研究機関での講義・客員（2019年度）

井口 佳哉：福岡大学大学院理学研究科，非常勤講師，2019年9月5日～2019年9月6日  
 井口 佳哉：九州大学大学院理学研究科，非常勤講師，2019年12月16日～2019年12月17日  
 西原 禎文：理研セミナー（2018年12月25日）  
 西原 禎文：岡山大学工学部および同大学院自然科学研究科，集中講義，2019年11月23日～2019年11月23日  
 井上 克也：ザラゴザ大学 セミナー（2018年11月8日，Spain）  
 井上 克也：バルセロナ大学 セミナー（2018年11月7日，Spain）  
 井上 克也：パリ南大学（オルセー）&エコールノルマルスペリオール ドゥ カシャン合同セミナー（2018年11月6日，France）  
 井上 克也：ソルボンヌ大学 セミナー（2018年11月2日，France）  
 石坂 昌司：京都大学大学院工学研究科，非常勤講師（2019年1月11日）  
 灰野 岳晴：集中講義非常勤講師（岡山理科大学，化学特別講義，2018年12月13日～14日）  
 山崎 勝義：埼玉大学大学院集中講義「マクロ化学特論II」（2018年12月，埼玉大学）  
 高口 博志：首都大学東京大学院集中講義「物理化学特別講義I」（2020年1月，首都大学東京）  
 山本 陽介：アラバマ大学客員教授（2013年～）  
 Shang Rong：講演会（2018年4月2日，京都大学福井謙一記念研究センター）  
 Shang Rong：講演会（2018年4月4日，大阪大学大学院基礎工学研究科）  
 Shang Rong：講演会（2018年4月6日，九州大学先導物質化学研究所）  
 Shang Rong：講演会（2018年7月13日，University of Konstanz, Germany）  
 Shang Rong：講演会（2018年7月11日，University of Würzburg, Germany）  
 岡田 和正：東京工業大学理学院，非常勤講師（2018年4月～9月）

#### ・座長を行った学会・討論会の名称（2019年度）

井口 佳哉：第13回分子科学討論会2019名古屋（2019年9月，名古屋）  
 井上 克也：日本学術振興会 研究拠点形成事業「Core-to-Core Final Meeting in Jaca (2019)」【S3】，2019年9月2日～6日，Jaca, Spain，  
 井上 克也：第12回中国四国地区錯体化学研究会・錯体化学若手の会中国四国支部第4回勉強会，May. 25，

- 2019, 岡山理科大学 岡山キャンパス, Japan. (2019年5月25日)
- 井上 克也: Symposium on Molecular Chirality 2019, June. 14-15, 2019, 金沢商工会議所, Japan. (2019年6月15日)
- 井上 克也: 第13回分子科学討論会 (2019年9月17日~20日), 名古屋大学 東山キャンパス, Japan. (2019年9月19日)
- 井上 克也: 熊大研究会 2019, Jun. 10, 2019, 熊本大学, Japan. (2019年6月10日)
- 井上 克也: 2019年日本化学会中国四国支部大会 徳島大会 (2019.11.16-17), 徳島大学常三島キャンパス, Japan, (2019年11月16日)
- 石坂 昌司: 第79回分析化学討論会 (2019年5月18日, 北九州国際会議場&AIM)
- 石坂 昌司: 日本分析化学会第68年会 (2019年9月11日, 千葉大学西千葉キャンパス)
- 灰野 岳晴: 第68回高分子討論会 (2019年9月, 福井)
- 灰野 岳晴: 15th IUPAC International Conference on Novel Materials and their Synthesis (NMS-XV) (2019年9月, 瀋陽, 中国)
- 灰野 岳晴: 第17回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム (2019年5月, 石川)
- 関谷 亮: 第30回基礎有機化学討論会 (2019年9月, 大阪)
- 平尾 岳大: 日本化学会第100春季年会 (2020年3月, 千葉)
- 平尾 岳大: 第68回高分子学会年次大会 (2019年5月, 大阪)
- 高口 博志: 第13回分子科学討論会, 名古屋, 2019年9月
- 高口 博志: 35th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics, 東広島, 2019年6月
- Shang Rong: 第35回 有機合成化学協会中国四国支部 若手化学者のための化学道場 (松江市), 2019年9月3日~4日
- 赤瀬 大: The 35th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (2019年6月, Higashi-Hiroshima)
- 井口 佳哉: 第12回分子科学討論会2018福岡 (2018年9月,福岡)

#### ・セミナー・講演会開催実績 (2019年度)

- 井口 佳哉: 日本分光学会広島地区講演会開催 (2019年4月15日)
- 井口 佳哉: 日本分光学会広島地区講演会開催 (2019年5月27日)
- 井口 佳哉: 日本分光学会中国四国支部講演会開催 (2020年1月11日)
- 福原 幸一: 第33回広島大学サイエンスカフェ「アポロ着陸から50年、「月についてわかったこと、わからないこと」, 広島大学マーメイドカフェ, 参加者約60名, (2019年9月28日)
- 井上 克也: 日本学術振興会 研究拠点形成事業「キラル自然哲学会」【S1】, 2019年4月6日-8日, 神田山荘 (広島市), Japan, 2019年4月4日-6日, 組織委員長
- 井上 克也: 日本学術振興会 研究拠点形成事業 トピカルミーティング「キラリティー、トポロジー、結び目論 第3回研究会」【S4】, 2019年10月31日-11月1日, 広島大学理学部 E002, 組織委員長
- 井上 克也: 日本学術振興会 研究拠点形成事業「キラル自然哲学会」【S1】, 2019年4月6日-8日, 神田山荘 (広島市), Japan, 2019年4月4日-6日, 組織委員長
- 井上 克也: 日本学術振興会 研究拠点形成事業 トピカルミーティング「キラリティー、トポロジー、結び目論 第3回研究会」【S4】, 2019年10月31日-11月1日, 広島大学理学部 E002, 組織委員長
- 井上 克也: CResCent(キラル国際研究拠点)「キラル物性セミナー」 Prof. Malcolm Halcrow's Seminar, 2019年5月28日, 広島大学 理学研究科 B501, 招聘
- 井上 克也: 日本学術振興会 研究拠点形成事業 ブレインストーミング「分子性キラル磁性体のこれまでと今後の展望について: GNの総括」, 2019年6月24日, 東京大学駒場Iキャンパス
- 井上 克也: CResCent(キラル国際研究拠点) 第10回「キラル物性セミナー」Prof. Prasanna S. Ghalsasi, Dr. Goulven Cosquer, Dr. Masaru Fujibayashi 合同セミナー, 2019年7月11日, 広島大学 理学研究科 B501
- 井上 克也: CResCent(キラル国際研究拠点) 第11回「キラル物性セミナー」Prof. Srinivasan Natarajan's Seminar, 2019年7月19日, 広島大学 理学研究科 B501
- 井上 克也: CResCent(キラル国際研究拠点) 第12回「キラル物性セミナー」Prof. Takeharu Haino's Seminar, 2019年8月27日, 広島大学 理学研究科 B501
- 井上 克也: 日本学術振興会 研究拠点形成事業 トピカルミーティング「Workshop of multifunctional molecule-based material」【S5】 – Satellite meeting of The 13th Japanese-Russian workshop, 2019年11月14日-15日, 広島大学理学部 E002
- 井上 克也: CResCent(キラル国際研究拠点) 第13回「キラル物性セミナー」Prof. Javier Campo's Seminar,

2020年2月7日, 広島大学 理学研究科 B501

- 石坂 昌司: 第25回中国四国支部分析化学若手セミナー, 2019年6月22日(土), 23日(日), 休暇村 帝釈峡(広島県庄原市東城町三坂962-1), 実行委員長
- 高口 博志: 科学技術振興機構 日本・アジア青少年サイエンス交流事業さくらサイエンスプランサマースクールプログラム「Introduction to Chemical Reaction Dynamics - Study for Molecular Photodissociation -」(2019年8月, 広島大学)
- 山本 陽介: 山下誠教授講演会: 高反応性13族元素化合物の化学
- 山本 陽介: Anthony J. Arduengo, III教授講演会: The Long, but Misunderstood History of the Lightest Group 14 Element in Oxidation State II – Carbenes through History
- 安倍 学: Henrik Ottosson 教授 講演会: Is Time Ready to Put Baird's Rule on Excited State Aromaticity and Antiaromaticity into Action?
- 安倍 学: Maurizio Fagnoni 教授 講演会: Decatungstate salts for selective photocatalyzed C(sp<sup>3</sup>)-H / C(sp<sup>2</sup>)-H functionalization
- 安倍 学: Stanislav Presolski 教授 講演会: Functional A3B Porphyrins: Synthesis, Supramolecular Chemistry and Photocatalytic Activity in Complex Biological Media
- 相田 美砂子: 日本学術会議シンポジウム「研究評価の客観化と多様化をめざして分野別研究評価の現状と課題」依頼講演「総合大学における教員の研究業績の可視化の試み」(2019年05月24日, 東京都港区)
- 相田 美砂子: 全国ダイバーシティネットワーク2019年度中国・四国ブロックワークショップ「女性活躍促進の進展度合いを見るために」(2019年11月18日, 島根県松江市)
- 相田 美砂子: 第16回東北大学男女共同参画シンポジウム「共感の技術」澤柳記念賞受賞講演「女性研究者の活躍促進と、大学のシステム改革の推進」(2019年12月21日, 宮城県仙台市)
- 相田 美砂子: 日本学術会議化学委員会各分科会合同会議 招待講演「地方にある大学の活性化を」(2019年12月26日, 東京都港区)

#### ・産学官連携実績(2019年度)

- 村松 悟: 共同研究「難揮発性試料測定用光電子—光イオンコインシデンス装置の開発」(共同研究先: 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構)
- 井上 克也: コニカミノルタ, 共同研究相談
- 灰野 岳晴: 積水化学工業株式会社とグラフェンに関する共同研究を実施
- 山本 陽介: コニカミノルタとの共同研究を開始した。(2016~)
- 相田 美砂子, 赤瀬 大: 共同研究「カーボン繊維と樹脂パウダーの付着メカニズム」(株) サン・テクトロ
- 相田 美砂子, 赤瀬 大: 共同研究「酸化ガリウムp型化に関する, フィージビリティ検討」矢崎総業株式会社

#### ・国際共同研究・国際会議開催実績(2019年度)

- 井上 克也: 日本学術振興会 研究拠点形成事業 Pre-DMI mini-workshop on “Dzyaloshinskii-Moriya interaction and chiral spin systems”, 2019年7月5日-8日, St Petersburg, Russia, 組織委員
- 井上 克也: 日本学術振興会 研究拠点形成事業 DMI2019 “V International Workshop Dzyaloshinskii-Moriya Interaction and Exotic Spin Structures” 2019 【S2】, 2019年7月8日-12日, HOTEL KARELIA & Spa, Petrozavodsk, Russia ※Co-Chairmanとして
- 井上 克也: 日本学術振興会 研究拠点形成事業「Core-to-Core Final Meeting in Jaca (2019)」【S3】, 2019年9月2日-6日, Jaca, Spain, 組織委員長
- 井上 克也: スペイン Zaragoza大学 (分子性キラル磁性体の中性子線回折, 無機キラル磁性体のスピン相図, 無機キラル磁性体の中性子線回折に関する国際共同研究)
- 井上 克也: 英国 Glasgow大学 (無機キラル磁性体のローレンツTEM, キラル磁性体のスピン位相ダイナミクス, キラル磁性体のプラズモニクス, キラル磁性体のスピン位相とボルテックスビームの相互作用, キラル磁性体の物性理論に関する国際共同研究)
- 井上 克也: ロシア ウラル連邦大学 (無機キラル磁性体の合成, キラル磁性体のスピンドダイナミクスと相図, 分子性キラル磁性体のスピンドダイナミクス, キラル磁性体の物性理論に関する国際共同研究)
- 井上 克也: フランス ネール研究所 (無機キラル磁性体の結晶成長に関する国際共同研究)
- 井上 克也: フランス リヨン第一大学 (分子性キラル磁性体の合成, 分子性キラル磁性体のスピンドダイナミクス, 分子性キラル磁性体の新規物性に関する国際共同研究)
- 井上 克也: フランス ラウエーランジェバン 研究所 (ILL) (分子性キラル磁性体の中性子線回

- 折, 無機キラル磁性体の中性子線回折に関する国際共同研究)
- 井上 克也: スペイン Zaragoza大学 (無機キラル磁性体のスピン相図, 無機キラル磁性体の中性子線回折, キラル磁性体とキラル液晶の類似性探索に関する国際共同研究)
- 井上 克也: ドイツ IFWライプツィヒ研究所 (無機キラル磁性体のスキルミオンに関する国際共同研究)
- 井上 克也: オランダ グローニンゲン大学 (無機キラル磁性体のスキルミオンと磁気異方性に関する国際共同研究)
- 井上 克也: オーストラリア 豪州原子力研究機構ANSTO (OPAL) (無機キラル磁性体の中性子線回折に関する国際共同研究)
- 井上 克也: オーストラリア モナッシュ大学 (キラル磁性体の電子線ホログラフィー, キラル磁性体とメタマテリアルに関する国際共同研究)
- 井上 克也: フランス レンヌ第一大学 (分子性キラル磁性体の光学物性に関する国際共同研究)
- 井上 克也: カナダ ダルハウジー大学 (金属薄膜のキラル物性に関する国際共同研究)
- 井上 克也: カナダ マニトバ大学 (キラル磁性体の磁気構造と表面異方性に関する国際共同研究)
- 井上 克也: ロシア ピーターズバーグ原子核物理研究所 (無機キラル磁性体の中性子線回折とキラル効果に関する国際共同研究)
- 井上 克也: ロシア 金属物性研究所 (無機キラル磁性体の合成研究に関する国際共同研究)
- 西原 禎文: 中国 東南大学, (新規分子誘電体開発に関する国際共同研究)
- 西原 禎文: 中国 南京科学技術大学, (新規分子誘電体開発に関する国際共同研究)
- 西原 禎文: 英国 グラスゴー大学, (ポリオキシメタレートの機能開拓に関する国際共同研究)
- 西原 禎文: 中国 エディンバラ大学, (ポリオキシメタレートの機能開拓に関する国際共同研究)
- Andrey Leonov: ドイツ, Neel skyrmions in lacunar spinels, (Experimental Physics V, Center for Electronic Correlations and Magnetism, University of Augsburg, 86159, Augsburg)
- Andrey Leonov: スイス, Department of Physics, University of Basel, 4056, Basel, Switzerland (Dynamic cantilever magnetometry)
- Andrey Leonov: オランダ, Faculty of Applied Sciences, Delft University of Technology, Mekelweg 15, 2629 JB Delft, (SANS measurements on cubic helimagnets, oblique spiral and skyrmion states)
- Andrey Leonov: オランダ, Zernike Institute for Advanced Materials, University of Groningen, 9700 AB Groningen (theoretical models for chiral magnets)
- Andrey Leonov: アメリカ, Soft Materials Research Center and Materials Science and Engineering Program, University of Colorado, Boulder, Colorado 80309, torons, spherulites and other topological particle-like states in chiral liquid crystals)
- Andrey Leonov: ロシア, ITMO University, 197101 Saint Petersburg, (numerical studies on topological barriers between different modulated states)
- Andrey Leonov: ドイツ, IFW Dresden, Postfach 270016, D-01171 Dresden, (computational facilities, cluster simulations)
- 高口 博志: International Symposium on “Diversity of Chemical Reaction Dynamics”, Organizing Committee Member
- 高口 博志: Symposium on Advanced Molecular Spectroscopy, Organizing Committee Member
- 高口 博志: International Symposium on Free Radical 2017, Local Organizing Committee Member
- 高口 博志: 国際共同研究「レーザー分光法を基盤とする極低温化学の新規反応実験法の開拓」(共同研究先: ドイツ・ケルン大学) 2019年
- 山本 陽介: メキシコ国立自治大学, 遷移金属触媒に関する国際共同研究
- 山本 陽介: カナダ・カルガリー大学, 遷移金属触媒に関する国際共同研究
- 山本 陽介: アメリカ・テキサスA&M大学, 三重項カルベン合成に関する国際共同研究
- Shang Rong: メキシコ・ガナファト大学, 遷移金属触媒に関する国際共同研究
- 安倍 学: 米国シンシナティ大学, Professor Anna Gudmunterdotirr, ニトレンに関する研究
- 安倍 学: 米国コルビー大学, Professor Das Thernatorr, カルベンに関する研究
- 安倍 学: 仏国ランス大学, Professor Norbert Hoffmann, イミンの光化学に関する研究
- 安倍 学: 仏国レンヌ大学, Professor Claudine Katan, 2光子吸収骨格の分子デザインに関する研究
- 安倍 学: 台湾中央大学, Professor Gavin Tsai, 励起状態分子の化学反応に関する研究
- 安倍 学: 台湾中央大学, Professor Tzu-Chau Lin, 2光子吸収断面積の測定
- 安倍 学: 中国蘇州大学, Professor Xiaoqing Zeng, ニトレンの電子共鳴分光
- 波多野 さや佳: 米国コルビー大学, Professor Das Thernatorr, カルベンに関する研究



## 2 化 学 科

### 2-1 学科の理念と目標

化学科の理念・目標は、自然科学の基盤である化学における教育研究を深化、推進するとともに、化学の基礎を体系的に身につけ、幅広く深い教養に根ざした総合的判断力を持った社会で活躍できる人材を育成することである。

### 2-2 学科の組織

#### 【1】化学科の教員

化学科は化学専攻および数理分子生命科学プログラムの化学系の教員が併任している。化学科授業科目担当の教員（令和2年3月1日現在）および令和元年度の非常勤講師を次にあげる。

職	氏 名	所 属	
教 授	相 田 美砂子	化学専攻分子反応化学講座	
	安 倍 学	化学専攻分子反応化学講座	
	石 坂 昌 司	化学専攻分子構造化学講座	
	泉 俊 輔	数理分子生命科学プログラム	
	井 上 克 也	化学専攻分子構造化学講座	
	井 口 佳 哉	化学専攻分子構造化学講座	
	OLEKSIY BOGDANOV	化学専攻分子構造化学講座	
	川 野 正 規 (非常勤)	東京工業大学理学院化学系	
	齋 藤 健 一	自然科学研究支援開発センター	
	楯 真 一	数理分子生命科学プログラム	
准教授	中 島 覚 聡	自然科学研究支援開発センター	
	中 田 聡	数理分子生命科学プログラム	
	灰 野 岳 晴	化学専攻分子構造化学講座	
	松 木 均 (非常勤)	徳島大学大学院社会産業理工学研究所	
	水 田 勉	化学専攻分子構造化学講座	
	山 崎 勝 義	化学専攻分子反応化学講座	
	山 本 陽 介	化学専攻分子反応化学講座	
	岡 田 和 正	化学専攻分子反応化学講座	
	片 柳 克 夫	数理分子生命科学プログラム	
	久 米 晶 子	化学専攻分子構造化学講座	
講 師	高 口 博 志	化学専攻分子反応化学講座	
	関 谷 亮	化学専攻分子構造化学講座	
	高 橋 修	化学専攻分子構造化学講座	
	中 本 真 晃	化学専攻分子反応化学講座	
	西 原 禎 文	化学専攻分子構造化学講座	
	藤 原 好 恒	数理分子生命科学プログラム	
	波多野 さや佳	化学専攻分子反応化学講座	
	助 教	赤 瀬 大	グローバルキャリアデザインセンター
		芦 田 嘉 之	数理分子生命科学プログラム
		ANDREY LEONOV	化学専攻分子構造化学講座
大 前 英 司		数理分子生命科学プログラム	
岡 本 泰 明		化学専攻分子構造化学講座	
加治屋 大 介		化学専攻分子構造化学講座	
久 保 和 幸		化学専攻分子構造化学講座	
COSQUER GOULVEN		化学専攻分子構造化学講座	
SHANG RONG		化学専攻分子反応化学講座	
高 木 隆 吉		化学専攻分子反応化学講座	
仲 一 成	化学専攻分子反応化学講座		
平 尾 岳 大	化学専攻分子構造化学講座		
福 原 幸 一	化学専攻分子構造化学講座		
藤 原 昌 夫	数理分子生命科学プログラム		
村 松 悟	化学専攻分子構造化学講座		
安 田 恭 大	数理分子生命科学プログラム		

## 【2】化学科の運営

化学科の運営は、化学科長を中心に行われている。副化学科長および化学科長補佐がそれを補佐し、副化学科長は次期学科長予定者とする。

令和元年度 化学科長 井上 克也  
副化学科長 石坂 昌司  
化学科長補佐 関谷 亮

また、化学科の円滑な運営のために各種委員会等が活動している。令和元年度の各種委員会の委員一覧を次にあげる。

図書委員	灰野			
化学実験委員	○ 西原	福原 村松	久保 岡本	大前 平尾
教務問題検討委員	○ 井上	山崎	高口	西原
野外研修企画委員 および 担当研究グループ	○ 波多野 反有	井上 量子	構物	分物
当番研究グループ	量子化学グループ			
安全衛生委員	○ 井口			
危険薬品庫管理者	有典			
シリンダーキャビネット室管理者	錯体			
就職担当	石坂 山崎	H30年10月～R1年9月末 R1年10月～R2年9月末		

○は委員長



## 2-3 学科の学士課程教育

### 2-3-1 アドミッション・ポリシーとその目標

化学科では次のような入学者受け入れ方針を掲げている。

- 1) 真理を探究することの好きな人。
- 2) 好奇心の旺盛な人。
- 3) 化学の好きな人。
- 4) 新しいことに挑戦したいと思っている人。

### 2-3-2 学士課程教育の理念と達成のための具体策

化学は、物質科学の中心を占める基幹学問として、また、生命科学の複雑で精緻な世界を、分子及びその集合体レベルで解明するための基盤として、自然科学の中でますますその重要性を増しています。化学科ではこのような時代に対応するため、化学の基盤を体系的に身につけさせた上で、応用を含めた幅広く深い知識と問題解決能力を習得させることを教育目標とします。特に、基礎実験技術の習得を含めた体系化した教育を行います。また、環境問題や情報化時代に対応した化学教育の充実を図り、生命科学分野の基礎教育を充実させ、多様な科学の発展に適応できる広い視野をもった人材を育成することも目標とします。

一方、学生の学習意欲や能力の多様化の問題を、個性の発現の好機ととらえ、各学生の指向や個性を考慮した教育指導を行い、学生の顔の見える教育というスローガンを掲げます。

具体的には、以下の目標を設定します。

- (1) 学生と教員の交流を促進し、各学生の生活指導を含めた一貫教育を行う。
- (2) 主要な化学分野の基礎の体系化を図る。
- (3) 学生実験を重視し、幅広い分野で、最新の科学技術の発展に対応できる実験技術を習得させる。
- (4) 情報化・国際化に対応した教育を行う。

### 2-3-3 学士課程教育の成果とその検証

#### ・令和元年度化学科在籍学生数

令和元年5月1日現在

入学年度	在籍学生数
令和元年度	64(17)
平成30年度	63(16)
平成29年度	63(17)
平成28年度	63(22)
平成27年度	12(1)
平成26年度	5(1)
平成25年度	2
合 計	272(74)

( ) 内は女子で内数

#### ・チューター

入学年度	チューター
令和元年度	井上, 関谷, 村松
平成30年度	灰野, 高橋, 福原
平成29年度	中田, 西原, 芦田
平成28年度	山崎, 久米,
平成27年度	水田, 片柳, 久保
平成26年度	灰野, 石坂, 大前
平成25年度	岡田, 岡本

・令和元年度化学科開講授業科目

科目区分	開設期	開講科目名	担当教員名	授業のキーワード
専門	1年3	基礎物理化学A	藤原(好)	化学熱力学, 状態方程式, 熱力学第一-第三法則, 自由エネルギー
専門	1年3	基礎有機化学	中本	有機電子論, 反応機構, 付加反応, 求核置換反応, 脱離反応, アルケン, アルキン
基盤	1後	基礎線形代数学 [1経夜]	仲	
領域	1前期	統計学への招待	仲	
教養	1年1	教養ゼミ	波多野, 山崎, 村松, 片柳, 高木, 相田, 西原	化学的情報の収集・整理・提供
情報科目	1年1	情報活用演習 [1理化]	村松	コンピュータ, インターネット, 電子メール, 文書作成ソフト, プレゼンテーションソフト, 表計算ソフト
専門	1年1	基礎化学A	井口	量子化学, 原子・分子の構造, 化学結合
専門	1年2	基礎化学B	山本	有機化学・命名法・官能基・立体化学・有機反応
専門	1年4	基礎物理化学B	高橋	量子力学, 波動・粒子二重性, シュレーディンガー方程式, 波動関数
専門	1年4	基礎無機化学	井上	原子の基本的性質, 電気陰性度と電子親和力, 原子とイオンのサイズ, 化学結合
専門	2後期	無機化学演習	久米, 井上, 石坂, 岡本, 久保, 西原	無機化学・錯体化学・分析化学の演習
専門	2年1	物理化学IA	山崎	相平衡, 化学ポテンシャル, 混合溶液, 束一的性質, 化学平衡
専門	2年1	有機化学I	波多野	
専門	2年1	無機化学I	西原	量子化学・原子・分子・結合・分子軌道法・バンド理論
専門	2年2	物理化学IB	岡田	調和振動子, 剛体回転子, オービタル, 動径分布関数, スピン, パウリの原理
専門	2年2	有機化学II	灰野	カルボニル化合物・電子の流れ図・求核攻撃・求電子反応・共役付加・カルボニル縮合反応
専門	2年2	無機化学II	石坂	データ処理, 化学量論, 化学平衡, 活量, 酸塩基, 酸化還元, 錯形成, 沈殿生成
専門	2年3	物理化学IIA	山崎	ボルツマン分布, 分配関数, 反応速度, 素反応
専門	2年3	有機分析化学	関谷	構造解析, 機器分析, 核磁気共鳴法, NMR, 赤外分光, IR
専門	2年3	生物構造化学	片柳	蛋白質, 核酸, 分光法, 回折法, X線構造解析, 立体構造
専門	2年3	有機化学III	安倍	・芳香族求電子置換反応・芳香族求核置換反応・多核芳香族化合物・複素環式化合物・ペリ環状反応
専門	2年4	物理化学IIB	高口	電子構造, 分子軌道法, 量子化学, 群論
専門	2年4	有機典型元素化学	山本, 中本	
専門	2年4	無機化学III	久米	錯体化学
専門	2年4	生体物質化学	泉	糖質・立体化学・脂質・生理活性物質・生体膜・アミノ酸・等電点・蛋白質・構造階層性・蛋白質の精製・蛋白質の一次配列決定法
教養	3後期	化学英語演習	SHANG, 平尾, 大前	化学英語, 英会話, 英作文, 英文和訳
専門	3後期	有機化学演習	高木, 平尾, 波多野, 芦田	有機化学・演習・有機反応・有機構造・有機反応機構

専門	3後期	化学実験II	西原	基礎化学実験，無機・分析化学，物理化学，有機・生物化学
教養	3前期	化学英語演習	藤原(昌)，岡本，高木	化学英語，英会話，英作文，英文和訳
専門	3前期	化学インターンシップ	井上 克也	派遣研修，職業倫理
専門	3前期	物理化学演習	藤原(昌)福原，大前，加治屋，赤瀬	熱力学，相平衡，化学平衡，量子化学，回転振動分光法，統計熱力学，実務経験
専門	3前期	化学実験I	西原	基礎化学実験，無機・分析化学，物理化学，有機・生物化学
教職	3年1	化学実験A	西原	基礎化学実験，実験技能・操作，指導案作成，課題研究指導，中学校教諭(理科)一種免許状
専門	3年1	反応有機化学	安倍	転位反応，軌道相互作用，Woodward-Hoffmann則，光反応
専門	3年1	反応動力学	高口	気体分子運動論，液体中の分子運動，衝突頻度，衝突速度理論，遷移状態理論
専門	3年1	無機固体化学	井上	固体物性，誘電・電気伝導・磁性体，相転移
専門	3年1	構造有機化学	灰野	立体化学・キラリティ・立体配座・超分子化学
専門	3年2	光機能化学	齋藤	物理化学，無機化学，材料化学，光，物性，機能
専門	3年2	システムバイオロジー	泉	
専門	3年2	分子構造化学	井口	量子化学，振動状態，回転状態，電子状態，分子分光
専門	3年2	量子化学	相田	電子状態理論，分子軌道法，計算化学，実務経験
専門	3年2	機器分析化学	石坂	吸収・蛍光スペクトル，レーザー分光分析，電気化学分析，クロマトグラフィー，界面・微粒子
専門	3年3	バイオインフォマティクス	大前，芦田	分子生物学，構造生物学，生命情報学
専門	3年3	計算化学・同実習	相田，赤瀬	量子化学，計算化学，情報化学，計算機
専門	3年3	有機金属化学	水田	典型元素および遷移金属の有機金属化学，18電子則，酸化付加，還元的脱離，挿入反応，金属錯体触媒
専門	3年3	放射化学	中島	放射線，放射性同位元素，化学状態，放射線計測，原子核反応
専門	3年3	生物化学	泉	セントラルドグマ，転写，翻訳，DNAの複製
専門	3年4	先端化学	井上	先端化学，卒業研究ガイダンス
専門	3年4	生体高分子化学	楯	蛋白質立体構造，蛋白質機能制御機構，蛋白質の分子認識機構，蛋白質を対象とした計測技術，実務経験
専門	3年4	分子光化学	中田	光化学反応，電子の励起，電子スピン，光の吸収
専門	4前期	化学演習	山崎，岡田	量子論，分子構造，化学平衡，統計熱力学，反応速度論

集中講義 化学特別講義 河野 正規 (東京工業大学・理学院・化学系/教授)  
(結晶化学特論) 担当：錯体化学グループ

化学特別講義 松木 均 (徳島大学大学院社会産業理工学研究部/教授)  
(生体膜脂質の物理化学) 担当：分子生物物理学グループ

## 担当授業科目一覧

令和元年度担当授業科目						
職	氏名	講義	演習	化学実験	卒業研究	
教授	相田美砂子	量子化学, 計算化学・同実習, 教養ゼミ				◎
	安倍 学	有機化学Ⅲ, 反応有機化学				◎
	石坂 昌司	無機化学Ⅱ, 機器分析化学	無機化学演習			◎
	泉 俊輔	生体物質化学, 生物化学, システムバイオロジー				◎
	井上 克也	基礎無機化学, 無機固体化学	無機化学演習			◎
	井口 佳哉	分子構造化学, 基礎化学A				◎
	齋藤 健一	光機能化学				◎
	楯 真一	生体高分子化学				◎
	中島 覚	放射化学				◎
	中田 聡	分子光化学				◎
	灰野 岳晴	有機化学Ⅱ, 構造有機化学,				◎
	水田 勉	有機金属化学				◎
	山崎 勝義	物理化学ⅠA, 物理化学ⅡA, 教養ゼミ	化学演習			◎
	山本 陽介	基礎化学B, 有機典型元素化学,				◎
准教授	岡田 和正	物理化学ⅠB,	化学演習		○ ◎	
	片柳 克夫	生物構造化学, 教養ゼミ			○ ◎	
	久米 晶子	無機化学Ⅲ, 化学概説B	無機化学演習		○ ◎	
	関谷 亮	有機分析化学			○ ◎	
	高口 博志	反応動力学, 物理化学ⅡB			○ ◎	
	高橋 修	基礎物理化学B			○ ◎	
	西原 禎文	無機化学Ⅰ, 化学実験A, 化学実験Ⅰ・Ⅱ 教養ゼミ	無機化学演習		◎ ◎	
	中本 真晃	基礎有機化学, 有機典型元素化学			○ ◎	
	藤原 好恒	基礎物理化学A			○ ◎	
	講師	波多野 さや佳	有機化学Ⅰ, 教養ゼミ	有機化学演習		○ ◎
助教	芦田 嘉之	バイオインフォマティクス	有機化学演習, 情報活用演習		○	
	大前 英司	バイオインフォマティクス	物理化学演習,		○	
	岡本 泰明		無機化学演習, 化学英語演習		○	
	加治屋 大介		物理化学演習		○	
	久保 和幸		無機化学演習		○	
	COSQUER					
	GOULVEN					
	SHANG RONG		化学英語演習			◎
	高木 隆吉		有機化学演習, 化学英語演習		○	
	仲 一成	基礎線形代数学, 統計学への招待				
	平尾 岳大		化学英語演習, 有機化学演習		○	
	福原 幸一		物理化学演習		○	
	藤原 昌夫		物理化学演習, 化学英語演習		○	
	村松 悟	教養ゼミ			○ ◎	
	安田 恭大					
	LEONOV					
ANDREY						
赤瀬 大	計算化学・同実習	物理化学演習				

# 化学プログラム履修要領

化学プログラムでは、専門教育科目が体系的かつ効果的に履修できるように、専門教育科目受講基準を定めている。科目の履修に当たっては、受講基準とともに次の事項に十分留意すること。

- 1 必修の授業科目は、授業科目履修表に定められた年次に修得しておくことが望ましい。未修得科目が生じた場合には、次年次の授業科目と開講時間が重なるために受講できない場合があり、留年の原因となる。  
重なった場合には、未修得科目を優先して履修することが望ましい。
- 2 受講基準1により「化学実験I」及び「化学実験II」を履修することができない場合には、卒業が遅れることになる。この場合でも、「化学実験I」及び「化学実験II」以外の授業科目は履修することができるが、未修得の必修科目の履修を優先させなければならない。
- 3 教養教育科目は3年次後期(6セメスター)までに修得しておかないと、受講基準2により卒業研究が履修できない場合がある。
- 4 専門教育科目「専門基礎科目」のうち数学・理科系の「概説」科目として「物理学概説A」及び「物理学概説B」を選択必修としているが、両方履修することが望ましい。  
「概説」科目の修得単位は、専門科目(選択)の単位に振り替えることができないが、『科目区分を問わない』科目の単位にすることができる。ただし、「化学概説A」及び「化学概説B」は卒業要件単位に算入することができない。
- 5 授業担当教員の下承が得られれば、化学プログラムで開講する上位セメスターの専門教育科目を履修することができる。
- 6 特別講義は、一定期間に集中的に開講される講義である。  
化学プログラムでは、「化学特別講義」及び「理学部他プログラムの特別講義」から、合計で最大2単位まで専門科目(選択)として認めることができる。
- 7 「理学部他プログラムの特別講義」の単位を卒業要件単位とする場合、理学部他プログラムの単位で専門科目(選択)の卒業要件単位とできる単位数は、8単位からその「理学部他プログラムの特別講義」の単位数を引いた数が上限となる。
- 8 「科目区分を問わない」科目として2単位必要である。この2単位には、以下の科目の単位を含めることはできない。教育職員免許関係科目の詳細は、学生便覧に記載の「教育職員免許状の取得について」の修得必要単位一覧表を参照すること。
  - ・教育職員免許関係科目のうち「教科に関する専門的事項」以外の科目
  - ・「教科に関する専門的事項」のうち、「物理学実験A」、「生物学実験A」、「地学実験A」及び「化学実験A」
  - ・他学部他プログラム等が開講する『専門基礎科目』及び『専門科目』（化学プログラム担当教員会が認めるものを除く）
- 9 教育職員免許関係科目のうち「教科に関する専門的事項」以外の科目は、卒業要件単位に算入することができない。



## 化学プログラム専門教育科目受講基準

1 化学実験I(5 セメスター)を履修するためには、各科目群において次に示す単位数以上(合計 64 単位)を修得していなければならない(括弧内の数字は、4 セメスターまでに修得することになっている卒業に必要な単位数を表す)。化学実験II(6 セメスター)を受講するには化学実験Iを修得しておく必要がある。

また、「学生教育研究災害傷害保険」及び「学生教育研究賠償責任保険」等に参加していることが必要である(平成 22 年度以降の 1 年次入学生は、大学負担により「学生教育研究災害傷害保険」のみ 4 年分加入済)。

教養ゼミ	2 単位(2)	領域科目	6 単位(8)
大学教育入門	2 単位(2)	健康スポーツ科目	2 単位 (2)
外国語科目	9 単位(10)	基盤科目	10 単位 <sup>*1</sup> (14)
情報科目	2 単位(2)	専門基礎科目	31 単位 (37)

\*1 物理学実験法・同実験 (I・II) , 化学実験法・同実験 (I・II) , 及び生物学実験法・同実験 (I・II) または地学実験法・同実験 (I・II) はすべて修得していること。

2 卒業研究 (7, 8 セメスター) を履修するためには、各科目群において次に示す単位数以上(合計 110 単位)を修得していなければならない(括弧内の数字は、卒業研究を除いた卒業に必要な単位数を表す。)

また、「学生教育研究災害傷害保険」及び「学生教育研究賠償責任保険」等に参加していることが必要である(平成 22 年度以降の 1 年次入学生は、大学負担により「学生教育研究災害傷害保険」のみ 4 年分加入済)。

教養ゼミ	2 単位(2)	健康スポーツ科目	2 単位(2)
大学教育入門	2 単位(2)	基盤科目	12 単位(14)
平和科目	2 単位(2)	専門基礎科目	35 単位(41)
外国語科目	10 単位(10)	先端理学科目	2 単位(2)
情報科目	2 単位(2)	化学実験I, 化学実験II	10 単位(10)
領域科目	8 単位(8)	専門科目(選択)	21 単位(23)
		科目区分を問わない科目	2 単位(2)

上記受講基準 1 及び 2 について、『広島大学理学部における早期卒業認定に関する申合せ』第 3 第 2 項により適格の認定を受けた学生(早期卒業希望者)及び編入・転入生はこの限りではない。詳細についてはチューターと相談のこと。

付記 この履修要領は、2019(平成 31)年度入学生から適用する。

令和元年度新入生用化学科授業科目履修表

化学プログラム履修表

履修に関する条件は、化学プログラム履修要領に記載されているので注意すること。

この表に掲げる授業科目の他、他プログラム・他学部又は他大学等で開講される授業科目を履修することができ、化学プログラム担当教員が認めるものについては、修得した単位を卒業要件の単位に算入することができる。

※ 本プログラムに加えて所定の単位(詳細は学生便覧を参照のこと)を修得すれば、中学校教諭一種免許状(理科)、高等学校教諭一種免許状(理科)、毒物劇物取扱責任者、学芸員となる資格の取得が可能である。  
さらに、本プログラムを卒業すれば、危険物取扱者(甲種)資格の受験が可能となる。

(教養教育)

区分	科目区分	要修得単位数	授業科目等	単位数	履修区分	標準履修セメスター (下段の数字はセメスターを示す) (注1)															
						1年次		2年次		3年次		4年次									
						前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期								
						1	2	3	4	5	6	7	8								
大学教育 基礎科目	平和科目	2	「平和科目」から	各2	選択必修	○															
	大学教育入門	2	大学教育入門	2	必修	②															
	教養ゼミ	2	教養ゼミ	2	必修	②															
	領域科目	8	「領域科目」から (注2)	1又は2	選択必修	○	○	○	○												
	外国語	英語 (注3)	コミュニケーション基礎	コミュニケーション基礎 I	1	必修	①														
				コミュニケーション基礎 II	1			①													
		コミュニケーション I	コミュニケーション I A	1	必修	①															
			コミュニケーション I B	1		①															
		コミュニケーション II	コミュニケーション II A	1	必修		①														
			コミュニケーション II B	1			①														
	初修外国語 (ドイツ語、フランス語、スペイン語、ロシア語、中国語、韓国語、アラビア語のうちから1言語選択)	ベーシック外国語 I	1	選択必修	○																
		ベーシック外国語 II	1		○																
		ベーシック外国語 III	1			○															
		ベーシック外国語 IV	1			○															
	I・II・III及びIVは同一言語を選択すること																				
情報科目	2	情報活用演習	2	必修	②																
健康スポーツ科目	2	「健康スポーツ科目」から	1又は2	選択必修	○	○															
社会連携科目(注4)	(0)	「社会連携科目」から	1又は2	自由選択	○	○															
基盤科目			微分積分学I	2	必修	②															
			微分積分学II	2			②														
			線形代数学 I	2		②															
			線形代数学 II	2			②														
			物理学実験法・同実験 I	1			①														
			物理学実験法・同実験 II	1			①														
			化学実験法・同実験 I	1				①													
			化学実験法・同実験 II	1				①													
			生物学実験法・同実験 I	1	選択必修	○															
				生物学実験法・同実験 II		1	○														
				地学実験法・同実験 I		1		○													
				地学実験法・同実験 II		1		○													
			上記4科目から同一科目の I 及び II の2単位																		
			教養教育科目小計		42																

- (注1) 記載しているセメスターは標準履修セメスターを表している。当該セメスター以降の同じ開設期(前期又は後期)に履修することも可能であるが、授業科目により開設期が異なる場合やターム科目として開講する場合があるので、履修年度のシラバス等により確認すること。
- (注2) 『人文社会科学系科目群』から4単位、『自然科学系科目群』から4単位修得する必要がある。教育職員免許状の取得を希望する場合は、『人文社会科学系科目群』の「日本国憲法」が必修であることに留意すること。  
『人文社会科学系科目群』で必要な単位には、『外国語科目』の「コミュニケーション上級英語」、「インテンシブ外国語」及び「海外語学演習(ドイツ語、フランス語、スペイン語、ロシア語、中国語、韓国語)」の履修により修得した単位を算入することができる。
- (注3) 短期語学留学等による「英語圏フィールドリサーチ」又は自学自習による「オンライン英語演習I・II・III」の履修により修得した単位を『コミュニケーション I・II』の要修得単位として算入することができる。  
外国語技能検定試験による単位認定制度もある。詳細については、学生便覧に記載の教養教育の英語に関する項及び「外国語技能検定試験等による単位認定の取扱いについて」を参照すること。
- (注4) 修得した『社会連携科目』の単位については、『科目区分を問わない』に算入することができる。

※以下、次頁「専門教育」に関する注意事項

- (注5) 「専門科目」の要修得単位数43を充たすためには、必修科目計18単位及び選択必修科目計17単位に加えて、選択必修科目及び自由選択科目から8単位以上を修得する必要がある。
- (注6) 「化学特別講義」は、一定期間(5セメスター以降)に集中形式で開講される。履修については化学プログラム履修要領を参照すること。
- (注7) その他化学プログラム担当教員が認めた授業科目も含まれる。詳細についてはチューターと相談のこと。
- (注8) 卒業要件単位数は128であるので、各科目区分の要修得単位数(教養教育科目42単位、専門教育科目84単位 合計126単位)に加えて、教養教育科目及び専門教育科目の科目区分を問わず、さらに2単位以上修得することが必要である。  
ただし、以下の科目の単位は含まない。教育職員免許関係科目の詳細は、学生便覧に記載の「教育職員免許状の取得について」の修得必要単位一覧表を参照すること。  
・教育職員免許関係科目のうち「教科に関する専門的事項」以外の科目  
・「教科に関する専門的事項」のうち、「物理学実験A」、「生物学実験A」、「地学実験A」及び「化学実験A」  
・他学部他プログラム等が開講する『専門基礎科目』及び『専門科目』(化学プログラム担当教員が認めるものを除く)

(専門教育)

区分	科目区分	要修得単位数	授業科目等	単位数	履修区分	標準履修セメスター (下段の数字はセメスターを示す) (注1)															
						1年次		2年次		3年次		4年次									
						前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期								
	1	2	3	4	5	6	7	8													
専門教育科目	専門基礎科目	4	数学概説	2	選択必修	○															
			情報数理概説	2			○														
			物理学概説A	2			○														
			物理学概説B	2				○													
			生物科学概説A	2			○														
			生物科学概説B	2				○													
			地球惑星科学概説A	2			○														
			地球惑星科学概説B	2				○													
		上記8科目から「物理学概説A」又は「物理学概説B」を含む2科目4単位																			
		37	基礎化学A	2	必修	②															
			基礎化学B	2		②															
			基礎物理化学A	2			②														
			基礎物理化学B	2			②														
			基礎無機化学	2			②														
			基礎有機化学	2			②														
			物理化学 I A	2				②													
			物理化学 I B	2				②													
			物理化学 II A	2					②												
			物理化学 II B	2					②												
			無機化学 I	2					②												
	無機化学 II		2					②													
	無機化学III		2						②												
	有機化学 I		2					②													
	有機化学 II		2					②													
	有機化学III	2					②														
	無機化学演習	1					①														
	物理化学演習	1						①													
	有機化学演習	1							①												
	化学英語演習 (同一名称2科目)	各1							①	①											
	上記5科目の「先端理学科目」から1科目2単位																				
	43 (注5)	15以上	先端数学	2	選択必修					○											
			先端物理学	2					○												
			先端化学	2								○									
			先端生物学	2								○									
			先端地球惑星科学	2									○								
			生物構造化学	2	選択必修					○											
			生体物質化学	2					○												
			有機分析化学	2					○												
			有機典型元素化学	2					○												
			反応動力学	2							○										
			分子構造化学	2							○										
			量子化学	2							○										
			無機固体化学	2							○										
機器分析化学			2							○											
構造有機化学			2							○											
反応有機化学		2							○												
光機能化学		2							○												
システムバイオロジー		2							○												
生体高分子化学		2								○											
分子光化学		2								○											
有機金属化学		2								○											
放射化学		2								○											
生物化学		2									○										
バイオインフォマティクス	2								○												
計算法学・同実習	2								○												
化学演習	1									○											
化学インターンシップ	1										○										
「化学特別講義」(注6)										○	○	○	○								
上記23科目から8科目15単位以上																					
0~8	化学実験 I	5	必修						⑤												
	化学実験 II	5								⑤											
	卒業研究	各4											④	④							
理学部他プログラムで開講される「専門基礎科目」及び「専門科目」の授業科目 (注7)				自由選択	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
専門教育科目 小計		84																			
科目区分を問わない		2	(注8)		制限付選択	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
合計		128																			

令和元年度化学科卒業生進路状況

(令和元年5月1日現在)

( ) 内は女子で内数

卒業生総数	就職者											進学	その他		
	一般職										教職		研究	その他	
	公務	製造業	情報通信業	教育・学習支援業	金融・保険業	小売り・卸売業	医療・福祉	その他	小計	学校教育	小計				
68 (18)	4 (1)	2 (2)	2 (1)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	0 (0)	1 (1)	10 (5)	0 (0)	0 (0)	43 (13)	0 (0)	1 (1)	

2-3-4 卒業論文発表実績

【1】令和元年度卒業研究生の各研究グループ配属者数

研究グループ名	卒研究生数	スタッフ名
化学専攻分子構造化学講座		
構造物理化学研究グループ	5	井口, 高橋, 福原, 村松
固体物性化学研究グループ	4	井上, 西原, LEONOV, COSQUER
錯体化学研究グループ	3	水田, 久米, 久保
分析化学研究グループ	4	石坂, 岡本
構造有機化学研究グループ	3	灰野, 関谷, 平尾
化学専攻分子反応化学講座		
反応物理化学研究グループ	4	山崎, 高口
有機典型元素化学研究グループ	5	山本, 中本, SHANG
反応有機化学研究グループ	5	安倍, 波多野, 高木
量子化学研究グループ	3	相田, 岡田, 赤瀬
数理分子生命理学専攻		
物理環境化学研究グループ	3	中田, 藤原(好), 藤原(昌)
生物化学研究グループ	3	泉, 芦田,
分子生物物理学研究グループ	6	楯, 片柳, 大前, 安田
自然科学研究支援開発センター		
光機能化学研究グループ	3	齋藤, 加治屋
放射線反応化学研究グループ	3	中島
計	54	

【2】令和元年度の卒業生と研究題目

朝比奈 玄人	スピロ環を有する新規フォトクロミック分子の開発	反応有機化学
一ノ関 諒	Synthesis of New BNB Pincer Ligand and Its Complexation to Transition Metal Complexes(新規BNBピンサー配位子の合成および遷移金属錯体への錯形成)	有機典型元素化学
井手 祐徳	ピンサー型カルボジホスホラン白金(II)錯体を触媒に用いたアルキンのヒドロシリル化反応における触媒中間体の検討	錯体化学
伊藤 みづき	※学外秘	固体物性化学
井上 健翔	亜硝酸メチルの光分解生成物の超高回転励起：光異性化との因果性	反応物理化学
今田 実子	アカモジホコリ ( <i>Physarum roseum</i> )は何故桂皮酸を生合成するのか	生物化学
宇佐見 佳子	遷移金属置換基を有するシクロブタジエン誘導体の合成の試み	有機典型元素化学
梅田 拓真	レドックス中心または水素結合部位の導入によるCO <sub>2</sub> 還元効率、選択性向上を目指した銅電極作製	錯体化学
扇野 佑輔	電子励起臭素原子Br(4p <sup>4</sup> 5p <sup>4</sup> D <sub>3/2</sub> )の輻射寿命とHeによる消光過程の速度論的研究	反応物理化学
沖本 明香	細胞内におけるストレス顆粒形成のin situ電子観測技術開発	分子生物化学
小栗 愛理	トリメチルシリル基を有するシクロブタジエンσ二量体の合成の試み	有機典型元素化学
金子 雅也	アルコールの構造についての理論化学的研究	量子化学
久保 拓也	ジアミンとFe <sup>II</sup> イオンを用いた有機無機ペロブスカイト型化合物NH <sub>3</sub> C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> NH <sub>3</sub> FeCl <sub>4</sub> の構造相転移と磁気物性	固体物性化学
熊谷 月矢	キラリイオン液体と水界面におけるアミノ酸結晶化に関する研究	分析化学
黒岡 流輝	<sup>1</sup> H NMRを用いた混合原子価二核ルテノセンの原子価状態平均化とその濃度依存性	放射線反応化学
小白 由衣	気相中における2つの液滴の同時捕捉と融合に関する研究	分析化学
酒本 航平	レーザー補足とラマン分光法を用いた過冷却微小水滴の凝固に関する研究	分析化学
志水 慎太郎	※学外秘	光機能化学
下岡 稔	QM/MM-MDシミュレーションを用いた尿素の水和構造の理論化学的研究	量子化学
白藤 雅也	硫黄窒素ドナー配位子を用いたルテニウムの溶媒抽出	放射線反応化学
神宮 なな	※学外秘	光機能化学
大成権 匠	電子励起酸素原子O(2p <sup>3</sup> 3p <sup>3</sup> P)の赤外発光検出およびHeによる消光速度定数の決定	反応物理化学
高嶋 賢太郎	ホスフィド架橋パラジウム二核錯体触媒の合成およびシリコングリースの解重合反応	錯体化学
高山 奈美	水面滑走するカンファーキノン円板の光化学応答	自己組織化学
竹内 優稀	塩化ナトリウム過飽和水溶液の粘度の濃度依存性に関する研究	分析化学
巽 優希	6メチルクマリンの塩基による可逆的走化性	自己組織化学
谷本 隆顕	キラリリン酸を増感剤としたエナンチオ選択的[2+2]光環化付加反応	反応有機化学
玉野 智章	機械学習モデル開発によるNMR遮蔽定数への溶媒効果についての理論化学的研究	量子化学
徳島 恭子	NaCl水溶液のX線吸収分光に対する理論計算	構造物理化学

豊田 紗矢香	タバコ培養細胞内での外来物質(カフェ酸)の挙動	生物化学
長尾 春香	オキシアリの反応性に及ぼすマクロ環効果	反応有機化学
成松 裕基	皮膚感染症に関する新型エンテロトキシン様毒素のX線構造解析	分子生物化学
西川 晴美	プロテイン・ドロプレット形成阻害機構の研究	分子生物化学
廣川 靖明	高質量金属クラスターの気相分光に向けた飛行時間型質量分析装置の開発	構造物理化学
廣野 恵大	ギ酸とコバルトイオンからなるキラル磁性体の単結晶育成とその物性	固体物性化学
福岡 桃佳	核内クロマチンの三次元構造解析に向けた電子顕微鏡観測法の開発	分子生物化学
藤田 理沙	ネルボン酸膜の相転移に依存した樟脳円板の自己駆動制御	自己組織化学
前川 夏月	2光子吸収によりTEMPOLラジカルを発生する水溶性ケージドニトロキシドの合成	反応有機化学
牧野 有紗	有機アミンを用いた化学反応によるFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ナノ粒子の合成とその相転移の磁気物性	固体物性化学
政喜 優	プロテイン・ドロプレット形成を規定するアミノ酸残基の解明	分子生物化学
松井 将哉	同時2光子吸収特性を有するフォトクロミック分子に関する研究	反応有機化学
松前 翔三	The Structure and Bonding of Transition Metal-Gallium Complexes	有機典型元素化学
松本 育也	酸化分解により与えられるナノグラフェンの透析による分解	構造有機化学
松山 晃仁	エレクトロスプレー/極低温イオントラップを用いた金属クラスターの気相分光装置の設計と開発	構造物理化学
三浦 結衣	※学外秘	光機能化学
宮下 敦向	基質結合によるドメイン間ダイナミクスの基質アミノ酸配列依存性の解明	分子生物化学
村山 仁愛	新規一重項リモートカルベンの合成検討	有機典型元素化学
明地 省吾	ランタノイド/マイナーアクチノイド相互分離のための窒素系配位子の合成とその錯イオンの赤外分光	構造物理化学
望月 達人	光イオン化を用いた状態選別測定のための低速NO <sup>+</sup> +CH <sub>4</sub> 反応装置の開発	反応物理化学
森江 将之	トリエチレングリコール鎖を導入したカリックス[4]アレーン自己集合超分子錯体の合成研究	構造有機化学
山口 翔太郎	数値積分法によるオージェ遷移確率の計算手法の開発	構造物理化学
山口 愛歩	※学外秘	生物化学
吉田 真也	ビスフェニルイソオキサゾリルベンゼン部位を有するプラチナ二核錯体の合成研究	構造有機化学
和田 淳	フッ素置換ベンゼンを導入したビスピリジル型架橋配位子を用いた鉄二価集積型錯体のスピン状態の研究	放射線反応化学



## 2-4 その他特記事項

### 2-4-1 Chemサロン

今年度実施なし

### 2-4-2 学生の受賞

広島大学長表彰受賞者 1名  
広島大学理学研究科長賞受賞者 1名  
広島大学理学部長賞受賞者 2名  
日本化学会中国四国支部長賞受賞者 2名  
広島大学化学同窓会博士賞受賞者 8名  
広島大学化学同窓会奨励賞受賞者 2名

### 2-4-3 その他特記事項

#### ・報道

○室岡 玲美, Andrey O. Leonov, 井上 克也, 大江 純一郎, 【研究成果プレスリリース】キラル磁性体中に配向性をもった新しいナノ磁気渦構造と特殊な磁化ダイナミクスを発見 ～ 磁性体中の“バドミントンシャトル” ～, 2020年2月10日, 東邦大学との共同発表

## IV 生物学専攻

- ・基礎生物学プログラム
- ・生物科学科



# 1 生物科学専攻・基礎生物学プログラム

本専攻は平成5年4月に「生命の多様性を生み出す普遍法則と情報の探求」及び「フロンティアを拓き国際平和に貢献する独創的人材の育成」を教育・研究目標として誕生した。

## 1-1 専攻・プログラムの理念と目標

今日の科学技術の発展は基礎科学の基盤の上に成り立っていると言え、独創的な応用研究には基礎科学の進展が不可欠である。わが国では基礎科学としての生物学と応用研究との連携が不十分であり、両研究の素養を持つ人材の育成が求められている。また、基礎生物学分野においても異分野融合による新しい科学分野の醸成が必要とされている。

「基礎生物学プログラム」では、基礎生物学の専門的知識を持ちながら応用研究も含めた様々な分野・視点からも生物学を俯瞰できる素養を有する人材の育成を目的とする。そのような人材育成を実現するには、基礎から応用までの様々な専門分野のプログラムが1専攻として組織され、提供される生命系科学分野の科目を隔たりなく履修できる本システムが有効である。

基礎生物学プログラムの専門科目は、実験生物学を基盤として、基礎生物学に関する専門的知識を幅広い視点から包括的に学習できる教育体系となっている。一方、他プログラムでは、数理的解析方法や農業・医療・産業利用を含めた応用を目指した研究に関する科目、さらに融合・学際的な科目を提供している。これらの基礎生物学プログラムにない科目を他プログラム専門科目として6単位以上履修することで、生命現象を数理的に理解するという視点、基礎科学をどのように応用に結びつけるかといった視点を身に付けるなど、生物学を俯瞰的に見ることができるようになる。

生物科学専攻では、21世紀は「生命の世紀」といわれている状況下において、「複雑生命系の成立機構」（動物科学講座）と「植物の多様性形成機構」（植物生物学講座）に焦点を当てて独創性の高い特徴ある研究を推進することを目指している。その一つの柱である「複雑生命系の成立機構」研究では、生命系をタンパク質と核酸からなる生体高分子の集合体とみなし、集合体の性質の解明を中心課題とする。生体高分子が集合すると、細胞、組織、及び器官の各階層の生命の存在目的に適う秩序を有する超複雑機能系が出現する。この出現を可能にしている原理とその原理に基づく仕組みの解明を目指す。「植物の多様性形成機構」については次の研究を推進する。植物は多様な地球環境に適応・進化し、多様な植物を生み出してきた。本研究は多様な植物を生み出した機構を、分子、細胞、個体、群集レベルで追求するものである。

## 1-2 専攻の組織と運営

生物科学専攻は、平成12年4月の大学院理学研究科の部局化に伴い、動物科学講座、植物生物学講座、多様性生物学講座、両生類生物学講座、及び植物遺伝子資源学講座の5つの講座に再編された。動物科学講座には、発生生物学、細胞生物学、情報生理学の3分野がある。植物生物学講座には、植物分類・生態学、植物生理化学、植物分子細胞構築学の3分野がある。多様性生物学講座には海洋分子生物学と島嶼環境植物学の2分野、植物遺伝子資源学講座には植物遺伝子資源学の分野がある。両生類生物学講座は発生研究グループ、進化多様性・生命サイクル研究グループ、遺伝情報・環境影響研究グループの3研究グループに分かれていたが、平成28年10月1日より附属両生類研究施設が改組され、学内共同教育研究施設の両生類研究センターとして設置された。これに伴い、新しくバイオリソース研究部門、発生研究部門、進化・多様性研究部門が設置され、これらは生物科学専攻に対する協力講座として活動することになった。令和元年度より、広島大学の生物・生命系分野の組織は統合生命科学研究科・統合生命科学専攻に改組された。それに伴い、

生物科学専攻教員は統合生命科学専攻の基礎生物学プログラムあるいは生命医科学プログラムを担当することになった。

基礎生物学プログラムの運営は、プログラム長を中心に行われていて、副プログラム長がそれを補佐する。プログラムに関わる諸問題は、教員会において審議する。生物科学専攻の運営は、生物科学専攻長を中心にして行われていて、副専攻長がそれを補佐する。専攻長及び副専攻長は原則として動物分野と植物分野から交互に毎年選出される。大学院専攻に関わる諸問題について、教員会議で審議する。専攻における各種委員もここで選出し、必要に応じて講座代表、研究分野代表連絡会が開かれる。

学部教育（生物科学科）に関しては、基礎生物学プログラム・生命医科学プログラム・数理生命科学プログラムの教員が、共同で担当している。共通の理念で学部教育プログラム編成を行って、基礎的かつ分野に偏りのない幅広い生物科学教育を目指している。

### 1-2-1 教職員

生物科学専攻

《令和元年度構成員》 R2.3.31現在

動物科学講座

発生生物学研究室	菊池 裕（教授）、高橋治子（助教）
細胞生物学研究室	千原崇裕（教授）、濱生こずえ（准教授）、奥村美紗子（助教）
情報生理学研究室	小原政信（教授）、植木龍也（准教授）、森下文浩（助教）

植物生物学講座

植物分類・生態学研究室	山口富美夫（教授）、嶋村正樹（准助教）、井上侑哉（助教）
植物生理化学研究室	高橋陽介（教授）、深澤壽太郎（助教）
植物分子細胞構築学	鈴木克周（教授）、守口和基（講師）

多様性生物学講座

附属臨海実験所	田川訓史（准教授）、有本飛鳥（助教）、*小林健司（特任助教）
附属宮島自然植物実験所	坪田博美（准教授）

植物遺伝子資源学講座

	草場 信（教授）、小塚俊明（助教）、信澤 岳（助教）
	*谷口研至（特任准教授）、*中野道治（特任助教）、
	*伊藤 岳（特任助教）

両生類生物学講座（両生類研究センター）

バイオリソース研究部門	荻野 肇（教授）、井川 武（助教）、鈴木 誠（助教）
発生研究部門	林 利憲（教授）、鈴木 厚（准教授）、高瀬 稔（准教授）、 古野伸明（准教授）、田澤一朗（助教）、中島圭介（助教）、 花田秀樹（助教）
進化・多様性研究グループ	三浦郁夫（准教授）

生物科学専攻事務室

	湯口恵美（グループ員）、細川かすみ（契約一般職員）、 関口更紗（契約一般職員）
--	--

注）\*任期付き特任教員 小林健司、伊藤 岳：令和元年7月1日～令和2年3月31日  
谷口研至、中野道治：令和元年4月1日～令和2年3月31日

## 基礎生物学プログラム

《令和元年度構成員》 R2.3.31現在

発生生物学研究室	菊池 裕 (教授), 高橋治子 (助教)
細胞生物学研究室	千原崇裕 (教授) **, 濱生こずえ (准教授), 奥村美紗子 (助教)**
情報生理学研究室	小原政信 (教授), 植木龍也 (准教授), 森下文浩 (助教)
植物分類・生態学研究室	山口富美夫 (教授), 嶋村正樹 (准助教), 井上侑哉 (助教)
植物生理化学研究室	高橋陽介 (教授), 深澤壽太郎 (助教)
植物分子細胞構築学研究室	鈴木克周 (教授), 守口和基 (講師)

## 研究科附属施設

附属臨海実験所	田川訓史 (准教授), 有本飛鳥 (助教), *小林健司 (特任助教)
附属宮島自然植物実験所	坪田博美 (准教授)
附属植物遺伝子保管実験施設	草場 信 (教授), 小塚俊明 (助教), 信澤 岳 (助教) *谷口研至 (特任准教授), *中野道治 (特任助教), *伊藤 岳 (特任助教)

## 両生類研究センター

バイオリソース研究部門	荻野 肇 (教授), 井川 武 (助教), 鈴木 誠 (助教) **
発生研究部門	林 利憲 (教授) **, 鈴木 厚 (准教授), 高瀬 稔 (准教授), 古野伸明 (准教授), 田澤一朗 (助教), 中島圭介 (助教), 花田秀樹 (助教)
進化・多様性研究グループ	三浦郁夫 (准教授)

基礎生物学プログラム事務室	湯口恵美 (グループ員), 細川かすみ (契約一般職員), 関口更紗 (契約一般職員)
---------------	--

注) \*任期付き特任教員 小林健司, 伊藤 岳: 令和元年7月1日~令和2年3月31日  
谷口研至, 中野道治: 令和元年4月1日~令和2年3月31日

\*\* 生命医科学プログラム併任

## 1-2-2 教員の異動

令和元年度の教員の異動について, 下記一覧表に示す。

	発令年月日	氏名	異動内容		
			現所属等	新所属等	
1	31.4.1	林 利憲	担当	両生類研究センター	統合生命科学研究科・理学部
				教授	生命医科学・基礎生物学プログラム
2	31.4.1	鈴木 誠	担当	両生類研究センター	統合生命科学研究科・理学部
				助教	生命医科学・基礎生物学プログラム
3	元.5.1	井上 侑哉	採用担当	公益財団法人服部植物研究所	統合生命科学研究科・理学部
				研究員	基礎生物学プログラム 助教



4	元. 7. 1	有本 飛鳥	採用 担当	沖縄科学技術大学院大学	統合生命科学研究科・理学部
				マリンゲノミックスユニット	基礎生物学プログラム
					附属臨海実験所
				ポストドクトラルスカラー	助教
5	元. 7. 1	小林 健司	採用	京都大学大学院理学研究科	統合生命科学研究科
				生物科学専攻動物学教室	基礎生物学プログラム
					附属臨海実験所
				特定研究員	特任助教（フル）
6	元. 7. 1	伊藤 岳	再採用	統合生命科学研究科	統合生命科学研究科・基礎生物学P
				基礎生物学プログラム	附属植物遺伝子保管実験施設
				研究員	特任助教（パート）
7	元. 9.30	穂積 俊矢	任期満了 退職	統合生命科学研究科	
				基礎生物学プログラム	
				助教	
8	2. 1. 1	深澤 寿太郎	任用更新	統合生命科学研究科	統合生命科学研究科
				基礎生物学プログラム	基礎生物学プログラム
				助教	助教
9	2. 3.31	小原 政信	定年退職	統合生命科学研究科	
				基礎生物学プログラム	
				教授	

## 客員教員（非常勤講師）

《令和元年度》

末次 健司（神戸大学大学院理学研究科・講師）

授業科目名：「植物をめぐる生物間相互作用」

富田 泰輔（東京大学大学院薬学系研究科・教授）

授業科目名：「神経変性疾患研究の過去、現在そして未来」

林 思民（国立台湾師範大学生命科学系・教授）

授業科目名：「進化生物学」

椋田 崇生（鳥取大学医学部・講師）

授業科目名：「脊椎動物の比較機能形態学」

小保方 潤一（京都府立大学大学院生命環境科学研究科・教授）

授業科目名：「細胞内共生進化と遺伝子の水平転移」

## 令和元年度理学研究科生物科学専攻・統合生命科学研究科基礎生物学プログラムの各種委員

理学研究科生物科学専攻・統合生命科学研究科基礎生物学プログラム内の各種委員会委員

委員会名	令和元年度
専攻長・プログラム長	草場
副専攻長・副プログラム長	菊池
庶務（学科と兼務）	高橋（治）・深澤
先端基礎生物学研究演習委員・ 生物科学セミナー委員	○嶋村・信澤・井川・鈴木（厚）・花田・森下
教務委員	○高橋（陽）・草場・三浦・濱生

就職担当	鈴木(克) (～9月30日), 草場 (10月1日～)
広報委員	○高瀬・植木・坪田
LAN管理	守口
電子顕微鏡	濱生・嶋村
動物飼育室	森下・坂本 (尚)
東広島植物園	山口

理学研究科各種委員会委員

委 員 会 名	令和元年度
人事交流委員会	専攻長 (草場)
安全衛生委員会	森下
評価委員会	山口・菊池
広報委員会	高瀬
防災対策委員会	専攻長 (草場)
教務委員会	学科長 (山口)
入学試験委員会	濱生・佐久間
大学院委員会	草場
情報セキュリティ委員会	坪田
理学研究科副研究科長・理学部副学部長 (広報担当)	千原
理学研究科評価委員会委員長	小原

統合生命科学研究科基礎生物学プログラム各種委員会委員

委 員 会 名	令和元年度
プログラム長	草場
副プログラム長	菊池
学務委員会委員	高橋 (陽)
入試委員会委員	荻野
広報委員会委員	高瀬
研究推進委員会委員	菊池

全学各種会議・委員会委員

委 員 会 名	令和元年度
統合生命科学研究科研究科長補佐	草場
評価委員会 委員	濱生
グローバルキャリアデザインセンター会議 委員	山口
研究企画会議 委員	千原
学芸員資格取得特定プログラム委員	山口
外国語教育研究センター運営委員会 委員	鈴木 (克)

動物実験委員会審査部会	菊池
魚類・両生類を用いる実験に関する倫理審査等検討WG	菊池
ABS推進室委員	山口
総合博物館運営委員会	山口
総合博物専門委員会（企画委員会）	山口，坪田
両生類研究センター運営委員会	千原・山口・草場・荻野・林・三浦・古野・高瀬・鈴木（厚）
国際センター 日韓共同理工系学部留学生事業実施部会委員	鈴木（克）
自然環境保全専門委員会	山口
生物圏科学研究科附属瀬戸内圏フィールド科学教育研究センター研究員（海域生物圏部門）	植木

### 1-3 専攻の大学院教育

#### 1-3-1 大学院教育の目標とアドミッション・ポリシー

生物科学専攻では、多様な生命現象を分子から集団レベルまで多角的に捉え、基礎科学に貢献できる人材を育成するために、多様な専門性を持った学生を幅広く受け入れることを基本としている。

基礎生物学プログラムでは、基礎生物学の専門的知識を持ちながら応用研究も含めた様々な分野・視点からも生物学を俯瞰できる素養を有する人材の育成を目的とする。基礎生物学プログラムでは次のような学生の入学を期待している。

- ①生物学について、分子・細胞・個体・生態・進化のレベルにおいて学部で習得すべき基礎的な知識や技能を身に付けた人
- ②自分の研究をプレゼンテーションできる程度の英語力を有する人
- ③社会人としての良識や倫理観を身に付けた人

#### 1-3-2 大学院教育の成果とその検証

生物科学専攻：大学院での教育は、講義と演習、セミナーなどの授業、さらには学生と指導教員、チューターとの密接な個別指導（研究室における修士論文、博士論文の指導）の2系統の教育を行っている。平成20年度に大学院教育の発展を期し、修士課程学生を対象としたスロー生物学演習と社会実践生物学特論（社会実践学特論）を開設した。スロー生物学演習受講者は研究に対する様々な視点が身についたという感想を寄せている。社会実践生物学特論は、平成27年度に理学融合教育科目の社会実践理学融合特論という科目と発展的に融合されたが、社会実践生物学特論と同様に研究だけではなく、社会の様々な分野で活躍している方を講師に招いており、受講者のアンケート調査の結果は好評であった。博士課程後期では、必修や選択などの授業は特に設定されておらず、各自の研究テーマに沿った個別指導が中心である。年度毎に専攻独自の評価と紙媒体の学生による授業アンケートを実施して改善を図っている。

基礎生物学プログラム：講義と演習、セミナーなどの授業、さらには学生と指導教員、副指導教員との密接な個別指導（研究室における修士論文、博士論文の指導）の2系統の教育を行っている。講義は、基礎的な内容について専門的な理解を深めて行くとともに、研究科共通科目や他プログラムの科目を履修することで多面的な視点を持てるように工夫されている。大学院生による

学会発表が多くなされ、優秀賞等の受賞も多数あることから、十分な教育効果は上がっていると判断できる。

### 大学院学生の在籍状況及び学位授与状況

【修士課程，博士前期課程】		令和元年度
入学定員（各年度4.1現在）		20人
入学者数（各年度11.1現在）		13人
	うち，他大学出身者数 （各年度11.1現在）	5人
定員充足率		65%
在籍者数（各年度11.1現在）		30人
留年，退学，休学者数 ※1（全ての学年，各年度内の該当人数）		5人
留年，退学，休学者率		17%
学位（修士）授与数（各年度3.31現在）		13人
学位授与率 ※2		65%

【博士後期課程，博士課程（一貫制）】		令和元年度
入学定員（各年度4.1現在）		9人
入学者数（各年度11.1現在）		4人
	うち，他大学出身者数 （各年度11.1現在）	0人
定員充足率		44%
在籍者数（各年度11.1現在）		12人
留年，退学，休学者数 ※1（全ての学年，各年度内の該当人数）		1人
留年，退学，休学者率		8%
学位（博士）授与数（各年度3.31現在）		1人
☆うち，いわゆる「満期退学」者や「単位取得後退学」者による博士号取得を課程博士として取扱っている場合にはその数（各年度3.31現在）		0人
学位授与率 ※2		33%
論文博士授与数（各年度3.31現在）		0人

※1 休学者数については、当該年度内（1年間）休学している者の数を留年，退学者数とあわせ記入。

※2 学位授与率については、修士課程の場合においては当該年度の学位授与数を2年前の入学者数で割った数値，博士課程の場合においては当該年度の課程博士授与数を3年前（医・歯・獣医学は4年前，5年一貫制の場合は5年前）の入学者数で割った数値。

※ 入学定員，入学者数：統合・基礎生物学プログラムの数  
在籍者数：理・生物科学専攻，統合・基礎生物学プログラムの学生の合計

### 1-3-3 大学院生の国内学会発表実績

令和元年度の大学院生による国内学会発表実績は下表のとおり。

		発生生物学	細胞生物学	情報生理学	植物分類・生態学	植物生理化学	学植物分子細胞構築	附属臨海実験所	実験所	附属宮島自然植物	管実験施設	附属植物遺伝子保	両生類研究センタ	計
博士課程前期	専攻	1	5	0	2	2	1	0	0	1	0	0	12	
	基礎 P	0	0	0	3	2	0	0	1	2	3	11		
	生命 P	0	5	0	0	0	0	0	0	0	1	6		
博士課程後期	専攻	2	0	0	4	0	0	0	0	0	4	10		
	基礎 P	0	0	0	4	0	0	0	0	0	5	9		
	生命 P	0	3	0	0	0	0	0	0	0	6	9		
前期・後期共	専攻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	基礎 P	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	5		
	生命 P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1		
総計		3	13	0	14	4	1	0	1	3	24	63		

\*学部生はカウントしない。

\*「前期・後期共」とは、博士課程前期・後期の学生が共に共同発表した実績を記載。

\*理・生物科学専攻，統合・基礎生物学プログラム，生命医科学プログラム（一部）の学生の実績。

### 1-3-4 大学院生の国際学会発表実績

令和元年度の大学院生による国際学会発表実績は下表のとおり。

		発生生物学	細胞生物学	情報生理学	植物分類・生態学	植物生理化学	学植物分子細胞構築	附属臨海実験所	実験所	附属宮島自然植物	管実験施設	附属植物遺伝子保	両生類研究センタ	計
博士課程前期	専攻	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	基礎 P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	
	生命 P	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
博士課程後期	専攻	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
	基礎 P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	生命 P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
前期・後期共	専攻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

	基礎 P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	生命 P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
総 計		0	2	0	1	0	0	0	0	0	4	7

\*学部生はカウントしない。

\*「前期・後期共」とは、博士課程前期・後期の学生が共に共同発表した実績を記載。

\*理・生物科学専攻，統合・基礎生物学プログラム，生命医科学プログラム（一部）の学生の実績。

### 1-3-5 修士論文発表実績（個人情報保護法に留意）

《令和元年度 修士論文題目一覧》

学生氏名	論 文 題 目
MUTMAIN NAH ADRIANI	Distribution, ecology, and phylogenetic affinities of seagrasses in the West Seto Inland Sea, Japan (瀬戸内海西部の海草の分布と生態，系統について)
GUO RUNZHAO	Elucidation of the molecular mechanism of dynamin-2 dependent microtubule regulation (ダイナミン—2 による微小管制御の分子機構の解明)
DE XINYI	GAF1 complex regulates flowering through the control of <i>SOC1</i> expression in shoot apex (GAF1 複合体は茎頂における <i>SOC 1</i> 発現の制御を介して花成を調節する)
天本 匡宥	岐阜県金華山の蘚苔類フロラ (Bryophyte flora of Mt. Kinka, Gifu Prefecture)
石井 理央 奈	ツメガエル幼生における脳再生過程の三次元形態解析 (Three-dimensional morphological analysis of the brain regeneration in <i>Xenopus</i> tadpole)
井下 結葵	線虫 <i>Pristionchus pacificus</i> におけるセロトニン受容体の機能解析
嘉津 旭人	T-DNA とエフェクター輸送におけるドナーとレシピエント間の細胞表層相互作用の探索
亀村 興輔	筋萎縮性側索硬化症 (ALS) 関連タンパク質 VAP の細胞外生理機能と分泌機構解明
河原 希実 佳	Morphological, ecological and molecular phylogenetic studies on the genus <i>Sphaerocarpos</i> (Sphaerocarpaceae, Marchantiophyta) in Japan: cultivation, life cycle, and identification of a RAPD marker linked to sex determination (日本産ダンゴゴケ属 (タイ類, ダンゴゴケ科) の形態学的, 生態学的, 分子系統学的研究: 培養条件の検討と生活環, RAPD 法による伴性遺伝マーカーの決定)
神林 千晶	ヘビからカエルへの遺伝子水平伝播: 発生年代・地域および伝播経路の推定
白岩 一平	キクタニギク <i>shiboridama</i> 突然変異体の発生遺伝学的解析
中林 誠太 朗	GAF1-DELLA 複合体による ABA 感受性の制御機構
西 航一郎	植物の成長抑制因子 DELLA を介したジベレリンとジャスモン酸による転写制御



### 1-3-6 博士学位

(生物科学専攻) 申請基準: 博士論文は、レフェリー付きの国際学術誌に公表論文が受理されていることが必須条件であり、専攻内における予備審査に合格したものが申請することができる。

学位授与実績: 令和元年度の学位授与数と論文題目は下記に示す(授与年月日を〔 〕内に記す)。

#### 課程博士授与数 1件

逸見 敬太郎〔令和2年3月23日〕(甲)(生物科学専攻)

Molecular evolution of mitochondrial DNAs in rain frogs (Amphibia: Anura: Brevicipitidae: *Breviceps*):

Discovery of the secondary largest vertebrate mitochondrial genome and the cause of genome size increase

(フクラガエル属におけるmtDNAの分子進化: 脊椎動物で2番目に巨大なミトコンドリアゲノムの発見とその発生要因)

主査: 古野 伸明 准教授

副査: 荻野 肇 教授, 林 利憲 教授, 山口 富美夫 教授,  
倉林 敦 准教授(長浜バイオ大学)

#### 論文博士授与数 0件

### 1-3-7 TAの実績

【学部4年生】	
区 分	
在籍者数(11.1現在)	32人
TAとして採用されている者	4人
在籍者数に対する割合	13%

【博士課程前期】	
区 分	
在籍者数(11.1現在)	30人
TAとして採用されている者	22人
在籍者数に対する割合	73%

【博士課程後期】	
区 分	
在籍者数(11.1現在)	12人
TAとして採用されている者	6人
在籍者数に対する割合	50%

※【博士課程前期】【博士課程後期】

在籍者数: 理・生物科学専攻, 統合・基礎生物学プログラムの学生の合計

TAとして採用されている者: 理・生物科学専攻, 統合・基礎生物学プログラムの学生の合計

### 1-3-8 大学院教育の国際化

生物科学専攻では大学院教育の国際化を下記の項目について進めており, その成果は国際共同研究欄に記載した他, 1-4-2項の研究グループ別研究活動に記載した。

- ・国際学会への積極的参加
- ・フィールドサイエンス分野における研究対象地域の海外での展開
- ・海外研究者との積極的交流及び, 種々の形態による受け入れ
- ・外国人留学生の積極的受け入れ

