

## Ⅱ 物理学専攻・物理学科



# 1 物理科学専攻

## 1-1 専攻の理念と目標

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

## 1-2 専攻の組織と運営

物理科学専攻は、宇宙・素粒子科学講座、物性科学講座および、放射光科学研究センター所属の放射光科学講座からなる。それぞれの講座には数人で構成された、より専門化された研究グループがある。日常的な研究や教育などは主として研究グループ単位で行われている。人事や入試などの大きな問題には講座や専攻単位で運営が行われている。

### 1-2-1 教職員（2018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）

大川正典（教授）	両角卓也（准教授）
	石川健一（准教授）

##### 宇宙物理学（理論）

小寫康史（教授）	山本一博（准教授）	岡部信広（助教）
----------	-----------	----------

##### クォーク物理学

杉立 徹（教授）	志垣賢太（准教授）	本間謙輔（助教）
		三好隆博（助教）
		<理学研究科LAN担当>

##### 高エネルギー宇宙

深澤泰司（教授）	高橋弘充（助教）	
	Norbert Werner（特任准教授）	大野雅功（助教）
	（3ヶ月クロスアポ）	

##### 可視赤外線天文学

川端弘治*（教授）	植村 誠*（准教授）	山中雅之*（特任助教）
観山正見*（特任教授）	水野恒史*（准教授）	笹田真人*（特任助教）

\*：宇宙科学センター協力教員

##### 物性科学講座

##### 構造物性

黒岩芳弘（教授）
----------

森吉千佳子（教授）

#### 電子物性

中島伸夫（准教授）

石松直樹（助教）

#### 光物性

木村昭夫（教授）

真木祥千子（助教）

#### 分子光科学

平谷篤也（教授）

関谷徹司（准教授）

和田真一（助教）

吉田啓晃（助教）

#### 放射光科学講座（放射光科学研究センター所属）

##### 放射光物性

生天目博文（教授）

佐藤 仁（准教授）

Schwieer Eike Fabian（助教）

島田賢也（教授）

澤田正博（准教授）

宮本幸治（助教）

奥田太一（教授）

松尾光一（准教授）

泉 雄大（助教）

##### 放射光物理

松葉俊哉（助教）

#### 専攻事務

重富宏美

須藤和子

前田 緑

#### 1-2-1 教員の異動

現状では、全学から公募される人事措置に対して必要な分野やポジションに応じて要求を出すことになっている。その中で最近ではテニユアトラック制度による助教の採用が認められている。一方、定年退職や転出が毎年あり、テニユア教員のみを数えても、2017年度末に1名が退職、2018年度末に3名が退職、1名が転出した。しかし、それに応じた人事措置が認められない状態が続いており、教育及び研究活動に徐々に影響が出ている。これ以上の人事凍結は何としても避ける必要がある。

2018年6月1日	採用	岩澤英明（光物性 特任准教授）
2018年10月31日	転出	真木祥千子（光物性 助教）
2018年12月1日	採用	山口頼人（クォーク物理学 特任助教）
2019年3月21日	転出	松葉俊哉（放射光物理 助教）
2019年3月31日	定年退職	大川正典（素粒子論 教授）
	定年退職	杉立 徹（クォーク物理学 教授）
	定年退職	平谷篤也（分子光科学 教授）
	転出	山本一博（宇宙物理学 准教授）
	転出	大野雅功（高エネルギー宇宙 助教）

## 1-3 専攻の大学院教育

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

### 1-3-1 大学院教育の目標とアドミッション・ポリシー

#### 1. アドミッション・ポリシー

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

#### 2. カリキュラム・ポリシー

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

#### 3. ディプロマ・ポリシー

##### 博士課程前期

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

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

##### 博士課程後期

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

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

大学院授業担当

2018年度【前期】物理科学専攻 授業時間割表				
曜日	時限	科目	教員	教室
月	1.2	分子光科学セミナー	平谷, 関谷, 吉田(啓), 和田	研究室
	3.4	電子物性セミナー	圓山, 中島, 石松	研究室
	5.6	社会実践理学融合特論	木村, 小原, 圓山	E002
	7.8	放射光物性セミナー	生天目, 島田, 佐藤, 奥田, 澤田, 松尾, 宮本, 泉, Schwier	研究室
		クォーク物理学	志垣, 杉立	B101
	9.10			
火	1.2	相対論的宇宙論	山本	A017
	3.4	高エネルギー宇宙学セミナー	深澤, 水野, 高橋, 大野	研究室
		電子物性	中島	B101
		クォーク物理学セミナー	杉立, 志垣, 本間, 三好	研究室
	5.6	量子場の理論I	大川	B101
	7.8			
	9.10	宇宙物理学セミナー	小畷, 山本, 岡部	研究室
		構造物性セミナー	黒岩, 森吉	研究室
水	1.2			
	3.4	分子分光学・光化学	平谷	A004
	5.6	光物性	木村	E210
	7.8			
	9.10	先端物理科学概論	島田, 山本, 深澤, Werner, 志垣, 中島, 木村, 森吉	E210
木	1.2	素粒子論セミナー	大川, 両角, 石川, 稲垣	研究室
	3.4	光物性セミナー	木村, 真木	研究室
		光赤外線宇宙観測	川端, 植村	C104
	5.6	放射光科学特論I	生天目, 島田, 佐藤, 奥田, 澤田, 松尾, 黒岩, 石松	放射光科学研究センター H201
		X線ガンマ線宇宙観測	深澤, 水野, Werner	C104
	7.8	可視赤外線天文学セミナー	川端, 植村	研究室
	9.10			
金	1.2	宇宙物理学	小畷	A004
	3.4	非線形力学	入江	C104
	5.6			
	7.8			
	9.10	放射光物理学セミナー	松葉	研究室
備考	放射光科学院生実験(黒岩, 島田, 平谷, 和田, 中島, 澤田, 佐藤, 松葉。前期集中),			

	物理科学エクスターンシップ（木村，石川。集中形式）， トポロジカル絶縁体・超伝導体（特別講義，前期集中）， 重力波物理学・天文学（特別講義，前期集中）
--	---

2018年度【後期】物理科学専攻 授業時間割表				
曜日	時限	科目	教員	教室
月	1.2	分子光科学セミナー	平谷，関谷，吉田（啓），和田	研究室
	3.4	電子物性セミナー	中島，石松	研究室
	5.6	理学融合基礎概論 A	木村，小原，外	E002
	7.8	放射光物性セミナー	生天目，島田，佐藤，奥田， 澤田，松尾，宮本，泉，Schwier	研究室
	9.10			
火	1.2	素粒子物理学	稲垣	B101
	3.4	高エネルギー宇宙学セミナー	深澤，水野，高橋，大野	研究室
	5.6			
	7.8			
	9.10	宇宙物理学セミナー 構造物性セミナー	小鷲，山本，岡部 黒岩，森吉	研究室 研究室
水	1.2	格子量子色力学	石川	A004
	3.4	クォーク物理学セミナー	杉立，志垣，本間，三好	研究室
		表面物理学	関谷	B101
	5.6			
	9.10			
木	1.2	素粒子論セミナー	大川，両角，石川，稲垣	研究室
	3.4	放射光物性	生天目	放射光科学研究センター H201
	5.6			
	7.8	構造物性	黒岩	B101
		可視赤外線天文学セミナー	川端，植村	研究室
9.10	光物性セミナー	木村，井野，真木	研究室	
金	1.2	量子場の理論II	両角	A017
	3.4			
	5.6	放射光物理学	松葉	B101
	7.8	放射光物理学セミナー	松葉	研究室
	9.10			
備考		研究倫理（後期集中），放射光科学特論II（外部講師，生天目。後期集中）， 物理科学エクスターンシップ（木村，石川。集中形式），有限温度 QCD への招待 ～核子 QCD から重イオン衝突実験へ～（特別講義，後期集中）		

### 1-3-2 大学院教育の成果とその検証

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

博士課程前期の入学定員30名に対し、33名（内部生29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13名に対しては、5名（内部生5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	87 件
○ 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数	50 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	29 件

### 1-3-4 大学院生の国際学会発表実績

○ 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数	50 件
○ 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数	62 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	24 件

### 外国人留学生の受入状況

○ 博士課程前期在籍者	4 名
○ 博士課程後期在籍者	12 名

### 1-3-5 修士論文発表実績

2018年度（37名）

	氏名	論文題目	指導教員	主査	副査
1	田中慎之	広がった TeV ガンマ線源 VER J2019+368 の X 線観測による粒子加速と伝播の研究	水野	水野	小嶌
2	河村元太	充填ゼオライト型誘電体の構造相転移 -充填イオンのサイズ効果とゆらぎ-	森吉	森吉	木村
3	大城佳祐	光触媒Au/TiO <sub>2</sub> の電子状態と触媒活性の相関	中島	中島	生天目
4	伊豫部佳樹	オージェ電子分光を用いたフッ素を含む芳香族単分子膜で起こる高速電荷移動の考察	平谷	関谷	森吉
5	鳥生泰志	X 線磁気円二色性でみるラーベス相 GdCo <sub>2</sub> の水素・圧力誘起の磁気転移	中島	中島	松尾
6	平野広太	KEK-PF における入射効率改善のための研究	島田	島田	平谷
7	山本 航	直線偏光依存ARPESによるW(110)のバルク・表面電子状態の研究	島田	島田	中島
8	山田悠梨香	活動銀河核 Mrk 421 の多波長・時系列データから探るジェットの放射領域の変動	植村	植村	志垣
9	高須早織	ALICE 実験高度化に向けた前方光子検出器 FoCal の性能評価	杉立	杉立	深澤
10	長嶋大樹	チベット設置口径 50cmHinOTORI 望遠鏡の観測性能評価	川端	川端	両角

11	挽谷政弥	X線鉄輝線詳細構造による活動銀河核トーラスの物質状態の推定	深澤	深澤	石川
12	田川容輝	カイラル摂動論によるパイ中間子の電磁質量の研究	両角	両角	志垣
13	横井優人	リラクサー強誘電体 PMN-PT の直流・交流電場印加下結晶構造解析	黒岩	黒岩	島田
14	横田圭祐	格子場の量子論における1ループ摂動計算のためのBurgio-Caracciolo-Pelissettoアルゴリズムの研究	石川	石川	植村
15	宮下大樹	XRD測定と微分干渉顕微鏡観察による純鉄 $\alpha$ - $\epsilon$ 相転移機構の研究	中島	中島	奥田
16	生天目妃日理	高分解能 ARPES を用いた強磁性 Ni の電子系に働く多体相互作用の研究	島田	島田	関谷
17	長木舞子	近傍の IIP 型超新星 SN2017eaw が示した可視光近赤外線偏光特性の観測的研究	川端	川端	島田
18	渡邊建吾	アセチルアセトンニッケル(II)錯体の軟X線吸収および発光スペクトルに対する溶媒効果	平谷	平谷	佐藤
19	HUANG RUOCHEN	活動銀河核ジェットの偏光観測データを用いた新しい可視化技術による磁場構造の研究	植村	植村	石川
20	鳥越健斗	シンチレータと MPPC を組み合わせた突発天体全天軟ガンマ線観測装置の開発	水野	水野	杉立
21	葛城龍馬	衝突銀河団 A754 の弱い重力レンズ研究	山本	山本	深澤
22	松田旭央	マルチチャンネル電子スピン検出器の開発	木村	木村	黒岩
23	松場祐樹	京都大 3.8m 新望遠鏡用高速撮像分光器の光学設計と評価	川端	川端	澤田
24	小山恭弘	ガンマ線バーストのX線残光と全天ダストマップを用いた天の川銀河の星間ガスの評価	水野	水野	山本
25	川本悠司	Preliminary study of multiplicity dependence of light vector meson production at forward rapidity in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV	志垣	志垣	水野
26	野地祐磨	硬X線光電子分光法を用いた酸化チタンの表面バンドベンディングの研究	中島	中島	生天目
27	市川典万	軟X線磁気円二色性によるCo/h-BN/Ni(111)の界面における反強磁性結合の研究	木村	木村	森吉
28	新郷裕太	$\mu$ -e転換過程探索実験に対する加速器起因遅延陽子による背景事象	志垣	志垣	川端
29	大坪一輝	かなた望遠鏡を用いた爆発エネルギーの大きな IIIn型超新星SN 2017hccの観測的研究	川端	川端	大川
30	下地寛武	自発的対称性の破れにおける有限サイズの効果	大川	大川	杉立
31	楊 冲	衝突銀河団MCXCJ0157.4-0550の衝突状態のX線観測による研究	深澤	深澤	両角
32	河村優太	SU(2) Higgs 模型の拘束条件を考慮した Hamiltonianと古典解に関する研究	両角	両角	植村

33	熊代宗弘	真空紫外円二色性分光によるミエリン塩基性タンパク質の生体膜相互作用研究	松尾	松尾	平谷
34	石坂仁志	ルテチウム置換した層状リン化カルコゲナイド超伝導体の光電子分光研究	木村	木村	関谷
35	松尾大和	F(R) 修正重力理論によるDark Matter問題へのアプローチ	大川	大川	山本
36	今里郁弥	電波銀河NGC1275の変動解析から探る可視光からX線帯域の放射起源	深澤	深澤	小畠
37	井村俊介	マグネターフレアによる重力波	小畠	小畠	川端

### 1-3-6 博士学位

2018年度（課程博士8名）

- [1] ZHANG ZHIGANG      2018年9月3日授与（甲）  
Structural Phase Transition in LiNbO<sub>3</sub>-type Ferroelectrics Studied by Synchrotron Radiation X-ray Diffraction  
(放射光 X 線回折による LiNbO<sub>3</sub> 型強誘電体の構造相転移の研究)  
主査：黒岩芳弘  
副査：木村昭夫，生天目博文，中島伸夫
- [2] WU SHILONG      2018年9月20日授与（甲）  
Spin- and Angle-resolved photoemission spectroscopy (SARPES) studies of Ln(O,F)BiS<sub>2</sub> (Ln = La, Ce, Pr, Nd) superconductors  
(スピンおよび角度分解光電子分光による Ln(O,F)BiS<sub>2</sub> (Ln=La,Ce, Pr, Nd) 超伝導体の研究)  
主査：奥田太一  
副査：木村昭夫，島田賢也，鬼丸孝博
- [3] 永嶋和也      2019年3月5日授与（甲）  
Energy Loss of Charm and Bottom Quarks in Quark-Gluon Plasma Created in Au+Au Collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 200$  GeV  
( $\sqrt{s_{NN}} = 200$  GeV Au+Au 衝突で生成されるクォーク・グルーオン・プラズマ中でのチャーム/ボトムクォークのエネルギー損失)  
主査：志垣賢太  
副査：小畠康史，杉立 徹，深澤泰司
- [4] 関畑大貴      2019年3月5日授与（甲）  
Measurement of neutral mesons and direct photons in pp and Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV  
(核子対あたり重心系エネルギー5.02TeV 陽子-陽子及び鉛-鉛原子核衝突における中性中間子と直接光子測定)  
主査：杉立 徹  
副査：小畠康史，深澤泰司
- [5] 中岡竜也      2019年3月23日授与（甲）  
Study on the Progenitors of Type II Supernova based on Extensive Observations

(長期観測に基づいた II 型超新星の親星に関する研究)

主査：川端弘治

副査：小嶋康史，杉立 徹，深澤泰司

[6] 川端美穂 2019年3月23日授与 (甲)

Multi-band Observational Study on Two Nearby Type Ia Supernovae

(多バンド観測による 2 つの近傍の Ia 型超新星に関する研究)

主査：川端弘治

副査：小嶋康史，杉立 徹，深澤泰司

[7] 田北仁志 2019年3月23日授与 (甲)

Accurate Angle-Resolved Photoemission Study of FeSe and  $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$  Across Phase Boundaries

(FeSe と  $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$  の相境界を横断する高精度角度分解光電子分光研)

主査：木村昭夫

副査：井野明洋 (久留米工業大学)，島田賢也，森吉千佳子，田中 新

[8] 角田一樹 2019年3月23日授与 (甲)

Spin-Dependent Electronic Structures and Ultrafast Carrier Dynamics of Novel Functional Materials

(新奇機能性材料のスピン依存電子状態と超高速キャリアダイナミクス)

主査：木村昭夫

副査：鬼丸孝博，奥田太一，黒岩芳弘

### 1-3-7 TA の実績

2018年度は、博士課程前期の学生を19名 (通年：7名，前期：8名，後期：4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。

### 大学院課程のカリキュラム改訂

ミッションの再定義とRU/SGU支援事業の指定を受けて、研究力の強化と教育の国際化に対応するべく、2015年度から開始した。そこで英語をメインとした必修授業を博士課程前期と後期にそれぞれ導入した。一方、大学院再編が具体化してきたが、再編後には現物理学専攻は、新研究科の物理学プログラムとして若干の体制変更を伴って継承される計画となったため、それに向けたカリキュラム改訂案を策定した。

### 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、2018年度10月入学で3名 (中国2名，インドネシア1名) を受け入れた。中国トップレベルの大学 (中国科学院や復旦大学等) との連携の下で優秀な学生を見出す独自の取組みを継続している。しかし、本来、博士課程後期の定員充足は日本人学生の受入れで達成されるべきである。そのためには経済的支援の充実と海外派遣等を含む国際的な研究交流の活性化が不可欠と考えられる。2017年度から外国人教員による授業や研究指導を開始

した。さらに、外国人を招待した研究室セミナーや共同研究（実験）などに院生を積極的に参加させている。例えば、物性科学講座の研究室では学内の放射科学研究センター（HiSOR）や高輝度光科学研究センター（SPRING-8）などで国際共同実験に参画させている。大学院生には自身の研究の位置づけを確認されるとともに、外国人を含む本学以外の研究者や学生と交流させ、様々な研究方法や共同研究のあり方を実践的に習得させている。

物理科学専攻(博士課程前期)

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

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

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

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

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

物理科学専攻(博士課程後期)

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

就職情報

博士課程前期

- 進 学：博士課程後期進学 7，  
 企 業：マイクロンメモリジャパン（株） 2，  
 NECソリューションイノベータ（株） 2，  
 NTTビジネスソリューションズ（株） 1，キヤノン（株） 1，  
 （株）デンソー 1，サンディスク（株） 1，ダイハツ工業（株） 1，  
 トヨタ自動車九州（株） 1，パナソニックシステムデザイン（株） 1，  
 （株）SUMCO 1，（株）エヌ・ティ・ティ・ドコモ 1，  
 （株）日立ソリューションズ 1，三菱自動車工業（株） 1，  
 三菱重工業（株） 1，新日鐵住金（株） 1，中国電力（株） 1，  
 日本電気航空宇宙システム（株） 1，  
 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 1，  
 その他企業：6  
 そ の 他：広島大学 1，東京大学 1，東京工業大学1，京都大学1，  
 University of Cologne 1，岡山県教育委員会 1，長崎県教育委員会 1，

学生の表彰

- 広島大学 エクセレント・スチューデント・スカラシップ 成績優秀学生表彰者：3名  
 広島大学 大学院理学研究科長表彰者：1名

## 1-4 専攻の研究活動

### 1-4-1 物理科学専攻の教員が主導する研究拠点の活動

物理科学専攻の教員が主導する研究拠点は2つある。

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

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

#### 広島大学自立型研究拠点 極限宇宙研究拠点

(Core-U : Core Research for Energetic Universe)

#### 2018年度の活動

##### 第35回 (2018年度第1回) 極限宇宙研究拠点セミナー

日時 : 2018年5月17日 (木) 16:30-17:30

場所 : 広島大学理学研究科E203教室

講師 : Francois Mernier氏 (ハンガリー・ブダペスト大学)

題目 : Elemental abundances and chemical enrichment in the hot intracluster medium

##### 第36回 (2018年度第2回) 極限宇宙研究拠点セミナー

日時 : 2018年6月20日 (水) 15:00-16:00

場所 : 広島大学理学研究科E002教室

講師 : 田中 貴浩氏 (京都大学)

題目 : Gravitational wave physics and astronomy: Genesis

##### 第37回 (2018年度第3回) 極限宇宙研究拠点セミナー

日時 : 2018年6月26日 (火) 16:30-17:30

場所 : 広島大学理学研究科E203教室

講師 : Ioannis Liodakis氏 (米国・スタンフォード大学)

題目 : RoboPol: Monitoring of gamma-ray loud blazars in optical polarization

##### 第38回 (2018年度第4回) 極限宇宙研究拠点セミナー

日時 : 2018年7月20日 (金) 10:30-11:30

場所 : 広島大学理学研究科E203教室

講師 : Stefano Ettori氏 (イタリア・INAF-OABO)

題目 : Galaxy Cluster Outskirts: properties of the diffuse baryons

##### 第39回 (2018年度第5回) 極限宇宙研究拠点セミナー

日時 : 2018年7月20日 (金) 15:00-16:00

場所 : 広島大学理学研究科E203教室

講師 : Mauro Sereno氏 (イタリア・INAF-OABO)

題目 : Gravitational lensing detection of dense environments around a galaxy clusters

##### 第40回 (2018年度第6回) 極限宇宙研究拠点セミナー

日時：2018年9月20日（木）11:00-12:30  
場所：広島大学理学研究科E002教室  
講師：Robert Garisto氏（米国・Physical Review Letters編集者）  
題目：Secrets of PRL

第41回（2018年度第7回）極限宇宙研究拠点セミナー

日時：2018年11月14日（水）16:30-18:00  
場所：広島大学理学研究科E203教室  
講師：Qiye Shou氏（中国・復旦大学）  
題目：Search for the strong magnetic field and the anomalous chiral effect in heavy-ion collisions

広島大学インキュベーション研究拠点 創発的物性物理研究拠点

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

2018年度の活動

The 2nd International Workshop on Emergent Condensed Matter Physics

日時：2019年3月18日（月）-20日（水）  
場所：東広島芸術文化ホール・小ホール  
概要：熱電変換材料強相関電子系，超伝導，トポロジカル物質などをテーマとして，国外6名，国内4名のそれぞれの研究分野において第一線で活躍している研究者を招聘し総勢64名の参加者が講演・意見交換を行った。また学内の大学院生・学部4年生によるポスターセッション（英語）を設け，活発な議論が繰り広げられた。ポスター発表の中の3名がBest Student Poster Awardとして選定した。

第19回（2018年度第1回）広島大学創発的物性物理研究拠点セミナー（第519回物性セミナー合同）

日時：2018年4月23日（月）14:30-  
場所：広島大学先端物質科学研究科401N  
講師：川村 稔氏（理研CEMS）  
題目：強磁性トポロジカル絶縁体の量子伝導特性 ～量子異常ホール効果におけるセミナークル則～

第20回（2018年度第2回）広島大学創発的物性物理研究拠点セミナー（第520回物性セミナー合同）

日時：2018年5月17日（木）16:30-  
場所：広島大学先端物質科学研究科405N  
講師：Gaku Eguchi氏（Institute of Solid State Physics, TU Wien, Austria）  
題目：Kondo Insulator to Semimetal Transformation Tuned by Spin-Orbit Coupling

第21回（2018年度第3回）広島大学創発的物性物理研究拠点セミナー（第521回物性セミナー）

日時：2018年5月18日（金）16:30-  
場所：広島大学理学研究科C212会議室  
講師：Ulrich Höfer氏（Fachbereich Physik, Philipps-Universität Marburg, Germany）  
題目：Ultrafast views of surface photocurrents on topological insulators in momentum space

第22回 (2018年度第4回) 広島大学創発的物性物理研究拠点セミナー (第522回物性セミナー)

日時: 2018年7月5日 (木) 16:30-

場所: 広島大学先端物質科学研究科402N

講師: 佐藤 昌利氏 (京都大学基礎物理学研究所)

題目: トポロジカル結晶物質 -グライド対称性によって守られたトポロジカル相-

第23回 (2018年度第5回) 広島大学創発的物性物理研究拠点セミナー (第523回物性セミナー)

日時: 2018年7月26日 (木) 16:30-

場所: 広島大学先端物質科学研究科402N

講師: 羽田野 直道氏 (東京大学生産技術研究所)

題目: 非エルミート・ゲージ場とアンダーソン局在

第24回 (2018年度第6回) 広島大学創発的物性物理研究拠点セミナー (第524回物性セミナー  
合同)

日時: 2018年8月10日 (金) 16:00-

場所: 広島大学先端物質科学研究科405N

講師: 志村 恭通氏 (広島大学大学院先端物質科学研究科)

題目:  $\text{PrV}_2\text{Al}_{20}$ の磁場誘起の軌道再構成による巨大異方性磁気抵抗効果

第25回 (2018年度第7回) 広島大学創発的物性物理研究拠点セミナー (第525回物性セミナー  
合同)

日時: 2018年9月14日 (金) 15:30-

場所: 広島大学先端物質科学研究科405N

講師: 大原 繁男氏 (名古屋工業大学大学院工学研究科)

題目: 三元系イッテルビウム化合物の新物質探査

第26回 (2018年度第8回) 広島大学創発的物性物理研究拠点セミナー (第526回物性セミナー  
合同)

日時: 2018年9月14日 (金) 16:20-

場所: 広島大学先端物質科学研究科405N

講師: 渡辺 真仁氏 (九州工業大学大学院工学研究院基礎科学研究系)

題目: 価数量子臨界現象の最近の発展

第27回 (2018年度第9回) 広島大学創発的物性物理研究拠点セミナー (第527回物性セミナー  
合同)

日時: 2018年9月19日 (水) 15:30-

場所: 広島大学先端物質科学研究科302S

講師: Sergei Zherlitsyn氏 (Dresden High Magnetic Field Laboratory, Germany)

題目: Exotic Magnetic States at High Magnetic Fields

第28回 (2018年度第10回) 広島大学創発的物性物理研究拠点セミナー (第528回物性セミナー  
合同)

日時: 2018年9月28日 (金) 15:00-

場所: 広島大学先端物質科学研究科402N

講師: Alexander V. Andreev氏 (Institute of Physics, Academy of Sciences, Prague, Czech

Republic)

題目：High-field transitions in Er-Co and Tm-Co intermetallics with high Co content

第29回（2018年度第11回）広島大学創発の物性物理研究拠点セミナー（第529回物性セミナー合同）

日時：2018年10月1日（月）15:00-

場所：広島大学先端物質科学研究科402N

講師：Alexander V. Andreev氏 (Institute of Physics, Academy of Sciences, Prague, Czech Republic)

題目：Influence of Co substitution in Fe sublattice in  $RFe_5A_{17}$  ( $R = Dy, Ho$ ) intermetallics

第30回（2018年度第12回）広島大学創発の物性物理研究拠点セミナー（第531回物性セミナー合同）

日時：2018年10月3日（水）10:00-11:30

場所：広島大学理学研究科C212会議室

講師：Shigemasa Suga氏 (Osaka University, Japan)

題目：Revolutionary Angle-Resolved Photoelectron Spectroscopy: Spin-Resolved and Multidimensional Momentum Microscopy

第31回（2018年度第13回）広島大学創発の物性物理研究拠点セミナー（第530回物性セミナー合同）

日時：2018年10月3日（水）15:00-

場所：広島大学先端物質科学研究科402N

講師：Alexander V. Andreev氏 (Institute of Physics, Academy of Sciences, Prague, Czech Republic)

題目：Magnetic properties of  $UCo_{1-x}Os_xAl$  solid solutions: transition from itinerant metamagnetism to ferromagnetism

第32回（2018年度第14回）広島大学創発の物性物理研究拠点セミナー（第532回物性セミナー合同）

日時：2018年11月27日（火）16:30-

場所：広島大学先端物質科学研究科302S

講師：Geetha Balakrishnan氏 (Department of Physics, University of Warwick, UK)

題目：Single crystals of superconductors, topological insulators and magnetic materials

第33回（2018年度第15回）広島大学創発の物性物理研究拠点セミナー（第533回物性セミナー合同）

日時：2018年12月18日（火）16:30-

場所：広島大学先端物質科学研究科401N

講師：淡路 智氏（東北大学金属材料研究所）

題目：実用超伝導材料と無冷媒超伝導マグネット開発

第34回（2018年度第16回）広島大学創発の物性物理研究拠点セミナー（第533回物性セミナー合同）

日時：2018年12月21日（金）10:30-

場所：広島大学理学研究科C212会議室

講師：Yuki Utsumi Boucher氏 (Institute of Physics, Zagreb, Croatia)

題目：Electronic structure of  $\text{EuTGe}_3$  (T: transition metal) studied by x-ray spectroscopies

### 1-4-2 RAの実績

物理科学専攻の研究活動を支えるRAとして、2018年度は17名の日本人学生及び6名の留学生の博士課程後期大学院生を採用した。

氏名	学年	研究グループ	指導教員
由宇朗大	D3	素粒子論	両角卓也
上野峻一郎	D3	素粒子論	石川健一
大兼英朗	D3	素粒子論	両角卓也
上田庸資	D3	クォーク物理学	志垣賢太
中岡竜也	D3	高エネルギー宇宙	川端弘治
川端美穂	D3	高エネルギー宇宙	川端弘治
田北仁志	D3	光物性	木村昭夫
高木堅太	D2	素粒子論	両角卓也
坂本弘樹	D2	素粒子論	大川正典
高橋隼也	D2	素粒子論	両角卓也
信廣晃秀	D2	クォーク物理学	杉立 徹
山川皓生	D2	クォーク物理学	志垣賢太
中平夕貴	D2	構造物性	森吉千佳子
佐久間大樹	D1	宇宙物理学	小畷康史
内田和海	D1	高エネルギー宇宙	深澤泰司
安部友啓	D1	構造物性	黒岩芳弘
宮下剛夫	D1	光物性	木村昭夫
WANG XIAOXIAO	D3	光物性	木村昭夫
ZHAO QING	D3	構造物性	黒岩芳弘
南 岳	D2	宇宙物理学	山本一博
FAN DONGXIAO	D2	電子物性	中島伸夫
ZHANG KE	D1	放射光物性・物理	島田賢也
WU LIN	D1	構造物性	黒岩芳弘

### 1-4-3 研究グループの研究活動

物理科学専攻の研究活動を研究グループごとに以下の項目でまとめる。

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

## 宇宙・素粒子科学講座

### ○素粒子論グループ

#### 研究活動の概要

(I) 格子量子色力学を用いた強い相互作用の研究 (大川, 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 (大川, 石川)

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

H30年度は前年度に引き続きtwisted江口・川合模型の摂動論的研究を高次摂動まで計算する研究を行った。具体的には数値確率過程摂動論というモンテカルロ法に基づく摂動計算法をtwisted江口・川合模型に適用しラージNゲージ理論のウィルソンループを相互作用の8次まで計算した。4次までの数値確率過程摂動論による計算結果は前年度に得られた解析的計算の結果と一致した。また更なる高次摂動計算を行うための数値確率過程摂動論の計算時間の見積もりと計算手法に関する改良法の考察も行った。これらの結果については原著論文としてJHEP誌に投稿するとともに日本物理学会において発表した。国内学会一般講演[1]

(ii) 格子QCDに関するその他の計算 (石川)

1) 格子 QCD による核子形状因子や物理点での大規模計算の研究 (石川)

格子QCDを用いた第一原理計算による核子や軽い原子核の性質の導出が世界的に進められてきている。物理的クォーク質量における計算ではクォーク質量が軽い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年度から筑波大学と理研の共同研究者とともに、物理クォーク質量での核子1つが有限体積効果を受けないような大きな体積としておよそ  $(10\text{fm})^4$  の大きさの体積の物理点格子QCDモンテカルロ計算を行っている。この大きな体積に対して有限体積効果を調べるために  $(5\text{fm})^4$  や  $(8\text{fm})^4$  の体積の計算も並行して行っている。2018年度にはこれらの大きな物理体積のもとで次のような研究を行った。

平成29年度に引き続き核子形状因子の計算を行った。これは陽子の荷電平均2乗半径が複数の実験で互いに少しずつれているという問題に関する。昨年度の研究では体積  $(8\text{fm})^4$  のものを用い1体の核子の各種形状因子の精密計算を行い、4元運動量移行  $q^2$  の関数としての形状因子の解析に z-展開法を用いることにより、形状因子の  $q^2$  依存性の解析手法の妥当性を評価し、初期的結果を得ていた。2018年度はこれらの研究を確定し次の結果を得た。アイソベクトル電気形状因子による荷電平均2乗半径と磁気形状因子に

よる時期双極機モーメントの計算結果は系統及び統計誤差が大きいが実験と定量的に矛盾しない値を得た。一方、軸性ベクトル形状因子から得られる軸正電荷は未だ実験値より小さい値となったが、形状因子の  $q^2$  依存性は低  $q^2$  の領域で実験値と一致が見られた。一方、擬スカラー形状因子は低  $q^2$  の領域での計算値は実験値より小さくなった。擬スカラー形状因子にはパイ中間子による極の影響が顕著に現れ有限体積効果が大きいと考察した。2018年度は新たにこれらの核子形状因子への有限体積効果を見るためにこれらの計算をより大きな体積(10fm)<sup>4</sup>にて計算し、より系統誤差を抑えた結果を得た。一方、擬スカラー形状因子における系統誤差として、形状因子を引き出すための3点関数や2点関数に励起状態の寄与が大きく基底状態での形状因子としてうまく取り出せていない可能性が指摘された。原著論文[1][4]

上述の物理点での大きな物理体積(10fm)<sup>4</sup>を用いた有限体積効果の研究に加えて、より基本的な中間子系に対する有限体積効果を物理体積(5fm)<sup>4</sup>の結果と比較することで調べた。物理的クォーク質量と格子間隔を同じに保ったまま体積を変化させることは、格子QCD計算には格子間隔誤差とカイラル対称性が無いことがあるために実は自明ではない。この研究では裸のクォーク質量を一致させた場合と繰り込まれた軸性ウオード・高橋恒等式で定義されたクォーク質量を一致させた場合に、2つの体積で $\pi$ 中間子やK中間子質量やこれらの崩壊定数がどのように変化するか調べた。中間子質量の変化はどちらの定義でも統計誤差の範囲内で一致した。一方崩壊定数については、前者の裸のクォーク質量を一致させた場合での有限体積効果はカイラル摂動論による見積もりよりも1桁ほど大きい2% ( $\pi$ 中間子崩壊定数)と5% (K中間子崩壊定数)ほどの変化が見られたが、後者の繰り込まれたクォーク質量を一致させた場合はそれぞれ0.6%と0.3%となり、これらはカイラル摂動論と同じオーダーであるが3倍ほど大きな有限体積効果となった。原著論文[3]

物理点での大きな物理体積(10fm)<sup>4</sup>での格子QCD計算は非常に計算コストが高い。また、有限体積であるために運動量空間での運動量は離散化され、境界条件に応じて最低運動量と離散化の大きさが決まってしまう。上述の形状因子の  $q^2$  依存性を調べる場合に、量子化された運動量がどれくらい細かくサンプルできるかも一種の有限体積効果として最終結果に影響を与える。一般にこのような有限体積効果調べるためには複数の格子点数でシミュレーションを行うことが必要となる。2018年度は既存のシミュレーション結果から体積を一定にしたまま4次元立方体の辺の長さを変化させてその方向の運動量量子化を変化させることが可能であることを提案しこれを実際に検証した。4次元立方体の格子点数が  $N^4$  の場合で周期境界条件が課されている場合に、4次元超格子の基底ベクトルを斜めに取り直すことで、例えばある一辺の長さを $\sqrt{2}$ 倍にし、他の一辺の長さを $1/\sqrt{2}$ 倍にすることができる。このことでこの $\sqrt{2}$ 倍になった一辺の方向の運動量の離散化は $1/\sqrt{2}$ となり、より細かく運動量を取ることができる。予め十分大きな4次元体積の結果があれば、基底状態を取り出せるのに十分な長さの時間軸の長さを保ったまま時間軸方向に伸び縮みを課して空間体積を変化させ、系の運動量の離散化度合いを変化させる事ができることを実証した。原著論文[5]

## 2) K 中間子の二つのパイ中間子への崩壊の遷移振幅の計算 (石川)

平成26年度から筑波大学との共同研究でK中間子が二つのパイ中間子へと崩壊する現象 (K $\rightarrow\pi\pi$ 崩壊) を格子QCDを用いて第一原理的に計算する研究を進めている。K $\rightarrow\pi\pi$ 崩

壊の研究はアイソスピンの変化 $\Delta I=1/2$ の崩壊が $\Delta I=3/2$ の崩壊よりも大きいことへの理論的な説明を与えるとともに、CPの破れのパラメータ( $\epsilon'/\epsilon$ )の検証にも非常に重要である。平成27年度にはK中間子が2この $\pi$ 中間子とともに静止した状態で崩壊が起こるようにK中間子と $\pi$ 中間子質量を非物理的値に設定して計算を行っていた。平成28年度からK中間子と崩壊後のパイ中間子の一つに有限の運動量を与えた非静止系での $K \rightarrow \pi\pi$ 崩壊の計算を行ってきた。格子サイズ $48^3 \times 64$ ，パイ中間子質量 $m_\pi=256.63(72)\text{MeV}$ ，K中間子質量 $m_K=571.74(43)\text{MeV}$ ，格子間隔  $a=0.091\text{fm}$  で計算した結果振幅の値は $ReA_0 = 58(28) \times 10^{-8} \text{ GeV}$ ， $ImA_0 = -89(136) \times 10^{-12} \text{ GeV}$ ， $ReA_2 = 2.431(19) \times 10^{-8} \text{ GeV}$ ， $ImA_2 = -1.0754(64) \times 10^{-12} \text{ GeV}$ となった。原著論文[2]

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

ポスト京計算機の計画が2014年より始まっている。また国内の主な計算機設備の更新も次々と始まっている。

平成29年度に引き続き計算機特性によらないクォークソルバーの高速化のためのアルゴリズムの理論的な研究を行った。大規模連立方程式を反復法により高速に解く方法としては、一般に連立方程式の係数行列の性質を用いて連立方程式を変形し変形後の係数行列が単位行列に近い形になるようにすればよい。しかしながら、この変形のための計算コストが変形による連立方程式を解く計算コストの削減を上回ることがほとんどであり、全体の計算速度は遅くなるのがほとんどであり、解くべき連立方程式の特性に依らない一般的な改善手法は知られていない。クォークソルバーに関しては、代数的マルチグリッド法と係数行列の固有値固有ベクトルを用いる方法が知られている。これらの方法も一つの連立方程式を解くだけの場合は、これらの特殊な方法による事前準備のコスト増大のために解を得る時間は速くならない。しかしながら同じ係数行列を持ち右辺が異なる連立方程式を複数解く場合には有用となることがある。2018年度は、昨年度から開発している京コンピューター向け代数的マルチグリッド法ソルバーの性能最適化と、日本で開発している格子QCD共通コード **Bridge++** 向けに代数的マルチグリッド法ソルバーを実装する作業を行った。**Bridge++** 向けに代数的マルチグリッド法ソルバーは移植ではなくアルゴリズムを精査して、**Bridge++**のオブジェクト指向実装に合うように再実装を行った。京コンピューター向けの性能最適化の取り組みについては国際会議一般講演[1]にて発表した。**Bridge++**での実装の演算性能についてはまだ最適化の余地があるが、動作確認の後に最適化に取り組んでいる。国内学会一般講演 [2][3]

## (II) 素粒子と宇宙の現象論 (両角)

### 1) 宇宙の粒子数生成機構の研究 (両角)

磁気モーメントや電気モーメントを通じて相互作用をしているマヨラナ粒子を表すトイモデルとして1個の中性スカラー場と1個の複素スカラー場が相互作用しているモデルを考え、相互作用によって粒子数生成をするメカニズムを研究し、初期条件でゼロの粒子数反粒子数非対称度から出発して粒子数の時間発展を計算することにより膨張宇宙の下で粒子数、反粒子数の非対称度を生成することを示した。研究成果を論文に発表した。このトイモデルを輻射優勢の膨張宇宙に適応し粒子密度/エントロピー密度の比が  $10^{-10}$ — $10^{-11}$  程度になるようなモデルのパラメータを求め、現実的な粒子数生成のモデルになりうるかを調べた。(国際会議一般講演 [3]，原著論文[7])

2) 背景ニュートリノのレプトン数の研究 (両角)

背景ニュートリノの担うレプトン数の期待値の時間発展を研究している。そもそもニュートリノがマヨラナ質量をもつ場合、レプトン数がどのように定義されるかを検討し、その時間発展を研究している。

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

ベクトル中間子を含むカイラルラグランジアンに固有パリティの破れの相互作用を導入し、相互作用の係数を実験から決定した。これを用いて他の固有パリティの破れの現象を予言した。(原著論文[6]) この研究を進展させベクトル中間子の崩壊 $V \rightarrow P \gamma$ 崩壊に対する擬スカラー中間子のone-loop 補正の研究を始めた。(国内学会一般講演[4])

4) ベクターライククォーク模型に基づくフレーバーを変える中性カレント  $B \rightarrow K^* l+l$  の研究 (両角)

標準模型を超える効果としてベクターライククォークを研究した。特にこの模型のフレーバーを変える中性カレント $B \rightarrow K^* l+l$ への新たな寄与を研究し、Belle II実験やLHCb実験を念頭に理論の予言(形状因子など)を整備する研究をしている。

5) 3世代右巻きニュートリノを含むシーソー模型;4ゼロテクスチャー模型の研究(両角)

3世代右巻きニュートリノを含むシーソー模型において、特に、質量行列を構成するDirac質量項に4つのゼロがある場合を系統的に分類した。このモデルで予言されるマヨラナ質量行列要素間に隠れた関係式が存在することを示した。この関係式は一つの複素数の条件式であるため、例えば3つのCP位相の間にひとつの関係式が存在していることになる。本研究では3つのCP位相の間にどのような相関があるかを研究し、国際会議で発表し(国際会議一般講演[2]) 論文を投稿した。

6) その他 (両角)

2018年度に行ったPhenomenology for Particle and Anti-Particle 2018のProceedingsを編集し、素粒子論研究電子版 (**Soryushiron Kenkyu 28 (2019) no.3**) に投稿、掲載された。

原著論文

- [1] Eigo Shintani, Ken-Ichi Ishikawa, Yoshinobu Kuramashi, Shoichi Sasaki, Takeshi Yamazaki, “Nucleon form factors and root-mean-square radii on a  $(10.8 \text{ fm})^4$  lattice at the physical point”, Phys. Rev. D 99, 014510 (2019), DOI: 10.1103/PhysRevD.99.014510.
- [2] N. Ishizuka, K.-I. Ishikawa, A. Ukawa, T. Yoshié, “Calculation of  $K \rightarrow \pi\pi$  decay amplitudes with an improved Wilson fermion action in a nonzero momentum frame in lattice QCD”, Phys. Rev. D 98, 114512 (2018), DOI: 10.1103/PhysRevD.98.114512.
- [3] K.-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Kuramashi, Y. Nakamura, Y. Namekawa, Y. Taniguchi, N. Ukita, T. Yamazaki, T. Yoshié (PACS Collaboration), “Finite size effect on pseudoscalar meson sector in 2+1 flavor QCD at the physical point”, Phys. Rev. D 99, 014504 (2019), DOI: 10.1103/PhysRevD.99.014504.
- [4] Ken-Ichi Ishikawa, Yoshinobu Kuramashi, Shoichi Sasaki, Natsuki Tsukamoto, Akira Ukawa, Takeshi Yamazaki, “Nucleon form factors on a large volume lattice near the physical point in 2+1 flavor QCD”, Phys. Rev. D 98, 074510 (2018), DOI: 10.1103/PhysRevD.98.074510.
- [5] Naoya Ukita, Ken-Ichi Ishikawa, Yoshinobu Kuramashi, “Utility of geometry in lattice QCD

simulations”, Phys. Rev. D 98, 014515 (2018), DOI: 10.1103/PhysRevD.98.014515.

- [6] Takuya Morozumi, Daiji Kimura, Hiroyuki Umeeda, “Analysis of Dalitz decays with intrinsic parity violating interactions in resonance chiral perturbation theory”, PTEP 2018 (2018) no.12, 123B02 ppl—pp55, DOI.10.1093/ptep/pty122.
- [7] Takuya Morozumi, Keiko I Nagao, Apriadi Salim Adarn, Hiroyuki Takata, “A New Mechanism for Generating Particle Number Asymmetry through Interactions”, Advances in High Energy Physics Volume 2019, 6825104 ppl—pp28, DOI/10.1155/2019/6825104.
- [8] Sin Kyu Kang, Yusuke Shimizu, Kenta Takagi, Shunya Takahashi, Morimitsu Tanimoto, “Revisiting A4 model for leptons in light of NuFIT 3.2”, Progress of Theoretical and Experimental Physics, 2018 (2018), no.8, 083B01, DOI: 10.1093/ptep/pty080.
- [9] Tatsuo Kobayashi, Naoya Omoto, Yusuke Shimizu, Kenta Takagi, Morimitsu Tanimoto, Takuya H. Tatsuishi, “Modular A4 invariance and neutrino mixing”, Journal of High Energy Physics 1811 (2018) 196, DOI: 10.1007/JHEP11(2018)196.
- [10] Takuya Morozumi, Yusuke Shimizu, Shunya Takahashi, Hiroyuki Umeeda, “Effective theory analysis for vector-like quark model”, PTEP 2018 (2018) no.4, 043B10, DOI: 10.1093/ptep/pty042.

