

令和3年度
広島大学理学部・
大学院理学系プログラム（専攻）
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 数学プログラム・数学専攻・数学科

1 数学プログラム・数学専攻	I-1
1-1 プログラム・専攻の理念と目標	I-1
1-2 プログラム・専攻の組織と運営	I-1
1-3 プログラム・専攻の大学院教育	I-2
1-4 プログラム・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-45
2-1 学科の理念と目標	I-45
2-2 学科の組織	I-45
2-3 学科の学士課程教育	I-46
2-4 リカレント教育を推進するための社会人向けプログラムの提供	I-46
2-5 その他特記事項	I-46

II 物理学プログラム・物理科学専攻・物理学科

1 物理学プログラム・物理科学専攻	II-1
1-1 プログラム・専攻の理念と目標	II-1
1-2 プログラム・専攻の組織と運営	II-1
1-3 プログラム・専攻の大学院教育	II-4
1-4 プログラム・専攻の研究活動	II-17
2 物理学科	II-116
2-1 学科の理念と目標	II-116
2-2 学科の組織	II-116
2-3 学科の学士課程教育	II-117

III 地球惑星システム学プログラム・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プログラム・地球惑星システム学専攻	III-1
1-1 プログラム・専攻の理念と目標	III-1
1-2 プログラム・専攻の組織と運営	III-1
1-3 プログラム・専攻の大学院教育	III-2
1-4 プログラム・専攻の研究活動	III-5
1-5 その他特記事項	III-25
2 地球惑星システム学科	III-26
2-1 学科の理念と目標	III-26
2-2 学科の組織	III-26
2-3 学科の学士課程教育	III-26

※研究活動の記載について

発表論文、講演等のうち、理学系プログラムの教員にはアンダーラインを付しています。また、プログラム内で複数の教員があがっている場合には◎印を、複数のプログラム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。

IV 基礎化学プログラム・化学専攻・化学科

1 基礎化学プログラム・化学専攻	IV-1
1-1 プログラム・専攻の理念と目標	IV-1
1-2 プログラム・専攻の組織と運営	IV-1
1-3 プログラム・専攻の大学院教育	IV-6
1-4 プログラム・専攻の研究活動	IV-18
2 化学科	IV-67
2-1 学科の理念と目標	IV-67
2-2 学科の組織	IV-67
2-3 学科の学士課程教育	IV-69
2-4 リカレント教育を推進するための社会人向けプログラムの提供	IV-81
2-5 その他特記事項	IV-81

V 基礎生物学プログラム・生物科学専攻・生物科学科

1 基礎生物学プログラム・生物科学専攻	V-1
1-1 プログラム・専攻の理念と目標	V-1
1-2 プログラム・専攻の組織と運営	V-1
1-3 プログラム・専攻の大学院教育	V-6
1-4 プログラム・専攻の研究活動	V-12
1-5 その他特記事項	V-91
2 生物科学科	V-92
2-1 学科の理念と目標	V-92
2-2 学科の組織	V-92
2-3 学科の学士課程教育	V-95
2-4 リカレント教育を推進するための社会人向けプログラムの提供	V-98
2-5 その他特記事項	V-98

VI 数理生命科学プログラム・数理分子生命理学専攻

1 数理生命科学プログラム・数理分子生命理学専攻	VI-1
1-1 プログラム・専攻の理念と目標	VI-1
1-2 プログラム・専攻の組織と運営	VI-1
1-3 プログラム・専攻の大学院教育	VI-5
1-4 プログラム・専攻の研究活動	VI-15
1-5 その他特記事項	VI-48

VII 生命医科学プログラム

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-12
1-5 その他特記事項	VII-16

I 数学プログラム

- ・ 数学専攻

- ・ 数学科

1 数学プログラム・数学専攻

1-1 プログラム・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・先進理工系科学研究科数学プログラムでは、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・先進理工系科学研究科数学プログラムの理念に則り、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 プログラム・専攻の組織と運営

数学専攻・プログラムは、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・プログラム共通で行われている。

1-2-1 教職員

令和3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 鈴木航介
多様幾何	教授	古宇田悠哉 藤森祥一
	准教授	奥田隆幸 (R3.4.1 昇任)
	助教	寺本圭佑 (R3.4.1 採用) 野崎雄太
数理解析	教授	川下美潮 内藤雄基
	准教授	滝本和広 平田賢太郎
	講師	神本晋吾
	助教	橋詰雅斗 (R3.4.1 採用)
確率統計	教授	井上昭彦 柳原宏和 若木宏文
	准教授	伊森晋平 岩田耕一郎 福井敬祐
	助教	中川勝國
総合数理	教授	阿部 誠 水町 徹
	准教授	小鳥居祐香 澁谷一博 橋本真太郎

事務室

桂川信子 下森雅美 荒谷照美 (R3.11.14 異動)
高原園子

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。

令和3年度

昇任	令和3年4月1日	奥田隆幸	准教授
採用	令和3年4月1日	寺本圭佑	助教
	令和3年4月1日	橋詰雅斗	助教
退職	令和4年3月31日	飯島 優	助教
	令和4年3月31日	中川勝國	助教
異動	令和3年11月14日	荒谷照美	

1-3 プログラム・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3年度

博士課程前期：(入学時) 学生数 18 名，定員 (目安) 20 名，充足率 90.0%

博士課程後期：(入学時) 学生数 4 名，定員 (目安) 7 名，充足率 57.1%

学位 (博士) 取得：4 件

ただし、充足率は数学プログラム、学位取得は数学専攻の学生のみからなる。

1-3-3 大学院生の国内学会発表実績

令和3年度 … 33 件 (博士課程前期 7 件，博士課程後期 26 件，前期・後期共 0 件)

1-3-4 大学院生の国際学会発表実績

令和3年度 … 3 件 (博士課程前期 0 件，博士課程後期 3 件，前期・後期共 0 件)

1-3-5 修士論文発表実績

令和3年度 … 18 件

川上 隼：Approximate Gibbs sampler for Bayesian Huberized lasso (Bayesian Huberized lasso に対する近似ギブスサンプラー)

稲津 大貴：Gröbner Basis, K-Coloring of Graphs, Sudoku, and Intractability

大野 孝貴：符号変化する関数を初期値にもつ藤田型方程式の解の爆発と大域存在

岡田 駿平：金利のアフィン期間構造モデル

小形 翔平：数独の組合せ論

小川 健翔：原始冪等元の集合が定める可換アソシエーションスキームの全射圏から部分関数の圏への関手

鬼塚 貴広：グラフ上のデータに対する分位点のベイズ的平滑化について
 金丸 勇輝：グレブナー基底の論理への応用
 後中田高也：ある二元二次不定方程式の解の明示的記述
 設楽 嵩弘：球の外部領域における半線形波動方程式とその連立系の爆発問題
 杉江 高規：減少再配分と BMO 空間
 長松 和樹：微分方程式に付随する Monge 特性系の幾何学的性質
 林 一慶：ASSOCIATION SCHEMOID における固有行列について
 藤野 奨馬：Lovász の同型判定定理，半環及び局所有限圏
 別所 和樹：フィルタリングにおける記憶の効果とその応用
 三原 康裕：点付曲面の弧に対するクラスター変数の計算
 山本 真治：時間分数階の導関数の項を含む非齊次拡散方程式の初期値・境界値問題の弱解の Well-posedness と強解の高階正則性について
 山本 真大：正二十面体と TS^2 上の作用素 design

1-3-6 博士学位

令和3年度理学研究科数学専攻における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3年度学位授与実績（課程博士3件，論文博士1件）

植松 香介

令和4年3月4日

題目：On classification of irreducible quandle modules over a connected quandle
 （連結カンドル上の既約カンドル加群の分類について）

梶浦 大起（広島大学大学院理学研究科博士課程後期）

令和4年3月23日

題目：Point arrangements on some combinatorial objects
 （いくつかの組合せ論的对象上の点配置について）

近藤 裕司（広島大学大学院理学研究科博士課程後期）

令和4年3月23日

題目：A classification of left-invariant pseudo-Riemannian metrics on some nilpotent Lie groups
 （ある冪零リー群上の左不変擬リーマン計量の分類）

是枝 由統（広島大学大学院理学研究科博士課程後期）

令和4年3月23日

題目：On the configuration of the singular fibers of jet schemes of rational double points
 （有理二重点のジェットスキームの特異ファイバーの配置について）

1-3-7 TAの実績

令和3年度	前期	…	修士	10件
			博士	6件
	後期	…	修士	6件
			博士	4件

1-3-8 大学院教育の国際化

数学専攻・プログラム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 プログラム・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：2021年7月13日（火）、13:00-14:00

場所：Microsoft Teams によるオンライン形式

講師：田中晴喜 氏（和歌山県立医科大学医学部）

題目：ホールをもつ摂動マルコフシステムと Ruelle 転送作用素の Perron 補元

第2回

日時：2021年12月21日（火）、13:00-14:00

場所：広島大学理学部 B 棟 7 階 B707

講師：梶木屋龍治 氏（佐賀大学工学部数理科学科）

題目：劣線形楕円型方程式の無限に多くの小さな解の存在

数学プログラム構成員主催の研究集会等

○第20回広島仙台整数論集会〔国内〕

日程：2021年7月13日～16日

場所：オンライン（Zoom）

参加人数：97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）、宮谷和典（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）

○RIMS 共同研究（公開型）「リー群論、表現論およびその周辺分野」〔国内〕

日程：2021年8月10日～12日

場所：オンライン（Zoom）

参加人数：42名

世話人 : 奥田隆幸 (広島大学)

○オンラインによる微分方程式セミナー [国内]

日時 : 2021年8月30日~31日

場所 : オンライン (Zoom)

参加人数 : 78名

世話人 : 田中 敏 (東北大学), 内藤雄基 (広島大学)

○広島幾何学研究集会 2021 オンライン [国内]

日程 : 2021年10月7日~8日

場所 : オンライン (Zoom)

参加人数 : 61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 (広島工業大学), 奥田隆幸 (広島大学), 寺本圭佑 (広島大学)

○広島微分方程式研究会 [国内]

日程 : 2021年10月8日~9日

場所 : オンライン (Microsoft Teams)

参加人数 : 65名

組織委員 : 佐野めぐみ (広島大学), 滝本和広 (広島大学), 橋詰雅斗 (広島大学), 水町 徹 (広島大学), 若杉勇太 (広島大学)

○京都大学数理研研究集会 (公開型) 常微分方程式の定性的理論とその応用 [国内]

日程 : 2021年11月10日~12日

場所 : オンライン (Zoom)

参加人数 : 82名

世話人 : 内藤雄基 (広島大学), 田中 敏 (東北大学), 渡辺宏太郎 (防衛大学校)

○HMA セミナー・冬の研究会 2022 [国内]

日程 : 2022年1月21日

場所 : ハイブリッド開催 (対面および Microsoft Teams によるオンライン)

参加人数 : 40名

世話人 : 神本晋吾 (広島大学), 佐野めぐみ (広島大学), 柴田徹太郎 (広島大学), 滝本和広 (広島大学), 橋詰雅斗 (広島大学)

○RIMS 共同研究 (グループ型 A) 非線形問題の精密解析 [国内]

日程 : 2022年3月7日~8日

場所 : オンライン (Zoom)

参加人数 : 70名

世話人 : 田中 敏 (東北大学), 内藤雄基 (広島大学)

○科研費シンポジウム「ベイズ統計の理論と応用」オンライン [国内]

日程 : 2022年3月18日

場所 : オンライン (Zoom)

参加人数 : 280名

世話人 : 菅澤翔之助 (東京大学), 入江 薫 (東京大学), 橋本真太郎 (広島大学), 小林弦矢 (千葉大学), 中川智之 (東京理科大学)

○The 23rd International Differential Geometry Workshop on Submanifolds in Homogeneous Spaces and Related Topics & The 19th RIRCM-OCAMI Joint Differential Geometry Workshop [国際]

日程 : 2021年7月2日~3日

場所 : オンライン (Zoom)

参加人数 : 91名

世話人 : Changhwa Woo (Pukyong National University, Republic of Korea), Hyunjin Lee (Kyungpook Nat'l University & RIRCM, Republic of Korea), Hiroshi Tamaru (Osaka City University, Japan), Takayuki Okuda (Hiroshima University, Japan), Kei Kondo (Okayama University, Japan).

○第68回トポロジーシンポジウム [国際]

日程 : 2021年8月24日~27日

場所 : オンライン (Zoom)

参加人数 : 256名

世話人 : 石川昌治 (慶応大学), 寺垣内政一 (広島大学), 古宇田悠哉 (広島大学), 小鳥居祐香 (広島大学), 野崎雄太 (広島大学)

○RIMS 共同研究 (公開型) 完全 WKB 解析, 超局所解析, パンルヴェ方程式とその周辺 [国際]

日程 : 2021年10月11日~15日

場所 : オンライン (Zoom)

参加人数 : 120名

世話人 : 廣瀬三平 (芝浦工業大学), 神本晋吾 (広島大学), 岩木耕平 (東京大学), 佐々木真二 (芝浦工業大学)

○Topology and Geometry of Low-dimensional Manifolds [国際]

日程 : 2022年1月28日~30日

場所 : オンライン (Zoom)

参加人数 : 82名

世話人 : 北野晃朗 (創価大学), 森藤孝之 (慶應大学), 大鹿健一 (学習院大学), 山下 靖 (奈良女大学), 小鳥居祐香 (広島大学), 野崎雄太 (広島大学)

○Workshop on Surface Theory [国際]

日程 : 2022年3月4日~7日

場所 : ハイブリッド (アットビジネスセンター横浜西口駅前による対面と Zoom によるオンライン)

参加人数 : 約80名

世話人 : 藤森祥一 (広島大学), 本田淳史 (横浜国立大学), 直川耕祐 (広島工業大学), 佐治健太郎 (神戸大学)

○Branched Coverings, Degenerations, and Related Topics 2022 [国際]

日程 : 2022年3月7日~8日

場所 : オンライン (Zoom)

参加人数 : 82人

世話人 : 島田伊知朗 (広島大学) et al.

数学プログラム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 : 2021年6月25日, 16:20-17:50

場所 : オンライン (Zoom)

講師 : 助永真之氏 (広島大学)

題目 : トロピカル幾何学入門 (トロピカル平面曲線と双対多面体的複体)

第2回

日時 : 2021年7月30日, 16:20-17:50

場所 : オンライン (Zoom)

講師 : 助永真之氏 (広島大学)

題目 : \mathbb{R}^3 内のトロピカル平面上のトロピカル曲線

第3回

日時 : 2021年12月10日, 15:00-16:30

場所 : オンライン (Zoom)

講師 : 是枝由統氏 (広島大学)

題目 : ジェットスキームの有理2重点上のファイバーの既約成分の配置

○広島大学トポロジー・幾何セミナー

第1回

日時 : 2021年5月11日 (火), 15:00-16:00

場所 : オンライン (Zoom)

講師 : 奥田隆幸氏 (広島大学)

題目 : Delsarte theory on compact homogeneous spaces

第2回

日時 : 2021年5月18日 (火), 15:00-16:00

場所 : オンライン (Zoom)

講師 : 寺本圭佑氏 (広島大学)

題目 : 波面の非有界な主曲率に対する焦曲面

第3回

日時：2021年5月25日（火），15:00-16:00

場所：オンライン（Zoom）

講師：Serban Matei Mihalache 氏（東北大学）

題目：Hopf 代数と分岐スパインから構成される3次元多様体の不変量

第4回

日時：2021年6月15日（火），15:00-16:00

場所：オンライン（Zoom）

講師：石橋 典 氏（京都大学数理解析研究所），湯浅 亘 氏（京都大学数理解析研究所）

題目：Skein and cluster algebras of marked surfaces without punctures for $sl(3)$

第5回

日時：2021年7月13日（火），15:00-16:00

場所：オンライン（Zoom）

講師：赤嶺新太郎 氏（日本大学）

題目：極大曲面に対する鏡像の原理と関連する話題について

第6回

日時：2021年7月20日（火），15:00-16:00

場所：オンライン（Zoom）

講師：北澤直樹 氏（九州大学）

題目：Round fold maps on 3-dimensional closed manifolds

第7回

日時：2021年7月27日（火），15:00-16:20

場所：オンライン（Zoom）

講師：小川健翔 氏（広島大学）

題目：局所 Johnson グラフと Galois 理論

講師：西村勇哉 氏（広島大学）

題目：Classical link recognition の時間計算量について

講師：金田 伸 氏（広島大学）

題目：高種数の向き付け不可能な極大曲面について

第8回

日時：2021年10月26日（火），15:00-16:00

場所：オンライン（Zoom）

講師：菅原朔見 氏（北海道大学）

題目：Divides with cusps and Kirby diagrams for line arrangements

第9回

日時：2021年11月16日（火），15:00-16:00

場所：オンライン（Zoom）

講師：野坂武史 氏（東京工業大学）

題目：閉 3 次元多様体のいくつかの普遍被覆のセル複体

第 10 回

日時：2021 年 11 月 30 日（火），15:00-16:00

場所：オンライン（Zoom）

講師：川添浩太郎 氏（明治大学）

題目：The one-row colored sl3 Jones polynomial for pretzel links

第 11 回

日時：2021 年 12 月 7 日（火），15:00-16:00

場所：オンライン（Zoom）

講師：Ivan I. Smalyukh 氏（University of Colorado Boulder）

題目：Knots in Soft Matter

第 12 回

日時：2021 年 12 月 21 日（火），15:00-16:00

場所：オンライン（Zoom）

講師：石川勝巳 氏（京都大学数理解析研究所）

題目：Extended quandle spaces and their applications

第 13 回

日時：2022 年 1 月 11 日（火），15:00-16:00

場所：オンライン（Zoom）

講師：Yi-Sheng Wang 氏（Academia Sinica）

題目：Essential Annuli in Handlebody-knot Exteriors

○広島数理解析セミナー

第 247 回

日時：2021 年 4 月 30 日（金），16:30 - 17:30

場所：Microsoft Teams を用いたオンライン開催

講師：三宅庸仁 氏（京都大学）

題目：Positivity of solutions to the Cauchy problem for some higher order parabolic equations

第 248 回

日時：2021 年 5 月 21 日（金），16:30 - 17:30

場所：Microsoft Teams を用いたオンライン開催

講師：若狭恭平 氏（釧路高専）

題目：On the critical decay for the wave equation with a cubic convolution in 3D

第 249 回

日時：2021 年 6 月 4 日（金），16:30 - 17:30

場所：Microsoft Team を用いたオンライン開催

講師：宮崎隼人 氏 (香川大学)

題目：Asymptotic behavior of solutions to the long-range nonlinear Schrödinger equation on a star graph

第 250 回

日時：2021 年 6 月 18 日 (金), 16:30 – 17:30

場所：Microsoft Teams を用いたオンライン開催

講師：Jaeyoung Byeon 氏 (KAIST)

題目：Neumann version of the Hardy inequality

第 251 回

日時：2021 年 7 月 30 日 (金), 16:30 – 17:30

場所：Microsoft Teams を用いたオンライン開催

講師：和久井洋司 氏 (東京理科大学)

題目：特異性を持つ初期値に対する移流拡散方程式の有界な前方自己相似解の存在について

第 252 回

日時：2021 年 10 月 29 日 (金), 16:30 – 17:30

場所：Microsoft Teams を用いたオンライン開催

講師：玉田優太 氏 (名古屋大学)

題目：Global existence of solutions for semilinear damped wave equations with variable coefficients

第 253 回

日時：2021 年 11 月 5 日 (金), 16:45 – 17:45

場所：Microsoft Teams を用いたオンライン開催

講師：佐藤龍一 氏 (福岡大学)

題目：Existence of solutions to the slow diffusion equation with a nonlinear source

第 254 回

日時：2021 年 11 月 26 日 (金), 16:30 – 17:30

場所：Microsoft Teams を用いたオンライン開催

講師：Alessandro Palmieri 氏 (東北大学)

題目：A critical exponent of Fujita-type for the semilinear damped wave equation on some unimodular Lie groups

第 255 回

日時：2022 年 1 月 7 日 (金), 16:30 – 17:30

場所：Microsoft Teams を用いたオンライン開催

講師：森岡 悠 氏 (愛媛大学)

題目：Inverse problems on metric graphs for graphene

第 256 回

日時：2022 年 2 月 4 日 (金), 15:00 – 17:30

場所：Microsoft Teams を用いたオンライン開催

15:00 – 16:00

講師：米田慧司 氏（九州大学）

題目：Global solutions for the incompressible rotating MHD system in the scaling critical Sobolev space

16:30 – 17:30

講師：佐藤拓也 氏（東北大学）

題目：臨界冪を持つ非線形消散型 Schrödinger 方程式の解の正則性と質量減衰

○複素解析セミナー

第 1 回

日時：2021 年 4 月 23 日

場所：オンライン（Microsoft Teams）

講師：小森大地 氏（北海道大学）

題目：チェックドルボーコホモロジーを用いた無限階擬微分作用素の表象理論

第 2 回

日時：2021 年 5 月 14 日

場所：オンライン（Microsoft Teams）

講師：細井竜也 氏（東京大学）

題目：Painlevé 方程式の τ 関数の形式級数表示の収束

第 3 回

日時：2021 年 6 月 25 日

場所：オンライン（Microsoft Teams）

講師：朴 佳南 氏（関西学院大学）

題目： $E_6^{(1)}$ 型 q パンルヴェ方程式のラックス形式

第 4 回

日時：2021 年 11 月 19 日

場所：オンライン（Microsoft Teams）

講師：池田暁志 氏（城西大学）

題目：Donaldson-Thomas 理論から現れる Riemann-Hilbert 問題と resurgence 理論

第 5 回

日時：2021 年 12 月 17 日

場所：オンライン（Microsoft Teams）

講師：紫垣孝洋 氏（神戸大学）

題目：中間子の数理モデルに現れる、ある常微分方程式の固有値問題の完全 WKB 解析

○広島確率論・力学系セミナー

日時：2021 年 6 月 9 日 10:00 – 11:30

場所：Microsoft Teams によるオンライン形式

講師：中川勝國 氏（広島大学・先進理工）

題目：ある多項式の族に関するエントロピースペクトルの剛性（その 1）

日時：2021年6月16日 10:00 - 11:30

場所：Microsoft Teams によるオンライン形式

講師：中川勝國 氏（広島大学・先進理工）

題目：ある多項式の族に関するエントロピースペクトルの剛性（その2）

日時：2021年6月30日 10:00 - 11:30

場所：Microsoft Teams によるオンライン形式

講師：中川勝國 氏（広島大学・先進理工）

題目：ある多項式の族に関するエントロピースペクトルの剛性（その3）

日時：2021年10月27日 13:00 - 14:30

場所：Microsoft Teams によるオンライン形式

講師：中川勝國 氏（広島大学・先進理工）

題目：Continuity of isomorphisms applied to rigidity problems of entropy spectra（その1）

日時：2021年11月10日 13:00 - 15:30

場所：Microsoft Teams によるオンライン形式

講師：中川勝國 氏（広島大学・先進理工）

題目：Continuity of isomorphisms applied to rigidity problems of entropy spectra（その2）

○広島統計グループ金曜セミナー

第1回

日時：2021年4月16日 15:00 - 16:00

場所：オンライン（Microsoft Teams）

講師：橋本真太郎 氏（広島大・先進理工）

題目：非正則モデルに対するベイズ予測型確率一致事前分布について

第2回

日時：2021年5月21日 15:00 - 16:00

場所：オンライン（Microsoft Teams）

講師：伊森晋平 氏（広島大・先進理工）

題目：ガンマダイバージェンスに基づく推定量の漸近的性質と変数選択への応用

第3回

日時：2021年7月2日 15:00 - 16:00

場所：オンライン（Microsoft Teams）

講師：大石峰暉 氏（広島大・AI・データイノベーション教育研究センター）

題目：Generalized fused Lasso ロジスティック回帰の最適化と時空間分析

第4回

日時：2021年7月16日 15:00 - 16:00

場所：オンライン（Microsoft Teams）

講師：中川智之 氏（東京理科大・理工）

題目：ユークリッド距離に基づく判別分析の冗長変数の問題について

第5回

日時：2021年7月30日 15:00 - 16:00

場所：オンライン（Microsoft Teams）

講師：平川 真 氏（広島大・人間社会）

題目：心理学における統計学の利用について

第6回

日時：2021年10月22日 15:00 - 16:00

場所：対面（理学部 C816） + オンライン（Microsoft Teams）

講師：門田 麗 氏（広島大・先進理工）

題目：三相主成分分析のうつ病経時データへの適用

第7回

日時：2021年10月29日 15:00 - 16:00

場所：対面（理学部 C816） + オンライン（Microsoft Teams）

講師：Hiroko Solvang（Institute of Marine Research, Norway）

題目：Categorical data analysis to investigate spatial and temporal trend for Integrated Ecosystem Assessment

第8回

日時：2021年11月26日 15:00 - 16:00

場所：対面（理学部 C816） + オンライン（Microsoft Teams）

講師：柳原宏和 氏（広島大・先進理工）

題目：一般化 Group Fused Lasso 最適化のためのベクトル差分ノルム型罰則付き二次形式の最小化アルゴリズム

第9回

日時：2021年12月10日 15:00 - 16:00

場所：対面（理学部 C816） + オンライン（Microsoft Teams）

講師：若木宏文 氏（広島大・先進理工）

題目：多変量ベータ行列の関数の分布のラプラス近似と MANOVA 検定統計量への応用

第10回

日時：2021年12月17日 15:00 - 16:00

場所：対面（理学部 C816） + オンライン（Microsoft Teams）

講師：小田凌也 氏（広島大・情報科学）

題目：高次元多変量線形回帰における KL ロス最小化に基づくモデルの一致性

第 11 回

日時：2021 年 12 月 24 日 15:00 – 16:00

場所：対面（理学部 C816）＋オンライン（Microsoft Teams）

講師：山田 宏 氏（広島大・情報科学）

題目：Spatial Filtering

第 12 回

日時：2022 年 1 月 7 日 15:00 – 16:00

場所：対面（理学部 C816）＋オンライン（Microsoft Teams）

講師：吉田拓真 氏（鹿児島大）

題目：極値統計学におけるセミパラメトリックモデリングについて

第 13 回

日時：2022 年 1 月 21 日 15:00 – 16:00

場所：オンライン（Microsoft Teams）

講師：鬼塚貴広 氏（広島大・先進理工・M2）

題目：縮小事前分布を用いた分位点の平滑化

講師：川上 隼 氏（広島大・理・M2）

題目：Approximate Gibbs sampling for sparse Bayesian linear regression models under Huber-type loss

第 14 回

日時：2022 年 2 月 4 日 15:00 – 16:00

場所：オンライン（Microsoft Teams）

講師：福井敬祐 氏（広島大・先進理工）

題目：住民ベースのがん登録における生存率指標の算出法について

○数理情報科学セミナー

第 1 回

日時：2021 年 11 月 17 日 16:30 – 17:30

場所：総合科学部 C 棟 808 号室

講師：石川 勲 氏（愛媛大学）

題目：可逆ニューラルネットワークの表現力について

学術団体からの受賞実績

令和 3 年度 … 2 件

- ・ 鈴木航介：2021 年度日本応用数理学会論文賞サーベイ部門
- ・ 野崎雄太：令和 3 年度大学院先進理工系科学研究科長顕彰（広島大学）

学生の受賞実績

令和 3 年度 … 1 件

- ・ 鬼塚貴広：学生発表優秀賞，行動計量学会岡山地域部会，2022 年 3 月

国際交流実績

該当無し

国際共同研究・国際会議開催実績

令和3年度… 国際会議開催 6件(「数学プログラム構成員主催の研究集会等」に[国際]と記載)
国際共同研究 12件

- ・ 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 Birmingham, 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)
- ・ 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) : Phillip Marmorino (University of Notre Dame, アメリカ)
- ・ 藤森祥一 (国際共同研究) : Seong-Deog Yang (Korea University, 韓国)
- ・ 奥田隆幸 (国際共同研究) : Da Zhao (上海交通大学, 中国)
- ・ 寺本圭佑 (国際共同研究) : Luciana F. Martins (Universidade Estadual Paulista, ブラジル)
- ・ 寺本圭佑 (国際共同研究) : Samuel P. dos Santos (Universidade Estadual Paulista, ブラジル)
- ・ 井上昭彦 (国際共同研究) : Junho Yang (Institute of Statistical Science, Academia Sinica, 台湾)
- ・ 柳原宏和 (国際共同研究) : Hiroko Solvang (Institute of Marine Research, Norway)
- ・ 伊森晋平 (国際共同研究) : Ching-Kang Ing (National Tsing Hua University, 台湾)

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，講演等

代数数理講座

木村俊一（教授）

○研究概要

(1) コラッツ予想に関して，研究室の大学院生の渡辺業氏，城村敦氏との共同研究で，通常の「3倍して1を足す」というバージョンを一般化して「 p 倍して1を足す」場合の挙動について詳しく調べた。特に p が2次の無理数の場合に，コラッツ予想のアナロジー（正確にはサイクル予想のアナロジー：どの整数から始めても，コラッツ関数で繰り返し送ると，いつかは同じ数のパターンが繰り返すサイクルに収束する）がどの p に対して成り立つかの予想を与え，成り立たない場合には証明を，成り立ちそうな場合には大量の（1億程度まで）初期値に対して予想が成り立つことを確かめた。

(2) 2元体上の冪級数環に対してもコラッツ予想のアナロジーを考え，対応するモチビクゼータを定義して，2次の無理関数になるという顕著な例を発見した。また，パリティの双対予想を提出した。

(3) グラフのモチビクゼータについて， K 環ではなく Conway のゲームが定める環を係数として定義するという新しい研究を始め，モチビクゼータが有理関数でなく任意次数の代数関数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自己同型群の研究を行った。新しい Zariski N -ples を多数構成した。

○論文

- S. Brandhorst and I. Shimada, Automorphism Groups of Certain Enriques Surfaces. Found Comput Math (2021). DOI: 10.1007/s10208-021-09530-y
- I. Shimada, A note on Quebbemann's extremal lattices of rank 64, to appear in Journal de Théorie des Nombres de Bordeaux (2021)
- S. Brandhorst and I. Shimada, Borchers' Method for Enriques Surfaces, Michigan Math. J. 71(1): 3-18 (2022.3). DOI: 10.1307/mmj/20195769

○国際会議での講演

- (招待講演) Ichiro Shimada, Japanese-European Symposium on Symplectic Varieties and Moduli Spaces - Sixth Edition, 2022.3.16, online
- (招待講演) Ichiro Shimada, ODTU-Bilkent Algebraic Geometry Seminar, 2021.12.17, online
- (招待講演) Ichiro Shimada, Online Workshop on Calabi-Yau Varieties and Related Topics, 2021.10.14

松本 眞 (教授)

○研究概要

「有限群上の差集合」の一般化についての研究を行った。有限群は association scheme の特殊な場合と考えられる。さらに, association scheme を一般化し, regular unital relation partition の概念を導入した。これは有限集合 X および I と全射 $R: X \times X \rightarrow I$ の組であって, I の一点 i_0 の R による逆像が X の恒等関係を与え, また任意の $i \in I$ の逆像に対し, それを与える X の二項関係が一對 k_i となるような整数 k_i が存在するものを指す。 X 上の非負整数値関数 f であって, 「 $R(x,y)=i$ となるようなすべての $(x,y) \in X \times X$ にわたる $f(x)f(y)/k_i$ の和」が $i \neq i_0$ である限り i に依存しないとき, f を (X,R,I) の等分布関数と呼ぶ。有限群 G から regular unital relation partition $G \times G \rightarrow G(g,h) \rightarrow g^{-1}h$ が得られるが, 古典的な意味で $Y \subset G$ が差集合であることと, Y の特性関数がこの regular unital relation partition において等分布関数であることが同値であることを示した。この一般化により, 次の定理が証明される。

定理: X, X' を regular unital relation partition とし, $f: X \rightarrow X'$ を全射準同型とする。このとき, X における等分布関数 f による押し出しは, X' の等分布関数となる。

この定理の応用として, 非自明差集合の存在が明らかでなかった位数 120 の二つの可解群について, 非存在を証明することができた。先行研究では, これらの群 G に対し 1 から始まる増大する正規部分群の列を考え, 対応する減少する商群の列を考え, 小さい商群から帰納的に等分布関数を探索していたが, 上記手法により正規とは限らない部分群列にこの探索を行うことで結果を得た。

○論文

- Hiroshi Haramoto, Makoto Matsumoto, Mutsuo Saito, Unveiling patterns in xorshift128+ pseudorandom number generators, Journal of Computational and Applied Mathematics, Vol. 402(2022), 113791.

高橋宣能 (准教授)

○研究概要

1. カンドル多様体のうち, 正則 s 多様体と呼ばれるものの上の「正則」という性質を持つ加群と無限小 s 多様体(ある種の自己同型付き Lie-Yamaguti 代数)の正則な表現の間の対応を前年度までに示していたが, 今年度は, これを用いて, $SL(2, \mathbb{C})$ 内の一般の共役類 Q を正則 s 多様体と見るとき, 対応する無限小 s 多様体の表現を経由することにより, Q 上の二階のカンドル加群の研究を行った。

さらに, より一般に半単純 Lie 群 G の一般の共役類 Q に対して, 対応する無限小 s 多様体の正則な表現を研究し, G の Lie 環の表現との対応を調べる上で有用ないくつかの事実を証明した。今後, G の表現との正確な対応も示せるのではないかと期待しており, カンドル多様体上の加群圏やその導来圏を研究して行く上での出発点となるものと考えている。

2. 対数的多様体 (X, D) に含まれる退化した $A1$ 曲線の, (X, D) の対数的 Gromov-Witten (および BPS) 不変量への寄与に関する論文を完成し, 発表した。この研究においては, 対数的状況のある種の層のモジュライ空間が非特異であるという事実が重要であったが, さらに, シンプレクティック構造も入る可能性があることがわかってきた。ここで用いたモジュライ空間は非コン

コンパクトであるが、そのコンパクト化を調べることは、Donaldson-Thomas 理論の対数化と呼ぶべきものに関わる、重要な問題であると思われる。今回の研究の成果はその指針として役立つものと言える。

○論文

- Jinwon Choi, Michel van Garrel, Sheldon Katz, Nobuyoshi Takahashi, Sheaves of maximal intersection and multiplicities of stable log maps, *Selecta Mathematica*, 27, (2021), Paper No. 61(51 pp).

○国際会議での講演

- (招待講演) Nobuyoshi Takahashi, Online workshop on mirror symmetry and related topics, Kyoto 2021, 2021年12月, 京都大学(オンライン).

飯島 優 (助教)

○研究概要

2021年度は主に次の二つの成果を得た:

(1) 準1モノドロミー充満な双曲的曲線 (つまり, 副1外ガロア表現の像が双曲的曲線のモジュライスタックの幾何学的副1外モノドロミー表現の像をほとんど含む双曲的曲線) について京都大学数理解析研究所の星裕一郎氏と共同研究を行い, 「種数とカスプの数が小さい劣1進体上の準1モノドロミー充満な二つの双曲的曲線に対して, それらの幾何学的同形類が一致するためには, それらの副1外ガロア表現の核が通約的であることが必要十分である。」という結果を得た。この結果は, 星裕一郎氏自身が証明していた種数0の1モノドロミー充満な双曲的曲線の同形類のガロア理論的決定に関する結果の部分的一般化になっている。

(2) 星裕一郎氏が証明していた種数0の1モノドロミー充満な双曲的曲線の同形類のガロア理論的特徴付けに関する結果と上記の星裕一郎氏との共同研究の結果, 及び前年度までに得られていた幾何学的グロタンディーク予想に関する結果を用いることで, 「種数とカスプの数が小さい高次元1単数の体上有限生成な体上の1モノドロミー充満な双曲的曲線に対して, 副1グロタンディーク予想型の結果が成立する。」という結果を得た。高次元1単数の体とは, 最大1次元分体の無限次の非アーベル拡大体の一つであり, この体上の双曲的曲線で副1グロタンディーク予想型の結果が成立しないものが存在することはよく知られている。しかしながら, 上記の結果は, 1モノドロミー充満という, 幾何学的副1外モノドロミー表現の像を含む副1外ガロア表現を持つ双曲的曲線であれば, このような大きな体でも副1グロタンディーク予想型の結果が成立することを示している。

○国際会議での講演

- (招待講演) 飯島 優, Combinatorial Anabelian Geometry and Related Topics, 2021年7月, オンライン (Zoom).

鈴木航介 (助教)

○研究概要

準モンテカルロ法は、サンプル点集合をランダムではなく超一様にとる(数学的に賢くデザインする)ことにより、数値積分の積分誤差を小さくするというアルゴリズムである。さらにサンプル点集合の一様さを保ったまま上手にランダムネスを加えると、よい積分誤差と統計的性質の両方を保証することができる。これは乱択化準モンテカルロ法と呼ばれている。私は、オーストラリア UNSW 大学の Josef Dick 教授、東京大学の合田隆准教授との共著論文により、乱択化準モンテカルロ法の新しいアルゴリズムとして **randomized component by component (randomized CBC)** アルゴリズムを提案した。CBC アルゴリズムは格子という種類の点集合のうち性質のよいものを探索する決定的、構成的なアルゴリズムであり、準モンテカルロ法の分野ではよく用いられている。本論文では、CBC アルゴリズムでは貪欲に生成ベクトルを定めていたところにランダムネスを取り入れることで、理論的にはほぼ最良な積分誤差オーダーが得られることを証明した。CBC アルゴリズムという有用なアルゴリズムの乱択化に意味があることを明らかにした点は、本論文の大きな功績であると考えている。なお、得られた積分誤差オーダーと同等な上界は Kritzer-Kuo-Nuyens-Ullrich によりすでに得られていたが、彼らの結果は残念ながら実装するのが難しかった。一方、我々の結果は実装が容易であり、実際に数値実験も行った。また、上記の論文では格子だけでなく多項式格子に対する議論も同時に行った。

○国際会議での講演

- ・ (一般講演) Kosuke Suzuki, Koksma-Hlawka inequality on finite posets, 13th International Conference on Monte Carlo Methods and Applications, 2021 年 8 月 20 日, オンライン (Universität Mannheim)

多様幾何講座

古宇田悠哉 (教授)

○研究概要

向き付け可能な閉 3 次元多様体上の非特異フロー (のホモトピー類) と、その多様体のフロースパイン (のある種の同値類) との間には自然な 1 対 1 対応がある。ここで、フロースパインとは、非特異フローと横断的に交わる分岐スパインであり、フロースパインの補空間上のフローはコンスタントであるとする。本研究では、接触構造の Reeb フローに着目することにより、接触構造 (のイソトピー類) と正フロースパインの関係の構築、およびそれに基づく接触構造の諸性質の組み合わせ的記述を目指し、研究を行なっている。本年度は、石井一平氏、石川昌治氏、直江央寛氏と共同で、正フロースパインに対して接触構造が一意的に存在することを証明する論文を執筆し、査読付国際誌に投稿した。これは昨年課題として挙げていたものの一つである。同時に、接触構造に関する各種オペレーションとそれに対応するフロースパインの変形について理解を深めた。また、シャドウの補空間の基本群の明示的な表示方法に関する論文を、石川昌治氏、直江央寛氏と共同で執筆し、査読付国際誌に投稿した。関連する話題として、絡み目の橋分解の Goeritz 群に関する研究 (井口大幹氏と共同)、3 次元多様体のハンドル体分割に関する研究 (石原海氏、小川将輝氏、小沢誠氏、阪田直樹氏、下川航也氏らと共同) を行い、論文を執筆して査読付国際誌に投稿した。前者の論文は既に受理され、出版が完了している。その他、ホモトピーモーション群 (作間誠氏と共同) や Goeritz 群に関する研究内容について国内外 (オンライン) で講演を行った。

○論文

- Daiki Iguchi, Yuya Koda, Distance and the Goeritz groups of bridge decompositions, Pacific J. Math. 315 (2021), no. 2, 347-368.

○国際会議での講演

- (招待講演) Yuya Koda, Homotopy motions of surfaces in 3-manifolds (作間誠氏との共同研究), AS-NCTS Geometry Seminar, 2021年11月, 中央研究院 (Webex) 台北 (台湾).

○国内学会での講演

- (招待講演) 古宇田悠哉, Book rotations in subgroups of mapping class groups associated with Heegaard splittings, 微分トポロジー セミナー, 2021年6月, 京都大学 (Zoom).
- (招待講演) 古宇田悠哉, Heegaard 分解の写像類群, 2022年日本数学会年会特別講演 (トポロジー分科会), 2022年3月, 埼玉大学 (Zoom).

藤森祥一 (教授)

○研究概要

ワイエルシュトラス型表現公式をもつ曲面の族の構成方法や特異点の振る舞い, ならびにある種の特異点から生じる曲面の解析的拡張性を, 主に微分幾何学的手法を用いて解析した。特に2重周期的極小曲面の族の構成と, 向き付け不可能な極大曲面の構成および特異点の判定について研究した。

○国内学会での講演

- (一般講演) 藤森祥一, 金田 伸, 日本数学会年会, 2022年3月28日-31日, 埼玉大学, オンライン.

奥田隆幸 (准教授)

○研究概要

各点で点対称と呼ばれる変換が定義されているリーマン多様体をリーマン対称空間という。リーマン対称空間は球面やグラスマン多様体, 双曲空間などを例として含んでおり, 微分幾何学において重要な研究対象である。また全測地的部分多様体とは測地線概念を一般化したものである。「真直ぐなものを考える」という意味で, 全測地的部分多様体は最も基本的な部分多様体のクラスの一つである。ここ数年の研究としてはディンキン指数と呼ばれる不変量を定義し, 応用することによりリーマン対称空間内の部分多様体の分類問題に取り組んでいる。前年度までに既約リーマン対称空間内の全測地的部分多様のディンキン指数の整数性の幾何学的な証明が得られていた。また擬リーマン対称空間上の不連続群についての小林固有性判定定理との関連についても調査を行っていた。当該年度の研究においては全測地的部分多様体のディンキン指数の整数性について, 最高重み表現についてのリー代数の理論を援用することにより, 前年度までに得られていたものよりも簡単な代数的証明を得ることに成功した。またリー代数レベルで複素化して考えた場合のリー代数準同型のディンキン指数との関係についても明示的な式を用いて説明できるようになり,

特に極小冪零軌道の概念を用いることでディンキン指数が 1 となる全測地的部分多様体の特徴付けも得られた。さらにリーマン対称空間が既約でない場合にも全測地的部分多様体に行列の形でディンキン指数が定義でき、ある種の関手性を持つことも分かった(論文準備中)。

○論文

- Hirotake Kurihara, Takayuki Okuda, Combinatorics and Fourier analysis on compact symmetric spaces, Quandles and Symmetric Spaces, OCAMI Reports, 4, 2021 年, 61—73.
- Akira Kubo, Takayuki Okuda, Hiroshi Tamaru, Remarks on totally geodesic complex curves in Hermitian symmetric spaces, Proceedings of THE 23rd INTERNATIONAL DIFFERENTIAL GEOMETRY WORKSHOP ON SUBMANIFOLDS IN HOMOGENEOUS SPACES & RELATED TOPICS, 23, 2021 年, 129-139.
- Yoshifumi Nakata, Da Zhao, Takayuki Okuda, Eiichi Bannai, Yasunari Suzuki, Shiro Tamiya, Kentaro Heya, Zhiguang Yan, Kun Zuo, Shuhei Tamate, Yutaka Tabuchi, Yasunobu Nakamura, Quantum Circuits for Exact Unitary t-Designs and Applications to Higher-Order Randomized Benchmarking, PRX Quantum, 2, 2021 年, 030339.

○国際会議での講演

- (招待講演) 奥田隆幸, Geometry of symmetric spaces and group actions, 2022 年 2 月, オンライン.

○国内学会での講演

- (一般講演) 奥田隆幸, 広島大学トポロジー幾何セミナー 2021 年 5 月, オンライン.
- (招待講演) 奥田隆幸, Branched Coverings, Degenerations, and Related Topics 2022, 2022 年 3 月, オンライン.

寺本圭佑 (助教)

○研究概要

第二種特異点を持つフロントの非有界な主曲率に関する焦面の研究および純フロントル特異点を許容するフロントル曲面の焦面の特異点や幾何学的性質の研究を行った。フロントの第二種特異点とは、ツバメの尾に代表される特異点であり、特異点集合の像が特異点付き空間曲線となるものである。これらの特異点を持つフロントの焦面について、ガウス曲率の振る舞いと初期フロントの幾何学的不変量の関係について研究を行った。一方、純フロントル特異点を持つフロントルの焦面に対して、現れる特異点型と初期フロントルの幾何学的不変量の間関係を調べた。

○論文

- K. Teramoto, On Gaussian curvatures and singularities of Gauss maps of cuspidal edges, Port. Math., 78, (2021), 169--185.
- K. Saji and K. Teramoto, Behavior of principal curvatures of frontals near non-front singular points and their applications, J. Geom., 112, (2021), 1--25.
- A. Honda, S. Izumiya, K. Saji and K. Teramoto, Geometry of lightlike locus on mixed type surfaces in Lorentz-Minkowski 3-space from a contact viewpoint, Tsukuba J. Math., 45, (2021), 51--68.

- Y. Matsushita, T. Nakashima and K. Teramoto, Geometric properties near singular points of surfaces given by certain representation formulae, Publ. Math. Debrecen, 99, (2021), 331--354.
- K. Teramoto, Singularities of Gauss maps of wave fronts with non-degenerate singular points, Bull. Pol. Acad. Sci. Math., 69, (2021), 149--169.
- K. Teramoto and K. Hirose, Sparse multivariate regression with missing values and its application to the prediction of material properties, Internat. Numer. Methods Engrg., 123, (2022), 530—546.

○国際会議での講演

- (招待講演) 寺本圭佑, On-demand conference Singularity theory and its applications, 2022年3月, オンライン.

○国内学会での講演

- (一般講演) 寺本圭佑, 特異点論の未来, 2021年6月, オンライン.
- (招待講演) 寺本圭佑, 広島幾何学研究集会 2021, 2021年10月, オンライン.
- (招待講演) 寺本圭佑, 横浜幾何学小研究会, 2022年1月, アットビジネスセンター横浜西口駅前.

野崎雄太 (助教)

○研究概要

曲面の写像類群や3次元多様体の研究において、ホモロジーシリンダーと呼ばれるある種のコボルディズムに興味を持たれており、特にそれらのなす Abel 群は興味深い研究対象である。Jacobi 図と呼ばれるグラフからクラスパーと呼ばれる曲面が構成され、それに沿って3次元多様体を改変することができる。この操作は「Jacobi 図のなす加群」から「ホモロジーシリンダーのなす Abel 群」への全射準同型を誘導し、したがってその核の研究が重要となる。私は佐藤正寿氏（東京電機大学）と鈴木正明氏（明治大学）との共同研究において、Jacobi 図の1次 Betti 数が1の場合に（ある同値関係の下で）手術写像の核を決定した。この成果は専門誌 *J. Topol.* から出版され、複数の国際集会での招待講演も行った。さらに北野晃朗氏（創価大学）との共同研究では、3次元多様体の Reidemeister トーションの代数的性質を研究した。その成果をプレプリントにまとめ、現在投稿中である。また学術変革領域研究(B)に伴う共同研究において、組合せ遷移の研究を精力的に進め、SODA や AAAI に論文が採択された。

○論文

- Takehiro Ito, Yuni Iwamasa, Naonori Kakimura, Naoyuki Kamiyama, Yusuke Kobayashi, Shun-ichi Maezawa, Yuta Nozaki, Yoshio Okamoto and Kenta Ozeki, Monotone edge flips to an orientation of maximum edge-connectivity a la Nash-Williams, Proceedings of the 2022 ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA 2022), 1342--1355.

○総説・解説

- 野崎雄太, LMO 関手を用いた不変量と写像類群への応用, 第68回トポロジーシンポジウム講演集(2021), 32--43.

○国際会議での講演

- ・ (招待講演) Yuta Nozaki, On the kernel of the surgery map restricted to the 1-loop part, The 17th East Asian Conference on Geometric Topology, 2022 年 1 月, オンライン.
- ・ (招待講演) Yuta Nozaki, On the kernel of the surgery map restricted to the 1-loop part, Johnson homomorphisms and related topics, 2021 年 10 月, オンライン.
- ・ (招待講演) Yuta Nozaki, Abelian quotients of the Y-filtration on the homology cylinders via the LMO functor, [K-OS] KNOT ONLINE SEMINAR, 2021 年 6 月, オンライン.
- ・ (招待講演) Yuta Nozaki, On the kernel of the surgery map restricted to the 1-loop part, Geometry of discrete groups and hyperbolic spaces, 2021 年 5 月, 6 月, 京都大学 (オンライン).

○国内学会での講演

- ・ (招待講演) 野崎雄太, クラスパー手術が定める準同型の核の構造, N-KOOK セミナー, 2021 年 12 月, オンライン.
- ・ (招待講演) 野崎雄太, 結び目補空間の Reidemeister トーション, トポロジーとコンピュータ 2021, 2021 年 9 月, 東京工業大学 (オンライン).
- ・ (一般講演) 野崎雄太, On the kernel of the surgery map restricted to the 1-loop part, 日本数学会 2020 年度秋季総合分科会, 2021 年 9 月, 千葉大学 (オンライン).
- ・ (招待講演) 野崎雄太, LMO 関手を用いた不変量と写像類群への応用, 第 68 回トポロジーシンポジウム, 2021 年 8 月, 広島大学 (オンライン).
- ・ (依頼講演) 野崎雄太, トポロジーの視点, 第 14 回セミナー・勉強会, 2021 年 7 月, 東北大学 (オンライン).

数理解析講座

川下美潮 (教授)

○研究概要

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」の可能性の考察を継続している。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。これが正しいならば、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。この問題について、令和 2 年度までに得られた成果を参考に次の問題に取り組んだ。

(i) 一様な媒質の中にノイマン型 (ロバン) 境界条件に従う穴とディリクレ境界条件に従う穴が混在する場合 (以下, 混在型という), 最短の長さを与える箇所がどちらかの穴に限定されている場合は, 単一の境界しかない既存の場合と同じ方法で議論できることを確認した。

(ii) (i) ノイマン型境界条件を消散項付きの境界条件に拡張できることを確認した (混在型では最初

の結果になると思われる)。

(iii) 混在型で、最短の長さを与えている穴がどちらの境界条件を満たしているかが分からない場合、ノイマン型境界条件の境界は 3 回微分可能、ディリクレ境界条件の方は 4 回微分可能な場合には漸近解を用いて指示関数の漸近挙動を確認できた。

○論文

- Mishio Kawashita and Wakako Kawashita, Asymptotics of some function corresponding to refraction phenomena arising in inverse problems of wave equation of flat two layer medium, RIMS Koukyuroku, 2195 (2021), 42-63.

○国際会議での講演

- (招待講演) Mishio Kawashita, RIMS Workshop on “Theory and practice in inverse problems” 2022.1.5, held online by Zoom, Title: Inverse problems for wave equations with the Dirichlet and Neumann cavities.
- (招待講演) Mishio Kawashita, Kyushu University IMI Workshop of the Joint Research Projects (I) Practical inverse problems and their prospects, 2022.3.2, held online by Zoom, Title: Inverse problems for wave equations with the Dirichlet and Neumann cavities.

内藤雄基 (教授)

○研究概要

空間高次元における放物-楕円型走化性方程式系の初期値問題の解の挙動について考察を行った。とくに方程式系の定常解を用いることにより、解が時間大域的に存在するための条件および有限時刻爆発するための条件を導いた。

○論文

- Yuki Naito, Blow-up criteria for the classical Keller-Segel model of chemotaxis in higher dimensions, J. Differential Equations, 297 (2021), 144-174.

○総説・解説

- 内藤雄基, 非線形熱方程式の自己相似解について, 大学院数学レクチャーノートシリーズ, 発行日: 2022 年 2 月 1 日, 発行: 東北大学大学院理学研究科数学専攻

○国際会議での講演

- (招待講演) 内藤雄基, Fundamental properties of the singular radial solutions for supercritical semilinear elliptic equations, Differential Equations Day on Zoom, 2021 年 8 月 18 日, University of Ulsan (Online)

○国内学会での講演

- (招待講演) 内藤雄基, Blow-up criteria for the parabolic-elliptic Keller-Segel system in higher dimensions, 「オンライン放物型偏微分方程式ワークショップ」2021 年 9 月 3 日, 大阪市立大学 (オンライン)
- (招待講演) 内藤雄基, Singular solutions to semilinear elliptic equations with supercritical nonlinearity,

香川における偏微分方程式研究会, 2021年11月27日, 宇多津グランドホテル

- ・ (一般講演) 内藤雄基, Blow-up criteria for the parabolic-elliptic Keller-Segel system in higher dimensions, 日本数学会 函数方程式論分科会一般講演, 2021年9月15日, 千葉大学 (オンライン)

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) 前年度の研究で k -曲率方程式に対する境界爆発問題の解 (境界爆発解) の境界付近における挙動の主要項を精密に得ることに成功していたが, この研究に関する論文が *Manuscripta Mathematica* 誌に掲載された。 k -Hessian 方程式とは異なり, k -曲率方程式では $k=n$ の場合 (Gauss 曲率方程式) と $1 \leq k \leq n-1$ の場合で状況が異なる点特徴的である。

(2) 前年度に引き続き, 放物型 k -Hessian 方程式の外部 Dirichlet 問題の可解性に関する研究を行った。現在論文を執筆中である。

○論文

- ・ Kazuhiro Takimoto, Exact principal blowup rate near the boundary of boundary blowup solutions to k -curvature equation, *Manuscripta Mathematica* 168 (2022), 351-369.

○国内学会での講演

- ・ (一般講演) 滝本和広, Exact blowup rate near the boundary of boundary blowup solutions to k -Hessian equation, 日本数学会 2021 年度秋季総合分科会, 千葉大学 (オンライン開催), 2021 年 9 月 14 日
- ・ (依頼講演) 滝本和広, Asymptotic behavior near the boundary of boundary blowup solutions to k -Hessian equation and k -curvature equation, RIMS 共同研究 (公開型) 常微分方程式の定性的理論とその応用, 京都大学数理解析研究所 (オンライン開催), 2021 年 11 月 10 日
- ・ (依頼講演) 滝本和広, Bernstein type theorem for the generalized parabolic 2-Hessian equation under weaker assumptions, 九州関数方程式セミナー, オンライン開催, 2021 年 11 月 19 日
- ・ (依頼講演) 滝本和広, On a Bernstein type theorem for the parabolic 2-Hessian equation under weaker assumptions, 第 5 回反応拡散方程式と非線形分散型方程式の解の挙動, オンライン開催, 2022 年 2 月 17 日

平田賢太郎 (准教授)

○研究概要

測度ポテンシャル μ, ν と劣線形指数 $0 < p < 1$ を含む楕円型方程式 $-\Delta u = \mu u^p + \nu$ の Dirichlet 境界値問題の正值解の存在について考察した。ポテンシャル μ, ν が有界関数の場合は, 1980 年代から盛んに研究がなされ, 有界な正值解の存在や解の各点評価などに関する結果が多く発表された。ポテンシャル μ, ν が測度の場合, 解の挙動は複雑であり, 近年になってエネルギー有限な解の存在に関

する μ, ν に対する必要十分条件が明らかにされた。一方、微分方程式の研究において、解の存在を広いクラスの中で示した後、解の滑らかさを明らかにすることから、連続な解が存在するための条件を与えることは重要である。本研究では、連続な正値解が存在するための測度ポテンシャル μ, ν に対する必要十分条件について考察した。ニュートンポテンシャルの連続性や定常 Schrodinger 方程式の正値解の連続性に関して加藤条件が良く知られている。本研究では、全空間でなく、境界をもつ有界または非有界な領域上で議論しているため、従来の加藤条件では上手くいかないが、Green 関数を用いることで必要かつ十分な条件が得られることを明らかにした。この条件が、或る Green ポテンシャルの族の同程度連続性を保証し、不動点定理の方法や逐次近似法によって連続な正値解の存在を導く。ある種の可積分条件のもとで連続な正値解の一意性についても結果を得ることができた。

n 次元単位球において、双曲計量に関する Laplace-Beltrami 作用素に関する正値優調和関数の境界挙動について考察した。特に、 -1 より大きい負の数 b に対して、正値優調和関数が境界までの距離の b 乗より速く増大するような球面上の点集合の Hausdorff 次元は $n-1-b$ 以下であることを明らかにした。調和関数に限定すれば、 $1-n$ 以上の b に対して同様の結果を得ることができるが、優調和関数の場合は条件 $-1 < b$ が不可欠である。

○論文

- K. Hirata, Boundary growth rates and exceptional sets for superharmonic functions on the real hyperbolic ball, Journal of Geometric Analysis, 31 (2021), 10586—10602.
- K. Hirata and A. Seesanea, The Dirichlet problem for sublinear elliptic equations with source, Bulletin des Sciences Mathematiques, 171 (2021), Paper No. 103030.

○国際会議での講演

- (依頼講演) K. Hirata, Asia-Pacific Analysis and PDE seminar, 2021 年 12 月 13 日, Online on ZOOM.

神本晋吾 (講師)

○研究概要

令和 3 年度は、主に以下の 1), 2) について研究を行った。

1) WKB 解のリサージェンス性について

令和 2 年度に引き続き、WKB 解のリサージェンス性について考察を行った。令和 3 年度は David Sauzin 氏と Frederic Fauvet 氏と隔週でセミナーを行い研究を進めた。主に WKB 解の対数微分に対応する Riccati 方程式の解のリサージェンス性について、tree による mould 展開を用いて議論を行った。帰納法のプロセスを工夫することにより、この展開の各項のリサージェンス性については、とても良い形で結果を得ることができた。Riccati 方程式の解のリサージェンス性についても、長い間未解決の状態であったが、完全な解決まで残すはこの展開の収束性のみという状況となった。また、この手法は WKB 解にも適応可能であるため、WKB 解のリサージェンス性についても今後大きな進展が期待できる。

2) Connes-Kreimer Hopf 代数を用いた mould 解析について

令和 2 年度に引き続き、Connes-Kreimer Hopf 代数を用いた mould 解析によりベクトル場の Poincare-Dulac 標準形への変換級数のリサージェンス構造の解析を行った。解析関数芽の合成積の

大域解析に関する枠組みを、特異性の合成積に拡張することにより、Borel 平面上の特異点が「単純」とは限らない一般の場合にも、特異点の構造を明らかにし、そこでの alien 微分の計算を行った。この問題に関しても、残るは mould 展開の収束性のみとなった。

○国際会議での講演

- ・ (招待講演) Shingo Kamimoto, Applicable resurgent asymptotics: towards a universal theory, 2021 年 6 月 18 日, Isaac Newton Institute for Mathematical Sciences (オンライン).

○国内学会での講演

- ・ (招待講演) 神本晋吾, 2021 年度函数方程式論サマーセミナー, 2021 年 8 月 11 日, 12 日, オンライン (2 回連続講演).

橋詰雅斗 (助教)

○研究概要

臨界及び劣臨界 Trudinger-Moser 型汎関数の Neumann 型正值臨界点において、領域のスケールに関するパラメータを導入し、そのパラメータを 0 もしくは無限大としたときの臨界点の漸近挙動の解析を行った。パラメータを 0 としたとき、全ての正值臨界点は、その臨界点が満たす楕円型方程式の定数解に漸近するという結果を得た。パラメータを無限大とした場合には最良定数を達成する最大化関数における漸近挙動を考察した。この問題に関しては全空間 Trudinger-Moser 不等式の変分問題の達成可能性に関連して、Trudinger-Moser 型汎関数の指数によって漸近挙動が変わるという結果を得た。具体的には、ある指数を境に、それより指数が大きいと最大点が一意で境界上に位置しエネルギーの凝集が起こるという結果を得、指数が小さいと全ての点で 0 に収束するという結果を得た。

これらの結果を基に、正值臨界点の最大点と領域の幾何学的性質の関係についても考察した。エネルギーの漸近展開を明らかにし、さらに、最大点は曲率最大の点に漸近していくという結果を得た。また同様の問題を Dirichlet 境界条件型でも考察した。パラメータを無限大とした場合、Neumann 型と同様にある境目となる指数があり、それより指数が大きいと最大点が一意でエネルギーの凝集が起き、指数が小さいと全ての点で 0 に収束するという結果を得た。さらに Dirichlet 境界条件型では、最大点は内接円の半径が最大となる点に漸近するという結果を得、ここで Neumann 境界条件型と Dirichlet 境界条件型の違いが得られた。

○国際会議での講演

- ・ (招待講演) 橋詰雅斗, International Workshop on Nonlinear Elliptic Equations and Its Applications, 2021. 1, オンライン

○国内学会での講演

- ・ (招待講演) 橋詰雅斗, 楕円型・放物型微分方程式オンラインセミナー, 2021 年 8 月, オンライン
- ・ (招待講演) 橋詰雅斗, オンラインによる微分方程式セミナー, 2021 年 8 月, オンライン
- ・ (招待講演) 橋詰雅斗, 名古屋ポテンシャル論セミナー, 2021 年 10 月, オンライン
- ・ (招待講演) 橋詰雅斗, 香川における偏微分方程式研究会, 2021 年 11 月, 宇多津グランドホ

テル

- ・ (招待講演) 橋詰雅斗, RIMS 共同研究 非線形問題の精密解析, 2022 年 3 月, オンライン
- ・ (一般講演) 橋詰雅斗, 日本数学会 2021 年度秋季総合分科会, 2021 年 9 月, オンライン

確率統計講座

井上昭彦 (教授)

○研究概要

(1) 私は, 令和 2 年度までに, スペクトル密度行列の逆が可積分であるという性質 (minimality とよばれる) を持つ多変量定常過程を考察し, そのブロック・テプリッツ行列の逆行列に対する新しい明示公式を導いた。その明示公式は, スペクトル密度行列に付随するユニタリ行列値関数のフーリエ係数から構成される。さらに, その明示公式の有用性を示す次の二つの応用例を示した: (i) 短期記憶多変量過程のテプリッツ系の解の強い収束性 (Baxter 型収束), (ii) 多変量 ARMA (AutoRegressive Moving-Average) 過程のブロック・テプリッツ行列の逆行列に対する閉形式公式とそれによりテプリッツ系を線形時間 $O(n)$ で解くアルゴリズム。

(2) 上記の二つの応用は, いずれも, 短期記憶過程に対するものであった。一方, 上に述べたテプリッツ行列の逆行列に対する明示公式は, minimality という非常に弱い条件で成り立ち, 特に, 多変量 ARFIMA 過程などの長期記憶過程に対しても成り立つ。そこで, J.Yang 氏 (台湾 Academia Sinica) と私は, 令和 3 年度に, 上記ブロック・テプリッツ行列の逆行列に対する明示公式を, 多変量長期記憶過程に応用することを考え, 次の(3)で述べる研究成果を得た。

(3) 私と J.Yang 氏は, 多変量 ARFIMA 過程に対応するブロック・テプリッツ系を考察し, 上記の私のブロック・テプリッツ行列の逆行列に対する明示公式を用いて, 対応するテプリッツ系の解に対する強い収束性の結果 (Baxter 型収束性) を示した。この結果は, 上の (1)(i) の結果の長期記憶過程に対するある種の類似物となっている。

○総説・解説

- ・ 井上昭彦, 予測理論的手法による動的確率従属性解析とその応用, 日本学術振興会 科研費 研究成果トピックス, 2022 年 3 月号, (2022), 全 2 ページ.

○国内学会での講演

- ・ (招待講演) 井上昭彦, 多変量長期記憶定常過程に対するテプリッツ系, 確率論シンポジウム, 2021 年 12 月 15 日, オンライン

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貫性がある。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., Mima Y., Yanagihara H. & Fujikoshi Y., A high-dimensional bias-corrected AIC for selecting response variables in multivariate calibration, *Communications in Statistics Theory and Methods*, 50, (2021), 3453--3476.
- Kamo K. & Yanagihara H., Ridge estimate application to growth function, *FORMATH*, 20, (2021), 20.002.1--12.
- Oda R. & Yanagihara, H., A consistent likelihood-based variable selection method in normal multivariate linear regression, *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 238, (2021), 391--401.
- Yanagihara, H. & Oda R., Coordinate descent algorithm for normal-likelihood-based group Lasso in multivariate linear regression, *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 238, (2021), 429--439.
- Ohishi M., Okamura K., Itoh Y. & Yanagihara H., Optimizations for categorizations of explanatory variables in linear regression via generalized fused Lasso, *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 238, (2021), 457-467.
- Yamamura M., Ohishi M. & Yanagihara H., Spatio-temporal adaptive fused Lasso for proportion data, *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 238, (2021), 479--489.
- ©Ohishi M., Fukui K., Okamura K., Itoh Y. & Yanagihara H., Coordinate optimization for generalized fused lasso, *Communications in Statistics Theory and Methods*, 50, (2021), 5955--5973.

○総説・解説

- Ohishi M., Okamura K., Itoh Y. & Yanagihara H., Coordinate descent algorithm for generalized group fused Lasso, TR No. 21-02, Statistical Research Group, Hiroshima University, 2021.
- Oda R., Yanagihara H. & Fujikoshi Y., On model selection consistency using a kick-one-out method for selecting response variables in high-dimensional multivariate linear regression, TR No. 21-07, Statistical Research Group, Hiroshima University, 2021.
- Oda R., Ohishi M., Suzuki Y. & Yanagihara H., An $\ell_{2,0}$ -norm constrained matrix optimization via extended discrete first-order algorithms, TR No. 21-08, Statistical Research Group, Hiroshima University, 2021.

○国際会議での講演

- (招待講演) Oda R. & Yanagihara H., A consistent likelihood-based variable selection method in normal multivariate linear regression, The 13th International KES Conference, IDT-21, 2021.6.14-16, Virtual.
- (招待講演) Yanagihara H. & Oda R., Coordinate descent algorithm for normal-likelihood-based group Lasso in multivariate linear regression, The 13th International KES Conference, IDT-21, 2021.6.14-16, Virtual.
- (招待講演) Ohishi M., Okamura K., Itoh Y. & Yanagihara H., Optimizations for categorizations of explanatory variables in linear regression via generalized fused Lasso, The 13th International KES Conference, IDT-21, 2021.6.14-16, Virtual.

- ・ (招待講演) Yamamura M., Ohishi M. & Yanagihara H., Spatio-temporal adaptive fused Lasso for proportion data, The 13th International KES Conference, IDT-21, 2021.6.14-16, Virtual.

○国内学会での講演

- ・ (一般講演) 大石峰暉, 岡村健介, 伊藤嘉道, 柳原宏和, Generalized fused Lasso による説明変数のカテゴリの最適化, 2021 年度統計関連学会連合大会, 2021 年 9 月 6 日~9 日, オンライン.
- ・ (一般講演) 小田凌也, 柳原宏和, Asymptotically KL-loss efficiency of GIC in normal multivariate linear regression models under the high-dimensional asymptotic framework, 2021 年度統計関連学会連合大会, 2021 年 9 月 6 日~9 日, オンライン.
- ・ (一般講演) 板宮裕実, 小田凌也, 柳原宏和, 柘浩一郎, 笠松正昭, 紫外可視吸収スペクトルの統計解析による単繊維の異同識別法の検討, 日本分析化学会第 70 年会, 2021 年 9 月 22 日~24 日, オンライン.
- ・ (特別講演) 柳原宏和, GIC と GCp: 高次元漸近理論の下での漸近性質の比較, 第 16 回日本統計学会春季大会, 2022 年 3 月 4 日, 東京&オンライン.

若木宏文 (教授)

○研究概要

ラプラス近似を用いた統計解析手法評価について研究した。具体的には、多変量線形モデルの線形仮説に関する代表的な検定手法である尤度比検定統計量, Bartlett-Nanda-Pillai 検定統計量, Hotelling 検定統計量の帰無分布の高次元・大標本の漸近枠組みでの漸近展開公式の誤差評価の導出, および, 一般化線形混合モデルの回帰係数ベクトルの推定方程式のラプラス近似から得られる推定量の漸近性質について研究した。

○国内学会での講演

- ・ (依頼講演) 若木宏文, 日本統計学会春季集会, 2022 年 3 月 5 日, オンライン

伊森晋平 (准教授)

○研究概要

本研究課題の主目的のひとつは補助変数の有用性に対して, 補助変数と主要変数の関係性がどのように影響するのかを理論的に考察することである。変数間の関係は変数が従う分布間の関係として捉えることができると考えられる。分布間の関係を測る尺度としてはカルバックライブラーダイバージェンスや, 最適輸送理論において用いられる Wasserstein 距離などが知られている。本年度はこのような分布間の関係を測る尺度の一つであり, 外れ値に対してロバストな推測のためにしばしば利用されるガンマダイバージェンスに着目し, ガンマダイバージェンスに基づく未知パラメータの推定量に関する漸近的な挙動に関して研究を行った。さらに, その漸近的性質を利用した貪欲型の変数選択手法に関する理論的な性質についても研究を進めた。

具体的な設定としては, 目的変数に外れ値を含むような回帰モデルにおいて, 説明変数を与えた下での目的変数の条件付き確率密度関数に対して, 線形回帰モデルの平均構造を持つ正規分布を仮定する。また, 説明変数の数が多いような高次元データを想定し, 説明変数の一部だけを利用し

た際の回帰モデルにおける未知パラメータを、ガンマダイバージェンスに基づき推定することを考える。このとき、適当な条件のもとで、ガンマダイバージェンスに基づく推定量およびそれを用いた貪欲型の変数選択手法の収束レートについて計算を行った。

本研究内容は 2021 年度統計関連学会連合大会で口頭発表している。

○論文

- Imori S., Asymptotic optimality of Cp-type criteria in high-dimensional multivariate linear regression models. *Statistica Sinica*, (2021), DOI:10.5705/ss.202020.0425.
- Sugiyama T., Imori S. & Tanaka F., Self-consistent quantum tomography with regularization. *Physical Review A*, 103(6), (2021), 062615.

○国際会議での講演

- (一般講演) 伊森晋平, Variable selection in high-dimensional multivariate linear regression models with group structure, The 4th International Conference on Econometrics and Statistics (EcoSta 2021), 2021 年 6 月, オンライン.

○国内学会での講演

- ◎ (一般講演) 伊森晋平, 橋本真太郎, Ching-Kang Ing, 外れ値に対して頑健な貪欲型変数選択手法について, 統計関連学会連合大会, 2021 年 9 月, オンライン.

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は多重相関関数を有理点上で評価するとそれは十分一般的な条件のもとで保型形式となる。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れば表現可能な保型形式が増えるので表現可能性を特徴付けることに興味を持っている。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。その対称性を分割に関する母関数を使って解析を図っている。

福井敬祐 (准教授)

○研究概要

これまで、がん対策へ用いられてきた Microsimulation Model は各都道府県の実情を反映できていなかった。本研究は都道府県のがん対策に貢献可能な Microsimulation Model の活用手法の提案を目的とする。特に、申請者が初期から開発に携わる大腸がん Microsimulation Model について、改良を行う。最終的に、予防・検診・治療に関するパラメータを様々に変更した場合のがん死亡率の減少効果を測定することで、有効な対策の決定を促すツールとして開発とその普及を行う。

○論文

- Ken-Ichi Kamo, Keisuke Fukui, Yuri Ito, Tomio Nakayama, Kota Katanoda, How much can screening reduce colorectal cancer mortality in Japan? Scenario-based estimation by microsimulation. *Japanese*

journal of clinical oncology, 2021 年 12 月 11 日

- Aoi Kataoka, Masato Ota, Kohei Taniguchi, Kazumasa Komura, Keisuke Fukui, Yuri Ito, [A Systematic Review of Clinical and Epidemiological Studies Using Record Linkage Data between Hospital Based Cancer Registries and Biospecimen Data]. Gan to kagaku ryoho. Cancer & chemotherapy 48(12), 2021 年 12 月, 1469-1474
- Aoi Kataoka, Keisuke Fukui, Tomoharu Sato, Hiroyuki Kikuchi, Shigeru Inoue, Naoki Kondo, Tomoki Nakaya, Yuri Ito, Geographical socioeconomic inequalities in healthy life expectancy in Japan, 2010-2014: An ecological study. The Lancet Regional Health - Western Pacific 14, 2021 年 9 月, 100204-100204
- ©Mineaki Ohishi, Keisuke Fukui, Kensuke Okamura, Yoshimichi Itoh, Hirokazu Yanagihara, Coordinate optimization for generalized fused Lasso, Communications in Statistics - Theory and Methods, 2021 年 7 月 16 日, 1-19
- 加茂憲一, 福井敬祐, 坂本 亘, 伊藤ゆり, がん対策立案・評価における意思決定に寄与するマイクロシミュレーションの構築：大腸がんを事例に, 計量生物学 41(2), 2021 年 5 月, 93-115

○著書

- 菊池宏幸, 尾島俊之, 原岡智子, 片岡 葵, 清原康介, 堀 芽久美, 柿崎真沙子, 福井敬祐, 細川陸也, 伊藤ゆり, 村山洋史, 町田征己, 疫学/保健統計, メヂカルフレンド社, 東京, (担当ページ: 101-112, 125-135), 2022 年 1 月.

○国際会議での講演

- (一般講演) Yuri Ito, Keisuke Fukui, Naoki Kondo, Kota Katanoda, Tomoki Nakaya, Tomotaka Sobue, Trends in area-level socioeconomic inequalities of lung cancer mortality by age group in Japan: 1995-2014, World Cogress of Epidemiology, 2021 年 9 月, オンライン.

○国内学会での講演

- (招待講演) 福井敬祐, 肺がんにおける健康格差の縮小をターゲットとしたマイクロシミュレーションモデルの開発, 日本計算機統計学会第 35 回大会, 2021 年 6 月, オンライン.
- (招待講演) 福井敬祐, がん登録データ活用のためのツール開発とその応用, 第 30 回がん登録協議会, 2021 年 6 月, オンライン.
- (招待講演) 福井敬祐, 肺がんにおける健康格差縮小に焦点を当てたマイクロシミュレーションモデルの開発, がん予防学術大会, 2021 年 7 月, オンライン.
- (特別講演) 福井敬祐, 日本における大腸がんマイクロシミュレーションの現状とがん対策への活用, 日本癌学会学術総会, 2021 年 9 月, オンライン.

中川勝國 (助教)

○研究概要

(1) 片側シフト上の super-continuous 関数の Ruelle ゼータ関数を考える。私は, super-continuous 関数の十分大きいクラスに対して, Ruelle ゼータ関数の多項式表示の存在を証明した。証明は, トレースクラス作用素の理論と, 私の 2019 年の結果である super-continuous 関数をポテンシャルとする

転送作用素の跡公式とを組み合わせで行った。多項式表示の存在を含む結果を、現在論文としてまとめているところである。

(2) 片側シフト上の *super-continuous* 関数をポテンシャルとする *Gibbs* 測度のエントロピースペクトルを考える。「研究開始時の研究の概要」でも述べたように、エントロピースペクトルの位相的圧力を用いた表現から、自然に *Ruelle* ゼータ関数の 1-パラメータ族が得られる。この 1 パラメータ族の零温度極限における挙動の解析が剛性問題解決の鍵となる。特に、零温度極限における挙動から、もとの 1-パラメータ族が復元できるかが大きな問題である。私は、ポテンシャルが局所的定数関数の場合に、この復元が可能であるための片側シフトに対する十分条件を与えた。*super-continuous* 関数の研究は、局所的定数関数の場合の結果をたたき台として行われるため、この結果には意義がある。この結果は *Bulletin of the Brazilian mathematical society* 誌に掲載された。

(3) (2)に関連して、局所的定数関数をポテンシャルとする *Gibbs* 測度間の測度論的同型が位相的同型に拡張できるための十分条件を与えた。この論文は専門誌に投稿するとともに、*arXiv* でプレプリントとして公開した。

○論文

- ・ 中川勝國, Rigidity of Entropy Spectra for One-Parameter Family of Polynomials, *Bulletin of the Brazilian Mathematical Society (New Series)*, 53 巻, (2022 年), 623--645. ※出版社による Web での公開は 2021 年 8 月.

○総説・解説

- ・ 中川勝國, Compactness of Transfer Operators and Spectral Representation of Ruelle Zeta Functions for Super-continuous Functions, *数理解析研究所講究録*, 2181 巻, (2021 年), 196--204.

○国際会議での講演

- ・ (一般講演) 中川勝國, 研究集会「エルゴード理論とその周辺」, 2021 年 11 月, オンライン (Zoom)

総合数理講座

阿部 誠 (教授)

○研究概要

C^n の上の *Riemann* 領域について、一般擬凸性の 2 次関数を用いて定式化される一般次元の 1 パラメータ球体族による特徴付けに関して、国内研究集会にて、その概要を発表した (国内共同研究)。 C^n 内の領域で定義された劣多重調和関数の特徴付けに関する結果について、国内研究集会にて、その概要を発表した (国内共同研究)。大域的正則関数によって定義される解析的集合に関連する結果について、その詳細を学術雑誌に掲載した (国内共同研究)。さらに、プレヒルベルト空間の上の *Riemann* 領域の境界距離関数に関する研究、*Stein* 多様体の上の岡・*Grauert* の原理をみたす領域についての研究を行った。

○論文

- Makoto Abe, Tadashi Shima, and Shun Sugiyama, A generalization of a theorem of Kühnel on globally defined analytic sets, *Complex Variables and Elliptic Equations*, 66 (2021), 1937-1940

○国内学会での講演

- (依頼講演) 阿部 誠, C^n 上の不分岐 Riemann 領域に対する中間的擬凸性, 複素解析幾何セミナー, 2021年7月19日, 東京大学, 東京都.
- (一般講演) 阿部 誠, 杉山 俊, 劣多重調和関数の2次関数による特徴付け, 日本数学会2021年度秋季総合分科会函数論分科会, 2021年9月14日~17日, 千葉大学, 千葉市.

水町 徹 (教授)

○研究概要

KP-II 方程式は, 横断方向に一様な線状孤立波の安定性を議論するために1970年に Kadomtsev と Petviashvili によって導出された空間3次元の水面波方程式の完全可積分な長波長近似モデルであり, 線状の孤立波が互いに交差する多重線ソリトン解を厳密解にもつ。

昨年度は KP-II 方程式の線ソリトン解のうち, 定常進行波解であり線ソリトンの交叉角度が小さな P 型とよばれる弾性2線ソリトン解の線形安定性を時間とともに線ソリトンと分離する擾乱が時刻無限大で0に収束するような重み付き関数空間の枠組みで研究した。KP-II 方程式の多重線ソリトン解の周りでの線形化方程式の解は, 多重線ソリトン解をポテンシャルとするラックス作用素の Jost 解を用いて具体的に書くことができるので, 線形安定性の研究はその完全性を弱い意味で検証する試みと言える。

KP-II 方程式の2線ソリトン解と1線ソリトン解はミウラ変換によって結び付けられるが, ミウラ変換をそれぞれの線ソリトンの周りで線形化して得られるダルブー変換はラックス作用素を用いて表示することができるため, ダルブー変換の基本解は Jost 解を用いて表示ができる。この基本解の表示式を利用して, 1線ソリトン解の周りでの線形化作用素のスペクトルと P 型の線ソリトンのまわりでのスペクトルを比較することにより, P 型の2線ソリトンは空間局所的に線形安定であり, 少なくとも大きな方の線ソリトンは空間無限遠方を含め線形安定になることが分かった。小さな方の線ソリトンは見かけ上は不安定になるが, その「不安定性」は線ソリトン上を伝播する波が重み関数の増大する方向に伝わるためと考えられる。

○国内学会での講演

- (依頼講演), 水町 徹, Saga Workshop on Partial Differential Equations, 2022年3月7日, オンライン.
- (依頼講演), 水町 徹, 研究集会「大振幅・非線形海洋波の数理の展望」, 2022年3月28日~29日, オンライン.

小鳥居祐香 (准教授)

○研究概要

本研究は, 京都大学の葉廣和夫氏との共同研究である。本研究では, monoidal category において, pivotal object や ribbon object の概念を定義した。これにより, dual を仮定しない monoidal category

からその subcategory として pivotal monoidal category や ribbon category の構成を可能にした。ホップ代数上の Yetter-Drinfeld module からなる category は braided monoidal category になることが知られている。上記の結果を用いて、この category の ribbon object からなる category が ribbon category になることを示した。ribbon category によって tangle invariant を構成できることが知られている。そのため、この Yetter-Drinfeld module から構成した ribbon category によって、tangle invariant が構成される。また、具体的な例についても記述した。

○論文

- [Yuka Kotorii](#), Goussarov-Polyak-Viro's n -equivalence and the pure virtual braid group, *Kobe Journal of Mathematics*, 38 no. 1-2 (2021), pp. 53-72.
- (査読なし) 高村正志, 伊藤 昇, [小鳥居祐香](#), “Goussarov-Polyak-Viro 予想($n=3$)について”, 研究集会「結び目の数理 IV」報告集, web 掲載, 2022 年 2 月.

○国内学会での講演

- (招待講演) [Yuka Kotorii](#), ACT-X 数理系の会@京大, 京都大学, 2021 年 12 月
- (招待講演) [Yuka Kotorii](#), AIP Mathematical Seminar, オンライン開催, AIP RIKEN, 2021 年 8 月.
- (一般講演) [小鳥居祐香](#), 水澤篤彦, 日本数学会 2021 日本数学会春季総合分科会, 埼玉大学, 2022 年 3 月.

澁谷一博 (准教授)

○研究概要

微分幾何学における微分式系の理論を用いて、微分方程式の幾何学的研究を行った。特に微分方程式に付随する微分式系やその Monge 特性系の幾何学的性質を“適切なグラスマン束内の部分集合として局所座標表示する”という視点から特異性を持つ微分方程式 (型変化方程式) の研究を行った。ここで 2 階 2 独立変数 1 未知関数の単独の微分方程式は判別式により双曲型, 放物型, 楕円型に分類されるが, 二つ以上の型が混在する微分方程式を型変化方程式と呼ぶ。型変化方程式に付随する Monge 特性系がグラスマン束内の部分集合として, 連結性を持つことを明らかにした。これにより, Darboux method と呼ばれる Monge 特性系を用いた解の構成方法を型変化方程式にも応用可能になることが期待される。

○論文

- Masahiro Kawamata and [Kazuhiro Shibuya](#), On a generalization of Monge-Ampere equations and Monge-Ampere systems, *Tokyo Journal of Mathematics* (2022) DOI: 10.3836/tjm/1502179374.

橋本真太郎 (准教授)

○研究概要

非正則回帰モデルは分位点回帰のある種の極限として解釈することができる。今年度はベイジ的な分位点回帰を応用した, 分位点の平滑化のためのベイズトレンドフィルタリングの研究を行った。時系列や空間データの平均トレンドの推定はこれまで多くの研究があるが, ベイズ統計の観

点で分位トレンドの推定方法はほとんどなかった。事前分布として縮小事前分布を用いることにより、局所適合的な分位点の平滑化を可能にし、さらに事後分布の計算に対する簡便なマルコフ連鎖モンテカルロアルゴリズムを構成した。この方法は高次元の場合にはやや計算コストが高いため、点推定値を高速に導出可能な変分ベイズ法による近似アルゴリズムも与えることで目的に応じた方法をユーザーが選択できるようにした。提案手法は一般的なグラフ上のデータに対して適用可能であり、応用研究として東京都の犯罪件数の空間データに対するメディアンフィルタリングを行い、提案手法の安定性を示した。これらは研究協力者との共同研究として arXiv に公開している。しかしながら、高分位点や低分位点などの極値分位点に対してマルコフ連鎖モンテカルロ法はうまく機能しないという問題点がある。そのため、次年度以降はその問題点の解決とともに、極値分位点の平滑化のための新たなモデリングの開発を目指す。また、高次元での事後分布の理論的な振る舞いも研究する。上記とは別に、外れ値を含む時系列データに対してロバストな変化点検出の方法に関する成果や、フーバー損失に基づくベイズ線形回帰モデルのスパース推測のための効率的なアルゴリズムの提案なども行い、これらを論文としてまとめた。前者は既に査読付き国際会議の会議録として出版され、後者は arXiv に公開している。

○論文

- Shonosuke Sugawara and Shintaro Hashimoto, Robust Bayesian Change-point Analysis in the Presence of Outliers, Smart Innovation, System and Technologies, 238, (2021), 469-478.

○国際会議での講演

- (招待講演) 橋本真太郎, 4th International Conference on Econometrics and Statistics (EcoSta 2021), 2021年6月26日, 香港 (オンライン).
- (招待講演) 橋本真太郎, 13th KES International Conference on Intelligent Decision Technologies (KES-IDT-21), 2021年6月16日, イタリア (オンライン).

○国内学会での講演

- (一般講演) 橋本真太郎, 広島大学統計金曜セミナー, 2021年4月16日, 広島大学 (オンライン).
- (招待講演) 橋本真太郎, 慶應大学経済研究所計量経済ワークショップ, 2021年5月11日, 慶應大学 (オンライン).
- (依頼講演) 橋本真太郎, 東京理科大学第8回統計科学セミナー, 2021年10月15日, 東京理科大学 (オンライン).