## 1-4 専攻の研究活動

### 1-4-1 研究活動の概要

生物科学専攻の各研究グループにおいて、令和元年度に行われた研究活動の成果は、1-4-2項の研究グループ別研究活動に記載する。そこに示されたデータに基づいて、活動の概要を以下に示す。

#### ○産学官連携実績

小原政信

- ・富士フィルム和光純薬（秘密保持契約締結による新素材の開発販売）

守口和基，鈴木克周，清川一矢

- ・特願2019-117496「細菌におけるクロラムフェニコール耐性の確立を阻害するためのキットおよび方法」令和元年6月25日出願

坪田博美

- ・広島県環境保健協会との共同研究（2006-）広島県廿日市市・広島県広島市（気生藻類の分子系統学的研究）
- ・一般社団法人宮島ネイチャー構想推進協議会との共同事業（2015-）広島県廿日市市（宮島ロープウエーターミナル（獅子岩駅）周辺の植生回復活動，宮島自然観察講座）
- ・中国醸造株式会社との共同研究（2018-）広島県廿日市市（管理上廃棄される植物の有効活用に関する研究）
- ・株式会社アルモニーとの共同研究（2018-）広島県廿日市市（管理上廃棄される植物の有効活用に関する研究）

草場 信

- ・国内特許「新規植物体、当該植物体の生産方法、およびステイグリーン植物の発芽率または成苗率を改善する方法（特願2019-158782）」

井川 武，鈴木 誠，柏木昭彦，柏木啓子，古野伸明，鈴木菜花，田澤一朗，高瀬 稔，三浦郁夫，鈴木 厚，花田秀樹，中島圭介，彦坂 暁，越智陽城，加藤尚志，森 司，荻野 肇

- ・NBRP「ネッタイツメガエル」：ネッタイツメガエルを用いた遺伝学・ゲノム科学的リソース基盤の形成とその活用．第42回日本分子生物学会年会，マリンメッセ福岡，福岡県福岡市，2019年12月3日-6日，ポスター発表・生体展示

鈴木菜花，鈴木 誠，井川 武，柏木啓子，柏木昭彦，荻野 肇

- ・「ツメガエル」ってどんなカエル？ 日本動物学会第90回大会「動物学ひろば」，大阪市立大学，大阪府大阪市，2019年9月13日，ポスター発表・生体展示

#### ○高大連携の成果

田澤一朗

- ・教育ネットワーク中国中高大連携公開講座「大学で何を学ぶか」における授業として「オタマジャクシの尾を切ると、そこから後ろ足が生える」を行った。三次会場（広島県立三次高等学校），2019年7月12日；安芸高田会場（広島県立吉田高等学校），2019年7月13日；広島県立庄原格致高等学校，2019年7月29日。

○生物科学専攻・基礎生物学プログラムのスタッフが令和元(2019)年度に発表した論文，総説・解説，著書，学会の総数を以下に示す。

項目	令和元年度
論文	52
総説・解説	12
著書	4
国際学会	20
国内学会	22

\*国際学会は，該当する全てをカウントする。

\*国内学会は，招待，依頼，特別講演のみをカウントする。

○学術団体等からの受賞実績

(理) 生物科学専攻・(統合) 基礎生物学プログラムの学生および教員が，令和元年度に受けた学会賞等を次にあげる。

氏名	賞の名称	研究内容	授与者	授与年月日
中村 誠	2019年度 中国四国地区生物系三学会合同大会 広島大会 若手研究者優秀発表賞	ネッタイツメガエル幼生尾の再生過程におけるJunB転写因子の機能解析	日本動物学会中国四国支部 支部長	R1.5.12
清川 一矢	中国四国植物学会第76回大会広島大会 優秀発表賞ポスター発表部門	Hリグニン 合成前駆物質 p-クマリルアルコールの分解に関与するアグロバクテリア遺伝子の解析: pAtC58上の未知遺伝子の特定	中国四国植物学会会長	R1.5.12
Zheng Tianxiong	中国四国植物学会第76回大会広島大会 優秀発表賞ポスター発表部門	ゼニゴケ属における無性芽形態の多様性と分類形質としての有用性	中国四国植物学会会長	R1.5.12
浜添 栞	中国四国植物学会第76回大会広島大会 優秀発表賞ポスター発表部門	茎頂におけるKNOX,BLHによるジベレリン内生量制御機構の解析	中国四国植物学会会長	R1.5.12
竹林 公子	日本発生生物学会誌Development, Growth & Differentiation Young Investigator Paper Award (DGD奨励賞)	Coordinated regulation of the dorsal-ventral and anterior-posterior patterning of <i>Xenopus</i> embryos by the BTB/POZ zinc finger protein Zbtb14	仲村春和 (日本発生生物学会誌 Development, Growth & Differentiation 編集主幹)	R1.5.16

鈴木 厚	日本発生生物学会誌Development, Growth & Differentiation Young Investigator Paper Award (DGD奨励賞)	Coordinated regulation of the dorsal-ventral and anterior-posterior patterning of <i>Xenopus</i> embryos by the BTB/POZ zinc finger protein Zbtb14	仲村春和 (日本発生生物学会誌Development, Growth & Differentiation 編集主幹)	R1.5.16
Zheng Tianxiang	日本蘚苔類学会第48回大会優秀発表賞ポスター発表部門	The phylogenetic data supporting the segregation of <i>Marchantia paleacea</i> species complex into sub-species level	日本蘚苔類学会会長	R1.8.28
有本 飛鳥	第41回沖縄研究奨励賞	沖縄県特産の海藻類ゲノムの研究	公益財団法人沖縄協会 会長	R2.1.23
VIRGINIA REGINA PUTRI	理学研究科長表彰	学術研究活動における, 特に顕著な業績	理学研究科長	R2.3.23
亀井美紗樹	理学部長表彰	学術研究活動における, 特に顕著な業績	理学部長	R2.3.23

## ○国際交流の実績

### 国際共同研究・国際交流活動

#### 千原崇裕

- ・ 神山大地教授 (ジョージア大学), 関根清薫博士 (理化学研究所CDB) と split GFP を用いた神経発生研究

#### 奥村美紗子

- ・ Ralf J Sommer教授 (Max Planck Institute for Developmental Biology) と線虫捕食行動の神経制御メカニズムの解明

#### 森下文浩

- ・ Maulana Malik Ibrahim 州立イスラム大学, 科学・技術学部 生物学科で講義, 学部学生約150名, 2019年9月30日
- ・ Maulana Malik Ibrahim 州立イスラム大学, 科学・技術学部 Romidi博士の研究室で所属学生に対し研究紹介セミナー, 学生約10名, 2019年10月4日

#### 山口富美夫

- ・ Kim Wonhee氏 (National Institute of Biological Resources, ROK)との韓国の蘚類フロラに関する共同研究

#### 嶋村正樹

- ・ ゼニコゲを用いて植物発生原理を解明する国際研究基盤の確立 (University of Bristol, Jill Harrison 博士, 京都大学 西浜竜一博士との共同研究)

#### 井上侑哉

- ・ ミャンマーを中心とした東南アジア生物相のインベントリーー日本列島の南方系生物のルーツを探るー（国立科学博物館とミャンマー天然資源・環境保全省林業局の共同研究に招致研究者として参加し、ミャンマーで蘚苔類を調査）

#### 高橋陽介

- ・ Dr. Zhiyong Wang, Staff Member, Department of Plant Biology, Carnegie Institution for Science, 260 Panama street, Stanford, CA 94305, USA

#### 鈴木克周

- ・ LAVIRE Celine（リヨン第1大学，フランス）イネが分泌するクマリルアルコールを代謝する細菌遺伝子の研究
- ・ NESME Xavier（フランス国立農業研究所(INRA)）新種*Rhizobium/Agrobacterium*属細菌の研究

#### 田川訓史

- ・ 部局間国際交流協定校である台湾中央研究院より講師を8大学合同公開臨海実習へ講師を招いて開催
- ・ 米国ハワイ大学と共同でヒメギボシムシの再生研究を実施
- ・ カリフォルニア州立大学及び台湾中央研究院と共同でヒメギボシムシに寄生するカイアシ類の研究を実施
- ・ 広島大学との大学間，部局間交流協定締結大学であるインドネシア共和国の国立イスラム大学マラン校，ならびに関連する国立イスラム大学アラウディン・マカッサル校，スラバヤ校，トゥルンガグン校ならびに国立中興大学から学生を招へいし，JSTさくらサイエンスプランを実施

#### 坪田博美

- ・ Estebanez博士（スペイン・マドリッド自治大学）との蘚苔類の分子系統学的研究

#### 荻野 肇, 鈴木 誠

- ・ 米国ヴァージニア大学  
（Rob Grainger教授，「ネットイツメガエルにおける相同組換え法の開発」）

#### 中島圭介

- ・ NIH（米国）  
研究テーマ：「両生類変態における脊索退縮分子機構の研究」

#### 鈴木 厚, 竹林公子

- ・ 米国ウッズホール海洋生物学研究所  
研究テーマ：「ツメガエル尾部の形成と再生におけるAP-1転写因子の機能解析」

#### 三浦郁夫

- ・ キャンベラ大学（豪州）Dr. Tariq Ezaz 「性決定と性染色体の進化に関する研究」
- ・ ローザンヌ大学（スイス）Dr. Nicolas Perrin 「両生類の性染色体のターンオーバー」
- ・ Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries – IGB Germany（ドイツ）Dr. Matthias

Stöck 「アマガエルの系統進化に関する研究」

- ・ウラル連邦大学（ロシア）Dr. Vladimir Vershinin 「ゲノム排除の分子機構」
- ・台湾国立師範大学（台湾）Dr. Si-Min Lin 「複合型性染色体の進化」
- ・カセサート大学（タイ）Dr. Kornorn Srikulnath 「カエル性染色体の細胞遺伝学的解析」
- ・Ewha Womans University（韓国）Dr. Amael Borzee 「ツチガエル/アマガエルの系統進化」

### ○客員研究員・博士研究員

令和元年度に生物科学専攻・基礎生物学プログラムで受け入れた研究員等の人数は以下のとおり。

	令和元年度
客員研究員	10人
博士研究員	5人

### ORAの実績

氏名	所属研究室	学年	指導教員	研究プロジェクト名
白井 均樹	(理・生物科学専攻) 発生生物学	D3	菊池 裕	DNAメチル化酵素Dnmt3aaによる遺伝子内メチル化制御機構の解析
橋本 環	(理・生物科学専攻) 植物分類・生態学	D2	嶋村 正樹	野生植物の生態、形態、遺伝的多様性研究
西畑 和輝	(統合・基礎生物学P) 植物分類・生態学	D1	山口 富美夫	日本産Calymperaceaeの分類・系統学的再検討
姜 秉宇	(統合・基礎生物学P) 植物分子細胞構築学	D1	鈴木 克周	単子葉植物に内生する <i>Rhizobium</i> 菌株の特性の解明と活用
中村 誠	(統合・基礎生物学P) 両生類研究センター	D1	鈴木 厚	ツメガエル幼生尾の再生におけるAP-1ファミリー転写因子の機能解析
ZHENG TIANXIONG	(理・生物科学専攻) 植物分類・生態学	D2	嶋村 正樹	野生植物の遺伝的多様性研究



## 1-4-2 研究グループ別研究活動

### 動物科学講座

#### 発生生物学研究室

令和元年度構成員：菊池 裕（教授）、高橋治子（助教）

#### ○研究活動の概要

細胞は外部からの様々な物理・化学・生化学的シグナルを受けることにより、その情報を細胞膜から核内へ伝え、エピゲノムや染色体構造を変化させることで遺伝子発現をコントロールし、自らの運命や可塑性を変化させている。このような細胞運命決定・可塑性により、生体の組織・器官が形作られ、成熟し、やがて疾患等により破綻を迎える。発生生物学研究室では、組織・器官の形成・成熟・破綻の分子メカニズムの解明を目標に、運動器形成機構の解析・がん組織（微小環境・がん幹細胞）の解析を行っている。私達は、「組織・器官がどのように形成されるのか（発生）？」、「損傷を受けた組織・器官はどのように修復されるのか（再生）？」、「組織・器官はどのように破綻するのか（がん化）？」という生物学の問題に取り組んでいる。発生・再生・がん化は、互いに関連性が低いように思われているが、多くの点で共通性が見られる。例えば、脱分化する事・細胞増殖が重要である事、同じ様なシグナル伝達系が機能する事、などである。これら3つに共通する生命現象のメカニズム・システムを明らかにする事を研究目標としている。

発生生物学研究室は、基礎生物学の研究科に所属しているが、私達は生物学・工学・数理学・データ科学を融合させた、学際研究に取り組んでいる。本年度から、生命科学とデータ科学（特に機械学習）との融合に力を入れており、機械学習による新しい生命現象の予測を目指している。

現在、主に以下の3つのテーマを中心に研究を行っている。

#### 1. 運動器形成機構の解析（筋-腱接合部形成機構の解明）

私達の体は、筋-腱-軟骨から構成される運動器により動くことが出来る。この運動器は、人体最大の器官であり非常に身近なものであるにも拘らず、体の深部で形成・発達するため、「どのようにして運動器が作られるのか？」に関しては、不明な点が多く残されている。特に筋-腱接合部は、互いの組織（筋・腱）が指状形態を作って結合する、という不思議な構造をしている事が報告されている。私達は、マウス胚の四肢を発生段階毎に透明化し、関連タンパク質の発現や分布を観察することで、指状構造の形成メカニズムを明らかにする事を目標に研究を行っている。更に、マウス胚四肢から採取した細胞を用いて、生体外で運動器の再構成—特に、筋・腱から構成される複合オルガノイド（アッセンブロイド）の構築—を目指している。

#### 2. がん組織（微小環境・がん幹細胞）の解析

##### （1）がん微小環境の*in vitro*モデル化

がん組織は、ガン細胞のみで構成されている訳ではなく、多くの細胞種（免疫細胞・線維芽細胞・血管内皮細胞・ペリサイト・間葉系幹細胞等）から構成されており、特殊ながん微小環境を形成している。この中で、特に線維芽細胞は、がん微小環境内においてがん関連線維芽細胞へと変化することにより、がんの悪性化（増殖・転移など）に関与していることが示唆されている。しかしながら、がん関連線維芽細胞の実体や線維芽細胞からがん関連線維芽細胞への変化に関しては、未だ分子生物学的な解析が十分に進んでいないのが現状である。私達は、がん関連線維芽細胞形成過程の解明を研究目的に、ヒト肺がん細胞株と肺線維芽細胞を体外で三次元培養することにより、がん関連線維芽細胞への変化の過程とがん悪性化への影響に関して研究を行っている。

## (2) がん幹細胞のストレス耐性機構の解析

現在行われている3つのがん治療法（手術療法・化学療法・放射線療法）により一時的にがん組織が消失した様に見えても、時間が経つとがんの再発が起こる事が知られている。この様ながん再発現象は、がん組織に存在しているがん幹細胞が原因であると予想されている。がん幹細胞は薬剤や放射線に対して高い耐性を有するため、治療後も生き残り、再びがん細胞を生み出すことによりがんが再発すると考えられている。私達は、良性腫瘍（MCF-10A）を初期化・部分的な分化により作製された人工がん幹細胞を用いて、がん幹細胞のストレス耐性に関与する遺伝子発現制御機構に関して、microRNAの解析を通じて研究を行っている。

## (3) 発がん機構の解析

発がんは、がん遺伝子・がん抑制遺伝子の変異により起こる事が知られている。遺伝子変異を起こした細胞は、脱分化・リプログラミング等によりがん幹細胞へと変化し、このがん幹細胞からがん細胞が分化する事により、ヘテロながん組織が形成されると考えられている。しかし、未だ発がん過程における脱分化・リプログラミングのメカニズムに関しては、十分な解析が行われていないのが現状である。私達は、がん誘導因子HRas<sup>G12V</sup>、ドミナントネガティブp53によるメラノーマ誘導を実験系として、発がん過程における脱分化機構の解析を行っている。メラノサイトにおいてHRas<sup>G12V</sup>、ドミナントネガティブp53を過剰発現させた結果、神経堤細胞のマーカー遺伝子であるsox10の発現が確認された事から、脱分化が起こっている事が確認された。

## 3. 機械学習を用いた生命科学研究（エピジェネティック制御による転写終結制御機構の予測）

転写開始機構の解析は、現在まで数多くの研究・解析が行われてきたが、転写終結機構に関する研究は少なく、なぜ特定の位置で転写が止まるのかに関しては、未だ明らかにされていない。私達は、ゲノムワイドなエピジェネティック修飾（DNAメチル化・ヒストン修飾）の解析結果から、転写終結機構の解明を目指している。

## ○発表論文

### 1. 原著論文

◎[Takahashi H.](#),\* [Yumoto K.](#),\* [Yasuhara K.](#), [Nadres E.T.](#), [Kikuchi Y.](#), [Taichman R.S.](#), [Kuroda K.](#)  
(2019). (\*Equal contribution).

Anticancer polymers designed for killing dormant prostate cancer cells.

*Scientific Reports*, **9**: 1096.

### 2. 総説・解説

該当無し

## ○特許

該当無し

## ○講演

### 1. 国際会議での招待・依頼・特別講演

[Takahashi H.](#), Molecular engineering of antimicrobial polymers to target biofilms, ACS 257th National Meeting & Exposition, 3110814, Orlando, USA, 2019.3.31-4.4

2. 国際会議での一般講演

該当無し

3. 国内学会での招待・依頼・特別講演

◎高橋治子, 菊池 裕, 3次元*in vitro*培養系によるがん微小環境理解のための組織構成的アプローチ, 第42回日本分子生物学会年会, 1PW-03-7, 福岡, 2019年12月.

4. 国内学会での一般講演

◎Jie Huang, Haruko Takahashi, Mayuko Nishi, Akihide Ryo, Yutaka Kikuchi

Comprehensive analysis of miRNAs in cancer stem-like cells.

第42回日本分子生物学会年会, 福岡県福岡市 (福岡国際会議場), 2019年12月4日,  
ポスター発表

◎Mohamed N. Bakr, Shunya Hozumi, Hiroya Katayama, Haruko Takahashi, Yukinari Haraoka, Tohru Ishitani, Yutaka Kikuchi

Tumor invasion and progression are associated with cholinergic-nerves via nicotinic acetylcholine receptors

第42回日本分子生物学会年会, 福岡県福岡市 (福岡国際会議場), 2019年12月4日,  
ポスター発表

Masaki Shirai, Kazuya Takayama, Ikumi Taya, Nobuyoshi Shimoda, Yutaka Kikuchi

ゼブラフィッシュDnmt3aaが標的とするゲノム領域の同定

第42回日本分子生物学会年会, 福岡県福岡市 (福岡国際会議場), 2019年12月6日,  
ポスター発表

○各種研究員と外国人留学生の受入状況

菊池 裕 :

Jie Huang (博士前期課程), Yuan Chen (博士前期課程), Mingcong Xu (博士前期課程),  
Mohamed Nabil Bakr Abdelrahman (博士後期課程)

○研究助成金の受入状況

1. 共同研究 日本臓器製薬, バイオリフレクターの再生産手法の開発, 7,030,000円, 2018年～2021年, 研究者代表者 菊池 裕
2. 科学研究費補助金基盤C, 造血におけるゼブラフィッシュDmt3aa標的ゲノム領域と領域異化因子の解明, 1,000,000円, 研究者代表者 菊池 裕
3. 平成31年度科学研究費助成事業若手研究, 生体模倣設計に基づいた抗がん性ナノ粒子の設計と評価, 3,200,000円, 研究代表者 高橋治子

○学界ならびに社会での活動

1. 学協会役員・委員

該当無し

2. 学会誌編集委員等

該当無し

3. 産学官連携実績

該当無し

4. セミナー・講義・講演会講師等

◎高橋治子, 菊池 裕

3次元共培養法によるがん一周辺線維芽細胞相互作用の時空間的解析, 第3回がん三次元培養研究会, 東京, 2019年11月, ポスター発表

5. その他

該当無し

○特記事項

高橋治子

(1) 生き物の身体ができる不思議, 科学の芽育成講座(出前授業), 東広島市立川上小学校, 2019年10月18, 24, 25日(計3回)。

東広島市の科学の芽育成講座の講師に選定され、小学校で理科の出前授業を行った。

(2) ゼブラフィッシュ胚を用いた初期発生の観察, グローバルサイエンスキャンパス(GSC)広島, 第4回ステップステージ分野別セミナー, 生物分野, 2019年10月6日。

GSC広島の分野別セミナー(生物)の講師として, 参加した高校生に対しセミナーと観察実験実習を行った。さらに, 発表会では審査員を努めた。

## 細胞生物学研究室

令和元年度構成員：千原崇裕（教授），濱生こずえ（准教授），奥村美紗子（助教）

### ○研究活動の概要

細胞生物学研究室では、「神経回路の形成，成熟，老化を司る分子機構の解明」，および「動物細胞の細胞質分裂のメカニズム解明」に関する研究を行っている。研究手法としてはショウジョウバエや線虫の分子遺伝学，神経生理学，細胞生物学，生化学，ゲノム編集技術，バイオインフォマティクス，動物行動学など様々な解析技術を用いている。以下に令和元年度の研究成果を記す。

#### 1. 神経細胞の形成，成熟，老化を司る分子機構の解明

##### (1) 嗅覚感度を規定する分子基盤解明

人類の匂いに対する興味は尽きない。我々の周りは匂いに溢れており，常に何かしらの匂い刺激に曝されていると言っても過言ではない。そしてその匂いは我々の身体に大きな影響を及ぼす。匂いだけで食欲，性欲など生理現象をコントロールすることも可能である。動物ごとに異なる嗅覚能力をもつことに加えて，同じ動物種内であっても個体ごとに嗅覚の敏感さ（質と強度）の違いがあることも知られている。では，この嗅覚の感度はどのように規定されるのだろうか。これまで匂い物質の質的情報については，嗅覚受容体の種類によって規定されることが知られている。そして，最終的に生物が匂いを認知するためには嗅覚受容体の種類だけではなく，ニューロンの数，神経突起の接続精度，シナプス強度などが複合的に影響すると予想される。しかし，嗅覚感度の規定におけるこれら要因の関与や連携に関しては殆ど理解が進んでいない。以上の状況を鑑み当研究室では，嗅覚感度を規定する分子，ニューロン，そしてその回路構造について体系的に理解することで，「鼻が利くとは？」という単純かつ重要な疑問に対して実験的な回答の取得を目指している。

令和元年度は，上記目標に向けた実験を行い以下の結果を得ている。まず，嗅嗜好性試験（ピーカーを用いた「field trap assay」）の条件検討を行った。具体的には，実験時間（朝，夕，夜など），温度，湿度，明暗など，様々な実験条件を検討した。得られた実験条件を用いて嗅嗜好性試験を繰り返すことにより，同じ系統（遺伝学的背景が同じ系統）から，「嗅覚感度の高い集団」と「嗅覚感度の低い集団」を安定的に選別する手法を見出した。次に各ショウジョウバエの触角における嗅覚受容体細胞数を計測するための染色方法を開発した。嗅覚感度の高い個体と低い個体における嗅覚受容体細胞数を比較した結果，嗅覚感度と嗅覚受容体の細胞数の間に明確な相関はなかった。更に「嗅覚感度の高い集団」と「嗅覚感度の低い集団」の間における遺伝子発現量を比較検討した。その結果，これら2つのショウジョウバエの集団の間では，神経ペプチドsNPFRの受容体（sNPFR）遺伝子の発現量が顕著に異なることを見出した。sNPFRは個体の飢餓レベルによって変動する遺伝子として知られている。これら実験結果から，私達が見出した「嗅覚感度の高い集団」と「嗅覚感度の低い集団」の差は，飢餓レベルの差から生じている可能性が考えられる。

##### (2) 行動の多様性を制御する神経回路の解明

動物は様々な行動をみせる。当研究室では行動の多様性のモデルとして線虫*Pristionchus pacificus*を用い，遺伝学や細胞生物学などの最先端の技術を駆使することにより，行動の多様性を制御する神経回路基盤の解明とその形成過程の分子メカニズムの解明を目指している。興味深いことに，*P. pacificus*は集団密度などの生育環境に応じて口腔の形態に表現型多型を持ち，その形態に伴って摂食行動の違いがみられる。大きな歯を2つ持つ幅広型は他の線虫に対する捕食行動に適



しているのに対し、1つの歯しか持たない狭小型はバクテリア食性であり捕食行動はみられない。これまでにセロトニンが捕食行動に重要であることを見出し、その成果を研究論文として国際学術雑誌に発表している (Okumura et al., 2017, **G3**)。令和元年度はさらにセロトニン受容体の変異体を作成し、捕食行動を制御する神経回路の解明を行い、一部のセロトニン受容体が重複して捕食行動の制御に関与していることを明らかにした。またセロトニンによる線虫の摂食行動の制御に関する知見をまとめ総説を執筆した (Ishita et al, 2020, **Neuroscience research**)。さらに *P. pacificus* において簡便にゲノム編集を行うためのインジェクションマーカーを確立した (Nakayama et al. 2020, **Development Genes and Evolution**)。今後は順遺伝学的スクリーニングによって、捕食行動がどのように制御されているか、口腔形態による行動の違いがどのような神経回路の変化によるものなのか解明する予定である。

## 2. 動物細胞の細胞質分裂のメカニズム解明に関する研究

### (1) 細胞質分裂でのミオシンII調節軽鎖のリン酸化機構

動物細胞の細胞質分裂時に形成される収縮環は、アクチンフィラメントとミオシンIIフィラメントから構成されており、ミオシンIIのATPase活性が引き起こすミオシンIIとアクチンフィラメントの滑りにより、収縮する。ミオシンIIは、その構成成分であるミオシンII調節軽鎖 (MRLC) がリン酸化されることにより、そのATPase活性を上昇させる。私達は、細胞質分裂時のMRLCのリン酸化機構として、RhoキナーゼによりZIPキナーゼがリン酸化/活性化され、活性化されたZIPキナーゼがMRLCをリン酸化することを明らかにした (Hamao et al. 2020, **Experimental Cell research**)。

### (2) ダイナミンによる微小管の制御メカニズムの解明

微小管は細胞分裂を制御している代表的な細胞骨格である。細胞分裂時に微小管を制御する微小管結合タンパク質は多数報告されているが、細胞質分裂時の微小管の制御メカニズムは不明のままである。我々は、微小管結合蛋白質として発見され、細胞質分裂時の中央微小管に局在するタンパク質、ダイナミンに注目している。

ダイナミンをHeLa細胞で発現抑制させると、安定化微小管のマーカーであるアセチル化チューブリンが増加する。この増加した安定化微小管は、GTPase活性をもたないダイナミンやオリゴマー形成できないダイナミンの発現により減少した。ダイナミンの微小管制御には、GTPase活性やオリゴマー形成が必要でないことを明らかにした。現在、ダイナミンと相互作用する因子を探索しており、ダイナミンによる微小管制御の分子機構を解明していく予定である。

## ○発表論文

### 1. 原著論文

- ◎1, Nakayama K., Ishita Y., Chihara T., Okumura M. “Screening for CRISPR/Cas9-induced mutations using a co-injection marker in the nematode *Pristionchus pacificus*”. **Development Genes and Evolution**, 230: 257–264, (2020)
- 2, Hamao K., Ono T., Matsushita M., Hosoya H. “ZIP kinase phosphorylated and activated by Rho kinase/ROCK contributes to cytokinesis in mammalian cultured cells” **Experimental Cell Research**, 386, 11707 (2020)
- 3, Asano S., Ikura Y., Nishimoto M., Yamawaki Y., Hamao K., Kamijo K., Hirata M., Kanematsu T. “Phospholipase C-related catalytically inactive protein regulates cytokinesis by protecting phosphatidylinositol 4,5-bisphosphate from metabolism in the cleavage furrow.” **Scientific Report**, 9, 12729 (2019)



- 4, Shinoda N., Hanawa N., Chihara T., Koto A., Miura M. “Dronc-independent basal executioner caspase activity sustains Drosophila imaginal tissue growth” *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116, 20539–20544 (2019)
- 5, Ando T., Sekine S., Inagaki S., Misaki K., Badel L., Moriya H., Sami M M., Itakura Y., Chihara T., Kazama H., Yonemura S., Hayashi S. “Nanopore Formation in the Cuticle of an Insect Olfactory Sensillum” *Current Biology*, 29, 1-9 (2019)
- 6, Fujisawa Y., Kosakamoto H., Chihara T., Miura M. “Non-apoptotic function of *Drosophila* caspase activation in epithelial thorax closure and wound healing” *Development*, 146, dev169037 (2019)

## 2. 総説・解説

- ◎1, Ishita Y., Chihara T., Okumura M. “Serotonergic modulation of feeding behavior in *Caenorhabditis elegans* and other related nematodes.” *Neuroscience Research*, 154: 9-19, (2020)
- 2, Kamemura K. and Chihara T. “Multiple functions of the ER-resident VAP and its extracellular role in neural development and disease.” *The Journal of Biochemistry*, 165, 391-400 (2019)

## ○著書・その他

該当無し

## ○取得特許

該当無し

## ○講演

### 1. 国際会議での招待・依頼・特別講演

該当無し

### 2. 国際会議での一般講演

- ◎1, Okumura M., Nakayama K., Ishita Y., Chihara T., Screening for CRISPR/Cas9-induced mutations using microchip electrophoresis in the nematode *Pristionchus pacificus*, 22nd International *C. elegans* Conference, ロサンゼルス, アメリカ合衆国, 2019年06月20日, ポスター発表

### 3. 国内学会での招待・依頼・特別講演

シンポジウム等オーガナイザー

- 1, 濱生こずえ 第14回細胞運動研究会の開催, 2019年9月5日, 参加者約20名, 広島大学, オーガナイザー
- 2, 奥村美紗子 線虫研究の未来を創る会2019, 2019年8月21日-22日, 参加者約100名, 名古屋大学, オーガナイザー

シンポジウム・招待講演

- 1, 千原崇裕, ヒト疾患理解に向けたショウジョウバエの活用, 第125回日本解剖学会総会・全国学術集会, 宇部, 2020年3月25日, 招待講演
- ◎2, Kousuke Kamemura, Chun-an Chen, Misako Okumura, Sayaka Sekine, Daichi Kamiyama, Masayuki Miura and Takahiro Chihara, The physiological function of ALS-related ER protein VAP in the intra- and extracellular environments, 第42回日本分子生物学会, 福岡, 2019年12月4日, 招待講演

#### 4. 国内学会での一般講演

- ◎1, Guo R., Nakagushi M., Chihara T., Hamao K., Elucidation of the molecular mechanism of dynamin-2 dependent microtubule regulation, 日本動物学会中国四国支部広島県例会, 東広島市, 2020年3月9日, ポスター発表
- ◎2, 寺田富美, 千原崇裕, 濱生こずえ, ダイナミン2関連疾患の微小管制御を介した分子機構の解明, 日本動物学会中国四国支部広島県例会, 東広島市, 2020年3月9日, ポスター発表
- ◎3, 藤土竜司, Guo Runzhao, 千原崇裕, 濱生こずえ, 微小管制御におけるダイナミン-2の膜結合および自己集合能の解析, 日本動物学会中国四国支部広島県例会, 東広島市, 2020年3月9日, ポスター発表
- ◎4, 伊藤 聖, 奥村美紗子, 千原崇裕, Atg8a発現量の個体内モニタリング ～ショウジョウバエにおけるAkaluc/Akalumineシステムの活用～, 第42回日本分子生物学会, 福岡, 2019年12月4日, ポスター発表
- ◎5, 中山賢一, 千原崇裕, 奥村美紗子, 線虫 *Pristionchus pacificus* における光忌避行動制御機構の解明, 第42回日本分子生物学会, 福岡, 2019年12月4日, ポスター発表
- 6, Guo R., Nakagushi M., Hamao K., Elucidation of the molecular mechanism of dynamin-2 dependent microtubule regulation, 第42回日本分子生物学会, 福岡, 2019年12月3日, ポスター発表
- ◎7, Guo R., Nakagushi M., Chihara T., Hamao K., ダイナミン-2による微小管制御の分子機構の解明, 第14回細胞運動研究会, 広島市, 2019年9月5日
- ◎8, 奥村美紗子, 中山賢一, 井下結葵, 千原崇裕, 線虫 *Pristionchus pacificus* におけるCRISPR/Cas9インジェクションマーカーの確立, 線虫研究の未来を創る会2019, 名古屋, 2019年8月22日, ポスター発表
- ◎9, 中山賢一, 千原崇裕, 奥村美紗子, 線虫 *Pristionchus pacificus* を用いた新規光受容体の探索, 線虫研究の未来を創る会2019, 名古屋, 2019年8月21日, ポスター発表
- ◎10, Ishita Y., Chihara T., Okumura M., Dissecting the function of serotonin receptors in predatory feeding behavior in the nematode *Pristionchus pacificus*, 線虫研究の未来を創る会2019, 名古屋, 2019年8月21日, 口頭発表
- 11, Guo R., Nakagushi M., Hamao K., Regulation of the microtubule dynamic instability by dynamin-2, 日本動物学会中国四国支部大会広島大会, 東広島市, 2019年5月12日, 口頭発表

#### ○各種研究員と外国人留学生の受入状況

##### 【外国人留学生】

千原崇裕: Wang Wei (博士前期課程)

千原崇裕: Andrew Zhang (ハーバード大学, サマーインターン)

濱生こずえ: Guo Runzhao (博士後期課程)

#### ○研究助成金の受入状況

- ・挑戦的研究(開拓)「匂い感覚能の個性を生み出す分子基盤解明」

代表者 千原崇裕 7,000 千円 (20,000 千円/3年間)

- ・東レ科学技術研究助成「嗅覚感度を司る分子基盤の解明」

代表者 千原崇裕 5,500 千円 (20,000 千円/3年間)

- ・頭脳循環プログラム「国際的な活躍が出来る研究者の育成事業」

分担者 千原崇裕 1,000 千円

- ・若手研究 「表現型多型に伴った行動多型を制御する神経回路とその形成機構の解明」

代表者 奥村美紗子 1,950 千円 (4,160 千円/2年間)

- ・日本分子生物学会 若手研究助成 富澤純一・桂子 基金,「光忌避行動の分子・神経基盤の解明」  
代表者 奥村美紗子 3,000千円 (3,000千円/1年間)
- ・日本医療研究開発機構, 革新的先端研究開発支援事業 (AMED-PRIME),「光環境に応答する表現型多型の分子・神経制御機構」  
代表者 奥村美紗子 14,000千円 (52,000千円/4年間)

#### 共同研究

- ・三浦正幸教授 (東京大学大学院薬学系研究科) とショウジョウバエ遺伝学を用いた神経発生機構の理解に向けた研究 千原崇裕
- ・神山大地教授 (ジョージア大学), 関根清薫博士 (理化学研究所CDB) とsplit GFPを用いた神経発生研究 千原崇裕
- ・Ralf J Sommer教授 (Max Planck Institute for Developmental Biology) と線虫捕食行動の神経制御メカニズムの解明を行った 奥村美紗子

#### ○学界ならびに社会での活動

##### 1. 学協会役員・委員

- ・日本動物学会中四国支部庶務幹事 (2016年8月～) 濱生こずえ
- ・日本動物学会第91回米子大会準備委員会委員 濱生こずえ
- ・虫のつどい Slack管理人 奥村美紗子

##### 2. 学会誌編集委員等

- ・Journal of Biochemistry, Associate Editor 千原崇裕

##### 3. 産学官連携実績

該当無し

##### 4. セミナー・講義・講演会講師等

- ・第13回細胞生物学研究室セミナー  
講演者: 久原 篤 博士 (甲南大学理工学部 統合ニューロバイオロジー研究所) 演題: 線虫 *C. elegans* の低温耐性における温度応答メカニズム, 2019年7月26日, 千原崇裕
- ・第14回細胞生物学研究室セミナー  
講演者: 富田 泰輔 博士 (東京大学大学院薬学系研究科 機能病態学教室) 演題: アルツハイマー病の予防・治療薬開発に向けた分子細胞病態解明, 2019年9月25日, 千原崇裕
- ・第15回細胞生物学研究室セミナー  
講演者: 伊藤 正芳 博士 (Howard Hughes Medical Institute Janelia Research Campus) 演題: 電子顕微鏡と光学顕微鏡を統合する画像処理技術と 睡眠を制御する神経回路の探索, 2019年12月12日, 千原崇裕
- ・第16回細胞生物学研究室セミナー  
講演者: 高井 嘉樹 博士 (産業技術総合研究所 生物プロセス研究部門 生物共生進化機構研究グループ) 演題: モデル昆虫のカイコを用いて まだ知られていない昆虫-植物相互作用を解明する, 2019年12月16日, 千原崇裕
- ・理学研究科附属理学融合教育研究センター ランチタイムセミナー 講師 奥村美紗子 2020年3月26日 「氏か育ちか?-環境に応じた動物の形づくり-」

## 5. その他

- ・文部科学省 研究振興局 学術調査官 千原崇裕
- ・広島県教育委員会広島県教育センター主催 第23回教材生物バザールにて教材提供 奥村美紗子
- ・グローバルサイエンスキャンパス ジャンプステージの高校生1名の研究指導 奥村美紗子
- ・線虫研究の未来を創る会 2019 優秀ポスター発表賞 中山賢一
- ・2019 年度広島大学統合生命科学研究科生命医科学プログラム中間発表 優秀発表賞 中山賢一

## 情報生理学研究室

令和元年度構成員：小原政信（教授）、植木龍也（准教授）、森下文浩（助教）

### ○研究活動の概要

情報生理学研究室では脊椎動物や海産無脊椎動物など、幅広いモデル系を用いて生理機能の調節機構の解明のための研究を行っている。特に、両生類のサイトグロビンや脊索動物ホヤ類のバナジンなどの金属タンパク質や、軟体動物腹足類の神経ペプチドの前駆体の翻訳後修飾に係わる酵素群等を中心に、これらが、動物細胞における酸素の運搬や貯蔵、酸化還元、電子伝達、膜電位の保持、薬物代謝、神経伝達、癌転移等においてどのような役割を担うかを分子レベルで解析してきた。今後も先端の分子遺伝学的手法を取り入れながら、個々のタンパク質の生理機能解明を目指して研究を継続する。

サイトグロビンCygbは、ニューログロビンと共に細胞質グロビンに属する低酸素応答性ヘムタンパク質である。その生理機能は不明な点が多い。我々はこれまで、Cygbの生理機能を解明するためにCygb遺伝子導入アフリカツメガエルを作製し、これらのCygb高発現胚では、頭部欠損幼生を高頻度に発生することを見いだした。この奇形は幼生致死であり、ヒト無脳症の場合と同じく、胚発生初期の神経管閉鎖不全が原因であることを明らかにしてきた。さらに、ゲノム編集技術によるCygb遺伝子ノックダウン胚の解析によりCygbの生理機能の解明を試みたが、胚に顕著な表現形の変化は現れなかった。

低酸素応答は、ヒトのがんの浸潤・転移でもHIF1応答性の重要な遺伝子発現の変化をもたらす。この変化を癌細胞と間充織との相互作用に及ぼす効果を調べることにより、がん転移の標的遺伝子の探索も継続して実施する。特に、癌細胞の3次元培養系を用いて、CygbやMMP分子等癌関連遺伝子群の発現制御に焦点をあて研究している。

一方、ホヤによるバナジウムの濃縮という特異な生理現象は、金属イオンの選択的濃縮機構を解明する上で格好のモデルであり、長年にわたって化学と生物学の学際的問題として強い関心を引き付けてきた。我々はこの生理現象を、選択的濃縮機構、バナジウムの還元機構、濃縮のエネルギー機構の3つに分けて、それぞれに関与するタンパク質や遺伝子の探索とその機能解析を精力的に行い、世界をリードしてきた。平成25年3月に主たる研究拠点を附属臨海実験所に移動し、さらなる研究の推進を図っている。我々が発見した新規バナジウム結合タンパク質Vanabinはバナジウムを濃縮するホヤのみが持つユニークなタンパク質ファミリーであり、バナジウムを還元する還元酵素活性も持つことから、高選択的濃縮のカギを握ると考えている。現在は主としてトランスクリプトーム解析によって発見したバナジウム濃縮関連遺伝子の研究を進めるとともに、国内・国際共同研究としてホヤに共生する細菌叢のメタ16S解析及びホヤのゲノム解析、バナジウム濃縮還元能力を持つ腸内共生細菌株の研究を行っている。これらと並行して、東広島地区の共同利用設備を活用し、ホヤの接着機構及び付着防止機構に関連する被囊の微細構造観察と接着物質の同定を進めている。

また、神経系のペプチド性シグナル伝達物質である神経ペプチドは、構造と機能に極めて高い多様性を持ち、神経系による生理機能・恒常性さらには個体の行動の調節において重要な役割を担う。神経ペプチドによる調節機構を理解するため、軟体動物腹足類を主な研究対象として中枢神経系から多くの生理活性ペプチドを同定してその構造と機能の解析を進めている。我々は、先に、NanoLC-Orbitrap MS/MS 分析により、イボニシ中枢神経節のペプチド抽出物から、C末端にFVRL-NH<sub>2</sub>構造を共有する数種のペプチドと、FLRFamide関連ペプチドであるGDPFLRFaを同定した。しかし、これらのペプチドはLeu残基を含むため、質量分析だけではIleの可能性を否定できなかった。そこで、質量分析で同定したアミノ酸配列に基づいて縮重プライマーを作製し、イボニ

シ中枢神経節由来のcDNAライブラリーを鋳型にしたPCRにより,これらのペプチドの前駆体の分子クローニングを試みた。得られたcDNAの塩基配列をアミノ酸配列に翻訳したところ, FVRLa前駆体は189残基のアミノ酸で構成され, C末端がアミド化されると予想されるペプチドが8種見つかった。これらはいずれもC末端がIleであったことから, 質量分析によってLeuと判定された残基は全てIleであることがわかった(FVRIa)。一方, GDPFLRFaの前駆体は291個のアミノ酸からなり, ペプチドのアミノ酸配列は質量分析の結果の通り, Leuであった。また, 同じ前駆体上に, C末端にRF-NH<sub>2</sub>を共有するペプチドが8種見つかったが, ペプチドの全長が大きく異なり, ペプチド相互の相同性は低かった。

次にこれらの新奇ペプチドの生理機能を明らかにするため, それぞれの前駆体にコードされているペプチドの中から数種を選んで化学合成し, イボニシの摘出食道標本の収縮運動に対する作用を調べた。その結果, FVRIaはいずれも収縮抑制作用を示し, ペプチド間で効力の差は見られなかった。一方, FLRFa関連ペプチドの方は, GDPFLRFaが最も低濃度で収縮増強作用を示し, N末端が伸長したFLRFaや, C末端がYLRF-NH<sub>2</sub>のものは効力が若干, 低下した。一方, C末端がYLHF-NH<sub>2</sub>になったものはほとんど, 効果がなかった。これらのことは, イボニシのFLRFa関連ペプチドではC末端のRF-NH<sub>2</sub>構造が生理活性の発現に必須であり, N末端側の構造がペプチドの効力に影響することを示唆する。

## ○発表論文

### 1. 原著論文

- ◎[T. Ueki\\*](#), [A. Arimoto\\*](#), [K. Tagawa](#), N. Satoh. Xenacoelomorph-specific Hox peptides: Insights into the phylogeny of acoels, nemertodermatids, and xenoturbellids. *Zoological Science* 36(5), 395–404 (2019).  
\*equal contribution.
- ◎[A. Arimoto](#), T. Hikosaka-Katayama, A. Hikosaka, [K. Tagawa](#), T. Inoue, [T. Ueki](#), M. Yoshida, M. Kanda, E. Shoguchi, K. Hisata, N. Satoh. A draft genome assembly of the acoel flatworm *Praesagittifera naikaiensis*, *Gigascience* 8(4), 1–8 (2019).

### 2. 総説・解説

- [T. Ueki](#), Tri K. A. Mechanism of vanadium accumulation and possible function of vanadium in underwater adhesion in ascidians. *AIP Conference Proceedings* 2120, 020001 (2019).
- [森下文浩](#), シリーズ 実験動物紹介 イボニシ, 比較内分泌学 46, 12–15 (2020)

## ○著書

- [T. Ueki](#), T. K. Adi, Romaidi. Isolation of Vanadium-Accumulating or Reducing Bacteria from Ascidians and Their Functional Analysis. in “Marine Ecology: Current and Future Developments Vol. 1 - Monitoring Artificial Materials and Microbes in Marine Ecosystems: Interactions and Assessment Methods” edited by T. Takahashi, Bentham Books, 総頁281頁, 分担部14頁 (2020).

## ○特許

- [小原政信](#), ゲル添加剤の製造方法およびゲル添加剤の利用, 特開2019-152583, 公開日2019年9月12日

## ○講演

- 1. 国際会議での招待・依頼・特別講演



F. Morishita, T. Takahashi, T. Watanabe, T. Uto, K. Ukena, M. Furumitsu, T. Horiguchi, Identification of Neuropeptides in Gastropod Mollusks. - Classical and Brand-new Approaches -, 10<sup>th</sup> International Conference on Green Technology, 2019年10月2日, インドネシア国マラン市, 基調講演

2. 国際会議での一般講演

該当無し

3. 国内学会での招待・依頼・特別講演

該当無し

4. 国内学会での一般講演

植木龍也. スジキレボヤの接着部位に局在するvWFAタンパク質の発現と金属結合能. 日本動物学会第90回大会 (2019年9月11日, 大阪市)

藤井しゃら, 佐藤卓至, 黒川量雄, 白江麻貴, 植木龍也, T. K. Adi, 稲葉諒多, 佐藤明子. 多様な生物種におけるゴルジ体とREの関係性. 日本動物学会第90回大会 (2019年9月11日, 大阪市)

池原正恒, 植木龍也, 高村克美. ミズクラゲにおける雌雄特異的マーカーの探索と同定. 日本動物学会第90回大会 (2019年9月11日, 大阪市)

○中川雄介, 古満芽久美, 浮穴和義, 植木龍也, 小原政信, 堀口敏宏, 森下文造. 質量分析で同定された軟体動物腹足類イボニシのFVRIamideとGDPFLRFamideの構造と生理作用. 日本動物学会中国四国支部 広島県例会 (2019年3月9日, 東広島市)

◎西元絢香, 大屋七星, 植木龍也, 小原政信, 森下文造. 軟体動物腹足類アメフラシの心臓に発現する4種の新奇Gタンパク質共役型受容体. 中国四国地区生物系三学会合同大会広島大会 (2019年5月11日, 東広島市)

◎森下文造, 大屋七星, 西元絢香, 植木龍也, 小原政信. 軟体動物アメフラシの心臓に発現するG蛋白質共役型受容体の探索. 第44回 日本比較内分泌学会大会およびシンポジウム 埼玉大会 (2019年11月8日, さいたま市)

○F. Morishita, M. Furumitsu, K. Ukena, T. Ueki, M. Obara, T. Horiguchi. Identification of neuropeptides in a marine snail, *Thais clavigera*, by the molecular cloning of precursors and analysis with nanoLC-LTQ Orbitrap MS/MS. 日本比較生理生化学会 第41回 東京大会 (2019年11月30日, 東京)

森下文造. 軟体動物腹足類イボニシの神経ペプチド探索 — 古典的・現代的アプローチ —. 2019年度中国四国動物生理シンポジウム (2019年12月15日, 日南町)

○中川雄介, 古満芽久美, 浮穴和義, 植木龍也, 小原政信, 堀口敏宏, 森下文造. 質量分析で同定された軟体動物腹足類イボニシのFVRIamideとGDPFLRFamideの構造と生理作用 (2020年3月9日, 東広島市)

○各種研究員と外国人留学生の受入状況

外国人留学生

- ・大学院生博士課程後期 Tri Kustono Adi

○研究助成金の受入状況

科学研究費補助金

- ・科学研究費補助金 基盤(C), ホヤ血球による金属運搬と被囊接着機構に関する形態学および機能解析, 当該年度配分額1,690,000円 (間接経費を含む), 研究者代表者 植木龍也, 研究分担者

古野伸明

共同研究 東広島市政策課題 小原政信 配分額2,623,000円

寄附金

該当無し

## ○学界ならびに社会での活動

### 1. 学協会役員・委員

小原政信

- ・ A Member of Review Board in the Journal of Pediatric Biochemistry

植木龍也

- ・ 公益社団法人日本動物学会理事・中国四国支部長
- ・ The International Vanadium Symposium (国際バナジウム会議), International Advisory Board (国際諮問委員).

森下文浩

- ・ 公益社団法人日本動物学会中国四国支部企画委員
- ・ 独立行政法人国立環境研究所 客員研究員
- ・ 日本比較生理生化学会評議員

### 2. セミナー・講演会開催実績

森下文浩

- ・ 令和元年度 広島大学理学部生物科学同窓会記念講演会 世話人, 2019年11月2日, 講師: 長久 逸氏 (広島県農業技術センター), 広島大学理学部, 参加者40名

### 3. 産学官連携実績

小原政信

- ・ 富士フィルム和光純薬 (秘密保持契約締結による新素材の開発販売)

### 4. セミナー・講義・講演会講師等

植木龍也

- ・ 放送大学面接授業, 広島県向島地区基礎海洋生物実習, 講師, 2019年10月25~26日
- ・ 岡山ノートルダム清心女子高臨海実習, 講師, 2019年7月31日~8月2日
- ・ JSTさくらサイエンス 講師, 2019年10月1~7日
- ・ 第10回理学部講演会講師 (山口大学理学部), 1000万倍に達するホヤのバナジウム濃縮~共生細菌の役割は~, 2019年11月9日

森下文浩

- ・ 研究紹介セミナー Identification of Neuropeptides in Gastropod Mollusks. - Classical and Brand-new Approaches - (State Health Politeqnik, Malang, Indonesia), 2019年10月3日

## 5. その他

### 小原政信

- ・グローバル推進室教員
- ・理学研究科・産学連携教員
- ・理学研究科・評価委員会委員長

### 植木龍也

- ・兵庫県立龍野高等学校スーパーサイエンスハイスクール運営指導委員会，委員
- ・岡山ノートルダム清心女子高スーパーサイエンスハイスクール運営指導委員会，委員長
- ・島根大学生物資源科学部附属生物資源教育研究センター海洋生物科学部門隠岐臨海実験所共同利用運営委員会，委員
- ・インドネシア国立イスラム大学マラーン校理工学部，客員教授
- ・インドネシア国立イスラム単科大学トゥルンガグン校，客員教授
- ・山口大学理学部集中講義，生物学特殊講義：生体元素機能学，2019年11月9～10日

### 森下文浩

- ・広島工業大学生命学部 非常勤講師
- ・Maulana Malik Ibrahim 州立イスラム大学，科学・技術学部 生物学科で講義，学部学生約150名，2019年9月30日
- ・Maulana Malik Ibrahim 州立イスラム大学，科学・技術学部 Romidi博士の研究室で所属学生に対し研究紹介セミナー，学生約10名，2019年10月4日

## 植物生物学講座

### 植物分類・生態学研究室

令和元年度構成員：山口富美夫（教授）、嶋村正樹（准教授）、井上侑哉（助教）

#### ○研究活動の概要

本研究室は、旧広島文理科大学時代（1929年に研究室創設）から一貫して隠花植物（藻類、菌類、地衣類、コケ植物、シダ植物）の分類学的研究と植物群落の生態学的研究を行ってきた。現在、この豊富な研究資産を受け継ぎ、それを基礎として、新しい手法を用い、生物多様性研究領域の拡大・発展をめざして活動を展開している。本研究室では、これらの研究を裏づける標本資料の保存と管理を生物科学専攻の植物標本庫（収蔵標本数約60万点；国際標準標本庫略号HIRO）のもとで行い、標本の国内外研究機関・研究者への貸与を行っている。その結果、コケ植物、地衣類に関して、その収蔵数は、現在、国内大学第一位である。

令和元年度の植物分類・生態学研究室の研究活動の概要は以下のとおりである。

#### (1) 蘚苔類の系統・分類学的研究

日本産ゼニゴケ属（ゼニゴケ科、苔類）の系統・分類学的研究を進め、ヒトデゼニゴケ *Marchantia pinnata* Steph. の無性芽形態を他種の無性芽と比較して、分類形質としての無性芽の有効性を報告した（Zheng & Shimamura 2019, 蘚苔類研究）。ヤチゼニゴケ *M. polymorpha* L. subsp. *polymorpha* の国内新産地を見つけ報告した（鄭・嶋村2019, *Hikobia*）。ツヤゼニゴケ *M. paleacea* Bertol. subsp. *paleacea* とフタバネゼニゴケ *M. paleacea* subsp. *diptera* (Nees & Mont.) Inoue の識別点および日本における分布についてまとめ報告した（鄭・嶋村2019, *Hikobia*）。

国内では西表島でのみで生育の確認されているイボイボカタシロゴケ *Calymperes strictifolium* (Mitt.) G. Roth (カタシロゴケ科、蘚類) の島内新産地を見つけ報告した（西畑ほか2019, *Hikobia*）。

瀬戸内海島嶼部の石灰岩地帯で *Barbula chenia* Redf. & B.C. Tan (センボンゴケ科、蘚類) の生育を確認し、日本新産テリハネジクチゴケとして報告した（Inoue et al. 2019, *Acta Phytotax. Geobot.*）。

#### (2) 蘚苔類フロラ及び生態に関する研究

小笠原諸島、宮崎県尾鈴山、岐阜県金華山・舟伏山などで、蘚苔類フロラに関する現地調査を行い、希少種の分布状況を確認した。広島県宮島の蘚苔類について、1975年の目録出版以降に見つかった蘚苔類をまとめ報告した（井上ほか2019, 広島大学総合博物館研究報告）。岐阜県の蘚類について、標本調査と文献情報にもとづいて目録をまとめ報告した（天本ほか2019, 岐阜県植物研究会誌）。

#### (3) ゲノム情報を基盤としたコケ植物の形態学的・発生学的研究

コケ植物ゼニゴケにおいて、マイクロRNAの一種による標的転写因子の発現制御が生殖成長期への移行を決定していることを明らかにした。この制御メカニズムが生殖成長期移行のための分子スイッチとして、コケ植物から種子植物まで共通であることが確かめられた。研究成果は、2019年9月に、国際学術誌「*Current Biology*」に掲載された。

コマチゴケ綱苔類はケカビ亜門のみと共生すると報告されてきた。コマチゴケの菌根様構造を観察し内生菌を分子同定した結果、ケカビ亜門に加えグロムス亜門も菌根様構造を形成することが判明した。よって祖先的苔類は従来の想定よりも多様な菌類と共生していた可能性が示された。研究成果は、2019年11月に、国際学術誌「*Journal of Plant Research*」に掲載された。

コケ植物を含む陸上植物の葉は系統間で全く異なる相似器官であり収斂進化的により獲得され

たと考えられていたが、葉の発生・成長制御には共通の遺伝子LOS1 (LATERAL ORGAN SUPPRESSION1)が関わることを発見した。研究成果は、2019年12月に、国際学術誌「PLOS Biology」に掲載された。

陸上植物の起源を探る比較ゲノム解析において最大の謎となっているツノゴケ類のゲノムを解読することに成功した。ツノゴケ類はセン類・タイ類と共にコケ植物として単系統群を形成することが示された。また、分裂組織、気孔、二酸化炭素濃縮機構、シアノバクテリアとの共生などツノゴケ類の形態的・生理的特徴に対応する遺伝子の候補についてゲノム・トランスクリプトームに基づいて解析した。研究成果は、2020年3月に、国際学術誌「Nature Plants」に掲載された。

#### (4) 日本産フキ種群の生態学的・系統学的・分類学的研究

日本産フキ種群を対象に本種にみられる多様な形態変異がどのような地理的背景や遺伝的背景を伴ったものなのか、また多様な性表現の生態的意義や遺伝的背景を調査した。野外調査により、全国から約200点の試料を採集した。核ITS領域と葉緑体*atpB-rbcL*領域の塩基配列を比較した結果、日本産フキには3つの主要なハプロタイプが確認され、北緯38度付近を境界とする遺伝的地理構造のパターンに相当することが示唆された。また花形態を比較した結果、フキおよびアキタブキのオス株には、オス小花の周囲にメス小花が形成されるオスメス花序が確認された (Hashimoto et al. 2019, Hikobia)。さらに、オス花序のオスメス小花の萼長は、フキよりもアキタブキが長いことや、四国のオス花序のオス小花には、冠毛がほとんど発達しない個体が確認された。

#### (5) 植物標本庫 (HIRO) の整備

交換・寄贈標本として、Bryophytes of Asia, fasc. 26を国内外の48研究機関に配布した。これらを含めた収蔵標本の整理と体系的管理に向けたデータベース構築を行った。また、研究用蘚苔類標本として、内研究機関に1件を貸し出し、国外研究機関に2件、国内研究機関に1件を贈与した。

新たに5,524件の標本産地データ、48,848件の種データをデータベースに入力した。また、約2,000点のコケ植物標本の標本袋入替作業、整理保管作業を行った。

新たに約39,000点の個人寄贈標本を受け入れ、データベースへの入力と、整理保管作業を行った。

## ○発表論文

### 1. 原著論文

◎天本匡宥, 西畑和輝, 井上侑哉, 須山知花, 嶋村正樹, 山口富美夫. [2019 (2020)]. 岐阜県産蘚類チェックリスト. 岐阜県植物研究会誌 34: 20–45.

Yamamoto, K., Shimamura, M., Degawa, Y. & Yamada, A. (2019). Dual colonization of Mucoromycotina and Glomeromycotina fungi in the basal liverwort, *Haplomitrium mnioides* (Haplomitriopsida). J. Plant Res. 132: 777–788.

Tsuzuki, M., Futagami, K., Shimamura, M., Inoue, C., Kunimoto, K., Oogam, T., Tomita, Y., Inoue, K., Kohchi, T., Yamaoka, S., Araki, T., Hamada, T. & Watanabe, Y. (2019). An early arising role of the microRNA156/529-SPL module in reproductive development revealed by the liverwort *Marchantia polymorpha*. Current Biology 29: 1–8.

Zheng, T.-X. & Shimamura, M. (2019). The gemma of *Marchantia pinnata* (Marchantiaceae, Marchantiophyta). Bryol. Res. 12: 1–5.

Naramoto, S., Jonesb, V. A. S., Trozzia, N., Sato, M., Toyooka, K., Shimamura, M., Ishida, S., Nishitani, K., Ishizakig, K., Nishihama, R., Kochi, T., Dolan, L. & Kyozuka, J. (2019). A conserved regulatory

mechanism mediates the convergent evolution of plant shoot lateral organs. PLOS Biology: 17  
e3000560

- ◎池田誠慈, 井上侑哉, 久保晴盛, 小山克輝, 中原-坪田美保, 武内一恵, 松村雅文, 坪田博美  
(2019).広島県三原市の維管束植物 (I) : 概説とヒカゲノカズラ植物・シダ植物・裸子植物に  
ついて. 広島市植物公園紀要34: 13-36.
- ◎Inoue, Y., Kučera, J., Kubo, H. & Tsubota, H. 2019. *Barbula chenii* (Pottiaceae) new to Japan. Acta  
Phytotax. Geobot. 70: 195-199.
- ◎Hashimoto, T., Inoue, Y. & Shimamura, M. 2019. A note on morphology of the heterogamous capitula  
rarely found in male inflorescences of *Petasites japonicus* (Siebold et Zucc.) Maxim. (Asteraceae).  
Hikobia 18: 1-6.
- 西畑和輝, 佐藤 匠, 山口富美夫 (2019). イボイボカタシロゴケ (カタシロゴケ科, セン類)  
の新産地. Hikobia 18: 57-59.
- 鄭 天雄, 嶋村正樹 (2019). ヤチゼニゴケ (ゼニゴケ科, タイ類) の新産地. Hikobia 18: 61-63.
- 鄭 天雄, 嶋村正樹 (2019). ツヤゼニゴケとフタバネゼニゴケの識別点および日本における分  
布. Hikobia 18: 65-69.
- ◎井上侑哉, 内田慎治, 坪田博美, 山口富美夫 (2019). 巖島の自然 (1975) 以降に広島県廿日市  
市宮島から報告されたコケ植物. 広島大学総合博物館研究報告11: 55-62.
- ◎坪田博美, 池田誠慈, 内田慎治, 紙本由佳理, 塩路恒生, 久保晴盛, 井上侑哉, 中原-坪田美  
保, 山口富美夫 (2019). 広島大学デジタル自然史博物館 (生物分野) のコンテンツについて.  
広島大学総合博物館研究報告 11: 79-96.
- Li, F.-W., Nishiyama, T., Waller, M., Frangedakis, E., Keller, J., Li, Z., Fernandez-Pozo, N., Barker, M.  
S., Bennett, T., Blázquez, M. A., Cheng, S., Cuming, A. C., de Vries, J., de Vries, S., Delaux, P.-M.,  
Diop, I. S., Harrison, J., Hauser, D., Hernández-García, J., Kirbis, A., Meeks, J. C., Monte, I., Mutte,  
S. K., Neubauer, A., Quandt, D., Robison, T., Shimamura, M., Rensing, S. A., Villarreal, J. C., Weijers,  
D., Wicke, S., Wong, G. K.-S., Sakakibara, K. & Szövényi, P. (2020). *Anthoceros* genomes illuminate  
the origin of land plants and the unique biology of hornworts. Nature Plants.6: 259-272
- Suzuki, H., Harrison, C. J., Shimamura, M., Kohchi, T. & Nishihama, R. (2020). Positional cues regulate  
dorsal organ formation in the liverwort *Marchantia polymorpha*. J. Plant Res. 133: 311-321.
- ◎Yamaguchi, T. & Inoue, Y. (2019) Bryophytes of Asia. Fasc. 26. Hikobia 18(1): 75-76.
- 藤野次史, 青木孝夫, 清水則雄, 菅村 亨, 本多博之, 山口富美夫, 山崎博史, 吉田将之  
(2019). 広島大学における学芸員資格取得特定プログラム新課程の実施と課題. 広島大学総  
合博物館研究報告 11: 25-38.
2. 総説・解説
- 嶋村正樹 (2019). ゼニゴケの受精をめぐる諸問題 ~北川先生との議論を思いだして~. しま  
とこけ 17: 31-34.
- ◎嶋村正樹, 井上侑哉 (2019). 2017~2018 年に開催された国際学会から見る蘚苔類研究の動向.  
蘚苔類研究 12: 6-8.
- Inoue, Y. & Ríos, D. (2019). Report on the 47th Annual Meeting of the Bryological Society of Japan,  
Toyama. Bryological Times 148: 3-5.
- 片桐知之, 井上侑哉 (2019). 屋久島のコケ植物 (第1回) 研究の歴史と概要. 洋上アルプス  
293: 3.
- 井上侑哉 (2019). 屋久島のコケ植物 (第3回) 蘚類. 洋上アルプス 295: 3.



## ○著書

- 山口富美夫 (2019). コケ植物, pp. 245–252. In 宮古島市史編さん委員会(編), 宮古島市史第三卷自然編第 I 部 (本編) みやこの自然. 568 pp. 宮古島市教育委員会, 宮古島市.
- 山口富美夫. 2020. 宮古諸島コケ類目録. In 宮古島市史編さん委員会(編), 宮古島市史 第三卷自然編 第 I 部 宮古の自然 別冊. pp. 223–228. 宮古島市教育委員会, 宮古島市.

## ○講演

1. 国際会議での招待・依頼・特別講演  
該当無し

2. 国際会議での一般講演

- ◎Inoue, Y., Estébanez, B. & Tsubota, H. (2019). Morphological and phylogenetic notes on *Trachycarpidium* species (Pottiaceae, Bryophyta). IAB iMOSS SEB 2019 conference. 2019年7月9日-12日. Madrid
- Shimamura, M. & Rios, D. (2019). Phyllotaxis in bryophytes: Correlation between apical cell segmentation and phyllotactic patterns. 日本植物学会第83回大会 JPR国際シンポジウム 2019年9月16日 仙台市
- Shimamura, M. (2019). The Unicellularization Process in the Spermatogenesis of *Marchantia polymorpha*. Marchantia workshop 2019. 2019年9月18日. 仙台市
- Kajiwara, T., Okahashi, K., Hisanaga, T., Miyazaki, M., Iwasaki, M., Yamaoka, S., Nishihama, R., Shimamura, M., Yamato, K. T., Nakajima, K. & Kohchi, T. (2019). Analysis of the Mechanism How Antisense lncRNA SUF Represses the Female Promoting Factor MpFGMYB in *Marchantia polymorpha*. Marchantia workshop 2019. 2019年9月18日. 仙台市
- Naramoto, S., Shivas Jones, VA. Trozzi, N., Shimamura, M., Ishida, S., Nishitani, K., Ishizaki, K., Nishihama, R., Kohchi, T., Dolan, L. & Kyojuka, J. (2019). A conserved regulatory mechanism mediates the convergent evolution of plant shoot lateral organs. Marchantia workshop 2019. 2019年9月18日. 仙台市
- Suzuki, H., Harrison, J. C., Shimamura, M., Kohchi, T. & Nishihama, R. (2019). Clonal Analysis to Revealing Division Patterns and Stem Cell Lineages in Developing Gemma of *Marchantia polymorpha*. Marchantia workshop 2019. 2019年9月18日. 仙台市
- Zheng, T.-X. & Shimamura, M. (2019). Do you want to identify the species name of wild *Marchantia* thalli bearing no sexual branches? Marchantia workshop 2019. 2019年9月18日. 仙台市

3. 国内学会での招待・依頼・特別講演

- 嶋村正樹 (2019). 「コケの増え方～精子は泳ぐし空も飛ぶ～」天下一植物界 -BORDER BREAK BEYOND- 招待講演 2019年6月23日. 京セラドーム大阪

4. 国内学会での一般講演

- ◎月山皓太, 小塚俊明, 花田俊樹, 嶋村正樹 (2019). 青色光受容体PHOTによるフタバネゼニゴケ形態形成制御機構の解析. 中国四国植物学会第76回大会. 2019年5月11日. 東広島市
- ◎井上侑哉, Juan A. Jiménez, 佐藤 匠, 坪田博美, 山口富美夫 (2019). 日本産カイガネクロゴケ *Didymodon nigrescens* の遺伝的多様性と分類学的帰属. 中国四国植物学会第76回大会. 2019年5月11日. 東広島市
- ◎内之八重友典, 山口富美夫, 嶋村正樹 (2019). 尾鈴山の蘚苔類フロラ. 中国四国植物学会第76回

- 大会. 2019年5月11日. 東広島市
- ◎坂本 愛, 井上侑哉, 坪田博美 (2019). 広島城内の在来・外来タンポポの分布. 中国四国植物学会第76回大会. 2019年5月11日. 東広島市
- 西畑和輝, 山口富美夫 (2019). *Syrhodon chenii* Reese & Lin (カタシロゴケ科, 蘚類) は日本にも産す. 中国四国植物学会第76回大会. 2019年5月11日. 東広島市
- 鄭 天雄, 嶋村正樹 (2019). ゼニゴケ属における無性芽形態の多様性と分類形質としての有用性. 中国四国植物学会第76回大会. 2019年5月11日. 東広島市
- ◎出口博則, 井上侑哉, 坪田博美, H. ベドナレク-オヒラ, R. オヒラ (2019). 日本産シモフリゴケ類の分類の現状. 日本蘚苔類学会第48回福岡大会. 2019年8月28日. 福岡市
- ◎天本匡宥, 西畑和輝, 井上侑哉, 山口富美夫 (2019). 日本産アイバゴケ属2種の分類学的研究. 日本蘚苔類学会第48回福岡大会. 2019年8月28日. 福岡市
- ◎井上侑哉, Belén Estébanez, 坪田博美 (2019). *Trachycarpidium*属 (センボンゴケ科, セン類) の孢子体形態と系統関係. 日本蘚苔類学会第48回福岡大会. 2019年8月28日. 福岡市
- ◎内田慎治, 井上侑哉, 坪田博美, 関 太郎 (2019). 1984(昭和59)年の宮島山火事跡の蘚苔類標本. 日本蘚苔類学会第48回福岡大会. 2019年8月28日. 福岡市
- ◎西畑和輝, 徐 載欽, 井上侑哉, 嶋村正樹, 山口富美夫 (2019). 石垣島で確認された *Calymperes palisotii* (カタシロゴケ科, 蘚類). 日本蘚苔類学会第48回福岡大会. 2019年8月28日. 福岡市
- ◎鄭 天雄, 井上侑哉, 嶋村正樹 (2019). 広島県におけるツヤゼニゴケとフタバネゼニゴケの同所的分布. 日本蘚苔類学会第48回福岡大会. 2019年8月28日. 福岡市
- 中西花奈, 西畑和輝, 山口富美夫 (2019). 京都市梅小路公園「いのちの森」の蘚苔類. 日本蘚苔類学会第48回福岡大会. 2019年8月28日. 福岡市
- 橋本 環, 嶋村正樹 (2019). 野生フキの頭花の比較形態学的研究. 日本植物学会第83回大会. 2019年9月16日. 仙台市
- ◎月山皓太, 小塚俊明, 嶋村正樹. (2019). 青色光受容体が関与するフタバネゼニゴケ形態形成制御機構の解析. 日本植物学会第83回大会. 2019年9月16日. 仙台市
- 梶原智明, 岡橋啓太郎, 久永哲也, 岩崎美雪, 宮崎 基, 山岡尚平, 西浜竜一, 嶋村正樹, 大和勝幸, 中島敬二, 河内孝之 (2019). アンチセンス long non-coding RNA SUF による苔類ゼニゴケ 雌性化因子 MpFGMYB の発現抑制メカニズムの解明. 日本植物学会第83回大会 2019年9月17日. 仙台市
- 浅川義範, 富山賢一, 秋山弘之, 内田暁友, 嶋村正樹, 兼目裕充, 宮高透喜, 高橋宏暢, 江角朋之, 矢口善博. (2019). Distribution of Volatile Components in the Liverworts, *Conocephalum japonicum*, *C. conicum*, *Marchantia paleacea* subsp. *diptera* and *M. paleacea* subsp. *paleacea*. 第63回香料・テルペンおよび精油化学に関する討論会. 2019年9月29日. 秋田市
- 十川太輔, 嶋村正樹, 大和勝幸 (2019). 超低温保存した苔類精子の利用. 第8回近畿植物学会講演会. 2019年11月16日 京都市.
- 鈴木秀政, C. Jill Harrison, 嶋村正樹, 河内孝之, 西浜竜一 (2019). ゼニゴケの無性芽発生における分裂パターンと幹細胞系譜の解明に向けたクローナル解析. 第8回近畿植物学会講演会. 2019年11月16日. 京都市
- 梶原智明, 岡橋啓太郎, 久永哲也, 宮崎 基, 岩崎美雪, 山岡尚平, 西浜竜一, 嶋村正樹, 大和勝幸, 中島敬二, 河内孝之 (2019). 苔類ゼニゴケ雌性化抑制因子である長鎖ノンコーディングRNA SUF の作用機序の解析. 第8回近畿植物学会講演会. 2019年11月16日. 京都市
- 梶原智明, 岡橋啓太郎, 久永哲也, 宮崎 基, 岩崎美雪, 山岡尚平, 西浜竜一, 嶋村正樹, 大和勝幸, 中島敬二, 河内孝之 (2019). アンチセンス長鎖ノンコーディングRNA SUF による苔類

ゼニゴケ雌性化因子MpFGMYBの発現抑制メカニズムの解析. 第42回日本分子生物学会年会  
2019年12月3日-6日. 福岡

片桐知之, 井上侑哉 (2020). コケ植物外来種リストの作成を目指した文献調査と各種の評価. 日本植物分類学会第19回大会. 2020年2月29日-3月3日. 岐阜市

◎天本匡宥, 西畑和輝, 井上侑哉, 山口富美夫 (2020). 日本産アイバゴケ属 (アイバゴケ科, 苔類) の分類学的研究. 日本植物分類学会第19回大会. 2020年2月29日-3月3日. 岐阜市

◎井上侑哉, 坪田博美, 山口富美夫 (2020). イシバイゴケ (センボンゴケ科, セン類) の新産地と分類学的帰属. 日本植物分類学会第19回大会. 2020年2月29日-3月3日. 岐阜市

◎坪田博美, 井上侑哉, 山口富美夫 (2020). 広島県植物誌の今後—地方植物誌を継続させる上での課題—. 日本植物分類学会第19回大会. 2020年2月29日-3月3日. 岐阜市

◎橋本 環, 井上侑哉, 坪田博美, 嶋村正樹 (2020). 日本産フキ (キク科) の系統的位罫および遺伝的多様性. 2020年2月29日-3月3日. 岐阜市

## ○各種研究員と外国人留学生の受入状況

### 【外国人研究生】

該当無し

### 【外国人留学生】

鄭 天雄 (中国) (博士課程後期)

肖 楊雨昕 (中国) (博士課程前期)

## ○研究助成金の受入状況

福島大学環境放射能研究所令和元年度連携研究推進事業「指標生物を用いた放射性物質の生態系への影響研究」嶋村正樹 2,000千円

平成31年度サタケ基金助成金「広島大学東広島キャンパスの植物相の解明」井上侑哉 300千円 (2019年度)

一般財団法人広島地球環境情報センター 研究助成金 嶋村 正樹 (Zheng Tianxiong) 100千円

一般財団法人中辻創智社2018年度研究費助成「分子情報を用いた日本産センボンゴケ科の分類学的再検討」井上侑哉 500千円 (2018-2019年度)

受託研究 株式会社沖縄環境分析センター「蘚苔類調査」山口富美夫 500千円

## ○学界ならびに社会での活動

### 1. 学協会役員・委員

山口富美夫

- ・公益財団法人服部植物研究所委託研究員 (1992-)
- ・環境省稀少野生動植物保存推進員 (2003-)
- ・日本植物分類学会絶滅危惧植物専門第二委員会委員 (2009-)
- ・生物多様性広島戦略推進会議希少生物分科会検討委員会委員 (2013-)
- ・日本植物学会代議員 (2014-)
- ・ヒコビア会会長 (2014-)
- ・環境省第5次絶滅のおそれのある野生生物の選定・評価検討会植物II分科会検討委員 (2014-)
- ・公益財団法人広島市みどり生きもの協会理事 (2019-)

#### 嶋村正樹

- ・日本植物学会代議員 (2014-)
- ・日本植物形態学会評議員 (2018-)
- ・日本蘚苔類学会会長 (2020-)
- ・ヒコビア会編集幹事 (2014-)
- ・中国四国植物学会 広島県幹事 (2014-)

#### 井上侑哉

- ・環境省稀少野生動植物保存推進員 (2018-)
- ・公益財団法人服部植物研究所理事 (2019-)
- ・公益財団法人服部植物研究所非常勤研究員 (2019-)
- ・日本蘚苔類学会副編集幹事 (2020-)

#### 2. セミナー・講演会開催実績

- ・ヒコビアセミナー (全24回, 宮島自然植物実験所と共催)

#### 3. 産学官連携実績

該当無し

#### 4. セミナー・講義・講演会講師等

- ・「服部植物研究所・コケの日」講演会および観察会講師 (井上侑哉 宮崎県総合博物館)

#### 5. その他

- ・研究雑誌 HIKOBIA 18巻1号を刊行した(編集幹事 嶋村正樹, ヒコビア会会長 山口富美夫)

### ○国際交流の実績

#### 国際共同研究・国際交流活動

##### 山口富美夫

- ・Kim Wonhee氏 (National Institute of Biological Resources, ROK)との韓国の蘚類フロラに関する共同研究

##### 嶋村正樹

- ・ゼニゴケを用いて植物発生原理を解明する国際研究基盤の確立 (University of Bristol, Jill Harrison博士, 京都大学 西浜竜一博士との共同研究)

##### 井上侑哉

- ・ミャンマーを中心とした東南アジア生物相のインベントリーー日本列島の南方系生物のルーツを探るー (国立科学博物館とミャンマー天然資源・環境保全省林業局の共同研究に招致研究者として参加し, ミャンマーで蘚苔類の調査を行った)

### ○特記事項

- ・日本蘚苔類学会第48回福岡大会優秀発表賞 (ポスター発表部門). 2019年8月28日. 鄭 天雄, 井上侑哉, 嶋村正樹. The phylogenetic data supporting the segregation of *Marchantia paleacea* species complex into sub-species level

## 植物生理化学研究室

令和元年度構成員：高橋陽介（教授）、深澤壽太郎（助教）

### ○研究活動の概要

光エネルギーを化合物に転換することで、地球上における他のすべての生命を支える植物は、自らは移動せず、大地に根を張り、その生存の領域を広げ、外部環境の激しい変化を克服して生育する。そのために植物は柔軟な形態形成と環境応答のメカニズムを発達させてきた。本研究室では、植物の形態形成や環境応答の分子機構を解析している。

一生を同じ場所で過ごす植物にとって、花を咲かせるタイミングは最も重要な決定の一つであり、様々な要因によって制御されている。シロイヌナズナでは、光周期経路、春化経路、自律的制御経路、ジベレリン (gibberellin; GA) 経路の4つの花成制御系が知られており、その制御の多くは、インテグレーターと呼ばれる*FT*、*SOC1*の発現に統合される。GA経路は短日条件下の花成で特に重要である。GAは葉で花成ホルモンをコードする*FT*の発現を、茎頂で*SOC1*の発現を促進するが、その制御機構は解明されていない。

#### (1) GAF1複合体によるGA内生量制御機構の解析

DELLAはGA信号伝達の中心的な抑制因子であり、GA依存的に分解される。これまでに、DELLA相互作用因子として転写因子GAF1を単離し、DELLAはGAF1のコアクチベーターとしてはたらき、標的遺伝子の転写を促進すること、GA依存的にDELLAが分解されると、GAF1はコリプレッサーであるTPRと複合体を形成し、標的遺伝子の転写を抑制することを明らかにした。GAF1複合体はGA依存的にその構成を変化させることによって、標的遺伝子の発現のON/OFFを調節している。この制御モデルは、GAフィードバック制御に合致し、GAF1複合体がGAフィードバック制御において主要な役割を果たすことを明らかにした。また、活性型GAをFRETにより蛍光観察できるGPSタンパク質を用いて、植物体内における活性型GAの局在の確認が可能となった。今後、活性型GAの合成される時期や、組織特異的な局在を明らかにしていく。