#### 著書

- [1] 大川正典, 石川健一, 「格子場の理論入門」 224 頁, SGC ライブラリ 140, 臨時別冊・数理科学 2018 年 4 月, サイエンス社

#### 国際会議

(招待講演)

- [1] S.D. Odintsov, 稲垣知宏\*, 坂本弘樹, “Simple computing for CMB fluctuations in Python”, Siberian Spring Cosmology, Tomsk, Russia, 2019 年 3 月 1--2 日 [2019 年 3 月 1 日発表]
- [2] S.D. Odintsov, 稲垣知宏\*, 坂本弘樹, “Inflationary Cosmology in Composite Scalar Model”, The 24th Summer Institute on “Phenomenology of Elementary Particle Physics and Cosmology”, Tianjin, China, 2018 年 8 月 12--17 日 [2018 年 8 月 6 日発表]

(一般講演)

- [1] Ken-Ichi Ishikawa, Issaku Kanamori\*, “Porting DDalphaAMG solver to K computer”, The 36th Annual International Symposium on Lattice Field Theory - Lattice 2018, ミシガン州立大学, 米国, 2018 年 7 月 22--28 日 [2018 年 7 月 24 日ポスター発表]
- [2] Akihiro Yu\*, Takuya Morozumi, Yusuke Shimizu, Hiroyuki Umeeda, “Neutrino Physics and CP violation in three generation seesaw Model with fourzero texture”, 7th Workshop on Flavour Symmetries and Consequences in Accelerators and Cosmology, Physics Department of the University of Basel, スイス, 2018 年 7 月 2--8 日 [2018 年 7 月 2 日発表]
- [3] Apriadi Salim Adam, Takuya Morozumi\*, K. I. Nagao and H. Takata, “Particle Number Asymmetry of the early universe”, 5th International Workshop on Dark Matter, Dark Energy and Matter-Antimatter Asymmetry, National Tsing Hua University and Fo Guang Shan, Taiwan, 2018 年 12 月 28--31 日 [2018 年 12 月 28 日発表]

- [4] 小林達夫, 清水勇介, 高木堅太\*, 谷本盛光, 立石卓也, 内田 光, “S3 modular flavor symmetry for quark mixing”, Non-Abelian discrete flavor symmetries and related topics, 浦項工科大学校, 韓国, 2019年3月19--20日, [2019年3月19日発表]
- [5] 小林達夫, 清水勇介, 高木堅太\*, 谷本盛光, 立石卓也, 内田 光, “Modular symmetric model for quark and lepton mixing”, Phenomenology for Particle-Anti-Particle 2019, 広島大学, 東広島市, 2019年3月25--27日, [2019年3月26日発表]
- [6] 小林達夫, 清水勇介, 高木堅太, 谷本盛光, 立石卓也, 内田 光\*, “Fermion masses and baryon and lepton number violation from finite modular groups”, Phenomenology for Particle-Anti-Particle 2019 (国際会議), 広島大学 東広島キャンパス, 2019年3月25--27日, [2019年3月26日発表]
- [7] 小林達夫, 清水勇介, 高木堅太\*, 谷本盛光, 立石卓也, 内田 光, “Modular S3 and A4 symmetry for quark and lepton flavor”, 2nd KMI School, 名古屋大学, 2019年2月21--23日, [2019年2月21日ポスター発表]
- [8] Y. Shimizu, K. Takagi, S. Takahashi\*, M. Tanimoto, “Sign of CP Violating Phase in Quarks and Leptons”, 2nd workshop on Phenomenology for Particle and Anti-Particle 2019, 広島大学 東広島キャンパス, 2019年3月25--27日 [2019年3月27日発表]
- [9] 稲垣知宏, S. D. Odintsov, 坂本弘樹, 松尾大和\*, “Modified gravity theory explains Dark Matter”, Quantum Field Theory and Gravity 2018, Tomsk State Pedagogical University, ロシア, 2018年7月30日--8月5日 [2018年8月2日発表]
- [10] 稲垣知宏, S. D. Odintsov, 坂本弘樹, 松尾大和\*, “Scalaron description of F (R) gravity”, Second Tusur Cosmological Days 2018, House of Scientists of TUSUR University, ロシア, 2018年8月4--5日 [2018年8月4日発表]
- [11] 稲垣知宏, S. D. Odintsov, 坂本弘樹, 松尾大和\*, “Scalaron DM in logarithmic F(R) gravity”, International Conference on Modified Gravity 2018, 名古屋大学, 名古屋, 2018年8月8--10日 [2018年8月9日発表]
- [12] 稲垣知宏, S.D.Odintsov, 坂本弘樹, 松尾大和\*, “Chameleonic Dark Matter in Logarithmic F (R) gravity”, JGRG28, 立教大学, 2018年11月5--9日 [2018年11月7-8日ポスター発表]
- [13] 稲垣知宏, S. D. Odintsov, 坂本弘樹, 松尾大和\*, “Inflation, Dark Energy, Dark Matter in logarithmic F(R) gravity”, KMI school 2019, 名古屋大学, 名古屋, 2019年2月21--23日 [2019年2月21日ポスター発表]
- [14] S. D. Odintsov, 稲垣知宏, 坂本弘樹\*, “The Non-Gaussianity from the Gauged NJL Inflation”, Cosmology and the Quantum Vacuum, Benasque, Spain, 2018年9月2--8日 [2018年9月4日発表]
- [15] S. D. Odintsov, 稲垣知宏, 坂本弘樹\*, “Automatic calculation program of inflationary parameters”, KMI school 2019, 名古屋大学, 名古屋, 2019年2月21--23日 [2019年2月21日ポスター発表]

## 国内学会

(一般講演)

- [1] González-Arroyo, 石川健一\*, 上野峻一郎, 大川正典, 金森逸作, 宮鼻叶太 「数値確率摂動展開理論を用いたツイスト境界条件ラーゼ N 行列理論の解析」日本物理学会第 74 回年次大会,九州大学 伊都キャンパス, 2019年3月14--17日 [2019年3月15日発表]

- [2] 石川健一, 金森逸作\*, 松古栄夫「共通コード Bridge++ を用いた格子 QCD 用領域分割型マルチグリッドソルバー」日本物理学会第 74 回年次大会,九州大学 伊都キャンパス, 2019 年 3 月 14--17 日 [2019 年 3 月 15 日発表]
- [3] 石川健一, 金森逸作\*, 松古栄夫「共通コード Bridge++ を用いた格子 QCD 用代数的マルチグリッドソルバーの実装」日本物理学会 2018 年秋季大会,信州大学 松本キャンパス, 2018 年 9 月 14--17 日 [2018 年 9 月 14 日発表]
- [4] 田川容輝\*,木村大自,両角卓也「Vector 中間子の固有 parity を破る崩壊の 1-loop 補正」日本物理学会第 74 回年次大会,九州大学 伊都キャンパス, 2019 年 3 月 14--17 日[2019 年 3 月 17 日発表]
- [5] Apriadi Salim Adam「Generation of particle number asymmetry from interacting scalars.」瀬戸内サマーインスティテュート (SSI2018), 香川県坂出市, 2018 年 9 月 6--8 日[2018 年 9 月 7 日発表]
- [6] 田川容輝「Chiral Perturbation theory に関連して」瀬戸内サマーインスティテュート (SSI2018), 香川県坂出市, 2018 年 9 月 6--8 日[2018 年 9 月 7 日発表]
- [7] 横田圭祐「Pure-Bosonic One Loop Diagrams on a Lattice」瀬戸内サマーインスティテュート (SSI2018), 香川県坂出市, 2018 年 9 月 6--8 日[2018 年 9 月 7 日発表]
- [8] 上野峻一郎「テンソルネットワーク法を用いた物理量の計算とその改良」瀬戸内サマーインスティテュート (SSI2018), 香川県坂出市, 2018 年 9 月 6--8 日[2018 年 9 月 7 日発表]
- [9] 下地寛武「空間 1 次元をコンパクト化した Nambu Jona-Lasinio 模型における境界条件の効果」瀬戸内サマーインスティテュート (SSI2018), 香川県坂出市, 2018 年 9 月 6--8 日 [2018 年 9 月 8 日発表]
- [10] 小林達夫, 大本直哉, 清水勇介, 高木堅太\*, 谷本盛光, 立石卓也,「Modular 群によるニュートリノ振動の解釈」2018 年度応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会, 広島大学, 2018 年 8 月 4 日, [2018 年 8 月 4 日発表]
- [11] 小林達夫, 大本直哉, 清水勇介, 高木堅太\*, 谷本盛光, 立石卓也「Modular 群によるニュートリノ振動の解析」素粒子物理学の進展 2018, 京都大学, 2018 年 8 月 6--10 日, [2018 年 8 月 7 日発表]
- [12] 小林達夫, 大本直哉, 清水勇介, 高木堅太\*, 谷本盛光, 立石卓也, 「A flavor symmetric model in SUSY SU(5) GUT」瀬戸内サマーインスティテュート (SSI2018), 2018 年 9 月 6--8 日, [2018 年 9 月 7 日発表]
- [13] 村松 祐, 大兼英朗, 清水勇介, 高木堅太\*「フレーバー対称性による超対称 SU(5) GUT 模型と現象論」日本物理学会 2018 年秋季大会, 信州大学, 2018 年 9 月 14--17 日, [2018 年 9 月 17 日発表]
- [14] Sin Kyu Kang, 清水勇介\*, 高木堅太, 高橋隼也, 谷本盛光「NuFIT 3.2 における A4 レプトン模型」日本物理学会 2018 年秋季大会, 信州大学, 2018 年 9 月 14--17 日, [2018 年 9 月 17 日発表]
- [15] 小林達夫, 大本直哉, 清水勇介, 高木堅太, 谷本盛光, 立石卓也\*「Neutrino mass and lepton mixing under discrete flavor symmetry from modular symmetry」日本物理学会 2018 年秋季大会, 信州大学, 2018 年 9 月 14--17 日, [2018 年 9 月 17 日発表]
- [16] 小林達夫, 清水勇介, 高木堅太\*, 谷本盛光, 立石卓也, 内田 光「S3 modular flavor symmetry for quark mixing」日本物理学会第 74 回 年次大会, 九州大学伊都キャンパス,

- 2019年3月14--17日, [2019年3月17日発表]
- [17] 小林達夫, 清水勇介, 高木堅太, 谷本盛光, 立石卓也, 内田 光\* 「Fermion masses and baryon and lepton number violation from finite modular groups」日本物理学会第74回 年次大会, 九州大学伊都キャンパス, 2019年3月14--17日, [2019年3月17日発表]
- [18] S. K. Kang, Y. Shimizu, K. Takagi, S. Takahashi\*, M. Tanimoto 「Revisiting A4 model for leptons in NuFIT 3.2」 基研研究会 素粒子物理学の進展 2018, 京都大学 基礎物理学研究所, 2018年8月6--10日 [8月8日発表 ポスター発表]
- [19] T. Morozumi, Y. Shimizu, S. Takahashi\* 「SMEFT を用いた vector-like クォーク模型の解析」 瀬戸内サマーインスティテュート (SSI2018), 香川県坂出市, 2018年9月6--8日 [2018年9月7日発表]
- [20] T. Morozumi, Y. Shimizu, S. Takahashi\* 「標準模型有効理論を用いた vector like クォーク模型の解析」 日本物理学会 2018年秋季大会, 信州大学 松本キャンパス, 2018年9月14--17日 [2018年9月17日発表]
- [21] 稲垣知宏, 松尾大和, 下地寛武\* 「NJL 模型における有限サイズと境界条件の効果」 理研シンポジウム・iTHEMS 研究会 「熱場の量子論とその応用」, 2018年8月28--30日, 埼玉, 理化学研究所, [2018年8月28日ポスター発表]
- [22] 稲垣知宏, 松尾大和, 下地寛武\* 「4 体フェルミ相互作用モデルにおける有限サイズと境界条件の効果」 日本物理学会第74回年次大会, 九州大学伊都キャンパス, 2019年3月14--17日 [2019年3月14日発表]
- [23] 稲垣知宏, S. D. Odintsov, 坂本弘樹, 松尾大和\* 「Description of scalaron model in logarithmic  $F(R)$  gravity」, 瀬戸内サマーインスティテュート (SSI2018), 香川県坂出市, 2018年9月6--8日 [2018年9月7日発表]
- [24] 稲垣知宏, S. D. Odintsov, 坂本弘樹, 松尾大和\* 「対数型・指数型  $F(R)$  修正重力理論における暗黒物質問題の解決」 日本物理学会 秋季大会 2018, 信州大学 松本キャンパス, 2018年9月14--17日 [2018年9月14日発表]
- [25] S. D. Odintsov, 稲垣知宏, 坂本弘樹\* 「ゲージ化された南部・ヨナラシーニョインフレーションの非ガウス性の研究」 日本物理学会 秋季大会 2018, 信州大学 松本キャンパス, 2018年9月14--17日 [2018年9月15日発表]
- [26] 河村優太 「Detectability of Sphaleron Process」 瀬戸内サマーインスティテュート (SSI2018), 香川県坂出市, 2018年9月6--8日 [2018年9月8日発表]
- [27] 大兼英朗 「二つの実スカラー場模型における繰り込み群で改良した有効ポテンシャルの解析」 日本物理学会第74年次大会, 九州大学 伊都キャンパス, 2019年3月14--17日 [2019年3月15日発表]
- [28] 宮鼻叶太 「Testing the convergence distribution in complex Langevin method in terms of Schwinger-Dyson equation」 四国セミナー2018 (サイン問題とその応用), 愛媛大学城北キャンパス, 2018年12月1--2日 [2018年12月1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      | 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 | 6 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 13 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 21 件
- 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 8 件

各種研究員と外国人留学生の受入状況 (両角)

- 外国人留学生 (博士後期課程) 1名 Apriadi Salim Adam
- 日本学術振興会特別研究員 (PD) 2名 清水勇介, 山本 恵

各種研究員と外国人留学生の受入状況 (石川)

- 研究員 1名 金森逸作
- 外国人留学生 (博士前期課程,2018年10月入学) 1名 Ji Yingbo (姫英博)

- SSH セミナー 高等学校による大学訪問  
該当無し

- セミナー・講演会開催実績

- [1] 石川健一 : 「高性能計算物理勉強会 (HPC-Phys)」世話人  
第1回勉強会, 2018年8月22日(水) 13:30-17:30, 京都大学基礎物理学研究所  
第2回勉強会, 2018年12月1日(土) 10:30-夕方まで, 理化学研究所和光  
第3回勉強会, 2019年3月18日(月) 10:30-夕方まで, 広島大学東広島キャンパス理学部

[2] 両角卓也

- 第40回 (2018年度第6回) 極限宇宙研究拠点(CORE-U)セミナー  
日時: 2018年09月20日 (木) 11:00-12:30  
場所: 広島大学 理学研究科 E002教室  
講師: Robert Garisto (Editor of Physical Review Letters)

- 国際共同研究・国際会議開催実績

- [1] 国際共同研究 両角卓也  
Time Variation of Particle Number : Tomsk State Pedagogical University,  
共同研究者 Takata Hiroyuki
- [2] 国際会議開催 両角卓也  
Phenomenology for Particle and Anti-Particle 2019  
(2019年3月6日-8日, 広島大学理学研究科E002) 約25名;  
<https://home.hiroshima-u.ac.jp/morozumi/ppapo2019.html>

社会活動・学外委員

- 学協会委員

- [1] 石川健一 : 筑波大学計算科学研究センター共同研究委員会委員
- [2] 石川健一 : 今後のHPCIを使った計算科学発展のための検討会委員
- [3] 両角卓也 : 素粒子論委員会 幹事

○ 講習会・セミナー講師

該当無し

研究助成金の受入状況

- [1] 太川正典：科学研究費補助金基盤研究（C）、「マトリックスモデルを用いたラージ N 質量スペクトルの研究」（2018～2020 年度,代表, 800 千円）
- [2] 石川健一：科学技術試験研究委託事業・「ポスト「京」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題に関するアプリケーション開発・研究開発」（2014 年度～2019 年度・受託機関：筑波大学計算科学研究センター,分担機関：広島大学,2018 年度分担：7,500 千円）
- [3] 石川健一：科学研究費補助金基盤研究（C）、「メビウスドメインウォールフェルミオンに対するシュレーディンガー汎関数法の研究」（2016～2019 年度,代表,2018 年度：900 千円）
- [4] 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,2018 年度 700 千円）
- [5] 両角卓也：科学研究費補助金基盤研究（B）,統合解析による新物理の高精度探索（2016 年度～2020 年度,研究分担者, 2018 年度 100 千円）

## ○宇宙物理学グループ

### 研究活動の概要（小畠康史）

#### (I) マグネター（超強磁場をもつ中性子星）の磁気圏

中性子星の中でマグネターは特異な存在であり、この数年間、その理論的な研究をしている。特異な現象のひとつとして巨大フレアがある。永年的な時間尺度で外部の磁気圏にひずみとエネルギーが徐々に蓄えられ、ある臨界状態に達した際、突然のエネルギー放出に繋がるといふモデルがあり、マグネターの磁気圏にどの程度の量のエネルギーがどのように貯蓄されるかを理論的に解明することは重要である。一般相対論に基づく静的なForce-free磁気圏の数値的な解系列を系統的に調べている。一般相対論の効果はプラズマを閉じ込める方向に働き、その重要性がわかった。より小規模な構造変化には多重極の磁場の配置が関係すると考えられ、その効果を論じた（発表論文）。

#### (II) ブラックホール近傍の電磁気的エネルギーの流れ

ブラックホール近傍からジェットへ電磁気的なエネルギーの輸送過程を研究している。ブラックホール磁気圏を理論的に構成する近似的なモデルとして、超高速で動く電流がつくる電磁場を検討した。荷電粒子が近似的として光速で動くとする、電磁場も電場と磁場の大きさが等しい電磁場(Null Electro-Magnetic fields)となり、解析的な取り扱いが可能になる。その応用を考え、部分的な成果を得たが、その詳細を検討中である。

#### (III) 重力波（KAGRA）

2019年に日本の重力波望遠鏡が稼働するように準備を進めている。理論・データ解析の観点からWhite Paper（将来のKAGRAのアップデートの方向性の示唆も含む）で、”GW from magnetar flares and pulsar glitches”の項を執筆した。KAGRA関連での論文が出版された。また、新学術領域研究「重力波物理学・天文学：創世記」の中性子星関連からの重力波に関して、モデルとデータ解析で、今後方向性を引き続き検討している。

#### (IV) カイラルMHDの不安定性モード解析

微視的に左巻きと右巻きカイラリティの数密度の不均衡が生じる状況下では、磁場に沿った電流が生じることが知られている。これは、通常のMHDにはない電流であり、磁場が指数関数的に増加する不安定性を伴うことが知られている。重イオン衝突実験での検証や宇宙初期での磁場生成、超新星爆発、中性子内部での磁場が絡む現象において重要視され、大規模な数値実験も行われている。その理解を深めるため、卒業研究の課題として、線形近似により、背景になるプラズマや大域的な磁場の影響を研究した。その結果は論文（英語）にまとめられ、2019年(令和元年)度出版される。

### 研究活動の概要（山本一博）

前年度に引き続き、銀河分布の多重極スペクトル解析、赤方偏移空間のボイド-銀河クロス相関関数を用いた重力赤方偏移の検出、曲がった時空上の量子場とウンルー効果の検証等に関するテーマを中心に研究を行った。これらの研究の主な動機は、宇宙の加速膨張の解明を目的とした理論モデルの進展を背景として、重要となっている宇宙論スケールでの重力および宇宙モデルの検証を進めるといふ点にあり、この問題にヒントとなり得る問題を多角的視点か

ら研究を進めている。特に、量子場の真空の性質を深く理解し検証することは、宇宙の加速膨張の問題にヒントを与える可能性があり、同時に量子力学の基礎的原理の検証としても重要と考えている。具体的な研究成果を以下に報告する。

#### (I) 銀河分布の多重極バイスペクトルの高速測定と理論模型の構築

大規模な銀河探査プロジェクトの進展に伴って、銀河分布の精密な理論模型の構築と物理的情報をどのように正確に取り出せるかが課題となっている。特に、非線形効果が重要となる小スケールの銀河分布の理解は残された課題が多く、銀河分布の赤方偏移空間のバイスペクトルは、あまり研究が進んでいない。昨年度に引き続き、実際の観測データとの直接比較に向けてバイスペクトルの高速測定コードの開発を進め、バイスペクトルの単極子成分に加えて多極子成分の測定ができるようにした。重み関数の考慮や、データのグリッド上へのアサインの高精度化、誤差評価、さらに理論模型との比較など課題に今後取り組む必要がある。

#### (II) 赤方偏移空間のボイド-銀河クロス相関関数を用いた重力赤方偏移の検出

重力赤方偏移は重力場中を伝播する光が振動数を変える現象で、重力ポテンシャルを直接反映する現象である。宇宙論スケールにおける重力赤方偏移は、ドップラー効果と比較すると高次効果であり、これまであまり注目されてこなかった。しかし、精密な銀河の赤方偏移サーベイの進展によって、重力赤方偏移の直接検出が議論されるようになり、一般相対論の予言を検証するだけでなく、広く修正されて重力理論の検証としても興味深い。ボイド構造における重力赤方偏移の検出に着目し、ボイド-銀河クロス相関関数に対する高次摂動の理論模型を定量的に評価し、その双極子成分が重力赤方偏移のシグナルを強く反映し検出に役立つことを示した。

#### (III) 量子場の真空状態の非局所性とアンルー効果の検証に関する理論的研究

曲がった時空中の場の量子論において知られているアンルー効果は、真空の量子揺らぎと時空構造の関わりを検証する面白い問題である。アンルー効果の検証については、高強度レーザー装置の開発応用に関連して議論がなされ、アンルー効果に付随する量子放射の研究を進めている。これまでの研究で、一定加速運動をする調和振動子の検出器と量子場の模型から量子放射があることを示し、それがアンルー効果を引き起こす起源として知られる量子場の非局所相関に起源を持つことを示している。今年度は、ドジッター時空中を一定加速運動する調和振動子の検出器と量子場の相互作用模型に着目し、量子放射の存在を示し物理的起源について研究を行った。ドジッター時空中を一定加速運動する軌道は、ドジッター時空のstatic chartによって自然に記述される。この研究では初めに、ドジッター時空のstatic chartとバンチ-デイビス真空の関係は、ミンコフスキー時空のлиндラー時空とミンコフスキーの関係と同じ対応があることを示した。つまり、ドジッター時空のバンチ-デイビス真空は、static chart上に構成される量子状態のエンタングル状態として記述され、ドジッター時空中を一定加速運動する調和振動子の検出器から作り出される量子放射は、その非局所相関に起因することを示した。これらの成果は、Physical Review Dに掲載された。また、スピノル場やテンソル場に対して、линдラー時空を用いたそれらの量子場を構成し、ミンコフスキー真空をどのように記述できるか拡張研究を進めている。この研究は、非等方宇宙における重力波の記述や一様重力場に束縛されたスピン粒子の問題など、多様な研究テーマと関連しており、応用は今後の課題である。

力赤方偏移は重力場中を伝播する光が振動数を変える現象で、重力ポテンシャルを直接反映する現象である。宇宙論スケールにおける重力赤方偏移は、ドップラー効果と比較すると高次効果であり、これまであまり注目されてこなかった。しかし、精密な銀河の赤方偏移サーベイの進展によって、重力赤方偏移の直接検出が議論されるようになり、一般相対論の予言を検証するだけでなく、広く修正されて重力理論の検証としても興味深い。ボイド構造における重力赤方偏移の検出に着目し、ボイド-銀河クロス相関関数に対する高次摂動の理論モデルを定量的に評価し、その双極子成分が重力赤方偏移のシグナルを強く反映し検出に役立つことを示した。

#### 研究活動の概要（岡部信広）

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

本年度は、執筆依頼を受けた国際レビュー論文2件の執筆に時間を割いた。銀河団の多波長研究に基づいた質量やガス物理量、星質量間にあるスケーリング関係の論文を共著で発表した。ウルトラディフューズ銀河に関する論文を共著で発表した。国際研究会やコラボレーションミーティングでの招待講演や依頼講演を複数行った。

#### 原著論文

- [1] Y. Kojima, “A Twisted magnetosphere with quadrupolar fields in the exterior of a neutron star”, *Mon. Not. R. astro. Soc.*, vol.477 no.3 (2018) 3530-3538.
- [2] T.Akutsu et al Y.Kojima (70番目/198人) , “KAGRA: 2.5 generation interferometric gravitational wave detector”, *Nature Astronomy* (2019), Vol 3, p. 35-40.
- [3] Yue Nan and K. Yamamoto, “Gravitational redshift in the void-galaxy cross-correlation function in redshift space”, *Phys. Rev. D* 98, 043527-1-16, (2018)
- [4] Yue Nan, K. Yamamoto and C. Hikage, “Higher multipoles of the galaxy bispectrum in redshift space”, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 07 (2018) 038
- [5] Atsushi Higuchi and K. Yamamoto, “Vacuum state in de Sitter spacetime with static charts”, *Physical Review D* 98, 065014-1-12 (2018)
- [6] Shumpei Yamaguchi, Rumi. Tatsukawa, Shih-Yuin Lin, K. Yamamoto, “Late-time quantum radiation by a uniformly accelerated detector in de Sitter spacetime”, *Phys. Rev. D* 98, 105012-1-12 (2018)
- [7] Fujita, Yutaka, Umetsu, Keiichi, Rasia, Elena, Meneghetti, Massimo, Donahue, Megan, Medezinski, Elinor, Okabe, Nobuhiro, Postman, Marc, “Discovery of a New Fundamental Plane Dictating Galaxy Cluster Evolution from Gravitational Lensing”, *ApJ*, 857,(2018), 118
- [8] Akahori, Takuya, Kato, Yuichi, Nakazawa, Kazuhiro, Ozawa, Takeaki, Gu, Liyi, Takizawa, Motokazu, Fujita, Yutaka, Nakanishi, Hiroyuki, Okabe, Nobuhiro, Makishima, Kazuo, “ATCA 16 cm observation of CIZA J1358.9-4750: Implication of merger stage and constraint on

non-thermal properties”, PASJ, 70, (2018), 53

- [9] Haines, C. P., Finoguenov, A., Smith, G. P., Babul, A., Egami, E., Mazzotta, P., Okabe, N., Pereira, M. J., Bianconi, M., McGee, S. L., Ziparo, F., Campusano, L. E., Loyola, C. “LoCuSS: The infall of X-ray groups on to massive clusters”, MNRAS, 477, (2018), 4931
- [10] Fujita, Yutaka, Umetsu, Keiichi, Ettori, Stefano, Rasia, Elena, Okabe, Nobuhiro, Meneghetti, Massimo, “A New Interpretation of the Mass-Temperature Relation and Mass Calibration of Galaxy Clusters Based on the Fundamental Plane”, ApJ, 863, (2018), 37
- [11] Liu, Ang, Yu, Heng, Diaferio, Antonaldo, Tozzi, Paolo, Hwang, Ho Seong, Umetsu, Keiichi, Okabe, Nobuhiro, Yang, Li-Lan, “Inside a Beehive: The Multiple Merging Processes in the Galaxy Cluster Abell 2142”, ApJ, 863, (2018) 102
- [12] Alabi, Adebisola, Ferré-Mateu, Anna, Romanowsky, Aaron J., Brodie, Jean, Forbes, Duncan A., Wasserman, Asher, Bellstedt, Sabine, Martín-Navarro, Ignacio, Pandya, Viraj, Stone, Maria B., Okabe, Nobuhiro, “Origins of ultradiffuse galaxies in the Coma cluster - I. Constraints from velocity phase space”, MNRAS, 479, (2018), 3308
- [13] Ferré-Mateu, Anna, Alabi, Adebisola, Forbes, Duncan A., Romanowsky, Aaron J., Brodie, Jean, Pandya, Viraj, Martín-Navarro, Ignacio, Bellstedt, Sabine, Wasserman, Asher, Stone, Maria B., Okabe, Nobuhiro, “Origins of ultradiffuse galaxies in the Coma cluster - II. Constraints from their stellar populations”, MNRAS, 479, (2018), 4891
- [14] Sarah L. Mulroy, Arya Farahi, August Evrard, Graham P. Smith, Alexis Finoguenov, Christine O’Donnell, Daniel P. Marrone, Zubair Abdulla, Hervé Bourdin, John E. Carlstrom, Jessica Démoclès, Chris P. Haines, Rossella Martino, Pasquale Mazzotta, Sean L. McGee and Nobuhiro Okabe, “LoCuSS: Galaxy Cluster Scaling Relations” MNRAS, 484, (2019), 60

#### 著書

- [1] 小畠康史 “ブラックホール宇宙物理の基礎”, 400 頁 日本評論社 (共著: 小畠康史・小出眞路・高橋芳太)

#### 総説

- [1] Fujita, Yutaka, Donahue, Megan, Ettori, Stefano; Umetsu, Keiichi, Rasia, Elena, Meneghetti, Massimo, Medezinski, Elinor, Okabe, Nobuhiro; Postman, Marc, Galaxies, 7, (2019), 8
- [2] Walker, Stephen, Simionescu, Aurora, Nagai, Daisuke, Okabe, Nobuhiro, Eckert, Dominique, Mroczkowski, Tony, Akamatsu, Hiroki, Ettori, Stefano, Ghirardini, Vittorio, “The physics of galaxy cluster outskirts”, SSRv, 215, (2019), 7
- [3] G.W. Pratt, M. Arnaud, A. Biviano, D. Eckert, S. Ettori, D. Nagai, N. Okabe, T.H. Reiprich, “The galaxy cluster mass scale and its impact on cosmological constraints from the cluster population”, SSRv, 215, (2019), 25
- [4] 岡部信広, 大栗真宗, 宮崎 聡, 児玉忠恭, 小山佑世, “HSC で探る銀河団”, 天文月報 2019 年 3 月号, 174

## 国際会議

(招待講演)

- [1] K. Yamamoto, “Thermal property of Brownian motion of a particle coupled to vacuum fluctuations”, The NCTS workshop on Non-Equilibrium Quantum Phenomena, 2018年5月24日, NCTS, 清華大学 台湾 (研究者 30名)
- [2] K. Yamamoto, “Quantum radiation produced by detector and particle in a uniformly accelerated motion”, Workshop on testing the Unruh effect in the Lab., 2019年1月5日, NCU 台湾 (研究者 30名)
- [3] K. Yamamoto, “Supercurvature-mode dark energy model”, The 2nd workshop for Phenomenology for Particle and Anti-Particle (2019), 2019年3月26日, 東広島 (研究者 20名)
- [4] N. Okabe, “Gas Physics of cluster outskirts from Suzaku X-ray and Subaru WL observations”, WHIM and Cluster Outskirts: Lost and Found Baryons in the Local Universe, 2018年6月17-22日, Alabma, USA (参加者約 150名)
- [5] N. Okabe, “Halo Concentration, Galaxy Red Fraction, and Gas Properties of Optically-defined Merging Clusters”, Panchromatic Panoramic Studies of Galaxy Clusters: from HSC to PFS and ULTIMATE, 2019年3月11-13日, ASIAA, Taipei, Taiwan (参加者,約 150名)

(依頼講演)

- [1] K. Yamamoto, “A model of dark energy spatially varying on very large scales”, Accelerating Universe in the Dark, 2019年3月4日, 京都大学基礎物理学研究所 (参加者 100名)
- [2] N. Okabe, “Joint X-ray + HSC Studies”, HSC collaboration meeting, Princeton Univ., USA, 2018年5月28-30日, (国際コラボレーションミーティング, 参加者約 150名)
- [3] N. Okabe, “HSC-GBT-XXL” HSC-XXL collaboration meeting, Hiroshima, 2018年7月16-19日, (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, “SZ and mutli-wavelength Studies”, HSC-X meeting, Nara women’s University, 2019年9月18日, (国際コラボレーションミーティング, 参加者約 30名)
- [5] N. Okabe, “Halo Concentration, Galaxy Red Fraction, and Gas Properties of Optically-defined Merging Clusters” HSC-eROSITA informal meeting, Tokyo, 2018年12月11-12日, (国際コラボレーションミーティング, 参加者約 15名)

(一般講演)

- [1] K. Yamamoto: “Quantum radiation produced by nonlocal correlation of field”, Quantum Fields in Curved Space, 2018年9月7日, 広島大学理学研究科 (参加者10名)
- [2] Y. Kimura, Y. Kojima, S. Imura: “Gravitational radiation driven by magnetosphere rearrangement at magnetar giant flare”, JGRG28, 2018年11月5-9日, 立教大学 (参加者約150名)

## 国内学会

(招待講演)

- [1] 小島康史: “Some issues of NS/Magnetars”, 第3回中性子星の観測と理論—研究活性化ワークショップ, 2019年2月18-20日, 京都大学 (参加者約 50名)
- [2] 岡部信広: 「銀河団大規模多波長観測の興隆期における日本の職線計画」 第18回高宇連研究会「高エネルギー宇宙物理学の最前線と2020/30年代のロードマップ」, 2019年3月18-20日, 東京大学 (参加者約 100名)

(依頼講演)

- [1] 小嶋康史：「マグネター磁場の長期時間変動」，高エネルギー宇宙物理学研究会，2018年9月5-7日，東京大学（参加者約50名）
- [2] 小嶋康史：“Time-dependent force-free solution in BH space-time and its implication”，BZ研究会，2018年10月20-21日，名古屋大学（参加者約30名）
- [3] 小嶋康史：“Construction of magnetosphere around a relativistic object”，DTA workshop 2018（理論天文学研究会2018），2018年12月3-5日，倉敷市/国立天文台（参加者約50名）
- [4] 山本一博：“Entanglement description of the vacuum states in de Sitter space with static charts”，「量子情報と宇宙」研究会，2018年6月8日，神戸大学

(一般講演)

- [1] 小嶋康史，井村俊介：「マグネター磁気圏に蓄えられるエネルギーフレア時解放過程」日本物理学会秋季大会（2018年9月14-17日，信州大学）
- [2] 小嶋康史，三浦優里：「カイラルMHDにおける不安定モードの成長率」日本天文学会春季年会（2019年3月14-17日，法政大学）
- [3] 木村 優斗，小嶋康史，井村俊介：「マグネターフレア時の重力波放出」日本物理学会春季大会（2019年3月14日-17日，九州大学）

学生の学会発表実績

(国際会議)

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

(国内学会)

- 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 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

社会活動・学外委員

○ 学協会委員

- [1] 小嶋康史：物理雑誌 Prog. Theo. Exp. Phys. 編集委員
- [2] 小嶋康史：日本学術振興会（卓越研究員候補者選考，国際事業）委員会書面審査委員
- [3] 小嶋康史：研究業績評価の外部審査委員 Opave 大学(チェコ共和国) 2018年4月
- [4] 小嶋康史：外部博士論文審査員（University of Science and Technology 韓国）2018年6月
- [5] 岡部信広：天文月報 編集委員
- [6] N. Okabe：HSC collaboration, cluster working group chair
- [7] N. Okabe：HSC-XXL collaboration, negotiator
- [8] N. Okabe：HSC-eROSITA collaboration, cluster working group coordinator

○ 講習会・セミナー講師

- [1] 山本一博：広島大学理学部・理学研究会公開 一般向講演会～重力と宇宙の研究最前線～「加速膨張する宇宙の謎に迫る」2018年11月3日(土)
- [2] 岡部信広：“Subaru Weak-lensing Study of Galaxy clusters”，大阪大学，2018年10月17日
- [3] 岡部信広：“Observations of dark matter and baryons” 岡山理科大学，2018年11月29日

○ セミナー・講演会開催実績

- [1] 山本一博：[一般向け講演会]2018年11月3日(土)15:30-17:30  
広島大学理学部・理学研究会公開 一般向講演会～重力と宇宙の研究最前線～  
東京大学 国際高等研究所 カブリ数物連携宇宙研究機構 佐々木 節 特任教授 「重力波天文学の夜明け」  
広島大学理学研究科 山本 一博 准教授「加速膨張する宇宙の謎に迫る」

国際共同研究・国際会議開催実績

- [1] 山本一博：樋口淳(ヨーク大学数学科)らと共同研究：曲がった時空における量子場とエンタングルメント
- [2] 山本一博：Shih-Yuin Lin (NCEU, 台湾)らと共同研究：ドジッター時空における量子放射
- [3] 小寫康史, 山本一博：The 28th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (JGRG28) 2018年11月5-9日, 立教大学 (参加者150名) SOC
- [4] 山本一博：国際ミニワークショップ開催：Workshop on Quantum Fields in Curved Space, 2018年9月7日, 広島大学理学研究科(参加者10名) LOC
- [5] 岡部信広：HSC-XXL collaboration meeting LOC, 2018年6月16-19日, 広島大学 (参加者：約30名)
- [6] 岡部信広：“HSC-X meeting” 世話人, 2018年9月18日, 奈良女子大 (参加者：約30名)

○ 各種研究員と外国人留学生の受入状況

- [1] 山本一博：南 岳 (大学院 D2)
- [2] 山本一博：Ar Rohim (大学院 D1)

○ 研究助成金の受入状況

- [1] 山本一博：科学研究費補助金, 基盤研究 (C) (2017—2020年度, 代表, 2018年度10,400千円)「量子場の非局所相関に起因する量子放射の研究」
- [2] 山本一博：科学研究費補助金, 基盤研究 (B) (2016—2019年度, 分担者, 2018年度3,900千円)「大規模構造の2点・3点相関関数にもとづく精密宇宙論データ解析法の開発と応用」
- [3] 山本一博：科学研究費補助金新学術領域研究(2015—2019年度, 分担者, 2018年度1,430千円)「究極理論からの加速宇宙の解明」
- [4] 岡部信広：広島大学, 国際会議開催助成, 100千円

○ その他特記すべき事項

岡部信広：奈良女子大 修士論文 審査員

## ○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。2018年はLHC加速器第2期運転の最終年にあたり、核子対あたり5TeVの鉛原子核相互衝突事象と13TeVの陽子相互衝突事象の高精度データを収集した。併せて収集済の衝突実験データの物理解析にも注力し、史上最高衝突エネルギー5TeVでの鉛原子核相互衝突および対照実験として同エネルギーでの陽子相互衝突における中性中間子と直接生成光子の研究により、本専攻大学院学生の関畑大貴（指導教員：杉立）が博士（理学）の学位を2019年3月取得した。これらの成果を含め、ALICE国際共同実験共著として査読学術論文39編を公表した。また、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において衝突点近傍半導体検出器を用いた解放重クォーク挙動の解明を進め、核子対あたり200GeVでの金原子核相互衝突で生成する高温クォーク物質中での重クォークのエネルギー損失の研究により、本専攻大学院学生の永嶋和也（指導教員：志垣）が博士（理学）の学位を2019年3月取得した。これらの成果を含め、PHENIX国際共同実験共著として査読学術論文12編を公表した。さらに、ビッグバン直後の宇宙膨張と冷却に伴い、強い相互作用が支配する物質相転移と並行して生成した可能性のある暗黒成分を含めた真空構造の理解に、光子散乱を探針として挑んでいる。また、クォーク・グルーオン・プラズマと高強度磁場との相互作用による巨視的な運動を理論的に解明すべく、先進的な高精度磁気流体数値解法の開発を進めると共に、電磁プラズマ物理との学際領域の創生を目指している。ALICE実験推進、特に新規検出器制御系の開発実装を本務として、山口頼人特任助教が2018年12月着任した。杉立徹教授が2019年3月末付で離職（同年4月から広島大学学術室特任教授へ異動）した。

志垣賢太准教授は、ALICE実験の主要な検出器高度化計画として2021年稼働を予定する前方ミュオン粒子飛跡検出器MFTの開発建設をフランスなどの研究機関およびCERN研究所と連携して推進し、同検出器制御供給作業要素共同座長として制御系の総責任を担う。2018年度は広島大学に同検出器制御系の開発ベンチを立上げ、同制御系の設計、CERN研究所が開発するGBT-SCAチップの新規採用に向けた技術基盤の確立、有限オートマトンを用いた制御アルゴリズムの実装などの個々の要素を統合し、実検出器制御に向けた実装準備を推進した。2018年6月には広島へ第11回ALICE実験高度化アジア検討会を招致し、日本国内で初開催した。また、日仏素粒子物理学研究所の実施事業に日本側代表者として継続採択された他、科研費新学術領域研究の計画研究に新規採択され、2022年度までの研究展開基盤を強化した。加えて、日本原子力研究開発機構との共同研究契約に基づき、J-PARC RCS加速器における取出ビーム品質の高精度測定手法研究を進めた。

本間謙輔助教は、科研費基盤研究(B)一般からの継続予算、および新学術領域「なぜ宇宙は加速するのか？－徹底的究明と将来への挑戦－(公募研究)」と京都大学化学研究所共同利用・共同研究から新規予算を獲得し、宇宙の暗黒成分の源となり得る光と弱く結合する軽い未知素粒子の探索準備を推進した。これらの研究は欧州連合で承認された超高強度レーザーを用いるExtreme Light Infrastructureプロジェクト(ELI)へ向けた準備研究に相当する。2018年度は、第一に新しい相互作用真空容器を用いた探索を実施するための光学系の調整及び真空度の調整のための手続きを整え、第二に探索における背景事象の定量化を重点的に行った。

特に集光点近傍から生じる原子起因の背景事象の定量化を過去に出版した時点の圧力よりも数桁低い領域まで進めた。その結果、原子起因背景光量が圧力の2乗に依存するスケーリング、およびその生成光と誘導光の偏光組み合わせ依存性を再確認した。その上で、比較的低強度のレーザーを用いて予備的探索を実施した。並行して、光子-光子衝突の重心系エネルギーを桁違いに上げる、または下げるための予備研究も実施した。これらの成果はレーザー学会及び日本物理学会にて報告した。以上の研究課題を通じ、本専攻大学院後期学生1名(信廣)、同前期学生2名(平原, 尾崎)、理学部卒業研究生3名(桐田, 柴田, 中部)らの研究を直接指導した。

三好隆博助教は、電磁プラズマ流体モデルに対する高精度数値解法の開発と宇宙プラズマ物理の理論・シミュレーション研究を推進した。前年度に引き続き、釜島研究員(海洋機構)、松本特任准教授(千葉大)と共同で、高次精度かつロバストなプラズマ流体方程式に対する多次元衝撃波捕獲法の開発を進めた。本共同研究は、衝撃波と乱流が相互干渉する様々な宇宙・天体プラズマ現象に対するシミュレーション研究の重要な基盤である。特に前年度から研究開発を進めていた、磁場に対するガウス則を厳密に保証する磁気流体力学方程式に対する高次精度多次元衝撃波捕獲法を完成した。また、松本教授(法政大)、高棹特任助教・フェロー(国立天文台)と共同で、Boris修正磁気流体力学方程式に対する新たな近似リーマン解法を研究開発し、超高磁場領域(超低プラズマベータ領域)における極端な時間刻み制限を緩和することに成功した。さらに、宇宙プラズマ爆発現象の最重要な素過程である磁気リコネクションに関する研究を行った。柴山博士(民間企業)、草野教授(名大)、Bhattacharjee教授(Princeton大)と国際共同研究によって、これまでに我々が提唱した高磁気レイノルズ数領域における非定常ペチェック型磁気リコネクションの詳細な物理機構を解明した。上記3課題の成果は各々査読学術論文として公表した。また、太陽プラズマ物理に関する研究についても、名大ISEE草野教授グループと共同で進めている。特に太陽プラズマ爆発現象の高精度予測の基盤となる太陽大気磁場配位再構成問題に取り組んだ。太陽光球面磁場から太陽大気中における磁気静水圧平衡磁場配位を求める新たな磁気流体力学緩和法を提案し、論文投稿の準備を進めている。さらに、プラズマ物理、高エネルギー原子核物理、宇宙・天体物理等が関連する新たな学際領域の創生に向けた活動として、高エネルギー原子核衝突におけるプラズマ物理的課題について検討し、国際会議にて発表を行った。

#### 原著論文

- [1] © S.Acharya, K.Shigaki, T.Sugitate, *et al.*, “Study of  $J/\psi$  azimuthal anisotropy at forward rapidity in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV”, 10.1007/JHEP02(2019)012, *JHEP* **1902**, 012, 2019.
- [2] © S.Acharya, K.Shigaki, T.Sugitate, *et al.*, “Jet fragmentation transverse momentum measurements from di-hadron correlations in  $\sqrt{s} = 7$  TeV pp and  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV p-Pb collisions”, 10.1007/JHEP03(2019)169, *JHEP* **1903**, 169, 2019.
- [3] © S.Acharya, K.Shigaki, T.Sugitate, *et al.*, “Event-shape engineering for the D-meson elliptic flow in mid-central Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV”, 10.1007/JHEP02(2019)150, *JHEP* **1902**, 150, 2019.
- [4] © S.Acharya, K.Shigaki, T.Sugitate, *et al.*, “Measuring  $K^0_S K^\pm$  interactions using pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV”, 10.1016/j.physletb.2018.12.033, *Phys. Lett.* **B790**, 22-34, 2019.

- [5] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Charged jet cross section and fragmentation in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV”, 10.1103/PhysRevD.99.012016, *Phys. Rev. D* **99**, 012016, 2019.
- [6] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Multiplicity dependence of light-flavor hadron production in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV”, 10.1103/PhysRevC.99.024906, *Phys. Rev. C* **99**, 024906, 2019.
- [7] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Medium modification of the shape of small-radius jets in central Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV”, 10.1007/JHEP10(2018)139, *JHEP* **1810**, 139, 2018.
- [8] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Measurement of dielectron production in central Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV”, 10.1103/PhysRevC.99.024002, *Phys. Rev. C* **99**, 024002, 2019.
- [9] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “p-p, p- $\Lambda$  and  $\Lambda$ - $\Lambda$  correlations studied via femtoscopy in pp reactions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV”, 10.1103/PhysRevC.99.024001, *Phys. Rev. C* **99**, 024001, 2019.
- [10] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Anisotropic flow of identified particles in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV”, 10.1007/JHEP09(2018)006, *JHEP* **1809**, 006, 2018.
- [11] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Azimuthal Anisotropy of Heavy-Flavor Decay Electrons in p-Pb Collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV”, 10.1103/PhysRevLett.122.072301, *Phys. Rev. Lett.* **122**, 072301, 2019.
- [12] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Measurements of low- $p_T$  electrons from semileptonic heavy-flavour hadron decays at mid-rapidity in pp and Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV”, 10.1007/JHEP10(2018)061, *JHEP* **1810**, 061, 2018.
- [13] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Inclusive  $J/\psi$  production at forward and backward rapidity in p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 8.16$  TeV”, 10.1007/JHEP07(2018)160, *JHEP* **1807**, 160, 2018.
- [14] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Suppression of  $\Lambda(1520)$  resonance production in central Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV”, 10.1103/PhysRevC.99.024905, *Phys. Rev. C* **99**, 024905, 2019.
- [15] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Measurement of the inclusive  $J/\psi$  polarization at forward rapidity in pp collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV”, 10.1140/epjc/s10052018-6027-2, *Eur. Phys. J. C* **78**, 562, 2018.
- [16] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Inclusive  $J/\psi$  production in Xe–Xe collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.44$  TeV”, 10.1016/j.physletb.2018.08.047, *Phys. Lett.* **B785**, 419-428, 2018.
- [17] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Y suppression at forward rapidity in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV”, 10.1016/j.physletb.2018.11.067, *Phys. Lett.* **B790**, 89-101, 2019.
- [18] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Dielectron production in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV”, 10.1007/JHEP09(2018)064, *JHEP* **1809**, 064, 2018.
- [19] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Transverse momentum spectra and nuclear modification factors of charged particles in Xe-Xe collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.44$  TeV”, 10.1016/j.physletb.2018.10.052, *Phys. Lett.* **B788**, 166-179, 2019.
- [20] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Direct photon elliptic flow in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV”, 10.1016/j.physletb.2018.11.039, *Phys. Lett.* **B789**, 308-322, 2019.

- [21] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Dielectron and heavy-quark production in inelastic and high-multiplicity proton–proton collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV”, 10.1016/j.physletb.2018.11.009, *Phys. Lett.* **B788**, 505-518, 2019.
- [22] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Centrality and pseudorapidity dependence of the charged-particle multiplicity density in Xe–Xe collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.44$  TeV”, 10.1016/j.physletb.2018.12.048, *Phys. Lett.* **B790**, 35-48, 2019.
- [23] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Anisotropic flow in Xe-Xe collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.44$  TeV”, 10.1016/j.physletb.2018.06.059, *Phys. Lett.* **B784**, 82-95, 2018.
- [24] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Measurement of  $D^0$ ,  $D^+$ ,  $D^{*+}$  and  $D_s^+$  production in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV”, 10.1007/JHEP10(2018)174, *JHEP* **1810**, 174, 2018.
- [25] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “ $\phi$  meson production at forward rapidity in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV”, 10.1140/epjc/s10052018-6034-3, *Eur. Phys. J.* **C78**, 559, 2018.
- [26] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Energy dependence and fluctuations of anisotropic flow in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  and 2.76 TeV”, 10.1007/JHEP07(2018)103, *JHEP* **1807**, 103, 2018.
- [27] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Azimuthally-differential pion femtoscopy relative to the third harmonic event plane in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV”, 10.1016/j.physletb.2018.06.042, *Phys. Lett.* **B785**, 320-331, 2018.
- [28] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Direct photon production at low transverse momentum in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 2.76$  and 8 TeV”, 110.1103/PhysRevC.99.024912, *Phys. Rev. C* **99**, 024912, 2019.
- [29] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Neutral pion and  $\eta$  meson production at mid-rapidity in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV”, 10.1103/PhysRevC.98.044901, *Phys. Rev. C* **98**, 044901, 2018.
- [30] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Transverse momentum spectra and nuclear modification factors of charged particles in pp, p-Pb and Pb-Pb collisions at the LHC”, 10.1007/JHEP11(2018)013, *JHEP* **1811**, 013, 2018.
- [31] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Prompt and non-prompt  $J/\psi$  production and nuclear modification at mid-rapidity in p–Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV”, 10.1140/epjc/s10052018-5881-2, *Eur. Phys. J.* **C78**, 466, 2018.
- [32] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Neutral pion and  $\eta$  meson production in p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV”, 10.1140/epjc/s10052018-6013-8, *Eur. Phys. J.* **C78**, 624, 2018.
- [33] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “ $\Lambda_c^+$  production in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV and in p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV”, 10.1007/JHEP04(2018)108, *JHEP* **1804**, 108, 2018.
- [34] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Relative particle yield fluctuations in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV”, 10.1140/epjc/s10052019-6711-x, *Eur. Phys. J.* **C79**, 236, 2019.
- [35] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Constraints on jet quenching in p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV measured by the event-activity dependence of semi-inclusive hadron-jet distributions”, 10.1016/j.physletb.2018.05.059, *Phys. Lett.* **B783**, 95-113, 2018.
- [36] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “First measurement of  $\Xi_c^0$  production in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV”, 10.1016/j.physletb.2018.03.061, *Phys. Lett.* **B781**, 8-19, 2018.
- [37] © S.Acharya, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Measurement of  $Z^0$  boson production at large

- rapidities in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV”, 10.1016/j.physletb.2018.03.010, *Phys. Lett. B* **780**, 372-383, 2018.
- [38] © S. Acharya, K. Shigaki, T. Sugitate, *et al.*, “Longitudinal asymmetry and its effect on pseudorapidity distributions in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV”, 10.1016/j.physletb.2018.03.051, *Phys. Lett. B* **781**, 20-32, 2018.
- [39] © S. Acharya, K. Shigaki, T. Sugitate, *et al.*, “Search for collectivity with azimuthal J/ $\psi$ -hadron correlations in high multiplicity p-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  and 8.16 TeV”, 10.1016/j.physletb.2018.02.039, *Phys. Lett. B* **780**, 7-20, 2018.
- [40] © A. Adare, K. Homma, K. Shigaki, T. Sugitate, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Pseudorapidity Dependence of Particle Production and Elliptic Flow in Asymmetric Nuclear Collisions of p+Al, p+Au, d+Au, and 3He+Au at  $\sqrt{s_{NN}} = 200$  GeV”, *Phys. Rev. Lett.* **121**, 222301, 2018.
- [41] © C. Aidala, K. Homma, K. Shigaki, T. Sugitate, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Production of  $\pi^0$  and  $\eta$  mesons in Cu+Au collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 200$  GeV”, *Phys. Rev. C* **98**, 054903, 2018.
- [42] © A. Adare, K. Homma, K. Shigaki, T. Sugitate, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Low-momentum direct photon measurement in Cu+Cu collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 200$  GeV”, *Phys. Rev. C* **98**, 054902, 2018.
- [43] © C. Aidala, K. Homma, K. Shigaki, T. Sugitate, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Creating small circular, elliptical, and triangular droplets of quark-gluon plasma”, *Nature Phys.* **15**, 214-220, 2019.
- [44] © C. Aidala, K. Homma, K. Shigaki, T. Sugitate, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Nonperturbative transverse-momentum-dependent effects in dihadron and direct photon-hadron angular correlations in p+p collisions at  $\sqrt{s} = 200$  GeV”, *Phys. Rev. D* **98**, 072004, 2018.
- [45] © C. Aidala, K. Homma, K. Shigaki, T. Sugitate, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Single-spin asymmetry of J/ $\psi$  production in p+p, p+Al, and p+Au collisions with transversely polarized proton beams at  $\sqrt{s_{NN}} = 200$  GeV”, *Phys. Rev. D* **98**, 0120064, 2018.
- [46] © A. Adare, K. Homma, K. Shigaki, T. Sugitate, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Multiparticle azimuthal correlations for extracting event-by-event elliptic and triangular flow in Au+Au collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 200$  GeV”, *Phys. Rev. C* **99**, 024903, 2019.
- [47] © A. Adare, K. Homma, K. Shigaki, T. Sugitate, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Cross section and longitudinal single-spin asymmetry  $AL$  for forward  $W^\pm \rightarrow \mu^\pm \nu$  production in polarized p+p collisions at  $\sqrt{s} = 510$  GeV”, *Phys. Rev. D* **98**, 032007, 2018.
- [48] © A. Adare, K. Homma, K. Shigaki, T. Sugitate, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Measurement of emission angle anisotropy via long-range angular correlations with high  $pT$  hadrons in d+Au and p+p collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 200$  GeV”, *Phys. Rev. C* **98**, 014912, 2018.
- [49] © A. Adare, K. Homma, K. Shigaki, T. Sugitate, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Measurements of mass-dependent azimuthal anisotropy in central p+Au, d+Au, and 3He+Au collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 200$  GeV”, *Phys. Rev. C* **97**, 064904, 2018.
- [50] © A. Adare, K. Homma, K. Shigaki, T. Sugitate, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Measurement of  $\phi$ -meson production at forward rapidity in p+p collisions at  $\sqrt{s} = 510$  GeV and its energy dependence from  $\sqrt{s} = 200$  GeV to 7 TeV”, *Phys. Rev. D* **98**, 092006, 2018.
- [51] © A. Adare, K. Homma, K. Shigaki, T. Sugitate, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Lévy-stable two-pion Bose-Einstein correlations in  $\sqrt{s_{NN}} = 200$  GeV Au+Au collisions”, *Phys. Rev. C* **97**, 064911, 2018.
- [52] K. Homma, “Searches for pseudo Nambu-Goldstone Bosons by stimulated resonant photon-photon scatterings with high-intensity lasers”, *Soryuushiron Kenkyuu* Vol.28, No.3, 30-34, 2019.

- [53] K. Homma, “Exploring pseudo-Nambu-Goldstone bosons in the sub-eV to 10 keV mass range with stimulated photon collider”, CERN Conf.Proc. 1, 263, 2018.
- [54] 本間謙輔, “高強度レーザー場を用いた真空構造への多角的アプローチ”, 素粒子論研究 Vol.28, No.1, 1-4, 2018.
- [55] T. Minoshima, T. Miyoshi, and Y. Matsumoto, “A high-order weighted finite difference scheme with a multistate approximate Riemann solver for divergence-free magnetohydrodynamic simulations”, *Astrophys. J. Suppl.*, **242**, 14, 2019.
- [56] T. Matsumoto, T. Miyoshi, and S. Takasao, “A new HLLD Riemann solver with Boris correction for reducing Alfvén speed”, *Astrophys. J.*, **874**, 37, 2019.
- [57] T. Shibayama, K. Kusano, T. Miyoshi, and A. Bhattacharjee, “Mechanism of non-steady Petschek-type reconnection with uniform resistivity”, *Phys. Plasmas*, **26**, 032903, 2019.

