

Ⅱ 物理学専攻・物理学科

1 物理学専攻

1-1 専攻の理念と目標

物理学専攻では、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。

教職員（平成28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）
大野雅功（助教）
北口貴雄（特任助教）

可視赤外線天文学

吉田道利*（教授） 川端弘治*（准教授） 秋田谷 洋*（特任助教）
大杉 節*（特任教授） 植村 誠*（准教授） 田中康之*（特任助教）
水野恒史*（准教授） 内海洋輔*（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（准教授） 馬込栄輔（助教）

電子物性

圓山 裕（教授） 中島伸夫（准教授） 石松直樹（助教）

光物性

木村昭夫（教授）

Nuermairaiti Munisai（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）

奥田太一（准教授）

宮本幸治（助教）

谷口雅樹（特任教授）

澤田正博（准教授）

泉 雄大（助教）

松尾光一（准教授）

井野明洋（特任准教授）

放射光物理

川瀬啓悟（准教授）

松葉俊哉（助教）

専攻事務

和田博美 須藤和子 前田みどり

教員の異動

欠員ポストが生じると、将来計画等を議論した後に採用分野を決定することとしている。また新採用は全て公募による。なお、新採用の助教は全て任期がつく。平成24年8月に公布された改正労働契約法の一部改正によって任期付き（7年、再任無し）としている。平成28年度から始まる第3期中期目標・中期計画期間に向けて、教員の異動（退職と新規採用）と人件費ポイントのシミュレーションを行い、人事計画の方向性を議論した。その結果、全学的なポイント制により、欠員補充に関する人事計画がうまくいかない可能性がでてきた。短期雇用している年俸制助教の任期を延長することで教育とグループの研究活動に支障が出ないようにした。一方、平成24年度より導入しているポイントによる特任助教について、研究教育活動を充実させることとしている。また、テニューア・トラック制導入による教員採用についても積極的な議論を行った。

1-3 専攻の大学院教育

大学院教育の目標とアドミッション・ポリシー

進路に応じた教育目標を定めている。

1. 修士の学位を取って高度職業人をを目指す学生

（基礎）1年次：学部の物理基礎教育の上に、専門分野に通ずる高度な基礎学力の修得。

研究テーマに沿った専門の学習。英語の専門書、論文が読みこなせる。

（専門）2年次：修士論文用研究テーマに沿った専門分野の学習を通じて、研究の遂行、結果のまとめ及び発表の過程で、物理科学の専門的知識の修得と活用法、物理的研究手法とその活用法、正確な表現法を学ぶ。

2. 博士の学位取得により研究者及び高度専門職業人をを目指す学生

（基礎）セミナーで専門的な書籍、論文を読み最先端の物理科学を修得すると共に、指導教官や研究仲間と議論・討論を通じてより深い理解を得る。その過程で研究テーマを発見し、そのテ

マにアプローチする能力を養う。

(専門・応用)博士論文用研究を深く追求する過程で、緻密な実験観察の手法や論理展開法を訓練し、深い洞察による問題解決法の発見や、それを正確にかつ定量的にまとめ、英文で論文を発表する手法を修得することにより自立した研究者及び高度専門職業人への道を学ぶ。

大学院授業担当

平成28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	圓山, 小原	E002
	7.8	放射光物性セミナー	生天目, 島田, 佐藤, 奥田, 澤田, 宮本	研究室
		クォーク物理学	志垣, 杉立	B101
	9.10	宇宙物理学セミナー	小島, 山本, 岡部	研究室
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
		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	電子物性	中島	C104
	9.10	構造物性セミナー	黒岩, 森吉, 馬込	研究室
水	1.2			
	3.4	分子分光学・光化学	平谷	A004
	5.6	素粒子論セミナー	大川, 両角, 石川, 稲垣	研究室
	7.8			
	9.10	先端物理科学概論	島田, 山本, 深澤, 志垣, 中島, 木村, 森吉	B101
木	1.2			
	3.4	光物性セミナー	木村, 井野	研究室
		光赤外線宇宙観測	吉田(道), 川端, 植村	C104
	5.6	放射光科学特論 I	生天目, 川瀬, 島田, 佐藤, 奥田, 澤田, 松尾	放射光科学研究センター H201
		X線ガンマ線宇宙観測	深澤, 水野	C104
	7.8	可視赤外線天文学セミナー	吉田(道), 川端, 植村	研究室
	9.10	光物性	木村	A107
金	1.2	宇宙物理学	小島	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	川瀬, 松葉	研究室
備考		研究倫理(前期集中・後期集中) 科学コミュニケーション概論(特別講義, 前期集中) 放射光科学院生実験(前期集中) 物理科学エクスターンシップ		