#### (2) 花成を制御するGAF1標的遺伝子の探索

形質転換体を用いた解析から、GAF1過剰発現体では花成が促進され、*gaf1 gaf2*二重変異体では花成が遅延することが明らかとなった。これらの表現型は短日条件下で特に顕著になることから、GAF1の標的の中には花成のGA経路に関与する遺伝子が存在すると予想された。GAF1による花成制御の解明を目的として、新たなGAF1標的遺伝子を探索し、DELLA-GAF1複合体を介したジベレリンによる花成制御機構について解析を行った。GAF1を一過的に誘導できる形質転換体を作成し、GAF1の発現誘導前後で発現が変化する遺伝子をRNA-seq解析を用いて探索した。GAF1の発現誘導によって発現量が増加する花成遺伝子を選抜した。選抜した花成遺伝子のうち、GAF1過剰発現体、及び*gaf1gaf2*変異体において発現量が変動する遺伝子をGAF1の標的候補遺伝子として複数選抜した。これらの遺伝子の発現はGAによって抑制されること、欠損変異体では花成が促進されていることが明らかになった。現在、これらの遺伝子産物による*FT*及び*SOC1*の発現制御機構について解析している。



## ○発表論文

1. 原著論文  
該当無し
2. 総説・解説  
該当無し

## ○著書

該当無し

## ○講演

1. 国際会議での招待・依頼・特別講演  
該当無し

2. 国際会議での一般講演

◎Fukazawa J, Ohashi Y, Ito T, Takahashi Y. “Regulation of flowering via gibberellin signaling” 23<sup>th</sup> International Plant Growth Substances Association Conference, Paris France 2019.6.25-29

◎Fukazawa J, Ohashi Y, Ito T, Takahashi Y. “DELLA-GAF1 complex involved in gibberellin flowering pathway” Gibberellins 2019 Current progress in Gibberellin Research Olomouc Czech Republic 2019.6.30-7.2

3. 国内学会での招待・依頼・特別講演  
該当無し

4. 国内学会での一般講演

◎浜添 栞, 深澤壽太郎, 高橋陽介 茎頂における KNOX, BLH によるジベレリン内生量制御機構の解析 第76回中国四国植物学会 広島大学 2019.5.11 優秀発表賞

◎西田有理花, 深澤壽太郎, 高橋陽介 新奇 GAF1 標的遺伝子 GFR によるジベレリン生合成と成長制御機構 第76回中国四国植物学会 広島大学 2019.5.11

◎伊藤 岳, 勝部隆義, 深澤壽太郎, 高橋陽介 GAF1 とその相互作用因子によるジベレリン生合成酵素遺伝子の転写制御 第76回中国四国植物学会 広島大学 2019.5.12

◎中林誠太郎, 伊藤 岳, 深澤壽太郎, 高橋陽介 シロイヌナズナにおける DELLA 複合体による ABA 感受性の制御機構 第76回中国四国植物学会 広島大学 2019.5.12

◎西 航一郎, 森 亮太, 伊藤 岳, 深澤壽太郎, 高橋陽介 DELLA と JAZ を介したジベレリンとジャスモン酸のクロストークの解析 第76回中国四国植物学会 広島大学 2019.5.12

## ○研究助成金の受入状況

### 科学研究費補助金

- ・基盤研究 (C) 「翻訳後修飾酵素による拮抗したジベレリン信号伝達制御」代表者 深澤壽太郎 1,040千円

### その他助成金

- ・住友財団 基礎研究科学助成 「植物ホルモンの内生量調節にともなう花成制御機構の解明」



代表者 深澤壽太郎 600千円

#### 共同研究

- ・ Dr. Zhiyong Wang, Staff Member, Department of Plant Biology, Carnegie Institution for Science, 260 Panama street, Stanford, CA 94305, USA (高橋陽介)
- ・ 理化学研究所 瀬尾光範 『植物ホルモンによる成長制御機構の解析』に関する実験・研究 (深澤壽太郎)
- ・ 山形大学農学部 豊増知伸 bZIP型転写因子と14-3-3結合に関する研究 (深澤壽太郎)
- ・ 愛媛大学農学部 米山香織 ストリゴラクトンと植物ホルモンの相互作用に関する研究 (深澤壽太郎)

#### 受託事業

該当無し

#### ○学界ならびに社会での活動

##### 1. 学協会役員・委員

高橋陽介

- ・ 農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業研究課題評価分科会委員

深澤壽太郎

- ・ 中国四国植物学会 第76回大会実行委員

##### 4. セミナー・講義・講演会講師等

該当無し

##### 5. その他

- ・ 浜添 栞, 深澤壽太郎, 高橋陽介の発表が第76回中国四国植物学会において, 優秀発表賞 (ポスター発表部門) を受賞した (2019年5月11日)。

## 植物分子細胞構築学研究室

令和元年度構成員：鈴木克周（教授）、守口和基（講師）

### ○研究活動の概要

所謂アグロバクテリア (*Rhizobium/ Agrobacterium* 属の病原性菌株) は自然界で植物に遺伝子を注入して根頭癌腫病と毛状根病を引き起こす。また、伝達域の広い接合プラスミドを持つ大腸菌から真核微生物の出芽酵母へプラスミドが移ることが見出されたことを契機として、細菌接合系による真核生物への遺伝子の水平伝達 ((超) 生物界間接合) 現象の報告が増えつつある。本研究室では、実験室で繰り返し再現できるこれらの広域水平伝達現象の特質を明らかにする研究と水平伝達を発揮する能力の高いバクテリアならびにプラスミドの機能および多様性に関する研究を行っている。

令和元年度において、以下の成果を得た。

- (1) IncP型プラスミドの4型分泌装置による大腸菌-出芽酵母のモデル生物界間接合系で、ドナー大腸菌において効率的な輸送を制限している遺伝子をゲノムワイドに探索し、親株BW25113より約10倍高い接合効率を示す3種の遺伝子を欠失した変異株を単離している。これらの変異株は大腸菌間の接合伝達効率においても同様の上昇を示す一方、IncW型、IncN型といった他の高宿主域型プラスミドの接合伝達には影響が無いことから、IncP型プラスミド特異的なメカニズムによるものと推測された。これらの変異株の二重変異体では、一重変異体と比較して相乗的な接合効率上昇効果は観察されないことから、接合伝達過程の同じステップで作用しているものと考えられる。興味深いことに3種の変異株において、プラスミドにコードされた接合関連遺伝子の発現レベルに顕著な変化はなく、接合上昇メカニズムの更なる解析を進める予定である。これらの知見を元に原核/真核生物の遺伝子導入に使用可能な高接合効率実用株の作成も行った。
- (2) 大腸菌間のIncP型プラスミド接合系において、接合伝達そのものはレシピエント細胞の遺伝子ノックアウト変異によるバイアスを受けないことを応用し、クロラムフェニコールを例に、抗生物質耐性遺伝子水平伝播後のレシピエント細胞中での耐性確立に必要な因子をゲノムワイドに探索可能であることを示した。6つの候補遺伝子を単離しており、これらの遺伝子産物はクロラムフェニコール耐性遺伝子の水平伝播による拡散を防止するための潜在的な薬剤ターゲットとなり得る。
- (3) アグロバクテリアの4型分泌系装置VirB/D4は植物のみでなく菌類や動物培養細胞など様々な真核生物にT-DNAを輸送できる。VirB/D4の起源は細菌の4型分泌系装置と考えられることから、大腸菌へのモデルT-DNA輸送を試みると、RecAに大きく依存して輸送可能だったが効率は低い。一方、VirB/D4を使用するがrelaxaseとしてMobに依存するプラスミドは高い効率で大腸菌へ輸送される。このことは、酵母および植物に輸送する場合の効率と逆の関係にある。以上の現象の説明として、「T-DNA輸送用のrelaxaseであるVirD2は真核細胞へ導いたT-DNAが細胞質に在る間(核に達する前)は環状化しないよう適合しているため、細菌へ輸送した際には環状化に手間取る」と推定した。今年度は、exonuclease VIIとSbcCD nucleaseを欠く大腸菌変異体がモデルT-DNAを高い頻度で受容すること、2つのnucleaseを欠く変異体では相乗的に頻度が高まることを明らかにした。一方、同じ変異体大腸菌はMobに依存するプラスミドを野生型菌株と大差ない頻度で受容した。これらの結果から、VirD2 relaxaseに関する仮説が支持されたと考えている。
- (4) 岡山大学との共同研究によってコムギから内生菌として単離した7菌株の*Rhizobium radiobacter*はゲノムグループG1とG7に属している。G1は根頭癌腫病菌の多くが属するグループであり、G7は毛根状病菌の多くが属するグループであることから、この種の植物内生菌と病害菌(根頭癌腫病菌と毛根状病菌)は染色体レベルで同じと唆される。これまでにG7型内生菌の2

株はタバコへの感染能があり，感染遺伝子*vir*を発現するというデータを得ていた。今年度は，G7型内生菌株が毛根状病マーカ―遺伝子*rolA*～*rolC*遺伝子を持つことと，感染を受けた植物が毛根状病徴形態を示すことを把握した。以上の結果は，内生菌と病害菌は染色体レベルで同じであるという考えを更に支持するものである。

## ○発表論文

### 1. 原著論文

◎Moriguchi K., Zoolkefli FIRM, Abe M, Kiyokawa K, Yamamoto S, Suzuki K. (2018) Targeting antibiotic resistance genes is a better approach to block acquisition of antibiotic resistance than blocking conjugal transfer by recipient cells: a genome-wide screening in *Escherichia coli*. Front. Microbiol. 10:2939. (DOI: 10.3389/fmicb.2019.02939)

### 2. 総説・解説

該当無し

## ○講演

### 1. 国際会議での招待・依頼・特別講演

該当無し

### 2. 国際会議での一般講演

該当無し

### 3. 国内学会での招待・依頼・特別講演

◎守口和基, Fatin Iffah-Rasyiqah Mohamad Zoolkefli, 清川一矢, 山本真司, 鈴木克周 「IncP型プラスミドの接合伝達変異体の探索から考える抗生物質耐性遺伝子の拡散防止法」, 2019年度大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立遺伝学研究所研究会「環境中のDNA循環」, 2019年8月19-20日, 三島市, 国立遺伝学研究所(依頼講演)

◎清川一矢, 山本真司, 守口和基, 鈴木克周 「アグロバクテリアから単子葉植物へのDNA伝播」, 2019年度大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立遺伝学研究所研究会「環境中のDNA循環」, 2019年8月19-20日, 三島市, 国立遺伝学研究所(依頼講演)

### 4. 国内学会での一般講演

◎守口和基, Fatin Iffah-Rasyiqah Mohamad Zoolkefli, 阿部雅修, 清川一矢, 山本真司, 鈴木克周 「接合伝播による抗生物質耐性遺伝子の拡散を防止するには: 大腸菌を使ったゲノム網羅的探索」, 第42回日本分子生物学会年会, 2019年12月3-6日, 福岡市, 福岡国際会議場・マリンメッセ福岡

清川一矢, 森脇隼人, 福満啓博, 庄田佐知子, 山本真司, 鈴木克周 「Hリグニン合成前駆物質 *p*-クマリルアルコールの分解に関与するアグロバクテリア遺伝子の解析: pAtC58上の未知遺伝子の特定」 中国四国植物学会第76回大会 2019年5月12日 東広島市, 広島大学

## ○各種研究員と外国人留学生の受入状況

Fatin Iffah-Rasyiqah Mohamad Zoolkefli (マレーシア)文科省国費留学生事業留学生 2017-2020予定

He Xingjiang (中国) 大学院私費留学生 2019-2021予定

Cho Yun Jae (韓国) 日韓理工系学部留学生事業留学生 2017-2021予定

## ○研究助成金の受入状況 (金額は直接経費)

高木俊介 パン科学技術振興財団助成金 100万円 鈴木克周

## ○学界ならびに社会での活動

### 1. 学協会役員・委員

該当無し

### 2. セミナー・講演会開催実績

- ・細胞の形と機能セミナープロジェクト研究センターセミナー 演題「網羅的なオーソログデータベース構築に基づく微生物の多様性解析」講師 小保方 潤一 (京都府立大学・生命環境科学研究科 教授) 2019年12月27日, 理学部B棟3階 B305講義室

### 3. 産学官連携実績

特願2019-117496「細菌におけるクロラムフェニコール耐性の確立を阻害するためのキットおよび方法」2019年6月25日出願 守口和基, 鈴木克周, 清川一矢

### 4. セミナー・講義・講演会講師等

守口和基

「多様な生物への遺伝子導入系としての接合伝達」接合伝達に関する研究会, 2019年12月23日, 東京都, 東京大学大学院農学生命科学研究科 (弥生キャンパス)

「広宿主域プラスミドの接合伝達を統べる—抗生物質耐性遺伝子の拡散防止への挑戦から遺伝子導入法としての応用まで—」日本大学生物資源学部 令和元年度第9回動物医科学研究センターセミナー, 2020年2月12日, 藤沢市, 日本大学生物資源学部

### 5. その他

高校生研究室訪問 ミニ実験実施 安田女子高等学校 7名 (2019年10月21日) 鈴木克周, 守口和基

## 国内共同研究

守口和基

- ・佐藤真伍 (日本大学生物資源科学部) 「バルトネラ属細菌の形質転換法および実験株の樹立に向けた研究」

鈴木克周

- ・澤田宏之 (農業・食品産業技術総合研究機構 遺伝資源センター) 「*Rhizobium/Agrobacterium* 属病原菌の研究」
- ・谷 明生, 力石和英 (岡山大学 資源生物科学研究所) 「植物内生*Rhizobium/Agrobacterium*属細菌の研究」
- ・久富泰資 (福山大学 生命工学部) 「酵母菌用プラスミドの開発」

## ○国際交流の実績

国際共同研究

鈴木克周

- ・LAVIRE Celine (リヨン第1大学, フランス) イネが分泌するクマリルアルコールを代謝する細菌遺伝子の研究
- ・NESME Xavier (フランス国立農業研究所(INRA)) 新種*Rhizobium/Agrobacterium*属細菌の研究

## ○特記事項

中国四国植物学会 第76回大会 優秀発表賞受賞, 清川一矢 研究員 (授与者 中国四国植物学会 会長, 授与日: 2019年5月12日)

## 多様性生物学講座

### 附属臨海実験所・海洋分子生物学研究室

令和元年度構成員：田川訓史（准教授，所長併任）

有本飛鳥（助教），小林健司（特任助教）

#### 〈施設の概要等〉

所員は田川訓史准教授（所長併任,平成 29 年 4 月 1 日付就任），有本飛鳥助教（令和元年 7 月 1 日付勤務），小林健司特任助教（令和元年 7 月 1 日付勤務），中村景子契約一般職員（平成 30 年 6 月 1 日より産前産後休業・育児休業,令和元年 9 月末退社），高橋久美子契約一般職員（平成 30 年 6 月 1 日付勤務,令和元年 10 月末退社），樋口絵里子契約一般職員（令和元年 10 月 1 日付勤務）の 6 名からなり所属学生は卒業研究生が 2 名であった。平成 31 年度（令和元年度）の述べ利用者数は 1,835 名であった。

#### 〈教育活動〉

本学理学部生物科学科で「比較発生学」を開講し「先端生物学」・「生物科学セミナー」の一部を担当した。実験所内では 2 年次生を対象に多様な海産生物に直に接してそれらの分類・系統関係・生態を学ぶ「海洋生物学実習 A」，3 年次生対象のウニやホヤの発生過程の比較観察と分子発生学的手法を習得することを目的にした「海洋生物学実習 B」を開講している。大学院教育としては本学理学研究科生物学専攻の「生物科学研究セミナー」「分類・進化」の一部を担当した臨海実験所において「進化発生学演習」を開講した。また本学理学研究科学内での教育活動に加えて全国の大学学部生を対象にした「公開臨海実習」を臨海実験所にて開講し，比較分子発生学のある程度高度な実験を実施して発生学の現状を理解できるように組み立ててある。この実習は，国立大学法人に属する全国 20 の臨海・臨湖実験所のうち研究分野が互いに関係する 8 大学（北海道・東北・お茶の水女子・東京・筑波・名古屋・広島・島根）合同で実施しているが，昨年度に続き本年度も主催した。なおその際に国際交流協定を締結した台湾中央研究院より，本年度も講師を招いて開催した。海洋生物学実習 A に 27 名，海洋生物学実習 B に 3 名，公開臨海実習に他大学の学生 11 名の参加があった。また本学他学部（総合科学部）の実習も 1 実習を支援した。他大学の实習として，前期に龍谷大学農学部の海洋生物学実習および後期に放送大学の「面接授業」としての実習科目を支援した。また，文部科学省の教育関係共同利用拠点事業「生物の多様性や発生と進化を学ぶ・しまなみ海道広域海洋生物教育共同利用国際拠点」の新規取組として，小・中・高校教員向け講座「ウミホタル発光観察会」を開催した。その他，教育ネットワーク中国の単位互換履修科目「しまなみ海道域海洋生物学実習」を，後期に 1 回開講した。実習の他に，他大学の卒論，修論，博士論文や研究に係わる支援を行っている。

#### 〈研究活動〉

半索動物ギボシムシや無腸動物ムチョウウズムシを研究材料として再生研究や比較発生学的・比較ゲノム科学的に広い視野に立った研究を進めている。平成 31 年度（令和元年度）の研究活動は以下のとおりである。公表論文は原著論文 6 編，総説・解説 1 編，学会等の発表は，国際会議での招待講演 1 回，国内会議での招待講演 1 回であった。

- 1) ヒメギボシムシ *Ptychodera flava* の再生研究を分子生物学的に押し進めるために再生芽 cDNA ライブラリーのクローン解析特に他の生物で再生に関与していると考えられるクローンの発現解析ならびに幹細胞で発現する因子・リプログラミングに関与すると考えられる因子の解析を



進めている。

- 2) 基礎生物学研究所・慶應義塾大学・沖縄科学技術大学院大学と共同でカタユウレイボヤ *Brachyury* 下流遺伝子群の新口動物間における比較解析を進めている。
- 3) 沖縄産ヒメギボシムシ *Ptychodera flava* に寄生するカイアシ類に関して鹿児島大学, 琉球大学, カリフォルニア州立大学, 台湾中央研究院と共同で進めている。
- 4) ヒメギボシムシの国内外を含めた生息地域差による遺伝的多様性の研究を進めている。
- 5) 実験室内でのヒメギボシムシの飼育を行っている。これまで砂を入れた容器で成体を一定期間飼育し続けることには成功しているが実験室内で性成熟させるまでには至っていない。また長期間の幼生期を経て幼若個体に至る飼育を初めて成功させたがさらに実験室内で大量飼育が可能になるよう進めている。
- 6) ナイカイムチョウウズムシの発生進化に関する共同研究を学内及び沖縄科学技術大学院大学と共同で進めている。
- 7) クビレズタ等の巨大単細胞生物の形態形成に関する研究を沖縄科学技術大学院大学と共同で進めている。

#### 〈国際交流活動〉

- 1) 部局間国際交流協定校である台湾中央研究院より講師を 8 大学合同公開臨海実習へ講師を招いて開催した。
- 2) 米国ハワイ大学と共同でヒメギボシムシの再生研究を進めている。
- 3) カリフォルニア州立大学及び台湾中央研究院と共同でヒメギボシムシに寄生するカイアシ類の研究を進めている。
- 4) 広島大学との大学間, 部局間交流協定締結大学であるインドネシア共和国の国立イスラム大学マラン校, ならびに関連する国立イスラム大学アラウディン・マカッサル校, スラバヤ校, トゥルンガゲン校ならびに国立中興大学から学生を招へいし, JST さくらサイエンスプランを実施した。

#### ○発表論文

##### 1. 原著論文

◎ Arimoto A, Hikosaka-Katayama T, Hikosaka A, Tagawa K, Inoue T, Ueki T, Yoshida MA, Kanda M, Shoguchi E, Hisata K, Satoh N (2019). A draft nuclear-genome assembly of the acoel flatworm *Praesagittifera naikaiensis*. *Gigascience* 8(4):1-8.

◎ Ueki T, Arimoto A, Tagawa K, Satoh N (2019). Xenacoelomorph-specific Hox peptides: Insights into the phylogeny of acoels, nemertodermatids, and xenoturbellids. *Zoological Science* 36(5):395-401.

Arimoto A, Nishitsuji K, Narisoko H, Shoguchi E, Satoh N (2019). Differential gene expression in fronds and stolons of the siphonous macroalga, *Caulerpa lentillifera*. *Development, Growth & Differentiation* 61(9):475-484.

Choi JW, Graf L, Peters AF, Cock JM, Nishitsuji K, Arimoto A, Shoguchi E, Nagasato C, Choi CG, Yoon HS (2020). Organelle inheritance and genome architecture variation in isogamous brown algae.

Scientific Reports 10(1):2048.

Imai KS, Kobayashi K, Kari W, Rothbacher U, Ookubo N, Oda-Ishii I, Satou Y (2020). Gata is ubiquitously required for the earliest zygotic gene transcription in the ascidian embryo. *Developmental Biology* 458(2):215-227.

Shoguchi E, Yoshioka Y, Shinzato C, Arimoto A, Bhattacharya D, Satoh N (2020). Correlation between organelle genetic variation and RNA editing in dinoflagellates associated with the coral *Acropora digitifera*. *Genome Biology and Evolution* 12(3):203-209.

## 2. 総説・解説

田川訓史 (2019).

施設紹介：広島大学大学院統合生命科学研究科附属臨海実験所  
JAMBIO News Letter 9:11.

## 3. 著書

該当無し

## ○講演

### 1. 国際会議での招待・依頼・特別講演

有本飛鳥 ; Gene family expansions involving in stress responses in the siphonous macroalga, *Caulerpa lentillifera*

Frontiers in Algal Research, Qingdao, China (2019年10月29日)

### 2. 国際会議での一般講演

該当無し

### 3. 国内学会での招待・依頼・特別講演

田川訓史 ; 新口動物の起源と脊索動物の進化：半索動物の視点から

日本動物学会第90回大阪大会シンポジウム S1 Major Transitions in Animal Evolution (2019年9月12日)

### 4. 国内学会での一般講演

該当無し

## ○各種研究員と外国人留学生の受入状況

### 【外国人留学生】

該当無し

### 【研究員・特任助教（外部資金雇用）】

小林健司特任助教（2019年7月1日付勤務）

## 【外国人客員研究員】

該当無し

## ○研究助成金の受入状況

### 1. 科学研究費補助金

田川訓史

- ・基盤研究(C)「無腸動物における共生藻の垂直伝搬：宿主と共生藻の緊密性はどこまで進化しているか？」（分担）

有本飛鳥

- ・若手研究「巨大単細胞海藻クビレズタにおける翻訳後生体分子の局在解析による形態形成機構の解明」（代表）

### 2. 受託事業

田川訓史

- ・JST さくらサイエンスプラン 3,300 千円（間接経費 300 千円）

### 3. その他

田川訓史

- ・文部科学省教育関係共同利用拠点経費 10,705 千円

## ○学界ならびに社会での活動

### 1. 学協会役員・委員

田川訓史

- ・日本動物学会中四国支部代表委員
- ・岡山大学理学部附属臨海実験所運営委員
- ・国立イスラム大学マラン校 客員教授（インドネシア共和国）
- ・国立イスラム大学スラバヤ校 客員教授（インドネシア共和国）

### 2. セミナー・講義・講演会講師等

田川訓史

- (1) 放送大学の面接授業を臨海実験所で行った。広島県向島地区海洋生物実習。  
(2019年10月26日～27日) 受講者19名, 引率者1名。
- (2) 日本・アジア青少年サイエンス交流事業「さくらサイエンスプラン」(事業名: マリンバイオロジーコース) を実施した。(2019年10月1日～7日) 引率教員3名, 学生15名が参加。

### 3. その他

- 1) プロジェクト研究センター「バイオシステムのダイナミクス」及び「細胞のかたちと機能」の構成員である。
- 2) 尾道市立高見小学校3年生を対象に臨海実験所周辺の磯採集を行った。  
(2019年5月17日) 引率教員3名, 小学3年生24名が参加。
- 3) 尾道市立高見小学校3年生を対象に臨海実験所周辺の磯採集を行った。  
(2019年6月28日) 引率教員3名, 小学3年生24名が参加。
- 4) 清心女子高等学校SSH実習を行った。  
(2019年7月31日～8月2日) 教員2名, 高校1年生25名が参加。

- 5) 尾道市立高見小学校3年生を対象に臨海実験所周辺の磯採集を行った。  
(2019年9月25日) 引率教員3名,小学3年生24名が参加。
- 6) 尾道市立高見小学校にて3年生の海藻採集と海藻のしおり作りを行った。  
(2020年2月13日) 引率教員3名と小学3年生24名が参加。
- 7) 学内外から依頼を受けた研究材料の採集や飼育依頼に対応した。また野外調査への協力を行った。本実験所への試料採集のための来所者は学内者33名(広大教職員14名, 広大学生19名) 他大学・他機関178名の計211名であった。
- 8) 実験所で採集し収集した海産生物を教育研究機関に提供した。内訳は福山大学へミズクラゲ, 沖縄科学技術大学院大学へ無腸類, 放送大学へは磯の生き物全般, 広島大学大学院理学研究科へイボニシ・アメフラシ, 広島大学総合科学部へ磯の生き物全般・無腸類, 高見小学校へ磯の生物全般を提供した。
- 9) 一般からの問い合わせや写真及び情報提供を行った。

## 附属宮島自然植物実験所・島嶼環境植物学研究室

令和元年度構成員：山口富美夫（教授・所長），坪田博美（准教授）

### ○研究活動の概要

宮島自然植物実験所は、世界遺産に登録され日本三景で有名な「安芸の宮島」にある。廿日市市宮島町の大元公園から上室浜に至る国立公園内にある国有地が昭和38年に広島大学へ所属替えとなり、昭和39年学内措置によって理学部附属自然植物園として発足した。平成10年現在の敷地面積は、約10.2 ha（＝10万2千平方メートル）である。平成12年4月に大学院理学研究科附属宮島自然植物実験所に組織替えされた。平成31年4月に大学院統合生命科学研究科に組織替えされた。また、旧植物管理室も同実験所東広島植物園として組織替えされた。島嶼環境植物学研究室は、宮島自然植物実験所に設置されている。令和元年度に1,341名（記帳者数）の施設外部からの来所者があった。年度末になり感染が拡大した新型コロナウイルスの影響で来園者は大幅に減少した。

**理念・目的・目標：**宮島自然植物実験所の設置目的は、宮島のすぐれた自然を利用して植物学の教育・研究を行うことにある。本実験所は、昭和39年に設置されて以来、宮島という人為攪乱の少ない自然を対象として、主として植物学の分野において研究を深化するとともに、学術研究において国際的な役割を果たし、成果を社会に還元することを目指している。島嶼という地理的条件を生かして、隔離環境下における植物の種分化・分布・生態などの生物地理学に関する諸問題の解明及び生物の保全・自然保護、地球規模での環境保全対策、共生などの生命現象の基礎的解明を目標として教育・研究活動を行っている。また、広島大学植物標本（HIRO）の分室として位置づけられており、維管束植物・蘚苔植物・地衣類など約35万点の貴重な植物標本などの研究資料をはじめ、教育・研究資料が蓄積されている。これらの資料を活用するとともに外部に公開することを目的として、標本のデータベース作成を行うとともに、広島大学総合博物館や東広島植物園などと共同で広島大学デジタル自然史博物館のコンテンツ作成による情報の公開を進めている。東広島植物園では教育・研究に必要な植物の栽培・展示、生態実験園を含む学内の植物の維持・管理などを行っている。

**教育活動：**本実験所は、理学部生物科学科の学部学生を対象とした科目である「植物生態学B」と「卒業研究」を担当し、「教養ゼミ」、「生物学概説A」、「情報活用演習」、「先端生物学」、「生物科学基礎実験」について分担した。本実験所が担当で隔年開講の「宮島生態学実習」は、令和元年度は開講しなかった。大学院生を対象とした科目としては、「島嶼環境植物学」と「島嶼環境植物学演習」（前・後期）を担当し、「生物科学セミナー」と「遺伝・進化」、「スロー生物学演習」を分担した。上記科目のうち学部1年生対象の「教養ゼミ」の一部を、4・6・7月にそれぞれ1泊2日、合計8日間分について、本実験所で実施した。学部3年生対象の「生物科学基礎実験Ⅲ」の一部も本実験所で実施した。「生物科学基礎実験Ⅲ」については、実験所に宿泊可能な人数に限界があるため、4班に分かれて、各班1泊2日、合計4泊5日の日程で実習を実施した。大学院生を対象とする「島嶼環境植物学演習」の一部を本実験所で行った。生物科学科以外の学内及び学外の利用があり、学内では総合科学部や生命環境総合科学プログラムの教育・研究に、学外では広島修道大学の学生を対象とした教育に利用された。また、広島大学附属三原学園との共同研究として野外学習の指導については前年度の豪雨災害の影響などもあり、行わないこととなった。小・中・高等学校の教育のための利用があり、ユネスコ・スクール宮島学園の総合学習などの教育活動、祇園北高等学校の教育活動、GSC広島での指導など小中高大連携事業に関する活動を行った。社会貢献活動としてヒコビア植物観察会を14回（のべ参加人数546名）開催した。また、一般向けに勉強会や

子ども向けの講座を開催して植物や植生に関する解説を行った。広島県や廿日市市、広島森林管理署、環境省と共同でミヤジマトンボの保護や森林の保全に関する研究・普及活動を行うとともに、行政に対して助言を行った。なお、平成30（2018）年7月の豪雨災害の復旧工事とそれに伴う緑化が行われた。東広島植物園では学部生・大学院生に対する植物の栽培に関する技術指導や材料の提供、特別支援学級や附属幼稚園の野外学習などを行った。

**研究活動：** 蘚苔類や維管束植物、藻類、地衣類の分子系統学的研究や系統分類学的研究・比較形態学的研究、蘚苔類の島嶼生物学的研究や植物地理学的研究、蘚苔類や維管束植物の地理的変異や集団遺伝学的研究、植物のアレロパシーに関する研究、稀少植物のフェノロジーなどの生態学的研究、宮島の維管束植物の遺伝的多様性に関する研究、空気中に浮遊する散布体から蘚苔類・藻類の拡散・散布に関する研究、宮島白糸川崩壊地での植生回復や植物相・藻類相に関する研究、瀬戸内海西部での海草や塩生植物、塩性湿地に関する研究などを行った。また、照葉樹林の遷移及び植生単位の抽出と植生図化、宮島及びその周辺地域の森林植生の現状把握とその動態、植物社会学的植生図にもとづいた宮島のアカマツ二次林の遷移に関する研究、宮島内や周辺海域での植物の分布についても継続して研究を行った。コシダ・ウラジロが植生の遷移に与える影響と、リターが発芽に与える影響、シカが植物相や森林遷移に与える影響について継続調査を行った。宮島島内及び周辺の雑草フロラや外来植物、広島県内のタンポポの分布と遺伝的背景についても研究を行った。前年度に引き続き東広島キャンパスの東広島植物園（旧植物管理室）と共同でフロラ調査を行った。植物分類・生態学研究室と共同で日本産フキ類の系統地理学てき研究を行った。生命環境総合科学プログラムの和崎研究室と共同で低リン環境下で生育する植物及びそれが生育する森林内の植物の生理生態学的研究を行った。同プログラムの根平研究室と共同で植物のアレロパシーに関する基礎研究を行った。外部機関と共同で緑藻類や地衣類の共生藻に関する系統・分類学的な研究を行った。広島工業大学と共同で宮島の塩性湿地に関する研究を行った。広島森林管理署と共同で林野火災跡地の現状把握のための現地調査を行った。また、広島のフロラに追加すべき種等について報告した。これらの研究成果については、論文・著書・総説等（7件）及び学会発表等（14件）で公表した。重要なコレクションを含む学術標本の標本整理については多くのボランティアの協力を得た。蘚苔類や維管束植物を中心とした植物の腊葉標本、種子標本の作成・収集を行うとともに、植物標本のデータベース化を行った。また、広島大学研究拠点「次世代を救う 広大発 Green Revolution を創出する植物研究拠点」の構成員として研究を推進した。世界遺産・厳島ー内海の歴史と文化プロジェクト研究センターの構成員として宮島に関する研究を推進した。広島大学総合博物館研究員を担当した。広島大学デジタル自然史博物館構築に参加し、インターネットで研究・教育活動ならびにその成果物を外部に公開した。令和元年度の広島大学デジタル自然史博物館のページビュー数は356,780件であった。国公立大学附属植物園長・施設長拡大会議・植物園協会第1分野拡大会議に参加した。2018年7月の豪雨災害の復旧に対応して、廿日市市の緑化事業に引き続き協力するとともに、緑化に関する基礎研究を行った。東広島植物園では教材生物バザールへの参加や学校教育での自然体験学習などを通じた理科教育に関する教材開発を行った。

## ○発表論文

### 1. 原著論文

- ◎池田誠慈, 井上侑哉, 久保晴盛, 小山克輝, 中原-坪田美保, 武内一恵, 松村雅文, 坪田博美. (2019). 広島県三原市の維管束植物(I): 概説とヒカゲノカズラ植物・シダ植物・裸子植物について. *広島市植物公園紀要* 34: 13-36.



- ◎Inoue Y., Kučera J., Kubo H. & Tsubota H. (2019). *Barbula chenii* (Pottiaceae) new to Japan. *Acta Phytotax. Geobot.* 70: 195–199.
- ◎井上侑哉, 内田慎治, 坪田博美, 山口富美夫. (2019). 巖島の自然 (1975) 以降に広島県廿日市市宮島から報告されたコケ植物. *広島大学総合博物館研究報告* 11: 55–62.
- 坪田博美, 中原-坪田美保. (2020). 宮島のサクラ. *巖島研究* 16: (1)–(8).
- ◎坪田博美, 池田誠慈, 内田慎治, 紙本由佳理, 塩路恒生, 久保晴盛, 井上侑哉, 中原-坪田美保, 山口富美夫. (2019). 広島大学デジタル自然史博物館 (生物分野) のコンテンツについて. *広島大学総合博物館研究報告* 11: 79–96.
- 坪田博美, 小山克輝, 松坂啓佑, 向井誠二, 中原-坪田美保, 榎原佳子. (2019). 宮島国有林林野火災跡地の植栽地の現状—植生回復状況の予備的調査—. *Hikobia* 18: 41–55.

## 2. 総説・解説・短報

- 半田信司, 溝渕 綾, 中原-坪田美保, 坪田博美. (2020). ハワイで新種報告された気生藻 *Spongiochrysis hawaiiensis* (シオグサ目, アオサ藻綱) の日本初記録. *藻類* 68: 69.

## ○著書・その他

該当無し

## ○取得特許

該当無し

## ○講演

### 1. 国際会議での招待・依頼・特別講演

該当無し

### 2. 国際会議での一般講演

- ◎Inoue Y., Estébanez B. & Tsubota H. Morphological and phylogenetic notes on *Trachycarpidium* species (Pottiaceae, Bryophyta). IAB iMOSS SEB 2019 conference. (9–12 July 2019, Madrid).

### 3. 国内学会での招待・依頼・特別講演

該当無し

### 4. 国内学会等での一般講演

- ◎井上侑哉, Belén Estébanez Pérez, 坪田博美. *Trachycarpidium*属 (センボンゴケ科, セン類) の胞子体形態と系統関係. 日本蘚苔類学会第48回福岡大会 (2019年8月27–29日, 福岡市) .
- ◎井上侑哉, Juan A. Jiménez, 佐藤 匠, 坪田博美, 山口富美夫. 日本産カイガネクロゴケ *Didymodon nigrescens* の遺伝的多様性と分類学帰属. 中国四国植物学会第76回大会 (2019年5月11–12日, 東広島市) .
- ◎井上侑哉, 坪田博美, 山口富美夫. イシバイゴケ (センボンゴケ科, セン類) の新産地と分類学的帰属. 日本植物分類学会第19回大会 (2020年2月29日–3月3日, 岐阜市) .
- ◎内田慎治, 井上侑哉, 坪田博美, 関 太郎. 1984 (昭和59) 年の宮島山火事跡の蘚苔類標本. 日本蘚苔類学会第48回福岡大会 (2019年8月27–29日, 福岡市) .
- 後藤理史, 池田誠治, 塩路恒生, 武内一恵, 清水則雄, 坪田博美. 2019. 維管束植物相からみた

広島県椋梨川のオオサンショウウオ幼生生息地の環境. 日本生態学会中国四国地区会第63回大会 (2019年5月11-12日, 広島)

小山克輝, 榎原佳子. 2019. 宮島国有林野火災跡地植生回復状況(第6報) —植栽箇所の現在の状況—. 令和元年度森林・林業交流研究発表会 (2019年11月13日, 大阪) .

小山克輝, 紙本由佳理, 中原-坪田美保, 坪田博美. 広島県産ブナ科常緑樹のどんぐりの形態変異. 日本生態学会中国四国地区会第63回大会 (2019年5月11-12日, 広島) .

◎阪本 愛, 井上侑哉, 坪田博美. 広島城内の在来・外来タンポポの分布. 中国四国植物学会第76回大会 (2019年5月11-12日, 東広島市) .

◎坪田博美, 井上侑哉, 山口富美夫. 広島県植物誌の今後—地方植物誌を継続させる上での課題—. 日本植物分類学会第19回大会 (2020年2月29日-3月3日, 岐阜市) .

◎出口博則, 井上侑哉, 坪田博美, H. ベドナレク-オヒラ, R. オヒラ. 日本産シモフリゴケ類の分類の現状. 日本蘚苔類学会第48回福岡大会 (2019年8月27-29日, 福岡市) .

長崎涼平, 坪田博美. 広島県産オオバノアマクサシダに関する基礎研究. 中国四国植物学会第76回大会 (2019年5月11-12日, 東広島市) .

◎橋本 環, 井上侑哉, 坪田博美, 嶋村正樹. 日本産フキ(キク科)の系統的位罫および遺伝的多様性. 日本植物分類学会第19回大会 (2020年2月29日-3月3日, 岐阜市) .

半田信司, 中原-坪田美保, 溝渕 綾, 坪田博美. 生葉上Cephaleuros(スミレモ科, アオサ藻綱)分類と系統の現状と課題. 日本植物学会第83回大会 (2019年9月15日-17日, 仙台) .

## ○研究助成金の受入状況

### 1. 科学研究費補助金

- ・平成31年度 基盤研究(B) 17H03783 (代表: 和崎 淳, 分担: 坪田博美) 「根分泌科学の新展開: 農業生産への活用と生態学的機能」(平成29-31年度, 令和元年度)

### 2. 共同研究・受託研究

- ・服部植物研究所, 蘚類の分子系統学的研究.

### 3. 寄附金・その他

坪田博美

寄附金

- ・一般社団法人 広島県環境保健協会 100千円
- ・中国醸造株式会社 30千円
- ・一般社団法人 宮島観光協会 20千円

## ○学会ならびに社会での活動

### 1. 学協会役員・委員

坪田博美

- ・ヒコビア会, 庶務幹事 (2006-)
- ・日本植物分類学会, 編集委員 (2012-)
- ・環境省自然環境局, 稀少野生動植物保存推進員 (2012-2015, 2015-2018, 2019-2022)
- ・日本蘚苔類学会, 地方幹事 (2019-2020)
- ・廿日市市, 文化財保護審議会委員 (2015-)
- ・廿日市市, 宮島地域シカ対策協議会 (2016-)

- ・一般社団法人ネイチャー構想推進協議会，理事（2015-）
- ・一般社団法人瀬戸内海エコツアーリズム協議会（2018-）

## 2. セミナー・講演会開催実績

### 坪田博美

- ・植物観察会．2019年4月-2020年3月（毎月1回，勉強会1回，特別回1回，豪雨災害のため2回中止，年間14回），広島県内・その他．宮島自然植物実験所・ヒコビア会共催．
- ・宮島自然観察講座．2019年4月20日・7月27日・8月7日，広島県廿日市市宮島町，広島大学大学院理学研究科附属宮島自然植物実験所・一般社団法人宮島ネイチャー構想推進協議会共催．
- ・野外学習・講師．2019年6月5日・6月25日・8月5日，広島県廿日市市宮島町，宮島学園（宮島中学校）．

## 3. 産学官連携実績

### 坪田博美

- ・広島県環境保健協会との共同研究（2006-）広島県廿日市市・広島県広島市（気生藻類の分子系統学的研究）
- ・一般社団法人宮島ネイチャー構想推進協議会との共同事業（2015-）広島県廿日市市（宮島ロープウエーターミナル（獅子岩駅）周辺の植生回復活動，宮島自然観察講座）
- ・中国醸造株式会社との共同研究（2018-）広島県廿日市市（管理上廃棄される植物の有効活用に関する研究）
- ・株式会社アルモニートとの共同研究（2018-）広島県廿日市市（管理上廃棄される植物の有効活用に関する研究）

## 4. セミナー・講義・講演会講師等

### 坪田博美

- ・研修講師．祇園北高等学校．2019年度．廿日市市宮島町．
- ・講師．公開講座高校生．2019年5月25日．廿日市市宮島町．
- ・講師．宮島学園の理科・生活科の指導．2019年6月5日．廿日市市宮島町．
- ・講師．宮島学園の総合学習の指導．2019年8月5日．廿日市市宮島町．
- ・研修講師．宮島弥山を守る会．宮島の自然の解説と緑化事業．2020年1月21日．廿日市市宮島町．
- ・講師．教員免許状更新講習「生物学の最新事情－進化・系統・生物多様性－」．2019年8月9日．東広島市．
- ・講師．広島修道大学実習．宮島の植物と自然の解説．2019年11月10日．廿日市市宮島町．
- ・研修講師．中国地域ニュービジネス協議会．宮島の自然とゴミ問題．2019年12月2日．廿日市市宮島町．

## 5. その他

該当無し

## ○国際共同研究

### 坪田博美

- ・Estebanez博士（スペイン・マドリッド自治大学）との蘚苔類の分子系統学的研究

## ○国内共同研究

### 坪田博美

- ・広島商船高等専門学校との共同研究（2017-）広島県世羅郡（ため池・湿地の植物の分子系統学的研究）
- ・広島工業大学・長崎大学（名誉教授）との共同研究（2017-）広島県広島市（塩性植物の分子系統学的研究）
- ・千葉県立中央博物館との共同研究（2017-）千葉県千葉市（形葉性タイ類の分子系統学的研究）

## ○特記事項

### 1. 受賞

該当無し

### 2. 新聞・メディア報道・資料提供

- ・取材・資料提供. 宮島の自然についてNHK札幌放送局の番組の予備調査および撮影. NHK: NHK札幌放送局放送部番組制作. 2019年11月4・11・12日
- ・資料提供・情報提供. 宮島の自然に関する番組. 広島ホームテレビ: 2017年7月24日
- ・取材・情報提供. ニュース（宮島学園と進めている宮島ロープウエーターミナル付近の植生回復に関連した体験植樹について）. 中国新聞: 2020年3月16日（新型コロナの影響で実施形態変更）

### 3. おもな施設利用・活動

#### 教育・研修・講演会

- ・学生実習（教養ゼミ（植物コース）、生物科学基礎実験Ⅲ（海藻実習）、総合科学部学生実習、広島修道大学学生実習）
- ・野外教育（宮島自然観察講座）
- ・研修・実習（GSC広島、広島県立祇園北高等学校、廿日市市立宮島学園、宮島パークボランティアの会、環境省）
- ・学生指導（生物生産学部、総合科学部、理学部地球惑星システム学科、生物科学科、愛媛大学）
- ・打合せ（安田女子大学）

#### 学会・調査・研究

- ・打合せ・研究資料閲覧（広島市植物公園、広島市森林公園こんちゅう館）
- ・研究打合せ・研究調査（自然環境研究センター、日本モンキーセンター、広島森林管理署、広島工業大学、広島大学総合科学部・統合生命科学研究科生命環境総合科学プログラム、広島大学両生類研究センター、広島大学総合博物館、植物分類・生態学研究室）
- ・共同研究・研修（広島県環境保健協会、広島工業大学）

#### 施設見学・施設利用・野外観察・ボランティア活動

- ・野外観察・施設利用（宮島パークボランティア（2回）、ヒコビア植物観察会（2回））
- ・施設利用・ボランティア活動（宮島学園、中国醸造、宮島太郎の会）
- ・施設利用・打合せ（ウォンツ・メディカルウォーキング大会、広島県山岳・スポーツクライミ

ング連盟)

- ・施設見学・砲台見学（12件・団体）

行政・企業・取材・その他

- ・打合せ（広島県西西部建設事務所，広島県警，廿日市市教育委員会，廿日市市観光課，廿日市市水道局，廿日市市宮島支所，宮島観光協会，ウォンツ，有田建設，五洋建設，あい設計）
- ・打合せ・現地調査（広島県森林管理署，中国電力，中国醸造，中電工，アルモニー，広島大学施設部）
- ・取材・打ち合わせ（広島テレビ，広島ホームテレビ，NHK札幌）

#### 4. その他

- ・前年度に引き続いて，香川県直島町で自然植生を念頭に置いた植栽について助言を行った（直島町・三分一博志建築設計事務所との共催）
- ・前年度に引き続いて，広島県廿日市市宮島で自然植生を念頭に置いた植樹を実施した（廿日市市立宮島学園・広島森林管理署・一般社団法人宮島ネイチャー構想推進協議会との共催）
- ・広島県廿日市市宮島町で2018年7月の豪雨災害の復旧工事に関連して現地調査および復旧のための緑化を行った（廿日市市との共催）
- ・三永水源地のフジについて現地調査を行い，今後の対策について助言を行った（東広島市産業部観光振興課からの依頼）

## 植物遺伝子資源学講座／植物遺伝子保管実験施設

令和元年度構成員：草場 信（教授），小塚俊明（助教），信澤 岳（助教）

### ○研究活動の概要

本施設は昭和52(1977)年、文部省令により広島大学理学部に設置された系統保存施設であり、遺伝的に多様な植物群の保存及びそれら保存系統を用いた生命現象の解析を行っている。キク科植物・ソテツ類の野生系統及び様々な種の突然変異体を研究材料とし、ゲノム進化の研究、分子細胞遺伝学的研究、さらに様々な植物機能の分子メカニズムの研究を行っている。

本施設は、平成14年よりナショナルバイオリソースプロジェクトに広義キク属中核拠点として参加しており、広義キク属系統の収集・保存・提供を行っている。これまで、キク属にはモデル植物と呼べる種が確立されていない。そこでキク属のモデル植物として二倍体種であるキクタニギク (*Chrysanthemum seticuspe*) を選定した。ほとんどのモデル植物は自家和合性であるが、キク属は自家不和合性であり、モデル植物として利用しにくい。平成22年度に野生集団から自家和合性キクタニギク系統AEV2を発見し、平成29年度には、自殖9代目の純系化系統をモデル系統Gojo-0とした。

平成29年度はAEV2の自殖5代目系統について全ゲノム塩基配列を決定し、H30年度には論文発表を行った。キクタニギクのゲノムサイズはおよそ3.0Gbであるが、ショートリードシーケンシングにより解析を行った結果、89%に当たる2.72Gbのアッセンブル配列を得た。約7万2千個の遺伝子を予測された。これはモデル植物であるシロイヌナズナの全遺伝子数の3倍近くであり、二倍体であるキクタニギクも進化の過程で倍数化を経ていることを反映している。また、キクタニギクは同じキク科であるレタスとは4900万年前、ヒマワリとは4600万年前に分化したことなどが明らかになった。令和元年度は、pseudomoleculeレベルでの高精度な全ゲノム配列を得るために、Gojo-0を用いてPacBio SequelによるロングリードシーケンスとHi-Cによるスキャフォールドリングを組み合わせた全ゲノム塩基配列決定を進め、キクタニギクの一倍体染色体数にあたる9本の巨大スキャフォールドを得ることができた。

令和元年度は上記Gojo-0系統についての研究を論文として公表することができた。また、脱黄化過程における赤色光受容体のフィトクロームによる糖と脂質の代謝制御についても論文公表することができた。

### ○発表論文

#### 1. 原著論文

◎ Michiharu Nakano, Kenji Taniguchi, Yu Masuda, Toshiaki Kozuka, Yuki Aruga, Jin Han, Koichiro Motohara, Masashi Nakata, Katsuhiko Sumitomo, Tamotsu Hisamatsu, Yoshihiro Nakano, Masafumi Yagi, Hideki Hirakawa, Sachiko Nisobe, Kenta Shirasawa, Yumi Nagashima, Haiyan Na, Li Chen, Guolu Liang, Ruiyan Chen, and Makoto Kusaba (2019) A pure line derived from a self-compatible *Chrysanthemum seticuspe* mutant as a model strain in the genus *Chrysanthemum*. **Plant Sci.** 287:110174

◎ Toshiaki Kozuka, Yuji Sawada, Hiroyuki Imai, Masatake Kanai, Masami Yokota Hirai, Shoji Mano, Matsuo Uemura, Mikio Nishimura, Makoto Kusaba, Akira Nagatani (2020) Regulation of sugar and storage oil metabolism by phytochrome during de-etiolation. **Plant Physiol.** 182:1114-1129

Nobusawa T, Yamakawa-Ayukawa K, Saito F, Nomura S, Takami A, Ohta H. (2019) A homolog of Arabidopsis SDP1 lipase in Nannochloropsis is involved in degradation of de novo-synthesized



triacylglycerols in the endoplasmic reticulum. **BBA – Molecular and Cell Biology of Lipids** 1864: 1185–1193.

2. 総説・解説

該当無し

3. 著書

該当無し

○講演

1. 国際会議での招待・依頼・特別講演

該当無し

2. 国際会議での一般講演

◎Michiharu Nakano, Kenji Taniguchi, Yu Masuda, Yuki Aruga, Toshiaki Kozuka, Makoto Kusaba. A pure line derived from the self-compatible *Chrysanthemum seticuspe* mutant as a model strain in the genus *Chrysanthemum*. 26th International EUCARPIA section Ornamental, Erfurt, Germany. (9.1-9.5.2019)

3. 国内学会での招待・依頼・特別講演

◎草場 信, 中野道治, 小塚俊明, 谷口研至. キク属モデル系統の開発と分子遺伝学的多様性研究への基盤 中国四国地区生物系三学会合同大会 広島大学 (広島県・東広島市) (2019年5月11日～12日)

草場 信. 栄養素回収システムとしての葉老化 第5回植物の栄養研究会 広島大学 (広島県・東広島市) (2019年9月20日～21日)

4. 国内学会での一般講演

◎草場 信, 中野道治, 小塚俊明, 谷口研至. キク属モデル系統の開発と分子遺伝学的多様性研究への基盤 中国四国地区生物系三学会合同大会 広島大学 (広島県・東広島市) (2019年5月11日～12日)

◎白岩一平, 小塚俊明, 谷口研至, 中野道治, 草場 信. キクタニギク *shiboridama* 突然変異体の解析 中国四国地区生物系三学会合同大会 広島大学 (広島県・東広島市) (2019年5月11日～12日)

◎須藤慎也, 小塚俊明, 下野起将, 光田展隆, 岡 義人, 草場 信. *cryptochrom2* による葉老化制御機構の解析 2019年度中国四国地区生物系三学会合同大会 広島大学 (2019年5月11日～12日)

◎月山皓太, 小塚俊明, 花田俊樹, 嶋村正樹. 青色光受容体 PHOT によるフタバネゼニゴケ形態形成制御の解析 2019年度中国四国地区生物系三学会合同大会 広島大学 (2019年5月11日～12日)

中野道治, 谷口研至, 増田 優, 住友克彦, 八木雅史, 中野善公, 久松 完, 磯部祥子, 草場 信. キクタニギクゲノム情報を活用した *Chrysanthemum self-compatible1* 遺伝子座のマッピング 園芸学会令和元年度秋季大会 島根大学 (島根県松江市) (2019年9月15日～16日)

◎小塚俊明, 須藤慎也, 下野起将, 岡 義人, 光田展隆, 草場 信. 青色光シグナルによる葉老化制御機構の解析 第83回日本植物学会 東北大学川内キャンパス (2019年9月15日～17日)

- ◎月山皓太, 小塚俊明, 嶋村正樹. 青色光受容体が関与するフタバネゼニゴケ形態形成機構の解析 第83回日本植物学会 東北大学川内キャンパス (2019年9月15日~17日)
- 信澤 岳. 進化的に保存された表層脂質マイナー成分の存在意義 植物科学フロンティア研究会 2019 草津セミナーハウス (群馬県吾妻郡) (2019年10月25日~27日)
- 小塚俊明. 脱黄化応答におけるフィトクロムの代謝制御 植物科学フロンティア研究会2019 群馬大学草津セミナーハウス (2019年10月25日~27日)
- 草場 信. 花が咲くと葉が老化する理由 遺伝学研究所研究会 「イネ分子遺伝学の夢」 遺伝学研究所 (静岡県・三島市) (2019年11月29日~30日)
- ◎伊藤 岳, 山谷浩史, 信澤 岳, 草場 信. 新規プラスミドベクターを利用したレタスのマルチターゲットゲノム編集 第11回中国地域育種談話会 岡山大学 (岡山県・岡山市) (2019年12月21日~22日)
- 福田周平, 山谷浩史, 伊藤 岳, 草場 信. ゲノム編集によるイネgsc1突然変異体の作成と解析 第11回中国地域育種談話会 岡山大学 (岡山県・岡山市) (2019年12月21日~22日)
- ◎本坊雄一郎, 信澤 岳, 草場 信. シロイヌナズナHLS1遺伝子における花成制御機構の解析 第11回中国地域育種談話会 岡山大学 (岡山県・岡山市) (2019年12月21日~22日)
- ◎草場 信, 中野道治, 小塚俊明, 信澤 岳, 谷口研至. キク属モデル系統Gojo-0を核とした分子遺伝学研究的展開 第42回日本分子生物学会年会 福岡マリンメッセ (2019年12月3日~6日)
- 小塚俊明. 脱黄化応答におけるフィトクロムの代謝制御 第7回メタボローム勉強会 鶴岡メタボロームキャンパス (山形県鶴岡市) (2020年2月8日~10日)
- ◎小塚俊明, 花田俊樹, 月山皓太, 草場 信, 嶋村正樹. 不等成長を行うフタバネゼニゴケの青色光受容機構の解析 第61回日本植物生理学会年会 大阪大学 (大阪府・吹田市) (2020年3月19日~21日)

## ○各種研究員と外国人留学生の受入状況

### 【外国人留学生】

該当無し

### 【研究員・特任助教 (外部資金雇用)】

谷口 研至 (特任准教授)

中野 道治 (特任助教)

### 【外国人客員研究員】

該当無し

## ○研究助成金の受入状況

### 1. 科学研究費補助金

- ・基盤研究(C)「キクタニギク自家和合性変異の分子機構解明」草場 信 (分担)
- ・基盤研究(C)「植物の老化を制御する新奇光シグナル分子機構の解析」小塚 俊明 (代表)
- ・基盤研究(C)「キクタニギク自家和合性変異の分子機構解明」中野 道治 (代表)

### 2. 研究開発施設共用等促進費補助金

- ・AMED・ナショナルバイオリソースプロジェクト「広義キク属植物の収集・保存・提供」草場 信 (代表)

- ・イノベーション創出強化研究推進事業「多重変異蓄積による実用的ステイグリーン葉野菜の開発」草場 信(代表)

### 3. その他

- ・中辻創智社 研究助成 信澤 岳 (代表)
- ・統合生命科学研究科奨励賞 信澤 岳 (代表)

## ○学界ならびに社会での活動

### 1. 学協会役員・委員

#### 草場 信

- ・日本植物生理学会・代議員
- ・日本育種学会・運営委員
- ・広島県バイオテクノロジー推進委員会理事
- ・生物遺伝資源委員会委員 (国立遺伝学研究所)
- ・日本メンデル協会・評議員

#### 小塚 俊明

- ・中国四国植物学会 会計幹事
- ・2019年度中国四国地区生物系三学会合同大会 会場係

#### 信澤 岳

- ・中国四国植物学会 会計幹事
- ・中国四国地区生物系三学会合同大会 実行委員
- ・植物科学フロンティア研究会2019 幹事

### 2. セミナー・講演会開催実績

#### 草場 信

- ・講演者：谷口研至 (広島大学 附属植物遺伝子保管実験施設)  
「思い通りにキクをデザインする ―形質の分解と構築―」(2019年12月25日, 広島大学)

### 3. 産学官連携実績

#### 草場 信

- ・広島県教育委員会広島県教育センター主催 第23回教材生物バザール参加

### 4. セミナー・講義・講演会講師等

#### 小塚 俊明

- ・広島国泰寺高校理学部訪問・附属植物遺伝子保管実験施設見学・セミナー講師・対象者「普通科 (理数コース)」
- ・兵庫県立大学理学部集中講義「形態学I」講師・対象者「学部生」

5. その他

草場 信

国内特許「新規植物体、当該植物体の生産方法、およびステイグリーン植物の発芽率または成苗率を改善する方法（特願2019-158782）」

## 両生類生物学講座／両生類研究センター

### 〈センター概要〉

本部局の前身の理学研究科附属両生類研究施設は、故川村智次郎博士（名誉教授、第3代学長）による両生類を用いた人為単性発生の研究等の業績を基盤として、昭和42年に設置された。その後、トノサマガエルやアマガエル、ツチガエル等の在来種を用いた人為倍数体の研究や種間雑種の研究、色彩変異に関する研究や性決定機構の研究、西南諸島に分布する絶滅危惧種の保存と種分化の研究等に関して業績を挙げてきた。平成12年以降は在来種に加えて、分子生物学研究用モデル動物のツメガエルを用いて、変態や初期発生の研究、内分泌攪乱物質の研究を推進してきた。

またリソース事業として、昭和51年より国内外の各地から9科27属112種320集団12,600匹の両生類を野外収集し、これらと共に実験的に作製した特殊系統100種類4,000匹の両生類を冷凍保存してきた。また生体として、絶滅危惧種や突然変異系統、遺伝子改変系統等の約66種類500系統、総数約3万匹を飼育維持している。これらは世界的にユニークな両生類コレクションとして認知されているのみならず、次世代シーケンサー解析が普及した現在、極めて重要な遺伝子資源となっている。平成14年度からは、文部科学省のナショナル・バイオリソース・プロジェクト（NBRP）中核的拠点整備プログラムの代表機関として、遺伝学・ゲノム科学研究に適したネッタイツメガエルの野生型近交系の収集改良と繁殖保存を行い、それらを内外の研究者に対して提供してきた。

平成28年10月1日、生命・生物系の特長・実績のあるリソースを活かした教育研究組織の整備を行うという第3期中期目標・計画に基づき、理学研究科附属両生類研究施設は、学内共同教育研究施設として両生類研究センターに改組された。この改組に伴い、本部局は次の(1)と(2)を達成課題として設定した。

- (1) ネッタイツメガエルのNBRP事業や、その他のモデル両生類や絶滅危惧種等のリソース事業をコアとして、国際的な両生類総合リソース拠点としての機能を強化する。
- (2) ゲノム編集やバイオインフォマティクス等の先端技術を取り入れて、発生や再生、進化等の基礎研究を先鋭化しながら、それらを基盤として医学との学際的融合分野の創生をめざす。

これらの課題を達成する為、バイオリソース研究部門を新設すると共に、既存研究グループを発生研究部門、進化・多様性研究部門、リーディングプログラムに再編し、バイオリソース研究部門の管轄にリソース事業を専門とする系統維持班を設置した。バイオリソース研究部門には、平成29年1月1日付けで他大学から荻野 肇教授が着任し、平成29年5月1日付けで井川 武助教が着任し、平成31年4月1日付けで鈴木 誠助教が着任した。発生研究部門の矢尾板芳郎教授は平成31年3月31日をもって定年退職し、同年4月1日付けで他大学から同部門に林 利憲教授が着任した。また平成29年4月1日付けで、荻野 肇教授がセンター長に着任し、山本 卓 理学研究科教授が副センター長（兼任）に着任した。平成31年4月1日からは、林 利憲教授も副センター長に着任した。

平成31年度末におけるセンター教職員の構成は、教授2名（荻野 肇、林 利憲）、准教授4名（鈴木 厚、古野伸明、三浦郁夫、高瀬 稔）、助教5名（中島圭介、花田秀樹、田澤一朗、井川 武、鈴木 誠）、客員教授3名（柏木昭彦 元広島大学特任教授、平良真規 中央大学非常勤講師、林 思民 台湾国立師範大学教授）、客員准教授1名（戸田 守 琉球大学准教授）、研究員3名（竹林公子、柏木啓子、穂積俊矢）、技術専門職員1名（宇都武司）、技術員1名（鈴木菜花）、契約技能員2名（難波ちよ、島田由紀）、契約技術職員3名（中島妙子、栗原智哉、堀内智子）、教育研究補助職員4名

(川口香名子, 山本克明, 河本さやか, 光重智子), 契約一般職員1名 (豊田知子), 契約用務員2名 (水戸妙子, 武本明子) である。

#### 〈教育活動の概要〉

本部局はセンター化後も, 理学部生物科学科及び理学研究科生物科学専攻の協力講座として, 教育活動を担当している。生物科学専攻では「両生類発生学演習」, 「両生類進化・多様性学演習」, 「両生類遺伝子資源学演習」を開講し, 「細胞生命学特論」, 「セルダイナミクス・ゲノミクス特論」, 「統合生殖科学特論」, 「自然史学特論」の授業や, 「生物科学特別研究」や「生物科学研究セミナー」を担当した。今年度, 学部3年生4名, 学部4年生3名, 博士課程前期1年4名, 2年2名, 後期1年3名, 2年1名, 3年1名, 合計18名の学生が当施設で研究に励んだ。博士課程前期学生の国内学会発表は5件, 国際学会発表は1件であった。博士課程後期学生の国内学会発表は11件, 国際学会発表は1件であった。また大学院生の教育活動の一環として, 月に2回, 教員, 研究員, 大学院生が研究活動報告を両生類研究センター公開セミナーとして行った。

学部教育科目としては「教養ゼミ」, 「生物の世界」, 「生物学入門」, 「生物科学概説A」, 「カエルから見た生命システム」, 「基礎生物科学A」, 「基礎生物科学B」, 「先端生物学」, 「内分泌学・免疫学」, 「動物形態制御学」, 「情報活用演習」, 「生物科学基礎実験」, 「生物学実験A」, 「グローバル対策セミナーA」などを担当した。

また地域教育に対する貢献事業として, 系統維持班が本邦の様々な両生類の生体を常時展示しており, 毎年約1000名の訪問者に対して解説を行っている。夏休みの自由研究の為に本センターを訪れる小学生や, 中学校からの理科教育の為に生体分与依頼も多いが, それらに対しても丁寧に関わり協力してきた。その他の学外における教育活動等については下記に部門毎に記載する。

#### 〈研究活動及びその他〉

バイオリソース研究部門, 発生研究部門, 進化・多様性研究部門に分けて記載する。

### バイオリソース研究部門

令和元年度構成員: 荻野 肇 (教授・センター長), 井川 武 (助教), 鈴木 誠 (助教), 柏木昭彦 (客員教授), 柏木啓子 (研究員), 鈴木菜花 (技術員)

#### ○研究活動の概要

本研究部門は, 両生類研究センターを国際的なバイオリソースセンターとして発展させると共に, 両生類を用いた最先端の基礎及び応用研究を行う為に, 2016年10月1日に創設された。国際的に汎用されている2種類のモデル両生類「ネッタイツメガエル」と「アフリカツメガエル」を用いて, 発生・再生・進化・環境応答についてのゲノム科学的研究を展開している。また本センターは, 日本医療研究開発機構 (AMED) の推進するナショナルバイオリソースプロジェクト (NBRP) 「ネッタイツメガエル」の中核的リソース拠点として活動しているが, 本部門はその要となる生体リソース事業を担当している。主要な研究活動は以下の通りである。

#### 1. ゲノム重複に伴う遺伝子進化機構の研究

ゲノム重複が起きると, それぞれ1つの祖先遺伝子から2つの重複遺伝子が形成され, 全遺伝子が倍加する。その結果, 純化選択圧が低下し, 各遺伝子の進化が促進される。これまでの研究から, 5億5千万年以上昔, ヒトや両生類を含む脊椎動物の祖先種がナメクジウオ等の頭索類と分岐した後に, このようなゲノム重複が脊椎動物の系統で2回起きたと考えられている。また両生類に



においては、ネッタイツメガエルとアフリカツメガエルの系統が分岐した後、1,700万年前にアフリカツメガエルの系譜でゲノム重複が起きたと考えられている。

これまでに本部門では、ネッタイツメガエルとアフリカツメガエルの間での遺伝子比較研究から、ゲノム重複によって倍加遺伝子ペアが形成されると、その片方のコピーにおいてエンハンサー変異による発現量の低下と、それに伴うコード配列変異の蓄積が起きること等を発見した (Ochi, H. et al., *Dev. Biol.*, 427: 84-92, 2017)。本年度は特に、倍加遺伝子ペアの片方のコピーが偽遺伝子化して失われ、再びシングルコピー遺伝子に回帰する現象、いわゆる「シングルトン化」が、遺伝子の種類を問わず偶発的に起きるのか、あるいは倍加後にシングルトン化しやすい遺伝子があるのかどうかを明らかにする為の研究をおこなった。具体的には、まずネッタイツメガエルが持つ発生制御転写因子の遺伝子316種類に注目し、それらのオーソログがゲノム重複を経験したアフリカツメガエルにおいて何コピー存在するか調べたところ、37種類 (12%) が既にシングルトン化していることがわかった。一方、硬骨類 (サカナ) の進化系譜においては、約3億7千万年前にゲノム重複が起こり、アフリカツメガエルよりも長い時間をかけてシングルトン化が進行していることが知られている。そこで硬骨類のゼブラフィッシュにおいて、316種類の遺伝子の内、いずれがシングルトン化しているか調べたところ、それは203種類 (64%) であった。さらにアフリカツメガエルでシングルトン化している37種類について調べたところ、34種類 (92%) がゼブラフィッシュでもシングルトン化していた。この結果は、シングルトン化は遺伝子の種類に問わず偶発的に起きるという従来の考え方を、比較ゲノム解析に基づいて初めて否定するものである。

## 2. 温泉ガエル (リュウキュウカジカガエル) の適応進化とゲノム変異に関する研究

リュウキュウカジカガエルはトカラ列島・口之島において幼生が40°Cを越える温泉に生息する顕著な適応進化を遂げた種である。本種の温度耐性に関わる遺伝的基盤を明らかにするため、姉妹種であるカジカガエルを比較対象としてゲノム進化学的に行っている。本年度は前年度までに明らかになった温度耐性関連遺伝子座を含むゲノム配列を解明するため、両種の全ゲノム解読を進めた。一般的なillumina社ショートリードシーケンサーによる約600 Gbp程度のドラフトゲノムデータに加えて、Nanopore社の先端的な一分子シーケンサーによるデータによってアセンブルを行ったところ、N50値で約30 kbpのコンティグ配列が得られ、遺伝子座の全長をカバーしたドラフトゲノムデータが構築できた。今後はより連続的かつ精度の高いゲノムデータを得ることを目的として一分子シーケンサーによる解析を進めるとともに、ネッタイツメガエル等を利用した温度関連遺伝子の機能解析を進める予定である。

## 3. ツメガエル幼生における終脳再生の初期過程に関する研究

脳損傷はヒトでは癌、心臓病に続き3番目に多い死因であり、脳は一度その損傷が起きてしまうと、永久的な後遺症が残ってしまう。対照的に、ツメガエルの幼生では終脳が部分切除後に再生することが報告されている。しかし、この現象を制御する細胞の挙動や分子メカニズムは殆ど明らかになっていない。そこで本研究ではこの問題を解くための第一歩として、(1) 領域特異的マーカーを用いた遺伝子発現解析、(2) micro Computed Tomography (microCT) を用いた形態変化の三次元解析、(3) 中枢神経系でGFPを発現するトランスジェニック個体を用いた経時観察、を行った。その結果、(1) の解析により、終脳マーカーfoxg1遺伝子の発現が切断部位での顕著な細胞増殖の前に切断面よりも基部側で活性化することが明らかになった。また(2)の解析により、切断直後に終脳から中脳に至る広い領域で脳腔が収縮し脳全体の体積が減少すること、それが切断後6日目以降に回復することが明らかになった。さらに(3)の解析では、microCT解析で確認された脳腔の収縮と再膨張が同一個体内で起こることが確認された。これらの結果から、切断直後における終脳と

間脳における遺伝子発現の低下と脳腔の収縮，切断後3日目における遺伝子発現の活性化，さらに切断後6日目以降における脳組織のリモデリング過程が明らかになり，終脳再生初期に起こる分子・組織レベルでの現象が新たに示された。

#### 4. ツメガエル類を用いた人為ゲノム重複研究

これまでの研究から，アフリカツメガエルの進化系譜では，2つの2倍体祖先種の間で交雑が起きてゲノムが重複し，その結果，4倍体ゲノムを持つアフリカツメガエルが種として形成され，現在に至っていると考えられている。このような交雑による新種形成は，生物進化においてしばしば起きていると考えられているが，異種ゲノムが同一種に宿ることにより，どのように遺伝子ネットワークが変化するのかについては未だ良くわかってはいない。この問題にアプローチする為，アフリカツメガエル近交系（4倍体）とその近縁種のキタアフリカツメガエル近交系（同じく4倍体）を人工交配させ，得られた受精卵を低温処理することによって第1卵割を阻害し，両種のゲノムを同時に持つ8倍体個体の作製をおこなった。現在，ファウンダーが得られており，次年度にそれらの交配をおこなって系統化した後，RNA-seq解析等をおこなって，交雑に伴う遺伝子発現の変動を解析する予定である。

#### 5. NBRP事業「ネットイツメガエルを中心とした両生類リソースの収集・保存・提供」

本研究部門ではNBRP事業の一つとして，両生類遺伝学の標準モデル動物として用いられているネットイツメガエルについて，兄妹交配の継続により，世界で唯一の野生型近交系4種類（Nigerian A, Nigerian H, Nigerian BH, Ivory Coast）の作出と，その全ゲノム配列の決定と公開（[http://viewer.shigen.info/xenopus/jbrowse.php?data=data/xl\\_v91](http://viewer.shigen.info/xenopus/jbrowse.php?data=data/xl_v91)）に成功している。また受精卵を低温処理することによって雌性発生2倍体個体を作成し，その系統化を進めている。全身あるいは組織特異的にGFPを発現するトランスジェニック系統群や，ゲノム編集によりチロシナーゼ遺伝子あるいはhps6遺伝子を破壊したアルビノ系統等についてもリソースとして作出あるいは収集を進めている。これらを合わせると令和2年3月末の収集・保存数は118系統，5,800匹になった。本年度の生体リソース提供数は，34名の研究者に対して214件2,856匹であった。

### ○発表論文

#### 1. 原著論文

Yamashita, S., Kataoka, K., Yamamoto, H., Kato, T., Hara, S., Yamaguchi, K., Renard-Guillet, C., Katou, Y., Shirahige, K., Ochi, H., Ogino, H., Uchida, T., Inui, M., Takada, S., Shigenobu, S. and \*Asahara, H.: Comparative analysis demonstrates cell type-specific conservation of SOX9 targets between mouse and chicken. *Sci. Rep.*, 9: 12560, 2019, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48979-4>.

Kinoshita, N., Hashimoto, Y., Yasue, N., Suzuki, M., Cristea, I.M. and Ueno, N.: Mechanical stress regulates epithelial tissue integrity and stiffness through the FGF receptor/Erk2 signaling pathway during embryogenesis. *Cell Rep.*, 30: 3875-3888, 2020, doi: 10.1016/j.celrep.2020.02.074.

Igawa, T., Takahara, T., Lau, Q., and Komaki, S.: An application of PCR-RFLP species identification assay for environmental DNA detection. *PeerJ*, 7: e7597, 2019, doi: 10.7287/peerj.preprints.27601.

Igawa, T., Sugawara, H., Honda, M., Tominaga, A., Oumi, S., Katsuren, S., Ota, H., Matsui, M., and Sumida, M.: Detecting inter- and intra-island genetic diversity: population structure of the endangered crocodile newt, *Echinotriton andersoni*, in the Ryukyus. *Conservation Genetics*, 21(1): 13–26, 2020, doi: 10.1007/s10592-019-01219-8.

Takahara, T., Iwai, N., Yasumiba, K., and Igawa, T.: Comparison of the detection of 3 endangered frog

species by eDNA and acoustic surveys across 3 seasons. *Freshwater Science*, 39(1): 18–27, 2019, doi: 10.1086/707365.

Lau, Q., Igawa, T., Komaki, S., and Satta, Y.: Expression changes of MHC and other immune genes in frog skin during ontogeny. *Animals*, 10(1): 1–11, 2020, doi: 10.3390/ani10010091.

## 2. 総説・解説

◎Horb, M., Wlizla, M., Abu-Daya, A., McNamara, S., Gajdasik, D., Igawa, T., Suzuki, A., Ogino, H., Noble, A., Centre de Ressource Biologique Xenope team in France, Robert, J., James-Zorn, C. and \*Guille, M.: *Xenopus* Resources: Transgenic, Inbred and Mutant Animals, Training Opportunities, and Web-Based Support. *Front. Physiol.*, 10: 387, 2019, doi: 10.3389/fphys.2019.00387.

## ○著書

該当無し

## ○取得特許

該当無し

## ○講演等

### 1. 国際会議での招待・依頼・特別講演

◎Igawa T., Suzuki M., Suzuki N., Kashiwagi A., Kashiwagi K., Ochi H. and Ogino H.: Generation of *Xenopus tropicalis* inbred strains and their genome polymorphism data by NBRP in Japan. *Xenopus Resources and Emerging Technology Meeting*, Woods Hole, USA, 2019.10.13.