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3年度 … 3名（日本学術振興会 特別研究員）

3名（科研費等による雇用）

- ・ 日本学術振興会 特別研究員
 - 梶浦 大起（学振 DC1）
 - 川又 将大（学振 DC2）
 - 井口 大幹（学振 DC2）
- ・ 研究員（科研費等雇用）
 - 吉田 雄亮（科研費） 雇用期間：2021/04/01-2022/03/31
 - 植松 香介（科研費） 雇用期間：2021/07/01-2021/08/31
 - 小松 堯（運営費交付金） 雇用期間：2021/07/01-2022/03/31

留学生

令和3年度 … 3名（博士課程前期）

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(C)

課題名：モチーフの有限次元性、Conservativity、そしてその周辺

代表者：木村俊一

金額：1,300 千円

[2] 科学研究費助成事業 挑戦的研究(萌芽)

課題名：一般ホッジ予想とヒルベルトスキームに対するレフシェッツ・ミルナー理論

代表者：島田伊知朗

金額：1,300 千円

[3] 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の新展開

代表者：島田伊知朗

金額：2,210 千円

[4] 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

[5] 科学研究費助成事業 若手研究

課題名：遠アーベル幾何と双曲的曲線のモジュライスタックの幾何学的外モノドロミー表現

代表者：飯島 優

金額：650 千円

- [6] 科学研究費助成事業 若手研究
課題名：Koksma-Hlawka 型不等式を礎とする準モンテカルロ法の研究
代表者：鈴木航介
金 額：1,040 千円
- [7] 科学研究費助成事業 基盤研究(C)
課題名：多面体を用いた 3・4 次元多様体の微分構造と幾何構造の研究
代表者：古宇田悠哉
金 額：1,300 千円
- [8] 科学研究費助成事業 基盤研究(C)
課題名：ワイエルシュトラス型表現公式をもつ曲面の微分幾何学的研究
代表者：藤森祥一
金 額：1,040 千円
- [9] 科学研究費助成事業 若手研究
課題名：リーマン対称空間における全測地的部分多様体のディンキン指数を用いた研究
代表者：奥田隆幸
金 額：1,040 千円
- [10] 科学研究費助成事業 若手研究
課題名：特異点及び特異計量を持つ曲面の微分幾何学的研究
代表者：寺本圭佑
金 額：910 千円
- [11] 科学研究費助成事業 若手研究
課題名：ホモロジーコボルディズム群と指標多様体に関する研究
代表者：野崎雄太
金 額：1,170 千円
- [12] 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
- [13] 科学研究費助成事業 基盤研究(C)
課題名：非線形放物型偏微分方程式における定常構造および自己相似性と解の挙動
代表者：内藤雄基
金 額：1,430 千円
- [14] 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：1,040 千円

[15] 科学研究費助成事業 基盤研究(C)

課題名：Mould 解析を用いた Resurgence 理論の研究
代表者：神本晋吾
金 額：520 千円

[16] 科学研究費助成事業 若手研究

課題名：Trudinger-Moser 不等式に関連する変分問題とコンパクト性の研究
代表者：橋詰雅斗
金 額：1,170 千円

[17] 科学研究費助成事業 基盤研究(C)

課題名：有限予測における表現定理とテプリッツ系に対する線形時間アルゴリズム
代表者：井上昭彦
金 額：1,430 千円

[18] 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：1,040 千円

[19] 日本学術振興会 二国間交流事業 共同研究

課題名：バーレンツ海域における統合的海洋生態系評価のための統計的時空間推定手法の研究
代表者：柳原宏和
金 額：2,000 千円

[20] 科学研究費助成事業 若手研究

課題名：最適輸送理論に基づく補助変数を用いた統計的推測
代表者：伊森晋平
金 額：910 千円

[21] 科学研究費助成事業 若手研究

課題名：Microsimulation model による都道府県のがん対策支援ツール開発
代表者：福井敬祐
金 額：520 千円

[22] 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の線形化作用素に現れるレゾナンスの役割の解明
代表者：水町 徹
金 額：520 千円

- [23] 科学研究費助成事業 若手研究
 課題名：クラスパー理論を用いた有限型不変量及びミルナー不変量の研究
 代表者：小鳥居祐香
 金額：1,040 千円
- [24] 戦略的創造研究推進事業 ACT-X
 課題名：トポロジーを用いた紐状物質の研究
 代表者：小鳥居祐香
 金額：1,300 千円
- [25] 科学研究費助成事業 若手研究
 課題名：非正則回帰モデルのベイズ推測理論とその応用
 代表者：橋本真太郎
 金額：1,170 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 : 数学セミナー2021年12月号「最も美しい数、黄金比」
- ・ 木村俊一 : ニュートン別冊「統計パズル」(9月15日刊) 記事協力
- ・ 木村俊一 : ニュートン別冊「数学パズル増補第2版」(8月16日刊) 記事協力
- ・ 木村俊一 : ニュートン別冊「こんなに便利な対数とベクトル」(7月14日刊) 記事協力
- ・ 木村俊一 : ニュートンライト2.0「数学の世界 数の神秘編」(5月10日刊) 記事協力
- ・ 鈴木航介 : 準モンテカルロ法による高次元積分計算, サイエンス社, 数理学 2021年8月号
- ・ 伊森晋平 : Discussion Leader, Keynote Session 1 (Speaker: Dietrich von Rosen), International Symposium on New Developments of Theories and Methodologies for Large Complex Data, 2021.11.5-6, Tsukuba International Congress Center, Japan.
- ・ 福井敬祐 : Web application ツール「がん登録のための生存率算出ツール」
https://fukui-ke-0507.shinyapps.io/surv/?_ga=2.212435092.1283706643.1626477552-84328684.1625569694
- ・ 福井敬祐 : Web application ツール「がん対策のための年齢調整計算ツール」
https://fukui-ke-0507.shinyapps.io/ageadjust/?_ga=2.184141734.1283706643.1626477552-84328684.1625569694
- ・ 福井敬祐 : Web application ツール「がん対策のための希少がん実態把握ツール」
https://fukui-ke-0507.shinyapps.io/rarecanc/?_ga=2.241741698.1283706643.1626477552-84328684.1625569694

○産学官連携実績

- ・ 柳原宏和 : (株)東京カンテイ, 2021年4月1日~2022年3月31日, 統計解析に関する技術指導・共同研究.
- ・ 伊森晋平 : 企業との共同研究

- ・ 福井敬祐 : 東広島市 DX 推進監・医療保険課, 2021年6月~2022年3月, 東広島市, 東広島市医療保健課・DX 推進監との共同により後期高齢者における「いきいき体操東広島」の効果分析を行った。

○公開講座

- ・ 公開講座を平成4年より実施している。令和3年度は新型コロナウイルス感染拡大の影響で中止した。

○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 : 日本数学会幾何学分科会拡大幹事会委員
- ・ 藤森祥一 : 日本数学会全国区代議員 (中国・四国支部連絡責任評議員)
- ・ 川下美潮 : 日本数学会函数方程式論分科会委員会委員
- ・ 柳原宏和 : 日本数学会統計数学分科会, 運営委員
- ・ 柳原宏和 : 日本統計学会, 和文誌編集担当理事
- ・ 柳原宏和 : 日本統計学会, JJSD 支援委員会
- ・ 福井敬祐 : 日本疫学会・疫学若手の会 幹事
- ・ 福井敬祐 : 日本疫学会・広報委員会 メディア連携ワーキンググループ委員
- ・ 小鳥居祐香 : Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Region 10 Technology and Engineering Management Society (TEMS) Treasurer (東京支部 TEMS グループ役員 会計)
- ・ 橋本真太郎 : 日本統計学会, 庶務委員会

○学術誌編集委員等

- ・ 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
- ・ 古宇田悠哉 : Mathematical Reviews (MathSciNet), Reviewer
- ・ 古宇田悠哉 : 雑誌 Hiroshima Mathematical Journal, 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
- ・ 野崎雄太 : zbMATH Open, Reviewer
- ・ 川下美潮 : 雑誌 Hiroshima Mathematical Journal, 編集委員
- ・ 内藤雄基 : 雑誌 Hiroshima Mathematical Journal, 編集委員
- ・ 内藤雄基 : 雑誌 Differential Equation and Application, 編集委員
- ・ 井上昭彦 : 雑誌 Hiroshima Mathematical Journal, 編集委員
- ・ 柳原宏和 : 雑誌 日本統計学会誌和文誌, 編集委員長
- ・ 柳原宏和 : 雑誌 Hiroshima Mathematical Journal, 編集委員
- ・ 柳原宏和 : 雑誌 Japanese Journal of Statistics and Data Science, 編集委員
- ・ 柳原宏和 : 雑誌 Behaviormetrika, 編集委員
- ・ 若木宏文 : 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 : 広島高校訪訪問・出張講義 (4月28日, 7月7日, 8月3日)
- ・木村俊一 : GSC ステップステージ講師 (11月14日)
- ・木村俊一 : GSC ジャンプステージ担当
- ・木村俊一 : 中学高校生科学シンポジウムコメンテーター (11月4日)
- ・木村俊一 : 広島県高等学校数学コンクール講師 (10月23日)
- ・木村俊一 : 広島中等教育学校の広大訪問で数学講義 (11月8日)
- ・木村俊一 : 国泰寺高校課題研究成果発表会コメンテーター (3月17日)
- ・藤森祥一 : 出張授業, 兵庫県立相生高等学校, 2021年9月16日
- ・奥田隆幸 : GSC 広島 第6期ジャンプステージ講師
- ・奥田隆幸 : 夢ナビ: 広島大学の教員による講義動画
- ・橋詰雅斗 : 未来創生科学人材育成センター委員として広島高校での模擬授業に参加
- ・若木宏文 : 社会人向けリカレント教育講座 (「はじめての R」) 2021年12月8日~2022年1月26日 (6回, オンライン)
- ・伊森晋平 : 社会人向けリカレント教育講座 (「はじめてのデータ分析」)
- ・福井敬祐 : 株式会社タキイ種苗 非常勤講師
- ・福井敬祐 : 日本疫学会プレセミナー2022「いま改めて「欠測データ」の解析について考える」
- ・福井敬祐 : 国立研究開発法人国立がん研究センターセミナー「がん登録のための生存解析」
- ・阿部 誠 : 広島大学総合科学部オープン・ラボ (Open Lab.), 広島大学, 東広島市, 2021年8月17日~18日. ネイピアの数.
- ・小鳥居祐香 : “現代科学の最前線—数学・宇宙・物質・生命・情報のフロンティア—”連続講義 奈良女子大学-理化学研究所 iTHEMS 主催, 奈良女子大学, 2022年1月.
- ・澁谷一博 : 「ルービックキューブを数学で考える」尾道北高校, 出張講義 (2021年6月23日)
- ・橋本真太郎 : 福山市データ活用実践講座「ゼロから始める R」, 2021年9月~10月, 福山市

○各種委員

- ・福井敬祐 : 2021年度 大阪府ヘルスアップ支援事業 有識者委員
- ・福井敬祐 : 2021年度東広島市データ分析アドバイザー
- ・小鳥居祐香 : 理化学研究所数理創造プログラム (iTHEMS) の客員研究員
- ・小鳥居祐香 : 理化学研究所革新知能統合研究センター (AIP) 汎用基盤技術研究グループ数理解析チームの客員研究員

1-5 その他特記事項

○Hiroshima Mathematical Journal

数学プログラムは統合生命科学研究科数理生命科学プログラム数理系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3年度は51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・プログラムの学生、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。

○統計相談

数理統計グループの教員を中心に、本学の学生あるいは、教職員を対象に下記のように統計相談を行った。

1. 福井・小田，人間社会科学研究科，2021.4.6
2. 福井・小田，人間社会科学研究科，2021.4.15
3. 福井・小田，博士課程前期1年，2021.4.22
4. 若木・橋本，統合生命科学研究科，2021.5.11
5. 柳原・小田，博士課程前期1年，2021.5.31（※副指導教員として論文指導を実施(柳原)）
6. 福井・小田，博士課程前期1年，2021.5.27（※共同研究に発展）
7. 橋本・伊森，医系科学研究科，2021.6.1
8. 福井・小田，人間社会科学研究科，2021.6.3（※共同研究に発展）
9. 若木・橋本，博士課程後期1年，2021.6.8
10. 橋本・伊森，医系科学研究科，2021.6.10
11. 福井・小田，森戸国際高等教育学院，2021.6.17
12. 福井・小田，人間社会科学研究科，2021.7.1
13. 福井・小田，博士課程後期1年，2021.7.8（※論文副査を担当(福井)）

14. 若木・福井, 博士課程後期1年, 2021.7.13
15. 若木・伊森, 学術・社会連携室知的財産部, 2021.7.20
16. 橋本・伊森, 財務・総務室施設部施設整備グループ, 2021.8.3
17. 柳原・小田, グローバル化推進室, 2021.8.5
18. 福井・小田, 森戸国際高等教育学院, 2021.8.26
19. 柳原・小田, グローバル化推進室, 2021.9.2
20. 柳原・小田, グローバル化推進室, 2021.10.7
21. 福井, 博士課程後期学生, 2021.11.1
22. 福井・小田, 森戸国際高等教育学院, 2021.11.24
23. 伊森・小田, 両生類研究センター, 2021.12.14
24. 福井・橋本, 広島大学病院眼科, 2021.12.20
25. 若木・福井, 広島大学病院診療支援部, 2022.1.17
26. 柳原・小田, 人間社会科学研究科, 2022.1.18
27. 福井・橋本, 医系科学研究科, 2022.1.31
28. 福井, 広島大学病院内分泌・糖尿病内科, 2022.1.31 (※共同研究に発展)
29. 伊森・小田, 両生類研究センター, 2022.2.8
30. 若木・福井, 博士課程後期学生, 2022.2.14
31. 福井, 広島大学病院脳神経内科, 2022.2.15
32. 柳原・小田, グローバル化推進室, 2022.2.22
33. 柳原・門田, 博士課程後期学生, 2022.3.1
34. 若木・福井, 博士課程後期学生, 2022.3.14
35. 柳原・伊森, 広島大学病院顎・口腔外科, 2022.3.15 (※共同研究に発展)

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

教職員

令和3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 鈴木航介
多様幾何	教授	:	古宇田悠哉 藤森祥一
	准教授	:	奥田隆幸 (R3.4.1 昇任)
	助教	:	寺本圭佑 (R3.4.1 採用) 野崎雄太
数理解析	教授	:	川下美潮 内藤雄基
	准教授	:	滝本和広 平田賢太郎
	講師	:	神本晋吾
	助教	:	橋詰雅斗 (R3.4.1 採用)
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
数理計算理学	教授	:	李 聖林 坂元国望 本田直樹 (R3.4.1 採用)
	准教授	:	栗津暁紀 大西 勇
	助教	:	藤井雅史
生命理学	助教	:	山田恭史 (R3.4.1 採用)
事務室			桂川信子 下森雅美 荒谷照美 (R3.11.14 異動) 高原園子

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。

令和3年度

昇任	令和3年4月1日	奥田隆幸	准教授
採用	令和3年4月1日	本田直樹	教授

	令和3年4月1日	寺本圭佑	助教
	令和3年4月1日	橋詰雅斗	助教
	令和3年4月1日	山田恭史	助教
退職	令和3年9月30日	李 聖林	教授
	令和4年3月31日	飯島 優	助教
	令和4年3月31日	中川勝國	助教
異動	令和3年11月14日	荒谷照美	

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3年度 … 41件

2-4 リカレント教育を推進するための社会人向けプログラムの提供

教員免許状更新講習の講座運営(1件)

2-5 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3年度は新型コロナウイルス感染拡大の影響で中止した。

II 物理学プログラム

- ・ 物理科学専攻

- ・ 物理学科

1 物理学プログラム・物理科学専攻

1-1 プログラム・専攻の理念と目標

物理科学専攻・物理学プログラムでは、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 プログラム・専攻の組織と運営

2020年度より、物理学プログラムとして新体制が始まったが、過渡期なので旧の物理科学専攻と合同運営を行っている。その物理科学専攻・物理学プログラムは、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。物理科学専攻・物理学プログラムの教育資格は、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）である。助教の教育資格の変更は、物理科学専攻・物理学プログラム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（2021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）	清水勇介（助教）
石川健一（准教授）	山本 恵（助教）

宇宙物理学（理論）

小寫康史（教授）	岡部信広（准教授）	木坂将大（助教）
----------	-----------	----------

クォーク物理学

志垣賢太（教授）	山口頼人（准教授）	三好隆博（助教）
	本間謙輔（准教授）	<理学研究科LAN担当>
		八野 哲（助教）

高エネルギー宇宙

深澤泰司（教授）	高橋弘充（准教授）	須田祐介（助教）
		内田悠介（特任助教）

可視赤外線天文学

川端弘治* (教授)

観山正見* (特任教授)

植村 誠* (准教授)

水野恒史* (准教授)

稲見華恵* (助教)

Singh Avinash* (助教)

Gangopadhyay anjasha* (助教)

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)

Kim Sangwook (助教)

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)

Munisai Nuermairaiti (助教)

分子光科学

関谷徹司 (准教授)

和田真一 (准教授)

吉田啓晃 (助教)

仁王頭明伸 (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)

島田賢也 (教授)

奥田太一 (教授)

佐藤 仁 (准教授)

澤田正博 (准教授)

松尾光一 (准教授)

宮本幸治 (准教授)

出田真一郎 (准教授)

Shiv Kumar (助教)

放射光物理

加藤政博 (教授)

プログラム事務

前田 緑

宮本曜子

秦 真貴子

1-2-1 教員の異動

ここ数年、定年退職や転出が毎年ある。比較的若手層の採用があったが、将来的な人事構想が不透明で、教育及び研究活動への影響が心配される。さらなる人事計画を進めたい。

2021年 4月 1日	採用	山本 恵 (素粒子論 助教)
	採用	須田祐介 (高エネルギー宇宙 助教)
	採用	仁王頭明伸 (分子光科学 助教)
	採用	Singh Avinash (可視赤外線天文学 助教)
	採用	Gangopadhyay Anjasha (可視赤外線天文学 助教)
	採用	出田真一郎 (放射光物性 准教授)
2021年 5月 1日	採用	Mao Junjie (高エネルギー宇宙 助教)
	採用	Mohamed Ibrahim (放射光物性 助教)
2021年 9月 1日	採用	黒田健太 (光物性 准教授)
2021年10月 1日	採用	野中千穂 (素粒子論 教授)
2022年 3月31日	転出	山本 恵 (素粒子論 助教)
	転出	内田悠介 (高エネルギー宇宙 特任助教)
	転出	観山正見 (可視赤外線天文学 特任教授)
	転出	笹田真人 (可視赤外線天文学 特任助教)

1-3 プログラム・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・プログラム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

2021年度【前期】物理学プログラム 授業時間割表				
曜日	時限	科目	教員	教室
月	1.2	量子場の理論	両角	E201
	3.4			
	5.6			
	7.8			
火	9.10			
	1.2	宇宙物理学	小畷	オンライン
	3.4	相対論的宇宙論	岡部	オンライン
	5.6			
	7.8			
水	9.10			
	1.2			
	3.4			
	5.6			
	7.8			
木	9.10			
	1.2			
	3.4	X線ガンマ線宇宙観測	深澤	オンライン
		光赤外線宇宙観測	川端	オンライン
	5.6			
	7.8	X線ガンマ線宇宙観測	深澤	オンライン
放射光科学特論 A・B		生天目 他7名	オンライン	
9.10	光赤外線宇宙観測	川端	オンライン	
金	1.2			
	3.4	クォーク物理学	志垣	オンライン
		高エネルギー物理学	高橋 (徹)	オンライン
	5.6	高エネルギー物理学	高橋 (徹)	オンライン
	7.8	クォーク物理学	志垣	オンライン
9.10				
備考		物理学特別講義 A (リサーチエンス理論入門) (客員教員, 集中), 物理学特別講義 B (無機材料の新展開~強誘導体, 圧電体, マルチフェロイクス, イオン伝導体など~) (客員教員, 集中), 物理学エクスターンシップ (木村, 集中), 物理学演習 I (各教員, 集中), 物理学特別演習 A (各教員, 集中) 物理学特別研究 (各教員, 集中)		

2021年度【後期】物理学プログラム 授業時間割表

曜日	時限	科目	教員	教室
月	1.2			
	3.4			
	5.6 7.8	構造物性物理学	黒岩	B301
	9.10	Introductory course to advanced physics	島田	B301
火	1.2 3.4	素粒子物理学	稲垣	B301
	5.6			
	7.8			
	9.10			
水	1.2 3.4	格子量子色力学	石川	E208
	5.6	電子物性学	中島	E209
	7.8	光物性論	木村	A017
	9.10			
木	1.2			
	3.4			
	5.6 7.8	表面物理学	奥田	E208
	9.10			
金	1.2			
	3.4			
	5.6			
	7.8			
	9.10	Introductory course to advanced physics	島田	B301
備考		放射光院生実験（黒岩，集中），物理学特別講義C（輻射流体力学の基礎とコンパクト天体への降着流の物理）（客員教員，集中），物理学特別講義D（放射光源の基礎と新展開）（客員教員，集中），物理学エクスターンシップ（木村，集中），物理学演習II（各教員，集中），物理学特別演習B（各教員，集中），物理学特別研究（各教員，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、26名(内部生22名、他大学から4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、12名(内部生5名、他大学から7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	18 件
○ 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数	10 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	6 件

コロナ禍前に比し大幅減少

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	57 件
○ 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数	32 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	25 件

コロナ禍前に比し大幅減少

外国人留学生の受入状況

○ 博士課程前期在籍者	1 名
○ 博士課程後期在籍者	15 名

1-3-5 修士論文発表実績

2021年度(22名)

	氏名	論文題目	指導教員	主査	副査	副査
1	木村浩輝	高頻度可視光近赤外線観測による高速膨張 Ic 型超新星 SN 2018ebt の研究	川端	川端	石川	
2	川夏康助	高効率熱電変換材料の電子構造の実験的解明	木村	木村	森吉	
3	兼島 輝	希土類ジグザグ鎖をもつ $RCuS_2$ ($R = Dy - Lu$) の構造とゆらぎ	森吉	森吉	佐藤	鬼丸
4	杉山貴哉	顕微光電子分光を用いた銅酸化物高温超伝導体の電子状態の研究	木村	木村	生天目	岩澤
5	石本賢太郎	永久磁石 $SmCo_5$ の高圧下水素化による磁気構造及び結晶構造の変化	石松	石松	宮本	松村
6	矢多部優介	放射光 X 線を用いた非鉛圧電体単結晶の構造研究	黒岩	黒岩	出田	水田
7	河野早紀	軽いステライルニュートリノを含む模型のマヨラナタイプ位相と CP の破れ	両角	両角	本間	岡本

8	山内礼士	チタン酸バリウム多面体微粒子のマルチスケール構造と強誘電相転移	黒岩	黒岩	関谷	水田
9	間 夏子	IceCube ニュートリノイベントの Fermi-LAT およびかなた望遠鏡データの解析パイプライン開発	深澤	深澤	木坂	藪田
10	秋野大知	高分解能 SZ 効果観測に適した銀河団ガス分布のモデル化	岡部	岡部	高橋 (弘)	高橋 (徹)
11	森 文樹	かなた望遠鏡の偏光観測によるブレーザーの可視光放射領域の磁場推定	川端	川端	小畷	栗木
12	白石海人	放射光角度分解光電子分光を用いた希土類元素を含む反強磁性体の電子状態の研究	木村	木村	石松	松村
13	田伏真隆	直線偏光軟 X 線で調べる基板支持リン脂質分子膜の配向積層	和田	和田	澤田	早川
14	馬場公範	ガルバニック置換を用いた金回収におけるシクロデキストリン添加効果	和田	和田	松尾	早川
15	宮井雄大	高分解能角度分解光電子分光を用いた Bi 系銅酸化物超伝導体の電子状態の研究	島田	島田	中島	鬼丸
16	徳本涼香	ALICE 実験 陽子-陽子及び陽子-鉛原子核衝突におけるマルチストレンジダイバリオン探索 Search for multi-strange dibaryons in pp and p-Pb collisions at ALICE	志垣	山口	両角	遠藤
17	濱田大晴	赤外超過を示した II ⁿ 型超新星 SN 2017hcc の長期多バンド観測に基づくダスト生成シナリオの研究	川端	川端	岡部	藪田
18	今浦稜太	真空紫外円二色性と直線二色性による α シヌクレインの生体膜相互作用研究	松尾	松尾	和田	根平
19	廣森慧太	顕微光電子分光測定による二酸化チタン結晶表面におけるヘテロ界面の光触媒活性の研究	中島	中島	生天目	長谷川
20	武井玄徳	ADHM 構成法を用いた任意のインスタントン数を持つ Yang-Mills 方程式の解の構成	石川	石川	山口	黒木
21	今澤 遼	次世代ガンマ線天文台 CTA 初号基と MAGIC 望遠鏡の同時解析ツールの開発およびブレーザー BL Lac の解析への応用	深澤	深澤	志垣	岡本
22	木村健斗	ALICE 実験 μ 粒子対測定を用いた Pb-Pb 非中心衝突で生成する高強度磁場の検出可能性 Detection feasibility of ultra-intense magnetic field generated in non-central Pb-Pb collisions with dimuon measurement at ALICE	志垣	志垣	加藤	梅田

1-3-6 博士学位

2021年度（課程博士11名）

- [1] 南 岳 2021年7月16日授与（甲）
Dark Energy with Large-scale Inhomogeneities
（大規模非一様性を持つダークエネルギー）
主査：小寫康史
副査：深澤泰司，志垣賢太，山本一博，岡部信広
- [2] 内田和海 2021年9月3日授与（乙）
X-ray Study of Stellar-Wind Accretion on a Highly-Magnetized Neutron Star in a Binary System
（X線観測による連星中の強磁場中性子星への星風降着に関する研究）
主査：高橋弘充
副査：深澤泰司，小寫康史，川端弘治，志垣賢太
- [3] Lin Wu 2021年9月17日授与（甲）
Film growth by aerosol deposition method and powder synthesis by mechanochemical solid-state reaction for ferroelectric lead-containing perovskites evaluated using Synchrotron-radiation X-ray diffraction
（放射光X線回折により評価した鉛を含むペロブスカイト型強誘電体のエアロゾルデポジション法による膜成長とメカノケミカル固相反応による粉末合成）
主査：黒岩芳弘
副査：木村昭夫，生天目博文
- [4] ZHANG KE 2021年9月17日授与（甲）
Spin- and angle-resolved photoemission spectroscopy study of spin-momentum-layer locking in centrosymmetric BiOI
（スピン角度分解光電子分光による中心対称BiOIにおけるスピン・運動量・レイヤーで固定化された電子状態の研究）
主査：島田賢也
副査：奥田太一，森吉千佳子
- [5] Ar Rohim 2021年12月20日授与（甲）
Relativistic Effects in Gravitational Quantum States
（重力場中の量子状態における相対論的効果）
主査：小寫康史
副査：稲垣知宏，志垣賢太，山本一博
- [6] 山川皓生 2022年3月4日授与（甲）
Physics Impacts of DAQ and Triggers at Large-Scale Hadron Collider Experiments and a New Detector Control and Monitoring Scheme to Achieve the Impact at ALICE
（大規模ハドロン衝突型加速器実験におけるトリガー・データ収集系の物理への影響とALICE実験における新規検出器制御監視系）
主査：志垣賢太
副査：深澤泰司，野中千穂，山口頼人

- [7] 松尾大和 2022年3月23日授与 (甲)
Behavior of Chameleon Mechanism on $F(R)$ Gravity
($F(R)$ 修正重力理論におけるカメレオン機構の振る舞い)
主査：稲垣知宏
副査：小畷康史, 野中千穂
- [8] 石坂仁志 2022年3月23日授与 (甲)
Experimental determination of electronic structures of superconductors $ZrP_{2-x}Se_x$ and Nb_3Y ($Y = Al, Sn$)
(超伝導体 $ZrP_{2-x}Se_x$ および Nb_3Y ($Y = Al, Sn$)の電子構造の実験的決定)
主査：木村昭夫
副査：生天目博文, 森吉千佳子, 鈴木孝至, 井野明洋
- [9] 今里郁弥 2022年3月23日授与 (甲)
Near-infrared observational studies of black hole low mass X-ray binary GRS 1915+105 in the X-ray low luminous state
(X線で暗い状態のブラックホール低質量X線連星GRS 1915+105の近赤外線の観測的研究)
主査：深澤泰司
副査：小畷康史, 志垣賢太, 川端弘治
- [10] 熊代宗弘 2022年3月23日授与 (甲)
Interaction mechanism between proteins and lipid membranes characterized by vacuum-ultraviolet circular dichroism spectroscopy
(真空紫外円二色性によるタンパク質と生体膜の相互作用機構の解析)
主査：松尾光一
副査：島田賢也, 生天目博文, 加藤政博, 神山 匡
- [11] 河村優太 2022年3月23日授与 (甲)
Study of the effective field theory for the model with light and heavy scalars
(軽いスカラーと重いスカラーを含む模型の有効理論の研究)
主査：両角卓也
副査：稲垣知宏, 小畷康史, 野中千穂

1-3-7 TAの実績

2021年度は、博士課程前期の学生を21名、博士課程後期の学生を3名（通年：1名、前期：12名、後期：11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、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せるとともに、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 (注)	単位数		要修得単 位数		
			必修	選択 必修			
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	1単位以上	2単位以上
		Japanese Experience of Social Development-Economy,Infrastructure,and peace	1・2		1		
		Japanese Experience of Human Development-Culture,Education,and Health	1・2		1		
		SDGsへの学問的アプローチA	1・2		1		
		SDGsへの学問的アプローチB	1・2		1		
		SDGsへの実践的アプローチ	1・2		2		
		ダイバーシティの理解	1・2		1		
	キャリア開発・データリテラシー科目	データリテラシー	1・2		1	1単位以上	
		医療情報リテラシー	1・2		1		
		人文社会系キャリアマネジメント	1・2		2		
		理工系キャリアマネジメント	1・2		2		
		ストレスマネジメント	1・2		2		
		情報セキュリティ	1・2		2		
		MOT入門	1・2		1		
アントレプレナーシップ概論	1・2		1				
研究科共通科目	国際性	アカデミック・ライティングI	1		1	1単位以上	
		海外学術活動演習A	1・2		1		
		海外学術活動演習B	1・2		2		
	社会性	MOTとベンチャービジネス論	1・2		1	2単位以上	
		技術戦略論	1・2		1		
		知的財産及び財務・会計論	1・2		1		
		技術移転論	1・2		1		
		技術移転論演習	1・2		1		
		未来創生思考（基礎）	1・2		1		
		ルール形成のための国際標準化	1・2		1		
		理工系のための経営組織論	2		1		
		起業案作成演習	1・2		1		
		事業創造演習	1・2		1		
		フィールドワークの技法	1・2		1		
		インターンシップ	1・2		1		
		データビジュアライゼーションA	1・2		1		
		データビジュアライゼーションB	1・2		1		
		環境原論A	1・2		1		
環境原論B	1・2		1				

プログラム専門科目	Introductory course to advanced physics	1	2		10単位	25単位以上
	物理学特別演習A	1	2			
	物理学特別演習B	1	2			
	物理学特別研究	1~2	4			
	量子場の理論	1		2	8単位以上	
	素粒子物理学	1		2		
	格子量子色力学	1		2		
	宇宙物理学	1		2		
	相対論的宇宙論	1		2		
	クォーク物理学	1		2		
	高エネルギー物理学	1		2		
	X線ガンマ線宇宙観測	1		2		
	光赤外線宇宙観測	1		2		
	放射光科学特論A	1		1		
	放射光科学特論B	1		1		
	構造物性物理学	1		2		
	電子物性物理学	1		2		
	光物性論	1		2		
	表面物理学	1		2		
	放射光科学院生実験	1		1		
	物理学特別講義A	1・2		1		
	物理学特別講義B	1・2		1		
	物理学特別講義C	1・2		1		
	物理学特別講義D	1・2		1		
	物理学エクスターンシップ	1・2		2		
	物理学演習I	1		2		
	物理学演習II	1		2		
他プログラム専門科目				2単位以上		

【履修方法及び修了要件】

修了に必要な単位数を30単位以上とし、以下のとおり単位を修得し、かつ必要な研究指導を受けた上で、修士論文の審査及び最終試験又は博士論文研究基礎力審査に合格すること。

修了要件単位数：30単位以上

- (1) 大学院共通科目：2単位以上
 - ・持続可能な発展科目：1単位以上
 - ・キャリア開発・データリテラシー科目：1単位以上
- (2) 研究科共通科目：3単位以上
 - ・国際性科目：1単位以上
 - ・社会性科目：2単位以上

(3) プログラム専門科目：25 単位以上

・物理学プログラム専門科目：18 単位以上（必修科目 10 単位及び選択必修科目 8 単位以上）

なお、物理学特別講義 A，物理学特別講義 B，物理学特別講義 C 及び物理学特別講義 D は、同じ科目の単位を修得しても、修了要件単位数に含めることを可とする。

・他プログラム専門科目：2 単位以上

なお、指導教員の許可を得て他専攻・他研究科等の専門科目の単位を修得した場合には、「他プログラム専門科目」に含むことができる。

(注) 配当年次

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

物理学プログラム（博士課程後期）

科目 区分	授業科目の名称	配当年次 (注)	単位数		要修得 単位数	
			必修	選択 必修		
大学院 共通科目	持続可能な発展科目	スペシャリスト型SDGsアイディア メイニング学生セミナー	1・2・3		1	1 単位 以上
		SDGsの観点から見た地域開発 セミナー	1・2・3		1	
		普遍的平和を目指して	1・2・3		1	
	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	1 単位 以上
		パターン認識と機械学習	1・2・3		2	
		データサイエンティスト養成	1・2・3		1	
		医療情報リテラシー活用	1・2・3		1	
		リーターシップ手法	1・2・3		1	
		高度イノベーション人財のための キャリアマネジメント	1・2・3		1	
		事業創造概論	1・2・3		1	
		イノベーション演習	1・2・3		2	
		長期インターンシップ	1・2・3		2	
	研究科 共通科目	国際性	アカデミック・ライティングⅡ	1・2・3		1
海外学術研究			1・2・3		2	
社会性		経営とアントレプレナーシップ	1・2・3		1	1 単位 以上
		Technology Strategy and R&D Management	1・2・3		1	
		技術応用マネジメント概論	1・2・3		1	
		未来創造思考（応用）	1・2・3		1	
		自然科学系長期インターンシップ	1・2・3		2	
プログラム 専門科目	物理学特別研究	1～3	12		12単位	

【履修方法及び修了要件】

修了に必要な単位数を16単位以上とし、以下のとおり単位を修得し、かつ必要な研究指導を受けた上で、博士論文の審査及び最終試験に合格すること。

修了要件単位数：16単位以上

- (1) 大学院共通科目：2単位以上
 - ・持続可能な発展科目：1単位以上
 - ・キャリア開発・データリテラシー科目：1単位以上
- (2) 研究科共通科目：2単位以上
 - ・国際性科目：1単位以上
 - ・社会性科目：1単位以上
- (3) プログラム専門科目：12単位

(注) 配当年次

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

就職情報

博士課程前期

進学：博士課程後期進学 8名

企業：四国電力（株） 1名，アイシン精機（株） 1名，（株）ディスコ 1名，
ソニーセミコンダクタソリューションズ（株） 1名，京セラ（株） 1名，
日本電気航空宇宙システム（株） 1名，日本アムスコ（株） 1名，
NECソリューションイノベータ（株） 1名，東京エレクトロン（株） 1名，
古河電気工業（株） 1名，マイクロンメモリジャパン（合） 1名，
（株）ベンカン機工 1名，サンアスタリスク 1名

その他：2名

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：1名

広島大学 大学院理学研究科長表彰者：1名

広島大学 大学院先進理工系科学研究科学生表彰者：1名

1-4 プログラム・専攻の研究活動

1-4-1 物理科学専攻・物理学プログラムの教員が主導する研究拠点の活動

物理科学専攻・物理学プログラムの教員が主導する研究拠点として、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) があるが、詳しい活動内容は拠点の報告書を参照されたい。

1-4-2 研究グループの研究活動

物理科学専攻・物理学プログラム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) ハドロン物理学 (野中)

(i) 量子色力学における相転移現象と超高温QCD物質の研究

素粒子, 原子核物理において, クォーク・グルーオンプラズマ (QGP) 相とハドロン相の相転移, QCD 相転移現象・量子色力学 (QCD) 相図の解明は重要な課題である。2000年に稼働したRelativistic Heavy Ion Collider (RHIC)におけるQGP生成の成功という大きな到達点を経て, QGP研究は, 今や, 「QGPの性質の解明」へとシフトしている。ここではQGP物性とは何か, そして, QGP 物性の根底にある普遍的な物理とは何かの2つの問いから本研究を遂行している。現在, 実験の高統計, 高精度化, 実験理解のための現象論的モデルの成熟, そして計算機の向上の条件の全てが整った状態にある。そのため, これまでは困難であると考えられていた高エネルギー重イオン衝突実験の定量的な解析という王道というべき手段で, 今まさに QCD 相図, 相転移現象の解明, 熱力学性質を明らかにすることが可能になってきたと言える。それと同時に, これまでの高エネルギー原子核衝突実験の研究の中で新たに提示されてきた謎の理解を目指すことで, 周辺物理との共通性を探り背景にある普遍的な物理を明らかにすることも目標にしている。特に, 衝突後短時間での流体化・熱平衡化のプロセス, 流体揺らぎに関連して非平衡物理, 磁場やカラー磁場に関連してプラズマ物理・宇宙物理学との連携を探っている。

1) 光子を用いた高温クォーク物質の研究

高エネルギー原子核衝突実験において光子は重要な電磁プローブとして注目されている。光子は色荷を持たないため強い相互作用をしないため QGP の詳細な情報を直接調べることができる。ところが, 現在「光子パズル」という問題が存在する。それは, 実験で観測された直接光子の生成量と集団運動の強さを表す楕円フローを同時に説明できる理論計算が存在

しないという問題である。本研究では、光子パズルの解明として放射ハドロン化模型を提案する。まず、熱的光子を相対論的粘性流体と分子動力学計算を組み合わせた模型を用いて求める。さらに新しい光子の生成機構として、放射ハドロン化模型による光子を加える。放射ハドロン化模型は QGP がハドロン化する際、そのエネルギー差として光子を放射するという模型である。この光子生成機構を加えることで生成量、楕円フローともに値が大きくなり、2 つの実験結果を同時に再現することに成功した。放射ハドロン化模型は光子パズルの解明になり得ることを示した。

2) 相対論的抵抗性磁場流体を用いた高エネルギー原子核衝突実験の解析

衝突後に存在すると考えられている磁場の効果を取り入れた相対論的抵抗性電磁流体の模型の構築を行った。抵抗性まで取り入れた解析は世界で初めての研究であり、高エネルギー原子核衝突実験結果の磁場の影響を詳細に明らかにできる可能性が出てきた。現在コード開発は終了し、実際の実験を視野に入れた解析を行った。粒子の生成量、集団運動と行った実験結果との比較と検討を行うことで、磁場の存在を明らかにできる手がかりを得た。特に Cu+Au といった非対称の衝突系の直接フローに影響が現れることを明らかにした。この研究はさらにカラー磁場への拡張など大きな発展が期待できる。これらの成果はプラズマ物理・宇宙物理学の研究者との連携で可能になった。

(国内学会一般講演[28])

3) パートンカスケード模型の開発

高エネルギー原子核衝突実験で現在注目されている話題の一つに衝突直後の短時間での熱平衡化と流体化の過程のプロセスの解明がある。これらを明らかにするべくパートンカスケード模型をハドロンベースに構築された SMASH の模型の枠組みを使用して開発を行っている。これにより現在では現象論的に与えている流体模型の初期条件の物理的背景を明らかにすることができる。現在のところ基礎的な枠組みの構築を終え、現象論的解析の応用に向けた準備を開始している。

(ii) 格子ゲージ理論を用いた量子色力学相図の研究

1) 低温高密度領域の相構造については、有効模型を用いた解析により様々な相の可能性が挙げられている。その一つとして非一様なカイラル凝縮相がある。非一様なカイラル凝縮とは、カイラル対称性の秩序変数が空間依存していることを意味する。カイラル凝縮の関数形を決定する一般的な手法はまだ確立されておらず、振動解や空間依存しない一様な解を仮定することが多い。一方で、低温高密度領域では符号問題により第一原理計算である格子 QCD 計算はモンテカルロ積分が正しく実行できない。しかし、QCD に似た性質を持つ 1+1 次元 GN 模型は符号問題がなく、格子計算が可能である。ここでは 1+1 次元 GN 模型の相図の解析を格子計算で行う。格子計算を用いる利点は二つある。一つ目は特定のカイラル凝縮の関数形を仮定することなく計算することができる点、二つ目は有限のフレーバー数においても非一様相が存在するか調べることができる点である。真空の格子 QCD の計算プログラムをもとに有限温度有限密度 GN 模型の格子計算プログラムを開発した。それにより解を仮定することなく振動する非一様なカイラル凝縮相を見出すことに成功した。

(II) 素粒子と重力の理論 (稲垣)

(i) 極限状態にあるフェルミオン系

右巻きのフェルミオンと左巻きのフェルミオンに対して独立に定義された変換をカイラル変換と呼ぶ。質量を持たないフェルミオンに対する強い相互作用の理論はカイラル変換の下で不変であり、カイラル対称性を持つ。フェルミオンとその反粒子の間からなる複合演算子が期待値を持つことで、カイラル対称性は自発的に破れていることが知られており、例えば、核子の質量の大部分はクォークと反クォークが凝縮することで生成されている。複合演算子の期待値は、系のサイズ、温度、密度、磁場、曲率といった環境に左右され、環境を変えることで核子の質量も変化する。

2021年度は、強い相互作用をするフェルミオンの理論である4体フェルミ相互作用モデルを用い、有限温度、化学ポテンシャルを考慮した場合に、系のサイズと境界条件、磁場の効果があるような変更を受けるかについて探究した。有限サイズ効果に対しては、カイラル対称性を破るフェルミオンとその反粒子の間からなる複合演算子の期待値が一様な場合に限定し、理論の詳細な相構造の解明、安定な系のサイズと温度、化学ポテンシャル、境界条件の関係を明らかにした。また、磁場の効果については複数の正則化処方で解析を行い、化学ポテンシャルが大きい場合の無視できない正則化依存性を指摘した。(原著論文[3], 国内学会一般講演[11,13])

また、カイラル対称性を破る質量項の効果としては、相転移の次数が変わる、もしくはクロスオーバーで連続的に状態が変わっていくようになることが知られている。我々は、2次元、3次元の4体フェルミ相互作用モデルについて、くりこみ処方を再検討することから研究を進め、臨界点の質量依存性、詳細な相構造を解析することで、新しい物理状態の可能性を指摘した。

(国際会議一般講演[12], 国内学会一般講演[12,14])

(ii) 修正重力理論

地平線問題、平坦性問題、モノポール問題と呼ばれる宇宙論の諸問題は、熱的ビッグバン以前に空間が急激に加速膨張するインフレーション期を経たと考えることにより解決できる。また、現在の宇宙膨張速度も加速していることが観測されている。一般相対性理論と素粒子の標準モデルでは、宇宙初期と現在の宇宙の加速膨張を説明できない。宇宙定数、インフラトンと呼ばれる場のポテンシャルエネルギーを導入することで加速膨張を引き起こすエネルギー源とすることもできるが、宇宙スケールでの重力理論が、一般相対性理論を修正しなくてはならない可能性もある。

2021年度の研究では、アインシュタイン・カルタン幾何学に基づくF(R)修正重力理論を対象に、理論の基礎的な性質を研究した。アインシュタイン・カルタン幾何学下のF(R)修正重力理論においては、フェルミオン場とその反粒子の間の重力が4体フェルミ相互作用で記述されることが知られており、フェルミオンと反フェルミオンが凝縮する可能性がある。このとき、フェルミオンと反フェルミオンからなる複合演算子の期待値が宇宙の加速膨張速度のエネルギー源とみなせるパラメータ領域を確認し、初期宇宙のインフレーションとも矛盾のないモデルの構築が可能であることを示した。

また、従来の研究では、アインシュタイン・カルタン幾何学下のF(R)修正重力理論は、共形変換により運動項を持たないプランク・ディッケ理論と同等であることが知られていたが、カルタン方程式の書き換えを工夫することで、共形変換なしでより単純なスカラー・テンソル理論と同等になることを見つけた。(国際会議招待公演[1,2], 国内学会一般講演[10])

(III) 格子量子色力学 (格子QCD) 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

SU(N) 格子ゲージ (ヤン・ミルズ) 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, Nを無限に持っていった極限で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。

$\mathcal{N} = 1$ 超対称性を持つヤン・ミルズ模型はQCDを含む通常のヤン・ミルズ模型と同様に, 漸近自由性やカイラル対称性の破れ, 閉じ込め現象を呈する模型である。超対称性により理論的性質がよいためQCDの非摂動現象の理論的解明のために研究が進められている。特にゲージ群SU(N)のNが無無限大の極限はこれらの非摂動現象の理論的解明につながると期待されている。twisted江口・川合模型に随伴表現のマヨラナフェルミオンを一つ含む模型はこの $\mathcal{N} = 1$ 超対称性を持つヤン・ミルズ模型のNが無無限大の極限を効率よく探求できる格子上の模型である。

令和3年度は前年度から開始しているtwisted江口・川合模型に随伴表現のマヨラナフェルミオンを一つ含む模型 (マヨラナフェルミオンを一つ含む行列模型) の計算を更に進めた。3つのゲージ群の大きさ, 複数の結合定数, 及び, 複数のマヨラナフェルミオン質量にてモンテカルロ計算を行い, マヨラナフェルミオン質量がゼロとなる場所での格子間隔の結合定数とゲージ群の大きさ依存性を調べた。この格子間隔の決定には, 基本表現フェルミオンから構成される中間子質量スケールと勾配流処方による長さスケールを用いた。これらの格子間隔の結合定数依存性は, $\mathcal{N} = 1$ 超対称性ヤン・ミルズ理論のラージN極限のふるまいと矛盾していないことを確認した (国際学会一般講演[7,8], 国内学会一般講演[2])。

また前年度に引き続きラージN極限におけるツイストされた時空縮約モデルの数値摂動論に基づくリサーチェンス構造の探索のための計算プログラムの開発を行っている (国際学会一般講演[9], 国内学会一般講演[6,7,8,9])。

(ii) 格子QCDに関する計算

1) 大体積, 格子QCDによる物理点でのハドロン行列要素の研究

格子QCDを用いた第一原理計算による核子や軽い原子核, ストレンジネスを持つハドロンの性質の導出が世界的に進められてきている。これらの性質を理論的に精密に決定することは素粒子標準模型のクォークセクターに関わる構造の精密実験との比較のために必要不可欠である。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。

令和3年度にはK中間子のK13崩壊の形状因子や核子の形状因子，構造関数についての計算を続けている。K中間子のK13崩壊とは $K \rightarrow \pi l \nu$ の3体崩壊であり，この崩壊の形状因子はカビボ-小林-益川行列の成分の一つである $|V_{us}|$ を実験値から引き出すために必要な理論部品である。令和3年度は前年度よりも格子間隔の小さな格子で同様の計算を行い格子間隔ゼロへの外挿ができるようになった（国際学会一般講演[6]，国内学会一般講演[4]）。核子構造に関しては重要な問題の一つに，核子の荷電半径の互いに矛盾する独立な実験結果の問題が残っている。格子QCD核子の荷電半径の理論値を決めることは，自然界に標準模型からのズレが有ることを示す強力な証拠となるため，世界的に研究が進められている。令和3年度は引き続き核子構造（形状因子，構造関数，核力電荷）の研究を行っている（原著論文[1]，国際学会一般講演[1,2]，国内学会一般講演[1,3,5]）。

2) スーパーコンピュータ富岳用格子 QCD シミュレーションプログラムの開発

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2021年度（令和3年度）から供用が始まっている。富岳開発にあたり，アプリケーションソフトウェアとハードウェアのコーデザイン開発が行われ，その中で，格子QCDシミュレーションプログラムも富岳開発とともに開発された。令和3年度は富岳開発で行われたコーデザインの成果や知見について研究会等で発表を行った（原著論文[2]，国際学会一般講演[3,4,5]）。

(IV) 素粒子の現象論（両角）

(i) 場の理論に基づくニュートリノ振動の研究（両角）

ニュートリノ振動を場の量子論を用いて研究した。前年までの研究でマヨラナニュートリノの場合にレプトン数の時間変化を対応するHeisenberg 演算子を構成することで調べた。

この研究をシュレディンガー描像で研究した。場の理論に基づいた研究では粒子数が決まったニュートリノを作る演算子と質量の決まったニュートリノを作る演算子は異なる。これらの2つのセットの演算子はボゴリューボフ変換で関係している。我々はレプトン数1を持つような一粒子状態を質量の決まったニュートリノに関する真空や演算子で表すことに成功した。この結果を一世代の場合のニュートリノに適用しシュレディンガー描像で一粒子状態の時間発展をもとめた。さらにレプトン数の期待値の時間発展を計算し，ハイゼンベルク描像を使った結果を再現した。

以上の研究結果を国際会議で報告した。（国際会議招待講演[3]，国内学会一般講演[25]）

(ii) Higgs 粒子に対応するスカラー粒子が2種類あるような模型の低エネルギー有効理論を研究した。2種類のうち重いスカラー粒子を積分し，軽いスカラー粒子の自由度のみを残した低エネルギー有効作用を経路積分法を使って導出した。（原著論文[4]）

(V) 素粒子の現象論（清水）

素粒子標準模型は電磁気力・弱い力・強い力の3つの力をゲージ対称性を用いて説明する模型である。ヒッグス粒子の発見により，標準模型は成功を収めた。標準模型の物質粒子に関して，ニュートリノ振動実験より，ニュートリノには小さいが質量があり，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，標準模型では物質粒子の世代ごとの質量の大きさ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の一つとして物質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。先行研究では、世代構造を説明するモデルとして非可換離散対称性を用いたものは数多くあり、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、フラボンの真空構造も含め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[6]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物質粒子の質量や世代混合を説明・予言することができた。また、CP対称性の破れの大きさを予言し、レプトン数の非対称性に関連したレプトジェネシスと呼ばれる機構を用いて宇宙の粒子・反粒子非対称性の大きさを解析した。論文[7]ではフレーバー対称性として用いる非可換離散群を系統的にまとめたものを Springer のレクチャーノートとして第二版を出版した。国内学会一般公演[26]では日本物理学会総会の一般公演でフレーバーモデルのフラボンの真空構造を解析しレプトンのモデルを構築したものを報告した。（原著論文[6,7], 国内学会一般講演[26]）

(VI) 素粒子の現象論（山本）

LHCにおける新粒子の直接探査実験で未だ新粒子の兆候は見えておらず、有効理論を用いた研究が重要性を帯びてきている。有効理論は膨大なフリーパラメータを含み現象論解析が困難なため、解析の道筋を立てるのにパラメータを系統的にコントロールする指標が必要となる。本研究ではその指標として、湯川の構造の背後にある理論として成功をおさめ、新物理の抑制機構としても有力な候補であるフレーバー対称性に注目し、フレーバー対称性を課した有効理論を構築し現象論解析の道筋をたてることを目指した。

フレーバー対称性として、モジュラー対称性と離散対称性に注目し、これらを有する有効理論の構築と、その現象論解析に取り組んだ。まず、ニュートリノセクターで試されている離散対称性 A4 に注目し、モジュラー対称性の元で SMEFT オペレーター同士でどのような関係がつくかを調べ、有効な素粒子標準模型有効場の理論（SMEFT）のオペレーターを明らかにした。そのもとで、現象論的にどのような特徴的な予言が与えられるかについて、特にレプトンセクターについて議論した。レプトンフレーバーを破る崩壊過程と、電気双極子モーメントに注目し、モデルによって予言の違いがどの程度現れるかを明らかにした。

（原著論文[8,9], 国際会議招待講演[4], 国内学会一般講演[27]）

原著論文

- [1] Ken-Ichi Ishikawa, Yoshinobu Kuramashi, Shoichi Sasaki, Eigo Shintani, and Takeshi Yamazaki (PACS Collaboration), “Calculation of the derivative of nucleon form factors in $N_f=2+1$ lattice QCD at $M\pi=138$ MeV on a $(5.5 \text{ fm})^3$ volume”, Phys. Rev. D 104, 074514, <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.104.074514>
- [2] Issaku Kanamori, Ken-Ichi Ishikawa, Hideo Matsufuru, “Object-Oriented Implementation of Algebraic Multi-grid Solver for Lattice QCD on SIMD Architectures and GPU Clusters”, Computational Science and Its Applications – ICCSA 2021: 21st International Conference, Cagliari, Italy, 2021.9.13-16, Proceedings, Part V, Sep 2021, Pages 218–233, https://doi.org/10.1007/978-3-030-86976-2_15

- [3] Tomohiro Inagaki, Yamato Matsuo, Hiromu Shimoji, “Precise phase structure in a four-fermion interaction model on a torus”, PTEP 2022 (2022) 1, 013B09, <https://doi.org/10.1093/ptep/ptab160>
- [4] Apriadi Salim Adam, Yuta Kawamura, Takuya Morozumi, “A model with light and heavy scala in view the effective field theory”, PTEP2022(2022)1, 013B01, <https://doi.org/10/1093/ptep/ptab129>
- [5] ©Takuya Morozumi, Apriadi Salim Adam, Nicholas J. Benoit, Yuta Kawamura, Yamato Matsuo, Yusuke Shimizu, Andromeda Proceedings, “Lepton Family Numbers and Non-Relativistic Majorana Neutrinos”, DOI:10.31526.ACP.BSM-2021.29
- [6] H. Okada, Y. Shimizu, M. Tanimoto and T. Yoshida, “Modulus τ linking leptonic CP violation to baryon asymmetry in A4 modular invariant flavor model”, JHEP 07 (2021), 184.
- [7] T. Kobayashi, H. Ohki, H. Okada, Y. Shimizu and M. Tanimoto, “An Introduction to Non-Abelian Discrete Symmetries for Particle Physicists”, 2022, Springer, ISBN 978-3-662-64678-6, 978-3-662-64679-3 (second edition).
- [8] Morimitsu Tanimoto, Kei Yamamoto, “Electron EDM arising from modulus τ in the supersymmetric modular invariant flavor models”, JHEP 10 (2021) 183.
- [9] Tatsuo Kobayashi, Hajime Otsuka, Morimitsu Tanimoto, Kei Yamamoto, “Modular symmetry in the SMEFT”, Phys. Rev. D105 (2022) no.5, 055022.

国際会議

(招待講演)

- [1] T. Inagaki, “Cartan Formalism for Modified Theories of Gravity”, Recent Advances in Theoretical Cosmology and Astrophysics, 2021.12.16-19, online, [2021年12月19日発表]
- [2] T. Inagaki, “Modified Theories of Gravity and their Phenomenological Consequences”, 2nd IIT Bombay-Hiroshima workshop for Frontiers of Astro-Particle Physics, 2021.10.25-27, online, [2021年10月25日発表]
- [3] Takuya Morozumi, Nicholas James Benoit, Yuta Kawamura “Time evolution of Majorana neutrinos in the Schrodinger picture versus Heisenberg picture”, 2021.8.30-9.8, online, CORFU SUMMER INSTITUTE, 21st Hellenic School of elementary particle physics, [2021年9月4日発表]
- [4] Kei Yamamoto, “Modular symmetry and the SMEFT”, Recent development of flavor symmetry, online, [2021年11月16日発表]

(一般講演)

- [1] Ryutaro Tsuji, Yasumichi Aoki, Ken-Ichi Ishikawa, Yoshinobu Kuramashi, Shoichi Sasaki, Eigo Shintani, Takeshi Yamazaki, “Nucleon isovector tensor charge from lattice QCD with physical light quarks”, the 24th International Spin Symposium, 2021.10.18-22, Matsue, Japan, [2021年10月19日発表]
- [2] Ryutaro Tsuji, Yasumichi Aoki, Ken-Ichi Ishikawa, Yoshinobu Kuramashi, Shoichi Sasaki, Eigo Shintani, Takeshi Yamazaki (for PACS Collaboration), “The lower moments of nucleon structure functions in lattice QCD with physical quark masses”, the 38th International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2021), 2021.7.26-30, Zoom/Gather@Massachusetts Institute of Technology, [2021年7月26日発表]
- [3] Ken-Ichi Ishikawa, Issaku Kanamori, Hideo Matsufuru, “Multigrid Solver on Fugaku”, the 38th International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2021), 2021.7.26-30,

- Zoom/Gather@Massachusetts Institute of Technology, [2021年7月28日発表]
- [4] Issaku Kanamori, Ken-Ichi Ishikawa, Hideo Matsufuru, “Object-oriented implementation of algebraic multi-grid solver for lattice QCD on SIMD architectures and GPU clusters”, The 21st International Conference on Computational Science and Its Applications, ICCSA 2021, 2021.9.13-16, [2021年9月15日発表]
- [5] Issaku Kanamori, Ken-Ichi Ishikawa and Hideo Matsufuru, “Multigrid solver for Lattice QCD on Fugaku”, The 4th R-CCS International symposium, 2022.2.7-8, [2022年2月8日ポスター発表]
- [6] Takeshi Yamazaki, Ken-ichi Ishikawa, Naruhito Ishizuka, Yoshinobu Kuramashi, Yoshifumi Nakamura, Yusuke Namekawa, Yusuke Taniguchi, Naoya Ukita, Tomoteru Yoshié for PACS Collaboration, “Calculation of kaon semileptonic form factor with the PACS10 configuration”, the 38th International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2021), 2021.7.26-30, Zoom/Gather@Massachusetts Institute of Technology, [2021年7月26日発表]
- [7] Pietro Butti, Margarita García Pérez, Antonio González-Arroyo, Ken-Ichi Ishikawa, Masanori Okawa, “Large N simulation of the twisted reduced matrix model with an adjoint Majorana fermion”, the 38th International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2021), 2021.7.26-30, Zoom/Gather@Massachusetts Institute of Technology, [2021年7月26日発表]
- [8] Pietro Butti, Margarita García Pérez, Antonio González-Arroyo, Ken-Ichi Ishikawa, Masanori Okawa, “Scale setting for $\mathcal{N} = 1$ SUSY Yang-Mills at large- N through volume-reduced twisted matrix model”, the 38th International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2021), 2021.7.26-30, Zoom/Gather@Massachusetts Institute of Technology, [2021年7月27日発表]
- [9] Yingbo Ji, K.-I. Ishikawa, “Numerical stochastic perturbation theory for twisted reduced principal chiral model”, Frontiers in Astroparticle Physics Workshop, IIT Bombay + Hiroshima University, 2021.10.25-27, online, [2021年10月26日発表]
- [10] Hiromu Shimoji, “Finite Size effect on phase structures in massive Gross Neveu Model”, 2nd IIT Bombay-Hiroshima workshop for Frontiers of Astro-Particle Physics, 2021.10.25-27, online, [2021年10月25日発表]
- [11] ©Takuya Morozumi, Apriadi Salim Adam, Nicholas J. Benoit, Yuta Kawamura, Yamato Matsuo, Yusuke Shimizu, Yuya Tokunaga, N. Toyota, “Time evolution of lepton number from relativistic regime to non-relativistic regime”, EuCAPT Astroneutrino Theory Workshop Prague, Czech Republic, 2021.9.21-10.1, online [2021年9月23日発表]
- [12] ©Nicholas J. Benoit, T. Morozumi, Y. Shimizu, K. Takagi, A. Yuu “Renormalization Group Effects on a Textured Mass Matrix in a Type-I Seesaw Model”, Frontiers in Astroparticle Physics Workshop, IIT Bombay + Hiroshima University (online) 2021.10.25-27, (online) [2021年10月27日発表]
- [13] Albertus Hariwangsa Panuluh and Mirza Satriawan “Supersymmetric Modified Mirror Model” Frontiers in Astroparticle Physics Workshop, IIT Bombay + Hiroshima University (online) 2021.10.25-27, (on-line)[2021年10月25日発表]

国内学会

(招待講演)

該当無し

(一般講演)

- [1] 辻竜太郎, 青木保道, 石川健一, 藏増嘉伸, 佐々木勝一, 新谷栄吾, 山崎 剛, 「核子軸性電荷及びテンソル, スカラー荷の物理点格子 QCD 計算」, 日本物理学会第 2021 年秋季大会, 2021 年 9 月 14 日-17 日, オンライン[2021 年 9 月 14 日発表]
- [2] Antonio González-Arroyo, 石川健一, 大川正典, Margarita García Pérez, Pietro Butti, 「随伴表現マヨラナフェルミオンを含むツイスト境界条件時空縮約 SU(N)行列模型のシミュレーション」, 日本物理学会第 2021 年秋季大会, 2021 年 9 月 14 日-17 日, オンライン [2021 年 9 月 14 日発表]
- [3] 山崎 剛, 石川健一, 藏増嘉伸, 佐々木勝一, 新谷栄悟 for PACS Collaboration, 「物理点近傍での 2+1 フレーバーQCD による核子形状因子の直接微分計算」, 日本物理学会第 2021 年秋季大会, 2021 年 9 月 14 日-17 日, オンライン[2021 年 9 月 15 日発表]
- [4] 山崎 剛, 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, 吉江友照 for PACS Collaboration, 「PACS10 配位を用いた K 中間子セミレプトニック崩壊形状因子計算」, 日本物理学会第 77 回年次大会 (2022 年), 2022 年 3 月 15 日-19 日, オンライン[2022 年 3 月 16 日発表]
- [5] 辻竜太郎, 青木保道, 石川健一, 藏増嘉伸, 佐々木勝一, 新谷栄吾, 山崎 剛, 「物理点格子 QCD による核子構造の計算」, 日本物理学会第 77 回年次大会 (2022 年), 2022 年 3 月 15 日-19 日, オンライン[2022 年 3 月 16 日発表]
- [6] 石川健一, Antonio Gonzalez-Arroyo, 大川正典, 姫 英博, 「数値確率過程摂動理論のための行列指数関数の摂動展開の開発」, 日本物理学会第 77 回年次大会 (2022 年), 2022 年 3 月 15 日-19 日, オンライン[2022 年 3 月 16 日発表]
- [7] 姫 英博, 石川健一, 大川正典, Antonio Gonzalez-Arroyo, 「ツイストされた時空縮約カイラルモデルに対する数値確率過程摂動理論の応用」, 日本物理学会第 77 回年次大会 (2022 年), 2022 年 3 月 15 日-19 日, オンライン[2022 年 3 月 16 日発表]
- [8] 石川健一, 「数値確率過程摂動論のための行列指数関数の摂動展開の開発」, 瀬戸内サマーインスティテュート(SSI2021), 2021 年 9 月 27 日-28 日, オンライン [2021 年 9 月 28 日発表]
- [9] Ji Yingbo, “Numerical stochastic perturbation theory applied to twisted reduced principal chiral model”, 瀬戸内サマーインスティテュート(SSI2021), 2021 年 9 月 27 日-28 日, オンライン [2021 年 9 月 27 日発表]
- [10] 谷口真彦, 稲垣知宏, “Cartan 形式の F(R)修正重力理論での重力波”, 日本物理学会第 77 回年次大会 (2022 年), 2022 年 3 月 15 日-19 日, オンライン[2022 年 3 月 15 日発表]
- [11] 木村大自, 松尾大和, 下地寛武, 稲垣知宏, “高密度領域における NJL 模型の正則化依存性”, 日本物理学会第 77 回年次大会 (2022 年), 2022 年 3 月 15 日-19 日, オンライン [2022 年 3 月 17 日発表]
- [12] 下地寛武, 稲垣知宏, 松尾大和, “Massive Gross-Neveu 模型のくりこみと有限サイズの効果”, 日本物理学会第 2021 年秋季大会, 2021 年 9 月 14 日-17 日, オンライン[2021 年 9 月 15 日発表]
- [13] 木村大自, 松尾大和, 下地寛武, 稲垣知宏, “固有時間法を用いた NJL 模型の磁場中の低温・高密度相構造”, 日本物理学会第 2021 年秋季大会, 2021 年 9 月 14 日-17 日, オンライン[2021 年 9 月 14 日発表]
- [14] 下地寛武, “Massive Gross-Neveu 模型における有限サイズ効果”, KEK 理論センター研

究会「熱場の量子論とその応用」, 2021年8月30日-9月1日, オンライン[2021年8月31日発表]

- [15] ◎両角卓也, 河村優太, 清水勇介, 山本 恵, “有効理論を用いたベクターライククオークモデルのCPの破れ” 日本物理学会 第77回年次大会, 2022年3月15日-19日, オンライン[2022年3月16日発表]
- [16] ◎河野早紀, ニコラスベンワ, 河村優太, 両角卓也, 清水勇介, 山本 恵, “レプトン数の時間発展から探るマヨラナ位相” 日本物理学会 第77回年次大会, 2022年3月15日-19日, オンライン[2022年3月16日発表]
- [17] 河村優太, 両角卓也, アプリアディサリムアダム, “標準模型有効ポテンシャルへの重いスカラー粒子のループ効果”, 日本物理学会 第77回年次大会, 2022年3月15日-19日, オンライン[2022年3月17日発表]
- [18] 河村優太, 両角卓也, アプリアディサリムアダム, “Two Higgs 模型の低エネルギーにおける有効理論の研究” 日本物理学会秋季大会, 2021年9月14日-17日, オンライン[2021年9月14日発表]
- [19] Benoit Nicholas J., 河村優太, 両角卓也, “Time evolution of Lepton Number carried by Majorana neutrinos: The Schrödinger picture” 日本物理学会秋季大会, 2021年9月14日-17日, オンライン[2021年9月15日発表]
- [20] ◎河野早紀, ニコラスベンワ, 河村優太, 両角卓也, 清水勇介, 山本 恵, “レプトン数の時間発展とマヨラナ位相依存性, ユニタリー三角形” 素粒子現象論研究会 2021, 2021年11月6日-8日, オンライン[2021年11月7日発表]
- [21] ◎Nicholas J. Benoit, T. Morozumi, Y. Shimizu, K. Takagi, A. Yuu, “Renormalization Group Effects on a Textured Mass Matrix in a Type-I Seesaw Model” Setouchi Summer Institute 2021 (SSI2021) (online) 2021年9月27日-28日, [2021年9月28日発表]
- [22] ◎Nicholas J. Benoit, A. S. Adam, Y. Kawamura, Y. Matsuo, T. Morozumi, Y. Shimizu, N. Toyota, “Evolution of Lepton Number Neutrinos” KEK-PH+KEK-COSMO Joint mini-Workshop, KEK (online) 2022年3月9日-10日, (online)[2022年3月10日発表]
- [23] 河野早紀, “軽いステライルニュートリノを含む模型のマヨラナタイプ位相とCPの破れ” 瀬戸内サマーインスティテュート (SSI 2021) 2021年9月27日-28日, (on-line)[2021年9月28日発表]
- [24] 河村優太, “有効理論を用いた2つのスカラーを含む模型の研究” 瀬戸内サマーインスティテュート (SSI 2021) 2021年9月27日-28日, (on-line)[2021年9月28日発表]
- [25] 両角卓也, ニコラスベンワ, 河村優太, “Time evolution of lepton number for Majorana neutrino in the Schrödinger picture” 瀬戸内サマーインスティテュート (SSI 2021) 2021年9月27日-28日, (on-line)[2021年9月27日発表]
- [26] 河村優太, 松尾大和, 清水勇介, “真空構造から探るレプトンフレーバー模型” 日本物理学会総会 2022年3月15日-19日, (on-line) [2022年3月16日発表]
- [27] 山本 恵, 小林達夫, 大塚 啓, 谷本盛光, 「モジュラー対称性と素粒子標準模型有効場の理論」, 日本物理学会第77回年次大会 (2022年), 2022年3月15日-18日, オンライン[2022年3月17日発表]
- [28] ◎中村幸輝, 高橋博之, 三好隆博, 野中千穂, 「相対論的抵抗性電磁流体を用いた高エネルギー原子核衝突実験の解析」, 日本物理学会第77回年次大会 (2022年), 2022年3月15日-18日, オンライン[2022年3月15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 0 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 4 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 17 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

外国人留学生 (博士後期課程 2020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
外国人留学生 (博士後期課程 2021年10月入学)	2名	Abdi Cendikia Albertus Hariwangsa Panuluh

- 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] 野中千穂 : 第 34 回「Heavy Ion Pub」研究会, 2021 年 11 月 12 日 (木) 16:30-19:00,
オンライン
- [2] 石川健一 : 「高性能計算物理勉強会 (HPC-Phys)」アドバイザー
第11回勉強会, 2021年6月10日(木) 10:00-18:00, 6月11日(金) 13:00-17:00, オンライン
第12回勉強会, 2021年8月26日(木) 15:00-17:30, オンライン
第13回勉強会, 2021年11月25日(木) 15:00-18:00, オンライン
第14回勉強会, 2022年2月4日(金) 15:00-18:00, オンライン
- [3] 両角卓也 : CORE-U セミナー世話人
 - ・ 第65回(2021年度第3回)広島大学極限宇宙研究拠点 (CORE-U) セミナー
日時: 2021年7月30日 (金) 16:30-18:00
講師: 野中 千穂 氏 (名古屋大学KMI)
題目: 高エネルギー原子核衝突実験で探るクォーク物質2020年度第5回 極限宇宙研究拠点
 - ・ 第68回(2021年度第6回)広島大学極限宇宙研究拠点 (CORE-U) セミナー
日時: 2021年11月26日 (金) 14:00-15:30
講師: 村瀬 功一 氏 (京都大学基礎物理学研究所) (YITP, Kyoto University)
題目: Relativistic hydrodynamics in dynamical modeling of high-energy nuclear collisions

○ 国際共同研究・国際会議開催実績

[1] 国際共同研究 野中千穂

Phenomenological analysis on high-energy heavy-ion collisions: Duke University

共同研究者 Steffen A. Bass

[2] 国際共同研究 野中千穂

Construction of parton cascade model Base on SMASH: Frankfurt Univeristy

共同研究者 Hannah Elfner

[3] 国際共同研究 稲垣知宏

Theory of Modified Gravity: ICREA, Barcelona

共同研究者 Sergei D. Odintsov

[4] 国際共同研究 石川健一

Twisted Reduced Marix model: Universidad Autónoma de Madrid

共同研究者 Antonio Gonzalez-Arroyo

[5] 国際共同研究 両角卓也

(1)Time Variation of Particle Number: Tomsk State Pedagogical University (Russia)

共同研究者 Takata Hiroyuki

(2) Time Variation of Lepton Number: BRIN (国立研究革新庁, インドネシア)

共同研究者 Apriadi Salim Adam

[4] 国際会議 両角卓也

The 2nd IIT Bombay-Hiroshima workshop for Frontiers of Neutrino Physics,
(JSTさくらサイエンスプログラム)

2nd IIT Bombay-Hiroshima workshop on Frontiers of astro-particle Physics
(ILD P) 2021年10月25日-27日 (オンライン)

社会活動・学外委員

○ 学協会委員

[1] 野中千穂, 稲垣知宏, 石川健一, 両角拓也, 清水勇介, 山本 恵: 素粒子論グループ事務局担当

[2] 野中千穂: 日本物理学会男女共同参画推進委員会委員

[3] 野中千穂: 日本物理学会研究費配分に関する教育研究環境検討委員会オブザーバー

[4] 野中千穂: 日物応物男女共同参画連絡会メンバー

[5] 野中千穂: 名古屋大学非常勤講師

[6] 野中千穂: 名古屋大学素粒子宇宙起源研究所客員研究員

[7] 野中千穂: QCD Matter Open Forum (QC DMOF) 世話人, 代表幹事

[8] 野中千穂: 令和4年度A期 HPCI システム利用研究課題選定におけるレビューアー

[9] 野中千穂: 第18回日本物理学会 Jr.セッション (2022) 第1次審査委員

[10] 野中千穂: 第18回日本物理学会 Jr.セッション (2022) 当日審査委員

[11] 稲垣知宏: 情報処理学会情報処理教育委員会委員長

[12] 稲垣知宏: 情報処理学会一般情報教育委員会委員

[13] 稲垣知宏: 情報処理学会ア kred i テーション委員会委員

[14] 稲垣知宏: 日本パグウォッシュ会議運営委員会委員長

[15] 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

[16] 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

○ 講習会・セミナー講師

[1] Takuya Morozumi, “Time variation of lepton number of neutrinos at low energies”

CFTP (Centro de Fisica Teoria de Particulas, IST Lisbon, Portugal) Seminar Series, 2021, June 17th, 6:30pm-7:30pm, on-line

[2] Takuya Morozumi, “Time evolution of lepton numbers carried by neutrinos”

KOLOKIUM FISIKA (LIPI, Indonesia), 2021, Sep.16th, on-line

研究助成金の受入状況

[1] 野中千穂：科学研究費補助金基盤研究 (A), 高エネルギー原子核衝突実験の理解に基づく超高温 QCD 物質・QCD 相転移現象の解明 (2020 年度～2024 年度, 研究代表者, 2021 年度 4,000 千円)

[2] 野中千穂：科学研究費補助金基盤研究 (A), 物理学・情報科学に共通する大規模行列関数の総合的数値計算法の創成 (2020 年度～2024 年度, 研究分担者, 2021 年度 400 千円)

[3] 野中千穂：科学研究費補助金基盤研究 (C), 基礎論・現象論・高エネルギー原子核衝突実験理解から探る超高温 QCD 物質の研究 (2017 年度～2021 年度, 研究代表者, 2021 年度 700 千円)

[4] 野中千穂：科学研究費補助金基盤研究 (C), 学際領域を切り拓く相対論的磁気流体力学に対する高解像度数値解法の開発 (2020 年度～2022 年度, 研究分担者, 2021 年度 100 千円)

[5] 稲垣知宏：科学研究費補助金基盤研究 (C), 一般情報教育知識空間の構築と探索 (2019 年度～2021 年度, 研究代表者, 2021 年度 700 千円)

[6] 石川健一：高性能汎用計算機高度利用事業・「富岳」成果創出加速プログラム「シミュレーションで探る基礎科学：素粒子の基本法則から元素の生成まで」(2021 年度・受託機関：高エネルギー加速器研究機構, 分担機関：広島大学, 2021 年度分担：550 千円)

[7] 石川健一：科学研究費補助金基盤研究 (C), 行列模型を用いたラージ N 質量スペクトルの研究, (2021 年度～2024 年度, 研究分担者, 2021 年度 100 千円)

[8] 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, 2021 年度 650 千円)

○宇宙物理学グループ

研究活動の概要 (小畠康史)

(I) 中性子星の磁場

マグネターを含む強磁場をもつ中性子星を, この数年間の研究対象としている。強い磁場を持つ星の力学平衡の構造は依然, 謎の部分が多い。磁場は重力やそれを支える圧力より遙かに小さいものの, これまで理論的にモデル構築できた磁場の条件は大幅に制限されている。中性子星のクラスト (殻) 部分の弾性力を考慮に入れ, 磁気中性子星の構造を考察した。弾性力は弱いものの, 静水圧平衡となる磁場の条件が大幅に緩和されていることを指摘した。

表面磁場が弱いCCOと呼ばれる中性子星の族があり、その内部には強磁場をもつ中性子星であるマグネター級の磁場があると示唆されている。そのモデルに適応可能な、強い内部磁場が弾性力を考慮することで保持できることが分かった。

(II) 重力波

日本の重力波望遠鏡（KAGRA）はLIGOやVIRGOと国際共同観測体制に入った。また、将来計画の観測衛星DECIGOなどの重力波関連の研究を検討している。

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線衛星やスニヤエフ・ゼルドビッチ(SZ)効果を観測する電波望遠鏡で、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。

HSC-SSPとXXLコラボレーションを通して、銀河団のバリオンフラクションの研究を行い、本研究室学生秋野大知氏の筆頭論文として発表した。そのために銀河団ガス質量、銀河質量、弱い重力レンズ質量の相関関係を、セレーション効果、エラー相関などを踏まえた多変量解析コードを開発し、共同研究者へ共有した。136個もの銀河団のバリオンフラクションを調べたところ、ガス質量フラクションは銀河団質量が大きくなるほど多くなり、銀河質量フラクションは銀河団質量が大きくなるほど低くなった。ガス質量と銀河質量を合わせたバリオン質量フラクションは、 10^{15} 太陽質量の高い質量では宇宙マイクロ波背景放射(CMB)の観測と一致するが、 10^{13-14} 太陽質量の低い銀河団ではCMBの観測を下回ることが分かった。これは銀河団という系がオープンボックスであることを示唆している。

銀河団の銀河や多波長研究や重力レンズに関する論文を7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。

研究活動の概要（木坂将大）

ブラックホールから放出される相対論的ジェット生成機構の解明、特に相対論的ジェットの内部にどのように物質が供給されるかは宇宙物理学における重要な課題の一つである。有力な供給機構の一つは、ブラックホールが周囲に形成する電磁場の強い領域、磁気圏で加速されたプラズマから放射される高エネルギー光子を起点とした、電磁カスケードによる供給である。

これまで、プラズマ粒子シミュレーション研究を用いてブラックホール近傍の電磁カスケード現象の研究を行ってきた。電磁カスケードに伴うガンマ線の一部は、電波銀河のTeVフレアとして検出が期待でき、数値シミュレーションで得られた電磁カスケードの結果を観測的に検証できる。そこで、観測データから電磁カスケード現象の情報を引き出すことを目的として、粒子シミュレーションを用いて観測されるガンマ線の光度曲線の計算を行った。その結果、ガンマ線光度が明るいほどプラズマの加速領域が広くなることを反映し、増光や減光のタイムスケールが長くなる関係を発見した。加速領域の大きさはブラックホール周囲の

降着円盤の明るさと関係していることから、ガンマ線と降着円盤からの放射の同時観測データがブラックホール磁気圏近傍で起こる電磁カスケード領域特定に直接つながることを示した。

この他、非常に強い磁場を持つ中性子星であるマグネターからの多周波電波観測データから得られたエネルギースペクトルに対する新たな知見の発見や、新しく見つかったマグネターに電波放射が検出できなかったことに対する理論的解釈を与えるなどの研究を行った。

原著論文

- [1] ©[Y. Kojima](#), [S. Kisaka](#) and K. Fujisawa, “Evolution of magnetic deformation in neutron star crust”, MNRAS (2021), 502, p.2097.
- [2] ©[Y. Kojima](#), [S. Kisaka](#) and K. Fujisawa, “Magneto-elastic equilibrium of a neutron star crust”, MNRAS (2021), 506, p.3936.
- [3] ©[Y. Kojima](#), [S. Kisaka](#) and K. Fujisawa, “Magnetic field sustained by the elastic force in neutron star crusts”, MNRAS (2022), 511, p.480.
- [4] T. Akutu et al. (Kagra Collaboration ([Y. Kojima](#))), “Radiative Cooling of the Thermally Isolated System in KAGRA Gravitational Wave Telescope”, Journal of Physics Conference Series (2021), 1857, id. 012002.
- [5] T. Akutu et al. (Kagra Collaboration ([Y. Kojima](#))), “Overview of KAGRA: Detector design and construction history”, Prog. of Theor. and Exp. Phys. (2021), 5, id. 05A101.
- [6] T. Akutu et al. (Kagra Collaboration ([Y. Kojima](#))), “Overview of KAGRA: Calibration, detector characterization, physical environmental monitors, and the geophysics interferometer”, Prog. of Theor. and Exp. Phys. (2021), 5, id. 05A102.
- [7] T. Akutu et al. (Kagra Collaboration ([Y. Kojima](#))), “Overview of KAGRA: KAGRA science”, Prog. of Theor. and Exp. Phys. (2021), 5, id. 05A103.
- [8] S. Kawamura et al. (DECIGO Collaboration ([Y. Kojima](#))), “Current status of space gravitational wave antenna DECIGO and B-DECIGO”, Prog. of Theor. and Exp. Phys. (2021), 5, id. 05A105.
- [9] B. P. Abbott et al. (The LIGO-Virgo-KAGRA Collaboration ([Y. Kojima](#))), “Diving below the Spin-down Limit: Constraints on Gravitational Waves from the Energetic Young Pulsar PSR J0537-6910”, Astrophys. J. Lett. (2021), Volume 913, 2, L27.
- [10] B. P. Abbott et al. (The LIGO-Virgo-KAGRA Collaboration ([Y. Kojima](#))), “Constraints on Cosmic Strings Using Data from the Third Advanced LIGO-Virgo Observing Run”, Phys. Rev. Lett., (2021), Volume 126, 24, article id.24110.
- [11] B. P. Abbott et al. (The LIGO-Virgo-KAGRA Collaboration ([Y. Kojima](#))), “Observation of Gravitational Waves from Two Neutron Star-Black Hole Coalescences”, Astrophys. J. Lett. (2021), Volume 915, 1, L5.
- [12] B. P. Abbott et al. (The LIGO-Virgo-KAGRA Collaboration ([Y. Kojima](#))), “Upper limits on the isotropic gravitational-wave background from Advanced LIGO and Advanced Virgo's third observing run”, Phys. Rev. D., (2021), Volume 104, 2, article id. 022004.
- [13] B. P. Abbott et al. (The LIGO-Virgo-KAGRA Collaboration ([Y. Kojima](#))), “Search for anisotropic gravitational-wave backgrounds using data from Advanced LIGO and Advanced Virgo's first three observing runs”, Phys. Rev. D., (2021), Volume 104, 2, article id. 022005.
- [14] B. P. Abbott et al. (The LIGO-Virgo-KAGRA Collaboration ([Y. Kojima](#))), “All-sky search for

continuous gravitational waves from isolated neutron stars in the early O3 LIGO data”, Phys. Rev. D., (2021), Volume 104, 8, article id. 082004.