著書

- [1] 志垣賢太 : 「陽子-陽子衝突実験で予想外の驚き」, パリテイ (丸善出版) 第 33 巻第 4 号 30-32, 2018 年 4 月, 訳

国際会議

(招待講演)

- [1] K. Shigaki, “Heavy Ion Physics in the Future in the Highest Energy Regime”, Korean Physics Society symposium (Changwon, South Korea, 2018.10.25)
- [2] K. Homma, “Perspective of searching for dark components of the Universe with multi-high-intensity lasers”, International Conference on Atomic & Nuclear Physics 2018, (Osaka, Japan, 2018.7.24)
- [3] K. Homma, “Testing vacuum birefringence under a high-intensity laser field with GeV photons”, International Conference on Atomic & Nuclear Physics 2018, (Osaka, Japan, 2018.7.24)
- [4] K. Homma, “Probing Dark Components in the Universe in a Wide Mass Range from  $10^{-7}$  eV to  $10^4$  eV with Multi-Wavelength Lasers”, 27<sup>th</sup> Annual International Laser Physics Workshop, (Nottingham, UK, 2018.7.20)
- [5] K. Homma, “Probing the quantum vacuum with high-intensity laser systems”, The 8<sup>th</sup> Asian Summer (Momiji) School & Symposium on Laser Plasma Acceleration and Radiation (ASSS-8) (Nara, Japan, 2018.11.26)

(一般講演)

- [1] K. Shigaki, “HAD\_02 ALICE Forward Upgrade for High Precision High Statistics Single- and Di-Muon Measurements at the LHC”, 2018 Joint Workshop of TYL/FJPPL and FKPL (Nara Kasugano International Forum, Nara, Japan, 2018.5.9-11)
- [2] K. Shigaki, “Prospects of Di-Muon Measurements with Muon Forward Tracker at ALICE”, Asian Triangle Heavy Ion Conference 2018 (Hefei, China, 2018.11.3-6)
- [3] T. Miyoshi, K. Kusano, and S. Inoue, “A Magnetohydrodynamic Relaxation Method for Non-Force-Free Magnetic Fields”, 42rd COSPAR Scientific Assembly, Pasadena Convention Center, (Pasadena, USA, 2018.7.14-22)
- [4] T. Miyoshi, “Plasma Physical Problems in High-energy Heavy Ion Collisions”, 2nd Asia-Pacific

Conference on Plasma Physics, The Kanazawa Chamber of Commerce and Industry Hall,  
(Kanazawa, Japan, 2018.11.12-17)

国内学会

(招待講演)

- [1] 志垣賢太:「総括に代えて:原子核素粒子におけるカイラル現象への実験的アプローチ機会」, キラル素粒子論セミナー II (広島県広島市, 2018年4月1-2日)
- [2] 志垣賢太:「高エネルギー原子核偏芯衝突における宇宙最高強度磁場生成検出に向けて」, 研究会「高エネルギー原子核衝突反応の統合モデル構築と QGP 物性物理」(上智大学, 2018年4月27-28日)
- [3] 志垣賢太:「実験クォーク物理学の最先端」, 名古屋大学物理学教室談話会(名古屋大学, 2018年6月27日)
- [4] 志垣賢太:「クォーク階層とハドロン階層を結ぶ動的機構」, 新学術領域研究「量子クラスターで読み解く物質の階層構造」キックオフシンポジウム(東京工業大学, 2018年11月19-20日)
- [5] 志垣賢太:「J-PARC-HI 提案書へのコメント 高エネルギー原子核実験グループの立場から」, J-PARC-HI が拓く高密度物質とストレンジネスの物理(いばらき量子ビーム研究センター, 2018年12月15日)
- [6] 本間謙輔:「高強度場科学が切り拓く世界」, 日本物理学会ビーム物理領域シンポジウム「チャープパルス増幅法(CPA)の恩恵」(九州大学, 2019年3月16日)

(依頼講演)

- [1] 志垣賢太:「高エネルギー原子核偏芯衝突における高強度磁場生成の直接探索」, 第28回 Heavy Ion Pub 研究会(奈良女子大学, 2019年1月10日)

(一般講演)

- [1] 志垣賢太:「ALICE Run 3 以降の  $\mu$  粒子測定による物理」, 研究会「高度化後の ALICE 実験での物理の可能性」(長崎総合科学大学, 2018年8月17-18日)
- [2] 本間謙輔, 桐田勇利:「GHz 帯誘導共鳴レーザーコライダーによる暗黒エネルギー源ディラトン探索の構想」, 日本物理学会第73回年次大会(九州大学, 2019年3月17日)
- [3] 三好隆博:「移流方程式に対する LTS-WENO スキーム」, 日本地球惑星科学連合2018年大会(幕張メッセ, 2018年5月20-24日)
- [4] 簗島 敬, 三好隆博:「運動論リコネクションにおける輸送係数の計測」, 日本地球惑星科学連合2018年大会(幕張メッセ, 2018年5月20-24日)
- [5] 柴山拓也, 草野完也, 三好隆博:「一様抵抗磁気流体プラズマにおける Petschek 型リコネクション領域の形成メカニズム」, 日本地球惑星科学連合2018年大会(幕張メッセ, 2018年5月20-24日)
- [6] 星野達也, 三好隆博:「ゼロベータ MHD モデルにおける抵抗性磁気リコネクション」, 2018年度応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会(広島大学, 2018年8月4-5日)
- [7] 三好隆博, 草野完也, 井上 諭:「磁気静水圧平衡磁場外挿法の開発」, STE シミュレーション研究会(神戸大学, 2018年9月3-5日)
- [8] 三好隆博:「Force-Free 磁場に対する高速磁気リコネクション」, プラズマシミュレータ

シンポジウム 2018 (核融合科学研究所, 2018 年 9 月 13-14 日)

- [9] 三好隆博, 草野完也, 井上 諭:「圧力および重力効果を含む彩層・太陽コロナ磁場モデリング」, 日本天文学会 2019 年春季年会 (法政大学, 2019 年 3 月 14-17 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 7 件
- 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 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

- [1] 志垣賢太: 研究会「キラル素粒子論セミナー II」, 世話人 (広島市, 2018年4月1-2日)
- [2] 志垣賢太: 第27回 Heavy Ion Pub および第35回 Heavy Ion Cafe 合同研究会, 世話人 (名古屋大学, 2018年6月30日)
- [3] 志垣賢太: 第28回 Heavy Ion Pub 研究会, 世話人 (奈良女子大学, 2019年1月10日)

#### 社会活動・学外委員

##### (学協会委員)

- [1] 杉立 徹: 日本学術会議 連携会員
- [2] 杉立 徹: 高エネルギー加速器研究機構 客員教授
- [3] 杉立 徹: 筑波大学 客員教授
- [4] 志垣賢太: 日本学術振興会 特別研究員等審査会専門委員
- [5] 志垣賢太: 日本学術振興会 国際事業委員会書面審査員
- [6] 志垣賢太: 理化学研究所 客員研究員
- [7] 志垣賢太: 長崎総合科学大学 客員研究員
- [8] 志垣賢太: 高温高密度QCD物質オープンフォーラム 世話人
- [9] 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
- [10] 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
- [11] 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 幹事

##### (集中講義)

- [1] 志垣賢太: 「実験クォーク物理学」, 名古屋大学大学院理学研究科 (名古屋大学, 2018 年 6 月 26-28 日)

##### (講習会・セミナー講師)

- [1] 本間謙輔: わかりやすい! 2018 年ノーベル賞解説セミナー「チャープパルス増幅～高強度・超短パルスレーザーの技術革新とその広がり～」(広島大学理学研究科附属理学融合

教育研究センター, 2018年12月16日)

- [2] 本間謙輔: KEK-CMB Cosmophysics Seminar 「Search for weakly-coupling pseudo Nambu-Goldstone bosons by mixing multi-wavelength coherent lights」(高エネルギー加速器研究機構, 2018年10月3日)
- [3] 本間謙輔: 第27回ランチタイム・セミナー「真空ってどうなってるん?」(広島大学理学研究科附属理学融合教育研究センター, 2018年6月19日)
- [4] 本間謙輔: 京都大学理学研究科物理学宇宙物理学専攻高エネルギー研究室セミナー「レーザーを用いた真空構造の多角的解明 - 宇宙暗黒成分の理解へ向けて -」(京都大学, 2018年4月12日)
- [5] 三好隆博: 宇宙磁気流体・プラズマシミュレーションサマーセミナー講師「差分法の基礎」, 「MHD 近似リーマン解法」, および「実習」担当(千葉大学, 2018年8月20-24日)

#### 国際共同研究・国際会議開催実績

(国際共同研究)

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

(国際会議開催)

- [1] 志垣賢太: 国際会議 “11<sup>th</sup> ALICE ITS Upgrade, MFT, and O<sup>2</sup> Asian Workshop” 組織委員長(広島, 日本, 2018年6月11-13日)
- [2] 志垣賢太: 国際会議 “Asian Triangle Heavy Ion Conference 2018” 国際諮問委員(合肥, 中国, 2018年11月3-6日)

#### 高大連携事業への参加状況

- [1] 志垣賢太: 安田女子中学高等学校, 訪問授業「宇宙の始まり, 物質の謎, 重さの起源」(2018年7月20日)

#### 研究助成金の受入状況

- [1] 杉立 徹: 科学研究費補助金, 基盤研究(S)(2018年度, 21,300千円)「クォーク物性を解き明かすALICE実験フォトン物理の新展開」代表
- [2] 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(2018年度, 47,400千円)「クォーク階層とハドロン階層を繋ぐ動的機構」代表
- [3] 志垣賢太: 科学研究費補助金, 基盤研究(B)(2018年度, 2,700千円)「極致エネルギー原子核衝突による解放クォーク挙動解明の第二跳躍: 硬散乱事象選択測定」代表
- [4] 志垣賢太: 日仏素粒子物理学研究所, 2018年度実施課題(2018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
- [5] 志垣賢太: 広島大学研究力強化に資する国際会議・シンポジウム開催助成(2018年度, 300千円)「第11回ALICE実験高度化アジア会議」代表

- [6] 本間謙輔：科学研究費補助金，基盤研究（B）（2018年度，1,690千円）「真空内四光波混合によるsub-eV暗黒場の高感度探索」代表
- [7] 本間謙輔：科学研究費補助金，新学術領域研究（公募）（2018年度，5,200千円）「高強度レーザー場による誘導共鳴散乱を介したeV近傍質量域の暗黒場探索」代表
- [8] 本間謙輔：京都大学化学研究所課題提案型共同研究（2018年度，570千円）「真空内四光波混合の探索」代表
- [9] 三好隆博：科学研究費補助金，基盤研究（C）（2018年度，700千円）「プラズマ流体方程式に対するガウス則保証型高次精度衝撃波捕獲法の開発」代表

## ○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

2018年度は、フェルミガンマ線衛星とかなた望遠鏡他を用いた観測を軸に、次期X線ガンマ線観測小型衛星計画、かなた望遠鏡次期検出器の開発、重力波対応天体探査用チベット望遠鏡HinOTORIの開発などを柱として活動を行った。かなた望遠鏡関係の研究は、宇宙科学センターと強い協力関係の下で進めている。学位論文としては、博士論文2編（川端，中岡），修士論文12編（鳥越，山田，長木，小山，大坪，挽谷，長嶋，松場，今里，楊，黄，田中），卒業論文5編（大間々，山本，久富，西中，廣瀬）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。本年度をもって，山中，大野が他機関へ異動し，稲見が2月より着任した。また，昨年度に続いて，Norbert Wernerがハンガリーよりクロスアポイントで3か月だけ滞在して研究教育活動に参加した。

### [フェルミ衛星によるガンマ線観測]

フェルミ衛星は，打ち上げから11年目を迎えたが，特に故障もなく全天ガンマ線サーベイを続けている。本グループも，かなた望遠鏡との多波長観測を進めた。また，重力波・ニュートリノ・潮汐力突破現象対応ガンマ線天体の探査にさらに関わった。重力波対応天体の探査においては，関連鄭他のガンマ線バーストに関するフェルミチームのモニター体制に参加した。なお，2017年9月に高エネルギーニュートリノイベントに対応してガンマ線で明るくなっていたブレーザーに関する結果が，IceCubeチームやフェルミチームを含む多数チームの共同論文としてサイエンス雑誌に発表された。

ジェット天体である電波銀河についてガンマ線と他観測装置との系統的なし相関の研究を進めた。また，電波銀河の中で最もガンマ線で明るいNGC1275についてSwift衛星の可視光紫外線観測装置UVOTのデータおよび硬X線観測装置BATのデータを解析し，ガンマ線や軟X線と同様に最近ほど明るくなってきていることがわかった。これは今里修論としてまとめられた。また，ブレーザー天体の多波長スペクトルをMCMC法を用いて定量的にモデル化するためのモデル計算を行うことで，多数の天体の系統的解析を目指している。そのために，解析スクリプトの整備を進めるとともに，Mrk421や3C279のフェルミ衛星データも含めた多波長モニターデータの系統的解析を進めた。

Fermi衛星はその広い視野を生かし，ガンマ線観測を通して銀河系内の宇宙線と星間物質をプローブすることができる。その際に他波長のデータと比較することが必要であり，従来は水素原子の21cm線の全天サーベイおよびCO分子からの2.6mmのマッピング観測が用いられてきたが，これら伝統的な電波観測では星間ガスを取りこぼしている(通称「dark gas」と呼ばれる)ことが分かってきた。星間ガスの分布をより正確・精密に測定するため，ガンマ線とPlanck衛星によるダスト放射の比較を名古屋大学のグループと共同ですすめ，Chamaeleon分子雲の解析を原著論文として投稿し，近傍原子雲の解析を原著論文としてとりまとめている。

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

活動銀河核からのX線放射に見られる鉄輝線構造は巨大ブラックホール周辺の物質構造を調べる有力な手段となる。我々はモンテカルロ計算に基づいたスペクトルモデルを開発し，Circinus銀河に対してChandra衛星HETGの高分光X線観測データに適応することで，密度や重元素比などを制限することに成功した。この手法は，今後のX線精密分光観測へ応用できると期待され，挽谷修論としてまとめられた。すばる超広視野カメラHSCサーベイで検出され

た銀河団について、重力レンズとともにX線による質量測定を行い、銀河団の進化や宇宙論パラメータに制限を与えるプロジェクトを進めている。本年度引き続きXMM-Newton衛星の銀河団系統的データ解析の手法を改良して約20個の銀河団に解析を広げた。また、その中にあった衝突銀河団についての詳細X線データ解析を始め、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た。これは楊修論としてまとめられた。これまで進めてきたSwift衛星70ヶ月カタログで検出されたブレーザー天体を用いたX線光度関数の導出を105ヶ月カタログのリストで再解析を行い、ブレーザーの進化の情報を引き出す作業を進めた。その結果、不定性をきちんと考慮すると、過去に言われていたようなガンマ線木光度関数との大きな違いは無いことがわかった。

Swiftのデータを用いてガンマ線バーストのX線残光の吸収を用いて、銀河系の星間ガスの密度を見積もり、ダスト放射の二つの指標(光学的厚さおよび全帯域の輝度)と比較したところ、ダスト温度による補正が有効であることや補正の極性についてX線吸収と定性的に合致すること、ダスト-ガスの変換係数もおおむね一致することが分かった。これらの成果は小山修論として取りまとめられた。

恒星質量ブラックホールや中性子星に降着する物質の状態、またこれらコンパクト天体の物理量を明らかにするため、すざく、XMM-Newton、Swift衛星などで観測されたLMC X-3とIGR J00362+6122のデータ解析を進めた。この結果、X線放射は標準降着円盤モデルでは再現できないこと、中性子星の自転周期を明らかにすることができた。

大きく広がったTeVガンマ線放射VER J2019+368のX線フォローアップ観測で、既知のX線パルサー星雲以外にはX線で対応天体となりうる広がった放射がないことを示し、X線パルサー風星雲の諸元(広がり・スペクトル)を精度よく決め加速された電子の特質(スペクトル、粒子輸送プロセス)を制限した。これは田中修論としてまとめられた。

#### [将来X線ガンマ線観測に向けた活動]

ひとみ衛星に対する代替機計画が、2021年度に打ち上げを目指してISAS/JAXAにてXRISMとしてプロジェクト化された。広島大学のメンバーはサイエンス検討および運用観測チームのメンバーとして加わり、サイエンス検討、搭載される予定のX線精密分光器、X線CCDカメラに対する性能向上、サイエンス運用、ソフトウェア開発、検証活動など、サイエンス創出に関する活動に加わった。また主力機器であるX線カロリメータの較正要求のレビューを主導した。

米国の小型衛星計画(SMEX)として、2017年1月に軟X線偏光観測衛星IXPEがPhaseBへ進む計画に採択され、2021年の打ち上げ枠が確保された。H30年度は日本グループとして宇宙科学研究所にワーキンググループの申請を行い承認された。広島大学からは水野が正式なScience Collaboratorとして認められ、10月にイタリアで行われたサイエンス会議に参加しシミュレータの開発や観測ターゲットの選定について議論した。また学生一名もScience participantsとして参加が承認された。

日米瑞の国際協力で進めている硬X線集光偏光計X(L)-Calibur気球実験に日本から参加することになり、高橋が日本側代表として進めた。2018年12月に南極において3日間の科学観測に成功した。質量降着型パルサー GX 301-2 の観測を通し、望遠鏡で集光することにより従来よりも高感度を実現できることを実証できた。次回の2021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。

スウェーデンとは、宇宙での利用実績に乏しいGAGGシンチレータとMPPC光検出器の衛星

軌道上での特性を評価するため、1 kg弱のCUBES検出器を2020年にキューブサットとして打ち上げる予定で準備を進めている。

重力波源の探査を目的として、ガンマ線バーストの到来方向を超小型衛星群を用い(到来時間差を測定する)、精度よく決めるプロジェクトCAMELOTを立ち上げている。ミッションコンセプトや位置決定性能について様々な国際会議で発表を重ねるとともに、ハンガリーと広島グループが主導して世界中の同様の小型衛星計画を持つコミュニティ間の協力体制を確立することに成功した。CAMELOTの検出器開発として、特に本年度は衛星軌道上での運用を見越して、若狭湾エネルギーセンターにおいて軌道上で想定される吸収線量の陽子線をMPPCおよびCsIシンチレーターに照射し、放射線耐性を調べた。その結果、放射線損傷によりMPPCの性能に影響が生じることを確認し、今後のデバイス選定、システム設計に対して有用な情報を得ることができた。また、絶対光量やスレッシュホールド、光量の位置依存性などを評価し、放射線劣化の結果とともに鳥越修論に取りまとめられた。

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、搭載検出器の規模の検討を進めた。フェルミ衛星に続いて全天ガンマ線モニターを行うものとし、アメリカで立ち上がったMeVガンマ線観測衛星計画AMEGOに広島大学のメンバーも加わり、検出器開発とサイエンス検討の両面から活動を始めた。

#### 【かなた望遠鏡等を用いた可視赤外線観測】

例年200晩程度にわたり、東広島天文台のかなた望遠鏡を用いた活動銀河核や超新星、ガンマ線バースト、X線連星、前主系列星、重力波対応天体等の観測が行われ、それに基づいた研究を行っている。観測を実施するのは、主に大学院生とポスドクである。2017年8月以降、ほぼすべての観測が東広島キャンパス内からリモートで実施されるようになっており、観測者の安全性が高まった。観測データの利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も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といった基本的ながらユニークな機能を持つ観測装置が常時装着され、望遠鏡と共に日常的にメンテナンスがなされる体制を維持できていることも貢献している。2018年度も望遠鏡や観測装置には年間を通じて大きなトラブルはなかった。9月には、望遠鏡の主鏡面のアルミ膜再蒸着作業を、国立天文台・ハワイ観測所・岡山分室にて、国立天文台や188cm鏡ユーザーグループの協力の下、広島大学の学生と教員との共同作業で遂行した。また、11月から12月に掛けて、HONIRを望遠鏡から取り外して、駆動系と光学系のメンテナンスを実施した。かなた望遠鏡で行われた観測のうち1-2割は、国内外の共同研究により、他機関の研究者がPIとなって実施した観測であり、天文学コミュニティの中でかなた望遠鏡が一つの観測研究拠点となっている。2018年度にかなた望遠鏡で実施された主な研究テーマとして、活動銀河核や超新星、重力波源天体および高エネルギーニュートリノ源天体が挙げられる。

活動銀河核に関しては、過去に行われたブレイザーの多波長観測データに対して新たな統計的手法を用いた解析を行い、ジェット放射領域の物理量について、タイムスケールの短い変動と長い変動で磁場強度等の特徴が異なることを見出した(山田修論)。また、同じく過去に長期間にわたってモニター観測されたブレイザー3C454.3の偏光・測光データの時間変動に対し、新たな可視化技術を用いて解析を行い、短時間変動の偏光面が回転するイベントの抽

出に成功し、ジェット中の磁場構造について議論を行った（黄修論）。また、ジェット天体のガンマ線と電波の光度曲線に確率過程モデルを適用してタイムラグを推定する手法の研究（大間々卒論）も行われている。

超新星に関しては、暗いIIP型超新星SN 2016bkvにおいて、爆発速度が通常の数分の1しかなく、爆発速度が極端に遅いことなどから、親星が爆発直前に激しい質量放出を行っていたこと、また、親星を構成する物質の大部分がブラックホールに落ち込み、一部だけが外に放出された可能性が高い超新星であることを指摘した。また、爆発直後はIIP型に似たスペクトルを示し、プラトーと呼ばれる光度がほぼ一定となる傾向を示したものの、20日後には急減光を示した特異なIIb型超新星 SN 2017czdについて、その速い光度進化から、親星の水素外層が通常の恒星進化では考えられないほど薄く、近接連星系内の質量交換で水素外層の大部分を失ったことや、そのガスが依然親星周辺に漂っていて初期の光度に寄与したと考えられることを示した。これらは中岡博士論文としてまとめられた。暗く特異なIa型（=Iax型）であるSN2014dtにおける観測的研究においては、その総輻射光度を詳細にモデル化し、爆発中心付近に白色矮星の燃え残りが存在する可能性が高いことを見出した。また、典型的なIa型超新星について爆発後4日から多バンドの測光観測を行うことができたSN 2017erpに関して、増光時の光度曲線の形状等から、通常の超新星本体からの放射とは別に、伴星や星周物質との相互作用による付加的な放射成分があることを見出した。これらは川端博士論文としてまとめられた。さらに、比較的近傍に現れたIIc型超新星SN 2017hccに対する爆発後400日間にわたる観測から、この超新星が過去に観測された超高輝度IIc型超新星の中でも3-4番目に明るかったことや、爆発のエネルギーが通常のIIc型に比べて10倍以上大きかったこと、3%を超える高い偏光度から放射領域が球対称から大きくずれていることなどを見出し、重力崩壊型超新星の中でも大きな質量を持つ爆発であると結論づけた（大坪修論）。加えて、距離6Mpcとごく近傍の銀河に現れた明るいIIP型超新星SN 2017eawに対して、爆発直後から約160日間に亘って偏光観測を実施することに成功し、偏光が時間的に変化しないことから、超新星の光球は見かけ上、球対称状であることであり、観測された偏光は我々の銀河内での星間偏光と矛盾が無いことを示した（長木修論）。

LIGO/Virgoによる重力波アラートに対応した候補天体の搜索と追跡観測に関する研究については、日本の搜索チームJ-GEM（代表:国立天文台ハワイ観測所）の拠点のひとつとして活動を継続したが、2018年度中は重力波望遠鏡での観測が休みであったことから、2019年4月の観測再開に向けて、自動観測システムや自動データ解析システムの整備を進めた。また、IceCubeによる高エネルギーニュートリノ源の搜索と追跡観測に関する研究については、2017年9月22日に検出されたイベントに対し、重力波源の搜索観測の経験を活かして、あらかじめブレーザー天体のカタログを整備してニュートリノの位置誤差円内に存在するブレーザーをかなた望遠鏡で観測する方法で臨み、高エネルギーニュートリノ天体での初めて電磁波対応天体の同定に大きく貢献した研究がサイエンス誌に出版され、さまざまなメディアで報道された。これ以外にも、かなた望遠鏡の現行の観測装置のアップグレードや、データリダクションを高精度化・効率化する研究もおこなわれている。これには、現行装置のひとつ、高速分光器の新しい京都大学3.8mせいめい望遠鏡向けのバージョンの光学設計と評価（松場修論）や、かなた望遠鏡における限界等級の様々な気象条件下での評価（西中卒論）などが挙げられる。

以上に関連して、中岡が広島大学エクセレントスカラシップ、川端が研究科長表彰（学生）を受けた。

## [次期主力可視近赤外検出器の開発およびチベット設置可視望遠鏡の評価]

かなた望遠鏡の主力装置である可視赤外線同時カメラHONIRについては、現在空いている近赤外チャンネルの1スロットに安価で手配のし易い国内メーカー製の検出器の導入を目指して、国立天文台、鹿児島大、浜松ホトニクス間でInGaAs検出器の共同開発を進めており、2018年度は試験的に作成したチップの特性を調べるなどして、より低ノイズで高性能な製品の開発を目指した。

また、世界的な天文観測の好サイトとして期待されているチベットに口径50cmのパイロット望遠鏡を設置するHinOTORIプロジェクトに関しては、2012年以来、中国科学院国家天文台や紫金山天文台と共同で進めてきており、2017年10月には現地へのドーム・望遠鏡設置が済んでいたが、まだPCからドームすら動かせる状態にはなっていなかった。そこで、2018年5月と10月にそれぞれ2週間ずつほどチベット・阿里観測所に3-4名が赴いて、各種作業を実施し、望遠鏡・ドームが安定して動かせるようになったほか、また30kmほど離れたホテルからでもリモートで観測を実施できるまでに整備が進み、性能評価のための各種試験観測が行われた(長嶋修論)。但し、現地の電力事情が不安定であることも判明し、安定した観測運用を実現するため、UPSやネットワーク越しに電源出力を管理する装置の導入が次年度の課題として挙げられる。

## 原著論文

- [1] © “CAMELOT: Cubesats Applied for MEasuring and LOcalising Transients mission overview”, Werner Norbert, Ohno Masanori (4th), Fukazawa Yasushi (11th), Mizuno Tsunefumi (12th), Takahashi Hiromitsu(13th), and 15 coauthors, Proceedings of SPIE, 10699, 106992P (2018)
- [2] © “CAMELOT: design and performance verification of the detector concept and localization capability”, Ohno Masanori, Fukazawa Yasushi (8th), Mizuno Tsunefumi (9th), Takahashi Hiromitsu (10th), and 15 coauthors, Proceedings of the SPIE, 10699, 1069964 (2018)
- [3] © “Compton Shoulder Diagnostics in Active Galactic Nuclei for Probing the Metallicity of the Obscuring Compton-thick Tori”, Hikitani Masaya, Ohno Masanori, Fukazawa Yasushi, Kawaguchi Toshihiro, Odaka Hirokazu, ApJ, 867, 80 (2018)
- [4] © “Event-selection technique for the multi-layer SiCdTe Compton camera onboard Hitomi”, Masanori Ohno, Yasushi Fukazawa, Tsunefumi Mizuno, Hiromitsu Takahashi, and 25 coauthors, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, 924, 327 (2019)[]
- [5] © “Performance study of a large CsI(Tl) scintillator with an MPPC readout for nanosatellites used to localize gamma-ray bursts”, Kento Torigoe, Yasushi Fukazawa (2nd), Tsunefumi Mizuno(4th), Masanori Ohno(6th), Hiromitsu Takahashi (8th), Norbert Werner(12th), and 13 coauthors, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, 924, 316 (2019)
- [6] © “Constraints on the chemical enrichment history of the Perseus Cluster of galaxies from high-resolution X-ray spectroscopy”, Simionescu, A., Werner, N. (6th),; Fukazawa, Y. (16th), 32 authors 2019, MNRAS 483, 1701-1721
- [7] “The FORCE mission: science aim and instrument parameter for broadband x-ray imaging spectroscopy with good angular resolution”, Nakazawa, Kazuhiro, Fukazawa, Yasushi (6th), 12 authors, 2018, SPIE 10699, 106992D, 14pp
- [8] “The ATHENA X-ray Integral Field Unit (X-IFU)”, Barret, Didier, Fukazawa, Yasushi (57th), 102 authors, 2018, SPIE 10699, 106991G, 15pp

- [9] © “Unresolved Gamma-Ray Sky through its Angular Power Spectrum”, M.Ackermann, Y.Fukazawa (38th), T.Mizuno (68th), and 107 coauthors, 2018, Phys. Rev. Lett. 121, 241101
- [10] © “A gamma-ray determination of the Universe's star formation history”, S.Abdollahi, Y.Fukazawa (46th), T.Mizuno (83rd), and 127 coauthors, 2018, Science 362, 1031-1034
- [11] © “VERITAS and Fermi-LAT Observations of TeV Gamma-Ray Sources Discovered by HAWC in the 2HWC Catalog”, A.U.Abeyssekara, Y.Fukazawa (98th), T.Mizuno (130th), and 276 coauthors, 2018, Astrophys. Jour. 866, 24
- [12] © “The Search for Spatial Extension in High-latitude Sources Detected by the Fermi Large Area Telescope”, M.Ackermann, Y.Fukazawa (38th), T.Mizuno (70th), and 109 coauthors, 2018, Astrophys. Jour. Suppl. Ser.237, 32
- [13] © “Investigating the Nature of Late-time High-energy GRB Emission through Joint Fermi/Swift Observations”, M.Ajello, Y.Fukazawa (28th), T.Mizuno (55th), and 83 coauthors, 2018, Astrophys. Jour. 863, 138
- [14] © “Multimessenger observations of a flaring blazar coincident with high-energy neutrino IceCube-170922A” IceCube Collaboration, Ackermann, M., Fukazawa, Y.(378th), Mizuno, T.(417th), Tanaka, Y.T.(453th), Kawabata, K.S.(909th), Yamanaka, M.(917th), (1010 authors) 2018, Science 361, 1378
- [15] © “Fermi-LAT Observations of LIGO/Virgo Event GW170817”, M.Ajello, Y.Fukazawa (46th), T. Mizuno (84th), and 133 coauthors, 2018, Astrophys. Jour. 861, 85
- [16] © “Search for Gamma-Ray Emission from Local Primordial Black Holes with the Fermi Large Area Telescope”, M.Ackermann, Y.Fukazawa (39th), T.Mizuno (73rd), and 113 coauthors, 2018, Astrophys. Jour.857, 49
- [17] “The Origins of the Gamma-Ray Flux Variations of NGC 1275 Based on Eight Years of Fermi-LAT Observations”, K.Tanada, J.Kataoka, M.Arimoto, M.Akita, C.C.Cheung, S.W.Digel, and Y. Fukazawa, 2018, Astrophys. Jour. 860, 74 (2018)
- [18] “The gamma-ray spectrum of the core of Centaurus A as observed with H.E.S.S. and Fermi-LAT”, H.Abdalla, Y.Tanaka (251st), and 249 coauthors, 2018, Astron. Astrophys. 619, A71
- [19] “Detection of the blazar S4 0954+65 at very-high-energy with the MAGIC telescopes during an exceptionally high optical state”, M.L.Ahnen, Y.Tanaka (145th), and 169 coauthors, 2018, Astron. Astrophys. 617, A30
- [20] © “Detection of polarized gamma-ray emission from the Crab nebula with the Hitomi Soft Gamma-ray Detector”, Felix Aharonian, Yasushi Fukazawa (33rd), Tsunefumi Mizuno (104th), Masanori Ohno (120th), Hiromitsu Takahashi (151st), Yasuyuki T. Tanaka (159th), and 187 coauthors, 2018, Publications of the Astronomical Society of Japan 70, 113
- [21] © “PoGO+ polarimetric constraint on the synchrotron jet emission of Cygnus X-1”, Maxime Chauvin, Tsunefumi Mizuno (8th), Hiromitsu Takahashi (9th), and 8 coauthors, 2019, Mon. Not. R. Astron. Soc. 483, L138-L143
- [22] © “Accretion geometry of the black-hole binary Cygnus X-1 from X-ray polarimetry”, M. Chauvin, T. Mizuno (10th), H. Takahashi (14th), and 13 coauthors, 2018, Nature Astronomy 2, 652-655
- [23] © “The PoGO+ view on Crab off-pulse hard X-ray polarization”, M. Chauvin, T. Mizuno (10th), H. Takahashi (12th), and 11 coauthors, 2018, Mon. Not. R. Astron. Soc. 477, L45-L49

- [24] © “In-orbit performance and calibration of the Hard X-ray Imager onboard Hitomi (ASTRO-H)”, Kouichi Hagino, Yasushi Fukazawa (6th), Tsunefumi Mizuno (18th), Masanori Ohno (25th), Hiromitsu Takahashi (30th), and 35 coauthors, 2018, Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems 4, 021409
- [25] © “Hard x-ray imager onboard Hitomi (ASTRO-H)”, Kazuhiro Nakazawa, Yasushi Fukazawa (5th), Tsunefumi Mizuno (16th), Masanori Ohno (22nd), Hiromitsu Takahashi (27th), and 32 coauthors, 2018, Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems 4, 21410
- [26] © “Modeling of proton-induced radioactivation background in hard X-ray telescopes: Geant4-based simulation and its demonstration by Hitomi's measurement in a low Earth orbit”, H. Odaka, T. Mizuno (6th), M. Ohno (7th), Y. Fukazawa (12th), H. Takanashi (37th), Y. Tanaka (41th), and 44 coauthors, 2018, NIMA 891, 92
- [27] © “Hitomi (ASTRO-H) X-ray Astronomy Satellite”, Tadayuki Takahashi, Yasushi Fukazawa (47th), Tsunefumi Mizuno (141st), Masanori Ohno (170th), Hiromitsu Takahashi (221st), Yasuyuki T. Tanaka (229th), and 264 coauthors, 2018, Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems 4, 021402
- [28] © “Design and performance of Soft Gamma-ray Detector onboard the Hitomi (ASTRO-H) satellite”, Hiroyasu Tajima, Yasushi Fukazawa (3rd), Tsunefumi Mizuno (19th), Masanori Ohno (26th), Hiromitsu Takahashi (32nd), Yasuyuki Tanaka (35th), and 36 coauthors, 2018, Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems 4, 021411
- [29] “Science prospects for SPHiNX - A small satellite GRB polarimetry mission”, Pearce, M., Takahashi, H. (11 番目), 他 12 名, 2019, Astroparticle Physics, Volume 104, p. 54-63
- [30] “Orbital solution leading to an acceptable interpretation for the enigmatic gamma-ray binary HESS J0632+057”, Moritani, Y. Takahashi, H. (5 番目), 他 7 名, 2018, Publications of the Astronomical Society of Japan, Volume 70, Issue 4, id.61
- [31] “Non-thermal X-rays from colliding wind shock acceleration in the massive binary Eta Carinae”, Hamaguchi, K. Takahashi, H. (5 番目), 他 12 名, 2018, Nature Astronomy, Volume 2, p. 731-736
- [32] “Mass-invariance of the iron enrichment in the hot haloes of massive ellipticals, groups, and clusters of galaxies”, Mernier, F., Werner, N.(3th), 10 authors, 2018, MNRAS 478, L1116-L121
- [33] “ALMA observation of the disruption of molecular gas in M87”, Simionescu, A., Werner, N. (3th), 6 authors, 2018, MNRAS 475, 3004-3009
- [34] “The Influence of the Metal Mass Fraction Z, Age, and Mixing-length Parameter on the RGB Bump Magnitude for the M4 Cluster”, Song, Fen, Poon, Helen (4th), 5 authors, 2018, ApJ 869, 109, 15pp
- [35] “Search for  $\gamma$  -Ray Line Signals from Dark Matter Annihilations in the Inner Galactic Halo from 10 Years of Observations with H.E.S.S.”, Abdallah, H., Poon, H. (166th), 全 258 名, 2018, Phy Rev. Let. 120, id.201101
- [36] “H.E.S.S. discovery of very high energy  $\gamma$ -ray emission from PKS 0625-354”, H.E.S.S. Collaboration, Poon, H. (166th), 全 256 名, 2018, MNRAS 476, 4187-4198
- [37] “Constraints on particle acceleration in SS433/W50 from MAGIC and H.E.S.S. observations”, H.E.S.S. Collaboration, Poon, H. (325th), 全 410 名, 2018, A&A 612, A14, 8pp
- [38] “Systematic search for very-high-energy gamma-ray emission from bow shocks of runaway stars”, H.E.S.S. Collaboration, Poon, H. (304th), 全 352 名, 2018, A&A 612, A12, 6pp

- [39] “Extended VHE  $\gamma$ -ray emission towards SGR1806-20, LBV 1806-20, and stellar cluster Cl\* 1806-20”, H.E.S.S. Collaboration, Poon, H. (165th), 全 245 名, 2018, A&A 612, A11, 8pp
- [40] “A search for very high-energy flares from the microquasars GRS 1915+105, Circinus X-1, and V4641 Sgr using contemporaneous H.E.S.S. and RXTE observations”, H.E.S.S. Collaboration; Poon, H. (164th), 全 247 名, 2018, A&A 612, A10, 22pp
- [41] “Characterising the VHE diffuse emission in the central 200 parsecs of our Galaxy with H.E.S.S.”, H.E.S.S. Collaboration, Poon, H. (166th), 全 258 名, 2018, A&A 612, A9, 13pp
- [42] “A search for new supernova remnant shells in the Galactic plane with H.E.S.S.”, H.E.S.S. Collaboration, Poon, H. (168th), 全 265 名, 2018, A&A 612, A8, 23pp
- [43] “Deeper H.E.S.S. observations of Vela Junior (RX J0852.0-4622): Morphology studies and resolved spectroscopy”, H.E.S.S. Collaboration, Poon, H. (166th), 全 261 名, 2018, A&A 612, A7, 14pp
- [44] “H.E.S.S. observations of RX J1713.7-3946 with improved angular and spectral resolution: Evidence for gamma-ray emission extending beyond the X-ray emitting shell”, H.E.S.S. Collaboration, Poon, H. (165th), 全 257 名, 2018, A&A 612, A6, 25p
- [45] “The supernova remnant W49B as seen with H.E.S.S. and Fermi-LAT”, H.E.S.S. Collaboration; Poon, H. (165th), 全 256 名, 2018, A&A 612, A5, 10pp
- [46] “Detailed spectral and morphological analysis of the shell type supernova remnant RCW 86”, H.E.S.S. Collaboration, Poon, H. (160th), 全 234 名, 2018, A&A 612, A4, 7pp
- [47] “Population study of Galactic supernova remnants at very high  $\gamma$ -ray energies with H.E.S.S.”, H.E.S.S. Collaboration, Poon, H. (165th), 全 254 名, 2018, A&A 612, A3, 18pp
- [48] “The population of TeV pulsar wind nebulae in the H.E.S.S. Galactic Plane Survey”, H.E.S.S. Collaboration, Poon, H. (165th), 全 257 名, 2018, A&A 612, A2, 25pp
- [49] “The H.E.S.S. Galactic plane survey”, H.E.S.S. Collaboration; Poon, H. (166th), 全 260 名, 2018, A&A 612, A1, 61pp
- [50] “The MUSE Hubble Ultra Deep Field Survey. XI. Constraining the low-mass end of the stellar mass - star formation rate relation at  $z < 1$ ”, Boogaard, L. A., Brinchmann, J., Bouch, N., Paalvast, M., Bacon, R., Bouwens, R. J., Contini, T., Gunawardhana, M. L. P., Inami, H., and 9 coauthors, 2018, A&A, 619, A27
- [51] “ALMA Observation of NGC 5135: The Circumnuclear CO (6–5) and Dust Continuum Emission at 45 pc Resolution”, Cao, T., Lu, N., Xu, C. K., Zhao, Y., Kalari, V. M., Gao, Y., Charmandaris, V., Diaz Santos, T., van der Werf, P., Inami, H. (12nd), and 3 coauthors, 2018, ApJ, 866, 117
- [52] “The multiple merger assembly of a hyperluminous obscured quasar at redshift 4.6”, Diaz-Santos, T., Assef, R. J., Blain, A. W., Aravena, M., Stern, D., Tsai, C.-W., Eisenhardt, P., Wu, J., Jun, H. D., Inami, H. (11st), and 3 coauthors, 2018, Sci, 362, 1034
- [53] “SCOPE: SCUBA-2 Continuum Observations of Pre-protostellar Evolution - Survey Description and Compact Source Catalogue”, Eden, D.J., Liu, T., Kim, K.-T., Liu, S.-Y., Tatematsu, K., Di Francesco, J., Kawabata, K.S.(95th), and 154 coauthors, 2019, MNRAS, 485, 2895
- [54] “The MUSE Hubble Ultra Deep Field Survey. XII. Mg II emission and absorption in star-forming galaxies”, Feltre, A., Bacon, R., Tresse, L., Finley, H., Carton, D., Blaizot, J., Bouch, N., Garel, T., Inami, H., and 11 coauthors, 2018, A&A, 617, A62

- [55] “GOODS-ALMA: 1.1 mm galaxy survey. I. Source catalog and optically dark galaxies”, Franco, M., Elbaz, D., Bethermin, M., Magnelli, B., Schreiber, C., Ciesla, L., Dickinson, M., Nagar, N., Silverman, J., Inami, H. (23rd), and 29 coauthors, 2018, *A&A*, 620, A152
- [56] “Characterizing Optical Variability of OJ 287 in 2016-2017”, Gupta, A.C., Gaur, H., Wiita, P.J., Pandey, A., Kushwaha, P., Hu, S.M., Uemura, M. (11th), and 18 coauthors, 2019, *AJ*, 157, 95
- [57] © “A gamma-ray determination of the Universe's star formation history”, S. Abdollahi, Y. Fukazawa (46th), T. Mizuno (83rd), and 127 coauthors, 2018, *Science* 362, 1031-1034, 37. 205, 2
- [58] “The AKARI 2.5-5 micron spectra of luminous infrared galaxies in the local Universe”, Inami, H., Armus, L., Matsuhara, H., Charmandaris, V., Diaz-Santos, T., Surace, J., Stierwalt, S., Ohyama, Y., Howell, J., and 3 coauthors, 2018, *A&A*, 617, A130
- [59] “Extended optical/NIR observations of Type Iax supernova 2014dt: Possible signatures of a bound remnant”, Kawabata, M., Kawabata, K.S., Maeda, K., Yamanaka, M., Nakaoka, T., Takaki, K., and 16 coauthors, 2018, *PASJ*, 70, 111
- [60] “The ever-surprising blazar OJ 287: multiwavelength study and appearance of a new component in X-rays”, Kushwaha, P., Gupta, A.C., Wiita, P.J., Pal, M., Gaur, H., de Gouveia Dal Pino, E.M., Uemura, M. (11th), and 18 coauthors, 2018, *MNRAS*, 479, 1672
- [61] “A First Look at BISTRO Observations of the  $\rho$  Oph-A core”, Kwon, J., Doi, Y., Tamura, M., Matsumura, M., Pattle, K., Berry, D., Kawabata, K.S. (16th), and 115 coauthors, 2018, *ApJ*, 859, 4
- [62] “High polarization degree of the continuum of comet 2P/Encke based on spectropolarimetric signals during its 2017 apparition”, Kwon, Y.G., Ishiguro, M., Shinnaka, Y., Nakaoka, T., Kuroda, D., Hanayama, H., and 13 coauthors, 2018, *A&A*, 620, A161
- [63] “Discovery of a Very Large ( $\sim 20$  kpc) Galaxy at  $z = 3.72$ ”, Lee, K.-S., Dey, A., Matheson, T., Shi, K., Hung, C.-L., Xue, R., Inami, H., Huang, Y., Lee, K.-G., and 5 coauthors, 2018, *ApJ*, 862, 24
- [64] “Dark Galaxy Candidates at Redshift 3.5 Detected with MUSE”, Marino, R. A., Cantalupo, S., Lilly, S. J., Gallego, S. G., Straka, L. A., Borisova, E., Pezzulli, G., Bacon, R., Brinchmann, J., Inami, H. (16th), and 12 coauthors, 2018, *ApJ*, 859, 53
- [65] “MUSE Spectroscopic Identifications of Ultra-faint Emission Line Galaxies with M<sub>UV</sub>-15”, Maseda, M. V., Bacon, R., Franx, M., Brinchmann, J., Schaye, J., Boogaard, L. A., Bouch, N., Bouwens, R. J., Cantalupo, S., Inami, H. (12nd), and 9 coauthors, 2018, *ApJ*, 865, L1
- [66] “Keck OSIRIS AO LIRG Analysis (KOALA): Feedback in the Nuclei of Luminous Infrared Galaxies”, U, V., Medling, A. M., Inami, H., Armus, L., Diaz-Santos, T., Charmandaris, V., Howell, J., Stierwalt, S., Privon, G. C., and 14 coauthors, 2019, *ApJ*, 871, 166
- [67] “Polarization as a probe of dusty environments around Type Ia supernovae: radiative transfer models for SN 2012dn”, Nagao, T., Maeda, K., Yamanaka, M., 2018, *MNRAS*, 476, 4806
- [68] “The Low-luminosity Type IIP Supernova 2016bkv with Early-phase Circumstellar Interaction”, Nakaoka, T., Kawabata, K.S., Maeda, K., Tanaka, M., Yamanaka, M., Moriya, T.J., and 19 coauthors, 2018, *ApJ*, 859, 78
- [69] © “Hitomi X-ray observation of the pulsar wind nebula G21.5-0.9”, Felix Aharonian, Yasushi Fukazawa (33rd), Tsunefumi Mizuno (104th), Masanori Ohno (120th), Hiroimitsu Takahashi (151st), Yasuyuki T. Tanaka (159th), and 190 coauthors, 2018, *Publications of the Astronomical Society of Japan* 70, 38

- [70] “AKARI mid-infrared slitless spectroscopic survey of star-forming galaxies at  $z \leq 0.5$ ”, Ohyama, Y., Wada, T., Matsuhara, H., Takagi, T., Malkan, M., Goto, T., Egami, E., Lee, H.-M., Im, M., Inami, H. (12nd), and 17 coauthors, 2018, *A&A*, 618, A101
- [71] “AKARI mid-infrared slitless spectroscopic survey of star-forming galaxies at  $z \leq 0.5$ ”, Ohyama, Y., Wada, T., Matsuhara, H., Takagi, T., Malkan, M., Goto, T., Egami, E., Lee, H.-M., Im, M., Inami, H. (12nd), and 17 coauthors, 2018, *A&A*, 618, A101
- [72] “Properties and redshift evolution of star-forming galaxies with high [O III]/[O II] ratios with MUSE at  $0.28 < z < 0.85$ ”, Paalvast, M., Verhamme, A., Straka, L. A., Brinchmann, J., Herenz, E. C., Carton, D., Gunawardhana, M. L. P., Boogaard, L. A., Cantalupo, S., Inami, H. (12nd), and 14 coauthors, 2018, *A&A*, 618, A40
- [73] “Warm Molecular Hydrogen in Nearby, Luminous Infrared Galaxies”, Petric, A. O., Armus, L., Flagey, N., Guillard, P., Howell, J., Inami, H., Charmandaris, V., Evans, A., Stierwalt, S., and 12 coauthors, 2018, *AJ*, 156, 295
- [74] “The main sequence of star-forming galaxies - I. The local relation and its bending”, Popesso, P., Concas, A., Morselli, L., Schreiber, C., Rodighiero, G., Cresci, G., Belli, S., Erfanianfar, G., Mancini, C., Inami, H., and 4 coauthors, 2019, *MNRAS*, 483, 3213
- [75] “X-Ray, Optical, and Near-infrared Monitoring of the New X-Ray Transient MAXI J1820+070 in the Low/Hard State”, Shidatsu, M., Nakahira, S., Yamada, S., Kawamuro, T., Ueda, Y., Negoro, H., Yamanaka, M. (16th), and 22 coauthors, 2018, *ApJ*, 868, 54
- [76] “Comparison of polarization at two lunar eclipse events”, Takahashi, Jun; Itoh, Yoichi; Watanabe, Makoto; Akitaya, Hiroshi (4th); Takaki, Katsutoshi; Kawabata, Koji S. (6th); Itoh, Ryosuke; Oasa, Yumiko, 2019, *PASJ*, in press
- [77] “C-GOALS. II. Chandra observations of the lower luminosity sample of nearby luminous infrared galaxies in GOALS”, Torres-Alb, N., Iwasawa, K., Diaz-Santos, T., Charmandaris, V., Ricci, C., Chu, J. K., Sanders, D. B., Armus, L., Barcos-Muoz, L., Inami, H. (12nd), and 7 coauthors, 2018, *A&A*, 620, A140
- [78] “Subaru/HiCIAO HK\_s Imaging of LKHa 330: Multi-band Detection of the Gap and Spiral-like Structures”, Uyama, T., Hashimoto, J., Muto, T., Akiyama, E., Dong, R., de Leon, J., Miyama, S. (48th), and 52 coauthors, 2018, *ApJ*, 156, 63
- [79] “Recovering the systemic redshift of galaxies from their Lyman alpha line profile”, Verhamme, A., Garel, T., Ventou, E., Contini, T., Bouch, N., Herenz, E., Richard, J., Bacon, R., Schmidt, K., Inami, H. (19th), and 16 coauthors, 2018, *MNRAS*, 478, L60
- [80] “Nearly all the sky is covered by Lyman- $\alpha$  emission around high-redshift galaxies”, Wisotzki, L., Bacon, R., Brinchmann, J., Cantalupo, S., Richter, P., Schaye, J., Schmidt, K. B., Urrutia, T., Weilbacher, P. M., Inami, H. (15th), and 15 coauthors, 2018, *Natur*, 562, 229
- [81] “High-contrast Polarimetry Observation of the T Tau Circumstellar Environment”, Yang, Y., Mayama, S., Hayashi, S.S., Hashimoto, J., Rafikov, R., Akiyama, E., Miyama, S. (46th), and 48 coauthors, 2018, *ApJ*, 861, 133

総説

該当無し

国際会議

(招待講演)

- [1] Fukazawa, Y.: “Long-term study of a gamma-ray emitting radio galaxy NGC 1275”, 8th Fermi Symposium, Baltimore, USA, 2018.10.14-18, 200 名
- [2] Fukazawa, Y.: “Suzaku/HXD calibration & background estimation”, New eyes on X-ray astrophysical objects with Japanese-Chinese observatories, ISAS/JAXA, 2018.11.19-21, 約 80 名
- [3] Ohno, M.: “Localization by Timing in LEO”, Towards a Network of GRB Detecting Nanosatellites, 2018.9.13-14, Budapest Hungary, 50 people
- [4] Ohno, M.: “Future follow-up observations of gravitational wave sources with a fleet of nano-satellite”, Frontier Research Astrophysics III, 2018.5.28-6.2, Palermo, Italy, 50 people
- [5] Ohno, M.: “Future follow-up observations of gravitational wave sources with a fleet of nano-satellite”, 15th INTEGRAL/BART Workshop, 2018.4.16-20, Karlovy Vary, Czech Republic, 50 people
- [6] Takahashi, H.: “Japanese hard X-ray activities supported by Neil”, Gehrels Memorial Meeting, 2018.5.21-22, National Academy of Sciences, USA, 100 people
- [7] Takahashi, H.: “Japanese recent and future X-ray satellites: Suzaku, Hitomi and XARM”, The 3rd PANDA Symposium, 2018.6.18-22, Chengdu, China, 200 people
- [8] Sasada, M.: “Optical and NIR observations for gravitational-wave counterpart by J-GEM collaboration”, The KAGRA International Workshop (KIW), 2019.2.14-16, Perugia, Italy

(一般講演)

- [1] Fukazawa, Y.: “MCMC approach of Blazar SED modeling”, Fermi-LAT collaboration meeting, 2018.10.11-13, George Washington University, USA, 80 people
- [2] Mizuno, T.: “local HI”, Fermi-LAT collaboration meeting, 2018.5.12-15, University of Nova Gorica, Slovenia, 80 people
- [3] Uchida, N.: “Estimation of minimum detectable polarization for X-Calibur balloon-borne experiment”, New eyes on X-ray astrophysical objects with Japanese-Chinese observatories, 2018.11.19-21, ISAS/JAXA, 70 名
- [4] Torigoe, K.: “Performance study of a large CsI(Tl) scintillator with an MPPC readout for nanosatellites used to localize gamma-ray bursts”, New eyes on X-ray astrophysical objects with Japanese-Chinese observatories, 2018.11.19-21, ISAS/JAXA, 70 名
- [5] Imazato, F.: “Study of the Optical/UV and X-ray variability of NGC 1275 with Swift”, New eyes on X-ray astrophysical objects with Japanese-Chinese observatories, 2018.11.19-21, ISAS/JAXA, 70 名
- [6] Yang, C.: “Analysis of 2d temperature and density structure of the merging cluster MCXC J0157.4-0550 using XMM-Newton data”, New eyes on X-ray astrophysical objects with Japanese-Chinese observatories, 2018.11.19-21, ISAS/JAXA, 70 名
- [7] Koyama, T.: “Study of the interstellar gas distribution of the Milky Way using Gamma-Ray Burst afterglow”, New eyes on X-ray astrophysical objects with Japanese-Chinese observatories,