### 2. 国際会議での一般講演

該当無し

### 3. 国内学会での招待・依頼・特別講演

◎井川 武, 松波雅俊, 今村美菜子, 鈴木 誠, 鈴木菜花, 柏木昭彦, 柏木啓子, 越智陽城, 前田士郎, 荻野 肇: ネットアイツメガエル近交系4系統のゲノム解読と系統間の遺伝的変異. 第42回日本分子生物学会年会特別シンポジウム「NBRPが支える生命科学研究最前線: 第4期中間年度成果報告会」, マリンメッセ福岡, 福岡市, 2019年12月5日

◎荻野 肇, 井川 武, 柏木昭彦, 柏木啓子, 田内幹大, 岩田 唯, 越智陽城, 鈴木菜花, 田澤一朗, 鈴木 誠: ネットアイツメガエルを用いた発生遺伝学およびゲノム進化学研究. 日本動物学会第90回大会シンポジウム「第38回胚誘導と形態形成・第28回イモリ・ネットワーク共催 新しい両生類研究への誘い」, 大阪市立大学, 大阪市, 2019年9月13日

荻野 肇: ネットアイツメガエルバイオリソースの展開とその発生進化研究への応用. 2019年度中国四国地区生物系三学会合同大会 公開講演会「バイオリソースの現状と未来 —貴重な生物材料を広島から世界へ—」, 広島大学, 東広島市, 2019年5月11日

### 4. 国内学会での一般講演

◎田内幹大, 井川 武, 鈴木 誠, 鈴木菜花, 荻野 肇: 異なる進化系譜における倍加遺伝子の収斂進化. 第42回日本分子生物学会年会, マリンメッセ福岡, 福岡市, 2019年12月6日

- ◎井川 武, 鈴木 誠, 柏木昭彦, 柏木啓子, 古野伸明, 鈴木菜花, 田澤一朗, 高瀬 稔, 三浦郁夫, 鈴木 厚, 花田秀樹, 中島圭介, 彦坂 暁, 越智陽城, 加藤尚志, 森 司, 荻野 肇: ネットアイツメガエルを用いた遺伝学・ゲノム科学的 リソース基盤の形成とその活用. 第42回日本分子生物学会年会, マリンメッセ福岡, 福岡市, 2019年12月3-6日
- ◎井川 武, 松波雅俊, 今村美菜子, 鈴木 誠, 鈴木菜花, 柏木昭彦, 柏木啓子, 越智陽城, 前田士郎, 荻野 肇: ネットアイツメガエル近交系4系統のゲノム解読と系統間の遺伝的変異. 第13回日本ツメガエル研究集会, 関西セミナーハウス・修学院きらら山荘, 京都市, 2019年9月9日
- ◎田内幹大, 井川 武, 鈴木 誠, 鈴木菜花, 荻野 肇: 異なる進化系譜における倍加遺伝子の収斂進化. 第13回日本ツメガエル研究集会, 関西セミナーハウス・修学院きらら山荘, 京都市, 2019年9月9日
- ◎鈴木 誠, 井川 武, 鈴木菜花, 越智陽城, 荻野 肇: 両生類研究センターにおけるトランスジェニックツメガエルの開発と収集. 第13回日本ツメガエル研究集会, 関西セミナーハウス・修学院きらら山荘, 京都市, 2019年9月9日
- Suzuki, N., Hirano, K., Ogino, H. and Ochi, H.: Arid3a regulates nephric tube regeneration through the evolutionary conserved regeneration signal-response enhancers. 第52回日本発生生物学会大会, 大阪国際交流センター, 大阪市, 2019年5月17日
- ◎Igawa T., Kashiwagi A., Kashiwagi K., Suzuki N., Suzuki M., Tazawa I., Furuno N., Ochi H., Kato T., Mori T. and Ogino, H.: The 4th National BioResource Project of *Xenopus tropicalis*. 第52回日本発生生物学会大会, 大阪国際交流センター, 大阪市, 2019年5月16日
- ◎Tanouchi, M., Iwata, Y., Igawa, T., Sakagami, K., Suzuki, N. and Ogino, H.: The functional domain-localized mutations hidden in the allotetraploid genome of *Xenopus laevis*. 第52回日本発生生物学会大会, 大阪国際交流センター, 大阪市, 2019年5月15日

## ○各種研究員と外国人留学生の受入状況

### 1. 研究員

柏木啓子 (NBRP特別研究員)

### 2. 外国人留学生

該当無し

## ○研究助成金の受入状況

### 1. 科学研究費補助金

#### 荻野 肇

- ・基盤研究(C)「ゲノム重複に伴う発生制御遺伝子の進化とその運命決定機構の研究」800千円 (代表)
- ・基盤研究(C)「温泉ガエルゲノムから探る高温耐性の獲得メカニズム」200千円 (分担)
- ・挑戦的研究 (萌芽)「後生動物で異質倍数化は如何にして起こるか? : その実証に向けて」200千円 (分担)

#### 井川 武

- ・基盤研究(C)「温泉ガエルゲノムから探る高温耐性の獲得メカニズム」1,820千円 (代表)
- ・基盤研究(C)「ゲノム重複に伴う発生制御遺伝子の進化とその運命決定機構の研究」100千円 (分担)

#### 鈴木 誠

- ・挑戦的研究(萌芽)「先天異常を引き起こす母体の加齢効果を小型魚類でモデル化する」  
2,100千円(代表)
- ・新学術領域研究(研究領域提案型)「組織の折りたたみと管形成の力学制御ー神経管形成をモデルとしてー」1,000千円(分担)

#### 2. その他の補助金

##### 荻野 肇

- ・日本医療研究開発機構(AMED)第4期NBRP「ネッタイツメガエルを中心とした両生類リソースの収集・保存・提供」中核機関(平成31年度)14,100千円(課題管理代表者)

##### 井川 武

- ・基礎生物学研究所 共同利用研究「リュウキュウカジカガエルの高温耐性獲得に関わるHSF1の分子進化及び機能解析」266千円(共同研究代表者)

##### 鈴木 誠

- ・基礎生物学研究所 共同利用研究「コンピューター断層撮影法によるネッタイツメガエル近交系の3D表現型解析」270千円(共同研究代表者)

#### ○学界ならびに社会での活動

##### 1. 学協会役員・委員

##### 荻野 肇

- ・XCIJ日本ツメガエル研究会 世話人
- ・XCIJ日本ツメガエル研究集会(XCIJ-JXM) 運営委員
- ・NBRP(カタユウレイボヤ) 運営委員
- ・NBRP(メダカ) 運営委員
- ・次世代両生類研究会 コアメンバー
- ・生物遺伝資源委員会委員(国立遺伝学研究所)
- ・Xenopus Gene Nomenclature Committee member(国際ツメガエル遺伝子命名委員会委員)
- ・文部科学省ナショナルバイオリソースプロジェクト 補助事業責任者

##### 井川 武

- ・日本爬虫両生類学会 会計監査
- ・Journal of Tropical Life Science, Editor
- ・文部科学省ナショナルバイオリソースプロジェクト 補助事業分担者

##### 鈴木 誠

- ・文部科学省ナショナルバイオリソースプロジェクト 補助事業分担者

##### 柏木昭彦

- ・広島大学総合博物館客員研究員
- ・文部科学省ナショナルバイオリソースプロジェクト 補助事業分担者

##### 2. セミナー・講演会開催実績

該当無し

##### 3. 産学官連携実績

◎井川 武, 鈴木 誠, 柏木昭彦, 柏木啓子, 古野伸明, 鈴木菜花, 田澤一朗, 高瀬 稔, 三浦郁夫,



鈴木 厚, 花田秀樹, 中島圭介, 彦坂 暁, 越智陽城, 加藤尚志, 森 司, 荻野 肇: NBRP「ネッタイツメガエル」: ネッタイツメガエルを用いた遺伝学・ゲノム科学的リソース基盤の形成とその活用. 第42回日本分子生物学会年会, マリンメッセ福岡, 福岡県福岡市, 2019年12月3-6日, ポスター発表・生体展示

◎鈴木菜花, 鈴木 誠, 井川 武, 柏木啓子, 柏木昭彦, 荻野 肇: 「ツメガエル」ってどんなカエル? 日本動物学会第90回大会「動物学ひろば」, 大阪市立大学, 大阪府大阪市, 2019年9月13日, ポスター発表・生体展示

#### 4. セミナー・講義・講演会講師等

井川 武, 鈴木 誠

- ・認定こども園さざなみの森「親子deカエル」講師  
(東広島市, 2019年6月1日)

柏木昭彦

- ・安田女子短期大学非常勤講師  
(前期「人間と環境」を担当)
- ・山陽女子短期大学フレッシュマンセミナー「環境ホルモン(内分泌かく乱化学物質)とその影響」講師

荻野 肇, 林 利憲, 井川 武, 鈴木 誠, 鈴木菜花

- ・カエルとイモリの学校(オープンラボ)講師  
(広島大学, 広島県東広島市, 2020年2月26-28日)

荻野 肇, 井川 武, 鈴木 誠, 鈴木菜花, 古野伸明, 田澤一朗, 中島圭介, 高瀬 稔

- ・ナショナルバイオリソースプロジェクト ネッタイツメガエル実験技術講習会講師  
(広島大学, 広島県東広島市, 2019年9月17-20日)

荻野 肇, 井川 武, 鈴木菜花, 林 利憲, 古野伸明, 鈴木 誠

- ・ナショナルバイオリソースプロジェクト ネッタイツメガエル カスタマイズド講習会講師  
(広島大学, 広島県東広島市, 2019年7月22-24日, 10月24-25日, 10月29-30日, 11月12-19日)

#### 5. その他の学界ならびに社会での活動

- ・センター見学者に対するリソース事業紹介  
(一般18件809名, 大学関係6件145名, 高校3件119名, 中学9件314名)

#### ○国際共同研究

荻野 肇, 鈴木 誠

- ・米国ヴァージニア大学  
(Rob Grainger教授, 「ネッタイツメガエルにおける相同組換え法の開発」)

#### ○特記事項

該当無し

#### ○大学院教育

1. 大学院生の国内学会発表実績(博士課程後期)

◎田内幹大, 井川 武, 鈴木 誠, 鈴木菜花, 荻野 肇: 異なる進化系譜における倍加遺伝子の収斂進化. 第42回日本分子生物学会年会, マリンメッセ福岡, 福岡市, 2019年12月6日



- ◎田内幹大, 井川 武, 鈴木 誠, 鈴木菜花, 荻野 肇: 異なる進化系譜における倍加遺伝子の収斂進化. 第13回日本ツメガエル研究集会, 関西セミナーハウス・修学院きらら山荘, 京都市, 2019年9月9日
- ◎Tanouchi, M., Iwata, Y., Igawa, T., Sakagami, K., Suzuki, N. and Ogino, H.: The functional domain-localized mutations hidden in the allotetraploid genome of *Xenopus laevis*. 第52回日本発生生物学会大会, 大阪国際交流センター, 大阪市, 2019年5月15日

2. 大学院生の国際学会発表実績  
該当無し

3. 修士論文発表実績  
石井理央奈 「ツメガエル幼生における脳再生過程の三次元形態解析」

4. 博士学位  
該当無し

5. TAの実績  
該当無し

6. 大学院教育の国際化 ← 国際化への対応等  
英語による授業の実施  
(セルダイナミクス・ゲノミクス特論, 研究倫理教育, 両生類遺伝子資源学演習)

### 「発生」研究部門

令和元年度構成員: 林 利憲 (教授), 鈴木 厚 (准教授), 古野伸明 (准教授),  
高瀬 稔 (准教授), 中島圭介 (助教), 花田秀樹 (助教), 田澤一朗 (助教),  
竹林公子 (研究員), 穂積俊矢 (研究員)

### ○研究活動の概要

本研究部門は両生類の卵形成・成熟, 初期発生, 再生, 変態, 生殖器発生・分化の分子機構に関して実験発生学, 細胞生物学, 分子生物学, 遺伝子工学, ゲノム編集等のさまざまな手法を用いて解析する。また, 文部科学省/日本医療研究開発機構 (AMED) ナショナルバイオリソースプロジェクトに貢献するために, 国際連携活動, cDNAと全ゲノムBACライブラリーを含む非生体リソースと生体リソースの整備, 実験技術講習会, ホームページとデータベースの整備なども行っている。令和元年度の研究・教育活動は以下の通りである。

#### 1. イモリを用いた心臓再生機構の研究 (上榎先生含む)

有尾両生類のイモリは脊椎動物の中でもっとも強い再生能力を持ち, 心臓を再生することもできる。心臓の再生の過程では, 失われた組織を回復するため, 既存の (分化した) 心筋細胞が増殖する。イモリ的心筋細胞が心臓の損傷後に増殖を開始する分子メカニズムを解明することが重要である。そこで本研究では, qPCRを使用して, サイクリンやサイクリン依存性キナーゼ (CDK) などの主要な細胞周期制御因子の発現パターンを分析した。その結果, Cyclin D1を含む, 解析されたすべての主要な細胞周期制御因子の発現レベルが, 損傷後1~2週間にかけて上昇して, その

後、4週間後にかけて切除前のレベルにまで低下することを示した。この結果は、これらの制御因子が心臓の再生中に細胞周期を進行させるように機能したことを示唆している。そこで、細胞周期の開始（G1期）を制御するCyclin D1遺伝子に着目し、再生にあたり転写を活性化するために必要な転写調節因子の同定を目指し、Cyclin D1遺伝子の最初のATGから5 kb上流側の配列に蛍光タンパク質を繋いだコンストラクトを持つトランスジェニックイモリを作成し、活発に増殖している組織でtdTomatoタンパク質に由来する蛍光を観察し、その発現パターンについて詳細な解析を行った。

## 2. イモリの生殖細胞分化機構の研究（精巣の形成含む）

脊椎動物の生殖細胞は始原生殖細胞（PGC）に由来するが、その決定機構は生殖質型と誘導型に大別される。生殖質型では、卵の一部の細胞質に局在する母性因子によりPGCが決定され、誘導型では、細胞間の相互作用によりPGCが決定される。イモリなどの有尾両生類はカエルと似た初期発生を経るが、PGCの決定様式は誘導型とされている。有尾両生類の卵では、*vasa*や*dazl*など、他の動物において生殖細胞形成に重要な遺伝子の産物が、母性に存在することが判明していることから、これらの母性因子が有尾両生類のPGC決定に機能する、つまり、有尾両生類は従来の2タイプとは異なる機構によりPGCを決定されている可能性がある。そこで、イベリアトゲイモリにおいて、*vasa*および*dazl*の機能解析を行うために、ゲノム編集によるノックアウト、および母性mRNAの阻害を行い、生殖細胞形成への影響を解析した。その結果、*vasa*ノックアウト個体では、精巣および卵巣が正常に発達し、交配により次世代個体を得られた。一方、*dazl*ノックアウト個体では、初期の幼生ではPGCが観察されるものの、その後著しく減少し、成体の精巣と卵巣では生殖細胞がほぼ消失していた。これらから、イモリでは*vasa*が生殖細胞の形成に必須ではないこと、そして、*dazl*が少なくとも接合子由来の*dazl*はPGC決定後の生殖細胞形成に必要であることを示した。

## 3. 発生過程におけるBiz結合因子（Biz associated protein, Bap）の機能解析

本研究部門の竹林と鈴木は両生類のメリットを活かしたスクリーニング法により、BMPシグナルを抑制して神経を誘導するBiz/Zbtb14を単離し、Biz/Zbtb14がWntシグナルを促進して後方神経を形成することを見出した。さらに、ヒト21番染色体上のBiz結合因子（Biz associated protein, Bap）が、Biz/Zbtb14と協調的に働いて神経誘導を促進することを発見している。これらの遺伝子は全前脳胞症の原因遺伝子座にも位置するため、胚発生期の神経形成を調節して、ダウン症と全前脳胞症の病態に寄与している可能性が考えられた。そこで、神経形成におけるBapとBiz/Zbtb14の機能的な相互作用と生理機能を解析し、ダウン症と全前脳胞症の発症メカニズムを解明することを目的として研究をおこなっている。

令和元年度は、BapとBiz/Zbtb14をツメガエル初期胚に同時に過剰発現させて、背腹と頭尾軸のマーカー遺伝子や全前脳胞症の原因遺伝子群の発現を定量的RT-PCR法や、ホールマウント*in situ*ハイブリダイゼーション（WISH）法によって解析し、数種類の遺伝子発現に大きな変化が認められた。さらに、アンチセンスモルフォリノオリゴを顕微注入してBiz/Zbtb14やBapの機能阻害を行った際に、神経堤細胞のマーカー遺伝子の発現に変化を生じることにも明らかになった。したがって、Biz/Zbtb14とBapが協調して神経形成および神経堤細胞の発生に広く関与することが示唆された。全前脳胞症の特徴的な症状として顔面形成異常が知られており、今年度の解析で変化が認められた神経堤細胞は顔面形成に貢献する細胞群である。したがって、解析をおこなうマーカー遺伝子の種類をさらに増やし、BapとBiz/Zbtb14による頭部および顔面形成に対する影響についても解析を行っている。

#### 4. 誘導因子に対する細胞応答の制御と尾部幹細胞領域の形成・組織再生

受精卵を構成する個々の細胞は、受容した誘導因子に応答して、その分化運命を決定していく。つまり、発生初期には幹細胞として様々な細胞に分化する能力を持ち、誘導因子に対する応答能力も高いが、発生が進行するにつれて応答能力が制限される。しかしながら、多能性の幹細胞状態から細胞応答が次第に制限されていく機構は明確ではない。本研究部門の鈴木と竹林は、この点に着目して中胚葉や神経誘導の制御に働くTGF-betaシグナル伝達経路を抑制する遺伝子群をスクリーニングし、Oct-25転写因子を単離することに成功している (Takebayashi-Suzuki *et al.*, *Mechanisms of Development* 124, 840-855, 2007)。その後の解析から、Oct-25はBMPシグナルを抑制して神経を誘導するだけでなく、Activin/NodalやFGFのシグナルも調節することが可能で、より広域なシグナルに対する細胞応答を制御することが示されている。そこで、誘導因子に対する細胞応答を制御する機構を明らかにすることを目的として、Oct-25が発現を制御する遺伝子の機能解析を行い、これまでにFoxB1転写因子とJunB転写因子を単離・解析して論文を発表した (Takebayashi-Suzuki *et al.*, *Developmental Biology* 360, 11-29, 2011; Yoshida *et al.*, *Zoological Science* 33, 282-289, 2016)。JunB転写因子は尾部幹細胞領域を含むと考えられる神経板後端に発現し、初期胚で過剰発現するとFGF3とWnt8の発現を誘導して2次尾部構造を形成する。また、JunBの活性は自ら誘導したFGF・Wntシグナルによるフィードバック制御を受けることから、JunBが誘導因子シグナルを統合して尾部幹細胞領域の形成に働いている可能性が示唆された。尾部幹細胞領域は、複数の種類の細胞に分化する性質を長期に渡って維持しながら新しい細胞を生み出し、尾部を伸長させている。したがって、JunBは、幹細胞の維持、及び誘導因子に対する細胞応答能力を調節・制限する上で重要な役割を果たしていると考えている。また、ツメガエル幼生尾部領域を切断すると、損傷した組織が再生することが知られているが、尾部再生過程においてもJunBが強く発現することが分かった。そこで、JunBノックアウト胚を用いて組織再生過程におけるJunBの機能解析を行ったところ、尾部再生に遅延が認められ、神経・筋肉・脊索の分化マーカーの発現が減少した。したがって、JunBが正常な再生に必要であることが分かった。令和元年度は、尾部再生が遅延する原因となりうる細胞増殖の変化を解析し、組織再生過程におけるJunBの役割について詳細に調べた。その結果、JunBノックアウト胚では、分化マーカーの発現に先立って細胞増殖の低下が観察され、JunBは再生開始期の細胞増殖促進において重要な役割を果たすことが明らかになった。さらに、再生時におけるJunBの発現制御機構を調べたところ、JunBの発現はTGF-betaシグナルによって誘導されていることが判明した。これらの研究結果を取りまとめて、論文発表を行った (Nakamura *et al.*, *Biochemical and Biophysical Research Communications* 522, 990-995, 2020)。

#### 5. 神経誘導に働くClk2の機能解析と作用機構

本研究部門の鈴木と竹林は、ツメガエルの神経板で強く発現するキナーゼタンパク質・Cdc2-like kinase 2 (Clk2) を同定し、機能解析を進めている。Clk2の全長cDNAをネットアイツメガエル胚から単離して、初期胚で過剰発現したところ、神経誘導を引き起こすことが分かった。培養細胞を用いたClk2の先行研究において、リン酸化を受けたClk2は不安定で速やかに分解されることが示されていたため、このリン酸化サイトに変異を導入したところ、カエル胚での神経誘導活性も増強された。また、神経誘導を引き起こすFGF処理、もしくはドミナントネガティブBMP受容体によるBMPシグナルの抑制処理とClk2過剰発現を同時に行ったところ、Clk2はこれらの処理と協調的に働いて、神経誘導を強めることが分かった。また、FGFシグナルおよびBMPシグナルに対するClk2の作用を明確にするために、それぞれのシグナル伝達の指標となるリン酸化MAPKとリン酸

化Smadの量をウエスタンブロット法によって解析した。その結果、Clk2がリン酸化MAPKを増加させてFGFシグナルを活性化する一方で、リン酸化Smadを減少させてBMPシグナルを抑制することが分かった (Virginia *et al.* Development, Growth and Differentiation 61, 365–377, 2019)。

令和元年度は、神経発生過程におけるClkファミリー遺伝子の機能解析を開始した。ゲノム配列データを基にして遺伝子検索を行ったところ、ツメガエルにはClk2の他にClk1とClk3が存在することが分かった。これらの遺伝子発現を調べると初期発生過程での発現を検出することができ、RT-PCR法によってネットイツメガエルからClk1とClk3のcDNAをクローニングすることに成功した。現在、Clk1とClk3の神経誘導活性、及び組織特異的な発現パターンについて解析を進めている。

## 6. 卵形成・初期発生における卵特異的細胞周期調節遺伝子の発現調節機構とノックアウトによる機能解析の試み

卵は、減数分裂や受精後に特殊な細胞分裂を行う。例えば、減数分裂では、DNA複製をスキップした2回の連続した分裂を行い、受精後はG1期・G2期のない分裂を行う。これらの特殊な分裂は、卵特異的に発現する細胞分裂調節因子によって行われているという仮説に基づいて研究を行っている。その根拠は、卵減数分裂において、Mosという卵特異的な細胞周期調節因子を発現しており、この機能を喪失させると、減数分裂においてもDNA複製が起こることを示し、この発現がDNA複製のスキップのため必須であることを報告していることや、Wee1A (後述) をはじめとする多くの卵特異的な細胞周期調節因子が存在することが報告されているからである。

また、受精後、卵は最初の一回を除き、G1、G2期のない細胞分裂 (卵割) を中期胚まで行うが、そのためには、卵特異的な細胞周期調節因子であるWee1Aの発現が必須である。もし、体細胞特異的なWee1Bが発現すれば受精後の卵割は失敗する。よって、これらの卵特異的な細胞周期調節因子の発現調節機構の解明は、卵への決定・分化の機構解明につながる。現在、ネットイツメガエルの*mos*と*wee1A*のプロモーター領域と思われる部分 (翻訳開始点より10kbp上流まで) をクローニングし、GFPの上流にその5kbpを挿入したtransgenicガエル作製用のベクターを構築した。このコンストラクトや、プロモーターにいろんな欠失を導入したコンストラクトでtransgenicガエルを作製し、卵特異的な発現に必要な領域を特定する。

また、これらの遺伝子のノックアウトも行なっている。ノックアウト作製に関しては、CRISPER/CAS法を改善して、クローニングせずにsg RNAを作製する方法を開発した。現在、*mos*や*wee1A*、*myt1*のノックアウトを作成中である。*myt1*に関しては、詳しくは次の章で述べる。また、体細胞型のWee1Bの機能が本当に体細胞に特化しているか調べるため、アフリカツメガエル*wee1b*の遺伝子のノックアウトを試みている。

## 7. ネットイツメガエルおよびアフリカツメガエル*myt1*の初期発生における機能解析

細胞周期をG2期からM期へ進むのを抑制する因子としてWee1とMyt1が知られているが、それぞれの機能分化については知られてなかった。1999年に、アフリカツメガエルを用いて、ツメガエル卵母細胞はG2期で停止には、Wee1でなくMyt1が特異的に働くことが示された。すなわち、ホルモン刺激によりMyt1が不活性化されCDK/サイクリン複合体が活性化し、M期に進行し卵成熟を起こす。タンパク質リン酸化酵素であるMyt1は、ホルモン刺激を受けるまでCDKをリン酸化することで活性を抑制し、細胞周期 (卵成熟) を抑制すると考えられている。

今まで、体細胞分裂におけるMyt1の機能については、培養細胞をはじめとして色々調べられてはいるが、決定的なこと (Wee1がここで働いておらず、Myt1がそのところで特異的に働いているというところ) は報告されていない。我々は、Myt1はG2期ではたらくCKI (Cyclin dependent kinase inhibitor) ではないかと考え研究をしている。G1期で働くCKIは、p21<sup>cip</sup>やp27<sup>kip</sup>をはじめとしている



いろいろ知られているが、卵はG2期で分化する細胞なので、当然、G2期で特異的に細胞周期を停止させる因子が必要である。我々はそのCKIがMyt1と考えている。また、Myt1は卵母細胞だけでなく初期胚でも発現しているが、初期発生での機能については、我々が第一卵割のG2期の創出に必要であるという研究結果を示している。卵母細胞のMyt1の機能と合わせて、Myt1は、卵母細胞・第一卵割のG2期で働いていると考えている。

受精直後だけに現れるG2期について、前述したように Myt1が関与しているという事を示唆する結果も得ていたので、この現象をアフリカツメガエルを用いて詳しく解析した。Myt1の活性を特異的に抑制する中和抗体や、Wee1A（初期胚ではWee1の2つのタイプのうちWee1Aのみ発現しているため）とMyt1の活性の両方を抑える特異的薬剤、また、Wee1Aのアンチセンスを用いてのWee1Aの合成阻害によるWee1Aの機能の特異的阻害実験などを組み合わせることにより第一卵割のみG2期が出現するのは、主にMyt1の機能によることを示した。さらに、このMyt1の制御には、Cdc25Aが関与することを、そのmRNAを注入すると、最初のG2期が短くなることにより示した。

これらのことから、卵形成のある時期から、第一卵割までは、MPFの負の制御はWee1でなくMyt1が主になっている事が予想される。そこで、ネッタイツメガエル*myt1*をクローニングし初期発生における機能解析を今まで行った。その結果、ツメガエルの卵成熟だけでなく初期発生の過程でも、細胞周期の抑制因子として機能していることが示唆された。また、中期胞胚以後、初期胚は、特殊な細胞周期から体細胞型の細胞周期へ移行する。*myt1*が初期胚特異的に働いているか調べるため、体細胞で発現するプロモーターの下流に*myt1*をクローニングし、そのプラスミドDNAを2細胞期に導入して、その発生がどうなるか調べた。その結果、卵割に影響が見られた*myt1*変異DNAを発現させても発生に影響が見られなかった。これらの事から、Myt1は卵母細胞、初期胚で特異的に働く事が示唆された。それを確かめるため、最近*myt1*のCRISPR/CASによるノックアウトを試みている。

#### 8. mTOR情報伝達系の解析:RagA family タンパク質とWDR35との相互作用

炎症は、生体の損傷に対する組織の反応であり、その反応の一部にmTOR（mammalian target of rapamycinの略。ほ乳類などの動物の細胞内シグナル伝達に関与するタンパク質キナーゼ。最初にrapamycinの標的タンパク質として見つかったのでこの名前がついた）情報伝達系が関与している。研究の目的は、炎症に関与するmTOR情報伝達系に関与するタンパク質や、その相互作用を調べる事でこの情報伝達系の全貌を解明することである。この伝達系では、Small GTP binding タンパク質群が関与していることが知られている。そのなかで、RagA, RagB/RagC, RagDが、mTORのシグナル伝達に新たに関与していることを示し、このタンパク質の機能に注目している。今までに、mTOR伝達系にEgo1, Ego3とGtr1, Gtr2のタンパク質が関与していることがわかった。また、それらのタンパク質が相互作用するのに必要な領域や、必須なアミノ酸を同定した。最近、RagAをbaitとしたtwo hybrid systemを用いて、WDR35/IFT121と言うタンパク質（このタンパク質は、遺伝病であるSensendón症候群の原因遺伝子の1つ）が、新たに相互作用していることを示した。相互作用する部分は、WDR35のC末のfree coil部分であり、実際に、RagAを用いたpull down assayでも検出される。このタンパク質は、形態形成に重要な働きをするHedgehog伝達系と繊毛機能に関与すると言われているタンパク質である。このことから、mTORC系は、初期発生にも関与することが示唆された。さらに、RagAは、*in situ* 染色の結果から、一次繊毛のマーカーであるAcetyl tubulinと共局在することが示された。WDR35は、一次繊毛における物質輸送に関わるIntragaragellar transport (IFT-A) complexの構成成分IFT21であるので、一次繊毛の物質輸送の制御にmTORが関係することが示唆された。

#### 9. 脊椎動物における遺伝子の水平伝播（倉林 敦（長浜バイオ大学准教授）との共同研究）

遺伝子の水平伝播は細菌や単細胞生物間ではごく一般的な現象であるが、高等な脊椎動物間でのそれは、極めて稀な現象であると考えられている。ところが我々は、トランスポゾン的一种がヘビからカエルへ水平伝播していることを発見した。これは両生類からの最初の発見である。また、世界のカエルやヘビの詳しい解析から、世界各地で水辺伝播が起こっていること、この水平伝播の頻度は地域によって差がある（アジアではほぼ半分、アフリカではごくわずか）こと、マダガスカルで極めて高いことが明らかになった。マダガスカルのカエルのトランスポゾンは、通常とは違ったヘビからカエル（捕食者から非捕食者）へ遺伝子が水辺伝播した事とその遺伝子の配列データから強く示唆された。これは媒介生物の存在を強く示唆する。今まで知られていた水平伝播現象は、起きた時代が非常に古いことから、起きた地域や媒介（ベクター）生物の解明が困難であったが、マダガスカルで見られた水平伝播は比較的最近で地域が特定されている。よって、ベクター生物の特定が可能で高等動物の水平伝播の進化的起源やメカニズム解明に有効である。はじめに、水平伝播仲介候補としてヘビとカエルを行き来しうる寄生虫を仮定し、日本とマダガスカルにおいて収集された寄生虫サンプルについてロエアンスポゾンのスクリーニングを行なった。その結果、3つの動物門に属する寄生虫からトランスポゾンが検出され（日本で4.9%、マダガスカルで55.3%）、これら無脊椎動物分類群への水平伝播も明らかになった。これに加え、今までのヘビ・カエルのサンプルを加えて解析した結果、少なくとも37回の水平伝播の発生が示された。さらに、その水平伝播は130万年前～7200万年前の間に世界各地で発生されたと推定された。また、系統解析に使用した寄生虫から宿主と系統的に異なるトランスポゾン物者が複数見出され、これは寄生虫の宿主転換に伴う水平伝播が生じことを示す直接的な証拠と考えられる。なかでも、ヘビ型のトランスポゾンを持ちながらカエルに寄生していたツツガムシや線虫は、ヘビからカエルへのトランスポゾンの水平伝播の極めて有力な仲介候補であることが示唆された。

#### 10. フクラガエル属におけるmtDNAの分子進化：脊椎動物で2番目に大きなモトコンドリアゲノムの発見とその発生要因（倉林敦（長浜バイオ大学准教授）との共同研究）

アフリカガエル類は、その名前の通りアフリカに固有のカエル分類群で、サエズリガエル科、クサガエル科、アナホリガエル科、フクラガエル科の4科422種で構成されている。倉林らの先行研究において、これら4科から各1種のmtDNAの全配列が決定され、すべての種が20kbpを超える大きなmtゲノムを持っていることが報告されている。特に、フクラガエル科のアメフクラガエル (*Breviceps adpersus*) のmtゲノムは、激しい遺伝子配置の変化生じていたことに加え、複数の遺伝子およびCR重複領域が存在した。これらの重複が原因で、アメフクラガエルのmtゲノムは、現在までに配列が決定された脊椎動物の中で最大であった（後生動物全体では13番目）。しかしながら、フクラガエル、特に他のフクラガエル類のmtゲノムに関する情報はほとんど存在しないため、このユニークなmtゲノムの出現系統や出現時期についての推定は困難であった。そこでフクラガエル類でどのように巨大なmtDNAが出現したのかを明らかにすることを目的とし、モザンビークフクラガエル (*B. mossambicus*) とパワーフクラガエル (*B. poweri*) 2種についてmtDNAの全塩基配列を新たに決定し、その系統関係とmtゲノムの巨大化が起こった時期を推定した。さらにmtゲノムの巨大化の要因について考察をおこなった。

これら2種のフクラガエルのmtゲノム構成・遺伝子配置・および遺伝子配列は互いに非常に似ており、また、これらの特徴は多くのカエル亜目の種とも共通していた。一方で、アメフクラガエルで報告されていた遺伝子領域の重複は確認されなかった。2種のうち、モザンビークフクラガエルのmtゲノムサイズは22.5 kbで、他のアフリカガエル類と似た大きさであった。一方、パワーフクラガエルのmtDNAのサイズは28.1 kbpであり、アメフクラガエルに次いで脊椎動物の中で2番目



に大きいものであった。パワーフクラガエルにおいて巨大なmtゲノムの生じている原因は、アメフクラガエルとは異なり、CR領域が12.5 kbp の長さまで異常に伸長していたことであった。巨大化の原因が異なることに加え、系統解析の結果、巨大なmtゲノムを持つパワーフクラガエルとアメフクラガエルは単系統群にならなかった（モザンビークフクラガエルがアメフクラガエルとより近縁であった）。この結果から、フクラガエル属の中では少なくとも2つの異なる系統でmtゲノムの巨大化が生じたことが明らかになった。さらに分岐年代解析の結果、フクラガエルの中でもパワーフクラガエルに至る系統では、4700万年以内に、アメフクラガエルに至る系統では3400万年以内にmtゲノムの巨大化が生じたと推定された。先行研究において、mtゲノムの巨大化に関係する要因として、高い塩基置換率と負の選択圧の緩和が指摘されていた。そこでフクラガエル類を含むアフリカガエル類、および、他のカエル亜目について塩基置換率と選択圧変化を調べた。その結果、ゲノムが巨大なフクラガエル2種の系統において特に高い塩基置換率や負の選択圧の緩和は見られなかった。一方、フクラガエル類に至るアフリカガエル類の祖先系統では負の選択圧が緩んでいたと推定された。この結果や先行研究での仮説を考慮したところ、負の選択圧の緩和がその子孫系統で間接的に影響し、アフリカガエル類で共通して見られる20 kbp以上の大きなmtゲノムや、フクラガエル類の28 kbp以上の巨大なゲノムの出現した可能性が示唆された。具体的には、祖先系統においてわずかに有害な突然変異の排除圧力が弱まり、ゲノムに重複を生じやすくなるような突然変異が蓄積し、現在のアフリカガエル類やフクラガエルのmtゲノムは重複が起りやすい状況にあるのではないかと考えられた。

#### 11. XX/XY型ネットイツメガエルの持続的な全雄幼生集団および全雌幼生集団作製法の検討

幼生の初期に未分化生殖腺から精巣または卵巣へ分化するが、外部形態によって精巣や卵巣の判別がつかないことから、生殖腺分化機構を解析するためには、全雄幼生集団と全雌幼生集団を作製して両者の性分化過程における遺伝子発現および組織学的変化を比較することが有効な解析法の一つになる。そこで今回、持続的な全雄幼生集団および全雌幼生集団の作製方法を検討した。まず、全雄幼生集団を持続的に作製するためにはYY雄個体とXX雌個体が必要になる。そして、YY雄個体の作製にはXY雌個体が必要になるため、全雄幼生集団の一部を雌へ性転換させることによるXY雌の持続的な供給方法を考えた。そこで、全雄幼生集団にエストロゲン曝露を行い、得られた雌（性転換したXY雌）を用いて戻し交配を行ったところ、有意に雄が多い集団が得られた。その集団の一部の雄を用いた交配により得られた幼生が全て雄であったことから、一部の雄はYY雄個体であることが確認された。従って、持続的な全雄幼生集団の作製は可能であると考えられる。一方、全雌幼生集団を持続的に作製するためにはXX雄個体の持続的供給が必要である。そこで、全雌幼生集団の一部を性転換させることによりXX雄を持続的に供給する方法を考えた。全雌幼生集団にアンドロゲン曝露を行ったところ雄が得られた。得られた雄はXX雄であることが考えられる。現在、得られた雄を用いた交配により全雌幼生集団が作製できるか検討中である。

#### 12. 脊索退縮に関わる分子機構の研究

ネットイツメガエル幼生変態期における尾部退縮の分子機構を研究している。甲状腺ホルモン受容体(TR)には $\alpha$ と $\beta$ が有り、TR $\alpha$ をノックアウトした個体では正常に尾が退縮するが、TR $\beta$ をノックアウトした個体では脊索の消失が大幅に遅れる(Nakajima 2018)。このことから脊索の消失にはTR $\beta$ が特異的に働いていると考え、この分子機構を研究した。退縮前の尾、退縮中の尾、脊索を除去した退縮中の尾からRNAを抽出し、RNA-Seqにより遺伝子発現パターンを比較した。退縮前後の比較により、変態期に発現量が增大する遺伝子群を同定した。また、脊索を除去した退縮中の

尾と脊索を含む退縮中の尾の比較により、尾の退縮中に脊索で発現量が多い遺伝子群を同定した。次に、これら二つの遺伝子群の中で共通する遺伝子群を「変態期に脊索で発現量が増大する遺伝子群」と判断した。この解析により、*mmp9-TH*, *mmp13*, *olfm4*, *scppa2*の4つの遺伝子が、変態期の脊索で発現が誘導され、かつ、多量に発現していることを明らかとした。MMPは細胞外基質分解酵素なので、脊索の退縮に関与しているであろうことは容易に想像がつく。しかし、*olfm4*は小腸の幹細胞のマーカースとして知られており、*scppa2*は骨や歯の形成に関わる遺伝子群の仲間である。これらの遺伝子が、どのように脊索の退縮に関与しているのかを今後解析することにより、未知の作用機序が明らかとなる事が期待される。以上の結果はGeneral and Comparative Endocrinologyに発表された。

### 13. TALENによる両生類変態の分子機構の解析

一連の変態関連遺伝子を標的としたTALENによる標的遺伝子破壊を行ったネツタイツメガエルの表現型の解析により変態関連遺伝子の機能を明らかにすることを目的とする。変態関連遺伝子として、甲状腺ホルモン受容体や細胞外基質分解酵素（MMP9TH）等を選び、各々の遺伝子に対してTALENを設計して、TALEN mRNAを受精卵に注入した。このF0の交配により、現在、各標的遺伝子が両染色体上で破壊されたF1, F2が順次得られ始め、解析を行っている。

### 14. 樹上生カエル亜目の指第一関節に存在する挿入骨格要素の発生過程

カエル目には指の第一関節に挿入骨格要素 (IE: intercalary element) をもつ種が存在する。「IEを持つこと」は「指先に吸盤があり樹上性であること」と強い相関がある。樹上性とIEはカエル目の中ではカエル亜目のみに認められ、IEを持つ種はカエル亜目の中では多数の系統に広くやや疎らに分布している。もし、これらIEの進化的起源が単一であれば、そのことはカエル亜目の現在の繁栄が進化初期における樹上性の新規獲得と関係が深いことを示唆する。しかしIEの比較発生的解析はこれまでに殆どなされていない。そこで私たちは、カエル亜目の中で系統的に離れ形態的に異なるIEを持つ2種、ニホンアマガエルおよびシュレーゲルアオガエルを用い、IEの発生過程がどの程度共通であるかを形態学および組織学的に比較した。その結果、両種のIEの発生位置は同一であることがわかった。IEが形成され始める発生段階は、わずかにシュレーゲルアオガエルの方が早かった。このIE発生タイミングの違いがシュレーゲルアオガエルの肢全体の発生の進行が早いためのものか、それとも肢の中でIEだけ発生の開始が早いためのものを検証することが直近の課題である。

### 15. イベリアトゲイモリのバイオリソース整備

本研究部門では、新規有尾両生類のモデル動物として利用が進みつつあるイベリアトゲイモリのバイオリソース整備を行った。当部門で飼育しているイベリアトゲイモリの兄妹交配の継続により、世界で唯一の近交系3種類を維持しつつ、将来の純系統作出に向けた作業を実施した。この他、全身あるいは組織特異的に蛍光タンパク質を発現するトランスジェニック系統群や、ゲノム編集個体の系統についてもリソースとして作出を進めている。これらのイモリ個体については、次年度以降に他の研究機関に積極的に配布する準備が完了した。これに関連して、イベリアトゲイモリ卵に対するマイクロインジェクション技術の改良や、精子の凍結保存法の開発を行った。

## ○発表論文

### 1. 原著論文

Hayashi T\*, Nakajima M, Kyakuno M, Doi K, Manabe I, Azuma S, Takeuchi T, Tail resorption during metamorphosis in *Xenopus* tadpoles. *Int. J. Dev. Biol.*, 2019,63: 281-286. doi.:10.1387/ijdb.180297th  
Abe G\*, Hayashi T\*, Yoshida K, Yoshida T, Kudoh H, Sakamoto J, Konishi A, Kamei Y, Takeuchi T, Tamura K, Yokoyama H\*: Insights regarding skin regeneration in non-amniote vertebrates: Skin regeneration without scar formation and potential step-up to a higher level of regeneration. *Semin Cell Dev Biol.*, 2019, *in press*, doi: 10.1016/j.semcdb.2019.11.014. Review.

Nakamura M., Yoshida H., Takahashi E., Wlizia M., Takebayashi-Suzuki K., Horb M. E. and Suzuki A. “The AP-1 transcription factor JunB functions in *Xenopus* tail regeneration by positively regulating cell proliferation” *Biochemical and Biophysical Research Communications* 2020; 522: 990-995

Virginia R. P., Jahan N., Okada M., Takebayashi-Suzuki K., Yoshida H., Nakamura M., Akao H., Yoshimoto Y., Fatchiyah F., Ueno N. and Suzuki A. “Cdc2-like kinase 2 (Clk2) promotes early neural development in *Xenopus* embryos” *Develop. Growth Differ.* 2019; 61: 365-377

Yoshitome, S., Aiba, Y., Yuge, M., Furuno, N., Watanabe, M and Nakajo, N. Involvement of Myt1 kinase in the G2 phase of the first cell cycle in *Xenopus laevis*. *Biochemical and Biophysical Research Communications* (2019) 515, 139-145.

Hemmi, K., Kakehashi, R., Kambayashi, C., Du Preez, L., Minter, L., Furuno, N. and Kurabayashi, A. Exceptional Enlargement of the Mitochondrial Genome Results from Distinct Causes in Different Rain Frogs (Anura: Brevicipitidae: *Brevicipes*). *International Journal of Genomics* (2020) Volume 2020 Article ID 6540343 12 pages <https://doi.org/10.1155/2020/6540343>

Keisuke Nakajima, Yuta Tanizaki, Nga Luu, Hongen Zhang, Yun-Bo Shi, Comprehensive RNA-Seq analysis of notochord-enriched genes induced during *Xenopus tropicalis* tail resorption. *General and Comparative Endocrinology* 2020; 287: 113349

©Horb, M, Wlizia, M, Abu-Daya, A, McNamara, S, Gajdasik, D, Igawa, T, Suzuki, A, Ogino, H, Noble, A, Robert, J, James-Zorn, C, Guille, M, Nicolas, M, Lafond, T, Boujard, D, Audic, Y, Guillet, B, Kashiwagi, A, Kashiwagi, K, Suzuki, N, Tazawa, I, Ochi, H, Furuno, N, Takase, M, Nakajima, K, Hanada, H, Miura, I, Kurabayashi, A, Kato, T, Sato, K, Suzuki-Takebayashi, K, Yoshida, H. 2019. *Xenopus Resources: Transgenic, Inbred and Mutant Animals, Training Opportunities, and Web-Based Support. Front Physiol* 10:387. doi: 10.3389/fphys.2019.00387.

### 2. 総説・解説

該当無し

## ○講演等

### 1. 国際会議での招待講演

Hayashi T\*, Kyakuno M, Ikuta H, Manabe I, Takeuchi T Study of the stem cell system from organ regeneration in the newt. International Symposium: Principles of pluripotent stem cells underlying plant vitality, Senday (2019.5.13)

Nakamura M., Yoshida H., Takahashi E., Wlizia M., Takebayashi-Suzuki K., Horb M. E. and Suzuki A. “Functional analysis of the JunB transcription factor in tail regeneration by CRISPR-induced compound heterozygous mutants” 2019 *Xenopus Resources and Emerging Technologies (XRET) Meeting*, Woods Hole, USA (2019.10.11-14)

## 2. 国際会議での一般講演

該当無し

## 3. 国内学会での招待講演

林 利憲 新しいモデル動物、イペリアトゲイモリとイペリアリサーチコンソーシアム 第28回琉球実験動物研究会, 那覇市 (2020年2月15日)

林 利憲 動物学会シンポジウム「新しい両生類研究への誘い」イペリアトゲイモリユーザーのためのコミュニティーリソース 第90回日本動物学会大阪大会, 大阪市 (2019年9月13日)

林 利憲 イモリが見せる多様な再生様式 第2回再生学異分野融合研究会, 岡崎市 (2019年8月27日)

Virginia R. P., Jahan N., Okada M., Takebayashi-Suzuki K., Yoshida H., Nakamura M., Akao H., Fatchiyah F., Ueno N. and Suzuki A. “The autism-related gene *cdc-like kinase 2 (clk2)* promotes early neural development via modulation of morphogen signals in *Xenopus* embryos” 第42回日本分子生物学会年会, 福岡 (2019年12月)

Regina Putri Virgiriina, Nusrat Jahan, 岡田麻耶, 竹林公子, 吉田和史, 中村 誠, 赤尾 元, 吉元雄太, Fatchiyah Fatchiyah, 上野直人, 鈴木 厚 “The autism-related gene *cdc-like kinase 2 (clk2)* promotes early neural development via modulation of morphogen signals in *Xenopus* embryos” 第13回日本ツメガエル研究集会, 京都 (2019年9月)

Regina Putri Virgiriina, Nusrat Jahan, Maya Okada, Kimiko Takebayashi-Suzuki, Hitoshi Yoshida, Makoto Nakamura, Hajime Akao, Fatchiyah Fatchiyah, Naoto Ueno and Atsushi Suzuki “The autism-related gene *cdc-like kinase 2 (clk2)* promotes early neural development via modulation of morphogen signals in *Xenopus* embryos” 第52回日本発生生物学会大会, 大阪 (2019年5月)

中村 誠, 吉田和史, 高橋恵理, Marko Horb, 竹林公子, 鈴木 厚 「ネッタイツメガエル幼生尾の再生過程におけるJunB転写因子の機能解析」2019年度 生物系三学会中国四国支部大会 広島大会, 東広島 (2019年5月)

竹林公子, 内田実沙, 鈴木 厚 「胚発生初期に背腹と頭尾のパターン形成を統合する分子機構」2019年度 生物系三学会中国四国支部大会 広島大会, 東広島 (2019年5月)

## 4. 国内学会での一般講演

○客野瑞月, 佐久間哲史, 鈴木賢一, 山本 卓, 野瀬俊明, 恒川直樹, 竹内 隆, 林 利憲 有尾両生類の始原生殖細胞決定における *vasa* および *dazl* の機能解析 第42回日本分子生物学会福岡大会, 福岡市 (2019年12月4日)

林 利憲, 土井香奈子, 平良和夏子, 竹内 隆 新規モデル両生類イペリアトゲイモリの精子凍結保存法の開発 CRYO PRESERVATION CONFERENCE 2019 つくば市 (2019年11月18日)

○客野瑞月, 佐久間哲史, 鈴木賢一, 山本 卓, 野瀬俊明, 恒川直樹, 竹内 隆, 林 利憲 有尾両生類の始原生殖細胞の決定における *vasa* および *dazl* 遺伝子機能の解析 第90回日本動物学会大阪大会, 大阪市 (2019年9月12日)

生田裕美, 東 翔平, 竹内 隆, 林 利憲 イモリ心臓再生過程における *cyclin D1* の発現制御機構の研究 第90回日本動物学会大阪大会, 大阪市 (2019年9月12日)

○松波雅俊, 鈴木美有紀, 原本悦和, 福井雅彰, 井上 武, 山口勝司, 内山郁夫, 森 一樹, 田代康介, 伊藤弓弦, 竹内 隆, 鈴木賢一, 阿形清和, 重信秀治, 林 利憲 発生・再生生物学の



- 新規モデル生物イペリアトゲイモリの網羅的遺伝子発現解析とデータベース整備 第 90 回  
日本動物学会大阪大会, 大阪市 (2019年9月12日)
- 石川 薫, 田口勇輝, 林 利憲, 土岐田昌和 有尾類における頭骨形成パターンの種間比較 第  
58回爬虫両生類学会岡山大会, 岡山市 (2019年11月23-24日)
- 竹林公子, 内田実沙, 鈴木 厚「Zbtb14/Bizと結合因子Bapは協調的に働いて背腹と頭尾の体軸形  
成を制御する」日本動物学会中国四国支部・広島県例会, 東広島 (2020年3月)
- Regina Putri Virgiri, Nusrat Jahan, Maya Okada, Kimiko Takebayashi-Suzuki, Hitoshi Yoshida, Makoto  
Nakamura, Hajime Akao, Yuta Yoshimoto, Fatchiyah Fatchiyah, Naoto Ueno and Atsushi Suzuki “The  
autism-related gene *cdc-like kinase 2 (clk2)* promotes early neural development via modulation of  
morphogen signals in *Xenopus* embryos” 日本動物学会中国四国支部・広島県例会, 東広島 (2020  
年3月)
- 中村 誠, 吉田和史, 高橋恵理, 森山侑夏, Marcin Wlzl, Marko Horb, 竹林公子, 鈴木 厚「切  
断ストレスによって誘導されたJunB 転写因子は細胞分裂を促進してツメガエル幼生尾の再  
生に働く」日本動物学会中国四国支部・広島県例会, 東広島 (2020年3月)
- 森山侑夏, 中村 誠, 高橋恵理, 竹林公子, 鈴木 厚「ネッタイツメガエル幼生尾の再生過程に  
おけるAP-1ファミリーとClk2の役割」日本動物学会中国四国支部・広島県例会, 東広島 (2020  
年3月)
- 中村 誠, 吉田和史, 高橋恵理, Marko Horb, 竹林公子, 鈴木 厚「切断ストレスによって誘導さ  
れたJunB 転写因子は細胞分裂を促進してツメガエル幼生尾の再生に働く」 第42回日本分子  
生物学会年会, 福岡 (2019年12月)
- ◎鈴木菜花, 井川 武, 鈴木 誠, 柏木昭彦, 柏木啓子, 古野伸明, 田澤一朗, 高瀬 稔,  
三浦郁夫, 鈴木 厚, 花田秀樹, 中島圭介, 彦坂 暁, 越智陽城, 加藤尚志, 森 司,  
荻野 肇「ネッタイツメガエルを用いた遺伝学・ゲノム科学リソース基盤の形成とその活用」  
第42回日本分子生物学会年会, 福岡 (2019年12月)
- Kimiko Takebayashi-Suzuki, Misa Uchida, Hitoshi Yoshida, Makoto Nakamura and Atsushi Suzuki  
“Coordinated regulation of the dorsal–ventral and anterior–posterior axes in *Xenopus* embryo by  
Biz/Zbtb14 and its associated protein Bap” 第52回日本発生生物学会大会, 大阪 (2019年5月)
- 関口 猛, 古野伸明, 小林英紀: Ragファミリータンパク質とWDR35との相互作用. 第9回TOR  
研究会, 久留米シティプラザ, 久留米市 2019年6月27日
- 関口 猛, 古野伸明, 石井建士, 小林英紀「Ragファミリータンパク質とWDR35/IFT121との相  
互作用」第42回分子生物学会, 福岡, 2019年12月3日
- 高瀬 稔, 「両生類ネッタイツメガエル性転換個体を用いた持続可能な雄集団および雌集団の作  
製法」, 第90回日本動物学会, 大阪, 2019年9月11-14日
- ◎中島圭介, 田澤一朗, Yun-Bo Shi, 「ゼノパス変態期の脊索退縮における甲状腺ホルモン受容体  
ベータの特異的な役割」, 第90回日本動物学会, 大阪市, 2019年9月12-14日
- 中島圭介, 変態期における脊索退縮の分子機構, 第13回ツメガエル研究集会, 京都市, 2019年9  
月9-11日
- 中西健介, 長谷川 真, 竹尾紘一, 田澤一朗, 「カエル亜目の指の第一関節に見られる挿入骨格要  
素の発生過程とその多様性」, 日本動物学会第90回大会, 大阪市立大学, 2019年9月12-14日

## ○各種研究員と外国人留学生の受入状況

### 1. 外国人留学生

博士後期課程 文部科学省国費留学生 (Regina Putri Virginia, インドネシア)

### 2. 外国人客員研究員

該当無し

### 3. 研究員

竹林公子, 穂積俊矢 (両生類研究センター)

## ○研究助成金の受入状況

### 1. 科学研究費補助金

林 利憲 (代表)

・基盤研究(C) 「精巢の再生を可能にするシグナルと幹細胞システムの解明」 1,300千円

林 利憲 (分担)

・基盤研究(C) 「遺伝子改変両生類を用いた新たな骨リモデリング機序の解析方法の確立」  
100千円

竹林公子 (代表), 鈴木 厚 (分担)

・基盤研究(C) 「ダウン症と全前脳胞症に繋がる神経形成異常の発症メカニズムの解明」

鈴木 厚 (代表), 竹林公子 (分担)

・基盤研究(C) 「神経特異的キナーゼを介した神経形成と自閉症発症機構の解明」

古野伸明 (分担)

・基盤研究 (C) 「ホヤ血球による金属運搬と被囊接着機構に関する開拓学及び機構解析」  
200千円

高瀬 稔 (代表)

・基盤研究(C) 「YY超雄両生類を用いたゲノム解析および雄決定遺伝子の探索」 600千円

中島圭介 (代表)

・基盤研究(C) 「椎間板の髄核形成に甲状腺ホルモンシグナルは関与しているのか？」 800千円

田澤一朗 (分担)

・基盤研究(C) 「椎間板の髄核形成に甲状腺ホルモンシグナルは関与しているのか？」

### 2. 受託事業

該当無し

### 3. その他の経費

林 利憲

・内藤記念科学奨励金・助成金 「イモリのがん抵抗性をもたらす機構の研究」 3,000 千円

林 利憲

・住友財団基礎科学研究助成 「イモリには何故がんが発生しないのか、P53遺伝子の昨日から解明する」 1,000千円

中島圭介

・公益財団法人サタケ技術振興財団 500千円

特別経費

該当無し



## ○学界ならびに社会での活動

### 1. 学協会役員・委員

#### 古野伸明

- ・文部科学省ナショナルバイオリソースプロジェクト 補助事業分担者
- ・広島工業大学入試委員

#### 高瀬 稔

- ・環境ホルモン学会評議員
- ・公益社団法人日本動物学会中国四国支部会計幹事
- ・文部科学省ナショナルバイオリソースプロジェクト 補助事業分担者

#### 田澤一朗

- ・文部科学省ナショナルバイオリソースプロジェクト 補助事業分担者

#### 鈴木 厚

- ・文部科学省ナショナルバイオリソースプロジェクト 補助事業分担者
- ・国際ツメガエルデータベース (Xenbase) ツメガエル遺伝子命名委員会 (Xenopus Gene Nomenclature Committee) 委員
- ・日本ツメガエル研究会 世話人会委員
- ・日本ツメガエル研究集会 組織委員
- ・科学学習塾エデュパーク 学習成果発表会審査員

#### 中島圭介

- ・文部科学省ナショナルバイオリソースプロジェクト 補助事業分担者

### 2. セミナー・講演会開催実績

#### 林 利憲

- ・動物学広場「俺たち再生ブラザーズ」佐藤 伸, 井上 武, 林 利憲 第90回日本動物学会大阪大会, 大阪市 (2019年9月14日)

#### 鈴木 厚

- ・両生類研究センター特別セミナーの開催 ;  
講演者 : Marko Horb 博士 (National *Xenopus* Resource, Marine Biological Laboratory, Woods Hole, USA) (2019年4月5日)

#### 古野伸明

- ・出前授業 広島市立美鈴が丘高等学校 2019年7月17日 (広島大学からの依頼)
- ・熊本県立宇土高等学校 (SSHの講師) 2019年10月11日 (日本分子生物学会からの依頼)

#### 小林哲也, 中島圭介

- ・日本動物学会シンポジウム「両生類はワンダーランド」の開催 (2019年9月12日)  
講演者 : 森 司 (日本大・生物資源海洋) 「エゾアカガエルと *Xenopus laevis* 幼生における捕食者誘導による表現型の可塑性に関して」, 富永 敦 (琉球大・教育)  
「アカハライモリ系統間の分布境界に着目した両生類の種分化研究」, 高宗和史 (熊本大・先端科学)  
「ゲノム編集技術と核移植を併用した短期間での *Xenopus laevis* における同一遺伝子変異集団作出」, 井川 武 (広島大・両生研) 「西南諸島産両生類と温泉ガエルに見る両生類の環境適応と分布拡大」

#### 田澤一朗

- ・平成30年度理学部・理学研究科公開「オタマジャクシのしっぽを切ったら, そこに足が生え

た！？」の展示と解説 (2019年11月2日)

### 3. 産学官連携実績

中島圭介, 中島妙子

- ・施設訪問者見学者対象 ゲノム編集技術の説明

### 4. セミナー・講義・講演会講師等

鈴木 厚

- ・令和元年度理学部・理学研究科公開「見てわかる遺伝子発現コーナー」の解説
- ・広島県立教育センター主催「第23回教材生物バザール」教材の提供及び解説 (2019年5月, 東広島)
- ・「ゲノム・遺伝子から見た発生の仕組み」兵庫県赤穂市立有年中学校「理科おもしろ実験教室」における講演, 及びツメガエル卵受精実験等の生物実験教室開催 (2019年8月, 赤穂)
- ・「両生類を用いた中胚葉誘導・神経誘導の研究と再生医学への応用」名古屋大学医学部における講義 (2019年12月, 名古屋)

竹林公子

- ・広島県立教育センター主催「第23回教材生物バザール」教材の提供及び解説 (2019年5月, 東広島)

### 5. その他の学界ならびに社会での活動

田澤一朗

- ・国際誌論文レビュー: 2誌2件 (Development Growth and Differentiation, International Journal of Genom)
- ・東京都立富士高等学校探究未来学を受講する生徒への研究指導

### ○国際共同研究

中島圭介, 田澤一朗

- ・NIH (米国)  
研究テーマ: 「両生類変態における脊索退縮分子機構の研究」

鈴木 厚, 竹林公子

- ・米国ウッズホール海洋生物学研究所  
研究テーマ: 「ツメガエル尾部の形成と再生におけるAP-1転写因子の機能解析」

### ○特記事項

鈴木 厚

- ・名古屋大学医学部 非常勤講師 (発生学)

### ○大学院教育

#### 1. 大学院生の国内学会発表実績 (博士課程前期)

森山侑夏, 中村 誠, 高橋恵理, 竹林公子, 鈴木 厚 「ネッタイツメガエル幼生尾の再生過程におけるAP-1ファミリーとCik2の役割」日本動物学会中国四国支部・広島県例会, 東広島 (2020年3月)

(博士課程後期)

Regina Putri Virgiriinia, Nusrat Jahan, Maya Okada, Kimiko Takebayashi-Suzuki, Hitoshi Yoshida, Makoto Nakamura, Hajime Akao, Yuta Yoshimoto, Fatchiyah Fatchiyah, Naoto Ueno and Atsushi Suzuki “The autism-related gene *cdc-like kinase 2 (clk2)* promotes early neural development via modulation of morphogen signals in *Xenopus* embryos” 日本動物学会中国四国支部・広島県例会, 東広島 (2020年3月)

中村 誠, 吉田和史, 高橋恵理, 森山侑夏, Marcin Wlizla, Marko Horb, 竹林公子, 鈴木 厚 「切断ストレスによって誘導されたJunB 転写因子は細胞分裂を促進してツメガエル幼生尾の再生に働く」 日本動物学会中国四国支部・広島県例会, 東広島 (2020年3月)

Virgiriinia R. P., Jahan N., Okada M., Takebayashi-Suzuki K., Yoshida H., Nakamura M., Akao H., Fatchiyah F., Ueno N. and Suzuki A. “The autism-related gene *cdc-like kinase 2 (clk2)* promotes early neural development via modulation of morphogen signals in *Xenopus* embryos” 第42回日本分子生物学会年会, 福岡 (2019年12月)

中村 誠, 吉田和史, 高橋恵理, Marko Horb, 竹林公子, 鈴木 厚 「切断ストレスによって誘導されたJunB 転写因子は細胞分裂を促進してツメガエル幼生尾の再生に働く」 第42回日本分子生物学会年会, 福岡 (2019年12月)

Regina Putri Virgiriinia, Nusrat Jahan, 岡田麻耶, 竹林公子, 吉田和史, 中村 誠, 赤尾 元, 吉元雄太, Fatchiyah Fatchiyah, 上野直人, 鈴木 厚 “The autism-related gene *cdc-like kinase 2 (clk2)* promotes early neural development via modulation of morphogen signals in *Xenopus* embryos” 第13回日本ツメガエル研究集会, 京都 (2019年9月)

Regina Putri Virgiriinia, Nusrat Jahan, Maya Okada, Kimiko Takebayashi-Suzuki, Hitoshi Yoshida, Makoto Nakamura, Hajime Akao, Fatchiyah Fatchiyah, Naoto Ueno and Atsushi Suzuki “The autism-related gene *cdc-like kinase 2 (clk2)* promotes early neural development via modulation of morphogen signals in *Xenopus* embryos” 第52回日本発生生物学会大会, 大阪 (2019年5月)

中村 誠, 吉田和史, 高橋恵理, Marko Horb, 竹林公子, 鈴木 厚 「ネットアイツメガエル幼生尾の再生過程におけるJunB転写因子の機能解析」 2019年度 生物系三学会中国四国支部大会 広島大会, 東広島 (2019年5月)

## 2. 大学院生の国際学会発表実績

(博士課程前期)

該当無し

(博士課程後期)

Nakamura M., Yoshida H., Takahashi E., Wlizla M., Takebayashi-Suzuki K., Horb M. E. and Suzuki A. “Functional analysis of the JunB transcription factor in tail regeneration by CRISPR-induced compound heterozygous mutants” 2019 *Xenopus* Resources and Emerging Technologies (XRET) Meeting, Woods Hole, USA (2019.10.11-14)

## 3. 修士論文発表実績

神林千晶 「ヘビからカエルへの遺伝子水平伝播：発生年代・地域および伝播経路の推定」

#### 4. 博士学位

逸見啓太郎 「Molecular evolution of mitochondrial DNAs in rain frogs (Amphibia: Brevicipitidae: *Breviceps*): Discovery of the secondary largest vertebrate mitochondrial genome and the cause of genome size increase (フクラガエル族におけるmtDNAの分子進化：脊椎動物で2番目に巨大なミトコンドリアゲノムの発見とその発生要因)

#### 5. TAの実績

Regina Putri Virginia

#### 6. 大学院教育の国際化 ← 国際化への対応等

##### 林 利憲

- ・大学院講義の英語対応

##### 古野伸明

- ・発生物学演習を英語対応, 「細胞生命学特論」の英語授業

##### 鈴木 厚

- ・セミナーの一部英語化, および研究室内連絡の英語化

### 進化・多様性研究部門

令和元年度構成員：三浦郁夫（准教授）

#### ○研究活動の概要

本研究グループでは、両生類における種の多様性と分化、性の決定と生殖、そしてゲノムの分子進化プロセスの解明などを目的とした研究を推進している。令和元年度の研究内容は以下の通りである。

##### 1. 6本の性染色体をもつカエルの発見

性染色体が常染色体と融合して形成される新たな性染色体を複合型性染色体と呼ぶ。種分化の誘導や退化の途上にあるYやW染色体の寿命の延長など、その生物学的メリットが論じられてきた。1980年、Kuramotoは台湾に生息するスインホーハナサキガエルにおいて雄特異的な転座を報告した。これは両生類で最初に報告された複合型性染色体である。Kuramotoは13対の染色体のうち、第1と第9番染色体間の転座がオスだけで生じたことを報告している。本研究は、この結果の確認を目的として行われた。その結果、メスは13対全ての染色体が同型で対を成すのに対し、オスでは3対の染色体（第1, 第3, 第7染色体）が異型（ヘテロ）であった。さらに、減数第一分裂中期の染色体の対合様式を観察したところ、リング状の6価染色体が1個同定された。以上のことから、転座は3対の染色体で生じた三つ巴の転座であり、結果として本種は6本の性染色体、すなわち♂ $X_1Y_1X_2Y_2X_3Y_3$ -♀ $X_1X_1X_2X_2X_3X_3$ 型の複合型性染色体を持つことがわかった。カエルの多くの種では、性染色体が同形（未分化）であり、しかも種あるいは集団ごとの性染色体の取り替え現象が知られている。これを性染色体のターンオーバーと呼ぶ。カエル類では、ターンオーバーで使用される6本の潜在的性染色体が存在する。スインホーハナサキガエルで同定された3対の染色体は全てこの潜在的性染色体のメンバーであったことから、非ランダムな転座の可能性が示された。つまり、今回転座に選ばれた3本の染色体には構造上の共通点が存在し、それゆえ転座には進化学的必然性があったことが推測された。本成果は、性染色体の進化およびターンオーバーを研究す

る上で新しい進化学的視点を提供する。

## 2. ゲノム 排除機構 (hybridogenesis) の進化学的移行形の同定

ヨーロッパトノサマガエル(E)はヨーロッパからロシアにかけて平地に広く生息する。本種は、ワライガエル(R)とコガタトノサマガエル(L)の自然雑種であり、生殖細胞において親種のいずれか一方のゲノムを排除し、残った他方の種のゲノムから成る配偶子を形成することで知られる。この現象を雑種生成(hybridogenesis)と呼ぶ。ゲノム排除には2つの様式がある。1つはL-Eシステムと呼ばれ、EがLと同所的に生息している場合、Eの生殖細胞でLゲノムが排除されRの配偶子が形成される。他方は、R-Eシステムと呼ばれ、EとRが同所的に生息している場合、Eの生殖細胞ではRないしLのいずれかが排除され、RないしLの配偶子が形成される。排除されるゲノムの選抜決定の仕組みはまだわかっていない。今回、ロシアのウラル地方に生息する2つの地域集団を用いて、集団の構造とゲノム排除について調査した。その結果、ロシアの2集団は、ヨーロッパのL-Eシステムを踏襲した形で東に分布を広げてきたが、その後、ロシアあるいはその近郊のワライガエル(R)やレバントガエルが侵入して形成された、比較的若いL-E-R集団と考えられた。次にEにおけるゲノム排除を調べたところ、以下のことがわかった。1) 9個体の生殖腺ではLゲノムが排除されていた、2) Eガエルの妊性(ゲノム排除率)には著しい個体差が存在する(0~66.7%)、3) Eガエルオス1個体の精巣では、RあるいはLゲノムが排除されていた。今回の研究の成果として、Lゲノム排除からLないしRゲノム排除という、L-EシステムからR-Eシステムへの移行系を捉えた可能性がある。一方で、Lゲノムを排除する機構の中には実はわずかながらRゲノム排除も存在する可能性も考えられた。

## ○発表論文

### 1. 原著論文

Deakin JE, Potter S, O'Neill R, Ruiz-Herrera A, Cioffi MB, Eldridge MDB3, Fukui K, Marshall Graves JA, Griffin D, Grutzner F, Kratochvíl L, Miura I, Rovatsos M1, Srikulnath K, Wapstra E, Ezaz T (2019) Chromosomics: Bridging the Gap between Genomes and Chromosomes. *Genes* (Basel) 10(8): 627. doi: 10.3390/genes10080627

Vershinin V, Sitnikov I, Vershinina S, Trofimov A, Lebedinsky A and Miura I (2019). Mitochondrial heteroplasmy in marsh frog (*Pelophylax ridibundus* Pallas, 1777). *Russian Journal of Genetics*. Vol.55, No. 8: 1041–1045.

### 2. 総説・解説

該当無し

### 3. 著書

尾形光昭, 三浦郁夫 ツチガエルで起きている地域集団および種間のせめぎ合い 両生類に魅せられて pp107-111 日本両生類研究会 2019年12月28日出版

## ○特許

該当無し

## ○講演

### 1. 国際会議での招待・依頼・特別講演

Miura I. “The nature of hybridogenesis in the edible frog *Pelophylax esculentus* from Ural district, Russia.”  
The international Russian Japanese symposium “Hybridogenesis and problems of genome elimination”  
2019.9.12-15, Ekaterinburg, Russia.

Miura I., Ogata M, Lin S-M “Sex chromosome recycling and turnover in frogs” The workshop: Paradigm shift in sex chromosome evolution, 2019.9.20, Berlin, Germany.

### 2. 国際会議での一般講演

Miura I., Kuwana C, Lin SM, and Srikulnath K “Six sex chromosomes in a Taiwanese frog”. 9th world congress of herpetology, 2020.1.5-10, Dunedin, New Zealand (Oral)

### 3. 国内学会での招待・依頼・特別講演

該当無し

### 4. 国内学会での一般講演

三浦郁夫, 桑名知碧, 林 思民, Srikulnath Kornsorn: 6本の性染色体をもつカエル 日本進化学会第21回札幌大会 (2019年8月9日)

三浦郁夫, Vershinin Vladimir, Vershinina Svetlana, Lebedinski Andrei: ロシアウラル地方におけるヨーロッパトノサマガエルのゲノム排除機構と集団構造 日本爬虫両棲類学会第58回大会 (2019年11月24日)

柳 拓明, 大西 拓, 戸田 守, 林 思民, 三浦郁夫: コガタハナサキガエルとスインホーハナサキガエルの遺伝的地域変異 日本爬虫両棲類学会第58回大会 (2019年11月24日)

## ○各種研究員と外国人留学生の受入状況

該当無し

## ○研究助成金の受入状況

### 1. 科学研究費補助金

三浦郁夫

- ・科学研究費基盤C (代表) 「主要な性決定遺伝子3種類をつなぐ複合型性染色体の性決定と進化」1,600千円

### 2. 受託事業

三浦郁夫

- ・二国間交流事業共同研究/セミナー (代表) 「雑種生成 (ゲノム排除) の分子機構」2,450千円

## ○学界ならびに社会での活動

### 1. 学協会役員・委員

三浦郁夫

- ・(一財) 染色体学会・理事, 学会賞選考常任委員
- ・キャンベラ大学 (豪州) 非常勤教授
- ・An expert for the international committee on amphibian and reptiles anomalies, Ural Federal University



(ロシア)

- ・文部科学省ナショナルバイオリソースプロジェクト 補助事業分担者

## 2. 学会誌編集委員等

三浦郁夫

- ・ Editorial Board member of Asian Herpetological Research
- ・ Editorial Board member of Sexual Development
- ・ Editorial Board member of Chromosome Science
- ・ Editorial Board member of Binomina

## 3. 産学官連携実績

該当無し

## 4. セミナー・講義・講演会講師等

Miura I The optimistic destiny of sex chromosome evolution discovered in frogs. 北里大学理学部  
生物学科特別セミナー (2019年8月27日)

## 5. セミナー・講演会開催実績

三浦郁夫 若手ワークショップ in 両生研 (2019年9月4日)

三浦郁夫 Special seminar: Reptiles ethology and evolution (2019年9月27日)

## 6. その他

- ・論文レビューサービス

三浦郁夫 7誌12件 (Molecular Biology and Evolution 1, Zoological Science 1, Cytogenetic and  
Genome Research 4, Sexual Development 1, Genes 1, Scientific Reports 3, Annals of Brazillian  
Academy of Sciences 1)

- ・マスメディア取材協力

三浦郁夫 2019年1月20日 「男性 500万年後に消滅? : 染色体変化 生き残りの余地」 日本  
経済新聞

## ○国際共同研究

三浦郁夫

- ・キャンベラ大学 (豪州) Dr. Tariq Ezaz 「性決定と性染色体の進化に関する研究」
- ・ローザンヌ大学 (スイス) Dr. Nicolas Perrin 「両生類の性染色体のターンオーバー」
- ・Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries – IGB Germany (ドイツ) Dr. Matthias  
Stöck 「アマガエルの系統進化に関する研究」
- ・ウラル連邦大学 (ロシア) Dr. Vladimir Vershinin 「ゲノム排除の分子機構」
- ・台湾国立師範大学 (台湾) Dr. Si-Min Lin 「複合型性染色体の進化」
- ・カセサート大学 (タイ) Dr. Kornorn Srikulnath 「カエル性染色体の細胞遺伝学的解析」
- ・Ewha Womans University (韓国) Dr. Arael Borzee 「ツチガエル/アマガエルの系統進化」

## ○特記事項

該当無し

## ○大学院教育

### 1. 大学院生の国内学会発表実績（博士課程前期）

桑名知碧, 藤田宏之, 田上正隆, Sriklunath Kornorn, 三浦郁夫：タゴガエルとナガレタゴガエルの性染色体の進化に関する研究(*Rana tagoi*, *Rana sakuraii*) 一般財団法人染色体学会第70回大会（2019年9月24日）

桑名知碧, 藤田宏之, 田上正隆, Sriklunath Kornorn, 三浦郁夫：タゴガエル種複合体における性染色体の進化 日本爬虫両棲類学会第58回大会（2019年11月24日）

後藤理史, 清水則雄, 坪田博美, 池田誠慈, 田口勇輝, 三浦郁夫：広島県で発見されたオオサンショウウオの新しい地域集団に関する進化遺伝学的研究 日本爬虫両棲類学会第58回大会（2019年11月24日）

### 2. 大学院生の国際学会発表実績（博士課程前期）

Kuwana C. “Sex chromosome evolution in Japanese tago frog complex” The international Russian Japanese symposium “Hybridogenesis and problems of genome elimination 2019.9.14, Ekaterinburg, Russia

Kuwana C, Hiroyuki Fujita H, Tagami M, Sriklunath K, and Miura I. “Sex chromosome evolution in Japanese tago brown frog species complex” 9<sup>th</sup> world congress of herpetology, 2020.1.5-10, Dunedin, New Zealand

### 3. 修士論文発表実績

該当無し

### 4. 博士学位

該当無し

### 5. TAの実績

該当無し

### 6. 大学院教育の国際化 ← 国際化への対応等

該当無し

## 1-4-3 各種研究員と外国人留学生の受入状況

### 【令和元年度研究員】

- ・伊藤 岳（研究員）（平成31年4月1日から令和元年6月30日まで）
- ・清川 一矢（研究員）（平成31年4月1日から令和2年3月31日まで）
- ・柏木 啓子（研究員）（平成31年4月1日から令和2年3月31日まで）
- ・竹林 公子（研究員）（平成31年4月1日から令和2年3月31日まで）
- ・穂積 俊矢（研究員）（令和元年11月1日から令和2年3月31日まで）

### 【令和元年度外国人客員研究員】

- ・Daniel S.Rokhsar（University of California・Professor）

平成30年4月1日から令和2年3月31日まで

「Comparative Genomics of Endangered Ranid Frogs」

- Austin Beck Mudd (University of California • Graduate Student)

平成30年4月1日から令和2年3月31日まで

「Comparative Genomics of Endangered Ranid Frogs」

- Si-Min Lin (National Taiwan Normal University • Professor)

平成30年4月1日から令和2年3月31日まで

「Sex chromosome evolution in the Taiwanese frogs」

- Marko Horb (Bell Center for Regenerative Biology and Tissue Engineering,  
Marine Biological Laboratory, USA • Senior Scientist)

平成31年4月1日から令和3年3月31日

「Analysis of AP-1 transcription factors in tail formation and regeneration」

- Nicolas Perrin (University of Lausanne • Professor)

平成31年4月1日から令和3年3月31日

「Turnover of sex chromosomes in amphibians」

- Vladimir Vershinin (Eltsyn Ural Federal University, Russia • Professor)

平成31年4月1日から令和3年3月31日

「Genome Exclusion in germ line of frog」

- Matthias Stöck (Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries – IGB, Germany • Ass.  
Professor)

平成31年4月1日から令和3年3月31日

「Geographic differentiation of Japanese tree frog, *Dryophytes japonicus*」

- Kornorn Srikulnath (Kasetsart University, Thailand • Ass. Professor)

平成31年4月1日から令和3年3月31日

「Cytogenetics of sex chromosomes in the brown frogs」

- Tariq Ezaz (University of Canberra, Australia • Professor)

平成31年4月1日から令和3年3月31日

「Evolution of sex chromosomes in frogs」

- Yun-B0 Shi (NIH • Senior Investigator)

平成31年4月1日から令和3年3月31日

「Study of the role of thyroid hormone receptor isoforms during amphibian metamorphosis」

#### 【令和元年度外国人留学生】

##### 博士課程後期

- TRI KUSTONO ADI (インドネシア) (平成28年4月入学)
- FATIN IFFAH RASYIQAH MOHAMAD ZOLKEFLI (マレーシア) (平成29年10月入学)
- VIRGINIA REGINA PUTRI (インドネシア) (平成29年10月入学)
- MOHAMED NABIL BAKR ABDELRAHMAN (エジプト) (平成30年10月入学)
- ZHENG TIANXIONG (中国) (平成30年10月入学)
- MUTMAINNAH ADRIANI(インドネシア)(令和元年10月入学)統合生命科学研究科基礎生物学プログラム

##### 博士課程前期

- PHAN QUYNH CHI (ベトナム) (平成30年4月入学)

- HUANG JIE (中国) (平成30年10月入学)
- WANG WEI (中国) (平成30年10月入学)
- SEO JAE HEUM (韓国) (平成31年4月入学)
- 何 行健 (中国) (平成31年4月入学) 統合生命科学研究科基礎生物学プログラム
- ALHALABI WALAA SHERIF MOHAMMED (アラブ首長国連邦 (UAE) )  
(令和元年10月入学) 統合生命科学研究科基礎生物学プログラム
- XU MINGCONG (中国) (令和元年10月入学) 統合生命科学研究科基礎生物学プログラム
- CHEN YUAN (中国) (令和元年10月入学) 統合生命科学研究科基礎生物学プログラム

#### 1-4-4 研究助成金の受入状況

令和元年度の実績は下記の表に示す。詳細は1-4-2の各研究グループの項で具体的な課題と研究経費が示されている。

項 目	研 究 種 目	件 数
科学研究費助成事業 科学研究費補助金	新学術領域研究	1
	基盤研究(S)	0
	基盤研究(A)	0
	基盤研究(B)	0
	若手研究(A)	0
	研究活動スタート支援	0
	挑戦的研究(開拓)	1
	特別研究員奨励費	0
科学研究費助成事業 学術研究助成基金助成金	基盤研究(B)	0
	基盤研究(C)	14
	挑戦的研究(萌芽)	2
	若手研究(B)・若手研究	3
科学研究費助成事業基盤研究(B)一部基金		0
受託研究		3
受託事業		2
共同研究		2
寄附金		13
補助金		2
その他		3

#### 1-4-5 学界ならびに社会での活動

令和元年度の実績は下記の表に示す。詳細は各研究グループの項で具体的な役職等の名称が示されている。

・学会等などの学外委員等 94件

種別	1.学会	2.政府・中央省庁関連審議委員等	3.大学共同利用機関	4.地方自治体(審議会委員, 理事等)	5.国際関連	6.財団・法人関係(1, 2を除く)(理事, 評議員等)	7.その他
	29	17	1	4	16	9	18

・セミナー・講師等 58件

・高大連携, イベント等の社会活動, その他 97件

#### 1-5 その他特記事項

該当無し

## 2 生物科学科

### 2-1 学科の理念と目標

生物科学科は、平成5年「生命の多様性を生み出す普遍法則と情報の探求」と「フロンティアを拓き基礎科学に貢献する独創的人材の育成」を教育・研究目標として生まれた。生物科学分野における中四国の拠点的存在を目指し、分子レベルから個体・集団レベルまで広く基礎生物学の諸分野をカバーしたバランスのとれた教育・研究を指向している。生物科学科では、生物学の知識経験をもち、基礎的研究や応用的開発に従事する技術者、産業界における実務や理科教育などあらゆる関連分野の第一線で活躍できる人材の育成を目指している。

### 2-2 学科の組織

#### ・生物科学科の教員

生物科学科は、生物科学専攻・基礎生物学プログラム、数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラム、生命医科学プログラム及びゲノム編集イノベーションセンターの生物系の教員により構成されている。生物科学科授業科目担当教員（令和2年3月末現在）及び令和元年度の客員教員（非常勤講師）を次にあげる。