太陽電池の動作原理と将来展望 - 豊富な元素による高効率太陽電池への挑戦 - (特別講義, 前期集中)
--

平成28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	圓山, 中島, 石松	研究室
	5.6	理学融合基礎概論A	圓山, 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, 宮本	研究室
	9.10	宇宙物理学セミナー	小島, 山本, 岡部	研究室
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
		磁性物理学	圓山	C104
	5.6	素粒子論セミナー	大川, 両角, 石川, 稲垣	研究室
	7.8	表面物理学	関谷	B101
9.10	構造物性セミナー	黒岩, 森吉, 馬込	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
	5.6			
	7.8	量子場の理論Ⅱ	両角	A017
	9.10			
木	1.2			
	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	吉田(道), 川端, 植村	研究室
9.10	光物性セミナー	木村, 井野	研究室	
金	1.2			
	3.4			
	5.6	放射光物理学	川瀬	B101
	7.8	放射光物理学セミナー	川瀬, 松葉	研究室
	9.10			
備考		研究倫理(前期集中・後期集中) 放射光科学特論Ⅱ(後期集中) 物理科学エクスターンシップ X線天文学特論(特別講義, 後期集中) 物理学特別講義(テンソルネットワーク形式)(特別講義, 後期集中)		

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る。また社会人や留学生も積極的に受け入れる。

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いる。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、36名（内部生29名、他大学から7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、7名（内部生7名）が進学している。

大学院生の国際学会発表実績

○博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数	57 件
○博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数	46 件
○博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数	17 件

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	96 件
○博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数	57 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	31 件

外国人留学生の受入状況

○博士課程前期在籍者	2 名
○博士課程後期在籍者	11 名

修士論文発表実績

平成28年度（24名）

- 1 石原 誠也 非一様宇宙におけるインフレーションの始まり
- 2 長崎 俊樹 金属半導体転移を示す硫化銅鉍物 $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ の電子状態の研究
- 3 大橋 礼恵 宇宙硬X線偏光検出器PoGO+の感度向上のための中性子バックグラウンド除去
- 4 岡田 千穂 エディントン限界に近い低質量X線連星Sco X-1の状態遷移と硬X線放射の観測
- 5 山平 聖 励起三重項有機分子の内殻励起に関する研究
- 6 久保 拓也 新奇層状超伝導物質 $\text{ZrP}_{2-x}\text{Se}_x$ の電子構造の研究
- 7 志岐 健成 多波長観測で探るガンマ線を放射する電波銀河のジェット放射機構の研究
- 8 田口 一暁 半導体 Si 上の金属的一次元電子スピン状態の研究
- 9 水流 大地 ランタノイド系ペロブスカイト型酸化物の構造相転移
- 酸素八面体の回転モードと化学結合 -
- 10 寺前 拓人 X線天文衛星を用いた楕円銀河内の鉄輝線共鳴散乱の評価による乱流速度の制限
- 11 内藤 卓郎 $\text{Fe } \epsilon$ 相における特異なX線円二色性