- 2018.11. 19-21, ISAS/JAXA, 70 名
- [8] Hikitani, M.: “Estimation of the physical condition of the torus in active galactic nuclei by a modeling of the Compton shoulder in the reflected X-ray spectrum”, New eyes on X-ray astrophysical objects with Japanese-Chinese observatories, 2018.11.19-21, ISAS/JAXA, 70 名
- [9] Iwao, Y.: “Detail studies of the accretion disk of the black-hole binary LMC X-3 with Suzaku”, New eyes on X-ray astrophysical objects with Japanese-Chinese observatories, 2018.11.19-21, ISAS/JAXA, 70 名
- [10] Hirade, N.: “Markov chain Monte-Carlo modeling of FSRQ SED”, New eyes on X-ray astrophysical objects with Japanese-Chinese observatories, 2018.11.19-21, ISAS/JAXA, 70 名
- [11] Torigoe, K.: “Performance study of a large CsI(Tl) scintillator with an MPPC readout”, 5th International Workshop on New Photon-Detectors PD18, 2018.11.27-29, University of Tokyo, 100 名
- [12] Imazato, F.: “Study of Silicon drift sensor for Gamam-ray Compton Camera”, 5th International Workshop on New Photon-Detectors PD18, 2018.11.27-29, University of Tokyo, 100 名
- [13] Imazato, F.: “Study of the optical/UV and X-ray variability of NGC 1275 with Swift”, 8th Fermi Symposium, Baltimore, USA, 2018.10.14-18, 200 名
- [14] Poon Helen: “Introduction to the Gravitational Waves Project of Hiroshima Astrophysical Science Center”, Tsinghua University Seminar, 2019.1.3
- [15] Ohno, M.: “Future all-sky gamma-ray observations for localizing gravitational wave sources with a fleet of cube-satellite”, New eyes on X-ray astrophysical objects with Japanese and Chinese observatories, 2018.11.19-21, ISAS/JAXA, Japan, 100 people
- [16] Ohno, M.: “CAMELOT: design and performance verification of the detector concept and localization capability”, SPIE Astronomical Telescope + Instrumentation, 2018.6.12-14, Austin, USA, 1000 people
- [17] Mizuno, M.: “Study of the Interstellar Medium and Cosmic-rays in Local HI Clouds”, 8th Fermi Symposium, Baltimore, USA, 2018.10. 14-18, 200 名
- [18] Takahashi, H.: “Hard X-ray polarization measurements of Cygnus X-1 by PoGO+”, Time for Accretion, 2018.8.6-10, Sigtuna, Sweden, 100 people
- [19] Takahashi, H.: “Hard X-ray polarimetric observations of Crab and Cygnus X-1 by PoGO+”, Multi-wavelength Astronomy: Three years of AstroSat Observations, 2019.3.5-7, Indian Institute of Astrophysics, India, 100 people
- [20] Sasada, M.: “Current Strategy of Search for Gravitational-Wave Counterpart by Optical and NIR Observations”, The Second annual symposium of the innovative area “Gravitational Wave Physics and Astronomy: Genesis”, 2018.11.26-28, Panasonic Auditorium at YITP of Kyoto University, 100 people
- [21] Sasada, M.: “Current Status of HinOTORI Project”, The Second annual symposium of the innovative area “Gravitational Wave Physics and Astronomy: Genesis”, 2018.11.26-28, Panasonic Auditorium at YITP of Kyoto University, 100 people
- [22] Sasada, M.: “Current status and newly-know problems of HinOTORI instruments”, Workshop on Ali-HinOTORI and China-Japan Cooperation based on Ali Platform, 2019.3.28-29, Beijing, China, 15people
- [23] Sasada, M.: “HinOTORI technical problems and observations related”, Workshop on

Ali-HinOTORI and China-Japan Cooperation based on Ali Platform, 2019.3.28-29, Beijing, China, 15 people

- [24] Sasada, M.: “The coming works for HinOTORI system, hardware and software, autonomous and remote observations”, Workshop on Ali-HinOTORI and China-Japan Cooperation based on Ali Platform, 2019.3.28-29, Beijing, China, 15 people
- [25] Kawabata, K.: “Review of HinOTORI project”, Workshop on Ali-HinOTORI and China-Japan Cooperation based on Ali Platform, 2019.3.28-29, Beijing, China, 15 people
- [26] Kawabata, K.: “HinOTORI open-use and management related”, Workshop on Ali-HinOTORI and China-Japan Cooperation based on Ali Platform, 2019.3.28-29, Beijing, China, 15 people
- [27] Kawabata, K.: “The coming efforts for HinOTORI support, fund and team, extension of MoU”, Workshop on Ali-HinOTORI and China-Japan Cooperation based on Ali Platform, 2019.3.28-29, Beijing, China, 15 people
- [28] Wei Liu: “Overview of the 3 color simultaneous imager HinOTORI and data reduction”, Workshop on Ali-HinOTORI and China-Japan Cooperation based on Ali Platform, 2019.3.28-29, Beijing, China, 15 people
- [29] Kawabata, M.: “Observational study on nearby supernovae, I.”, Workshop on Ali-HinOTORI and China-Japan Cooperation based on Ali Platform, 2019.3.28-29, Beijing, China, 15 people
- [30] Nakaoka, T.: “Observational study on nearby supernovae, II.”, Workshop on Ali-HinOTORI and China-Japan Cooperation based on Ali Platform, 2019.3.28-29, Beijing, China, 15 people

#### 国内会議

(招待講演)

- [1] 深沢泰司: 「高エネルギー天体：現状の理解」, 研究会「宇宙プラズマにおける粒子加速」, 名古屋大学, 2018年4月24日, 約20名
- [2] 深沢泰司: 「高宇連の将来検討の現状」, 第18回高宇連研究会「高エネルギー宇宙物理学の最前線と2020/30年代のロードマップ」, 東京大学, 2019年3月18-20日, 約70名
- [3] 大野雅功: 「軟ガンマ線偏光の基礎と応用」, 宇宙プラズマにおける粒子加速ワークショップ, 2018年11月29-30日, 名古屋大学, 30名
- [4] 水野恒史: 「Polarization Measurement of Crab Nebula by Hitomi-SGD」, 偏光リサーチグループ会議, 2018年9月18日, 神戸大学
- [5] 高橋弘充: 「硬X線偏光計PoGO+気球実験による「かに星雲」の観測結果」, 第3回~中性子星の観測と理論~研究活性化ワークショップ, 2019年2月18-20日, 京都大学, 100名
- [6] 植村 誠: 「天文学とインフォマティクス, 特にスパースモデリングの応用」, 第35回プラズマ・核融合学会 年会, 2018年12月4日, 大阪大学
- [7] 植村 誠: 「スパースモデリングによるトモグラフィーと変数選択: 天文学データへの応用」, 第22回 若手科学者によるプラズマ研究会, 2019年2月18日, 那珂核融合研究所
- [8] 植村 誠: 「重力波観測と宇宙論」, ILC 夏の合宿 2018, 2018年9月9-12日, 国民宿舎大城
- [9] 山中雅之: 「マルチメッセンジャー天文学と中小口径望遠鏡による観測の現場」, 連星系・変光星・低温度星研究会, 2018年12月7-9日, 星の郷ふれあいセンター, 50名
- [10] 山中雅之: 「光学近赤外線における高エネルギーニュートリノ対応天体の追観測」, 日本天文学会 2018年秋季年会「高エネルギー宇宙ニュートリノから展開するマルチメッセン

ジャー天文学」，2018年9月19-20日，兵庫県立大学

(一般講演)

- [1] 深沢泰司：「ブレーザーの硬 X 線光度関数と MeV ガンマ線背景放射への寄与 (2)」，秋の天文学会，2018年9月19-21日，兵庫県立大学姫路工学キャンパス
- [2] 植村 誠：「ブレーザーの不規則な光度・偏光度変動の特徴量抽出と分類」，秋の天文学会，2018年9月19-21日，兵庫県立大学姫路工学キャンパス
- [3] 水野恒史：「フェルミ衛星 LAT 検出器による近傍原子雲領域の星間ガス・宇宙線の研究」，秋の天文学会，2018年9月19-21日，兵庫県立大学姫路工学キャンパス
- [4] 高橋弘充：「硬 X 線偏光検出器 PoGO+気球実験による Cygnus X-1 の偏光観測」，秋の天文学会，2018年9月19-21日，兵庫県立大学姫路工学キャンパス
- [5] 山中雅之：「光赤外線大学間連携事業における初心者向けデータ解析講習会の実施報告」，秋の天文学会，2018年9月19-21日，兵庫県立大学姫路工学キャンパス
- [6] 山中雅之：「光学近赤外線における高エネルギーニュートリノ対応天体の追観測」，秋の天文学会，2018年9月19-21日，兵庫県立大学姫路工学キャンパス
- [7] 内田和海：「南極周回気球による硬 X 線偏光観測ミッション X-Calibur の現状と今後」，秋の天文学会，2018年9月19-21日，兵庫県立大学姫路工学キャンパス
- [8] 今里郁弥：「Swift/UVOT による NGC1275 の周りに広がった紫外線放射の解析」，秋の天文学会，2018年9月19-21日，兵庫県立大学姫路工学キャンパス
- [9] 山田悠梨香：「ブレーザーMrk 421 の多波長・時系列データから探る放射領域の変動」，秋の天文学会，2018年9月19-21日，兵庫県立大学姫路工学キャンパス
- [10] 小山恭弘：「ガンマ線バーストの X 線残光を用いた天の川銀河の星間ガスの評価 (2)」，秋の天文学会，2018年9月19-21日，兵庫県立大学姫路工学キャンパス
- [11] 山崎優衣奈：「IceCube イベントの可視近赤外追観測における新天体自動検出の一考察」，秋の天文学会，2018年9月19-21日，兵庫県立大学姫路工学キャンパス
- [12] 平出尚義：「MCMC 法を用いた FSRQ 型活動銀河核ジェットの SED 解析 I」，秋の天文学会，2018年9月19-21日，兵庫県立大学姫路工学キャンパス
- [13] 高木健吾：「かに星雲の可視偏光における解析手法の構築」，秋の天文学会，2018年9月19-21日，兵庫県立大学姫路工学キャンパス
- [14] 岩尾祐希：「X 線衛星「すざく」によるブラックホール連星 LMC X-3 の降着円盤放射の研究」，秋の天文学会，2018年9月19-21日，兵庫県立大学姫路工学キャンパス
- [15] 水野恒史：「フェルミ衛星による太陽系近傍原子雲の宇宙線・星間ガスの研究(2)」，秋の物理学会，2018年9月14-17日，信州大学松本キャンパス
- [16] 高橋弘充：「硬 X 線偏光計 PoGO+気球実験によるブラックホール連星系「はくちょう座 X-1」の観測」，秋の物理学会，2018年9月14-17日，信州大学松本キャンパス
- [17] 山中雅之：「光赤外線大学間連携による爆発後 450 日間の IIP 型超新星 SN 2017eaw の観測」，春の天文学会，2019年3月14-17日，法政大学小金井キャンパス
- [18] 笹田真人：「チベットロボット三色撮像カメラ (HinOTORI)：システムコミッショングとファーストライト」，春の天文学会，2019年3月14-17日，法政大学小金井キャンパス
- [19] 笹田真人：「J-GEM による重力波電磁波対応天体フォローアップ観測体制の構築」，春の天文学会，2019年3月14-17日，法政大学小金井キャンパス

- [20] 中岡竜也：「特異なライトカーブを持つ II 型超新星 SN 2017czd の爆発モデル」, 春の天文学会, 2019 年 3 月 14-17 日, 法政大学小金井キャンパス
- [21] 楊 沖:「XMM 衛星データを用いた MCXCJ0157.4-0550 の 2 次元温度密度構造の解析 2」, 春の天文学会, 2019 年 3 月 14-17 日, 法政大学小金井キャンパス
- [22] 大坪一輝：「高い偏光度を示す II 型超新星 SN 2017hcc の可視近赤外線観測」, 春の天文学会, 2019 年 3 月 14-17 日, 法政大学小金井キャンパス
- [23] Yun JeUng：「Optical and near-infrared observations of Type Ia SN 2018gv from early phase」, 春の天文学会, 2019 年 3 月 14-17 日, 法政大学小金井キャンパス
- [24] 平出尚義：「MCMC 法を用いた FSRQ 型活動銀河核ジェットの SED 解析(2)」, 春の天文学会, 2019 年 3 月 14-17 日, 法政大学小金井キャンパス
- [25] 高橋弘充：「硬 X 線集光偏光系 X-Calibur 気球実験の 2018 年フライト将来計画」, 春の物理学会, 2019 年 3 月 14-17 日, 九州大学伊都キャンパス
- [26] 長木舞子：「天文学用可視赤外線同時カメラにおける偏光モードの評価」, 2018 年度応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会, 2018 年 8 月 4 日, 広島大学東広島キャンパス
- [27] 楊 沖:「XMM 衛星データを用いた MCXC J0157.4-0550 の 2 次元温度密度構造の解析」, 2018 年度応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会, 2018 年 8 月 4 日, 広島大学東広島キャンパス
- [28] 鳥越健斗：「GRB 位置決定のための小型衛星搭載用大型 CsI シンチレータの MPPC 読み出し性能評価」, 2018 年度応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会, 2018 年 8 月 4 日, 広島大学東広島キャンパス
- [29] 小山恭弘：「ガンマ線バーストの X 線残光を用いた天の川銀河の星間ガスの評価」, 2018 年度応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会, 2018 年 8 月 4 日, 広島大学東広島キャンパス
- [30] 高橋弘充：「硬 X 線偏光計 PoGO+気球実験による恒星質量ブラックホール周辺の降着流の観測」, 2018 年度応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会, 2018 年 8 月 4 日, 広島大学東広島キャンパス
- [31] 長嶋大樹：「広島大学かなた望遠鏡における重力波天体自動探査システムの構築」, 2018 年度応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会, 2018 年 8 月 4 日, 広島大学東広島キャンパス
- [32] 挽谷政弥：「コンプトンシールドを用いた X 線反射モデルによる活動銀河核トーラスの物理状態の推定」, 2018 年度応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会, 2018 年 8 月 4 日, 広島大学東広島キャンパス
- [33] 松場祐樹：「京都大 3.8m 新望遠鏡用の高速分光器の光学系の最適化に関する研究」, 2018 年度応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会, 2018 年 8 月 4 日, 広島大学東広島キャンパス
- [34] 今里郁弥：「Swift 衛星による電波銀河 NGC1275 の可視光から X 線帯域の変動解析」, 2018 年度応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会, 2018 年 8 月 4 日, 広島大学東広島キャンパス
- [35] 山田悠梨香：「活動銀河核ジェットの多波長データを用いたマルコフ連鎖モンテカルロ法による物理量推定」, 2018 年度応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会, 2018 年 8 月 4 日, 広島大学東広島キャンパス

- [36] 川端美穂：「特異な Ia 型超新星 SN2014dt の可視・近赤外線における長期観測に基づいた研究」, 2018 年度応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会, 2018 年 8 月 4 日, 広島大学東広島キャンパス
- [37] 中岡竜也：「星周物質との相互作用の兆候が見られた超新星 SN2016bkv の可視赤外線観測に基づく研究」, 2018 年度応用物理・物理系学会中国四国支部合同学術講演会, 2018 年 8 月 4 日, 広島大学東広島キャンパス
- [38] 大野雅功:「複数小型衛星を用いたガンマ線即応高精度位置決定による 重力波対応天体の同定」, ISAS 小型ロケットシンポジウム, 2018 年 7 月 16 日, ISAS/JAXA 50 名
- [39] 水野恒史:「X-ray Polarimetry Mission IXPE」, 宇宙科学シンポジウム, 2019 年 1 月 9-10 日, JAXA 宇宙科学研究所
- [40] 今里郁弥：「3C84 の X, 紫外, ガンマ線を用いた研究」, 3C84 (NGC1275) 小研究会, 2019 年 2 月 6-7 日, 国立天文台水沢キャンパス, 15 名
- [41] 高橋弘充：「硬 X 線偏光計 PoGO+による「はくちょう座 X-1」の観測結果」, 大気球シンポジウム, 2018 年 11 月 1-2 日, 宇宙科学研究所, 50 名
- [42] 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 X-Calibur 計画」, 大気球シンポジウム, 2018 年 11 月 1-2 日, 宇宙科学研究所, 50 名
- [43] 高橋弘充：「硬 X 線集光偏光計 X-Calibur 気球実験の 2018 年フライトと将来計画」, 宇宙科学シンポジウム, 2019 年 1 月 9-10 日, 宇宙科学研究所, 200 名
- [44] 内田和海:「高感度 X 線偏光計 X-Calibur の将来計画と大質量 X 線連星 IGR J00370+6122」, 高宇連研究会, 2019 年 3 月 18-20 日, 東京大学, 100 名
- [45] 川端美穂:「かなた望遠鏡による爆発直後の Ia 型超新星の観測と Tomo-e Gozen への期待」, 木曾シュミットシンポジウム 2018, 2018 年 7 月 10-11 日, 上松町ひのきの里総合文化センター, 48 名
- [46] 川端美穂:「近傍銀河に出現する Ia 型超新星のフォローアップ観測について」第 9 回光・赤外線大学間連携ワークショップ, 2018 年 12 月 25-26 日, 埼玉大学, 50 名
- [47] 川端美穂:「爆発直後からの紫外-可視域における Ia 型超新星 SN 2017erp の測光分光観測」, 第 24 回天体スペクトル研究会, 2019 年 3 月 2-3 日, 大阪教育大学天王寺キャンパス, 30 名
- [48] 中岡竜也:「日本人アマチュア天文家が発見した超新星の型同定と追観測」, 第 2 回新天体捜索者会議, 2018 年 11 月 17-18 日, 国立天文台, 50 人
- [49] 中岡竜也:「極めて短いプラトーを持つ超新星 SN2017czd の測光分光観測」, 連星系・変光星・低温度星研究会 2018, 2018 年 12 月 7-8 日, 美星天文台, 50 人
- [50] 中岡竜也:「特異なライトカーブを持つ II 型超新星 SN2017czd の爆発モデル」, 第 9 回光・赤外線天文学大学間連携ワークショップ, 2018 年 12 月 25-26 日, 埼玉大学, 50 人
- [51] 中岡竜也:「かなた望遠鏡で観測した特異な II 型超新星」, 第 24 回天体スペクトル研究会, 2019 年 3 月 2-3 日, 大阪教育大学, 50 人
- [52] 高木健吾:「かに星雲の可視偏光の変動に関する研究」, 第 48 回天文・天体物理若手夏の学校, 2018 年 7 月 22-25 日, ロワジールホテル豊橋, 320 人
- [53] 高木健吾:「V445 Pup の 2001 年の爆発期の可視偏光分光とその後の光度・スペクトルの振る舞い」, 第 9 回光・赤外線大学間連携ワークショップ, 2018 年 12 月 25-26 日, 埼玉大学
- [54] 大坪一輝：「高い偏光度を持つエネルギーの大きな II<sub>n</sub> 型超新星 SN 2017hcc の観測」,

- 第2回新天体探索者会議, 2018年11月17-18日, 国立天文台(三鷹市), 90人
- [55] 大坪一輝: 「高い偏光度を持つエネルギーの大きな IIn 型超新星 SN 2017hcc の観測」, 初代星・初代銀河研究会 2018, 2018年11月19-21日, 茨城大学(水戸市), 60人
- [56] 大坪一輝: 「高い偏光度を持つ非常に明るい IIn 型超新星 SN 2017hcc の観測」, 連星系・変光星・低温度星研究会 2018, 2018年12月7-9日, 星の郷ふれあいセンター(井原市), 40人
- [57] 大坪一輝: 「長期の可視近赤外線観測に基づく IIn 型超新星 SN 2017hcc の研究」, 口頭, 第9回光・赤外線天文学大学間連携ワークショップ, 2018年12月25-26日, 埼玉大学(さいたま市), 50人
- [58] 大坪一輝: 「Multi-mode study of an extremely luminous Type IIn SN 2017hcc in optical and near-infrared wavelengths」, 10th DTA symposium, 2019年1月21-23日, 国立天文台(三鷹市), 60人
- [59] 笹田真人: 「スパースモデリング VLBI 画像再構成」, ジェット+降着円盤の時系列データ+ベイズ・機械学習の会, 2018年11月6-7日, 広島大学, 20名
- [60] 笹田真人: 「Current Strategy of Search for Gravitational-Wave Counterpart by Optical and NIR Observations」, 第9回光・赤外線天文学大学間連携ワークショップ, 2018年12月25-26日, 埼玉大学, 80名
- [61] 笹田真人: 「すばる/FOCAS による 3C 84 の可視偏光分光観測」, 3C84 (NGC1275) 小研究会, 2019年2月6-7日, 国立天文台水沢キャンパス, 10名
- [62] 植村 誠: 「時間変動データに対する確率過程モデルの有用性」, 連星系・変光星・低温度星研究会 2018, 2018年12月7-9日, 星の郷ふれあいセンター, 50名
- [63] 山中雅之: 「光赤外線大学間連携を通じた 450 日間に亘る近傍 IIP 型超新星 SN 2017eaw の追観測」, 第24回天体スペクトル研究会, 2019年3月2-3日, 大阪教育大学 天王寺キャンパス
- [64] 山中雅之: 「広島大報告」, 第9回光・赤外線天文学大学間連携ワークショップ, 2018年12月25-26日, 埼玉大学
- [65] 山中雅之: 「IceCube ニュートリノ対応候補天体の追観測」, 第9回光・赤外線天文学大学間連携ワークショップ, 2018年12月25-26日, 埼玉大学, 50名
- [66] 山中雅之: 「OISTER における II 型超新星の可視近赤外線観測」, 第9回光・赤外線天文学大学間連携ワークショップ, 2018年12月25-26日, 埼玉大学, 50名
- [67] 山中雅之: 「データ解析講習会の報告」, 第9回光・赤外線天文学大学間連携ワークショップ, 2018年12月25-26日, 埼玉大学, 50名
- [68] 山中雅之: 「ダスト現象に関連する超新星の光学赤外線観測」, 初代星・初代銀河研究会 2018, 2018年11月19-21日, 茨城大学
- [69] 山中雅之: 「光赤外線大学間連携における超新星爆発の追観測体制」, 第2回新天体探索者会議, 2018年11月17-18日, 国立天文台三鷹キャンパス, 50名
- [70] 川端弘治: 「広島大学宇宙科学センターにおける天文教育普及活動」, 天文教育普及研究会中四国支部集会, 2018年6月16日, 愛媛県立総合科学博物館, 愛媛県新居浜市, 25名
- [71] 川端弘治: 「可視光偏光サーベイプロジェクト SGMAP」, 2018年度光学赤外線天文連絡会シンポジウム, 2018年9月10-12日, 国立天文台三鷹キャンパス, 100名
- [72] 川端弘治: 「Status of Hiroshima 1.5m Optical Telescope and SGMAP optical survey project」,

新学術重力波物理学・天文学：創世記第2回領域会議，2018年11月26-28日，京都大学基礎物理学研究所，100名

[73] 川端弘治：「HiZ-GUNDAM 搭載近赤外線望遠鏡と取得データのシミュレーション」，第19回宇宙科学シンポジウム，2019年1月9-10日，JAXA宇宙科学研究所 相模原キャンパス

[74] 川端弘治：「V2275 Cyg (Nova Cyg 2001 #2), V475 Sct (Nova Sct 2003)ほかの可視偏光分光～新星における非等方な高速ウィンド (>3000km/s)」，新星の世界戦略ワークショップ，2019年1月12日，慶応大学日吉キャンパス来往舎，25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      | 21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  |

(国内会議)

- |                             |     |
|-----------------------------|-----|
| ○ 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数      | 50件 |
| ○ 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数      | 18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 | 11件 |

#### セミナー・講演会開催実績

- [1] ◎ 川端弘治，植村 誠，山中雅之，笹田真人：かなた望遠鏡特別観望会，2018年5月25-26日，8月17-18日，広島大学宇宙科学センター附属東広島天文台，398名参加，主催および講師
- [2] ◎ 川端弘治，植村 誠，山中雅之，笹田真人：学生観測実習，2018年8月27-29日，広島大学宇宙科学センター附属東広島天文台，9名参加，主催および講師
- [3] ◎ 川端弘治，植村 誠，山中雅之，笹田真人：高校生向け天体実習プログラム「かなた天文教室」，2018年11月23-24日，広島大学宇宙科学センター附属東広島天文台，10名参加，主催および講師

#### 高大連携事業への参加状況

- [1] 深沢泰司：高校生のための広島大学公開講座「重力波天文学入門」，2018年7月27日，広島大学，約50名参加，主催（西日本豪雨のため中止）
- [2] 川端弘治：広島井口高校セミナー，2018年7月16日，広島大学宇宙科学センター附属東広島天文台，40名参加，広島井口高等学校主催
- [3] 川端弘治：「天文現象と数理」，科学わくわくプロジェクト ジュニア科学塾天文セミナー，2018年11月24日，広島大学宇宙科学センター附属東広島天文台，10名参加，マツダ財団主催
- [4] 植村 誠：「私の宇宙研究」，科学わくわくプロジェクト，2019年2月27日，広島大学附属東雲中学校，約100名参加，マツダ財団主催
- [5] ◎ 川端弘治，植村 誠，稲見華恵，秋田谷 洋：SSHプログラム 東広島天文台天体観測実習，2019年3月20-21日，広島大学宇宙科学センター附属東広島天文台，13名参加，

## 共催

### 国内研究会開催

- [1] 深沢泰司, 他: 第 18 回高宇連研究会「高エネルギー宇宙物理学の最前線と 2020/30 年代のロードマップ」, 東京大学, 2019 年 3 月 18–20 日, 約 70 名, 会議組織委員
- [2] 深沢泰司, 他: 2018 年度 応用物理・物理系学会中国四国支部 合同学術講演会, 2018 年 8 月 4 日, 広島大学東広島キャンパス, 実行委員会
- [3] 植村 誠: 連星系・変光星・低温度星研究会 2018, 2018 年 12 月 7–9 日, 星の郷ふれあいセンター, 運営委員
- [4] 秋田谷 洋, 山中雅之, 他: 第 9 回光・赤外線天文学大学間連携ワークショップ, 世話人, 2018 年 12 月 25–26 日, 埼玉大学, 50 名
- [5] 山中雅之: 第 24 回天体スペクトル研究会, 実行委員会委員, 2019 年 3 月 2–3 日, 大阪教育大学天王寺キャンパス, 30 名

### 国際会議, 国際研究会開催

- [1] © 深沢泰司, 高橋弘充, 他: New eyes on X-ray astrophysical objects with Japanese-Chinese observatories, ISAS/JAXA, 2018.11.19-21, 約 80 名, 会議組織委員

### 講演会・セミナー講師

- [1] 水野恒史: 「Multi Messenger Astronomy: gamma-rays」総研大集中講義, 2018 年 9 月 12 日, 国立天文台三鷹, 約 30 名
- [2] 深沢泰司: 広島大学オープンキャンパス, 2018 年 8 月 19 日, 広島大学, 約 100 名参加, [最新装置による宇宙観測]
- [3] 植村 誠: 「星雲のスペクトルを調べる」, グローバルサイエンスキャンパス(GSC)広島ステップアップステージ物理グループ, 2018 年 10 月 21 日, 広島大学, 約 10 名参加, GSC 広島主催
- [4] 川端弘治: 「重力波天体が放つ光を初観測～日本の望遠鏡群が捉えた重元素の誕生現場～」長崎総合科学大学新技術創成研究所公開講演会, 長崎総合科学大学, 2018 年 10 月 28 日, 約 100 名, 長崎総合科学大学主催
- [5] 川端弘治: 「広島から挑むマルチメッセンジャー天文学」, 第 180 回「広島学講座」2018 年 10 月 28 日, 創価学会主催
- [6] 川端弘治: 「4D 宇宙シアターを用いた宇宙解説」, 2018 年度東広島生涯学習フェスティバル, 2018 年 11 月 18 日, 東広島芸術文化ホールくらら, 162 名, 東広島市教育委員会主催
- [7] 川端弘治: 「重力波天体・ニュートリノ天体: マルチメッセンジャー天文学の幕開け」, 岡山理科大学物理科学専攻特別講演, 2019 年 1 月 11 日, 20 名参加, 岡山理科大学物理科学専攻主催
- [8] 川端弘治: 「星団の年齢と距離」, 広島県地学教員研修会, 2019 年 3 月 9 日, 広島大学宇宙科学センター附属東広島天文台, 5 名参加, 広島県私立中学・高等学校教科研理科(地学)分科会主催
- [9] 川端弘治: 「子どもの頃の私と 天文学研究者へのかかわり」, 子ども宇宙科学アカデミーセミナー, 2019 年 3 月 10 日, 広島大学宇宙科学センター附属東広島天文台, 39 名参加,

## 子ども宇宙科学アカデミー主催

### 社会活動，学会委員

- [1] 深沢泰司：高エネルギー宇宙連絡会将来検討委員，委員長
- [2] 深沢泰司：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] 深沢泰司：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] 深沢泰司：大型 X 線衛星 Athena：X-IFU サイエンスアドバイザー委員
- [5] 深沢泰司：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] 深沢泰司：XRISM 衛星 Participating Scientist
- [7] 水野恒史：ガンマ線衛星フェルミコラボレーション Diffuse Group コーディネータ
- [8] 川端弘治：日本天文学会 推薦委員会 委員長
- [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
- [11] 川端弘治：国立天文台 すばる科学諮問委員会 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：国立天文台 TMT 科学諮問委員会 委員
- [16] 植村 誠：光学赤外線天文連絡会運営委員会 委員
- [17] 植村 誠：TMT International Science Development Teams 委員
- [18] 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

### 外部評価委員

- [1] 深沢泰司：理化学研究所研究グループ外部アドバイザー委員
- [2] 川端弘治：国立天文台 TMT 推進小委員会 TMT 戦略基礎開発研究経費審査委員

### 国際共同研究

- [1] ◎ 深沢泰司，水野恒史，高橋弘充，大野雅功，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] ◎ 深沢泰司，水野恒史，高橋弘充，大野雅功，XRISM Science Team（主にアメリカ，オ  
ランダの 100 名，ISAS/JAXA，約 20 の国内研究機関），X 線観測衛星 XRISM のサイエン  
ス創出検討
- [3] ◎ 深沢泰司，水野恒史，主にアメリカ 150 名，次期 MeV ガンマ線観測衛星 AMEGO 計  
画
- [4] ◎ 高橋弘充，水野恒史，Mak Piece（スウェーデン，スウェーデン王立工科大学），早稲  
田大，東大など，硬 X 線偏光気球実験 PoGOLite+
- [5] ◎ 高橋弘充，水野恒史，深沢泰司，Mak Piece（スウェーデン，スウェーデン王立工科大  
学），名大など，超小型衛星 CUBES，GRB ガンマ線偏光小型衛星 SPHiNX 計画

- [6] ◎ 水野恒史, 深沢泰司, 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] ◎ 深沢泰司, 水野恒史, 高橋弘充, CTA collaboration (主にヨーロッパ, アメリカの約 200 名), 東大宇宙線研など各 20 の国内研究機関, 次世代 TeV ガンマ線望遠鏡の開発
- [8] ◎ Norbert Werner, 大野雅功, 深沢泰司, 水野恒史, 高橋弘充, Eotvos 大学などハンガリー研究機関, 名大, 京大, 理研, 重力波対応 SGRB 観測超小型衛星群計画 CAMELOT
- [9] ◎ 高橋弘充, 水野恒史, 深沢泰司, Henric Krawczynski (アメリカ, ワシントン大学), 理研, 阪大, 名大など, 硬 X 線偏光気実験 X-Calibur
- [10] 高橋弘充, 濱口健二, Michael Corcoran, アメリカ・NASA/GSFC, 大質量連星 Eta Carinae の国際共同研究
- [11] 高橋弘充, 岡島 崇 (アメリカ, NASA), 京大, 理研など, X 線 CubeSat 開発
- [12] 植村 誠, Ioannis Lioudakis (アメリカ・Stanford University) 他, ブレーザーの偏光観測
- [13] 植村 誠, Pankaj Kushwaha (ブラジル・University of Sao Paulo) 他, ブレーザー OJ 287 の国際連携観測
- [14] ◎ 川端弘治, 植村 誠, 笹田真人, 山中雅之, 秋田谷 洋, LIGO-Virgo Collaboration (California Institute of Technology, European Gravitational Wave Observatory), 内海洋輔 (米国・Stanford University) 他, 重力波の電磁波対応現象の探索
- [15] ◎ 川端弘治, 中岡竜也, 川端美穂, 山中雅之, 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
- [16] ◎ 川端弘治, 植村 誠, 笹田真人, Liu Wei, 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
- [17] ◎ 川端弘治, 山中雅之, 中岡竜也, 川端美穂, IceCube collaboration (University of Alberta, Stanford University, 他多数), 内海洋輔 (米国・Stanford University) 他, IceCube 高エネルギーニュートリノ対応天体の研究
- [18] 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
- [19] 稲見華恵, Fabian Walter (Max Planck Institute for Astronomy) 他, ミリ波サブミを用いた深宇宙探査
- [20] 稲見華恵, Mark Dickinson (National Optical Astronomy Observatory, USA) 他, 遠方宇宙の高光度赤外線銀河の研究
- [21] 稲見華恵, MUSE Consortium (France, Netherlands, Germany, Switzerland, Portugal) 他, 超広視野可視光線面分光装置 MUSE を用いた深宇宙探査
- [22] 笹田真人, Event Horizon Telescope Collaboration (Harverd University, MIT, NAOJ 他), 巨大ブラックホールの影の観測

各種研究員と外国人留学生の受入状況

留学生 (D : 1名, M : 3名, 研究生 : 0名)

## 研究助成金の受け入れ状況

- [1] 深沢泰司：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）  
2017-2022 年度「高エネルギー観測で探る重力波天体」研究分担者，2017 年度直接経費  
6,100 千円
- [2] 深沢泰司：高エネルギー加速器研究機構 日米協力事業費「GLAST 衛星開発」（2000-2016  
年度）研究代表者，2017 年度直接経費 4,000 千円
- [3] 深沢泰司：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，2017-2021 年度，2017 年度直接  
経費 4,500 千円
- [4] 水野恒史：科学研究費補助金基盤研究(B) 2017-2020 年度「GeV ガンマ線観測を基軸とし  
た多波長観測による星間ガスの定量」研究代表者，2017 年度直接経費 1,800 千円
- [5] 水野恒史：科学研究費補助金基盤研究(A) 2016-2020 年度「QED 効果によるマグネターの  
強磁場中性子星仮説の検証」研究分担者，2017 年度直接経費 760 千円
- [6] 高橋弘充：東北大学金属材料研究所共同研究 2017 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，2018 年度直接経費 248 千円
- [7] 高橋弘充：宇宙科学研究所 国際共同ミッション推進研究 2018 年度「硬 X 線偏光計  
X-Calibur 気球実験の南極での放球および日本製望遠鏡の搭載」研究代表者，2018 年度直  
接経費 1,200 千円
- [8] 川端弘治：科学研究費補助金基盤研究(A) 2018-2020 年度「全天可視偏光サーベイで解き  
明かす銀河系構造と宇宙突発現象のメカニズム」研究分担者，2018 年度直接経費 9,000  
千円
- [9] 川端弘治：科学研究費補助金基盤研究(A) 2015-2019 年度「可視近赤外線同時偏光観測に  
よるガンマ線バーストの研究」研究分担者，2018 年度直接経費 1,600 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）2017-2021  
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，  
2018 年度直接経費 5,400 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（2017-2022 年度）2018  
年度配分額 5,500 千円
- [12] 秋田谷 洋：科学研究費補助金基盤研究(C) 2015-2019 年度「近赤外線輝線の直線偏光分  
光観測に基づく若い恒星状天体の質量降着・放出現象の解明」研究代表者，2018 年度直  
接経費 2,972 千円
- [13] 笹田真人：広島大学萌芽的研究支援金(若手研究者支援) 2018 年度「超分解電波偏光と可  
視光偏光観測による活動銀河核ジェットにおける粒子加速領域の特定」研究代表者，2018  
年度直接経費 320 千円
- [14] 山中雅之：科学研究費補助金若手研究(B) 2017-2019 年度「星周ダスト放射をプローブと  
した Ia 型超新星の起源解明」研究代表者，2018 年度直接経費 700 千円

## 特筆すべき事項

- [1] 高橋弘充：プレスリリース「PoGO+気球実験によるはくちょう座 X-1 の観測」2018 年 6  
月 25 日
- [2] 高橋弘充：プレスリリース「NuSTAR 衛星によるりゅうこつ座エータ星の観測」2018 年  
7 月 2 日

- [3] 山中雅之：合同記者発表会「史上初，宇宙ニュートリノと $\gamma$ 線によるニュートリノ放射源天体の同定に成功」，2018年7月20日，文部科学記者会会見室
- [4] 山中雅之：プレスリリース「光赤外線天文学大学間連携の意義と成果，および，京都大学岡山天文台せいめい望遠鏡の共同利用観測開始に関する記者発表」，2019年2月20日，京都大学岡山天文台
- [5] 中岡竜也 2018年6月25日，中国新聞朝刊，研究紹介

## 物性科学講座

### ○構造物性グループ

#### 研究活動の概要

我々の研究グループは、黒岩教授と森吉教授の2人で構成されている。森吉教授は、2018年4月に教授に昇進した。SPring-8での放射光X線回折の手法を用いて精密な電子密度分布を求め、電気分極や電気伝導経路などの物質機能、また電荷移動や熱振動などの相転移の起源に関わる構造情報を結晶構造上に可視化することにより、固体の構造物性について議論してきた。これらの電子密度研究に係わる研究テーマは、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が利用者指定型の重点研究課題（パワーユーザー課題）を立ち上げ、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」が立ち上がり、現在に至っている。この課題の実施により森吉教授が年間の約16%のビームタイムを獲得した。このパートナーユーザー課題の中で我々の研究グループは、ビームラインの高度化に協力すると同時に、利用研究として様々な物質、特に誘電体について、その中でもペロブスカイト型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。島根大学との共同研究により、X線回折データから価電子だけの空間分布を可視化する手法を開発した。この実験・解析技術は、誘電体研究において、どのイオンの電子分極が自発分極に大きく寄与するのかという直接証拠を明快に示す技術として注目されている。このような電子密度解析手法を様々な誘電体に応用した研究成果について、黒岩教授が日中強誘電体応用会議や日本物理学会、また、日本セラミックス協会のセラミックコーティング研究体の研究会で招待講演を行った。森吉教授は、強誘電体応用国際会議でチュートリアル講演し、また、強誘電体研究の最先端にかかわる国際会議で招待講演を行った。山梨大学とは、鉛を使わない圧電材料を開発するという元素戦略プロジェクトの一つとして、 $\text{BaTiO}_3$ をベースとした複合セラミックスについて共同研究を行い、成果をいくつかの論文にまとめた。また、中国からの留学生であったD3のZhang Zhigang 君が強誘電体 $\text{LiTaO}_3$ や $\text{LiNbO}_3$ の電子密度研究により博士号を取得した。強誘電体以外では、北海道大学や首都大学東京の研究グループと行っている超伝導体や熱電材料等についての共同研究の成果を論文にまとめた。また、もう一つの山梨大学の研究グループとは光触媒に関する研究を行っており、成果を論文で公表した。国際共同研究として、中国の蘇州大学と行ってきた光ルミネッセンス材料についての研究は多くの成果をあげており、その内のいくつかを論文で公表することができた。また、インドのIndian Institute of Technology (Banaras Hindu University)との強誘電体についての成果も論文で公表できた。さらに、企業1社と共同研究を行っており、成果はまとまりつつある。

このように、SPring-8 BL02B2の重点研究課題では、国内外の大学・研究所・企業との共同

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

BL02B1でもパワーユーザー課題は一度終了し、平成26年度より、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。50ピコ秒の時間分解能で一瞬の動きを構造解析する手法を開発したことで、研究は格段に進展した。任意の時間で構造解析した結晶構造を繋ぎ合せてアニメーションを作成することも可能になった。この技術を応用して、交流電場下で誘電緩和状態にある瞬間の誘電体の結晶構造を時間分解X線結晶構造解析で明らかにするプロジェクトを開始した。時間分解X線構造解析の成果に対して、黒岩教授が日本材料科学会関西・中国支部講演会で招待講演を行った。強誘電体に対する時間分解X線構造解析は、薄膜やセラミックス試料を用いたものが主流で、試料中の基板や粒界の影響を含む現象を観測していた。単結晶試料を用いた時間分解X線回折実験では、基板等の影響を受けない圧電体本来の性質を測定できる。対象は圧電体材料に限らないため、蓄電デバイス等、様々な電子デバイスが実際に動作している瞬間の結晶構造を原子レベルで透視して観測することが可能となり、物質機能と結晶構造を一対一に対応させた材料開発に大いに貢献できると期待されている。

2018年度より広島大学と量子科学技術研究開発機構との間で、共同研究「コヒーレントX線を利用した強誘電体一粒子計測」が締結された。量子科学技術研究開発機構が次代の東北放射光施設計画SLiT-Jの事業主体者となったことにより、X線回折による強誘電体の一粒子計測に学識経験のある黒岩教授との間で共同研究を行うこととなった。従来のX線回折実験では原子位置を問題にして構造解析を行ってきたが、今後はこれに加えて粒子の外形やドメイン構造も回折実験から同時に明らかになると期待している。この計画の一部は、物理学会のシンポジウム講演で黒岩教授から紹介された。共同研究はSPring-8のBL22XUで行われ、100 nmサイズのナノ粒子の外形を3次的に可視化することに成功した。

一方、構造物性研究グループでは、教育や社会貢献に係わる事業も積極的に行っている。平成23年度に立ち上げた広島県立祇園北高校とのJSTのサイエンス・パートナーシップ・プログラム (SPP) は平成27年度からはポストSPPプログラムとして継続され、機能物質の結晶育成を競うコンテスト (クリスタルコンペ) を2018年度も継続した。また、広島大学と釜山大学 (韓国) との間の学術・教育交流に関する大学間協定書に基づく国際交流事業として、釜山大学のSchool of Nanoscience and Technologyと物理科学専攻物性科学講座・放射光科学講座との間でナノテクノロジーと放射光科学をテーマに学生ワークショップを開催してきた。開催場所を交互にしながら継続して毎年開催しており、2018年度は第10回記念大会として広島大学で主催した。広島大学からは8名の学生が英語で登壇講演した。また、2018年度のワークショップでは、広島大学が推進するGlobal Science Campusの一環として日本および韓国からそれ

ぞれ5名と4名の高校生らが参加し、ポスター講演を行った。このワークショップでは日本と韓国の大学生が主体となって学術交流を行い、親交を深める場として非常にうまく機能している。また、IEEEが主催する強誘電体に係る国際会議を、黒岩教授を現地実行委員長、森吉教授を会議Secretaryとして広島市において開催した。1,001人の参加者があった。また、日韓、日露、日中の各国際会議の開催にも組織委員として協力した。

#### 原著論文

- [1] © M. Kim, R. Ito, S. Kim, G. P. Khanal, I. Fujii, T. S. Suzuki, T. Uchikoshi, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa and S. Wada, “Fabrication of Lead-free Piezoelectric (Bi<sub>0.5</sub>Na<sub>0.5</sub>)TiO<sub>3</sub>-BaTiO<sub>3</sub> Ceramics Using Electrophoretic Deposition”, *J. Mater. Sci.* **53** (2018) 2396–2404.
- [2] © Y. Mizuguchi, K. Hoshi, Y. Goto, A. Miura, K. Tadanaga, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa, “Evolution of Anisotropic Displacement Parameters and Superconductivity with Chemical Pressure in BiS<sub>2</sub>-Based REO<sub>0.5</sub>F<sub>0.5</sub>BiS<sub>2</sub> (RE = La, Ce, Pr, and Nd)”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **87** (2018) 023704/1-4.
- [3] © Y. Goto, A. Nishida, H. Nishiate, M. Murata, C.-H. Lee, A. Miura, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa and Y. Mizuguchi, “Effect of Te Substitution on Crystal Structure and Transport Properties of AgBiSe<sub>2</sub> Thermoelectric Material”, *Dalton Trans.* **47** (2018) 2575-2580.
- [4] © A. Miura, M. Nagao, Y. Goto, Y. Mizuguchi, T. D. Matsuda, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, Y. Takano, S. Watauchi, I. Tanaka, N. C. R.-Navarro and K. Tadanaga “Crystal Structure and Superconductivity of Tetragonal and Monoclinic Ce<sub>x</sub>Pr<sub>1-x</sub>OBiS<sub>2</sub>”, *Inorg. Chem.* **57** (2018) 5364-5370.
- [5] © I. Fujii, S. Ariizumi, S. Ueno, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa and S. Wada, “Fabrication and Piezoelectric Properties of BaTiO<sub>3</sub>/BaTiO<sub>3</sub>-Bi(Mg<sub>1/2</sub>Ti<sub>1/2</sub>)O<sub>3</sub>-BiFeO<sub>3</sub> Composites”, *Ceram. Int.* **44** (2018) 10657-10662.
- [6] © A. Singh, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa and D. Pandey, “Anomalous Atomic Displacement Parameters and Local Dynamics in the Curie Range of a Pb-free Relaxor Ferroelectric System (Bi<sub>1-x</sub>Ba<sub>x</sub>)(Fe<sub>1-x</sub>Ti<sub>x</sub>)O<sub>3</sub> (0.36 ≤ x ≤ 0.50)”, *J. Appl. Phys.* **123** (2018) 164103/1-5.
- [7] © Y.-M. Chen, Y. Zhou, Q. Zhao, J.-Y. Zhang, J.-P. Ma, T.-T. Xuan, S.-Q. Guo, Z.-J. Yong, J. Wang, Y. Kuroiwa, C. Moriyoshi and H.-T. Sun, “Cs<sub>4</sub>PbBr<sub>6</sub>/CsPbBr<sub>3</sub> Perovskite Composites with Near-Unity Luminescence Quantum Yield: Large-Scale Synthesis, Luminescence and Formation Mechanism, and White Light-Emitting Diode Application”, *ACS Appl. Mater. Interfaces* **10** (2018) 15905-15912.
- [8] © D.-D. Zhou, Q. Zhao, F.-P. Zhu, Z.-G. Zhang, Y. Zhou, Z.-J. Yong, J.-P. Ma, Y. Kuroiwa, C. Moriyoshi, Y.-Z. Fang, J.-L. Gu, J. Shu, Z.-Y. Li, J.-M. Chen, L.-R. Zheng and H.-T. Sun, “Ion-Exchangeable Microporous Polyoxometalate Compounds with Off-Center Dopants Exhibiting Unconventional Luminescence”, *Chem. Eur. J.* **24** (2018) 9976-9982.
- [9] © H. Li, Q. Zhao, B.-M. Liu, J.-Y. Zhang, Z.-Y. Li, S.-Q. Guo, J.-P. Ma, Y. Kuroiwa, C. Moriyoshi, L.-R. Zheng and H.-T. Sun, “Transformation of Perovskite BaBiO<sub>3</sub> into Layered BaBiO<sub>2.5</sub> Crystals Featuring Unusual Chemical Bonding and Luminescence”, *Chem. Eur. J.* **24** (2018) 8875-8882.
- [10] © N. Takahashi, H. Ito, A. Miura, N. C. R.-Navarro, Y. Goto, Y. Mizuguchi, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, M. Nagao, S. Watauchi, I. Tanaka and K. Tadanaga, “Synthesis, Crystal Structure and

- Optical Absorption of  $\text{NaInS}_{2-x}\text{Se}_x$ ”, *J. Alloy. Comp.* **750** (2018) 409-413.
- [11] © S. Kim, G. P. Khanal, H.-W. Nam, M. Kim, I. Fujii, S. Ueno, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa and S. Wada, “In-situ Electric Field Induced Lattice Strain Response Observation in  $\text{BiFeO}_3\text{-BaTiO}_3$  Lead-free Piezoelectric Ceramics”, *J. Ceram. Soc. Jpn.* **126** (2018) 316-320.
- [12] © Y. Goto, A. Miura, R. Sakagami, Y. Kamihara, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, Y. Mizuguchi, “Synthesis, Crystal Structure, and Thermoelectric Properties of Layered Antimony-selenides  $\text{REOSbSe}_2$  (RE = La, Ce)”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **87** (2018) 074703/1-6.
- [13] © Z.-G. Zhang, T. Abe, C. Moriyoshi, H. Tanaka and Y. Kuroiwa, “Synchrotron-Radiation X-ray Diffraction Evidence of the Emergence of Ferroelectricity in  $\text{LiTaO}_3$  by Ordering of a Disordered Li Ion in the Polar Direction”, *Appl. Phys. Express* **11** (2018) 071501/1-4. 【Y. Kuroiwa: corresponding author】
- [14] © Z.-G. Zhang, T. Abe, C. Moriyoshi, H. Tanaka and Y. Kuroiwa, “Study of Materials Structure Physics of Isomorphic  $\text{LiNbO}_3$  and  $\text{LiTaO}_3$  Ferroelectrics by Synchrotron Radiation X-ray Diffraction”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **57** (2018) 11UB04/1-5. 【Y. Kuroiwa: corresponding author】
- [15] © S. Aoyagi, H. Osawa, K. Sugimoto, Y. Nakahira, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, H. Takeda and T. Tsurumi, “Time-resolved Structure Analysis of Piezoelectric Crystals by X-ray Diffraction under Alternating Electric Field”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **57** (2018) 11UB06/1-7.
- [16] © Y. Fujii, A. Miura, N.C. Rosero-Navarro, Y. Mizoguchi, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, M. Higuchi and K. Tadanaga, “Reaction Mechanism of  $\text{FePS}_3$  Electrodes in All-Solid-State Lithium Secondary Batteries Using Sulfide-Based Solid Electrolytes”, *J. Electrochem. Soc.* **165** (2018) A2948-A2954.
- [17] © Y. Goto, A. Miura, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, T.D. Matsuda, Y. Aoki and Y. Mizoguchi, “ $\text{Na}_{1-x}\text{Sn}_2\text{P}_2$  as a New Member of Van der Waals-type Layered Tin Pnictide Superconductors”, *Sci. Rep.* **8** (2018) 12852/1-8.
- [18] © Md Saiduzzaman, S. Yanagida, T. Takei, N Kumada, K. Ogawa, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa and S. Kawaguchi, “Crystal Structure, Thermal Behavior, and Photocatalytic Activity of  $\text{NaBiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ”, *Inorg. Chem.* **57** (2018) 8903-8908.
- [19] © G. P. Khanal, S. Kim, I. Fujii, S. Ueno, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa and S. Wada, “Effect of Thermal Annealing on Crystal Structures and Electrical Properties in  $\text{BaTiO}_3$  Ceramics”, *J. Appl. Phys.* **124** (2018) 034102/1-8.
- [20] © N. Kumada, K. Nakanome, S. Yanagida, T. Takei, I. Fujii, S. Wada, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, “Crystal Structure, Photocatalytic and Dielectric Property of  $\text{ATiM}_2\text{O}_8$  (A: Mg, Zn; M: Nb, Ta)”, *J. Asian Ceram. Soc.* **6** (2018) 247-253.
- [21] © Y.-M. Yang, Z.-Y. Li, J.-Y. Zhang, Y. Lu, S.-Q. Guo, Q. Zhao, X. Wang, Z.-J. Yong, H. Li, HJ.-P. Ma, Y. Kuroiwa, C. Moriyoshi, L.-L. Hu, L.-Y. Zhang, L.-R. Zheng, and H.-T. Sun, “X-ray-activated Long Persistent Phosphors Featuring Strong UVC Afterglow Emissions”, *Light Sci. Appl.* **7** (2018) 88/1-11.

著書など

(編集雑誌)

- [1] Y. Kuroiwa [Guest Editors 代表], A. Ando, Y. Cho, N. Fujimura, M. Iwata, K. Kakimoto, K. Kato, H. Nagata, M. Shimizu and T. Tsurumi; *Ferroelectric Materials and Their Applications*,

総説

該当無し

国際会議

(招待講演)

- [1] Y. Kuroiwa; “Ferroelectric Phase Transitions in LiNbO<sub>3</sub> Family Crystals Studied by Synchrotron Radiation X-ray Diffraction”, The 10th Japan-China Symposium on Ferroelectric Materials and their Applications, (2018.9.20-23, Inuyama International Sightseeing Center, Inuyama, Aichi).
- [2] C. Moriyoshi; “Crystal Structure of Functional Materials by Synchrotron Radiation X-ray Diffraction”, 2018 IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics (ISAF), Meeting on Ferroelectric Materials and Their Applications (FMA), Asian Meeting of Ferroelectrics (AMF), Asian Meeting on Electroceramics (AMEC) and Piezoresponse Force Microscopy Workshop (PFM) Joint Conference (IFAAP 2018), (2018.5.27-6.1, International Conference Center Hiroshima, Hiroshima). 【チュートリアル講演】
- [3] C. Moriyoshi; “Recent Topics of Powder Diffraction Study by SPring-8 BL02B2”, Joint International Workshop of WFF&WFSM2018 (The 8th Workshop on New Frontiers in Ferroelectrics 2019 & The 6th Workshop on Functional and Smart Materials 2019), (2019.3.2-3, Sapporo).