- [15] B. P. Abbott et al. (The LIGO-Virgo-KAGRA Collaboration ([Y. Kojima](#))), “Searches for Continuous Gravitational Waves from Young Supernova Remnants in the Early Third Observing Run of Advanced LIGO and Virgo”, *Astrophys. J.* (2021), Volume 921, 1, 80.
- [16] B. P. Abbott et al. (The LIGO-Virgo-KAGRA Collaboration ([Y. Kojima](#))), “Constraints from LIGO O3 Data on Gravitational-wave Emission Due to R-modes in the Glitching Pulsar PSR J0537-6910”, *Astrophys. J.* (2021), Volume 922, 1, 71.
- [17] B. P. Abbott et al. (The LIGO-Virgo-KAGRA Collaboration ([Y. Kojima](#))), “All-sky search for long-duration gravitational-wave bursts in the third Advanced LIGO and Advanced Virgo run”, *Phys. Rev. D.*, (2021), Volume 104, 10, article id. 102001.
- [18] B. P. Abbott et al. (The LIGO-Virgo-KAGRA Collaboration ([Y. Kojima](#))), “All-sky search for short gravitational-wave bursts in the third Advanced LIGO and Advanced Virgo run”, *Phys. Rev. D.*, (2021), Volume 104, 12, article id. 122004.
- [19] B. P. Abbott et al. (The LIGO-Virgo-KAGRA Collaboration ([Y. Kojima](#))), “Search for intermediate-mass black hole binaries in the third observing run of Advanced LIGO and Advanced Virgo”, *Astronomy & Astrophysics* (2022), Volume 659, Issue 1, A84.
- [20] B. P. Abbott et al. (The LIGO-Virgo-KAGRA Collaboration ([Y. Kojima](#))), “Constraints on dark photon dark matter using data from LIGO's and Virgo's third observing run”, *Phys. Rev. D.*, (2022), Volume 105, 6, article id. 063030.
- [21] CHEX-MATE Collaboration, [N. Okabe](#) (51th of 69 others) et al. “The Cluster HERitage project with XMM-Newton: Mass Assembly and Thermodynamics at the Endpoint of structure formation. I. Programme overview”, *A&A*, 650, A104 (2021)
- [22] J. P. Willis, [N. Okabe](#) (25th of 34 others) et al. “Understanding X-ray and optical selection of galaxy clusters: a comparison of the XXL and CAMIRA cluster catalogues obtained in the common XXL-HSC SSP area”, *MNRAS*, 503, 5624 (2021)
- [23] K. Tanaka, R. Fujimoto, [N. Okabe](#) et al. “Signatures of large-scale cold fronts in the optically-selected merging cluster HSC J085024+001536”, *PASJ*, 73, 584 (2021)
- [24] M. Oguri, [N. Okabe](#) (9th of 12 others) et al. “Hundreds of weak lensing shear-selected clusters from the Hyper Suprime-Cam Subaru Strategic Program S19A data”, *PASJ*, 73, 817(2021)
- [25] M. Shirasaki, E. Egami, [N. Okabe](#), S. Miyazaki “Stacked phase-space density of galaxies around massive clusters: comparison of dynamical and lensing masses”, *MNRAS*, 506, 3385 (2021)
- [26] J. S. Gannon, [N. Okabe](#) (9th of 9 others) et al. “Ultra-diffuse galaxies in the perseus cluster: comparing galaxy properties with globular cluster system richness”, *MNRAS*, 510, 946 (2022)
- [27] D. Akino, D. Eckert, [N. Okabe](#) et al. “HSC-XXL: Baryon budget of the 136 XXL groups and clusters”, 2022, *PASJ*.74, 175 (2022)
- [28] S. Shibata, [S. Kisaka](#) “On the Angular Momentum Extraction from the Rotation Powered Pulsars”, *MNRAS* (2021), 507, 1055
- [29] S. Eie et al. ([S. Kisaka](#) 12番目/14人) “Multi-frequency radio observations of the radio-loud magnetar XTE J1810-197”, *PASJ* (2021), 73, 1563

- [30] T. Enoto et al. (S. Kisaka 9番目/26人) “A month of monitoring the new magnetar Swift J1555.2-5402 during an X-ray outburst”, *ApJL* (2021), 920, id L4
- [31] S. Kisaka, A. Levinson, K. Toma, I. Niv “The response of black hole spark gaps to external changes: A production mechanism of rapid TeV flares?”, *ApJ* (2022), 924, id 28
- [32] R. Yamazaki et al. (S. Kisaka 22番目/52人) “High-power laser experiment forming a supercritical collisionless shock in a magnetized uniform plasma at rest”, *Physical Review E*, 105, 025203, (2022)

著書, 総説

木坂将大, 榎戸輝揚, 「かにパルサーの秘密の煌めき」, 小さな天文学者の会会報, No. 89, p 8-14, 2021 年

著作

該当無し

国際会議

(招待講演)

- [1] S. Kisaka “The electromagnetic cascade in neutron star and black hole magnetospheres”, The International Conference on High Energy Density Science (HEDS2021), 2021年4月19日-21日, オンライン, 参加者約80名

(依頼講演)

- [1] N. Okabe “HSC overview” Joint XXL-HSC meeting, 2021 年 7 月 12 日-13 日, Online, (国際コラボレーションミーティング, 参加者約 30 名)
- [2] N. Okabe “HSC cluster overview” Joint XXL-HSC meeting, 2021 年 7 月 12 日-13 日, Online, (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 “Baryon Budgets in the XXL clusters” Joint XXL-HSC meeting, 2021 年 7 月 12 日-13 日, Online, (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 “Cluster Working Group”, HSC-SSP collaboration meeting, 2022 年 2 月 24 日-3 月 2 日, Online, (国際コラボレーションミーティング, 参加者約 100 名)

(一般講演)

- [1] S. Kisaka “The response of black hole spark gaps to external changes: A production mechanism of rapid TeV flares?”, Black Hole Astrophysics with VLBI 2022, 2022年2月7日-9日, オンライン, 参加者約90名

国内学会

(一般講演)

- [1] 小島康史: 「磁気中性子星におけるクラストの弾性力は有効か」 日本天文学会 2021 年秋季年会 (2021 年 9 月 13 日-15 日, オンライン)
- [2] 小島康史: 「中性子星の表層クラストの弾性力で支えられた磁場」 日本天文学会 2022 年春季年 (2022 年 3 月 3 日-5 日, オンライン)

- [3] 小島康史：「中性子星のクラストの弾性力で支えられた磁場構造と強度」日本物理学会 第 77 回年次大会（2022 年 3 月 15 日-19 日，オンライン）
- [4] 木坂将大：「電波銀河の TeV フレア機構」，第 34 回 理論懇シンポジウム（2021 年 12 月 22 日-24 日，オンライン）参加者約 250 名
- [5] 木坂将大：「低光度 AGN の TeV フレアの起源」，高エネルギー宇宙物理学研究会 2021（2021 年 11 月 24 日-26 日，オンライン）参加者約 90 名
- [6] 木坂将大，Amir Levinson，當真賢二：「低光度 AGN の TeV ガンマ線光度とその時間変動」，日本天文学会 2021 年秋季年会（2021 年 9 月 13 日-15 日，オンライン）参加者約 1350 名
- [7] 木坂将大：「電波-X 線モードチェンジングモデル」，研究会「中性子星・超新星残骸及び関連天体」（2021 年 8 月 20 日，オンライン）参加者約 15 名
- [8] 木坂将大：「Transition of polar cap activity」，～中性子星の観測と理論～ 研究活性化ワークショップ 2021（2021 年 8 月 10 日-12 日，オンライン）参加者約 210 名

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 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 1 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] 小島康史：物理雑誌 Prog. Theo. Exp. Phys. 編集委員
- [2] N. Okabe：HSC collaboration, cluster working group chair
- [3] N. Okabe：HSC-XXL collaboration, negotiator
- [4] N. Okabe：HSC-eROSITA collaboration, cluster working group coordinator

○講習会・セミナー講師

- [1] 小島康史：グローバルサイエンスキャンパス広島 2021 年 10 月 17 日 広島大学東広島キャンパス 講演授業
- [2] 木坂将大：PSR Bi-Monthly Meeting, 「Magnetospheric gap in black hole magnetosphere」, 2021 年 12 月 11 日 オンライン

○SSHセミナー，講演会開催実績，講習会

- [1] 木坂将大：「謎の突発現象，高速電波バースト」，SSH 事業「総合科学」特別講義，広島大学附属中学校・高等学校，2021 年 11 月 1 日，参加者約 200 名

国際共同研究・国際会議開催実績

該当無し

国内研究会開催

- [1] 木坂将大, 他:「～中性子星の観測と理論～ 研究活性化ワークショップ 2021」, 2021年8月10日-12日, 参加者約210名, 主催(オンライン)
- [2] 木坂将大, 小嶋康史:「相対論的プラズマ物理学と高エネルギー天体現象 2022」, 2022年3月27日-28日, 参加者約10名, 主催(東広島キャンパス)

○各種研究員と外国人留学生の受入状況

- [1] 小嶋康史: 南岳(大学院D3) (山本一博転出による受け入れ変更)
- [2] 小嶋康史: Ar Rohim(大学院D3) (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] 小嶋康史: 科学研究費補助金, 基盤研究(C)「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」(2019年度～2022年度, 代表, 2021年度960千円)
- [2] 小嶋康史: 科学研究費補助金, 新学術領域研究 重力波物理学・天文学: 創世記(2017～2021年度, 分担, 2021年度1,300千円)
- [3] 岡部信広: 国際共同研究加速基金(国際共同研究強化(B))「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～2024年度, 代表, 2021年度1,200千円)
- [4] 岡部信広: 基盤研究(C)「高角度分解能SZ効果とX線ジョイント解析による銀河団ガス物理の解明」(2020年度～2022年度, 代表, 2021年度800千円)
- [5] 木坂将大: 科学研究費補助金, 基盤研究(B)「中性子星種族の多様性とそれを作り出す中性子星磁気圏の多様性・変動性の起源の解明」(2018-2021年度, 分担, 2021年度450千円)
- [6] 木坂将大: 科学研究費補助金, 若手研究「ブラックホール磁気圏での電磁カスケード現象の解明」(2019-2021年度, 代表, 2021年度1,100千円)
- [7] 木坂将大: 科学研究費補助金, 基盤研究(B)「強磁場高密度天体で探るアクシオン暗黒物質」(2021-2024年度, 分担, 2021年度800千円)
- [8] 木坂将大: 大阪大学レーザー科学研究所共同利用研究「高速電波バースト解明のためのコヒーレント放射条件と誘導放射条件の実験的検証に向けた理論検討」(2021年度, 代表, 80千円)

○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。2021年はLHC加速器の第2期長期停止期間最終年にあたり、2022年からの第3期運転に向けて検出器の大幅な高度化を遂に完了した。特にALICE実験の主要な検出器高度化計画である前方ミュオン粒子飛跡検出器MFTの開発建設導入を、フランスなどの研究機関およびCERN研究所と連携して進めた。前方領域におけるミュオン粒子を用いた新測定や高精度測定を実現する要となる検出器である。併せて2015年から2018年の第2期運転で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。同実験における検出器制御系の設計開発と大規模加速器実験のデータ収集スキームの考察により、山川皓生が2022年3月に広島大学から博士（理学）の学位を取得した。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は2016年にデータ収集完了済であるが、継続的な物理解析に基づき国際共同実験共著として査読学術論文5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も、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の理論的解明に向け、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。

2021年度の受賞などを纏める。志垣賢太教授が本学「特に優れた研究を行う教授職」に認定された。大学院博士課程後期学生2名（大矢元海、桐田勇利）が本学大学院リサーチフェローシップ（量子分野）に、同前期学生1名（徳本涼香）が本学女性科学技術フェローシップ制度「理工系女性M2奨学生」に、各々採用された。大学院博士課程後期学生2名（大矢元海、桐田勇利）と同前期学生1名（徳本涼香）が先進理工系科学研究科学術奨励賞を、学部卒業研究生2名（西田慧、羽佐田拓海）が理学部物理学科卒業論文発表優秀賞を、各々受賞した。大学院博士課程前期学生1名（徳本涼香）が本学マイクロン科学技術奨学金を、同1名（江島廉）が理学部博士課程後期進学奨励金を、各々授与された。

志垣賢太教授は、上述のMFT検出器の制御系統括責任を山口准教授に委譲し、2022年から開始するALICE実験第3期運転の物理データ解析準備に従来以上に重点を置いた。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、新規解析フレームワークへの移行推進と併せ、同検出器を用いるカイラル対称性回復現象の探索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定量的物理検討を進めた。科研費新学術領域研究計画研究および科研費基盤研究（A）の代表者、日仏素粒子物理学研究所実施事業の日本側代表者として、研究を展開している。日本国内では、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、量子色力学相図の有限密度領域で物質質量起源に迫る点でALICEおよびPHENIX実験と相補的な共同実験研究を進めた。日本物理学会実験核物理領域副代表、同領域プログラム委員、核物理委員、高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所研究計画委員などを務めた。教育面では、大学院博士課程後期学生3名、同前期学生4名、学部卒業研究生1名を指導し、上述の博士（理学）1名、修士（理学）2名、学士（理学）1名を輩出した。2021年10月より大学院博士課程前期に外国人留学生1名を受入れ

た。

山口頼人准教授は、上述のMFT検出器の制御運用統括者として、2022年稼働に向けた制御系開発と試験運転を牽引している。制御系は同検出器の通常運転の円滑運用の要であり、検出器状態を常時監視することで異常検出による安全装置起動を行う。日々の運用試験を通して、より効率的かつ穴のないシステム構築を進めた。2020年度に引き続きCovid-19により現地訪問は困難であったが、現地研究者の協力を得て、遠隔操作による実機を用いた試験運転を実施した。また、ALICE実験第2期運転データを用いたsクォークを複数含む複ストレンジダイバリオン探索を推進した。2バリオン束縛系は重陽子以外に見つかっておらず、複ストレンジダイバリオンは2バリオン間結合エネルギーという他測定では得られない知見をもたらし、フレーバーSU(3)空間におけるバリオン間相互作用の理解を大きく促す。2021年度は陽子・陽子、陽子・鉛原子核衝突データでの2バリオン質量分布中における信号有意度を統計的仮説検定により初めて評価した。今回の探索は限られた信号幅領域での探索であり、系統誤差評価などより詳細な解析が必要である。最終的な信号有意度評価に向けて引き続き研究を進める。さらに、次世代実験における主要技術である大容量データ高速処理及びデータ伝送技術開発を睨み、汎用CPU内蔵型FPGAチップ搭載回路を用いて基礎開発を行っている。同技術は物理実験だけでなく産業・工業利用への応用が可能のため、同技術開発をサイエナジー社、長崎総合科学大学の浜垣特命教授、大山教授と産学連携共同研究により進めた。上記の研究は大学院博士課程後期学生1名、同前期学生1名、学部卒業研究生1名と共に行った。

本間謙輔准教授は、宇宙の暗黒成分の源となり得る光と弱く結合するsub-eV質量領域にある未知素粒子の、誘導共鳴光子散乱（真空内四光波混合）過程を介した探索を目指し、欧州連合の超高強度レーザーを用いるExtreme Light Infrastructureプロジェクト(ELI)の原子核部門(ELI-NP)および京都大学化学研究所において中規模のレーザーを用いた探索実験を推進した。これら一連の研究計画について、科研費基盤研究(A)に採択された。国際共同探索実験SAPPHIRESとしての初探索結果についてELIの研究者らと共に公表し、この論文について広島大学から報道発表した。その後、日本経済新聞やマイナビに記事が掲載され、国際共同研究を国内に周知するに至った。さらに、探索をeV質量領域の未知粒子へ拡張するための光学系の設計・試作の上で、予備的探索を実施した。加えて、質量がsub- μeV にあり得る暗黒エネルギー源の探索を目指し、GHz帯域のマイクロ波源として、クライストロンを用いた真空内四光波混合探索実験のための将来計画についてSpring8-SACLAの研究者らと議論を開始した。これらの関連し合う成果は複数の国際/国内会議にて報告した。以上の研究課題を通じ、大学院博士課程後期学生1名、同前期学生1名および学部卒業研究生1名の研究を指導した。

三好隆博助教は、宇宙プラズマ物理学に関する理論・シミュレーション研究及びプラズマ流体模型に対する先進的数値解法の研究開発を広く推進するとともに、プラズマ物理学と高エネルギー原子核物理学の新たな学際領域の開拓を目指す。太陽大気磁場構造の推定のため、米国ニュージャージー工科大井上助教、名大ISEE草野教授、JAXA/ISAS鳥海トップヤングフェローと共同で、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磁気流体力学緩和法の開発を進めている。特に2021年度は、磁場に関するガウスの法則を厳密に満足する磁気流体力学緩和法の開発に着手した。併せて、磁気流体力学方程式に対する先進的数値解法の研究開発をJAMSTEC 震島研究員と進めている。2021年度は、全マッハ数領域において高精度かつ頑強な新たな近似リーマン解法を開発し、学術論文として公表した。

また、プラズマ物理学の基礎的研究として、プラズマ爆発現象の最重要物理過程である磁気リコネクションについても、神戸大銭谷特命准教授と共同研究を行っている。さらには、高エネルギー原子核物理学、宇宙・天体プラズマ物理学にまたがる学際領域の創生を目指し、本学の野中教授、駒澤大高橋講師、名大中村大学院生らと議論を深めている。2021年度は、非相対論的カイラル磁気流体力学の線形解析を進めるとともに、新たにMilne座標系における相対論的抵抗性磁気流体模型の構築を開始した。これら共同研究に関連し、大学院博士課程前期学生1名、学部卒業研究生1名を指導した。

八野哲助教は、上述のALICE実験において物質の質量獲得機構や物質の階層構造の解明に向けた研究を進めた。上述のMFT検出器の導入により、ミュー粒子対質量分解能が向上し、物質質量の起源の解明に繋がる「カイラル対称性の回復によるハドロン質量の変化」の測定が可能になる。特に同検出器のソフトウェア開発を牽引し、同検出器のデータベースソフトウェアの構築、データ再構成手法の開発、データ解析の準備を進めた。具体的には、データ取得時の検出器状態パラメータをリアルタイムで測定し、各パラメータをデータベースへ保存するソフトウェアの開発、機械学習を応用した新しい飛跡再構成アルゴリズムの開発を行った。2022年11月に計画している鉛+鉛衝突実験に向けた準備は万全である。

原著論文

- [1] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Prompt D^0 , D^+ , and D^{*+} production in Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, 10.1007/JHEP01(2022)174, JHEP 01, 174, 2022.
- [2] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Measurement of inclusive charged-particle b-jet production in pp and p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, 10.1007/JHEP01(2022)178, JHEP 01, 178, 2022.
- [3] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Production of light (anti)nuclei in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV”, 10.1007/JHEP01(2022)106, JHEP 01, 106, 2022.
- [4] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Inclusive J/ψ production at midrapidity in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV”, 10.1140/epjc/s10052-021-09873-4, Eur. Phys. J. C, 81, 12, 1121, 2021.
- [5] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Measurement of the groomed jet radius and momentum splitting fraction in pp and Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, 10.1103/PhysRevLett.128.102001, Phys. Rev. Lett., 128, 10, 102001, 2022.
- [6] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “ K_S^0 - and (anti-) Λ -hadron correlations in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV”, 10.1140/epjc/s10052-021-09678-5, Eur. Phys. J. C 81, 10, 945, 2021.
- [7] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Anisotropic flow of identified hadrons in Xe-Xe collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.44$ TeV”, 10.1007/JHEP10(2021)152, JHEP 10, 152, 2021.
- [8] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Measurement of Prompt D^0 , Λ_c^+ , and $\Sigma_c^{0,++}$ (2455) Production in Proton–Proton Collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV”, 10.1103/PhysRevLett.128.012001, Phys. Rev. Lett., 128, 1, 012001, 2022.
- [9] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Charm-quark fragmentation fractions and production cross section at midrapidity in pp collisions at the LHC”, 10.1103/PhysRevD.105.L011103, Phys. Rev. D 105, 1, L011103, 2022.
- [10] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Charged-particle multiplicity fluctuations

- in Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV”, 10.1140/epjc/s10052-021-09784-4, Eur. Phys. J. C 81, 11, 1012, 2021.
- [11] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Experimental Evidence for an Attractive p - ϕ Interaction”, 10.1103/PhysRevLett.127.172301, Phys. Rev. Lett., 127, 17, 172301, 2021.
- [12] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Measurement of the production cross section of prompt Ξ_c^0 baryons at midrapidity in pp collisions at $\sqrt{s} = 5.02$ TeV”, 10.1007/JHEP10(2021)159, JHEP 10, 159, 2021.
- [13] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Kaon–proton strong interaction at low relative momentum via femtoscopy in Pb–Pb collisions at the LHC”, 10.1016/j.physletb.2021.136708, Phys. Lett. B, 822, 136708, 2021.
- [14] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “First measurements of N-subjettiness in central Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV”, 10.1007/JHEP10(2021)003, JHEP 10, 003, 2021.
- [15] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Production of Λ and K_S^0 in jets in p–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=5.02$ TeV and pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV”, 10.1016/j.physletb.2022.136984, Phys. Lett. B, 827, 136984, 2022.
- [16] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Energy dependence of ϕ meson production at forward rapidity in pp collisions at the LHC”, 10.1140/epjc/s10052-021-09545-3, Eur. Phys. J. C, 81, 8, 772, 2021.
- [17] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Nuclear modification factor of light neutral-meson spectra up to high transverse momentum in p–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=8.16$ TeV”, 10.1016/j.physletb.2022.136943, Phys. Lett. B, 827, 136943, 2022.
- [18] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Measurement of beauty and charm production in pp collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV via non-prompt and prompt D mesons”, 10.1007/JHEP05(2021)220, JHEP 05, 220, 2021.
- [19] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Measurements of mixed harmonic cumulants in Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, 10.1016/j.physletb.2021.136354, Phys. Lett. B, 818, 136354, 2021.
- [20] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “First measurement of the $|t|$ -dependence of coherent J/ψ photonuclear production”, 10.1016/j.physletb.2021.136280, Phys. Lett. B, 817, 136280, 2021.
- [21] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Coherent J/ψ and ψ' photoproduction at midrapidity in ultra-peripheral Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, 10.1140/epjc/s10052-021-09437-6, Eur. Phys. J. C, 81, 8, 712, 2021.
- [22] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Long- and short-range correlations and their event-scale dependence in high-multiplicity pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV”, 10.1007/JHEP05(2021)290, JHEP 05, 290, 2021.
- [23] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Production of pions, kaons, (anti-)protons and ϕ mesons in Xe–Xe collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.44$ TeV”, 10.1140/epjc/s10052-021-09304-4, Eur. Phys. J. C, 81, 7, 584, 2021.
- [24] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Multiharmonic Correlations of Different Flow Amplitudes in Pb-Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV”, 10.1103/PhysRevLett.127.092302, Phys. Rev. Lett., 127, 9, 092302, 2021.

- [25] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “First measurement of coherent ρ^0 photoproduction in ultra-peripheral Xe–Xe collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.44$ TeV”, 10.1016/j.physletb.2021.136481, Phys. Lett. B, 820, 136481, 2021.
- [26] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Inclusive heavy-flavour production at central and forward rapidity in Xe-Xe collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.44$ TeV”, 10.1016/j.physletb.2021.136437, Phys. Lett. B, 819, 136437, 2021.
- [27] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “ Υ production and nuclear modification at forward rapidity in Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, 10.1016/j.physletb.2021.136579, Phys. Lett. B, 822, 136579, 2021.
- [28] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “ Λ_c^+ production in pp and in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, 10.1103/PhysRevC.104.054905, Phys. Rev. C, 104, 5, 054905, 2021.
- [29] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Jet-associated deuteron production in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV”, 10.1016/j.physletb.2021.136440, Phys. Lett. B, 819, 136440, 2021.
- [30] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Jet fragmentation transverse momentum distributions in pp and p-Pb collisions at \sqrt{s} , $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, 10.1007/JHEP09(2021)211, JHEP 09, 211, 2021.
- [31] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Production of muons from heavy-flavour hadron decays at high transverse momentum in Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ and 2.76 TeV”, 10.1016/j.physletb.2021.136558, Phys. Lett. B, 820, 136558, 2021.
- [32] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “ Λ_c^+ Production and Baryon-to-Meson Ratios in pp and p-Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV at the LHC”, 10.1103/PhysRevLett.127.202301, Phys. Rev. Lett., 127, 20, 202301, 2021.
- [33] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Pseudorapidity distributions of charged particles as a function of mid- and forward rapidity multiplicities in pp collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02, 7$ and 13 TeV”, 10.1140/epjc/s10052-021-09349-5, Eur. Phys. J. C, 81, 7, 630, 2021.
- [34] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Soft-Dielectron Excess in Proton-Proton Collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV”, 10.1103/PhysRevLett.127.042302, Phys. Rev. Lett., 127, 4, 042302, 2021.
- [35] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Elliptic Flow of Electrons from Beauty-Hadron Decays in Pb-Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, 10.1103/PhysRevLett.126.162001, Phys. Rev. Lett., 126, 16, 162001, 2021.
- [36] © S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “ ΛK femtoscopy in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV”, 10.1103/PhysRevC.103.055201, Phys. Rev. C, 103, 5, 055201, 2021.
- [37] © U. A. Acharya, K. Homma, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Transverse-single-spin asymmetries of charged pions at midrapidity in transversely polarized p+p collisions at $\sqrt{s}=200$ GeV”, 10.1103/PhysRevD.105.032003, Phys. Rev. D **105**, 032003, 2022.
- [38] © U. A. Acharya, K. Homma, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Systematic study of nuclear effects in p + Al, p + Au, d + Au, and $^3\text{He} + \text{Au}$ collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV using π^0 production”, 10.1103/PhysRevC.105.064902, Phys. Rev. C **105**, 064902, 2022.
- [39] © U. A. Acharya, K. Homma, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Transverse single spin asymmetries of forward neutrons in p + p, p + Al, and p + Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV as

a function of transverse and longitudinal momenta”, 10.1103/PhysRevD.105.032004, *Phys. Rev. D* **105**, 032004, 2022.

- [40] © U. A. Acharya, K. Homma, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Kinematic dependence of azimuthal anisotropies in p + Au, d + Au, and 3He + Au at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV”, 10.1103/PhysRevC.105.024901, *Phys. Rev. C* **105**, 024901, 2022.
- [41] © U. A. Acharya, K. Homma, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Probing Gluon Spin-Momentum Correlations in Transversely Polarized Protons through Midrapidity Isolated Direct Photons in p[†] + p Collisions at $\sqrt{s} = 200$ GeV”, 10.1103/PhysRevLett.127.162001, *Phys. Rev. Lett.* **127**, 162001, 2021.
- [42] K. Homma, Y. Kirita, F. Ishibashi, *et al.*, “Search for sub-eV axion-like resonance states via stimulated quasi-parallel laser collisions with the parameterization including fully asymmetric collisional geometry”, 10.1007/JHEP12(2021)108, *Journal of High Energy Physics* **12**, 108, 2021.
- [43] K. Homma, Y. Kirita, F. Ishibashi, “Perspective of Direct Search for Dark Components in the Universe with Multi-Wavelengths Stimulated Resonant Photon-Photon Colliders”, 10.3390/universe7120479, *Universe* **7** (2021) 12, 479.
- [44] T. Minoshima, T. Miyoshi, “A low-dissipation HLLD approximate Riemann solver for a very wide range of Mach numbers”, 10.1016/j.jcp.2021.110639, *J. Comput. Phys.* **446**, 110639, 2021.

国際会議

(招待講演)

- [1] K. Homma, “Perspective of direct search for dark components in the Universe with multi-wavelengths photons”, Nuclear Photonics 2020 (2021.6.9, online)
- [2] K. Homma, *et al.*, “Search for Sub-eV Axion-Like Resonance States via Stimulated Quasi-Parallel Laser Collisions with the Parameterization Including Fully Asymmetric Collisional Geometry”, 29th ANNUAL INTERNATIONAL LASER PHYSICS WORKSHOP (2021.7.22, online)
- [3] K. Homma, “Probing dark components in the Universe with high-intensity lasers”, ELI Summer School 2021 (2021.8.26, online)
- [4] K. Homma, “Probing weakly coupling pseudo Nambu-Goldstone bosons with stimulated resonant photon-photon colliders”, 2nd IIT Bombay-Hiroshima workshop for Frontiers of Astro-Particle Physics (2021.10.27, online)

(依頼講演)

該当無し

(一般講演)

- [1] K. Homma, “Stimulated radar collider for probing gravitationally weak coupling pseudo Nambu-Goldstone bosons”, 16th Patras Workshop on Axions, WIMPs and WISPs (2021.6.14, online)
- [2] S. Zenitani, T. Miyoshi, “Plasmoid-dominated turbulent reconnection in a low- β plasma”, AOGS2021 (2021.8.1-6, online)
- [3] K. Kimura, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Detection feasibility evaluation of ultra-intense magnetic field with dimuons at ALICE in Runs 2 and 3”, The 8th Asian Triangle Heavy-Ion Conference (2021.11.6, online)
- [4] R. Tokumoto, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Dibaryon searches and future prospects

in the ALICE experiment”, The 8th Asian Triangle Heavy-Ion Conference (2021.11.9, online)

国内学会

(招待講演)

- [1] 志垣賢太：『高エネルギー重イオン衝突』の物理と探針の潮流，第7回 J-PARC-HI の物理を語る夕べ (2021.10.22, オンライン)

(依頼講演)

- [1] 八野 哲：Heavy quark and quarkonia (重イオン衝突におけるダイナミクス・時空発展の統合的理解に向けた理論・実験共同研究会, 2021.9.24, オンライン)
- [2] 八野 哲：Low mass dimuon in heavy ion collisions (第7回「量子クラスターで読み解く物質の階層構造」ワークショップ, 2021.12.27-28, 東北大学)

(一般講演)

- [1] 本間謙輔, 石橋迪也, 桐田勇利: Liviu Neagu, Ovidiu Tesileanu, 他 SAPPHIRES collaboration, 対称入射衝突系 3 レーザービーム誘導共鳴散乱によるアクシオン探索の可能性, 日本物理学会 2021 年秋季大会 (2021.9.17, オンライン)
- [2] 本間謙輔, 石橋迪也, 桐田勇利: 3 つのパルスレーザービーム誘導共鳴散乱による軽い暗黒物質探索の可能性, レーザー学会 学術講演会 第 42 回年次大会 (2022.1.14, オンライン)
- [3] 三好隆博, 井上 諭, 鳥海 森, 草野完也: MHD 緩和法に対する無発散スキーム, 日本地球惑星科学連合 2021 年大会 (2021.5.30-6.6, オンライン)
- [4] 三好隆博, 井上 諭, 鳥海 森, 草野完也: Constrained-Transport 法を用いた磁気流体力学緩和法の開発, 日本天文学会 2021 年秋季年会 (2021.9.13-15, オンライン)
- [5] 三好隆博, 井上 諭, 草野完也: 磁気流体力学緩和法による太陽大気磁場の再構成: 無発散スキームの開発, プラズマシミュレータシンポジウム 2021 (2021.9.16-17, オンライン)
- [6] 三好隆博: カイラルプラズマ不安定性に対する背景磁場効果, 日本物理学会 2021 年秋季大会 (2021.9.20-23, オンライン)
- [7] 徳本涼香: ALICE 実験におけるダイバリオン探索に向けた基礎解析, 第 32 回 Heavy Ion Pub 研究会 (2021.5.28, オンライン)
- [8] 木村健斗: ALICE 実験における高強度磁場探索に向けた直接仮想光子の統計量評価, 第 33 回 Heavy Ion Pub 研究会 (2021.6.4, オンライン)
- [9] ◎木村健斗, 志垣賢太, 八野 哲, 山口頼人, 他: ALICE 実験 μ 粒子対測定を用いた生成強磁場検出に向けた統計的有意性評価, 日本物理学会 2021 年秋季大会 (2021.9.16, オンライン)
- [10] ◎江島 廉, 志垣賢太, 八野 哲, 山口頼人, 他: ALICE 実験 Run 3 における前方 μ 粒子飛跡再構成の特徴量エンジニアリング, 日本物理学会 2021 年秋季大会 (2021.9.16, オンライン)
- [11] ◎大矢元海, 志垣賢太, 八野 哲, 山口頼人, 他: LHC パイロットビームにおける ALICE 実験前方ミュオン粒子飛跡検出器を用いた試験的測定, 日本物理学会第 77 回年次大会 (2022.3.15, オンライン)
- [12] ◎伊藤 友, 志垣賢太, 八野 哲, 山口頼人: ALICE 実験 Run 3 データ解析に向けた μ

- 粒子検出効率の評価手法, 日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022.3.18, オンライン)
- [13] 桐田勇利, 本間謙輔, 石橋迪也, 井上峻介, 橋田昌樹, 阪部周二, Y. Nakamiya, L. Neagu, O. Tesileanu 他 SAPPHIRES collaboration: レーザーによる sub-eV 領域 ALP の超高感度探索に向けた高背景光量下での解析, 日本物理学会 2021 年秋季大会 (2021.9.17, オンライン)
- [14] 桐田勇利, 信廣晃秀, 平原祐輔, 本間謙輔, 尾崎堯弥, 石橋迪也, 井上峻介, 橋田昌樹, 阪部周二, Y. Nakamiya, L. Neagu, O. Tesileanu 他 SAPPHIRES collaboration: 真非対称衝突を含めた準平行系光子光子散乱の定式化に基づいた sub-eV 質量領域アクシオンの粒子の探索, レーザー学会 学術講演会 第 42 回年次大会 (2022.1.14, オンライン)
- [15] 桐田勇利, 羽佐田拓海, 橋田昌樹, 本間謙輔, 井上峻介, 石橋迪也, Y. Nakamiya, L. Neagu, M. Rosu, 阪部周二, O. Tesileanu 他 SAPPHIRES collaboration: 高強度誘導光子散乱による ALP 探索に向けた真空下レーザー集光転送系の設計と試作, 日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022.3.17, オンライン)
- [16] 石橋迪也, 本間謙輔, 桐田勇利: 真空内四光波混合実験における高背景光量決定のための PMT 較正法, 日本物理学会 2021 年秋季大会 (2021.9.17, オンライン)
- [17] 石橋迪也, 本間謙輔, 桐田勇利: 3 つのパルスレーザービーム誘導共鳴散乱による eV 質量域アクシオン探索に向けた衝突系の構築, レーザー学会 学術講演会 第 42 回年次大会 (2022.1.14, オンライン)
- [18] 石橋迪也, 羽佐田拓海, 本間謙輔, 桐田勇利, 橋田昌樹, 升野振一郎: 3 つのパルスレーザー誘導共鳴散乱による ALP 探索に向けた超短パルスの時空間同期手法の検証, 日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022.3.15, オンライン)
- [19] 羽佐田拓海, 石橋迪也, 桐田勇利, 本間謙輔: 3 つのパルスレーザー誘導共鳴散乱による ALP 探索へむけた衝突エネルギー連続的走査可能な衝突系の設計と試作, 日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022.3.15, オンライン)
- [20] 銭谷誠司, 三好隆博: プラズモイド型乱流リコネクションの磁気流体シミュレーション, STE シミュレーション研究会 (2021.9.6-8, オンライン)
- [21] ◎中村 幸, 高橋博之, 三好隆博, 野中千穂: 相対論的抵抗性電磁流体を用いた高エネルギー原子核衝突実験の解析, 日本物理学会第 77 回年次大会 (2022.3.15-19, オンライン)

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 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 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 6 件

セミナー・講演会開催実績

- [1] 志垣賢太：第32回 Heavy Ion Pub 研究会（オンライン，2021年5月12日）世話人
- [2] 志垣賢太：第33回 Heavy Ion Pub 研究会（オンライン，2021年6月4日）世話人
- [3] 志垣賢太：第34回 Heavy Ion Pub 研究会（オンライン，2021年11月12日）世話人

社会活動・学外委員

（学協会委員）

- [1] 志垣賢太：日本物理学会実験核物理領域副代表
- [2] 志垣賢太：日本物理学会実験核物理領域プログラム委員
- [3] 志垣賢太：核物理委員会委員
- [4] 志垣賢太：高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所研究計画委員
- [5] 志垣賢太：高温高密度QCD物質オープンフォーラム 世話人
- [6] 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
- [7] 志垣賢太：日本学術振興会 特別研究員等審査会専門委員
- [8] 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
- [9] 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
- [10] 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] 志垣賢太：宇宙の始まり 物質の謎 重さの起源 ～ クォーク・グルーオン・プラズマの物理 ～（新学術領域研究科学講演会，2022.1.8，オンライン）
- [2] 本間謙輔：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の構想 -未知素粒子群発見の突破口を開けるか？-(SACLA セミナー，2021.9.27, 兵庫県佐用郡 SACLA)

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，山口頼人，本間謙輔：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，八野 哲：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）
- [4] 三好隆博：観測データ駆動シミュレーションによる太陽フレア発現機構の調査（米国ニューヨーク工科大学）

（国際会議開催）

- [1] 志垣賢太：Asian Triangle Heavy Ion Conference 2021国際諮問委員（2021.11.5-9，韓国・仁荷大学 + オンライン）

高大連携事業への参加状況

- [1] 本間謙輔：暗黒成分の正体は？（広島県立広高等学校出前授業，2021.10.20，オンライン）

研究助成金の受入状況（科学研究費補助金は直接経費金額）

- [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（2021年度，17,600千円）「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：科学研究費補助金，基盤研究（A）（2021年度，7,300千円）「至高エネルギー原子核衝突におけるミュー粒子測定：運動学領域と測定技術の新たな邂逅」代表
- [3] 志垣賢太：日仏素粒子物理学研究所，2018年度実施課題（2021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
- [4] 山口頼人：国際共同研究加速基金，国際共同研究強化（B）（2021年度，700千円）「次世代高輝度重イオン衝突実験がもたらすストレンジネス核物理の新展開」分担
- [5] 本間謙輔：科学研究費補助金，基盤研究（A）（2021年度，8,400千円）「レーザー誘導共鳴散乱によるXENON1T超過事象のアクシオンの解釈の検証」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（2021年度，1,400千円）「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（C）（2021年度，700千円）「学際領域を切り拓く相対論的磁気流体力学に対する高解像度数値解法の開発」代表
- [8] 三好隆博：科学研究費補助金，基盤研究（S）（2021年度，150千円）「高エネルギー原子核衝突実験の理解に基づく超高温QCD物質・QCD相転移現象の解明」分担
- [9] 三好隆博：科学研究費補助金，基盤研究（B）（2021年度，150千円）「LHC鉛原子核衝突：フォトンで探る極初期状態（initial stage）」分担
- [10] 八野 哲：科学研究費補助金，若手研究（2021年度，1,600千円）「LHC加速器の陽子＋陽子衝突におけるカイラル対称性の回復現象の探索」代表
- [11] 八野 哲：科学研究費補助金，基盤研究（A）（2021年度，500千円）「至高エネルギー原子核衝突におけるミュー粒子測定：運動学領域と測定技術の新たな邂逅」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3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，赤外線衛星による観測などを柱として活動を行った。加えて，新しく助教として迎えた須田氏を中心にTeVガンマ線望遠鏡に関する活動を本格化させた。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，博士論文2編（内田，今里），修士論文4編（今澤，濱田，間，森），卒業論文7編（阪本，佐崎，中西，丹羽，橋爪，堀，森下）を発表した。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。

[フェルミ衛星，CTA/MAGIC望遠鏡によるガンマ線観測を基軸とした研究]

フェルミ衛星は，打ち上げから14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・潮汐力突発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、対応する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。

ジェット天体である電波銀河について、61個の電波銀河についてガンマ線光度関数、背景ガンマ線放射への寄与、多波長の特徴を系統的に調べ、なぜガンマ線で明るいのか、ジェットを正面から見ているブレイザー天体との関係はどうかなどをまとめ、論文発表した(深沢)。また、これらの電波銀河について、X線の観測データを集めて系統的な解析を行い、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た(眞武)。さらに、ガンマ線で明るい電波銀河と暗い電波銀河について、X線のスペクトルに違いが無いのか調べ、ガンマ線で暗いものは吸収が多くみられるのに対し、ガンマ線で明るいものは、ほとんど吸収を示さないことがわかり、論文投稿した(樫木)。また、電波銀河の中でガンマ線で明るいM87のX線短時間変動を見つけ、HST-1という中心核から離れた場所でもTeV電子が加速されている示唆を得て、論文発表した(今澤)。ブレイザー天体BL Lacがガンマ線で歴史的に明るくなったため、かなた望遠鏡で詳細観測を継続し、長期間、短時間の変動で興味深い結果を得た。同時に、MAGIC望遠鏡とフェルミのTeV/GeVのガンマ線との相関を調べている(今澤, 間)。

昨今重要性が増しつつある宇宙高エネルギーニュートリノ天体の解明に向けて、フェルミ衛星データによるフォローアップ解析システムの整備を進めるとともに、かなた望遠鏡によるフォローアップ観測の即時データ解析システムの整備を進め、間修論としてまとめられた。また、ニュートリノ天体候補のブレイザーについて、フェルミで検出されていないX線ブレイザー天体に関するスタック解析を行い、GeVガンマ線での平均的な明るさを制限し、森下卒論としてまとめた。

フェルミ衛星はその広い視野を生かし、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。令和3年度はHI 21cm線のラインプロファイルを用いて宇宙線・星間ガス分布を精度よく測定する研究に取り組んだ。MBM53-55分子雲・Pegasus loop領域に適用し、直接観測と組み合わせた宇宙線スペクトルの制限やdark gasの形態(原子ガス・分子ガス)毎の分布の導出を行い、TeVPA国際会議で報告すると共に、原著論文にまとめ投稿した(2022年7月受理)。関連して、Tibet AS-gamma実験の超高エネルギーイベントと高銀緯雲との相関を用い、宇宙線ハローの探査を行う研究に取り掛かった(水野)。

ガンマ線バーストについて、近年発見されたTeVガンマ線放射の研究を進めるため、MAGIC望遠鏡で検出に成功したGRB 201216C (TeVガンマ線望遠鏡で検出した最遠方の天体。z=1.1)と放射の強い兆候を得たGRB 201015Aの解析を行い、論文執筆を進めた(須田)。

北半球で最も感度の高いTeVガンマ線観測の実現を目指し、CTAの大口径望遠鏡の初号基LST1とMAGIC望遠鏡の同時観測データの解析パイプラインの国際開発チームに参加しており、TeVガンマ線の標準光源であるかに星雲のデータを用いて開発を進めた(須田, 今澤修論)。

[Swift衛星, XMM-Newton衛星などの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宇宙物理学研究室の岡部氏の協力のもと進めている。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個の銀河団に系統的な解析を行い、各種物理量をまとめ論文文化を進めた。また、その中であつ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（Poon, 楊）。

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IGR J00362+6122のデータ解析を進めた。詳細解析の結果、過去に報告されていたパルス周期を更新して、より有意なパルス検出結果を得て、軌道周期と光度の相関を出した結果、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、論文発表するとともに、内田D論としてまとめた（内田）。

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したデータと同時観測した電波データを用いて、短時間変動に着目して過去のフレアとの比較も行った。赤外線がジェット由来か降着物質由来かは区別できなかったが、今までにない新しい状態であることがわかった。これは今里D論の一部としてまとめられた（今里）。

XMM-Newtonによる活動銀河核の解析を進め、ブラックホール周辺から駆動されるアウトフローの詳細解析を進め、論文発表した。また、特異な合体銀河Arp229について、合体で誘発された星生成活動に伴う高温ガスの重元素組成で、初めて炭素について制限を与えた。これまでの可視光観測では重い星の超新星が見つかっていなかったが、今回の結果は重い星の超新星から寄与があることを示し、論文発表するとともに、プレスリリースを行った（Mao）。

[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。広島大学からは深沢がサイエンス検討、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、科学運用計画の策定やソフトウェアの検証を取りまとめた。内田はX線精密分光器のチームメンバーとして、各種機器試験にリモート監視当番として参加し、機器性能評価に貢献した。初年度の観測天体リストも策定され、深沢・水野・高橋がいくつかのターゲットのリーダー・サブリーダーとして観測計画の検討を始めた。

初のX線偏光観測衛星IXPEが2021年12月に無事打ち上げられ、1ヶ月のコミッショニング（性能検証）を経て22年1月から観測を開始した。広島大学からは水野がScience Collaboratorとして参加し、代表的なエネルギー天体である「かに星雲・カニパルサー」および超新星残骸 CasAの解析を進めた。また、ブラックホールX線連星の解析に向けた準備も進めた（Zhang）。

日米瑞の国際協力で行っている硬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年の南極フライトに続く今回の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位置調整および較正実験を、SPring-8の硬X線ビームを利用して7月と12月に実施し、高橋、内田、学生が参加した。2022年フライトの予想感度は投稿論文にまとめた。また、CZT検出器の性能評価に関して阪本卒論としてまとめられた。また、数 μm 角のシンチレータのアレイを用いた硬X線偏光検出のため、CMOSセンサーを用いた実験を開始した（榎木）。

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（到来時間差を測定する）、精度よく決めるプロジェクトCAMELOTをチェコ・ハンガリーとの国

際協力で推進している（深沢，高橋，水野）。2021年度末に打ち上げた初号機の運用を，アマチュア無線家にも協力してもらっている。2021年8月にはガンマ線バーストの信号初検出にも成功した（Hiroshima University Update掲載）。2021年10月の太陽フレアが原因でアンテナの1系統が動作不良となり，ガンマ線バーストのデータを正しく地上に転送できない状態にあるが，衛星・装置の動作は確認できており，モニタと復旧作業を続けている。また2022年1月には2号機VZLUSAT-2を打ち上げ，3号機（GRB beta）の製作も進めた。将来のより高感度な観測に向け，MPPC光検出器のタイプの違いによる放射線耐性の違いを，若狭湾エネルギー研究センターの陽子線を用いて比較した。また，関連して，搭載したSiPMの放射線劣化について調べた結果を2つの論文として発表するとともに，今後搭載する可能性のあるGAGGシンチレータについての結果も論文として発表した。さらに，シンチレータの光反射材として金属蒸着を試み性能評価して，丹羽卒論にまとめられた。

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，搭載検出器の重量削減のためにBGOの代わりにプラスチックシンチレータの検討をシミュレーションにより進めた（深沢，内田）。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，アメリカを中心に構想されているMeVガンマ線観測衛星計画AMEGO-Xを中型ミッションカテゴリ（MIDEX）にも提案した。我々も検出器シミュレーションやサイエンス検討に加わり議論に関わった（深沢，須田）。また，1MeV以下のデータ解析（コンプトン再構成）について，我々がひとみ衛星SGDで蓄積したノウハウを用いて再構成アルゴリズムの開発を去年に引き続き進めた。AMEGO-Xでも使用が検討されている新しいタイプのHV-CMOSセンサであるAstroPixの国際開発チームに参加を開始した（深沢，須田）。本年度は，週1回のonline 打ち合わせを続け，新たに試作するセンサについての設計を進めた。同様に，SOI技術を用いたイベント駆動型ピクセル検出器 XRPIXを利用できるか検討するため，京都大学や宮崎大学を中心とする開発チームに参加した（須田，深沢）。宮崎大学において測定技術を学び，広島大学でも設備を整え試験を開始した。センサとしての特性，X線線源に対する応答などを調べ，橋爪卒論としてまとめられた。

[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，東広島天文台の口径1.5m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を実施し，そのデータに基づいた研究を行っている。常設されている観測装置は当グループが主導して開発したものであり，その運用も担当している。観測を実施するのは，主に大学院生とポスドクである。2017年8月以降，ほぼすべての観測を主として東広島キャンパス内からリモートで実施しており，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，同規模の望遠鏡では世界的にもユニークな機能を持つ観測装置が常時装着され，機動性の高い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。2021年度は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が、2021年9月に1か月ほど観測を休みとして望遠鏡の駆動系と望遠鏡・ドームの制御系を一新させ、今後10-15年間にわたる安定運用の礎を整備した。11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る。これは、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表れでもある。2021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X線連星、超新星、高エネルギーニュートリノ源天体、太陽系始原天体が挙げられる。

活動銀河核やX線連星に関しては、BL Lacをはじめとする複数のブレーザー天体の可視近赤外偏光モニターを実施し、ガンマ線やX線のフレアに同期した可視近赤外線光の特徴からブラックホールから噴き出るジェットとその磁場の幾何構造やその活動機構を見出す研究を引き続き行った（笹田，今澤，森修論，間）。

超新星に関しては、近年観測を本格化させた京都大学3.8mせいめい望遠鏡などとの共同観測により、近傍の銀河に現れた明るい超新星を、なるべくその初期段階から後期まで多バンドで密に観測することで、その爆発機構を探ることを目的とした観測が多数実施されている（川端，中岡）。2021年度は、星周物質との衝突起源と考えられる明るい放射を示すII型超新星 SN 2017hccの後期に見いだされた赤外超過成分を、放出物質中で新たに生成されたダスト（固体微粒子）の熱放射で説明する研究が進展したほか（濱田修論）、GRBの起源天体の一つと目される広い吸収線を持つタイプのIc型超新星(broad-lined Type Ic SN) SN 2018ebt の可視近赤外光度曲線とスペクトルの解析から、当該タイプのプロトタイプであるSN 1998bwに匹敵するほどの爆発エネルギーとNi56生成量を持つものの、光度曲線の立ち上がりだけが極端に速く、別の発光起源の存在が示唆されることが見出された（木村修論）。また、かなた望遠鏡とせいめい望遠鏡の観測で見いだされた、外層をはぎとられた重力崩壊型超新星候補 SN 2020aatb, 2020acat, 2020adowの初期の可視測光・分光の結果を元に親星の素性を探った（堀卒論）。

かなた望遠鏡ではこれ以外にも、重力波アラートやIceCubeニュートリノアラートに応じた対応天体探索観測のほか、ガンマ線バースト、各種変光星、ブラックホール連星等の多波長・多モード観測、天の川銀河内の星間偏光サーベイによる銀河磁場構造の観測が行われている（川端，笹田）。また、そのためのデータ解析パイプラインの開発や観測環境の整備、観測装置の開発・保守が行われている。2020年度は、HONIRにおける撮像データに加え、偏光撮像データの自動リダクションパイプラインの整備が進んだ（森修論，中村）。また、突発天体が現れた際に自動的に観測をリスケジュールし観測するためのSmart-Kanataシステムの検討をベース統計の情報理論をもとに進めた（植村，古賀，佐崎卒論）。IceCubeアラートに応じてフェルミ衛星のガンマ線データを自動解析し、関連する情報をウェブページで関係者へ報告するシステムの開発も進められた（間修論）。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（川端，植村，中岡）。昨年度は計4件38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、天文画像データ解析ツールIRAFの合同オンライン講習会を企画し実施するなどしている。2021年度は宇宙科学センターの研究員がその講師を務めた。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、浜松ホトニクスなどとInGaAs検出器の共同開発を進めており、最新ロットの1.3k×1.3kピクセルモデルの性能評価を進めた（川端、中村）。

[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いる（川端）。2020年度はコロナ禍で現地でのハードウェアの修理・整備は叶わなかったほか、現地の電力供給状況が不安定で観測そのものも殆ど行われなかったが、2019年11月に得た試験観測データを用いて装置やサイトの評価およびリモート操作による追観測を実施し、査読論文として公表した。

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（笹田）。2021年3月にはメシエ87(M87)銀河中心にある超巨大ブラックホールのシャドウ（影）の偏波パターンを解析し、磁場構造を見出したとする研究成果が公表した以降も、天の川銀河中心のSgr A*のデータの解析を進めた。

また、遠方のガンマ線バーストを探索する将来衛星HiZ-GUNDAMの開発メンバーとして参加し（川端）、同衛星の赤外線望遠鏡による観測シミュレーションや仕様検討を行った（中西卒論）。

アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計(ALMA)に関し、Co-PIとして参画している宇宙初期の銀河輝線を探るALMA大型プロジェクトREBELSの観測がほぼ完了した（稲見）。本プロジェクトに従事するポスドク研究員も採用し、2021年11月より着任した。ダスト連続波観測データの解析が完了し、筆頭著者論文として2022年中に出版される。また、関連した研究会、ALMAワークショップ「Synergies between ALMA and wide-field high-cadence multi-wavelength surveys」と「南極天文コンソーシアム研究会」を世話人として開催した。

ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡(JWST)の初期科学観測プログラム観測のシミュレーションを行い、実際の観測に備えている。本プロジェクトに従事するポスドク研究員も採用し、2022年4月に着任した。関連して、稲見が実行委員co-chairとして国際研究会 IR2022: An Infrared Bright Future for Ground-based IR Observatories in the Era of JWST をオンライン(一部VR)にて開催した。研究会には288名の参加者があり盛会となった。また、一般向け講演会も開催し、当日の講演はYouTubeにも投稿されている（稲見）。

原著論文

- [1] “The ALMA REBELS survey: the dust content of $z\sim 7$ Lyman break galaxies”, Dayal P., [Inami H.](#) (19th) and 23 colleagues, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, (2022)
- [2] “The ALMA REBELS Survey. Epoch of Reionization giants: Properties of dusty galaxies at $z\sim 7$ ”, Ferrara A., [Inami H.](#) (7th), and 29 colleagues, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, (2022)
- [3] “The REBELS ALMA Survey: cosmic dust temperature evolution out to $z\sim 7$ ”, Sommovigo L., [Inami H.](#) (11th), and 29 colleagues, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, (2022)
- [4] “Kottamia Faint Imaging Spectro-Polarimeter (KFISP): opto-mechanical design, software control

- and performance analysis”, Azzam Y. A., Kawabata K. S. (10th) and 14 colleagues, *Experimental Astronomy*, 53, 45 (2022)
- [5] “B-fields in Star-forming Region Observations (BISTRO): Magnetic Fields in the Filamentary Structures of Serpens Main”, Kwon W., Kawabata K. S. (68th) and 150 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 926, 163 (2022)
- [6] “GOODS-ALMA 2.0: Source catalog, number counts, and prevailing compact sizes in 1.1 mm galaxies”, Gomez-Guijarro C., Inami H. (10th) and 36 colleagues, *Astronomy and Astrophysics*, 658, A43 (2022)
- [7] “Highly Sensitive, Non-cryogenic NIR High-resolution Spectrograph, WINERED”, Ikeda Y., Nakaoka T. (13th) and 25 colleagues, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 134, 015004 (2022)
- [8] “The Variability of the Black Hole Image in M87 at the Dynamical Timescale”, Satapathy K., Sasada M. (200th) and 236 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 925, 13 (2022)
- [9] “Discovery of the Fastest Early Optical Emission from Overluminous SN Ia 2020hvf: A Thermonuclear Explosion within a Dense Circumstellar Environment”, Jiang J.-Jan., Nakaoka T. (16th), Kawabata K. S. (17th) and 28 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 923, L8 (2021)
- [10] “Massive Star Cluster Formation and Destruction in Luminous Infrared Galaxies in GOALS. II. An ACS/WFC3 Survey of Nearby LIRGs”, Linden S. T., Inami H. (13th) and 15 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 923, 278 (2021)
- [11] “Intermediate luminosity type Iax supernova 2019muj with narrow absorption lines: Long-lasting radiation associated with a possible bound remnant predicted by the weak deflagration model”, Kawabata M., Nakaoka T. (4th), Kawabata K. S. (5th) and 23 colleagues, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 73, 1295 (2021)
- [12] “ASASSN-18aan: An eclipsing SU UMa-type cataclysmic variable with a 3.6-hr orbital period and a late G-type secondary star”, Wakamatsu Y., Sasada M. (24th) and 42 colleagues, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 73, 1209 (2021)
- [13] “A hard X-ray view of luminous and ultra-luminous infrared galaxies in GOALS - I. AGN obscuration along the merger sequence”, Ricci C., Inami H. (18th) and 26 colleagues, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 506, 5935 (2021)
- [14] “Normal, dust-obscured galaxies in the epoch of reionization”, Fudamoto Y., Inami H. (10th) and 27 colleagues, *Nature*, 597, 489 (2021)
- [15] “The JCMT BISTRO Survey: An 850/450 μm Polarization Study of NGC 2071IR in Orion B”, Lyo A.-R., Kawabata K. S. (88th) and 148 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 918, 85 (2021)
- [16] “ASASSN-14ms: The Most Energetic Known Explosion of a Type Ib Supernova and Its Physical Origin”, Wang X., Kawabata K. S. (13th) and 15 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 917, 97 (2021)
- [17] ©“Origins of the Long-term Variability of the Near-infrared Emission of the Black Hole X-Ray Binary GRS 1915+105 in the X-Ray Low Luminous State”, Imazato F., Sasada M., Uemura M., and 97 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 916, 114 (2021)
- [18] “A Comparison between Nuclear Ring Star Formation in LIRGs and in Normal Galaxies with the Very Large Array”, Song Y., Inami H. (13th) and 17 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 916, 73 (2021)

- [19] “Event Horizon Telescope observations of the jet launching and collimation in Centaurus A”, Janssen M., Sasada M. (233th) and 266 colleagues, *Nature Astronomy*, 5, 1017 (2021)
- [20] “Measuring the Average Molecular Gas Content of Star-forming Galaxies at $z = 3-4$ ”, Boogaard L. A., Inami H. (10th) and 16 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 916, 12 (2021)
- [21] “Extracting common signal components from the X-ray and optical light curves of GX 339-4: New view for anti-correlation”, Omama T., Uemura M. and 2 colleagues, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 73, 716 (2021)
- [22] “Constraints on black-hole charges with the 2017 EHT observations of M87*”, Kocherlakota P., Sasada M. (200th) and 235 colleagues, *Physical Review D*, 103, 104047 (2021)
- [23] “J-GEM optical and near-infrared follow-up of gravitational wave events during LIGO's and Virgo's third observing run”, Sasada M., and 70 colleagues, *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, 2021, 05A104 (2021)
- [24] “The JCMT BISTRO Survey: Revealing the Diverse Magnetic Field Morphologies in Taurus Dense Cores with Sensitive Submillimeter Polarimetry”, Eswaraiah C., Kawabata K. S. (94th) and 143 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 912, L27 (2021)
- [25] “The ALMA Spectroscopic Survey in the HUDF: A Search for [C II] Emitters at $6 < z < 8$ ”, Uzgil B. D., Inami H. (10th) and 20 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 912, 67 (2021)
- [26] “The Polarized Image of a Synchrotron-emitting Ring of Gas Orbiting a Black Hole”, Narayan R., Sasada M. (201th) and 238 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 912, 35 (2021)
- [27] “Calcium-rich Transient SN 2019ehk in a Star-forming Environment: Yet Another Candidate for a Precursor of a Double Neutron-star Binary”, Nakaoka T., and 22 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 912, 30 (2021)
- [28] “Optical follow-up observation for GW event S190510g using Subaru/Hyper Suprime-Cam”, Ohgami T., Sasada M. (12th) and 14 colleagues, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 73, 350 (2021)
- [29] “Light-curve properties of SN 2017fgc and HV SNe Ia”, Burgaz U., Kawabata K. S. (6th), Nakaoka T. (8th) and 5 colleagues, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 502, 4112 (2021)
- [30] “Implications of High Polarization Degree for the Surface State of Ryugu”, Kuroda D., Kawabata K. S. (14th) and 20 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 911, L24 (2021)
- [31] “Broadband Multi-wavelength Properties of M87 during the 2017 Event Horizon Telescope Campaign”, EHT MWL Science Working Group, J. C. Algaba, Sasada M. (31th) and 744 colleagues, *The Astrophysical Journal*, 911, L11 (2021)
- [32] ©“Simulations of expected signal and background of gamma-ray sources by large field-of-view detectors aboard cubesats”, G. Galgoczi, T. Mizuno (8th), Y. Fukazawa (12th), H. Takahashi (13th), *J. of Astronomical Telescopes, instruments, and Systems*. 7(2), 028004 (2021)
- [33] ©“Detailed design of the science operation for the XRISM mission”, Y. Terada, H. Takahashi (5th), T. Mizuno (7th), Y. Fukazawa (15th), Y. Uchida (36th), *J. of Astronomical Telescopes, instruments, and Systems*. 7(3), 037001 (2021)
- [34] “Polarization measurement of L-shell radiative recombination x rays from highly charged bismuth ions”, N. Numadate, Y. Uchida (8th), *Phys. Rev. A* 105, 023109 (2022)
- [35] “Double-Photon Emission Imaging with High-Resolution Si/CdTe Compton Cameras”, T. Orita,

- Y. Uchida (8th), IEEE Transactions on Nuclear Science, 68(8), 2279, (2021),
- [36] “Transient obscuration event captured in NGC 3227. I. Continuum model for the broadband spectral energy distribution”, Mehdipour M., Mao J. (4th) and 21 people, 2021, Astronomy & Astrophysics, 652, id.A150, 11 pp.
- [37] ©“Elemental Abundances of the Hot Atmosphere of Luminous Infrared Galaxy Arp 299”, Mao Junjie, Fukazawa Y. (5th) and 9 people, 2021, The Astrophysical Journal Letters, 918, id.L17, 7 pp.
- [38] “Transient obscuration event captured in NGC 3227. II. Warm absorbers and obscuration events in archival XMM-Newton and NuSTAR observations”, Wang Yijun, Mao Junjie (4th) and 20 people, 2022, Astronomy & Astrophysics, 657, id.A77, 12 pp.
- [39] “Changing-look Event in NGC 3516: Continuum or Obscuration Variability?”, Mehdipour Missagh search by orcid, Kriss Gerard A. search by orcid, Brenneman Laura W., Mao Junjie (10th) and 8 people, 2022, The Astrophysical Journal, 925, id.84, 11 pp.
- [40] “Probing the circumnuclear environment of NGC 1275 with high-resolution X-ray spectroscopy”, Reynolds Christopher S., Fukazawa Y. (4th), and 7 people, 2021, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 507, pp.5613-5624
- [41] ©“A study of the accretion mechanisms of the high-mass X-ray binary IGR J00370+6122”, Uchida Nagomi, Takahashi H., Fukazawa Y., Makishima K., 2021, Publications of the Astronomical Society of Japan, 73, pp.1389-1404
- [42] ©“The Study of X-Ray Flux Variability of M87”, Imazawa Ryo, Fukazawa Y., Takahashi H., 2021, The Astrophysical Journal, 919, id.110, 8 pp.
- [43] ©“Origins of the Long-term Variability of the Near-infrared Emission of the Black Hole X-Ray Binary GRS 1915+105 in the X-Ray Low Luminous State”, Imazato Fumiya, Sasada M., Uemura M., Fukazawa Y., Takahashi H., Nakaoka T., Akitaya H., Kawabata K. S., Akimoto M., Fujisawa K. 2021, The Astrophysical Journal, 916, id.114, 9 pp.
- [44] “H.E.S.S. and MAGIC observations of a sudden cessation of a very-high-energy γ -ray flare in PKS 1510-089 in May 2016”, Abdalla H., Suda Y. (403th) and 431 coauthors, Astronomy&Astrophysics, 648, A23 (2021)
- [45] ©“Broadband Multi-wavelength Properties of M87 during the 2017 Event Horizon Telescope Campaign”, Algaba J.C., Sasada M. (31st), Suda Y. (654th) and 737 coauthors, The Astrophysical Journal Letters, 911, 1 (2021)
- [46] “First detection of VHE gamma-ray emission from TXS 1515-273, study of its X-ray variability and spectral energy distribution”, Acciari V.A., Suda Y. (170th) and 196 coauthors, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 507, 1 (2021)
- [47] “Investigation of the correlation patterns and the Compton dominance variability of Mrk 421 in 2017”, Acciari V.A., Suda Y. (163th) and 280 coauthors, Astronomy&Astrophysics, 655, A89 (2021)
- [48] “Multiwavelength study of the gravitationally lensed blazar QSO B0218+357 between 2016 and 2020”, Acciari V.A., Suda Y. (171th) and 208 coauthors, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 510, 2 (2021)
- [49] “Search for Very High-energy Emission from the Millisecond Pulsar PSR J0218+4232”, Acciari V.A., Suda Y. (171th), and 199 coauthors, The Astrophysical Journal, 922, 2 (2021)

- [50] ©“Observation of the Gamma-Ray Binary HESS J0632+057 with the H.E.S.S., MAGIC, and VERITAS Telescopes”, Adams C.B., Fukazawa Y. (127th), Suda Y. (237th) and 411 coauthors, The Astrophysical Journal, 923, 2 (2021)
- [51] “Combined searches for dark matter in dwarf spheroidal galaxies observed with the MAGIC telescopes, including new data from Coma Berenices and Draco”, Acciari V.A., Suda Y. (171th) and 193 coauthors, Physics of the Dark Universe, 35, 100912 (2022)
- [52] ©“Investigating the Blazar TXS 0506+056 through Sharp Multiwavelength Eyes During 2017-2019”, Acciari V.A., Fukazawa Y. (63th), Suda, Y. (175th), and 209 coauthors, The Astrophysical Journal, 927, 2 (2022)
- [53] “Simulation-based spectral analysis of X-ray CCD data affected by photon pile-up”, Tamba S., Mizuno T. (8th), et al., PASJ 0, 00 (2022)
- [54] ©“Detailed design of the science operations for the XRISM mission”, Terada Y., Takahashi H. (5th), Mizuno T. (7th), Fukazawa Y. (15th), Uchida Y. (36th), et al., JATIS 7(3), 037001 (2021)
- [55] ©“Gamma Rays from Fast Black-hole Winds”, Ajello M., Fukazawa Y. (35th), Mizuno T. (69th), et al., ApJ 921, 144 (2021)
- [56] “Broadband High-energy Emission of the Gamma-Ray Binary System LS 5039: Spectral and Temporal Features Using NuSTAR and Fermi Observations”, Yoneda H., Mizuno T. (6th), et al., ApJ 917, 90 (2021)
- [57] ©“Catalog of Long-term Transient Sources in the First 10 yr of Fermi-LAT Data”, Baldini L., Fukazawa Y.(36th), Mizuno T.(73th), Poon H.(88th), et al., ApJS 256, 13 (2021)
- [58] ©“Fermi Large Area Telescope Performance after 10 Years of Operation”, Ajello M., Fukazawa Y. (40th), Mizuno T. (79th), Poon H.(95th), et al., ApJS 256, 12 (2021)
- [59] ©“High-energy emission from a magnetar giant flare in the Sculptor galaxy”, Ajello M., Fukazawa Y. (36th), Mizuno T. (67th), Poon, H.(88th), et al., Nature Astronomy 11 (2021)
- [60] “ASASSN-18aan: An eclipsing SU UMa-type cataclysmic variable with a 3.6-hr orbital period and a late G-type secondary star”, Wakamatsu Y., Akitaya H. (88th), Sasada M. (24th), Nakaoka T. (29th) and 40 colleagues, Publications of the Astronomical Society of Japan, (2021)
- [61] “The ALMA REBELS Survey: cosmic dust temperature evolution out to $z\sim 7$ ”, Sommovigo L. *, Inami H. (11th) and 28 colleagues, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 513, 3122 (2022)
- [62] “Reionization Era Bright Emission Line Survey: Selection and Characterization of Luminous Interstellar Medium Reservoirs in the $z\sim 6.5$ Universe”, Bouwens R. J. *, Inami H. (8th) and 29 colleagues, The Astrophysical Journal, 931, 160 (2022)

総説

該当無し

国際会議

(招待講演)

- [1] Makoto Uemura, “Follow-up observations of galactic transients with astroinformatics”, IAU-IAA Astrostatistics & Astroinformatics seminar, Online, 2022.1.11
- [2] H. Inami, “ALMA as a high-redshift survey instrument”, European Astronomical Society Meeting

2021, Online, 2021.6.28-7.2

- [3] H. Inami, “Obscured Star Formation at $z \sim 7$ Observed with the REBELS ALMA Large Program”, European Space Agency, Seminar, Online, 2021.6.16
- [4] H. Inami, “First results from an on-going ALMA Large Program REBELS: Reionization Era Bright Emission Line Search”, Korea Astronomy and Space Science Institute, Korea, Colloquium, Online, 2021.12.9

(一般講演)

- [1] Fukazawa Y., “Cosmological Evolution of Flat-Spectrum Radio Quasars Based on Swift/BAT 105 month catalog and their contribution to the cosmic MeV gamma-ray background radiation”, 9th Fermi Symposium, 2021.4.12-17, オンライン, 約200名
- [2] Mizuno T., “Study of the CRs and ISM in Local HI Clouds using Fermi-LAT Gamma-ray Observations”, 9th Fermi Symposium, 2021.4.13, online, 100 participants
- [3] Mizuno T., “HI-line profile based analysis update”, Fermi-LAT collaboration meeting, 2021.8.30-9.3, online, 120名
- [4] Suda Y., “First Detection of Very High Energy Emission from a Gamma-Ray Burst”, Ninth International Fermi Symposium, 2021.4.12-17, online, 540
- [5] Suda Y., “Observation of a relatively low luminosity long duration GRB 201015A by the MAGIC telescopes”, 37th International Cosmic Ray Conference, 2021.7.12 - 23, online, 1000
- [6] Suda Y., “MAGIC Observations of Gamma-Ray Bursts”, TeV Particle Astrophysics 2021, 2021.10.25 - 29, online, 300
- [7] Mizuno T., “Cosmic-Ray and Gas Properties in the MBM 53-55 Clouds and the Pegasus Loop as Revealed by HI Line Profiles, Dust, and Gamma-Ray Data,” TeVPA 2021, 2021.10.26-29, Chengdu, China & online, 100 participants
- [8] Mizuno T., “Study of the CRs and ISM in Local HI Clouds using Fermi-LAT Gamma-ray Observations,” 9th Fermi Symposium, 2021.4.13, online, 100 participants
- [9] Matake H., “Systematic X-ray study of GeV emitting radio galaxy”, 37th International Cosmic Ray Conference, 2021.7.12 - 23, online, 1000
- [10] Imazawa R., “Fast X-ray variability of of radion galaxy M87”, 37th International Cosmic Ray Conference, 2021.7.12 - 23, online, 1000
- [11] Kayanoki T., “Relationship between gamma-ray loudness and X-ray spectra of radio galaxies”, TeVPA 2021, 2021.10.26-29, Chengdu, China & online, 100 participants
- [12] Imazawa R., “Fast X-ray variability of of radion galaxy M87”, TeVPA 2021, 2021.10.26-29, Chengdu, China & online, 100 participants
- [13] Nakaoka, T.: “Opt-NIR observation of Type Ib SN 2019tua” SN workshop 2020, 2021.11.18-19, online, 30 participants

国内会議

(招待講演, 依頼講演)

- [1] 稲見華恵, “Exploring the Unseen Distant Universe with Large Aperture Submillimeter/Terahertz Observations”, 日本天文学会 2021年秋季年会, 2021年9月13日-15日, オンライン
- [2] 稲見華恵, “Galaxy Observations”, Galaxy-IGM Workshop 2021, 2021年8月16日-20日, オン

ライン

- [3] ◎深澤泰司, 水野恒史, “Recent results with Fermi-LAT gamma-ray space telescope”, ISAS Space Science Colloquium & Space Science Seminar, 2021年10月11日, オンライン, 50名
- [4] 深澤泰司, 「MeVガンマ線観測計画」, 高宇連研究会, 2022年3月9日-11日, 70名, オンライン
- [5] 水野恒史, 「X線偏光観測衛星IXPE」, OISTER workshop, 2021年11月11日, 50名
- [6] 笹田真人, 「かなた望遠鏡による活動銀河ジェットの可視近赤外観測」, 口頭発表, 超巨大ブラックホール研究会, 2021年12月27日-28日, オンライン, 50人
- [7] 笹田真人, 「スパースモデリングによるVLBAの超解像画像におけるブレーザー3C 454.3ジェットの螺旋運動の発見」, 口頭発表, 日本天文学会 2022年春季年会, 2022年3月2日-5日, オンライン, 50人
- [8] 中岡竜也, 「広島大学かなた望遠鏡における突発天体の研究」, 大学運用型望遠鏡による天文学の成果と今後, 2021年10月27日-28日, 北海道大学, 20名
- [9] 中岡竜也, 「広島大学かなた望遠鏡による新天体追跡観測」, 第三回新天体探索者会議, 2021年11月13日-14日, オンライン, 80名

(一般講演)

- [1] 水野恒史, 「HI 21cm線プロファイル・ダスト放射・ガンマ線を用いた, MBM 53-55分子雲・Pegasus Loop領域における星間ガスと宇宙線の研究」, 春の物理学会, 2022年3月15日-19日, オンライン開催
- [2] 高橋弘充, 「硬X線偏光観測XL-Calibur気球実験の2022年フライトへ向けた準備状況」, 春の物理学会, 2022年3月15日-19日, オンライン開催
- [3] 高橋弘充, 「X線分光撮像衛星XRISMの観測データ処理とその準備状況」, 春の天文学会, 2022年3月2日-5日, オンライン開催
- [4] 笹田真人, 「スパースモデリングによるVLBAの超解像画像におけるブレーザー3C 454.3ジェットの螺旋運動の発見」, 春の天文学会, 2022年3月2日-5日, オンライン開催
- [5] 今澤 遼, 「BL Lacertae 2020--2021年フレア時の可視光・近赤外線同時連続偏光観測によるジェット中磁場構造および放射領域の研究」, 春の天文学会, 2022年3月2日-5日, オンライン開催
- [6] 榎木大修, 「CMOS イメージセンサ IU233N5-Z^{^^}の X 線性能評価と偏光検出の可能性」, 春の天文学会, 2022年3月2日-5日, オンライン開催
- [7] 高橋弘充, 「硬X線偏光観測XL-Calibur気球実験の2022年フライトへ向けた準備状況」, 秋の物理学会, 2021年9月12日-15日, オンライン開催
- [8] 須田祐介, 「MAGIC報告80: GRB 201015AとGRB 201216Cの観測」, 秋の物理学会, 2021年9月12日-15日, オンライン開催
- [9] 深澤泰司, 「GeV-loud電波銀河の高エネルギー放射の系統的性質と種族研究」, 秋の天文学会, 2021年9月13日-15日, オンライン開催
- [10] 川端弘治, 「可視偏光サーベイ計画SGMAP: 北天銀河面の可視近赤外サーベイと南天観測の海外協力」, 秋の天文学会, 2021年9月13日-15日, オンライン開催
- [11] 稲見華恵, 「Exploring the Unseen Distant Universe with Large Aperture Submillimeter-Terahertz Observations 1」, 秋の天文学会, 2021年9月13日-15日, オンライン開催
- [12] 今里郁弥, 「低質量X線連星GRS 1915+105のX線で異常に暗い期間での近赤外線の放射起

- 源について」, 秋の天文学会, 2021年9月13日-15日, オンライン開催
- [13] 今澤 遼, 「電波銀河M87のX線短時間変動」, 秋の天文学会, 2021年9月13日-15日, オンライン開催
- [14] 間 夏子, 「かなた望遠鏡によるブレーザーBL Lacertaeの増光期における可視・近赤外線同時連続偏光撮像観測」, 秋の天文学会, 2021年9月13日-15日, オンライン開催
- [15] 森 文樹, 「かなた望遠鏡/HONIRで得られる偏光撮像データの自動解析システムの構築及び性能評価」, 秋の天文学会, 2021年9月13日-15日, オンライン開催
- [16] 濱田大晴, 「爆発から約1年後に赤外超過を示したII型超新星SN 2017hccのSED解析」, 秋の天文学会, 2021年9月13日-15日, オンライン開催
- [17] 古賀柚希, 「かなた望遠鏡による情報理論・機械学習を用いた自動意思決定システムの実用性の検証」, 秋の天文学会, 2021年9月13日-15日, オンライン開催
- [18] 星岡駿志, 「JWST撮像観測シミュレーションによるLIRGs観測における点源の抽出限界」, 秋の天文学会, 2021年9月13日-15日, オンライン開催
- [19] 末岡耕平, 「MeVガンマ線観測衛星AMEGO計画におけるコンプトン再構成プログラムのスタディー」, 秋の天文学会, 2021年9月13日-15日, オンライン開催
- [20] 榎木大修, 「電波銀河のガンマ線 loudnessとX線スペクトルの関係」, 秋の天文学会, 2021年9月13日-15日, オンライン開催
- [21] 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, 2021年11月2日, オンライン開催
- [22] 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」, 第22回宇宙科学シンポジウム, 2022年1月6日-7日, オンライン開催
- [23] 高橋弘充, 「硬X線偏光観測XL-Calibur気球実験の2022年フライト準備状況」, 第21回高宇連研究会, 2022年3月10日, オンライン開催
- [24] 植村 誠, 「突発現象の追跡観測にまつわるデータサイエンス」, データサイエンス的手法により探求する天文学, 2022年3月24日-25日, オンライン開催
- [25] 川端弘治, 「可視偏光サーベイ計画SGMAP: 北天銀河面の可視近赤外サーベイと南天観測の海外協力」, 日本天文学会 2021年秋季年会, 2021年9月13日-15日, オンライン
- [26] 川端弘治, 「東広島天文台の軌跡とこれから」, 第3回新天体探索者会議, 2021年11月13日-14日, オンライン
- [27] 榎木大修, 「電波銀河のガンマ線loudnessとX線スペクトルの関係」, 第51回天文・天体物理若手の夏の学校, 2021年8月23日-26日, オンライン, 250名
- [28] 今澤 遼, 「ブレーザー BL Lacertae 極大フレア期 (2020-2021年) の可視近赤外線偏光撮像モニター観測」, 第51回天文・天体物理若手の夏の学校, 2021年8月23日-26日, オンライン, 250名
- [29] 末岡耕平, 「AMEGO衛星に向けたコンプトン再構成の研究」, 第51回天文・天体物理若手の夏の学校, 2021年8月23日-26日, オンライン, 250名
- [30] 榎木大修, 「電波銀河のガンマ線loudnessとX線スペクトルの関係」, 第5回 FORCE研究会 「埋もれたAGNの宇宙論的進化」, 2021年12月2日-3日, 京都大学, 80名
- [31] 中岡竜也, 「せいめい・かなた望遠鏡による近傍で発見されたIIb型超新星SN2019tuaの測光分光観測」, 2021年度せいめいユーザーズミーティング, 2021年8月11日-12日, オンライン, 50人
- [32] 今里郁弥, 「低質量X線連星 GRS 1915+105 の近赤外線の短時間変動について」,

- 2021年度せいめいユーザーズミーティング, 2021年8月11日-12日, オンライン, 50人
- [33] 今澤 遼, 「かなた望遠鏡によるブレーザーBL Lacertaeフレア期の短期変動の研究」, 2021年度せいめいユーザーズミーティング, 2021年8月11日-12日, オンライン, 50人
- [34] 間 夏子, 「かなた望遠鏡によるブレーザーBL Lacertaeの増光期における長期偏光撮像観測」, 2021年度せいめいユーザーズミーティング, 2021年8月11日-12日, オンライン, 50人
- [35] 濱田大晴, 「II型超新星SN2017hccのSEDを用いた星周ダストの物理量推定」, 2021年度せいめいユーザーズミーティング, 2021年8月11日-12日, オンライン, 50人
- [36] 中岡竜也, 「広島大学の活動報告」, 第12回光赤外線天文学大学間連携ワークショップ, 2021年11月24日-26日, オンライン, 70人
- [37] 濱田大晴, 「II型超新星SN2017hccのSEDを用いた星周ダストの物理量推定」, 第12回光赤外線天文学大学間連携ワークショップ, 2021年11月24日-26日, オンライン, 70人
- [37] 古賀柚希, 「かなた望遠鏡による情報理論・機械学習を用いた突発天体現象観測の自動意思決定システム構築」, 第12回光赤外線天文学大学間連携ワークショップ, 2021年11月24日-26日, オンライン, 70人
- [37] 中村謙吾, 「可視近赤外線偏光観測による銀河磁場探査」, 第12回光赤外線天文学大学間連携ワークショップ, 2021年11月24日-26日, オンライン, 70人
- [38] 今澤 遼, 「可 BL Lacertaeフレア期の短時間変動および偏光ベクトルの波長依存性」, 第12回光赤外線天文学大学間連携ワークショップ, 2021年11月24日-26日, オンライン, 70人
- [39] 星岡駿志, 安藤梨花ほか, 「IGM Observation μ ExCAD」, 口頭, 銀河・銀河間ガス研究会2021, 2021年8月16日-20日, オンライン

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 | 3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 | 2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 |

セミナー・講演会開催実績

- [1] 川端弘治, 笹田真人, 「偏光で探るブラックホールのかたち」, 2021年5月23日, オンライン, 主催・講演
- [2] 稲見華恵, IR2022: An Infrared Bright Future for Ground-based IR Observatories in the Era of JWST 一般向け講演会「目に見えない光で宇宙を見る: 赤外線で輝く銀河」, 2022年2月25日, オンライン, 主催・講演
- [3] 川端弘治, 植村 誠, 2022年度日本天文学会春季年会公開講演会「広島で育まれた天文学」, 2022年3月6日, オンライン, 共催, 聴講約100名

高大連携事業への参加状況

- [1] 稲見華恵, 広島大学「グローバルサイエンスキャンパス広島」のセミナーへ部分出演, 2021年10月17日
- [2] 高大連携公開授業・公開講座 高校生講座 「超新星の最新観測」(2021年7月30日, 広島大学理学部, 50名) 深澤泰司主催, 講師: 深澤泰司, 川端弘治, 稲見華恵, 笹田真人, 中岡竜也
- [3] 川端弘治, グローバルサイエンスキャンパス(GSC)ステップステージ講義 (2021年10月24日) およびステップステージ研究計画ポスター発表会 (2021年11月3日)
- [4] 須田祐介, 広島大学「グローバルサイエンスキャンパス広島」の講義へ部分出演, 2021年10月17日

国内研究会開催

- [1] 川端弘治, 中岡竜也, 植村 誠, 第3回新天体捜索者会議 (オンライン), 広島大学, 2021年11月13日-14日, 世話人代表, 参加者約100名
- [2] 稲見華恵, ALMAワークショップ「Synergies between ALMA and wide-field high-cadence multi-wavelength surveys」2022年3月28日-30日, 世話人
- [3] 稲見華恵, 南極天文コンソーシアム研究会, 極地研, 2022年3月14日, 世話人
- [4] 中岡竜也, 「第12回光赤外線天文学大学間連携ワークショップ」, 2021年11月24日-26日, 70名, 主催 (オンライン)

国際会議, 国際研究会開催

- [1] 稲見華恵, IR2022: An Infrared Bright Future for Ground-based IR Observatories in the Era of JWST, 2022年2月14日-18日, オンライン, 主催

講演会・セミナー講師

- [1] 稲見華恵, IR2022: An Infrared Bright Future for Ground-based IR Observatories in the Era of JWST 一般向け講演会「目に見えない光で宇宙を見る: 赤外線で輝く銀河」, 2022年2月25日, オンライン, 主催・講演
- [2] 水野恒史, 「人工衛星で探るブラックホール」, 2022年3月6日, 日本天文学会春季 公開講演会, オンライン, 80名参加
- [3] 笹田真人, 「巨大ブラックホールの影～イベント・ホライズン・望遠鏡による極限宇宙の観測～」, 第63回呉市医師会 特別公演, 2021年10月23日, 呉市, 50名
- [4] 笹田真人, 「ブラックホール天文学」, 2021年10月29日, 岐阜県立大垣東高等学校 (オンライン連携講座), 高校1年生, 40名
- [5] 川端弘治, 「西条で親しむ秋の夜空と星のうんちく」, 2021年9月16日, 西条ロータリークラブ例会, 30名
- [6] 川端弘治, 「ベテルギウスに迫る～最期に近づいた恒星～」, 2021年12月12日, 広島市子ども文化科学館「大人の談話室」, 広島市子ども文化科学館, 26名
- [7] 川端弘治, 「恒星の進化と超新星爆発」, 2022年1月21日, マツダ財団科学わくわくプロジェクト「ジュニア科学講座」, オンライン, 20名

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] 深澤泰司：日本天文学会年会開催地理事
- [9] 川端弘治：日本天文学会 欧文研究報告編集委員会 委員
- [10] 川端弘治：日本天文学会 天体発見賞選考委員会 委員長
- [11] 川端弘治：国立天文台 TMT科学諮問委員会 委員
- [12] 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
- [13] 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
- [14] 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
- [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] 植村 誠：国立天文台すばる共同利用時間割り当て委員会 委員
- [18] 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
- [19] 稲見華恵：ESA SPICA Science Study Team (SST) / Science Working Group “Galaxy Evolution Working Group” 委員
- [20] 稲見華恵：TMT International Science Development Teams 委員
- [21] 稲見華恵：光学赤外線天文連絡会運営委員会 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
- [25] 水野恒史：日本物理学会 宇宙線宇宙物理領域 代表
- [26] 稲見華恵：すばる望遠鏡観測プロポーザル審査員
- [27] 稲見華恵：次世代大型望遠鏡アクセスWG 委員
- [28] 稲見華恵：すばる科学諮問委員会 委員

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 プロジェクト評価委員会 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（D：2名，M：1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の国内研究機関，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，内田悠介，XRISM（主にアメリカ，オランダ，イギリスの100名），ISAS/JAXA，約20の国内研究機関，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，須田祐介，MeVガンマ線衛星計画AMEGO-X，主にアメリカ，次期MeVガンマ線衛星計画AMEGO-Xに関する共同研究
- [4] 深澤泰司，高橋弘充，内田悠介，須田祐介，MeVガンマ線観測計画GRAMS，主にコロンビア大学，東京大学，早稲田大学，大阪大学，理研，MeVガンマ線気球観測計画GRAMSに関する共同研究
- [5] 高橋弘充，水野恒史，深澤泰司，Prof. Mark Peacock（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CUBESat，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，須田祐介，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の国内研究機関，次世代TeVガンマ線望遠鏡の開発
- [8] 深澤泰司，須田祐介，MAGIC collaboration（主にヨーロッパの約150名），TeVガンマ線天体の研究
- [9] 深澤泰司，水野恒史，高橋弘充，Masaryk大学，Conkoly天文台，Eotvos大学，名大，京大，立教大，重力波対応SGRB観測超小型衛星群Camelot計画
- [10] 高橋弘充，水野恒史，深澤泰司，内田悠介，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
- [11] 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
- [12] 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
- [13] 高橋弘充，Dr.岡島 崇（アメリカ，NASA），京大，理研など，X線CubeSat開発
- [14] 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
- [15] 川端弘治，植村 誠，笹田真人，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
- [16] 川端弘治，中岡竜也，Anjasha Gangopadhyay，Avinash Singh，“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

- [17] 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
- [18] 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
- [19] 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
- [20] 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
- [21] 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
- [22] 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
- [23] 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
- [24] 笹田真人, Event Horizon Telescope Collaboration, “(Harvard University, MIT, NAOJ 他)”, 巨大ブラックホールの影の観測
- [25] 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
- [26] 稲見華恵, Desika Narayanan (フロリダ大学), ダスト吸収曲線の研究

研究助成金の受け入れ状況

- [1] 深澤泰司: 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)), 令和元-6年度「日本・ハンガリー・チェコ共同によるガンマ線バースト観測超小型衛星団の開発」令和3年度直接経費 2,300千円
- [2] 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-令和3年度「高エネルギー観測で探る重力波天体」研究分担者, 令和3年度直接経費 5,700千円
- [3] 深澤泰司: 科学研究費助成事業 基盤研究(B), 令和3-5年度, 「電波・可視光偏光モニターとVLBI撮像を組み合わせたジェットの磁場構造解明」令和3年度直接経費 700千円, 研究分担者
- [4] 深澤泰司: JAXA宇宙科学研究所搭載機器基礎開発研究費「MeVガンマ線観測用HV-CMOSシリコンピクセルセンサーの基礎特性試験」, 令和3年度直接経費 1,100千円
- [5] 水野恒史: 科学研究費補助金基盤研究(A) 平成31-令和5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, 令和3年度直接経費 100千円
- [6] 高橋弘充: 東北大学金属材料研究所共同研究, 令和3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, 令和3年度直接経費 300千円
- [7] 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, 平成31-令和4年度, 「XL-Calibur気球実験」研究代表者, 令和3年度直接経費 1,700千円
- [8] 高橋弘充: 科学研究費補助金基盤研究(B) 平成31-令和3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,

令和3年度直接経費 2,100千円

- [9] 高橋弘充：科学研究費補助金基盤研究(S) 平成31-令和5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，令和3年度直接経費 10,000千円
- [10] 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-令和3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，令和3年度直接経費 6,000千円
- [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事業 平成29-令和3年度 令和3年度配分額 5,500千円
- [12] 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，令和3年度直接経費100万円
- [13] 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)），令和元-6年度「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」研究分担者，令和3年度直接経費 300千円
- [14] 笹田真人：科学研究費助成事業 基盤研究(B)，令和3-5年度，「電波・可視光偏光モニターとVLBI撮像を組み合わせたジェットの磁場構造解明」，研究分担者，令和3年度直接経費 700千円
- [15] 稲見華恵：ALMA 共同科学研究事業 FY2021，自然科学研究機構 国立天文台，“A Systematic Study of the Dust Build-up in the Epoch of Reionization”，研究代表者，ポスドク1名雇用 + 研究費 1,000千円
- [16] 植村 誠：科学研究費補助金基盤研究(A) 令和3-7年度「ELITE：出自管理と深層学習に基づく専門知識獲得基盤の開発とその視覚計算応用」研究分担者，令和3年度直接経費 800千円
- [17] 植村 誠：科学研究費補助金基盤研究(B) 令和3-5年度「電波・可視光偏光モニターとVLBI撮像を組み合わせたジェットの磁場構造解明」研究分担者，令和3年度直接経費 700千円
- [18] 植村 誠：科学研究費補助金基盤研究(C) 令和3-5年度「突発現象の追跡観測を自動で意思決定するスマート観測システムの研究」研究代表者，令和3年度直接経費 800千円
- [19] 稲見華恵：科学研究費助成事業 基盤研究(B)，令和3-6年度，“次世代宇宙望遠鏡で探る近傍赤外線銀河のエネルギー発生とその性質”，研究代表者，令和3年度直接経費 1,000千円
- [20] 須田祐介：科学研究費助成事業 研究活動スタート支援 令和3-4年度「大気チェレンコフ望遠鏡で拓くガンマ線バーストの物理」研究代表者，令和3年度直接経費 1,200千円

その他，報道，特記事項

- [1] 稲見華恵：プレスネット東広島 インタビュー記事掲載（2021年12月2日号）
- [2] 稲見華恵：FM広島 「ヒロシマ ウィメンズ ハーモニー」出演（2022年2月18日）
- [3] 稲見華恵：YouTubeチャンネル ScienceTalks TV 出演（前編2022年2月11日，後編2022年2月18日）
- [4] 稲見華恵：「【研究成果】観測史上最古の「隠れ銀河」を131億年前の宇宙で発見」広島大学 プレスリリース（2021年9月23日）
- [5] 稲見華恵：「観測史上最古の「隠れ銀河」を131億年前の宇宙で発見」国立天文台プレスリリース（2021年9月23日）

- [6] 深澤泰司, 水野恒史, 他 : 「Nanosatellite co-developed by HU researchers detects gamma-ray burst」 Hiroshima University Update 2021/08号掲載
- [7] 水野恒史 : 「ブラックホールを観測する新しい手段の開拓～X線偏光観測衛星IXPEの打ち上げ～」 2021年12月8日 広島大学 web press release

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人の教員で構成されている。

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、誘電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で、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3年度前期）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の令和3年度前期のビームタイムの内、約16%のビームタイムを獲得した。

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きた。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、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、粉末実験と単結晶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」（平成31年度（令和元年度）－令和3年度前期）に参加し、現在に至っている。

利用者指定型の重点研究課題や長期利用課題などの募集は、令和3年度前期で終了したが、その後もSPring-8を中心に、様々な研究グループと構造物性に関する共同研究を行っている。

黒岩教授は、SPring-8の多種多様なビームラインでの計測技術の高度化に協力すると同時に、主として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ている。

平成30年度より開始された広島大学（学長）と量子科学技術研究開発機構（量子ビーム科学部門長）との間の共同研究契約「コヒーレントX線を利用した強誘電体一粒子計測」において、黒岩教授が全体統括として共同研究を推進している。従来のX線回折実験ではマイクロな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Bragg Coherent Diffraction Imaging (BCDI)法により、微結晶一粒子のマクロスケールな外形やメソスケールのドメイン構造など、X線回折の技術だけでマルチスケールで構造計測する手法の開発を行っている。研究は、SPring-8のBL22XU専用ビームラインで行われ、令和3年度では、40 nmから500 nm程度の強誘電体微結晶について形状や内部のひずみ構造を非破壊で3次元的に可視化することに成功した。実験試料には、チタン酸バリウムのナノ結晶を用いた。山梨大学との共同研究により、水熱合成法で、立方体、八面体、接頭八面体などの形状をもつサイズのそろった微結晶を作り分けることに成功しており、これらのバラエティー豊かな形状とサイズをもつ微結晶を試料として用いた。

産業技術総合研究所との共同研究である「エアロゾル・デポジション法を用いたセラミックコーティングの構造評価」に関して、日本溶射学会から解説記事執筆の依頼を受け、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ついて従来からの研究成果をまとめて報告した。また、関連するトピックとして、メカノケミカル法を用いて圧電材料であるPZTを合成できることを示した成果により、指導していた学生が学位を取得した。

山梨大学等とは、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、BaTiO₃とBiFeO₃の固溶体をベースとしたセラミック材料について共同研究を行っている。セラミックス協会誌への解説記事など、いくつか成果を公表した。

SPring-8のBL02B1単結晶構造解析ビームラインでは、強誘電体についてAC電場印加下での時間分解構造解析を行っている。時分割実験では、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。BL02B2粉末構造解析ビームラインで得られた成果を相補的に利用することで非鉛圧電材料について研究をすすめている。

今年度から、中国科学院上海セラミックス研究所（中国）と釜山大学物理（韓国）との共同研究により、ダブルペロブスカイト型反強誘電体の特性とエネルギー貯蔵特性について共同研究を開始した。また、ダブルペロブスカイト型反強誘電体の相転移については、東京大学物性研附属の国際超強磁場科学研究施設のSACLAでの実験に関して共同研究を同時に開始しており、成果が出つつある。

黒岩教授は、日本の誘電体研究者のプラットホームになることを目指して令和元年12月2日に設立された社団法人日本誘電体学会の理事副会長をつとめている。また、アジア強誘電体

学会の執行委員会委員として日本を代表してタイでのアジア強誘電体会議の開催に協力した。

森吉教授は、SPring-8のBL02B2粉末構造解析ビームラインの重点研究課題（パートナーユーザー）代表としての活動の一環で、新しくビームラインに導入された高エネルギー放射光対応の二次元検出器と計測システムの整備を実施した。利便性を重視したシステム開発により、BL02B2を利用する一般ユーザーだけでなく、SPring-8の他のビームラインユーザーからも好評を博している。さらに、このシステムを利用した物質合成や化学反応中の物質構造変化をリアルタイムで検出するシステムの開発と利用研究を進めた。特に、北海道大学との共同研究である原子レベルの固相反応機構の理解や、信州大学、島根大学、JASRI、VISTECH大学（タイ）との共同研究である水溶液中化学反応のリアルタイム結晶構造計測について注目され、プレスリリースをそれぞれ行った。

Kim助教は、酸化物強誘電体・圧電体の材料開発および構造物性について共同研究を行っている。

山梨大学とは、鉛を使わない圧電材料開発と物性の起源究明について共同研究を行っている。電場印加下での結晶構造のその場観察により、Biを含む圧電材料が、非180°ドメインの反転による非本質的な格子ひずみにより外形がマクロに変化するのではなく、結晶格子自体が電場印加方向に本質的に大きくひずむことにより外形が大きく変化することを明らかにした。BiFeO₃-BaTiO₃セラミックの圧電特性は、BiFeO₃とBaTiO₃の比率によって異なる。これらのセラミックスでは、Bi³⁺イオンのオフセンタリング距離に比例して圧電特性が向上することを見出した。この成果は圧電材料開発分野で注目され、Kim助教がElectronic Materials and Applications国際会議で招待講演を行った。

一方、BiFeO₃をベースとしたセラミック材料において、急冷などの熱処理の有無によってリーク電流メカニズムが変わることを明らかにした。この成果はJ. Appl. Phys.に報告し、山梨エレクトロセラミックスセミナーで招待講演を行った。Biを含む圧電材料の圧電特性を向上させるために急冷熱処理は必須である。しかし、急冷のメカニズムはまだ不明である。構造解析を通じて急冷の影響を解明するための研究を行っており、成果が出つつある。今年から、昌原大学物理（韓国）との国際共同研究により、圧電材料において急冷熱処理と圧電特性との相関関係を調べるプロジェクトを開始した。また、リバプール大学化学（イギリス）と、BiFeO₃をベースとしたセラミックの材料開発における問題点を共有し、構造エンジニアリングにより新しい高性能圧電セラミック材料を開発する共同研究プロジェクトも開始した。これらのアクティビティーにより、Kim助教は、国際誌の編集委員に就任した。

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きた。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）に関連して、模擬授業や結晶育成の指導を行った。しかし、例年、広島大学で主催してきたクリスタルコンペについては、コロナ禍で開催することができなかった。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、平成21年から、釜山大学のSchool of Nanoscience and Technologyと先進理工系科学研究科物理学プログラムの放射光物性グループ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、令和3年度は広島大学開催のために準備を進めてきたが、コロナ禍で中止せざるを得ない状況となってしまった。

原著論文

- [1] © D. Urushihara, T. Asaka, K. Fukuda, M. Nakayama, Y. Nakahira, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, O. K. Forslund, N. Matsubara, M. Mansson, K. Papadopoulos, Y. Sassa, K. Ohishi, J. Sugiyama, Y. Matsushita, and H. Sakurai, “Structural Transition with a Sharp Change in the Electrical Resistivity and Spin-Orbit Mott Insulating State in a Rhenium Oxide, $\text{Sr}_3\text{Re}_2\text{O}_9$,” *Inorg. Chem.* **60** (2021) 507-514.
- [2] © Y. Goto, S. Nakanishi, Y. Nakai, T. Mito, A. Miura, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, H. Usui, T. D. Matsuda, Y. Aoki, Y. Nakacho, Y. Yamada, K. Kanamura, and Y. Mizuguchi, “The Crystal Structure and Electrical/Thermal Transport Properties of $\text{Li}_{1-x}\text{Sn}_{2+x}\text{P}_2$ and Its Performance as a Li-ion Battery Anode Material”, *J. Mater. Chem. A* **9** (2021) 7034-7041.
- [3] G. P. Khanal, I. Fujii, S. Kim, S. Ueno, and S. Wada, “Fabrication of $(\text{Bi}_{0.5}\text{K}_{0.5})\text{TiO}_3$ Modified BaTiO_3 - $\text{Bi}(\text{Mg}_{0.5}\text{Ti}_{0.5})\text{O}_3$ - BiFeO_3 Piezoelectric Ceramics”, *J. Eur. Ceram. Soc.* **41** (2021) 4108-4115.
- [4] S. Kim, H. Nam, P. Sapkota, G. P. Khanal, I. Fujii, S. Ueno, and S. Wada, “Variation of Leakage Current Conduction Mechanism by Heat Treatment in Bi-based Lead-free Piezoelectric Ceramics”, *J. Appl. Phys.* **129** (2021) 094102/1-8.
- [5] © Q. Liu, Z.-Y. Feng, H. Li, Q. Zhao, N. Shirahata, Y. Kuroiwa, C. Moriyoshi, C.-K. Duan, and H.-T. Sun, “Non-Rare-Earth UVC Persistent Phosphors Enabled by Bismuth Doping”, *Adv. Optical Mater.* **9** (2021) 2002065/1-8.
- [6] © Y. Nakahira, G. Kawamura, T. Wakamatsu, I. Terasaki, H. Taniguchi, Y. Kuroiwa and C. Moriyoshi, “Size Effect of the Guest Cation on the AlO_4 Framework in Aluminate Sodalite-type Oxides $M_8[\text{Al}_{12}\text{O}_{24}](\text{SO}_4)_2$ ($M = \text{Sr}^{2+}$ and Ca^{2+}) in the $I\bar{4}3m$ Phase”, *Acta Cryst. B* **77** (2021) 186-192.
- [7] © H. Ito, A. Miura, Y. Goto, Y. Mizuguchi, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, N. C. Rosero-Navarro, and K. Tadanaga, “Phase Transition, Magnetic, and Electronic Properties of CeOInS_2 ”, *J. Ceram. Soc. Jpn.* **129** (2021) 249-253.
- [8] © A. Miura, C. J. Bartel, Y. Goto, Y. Mizuguchi, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, Y. Wang, T. Yaguchi, M. Shirai, M. Nagao, N. C. Rosero-Navarro, K. Tadanaga, G. Ceder, and W. Sun, “Observing and Modeling the Sequential Pairwise Reactions that Drive Solid-State Ceramic Synthesis”, *Adv. Mater.* **33** (2021) 2100312/1-9. 【プレスリリース】
- [9] © M. Calpa, H. Nakajima, S. Mori, Y. Goto, Y. Mizuguchi, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, N. C. Rosero-Navarro, A. Miura, and K. Tadanaga, “Formation Mechanism of b- Li_3PS_4 through Decomposition of Complexes”, *Inorg. Chem.* **60** (2021) 6964-6970. 【Featured Article】
- [10] © K. Shinozaki, Y. Goto, K. Hoshi, R. Kiyama, N. Nakamura, A. Miura, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, H. Usui, and Y. Mizuguchi, “Thermoelectric Properties of the As/P-Based Zintl Compounds $\text{EuIn}_2\text{As}_{2-x}\text{P}_x$ ($x = 0-2$) and SrSn_2As_2 ”, *ACS Appl. Energy Mater.* **4** (2021) 5155–5164.
- [11] © A. Yamashita, Y. Goto, A. Miura, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, and Y. Mizuguchi, “n-Type Thermoelectric Metal Chalcogenide $(\text{Ag,Pb,Bi})(\text{S,Se,Te})$ Designed by Multi-site-type High-Entropy Alloying”, *Mater. Res. Lett.* **9** (2021) 366-372.
- [12] H. Ito, K. Shitara, Y. Wang, K. Fujii, M. Yashima, Y. Goto, C. Moriyoshi, N. C. Rosero-Navarro, A. Miura, and K. Tadanaga, “Kinetically Stabilized Cation Arrangement in Li_3YCl_6 Superionic Conductor during Solid-State Reaction”, *Adv. Sci.* **8** (2021) 101413/1-8.