- | | | |
|----|-------|---|
| 12 | 中村 勇作 | 準静水圧加圧下XRD測定と結晶方位解析によるFeの α - ϵ 相転移機構の研究 |
| 13 | 頼 療平 | 黒リン単結晶の電子状態と非平衡キャリアダイナミクスの研究 |
| 14 | 幅田 翔 | X線天文衛星ひとみ搭載SGDの偏光観測に向けたデータ処理の最適化 |
| 15 | 美馬 初哉 | 準周期性の違いによるアンジュレータ放射スペクトルの研究 |
| 16 | 金井 佑介 | 重力多体計算によるブラックホール連星の形成と進化の解明 |
| 17 | 森合 海瑠 | 陽極酸化法による TiO ₂ ナノチューブの結晶性と光触媒活性 |
| 18 | 坂本 弘樹 | Gauged Nambu-Jona-Lasinio模型を用いた初期宇宙の加速膨張の研究 |
| 19 | 中平 夕貴 | ビスマス含有擬立方晶ペロブスカイト型酸化物固溶体に見いだされた新奇な圧電格子歪み発現機構 |
| 20 | 信廣 晃秀 | Characterization of pixel sensor prototypes for the Muon Forward Tracker at ALICE |
| 21 | 植野 良紀 | アルファ・アトラクターインフレーションと再加熱期の制限 |
| 22 | 高木 堅太 | ニュートリノフレーバー模型における真空構造の解析 |
| 23 | 山川 皓生 | Development of the Detector Control System for the Muon Forward Tracker at ALICE |
| 24 | 高橋 隼也 | 有効理論を用いたvector like クォーク模型における三世代ユニタリティの解析 |

博士学位

平成28年度（課程博士3名：論文博士0名）

1. 河野 貴文 平成29年2月16日授与（甲）
Study of black hole spin of Cyg X-1 with the X-ray spectral/timing analysis （X線のスペクトル/タイミング解析による白鳥座 X-1 のブラックホールスピンの研究）
2. 大久保 翼 平成29年2月16日授与（甲）
Neutral pion measurement in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV （核子対あたり重心系衝突エネルギー5.02TeV の陽子+鉛原子核衝突における中性パイ中間子の測定）
3. 梅枝 宏之 平成28年2月16日授与（甲）
Time Reversal Violation through B Meson Mixing （B 中間子混合を通じた時間反転対称性の破れの研究）

TAの実績

平成28年度は、博士課程前期の学生を23名（通年：4名，前期：10名，後期：9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、平成26年度にカリキュラム改訂WG（座長：島田賢也教授）の答申に基づき新カリキュラムを策定した。新カリキュラムは、大学院定員の充足率の向上、留学生数増加に対応した大学院教育の国際化、グローバルに活躍できる理系人材のための大学院教育の改善・充実に対応したものとなっている。新カリキュラムへの移行は、平成27年度から2～3年を掛けて学年進行で行うことを計画している。平成28年度は、次頁以下に示すように、新たに博士課程後期のカリキュラムを導入し新カリキュラムへの移行を計画的に進めている。

大学院教育の国際化

一方、博士課程後期の定員充足は喫緊の課題である。平成25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、平成28年度10月入学で2名（中国2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。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	先端物理学概論	2	
選択必修	大学院共通授業科目(基礎)(注1)		1 又は 2	
選 専 門 扱		量子場の理論Ⅰ	2	
		宇宙物理学	2	
		電子物性	2	
		構造物性	2	
		量子場の理論Ⅱ	2	
		格子量子色力学	2	
		素粒子物理学	2	
		非線形力学	2	
		相対論的宇宙論	2	
		クォーク物理学	2	
		X線ガンマ線宇宙観測	2	
		磁性物理学	2	
		表面物理学	2	
		光物性	2	
		分子分光学・光化学	2	
		放射光物理学	2	
		放射光物性	2	
		光赤外線宇宙観測	2	
放射光科学院生実験	1			
放射光科学特論Ⅰ	2			
放射光科学特論Ⅱ	2			
物理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	
物理科学特別講義（集中講義）		

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

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

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

物理科学専攻(博士課程後期)

授 業 科 目		博士課程後期		
		単位数	履修方法	
必修	物理科学特別研究	1 2	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
選 択	基 礎	先端物理科学概論		2
	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 9

企 業：日立製作所(株) 1, パナソニック(株) 2, 中国電力(株) 1, 中部電力(株) 1,
三井住友カード(株) 1

その他企業：11

そ の 他：広島大学特別研究員 1, 教員 1, 広島県警察 1

1-4 専攻の研究活動

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
- 学界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

なお，これらの活動を支えるRAとして，平成28年度は12名の博士課程後期の大学院生を採用した。

宇宙・素粒子科学講座

○素粒子物理グループ

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)