(一般講演)

- [1] © S. Wada, K. Matsumoto, Y. Isobe, S. Ueno, I. Fujii, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa; “Interface Engineering Perovskite-based Nano-complex Ceramics for High Dielectric Performance”, 2018 International Workshop on Acoustic Transduction Materials and Devices (2018 IWATMD), (2018.5.8-10, The Penn Stater Hotel and Conference Center, PA, USA. ).
- [2] © S. Aoyagi, H. Osawa, K. Sugimoto, Y. Nakahira, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, H. Takeda and T. Tsurumi; “Time-resolved Structure Analysis of Piezoelectric Crystals by X-ray Diffraction under Alternating Electric Field”, IFAAP 2018 Joint Conference, (2018.5.27-6.1, International Conference Center Hiroshima, Hiroshima).
- [3] © S. Ueno, Y. Hattori, I. Fujii, S. Wada, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa; “Microstructures and Electrical Properties of Conductor/Insulator Nanocomposite Capacitors”, IFAAP 2018 Joint Conference, (2018.5.27-6.1, International Conference Center Hiroshima, Hiroshima).
- [4] © Y. Nakahira, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, H. Moriwake, Y. Ishii and S. Mori; “Structure Fluctuation and Soft Phonon Modes in Improper Ferroelectric BaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> by Single Crystal X-ray Diffraction”, IFAAP 2018 Joint Conference, (2018.5.27-6.1, International Conference Center Hiroshima, Hiroshima).
- [5] © Z.-G. Zhang, C. Moriyoshi, H. Tanaka and Y. Kuroiwa; “Electron Charge Density Studies on Isomorphic LiNbO<sub>3</sub> and LiTaO<sub>3</sub>”, IFAAP 2018 Joint Conference, (2018.5.27-6.1, International Conference Center Hiroshima, Hiroshima). 【Poster Award (Bronze Prize) 受賞】
- [6] © S. Kim, G. P. Khanal, N.-W. Nam, I. Fujii, S. Ueno, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa and S. Wada;

- “Coherence between Material Softening and Crystallographic Structural Parameter in BiFeO<sub>3</sub>-BaTiO<sub>3</sub> Lead-Free Piezoelectric Ceramics”, IFAAP 2018 Joint Conference, (2018.5.27-6.1, International Conference Center Hiroshima, Hiroshima).
- [7] © T. Abe, Z.-G. Zhang, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa and H. Tanaka; “Electron Density Study on BiFeO<sub>3</sub>-type Oxides using Synchrotron Radiation X-ray Diffraction.”, The 12th Japan-Korea Conference on Ferroelectrics (JKC-FE12), (2018.8.5-8, Nara Hotel, Nara). 【Poster Award (Impressive Poster) 受賞】
- [8] © Q. Zhao, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa and H.-T. Sun; “Electronic Charge Order in Double Perovskite BaBiO<sub>3</sub> Visualized by Synchrotron Radiation Powder Diffraction”, The 12th Japan-Korea Conference on Ferroelectrics (JKC-FE12), (2018.8.5-8, Nara Hotel, Nara).
- [9] © Y. Nakahira, Y. Yokoi, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, Y. Ishii and S. Mori; “Structural Phase Transition of Improper Ferroelectric BaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>”, The 12th Japan-Korea Conference on Ferroelectrics (JKC-FE12), (2018.8.5-8, Nara Hotel, Nara).
- [10] © S. Tsugita, T. Abe, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa; “Sublattice Polarization of PbZrO<sub>3</sub> in Antiferroelectric Phase by SXRD”, The 12th Japan-Korea Conference on Ferroelectrics (JKC-FE12), (2018.8.5-8, Nara Hotel, Nara).
- [11] © Y. Yokoi, Y. Nakahira, S. Noda, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa; “Electric Field Induced Phase Transition of PMN-PT by Single Crystal Synchrotron Radiation X-ray Diffraction”, The 12th Japan-Korea Conference on Ferroelectrics (JKC-FE12), (2018.8.5-8, Nara Hotel, Nara).
- [12] © S. Noda, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, I. Fujii and T. Wada; “Anharmonic Thermal Vibration in Relaxor Ferroelectric Pb(Mg<sub>1/3</sub>Nb<sub>2/3</sub>)O<sub>3</sub> by High Energy Synchrotron Radiation X-ray Diffraction”, The 12th Japan-Korea Conference on Ferroelectrics (JKC-FE12), (2018.8.5-8, Nara Hotel, Nara).
- [13] © G. Kawamura, T. Wakamatsu, H. Taniguchi, I. Terasaki, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa; “Structure Fluctuation of Stuffed Aluminate Sodalites Ca<sub>8</sub>[AlO<sub>2</sub>]<sub>12</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> and Sr<sub>8</sub>[AlO<sub>2</sub>]<sub>12</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> in Cubic Phase”, The 12th Japan-Korea Conference on Ferroelectrics (JKC-FE12), (2018.8.5-8, Nara Hotel, Nara).
- [14] © K. Hagura, H. Hoashi, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, T. Fujimura and R. Sasai; “Structure Fluctuation of Halogen-type Layered Double Hydroxides by Synchrotron Radiation X-ray Diffraction”, The 12th Japan-Korea Conference on Ferroelectrics (JKC-FE12), (2018.8.5-8, Nara Hotel, Nara).
- [15] © S. Aoyagi, H. Osawa, K. Sugimoto, Y. Nakahira, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, H. Takeda and T. Tsurumi; “Structure Fluctuation of Halogen-type Layered Double Hydroxides by Synchrotron Radiation X-ray Diffraction”, The 12th Japan-Korea Conference on Ferroelectrics (JKC-FE12), (2018.8.5-8, Nara Hotel, Nara).
- [16] © Y. Nakahira, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa; “Emergence of Ferroelectricity in Stuffed Tridymite-type Oxide BaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.”, 2018 Japan-Korea Student Workshop (Hiroshima University - Pusan National University), (2018.11.15-17, Hiroshima University, Higashihiroshima).
- [17] © Q. Zhao, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa and H.-T. Sun; “Electronic Charge order in Double Perovskite BaBiO<sub>3</sub> Visualized by Synchrotron Radiation Powder Diffraction”, 2018 Japan-Korea Student Workshop (Hiroshima University - Pusan National University), (2018.11.15-17, Hiroshima University, Higashihiroshima).

## 国内学会

### (招待講演)

- [1] 黒岩芳弘：「誘電体の温故知新-構造解析と新材料開発-, 終わりに」, 日本物理学会2018年秋季大会, (2018年9月9-12日, 同志社大学京田辺キャンパス, 京田辺) 【シンポジウム講演】
- [2] 黒岩芳弘：「放射光 X 線回折による誘電体材料の構造評価技術の進展」, 日本材料科学会関西・中国支部第1回支部講演会, (2018年11月28日, 近畿大学広島キャンパス, 東広島)
- [3] 黒岩芳弘：「ペロブスカイト型強誘電体 AD 膜の放射光による構造評価」, 第3回セラミックコーティング研究体研究会, (2018年2月22-23日, かんぼの宿・熱海, 熱海)

### (依頼講演)

- [1] B. Iversen, J. Overgaard, Y. Kuroiwa and E. Nishibori：「Activities at BL02B1 in PU project 0078」, SPring-8シンポジウム2018, (2018年8月25-26日, 姫路市市民会館, 姫路)
- [2] 森吉千佳子, 西堀英治, 久保田佳基：「粉末・多粒子X線回折によるその場計測基盤の構築」, SPring-8シンポジウム2018, (2018年8月25-26日, 姫路市市民会館, 姫路)
- [3] ◎ 黒岩芳弘, 安部友啓, 森吉千佳子, 鈴木宗泰, 青柳倫太郎, 明渡 純：「放射光X線回折実験で観る AD膜とその粉末原料の配向特性および結晶構造」, 日本セラミックス協会第31回秋季シンポジウム, (2018年9月5-7日, 名古屋工業大学, 名古屋)
- [4] 森吉千佳子：「放射光粉末回折によるセラミックス材料の研究事例」, 日本セラミックス協会2019年年会, (2019年3月24-26日, 工学院大学新宿キャンパス, 東京都新宿区) 【基礎セミナー講演】

### (一般講演)

- [1] ◎ 丸山広司, 中平夕貴, 安倍友啓, 河村元太, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, 寺崎一郎, 谷口博基：「充填ゼオライト型酸化物  $\text{Ca}_8[(\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x)\text{O}_2]_{12}(\text{MoO}_4)_2$  の構造相転移と誘電特性」, 日本セラミックス協会第31回秋季シンポジウム, (2018年9月5-7日, 名古屋工業大学, 名古屋)
- [2] ◎ 田畑里歩, 北中佑樹, 野口祐二, 宮山 勝, 中平夕貴, 森吉千佳子, 黒岩芳弘：「Li置換  $\text{AgNbO}_3$  単結晶のフェリ誘電-強誘電特性と電場-結晶相図」, 日本セラミックス協会第31回秋季シンポジウム, (2018年9月5-7日, 名古屋工業大学, 名古屋)
- [3] ◎ 三浦 章, 長尾雅則, 綿打敏司, 田中 功, 後藤陽介, 水口佳一, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, R.-N. N. Carolina, 忠永清治：「 $\eta\text{-Mo}_4\text{O}_{11}$  の異方的バンド構造の観測」, 日本セラミックス協会第31回秋季シンポジウム, (2018年9月5-7日, 名古屋工業大学, 名古屋)
- [4] ◎ 井藤浩明, 三浦 章, 後藤陽介, 水口佳一, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, R.-N. N. Carolina, 忠永清治：「層状酸硫化物  $\text{LnOInS}_2$  ( $\text{Ln} = \text{La}, \text{Ce}, \text{Pr}, \text{Sm}$ ) の構造と物性」, 日本セラミックス協会第31回秋季シンポジウム, (2018年9月5-7日, 名古屋工業大学, 名古屋)
- [5] ◎ 木村大志, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, 田中宏志：「ボルン電荷を一意的に定める方法の有効性」, 日本物理学会2018年秋季大会, (2018年9月9-12日, 同志社大学京田辺キャンパス, 京田辺)
- [6] ◎ 高瀬浩一, 森吉千佳子, 黒岩芳弘：「層状オキシプニクタイト( $\text{LaO}$ )TAs ( $T = \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Ni}, \text{Zn}$ ) の構造的な研究」, 2018年応用物理学会秋季学術講演会, (2018年9月18-21日, 名古屋国際会議場, 名古屋)

- [7] ◎ 青柳 忍, 大沢仁志, 杉本邦久, 中平夕貴, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, 武田博明, 鶴見敬章:「交流電場下時分割 X 線回折による共振している圧電結晶の過渡構造解析」, 日本結晶学会 2018 年度年会, (2018 年 11 月 10-11 日, 東京工業大学大岡山キャンパス, 東京都目黒区)
- [8] ◎ S. Kim, I. Fujii, S. Ueno, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa and S. Wada:「Origin of Material Softening in Bi-based Lead-free Piezoelectric Ceramics」, 第 38 回エレクトロセラミックス研究討論会, (2018 年 11 月 15-16 日, ユニオンビル, 川崎,)
- [9] ◎ 河村元太, 若松 徹, 谷口博基, 谷崎一郎, 森吉千佳子, 黒岩芳弘:「放射光精密構造解析による充填型ゼオライト(Ca,Sr)<sub>8</sub>[AlO<sub>2</sub>]<sub>12</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> の物性発現機構の考察」, 第 57 回セラミックス基礎科学討論会, (2019 年 1 月 16-17 日, 仙台国際センター, 仙台)
- [10] ◎ 横井優人, 野田翔太, 中平夕貴, 森吉千佳子, 黒岩芳弘:「PMN-PT の電場誘起構造の放射光単結晶構造解析」, 第 57 回セラミックス基礎科学討論会, (2019 年 1 月 16-17 日, 仙台国際センター, 仙台)
- [11] ◎ 高瀬浩一, 出村郷志, 中川広野, 山崎篤志, 森吉千佳子, 黒岩芳弘:「スピン液体候補物質 OsCl<sub>3</sub> の合成と粉末 X 線回折プロファイルのその場観察」, 2019 年第 66 回応用物理学会秋春学術講演会, (2019 年 3 月 9-12 日, 東京工業大学大岡山キャンパス, 東京都目黒区)
- [12] ◎ 青木伸雅, 中埜彰俊, 中平夕貴, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, 寺崎一郎, 谷口博基:「アルミネートソーダライト型酸化物(Ca<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>)<sub>8</sub>[AlO<sub>2</sub>]<sub>12</sub>(MoO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (0.5 ≤ x ≤ 1.0) のリエントラント構造相転移」, 日本物理学会第 74 回年次大会, (2019 年 3 月 14-17 日, 九州大学伊都キャンパス, 福岡)
- [13] ◎ 丸山広司, 中平夕貴, 安部友啓, 河村元太, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, 寺崎一郎, 谷口博基:「間接型強誘電体 Ca<sub>8</sub>[AlO<sub>2</sub>]<sub>12</sub>(MoO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>における[AlO<sub>2</sub>]-フレームワークへの異種元素置換効果」, 日本物理学会第 74 回年次大会, (2019 年 3 月 14-17 日, 九州大学伊都キャンパス, 福岡)
- [14] ◎ 河村元太, 中平夕貴, 若松 徹, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, 谷口博基, 寺崎一郎:「放射光 X 線回折によるアルミネートソーダライト(Ca, Sr)<sub>8</sub>[AlO<sub>2</sub>]<sub>12</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> の構造相転移」, 日本物理学会第 74 回年次大会, (2019 年 3 月 14-17 日, 九州大学伊都キャンパス, 福岡)
- [15] ◎ 野田翔太, 横井優人, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, 藤井一郎, 和田隆博:「Pb(Mg<sub>1/3</sub>Nb<sub>2/3</sub>)O<sub>3</sub>-PbTiO<sub>3</sub> 固溶体の立方晶相にみられる鉛イオンオフセンター」, 日本物理学会第 74 回年次大会, (2019 年 3 月 14-17 日, 九州大学伊都キャンパス, 福岡)
- [16] ◎ Q. Zhao, T. Abe, A. Taguchi, H. Moriwake, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa and H.-T. Sun:「Electronic Charge Order in Double Perovskite BaBiO<sub>3</sub> Visualized by Synchrotron Radiation Powder Diffraction」, 日本物理学会第 74 回年次大会, (2019 年 3 月 14-17 日, 九州大学伊都キャンパス, 福岡)
- [17] ◎ 河村元太, 中平夕貴, 若松 徹, 谷口博基, 寺崎一郎, 森吉千佳子, 黒岩芳弘:「アルミネートソーダライト型化合物 X<sub>8</sub>[AlO<sub>2</sub>]<sub>12</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (X = Ca, Sr)の構造ゆらぎ」, 日本セラミックス協会 2019 年年会, (2019 年 3 月 24-26 日, 工学院大学新宿キャンパス, 東京都新宿区)
- [18] ◎ 寺口健斗, 安井伸太郎, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, 森 茂生, 谷山智康, 伊藤 満:「混合原子価ホモロガス相酸化物 CaFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> · nFeO(n = 2)の構造相転移」, 日本セラミックス協会 2019 年年会, (2019 年 3 月 24-26 日, 工学院大学新宿キャンパス, 東京都新宿区)

## 学生の学会発表実績

### (国際会議)

- 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 3 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 8 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 5 件
- 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 4 件

## セミナー・講演会開催実績

### ○ 学会等

該当無し

### ○ セミナー・講習会等

- [1] 森吉千佳子 (実行委員) : 応用物理学会・応用物理学会中国四国支部主催 第 21 回リフレッシュ理科教室, (2018 年 8 月 17 日, 広島大学東広島キャンパス, 参加者約 50 名)
- [2] 森吉千佳子 (実行委員) : 小学校から使える理科教材ワークショップ, (2019 年 2 月 16 日, 広島大学 学士会館 レセプションホール, 東広島, 参加者約 80 名)

## 社会活動・学外委員

### ○ 学協会委員

- [1] 黒岩芳弘, 森吉千佳子 : 強誘電体応用会議 運営委員会 委員
- [2] 黒岩芳弘 : 強誘電体応用会議 論文委員会 委員
- [3] 黒岩芳弘 : 強誘電体応用会議 特別セッション選考委員会 委員長
- [4] 黒岩芳弘 : Jpn. J. Appl. Phys. Editorial Board, 編集委員
- [5] 黒岩芳弘 : Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 57, No. 11S (2018) Special Issue: Ferroelectric Materials and Their Applications, Guest Editors 代表
- [6] 黒岩芳弘 : Asian Ferroelectric Association (AFA) Board Member
- [7] 黒岩芳弘 : 日本セラミックス協会 セラミックコーティング研究体 世話人
- [8] 森吉千佳子 : 日本学術会議 連携会員
- [9] 森吉千佳子 : 日本結晶学会 男女共同参画推進委員
- [10] 森吉千佳子 : 日本放射光学会 会誌編集委員
- [11] 森吉千佳子 : 広島県物理教育研究推進会事務局, 会計幹事
- [12] 森吉千佳子 : 応用物理学会リフレッシュ理科教室 (広島会場), 実行委員

### ○ 外部評価委員等

- [1] 黒岩芳弘 : 日本原子力研究開発機構 委員会 評価委員
- [2] 黒岩芳弘 : J-PARC 中性子実験装置部会 粉末・単結晶回折分科会評価委員会 評価委員
- [3] 黒岩芳弘 : 量子科学技術研究開発法人 委員会 評価委員 (2 件)

- [4] 黒岩芳弘 : SPring-8/SACLA 委員会 評価委員
- [5] 黒岩芳弘 : SPring-8 利用研究課題審査委員会(PRC) 散乱・回折部門 主査
- [6] 黒岩芳弘 : SPring-8 利用研究課題審査委員会 散乱・回折 D1 分科会 主査
- [7] 黒岩芳弘, 森吉千佳子 : 強誘電体応用会議 委員会 評価委員

○ 客員教授, 研究員等

- [1] 黒岩芳弘, 森吉千佳子 : (財) 高輝度光科学研究センター 外来研究員
- [2] 黒岩芳弘 : BL02B1 単結晶構造解析ビームライン, パートナーユーザー
- [3] 森吉千佳子 : 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)

- [1] 黒岩芳弘 : 山梨大学 工学部 応用化学科 特別講義第一 A 「放射光を用いた X 線構造解析の最前線」 (2019 年 1 月 8-9 日, 山梨大学, 武田キャンパス, 甲府市)

(セミナー講師)

- [1] Y. Kuroiwa : “Materials Structure Physics of Perovskite-type Ferroelectrics”, Seminar in College of Chemistry, Chemical Engineering and Materials Science, Soochow University (2018年5月15日, Dushu Lake Campus, Soochow University, China).
- [2] 森吉千佳子 : 「放射光 X 線回折でみる層状複水酸化物の結晶構造」, 第 5 回島根大学-信州大学合同セミナー(公開セミナー), (2018 年 12 月 21 日, 信州大学長野(工学)キャンパス, 長野).

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 利用者指定型重点研究課題 (パートナーユーザー課題) “Application of synchrotron radiation in materials crystallography” (2014-2018 年度), 参加国: デンマーク, フランス, イギリス, 日本
- [2] 黒岩芳弘, 森吉千佳子 : SPring-8 利用研究課題一般課題, Prof. Hong-Tao Sun, College of Chemistry, Soochow University, P. R. China
- [3] 黒岩芳弘, 森吉千佳子 : SPring-8 利用研究課題一般課題, Prof. Dhananjai Pandey, School of Materials Science and Technology, Indian Institute of Technology, (Banaras Hindu University), India

○ 国際会議開催実績

- [1] 黒岩芳弘 (組織委員長), 森吉千佳子 (組織委員) : 2018 Japan - Korea Student Workshop (Hiroshima University - Pusan National University), (2018 年 11 月 15-17 日, 参加人数 : 45 名, 広島大学, 大学会館, 東広島キャンパス)
- [2] 黒岩芳弘 (IFAAP: Local Committee Chair, FMA: 運営委員, 論文委員, 特別セッション選考委員会委員長, AMF: Executive Board, International Advisory Board), 森吉千佳子 (IFAAP: Secretary, WIE Vice Chair, FMA: 運営委員) : [2] 2018 IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics (ISAF), Meeting on Ferroelectric Materials and Their Applications (FMA), Asian Meeting of Ferroelectrics (AMF), Asian Meeting on Electroceramics (AMEC) and Piezoresponse Force Microscopy Workshop (PFM) Joint

- Conference (IFAAP 2018), (2018年5月27日-6月1日, 広島国際会議場, 広島, 参加者約1,001名)
- [3] 黒岩芳弘 (International Advisory Committee), 森吉千佳子 (Local Committee) : 12th Japan-Korea Conference on Ferroelectrics (JKC-FE12), (2018年8月5-8日, 奈良ホテル, 奈良, 参加者約200名)
- [4] 黒岩芳弘 (Organizing Committee) : 14th Russia/CIS/Baltic/Japan Symposium on Ferroelectricity (2018-RCBJSF), (2018年5月14-18日, Fiziko-Tekhnicheskii Institut Imeni A. F. Ioffe, Saint Petersburg, Russia, 参加者約200名)
- [5] 黒岩芳弘 (Academic Committee) : The 10th Japan-China Symposium on Ferroelectric Materials and their Applications (CJFMA10), (2018年9月20-23日, 犬山国際観光センター, 犬山, 愛知, 参加者約100名)

#### 高大連携事業への参加状況

- 中高生の科学研究実践活動推進プログラム (研究指導力向上型)  
 広島県立祇園北高等学校理数科2年生対象プログラム「クリスタルコンペ」  
 (ポストサイエンス・パートナーシップ・プログラム (SPP))  
 「最先端の物質科学体験講座」～クリスタルコンペ～
- [1] 森吉千佳子 : 結晶育成指導 (祇園北高校, 2018年9月18日)
- [2] 黒岩芳弘 : 模擬授業「物理学講座ー夢の光, 放射光で見る物質の構造と機能発現のメカニズムー」 (祇園北高等学校, 広島, 2018年11月2日)
- [3] 黒岩芳弘, 森吉千佳子 : クリスタルコンペ主催 (広島大学, 2018年12月12日)
- その他の模擬授業  
 該当無し
- 中・高校生に対する TA
- [1] Zhiqiang Zhang, 次田周平, 野田翔太, 服部真央, 白邦裕千 : 近畿大学附属東広島中学校, 模擬実験 TA (HiSOR, 広島大学, 2018年4月25日)
- [2] 中平夕貴, 白邦裕千, 牟田美慧, 服部真央 : 今治北高等学校大三島分校模擬実験, TA (HiSOR, 広島大学, 2018年6月12日)
- [3] 次田周平, 野田翔太, 羽倉康喜, 横井優人, 中平夕貴 : オープンキャンパス, 模擬実験 TA (HiSOR, 天文台, 広島大学, 2018年8月21-22日)
- [4] 河村元太, 羽倉康喜 : 広島県立祇園北高校ポスト SPP, 結晶育成指導, (広島県立祇園北高校, 2018年9月18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, 2014年10月入学生, 1名 (中国)
- [2] 黒岩芳弘 : 大学院理学研究科博士課程後期, 2016年10月入学生, 1名 (中国)
- [3] 黒岩芳弘 : 大学院理学研究科博士課程後期, 2018年10月入学生, 1名 (中国)
- 各種研究員  
 該当無し

#### 研究助成金の受入状況

- [1] 黒岩芳弘 (代表) : 科学研究費補助金基盤研究 (B) (一般) (2018年度, 7,410千円) 「交流電場下での強誘電体の時分割構造解析による誘電緩和現象の動力学可視化」
- [2] 森吉千佳子 (代表) : 科学研究費補助金基盤研究 (C) (一般) (2018年度, 390千円) 「圧電体セラミックス材料開発のための圧電特性・結晶構造同時計測システムの構築」
- [3] 森吉千佳子 (分担) : 科学研究費補助金基盤研究 (B) (一般) (2018年度, 300千円) 「動的挙動から見た層状複水酸化物の陰イオン交換反応の機構解明」
- [4] 森吉千佳子 (代表) : 村田学術振興財団 (2018年度, 2,050千円) 「高エネルギー放射光回折による水熱合成プロセスのその場観測システムの構築」
- [5] 黒岩芳弘, 森吉千佳子 : 企業共同研究費 (2018年度, 3,000千円)
- [6] 森吉千佳子 (代表) : SPring-8 パートナーユーザー課題 (2015-18 年度, BL02B2)  
「粉末・多粒子 X 線回折による高速構造計測基盤の構築」  
(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) (2018 年度, 約 2,000 千円)
- [7] 黒岩芳弘 (分担) : SPring-8 パートナーユーザー課題 (2014-18 年度, BL02B1)  
「Application of synchrotron radiation in materials crystallography」  
(BL02B1 単結晶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) (2018 年度, 約 2,000 千円)

#### その他特記すべき事項

##### ○ 学術団体等からの受賞実績

- [1] Zhang Zhigang (D3) : 2018 ISAF-FMA-AMF-AMEC-PFM Joint Conference (IFAAP2018) Poster Award (Bronze Prize)受賞, 2018 年 5 月 30 日
- [2] 安部友啓 (D1) : Japan-Korea Conference on Ferroelectrics (JKC-FE12) Poster Award (Impressive Poster)受賞, 2018 年 8 月 7 日

## ○電子物性グループ

### 研究活動の概要

放射光X線を用いた分光学的手法による物性研究の展開を目指している。特に、放射光の偏光とパルス性の特徴を活かした実験手法の開発を通して、磁性体と誘電体における物性発現の電子論的機構の探究を目標としている。元素選択的かつ電子殻選択的情報の取得に加えて、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)において、様々な外場(圧力、磁場、温度)を試料に印加した状態でX線回折(XRD)、X線吸収分光(XAS)及びX線発光分光(XES)による結晶構造と電子状態の*in-situ*測定を実施している。高圧力印加に因る磁性体の構造及び磁気相転移に関する従来の研究から、更に、空間・時間反転対称性の破れに伴う局所構造と電子状態の変化に注目した研究を行っている。また、高エネルギー加速器研究機構(KEK-PF)では、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(応力、電場、温度、紫外線)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。

### (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(CT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CT励起( $\sim 10$  eV)に着目し、単位格子内における誘電分極のゆらぎを電子状態の立場から研究している点が、本研究グループの取り組みの独創的な点である。平成28年度に、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の導入を、共同研究者(KEK-PF野澤俊介准教授)の協力のもとに行った。平成29年度は、このプログラムを利用して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)の導入に成功した。現在、国内の3グループの研究チームがこのプログラムや手法を活用しており、研究成果を生み出しつつある。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。

### SrTiO<sub>3</sub>の新規強誘電性の探求

SrTiO<sub>3</sub>は、量子ゆらぎによって強誘電相の発現が抑制されて常誘電相に留まる量子常誘電体である。このゆらぎに打ち勝つ外場(電場、元素置換、応力)を加えることで、環境負荷の小さいSrTiO<sub>3</sub>を強誘電体に転用する試みが進められている。特に、応力は物質に簡単に加えることができるため、近年NatureやScienceなどの速報性の高い雑誌でもたびたび議論されている。しかし、誘電性の直接証拠であるヒステリシス測定は報告されておらず、応力によるSrTiO<sub>3</sub>の強誘電性出現については未だ結論が出ていない。この論争に決着をつけ、新規強誘電性を応用可能な物理現象とするために、一軸応力下および曲げ応力下でSrTiO<sub>3</sub>単結晶を用いたX線分光測定および誘電率測定を進めてきた。その結果、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ず、微視的にはむしろ反強誘電的な秩序が出現

することが明らかになった。

さらにこの研究を継続的に進め、格子歪みを導入した複数のSrTiO<sub>3</sub>ナノスケール薄膜で同様の実験を行った。その結果、歪みの制御（延伸応力か圧縮応力）によって局所的には極めて大きな誘電分極が生じていることが明らかになり、この分極を配向制御することで実用的な大きさの分極をもつ強誘電体に転化する方法を探求している。

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

BaTiO<sub>3</sub>に電場を印加して誘電分極が生じると、逆圧電効果により結晶に歪みが生じる。最近、電場に対する格子の伸びを調べたX線回折の研究例が報告されている。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。この時、電子状態にも変化が起こることが期待される。そこで、XAS測定により電子状態変化を捉えることが本研究の目的である。BaTiO<sub>3</sub>単結晶の分極制御に必要な電場は極めて大きく高速応答測定には向いていない。これを解決するために、東工大のグループに100 nm厚程度のエピタキシャル薄膜を作製していただいていた。1s-3d遷移に対応する前吸収構造ピーク（プリエッジピーク）に、分極反転に同期した強度変化が観測された。さらに、理論的な解釈のついていないスペクトルの肩構造に、印加電場の大きさに比例した強度変化を見出した。多重散乱理論に基づいたシミュレーション計算を併用しながら、実験で得られたスペクトル変化と電子状態の対応を調べている。

### (2) その他の研究

#### TiO<sub>2</sub>ナノ粒子の作製と電子状態の解明

TiO<sub>2</sub>は光触媒として様々な応用に供されている。本研究グループでは、Ti薄膜を陽極とした電気分解法によりTiO<sub>2</sub>ナノチューブおよびナノ粒子を作製し、Ti K-吸収端XASおよびXESの測定を行っている。さらに平成28年度からは、ナノ粒子表面の電子バンドの折れ曲がりをも明らかにするべく硬X線を用いた光電子分光測定（HAXPES）によるチタンや酸素の内殻電子準位の測定も新たに始めている。これにより、なぜTiO<sub>2</sub>が高い光触媒活性を示すのかを、電子状態の観点から解明することが可能となり、これまで模式的なポンチ絵で理解されてきた触媒表面における電子の授受を定量的に議論することが可能になると期待している。HAXPES以前の研究成果については、査読付き論文に掲載済みである。主に、電気分解法により作製したas-grown試料が、その後の焼きなまし処理によって大幅に活性向上につながることで、特に450°C程度の温度で1時間程度焼きなますることが最適であることが分かった。この結果を受けて、可視光領域でも触媒活性が発現する金担持TiO<sub>2</sub>ナノ粒子の作製と自動制御による高精度な発光分光測定による新たな評価方法を導入し、測定と解析を進めている。

### (3) 高圧下での物性研究

#### 元素選択的な弾性特性からみるインバー効果の起源

インバー効果として知られるFe<sub>65</sub>Ni<sub>35</sub>合金の小さな熱膨張率は、大きな自発体積磁歪が熱膨張を相殺する現象である。しかし、原子間結合のポテンシャルがどのように磁気構造の影響を受けるか？というミクロな視点でみると、インバー効果の起源は未だ分かっていない。現在最も有力な理論とされるNon-collinear spin structureモデルによると、Feの持つ磁気モーメントの格子の収縮に対する揺らぎがNi原子のそれよりも大きいことで生じる弾性異常が、Fe<sub>65</sub>Ni<sub>35</sub>のインバー効果の起源とされる。本研究ではこの理論の実験的な検証として、吸収元素周りの局所構造を取り出すことができる広域X線吸収微細構造（EXAFS）を高圧下で測定す

ることで、元素選択的な体積弾性率の異常を探索している。 $\text{Fe}_{65}\text{Ni}_{35}$ インバー合金の場合、強磁性相の特徴である小さな体積弾性率が主にFe周りの軟らかい結合が担うことが最近、分かってきた。本研究ではさらに、同様の手法をキュリー温度近傍でのみ異常な磁気体積効果を示すFe-Pt合金や、圧力誘起のFe-Niインバー合金についても適応し、インバー効果の理解を進めている。

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

#### 合金および金属間化合物における水素化効果の研究

最近、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 $\text{GdFe}_2$ を加圧すると、水素との直接反応によって常磁性転移を起し、さらに加圧すると常圧とは異なる強磁性相が生じることが放射光メスbauer分光法とX線磁気円二色性測定で観測された。ラーベス相化合物のフェリ磁性では、3d遷移金属のFeをCoまたはNiに置換すると、キュリー温度が低下したり、常磁性となったりして磁気秩序の不安定性が増す。本研究では主に $\text{GdFe}_2$ よりもフェリ磁性への転移温度が低い $\text{GdCo}_2$ 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。この研究のため、国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）の助成によってヨーロッパ放射光研究施設(ESRF)での共同利用実験を実施し、ビームラインID24でX線磁気円二色性(XMCD)の実験を行った。その結果、 $\text{GdCo}_2$ の場合も2段階の磁気転移が見出された。詳細にみると、XMCDの圧力変化には $\text{GdFe}_2$ とはいくつか異なる相違が見出されている。現在、この磁気転移に対する水素の効果の解析を進めている。

#### 純Feの構造相転移と磁気相転移

純Feの約14 GPaにおける $\alpha$ - $\epsilon$ 相転移の過程について、高圧下のXRDと実像観察を相補的に利用した研究を行っている。我々がEXAFS解析から見出した、shear誘起のマルテンサイト変態の転移プロセスに基づき、どのような方位を持つhcp構造（バリエント）が優先的に形成されるかを、シャープなX線回折スポットの分布および微分干渉顕微鏡観察によるマルテンサイト組織の実像観察から同定を試みている。実像観察はバリエントのサイズや分布を直接決定できる利点があるが、高圧下では試料が微小かつ狭い光学窓を介した観察となるため、これまで実像観察の成功例はない。表面を鏡面研磨した100  $\mu\text{m}$ 程度の微小なFe単結晶試料を準備するところから着手し、ダイヤモンドアンビルセルを使った実像観察を進めている。マルテンサイト組織を直接観察すれば、高圧相と低压相の相境界の結晶方位から変態で発生したバリエントの帰属を求めることができるので、単結晶のX線回折実験と相補的な実験となる。さらに、バリエントの方位分布とサイズを定量的に求めることで圧力誘起のマルテンサイト変態のメカニズムの理解を目指している。

## 共同研究

学外の教育研究機関との共同研究として、以下の研究を推進している。

- ESRF での新規実験テーマ提案に向けた共同研究
- 愛媛大 GRC との共同研究. ナノ多結晶ダイヤモンドアンビルの提供と高圧発生技術の共同研究
- 産総研, 広大先端研からの純良試料の提供
- 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
- 東京工業大学からの酸化物薄膜の試料提供

## 原著論文

- [1] Pressure and magnetic field effects on the valence transition of  $\text{EuRh}_2\text{Si}_2$ ; A. Mitsuda, E. Kishaba, T. Fujimoto, K. Oyama, H. Wada, M. Mizumaki, N. Kawamura, N. Ishimatsu; *Physica B: Condens. Matter* 536, 427-431 (2018) [6 pages]
- [2] Kondo-like behavior near the magnetic instability in  $\text{SmB}_6$ : Temperature and pressure dependences of the Sm valence ;N. Emi, N. Kawamura, M. Mizumaki, T. Koyama, N. Ishimatsu, G. Prista, T. Kagayama, K. Shimizu, Y. Osanai, F. Iga, and T. Mito; *Phys. Rev. B* 97, 161116(R) (2018) [5 pages]
- [3] Temperature and pressure dependences of Sm valence in intermediate valence compound  $\text{SmB}_6$ ; N. Emi, T. Mito, N. Kawamura, M. Mizumaki, N. Ishimatsu, G. Prista, T. Kagayama, K. Shimizu, Y. Osanai, F. Iga; *Physica B: Condensed Matter* 536, 197-199 (2018) [3 pages]

## 著書

該当無し

## 国際会議

(招待講演)

- [1] N. Ishimatsu; 「Element-selective local structure studied by X-ray absorption spectroscopy using NPD anvils」; Science and Technology of Nano-Polycrystalline Diamond 2019 (STNPD-2019) (2019.2.28-3.2, GRC, Ehime University, Matsuyama, Japan, invited)
- [2] N. Nakajima, S. Kato and D. Fan; 「Local Structure and Electronic States of  $\text{BiFeO}_3$ - $\text{BaTiO}_3$  Solid Solutions」; the 2018 ISAF-FMA-AMF-AMEC-PFM (IFAAP) Joint Conference (2018.5.27-6.1, International Conference Center, Hiroshima, Japan)

(一般講演)

- [1] Nobuo Nakajima; 「Correlation of catalytic activity with electronic states in photocatalytic  $\text{Au/TiO}_2$ 」; The Second International Workshop Emergent Condensed-Matter Physics ECMP2019 (2019.3.18-20, Higashi-Hiroshima Arts & Culture Hall “Kurara”, Higashi-hiroshima, Japan)
- [2] Seiya Kato, Nobuo Nakajima; 「Dielectric properties of  $\text{BaTiO}_3$  and  $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$  under electric field studied by time-resolved X-ray absorption spectroscopy」; The Second International Workshop Emergent Condensed-Matter Physics ECMP2019 (2019.3.18-20, Higashi-Hiroshima Arts & Culture Hall “Kurara”, Higashi-hiroshima, Japan)

- [3] Akito Kumagae, Nobuo Nakajima; 「Research on the ferroelectricity in SrTiO<sub>3</sub> induced by lattice distortion」 ; The Second International Workshop Emergent Condensed-Matter Physics ECMP2019 (2019.3.18-20, Higashi-Hiroshima Arts & Culture Hall “Kurara”, Higashi-hiroshima, Japan)
- [4] Naoki Ishimatsu; 「Pressure-induced collapse of off-centering of the guest Eu in type-I clathrate Eu<sub>8</sub>Ga<sub>16</sub>Ge<sub>30</sub>」 ; The Second International Workshop Emergent Condensed-Matter Physics ECMP2019 (2019.3.18-20, Higashi-Hiroshima Arts & Culture Hall “Kurara”, Higashi-hiroshima, Japan)
- [5] Sho Kanamori, Naoki Ishimatsu; 「Magnetic property of Laves phase GdTM<sub>2</sub> trihydride (TM = Fe, Co, Ni)」 ; The Second International Workshop Emergent Condensed-Matter Physics ECMP2019 (2019.3.18-20, Higashi-Hiroshima Arts & Culture Hall “Kurara”, Higashi-hiroshima, Japan)
- [6] Keitaro Kuramochi, Naoki Ishimatsu; 「XAFS spectra of rhenium metal under P > 300 GPa measured by a double stage diamond anvil cell」 ; The Second International Workshop Emergent Condensed-Matter Physics ECMP2019 (2019.3.18-20, Higashi-Hiroshima Arts & Culture Hall “Kurara”, Higashi-hiroshima, Japan)
- [7] Naoki Ishimatsu; 「High pressure XAS measurements on BL39XU of the SPring-8: recent activities」 ; 4th International HiPeR symposium (2019.3.4-6, Hiroshima University Library Hall, Higashi Hiroshima campus, Japan)
- [8] Daiki Miyashita, Naoki Ishimatsu; 「Texture of ε-Fe variants observed by X-ray diffraction and differential interference contrast microscopy」 ; 4th International HiPeR symposium (2019.3.4-6, Hiroshima University Library Hall, Higashi Hiroshima campus, Japan)
- [9] Keitaro Kuramochi, Naoki Ishimatsu; 「XAFS spectra of rhenium metal under P>300 GPa measured by a double stage diamond anvil cell」 ; 4th International HiPeR symposium (2019.3.4-6, Hiroshima University Library Hall, Higashi Hiroshima campus, Japan)
- [10] Fan Dongxiao, Nobuo Naokajima; 「X-Ray Absorption Spectroscopy of Titanate Phosphors」 「The 2018 Japan-Korea Student Workshop」 (2018.11.15-16, Hiroshima Univ., Hiroshima, Japan)
- [11] Shun Iwasaki, Naoki Ishimatsu; 「Invar Effect in Fe-Ni Alloy Studied by Extended X-ray Absorption Fine Structure」 「The 2018 Japan-Korea Student Workshop」 (2018.11.15-16, Hiroshima Univ., Hiroshima, Japan)
- [12] N. Nakajima, S. Kato and D. Fan; 「Local structure and electronic states of hybrid multiferroic BiFeO<sub>3</sub>-BaTiO<sub>3</sub> solid solutions」 ; 17th International Conference on X-ray Absorption Fine Structure (XAFS2018) (2018.7.22-27, Krakow, Poland)
- [13] S. Kato, S. Ono, N. Nakajima, J. Adachi, H. Nitani, Y. Niwa, Y. Takeichi and S. Yasui, A. Anspoks, A. Kuzmin; 「Dielectric properties of BaTiO<sub>3</sub> under AC electric field studied by time-resolved X-ray absorption spectroscopy」 ; 17th International Conference on X-ray Absorption Fine Structure (XAFS2018) (2018.7.22-27, Krakow, Poland)
- [14] D. Fan, S. Ono, N. Nakajima, K. Ohshiro; 「X-Ray absorption spectroscopy of titanate phosphors」 ; 17th International Conference on X-ray Absorption Fine Structure (XAFS2018) (2018.7.22-27, Krakow, Poland)
- [15] S. Kato, S. Ono, N. Nakajima, J. Adachi, H. Nitani, Y. Niwa, Y. Takeichi and S. Yasui; 「Dielectric Properties of BaTiO<sub>3</sub> under AC Electric Field Studied Bytime-resolved X-ray Absorption Spectroscopy」 ; the 2018 ISAF-FMA-AMF-AMEC-PFM (IFAAP) Joint Conference

(2018.5.27-6.1, International Conference Center, Hiroshima, Japan)

国内学会

(招待講演)

- [1] 石松直樹; 「EXAFSでみた高圧下でのクラスレートの構造」 第三回 大型実験施設とスーパーコンピュータとの連携利用勉強会「放射光・中性子線・理論計算によるクラスレート化合物の格子・電子物性の解明」(2019年2月25日, SPring-8普及棟中講堂, 兵庫県)
- [2] 石松直樹; 「NPD アンビルを用いたXAFS による高圧力下の局所構造解析: 純鉄と鉄合金の圧力変化」第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム(2019年1月9-11日, 福岡国際会議場, 福岡市)
- [3] 石松直樹; 「X線吸収分光法でみるPd基合金の元素選択的な水素吸蔵特性」第78回分析化学討論会(2018年5月26-27日, 山口大学常盤キャンパス, 山口県宇部市)

(一般講演)

- [1] 手塚泰久, 上出晴輝, 任 皓駿, 渡辺孝男, 中島伸夫, 石井啓文, 平岡 望, 山岡人志 「高圧X線ラマン散乱によるCaCu<sub>3</sub>Ti<sub>4</sub>O<sub>12</sub>電子構造の圧力依存性」日本物理学会 第74回年次大会 (2019年3月14-17日, 九州大学 (伊都キャンパス))
- [2] 中島伸夫, 大城佳祐 「光触媒Au/TiO<sub>2</sub>の電子状態と触媒活性の相関」2018年度量子ビームサイエンスフェスタ・第36回PFシンポジウム(2019年3月12-13日, つくば国際会議場 (エポカルつくば), つくば市)
- [3] 倉持慶太郎, 石松直樹 「NPDの2段階DACによるmulti-Mbar領域のXAFS測定」第6回愛媛大学先進超高压科学研究拠点(PRIUS)シンポジウム(2019年2月27-28日, GRC, Ehime University, Matsuyama, Japan)
- [4] 手塚泰久, 上出晴輝, 任 皓駿, 渡辺孝男, 野沢俊介, 中島伸夫, 岩住俊明, 八方直久, 木村耕治, 林 好一, 細川伸也 「種々のX線発光実験を用いたCaCu<sub>3</sub>Ti<sub>4</sub>O<sub>12</sub>の電子構造および局所構造の研究」第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム(2019年1月9-11日, 福岡国際会議場, 福岡市)
- [5] 手塚泰久, 上出晴輝, 任 皓駿, 渡辺孝男, 野沢俊介, 中島伸夫, 岩住俊明, 八方直久, 木村耕治, 林 好一, 細川伸也 「種々のX線発光実験を用いたCaCu<sub>3</sub>Ti<sub>4</sub>O<sub>12</sub>の電子構造および局所構造の研究」第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム(2019年1月9-11日, 福岡国際会議場, 福岡市)
- [6] 宮下大樹, 石松直樹, 甲佐美宇, 金森 奨, 熊谷学人, 迫田夜空, 河口沙織; 「XRD測定と微分干渉顕微鏡観察によるε-Feバリエント組織の解析」第59回高圧討論会(2018年11月26-28日, 岡山理科大学, 岡山市)
- [7] 鳥生泰志, 石松直樹, 岩崎 駿, 金森 奨, 熊谷学人, 榎 浩司, 中村優美子, 中野智志, 河村直己, V. Cuartero, R. Torchio, O. Mathon, S. Pascarelli 「高圧水素雰囲気下におけるラーベス相GdCo<sub>2</sub>の水素誘起の磁気転移」第59回高圧討論会(2018年11月26-28日, 岡山理科大学, 岡山市)
- [8] 甲佐美宇, 岩崎 駿, 石松直樹, 河村直己, 水牧仁一郎, 野村龍一, 柿澤 翔, 入船徹男, 角谷 均; 「高圧下EXAFS測定でみるFe-NiとFe-Ptインバー合金の磁気体積効果」第59回高圧討論会(2018年11月26-28日, 岡山理科大学, 岡山市)
- [9] 石松直樹, 鳥生泰志, 岩崎 駿, 甲佐美宇, 金森 奨, 熊谷学人, 榎 浩司, 中村優美子,

中野智志, 河村直己, 三井隆也, V.Cuartero, R.Torchio, O.Mathon, S.Pascarelli ; 「X線磁気円二色性でみるラーベス相GdTM<sub>2</sub>(TM=Fe, Co)の水素誘起の磁気転移」 「水素化物に関わる次世代学術・応用展開研究会」 第5回研究会 (2018年11月21-22日, 産業技術総合研究所 つくば西, つくば市)

- [10] 中島伸夫, 加藤盛也, 熊谷学人 ; 「格子歪みが誘起する SrTiO<sub>3</sub>薄膜の強誘電性のX線分光光学による考察」 2018 年 強的秩序とその操作に関する第7回研究会 -若手夏の学校- (2018年9月21-22日, ホテル深翠苑, 名古屋市)
- [11] 加藤盛也, 中島伸夫, 安井伸太郎, 足立純一, 仁谷浩明, 武市泰男 「BaTiO<sub>3</sub>, Pb(Zr,Ti)O<sub>3</sub> 薄膜の電場印加下における時間分解XAS測定」 2018 年 強的秩序とその操作に関する第7回研究会 -若手夏の学校- (2018年9月21-22日, ホテル深翠苑, 名古屋市)
- [12] 石松直樹, 横山 溪, 鬼丸孝博, 高島敏郎, 末國晃一郎, 河村直己, 水牧仁一朗, 筒井智嗣, 伊奈稔哲, 綿貫 徹, 入船徹男, V. Cuartero, O. Mathon, S. Pascarelli 「Ge K端EXAFSでみるI型クラスレート化合物Eu<sub>8</sub>Ga<sub>16</sub>Ge<sub>30</sub>のゲスト原子挙動の圧力効果」 日本物理学会 2018年秋季大会 (2018年9月9-12日, 同志社大学 京田辺キャンパス, 京田辺市)
- [13] 甲佐美宇, 岩崎 駿, 石松直樹, 河村直己, 水牧仁一朗, 野村龍一, 柿澤 翔, 入船徹男, 角谷 均 「高圧下EXAFS測定によるFe-NiとFe-Ptインバー合金の磁気体積効果の比較」 日本物理学会 2018年秋季大会 (2018年9月9-12日, 同志社大学 京田辺キャンパス, 京田辺市)
- [14] 岩崎 駿, 甲佐美宇, 石松直樹, 河村直己, 水牧仁一朗, 野村龍一, 柿澤 翔, 入船徹男, 角谷 均 「X線吸収分光測定によるFe-Niインバー合金の元素選択的な圧縮曲線」 日本物理学会 2018年秋季大会 (2018年9月9-12日, 同志社大学 京田辺キャンパス, 京田辺市)
- [15] 大城佳祐, 中島伸夫, 手塚泰久, 野澤俊介 「光触媒TiO<sub>2</sub>の電子状態と触媒活性の相関」 日本物理学会 2018年秋季大会 (2018年9月9-12日, 同志社大学 京田辺キャンパス, 京田辺市)
- [16] 加藤盛也, 倉持慶太郎, 中島伸夫, 安井伸太郎, 足立純一, 仁谷浩明, 武市泰男 「Pb(Zr,Ti)O<sub>3</sub>薄膜の圧電動作下における時分割XAFS測定」 (2018年9月9-12日, 同志社大学 京田辺キャンパス, 京田辺市) 日本物理学会 2018年秋季大会 (2018年9月9-12日, 同志社大学 京田辺キャンパス, 京田辺市)
- [17] 河村直己, 広瀬雄介, 下笠諒平, 本多史憲, 石松直樹, 水牧仁一朗, 土塔 寛, 三村功次郎 「高エネルギー分解能X線吸収分光によるUPd<sub>2</sub>Cd<sub>20</sub>のウラン価数の圧力依存性」 日本物理学会 2018年秋季大会 (2018年9月9-12日, 同志社大学 京田辺キャンパス, 京田辺市)
- [18] 水牧仁一朗, 石松直樹, 河村直己, 岩崎 駿, 加藤盛也, 甲佐美宇, 西久保 匠, 東 正樹 「共鳴X線発光分光法によるPbペロブスカイト化合物PbTO<sub>3</sub>(T=Ti, Ni)のPbイオンの価数評価」 日本物理学会 2018年秋季大会 (2018年9月9-12日, 同志社大学 京田辺キャンパス, 京田辺市)
- [19] 手塚泰久, 中本星也, 西山賢司郎, 任 皓駿, 渡辺孝夫, 野澤俊介, 中島伸夫, 岩住俊明 「軟X線及び硬X線ラマン散乱によるCaCu<sub>3</sub>Ti<sub>4</sub>O<sub>12</sub>の電子構造研究IV」 日本物理学会 2018年秋季大会 (2018年9月9-12日, 同志社大学 京田辺キャンパス, 京田辺市)
- [20] 手塚泰久, 上出晴輝, 任 皓駿, 渡辺孝夫, 中島伸夫, 八方直久, 木村耕治, 林 好一, 細川伸也 「蛍光X線ホログラフィーによるAサイト秩序型ペロブスカイトCaCu<sub>3</sub>Ti<sub>4</sub>O<sub>12</sub>の局所構造研究」 日本物理学会 2018年秋季大会 (2018年9月9-12日, 同志社大学 京田辺キャンパス, 京田辺市)

- [21] 石松直樹, 横山 溪, 鬼丸孝博, 高島敏郎, 末國晃一郎, 河村直己, 水牧仁一郎, 筒井智嗣, 伊奈稔哲, 綿貫 徹, 入船徹男, V. Cuartero, O. Mathon, S. Pascarelli 「I型クラスレート化合物Eu<sub>8</sub>Ga<sub>16</sub>Ge<sub>30</sub>の圧力効果のGe K端EXAFS解析」第21回XAFS討論会 (2018年9月3-5日, 北海道大学, 札幌市)
- [22] 甲佐美宇, 岩崎 駿, 石松直樹, 河村直己, 水牧仁一郎, 野村龍一, 柿澤 翔, 入船徹男, 角谷 均「高圧下EXAFSを用いた元素選択的な体積弾性率でみるFe<sub>65</sub>Ni<sub>35</sub>とFe<sub>72</sub>Pt<sub>28</sub>合金のインバー効果」第21回XAFS討論会 (2018年9月3-5日, 北海道大学, 札幌市)
- [23] 岩崎 駿, 甲佐美宇, 石松直樹, 圓山 裕, 河村直己, 水牧仁一郎, 野村龍一, 柿澤 翔, 入船徹男, 角谷 均 「EXAFSによるFe-Niインバー合金の元素選択的な圧縮曲線の比較」第21回XAFS討論会 (2018年9月3-5日, 北海道大学, 札幌市)
- [24] 鳥生泰志, 石松直樹, 岩崎 駿, 金森 奨, 熊谷学人, 榑 浩司, 中村優美子, 中野智志, 河村直己, V. Cuartero, R. Torchio, O. Mathon, S. Pascarelli 「XMCDによるラーベス相GdCo<sub>2</sub>の水素誘起磁気転移の解析」第21回XAFS討論会 (2018年9月3-5日, 北海道大学, 札幌市)