- [13] T. Okada, K. Izumi, S. Kawaguchi, C. Moriyoshi, T. Fujimura, R. Sasai, and M. Ogawa, “Important Roles of Water Clusters Confined in a Nanospace as Revealed by a Synchrotron X-ray diffraction Study”, *Langmuir* **37** (2021) 10469-10480. 【プレスリリース】
- [14] © S. Kim, H. Nam, I. Fujii, S. Ueno, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, and S. Wada, “Material Softening by Cation Off-centering in Bi-based Lead-free Piezoelectric Ceramics”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **60** (2021) SFFD01/1-6.
- [15] © L. Wu, S. Kim, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, M. Suzuki, K. Shinoda, R. Aoyagi, and J. Akedo, “Synthesis of Pb(Zr,Ti)O₃ Fine Ceramic Powder at Room Temperature by Dry Mechanochemical Solid-state Reaction Evaluated using Synchrotron Radiation X-ray Diffraction”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **60** (2021) SFFA02/1-8.
- [16] N. Oshime, K. Ohwada, K. Sugawara, T. Abe, R. Yamauchi, T. Ueno, A. Machida, T. Watanuki, S. Ueno, I. Fujii, S. Wada, R. Sato, T. Teranishi, M. Yamauchi, K. Ishii, H. Toyokawa, K. Momma, and Y. Kuroiwa, “Bragg Coherent Diffraction Imaging Allowing Simultaneous Retrieval of Three-dimensional Shape and Strain Distribution for 40-500 nm Particles”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **60** (2021) SFFA07/1-6.
- [17] N. Oshime, K. Ohwada, K. Sugawara, T. Ueno, A. Machida, T. Watanuki, K. Ishii, H. Toyokawa, and Y. Kuroiwa, “Development and Improvement of Bragg Coherent Diffraction Imaging for Expanding Observable Particle-size Range”, *Acta Crystallogr. Sect. A* **77** (2021) C922.
- [18] © S. Kim, H. Nam, I. Fujii, S. Ueno, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, and S. Wada, “A-site Cation Off-centering Contribution on Ferroelectricity and Piezoelectricity in Pseudo-cubic Perovskite Structure of Bi-based Lead-free Piezoelectrics”, *Scr. Mater.* **205** (2021) 114176/1-5.
- [19] © P. Sapkota, I. Fujii, S. Kim, S. Ueno, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, and S. Wada, “Mn-Nb Co-doping in Barium Titanate Ceramics by Different Solid-state Reaction Routes for Temperature Stable and DC-bias Free Dielectrics”, *Ceramics International* **48** (2021) 2154-2160.

著書など

(編集雑誌)

- [1] K. Kakimoto and Y. Kuroiwa [Guest Editor-in-Chief and Guest Editor-in-Charge], Y. Cho, N. Fujimura, H. Fujisawa, T. Hoshina, M. Iwata, I. Kanno, K. Kato, T. Kobayashi, H. Nagata and H. Takeda; Ferroelectric Materials and Their Applications, *Jpn. J. Appl. Phys.* Vol. 60, No. SF (2021) Special Issue: (総論文数 33編) , The Japan Society of Applied Physics, IOP Publishing (2021年11月発行) .

総説

- [1] 安部友啓, 黒岩芳弘, “放射光 X 線回折を利用したセラミックコーティングの構造評価”, *溶射* **58** (2021) 24-30.
- [2] ©藤井一郎, 和田智志, Kim Sangwook, 黒岩芳弘, “擬立方晶強誘電体 セラミックスにおける 圧電応答機構”, *セラミックス* **56** (2021) 475-478.
- [3] 久保田佳基, 森吉千佳子, 西堀英治, 河口彰吾, “SPring-8 粉末回折のこの 10 年”, *日本結晶学会誌* **64** (2022) 17-25.

研究報告

- [1] 大和田謙二, 黒岩芳弘, “積層セラミックコンデンサ内部に埋もれた 100 nm 級ナノ結晶一粒子のドメイン等内部構造の 3 次元可視化へ向けた要素技術の開発”, 村田学術振興財団 ANNUAL REPORT 2021.12 No.35.

国際会議

(招待講演)

- [1] Y. Kuroiwa, “Study of Materials Structure Physics of Perovskite-type Ferroelectric by Synchrotron Radiation X-ray Diffraction”, Joint Conference of the Asian Meeting on Ferroelectricity (AMF) and the Asian Meeting on Electroceramics (AMEC) (Materials Thailand: AMF-AMEC 2021), (2021.7.7-9, Chulalongkorn University, Thailand, Hybrid (Online)).
- [2] Y. Kuroiwa, “Electron Charge Density Study of Lead-containing Perovskite-type Oxides”, The 13th China and Japan Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (CJFMA13), (2021.9.3-6, Renaissance Shenyang West Hotel, Shenyang, China, Hybrid (Online)).
- [3] S. Kim, “Role of *A*-site Cation Off-centering in Perovskite Pseudo-cubic Structure of Bi-based Piezoelectrics”, Electronic Materials and Applications 2022 (EMA-2022), (2022.1.19-21, Online).

(一般講演)

- [1] I. Fujii, S. Ueno, Y. Sato, Y. Kuroiwa, and S. Wada, “Fabrication of Pseudo-Cubic BaTiO₃-Bi(Mg_{1/2}Ti_{1/2})O₃-BiFeO₃ Ceramics and Origin of Ferroelectric and Piezoelectric Response”, 2021 Joint ISAF-ISIF-PFM Virtual Conference, IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectric (ISAF), International Symposium on Integrated Functionalities (ISIF), and Piezoelectric Force Microscopy Workshop (PFM), (2021.5.16-21, Online).
- [2] ©S. Kim, Y. Nakahira, Y. Yatabe, C. Moriyoshi, I. Fujii, S. Ueno, S. Wada, Y. Sato, and Y. Kuroiwa, “Origin of Piezoelectricity by Partial Ordering of Off-centered Cation in Perovskite-type Pseudo-cubic Structure”, Joint Conference of the Asian Meeting on Ferroelectricity (AMF) and the Asian Meeting on Electroceramics (AMEC) (Materials Thailand: AMF-AMEC 2021), (2021.7.7-9, Chulalongkorn University, Thailand, Hybrid (Online)).
- [3] H. S. Mallik, I. Fujii, Y. Matsui, G. P. Khanal, S. Kim, S. Ueno, T. S. Suzuki, and S. Wada, “Preparation of <111>-oriented BaTiO₃ Ceramics by HM-EPD Method for Piezoelectric Enhancement”, ANPA CONFERENCE 2021, (2021.7.16-18, Online).
- [4] N. Oshime, K. Ohwada, K. Sugawara, T. Ueno, A. Machida, T. Watanuki, K. Ishii, H. Toyokawa and Y. Kuroiwa, “Development and Improvement of Bragg Coherent Diffraction Imaging for Expanding Observable Particle-size Range”, Twenty-Fifth Congress and General Assembly of the International Union of Crystallography (IUCr 2021), (2021.8.14-22, Prague Congress Centre, Prague, Czech Republic, Hybrid (Online)).
- [5] R. Sasai, T. Fujimura, C. Moriyoshi, S. Ishihara, and Y. Fujii, “Effect of Chemical Composition on Carbonate Selectivity of Layered Double Hydroxide”, 14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM14), (2021.12.13-16, Hyatt Regency Vancouver, Vancouver, Canada, Hybrid (Online)).

国内学会

(招待講演)

- [1] 黒岩芳弘, 「シンポジウム「エキゾチック強誘電体の展開」クロージング」, 日本物理学会 2021年秋季大会, (2021年9月20日-23日, オンライン).
- [2] 黒岩芳弘, 「シンポジウム「多様化する圧電材料研究 ～センサー, アクチュエーターから 5G, IoT まで～」ペロブスカイト型酸化物の構造乱れと強誘電性・圧電性」, 第82回応用物理学会秋季学術講演会, (2021年9月10日-13日, オンライン).
- [3] Sangwook Kim, 「Role of A-site Cation Off-centering in Bi-based Lead-free Piezoelectric Ceramics」, 第28回山梨エレクトロセラミックスセミナー, (2021年12月22日, オンライン).

(依頼講演)

- [1] E. Nishibori, B. B. Iversen, J. Overgaard and Y. Kuroiwa, “Advanced Structural Materials Science using High Energy X-ray with Two Dimensional Detector”, SPring-8 シンポジウム 2021, (2021年9月17日-18日, オンライン).
- [2] 森吉千佳子, 久保田佳基, 西堀英治, “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”, SPring-8 シンポジウム 2021, (2021年9月17日-18日, オンライン).

(一般講演)

- [1] ◎中平夕貴, 若松 徹, 谷口博基, 寺崎一郎, 黒岩芳弘, 森吉千佳子, 「アルミネートソーダライト型強誘電体 $\text{Ca}_8[\text{AlO}_2]_{12}(\text{SO}_4)$ の立方晶相構造の特徴」, 第 38 回強誘電体会議 (FMA-38), (2021年6月1日-4日, オンライン).
- [2] ◎矢多部優介, 中平夕貴, 服部真央, Kim Sangwook, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, 廣瀬美那子, 藤井一郎, 上野慎太郎, 和田智志, 佐藤幸生, 「擬立方晶ペロブスカイト型非鉛圧電材料の構造物性」, 第 38 回強誘電体会議 (FMA-38), (2021年6月1日-4日, オンライン).
- [3] 押目典宏, 大和田謙二, 菅原健人, 安部友啓, 山内礼士, 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 線回折を利用したナノ結晶の 3 次元イメージング」, 第 38 回強誘電体会議 (FMA-38), (2021年6月1日-4日, オンライン).
- [4] ◎山内礼士, Kim Sangwook, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, 藤井一郎, 上野慎太郎, 和田智志, 「チタン酸バリウム多面体微粒子の構造相転移」, 第 38 回強誘電体会議 (FMA-38), (2021年6月1日-4日, オンライン).
- [5] ◎L. Wu, S. Kim, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, M. Suzuki, K. Shinoda, R. Aoyagi, and J. Akedo, 「Structural Characterization of $\text{Pb}(\text{Zr}_{1-x}\text{Ti}_x)\text{O}_3$ Fine Ceramic Powder Synthesized by Dry Mechanochemical Solid-state Reaction Using Synchrotron Radiation X-ray Diffraction」, 第 38 回強誘電体会議 (FMA-38), (2021年6月1日-4日, オンライン).
- [6] ◎S. Kim, H. Nam, I. Fujii, S. Ueno, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, and S. Wada, 「Material Softening by Cation Off-centering in Bi-based Lead-free Piezoelectric Ceramics」, 第 38 回強誘電体会議 (FMA-38), (2021年6月1日-4日, オンライン).
- [7] H. Nam, I. Fujii, S. Kim, S. Ueno, T. Ishii, and S. Wada, 「Impact of Alternating Current Poling Conditions on Lead-Free BiFeO_3 - BaTiO_3 Based Piezoelectric Ceramics」, 第 38 回強誘電体会

- 議(FMA-38), (2021年6月1日-4日, オンライン).
- [8] 町田晃彦, 押目典宏, 大和田謙二, 菅原健人, 石井賢司, 綿貫 徹, 佐藤良太, 寺西利治, 山内美穂, 豊川秀訓, 黒岩芳弘, 「ブラッグコヒーレント X 線回折イメージングの開発と Pd ナノ結晶水素化過程の三次元可視化への適用」, 第4回ハイドロジェノミクス研究会, (2021年8月19日-20日, オンライン).
- [9] N. Oshime, K. Ohwada, K. Sugawara, T. Ueno, A. Machida, T. Watanuki, K. Ishii, H. Toyokawa and Y. Kuroiwa, 「Development and Improvement of Bragg Coherent Diffraction Imaging for Expanding Observable Particle-size Range」, 2018~2022 年度 文部科学省 科学研究費助成事業 新学術領域研究 (研究領域提案型) ハイドロジェノミクス: 高次水素機能による革新的材料・デバイス・反応プロセスの創成 第8回若手育成スクール, (2021年8月31日, オンライン).
- [10] 井藤浩明, 設楽一希, Wang Yongming, 藤井孝太郎, 八島正知, 後藤陽介, 森吉千佳子, Rosero-Navarro Nataly Carolina, 三浦 章, 忠永清治, 「新規準安定 Li_3YCl_6 相における速度論的なカチオン秩序の安定化」, セラミクス協会第34回秋季シンポジウム, (2021年9月1日-3日, オンライン).
- [11] ◎山内礼士, Kim Sangwook, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, 藤井一郎, 上野慎太郎, 和田智志, 「 BaTiO_3 多面体微粒子の相転移と結晶構造」, 第82回応用物理学会秋季学術講演会, (2021年9月10日-13日, オンライン).
- [12] ◎山下愛智, 臼井秀知, 川島千弦, 石田康平, Rajveer Jha, 星 和久, 後藤陽介, 三浦章, 黒木和彦, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, 高橋博樹, 水口佳一, 「 BiS_2 系超伝導体の高圧相における同位体効果の検証」, 日本物理学会 2021年秋季大会, (2021年9月20日-23日, オンライン).
- [13] 押目典宏, 大和田謙二, 菅原健人, 安部友啓, 山内礼士, 上野哲朗, 町田晃彦, 綿貫 徹, 石井賢司, 上野慎太郎, 藤井一郎, 和田智志, 佐藤良太, 寺西利治, 山内美穂, 豊川秀訓, 黒岩芳弘, 「Bragg コヒーレント X 線回折を用いたナノ結晶の外形, 歪分布のイメージング」, 日本物理学会 2021年秋季大会, (2021年9月20日-23日, オンライン).
- [14] ◎P. Sapkota, I. Fujii, S. Kim, S. Ueno, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, and S. Wada, 「Preparation of Superparaelectric Barium Titanate Ceramics by Mn-Nb Co-doping for DC-bias Free Dielectrics」, 第41回電子材料研究討論会, (2021年11月4日-5日, オンライン).
- [15] 町田晃彦, 押目典宏, 大和田謙二, 菅原健人, 石井賢司, 綿貫 徹, 佐藤良太, 寺西利治, 山内美穂, 豊川秀訓, 黒岩芳弘, 「Pd ナノ結晶水素化過程の三次元可視化へ向けたブラッグコヒーレント X 線回折イメージングの開発」, 第7回水素化物に関わる次世代学術・応用展開研究会, (2021年11月8日-9日, オンライン).
- [16] H. Nam, I. Fujii, S. Kim, S. Ueno, T. Ishii, and S. Wada, 「Composition Dependence of BiFeO_3 -Based Ceramics and Their Piezoelectric Properties by AC Poling Treatment」, 第60回セラミクス基礎科学討論会, (2022年1月8日-9日, 熊本大学, 熊本, ハイブリッド (オンライン)).
- [17] 米田安宏, Sangwook Kim, 和田智志, 「 BiFeO_3 - BaTiO_3 混晶系の局所構造解析」, 日本物理学会第77回年次大会, (2022年3月15日-19日, オンライン).
- [18] ◎山下愛智, 水戸部 翼, 後藤陽介, 三浦 章, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, 水口佳一, 「高エントロピー合金型金属カルコゲナイド系化合物の熱電特性」, 日本物理学会第77回年次大会, (2022年3月15日-19日, オンライン).

- [19] 押目典宏, 大和田謙二, 菅原健人, 島田 歩, 安部友啓, 山内礼士, 上野哲朗, 町田晃彦, 綿貫 徹, 上野慎太郎, 藤井一郎, 和田智志, 佐藤良太, 寺西利治, 山内美穂, 門馬綱一, 石井賢司, 豊川秀訓, 黒岩芳弘, 「Bragg コヒーレント X 線回折を用いた Pd 水素化物ナノ結晶の 3 次元イメージング」, 日本物理学会第 77 回年次大会, (2022 年 3 月 15 日-19 日, オンライン).
- [20] ©福島風世, 山内礼士, Kim Sangwook, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, 藤井一郎, 上野慎太郎, 和田智志, 「マイクロオーダーの粒サイズをもつ BaTiO₃ 多面体粒子の構造相転移」, 第 69 回応用物理学会春季学術講演会, (2022 年 3 月 22 日-26 日, 青山学院大学, 相模原キャンパス).

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 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 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 3 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 2 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

○ 学会等

- [1] 第38回強誘電体会議 (FMA-38, 日本誘電体学会年会), (2021年6月1日-4日, オンライン), 黒岩芳弘 (日本誘電体学会理事副会長, 運営委員, 論文委員), 森吉千佳子 (運営委員)

○ 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: (一社)日本誘電体学会 (DESJ) 理事 副会長
- [2] 黒岩芳弘: (一社)日本物理学会 (JPS) 代議員
- [3] 黒岩芳弘: (公社)日本セラミックス協会 (CerSJ) セラミックコーティング研究体世話人
- [4] 黒岩芳弘, 森吉千佳子: 強誘電体会議 (FMA) 運営委員会 委員
- [5] 黒岩芳弘: 強誘電体会議 (FMA) 論文委員会 委員
- [6] 黒岩芳弘, 森吉千佳子: 強誘電体会議 (FMA) 優秀発表賞選考委員会 委員
- [7] 黒岩芳弘: Japanese Journal of Applied Physics (JJAP) Vol. 60, No. SF (2021) Special Issue: Ferroelectric Materials and Their Applications, Guest Editor-in-Chief and Guest Editor-in-Charge (編集委員会ゲスト編集委員およびゲスト編集委員長)
- [8] 黒岩芳弘: Asian Ferroelectric Association (AFA), Executive Board (執行役員会委員),

日本代表)

- [9] 黒岩芳弘 : Journal of Advanced Dielectrics (JAD), Editorial Board (編集委員会委員)
- [10] 黒岩芳弘 : The Dielectrics and Electrical Insulation Society of IEEE (IEEE-DEIS), Technical Committee of Functional Dielectrics (機能性誘電体部会 委員)
- [11] 森吉千佳子 : 日本学術会議 連携会員 (IUCr 分科会幹事・結晶学分科会委員)
- [12] 森吉千佳子 : 日本結晶学会 評議員
- [13] 森吉千佳子 : 日本結晶学会 男女共同参画推進幹事
- [14] 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
- [15] 森吉千佳子 : 広島県物理教育研究推進会事務局, 会計幹事
- [16] Sangwook Kim : Materials, Section Editor for Advanced and Functional Ceramics and Glasses
- [17] Sangwook Kim : Materials, Editorial Board member

○ 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] 森吉千佳子 : 東北大学金属材料研究所研究部共同利用委員会

○ 学内委員等

- [1] 黒岩芳弘 : 理学部 学部長
- [2] 黒岩芳弘 : 大学院理学研究科 研究科長
- [3] 黒岩芳弘 : 大学院先進理工系科学研究科 副研究科長, 他
- [4] 森吉千佳子 : 広島大学放射光科学研究センター運営委員

○ 客員教授, 研究員等

- [1] 黒岩芳弘, 森吉千佳子 : (公財)高輝度光科学研究センター (JASRI) 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] 黒岩芳弘 : SPring-8 BL02B2 粉末構造解析ビームライン, ダブルペロブスカイト型反強誘電体の構造物性 (2021 年), 参加国 : 日本, 中国, 韓国
- [3] 黒岩芳弘 : SPring-8 BL02B2 粉末構造解析ビームライン, 電池正極材量の構造物性 (2021 年), 参加国 : 日本, 中国

- [4] 黒岩芳弘, 森吉千佳子 : Pring-8 BL02B2 粉末構造解析ビームライン, 光ルミネッセンス材料の構造物性 (2021年), 参加国: 日本, 中国
- [5] 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

○ 国際会議開催実績

- [1] 黒岩芳弘 : Joint Conference of the Asian Meeting on Ferroelectricity (AMF) and the Asian Meeting on Electroceramics (AMEC) (Materials Thailand: AMF-AMEC 2021), (2021.7.7-9, Chulalongkorn University, Thailand, Hybrid), International Honorary and Executive Board Members of Asian Ferroelectrics Association (AFA)

高大連携事業への参加状況

○ 模擬授業

- [1] 黒岩芳弘 : 祇園北高等学校 模擬授業「物理学講座 一夢の光, 放射光で見る物質の構造と機能発現のメカニズムー」, 祇園北高校理数科生徒2年生 (39名) 対象, 2021年4月27日
- [2] 黒岩芳弘 : 祇園北高等学校, 結晶育成指導, 祇園北高校理数科生徒2年生 (39名) 対象, 2021年7月13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, 2018年10月入学生, 1名 (中国)
- [2] 黒岩芳弘 : 大学院先進理工系科学研究科博士課程後期, 2020年4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)「擬立方晶フラクチャード強誘電体の巨大圧電応答機構解明のための構造計測手法の構築」(2021年度, 4,940千円)
- [2] 黒岩芳弘 (分担) : 科学研究費補助金基盤研究 (B) (一般)「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」(2021年度, 400千円)
- [3] 黒岩芳弘 (全体統括) : 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」(2021年度, 0千円)
- [4] 黒岩芳弘, 森吉千佳子 : 共同研究費「放射光X線回折による精密計測技術の開発」(2021年度, 3,000千円)
- [5] 森吉千佳子 (代表) : 栢森情報科学振興財団2020年度助成金 (2020-21年度, 800千円)
「放射光エックス線回折実験で得られる多量データと失敗データの機械学習による活用」
- [6] 森吉千佳子 (代表) : SPring-8 パートナーユーザー課題 (2019-21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) (2021年度, 約 1,000 千円)

- [7] Sangwook Kim (代表) : 公益財団法人村田学術振興財団研究助成「結晶構造エンジニアリングを用いたエネルギーハーベスティング用高性能圧電材料の創成」(2020-2022年度, 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
該当無し
- 学内表彰・受賞
該当無し

○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と計算機を用いたモデルシミュレーション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・磁性体における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、さまざまな外場 (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 (PES) 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。高圧力印加によ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、さらに空間・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 (~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4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、いくことが究極の目標である。

チタン酸ストロンチウムの新規強誘電性の探求

チタン酸ストロンチウム (SrTiO_3) 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_3 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_3 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_3 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10 nm厚の極薄膜をレーザー蒸発法により作製を依頼した。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。その結果、応力の違いによって SrTiO_3 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や後述の時間分解分光測定を活用した研究を進めており、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。

チタン酸バリウム薄膜のパルス電場印加下の時分割分光測定

チタン酸バリウム (BaTiO_3) 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」でも何かが異なると指摘されてきた。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_3 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厚さ100 nm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明らかにした。その成果を材料学で権威のある雑誌 (Acta Materialia) に掲載し、同時に大学広報グループを通じて、関係機関とともに報道発表 (プレスリリース) している。

これまで専らチタン (Ti) 原子に着目した測定を行ってきたが、バリウム (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・名古屋大学・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機会を得た。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の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 L3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、オージェ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、二酸化チタン(TiO₂)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TiO₂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、単結晶試料の異なる面方位の触媒活性を丁寧に調べること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TiO₂表面における脱離速度の違いを測定した。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Fe₆₅Ni₃₅合金の小さな熱膨張率は、大きな磁気体積効果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、Fe₆₅Ni₃₅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。Fe₆₅Ni₃₅インバー合金において逆

モンテカルロ法による構造解析手法を導入し、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た。その結果、強磁性相においてFe-Fe原子対の長さが他の原子対と比べて長いことを見出した。このことが磁気体積効果およびインバー効果の原子レベルの起源であることを示した。最近ではこの試みを様々なFe合金について適用している。

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GdFe₂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バウアー分光法とX線磁気円二色性測定(XMCD)で観測されている。さらにGdFe₂よりもフェリ磁性への転移温度が低いGdCo₂に着目して、水素による磁気状態の変化を高圧下で調べたところ、GdCo₂の場合も2段階の磁気転移が見出だされた。詳細にみると、XMCDの圧力変化にはGdFe₂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SmCo₅に着目し、高圧下で水素化した場合のXMCDを測定している。さらにXMCDではこれまで観測できなかった希土類元素の磁化の反転を見出すために、遷移金属の組成が多いGd₂TM₁₇ (TM=Fe, Co) 化合物における水素誘起の圧力変化にも測定も進めた。水素誘起の磁気構造の探索と水素量および結晶構造と磁性との相関を理論計算も活用して詳細に調べている。

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
- 愛媛大学 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
- 東京理科大学, 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, 大阪公立大学と共鳴硬X線光電子分光の共同研究

原著論文

- [1] Yasuhisa Tezuka, Shunsuke Nozawa, Nobuo Nakajima, and Toshiaki Iwazumi, Temperature dependence of electronic structure on the ferroelectric phase transition of BaTiO₃, Phys. Rev. B 104, 235148 (2021) [7 Pages] DOI: 10.1103/PhysRevB.104.235148
- [2] Resta A. Susilo, Wen Deng, Jiajia Feng, Aifeng Wang, Naomi Kawamura, Naoki Ishimatsu, Saori Kawaguchi, Mingzhi Yuan, He Li, Weijun Ren, Takeshi Nakagawa, Cedomir Petrovic, and Bin

Chen, Impacts of pressure to the structural, electronic, and magnetic properties of Dirac semimetal EuMnBi₂, Phys. Rev. Research 3, 043028 (2021) [10 Pages]

DOI:10.1103/PhysRevResearch.3.043028

- [3] ©N. Ishimatsu, S. Iwasaki, M. Kousa, S. Kato, N. Nakajima, N. Kitamura, N. Kawamura, M. Mizumaki, S. Kakizawa, R. Nomura, T. Irifune, and H. Sumiya, Elongation of Fe-Fe atomic pairs in the Invar alloy Fe₆₅Ni₃₅, Phys. Rev. B 103, L220102 (2021) [5 Pages]

DOI:10.1103/PhysRevB.103.L220102

著書

該当無し

国際会議

(招待講演)

- [1] Naoki Ishimatsu, 「Element-selective elastic properties of Fe₆₅Ni₃₅ Invar alloy studied by Extended X-ray Absorption Fine Structure」, The 10th Asian Conference on High Pressure Research (ACHPR-10) (2021.11.21-25, オンライン開催)

(一般講演)

- [1] Seiya Kato, Nobuo Nakajima, Shintaro Yasui, Sou Yasuhara, Desheng Fu, Jun-ichi Adachi, Hiroaki Nitani, Yasuo Takeichi, and Andris Anspoks, 「Dielectric response of BaTiO₃ electronic states under AC fields via microsecond time-resolved X-ray absorption spectroscopy」, The 18th International Conference on X-Ray Absorption and Fine Structure (XAFS2021) (2021.7.12-13, online hosted by Australia)
- [2] K. Hiromori, Y. Aiura, K. Mase, N. Nakajima, and K. Ozawa, 「Photocatalytic Activity and the Valence Band Structure of Edge and Terrace Sites of Natural Anatase TiO₂ Crystal」, The 9th International Symposium on Surface Science (ISSS-9) (2021.11.28-12.1, online)

国内学会

(依頼講演)

該当無し

(一般講演)

- [1] 下山絢女, 廣森慧太, 中島伸夫, 間瀬一彦, 長谷川 巧, 小澤健一, 「TiO₂単結晶を用いたアナターゼ/ルチル境界層の作製と評価」, 日本物理学会 2022年年次大会 (2022.3.15-19, オンライン開催)
- [2] 廣森慧太, 下山絢女, 中島伸夫, 間瀬一彦, 長谷川 巧, 小澤健一, 「顕微光電子分光によるTiO₂結晶表面のアナターゼ/ルチル相境界における光触媒活性の研究」, 日本物理学会 2022年年次大会 (2022.3.15-19, オンライン開催)
- [3] 中島伸夫, 坂野碩保, 柿原瑛樹, 符 徳勝, 手塚泰久, 「共鳴X線発光分光による圧電体 Ba(Ti_{1-x}Sn_x)O₃のSn 置換効果」, 日本物理学会 2022年年次大会 (2022.3.15-19, オンライン開催)
- [4] 猫本勇輝, 加藤盛也, 中島伸夫, 安井伸太郎, 足立純一, 丹羽尉博, 仁谷浩明, 武市泰

- 男, 「SrTiO₃薄膜の歪み誘起分極の電場応答」, 日本物理学会 2022年年次大会 (2022.3.15-19, オンライン開催)
- [5] 手塚泰久, 浅利真人, 加藤梨紗, 任皓 駿, 渡辺孝男, 野澤俊介, 中島伸夫, 岩住俊明, 「Aサイト秩序型ペロブスカイトCaCu₃Ti₄O₁₂の電子構造の角度依存性」, 日本物理学会 2022年年次大会 (2022.3.15-19, オンライン開催)
- [6] 坂野碩保, 中島伸夫, 柿原瑛樹, 符 徳勝, 「X線吸収分光法による圧電体Ba(Ti_{1-x}Sn_x)O₃のSn 置換効果」, 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 (2022.1.7-9, オンライン開催)
- [7] 廣森慧太, 相浦義弘, 間瀬一彦, 中島伸夫, 小澤健一, 「顕微分光測定によるアナターゼTiO₂結晶表面のエッジ近傍での電子構造と光触媒活性の研究」, 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 (2022.1.7-9, オンライン開催)
- [8] 加藤盛也, 中島伸夫, 大沢仁志, 加藤和男, 伊奈稔哲, Anspoks Andris, 「X線吸収分光法と逆モンテカルロ法による強誘電体 BaTiO₃の局所構造解析」, 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 (2022.1.7-9, オンライン開催)
- [9] 手塚泰久, 浅利真人, 加藤梨紗, 野澤俊介, 中島伸夫, 岩住俊明, 「共鳴 X 線ラマン散乱による遷移金属酸化物の 非占有電子構造の研究」, 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 (2022.1.7-9, オンライン開催)
- [10] 猫本勇輝, 中島伸夫, 加藤盛也, 安井伸太郎, 足立純一, 丹羽尉博, 仁谷浩明, 武市泰男, 「軽希土類-遷移金属化合物SmCo₅の高圧下水素化による磁気構造及び結晶構造の変化」, 応用物理学会 強制的秩序とその操作に関わる研究会 第14回研究会 (2022.1.4, オンライン開催) **【ポスター最優秀賞】**
- [11] 石本賢太郎, 石松直樹, 金森 奨, 河村直己, 河口沙織, 榊 浩司, 中村優美子, 中野智志, 「顕微光電子分光測定による TiO₂結晶表面の物性評価」, 「水素化物に関わる次世代学術・応用展開研究会」第7回研究会 (2021.11.8-11.9, オンライン開催) **【優秀若手表彰受賞】**
- [12] 石松直樹, 金森 奨, 石本賢太郎, 河村直己, 河口沙織, 榊 浩司, 中村優美子, 中野智志, 「希土類-遷移金属化合物Gd₂Fe₁₇の水素誘起磁気構造の圧力変化: X線磁気円二色性による観測」, 日本物理学会 2021年秋季大会 (2021.9.14-17, オンライン開催)
- [13] ○久保優介, 石松直樹, 北村尚斗, 河村直己, 水牧仁一朗, 野村龍一, 柿澤 翔, 角谷均, 入船徹男, 「圧力誘起インバー合金Fe₅₅Ni₄₅の圧力下EXAFSとXRDを用いたRMC法による合金構造解析」, 日本物理学会 2021年秋季大会 (2021.9.14-17, オンライン開催)
- [14] 廣森慧太, 小澤健一, 相浦義弘, 間瀬一彦, 中島伸夫, 「顕微X線光電子分光による天然アナターゼTiO₂結晶表面のエッジとテラスの光触媒活性と価電子バンド構造の相関」, 日本物理学会 2021年秋季大会 (2021.9.14-17, オンライン開催)
- [15] 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の価電子バンド構造と光触媒活性の相関: テラス領域とエッジ領域の比較」, 日本物理学会 2021年秋季大会 (2021.9.14-17, オンライン開催)
- [16] 加藤盛也, 中島伸夫, 大沢仁志, 加藤和男, 伊奈稔哲, Andris Anspoks, 「X線吸収分光法と逆モンテカルロ計算によるBaTiO₃の局所構造解析」, 日本物理学会 2021年秋季大会 (2021.9.14-17, オンライン開催)
- [17] 坂野碩保, 中島伸夫, 柿原瑛樹, 符 徳勝, 「X線吸収分光法による圧電体Ba(Ti_{1-x}Sn_x)O₃のSn 置換効果」, 日本物理学会 2021年秋季大会 (2021.9.14-17, オンライン開催)

- [18] 手塚泰久, 浅利真人, 加藤梨紗, 野澤俊介, 中島伸夫, 岩住俊明, 「共鳴X線ラマン散乱による遷移金属酸化物の非占有電子構造の研究II」, 日本物理学会 2021年秋季大会 (2021.9.14-17, オンライン開催)
- [19] 遠藤優理, 加藤盛也, 中島伸夫, Badari Narayana Rao, 安井伸太郎, 大沢仁志, 河村直己, 「高分解能X線吸収分光法による抵抗スイッチング材料Pt/AlFeO₃/Nb:SrTiO₃ヘテロ膜の電子状態測定」, 第82回応用物理学会秋季学術講演会 (2021.9.10-13, 9.21-23, 名城大学& オンライン オンライン開催)

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 | 12 件 |
| ○博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 | 4 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 : 日本学術振興会 特別研究員等審査委員
- [3] 石松直樹 : SPring-8 ユーザー共同体 高圧物質科学研究会 代表

○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

高大連携事業への参加状況

該当無し

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と週1~2回の頻度でのオンラインミーティングを研究室学生も参加して継続的に実施している。
- [2] 石松直樹 : 欧州放射光施設 (ESRF) の A. Rosa 博士をクロスアポイントメント特任助教として招聘。招聘は令和4年度の予定。

各種研究員と外国人留学生の受入状況

○外国人留学生

- [1] 大学院先進理工系科学研究科博士課程後期, 2021年4月入学生, 1名 (中国)

研究助成金の受入状況

- [1] 石松直樹：科学研究費補助金 基盤研究(B) (令和3年度-5年度) (代表, 7,800千円)
課題名：「中距離スケールの原子位置の可視化によるFe合金の大きな磁気体積効果の起源解明」
- [2] 石松直樹：科学研究費補助金 学術変革領域研究 (A) (公募研究) 超秩序構造科学 (令和3年度-4年度) (代表, 3,000千円)
課題名：「Fe-Fe原子相関を超秩序構造とした不規則鉄合金の構造可視化」
- [3] 石松直樹：「貴金属に関わる研究助成金」田中貴金属財団 奨励賞 (令和3年度-4年度) (分担, 300千円)
課題名：「Fe-Pt合金の「負の熱膨張」発現のメカニズムとPtの役割の解明」
- [4] 石松直樹：科学研究費補助金 基盤研究(B) (令和2年度-5年度) (分担, 300千円)
課題名：「圧力磁場誘起らせん秩序の観測によるキラリティ自発形成機構の研究」

その他特記すべき事項

- 学術団体等からの受賞実績
該当無し

- 学内表彰・受賞

- [1] 加藤盛也 (D2)：先進理工系科学研究科「学術奨励賞」を受賞, 2021年10月5日
- [2] 加藤盛也 (D2)：「広島大学エクセレント・スチューデント・スカラーシップ」
成績優秀学生 表彰, 2021年12月13日
- [3] 猫本勇輝 (B4)：「広島大学理学部後援会奨励賞」を受賞, 2021年12月
- [4] 下山絢女 (D2)：理学部「卒業論文発表優秀賞」を受賞, 2022年3月23日

○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, 熱的な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) 最速の線ノード型ディラック電子を超伝導体の中に発見 - 省電力デバイス開発へ道 -
見かけ上の質量がゼロになるディラック電子は, 不純物があってもぶつかることなく進み

続けるという目覚ましい特徴をもっており、炭素原子が蜂の巣格子を組むグラフェンで最初に発見された。高速で移動度の高い電気伝導を実現するため、グラフェンを用いた電子デバイスの開発が進められている。ディラック電子が示す特殊な量子ホール効果は、2010年のノーベル物理学賞の対象にもなった。このディラック電子は、ノードと呼ばれるエネルギーの原点が「点状」のものと「線状」のもの2種類に分けられる。グラフェンを含め、これまで発見された物質中のディラック電子は、ほとんどが点ノード型で、線ノード型は希少であった。線ノード型は、ディラック電子のエネルギー分散関係が運動量空間で連続的につながっているため、電子が散乱されにくいという性質が強調されることに期待が高まっている。さらなる次世代のデバイス開発のためには、「線状」でかつ「高速」なディラック電子を持ち、さらに「超伝導」を示すことが要求される。しかし、3拍子そろった物質は未だ発見されていなかった。最近、半金属 ZrSiS に線ノード型のディラック電子がいることが報告されたが、その速さはグラフェンの65%で、超伝導は示さない。また超伝導体 PbTaSe_2 に線ノード型ディラック電子が発見されているが、その速さはグラフェンの40%だった。

このような中、超伝導体 $\text{ZrP}_{2-x}\text{Se}_x$ が本研究の共同研究者である国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下、産総研）の鬼頭らにより2014年に発見された。この物質は、線ノード半金属 ZrSiS を形作るシリコン Si の単原子層を、リン P の単原子層に置き換えたものになっていることから、同様の線ノードが現れるものと第一原理計算で予測されていた。そこで、本研究では、超伝導体 $\text{ZrP}_{2-x}\text{Se}_x$ の電子構造を直接観測し、線ノード型ディラック電子の有無とその形成起源を調べるために、放射光を用いた角度分解光電子分光を行った。

その結果、超伝導体 $\text{ZrP}_{2-x}\text{Se}_x$ にはダイヤモンド型をした環状の線ノードが存在することを明らかにした。また、観測されたディラック分散関係の傾きから、線ノード型ディラック電子の群速度が 1200 km/s に達することがわかった。この速度は、グラフェン中の点ノード型ディラック電子の速度に匹敵し、これまでに知られている線ノード型ディラック電子の速度を大幅に上回る最速記録である。また、リン P 原子の正方格子でできた単原子層を仮定してモデル計算を行ったところ、実験結果を見事に再現する結果が得られた。このことから、超伝導体の中に観測された特徴的な環状の線ノードと最速のディラック電子が、リン P 原子の正方格子によって実現することがわかった。

今回の発見のポイントは「線状」でかつ「最速」のディラック電子を「超伝導」物質の中に見出したことである。この発見により次世代の高速デバイス開発への明確な指針が見出された。また、最近、トポロジーという概念が物質に存在し、さまざまな新奇物性現象が予言されており、線ノードを有する物質も同じくトポロジーで分類できることがわかってきた。その観点から、今回の発見は新しいトポロジカル超伝導体の発見にもつながり、エラー耐性に優れた量子コンピュータの開発のために必要な幻の粒子・マヨラナ粒子の発見にもつながると期待される。

本研究の成果は、米国の科学雑誌 *Physical Review B* のレターセクションに掲載された。また、同学術雑誌のハイライト論文に選ばれた。また、広島大学よりプレス発表 (<https://www.hiroshima-u.ac.jp/news/69582>) を行った。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)」などの支援を受けて行われた。

(2) 複合アニオン超伝導体 $\text{HfP}_{2-x}\text{Se}_x$ における線ノード型ディラック電子の直接観測

上記のように、ノンシンモルフィック構造をとる MSiCh ($M=\text{Zr, Hf}$, $\text{Ch}=\text{S, Se}$)が、フェルミ準位近傍に交差を持つディラック線ノードをバンド構造にもつ半金属として大きな注目を浴びている。最近、グライド面の Si を P に置き換えると、ディラック線ノードを保ちつつ、超伝導を発現することがわかった。このようなディラック線ノードが、正方格子を構成する元素や格子定数、更にはスピン軌道相互作用によってどのように変調を受けるのかを調べることにより、超伝導発現などの物性の違いを詳細に知ることができるはずである。そこで本研究は、 $\text{HfP}_{2-x}\text{Se}_x$ の高品質単結晶試料について、放射光角度分解光電子分光実験 (ARPES) を行ったところ、2枚の大きなフェルミ面、および、 Γ 点と X 点のそれぞれに小さな電子ポケットが観測された。大きなフェルミ面を構成するバンドは、 -0.9eV においてギャップレスなディラック交差をもち、ダイヤモンド型をした環状のディラック線ノードを形成する。 HfSiS では、 70meV 程度のギャップが開いたディラック線ノードが報告されているため、 $\text{HfP}_{2-x}\text{Se}_x$ におけるディラック線ノードはスピン軌道相互作用の影響を受けにくいことが示唆される。また、 $\text{HfP}_{1.45}\text{Se}_{0.37}$ のディラック速度は $v_D = 1.3 \times 10^6 \text{ m/s}$ に達し、 $\text{ZrP}_{1.24}\text{Se}_{0.57}$ に比べて 1.1 倍、 HfSiS と比べると 1.3 倍程度になっていることが判明した。 Si に比べると、 P 正方格子は格子定数が大きくなるため、他の要因がディラック電子の高速化に寄与していると考えられる。本研究は、 P 正方格子をもつ $\text{MP}_{2-x}\text{Se}_x$ が、高速の線ノード型ディラック電子をもつ超伝導体であり、スピン軌道相互作用の影響を受けにくいことを示し、新奇物性研究への展開が期待される。

(3) 巨大異常ネルンスト効果を示すホイスラー合金 Co_2MnGa の電子構造の解明

近年、磁性体に熱流を印加した際に生じる異常ネルンスト効果が環境発電の観点から大きな注目を集めている。異常ネルンスト効果は、磁性体に熱流を流す際に、温度勾配と磁化に直交する方向に電圧を生じる現象である。類似した熱電効果としてゼーベック効果がよく知られているが、大面積かつ柔軟性を持つモジュールの作成などの観点で異常ネルンスト効果は高い優位性を示す。また、構成材料に有毒元素を含まない点も特筆すべき点である。しかしながら、異常ネルンスト効果による熱電能は一般に $1.0 \mu\text{V/K}$ 以下と極めて低いため、 $10\text{-}20 \mu\text{V/K}$ クラスの熱電能が要求される実用環境発電や高感度熱流センサーに応用するためには熱電能の大幅な向上が求められている。近年発見されたワイル磁性体は鉄などの典型的な磁性体よりも一桁程度大きな熱電能を実現できることがわかってきた。このような熱電能の増強には、フェルミ準位近傍の電子構造が生み出す「仮想磁場」の存在が重要な役割を果たすと考えられている。しかし、実験手法が限られることとその困難さから、電子構造に関する実験的研究はこれまでほとんど行われてこなかった。

本研究では、巨大異常ネルンスト効果 ($\sim 6 \mu\text{V/K}$) が報告されているホイスラー合金 Co_2MnGa に着目し、大型放射光施設 SPring-8 の軟 X 線シンクロトロン放射光を利用した角度分解光電子分光実験を行い、熱電能と電子構造の対応関係を明らかにした。一般に、角度分解光電子分光実験には超高真空中で平坦かつ清浄表面をもつ試料が必要となる。しかし、ホイスラー合金のバルク単結晶はその 3 次元的な結晶構造から、真空中で平坦な表面を得ることが困難であり、これまでほとんど角度分解光電子分光実験が行われてこなかった。そこで本研究では、物質・材料研究機構 (NIMS) の桜庭裕弥グループリーダーと協力し、高品質ホイスラー合金薄膜を作成した。薄膜試料の表面汚染を防ぐため、 Al キャップを施した。その結果、 Co_2MnGa 薄膜中にワイル粒子が存在することを明らかにした。この実験結果は第一原

理計算によって再現され、ワイル粒子から構成されるバンド分散が巨大仮想磁場の源となり、熱電能を増強していることを突き止めた。

本研究の成果は、米国の科学雑誌 *Physical Review 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)」, 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)」などの支援を受けて行われた。

(4) Fe₃Ga 薄膜のスピンの分極バンド構造の観測

熱電物質は、排熱エネルギーから直接電気エネルギーへ変換が可能であることから、環境問題を解決する緒の一つである。なかでも磁性体で発現する異常ネルンスト効果 (ANE) は、熱勾配に対し垂直に起電力を発生するため、柔軟なデバイス応用が可能であるとして大きな注目を浴びている。最近、Fe_{0.68}Ga_{0.32} 薄膜において起電力が純 Fe に比べ 2 桁大きな 2.4 $\mu\text{V/K}$ に達することが報告された。この大きな起電力は、主に横ペルチェ係数の増大によりもたらされていることが理論から予測された。更に規則化した D0₃ 相 Fe₃Ga では起電力が 4 $\mu\text{V/K}$ に達し、これはバンドのトポロジーに起因する内因性効果により発現することが示唆されている。しかし、これらの先行研究では大きなネルンスト効果を生じ得る電子バンドの理論予測に基づき、実際の試料におけるフェルミ準位シフトが推測されるに留まっており、直接的なバンド観測に基づく解析は行われていない。このような解析には、スピンを分解した上で、エネルギー分散関係を可視化できるスピン角度分解光電子分光 (Spin-ARPES) が必要である。しかし、Fe-Ga 合金は劈開性に乏しく清浄表面を得ることが困難であるため、これまで ARPES を用いた実験的報告はされていない。そこで我々は、D0₃ 相 Fe₃Ga 薄膜をマグネトロン・スパッタリング法により成膜し、超高真空スーツケースを用い広島大学に輸送、Spin-ARPES 実験を HiSOR BL-9B の VLEED 型スピン検出器を用いて行った。その結果、フェルミ準位 (E_F) を横切る少数スピンのバンド、および $E - E_F = -1.2 \text{ eV}$ 近傍では少数スピンと多数スピンのバンド分散を分離する形で観測した。計算したベリー曲率から横ペルチェ係数を見積もったところ、ちょうど実験結果から得られた E_F で大きなネルンスト効果が現れることがわかった。

(5) 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ふ現象を指す。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。磁性ドーピング型ではなく、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 MnBi_2Te_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。またこのようなエネルギーギャップが実験的にも観測され、反強磁性体 MnBi_2Te_4 が磁性トポロジカル絶縁体であることを世界で初めて示した[M. M. Otrokov, *Nature* **576**, 416 (2019)]。本研究では、エネルギーギャップの資料依存性を詳細に調べるために、様々な試料について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、15 eV-65 meVの範囲でエネルギーギャップの大きさに試料依存性があり、その原因について理論解析を含め検証した結果、試料の欠陥の度合いによって表面における電荷分布に違いが現れ、エネルギーギャップの大きさに影響していると解釈した。

本研究の成果は、米国の科学雑誌Physical Review Bに掲載された。

(6) 放射光角度分解光電子分光を用いた希土類元素を含む反強磁性体の電子状態の研究

反強磁性体を舞台とするスピントロニクスが現在大きな注目を集めている。反強磁性体ではマクロな磁化が消失しているため、外場による物性制御が困難であると一般的には考えられているが、その背後に潜む磁気多極子の自由度によって電気・磁氣的応答が複合した交差相関物性現象などが誘起される。近年では、このような磁気多極子の自由度を持つ反強磁性秩序を利用したスピントロニクス技術も提案され大きな注目を集めている。本研究で注目する RMnSi ($\text{R}=\text{La,Ce}$) は、その結晶構造が非共型の空間群 P4/nmm に属し、ネール温度 $T_N \sim 294$ K の反強磁性体である。また、結晶構造中に図1(b)で示すようなバックリング層を有する。この場合、常磁性状態では結晶構造全体として空間反転対称性を保つ一方で、各原子サイトに視点を移すと局所的に反転対称性を欠いている。そのため空間反転対称操作でつながった副格子を有する。ここに反強磁性秩序が現れると、副格子が非等価になり、大域的な空間反転対称性が自発的に破れる。これは丁度、磁気多極子の出現の必要条件になっており、バンド構造にラシュバ型のスピン分裂や波数方向にシフトした非対称バンドが生じ、特異な外場応答を引き起こす可能性がある。実際に、結晶構造に同様のバックリング層を含む反強磁性体 BaMn_2As_2 や EuMnBi_2 で磁気圧電効果が観測されており、これらが磁気多極子に由来すると考えられている。しかしながらこれまで外場応答に関する情報のみが調べられ、その応答テン

ソルの起源となる電子構造に関する報告例はない。RMnSi では、 T_N で電気抵抗に異常が報告されており、反強磁性転移に伴う電子構造の変化が推察される。特筆すべきは、RMnSi は反強磁性磁気構造単位格子の大きさを変えずに、磁気モーメントが $q=0$ の配列をとり、通常の反強磁性体とは一線を画すことである。そのため、磁気秩序が電子構造に与える影響を調べる上で格好の舞台となる。しかしながら、LaMnSiおよびCeMnSiの電子構造に関する実験的報告はなく、さらに磁気構造による対称性を反映した電子構造をしているのかについては未解明である。

そこで本研究では、RMnSi ($R = \text{La, Ce}$)における反強磁性秩序の対称性が電子状態に与える影響を明らかにするため、SPring-8 BL25SU およびHiSOR BL-1, BL-9Aにて、それぞれ軟X線(SX)および真空紫外線(VUV)領域の放射光を用いた角度分解光電子分光(ARPES)を行った。まずはSX-ARPESを用いて、励起光エネルギー可変である放射光の利点を活かし、 k_z 方向のバンド分散関係まで含めて3次元的な電子構造を観測した。また、ブリルアンゾーンの高対称 $\Gamma-X$ 波数線を横切る k_x-k_y 面におけるフェルミ面を T_N 以下の $T=50\text{ K}$ で観測した。次に $\Gamma-X$ 波数線に沿ったエネルギー分散関係では、ブリルアンゾーン境界X点においては下に凸の放物線バンドがARPESから明瞭に観測され、 Γ 点においては下に凸と上に凸なバンドが交差する様子が観測された。同様のバンドは p 偏光VUV放射光を用いたARPES測定でも観測された。またCeMnSiについても $50\text{ K} (< T_N)$ で測定を行い、同様の分散を観測した。これらの実験結果は、ともにLaMnSiの反強磁性秩序を考慮した第一原理計算の方が、常磁性相を考慮したものと比較してより良く再現することがわかった。また、これらのバンドは主にMn 3d軌道成分が優勢であることから、反強磁性を担うMn 3d電子状態が遍歴的な特徴を有していることを意味している。このように、本研究でRMnSi ($R=\text{La,Ce}$)の $q=0$ の反強磁性秩序に対応した電子状態を初めて実験的に明らかにした。

(7) ホイスラー合金 $\text{Co}_2\text{Cr}(\text{Ga,Si})$ 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 Co_2CrGa と Co_2CrSi 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、 $\text{Co}_2\text{Cr}(\text{Ga,Si})$ 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、 $\text{Co}_2\text{Cr}(\text{Ga,Si})$ 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 $300\text{-}20\text{ K}$ 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、 20 K では 300 K 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。

(8) 顕微光電子分光を用いた銅酸化物高温超伝導体の電子状態の研究

強相関電子系物質は、高温超伝導や巨大磁気抵抗効果といった応用上も興味深い現象を示し、近年大きな注目を集めている。これらの物性は、強い電子相関に起因して、電子とボゾン（フォノン、マグノンなど）間の相互作用をはじめとした複数の相互作用（多体相互作用）が競合・共存する結果、発現していると考えられている。さらに、このような複雑電子系では、相互作用に特有の空間スケール・サイズで電子系が秩序化する「電子の自己組織化」が、物性の背景にあることが近年わかってきた。一方、電子相関をはじめとした多体相互作用は理論的取り扱いが非常に困難であるため、実験的に電子状態や電子に働く多体相互作用を調べることが必要である。このような要求を満たしうる強力な実験手法が光電子分光である。従来、光電子分光装置の空間分解能はミリメートル程度と低かったが、近年では空間分解能に優れた顕微光電子分光装置の開発が世界的に進められている。実際に、強相関電子系物質であるCr-V₂O₃では、金属・絶縁体の電子相が数10ミクロンスケールで不均一に分布する様子が顕微光電子分光により観測されている[S. Lupi, et al., Nat. Commun. **1**, 105 (2010)]。このような電子相分離は、従来の金属や絶縁体・半導体物質にはない強相関電子系の本質ともいえる現象であることから、強相関電子系の物性を本質的に理解するためには、高い空間分解能で電子状態を観測することが必要不可欠である。そこで本研究では、マイクロスケールで電子状態を高いエネルギー・波数分解能で観測できる顕微・角度分解光電子分光

(ARPES) 装置を広島大学放射光科学研究センターにて開発し、銅酸化物高温超伝導体 Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ} (Bi2212) の電子状態の実空間での振る舞いを調べた。また、価電子帯の情報に加えて、化学状態の分析を目的として、顕微XPS (X線光電子分光) 計測を行った。さらに、顕微計測では、ビッグデータの解析手法・時間が問題となるため、機械学習を用いたクラスタリング手法によるデータ解析を行った。

本研究では、測定位置を微小変化させながら、顕微ARPESにより測定したBi2212のバンド分散を各位置で計測することで、ARPESスペクトルの位置依存性を評価した。次に、バンド分散の波数依存性の測定を、試料位置が僅か(0.2 mm)に異なる2点(A・B)で行い、超伝導ギャップのサイズが異なる様子を観測した。この結果は、位置によってドーパ量が異なることを示唆しており、実際に観測したフェルミ面の大きさには微小ではあるが有限の差異が認められた。そこで、さらに多角的にドーパ量に関して検証するために、顕微XPS測定を行った。本研究では、顕微XPSにより、酸素1sスペクトルの二次元空間マッピングを行った。マッピング範囲は試料水平・鉛直方向に各1 mm、計測ステップは各5 μmに設定し、計4万点において酸素1sスペクトルを計測した。試料表面劣化に伴うスペクトルの経時変化を抑制するために総計測時間を抑える必要があるため、各計測点における実験データは統計精度が不十分であり、ピーク解析が困難であった。また、酸素1sスペクトルの積分強度の二次元空間分布だけでは、電子状態の特徴を理解することは難しい。そこで、二次元空間マッピングデータの機械学習を用いたクラスタリング解析を行った。その結果、積分強度の空間分布とは異なり、各クラスターが不均一に分布していることがわかった。また、同じクラスターに分類されたデータを積算することで、ピーク解析可能な統計精度のスペクトルを作成し、電子状態の特徴量の抽出が可能になった。各積分スペクトルに対してピーク解析したところ、ピーク位置がクラスター間で0.1 eV以上シフトすることがわかった。この結果は、化学ポテンシャルが位置に依存して変化する、すなわち、ドーパ量の不均一性が存在しているこ

とを明示している。本研究により、銅酸化物高温超伝導体Bi₂Te₃はマイクロスケールの電子状態の不均一性を示すことが一貫して明らかとなった。本研究成果は、高温超伝導の相転移現象を理解する上で重要な指針を与える。

原著論文

- [1] ©S. Ishizaka, A. Ino, T. Kono, Y. Miyai, S. Kumar, K. Shimada, H. Kitô, I. Hase, S. Ishida, K. Oka, H. Fujihisa, Y. Gotoh, Y. Yoshida, A. Iyo, H. Ogino, H. Eisaki, K. Kawashima, Y. Yanagi, and A. Kimura, “Evidence for Dirac nodal-line fermions in a phosphorous square-net superconductor”, *Phys. Rev. B.* **105** (12), L121103/ 1-6 (2022). Editor’s suggestion
プレスリリース (広島大学) : <https://www.hiroshima-u.ac.jp/news/69582>
プレスリリース (久留米工業大学) : https://www.kurume-it.ac.jp/news/post_20200231.html
- [2] Takashi Kono, Masaaki Kakoki, Tomoki Yoshikawa, Xiaoxiao Wang, Kazuki Sumida, Takayuki Muro, Kazuki Goto, Yuya Sakuraba, Rie Y. Umetsu, and Akio Kimura, “Three-dimensional bulk Fermi surfaces and Weyl crossings of Co₂MnGa thin films underneath a protection layer”, *Phys. Rev. B.* **104** (19), 195112/ 1-8 (2021).
- [3] ©Munisa Nurmamat, Sergey V. Eremeev, Xiaoxiao Wang, Tomoki Yoshikawa, Takashi Kono, Masaaki Kakoki, Takayuki Muro, Qi Jiang, Zhipeng Sun, Mao Ye, and Akio Kimura, “Bulk Dirac cone and highly anisotropic electronic structure of NiTe₂”, *Phys. Rev. B.* **104** (15), 155133/ 1-7 (2021).
- [4] Kazuki Sumida, Yukiaki Ishida, Jens Gdde, Ulrich Hfer, Shik Shin, and Akio Kimura, “Ultrafast surface Dirac fermion dynamics of Sb₂Te₃-based topological insulators”, *Prog. Sur. Sci.* **96**, 100628/ 1-15 (2021).
- [5] Takahide Kubota, Daichi Takano, Yohei Kota, Shaktiranjana Mohanty, Keita Ito, Mitsuhiro Matsuki, Masahiro Hayashida, Mingling Sun, Yukiharu Takeda, Yuji Saitoh, Subhankar Bedanta, Akio Kimura, and Koki Takanashi, “Magnetoelastic anisotropy in Heusler-type Mn_{2-δ}CoGa_{1+δ} films”, *Phys. Rev. Mater.* **6** (4), 044405/ 1-12 (2022).
- [6] ©A. M. Shikin, A. A. Rybkina, D. A. Estyunin, I. I. Klimovskikh, A. G. Rybkin, S. O. Filnov, A. V. Koroleva, E. V. Shevchenko, M. V. Likholetova, V. Yu. Voroshnin, A. E. Petukhov, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, L. Petaccia, G. Di Santo, S. Kumar, A. Kimura, P. N. Skirdkov, K. A. Zvezdin, and A. K. Zvezdin, “Non-monotonic variation of the Kramers point band gap with increasing magnetic doping in BiTe₃”, *Sci. Rep.* **11**, 23332/ 1-12 (2021).
- [7] ©A.M. Shikin, D.A. Estyunin, N.L. Zaitsev, D. Glaskova, I.I. Klimovskikh, S. Filnov, A.G. Rybkin, E. F. Schwier, S. Kumar, A. Kimura, N. Mamedov, Z. Aliev, M.B. Babanly, K. Kokh, O.E. Tereshchenko, M.M. Otrokov, E. V. Chulkov, K.A. Zvezdin, and A.K. Zvezdin, “Sample-dependent Dirac point gap in MnBi₂Te₄ and its response to the applied surface charge: A combined photoemission and ab initio study”, *Phys. Rev. B.* **104** (11), 115168/ 1-11 (2021).
- [8] Takahide Kubota, Yusuke Shimada, Tomoki Tsuchiya, Tomoki Yoshikawa, Keita Ito, Yukiharu Takeda, Yuji Saitoh, Toyohiko J. Konno, Akio Kimura, and Koki Takanashi, “Microstructures and Interface Magnetic Moments in Mn₂VAl/Fe Layered Films Showing Exchange Bias”, *Nanomaterials* **11**, 1723/ 1-11 (2021).

国際会議

(招待講演)

- [1] A. Kimura, “Bulk-edge correspondence in topological materials from ARPES perspectives”, Bulk-Edge/Boundary-Correspondence 2022 (BE/BC-2022) (2022.2.11-13, Online).
- [2] A. Kimura, “Spectroscopic view of martensitic phase transition in Co and Mn based Heusler alloys” 7th International Conference on Superconductivity and Magnetism (ICSM2020) (2021.10.22-28, La Blanche Island Bodrum, Milas-Bodrum, Turkey, Hybrid).

(一般講演)

- [1] ©Y. Nishioka, S. Ishizaka, K. Kuroda, A. Ino, S. Kumar, K. Shimada, H. Kito, I. Hase, S. Ishida, K. Oka, H. Fujihisa, Y. Gotoh, Y. Yoshida, A. Iyo, H. Ogino, H. Eisaki, K. Kawashima, Y. Yanagi, and A. Kimura, “Observation of Fast Dirac Nodal-Line Fermions in a Nonsymmorphic Superconductor, $\text{HfP}_{1.55}\text{Se}_{0.45}$ ”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Poster, 2022.3.10-11, Higashi-hiroshima, Japan). Hybrid
- [2] ©S. Ishizaka, A. Ino, T. Kono, Y. Miyai, S. Kumar, K. Shimada, H. Kito, I. Hase, S. Ishida, K. Oka, H. Fujihisa, Y. Gotoh, Y. Yoshida, A. Iyo, H. Ogino, H. Eisaki, K. Kawashima, Y. Yanagi, and A. Kimura, “Direct observation of Dirac nodal-line fermions in P-square net superconductor, $\text{ZrP}_{1.24}\text{Se}_{0.57}$ ”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Poster, 2022.3.10-11, Higashi-hiroshima, Japan). Hybrid
- [3] ©K. Nakanishi, K. Ohwada, K. Kuroda, K. Sumida, K. Miyamoto, T. Okuda, S. Isogami, K. Masuda, Y. Sakuraba, and A. Kimura, “Minority-spin Dominated Band Structure Near the Fermi Energy of Fe_4N Film Revealed by Spin- And Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Poster, 2022.3.10-11, Higashi-hiroshima, Japan). Hybrid, **Best Student Poster Award**
- [4] ©T. Sugiyama, H. Iwasawa, S. Ozawa, H. Oda, R. Takahashi, T. Kono, T. Okuda, K. Miyamoto, H. Wadati, S. Ishida, Y. Yoshida, H. Eisaki, and A. Kimura, “Spatial inhomogeneity in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ investigated by micro photoemission spectroscopy”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Poster, 2022.3.10-11, Higashi-hiroshima, Japan). Hybrid
- [5] ©K. Shiraishi, T. Iwata, K. Kuroda, M. Nurmamat, K. Nakanishi, S. Kumar, K. Shimada, M. Arita, Y. Kotani, K. Mitsumoto, H. Tanida, and A. Kimura, “Direct Observation of the Three-dimensional Electronic Structure of RMnSi (R=La, Ce) with Noncentrosymmetric Antiferromagnetic Order”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Poster, 2022.3.10-11, Higashi-hiroshima, Japan). Hybrid
- [6] ©T. Sugiyama, H. Iwasawa, S. Ozawa, H. Oda, T. Kono, T. Okuda, K. Miyamoto, S. Ishida, Y. Yoshida, H. Eisaki and A. Kimura, “Gap inhomogeneity in high- T_C cuprate superconductor studied by high resolution micro-ARPES”, The 9th International Symposium on Surface Science (Poster, 2021.11.28-12.1, Online).
- [7] ©K. Kawaguchi, K. Kuroda, Y. Fukushima, H. Tanaka, A. Harasawa, T. Iimori, Z. Zhao, S. Tani, K. A. Kokh, O. E. Tereshenko, A. Kimura, K. Yaji, S. Shin, F. Komori, Y. Kobayashi, T. Kondo, “Time-, spin- and angle-resolved photoemission spectroscopy of spin-polarized surface states with the 10.7-eV extreme-ultraviolet at 1-MHz repetition rate”, Advanced spectroscopy of organic

materials for electronic applications (ASOMEA-X) (Poster, 2021.10.25-28, Kashiwa, Japan).

国内学会

(セミナー)

- [1] 木村昭夫, 広島大学国際リネージ型学位プログラム (ILD-START Plus) ・講師,
Progress and Frontiers of Solid State Physics Using Synchrotron Radiation, インド工科大学ムンバイ校・ビルラ技術科学大学ピラニ校および広島大学から計 15 名, 2021 年 12 月 16 日 (全 60 分)
- [2] 木村昭夫, 産業技術総合研究所「トポロジカル勉強会」, 産業技術総合研究所・所員約 20 名, 2021 年 8 月 23 日, 9 月 6 日 (全 180 分)

(一般講演)

- [1] ◎白石海人, 岩田拓万, 黒田健太, Munisa Nurmamat, 中西楓恋, Shiv Kumar, 島田賢也, 有田将司, 小谷佳範, 三本啓輔, 谷田博司, 木村昭夫「 $\text{RMnSi}(\text{R}=\text{La}, \text{Ce})$ の放射光角度分解光電子分光」日本物理学会第 77 回年次大会 (口頭発表, 2022 年 3 月 15 日-19 日, オンライン開催)
- [2] 西岡幸美, 石坂仁志, 井野明洋, 河野 嵩, 鬼頭 聖, 長谷 泉, 石田茂之, 岡 邦彦, 藤久裕司, 後藤義人, 吉田良行, 伊豫 彰, 荻野 拓, 永崎 洋, 川島健司, 柳陽介, 木村昭夫「P の正方格子を有するディラック線ノード超伝導体 $\text{ZrP}_{2-x}\text{Sex}$ の放射光角度分解光電子分光」日本物理学会第 77 回年次大会 (口頭発表, 2022 年 3 月 15 日-19 日, オンライン開催)
- [3] ◎石坂仁志, 井野明洋, 河野 嵩, 宮井雄大, Shiv Kumar, 島田賢也, 鬼頭 聖, 長谷泉, 石田茂之, 岡 邦彦, 藤久裕司, 後藤義人, 吉田良行, 伊豫 彰, 荻野 拓, 永崎洋, 川島健司, 柳 陽介, 木村昭夫「放射光 ARPES による P 正方格子を有する超伝導体における線ノード型ディラック粒子の観測」日本物理学会第 77 回年次大会 (口頭発表, 2022 年 3 月 15 日-19 日, オンライン開催) **学生優秀発表賞**
- [4] ◎石坂仁志, 井野明洋, 河野 嵩, 宮井雄大, Shiv Kumar, 島田賢也, 鬼頭 聖, 長谷泉, 石田茂之, 岡 邦彦, 藤久裕司, 後藤義人, 吉田良行, 伊豫 彰, 荻野 拓, 永崎洋, 川島健司, 柳 陽介, 木村昭夫「放射光角度分解光電子分光による超伝導体中の P 正方格子に由来する線ノードディラック粒子の観測」第 35 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (口頭発表, 2022 年 1 月 7 日-9 日, オンライン開催)
- [5] ◎杉山貴哉, 岩澤英明, 小澤秀介, 尾田拓之慎, 高橋龍之介, 河野 嵩, 奥田太一, 宮本幸治, 和達大樹, 石田茂之, 吉田良行, 永崎 洋, 木村昭夫「顕微光電子分光による $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ の電子状態の実空間不均一性の検証」第 35 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (口頭発表, 2022 年 1 月 7 日-9 日, オンライン開催)
- [6] ◎角田一樹, 鹿子木将明, 桜庭裕弥, 河野 嵩, 後藤一希, 宮本幸治, 宝野和博, 奥田太一, 木村昭夫「四元系ホイスラー合金 $\text{Co}_2\text{Mn}(\text{Al}, \text{Si})$ 薄膜におけるスピン偏極ワイル分散とハーフメタル性の観測」第 35 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (口頭発表, 2022 年 1 月 7 日-9 日, オンライン開催)
- [7] ◎川口海周, 黒田健太, 福島優斗, 田中宏明, 原沢あゆみ, 飯盛拓嗣, 趙 智剛, 谷峻太郎, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, 木村昭夫, 矢治光一郎, 辛 埴, 小森文夫, 小林洋平, 近藤 猛「時間・スピン・角度分解光電子分光装置の開発とスピン偏極表面状

態の光励起ダイナミクス観測」第35回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム（口頭発表，2022年1月7日-9日，オンライン開催）

- [8] 西岡幸美，石坂仁志，井野明洋，河野 嵩，鬼頭 聖，長谷 泉，石田茂之，岡 邦彦，藤久裕司，後藤義人，吉田良行，伊豫 彰，荻野 拓，永崎 洋，川島健司，柳陽介，木村昭夫「Pの正方格子を有するディラック線ノード超伝導体 $ZrP_{2-x}Se_x$ の放射光角度分解光電子分光」第35回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム（ポスター発表，2022年1月7日-9日，オンライン開催）
- [9] ◎川口海周，黒田健太，福島優斗，趙 智剛，谷峻太郎，田中宏明，原沢あゆみ，飯盛拓嗣，野口 亮，K. A. Kokh，O. E. Tereshchenko，木村昭夫，矢治光一郎，辛 埴，小森文夫，小林洋平，近藤 猛「高繰り返し 10.7 eV レーザーによる時間・スピン・角度分解光電子分光装置の開発と非占有スピン偏極電子状態の観測」表面・界面スペクトロスコーピー2021（口頭発表，2021年12月10日-11日，オンライン開催）
- [10] ◎川口海周，福島優斗，黒田健太，田中宏明，原沢あゆみ，飯盛拓嗣，趙 智剛，谷峻太郎，K. A. Kokh，O. E. Tereshchenko，木村昭夫，矢治光一郎，辛 埴，小森文夫，小林洋平，近藤 猛「時間・スピン・角度分解光電子分光によるスピン偏極電子状態の光励起ダイナミクスの観測」日本物理学会 2021年秋季大会（口頭発表，2021年9月20日-23日，オンライン開催）
- [11] ◎角田一樹，鹿子木将明，桜庭裕弥，増田啓介，河野 嵩，後藤一希，宮本幸治，三浦良雄，宝野和博，奥田太一，木村昭夫「ホイスラー合金 Co_2MnSi 薄膜におけるスピン偏極電子構造の温度依存性の観測」日本物理学会 2021年秋季大会（2021年9月20日-23日，オンライン開催）

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 2 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 8 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 4 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

○ 学会開催

- [1] 木村昭夫：SPring-8 シンポジウム 2021（ハイブリッド開催）（2021年9月17日-18日，480名，SPring-8 普及棟，組織委員長）
- [2] 木村昭夫：第4回 BLs アップグレード検討ワークショップ（ハイブリッド開催）（2022年3月14日，344名，SPring-8 普及棟，組織委員長）
- [3] 木村昭夫：第5回 SPing-8 秋の学校（現地開催）（2021年12月19日-22日，59名，SPring-8，校長）

社会活動・学外委員

○ 学協会委員

- [1] 木村昭夫：SPring-8 ユーザー共同体・会長（任期 2020 年 4 月-2022 年 3 月）
- [2] 木村昭夫：日本物理学会・代議委員
- [3] 木村昭夫：Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena（Elsevier 社），Editorial Board Member
- [4] 木村昭夫：日本放射光学会評議委員会・委員（2021 年 10 月-2023 年 9 月）
- [5] 木村昭夫：日本表面科学会・国際事業委員会・委員

○ 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：SPRUC Young Scientist Award 2021 審査委員会・委員
- [6] 木村昭夫：第 14 回日本放射光学会若手研究会審査委員会・委員
- [7] 木村昭夫：日本物理学会 領域 5・審査委員会・委員

○ 国際共同研究・国際会議開催実績

- [1] 木村昭夫：国際共同研究実施件数 10 件

○ 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」，3,800 千円（2021 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」，6,700 千円（2021 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」，1,500 千円（2021 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」，200 千円（2021 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物質との相互作用を取り扱う物理学を基軸とした化学や生物学との融合科学の構築を目指しており、放射光や自由電子レーザー、超短パルスレーザーなど様々な先端光源を用いることで、ナノマテリアルやバイオ関連分子の機能や物性、反応機構の原子レベルでの解明とその応用に取り組んでいる。特に近年は、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、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分子物性研究（和田・仁王頭）

分子間相互作用によって金属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）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る有機超薄膜である。2021年度は、鎖種が異なる芳香鎖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非接触な評価法として、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失活するとノーマルオーজে電子が観測される。CHC法では、この共鳴オーজেとノーマルオーजेの比率から、分子から基板への電荷移動速度を数フェムト秒の内殻寿命を基準として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。我々は、このような内殻励起による反応ダイナミクスを解析することで、有機分子の導電性を評価し得ることを見出した。

そこで本年度は、共役電子系が異なる芳香環を分子鎖にもつSAMについて、末端メチルエステル基からの分子内電荷移動速度に着目した。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性を評価することができた。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。

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るが、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とともに、触媒活性も発現することから基礎研究・材料開発の両面で注目される粒子である。特にその表面を官能基をもつSAMで修飾もしくは接合することによって、新たな機能を付加したナノ粒子やナノ構造体を構成することが期待できる。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の被膜のない金ナノ粒子の合成に成功した。有機修飾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。また分子導電性評価のプラットフォームとしても活用し、金属ナノ粒子系での分子伝導物性評価を進めている。本年度は、芳香分子鎖が異なる2種類のチオール分子で修飾した金ナノ粒子でイオン脱離およびCHCの計測を実施した。両計測手法でナノ粒子修飾分子では電荷移動速度が遅くなるのが分かり、基板に集積したナノ粒子薄膜でもその修飾分子の電荷移動ダイナミクスを評価し得ることを見出した。

☆自己組織化有機単分子膜とナノカーボンの物性研究（関谷）

機能的なナノ構造を作成するためのアプローチとして、固体表面と分子との間の相互作用と分子同士の相互作用のバランスによって自発的に形成されるSAMは非常に重要な2次元の分子ナノ構造体の一つである。一方、多環芳香族炭化水素からなるナノ構造体としてフラーレンやカーボンナノチューブ、グラフェンなどが注目されている。カーボンナノチューブは電気伝導性、熱伝導性、機械的強靱性、化学的安定性、物質吸着性など、様々な性質を示し多様な機能を有しており、構造やカイラリティの違いによっても性質は異なり、半導体や金属などの幅広い特性を示す。フラーレンも、カゴ状分子としての内包性や電子受容体としての特性をはじめとして、多くの物性的特徴から幅広い用途に利用されている。これらのナノカーボンの応用の観点から、よく規定されたナノカーボンを表面上に規則配列するために各分子間の相互作用についての理解が不可欠であり、系統的にSAMとナノカーボンの相互作用について明らかにするための研究を進めている。2021年度は末端基としてアミノ基を有するSAMとフラーレンとの相互作用に着目してフラーレンの単分子膜表面吸着についての研究を実施している。

☆自由電子レーザーや光学レーザーを利用した超高速反応ダイナミクス研究（仁王頭・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ってきた。我々は、日本のXFEL施設SACLAの性能を生かして、光励起反応中の機能性ナノ結晶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展開している。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・反応ダイナミクスの解明もまたSACLAを用いて初めて可能となる新しい研究分野である。

2021年度は、SACLA利用の単粒子X線回折測定により、ガスジェット中で結晶化した直後の単一Xeクラスターの構造を解明することに成功した。単一Xeクラスターにおいて、Xeバルクの安定相であるfcc構造と、積層欠陥を多く含むランダム六方最密充填構造が共存していることが明らかとなった。このことからXeクラスターの結晶化が、準安定構造であるランダム六方最密充填構造を経由して進行することが示唆された。実験結果に基づき、XFELの単粒子X線回折が構造変化を伴う原子スケールの非平衡ダイナミクス研究に強力な手法となる事を実証し、その成果を公表した。

またSACLAより供給されるフェムト秒軟X線パルスと光学フェムト秒レーザーを用いて、ハロゲン含有有機分子の光反応ダイナミクスの観測を行った。この実験では紫外線照射により誘起された分子の光解離過程を、FELを用いたクーロン爆発イメージングによりプローブする事で、フェムト秒の実時間で解離ダイナミクスの観測に成功した。本研究は日本国内およびアメリカ、カナダ、イギリス、フィンランドなどの欧米各国との国際共同研究で実施している。

上記研究に加えて、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超高速分光研究を実験室でも進めている。ジアセチレン分子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、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計測により継続実施している。

☆軟X線分光による基板担持リン脂質膜の分子秩序の解明（和田）

脂質膜を表面に固定化することによる擬似生体膜の形成は、バイオセンサーや分子エレクトロニクスデバイスなどナノテクノロジー応用への基礎過程として近年注目されている。我々は、親水性基板上に脂質溶液を滴下する簡便な方法で作製した基板固定化リン脂質膜が、多層膜を形成していても高い配向性を維持することを見いだした。この配向情報や脂質秩序を調べるために、DPPCとDOPCの2種類のリン脂質膜の軟X線吸収を測定した。これら2種類の脂質は、特に炭素鎖の二重結合の有無により相転移温度が異なっており、室温ではそれぞれゲル相／液晶相と呼ばれる流動性が低い／高い二分子膜を形成すると理解されている。原子選択性を特徴とする軟X線吸収スペクトルの偏光依存性を解析することにより、秩序良く配向した炭素鎖とランダムに配向した炭素鎖の2つの成分を定量的に評価することに成功した。本研究で開発した解析手法は、膜の配向角決定に留まらず秩序状態まで評価し得る新たな手法として今後の活用が期待される。

☆ガルバニック置換を用いた金回収におけるシクロデキストリン添加効果（吉田）

金は有限な資源であり、装飾や電子機器内部で多く使用されている。近年、産業廃棄物（産廃）に含まれる金を回収し、再利用することが喫緊の課題となっている。産廃からの金回収はシアン化合物を用いる青化法が代表的な方法であるが、シアン有害性や環境への漏洩リスクにより危険度の高いものである。本研究では金を析出させる方法として、「ガルバニック置換反応」に着目した。これは溶液中での異種金属間の接触時に、標準酸化還元電位の差により「局所電池」を形成し、自発的に起こる反応である。

臭化金酸カリウム水溶液にニッケル板(or ワイヤ)を浸漬すると、ガルバニック置換反応により金が析出される。その際に赤褐色の溶液が透明に変化した。そこで、可視紫外吸収スペクトルの時間変化を調べ、析出速度を求めた。一方、シクロデキストリン(CD)により4臭化金イオンを包接するという報告例(Z. Liu et al., Nat. Commun. 4, 1855(2013))があり、この溶液にCDを添加することにより反応速度制御の可能性を検討した。CDはグルコースを基本構成単位とする環状オリゴ糖である。構成するグルコースの個数(6,7,8)によりそれぞれ α -、 β -、 γ -CDと呼ばれている。他の分子を内部に取り込む性質(包接)と、包接された分子を放出する性質(徐放)を持つのが特徴である。

CDなしの場合と比べて β -、 γ -CDを添加することにより、金析出速度は1/3から1/4に遅く変化した。包接を起こさない分子であるグルコースを添加した場合は析出速度がほぼ変化しないことから、析出速度の変化はCDによる包接に起因するものと結論した。また β -CDの外縁部の水酸基にメチル基が修飾されているトリメチル β -CDを添加すると、析出速度が非常に遅くなることが分かった。したがって、添加するCDの種類を変えることにより、ガルバニック置換による金回収の速度を制御できることを明らかにした。

☆共同研究

上記研究に加えて、以下に記す共同研究も推進している。

- ・SACLA 超短パルス利用研究：京都大学，東京農工大学，東北大学，兵庫県立大学，高輝度光科学研究センター，理化学研究所
- ・KEK PF パルス放射光利用研究：物質構造科学研究所
- ・UVSOR 円偏光光電子分光研究：富山大学，九州シンクロトロン光研究センター，分子科学研究所，広島大学
- ・UVSOR コヒーレント光利用研究：分子科学研究所，名古屋大学，広島大学

- ・HiSOR 生体分子の放射線損傷研究：量子科学技術研究開発機構，日本原子力研究開発機構，茨城大学

原著論文

- [1] Q. Wang, F. Huang, Y.-T. Cui, H. Yoshida, L. Wen, Y. Jin, “Influences of formation potential on oxide film of TC4 in 0.5 M sulfuric acid” *Appl. Surf. Sci.* **544**, 148888(1-9) (2021).
- [2] A. Niozu, Y. Kumagai, T. N. Hiraki, H. Fukuzawa, K. Motomura, M. Bucher, K. Asa, Y. Sato, Y. Ito, D. You, T. Ono, Y. Li, E. Kukuk, C. Miron, L. Neagu, C. Callegari, M. Di Fraia, G. Rossi, D. E. Galli, T. Pincelli, A. Colombo, S. Owada, K. Tono, T. Kameshima, Y. Joti, T. Katayama, T. Togashi, M. Yabashi, K. Matsuda, C. Bostedt, K. Ueda, and K. Nagaya, “Crystallization kinetics of atomic crystals revealed by a single-shot and single-particle X-ray diffraction experiment” *Proc. Natl. Acad. Sci.* **118**, e2111747118(1-8) (2021).
- [3] A. Niozu, Y. Kumagai, H. Fukuzawa, N. Yokono, D. You, S. Saito, Y. Luo, E. Kukuk, C. Cirelli, J. Rist, I. Vela-Pérez, T. Kameshima, Y. Joti, K. Motomura, T. Togashi, S. Owada, T. Katayama, K. Tono, M. Yabashi, L. Young, K. Matsuda, C. Bostedt, K. Ueda, and K. Nagaya, “Relation between inner structural dynamics and ion dynamics of laser-heated nanoparticles” *Phys. Rev. X* **11**, 031046(1-12) (2021).