#### 令和元年度 生物科学科教員組織

職	氏名	所 属
教 授	井出 博	数理分子生命理学専攻生命理学講座・数理生命科学プログラム
	荻野 肇	生物科学専攻両生類生物学講座・基礎生物学プログラム
	小原 政信	生物科学専攻動物科学講座・基礎生物学プログラム
	菊池 裕	生物科学専攻動物科学講座・基礎生物学プログラム
	草場 信	生物科学専攻植物遺伝子資源学講座・基礎生物学プログラム
	坂本 敦	数理分子生命理学専攻生命理学講座・数理生命科学プログラム
	鈴木 克周	生物科学専攻植物生物学講座・基礎生物学プログラム
	高橋 陽介	生物科学専攻植物生物学講座・基礎生物学プログラム
	千原 崇裕	生物科学専攻動物科学講座・基礎生物学プログラム**
	林 利憲	生物科学専攻両生類生物学講座・基礎生物学プログラム**
	山口富美夫	生物科学専攻植物生物学講座・基礎生物学プログラム
准教授	山本 卓	数理分子生命理学専攻生命理学講座・数理生命科学プログラム
	植木 龍也	生物科学専攻動物科学講座・基礎生物学プログラム
	坂本 尚昭	数理分子生命理学専攻生命理学講座・数理生命科学プログラム
	島田 裕士	数理分子生命理学専攻生命理学講座・数理生命科学プログラム
	嶋村 正樹	生物科学専攻植物生物学講座・基礎生物学プログラム
	鈴木 厚	生物科学専攻両生類生物学講座・基礎生物学プログラム
	高瀬 稔	生物科学専攻両生類生物学講座・基礎生物学プログラム
	田川 訓史	生物科学専攻多様性生物学講座・基礎生物学プログラム
	坪田 博美	生物科学専攻多様性生物学講座・基礎生物学プログラム
	濱生こずえ	生物科学専攻動物科学講座・基礎生物学プログラム



	古野 伸明	生物科学専攻両生類生物学講座・基礎生物学プログラム
	三浦 郁夫	生物科学専攻両生類生物学講座・基礎生物学プログラム
講 師	落合 博	数理分子生命理学専攻生命理学講座・数理生命科学プログラム**
	佐久間哲史	数理分子生命理学専攻生命理学講座・数理生命科学プログラム
	守口 和基	生物科学専攻植物生物学講座・基礎生物学プログラム
助 教	有本 飛鳥	生物科学専攻多様性生物学講座・基礎生物学プログラム
	井川 武	生物科学専攻両生類生物学講座・基礎生物学プログラム
	井上 侑哉	生物科学専攻植物生物学講座・基礎生物学プログラム
	奥村美紗子	生物科学専攻動物科学講座・基礎生物学プログラム**
	小塚 秀明	生物科学専攻植物遺伝子資源学講座・基礎生物学プログラム
	下出 紗弓	ゲノム編集イノベーションセンター**
	鈴木 誠	生物科学専攻両生類生物学講座・基礎生物学プログラム**
	高橋 治子	生物科学専攻動物科学講座・基礎生物学プログラム
	高橋 美佐	数理分子生命理学専攻生命理学講座・数理生命科学プログラム
	田澤 一朗	生物科学専攻両生類生物学講座・基礎生物学プログラム
	津田 雅貴	数理分子生命理学専攻生命理学講座・数理生命科学プログラム
	中島 圭介	生物科学専攻両生類生物学講座・基礎生物学プログラム
	中坪 敬子	数理分子生命理学専攻生命理学講座・数理生命科学プログラム
	信澤 岳	生物科学専攻植物遺伝子資源学講座・基礎生物学プログラム
	花田 秀樹	生物科学専攻両生類生物学講座・基礎生物学プログラム
	深澤壽太郎	生物科学専攻植物生物学講座・基礎生物学プログラム
	細羽 康介	数理分子生命理学専攻生命理学講座・数理生命科学プログラム**
	森下 文浩	生物科学専攻動物科学講座・基礎生物学プログラム
特任助教	小林 健司	生物科学専攻多様性生物学講座・基礎生物学プログラム

注) \*\* 生命医科学プログラム併任

#### 令和元年度客員教員（非常勤講師）

末次 健司（神戸大学大学院理学研究科・講師）

授業科目名：「植物をめぐる生物間相互作用」

富田 泰輔（東京大学大学院薬学系研究科・教授）

授業科目名：「神経変性疾患研究の過去、現在そして未来」

林 思民（国立台湾師範大学生命科学系・教授）

授業科目名：「進化生物学」

椋田 崇生（鳥取大学医学部・講師）

授業科目名：「脊椎動物の比較機能形態学」

小保方 潤一（京都府立大学大学院生命環境科学研究科・教授）

授業科目名：「細胞内共生進化と遺伝子の水平転移」

## 平成元年度の生物科学科に関わる人事異動

	発令年月日	氏名	異動内容		
			現所属等	新所属等	
1	31.4.1	落合 博	採用 担当	理学研究科	統合生命科学研究科・理学部
				数理分子生命理学専攻	生命医科学・数理生命科学プログラム
				特任講師	講師
2	31.4.1	林 利憲	担当	両生類研究センター	統合生命科学研究科・理学部
				教授	生命医科学・基礎生物学プログラム
3	31.4.1	鈴木 誠	担当	両生類研究センター	統合生命科学研究科・理学部
				助教	生命医科学・基礎生物学プログラム
4	元.5.1	井上 侑哉	採用 担当	公益財団法人服部植物研究所	統合生命科学研究科・理学部
				研究員	基礎生物学プログラム
				助教	助教
5	元.7.1	有本 飛鳥	採用 担当	沖縄科学技術大学院大学	統合生命科学研究科・理学部
				マリングレノミックユニット	基礎生物学プログラム
				ポストドクトラルスカラー	附属臨海実験所
					助教
6	元.7.1	小林 健司	採用	京都大学大学院理学研究科	統合生命科学研究科
				生物科学専攻動物学教室	基礎生物学プログラム
				特定研究員	附属臨海実験所
					特任助教（フル）
7	元.8.1	下出 紗弓	担当	ゲノム編集イノベーションセンター	統合生命科学研究科・理学部
				助教	生命医科学プログラム
8	元.9.30	穂積 俊矢	任期満了 退職	統合生命科学研究科	
				基礎生物学プログラム	
				助教	
9	2.1.1	深澤 寿太郎	任用更新	統合生命科学研究科	統合生命科学研究科
				基礎生物学プログラム	基礎生物学プログラム
				助教	助教
10	2.3.31	小原 政信	定年退職	統合生命科学研究科	
				基礎生物学プログラム	
				教授	

## 生物科学科の運営

生物科学科の運営は、生物科学科長を中心に行われている。副学科長が補佐を行う。また、生物科学科の円滑な運営のために各種委員会委員が活動している。令和元年度の学科長、副学科長及び各種委員会委員の一覧を次にあげる。

令和元年度	
学科長	山口
副学科長	荻野

庶務	高橋(治)・深澤・高橋(美)
入学試験委員会	濱生・佐久間
教務委員	学科長(山口)・荻野・三浦・高橋(陽)・島田・山本
学生実習委員	○守口・深澤・高橋(治)・森下・津田・坂本(尚)・三浦
HP委員	○植木・坪田・津田
日韓理工学生チューター	鈴木(克)

## 2-3 学科の学士課程教育

### 2-3-1 アドミッション・ポリシーとその目標

#### 【アドミッション・ポリシー】

大学において、生物学を学ぶために必要な基礎学力を有し、かつ生命現象に関する課題を主体的に探求し解決する熱意を持ち、将来、研究者あるいは高度な専門性を持つ技術者として社会で活躍することを目指す学生を求めている。

#### 【教育目標】

生物科学科では、生物現象を物質レベルから集団レベルまで多角的に捉えることができる人材の育成を目標としている。生物現象を理解し探求するには、動物・植物・微生物についての知識と生態学・生理学・生化学・遺伝学等の基礎技術を習得し、学際領域にわたる幅広い分野に対する理解を深めることが必要である。生物科学科では、生物学の知識経験を持ち、基礎的研究や応用的開発に従事する技術者、産業界における実務や理科教育などあらゆる関連分野の第一線で活躍できる人材、英語によるプレゼンテーション能力を併せ持つ国際人の資質を備えた人材などの養成を目的に教育を行う。

### 2-3-2 学士課程教育の理念と達成のための具体策

現代生物科学の成果を取り入れた講義及び実習を通じて、新しい生物学の幅広い知識や考え方を基礎生物学とともに修得させることを教育目標とする。また、生体高分子や、細胞、組織及び器官の操作法など先端的技术を修得させ、研究者及び高度な専門性を持つ技術者の育成を目指す。

専門の実験・実習は少人数教育体制をとり、きめ細かい教育を実施する。2年次生と3年次生は、専用の実験室において基礎から高度な実験を微生物から幅広い系統群の動植物を実験材料として分子レベルから個体・生態レベルまでの内容で構成し実施する。附属臨海実験所と附属宮島自然植物実験所の設備と周辺の自然環境を潤沢に活用した実習、ならびに日本各地へ出かけて野外実習を行う。さらに、生物科学科では4年次の卒業研究を、研究への興味、知識・技術を身につけるための極めて貴重な期間と位置づけ、きめ細かな研究指導を行う。

これらのカリキュラムは、充実したチューター制度と1年次から3年次までの実験・実習の実施ならびに各研究室での効果的な卒業研究指導によって支えられている。

### 2-3-3 学士課程教育の成果とその検証

生物科学科の教育の中で最も重視している卒業研究において十分な成果が認められている。1研究室あたり3~4名によるきめ細かい指導により、高い教育効果が得られている。卒業生からは、研究は大変で苦しい時もあったが、研究室で熱心な指導を受けることが出来た、それによって高度な実験技術や深い知識が得られ、また発表技術等も身に付いて、社会に出てから大変役立っているとの高い評価を得ている。

年2回実施される授業評価アンケートの結果を分析し、次年度の授業改善に役立てている。生物科学科授業科目では、「授業の予習・復習」や「質問や発言による授業への積極的参加」の設問に対して、評価点が低いという問題があるため、今後改善の必要がある。

### 令和元年度在籍学生数とチューター

#### 【1】生物科学科の在籍学生数（令和元年5月1日現在）

入学年度	在籍学生数
令和元年度	38 (11)
平成30年度	34 (20)
平成29年度	38 (9)
平成28年度	34 (12)
平成27年度	5 (1)
平成26年度	2 (0)
合 計	151 (53)

( ) 内は女子で内数

#### 【2】チューター

入学年度	チューター
令和元年度	中島, 信澤, 濱生
平成30年度	千原, 佐久間, 井川
平成29年度	鈴木(厚), 鈴木(克), 高橋(美), 花田, 坂本(敦)
平成28年度	菊池, 小塚, 古野, 中坪
平成27年度	森下, 山口, 島田
平成26年度	濱生, 坂本(尚)

### 2-3-4 卒業論文発表実績（個人情報保護法に留意）

令和元年度 卒業論文題目一覧

卒業論文題目名
広島県廿日市市宮島における外来樹木ナンキンハゼの定着に関する基礎研究
ナイカイトウウズムシの採集調査と遺伝子解析法の検討
ゼブラフィッシュゼノグラフトモデルを用いたコリン作動性神経—乳がん相互作用細胞のイメージング
Tet-on 制御システムを用いた誘導型メラノーマゼブラフィッシュモデルの樹立
可動性プラスミド輸送の新技术についての研究
がん微小環境因子としての神経細胞機能の解明 —メラノーマ悪性化における神経伝達物質アセチルコリンの機能解析—
筋-腱-骨ハイブリッドオルガノイド作製による運動器形成機構の解明 —マウス腱細胞の培養と腱幹・前駆細胞の同定—
線虫 <i>Pristionchus pacificus</i> の光による表現型可塑性の神経制御機構

久井岩海の蘚苔類相
シロイヌナズナにおける CYP78A ファミリーを介した葉老化制御機構の解析
DNA に共有結合した Topoisomerase 1 の修復における TDP2 の関与
がん細胞の光感受性とその応用に関する研究
矢野岩海の蘚苔類フロラ
山火事が植生に与える影響—昭和 59 年に広島県宮島で発生した森林火災を例として—
ジスルフィド結合還元裂酵素遺伝子 AtCYO1 過剰発現トマト Micro-Tom の光合成機能とバイオマス解析
Cas9 タンパク質および一本鎖 DNA ドナーを用いた培養細胞における—塩基置換の効率化の試み
新奇特定遺伝子座核内局在・転写可視化システムの確立
ショウジョウバエ免疫系におけるアミノ酸トランスポーターHiat の機能解析
X 染色体不活性化機構の解明に利用可能なマウス ES 細胞株の樹立
アクチベーションタギング法により得られたナンノクロロプシス形質転換体の高温条件下における機能解析
個体寿命に影響を及ぼす嗅覚受容体変異体の網羅的遺伝子発現解析
ナイカイムチョウウズムシにおける <i>Brachyury</i> 遺伝子の単離と発現解析
損傷 DNA の選択的濃縮を用いたクラスターDNA 損傷の解析
軟体動物腹足類イボニシから見つかった FVRIamide と GDPFLRFamide の消化管運動に及ぼす効果
ヒト線維芽細胞における MMP2 発現のエピゲノミック制御に関する研究
カエルの初期発生における放射線の影響
イネ葉緑体局在型 CaaX プロテアーゼ OsGSC1 の解析
葉老化における ACC 合成酵素ファミリーの解析
微小管制御におけるダイナミン-2 の膜結合能及び自己集合能の解析
シロイヌナズナのストレス応答を活性化するアラントインの作用機構における複素環構造の重要性の検証
アフリカツメガエル幼生の尾部再生における組織幹細胞の制御機構
ジャスモン酸によるジベレリン内生量制御の解析
ネッタイツメガエル幼生尾の再生過程における AP-1 ファミリーと Ctk2 の役割
コガタハナサキガエル( <i>Odorrana utsunomiyaorum</i> )とスインホーハナサキガエル( <i>O.swinhoana</i> )の遺伝的地域変異
転写因子 GAF1 による茎頂での花成制御

## 2-4 その他特記事項

該当無し





V 地球惑星システム学専攻  
・地球惑星システム学科



# 1 地球惑星システム学専攻

## 1-1 専攻の理念と目標

地球惑星システム学専攻は、太陽系のシステムの中の地球、地球内部・地殻・水圏・大気圏の相互作用で進化してきた地球システム、などの着眼点から地球をとらえ、「地球惑星進化素過程の解明と地球環境の将来像の予測」を中期目標として掲げ、研究・教育活動を行う。具体的には、太陽系の進化、地球の誕生と進化、地球内部構造とダイナミクス、地球環境の変遷、物質循環、地下資源、自然災害、環境問題など、幅広い分野の課題について体系的な研究活動を遂行することを目指す。当専攻で教育を受けた学生は、社会の広い分野で有用な貢献をなすうる人材として巣立っていくことを目標にする。

## 1-2 専攻の組織と運営

本専攻では、従来、地球惑星進化学、地球ダイナミクス、地球環境・資源学の3グループで教育・研究活動を進めてきたが、平成28年度末にこれを改め、新たに地球惑星物質学、地球惑星化学、地球惑星物理学の3グループに再編した。各々のグループは、独自の研究プロジェクトを遂行すると共に、分野横断的、学際的な研究活動も活発に行っている。本報告書においては、新たなグループ編成に基づいて整理する。

### 1-2-1. 教職員

#### 各研究グループの構成員

地球惑星物質学	安東淳一（教授）、Das Kaushik（准教授）、早坂康隆（准教授）、星野健一（准教授）、大川真紀雄（助教）
地球惑星化学	柴田知之（教授）、藪田ひかる（教授）、宮原正明（准教授）、白石史人（助教）、Chakraborti Tushar Mouli（育成助教）
地球惑星物理学	井上 徹（教授）、片山郁夫（教授）、須田直樹（教授）、佐藤友子（准教授）、川添貴章（助教）、中久喜伴益（助教）
事務職員	伊藤暁子、高橋栄美、三好倫子

### 1-2-2. 教職員の異動

平成31年 4月1日：藪田ひかる 教授 昇任

令和元年 8月1日：Chakraborti Tushar Mouli 育成助教 着任

\* 特任教員も含めて教員の採用は公募を基本としており、教育に偏りのない範囲で各分野を広く捉えた上で、人物重視の選考を進めている。特任教員については、2年間の任期を基本とし、任期後のポスト確保の見通しも採用時の評価に考慮している。

### 1-3 専攻の大学院教育

#### 1-3-1. 大学院教育の目標とアドミッション・ポリシー

地球惑星科学に関する高度な専門知識と専門的手法の修得に関心のある意欲あふれる学生を幅広く求めている。

#### 1-3-2. 大学院教育の成果とその検証

##### 1-3-2-1. 教育内容

平成 19-21 年度にかけて行った組織的な大学院教育改革推進プログラム「世界レベルのジオエキスパートの養成」を学内予算の補助を受けて継続して進めている。この間、特に教育プログラムの充実のために、地球惑星科学の最前線を研究するための基礎となる知識を幅広く網羅することを前提とした必修科目を継続して開講している。また引き続き、地球惑星科学教育体験プロジェクト（博士課程前期，必修），地球惑星インターンシップ（博士課程前期・後期，選択），地球惑星科学研究提案プロジェクト（博士課程後期，選択）などの実践的科目を実施している。（末尾の資料 1 参照）

##### 1-3-2-2. 充足率

令和元年度の博士課程前期および後期の在籍者数は以下の通りである。定員充足率は、博士課程前期においては 2 学年とも 100%以上となっているが、博士課程後期においては 3 学年の平均充足率は 60%であり、長期的には減少傾向にある。

	定員	1 年	2 年	3 年
博士課程前期	10 名	10 名	13 名	-
博士課程後期	5 名	4 名	1 名	5 名

##### 1-3-2-3. 就職進学状況

博士課程前期修了者 13 名の進路は以下の通りである。

ベバストジャパン株式会社，日鉄テクノロジー株式会社，独立行政法人 都市再生機構，西日本電信電話株式会社，日本製鉄株式会社，県立国東高等学校，学校法人福岡大学附属大濠中学校福岡大学附属大濠高等学校，株式会社 鷗州コーポレーション，広島大学大学院博士課程後期進学（4名）

博士課程後期修了者 3 名の進路は以下の通りである。

Jeonbuk National University（研究員），広島大学大学院先進理工系科学研究科（研究員）

##### 1-3-3. 大学院生の国内学会発表実績

35 件（修士の発表 24 件，博士の発表 11 件，修士・博士共同発表 0 件）

##### 1-3-4. 大学院生の国際学会発表実績

6 件（修士の発表 4 件，博士の発表 2 件，修士・博士共同発表 0 件）

### 1-3-5. 修士論文発表実績

令和元年度 9 月修了 (1 件)

黒島 健介 : 富山県の手取層群中にみられる古土壌層から得られる古環境情報  
(Paleoenvironmental information from paleosol layers in Tetori Group, Toyama Prefecture)

令和元年度 3 月修了 (11 件)

赤松 祐哉 : Evolution of elastic wave velocity during brittle deformation of gabbro and peridotite:  
Implications for the oceanic Moho reflection  
(はんれい岩とかんらん岩の脆性変形中の弾性波速度の変化)

池田 亮平 : 誘発微動と表面波による応力擾乱  
(Triggered tremor and stress disturbance by seismic surface waves)

岩崎 夕季 : 福岡県篠栗地域におけるアンチゴライト蛇紋岩の変形メカニズムと温度条件  
(Deformation mechanism of antigorite serpentinite from Sasaguri area, Fukuoka Prefecture and its temperature condition)

岡崎 淳哉 : インド Aravalli-Delhi 造山帯に露出するシュードタキライト形成の摩擦溶融プロセス  
(Frictional melting process during formation of pseudotachylyte, Aravalli-Delhi orogenic belt, India )

加登 大輝 : Jbilet Winselwan 炭素質コンドライト中の炭化水素 : 母天体熱変成評価のための新たな有機分子指標  
(Hydrocarbons in Jbilet Winselwan carbonaceous chondrite: New organic molecular indicators for evaluating the thermal metamorphism degree on the meteorite parent body)

河口 陽 : 古原生界縞状鉄鉱層の形成における底生微生物の役割  
(Role of benthic microorganisms in the formation of Paleoproterozoic banded iron formations)

功刀 龍一 : 常時地球自由振動と海洋長周期重力波の時間変動  
(Time variations in the Earth's background free oscillations and oceanic infragravity wave)

白石 尚輝 : 複合顕微分析に基づく Yamato 000749 の水質変成の解明  
(Elucidation of aqueous alteration of Yamato 000749 based on multi-probe microscopy)

中野 佳祐 : 桜島火山のマグマ活動の地球化学・岩石学的研究  
(Petrological and Geochemical study of magma activity of Sakurajima volcano)

松岡 友希 : 崖錐地形の安息角から検証する火星表層水の可能性  
(Possibility of subsurface water in Mars verified from the angle of repose on talus)

吉田 拓真 : 九州の先雲仙・雲仙火山のマグマ起源: 九州背弧域における停滞太平洋スラブの役割



(Investigation for magma genesis of Pre-Unzen and Unzen volcano, Shimabara Peninsula, Kyushu, Japan: the role of stagnant Pacific slab in the mantle transition zone, at the back arc region of Kyushu)

### 1-3-6. 博士学位

令和元年度 博士論文 (3件)

- 金子 岳郎 : A numerical study on the dynamics of the subducting lithosphere and the water circulation in the whole-mantle convection  
(数値シミュレーションによる全マントル領域における沈み込むリソスフェアのダイナミクスと水循環に関する研究)
- 川口 健太 : Tectonic evolution of the Paleo-Median Tectonic Line and the Kurosegawa tectonic zone inferred from zircon U-Pb geochronology  
(ジルコン U-Pb 年代学に基づく古中央構造線と黒瀬川構造帯の形成テクトニクス)
- 畠山 航平 : Seismic velocity structure of oceanic lithosphere based on elastic wave velocity measurements of core samples collected from the Oman ophiolite  
(オマーンオフィオライト掘削試料の弾性波速度測定に基づく海洋リソスフェアの地震波速度構造)

### 1-3-7. TAの実績

令和元年度の TA : 博士課程前期 24名, 博士課程後期 7名

### 1-3-8. 大学院教育の国際化

当専攻では、多くの研究プロジェクトにおいて、国際協力研究が活発に遂行されており、それらの研究協力で来日した研究者と院生が交流し、幅広い分野の研究を学ぶ機会を得ている。これらの研究協力では大学院生も積極的に参加し、本報告書に収録した研究論文・講演のリストにもあるように、大学院生も国際的な研究プロジェクトの重要な一端を担っている。

## 1-4 専攻の研究活動

### 1-4-1. 研究活動の概要

#### (1) 学会・講演会・セミナー等の開催実績

月 日	内 容	氏名 (所属機関名)	場 所
5月15日	HiPeR特別セミナー石が語る, 石と語る -賢治と辿る地質の世界	高橋 雅紀 氏 (AIST 地質調査総合センター)	広島大学・理学部
6月18日	HiPeR特別セミナーNew tracers of isotope geochemistry: Development and application of noble gas radionuclides	横地 玲果 氏 (米国シカゴ大学地球物理学科) (世話人: 藪田ひかる)	広島大学・理学部
7月24日	海洋地殻生産の時空間変動を追う	沖野 郷子 氏 (東京大学大気海洋研究所)	広島大学・理学部
9月2日	HiPeR特別セミナー六方最密構造 (hcp) 鉄のレオロジー	西原 遊 氏 (愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)	広島大学・理学部
9月3日	HiPeR特別セミナー 月の水と将来の探査計画	鹿山 雅裕 氏 (東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)	広島大学・理学部
10月8日	HiPeR特別セミナー 鉄合金融体の弾性特性から迫る地球型惑星の中心核組成	寺崎 英紀 氏 (大阪大学理学研究科) (世話人: 宮原正明)	広島大学・理学部
11月2日	第5回 HiPeR シンポジウム (ホームカミングシンポジウム) 「官公庁での仕事」	講演者: 計3名	広島大学
11月29日	第6回HiPeRシンポジウム (広島大学・海洋研究開発機構合同シンポジウム) 「マグマと地球内部物質循環」	講演者: 計7名 (世話人: 柴田知之, 石川剛志)	広島大学
11月13日	HiPeR特別セミナーHabitable planet - Plate tectonics and surface environment	中川 貴司 氏 (香港大学地球科学科)	広島大学・理学部

12月5日	HiPeR特別セミナー Plate tectonics and surface environment	木戸 元之 氏 (東北大学災害科学国際研究所)	広島大学・理学部
1月10日	Earthquake fracture damage and fluid flow	Tom Mitchell 氏 (University College London)	広島大学・理学部

## (2) 学術団体等からの受賞実績

月 日	賞 の 名 称	受賞者 (指導教員)
5月28日	第3回地球惑星科学振興西田賞	片山郁夫

## (3) 学生の受賞実績

該当無し

## (4) 研究成果の社会への還元実績

月 日	内 容	発表者 (世話人)
4月20日	第192回深田地質研究所談話会講師 (70名)「ジルコン年代学に基づく西南日本の地質構造発達史」	早坂康隆
5月11-12日	島根県津和野町主催, 「日本最古の石」講演会ならびに現地見学会講師 (130名)	早坂康隆
6月9日	GSC広島 ホップステージ第二回講演会	藪田ひかる
6月22日	広島大学附属高等学校2019年度SSH事業「AS科学探求I」先端研究実習「野外地質実習」講師 (島根県鹿足郡津和野町周辺の案内)	早坂康隆・Das Kaushik
6月29日	海田公民館一般市民講演会 講師	藪田ひかる
7月13日	愛媛大学スーパーサイエンス特別コース「地球惑星科学特論」(集中講義)	井上 徹
7月20日	広島大学宇宙科学センター主催サイエンスバブポスター展示	藪田ひかる
8月20日	広島県高等学校教育研究会理科部会地学部研修会 講師	白石史人
9月11日	鳥取東高自然科学実験セミナーの講師	安東淳一
9月16日	GSCステップステージセミナー講師 (地学)	早坂康隆
10月29日	令和元年度広島大学模擬授業 (出張講義) 広島県三原高等学校1,2年生 (14名)「ジルコン年代学で解き明かす日本列島25億年史」	早坂康隆

11月2日	理学部・理学研究科・統合生命科学研究科公開「中学生・高校生科学シンポジウム」コメンテーター	白石史人
11月10日	GSCステップステージポスター発表審査員（地学）	早坂康隆
11月15-17日	島根大学集中講義（非常勤講師）	片山郁夫
11月22日	石油技術協会探鉱技術委員会炭酸塩岩分科会 講師	白石史人
11月23日	岡谷宇宙教育懇談会 探査機安全祈願ツアー 講師	藪田ひかる
12月11日	理学研究科第29回ランチタイムセミナー講師「「日本最古の石」はいかに発見されたか - 原日本列島の形成史をたどる -」	早坂康隆
12月14日	宍道湖西岸森と自然財団 モニュメント・ミュージアム 来待ストーン主催，第18回来待ストーンの集い講師（40名） 「日本最古の石はいかに発見されたか」	早坂康隆
12月21-22日	放送大学面接授業 講師	藪田ひかる
1月12日	広島空港宇宙展 講師	藪田ひかる
2月8日	令和元年度広島県科学セミナー審査員	宮原正明

#### (5) 産学官連携実績

該当無し

#### (6) 国際交流実績・国際交流共同研究・国際会議開催実績

内 容	氏名（機関名，国名）	担当者
韓国沃川帯および嶺南地塊の基盤岩類のジルコン年代学的研究	Ji-Hoon KANG 教授（韓国安東大学校自然科学大学）	早坂康隆
ヒマラヤ前縁地域に露出する大規模衝上断層のダイナミクスに関する研究	G. Ghosh 教授， S. Bose 教授（プレジデンシー大学，インド）	安東淳一 Das Kaushik
インド北部大陸地塊における構造地質学的研究	A. Chattopadhyay 教授（デリー大学，インド）	安東淳一 Das Kaushik
Joint meeting of Regolith science and Multi-scale asteroid science（レゴリス科学・マルチスケール小惑星科学に関する研究会）	JAXA（日），千葉工大（日），DLR（独），CNES（仏），NASA（米）など	藪田ひかる
JSPS 先端拠点事業の研究交流課題「惑星科学国際研究ネットワークの構築」（課題代表：杉田精司・東大）の一環としての国際会議共同開催（Hayabusa2 Joint Science Team Meeting）	JAXA（日），DLR（独），CNES（仏），NASA（米）など	藪田ひかる
微生物炭酸塩に関する共同研究	L. Cury 准教授， A. Bahniuk 准教授（パラナ連邦大学，ブラジル）	白石史人
二股温泉トラバーチンの年代測定に関する共同研究	C.-C. Shen 教授（国立台湾大学）	白石史人

インド古原生界 Gwalior 層群中に見られる縞状鉄鉱層の研究	P. Chakraborty 教授 (デリー大学, インド)	白石史人
火星隕石の炭素に関する研究	大谷栄治 (東北大学), Y. Lin (CAS, 中国)	宮原正明
インドが保有する隕石に関する共同研究	S. Ghosh (IIT-Kharagpur, インド)	宮原正明
月隕石の衝突年代に関する共同研究	寺田健太郎 (大阪大学), M. Anand (The Open Uni., 英国)	宮原正明
アポロ試料に関する共同研究	大谷栄治 (東北大学), N. Satta (BGI, ドイツ)	宮原正明
中国湖南省の鉄床共同研究	谷教授 (中南大学, 中国), 梁翼 (西南交通大学, 中国)	星野健一
インド東ガッツ超高温変成岩の変成作用その進化と年代測定に関する共同研究	S. Bose 教授 (プレジデンシー大学, インド)	Das Kaushik 早坂康隆
インド東ガッツ変成帯の北境界のグラヌライトの年代測定と地質構造に関する共同研究	G. Ghosh 教授 (プレジデンシー大学, インド)	Das Kaushik 早坂康隆
インド西部ジュラ紀 Kutch 盆地の古環境に関する研究	S. Banerjee 教授 (IIT Bombay, インド)	Das Kaushik
インド東ガッツ造山帯中 Nagavalli-Vamsadhara Shear Zone 中 Granitoid の年代測定に関する共同研究	S. Karmakar 教授 (ジャダブプル大学, インド)	Das Kaushik
インド東部 Precambrian 堆積岩とその Basin の進化に関する共同研究	P.P. Chakraborty 教授 (デリー大学, インド)	Das Kaushik 早坂康隆
インド中部 CITZ 中の花崗岩の年代測定と G-T Shear Zone の変形に関する共同研究	A. Chattopadhyay 教授 (デリー大学, インド)	Das Kaushik
インド南部高圧変成岩体の Petrochronology に関する研究	Chang Whan OH 教授 (Chongbuk National University, 韓国)	Das Kaushik
インド南部 Dharwar Craton の高度変成岩の変成作用と年代測定に関する共同研究	S. Balakrishnan 教授 (ボンディチェリ大学, インド)	Das Kaushik
ベトナム Phan-Si-Pham ゾーンの地質とテクトニクスの研究	P.T. Hieu (ベトナム国家大学ホーチミン市校)	Das Kaushik
高温高圧下における(Mg,Fe) <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> 系の相平衡に関する研究	桂智男教授 (バイロイト大学, ドイツ)	川添貴章

高圧鉱物の弾性波速度に関する研究	H. Marquardt 准教授 (オックスフォード大学, イギリス)	川添貴章
高圧鉱物の結晶構造に関する研究	J.R. Smyth 教授 (コロラド大学, USA)	川添貴章
高温高圧下における Fe-Ni-Si 系の相平衡に関する研究	駒林鉄也准教授 (エジンバラ大学, イギリス)	川添貴章
高圧鉱物の結晶選択配向に関する共同研究	F. Heidelbach 講師 (バイロイト大学, ドイツ)	川添貴章
高圧鉱物の弾性波速度測定に関する研究	B. Li 教授, N. Cai 博士研究員 (ストニーブルック大学, アメリカ)	井上 徹
高圧下における輝石中の水に関する研究	J. Kung 准教授 (成功大学, 台湾)	井上 徹
衝撃圧縮下における単結晶石英の変形挙動	中野愛一郎教授 (University of Southern California, USA)	佐藤友子
オマーン陸上掘削プロジェクトのコア記載	Kelemen P. 教授ほか (コロンビア大学, アメリカ)	片山郁夫
変形中の弾性波波形の解析	富士延章 (Institut de physique du globe de Paris, フランス)	片山郁夫

(7) 日本学術振興会特別研究員 (JSPS-DC, JSPD-PD) ・ポスドク・RA の採用実績

採用者名	職名・研究内容	担当者
徐 超文	JSPS-DC2・高圧含水鉱物の安定領域へのAlの影響および地球内部への水の輸送	井上 徹
金子岳郎	RA・地球深部の水循環とマントル対流への影響	須田直樹
畠山航平	RA・オマーンオフィオライト掘削試料の物性測定	片山郁夫
川口健太	RA・ジルコン年代学に基づく西南日本外帯西部地域の地体構造解析	早坂康隆
岡田郁生	RA・安山岩中の斑晶鉱物を用いた安山岩の成因の地球化学的解明	柴田知之
平山剛大	RA・九州の第四紀マグマの地球化学的研究	柴田知之
野田昌道	RA・ブリッジマナイトの高温高圧下での弾性波速度測定	井上 徹
黒島健介	北陸地域の手取層群中にみられる古土壌と炭酸塩ノジュールを用いた古環境復元と恐竜進化への応用	白石史人



## 1-4-2. 研究グループ別の研究活動の概要, 発表論文, 講演等 (平成31年4月1日～令和2年3月31日のものを記載)

### 地球惑星物質学グループ

地球表層には約40億年前から現在に至るまでの地球の歴史を記録した岩石鉱物や, 400-670 km といった深さに至る地球内部からもたらされた岩石鉱物, また, 人間生活に不可欠な金属を供給する岩石鉱物が露出している。地球惑星物質学グループでは, この様な岩石鉱物を世界中から採取し, 化学組成分析, 年代測定, 変形組織解析, 構造解析などを行い, 大陸や日本列島の形成史の解明, 地球で生じているダイナミックな変動現象のメカニズムの解明, 金属鉱床の形成過程の研究, 鉱物の結晶学的特性の研究を進めている。

### ○原著論文

- 木村光佑, 早坂康隆, 田中和広, 村上裕晃, 2019, 津和野地域の古原生代花崗岩類と高塩濃度深部流体, 地質学雑誌, 125, 595-607.
- 柚原雅樹, 水田史也, 西 瑛莉子, 清浦海里, 亀井淳志, 川野良信, 岡野 修, 早坂康隆, 2019, 北部九州白亜紀花崗岩類, 真崎花崗岩の化学組成と活動時期, 地球科学, 73, 163-179. (2019年6月12日受理)
- Kimura, K. and Hayasaka, Y., 2019, Zircon U-Pb age and Nd isotope geochemistry of latest Neoproterozoic to early Paleozoic Oeyama ophiolite: Evidence for oldest MORB-type oceanic crust in Japanese accretionary system and its tectonic implications, *Lithos*, 342-343, 345-360.
- ©Sarkar, D.P., Ando, J., Das, K., Chattopadhyay, A., Ghosh, G., Shimizu, K., Ohfuji, H., 2020, Serpentinite enigma of the Rakhabdev lineament in western India: Origin, deformation characterization and tectonic implications. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 115, 216-226.
- ©Paul, P., Chakraborty, P.P., Shiraishi, F., Das, K., Kamei, A., Bhattacharya, S., 2020, Clue on ocean redox condition from trace element and rare earth element (REE) composition of iron formation and carbonate rocks from the late Paleoproterozoic Morar Formation, Gwalior Group, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 115, 175-191.
- ©Das, K., Ando, J., Inoue, T., 2020, Preface of the special issue on 'Indian continent' Tracking plate tectonics and related events in the Indian continent from Archean to recent times, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 115, 67-69.
- ©Kawaguchi, K., Hayasaka, Y., Shibata, T., Komatsu, M., Kimura, K., Das, K., 2020, Discovery of Paleozoic rocks at northern margin of Sambagawa terrane, eastern Kyushu, Japan: Petrogenesis, U-Pb geochronology and its tectonic implication, *Geoscience Frontier*, 11(4), 1441-1459.
- Chaudhuri, A., Das, K., Banerjee, S. and Fitzsimons, I.C.W., 2020, Detrital zircon and monazite tracks the source of Mesozoic sediments in Kutch to rocks of Late Neoproterozoic and Early Palaeozoic orogenies in the northern India. *Gondwana Research*, 80, 188-201.
- Chakraborty, K., Ray, A., Chatterjee, A., Deb, G.K. and Das, K., 2019, Neoproterozoic granitic activity in syn-collisional setting: Insight from petrology, geochemistry and zircon-monazite geochronology

of S-type granites of the Chotanagpur Granite Gneissic Complex, eastern India, *Geological Journal*, 54, 3112–3147.

### ○著書

- ・安東淳一, 久保友明, 山崎大輔, 2019, 地球深部鉱物のレオロジー・カインेटイクス, 鉱物宝石の科学事, 133-134, 朝倉書店

### ○総説・解説

該当無し

### ○特許・その他

該当無し

### ○国際会議での招待・依頼・特別講演

Das, K., Ghosh, G., Bose, S., Outward growth of Archean Singbhum Craton, India during Neoproterozoic time, “Tectonic evolution of Asia from Precambrian to present”, Geological Society of Korea meeting, 招待講演 (Jeju, Korea, 2019.10.23-27, 参加者約1000名).

Das, K., Tectonic development of the East Indian cratonic margin and its status in Columbia Supercontinent. Japan Geoscience Union 招待講演, (Makuhari, Japan, 2019.5.26-30, 参加者約8390名)

Hayasaka, Y., Kimura, K., Fujii, M. and Kawaguchi, K., Mesozoic crustal rearrangement by large-scale lateral fault system in Southwest Japan, as revealed by new zircon chronology data, Special Session: The tectonic evolution of Asia from Precambrian to Present time, during the annual meeting of Geological Society of Korea, (Jeju Island, Korea, 2019.10.23-25, 参加者約500名)

### ○国際会議での一般講演

◎Kawaguchi, K., Y. Hayasaka, T. Shibata, M. Komatsu, K. Kimura, K. Das. Discovery of Early Paleozoic igneous rocks at the northern margin of Sambagawa terrane, eastern Kyushu, Japan: A key to reconstruction the Kurosegawa tectonic zone. Geological Society of Korea meeting (Jeju, Korea, 2019.10.23-27, 参加者 1000 約)

Bose, S., P. Ganguly, K. Das, 2019. Monazite, a potentially important tracer for rock dating: recent developments. IJA, An International Conference on Emerging Advancement in Science and Technology (IC EAST 2019) and 10th India-Japan Science and Technology Conclave (Solid State Physics Laboratory (SSPL), DRDO, Delhi, 2019.9.5-6, 参加者約 300 名)

◎Das, K., N. Tomioka, P. Ganguly, J. Ando, G. Ghosh, S. Bose, Dislocation microstructures in garnet: Thermal effect during deeper crustal seismic slip in orogen-boundary shear zone. Japan Geoscience Union 2019, (Makuhari, Japan, 2019.5.26-30, 参加者約 8390 名).

Apurva, Alok, N.C. Pant, H. S. Saini, Y. Tsutsumi, K. Das, and R. Lal. A geo-archaeological study on mounds using multi proxy to reconstruct past climate and drainage affecting Harappan population near

Rakhigarhi, India. 20th Congress of the International Union for Quaternary Research (INQUA) (Dublin, Ireland, 2019.7.25-31, 参加者約 2170 名)

- ◎Kawaguchi, K., Hayasaka, Y., Shibata, T., Komatsu, M., Kimura K., and Das, K., Discovery of Early Paleozoic igneous rocks at the northern margin of Sambagawa terrane, eastern Kyushu, Japan: a key to reconstruct the Kurosegawa tectonic zone, Special Session: The tectonic evolution of Asia from Precambrian to Present time, during the annual meeting of Geological Society of Korea, (Jeju Island, Korea, 2019.10.23-25, 参加者約 500 名)

### ○国内学会での招待・依頼・特別講演

星野健一. 静水圧下での温度降下に伴う水と塩水からの鉱物の沈殿と溶解. 日本地球惑星科学連合2019年大会 (招待講演) (千葉県千葉市, 2019年5月26日-30日, 参加者数8390人)

早坂康隆. 舞鶴帯の特異な構造とその意味, 津和野地域 における古原生代花崗片麻岩の発見に寄せて, 日本地質学会第126年学術大会, 地球史セッション (山口市, 2019年9月23日-25日, 参加者約600名)

### ○国内学会での一般講演

安東淳一, 富岡尚敬, 鍵 裕之, 廣瀬丈洋. 鏡肌を構成する物質の変形特性. 日本鉱物科学会 2019 年年会 (九州大学, 2019 年 9 月 20 日-22 日, 参加者約 250 名)

佐藤史彦, Das, Koushik, 衝上断層運動とその熱構造:インド東ガーツ造山帯西縁境界の事例. 日本地質学会第 126 年学術大会 (山口大学, 2019 年 9 月 23 日-25 日, 参加者約 1000 名)

- ◎Sarkar D.P., Ando, J., Das, K., Ghosh, G. Meso-scale structures, lithological and geochronological variations across MBT in Gambarpul area, Himachal Himalayas. 日本地質学会第 126 年学術大会 (山口大学, 2019 年 9 月 23 日-25 日, 参加者約 1000 名)

- ◎岡崎淳哉, 安東淳一, Das, K., 富岡尚敬, 兒玉 優, インド Aravalli-Delhi 造山帯に露出するシェードタキライトの微細組織とその形成過程日本鉱物科学会 2019 年年会 (九州市, 2019 年 9 月 20 日-22 日, 参加者約 250 名) .

- ◎Sarkar, D.P., Ando, J., Kano, A., Kato, H., Ghosh, G., Das, K. Temperature reconstructions of rocks deformed at shallow crustal depths: implications of calcite thermometry from MBT and NT rocks of Himachal Himalayas. 日本鉱物科学会 2019 年年会 (九州市, 2019 年 9 月 20 日-22 日, 参加者約 250 名)

Das, K., Hatui K., Chattopadhyay, A., Sato, H. U-Pb zircon geochronology of pre- to post-tectonic granite emplacement across the South Delhi Fold belt, India: Implication towards the age of transpressive orogeny, 日本鉱物科学会 2019 年年会 (九州市, 2019 年 9 月 20 日-22 日, 参加者約 250 名)

- ◎岩崎夕季, 安東淳一, Das, K., Sarkar, D.P., 上原誠一郎, 大藤弘明, 福岡県篠栗地域に露出するアンチゴライト蛇紋岩の変形特性, 日本鉱物科学会 2019 年年会 (九州市, 2019 年 9 月 20 日-22 日, 参加者約 250 名)

- 谷 理帆, 富岡尚敬, 鹿山雅裕, 常 昱, 西戸裕嗣, Das K., Rae Auriol, Ferrière Ludovic, Gulick Sean, Morgan Joanna, IODP-ICDP Expedition 364 Scientists. チクシュループ隕石孔の基盤岩石英の微細組織, 日本鉱物科学会 2019 年年会 (九州市, 2019 年 9 月 20 日-22 日, 参加者約 250 名)
- 佐藤文彦, Das K., インド東ガーツ造山帯西縁境界に露出するコランダムを含むグラニュライトの反応微細組織観察, 日本鉱物科学会 2019 年年会 (九州市, 2019 年 9 月 20 日-22 日, 参加者約 250 名)
- 大川真紀雄, Geraldo Magela da Costa. 岡山県柵原鉱山に産する磁鉄鉱の磁気特性および微細組織と組成. 日本鉱物科学会 2019 年年会 (福岡市, 2019 年 9 月 20 日-22 日, 参加者約 250 名)
- ◎川口健太, 早坂康隆, 柴田知之, 佐賀関半島佐志生断層近傍における肥後帯相当岩体とジュラ紀結晶片岩の発見, 日本地質学会第 126 年学術大会 (山口市, 2019 年 9 月 23 日-25 日, 参加者約 600 名)
- ◎岡田郁生, 柴田知之, 芳川雅子, 杉本 健, 早坂康隆, 九州, 由布岳溶岩中の角閃石の主要・微量元素組成を用いたマグマの起源と進化過程, 日本地質学会第 126 年学術大会 (山口市, 2019 年 9 月 23 日-25 日, 参加者約 600 名)
- 小松正幸, 早坂康隆, 伊予灘 MTL 調査研究会, 四国西部, 伊予灘—佐多岬半島のネオテクトニクス, 日本地質学会第 126 年学術大会 (山口市, 2019 年 9 月 23 日-25 日, 参加者約 600 名)
- ◎木村光佑, 早坂康隆, 柴田知之, 川口健太, 島根県津和野地域の舞鶴帯北帯構成要素の岩相, ジルコン U-Pb 年および全岩化学組成, 日本地質学会第 126 年学術大会 (山口市, 2019 年 9 月 23 日-25 日, 参加者約 600 名)
- ◎川口健太, 早坂康隆, 柴田知之, 四国西部真穴帯近傍のジルコン U-Pb 年代, 日本鉱物科学会 2019 年年会, (福岡市, 2019 年 9 月 20 日-22 日, 参加者約 250 名)
- 左部翔大, 渡辺 寧, 緒方武幸, 早坂康隆, 秋田県荒川地域における銅鉱化作用を伴うマグマ-熱水系, 資源地質学会第 69 回年会学術講演会 (東京大学, 2019 年 6 月 26 日-28 日, 参加者約 150 名)
- ◎Hirayama, T., Shibata, T., Yoshikawa, M., Hayasaka, Y., and Takemura, K., Geochemical features of Quaternary rhyolitic magma and xenolith from Hime-shima volcanic group, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会 (幕張, 2019 年 5 月 26 日-30 日, 参加者約 8,450 名)
- ◎木村光佑, 早坂康隆, 柴田知之, 川口健太, 藤原弘士, 島根県津和野地域の舞鶴帯に産する古原生代および古生代花崗岩複合岩体の岩相とジルコン U-Pb 年代, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会 (幕張, 2019 年 5 月 26 日-30 日, 参加者約 8,450 名)
- Hayasaka, Y. and Kimura, K., The Maizuru tectonic zone (MTZ), its formation and rearrangement as revealed by new zircon chronology data, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会 (幕張, 2019 年 5 月 26 日-30 日, 参加者約 8,450 名)

## 地球惑星化学グループ

地球惑星化学研究グループでは、地球外物質（隕石、宇宙塵）の分析宇宙化学、マグマダイナミクスの地球化学、生命前駆物質の化学進化室内実験、化石・堆積岩・微生物の実験古生物学を総合し、約46億年間の太陽系、地球、生命の誕生と進化を研究している。研究手法には、表面電離型質量分析計（TIMS）、誘導結合プラズマ質量分析計（ICP-MS）、熱分解ガスクロマトグラフ質量分析計（pyrolysis-GCMS）、電子顕微鏡（SEM, TEM, EBSD）、放射光分析（STXM）など多様な分析技術を駆使している。

## ○原著論文

- Mitsunobu S., Toda M., Hamamura N., Shiraishi F., Tominaga Y., Sakata M. (2020) Millimeter-scale topsoil layer blocks arsenic migration in flooded paddy soil. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 274, 211–227.
- Yanagawa K., Shiraishi F., Tanigawa Y., Maeda T., Mustapha N.A., Owari S., Tomaru H., Matsumoto R., Kano A. (2019) Endolithic microbial habitats hosted in carbonate nodules currently forming within sediment at a high methane flux site in the Japan Sea. *Geosciences* 9, 463.
- Shiraishi F., Matsumura Y., Chihara R., Okumura T., Itai T., Kashiwabara T., Kano A., Takahashi Y. (2019) Depositional processes of microbially colonized manganese crusts, Sambe hot spring, Japan. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 258, 1–18.
- Miyahara M., Ohtani E., Nishijima M., and El Goresy A., 2019. Olivine melting at high pressure condition in the chassignite Northwest Africa 2737. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 291, 1–11.
- Takahashi S., Ohtani E., Sakai T., Kamada S., Ozawa S., Sakamaki T., Miyahara M., Ito Y, Hirao N., and Ohishi Y., 2020. Phase and melting relations of Fe<sub>3</sub>C to 300 GPa and carbon in the core. In *Carbon in Earth's interior* (Ed by Manning C.E., Lin J.-F., and Mao W.L.), *Geophysical Monograph Series* Vol. 249, American Geophysical Union, Washington, D.C., Pp25–3.
- Hitomi Nakamura, Hikaru Iwamori, Mitsuhiro Nakagawa, Tomoyuki Shibata, Jun-Ichi Kimura, Takashi Miyazaki, Qing Chang, Bogdan Stefanov Vaglarov, Toshiro Takahashi, Yuka Hirahara, Geochemical mapping of slab-derived fluid and source mantle along Japan arcs, *Gondwana Research*, 70, 36-49, 2019.
- ©Kawaguchi, K., Hayasaka, Y., Shibata, T., Komatsu, M., Kimura, K., Das, K., 2020, Discovery of Paleozoic rocks at northern margin of Sambagawa terrane, eastern Kyushu, Japan: Petrogenesis, U-Pb geochronology and its tectonic implication, *Geoscience Frontier*, 11(4), 1441–1459.
- Morishita, T., Hirano, N., Sumino, H., Sato, H., Shibata, T., Yoshikawa, M., Arai, S., Nauchi R. and Tamura, A., Alkali basalt from the Seifu Seamount in the Sea of Japan: post-spreading magmatism in a back-arc setting, *Solid Earth*, 11, 23–36, 2020.
- Chakraborti, T. M., Ray, A. and Deb, G. K. 2019. Reappraisal of the “Early Proterozoic Gabbro-Anorthosite Suite” rocks from eastern Singhbhum Craton, India: Insights from field characteristics, petrography-mineralogy and geochemistry. *Journal of Earth System Science*. v. 128 (219), DOI: 10.1007/s12040-019-1244-0.
- Sengupta, P., Ray, A. and Chakraborti, T.M. 2019. Geochemical characterization of Neoproterozoic Newer Dolerite Dykes of Bahalda region, Singhbhum Craton, Orissa, India: implication for petrogenesis. *Journal of Earth System Science*, v. 128 (216). DOI: 10.1007/s12040-019-1228-0.

- Okada, T., Fukuhara, T., Tanaka, S., Taguchi, M., Arai, T., Senshu, H., Sakatani, N., Shimaki, Y., Demura, H., Ogawa, Y., Suko, K., Sekiguchi, T., Kouyama, T., Takita, J., Matsunaga, T., Imamura, T., Wada, T., Hasegawa, S., Helbert, J., Müller, T. G., Hagermann, A., Biele, J., Grott, M., Hamm, M., Delbo, M., Hirata, N., Hirata, N., Yamamoto, Y., Sugita, S., Namiki, N., Kitazato, K., Arakawa, M., Tachibana, S., Ikeda, H., Ishiguro, M., Wada, K., Honda, C., Honda, R., Ishihara, Y., Matsumoto, K., Matsuoka, M., Michikami, T., Miura, A., Morota, T., Noda, H., Noguchi, R., Ogawa, K., Shirai, K., Tatsumi, E., Yabuta, H., Yokota, Y., Yamada, M., Abe, M., Hayakawa, M., Iwata, T., Ozaki, M., Yano, H., Hosoda, S., Mori, O., Sawada, H., Shimada, T., Takeuchi, H., Tsukizaki, R., Fujii, A., Hirose, C., Kikuchi, S., Mimasu, Y., Ogawa, N., Ono, G., Takahashi, T., Takei, Y., Yamaguchi, T., Yoshikawa, K., Terui, F., Saiki, T., Nakazawa, S., Yoshikawa, M., Watanabe, S. and Tsuda, Y. 2020. Highly porous nature of a primitive asteroid revealed by thermal imaging, *Nature* 579, 518–522, DOI : <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2102-6>
- Jaumann R., Schmitz N., Ho T.-M., Schröder S. E., Otto K. A., Stephan K., Elgner S., Krohn K., Preusker F., Scholten F., Biele J., Ulamec S., Krause C., Sugita S., Matz K.-D., Roatsch T., Parekh R., Mottola S., Grott M., Michel P., Trauthan F., Koncz A., Michaelis H., Lange C., Grundmann J. T., Maibaum M., Sasaki K., Wolff F., Reill J., Moussi-Soffys A., Lorda L., Neumann W., Vincent J.-B., Wagner R., Bibring J.-P., Kameda S., Yano H., Watanabe S., Yoshikawa M., Tsuda Y., Okada T., Yoshimitsu T., Mimasu Y., Saiki T., Yabuta H., Rauer H., Honda R., Morota T., Yokota Y. and Kouyama T. 2019. Images from the surface of asteroid Ryugu show rocks similar to carbonaceous chondrite meteorites. *Science* 365, 817–820.
- Kurosawa, K., Moriwaki, R., Komatsu, G., Okamoto, T., Sakuma, H., Yabuta, H., Matsui, T. 2019. Shock Vaporization/Devolatilization of Evaporitic Minerals, Halite and Gypsum, in an Open System Investigated by a Two-Stage Light Gas Gun, *Geophysical Research Letters* 46, 7258-7267. DOI : <https://doi.org/10.1029/2019GL083249>
- Yabuta, H. 2019. Arrival, touchdown and sequel to the voyage of Hayabusa2. *Nature Astronomy* 3(4), 287-289.
- Watanabe, S., Hirabayashi, M., Hirata, N., Hirata, Na., Noguchi, R., Shimaki, Y., Ikeda, H., Tatsumi, E., Yoshikawa, M., Kikuchi, S., Yabuta, H., Nakamura, T., Tachibana, S., Ishihara, Y., Morota, T., Kitazato, K., Sakatani, N., Matsumoto, K., Wada, K., Senshu, H., Honda, C., Michikami, T., Takeuchi, H., Kouyama, T., Honda, R., Kameda, S., Fuse, T., Miyamoto, H., Komatsu, G., Sugita, S., Okada, T., Namiki, N., Arakawa, M., Ishiguro, M., Abe, M., Gaskell, R., Palmer, E., Barnouin, O. S., Michel, P., French, A. S., McMahon, J. W., Scheeres, D. J., Abell, P. A., Yamamoto, Y., Tanaka, S., Shirai, K., Matsuoka, M., Yamada, M., Yokota, Y., Suzuki, H., Yoshioka, K., Cho, Y., Tanaka, S., Nishikawa, N., Sugiyama, T., Kikuchi, H., Hemmi, R., Yamaguchi, T., Ogawa, N., Ono, G., Mimasu, Y., Yoshikawa, K., Takahashi, T., Takei, Y., Fujii, A., Hirose, C., Iwata, T., Hayakawa, M., Hosoda, S., Mori, O., Sawada, H., Shimada, T., Soldini, S., Yano, H., Tsukizaki, R., Ozaki, M., Iijima, Y., Ogawa, K., Fujimoto, M., Ho, T.-M., Moussi, A., Jaumann, R., Bibring, J.-P., Krause, C., Terui, F., Saiki, T., Nakazawa, S. and Tsuda, Y. 2019. Hayabusa2 arrives at the carbonaceous asteroid 162173 Ryugu - a spinning-top-shaped rubble pile, *Science* 364, 268-272. DOI: [10.1126/science.aav8032](https://doi.org/10.1126/science.aav8032)
- Sugita, S., Honda, R., Morota, T., Kameda, S., Sawada, H., Tatsumi, E., Yamada, M., Honda, C., Yokota, Y., Kouyama, T., Sakatani, N., Ogawa, K., Suzuki, H., Okada, T., Namiki, N., Tanaka, S., Iijima, Y.,



Yoshioka, K., Hayakawa, M., Cho, Y., Matsuoka, M., Hirata, N., Hirata, N., Miyamoto, H., Domingue, D., Hirabayashi, M., Nakamura, T., Hiroi, T., Michikami, T., Michel, P., Ballouz, R.-L., Barnouin, O. S., Ernst, C. M., Schröder, S. E., Kikuchi, H., Hemmi, R., Komatsu, G., Fukuhara, T., Taguchi, M., Arai, T., Senshu, H., Demura, H., Ogawa, Y., Shimaki, Y., Sekiguchi, T., Müller, T. G., Hagermann, A., Mizuno, T., Noda, H., Matsumoto, K., Yamada, R., Ishihara, Y., Ikeda, H., Araki, H., Yamamoto, K., Abe, S., Yoshida, F., Higuchi, A., Sasaki, S., Oshigami, S., Tsuruta, S., Asari, K., Tazawa, S., Shizugami, M., Kimura, J., Otsubo, T., Yabuta, H., Hasegawa, S., Ishiguro, M., Tachibana, S., Palmer, E., Gaskell, R., Corre, L. Le, Jaumann, R., Otto, K., Schmitz, N., Abell, P. A., Barucci, M. A., Zolensky, M. E., Vilas, F., Thuillet, F., Sugimoto, C., Takaki, N., Suzuki, Y., Kamiyoshihara, H., Okada, M., Nagata, K., Fujimoto, M., Yoshikawa, M., Yamamoto, Y., Shirai, K., Noguchi, R., Ogawa, N., Terui, F., Kikuchi, S., Yamaguchi, T., Oki, Y., Takao, Y., Takeuchi, H., Ono, G., Mimasu, Y., Yoshikawa, K., Takahashi, T., Takei, Y., Fujii, A., Hirose, C., Nakazawa, S., Hosoda, S., Mori, O., Shimada, T., Sordini, S., Iwata, T., Abe, M., Yano, H., Tsukizaki, R., Ozaki, M., Nishiyama, K., Saiki, T., Watanabe, S. and Tsuda, Y. 2019. The geomorphology, color, and thermal properties of Ryugu: Implications for parent-body processes, *Science* 364, DOI: 10.1126/science.aaw0422

#### ○著書

Chan, Q. H. S., Stroud, R., Martins, Z., Yabuta, H. 2020. Concerns of Organic Contamination for Sample Return Space Missions, *Space Science Reviews* 216:56. DOI : 10.1007/s11214-020-00678-7

Martins, Z., Chan, Q. H. S., Bonal, L., King, A., Yabuta, H. 2020. Organic Matter in the Solar System- Implications for Future on-Site and Sample Return Missions, *Space Science Reviews* 216:54. DOI : 10.1007/s11214-020-00679-6

#### ○総説・解説

該当無し

#### ○特許・その他

該当無し

#### ○国際会議での招待・依頼・特別講演

Yabuta, H., Tachibana, S., Abe, M., Yoshikawa, M., Watanabe, S., Tsuda Y. and Hayabusa2 Science Team. Prospects for future analyses of the returned asteroid samples in light of the observation results obtained by Hayabusa2 and OSIRIS-REx missions. AGU Fall meeting, サンフランシスコ, 2019 年 12 月 9 日 - 13 日

#### ○国際会議での一般講演

Yabuta, H., Hayabusa2 Organic Macromolecule Sub-team, Chemical History of Organic Macromolecules in the Early Solar System: Scientific Strategy and Expected Insights from Asteroid Ryugu, Asteroid Science 2019, 口頭, ツーソン, 2019 年 11 月 5 日-11 月 7 日.

- Yabuta, H., Ikehara, M., Yamashita, E., Mogi, K., Amano, K., Tatsumi, E., Sugita, S., Matsuoka, M., Kobayashi, S. and Nakamura, T., Relationship between visible reflectance at 550 nm and carbon contents in carbonaceous chondrites: Attempt to estimate the bulk carbon contents of asteroid Ryugu's surface, 82th Annual meeting of the Meteoritical Society, 口頭, 札幌, 2019年7月7日-12日.
- Kato H. and Yabuta, H., Polycyclic aromatic hydrocarbons and aliphatic hydrocarbons in Jbilet Winselwan carbonaceous CM chondrite, a possible analog of asteroid Ryugu's surface, 82th Annual meeting of the Meteoritical Society, 口頭, 札幌, 2019年7月7日-12日.
- Shiraishi N., Suga H., Miyahara M., Ohigashi T., Inagaki Y., Yamaguchi A., Tomioka N., Kodama Y., and Ohtani E. Elucidation of aqueous alteration of Yamato 000749 based on multi-probe microscopy, The Tenth Symposium on Polar Science, National Institute of Polar Research, Tachikawa, 2019年12月04日, 参加者数約50名.
- Fukimoto K., Miyahara M., Sakai T., Ohfuji H., Naotaka T., Kodama Y., Ohtani E., and Yamaguchi A. The investigation of back-transformation mechanisms of ringwoodite and majorite in the Yamato 75267 H6, The Tenth Symposium on Polar Science, National Institute of Polar Research, Tachikawa, 2019年12月04日, 参加者数約50名.
- Moromoto N., Kawai Y., Yokota S., Terada K., Miyahara M., Takahata N. and Y. Sano. Uranium-lead systematics of lunar basaltic meteorite Northwest Africa 2977, 82nd Annual Meeting of the meteoritical society, The meteoritical society, Sapporo, 2019年07月09日, 参加者数約300名.
- Tomioka N., Okuchi T., Miyahara M., Iitaka T., Purevjav N., Tani R., and Kodama Y. Topotaxial intergrowths of epsilon-(Mg,Fe)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> in wadsleyite and ringwoodite in shocked chondrites, 82nd Annual Meeting of the meteoritical society, The Meteoritical Society, Sapporo, 2019年07月09日, 参加者数約300名.
- Miyahara M., Kozuma K., Ohtani E., Yamaguchi A., Sakai T., Ohfuji H., Tomioka N., and Kodama Y. Shock-induced melting and high-pressure polymorphs in lunar basaltic meteorites, , 82nd Annual Meeting of the meteoritical society, The meteoritical society, Sapporo, 2019年07月09日, 参加者数約300名.
- Tomioka N., Okuchi T., and Miyahara M. Lattice-shear-induced metastable formation of high-pressure silicates in shocked meteorites, Japan Geoscience Union Meeting 2019, Japan Geoscience Union, Makuhari, 2019年05月28日, 参加者数約8400名.
- Miyahara M., Yamaguchi A., Saitoh M., Fukimoto K., Sakai T., Ohfuji H., Tomioka N., Kodama Y., and Ohtani E. Can high-pressure polymorphs clarify an ordinary chondrite parent-body breakup?, Japan Geoscience Union Meeting 2019, Japan Geoscience Union, Makuhari, 2019年05月28日, 参加者数約8400名.
- Shiraishi F., Bahniuk A.M., Asada J. Microbial influences on tufa and travertine fabrics. 16th International Meeting of Carbonate Sedimentologists BATHURST MEETING, Palma de Mallorca, 2019年7月5日-12日, 参加者260名.
- Yanagawa K., Kikuchi S., Shiraishi F., Kano A. Iron-Mediated Anaerobic Oxidation of Methane in Freshwater Ferruginous Sediments. AGU Fall Meeting 2019, San Francisco, 2019年12月9日-13日, 参加者約26,000名.

Master, S., Cooper, G.J., Chakraborti, T.M. and Mukherjee, T. 2019. First Evidence for an Impact Origin of the >45 Km Diameter Simlipal Ring Structure, Singhbhum Craton, Odisha, India. 82nd Annual Meeting of the Meteoritical Society, 2019年7月7日-12日, Sapporo, Hokkaido, Japan.

### ○国内学会での招待・依頼・特別講演

藪田ひかる. 「はやぶさ2」および将来のサンプルリターンにおける STXM への期待. 第3回水惑星学全体会議, 高知, 2019年11月12日-14日.

白石史人, 中尾鴻兵, 高島千鶴, 狩野彰宏, 板井啓明. Fe(II) oxidation processes at the surface of bacterially colonized iron deposits. 日本地球惑星科学連合2019年大会, 幕張市, 2019年5月26日-30日, 参加者約8000名.

白石史人. Life-water-mineral interactions and their products. 日本地球惑星科学連合2019年大会, 幕張市, 2019年5月26日-30日, 参加者約8000名.

白石史人. 野外における微小電極測定の実際. 日本微生物生態学会第33回大会, 山梨市, 2019年9月10日-13日, 参加者約500名.

白石史人. STXM の微生物—鉱物界面への適用例. 第3回水惑星学全体会議, 高知市, 2019年11月12日-14日, 参加者約100名.

### ○国内学会での一般講演

Yabuta, H., Watanabe, S., Nakamura, T., Hirata, N., Sugita, S., Okada, T., Kitazato, K., Ishihara, Y., Morota, T., Sakatani, N., Matsumoto, K., Wada, K., Tachibana, S., Komatsu, M., Tatsumi, E., Matsuoka, M., Honda, C., Hiroi, T., Senshu, S., Honda, R., Yokota, Y., Noguchi, R., Shimaki, Y., Domingue, D. L., Le Corre, L., Barucci, A. M., Palomba, E., Kikuchi, S., Miura, A., Yamaguchi, T., Yamamoto, Y., Saiki, T., Tanaka, S., Yoshikawa, M., Tsuda, Y., Hayabusa2 LSSAA & LSS-IDS Teams. Landing Site Selection for Hayabusa2's first touchdown: Scientific Evaluation of the Candidate Sites on Asteroid (162173) Ryugu. 日本地球惑星科学連合2019年大会, 幕張, 2019年5月26日-30日, ポスター.

Yabuta, H., Fujioka, H., Sakaiya, T., Kondo, T., Ohno, S., Kurosawa, K., Kadono, T., Shigemori, K., Hironaka, Y., Yamanaka, T. Laser-shock evolution of organic molecules in carbonaceous meteorite. 日本地球惑星科学連合2019年大会, 幕張, 2019年5月26日-30日, 口頭.

Kato H. and Yabuta, H., Polycyclic aromatic hydrocarbons and aliphatic hydrocarbons in Jbilet Winselwan carbonaceous CM chondrite: Attempt to evaluate the thermal metamorphism degree on the parent body. 日本地球惑星科学連合2019年大会, 幕張, 2019年5月26日-30日, 口頭.

Kubo T. and Miyahara M. Time-resolved synchrotron X-ray observations of mineral transformations under static pressures: applications to non-equilibrium behaviors in shocked meteorites, Japan Geoscience Union Meeting 2019, Japan Geoscience Union, Makuhari, 2019年05月29日, 参加者数約8400名.

Kayama M., Ohtani E., Miyahara M., Kaneko S., Sekine T., Ozawa S., and Hirao N. Raman spectroscopy of seifertite, Japan Geoscience Union Meeting 2019, Japan Geoscience Union, Makuhari, 2019年05月29日, 参加者数約8400名.

Miyahara M., Kozuma K., Ohtani E., Yamaguchi A., Sakai T., Ohfuji H., Tomioka N., and Kodama Y.  
The systematic investigations of high-pressure minerals in lunar basaltic meteorites, , Japan  
Geoscience Union Meetin 2019, Japan Geoscience Union, Makuhari, 2019年05月27日, 参加者  
数約8400名.

宮原正明, 山口 亮, 大谷栄治. Padvarninkai に記録された複雑な衝撃変成履歴, 日本鉱物科学  
会 2019 年年会, 2019 年 09 月 20 日, 通常, 日本語, 日本鉱物科学会, 博多, 参加者約 200 名.  
吹本幹太, 宮原正明, 境 毅, 大藤弘明, 富岡尚敬, 兒玉 優, 大谷栄治, 山口 亮. 普通コンドラ  
イトで起きたリングウッドイトとメジャライトの逆転移現象の解明, 第 60 回高圧討論会,  
2019 年 10 月 23 日, 通常, 日本語, 日本高圧力学会, 札幌, 参加者約 200 名.

黒島健介, 白石史人. 富山県の手取層群中にみられる古土壌層から得られる古環境情報. 日本  
地質学会西日本支部第 171 回例会, 北九州市, 例会中止に伴うみなし講演.

白石史人. 微生物岩組織における細胞外高分子の重要性. 日本地質学会第 126 年学術大会, 山  
口市, 2019 年 9 月 23 日-25 日, 参加者約 1000 名.

小谷野将, 藤田和彦, 知念正昭, 白石史人. 微細構造観察と地球化学分析に基づく琉球列島中  
部完新統コア中に発見された礁性微生物皮殻の形成過程. 日本地質学会第 126 年学術大会,  
山口市, 2019 年 9 月 23 日-25 日, 参加者約 1000 名.

柳川勝紀, 菊池早希子, 白石史人, 狩野彰宏. 鉄に富む淡水堆積物中での嫌氣的メタン酸化.  
日本微生物生態学会第 33 回大会, 山梨市, 2019 年 9 月 10 日-13 日, 参加者約 500 名.

浦本豪一郎, 諸野祐樹, 富岡尚敬, 若木重行, 中田亮一, 和穎朗太, 上杉健太郎, 竹内晃久,  
星野真人, 鈴木芳生, 光延 聖, 白石史人, 菅 大暉, 武市泰男, 高橋嘉夫, 稲垣史生. 酸化  
的な遠洋性堆積物中に存在する大量の微小マンガング粒について (IODP Exp. 329). 日本地球  
惑星科学連合 2019 年大会, 幕張市, 2019 年 5 月 26 日-30 日, 参加者約 8000 名.

浦本豪一郎, 諸野祐樹, 富岡尚敬, 若木重行, 中田亮一, 和穎朗太, 上杉健太郎, 竹内晃久,  
星野真人, 鈴木芳生, 光延 聖, 白石史人, 菅 大暉, 武市泰男, 高橋嘉夫, 稲垣史生. 酸化  
的な遠洋性堆積物中に存在する大量の微小マンガング粒について. 日本地球惑星科学連合  
2019 年大会, 幕張市, 2019 年 5 月 26 日-30 日, 参加者約 8000 名.

宮崎 彩, 狩野彰宏, 白石史人. 後期トニア紀のマグネサイトから想定される全球凍結前の海  
水組成. 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 幕張市, 2019 年 5 月 26 日-30 日, 参加者約  
8000 名.

白石史人, 尾森武尊, 富岡尚敬, 甕 聡子, 菅 大暉, 高橋嘉夫. シアノバクテリア表面におけ  
る炭酸カルシウム形成過程. 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 幕張市, 2019 年 5 月 26  
日-30 日, 参加者約 8000 名.

◎岡田郁生, 柴田知之, 芳川雅子, 杉本 健, 早坂康隆, 九州、由布岳溶岩中の角閃石の主要・  
微量元素組成を用いたマグマの起源と進化過程, 日本地質学会第 126 年学術大会, 山口市,  
2019 年 9 月 23 日-25 日, 参加者約 1000 名.

Bidisha Dey and Tomoyuki Shibata, Trace Elements and Isotopic Characteristics of High Nb Basalts  
from Kyushu Arc and Back Arc, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 幕張市, 2019 年 5 月 26  
日-30 日, 参加者約 8000 名.

- ©Hirayama T, Shibata T, Yoshikawa M, Hayasaka Y, Takemura K, Geochemical features of Quaternary rhyolitic magma and xenolith from Hime-shima volcanic group, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 幕張市, 2019 年 5 月 26 日-30 日, 参加者約 8000 名.
- 平山剛大, 柴田知之, 芳川雅子, 「九州に分布する姫島火山群と両子山火山群の第四紀マグマの成因関係の検討」, 日本鉱物科学会, 博多, 2019 年 9 月 21 日, 参加者約 200 名.
- ©柴田知之, 岡田郁生, 芳川雅子, 早坂康隆, LA-ICP-MS による火山岩中の角閃石の微量元素組成分析, 日本質量分析学会同位体比部会, 登別市, 参加者約 80 名.

## 地球惑星物理学グループ

数ミリ秒から数十億年、数ミクロンから数千キロ、数ミリジュールから  $10^{23}$  乗ジュール、地球は様々な時間・空間・エネルギースケールで絶えず変動している。地球ダイナミクスグループでは、高速衝突実験、変形透水実験、地震波計測・解析、フィールド調査、数値シミュレーション、高圧実験、鉱物組織観察・解析などに基づく多彩な手法を用いて、衝突、地震、断層、地すべり、マントル対流、惑星内部構造などの諸現象の理解やそのメカニズムの解明に取り組んでいる。

## ○原著論文

- Xu, C., Nishi, M. and Inoue, T., Solubility behavior of  $\delta$ -AlOOH -  $\epsilon$ -FeOOH at high pressures, *American Mineralogist*, 104, 1416-1420, 2019. doi.org/10.2138/am-2019-7064
- Xu, C. and Inoue, T., Melting of Al-rich phase D up to the uppermost lower mantle and transportation of H<sub>2</sub>O to the deep Earth, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 20, 1-8, 2019. doi.org/10.1029/2019GC008476
- Xu, C. and Inoue, T., Phase relations in MAFSH system up to 21 GPa: Implications for water cycles in Martian interior, *Minerals*, 9, 559, 2019. doi:10.3390/min9090559.
- ©Urakawa, S., Inoue, T., Hattori, T., Sano-Furukawa, A., Kohara, S., Wakabayashi, D., Sato, T., Funamori, N. and Funakoshi, K., X-ray and Neutron Study on the Structure of Hydrous SiO<sub>2</sub> Glass up to 10 GPa, *Minerals*, 10, 84, 2020. doi:10.3390/min10010084.
- Zhang L., Smyth J.R., Kawazoe T., Jacobsen S.D., Niu J., He X., and Qin S. 2019. Stability, composition, and crystal structure of Fe-bearing phase E in the transition zone. *American Mineralogist*, 104 (11), 1620-1624, DOI: 10.2138/am-2019-6750.
- Satta N., Marquardt H., Kurnosov A., Buchen J., Kawazoe T., McCammon C., and Boffa Ballaran T. 2019. Single crystal elasticity of iron-bearing phase E and seismic detection of water in Earth's upper mantle. *American Mineralogist*, 104 (10), 1526-1529.
- Ishii T., Huang R., Myhill R., Fei H., Koemets I., Liu Z., Maeda F., Yuan L., Wang L., Druzhbin D., Yamamoto T., Bhat S., Farla R., Kawazoe T., Tsujino N., Kulik E., Higo Y., Tange Y., and Katsura T. 2019. Sharp 660-km discontinuity controlled by extremely narrow binary post-spinel transition. *Nature Geoscience*, 12 (10), 869-872.
- Ohira I., Jackson J.M., Solomatova N.V., Sturhahn W., Finkelstein G.J., Kamada S., Kawazoe T., Maeda F., Hirao N., Nakano S., Toellner T.S., Suzuki A., and Ohtani E. 2019. Compressional behavior and spin state of  $\delta$ -(Al,Fe)OOH at high pressures. *American Mineralogist*, 104 (9), 1273-1284, DOI: 10.2138/am-2019-6913.
- Nakajima A., Sakamaki T., Kawazoe T., and Suzuki A. 2019. Hydrous magnesium-rich magma genesis at the top of the lower mantle. *Scientific Reports*, 9, 7420, DOI: 10.1038/s41598-019-43949-2.
- Komabayashi T., Pesce G., Sinmyo R., Kawazoe T., Breton H., Shimoyama Y., Glazyrin K., Konopkova Z., and Mezouar M. 2019. Phase relations in the system Fe-Ni-Si to 200 GPa and 3900 K and implications for Earth's core. *Earth and Planetary Science Letters*, 512, 83-88, DOI: 10.1016/j.epsl.2019.01.056.
- Wang L., Miyajima N., Kawazoe T., and Katsura T. 2019. Activation of [100](001) slip system by water



- incorporation in olivine and the cause of seismic anisotropy decrease with depth in the asthenosphere. *American Mineralogist*, 104, 47-52, DOI: 10.2138/am-2019-6574.
- Nakagawa T. and T. Nakakuki, Dynamics in the uppermost lower mantle: Insights into the deep mantle water cycle based on the numerical modeling of subducted slabs and global-scale mantle dynamics, *Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences*, 47, 41-66, 2019, doi:10.1146/annurev-earth-053018-060305.
- T. Kaneko, T. Nakakuki, H. Iwamori, Mechanical coupling of the motion of the surface plate and the lower mantle slab: Effects of viscosity hill, yield strength, and depth-dependent thermal expansivity, *Physics of Earth and Planetary Interiors*, 294, 106274, 2019, doi:10.1016/j.pepi.2019.106274.
- Hatakeyama, K., and Katayama, I. 2020. Pore fluid effects on elastic wave velocities of serpentinite and implications for estimates of serpentinization in oceanic lithosphere. *Tectonophysics*, 775, doi.org/10.1016/j.tecto.2019.228309.
- Katayama, I. Matsuoka Y., and Azuma, S. 2019. Sensitivity of elastic thickness to water in the Martian lithosphere. *Progress in Earth and Planetary Science*, 6, doi.org/10.1186/s40645-019-0298-6
- Akamatsu Y., Hatakeyama K., and Katayama, I. 2019. Contrasting dilatant behaviors of mafic and ultramafic rocks based on triaxial deformation experiments. *Journal of Mineralogical and Petrological Science*, 114, 79–86, doi.org/10.2465/jmps.181120
- Otsubo, M., Katayama, I., Miyakawa, A., and Sagiya, T. 2020. Inelastic behavior and mechanical strength of the shallow upper crust controlled by layer-parallel slip in the high-strain zone of the Niigata region, Japan. *Earth, Planets and Space*, 72, doi.org/10.1186/s40623-020-01154-w.