#### 学生の学会発表実績

##### (国際会議)

- 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 5 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 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 15 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] 中島伸夫: 日本放射光学会 編集委員
- [2] 中島伸夫: 日本物理学会 領域10 運営委員
- [3] 石松直樹: 日本放射光学会 編集委員
- [4] 石松直樹: 日本高圧力学会 会計幹事
- [5] 中島伸夫: 放送大学 非常勤講師

##### ○ 外部評価委員等

- [1] 石松直樹: (財)高輝度光科学研究センター, 外来研究員
- [2] 石松直樹: 第21回XAFS討論会(2018年9月開催)プログラム委員
- [3] 中島伸夫: 14th Russia/CIS/Baltic/Japan Symposium on Ferroelectricity, Program committee
- [4] 中島伸夫: SPring-8 利用研究課題審査委員会・審査員
- [5] 石松直樹: SPring-8 利用研究課題審査委員会・審査員

#### 高大連携事業への参加状況

- [1] 石松直樹: 広島県立祇園北高等学校 模擬授業 (2018年12月12日)

## 国際交流

- [1] 石松直樹 : 4th International HiPeR symposium での招待講演のため, ヨーロッパ放射光研究施設(ESRF)のS. Pasacarelli博士とA. Rosa博士を招聘した (2019年3月3-6日)
- [2] 中島伸夫 : ラトビア大学物性物理学研究所の研究者1名を1週間招聘し, 大型放射光施設 (SPring-8) にてペロブスカイトチタン酸化物のX線吸収スペクトルに関する共同研究を行った。(2019年1月20-27日)

## 各種研究者と外国人留学生の受入状況

### ○ 外国人留学生

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

## 研究助成金の受入状況

- [1] 中島伸夫 : 科学研究費補助金基盤研究(B)挑戦的萌芽研究 (2016-2018年度) (代表, 16,400千円) 課題名 : 「X線分光による酸素の異方的電子状態が誘起する酸化物薄膜の新規強誘電性の解明」
- [2] 中島伸夫 : 科学研究費補助金挑戦的萌芽研究 (2018-2020年度) (代表, 1,690千円) 課題名 : 「チタン酸ストロンチウム薄膜を曲げて誘起される強誘電性の探求」
- [3] 石松直樹 : 科学研究費補助金新学術領域研究 (2015-2019年度) (分担, 500千円) 課題名 : 「核-マントル物質の精密高圧実験技術の開発」
- [4] 石松直樹 : 科学研究費補助金基盤研究(C) (2017-2019年度) (代表, 1,400千円) 課題名 : 「原子間の結合に着目したX線吸収分光法による鉄合金の熱膨張抑制機構の解明」
- [5] 中島伸夫 : 日本板硝子材料工学助成会 (2017-2018年度) (代表, 900千円) 課題名 : 「チタン酸ストロンチウム薄膜の界面歪みで誘起される強誘電性の探求」

## 特記事項

### ○ 学生の受賞

- [1] 岩崎 駿 : 第21回 XAFS 討論会 学生奨励賞 (日本 XAFS 研究会会長 横山利彦)
- [2] 倉持慶太郎 : 2018年度卒業発表優秀賞 (物理科学科長 木村昭夫)

## ○光物性グループ

### 研究活動の概要

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

#### (1) トポロジカル絶縁体の光駆動ディラック電流の観測

2016年のノーベル物理学賞が与えられた物質におけるトポロジーの概念に基づいて，トポロジカル絶縁体という通常の絶縁体とは異なる特殊な絶縁体の存在が明らかになり大きな注目を集めている。トポロジカル絶縁体は，物質の内部は電気を通さない絶縁体にも関わらず，表面では金属的な振る舞いを示すことが知られている。この金属的なトポロジカル表面状態では，質量ゼロの電子（表面Dirac電子）が存在しており，さらにこれらが持つ電子スピンの向きが電子の運動方向に垂直な方向に揃っている（スピン・運動量ロック）。これによりトポロジカル絶縁体の表面電子は不純物に散乱されにくいなどの魅力的な特性を持っているため，これまでにない高い機能性を持った次世代デバイスに応用されることが期待されている。トポロジカル絶縁体の出現以来，様々な材料について表面バンドの観測を通してトポロジカル絶縁体であるかどうかの判定に用いられ，ARPESのさらなる有用性が示された。トポロジカル絶縁体のスピン偏極した表面Dirac電子は後方散乱が大幅に抑制され，超低省電力デバイスに大変有力であると考えられている。一方，デバイス特性の理解には，電場印加中のDirac電子の振る舞いを詳しく見る必要があるが，通常のARPESでは，電場によるDirac電子の動きを捉えることはできない。超短パルスレーザーを組み合わせた時間分解ARPESを用いると光電場によって加速された電子の運動が追跡可能である。振動電場としての光の1周期よりも短い時間で電子を加速し制御することができれば，通常のエレクトロニクスが扱える周波数よりも数桁高い光周波数で駆動するエレクトロニクスの実現が可能になる。現在主に用いられている従来型の半導体はキャリアの緩和時間が短く，その平均自由行程や速さに限界があるため光周波数エレクトロニクスには向かない。一方金属では，電場の遮蔽効果により金属内部において光電場で電子の運動を制御することは大変困難である。しかし最近，グラフェンにおいて光電場駆動現象が観測され光周波エレクトロニクスへの展開が期待されている。同様にトポロジカル絶縁体の表面Dirac電子を光電場で制御できれば，今度は「光周波数スピントロニクス」が可能になる。本研究ではテラヘルツ（THz）パルスレーザーを組み合わせた時間分解ARPESを行い，トポロジカル絶縁体の表面においてTHzパルスにより加速されたDirac電子の波数シフトとその時間変化を捉えることに成功した。このように光によって発生した電流は，数百ナノメートルのもの距離を減衰することなく伝わる摩擦の小さいものであることがわかった。この距離は誘電体における電子の平均自由行程をはるかに超え，電

子トランジスタのゲート幅を凌ぐ大きさである。また電流が光の振動電場に追従して変化するということが示されたこの結果は、光周波数でDirac電流が制御できることを示している。さらにトポロジカル絶縁体の最大の特徴であるスピン・運動量ロックングのおかげで、弾道的なスピン偏極電流が運ばれることになり、これを活用した超高速光周波数スピントロニクスへの道が開かれるであろう。さらには、このサブサイクル分解能を持った時間分解ARPESそのものもこれまでにない新たな手法であり、非自明なバンド構造を持ったあらゆる物質群を対象として、スピン偏極電子の輸送現象を観測する一つ的手段として捉えることができる。この概念は、トポロジカル物質から高温超伝導体まで広い範囲の新しい材料や現象についてある瞬間での表面やバルクバンド構造の研究について新しい時代の幕をあけることであろう。本研究の成果は 英国の総合学術雑誌Natureに掲載された。

## (2) 黒リンの非平衡キャリアダイナミクスの研究

近年、電子・光学デバイスの材料として2次元単原子層結晶が大きな注目を浴びているが、その中でも炭素原子一層だけからなるグラフェンは、曲げやすく壊れにくいという機械的な性質だけでなく、みかけの質量がゼロであるディラック電子を有する点で基礎・応用の観点から世界中で研究が展開されてきた。結晶中には、少なからず欠陥や不純物が存在し、一般には伝導電子がそれらにぶつかることで電気抵抗が生じる。ところが、グラフェン中のディラック電子は不純物や欠陥をものともせず「動き続ける」性質がある。その結果、グラフェンは室温付近であっても高い電子移動度を示し、次世代デバイスの最有力候補として注目を浴びていた。しかしながら、グラフェンにはバンドギャップが存在しないため、電子の伝導性を外部から制御して信号のオン・オフ比を大きくすることが難しく、電子・光学デバイスへの応用に大きな課題を残していた。このような中、黒リンは、以下のようなグラフェンにおけるいくつかの問題点を解決する特徴を持っている。1つ目は、ディラック電子の要素を持ちつつ、バンドギャップが存在することから、高い電子移動度を示し、かつ信号のオン・オフ比が大きくでき、次世代電解効果トランジスタ等への応用が期待されている点。2点目は、光通信で用いられる光の波長は赤外域にあるが、黒リンのバンドギャップの大きさが丁度赤外域（約0.3電子ボルト）となるため、赤外レーザーへの応用はもとより、光通信デバイスへの応用が期待されていることである。このような観点から、古くから知られていた黒リンが最近になって特に応用の観点からも再び脚光を浴びている。本研究では、黒リンが赤外レーザーや光通信デバイスへの応用に実際に適した材料であるかどうかを知るために、光吸収により生じた伝導電子を直接観測し、「電子のたたき上げが生じるかどうか？」また「その持続時間はどの程度か？」について明らかにすることを目的とした。なお、通常の金属では照射した光は反射されてしまい、電子のたたき上げはなかなか起きず、起きたとしてもその持続は長くても数ピコ秒（ピコ秒=1兆分の1秒）程度であることが知られている。

従来の角度分解光電子分光（ARPES）は電子が占有された価電子帯のみをとらえる手法であるため、本研究で注目する伝導帯の観測には向いていない。そこで本研究では、光物性研究室と東京大学物性研究所極限コヒーレント光科学研究センターおよび兵庫県立大学物質理学研究科との共同研究で、良質な黒リン単結晶を対象にポンプ・プローブ法を利用した時間・角度分解光電子分光（TARPES）により、光吸収により伝導帯にたたき上げられた（励起された）電子とその超高速キャリアダイナミクスを詳細に調べた。黒リンは蜂の巣格子がひだ状に折り畳まれた層がb軸に沿った方向に積み重なった構造を持っている。TARPESによる実験結果は、c軸に沿った方向で観測された伝導帯は急峻な放物線型のバンド分散構造を示し

、a軸方向については分散関係が比較的平らになっていた。これは、伝導電子の有効質量に大きな違いがあることを示しており、解析の結果、c軸方向の有効質量はa軸方向に沿った方向に比べ10分の1以下になっていることがわかった。光吸収により伝導帯に励起された電子のダイナミクスをc軸に沿った方向で調べた結果、時間の経過にともない次第に伝導帯の底に電子が移動している様子が観測された。光励起後、約30ピコ秒経過するとほぼ伝導帯の底に電子が蓄積するが、その状態が400ピコ以上持続していた。この結果は、通常の金属では照射した光によりたたき上げられた電子の持続時間が数ピコ秒であることを考えると非常に長い時間であることがわかる。

本研究から、光パルス照射で価電子帯の電子が伝導帯にたたき上げられ、それが長時間持続することが明らかとなった。強い光で励起した場合には、それ以上吸収が起こらず、逆に光を透過させるという「可飽和光吸収」という非線形現象が起こりやすくなるため、レーザーの短パルス化や、高速光通信を可能にする光スイッチへの応用が期待される。また、黒リンは層の数が減少するにつれ、バンドギャップが可視領域まで大きくなることが知られていることから、黒リンを用いて広い波長範囲をカバーするレーザーや光通信の応用へも大いに期待が高まる。また本研究は、基礎的な観点からも大きな意味を持つ。光吸収により生まれた伝導電子とその抜け穴に相当する正孔（ホール）とが結合して一つの粒子として振る舞う励起子が知られているが、黒リンのような異方的な伝導電子を持つ物質では、その励起子が特殊な条件下でボーズ・アインシュタイン凝縮を起こしマクロな波動関数を形成する現象も見られることが期待される。

本研究成果は、英国Nature Publishing Groupのオンライン科学雑誌Scientific Reportsに掲載され、広島大学よりプレス発表を行い、日本経済新聞（2018年6月13日）、中国新聞（2018年6月15日27面）等で紹介された。

### (3) トポロジカル絶縁体Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>における光エイジングと表面光起電力効果

上述のようにトポロジカル絶縁体は結晶内部が絶縁体で、その表面に質量ゼロの金属的なディラック表面状態が存在する。またその表面電子は強いスピン軌道相互作用によりスピンと運動量が垂直に固定されるスピントクスチャーをフェルミ面で形成するため、非磁性不純物に対して後方散乱が大幅に抑制される。このような特徴から、トポロジカル絶縁体の表面や界面を用いた高移動度スピン輸送デバイスの開発が期待されている。最近、トポロジカル絶縁体に光を入射することで生じる表面光起電力（SPV）効果を利用すると、スピン偏極した光電流を取り出すことができるという提案がなされた[Y. Ishida, et al., Sci. Rep. 5, 8160 (2013)]。このSPV効果は、表面とバルクのキャリア密度の違いによって生じるバンドベンディングが光の照射によって緩和することで起こる。その結果、光の照射により表面電圧が太陽電池のように変化し、トポロジカル絶縁体表面においてスピン偏極した光電流が流れる。また、バンドベンディングを大きくすることは、SPV効果によって発生する電圧を大きくすることと同義あり、次世代デバイスを開発する上で重要である。

そこで、光物性研究室を主体とした東京大学物性研究所極限コヒーレント光科学研究センターとノヴォシビルスク半導体研究所（ロシア）との国際共同研究チームは、時間角度分解光電子分光を用いてトポロジカル絶縁体であるp-type Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>を用いてバンドベンディングをさらに大きくする手段を発見した。実験には直線偏光したポンプ光（1.48 eV）とプローブ光（5.92 eV）、繰り返し数が250 kHzであるチタン-サファイアレーザーシステムを用いた[Y. Ishida et al., Rev. Sci. Instrum. 85, 123904 (2014)]。その結果、強力赤外光照射後は照射前の

ときに比べ、バンド分散がエネルギーの低い方へシフトした。このシフトは光エイジング効果によるものであり、さらに時間分解測定をするとSPVシフトが存在し、そのシフト量は照射前に比べ大きくなっていることが分かった。本研究成果は米国物理学協会の学術雑誌Appl. Phys. Lett.に掲載された。

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

近年、 $\text{Sb}_2\text{Te}_3$  をベースとしたトポロジカル絶縁体薄膜に少量のCrあるいはVを添加した磁性トポロジカル絶縁体において量子異常ホール効果 (QAHE) が観測された[C. Z. Chang et al., Science **340**, 167 (2013)] [C. Z. Chang et al., Nat. Mater. **14**, 473 (2015)] [M. Mogi et al., Appl. Phys. Lett. **107**, 182401 (2015)]。特に、Vを添加した系は、Cr添加の系に比べて高いキュリー温度・大きな保磁力を示す硬磁性材料であることから、超低消費電力デバイス開発に向けた有力候補物質として大きな注目を集めている。一方、QAHEの観測温度が30 mK-2 Kと極低温に限られており、応用上高いキュリー温度を有し、大きな表面ギャップを持つ系の開発が必要となる。そのためには、現存の系における磁性発現機構を電子状態の立場から理解することが必要となる。

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

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

#### (5) $\eta\text{-Mo}_4\text{O}_{11}$ の異方的バンド構造の観測

$\eta\text{-Mo}_4\text{O}_{11}$  は $\text{MoO}_6$ 八面体からなる伝導層と $\text{MoO}_4$ 四面体からなる絶縁層が交互に積層した擬二次元構造を持つ物質である。すべての八面体と四面体は頂点共有によって結合しており、八面体層内では $b, b \pm c$  軸方向に伝導鎖が延びている。この物質の特徴として、109 Kと30 Kの二段階にわたる電荷密度波 (CDW) 転移が挙げられる。さらに、一段階目の転移後には $b$  軸方向の電気抵抗が金属的、 $c$  軸方向では半導体的になるという抵抗異方性が顕著に表れる。

この転移後に生じる電気抵抗異方性のメカニズムを解明するために、光物性研究室では構造物性研究室、日本大学理工学部、大阪大学産業科学研究所との共同研究として、放射光を用いた角度分解光電子分光 (ARPES) を広島大学放射光科学研究センターのBL-7にて実験を行った。温度150 KでARPES測定を行ったところ、 $b$  軸と $c$  軸の両方向について3本のバンドが観測されたが、その中の1本のバンドに強い異方性があることがわかった。またこの結果と理

論計算を比較することにより、各バンドの軌道成分を決定し、異方性のあるバンドはMo  $d_{xy}$  軌道由来であることが明らかとなった。さらに、 $b$ 軸方向でのみMo  $d_{xy}$  軌道と再隣接酸素の $p_y$  軌道が強く混成することで、転移後の電気抵抗異方性が生じていることが示唆された。

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

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

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

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

(7) 軟 X 線磁気円二色性による Co/h-BN/Ni (111) の層間磁気結合の研究

トンネル磁気抵抗(TMR)効果を利用したTMR素子は、スピントロニクスデバイスとして盛んに研究が行われている。単層の六方晶窒化硼素(h-BN)は、安定なハニカム構造をもつ絶縁性層状物質であり、磁気トンネル接合(MTJ)の絶縁層として欠陥や不純物の少ない理想的なバリア層を提供すると期待される。理論によると、単層のh-BNをバリア層に用いて強磁性(FM)層で挟んだMTJについて、最大150%の磁気抵抗(MR)比の実現が期待されているが、実験では理論で予測されるようなMR比は得られていない。MR比はJulliereの式から FM/h-BN/FM界面のFM層のスピン偏極度に依存するため、FM/h-BN/FM界面の磁気状態がMR比に直結する。しかしながら、その磁気状態は未だに解明されていない。そこで本研究では、軟X線磁気円二色性(XMCD)分光を用いて、Co/h-BN/Ni(111)の界面の磁気状態を広島大学放射光科学研究センターHiSOR BL-14で元素選択的に調べた。まず、清浄化したNi(111)基板上に単層のh-BN膜を成長させ、超高真空中でCoを室温蒸着した後、大気にさらすことなくその場測定を行った。その結果Co膜厚が6 ML以下のとき、Coの磁気モーメントは外部磁場及びNiの磁気モーメントに対して反平行に配列していることがわかった。Co膜厚を増加させていくと、外部磁場に平行にCoスピンを配列させて自由エネルギーを低下させるCo層の体積全体の効果が顕著になり、反強磁性的に結合したCoの磁気モーメントは見かけ上減少していく。このことは、CoとNi層間の反強磁性結合がh-BN膜界面で起こっていることを示す。さらに、外部磁場に対するCo磁気モーメントの膜厚依存性を解析することにより、界面に発生したCoとNi層間の反

強磁性的な結合エネルギー(JAF)を定量的に評価した。その結果、h-BN膜界面に接したCoにおいて、1サイトあたりのJAFは約200  $\mu\text{eV}/\text{atom}$ であることが明らかになった。一方、h-BNの $\pi$ 軌道とNiの3d軌道の軌道混成が重要であることが示唆されており、それに基づいたモデル計算によりJAFを評価したところ、実験値をよく説明した。以上により、h-BN膜界面におけるCoとNiの反強磁性結合は、h-BN膜を介した超交換相互作用によるものだと考えられる。

#### (8) 超高分解能角度分解光電子顕微分光装置 ( $\mu$ -ARPES) の開発と局所バンド構造の観測

角度分解光電子分光は、波数空間における電子構造を観測するのに最適な測定手段だが、実空間を分解できないのが弱点であった。本研究室では、紫外線レーザーを径数 $\mu\text{m}$ のスポットに集光することで、超高分解能角度分解光電子顕微分光装置 ( $\mu$ -ARPES) の開発を進めている。平成28年度は、鉄系超伝導物質 FeSe について、 $\mu$ -ARPESにより試料不均一性を排除した局所バンド分散の観測を行い、電子液晶転移に伴うバンドのシフトを決定した。そして、鉄系の多秩序が絡む相図において、電子の軌道成分が大きな役割を果たしていることを示した。

#### (9) 新奇超伝導物質の電子構造の研究

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

#### (10) $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ のバルク電子状態における繰り込み効果

ルテニウム酸化物超伝導体 $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ は、異方的超伝導を示すと考えられているが、その発現機構は未解明であり、精力的に電子状態の研究が進められている。これまで岩澤らは、真空紫外領域の角度分解光電子分光(VUV-ARPES)を用いた $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ のバルク電子状態の研究を進め、銅酸化物超伝導体で広く観測されてきた「高エネルギーバンド分散の異常(HEA: High-Energy Anomaly)」を $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ においても発見し、電子-電子相互作用を考慮した自己エネルギーからHEAを含めた大域的なバンド形状を説明してきた。一方で、近年、近藤らは、 $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ の表面電子状態においてフント結合に由来するバンドの繰り込みを観測しており、フント金属状態による電子相関効果の増強が示唆されている。そこで本研究では、バルク電子状態におけるフント結合の寄与を解明することを目的として、SPring-8 BL25SUにおいて軟X線ARPES実験を行った。その結果、Ru  $4d_{xy}$ 軌道由来の $\square$ バンドに着目すると、バンドの底と見られる構造が、VUV-ARPESの結果と同程度の3 eV付近に存在するだけでなく、0.54 eV付近に

も存在することがわかった。

#### (11) 高分解能 ARPES を用いた銅酸化物高温超伝導体の自己エネルギー解析

銅酸化物高温超伝導体は発見されて以来、様々な研究が行われて来たが、超伝導の発現機構について未だ解明に至っていない。それを解明するためには、クーパ対の形成を促す相互作用を明らかにすることが重要である。そのため、固体内部の電子状態を直接観測できる角度分解光電子分光(ARPES)を用いた研究が広く行われている。

本研究では、銅酸化物超伝導体の一つであるLa<sub>2-x</sub>Sr<sub>x</sub>CuO<sub>4</sub>(LSCO)に注目した。この物質はBi<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>CaCu<sub>2</sub>O<sub>8</sub>系と比較してへきかいが困難だったが、近年になり明瞭なARPESスペクトルが観測可能となり、フェルミ準位近傍の電子の散乱確率が、エネルギー・波数に依存して、フェルミ液体的振る舞いから逸脱することかが報告された。しかし、電子・電子相互作用のみを考慮した解析を基にしており、電子・格子相互作用をはじめとしたその他の相互作用を含めた考察が必要である。そこで本研究では、LSCOにおける多体相互作用の働きを明らかにすることを目的として、高分解能ARPESを用いた自己エネルギー解析を行った。最適ドーブLSCO(x = 0.15)のノード方向のARPESイメージ運動量分散曲線を解析しバンド分散を導いた。Tight-binding modelによるバンド分散を、多体相互作用を含まないベアバンドと仮定すると、フェルミ準位近傍の低エネルギー側では有効質量が若干増大し、一方、高エネルギー側では反対の傾向を示すことがわかった。これらの振る舞いは、2つのバンド分散の交点(~0.3 eV)により特徴付けられ、反強磁性のスピンの揺らぎエネルギースケールとよく対応している。このことから、反強磁性のスピンの揺らぎが、フェルミ準位近傍のバンドの繰り込み において重要な役割を果たしていると考えられる。

#### 原著論文

- [1] T. Xu, M. Wang, H. L. Zhu, W. J. Liu, T. C. Niu, A. Li, B. Gao, Y. Ishida, S. Shin, A. Kimura, M. Ye and S. Qiao, “Magnetic impurity mediated ultra-fast electron dynamics in the carrier-density-tuned topological insulator V<sub>0.04</sub>(BixSb<sub>1-x</sub>)<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>,” Phys. Rev. B 99, 094308/ 1-6 (2019).
- [2] © A. M. Shikin, D. A. Estyunin, Yu. I. Surnin, A. V. Koroleva, E. V. Shevchenko, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, S. Kumar, E. F. Schvier, K. Shimada, T. Yoshikawa, Y. Saitoh, Y. Takeda and A. Kimura, “Dirac gap opening and Dirac-fermion-mediated magnetic coupling in antiferromagnetic Gd-doped topological insulators and their manipulation by synchrotron radiation,” Sci. Rep. 9, 4813/ 1-17 (2019).
- [3] K. Sumida, Y. Ishida, T. Yoshikawa, J. Chen, M. Nurmamat, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, S. Shin and A. Kimura, “Inverted Dirac-electron population in a thermally activated topological insulator,” Phys. Rev. B 99, 085302/ 1-6 (2019).
- [4] © K. Sumida, T. Natsumeda, K. Shirai, K. Kuroda, S. Zhu, K. Taguchi, K. Miyamoto, M. Arita, J. Fujii, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, E. V. Chulkov, T. Okuda and A. Kimura, “Enhanced surface state protection and band gap of PbBi<sub>4</sub>Te<sub>4</sub>S<sub>3</sub>,” Phys. Rev. Mater. 2, 104201/ 1-8 (2018).
- [5] J. Reimann, S. Schlauderer, C. P. Schmid, F. Langer, S. Baierl, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, A. Kimura, C. Lange, J. Gdde, U. Höfer and R. Huber “Subcycle observation of lightwave-driven Dirac currents in a topological surface band,” Nature 562, 396–400 (2018).
- [6] Munisa Nurmamat, Ryohei Yori, Yukiaki Ishida, Kazuki Sumida, Siyuan Zhu, Masashi Nakatake,

Yoshifumi Ueda, Masaki Taniguchi, Shik Shin, Yuichi Akahama and Akio Kimura, “Prolonged photo-carriers generated in a massive-and-anisotropic Dirac material,” *Sci. Rep.* 8, 9073/ 1-7 (2018). 広島大学よりプレス発表, 日本経済新聞 (2018年6月13日), 中国新聞 (2018年6月15日27面) 等で記事掲載。

- [7] A. M. Shikin, A. A. Rybkina, D. A. Estyunin, D. M. Sostina, V. Yu. Voroshnin, I. I. Klimovskikh, A. G. Rybkin, Yu. A. Surnin, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, L. Petaccia, G. Di Santo, P. N. Skirdkov, K. A. Zvezdin, A. K. Zvezdin, A. Kimura, E. V. Chulkov and E. E. Krasovskii, “Signatures of in-plane and out-of-plane magnetization generated by synchrotron radiation in magnetically doped and pristine topological insulators,” *Phys. Rev. B* 97, 245407/ 1-15 (2018).
- [8] Ryota Akiyama, Kazuki Sumida, Satoru Ichinokura, Akio Kimura, Konstantin A. Kokh, Oleg E. Tereshchenko, and Shuji Hasegawa, “Shubnikov–de Haas oscillations in p and n-type topological insulator (BixSb1-x)2Te3,” *J. Phys. Condens. Matter* 30, 265001/ 1-8 (2018).
- [9] © E. Annese, T. Okuda, E. F. Schwier, H. Iwasawa, K. Shimada, M. Natamane, M. Taniguchi, I. P. Rusinov, S. V. Eremeev, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, E. V. Chulkov and A. Kimura, “Electronic and spin structure of the wide-band-gap topological insulator: Nearly stoichiometric Bi2Te2S,” *Phys. Rev. B* 97, 205113/ 1-6 (2018).
- [10] Tomoki Yoshikawa, Yukiaki Ishida, Kazuki Sumida, Jiahua Chen, Konstantin A. Kokh, Oleg E. Tereshchenko, Shik Shin and Akio Kimura, “Enhanced photovoltage on the surface of topological insulator by optical aging,” *Appl. Phys. Lett.* 112, 192104/ 1-4 (2018).
- [11] A. M. Shikin, A. A. Rybkina, D. A. Estyunin, D. M. Sostina, I. I. Klimovskikh, V. Yu. Voroshnin, A. G. Rybkin, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, L. Petaccia, G. Di Santo, A. Kimura, P. N. Skirdkov, K. A. Zvezdin, A. K. Zvezdin, “Dirac cone intensity asymmetry and surface magnetic field in V-doped and pristine topological insulators generated by synchrotron and laser radiation,” *Sci. Rep.* 8, 6544/ 1-9 (2018).
- [12] Ryo Noguchi, T. Takahashi, K. Kuroda, M. Ochi, T. Shirasawa, M. Sakano, C. Bareille1, M. Nakayama, M. D. Watson, K. Yaji, A. Harasawa, H. Iwasawa, P. Dudin, T. K. Kim, M. Hoesch, V. Kandyba, A. Giampietri, A. Barinov, S. Shin, R. Arita, T. Sasagawa, Takeshi Kondo, “A weak topological insulator state in quasi-one-dimensional bismuth iodide,” *Nature* 566, 518–522 (2019).
- [13] Daichi Takane, Zhiwei Wang, Seigo Souma, Kosuke Nakayama, Takechika Nakamura, Hikaru Oinuma, Yuki Nakata, Hideaki Iwasawa, Cephise Cacho, Timur Kim, Koji Horiba, Hiroshi Kumigashira, Takashi Takahashi, Yoichi Ando, Takafumi Sato, “Observation of Chiral Fermions with a Large Topological Charge and Associated Fermi-Arc Surface States in CoSi,” *Phys. Rev. Lett.* 122, 076402/ 1-6 (2019).
- [14] ©Hideaki Iwasawa, Hitoshi Takita, Kazuki Goto, Wumiti Mansuer, Takeo Miyashita, Eike F. Schwier, Akihiro Ino, Kenya Shimada, Yoshihiro Aiura, “Accurate and efficient data acquisition methods for high-resolution angle-resolved photoemission microscopy,” *Sci. Rep.* 8, 17431/ 1-9 (2018). 広島大学よりプレス発表。
- [15] Takafumi Sato, Zhiwei Wang, Kosuke Nakayama, Seigo Souma, Daichi Takane, Yuki Nakata, Hideaki Iwasawa, Cephise Cacho, Timur Kim, Takashi Takahashi, and Yoichi Ando, “Observation of band crossings protected by nonsymmorphic symmetry in the layered ternary telluride Ta3SiTe6,” *Phys. Rev. B* 98, 121111(R)/ 1-6 (2018).
- [16] Hideaki Iwasawa, Niels B. M. Schröter, Takahiko Masui, Setsuko Tajima, Timur K. Kim, and

Moritz Hoesch, “Surface termination and electronic reconstruction in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ,” *Phys. Rev. B* 98, 081112(R)/ 1-6 (2018).

#### 国際会議

(招待講演)

- [1] A. Kimura, “Electronic and magnetic properties of  $\text{MnNiFeSn}$  Heusler alloy studied by hard X-ray photoelectron spectroscopy and X-ray magnetic circular dichroism” Seminar at University of the Basque Country (2019.2.20, University of the Basque Country, Bilbao, Spain).
- [2] A. Kimura, “Toward a creation of axion insulators,” International workshop “Variety and universality of bulk-edge correspondence in topological phases: From solid state physics to transdisciplinary concepts” (BEC2018X) (2018.12.9-13, University of Tsukuba Tokyo Campus, Myogadani, Tokyo).
- [3] A. Kimura, “Magnetic Topological Insulators,” Seminar at Philipps-Universität Marburg (2018.7.20, Philipps-Universität Marburg, Marburg).
- [4] A. Kimura, “Exchange interaction in magnetically doped topological insulators,” From Solid State to Biophysics IX (2018.6.16-23, Hotel Croatia, Cavtat-Dubrovnik).
- [5] A. Kimura, “Photo-induced Dirac surface states of topological insulators,” Third workshop “Variety and universality of bulk-edge correspondence in topological phases: From solid state physics to transdisciplinary concepts” (2018.5.19-20, Tsukuba University).
- [6] H. Iwasawa, “Andreev bound states in cuprate superconductors studied by ARPES,” International workshop “Variety and universality of bulk-edge correspondence in topological phases: From solid state physics to transdisciplinary concepts” (BEC2018X) (2018.12.9-13, University of Tsukuba Tokyo Campus, Myogadani, Tokyo).
- [7] Hideaki Iwasawa, “ARPES study on High-Tc Cuprate Superconductor,” 2018 Japan-Korea Student workshop (Hiroshima University - Pusan National University) (2018.11.15-16, University House, Hiroshima University).

(一般講演)

- [1] Tomoki Yoshikawa, Kazuki Sumida, Yukiaki Ishida, Jiahua Chen, Munisa Nurmamat, Konstantin A. Kokh, Oleg E. Tereshchenko, Shik Shin, Akio Kimura, “A bi-directional photovoltaic shift on the surface of topological insulators,” The Second International Workshop Emergent Condensed-Matter Physics (ECMP2019) (2019.3.18-20, Higashi-Hiroshima Arts & Culture Hall “Kurara”, Higashi-hiroshima, Japan). \*Best Student Poster Award
- [2] ©Takeo Miyashita, Wumiti Mansuer, Hitoshi Takita, Takuya Kubo, Satoshi Ishizaka, Hideaki Iwasawa, Eike F Schwier, Kenya Shimada, Masashi Arita, Yoshinori Numata, Tatsuro Uto, Azusa Matsuda, Akihiro Ino, “Co-substitution effect on electronic structure of high-Tc cuprate superconductor,  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}(\text{Cu}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{O}_8$ ,” The Second International Workshop Emergent Condensed-Matter Physics (ECMP2019) (2019.3.18-20, Higashi-Hiroshima Arts & Culture Hall “Kurara”, Higashi-hiroshima, Japan). \*Best Student Poster Award
- [3] ©S. Ozawa, H. Iwasawa, H. Oda, T. Yoshikawa, A. Kimura, T. Muro, Y. Yoshida, I. Hase, Y. Aiura, W. Yamamoto, E. F. Schwier, K. Shimada, “Large energy-scale band renormalization in  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ ,” The Second International Workshop Emergent Condensed-Matter Physics

- (ECMP2019) (2019.3.18-20, Higashi-Hiroshima Arts & Culture Hall “Kurara”, Higashi-hiroshima, Japan).
- [4] ©H. Oda, H. Iwasawa, T. Miyashita, S. Ozawa, A. Kimura, R. Yano, S. Kashiwaya, W. Yamamoto, E. F. Schwier, K. Shimada, “High-resolution ARPES study of  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ,” The Second International Workshop Emergent Condensed-Matter Physics (ECMP2019) (2019.3.18-20, Higashi-Hiroshima Arts & Culture Hall “Kurara”, Higashi-hiroshima, Japan).
- [5] ©N. Ichikawa, Y. Ohashi, T. Mayumi, M. Sawada, A. Kimura, “Antiferromagnetic coupling at the interface of Co/h-BN/Ni (111) studied by soft X-ray magnetic circular dichroism,” The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (2019.3.7-8, Higashi-hiroshima, Japan).
- [6] ©K. Sumida, T. Natsumeda, K. Miyamoto, I. V. Silkin, K. Kuroda, K. Shirai, S. Zhu, K. Taguchi, M. Arita, J. Fujii, A. Varykhalov, O. Rader, V. A. Golyashov, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, E. V. Chulkov, T. Okuda and A. Kimura, “Enhanced Surface State Protection and Band Gap in the Topological Insulator  $\text{PbBi}_4\text{Te}_4\text{S}_3$ ” The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (2019.3.7-8, Higashi-hiroshima, Japan).
- [7] ©T. Matsuda, K. Miyamoto, A. Kimura, T. Okuda, “Design of Multi-channel spin detector at HiSOR,” The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (2019.3.7-8, Higashi-hiroshima, Japan).
- [8] ©S. Ozawa, H. Iwasawa, H. Oda, T. Yoshikawa, A. Kimura, T. Muro, Y. Yoshida, I. Hase, Y. Aiura, W. Yamamoto, E. F. Schwier, K. Shimada, “Large energy-scale band renormalization in  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ ,” The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (2019.3.7-8, Higashi-hiroshima, Japan). \*Best Student Poster Award
- [9] ©H. Oda, H. Iwasawa, T. Miyashita, S. Ozawa, A. Kimura, R. Yano, S. Kashiwaya, W. Yamamoto, E. F. Schwier, K. Shimada, “High-resolution ARPES study of  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ,” The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (2019.3.7-8, Higashi-hiroshima, Japan).
- [10] Tomoki Yoshikawa, Kazuki Sumida, Yukiaki Ishida, Jiahua Chen, Munisa Nurmamat, Konstantin A. Kokh, Oleg E. Tereshchenko, Shik Shin, Akio Kimura, “A bi-directional photovoltaic shift on the surface of topological insulators,” APS March Meeting 2019 (2019.3.4-8, Boston Convention and Exhibition Center, Boston, MA, USA).
- [11] Munisa Nurmamat, Yukiaki Ishida, Ryohei Yori, Kazuki Sumida, Siyuan Zhu, Masashi Nakatake, Yoshifumi Ueda, Masaki Taniguchi, Shik Shin, Yuichi Akahama, Akio Kimura, “Prolonged photo-carriers generated in Black Phosphorus,” APS March Meeting 2019 (2019.3.4-8, Boston Convention and Exhibition Center, Boston, MA, USA).
- [12] ©Xiaoxiao Wang, Jiahua Chen, Mingtian Zheng, Shilong Wu, Kazuki Sumida, Tomoki Yoshikawa, Tatiana Menshchikova, Igor Rusinovip, Eike F Schwier, Koji Miyamoto, Munisa Nurmamat, Taichi Okuda, Kenya Shimada, Mario Novak, Evgueni Chulkov, Akio Kimura, “Disentangling orbital and spin characteristics of surface-derived states in Dirac nodal line semimetals,” APS March Meeting 2019 (2019.3.4-8, Boston Convention and Exhibition Center, Boston, MA, USA).
- [13] ©Takeo Miyashita, Wumiti Mansuer, Hitoshi Takita, Takuya Kubo, Satoshi Ishizaka, Hideaki Iwasawa, Eike F Schwier, Kenya Shimada, Masashi Arita, Yoshinori Numata, Tatsuuro Uto, Azusa

- Matsuda, Akihiro Ino, “Co-substitution effect on electronic structure of high-Tc cuprate superconductor,  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}(\text{Cu}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{O}_8$ ,” APS March Meeting 2019 (2019.3.4-8, Boston Convention and Exhibition Center, Boston, MA, USA).
- [14] Hideaki Iwasawa, Niels Schröter, Takahiko Masui, Setsuko Tajima, Timur Kim, Moritz Hoesch, “Micro-ARPES study on the cuprate superconductor YBCO,” APS March Meeting 2019 (2019.3.4-8, Boston Convention and Exhibition Center, Boston, MA, USA).
- [15] ©Munisa Nurmamat, K. Okamoto, S. Y. Zhu, T. V. Menshchikova, I. P. Rusinov, Y. Ishida, K. Miyamoto, T. Okuda, T. Miyashita, X. X. Wang, K. Sumida, E. F. Schwier, M. Ye, Z. S. Aliev, M. B. Babanly, I. R. Amiraslanov, E. V. Chulkov, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, S. Shin and Akio Kimura, “Topologically non-trivial phase change compound  $\text{GeSb}_2\text{Te}_4$ ,” International workshop on “Variety and universality of bulk-edge correspondence in topological phases: From solid state physics to transdisciplinary concepts” (BEC2018X) (2018.12.9-13, University of Tsukuba Tokyo Campus, Myogadani, Tokyo).
- [16] ©X. X. Wang, J. H. Chen, M. T. Zheng, T. V. Menshchikova, I. P. Rusinov, E. F. Schwier, F. Orbanić, S.L. Wu, K. Sumida, T. Yoshikawa, K. Miyamoto, M. Nurmamat, T. Okuda, K. Shimada, M. Novak, E. V. Chulkov, A. Kimura, “Spin- and angle-resolved ARPES study on the spin and orbit texture characteristics of the surface-derived states in Dirac nodal line semimetal,” International workshop on “Variety and universality of bulk-edge correspondence in topological phases: From solid state physics to transdisciplinary concepts” (BEC2018X) (2018.12.9-13, University of Tsukuba Tokyo Campus, Myogadani, Tokyo).
- [17] Tomoki Yoshikawa, Kazuki Sumida, Yukiaki Ishida, Jiahua Chen, Munisa Nurmamat, Konstantin A. Kokh, Oleg E. Tereshchenko, Shik Shin, Akio Kimura, “Enhanced photovoltage on the surface of topological insulator via optical aging,” International workshop on “Variety and universality of bulk-edge correspondence in topological phases: From solid state physics to transdisciplinary concepts” (BEC2018X) (2018.12.9-13, University of Tsukuba Tokyo Campus, Myogadani, Tokyo).
- [18] Tomoki Yoshikawa, Kazuki Sumida, Yukiaki Ishida, Jiahua Chen, Munisa Nurmamat, Konstantin A. Kokh, Oleg E. Tereshchenko, Shik Shin, Akio Kimura, “A bi-directional surface photovoltaic shift on a topological insulator,” International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) (2018.10.4-6, Hiroshima University, Higashi-hiroshima, Japan).
- [19] Munisa Nurmamat, Yukiaki Ishida, Ryohei Yori, Kazuki Sumida, Siyuan Zhu, Masashi Nakatake, Yoshifumi Ueda, Masaki Taniguchi, Shik Shin, Yuichi Akahama, Akio Kimura, “Prolonged photocarriers generated in Black phosphorus,” International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) (2018.10.4-6, Hiroshima University, Higashi-hiroshima, Japan).
- [20] ©Norikazu Ichikawa, Yuka Ohashi, Masahiro Sawada, Akio Kimura, “Antiferromagnetic Interlayer Coupling of Co/h-BN/Ni(111) Studied by Soft X-ray Magnetic Circular Dichroism,” International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) (2018.10.4-6, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima, Japan).
- [21] Hideaki Iwasawa, Niels B. M. Schröter, Takahiko Masui, Setsuko Tajima, Timur K. Kim, and Moritz Hoesch, “Surface termination and electronic reconstruction in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  revealed by

micro-ARPES,” International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) (2018.10.4-6, Hiroshima University, Higashi-hiroshima, Japan).

- [22] K. Sumida, Y. Ishida, T. Yoshikawa, J. Chen, M. Nurmamat, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, S. Shin and A. Kimura, “Ultrafast carrier dynamics and transient population inversion of the topological insulators (Sb,Bi)<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>.” New Trends in Topological Insulators 2018 (NTTI2018) (2018.7.16-19, University of Luxembourg on Limpertsberg Campus, Luxembourg).
- [23] H. Ito, Y. Otaki, Y. Tomohiro, Y. Ishida, R. Akiyama, A. Kimura, S. Shin, S. Kuroda, “Observation of the unoccupied state of SnTe by laser-excited angle resolved photoemission spectroscopy,” New Trends in Topological Insulators 2018 (NTTI2018) (2018.7.16-19, University of Luxembourg on Limpertsberg Campus, Luxembourg).
- [24] Tomoki Yoshikawa, K. Sumida, Y. Ishida, J. Chen, M. Nurmamat, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, S. Shin and A. Kimura, “A surface photovoltage on a topological insulator,” Third workshop “Variety and universality of bulk-edge correspondence in topological phases: From solid state physics to transdisciplinary concepts” (2018.5.19-20 May, Tsukuba University).

#### 国内学会

(招待講演)

- [1] 木村昭夫 「次世代軟 X 線放射光で拓く磁性・スピントロニクス材料研究」QST 放射光科学シンポジウム 2019 (文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業微細構造解析プラットフォーム放射光利用技術セミナー) (2019 年 3 月 1 日, SPring-8 放射光普及棟大講堂, 兵庫県佐用郡)
- [2] 木村昭夫 「磁性元素ドーピングされたトポロジカル絶縁体の強磁性電子状態」日本物理学会 2018 年秋季大会 (2018 年 9 月 9-12 日, 同志社大学京田辺キャンパス, 京田辺市)
- [3] 岩澤英明 「Diamond における最先端 ARPES : 計測技術と高効率化」第 10 回放射光学会若手研究会, 「放射光科学×インフォマティクス」(2018 年 9 月 3-4 日, 東京大学本郷キャンパス)
- [4] 岩澤英明 「最先端放射光 ARPES の現状と展望」第 10 回 QST セミナー (2018 年 10 月 18 日, SPring-8 放射光物性研究棟)

(一般講演)

- [1] 伊藤寛史, 大滝祐輔, 友弘雄太, 石田行章, 秋山了太, 木村昭夫, 辛 埴, 黒田眞司「トポロジカル結晶絶縁体 (Pb,Sn)Te (111)薄膜のレーザー励起 ARPES 測定による非占有状態の観測と超高速キャリアダイナミクス」日本物理学会第 74 回年次大会 (2019 年 3 月 14-17 日, 九州大学・伊都キャンパス, 福岡市)
- [2] ©小澤秀介, 岩澤英明, 尾田拓之慎, 吉川智己, 木村昭夫, 室隆桂之, 吉田良行, 長谷泉, 相浦義弘「軟 X 線 ARPES による Sr<sub>2</sub>RuO<sub>4</sub> の電子状態」日本物理学会第 74 回年次大会 (2019 年 3 月 14-17 日, 九州大学・伊都キャンパス, 福岡市)
- [3] ©松田旭央, 宮本幸治, 木村昭夫, 奥田太一 「マルチチャンネルスピン検出器の開発(1)」日本物理学会第 74 回年次大会 (2019 年 3 月 14-17 日, 九州大学・伊都キャンパス, 福岡市)
- [4] 吉川智己, 石田行章, 角田一樹, 陳 家華, K. Kokh, O. Tereshchenko, 辛 埴, 木村昭夫 「トポロジカル絶縁体における光エイジング効果と表面光起電力シフト」日本物理学会

2018 年秋季大会 (2018 年 9 月 9-12 日, 同志社大学京田辺キャンパス, 京田辺市)

- [5] 伊藤寛史, 大滝祐輔, 石田行章, 秋山了太, 木村昭夫, 辛 埴, 黒田眞司「トポロジカル結晶絶縁体 SnTe 薄膜の表面バンド分散と超高速キャリアダイナミクス」日本物理学会 2018 年秋季大会 (2018 年 9 月 9-12 日, 同志社大学京田辺キャンパス, 京田辺市)
- [6] 岩澤英明, Niels B. M. Schröter, 増井孝彦, 田島節子, Timur K. Kim, Moritz Hoesch「YBCO の電子状態の終端面依存性と表面再構成」日本物理学会 2018 年秋季大会 (2018 年 9 月 9-12 日, 同志社大学京田辺キャンパス, 京田辺市)
- [7] 岩澤英明, 田北仁志, 後藤一希, Wumiti Mansuer, 宮下剛夫, E. F. Schwier, 井野明洋, 島田賢也, 相浦義弘「顕微 ARPES における精密・効率的な測定手法の開発」第 32 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (2019 年 1 月 9-11 日, 福岡国際会議場, 福岡市) .