著書

該当無し

総説

- [1] ◎和田真一，加藤政博，築山光一，“特集号「赤外自由電子レーザーの現状，利用研究と展望」企画説明” *放射光* **34**，123-124 (2021年)。

国際会議

(招待講演)

- [1] A. Niozu, “Characterizing crystalline defects in nanoparticles from angular correlations of single-shot diffracted X-rays”, Fluctuation x-ray scattering, (2021.6.2-3, Schenefeld (online), Germany).

(一般講演)

- [1] ◎M. Tabuse, A. Niozu, and S. Wada, “Soft X-ray polarization measurements of phospholipid multilayers supported on hydrophilic Si surfaces”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (2022.3.10-11, Higashi-Hiroshima (online), Japan).
- [2] ◎A. Niozu, H. Sunohara, S. Tendo, M. Tabuse, and S. Wada, “Characterization of self-assembled monolayers of methyl-ester terminated naphthalenethiol”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (2022.3.10-11, Higashi-Hiroshima (online), Japan).
- [3] ◎K. Kono, S. Wada, and T. Sekitani, “NEXAFS study of fullerene adsorbed on aminothiophenol self-assembled monolayer”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (2022.3.10-11, Higashi-Hiroshima (online), Japan).
- [4] S. Hayakawa, J. Oshita, K. Oshima, S. Tendo, T. Tsuru, and S. Wada, “C K-edge XAFS measurements for detection of unsaturated bonds in organically bridged silica materials”, The

26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (2022.3.10-11, Higashi-Hiroshima (online), Japan).

- [5] K. Baba and H. Yoshida, “Soft X-ray absorption spectroscopy of cyclodextrin compounds including a noble metal atom”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (2022.3.10-11, Higashi-Hiroshima (online), Japan).
- [6] ©K. Baba, H. Sato, and H. Yoshida, “Soft X-ray photoelectron spectroscopy of the metal complex included in cyclodextrin”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (2022.3.10-11, Higashi-Hiroshima (online), Japan).
- [7] K. Baba, S. Hayakawa, and H. Yoshida, “Hard X-ray absorption spectroscopy of a gold complex included by cyclodextrin”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (2022.3.10-11, Higashi-Hiroshima (online), Japan).

国内学会

(招待講演)

- [1] 和田真一, 「アンジュレータ放射“光渦”におけるヤングのダブルスリット回折カウンティング実験」, 大阪府立大学物性理論セミナー, (2021年8月6日, オンライン).

(一般講演)

- [1] M. Hirato, A. Yokoya, Y. Baba, Y. Kurokawa, H. Nakatsuji, S. Mori, S. Wada, Y. Haga, K. Fujii, 「Photoelectron spectroscopy and quantum-chemistry calculation study of bromine-incorporated DNA and its radio-sensitization mechanism」, 放射線影響学会第64回大会, (2021年9月22日-24日, オンライン).
- [2] 天道尚吾, 田中宏和, 足立純一, 和田真一, 「内殻分光による金ナノ粒子上の芳香族チオール分子における電荷移動ダイナミクスの解明」, 第15回分子科学討論会, (2021年9月18日-21日, オンライン).
- [3] ©和田真一, 太田寛之, 真野篤志, 藤本将輝, 加藤政博, 「アンジュレータ放射光渦によるYoungのダブルスリット干渉カウンティング実験」, UVSORシンポジウム, (2021年11月5日, オンライン).
- [4] ©金安達夫, 彦坂泰正, 和田真一, 藤本将輝, 岩山洋士, 加藤政博, 「タンデムアンジュレータによる光電子波束干渉」, UVSORシンポジウム, (2021年11月5日, オンライン).
- [5] ©高口博志, 金安達夫, 彦坂泰正, 和田真一, 加藤政博, 藤本将輝, 太田紘志, 鈴木喜一, 「光電子円二色性を示すキラル分子の探索」, UVSORシンポジウム, (2021年11月5日, オンライン).
- [6] ©和田真一, 太田寛之, 真野篤志, 藤本将輝, 加藤政博, 「アンジュレータ放射光渦のダブルスリット回折カウンティング実験」, 第35回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (2022年1月7日-9日, オンライン).
- [7] 和田真一, 古賀亮介, 小川 舞, 天道尚吾, 「内殻励起ダイナミクス計測から探る有機界面の非接触導電性評価」, 第35回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (2022年1月7日-9日, オンライン).
- [8] ©天道尚吾, 仁王頭明伸, 田伏真隆, 田中宏和, 足立純一, 和田真一, 「金ナノ粒子上の有機導電性分子における電荷移動ダイナミクス」, 第35回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (2022年1月7日-9日, オンライン).

- [9] 田伏真隆, 和田真一, 「直線偏光軟X線を利用した脂質膜評価」, 第35回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (2022年1月7日-9日, オンライン).
- [10] 平戸未彩紀, 横谷明德, 馬場祐治, 和田真一, 芳賀芳範, 藤井健太郎, 「軟X線XPSによるBr-スクレオチド分子の価電子状態計測とDNA分子内電荷移動機構」, 第35回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (2022年1月7日-9日, オンライン).
- [11] 仁王頭明伸, 熊谷嘉晃, 平木俊幸, 福澤宏宣, 本村幸治, Bucher Maximilian, 浅 和貴, 佐藤由比呂, 伊藤雄太, You Daehyun, 小野太詩, Li Yiwen, Kukk Edwin, Miron Catalin, Neagu Liviu, Callegari Carlo, Di Fraia Michele, Rossi Giorgio, Galli Davide, Pincelli Tommaso, Colombo Alessandro, 大和田成起, 登野健介, 亀島 敬, 城地保昌, 片山哲夫, 富樫 格, 矢橋牧名, 松田和博, Bostedt Christoph, 上田 潔, 永谷清信, 「単粒子X線回折で探る希ガスナノ粒子の結晶化ダイナミクス」, 第35回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (2022年1月7日-9日, オンライン).

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 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 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 2 件

セミナー・講演会開催実績

該当無し

社会活動・学外委員

- 学協会委員
- [1] 和田真一 : 日本放射光学会 編集委員
- [2] 和田真一 : 第 35 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム 学生発表賞審査委員

高大連携事業への参加状況

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] 和田真一, 仁王頭明伸, SACLA 利用国際共同研究, 参加国 アメリカ, カナダ, イギリス, フィンランド
- 国際会議開催実績
- 該当無し

各種研究員と外国人留学生の受入状況

○ 各種研究員

該当無し

○ 外国人留学生

[1] 和田真一：大学院先進理工系科学研究科博士課程後期，2021年4月入学生，1名（中国）

研究助成金の受入状況

[1] 和田真一：科学研究費補助金 基盤研究（C）（代表）1,690千円

[2] 吉田啓晃：科学研究費補助金 基盤研究（C）（代表）910千円

[3] 仁王頭明伸：科学研究費補助金 研究活動スタート支援（代表）1,560千円

○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）2021年度の特徴ある研究成果

- ・ 本センターで開発した空間分解能を高めた角度分解光電子分光装置を用いて、反強磁性トポロジカル絶縁体 MnBi_4Te_7 および $\text{MnBi}_6\text{Te}_{10}$ の終端面に依存した電子状態を初めて明らかにした。本研究は *Physical Review Letters* 誌の *Editors' Suggestion* に選ばれ、Top 5% 論文である。本物質はトポロジカル電気磁気効果や量子スピンホール効果を利用した高機能スピントロニクス材料への応用の観点から社会的にも意義がある。
- ・ BiOI は空間反転対称性をもちつつ、局所的には反転対称性が破れているため隠れスピン分裂バンドを形成している物質として理論的に予言された。実験的に BiOI のスピン構造の解明を行うため、ブリルアーンゾーン境界の対称点であり異なる対称性をもつ X 点と M 点付近を詳細に調べ、それぞれの対称点まわりに、実空間・k 空間の両方の対称性が影響しあった Rashba 型スピン構造と Dresselhauss 型スピン構造という異なるスピン構造が存在することを明らかにした。
- ・ 銅酸化物高温超伝導体は、 CuO_2 面の数が3枚になると最も高い超伝導転移温度 (T_c) を示すことが経験則的に知られているが、その微視的な電子状態については理解されていない。三層系銅酸化物高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$ という Bi 系銅酸化物高温超伝導体の中で最も高い T_c を示す物質において、低エネルギー励起光を用いた角度分解光電子分光を行い、その電子状態を調べることに成功した。その結果、3枚の CuO_2 面間の電子状態

が混成するスペクトルを得ることに成功し、これはクーパー対の面間ホッピングを世界で初めて観測した可能性を示唆する。また共著者の理論研究より、三層系銅酸化物高温超伝導体の T_c が最も高くなる起源について格子揺らぎ及び磁気揺らぎの組み合わせによる研究成果も示している。

- バルク物質の $Mn_4Bi_2Te_7$ はネール温度300 Kの反強磁性体であると同時にスピン偏極したトポロジカル表面状態およびその状態にギャップが存在することが知られている。本研究は、 $Mn_4Bi_2Te_7/Bi_2Te_3$ ヘテロ構造を作成し、スピン角度分解光電子分光により、その電子スピン構造を明らかにし、トポロジカル表面状態の有無およびギャップの温度依存性について詳細に調べ、ヘテロ構造中の $Mn_4Bi_2Te_7$ が $T < 20K$ で強磁性体秩序をもつことを明らかにした。
- ミエリン塩基性タンパク質(MBP)は、神経ネットワークの構築に必要な生体膜の多層構造体であるミエリン鞘を安定化させている。放射光を利用した真空紫外円二色性分光法と分子動力学法を組み合わせ、MBPの膜結合部位とその分子構造や膜結合機構を明らかにした。解明された分子構造は、ミエリン鞘の形成メカニズムの理解に寄与すると期待される。
- シリコンナノリボンを銀単結晶表面上に人工的に作製して放射光を用いた角度分解光電子分光を行なった結果、1次元電子系でディラック電子が実現していることを初めて明らかにした。低次元ディラック電子系は高い移動度を持ち、量子スピンホール効果を示すことから、消費電力が少なく高速で動作する電子デバイスへの応用の観点から社会的にも意義がある。

(3) 2021年度の共同研究の状況

- 共同研究の国際公募を行い、118課題を採択した。
- 受入人数123人(実人数)のうち、学内者67人(54%)、学外者56人(46%)である。共同研究機関は20機関で、内訳では、国立大学が10機関、公私立大学が3機関、公的研究機関が5機関、企業が1機関、海外機関が1機関であった。
- コロナ禍により、一部の課題(海外6件、国内3件)について代行測定を実施した。

(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、高分解能角度分解光電子分光に用いられる極低温ゴニオメータやマニピュレータの開発などを行っている。本年度はBL-1において微小集光した放射光ビームを用いた空間マッピングを行うため、超高精度XYZトランスレータを導入した。
- 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の加速器科学総合育成事業に本学と呉工業高専、広島商船高専が共同で提案した「大学・高専連携による加速器分野での人材育成・技術開発・分野融合の加速」が継続して採択され、機械学習や仮想現実などの最新デジタル技術をKEKの教員などがわかりやすく解説するセミナーを開催したほか、本学学生や高専生らがKEKの加速器運転データを用いて機械学習の応用に関する研究を進めるなど、本学及び近隣高専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) 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60 eV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) の微小集光光学素子とその調整機構の導入を進めた。スポットサイズを約1/4まで小さくできたことを確認し、更なる微小化を行うため、光学素子の最適化を進めている。BL-1及びBL-9Aで測定の高速度化、高効率化を実現するために、新規アナライザー導入に向けた取り組みを進めた。
- 高分解能スピン角度分解光電子分光ビームライン (BL-9B) では、複数のドメインを持つ試料のドメインを選択した測定や、微小な試料の測定を可能とすることを目的に、微小集光光学系を導入し、ビームサイズが約1/10に改善した。スピン検出効率を1000倍以上高めるマルチチャンネルスピン検出器の開発を推進した。
- 角度分解光電子分光ビームライン (BL-7) では、偏光電磁石からの放射光を用いた角度分解光電子分光の測定の自由度を向上させるため、手動の面内回転機構を導入した。
- 真空紫外線円二色性実験ビームライン (BL-12) では、マイクロビームを光源とした縦型の円二色性顕微分光の整備を進め、生体試料の吸収測定を可能にした。また、マイクロ流路技術を使用した光学セルを用いて生体試料の構造変化をミリ秒スケールで追跡できるシステムを稼働させた。
- 軟X線磁気円二色性ビームライン (BL-14) 低エネルギー域の回折格子を利用できるように整備した。低真空環境下における軟X線反射スペクトル計測システムの環境整備を進めた。

(6) 第26回広島放射光国際シンポジウム

「真空紫外・軟X線放射光による物質科学：HiSOR-II計画に向けて」と題して、26回目となる国際シンポジウムを開催した。昨年度予定していた第25回はコロナ禍により全面オンライン開催であったが、今回はハイブリッド形式で行った。今回も例年通り日本放射光学会からの協賛を受け、HiSORが重点的に推進している微細電子構造の研究、量子スピン物性の研究、ナノサイエンスの研究、生体物質立体構造の研究、高輝度放射光源のR&Dの5つの研究分野に関連して第一線で活躍する研究者を、海外から2名（中国、インド）国内から9名招聘し、最新の研究成果の発表やHiSOR-II計画に向けた期待などについて講演が行われ、活発な研究討論が行われた。ポスターセッションでは、2021年度の共同利用・共同研究の成果を中心に32件（うち学生発表20件）の発表があった。ポスターセッションではFlash Poster Sessionとして、ポスター発表をする学生が1分程度の英語による口頭発表も実施した。広島大学、岡山大学、大阪大学、茨城大学の学生20人が参加し、英語による口頭発表に意欲的に取り組み、続くポスターセッションでは活発な研究討論が行われた。学生による口頭・ポスター発表を招聘研究者を含む参加者全員（学生以外）が評価し、優れた発表4件（広島大学3名、大阪大学1名）に学生ポスター賞を授与した。本シンポジウムの参加者総数は74名（学内53名、学外21名（うち海外10名））であった。

(7) 第26回HiSOR研究会

HiSOR研究会「～生体分子の構造機能研究におけるキラル分光の新しい可能性～」を2022年3月8日に、広島大学学士会館・レセプションホール（広島県東広島市）で開催した。コロナ禍のため、感染対策を施したハイブリッド開催であり、招待講演者には現地参加を、聴講者にはオンライン参加をお願いした。特別招待講演（1名）では、米国ニューヨーク大学のBart Kahr教授により固体キラルに関する研究が紹介され、また招待講演（12名）では、最新のキラル分光技術や、またこれら技術を利用した応用研究が紹介された。米国および国内から多くの方が参加し（参加者合計 73名、内オンライン 52名）、活発なディスカッションが行われた。また、2022年の米国New Yorkで開催される第18回キラル国際会議と2023年の広島で開催される第19回キラル国際会議の案内があり、今後のキラル分光学の発展に大きく寄与することができた。

(8) 放射光科学院生実験の実施：大学院教育への貢献

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6名、岡山大学2名）。

原著論文

- [1] ©Z. Wang, Z. Hao, Y. Yu, Y. Wang, S. Kumar, X. Xie, M. Tong, Ke Deng, Y.-J. Hao, X.-M. Ma, Ke Zhang, C. Liu, M. Ma, J. Mei, G. Wang, E. F. Schwier, K. Shimada, F. Xu, C. Liu, W. Huang, J. Wang, T. Jiang, C. Chen, “Fermi velocity reduction of Dirac fermions around the Brillouin zone center in In_2Se_3 -bilayer graphene heterostructures”, *Adv. Mater.* **33**, 2007503 (8p) (2021) .
- [2] ©M. Singh, S. Kumar, M. Alam, V. K. Gangwar, L. Ghosh, D. Pal, R. Singh, P. Shahi, P. Chaudhary, K. Shimada, S. Chatterjee, “Evidence of surface and bulk magnetic ordering in Fe and Mn doped $\text{Bi}_2(\text{SeS})_3$ topological insulator”, *Appl. Phys. Lett.* **118**, 132409 (7p) (2021) .
- [3] K. Ali, H. S. Zen, H. Ohgaki, T. Kii, T. Hayakawa, T. Shizuma, H. Toyokawa, M. Fujimoto, Y. Taira, M. Katoh, “Three-dimensional nondestructive isotope-selective tomographic imaging of Pb-208 distribution via nuclear resonance fluorescence”, *Appl. Sciences-Basel* **11**, 3415 (14p) (2021) .
- [4] T. Yilmaz, X. Tong, Z. Dai, J. T. Sadowski, E. F. Schwier, K. Shimada, S. Hwang, K. Kisslinger, K. Kaznatcheev, E. Vescovo, B. Sinkovic, “Emergent flat band electronic structure in a $\text{VSe}_2/\text{Bi}_2\text{Se}_3$ heterostructure”, *Commun. Mater.* **2**, 11 (8p) (2021) .
- [5] S. Cho, W. Jung, J. Hong, B. Kim, G. Han, M. Leandersson, T. Balasubramanian, M. Arita, K. Shimada, J. H. Shim, C. Kim, S. R. Park, “Observation of Dresselhaus type spin splitting of zinc blende structure semiconductors by circular dichroic photoemission study”, *Current Appl. Phys.* **30**, 96-101 (2021) .
- [6] A. Kumar, M. Kumar, P. C. Sati, M. K. Srivastava, S. Ghosh, S. Kumar, “Structural, magnetic and optical properties of diluted magnetic semiconductor (DMS) phase of Ni modified CuO nanoparticles”, *Current Appl. Phys.* **32**, 24-35 (2021) .
- [7] T. Matsuo, K. Nakatani, T. Setoguchi, K. Matsuo, T. Tamada, Y. Suenaga, “Secondary structure of human de novo evolved gene product NCYM analyzed by vacuum-ultraviolet circular dichroism”, *Frontiers in Oncology* **11** (2021) .
- [8] ©M. Ye, K. Kuroda, M. M. Otrikov, A. G. Ryabishchenkova, Q. Jiang, A. Ernst, E. V. Chulkov, M.

- Nakatake, M. Arita, T. Okuda, T. Matsushita, L. Tóth, H. Daimon, K. Shimada, Y. Ueda, A. Kimura, “Persistence of the topological surface states in Bi₂Se₃ against Ag intercalation at room temperature”, *J. Phys. Chem. C* **125**, 1784–1792 (2021) .
- [9] ©K. Anand, A. Pal, M. Alam, S. Dan, S. Kumar, S. Ghosh, S. Kumari, A. Das, M. Sawada, A. Mohan, S. Chatterjee, “Emergence of metamagnetic transition, re-entrant cluster glass and spin phonon coupling in Tb₂CoMnO₆”, *J. Phys.: Condens. Matter* **33**, 275802 (10p) (2021) .
- [10] ©P. J. Grenz, D. Thonig, M. Holtmann, K. Miyamoto, S. Kumar, E. F. Schwier, T. Okuda, J. Henk, M. Donath, “Adlayer influence on Dirac-type surface state at W(110)”, *J. Phys.: Condens. Matter* **33**, 285504 (6p) (2021) .
- [11] ©V. K. Gangwar, S. Kumar, M. Singh, P. Singh, L. Ghosh, D. Pal, P. Shahi, Y. Uwatoko, E. F. Schwier, K. Shimada, D. K. Sharma, S. Kumar, S. Chatterjee, “Observation of antiferromagnetic ordering from muon spin resonance study and the Kondo effect in a Dy-doped Bi₂Se₃ topological insulator”, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **64**, 455302 (10p) (2021) .
- [12] S. Michimura, M. Kosaka, A. Machida, R. Numakura, R. Iizuka, S. Katano, Y. Imai, N. Shirakawa, Y. Yamasaki, H. Nakao, H. Sato, S. Ueda, K. Mimura, “Charge-ordered state and low-dimensional magnetic fluctuations in Yb₅Ge₄ single crystal”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **90**, 044703 (12p) (2021) .
- [13] Y. Matsuzawa, T. Morita, M. Arita, A. Giampietri, V. Kandyba, A. Barinov, A. Takahashi, Y. Nagakubo, T. Adachi, Y. Koike, A. Fujimori, N. L. Saini, T. Mizokawa, “Fermi surface geometry and inhomogeneous electronic states in Pr_{1.3-x}La_{0.7}Ce_xCuO₄ (x=0.05) with small superconducting volume fraction”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **90**, 054704 (5p) (2021) .
- [14] D. Ootsuki, H. Okamura, S. Mitsumoto, Y. Ikemoto, T. Moriwaki, M. Arita, T. Yoshida, K. Kudo, H. Ishii, M. Nohara, T. Mizokawa, “Pressure induced spectral redistribution due to Te-2 dimer breaking in AuTe₂”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **90**, 114705 (5p) (2021) .
- [15] ©A. Dhingra, T. Komesu, S. Kumar, K. Shimada, L. Zhang, X. Hong, P. A. Dowben, “Electronic band structure of iridates”, *Mater. Horizons* **8**, 2151-2168 (2021) .
- [16] T. Umezawa, N. Mizutani, K. Matsuo, Y. Tokunaga, F. Matsuda, T. Nehira, “Assignment of absolute configuration of bromoallenes by vacuum-ultraviolet circular dichroism (VUVCD)”, *Molecules* **26**, 1296 (12p) (2021) .
- [17] ©B. V. Senkovskiy, A. V. Nenashev, S. K. Alavi, Y. Falke, M. Hell, P. Bampoulis, D. V. Rybkovskiy, D. Yu. Usachov, A. V. Fedorov, A. I. Chernov, F. Gebhard, K. Meerholz, D. Hertel, M. Arita, T. Okuda, K. Miyamoto, K. Shimada, F. R. Fischer, T. Michely, S. D. Baranovskii, K. Lindfors, T. Szkopek, A. Grüneis, “Tunneling current modulation in atomically precise graphene nanoribbon heterojunctions”, *Nature Commun.* **12**, 2542 (11p) (2021) .
- [18] Y. Hikosaka, T. Kaneyasu, M. Fujimoto, H. Iwayama, M. Katoh, “Reply to 'Comment on 'Coherent control in the extreme ultraviolet and attosecond regime by synchrotron radiation'”, *Nature Commun.* **12**, 3782 (3p) (2021) .
- [19] ©Y. Wang, Y. Jin, L. Wang, Z. Hao, C. Liu, Y.-J. Hao, X.-M. Ma, S. Kumar, E. F. Schwier, K. Shimada, C. Liu, J. Mei, H. Xu, C. Chen, “Evidence of Weyl fermions in α -RuCl₃”, *Phys. Rev. B* **103**, 035150 (9p) (2021) .
- [20] ©T. Morita, Y. Matsuzawa, S. Kumar, E. F. Schwier, K. Shimada, R. Higashinaka, T. D. Matsuda, Y. Aoki, N. L. Saini, T. Mizokawa, “Evolution of the Fermi surface in superconductor PrO_{1-x}F_xBiS₂ (x=0.0, 0.3, and 0.5) revealed by angle-resolved photoemission spectroscopy”, *Phys. Rev. B* **103**,

094510 (6p) (2021) .

- [21] S. Xiao, Y. Li, Y. Li, X. Yang, S. Zhang, W. Liu, X. Wu, B. Li, M. Arita, K. Shimada, Y. Shi, S. He, “Direct evidence of electron-hole compensation for extreme magnetoresistance in topologically trivial YBi”, *Phys. Rev. B* **103**, 115119 (9p) (2021) .
- [22] ©X.-M. Ma, Y. Zhao, Ke Zhang, S. Kumar, R. Lu, J. Li, Q. Yao, J. Shao, F. Hou, X. Wu, M. Zeng, Y.-J. Hao, Z. Hao, Y. Wang, X.-R. Liu, H. Shen, H. Sun, J. Mei, K. Miyamoto, T. Okuda, M. Arita, E. F. Schwier, K. Shimada, Ke Deng, C. Liu, J. Lin, Y. Zhao, C. Chen, Q. Liu, C. Liu, “Realization of a tunable surface Dirac gap in Sb-doped MnBi_2Te_4 ”, *Phys. Rev. B* **103**, L121112 (8p) (2021) .
- [23] ©Y. Wang, Y. Qian, M. Yang, H. Chen, C. Li, Z. Tan, Y. Cai, W. Zhao, S. Gao, Ya Feng, S. Kumar, E. F. Schwier, L. Zhao, H. Weng, Y. Shi, G. Wang, Y. Song, Y. Huang, K. Shimada, Z. Xu, X. J. Zhou, G. Liu, “Spectroscopic evidence for the realization of a genuine topological nodal-line semimetal in LaSbTe ”, *Phys. Rev. B* **103**, 125131 (10p) (2021) .
- [24] ©H. Bentmann, H. Maass, J. Braun, C. Seibel, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, S. Schreyeck, K. Brunner, L. W. Molenkamp, K. Miyamoto, M. Arita, K. Shimada, T. Okuda, J. Kirschner, C. Tusche, H. Ebert, J. Minár, F. Reinert, “Profiling spin and orbital texture of a topological insulator in full momentum space”, *Phys. Rev. B* **103**, L161107 (6p) (2021) .
- [25] ©O. Kubo, S. Kinoshita, H. Sato, K. Miyamoto, R. Sugahara, S. Endo, H. Tabata, T. Okuda, M. Katayama, “Kagome-like structure of germanene on $\text{Al}(111)$ ”, *Phys. Rev. B* **104**, 85404 (6p) (2021) .
- [26] ©A. M. Shikin, D. A. Estyunin, N. L. Zaitsev, D. Glazkova, I. I. Klimovskikh, S. O. Filnov, A. G. Rybkin, E. F. Schwier, S. Kumar, A. Kimura, N. Mamedov, Z. Aliev, M. B. Babanly, K. Kokh, O. E. Tereshchenko, M. M. Otrokov, E. V. Chulkov, K. A. Zvezdin, A. K. Zvezdin, “Sample-dependent Dirac-point gap in MnBi_2Te_4 and its response to applied surface charge: A combined photoemission and ab initio study”, *Phys. Rev. B* **104**, 115168 (11p) (2021) .
- [27] ©K. T. Ritter, K. Miyamoto, T. Okuda, M. Donath, “Rashba-type splitting of the $\text{Au}(110)$ surface state: a combined inverse and direct photoemission study”, *Phys. Rev. B* **104**, L161101 (6p) (2021) .
- [28] ©X. Wang, D. Geng, D. Yan, W. Hu, H. Zhang, S. Yue, Z. Sun, S. Kumar, E. F. Schwier, K. Shimada, P. Cheng, L. Chen, S. Nie, Z. Wang, Y. Shi, Y.-Q. Zhang, K. Wu, B. Feng, “Observation of topological edge states in the quantum spin Hall insulator $\text{Ta}_2\text{Pd}_3\text{Te}_5$ ”, *Phys. Rev. B* **104**, L241408 (5p) (2021) .
- [29] ©R. Lu, H. Sun, S. Kumar, Y. Wang, M. Gu, M. Zeng, Y.-J. Hao, J. Li, J. Shao, X.-M. Ma, Z. Hao, Ke Zhang, W. Mansuer, J. Mei, Y. Zhao, C. Liu, Ke Deng, W. Huang, B. Shen, K. Shimada, E. F. Schwier, C. Liu, Q. Liu, C. Chen, “Half-magnetic topological insulator with magnetization-induced Dirac gap at a selected surface”, *Phys. Rev. X* **11**, 011039 (9p) (2021) .
- [30] T. Kaneyasu, Y. Hikosaka, M. Fujimoto, H. Iwayama, M. Katoh, “Electron wave packet interference in atomic inner-shell excitation”, *Phys. Rev. Lett.* **126**, 113202 (6p) (2021) .
- [31] R. C. Vidal, H. Bentmann, J. I. Facio, T. Heider, P. Kagerer, C. I. Fornari, T. R. F. Peixoto, T. Figgemeier, S. Jung, C. Cacho, B. Büchner, J. van den Brink, C. M. Schneider, L. Plucinski, E. F. Schwier, K. Shimada, M. Richter, A. Isaeva, F. Reinert, “Orbital complexity in intrinsic magnetic topological insulators MnBi_4Te_7 and $\text{MnBi}_6\text{Te}_{10}$ ”, *Phys. Rev. Lett.* **126**, 176403 (7p) (2021) .
- [32] ©J. Dai, E. Frantzeskakis, N. Aryal, K. W. Chen, F. Fortuna, J. E. Rault, P. Le Fevre, L. Balicas, K. Miyamoto, T. Okuda, E. Manousakis, R. E. Baumbach, A. F. Santander-Syro, “Experimental

observation and spin texture of Dirac node arcs in tetradymite topological metals”, *Phys. Rev. Lett.* **126**, 196407 (6p) (2021) .

- [33] ©K. Zhang, S. Zhao, Z. Hao, S. Kumar, E. F. Schwier, Y. Zhang, H. Sun, Y. Wang, Y. Hao, X. Ma, C. Liu, L. Wang, X. Wang, K. Miyamoto, T. Okuda, C. Liu, J. Mei, K. Shimada, C. Chen, Q. Liu, “Observation of spin-momentum-layer locking in a centrosymmetric crystal”, *Phys. Rev. Lett.* **127**, 126402 (7p) (2021) .
- [34] ©S. Ideta, S. Johnston, T. Yoshida, K. Tanaka, M. Mori, H. Anzai, A. Ino, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, S. Ishida, K. Takashima, K. M. Kojima, T. P. Devereaux, S. Uchida, A. Fujimori, “Hybridization of bogoliubov quasiparticles between adjacent CuO₂ layers in the triple-layer cuprate Bi₂Sr₂Ca₂Cu₃O_{10+δ} studied by angle-resolved photoemission spectroscopy”, *Phys. Rev. Lett.* **127**, 217004 (6p) (2021) .
- [35] ©V. K. Gangwar, S. Kumar, M. Singh, L. Ghosh, Y. Zhang, P. Shahi, M. Muntwiler, S. Patil, K. Shimada, Y. Uwatoko, J. Sau, M. Kumar, S. Chatterjee, “Pressure induced superconducting state in ideal topological insulator BiSbTe₃”, *Phys. Scr.* **96**, 055802 (8p) (2021) .
- [36] M. Kumashiro, Y. Izumi, K. Matsuo, “Conformation of myelin basic protein bound to phosphatidylinositol membrane characterized by vacuum-ultraviolet circular-dichroism spectroscopy and molecular-dynamics simulations”, *Proteins: Structure, Function, and Bioinformatics* **89**, 1251-1261 (2021) .
- [37] D. Pal, S. Kumar, P. Shahi, S. Dan, A. Verma, V. K. Gangwar, M. Singh, S. Chakravarty, Y. Uwatoko, S. Saha, S. Patil, S. Chatterjee, “Defect induced ferromagnetic ordering and room temperature negative magnetoresistance in MoTeP”, *Sci. Rep.* **11**, 9104 (9p) (2021) .
- [38] T. Miyashita, H. Iwasawa, T. Yoshikawa, S. Ozawa, H. Oda, T. Muro, H. Ogura, T. Sakami, F. Nakamura, A. Ino, “Emergence of low-energy electronic states in oxygen-controlled Mott insulator Ca₂RuO_{4+δ}”, *Solid State Commun.* **326**, 114180 (7p) (2021) .

国際会議

(招待講演)

- [1] M. Katoh, “Structured high energy photons radiated from relativistic electrons”, 3rd International Conference on Nuclear Photonics (NP2020) (online, 2021.6.7-11)
- [2] T. Okuda, “Development of micro-focus spin-resolved photoemission spectrometer in VUV-SX region”, Pacificchem 2021 (online, 2021.12.16-21)

(一般講演)

- [1] H. Shishido, T. Ueno, K. Saito, M. Sawada, M. Matsumoto, “Intrinsic coercivity induced by valence fluctuations in Ce(Co_{1-x}Cu_x)₅ permanent magnet”, International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (SCES 2020/21) (online, 2021.9.27-10.1)
- [2] M. Katoh, “Spatiotemporal structures of undulator radiation and their potential applications”, Pacificchem 2021 (online, 2021.12.16-21)
- [3] M. Katoh, “Recent results from design study on HiSOR-2”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2022.3.10-11)
- [4] ©Y. Tsubota, S. Kumar, Y. Miyai, K. Tanaka, S. Ishida, H. Eisaki, S. Nakagawa, T. Kashiwagi, M. Arita, H. Namatame, K. Shimada, S. Ideta, “Re-examination of the phase diagram of

- Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ} studied by ARPES”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, online, 2022.3.10-11)
- [5] ©V. K. Gangwar, S. Kumar, M. Singh, Z. Yufeng, C. Chen, E. F. Schwier, K. Shimada, P. Shahi, Y. Uwatoko, S. Patila, A. K. Ghosh, S. Chatterje, “Roles of surface and bulk states in magneto-transport properties in antiferromagnetically ordered Bi_{1.9}Dy_{0.1}Te₃ topological insulator”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, online, 2022.3.10-11)
- [6] ©S. Ideta, S. Johnston, T. Yoshida, K. Tanaka, M. Mori, H. Anzai, A. Ino, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, S. Ishida, K. Takashima, K. M. Kojima, T. P. Devereaux, S. Uchida, A. Fujimori, “Hybridization of the electronic structure in triple-layer high-Tc cuprate Bi2223 observed by ARPES”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, online, 2022.3.10-11)
- [7] K. Baba, H. Sato, H. Yoshida, “Soft x-ray photoelectron spectroscopy of the metal complex included in cyclodextrin”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, online, 2022.3.10-11)
- [8] R. Itaya, Y. Toichi, R. Nakanishi, Y. Nakata, K. Kasai, K. Kuroda, M. Arita, I. Yamamoto, K. Fukutani, K. Sakamoto, “Investigation of the origin of photo-induced doping on TlBiSe₂”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, online, 2022.3.10-11)
- [9] S. Sawada, M. Kumashiro, K. Matsuo, “Desiccation-induced conformational change of group 3 LEA protein in the presence of membrane characterized by vacuum-ultraviolet circular dichroism spectroscopy”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, online, 2022.3.10-11)
- [10] M. Kumashiro, R. Tsuji, S. Suenaga, K. Matsuo, “Orientation analysis of antimicrobial peptide magainin 2 bound to phospholipid membrane by synchrotron-radiation linear dichroism spectroscopy”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, online, 2022.3.10-11)
- [11] K. Nishikubo, M. Hasegawa, Y. Izumi, K. Fujii, K. Matsuo, Y. Matsumoto, A. Yokoya, “Analysis of structural change of XRCC4 by pseudo-phosphorylation using VUV-CD and SAXS”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, online, 2022.3.10-11)
- [12] W. Nishizawa, M. Sawada, “Interface structure of Co ultrathin films evaporated on h-BN/Ni(111) studied by LEED intensity analysis”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, online, 2022.3.10-11)
- [13] ©R. Kamimori, Y. Tanimoto, H. Sato, M. Arita, S. Kumar, K. Shimada, K. T. Matsumoto, K. Hiraoka, “Evolution of c-f hybridization in valence transition compound YbInCu₄ observed by ARPES”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, online, 2022.3.10-11)
- [14] ©Y. Miyai, S. Kumar, T. Kurosawa, M. Oda, S. Ideta, K. Shimada, “Evaluation of self-energy in overdoped Bi2201 by angle-resolved photoemission spectroscopy”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, online, 2022.3.10-11)

- [15] ©K. Shiraishi, T. Iwata, K. Kuroda, M. Nurmamat, K. Nakanishi, S. Kumar, K. Shimada, M. Arita, Y. Kotani, K. Mitsumoto, H. Tanida, A. Kimura, “Direct observation of the three-dimensional electronic structure of RMnSi (R=La, Ce) with noncentrosymmetric antiferromagnetic order”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, online, 2022.3.10-11)
- [16] R. Tsuji, M. Kumashiro, K. Matsuo, “Membrane-bound conformations of magainin 2 depending on the inherent characteristics of membrane revealed by synchrotron-radiation circular-dichroism spectroscopy”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, online, 2022.3.10-11)
- [17] ©T. Sugiyama, H. Iwasawa, S. Ozawa, H. Oda, R. Takahashi, T. Kono, T. Okuda, K. Miyamoto, H. Wadati, S. Ishida, Y. Yoshida, H. Eisaki, A. Kimura, “Spatial inhomogeneity in Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ} investigated by micro photoemission spectroscopy”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, online, 2022.3.10-11)
- [18] ©K. Nakanishi, K. Ohwada, K. Kuroda, K. Sumida, K. Miyamoto, T. Okuda, S. Isogami, K. Masuda, Y. Sakuraba, A. Kimura, “Minority-spin dominated band structure near the Fermi energy of Fe₄N film revealed by spin- and angle-resolved photoemission spectroscopy”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, online, 2022.3.10-11)
- [19] ©A. Kumar, S. Kumar, K. Shimada, “Many-body interactions on the surface of the topological insulators”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, online, 2022.3.10-11)
- [20] K. Fujii, N. Maita, K. Matsuo, M. Kato, “Observation of liquid-liquid phase separation of FUS-LC using VUV-CD spectroscopy”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, online, 2022.3.10-11)
- [21] S. Hashimoto, K. Matsuo, “Development of time-resolved vacuum-ultraviolet circular dichroism spectroscopy and its application to the interaction analysis between β-lactoglobulin and lipid membrane”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, online, 2022.3.10-11)
- [22] ©S. Ishizaka, A. Ino, T. Kono, Y. Miyai, S. Kumar, K. Shimada, H. Kito, I. Hase, S. Ishida, K. Oka, H. Fujihisa, Y. Gotoh, Y. Yoshida, A. Iyo, H. Ogino, H. Eisaki, K. Kawashima, Y. Yanagi, A. Kimura, “Direct observation of Dirac nodal-line fermions in P-square net superconductor, ZrP_{1.24}Se_{0.57}”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, online, 2022.3.10-11)
- [23] ©Y. Nishioka, S. Ishizaka, K. Kuroda, A. Ino, S. Kumar, K. Shimada, H. Kito, I. Hase, S. Ishida, K. Oka, H. Fujihisa, Y. Gotoh, Y. Yoshida, A. Iyo, H. Ogino, H. Eisaki, K. Kawashima, Y. Yanagi, A. Kimura, “Observation of fast Dirac nodal-line fermions in a nonsymmorphic superconductor, HfP_{1.55}Se_{0.45}”, The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, online, 2022.3.10-11)

国内学会

(招待講演)

- [1] 松尾光一:「放射光円二色性分光法と生体分子の構造研究」サン1, リー生命科学財団オンラインセミナー (オンライン開催, 2021年5月14日)

(一般講演)

- [1] 今浦稜太, 熊代宗弘, 河田康志, 松尾光一, 「真空紫外円二色性と直線二色性による α シヌクレインの生体膜相互作用研究」第21回蛋白質科学会 (オンライン開催, 2021年6月16日-18日)
- [2] ◎前田和大, 松本拓真, 田中 佑, 佐藤 仁, 有田将司, 島田賢也, 松本圭介, 平岡耕一, 「価数相転移物質 YbInCu_4 の角度分解光電子分光」日本物理学会 2021 年秋季大会 (オンライン開催, 2021 年 9 月 20 日-23 日)
- [3] ◎宇陀慎太郎, 大槻太毅, 山脇一真, 有田将司, 生天目博文, 出田真一郎, 田中清尚, 笹川崇男, 藤森 淳, 組頭広志, 小野寛太, 吉田鉄平, 「最適ドーブ $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ の正常・異常自己エネルギー解析」日本物理学会 2021 年秋季大会 (オンライン開催, 2021 年 9 月 20 日-23 日)
- [4] ◎角田一樹, 鹿子木将明, 桜庭裕弥, 増田啓介, 河野 嵩, 後藤一希, 宮本幸治, 三浦良雄, 宝野和博, 奥田太一, 木村昭夫, 「ホイスラー合金 Co_2MnSi 薄膜におけるスピン偏極電子構造の温度依存性の観測」日本物理学会 2021 年秋季大会 (オンライン開催, 2021 年 9 月 20 日-23 日)
- [5] 佐藤 仁, 田中 佑, 松本拓真, 前田和大, 辻井直人, 河村直己, 「X 線発光分光による $\text{YbCu}_{5-x}\text{Al}_x$ の電子状態の研究」日本物理学会 2021 年秋季大会 (オンライン開催, 2021 年 9 月 20 日-23 日)
- [6] 後藤田将史, 河村直己, 井角 元, 佐藤 仁, 上田茂典, 水牧仁一朗, 雀部矩正, 大山耕平, 光田暁弘, 和田裕文, 魚住孝幸, 三村功次郎, 「硬 X 線光電子分光および高分解能蛍光検出 X 線吸収分光による $\text{Eu}_2\text{Pt}_6\text{Al}_{15}$ の電子状態の研究」日本物理学会 2021 年秋季大会 (オンライン開催, 2021 年 9 月 20 日-23 日)
- [7] 井上賢太, 田村浩太郎, 井角 元, 柴垣善則, 浜原健太, 保井 晃, 雀部矩正, 水牧仁一朗, 河村直己, 池永英司, 筒井智嗣, 佐藤 仁, 光田暁弘, 和田裕文, 魚住孝幸, 三村功次郎, 「共鳴硬 X 線光電子分光でみる $\text{EuNi}_2(\text{P}_{1-x}\text{Ge}_x)_2$ の価数揺動」日本物理学会 2021 年秋季大会 (オンライン開催, 2021 年 9 月 20 日-23 日)
- [8] 山本 凌, 仲武昌史, 高倉将一, 出田真一郎, 田中清尚, 藤原靖幸, 森分博紀, 入山恭寿, 伊藤孝寛, 「固体電解質 $\text{Li}_x\text{La}_{(1-x)/3}\text{NbO}_3$ バルク単結晶の角度分解光電子分光」日本物理学会 2021 年秋季大会 (オンライン開催, 2021 年 9 月 20 日-23 日)
- [9] ◎宇陀慎太郎, 大槻太毅, 山脇一真, 有田将司, 生天目博文, 出田真一郎, 田中清尚, 笹川崇男, 藤森 淳, 組頭広志, 小野寛太, 吉田鉄平, 「最適ドーブ $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ の正常・異常自己エネルギー解析」日本物理学会 2021 年秋季大会 (オンライン開催, 2021 年 9 月 20 日-23 日)
- [10] 辻 怜河, 熊代宗弘, 松尾光一, 「脂質分子の特性に依存するマガイニン 2 の膜結合構造」第 59 回日本生物物理学会 (オンライン開催, 2021 年 11 月 25 日-27 日)

- [11] 熊代宗弘, 末永翔磨, 松尾光一, 「放射光円二色性・線二色性・蛍光異方性により明確化された生体膜に誘起されたマガイニン 2 β 凝集体の特徴」第 59 回日本生物物理学会 (オンライン開催, 2021 年 11 月 25 日-27 日)
- [12] 熊代宗弘, 末永翔磨, 松尾光一, 「放射光円二色性・線二色性・蛍光異方性による抗菌ペプチドマガイニン 2 の膜結合により誘起された β -sheet凝集体の研究」Molecular Chirality 2021 (東広島, 2021 年 11 月 29 日-30 日)
- [13] ◎角田一樹, 鹿子木将明, 桜庭裕弥, 河野 嵩, 後藤一希, 宮本幸治, 宝野和博, 奥田太一, 木村昭夫, 「四元系ホイスラー合金 $\text{Co}_2\text{Mn}(\text{Al},\text{Si})$ 薄膜におけるスピン偏極ワイル分散とハーフメタル性の観測」第 35 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (オンライン開催, 2022 年 1 月 7 日-9 日)
- [14] ◎宮井雄大, Shiv Kumar, 黒澤 徹, 小田 研, 出田真一郎, 島田賢也, 「高分解能角分解光電子分光を用いた過剰ドーブ $\text{Bi}2201$ における自己エネルギーの評価」第 35 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (オンライン開催, 2022 年 1 月 7 日-9 日)
- [15] ◎杉山貴哉, 岩澤英明, 小澤秀介, 尾田拓之慎, 高橋龍之介, 河野 嵩, 奥田太一, 宮本幸治, 和達大樹, 石田茂之, 吉田良行, 永崎 洋, 木村昭夫, 「顕微光電子分光による $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ の電子状態の実空間不均一性の検証」第 35 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (オンライン開催, 2022 年 1 月 7 日-9 日)
- [16] 井角 元, 水牧仁一郎, 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, 広瀬雄介, 摂待力生, 魚住孝幸, 三村功次郎, 「価数揺動物質 CeRh_3 中の $\text{Ce} 4f-5d$ クーロン斥力: 共鳴硬 X 線光電子分光による研究」第 35 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (オンライン開催, 2022 年 1 月 7 日-9 日)
- [17] ◎石坂仁志, 井野明洋, 河野 嵩, 宮井雄大, Shiv Kumar, 島田賢也, 鬼頭 聖, 長谷泉, 石田茂之, 岡 邦彦, 藤久裕司, 後藤義人, 吉田良行, 伊豫 彰, 荻野 拓, 永崎洋, 川島健司, 柳 陽介, 木村昭夫, 「放射光角度分解光電子分光による超伝導体中の P 正方格子に由来する線ノードディラック粒子の観測」第 35 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (オンライン開催, 2022 年 1 月 7 日-9 日)
- [18] 熊代宗弘, 末永翔磨, 松尾光一, 「放射光円二色性・直線二色性・蛍光異方性によるマガイニン 2 の膜誘起 β 凝集体形成の解析」第 35 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (オンライン開催, 2022 年 1 月 7 日-9 日)
- [19] ◎加藤政博, 島田美帆, 宮内洋司, 「HiSOR 次期計画に向けた光源加速器の検討 2022」第 35 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (オンライン開催, 2022 年 1 月 7 日-9 日)
- [20] 井上賢太, 田村浩太郎, 井角 元, 柴垣善則, 浜原健太, 保井 晃, 雀部矩正, 水牧仁一郎, 河村直己, 池永英司, 筒井智嗣, 佐藤 仁, 光田暁弘, 和田裕文, 魚住孝幸, 三村功次郎, 「共鳴硬 X 線光電子分光による $\text{EuNi}_2(\text{P}_{1-x}\text{Ge}_x)_2$ の電子状態の研究」第 35 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (オンライン開催, 2022 年 1 月 7 日-9 日)
- [21] 後藤田将史, 河村直己, 井角 元, 佐藤 仁, 上田茂典, 水牧仁一郎, 雀部矩正, 大山耕平, 光田暁弘, 和田裕文, 魚住孝幸, 三村功次郎, 「硬 X 線光電子分光および高分解能蛍光検出 X 線吸収分光による $\text{Eu}_2\text{Pt}_6\text{Al}_{15}$ の電子状態の研究」第 35 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (オンライン開催, 2022 年 1 月 7 日-9 日)

- [22] 佐藤 仁, 神尾 彬, 神森龍一, 松本拓真, 三村功次郎, 上田茂典, 有田将司, 辻井直人, 「光電子分光による $\text{YbCu}_{5-x}\text{Al}_x$ の電子状態の研究」第 35 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (オンライン開催, 2022 年 1 月 7 日-9 日)
- [23] ◎加藤慧悟, 島田美帆, 宮内洋司, 藤本将輝, 真野篤志, 保坂将人, 高嶋圭史, 加藤政博, 「放射光の時間干渉性を利用した断層撮像の試み」第 35 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (オンライン開催, 2022 年 1 月 7 日-9 日)
- [24] ◎四之宮 諒, 島田美帆, 宮内洋司, 藤本将輝, 加藤政博, 「放射光源電子蓄積リングにおける単一電子蓄積の試み」第 35 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (オンライン開催, 2022 年 1 月 7 日-9 日)
- [25] 藤井健太郎, 真板宣夫, 加藤昌人, 松尾光一, 「VUV-CD による FUS-LC の相分離転移に伴う二次構造変化の観測」第 35 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (オンライン開催, 2022 年 1 月 7 日-9 日)
- [26] 金安達夫, 彦坂泰正, 藤本将輝, 岩山洋士, 加藤政博, 「Xe 4d 内殻電子の軟 X 線波束干渉制御」日本物理学会第 77 回年次大会 (オンライン開催, 2022 年 3 月 15 日-19 日)
- [27] ◎石坂仁志, 井野明洋, 河野 嵩, 宮井雄大, Shiv Kumar, 島田賢也, 鬼頭 聖, 長谷泉, 石田茂之, 岡 邦彦, 藤久裕司, 後藤義人, 吉田良行, 伊豫 彰, 荻野 拓, 永崎洋, 川島健司, 柳 陽介, 木村昭夫, 「放射光 ARPES による P 正方格子を有する超伝導体における線ノード型ディラック粒子の観測」日本物理学会第 77 回年次大会 (オンライン開催, 2022 年 3 月 15 日-19 日)
- [28] ◎白石海人, 岩田拓万, 黒田健太, Munisa Nurmamat, 中西楓恋, Shiv Kumar, 島田賢也, 有田将司, 小谷佳範, 三本啓輔, 谷田博司, 木村昭夫, 「 RMnSi(R=La, Ce) の放射光角度分解光電子分光」日本物理学会第 77 回年次大会 (オンライン開催, 2022 年 3 月 15 日-19 日)
- [29] 雀部矩正, 河端 拓, 明渡 悠, 阿部晃大, 松本孝之, 下笠諒平, 保井 晃, 河村直己, 池永英司, 筒井智嗣, 佐藤 仁, 松田達磨, 渡辺真仁, 魚住孝幸, 水牧仁一朗, 三村功次郎, 「量子臨界物質 YbRh_2Si_2 の硬 X 線分光理論」日本物理学会第 77 回年次大会 (オンライン開催, 2022 年 3 月 15 日-19 日)
- [30] 松永和也, 林 直輝, 仲武昌史, 出田真一郎, 田中清尚, 田中慎一郎, 乗松 航, 保田諭, 朝岡秀人, 寺澤知潮, 伊藤孝寛, 「Hex-Au(001)基板上グラフェンのスピン分解角度分解光電子分光」日本物理学会第 77 回年次大会 (オンライン開催, 2022 年 3 月 15 日-19 日)
- [31] 杉本卓史, 古田貫志, Damir Pinek, 仲武昌史, 出田真一郎, 田中清尚, Thierry Ouisse, 伊藤孝寛, 「反強磁性 i-MAX 相化合物 $(\text{Mo}_{2/3}\text{Dy}_{1/3})_2\text{AIC}$ の 3 次元角度分解光電子分光」日本物理学会第 77 回年次大会 (オンライン開催, 2022 年 3 月 15 日-19 日)
- [32] 保科拓海, 仲武昌史, 高倉将一, 出田真一郎, 田中清尚, 松田真生, 花咲徳亮, 伊藤孝寛, 「 $\text{TPP}[\text{FePc}(\text{CN})_2]_2$ の角度分解光電子分光」日本物理学会第 77 回年次大会 (オンライン開催, 2022 年 3 月 15 日-19 日)
- [33] 一ノ倉 聖, 徳田 啓, 福嶋隆司朗, 堀井健太郎, 遠山晴子, 秋山了太, 出田真一郎, 田中清尚, 清水亮太, 一杉太郎, 長谷川修司, 平原 徹, 「Ca がインターカレートしたグラフェンにおける 2 重ディラックバンドと層間電子状態」日本物理学会第 77 回年次大会 (オンライン開催, 2022 年 3 月 15 日-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 3 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 2 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 3 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 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 5 件

シンポジウム・研究会開催実績

- [1] The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (2022年3月10日-11日
参加者総数74名)
- [2] 第26回 HiSOR 研究会～生体分子の構造機能研究におけるキララ分光の新しい可能性～
(2022年3月8日 参加者総数73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] 鳥取県立鳥取東高等学校 (リモート施設見学), 27名 (2021年7月19日)
- [2] 福島県立福島高等学校 (リモート施設見学), 27名 (2021年8月20日)
- [3] 島根県邑南町立羽須美中学校 (リモート施設見学), 10名 (2021年10月5日)
- [4] 島根県立矢上高等学校 (リモート施設見学), 10名 (2021年10月21日)
- [5] 広島大学附属福山中学校, 31名 (2021年10月22日)
- [6] 広島大学附属高等学校 (リモート施設見学), 42名 (2021年10月29日)
- [7] ひらめきときめきサイエンス, 15名 (2021年10月30日, 11月13日)
- [8] 埼玉県立松山高等学校 (リモート施設見学), 42名 (2022年2月7日)

(一般の見学・研修受入)

- [1] 令和3年度理学部・大学院理学研究科公開(ホームカミングデー), 75名 (2021年11月6日)
- [2] 広島市立大学, 2名 (2021年11月25日)

(学内の見学・研修受入)

- [1] 未来創生科学人材育成センター, 28名 (2021年4月22日)
- [2] 先進理工系科学研究科, 27名 (2021年5月20日)
- [3] 先進理工系科学研究科, 20名 (2021年6月1日)
- [4] 先進理工系科学研究科, 12名 (2021年6月25日)
- [5] 未来創生科学人材育成センター, 25名 (2021年7月1日)
- [6] 先進理工系科学研究科, 11名 (2021年7月13日)

- [7] 先進理工系科学研究科, 18名 (2021年7月20日)
- [8] 先進理工系科学研究科, 12名 (2021年7月20日)
- [9] 先進理工系科学研究科, 4名 (2021年10月6日)
- [10] 学術・社会連携室, 2名 (2021年11月4日)
- [11] 未来創生科学人材育成センター, 25名 (2021年11月18日)
- [12] 先進理工系科学研究科, 19名 (2021年11月19日)
- [13] 先進理工系科学研究科 (リモート施設見学), 36名 (2021年12月9日)
- [14] 未来創生科学人材育成センター, 5名 (2021年12月15日)
- [15] 先進理工系科学研究科, 21名 (2022年1月21日)
- [16] 未来創生科学人材育成センター, 11名 (2022年1月27日)

(学協会委員)

- [1] 島田賢也 : 日本放射光学会評議員
- [2] 島田賢也 : Member of international advisory board in “International workshop on strong correlations and angle-resolved photoemission spectroscopy (CORPES)”
- [3] 奥田太一 : 日本表面科学会関西支部幹事
- [4] 奥田太一 : 日本放射光学会評議委員
- [5] 加藤政博 : 日本加速器学会評議員
- [6] 加藤政博 : 日本放射光学会評議員
- [7] 宮本幸治 : 日本放射光学会編集委員
- [8] 出田真一郎 : 日本放射光学会編集委員
- [9] 出田真一郎 : 日本物理学会運営委員
- [10] 松尾光一 : Member of editorial board in “Biomedical Spectroscopy and Imaging - IOS Press”
- [11] 松尾光一 : Member of international advisory board in “International Conference on Chiroptical Spectroscopy”
- [12] 佐藤 仁 : 日本物理学会 Jr.セッション委員
- [13] 佐藤 仁 : 広島県物理教育研究推進会事務局庶務幹事
- [14] 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 : SPring-8専用施設審査委員会委員
- [2] 島田賢也 : 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
- [3] 島田賢也 : 高エネルギー加速器研究機構フォトンファクトリー計画推進委員会
- [4] 奥田太一 : SPring-8 / SACLA 成果審査委員会査読者
- [5] 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・分科会委員長
- [6] 奥田太一 : 日本学術振興会 科学研究費委員会専門委員
- [7] 奥田太一 : 分子科学研究所・UVSOR 運営委員会委員
- [8] 奥田太一 : VSX 利用者懇談会幹事
- [9] 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
- [10] 加藤政博 : 高エネルギー加速器研究機構 教育研究評議会委員
- [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] 加藤政博：京都大学エネルギー理工学研究所ゼロミッションエネルギー研究拠点共同利用・共同研究計画委員
- [13] 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] 奥田太一：(株) 日立製作所 共同研究
- [3] 奥田太一：VG シエンタ (株) 共同研究
- [4] 松尾光一：(株) ミルボン 共同研究

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] ドイツ・ミュンスター大学物理学部
- [3] ロシア・ロシア科学アカデミーヨッフエ物理技術研究所
- [4] ロシア・サンクトペテルブルク大学
- [5] ドイツ・ユリウス・マクシミリアン大学ヴェルツブルク物理学・天文学部
- [6] 中国・南方科技大学
- [7] フランス・パリ・サクレ大学オルセー分子科学研究所

(国際共同研究)

- [1] 「Topological band structure of a breathing Kagome lattice」 Baojie Feng (中国・中国科学院)
- [2] 「The electronic structure investigation of Pd overlayers on Cr₂O₃ single crystals」 Takashi Komesu (米国・ネブラスカ大学)
- [3] 「Contact of antiferromagnetic topological insulator MnBi₂Te₄ with Pb and Nb thin films」 Dmitry Estyunin (ロシア・サンクトペテルブルク大学)
- [4] 「Modulation of Dirac gap in MnBi₂Te₄ and MnBi₄Te₇ as competition between the contributions of magnetic exchange interaction and magnetoelectric response」 Alexander Shikin (ロシア・サンクトペテルブルク大学)
- [5] 「Comparative ARPES study of transition metal doped topological compounds M_{0.05}Bi_{1.95}Se₃ (M = Au, Pt, and Pd)」 C. S. Yadav (インド・インド工科大学)
- [6] 「Investigation of electronic structure of topological semimetal SrAl₂Si₂ and EuAl₂Si₂」 Jayita Nayak (インド・インド工科大学)
- [7] 「ARPES study of topological electronic structures in niobium tellurium chloride」 Baojie Feng (中国・中国科学院)
- [8] 「CD spectroscopy-based of astaxanthin-metal ions complexes as efforts to improve the rheology of glycosylated albumin」 Sutiman Bambang Sumitro (インドネシア・ブラウイジャヤ大学)
- [9] 「Electronic structure and spin polarization of magnetic topological semimetal EuSb₂」 Zhenyu Wang (中国・南方科技大学)
- [10] 「Valley-dependent spin polarization in bulk BaMnSb₂ with broken inversion symmetry」 Chaoyu Chen (中国・南方科技大学)
- [11] 「High resolution ARPES study on CsV₃Sb₅ with Cr doping」 Chaoyu Chen (中国・南方科技大学)

学)

- [12] 「Study of the Dirac point shift and the Dirac point band gap in the intrinsic magnetic topological insulators $\text{Mn}(\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x)_2\text{Te}_4$ 」 Dmitry Estyunin (ロシア・サンクトペテルブルク大学)
- [13] 「Correlation between modulation of the gap at the Dirac point and changes in stoichiometry in series MnBi_2Te_4 , MnBi_2Se_4 and $\text{MnBi}_2\text{Te}_{4-x}\text{Se}_x$ with the out-of-plane to in-plane transformation of the magnetic anisotropy」 Alexander Shikin (ロシア・サンクトペテルブルク大学)
- [14] 「High-resolution ARPES study of chromium chalcogenide spinels」 Prashant Shahi (インド・インド・ディーン・ダール・ウパディヤ・ゴラクプール大学)
- [15] 「Exploration of the topological surface state gap in $\text{Mn}(\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x)_4\text{Te}_7$ 」 Chang Liu (中国・南方科技大学)
- [16] 「Probing a new type of spin-splitting effect predicted by the spin group theory」 Chang Liu (中国・南方科技大学)
- [17] 「Co-modulation of Dirac point and gap size in magnetic topological insulators $\text{Sn}_x\text{Mn}_{1-x}(\text{Sb}_y\text{Bi}_{1-y})_2\text{Te}_4$ 」 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)「オペランド (外場印加) スピン角度分解光電子分光によるトポロジカル相転移の研究」総額45,890千円 2021年度 13,260千円
- [2] 加藤政博：基盤研究 (A) (研究代表者)「放射光の位相構造制御法の開発」総額42,640千円 2021年度 14,950千円
- [3] 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 2021年度 1,300千円
- [4] 佐藤 仁：基盤研究 (C) (研究代表者)「カイラル金属磁性とフェルミ面のスピン分裂」総額3,640千円 2021年度 1,040千円
- [5] 奥田太一：VG (株)「VLEED 型スピン検出器の性能向上のための研究」研究費3,245千円
- [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474千円
- [7] 松尾光一：(株) ミルボン「毛髪個体切片の円二色性スペクトル測定技術の確立」研究費500千円

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
- 物理科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には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科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，先進理工系科学研究科物理学プログラムの全教員（26名），先進理工系科学研究科量子物質科学プログラムの理学系教員（20名），および放射光科学研究センター（10名），宇宙科学センター（7名），自然科学研究開発支援センター（1名）の教授，准教授，助教から構成される。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2プログラムと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。

◎物理学科教員リスト（令和3年4月時点）

・物理学プログラム

教授

小寫康史，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，岡部信広，山口頼人，本間謙輔，高橋弘充，中島伸夫，
関谷徹司，和田真一

助教

清水勇介，山本 恵，木坂将大，三好隆博，八野 哲，須田祐介，Kim Sangwook，
石松直樹，Munisai Nuermaimaiti，吉田啓晃，仁王頭明伸

・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，出田真一郎

助教

Shiv Kumar

・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

助教

稲見華恵，Singh Avinash，Gangopadhyay Anjasha

・量子物質科学プログラム

教授

嶋原 浩，松村 武，鬼丸孝博，鈴木孝至，野原 実，岡本宏己，栗木雅夫

准教授

田中 新，樋口克彦，多田靖啓，八木隆多，石井 勲，高橋 徹，檜垣浩之

助教

比嘉野乃花，志村恭通，Sitaram Ramakrishnan，飯沼昌隆，伊藤清一，

Liptak Zachary John

・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。このよう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

2021年度前期授業担当		
1年次		
火	物理数学A	中島
	教養ゼミ	深澤, 生天目, 木村, 岡本, 鈴木, 志垣
水	物理数学A	中島
木	力学A	八木
金	物理学演習	水野, 本間, 栗木
	教養ゼミ	深澤, 生天目, 木村, 岡本, 鈴木, 志垣
	力学A	八木
2年次		
火	物理数学C	石川
	電磁気学I	栗木
水	熱力学	松村
	物理学英語	稲見, Liptak, Gangopadhyay, Singh
木	解析力学	野原
	電磁気学演習	関谷, 加藤, 高橋 (弘)
3年次		
火	物理学特別講義 (物理数学E (群論))	両角, 田中, 清水
	物理学実験I	和田 他
水	統計力学I	嶋原
	応用電磁力学	岡本
	量子力学演習	佐藤, 松村, 宮本
木	統計力学I	嶋原
	固体の構造と物性	森吉
	物理学特別講義 (粒子実験物理学)	山口
金	量子力学II	樋口
	相対性理論	小淵
	物理学実験I	和田 他
4年次		
木	固体物理学II	鬼丸
金	相対論的量子力学	両角

2021年度後期授業担当		
1年次		
木	物理学序論	檜垣
	力学B	檜垣
金	力学演習	奥田, 山口, 木坂
	物理数学B	多田
2年次		
月	先端物理学	森吉 他
火	物理学数値計算法	三好
	物理学特別講義 (エレクトロニクス)	飯沼
	先端物理学	森吉 他
	物理数学D	岡部
水	電磁気学II	鬼丸
	電磁・量力演習	島田, 松尾, 生天目
木	量子力学I	石川
金	物理学特別講義 (エレクトロニクス)	飯沼
	物理学実験法	梅尾
3年次		
火	分子物理学	関谷
	物理学実験II	和田 他
水	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
木	統計力学演習	澤田, 田中, 八木
	固体物理学I	木村
	連続体力学	鈴木
金	量子力学III	田中
	物理学実験II	和田 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。このような現状から、現行のチューター制度は限界にきていると考えられ、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。

2-3-3 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学実験I、II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。

2021年度入学生

	定員	志願者	入学者
AOI型	10	12	10
前期日程	36	63	36
後期日程	20	117	17
計	66	192	63

チューター

入学年度	チューター			
2021	栗木	石井	和田	森吉
2020	檜垣	深澤	鈴木	黒岩
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	小嶋	栗木	樋口	松村

2-3-4 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。2021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
2021	62	5	62	54
2020	74	5	71	47
2019	57	5	58	43
2018	64	5	65	46
2017	63	7	64	48
2016	74	6	73	53

2021年度の卒業論文発表会は、2022年2月16日（水）に3つのグループで時間帯を分け、ショートオーラル、ポスター発表ともにオンラインにて開催した。

以下に、卒業論文発表題目を掲載する。

2021年度 理学部・物理学科 卒業論文発表会

2022年2月16日 (水)

場所：オンライン ショートオーラル

オンライン ポスター発表

	氏名	論文題目	指導教員	主査	副査
1	高橋 智	ブラックホールX線連星のスペクトル解析	深澤	深澤	小嶋
2	梶原健聖	NdCo ₂ Zn ₂₀ における磁場に鈍感な弾性ソフト化の研究	石井	石井	梅尾
3	佐崎凌佑	かなた望遠鏡を用いた自動観測による激変星の増光初期の研究	深澤	植村	野中
4	三木碩人	偏光の測定からの光路の推定	高橋 (徹)	飯沼	本間
5	田地野浩希	ILC国際リニアコライダー電子ドライブ陽電子源のキャプチャーライナックにおける等価回路モデルによるビームローディング補償の研究	栗木	栗木	志垣
6	春原滉輝	ナフタレン環を分子鎖に持つ自己組織化単分子膜における内殻励起イオン脱離反応	和田	和田	八木
7	藤田大智	γ シクロデキストリンによる α リポ酸の包接比について	和田	吉田	中島
8	羽佐田拓海	電子ボルト質量域の暗黒物質探索へ向けた角度可変三光子衝突系の設計	本間	本間	高橋 (徹)
9	吉岡直樹	量子重力への非摂動的アプローチ～ループ量子重力理論～	野中	野中	山口
10	副田幸暉	高密度検出素子とハドロン吸収体の多層構造による μ 粒子識別の可能性評価	志垣	八野	檜垣
11	浦賀 匠	Rashba超伝導体におけるトポロジカル相の解析	多田	多田	木村
12	岡田理玖	ステンレス合金SUS304の逆モンテカルロ法による構造解析	中島	石松	黒岩
13	谷元優希美	価数相転移物質YbInCu ₄ の角度分解光電子分光	佐藤	佐藤	石松
14	堀 友哉	外層が剥がされた親星における超新星の初期観測に基づく爆発特性の研究	深澤	川端	岡部
15	川上裕大	層状化合物YbPt ₅ Al ₂ の反強磁性転移に伴うスーパーゾーンギャップ形成と磁気揺らぎ	鬼丸	鬼丸	比嘉
16	中西楓恋	逆ペロブスカイト型遷移金属窒化物薄膜の電子状態の解明	木村	木村	鬼丸
17	丹羽怜太	反射材に均一な金属蒸着を用いたCsIシンチレータ検出器の位置依存性の評価	深澤	高橋 (弘)	伊藤
18	川田恵梨乃	短バンチビーム実験用線形ポールトラップの製作とイオン捕捉実験	岡本	伊藤	深澤
19	西岡幸美	ディラック線ノード超伝導体MP _{2-x} Sex (M=Zr, Hf)の放射光角度分解光電子分光	木村	木村	野原
20	河野 快	アミノ基を持つ自己組織化単分子膜へのフラーレンの吸着	関谷	関谷	黒田

21	中村文哉	テンソルネットワーク法によるIsing模型の解析	多田	多田	石川
22	阪本菜月	X線偏光観測気球実験XL-Calibur搭載CZT半導体検出器の性能評価および解析手法の改善	深澤	高橋(弘)	Liptak
23	築道拓実	LabVIEWによる利便性を求めたHiSOR BL13計測システムの構築	和田	和田	松尾
24	岩田拓万	角度分解光電子分光を用いた空間反転対称性が破れた反強磁性体PdCrO ₂ の電子状態の研究と非線形レーザー分光装置の開発	黒田	黒田	関谷
25	古田 楓	コア・シェル構造をもつペロブスカイト型強誘電体複合ナノ粒子の結晶構造解析	黒岩	黒岩	石井
26	岸 美里	Cs,K,Sb及びO ₂ を用いたヘテロ接合によるGaAsカソード活性化実験	栗木	栗木	高橋(弘)
27	黒田幹斗	円形加速器中の荷電粒子ビームの共鳴不安定性に関する数値解析的研究	岡本	岡本	水野
28	四之宮 諒	放射光源電子蓄積リングにおける単一電子蓄積の研究	加藤	加藤	岡本
29	倉内憲伸	比熱測定によるCeTeの1次磁気相転移の観測と異常な磁気相図	松村	松村	嶋原
30	添田 拓	シリコン検出器のGbps読出に向けたデータ伝送システム開発	山口	山口	栗木
31	金光航平	テンソル線り込み群を通した臨界指数の探究	石川	石川	多田
32	福島凧世	チタン酸バリウムナノキューブの強誘電相転移	黒岩	黒岩	生天目
33	小野木拓麻	強トポロジカル絶縁体TlBiSe ₂ のヘキ開面とは異なる表面電子状態の研究	宮本	宮本	樋口
34	坪田悠希	角度分解光電子分光による銅酸化物高温超伝導体の電子相図の研究	出田	出田	黒田
35	日高隆宏	単層グラフェンにおける電子・電子散乱と電子流の粘性	八木	八木	樋口
36	田河太一	交流比熱測定を用いたCeCoSiの圧力下量子臨界点の探索	松村	松村	出田
37	森下皓暁	高エネルギー宇宙ニュートリノ候補天体ブレーザーのガンマ線観測の検討	深澤	深澤	岡部
38	新美 蓮	3次元トポロジカル絶縁体におけるZ ₂ 不変量	田中	田中	島田
39	村上靖洋	Review:Constraints on the cosmic expansion history from GWTC-3	岡部	岡部	稲見
40	中西優梨香	将来GRB探査衛星HZGの赤外線望遠鏡におけるディザリング観測の必要性の評価	深澤	川端	小嶋
41	畑中俊人	ワイル半金属の異常ホール効果	田中	田中	志村
42	廣畑秀秋	相対論的宇宙論の基礎	岡部	岡部	川端
43	渡邊一生	レーザーコンプトン散乱を用いた高輝度X線光源の実現に向けた光子生成シミュレーションの研究	高橋(徹)	高橋(徹)	八野

44	下里侑也	立方晶 $\text{PrIr}_2\text{Zn}_{20}$ の反強四極子秩序と超伝導の相関解明のための極低温一軸圧下電気抵抗測定システムの開発	梅尾	梅尾	松村
45	松本将弥	Ybジグザク鎖をもつ YbCuS_2 と YbAgSe_2 の結晶構造解析	森吉	森吉	和田
46	白野龍二	フェルミ液体の基礎理論	嶋原	嶋原	奥田
47	橋爪大樹	MeVガンマ線Compton cameraへの利用に向けたpixel検出器SOPIXの基礎特性試験	深澤	深澤	清水
48	伊達圭祐	STFビームラインでの位相空間回転による高ルミノシティビーム生成 x-zエミッタンス交換の特性評価	栗木	栗木	山口
49	猫本勇輝	SrTiO_3 薄膜の歪み誘起分極の電場応答	中島	中島	Kim
50	澤田 駿	G3LEAタンパク質による生体膜保護機能の分子メカニズム解明に向けた真空紫外円二色性研究	松尾	松尾	吉田
51	松下真大	ディラック半金属 NiTe_2 における超伝導の探索	野原	野原	澤田
52	伊藤 友	ALICE実験次期データ解析系による μ 粒子検出効率の基礎的見積	志垣	志垣	野中
53	杉岡颯季	実光子弾性散乱観測のための光子・電子弁別性に関する研究	高橋 (徹)	高橋 (徹)	三好
54	柴田湧輝	かにパルサーの巨大電波パルス解析	岡部	木坂	川端
55	竹下昌之介	SU(5)模型を用いた力の大統一理論	両角	清水	本間
56	笠垣飛人	大強度短バンチハドロンビームに対するチューンダイアグラムの構築	岡本	岡本	加藤
57	岡島聡志	ハニカム格子磁性体 DyCu_3Te_3 における容易面型の磁気異方性と磁気秩序	鬼丸	鬼丸	佐藤
58	黒岩太平	測定器を含めたニュートリノ振動モデル	両角	両角	岡部
59	西田 慧	背景磁場を考慮したカイラルプラズマ不安定性の線形理論解析	志垣	三好	石川
60	下山絢女	TiO_2 単結晶を用いたアナターゼ/ルチル相境界の作製と評価	中島	中島	宮本
61	山川達也	電荷密度波の抑制による超伝導探索 - CuTe および関連物質の結晶育成 -	野原	野原	田中
62	平佐田莉子	層状化合物 $(\text{CH}_3\text{NH}_3)_2\text{CuCl}_4$ の構造相転移と強弾性	鈴木	鈴木	森吉

物理学科就職情報

進 学：広島大学大学院博士課程前期 45名，東京大学 3名，名古屋大学 3名，
大阪大学 1名，京都大学 1名，九州大学 1名

企 業：(株) システナ 1名，(株) 福井銀行 1名，京セラ (株) 1名，
セキスイハイム近畿 (株) 1名，(株) たけびし 1名，
三和ハイドロテック (株) 1名

学生の表彰

広島大学 理学部長表彰者：2名

Ⅲ 地球惑星システム学プログラム

- ・ 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プログラム・地球惑星システム学専攻

1-1 プログラム・専攻の理念と目標

地球惑星システム学専攻・地球惑星システム学プログラムは、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・プログラム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。

1-2 プログラム・専攻の組織と運営

本専攻・プログラムでは、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）、大川 真紀雄（助教）、Sarkar Dyuti Prakash（育成助教）
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（准教授）、小池 みずほ（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（准教授）、中久喜 伴益（助教）、柿澤 翔（育成助教）
事務職員	伊藤 暁子、三好 倫子

1-2-2. 教職員の異動

令和3年 4月1日：Sarkar Dyuti Prakash 育成助教 着任

令和3年 6月1日：Katharina Otto クロスアポイントメント特任助教 着任

令和3年 12月31日：柿澤 翔 育成助教 退職

* 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 プログラム・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 3 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。博士課程前期の 2 学年の平均定員充足率は 100%となっている。博士課程後期においては 3 学年の平均充足率は 110%である。

	定員	1 年	2 年	3 年
博士課程前期	10 名	8 名	12 名	-
博士課程後期	3 名	0 名	5 名	5 名

1-3-2-3. 就職進学状況

博士課程前期修了者 11 名の進路は以下の通りである。

独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構，富士通 Japan 株式会社，株式会社 SHIFT，株式会社 マリン・ワーク・ジャパン，株式会社 荒谷建設コンサルタント，キヤノン株式会社，株式会社 荒谷建設コンサルタント，株式会社 地圏総合コンサルタント，日本製鉄，中電技術コンサルタント株式会社，国立大学法人広島大学

博士課程後期修了者 5 名の進路は以下の通りである。

広島大学大学院先進理工系科学研究科（研究員）（3 名），京都大学地球熱学研究施設（研究機関研究員），アメリカ・デラウェア州立大学（研究員）

1-3-3. 大学院生の国内学会発表実績

片山 郁夫：7 件（修士の発表 4 件，博士の発表 2 件，修士・博士共同発表 1 件）

白石 史人：1 件（修士の発表 0 件，博士の発表 1 件，修士・博士共同発表 0 件）

宮原 正明：1 件（修士の発表 1 件，博士の発表 0 件，修士・博士共同発表 0 件）

藪田 ひかる：1 件（修士の発表 1 件，博士の発表 0 件，修士・博士共同発表 0 件）

安東 淳一：5件（修士の発表 3件，博士の発表 2件，修士・博士共同発表 0件）
井上 徹：5件（修士の発表 4件，博士の発表 1件，修士・博士共同発表 0件）
ダス カウシク：3件（修士の発表 0件，博士の発表 3件，修士・博士共同発表 0件）
川添 貴章：3件（修士の発表 3件，博士の発表 0件，修士・博士共同発表 0件）
柴田 知之：1件（修士の発表 0件，博士の発表 1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

井上 徹：3件（修士の発表 2件，博士の発表 1件，修士・博士共同発表 0件）
ダス カウシク：1件（修士の発表 0件，博士の発表 1件，修士・博士共同発表 0件）

1-3-5. 修士論文発表実績

令和3年度9月修了（0件）

令和3年度3月修了（12件）

長瀬 薫平：Simultaneous measurement of elastic wave velocity and porosity of epidiosites collected from Oman ophiolite: Implication for low VP/VS anomaly in the oceanic crust
（オマーンオフィオライトで採取されたエピドサイトの弾性波速度と空隙率の同時測定：海洋地殻でみられる低 VP/VS 異常に関する考察）

大上 翔太郎：AI を用いた深部低周波微動の検出
（Detection of Deep Low-frequency Tremor Using Deep Learning）

西浦 裕真：日向灘地域における浅部超低周波地震の精密震央決定
（Precision epicenter determination of shallow very low-frequency earthquake in the Hyuganada area）

藤岡 里帆：Depth profile of frictional properties of the cuttings samples obtained at the Nankai Trough IODP Site C0002
（南海トラフ C0002 掘削地点でのカッティングス試料を用いた摩擦特性深さプロファイルの作成）

秋元 貴幸：天然の炭酸塩沈殿物における結晶核形成過程の解明
（Elucidation of crystal nucleation process in natural carbonate deposits）

上出 奏海：C型小惑星リュウグウの母天体プロセス解明を目指した Jbilet Winselwan 炭素質コンドライトの有機宇宙化学的研究
（Organic cosmochemical study on Jbilet Winselwan carbonaceous chondrite for understanding the parent body process of the C-type asteroid Ryugu）

林 和也：地震ハザード評価に向けた震源断層モデルに関する研究
（A study on fault source models for seismic hazard analyses）

遠地 伽奈：ブリッジマナイトの衝撃波ユゴニオ温度測定
（Shock Hugoniot temperature measurements of bridgmanite）

小澤 建：微量元素と Sr-Nd 同位体を用いた阿武火山群のマグマの起源及び進化過程の研究
（Study of the origin and evolution of magma from Abu volcano group using trace elements and Sr-Nd isotopes）

中井 康生：炭化水素バイオマーカーから読み解く地球泥火山生態系：火星の生命存在可能性の理解を目指して

(Organic geochemical study on the ecosystem at terrestrial mud volcanos: Potential link with the habitability of Mars)

樹神 洸寿：脆性-塑性遷移領域における断層形成メカニズムの解明：インド主中央衝上断層を例に

(Elucidation of fault formation mechanism in brittle-plastic transition regime: an example of Main Central Thrust zone, India)

太田 明緒：高圧含水鉱物における Al 置換サイト依存性について

(Dependence of Al substitution sites on high pressure hydrous minerals)

1-3-6. 博士学位

令和3年度 博士論文 (5件)

Dey Bidisha：Determination of mantle characteristics below south west Japan: Inferred from trace element and Sr-Nd-Pb isotope compositions of basalts from Kyushu island, southwest Japan arc

(西南日本弧九州地域の玄武岩の微量元素および Sr-Nd-Pb 同位体組成をもちいた西南日本直下のマントルの地球化学的研究)

岡田 郁生：斑晶化学組成からの安山岩成因の解明

(The genesis of the andesite from the chemical composition of Phenocrysts)

野田 昌道：Chemical and elastic properties of Al-bearing anhydrous bridgmanites

(Alを含む無水ブリッジマナイトの化学的及び弾性的特性)

平山 剛大：大陸地殻とスラブメルティング域の珪長質マグマの形成過程の類似性

(Investigation of analogies between the formation processes of continental crust and silicic magmas in the slab melting region)

末吉 和公：Experimental investigation on macroscopic fracturing and fault reactivation of granite under pore fluid pressure

(間隙水圧下における花崗岩の巨視的破壊および断層再活性に関する実験的研究)

1-3-7. TAの実績

令和3年度のTA：博士課程前期 23名，博士課程後期 4名

1-3-8. 大学院教育の国際化

本専攻・プログラムでは、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 プログラム・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
6月25日	HiPeR特別セミナー 原始惑星系円盤・小天体・地球型惑星の研究から探る揮発性元素の起源	黒川 宏之 氏 (東京工業大学・地球生命研究所)	広島大学・理学部 (オンライン開催)
7月21日	HiPeR特別セミナー 超高温変成岩の鉱物学的特性と問題点 ー東南極の変成岩を例に	本吉 洋一 氏 (極地研究所)	広島大学・理学部 (オンライン開催)
7月30日	HiPeR特別セミナー スラブ内地震, スロー地震と内陸地震との関係	北 佐枝子 氏 (建築研究所・国際地震工学センター)	広島大学・理学部 (オンライン開催)
9月3日	HiPeR特別セミナー 稠密GNSS網による集中豪雨の研究	日置 幸介 氏 (北海道大学)	広島大学・理学部 (オンライン開催)
9月16日 ～18日	日本鉱物科学会2021年年会・総会	全国の大学・研究機関から175件の研究成果発表 (参加者268名)	広島大学東広島キャンパス (オンライン開催)
9月19日	日本鉱物科学会・日本惑星科学会合同開催一般普及講演会「はやぶさ2:小惑星リュウグウ探査6年間の旅,そして地上サンプル分析と新たな旅へ」 1) 惑星間往復飛行を成し遂げた「はやぶさ2」の技術と成果 2) はやぶさ2の見た竜宮城 3) リュウグウの玉手箱から聴こえてくるむかしむかしのお話	1) 津田 雄一 氏 (JAXA) 2) 渡邊 誠一郎 氏 (名大) 3) 橘 省吾 氏 (東大) MC: 藪田 ひかる, 宮原 正明 (広島大学)	広島大学東広島キャンパス (オンライン開催)
11月6日	広島セミナー (ホームカミングシンポジウム) 及びHiPeR特別セミナー「治山・森林林業系地方公務員 (県職員) の業務紹介」	円藤 洋之 氏 (兵庫県農政環境部農林水産局治山課)	広島大学・理学部 (オンライン開催)
11月6日	広島セミナー (ホームカミングシンポジウム) 及びHiPeR特別セミナー「原子力規制における地質学のニーズ」	田上 雅彦 氏 (原子力規制庁長官官房法務部門)	広島大学・理学部 (オンライン開催)
11月26日	第9回広島大学・海洋研究開発機構合同シンポジウム 第8回 HiPeR シンポジウム 地球惑星ダイナミクスの最前線	黒澤 耕介 氏 (千葉工業大学) 富岡 尚敬 氏 (JAMSTEC) 岡崎 啓史 氏 (JAMSTEC) 大内 智博 氏 (愛媛大学)	広島大学・理学部 (オンライン開催)

1月7日	HiPeR特別セミナー Generation and fate of the Earth's oldest continental crust: evidence from Singhbhum craton, eastern India	Dey Sukanta (IISER, India)	広島大学・理学部（オンライン開催）
1月17日 ～18日	第4回国際セミナー“High-Pressure Mineralogy: Theory and Experiment” (Conveners: Prof. Toru Inoue and Prof. Andrey Bobrov)	16件の研究成果発表（日本6件，フランス1件，イタリア1件，ロシア8件）	広島大学・理学部（オンライン開催）
1月21日	HiPeR 特別セミナー 完新世における100～1000年スケールの貝形虫群集（甲殻類，微化石）と内湾環境の変化	入月 俊明 氏（島根大学）	広島大学・理学部（オンライン開催）
1月28日	HiPeR 特別セミナー 脆性-塑性遷移領域における Byerlee 則からはずれるサンカルロスオリビン多結晶体の不安定断層すべりと海洋マントルの強度断面	岡崎 啓史 氏（高知コア研）	広島大学・理学部（オンライン開催）
3月5日	「日本地質学会西日本支部第172回例会・2021年度総会」	17件の研究成果発表，及び支部長講演（早坂 康隆）	広島大学・理学部（オンライン開催）

(2) 学術団体等からの受賞実績

井上 徹 2021年アメリカ鉱物科学会フェロー，アメリカ鉱物科学会，2021年10月
第20回（令和3年度）広島大学長賞，広島大学，2021年11月

(3) 学生の受賞実績

Dyuti Prakash SARKAR 博士3年 日本鉱物科学会学生論文賞

(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17日	アストロバイオロジークラブ オンラインセミナー	藪田 ひかる
6月19日	広島大学公開講座	藪田 ひかる
9月5日	KEK一般公開2021オンライン 講演	藪田 ひかる
9月11日	蒲郡市生命の海科学館オンラインレクチャー	藪田 ひかる
9月19日	日本鉱物科学会・一般共同普及講演会	宮原 正明， 藪田 ひかる
11月6日	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
3月17日	徳山高校オンライン出前授業	片山 郁夫

(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
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
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
インドの隕石に関する共同研究	Dr. S. Ghosh （IIT, Kharagpur, インド）	宮原 正明
小惑星探査に関する共同研究	K. Otto （ドイツ航空宇宙センター）	藪田ひかる
はやぶさ2 初期分析に関する共同研究	R. Stroud, B.T. De Gregorio （アメリカ海軍調査研究所， 米国）， L. Nittler, G. Cody （カーネギー研究所， 米国）， L. Bonal, E. Quirico （グルノーブル大学， フランス）， L. Remusat （パリ自然史博物館， フランス）， C. Engrand, E. Dartois, J. Mathurin, J. Duprat（パリ＝サクレ大学）	藪田ひかる
小惑星探査機搭載質量分析装置に関する共同研究	J. Hiller, N. Khawaja （ベルリン大学）	藪田ひかる
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
高压鉱物の弾性波速度測定に関する研究	B. Li 教授 （ストニーブルク大学， アメリカ）	井上 徹
高压含水鉱物の弾性波速度に関する研究	N. Cai 助教 （中国科学院大学， 中国）	井上 徹
高压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
含水ワズレアイトの弾性波速度に関する研究	G. Gwanmesia 教授 （デラウェア大学， アメリカ）	井上 徹

マントル岩との相互作用に伴う地殻物質と流体の地球深部サイクルの解明に関する研究	A.Bobrov 教授 (モスクワ州立大学, ロシア)	井上 徹
高压含水鉱物の地球内部での安定性に関する研究	C.Xu 研究員 (中国地震局, 中国)	井上 徹
含水炭酸塩に富んだ堆積物の高压相転移及びマグマ生成に関する研究	M. Wang 准教授 (北京大学, 中国)	井上 徹
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
インド北西部 South Delhi Fold Belt のテクトニクスの解明と年代測定に関する共同研究	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, G. Ghosh 教授 (プレジデンシー大学, 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
ウオズリアイトの双晶に関する研究	宮島 延吉 (バイロイト大学, ドイツ) J. Buchen (オックスフォード大学, 英国)	川添 貴章
カンラン石中の転位の移動速度に関する研究	L. Wang, 桂 智男, 宮島 延吉 (バイロイト大学, ドイツ)	川添 貴章
地球中心核の安定相に関する研究	駒林 鉄也 (エジンバラ大学, 英国)	川添 貴章

(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
赤松 祐哉	かんらん岩とはんれい岩の脆性変形実験に基づく海洋プレートの含水化モデルの検証	片山 郁夫
Eranga Jayawickrama	岩石中の熱クラックの生成とプレート強度の関係	片山 郁夫

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 (令和3年4月1日~令和4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, このよう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

- ©Sarkar D.P., Ando J., Kano A., Kato H., Ghosh G., Das K., 2021, Carbonate clumped isotope thermometry of fault rocks and its possibilities: tectonic implications from calcites within Himalayan Frontal Fold-Thrust Belt. *Progress in Earth and Planetary Science*, <https://doi.org/10.1186/s40645-021-00435-6>.
- Arai S., Hoshikawa C., Miura M., Ando J., Ishimaru S., Mochizuki N., Tamura A., Dehydrogenation of deep-seated hydrous olivine in “black-colored” dunites of arc origin. *Lithos*, 384-385, <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2021.105967>.
- Jung S., Yamamoto T., Ando J., Jung H., 2021, Dislocation Creep of Olivine and Amphibole in Amphibole Peridotites from Åheim, Norway. *Minerals*, <https://doi.org/10.3390/min11091018>.
- Nakatsuka A., Fukui H., Kamada S., Hirao N., Ohkawa M., Sugiyama K. & Yoshino T., 2021, Incorporation mechanism of Fe and Al into bridgmanite in a subducting mid-ocean ridge basalt and its crystal chemistry. *Scientific Reports* 11, 22839.
- Nakatsuka A., Yoshiasa A., Ohkawa M. & Ito E., 2022, Aluminous hydrous magnesium silicate as a lower-mantle hydrogen reservoir: a role as an agent for material transport. *Scientific Reports* 12, 3594.
- Kumar R., Kawaguchi K., Dwivedi S. B., Das K., 2022, U–Pb zircon ages of pelitic and mafic granulites from Daltonganj, Chhotanagpur Granite Gneiss Complex, Eastern India: Phase equilibria modeling and tectonic implications. *Geological Journal*, 57(3), 1284-1310, <https://doi.org/10.1002/gj.4340>
- Apurva Alok, Pant N.C., Das K., Tsutsumi Y., Kumar P., Chopra S., Saini H.S., Khan A.A., 2021, New insights on the geological evolution of paleorivers and their relationship to Indus civilization and early Historic settlements on the plains of Haryana, NW India. *Quaternary Geoarchaeology of India, Special Publications 515*, Geological Society of London. <https://doi.org/10.1144/SP515-2020-161>
- ©Kawaguchi K., Hayasaka Y., Minh P., Das K., Kimura K., 2022, Origin and tectonic relationship of metagabbro of the Sambagawa Belt, and associated Karasaki mylonites of western Shikoku, Southwest Japan. *Geosciences Journal*, 26, 37-54. <https://doi.org/10.1007/s12303-021-0022-6>
- Shields G.A., Strachan R.A., Porter S.M., Halverson G.P., Macdonald F.A., Plumb K.A., de Alvarenga C.J., Banerjee D.M., Bekker A., Brasier A., Chakraborty P.P., Collins A.S., Condie K., Das K., Ernst R., Fallick A.E., Frimmel H., Fuck R., Hoffman P.F., Kamber B.S., Kuznetsov A., Mitchell R., Poiré D.G., Poulton S.W., Riding R., Sharma M., Storey C., Stueeken E., Tostevin R., Turner E., Xiao S., Zhang S., Zhou Y., Zhu M., 2022, Towards a new geological time scale: A template for improved

rock-based subdivision of pre-Cryogenian time, *Journal of Geological Society of London* 179, 1, 1-22 (doi.org/10.1144/jgs2020-222).