## ○著書

- 井上 徹, 2019 「鉱物・宝石の科学事典」 P4-6. 002 宇宙・地球の化学組成（宇宙の成分，地球の成分と鉱物），朝倉書店，
- 井上 徹・宮脇律郎, 2019 「鉱物・宝石の科学事典」 P59-60. 015 鉱物の「かたさ」と「つよさ」，朝倉書店
- 井上 徹・宮脇律郎, 2019 「鉱物・宝石の科学事典」 P61-62. 016 鉱物の密度（鉱物の分別と判別の指標－密度）,朝倉書店
- 井上 徹, 2019 「鉱物・宝石の科学事典」 P98-99. 031 固体地球の構造, 朝倉書店
- 井上 徹, 2019 「鉱物・宝石の科学事典」 P111-113. 035 かんらん石の高圧相転移, 朝倉書店
- 井上 徹, 2019 「鉱物・宝石の科学事典」 P114-115. 036 輝石－ザクロ石の高圧相転移, 朝倉書店
- 井上 徹, 2019 「鉱物・宝石の科学事典」 P128-130. 041 マグマの生成）, 朝倉書店

## ○総説・解説

該当無し

## ○特許・その他

該当無し

## ○国際会議での招待・依頼・特別講演

該当無し

## ○国際会議での一般講演

- Inoue, T., Noda, M., Kakizawa, S., Possible compositional region of Al-bearing anhydrous bridgmanite possible compositional region of Al-bearing anhydrous bridgmanite, JpGU Meeting 2019, Chiba, Japan, 2019.5.26-30.
- Sano-Furukawa, A., Itoh, S., Higashi, Y., Inoue, T., Noda, M., DH partitioning experiment among high-pressure polymorph of olivine, JpGU Meeting 2019, Chiba, Japan, 2019.5.26-30.
- Kakizawa, S., Inoue, T., Abe, R., Kuroda, M., Sakamoto, N., Yurimoto, H., Maximum water solubility of bridgmanite under the Earth's lower mantle conditions, JpGU Meeting 2019, Chiba, Japan, 2019.5.26-30.
- Fukuyama, K., Kagi, H., Inoue, T., Shinmei, T., Kakizawa, S., Hishita, S., Sano, Y., Takahata, N., The role of stishovite as deep nitrogen carrier indicated from high-pressure and high-temperature experiments, JpGU Meeting 2019, Chiba, Japan, 2019.5.26-30.
- Fukuyama, K., Kagi, H., Inoue, T., Shinmei, T., Kakizawa, S., Hishita, S., Takahata, N., Sano, Y., Nitrogen solubility in stishovite under high P-T: formation of "hidden" nitrogen reservoir in the deep mantle via subducting slabs, Goldschmidt2019, Barcelona, Spain, 2019.8.18-23.
- Komabayashi T., Pesce G., Sinmyo R., Kawazoe T., Breton H., Shimoyama Y., Glazyrin K., Konopkova Z., and Mezouar M., Phase relations in the system Fe-Ni-Si to 200 GPa and 3900 K and implications for Earth's core, *EGU (European Geosciences Union) General Assembly 2019*, Vienna, Austria, 2019.4.7-12.
- K. Hatakeyama, I. Katayama, N. Abe, K. Okazaki, The Oman Drilling Project Science Party, Seismic velocity profile across the crust-mantle boundary determined from high-pressure experiments of core samples collected from the Oman Drilling Project. International Conference on Ophiolites and the Oceanic Lithosphere: Results of the Oman Drilling Project and Related Research (Muscat, Oman), 2020.1.13
- I. Katayama, N. Abe, K. Okazaki, K. Hatakeyama, Y. Akamatsu, K. Michibayashi, M. Godard, P. Kelemen, and The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party, Crack density and aspect ratio of serpentinized dunites and harzburgites in the Hole BA1B, 3A, and 4A inferred from onboard ultrasonic velocity data. International Conference on Ophiolites and the Oceanic Lithosphere: Results of the Oman Drilling Project and Related Research (Muscat, Oman), 2020.1.14
- K. Nagase, I. Katayama, T. Yokoyama, K. Hatakeyama, Y. Akamatsu, K. Okazaki, N. Abe, K. Michibayashi, Porosity of mafic and ultramafic core samples from the Oman Drilling Projects measured by the penetration and impregnation methods. International Conference on Ophiolites and the Oceanic Lithosphere: Results of the Oman Drilling Project and Related Research (Muscat, Oman), 2020.1.13

- N. Abe, K. Okazaki, I. Katayama, K. Hatakeyama, B. Ildefonse, O. Ulven, G. Hong, W. Zhu, B. Cordonnier, Y. Akamatsu, K. Michibayashi, E. Takazawa, M. Harris, D. Teagle, P. Kelemen, M. Godard, J. Matter, J. Coggon and The Oman Drilling Project Science, Party Relationship between the physical properties and hydration of the oceanic lower crust/ Moho TZ: results from onboard measurements of ICDP Oman Drilling Project International Conference on Ophiolites and the Oceanic Lithosphere: Results of the Oman Drilling Project and Related Research (Muscat, Oman), 2020.1.13
- H. Sakuma, K. Kawai, I. Katayama, S. Suehiro, Deformation Mechanism of Muscovite from Frictional to Plastic Regimes. American Geophysical Union, Fall Meeting (San Francisco, USA), 2019.12.12
- M. Otsubo, A. Miyakawa, I. Katayama, K. Okazaki, An inhomogeneous conduit across slab controlled by spatial heterogeneity of intraslab stress in the Nankai subduction zone, southwestern Japan. American Geophysical Union, Fall Meeting (San Francisco, USA), 2019.12.12
- N. Abe, K. Okazaki, I. Katayama et al. Physical Properties of the MohoTZ: Implications from recent drilling projects. American Geophysical Union, Fall Meeting (San Francisco, USA), 2019.12.10
- S. Lai, N. Fuji, I. Katayama, Time-lapse elastic properties of cracked granite during shear deformation inferred from laboratory experiments using 2-D waveform modeling. EAGE conference (London, UK), 2019.6.3

#### ○国内学会での招待・依頼・特別講演

- 佐藤友子, ハイパワーレーザーとXFELを用いた惑星構成物質圧縮挙動の探索, 第26回FELとHigh-Power Radiation研究会(広島), 2019年12月17日
- 中尾篤史, 岩森 光, 中久喜伴益, 鈴木雄治郎, 中川貴司, 中村仁美. Numerical simulation of water transportation along subducting slabs and implications for intraslab earthquakes, 地球惑星科学連合2019年大会(千葉市), 2019年5月30日
- 片山郁夫, 赤松祐哉, 利根川貴志, モホ面での地震波速度の不連続に対するクラックの効果, 日本地質学会年会(山口), 2019年9月25日

#### ○国内学会での一般講演

- 糀谷 浩, 野田昌道, 井上 徹, 赤荻正樹, MgSiO<sub>3</sub>メジャーライトの落下溶解エンタルピー測定, 日本地球惑星科学連合2019年大会(JpGU2019), 幕張メッセ, 2019年5月26日-30日
- 永井隆哉, 大黒正貴, 高倉直樹, 井上 徹, 新名 亨, CaTiO<sub>3</sub>ペロブスカイトへのGa<sup>3+</sup>の固溶について, 日本鉱物科学会2019年年会・総会, 九州大学伊都キャンパス, 2019年9月20日-22日
- Xu, C., Gréaux, S., 井上 徹, 野田昌道, Wei, S., 桑原秀治, 肥後祐司, Sound velocity of Al-bearing phase D to 22 GPa and 1300 K, 第60回高圧討論会, 北海道立道民活動センター, 2019年10月23日-25日
- 野田昌道, 井上 徹, Gréaux, S., 肥後祐司, Alに富んだチェルマック置換型ブリッジマナイトの高温高圧下での弾性波速度測定, 第60回高圧討論会, 北海道立道民活動センター, 2019年10月23日-25日

- ◎川添貴章, 白石 圭, 井上 徹, 福岡 宏, 丹下慶範, 1273Kにおけるカンラン石-ウォズリアイトリングウッドライト相関係の再検討, 第60回高压討論会, 北海道立道民活動センター, 2019年10月23日-25日
- 永井隆哉, 大黒正貴, 高倉直樹, 井上 徹, 新名 亨, 高压下におけるCaTiO<sub>3</sub>-CaM<sub>3</sub>+O<sub>2.5</sub>系ペロブスカイトの固溶について, 第60回高压討論会, 北海道立道民活動センター, 2019年10月23日-25日
- T. Sato, Y. Tange, Y. Seto, T. Sekine, N. Ozaki, T. Nishikawa, K. Miyanishi, K. Matsuoka, R. Kodama, T. Togashi, Y. Inubushi, T. Yabuuchi, M. Yabashi, Shock-compressed behavior of quartz by XFEL, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 千葉市, 2019 年 5 月 26 日-30 日.
- 山本あかね, 佐藤友子, 船守展正, 若林大佑, 浦川 啓, 地球内部における水ケイ酸塩流体の構造に関する研究, 第 60 回高压討論会, 札幌市, 2019 年 10 月 23 日-25 日, 参加者約 300 名.
- 丹下慶範, 西原 遊, 瀬戸雄介, 尾崎典雅, 宮西宏併, 佐藤友子, 奥地拓生, 関根利守, 西内俊毅, 犬伏雄一, 衝撃圧縮された多結晶アルミナ中の差応力時間発展, 第 60 回高压討論会, 札幌市, 2019 年 10 月 23 日-25 日, 参加者約 300 名.
- 瀬戸雄介, 佐藤友子, 奥地拓生, 丹下慶範, 尾崎典雅, 衝撃圧縮下における XFEL 回折パターン解析手法の開発, 第 60 回高压討論会, 札幌市, 2019 年 10 月 23 日-25 日, 参加者約 300 名.
- 尾崎典雅, 丹下慶範, 中島彰吾, ALBERTAZZ Bruno, FAENOV Anatloy, HARTLEY Nicholas, 犬伏雄一, 片桐健登, KOENIG Michel, 松岡健之, 松山智至, 宮西宏併, 奥地拓生, PIKUZ Tatiana, 坂田修身, 佐藤友子, 関根利守, 瀬戸雄介, 田中和夫, 富樫 格, 矢橋牧名, 藪内俊毅, 山内和人, 兒玉了祐, XFEL を用いた衝撃誘起ナノ多結晶化プロセスの直接観察, 第 60 回高压討論会, 札幌市, 2019 年 10 月 23 日-25 日, 参加者約 300 名.
- 尾崎典雅, 梅田悠平, 佐藤友子, ALBERTAZZ Bruno, BENUZZI MOUNAIX Alessandra, BOLIS Riccardo, GUARGUAGINI Marco, 片桐健登, 兒玉了祐, KOENIG Michel, 宮西宏併, 森岡慎太郎, 西川豊人, 大井修吾, RAVASIO Alessandra, 坂和洋一, 佐野孝好, 関根利守, ショックユゴニオとリリース計測による珪酸塩鉱物の液体金属状態に関する研究, 第 60 回高压討論会, 札幌市, 2019 年 10 月 23 日-25 日, 参加者約 300 名.
- 大野圭太, 仲条一輝, 林 純一, 葛谷俊博, 関根ちひろ, 武田圭生, 濱中 泰, 若林大佑, 佐藤友子, 船守展正, AgInS<sub>2</sub> ナノ粒子の高压下発光特性と構造, 第 60 回高压討論会, 札幌市, 2019 年 10 月 23 日-25 日, 参加者約 300 名.
- 仲条一輝, 大野圭太, 林 純一, 葛谷俊博, 関根ちひろ, 武田圭生, 濱中 泰, 若林大佑, 佐藤友子, 船守展正, CuInS<sub>2</sub> ナノ粒子の高压下光学特性と構造, 第60回高压討論会, 札幌市, 2019年10月23日-25日, 参加者約300名
- 池田亮平, 須田直樹, Triggered tremors and stress perturbations due to surface waves, 日本地球惑星科学連合2019年大会, 幕張メッセ, 2019年5月26日-30日, 参加者約8400名.
- 功刀龍一, 須田直樹, Time series analyses of amplitude of the Earth's background free oscillations, 日本地球惑星科学連合2019年大会, 幕張メッセ, 2019年5月26日-30日, 参加者約8400名.
- 北 佐枝子, Heidi Houston, 田中佐千子, 浅野陽一, 澁谷拓郎, 須田直樹, 紀伊半島下フィリピン海スラブ内におけるスロースリップ発生前後の地震活動度、応力場、およびb値の変化,

日本地球惑星科学連合2019年大会，幕張メッセ，2019年5月26日-30日，参加者約8400名。  
 功刀龍一，須田直樹，常時地球自由振動の振幅の時系列解析，日本地震学会2019年大会，京都市，2019年9月16日-18日，参加者約800名。  
 北 佐枝子，Heidi Houston，田中佐千子，浅野陽一，澁谷拓郎，須田直樹，Interactions between the intraslab earthquakes and episodic slow slips beneath Kii Peninsula controlled by fluid migration，日本地震学会2019年大会，京都市，2019年9月16日-18日，参加者約800名。  
川添貴章，大平 格，石井貴之，鈴木昭夫，大谷栄治， $\delta$ -(Al,Fe)OOH単結晶の高圧合成。日本鉱物科学会2019年年会，福岡市，2019年9月20日-22日。  
Kawazoe T., Heidelberg F., Miyajima N., and Ishii T., Cool lower mantle transition zone inferred from seismic anisotropy of deformed ringwoodite. 日本地球惑星科学連合2019年大会，千葉市，2019年5月26日-30日。  
 Kimura S., Ohta K., Kawazoe T., Hirose K., Kagi H., and Yagi T., Lattice thermal conductivity of wadsleyite and ringwoodite at the mantle transition zone pressures. 日本地球惑星科学連合2019年大会，千葉市，2019年5月26日-30日。  
 Satta N., Marquardt H., Kurnosov A., Boffa Ballaran T., Buchen J., McCammon C., and Kawazoe T., Single crystal elasticity of Fe-bearing phase E by Brillouin spectroscopy. 日本地球惑星科学連合2019年大会，千葉市，2019年5月26日-30日。  
 金子岳郎，中久喜伴益，亀山真典，岩森 光，Water transport and mixing in the whole-mantle scale convection，地球惑星科学連合 2019年大会（千葉市），2019年5月30日  
 阿部なつ江，岡崎啓史，片山郁夫，畠山航平，赤松祐哉，ICDPオマーン掘削研究パーティ，オマーン掘削、海域掘削から見てきた海洋モホの岩相構造と物性構造，InterRidge-Japan研究集会，東京大学大気海洋研究所，2019年11月25日  
 赤松祐哉，片山郁夫，利根川貴志，海洋モホ面の多様性に対するクラックの影響，InterRidge-Japan研究集会，東京大学大気海洋研究所，2019年11月25日  
 長瀬薫平，片山郁夫，横山 正，畠山航平，赤松祐哉，岡崎啓史，阿部なつ江，道林克禎，ハードロック掘削における空隙率測定法の改良：オマーンオフィオライト陸上掘削試料の例，InterRidge-Japan研究集会，東京大学大気海洋研究所，2019年11月25日  
 畠山航平，片山郁夫，阿部なつ江，岡崎啓史，オマーンオフィオライト陸上掘削試料における弾性波速度の圧力依存性Pressure dependence of elastic wave velocity in core samples collected from Oman Drilling Project，InterRidge-Japan研究集会，東京大学大気海洋研究所，2019年11月25日  
 畠山航平，片山郁夫，阿部なつ江，岡崎啓史，The Oman DrillingProject Science Party，オマーンオフィオライト掘削試料の弾性波速度測定に基づくオフィオライト層序の速度構造の推定，日本地質学会年会（山口），2019年9月24日  
 阿部なつ江，岡崎啓史，片山郁夫，畠山航平，赤松祐哉，ICDP オマーン・オフィオライト掘削コア試料「ちきゅう」船上計測の岩石物性測定結果：特にPhase II における古モホ面掘削について，日本地質学会年会（山口），2019年9月24日  
片山郁夫，阿部なつ江，畠山航平，赤松祐哉，岡崎啓史，Ulven Ole Ivar, Hong Gilbert, Zhu Wenlu, Cordonnier Benoit, 道林克禎, Godard Marguerite, Kelemen Peter, The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party, ちきゅう船上で



- の比抵抗測定に基づくオマーン掘削プロジェクトでの浸透率プロファイル, 日本鉱物科学  
 会年会 (福岡), 2019年9月21日
- 赤松祐哉, 片山郁夫, 利根川貴志, クラックの発生頻度の違いによる海洋モホ面での地震波  
 不連続性, 日本鉱物科学会年会 (福岡), 2019年9月21日
- 阿部なつ江, 岡崎啓史, 片山郁夫, 畠山航平, 赤松祐哉, オマーン掘削プロジェクトサイエ  
 ンスパーティー, 海洋下部地殻～モホ遷移帯における加水作用と岩石物性変化について:  
 ICDPオマーン掘削コア試料の「ちきゅう」船上計測結果, 日本鉱物科学会年会 (福岡),  
 2019年9月21日
- I. Katayama, K. Yamada, K. Zaima, Attenuation of seismic wave in water-saturated granite during triaxial  
 deformation. 2019年地球惑星科学連合大会 (幕張), 2019年5月26日
- M. Otsubo, A. Miyakawa, I. Katayama, K. Okazaki, Inhomogeneous conduit across slab controlled by  
 intraslab stress heterogeneity in the Nankai subduction zone. 2019年地球惑星科学連合大会 (幕張),  
 2019年5月30日
- 田中仁貴, 片山郁夫, クラックを含んだ庵治花崗岩のせん断試験におけるS波偏向異方性の測  
 定 2019年地球惑星科学連合大会 (幕張), 2019年5月29日
- 山田恵也, 澤山和貴, 片山郁夫, サーマルクラックの入った花崗岩における間隙水圧の弾性波  
 減衰への影響 2019年地球惑星科学連合大会 (幕張), 2019年5月26日
- 岡崎啓史, 片山郁夫, 山口飛鳥, 半遠洋性堆積物の続成作用に伴う摩擦・透水特性の変化 2019  
 年地球惑星科学連合大会 (幕張), 2019年5月29日
- 植村美優, 伊藤喜宏, 片山郁夫, 二軸摩擦試験機によるSlide-Hold-Slide実験中の反射波と透過  
 波の時間変化 2019年地球惑星科学連合大会 (幕張), 2019年5月29日
- 末吉和公, 横山 正, 片山郁夫, サーマルクラックを含む花崗岩の輸送間隙径の測定と浸透率  
 との関係性 2019年地球惑星科学連合大会 (幕張), 2019年5月30日
- 赤松祐哉, 片山郁夫, かんらん岩とはんれい岩の脆性変形に伴う地震波速度の変化 2019年地  
 球惑星科学連合大会 (幕張), 2019年5月28日
- 松岡友希, 片山郁夫, 野口里奈, 臼井寛裕, 火星における水および粘土鉱物の傾斜角に対する  
 影響 2019年地球惑星科学連合大会 (幕張), 2019年5月27日
- 畠山航平, 片山郁夫, 阿部なつ江, The Oman Drilling Project Phase II Science Party Oman Drilling  
 Project Phase IIから採取されたハルツバージャイトの高圧条件下における地震波異方性  
 2019年地球惑星科学連合大会 (幕張), 2019年5月28日
- 木村光佑, 片山郁夫, 畠山航平, 赤松祐哉, 阿部なつ江, 岡崎啓史, The Oman Drilling Project  
 Phase II Science Party オマーンオフィオライト陸上掘削CM1Aサイトから得られた斑れい岩  
 類の変質度と弾性波速度との関係 2019年地球惑星科学連合大会 (幕張), 2019年5月28日
- 道林克禎, 柿畑優季, 片山郁夫, 岡本 敦, 岡崎啓史, P. Kelemen, 高澤栄一, D. Teagle, Oman  
 Drilling Project Phase 2 Science Party ちきゅう船上のXCTデータによる超マフィック岩の構造  
 解析 2019年地球惑星科学連合大会 (幕張), 2019年5月28日
- 片山郁夫, 岡崎啓史, 阿部なつ江, U. Ole Ivar, H. Gilbert, Z. Wenlu, C. Benoit, 畠山航平, 赤  
 松祐哉, 道林克禎, G. Marguerite, P. Kelemen, The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party  
 比抵抗の測定に基づくオマーン掘削プロジェクトでの浸透率プロファイル 2019年地球惑星  
 科学連合大会 (幕張), 2019年5月28日



岡崎啓史, 阿部なつ江, 畠山航平, 赤松祐哉, 片山郁夫, 高澤栄一, Damon Teagle, Peter Kelemen, Jude Coggon, The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party Physical property of the fossilized crust-mantle transition zone from ICDP Oman Drilling Project Hole CM1A and CM2B measured onboard D/V Chikyu 2019年地球惑星科学連合大会 (幕張), 2019年5月28日

阿部なつ江, 岡崎啓史, 片山郁夫, 畠山航平, 赤松祐哉, I. Benoit, U. Ole, H. Gilbert, Z. Wenlu, C. Benoit, 道林克禎, 高澤栄一, H. Michell, T. Damon, ケレメン ピーター, G. Marguerite, M. Jurg, C. Jude, Science Party The Oman Drilling Project Overview of the physical property measurements, Chikyu Oman 2017 and 2018: Crust and Mantle sections from ICDP Oman Drilling Project Phase I and II 2019年地球惑星科学連合大会 (幕張), 2019年5月28日

阿部なつ江, 岡崎啓史, 片山郁夫, 畠山航平, 赤松祐哉, I. Benoit, O. Ulven, H. Gilbert, Z. Wenlu, C. Benoit, 道林克禎, 高澤栄一, H. Michell, T. Damon, ケレメン ピーター, G. Marguerite, M. Jurg, C. Jude, Scientific Party Oman Drilling Project Physical properties of the Moho TZ: Implications from ICDP Oman Drilling Project Phase I & II on-board measurements 2019年地球惑星科学連合大会 (幕張), 2019年5月28日

#### 1-4-3. 各種研究員と外国人留学生の受入状況

芳川雅子 2018年4月～: 柴田知之 (研究員)

Sarkar Dyuti Prakash (インド) 2016年10月～2020年9月予定: 安東淳一 (博士課程後期学生)

Bidisha dey (インド) 2017年10月～2021年3月予定: 柴田知之 (博士課程後期学生)

#### 1-4-4. 研究助成金の受入状況

##### 競争的資金の取得実績

安東淳一 (2件)

- ・ JSPS-DST 二国間交流事業共同研究 相手国: インド (DST) (2019-2020), 地殻短縮と地震発生  
の素過程を記録する断層帯の構造と変形機構の解明
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究 (研究領域提案型) (2015-2019) (分担): 核マ  
ントル物質の動的挙動

宮原正明 (4件)

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B) (2018-2021) (代表): ガス惑星の大移動は生まれ  
たての S 型小惑星を破壊したのか?
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (S) (2015-2019) (分担): 地球核の最適モデルの創出  
(研究代表: 東北大学 大谷栄治)
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (S) (2018-2022) (分担): マントル遷移層スラブの軟  
化と深発地震に関する実験的研究 (研究代表: 九州大学 久保友明)
- ・ 国立極地研究所一般共同研究 (2019-2021) (代表): インパクトが引き起こす物質進化  
と天体進化の解明

白石史人 (3件)

- ・科学研究費補助金 挑戦的研究(萌芽) (2018-2019) (代表) : マンガン団塊の古細菌成因説を検証する
- ・科学研究費補助金 国際共同研究強化(B) (2018-2021) (分担) : エディアカラの海での気候激変と動物進化の因果関係の解明
- ・科学研究費補助金 基盤研究(B) (2019-2021) (分担) : 最先端 X 線分光法を駆使した水田土壌表層へのヒ素濃集機構の解明と土壌修復への応用

片山郁夫 (3 件)

- ・科学研究費補助金 基盤研究(A) (分担) : 沈み込むプレートの変形に伴う水と熱の流動過程の研究:沈み込み帯へのインプット解明
- ・科学研究費補助金 基盤研究(B) (分担) : 記載岩石学的特徴を加味した岩石物性計測:モホ面構造解析への寄与
- ・科学研究費補助金 新学術領域研究(研究領域提案型) (分担) : スロー地震の地質学的描像と摩擦・水理特性の解明

井上 徹 (4 件)

- ・科学研究費補助金 基盤研究(A) (代表) : 下部マントルへの水の運搬とその貯蔵能力の解明
- ・科学研究費補助金 国際共同研究加速基金(国際共同研究強化(B)) (代表) : 先進的高温高压実験技術と弾性波速度測定技術を組み合わせた地球深部物質探索
- ・科学研究費補助金 新学術領域研究(研究領域提案型) (分担) : 核一マントル物質の構造と物性
- ・科学研究費補助金 基盤研究(B) (分担) : 超高压高温変形実験によるマントル遷移層鉱物の粘性率測定

佐藤友子 (2 件)

- ・科学研究費補助金 基盤研究(B) (代表) : レーザー動的圧縮と X 線自由電子レーザーの組み合わせによる超高密度ケイ酸塩相の探索
- ・科学研究費補助金 国際共同研究加速基金(国際共同研究強化(B)) (分担) : 先進的高温高压実験技術と弾性波速度測定技術を組み合わせた地球深部物質探索

川添貴章 (3 件)

- ・科学技術人材育成費補助金 卓越研究員事業 卓越研究員の研究費, 研究環境整備費 (代表) : 放射光高温高压変形実験によるマントル遷移層・下部マントルの粘性率の決定
- ・科学研究費補助金 基盤研究(B) (代表) : 超高压高温変形実験によるマントル遷移層鉱物の粘性率測定
- ・科学研究費補助金 国際共同研究強化(B) (分担) : 先進的高温高压実験技術と弾性波速度測定技術を組み合わせた地球深部物質探索

## その他の研究助成金取得実績

早坂康隆 (4 件)

- ・奨学寄付金 2 件 (特定非営利活動法人 地球年代学ネットワーク, いいいジオ)

柴田知之 (1 件)

- ・奨学寄附金 (九電産業株式会社)

井上 徹 (2 件)

- ・広島大学 2019 年度研究大学強化促進事業 (プレート収束域の物質科学研究拠点)
- ・特別研究員奨励費「高圧含水鉱物の安定領域への AI の影響および地球内部への水の輸送」 (代表者徐超文 (D3))

### 全国共同利用実績

星野健一 : 岡山大学固体地球物質科学研究センター共同利用, 塩水の有効誘電率

宮原正明 : 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター, 国立極地研究所, 高エネルギー加速器研究機構, 分子科学研究所, SPring-8.

白石史人 : 高エネルギー加速器研究機構

井上 徹 : 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター

須田直樹 : 東京大学地震研究所特定共同研究(A), 陸域広帯域地震観測による深部スロー地震の活動様式解明

中久喜伴益 : 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター

川添貴章 : SPring-8 利用研究, 愛媛大学先進超高压科学研究拠点共同研究

佐藤友子 : 高エネルギー加速器研究機構, 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター, X線自由電子レーザー施設 SACLA

### 1-4-5. 学界ならびに社会での活動

安東淳一 : 日本鉱物科学会理事, 日本鉱物科学会研究奨励賞選考委員会委員, 日本鉱物科学会論文賞選考委員会委員, 地学オリンピック地区コーディネータ

早坂康隆 : 日本地質学会理事, 日本地質学会西日本支部・支部長, 地学団体研究会全国運営委員, 三原市久井の岩海保存策定委員会専門委員

星野健一 : 資源地質学会評議員, Resource Geology 編集委員, 広島県職業能力開発協会技能検定委員

白石史人 : 日本地質学会代議員, 日本地質学会西日本支部幹事, 日本地球掘削科学コンソーシアムIODP部会科学推進専門部会委員

宮原正明 : 一般社団法人日本鉱物科学会・岩石鉱物科学編集委員

須田直樹 : 日本地震学会代議員

片山郁夫 : 日本地球惑星連合評議委員, 日本地球惑星連合セクションボード (固体地球), 日本鉱物科学会行事委員 (副委員長), Scientific Reports Editorial Board

井上 徹 : 日本学術会議 地球惑星科学委員会地球惑星科学国際連携分科会IMA小委員会委員, 高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所放射光共同利用実験審査委員会 委員, SPring-8利用研究課題審査委員会分科会レフェリー, J-PARC MLF一般公募課題書面審査委員, 日本鉱物科学会理事, Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, Associate Editor, 日本鉱物科学会国際誌JMPS編集委員会 委員, 日本鉱物科学会将来企画委員会 委員, 日本鉱物科学会渉外委員会 委員, 日本鉱物科学会 element委員会 委員, 日本鉱物科学会会計問題WG 委員長, 日本鉱物科学会学会賞

選考委員会 委員，日本鉱物科学会JMPS学生論文賞選考委員会 委員，日本鉱物科学会論文賞選考委員会 委員長，日本鉱物科学会会長・副会長候補者推薦委員会選出委員会 委員，国際鉱物学会：International Mineralogical Association (IMA) Commission of Physics of Minerals Vice Chair，日本地球惑星科学連合固体地球セッション「地球内部科学小委員会」委員，日本鉱物科学会2019年年会「高圧科学・地球深部」セッションコンビナー

佐藤友子 : PFユーザアソシエーション運営委員

柴田知之 : 日本質量分析学会同位体比部会世話人

## 1-5 その他特記事項

該当無し

## 2 地球惑星システム学科

### 2-1 学科の理念と目標

地球惑星システム学科では、地球惑星進化素過程の解明と地球環境の将来像の予測を中心に、研究・教育活動を行う。具体的には、太陽系の進化、地球の生成と進化、地球内部構造とダイナミクス、地球環境の変遷、物質循環、地下資源、自然災害、環境問題など、幅広い分野の課題について学び、当学科で教育を受けた学生は、社会の広い分野で有用な貢献をなしうる人材として巣立っていくことを目標にする。

### 2-2 学科の組織

[教員]

(教 授) 安東淳一, 井上 徹, 片山郁夫, 柴田知之, 須田直樹, 藪田ひかる

(准 教 授) 佐藤友子, DAS Kaushik, 早坂康隆, 星野健一, 宮原正明

(助 教) 大川真紀雄, 川添貴章, 白石史人, 中久喜伴益, Chakraborti Tushar Mouli

(育成)

[事務職員]

伊藤暁子, 高橋栄美, 三好倫子

[教職員の異動]

平成 31 年 4 月 1 日: 藪田ひかる 教授 昇任

令和元年 8 月 1 日: Chakraborti Tushar Mouli 育成助教 着任

### 2-3 学科の学士課程教育

#### 2-3-1. アドミッション・ポリシーとその目標

地球惑星システム学科では、基礎学力があり、地球・惑星科学の諸分野に対して強い探究心と知的好奇心にあふれ、自然の摂理を探究しようとする目的意識と積極性を有する学生を求めている。1 学年の定員は 24 名である。本学科では、(1) 自然現象に強い興味を抱き、目的意識を持って積極的に学ぶ意欲のある学生、(2) 広い視野を持ち、地球・惑星科学、環境科学、自然災害及び資源・エネルギー等の諸分野を通して国際社会において活躍・貢献する意欲のある学生を養成することを目標とする。

#### 2-3-2. 学士課程教育の理念と達成のための具体策

地球惑星システム学科では、太陽系惑星の中でその誕生の歴史や内部構造がもっとも詳しく調べられている「地球」を中心に置き、地質・鉱物学、物理学、化学の分野で構築されてきた理論的・解析的・実験的手法を用い、幅広い教育研究に取り組んでいる。教育の質を向上させるために講義や演習の工夫をし、これらの学問分野の最も基礎になる課題やトピックスを学部 1・2・3 年次の授業で教授する。地球科学に関する素養のない学生でも、興味を持ち理解が深まるように授業計画は工夫され、発展しつつある地球科学のフロンティアのトピックスの紹介まで試みる。一方で、地球科学の基礎を学ぶ上で必要な数学、物理学、化学を 1・2 年次のカリキ

ュラムに沿って着実に履修することを促す。4年次には、学生が最も関心を持っている課題を研究しているグループを選び、卒業研究に取り組む。

### 2-3-3. 学士課程教育の成果とその検証

#### 2-3-3-1. 教育内容

末尾の資料2および3に、学部生用の学部生履修要領および履修表を示した。履修表から分かる通り、地球惑星システム学科の教育課程は段階的であるので、1・2・3年次の各学年での教育成果は、次年度の授業で反映され、検証される。最終的な教育成果は4年次の卒業研究の遂行と卒業論文の執筆により検証される。

#### 2-3-3-2. 進学・就職状況

令和元年度の卒業生27名のうち、進学等は13名であり、その内訳は本研究科先進理工系科学研究科（地球惑星システム学プログラム）進学者11名、研究生1名、他大学の大学院進学者2名となっている。就職は13名で、株式会社ITC、福助工業株式会社、株式会社中国新聞社、住友不動産販売株式会社、応用地質株式会社、株式会社四電技術コンサルタント、中電技術コンサルタント株式会社、滋賀県、静岡県、岡山県、大分市立坂ノ市中学校、防衛省陸上自衛隊の中国地区所在官署、経済産業省中国経済産業局となっている。

#### 2-3-4. 卒業論文発表実績

令和元年度9月卒業（3件）

石川 暖：神居古潭帯鷹泊超苦鉄質岩体を構成する蛇紋岩に発達する cleavable olivine の成因  
(The origin of cleavable olivine in serpentinite, Takadomari ultramafic complex, Kamuikotan belt)

白石 圭：1273Kにおける沈み込むスラブ近傍のオリビン-ウォズリアイト-リングウッドイト  
相関係  
(Phase relation of olivine, wadsleyite and ringwoodite around subducting slabs at 1273 K)

橋口 雄太：インド中央構造帯モハコーシャル層群の堆積年代とその地質学的意義  
(Age of sedimentation of Mahakoshal Group in Central India Tectonic Zone and its geological significance)

令和元年度3月卒業（20件）

前田 和総：マントル遷移層から下部マントル最上部で生成する含水マグマと共存固相との  
元素分配  
(Element partitioning between hydrous magma and the coexisting minerals formed in the mantle transition zone and the uppermost lower mantle)

神野 伸：岩手県釜石鉱山産磁鉄鉱の微細組織、組成と磁氣的性質  
(Microstructure, chemical composition and magnetic property of magnetite from Kamaishi mine, Iwate prefecture, Japan)

上出 奏海：Jbilet Winselwan 炭素質コンドライト隕石に含まれる酸不溶性有機物の元素・同位体・化学構造分析



- (Elemental, isotopic and spectroscopic analyses of acid-insoluble organic matter in Jbilet Winselwan carbonaceous chondrite)
- 樹神 洗寿 : マイロナイトを用いた北アルモラ衝上断層の運動像の推定  
(Kinematics of North Almora Thrust from mylonites)
- 太田 明緒 : マントル遷移層条件下で安定な高圧含水鉱物における Al の影響  
(Effect of Al on high pressure hydrous phases stable in the mantle transition zone)
- 佐藤 光 : 変動期前後の花崗岩類の年代 : インド南デリー帯のトランスプレッション年代の考察  
(Age of pre- to late tectonic granitic rocks: Implication to age of transpression in South Delhi Belt, India)
- 宮本 汐理 : マントル遷移層から下部マントル最上部で生成されるマグマの含水量  
(The water content of magma generated in the depth between the mantle transition zone and the uppermost lower mantle)
- 安慶名 泰 : 平尾石灰岩層中の方解石結晶粒成長履歴の考察  
(Study of grain growth history of calcite of Hirao limestone)
- 西浦 裕真 : 浅部超低周波地震と通常地震の波形類似性について  
(On waveform similarity of shallow very low-frequency and regular earthquakes)
- 長瀬 薫平 : オマーンオフィオライト陸上掘削試料の弾性波速度と空隙率同時測定  
(Simultaneous measurement of elastic wave velocity and porosity of drilling samples from Oman ophiolite)
- 荻原 健太 : マントル対流数値シミュレーションプログラムの開発  
(Developing programs for numerical simulation of the mantle convection)
- 秋元 貴幸 : 球状沈殿物の形成における微生物の役割  
(The role of microorganisms in the formation of spherical deposits)
- 山崎 賢 : マントルの温度とコア・地球半径比との関係 : 2次元円筒モデルによる考察  
(Relationship between temperature of the mantle and core-earth radius ratio: consideration using a 2-D cylindrical convection model)
- 川野 晃平 : 硫酸塩水和物“ジャロサイト”の衝撃回収実験  
(Shock recovery experiments of sulfate hydrates - jarosite)
- 眞光 浩亮 : X線回折による高圧下でのモンモリロナイトの構造解析  
(Structural Analysis of Montmorillonite under High-Pressure by X-Ray Diffraction)
- 岩成 隆生 : 月および小惑星起源隕石の微量元素組成について  
(Trace element compositions of meteorites derived from the moon and asteroids)
- 中井 康生 : 秋田県後生掛泥火山堆積物に含まれる生物起源指標分子の探索  
(Search for biomarker molecules from Goshogake mud-volcano sediments, Akita prefecture, Japan)
- 岩水 健一郎 : 韓国の嶺南地塊および沃川帯と日本の舞鶴帯・津和野複合岩体との、ジルコン U-Pb 年代に基づく比較  
(Comparison between Ryeongnam massif and Ogcheon zone, Korea and Tsumano complex of Maizuru terrane, Japan, using zircon U-Pb chronology)

- 藤岡 里帆 : 南海トラフ C0002 掘削地点での摩擦特性の深さプロファイル  
(Depth profile of frictional properties at the Nankai Trough C0002 drilling site)
- 山下 隼 : 島根県津和野地域の舞鶴帯津和野コンプレックスの構造とジルコン U-Pb 年代  
(Geologic structure and zircon U-Pb ages of the Tsuwano complex of Maizuru Terrane, Shimane Prefecture, SW Japan)
- 小澤 建 : 西南日本弧阿武火山群の第四紀火山岩の岩石学的・地球化学的研究  
(Petrological and geochemical study of Quaternary volcanic rocks from Abu volcano group, Southwest Japan Arc)
- 遠地 伽奈 : ブリッジマナイトのレーザー衝撃圧縮実験から考える超高压下のケイ酸塩の状態方程式  
(Hugoniot of silicate under ultra - high pressure by laser shock experiments of Bridgmanite)
- 大上 翔太郎 : 深層学習を用いた深部低周波微動の自動検出  
(Automatic Detection of Deep Low-frequency Tremors Using Deep Learning)
- 中村 綾花 : マンガンの化学種解析に基づく火星表層環境の解明  
(Elucidation of Martian surface environment based on chemical species analysis of manganese)

### 2-3-5. TAの実績

令和元年度の TA : 0 名

資料1 令和元年度大学院生科目履修表

地球惑星システム学専攻（博士課程前期）

授 業 科 目		博士課程前期				履修方法
		単位数	使用言語			
			日本語	英語	日本語・英語	
必修	地球惑星分野融合セミナーI	2			○	三全 ○の 単 位 以 上 科 目 十 九 単 位 及 び 選 択 必 修 か ら 一 科 目 (一 又 は 二 単 位) を 含 む
	地球惑星システム学特別研究	8			○	
	地球惑星ミッドターム演習I(注1)	1			○	
	太陽系進化論	2			○	
	地球史	2			○	
	地球ダイナミクス	2			○	
	断層と地震	2			○	
選択必修	大学院共通授業科目(基礎)(注1)	1 又は 2	/			
	地球内部物質学	2			○	
	東アジアのテクトニクス	2			○	
	資源地質学	2			○	
	岩石レオロジーと変形微細組織	2			○	
	地球惑星物質分析法	2			○	
	地球惑星インターンシップ	1			○	
	国際化演習I	1		○		
	国際化演習II	1		○		
	Earth and Planetary Science	1			○	
	ナノスケール鉱物学に関するインターンシップ	1			○	
	地球惑星物質学セミナー I	4			○	
	地球惑星化学セミナー I	4			○	
	地球惑星物理セミナー I	4			○	
地球惑星システム学特別講義（集中講義）						

- (注1) 1年次生が、「地球惑星ミッドターム演習I」を履修する場合は、担当教員の承認を得ること。
- (注2) 選択必修から、1科目(1又は2単位)を超えて履修した場合は、(注3)により特別に認めた場合を除き、修了要件の単位には加えられない。
- (注3) 必修、選択必修(1科目)及び選択以外の次に示す科目を履修した場合は、地球惑星システム学専攻の承認を得て6単位まで、修了要件に加えることができる。
- ・ 選択必修から、1科目を超えて履修した科目
  - ・ 理学研究科の他専攻の授業科目
  - ・ 共同セミナー
  - ・ 理学研究科以外の他研究科等の授業科目

資料1 (つづき)

地球惑星システム学専攻 (博士課程後期)

授 業 科 目		博士課程後期				履修方法
		単位数	使用言語			
			日本語	英語	日本語・英語	
必修	地球惑星分野融合セミナーⅡ	2			○	この中から全ての必修科目は博士課程前期において履修していない科目を履修すること
	地球惑星システム学特別研究	12			○	
	地球惑星ミッドターム演習Ⅱ	1			○	
選択	太陽系進化論	2			○	
	地球史	2			○	
	地球ダイナミクス	2			○	
	断層と地震	2			○	
	地球内部物質学	2			○	
	東アジアのテクトニクス	2			○	
	資源地質学	2			○	
	岩石レオロジーと変形微細組織	2			○	
	地球惑星物質分析法	2			○	
	地球惑星インターンシップ	1			○	
	国際化演習Ⅲ	1		○		
	国際化演習Ⅳ	1		○		
	Earth and Planetary Science	1			○	
	ナノスケール鉱物学に関するインターンシップ	1			○	
	地球惑星物質学セミナーⅠ	6			○	
地球惑星化学セミナーⅠ	6			○		
地球惑星物理セミナーⅠ	6			○		
理学研究科以外の他研究科等の開設科目で、地球惑星システム学専攻において認めたもの						

注) 選択科目は博士課程前期において履修していない科目を受講すること。

## 地球惑星システム学プログラム履修要領

科目の履修に当たっては、次の諸点に注意すること。

- 1 学問の修得は、順序立てて、基礎から積み上げていくことによって、より効果的になされうるものである。従って、授業科目は履修表に定められた年次に修得すること。
- 2 「学生教育研究災害傷害保険」及び「学生教育研究賠償責任保険」等に加入している必要がある（平成 22 年度以降の 1 年次入学生は、大学負担により「学生教育研究災害傷害保険」のみ 4 年分加入済）。
- 3 すべての「教職に関する科目」は、卒業の要件として修得すべき単位（以下、卒業要件単位）に算入することができない。
- 4 卒業研究(7, 8 セメスター)を履修するためには、卒業要件単位 128 単位のうち、「地球惑星システム学実習 A」及び「地球惑星システム学実習 B」を含めて 108 単位以上を修得していなければならない。  
「地球惑星システム学実習 A」の履修のためには、「構造地質学」及び「岩石学演習」の単位を取得する必要がある。
- 5 「専門基礎科目」及び「専門科目」要修得単位数 84 を充たすためには、必修科目 52 単位及び選択必修科目 24 単位を修得することに加えて、選択必修科目及び自由選択科目から 8 単位以上を修得することが必要である。
- 6 『専門科目』の「地球惑星システム学特別講義」は、一定期間（5 セメスター以降）に集中形式で開講される。

付記 この履修要領は、令和元年度入学生から適用する。

資料3 令和元年度学部生科目履修表

# 地球惑星システム学プログラム履修表

履修に関する条件は、地球惑星システム学プログラム履修要領に記載されているので注意すること。

この表に掲げる授業科目の他、他プログラム・他学部又は他大学等で開講される授業科目を履修することができ、地球惑星システム学プログラム担当教員会が認めるものについては、修得した単位を卒業要件の単位に算入することができる。

※ 本プログラムに加えて所定の単位(詳細は学生便覧を参照のこと)を修得すれば、中学校教諭一種免許状(理科)、高等学校教諭一種免許状(理科)、測量士補、学芸員となる資格の取得が可能である。

## (教養教育)

区分	科目区分	要修得単位数	授業科目等	単位数	履修区分	標準履修セメスター (下の数字はセメスターを示す) (注1)														
						1年次		2年次		3年次		4年次								
						前	後	前	後	前	後	前	後							
		1	2	3	4	5	6	7	8											
教養教育科目	平和科目	2	「平和科目」から	各2	選択必修	○														
	大学教育基礎科目	2	大学教育入門	2	必修	②														
		2	教養ゼミ	2	必修	②														
		領域科目	8	「領域科目」から (注2)	1又は2	選択必修	○	○	○	○										
	外国語科目	英語 (注3)	コミュニケーション基礎 (注4)	(0)	コミュニケーション基礎 I	1	自由選択	○												
					コミュニケーション基礎 II	1	自由選択		○											
			コミュニケーション I	2	コミュニケーション I A	1	必修	①												
					コミュニケーション I B	1	必修	①												
		コミュニケーション II	2	コミュニケーション II A	1	必修			①											
			コミュニケーション II B	1	必修			①												
	コミュニケーション III	2	コミュニケーション III A	1	選択必修				○	○										
			コミュニケーション III B	1					○	○										
		初級外国語 (ドイツ語, フランス語, スペイン語, ロシア語, 中国語, 韓国語, アラビア語のうちから1言語選択)	2	「ベーシック外国語 I」から2単位	各1	選択必修	○													
		情報科目	2	情報活用演習	2	必修	②													
		健康スポーツ科目	2	「健康スポーツ科目」から	1又は2	選択必修	○	○												
	社会連携科目 (注5)	(0)	「社会連携科目」から	1又は2	自由選択	○	○													
基礎科目			微分積分学I	2	選択必修	○														
			微分積分学II	2			○													
			線形代数学I	2		○														
			線形代数学II	2			○													
			統計データ解析	2		○														
				物理学実験法・同実験 I	1	選択必修			○											
				物理学実験法・同実験 II	1			○												
				化学実験法・同実験 I	1				○											
				化学実験法・同実験 II	1				○											
				生物学実験法・同実験 I	1				○											
生物学実験法・同実験 II	1			○																
地学実験法・同実験 I	1	○																		
地学実験法・同実験 II	1	○																		
教養教育科目小計			34																	

- (注1) 記載しているセメスターは標準履修セメスターを表している。当該セメスター以降の同じ開設期(前期又は後期)に履修することも可能であるが、授業科目により開設期が異なる場合やターム科目として開講する場合がある。(注)履修年度のシラバス等により確認すること。
- (注2) 『人文社会科学系科目群』から4単位、『自然科学系科目群』から4単位修得する必要がある。教育職員免許状の取得を希望する場合は、『人文社会科学系科目群』の「日本国憲法」が必修であることに留意すること。  
『人文社会科学系科目群』で必要な単位には、『外国語科目』の「コミュニケーション上級英語」、「インテンシブ外国語」及び「海外語学演習(ドイツ語, フランス語, スペイン語, ロシア語, 中国語, 韓国語)」の履修により修得した単位を算入することができる。
- (注3) 短期語学留学等による「英語圏フィールドリサーチ」又は自学自習による「オンライン英語演習・I・II」の履修により修得した単位を『コミュニケーション I・II・III』の要修得単位として算入することができる。  
外国語技能検定試験による単位認定制度もある。詳細については、学生便覧に記載の教養教育の英語に関する項及び「外国語技能検定試験等による単位認定の取扱いについて」を参照すること。
- (注4) 修得した「コミュニケーション基礎 I」及び「コミュニケーション基礎 II」の単位については、『科目区分を問わない』に算入することができる。
- (注5) 修得した『社会連携科目』の単位については、『科目区分を問わない』に算入することができる。

※以下、次頁「専門教育」に関する注意事項

- (注6) 「専門基礎科目」及び「専門科目」要修得単位数84を充たすためには、必修科目52単位及び選択必修科目24単位を修得することに加えて、選択必修科目及び自由選択科目から8単位以上を修得することが必要である。
- (注7) 「地球惑星システム学実習A」の履修のためには、「構造地質学」及び「岩石学演習」の単位を取得する必要がある。
- (注8) 「卒業研究」を履修するためには、卒業要件単位128単位のうち、「地球惑星システム学実習A」及び「地球惑星システム学実習B」を含めて108単位以上を修得していなければならない。
- (注9) 「測量学」は隔年に集中形式で開講される。
- (注10) 「地球惑星システム学特別講義」は、一定期間(5セメスター以降)に集中形式で開講される。
- (注11) 卒業要件単位数は128であるので、各科目区分の要修得単位数(教養教育科目34単位, 専門教育科目84単位 合計118単位)に加えて、教養教育科目及び専門教育科目の科目区分を問わず、さらに10単位以上修得することが必要である。  
ただし、以下の科目の単位は含まない。「教職に関する科目」及び「教科に関する科目」の詳細は、学生便覧に記載の「教育職員免許状の取得について」の修得必要単位一覧表を参照すること。  
・8単位を超過して修得した「領域科目」  
・全ての「教職に関する科目」  
・『教科に関する科目』のうち、「物理学実験A」、「化学実験A」、「生物学実験A」及び「地学実験A」  
・他学部他プログラム等が開講する「専門基礎科目」及び「専門科目」(地球惑星システム学プログラム担当教員会が認めるものを除く)



資料3 (つづき)

(専門教育)

区分	科目区分	要修得 単位数	授業科目等	単 位 数	履修区分	標準履修セメスター (下段の数字はセメスターを示す) (注1)																		
						1年次		2年次		3年次		4年次												
						前	後	前	後	前	後	前	後											
専 門 教 育 科 目	専門基礎科目	19	物理学概説A	2	必 修	②																		
			化学概説A	2		②																		
			生物科学概説A	2		②																		
			地球惑星科学概説A	2		②																		
			地球科学野外巡検A	1		①																		
			地球テクトニクス	2			②																	
			地球惑星科学概説B	2			②																	
			地球惑星物質学	2				②																
			構造地質学	2					②															
			地球惑星科学英語 I	2						②														
			2 以上	2 以上		数学概説	2	選 択 必 修	○															
						情報数理概説	2			○														
						物理学概説B	2			○														
						化学概説B	2			○														
						生物科学概説B	2			○														
			上記5科目から1科目2単位以上																					
			2 以上	84 (注6)		33	層相進化学	2	必 修			②												
							地球惑星内部物理学I	2				②												
							固体地球化学 I	2				②												
	結晶光学演習	1						①																
	地球惑星物質学演習A	1						①																
	地球惑星内部物理学 II	2								②														
	資源地球科学	2								②														
	岩石学	2								②														
	岩石学演習	1								①														
	資源地球科学演習I	1								①														
	地球科学野外巡検B	1								①														
	地球惑星科学英語II	2										②												
	地球惑星システム学実習A (注7)	4										④												
	地球惑星システム学実習 B	2										②												
	卒業研究 (注8)	各4															④	④						
	2 以上	2 以上			先端数学	2	選 択 必 修					○												
					先端物理学	2				○														
					先端化学	2							○											
					先端生物学	2							○											
					先端地球惑星科学	2								○										
	上記5科目の「先端理学科目」から1科目2単位以上																							
	20 以上	20 以上			20 以上	アストロバイオロジー	2	選 択 必 修						○										
						地球惑星物質学演習B	1				○													
						地層学	2				○													
						宇宙科学演習	1				○													
						地球惑星内部物理学A	2						○											
						固体地球化学 II	2						○											
						熱水地球化学	2						○											
						太陽系物質進化学	2						○											
						資源地球科学演習II	1						○											
						地球惑星内部物理学演習 A	1						○											
						岩石変形学	2							○										
						地球惑星内部物理学B	2								○									
			宇宙地球化学	2									○											
			岩石レオロジー	2									○											
			地球惑星内部物理学演習 B	1									○											
			「地球惑星システム学特別講義」(注10)											○	○	○	○							
	測量学 (注9)	2												←	○	→								
	地球惑星システム学インターンシップ	1							○															
	理学部他プログラムで開講される「専門基礎科目」及び「専門科目」の授業科目					自由選択	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
	科目区分を問わない		10	(注11)			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
	合計		128																					

VI 数理分子生命理学専攻  
・数理生命科学プログラム



# 1 数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラム

## 1-1 専攻・プログラムの理念と目標

数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラムでは、生命科学と数理科学の融合的研究教育を推進することを目標として掲げている。複雑な自然現象、特に生命体における一連の物質情報交換システムなどを含む複雑系の現象に焦点を当て、理学諸分野との協力のもとにその系統的解析を行う。これによって得られる現象の数理的認識を数理科学的モデルとして定式化し、数値シミュレーション法や新しいデータ集積・解析法を適用して、論理的・統合的に研究を体系化して、生命現象や自然現象を支配する基本法則を解明していくことを目指す。このような学問領域は、今後飛躍的に重要性が増す分野であり、本専攻・プログラムの存在は基礎科学の発展に大きく貢献するとともに、単なる学問上の意義だけに止まらず、新しい社会のニーズにも応えていくものである。

## 1-2 専攻・プログラムの組織と運営

### 【1】数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラムの組織

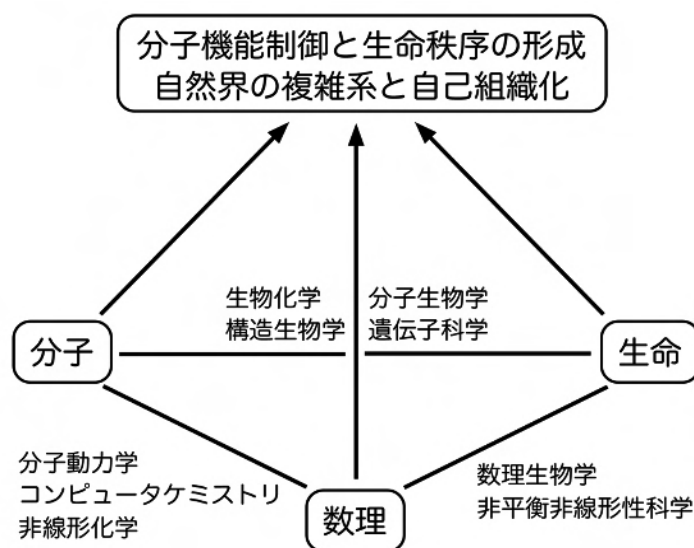
#### 数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラムの概要

数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラムは、生命現象に焦点を当て、生命科学・分子化学・数理科学の融合による新しい学問領域の創成と教育を目的として平成11年4月に全国に先駆けて設置された。平成31年4月に統合生命科学研究科が創設され、数理生命科学プログラムとして更に幅広い生命科学諸分野と連携することでその教育課程を発展させている。本専攻・プログラムは生物系、化学系の実験グループと数理系の理論グループから構成され、生命現象に対し分子、細胞、個体のそれぞれのレベルでの多角的な実験的研究と、計算機シミュレーションや理論的研究によって、生命現象とその関連分野を多面的かつ統合的に解明していくことを目標にしている。

本専攻・プログラムは生物系と化学系の研究グループが属する「生命理学講座」と数理系研究グループが属する「数理計算理学講座」の二つの基幹大講座からなる。学生定員は博士課程前期23名、後期課程11名である。本専攻は幅広い分野からの学生募集をするので、入学する学生は、数学、物理学、化学、生物学、薬学、農芸化学など様々な分野で学部教育を受けた者であり、生命現象の解明に対してもそれぞれ異なる視点や研究方法を持っている。そこで、博士課程前期では、学生が生命科学の諸問題や学際研究の重要性を認識するために、生命科学と数理科学に共通する入門講義、ついで、分子生物学、化学、数理科学の基礎を体系的に編成した専門基礎講義、さらに各研究グループによる先端的な専門講義を段階的に行う。また、学生に入学当初から各研究グループの第一線の研究活動に加わってもらうことによって新しい研究領域への理解と興味を促す。これによって、高い専門知識のみならず、多分野の知識の組み合わせや視点をかえて発展させる能力の育成を図る。博士課程後期では、多面的な視点から創造的な研究活動が行えるように配慮し、独立した研究者としてこの新しい分野の発展を担うことのできる人材や、高度な社会的ニーズに応えることのできる創造力のある人材の育成を目指す。

本専攻・プログラムの目的の一つは、生命を統合的に研究していくと同時に、関係するいろいろな考え方や方法論を身に付けた若い人材を育てることである。生命に対して、広い視野を持って挑戦しようという意欲のある学生諸君の入学を期待する。

## 数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラム概念図



## 数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラムの組織

### 【生命理学講座】

生物は、遺伝情報に基づき形成され、さらに環境の変化や細胞内の状況に応じて生存していくために情報を処理し、それに基づいて物質を生合成・代謝する精緻な機構を備えている。本講座は、生物系と化学系のグループから成り、生命現象の基盤となる生体分子の構造機能相関の解明、さらに生体分子が階層的な集合体を形成することにより極めて効率よく行われる細胞情報の発現と伝達、物質変換と輸送、形質形成、環境応答などの研究や関連した分野の研究を行っている。

### 【数理計算理学講座】

生命現象などの複雑な自然現象を、深い洞察と認識をもって数理モデルとして表現し、これらを用いて数値シミュレーションを行う。得られる結果を体系的に解析して新しい理論的知見を積み重ねることにより、現象の数理構造と基本法則を見出してその理解を深めることを目指す。このために、現象解析に対して多角的・統合的接近法を用いる新しい科学的研究の枠組みを提示する。上記のような営みから抽出された深い数理構造への理解を目指す過程から、フィードバック、または、インスパイアされた統一的な問題を考察し、新たな解析学的定理を見出したり、新たな数学解析的な理論の構築をもその射程とする。

## 【2】数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラムの運営

数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラムの運営は、数理分子生命理学専攻長・数理生命科学プログラム長を中心にして行われている。

令和元年度数理分子生命理学専攻長・数理生命科学プログラム長 井出 博

また、数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラムの円滑な運営のために各種委員会等が活動している。令和元年度の各種委員会の委員一覧を次にあげる。

### ・数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラム内の各種委員会

委員会名	令和元年度
三系代表者会議	中田, 井出, 坂元
就職担当	西森(9月迄)/井出(10月以降)
HP委員	○栗津, 富樫, 藤原(昌), 高橋
パンフレット委員	○佐久間, 芦田, 李
教務	○島田, 藤原(好), 富樫
庶務・会計	津田
チューター	井出, 中坪

○印 委員長

### ・理学研究科における各種委員会の数理分子生命理学専攻委員

委員会名	令和元年度
研究科代議委員会	井出, 坂元
人事交流委員会	井出
安全衛生委員会(衛生管理者)	大前
評価委員会	西森, 藤原(好)
広報委員会	坂本(尚)
地区防災対策委員会	井出
教育交流委員会	選出せず
大学院委員会	坂元
情報セキュリティ委員会	小林
将来構想検討WG	選出せず

### ・統合生命科学研究科における各種委員会の数理生命科学プログラム委員

委員会名	令和元年度
プログラム長	井出
副プログラム長	坂元
研究推進委員会(2年任期)	坂本(尚)



国際交流委員会（2年任期）	片柳
広報委員（2年任期）	粟津
学務委員（2年任期）	富樫
入試委員（2年任期）	島田

### 1-2-1 教職員

数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラムは、数理計算理学講座と生命理学講座の二大講座で構成されており、各講座内でいくつかの研究グループが形成されている。令和元年度の構成員は以下の通りである。

#### <数理計算理学講座>

- 非線形数理学研究グループ：坂元 国望（教授）、大西 勇（准教授）、富樫 祐一（准教授）  
現象数理学研究グループ：西森 拓（教授）、粟津 暁紀（准教授）、藤井 雅史（助教）、  
白石 允梓（特任助教）  
複雑系数数理学研究グループ：小林 亮（教授）、飯間 信（准教授）、李 聖林（准教授）

#### <生命理学講座>

- 分子生物物理学研究グループ：楯 真一（教授）、片柳 克夫（准教授）、大前 英司（助教）、  
安田 恭大（助教）  
自己組織化学研究グループ：中田 聡（教授）、藤原 好恒（准教授）、藤原 昌夫（助教）  
生物化学研究グループ：泉 俊輔（教授）、芦田 嘉之（助教）  
分子遺伝学研究グループ：山本 卓（教授）、坂本 尚昭（准教授）、佐久間 哲史（講師）、  
落合 博（講師）、中坪（光永） 敬子（助教）、細羽 康介（助教）、  
鈴木 賢一（特任准教授）、栗田 朋和（特任助教）  
分子形質発現学研究グループ：坂本 敦（教授）、島田 裕士（准教授）、高橋 美佐（助教）、  
岡崎 久美子（共同研究講座助教）  
遺伝子化学研究グループ：井出 博（教授）、津田 雅貴（助教）

#### <数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラム事務>

- 畑 真由美（契約一般職員）、森下 朱美（契約一般職員）

#### <令和元年度の非常勤講師>

- 近藤 茂（大阪大学大学院生命機能研究科・教授）「細胞による体の建築学」  
寺東 宏明（岡山大学自然科学研究支援センター・教授）「遺伝子化学Ⅰ」  
村上 一馬（京都大学大学院農学研究科・准教授）「天然物有機化学Ⅱ」  
森田 善久（龍谷大学理工学研究科・教授）「数理科学に現れる反応・拡散モデルの数理解析」  
坂上 貴洋（青山学院大学理工学部・准教授）「生命と高分子の統計力学—基礎から応用まで—」

### 1-2-2 教員の異動

令和元年度

- 平成31年 4月 1日 落合 博（分子遺伝学 講師）着任

平成31年 4月 1日 藤井 雅史 (現象数理学 助教) 着任  
 令和 2年 3月31日 西森 拓 (現象数理学 教授) 退職  
 令和 2年 3月31日 白石 允梓 (現象数理学 特任助教) 退職

### 1-3 専攻・プログラムの大学院教育

#### 1-3-1 大学院教育の目標とアドミッション・ポリシー

##### 【1】教育目標

数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラムは、複雑系の典型である生命現象に焦点をあて、生命科学と数理科学の融合による新しい研究領域の創成を目的として設置された。本専攻・プログラムは、生物系・化学系の実験グループと数理系の理論グループから構成され、生命現象に対して分子・細胞・固体のそれぞれのレベルでの実験的研究を行うとともに、計算機シミュレーションや理論的研究によって、生命現象を支配する基本法則を統合的に解明していくことを目標としている。このように学際的な特色を持つ本専攻・プログラムでは、教育目標として、特に次の項目に留意している。

- (1) 新しい分野を切り開いていく意欲を持った学生を自然科学の幅広い分野から受け入れる。
- (2) それぞれの専門的講義を体系的に編成し、専門的基礎を学生に教育するとともに、学際的研究の重要性を認識するために、生命科学、数理科学に共通する入門的講義を行う。また、各専門分野における先端的な研究成果をわかりやすく紹介するために、セミナー形式の講義を開講し、学生に広く興味を促す。
- (3) 多面的な視点を備えた創造的な研究者を育成するために、学生個々に対応した研究教育指導を行う。

##### 【2】アドミッション・ポリシー

数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラムでは、生命現象を支配する基本法則を高度な科学的論理性のもとで系統的かつ実験的な解析を用いて探求することのできる人材や、実験的解析の成果を含む従前の知見をもとに現象の数理的構造や基本法則を見出すような高度な数理科学の問題にも対応できる人材の育成を目指している。本専攻・プログラムでは、生命科学と数理科学の融合した新しい研究分野を切り開いていく意欲を持った学生を、自然科学の幅広い分野から受け入れる。

#### 1-3-2 大学院教育の成果とその検証

##### ・令和元年度数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラム在籍学生数

	博士課程前期	博士課程後期
令和元年度	43 (7) [0 (0)] <0 (0)>	20 (2) [0 (0)] <2 (0)>

( ) 内は女子で内数

[ ] 内は国費留学生数で内数

< > 内は社会人学生数で内数

##### ・令和元年度のチューター

	博士課程前期	博士課程後期
令和元年度生	井出, 中坪	井出, 中坪

・令和元年度授業科目履修表

数理生命科学プログラム (博士課程前期)

科目区分	授業科目の名称	配当年次	単位数	担当教員	
必修科目	研究科 共通科目	統合生命科学特別講義	1	2	中田,栗津
		生命科学研究法	1	2	藤井,坂本(尚)
	プログラム 専門科目	数理計算理学概論	1	2	栗津,富樫
		生命理学概論	1	2	中田,坂本(敦),岩根,島田,藤原(好),井出,泉,片柳,坂本(尚),樋,佐久間,山本
	数理生命科学特別研究	1~2	4	各教員	
大学院共通科目	持続可能な発展科目	Hiroshimaから世界平和を考える	1・2	1	友次,小宮山,中坪(孝),山根,河合,VAN,保田,志賀,川野,山根,河合
		Japanese Experience of Social Development-Economy, Infrastructure, and Peace	1・2	1	金子 慎治,吉田(雄),吉田(修),張,片柳(真),市橋
		Japanese Experience of Human Development-Culture, Education, and Health	1・2	1	馬場,清水,田中,森山,MAHARJAN, KESHAV,関
		SDGsへの学問的アプローチA	1・2	1	馬場,隈元,永田,田中,森山,実岡,石田,RAHMAN
		SDGsへの学問的アプローチB	1・2	1	片柳(真),長谷川,佐野,河合,日比野,小池
		ダイバーシティの理解	1・2	1	北梶,大池,櫻井,坂田
	テラ・キャ ラ・シ ー タ リ 開 発 課 目	データリテラシー	1・2	1	柳原,宮尾
		医療情報リテラシー	1・2	1	田中,小笹,久保,有廣,大上,栗井,工藤,森野
		人文社会系キャリアマネジメント	1・2	2	森
		理工系キャリアマネジメント	1・2	2	原田
ストレスマネジメント		1・2	2	原田	
研究科 共通科目	生命科学社会実装論	1	2	島田,信澤,富樫,岡村,細野,ヴィレヌーヴ	
	科学技術英語表現法	2	2	LEE,KAZEMI	
	コミュニケーション能力開発	1	2	中ノ,山内,魚谷,櫻井	
	海外学術活動演習	1・2	2	山崎	
選択必修科目	プログラム 専門科目	数理計算理学特別演習A	1	2	坂元,西森,大西,飯間,栗津,李,富樫,小林
		数理計算理学特別演習B	1	2	坂元,西森,大西,飯間,栗津,李,富樫,小林
		生命理学特別演習A	1	2	樋,片柳,藤原(好),泉,坂本(敦),山本,坂本(尚),佐久間,中田,島田
		生命理学特別演習B	1	2	樋,片柳,藤原(好),泉,坂本(敦),山本,坂本(尚),佐久間,中田,島田
		数理モデリングA	1・2	2	西森,栗津
		数理モデリングB	1・2	2	大西,富樫
		数理モデリングC	1・2	2	開講なし
		数理モデリングD	1・2	2	開講なし
		計算数理科学A	1・2	2	李,小林
		計算数理科学B	1・2	2	坂元,西森
		数理生物学	1・2	2	李,富樫
		応用数学A	1・2	2	坂元,西森
		応用数学B	1・2	2	飯間,坂元
		大規模計算・データ科学	1・2	2	富樫,栗津
		分子遺伝学	1・2	2	開講なし
		分子形質発現学A	1・2	2	坂本(敦),島田,高橋
		分子形質発現学B	1・2	2	開講なし
		遺伝子化学A	1・2	2	井出,寺東,津田
		遺伝子化学B	1・2	2	開講なし
		分子生物物理学	1・2	2	開講なし
		プロテオミクス	1・2	2	片柳,大前
		プロテオミクス実験法・同実習	1・2	2	泉,片柳
		生物化学A	1・2	2	泉
		生物化学B	1・2	2	開講なし
		自己組織化学A	1・2	2	中田,藤原(好)
		自己組織化学B	1・2	2	開講なし
		数理生命科学特別講義A	1・2	1	村上,泉
		数理生命科学特別講義B	1・2	1	坂上,西森
		数理生命科学特別講義C	1・2	1	森田,坂元
		数理生命科学特別講義D	1・2	1	近藤,中田
自由科目		数理計算理学特論A	1・2	2	西森,栗津,坂元,大西,富樫,小林,飯間,李
		数理計算理学特論B	1・2	2	西森,栗津,坂元,大西,富樫,小林,飯間,李
		数理計算理学特論C	1・2	2	開講なし
		数理計算理学特論D	1・2	2	開講なし
		生命理学特論A	1・2	2	樋,大前,片柳,山本,中坪,坂本(尚),佐久間,中田,藤原(好),藤原(昌),泉,芦田,坂本(敦),島田,高橋,井出,津田
		生命理学特論B	1・2	2	樋,大前,片柳,山本,中坪,坂本(尚),佐久間,中田,藤原(好),藤原(昌),泉,芦田,坂本(敦),島田,高橋,井出,津田
		生命理学特論C	1・2	2	開講なし
		生命理学特論D	1・2	2	開講なし
※配当年次の記載 1:1年次に履修, 2:2年次に履修, 1~2:1年次から2年次で履修, 1・2:履修年次を問わない				※共通科目については他プログラム教員を含む。	

・令和元年度開講授業科目

数理生命科学プログラム (博士課程前期)

科目区分	授業科目の名称	授業のキーワード	
必修科目	研究科 共通科目	統合生命科学特別講義 生命科学研究法	異なる分野間の融合・連携事例あるいはその可能性 研究倫理、論文検索、実験デザイン、生物統計
	プログラム 専門科目	数理計算理学概論	分子・細胞の生物物理学的考察、計算科学(特に生命科学分野)の基礎
		生命理学概論	生命現象、現象論、分子論
		数理生命科学特別研究	問題策定、討論、研究、発表
大学院 共通科目	持続可能な 発展科目	Hiroshimaから世界平和を考える Japanese Experience of Social Development- Economy, Infrastructure, and Peace	原爆、構造的暴力、積極的平和、平和構築、持続可能な開発 グローバルゼーション・国際協力
		Japanese Experience of Human Development-Culture, Education, and Health	グローバルゼーション・国際協力
		SDGsへの学問的アプローチ A	SDGs、学問的アプローチ
		SDGsへの学問的アプローチ B	SDGs、平和、気候変動、防災、持続可能なエネルギー、環境、経済成長、雇用、強靱(レジリエント)なインフラ、 生物資源、地方自治体
		ダイバーシティの理解	ダイバーシティ、インクルージョン、ジェンダー、教育、セクシュアリティ、多文化、障がい
	シ ン ド キ ャ リ ア 開 発 ・ テ ラ シー	データリテラシー	統計的推論、機械学習
		医療情報リテラシー	ビッグデータ、ゲノム情報、医学研究、臨床研究、医療情報処理、情報セキュリティ、倫理、個人情報保護、法律
		人文社会系キャリアマネジメント	キャリアマネジメント キャリア理論 社会人基礎力
		理工系キャリアマネジメント	コミュニケーション、対話、プレゼンテーション、傾聴、ファシリテーション
		ストレスマネジメント	ストレス、ストレスマネジメント、メンタルヘルス、マインドフルネス
研究科 共通科目	生命科学社会実装論	生命科学、社会実装、技術移転、起業	
	科学技術英語表現法	語学教育	
	コミュニケーション能力開発	ディベート、コミュニケーション能力、キャリア開発	
選択 必修科目	海外学術活動演習	国際的視野、グローバルコミュニケーション能力向上	
	数理計算理学特別演習 A	数学、数理科学、研究計画法微分方程式系の解起動により定義される力学系、チューリング不安定性、パターン 形成の数学・数理論科学など数理生命科学に関する課題研究非平衡系、複雑系、生命系	
		数理計算理学特別演習 B	計算科学、研究発表法数理生命科学に関する課題研究非平衡系、複雑系、生命系
	生命理学特別演習 A	生体高分子構造、機能、動的構造特性生体高分子構造、機能、構造生物学光化学、磁気科学生化学自己組織 化学・非線形・非平衡・散逸構造 植物の形質発現や生存成長戦略に関する課題研究	
		生命理学特別演習 B	分子生物物理学に関する課題研究 生体高分子構造、機能、構造生物学 光化学、磁気科学 生化学 自己組 織化学・非線形・非平衡・散逸構造 植物の形質発現や生存成長戦略に関する課題研究
	数理モデリング A	非平衡系の基礎、数理モデリング	
	数理モデリング B	微分方程式の解軌道、安定性、相空間とオブジェクト 力学系の応用 反応拡散方程式系 分岐理論の応用 パ ターン形成 チューリング不安定性 ノストック垂目のシアロバクテリアの分子ダイナミクス	
	数理モデリング C		
	数理モデリング D		
	計算数理科学 A	非線形動力学、力学系、モデリング	
	計算数理科学 B	半線形偏微分方程式、反応拡散系、パターン形成、安定性と不安定性	
	数理生物学	生命現象の数理モデル、微分方程式	
	応用数理科学 A	位相方程式	
	応用数理科学 B	流体力学、非線形現象、生物の運動	
	大規模計算・データ科学	計算科学、データ科学、HPC、並列計算、プログラミング、統計、機械学習、バイオインフォマティクス	
	分子遺伝学		
	分子形質発現学 A	ストレス応答、ストレス耐性、遺伝子機能、植物生理、植物遺伝子操作、分子育種	
	分子形質発現学 B		
	遺伝子化学 A	DNA、損傷、複製	
	遺伝子化学 B		
	分子生物物理学		
	プロテオミクス	構造プロテオミクス、蛋白質X線結晶学、回折法、分光法	
	プロテオミクス実験法・同実習	プロテオミクス、タンパク質、質量分析法、X線構造解析	
	生物化学 A	代謝、同化・異化、解糖系、TCAサイクル、脂質合成、2次代謝、メバロン酸経路と非メバロン酸経路	
	生物化学 B		
	自己組織化学 A	自己組織化、非平衡系、振動現象、パターン形成、リズム	
	自己組織化学 B		
	数理生命科学特別講義 A	材料・資源として利用される天然物に関する知識・理解を得る。	
	数理生命科学特別講義 B	生物物理、高分子物理、統計力学	
	数理生命科学特別講義 C	数理科学、反応・拡散モデル、拡散過程、偏微分方程式	
	数理生命科学特別講義 D	散逸構造	
	自由 科目	数理計算理学特論 A	文献講読
		数理計算理学特論 B	文献講読
		数理計算理学特論 C	
		数理計算理学特論 D	
		生命理学特論 A	生命理学生体高分子構造、機能、動的構造特性 生命現象、現象論、分子論 植物サイエンス、形質発現、遺 伝子機能、環境応答、遺伝子組換え
生命理学特論 B		生命理学生体高分子構造、機能、動的構造特性 生命現象、現象論、分子論 植物サイエンス、形質発現、遺 伝子機能、環境応答、遺伝子組換え	
生命理学特論 C			
生命理学特論 D			

・令和元年度授業科目履修表

数理生命科学プログラム (博士課程後期)

科目区分		授業科目の名称	配当年次	単位数	担当教員
必修科目	プログラム科目	統合生命科学特別研究	1~3	12	山本, 中田
	持続可能な発展科目	スペシャリスト型SDGsアイデアマイニング学生セミナー	1・2・3	1	小池, 岩本, 若林, 永井, 吉田, 岡, 服部永井
選択必修科目	大学院共通科目	SDGsの観点から見た地域開発セミナー	1・2・3	1	細野
		普遍的平和を目指して	1・2・3	1	VAN, 保田, 隈元, 掛江, 友次, 中坪(孝), 川野, 友次, 掛江, 山根, 河合
		キャリア開発・データリテラシー科目	データサイエンス	1・2・3	2
	研究共通科目	パターン認識と機械学習	1・2・3	2	栗田(多)
		データサイエンティスト養成	1・2・3	1	三須, 塩崎, 赤瀬
		医療情報リテラシー活用	1・2・3	1	田中, 小笹, 久保, 有廣, 大上, 栗井, 工藤, 森野
		リーダーシップ手法	1・2・3	1	三須
		高度イノベーション人材のためのキャリアマネジメント	1・2・3	1	三須
		イノベーション演習	1・2・3	2	三須, 星野, 赤瀬, 牧野
		長期インターンシップ	1・2・3	2	三須
		生命科学研究計画法	1	2	秋, 登田, 上野, 富山, 竹田, 森下, 栗田(朋), 湯川, 大村, 李, 和崎
		海外学術研究	1・2・3	2	中島田
	生命科学キャリアデザイン開発	1	2	和崎, 小原, 濱生, 河本, 西堀	
	生物・生命系長期インターンシップ	1・2・3	2	中島田	
	プログラム科目	数理生命科学特別講義E	1・2・3	1	村上, 泉
数理生命科学特別講義F		1・2・3	1	坂上, 西森	
数理生命科学特別講義G		1・2・3	1	森田, 坂元	
数理生命科学特別講義H		1・2・3	1	近藤, 中田	
※配当年次の記載 1:1年次に履修, 2:2年次に履修, 3:3年次に履修, 1~3:1年次から3年次で履修, 1・2・3:履修年次を問わない					共通科目については他プログラム教員を含む

・令和元年度開講授業科目

数理生命科学プログラム (博士課程後期)		
科目区分	授業科目の名称	授業のキーワード
必修科目	プログラム科目	統合生命科学特別研究 非線形科学, 時空間パターン, 非平衡系, 振動反応
	持続可能な発展科目	スペシャリスト型SDGsアイデアマイニング学生セミナー 持続可能な開発目標, ブレインストーミング, アイデアマイニング, ディスカッション, 社会実装
選択必修科目	大学院共通科目	SDGsの観点から見た地域開発セミナー SDG's, 農村, コミュニティ, 集落再生, 6次産業化
		普遍的平和を目指して 原爆, 構造的暴力, 積極的平和, 平和構築, 持続可能な開発
		データサイエンス R, データの読み込み・加工, データの視覚化, データ解析
	キャリア開発・データリテラシー科目	パターン認識と機械学習 パターン認識, 機械学習, 人工知能
		データサイエンティスト養成 ビッグデータ, 人工知能, PBL, データサイエンス, 分析
		医療情報リテラシー活用 ビッグデータ, ゲノム情報, 医学研究, 臨床研究, 医療情報処理, 情報セキュリティ, 倫理, 個人情報保護, 法律
		リーダーシップ手法 キャリア, スキル, コミュニケーション, リーダー, フォロワー, ビジョン
		高度イノベーション人材のためのキャリアマネジメント キャリア, 研究開発, イノベーション, 企業, 人材
		イノベーション演習 イノベーション, 融合, 企業, PBL
		長期インターンシップ インターンシップ, スキル, キャリア開発
		研究共通科目
	プログラム科目	海外学術研究 英語, コミュニケーション能力, 国際的ネットワーク
		生命科学キャリアデザイン開発 キャリア, ディベート, 学際性, 生命科学
		生物・生命系長期インターンシップ
		数理生命科学特別講義E 材料・資源として利用される天然物に関する知識・理解を得る。
プログラム科目	数理生命科学特別講義F 生物物理, 高分子物理, 統計力学	
	数理生命科学特別講義G 数理科学, 反応・拡散モデル, 拡散過程, 偏微分方程式	
	数理生命科学特別講義H 散逸構造	



・各研究グループの在籍学生数

令和元年度

研究グループ名	M1	M2	D1	D2	D3	D+
数理計算理学講座	11	12	1	2	1	1
非線形数理学	1	0	0	1	0	1
現象数理学	6	6	0	0	1	0
複雑系数理学	4	6	1	1	0	0
生命理学講座	9	11	4	4	4	3
分子生物物理学	2	5	1	1	2	0
自己組織化学	4	1	2	1	0	0
生物化学	2	2	0	0	0	0
分子遺伝学	1	2	1	2	2	1
分子形質発現学	0	1	0	0	0	1
遺伝子化学	0	0	0	0	0	1
計	20	23	5	6	5	4

・博士課程修了者の進路

(修了年の5月1日現在)

修了者総数		就 職 者							左記以外	
		研 究 者	情 報 処 理 技 術 者	そ の 他 技 術 者	教 員	事 務 ・ そ の 他	公 務 員	小 計	進 学	そ の 他
令和 元年度	29	3	6	5	3	5	2	24	1	4

1-3-3 大学院生の国内学会発表実績

博士課程前期の学生が共同研究者の発表件数 34件

博士課程後期の学生が共同研究者の発表件数 17件

博士課程前期・後期の学生が共に共同発表した件数 0件

1-3-4 大学院生の国際学会発表実績

博士課程前期の学生が共同研究者の発表件数 13件

博士課程後期の学生が共同研究者の発表件数 5件

博士課程前期・後期の学生が共に共同発表した件数 0件

### 1-3-5 修士論文発表実績

#### ・令和元年度修士学位授与

発表者 論文題目 指導教員名を記す。

令和元年度

坂元 風太	天然変性領域を介した転写共役因子と核内受容体のタンパク質間相互作用機構の解析	楯 真一
田中 雅人	真正粘菌変形体の移動における厚み振動と管構造の形成の数理モデル	小林 亮
日高 はる菜	質量分析を用いたアセチル化されたヌクレオソームのヒストンテールにおける修飾部位の解析	泉 俊輔
射延 拓矢	触角による環境認知を考慮した3次元ムカデモデル	小林 亮
金重 先人	網膜桿体細胞光受容系の数理モデル：ロドプシンクラスターの形成機序と機能	栗津 暁紀
中本 景子	バフンウニNodal遺伝子の発現調節機構の解析	坂本 尚昭
柿菌 理佐	デアミナーゼを用いた塩基編集の特異性の向上を目指した技術開発	山本 卓
黒田 健太	TRAF6とその機能を阻害するラクトフェリンの相互作用解析	楯 真一
永山 泰伍	皮膚感染症に関わる新規エンテロトキシンの結晶構造	片柳 克夫
高山 雄揮	分裂酵母間期核内構造のライブイメージングデータ駆動型数理モデル	栗津 暁紀
梅山 享佑	PIVを用いたミドリムシ局在生物対流の形成過程における流れ構造解析	飯間 信
萩原 なつみ	高エネルギーCIDによって生じるαイオンを用いたペプチドの一次構造解析のためのマトリックスの検討	泉 俊輔
廣瀬 湧大	ヒト・ショウジョウバエゲノムにおけるヌクレオソーム排他的ループ非形成型インスレーター配列 (NENLIS) のゲノムワイド解析	栗津 暁紀
長谷 颯士	タンパク質天然変性領域によるprotein droplet形成機構の解明	楯 真一

渡部 佑真	コウモリに学ぶ3D音響ナビゲーションとそのドローンへの応用	小林 亮
大段 拓己	クロオオアリの概日リズムと社会的相互作用の関係	西森 拓
沖 友祐	アリの採餌における行動選択と脳内物質の関係	西森 拓
山田 健太郎	核内クロマチンの3次元構造解析を目指した電子顕微鏡観測技術の開発	楯 真一
富田 博信	海洋微細藻類における有用脂質蓄積のリン環境による制御	坂本 敦
野間田 匡顕	47都道府県の空き家の動向と税金対策の効果	李 聖林
高須 貫太	麹菌生長に対する赤色光照射の効果と酸素濃度との関係	藤原 好恒
穴田 好徳	格子ボルツマン法と土砂輸送モデルを用いた2次元バルハン砂丘のダイナミクス	西森 拓

### 1-3-6 博士学位

授与年月日を〔 〕内に記す。

#### ・令和元年度学位授与

山中 治〔令和元年9月6日〕(乙)

アリの社会における採餌活動の統計的特徴付けとタスク分担メカニズムの研究

(Study of task allocation mechanism and statistical characterisation of foraging activity in ants society)

主査：西森 拓 教授

副査：中田 聡 教授, 坂元 国望 教授, 秋野 順治 教授(京都工芸繊維大学),  
栗津 暁紀 准教授

大田 哲也〔令和元年9月20日〕(甲)

Interaction mechanisms of small unilamellar vesicle and monoclonal antibody targeting to oxidized LDL receptor protein LOX-1

(酸化LDL受容体タンパク質LOX-1を標的にする小型単層ベシクルおよびモノクローナル抗体の相互作用メカニズム)

主査：楯 真一 教授

副査：泉 俊輔 教授, 中田 聡 教授, 富樫 祐一 准教授

AMYOT ROMAIN FELIX EMILE [令和元年12月23日] (甲)

Robustness of the elastic network model against chemical or physical fitting of parameters

(パラメタの化学的・物理的最適化に対する弾性ネットワークモデルの頑健性)

主査：富樫 祐一 准教授

副査：楯 真一 教授, 西森 拓 教授, 坂元 国望 教授

Xu Xu [令和2年3月3日] (甲)

Analysis of Radiation-Induced Clustered DNA Damage by Atomic Force Microscopy

(原子間力顕微鏡を用いた放射線誘発クラスターDNA損傷の解析)

主査：井出 博 教授

副査：山本 卓 教授, 坂本 敦 教授

LIU DAMING [令和2年3月3日] (甲)

Targeted mutagenesis using CRISPR-Cas9 in sea urchin, *Hemicentrotus pulcherrimus*

(バフンウニにおけるCRISPR-Cas9を用いた標的遺伝子への変異導入)

主査：坂本 尚昭 准教授

副査：山本 卓 教授, 坂本 敦 教授, 井出 博 教授, 佐久間 哲史 講師

川寄 亮祐 [令和2年3月23日] (甲)

Studies on the functional roles of structural dynamics mediated by intrinsically disordered proteins

(天然変性タンパク質による構造動態の機能上の役割の研究)

主査：楯 真一 教授

副査：泉 俊輔 教授, 中田 聡 教授, 富樫 祐一 准教授

中前 和恭 [令和2年3月23日] (甲)

Automated design and detailed profiling of MMEJ-assisted knock-in using a newly constructed computational pipeline

(新規に構築したコンピュータパイプラインを利用したMMEJノックインの自動設計及び詳細プロファイリング)

主査：山本 卓 教授

副査：井出 博 教授, 坂本 敦 教授, 佐久間 哲史 講師

### 1-3-7 TAの実績

#### 【1】ティーチング・アシスタント

令和元年度のTA

氏名	所属研究グループ	学年
久世 雅和	自己組織化学	D1
高須 貫太	自己組織化学	M2
松藤 丈郎	自己組織化学	M1
平賀 隆寛	複雑系数理学	D2
渡部 佑真	複雑系数理学	M2

金重 先人	現象数理学	M2
竹藤 輝	複雑系数理学	M1
閑田 葉子	複雑系数理学	M1
小田 竜平	現象数理学	M1
小原 有水佳	現象数理学	M1
射延 拓矢	複雑系数理学	M2
藤田 雄介	複雑系数理学	M1
國井 厚志	分子遺伝学	D2
諸井 桂之	分子遺伝学	D1
柿菌 理佐	分子遺伝学	M2
中本 景子	分子遺伝学	M2
富田 博信	分子形質発現学	M2

### 1-3-8 大学院教育の国際化

数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラムでは、必須科目である「数理分子生命理学セミナー」の中に、外国人講師による講演を積極的に取り入れている。また、様々な国際共同研究が行われており、学生の国際学会への参加や海外への短期留学も行われている。

## 1-4 専攻・プログラムの研究活動

### 1-4-1 研究活動の概要

#### ・数理分子生命理学セミナー

今年度は開催なし

#### ・研究論文・招待講演・特許出願等の総数

数理分子生命理学専攻・数理生命科学プログラムの教員による研究論文・著書・総説・特許と国際会議・国内学会の総数を示す。

項 目	令和元年度
論文	75
著書	11
総説	9
国際会議	47
国内学会（招待・依頼・特別講演）	40
特許出願	11

・RAの実績

令和元年度のRA

大学院生氏名	平賀 隆寛	所属研究グループ名	複雑系数理学
学 年	D2	指導教員	小林 亮
研究プロジェクト名	コウモリのエコーロケーションの数理的研究		
研究の内容	コウモリは超音波を発射し、そのエコー音を聞くことで、自身を取り巻く環境を認識し、自在に複雑な空間を飛翔することができる。このエコーロケーションにおいて、能動的な超音波照射がどのように行われており、得られた情報をどのように解釈しているのかを明らかにする。また、その原理を移動ロボットや移動飛翔体の制御に適用する。		

大学院生氏名	亀田 健	所属研究グループ名	非線形数理学
学 年	D2	指導教員	富樫 祐一
研究プロジェクト名	タンパク分子・分子複合体の構造動態への分子修飾の影響に関する計算科学的研究		
研究の内容	主として分子動力学計算を用いて、タンパク分子や分子複合体の構造動態を解析・考察する。特に、化学修飾や異性化などがもたらす影響に注目する。具体的には、ヌクレオソームにおけるDNAメチル化、アミロイドタンパクにおけるアミノ酸異性化、リボソームと基質の相互作用などを対象とする。分子機能と修飾との関連を明らかにすることを目的とした基礎研究であるが、生理活性や病態との関連までを視野に入れて研究を進める。		

大学院生氏名	CHEN JINGQIU	所属研究グループ名	分子生物物理学
学 年	D2	指導教員	楯 真一
研究プロジェクト名	天然変性領域を介したタンパク質のドメイン間コミュニケーションの基質による制御機構		
研究の内容	Pin1タンパク質はリン酸基質に結合することでドメイン間の機能連携を変化させることが様々な実験から示唆されている。研究室のこれまでの研究から、ドメイン間コミュニケーションが酵素ドメインの水素結合ネットワークを変えることで機能変調を誘導することを明らかにしている。基質の認識配列周辺の配列に応じてドメイン間相互作用が変化することも分かっているが、その規則性などについてはほとんど研究されていない。本研究では、系統的に基質の配列を変化させて、ドメイン間コミュニケーションと基質配列の相関を明らかにする。		

大学院生氏名	川崎 亮祐	所属研究グループ名	分子生物物理学
学 年	D3	指導教員	楯 真一
研究プロジェクト名	天然変性タンパク質Tauの構造ダイナミクス変化を介した凝集体形成・抑制機構の解明		
研究の内容	天然変性タンパク質であるTauは、神経細胞中で多重リン酸化を受けることで繊維状の凝集体を形成し、アルツハイマー病などの神経変性疾患を引き起こす。しかしその形成機構は未だ明確になっていない。本プロジェクトでは、多重リン酸化を受けることによるTauの構造ダイナミクス変化を精密に解析し、その変化と凝集体形成能を相関させることで、天然変性タンパク質の大きな構造揺らぎが持つ機能制御とその役割を明		



	らかにする。
--	--------

大学院生氏名	LIU SU	所属研究グループ名	分子生物物理学
学 年	D1	指導教員	楯 真一
研究プロジェクト名	天然変性領域を介したタンパク質ドロップレット形成機構の分子科学的解明		
研究の内容	細胞は外部からストレスを受けると細胞内で顆粒体を形成してタンパク質合成をストップする機構を持つ。この顆粒体をストレス顆粒と呼ぶが、ストレス顆粒は細胞外部からのストレス刺激が無くなると解消する。この適時的な顆粒形成にはTIA-1タンパク質の天然変性領域を介した液液相分離が関与する。本研究では、細胞内でなぜこのような顆粒体が外部刺激に応じて適時的に形成されるかの機構をNMRを駆使して解析する。		

大学院生氏名	Xu Yu	所属研究グループ名	自己組織化学
学 年	D1	指導教員	中田 聡
研究プロジェクト名	Self-organized motion driven by the difference in the interfacial tension		
研究の内容	In this project, self-organized object, which has nonlinearity, e.g., oscillation, synchronization, bifurcation, is investigate to enhance the autonomy of the system. The driving force of motion is the difference in the interfacial tension, and is maintained under nonequilibrium condition. The features of motion are designed (1) depending on the chemical structure of amphiphilic molecules and (2) in couple with chemical reaction to change the driving force.		