#### 学生の学会発表実績

(国際会議)

- 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 9 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 18 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

(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 3 件
- 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 0 件

#### セミナー・講演会開催実績

○ 学会開催

- [1] ◎ 木村昭夫, 鬼丸孝博: The Second International Workshop Emergent Condensed-Matter Physics 2019 (ECMP2019) (2019.3.18-20, Higashi-Hiroshima Arts & Culture Hall “Kurara”, Higashi-hiroshima, Japan) 広島大学・創発的物性物理研究拠点が主催

#### 社会活動・学外委員

○ 学協会委員

- [1] 木村昭夫: Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena (Elsevier 社), Editorial Board Member
- [2] 木村昭夫: 日本放射光学会評議委員会・委員 (2018 年 10 月-2020 年 9 月)
- [3] 木村昭夫: 日本表面科学会・国際事業委員会・委員
- [4] 木村昭夫: SPring-8 ユーザー共同体 行事幹事
- [5] 木村昭夫: SPring-8 シンポジウム 2018 組織委員会・委員
- [6] 木村昭夫: SPring-8 シンポジウム 2018 プログラム委員会・委員
- [7] 木村昭夫: SPring-8 シンポジウム 2018 実行委員会・委員
- [8] 木村昭夫: 第 32 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム 組織委員会・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：東京大学アウトステーション・物質科学ビームライン BL07LSU 課題審査委員
  - [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：広島大学放射光科学研究センター運営委員会・委員
  - [5] 木村昭夫：広島大学放射光科学研究センター協議会・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
  - [2] 木村昭夫：国際会議開催件数               1 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」, 10,000 千円 (2018 年度)
  - [2] 木村昭夫：科学研究費補助金 基盤研究 (B) (2018-2022 年度) (代表)「トポロジカル結晶絶縁体におけるトポロジカル状態の外場による変調とデバイス応用」, 500 千円 (2018 年度)
  - [3] 木村昭夫：科学研究費補助金 基盤研究 (S) (2017-2022 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」, 11,200 千円 (2018 年度)
  - [4] 木村昭夫：科学研究費補助金 基盤研究 (S) (2017-2022 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」, 4,400 千円 (2018 年度)
  - [5] 木村昭夫：広島大学創発的物性物理研究拠点 (2016-2019 年度) (代表), 5,000 千円 (2018 年度)

## ○分子光科学グループ

### 研究活動の概要

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

### ☆自己組織化有機単分子膜を利用した物性研究（和田，関谷）

表面分子系の中でも特に、分子間相互作用により表面上に分子が規則正しく配向して吸着する自己組織化有機単分子膜（SAM）に着目した研究を実施している。SAMは、末端官能基の特性を生かした機能性表面としての利用や、分子鎖の特性を生かした分子デバイスとしての利用など、工学、生物学、医学など様々な分野への応用が期待されている。2018年度では、芳香族SAMの単分子電荷移動ダイナミクスやSAM修飾表面へのカーボンナノチューブの選択的吸着、SAM被覆ナノ活性材料のための金ナノ粒子の作製・評価などの研究を行った。

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。分子-基板間の電荷移動度の評価法として、内殻共鳴励起によるコアホール・クロック（CHC）法がある。内殻電子を共鳴励起すると共鳴オーজে電子が観測されるが、励起電子が内殻正孔失活より速く金属基板に電荷移動するとノーマルオーজে電子が観測される。CHC法では、共鳴オーজেとノーマルオーजेの比率から、数フェムト秒の内殻寿命を基準として分子から基板への電荷移動速度を評価することができる。一方、内殻励起によるイオン脱離反応では、最表面に配向したSAMの末端官能基（メチルエステル基）で選択的イオン脱離が顕著に観測されるが、この反応も表面官能基から基板への電荷移動が深く関与していると考えられる。そこで異なる分子鎖を持つメチルエステル修飾SAMについて、脱離イオンのフラグメント収量比と、オーজে電子分光によって得られた電子移動速度との相関について調べた。本年度は特にフルオロ基付加による $\pi$ 電子系の部分的な分子内局在化に着目し、分子内電荷移動メカニズムの理解を目指した。末端メチルエステル基の反結合性軌道への内殻共鳴励起によりメチルイオン及びそのフラグメントが選択的に脱離するが、長い脂肪鎖を持つ絶縁性のSAMではメチルイオンの収量が最も多いのに対し、導電性の芳香族SAMでは断片化が激しく起こる。これら分子鎖に依存した脱離イオンの断片化の違いについては、結合解離直前での余剰エネルギーの分配を基にした動力学解析から議論した。また、ベンゼン環を分子鎖に持つ芳香族SAMについてオーজে電子分光測定を行い、電荷移動に伴う共鳴オーजे収量の減少を観測し、それぞれのSAMの電荷移動速度を見積もった。これらのことから選択的イオン脱離反応の断片化ダイナミクスと電荷移動速度との相関を確認することができ、軟X線放射光を用いた非接触な分子導電性評価手法の確立に向けて更に研究を展開している。本研究での脱離イオン計測を広島大学の放射光施設HiSORで実施するための、パルス電場式飛行時間型イオン質量分析装置の開発も併せて行った。

SAMは末端官能基の性質により表面物性が大きく異なることから、SAM修飾表面をナノ物質を選択的に吸着させるテンプレートとして利用することができる。一方、カーボンナノチューブは、構造によって半導体や金属の性質をもつほか、物質吸着性、機械的強靱性、高い熱伝導性など多様な機能を示す物質であり、表面上に自在に配列して吸着させることで様々な分野への応用が期待される。そこで末端官能基など性質の異なるSAMを用いて、これらの

表面上でのカーボンナノチューブの吸着状態の違いを調べることにより、SAMの性質がカーボンナノチューブとの相互作用に及ぼす効果についての知見を得た。

金ナノ粒子はもともと古くから研究されているナノ粒子であり、ナノ粒子の大きさや形状・表面の化学的特性や凝集状態を変化させることで粒子の光学的・電子的特性を調整することができる。特にその表面を官能基を有したSAMで修飾することによって、新たな機能を付加したナノ粒子やナノ構造体を容易に構成することができる。そのためには、従来の化学的な合成法とは異なる手法で、安定化剤で被覆されていないベアな金ナノ粒子を準備する必要がある。そこで、液中パルスレーザーアブレーション法による金ナノ粒子の合成と評価を試みた。パルスグリーンレーザーの照射により、直径10nm程度のベアな金ナノ粒子が合成できることが分かった。この金ナノ粒子に各種のチオールを付加させることで、有機被覆したナノ粒子やその巨大球状凝集体、ナノ粒子をワイヤー状に数珠繋ぎにしたナノ粒子ワイヤーの合成を容易にコントロールできることが分かった。

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

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

2018年度は、SACLAの集光X線パルスと光学フェムト秒レーザーを同期併用することによる、希ガス原子クラスターを対象としたナノプラズマ生成ダイナミクスの超高速ポンプローブ計測実験を国際共同研究で実施した。数千個のキセノン原子が弱いファンデルワールス力で凝集した原子クラスターを真空中に生成し、SACLAの集光X線パルスを照射することでナノメートルサイズの微小空間内に正・負電荷（キセノンイオンと電子）が混在するナノプラズマを生成させ、数百フェムト秒の時間スケールでプラズマが誕生する瞬間を実時間観測することに成功した。本研究で得られた成果は2018年8月にプレスリリースし、*nature*のResearch HighlightsやScience Alert等の各種メディアに掲載された。

また、SACLAを用いた構造と反応性および機能性の相関解明を目指す研究として機能性有機ナノ結晶の研究をすすめている。そこで、実験室ベースの研究として光学フェムト秒パルスレーザーを用いた超高速過渡吸収分光システムを整備し、本年度は次世代非線形光学材料として注目されているポリジアセチレンナノ結晶をターゲットに、紫外光照射による固相重合プロセスの解明を目指した過渡吸収計測実験を実施した。反応初期過程として1ピコ秒程度で二量化が進み、その後マイクロ秒オーダーで多量体化が随時進行する様子が観測された。本研究は東北大学多元物質科学研究所との共同研究として実施した。併せて石英の紫外多光子状態の過渡吸収も計測し、それらの知見も得ることができた。

☆有機金属錯体の軟X線吸収スペクトルおよび発光スペクトルに表れる溶媒効果の研究（吉田）

アセチルアセトン-金属錯体は、アセチルアセトン( $C_6H_8O_2$ ) 分子のエノール体から脱ブ

ロトンして生成したアセチルアセトナート( $C_6H_7O_2^-$ )が、2つの酸素原子を介して金属イオンとキレートを形成したものである。中心金属としては多くの遷移金属が該当し、2分子または3分子が配位した錯体を作るものが比較的多い。これらは一般的に有機溶媒に可溶であり、触媒やNMRシフト試薬などとして広く用いられている。しかしながら、錯体そのものの電子状態に関する研究例はほとんどない。また、触媒として用いられるときには有機溶媒に溶かして用いられるので、溶媒の種類によって溶媒効果が異なり、その構造や電子状態が変化していると考えられるが、これらに関する知見もほとんどない。溶媒分子がアセチルアセトン-金属錯体と強い相互作用を引き起こした場合には、配位子側のスペクトルに変化が現れるのか、中心金属のスペクトルに変化が現れるのか、それともその両方に現れるのか、興味は尽きない。分光された軟X線を用いて中心金属原子と配位子側の原子(例えば酸素)をそれぞれ選択的に励起することによりこれらの測定が可能になる。そこで、Cu,Co,Fe,Mn,Niなどさまざまな遷移金属を中心にして作られたアセチルアセトン-金属錯体の軟X線吸収スペクトル(SXAS)と軟X線発光スペクトル(SXES)を測定し、各錯体の非占有軌道と占有軌道の電子状態に関する知見を得ることを目的として研究を行っている。また、溶媒を変えることで生じたSXASやSXESの変化にも着目して、アセチルアセトン-金属錯体の配位子の配位状態や中心金属の価数などに影響を及ぼす溶媒効果の詳細を明らかにすることも目指している。これらの系統的な研究により、それぞれの金属錯体を特定の溶媒の存在環境下で有機合成反応の触媒として利用する際の反応性や反応メカニズムなどを理解する上での基礎的な指標を与えることにもなり、応用的な側面からも有用性は高いと思われる。

そこで、アセチルアセトン-Ni錯体を試料とし、さまざまな溶媒(水、メタノール、テトラヒドロフラン、ジエチルアミン、アセトニトリル、ピリジン、クロロホルム)を用いて測定したSXASとSXESの溶媒依存性について調べた。

アセチルアセトン-Ni錯体の固体試料ではOh構造6座配位のうちの2座でH<sub>2</sub>O分子が配位していることが知られている。酸素1s領域のSXASの比較から、ピリジン溶液中ではNi錯体から配位子の水が脱離していることが示唆された。一方、ニッケル2p領域のSXASの結果では典型的な高スピン錯体のスペクトル形状を示した。水分子が脱離してそのまま何も配位しなかった場合には4配位のD<sub>4h</sub>構造になり低スピン状態になるはずであるが、SXASが依然として6配位の高スピン構造に起因する形状を示していることから、水分子の代わりに結晶場分裂のパラメータ $\Delta_o$ の値のより大きいピリジン分子が配位してOh構造を保っていると考えられる。吸収および発光スペクトルの溶媒依存性については現在詳細な解析を行っている。

#### ☆大気圧下での液体試料のための簡易型軟X線吸収測定装置の開発(吉田)

軟X線による液体試料の測定は困難であったが、近年SiNやSiC製の厚さ100nm程度の薄膜を透過用の窓材として用い、真空槽と大気圧下の液体試料を仕切った構造の実験装置が開発され、盛んに研究が行われている。しかしながら、光反応性の高い物質の吸収測定を行う際には、反応生成物が薄膜窓に付着してしまい、その影響を受けて肝心の試料のスペクトルが得られなくなってしまう。これを解決するために我々は薄膜窓と液体試料を離して設置して測定を行う装置の開発を兵庫県立大の徳島博士、山口大の堀川博士と共同で進めている。

試作した装置の性能試験を広島大学HiSORの気相イオン化ビームラインBL6で行った。試料ホルダーに液体の水を入れ、周囲を空気からヘリウムにガス置換して軟X線を照射し、試料から発する全蛍光を観測する手法で酸素K端での軟X線吸収スペクトルを測定した。得られたスペクトルは既報のものとはよく一致した。より汎用性の高いものにするため、試料ホルダ

一の形状の改善と、液体試料を循環させるシステムの導入を計画している。

☆シクロデキストリン包接化合物の軟X線吸収スペクトル測定による電子状態の研究（吉田）

シクロデキストリン(Cyclodextrin : CD)は多くの疎水性物質と包接化合物を形成するが、無機イオンとも相互作用することが知られている。金、銅、鉄、バナジウム、ビスマスといった金属イオンがその例として挙げられる。特に銅イオンとCDとの相互作用は数多く研究されており、強アルカリ性条件下で $\alpha$ -CDや $\beta$ -CDと包接錯体を作ることが報告されている。これまで包接化合物の構造についての研究は多くされているが、電子状態の詳細についての研究例は比較的少ない。そこで本研究では固体および液体中でのCDとその包接化合物の電子状態を軟X線吸収スペクトルの測定によって調べ、新たな知見を得ることを目的とする。

本年度はまず手始めにシクロデキストリンとその構成要素分子であるグルコースの軟X線吸収スペクトルを測定し、DFT計算から得られた結果との比較を行った。両者は比較的良好一致を示した。今後、銅イオン包接CD錯体の軟X線吸収スペクトルを、励起エネルギーを選別して測定予定である。酸素原子と銅原子の内殻吸収端での測定が可能で、包接の有無による電子状態の変化を明らかにする。これにより、CDと包接分子との相互作用の詳細が解明されることが期待される。

☆気相有機分子の内殻励起状態選択的解離の解離機構の解明（平谷）

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

著書

- [1] S. Wada, "Site-selective bond breaking induced by resonant core-excitations", in: Encyclopedia of Interfacial Chemistry 1st Edition - Surface Science and Electrochemistry, Klaus Wandelt (ed), Elsevier, Amsterdam (2018), pp.621-628.

原著論文

- [1] Y. Kumagai, Z. Jurek, W. Xu, H. Fukuzawa, K. Motomura, D. Iablonskyi, K. Nagaya, S. Wada, S. Mondal, T. Tachibana, Y. Ito, T. Sakai, K. Matsunami, T. Nishiyama, T. Umemoto, C. Nicolas, C. Miron, T. Togashi, K. Ogawa, S. Owada, K. Tono, M. Yabashi, S.-K. Son, B. Ziaja, R. Santra, and K. Ueda, "Radiation-induced chemical dynamics in Ar clusters exposed to strong x-ray pulses",

*Phys. Rev. Lett.* **120**, 223201(1-6) (2018).

- [2] Y. Kumagai, H. Fukuzawa, K. Motomura, D. Iablonskyi, K. Nagaya, S. Wada, Y. Ito, T. Takanashi, Y. Sakakibara, D. You, T. Nishiyama, K. Asa, Y. Sato, T. Umamoto, K. Kariyazono, E. Kukk, K. Kooser, C. Nicolas, C. Miron, T. Asavei, L. Neagu, M. Schöffler, G. Kastirke, X.-J. Liu, S. Owada, T. Katayama, T. Togashi, K. Tono, M. Yabashi, N.V. Golubev, K. Gokhberg, L.S. Cederbaum, A.I. Kuleff, and K. Ueda, “Following the birth of a nanoplasma produced by an ultrabrief hard-x-ray laser in xenon clusters”, *Phys. Rev. X* **8**, 031034(1-8) (2018).
- [3] E. Kukk, H. Myllynen, K. Nagaya, S. Wada, J.D. Bozek, T. Takanashi, D. You, A. Niozu, K. Kooser, T. Gaumnitz, E. Pelimanni, M. Berholts, S. Granroth, N. Yokono, H. Fukuzawa, C. Miron, and K. Ueda, “Coulomb implosion of tetrabromothiophene observed under multiphoton ionization by free-electron-laser soft-x-ray pulses”, *Phys. Rev. A* **99**, 023411(1-11) (2019).

#### 国際会議

(招待講演)

- [1] S. Wada, “Evaluation of molecular conductivity of organic monolayers utilizing core-electron excitations”, 2019 the 3rd International Conference on Materials Engineering and Nano Sciences (ICMENS 2019), (2019.3.26 - 28, Hiroshima, Japan).

(一般講演)

- [1] E. Kukk, K. Nagaya, S. Wada, J.D. Bozek, T. Takanashi, D. You, M. Berholts, H. Myllynen, K. Kooser, S. Granroth, T. Gaumnitz, A. Niozu, N. Yokono, E. Pelimanni, K. Ueda, “Coulomb implosion of tetrabromothiophene molecules under intense soft x-ray pulses of SACLA free electron laser”, The International Conference on Many Particle Spectroscopy of Atoms, Molecules, Clusters and Surfaces (MPS-2018), (2018.8.21, Budapest, Hungary).
- [2] © K. Ando, K. Kariyazono, A. Hiraya, and S. Wada, “Laser spectroscopic study of initial process in solid-state photopolymerization of diacetylene nanocrystals”, 2018 Japan - Korea Students Workshop, (2018.11.15-17, Higashi-Hiroshima, Japan) .
- [3] © Y. Iyobe, A. Hiraya, and S. Wada, “Ultrafast Charge Transfer Dynamics on Partially Fluorine-Substituted Aromatic Monolayers Analyzed by Auger Electron Spectroscopy”, The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (2019.3.7-8, Higashi-Hiroshima, Japan).
- [4] © K. Yamamoto, A. Hiraya, and S. Wada, “Ion Desorption Measurements Using Pulsed HV Time-of-Flight Mass Spectrometer at HiSOR”, The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (2019.3.7-8, Higashi-Hiroshima, Japan).
- [5] Y. Hikosaka, H. Shimada, and S. Wada, “Study toward Time-of-Flight Mass Spectrometry of Ion Desorption Following Inner-shell Excitation of Molecules Adsorbed on a Surface”, The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (2019.3.7-8, Higashi-Hiroshima, Japan).
- [6] Y. Nakamura, R.Nobue, H. Yoshida, : “X-ray absorption spectra of cyclodextrins and D-glucose”, The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (2019.3.7-8, Higashi-Hiroshima, Japan).
- [7] M. Niibe, T. Tokushima, T. Kono, Y. Hashimoto, Y. Horikawa, H. Yoshida, : “Development of

On-site Cleaning Method of Carbon Contamination with Atomic Hydrogen”, The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (2019.3.7-8, Higashi-Hiroshima, Japan).

#### 国内学会

(一般講演)

- [1] 吉田啓晃, 信江隆太:「シクロデキストリン包接化合物の軟X線吸収スペクトル」, 第35回シクロデキストリンシンポジウム, (2018年9月4-5日, 甲府市).
- [2] 横野直道, 仁王頭明伸, 西山俊幸, 櫻澤智浩, 松田和博, 福澤宏宣, 高梨 司, You Daehyun, 小野太詩, Li Yiwen, Gaumnitz Thomas, Schoffler Markus, Grundmann Sven, 和田真一, Carpeggiani Paolo, Xu Wei-Qing, Liu Xiao-Jing, 大和田成起, 登野健介, 富樫 格, 矢橋牧名, Kryzhevoi Nikolai, Gokhberg Kirill, Kuleff Alexander, Cederbaum Lorenz, 上田 潔, 永谷清信:「軟X線FELを用いたXeクラスターの逐次イオン化によるナノプラズマ生成ダイナミクス」, 物理学会2018年秋季大会, (2018年9月9-12日, 京田辺市) .
- [3] ◎ 和田真一, 伊豫部佳樹, 古賀亮介, 平谷篤也:「内殻分光・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32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (2019年1月9-11日, 福岡市) .
- [4] 仁王頭明伸, 横野直道, 西山俊幸, 櫻澤智大, 松田和博, 福澤宏宣, 高梨 司, You Daehyun, 小野太詩, Li Yiwen, Gaumnitz Thomas, Schöffler Markus, Grundmann Sven, 和田真一, Carpeggiani Paolo, Xu Wei-Qing, Liu Xiao-Jing, 大和田成起, 登野健介, 富樫 格, 矢橋牧名, Kryzhevoi Nikolai, Gokhberg Kirill, Kuleff Alexander, Cederbaum Lorenz, 永谷清信, 上田 潔:「電子スペクトル計測による軟X線FEL誘起ナノプラズの生成・崩壊過程の観測」, 第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (2019年1月9-11日, 福岡市) .
- [5] 新部正人, 徳島 高, 堀川裕加, 吉田啓晃:「原子状水素による炭素汚染のオンサイト洗浄法の開発」, 第32回日本放射光学会年会, (2019年1月9-11日, 福岡市).

#### 学生の学会発表実績

(国際会議)

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

(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

#### 国際会議・講演会開催実績

- [1] 和田真一: 2018 Japan-Korea Student Workshop 日本側コンタクトパーソン(組織委員会委員) (2018年7月 - 2018年11月) 東広島
- [2] 和田真一: 分光学会中四国支部講演会, 2018年6月27日, 20人, 東広島, 主催

社会活動・学外委員

○ 学協会委員

- [1] 吉田啓晃：青少年のための科学の祭典第 24 回広島大会 推進委員
- [2] 和田真一：第 32 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム 学生発表賞 審査員

○ 講習会・セミナー講師

- [1] 吉田啓晃：青少年のための科学の祭典第 23 回広島大会（2018 年 10 月 28-29 日，広島市こども文化科学館，広島市）

○ 外部評価委員等

- [1] 平谷篤也：高輝度光科学研究センター 専用施設審査委員会・委員
- [2] 吉田啓晃：理化学研究所 播磨研究所 放射光科学総合研究センター 客員研究員

○ 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（B）（分担）20千円
- [2] 和田真一：2018年度 物質・デバイス領域共同研究課題 物質創製開発研究領域（代表）130千円

その他特記すべき事項

- [1] 和田真一：プレスリリース「プラズマ誕生の瞬間 —国際チームが X 線レーザー照射によるプラズマ生成機構を解明—」（東北大学，京都大学，広島大学，理化学研究所，高輝度光科学研究センター）2018 年 8 月 2 日（以下のメディアに掲載 nature: Research Highlights, Science Alert, Cosmos (Australian science magazine), Physics (American Physical Society), Phys.org)

## ○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) 2018年度の特徴ある研究成果

- ・ 偏光が光ビームの断面上で一定の規則に従い変化するベクトルビームと呼ばれる特異な光を放射光の技術により発生することに世界に先駆けて成功した。光ビームの断面上の強度や位相、偏光の分布を制御しこれを情報・通信、顕微鏡、光補足など幅広い分野へ応用しようとする研究開発は近年活発に行われ、2014年にはノーベル化学賞の受賞対象ともなった。従来はレーザー光源に様々な光学素子を組み合わせることで可視光領域を中心に研究が行われてきたが、本センターでは名古屋大学、分子科学研究所などと共同で放射光の空間構造制御に関する技術開発に世界に先駆けて取り組み、光渦放射光の発生に続き、ベクトルビームの発生に成功した。光ビームの空間構造の応用を真空紫外線や X 線領域へ展開する道筋をつける成果である（*Applied Physics Letters* **113**, 021106 (2018)）。
- ・ シュワルトシルト集光ミラーを用いることで、放射光のビームサイズを 20  $\mu\text{m}$  程度まで微小化させた。円二色性測定は、溶液中の生体分子の構造解析法として使用されているが、微量な生体試料への対応が困難であった。本研究による集光システムの構築により、希少試料である人由来の蛋白質などの構造解析が実現し、生体分子構造解析における円二色性法の有効性を大きく広げた。放射光円二色性は、生体内環境を含めた様々な実験条件下で測定可能なため、水溶液中における生体分子の構造解析法として広く利用されている。本研究の成果は、人由来のような希少な生体分子を対象にすることが可能となった点で学術的意義がある。また、円二色性は固体状態の測定にも適用できるため、アミロイド線維などの固体状態にある生体試料のイメージング円二色性測定の開発が可能となり、治療・診断に関連する技術開発に応用できると期待される（*Molecules* **23**, 2865 (2018)）。
- ・ W(110)のスピン軌道相互作用で誘発された表面電子スピン構造に円偏光励起光を照射し、励起された光電子のもつスピンが固体中の電子スピン構造とは全く異なることを実験的に明らかにした。また、測定配置を含めた対称性を考えることで円偏光によって新たに誘発される電子スピン構造のメカニズムを実験・理論の両側面で解明した。円偏光を利用したスピン誘起現象は、光誘起スピントロニクスという新奇次世代技術のキーとして研究が盛んに行われ始めている。本研究では、そのスピン誘起現象の根幹に関わる現象を、実験・理論の両側面から新たな知見を与え、光誘起スピン偏極電流のメカニズムを解明した。本成果は、新奇技術デバイスの構築・性能向上には必要な要素であり今後の

光誘起スピントロニクス技術へ新たな指針を与える (Scientific Reports **8**, 10440 (2018))。

### (3) 2018年度の共同研究の状況

- ・ 共同研究の国際公募を行い、127 課題を採択した。
- ・ 受入人数 228 人 (実人数) のうち、学内者 84 人 (37%), 学外者 144 人 (63%) である。このうち海外研究機関からは 64 人 (28%) を受け入れている。共同研究機関は 45 機関で、内訳では、国立大学が 14 機関、公私立大学が 3 機関、公的研究機関および企業が 8 機関、外国が 20 機関であった。

### (4) 共同研究契約にもとづく学外研究機関との連携

- ・ 産業技術総合研究所  
産業技術総合研究所と共同研究契約を締結し、放射光を利用した高分解能低温角度分解光電子分光に必要な極低温超高精度多軸マニピュレータ (4軸フルクローズド制御システムマニピュレータ) を実用化した (<http://www.shinku-kogaku.co.jp/product/?id=1429151366-646473>)。このマニピュレータは100ナノメートルの超高精度で試料を移動させることができる。レーザー励起の角度分解光電子分光装置に組み込み、空間分解能を高めた微細電子構造解析を可能にした (H. Iwasawa, E. F. Schwier, M. Arita *et al.*, Development of laser-based scanning  $\mu$ -ARPES system with ultimate energy and momentum resolutions, Ultramicroscopy **182**, 85-91 (2017))。さらに局所的な電子の運動を計測する新しい2つの測定手法 (高速/精密モード) を開発した。高速モードでは、従来の測定時間を50%削減した高速測定が可能となり、精密モードでは、試料の回転を伴う測定においても、試料の偏芯を予測し、試料上の目的位置を高精度 (10  $\mu\text{m}$ 以下) に追跡した測定を可能とした (H. Iwasawa *et al.*, Accurate and efficient data acquisition methods for high-resolution angle-resolved photoemission microscopy, Scientific Reports **8**, 17431 (2018))。
- ・ 物質・材料研究機構  
真空紫外線とは相補的な情報が得られる硬X線域の高分解能光電子分光を推進するため、物質・材料研究機構と共同研究契約を締結し、大型放射光実験施設SPring-8において硬X線高分解能光電子分光実験ステーションを共同開発した。内殻準位の精密解析が可能であり、強相関物質の価数転移の研究などで本拠点の放射光実験と相補的な情報を得ることができる。2018年度もこの実験ステーションは共同利用に供され、強相関物質、半導体、機能性材料などの研究に貢献をした。
- ・ 高エネルギー加速器研究機構 (KEK)  
KEK とは、大学連携支援事業の枠組みの中で、小型放射光源の高度化・次期計画に関する共同研究を実施した (2018 年度加速器科学総合支援事業 (大学等連携支援事業)「次世代人材育成のための加速器科学教育・研究拠点の形成」)。KEK-PF における電子ビーム入射効率改善の研究において、学生の教育・研究者育成も含めた共同研究を行った。また次期計画の光源リング設計を KEK の専門家との共同研究として進めている。

### (5) 研究設備高度化への取組

- ・ 直線偏光アンジュレータビームライン (BL-1) では、直線偏光依存高分解能角度分解光電子分光装置を活用した共同利用・共同研究を展開している (H. Iwasawa, K. Shimada, E. F. Schwier *et al.*, Rotatable high-resolution ARPES system for tunable linear-polarization

geometry, *J. Synchrotron Rad.* **24**, 836 (2017))。試料位置におけるビームスポットを 1/10 以下に集光するための光学系の検討を開始した。

- ・ 高分解能角度分解光電子分光ビームライン (BL-9A) では、低エネルギー放射光 (~10 eV) を用いた超高分解能角度分解光電子分光により、強相関電子系、トポロジカル系の電子構造の研究を推進している。極低温実験を効率的に実施するために液体 He フロー型の全軸モーター駆動のゴニオメータを整備した。これにより方位角を容易に微調整できるようになり、アジマス角、チルト角のいずれを用いてもフェルミ面マッピングができるようになった。
- ・ 紫外線 (6 eV) レーザーを導入し、レーザースピニング ARPES 装置の開発を進めた。レーザーを用いた ARPES 測定は可能となり、スピニング検出器の最終も完了した。これにより、従来に比べさらに高分解能なスピニング ARPES 測定や微小領域のスピニング ARPES 測定が可能になった。
- ・ マルチチャンネルスピニング検出器開発を行っている。電子軌道のレイトレースを行い電子レンズ、真空チャンバー、磁場による電子偏向装置の設計製作を行った。この開発によりスピニング ARPES 測定において現状の 1000 倍以上の検出効率の向上が期待される。
- ・ 真空紫外線円二色性実験ビームライン (BL-12) では、生体物質の立体構造に関する共同利用・共同研究を行っている。放射光サイズを微小化 ( $\phi=20\ \mu\text{m}$ ) できるシュワルツシルト集光ミラーを用いて、異なる 16 種類の試料がマウントできるマイクロプレートセルを作成した。試料交換時間の短縮など、共同利用・共同研究の効率化が期待される。また、温度可変機構を新たに構築することで、試料の温度制御を従来よりも 10 倍の精度で実現した。温度に依存した生体分子の構造変化の高精度解析が可能となった。
- ・ 高輝度紫外線レーザーを活用し、将来計画に向け超高分解能角度分解光電子分光要素技術の開発研究を行っている。高精度 CCD カメラを設置して試料位置をモニタリングするシステム、光電子スペクトルの空間マッピングの自動計測システムを整備し (H. Iwasawa, E. F. Schwier, M. Arita *et al.*, Development of laser-based scanning  $\mu$ -ARPES system with ultimate energy and momentum resolutions, *Ultramicroscopy* **182**, 85-91 (2017)), 国際共同研究に供している。

#### (6) 第23回広島放射光国際シンポジウム、国際ワークショップなどの開催

「真空紫外・軟X線放射光を利用した物質科学と生体分子科学」と題して、23回目の広島放射光国際シンポジウムを開催した。本シンポジウムは、本学の研究大学強化促進事業の支援を受けた他、日本放射光学会からの協賛も受けた。本シンポジウムでは、本センターが重点的に推進している微細電子構造の研究、量子スピニング物性の研究、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、国外から第一線で活躍する研究者 (海外5名 (イタリア, スペイン, オーストラリア, スイス, 韓国) および国内5名) を招聘し、最新の研究動向についての講演を依頼した。また、ポスターセッションでは、2018年度の共同利用・共同研究の成果を中心に33件 (うち学生発表15件) の発表があった。Flash Poster Sessionとして、ポスター発表をする学生が2分程度の英語による口頭発表を実施した。広島大学、名古屋大学、茨城大学の学生15人が参加し、英語による口頭発表に意欲的に取り組んだ。これにより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・ポスター発表を国外の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5件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84名（学内57名、学外27名（うち海外7名））であった。

International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) (2018年10月4-6日)を開催し、物質科学における先端分光の最新の動向に関する情報交換と今後の展望について討論を行った（11ヶ国110人の参加者。うち海外22人）。

第23回HiSOR研究会「分子キラリティの計測・理論技術の革新から迫る生命機能研究の新展開」（2019年3月5日 参加者総数32名）を開催し、生体分子構造研究における円二色性学の現状と将来展望について議論した。

（7）放射光科学院生実験の実施：大学院教育への貢献

2018年度も岡山大学大学院自然科学研究科との部局間協定のもとで両大学の教員が協力し、放射光ビームラインを活用した「放射光科学院生実験」（本学理学研究科のカリキュラム）を実施した（受講生：広島大学9人、岡山大学2人）。

#### 原著論文

- [1] © B. J. Feng, J. Zhang, S. Ito, M. Arita, C. Cheng, L. Chen, K. Wu, F. Komori, O. Sugin, K. Miyamoto, T. Okuda, S. Meng, I. Matsuda: “Discovery of 2D anisotropic Dirac cones”, *Adv. Mater.* **30**, 1704025 (7p) (2018) .
- [2] R. Y. Liu, K. Ozawa, N. Terashima, Y. Natsui, B. Feng, S. Ito, W. C. Chen, C. M. Cheng, S. Yamamoto, H. Kato, T. C. Chiang, I. Matsuda: “Controlling the surface photovoltage on WSe<sub>2</sub> by surface chemical modification”, *Appl. Phys. Lett.* **112**, 211603 (5p) (2018) .
- [3] S. Matsuba, K. Kawase, A. Miyamoto, S. Sasaki, M. Fujimoto, T. Konomi, N. Yamamoto, M. Hosaka, M. Katoh: “Generation of vector beam with tandem helical undulators”, *Appl. Phys. Lett.* **113**, 021106 (4p) (2018) .
- [4] N. Tsunoji, M. V. Opanasenko, M. Kubu, J. Cejka, H. Nishida, S. Hayakawa, Y. Ide, M. Sadakane, T. Sano: “Highly active layered titanosilicate catalyst with high surface density of isolated titanium on the accessible interlayer surface”, *ChemCatChem* **10**, 2536-2540 (2018) .
- [5] N. Tiwari, S. Kumar, C. Kamal, A. Chakrabarti, C. L. Prajapat, P. K. Mishra, P. Mondal, S. N. Jha, D. Bhattacharyya: “Structural investigations of (Ni, Cu) Co-doped ZnO nanocrystals by X-ray absorption spectroscopy”, *Chemistryselect* **3**, 5644-5651 (2018) .
- [6] © Y. Izumi, K. Matsuo, H. Namatame: “Structural analysis of lysine-4 methylated histone H3 proteins using synchrotron radiation circular dichroism spectroscopy”, *Chirality* **30**, 536-540 (2018) .
- [7] A. K. Kaveev, N. S. Sokolov, S. M. Sutorin, N. S. Zhiltsov, V. A. Golyashov, K. A. Kokh, I. P. Prosvirin, O. E. Tereshchenko, M. Sawada: “Crystalline structure and magnetic properties of structurally ordered cobalt-iron alloys grown on Bi-containing topological insulators and systems with giant Rashba splitting”, *Cryst. Eng. Comm.* **20**, 3419-3427 (2018) .
- [8] K. Matsuo, K. Gekko: “Synchrotron-radiation vacuum-ultraviolet circular-dichroism spectroscopy for characterizing the structure of saccharides”, *Glycobiophysics*, 101-117 (2018) .
- [9] S. Muhammadiyah, Y. Kurniawan, S. Ishiwata, A. Rousuli, T. Nagasaki, S. Nakamura, H. Sato, A. Higashiya, A. Yamasaki, Y. Hara, A. Rusydi, K. Takase, Y. Darma: “Electronic and thermoelectric

- properties of layered oxychalcogenides (BiO)CuCh (Ch=S, Se, Te)”, *Inorg. Chem.* **57**, 10214-10223 (2018) .
- [10] K. Kim, S.i Asaoka, I-C, Lee, D.-S. Kim, S. Hayakawa: “Quantitative measurement on removal mechanisms of phosphate by class-F fly ash”, *International J. Coal Prep. Utilization* (2018) .
- [11] S. Sharma, J. M. Siqueiros, G. Srinet, S. Kumar, B. Prajapati, R. K. Dwivedi: “Structural, electrical, optical and dielectric properties of sol-gel derived (1-x)BiFeO-(x)Pb(Zr<sub>0.52</sub>Ti<sub>0.48</sub>)O-3 novel multiferroics materials”, *J. Alloys Comp.* **732**, 666-673 (2018) .
- [12] S. Hosokawa, K. Maruyama, K. Kobayashi, J. R. Stellhorn, B. Paulus, A. Koura, F. Shimojo, T. Tsumuraya, M. Yamasaki, Y. Kawamura, S. Yoshioka, H. Sato: “Electronic structures and impurity cluster features in Mg-Zn-Y alloys with a synchronized long-period stacking ordered phase”, *J. Alloys Comp.* **762**, 797-805 (2018) .
- [13] S. Hosokawa, J. R. Stellhorn, B. Paulus, K. Maruyama, K. Kobayashi, H. Okuda, M. Yamasaki, Y. Kawamura, H. Sato: “The seeds of Zn(6)Y(8)L1(2)-type clusters in amorphous Mg<sub>85</sub>Zn<sub>6</sub>Y<sub>9</sub> alloy investigated by photoemission spectroscopy”, *J. Alloys Comp.* **764**, 431-436 (2018) .
- [14] S. Suturin, A. Kaveev, A. Korovin, V. Fedorov, M. Sawada, N. Sokolov: “Structural transformations and interfacial iron reduction in heterostructures with epitaxial layers of 3d metals and ferrimagnetic oxides”, *J. Appl. Cryst.* **51**, 1069-1081 (2018) .
- [15] A. Munoz-Noval, D. Nishio, T. Kuruma, S Hayakawa: “Coordination and structure of Ca(II)-acetate complexes in aqueous solution studied by a combination of Raman and XAFS spectroscopies”, *J. Mol. Struct.* **1161**, 512-518 (2018) .
- [16] S. Hosokawa, H. Sato, M. Nakatake, H. Kato: “Electronic structures and heterogeneity of Zr-Cu-Ag metallic glasses”, *J. Non-Cryst. Solids* **498**, 281-287 (2018) .
- [17] © Y. Aiura, K. Ozawa, E. F. Schwier, K. Shimada, K. Mase: “Competition between itineracy and localization of electrons doped into the near-surface region of anatase TiO<sub>2</sub>”, *J. Phys. Chem. C* **122**, 19661-19669 (2018) .
- [18] M. Takahashi, D. Ootsuki, M. Horio, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, N. L. Saini, H. Sugawara, T. Mizokawa: “Multi-band Electronic Structure of ferromagnetic CeRuPO”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **87**, 043703 (5p) (2018) .
- [19] © Y. Izumi, K. Matsuo, K. Fujii, A. Yokoya, M. Taniguchi, H. Namatame: “Circular dichroism spectroscopic study on structural alterations of histones induced by post-translational modifications in DNA damage responses: Lysine-9 methylation of H3”, *J. Radiat. Research* **59**, 108-115 (2018) .
- [20] S. Asaoka, A Umehara, S. Otani, N. Fujii. T. Okuda, S. Nakai, W. Nishijima, K. Takeuchi, H. Shibata, W. A. Jadoon, S. Hayakawa: “Spatial distribution of hydrogen sulfide and sulfur species in coastal marine sediments Hiroshima Bay, Japan”, *Mar. Poll. Bull* **133**, 891-899 (2018) .
- [21] © Y. Izumi, K. Matsuo: “Sample volume reduction using the Schwarzschild objective for a circular dichroism spectrophotometer and an application to the structural analysis of Lysine-36 trimethylated histone H3 protein”, *Molecules* **23**, 2865 (12p) (2018) .
- [22] T. Ueno, H. Hino, A. Hashimoto, Y. Takeichi, M. Sawada, K. Ono: “Adaptive design of an X-ray magnetic circular dichroism spectroscopy experiment with Gaussian process modelling npj”, *Computational Materials* **4**, 4 (8p) (2018) .
- [23] © H. Anzai, R. Takakura, Y. Ono, S. Ishihara, H. Sato, H. Namatame, M. Taniguchi, T. Matsui, S.

- Noguchi, Y. Hosokoshi: “Valence-band structure of organic radical p-CF3PNN investigated by angle-resolved photoemission spectroscopy”, *Physica B* **536**, 664-666 (2018) .
- [24] H. Anzai, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, M. Ishikado, K. Fujita, S. Ishida, S. Uchida, A. Ino: “Rapid enhancement of nodal quasiparticle mass with heavily underdoping in Bi2212”, *Physica B* **536**, 667-671 (2018) .
- [25] © K. Miyamoto, H. Miyahara, K. Kuroda, T. Maegawa, A. Kimura, T. Okuda: “Peculiar Rashba spin texture induced by C-3v symmetry on the Bi(111) surface revisited”, *Phys. Rev. B* **97**, 85433 (8p) (2018) .
- [26] M. Maeda, K. Yamamoto, T. Mizokawa, N. L. Saini, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, G. Tan, L. D. Zhao, M. G. Kanatzidis: “Unusually large chemical potential shift in a degenerate semiconductor: Angle-resolved photoemission study of SnSe and Na-doped SnSe”, *Phys. Rev. B* **97**, 121110 (5p) (2018) .
- [27] © B. Feng, J. Cao, M. Yang, Y. Feng, S.-L. Wu, B. Fu, M. Arita, K. Miyamoto, S. He, K. Shimada, Y. Shi, T. Okuda, Y. Yao: “Experimental observation of node-line-like surface states in LaBi”, *Phys. Rev. B* **97**, 155153 (7p) (2018) .
- [28] © P. Eickholt, J. Noky, E. F. Schwier, K. Shimada, K. Miyamoto, T. Okuda, C. Datzler, M. Drüppel, P. Krüger, M. Rohlfing, M. Donath: “Location of the valence band maximum in the band structure of anisotropic 1T'-ReSe<sub>2</sub>”, *Phys. Rev. B* **97**, 165130 (9p) (2018) .
- [29] © E. Annese, T. Okuda, E. F. Schwier, H. Iwasawa, K. Shimada, M. Natamane, M. Taniguchi, I. P. Rusinov, S. V. Ereemeev, K. A. Kokh, V. A. Golyashov, O. E. Tereshchenko, E. V. Chulkov, A. Kimura: “Electronic and spin structure of the wide-band-gap topological insulator: Nearly stoichiometric Bi<sub>2</sub>Te<sub>2</sub>S”, *Phys. Rev. B* **97**, 205113 (6p) (2018) .
- [30] J. Henk, K. Miyamoto, M. Donath: “Retrieving the initial-state spin polarization from spin-resolved photoemission: Proposal for a case study on W(110)”, *Phys. Rev. B* **98**, 045124 (9p) (2018) .
- [31] R. Matsumoto, T. Sugimoto, T. Mizokawa, N. L. Saini, M. Arita, R. Jha, R. Higashinaka, T. D. Matsuda, Y. Aoki: “Orbital-dependent band renormalization in WTe<sub>2</sub> revealed by angle-resolved photoemission spectroscopy”, *Phys. Rev. B* **98**, 205138 (6p) (2018) .
- [32] S. Adachi, T. Kawabata, K. Minomo, T. Kadoya, N. Yokota, H. Akimune, T. Baba, H. Fujimura, M. Fujiwara, Y. Funaki, T. Furuno, T. Hashimoto, K. Hatanaka, K. Inaba, Y. Ishii, M. Itoh, C. Iwamoto, K. Kawase, Y. Maeda, H. Matsubara, Y. Matsuda, H. Matsuno, T. Morimoto, H. Morita, M. Murata, T. Nanamura, I. Ou, S. Sakaguchi, Y. Sasamoto, R. Sawada, Y. Shimizu, K. Suda, A. Tamii, Y. Tameshige, M. Tsumura, M. Uchida, T. Uesaka, H. P. Yoshida, S. Yoshida: “Systematic analysis of inelastic a scattering off self-conjugate  $A=4n$  nuclei”, *Phys. Rev. C* **97**, 014601 (2018) .
- [33] © K. N. Zhang, X. Y. Liu, H. X. Zhang, K. Deng, M. Z. Yan, W. Yao, M. T. Zheng, E. F. Schwier, K. Shimada, J. D. Denlinger, Y. Wu, W. H. Duan, S. Y. Zhou: “Evidence for a quasi-one-dimensional charge density wave in CuTe by angle-resolved photoemission spectroscopy”, *Phys. Rev. Lett.* **121**, 206402 (5p) (2018) .
- [34] © K. Sumida, T. Natsumeda, K. Miyamoto, I. V. Silkin, K. Kuroda, K. Shirai, S. Zhu, K. Taguchi, M. Arita, J. Fujii, A. Varykhalov, O. Rader, V. A. Golyashov, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, E. V. Chulkov, T. Okuda, A. Kimura: “Enhanced surface state protection and band gap in the topological insulator PbBi<sub>4</sub>Te<sub>4</sub>S<sub>3</sub>”, *Phys. Rev. Mater.* **2**, 104201 (8p) (2018) .

- [35] © K. Nishikubo, Y. Izumi, Y. Matsumoto, K. Fujii, K. Matsuo, A. Yokoya: “Structural Analysis of DNA repair protein XRCC4 applying circular dichroism in an aqueous solution”, *Radiation Protection Dosimetry* **ncy275**, 1-4 (2018) .
- [36] K. Fujii, Y. Izumi, A. Narita, K. K. Ghose, P. Lopez-Tarifa, A. Touati, R. Spezia, R. Vuilleumier, M. P. Gaigeot, M. F. Politis, M. A. H. Du Penhoate, A. Yokoya: “Roles of hydration for inducing decomposition of 2-deoxy-D-ribose by ionization of oxygen K-shell electrons”, *Radiation Research* **189**, 264-272 (2018) .
- [37] © M. Nurmamat, Y. Ishida, R. Yori, K. Sumida, S. Y. Zhu, M. Nakatake, Y. Ueda, M. Taniguchi, S. Shin, Y. Akahama, A. Kimura: “Prolonged photo-carriers generated in a massive-and-anisotropic Dirac material”, *Sci. Rep.* **8**, 9073 (7p) (2018) .
- [38] © K. Miyamoto, H. Wortelen, T. Okuda, J. Henk, M. Donath: “Circular-polarized-light-induced spin polarization characterized for the Dirac-cone surface state at W(110) with  $C_{2v}$  symmetry”, *Sci. Rep.* **8**, 10440 (7p) (2018) .
- [39] © H. Iwasawa, H. Takita, K. Goto, W. Mansuer, T. Miyashita, E. F. Schwier, A. Ino, K. Shimada, Y. Aiura: “Accurate and efficient data acquisition methods for high-resolution angle-resolved photoemission microscopy”, *Sci. Rep.* **8**, 17431 (9p) (2018) .

#### 国際会議

(招待講演)

- [1] Y. Izumi: “Synchrotron radiation circular dichroism spectroscopy for structural characterization of chiral materials”, MIRAI Materials Science Workshop 2018 Spring, (Fukuoka, Japan, 2018.5.14-16)
- [2] T. Okuda: “Exploration of hidden spin-polarized electronic states by spin-resolved photomission”, International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) , (Hiroshima, Japan, 2018.10.4-6)
- [3] T. Okuda: “Recent activities and future prospects of spin- and angle-resolved photoemission spectroscopy at HiSOR”, The 1st International Workshop on Momentum Microscopy and Spectroscopy for Materials Science, (Okazaki, Japan, 2019.2.22-23)

(一般講演)

- [1] K. Matsuo: “Vacuum-ultraviolet circular-dichroism study of oligosaccharide conformations using a synchrotron-radiation spectrophotometer”, 29th International Carbohydrate Symposium in 2018, (Lisobon, Portugal, 2018.7.14-19)
- [2] K. Mochihara, S. Nakahara, S. Sakuragi, M. Sawada, T. Sato: “Magnetic properties of Fe/Pd(001) bilayer affected by quantum-well states formed in Pd layer”, International Conference on Magnetism (ICM2018) , (San Francisco, USA, 2018.7.15-20)
- [3] ○ H. Sato, T. Nagasaki, K. Suekuni, H. I. Tanaka, A. Rousuli, S. Nakamura, N. Kawamura, X.-G. Zheng, T. Fujii, T. Takabatake: “Cu 2p-1s x-ray emission spectroscopy of mineral tetrahedrite  $Cu_{12}Sb_4S_{13}$ ”, 17th International Conference on X-ray Absorption Fine Structure (XAFS2018) , (Kraków, Poland, 2018.7.22-27)
- [4] © M. Nurmamat, Y. Ishida, R. Yori, K. Sumida, S. Zhu, M. Nakatake, Y. Ueda, M. Taniguchi, S. Shin, Y. Akahama, A. Kimura: “Self-energy in the superconducting states of the high- $T_c$  cuprates

- $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ ”, International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) , (Hiroshima, Japan, 2018.10.4-6)
- [5] © T. Yoshikawa, K. Sumida, Y. Ishida, J. Chen, M. Nurmamat, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, S. Shin, A. Kimura: “A bi-directional surface photovoltaic shift on a topological insulator”, International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) , (Hiroshima, Japan, 2018.10.4-6)
- [6] © T. Miyashita, W. Mansuer, H. Takita, T. Kubo, S. Ishizaka, H. Iwasawa, E. F. Schwier, K. Shimada, M. Arita, Y. Numata, T. Uto, A. Matsuda, A. Ino: “Angle-resolved photoemission study of high- $T_c$  cuprate superconductor  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}(\text{Cu}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{O}_{8+\delta}$ ”, International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) , (Hiroshima, Japan, 2018.10.4-6)
- [7] M. Hoesch, A. M. Ganose, L. Gannon, K. Shimada, B. Parrett, M. D. Watson, T. K. Kim, H. C. Lei, X. D. Zhu, D. O. Scanlon, C. Petrovic: “Disorder quenching of the Charge Density Wave in  $\text{ZrTe}_3$ ”, International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) , (Hiroshima, Japan, 2018.10.4-6)
- [8] © E. F. Schwier, H. Takita, W. Mansur, T. Miyashita, A. Ino, M. Hoesch, M. D. Watson, A. A. Haghighirad, C. Nicholson, C. Monney, H. Iwasawa, Y. Aiura, K. Shimada: “At the edge of  $\mu$ -ARPES: The best of both worlds?”, International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) , (Hiroshima, Japan, 2018.10.4-6)
- [9] © S. Ito, M. Arita, B. Feng, W.-C. Chen, H. Namatame, M. Taniguchi, C.-M. Cheng, G. Bian, S.-J. Tang, T.-C. Chiang, F. Komori, I. Matsuda: “Resolving the microscopic driving mechanisms of a semimetal-to-semiconductor transition in ultrathin bismuth films”, International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) , (Hiroshima, Japan, 2018.10.4-6)
- [10] Y. Ohashi, N. Ichikawa, T. Mayumi, M. Sawada: “Co ultrathin films intercalated into h-BN/Ni(111) probed by soft X-ray magnetic circular dichroism”, International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) , (Hiroshima, Japan, 2018.10.4-6)
- [11] © N. Ichikawa, Y. Ohashi, M. Sawada, A. Kimura: “Antiferromagnetic interlayer coupling of Co/h-BN/Ni(111) studied by soft X-ray magnetic circular dichroism”, International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) , (Hiroshima, Japan, 2018.10.4-6)
- [12] © S. Kumar, V. K. Gangwar, P. Shahi, H. Takita, Y. Zhang, S. Patil, E. F. Schwier, K. Shimada, Y. Uwatoko, S. Chatterjee: “Laser ARPES and magneto-transport studies of  $\text{BiSbTe}_3$  topological insulator”, International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) , (Hiroshima, Japan, 2018.10.4-6)
- [13] © W. Yamamoto, K. Shimada, E. F. Schwier: “Bulk and surface states of W(110) investigated by photon energy dependent high-resolution ARPES”, International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) , (Hiroshima, Japan, 2018.10.4-6)
- [14] K. Maeda, H. Sato, Y. Akedo, T. Kawabata, K. Abe, R. Shimokasa, A. Yasui, M. Mizumaki, N. Kawamura, S. Tsutsui, E. Ikenaga, K. Matsumoto, K. Hiraoka, K. Mimura: “Yb  $L_3$  resonant hard X-ray photoemission spectroscopy of valence transition compound  $\text{YbInCu}_4$ ”, International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) , (Hiroshima,

- Japan, 2018.10.4-6)
- [15] © H. Namatame, S. Kumar, E. F. Schwier, Y. Aiura, K. Shimada: “Fermi velocity and electron self-energy of Ni studied by polarization and photon energy dependent ARPES”, International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) , (Hiroshima, Japan, 2018.10.4-6)
- [16] S. Matsuba, K. Kawase, A. Miyamoto, S. Sasaki, M. Fujimoto, T. Konomi, N. Yamamoto, M. Hosaka, M. Katoh: “Vector beam generation with tandem helical undulators”, International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) , (Hiroshima, Japan, 2018.10.4-6)
- [17] © M. Kumashiro, Y. Izumi, K. Matsuo: “Unique interaction between myelin basic protein and phosphatidylinositol 4, 5-Bisphosphate characterized by vacuum-ultraviolet circular dichroism spectroscopy” , International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) , (Hiroshima, Japan, 2018.10.4-6)
- [18] K. Matsuo: “Structure analysis of oligosaccharides using synchrotron-radiation circular-dichroism spectroscopy”, International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) , (Hiroshima, Japan, 2018.10.4-6)
- [19] © N. Mitsuishi, Y. Sugita, S. Bahramy, M. Kamitani, T. Sonobe, M. Sakano, T. Shimojima, K. Horiba, H. Kumigashira, K. Taguchi, K. Miyamoto, T. Okuda, S. Ishiwata, Y. Motome, K. Ishizaka: “ARPES study on the electronic structure of VTe<sub>2</sub> with double zigzag chains”, APS March Meeting 2019, (Boston, USA, 2019.3.4-8)
- [20] © H. Oda, H. Iwasawa, T. Miyashita, S. Ozawa, A. Kimura, R. Yano, S. Kashiwaya, W. Yamamoto, E. F. Schwier, K. Shimada: “High-resolution ARPES study of La<sub>2-x</sub>Sr<sub>x</sub>CuO<sub>4</sub>”, The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (Higashi-Hiroshima, Japan, 2019.3.7-8)
- [21] © S. Ozawa, H. Iwasawa, H. Oda, T. Yoshikawa, A. Kimura, T. Muro, Y. Yoshida, I. Hase, Y. Aiura, W. Yamamoto, E. F. Schwier, K. Shimada: “Large energy-scale band renormalization in Sr<sub>2</sub>RuO<sub>4</sub>”, The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (Higashi-Hiroshima, Japan, 2019.3.7-8)
- [22] © S. Kumar, V. K. Gangwar, Y. Zhang, P. Shahi, S. Patil, E. F. Schwier, K. Shimada, Y. Uwatoko, S. Chatterjee: “Study of ARPES, magnetic and magneto-transport properties of Dy-doped Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> topological insulator”, The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (Higashi-Hiroshima, Japan, 2019.3.7-8)
- [23] © T. Imai, K. Kato, K. Miyamoto, T. Okuda: “Investigation of temperature-induced topological phase transition in TlBiS<sub>2</sub>”, The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (Higashi-Hiroshima, Japan, 2019.3.7-8)
- [24] © T. Matsuda, K. Miyamoto, A. Kimura, T. Okuda: “Design of multi-channel spin detector at HiSOR”, The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (Higashi-Hiroshima, Japan, 2019.3.7-8)
- [25] © K. Sumida, T. Natsumeda, K. Miyamoto, I. V. Silkin, K. Kuroda, K. Shirai, S. Zhu, K. Taguchi, M. Arita, J. Fujii, A. Varykhalov, O. Rader, V. A. Golyashov, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, E. V. Chulkov, A. Kimura: “Enhanced surface state protection and band gap in the topological insulator PbBi<sub>4</sub>Te<sub>4</sub>S<sub>3</sub>”, The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron

- Radiation, (Higashi-Hiroshima, Japan, 2019.3.7-8)
- [26] F. Kato, K. Matsuo: “Secondary-structure analysis of DNA gyrase inhibitor derived from staphylococcus aureus by vacuum-ultraviolet circular-dichroism spectroscopy”, The 23nd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (Higashi-Hiroshima, Japan, 2019.3.7-8)
- [27] © J. Takahashi, T. Sakamoto, Y. Izumi, K. Matsuo, M. Fujimoto, M. Katoh, Y. Kebukawa, K. Kobayashi: “Circular dichroism analysis of optical activity emergence in amino-acid thin films irradiated by vacuum-ultraviolet circularly-polarized light”, The 23nd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (Higashi-Hiroshima, Japan, 2019.3.7-8)
- [28] © K. Nishikubo, M. Hasegawa, Y. Izumi, K. Fujii, K. Matsuo, Y. Matsumoto, A. Yokoya: “Structural change of DNA repair protein XRCC4 by phosphorylation at c-terminal revealed by VUV-CD”, The 23nd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (Higashi-Hiroshima, Japan, 2019.3.7-8)
- [29] © M. Kumashiro, Y. Izumi, K. Matsuo: “PIP2-induced conformational change of myelin basic protein characterized by vacuum-ultraviolet circular-dichroism spectroscopy”, The 23nd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (Higashi-Hiroshima, Japan, 2019.3.7-8)
- [30] © T. Shimizu, M. Kumashiro, Y. Izumi, K. Matsuo: “Effects of saccharides on structural stability of apo-myoglobin investigated by VUVCD spectroscopy”, The 23nd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (Higashi-Hiroshima, Japan, 2019.3.7-8)
- [31] K. Matsuo: “Conformations of oligosaccharides characterized by synchrotron-radiation vacuum-ultraviolet circular-dichroism spectroscopy”, The 23nd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (Higashi-Hiroshima, Japan, 2019.3.7-8)
- [32] T. Mayumi, Y. Ohashi, N. Ichikawa, M. Sawada: “Development of a soft x-ray reflectometer in a low vacuum environment at HiSOR-BL14”, The 23nd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (Higashi-Hiroshima, Japan, 2019.3.7-8)
- [33] Y. Ohashi, N. Ichikawa, T. Mayumi, M. Sawada: “Magnetic properties of Co ultrathin films intercalated underneath monolayer h-BN grown on Ni(111) probed by soft x-ray magnetic circular dichroism”, The 23nd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (Higashi-Hiroshima, Japan, 2019.3.7-8)
- [34] © N. Ichikawa, Y. Ohashi, T. Mayumi, M. Sawada, A. Kimura: “Antiferromagnetic coupling at the interface of Co/h-BN/Ni(111) studied by soft X-ray magnetic circular dichroism”, The 23nd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (Higashi-Hiroshima, Japan, 2019.3.7-8)
- [35] ○ T. Matsumoto, K. Maeda, T. Nagasaki, H. Sato, M. Sawada, K. Suekuni, T. Takabatake, S. Ueda, N. Kawamura: “Spectroscopic study on metal - semiconductor transition in  $\text{Cu}_{12}\text{Pn}_4\text{S}_{13}$  (Pn=As, Sb)”, The 23nd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (Higashi-Hiroshima, Japan, 2019.3.7-8)
- [36] © E. F. Schwier, H. Takita, W. Mansur, T. Miyashita, A. Ino, M. Hoesch, M. D. Watson, A. A. Haghighirad, C. Nicholson, C. Monney, H. Iwasawa, Y. Aiura, K. Shimada: “At the edge of  $\mu$ -ARPES: The best of both worlds?”, The 23nd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (Higashi-Hiroshima, Japan, 2019.3.7-8)

- [37] S. Matsuba, K. Kawase, A. Miyamoto, S. Sasakia, M. Fujimoto, T. Konomi, N. Yamamoto, M. Hosaka, M. Katoh: “Vector beam generation with tandem helical undulators in UVSOR”, The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (Higashi-Hiroshima, Japan, 2019.3.7-8)

#### 国内学会

(招待講演)

- [1] 泉 雄大:「DNA 損傷に誘起されるヒストン構造変化の円二色性分光による解析」, 研究会「光・物質・生命・宇宙におけるキラリティ」, (奈良女子大学, 2018年12月14-15日)
- [2] 泉 雄大:「次世代放射光がつなぐ分子カイリティとバイオロジー: 軟 X 線自然円二色性測定」, 多元物質科学研究所 放射光産学連携準備室第2回ワークショップ「次世代放射光と多元物質科学のアンサンブル—偏光の活用が展開する新しいサイエンス—」, (東北大学, 2019年2月20日)

(一般講演)

- [1] ◎ 泉 雄大, 松尾光一:「円二色性分光によるメチル化ヒストン H3 の構造解析」, 量子生命科学研究会第2回学術集会, (東京大学, 2018年5月10日)
- [2] ◎ 末永翔磨, 熊代宗弘, 泉 雄大, 松尾光一:「放射光真空紫外円二色性による生体膜結合タンパク質の構造研究」, Molecular Chirality 2018, (千葉大学, 2018年5月11-12日)
- [3] ◎ 熊代宗弘, 泉 雄大, 松尾光一:「真空紫外円二色性によるミエリン塩基性タンパク質の生体膜相互作用研究」, 第18回日本蛋白質科学会年会, (朱鷺メッセ, 2018年6月26-28日)
- [4] ◎ 津田俊輔, 櫻井裕也, 菊川直樹, 宇治進也, 山岡人志, 佐藤 仁, 有田将司, 島田賢也:「 $\text{Sr}_2\text{MO}_4$ ( $\text{M}=\text{V}, \text{Cr}, \text{Mn}$ )の光電子分光研究」, 日本物理学会 2018年秋季大会, (同志社大学, 2018年9月9-12日)
- [5] ◎ 山岡人志, 山本義哉, Eike F. Schwier, 川井拓真, 辻井直人, 平尾直久, 平岡 望, 石井啓文, Ku-Ding Tsuei, 島田賢也, 水木純一郎:「 $\text{RCO}_5$  ( $\text{R}=\text{La}, \text{Y}$ )における電子状態と結晶構造の圧力変化: X線発光分光とX線回折によるLifshitz transitionの観測」, 日本物理学会2018年秋季大会, (同志社大学, 2018年9月9-12日)
- [6] ◎ 松澤 悠, 岡本陽平, 守田智洋, 溝川貴司, Eike F. Schwier, 島田賢也, Naurang Saini, 東中隆二, 松田達磨, 青木勇二:「共鳴光電子分光による $\text{Pr}(\text{O}, \text{F})\text{BiS}_2$ の電子状態」, 日本物理学会2018年秋季大会, (同志社大学, 2018年9月9-12日)
- [7] ◎ 金井大輔, 高柳亮平, 中村拓海, 大川万里生, 小林義彦, 小林正起, 簗原誠人, 堀場弘司, 組頭広志, 小野寛太, Eike F. Schwier, 島田賢也, 齋藤智彦:「共鳴光電子分光法による $\text{Pr}_{1-x}\text{Y}_x\text{CoO}_3$ の電子構造の研究II」, 日本物理学会2018年秋季大会, (同志社大学, 2018年9月9-12日)
- [8] ◎ 密岡拓心, 岡本陽平, 溝川貴司, 村川 寛, 駒田盛是, 横井滉平, 酒井英明, 花咲徳亮, Eike F. Schwier, 島田賢也, 生天目博文:「角度分解光電子分光で観測されたTaAsのTa終端における電子構造」, 日本物理学会2018年秋季大会, (同志社大学, 2018年9月9-12日)

- [9] ◎ 宮下剛夫, Wumiti Mansuer, 田北仁志, 久保拓也, 石坂仁志, Eike F. Schwier, 岩澤英明, 島田賢也, 有田将司, 沼田純典, 宇都達郎, 松田 梓, 井野明洋:「高分解能角度分解光電子分光を用いたBi2212の電子構造におけるCo置換効果の研究」, 日本物理学会2018年秋季大会, (同志社大学, 2018年9月9-12日)
- [10] ◎ 守田智洋, 岡本陽平, 松澤 悠, 溝川貴司, Eike F. Schwier, 島田賢也, Naurang Saini, 梶谷 丈, 東中隆二, 松田達磨, 青木勇二:「X線光電子分光によるR(O,F)BiS<sub>2</sub>の解析」, 日本物理学会2018年秋季大会, (同志社大学, 2018年9月9-12日)
- [11] 松本凌弥, 杉本拓也, 溝川貴司, Naurang Saini, 有田将司, 生天目博文, 谷口雅樹, Rajveer Jha, 東中隆二, 松田達磨, 青木勇二:「角度分解光電子分光によるWTe<sub>2</sub>の軌道に依存したバンドの繰り込み」, 日本物理学会2018年秋季大会, (同志社大学, 2018年9月9-12日)
- [12] 赤羽祐香, 前田瑞綺, 山本健登, G. Tan, L.-D. Zhao, M. G. Kanatzidis, 有田将司, 生天目博文, 谷口雅樹, N. L. Saini, 溝川貴司:「角度分解光電子分光によるSn<sub>1-x</sub>Na<sub>x</sub>Seの電子状態の不均一性」, 日本物理学会2018年秋季大会, (同志社大学, 2018年9月9-12日)
- [13] 前田瑞綺, 赤羽祐香, 山本健登, G. Tan, L.-D. Zhao, M. G. Kanatzidis, 有田将司, 生天目博文, 谷口雅樹, N. L. Saini, 溝川貴司:「縮退半導体の異常なケミカルポテンシャルシフト:角度分解光電子分光によるSnSeとSn<sub>1-x</sub>Na<sub>x</sub>Seの電子状態」, 日本物理学会2018年秋季大会, (同志社大学, 2018年9月9-12日)
- [14] 大槻太毅, 澤田 慶, 柴田大輔, 川本雅人, 吉田鉄平, N. L. Saini, 溝川貴司, 後藤広樹, 小西健久, 太田幸則, 保井 晃, 池永英司, 有田将司, 生天目博文, 谷口雅樹, 平井大悟郎, 高木英典:「光電子分光によるRuPの金属-非磁性絶縁体転移の観測」, 日本物理学会2018年秋季大会, (同志社大学, 2018年9月9-12日)
- [15] 前田和大, 佐藤 仁, 明渡 悠, 河端 拓, 阿部晃大, 下笠諒平, 保井 晃, 水牧仁一郎, 河村直己, 池永英司, 筒井智嗣, 松本圭介, 平岡耕一, 三村功次郎:「価数相転移物質YbInCu<sub>4</sub>のYb L<sub>3</sub>端共鳴硬X線光電子分光」, 日本物理学会2018年秋季大会, (同志社大学, 2018年9月9-12日)
- [16] 餅原耕佑, 櫻木俊輔, 沢田正博, 佐藤徹哉:「硬X線領域における共鳴光電子分光の進展と展望」, 日本物理学会2018年秋季大会, (同志社大学, 2018年9月9-12日)
- [17] ◎ K. Matsuo, H. Namatame, M. Taniguchi, K. Gekko:「Interaction Mechanism between alpha1-Acid Glycoprotein and Membrane Characterized by Vacuum-Ultraviolet Circular-Dichroism Spectroscopy」, The 56th Annual Meeting of The Biophysical Society of Japan, (岡山大学, 2018年9月15-17日)
- [18] ◎ 泉 雄大, 松尾光一:「放射光円二色性分光を用いたK4メチル化ヒストンH3の構造解析」, 第61回放射線化学討論会, (大阪市立大学, 2018年9月26-28日)
- [19] ◎ 泉 雄大, 松尾光一:「円二色性分光によるメチル化ヒストンH3の構造解析」, 日本放射線影響学会第61回大会, (長崎ブリックホール, 2018年11月7-9日)
- [20] 三村功次郎, 河端 拓, 明渡 悠, 阿部晃大, 松本孝之, 下笠諒平, 保井 晃, 水牧仁一郎, 河村直己, 池永英司, 筒井智嗣, 佐藤 仁, 魚住孝幸, 松田達磨, 大貫惇睦:「共鳴硬X線光電子分光によるYbCu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>の電子状態の研究」, 第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (福岡国際会議場, 2019年1月9-11日)
- [21] ◎ 岩澤英明, 田北仁志, 後藤一希, Wumiti Mansuer, 宮下剛夫, Eike F. Schwier, 井野明洋, 島田賢也, 相浦義弘:「顕微ARPESにおける精密・効率的な測定手法の開発」, 第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (福岡国際会議場, 2019年1月

9-11日)

- [22] ◎ 泉 雄大, 松尾光一: 「集光ビームを用いた円二色性測定試料容量の低減」, 第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (福岡国際会議場, 2019年1月9-11日)
- [23] 松尾光一: 「放射光真空紫外円二色性によるオリゴ糖類のコンフォメーション変化の観測」, 第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (福岡国際会議場, 2019年1月9-11日)
- [24] ◎ 西久保開, 長谷川真保, 泉 雄大, 藤井健太郎, 松尾光一, 松本義久, 横谷明德: 「VUV-CDで見えてきたXRCC4活性中心に対するリン酸化の分子内遠隔制御」, 第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (福岡国際会議場, 2019年1月9-11日)
- [25] 細川伸也, Jens R. Stellohn, 佐藤 仁, 八方直久, 木村耕治, 林 好一, 松下智裕, 水牧仁一朗, 鈴木基寛, 平岡耕一: 「蛍光X線ホログラフィーによるYbInCu<sub>4</sub>価数揺動物質の価数選択性局所原子配列の研究」, 第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (福岡国際会議場, 2019年1月9-11日)
- [26] 藤本将輝, 松葉俊哉, 保坂将人, 加藤政博: 「タンデムアンジュレータを用いたラジアル偏光放射の発生」, 第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (福岡国際会議場, 2019年1月9-11日)
- [27] 松葉俊哉, 川瀬啓悟, 宮本 篤, 佐々木茂美, 藤本将輝, 許斐太郎, 山本尚人, 保坂将人, 加藤政博: 「タンデムヘリカルアンジュレータによるベクトルビームの生成」, 第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (福岡国際会議場, 2019年1月9-11日)
- [28] ◎ 松葉俊哉, 島田賢也, 川瀬啓悟, 原田健太郎, 加藤政博: 「広島大学放射光科学研究センターにおける次期光源加速器の検討状況」, 第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (福岡国際会議場, 2019年1月9-11日)
- [29] 前田和大, 佐藤 仁, 明渡 悠, 河端 拓, 阿部晃大, 下笠諒平, 保井 晃, 水牧仁一朗, 河村直己, 池永英司, 筒井智嗣, 松本圭介, 平岡耕一, 三村功次郎: 「価数相転移物質YbInCu<sub>4</sub>のYb L<sub>3</sub>端共鳴硬X線光電子分光」, 第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (福岡国際会議場, 2019年1月9-11日)
- [30] ◎ 生天目妃日理, Shiv Kumar, Eike F. Schwier, 相浦義弘, 島田賢也: 「直線偏光依存高分解能ARPESによる強磁性Niの自己エネルギー解析」, 第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (福岡国際会議場, 2019年1月9-11日)
- [31] 泉 雄大: 「ヒストンタンパク質のエピジェネティクス構造変化」, 第23回HiSOR研究会分子キラリティの計測・理論技術の革新から迫る生命機能研究の新展開, (広島大学, 2019年3月5日)
- [32] ◎ 島岩泰暉, 密岡拓心, 村川 寛, 駒田盛是, 横井滉平, 酒井英明, 花咲徳亮, 有田将司, Eike F. Schwier, 島田賢也, 生天目博文, 溝川貴司: 「角度分解光電子分光によるTaAsの電子構造」, 日本物理学会第74回年次大会, (九州大学, 2019年3月14-17日)
- [33] ◎ 石坂仁志, 田北仁志, 久保拓也, 宮下剛夫, Wumiti Mansuer, 島田賢也, 生天目博文, 上田茂典, 鬼頭 聖, 石田茂之, 岡 邦彦, 後藤義人, 藤久裕司, 吉田良行, 伊豫 彰, 荻野 拓, 永崎 洋, 川島健司, 柳 陽介, 井野明洋: 「層状リン化カルコゲナイド超伝導体(Zr<sub>1-y</sub>Lu<sub>y</sub>)PX(X=S,Se)の硬X線光電子分光」, 日本物理学会第74回年次大会, (九州大学, 2019年3月14-17日)

- [34] ◎ 松田旭央, 宮本幸治, 木村昭夫, 奥田太一:「マルチチャンネルスピン検出器の開発(1)」, 日本物理学会第74回年次大会, (九州大学, 2019年3月14-17日)
- [35] 東谷篤志, 山崎篤志, 藤原秀紀, 関山 明, 石渡星矢, 川本晃己, A. Rousuli, 佐藤 仁, S. Muhammady, Y. Darma's, 高瀬浩一:「層状オキシカルコゲナイド(BiO)CuCh(Ch=Se,Te)の電子構造への格子歪みの影響」, 日本物理学会第74回年次大会, (九州大学, 2019年3月14-17日)
- [36] 前田和大, 佐藤 仁, 河村直己, 松本圭介, 平岡耕一:「価数相転移物質YbInCu<sub>4</sub>のCu 2p-1s X線発光分光」, 日本物理学会第74回年次大会, (九州大学, 2019年3月14-17日)
- [37] ○ 松本拓真, 前田和大, 佐藤 仁, 末國晃一郎, 橋國克明, 高島敏郎, 河村直己:「Cu 2p-1s X線発光分光によるCu<sub>12</sub>As<sub>4</sub>Si<sub>13</sub>の金属半導体転移の研究」, 日本物理学会第74回年次大会, (九州大学, 2019年3月14-17日)
- [38] 細川伸也, 八方直久, 林 好一, 木村耕治, Jens R. Stelhorn, 佐藤 仁, 平岡耕一:「YbInCu<sub>4</sub> 価数揺動物質の価数選択的3次元局所構造」, 日本物理学会第74回年次大会, (九州大学, 2019年3月14-17日)
- [39] 三村功次郎, 河端 拓, 明渡 悠, 阿部晃大, 松本孝之, 下笠諒平, 保井 晃, 水牧仁一朗, 河村直己, 池永英司, 筒井智嗣, 佐藤 仁, 魚住孝幸, 松田達磨, 大貫惇睦:「共鳴硬X線光電子分光によるYbCu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>の電子状態の研究」, 日本物理学会第74回年次大会, (九州大学, 2019年3月14-17日)
- [40] 大橋由佳, 市川典万, 眞弓達矢, 澤田正博:「h-BN/Ni(111)へインターカレーションさせたCo超薄膜の軟X線磁気円二色性による研究」, 日本物理学会第74回年次大会, (九州大学, 2019年3月14-17日)
- [41] 藤本将輝, 松葉俊哉, 保坂将人, 加藤政博:「2台の直線偏光アンジュレータを用いたトポロジカル光発生」, 日本物理学会第74回年次大会, (九州大学, 2019年3月14-17日)
- [42] 羽島良一, 早川岳人, 静間俊行, 宮本修治, 松葉俊哉:「レーザー・コンプトン散乱ガンマ線のモザイク結晶による回折実験」, 日本物理学会第74回年次大会, (九州大学, 2019年3月14-17日)
- [43] 松葉俊哉:「直列に並べた二台のアンジュレータからのベクトルビーム放射光の生成」, 日本物理学会第74回年次大会, (九州大学, 2019年3月14-17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      | 13 件 |
| ○ 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数      | 6 件  |
| ○ 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 | 4 件  |

##### (国内学会)

- |                             |     |
|-----------------------------|-----|
| ○ 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数      | 9 件 |
| ○ 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数      | 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 | 3 件 |

#### セミナー・講演会開催実績

##### (HiSORセミナーの主催)

- [1] Junfeng He (University of Science and Technology of China) ;“Emergent quantum phenomena in correlated materials”, 2018年8月6日
- [2] Yasmine Sassa (Uppsala University) ;“Pressure studies on  $K_2Cr_8O_{16}$  using neutrons and muons”, 2018年10月25日
- [3] Nikolai Sokolov (Ioffe Institute of Russian Academy of Sciences) ; “Epitaxial nanofilms for oxide spintronics”, 2019年3月6日

(国際シンポジウム・ワークショップ主催)

- [1] International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) , (2018年10月4-6日 参加者総数110名)
- [2] 第23回 HiSOR 研究会「分子キラリティの計測・理論技術の革新から迫る生命機能研究の新展開」, (2019年3月5日 参加者総数32名)
- [3] The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation 「Materials and Biomolecular Science using VUV-SX Synchrotron Radiation」, (2019年3月7-8日 参加者総数84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	2 件
外国人留学生受入 (研究指導)	3 件

社会活動・学外委員

(高大連携 見学・研修受入)

- [1] 福山市立福山中学校, 121名 (2018年4月13日)
- [2] 近畿大学附属広島中学校東広島校, 150名 (2018年4月26日)
- [3] 今治北高等学校大三島分校, 93名 (2018年6月12日)
- [4] 広島学院高校, 56名 (2018年6月29日)
- [5] オープンキャンパス, 181名 (2018年8月21-22日)
- [6] 安芸太田町立加計中学校, 25名 (2018年9月6日)
- [7] 北広島町立大朝中学校, 28名 (2018年9月12日)
- [8] 鳥取県立鳥取東高等学校, 40名 (2018年9月13日)
- [9] 竹原市賀茂川中学校, 36名 (2018年9月20日)
- [10] きらめきときめきサイエンス, 9名 (2018年9月22-23日)
- [11] 山陽女学園高等部, 42名 (2018年10月2日)
- [12] 広島大学附属福山中学校, 26名 (2018年10月19日)
- [13] 広島県立広島国泰寺高等学校, 58名 (2018年10月24日)
- [14] 広島大学附属中学校 (職場体験学習), 15名 (2018年11月1日)
- [15] 高水高等学校附属中学校, 38名 (2018年11月6日)
- [16] 銀河学院中学校, 62名 (2018年11月9日)
- [17] 広島県立祇園北高等学校, 43名 (2018年12月12日)

(海外機関の見学・研修受入)

- [1] インドネシア・ガジャマダ大学, 3名 (2018年5月25日)
- [2] フランス・ラ・ロシェル大学, 3名 (2018年6月18日)

- [3] 米国・モーガン州立大学, 1名 (2018年6月27日)
- [4] 南アフリカ・ヨハネスブルグ大学, 2名 (2018年7月23日)
- [5] ロシア・ロシア学生サマースクール, 14名 (2018年8月2日)
- [6] 韓国・釜山大学 (日韓学生ワークショップ), 14名 (2018年11月16日)
- [7] インド・Accurate Sensing Technologies Pvt. Ltd. India, 2名 (2018年12月28日)
- [8] ミャンマー・ヤンゴン外国語大学, 9名 (2019年2月14日)
- [9] 中国・長春理工大学, 6名 (2019年2月20日)
- [10] 中国・長春理工大学, 5名 (2019年2月22日)
- [11] 中国・燕山大学・ハルビン工程大学 (さくらサイエンスプラン), 16名 (2019年2月26日)
- [12] 広島大学プレート収束域の物質科学研究拠点, 12名 (2019年3月5日)
- [13] PEACE 学生交流プログラム, 3名 (2019年3月22日)

(一般の見学・研修受入)

- [1] LEOS, 3名 (2018年4月12日)
- [2] 科学技術週間見学, 1名 (2018年4月17日)
- [3] 科学技術週間見学, 1名 (2018年4月21日)
- [4] 東京大学物性研究所, 3名 (2018年4月26日)
- [5] 九州工業大学, 2名 (2018年5月15日)
- [6] アルバックテクノ株式会社, ミツワフロンテック, 4名 (2018年5月15日)
- [7] 会計検査院, 5名 (2018年5月16日)
- [8] 佐賀大学理工学部, 2名 (2018年5月29日)
- [9] 名古屋大学, 2名 (2018年8月2日)
- [10] 自然科学研究機構, 1名 (2018年8月10日)
- [11] 量子科学技術研究開発機構, 5名 (2018年10月9日)
- [12] 文部科学省, 5名 (2018年10月12日)
- [13] 2018年度理学部・大学院理学研究科公開 (ホームカミングデー), 90名 (2018年11月3日)
- [14] 株式会社エムクリエーション (卒業アルバム製作), 1名 (2018年11月6日)
- [15] グローバルサイエンスキャンパス, 9名 (2018年12月9日)
- [16] 九州大学, 3名 (2018年12月28日)
- [17] 広島大学・三次市連携協力推進会議, 8名 (2019年2月22日)
- [18] 文部科学省, 6名 (2019年3月11日)
- [19] 香川大学, 2名 (2019年3月22日)

(学内の見学・研修受入)

- [1] 広島大学, 2名 (2018年5月1日)
- [2] 広島大学新採用教員基礎研修, 15名 (2018年5月8日)
- [3] 工学研究科, 4名 (2018年5月9日)
- [4] 理学研究科 Hiサイエンティスト養成プログラム授業, 32名 (2018年5月11日)
- [5] 理学研究科, 16名 (2018年5月18日)
- [6] 物理学実験A (中学免許用) 受講者と関係者, 16名 (2018年5月18日)
- [7] 組織的産学連携に向けた研究拠点との連携セミナー, 15名 (2018年5月31日)

- [8] 放射光科学院生実験, 11名 (2018年6月4-7日)
- [9] 理学研究科, 16名 (2018年6月22日)
- [10] 先端物質科学研究科, 21名 (2018年6月27日)
- [11] 理学研究科, 13名 (2018年7月20日)
- [12] 広島大学, 2名 (2018年7月25日)
- [13] 理学研究科, 7名 (2018年7月31日)
- [14] 理学研究科 Hiサイエンティスト養成プログラム授業, 29名 (2018年8月2日)
- [15] 理学研究科, 9名 (2018年8月3日)
- [16] 理学研究科, 14名 (2018年11月6日)
- [17] 理学研究科, 1名 (2018年12月13日)
- [18] 工学研究科, 46名 (2018年12月14日)
- [19] 理学研究科, 15名 (2018年12月14日)
- [20] 理学研究科, 14名 (2019年2月1日)
- [21] 理学研究科, 14名 (2019年3月22日)

(出前授業等)

- [1] 松尾光一 : 課題研究成果発表会コメンテーター, 広島県立国泰寺高校 (2019年3月15日)

(学協会委員)

- [1] 島田賢也 : International Workshop on Strong Correlations and Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy (CORPES19), International Advisory Committee
- [2] 島田賢也 : International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) , Chair, Local Organizaing Committee
- [3] 島田賢也 : Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI 2018) , International Advisory Committee
- [4] 生天目博文, 奥田太一, 佐藤 仁, 松尾光一, 澤田正博, Baojie Feng, Eike. F. Schwier, 宮本幸治, 松葉俊哉, 泉 雄大 : International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) , Local Organizaing Committee
- [5] 奥田太一 : 日本表面科学会関西支部幹事
- [6] 奥田太一 : 日本放射光学会プログラム委員
- [7] 松尾光一 : Member of editorial board in “Biomedical Spectroscopy and Imaging - IOS Press”
- [8] 松尾光一 : Members of the PCDDDB (Protein Circular Dichroism Data Bank) International Technical Advisory Board
- [9] 松尾光一 : Molecular Chirality 2018 実行委員 (2018年5月11-12日)
- [10] 佐藤 仁 : 日本物理学会 Jr.セッション委員
- [11] 佐藤 仁 : 広島県物理教育研究推進会事務局, 庶務幹事
- [12] 佐藤 仁 : リフレッシュ理科教室実行委員会委員

(外部評価委員等)

- [1] 島田賢也 : 国立大学共同利用・共同研究拠点協議会幹事
- [2] 奥田太一 : SPring-8 / SACLA 成果審査委員会査読者
- [3] 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
- [4] 奥田太一 : 日本学術振興会 科学研究費委員会専門委員

- [5] 奥田太一：分子化学研究所・UVSOR 運営委員会委員
- [6] 生天目博文：SPring-8 課題審査委員
- [7] 生天目博文：東北放射光施設 SLiF-J エンドステーション・デザインコンペ外部委員

(産学官連携実績)

- [1] 島田賢也：(独) 産業技術総合研究所 共同研究
- [2] 島田賢也：(独) 物質・材料研究機構 共同研究
- [3] 奥田太一：(株) 日立製作所 共同研究
- [4] 奥田太一：VG シエンタ (株) 共同研究
- [5] 生天目博文：(株) マツダ 広島大学 共同研究
- [6] 松尾光一, 泉 雄大：自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター 委託研究
- [7] 宮本幸治, 川瀬啓悟, 松葉俊哉：自然科学研究機構 分子科学研究所 協力研究

国際共同研究・国際会議開催実績

(学術国際交流協定)

- [1] ドイツ・マインツ大学第 8 学部
- [2] 中国・中国科学院物理研究所超伝導国家重点実験室
- [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] ドイツ・ミュンスター大学物理学部

(国際共同研究)

- [1] 「Anomalously large energy gap open at the Dirac point in new class of magnetically ordered topological insulators and its temperature dependence」, Alexander Shikin (ロシア・サンクトペテルブルク大学)
- [2] 「Study of bulk and surface electronic states electronic of potential magnetic Weyl semimetals,  $\beta$ -V<sub>2</sub>OPO<sub>4</sub> and Co<sub>2</sub>S<sub>2</sub>Tl, by ARPES and spin-resolved ARPES」, Chang Liu (中国・南方科技大学)
- [3] 「Direct band structure study of magnetic Weyl semimetal candidate V<sub>3</sub>S<sub>4</sub> using ARPES」, Chang Liu (中国・南方科技大学)
- [4] 「ARPES study of the evolution of electronic structures of Yb-doped SmB<sub>6</sub>」, Shaolong He (中国・中国科学院)
- [5] 「Demonstrating the first topological magnet in Co<sub>2</sub>MnGa using spin-resolved ARPES」, M. Zahid Hasan (米国・プリンストン大学)
- [6] 「Investigating fourfold-degenerate surface state in topological crystalline insulator Sr<sub>2</sub>Pb<sub>3</sub>」, Tian Qian (中国・中国科学院)
- [7] 「Spin resolved photoemission studies on possible half metallic SrRuO<sub>3</sub> thin film」, Changyoung Kim (韓国・ソウル大学校)
- [8] 「ARPES studies on the electronic structure of 2D layered van der Waals (vdW) ferromagnetic semiconductor CrI<sub>3</sub>」, Guodong Liu (中国・中国科学院)
- [9] 「Study on structural changes of histone core proteins in Arabidopsis after gamma irradiation」, Jin-Hong Kim (韓国・韓国原子力研究所先端放射線技術研究所)
- [10] 「Resonant photoemission spectroscopy of Ce single crystal II」, Galif Kutluk (中国・ホータンティーチャーズカレッジ)

- [11] 「Comparative study of the surface magnetism developed in V, Gd-doped and BiTeI with variation of magnetic atom concentration, stoichiometry and magnetic ordering at different temperatures including room temperature」, Alexander Shikin (ロシア・サンクトペテルブルク大学)
- [12] 「Contributions of anomeric configuration of benzimidazole C-nucleosides to vacuum-ultraviolet circular dichroism」, Mohammed A.E. Sallam (エジプト・アレクサンドリア大学)
- [13] 「Electronic structure of electron-doped  $J=1/2$  Mott insulators」, Junfeng He (中国・中国科学技術大学)
- [14] 「Nodal gap in electron-doped  $J=1/2$  Mott insulators」, Junfeng He (中国・中国科学技術大学)
- [15] 「ARPES study of a giant bulk Rashba-like splitting candidate」, Shaolong He (中国・中国科学院)
- [16] 「Energy gap open at the Dirac point and kII-shift of the Dirac cone states generated under laser radiation in V-doped topological insulators with different magnetic doping level, stoichiometry and localization of the Dirac point relative to the Fermi level」, Alexander Shikin (ロシア・サンクトペテルブルク大学)
- [17] 「ARPES studies of ultrathin ferromagnetic films on topological insulators for spintronic applications」, Andrey Kamilievich Kaveev (ロシア・ロシア科学アカデミー)
- [18] 「Electronic and spin structure of Bi-graphene-like system」, Oleg E. Tereshchenko (ロシア・ロシア科学アカデミー)
- [19] 「Spin polarized electronic structure of metal overlayers on magneto-electric  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 」, Takashi Komesu (米国・ネブラスカ-リンカーン大学)
- [20] 「Catalytic behavior of  $\text{MoS}_2$ , with molecular adsorption」, Takashi Komesu (米国・ネブラスカ-リンカーン大学)
- [21] 「ARPES study of  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  and  $\text{Mn}_{1.5}\text{Cr}_{1.5}\text{O}_4$  films grown at  $\text{MgO}(001)$  substrate」, Gopeshwar Dhar Dwivedi (台湾・中山大學)
- [22] 「Insight into the spin-texture of Shockley and Dirac states handling by competitive spin-orbit and exchange magnetic interactions in  $\text{GdRh}_2\text{Si}_2$ ,  $\text{HoRh}_2\text{Si}_2$ ,  $\text{GdIr}_2\text{Si}_2$  and  $\text{YbIr}_2\text{Si}_2$  materials」, Denis Vyalikh (スペイン・ドノスティア国際物理学センター)
- [23] 「Spin structure of the gapped Dirac cone of first antiferromagnetic topological insulator  $\text{MnBi}_2\text{Te}_4$ 」, Ilya Klimovskikh (ロシア・サンクトペテルブルク大学)
- [24] 「Energy gap open at the Dirac point in Gd- and Mn-doped topological insulators with different magnetic doping level, stoichiometry and localization of the Dirac point relative to the Fermi level for analysis of realization of 2D surface ferromagnetism and its manipulation by laser」, Alexander Shikin (ロシア・サンクトペテルブルク大学)
- [25] 「Resonance photoemission study of the energy gap open at the Dirac point and the reasons of the gap formation in Mn- and Gd-doped magnetic topological insulators」, Alexander Shikin (ロシア・サンクトペテルブルク大学)
- [26] 「High-resolution angle-resolved photoemission studies on the surface of low-dimensional excitonic insulators」, keisuke Fukutani (韓国・韓国基礎科学研究所)
- [27] 「Electronic and magnetic structures of iridates using x-ray absorption and x-ray magnetic dichroism based techniques」, K. Asokan (インド・インター・ユニバーシティ・アクセルレーター・センター)

- [28] 「Exchange vs. spin-orbit interaction at magnet/heavy-metal interfaces」, Markus Donath (ドイツ・ヴェストファーレン・ヴィルヘルム大学)
- [29] 「Cation distribution and magnetic properties of NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanofilms on MgO and SrTiO<sub>3</sub> substrates: XAS and XMCD soft x-ray studies」, Andrey Kamilievich Kaveev (ロシア・ロシア科学アカデミー)
- [30] 「Evolution of heavy fermion states in the valence fluctuating compound EuNi<sub>2</sub>P<sub>2-x</sub>As<sub>x</sub>」, Andrey Kamilievich Kaveev (ロシア・ロシア科学アカデミー)
- [31] 「A feasibility study of the atomic hydrogen cleaning of the carbon contamination on optical elements」, Takashi Tokushima (スウェーデン・ルンド大学)
- [32] 「Ex-situ/in-situ soft x-ray absorption investigation towards corrosion of Cu and passivation behavior of Ti」, Ying Jin (中国・北京科技大学)
- [33] 「Anomalously large energy gap open at the Dirac point in new class of magnetically ordered topological insulators and temperature dependence of the Dirac cone structure」, Alexander Shikin (ロシア・サンクトペテルブルク大学)
- [34] 「Electronic structure and anomalously large energy gap open at the Dirac point in new class of magnetically ordered topological insulators at different temperatures and resonance photoemission study of the Mn-derived states in the region of the gap」, Alexander Shikin (ロシア・サンクトペテルブルク大学)
- [35] 「Investigation of tunable spin orbit interaction at Rashba hetero-interfaces」, Rohit Medwal (シンガポール・南洋理工大学)
- [36] 「XMCD study of the substrate dependent stress induced magnetic anisotropy in epitaxial nanoscale YIG layers」, Sergey Suturin (ロシア・ロシア科学アカデミー)

#### 研究助成金等の受入状況

- [1] 島田賢也：科学研究費補助金，基盤研究（C）（研究分担者）「多秩序系に発現する位相欠陥を伴う電子軌道テクスチャの実験的解明」2018年度 分担額 100千円
- [2] 島田賢也：科学研究費補助金，基盤研究（A）（研究分担者）「量子井戸構造に基づく2次元金属薄膜への磁気機能の誘導とその応用展開」2018年度 分担額 200千円
- [3] 奥田太一：科学研究費補助金，基盤研究（A）（研究代表者）「微小マルチドメインを持つ新奇ラシュバ・トポロジカル物質のスピ電子状態の直接観測」総額 42,250千円 2018年度 5,590千円
- [4] 奥田太一：(株) 日立製作所，研究課題：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：500千円
- [5] 奥田太一：VG シエンタ（株），研究課題：VLEED型スピン検出器の性能向上のための研究，総額：3,000千円
- [6] 生天目博文：(株) マツダ，研究課題：放射光による自動車用材料の分析，研究費：500千円
- [7] 澤田正博：科学研究費補助金，基盤研究（A）（研究分担者）「量子井戸構造に基づく2次元金属薄膜への磁気機能の誘導とその応用展開」2018年度 分担額 260千円
- [8] 松尾光一：2018年度科研費ステップアップ支援制度（広島大学）（研究代表者）「放射光円二色性法による・1-酸性糖蛋白質の生体膜結合構造の解明」総額：1,000千円
- [9] 松尾光一：公益財団法人日立財団（海外渡航費補助）「Vacuum-ultraviolet circular-dichroism

study of oligosaccharide conformations using a synchrotron-radiation spectrophotometer」総額：150 千円

- [10] 宮本幸治：科学研究費補助金，挑戦的萌芽研究（研究代表者）「軌道角運動量を持つ光とスピン分解光電子分光を用いた新測定手法の模索・開発」総額：3,900 千円 2018 年度：520 千円
- [11] 宮本幸治：科学研究費補助金，基盤研究（B）（研究代表者）「スピン角度分解光電子分光で探るレーザー光による光誘起スピン電流の電子スピン制御」総額：18,330 千円 2018 年度：15,600 千円
- [12] 泉 雄大：若手研究（B）（研究代表者）：「放射光円二色性分光によるヒストンの DNA 損傷誘起「異常構造」形成過程の解明」総額：4,290 千円 2017 年度：1,430 千円

その他特記すべき事項

（受賞）

- [1] 宮本幸治：2018 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞
- [2] 松葉俊哉：日本物理学会 若手奨励賞
- [3] Shiv Kumar（研究員）：Young Scientist Award, 3rd International Conference on Recent Advances in Science

## 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，理学研究科物理科学専攻の全教員（24名），先端物質科学研究科量子物質科学専攻の理学系教員（16名），および放射光科学研究センター（7名），宇宙科学センター（3名），自然科学研究開発支援センター（1名）の教授，准教授から構成される。学部教育を担当する教員数は現状で十分と考えられる。このように異なる研究科の2専攻と3センターが学部教育を担当しており，それぞれの中期計画・中期目標に沿った教員人事選考が行われているが，教員の公募・採用と配置では学部教育に関する共通の基盤にたった配慮がなされる様に「教員の理学部（物理学科）併任に関する申合せ」を作成し，人事選考の過程で物理学科教授懇談会の場で候補者の紹介が行われることが慣例となっている。

◎物理科学科教員リスト（平成30年4月時点）

#### ・物理科学専攻

##### 教授

大川正典，小嶋康史，杉立 徹，深澤泰司，黒岩芳弘，森吉千佳子，木村昭夫，平谷篤也

##### 准教授

両角卓也，石川健一，山本一博，志垣賢太，中島伸夫，関谷徹司

##### 助教

岡部信広，本間謙輔，三好隆博，高橋弘充，大野雅功，石松直樹，真木祥千子，和田真一，吉田啓晃

- ・放射光科学研究センター（併任）
  - 教授
    - 生天目博文，島田賢也，奥田太一
  - 准教授
    - 佐藤 仁，澤田正博，松尾光一
  
- ・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
  
- ・先端物質科学研究科
  - 教授
    - 嶋原 浩，鬼丸孝博，鈴木孝至，岡本宏己，栗木雅夫
  - 准教授
    - 田中 新，樋口克彦，松村 武，八木隆多，高橋 徹，檜垣浩之
  - 助教
    - 石井 勲，飯沼昌隆，伊藤清一
  
- ・自然科学研究開発支援センター
  - 准教授
    - 梅尾和則

### 2-3 学科の学士課程教育

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

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

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

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

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

### 1. アドミッションポリシー

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

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

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

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

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

### 2. カリキュラム・ポリシー

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

### 3. ディプロマ・ポリシー

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

- ・ 物理学における基礎的、専門的な知識・能力・技能。
- ・ 実験や観測などの客観的事実やモデル計算の結果に対して、物理学の知識・能力・技

能を駆使して自ら論理的に考えることができる能力。

- 物理学に限らず，広い視野と倫理観を持って，科学研究，教育，実業の幅広い分野で活躍することができる素養。
- 国際的な感覚を持ち，科学的な内容に関する報告や議論，プレゼンテーションなどを英語で行うことができる能力。

学科授業担当

2018年度前期授業担当		
1年次		
水	力学A	八木
	物理数学A	中島 (伸)
	教養ゼミ	深澤, 生天目, 木村, 岡本, 鈴木, 岡部
金	物理学演習	檜垣, 川端, 本間
2年次		
火	物理数学C	石川
	電磁気学I	高橋 (徹)
水	熱力学	松村
	物理科学英語	深澤, Werner
木	解析力学	黒岩
	電磁気学演習	関谷, 中島, 岡部
3年次		
火	物理科学実験A	木村 (昭) 他
水	応用電磁力学	岡本
	量子力学演習	石川, 佐藤 (仁), 松村
木	統計力学I	嶋原
	固体の構造と物性	森吉
金	量子力学II	樋口
	相対性理論	小寫, 山本
	物理科学実験A	木村 (昭) 他
4年次		
木	粒子物理学B	杉立, 高橋 (徹)
	固体物理学II	松村
金	時空物理学II	山本 (一)

2018年度後期授業担当		
1年次		
火	力学B	檜垣
	物理学序論	小畠
金	力学演習	志垣, 八木, 奥田
	物理数学B	樋口
2年次		
火	電磁気学II	鬼丸
	物理科学数値計算法	三好
水	電磁・量力演習	島田(賢), 松尾, 生天目
木	物理数学D	山本(一)
	量子力学I	大川
金	先端物理学	木村
	物理科学実験法	梅尾
3年次		
火	分子物理学	関谷
	物理科学実験B	木村(昭) 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(泰)
木	統計力学演習	澤田, 田中(新), 森吉
	固体物理学I	生天目
	連続体力学	鈴木(孝)
金	量子力学III	田中
	物理科学実験B	木村(昭) 他

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

学生の授業アンケート調査の結果、教育内容と量に関する評価は概ね良好であった。学生は、授業内容に関する理解と達成感が得られたとして、授業に満足していることが分かる。特に演習やゼミナール形式の少人数授業の評価が高いが、予習・復習に対する取り組みの自己評価が低い。これらの評価の間に整合性を欠くことが憂慮される。これは成績分布に見られる二極化が、更に無極化する傾向と関連して深刻な問題である。一方、3年次の物理科学実験

に対する良好な評価が得られているようで、卒業研究着手のための配属研究室の選択にも、その実験の経験が大いに影響している。担当教員の取り組みが重要であることを強く示唆している。

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

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

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

#### 学士課程教育の成果とその検証

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

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

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

## 2018年度入学生

	定員	志願者	入学者
AOI型	10	16	11
前期日程	36	74	40
後期日程	20	156	22
計	66	246	73

## チューター

入学年度	チューター			
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
2015	黒岩	山本	檜垣	深澤
2014	岡本	石川	中島	鈴木
2013	両角	志垣	森吉	鬼丸

## 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。平成28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
2018	64	5	65	46
2017	63	7	64	48
2016	74	6	73	53
2015	71	5	68	37
2014	60	6	61	40
2013	60	6	61	40

2018年度の卒業論文発表会は、2019年2月12日（火）に3つのグループで時間帯を分け、シヨートオーラルを理学部E002講義室にて、ポスター発表をE203大会議室にて開催した。

以下に、卒業論文発表題目を掲載する。

## 2018年度 理学部・物理科学科 卒業論文発表会

2019年2月12日 (火)

場所：理学部 E002講義室

ショートオーラル

理学部 E203大会議室

ポスター発表

氏名	論文題目	指導教員	主査	副査
1 渡邊祐也	LabVIEWを用いたHiSOR-BL6測定プログラムの作成	平谷	平谷	生天目
2 倉内太道	イオンプラズマに励起された集団振動の観測	岡本	伊藤	志垣
3 秋丸直人	気相有機分子における内殻励起状態選択的解離の理論計算による解離機構の解明	平谷	平谷	田中
4 佐々木遼太	酪酸及び酪酸エチルを包接したシクロデキストリンに関する分光学的研究	平谷	吉田	松尾
5 阿部日向子	レーザー角度分解光電子分光によるトポロジカル絶縁体PbBi <sub>6</sub> Te <sub>10</sub> の表面ディラック電子状態の研究	木村	木村	八木
6 藤盛伸太郎	フッ素を含んだ有機単分子膜の内殻励起スペクトルとサイト選択的脱離反応に関する理論的考察	平谷	和田	澤田
7 鈴木一毅	マグネターの磁場の長時間変動	小畷	小畷	植村
8 村上貴洋	高密度プラズマ塊と流れの相互作用の磁気流体力学シミュレーション	杉立	三好	伊藤
9 山本涼一	SZ効果を用いた大規模構造に付随する中高温銀河間物質の探査	深澤	岡部	栗木
10 戸津井亜生	偏光の測定 of 強さ可変測定の実験的研究	高橋	飯沼	杉立
11 高橋 光	二次元イジングモデルにおけるテンソルくりこみ群アルゴリズムのプログラムの実装	石川	石川	嶋原
12 大矢元海	ALICE実験前方ミュオン粒子飛跡検出器の分散制御系試験機	杉立	志垣	水野
13 桐田勇利	準平行非対称光子対衝突系における暗黒場共鳴を介した誘導散乱の定式化	杉立	本間	石川
14 北原弘大	QEDの摂動論による逆コンプトン散乱の研究	大川	大川	山本
15 西村 武	位相空間回転によるリニアコライダーのための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	大野
16 藍沢友也	物質に作用する光圧の理論予測	嶋原	樋口	本間
17 梅野寛大	カゴ状化合物NdT <sub>2</sub> Zn <sub>20</sub> (T:Co,Rh)の巨大振幅原子振動効果と結晶場効果	鈴木	鈴木	黒岩
18 尾田拓之慎	角度分解光電子分光を用いた銅酸化物超伝導体La <sub>2-x</sub> Sr <sub>x</sub> CuO <sub>4</sub> の自己エネルギー解析	木村	木村	樋口
19 服部真央	チタン酸バリウム of 分極反転に伴う構造変化の時間分割測定	黒岩	黒岩	和田
20 熊谷学人	チタン酸ストロンチウム薄膜の格子歪みによる強誘電性の探究	中島	中島	関谷
21 川夏康助	光電子分光による熱電変換物質FeVSbの電子状態の研究	木村	木村	樋口

22	小林祐生	HBT干渉法による原始重力波の量子性の観測可能性	山本	山本	大川
23	谷口真彦	様々な修正重力理論の特徴と重力波	大川	大川	志垣
24	山根裕也	高密度ビームにおける四重極振動モードの安定性に関する数値解析的研究	岡本	岡本	三好
25	杉山祐紀	ミンコフスキー時空とリンドラー時空における重力波についての考察	山本	山本	石川
26	加藤大輔	4f3配位系NdRh <sub>2</sub> Zn <sub>20</sub> の反強磁性秩序に対する圧力効果	梅尾	梅尾	松村
27	山本華文	HiSOR多バンチ運転下でのパルス電場式飛行時間型質量分析器によるイオン測定評価	平谷	和田	中島
28	大久保勇利	改善された梯子近似とカイラル対称性の動的な破れ	両角	両角	高橋
29	浦山夢功	Gor'kovの方法によるGinzburg-Landau方程式の導出	嶋原	嶋原	八木
30	眞弓達矢	HiSOR-BL14における軟X線反射率測定装置の開発	澤田	澤田	関谷
31	三浦優里	線形摂動によるカイラルMHDの不安定性モード解析	小嶋	小嶋	深澤
32	石田崇洋	等方的Heisenberg模型の基礎的理論 一系の次元と相転移一	嶋原	嶋原	佐藤
33	近藤丈仁	軽いベクトル中間子の質量二準位模型による質量状態変化の検出可能性評価	杉立	志垣	植村
34	堀井幸多	4層グラフェンにおける垂直電場によるディラックコーンの生成	八木	八木	奥田
35	清水 健	真空紫外円二色性法を用いた糖類の分子特性とアポミオグロビンの構造安定性についての研究	松尾	松尾	平谷
36	倉持慶太郎	2段式ダイヤモンドアンビルセルを用いたmulti-Mbar領域のXAFS測定	中島	石松	澤田
37	井田健二郎	光子の伝播パラドックス実証のための実験条件の考察	高橋	飯沼	両角
38	田村遼平	位相空間回転によるリニアコライダーのための高ルミノシティビーム生成 一x-yエミッタンス交換の特性評価一	栗木	栗木	川端
39	仲畑賢人	YbNi <sub>3</sub> Ga <sub>9</sub> の格子定数の温度変化	松村	松村	梅尾
40	浅谷俊太郎	4f2配位系La <sub>1-x</sub> Pr <sub>x</sub> Ti <sub>2</sub> Al <sub>20</sub> (x ≤ 0.5)における四極子秩序と非フェルミ液体的挙動	鬼丸	鬼丸	石井
41	白井拓海	イオンプラズマの断面方向位置制御による非線形効果の抑制	岡本	伊藤	水野
42	金森 奨	GdTM <sub>2</sub> H <sub>x</sub> (TM = Fe, Co, Ni, x~3)の磁気特性に対する水素の影響	中島	石松	梅尾
43	西尾 悠	線形応答の久保理論と電磁応答関数の導出	嶋原	嶋原	木村

44	大曲雄大	希土類カルコゲナイド $\text{RCuS}_2$ ( $\text{R} = \text{Dy, Ho, Er, Yb}$ ) の磁性と低温物性	鬼丸	鬼丸	木村
45	須崎由季弘	核磁気共鳴のための密度汎関数理論の拡張	嶋原	樋口	島田
46	山本龍哉	シミュレーションを用いたIXPE衛星による広が った天体のX線偏光解析手法の研究	深澤	水野	両角
47	西中勇貴	かなた望遠鏡における重力波対応天体検出を見据 えた可視近赤外バンドの限界等級評価	深澤	川端	小畷
48	牟田美慧	充填ゼオライト化合物 $(\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x)_8[\text{AlO}_2]_{12}(\text{MoO}_4)_2$ の 構造相転移	森吉	森吉	松村
49	宮島 諒	光子-光子衝突型加速器における実光子弾性散乱 の研究	高橋	高橋	檜垣
50	小澤秀介	軟X線角度分解光電子分光を用いたルテニウム酸 化物超伝導体の電子状態の研究	木村	木村	鈴木
51	大間々知輝	確率過程モデルを用いたジェット天体の時系列デー タの多波長間タイムラグ推定	深澤	植村	岡部
52	掛林達樹	真空紫外円二色性による生体膜と結合したシトク ロムcの構造解析	松尾	松尾	吉田
53	河崎 遼	2次元過渡吸収スペクトルのグローバルフィッテ ィング解析	平谷	和田	松尾
54	久富章平	MPPCの小型衛星応用を見据えたノイズ低減対策 の研究	深澤	大野	山本
55	廣瀬憲吾	小型多チャンネルFPGA/ADCボードを用いた複数 機器読み出しシステムの立ち上げ	深澤	大野	檜垣
56	北澤崇文	超重電子系化合物 $\text{Yb}(\text{Co}, \text{T})_2\text{Zn}_{20}$ ( $\text{T} = \text{Fe, Ni}$ )の量 子臨界制御	鬼丸	鬼丸	佐藤
57	中部倫太郎	10-8 eV質量域のアクシオンの粒子探索へ向けた 試験的計測	杉立	本間	飯沼
58	松本拓真	硫化銅鉍物 $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$ のX線発光分光	佐藤	佐藤	鬼丸
59	鈴木大地	$\text{DyNiAl}$ の4f電子状態と磁場中相図の決定	鈴木	鈴木	田中
60	夜船紘和	$\text{Yb}(\text{Ni}_{1-x}\text{Cu}_x)_3\text{Al}_9$ における電気抵抗率の圧力効果	松村	松村	志村
61	白邦裕千	放射光X線回折による混合原子価金属酸化物の電 子密度解析	黒岩	黒岩	中島
62	河野 嵩	Co基ホイスラー合金のスピン及び軌道に依存し た電子状態の観測	木村	木村	石松
63	柴田早由里	極低質量暗黒物質探索へ向けたジョセフソン接合 素子によるGHz帯光子計数法の考察	杉立	本間	高橋
64	堀尾隆介	$\text{UCo}_{1-x}\text{Os}_x\text{Al}$ の三重臨界点近傍におけるMHz帯で 周波数依存する弾性率の起源	鈴木	鈴木	森吉

### 物理科学科就職情報

進 学：広島大学大学院博士課程前期 46，名古屋大学 4，九州大学 3，東北大学 1，  
東京工業大学 1

企 業：大分交通（株） 1，千代田化工建設（株） 1，日本貨物航空（株） 1，  
さわかみ投信 1，（株）日新システムズ 1，信越化学工業（株） 1

### 学生の表彰

広島大学 理学部長表彰者：2名