- ◎Sarkar D.P., Ando J., Kano A., Kato H., Ghosh G., Das K., 2021, Validity of calcite clumped isotope thermometry for fault rocks: Insights from calcites within Himalayan frontal Fold-Thrust Belt. *Progress in Earth and Planetary Science* 8, 42 doi.org/10.1186/s40645-021-00435-6.
- ◎Das K., Bose S., Torimoto J., Hayasaka Y., Dunkley D., 2021, Tracking C-O-H fluid-rock interactions in reworked UHT granulite: Tectonic evolution from ca. 990 Ma to ca. 500 Ma in orogenic interior of Eastern Ghats Belt, India, *Lithos.* 398-399, 106287 <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2021.106287>
- ◎Kimura K., Hayasaka Y., Yamashita J., Shibata T., Kawaguchi K., Fujiwara H., Das K., 2021, Antiquity and tectonic lineage of Japanese islands: New discovery from U-Pb zircon geochronology. *Earth and Planetary Science Letters* 565, 116926.
- Kawaguchi K., Minh P., Hieu P.T., Cuong T. C., Das K., 2021, Evolution of supracrustal rocks of the Indochina Block: Evidence from new detrital zircon U–Pb ages of the Kontum Massif, Central Vietnam, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 200916, 116, 69-82.
- Bose S., Ghosh G., Kawaguchi K., Das K., Mondal A.K., Banerjee A., 2021, Zircon and monazite geochronology from the Rengali-Eastern Ghats Province: Implications for the tectonic evolution of the eastern Indian terrane. *Precambrian Research*, 355 (doi.org/10.1016/j.precamres.2020.106080)
- Ganguly P., Ghosh G., Bose S., Das K., 2021, Polyphase deformation and ultrahigh temperature metamorphism of the deep continental crust: Implications for tectonic evolution of the northern Eastern Ghats Belt, India. *Journal of Structural Geology*, 143, 104250 doi.org/10.1016/j.jsg.2020.104250

○国際会議での招待・依頼・特別講演

- ◎Das K., Kimura K., Hayasaka Y. 2021. The oldest basement complex in Japanese archipelago and their connection to East Asia. International Symposium on Processes in the Continental Crust, IISER, Kolkata, 2021.10.23-24 (online, Invited)

○国内学会での一般講演

- 河田尚美, 藤原恵子, 大川真紀雄, 中塚晃彦, 2021. Cs 交換菱沸石の高温単結晶 X 線構造解析: 脱水挙動の結晶学的研究, 日本鉱物科学会 2021 年年会 (2021 年 9 月 16 日-18 日, オンライン年会)
- ◎Fukushima N., Sumino H., Ando J., Das K., Kobayashi M., Kagi H., Yamamoto T., 2021. Noble gas analysis and microstructure observation of the Finero phlogopite peridotite in Northern Italy to constrain the origin of deformation process of mantle wedge peridotite. *JpGU 2021* (2021 年 6 月 5 日, Online)
- ◎Sarkar D.P., Ando J., Das K., Ghosh G., 2021. Role of lithology in deformation mechanisms of shallow-crustal active faults: Evidence from the Nahan thrust of Himalayas. *JpGU 2021* (2021 年 6 月 5 日, Online)

- ◎樹神洸寿, 安東淳一, Das K., Sarkar D.P., 2021. マイロナイトから推定する北アルモラ衝上断層の運動像 マイロナイトから推定する北アルモラ衝上断層の運動像 JpGu 2021 (2021年6月5日, Online)
- ◎岡崎淳哉, 安東淳一, Das K., 2021. インド Sarwar-Junia 断層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 JpGu 2021 (2021年6月5日, Online)
- ◎安東淳一, 兒島巧太, Das K., 富岡尚敬, 上原誠一郎, 2021. 熱水流体に起因したイライトの生成と断層の発生過程 JpGU 2021 (2021年6月6日, Online)
- ◎Ngombi Mavoungou L., Das K., Hayasaka Y., Kawaguchi K., Ando J., 2021. Tonoshiki breccia recording the signature of the closure of Maizuru back-arc basin during Permian-Triassic boundary, 日本鉱物科学会 2021 年年会 (2021年9月18日, オンライン)
- ◎Sarkar D.P., 安東淳一, Das K., Ghosh G., 2021. Coalescing detrital zircon geochronology and litho-structural mapping in identification of MBT in Himachal Himalayas, 日本鉱物科学会 2021 年年会 (2021年9月18日, オンライン)
- ◎樹神洸寿, 安東淳一, Das K., Sarkar D.P., 2021. マイロナイトから推定する北アルモラ衝上断層帯の運動像, 日本鉱物科学会 2021 年年会 (2021年9月18日, オンライン)
- 松永健義, 安東淳一, 2021. 斑レイ岩の交代作用に起因するタルクを伴う断層の発達過程, 日本鉱物科学会 2021 年年会 (2021年9月18日, オンライン)
- ◎岡崎淳哉, 安東淳一, Das K., 2021. インド Sarwar-Junia 断層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, 日本鉱物科学会 2021 年年会 (2021年9月18日, オンライン)
- ◎安東淳一, 兒島巧太, Das K., 富岡尚敬, 上原誠一郎, 2021. 熱水流体に起因したイライトと空孔の形成および断層発生過程との関係, 日本鉱物科学会 2021 年年会 (2021年9月18日, オンライン)
- 西原 遊, 安東淳一, 富岡尚敬, Simon Hunt, David Dobson, 肥後祐司, 2021. MnGeO₃ペロフスカイトの変形微細組織と結晶選択配向, 第62回高圧討論会 (2021年10月18日, オンライン)
- Das K., Bose S., Ghosh G., Ganguly P., 2021. Geotranssect across south of Singhbhum Craton-Rengali Province-Eastern Ghats Province, India: Multiple orogenic belts of contrasting age and tectonic evolution of Eastern Indian terrane. 日本鉱物科学会 2021 年年会 (2021年9月18日, オンライン)
- ◎木村光佑, 早坂康隆, 柴田知之, ダス カウシク, 川口健太, 2021. 舞鶴帯津和野コンプレックス花崗岩質岩の年代の多様性, 日本鉱物科学会 2021 年年会 (2021年9月18日, オンライン)
- Das K., Bose S., Torimoto J., Hayasaka Y., Dunkley D., 2021. Evidence of carbonic crustal fluid during deep to shallow crustal evolution of the interior of Eastern Ghats Belt India: Grenvillian to Kuunga orogenies, JpGU 2021 (2021年6月6日, Online)
- ◎Ngombi Mavoungou Larissa, Das K., Hayasaka Y., Kuriu H., Kawaguchi K., 2021. Tectonostratigraphic characterization of Maizuru back-arc basin during its closure: geochemical and U-Pb detrital geochronological approaches, JpGU, 2021 (2021年6月6日, Online)
- ◎Ngombi M. L., Das K., Hayasaka Y., Kawaguchi K., 2021. Late Permian tectonic switch in Maizuru terrane: Evidence from U-Pb detrital zircon geochronology from Tonoshiki Formation, 日本地質学会 第128 学術大会 (2021年9月4日~6日, 2021 名古屋オンライン)

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等）など多様な分析技術を駆使している。

○原著論文

- Shiraishi F., Hanzawa Y., Nakamura Y., Eno Y., Morikawa A., de Mattos R.F., Asada J., Cury L.F., Bahniuk A.M., 2022. Abiotic and biotic processes controlling travertine deposition: Insights from eight hot springs in Japan. *Sedimentology* 69, 592-623.
- Shiraishi F., Hanzawa Y., Asada J., Cury L.F., Bahniuk A.M., 2022. Microbial influences on tufa deposition in a tropical climate. *Sedimentary Geology* 427, 106045.
- Koyano S., Shiraishi F., Miyairi Y., Yokoyama Y., Fujita K., 2021. Microscale evolution of reefal microbialites. *SEPM Special Publications*, in press.
- Ghosh S., Tiwari K., Miyahara M., Rohrbach A., Vollmer C., Stagno V., Ohtani E., & Ray D., 2021. Natural Fe-bearing Aluminous Bridgmanite in the Katol L6 chondrite. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.*, doi: 10.1073/pnas.2108736118.
- Yoshida M., Miyahara M., Suga H., Yamaguchi A., Tomioka N., Sakai T., Ohfuji H., Maeda F., Ohira I., Ohtani E., Kamada S., Ohigashi T., Inagaki Y., Kodama Y., Hirao N., 2021. Elucidation of impact event recorded in the Iherzolitic shergottite NWA 7397. *Meteoritics and Planetary Science*, doi.org/10.1111/maps.13735.
- Miyahara M., Yamaguchi A., Ohtani E., Tomioka N., Kodama Y., 2021. Complicated pressure–temperature path recorded in the eucrite Padvarninkai. *Meteoritics and Planetary Science* 56, 1443–1458.
- Miyahara M., Edanaga J., Yamaguchi A., Kobayashi T., Sekine T., Nakamura A., 2021. Chondrule flattening by shock recovery experiments on unequilibrated chondrites. *JGR Planets*, doi.org/10.1029/2021JE006864.
- 宮原正明, 2021. TEMで解き明かす隕石中の高圧鉱物と衝突過程. *高圧力の科学と技術*. 31, 157–165.
- Tiwari K., Ghosh S., Miyahara M., Ray D., 2021. Shock-induced incongruent melting of olivine in Kamargaon L6 chondrite. *Geophysical Research Letters* 48, doi: 10.1029/2021GL093592.
- S. Tachibana, H. Sawada, R. Okazaki, Y. Takano, K. Sakamoto, Y. N. Miura, C. Okamoto, H. Yano, S., Yamanouchi, P. Michel, Y. Zhang, S. Schwartz, F. Thuillet, H. Yurimoto, T. Nakamura, T. Noguchi, H. Yabuta, H. Naraoka, A. Tsuchiyama, N. Imae, K. Kurosawa, A. M. Nakamura, K. Ogawa, S. Sugita, T. Morota, R. Honda, S. Kameda, E. Tatsumi, Y. Cho, K. Yoshioka, Y. Yokota, M. Hayakawa, M. Matsuoka, N. Sakatani, M. Yamada, T. Kouyama, H. Suzuki, C. Honda, T. Yoshimitsu, T. Kubota, H. Demura, T. Yada, M. Nishimura, K. Yogata, A. Nakato, M. Yoshitake, A. I. Suzuki, S. Furuya, K. Hatakeda, A. Miyazaki, K. Kumagai, T. Okada, M. Abe, T. Usui, T. R. Ireland, M. Fujimoto, T. Yamada, M. Arakawa, H. C. Connolly Jr., A. Fujii, S. Hasegawa, N. Hirata, N. Hirata, C. Hirose, S. Hosoda, Y. Iijima, H. Ikeda, M. Ishiguro, Y. Ishihara, T. Iwata, S. Kikuchi, K. Kitazato, D. S. Lauretta, G. Libourel, B. Marty, K.

- Matsumoto, T. Michikami, Y. Mimasu, A. Miura, O. Mori, K. Nakamura-Messenger, N. Namiki, A. N. Nguyen, L. R. Nittler, H. Noda, R. Noguchi, N. Ogawa, G. Ono, M. Ozaki, H. Senshu, T. Shimada, Y. Shimaki, K. Shirai, S. Soldini, T. Takahashi, Y. Takei, H. Takeuchi, R. Tsukizaki, K. Wada, Y. Yamamoto, K. Yoshikawa, K. Yumoto, M. E. Zolensky, S. Nakazawa, F. Terui, S. Tanaka, T. Saiki, M. Yoshikawa, S. Watanabe, Y. Tsuda, 2022. Pebbles and sand on asteroid (162173) Ryugu: In situ observation and particles returned to Earth, *Science* 375, 1011-1016. DOI: 10.1126/science.abj8624.
- Toru Yada, Masanao Abe, Tatsuaki Okada, Aiko Nakato, Kasumi Yogata, Akiko Miyazaki, Kentaro Hatakeda, Kazuya Kumagai, Masahiro Nishimura, Yuya Hitomi, Hiromichi Soejima, Miwa Yoshitake, Ayako Iwamae, Shizuho Furuya, Masayuki Uesugi, Yuzuru Karouji, Tomohiro Usui, Tasuku Hayashi, Daiki Yamamoto, Ryota Fukai, Seiji Sugita, Yuichiro Cho, Koki Yumoto, Yuna Yabe, Jean-Pierre Bibring, Cedric Pilorget, Vincent Hamm, Rosario Brunetto, Lucie Riu, Lionel Lourit, Damien Loizeau, Guillaume Lequertier, Aurelie Moussi-Soffys, Shogo Tachibana, Hirotaka Sawada, Ryuji Okazaki, Yoshinori Takano, Kanako Sakamoto, Yayoi N. Miura, Hajime Yano, Trevor R. Ireland, Tetsuya Yamada, Masaki Fujimoto, Kohei Kitazato, Noriyuki Namiki, Masahiko Arakawa, Naru Hirata, Hisayoshi Yurimoto, Tomoki Nakamura, Takaaki Noguchi, Hikaru Yabuta, Hiroshi Naraoka, Motoo Ito, Eizo Nakamura, Kentaro Uesugi, Katsura Kobayashi, Tatsuhiro Michikami, Hiroshi Kikuchi, Naoyuki Hirata, Yoshiaki Ishihara, Koji Matsumoto, Hirotomo Noda, Rina Noguchi, Yuri Shimaki, Kei Shirai, Kazunori Ogawa, Koji Wada, Hiroki Senshu, Yukio Yamamoto, Tomokatsu Morota, Rie Honda, Chikatoshi Honda, Yasuhiro Yokota, Moe Matsuoka, Naoya Sakatani, Eri Tatsumi, Akira Miura, Manabu Yamada, Atsushi Fujii, Chikako Hirose, Satoshi Hosoda, Hitoshi Ikeda, Takahiro Iwata, Shota Kikuchi, Yuya Mimasu, Osamu Mori, Naoko Ogawa, Go Ono, Takanobu Shimada, Stefania Soldini, Tadateru Takahashi, Yuto Takei, Hiroshi Takeuchi, Ryudo Tsukizaki, Kent Yoshikawa, Fuyuto Terui, Satoru Nakazawa, Satoshi Tanaka, Takanao Saiki, Makoto Yoshikawa, Sei-ichiro Watanabe and Yuichi Tsuda, 2022. Preliminary analysis of the Hayabusa2 samples returned from C-type asteroid Ryugu, *Nature Astronomy* 6, 214–220, doi: 10.1038/s41550-021-01550-6.
- N. Sakatani, S. Tanaka, T. Okada, T. Fukuhara, L. Riu, S. Sugita, R. Honda, T. Morota, S. Kameda, Y. Yokota, E. Tatsumi, K. Yumoto, N. Hirata, A. Miura, T. Kouyama, H. Senshu, Y. Shimaki, T. Arai, J. Takita, H. Demura, T. Sekiguchi, T. G. Müller, A. Hagermann, J. Biele, M. Grott, M. Hamm, M. Delbo, W. Neumann, M. Taguchi, Y. Ogawa, T. Matsunaga, T. Wada, S. Hasegawa, J. Helbert, N. Hirata, R. Noguchi, M. Yamada, H. Suzuki, C. Honda, K. Ogawa, M. Hayakawa, K. Yoshioka, M. Matsuoka, Y. Cho, H. Sawada, K. Kitazato, T. Iwata, M. Abe, M. Ohtake, S. Matsuura, K. Matsumoto, H. Noda, Y. Ishihara, K. Yamamoto, A. Higuchi, N. Namiki, G. Ono, T. Saiki, H. Imamura, Y. Takagi, H. Yano, K. Shirai, C. Okamoto, S. Nakazawa, Y. Iijima, M. Arakawa, K. Wada, T. Kadono, K. Ishibashi, F. Terui, S. Kikuchi, T. Yamaguchi, N. Ogawa, Y. Mimasu, K. Yoshikawa, T. Takahashi, Y. Takei, A. Fujii, H. Takeuchi, Y. Yamamoto, C. Hirose, S. Hosoda, O. Mori, T. Shimada, S. Soldini, R. Tsukizaki, M. Ozaki, S. Tachibana, H. Ikeda, M. Ishiguro, H. Yabuta, M. Yoshikawa, S. Watanabe & Y. Tsuda, 2021. Anomalously porous boulders on (162173) Ryugu as primordial materials from its parent body, *Nature Astronomy* 5, 766–774.
- ©K. A. Otto, S. E. Schröder, H. D. Scharf, A. Greshake, N. Schmitz, F. Trauthan, S. Pieth, K. Stephan, T.-M. Ho, R. Jaumann, A. Koncz, T. Michalik and H. Yabuta, 2021. Spectral and Petrographic Properties

of Inclusions in Carbonaceous Chondrites and Comparison with In Situ Images from Asteroid Ryugu, Planet. Sci. J. 2 188.

Akihiko Yamagishi, Shin-ichi Yokobori, Kensei Kobayashi, Hajime Mita, Hikaru Yabuta, Makoto Tabata, Masumi Higashide, and Hajime Yano, 2021. Scientific Targets of Tanpopo: Astrobiology Exposure and Micrometeoroid Capture Experiments at the Japanese Experiment Module Exposed Facility of the International Space Station, *Astrobiology* 21, <https://doi.org/10.1089/ast.2020.2426>.

Wataru Fujiya, Yoshihiro Furukawa, Haruna Sugahara, Mizuho Koike, Ken-ichi Bajo, Nancy L. Chabot, Yayoi N. Miura, Frederic Moynier, Sara S. Russell, Shogo Tachibana, Yoshinori Takano, Tomohiro Usui, Michael E. Zolensky, 2021. Analytical protocols for Phobos regolith samples returned by the Martian Moons eXploration (MMX) mission. *Earth, Planets and Space*, 73, 1-24.

Kazunori Ogohara, Hiromu Nakagawa, Shohei Aoki, Toru Kouyama, Tomohiro Usui, Naoki Terada, Takeshi Imamura, Franck Montmessin, David Brain, Alain Doressoundiram, Thomas Gautier, Takuya Hara, Yuki Harada, Hitoshi Ikeda, Mizuho Koike, François Leblanc, Ramses Ramirez, Eric Sawyer, Kanako Seki, Aymeric Spiga, Ann Carine Vandaele, Shoichiro Yokota, Antonella Barucci, Shingo Kameda, 2021. The Mars system revealed by the Martian Moons eXploration mission. *Earth, Planets and Space*, 74, 1-32.

Lanlan Shi, Yuji Sano, Naoto Takahata, Mizuho Koike, Takuya Morita, Yuta Koyama, Takanori Kagoshima, Yuan Li, Sheng Xu, Congqiang Liu, 2021. NanoSIMS Analysis of Rare Earth Elements in Silicate Glass and Zircon: Implications for Partition Coefficients. *Frontiers in Chemistry*, 10, 1-10.

○著書

藪田ひかる (監訳) (著者: ガルゴー, マーティン, ロペス・ガルシア, モンメルル, パスカル), 「地球生命誕生の謎 カラー図解 アストロバイオロジー」 (西村書店), 221 ページ, ISBN-10: 4867060194

○総説・解説

◎Miyahara M., Tomioka N., & Bindi L., 2021. Natural and experimental high-pressure, shock-produced terrestrial and extraterrestrial materials. *Progress in Earth and Planetary Science* 8, 59.

○国際会議での招待・依頼・特別講演

◎Noguchi T., Matsumoto T., Miyake A., Igami Y., Haruta M., Saito H., Hata S., Seto Y., Miyahara M., Tomioka N., Ishii H. A., Bradley J. P., Ohtaki K., Dobrică E., Nakamura T., Matsumoto M., Tsuchiyama A., Yasutake M., Matsuno J., Okumura S., Uesugi K., Uesugi M., Takeuchi A., Sun M., Enju S., Takigawa A., Leroux H., Le Guillou C., Jacob D., Marinova M., de la Peña F., Langenhorst F., Harries D., Beck P., Phan T. H. V., Rebois R., Abreu N. M., Zega T., Zanetta P.-M., Thompson M., Lee M., Daly L., Bland P. A., Stroud R., Burgess K., Bridges J. C., Hicks L., Zolensky M. E., Frank D. R., Martinez J., Yurimoto H., Nagashima K., Kawasaki N., Okazaki R., Yabuta H., Naraoka H., Sakamoto K., Tachibana S., Watanabe S., Tsuda Y., and the Hayabusa2 Initial Analysis Team, 2021. Mineralogy and surface modification of small grains recovered from the asteroid 162173 Ryugu, Hayabusa 2021 (2021 年 11 月 16 日).

©Noguchi T., Matsumoto T., Miyake A., Igami Y., Haruta M., Saito H., Hata S., Seto Y., Miyahara M., Tomioka N., Ishii H. A., Bradley J. P., Ohtaki K., Dobrică E., Leroux H., Le Guillou C., Jacob D., Marinova M., de la Peña F., Langenhorst F., Harries D., Beck P., Phan T. H. V., Rebois R., Abreu N. M., Gray J., Zega T. J., Zanetta P.-M., Thompson M. S., Stroud R., Burgess K., Cymes B. A., Bridges J. C., Hicks L., Lee M. R., Daly L., Bland P. A., Zolensky M. E., Frank D. R., Martinez J., Tsuchiyama A., Yasutake M., Matsuno J., Okumura S., Mitsukawa I., Uesugi K., Uesugi M., Takeuchi A., Sun M., Enju S., Takigawa A., Michikami T., Nakamura T., Matsumoto M., Nakauchi Y., Yurimoto H., Nagashima K., Kawasaki N., Sakamoto N., Okazaki R., Yabuta H., Naraoka H., Sakamoto K., Tachibana S., Watanabe S., and Tsuda Y., 2022. Mineralogy and space weathering of fine fraction recovered from asteroid (162173) ryugu. 53rd Lunar and Planetary Science Conference (2022年3月7日).

H. Yabuta, G. D. Cody, C. Engrand, Y. Kebukawa, B. De Gregorio, L. Bonal, L. Remusat, R. Stroud, E. Quirico, L. R. Nittler, M. Hashiguchi, M. Komatsu, E. Dartois, J. Mathurin, J. Duprat, T. Okumura, Y. Takahashi, Y. Takeichi, D. Kilcoyne, S. Yamashita, A. Dazzi, A. Deniset-Besseau, S. Sandford, Z. Martins, Y. Tamenori, T. Ohigashi, H. Suga, D. Wakabayashi, M. Verdier-Paoletti, S. Mostefaoui, G. Mon-tagnac, J. Barosch, K. Kamide, M. Shigenaka, L. Bejach, T. Noguchi, H. Yurimoto, T. Nakamura, R. Okazaki, H. Naraoka, K. Sakamoto, S. Tachibana, S. Watanabe, and Y. Tsuda, 2021. An initial look at the distributions and compositions of organic macromolecules in the asteroid Ryugu samples, Hayabusa 2021 Symposium (2021年11月16日).

H. Yabuta, 2021. My academic walk from the first step of organic geochemistry to the asteroid sample return mission, AbGradcon 2021 (2021年9月14日).

○国際会議での一般講演

Miyahara M., Ohtani E., Yamaguchi A., Tomioka N., 2021. High-pressure minerals in CB carbonaceous chondrites, The 12th Symposium on Polar Science (2021年11月18日, Online).

©Matsumoto T., Noguchi T., Miyake A., Igami Y., Haruta M., Saito H., Hata S., Seto Y., Miyahara M., Tomioka N., Yurimoto H., Nakamura T., Yabuta H., Naraoka H., Okazaki R., Sakamoto K., Tachibana S., Watanabe S., Tsuda Y., and the Min-Pet Fine Sub-team, 2022. Space weathering of anhydrous minerals in regolith samples from the c-type asteroid ryugu. 53rd Lunar and Planetary Science Conference (2022年3月7日).

©Matsumoto T., Noguchi T., Miyake A., Igami Y., Haruta M., Saito H., Hata S., Seto Y., Miyahara M., Tomioka N., Ishii H.A., Bradley J. P., Ohtaki K., Dobrică E., Nakamura T., Matsumoto M., Tsuchiyama A., Yasutake M., Matsuno J., Okumura S., Uesugi K., Uesugi M., Takeuchi A., Sun M, Enju S., Takigawa A., Leroux H., Le Guillou C., Jacob D., Marinova M., de la Peña F., Langenhorst F., Harries D., Beck P., Van Phan T. H., Rebois R., Abreu N. M., Zega T., Zanetta P.-M., Thompson M., Lee M., Daly L., Bland P., Stroud R., Burgess K., Bridges J. C., Hicks L., Zolensky M. E., Frank D. R., Martinez J., Yurimoto H., Nagashima K., Kawasaki N., Okazaki R., Yabuta H., Naraoka H., Sakamoto K., Tachibana S., Watanabe S., Tsuda Y., and the Hayabusa2 Initial Analysis Team., 2021. Surface morphologies and space weathering features of Ryugu samples. Hayabusa 2021 (2021年11月16日).

H. Yabuta, G. D. Cody, C. Engrand, Y. Kebukawa, B. De Gregorio, L. Bonal, L. Remusat, R. Stroud, E.

Quirico, L. R. Nittler, M. Hashiguchi, M. Komatsu, E. Dartois, J. Mathurin, J. Duprat, T. Okumura, Y. Takahashi, Y. Takeichi, D. Kilcoyne, S. Yamashita, A. Dazzi, A. Deniset-Besseau, S. Sandford, Z. Martins, Y. Tamenori, T. Ohigashi, H. Suga, D. Wakabayashi, M. Verdier-Paoletti, S. Mostefaoui, G. Montagnac, J. Barosch, K. Kamide, M. Shigenaka, L. Bejach, T. Noguchi, H. Yurimoto, T. Nakamura, R. Okazaki, H. Naraoka, K. Sakamoto, S. Tachibana, S. Watanabe, and Y. Tsuda, 2022. Macromolecular Organic Matter in C-Type Asteroid Ryugu, The 53rd Lunar and Planetary Science Conference (2022年3月7-11日).

Sumiya Y., Koike M., Onishi K., Kurokawa A., Takahata N., Asanuma H., Sano Y., 2022. Uranium-lead dating of zircon and phosphate minerals in a highly-shocked eucrite Northwest Africa 13166. The 53rd Lunar and Planetary Science Conference (2022年3月7-11日).

○国内学会での招待・依頼・特別講演

宮原正明, 2021. 隕石に記録された母天体での衝撃変成の痕跡, 第8回愛媛大学先進超高压科学研究拠点シンポジウム (2021年3月2日, オンライン).

藪田ひかる, 2021. はやぶさ2が持ち帰った小惑星リュウグウのかけらから知りたいこと: サンプル分析における期待, *Stella Nova 2021* (第3回新天体探索者会議) (2021年11月14日, オンライン).

小池みずほ, 高畑直人, 佐野有司, 2021. 隕石の放射年代分析から探る小惑星の衝突進化史, 第82回応用物理学会秋季学術講演会シンポジウム (2021年9月10日, オンライン).

○国内学会での一般講演

白石史人, 半澤勇作, 中村有希, 江野友樹, 森川朝世, *Rafael França de Mattos*, 朝田二郎, *Leonardo Fadel Cury*, *Anelize Manuela Bahniuk*, 2021. トラバーチン形成を制御する非生物的・生物的過程: 日本の8つの温泉からの洞察, 日本地質学会第128年学術大会 (オンライン), 2021年9月4日, 参加者約1000名.

白石史人, 半澤勇作, 朝田二郎, *Leonardo Fadel Cury*, *Anelize Manuela Bahniuk*, 2021. ブラジル・ボニート近郊に見られるトゥファの特徴, 日本地質学会第128年学術大会 (オンライン), 2021年9月4日, 参加者約1000名.

黒島健介, 藤田将人, 柿崎喜宏, 狩野彰宏, 白石史人, 2021. 富山県の下部白亜系手取層群中にみられる古土壌から推定される堆積環境と古気候, 日本地質学会第128年学術大会 (オンライン), 2021年9月4日, 参加者約1000名.

白石史人, 秋元貴幸, 富岡尚敬, 甕 聡子, 高橋嘉夫, 2022. 大分県長湯温泉に見られる炭酸塩スフェルライトの成因. 日本地質学会西日本支部第172回例会 (オンライン), 2022年3月5日, 参加者約50名.

佐々木佑二郎, 藤田和彦, 白石史人, 2022. 沖縄県久米島の礁性微生物皮殻中に見られるスフェルライトの起源, 日本地質学会西日本支部第172回例会 (オンライン), 2022年3月5日, 参加者約50名.

川野晃平, 宮原正明, 小林敬道, 関根利守, 菅 大暉, 高橋嘉夫, 2021. ジャロサイトの衝撃回収実験, 日本鉱物科学会2021年年会 (2021年9月18日, オンライン).

- 久木原 翔, 宮原正明, 山口 亮, 高橋嘉男, 武市泰男, 富岡尚敬, 大谷栄治, 2021. Nakhlite 隕石 NWA 10153 と NWA 6148 の複合顕微分析, 日本鉱物科学会 2021 年年会 (2021 年 9 月 18 日, オンライン) .
- 久保友明, 嘉村 航, 今村公裕, 丹下慶範, 肥後祐司, 宮原正明, 2021. 高圧鉱物の逆相転移カイネティクス, 日本鉱物科学会 2021 年年会 (2021 年 9 月 18 日, オンライン) .
- 本田陸人, 久保友明, 森 悠一郎, 後藤佑太, 岩里拓弥, 肥後祐司, 宮原正明, 2021. オリビンーリングウッドライト相転移が誘起する軟化現象, 日本鉱物科学会 2021 年年会 (2021 年 9 月 18 日, オンライン) .
- 後藤佑太, 久保友明, 本田陸人, 宮原正明, 2021. ポストスピネル相転移の軟化現象, 第 62 回高圧討論会 (2021 年 10 月 18 日, オンライン) .
- 久保友明, 本田陸人, 後藤佑太, 森 悠一郎, 森 祐紀, 岩里拓弥, 肥後祐司, 宮原正明, 2021. オリビンの高圧相転移にともなう軟化とせん断不安定化現象の解明, 第 62 回高圧討論会 (2021 年 10 月 18 日, オンライン) .
- 久木原 翔, 宮原正明, 山口 亮, 高橋嘉夫, 武市泰男, 富岡尚敬, 大谷栄治, 2021. The petrological and mineralogical descriptions of nakhlites NWA 6148 and NWA 10153, JpGu 2021 (2021 年 6 月 5 日, Online) .
- 重中美歩, 網本智子, 藪田ひかる, 2021. 炭素質隕石に含まれる酸不溶性有機物のアルカリ酸化銅分解生成物の高分解能質量分析, 地球惑星科学連合大会 2021, 地球化学の最前線セッション (2021 年 6 月 3 日, オンライン) .

地球惑星物理学グループ

数ミリ秒から数十億年, 数マイ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。地球惑星物理学グループでは, 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

- Hatakeyama K., Katayama I., Abe N., Okazaki K., Michibayashi K., and The Oman Drilling Project Science Party. 2021. Effects of alteration and cracks on the seismic velocity structure of oceanic lithosphere inferred from ultrasonic measurements of mafic and ultramafic samples collected by the Oman Drilling Project. *Journal of Geophysical Research*, doi.org/10.1029/2021JB021923.
- Katayama I., Abe N., Hatakeyama K., Akamatsu Y., Okazaki K., Michibayashi K., Godard M., Kelemen P., and The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party. 2021. Crack geometry of serpentinized peridotites inferred from onboard ultrasonic data from the Oman Drilling Project. *Tectonophysics*, doi.org/10.1016/j.tecto.2021.22897.
- Akamatsu Y., Nagase K., Katayama I. 2021. Non-dilatant brittle deformation and strength reduction of olivine gabbro due to hydration. *Minerals*, 11, 694. doi.org/10.3390/min11070694.

- Akamatsu Y., Katayama I., Tonegawa T. 2021. Changes in elastic wave velocity during brittle deformation of gabbro and peridotite: Implications for oceanic Moho reflectivity. *Earth and Planetary Science Letters*, doi.org/10.1016/j.epsl.2021.117036.
- Lai S.T., Fuji N., Katayama I., Bonilla L.F., and Capdeville Y. 2021. Rock deformation monitoring using Monte Carlo waveform inversion. *Journal of Geophysical Research*, doi.org/10.1029/2021JB021873.
- 森下知晃, 藤江 剛, 平内健一, 片山郁夫, 纈纈佑衣, 黒田潤一郎, 岡本 敦, 小野重明, 道林克禎, 諸野祐樹, 山本伸次. 2021. マントル掘削でのみ解明される地球科学問題: 生命惑星海洋プレートの今を理解する, *地学雑誌*, 130, 483-506.
- Kita S., Houston H., Yabe S., Tanaka S., Asano Y., Shibutani T. & Suda N. 2021. Effects of episodic slow slip on seismicity and stress near a subduction-zone megathrust, *Nat Commun* 12, 7253.
- ©Kakizawa S., Inoue T., and Kuribayashi T. Single-crystal X-ray structure refinement of Al-bearing superhydrous phase B, *Phys. Chem. Minerals*, **48**, 29, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00269-021-01152-8>
- Xu C., Li Y., Inoue T., Greaux S., Li Q., Gao J., Sun F., Fang L., Elastic properties of Mg-phase D at high pressure. *High Pressure Research*, **41(3)**, 233-246, 2021. <https://doi.org/10.1080/08957959.2021.1954177>
- Cai N., Qi X., Chen T., Wang S., Yu T., Wang Y., Inoue T., Wang D. and Li B. Enhanced visibility of subduction slabs by the formation of dense hydrous phase A. *Geophysical Research Letters*, **48**, e2021GL09548, 2021. <https://doi.org/10.1029/2021GL095487>.
- ©Xu C., Inoue T., Kakizawa S. and Noda M. & Gao J. Effect of Al on the stability of dense hydrous magnesium silicate phases to the uppermost lower mantle: implications for water transportation into the deep mantle. *Phys Chem Minerals* **48**, 31, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00269-021-01156-4>.
- ©Xu C., Kakizawa S., Gréaux S., Inoue T., Li Y., & Gao J. Al partitioning between phase D and bridgmanite at the uppermost lower mantle pressure. *Phys Chem Minerals* **48**, 37, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00269-021-01163-5>.
- Chen X., Wang M., Inoue T., Liu Q., Zhang L. and Bader T. Melting of carbonated pelite at 5.5-15.5 GPa: Implications for the origin of alkali-rich carbonatites and the deep water and carbon cycles, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **177(1)**, 1-21, 2022. <https://doi.org/10.1007/s00410-021-01867-5>.
- ©Xu C., Inoue T., Gao J., Noda M. and Kakizawa S. Melting phase relation of Fe-bearing Phase D up to the uppermost lower mantle, *American Mineralogist*, **107**, 343-349, 2022. <https://doi.org/10.2138/am-2021-7907>.
- Ohira I., Jackson J.M., Sturhahn W., Finkelstein G.J., Kawazoe T., Toellner T.S., Suzuki A., and Ohtani E. 2021. The influence of δ -(Al,Fe)OOH on seismic heterogeneities in Earth's lower mantle, *Scientific Reports*, 11, Article number: 12036, DOI: 10.1038/s41598-021-91180-9.
- Wang L., Chanyshhev A., Miyajima N., Kawazoe T., Blaha S., Chang J., and Katsura T. 2022. Small effect of water incorporation on dislocation mobility in olivine: Negligible creep enhancement and water-induced fabric transition in the asthenosphere, *Earth and Planetary Science Letters*, **579**, 117360, DOI: 10.1016/j.epsl.2021.117360.

○国際会議での一般講演

Kita S., Houston H., Yabe S., Tanaka S., Asano Y., Shibutani T. & Suda N., 2021. Relationship of in-slab events with episodic tremors and slips and detection of another slow slips near the anticipated megathrust event in the Nankai subduction zone. AGU (2021年12月15日)

◎Sho Kakizawa, Toru Inoue, Hiroto Nakano, Minami Kuroda, Takahiro Kuribayashi, Naoya Sakamoto, Hisayoshi Yurimoto, 2021. Effect of Al on stability and crystal structure of superhydrous phase B, 日本地球惑星科学連合 2021年大会 (JpGU2021) (2021年6月4日) .

Masamichi Noda, Toru Inoue, Taku Tsuchiya, Yuji Higo, 2021. Reassessment of bond correction for in situ ultrasonic interferometry on elastic wave velocity measurement under high pressure and high temperature, 日本地球惑星科学連合 2021年大会 (JpGU2021) (2021年6月4日) .

◎Ko Fukuyama, Hiroyuki Kagi, Toru Inoue, Sho Kakizawa, Toru Shinmei, Yuji Sano, Naoto Takahata, Shunichi Hishita, Cécile Deligny, Evelyn Füre, 2021. Increase of nitrogen solubility in ferropicrinite and bridgmanite by iron incorporation under lower-mantle conditions, 日本地球惑星科学連合 2021年大会 (JpGU2021) (2021年6月4日) .

◎Kazutaka Yamaguchi, Takaaki Kawazoe, Toru Inoue, 2021. Influence of high oxygen fugacity on melting temperature of wadsleyite, 日本地球惑星科学連合 2021年大会 (JpGU2021) (2021年6月4日) .

◎Fukuyama K., Kagi H., Inoue T., Kakizawa S., Shinmei T., Sano Y., Takahata N., Hishita S., Deligny C., Füre E., 2022. Increase of nitrogen solubility with increasing iron concentration in lower-mantle minerals: formation of deep nitrogen reservoir through solidification of magma ocean, 4th International Seminar “High-Pressure Mineralogy: Theory and Experiment” (2022年1月17日) .

Ohta A., Inoue T., Noda M., Shinmei T., Irifune T., Sakamoto N., Yurimoto H., 2022. Effect of Al on high pressure hydrous minerals stable under mantle transition zone P-T condition, 4th International Seminar “High-Pressure Mineralogy: Theory and Experiment” (2022年1月17日) .

○国内学会での招待・依頼・特別講演

片山郁夫, 2021. グローバル炭素循環へのマントル加水作用の影響 2021年地球惑星科学連合大会 (2021年6月1日, オンライン) .

○国内学会での一般講演

片山郁夫, 谷本和優, 2021. 岩石の弾性波速度・比抵抗・空隙率の同時測定の開発 日本鉱物科学会 (2021年9月16日, オンライン) .

長瀬薫平, 片山郁夫, 畠山航平, 赤松祐哉, 岡崎啓史, 2021. オマーン陸上掘削プロジェクトで採取されたエピドサイトの地震波速度に空隙形状と変質鉱物が与える影響 日本鉱物科学会 (2021年9月16日, オンライン) .

藤岡里帆, 片山郁夫, 北村真奈美, 奥田花也, 廣瀬丈洋, 2021. 南海トラフ C0002 掘削地点でのカッティングス試料を用いた摩擦特性プロファイルの作成 日本鉱物科学会 (2021年9月16日, オンライン) .

- 片山郁夫, 藤岡里帆, 北村真奈美, 奥田花也, 廣瀬丈洋, 2021. 南海トラフ掘削試料の摩擦特性
プロフィールから推察する浅部スロー地震の発生プロセス 日本地質学会 (2021年9月4日,
オンライン) .
- 赤松祐哉, 片山郁夫, 岡崎啓史, 道林克禎, 2021. Oman Drilling Project Phase I Science Party Vein
permeability structure of the crustal section in the Oman Drilling Project inferred from the X-ray CT
image analysis 2021年地球惑星科学連合大会 (2021年6月1日, オンライン) .
- 長瀬薫平, 片山郁夫, 畠山航平, 岡崎啓史, 2021. オマーン陸上掘削プロジェクトで得られたエ
ピドサイトの弾性波速度に空隙形状が与える影響 2021年地球惑星科学連合大会 (2021年6
月1日, オンライン) .
- 末吉和公, 北村真奈美, 雷 興林, 片山郁夫, 2021. Frequency characteristics of acoustic emission in
the fracture process of thermally cracked granite 2021年地球惑星科学連合大会 (2021年6月1
日, オンライン) .
- 藤岡里帆, 片山郁夫, 北村真奈美, 奥田花也, 廣瀬丈洋, 2021. Frictional coefficient and its
velocity dependence of cuttings retrieved from the Nankai accretionary prism at IODP Site C0002
2021年地球惑星科学連合大会 (2021年6月1日, オンライン) .
- 若林春那, 片山郁夫, 2021. 氷点下での塩基性-超塩基性岩の弾性波速度測定:火星内部での氷か
ら水への相転移による反射面の形成に関する考察 2021年地球惑星科学連合大会 (2021年6
月1日, オンライン) .
- 佐藤 匠, 関根康人, 片山郁夫, 2021. 地下酸化還元勾配に沿った蛇紋岩化したオマーン・オフ
イオライト試料の鉱物学的・赤外分 光的特徴:火星地下の酸化還元勾配の特定に向けて
2021年地球惑星科学連合大会 (2021年6月1日, オンライン) .
- 北 佐枝子, Houston Heidi, 矢部 優, 田中佐千子, 浅野陽一, 澁谷拓郎, 須田直樹, 2021.
Effects of ETS on seismicity and stress in the subducting oceanic plate. 2021年地球惑星科学連合大
会 (2021年6月3日, オンライン) .
- 河上洋輝, 須田直樹, 2021. 日本周辺の台風により励起される脈動に関する研究 2021年地球惑
星科学連合大会 (2021年6月5日, オンライン) .
- 北 佐枝子, Houston Heidi, 矢部 優, 田中佐千子, 浅野陽一, 澁谷拓郎, 須田直樹, 2021. 紀
伊半島下のゆっくりすべり, スラブ内地震と内陸地震 日本鉱物科学会 (2021年9月17日,
オンライン) .
- 高部太来, 須田直樹, 青木陽介, 2021. 四国西部地方における小規模な短期的スロースリップイ
ベントの検出 日本測地学会 (2021年11月17日, オンライン) .
- ◎福山 鴻, 鍵 裕之, 井上 徹, 柿澤 翔, 新名 亨, 菱田俊一, 高畑直人, 佐野有司,
Cécile Deligny, Evelyn Füri, 2021. stishovite 及び下部マントル主要鉱物への窒素溶解度: 大
気-マントル共進化過程への考察, 2021年地球化学会 ハイブリッド開催 (2021年9月6
日, オンライン&弘前大学) .
- ◎山口和貴, 川添貴章, 井上 徹, 2021. ウォズリアイトの熔融温度に及ぼす高酸素分圧の影
響, 2021年鉱物科学会 (2021年9月16日, オンライン) .
- ◎太田明緒, 井上 徹, 野田昌道, 柿澤 翔, 川添貴章, 佐藤友子, 新名 亨, 入船徹男, 坂本
直哉, 坂本尚義, 2021. マントル遷移層~下部マントル条件下で安定な高圧含水鉱物におけ
るAlの影響, 2021年鉱物科学会 (2021年9月16日, オンライン) .

- 糀谷 浩, 井上 徹, 野田昌道, 赤荻正樹, 2021. Mg_2SiO_4 ワズレアイトのエンタルピーの再決定, 2021 鉱物科学会 (2021 年 9 月 16 日, オンライン) .
- ◎篠田由梨, 井上 徹, 柿澤 翔, 野田昌道, 川添貴章, 佐藤友子, 新名 亨, 入舩徹男, 2021. $(Mg,Fe)_2SiO_4$ 系ポストスピネル相転移における水の影響, 2021 鉱物科学会 (2021 年 9 月 16 日, オンライン) .
- ◎上野恭史, 井上 徹, 野田昌道, 柿澤 翔, 川添貴章, 佐藤友子, 新名 亨, 入舩徹男, 尾原幸治, 2021. 輝石-ザクロ石系の高圧相転移における水の影響, 2021 鉱物科学会 (2021 年 9 月 16 日, オンライン) .
- ◎野田昌道, 井上 徹, 柿澤 翔, 川添貴章, 新名 亨, 入舩徹男, 尾原幸治, 2021. 下部マントル最上部条件における Al を含む無水ブリッジマナイトの存在可能領域, 2021 鉱物科学会 (2021 年 9 月 16 日, オンライン) .
- ◎奥村晃太, 井上 徹, 柿澤 翔, 野田昌道, 川添貴章, 佐藤友子, 新名 亨, 入舩徹男, 2021. 下部マントル最上部におけるマグマ中の含水量の温度・圧力依存性の解明, 2021 鉱物科学会 (2021 年 9 月 16 日, オンライン) .
- ◎山口和貴, 川添貴章, 井上 徹, 2021. 高酸素分圧下におけるウォズリアイトのソリダス温度の大幅な低下, 第 62 回高圧討論会 (2021 年 10 月 18 日, 姫路) .
- 糀谷 浩, 井上 徹, 野田昌道, 赤荻正樹, 2021. Mg_2SiO_4 ワズレアイトのエンタルピーの再決定, 第 62 回高圧討論会 (2021 年 10 月 18 日, 姫路) .
- ◎篠田由梨, 井上 徹, 柿澤 翔, 野田昌道, 川添貴章, 佐藤友子, 新名 亨, 入舩徹男, 2021. $(Mg, Fe)_2SiO_4$ 系ポストスピネル相転移における水の影響, 第 62 回高圧討論会 (2021 年 10 月 18 日, 姫路) .
- 川添貴章, 2021. マントル遷移層の粘性率, 第 9 回広島大学・海洋研究開発機構合同シンポジウム-地球惑星ダイナミクスの最前線- (2021 年 11 月 26 日, 広島大学) .

1-4-3. 各種研究員と外国人留学生の受入状況

該当無し

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 (3 件)

- ・科学研究費補助金 基盤研究 (B) (2021-2023) (代表) : 地震発生深度における断層運動素過程の解明
- ・JSPS-DST 二国間交流事業共同研究 相手国: インド (DST) (2019-2022) : 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 基盤研究 (A) (2018-2021) (分担) : 下部マントルへの水の運搬とその貯蔵能力の解明

Das Kaushik (2 件)

- ・科学研究費補助金 基盤研究 (B) (2020-2022) (分担) : 古原生代オロシリア紀の生命・海洋進化

- ・科学研究費補助金 基盤研究 (B) (2021-2023) (分担) : 地震発生深度における断層運動素過程の解明

大川 真紀雄 (1 件)

- ・科学研究費補助金 基盤研究 (B) (2020-2023) (分担) : マイクロポーラス結晶の放射性元素除去剤としての結晶学的材料設計指針の構築

藪田 ひかる (7 件)

- ・科学研究費補助金 基盤研究 (B) (2019-2023) (代表) : 地球外有機物の 3 次元分布観察を目指したレーザー赤外分光マイクロトモグラフィ開発
- ・科学研究費補助金 挑戦的研究・萌芽 (2021-2023) (代表) : 従来型ガスクロマトグラフィーで分離不能な隕石中炭化水素混合物の分離と同定の試み
- ・科学研究費補助金 新学術領域公募 (2020-2021) (代表) : 地球外高分子有機物中の金属元素の探索とその化学形態に記録される母天体水質条件
- ・科学研究費補助金 学術変革領域研究 (A) (2020-2024) (分担) : 太陽系形成時の化学環境の解明
- ・科学研究費補助金 基盤研究 (A) (2019-2023) (分担) : 彗星塵とされてきた宇宙塵は彗星起源なのか? : 分析と分光観測からのアプローチ
- ・科学研究費補助金 基盤研究 (C) (2019-2023) (分担) : 原始惑星系円盤から太陽系へ : 有機分子の化学進化
- ・アストロバイオロジーセンターサテライト (代表) : 太陽系の起源と進化の体系的理解をめざすマルチスケール小天体科学

白石 史人 (5 件)

- ・科学研究費補助金 基盤研究 (B) (2020-2022) (代表) : 古原生代オロシリア紀の生命・海洋進化
- ・科学研究費補助金 挑戦的研究 (萌芽) (2021-2023) (代表) : FIB 加工薄膜における微生物その場検出法の開発
- ・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) (2019-2022) (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
- ・科学研究費補助金 基盤研究 (C) (2021-2023) (分担) : Relationship between crustal degassing and microbial mineralization in active mud volcanoes, hydrocarbon seeps, and other environments

宮原 正明 (4 件)

- ・科学研究費補助金 基盤研究 (B) (2020-2021) (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) (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

- ・科学研究費補助金 基盤研究 (A) (2020-2022) (分担) : 地球核領域での絶対圧力スケールの構築
- ・科学研究費補助金 基盤研究 (B) (2020-2023) (分担) : オリビンは一瞬で高密度化する: 惑星物質の衝撃変成解明の新展開

片山 郁夫 (3 件)

- ・科学研究費補助金 基盤研究 (A) (2020-2023) (代表) : プレートテクトニクスを始める力学条件の新展開
- ・科学研究費補助金 基盤研究 (A) (2018-2021) (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 (C) (2020-2022) (分担) : 真実接触部の原子挙動に基づくすべり速度変化に応答した摩擦力変化の解明

井上 徹 (4 件)

- ・科学研究費補助金 基盤研究 (A) (2018-2021) (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)) (2019-2023) (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
- ・日本学術振興会 二国間交流事業共同研究 (日露) (2021-2022) (代表) : マントル岩との相互作用に伴う地殻物質と流体の地球深部サイクルの解明
- ・科学研究費補助金 基盤研究 (B) (2021-2024) (分担) : 超高压高温変形実験によるマントル遷移層の粘性率に与える水の影響の解明

佐藤 友子 (3 件)

- ・科学研究費補助金 基盤研究 (B) (2019-2024) (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)) (2019-2023) (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
- ・科学研究費補助金 学術変革領域研究 (A) (2020-2024) (分担) : エマージェント物性を生み出す超秩序構造の創出

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 研究環境整備費 (代表) (2017-2021) : 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) (2021-2024) : 超高压高温変形実験によるマントル遷移層の粘性率に与える水の影響の解明
- ・科学研究費補助金 国際共同研究強化 (B) (分担) (2019-2023) : 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

柿澤 翔 (4 件)

- ・科学研究費補助金 研究活動スタート支援 (2019-2021) (代表) : 高温高压その場測定による下部マントル鉱物中の Fe の状態の解明

- ・科学研究費補助金 若手研究 (2020-2022) (代表) : 地球内部条件における鉄水素化物の安定性および水素量の解明
- ・科学研究費補助金 基盤研究 (S) (2018-2022) (分担) : 地球・惑星深部における水素の物質科学
- ・科学研究費補助金 国際共同研究強化 (B) (2019-2023) (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

中久喜 伴益 (1件)

- ・科学研究費補助金 基盤研究 (C) (2020-2022) (代表) : 地球内部のグローバル水循環における下部マントルの役割: 水の再分配と貯蔵への影響

その他の研究助成金取得実績

井上 徹 (3件)

- ・広島大学自立型研究拠点 補助金
- ・マツダ財団 科学技術事業助成
- ・東広島市学術振興等補助金

全国共同利用実績

藪田ひかる : 高エネルギー加速器研究機構, Spring-8, 分子科学研究所, 高知大学

白石 史人 : 高エネルギー加速器研究機構

宮原 正明 : 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

井上 徹 : 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, 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター

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

柿澤 翔 : 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター, 高エネルギー加速器研究機構, Spring-8, J-PARC

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, 日本鉱物科学会名誉会員検討委員会

Das Kaushik : 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, Member-India JSPS Alumni Association

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

柴田 知之 : 日本質量分析学会同位体比部会世話人

藪田ひかる : 日本学術会議第24期連携委員, 生命の起原および進化学会, 会長, The International Society for the Study of the Origin of Life – The International Astrobiology Society (ISSOL), Vice president (副会長), 日本地球化学会理事, 日本有機地球化学会理事, 日本惑星科学会運営委員, 日本地球惑星科学連合宇宙惑星科学セクションボー

ドメンバー・財務委員，自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター運営委員，The Meteoritical Society Publication Committee，国際学術誌 New Space 編集委員，国際学術誌 Astrobiology 編集委員，国際学術誌 Origins of Life and Evolution of Biospheres 編集委員

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，広島県職業能力開発協会技能検定委員，Sedimentary Geology編集委員

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：日本地球惑星連合プログラム委員会副委員長，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）副代表，日本鉱物科学会行事委員，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，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，日本鉱物科学会学会賞選考委員会 委員長，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JMPS学生論文賞選考委員会 委員，日本鉱物科学会2020年度会長・副会長候補者推薦委員会選出委員会 委員，日本鉱物科学会名誉会員検討委員会 委員，SPRING-8 / SACLAC成果審査委員会「査読者」，J-PARC MLF一般公募課題 書面審査委員，国際鉱物学会：International Mineralogical Association (IMA) Commission of Physics of Minerals Vice Chair，愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター 客員教授，愛媛大学先進超高压科学研究拠点協議会 委員，愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター テニユア・トラック教員に係るテニユア資格審査委員会 委員

川添 貴章：日本地球惑星科学連合地球内部科学フォーカスグループ委員，日本鉱物科学会渉外委員，日本鉱物科学会2020年年会「高压科学・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，高压力学会誌編集委員

1-5 その他特記事項

藪田ひかる，日経サイエンス 2022年3月号 フロントランナー挑む（取材）

藪田ひかる，ガリレオX（第258回）2022年1月9日放送，小惑星リュウグウに生命の材料を探す “はやぶさ2”が持ち帰った試料分析のいま（取材）

須田直樹，広島ホームテレビ 5up! 2021年3月17日放送，3月16日福島県沖地震 M7.4 について

須田直樹，中国新聞県北版 2021年9月17日，庄原震源の地震相次ぐ 震度1以上、21年は8月までに16回

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) 川添貴章, 佐藤友子, 白石史人, DAS Kaushik, 宮原正明
(助 教) 大川真紀雄, 小池みずほ, 中久喜伴益, 柿澤 翔 (育成),
Chakraborti Tushar Mouli (育成), Sarkar Dyuti Prakash (育成),
Katharina Otto (クロスアポイントメント特任助教)

[事務職員]

伊藤暁子, 三好倫子

[教職員の異動]

令和3年 4月 1日: Sarkar Dyuti Prakash 育成助教 着任
令和3年 6月 1日: Katharina Otto クロスアポイントメント特任助教 着任
令和3年 12月 31日: 柿澤 翔 育成助教 退職

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3年度の卒業生22名のうち、進学等は16名であり、その内訳は本学大学院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12名、他大学の大学院進学者4名となっている。就職は5名で、金融庁、加古川市、広島ガス株式会社、中国電力株式会社、福知山市となっている。

2-3-4. 卒業論文発表実績

令和3年度9月卒業(0件)

令和3年度3月卒業(22件)

江崎 圭 : 三疊系成羽層群中に発達する剪断炭質泥岩の微細組織観察
(Microstructural observation of sheared coaly mudstone developed in the Triassic Nariwa Group)

折戸 達紀 : 九重火山群第四紀火山岩類の Pb-Sr-Nd 同位体組成
(Isotopic composition of Sr-Nd-Pb in Quaternary volcanic rocks of Kuju volcano)

青井 湧 : 三軸圧縮変形試験における庵治花崗岩の比抵抗・地震波速度・空隙率の同時測定
(Simultaneous measurements of resistivity, seismic velocity and porosity of Aji granite during triaxial deformation experiments)

西井 凧平 : 氷天体模擬環境における HCN ポリマーの形態とサイズ分布
(Morphology and size distributions of HCN polymers in a simulated environment of icy celestial bodies)

原野 あゆ : 神居古潭帯鷹泊かんらん岩体中の cleavable olivine の形成過程
(Formation process of cleavable olivine found in Takadomari ultramafic rock in the Kamuikotan belt)

石村 駿 : ウォズリアイトの破壊強度と深発地震発生数の関連性の解明
(The relationship between Wadsleyite Rupture Strength and the Number of Deep Earthquakes)

- 佐藤 知宏：地震波異方性の有限変形理論を用いた数値モデルの開発
(Development of a numerical model simulating seismic anisotropy using a finite deformation theory)
- 住谷 優太：Investigation of the collisional history of asteroid 4 Vesta based on U-Pb chronology of HED meteorites
(HED 隕石のウラン-鉛年代に基づいた小惑星ベスタにおける衝撃変成史の解明)
- 黒川 愛：局所窒素化学種解析に基づく北極域の火星アナログ環境の考察
(Elucidation of Arctic Martian analog environment based on in-situ Nitrogen chemical speciation)
- 門田 憲伸：大分県大分市佐賀関半島に産する蛇紋岩中の磁鉄鉱および広島県廿日市市羅漢山に産する塩基性岩中の磁鉄鉱の微細組織、化学組成と磁氣的性質
(Microstructure, chemical composition and magnetic property of magnetite in serpentinite from Saganoseki, Oita city, Oita Prefecture, Japan, and in basic rock from the Mt. Rakan, Hatsukaichi City, Hiroshima Prefecture, Japan)
- 谷本 和優：オマーンオフィオライトの苦鉄質岩を用いた静水圧下での比抵抗・地震波速度・空隙率の同時測定
(Simultaneous measurements of resistivity, seismic velocity and porosity of mafic samples collected from the Oman ophiolite during hydrostatic compressional experiments)
- 東 大夢：チクシュルーブクレーターを構成する花崗岩に含有されるジルコンの微細組織及び化学組成に与える衝撃圧力の影響
(Effects of shock pressure on microstructure and chemical composition of zircon grains contained in granite from Chicxulub crater)
- 大釜 友香：CM 炭素質コンドライトの衝撃変成組織の観察と母天体での衝撃変成作用の考察
(Observation of the impact metamorphic texture of CM carbonaceous chondrites and discussion of the impact metamorphism in the parent body)
- 米井 潤風：慣性を考慮した熱対流の数値シミュレーションコードの開発
(Development of a numerical simulation code for the thermal convection in a fluid with inertia)
- 木佐木裕斗：日向灘地域における浅部超低周波地震の震源パラメータの決定
(Determination of source parameters of shallow very low-frequency earthquakes in the Hyuga-nada region)
- 大西 一樹：インド・オロシリア系グワリオール層群に見られる縞状鉄鉱層の形成環境
(Depositional environment of banded iron formations in the Orosirian Gwalior Group, India)
- 鳥越 玲衣：無水および含水条件下でのポストスピネル相転移における鉄の影響
(Effect of iron on the post-spinel transition under anhydrous and hydrous conditions)
- 江木 祐介：マントル遷移層条件下における含水マントルの熔融実験
(Melting experiment of hydrous mantle under mantle transition zone condition)
- 佐々木佑二郎：沖縄県久米島の礁性微生物皮殻中に見られるスフェルライトの起源
(Origins of spherulites observed in reefal microbial crusts in Kumejima, Okinawa)

- 大西 健斗：火星の表層環境史解明に向けた局所窒素化学種解析法の確立
(Establishment of in-situ nitrogen chemical speciation for elucidation of the surface environmental history on Mars)
- 横田健一郎：南海沈み込み帯西部における長期的な地震活動の ETAS モデル解析
(ETAS model analysis of long-term seismic activity in the western Nankai subduction zone)
- 中橋 徹：CI 炭素質コンドライトの衝撃回収実験に基づく母天体上での衝撃変成作用の解明
(Shock metamorphism of CI carbonaceous chondrites on their parent bodies based on shock recovery experiments)

2-3-5. TAの実績

該当無し

資料1 令和3年度大学院生科目履修表

地球惑星システム学プログラム 博士課程前期

科目区分	授業科目の名称	配当年次 (注)	単位数		要修得単位数		
			必修	選択必修			
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	1 単位 以上	2 単位 以上
		Japanese Experience of Social Development- Economy, Infrastructure, and Peace	1・2		1		
		Japanese Experience of Human Development-Culture, Education, and Health	1・2		1		
		SDGsへの学問的アプローチA	1・2		1		
		SDGsへの学問的アプローチB	1・2		1		
		SDGsへの実践的アプローチ	1・2		2		
		ダイバーシティの理解	1・2		1		
	キャリア開発・データ リテラシー科目	データリテラシー	1・2		1	1 単位 以上	
		医療情報リテラシー	1・2		1		
		人文社会系キャリアマネジメント	1・2		2		
		理工系キャリアマネジメント	1・2		2		
		ストレスマネジメント	1・2		2		
		情報セキュリティ	1・2		2		
		MOT入門	1・2		1		
アントレプレナーシップ概論	1・2		1				
研究科共通科目	国際性	アカデミック・ライティング I	1		1	1 単位 以上	3 単位 以上
		海外学術活動演習A	1・2		1		
		海外学術活動演習B	1・2		2		
	社会性	MOTとベンチャービジネス論	1・2		1	2 単位 以上	
		技術戦略論	1・2		1		
		知的財産及び財務・会計論	1・2		1		
		技術移転論	1・2		1		
		技術移転演習	1・2		1		
		未来創造思考(基礎)	1・2		1		
		ルール形成のための国際標準化	1・2		1		
		理工系のための経営組織論	2		1		
		起業案作成演習	1・2		1		
		事業創造演習	1・2		1		
		フィールドワークの技法	1・2		1		
		インターンシップ	1・2		1		
		データビジュアライゼーションA	1・2		1		
		データビジュアライゼーションB	1・2		1		
		環境原論A	1・2		1		
		環境原論B	1・2		1		
プログラム専門科目	地球惑星融合演習	1	2		11 単位	25 単位 以上	
	地球惑星ミッドターム演習	2	1				
	地球惑星システム学特別演習A	1	2				
	地球惑星システム学特別演習B	1	2				
	地球惑星システム学特別研究	1~2	4		7 単位 以上		
	地球惑星システム学概説	1		2			
	太陽系進化論	1		2			
	地球史	1		2			
	地球ダイナミクス	1		2			
	断層と地震	1		2			
	岩石レオロジー	1・2		2			
	地球内部物質学	1・2		2			
	地球惑星物質分析法	1・2		2			
	地球惑星システム学特別講義A	1・2		2			
	地球惑星システム学特別講義B	1・2		2			
	国際化演習 I	1・2		1			
	国際化演習 II	1・2		1			
地球惑星エクスターンシップ	1・2		1				
他プログラム専門科目				2 単位 以上			

資料 1 (つづき)

【履修方法及び修了要件】

修了に必要な単位数を 30 単位以上とし、以下のとおり単位を修得し、かつ必要な研究指導を受けた上で、修士論文の審査及び最終試験又は博士論文研究基礎力審査に合格すること。

修了要件単位数：30 単位以上

(1)大学院共通科目：2 単位以上

- ・持続可能な発展科目：1 単位以上
- ・キャリア開発・データリテラシー科目：1 単位以上

(2)研究科共通科目：3 単位以上

- ・国際性科目：1 単位以上
- ・社会性科目：2 単位以上

(3)プログラム専門科目：25 単位以上

- ・地球惑星システム学プログラム専門科目：18 単位以上(必修科目 11 単位及び選択必修科目 7 単位以上)

なお、地球惑星システム学特別講義 A 及び地球惑星システム学特別講義 B は、同じ科目の単位を修得しても、修了要件単位数に含めることを可とする。

- ・他プログラム専門科目：2 単位以上

なお、指導教員の許可を得て他専攻・他研究科等の専門科目の単位を修得した場合には、「他プログラム専門科目」に含むことができる。

(注)配当年次

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

資料1 (つづき)

地球惑星システム学プログラム 博士課程後期

科目区分	授業科目の名称	配当年次 (注)	単位数		要修得単位数		
			必修	選択 必修			
大学院 共通科目	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	1 単 位 以 上	
		SDGsの観点から見た地域開発セミナー	1・2・3		1		
		普遍的平和を目指して	1・2・3		1		
	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	1 単 位 以 上
			パターン認識と機械学習	1・2・3		2	
			データサイエンティスト養成	1・2・3		1	
			医療情報リテラシー活用	1・2・3		1	
			リーダーシップ手法	1・2・3		1	
			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	
			事業創造概論	1・2・3		1	
			イノベーション演習	1・2・3		2	
	長期インターンシップ	1・2・3		2			
研究科 共通科目	国際性	アカデミック・ライティングⅡ	1・2・3		1	1 単 位 以 上	
		海外学術研究	1・2・3		2		
	社会性	経営とアントレプレナーシップ	1・2・3		1	1 単 位 以 上	
		Technology Strategy and R&D Management	1・2・3		1		
		技術応用マネジメント概論	1・2・3		1		
		未来創造思考(応用)	1・2・3		1		
	自然科学系長期インターンシップ	1・2・3		2			
プログラム 専門科目	地球惑星システム学特別研究	1～3	12		12単位		

【履修方法及び修了要件】

修了に必要な単位数を16単位以上とし、以下のとおり単位を修得し、かつ必要な研究指導を受けた上で、博士論文の審査及び最終試験に合格すること。

修了要件単位数：16単位以上

- (1)大学院共通科目：2単位以上
 - ・持続可能な発展科目：1単位以上
 - ・キャリア開発・データリテラシー科目：1単位以上
- (2)研究科共通科目：2単位以上
 - ・国際性科目：1単位以上
 - ・社会性科目：1単位以上
- (3)プログラム専門科目：12単位

(注)配当年次

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

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。（「学生教育研究災害傷害保険」のみ大学負担により4年分加入済）
- 3 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」の単位を修得する必要がある。
- 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3年度入学生から適用する。

資料3 令和3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(令和3年度入学生用)

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						
						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													
	共通科目	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 (注3)	英語	コミュニケーション基礎	2	1	必修	①											
				コミュニケーション基礎II	1	1	必修		①										
			コミュニケーションI	コミュニケーションIA	2	1	必修	①											
				コミュニケーションIB	1	1	必修	①											
			コミュニケーションII	コミュニケーションIIA	2	1	必修		①										
				コミュニケーションIIB	1	1	必修		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	2	1	選択必修	○												
			ベーシック外国語II	2	1	選択必修	○												
					I及びIIは同一言語を選択すること														
	情報・データサイエンス科目	2	情報・データ科学入門	2	必修	②													
		2	ゼロからはじめるプログラミング	2	選択必修		○												
		2	データサイエンス基礎	2	選択必修		○												
	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	4	微分積分学I	2	2	選択必修	○													
		微分積分学II	2	2		○													
		線形代数学I	2	2		○													
		線形代数学II	2	2		○	○												
				上記4科目から2科目4単位															
	4	物理学実験法・同実験I	1	1	選択必修		○												
		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	1				○											
		生物学実験法・同実験II	1	1				○											
		地学実験法・同実験I	1	1			○												
		地学実験法・同実験II	1	1			○												
				上記8科目から同一科目のI及びIIを計4単位															
教養教育科目小計		36																	

(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りますので、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」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6) 「地球惑星システム学実習A」の履修のためには、「地質図学」及び「岩石学演習」の単位を修得する必要がある。

(注7) 「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8) 「測量学」は隔年に集中形式で開講される。

(注9) 「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10) 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36単位、専門教育科目84単位 合計120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8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。

・8単位を超過して修得した「領域科目」

・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」、「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																			
			地球惑星物質学基礎	2				②																		
			地質図学	2					②																	
			地球惑星科学英語 I	2					②																	
			2 以 上	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																							
			専門科目	84 (注5)		33	堆積学・古生物学 I	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																			
	地球惑星物質学基礎演習	1					①																			
	地球惑星内部物理学 II	2						②																		
	地球惑星物質学 I	2						②																		
	岩石学	2						②																		
	岩石学演習	1						①																		
	地球惑星物質学演習 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6)	4										④														
	地球惑星システム学実習B	2										②														
	卒業研究 (注7)	各4																			④	④				
	2 以 上	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 II	2					○													
				堆積学・古生物学 II		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						○														
				地球惑星物質学演習 II		1					○															
				太陽系物質進化化学		2						○														
				地球惑星内部物理学演習 A		1						○														
				岩石変形学 I		2						○														
				地球惑星内部物理学B		2								○												
				宇宙地球化学		2									○											
				岩石変形学 II		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9)											○	○	○	○	○							
				測量学 (注8)		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			8	(注10)			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
	合計			128				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							

IV 基礎化学プログラム

- ・化学専攻
- ・化学科

1 基礎化学プログラム・化学専攻

1-1 プログラム・専攻の理念と目標

化学専攻・基礎化学プログラムの理念・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 プログラム・専攻の組織と運営

【1】化学専攻・基礎化学プログラムの組織

化学専攻・基礎化学プログラム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、統合生命科学研究科の数理生命科学プログラムの生命理学講座は化学系として位置づけられ、化学専攻・基礎化学プログラム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、理学研究科・先進理工系科学研究科・統合生命科学研究科には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・基礎化学プログラムの運営

化学専攻・基礎化学プログラムの運営は、化学専攻長・基礎化学プログラム長を中心にして行われている。化学専攻長補佐・基礎化学プログラム長補佐がそれを補佐する。

令和3年度 化学専攻長・基礎化学プログラム長 灰野 岳晴
化学副専攻長・基礎化学副プログラム長 吉田 拓人
化学専攻長補佐・基礎化学プログラム長補佐 松原 弘樹

また、化学専攻・基礎化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3年度の各種委員会の委員一覧を次にあげる。

・先進理工系科学研究科における各種委員会の基礎化学プログラム委員

研究科代議員会	灰野, 吉田
入学試験委員会	井口
学務委員会	高口
広報委員会	高木
国際交流・研究連携委員会	Leonov, 灰野
自己点検・評価委員会	灰野
企画室会議	石坂
情報セキュリティ委員会	平尾

・理学研究科における各種委員会の化学専攻委員

評価委員会	井口, 灰野
広報委員会	村松
防災対策委員会	灰野

教務委員会	高橋
入学試験委員会	水田
大学院委員会	灰野
情報セキュリティ委員会	平尾

・化学専攻教員の理学研究科での活動

副学部長／副研究科長（研究・評価担当）	水田 勉	令和3年4月1日～
評価委員会委員長	水田 勉	令和3年7月1日～

基礎化学プログラム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

教育研究評議会 評議員	安倍 学	平成31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	安倍 学	平成31年4月1日～
大学院リーディングプログラム機構運営会議	安倍 学	平成31年4月1日～
教育推進機構会議	安倍 学	平成31年4月1日～
評価委員会	水田 勉	令和3年7月1日～
アクセシビリティセンター会議	石坂 昌司	令和2年4月1日～
研究推進機構会議	安倍 学	平成31年4月1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～
校友会常任理事	水田 勉	平成31年2月27日～
研究設備サポート推進会議委員会	水田 勉	令和元年5月1日～
機器共用・分析部門	水田 勉	令和元年11月18日～
	吉田 拓人	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～
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	井口 佳哉	令和3年4月1日～

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

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4年3月現在の化学専攻・基礎化学プログラムの構成員は次のとおりである。

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	西原	禎文
教授	灰野	岳晴
教授	水田	勉
教授	齋藤	健一 (併任)
准教授	久米	晶子
准教授	関谷	亮
准教授	高橋	修
准教授	松原	弘樹
准教授	LEONOV	ANDREY
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	藤林	将
助教	村松	悟

分子反応化学講座

教授	安倍	学
教授	山崎	勝義
教授	吉田	拡人
教授	中島	覚 (併任)
准教授	阿部	穰里
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	千歳	洋平
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, 高橋 栄美, 荒谷 美津子 (R3.11.1採用)

令和3年度の非常勤講師

- 君塚 信夫（九州大学大学院工学研究院/教授）
授業科目名：分子システム化学特論（基礎化学特別講義C）
担当：構造有機化学研究室
- 佐藤 啓文（京都大学大学院工学研究科/教授）
授業科目名：錯体化学特論（基礎化学特別講義B）
担当：錯体化学研究室
- 杉野目 道紀（京都大学大学院工学研究科/教授）
授業科目名：機能性キラル高分子設計学特論（基礎化学特別講義C）
担当：構造有機化学研究室
- 山口 祥一（埼玉大学大学院理工学研究科/教授）
授業科目名：レーザー分光の量子力学的基礎（基礎化学特別講義A）
担当：反応物理化学研究室

1-2-2 教職員の異動

- 令和 3年 4月 1日 阿部 穰里（量子化学研究室 准教授）
東京都立大学理学研究科 助教より採用
- 千歳 洋平（反応有機化学研究室 助教）
採用
- 藤林 将（固体物性化学研究室 助教）
採用
- 12月 1日 OLEKSIY BOGDANOV（固体物性化学研究研究室 特任教授）
採用
- 令和 4年 3月31日 OLEKSIY BOGDANOV（固体物性化学研究研究室 特任教授）
任期满了につき退職
- 千歳 洋平（反応有機化学研究室 助教）
九州大学大学院工学研究科 助教 辞職

1-3 プログラム・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・基礎化学プログラムは、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・基礎化学プログラムでは、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3年度在籍学生数

(令和3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	2 {2}	16 (2) [1] {7}
平成30年度		4 (1) [1] {3}
平成29年度		1 (1) {1}
合 計	2 {2}	21 (4) [2] {11}

() 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

入学年度	基礎化学プログラム博士課程前期	基礎化学プログラム博士課程後期
令和3年度	39 (9) [1]	9 (2) {2}
令和2年度	35 (8) {2}	7 (3) [1]
合 計	74 (17) [1] {2}	16 (5) [1] {2}

() 内は女子で内数

・チューター

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3年度生	西原	水田
令和2年度生	山崎, 久米	灰野
令和元年度生	水田, 久保	岡田
平成30年度生	灰野, 石坂	高口
平成29年度生	岡田	井口

・令和3年度基礎化学プログラム授業科目履修表

基礎化学プログラム 博士課程前期

科目区分	授業科目の名称	配当年次 (注)	単位数		要修得単位数	
			必修	選択 必修		
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	1 単位 以上	2 単位 以上
		Japanese Experience of Social Development・Economy, Infrastructure, and Peace	1・2	1		
		Japanese Experience of Human Development・Culture, Education, and Health	1・2	1		
		SDGsへの学問的アプローチA	1・2	1		
		SDGsへの学問的アプローチB	1・2	1		
		SDGsへの実践的アプローチ	1・2	2		
		ダイバーシティの理解	1・2	1		
	キャリア開 発・デー タ	データリテラシー	1・2	1	1 単位 以上	
		医療情報リテラシー	1・2	1		
		人文社会系キャリアマネジメント	1・2	2		
		理工系キャリアマネジメント	1・2	2		
		ストレスマネジメント	1・2	2		
		情報セキュリティ	1・2	2		
		MOT入門	1・2	1		
アントレプレナーシップ概論	1・2	1				
研究科 共通科目	国際性	アカデミック・ライティング I	1	1	1 単位 以上	3 単位 以上
		海外学術活動演習A	1・2	1		
		海外学術活動演習B	1・2	2		
	社会性	MOTとベンチャービジネス論	1・2	1	2 単位 以上	
		技術戦略論	1・2	1		
		知的財産及び財務・会計論	1・2	1		
		技術移転論	1・2	1		
		技術移転演習	1・2	1		
		未来創造思考(基礎)	1・2	1		
		ルール形成のための国際標準化	1・2	1		
		理工系のための経営組織論	2	1		
		起業案作成演習	1・2	1		
		事業創造演習	1・2	1		
		フィールドワークの技法	1・2	1		
インターンシップ	1・2	1				
データビジュアライゼーションA	1・2	1				
データビジュアライゼーションB	1・2	1				
プロ グラ ム 専 門 科 目	物理化学概論	1	2	14 単位	25 単位 以上	
	無機化学概論	1	2			
	有機化学概論	1	2			
	基礎化学特別演習A	1	2			
	基礎化学特別演習B	1	2			
	基礎化学特別研究	1~2	4			
	構造物理化学	1・2	2			4 単位 以上
	固体物性化学	1・2	2			
	錯体化学	1・2	2			
	分析化学	1・2	2			
	構造有機化学	1・2	2			
	光機能化学	1・2	2			
	放射線反応化学	1・2	2			
	量子化学	1・2	2			
	反応物理化学	1・2	2			
	反応有機化学	1・2	2			
	有機典型元素化学	1・2	2			
	基礎化学特別講義A	1・2	2			
	基礎化学特別講義B	1・2	2			
	基礎化学特別講義C	1・2	2			
他プログラム専門科目				2 単位 以上		

【履修方法及び修了要件】

修了に必要な単位数を30単位以上とし、以下のとおり単位を修得し、かつ必要な研究指導を受けた上で、修士論文の審査及び最終試験又は博士論文研究基礎力審査に合格すること。

修了要件単位数:30単位以上

(1)大学院共通科目:2単位以上

- ・持続可能な発展科目:1単位以上
- ・キャリア開発・データリテラシー科目:1単位以上

(2)研究科共通科目:3単位以上

- ・国際性科目:1単位以上
- ・社会性科目:2単位以上

(3)プログラム専門科目:25単位以上

- ・基礎化学プログラム専門科目:18単位以上(必修科目14単位及び選択必修科目4単位以上)

なお、基礎化学特別講義A、基礎化学特別講義B及び基礎化学特別講義Cは、同一科目を含み合計4単位まで修了要件単位数に加えることを可とする。

- ・他プログラム専門科目:2単位以上

なお、指導教員の許可を得て他専攻・他研究科等の専門科目の単位を修得した場合には、「他プログラム専門科目」に含むことができる。

(注)配当年次

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

基礎化学プログラム 博士課程後期

科目区分	授業科目の名称	配当年次 (注)	単位数		要修得単位数	
			必修	選択 必修		
大学院 共通科目	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	1 単 位 以 上
		SDGsの観点から見た地域開発セミナー	1・2・3		1	
		普遍的平和を目指して	1・2・3		1	
	キャリア 開発・ データ リテラ シー	データサイエンス	1・2・3		2	1 単 位 以 上
		パターン認識と機械学習	1・2・3		2	
		データサイエンティスト養成	1・2・3		1	
		医療情報リテラシー活用	1・2・3		1	
		リーダーシップ手法	1・2・3		1	
		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	
		事業創造概論	1・2・3		1	
		イノベーション演習	1・2・3		2	
長期インターンシップ	1・2・3		2			
研究科 共通科目	国際性	アカデミック・ライティングⅡ	1・2・3		1	1 単 位 以 上
		海外学術研究	1・2・3		2	
	社会性	経営とアントレプレナーシップ	1・2・3		1	1 単 位 以 上
		Technology Strategy and R&D Management	1・2・3		1	
		技術応用マネジメント概論	1・2・3		1	
		未来創造思考（応用）	1・2・3		1	
		自然科学系長期インターンシップ	1・2・3		2	
プログラム 専門科目	基礎化学特別研究	1～3	12		12単位	

【履修方法及び修了要件】

修了に必要な単位数を16単位以上とし、以下のとおり単位を修得し、かつ必要な研究指導を受けた上で、博士論文の審査及び最終試験に合格すること。

修了要件単位数:16単位以上

- (1)大学院共通科目:2単位以上
 - ・持続可能な発展科目:1単位以上
 - ・キャリア開発・データリテラシー科目:1単位以上
- (2)研究科共通科目:2単位以上
 - ・国際性科目:1単位以上
 - ・社会性科目:1単位以上
- (3)プログラム専門科目:12単位

(注)配当年次

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

・2020年度以降化学専攻授業科目読替一覧

理学研究科 授業科目読替一覧(2020年度以降)

先進理工系科学研究科への改組に伴い、一部の授業科目に変更がありますので、以下の一覧を参考に先進理工系科学研究科で開講される授業科目を履修してください。(同じ授業科目名でも、開講部局が異なります。)

履修に関して不明な点がありましたら、理学研究科学生支援室までお問合せください。

化学専攻(博士課程前期・博士課程後期)

(M)の授業科目は、博士課程前期のみ

(D)の授業科目は、博士課程後期のみ

理学研究科授業科目			先進理工系科学研究科開講 読替対象授業科目名	備考
区分	授業科目名	単位数		
必修	物理化学概論 (M)	2	物理化学概論	
	無機化学概論 (M)	2	無機化学概論	
	有機化学概論 (M)	2	有機化学概論	
	化学特別研究	1	—	支援室で履修登録
必修 選択	大学院共通授業科目 (基礎) (M)	1 又は 2		
	大学院共通授業科目 (D)			
選 択	構造物理化学 (M)	2	構造物理化学	隔年開講
	固体物性化学 (M)	2	固体物性化学	隔年開講
	錯体化学 (M)	2	錯体化学	隔年開講
	分析化学 (M)	2	分析化学	隔年開講
	構造有機化学 (M)	2	構造有機化学	隔年開講
	光機能化学 (M)	2	光機能化学	隔年開講
	放射線反応化学 (M)	2	放射線反応化学	隔年開講
	量子化学 (M)	2	量子化学	隔年開講
	反応物理化学 (M)	2	反応物理化学	隔年開講
	反応有機化学 (M)	2	反応有機化学	隔年開講
	有機典型元素化学 I (M)	2	有機典型元素化学	隔年開講
	有機典型元素化学 II (M)	2		不開講
	生物無機化学 (M)	2		不開講
	計算情報化学 (M)	2		不開講
	計算化学演習 (M)	2		不開講
	物質科学特論 (M)	2		不開講
	量子情報科学 (M)	2		不開講
	計算機活用特論 (M)	2		不開講
	計算機活用演習 (M)	2		不開講
	グローバル化学特論	2	海外学術活動演習B	
選 択 (D は 選 択 必 修)	構造物理化学セミナー	1	—	理学研究科で開講
	固体物性化学セミナー	1	—	
	錯体化学セミナー	1	—	
	分析化学セミナー	1	—	
	構造有機化学セミナー	1	—	
	量子化学セミナー	1	—	
	反応物理化学セミナー	1	—	
	反応有機化学セミナー	1	—	
	有機典型元素化学セミナー	1	—	
	光機能化学セミナー	1	—	
放射線反応化学セミナー	1	—		
選 択	有機化学系合同セミナー	1	—	
	化学特別講義	1	—	理学研究科で開講