大学院生氏名	久世 雅和	所属研究グループ名	自己組織化学
学 年	D1	指導教員	中田 聡
研究プロジェクト名	化学振動反応の時空間発展パターン形成		
研究の内容	本プロジェクトでは、リズムとパターンを形成する化学振動反応系としてBelousov-Zhabotinsky (BZ) 反応を用い、マイクロからマクロに時空間発展する現象の機構解明を実験と理論の両面から行う。具体的には、数百マイクロサイズのビーズに触媒を吸着させ、ビーズ内部又はビーズ表面で化学振動反応を起こす系を作製した。そしてステップモーターを用いて2つの化学振動子のカップリング強度を変化する。また電圧による化学振動制御も行う。		

大学院生氏名	高宮 一徳	所属研究グループ名	現象数理学
学 年	D3	指導教員	栗津 暁紀
研究プロジェクト名	多細胞システムの重力に対する恒常性のメカニズム解明		
研究の内容	地上の生物が共通して受けている重力に対し、多細胞生物がどのように形態を形成し、維持するのかを明らかにする。特に転写因子YAPをキープ因子とする細胞骨格Fアクチンの重合制御ネットワーク動態と細胞間力学のクロストークに着目し、形態恒常性のメカニズムを考察する。		

## 1-4-2 研究グループ別の研究活動の概要、発表論文、講演等

### 数理計算理学講座

#### 非線形数理学研究グループ

構成員：坂元国望（教授）、大西 勇（准教授）、富樫祐一（准教授）

#### ○研究活動の概要

##### 1. (坂元)

2019年度は、境界相互作用によって駆動される内部拡散系の力学系的な研究を目的とし、その題材を大きく二つの問題に分けて取り組む計画を立てた。一つ目の問題は、多成分(2成分以上)の内部拡散系において、非線形ロバン型境界条件のみを介して相互作用する系におけるパターン形成現象の探究を目指すこと。二つ目の問題は、一つの内部拡散する成分  $v$  と、境界上の反応拡散系に従うもう一つの成分  $u$  が、非線形ロバン型境界条件を介して、領域境界上で相互作用する系のパターンダイナミクスを解明すること。2019年度は、二つ目の問題の研究に集中した。この問題に、さらに、境界上の成分 $u$ に対する反応項と、 $u$  と  $v$  の相互作用を表す境界条件の非線形項が逆符号を持つ場合を考察した。この状況下に於いて系は「質量保存則」を満たし、細胞における様々な分子種の相互作用として典型的に現れるメカニズムをモデル化していると想定されている。この系に対する研究成果として、パターン形成のオンセットとなる、Turing不安定化が起こることを証明した。すなわち、安定な空間一様な定常状態が、 $u$ の拡散係数が $v$ のそれよりも小さくなる時、次々と高次のモードが不安定化して、空間非一様な安定モードの出現を示唆する数学的な結果を得た。これは、従来のTuring不安定化のメカニズムが、内部拡散-境界反応拡散-境界相互作用系にも拡張された形で機能していることを数学的に厳密に証明したということの意味する。しかしながら、従来のTuring不安定化との違いに留意する必要もある。安定な定常解の安定性は、従来のように、領域-境界全体で一様な摂動に関する安定性ではなく、境界上で一様な摂動(モード)に関する安定性として解釈し直されなければならないことは、従来の理論との特徴的な違いである。現象へのフィードバックとしては、今回の結果は、細胞極性の発現の芽を表すと解釈できる。

##### 2. (大西)

発展方程式論は、ヒルベルト、シュミット、そして、フォン・ノイマンなどの先駆的なお仕事にまでそのプロトタイプを遡れるが、その後、無限次元の関数空間とその上で定義されるオペレーターの数学的な理論の発展は、1960から1980年代のその理論的発展期には、日本人の大先達たちが、精力的なお仕事で、その進歩の一翼を担ってこられた歴史がある重要な分野である。私の研究と関係が深かったり、実際に引用させていただいた方は、田辺広城先生、増田久弥先生、山田義雄先生、大谷光春先生などお仕事がメインである。特に、発展方程式論を非線形偏微分方程式論に用いて、その主要な数学的なフィールドを固め、その上で、キチンとしっかりとした数学的な議論を行って、定理を証明したり、場合によっては、セオリーの構築を目指してきた。このような抽象的な発展方程式論の枠組みは、非常に広大な適用範囲を持っていることが知られている。それについては、A. Friedman 博士、J. S. Lions 博士などの非常にきれいなお仕事をもって、例えば、抽象的な放物型偏微分方程式系で記述されるような問題における解の詳細な性質を議論する際においても、大きな成果を上げてこられた歴史がある。整理された数学的に精密な枠組み

とその上に構築される美しい数学的理論や定理の証明はここでも、限りのない重要性を持っている。

私は、ある種のヘルダー連続程度の連続性しか仮定できないような“特異的な”非斉次項を持つタイプの放物型の非線形偏微分方程式系で記述される問題にここ10年ほど主たる興味を持っており、研究を続けてきた。ここでも、田辺広城先生の一般論、J.S.Lions先生の理論を援用し、興味ある問題の数学的な枠組みを作って、さらに、その非線形性と非斉次性からくる問題の興味ある解の性質について、数学的に厳密な証明をもとにした定理の形での進歩を目指し、いくつかの結果も得ている。今後は、結果をリファインすると同時に、さらなる一般化をも視野に入れて、精力的に進めているところである。

### 3. (富樫)

生体内の分子動態や情報処理機構などに関して、主に計算機シミュレーションを用いた研究を進めている。前年度、混雑環境下で分子機械の構造変化が集団としての反応拡散パターンにもたらす影響を、内部状態に依存した形状変化を陽に入れた粒子モデルを用いて検討した。今年度は、このモデルを拡張し、細胞集団のモデルへの応用を進めた。特に、集団内で相互作用を通じて少数の特異な細胞が現れる現象や、それら少数要素が集団の挙動を著しく変える現象に注目した研究を進めている（新学術領域「シンギュラリティ生物学」）。

一方で、個々の分子機械や分子複合体の構造ダイナミクスに関して、分子動力学計算を用いた解析も行っている。その過程で、近年提案された「改良型」粗視化弾性ネットワークモデルの問題点が示唆された。体系的な検証の結果、これら改良型で一貫した精度向上が見られないこと、むしろパラメタの最適化に対して頑健であることが示された (Amyot *et al.* 2019)。

クロマチン動態数理研究拠点 (ReMcD) での理論研究も継続しており、特に、ヌクレオソームなど構成要素の力学特性や、クロマチン構造の粗視化・マルチスケールモデリング手法に関する研究を、外部の研究グループ（理化学研究所、オックスフォード大学など）と連携して進めている。ヒストンの一部が欠落した過渡的中間体ヌクレオソームの構造動態 (Kameda *et al.* 2019) や、Hi-C実験結果から部位間の実効的な相互作用を推定し構造動態シミュレーションを行う手法 (Shinkai *et al.* 2020) について、成果を公表した。

## ○論文発表

### ・原著論文

1. Yoshihisa Morita, Kunimochi Sakamoto, “Turing type instability in a diffusion model with mass transport on the boundary”, *Discrete and Continuous Dynamical Systems*, published first online in February, 2020 with doi:10.3934/dcds.2020160, and later in print as *DCDS Volumr* 40, No. 6, pp. 3813-3836 (2020).
2. Romain Amyot, Yuichi Togashi, Holger Flechsig, “Analyzing Fluctuation Properties in Protein Elastic Networks with Sequence-Specific and Distance-Dependent Interactions”, *Biomolecules* 9 (10), 549 (2019).
- ◎ 3. Takeru Kameda, Akinori Awazu, Yuichi Togashi, “Histone Tail Dynamics in Partially Disassembled Nucleosomes During Chromatin Remodeling”, *Frontiers in Molecular Biosciences* 6, 133 (2019).
- ◎ 4. Soya Shinkai, Masaki Nakagawa, Takeshi Sugawara, Yuichi Togashi, Hiroshi Ochiai, Ryuichiro Nakato, Yuichi Taniguchi, Shuichi Onami, “PHi-C: deciphering Hi-C data into polymer dynamics”, *NAR Genomics and Bioinformatics* 2 (2), lqaa020 (2020).

・ 著書

該当無し

・ 総説・解説

該当無し

○ 講演等

・ 国際会議

招待講演

該当無し

一般講演

該当無し

・ 国内学会

招待講演

1. Kunimochi Sakamoto, Turing-メカニズム適用例の拡張, 「非線形偏微分方程式の理論と応用」, 2019年9月9日-11日, 北海道大学応用科学フロンティア棟
2. 富樫祐一, 「分子の状態と形を考慮した核内クロマチン構造のマルチスケールモデリング」, 第42回日本分子生物学会年会 ワークショップ「細胞核地勢学」, 2019年12月5日, 福岡

一般講演

1. 大西 勇, ある非線形放物型偏微分方程式系の定常解の構造と発展方程式 (口頭発表) 2019年度, 発展方程式研究会, 日本女子大学, 2019年12月
  2. 大西 勇, チューリングパターンの最安定定常解におけるミクロな微細構造 (基本定理) (口頭発表), 2019年度, 日本数学会 秋季総合分科会 函数方程式分科会, 2019年9月
- ◎ 3. 亀田 健, 鈴木美穂, 栗津暁紀, 富樫祐一, “Computational Analysis of the Nucleosome Sliding Dynamics Depending on DNA Methylation”, 2019年度日本生物物理学会中国四国支部大会 (第11回), 2019年5月11日 - 12日, 広島
4. 富樫祐一, 「シンギュラリティ細胞が率いる集団を表現する機械論的モデルの構成」, 新学術領域「シンギュラリティ生物学」第2回領域会議, 2019年5月30日 - 6月1日, 兵庫
- ◎ 5. 亀田 健, 鈴木美穂, 栗津暁紀, 富樫祐一, “Computational Analysis of the Nucleosome Sliding Dynamics Depending on DNA Methylation”, 第19回日本蛋白質科学会年会 第71回日本細胞生物学会大会 合同年次大会, 2019年6月24日, 兵庫
- ◎ 6. 亀田 健, 鈴木美穂, 栗津暁紀, 富樫祐一, “Computational Analysis of the Nucleosome Sliding Dynamics Depending on DNA Methylation”, 第57回日本生物物理学会年会, 2019年9月25日, 宮崎
7. 富樫祐一, “Nano/Micro-machines in the Crowd: Interplay between the Internal State and Surroundings”, 第57回日本生物物理学会年会, 2019年9月26日, 宮崎
- ◎ 8. 亀田 健, 栗津暁紀, 富樫祐一, “Histone Tail Dynamics in Partially Disassembled Nucleosomes During Chromatin Remodeling”, 研究会「理論と実験」2019, 2019年10月11日, 広島

- ◎ 9. 亀田 健, 鈴木美穂, 二階堂 愛, 粟津暁紀, 富樫祐一, 「DNAメチル化依存的なヌクレオソームのスライディング動態の解析」, 第37回染色体ワークショップ・第18回核ダイナミクス研究会, 2019年12月22日 - 24日, 新潟
10. 富樫祐一, 「分子動力学シミュレーションと「温度」」, Biothermology Workshop 2019, 2019年12月26日, 京都

## 現象数理学研究グループ

構成員：西森 拓（教授）, 粟津暁紀（准教授）, 藤井雅史（助教）

### ○研究活動の概要

#### (1) 群れの動力学の研究：

生命を構成する様々なレベルの要素を特徴づけるものとして「自ら動く」という性質がある。この性質は、巨視的なスケールでは、生物の群れ運動となって表れる。とくに、昆虫や魚類・鳥類における群れ運動は、種内・種間での生存競争に打ち勝つための戦略にも関係してくる。当グループでは、アリやミドリムシなどの群れの運動の時間的・空間的特徴を理論模型や実験をとおして解析し、これを採餌行動などの生存戦略と結びつける研究を行っている。さらに、群れの形成・運動の特徴付けをより基礎的な立場から理解し「群れの定量的組織科学」を推進するために、群れを構成する各個体の運動を自動計測するシステムを新たに開発し大量データから群れの可塑的役割分担の機構を探る研究も開始した。並行して、対象を生物からより公汎なものに拡張した研究も行っている。具体的には、車やヒトの群れの特徴的振る舞いとしての渋滞現象の理解や、表面張力の非一様性によって水面を進む人工的な小浮遊物からなる系の実験や理論解析を行い、アリから車、人工浮遊物の群れまで、共通の群れの論理を探索している。

#### (2) 生体分子内・分子間ネットワークダイナミクスの解析と生体機能実現機構に関する研究：

細胞の活動は、DNAやタンパク質の様々な生体分子の個性的な構造とその構造変化や、それによって引き起こされる分子間の相互作用による生化学反応に支えられている。このような多数の階層に渡る分子社会のダイナミクスを解明するため、まずDNAの高次構造であるクロマチンの局所的及び核内大域的な構造とそこで実現される運動の性質を解析し、その生体機能への役割を、分裂酵母及びウニ胚を用いて実験系研究者と連携しつつ理論モデルを用いて考察している。またそのような分子間の相互作用によって現れる、細胞中の酵素反応細胞膜上シグナル伝達反応等で現れる動的な秩序と、その機能性のメカニズムを理論的に提案している。さらに、実験研究者と連携し、植物の遺伝子発現ネットワーク構造とそのダイナミクス、遺伝子発現の揺らぎ、ウニの発生・形態形成に関わる遺伝子の、胚の力学・化学作用による制御、心電図の解析による心臓病患者の生理状態、放射線による染色体損傷等について、実験データの解析に基づいた研究も進めている。

#### (3) 地形の動力学：

地形形成のダイナミクスは、地上での長期の履歴を引きずる非平衡現象である。我々は、これらの中でも、砂丘のダイナミクスや河川形成のダイナミクス、雪崩のダイナミクスに対して、現象論に基づく数理モデルを模索し、ダイナミクスの本質的要素の抽出を試みてきた。これらの研究で得た手法や概念は、地球上の地形のみならず、他惑星表面の地形の研究にも適用可能



であり、非線形数理科学と観測科学を結びつける新しい方向性を指し示すものとして、海外からも注目されている。

(4) 生命システムの恒常性に関する研究：

ヒトを含む生命個体は様々な組織から成り立ち、それらの間での分子のやりとりを通してかなり厳密に制御されている。例えば、空腹時の血糖値は日によってほとんど変わらず、(健常な) 個人間での違いも比較的小さく、一定の値を保つような仕組みがあると考えられる。一方で、アミノ酸や脂質などは比較的日によって変動が大きく、また、個人間でも違いが大きい。このような分子ごとのばらつきの違いや個人ごとの違いの由来やそれらが生体システムに与える影響を、分子レベル・細胞レベル・臓器レベルなどの様々なスケールにおいて、数理モデルやデータ解析を駆使して解明を目指している。

○発表論文

・原著論文

- ◎1. Y. Kaneshige, F. Hayashi, K. Morigaki, Y. Tanimoto, H. Yamashita, M. Fujii, A. Awazu, “Chaperone FACT”, PLoS ONE, vol.15(2), e0226123 (2020)
- 2. S.Nakao-Kusune, T. Sakaue, H. Nishimori, H. Nakanishi, “Stabilization of a straight longitudinal dune under bimodal wind with large directional variation”, Phys. Rev. E, vol.101, 012903 (2020)
- 3. T. Tottori, M. Fujii\*, S. Kuroda, “Robustness against additional noise in cellular information transmission”, Phys. Rev. E, vol.100, 042403 (2019) (\*Corresponding author)
- 4. M. Fujii, Y. Murakami, Y. Karasawa, Y. Sumitomo, S. Fujita, M. Koyama, S. Uda, H. Kubota, H. Inoue, K. Konishi, S. Oba, S. Ishii, S. Kuroda, “Logical design of oral glucose ingestion pattern minimizing blood glucose in humans”, npj Syst. Biol. Appl., vol.5, 31 (2019)
- 5. T. Tottori, M. Fujii, S. Kuroda, “NMDAR-mediated Ca<sup>2+</sup> increase shows robust information transfer in dendritic spines”, Biophys. J., vol.116(9), pp.1748-1758 (2019)
- ◎6. H. Niiya, A. Awazu, H. Nishimori, “Simple Particle Model for Low-Density Granular Flow Interacting with Ambient Fluid”, Geosciences, vol.10, 69 (2020)
- ◎7. T. Kameda, A. Awazu, Y. Togashi, “Histone Tail Dynamics in Partially Disassembled Nucleosomes During Chromatin Remodeling”, Front. Mol. Biosci. vol.6, 133 (2019)
- ◎8. D. Liu, A. Awazu, T. Sakuma, T. Yamamoto, N. Sakamoto, “Establishment of knockout adult sea urchins by using a CRISPR-Cas9 system”, Develop. Growth Different. vol.61, pp.378-388 (2019)
- ◎9. O. Yamanaka, M. Shiraishi, A. Awazu, H. Nishimori, “Verification of mathematical models of response threshold through statistical characterisation of the foraging activity in ant societies”, Sci. Rep., vol.9, 8845 (2019)
- 10. Y. Matsuda, K. Ikeda, Y. Ikura, H. Nishimori, N. J. Suematsu, “Dynamical quorum sensing in non-living active matter”, J. Phys. Soc. Jpn, vol.88, 983002 (2019) (JPSJ, Editor’s Choice 受賞)
- 11. S. Takizawa, H. Niiya, T. Tanabe, H. Nishimori, H. Katsuragi, “Impact-induced collapse of an inclined wet granular layer”, Physica D, 3860387 (2019)
- ◎12. M. Shiraishi, R. Takeuchi, H. Nakagawa, S. I Nishimura, A. Awazu, H. Nishimori, “Diverse stochasticity leads a colony of ants to optimal foraging”, J. Theor. Biol., vol.465, pp.7-16 (2019)



## ・総説・解説

- ◎1. 栗津暁紀, 松島佑樹, 廣瀬湧大, 坂本尚昭, “裸のDNA領域によるゲノム区画化”, 月刊細胞, 52巻 pp.45-49 (2020)
- 2. 栗津暁紀, 永野 惇, “遺伝子発現の確率性: ばらつきの特徴・背景・機能との関係”, 植物科学最前線, 10巻3号 (2019) (BSJ-Review 10:3 (2019))
- 3. 伊藤 翔, 唐沢康暉, 星野太佑, 藤井雅史, 衛藤 樹, 鶴 純也, 柏戸千絵子, 黒田真也, “低糖質食事法およびレジスタンス運動が身体組成と血中代謝物・ホルモン濃度に与える影響”, 体力科学, 68巻3号, pp.223-227 (2019)
- 4. 山中 治, 白石允梓, 西森 拓, “社会性昆虫の固定反応閾値モデルの大規模データによる検証”, 計測と制御, Vol.59, pp104-110 (2019)

## ○講演等

### ・国際会議

#### 招待講演

- ◎1. A. Awazu, Y. Matsushima, N. Sakamoto, “Insulator Activities of Nucleosome-Excluding DNA Sequences Without Chromatin Loop Formations”, The 57th Annual Meeting of The Biophysical, 2019年9月24日-26日, 国内
- 2. Hiraku Nishimori, “Intelligent Group Behavior by Unintelligent Individuals: Autonomous Task Allocation Dynamics of Foraging Ants”, ICMMA 2019; International Conference on “Spatio-temporal patterns on various levels of the hierarchy of life”, 2019年12月9日-11日, 国内
- 3. Hiraku Nishimori, “On the autonomous task allocation of ants”, RHINO 2019; Roles of Heterogeneity in Non-equilibrium collective dynamics, 2019年7月15日-17日, PosTech., Korea
- 4. Hiraku Nishimori, “On Autonomous Workload Compensation in Ant Colonies”, The 5th Workshop on Self-Organization and Robustness of Evolving Many-Body Systems, 2019年12月13日-14日, 国内

#### 一般講演

- ◎1. A. Ohara, M. Fujii, H. Nishimori, A. Awazu, Spontaneous hierarchical structure formation in dynamic-plastic network model of cerebral nervous system, The 57th Annual Meeting of The Biophysical, 2019年9月24日-26日, 国内
- ◎2. Y. Hirose, Y. Matsushima, N. Sakamoto, M. Fujii, A. Awazu, Genome-wide analysis of insulator activity by nucleosome exclusive non-looping insulator sequence (NENLIS), The 57th Annual Meeting of The Biophysical, 2019年9月24日-26日, 国内
- ◎3. Y. Kaneshige, Y. Tanimoto, H. Nishimori, K. Morigaki, F. Hayashi, M. Fujii, A. Awazu, A mathematical model of pattern formation of lipid-photoreceptor proteins on disk membranes of retinal cells, The 57th Annual Meeting of The Biophysical, 2019年9月24日-26日, 国内
- ◎4. T. Kameda, M. Suzuki, A. Awazu, Y. Togashi, Computational Analysis of the Nucleosome Sliding Dynamics Depending on DNA Methylation, The 57th Annual Meeting of The Biophysical, 2019年9月24日-26日, 国内
- ◎5. Y. Takayama, H. Senda, K. Ito, H. Nishimori, M. Ueno, A. Awazu, Analysis of fission yeast interphase intranuclear structure by mathematical model and live imaging data, The 57th Annual Meeting of The Biophysical, 2019年9月24日-26日, 国内

- ◎6. K. Watanabe, N. Sakamoto, A. Awazu, Modeling of sea urchin gastrulation based on cytoskeleton imaging, The 57th Annual Meeting of The Biophysical, 2019年9月24日-26日, 国内
- ◎7. T. Komoto, H. Nishimori, A. Awazu, The dynamics of chromosomes that trigger X chromosome inactivation, The 57th Annual Meeting of The Biophysical, 2019年9月24日-26日, 国内
- ◎8. Y. Yasui, F. Sugiyama, N. Sakamoto, A. Awazu, Dynamic and cell specific changes in intranuclear chromosomal, The 57th Annual Meeting of The Biophysical, 2019年9月24日-26日, 国内

## ・国内学会

### 招待講演

1. 西森 拓, “賢くない個体達による賢い組織づくり”, CREST・さきがけ・AIMaP合同シンポジウム—数学パワーが世界を変える2020, 2020年2月1日-2日, 国内
2. 西森 拓, “賢くない個体たちによる知的な集団行動 —アリの巧妙な社会分業の仕組みを行動実験と数理モデルで解明する—”, 第二回はこだて現象数理研究会サテライトセミナー, 2019年5月17日
3. 西森 拓, “様々な地表パターン形成と数理モデリング”, 雪氷圏変動把握にむけた積雪表面近傍の現象理解に関する研究集会, 長岡市, 2019年7月31日-8月1日

### 一般講演

1. 藤井雅史, 村上陽平, 唐沢康暉, 住友洋平, 藤田 卓, 小山雅典, 宇田新介, 久保田浩行, 井上 啓, 小西克己, 大羽成征, 石井 信, 黒田真也, 血糖値制御モデルを用いた血糖値が上がりにくい糖摂取パターンの考察, 日本生物物理学会 2019年中国四国支部会, 2019年5月11日-12日, 国内
- ◎2. 金重先人, 谷本泰士, 西森 拓, 森垣憲一, 林 文夫, 栗津暁紀, 網膜桿体細胞内円盤膜上での脂質-光受容タンパク質秩序形成の数理モデル, 日本生物物理学会 2019年中国四国支部会, 2019年5月11日-12日, 国内
- ◎3. 小本哲史, 栗津暁紀, 西森 拓, マウスES細胞X染色体不活性化を誘導する染色体動態, 日本生物物理学会 2019年中国四国支部会, 2019年5月11日-12日, 国内
- ◎4. 小原有水佳, 西森 拓, 栗津暁紀, 脳神経系の動的ネットワークモデルにおける自発的階層構造形成, 日本生物物理学会 2019年中国四国支部会, 2019年5月11日-12日, 国内
- 5. 高山雄揮, 伊藤寛朗, 千田久通, 西森 拓, 上野 勝, 栗津暁紀, 数理モデルと実験データを用いた分裂酵母間期核内構造の解析, 日本生物物理学会 2019年中国四国支部会, 2019年5月11日-12日, 国内
- ◎6. 渡辺開智, 坂本尚昭, 栗津暁紀, ウニ胚形態形成の細胞骨格観察によるモデル化—原腸形成の力学モデル—, 日本生物物理学会 2019年中国四国支部会, 2019年5月11日-12日, 国内
7. 西森 拓, アリの採餌におけるエラー戦略, 第2回松江数理生物学・現象数理学ワークショップ, 2019年8月6日-9日
8. 穴田好徳, 格子ボルツマン法による砂丘シミュレーション, 第2回松江数理生物学・現象数理学ワークショップ(優秀ポスター賞), 2019年8月6日-9日
- ◎9. 小原有水佳, 藤井雅史, 西森 拓, 栗津暁紀, 動的・可塑的ニューラルネットワークモデルにおける自発的構造形成, ネットワーク科学セミナー, 2019年8月28日-31日, 国内
10. 藤田 卓, 唐沢康暉, 藤井雅史, 宇田新介, 大橋 郁, 住友洋平, 平山明由, 曾我朋義, 黒田真也, 糖摂取後の包括的なヒト血中分子濃度変化の個人差および分子間の応答パターンの

類似性, 第59回 生命科学夏の学校, 2019年8月30日-9月1日, 国内

- ◎11. 安井優平, 渡辺開智, 杉山文香, 栗津暁紀, 坂本尚昭, ウニ初期胚発生における核内染色体の動的構造変化および細胞特異的变化, 日本動物学会第90回大阪大会, 2019年9月11日-14日
- ◎12. 渡辺開智, 黒瀬友太, 坂本尚昭, 栗津暁紀, ウニ胚形態形成の細胞骨格観察に基づくモデル化, 日本動物学会第90回大阪大会, 2019年9月11日-14日
- 13. 藤井雅史, 基準振動解析に基づいたタンパク質粗視化モデルの構築, 日本物理学会2019年秋季大会, 2019年9月10日-13日, 国内
- ◎14. 金重先人, 谷本泰士, 西森 拓, 森垣憲一, 林 文夫, 藤井雅史, 栗津暁紀, 網膜桿体細胞内円盤膜上での脂質日-光受容タンパク質秩序形成の数理モデル, 日本物理学会2019年秋季大会, 2019年9月10日-13日, 国内
- ◎15. 小田竜平, 栗津暁紀, 西森 拓, 衝撃により誘発される粉体なだれのシミュレーション, 日本物理学会2019年秋季大会, 2019年9月10日-13日, 国内
- ◎16. 小原有水佳, 藤井雅史, 西森 拓, 栗津暁紀, 動的・可塑的ネットワークモデルにおける自発的階層構造形成, 日本物理学会2019年秋季大会, 2019年9月10日-13日, 国内
- 17. 高山雄揮, 千田久通, 伊藤航希, 西森 拓, 上野 勝, 栗津暁紀, 数理モデルとライブイメージングデータを用いた分裂酵母間期核内構造の解析, 日本物理学会2019年秋季大会, 2019年9月10日-13日, 国内
- ◎18. 金重先人, 谷本泰士, 西森 拓, 森垣憲一, 林 文夫, 藤井雅史, 栗津暁紀, 網膜桿体細胞内円盤膜上での脂質日-光受容タンパク質秩序形成の数理モデル, 研究会「理論と実験」2019, 2019年10月10日-11日, 国内
- ◎19. 沖 友祐, 山中 治, 白石允梓, 栗津暁紀, 西森 拓, 青沼仁志. “アリの採餌における行動と脳内物質の関係”, 第38回日本動物行動学会, 2020年11月22日-24日
- ◎20. 小原有水佳, 藤井雅史, 西森 拓, 栗津暁紀, 動的・可塑的ニューラルネットワークモデルにおける自発的構造形成, 定量生物学の会 北海道キャラバン2019, 2019年11月6, 7日, 国内
- ◎21. 廣瀬湧大, 松島佑樹, 藤井雅史, 栗津暁紀, ヌクレオソーム排他的ループ非形成型インスレーター配列 (NENLIS) によるインスレーター活性のゲノムワイド解析, 定量生物学の会 北海道キャラバン2019, 2019年11月6, 7日, 国内
- ◎22. 安井優平, 杉山文香, 藤井雅史, 坂本尚昭, 栗津暁紀, 画像処理による核内動態の3Dイメージング解析手法, 定量生物学の会 北海道キャラバン2019, 2019年11月6, 7日, 国内
- ◎23. 小原有水佳, 藤井雅史, 西森 拓, 栗津暁紀, グローバルフィードバックを受ける動的・可塑的ネットワークモデルの構造形成, 日本物理学会2020年年次大会, 2020年3月16日-19日, 国内

## 複雑系数理学研究グループ

構成員: 小林 亮 (教授), 飯間 信 (准教授), 李 聖林 (准教授)

## ○研究活動の概要

生物とは「物質と情報が交錯しながら, さまざまなスケールで, 自発的に構造形成と機能発現を行う場」とみなすことができる。本研究室では, 特に生物の運動, 生命の発生過程における細

胞機能制御の問題，生物流体現象に着目して研究を行っている。例えば，動物たちは不確実な環境下においても，しなやかにタフに動きまわることができる。我々は，動物の持つこのすばらしい能力がどのように実現されているかを，力学と制御の観点から理解し工学的に活用するべく，生物学・ロボット工学・制御工学などの研究者と協働で研究を行っている。また，臨床医学者及び実験生物学者との共同研究を通じて，皮膚病の治療を目指した研究や細胞の運命決定における研究を行っている。さらに，遊泳や飛翔に注目し，生物とそれを取りまく流体の相互作用に重点を置いた研究も行っている。マイクロなスケールの現象では，染色体ドメインのダイナミクスの研究を行っている。本研究室ではこれらの研究を通して，物理的存在であると同時に合目的な存在である生物を記述し理解するための理論的枠組みを作り上げることを目指している。

- ・非対称細胞分裂の極性形成のメカニズムを様々な観点から解明した。
- ・コウモリのエコーロケーションに学んだ超音波によるナビゲーションシステムを設計し，実証実験を行った。
- ・ある種の化学反応の反応波面の加速現象の2通りのメカニズムを，実験と数理モデルの両面から解明した。
- ・ミドリムシの鞭毛による遊泳の仕組みを調べるため，方向転換のメカニズムを流体力学的に解析した。
- ・渦を用いたはばたき飛行における制御能のモデルとして，翼運動のみを用いた渦構造の転換挙動を解析した。

以下の研究集会を開催した。

1. 李 聖林 : A3 International Workshop on mathematical and life sciences, Beijing, 2019.5.9-12.
2. 李 聖林 : Mini-symposium, データに基づく細胞・組織生物学, JSMB annual meeting 2019, 2019.9.14-16.
3. 飯間 信 : Mathematical Methods in Biofluid Mechanics, Hyogo, 2019.10.28-30.
4. R. Kobayashi and A. Ishiguro : “Mathematical Challenge to Understand Control Principle Underlying Animals’s Adaptive Behavior”, University of Valencia, 2019.7.18.
5. R. Kobayashi and A. Ishiguro : “Decoding the Control Principle Underlying Adaptive Behaviors of Living Organisms”, Hawaii Convention Center, 2020.1.15.

## ○論文発表

### ・原著論文

- ◎1. S. Seirin-Lee, Fumitaka Osakada, Junichi Takeda, Satoshi Tashiro, Ryo Kobayashi, Takashi Yamamoto, Hiroshi Ochiai\*: Role of dynamic nuclear deformation on genomic architecture reorganization. *PLOS Computational Biology* (2019) 15 (8): e1007289
2. S. Seirin-Lee, Y. Yanase, S. Takahagi, M. Hide : Multifarious Eruptions of Urticaria Solved by A Simple Mathematical Equation. *PLOS Computational Biology* (2020)16(1): e1007590
3. S. Seirin-Lee, T. Sukekawa , T. Nakahara, H. Ishii, S-I. Ei : Transitions to slow or fast diffusions provide a general property for in-phase or anti-phase polarity in a cell. *Journal of Mathematical Biology* (2020)80, 1885–1917

4. S. Seirin-Lee : From a Cell to Cells in Asymmetric Cell Division and Polarity Formation : Shape, Length, and Location of PAR polarity, *Development, Growth and Differentiation* (2020)62,188-195
5. S. Seirin-Lee, M. Nomata, M. Mukunoki : Mathematical modeling and regionality-based optimal policy to reduce empty houses, Akiya, in Japan. *Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics* (2020) 37:365-382
6. T. Yamada and M. Iima : Hydrodynamic turning mechanism of microorganism by solitary loop propagation on a single flagellum, *Journal of the Physical Society of Japan* (2019) 88: 114401
7. M. Iima : Jacobian-free algorithm to calculate the phase sensitivity function in the phase reduction theory and its applications to Karman's vortex street, *Physical Review E*, (2019) 99: 062203
8. M. Iima, N. Yokoyama and K. Senda : Active lift inversion process of heaving wing in uniform flow by temporal change of wing kinematics, *Physical Review E*, (2019) 99: 043110
9. M. Iima : Phase responses and flow characteristics of a family of Karman's vortex streets, *Proceedings of the 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, NOLTA 2019*, 2019: 9023, 2019
10. Y. Yamada, Y. Watabe, S. Hiryu and R. Kobayashi : "3D Acoustic Localization Based on Echolocation Strategy of Bats", 2020 Proceedings of IEEE/SICE International Symposium on System Integration (2020)

・ 総説・解説

1. 小林 亮 : 環境を友とする制御法の創成, システム/制御/情報, 「環境を友とする制御法の創成」特集号, 63(6): 218-222 (2019)
2. 小林 亮, 青沼仁志, 岡田美智男, 石黒章夫, 大須賀公一, 石川将人: 「環境を友とする」を学問しよう, システム/制御/情報, 「環境を友とする制御法の創成」特集号, 63(6): 246-253 (2019)

○講演等

・ 国際会議

招待講演

1. S. Seirin-Lee : A general property for in-phase and anti-phase cell polarities in asymmetric cell division, Minisymposium Mathematical modeling, simulations and theories related to biological phenomena, Valencia, Spain, ICIAM2019, 2019.7.14-20.
2. S. Seirin-Lee : Pattern Formation from Cell to Dermatology, A3 workshop for Mathematical Life Sciences, Beijing, 2019.5.9-11.
3. S. Seirin-Lee : My Life in Mathematical Biology for 10 Years after (W)CMB, Oxford, WCMB Group meeting, University of Oxford, 2019.10.21.
4. M. Iima: Phase reduction of flapping flight and swimming, Mathematical Methods in Biofluid Mechanics, Hyogo, 2019.10.30.
5. R. Kobayashi : "Towards the Construction of Dialogical Control", ICIAM 2019, Valencia, Spain,

2019.7.18.

6. R. Kobayashi : “Mathematical Model of Step Dynamics on Growing Crystal Surface”, ICIAM 2019, Valencia, Spain, 2019.7.19.

一般講演

1. M. Iima : Phase responses and flow characteristics of a family of Karman’s vortex streets, NOLTA2019, Kuala Lumpur, Malaysia, 2019.12.4.
2. M. Iima : A Jacobian-free algorithm to calculate the phase sensitivity function of the phase reduction theory and its application to Karman's vortex street, Vortex dynamics in science, nature and technology, La Jolla, USA, 2019.6.24.

## ・国内学会

招待講演

1. 李 聖林 : 「反応拡散方程式、生命のパターン形成におけるその無限の才能」, 応用数学科分科会・特別講演, 日本数学会年会, 日本大学 2020年3月16日-19日
2. 李 聖林 : 蕁麻疹の謎を解いた方程式, Math Group Seminar, 東北大学, 2019年7月30日
3. 飯間 信 : 飛翔と遊泳の流体力学, 統合生命科学研究科ランチョンセミナー, 広島大学, 2019年6月20日
4. 小林 亮 : 「単細胞が教えてくれること -- 粘菌からロボットへ --」, 天然物討論会の科学者たち, 広島国際会議場, 2019年9月14日
5. 小林 亮 : 「単細胞が教えてくれること ~ 粘菌からロボットへ ~ + 環境を友とする制御法の創成」, いきもの - AI 共創工学, 大阪大学, 2019年12月24日
6. 小林 亮 : 「生物と数学、そしてロボットへ」, 数学パワーが世界を変える 2020, 秋葉原コンベンションホール, 2020年2月2日

一般講演

1. 李 聖林 : 「形と生命における数学のさきがけ」, 数学パワーが世界を変える2020, 秋葉原コンベンションセンター, 2020年2月1日-2日
2. 飯間 信 : ヤコビアンフリーな位相感受関数の計算法に基づくカルマン渦列の位相縮約, 日本物理学会2019年秋季大会, 2019年9月10日-13日
- ◎3. 藤田雄介, 西森 拓, 飯間 信 : 小型水槽実験によるアナログ砂丘模型周りの流れ構造, 日本物理学会2019年秋季大会, 2019年9月10日-13日
4. 飯間 信, 横山直人, 泉田 啓 : 振動翼の運動制御による揚力反転機構のパラメータ依存性, 流体力学会年会2019, 2019年9月13日-15日
- ◎5. 藤田雄介, 西森 拓, 飯間 信 : 直接数値計算による2次元砂丘群周りの流れ構造, 日本物理学会第75回年次大会(2020年), 2020年3月16日-19日



6. 飯間 信, 山田稔大: ミドリムシの単一鞭毛上の輪の伝搬による転回機構, 日本物理学会第75回年次大会(2020年), 2020年3月16日-19日
7. 小林 亮: 「外野フライはなぜ捕れるのか?」, 第15回京都算学会, 奈良, 2019年5月11日

## 生命理学講座

### 分子生物物理学研究グループ

構成員: 楯 真一 (教授), 片柳克夫 (准教授), 大前英司 (助教), 安田恭大 (助教)

#### ○研究活動の概要

天然変性タンパク質の構造機能研究を中心に研究を進めた。

クロマチンリモデリング因子FACTでは, 理化学研究所との共同研究で再構成ヌクレソームを用いた系を用いてリン酸化によるFACTのヌクレソーム結合能の定量的解析を進め, 超応答性 (ultra-sensitivity) と呼べる特異な機構の存在を確認した。NMRおよび数理モデルにより, 超応答性の機構を明らかにし論文として発表した。

天然変性タンパク質の一つであるtauはアルツハイマー病の原因タンパク質としてよく知られている。今期の研究では, 常磁性緩和干渉法という新たな技術を導入して, tauタンパク質が持つ特徴的な構造動態を明らかにした。Tauは, 細胞内で繊維構造を形成することにより神経細胞破壊死を誘導する。繊維中では $\beta$ -sheet構造に富んだ構造が積層する異で形成されるが, 今回の解析では溶液状態にあるtauにはすでに繊維中で形成される $\beta$ -sheet構造を準備する構造が低存在率で形成されていることを明らかにした。あらかじめ繊維構造を形成するための構造を準備しているという機構を明らかにした。結果は論文として発表した。

細胞内で形成されるタンパク質-RNAからなるドロップレットのうち, ストレス環境下で形成されるストレス顆粒や, 神経変性疾患組織にて形成されるFUS封入体を対象に, その構成因子変化を経時的に同定する新規技法の開発を進めた。実際にそこから得られたFUSとの相互作用候補因子, VCPタンパク質について解析し, FUS封入体の物性変化にVCPが寄与していることを見出した。

クロマチン動態数理研究拠点 (RcMcD) での研究としては, 核内クロマチン構造解析にむけた電子顕微鏡観測技術の構築を進めた。分裂酵母を用いて, ヒストンH2Bタンパク質にAPEXを融合したタンパク質を発現させ, 過酸化水素添加によりDAB重合膜をクロマチン繊維上に形成させることで導電染色技術の最適化を進めた。3次元電子顕微鏡の観測に成功した。今後は, 本格的な核内クロマチン立体構造解析に取りかかる。

高圧下や高塩濃度下で生息する極限生物由来の酵素反応についても引き続き多様性を調査する研究を継続した。

本学歯学部や国立感染症研究所との協同研究であるアトピー性皮膚炎患部由来の新規エンテロトキシンについて結晶が得られ, 現在KEKでデータ収集を行い構造解析中である。

#### ○発表論文

##### ・原著論文

1. Ohta, T., Yamada, R., Fujita, S., Takahata, T., Shiba, K., Machida, S., and **Tate, S.** “DOPG

small unilamellar vesicles function as nano-carriers targeting the clustered lectin-like oxidized LDL receptor (LOX-1) on the cell surface, *J. Drug Delivery Sci. and Tech.*, 51, 327-336 (2019).

2. Kawasaki, R. and **Tate, S.**, “Impact of the Hereditary P301L Mutation on the Correlated Conformational Dynamics of Human Tau Protein Revealed by the Paramagnetic Relaxation Enhancement NMR Experiments”, *International Journal of Molecular Science*. 21, 3920 (2020).
3. Moissoglu K\*, **Yasuda K\***, Wang T\*, Chrisafis G and Mili S, “Translational regulation of protrusion-localized RNAs involves silencing and clustering after transport”, *eLife*, 8: e44752, (2019). \***equally contributed**
4. David BG, Fujita H, **Yasuda K**, Okamoto K, Panina Y, Ichinose J, Sato O, Horie M, Ichimura T, Okada Y and Watanabe TM, “Linking substrate and nucleus via actin cytoskeleton in pluripotency maintenance of mouse embryonic stem cells”. *Stem Cell Research*, 41: 101614 (2019).
- ◎5. Aoki, D., **Awazu, A.**, **Fujii, M.**, Uewaki, J., Hashimoto, M., Tochio, N., Umehara, T., and **Tate, S.** “Ultrasensitive Change in Nucleosome Binding by Multiple Phosphorylations to the Intrinsically Disordered Region of the Histone Chaperone FACT”, *J.Mol.Biol.* 432, 4637-4657 (2020).

#### • 著書

1. **E. Ohmae**, Y. Miyashita, and C. Kato, “Functional, structural, and thermodynamic characteristics of enzymes from deep-sea microorganisms.” *Microbial Catalysts Volume 1* (Eds. S. M. Abdel-Aziz, N. Garg, A. Aeron, C. K. Jha, S. C. Nayak, and V. K. Bajpai), Chapter 12, pp. 325-343, Nova Science Publisher, (2019).
2. **大前英司**「タンパク質の揺らぎ・反応」高圧力の科学・技術事典（監修：日本高圧力学会，編集：入船徹男，加藤稔，木村佳文，近藤正，清水克哉，関根利守，長谷川正，舟越賢一，保科貴亮，松木均）朝倉書店 (in press).

#### • 総説・解説

**大前英司**「高圧力が酵素に及ぼす影響—深海微生物由来酵素の高圧力適応機構—」化学と生物 (in press).

#### ○講演等

##### • 国際会議

1. **Shin-ichi Tate**, “Structural properties of oxidized LDL receptor LOX-1 as a therapeutic target for atherosclerosis and cancers – significance of LOX-1 structure and dynamics in terms of drug design and drug delivery” The 2<sup>nd</sup> Int. Conf. Pharmaceutical Chem. and Drug Discovery (2019.06, London, UK)
2. **Shin-ichi Tate**, “Multiple-phosphorylation in the intrinsically disordered region (IDR) in chromatin remodeller FACT tunes its remodeling activity through conformation dynamics”, the 8<sup>th</sup> Asia-Pacific NMR Symposium 2019 (2019.07, Singapore)
3. **Shin-ichi Tate**, “Effects of the detrimental familial mutation on the structure and dynamics of tau and their relation to the fibril formation”, (2019.10, Daejeon, Korea)

##### • 国内学会

招待講演  
該当無し

#### 一般講演

1. 安田恭大「RNA 局在がもたらす翻訳“抑制”による細胞形態制御機構」北海道大学理学研究科セミナー（2019年6月18日, 札幌）招待講演
- ◎2. 安田恭大, Hyun-woo Rhee, 渡邊朋信, 楯 真一「細胞質内での液-液層分離現象を制御する時期・部位特異的因子の探索」日本生物物理学会第11回中国四国支部大会（2019年5月11-12日, 広島）
- ◎3. Yasuda K, Rhee HW, Watanabe TM, Mili S, Tate S. “Possible molecular entity for misdirected local translation caused by ALS-related inclusion formation identified with novel photo-activatable ligand.” 第42会日本分子生物学会年会, ワークショップ「RNA 局在とその局所的翻訳が担う生命現象」（2019年12月2-4日, 福岡）ワークショップ主催者
4. 吉岡賢一, 長谷颯士, 政喜 優, 青木大将, 吉村優一, 梅原崇史, 木村英昭, 楯 真一「プロテイン・ドロップレットのNMR解析」第58回NMR討論会（2019年11月, 川崎）
5. 川寄亮祐, 楯 真一「常磁性緩和干渉法(PRI)を用いた Tau タンパク質の過渡的構造解析」第58回NMR討論会（2019年11月, 川崎）
6. Ryosuke Kawasaki, and Shin-ichi Tate, “Intrinsically disordered protein Tau tends to transiently form a part of the protofilament core structure in the soluble state” 第57回 日本生物物理学会年会(2019年9月, 宮崎)

#### 自己組織化学研究グループ

構成員：中田 聡（教授）、藤原好恒（准教授）、藤原昌夫（助教）

#### ○研究活動の概要

自己組織化学研究グループでは、「非線形・非平衡における動的な界面現象」と「強磁場下での物理化学生物現象」について研究を行ってきた。

（中田 聡）

自己駆動に基づくパターン形成として、膜・界面における自律運動系のモードスイッチング、光応答を示す化学振動反応の様相変化、非線形性を指標とした化学応答等の研究を行った。これらは、システムに内在する非線形・非平衡を、再現性よく抽出し、物理化学的に評価・活用する研究であり、国内外にない独創的な研究である。これらの研究成果に関して、Royal Society of Chemistryのe-bookの編集や招待講演・招待論文など、研究成果が国際的に評価されている。

（藤原好恒）

近未来の宇宙環境利用を想定するとき、惑星や衛星によって異なる磁場（～15テスラ）、電磁波（紫外光、可視光）、重力場（微小重力（≒無重力）、過重力）の環境因子が、単独で或いは複数が協同して生体反応や挙動に及ぼす影響や効果を解明することは最重要課題である。最近、日本人に身近な麹菌の生長と代謝産物への影響や効果が明らかになってきており、産業利用への展開を図っている。

(藤原昌夫)

常磁性、反磁性などの磁氣的性質（磁性）は、万物の有する普遍的な性質である。したがって、物質固有の磁性を利用すると、物理過程、化学過程の制御が可能なが期待される。このような磁性による分子集団制御の重要性にいち早く着目し、世界に先駆けて10–20 T級の強磁場を用いて、磁気科学の新領域を開拓すべく、磁場が物理変化、化学反応に与える影響について、基礎的な研究を行ってきている。

## ○発表論文

### ・原著論文

1. M. Denda, Y. Umino, N. Kumazawa, S. Nakata, “Can simple physicochemical studies predict the effects of molecules on epidermal water-impermeable barrier function?”, *Experimental Dermatology*, 2020, 29, 393–399, DOI: 10.1111/exd.14075.
2. Y. Koyano, H. Kitahata, S. Nakata, J. Gorecki, “On a simple model that explains inversion of a self-propelled rotor under periodic stop-and-release-operations”, *Chaos*, 2020, 30, 023105-1-9, DOI: 10.1063/1.5140626.
3. S. Nakata, N. Takahara, “Characteristic nonlinear responses of a semiconductor gas sensor to hydrocarbons and alcohols under the combination of cyclic temperature and continuous flow”, *Sensors & Actuators B*, 2020, 307, 127635-1-6, DOI: 10.1016/j.snb.2019.127635.
4. M. Kuze, Y. Hiranishi, Y. Okamoto, A. Shioi, S. Nakata, “Coupling of two microbeads exhibiting different features of oscillations in the Belousov-Zhabotinsky reaction”, *Chemistry Letters*, 2019, 48, 847–850, DOI: 10.1246/cl.190292.
5. M. Kuze, M. Horisaka, N. J. Suematsu, T. Amemiya, O. Steinbock, S. Nakata, “Chemical wave propagation in the Belousov-Zhabotinsky reaction controlled by electrical potential”, *The Journal of Physical Chemistry A*, 2019, 123, 4853–4857, DOI: 10.1021/acs.jpca.9b02636.
6. S. Nakata, Y. Irie, N. J. Suematsu, “Self-propelled motion of a coumarin disk characteristically changed in couple with hydrolysis on an aqueous phase”, *The Journal of Physical Chemistry B*, 2019, 123, 4311–4317, DOI: 10.1021/acs.jpbc.8b11534.

### ・著書

1. S. Nakata, V. Pimienta, I. Lagzi, H. Kitahata, N. J. Suematsu (Eds.), “Self-organized Motion: Physicochemical Design based on Nonlinear Dynamics”, Royal Society of Chemistry, 2019 (Print ISBN: 978-1-78801-166-2, doi.org/10.1039/9781788013499).

## ○講演等

### ・国際会議

招待講演

1. S. Nakata, “Self-propelled objects with high autonomy for transportation”, 3rd Edition of Global Conference on Pharmaceutics and Drug Delivery Systems, 2019.6.25. (Paris, France).
2. S. Nakata, “Characteristic motion of a self-organized object based on nonlinearity”, Special Lecture in Toulouse University, 2019.6.26. (Toulouse University, France).
3. S. Nakata, “Spatio-temporal pattern formation using self-propelled objects”, Special Lecture in Capital Normal University, 2019.9.9. (Beijing, China).

4. S. Nakata, “Catch and release chemotaxis based on nonlinearity”, Special Lecture in Polish Academy of Sciences, 2019.11.25. (Polish Academy of Sciences, Poland).
5. S. Nakata, “Catch and release chemotaxis”, Special Lecture in Magdeburg University, 2019.11.25. (Magdeburg University, Germany).

一般講演

1. M. Kuze, H. Kitahata, O. Steinbock, S. Nakata, “Belousov-Zhabotinsky reaction in ion exchange beads”, Semilar in Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland, 2019.11.8.
- ◎2. T. Matsufuji, J. Gorecki, H. Kitahata, H. Nishimori, and S. Nakata, “Self-inversion of a self-propelled object depending on its not shape but velocity”, Semilar in Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland, 2019.11.8.
3. M. Horisaka, M. Kuze, N. J. Suematsu, T. Amemiya, S. Oliver, S. Nakata, “Changes in bifurcation between two oscillatory states controlled by electrical potential in Belousov-Zhabotinsky reaction”, International Conference on Mathematical Modeling and Applications based on Self-Organization 2019 (ICMMA2019), Meiji University, Japan, 2019.12.10.
4. Y. Yamaguchi, S. Nakata, “Characteristic responses of phospholipid monolayers to monovalent and divalent cations”, Okinawa Colloids 2019, PT04-28, Okinawa, Japan, 2019.11.4.

・国内学会

招待講演

1. 中田 聡, “生き生きと水面滑走する自己駆動体”, 第2回 松江数理生命学・現象数理学ワークショップ, 2019年8月7日 (隠岐の島) .

一般講演

1. 久世雅和, 北畑裕之, Oliver Steinbock, 中田 聡, “異なる時空間パターンを示す2個の化学振動子のカップリング”, 日本化学会第100春季年会, 4D2-17, 東京理科大学野田キャンパス, 2020年3月25日.
2. 久世雅和, 西 慧, 北畑裕之, 西浦廉政, 中田 聡, “化学種の分布に依存する時空間パターン”, 自己組織化討論会, 福岡工業大学 セミナーハウス, 2019年6月15日.
3. 高原奈穂, 中田 聡, “周期的温度摂動と一定流速に対する半導体ガスセンサの非線形応答”, 日本化学会中国四国支部大会, 2D-06, 徳島大学常三島キャンパス, 2019年11月17日.
4. 高原奈穂, 中田 聡, “周期的温度摂動下にある半導体ガスセンサのパルス応答”, 日本化学会第100春季年会, 4D2-29, 東京理科大学野田キャンパス, 2020年3月25日.
5. 堀坂麻里, 中田 聡, “化学振動反応系における化学波発生源の電位応答”, 札幌非線形現象研究会2019, 北海道大学, 2019年8月28日.
6. 堀坂麻里, 久世雅和, 末松J. 信彦, 雨宮 隆, Steinbock Oliver, 中田 聡, “マイクロビーズ上で生じるBelousov-Zhabotinsky反応における2つの振動状態間の分岐点の電位応答”, 日本化学会第100春季年会, 4D2-16, 東京理科大学野田キャンパス, 2020年3月25日.
7. 松藤文郎, 中田 聡, 北畑裕之, Jerzy Gorecki, “対称な回転駆動体における角速度依存性”, 日本化学会第100春季年会, 4D2-26, 東京理科大学野田キャンパス, 2020年3月25日.
8. Xu Yu, 中田 聡, “Oscillatory motion of a camphor disk on a surfactant aqueous phase - From viewpoint of the driving force -”, 日本化学会第100春季年会, 4D2-27, 2020年3月25日.



## 生物化学研究グループ

構成員：泉 俊輔（教授），芦田嘉之（助教）

### ○研究活動の概要

「生体機能の化学的・生化学的解明と開発」を主題とする生命科学分野の基礎研究を行っている。特に、細胞外から加えられた化学的ストレスがどのようなメカニズムで細胞内に伝達されるのか（情報伝達機能）、その情報をもとに細胞はどのように生合成・代謝システムを構築・発現するのか（生合成・代謝機能）、またその生理活性情報が細胞の代謝制御や生体防御にどのようにかわるのか（生体防御機能）についての化学的・生化学的な基礎研究とそれらの生体機能を有用物質の合成・生産に活用する（生体触媒機能）ための開発研究を主に以下のテーマのもとに進めている。

- (A) 生体機能物質の構造・機能解析——微生物や植物が生産する『生理活性天然物』の探索，構造解明，構造－活性相関，生合成機構の解明
  - 1. 蜜蜂が生産するプロポリスや花粉荷からの生理活性物質の解明
  - 2. 柑橘類からの香料物質，抗肥満活性物質および抗癌活性物質の探索・解明
- (B) 生体の物質合成・代謝機能の解明——細胞に外部から化学物質を加えた場合にその細胞が示す外来基質認識能と物質変換能の解明，およびその機能（酵素反応）を『生体触媒』（Biocatalyst）として活用する方法の開発
  - 1. 植物細胞およびその酵素系を生体触媒とする不斉誘起反応の解明と開発
  - 2. 生体触媒を活用する環境浄化（Bioremediation）法の開拓
- (C) 生体の情報伝達機能と防御機能の解明——植物細胞が外部からの攻撃や環境ストレス（化学物質，温度，光など）を細胞内にどのようにして『情報伝達』し、『防御応答』して身を守るかの機構解明
  - 1. 植物細胞の情報伝達，生体防御やアポトーシスに関与している生体物質（遺伝子，蛋白質）の構造・機能およびその制御機構の解明
  - 2. 細胞のストレス応答における動的プロテオミクスの解明
- (D) 生体高分子の構造解析法の開発——質量分析法と化学的手法を組み合わせて『質量情報を構造情報に変換』することによる生体高分子の新しい分析法の開発
  - 1. MALDI法の新規マトリックスの合成及び測定法の開発
  - 2. 膜蛋白質のクロスリンカーを用いた膜トポロジーの解析
- (E) イオンモビリティ質量分析を用いた構造生物学
  - 1. 天然変性蛋白質の気相中の構造解析
  - 2. 蛋白質複合体の構造解析

### ○発表論文

#### ・原著論文

- 1. Iizuka, Daisuke; Izumi, Shunsuke; Suzuki, Fumio; Kamiya, Kenji, Analysis of a lectin microarray identifies altered sialylation of mouse serum glycoproteins induced by whole-body radiation exposure *Journal of Radiation Research* (2019), 60(2), 189-196.
- 2. Yoshiyama, Makoto; Okamoto, Yasuaki; Izumi, Shunsuke; Iizuka, Daisuke, Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometric Evaluation of Iron Excretion in Mouse Urine Caused by Whole-Body Gamma Irradiation *Biological Trace Element Research* (2019), 191(1), 149-158.



3. Suematsu Nobuhiko J; Nagata Toshiki; Saikusa Kazumi; Izumi Shunsuke, Interfacial Dynamics in the Spontaneous Motion of an Aqueous Droplet the ACS journal of surfaces and colloids (2019), 35(35), 11601-11607.
4. Iizuka Daisuke; Iizuka Daisuke; Kamiya Kenji; Izumi Shunsuke; Suzuki Fumio, Analysis of a lectin microarray identifies altered sialylation of mouse serum glycoproteins induced by whole-body radiation exposure ,Journal of radiation research (2019), 60(2), 189-196.