・各研究グループの在籍学生数

(令和3年5月現在)

研究グループ名	M1	M2	D1	D2	D3	D4
分子構造化学講座						
構造物理化学研究グループ	6	3			1	
固体物性化学研究グループ	5	3	1	1	1	
錯体化学研究グループ	5	3				
分析化学研究グループ	2	3				
構造有機化学研究グループ	4	3	2	4		
光機能化学研究グループ	2	3			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	2	3	2		1	
有機典型元素化学研究グループ	5	5	2	1	2	
反応有機化学研究グループ	5	7	2	6	4	1
量子化学研究グループ	0	1			1	
放射線反応化学研究グループ	3	3		4	1	
計	39	37	9	16	12	1

・2021年度博士課程修了者の進路

(令和4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	37(8)	26(5)	1	0	27(5)	1	0	1	8(3)	0	0	1
後期修了*	7(2)	3	0	0	3	0	1	1	0	0	0	3(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 ⁽¹⁾	56
博士課程後期 ⁽²⁾	14
博士課程前期・後期共 ⁽³⁾	3

(2021年度の発表について記載：2021年4月から2022年3月まで)

(1)博士課程前期の学生が共同研究者の発表件数

(2)博士課程後期の学生が共同研究者の発表件数

(3)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 ⁽¹⁾	10
博士課程後期 ⁽²⁾	2
博士課程前期・後期共 ⁽³⁾	4

(2021年度の発表について記載：2021年4月から2022年3月まで)

(1)博士課程前期の学生が共同研究者の発表件数

(2)博士課程後期の学生が共同研究者の発表件数

(3)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

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	Development of new (bisborane)pyridine-based BNB pincer ligands and their complexation to Group 9 and 10 metals	有機典型元素
井手 祐徳	ピンサー型カルボジホスホラン配位子を基盤とする平面型白金(II)錯体触媒によるヒドロシリル化反応	錯体化学
伊藤 みづき	※学外秘	固体物性化学
井上 健翔	亜硝酸メチルの光解離による高回転励起NO生成の解明	反応物理化学
宇佐見 佳子	遷移金属置換基を有する新規シクロブタジエン誘導体の合成検討	有機典型元素
梅田 拓真	有機薄膜を修飾したCu ₂ Oナノキューブを触媒とするCO ₂ のメタンへの選択的還元	錯体化学
扇野 佑輔	2光子レーザー励起発光法によるBr(4p ⁵ ² P _J)の検出および励起状態Br(4p ⁴ 5p)のHeによる消光速度定数の決定	反応物理化学
岡本 和賢	嵩高い置換基を有するトリフェニルイミダゾリルラジカル(TPIR)の新規反応性の開拓	反応有機化学
小栗 愛理	ケイ素置換基を有するシクロブタジエン二量体の合成検討	有機典型元素
NGUYEN DONG THANH TRUC	Properties and relationship of ionic radii and space group of metal-formate framework (A[M(HCOO) ₃] ₃ ; A=ammonium and alkali metal, M=transition metal)	固体物性化学
黒岡 流輝	¹ H NMRを用いた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
酒本 航平	コレステロールの氷核活性に関する研究	分析化学
白藤 雅也	硫黄窒素ドナー抽出剤を用いた溶媒抽出によるルテニウムの分離について	放射線反応化学
神宮 なな	ハロシランの液相還元法で合成した表面修飾Si量子ドット：構造と光学特性	光機能化学
高嶋 賢太郎	ポリシロキサンの解重合反応に及ぼすホスフィド架橋Pd二核錯体触媒と基質の効果	錯体化学
竹内 優稀	レーザー捕捉・蛍光相関分光法を用いた過飽和水滴の粘度の計測	分析化学
谷本 隆頭	チオキサントン有する非対称型キラルリン酸を光触媒としたキノリノンのエナンチオ選択的[2+2]環化付加反応	反応有機化学
玉野 智章	NMR遮蔽定数の溶媒シフトを予測する機械学習モデリングとシフト量の説明因子の探索	量子化学
TRAN THI THANH TAM	※学外秘	反応有機化学
長尾 春香	求核部一求電子部間σ結合へのアラインの新奇挿入反応の開発	有機典型元素

廣川 靖明	高質量金属クラスターのための極低温気相分光装置の開発	構造物理化学
廣野 恵大	コバルトによる磁気異方性を導入したキラル磁性体の物性評価	固体物性化学
前川 夏月	光照射によりレドックス活性な活性酸素種ニトロキシドとアルキルラジカルを発生するがん選択的セラノスティクス剤の開発	反応有機化学
松井 将哉	同時二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	Structures and Reactivities of Transition Metal Complexes Bearing Heterocyclic Ligands Including Group 13 and 15 Elements	有機典型元素
松本 育也	※学外秘	構造有機化学
松山 晃仁	三中心四電子結合を有する超原子価ヨウ素化合物の極低温気相分光	構造物理化学
三浦 結衣	ハロゲンフリーなメカノケミカル反応によるアルコキシシランの低温合成：構造決定と反応の最適化	光機能化学
明地 省吾	ランタノイド-マイナーアクチノイド分離の分子科学：放射性化合物の赤外分光システムの開発と実験の実際	構造物理化学
望月 達人	NO ⁺ へのヒドリド移動における振動・回転効果の測定装置の開発	反応物理化学
森江 将之	カリックス[4]アレーンの自己集合により形成される三重らせんホスト分子の協同的分子認識	構造有機化学
吉田 真也	イソオキサゾール骨格を有する平面4配位型白金錯体の自己集合によって生じる超分子ポリマーの構造と光機能	構造有機化学
和田 淳	ビス(ピリジル)ベンゼン型架橋配位子誘導体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

1-3-6 博士学位

授与年月日を〔 〕内に記す。

Pham Thi Thu Thuy [令和3年9月3日] (甲)
Design and Synthesis of Photolabile Protecting Group with Two Photon Absorption and Reactivity: Application to Caged Compounds
(2光子吸収と反応性に優れた光解離性保護基の設計と合成：ケージド化合物への応用)
主査：安倍 学 教授
副査：灰野 岳晴 教授, 吉田 拓人 教授

Mostafa Mohamed Mostafa Elbadawi [令和3年9月17日] (甲)
Design, Synthesis and Biological Evaluation of Novel Quinoline Based Small Molecules as Anticancer Agents Targeting Topoisomerase I
(トポイソメラーゼI阻害薬を目指したキノリン誘導体の設計、合成、生物活性)
主査：安倍 学 教授
副査：灰野 岳晴 教授, 吉田 拓人 教授

DUONG THI DUYEN [令和3年10月26日] (甲)
Intramolecular Hydrofunctionalization Reactions of Alkenyl Amines Catalyzed by Disulfonimides
(ジスルホンイミドを用いたアルケニルアミンのヒドロアミノ化反応)
主査：高木 隆吉 助教
副査：灰野 岳晴 教授, 吉田 拓人 教授, 安倍 学 教授

林 強華 [令和4年1月24日] (甲)
2-(4-nitrophenyl)-1H-indole: A versatile chromophore in photoreaction
(2-(4-ニトロフェニル)-1H-インドール：光反応で多様性を持つ発色団)
主査：安倍 学 教授
副査：灰野 岳晴 教授, 吉田 拓人 教授

坂田 俊樹 [令和4年3月23日] (甲)
Nanostructures and optical properties of semiconducting polymer films: novel solution processes and multidimensional analyses
(導電性高分子薄膜のナノ構造と光機能性：新規塗布法と多次元解析の開発)
主査：齋藤 健一 教授
副査：山崎 勝義 教授, 灰野 岳晴 教授

大石 拓実 [令和4年3月23日] (甲)
Development of multi-centered reactivity among metal and main-group Lewis acids and bases
(金属および典型元素Lewisペアを用いた多活性中心反応の究明)
主査：SHANG RONG 助教
副査：灰野 岳晴 教授, 吉田 拓人 教授, 水田 勉 教授, 中本 真晃 准教授
山本 陽介 特任教授

山村 涼介 [令和4年3月23日] (甲)
Structure of Aliphatic Compounds and its Aqueous Solutions Investigated by Soft X-ray Spectroscopy
(軟X線分光による脂肪族化合物および水溶液の構造研究)
主査：高橋 修 准教授
副査：山崎 勝義 教授, 井口 佳哉 教授, 齋藤 健一 教授

1-3-7 TAの実績

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3年度のTA

氏名	所属研究グループ	学年	氏名	所属研究グループ	学年
朝比奈 玄人	反応有機化学	M2	爲國 誠太	構造物理化学	M1
石川 大輔	固体物性化学	M1	土屋 直人	固体物性化学	D2
伊藤 みづき	固体物性化学	M2	中川 いぶき	錯体化学	M1
入口 時代	構造物理化学	M1	中西 一貴	有機典型元素化学	D2
植田 朋乃可	光機能化学	M1	長尾 春香	有機典型元素化学	M2
大石 拓実	有機典型元素化学	D3	平岡 勇太	有機典型元素化学	D1
大澤 翔平	量子化学	D3	廣野 恵大	固体物性化学	M2
岡本 和賢	反応有機化学	M2	深澤 優人	放射線反応化学	D2
小野 雄大	構造有機化学	D1	藤井 直香	構造有機化学	D2
小村 実桜	反応有機化学	M1	藤田 理沙	自己組織化学	M2
金崎 真悠	反応物理化学	M1	藤本 陽菜	構造有機化学化学	D2
岸野 晴	構造物理化学	M1	松木 優弥	固体物性化学化学	M1
久世 雅和	自己組織化学	D3	松本 育也	構造有機化学	M2
栗原 英駿	固体物性化学	M1	眞邊 潤	固体物性化学	D1
栗原 央暉	錯体化学	M1	丸山 真依	錯体化学	M1
黒目 武志	錯体化学	M1	水谷 友哉	光機能化学	M1
酒本 航平	分析化学	M2	宮澤 友樹	反応有機化学	D1
完田 一樹	分析化学	M1	三和 綾乃	分析化学	M1
澁江 拓哉	錯体化学	M1	安田 勝成	自己組織化学	M1
島田 雄大	有機典型元素化学	M1	Duong Thi Duyen	反応有機化学	D3
杉川 賢太郎	反応有機化学	M1	吉田 将	固体物性化学	M1
高嶋 賢太郎	錯体化学	M2	吉田 真也	構造有機化学	M2
高野 真綾	反応有機化学	D1	和田 淳	放射線反応化学	M2
竹内 優稀	分析化学	M2	WANG ZHE	反応有機化学	D2
谷本 隆頭	反応有機化学	M2	WANGCHINGCHAI. PEERAPAT	反応物理化学	D1
玉野 智章	量子化学	M2			

1-3-8 大学院教育の国際化

化学専攻・基礎化学プログラムでは国際化に対応するため、授業の英語化を進めている。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 プログラム・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・基礎化学プログラム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
2021年度 (令和3年度)	広島大学DP (Distinguished Professor)	灰野 岳晴
2021年度 (令和3年度)	高分子研究奨励賞	平尾 岳大

・学生の受賞実績

小山雅大 (B4) 日本化学会中国四国支部支部長賞(2021)

山村涼介 (D3) JSR2022学生発表賞(2022)

眞邊 潤 (D1) 【令和3年度 物質・デバイス領域共同研究拠点 拠点卓越学生研究員】物質・デバイス領域共同研究拠点の「2021年度 次世代若手共同研究課題」に採択され「拠点卓越学生研究員」(NJRC Excellent Student Researcher)の称号付与証明書として認定証を授与 2021年4月

眞邊 潤 (D1) 【広島大学大学院リサーチフェロシップ制度 マテリアル分野 (2021年4月支援開始分)】

眞邊 潤 (D1) 【令和3年度 加藤科学振興会研究奨励金】研究課題：“イオン交換キャリアドーピングによる分子性スピンラダー錯体の導電性制御”に研究奨励金贈呈

眞邊 潤 (D1) 【日本学術振興会 令和4年度特別研究員(DC2)】研究課題：“分子性結晶への新規キャリアドーピング法の確立と精密電子状態制御”

眞邊 潤 (D1) 【令和3年度大学院先進理工系科学研究科学奨励賞】“イオン交換を利用した分子性結晶への新規キャリアドーピング法の確立”2021年10月5日

土屋直人 (D2) 【錯体化学会 令和 3 年度錯体化学会第 71 回討論会 学生講演賞】“Multiferroic Properties with Ferroelasticity and Magnetism in Organic-Inorganic Perovskite-Like Material” 2021 年 11 月

廣野恵大 (M2) 【モレキュラーキラリティ 2021 ChemLett 賞】“遷移金属によって異なる磁気物性を発現するキラル磁性体の評価” (ポスター発表) 2021 年 11 月

石川大輔 (M1) 【令和 3 年度 博士課程後期進学奨励金】 2021 年 11 月

栗原英駿 (M1) 【令和 3 年度 博士課程後期進学奨励金】 2021 年 11 月

伊藤みづき (M2) 【令和 3 年度広島大学女性科学技術フェロシップ「理工系女性 M2 奨学生」】 2021 年 12 月

土屋直人 (D2) 【令和 3 年度広島大学創発的次世代研究者育成・支援プログラム】 2021 年 11 月

原田健太郎 (D1) 第31回基礎有機化学討論会, 優秀ポスター賞, 2021年9月

藤井直香 (D2) Micron Awards, マイクロン科学技術奨学金, 2021年9月

藤本陽菜 (D2) Micron Awards, マイクロン科学技術奨学金, 2021年9月

新田菜摘 (D3) 広島大学学術奨励賞, 2021年10月

久野尚之 (D3) 広島大学学術奨励賞, 2021年10月

小野雄大 (D1) 広島大学学術奨励賞, 2021年10月

原田健太郎 (D1) 広島大学学術奨励賞, 2021年10月

森江将之 (M2) 広島大学学術奨励賞, 2021年10月

吉田真也 (M2) 広島大学学術奨励賞, 2021年10月

岸野 晴 (M1) 2021年日本化学会中国四国支部大会, 口頭発表賞, 2021年11月

原田健太郎 (D1) モレキュラーキラリティー2021, 最優秀ポスター賞, 2021年11月

高橋周作 (M1) the 18th Nano Bio Info Chemistry Symposium, Student Award, 2021年11月

久野尚之 (D3) Excellent Student Scholarship, 2021年12月

新田菜摘 (D3) Excellent Student Scholarship, 2021年12月

松本育也 (M2) 広島大学大学院先進理工系科学研究科長表彰, 2022年3月

松本育也 (M2) 広島大学学生表彰, 2022年3月

吉田真也 (M2) 日本化学会中国四国支部支部長賞, 2022年3月

小野雄大 (D1) 第102日本化学会春季年会, 学生講演賞, 2022年3月

原田健太郎 (D1) 第102日本化学会春季年会, 学生講演賞, 2022年3月

新田菜摘 (D3) 広島大学大学院理学研究科長表彰, 2022年3月

新田菜摘 (D3) 広島大学化学同窓会賞, 2022年3月

望月達人 (M2) 36th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics, Best Poster Prize 「Development of Guided Ion Beam Apparatus to Measure Ion Rotational and Vibrational Effects in NO⁺ + Hydrocarbon Systems」 (2021)

対馬拓海 (D1) 第67回有機金属化学討論会ポスター賞 (2021)

神尾慎太郎 (D3) 大学院先進理工系科学研究科学術奨励賞 (2021)

田中英也 (D2) 大学院先進理工系科学研究科学術奨励賞 (2021)

今川大樹 (D1) 大学院先進理工系科学研究科学術奨励賞 (2021)

李 佳倫 (D1) 大学院先進理工系科学研究科学術奨励賞 (2021)

宮崎一智 (M1) 第11回CSJ化学フェスタ2021優秀ポスター賞 (2021)

小栗愛理 (M2) 第48回有機典型元素化学討論会優秀講演賞 (2021)

高田直幸 (B4) 理学部後援会奨励賞 (2021)

林 博斗 (B4) 理学部後援会奨励賞 (2021)

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 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, 化学反応中間体などである。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。今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。今年度は特に, 溶液中に生成する光化学反応中間体の極低温気相分光を成功させ, 気相分光に関する新たな展望が開けた。

(2) 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。

(3) 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線発光スペクトルにおいて, 2つの $1b_1$ 対称性が観測される。この解釈に対し長年論争が続いていた。我々は恣意的な構造サンプリングを行うことなく, 水のダブルピークを理論的に再現することに成功した。またダブルピークの温度依存性, 同位体依存性の再現にも成功している。本研究により水の局所構造の描像が明確になった。
2. 液体エタノールの軟X線発光スペクトルの温度依存性に対する理論計算を行った。温度上昇に伴い水素結合切断による分子間結合の分断化がスペクトルに如実に反映されていることを示すことができた。
3. 理論計算による軟X線発光スペクトルの精度向上のため, 遺伝的アルゴリズムを適用し, 時間に対するエネルギーおよび遷移強度曲線のもつれを修正した。本手法を適用することにより, 以前に比べシャープなスペクトル構造を得ることができるようになった。今後の理論展開に対する強力なツールとなることが期待される。

○原著論文

- ◎S. Muramatsu, N. Chaki, S.-n. Kinoshita, Y. Inokuchi, M. Abe, T. Iimori, and T. Ebata (2021) New Aspect of Photophysics of 7,7,8,8-Tetracyanoquinodimethane and Its Solvated Complexes: Intra- vs. Inter-Molecular Charge Transfer. *RSC Adv.*, **11**, 22381–22389.
- ◎Y. Kitamura, S. Muramatsu, M. Abe, and Y. Inokuchi (2021) Structural Investigation of Photochemical Intermediates in Solution by Cold UV Spectroscopy in the Gas Phase: Photosubstitution of Dicyanobenzenes by Allylsilanes. *J. Phys. Chem. A*, **125**, 6238–6245.
- ◎S. Machida, M. Kida, S. Muramatsu, T. Hirao, T. Haino, and Y. Inokuchi (2021) Gas-Phase UV Spectroscopy of Chemical Intermediates Produced in Solution: Oxidation Reactions of Phenylhydrazines by DDQ. *J. Phys. Chem. A*, **125**, 6697–6702.
- ◎M. Kida, K. Wada, S. Muramatsu, R. Shang, Y. Yamamoto, and Y. Inokuchi (2021) Spherand Complexes with Li^+ and Na^+ Ions in the Gas Phase: Encapsulation Structure and Characteristic Unimolecular Dissociation. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **23**, 25029–25037.

- ◎R. Goda, S. Kanazawa, S. Machida, S. Muramatsu, and Y. Inokuchi (2021) Conformation of Benzo-12-Crown-4 Complexes with Ammonium Ions Investigated by Cold Gas-Phase Spectroscopy. *J. Phys. Chem. A*, **125**, 10410–10418.
- S. Kinoshita, Y. Harabuchi, Y. Inokuchi, S. Maeda, M. Ehara, K. Yamazaki, T. Ebata (2021) Substitution Effect on the Nonradiative Decay and trans → cis Photoisomerization Route: a Guideline to Develop Efficient Cinnamate Based Sunscreens. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **23**, 834–845.
- N. Futamata, Y. Ryosuke, T. H. Dang, O. Takahashi (2021) Fragmentation pathways of methylbenzoate cations following core excitation: Theoretical approach using graph theory. *Chem. Phys. Lett.*, **766**, 138316 (6 pages).
- T. Gejo, T. Nishie, T. Nagayasu, K. Tanaka, Y. Tanaka, A. Niozu, K. Nagaya, R. Yamamura, N. Futamata, T. Suenaga, O. Takahashi, T. Togashi, S. Owada, H. Fujise, A. Verna, M. Yabashi, M. Oura (2021) Dissociation and ionization dynamics of CF₃I and CH₃I molecules via pump-and-probe experiments using soft x-ray free-electron laser., *J. Phys. B, Atom. Mol. Opt. Phys.*, **54** 144004 (9 pages).
- L. G. M. Pettersson, O. Takahashi (2021) X-ray emission spectroscopy: A genetic algorithm to disentangle core-hole-induced dynamics., *Theo. Chem. Acc.*, **140**, 162 (13 pages).
- H. Yamane, M. Oura, O. Takahashi, T. Ishihara, N. Yamazaki, K. Hasegawa, T. Ishikawa, K. Takagi, T. Hatsui (2021) Physical and chemical imaging of adhesive interfaces with soft X-rays. *Comm. Mat.*, **2**, 63 (7 pages).
- R. Fujita, M. Yotsumoto, Y. Yamaguchi, M. Matsuo, K. Fukuhara, O. Takahashi, S. Nakanishi, M. Denda, S. Nakata (2022) Masking of a malodorous substance on 1,2-dioleoyl-sn-glycero-3-phosphocholine molecular layer. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 634, 128045 (7 pages).

○著書

該当無し

○総説・解説

村松 悟, 極低温イオントラップで拓く気相分子分光学, 化学と工業, 74, 210-211 (2021)

◎村松 悟, 井口佳哉, 極低温気相分光で紐解く超分子相互作用: 赤外分光の例を中心に, ナノ学会会報, 20, 9–13 (2021)

○特許公報

【特許出願】

井口佳哉, 平田早紀子, 明地省吾, 日下良二, 渡邊雅之, 「赤外分光分析の試料台」, 特願2021-161781, 出願日: 2021年9月30日, 出願人: 国立大学法人広島大学, 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

○国際会議

Satoru Muramatsu: Gas-phase characterization of hypervalent carbon compounds: penta- versus tetra-coordinated isomers. 29th International Symposium on Molecular Beams (2021年7月, on-line conference) (招待講演)

Yoshiya Inokuchi: Gas-phase spectroscopy of chemical intermediates produced in solution. 11th Asian Photochemistry Conference (APC2021) (2021年11月, on-line conference) (招待講演)

◎Satoru Muramatsu, Keijiro Ohshimo, Motoki Kida, Yuan Shi, Fuminori Misaizu, Yohsuke Yamamoto, Yoshiya Inokuchi: Structural characterization of hypervalent carbon compounds in the gas phase: penta-versus tetra-coordinated isomers. Pacifichem 2021 (2021年12月, on-line conference) (一般講演)

◎Ryosuke Goda, Saya Kanazawa, Shiori Machida, Satoru Muramatsu, Yoshiya Inokuchi: Conformation of crown ether complexes with alkylammonium ions and its dependence on alkyl chain length under cold gas-phase conditions. The 18th Nano Bio Info Chemistry Symposium (2021年12月, on-line conference) (一般講演)

◎Yasuaki Hirokawa, Akihito Matsuyama, Jidai Iriguchi, Yuki Nakahigashi, Masahiro Koyama, Satoru Muramatsu, Yoshiya Inokuchi: Development of cryogenic gas-phase spectrometer aiming for mechanistic study of metal cluster catalysts. The 18th Nano Bio Info Chemistry Symposium (2021年12月, on-line conference) (一般講演)

Satoru Muramatsu: Cold gas-phase spectroscopy: a case study of hypervalent carbon compounds. The 18th

Nano Bio Info Chemistry Symposium (2021年12月, on-line conference) (招待講演)
 Yoshiya Inokuchi: Crown ether complexes with ion guests studied by cold, gas-phase spectroscopy.
 Hiroshima University & National Taiwan University Joint Symposium on Chemistry (2022年3月,
 on-line conference) (依頼講演)

○国内会議

- ◎松山晃仁, 廣川靖明, 入口時代, 中東祐貴, 小山雅大, 村松 悟, 井口佳哉: 高質量イオンのための極低温気相分光装置の開発. 第15回分子科学討論会(2021年9月, オンライン) (一般講演)
 - ◎入口時代, 廣川靖明, 松山晃仁, 小山雅大, 村松 悟, 井口佳哉: 光解離分光のための四重極イオントラップ-飛行時間型質量分析装置の開発: イオン光学系の設計. 第15回分子科学討論会(2021年9月, オンライン) (一般講演)
 - ◎合田遼介, 木田 基, 村松 悟, 井口佳哉: 極低温気相分光によるアルキルアンモニウムイオン-クラウンエーテル包接錯体の立体構造とその炭素鎖長依存性の解明. 第15回分子科学討論会(2021年9月, オンライン) (一般講演)
 - ◎町田 栞, 木田 基, 村松 悟, 平尾岳大, 灰野岳晴, 井口佳哉: 溶液混合により生成する化学反応中間体の気相分光. 第15回分子科学討論会(2021年9月, オンライン) (一般講演)
 - ◎金沢紗矢, 木田 基, 北村優真, 村松 悟, 井口佳哉: 遷移金属イオン-benzo-18-crown-6包接錯体の気相分光: 構造と電子状態. 第15回分子科学討論会(2021年9月, オンライン) (一般講演)
 - ◎明地省吾, 平田早紀子, 日下良二, 本田 匠, 為国誠太, 村松 悟, 齋藤健一, 平尾岳大, 灰野岳晴, 渡邊雅之, 井口佳哉: マイナーアクチノイド錯イオンの赤外分光: SEIRA分光測定系の開発と実験の実際. 第15回分子科学討論会(2021年9月, オンライン) (一般講演)
 - ◎村松 悟, 大下慶次郎, Shi Yuan, 美齊津文典, 山本陽介, 井口佳哉: 超原子価5配位炭素化合物の気相中における構造と安定性: 光解離分光とイオン移動度質量分析. 第15回分子科学討論会(2021年9月, オンライン) (一般講演)
 - ◎為国誠太, 平田早紀子, 明地省吾, 本田 匠, 村松 悟, 井口佳哉: 量子化学計算及びSEIRA分光法による, ランタノイド/マイナーアクチノイド錯イオンの構造探索. 第15回分子科学討論会(2021年9月, オンライン) (一般講演)
- 村松 悟: Cold gas-phase spectroscopy: achievements & struggles in Hiroshima. 東京大学セミナー(2021年9月, オンライン) (依頼講演)
- 村松 悟: 気相分光による溶液内化学反応機構の解明に向けて: 中間体の気相単離と質量選別分光. レーザー学会学術講演会第42回年次大会(2022年1月, オンライン) (招待講演)
- 村松 悟: 気相極低温分光で見るホストゲスト相互作用: 超分子の構造と機能の解明に向けて. 日本化学会第102春季年会(2022年3月, オンライン) (依頼講演)
- ◎廣川靖明, 松山晃仁, 入口時代, 中東祐貴, 小山雅大, 村松 悟, 井口佳哉: 極低温気相光解離分光装置の設計と開発:高質量イオン観測の試み. 日本化学会第102春季年会(2022年3月, オンライン) (一般講演)
 - ◎山村涼介, 山添康介, 宮脇 淳, 原田慈久, 高橋 修: 軟X線発光分光を使用した液体エタノールの水素結合構造の温度依存性についての理論的・実験的解析. 第35回日本放射光学会年会・放射光化学合同シンポジウム(2022年1月, オンライン) (一般公演)

○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	0	0
博士課程前期	3	8
博士課程後期	0	1
博士課程前期・後期共	0	0

○社会活動・学外委員

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：分子科学会 運営委員（2020年～）

井口佳哉：出張授業（広島県立広高等学校）「物理で化学する！？」（2021年）

村松 悟：日本分光学会中国四国支部 事務局長（2019年～）

村松 悟：出張授業（山梨県立甲府西高等学校）「“わからない”を探す旅への招待：いつか大学生になる君に」（2021年）

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

井口佳哉：共同研究「表面増強赤外分光法によるランタノイド／マイナーアクチノイド分離メカニズムの解明」（共同研究先：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構）

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）

○共同プロジェクトへの参加状況（国内）

井口佳哉, 村松 悟, CREST研究「ハイブリッド光位相シフタによるプログラマブル光回路を用いた光演算」（代表：竹中充教授（東京大学））2020～

○研究助成の受け入れ状況

科学研究費補助金 基盤研究(A), 溶液中の化学反応中間体の気相分光による, 化学反応機構の解明, 井口佳哉（代表）

科学研究費補助金 学術変革領域研究(A), 芳香族分子を含有するイオン錯体の極低温気相分光とその光化学反応過程の解明, 井口佳哉（代表）

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）

双葉電子記念財団自然科学研究助成, “超分子クラスター”の生成とサイズ依存的機能の開拓, 村松 悟（代表）

科学研究費補助金 基盤研究(B), マイナーアクチノイド回収用抽出剤の放射線分解機構の解明, 宮崎康典（代表）穂坂綱一（分担）足立純一（分担）下條竜夫（分担）星野正光（分担）村松 悟（分担）

広島大学先進理工系科学研究科研究科長特別賞（研究）助成金, 気相中で発現する分子機能の分光学的開拓への挑戦, 村松 悟（代表）

○受賞状況（職員）

村松 悟, 広島大学先進理工系科学研究科研究科長特別賞（研究）「気相中で発現する分子機能の分光学的開拓への挑戦」（2021）

○受賞状況（学生）

小山雅大（B4）, 日本化学会中国四国支部支部長賞(2022.3)

山村涼介（D3）, JSR2022学生発表賞(2022.1)

○座長を行った学会・討論会の名称

井口佳哉：第15回分子科学討論会（2021年9月, オンライン）

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 (教授), Andrey Leonov (准教授),
Goulven Cosquer (助教), 藤林 将 (助教), Oleksiy Bogdanov (特任教授)

○研究活動の概要

当研究室では固体材料を作製し、新規機能性の開拓を狙ってきた。これまでに種々の手法によって固体の静的・動的構造と物性の相関について解明してきた。

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、特異物性に関する研究を進めている。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する研究を拡げている。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。

新規スピングャップ系の構築と化学ドーピング: 現在、低次元スピング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、スピング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。

単分子による誘電機構の創出及び単分子メモリの開発: 外部電場の印加により制御可能な双極子を有する材料は誘電体として知られており、その中でも自発分極を示す強誘電体は、不揮発性メモリや圧電体など応用性の高さから広く研究が展開されている。従来、強誘電性は結晶構造に由来した物性である為、微細化によりその特性を消失し、単分子による特性発現は不可能とされてきた。本研究室では、強誘電体のイオン移動機構を単分子内に集約することで、世界で初めて、恰も強誘電体の様に振舞う分子、単分子誘電体の存在について報告している。現在では、単分子誘電体の機構の解明を始め、新規単分子誘電体の開発を進めている。加えて、単分子誘電体を実装したメモリデバイスの開発を目指している。

○発表論文

原著論文

- Yan-Li Gao, Sadafumi Nishihara, Takashi Suzuki, Kazunori Umeo, Katsuya Inoue and Mohamedally Kurmoo (2022) Ferroelastic-like transition and solvents affect the magnetism of a copper-organic radical one-dimensional coordination polymer. *Dalton Transactions* **51** (17), 6682-6686.
- Shen Y., Cosquer G., Zhang H., Breedlove B.K., Cui M., Yamashita M. (2021) 4f- π Molecular Hybrid Exhibiting Rich Conductive Phases and Slow Relaxation of Magnetization. *J. Am. Chem. Soc.*, **143**, (25), 9543-9550.
- Ahsan H.M., Breedlove B.K., Cosquer G., Yamashita M. (2021) Enhancement of electrocatalytic abilities toward CO₂ reduction by tethering redox-active metal complexes to the active site. *Dalton Trans.*, **50** (38), 13368-13373. DOI:10.1039/d1dt02318g

- ©Vivek Das, Imran Khan, Firasat Hussain, Masahiro Sadakane, Nao Tsunoji, Katsuya Ichihashi, Chisato Kato, Katsuya Inoue, Sadafumi Nishihara (2021) Single-Molecule Magnetic, Catalytic and Photoluminescence Properties of Heterometallic 3d-4f [Ln{PZn₂W₁₀O₃₈(H₂O)₂}(2)](11-) Tungstophosphate Nanoclusters. *European Journal of Inorganic Chemistry*, **37**, 3819-3831.
- Andrey O. Leonov, C. Pappas, and Ivan I. Smalyukh (2021) Field-driven metamorphoses of isolated skyrmions within the conical state of cubic helimagnets. *Phys. Rev. B*, **104**, 064432
- Markus Prinz-Zwick, Bertalan G. Szigeti, Thomas Gimpel, Dieter Ehlers, Vladimir Tsurkan, Andrey O. Leonov, Björn Miksch, Marc Scheffler, Ioannis Stasinopoulos, Dirk Grundler, István Kézsmárki, Norbert Büttgen, Hans-Albrecht Krug von Nidda (2021) Nuclear and Electron Spin Resonance Studies on Skyrmion-Hosting Lacunar Spinel. *Phys. Status Solidi B*, 2100170.
- Andrey O. Leonov (2021) Surface anchoring as a control parameter for shaping skyrmion or toron properties in thin layers of chiral nematic liquid crystals and noncentrosymmetric magnets. *Phys. Rev. E*, **104**, 044701.
- Takefumi Yoshida, Ahmed Shabana, Haitao Zhang, David Chukwuma, Tetsu Sato, Kentaro Fuku, Hitoshi Abe, Yoji Horii, Goulven Cosquer, Norihisa Hoshino, Tomoyuki Akutagawa, Alex J. W. Thom, Shinya Takaishi, Masahiro Yamashita (2022) Insight into the Gd–Pt Bond: Slow Magnetic Relaxation of a Heterometallic Gd–Pt Complex. *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **95**, 513–521.
- ©S. Shimono, H. Ishibashi, Y. Nagayoshi, H. Ikeno, S. Kawaguchi, M. Hagihala, S. Torii, T. Kamiyama, K. Ichihashi, S. Nishihara, K. Inoue, Y. Ishii, Y. Kubota (2022) Structural phase transition in cobalt oxyfluoride Co₃Sb₄O₆F₆ observed by high-resolution synchrotron and neutron diffraction. *J. Phys. Chem. Solids.*, **163**, 110568.
- F. Fussain, R. Kaushik, I. Khan, V. Das, J. Manabe, S. Nishihara, A. -L. Teillout, I. -M. Mbomekallé, P. d. Oliveir (2022) A tetrameric Praseodymium Substituted Arsenotungstate (III) – Synthesis & Characterization, Electrochemistry, Catalytic and its Magnetic Applications. *Polyhedron*, **216**, 115698.
- C. Kobukai, M. Tadaï, T. Nishimura, H. Tamaki, K. Hattori, S. Nishihara, S. Okada, Y. Tatewaki (2022) Fluorescent Properties of a Cage-Shaped Molecule Composed of Tetrakis[4-(4-pyridylphenyl)]ethylene Moieties. *Jpn. J. Appl. Phys.*, **61** SE1004.
- Andrey O. Leonov (2022) Skyrmion clusters and chains in bulk and thin-layered cubic helimagnets. *Phys. Rev. B*, **105**, 094404. (Editor’s suggestion)
- I. M. Tambovtsev, A. O. Leonov, I. S. Lobanov, Alexei D. Kiselev, and V. M. Uzdin (2022) Topological structures in chiral media: Effects of confined geometry. *Phys. Rev. E*, **105**, 034701.
- Masaki Mito, Takayuki Tajiri, Yusuke Kousaka, Yoshihiko Togawa, Jun Akimitsu, Jun-ichiro Kishine and Katsuya Inoue (2022) Paramagnetic magnetostriction in the chiral magnet CrNb₃S₆ at room temperature. *Phys. Rev. B*, **105**, 104412.
- Yan-Li Gao, Yufei Wang, Liguao Gao, Jian Li, Yali Wang, and Katsuya Inoue (2022) Three-Dimensional Supramolecular Architectures with MnII Ions Assembled from Hydrogen Bonding Interactions: Crystal Structures and Antiferromagnetic Properties. *ACS Omega*, **7** (12), 10022–10028.

著書

- A. O. Leonov and C. Pappas, “Multiple skyrmionic states and oblique spirals in bulk cubic helimagnets”, in *Magnetic Skyrmions and Their Applications*, edited by Giovanni Finocchio and Christos Panagopoulos (Elsevier, Paperback ISBN: 9780128208151, Published Date: 2021.6.1, Page Count: 350).

総説・解説

- 伊藤（加藤）智佐都, 西原禎文, 「「単分子誘電体」の開発」, 日本化学会研究会「低次元系光機能材料研究会」ニューズレター, *LPM Lett.*, 25, 20-23 (2021)2021年12月

○国際会議

- Katsuya Inoue: TOPOLOGICALLY PROTECTED OBJECT IN SPIN SYSTEMS. IX International conference “HIGH-SPIN MOLECULES AND MOLECULAR MAGNETS”, XIV Russian-Japanese workshop “OPEN SHELL COMPOUNDS AND MOLECULAR SPIN DEVICES”, (2021.8.16-20, On-line, Russia) (招待講演)
- ©Mizuki Ito, Katsuya Ichihashi, Daisuke Konno, Masaru Fujibayashi, Goulven Cosquer, Katsuya Inoue, Tomoyuki Akutagawa, Takayoshi Nakamura, Sadafumi Nishihara: Solid-state ion exchange to organic ammonium ions using supramolecular channel in the crystal. The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies(Pacificchem 2021) (2021.12.16-21, On-line) (ポスター)
- ©Mizuki Ito, Masaru Fujibayashi, Takuya Date, Chisato Kato, Goulven Cosquer, Katsuya Inoue, Ryo Tsunashima, Sadafumi Nishihara: Polarization switching mechanism of the single-molecule electret in

Preyssler-type polyoxometalate. The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies(Pacificchem 2021) (2021.12.16-21, On-line) (ポスター)

Andrey Leonov: Frustration of skyrmion tubes in cubic helimagnets and chiral liquid crystals. The International Conference on Frustration, Topology and Spin Textures (ICFTS) . (2021.12.22-23, onsite + online, Kobe International Conference Center, Kobe, Japan) (招待講演)

Andrey Leonov: Modelling magnetic skyrmions. Psi-k School “Bridging first-principles calculations and effective Hamiltonians” (2021.6.7-16, On-line, Italy) (招待講演)

◎N. Tsuchiya (HU, CResCent), Tatsuya Ishinuki, Saya Aoki, Yuki Nakayama, Cosquer Goulven, Sadafumi Nishihara, Katsuya Inoue: Magnetic and Elastic Properties in Organic-Inorganic Perovskite-Like Material (C₆H₅C₂H₄NH₃)₂MIICl₄ (M = Mn, Fe, Cu). Topical meeting of Chirality Research Center(CResCent) “Spin Chirality” (2022.3.10-11, On-line, Hiroshima, Japan) (Oral, 2022.03.11)

◎Nguyen Dong Thanh Truc (HU, CResCent), Hirono Keita, Ichiraku Yoji, Cosquer Goulven, Inoue Katsuya: Design of Chiral Crystals in Metal Formate Frameworks, Topical meeting of Chirality Research Center(CResCent) “Spin Chirality”, 2022.3.10-11, On-line, Hiroshima, Japan (一般講演)

Catherine Pappas, Andrey Leonov, Lars Bannenberg, Ravil Sadykov, Rob Dalglish, Chris Goodway, Deborah L Schlager, Thomas A Lograsso, Eddy Lelièvre-Berna, Peter Falus, Peter Fouquet, Thomas Wolf, Frank Weber: Helimagnetic and skyrmionic correlations close to the Quantum Critical Points of MnSi under pressure and of Mn_{1-x}FexSi. APS March Meeting (2022.3.14-18, Chicago) (一般講演)

○国内学会

西原禎文: 室温で駆動する単分子不揮発性メモリの開発. 第71回中国四国産学連携化学フォーラム (2021.6.12, On-line) (招待講演)

◎眞邊潤, 市橋克哉, 今野大輔, 藤林 将, Goulven Cosquer, 井上克也, 芥川智行, 中村貴義, 西原禎文: 固相イオン交換による[Ni(dmit)₂]結晶へのキャリアドーピング, Carrier doping into a [Ni(dmit)₂] salt by solid state ion exchange. 第15回分子科学討論会 (2021.9.18-21, On-line) (口頭発表)

◎伊藤みづき, 市橋克哉, 今野大輔, 藤林 将, COSQUER Goulven, 井上克也, 芥川智行, 中村貴義, 西原禎文: チャンネル構造を用いて有機アンモニウムイオンに交換された[Ni(dmit)₂]塩の構造, Structure of [Ni(dmit)₂] salt exchanged for organic ammonium ion using channel structure. 第15回分子科学討論会 (2021.9.18-21, On-line) (口頭発表)

◎栗原英駿, 藤林 将, 加藤智佐都, COUSQER Goulven, 井上克也, 西原禎文: 単分子誘電体物性を示すプレイスラー型ポリオキソメタレートの前電評価, Evaluation of piezoelectricity of Preyssler-type polyoxometalate exhibiting properties of a single-molecule electret. 第15回分子科学討論会 (2021.9.18-21, On-line) (ポスター発表)

井上克也: 結晶空間群と磁性—キラル磁性体の磁気構造—. 第29回有機結晶シンポジウム (2021.9.27-28, On-line) (招待講演)

◎眞邊潤, 市橋克哉, 今野大輔, 藤林 将, Goulven Cosquer, 井上克也, 芥川智行, 中村貴義, 西原禎文: 固相イオン交換を利用した Ni(dmit)₂ 塩の新規キャリアドーピング法, New Carrier Doping Method for Ni(dmit)₂ salt with Solid State Ion-exchange. 2021年第82回応用物理学会秋季学術講演会 (2021.9.10-13, On-line) (口頭発表)

◎Naoto Tsuchiya, Tatsuya Ishinuki, Saya Aoki, Yuki Nakayama, Cosquer Goulven, Sadafumi Nishihara, Katsuya Inoue: Multiferroic Properties with Ferroelasticity and Magnetism in Organic-Inorganic Perovskite-Like Material. 錯体化学会第71回討論会 (2021.9.16-19, On-line) (口頭発表) 【学生講演賞】

◎廣野恵大, 一樂陽司, Goulven Cosquer, 西原禎文, 井上克也: 遷移金属とギ酸からなるキラル磁性体の物性評価. 錯体化学会第71回討論会 (2021.9.16-19, On-line) (口頭発表)

◎廣野恵大, 一樂陽司, Goulven COSQUER, 西原禎文, 井上克也: 遷移金属によって異なる磁気物性を発現するキラル磁性体の評価. モレキュラー・キラリティー2021(MC2021) (2021.11.29-30, ハイブリッド (ポスターはオンラインのみ)) (ポスター発表) 【ChemLett 賞】

井上克也: スピンキラリティーがもたらす物性について—その特異性と拡がり. 第26回 HiSOR 研究会～生体分子の構造機能研究におけるキラル分光の新しい可能性～ (2022.3.8, 広島大学学生会館・レセプションホール+ZOOM (ハイブリット開催)) (口頭発表)

西原禎文, 奥原啓輔: 宇宙進出に向けた DIGITAL BIOSPHERE (デジタル生物圏) の構築. 第65

回宇宙科学技術連合講演会 (2021.11.9-12, On-line) (口頭発表)

西原禎文: 単一分子で強誘電体の様な挙動を示す「単分子誘電体」の開発. 東京大学 物性研究所 短期研究会「分子性固体研究の拡がり: 新物質と新現象」(2021.12.1-2, ハイブリッド) (招待講演)

◎土屋直人, 石貫達也, 青木沙耶, 中山祐輝, 西原禎文, 井上克也: 強弾性を示す二次元有機無機ハイブリッドペロブスカイトの磁気弾性挙動. 日本化学会 第 102 春季年会 (2022.3.23-26, On-line) (口頭発表)

◎伊藤みづき, 市橋克哉, 今野大輔, 藤林 将, COSQUER Goulven, 井上克也, 芥川智行, 中村貴義, 西原禎文: 超分子チャンネル構造を利用したアルキルアンモニウムへの固相イオン交換, Solid State Ion Exchange to Alkylammoniums Using Supramolecular Channel Structure. 日本化学会 第 102 春季年会 (2022.3.23-26, On-line) (口頭発表)

◎石川大輔, 藤林 将, Cosquer Goulven, 井上克也, 芥川智行, 中村貴義, 西原禎文: カリウムイオン交換した $[Li_0.42([18]crown-6)][Ni(dmit)_2]_2$ の物性. 日本化学会 第102春季年会(2022.3.23-26, On-line) (口頭発表)

◎栗原英駿, 藤林 将, 伊藤智佐都, Goulven Cosquer, 井上克也, 西原禎文: ランタノイドイオンを内包したプレイスラー型ポリオキソメタレートの圧電評価. 日本化学会 第 102 春季年会 (2022.3.23-26, On-line) (口頭発表)

○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	0	0
博士課程前期	2	7
博士課程後期	1	4
博士課程前期・後期共	0	0

○セミナー・講演会開催実績

井上克也, モレキュラー・キラリティー2021 (広島) 実行委員長

西原禎文, モレキュラー・キラリティー2021 (広島) ローカル実行委員

藤林 将, モレキュラー・キラリティー2021 (広島) ローカル実行委員

Goulven COSQUER, モレキュラー・キラリティー2021 (広島) ローカル実行委員

井上克也, 開催, CResCent(キラル国際研究拠点) 講演会 Ivan I. Smalyukh (コロラド大学ボルダー校 教授/広島大学 特任教授), “Crystals of solitonic knots in chiral liquid crystals”, 広島大学フェニックス国際センターMIRAI CREA (ミライ クリエ), 2021.11.1

井上克也, 開催, CResCent(キラル国際研究拠点) 講演会 Oleksiy Bogdanov (IFW Dresden シニア 研究員 / 広島大学 特任教授), “Physics of MAGNETIC SKYRMIONS”, 広島大学フェニックス国際センターMIRAI CREA (ミライ クリエ), 2022.1.12

○社会活動・学外委員

・学協会役員, 委員

井上克也, モレキュラー・キラリティー実行委員, 2021.11 – 現在

西原禎文, 日本化学会中国四国支部, 事務局長, 2021.3 – 2022.2

西原禎文, 中国四国・化学と工業懇話会, 運営委員, 2021.3 – 2022.2

・外部評価委員など

井上克也, KEK, PAC 委員会

・講習会・セミナー講師

西原禎文, 「単一分子で強誘電体のように振る舞う「単分子誘電体」の開発」, 新化学技術推進協会(JACI) 電子情報技術部会ナノフォトニクスエレクトロニクス交流会講演会「低分子の特性を利用した機能創出-1」, JACI 会議室 (招待講演) (2021.12.13)

西原禎文, 「室温で駆動する単分子不揮発性メモリの開発」, 第33回タンモリ工業会セミナー (タンダステン・モリブデン工業会 JTMIA) (招待講演) (2021.11.17)

Oleksiy Bogdanov, “Physics of MAGNETIC SKYRMIONS”, CResCent(キラル国際研究拠点) 講演

会, 広島大学フェニックス国際センターMIRAI CREA (ミライ クリエ) 1F 多目的スペース
(招待講演) (2022.01.12)

・高大連携事業

西原禎文, プロフェッサービジット (主催: 朝日新聞社 協賛: 代々木ゼミナール)
「リチウムイオン電池の昔、今、そして未来」西城陽高校 (招待講演) (2021.10.19)

○産学官連携実績

西原禎文, 藤林 将 ユニバーサル マテリアルズ インキュベーター株式会社 (UMI), JST 大学
発新産業創出プログラムにてベンチャー設立を目指す

西原禎文, 藤林 将 MI-6 株式会社との共同研究, マテリアルズ・インフォマティクス技術を活
用した材料探索, 及び, 材料設計法確立を進めている

西原禎文, 藤林 将 横河ソリューションサービス株式会社との共同研究, 単分子メモリデバイス
の実現に向けたデバイス開発を進めている

西原禎文, 藤林 将 マイクロンメモリジャパン合同会社, メモリデバイス作製, 及び, 特性評価
に関連するアドバイザーとして共同研究を進めている

○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 (代表), Goulven Cosquer (サポート), The 18th Nano Bio Info Chemistry Symposium,
2021.11.14-15, online, Hiroshima, Japan

井上克也, Topical meeting of Chirality Research Center(CResCent) “Spin Chirality”, 2022.3.10-11,
online, Hiroshima, Japan

・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
のスピンの相関, 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
ミクスと相関, 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関, 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, Experimental Physics V, Center for Electronic Correlations and Magnetism,
University of Augsburg, (Neel skyrmions in lacunar spinels)
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, (SANS
measurements on cubic helimagnets, oblique spiral and skyrmion states)
Andrey Leonov, オランダ, Zernike Institute for Advanced Materials, University of 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, (torons, spherulites and other topological particle-like states in
chiral liquid crystals)
Andrey Leonov, ロシア, ITMO University, (numerical studies on topological barriers between different
modulated states)
Andrey Leonov, ドイツ, IFW Dresden, (computational facilities, cluster simulations)

○特許公報

出願

西原禎文, 伊藤みづき, 眞邊 潤, 藤林 将, 「クラウンエーテルの供給及び回収方法並びにイオン
伝導性結晶」, 特願: 2022-032649, 出願日: 2022年3月3日, 出願人: 広島大学
西原禎文, 栗原英駿, 伊藤 (加藤) 智佐都, 藤林 将, 「圧電材料及び圧電素子」, 特願: 2022-032652
出願日: 2022年3月3日, 出願人: 広島大学

○共同プロジェクトへの参加状況 (国内)

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, 大阪公立大学, 山梨大学, 名古屋工業大学, 大阪大学, 九州
工業大学, 分子科学研究所, スペイン ザラゴザ大学, ドイツ アウクスブルク大学, イギリス グ
ラスゴー大学, フランス リヨン1大学, フランス ネール研究所, ロシア トモグラフィーセン
ター, カナダ マニトバ大学) スタッフ数 45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)

○研究助成の受け入れ状況

- ・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 (代表)
- ・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) 2019.4-2022.3
- ・科学研究費助成事業(挑戦的研究(開拓)), 電場による分子キラリティの制御, 西原禎文 (代表)
2020.4-2023.3
- ・JST 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) 2019.10-2023.3
- ・JST 研究成果展開事業 START, 籠型分子を用いた超高密度不揮発性メモリおよび超低消費電力
AI チップの開発, 西原禎文 (代表) 2020.10-2023.3
- ・内閣府 ムーンショット型研究開発事業 (ミレニアプログラム) 調査研究型, 宇宙に人類が進
出するための「デジタル生物圏」構築に関する調査研究, 西原禎文 (代表) 2021.2-2021.8
- ・住友財団 (基礎科学研究助成) 受給, 単分子誘電体を実装した微小誘電分子メモリの創出, 西
原禎文 (単独) 2020.11-2021.11
- ・科学研究費助成事業(基盤研究(C)), Skyrmionic LEGO- entangled skyrmion networks in chiral
magnets and liquid crystals, LEONOV ANDRIY, (単独) 2020.4-2023.3

- ・イオン工学振興財団（イオンの関与する科学および工学研究に従事する若手研究者（38歳未満）に対する助成）、分子内イオン移動機構を利用した単分子誘電物性の新規機能開拓、藤林 将（単独）2020.10-2022.3
- ・科学研究費助成事業(若手研究)、次世代単分子メモリデバイスの開発、藤林 将（単独）2020.4-2022.3
- ・公益財団法人 徳山科学技術振興財団 2021年度 第一回 スタートアップ助成、イオン包接型分子を用いた単分子機能の開拓、藤林 将（単独）2021.6-2022.5
- ・公益財団法人 日本板硝子材料工学助成会 令和3年度（第43回）研究助成、分子性金属酸化物を実装したFET型メモリの基礎特性評価、藤林 将（単独）2021.4-2024.3

○受賞状況（職員）

西原禎文【令和3年度広島大学長表彰】業績概要：世界的課題となっている不揮発性メモリの記録密度の向上において、単一分子で電氣的メモリ効果を示す「単分子誘電体」の開発に世界で初めて成功し、この難題を解決し得る要素技術を発見した。この業績により本学の優れた研究力を世界に示すなど、本学の発展に顕著な貢献をした。2021年10月26日（授与式：2021年11月6日ホームカミングデーのオープニングセレモニー内にて）

藤林 将【新化学技術推進協会（JACI）第10回新化学技術研究奨励賞】『単分子メモリの実現を見据えた薄膜内での分子配向制御法の開発』（課題5：DXによる超スマート化社会を支えるエレクトロニクス材料に関する研究）2021年6月

○受賞状況（学生）

眞邊 潤（D1）【令和3年度 物質・デバイス領域共同研究拠点 拠点卓越学生研究員】物質・デバイス領域共同研究拠点の「2021年度 次世代若手共同研究課題」に採択され「拠点卓越学生研究員」（NJRC Excellent Student Researcher）の称号付与証明書として認定証を授与 2021年4月

眞邊 潤（D1）【広島大学大学院リサーチフェローシップ制度 マテリアル分野（2021年4月支援開始分）】

眞邊 潤（D1）【令和3年度 加藤科学振興会研究奨励金】研究課題：“イオン交換キャリアドーピングによる分子性スピンラダー錯体の導電性制御”に研究奨励金贈呈

眞邊 潤（D1）【令和3年度大学院先進理工系科学研究科学術奨励賞】“イオン交換を利用した分子性結晶への新規キャリアドーピング法の確立”2021年10月5日

土屋直人（D2）【錯体化学会 令和3年度錯体化学会第71回討論会 学生講演賞】“Multiferroic Properties with Ferroelasticity and Magnetism in Organic-Inorganic Perovskite-Like Material”2021年11月

廣野恵大（M2）【モレキュラーキラリティ 2021 ChemLett 賞】“遷移金属によって異なる磁気物性を発現するキラル磁性体の評価”（ポスター発表）2021年11月

石川大輔（M1）【令和3年度 博士課程後期進学奨励金】2021年11月

栗原英駿（M1）【令和3年度 博士課程後期進学奨励金】2021年11月

伊藤みづき（M2）【令和3年度広島大学女性科学技術フェローシップ「理工系女性M2奨学生」】2021年12月

土屋直人（D2）【令和3年度広島大学創発的次世代研究者育成・支援プログラム】2021年11月

○座長を行った学会・討論会の名称

藤林 将，第15回分子科学討論会（2021年9月18日～21日）、北海道大学，Japan. セクション
井上克也，シンポジウム モレキュラー・キラリティー2021（2021年11月29日～30日）、ハイブリッド（東広島芸術文化ホール くらら，オンライン），Japan. IL-06：チュートリアル講演（2021.11.30）

西原禎文，シンポジウム モレキュラー・キラリティー2021（2021年11月29日～30日）、ハイブリッド（東広島芸術文化ホール くらら，オンライン），Japan. IL-02 招待講演と OP-04 一般講演（2021.11.29）

井上克也，The 18th Nano Bio Info Chemistry Symposium will be held online（2021年11月14日～15日）、オンライン，セクション（2021.11.14）

Goulven Cosquer，The 18th Nano Bio Info Chemistry Symposium will be held online（2021年11月14日～15日）、セクション（2021.11.15）

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。この解重合反応に対するPd錯体活性を調べたところ、ホスフィド架橋2核Pd錯体が特に活性であることが分かった。この反応機構の解明のため、様々な反応条件の精査と、理論計算を行い、推定反応機構を提唱した。

2. 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。ナノクラスターのさらなる安定化を期待し、単座ホスフィンをキレート型にしたものの合成に成功した。

3. 銅上のCuAACを用いた有機レイヤー成長過程およびCO₂還元特性

金属銅をカソードとして用いるCO₂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銅特異的に起こるCuAAC反応を進行させることで、有機レイヤーで表面修飾する方法を開発した。酸化銅ナノキューブ表面にレイヤーを成長させると、温度によって固体表面特異的な成長から銅の溶出による非特異的な成長過程へと変わり、特に室温では分子サイズに厚みの均一な修飾を行えることを見出した。銅の酸化還元は修飾したレイヤーの内側で起こり、CO₂還元過程もレイヤーを介する物質輸送に支配されるため、CO₂還元効率を上昇させることを明らかにした。

4. 固体-疎水性界面における高活性酸素酸化触媒の開発

酸素を酸化剤とする有機物変換は、クリーンで安価な方法であるが、基底三重項である酸素の活性化と多電子移動を伴うため、選択的な変換には触媒設計に工夫が必要である。この反応に銅ジイミン錯体と有機レドックス分子による触媒系が良く知られているが、我々は高価な助触媒を必要としない銅錯体のアルコール酸化過程が、無機塩と非極性溶媒の界面で室温で効率よく進行することを見出した。界面環境において銅錯体の凝集を阻害するとともに反応のための自由度を確保することが有効であることを実証し、触媒効率の上昇に成功した。

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_3PCPR_3 , 以下CDP)を配位子骨格に組み込んだ遷移金属錯体の反応性を検討している。本年度はピンサー型カルボジホスホラン白金錯体とCO₂ならびにCS₂との反応を検討した。置換活性なSMe₂を配位子に持つCDP錯体とCO₂との反応では、CO₂が還元されてCOとなった白金カルボニル錯体が生成した。しかしこの反応は再現性に乏しく副生する酸化物の同定ができなかったため、より反応活性なCS₂との反応を検討した。その結果、PEt₃を配位子に持つCDP錯体を用いるとCO₂の場合と類似したCS錯体の生成とともにS=PEt₃の生成が確認された。現在基質の還元機構を検討中であるが、ピンサー骨格の立体的要請とCDP炭素の強力な電子供与によって、白金上でのPEt₃配位子の脱離とその後の還元過程が促進されているものと思われる。

さらに本年度は、これまで検討してきたカルボジホスホラン白金錯体触媒を用いた有機不飽和分子のヒドロシリル化反応について、基質適用範囲の検討ならびに銀塩の添加効果をより詳細に検討した。

○発表原著論文

S. Yamazaki, Y. Sunatsuki, T. Mizuta, T. Yonemura (2022) Crystal Structure of a 1,3-Diyne Iron Complex, $[(\eta^5\text{-Cp})_2\text{Fe}_2(\mu\text{-CO})(\text{CO})\{\mu, \eta^1: \eta^1: \eta^2\text{-}(\text{C}=\text{O})\text{C}(\text{C}_6\text{H}_5)=\text{C}-\text{C}(\text{C}_6\text{H}_5)\}] \cdot 0.5(\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2)$, Formed by C-C Bond Coupling with Carbon Monoxide. *X-ray Structure Analysis Online*, **38**, 27-28.

○著書

Book Title: Organometallic Chemistry, Ed by H. Nakazawa, J. Koe, Author: Y. Kawano, H. Matsuzaka, T. Mizuta, M. Okazaki, K. Osakada, K. Ueno. Royal Society of Chemistry, (2021).

○国際会議

Shoko Kume: Organic Layer Assembly on Cu Electrode toward Selective CO₂ Electrolysis. Hiroshima University & National Taiwan University Joint Symposium on Chemistry (2022年3月) (招待講演)

○国内学会

◎三上海友, 中川いぶき, 久保和幸, 久米晶子, 水田 勉: [CuAg₃(CCAr)₃(PPh₃)₃]⁺と6つのハロゲンイオンからなる四面体型 cage で保護された Ag₁₃H₈銀ヒドリドクラスター. 第67回 有機金属化学討論会 (2021年9月) (一般講演)

久米晶子, 清水翔太, 安倍大貴: 疎水場で活性化された Cu(phen) 錯体のアルコール酸化. 第128回触媒討論会 (2021年9月) (一般講演)

◎黒目武志, 坂本歩夢, 久米晶子, 久保和幸, 水田 勉: 有機膜で被覆した Cu₂O-Ag バイメタル構造による CO₂電解還元. 錯体化学会第71回討論会 (2021年9月) (一般講演)

◎井手祐徳, 三輪寛人, 久保和幸, 久米晶子, 水田 勉: CCC-Pincer 型カルボジホスホラン白金(II)錯体を用いた不飽和炭化水素化合物のヒドロシリル化反応. 2021日本化学会中国四国支部大会 (2021年11月, オンライン) (一般公演)

◎澁江拓哉, 久保和幸, 久米晶子, 水田 勉: 基質を触媒中心に集積した Cu(I)錯体の選択的 CuAAC 変換および自己触媒作用. 日本化学会第101春季年会 (2022年3月) (一般講演)

◎坂本歩夢, 黒目武志, 久保和幸, 久米晶子, 水田 勉: 異なる形状に成長させた Cu₂O の有機膜被覆および CO₂還元選択性. 日本化学会第101春季年会 (2022年3月) (一般講演)

◎中川いぶき, 久米晶子, 久保和幸, 水田 勉: Ag₂₅Cu₄クラスターの安定性に及ぼすキレートリン配位子の効果, 日本化学会第101春季年会 (2022年3月) (一般講演)

◎澁江拓哉, 久保和幸, 久米晶子, 水田 勉: 反応点を金属周囲に集積させた銅錯体の活性テンプレート効果. 錯体化学会第71回討論会 (2021年9月) (ポスター発表)

◎高嶋賢太郎, 久保和幸, 久米晶子, 水田 勉: ポリシロキサン解重合反応に及ぼすホスフィド架橋 Pd 二核錯体触媒と基質の効果. 錯体化学会第71回討論会 (2021年9月) (ポスター発表)

◎丸山真依, 興津寛幸, 久保和幸, 久米晶子, 水田 勉: ピンサー型カルボジホスホラン-白金錯体を銀イオンで架橋した Pt₂Ag₂四核錯体の反応性. 2021日本化学会中国四国支部大会 (2021年11月, オンライン) (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	0	0
博士課程前期	0	10
博士課程後期	0	0
博士課程前期・後期共	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, 錯体化学会 理事 (2020年9月-)

久米晶子, 錯体化学会 討論会運営委員会委員

・討論会の組織委員

水田 勉, 日本化学会中国四国支部大会2022 事務局長 (2021年9月-)

・高大連携事業

水田 勉, 広島大学附属高等学校 先端研究実習 (基礎化学実験) (2021年7月, 広島大学)

水田 勉, GSC広島 ステップステージセミナー (2021年10月, 広島大学)

水田 勉, GSC広島 ステップステージ ポスター発表 審査員 (2021年11月, 広島市)
水田 勉, 第24回中学生・高校生科学シンポジウム コメンテーター

○研究助成の受け入れ状況

科学研究補助金 挑戦的研究(萌芽) 「触媒サイクルをトリガーする電位信号による分子情報書き込み」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

○座長を行った学会・討論会の名称

久米 晶子: 錯体化学会第71回討論会

久米 晶子: 日本化学会第102春季年会

久保 和幸: 2021日本化学会中国四国支部大会

久保 和幸: 錯体化学会第71回討論会 (ポスター賞審査員)

○その他の委員

水田 勉: 理学部副学部長

水田 勉: 理学部評価委員会委員長

水田 勉: 全学評価委員会委員 (2021年ー)

水田 勉: 設備サポート推進会議委員 (2014年4月ー)

水田 勉: 大学連携研究設備ネットワーク広島大学代表委員 (2014年4月ー)

水田 勉: 機器共用検討委員会委員 (2021年ー)

水田 勉: 一般社団法人尚志会理事長 (2017年6月ー)

水田 勉: 広島大学校友会常任理事 (2017年10月ー)

水田 勉: 広島大学同窓会理事 (2017年10月ー)

水田 勉: サタケ基金運営委員会委員 (2018年4月ー)

分析化学研究グループ

スタッフ 石坂昌司 (教授), 松原弘樹 (准教授), 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3年度の研究成果を以下に掲げる。

1. レーザー捕捉法を用いて、単一エアロゾル液滴の液-液相分離を光学顕微鏡下で観測するとともに、相分離後の液滴形状を計算値と比較することに成功した。
2. OWエマルジョンを界面吸着膜の相転移を駆動力として自発解乳化する実験に成功し、この原理をピッカリングエマルジョンにも拡張した。イオン性-非イオン性界面活性剤の混合吸着膜で安定化された泡沫・泡膜の安定性と電解質濃度の相関を解明した。
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, C. Yamamoto, and H. Yamagishi (2021) Liquid-Liquid Phase Separation of Single Optically Levitated Water-Ionic Liquid Droplets in Air. *J. Phys. Chem. A*, **125**(35), 7716-7722.

H. Matsubara, T. Kimura, R. Miyao, Y. Shin, N. Ikeda (2021) Relation between ionic surfactant concentration and thickness of foam film stabilized by ionic - nonionic surfactant mixed adsorbed films. *Colloids and Surfaces A*, **625**, 126915.

H. Matsubara, R. Mori, E. Ohtomi (2022) Nucleation of Surfactant-Alkane Mixed Solid Monolayer and Bilayer Domains at the Air-Water Interface. *Materials*, **15**, 485.

○著書

本水昌二, 朝本紘充, 石坂昌司, 井原敏博, 内山一美, 齊藤和憲, 佐藤健二, 塚原 聡, 中釜達朗, 西澤精一, 沼田 靖, 南澤宏明, 森田孝節, 吉川賢治, 基礎教育シリーズ 分析化学 基礎編 (第2版) 東京教学社 (2021) [ISBN 978-4-8082-3058-6].

本水昌二, 朝本紘充, 石坂昌司, 井原敏博, 内山一美, 齊藤和憲, 佐藤健二, 塚原 聡, 中釜達朗, 西澤精一, 沼田 靖, 南澤宏明, 森田孝節, 吉川賢治, 基礎教育シリーズ 分析化学 機器分析編 (第2版) 東京教学社 (2021) [ISBN 978-4-8082-3059-3].

○総説・解説

松原弘樹 (2021) 界面吸着の熱力学を基盤とした泡膜の状態制御. 膜, 46, 275-281.

○国際会議

H. Matsubara, M. Gradzielski: Surface freezing of cetyltrimethylammonium chloride - hexadecanol mixed adsorbed film at dodecane-water interface. International Symposium of the 72nd Divisional Meeting of Colloid and Interface Science (2021.9, Online, Japan) (依頼講演)

T. Yamaguchi, S. Matsuo, S. Nakazato, N. Hata, K. Yoshida, S. Ishizaka and K. Ohara: Structure and properties of a single aqueous electrolyte droplet in the air by Raman spectroscopy and X-ray diffraction, The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem) (2021.12.16-21, Virtual) (一般講演)

○国内学会

松原弘樹: 界面吸着の熱力学を基盤とした泡膜の状態制御. 日本膜学会 第43年会 境界領域シンポジウム (2021年6月, オンライン) (招待講演)

松原弘樹: 界面活性剤の油水界面での混合凝縮膜形成を応用した乳化安定性の向上とその拡張性に関する研究. 第2回非線形相律研究会 (2021年12月, 明治大学) (招待講演)

石坂昌司, 田中悠太: ダブルビーム型レーザー捕捉法を用いた気相中にける水滴の光マニピュレ

ーション. 第81回分析化学討論会 (2021年5月22日～23日, 山形大学工学部, オンライン開催)
(一般講演)

松尾俊一郎, 中里駿太郎, 秦 菜月, 山口敏男, 吉田亨次, 栗崎 敏, 石坂昌司, 尾原幸治: ラ
マン散乱とX線回折による硫酸マグネシウム水溶液液滴の濃縮及び結晶化過程のその場観測.

第81回分析化学討論会 (2021年5月22日～23日, 山形大学工学部, オンライン開催) (一般講演)
松原弘樹, 木村拓海, 池田宜弘: 混合吸着膜で安定化された泡膜の膜厚と表面電荷, 電解質濃度
の相関. 第72回コロイドおよび界面化学討論会 (2021年9月, オンライン) (一般講演)

松尾俊一郎, 中里駿太郎, 秦 菜月, 山口敏男, 吉田亨次, 栗崎 敏, 石坂昌司, 尾原幸治: 空
気に浮揚させた単一液滴の構造解析法の開発とその応用. 第57回X線討論会 (2021年11月5日,
福岡大学, オンライン開催) (一般講演)

酒本航平, 石坂昌司: コレステロールの氷核活性に関する研究. 日本分析化学会第70年会 (2021
年9月22日～24日, 神戸大学, オンライン開催) (ポスター)

竹内優稀, 石坂昌司: レーザー捕捉・蛍光相関分光法を用いた過飽和水滴の粘度の計測. 日本分
析化学会第70年会 (2021年9月22日～24日, 神戸大学, オンライン開催) (ポスター)

三和綾乃, 石坂昌司: 光ピンセットを用いた単一エアロゾルの表面電荷計測法の開発. 日本分析
化学会第70年会 (2021年9月22日～24日, 神戸大学, オンライン開催) (ポスター)

◎完田一樹, 石坂昌司, 松原弘樹: 界面活性剤吸着膜の相転移を応用したピッカリングエマルシ
ョンの解乳化. 第72回コロイドおよび界面化学討論会 (2021年9月, オンライン) (ポスター発
表)

松尾俊一郎, 山口敏男, 中里駿太郎, 秦 菜月, 吉田亨次, 栗崎 敏, 石坂昌司, 尾原幸治: 空
気に浮揚させた単一液滴の構造と性質 (2) 硫酸マグネシウム水溶液滴. 第43回溶液化学シンポ
ジウム (2021年10月28日, 京都大学, オンライン開催) (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	0	0
博士課程前期	0	4
博士課程後期	0	0
博士課程前期・後期共	0	0

○セミナー・講演会開催実績

松原弘樹, 第72回コロイドおよび界面化学討論会一般シンポジウム「コロイド・界面における機
能性自発秩序: 非生命系から生命系まで」松原弘樹, 企画提案者 (共同)

○社会活動・学外委員

・学協会役員, 委員

石坂昌司, 日本分析化学会, 中国四国支部常任幹事 (2016～)

松原弘樹, 日本化学会コロイドおよび界面化学部会, 役員幹事 (2014～)

松原弘樹, 日本化学会コロイドおよび界面化学部会, 事業企画委員会委員 (2018～)

松原弘樹, 日本化学会コロイドおよび界面化学部会, 討論会委員会委員 (2018～)

松原弘樹, 日本化学会中国四国支部, 庶務幹事 (2021)

松原弘樹, 日本分析化学会, 中国四国支部幹事 (2021～)

・講習会・セミナー講師

石坂昌司, 第2回光マニピュレーション研究会 (第12回光圧コロキウム), 2021年8月10日, オン
ライン開催, 「レーザー捕捉法と蛍光相関分光法を用いた単一エアロゾル液滴の粘度に関する
研究」

松原弘樹, 界面活性剤セミナー (主催 情報機構), 2021年12月, オンライン, 「界面張力の測
定データから混合吸着膜, 混合ミセルの組成を評価する方法」

・論文誌編集委員

石坂昌司, Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews (Elsevier),

Associate Editor (2021-2023)

松原弘樹, 日本分析化学会, 「分析化学」誌編集委員 (2021-2022)

○共同プロジェクトへの参加状況 (国内)

松原弘樹, 材料から生命までソフトマターサイエンスからの総合理解, 令和3年度 広島大学総合科学推進プロジェクト (代表 ヴィレヌーヴ真澄美)

○他研究機関での講義・客員

松原弘樹, 甲南大学理工学部 機能分子化学科, 非常勤講師 (集中講義), 界面・コロイド化学の基礎, 2021年8月5日～6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 基盤研究(B)「光ピンセットを駆使したエアロゾルのエイジングと雲凝結核活性の解明」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

広島大学総合科学推進プロジェクト「材料から生命までソフトマターサイエンスからの総合理解」分担者 松原弘樹 (2020年1月～2021年12月)

○座長を行った学会・討論会の名称

石坂昌司, 第81回分析化学討論会, 2021年5月22日～23日, 山形大学工学部, オンライン開催

石坂昌司, 日本分析化学会第70年会, 2021年9月22日～24日, 神戸大学, オンライン開催

石坂昌司, 2021年日本化学会中国四国支部大会 (高知大会), 2021年11月13日～14日, オンライン開催

松原弘樹, 第72回コロイドおよび界面化学討論会, 2021年9月, オンライン開催

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、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。

2021年度の主な研究成果の概要を以下に示す。

1. カリックス[5]アレーンとフラレーンのホスト-ゲスト錯形成を基盤としたポリマーの形状制御に成功した。
2. 負の共同性を発現するキャビタンド分子のゲスト包摂挙動を明らかにした。
3. 親水性側鎖を導入したイソオキサゾール骨格をもつ白金錯体の自己集合について明らかにした。
4. 平面積層型分子の自己集合における溶媒応答性について明らかにした。
5. クレフト型ポルフィリンの自己二量化構造を明らかにした。
6. カプセル型分子のキラルゲスト分子の包接挙動を明らかにした。
7. 積水化学工業株式会社と「近赤外調光性ナノグラフェンの開発」「ナノグラフェンの自己集合挙動」に関する共同研究を実施した。
8. クレフト型ポルフィリンの芳香族分子包接挙動を明らかにした。

○発表論文

原著論文

- ◎M. Yoshida, T. Hirao, T. Haino, (2021) Self-assembly of neutral platinum complexes possessing chiral hydrophilic TEG chains. *Org. Biomol. Chem.*, **19**, 5303-5311.
- ◎T. Hirao, K. Fukuta, T. Haino, (2021) Polymerization of a Biscalix[5]arene Derivative. *RSC Adv.*, **11**, 17587-17594.
- ◎S. Machida, M. Kida, S. Muramatsu, T. Hirao, T. Haino, Y. Inokuchi, (2021) Gas-Phase UV Spectroscopy of Chemical Intermediates Produced in Solution: Oxidation Reactions of Phenylhydrazines by DDQ. *J. Phys. Chem. A*, **125**, 6697-6702.
- ◎H. Fujimoto, D. Shimoyama, K. Katayanagi, N. Kawata, T. Hirao, T. Haino, (2021) Negative Cooperativity in Guest Binding of Ditopic Self-Folding Biscavitand. *Org. Lett.* **23**, 16, 6217-6221.
- ◎Y. Ono, T. Hirao, T. Haino, (2021) Solvent-Directed Formation of Helically Twisted Stacking Constructs via Self-Assembly of Tris(phenylisoxazolyl)benzene Dimers. *Org. Biomol. Chem.*, **19**, 7165-7171.
- ◎N. Hisano, T. Hirao, T. Haino, (2021) Self-Complementary Structure of Bisporphyrin Dimer. *Chem. Lett.*, **50**, 1844-1847.
- ◎T. Hirao, N. Fujii, Y. Iwabe, T. Haino, (2021) Self-Sorting Behavior in Supramolecular Fullerene Polymerization Directed by Host-Guest Complexation between Calix[5]arene and C60. *Chem. Commun.*, **57**, 11831-11834.
- ◎M. Morie, R. Sekiya, T. Haino, (2021) Synthesis and Conformational Characteristics of Calix[4]arene Oligomers. *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **94**, 2792-2799.
- J. Ohshita, A. Ohta, S. Z. B. Saadom, Y. Adachi, H. Murakami T. Haino, (2022) Synthesis and optical properties of disiloxane-linked decathiophene and dodecathiophene polymers. *Polym. J.*, **54**, 91-96.
- ◎I. Matsumoto, R. Sekiya, H. Fukui, R. -D. Sun, T. Haino, (2022) Electrochromism of Nanographenes in the Near-Infrared Region. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **61**, e202200291.
- ◎K. Hamada, D. Shimoyama, T. Hirao, T. Haino, (2022) Chiral Supramolecular Polymer Formed via Host-Guest Complexation of an Octaphosphonate Biscavitand and a Chiral Diammonium Guest. *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **95**, 621-627.
- N. Hisano, T. Haino, (2022) Host-Guest Complexation of Bisporphyrin Cleft and Electron-Deficient Aromatic Guests. *J. Org. Chem.*, **87**, 4001-4009.

総説

- ◎R. Sekiya, K. Harada, N. Nitta, T. Haino, (2022) Resorcinarene-based Supramolecular Capsules – Supramolecular Functions and Applications. *Synlett*, **33**, 518-530.

◎R. Sekiya, K. Harada, N. Nitta, T. Haino, (2022) Nanographene – A Scaffold of Two-Dimensional Materials *Chem. Rec.*, **22**, e202100257.

T. Hirao, (2022) Non-racemically Twisted Supramolecular Fullerene Polymers, 高分子, **71**, 1月号, 6.

著書

◎T. Hirao, T. Haino, (2022) SUPRAMOLECULAR CHEMISTRY OF FULLERENES. Handbook of Fullerene Science and Technology, Springer. DOI:10.1007/978-981-13-3242-5_36-1.

○ 講演等

国際会議

◎T. Hirao, Y. Iwabe, N. Fujii, T. Haino: Development of Non-racemic Helical Polymers with Fullerene Array on the Polymer Backbone. MIRAI 2.0 Digital Research and Innovation Week (2021.6, online) (Oral)

◎S. Takahashi, R. Sekiya, T. Haino: Development of Metal Nanoparticles Doped Nanographenes. the 18th Nano Bio Info Chemistry Symposium (2021.12, online) (Oral)

T. Haino: Development of supramolecular polymeric assemblies directed through distinctive host-guest structures. Pacifichem (2021.12, online) (invited)

T. Haino: Chemistry of Edge-Functionalized Graphenes. Pacifichem (2021.12, online) (invited)

T. Hirao: Development of Helical Supramolecular Fullerene Polymers. 2022 International Conference on Modern Challenges in Polymer Science and Technology (2022.1, Taiwan Taichun, onsite/online hybrid) (invited)

国内会議

◎原田健太郎, 関谷 亮, 灰野岳晴: キャビタンドを基にしたヘミカルセランダの合成と分子認識, 第18回ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム (2021年6月, オンライン)(口頭)

久野尚之, 灰野岳晴: 電子不足ゲスト分子とビスポルフィリンクレフトの会合挙動, 第18回ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム (2021年6月, オンライン)(ポスター)

◎森江将之, 関谷 亮, 灰野岳晴: カリックス[4]アレーンと金属イオンの自己集合により形成される三重らせんホスト分子の水におけるゲスト包接挙動, 第18回ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム (2021年6月, オンライン)(ポスター)

◎浜田幸希, 下山大輔, 平尾岳大, 灰野岳晴: ビスキャビタンドの自己集合を駆動力とした超分子らせんポリマーの合成, 第18回ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム (2021年6月, オンライン)(ポスター)

◎岸野 晴, 平尾岳大, 灰野岳晴: キラルな溶媒中におけるテトラキスポルフィリン超分子ポリマーのらせん構造, 第18回ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム (2021年6月, オンライン)(ポスター)

灰野岳晴: カリックス[5]アレーンとC60分子認識により制御される超分子ポリマーの構造と機能, 第70回高分子討論会 (2021年9月, オンライン)(招待講演)

灰野岳晴: 分子認識により制御される超分子ポリマーの構造と機能, 第70回高分子討論会 (2021年9月, オンライン)(特別招待講演)

◎平尾岳大, 福田和志, 灰野岳晴: 末端にカリックス[5]アレーン部位を有するポリアルキルメタクリレート合成, 第37回有機合成化学セミナー (2021年9月, オンライン)(ポスター)

◎関谷 亮, 松本育也, 灰野岳晴: ナノグラフェンの化学修飾と自己集合, 第37回有機合成化学セミナー (2021年9月, オンライン)(ポスター)

久野尚之, 灰野岳晴: 電子不足ゲスト分子とクレフト型マルチポルフィリンホスト分子の会合挙動, 第31回基礎有機化学討論会 (2021年9月, オンライン)(口頭)

◎松本育也, 関谷 亮, 灰野岳晴: 長鎖アルキル基を導入したナノグラフェンの自己集合挙動, 第31回基礎有機化学討論会 (2021年9月, オンライン)(ポスター)

◎原田健太郎, 関谷 亮, 灰野岳晴: キャビタンドを基にしたヘミカルセランダの合成とアロステリックな分子認識, 第31回基礎有機化学討論会 (2021年9月, オンライン)(ポスター)

◎浜田幸希, 下山大輔, 平尾岳大, 灰野岳晴: ビスキャビタンドの金属配位により生じる超分子らせんポリマー, 第31回基礎有機化学討論会 (2021年9月, オンライン)(ポスター)

◎吉田真也, 平尾岳大, 灰野岳晴: ビス(フェニルイソオキサゾリル)ベンゼン部位をもつ白金(II)錯体の自己集合により生じる超分子ポリマーの特異な溶液物性, 第31回基礎有機化学討論会 (2021年9月, オンライン)(ポスター)

- ◎藤本陽菜, 下山大輔, 平尾岳大, 灰野岳晴: Rebek キャビタンドを導入したビスレゾルシンアレーンホスト分子の合成と協同的分子認識, 第31回基礎有機化学討論会 (2021年9月, オンライン)(ポスター)
- ◎岸野 晴, 平尾岳大, 灰野岳晴: キラルな溶媒によるポルフィリン超分子ポリマーの構造制御, 第31回基礎有機化学討論会 (2021年9月, オンライン)(ポスター)
- ◎森江将之, 関谷 亮, 灰野岳晴: カリックス[4]アレーンオリゴマーの配座構造の制御, 第31回基礎有機化学討論会 (2021年9月, オンライン)(ポスター)
- ◎高橋周作, 関谷 亮, 灰野岳晴: 金属ナノ粒子で修飾した脂溶性ナノグラフェンの開発, 第31回基礎有機化学討論会 (2021年9月, オンライン)(ポスター)
- ◎小野雄大, 平尾岳大, 灰野岳晴: トリス(フェニルイソオキサゾリル)ベンゼン二量体の自己集合によるらせん超分子ポリマーの合成, 第31回基礎有機化学討論会 (2021年9月, オンライン)(ポスター)
- 灰野岳晴: 酸化分解により得られるナノグラフェンの有機化学, セルロース・ナノカーボン複合材料専門委員会 (2021年11月, オンライン)(招待講演)
- 平尾岳大: 特異な分子認識を駆動力とした超分子ポリマーの合成, 第36回中国四国地区高分子若手研究会 (2021年11月, オンライン)(依頼講演)
- ◎浜田幸希, 下山大輔, 平尾岳大, 灰野岳晴: ビスキャビタンド分子の自己集合により生じる超分子らせんポリマー, 2021年日本化学会中国四国支部大会高知大会 (2021年11月)(口頭)
- ◎岸野 晴, 平尾岳大, 灰野岳晴: キラルな溶媒によって制御される超分子ポルフィリンポリマーのらせん構造, 2021年日本化学会中国四国支部大会高知大会 (2021年11月)(口頭)
- ◎小野雄大, 平尾岳大, 灰野岳晴: トリス(フェニルイソオキサゾリル)ベンゼン二量体の自己集合と負の非線形キラル応答, モレキュラーキラリティー2021 (2021年11月)(ポスター)
- ◎吉田真也, 平尾岳大, 灰野岳晴: アキラル側鎖を導入したビス(フェニルイソオキサゾリル)ベンゼン配位子をもつ白金(II)錯体の自己集合により生じる超分子ポリマーの特異な溶液物性, モレキュラーキラリティー2021 (2021年11月)(ポスター)
- ◎森江将之, 関谷 亮, 灰野岳晴: カリックス[4]アレーンの自己集合により形成される水溶性三重らせんホスト分子の協同的ゲスト包接, モレキュラーキラリティー2021 (2021年11月)(ポスター)
- ◎原田健太郎, 関谷 亮, 灰野岳晴: キラル空間を有する金属配位型レゾルシンアレーンカプセルの合成, モレキュラーキラリティー2021 (2021年11月)(ポスター)
- ◎小野雄大, 平尾岳大, 灰野岳晴: トリス(フェニルイソオキサゾリル)ベンゼン水素結合二量体の自己集合と負の非線形応答, 日本化学会第102回春季年会 (2022年3月)(口頭)
- ◎原田健太郎, 関谷 亮, 灰野岳晴: キラルな包接空間を有する金属配位型レゾルシンアレーンカプセルの合成とキラル光学特性, 日本化学会第102回春季年会 (2022年3月)(口頭)
- ◎松本育也, 関谷 亮, 中壽賀章, 福井弘司, 孫 仁徳, 灰野岳晴: トリフェニルアミンを導入したナノグラフェンの合成と近赤外調光性能, 日本化学会第102回春季年会 (2022年3月)(口頭)
- ◎森江将之, 関谷 亮, 灰野岳晴: カリックス[4]アレーンの自己集合により形成される三重らせんホスト分子の水中における協同的ゲスト包接, 日本化学会第102回春季年会 (2022年3月)(口頭)
- ◎吉田真也, 平尾岳大, 灰野岳晴: 親水側鎖を導入したビス(フェニルイソオキサゾリル)ベンゼン配位子をもつ白金(II)錯体の自己集合, 日本化学会第102回春季年会 (2022年3月)(口頭)
- ◎岸野 晴, 平尾岳大, 灰野岳晴: キラルな溶媒中における超分子ポルフィリンポリマーのらせん構造, 日本化学会第102回春季年会 (2022年3月)(口頭)

○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	0	0
博士課程前期	1	17
博士課程後期	0	10
博士課程前期・後期共	0	0

○セミナー・講演会開催実績

灰野岳晴, 第37回有機合成化学セミナー実行委員長, 第37回有機合成化学セミナー, 2021年9月15日～9月17日, オンライン開催

関谷 亮, 第37回有機合成化学セミナー実行委員, 第37回有機合成化学セミナー, 2021年9月15日～9月17日, オンライン開催

平尾岳大, 第37回有機合成化学セミナー実行委員, 第37回有機合成化学セミナー, 2021年9月15日～9月17日, オンライン開催

灰野岳晴, MC2021実行委員, Symposium on Molecular Chirality 2021, 2021年11月29日～11月30日, 現地/オンライン, ハイブリッド開催 (東広島)

関谷 亮, MC2021実行委員, Symposium on Molecular Chirality 2021, 2021年11月29日～11月30日, 現地/オンライン, ハイブリッド開催 (東広島)

平尾岳大, MC2021実行委員, Symposium on Molecular Chirality 2021, 2021年11月29日～11月30日, 現地/オンライン, ハイブリッド開催 (東広島)

○社会活動・学外委員

灰野岳晴: 新規素材探索研究会幹事(2001-2021)

灰野岳晴: 有機 π 電子系学会幹事(2007-)

灰野岳晴: ホスト-ゲスト・超分子化学研究会幹事(2006-)

灰野岳晴: 基礎有機化学会理事(2020-2024)

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: 高分子学会中国四国支部支部幹事(2020-)

灰野岳晴: 有機合成化学協会令和2・3年度代議委員(2019-2021)

灰野岳晴: Guest Editor of Polymer, a Special Issue in Polymer "Supramolecular Polymer"(2016-)

灰野岳晴: Frontiers in Chemistry, Review Editor of the Editorial Board of Supramolecular Chemistry, (2017-)

灰野岳晴: 第102春季年会プログラム小委員会部門長, 有機化学-構造有機化学, (2021-2022)

灰野岳晴: モレキュラーキラリティー2021実行委員(2021)

平尾岳大: 日本化学会生体機能関連化学部会若手幹事(2019-)

○産学官連携実績

積水化学工業株式会社と「近赤外調光性ナノグラフェンの開発」「ナノグラフェンの自己集合挙動」に関する共同研究を実施

ダイキョーニシカワ株式会社と「機能性グラフェンの合成」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)

・次世代太陽電池研究拠点 (代表: 尾坂格教授) に参加

・広島大学の井口佳哉教授と「フェニルヒドラジンの酸化反応中間体の気相分光」に関する共同研究を実施

・広島大学の片柳克夫准教授と「負の共同性を発現するキャピタンド分子のゲスト包摂挙動」に関する共同研究を実施

・広島大学の太下浄治教授と「チオフェン含有ポリマーの合成と光学特性」に関する共同研究を実施

○研究助成の受け入れ状況

・科学研究費補助金 挑戦的研究 (萌芽), 分子構造の伸縮により運動する超分子アクチュエータの開発, 灰野岳晴 (代表者)

・科学研究費補助金 学術変革領域研究(A), ナノグラフェンの集積化による高密度電子共役システムの創製, 灰野岳晴 (代表者)

・科学研究費補助金 基盤研究(A), 超分子により提供される不斉空間の機能創成, 灰野岳晴 (代表者)

・科学研究費補助金 挑戦的研究 (萌芽), ナノグラフェンエッジを利用した高分子合成, 関谷 亮 (代表者)

・科学研究費補助金 若手研究, 重合度を制御した直鎖状超分子ポリマーの合成, 平尾岳大 (代表者)

者)

○受賞状況（職員）

灰野岳晴，広島大学DP（Distinguished Professor），2021年10月

平尾岳大，高分子研究奨励賞「特異的分子認識により配列構造制御された超分子ポリマーの構築」，
2021年5月

○受賞状況（学生）

原田健太郎（D1）第31回基礎有機化学討論会，優秀ポスター賞，2021年9月

藤井直香（D2）Micron Awards，マイクロン科学技術奨学金，2021年9月

藤本陽菜（D2）Micron Awards，マイクロン科学技術奨学金，2021年9月

新田菜摘（D3）広島大学学術奨励賞，2021年10月

久野尚之（D3）広島大学学術奨励賞，2021年10月

小野雄大（D1）広島大学学術奨励賞，2021年10月

原田健太郎（D1）広島大学学術奨励賞，2021年10月

森江将之（M2）広島大学学術奨励賞，2021年10月

吉田真也（M2）広島大学学術奨励賞，2021年10月

岸野 晴（M1）2021年日本化学会中国四国支部大会，口頭発表賞，2021年11月

原田健太郎（D1）モレキュラーキラリティー2021，最優秀ポスター賞，2021年11月

高橋周作（M1）the 18th Nano Bio Info Chemistry Symposium，Student Award，2021年12月

久野尚之（D3）Excellent Student Scholarship，2021年12月

新田菜摘（D3）Excellent Student Scholarship，2021年12月

松本育也（M2）広島大学大学院先進理工系科学研究科長表彰，2022年3月

松本育也（M2）広島大学学生表彰，2022年3月

吉田真也（M2）日本化学会中国四国支部支部長賞，2022年3月

小野雄大（D1）第102日本化学会春季年会，学生講演賞，2022年3月

原田健太郎（D1）第102日本化学会春季年会，学生講演賞，2022年3月

新田菜摘（D3）広島大学大学院理学研究科長表彰，2022年3月

新田菜摘（D3）広島大学化学同窓会賞，2022年3月

○座長を行った学会・討論会の名称

灰野岳晴：第70回高分子討論会（2021年9月，オンライン）

灰野岳晴：第102日本化学会春季年会（2022年3月，オンライン）

平尾岳大：2021年日本化学会中国四国支部大会高知大会（2021年11月，オンライン）

○その他特記事項

灰野岳晴：薬品管理システム専門委員会委員（2004年4月—）

灰野岳晴：図書館運営戦略会議委員（2009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. 電子励起原子の反応素過程に関する速度論的および動力学的研究

電子励起硫黄原子 $S(^1D)$ と種々の分子 (CS_2 , NH_3 , N_2O) との反応で生成する分子をレーザ分光法により検出し, 反応分岐比や生成分子内でのエネルギー分配の測定結果から反応機構を解明する研究を進めている。2021(R03)年度は実験研究([1]~[3])を遂行した。[1] $S(^1D)$ と二硫化硫黄 (CS_2) との反応で生成する $CS(X^1\Sigma^+, v=0)$ を $A^1\Pi-X^1\Sigma^+ (0,0)$ 遷移にもとづくレーザ誘起蛍光(LIF)により検出した。 $A^1\Pi (v=0)$ と $a^3\Sigma^+ (v=10)$ の間の摂動を考慮した全回転線の帰属に成功し, 学術誌に発表した(表紙掲載)。[2] $S(^1D)$ の NH_3 による消光過程で生じる $S(^3P)$ を2光子励起真空紫外発光検出法により定量し, 消光過程の分岐比が92%であることを明らかにした。[3] $S(^1D)$ と亜酸化窒素(N_2O)との反応で生成する $NS(X^2\Pi, v=0)$ を $A^2\Delta-X^2\Pi (0,0)$ 遷移にもとづく LIF により検出し, シミュレーションによる励起スペクトルの再現に成功した。

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

イオン・イメージング法を用いた光化学反応ダイナミクス研究を, アルキル金属錯体, カルボニル遷移金属錯体, 有機アミン・アミド, および亜硝酸メチルに対して行った。量子化学計算による電子励起状態のポテンシャルエネルギー曲面構造とともに測定結果を解析して, それぞれ特徴的な反応経路を同定した。レーザー光イオン化法を取り入れた RF イオンガイド法により, 分子自由度を制御したイオン・分子反応の実験的研究を行った。NO イオンから炭化水素分子へのヒドリド移動過程を実験的に観測するに至った。国内共同研究として行った放射光施設を利用した光電子円二色性の研究では, キラル化合物の光電子円二色性の光エネルギー依存性を明らかにした。国際共同研究として行っている星間化学テーマに関しては, 星間分子イオンおよび遷移金属錯体に関する共著論文を発表した。

○発表原著論文

- ◎S. Tendo, H. Tanimoto, K. Kobayashi, H. Kohguchi, K. Yamasaki (2021) Nascent Vibrational Distributions of $S_2(X^3\Sigma_g^-)$ Generated in the $S(^1D) + OCS$ Reaction and Vibrational Relaxation by Collisions with He and CF_4 . *Chem. Phys. Lett.*, **779**, 138841. DOI: 10.1016/j.cplett.2021.138841.
- ◎S. Tendo, A. Nishimura, Y. Ogino, H. Kohguchi, K. Yamasaki (2022) Detection of Atomic Bromine ($4p^5\ ^2P_J; J=1/2, 3/2$) by Two-Photon Laser-Induced Vacuum Ultraviolet Emission. *Chem. Phys. Lett.*, **787**, 139253. DOI: 10.1016/j.cplett.2021.139253.
- ◎Y. Kuroko, M. Kanasaki, H. Kohguchi, K. Yamasaki (2022) Complete Rotational Assignment of the (0,0) Vibrational Band of the $A^1\Pi-X^1\Sigma^+$ Transition of Carbon Monosulfide. *Chem. Phys. Lett.*, **789**, 139326. DOI: 10.1016/j.cplett.2021.139326.

○著書

- 山崎勝義 : 詳説 物理化学Monographシリーズ (上). 第1版第1刷, 広島大学出版会, 単著, 総頁数447.
- 山崎勝義 : 詳説 物理化学Monographシリーズ (中). 第1版第1刷, 広島大学出版会, 単著, 総頁数419.
- 山崎勝義 : 詳説 物理化学Monographシリーズ (下). 第1版第1刷, 広島大学出版会, 単著, 総頁数385.

○総説

- 山崎勝義 : 高等学校教科書「化学」における化学平衡および平衡定数の記述, 化学と教育, 第69巻・第10号, 単著, 総頁数4.
- 山崎勝義 : 化学平衡の熱力学と平衡定数の表記, 化学と教育, 第69巻・第10号, 単著, 総頁数6.

○国際会議

- H. Nakata, K. Nagamori, M. Haze, and H. Kohguchi: Gas-Phase Study of Photo-Induced Ligand Release Dynamics of Transition-Metal Complexes (Invited), 11th Asian Photochemistry Conference, (2021年11月, オンライン(ソウル)) (招待講演)
- ◎T. Mochizuki, K. Yamasaki, H. Kohguchi: Development of Guided Ion Beam Apparatus to Measure Ion Rotational and Vibrational Effects in NO^+ + Hydrocarbon Systems. 36th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (2021年6月, オンライン(東京)) (ポスター)
- ◎Y. Unemi, K. Inoue, K. Yamasaki, H. Kohguchi: Correlation between the vibronic state of methyl nitrite and the vibrational state of NO products in the S_1 photodissociation. 36th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (2021年6月, オンライン(東京)) (ポスター)
- ◎P. Wangchinchai, K. Yamasaki, H. Kohguchi: N-CH₃ and N-H dissociation pathways from 3p Rydberg state of dimethylamine. 36th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (2021年6月, オンライン(東京)) (ポスター)
- ◎Y. Ogino, S. Tendo, A. Nishimura, H. Kohguchi, K. Yamasaki: Rate coefficient for quenching of electronically excited Br(4p⁴5p) by collisions with He. 36th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (2021年6月, オンライン(東京)) (ポスター)
- ◎M. Kanesaki, H. Kohguchi, K. Yamasaki: Reactivity with NH₃ of S(¹D) and the yield of HS(X²Π). 36th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (2021年6月, オンライン(東京)) (ポスター)

○国内学会

- ◎井上健翔, 篠原 亮, 采見悠吾, 山崎勝義, 高口博志: 二面角ポテンシャルエネルギー曲面による亜硝酸メチルの高回転励起NO生成の考察. 第15回分子科学討論会 (2021年9月, 札幌 (オンライン)) (ポスター)
- 高口博志, 金安達夫, 彦坂泰正, 和田真一, 加藤政博, 藤本将輝, 太田紘志, 鈴木喜一: 光電子円二色性を示すキラル分子の探索. UVSORシンポジウム2021 (2021年11月, 愛知 (オンライン)) (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	0	0
博士課程前期	4	1
博士課程後期	1	0
博士課程前期・後期共	1	0

○社会活動・学外委員

・学協会役員

山崎勝義, 日本化学会単位・記号専門委員会委員長 (2019-2022)

山崎勝義, 日本化学会単位・記号専門委員会委員 (2015-2022)

山崎勝義, 日本分光学会中国四国支部代議員 (2004, 2006-2021)

山崎勝義, 日本分光学会中国四国支部監査 (2006-2021)

高口博志, 分子科学会運営委員 (2019-)

高口博志, 日本分光学会編集委員 (2012-)

高口博志, 原子衝突学会行事委員 (2021-)

・講習会・セミナー講師

高口博志, 東北大学理学部化学教室一般雑誌会「脱離配位子の運動解析による遷移金属錯体の光化学研究」(2021年10月12日, 東北大学)

・高大連携事業

高口博志, 広島大学模擬授業 広島市立広島中等教育学校 (2021年7月, オンライン)

・論文誌編集委員
山崎勝義, Chemical Physics Letters, Advisory Editorial Board (2016-)

・その他の委員
山崎勝義, 広島大学出版会運営委員 (2021-)
山崎勝義, 広島大学北京研究センター運営委員 (2006-)

○国際共同研究・国際会議開催実績

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-)

○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」(2019-)

○他研究機関での講義・客員

高口博志, 兵庫県立大学理学部, 非常勤講師, 2021年8月25日-27日

高口博志, 東北大学大学院理学研究科, 非常勤講師, 2021年10月11日-12日

○研究助成の受け入れ状況

新分野創成センター先端光科学研究プロジェクト, 光電子円二色性による分子らせん誘起キラリティの評価とキラル反応場構築法の開拓, 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 学術変革領域研究(A)(公募研究), 準低温化学研究の開拓のための量子状態と反応温度の同時制御実験法の開発, 研究代表者 高口博志

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

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

○受賞状況 (学生)

望月達人 (M2), 36th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics, Best Poster Prize 「Development of Guided Ion Beam Apparatus to Measure Ion Rotational and Vibrational Effects in NO⁺ + Hydrocarbon Systems」(2021)

有機典型元素化学研究グループ

スタッフ 吉田 拓人 (教授), 中本 真晃 (准教授), Shang Rong (助教, ※2021年9月まで)

○研究活動の概要

当研究グループでは、新反応・新反応剤・新触媒の開発に基づいた新しい有機合成手法の開発に取り組んでいる。特に、有機典型金属化合物、反応性中間体、遷移金属触媒の活用を念頭に置いている。また、高歪み分子、反芳香族分子や新しい配位子の創製にも取り組んでいる。2021年度の成果の概要を以下に示す。

元素本来の特徴としてルイス酸性を示すホウ素の置換基を緻密にデザインし、ルイス酸性を高度に抑制した有機ホウ素化合物群合成に取り組んだ。種々の新奇ホウ素化反応やホウ素反応剤創出に成功している。また、ルイス酸性抑制型有機ホウ素化合物を用いた直接クロスカップリング反応も達成した。さらに、ホウ素同様有機合成上有用な有機スズ化合物群創製に向けた新奇スタニル化反応や、スズ部位のトランスメタル化活性の違いを利用したサイト選択的クロスカップリング反応も開発している。(吉田)

高歪み炭素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、分子構造や電子状態および空間的な芳香族性の拡張に関する研究を行なっている。シクロブタジエンジアニオンを用いたケイ素求電子剤やホウ素試薬との反応により多面体分子への合成研究に進展があった。また、その分光的性質と反応性、シクロブタジエン二量体の反応、高歪み分子の官能基変換に関する知見を得た。現在、反芳香族分子の集積化に向けて合成法を検討中である。(中本)

The boryl/borane diboron ligand has shown to activate isonitrile, from which a heterocyclic (boryl)(imno)carbene (^CBNC) gold complex was generated. The anionic ^CBNC ligand is highly π -acidic and redox active. Upon $2e^-$ reduction, the first example of isolable carbene aurate(I) complex has been fully characterized.

The bis(boryl)phosphine, developed as an ambiphilic ligand for transition metal complexes has shown to convert H_2O to H_2 through a borane-phosphine-borane 3-centered mechanism. Its complexation on metal is underway.

In addition, the all-carbon ligated homoleptic anionic CCC-pincer Ir(III) undergoes an oxidative C-C coupling upon $2e^-$ oxidation, to generate a chiral spiral cationic Ir(III). Its mechanism is currently being investigated. (Shang)

○発表原著論文

- ◎S. Kamio, T. Imagawa, M. Nakamoto, M. Oestreich, H. Yoshida (2021), HMPA-Free Generation of Trialkylsilyllithium Reagents and Its Applications to the Synthesis of Silylboronic Esters. *Synthesis* **53**, 4678–4681.
- ◎T. Tsushima, H. Tanaka, K. Nakanishi, M. Nakamoto, H. Yoshida (2021), Origins of Internal Regioselectivity in Copper-Catalyzed Borylation of Terminal Alkynes. *ACS Catal.* **11**, 14381–14387.
- I. Kageyuki, J. Li, H. Yoshida (2022), Platinum–P(BF₃Py)₃-Catalyzed Regioselective Diboration of Terminal Alkynes with (pin)B–B(aam). *Org. Chem. Front.* **9**, 1370–1374.
- ◎K. Nakanishi, J. O. C. Jimenez-Halla, S. Yamazoe, M. Nakamoto, R. Shang, Y. Yamamoto (2021), Synthesis and Isolation of an Anionic Bis(dipyrido-annulated) N-Heterocyclic Carbene CCC-Pincer Iridium(III) Complex by Facile C–H Bond Activation. *Inorg. Chem.* **60**, 9970–9976.
- ◎T. Oishi, L. I. Lugo-Fuentes, Y. Jing, J. O. C. Jimenez-Halla, J. Barroso-Flores, M. Nakamoto, Y. Yamamoto, N. Tsunoji, R. Shang (2021), Proton to hydride umpolung at a phosphonium center via electron relay: a new strategy for maingroup based water reduction. *Chem. Sci.*, **12**, 15603–15608.
- ◎M. Kida, K. Wada, S. Muramatsu, R. Shang, Y. Yamamoto, Y. Inokuchi, Spherand complexes with Li⁺ and Na⁺ ions in the gas phase: encapsulation structure and characteristic unimolecular dissociation, *Physical Chemistry Chemical Physics* **2021**, *23*, 25029–25037.
- T. Matsuo, T. Yamaguchi, T. Hirohata, M. Nakamoto, Y. Yamamoto, Y. Maeda, A. Kawachi (2021), Synthesis of Alkoxy-Substituted Oligosilanes using [β -(Alkoxy)disilanyl]lithium. *Eur. J. Inorg. Chem.*, **2021**, 4096–4102.

○総説

J. Li, H. Yoshida (2021), Recent Advances in Synthetic Transformations with Robust yet Reactive B(dan) Moiety. *Heterocycles* **102**, 1478–1516.

H. Yoshida (2021), Borylation and Stannylation Reactions with Tuning of Lewis Acidity. *Chem. Rec.* **21**, 3483–3497.

○著書

H. Yoshida (2021), *N*-(Carboxymethyl)-*N*-methyl-glycine. in *e-EROS Encyclopedia of Reagents for Organic Synthesis*, Wiley.

H. Yoshida (2021), Multicomponent Reactions Involving Arynes and Related Chemistry. in *Modern Aryne Chemistry*, ed. by A. T. Biju, Wiley-VCH, Weinheim, pp. 149–182.

吉田 拓人 (2021), 「アルケン, アルキンのポリル官能基化」「アラインの官能基化」. 有機合成のための新触媒反応101, 有機合成化学協会編, 東京化学同人.

○国際会議

H. Yoshida: Synthetic Chemistry with Lewis Acidity-Diminished Organoboron Compounds. Hiroshima University & National Taiwan University Joint Symposium on Chemistry (2022年3月, Online) (招待講演)

R. Shang: Developments of main-group ligands for transition metal complexes: a journey of unexpected reactivity. Hiroshima University & National Taiwan University Joint Symposium on Chemistry (2022年3月, Online) (招待講演)

R. Shang, K. Nakanishi, S. Zhang, N. Maeta, Y. Yamamoto, S. Yamazoe: Dipyrido-Annulated N-Heterocyclic Carbene-Based Pincer Ligands and Their Complexation To Late Transition Metals. The International Chemical Congress Of Pacific Basin Societies (PacifiChem) (2021年12月, online) (#222 Unusual Structure and Reactivity in the Main Group: From Fundamental to Functional Materials)

R. Shang, S. Furukawa, Y. Kimura, S. Saito, J. O. Jimenez-Halla, Y. Yamamoto: Facile Reactions Of Azadiboriridines With Late Transition Metals - Insights Into B-B Bond Cleavage. Poster-presentation. The International Chemical Congress Of Pacific Basin Societies (PacifiChem) (2021年12月, online) (#372 Organoboron Chemistry: Organic Synthesis, Chemical Biology and Medicinal Chemistry)

M. Nakamoto, Y. Kobayashi, K. Okaniwa, A. Sekiguchi, Y. Yamamoto: Biradical character in Silyl Cyclobutadienes: Phenylene Brigaded Dimer. International Symposium on Silicon Chemistry (ISOS) (2021年6月, online) (Poster P-147)

R. Shang: Developments of main-group ligands for Transition Metal Complexes: a journey of unexpected reactivity. E Quimica Inorganica (EQI, Mexican Meeting of Inorganic Chemistry) (2021年10月5日, online) (招待講演).

◎K. Nakanishi, R. Shang, Y. Yamamoto, J. Oscar C. Jimenez-Halla, S. Yamazoe, M. Nakamoto, H. Yoshida: Synthesis and Reactivity of the Anionic Iridium Complex bearing All-carbon Ligated Pincer Ligands with Dipyrido-annulated Carbene Framework. E Quimica Inorganica (EQI, Mexican Meeting of Inorganic Chemistry) (2021年10月5日, online) (poster)

◎Y. Shimada, R. Shang, H. Yoshida, M. Nakamoto: Attempt to synthesize silyl-substituted diphosphatetrahedrane: highly strained organophosphorus molecule. NaBic2021 (2021年12月14日, online) (oral)

T. Imagawa, B. Morgenstern, M. Nakamoto, D. Scheschkewitz: Toward a synthesis of the silicon-carbon mixed cluster: Using cyclobutadiene as a key Component. 30th ATC Industrial Inorganic Chemistry – Materials and Processes & 2nd ATC PhD Student Workshop. (Frankfurt, Germany) (2022年2月23日) (poster)

○国内学会

◎対馬拓海, 田中英也, Shang Rong, 中本真晃, 吉田拓人: 末端アルキンの銅触媒ホウ素化における内部選択性の起源. 第67回有機金属化学討論会 (2021年9月, オンライン) (ポスター)

◎宮崎一智, Shang Rong, 中本真晃, 吉田拓人: 新しいルイス酸性抑制ボランH-B(mdan)の合成と反応. 第67回有機金属化学討論会 (2021年9月, オンライン) (ポスター)

◎対馬拓海, 田中英也, 中西一貴, Shang Rong, 中本真晃, 吉田拓人: 末端アルキンの銅触媒ホウ素化における内部選択性の起源. 第11回CSJ化学フェスタ2021 (2021年10月, オンライン) (ポスター)

◎宮崎一智, Shang Rong, 中本真晃, 吉田拓人: 新しいルイス酸性抑制ホウ素H-B(mdan)の合成と

- 反応. 第11回CSJ化学フェスタ2021 (2021年10月, オンライン) (ポスター)
- ◎対馬拓海, 金崎達也, Shang Rong, 中本真晃, 吉田拓人: 銅触媒を用いる末端アルキンの内部選択的三成分カルボホウ素化反応. 第102回日本化学会春季年会 (2022年3月, オンライン) (口頭発表)
- ◎藤原礼華, 常光竜介, Shang Rong, 中本真晃, 吉田拓人: 銅触媒およびアラインを用いるスタンール合成. 第102回日本化学会春季年会 (2022年3月, オンライン) (口頭発表)
- ◎友田和希, Shang Rong, 中本真晃, 吉田拓人: パラジウム/銅協働触媒を用いるルイス酸性抑制有機ホウ素反応剤の直接鈴木-宮浦クロスカップリング反応. 第102回日本化学会春季年会 (2022年3月, オンライン) (口頭発表)
- ◎Shang Rong, 木村好貴, Leonardo I. Lugo-Fuentes, 齋藤聡太, J. Oscar C. Jimenez-Halla, Joaquín Barroso-Flores, 中本真晃, 山本陽介, 吉田拓人: レドックス活性を有する 4π 型ホウ素・窒素含有複素環カルベン(BNC)を用いた金アニオン錯体の合成と特性評. 第67回有機金属化学討論会 (2021年9月, オンライン) (口頭発表)
- ◎中西一貴, Shang Rong, 山本陽介, J. Oscar C. Jimenez-Halla, 山添誠司, 中本真晃, 吉田拓人: ジピリド縮環型カルベン骨格全炭素ピンサー型配位子を有したイリジウムアニオン錯体の酸化反応. 第67回有機金属化学討論会 (2021年9月, オンライン) (ポスター)
- ◎中本真晃, 今川大樹, 鈴木啓太, 岩崎真子, Shang Rong, 関口章, 吉田拓人: ケイ素置換基により安定化された高歪炭化水素分子, および反芳香族分子の合成と構造. 第25回ケイ素化学協会シンポジウム (2021年10月28日, オンライン) (ポスター)
- ◎島田雄大, Shang Rong, 吉田拓人, 中本真晃: ケイ素置換ホスファールキンを用いた新規高歪みリン化合物の合成検討. 第25回ケイ素化学協会シンポジウム (2021年10月28日, オンライン) (ポスター)
- ◎今川大樹, 中本真晃, 岡澤一樹, 吉澤一成, Shang Rong, 吉田拓人, 山本陽介: 反芳香族ジシアノアントラセンジアニオンにおいてトリアリアルボランとの錯形成がもたらす π 共役系の変化. 第48回有機典型元素化学討論会 (2021年12月2日, オンライン) (口頭発表B(OB-71))
- ◎尾野 萌, 大石拓実, Leonardo I. Lugo-Fuentes, J. Oscar C. Jimenez-Halla, Joaquín Barroso-Flores, 中本真晃, 吉田拓人, Shang Rong: 2つのボリル基を有する新規トリアリアルホスフィンの合成と小分子活性化における新規反応性. 第48回有機典型元素化学討論会 (2021年12月2日, オンライン) (口頭発表B(OB-56))
- ◎松前翔三, Shang Rong, 中本真晃, 吉田拓人: 窒素、ホウ素、リンから成る新規ヘテロ5員環無機配位子の開発. 第48回有機典型元素化学討論会 (2021年12月2日, オンライン) (口頭発表B(OB-62))
- ◎小栗愛理, Shang Rong, 吉田拓人, 山本陽介, 中本真晃: ケイ素置換シクロブタジエン二量体の合成検討. 第48回有機典型元素化学討論会 (2021年12月2日, オンライン) (口頭発表B(OB-28))
- ◎大石拓実, L. I. Lugo-Fuentes, J. O. C. Jimenez-Halla, J. Barroso-Flores, 中本真晃, 吉田拓人, 山本陽介, Shang Rong: 2つのオルトフェニレン骨格で架橋されたボランを有するホスフィンによる水の還元反応. 第48回有機典型元素化学討論会 (2021年12月3日, オンライン) (口頭発表A(OA-34))

○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	0	2
博士課程前期	0	6
博士課程後期	0	5
博士課程前期・後期共	3	3

○社会活動・学外委員

- ・学協会役員, 委員
 - 吉田拓人, 触媒学会有機金属研究会世話人 (2015年～)
 - 吉田拓人, 日本化学会代議員 (2020年～)
 - 吉田拓人, 日本化学会各賞支部推薦委員会委員 (2021年)
 - 中本真晃, 有機合成化学協会中国四国支部 事務局 (2019～)

中本真晃, ケイ素化学協会 理事 (2021年～)

・講習会・セミナー講師

吉田 拓人, ホウ素あるいはスズを含む有機典型金属化合物: 合成反応と変換反応. 有機合成化学協会中国四国支部講演会 (2021年11月, オンライン) (招待講演)

吉田 拓人, スズを基調とする有機合成反応の新展開. 近畿化学協会有機金属部会2021年度第4回例会 (2022年2月, オンライン) (招待講演)

・論文誌編集委員

吉田 拓人, Editorial Board Member, *Catalysts* (2019年～)

○産学官連携実績

大阪ガスケミカル株式会社とハロゲン化アリールと不飽和カルボン酸の触媒的カップリングに関する共同研究

○国際共同研究・国際会議開催実績

吉田 拓人, ドイツ・ベルリン工科大学, Prof. Martin Oestreich, ケイ素を用いた合成化学に関する研究

○研究助成の受け入れ状況

大阪ガスケミカル株式会社, 共同研究, ハロゲン化アリールと不飽和カルボン酸の触媒的カップリングの検討, 代表者 吉田 拓人

公益財団法人福岡直彦記念財団, 研究助成, ルイス酸性抑制型ホウ素反応剤に基づいた新しい有機変換反応の開発, 代表者 吉田 拓人

科学研究費補助金 基盤研究 (C), 集積型芳香族分子の合成と物性: シクロブタジエン二量体と三次元芳香族性, 代表者 中本真晃

科学研究費補助金 基盤研究 (C), 反芳香族B, N-カルベン σ 配位子の開発と常磁性/アニオン性金属錯体の合成と物性解明, 代表者 SHANG RONG

科学研究費助成事業, 特別研究員奨励費, アライン挿入分子数の精密制御による機能性 π 共役分子の新規合成法の開拓, 代表者 田中英也 (受入教員: 吉田 拓人)

科学研究費助成事業, 特別研究員奨励費, マスク型アリールホウ素合成に向けた遷移金属触媒置換型ホウ素化反応の開発, 神尾慎太郎 (受入教員: 吉田 拓人)

○受賞状況 (学生)

対馬拓海 (D1), 第67回有機金属化学討論会ポスター賞 (2021)

神尾慎太郎 (D3), 大学院先進理工系科学研究科学術奨励賞 (2021)

田中英也 (D2), 大学院先進理工系科学研究科学術奨励賞 (2021)

今川大樹 (D1), 大学院先進理工系科学研究科学術奨励賞 (2021)

李 佳倫 (D1), 大学院先進理工系科学研究科学術奨励賞 (2021)

宮崎一智 (M1), 第11回CSJ化学フェスタ2021優秀ポスター賞 (2021)

小栗愛理 (M2), 第48回有機典型元素化学討論会優秀講演賞 (2021)

高田直幸 (B4), 理学部後援会奨励賞 (2021)

林 博斗 (B4), 理学部後援会奨励賞 (2021)

○座長を行った学会・討論会の名称

吉田 拓人, 第67回有機金属化学討論会 (2021年9月, オンライン)

吉田 拓人, 第11回CSJ化学フェスタポスター賞審査委員 (2021年10月, オンライン)

○その他特記事項

吉田 拓人, 自然科学研究センター機器共用・分析部門 核磁気共鳴装置ユニット長

吉田 拓人, 全学共用機器 核磁気共鳴装置 (N-BARD) 設備管理者

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), 千歳洋平 (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ンステッド酸を用いた不斉反応の開発やキラルなブレンステッド酸を用いた触媒的エナンチオ選択的光化学反応の開発を行っている。

○発表原著論文

- Liu Qian, Wang Zhe, Abe Manabu. Impacts of Solvent and Alkyl Chain Length on the Lifetime of Singlet Cyclopentane-1,3-diyl Diradicaloids with π -Single Bonding (2022) *Journal of Organic Chemistry*, **87**, 1858-1866.
- Lin Q., Guo R., Hamao K., Takagi R., Abe M. 2-(4-Nitrophenyl)-1H-indolyl-3-methyl Chromophore: A Versatile Photocage that Responds to Visible-light One-photon and Near-infrared-light Two-photon Excitations (2022) *Chemistry Letters*, **51**, 153-156.
- Elbadawi Mostafa M., Eldehna Wagdy M., Abd El-Hafeez Amer Ali, Somaa Warda R., Albohy Amgad, Al-Rashood Sara T., Agama Keli K., Elkaeed Eslam B., Ghosh Pradipta, Pommier Yves, Manabu Abe. 2-Arylquinolines as novel anticancer agents with dual EGFR/FAK kinase inhibitory activity: synthesis, biological evaluation, and molecular modelling insights (2022) *J Enzyme Inhib Med Chem*, **37**, 355-378.
- Murata R., Wang Z., Abe M. Singly Occupied Molecular Orbital-Highest Occupied Molecular Orbital (SOMO-HOMO) Conversion (2021) *Australian Journal of Chemistry*, **74**, 827-837.
- Gomez Fernandez M.A., Lefebvre C., Sudau A., Genix P., Vors J.-P., Abe M., Hoffmann N. Studies on The Application of The Paternò-Büchi Reaction to The Synthesis of Novel Fluorinated Scaffolds (2021) *Chemistry - A European Journal*, **27**, 15722-15729.
- Wang Z., Yadav P., Abe M. Long-lived localised singlet diradicaloids with carbon-carbon π -single bonding (C- π -C) (2021) *Chemical Communications*, **57**, 11301-11309.
- ◎Pham T.T.T., Chitose Y., Tam T.T.T., Tseng W.-L., Lin T.-C., Abe M. Impact of Five-membered Heterocyclic Rings on Photophysical Properties including Two-photon Absorption Character (2021) *Chemistry Letters*, **50**, 1810-1813.
- Wang Z., Murata R., Abe M. SOMO-HOMO Conversion in Triplet Cyclopentane-1,3-diyl Diradicals (2021) *ACS Omega*, **6**, 22773-22779.
- Sarkar S. K., Abe M. Direct Detection of Singlet Cyclopentane-1,3-diyl Diradicals by Infrared and Ultraviolet-Visible Spectroscopy at Cryogenic Temperature and Their Photoreactivity (2021) *Journal of Organic Chemistry*, **86**, 12046-12053.
- ◎Morofuji T., Nagai S., Chitose Y., Abe M., Kano N. Protonation-Enhanced Reactivity of Triplet State in Dearomative Photocycloaddition of Quinolines to Olefins (2021) *Organic Letters*, **23**, 6257-6261.
- ◎Kitamura Y., Muramatsu S., Abe M., Inokuchi Y. Structural Investigation of Photochemical Intermediates in Solution by Cold UV Spectroscopy in the Gas Phase: Photosubstitution of Dicyanobenzenes by Allylsilanes (2021) *Journal of Physical Chemistry A*, **125**, 6238-6245.
- Murata R., Wang Z., Miyazawa Y., Antol I., Yamago S., Abe M. SOMO-HOMO Conversion in Triplet Carbenes (2021) *Organic Letters*, **23**, 4955-4959.
- ◎Miyazawa Y., Wang Z., Matsumoto M., Hatano S., Antol I., Kayahara E., Yamago S., Abe M. 1,3-Diradicals Embedded in Curved Paraphenylene Units: Singlet versus Triplet State and In-Plane Aromaticity (2021) *Journal of the American Chemical Society*, **143**, 7426-7439.
- Elbadawi M.M., Eldehna W.M., Wang W., Agama K.K., Pommier Y., Abe M. Discovery of 4-alkoxy-2-aryl-6,7-dimethoxyquinolines as a new class of topoisomerase I inhibitors endowed with potent in vitro anticancer activity (2021) *European Journal of Medicinal Chemistry*, **215**, 113261.
- Taniguchi R., Noto N., Tanaka S., Takahashi K., Sarkar S.K., Oyama R., Abe M., Koike T., Akita M. Simple generation of various α -monofluoroalkyl radicals by organic photoredox catalysis: modular synthesis of β -monofluoroketones (2021) *Chemical Communications*, **57**, 2609-2612.
- Lin Q., Abe M. Light-triggered elimination of CO₂ and absorption of O₂ (artificial breathing reaction) in photolysis of 2-(4-nitrophenyl)-1H-indole derivatives (2021) *Photochemical and Photobiological Sciences*, **20**, 421-434.

- Hirata G., Takeuchi K., Shimoharai Y., Sumimoto M., Kaizawa H., Nokami T., Koike T., Abe M., Shirakawa E., Nishikata T. Chemistry of Tertiary Carbon Center in the Formation of Congested C–O Ether Bonds (2021) *Angewandte Chemie - International Edition*, **60**, 4329-4334.
- Mohammed Latrache, Marie Schmitt, Jean-François Blanco, Karine Loubiere, Manabu Abe, Norbert Hoffmann. Imine Photochemistry: Photoinduced Radical Reactions of Imines (2021) (*IMPHOCEM*) *EPA Newsletter*, **101**, 19-23.
- Kosala Thenna - Hewa, William Sebastien, Elaine M Lemen, William L Karney, Manabu Abe, Anna D Gudmundsdottir. Photolysis of 3-Azido-3-phenyl-3H-isobenzofuran-1-one at Ambient and Cryogenic Temperatures (2021) *Photochemistry and Photobiology*, **97**, 1397-1406.
- ◎Yuki Hyodo, Keigo Takahashi, Youhei Chitose, Manabu Abe, Michito Yoshizawa, Takashi Koike, Munetaka Akita. Assemblies of 1, 4-Bis (diaryl amino) naphthalene and Aromatic Amphiphiles: Highly Reducing Photoredox Catalysis in Water (2021) *Synlett*, **33**, 1184-1188.
- Ryukichi Takagi, Duyen Thi Duong. Computational study on N-triflylphosphoramidate catalyzed enantioselective hydroamination of alkenyl thiourea (2021) *Org. Biomol. Chem.*, **19**, 8806–8811.
- Ryukichi Takagi, Yamasaki Yuhei. Chiral Calcium Bis-Sulfonimide Catalyzed Diels-Alder Reactions of 1-Acryloyl-Pyrazole (2021) *Chemistry Letters*, **50**, 1781–1783.
- Ryukichi Takagi, Duyen Thi Duong, Ichiki Toshiya. Disulfonimide catalyzed asymmetric intramolecular hydroamination of alkenyl thioureas: Concentration effect in the hydroamination (2021) *Tetrahedron*, **94**, 132332.
- Ryukichi Takagi, Yuichiro Sakai, Duyen Thi Duong. Bis(trifluoromethanesulfonimide) (BSI): Acidity and application to hydrofunctionalization as a Brønsted acid catalyst (2021) *Tetrahedron*, **85**, 132037.

○国際会議

該当無し

○国内学会

- ◎宮澤友樹, 松本 岬, 王 哲, 岡本一茂, 波多野さや佳, 安倍 学. 湾曲したパラフェニレンで繋がれたマルチラジカルの構造と電子的性質, 日本化学会第 102 春季年会 (2022 年 3 月, オンライン) (一般講演)
- 高野真綾, 安倍 学. 過渡吸収分光分析及び生成物分析による 7-diethylamino-4-methyl-coumarin 誘導体の光反応機構解析, 日本化学会第 102 春季年会 (2022 年 3 月, オンライン) (一般講演)
- 横田 衛, 清水章弘, 宮澤友樹, 安倍 学, 新谷 亮. 基底一重項の縮合多環炭化水素カルベンの発生と観測, 日本化学会第 102 春季年会 (2022 年 3 月, オンライン) (一般講演)
- ◎宮澤友樹, 王 哲, 松本 岬, 波多野さや佳, Ivana Antol, 茅原栄一, 山子 茂, 安倍 学. 湾曲したパラフェニレンで繋がれたマルチラジカルの構造と電子的性質, 第 31 回基礎有機化学討論会 (2021 年 9 月, オンライン) (口頭)
- ◎永井翔大, 諸藤達也, 狩野直和, 千歳洋平, 安倍 学. キノリンとアルケンの脱芳香族的光環化付加反応におけるプロトン化の反応促進効果の解明, 第 31 回基礎有機化学討論会 (2021 年 9 月, オンライン) (口頭)
- 村田 涼, 王 哲, 宮澤友樹, Ivana Antol, 山子 茂, 安倍 学. 三重項カルベンにおける SOMO-HOMO 逆転, 第 31 回基礎有機化学討論会 (2021 年 9 月, オンライン) (ポスター)
- ◎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とその温度依存性, 第 31 回基礎有機化学討論会 (2021 年 9 月, オンライン) (ポスター)
- 谷本隆頭, 田渕千裕, 高木隆吉. キラルリン酸をテンプレートとしたエナンチオ選択的[2+2]光環化付加反応, 第 37 回有機合成セミナー (2021 年 9 月, オンライン) (ポスター)
- Binod Babu Shrestha and Manabu Abe. Aggregation Induced Emission Properties of Propeller-coumarin Derivatives and its Photophysical Properties, 第 37 回有機合成セミナー (2021 年 9 月, オンライン) (ポスター)
- ◎波多野さや佳, 茂中 航, 小山悟生, 安倍 学. Physical Property of Phenoquinone Derivative with Naphthalene Structure, 第 37 回有機合成セミナー (2021 年 9 月, オンライン) (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	0	0
博士課程前期	0	3
博士課程後期	0	3
博士課程前期・後期共	0	0

○セミナー・講演会開催実績

安倍 学, Hiroshima University & National Taiwan University Joint Symposium on Chemistry

日時: 2022年3月19日(土)

場所: オンライン

安倍 学, 渡邊賢司 博士 講演会

日時: 2021年11月26日(金) 16:30-

場所: ミライクリエ

講師: 渡邊賢司 博士(理研)

演題: Development of Covalent Bond Formation/Cleavage Reactions for Functionalization of Biomolecules

安倍 学, 石谷 治 教授 講演会

日時: 2021年6月9日(水) 16:30-

場所: オンライン

講師: 石谷 治 教授(東京工業大学)

○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~)

安倍 学, 光化学協会, 理事(2020年~)

波多野さや佳, 日本化学会『化学と教育』誌, 支部企画小委員(2020年~)

高木隆吉, 日本化学会中国四国支部庶務幹事(2021年)

・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~)

○産学官連携実績

該当無し

○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, 中国復旦大学, Professor Xiaoqing Zeng, ニトレンの電子共鳴分光

○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

該当無し

○研究助成の受け入れ状況

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

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, 主たる研究者 安倍 学

科学研究費挑戦的研究 (萌芽), 近赤外 2 光子励起を用いた 1 細胞内での生物活性物質の in-situ 合成, 代表者 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)

該当無し

○受賞状況 (学生)

該当無し

○座長を行った学会・討論会の名称

安倍 学, 第 31 回基礎有機化学討論, オンライン, 2021 年 9 月

波多野さや佳, 日本化学会第 102 春季年会, オンライン, 2022 年 3 月

○その他特記事項

該当無し

量子化学研究グループ

スタッフ 阿部穰里 (准教授), 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. アクチノイド化合物の量子化学計算では、高精度な相対論効果と擬縮重による複雑な多配置電子相関を取り込む必要がある。当研究室では上記の効果を取り込んだ、厳密2成分相対論法(X2C法)に基づく多配置電子相関プログラム(CACI-CASPT2)を開発している。本年度はMPI及びOpenMPを用いて、開発中のX2C-CASCI/CASPT2本プログラムの並列化を行った。UO₂²⁺分子を使用したパフォーマンス測定では、1CPUで約3時間かかる計算を128CPUで約3分にまで減少させることに成功した。

また計算コストを抑えつつより大きなCASを取ることが可能である、密度行列繰り込み群(DMRG)を導入するために、既存のDMRGプログラムと当研究室が保有しているCASPT2プログラムの接続を目指し、Rel-DMRG-CASPT2接続プログラムの開発を行った。非並列計算においてのプログラムのアルゴリズムを確定し、もっとも複雑な部分の実装は終了した。

2. NMR化学シフトは原子核の環境に鋭敏で、特に溶質-溶媒間に水素結合が形成される溶液では、溶媒分子からの影響が大きい。そこで、量子化学計算の結果をもとにNMR遮蔽定数の溶媒シフトを予測するモデルを作成し、そのモデルから溶媒効果を解析することを目的として研究を進めた。メタノール水溶液の分子動力学計算から抜き出した、多数のクラスター構造について、量子化学計算でNMR遮蔽定数を計算した。得られたメタノールのOH基の¹H-NMR遮蔽定数の計算値のデータを用いて、NMR遮蔽定数の溶媒分子によるシフト量を予測するモデルを作成した。予測モデルは、溶質分子と溶媒1分子の2体の関数の和と、溶質分子と溶媒2分子の3体の関数の和で表し、二つの関数をニューラルネットワーク(NN)で表現した。NNを用いることにより、予測精度の高いモデルが得られた。学習したNNの関数から、NMR遮蔽定数のシフト量を溶媒分子の配置の関数としてマップを作成した。強い水素結合を形成する配置で大きなシフト量を示すマップが得られ、学習したNNの関数の妥当性を支持する結果となった。

3. アセトン・水2成分混合系は典型的な非プロトン性・プロトン性溶媒系である。希薄領域において負の過剰モルエンタルピーをもち、その値がモル分率とともに変化することから、溶質-溶媒相互作用の濃度変化が示唆される。そこで本研究では、電子構造変化に敏感な軟X線分光法を用いて、アセトン水溶液中の水の電子構造のアセトン濃度変化を追跡した。アセトンのモル分率増加に伴って、534.6 eVの水の共鳴吸収バンドが強度を落としながらレッドシフトした。熱力学の過剰関数に類似した「過剰吸収係数」という物理量を導入して、この吸収バンドの定量解析を試みた。その値は534.6 eVではすべてのモル分率においてほぼゼロを与えることから、これを純水成分とみなして「バルク水」と帰属した。一方、過剰吸収係数の値が負から正まで大きく変化した部分を534.0 eV付近に見いだした。534.6 eVとは異なる挙動を示すことから、これをアセトン分子と相互作用している「水和水」と帰属した。さらに、過剰吸収係数の変化は水和構造の変化を表していると考えている。このように、軟X線吸収バンドの定量解析から水和構造の変化に対する洞察を与えられることが分かった。

○発表原著論文

- A. Sato, R. Bernier-Latmani, M. Hada, M. Abe (2021) Ab Initio and Steady-State Models for Uranium Isotope Fractionation in Multi-Step Biotic and Abiotic Reduction. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **307**, 212-227.
- A. Yoshida, M. Abe, M. Hada (2021) Density Functional Study on Compounds to Accelerate Electron Capture Decay of ⁷Be. *J. Phys. Chem. A*, **125**, 6356-6361.
- R. Mitra, V. S. Prasanna, R. F. Garcia Ruiz, T. K. Sato, M. Abe, Y. Sakemi, B. P. Das, B. K. Sahoo (2021) Towards CP-Violation Studies on Superheavy Molecules: Theoretical and Experimental Perspectives. *Phys. Rev. A*, **104**, 062801.
- S. Ohsawa, T. Tokushima, K. Okada (2021) Hydration of the Zwitterionic and Protonated Forms of Glycine Betaine Probed by Soft X-ray Emission Spectroscopy Coupled with Chemometrics. *J. Phys. Chem. B*, **125**, 1881-1887.

- Y. Kobayashi, D. Fukuhara, D. Akase, M. Aida, K. Ui-Tei (2022) siRNA Seed Region Is Divided into Two Functionally Different Domains in RNA Interference in Response to 2'-OME Modifications. *ACS Omega*, **7**, 2398–2410.
- W. Miyanishi, M. Ojika, D. Akase, M. Aida, Y. Igarashi, Y. Ito, Y. Nakagawa (2022) d-Mannose Binding, Aggregation Property, and Antifungal Activity of Amide Derivatives of Pradimicin A. *Bioorgan. Med. Chem.*, **55**, 116590.

○総説等

該当無し

○国際会議

- M. Abe, A. Sato, M. Hada: Uranium isotope fractionation in biological reduction based on the relativistic quantum chemical calculations. ACS Fall meeting 2021, 2021.8.22-26 (Online) (Invited).
- Minori Abe, Takashi Tsutsui, Jörgen Ekman, Bhanu Das, Masahiko Hada: Electronic enhancement factor for nuclear Schiff moment in heavy-element molecules, The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2021), 2021.12.16-21 (online)
- Ataru Sato, Minori Abe, Masahiko Hada: Ab-initio modeling of uranium isotope fractionation in biotic reduction, The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2021), 2021.12.16-21 (online)
- M. Abe, A. Sato, M. Hada: Relativistic calculations of isotope fractionation in uranium chemical compound, Norway-Japan symposium on theoretical and experimental chemistry of complex systems, 2022.3.15 and 16, Oslo (Hybrid, Online) (Invited).
- M. Abe, A. Sato, M. Hada, “Theoretical study of uranium isotope fractionation for 64 U compounds”, Hiroshima University & National Taiwan University Joint Symposium on Chemistry, 2022.3.19 (Online) (Invited).

○国内学会

- 阿部穰里：電子と原子核の相互作用に関連する3つの理論的研究. 2021年度日本放射化学会 第65回討論会 (2021) (2021年9月23日 オンライン) (基調講演)
- 阿部穰里：6,5,4価ウラン化合物の電子状態と同位体効果の理論計算. 第4回ナノ材料科学・応用研究会 (2022年3月14日 広島テクノプラザ) (招待講演)
- 阿部穰里：ウラン化合物における相対論を含む量子化学計算の実験との整合性検討. 2021年度 専門研究会「アクチノイド物性化学とその応用」(2022年3月3日～2022年3月4日 オンライン) (依頼講演)
- 菅原知佳, 大澤翔平, 岩山洋士, 長坂将成, 岡田和正：軟X線吸収分光法でみるアセトン-水2成分系の分子間相互作用. UVSOR Symposium 2021 (2021年11月5日 オンライン) (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	0	1
博士課程前期	0	0
博士課程後期	0	1
博士課程前期・後期共	0	0

○社会活動・学外委員

・学協会役員, 委員

阿部穰里, 同位体科学会執行役員 (2017-)

阿部穰里, 理論化学会幹事 (2021-)

岡田和正, 日本分光学会代議員 (2020-)

・外部評価委員など

阿部穰里, 日本学術振興会 特別研究員等審査会専門委員及び国際事業委員会書面審査員・書面評価員 (2020年度, 2021年度)

・ 討論会の組織委員

赤瀬 大, Nano Bio Info Chemistry Symposium 実行委員 (2014年-)

阿部 穰里, 13th International Conference on Relativistic Effects in Heavy-Element Chemistry and Physics, INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE 国際科学委員 (2019-)

○産学官連携実績

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

阿部 穰里, TCG-CREST (インド), Professor Bhanu Das, CP対称性に関する理論的研究

阿部 穰里, スイス連邦工科大学ローザンヌ校, Professor Rizlan Bernier-Latmani, バクテリアによって還元されるウランの同位体分別に関する理論的研究

阿部 穰里, ハノーバー大学, Professor Stefan Weyer, バクテリアによって還元されるウランの同位体分別に関する理論的研究

○共同プロジェクトへの参加状況

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年度-2022年度)

○他研究機関での講義・客員

阿部 穰里, 東京都立大学理学部化学科 客員准教授 (2021年度-)

○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 基盤研究(B)「アクチノイド化合物のための相対論的電子相関法の開発」代表者 阿部 穰里

日本学術振興会科学研究費補助金 基盤研究(C)「バクテリアによるウラン同位体分別の理論的解明」代表者 阿部 穰里

日本学術振興会科学研究費補助金 基盤研究(B)「レーザー光会合による冷却分子EDM探索」分担者 阿部 穰里

日本学術振興会科学研究費補助金 挑戦的研究(萌芽)「核シッフモーメントの電子遮蔽効果: 相対論的量子化学計算による高精度予測」分担者 阿部 穰里

○受賞状況 (職員)

該当無し

○座長を行った学会・討論会の名称

阿部 穰里 「アクチノイドの物性化学とその応用」専門研究会 (2022年3月)

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3年度は、博士課程前期に1名、後期に1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

令和3年度（2021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	基盤研究(S)	0
	基盤研究(A)	2
	基盤研究(B)	3
	基盤研究(C)	5
	挑戦的研究(開拓)	1
	挑戦的研究(萌芽)	2
	若手研究	3
	若手研究(スタートアップ)	1
	学術変革領域研究(A)	1
	国際共同	1
	特別研究員奨励費	3
	外国人特別研究員奨励費	0
その他の研究費(公募)		36

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）
 井口 佳哉：分子科学会 運営委員（2020年～）
 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）
 福原 幸一：広島歴史資料ネットワーク運営委員（2019年～）
 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～）
 井上 克也：中国四国・化学と工業懇話会，運営委員長（2019年3月～2021年2月）
 井上 克也：モレキュラー・キラリティー実行委員（2021年11月～）
 西原 禎文：日本化学会中国四国支部，会計幹事（2020年3月～2021年2月）
 西原 禎文：中国四国・化学と工業懇話会，会計幹事（2020年3月～2021年2月）
 西原 禎文：日本化学会中国四国支部，事務局長（2021年3月～2022年2月）
 西原 禎文：中国四国・化学と工業懇話会，運営委員（2021年3月～2022年2月）
 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～）
 水田 勉：錯体化学会，理事（2020年9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（2017～2019）
 久米 晶子：錯体化学会，理事（2015～2017）
 久米 晶子：錯体化学会，討論会運営委員会委員（2016年4月～）
 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（2018～2019，2022～）

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）

松原 弘樹：日本化学会コロイドおよび界面化学部会，役員幹事（2014～）

松原 弘樹：日本化学会コロイドおよび界面化学部会，事業企画委員会委員（2018～）

松原 弘樹：日本化学会コロイドおよび界面化学部会，討論会委員会委員（2018～）

松原 弘樹：日本化学会コロイドおよび界面化学部会，若手ワーキンググループ幹事（2016～2017）

松原 弘樹：日本化学会コロイドおよび界面化学部会，編集委員会委員（2008～2018）

松原 弘樹：日本化学会コロイドおよび界面化学部会，財務委員会委員（2016～2018）

松原 弘樹：日本化学会コロイドおよび界面化学部会，将来構想委員会委員（2016～2018）

松原 弘樹：日本化学会中国四国支部，庶務幹事（2021）

松原 弘樹：日本分析化学会，中国四国支部幹事（2021～）

灰野 岳晴：新規素材探索研究会幹事（2001～2021）

灰野 岳晴：ホスト・ゲスト化学研究会幹事（2006～）

灰野 岳晴：有機 π 電子系学会幹事（2007～）

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：基礎有機化学会理事（2020～）

灰野 岳晴：高分子学会中国四国支部支部幹事（2020～）

灰野 岳晴：有機合成化学協会令和2・3年度代議委員（2019～2021）

灰野 岳晴：Guest Editor of Polymer, a Special Issue in Polymer “Supramolecular Polymer”（2016～）

灰野 岳晴：Frontiers in Chemistry, Review Editor of the Editorial Board of Supramolecular Chemistry,（2017～）

灰野 岳晴：第102春季年会プログラム小委員会部門長，有機化学-構造有機化学，（2021～）

灰野 岳晴：モレキュラーキラリティー2021実行委員（2021）

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（2019～）

山崎 勝義：日本分光学会中国四国支部監査（2006～2021）

山崎 勝義：日本分光学会中国四国支部代議員（2004，2006～2021）

山崎 勝義：日本化学会単位・記号専門委員会委員（2015～）

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（2019～）

高口 博志：日本分光学会編集委員（2012～）

高口 博志：原子衝突学会行事委員（2021～）

吉田 拓人：触媒学会有機金属研究会世話人（2015～）

吉田 拓人：日本化学会中国四国支部化学と工業懇話会常任運営委員（2019～2020）

吉田 拓人：日本化学会代議員（2020～）

吉田 拓人：日本化学会各賞支部推薦委員会委員（2021年）

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）

中本 真晃：有機合成化学協会中国四国支部 事務局（2019～）

中本 真晃：ケイ素化学協会 理事（2021年～）

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・理事（2012～）

安倍 学：光化学協会，理事（2020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『化学と教育』誌，支部企画小委員（2020年～）

波多野さや佳：日本化学会中国四国支部庶務幹事（2019～2020）

高木 隆吉：日本化学会中国四国支部庶務幹事（2021年）

岡田 和正：日本化学会中国四国支部会計幹事（2018～2019）

岡田 和正：日本分光学会代議員（2020～）

阿部 穰里：同位体科学会執行役員（2017～）

阿部 穰里：理論化学会幹事（2021～）

・外部評価委員など（過去5年以内）

井上 克也：KEK, PAC委員会

阿部 穰里：日本学術振興会 特別研究員等審査会専門委員及び国際事業委員会書面審査員・書面評価員（2020年度, 2021年度）

・講習会・セミナー講師（過去5年以内）

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附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－さまざまな分野のエアロゾル（基礎と研究の最先端）－（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：第2回光マニピュレーション研究会（第12回光圧コロキウム），2021年8月10日，オンライン開催，「レーザー捕捉法と蛍光相関分光法を用いた単一エアロゾル液滴の粘度に関する研究」

松原 弘樹：IRTG 1524 colloquium on Self-Assembled Soft-Matter Nanostructures at Interfaces (TU Berlin), 2017年3月, “Unique Colloidal Systems from Simple Components -Utilization of 2D Phase Transition-”

松原 弘樹：2018年度コロイド研究会（日本化学会コロイドおよび界面化学部会事業企画委員会主催），2019年2月，熱海フジヤホテル，「吸着膜の状態変化を基盤とした新しいコロイド・界面現象の創出」

松原 弘樹：日本化学会コロイドおよび界面化学部会主催，界面コロイドラーニング－第36回現代コロイド・界面化学基礎講座－，主査，2020年10月29日～30日，オンライン開催

松原 弘樹：第71回コロイドおよび界面化学討論会一般シンポジウム，平衡・非平衡界面の科学と技術，企画提案者，2020年9月15日，オンライン開催

松原 弘樹：界面活性剤セミナー（主催 情報機構），2021年12月，オンライン，「界面張力の測定データから混合吸着膜，混合ミセルの組成を評価する方法」

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）

井口 佳哉：出張授業（広島県立広高等学校）「物理で化学する!？」（2021年）

村松 悟：出張授業（山梨県立甲府西高等学校）「“わからない”を探す旅への招待：いつか大学生になる君に」（2021年）

Shang Rong：第8回 国立台湾大学理学院，チュー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，チュー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 チュー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，チュー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

- 日, 岡山大学
- 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: 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: 理研セミナー「Chemical Dynamics Studies by State-Resolved Particle Imaging: Photochemistry of Transition-Metal Complexes and Amines」(2018年11月, 理化学研究所)
- 高口 博志: 首都大学東京化学コロキウム「量子状態選別散乱法で探る有機アミンの光解離ダイナミクスと遷移金属錯体の光化学」(2020年1月, 首都大学東京南大沢キャンパス)
- 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)
- 高口 博志: 東北大学理学部化学教室一般雑誌会「脱離配位子の運動解析による遷移金属錯体の光化学研究」(2021年10月12日, 東北大学)
- 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”
- 井上 克也: ロシアオレンブルグ大学 “Japan week”, on-line, 2021年3月11日~17日, “Chirality-From philosophy to Science” このセミナーに対しオレンブルグ大学長から越智広島大学長宛に感謝状贈呈
- 西原 禎文: “Exploring a Single Molecule Electret (SME)” Riken Seminar, 2018年12月25日
- 西原 禎文: 分子化学会・第4回分子性固体オンラインセミナー, On-line, 2021年1月14日, “単一分子で強誘電的な性質を示す「単分子誘電体」の開発 (Development of a Single-molecule Electret (SME)) ”
- 西原 禎文: 「単一分子で強誘電体のように振る舞う「単分子誘電体」の開発」, 新化学技術推進協会 (JACI) 電子情報技術部会ナノフォトニクスエレクトロニクス交流会講演会「低分子の特性を利用した機能創出-1」, 2021年12月13日, JACI 会議室 (招待講演)
- 西原 禎文: 「室温で駆動する単分子不揮発性メモリの開発」, 第33回タンモリ工業会セミナー, 2021年11月17日 (招待講演)
- Andrey Leonov: Department of Condensed Matter Physics, Charles University in Prague・オンラインセミナー, On-line, 2020年11月4日 “The properties of isolated chiral skyrmions”
- Oleksiy Bogdanov: “Physics of MAGNETIC SKYRMIONS”, CResCent(キラル国際研究拠点) 講演会, 2022年1月12日, 広島大学フェニックス国際センターMIRAI CREA (ミライ クリエ) 1F 多目的スペース (招待講演)
- 吉田 拓人: ホウ素およびスズを有する有機典型金属化合物の選択的合成反応の開発とその応用, 九州大学講演会, 2020年12月, オンライン (招待講演)
- 吉田 拓人: ホウ素およびスズを有する有機典型金属化合物の選択的合成反応の開発とその応用, 近畿化学協会ヘテロ原子部会第二回懇話会, 2020年12月, オンライン (招待講演)
- 吉田 拓人: ホウ素あるいはスズを含む有機典型金属化合物: 合成反応と変換反応, 有機合成化学協会中国四国支部講演会, 2021年11月, オンライン (招待講演)
- 吉田 拓人: スズを基調とする有機合成反応の新展開, 近畿化学協会有機金属部会 2021年度第4回例会, 2022年2月, オンライン (招待講演)

・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：広島大学附属高校 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 先端研究実習（基礎化学実験）（2020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」（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：広島大学附属高校「フロンティアサイエンス講義」（2016年7月，広島）
- 水田 勉：広島大学附属高校 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：広島大学附属高校 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）
- 水田 勉：広島大学附属高等学校 先端研究実習（基礎化学実験）（2021年7月，広島大学）
- 水田 勉：GSC広島 ステップステージセミナー（2021年10月，広島大学）
- 水田 勉：GSC広島 ステップステージ ポスター発表 審査員（2021年11月，広島市）
- 水田 勉：第24回中学生・高校生科学シンポジウム コメンテーター
- 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）
- 石坂 昌司：出張講義，2020年10月22日，広島県立広高等学校（呉市）
- 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）
- 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！」（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）
- 高口 博志：広島大学模擬授業 広島市立広島中等教育学校（2021年7月，オンライン）
- 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！？」（2020年8月，オンライン）
- 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）
- 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！？」（2020年8月，オンライン）
- 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）
- 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）
- 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日（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：武田高等学校（1学年と2学年の普通科計300名，東広島市）2019年9月6日
- 西原 禎文：プロフェッサービジット（主催：朝日新聞社 協賛：代々木ゼミナール）西城陽高校（2021年10月19日，京都）
- 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）

・論文誌編集委員（過去5年以内）

- 石坂 昌司：Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews (Elsevier), Associate Editor (2021～2023)
- 松原 弘樹：日本分析化学会，「分析化学」誌編集委員（2021～2022）
- 山崎 勝義：Chemical Physics Letters, Advisory Editorial Board（2016～）
- 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～）
- 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～）
- 吉田 拓人：Guest Editor, Special issue “*Fundamentals and Application of Copper-based Catalysts*”, *Catalysts*（2019年）
- 吉田 拓人：Editorial Board Member, *Catalysts*（2019年～）

・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： χ Mag2018 Symposium, 奈良春日野国際フォーラム薨～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
- 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～)
- 水田 勉：日本化学会中国四国支部大会2022 事務局長 (2021年9月～)
- 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：第36回エアロゾル科学・技術研究討論会実行委員 (2019)
- 松原 弘樹：第4回九州コロイドコロキウム国際大会実行委員 (2016)
- 松原 弘樹：第5回九州コロイドコロキウム国際大会実行委員 (2020)
- 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)
- 灰野 岳晴：第37回有機合成セミナー 実行委員会 (2021)
- 灰野 岳晴：日本化学会第102回春季年会 プログラム委員会 11，有機化学-構造有機化学部幹事 プログラム主査- (2021)
- 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35回化学反応討論会実行委員会委員 (2018～)
- 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27回基礎有機化学討論会実行委員長 (2016)
- 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27回基礎有機化学討論会実行委員 (2016)
- 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）
 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（2021年1月）
 赤瀬 大：The Nano Bio Info Chemistry Symposium 実行委員（2014～）
 赤瀬 大：第35回化学反応討論会 実行委員（2019年6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：理学部副学部長
 水田 勉：理学部評価委員会委員長
 水田 勉：全学評価委員会委員（2021年～）
 水田 勉：設備サポート推進会議委員（2014年4月～）
 水田 勉：大学連携研究設備ネットワーク広島大学代表委員（2014年4月～）
 水田 勉：機器共用検討委員会委員（2021年～）
 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～）
 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）
 山崎 勝義：広島大学出版会運営委員（2021～）
 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（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）
 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（2021年度）

- 松原 弘樹：甲南大学理工学部 機能分子化学科，非常勤講師（2021年8月5日～6日）
 高口 博志：兵庫県立大学理学部，非常勤講師（2021年8月25日～27日）
 高口 博志：東北大学大学院理学研究科，非常勤講師（2021年10月11日～12日）
 阿部 穰里：東京都立大学理学部化学科，客員准教授（2021年度～）

・座長を行った学会・討論会の名称（2021年度）

- 井口 佳哉：第15回分子科学討論会（2021年9月，オンライン）
 高橋 修：第23回XAFS討論会（2021年9月，東広島）
 藤林 将：第15回分子科学討論会（2021年9月18日～21日），北海道大学，Japan. セクション
 井上 克也：シンポジウム モレキュラー・キラリティー2021（2021年11月29日～30日），ハイブリッド（東広島芸術文化ホール くらら，オンライン），Japan. IL-06：チュートリア

- ル講演 (2021年11月30日)
- 西原 禎文: シンポジウム モレキュラー・キラリティー2021 (2021年11月29日~30日), ハイブリッド (東広島芸術文化ホール くらら、オンライン), Japan. IL-02招待講演とOP-04一般講演 (2021年11月29日)
- 井上 克也: The 18th Nano Bio Info Chemistry Symposium will be held online (2021年11月14日~15日), オンライン, セクション (2021年11月14日)
- Goulven Cosquer: The 18th Nano Bio Info Chemistry Symposium will be held online (2021年11月14日~15日), セクション (2021年11月15日)
- 久米 晶子: 錯体化学会第71回討論会
- 久米 晶子: 日本化学会第102春季年会
- 久保 和幸: 2021日本化学会中国四国支部大会
- 久保 和幸: 錯体化学会第71回討論会 (ポスター賞審査員)
- 石坂 昌司: 第81回分析化学討論会, 2021年5月22日~23日, 山形大学工学部, オンライン開催
- 石坂 昌司: 日本分析化学会第70年会, 2021年9月22日~24日, 神戸大学, オンライン開催
- 石坂 昌司: 2021年日本化学会中国四国支部大会 (高知大会), 2021年11月13日~14日, オンライン開催
- 松原 弘樹: 第72回コロイドおよび界面化学討論会, 2021年9月, オンライン開催
- 灰野 岳晴: 第70回高分子討論会 (2021年9月, オンライン)
- 灰野 岳晴: 第102日本化学会春季年会 (2022年3月, オンライン)
- 平尾 岳大: 2021年日本化学会中国四国支部大会高知大会 (2021年11月, オンライン)
- 吉田 拓人: 第67回有機金属化学討論会 (2021年9月, オンライン)
- 吉田 拓人: 第11回CSJ化学フェスタポスター賞審査委員 (2021年10月, オンライン)
- 安倍 学: 第31回基礎有機化学討論, オンライン, 2021年9月
- 波多野 さや佳: 日本化学会第102春季年会, オンライン, 2022年3月
- 阿部 穰里: 「アクチノイドの物性化学とその応用」専門研究会 (2022年3月)

・セミナー・講演会開催実績 (2021年度)

- 井上 克也: モレキュラー・キラリティー2021 (広島) 実行委員長
- 西原 禎文: モレキュラー・キラリティー2021 (広島) ローカル実行委員
- 藤林 将: モレキュラー・キラリティー2021 (広島) ローカル実行委員
- Goulven COSQUER: モレキュラー・キラリティー2021 (広島) ローカル実行委員
- 井上 克也: CResCent(キラル国際研究拠点) 講演会Ivan I. Smalyukh (コロラド大学ボルダー校教授/広島大学 特任教授), “Crystals of solitonic knots in chiral liquid crystals”, 広島大学フェニックス国際センターMIRAI CREA (ミライ クリエ), 2021年11月1日
- 井上 克也: CResCent(キラル国際研究拠点) 講演会Oleksiy Bogdanov (IFW Dresden シニア研究員 / 広島大学 特任教授), “Physics of MAGNETIC SKYRMIONS”, 広島大学フェニックス国際センターMIRAI CREA (ミライ クリエ), 2022年1月12日
- 松原 弘樹: 第72回コロイドおよび界面化学討論会一般シンポジウム「コロイド・界面における機能性自発秩序: 非生命系から生命系まで」松原弘樹, 企画提案者 (共同)
- 灰野 岳晴: 第37回有機合成化学セミナー実行委員長, 第37回有機合成化学セミナー, 2021年9月15日~17日, オンライン開催
- 関谷 亮: 第37回有機合成化学セミナー実行委員, 第37回有機合成化学セミナー, 2021年9月15日~17日, オンライン開催
- 平尾 岳大: 第37回有機合成化学セミナー実行委員, 第37回有機合成化学セミナー, 2021年9月15日~17日, オンライン開催
- 灰野 岳晴: MC2021実行委員, Symposium on Molecular Chirality 2021, 2021年11月29日~30日, 現地/オンライン, ハイブリッド開催 (東広島)
- 関谷 亮: MC2021実行委員, Symposium on Molecular Chirality 2021, 2021年11月29日~30日, 現地/オンライン, ハイブリッド開催 (東広島)
- 平尾 岳大: MC2021実行委員, Symposium on Molecular Chirality 2021, 2021年11月29日~30日, 現地/オンライン, ハイブリッド開催 (東広島)
- 安倍 学: Hiroshima University & National Taiwan University Joint Symposium on Chemistry, 2022年3月19日 (土), オンライン

- 安倍 学：渡邊賢司 博士 講演会，2021年11月26日（金）16:30-，ミライクリエ，渡邊賢司 博士（理研），Development of Covalent Bond Formation/Cleavage Reactions for Functionalization of Biomolecules
- 安倍 学：石谷 治 教授 講演会，2021年6月9日（水）16:30-，オンライン，石谷 治 教授（東京工業大学）

・産学官連携実績（2021年度）

- 井口 佳哉：共同研究「表面増強赤外分光法によるランタノイド／マイナーアクチノイド分離メカニズムの解明」（共同研究先：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構）
- 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）
- 西原 禎文，藤林 将：ユニバーサル マテリアルズ インキュベーター株式会社（UMI），JST大学発新産業創出プログラムにてベンチャー設立を目指す
- 西原 禎文，藤林 将：MI-6株式会社との共同研究，マテリアルズ・インフォマティクス技術を活用した材料探索，及び，材料設計法確立を進めている
- 西原 禎文，藤林 将：横河ソリューションサービス株式会社との共同研究，単分子メモリデバイスの実現に向けたデバイス開発を進めている
- 西原 禎文，藤林 将：マイクロンメモリジャパン合同会社，メモリデバイス作製，及び，特性評価に関連するアドバイザーとして共同研究を進めている
- 灰野 岳晴，関谷 亮，平尾 岳大：積水化学工業株式会社と「近赤外調光性ナノグラフェンの開発」「ナノグラフェンの自己集合挙動」に関する共同研究を実施
- 灰野 岳晴：ダイキョーニシカワ株式会社と「機能性グラフェンの合成」に関する共同研究を実施
- 吉田 拡人，中本 真晃，Shang Rong：大阪ガスケミカル株式会社とハロゲン化アリアルと不飽和カルボン酸の触媒的カップリングに関する共同研究
- 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（2021年度）

- 井上 克也（代表），Goulven Cosquer（サポート）：The 18th Nano Bio Info Chemistry Symposium，2021年11月14日～15日，online，Hiroshima，Japan
- 井上 克也：Topical meeting of Chirality Research Center(CResCent) “Spin Chirality”，2022年3月10日～11日，online，Hiroshima，Japan
- 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（キラリ磁性体の電子線ホログラフィー，キラリ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（分子性キラリ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（金属薄膜のキラリ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（キラリ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（無機キラリ磁性体の中性子線回折とキラリ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（無機キラリ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，Experimental Physics V，Center for Electronic Correlations and Magnetism，University of Augsburg (Neel skyrmions in lacunar spinels)
- 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 (SANS measurements on cubic helimagnets，oblique spiral and skyrmion states)
- Andrey Leonov：オランダ，Zernike Institute for Advanced Materials，University of 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 (torons，spherulites and other topological particle-like states in chiral liquid crystals)
- Andrey Leonov：ロシア，ITMO University (numerical studies on topological barriers between different modulated states)
- Andrey Leonov：ドイツ，IFW Dresden (computational facilities，cluster simulations)
- 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～）
- 吉田 拡人：ドイツ・ベルリン工科大学，Prof. Martin Oestreich，ケイ素を用いた合成化学に関する研究
- 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 Thematortt，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：中国復旦大学，Professor Xiaoqing Zeng，ニトレンの電子共鳴分光
- 阿部 穰里：TCG-CREST（インド），Professor Bhanu Das，CP対称性に関する理論的研究
- 阿部 穰里：スイス連邦工科大学ローザンヌ校，Professor Rizlan Bernier-Latmani，バクテリアによって還元されるウランの同位体分別に関する理論的研究
- 阿部 穰里：ハノーバー大学，Professor Stefan Weyer，バクテリアによって還元されるウランの同位体分別に関する理論的研究

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

化学科は基礎化学プログラムおよび数理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4年3月1日現在）および令和3年度の非常勤講師を次にあげる。

職	氏 名	所 属		
教 授	安 倍 学	基礎化学プログラム		
	石 坂 昌 司	基礎化学プログラム		
	泉 俊 輔	数理分子生命科学プログラム		
	井 上 克 也	基礎化学プログラム		
	井 口 佳 哉	基礎化学プログラム		
	OLEKSIY BOGDANOV	基礎化学プログラム		
	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		
	中 島 覚 聡	自然科学研究支援開発センター		
	中 田 禎 文	数理分子生命科学プログラム		
	西 原 禎 文	基礎化学プログラム		
	灰 野 岳 晴	基礎化学プログラム		
	水 田 勉 勉	基礎化学プログラム		
	山 崎 勝 義	基礎化学プログラム		
	吉 田 拓 人	基礎化学プログラム		
	准教授	阿 部 穰 里	基礎化学プログラム	
		ANDREY LEONOV	基礎化学プログラム	
		岡 田 和 正	基礎化学プログラム	
		片 柳 克 夫	数理分子生命科学プログラム	
		久 米 晶 子	基礎化学プログラム	
高 口 博 志		基礎化学プログラム		
関 谷 亮 亮		基礎化学プログラム		
高 橋 修 修		基礎化学プログラム		
中 本 真 晃		基礎化学プログラム		
藤 原 好 恒		数理分子生命科学プログラム		
松 原 弘 樹		基礎化学プログラム		
講 師		波多野 さや佳	基礎化学プログラム	
		助 教	赤 瀬 大 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
		大 前 英 司	数理分子生命科学プログラム	
		岡 本 泰 明	基礎化学プログラム	
		久 保 和 幸	基礎化学プログラム	
		COSQUER GOULVEN	基礎化学プログラム	
	SHANG RONG	基礎化学プログラム		
	高 木 隆 吉	基礎化学プログラム		
	千 歳 洋 平	基礎化学プログラム		
	TIWARI SANDHYA PREMNATH	数理分子生命科学プログラム		
	仲 一 成	基礎化学プログラム		
平 尾 岳 大	基礎化学プログラム			
福 原 幸 一	基礎化学プログラム			
藤 林 将 将	基礎化学プログラム			
藤 原 昌 夫	数理分子生命科学プログラム			
松 尾 宗 征	数理分子生命科学プログラム			
村 松 悟 悟	基礎化学プログラム			
安 田 恭 大	数理分子生命科学プログラム			
客員教授	並 河 英 紀	山形大学理学部		
	松 田 建 児	京都大学大学院工学研究科		

【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3年度 化学科長 西原 禎文
副化学科長 井口 佳哉
化学科長補佐 中本 真晃

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3年度の各種委員会の委員一覧を次にあげる。

図書委員	石坂
化学実験委員	○波多野 藤原(昌) 久保 平尾 赤瀬 松尾 大前
教務問題検討委員	○西原 灰野 波多野 高橋
野外研修企画委員 および 担当研究グループ	○西原 反物 固体 分物 量子 反有
当番研究グループ	構造物理化学グループ
安全衛生委員	○吉田
危険薬品庫管理者	錯体
シリンダーキャビネット室管理者	有典
就職担当	井口 令和2年10月～令和3年9月末 灰野 令和3年10月～令和4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3年度化学科在籍学生数

令和3年5月1日現在

入 学 年 度	在 籍 学 生 数
令和3年度	62(14)
令和2年度	59(14)
令和元年度	63(17)
平成30年度	62(16)
平成29年度	10(3)
平成28年度	8(3)
平成27年度	1(0)
平成26年度	1(0)
合 計	266(65)

() 内は女子で内数

・チューター

入学年度	チューター
令和3年度	西原, 中本, 平尾
令和2年度	石坂, 岡田, 高木
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

・令和3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
教養教育	1年1	教養ゼミ	高口藤林, 片柳,岡田, 高木,波多野	化学的情報の収集・整理・提供
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	吉田	有機化学・命名法・官能基・立体化学・有機反応
領域	1年前期	統計学への招待	仲	
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 SDG_04,SDG_09
専門	1年4	基礎物理化学B	井口	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,水素原子
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
基盤	1年後期	基礎線形代数学[1経夜]	仲	
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	関谷	
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	波多野	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	吉田	有機合成化学,有機金属化学,遷移金属触媒,有機典型元素
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
専門	2年後期	無機化学演習	久米,井上, 岡本,久保, 西原,松原	無機化学・錯体化学・分析化学の演習
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
教職	3年1	化学実験A	波多野	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	高橋	電子状態理論,分子軌道法,計算化学
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年前期	化学インターンシップ	西原	派遣研修,職業倫理
専門	3年前期	物理化学演習	藤原(昌), 村松,福原, 大前,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
専門	3年前期	化学英語演習	SHANG, COSQUER, ANDREY	化学英語,英会話,英作文,リスニング,スピーキング
専門	3年前期	化学実験I	波多野	基礎化学実験,無機・分析化学,物理化学,有機・生物化学
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	赤瀬	量子化学,計算化学,情報化学,非経験的分子軌道法
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	西原	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	3年後期	化学英語演習	SHANG, COSQUER, ANDREY	化学英語,英会話,英作文,リスニング,スピーキング
専門	3年後期	有機化学演習	高木,平尾, 千歳,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年後期	化学実験II	波多野	基礎化学実験,無機・分析化学,物理化学,有機・生物化学
専門	4年前期	化学演習	岡田,阿部	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 並河 英紀 (山形大学理学部/教授)
(自己組織化の科学) 担当: 自己組織化学研究室

化学特別講義 松田 建児 (京都大学大学院工学研究科/教授)
(光ナノ分子化学) 担当: 固体物性化学研究室

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。
また、「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 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。(「学生教育研究災害傷害保険」のみ大学負担により 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 ^{*1} (14)
情報・データサイエンス科目	2 単位(4)	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。(「学生教育研究災害傷害保険」のみ大学負担により 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・データサイエンス科目	4 単位(4)	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)

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、令和 3 年度入学生から適用する。

令和3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(令和3年度入学生用)

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)、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									
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																					
	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	○	○	○	○													
	共通科目	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	2	必修	①															
		コミュニケーション I B	1		①																	
		外国語 (注3)	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・データサイエンス科目		情報・データ科学入門	2	必修	②																
			ゼロからはじめるプログラミング	2	選択必修		○															
			データサイエンス基礎	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	(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														
			2	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		44																				

(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」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。

※以下、次頁「専門教育」に関する注意事項

(注4) 「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5) 「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6) その他化学プログラム担当教員会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。

(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	標準履修シメスター (下段の数字はシメスターを示す) (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																					
		41	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4)	15 以上	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							○														
計算化学・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5)										○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
上記23科目から8科目15単位以上																							
18		化学実験 I	5	必修							⑤												
		化学実験 II	5									⑤											
		卒業研究	各4												④	④							
0~8	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6)				自由選択	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
専門教育科目 小計		84																					
合計		128																					

令和3年度化学科卒業生進路状況

(令和4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	
	製 造 業	公 務 員	小 売 り ・ 卸 売 業	そ の 他	学 校 教 育		研 究 生	そ の 他
64 (18)	4 (2)	1 (1)	0 (0)	0 (0)	2 (0)	54 (14)	1 (0)	2 (1)

2-3-4 卒業論文発表実績

【1】令和3年度卒業研究生の各研究グループ配属者数

令和4年3月現在

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 固体物性化学研究グループ 錯体化学研究グループ 分析化学研究グループ 構造有機化学研究グループ	4 8 6 5 5	井口, 高橋, 福原, 村松 井上, 西原, LEONOV, COSQUER, 藤林 水田, 久米, 久保, SHANG 石坂, 松原, 岡本 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 有機典型元素化学研究グループ 反応有機化学研究グループ 量子化学研究グループ	6 6 4 5	山崎, 高口 吉田, 中本, 安倍, 波多野, 高木, 千歳 阿部, 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 生物化学研究グループ 分子生物物理学研究グループ	4 4 6	中田, 藤原(好), 藤原(昌), 松尾 泉, 芦田, 楯, 片柳, 大前, 安田, TIWARI
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 放射線反応化学研究グループ	3 2	齋藤 中島, 松嶋
計	68	

【2】令和3年度の卒業生と研究題目

安倍 大貴	助触媒フリーで高い酸素酸化活性を示す銅錯体触媒のメカニズム解明	錯体化学
綾塚 仁	※学外秘	反応有機化学
有村 咲紀	※学外秘	構造有機化学
磯 僚海	※学外秘	分子生物化学
伊藤 誠也	フルオロアルコールとシリカ粒子の競争吸着によるピッカリングエマルジョンの乳化安定性制御	分析化学
岩崎 慎	※学外秘	有機典型元素化学
岡崎 ななか	¹ H NMRを用いたルテノセンとオスモセン間におけるヨウ素交換反応に関する研究	放射線反応化学
岡本 春歌	気相中における過冷却微小水滴のレーザー捕捉と顕微ラマン分光計測	分析化学
沖汐 祐紀	カリックス[5]アレーンとフラーレンのホストゲスト相互作用を利用したジブロックポリマーの合成研究	構造有機化学
奥田 悠加	亜鉛・アルキル配位子間の光反応性による軌道解析	反応物理化学
奥寺 洸介	Eu/Am分離メカニズムの解明に向けたジグリコールアミド骨格配位子のコンビナトリアル合成と赤外分光	構造物理化学
越智 駿輔	粘菌は桂皮酸骨格の化合物を忌避物質として感じるか？	生物化学
重川 美優	磁気微小重力空間において作製したDNA磁気配向薄膜の偏光特性と複屈折特性	自己組織化学
飼鳥 弘人	ポリエーテルを付与した分子性金属酸化物の合成	固体物性化学
椛嶋 雄大	ホスファゼン骨格を有する鉄メタラサイクルを錯体配位子として用いた鉄二核錯体の合成	錯体化学
河合 真都	光増感部分を有するキラルリン酸を用いたエナンチオ選択的Paternò-Büchi反応の検討	反応有機化学
窪田 隆正	水面滑走する2種の液滴集団系における界面活性剤の効果	自己組織化学
久保寺 裕進	電極反応が反映された球体化学振動子の時空間パターン	自己組織化学
黒河 由利	S(¹ D)+CS ₂ 反応で生成するCSのレーザー誘起蛍光励起スペクトル観測	反応物理化学
古賀 なつみ	スクロース水溶液の粘度の濃度依存性に関する研究	分析化学
古屋 壮一朗	ビスポルフィリンクレフトとトリニトロフルオレノン部位をキラルピナフチル骨格で連結したhead-to-tail型分子の自己集合における不斉増幅	構造有機化学
小山 雅大	新規極低温気相分光装置の開発：八極子イオンガイドの導入による光解離分光の実現	構造物理化学
近藤 優衣	塩素原子Cl(3p ⁵ 2P)の2光子レーザー励起真空紫外発光法による検出	反応物理化学
齋藤 遥平	※学外秘	生物化学
坂本 歩夢	異なる形状に成長させたC ₆₀ Oの有機膜被覆およびCO ₂ 還元選択性	錯体化学
島田 侑果	固相イオン交換機能を利用した単結晶分子ダイオードへの挑戦	固体物性化学
菅原 知佳	軟X線吸収分光法でみるアセトン-水2成分系の分子間相互作用	量子化学
杉浦 圭亮	炭酸架橋されたZn-Dy ₆ 核錯体の合成と磁気物性	固体物性化学
高田 直幸	※学外秘	有機典型元素化学
高森 章太郎	フラグメンテーションを昂進するマトリックス	生物化学
竹本 悠真	分子包接能を有するポリオキソメタレート合成	固体物性化学

田中 裕人	ピンサー型カルボジホスホラン白金錯体とCE ₂ (E=O,S) との反応	錯体化学
角木 海斗	Skymion chains and clusters in bulk and thin-film chiral magnets and liquid crystals (バルクと薄膜のキラル磁性体及び液晶におけるスキルミオンのチェーンとクラスター)	固体物性化学
時實 崇之	極低温気相分光によるシアニン色素の電子スペクトルの観測と量子化学計算による解析	構造物理化学
友田 和希	※学外秘	有機典型元素化学
内藤 智乃津	シロイヌナズナ由来の子葉における葉緑体形成因子CYO1の結晶化	分子生物化学
中山 圭剛	低温条件下におけるH ₃ ⁺ -有機分子反応の反応性探索装置の開発	反応物理化学
野口 丈	3核銀クラスターによるアルキニル配位子の反応開発	錯体化学
野田 紘平	アクチノイド化合物計算にむけた相対論的多配置摂動論プログラム(Rel-CASCI-CASPT2)の高速化	量子化学
林 博斗	Silyl-Substituted Azadiboriridine As Ligand to Didoron-Transition Metal Complexes (ジボロン-遷移金属錯体への配位子としてのシリル置換アザジボリリジン)	有機典型元素化学
廣田 天丸	SOFT法による導電性高分子配向膜の作製とその評価	光機能化学
深澤 龍志	ポリアセチレンの側鎖に導入されたキラルなビフェニルゲスト部位と自己集合カプセルの分子認識	構造有機化学
藤田 大和	アミノタルク型粘土を用いた金属ナノ粒子の安定化とその性質	放射線反応化学
藤春 みのり	唾液モデルエアロゾルの湿度変化に対する風解・潮解	分析化学
藤原 礼華	※学外秘	有機典型元素化学
増田 康人	密度行列繰り込み群に基づく相対論的多配置摂動論(Rel-DMRG-CASPT2)のプログラム開発	量子化学
眞鍋 桃花	ヒト由来DNA修復酵素NTH1の結晶化	分子生物化学
美甘 涼	モンシロチョウ(Pieris rapae)の「フェロモン」はどこにあるのか?	生物化学
宮代 一志	ポリオキソメタレートを含むカプセル分子の合成と誘電物性	固体物性化学
宮武 理沙	ニトロキシド系有機ラジカルを含む超分子カチオンを利用した分子回転機構の開発	固体物性化学
宮村 琢磨	※学外秘	反応有機化学
向井 夏樹	Design of skyrmion-based racetrack memory (スキルミオンに基づいたレーストラックメモリのデザイン)	固体物性化学
村崎 新祐	※学外秘	光機能化学
村田 実優	タンパク質液液相分離現象における低分子化合物の摂動に関する分子科学・細胞生物学的研究	分子生物化学
元松 隼紀	三つのレゾルシンアレーンキャビタンドが環状に連結したトリスキャビタンド分子の合成	構造有機化学
茂中 航	1,4-ナフトフェノキノン誘導体の物性評価	反応有機化学
百井 沙由紀	カリックスアレーンによるTIA1液液相分離阻害機構の解析	分子生物化学
山口 達也	対生成物の状態簡相関による亜硝酸メチルの分子内エネルギー移動	反応物理化学
山口 正晶	含ホウ素高歪みボラピラミダン二量体の合成の試み	有機典型元素化学
山田 麟太郎	S(¹ D)+N ₂ O反応で生成するNSのA ² Δ - X ² Π遷移によるレーザ誘起蛍光検出	反応物理化学
吉貝 壮生	自己駆動する樟脳ろ紙を用いた避難パターンの最適化	自己組織化学

芳川 慶伍	アセナフテンを組み込んだバタフライ型ビスクロジホスフィンの合成	錯体化学
和田 優人	※学外秘	光機能化学

2-4 リカレント教育を推進するための社会人向けプログラムの提供

該当無し

2-5 その他特記事項

2-5-1 Chemサロン

2021年10月18日（月）※Teamsにて開催

16時15分～17時15分 松原弘樹先生（分析化学研究グループ）

「気液、液液界面の状態制御を基盤とした新しいコロイド・界面化学の創出」

17時15分～18時15分 阿部穰里先生（量子化学研究グループ）

「電子と原子核の相互作用に関連する3つの理論的研究」

2021年12月6日（月）※Teamsにて開催

16時20分～17時20分 松尾宗征先生（自己組織化学研究グループ）

「増殖するペプチド液滴」

2-5-2 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

2-5-3 その他特記事項

該当無し