## ○講演等

### ・国際会議

該当無し

### ・国内学会

一般講演

1. 泉 俊輔, 今村優太. 「DIUTHAME-SALDI-IMS法を用いた粘菌の化学忌避物質の探索」第67回質量分析総合討論会2019年5月16日（つくば国際会議場）
2. 七種和美, 日高はる菜, 新屋大貴, 泉 俊輔. 「質量分析を用いたアセチル化に伴うヌクレオソームの構造変化の解析」第67回質量分析総合討論会2019年5月17日（つくば国際会議場）

## 分子遺伝学研究グループ

構成員：山本 卓（教授），坂本 尚昭（准教授），佐久間 哲史（講師），落合 博（講師），中坪（光永）敬子（助教），細羽 康介（助教），鈴木 賢一（特任准教授），栗田 朋和（特任助教）

## ○研究活動の概要

当研究室では、棘皮動物のウニをモデル動物として、動物の形態形成に関わる遺伝子の機能と作用機構について研究を展開している。初期胚での遺伝子発現ダイナミクスを解析するために、分子イメージングの技術を取り入れた定量的解析法を確立し、生命科学の新しい研究分野の開拓に努めている。さらに、人工DNA切断酵素のジンクフィンガーヌクレアーゼ（ZFN），transcription activator-like effector（TALE）ヌクレアーゼ（TALEN），CRISPR-Cas9の作製方法を確立し、様々な細胞（哺乳類細胞およびiPS細胞）や生物（微細藻類，ウニ，ゼブラフィッシュ，カエル，イモリ，マウス，ラット，マーモセット）での遺伝子改変技術（ゲノム編集技術）の開発を、国内外の共同研究として行っている。人工DNA切断酵素を用いたゲノム編集に関するコミュニティ（日本ゲノム編集学会，ゲノム編集産学共創コンソーシアム）を形成し、この技術の情報発信と国内の共同研究体制の構築を目指している。当研究室の研究テーマを以下に示す。

1. 人工DNA切断酵素（ZFN, TALENとCRISPR-Cas9）を用いたゲノム編集技術の開発
2. ゲノム編集による疾患モデルの細胞や動物の作製
3. ゲノム編集による有用微生物の作出
4. 転写調節の分子機構・核構造と遺伝子発現調節に関する研究
5. 両生類の発生および変態メカニズムの解明
6. 棘皮動物の成体原基細胞の形成と再生に関する研究

## 7. 形態形成における細胞外基質の機能に関する研究

キーワード：遺伝子発現，発現調節，ゆらぎ，形態形成，生殖細胞，発生，進化，棘皮動物，両生類，iPS細胞，疾患モデル，ZFN，TALEN，CRISPR-Cas9，ゲノム編集技術，バイオ燃料，細胞外基質

### ○原著論文

1. Yaguchi S, Yaguchi J, Suzuki H, Kinjo S, Kiyomoto M, Ikeo K and Yamamoto T. Establishment of homozygous knock-out sea urchins. *Current Biology*, in press, 2020
- ◎2. Shinkai S, Nakagawa M, Sugawara T, Togashi Y, Ochiai H, Nakato R, Taniguchi Y, Onami S. PHI-C: deciphering Hi-C data into polymer dynamics. *NAR Genomics and Bioinformatics*, 2, lqaa020, 2020
- ◎3. Ozawa K, Tsumoto H, Miura Y, Yamaguchi J, Iguchi-Arigo SMM, Sakuma T, Yamamoto T, Uchiyama Y. DJ-1 is indispensable for the S-nitrosylation of Parkin, which maintains function of mitochondria. *Scientific Reports*, 10, 4377, 2020
- ◎4. Shindo R, Katagiri T, Komazawa-Sakon S, Ohmuraya M, Takeda W, Nakagawa Y, Nakagata N, Sakuma T, Yamamoto T, Nishiyama C, Nishina T, Yamazaki S, Kameda H, Nakano H. Regenerating islet-derived protein (Reg)3b plays a crucial role in attenuation of ileitis and colitis in mice. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 21, 100738, 2020
- ◎5. George G, Ninagawa S, Yagi H, Saito T, Ishikawa T, Sakuma T, Yamamoto T, Imami K, Ishihama Y, Kato K, Okada T, Mori K. EDEM2 stably disulfide-bonded to TXNDC11 catalyzes the first mannose trimming step in mammalian glycoprotein ERAD. *Elife*, 9, e53455, 2020
- ◎6. Sawada H, Yamamoto K, Yamaguchi A, Yamada L, Higuchi A, Nukaya H, Fukuoka M, Sakuma T, Yamamoto T, Sasakura Y, Shirae-Kurabayashi M. Three multi-allelic gene pairs are responsible for self-sterility in the ascidian *Ciona intestinalis*. *Scientific Reports*, 10, 2514, 2020
- ◎7. Teratake Y, Takashina T, Iijima K, Sakuma T, Yamamoto T, Ishizaka Y. Development of a protein-based system for transient epigenetic repression of immune checkpoint molecule and enhancement of antitumour activity of natural killer cells. *British Journal of Cancer*, 122, 823-834, 2020
- ◎8. Koba H, Jin S, Imada N, Ishikawa T, Ninagawa S, Okada T, Sakuma T, Yamamoto T, Mori K. Reinvestigation of disulfide-bonded oligomeric forms of the unfolded protein response transducer ATF6. *Cell Structure and Function*, 45, 9-21, 2020
- ◎9. Tajima Y, Hozumi A, Yoshida K, Treen N, Sakuma T, Yamamoto T, Sasakura Y. Hox13 is essential for formation of a sensory organ at the terminal end of the sperm duct in *Ciona*. *Developmental Biology*, 458, 120-131, 2020
- ◎10. Konishi S, Tanaka N, Mashimo T, Yamamoto T, Sakuma T, Kaneko T, Tanaka M, Izawa T, Yamate J, Kuwamura M. Pathological characteristics of *Ccdc85c* knockout rats: a rat model of genetic hydrocephalus. *Experimental Animals*, 69, 26-33, 2020
- ◎11. Liu D, Awazu A, Sakuma T, Yamamoto T, Sakamoto N. Establishment of knockout adult sea urchins by using a CRISPR-Cas9 system. *Development Growth and Differentiation*, 61, 378-388, 2019
12. Morisaka H, Yoshimi K, Okuzaki Y, Gee P, Kunihiro Y, Sonpho E, Xu H, Sasakawa N, Naito Y, Nakada S, Yamamoto T, Sano S, Hotta A, Takeda J, Mashimo T. CRISPR-Cas3 induces broad and unidirectional genome editing in human cells. *Nature Communications*, 10, 5302, 2019
- ◎13 Li J, Dong A, Saydaminova K, Chang H, Wang G, Ochiai H, Yamamoto T, Pertsinidis A. Single-Molecule Nanoscopy Elucidates RNA Polymerase II Transcription at Single Genes in Live Cells. *Cell*, 178, 491-506, 2019
- ◎14. Seirin-Lee S, Osakada F, Takeda J, Tashiro S, Kobayashi R, Yamamoto T, Ochiai H. Role of dynamic nuclear deformation on genomic architecture reorganization. *PLoS Comput Biol*, 15, e1007289, 2019
- ◎15. Yasumoto S, Umemotoz, N, Lee HJ, Nakayasu M, Sawai S, Sakuma T, Yamamoto T, Mizutani M, Saito K, Muranaka T. Efficient genome engineering using Platinum TALEN in potato. *Plant Biotechnology*, 36, 167-173, 2019

- ◎16. Higuchi K, Kazeto Y, Ozaki Y, Yamaguchi T, Shimada Y, Ina Y, Soma S, Sakakura Y, Goto R, Matsubara T, Nishiki I, Iwasaki Y, Yasuike M, Nakamura Y, Matsuura A, Masuma S, Sakuma T, Yamamoto T, Masaoka T, Kobayashi T, Fujiwara A, Gen K. Targeted mutagenesis of the ryanodine receptor by Platinum TALENs causes slow swimming behaviour in Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*). *Scientific Reports*, 9, 13871, 2019
- ◎17. Suenaga Y, Yamamoto M, Sakuma T, Sasada M, Fukai F, Ohira M, Yamaguchi Y, Yamamoto T, Ando K, Ozaki T, Nakagawara A. TAp63 represses transcription of MYCN/NCYM gene and its high levels of expression are associated with favorable outcome in neuroblastoma. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 518, 311-318, 2019
- ◎18. Tanigawa S, Naganuma H, Kaku T, Era T, Sakuma T, Yamamoto, Taguchi A, Nishinakamura R. Activin Is Superior to BMP7 for Efficient Maintenance of Human iPSC-Derived Nephron Progenitors. *Stem Cell Reports*, 13, 322-337, 2019
- ◎19. Watanabe M, Nakano K, Uchikura A, Matsunari H, Yashima S, Umeyama K, Takayanagi S, Sakuma T, Yamamoto T, Morita S, Horii T, Hatada I, Nishinakamura R, Nakauchi H, Nagashima H. Anephrogenic phenotype induced by SALL1 gene knockout in pigs. *Scientific Reports*, 9, 8016, 2019
- ◎20. Kohara H, Utsugisawa T, Sakamoto C, Hirose L, Ogawa Y, Ogura H, Sugawara A, Aoki T, Iwasaki T, Asai T, Doisaki S, Okuno Y, Muramatsu H, Abe T, Kurita R, Miyamoto S, Sakuma T, Shiba M, Yamamoto T, Ohga S, Yoshida K, Ogawa S, Ito E, Kojima S, Kanno H, Tani K. KLF1 Mutation E325K Induces Cell-cycle Arrest in Erythroid Cells Differentiated from Congenital Dyserythropoietic Anemia (CDA) Patient-specific Induced Pluripotent Stem Cells. *Experimental Hematology*, 73:25-37.e8, 2019
- 21. Matsunami M, Suzuki M, Haramoto Y, Fukui A, Inoue T, Yamaguchi K, Uchiyama I, Mori K, Tashiro K, Ito Y, Takeuchi T, Suzuki KT, Agata K, Shigenobu S, Hayashi T. A comprehensive reference transcriptome resource for the Iberian ribbed newt *Pleurodeles waltl*, an emerging model for developmental and regeneration biology. *DNA Research*, 26, 217-229, 2019

#### ○著書

- ◎1. 山本 卓, 佐久間哲史編. *完全版 ゲノム編集実験スタンダード*, 羊土社 (2019)
- ◎2. 佐久間哲史, 中前和恭, 山本 卓. 遺伝子改変の戦略①: ノックアウト. *完全版 ゲノム編集実験スタンダード*, 羊土社, pp26-33 (2019)
- ◎3. 佐久間哲史, 山本 卓. 遺伝子改変の戦略②: プラスミドドナーを用いたノックイン. *完全版 ゲノム編集実験スタンダード*, 羊土社, pp34-40 (2019)
- 4. 佐久間哲史. CRISPR-Cas9の作製法とプラスミドドナーの設計法・作製法. *完全版 ゲノム編集実験スタンダード*, 羊土社, pp74-85 (2019)
- ◎5. 佐久間哲史, 國井厚志, 山本 卓. タンパク質集積技術による高度ゲノム編集・転写調節. *完全版 ゲノム編集実験スタンダード*, 羊土社, pp372-373 (2019)
- 6. 落合 博. 新旧ゲノム編集ツール (ZFN・TALEN・CRISPR) の長所と短所. *完全版 ゲノム編集実験スタンダード*, 羊土社, pp17-25 (2019)
- 7. 落合 博. 特定内在遺伝子の転写-核内局在の同時イメージング. *完全版 ゲノム編集実験スタンダード*, 羊土社, pp128-138 (2019)

#### ○総説・解説

- 1. 佐久間哲史, 國井厚志. ゲノム編集の意義と問題点, および解決策. *腫瘍内科*, 24:3, 307-314 (2019)
- 2. Ochiai H. Real-Time Observation of Localization and Expression (ROLEX) System for Live Imaging of the Transcriptional Activity and Nuclear Position of a Specific Endogenous Gene. *Methods Mol Biol*, 2038, 35-45, 2019

#### ○国際会議での講演

招待講演

- 1. Yamamoto T. Applications of genome editing technology for various life science research, GWG

(Genome Writers Guilds) 2019 Genome Engineering Conference, 2019.5.16-18, Ames, USA

2. Yamamoto T. Applications of genome editing technology for various aspects of life science research, The 15th International Symposium on Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 2019.9.19-20, Hiroshima, Japan
3. Ochiai H. Transcriptional bursting induces gene expression heterogeneity in mouse embryonic stem cells. Single Molecule & Chromatin Symposium, 2019.11.28-29, Melbourne, Australia
4. Ochiai H. Transcriptional bursting induces gene expression heterogeneity in mES cells. Chromosome Dynamics, 2019.12.8-10, Basel, Switzerland

一般講演

- ◎1. Nakamae K, Takenaga M, Nakade S, Mitsuhashi T, Nazuka I, Awazu A, Sakamoto N, Sakuma T, Yamamoto T. MaChIAto enables detailed profiling of genomic and epigenomic features affecting the efficacy of MMEJ-assisted knock-in. Keystone Symposia – Engineering the Genome, 2020.2.8-12, Banff, Canada
- ◎2. Nakamura S, Kunii A, Yoshimi K, Mashimo T, Yamamoto T, Sakuma T. Versatile collections of transcriptional control toolkits with highly accumulable effectors using Class 1 and Class 2 CRISPR systems. Keystone Symposia – Engineering the Genome, 2020.2.8-12, Banff, Canada
- ◎3. Nakamae K, Takenaga M, Nakade S, Mitsuhashi T, Nazuka I, Awazu A, Sakamoto N, Sakuma T, Yamamoto T. Detailed profiling with MaChIAto reveals various genomic and epigenomic features affecting the efficacy of MMEJ-assisted knock-in. Frontiers in Genome Engineering 2019, 2019.11.25-27, Kobe, Japan
- ◎4. Kunii A, Hara Y, Takenaga M, Hattori N, Fukazawa T, Ushijima T, Yamamoto T, Sakuma T. Powerful gene activation via CRISPR-based hierarchical accumulation of effector domains. Frontiers in Genome Engineering 2019, 2019.11.25-27, Kobe, Japan
- ◎5. Nakamae K, Takenaga M, Nakade S, Mitsuhashi T, Nazuka I, Awazu A, Sakamoto N, Sakuma T, Yamamoto T. Detailed profiling with MaChIAto reveals various genomic and epigenomic features affecting the efficacy of MMEJ-assisted knock-in. Cold Spring Harbor Laboratory Meeting – Genome Engineering: Frontiers of CRISPR/Cas, 2019.10.10-13, Cold Spring Harbor, NY, USA
- ◎6. Nirasawa K, Mitsuhashi Y, Endo-Takahashi Y, Hamano N, Sakuma T, Suzuki R, Maruyama K, Yamamoto T, Negishi Y. RNA Delivery System Using Ultrasound-Responsive Nanobubble for Duchenne Muscular Dystrophy. Liposome Research Days 2019, 2019.9.15-18, Sapporo, Japan
- ◎7. Arazoe T, Murochi S, Hiraoka D, Kiguchi K, Tanaka T, Sakuma T, Yamamoto T, Arie T, Kuwata S, Chuma I, Ohsato S, Tosa Y, Kamakura T. DNA double-strand breaks-mediated ectopic recombination between solo-long terminal repeats triggered pathogenic changes and genome rearrangement in the rice blast fungus. IS-MPMI XVIII Congress, 2019.7.14-18, Glasgow, Scotland
- ◎8. Hozumi A, Matsunobu S, Mita-Yoshida K, Treen N, Sugihara T, Horie T, Sakuma T, Yamamoto T, Shiraishi A, Hamada M, Satoh N, Sakurai K, Satake H, Sasakura Y. GABA-mediated GnRH release triggers metamorphosis of *Ciona*. 10th International Tunicate Meeting, 2019.7.7-12, Villefranche-Sur-Mer, France
- ◎9. Nishinaka-Arai Y, Niwa A, Matsuo S, Kazuki Y, Yakura Y, Hiroma T, Toki T, Sakuma T, Yamamoto T, Ito E, Oshimura M, Nakahata T, Saito MK. Down syndrome-related transient abnormal myelopoiesis is derived from a newly identified hematopoietic subpopulation. ISSCR Annual Meeting 2019, 2019.6.26-29, Los Angeles, CA, USA
- ◎10. Honjo Y, Kawase T, Miyama T, Sato H, Suzuki R, Sakuma T, Yamamoto T, Ichinohe T. Platinum TALEN-mediated non-viral T cell receptor gene knock-in facilitates universal T cell receptor genome editing for manufacturing of therapeutic immune cells. The 24th European Hematology Association (EHA) Congress (EHA24), 2019.6.13-16, Amsterdam, Netherlands
- ◎11. Yoshida M, Yokota E, Sakuma T, Takigawa N, Ushijima T, Yamamoto T, Naomoto Y, Fukazawa T, Yamatsuji T. Development of an integrated CRISPR interference system targeting  $\Delta$ Np63 to treat lung and esophageal squamous cell carcinoma. American Association for Cancer Research (AACR)

2019, 2019.3.29-4.3, Atlanta, GA, USA

- ◎12. Ochiai H, Hayashi T, Umeda M, Yoshimura M, Harada A, Shimizu Y, Nakano K, Liu Z, Yamamoto T, Okamura T, Ohkawa Y, Nikaido I. Genome-wide analysis of transcriptional bursting properties in mammalian cells. “MECHANISMS OF EUKARYOTIC TRANSCRIPTION”, Cold Spring Harbor Laboratory Meeting, 2019.8.27-31, Cold Spring Harbor, NY, USA

## ○国内学会での講演

### 招待講演

1. 山本 卓. ゲノム編集の基本原則と様々な分野での限らない可能性. 第54回野依フォーラム, 2019年4月19日, 名古屋
2. 山本 卓. ゲノム編集の基本原則と様々な分野での限らない可能性. 大塚製薬講演会, 2019年4月25日, 徳島
3. 山本 卓. ゲノム編集の基本原則と医学分野での限らない可能性. 医療薬学フォーラム2019, 2019年7月14日, 広島
4. 山本 卓. ゲノム編集を利用した様々な分野での可能性. 神戸大学先端バイオ工学研究センター1周年記念シンポジウム, 2019年7月24日, 神戸
5. 山本 卓. ゲノム編集の最新動向と微細藻類への適用. ひろ自連「自動車用次世代液体燃料シンポジウム」, 2019年8月27日, 広島
6. 山本 卓. ゲノム編集の基本原則と限らない可能性. 第162回 日本獣医学会学術集会“未来につながる革新技術・研究”, 2019年9月11日, つくば
7. 山本 卓. ゲノム編集の基本原則とイメージング技術への応用. 理化学研究所-広島大学合同シンポジウム「イメージングから理論」, 2019年10月11日, 東広島
8. 佐久間哲史. ゲノム編集および関連技術の最新開発動向. 第60回 日本生化学会中国・四国支部例会, 2019年5月17日, 山口

### 依頼講演

1. 山本 卓. ゲノム編集技術の研究動向と様々な問題. 鳥取大学医学部セミナー, 2019年4月3日, 米子
2. 山本 卓. ゲノム編集の開発の歴史と基本原則. 東京大学医科学研究所セミナー, 2019年4月22日, 東京
3. 山本 卓. ゲノム編集が拓く生命科学の未来. 第60回日本神経学会学術集会, 2019年5月23日, 大阪
4. 山本 卓. ゲノム編集の基本原則と研究の現状. 第60回日本卵子学会学術集会「教育講演」, 2019年5月25日, 東京
5. 山本 卓. ゲノム編集とは? 第4回日本ゲノム編集学会市民公開講座「ゲノム編集食品の安全性をどう考えるか?」, 2019年6月6日, 東京
6. 山本 卓. ゲノム編集が拓く生命科学の未来. 統合生命科学研究科 開設記念シンポジウム「ゲノムから地球環境まで」, 2019年6月30日, 東広島
7. 山本 卓. ゲノム編集技術が抱える問題について. 第11回遺伝子組換え実験安全研修会, 2019年7月13日, 東京
8. 山本 卓. ゲノム編集技術の現状と展望. iPS細胞ビジネス協議会 第33回情報交換会, 2019年9月4日, 東京
9. 山本 卓. ゲノム編集技術の現状と展望. 遺伝医学セミナー, 2019年9月6日, 千葉
10. 山本 卓. ゲノム編集技術の現状と展望. iPS細胞ビジネス協議会 第33回情報交換会, 2019年9月4日, 東京
11. 山本 卓. ゲノム編集とはどんな技術なのか-基本原則と可能性-. 新学術領域研究 2019年度市民公開シンポジウム「ゲノム編集の現在地」, 2019年9月14日, 東京
12. 山本 卓. Formation of genome editing community and the possibility for cell therapy. 第2回幹細胞情報学イニシアチブ研究会, 2019年10月4日, 京都
13. 山本 卓. ゲノム編集医療の可能性. 近畿中四国ブロック/大阪オープンセミナー2019, 2019年



9月22日,大阪

14. 山本 卓. ゲノム編集の基本原則と医学研究での可能性. 第18回日本心臓血管発生研究会, 2019年10月18日, 広島
15. 山本 卓. ゲノム編集技術の基本原則と生物医学研究での応用. 千葉大学リーディング大学院プログラム講演, 2019年11月29日, 千葉
16. 山本 卓. ゲノム編集技術の研究の現状と様々な分野での可能性. 第14回発生生物学セミナー, 2020年2月5日, 徳島
17. 佐久間哲史. 最先端バイオテクノロジー“ゲノム編集”の研究開発動向. 令和元年度 広島バイオフォーラム, 2019年11月13日, 広島
18. 佐久間哲史. 新規ヌクレアーゼドメイン“FirmCutヌクレアーゼ”による高効率ゲノム編集. BioJapan 2019, 2019年10月9日, 横浜
19. 佐久間哲史. ゲノム編集および関連技術の最新開発動向. 第442回川崎医学会講演会, 2019年5月21日, 岡山
20. 落合 博. 転写バーストに由来する遺伝子発現量多様性. 第225回原医研セミナー, 2019年6月26日, 広島

#### 一般講演

- ◎1. 吉田将和, 横田悦子, 佐久間哲史, 山辻知樹, 瀧川奈義夫, 牛島俊和, 山本 卓, 深澤拓也, 猶本良夫. ゲノム編集技術を用いた肺扁平上皮癌に対する新規標的治療法の開発. 第119回日本外科学会定期学術集会, 2019年4月18-20日, 大阪
- ◎2. 中川佳子, 佐久間哲史, 若松和子, 坂本 亘, 春口幸恵, 山下紀代子, 石田恵理, 位寄かのこ, 唐 哉代, 大西早苗, 坂元奈津子, 土山修治, 竹尾 透, 山本 卓, 中潟直己. 凍結受精卵加温後のエレクトロポレーションを行うタイミングが産子のモザイク率に与える影響について. 第66回日本実験動物学会総会, 2019年5月15-17日, 福岡
- ◎3. Liu D, Awazu A, Sakuma T, Yamamoto T, Sakamoto N. Establishment of knockout adult sea urchin by using CRISPR-Cas9 system. 日本ゲノム編集学会 第4回大会, 2019年6月3-5日, 東京
- ◎4. 中前和恭, 武永充正, 中出翔太, 三橋孝史, 名塚一郎, 粟津暁紀, 坂本尚昭, 佐久間哲史, 山本 卓. MMEJ依存的ノックインの効率に寄与するゲノム・エピゲノム要因の解析. 日本ゲノム編集学会 第4回大会, 2019年6月3-5日, 東京
- ◎5. 中川佳子, 佐久間哲史, 若松和子, 坂本 亘, 春口幸恵, 山下紀代子, 石田恵理, 位寄かのこ, 唐 哉代, 大西早苗, 坂元奈津子, 土山修治, 竹尾 透, 山本 卓, 中潟直己. 凍結受精卵加温後のエレクトロポレーションを行うタイミングが産子のモザイク率に与える影響について. 日本ゲノム編集学会 第4回大会, 2019年6月3-5日, 東京
- ◎6. 齋藤勝和, 武永充正, 持田圭次, 佐久間哲史, 山本 卓. 新規ヌクレアーゼドメイン“FirmCut Nuclease”を用いた高効率・高利便性ゲノム編集. 日本ゲノム編集学会 第4回大会, 2019年6月3-5日, 東京
- ◎7. 栗田朋和, 諸井桂之, 岩井雅子, 岡崎久美子, 野村誠治, 齋藤史彦, 高見明秀, 坂本 敦, 太田啓之, 佐久間哲史, 山本 卓. 微細藻類Nannochloropsisにおける除去可能プラチナTALENベクターを利用した外来遺伝子フリーゲノム編集. 日本ゲノム編集学会第4回大会, 2019年6月3-5日, 東京
- ◎8. 土石川佳世, 川瀬孝和, 本庶仁子, 佐藤寛之, 鈴木隆二, 佐久間哲史, 山本 卓, 一戸辰夫. Platinum TALENによる遺伝子改変T細胞作出の試み. 日本ゲノム編集学会 第4回大会, 2019年6月3-5日, 東京
- ◎9. 中山 航, 佐藤洗司, 中村美奈子, 川口達也, 中畑花織, 佐久間哲史, 中川佳子, 竹尾 透, 中潟直己, 山本 卓, Thanutchaporn Kumrungsee, 矢中規之. choline生成酵素GDE5の欠損マウスの作製, および組織特異的choline量の調節. 日本ビタミン学会第71回大会, 2019年6月7-8日, 鳥取
- ◎10. Takahashi M, Ikeda K, Takemoto T, Hayashi S, Ohmuraya M, Nakagawa Y, Sakuma T, Yamamoto T, Kawakami K. *Six1* is required for labial-lingual asymmetric patterning of lower incisors in mice. 第71回日本細胞生物学会・第19回日本蛋白質科学会年會合同大会, 2019年6月24-26日, 兵庫



- ◎11. 根岸洋一, 高橋葉子, 佐久間哲史, 鈴木 亮, 丸山一雄, 山本 卓. 筋疾患治療に向けた核酸・遺伝子デリバリーシステムの開発. 日本核酸医薬学会DDS部会主催合同サテライトシンポジウム2019, 2019年7月13日, 大阪
- ◎12. 渡辺開智, 黒瀬友太, 坂本尚昭, 栗津暁紀. ウニ胚形態形成の細胞骨格観察に基づくモデル化. 日本動物学会 第90回 大阪大会, 2019年9月12-14日, 大阪
13. 中坪 (光永) 敬子, 猪早敬二, 安増茂樹. ノックアウトメダカを用いたアリアルスルファターゼB (ArsB) の機解析. (公社) 日本動物学会第90回大会, 2019年9月12日-14日, 大阪
- ◎14. 笹倉靖徳, 保住暁子, 松延祥平, 三田 薫, 杉原堯歩, 堀江健生, 佐久間哲史, 山本 卓, 白石 慧, 濱田麻友子, 佐藤矩行, 櫻井啓輔, 佐竹 炎. 性成熟のキー因子である性腺刺激ホルモン放出ホルモン(GnRH)は、ホヤの変態に必須である. 日本動物学会 第90回 大阪大会, 2019年9月12-14日, 大阪
- ◎15. 栗津暁紀, 松島佑樹, 坂本尚昭. クロマチンループを形成しないヌクレオソーム排他DN6配列によるインスレーター活性. 第57回日本生物物理学会年会, 2019年9月24-26日, 宮崎
- ◎16. 廣瀬湧大, 松島佑樹, 坂本尚昭, 栗津暁紀. ヌクレオソーム排他的ループ非形成型インスレーター配列 (NENLIS) によるインスレーター活性のゲノムワイド解析. 第57回日本生物物理学会年会, 2019年9月24-26日, 宮崎
- ◎17. 渡辺開智, 坂本尚昭, 栗津暁紀. Modeling of sea urchin gastrulation based on cytoskeleton imaging. 第57回日本生物物理学会年会, 2019年9月24-26日, 宮崎
18. 寺竹洋一, 飯島健太, 佐久間哲史, 石坂幸人. ペプチド付加型ゲノムモジュレーター of 構築と組み換え蛋白質による免疫チェックポイント遺伝子発現抑制. 第78回日本癌学会学術総会, 2019年9月26-28日, 京都
- ◎19. Kawase T, Honjo Y, Toishigawa K, Miyama T, Sato H, Suzuki R, Sakuma T, Yamamoto T, Ichinohe T. Two-step strategy for establishing T-cell receptor genome-edited T cells for safer T cell adoptive immunotherapy. 第81回日本血液学会学術集会, 2019年10月11-13日, 東京
- ◎20. Nishinaka-Arai Y, Niwa A, Matsuo S, Kazuki Y, Yakura Y, Hiroma T, Toki T, Sakuma T, Yamamoto T, Ito E, Oshimura M, Nakahata T, Saito MK. hPSC model reveals impact of GATA1 mutation on a newly defined subpopulation leading to TAM. 第81回日本血液学会学術集会, 2019年10月11-13日, 東京
- ◎21. 蜷川 暁, George Ginto, 矢木宏和, 今見考志, 石濱 泰, 石川時郎, 佐久間哲史, 山本 卓, 武田俊一, 加藤晃一, 岡田徹也, 森 和俊. 第42回日本分子生物学会年会, 2019年12月3-6日, 福岡
- ◎22. 高品智記, 佐久間哲史, 山本 卓, 石坂幸人. 核指向性ペプチドNTP付加人工転写因子蛋白質による細胞形質転換方法の開発. 第42回日本分子生物学会年会, 2019年12月3-6日, 福岡
- ◎23. 寺竹洋一, 高品智記, 飯島健太, 佐久間哲史, 山本 卓, 石坂幸人. ペプチド付加型ゲノムモジュレーター of 構築と組み換え蛋白質による免疫チェックポイント遺伝子発現抑制. 第42回日本分子生物学会年会, 2019年12月3-6日, 福岡
- 24. 客野瑞月, 佐久間哲史, 鈴木賢一, 山本 卓, 野瀬俊明, 恒川直樹, 竹内 隆, 林 利憲. 有尾両生類の始原生殖細胞決定における *vasa* および *dazl* の機能解析. 第42回日本分子生物学会年会, 2019年12月3-6日, 福岡
- ◎25. 高田修汰, 宇野愛海, 宮本人丸, 古本真也, 中山裕二, 佐久間哲史, 山本 卓, 鈴木輝彦, 中島芳浩, 押村光雄, 香月康宏. ヒト/マウス人工染色体技術応用 (5) : ヒト細胞株への複数因子同時導入法の適応. 第42回日本分子生物学会年会, 2019年12月3-6日, 福岡
- ◎26. 阿部智志, 小林カオル, 平林真澄, 梶谷尚世, 香月加奈子, 久世治朗, 佐久間哲史, 金子武人, 真下知士, 藤原亮一, 墳崎靖子, 千田直人, 山本 卓, 押村光雄, 香月康宏. ヒト/マウス人工染色体技術応用 (14) : ヒト薬物代謝予測のためのヒト化UGT2およびCYP3Aトランスクロモソミックラットの作製. 第42回日本分子生物学会年会, 2019年12月3-6日, 福岡
- ◎27. 長谷川七穂, 川瀬孝和, 吉田奈央, 小林美咲, 田辺季佐, 本庶仁子, 土石川佳世, 美山貴彦, 佐藤寛之, 鈴木隆二, 佐久間哲史, 山本 卓, 一戸辰夫. TALENによるゲノム編集技術を用いた内在TCR遺伝子のノックアウト及び目的遺伝子の導入. 第42回日本造血細胞移植学会総会, 2020年3月5-7日, 東京 (抄録登録による誌面発表)

- ◎28. 栗田朋和, 諸井桂之, 岩井雅子, 岡崎久美子, 野村誠治, 斎藤史彦, 高見明秀, 坂本 敦, 太田啓之, 佐久間哲史, 山本 卓. 油糧微細藻類Nannochloropsisにおける脱落可能高活性プラチナTALENプラスミドを利用した外来遺伝子フリーゲノム編集. 第61回日本植物生理学会年会, 大阪大学吹田キャンパス, 2020年3月19-21日, 大阪
- ◎29. 栗田朋和, 諸井桂之, 岩井雅子, 岡崎久美子, 野村誠治, 斎藤史彦, 高見明秀, 坂本 敦, 太田啓之, 佐久間哲史, 山本 卓. 真核微細藻類NannochloropsisにおけるプラチナTALENsを利用した高効率外来遺伝子フリーゲノム編集ツールの開発. 日本農芸化学会2020年度大会, 九州大学伊都キャンパス, 2020年3月25-28日, 福岡

## 分子形質発現学研究グループ

構成員：坂本 敦（教授），島田裕士（准教授），高橋美佐（助教），岡崎久美子（共同研究講座助教）

### ○研究活動の概要

本研究室では、植物に特徴的な高次生命現象を司る分子基盤とその制御機構について、遺伝子、代謝、分化・形態などの幅広い視点から研究している。とりわけ、不断に変化する生育環境への適応・生存を可能にする代謝調節機能や、植物の主要機能を担う葉緑体のバイオジェネシスに注目している。また、これらの植物機能の解明研究を通じて、過酷環境でも生存可能で高い生産ポテンシャルを有する植物の創出研究も行っている。さらに、昨年度より分子遺伝学研究グループと協力し、微細藻類を対象にバイオ燃料の開発に取り組む共同研究講座（次世代自動車エネルギー共同研究講座・藻類エネルギー創成研究室）を開設し、産学共創研究も推進している。

#### (1) 植物の成長生存戦略と代謝機能制御

独立栄養を営む植物は、動物と比較して遙かに多様で複雑な物質代謝系を有するが、その固着性が故に厳しい環境変動を生き抜くために代謝が担う役割も極めて大きい。即ち、過酷環境下の適応応答や恒常性の維持などの生命現象においては様々な物質代謝が関与しているが、植物代謝系は単に多彩なだけでなく、生育環境の変動に応じて代謝の生理的役割を合目的に変換する柔軟性をも兼ね備えている。このような多機能性を有した植物代謝のダイナミズムを、運動能力の欠如を補う植物の“したたか”な成長生存戦略の一環と捉え、その制御に関わる分子機構や遺伝子ネットワークの解明研究を進めている。また、シグナル伝達やストレス傷害といった正負両面の生理作用を持つ活性酸素や活性窒素の植物代謝機能に焦点を絞った研究も展開している。亜硝酸毒性や硝酸過剰障害、大気汚染など、活性窒素の関わりが示唆されている農業・環境問題にも関心があり、大気中の活性窒素酸化物の植物生理作用なども解析している。

#### (2) 葉緑体の発達機構

植物細胞において葉緑体は光合成を行うだけでなく、窒素・硫黄代謝、アミノ酸合成、植物ホルモン合成等を行う重要な細胞小器官である。また、緑色組織以外において葉緑体はカロテノイドやデンプンを貯蔵する赤色・黄色・白色の色素体へと形質転換する。植物の主要機能を担う葉緑体や色素体が形成されるメカニズム解明を目的として、遺伝学・分子細胞生物学・生理学的手法等を用いて研究を行っている。また、葉緑体の重要な機能の一つである光合成に関して、発生した酸素分子による光合成タンパク質の酸化と光合成機能低下に注目して解析を行っており、これらの研究を通して光合成活性上昇植物の育種を目指している。

#### (3) 植物や光合成藻類の機能開発と応用研究

上記の研究から得られた成果をもとに、過酷環境でも生育する作物や、生産能力が増大した作物、環境汚染の改善に役立つ植物などを創出する研究も行っている。また、高度に脂質を蓄積する能力に優れた光合成微細藻類をプラットフォームとして、第三世代のバイオエネルギー生産にも取り組んでいる。

## ○発表論文

### ・原著論文

- ◎ 1. Han Y, Watanabe S, Shimada H, Sakamoto A (2020) Dynamics of the leaf endoplasmic reticulum modulate  $\beta$ -glucosidase-mediated stress-activated ABA production from its glucosyl ester. *Journal of Experimental Botany* **71(6)**: 2058–2071.
- ◎ 2. Tominaga J, Takahashi S, Sakamoto A, Shimada H (2020) Arabidopsis BSD2 reveals a novel redox regulation of Rubisco physiology *in vivo*. *Plant Signaling & Behavior* **15(4)**: e1740873.
- ◎ 3. Busch FA, Tominaga J, Muroya M, Shirakami N, Takahashi S, Yamori W, Kitaoka T, Milward SE, Nishimura K, Matsunami E, Toda Y, Higuchi C, Muranaka A, Takami T, Watanabe W, Kinoshita T, Sakamoto W, Sakamoto A, Shimada H (2020) Overexpression of BUNDLE SHEATH DEFECTIVE 2 improves the efficiency of photosynthesis and growth in Arabidopsis. *The Plant Journal* **102(1)**: 129–137.
- 4. Shindo K, Shimode S, Miyata K, Takemura M, Shimada H, Misawa N (2019) A new carotenoid, 6-hydroxy-3-didehydrolutein, produced by recombinant *Escherichia coli* that expresses the violaxanthin biosynthesis and chaperone AtCYO1 genes—its structure and antioxidant activities. (2020) *Phytochemistry Letters* **35**: 113–118.
- 5. Yamatani H, Ueda H, Shimada H, Kusaba M (2019) pCYOs: Binary vectors for simple visible selection of transformants using an albino-cotyledon mutant in *Arabidopsis thaliana*. (2019) *Plant Biotechnology* **36**: 39–42.
- 6. Takahashi M, Morikawa H (2019) Nitrogen dioxide at ambient concentrations induces nitration and degradation of PYR/PYL/RCAR receptors to stimulate plant growth: a hypothetical model. *Plants* **8**: 198.

## ○講演等

### ・国際学会

#### 招待講演

- ◎ 1. Okazaki K, Yamamoto T, Ohta H, Takami A, Sakamoto A. Biofuel production from marine microalgae *Nannochloropsis*. *International Symposium on Fuel and Energy 2018*, July 2, 2019, Higashi-Hiroshima, Japan.

### ・国内学会

#### 一般講演

- ◎ 1. Kurita T, Moroi K, Iwai M, Okazaki K, Nomura S, Saito F, Takami A, Sakamoto A, Ohta H, Sakuma T, Yamamoto T. Transgene-free genome editing using removal Platinum TALEN vectors in microalga, *Nannochloropsis*. 日本ゲノム編集学会第4回大会, 2019年6月15日, 東京 (タワーホール船堀).
- ◎ 2. Fujibayashi T, Hashiguchi Y, Han Y, Shimada H, Sakamoto A. Comparison of the effect of allantoin and allantoinic acid on stress gene expression in Arabidopsis. (シロイヌナズナのストレス遺伝子

発現に対するアラントインとアラントイン酸の影響の比較解析). 第61回日本植物生理学会年会, 2020年3月19-21日, 吹田 (大阪大学吹田キャンパス).

- ◎ 3. Kurita T, Moroi K, Iwai M, Okazaki K, Nomura S, Saito F, Takami A, Sakamoto A, Ohta H, Sakuma T, Yamamoto T. Transgene-free genome editing using removal highly active Platinum TALEN plasmids in oleaginous microalga, *Nannochloropsis* (油糧微細藻類*Nannochloropsis*における脱落可能高活性プラチナTALENプラスミドを利用した外来遺伝子フリーゲノム編集). 第61回日本植物生理学会年会, 2020年3月19-21日, 吹田 (大阪大学吹田キャンパス).
- ◎ 4. 栗田朋和, 諸井桂之, 岩井雅子, 岡崎久美子, 野村誠治, 斎藤史彦, 高見明秀, 坂本敦, 太田啓之, 佐久間哲史, 山本 卓. 真核微細藻類*Nannochloropsis*におけるプラチナTALENsを利用した高効率外来遺伝子フリーゲノム編集ツールの開発. 日本農芸化学会2020年度大会, 2020年3月25-28日, 福岡 (九州大学 伊都キャンパス).

## 遺伝子化学研究グループ

構成員：井出 博 (教授), 津田雅貴 (助教)

### ○研究活動の概要

#### (1) ゲノム損傷修復に関する研究

生物の遺伝情報を担うゲノム DNA には、水との接触による加水分解や好気的な代謝により発生する活性酸素による酸化が絶え間なく起こっている。さらに、環境中の化学物質や放射線への暴露により、ゲノム損傷生成はさらに加速される。生じたゲノム損傷が適切に修復されないと、細胞死や突然変異が誘発される。突然変異は遺伝情報が変化させ癌や遺伝病の原因となる。したがって、生物が高い精度で遺伝情報を維持していくためには、ゲノムに生じた損傷(きず)を効率よく修復していく必要がある。このメカニズム解明にむけて、生化学的および分子生物学的な観点から研究を進めている。

#### (2) ゲノム損傷検出に関する研究

環境中の化学物質や放射線, および抗がん剤はゲノムに多様な損傷を誘発する。誘発される損傷の中で, DNA-タンパク質クロスリンク (DPC) および DNA-DNA クロスリンク (ICL) は高い細胞致死効果を示す。化学物質, 放射線, および抗がん剤の生物影響の原因を分子レベルで解明するため, DPC および ICL 損傷の高感度な検出法を開発している。

### ○発表論文

#### ・原著論文

- ◎1. Tsuda M\*, Kitamasu K, Hosokawa S, Nakano T, Ide H. Repair of trapped topoisomerase II covalent cleavage complexes: Novel proteasome-independent mechanisms. *Nucleosides Nucleotides Nucleic Acids*, 39(1-3), 170-184 (2020).
- ◎2. Xu X, Nakano T, Tsuda M, Kanamoto R, Hirayama, R, Uzawa A, Ide H\*. Direct observation of damage clustering in irradiated DNA with atomic force microscopy. *Nucleic Acids Research*, doi: 10.1093/nar/gkz1159, published online 16 December 2019.
- ◎3. Tsuda M\*, Kitamasu K, Kumagaia C, Sugiyama K, Nakano T, Ide H\*. Tyrosyl-DNA phosphodiesterase 2 (TDP2) repairs topoisomerase 1 DNA-protein crosslinks and 3'-blocking lesions in the absence of tyrosyl-DNA phosphodiesterase 1 (TDP1). *DNA Repair*, accepted for publication 24 March 2020.

4. Sassa A, Tada H, Takeishi A, Harada K, Suzuki M, Tsuda M, Sasanuma H, Takeda S, Sugasawa K, Yasui M, Honma M, Ura K. Processing of a single ribonucleotide embedded into DNA by human nucleotide excision repair and DNA polymerase $\eta$ . Scientific Reports 9(1) 13910 (2019).
5. Morimoto S, Tsuda M, Bunch H, Sasanuma H, Austin C, Takeda S. Type II DNA Topoisomerase cause spontaneous double-strand breaks in genomic DNA. Genes 10(11), 868 (2019).
6. Itou J, Takahashi R, Sasanuma H, Tsuda M, Matsumoto Y, Ishii T, Sato F, Takeda S, Toi M. Estrogen induces mammary ductal dysplasia via the upregulation of Myc-expression in a DNA-repair-deficient condition. iScience 23(2):100821 (2020).
7. Akagawa R, Trinh HT, Saha LK, Tsuda M, Hirota K, Yamada S, Shibata A, Kanemaki MT, Nakada S, Takeda S, Sasanuma H. UBC13-mediated ubiquitin signaling promotes removal of blocking adducts from DNA double-strand breaks. iScience 23(4):101027 (2020).

• 著書

1. 井出 博, 放射線医学の事典, 放射線類似作用物質による DNA 損傷とその修復機構 (分担), 朝倉書店, pp.97-100.

○講演等

• 国際学会

一般講演

- ◎1. Ide H, Nakano T, Tsuda M, Hirayama R, Uzawa A, Analysis of DNA-protein crosslinks induced by ionizing radiation, 16th International Congress of Radiation Research, Manchester, England, 2019.8.25-29

• 国内学会

一般講演

1. 津田雅貴, 乳ガン発症機構に関する研究, 第44回中国地区放射線影響研究会, 広島大学広仁会館, 広島市, 2019年8月2日
- ◎2. 井出 博, 中野敏彰, 津田雅貴, 平山亮一, 鶴澤玲子, 放射線が誘発するDNA-タンパク質クロスリンク損傷の定量, 日本放射線影響学会第62回大会, 京都大学, 京都市, 2019年11月14日-16日
- ◎3. 中野敏彰, 徐 徐, 金本亮太, 津田雅貴, 赤松 憲, 鹿園直哉, 井出 博, 放射線によって生じる複雑性クラスターダメージの可視化と修復機構, 日本放射線影響学会第62回大会, 京都大学, 京都市, 2019年11月14日-16日
- ◎4. 津田雅貴, 井出 博, Robert R. Fucks, 武田俊一, PDI38/PolDP2は損傷乗り越え頻度を上昇させることでDNAダメージトレランスを制御する, 日本放射線影響学会第62回大会, 京都大学, 京都市, 2019年11月14日-16日
- ◎5. 津田雅貴, 北舂海斗, 中野雅貴, 井出 博, DNAにトラップされたトポイソメラーゼ2の除去機構, 6th Asian Congress on Environmental Mutagens (ACEM)および日本環境変異原学会 (JEMS) 第48回大会合同大会, 一橋大学一橋講堂, 東京, 2019年11月18日-20日
- ◎6. 中野敏彰, Mahmoud Shoulkamy, 津田雅貴, 笹沼博之, 増永慎一郎, 武田俊一, 井出 博, 別所忠昌, 田野恵三, TDP1はどのようにしてDNAタンパク質クロスリンク損傷の修復機構に関



- 与するのか?, 6th Asian Congress on Environmental Mutagens (ACEM)および日本環境変異原学会 (JEMS) 第48回大会合同大会, 一橋大学一橋講堂, 東京, 2019年11月18日-20日
- ◎7. 徐 徐, 瀬畑敬文, 久保山政弥, 津田雅貴, 中野敏彰, 井出 博, 過酸化物によるゲノム損傷—DNA-タンパク質クロスリンク形成, 第42回分子生物学会年会, 福岡国際会議場・マリ  
ンメッセ福岡, 福岡, 2019年12月3日-6日
- ◎8. 津田雅貴, 北舛海斗, 中野敏彰, 笹沼博之, 武田俊一, 井出 博, チロシルDNAホスホジエス  
テラーゼ2 (TDP2)によるDNA切断端に共有結合したトポイソメラーゼ2の修復機構, 第42回  
分子生物学会年会, 福岡国際会議場・マリ  
ンメッセ福岡, 福岡, 2019年12月3日-6日

### 1-4-3 各種研究員と外国人留学生の受入状況

- ・外国人留学生 (博士課程後期) Romain Amyot
- ・外国人留学生 (研究生) Walaa Alhalabi
- ・外国人留学生 (特別聴講学生, Erasmus+ Program) Vilius Marma
- ・CREST研究員 白石 允梓
- ・広島大学研究員 (2019.9-) 山中 治
- ・トヨタ自動車共同研究 研究員 (-2019.9) 山中 治
- ・基盤S / CREST 研究員 山田 恭史
- ・外国人留学生 (博士課程後期) 徐 宇
- ・企業研究者2名 (ポーラ化学工業、興仁ライフサイエンス社) を受け入れ
- ・外国人留学生1名 (中国)
- ・外国人留学生 (博士課程後期) 韓 邑平
- ・外国人留学生 (研究生) 宋 雨童
- ・外国人留学生 (博士課程後期) 徐 徐

### 1-4-4 研究助成金の受入状況

- 坂元 国望 : 科学研究費助成事業・基盤研究 (C) 「境界上の相互作用によって駆動される拡散系の力学系的研究」代表
- 富樫 祐一 : 科学研究費助成事業・基盤研究 (C) 「アロステリック制御を実現するタンパク構造の設計原理」代表
- 富樫 祐一 : 科学研究費助成事業・新学術領域研究 (研究領域提案型) 公募研究「シンギュラリティ細胞が率いる集団を表現する機械論的モデルの構成」代表
- 富樫 祐一 : 科学研究費助成事業・国際共同研究強化 (A) 「形ある生体高分子間の力学的な情報伝達・相互干渉の数理」代表
- 西森 拓 : 科学研究費助成事業・基盤研究 (B) 「社会性昆虫の集団的機能発現機構に関する実験・理論・データ解析からの融合研究」代表
- 西森 拓 : 科学研究費助成事業・基盤研究 (C) 「自己駆動粒子の集団に現れるリズム現象」分担
- 西森 拓 : トヨタ自動車・広島大学共同研究「マルチエージェント・システムの数理モデリング技術の探索」代表



- 栗津 暁紀：科学研究費助成事業・基盤研究（C）「染色体構造動態の核内長距離相互作用をふまえた描像の確立」代表
- 栗津 暁紀：科学研究費助成事業・基盤研究（B）「光受容体タンパク質が自発的に作る2次元秩序構造についての構成的研究」分担
- 栗津 暁紀：科学研究費助成事業・基盤研究（B）「社会性昆虫の集団的機能発現機構に関する実験・理論・データ解析からの融合研究」分担
- 藤井 雅史：科学研究費助成事業・若手研究「細胞に学ぶ環境の違いを感知する応答ネットワークの網羅的解析」代表
- 李 聖林：科学研究費助成事業・基盤研究（B）「非対称細胞分裂の統合的解明及び大域的数理モデリング手法の開発」（代表）
- 李 聖林：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）「細胞の空間制御による時間制御の仕組み解明及びパターン形成の新たな理論創出」（代表）
- 李 聖林：科学研究費助成事業・基盤研究（S），JAPAN. 科研費「昆虫のゾンビ化から紐解く生物の多様な振る舞いの源泉」（H29-H33，基盤S，分担）
- 李 聖林：科学研究費助成事業・基盤研究（B）「生命科学におけるパターン形成の新しいモデルと数学的解析手法の確立」（分担）
- 飯間 信：科学研究費助成事業・基盤研究（C）「位相自由度をもつはばたき翼の摂動応答特性の解明」（代表）
- 飯間 信：AIMaP(数学アドバンスイノベーションプラットフォーム)「生物流体力学を切り口とした流体力学における数理科学的手法の適用」（代表）
- 飯間 信：RIMS合宿型セミナー「生物流体力学における数理科学的手法の応用」（代表）
- 飯間 信：公益財団法人 マツダ財団「位相ダイナミクスに基づく固定および振動物体からの渦剥離の解析および制御」（代表）
- 飯間 信：科学研究費助成事業・基盤研究（B）「蝶の飛翔制御のシステムバイオロジーによる解明」（分担）
- 小林 亮：CREST「環境を友とする制御法の創成」（代表）
- 小林 亮：基盤S「昆虫のゾンビ化から紐解く生物の多様な振る舞いの源泉」（分担）
- 中田 聡：科学研究費助成事業・基盤研究（C）一般「非線形性の高い自己駆動系による時空間パターン発現」（代表）
- 中田 聡：科学研究費助成事業・基盤研究（C）特設「非線形性に基づく人工物の強化」（代表）
- 中田 聡：科学研究費助成事業・基盤研究（B）「社会性昆虫の集団的機能発現機構に関する実験・理論・データ解析からの融合研究」（分担）
- 中田 聡：科学研究費助成事業・基盤研究（B）「自己駆動系の集団運動に対する数理モデリングとその数理解析」（分担）
- 中田 聡：科学研究費助成事業・基盤研究（B）「がん細胞とアストロサイトにおける解糖系振動および同期現象の解明と応用」（分担）
- 中田 聡：物質・デバイス領域共同研究拠点「非線形性の導入による生き生きとしたアクティブマターの構築」（20191020）（代表）
- 中田 聡：「リン脂質膜に及ぼす糖分子などの作用の研究」株式会社資生堂（代表）
- 山本 卓：科学研究費助成事業・基盤研究（A）「あらゆる遺伝性疾患を再現可能にするゲノム編集プラットフォームの開発」代表
- 山本 卓：JST, 産学共創プラットフォーム研究推進プログラム(OPERA)「ゲノム編集による革新

的な有用細胞・生物作成技術の創出」領域総括

- 山本 卓 : NEDO, 植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発プロジェクト, 課題代表
- 山本 卓 : 科学研究費助成事業・基盤研究 (B)「包括的アプローチによる慢性皮膚粘膜カンジダ症の分子病態の解明と治療標的の探索」分担
- 山本 卓 : AMED, B型肝炎創薬実用化等研究事業「高効率感染細胞系と長期持続肝炎マウスモデルを用いたHBV排除への創薬研究」分担
- 山本 卓 : AMED, 希少難治性疾患の克服に結びつく独創的な病態解明研究「ゲノム編集によるアレラベリングを利用した重症先天性好中球減少症の病態解明」分担
- 山本 卓 : 東広島市政策課題, ゲノム編集イノベーションを加速する安全性評価技術の開発, 代表
- 坂本 尚昭 : 科学研究費助成事業・基盤研究 (C)「初期胚の核構造変化と細胞分化におけるゲノム動態のイメージング解析」代表
- 坂本 尚昭 : 科学研究費助成事業・基盤研究 (C)「1分子DNAのねじれ応答測定による弾性調節型インスレーター機能の検証」分担
- 佐久間哲史 : 科学研究費助成事業・若手研究「拡張型TREEシステムを用いた新規エピゲノム編集技術の開発とがん研究への応用」代表
- 佐久間哲史 : 科学研究費助成事業・基盤研究 (A)「あらゆる遺伝性疾患を再現可能にするゲノム編集プラットフォームの開発」分担
- 佐久間哲史 : 日本医療研究開発機構 (AMED)・橋渡し研究戦略的推進プログラム (岡山大学拠点)・シーズA「MultiplexプラチナTALEエピゲノム編集システムを用いた肺・食道扁平上皮癌治療用ベクターの開発」代表
- 佐久間哲史 : 国立国際医療研究センター・国際医療研究開発費「人工転写制御蛋白質によるヒト体細胞からの膵β細胞作製」分担
- 落合 博 : 科学研究費助成事業・新学術領域研究(研究領域提案型)「核内RNAボディによるクロマチン制御機構の解明」分担
- 落合 博 : 科学研究費助成事業・基盤研究(C)「高次ゲノム構造が織りなす複雑な遺伝子発現制御動態の解明」代表
- 細羽 康介 : 科学研究費補助金・若手研究「エピゲノム編集法による癌細胞の浸潤、転移抑制技術の開発」代表
- 鈴木 賢一 : 科学研究費助成事業・基盤研究 (C)「器官形成を惹起するROSシグナルの解明」代表
- 坂本 敦 : 科学研究費助成事業・基盤研究(C) (代表)「植物ウレイド研究の新展開: アラントインのストレスシグナリング作用と分子機構の解明」
- 坂本 敦 : 鳥取大学乾燥地研究センター共同研究 (代表)「アラントインのプライミング作用による低温馴化と凍結耐性の向上」
- 坂本 敦 : JST/OPERA (課題代表者)「高性能油脂生産藻類の開発」
- 坂本 敦 : マツダ(株)共同研究 (代表)「藻類生理学研究」
- 坂本 敦 : カネカ(株)共同研究 (代表)「アラントインの植物機能活性化の研究」
- 島田 裕士 : JST/ALCA (共同研究者)「植物の光合成活性を高める技術の開発」
- 高橋 美佐 : 科学研究費助成事業・基盤研究(C) (代表)「PIF4タンパク質制御による二酸化窒素センシング機構の解明」
- 岡崎久美子 : マツダ(株)共同研究 (分担)「藻類生理学研究」
- 井出 博 : 科学研究費助成事業・基盤研究 (B) (一般)「放射線が誘発するDNA-タンパク質クロス

リンク損傷の生成および修復機構」

津田 雅貴：科学研究費助成事業・若手研究「Mre11, BRCA1と非相同末端結合が共同する新規DNA修復経路の解析」

#### 1-4-5 学界ならびに社会での活動

富樫 祐一：日本生物物理学会 会誌「生物物理」副編集委員長

富樫 祐一：日本生物物理学会 代議員（平成29～令和2年度）

富樫 祐一：日本生物物理学会 分野別専門委員（分野名：数理モデル・数理生物学）

富樫 祐一：理化学研究所-広島大学 合同シンポジウム「イメージングから理論」・研究会「理論と実験」実行委員（2019年10月10～11日開催）

富樫 祐一：Biothermology Workshop, organizer（2019年12月26～27日開催）

富樫 祐一：Taiwan-Japan Joint Workshop for Young Scholars in Applied Mathematics, organizer

粟津 暁紀：物性研究地方編集委員

西森 拓：Journal of Physical Society of Japan 編集委員

西森 拓：文科省委託事業「AIMaP」運営委員

李 聖林：PLOS ONE (Academic Editor)

李 聖林：日本応用数理学会 編集委員

李 聖林：日本数理生物学会 学術委員

李 聖林：日本数理生物学会 運営委員

飯間 信：日本流体力学会第27期代議員

飯間 信：エアロ・アクアバイオメカニズム学会幹事

飯間 信：日本流体力学会中四国九州支部会幹事

飯間 信：広島大学公開講座講師（2019年7月27日）

小林 亮：Associate Editor of JJIAM

小林 亮：明治大学先端数理科学インスティテュート所員

中田 聡：Gordon Research Conference Chair

藤原 好恒：日本磁気科学会 監事

山本 卓：日本ゲノム編集学会，会長

山本 卓：日本分子生物学会，理事

山本 卓：日本分子生物学会，キャリアパス委員会委員

山本 卓：基礎生物学研究所，運営会議委員

山本 卓：Mary Ann Liebert 出版・CRISPR Journal 誌 Editorial Board Member（2017年～）

山本 卓：ナショナルバイオリソース事業ネットイソメガエル運営委員会委員

山本 卓：熊本大学生命資源研究・教育センター客員教授

山本 卓：鳥取大学染色体工学センター客員教授

山本 卓：東京大学医科学研究所非常勤講師

山本 卓・佐久間哲史：第6回ゲノム編集講習会講師

山本 卓・坂本 尚昭：鳥取東高等学校「自然科学実験セミナー」指導

坂本 尚昭：日本ゲノム編集学会，広報委員

佐久間哲史：Nature Publishing Group・Scientific Reports 誌 Editorial Board Member

佐久間哲史：MDPI・Cells 誌 Editorial Board Member

佐久間哲史：MDPI・Cells 誌 Special Issue Editor

佐久間哲史：文部科学省 研究振興局 ライフサイエンス課 生命倫理・安全対策室 学術調査官  
 佐久間哲史：文部科学省 科学技術・学術政策研究所 科学技術予測センター 科学技術専門家ネットワーク 専門調査員  
 佐久間哲史：日本ゲノム編集学会，会計幹事  
 佐久間哲史：日本ゲノム編集学会，教育実習委員  
 佐久間哲史：第42回日本分子生物学会年会 ポスター編成委員  
 佐久間哲史：第42回日本分子生物学会年会 ポスターディスカッサー  
 落合 博：Nature Publishing Group・Scientific Reports誌 Editorial Board Member  
 落合 博：文部科学省 科学技術・学術政策研究所 科学技術予測センター 科学技術専門家ネットワーク 専門調査員  
 中坪(光永) 敬子：日本動物学会 男女共同参画委員会，第10期委員  
 鈴木 賢一：日本ゲノム編集学会，庶務幹事  
 坂本 敦：日本植物生理学会 代議員  
 坂本 敦：日本農芸化学会中四国支部 参与  
 坂本 敦：農業・食品産業技術創業研究機構・生物系特定産業技術研究支援センター・イノベーション創出強化研究推進事業 評議委員  
 井出 博：Journal of Radiation Research 編集委員  
 井出 博：放射線医学総合研究所共同利用研究員  
 津田 雅貴：放射線医学総合研究所共同利用研究員

## ○産学官連携実績

### 非線形数理学研究グループ

- ・理化学研究所広島大学共同研究拠点における，理化学研究所ほかとの共同研究推進

### 現象数理学研究グループ

- ・西森 拓，「極小RFIDを利用したアリの労働分化自動計測システムの構築と解析」に関する共同研究契約締結：締結先 (株)エスケーエレクトロニクス
- ・西森 拓，「マルチエージェント・システムの数理モデリング技術の探索」に関する共同研究契約締結：締結先 (株)トヨタ自動車

### 分子生物物理学研究グループ

- ・楯 真一，シスメックス株式会社：抗体の品質管理技術の確立
- ・楯 真一，東広島市：機械学習と先端計測を用いた米一粒毎の食味を判別する技術開発

### 自己組織化学グループ

- ・中田 聡，「自己組織化としての皮膚バリア機能の数理的解析」，JST CREST，長山雅晴（代表，北海道大学電子科学研究所），傳田光洋（(株)資生堂）
- ・中田 聡，(株)資生堂との共同研究

### 生物化学研究グループ

- ・企業との共同研究：2件（(株)島津製作所，浜松ホトニクス(株)）

#### 分子遺伝学研究グループ

- ・ 山本 卓, (株)マツダ：次世代次世代自動車技術共同研究講座
- ・ 山本 卓・佐久間哲史, (株)三菱商事ライフサイエンス：酵母でのゲノム編集技術開発
- ・ 山本 卓・佐久間哲史, (株)マツダ：次世代バイオ燃料のための藻類でのゲノム編集技術開発
- ・ 山本 卓・佐久間哲史, (株)日本ハム：ゲノム編集技術を用いたブタ細胞での遺伝子改変技術開発
- ・ 山本 卓・佐久間哲史, (株)ポーラ：培養細胞でのゲノム編集技術開発
- ・ 山本 卓・佐久間哲史, (株)凸版印刷：ゲノム編集の効率化に関するシステム構築
- ・ 山本 卓・佐久間哲史, (株)花王：ゲノム編集ツールの微生物への適用研究
- ・ 山本 卓・佐久間哲史, 非公開共同研究 1 件

#### 分子形質発現学・分子遺伝学研究グループ

- ・ 次世代自動車エネルギー共同研究講座・藻類エネルギー創成研究室を継続（マツダ株式会社との共同研究講座）

### 1-5 その他特記事項

- ・ 藤原 好恒：広島大学総合博物館のニューズレター HUM-HUM Vol.12のフォトアルバム@キャンパス用の原稿および写真
- ・ 藤原 好恒：「広島大学環境報告書2019」用の写真
- ・ 山本 卓：JSPS卓越大学院プログラム「ゲノム編集先端人材育成プログラム」プログラムコーディネーター
- ・ 山本 卓：広島大学ゲノム編集イノベーションセンター長
- ・ 山本 卓：プラチナバイオ株式会社の設立, CTO
- ・ 山本 卓：厚生労働省「ゲノム編集の臨床利用のあり方に関する専門委員会」での意見者
- ・ 山本 卓：JST-CRDS俯瞰報告書作成協力者
- ・ 山本 卓・佐久間哲史：Nature Biotechnology誌「ゲノム編集の最多論文発表者15人」第2位（山本）・第5位（佐久間）（2019.10.2）
- ・ 佐久間哲史：福山高校模擬授業
- ・ 佐久間哲史：統合生命科学研究科ランチョンセミナー「ゲノム編集・エピゲノム編集における新規技術の開発」講師
- ・ 佐久間哲史：2019年度広島大学新任教員研修プログラム・研究マネジメント研修 講師
- ・ 佐久間哲史：広島大学の特に優れた研究を行う若手教員(DR：Distinguished Researcher)
- ・ 佐久間哲史：Newton別冊「体と病気の科学知識」に掲載（2019年5月16日発行）
- ・ 中坪(光永) 敬子：広島大学男女共同参画推進室協力教員として活動
- ・ 中坪(光永) 敬子：第17回男女共同参画学協会連絡会シンポジウム,「広島大学における産学官連携による女性研究者活躍促進の取組」（2019.10.12代替web公開）



## ○特許取得

- ・特許6532026号：植物における高温ストレス耐性向上剤，高温ストレス耐性を向上させる方法，白化抑制剤，およびDREB2A遺伝子発現促進剤。 坂本 敦， 島田裕士，他5名（以上，発明者）。 2019年6月9日

## ○特許出願

- ・特願PCT/JP2019/035244：微生物及びトリアシルグリセロールの製造方法。 坂本 敦， 岡崎久美子， 山本 卓， 太田啓之， 堀 孝一， 清水信介， 高見明秀， 野村誠治， 斎藤史彦（以上，発明者）。 2019年6月9日
- ・特願62/951498(米国)：非ヒト霊長類アルツハイマー病モデル動物及びその製造方法。 山本 卓， 佐久間哲史（広島大学発明者）。 2019.12.20.
- ・特願2019-206448：抗原特異的受容体遺伝子を環状DNAを用いてT細胞ゲノムに導入する方法。 一戸辰夫， 山本 卓， 佐久間哲史， 本庶仁子（広島大学発明者）。 2019.11.14
- ・特願PCT/JP2019/033045：新規ヌクレアーゼドメインおよびその利用。 山本 卓， 佐久間哲史（広島大学発明者）。 2019.8.23.
- ・特願PCT/JP2019/016664：増殖性疾患を処置するための医薬組成物。 山本 卓， 佐久間哲史（広島大学発明者）。 2019.4.18.
- ・特願752698：PPRモチーフを利用したDNA結合性タンパク質およびその利用。 山本 卓， 佐久間哲史（広島大学発明者）。 2019.4.18.
- ・特願752700：PPRモチーフを利用したDNA結合性タンパク質およびその利用。 山本 卓， 佐久間哲史（広島大学発明者）。 2019.4.18.
- ・特願752701：PPRモチーフを利用したDNA結合性タンパク質およびその利用。 山本 卓， 佐久間哲史（広島大学発明者）。 2019.4.18.
- ・特願752705：PPRモチーフを利用したDNA結合性タンパク質およびその利用。 山本 卓， 佐久間哲史（広島大学発明者）。 2019.4.18.
- ・特願752706：PPRモチーフを利用したDNA結合性タンパク質およびその利用。 山本 卓， 佐久間哲史（広島大学発明者）。 2019.4.18.





## VII 生命医科学プログラム



# 1 生命医科学プログラム

本プログラムは令和元年4月に基礎生物学から医療科学に渡る広範な生物・生命系研究領域の知識と研究実践力を習得し、社会的要請に柔軟に対応できる人材の育成を目標として誕生した。

## 1-1 プログラムの理念と目標

超高齢化社会を迎えた我が国において、高度先進医療の更なる充実と発展に対する期待は益々高まっています。同時に基礎生命科学の進展も目覚ましく、それら知見・発見のいち早い臨床応用が期待されています。しかし、医療現場と基礎生命科学研究の間には、以前より「死の谷」と称される知識的・制度的・人的な隔りがあり、基礎研究成果の効率的な応用や医療知識の基礎生命科学へのフィードバックにとって大きな障害となっています。

以上の状況を踏まえ、基礎生命科学と医療科学の双方に対する深い知識と探求心をもち、生命科学分野・医科学分野及び関連産業分野の発展に貢献する人材の育成が急務となっています。「生命医科学プログラム」では、広島大学の多様な生命科学系教員・医療科学系教員を結集し、医療科学の現場を意識した基礎生命科学教育を行います。これにより、基礎生物学から医療科学に渡る広範な生物・生命系研究領域の知識と研究実践力を習得し、社会的要請に柔軟に対応できる人材の育成を目指します。

## 1-2 プログラムの組織と運営

本プログラムは、令和元年4月の大学院統合生命科学研究科の設立に伴い誕生した。本プログラムは統合生命科学研究科の他6つの学位プログラムとは異なり、前身をもたない学位プログラムであり、本プログラムを構成する教員全員が他学位プログラムや学内センターとの兼任となっている。令和元年度末の時点で、運営教員会は12名、教育教員会は32名で構成されている。

本プログラムの運営は、プログラム長を中心として行い、副プログラム長がそれを補佐する。他には、学務委員、研究推進委員、国際交流委員、入試委員、広報委員を定め、各種研究科委員会との連絡・審議を行う。本プログラムの運営に関わる諸問題については、定期的開催する運営教員会で審議する。

### 1-2-1 教職員

《令和元年度構成員》 R2.3.31現在

32名の所属教員のうち、理学部に関係する教員のみ掲載する。

がん生物学	菊池 裕（教授）、高橋治子（助教）
神経生物学・細胞生物学	千原崇裕（教授）、濱生こずえ（准教授）、奥村美紗子（助教）
発生生物学・進化生物学	荻野 肇（教授）、井川 武（助教）、鈴木 誠（助教）
器官再生学	林 利憲（教授）
分子生物物理学	楯 真一（教授）、安田恭大（助教）
システムゲノム科学	山本 卓（教授）、坂本尚昭（准教授）、佐久間哲史（准教授）、

落合 博（講師），細羽康介（助教）

計算生物学 富樫祐一（准教授）

放射線生物学 津田雅貴（助教）

理化学研究所広大共同研究拠点 岩根敦子（特任教授）

ゲノム編集イノベーションセンター 下出紗弓（助教）

生命医科学事務室 関口更紗（契約一般職員）

### 1-2-2 教員の異動

令和元年度の教員の異動について、下記一覧表に示す。

	発令 年月日	氏名	異動内容		
			現所属等	新所属等	
1	2020.7.1	下出 紗弓	採用	神戸大学	
				ゲノム編集イノベーションセンター	
				生命医科学プログラム	
				学術研究員	助教

### 令和元年度生命医科学プログラムの各種委員

生命医科学プログラム内の各種委員会委員

委員会名	令和元年度
プログラム長	千原崇裕
副プログラム長	林 利憲
学務委員	石原康宏
研究推進委員	林 利憲
国際交流委員	上野 勝
入試委員	千原崇裕
広報委員	落合 博

## 1-3 プログラムの大学院教育

### 1-3-1 大学院教育の目標とアドミッション・ポリシー

本プログラムでは、ディプロマ・ポリシーに定める人材の育成を目指し、以下の方針のもとに教育課程を編成し、実施している。

- 1) 国際的視野に立った学際的な学識を備え、生命科学、医科学及びその周辺分野における研究を自立して実践できる能力及び高度な専門的能力を習得する教育を行う。
- 2) 人類の健康長寿を意識しながら学際的生命科学領域を体系的に学ぶことで、将来の生命科学分野及び医科学分野を牽引できる人材を育成するための教育を行う。なお、学際的生命科学領域とは、医学、歯学、薬学、理学、工学、農学を含む。
- 3) グローバルな視野を持って常に人類の健康と長寿を希求し、生涯において自己研鑽できる人材を養成するための教育を行う。

アドミッション・ポリシーは以下の通りである。

#### 博士課程前期

- 1) 人類の健康・長寿を支える医科学的知識に関心を持ち、生命科学分野、医科学分野及び関連産業分野に貢献することを志す人
- 2) 健康及び病的状態を基礎生物学的視点から多角的に捉えることができる人
- 3) 社会人としての良識や倫理観を身につけた人

#### 博士課程後期

- 1) 人類の健康・長寿を支える医科学的知識に関心を持ち、生命科学分野、医科学分野及び関連産業分野の発展に貢献することを志す人
- 2) 健康及び病的状態を基礎生物学的視点から多角的に捉えることができる人
- 3) 社会人としての良識と研究者・高度専門技術者としての倫理観を身につけた人

### 1-3-2 大学院教育の成果とその検証

大学院での教育は、講義と演習、セミナーなどの授業、主指導教員による密接な個別研究指導（研究室における修士論文、博士論文の指導）、更には副指導教員による定期的な研究進捗状況の確認を行っている。その結果、博士課程前期1年生の段階で英文総説を執筆する学生も出てきている。生命医科学プログラムにおける独自の中間発表：生命医科学セミナーは、発表、質疑応答の準備及び経験を通して、学生自身の研究を客観的な視点で見つめ直す機会となっており、高い学習効果を得られている。令和元年度は、必修科目の生命医科学セミナーに加え、医科学分野の研究者と交流を促す目的で医系科学研究科との合同シンポジウムを企画していた。2019年度は新型コロナウイルス感染症のため非開催となったが、今度もこの取り組みを継続する予定である。

### 大学院学生の在籍状況及び学位授与状況

理学部に関係する教員が担当する学生は（ ）に内数を掲載する。

【修士課程，博士前期課程】	令和元年度
入学定員（各年度4.1現在）	20人
入学者数（各年度11.1現在）	15 (5)人
定員充足率	75%



在籍者数（各年度11.1現在）	15 (5)人
留年，退学，休学者数 ※1（全ての学年，各年度内の該当人数）	0人
留年，退学，休学者率	0%
学位（修士）授与数（各年度3.31現在）	0人
学位授与率 ※2	0%

【博士後期課程，博士課程（一貫制）】	令和元年度
入学定員（各年度4.1現在）	6人
入学者数（各年度11.1現在）	5 (3)人
定員充足率	83%
在籍者数（各年度11.1現在）	5 (3)人
留年，退学，休学者数 ※1（全ての学年，各年度内の該当人数）	0人
留年，退学，休学者率	0%
学位（博士）授与数（各年度3.31現在）	0人
学位授与率 ※2	0%
論文博士授与数（各年度3.31現在）	0人

※1 休学者数については，当該年度内（1年間）休学している者の数を留年，退学者数とあわせ記入。

※2 学位授与率については，修士課程の場合においては当該年度の学位授与数を2年前の入学者数で割った数値，博士課程の場合においては当該年度の課程博士授与数を3年前（医・歯・獣医学は4年前，5年一貫制の場合は5年前）の入学者数で割った数値。

### 大学院学生の就職・進学状況

【修士課程，博士前期課程】	令和元年度
修了者数	0人
大学の教員（助手・講師等）	0人
公的な研究機関	0人
企業（研究開発部門）	0人
企業（その他の職種）	0人
学校（大学を除く）の教員	0人
公務員（公的な研究機関を除く）	0人
進学（博士課程，留学等）	0人
その他	0人

【博士後期課程，博士課程（一貫制）】	令和元年度
修了者数	0人

大学の教員（助手・講師等）	0人
公的な研究機関	0人
企業（研究開発部門）	0人
企業（その他の職種）	0人
公務員（公的な研究機関を除く）	0人
ポスドク（同一大学）	0人
ポスドク（他大学等）	0人
進学（留学等）	0人
その他	0人

### 1-3-3 大学院生の国内学会発表実績

令和元年度の大学院生による国内学会発表実績は下記のとおり。

博士課程前期 21 件

- ・成松勇樹，門田惇希，岩越栄子，齋藤鷹也，鹿野健史朗，古満芽久美，浮穴和義．マウスにおいて視床下部分泌性小タンパク質NPGLは肥満誘導作用を有する．2019年度中国四国地区生物系三学会合同大会，広島，2019年5月11日，ポスター発表
- ・門田惇希，岩越栄子，鹿野健史朗，齋藤鷹也，成松勇樹，浮穴和義．マウスにおける視床下部分泌性小タンパク質NPGLとNPGMの発現リズム解析．2019年度中国四国地区生物系三学会合同大会，広島，2019年5月12日，口頭発表
- ・伊藤航希．分裂酵母核膜タンパク質による核内因子の動態制御機構の解析．日本農芸化学会中四国支部第54回講演会，岡山，2019年6月1日，口頭発表
- ・澤井謙吾．分裂酵母の核小体動態の解析．日本農芸化学会中四国支部第54回講演会，岡山，2019年6月1日，口頭発表
- ・中山賢一，千原崇裕，奥村美紗子．線虫*Pristionchus pacificus*を用いた新規光受容体の探索．線虫研究の未来を創る会2019，名古屋，2019年8月21日，ポスター発表
- ・奥村美紗子，中山賢一，井下結葵，千原崇裕．線虫*Pristionchus pacificus*におけるCRISPR/Cas9インジェクションマーカーの確立．線虫研究の未来を創る会2019，名古屋，2019年8月22日，ポスター発表
- ・伊藤航希．核膜タンパク質による核内因子の動態制御機構の解析．酵母遺伝学フォーラム第52回研究報告会，静岡，2019年9月4日，ポスター発表
- ・澤井謙吾．分裂酵母の核小体動態の解析．酵母遺伝学フォーラム第52回研究報告会，静岡，2019年9月4日，ポスター発表
- ・生田裕美，東 翔平，竹内 隆，林 利憲．イモリ心臓再生過程における cyclin D1 の発現制御機構の研究．第90回日本動物学会大阪大会，大阪市，2019年9月12日
- ・成松勇樹，門田惇希，岩越栄子，鹿野健史朗，古満芽久美，浮穴和義．マウスにおける視床下部分泌性小タンパク質NPGLの遺伝子過剰発現解析．日本動物学会第90回大阪大会，大阪，2019年9月14日，口頭発表
- ・門田惇希，岩越栄子，鹿野健史朗，成松勇樹，浮穴和義．マウスにおける視床下部分泌性小タンパク質NPGLとNPGMのオシレーション解析．日本動物学会第90回大阪大会，大阪，2019年9月14日，口頭発表

- ・新留康詞, 石原康宏, 谷口瑠梨, 伊藤康一, 山崎 岳. レベチラセタムによるミクログリア活性化抑制機構の解明. 第92回日本生化学会大会, 神奈川, 2019年9月18日~20日
- ・馮 乃文. Searching for unknown gene related to telomere regulation in *S. pombe*. 第37回YEAST WORKSHOP, 熊本, 2019年10月24日, ポスター発表, 口頭発表
- ・成松勇樹, 門田惇希, 岩越栄子, 鹿野健史朗, 古満芽久美, 浮穴和義. マウスにおける視床下部分泌性小タンパク質NPGLの肥満誘導効果. 第44回日本比較内分泌学会大会, 埼玉, 2019年11月9日, ポスター発表
- ・門田惇希, 岩越栄子, 古満芽久美, 成松勇樹, 浮穴和義. インスリン枯渇下における視床下部分泌性小タンパク質NPGLの機能解析. 第44回日本比較内分泌学会大会, 埼玉, 2019年11月9日, ポスター発表
- ・新留康詞, 谷口瑠梨, 山崎 岳, 石原康宏. レベチラセタムの新規標的タンパク質の同定: FosL1 活性抑制によるTNF $\alpha$ 発現の制御. 第136回日本薬理学会近畿部会, 大阪, 2019年11月23日
- ・中山賢一, 千原崇裕, 奥村美紗子. 線虫*Pristionchus pacificus*における光忌避行動制御機構の解明. 第42回日本分子生物学会, 福岡, 2019年12月4日, ポスター発表
- ・伊藤 聖, 奥村美紗子, 千原崇裕. Atg8a発現量の個体内モニタリング ~ショウジョウバエにおけるAkaluc/Akalumineシステムの活用~. 第42回日本分子生物学会, 福岡, 2019年12月4日, ポスター発表
- ・成松勇樹, 岩越栄子, 門田惇希, 古満芽久美, 浮穴和義. 視床下部分泌性小タンパク質NPGLはマウスにおいて肥満を惹起する. 2019年度日本動物学会中国四国支部・広島県例会, 広島, 2020年3月9日, ポスター発表
- ・門田惇希, 岩越栄子, 成松勇樹, 古満芽久美, 浮穴和義. 糖尿病モデルラットを用いた視床下部分泌性小タンパク質NPGLの機能解析. 2019年度日本動物学会中国四国支部・広島県例会, 広島, 2020年3月9日, ポスター発表
- ・寺田富美, 千原崇裕, 濱生こずえ. ダイナミン2関連疾患の微小管制御を介した分子機構の解明. 日本動物学会中国四国支部広島県例会, 広島, 2020年3月9日, ポスター発表

#### 博士課程後期 12 件

- ・Guo R., Nakagushi M., Hamao K.. Regulation of the microtubule dynamic instability by dynamin-2. 日本動物学会中国四国支部大会広島大会, 広島, 2019年5月12日, 口頭発表
- ・Tanouchi M., Iwata Y., Igawa T., Sakagami K., Suzuki N. and Ogino H.. The functional domain-localized mutations hidden in the allotetraploid genome of *Xenopus laevis*. 第52回日本発生生物学会大会, 大阪国際交流センター, 大阪, 2019年5月15日
- ・EMAMI PARVANEH. Effects of DIM (3, 3'-Diindolylmethane) on chromosome function in fission yeast. 日本農芸化学会中四国支部第54回講演会, 岡山, 2019年6月1日, 口頭発表
- ・EMAMI PARVANEH. Effects of 3, 3'-Diindolylmethane on chromosome function in fission yeast. 酵母遺伝学フォーラム第52回研究報告会, 静岡, 2019年9月4日, 口頭発表
- ・Guo R., Nakagushi M., Chihara T., Hamao K.. ダイナミン-2による微小管制御の分子機構の解明. 第14回細胞運動研究会, 広島, 2019年9月5日
- ・田内幹大, 井川 武, 鈴木 誠, 鈴木菜花, 荻野 肇. 異なる進化系譜における倍加遺伝子の収斂進化. 第13回日本ツメガエル研究集会, 関西セミナーハウス・修学院きらら山荘, 京都, 2019年9月9日

- ・客野瑞月, 佐久間哲史, 鈴木賢一, 山本 卓, 野瀬俊明, 恒川直樹, 竹内 隆, 林 利憲. 有尾両生類の始原生殖細胞の決定における *vasa* および *dazl* 遺伝子機能の解析. 第 90 回日本動物学会大阪大会, 大阪, 2019 年 9 月 12 日
- ・Guo R., Nakagushi M., Hamao K.. Elucidation of the molecular mechanism of dynamin-2 dependent microtubule regulation. 第42回日本分子生物学会, 福岡, 2019年12月3日, ポスター発表
- ・客野瑞月, 佐久間哲史, 鈴木賢一, 山本 卓, 野瀬俊明, 恒川直樹, 竹内 隆, 林 利憲. 有尾両生類の始原生殖細胞決定における *vasa* および *dazl* の機能解析. 第42回日本分子生物学会福岡大会, 福岡, 2019年12月4日
- ・田内幹大, 井川 武, 鈴木 誠, 鈴木菜花, 荻野 肇. 異なる進化系譜における倍加遺伝子の収斂進化. 第42回日本分子生物学会年会, マリンメッセ福岡, 福岡, 2019年12月6日
- ・Guo R., Nakagushi M., Chihara T., Hamao K.. Elucidation of the molecular mechanism of dynamin-2 dependent microtubule regulation. 日本動物学会中国四国支部広島県例会, 広島, 2020年3月9日, ポスター発表
- ・藤土竜司, Guo Runzhao, 千原崇裕, 濱生こずえ. 微小管制御におけるダイナミン-2の膜結合および自己集合能の解析. 日本動物学会中国四国支部広島県例会, 広島, 2020年3月9日, ポスター発表

前期・後期共 0 件

該当無し

\* 「前期・後期共」とは、博士課程前期・後期の学生が共に共同発表した実績を記載。

\* 基礎生物学プログラム, 数理生命科学プログラムと一部重複します。

### 1-3-4 大学院生の国際学会発表実績

令和元年度の大学院生による国際学会発表実績は下記のとおり。

博士課程前期 4 件

- ・Okumura M., Nakayama K., Ishita Y., Chihara T.. Screening for CRISPR/Cas9-induced mutations using microchip electrophoresis in the nematode *Pristionchus pacificus*. 22nd International C. elegans Conference, Los Angeles, U.S.A., 2019年06月20日, ポスター発表
- ・Yuki Narimatsu, Eiko Iwakoshi-Ukena, Atsuki Kadota, Kimberly J Jennings, George E Bentley, Lance J Kriegsfeld, Kazuyoshi Ukena. Analysis of photoperiodism of neurosecretory protein GL in hamster. 2019 ESP-IUPB World Congress, Barcelona, Spain, 2019年8月27日, ポスター発表
- ・Atsuki Kadota, Eiko Iwakoshi-Ukena, Kenshiro Shikano, Takaya Saito, Yuki Narimatsu, Kazuyoshi Ukena. Analysis of oscillation pattern in mRNA expression of neurosecretory protein GL and neurosecretory protein GM in mice. 2019 ESP-IUPB World Congress, Barcelona, Spain, 2019年8月27日, ポスター発表
- ・Nakamura S, Kunii A, Yoshimi K, Mashimo T, Yamamoto T, Sakuma T.. Versatile collections of transcriptional control toolkits with highly accumulable effectors using Class 1 and Class 2 CRISPR systems. Keystone Symposia – Engineering the Genome, Banff, Canada, 2020年2月8日～12日

博士課程後期 0 件

該当無し

前期・後期共 1 件

- ・ Hayashi T, Kyakuno M, Ikuta H, Manabe I, Takeuchi T. Study of the stem cell system from organ regeneration in the newt. International Symposium: Principles of pluripotent stem cells underlying plant vitality, 宮城, 2019年5月13日

\* 「前期・後期共」とは、博士課程前期・後期の学生が共に共同発表した実績を記載。

\* 基礎生物学プログラム、数理生命科学プログラムと一部重複します。

### 1-3-5 修士論文発表実績（個人情報保護法に留意）

該当無し

### 1-3-6 博士学位

申請基準：博士論文は、レフェリー付きの国際学術誌に公表論文が受理されていることが必須条件であり、プログラム内における予備審査に合格したものが申請することができる。

学位授与実績：令和元年度の学位授与数と論文題目は下記に示す（授与年月日を〔 〕内に記す）。

該当無し

### 1-3-7 TAの実績

【博士課程前期】	
在籍者数（11.1現在）	15人
TAとして採用されている者	11人
在籍者数に対する割合	73%

【博士課程後期】	
在籍者数（11.1現在）	5人
TAとして採用されている者	3人
在籍者数に対する割合	60%

### 1-3-8 大学院教育の国際化

生命医科学プログラムにおける必修講義：先端生命技術概論及び疾患モデル生物概論では日本語・英語を併用した講義が実施されている。また、博士課程前期及び博士課程後期の双方に留学生が在籍していることから、日本人学生との異文化交流も進んでいる。生命医科学セミナーでは、積極的に日本人学生と留学生の質疑応答を促す工夫もある。今後も積極的に留学生を受け入れることでプログラム内の学生達の国際性、及び語学力向上を目指す。

## 1-4 プログラムの研究活動

生命医科学プログラム運営教員会を構成する各教員に関する令和元年度に行われた研究活動の成果や研究助成金の受入状況については、兼任プログラムの「1-4 プログラムの研究活動」をご参照ください。

各教員の兼任プログラムは以下の通り。

基礎生物学プログラムを兼任する教員：千原崇裕，林 利憲，奥村美紗子，鈴木 誠

数理生命科学プログラムを兼任する教員：落合 博，細羽康介

生命環境総合化学プログラムを兼任する教員：石原康宏，大黒亜美

生物学プログラムを兼任する教員：上野 勝，久米一規，湯川格史

ゲノム編集イノベーションセンターを兼任する教員：下出紗弓

### 1-4-1 研究活動の内容

#### ●学生の受賞実績

氏名	学年	賞の名称	研究内容	授与者	授与年月日	指導教員
中山 賢一	M1	線虫研究の未来を創る会 2019 優秀ポスター発表賞	線虫 <i>Pristionchus pacificus</i> を用いた新規光受容体の探索	線虫研究の未来を創る会 代表	令和元年8月22日	千原崇裕
田中 美樹	D1	未来博士3分間コンペティション2019 JSW日本製鋼所賞・優秀賞（日本語部門）	Improve the “Quality of Life”. 脳梗塞患者のQOL低下を防ぐには	未来博士3分間コンペティション2019審査委員会	令和元年9月14日	石原康宏

#### ●RAの実績

氏名	学年	所属研究室	研究プロジェクト名	指導教員
GUO RUNZHAO	D1	神経生物学・細胞生物学	ダイナミン-2による微小管制御の分子機構の解明	濱生こずえ
田中 美樹	D1	生体機能化学	虚血性脳浮腫の形成機構の解明と神経炎症との関連	石原康宏

### 1-4-2 研究グループ別（プログラムによっては個人）の研究活動の概要，発表論文，公演等

兼任プログラムの「1-4 プログラムの研究活動」をご参照ください。

### 1-4-3 各種研究員と外国人留学生の受入状況

【令和元年度研究員】

該当無し



【令和元年度外国人客員研究員】

該当無し

【令和元年度外国人留学生】

博士課程前期

- ・ ABDELGHANI EMAN MOHAMMED BAHAAELDEEN A. (エジプト) (平成31年4月入学)
- ・ 馮 乃文 (中国) (平成31年4月入学)

博士課程後期

- ・ EMAMI PARVANEH (イラン) (平成31年4月入学)
- ・ GUO RUNZHAO (中国) (令和元年10月入学)

**1-4-4 研究助成金の受入状況**

兼任プログラムの「1-4 プログラムの研究活動」をご参照ください。

**1-4-5 学界ならびに社会での活動**

兼任プログラムの「1-4 プログラムの研究活動」をご参照ください。

**1-5 その他特記事項**

該当無し