ハドロン質量の計算は、格子上の場の理論に課せられた最も基本的かつ重要な課題であるが、最近まで時空縮約モデルを用いたハドロン相関関数の計算はできなかった。その理由は明らかで、時空が縮約された理論で、如何に4次元時空に広がりを持つハドロン相関関数を計算するかの指針がなかったからである。申請者とGonzalez-Arroyoは過去数年間にわたってこの問題に取り組み、4次元的に広がりをもつ実空間相関関数を直接計算する代わりに、まず運動量空間での2点相関関数を求め、フーリエ変換により実空間相関関数を求める方法を平成27年度に確立し論文をPhysics Letter Bに公表した。基本表現のフェルミオンは、dynamicalな効果をラージN極限で持たないので、ゲージ場の時空縮約理論であるTEK-modelでの計算に近似はない。平成28年度は、スミアリング法を用いて相関関数の統計精度を上げる方法を開発し、その成果を7月に英国サザンプトンで行われた格子上の場の理論国際会議(lattice2016)で発表した。国際会議一般講演[1-3]。

(ii) 有限温度格子QCDにおけるゲージ群中心の非自明な寄与の探索 (石川)

量子色力学(QCD)において真空温度がある温度以上になるとハドロンに閉じ込められていたクォークとグルーオンが閉じ込めから解放され、クォーク・グルーオンプラズマ状態が実現されると考えられている。これらの存在は具体的に有限温度格子QCDにおいて確かめられている。このような状態は宇宙の初期や、極限的な天体の内部に存在していると考えられているが、その兆候を実際に観測から確かめるためには、理論的にクォークグルーオン系の精密な状態方程式が必要となる。格子QCDを用いた状態方程式の計算は多く行われている。いまだ良くわかっていないこととして、超高温極限においてクォークグルーオンが完全に自由ガスの様にふるまう場合は状態方程式がシュテファンボルツマン則に近づくが、実際の計算では相転移温度の3倍程度の高温ではまだずれが残っている。本研究では2フレーバーのQCDにおいて相転移温度より高温側での系の状態が、ゲージ場の非自明な中心が寄与していることを確かめたものである。高温極限の摂動計算によると系の自由エネルギーは時空間に巻きついたポリヤコフループの期待値を秩序変数として記述することができ、自由エネルギーの最低点はこれらのポリヤコフループが非自明なZ(3)中心の値を取りながら時空にひねって巻きついた形が安定であった。非摂動的数値的計算でこれを確かめた。原著論文[1]

(iii) 格子QCDに関するその他の計算 (石川・大川)

1) 格子QCDの手法を用いた軽い原子核の研究 (石川)

格子QCDを用いた第一原理計算による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。ユークリッド化された場の量子論を用いて、複数のハドロンを格子上にのせその基底状態を得ることは、ハドロン間の散乱によるさまざまな励起状態とのエネルギー差が小さくなるため、難しい問題となっている。本研究では筑波大学と理研の共同研究者とともに、基底状態との重なる異なる2つの複数ハドロン生成消滅演算子と複数の物理体積を用い、系統的に系の基底状態の表れ方を調べた。ウォール型と呼ばれる複数ハドロン生成消滅演算子を用いた場合、2点相関関数の時間依存性が大きく体積に依存し基底状態の取り出しが難しいことが分かった。初期報告を国際会議Lattice2016にて行った。国際会議一般公演[4]

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

ポスト京計算機の計画が2014年より始まっている。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。本研究では筑波大学に2014年に設置されたインテル Xeon Phi (KNC) を用いたシステム COMA に適した格子QCDシミュレーションプログラムの開発を行った。COMA システムはアクセラレータとして Xeon Phi (KNC) を搭載しているため、アクセラレータを利用した高効率なプログラムを作成する必要がある。格子QCD計算で最も計算量が多い部分はクォークソルバーと呼ばれるクォークの伝搬関数を計算する部分である。石川は筑波大学計算科学研究センターと共同でクォークの伝搬関数を計算する部分を抜き出してベンチマークプログラム化した CCS QCD Solver ベンチマークプログラムを作成している。平成28年度はIntel 社と筑波大学計算科学研究センターとの共同研究の下で、この CCS QCD Solver ベンチマークプログラムを COMA システム向けに高速化した。性能ベンチマークの結果は国際会議Lattice 2016 にて発表された。国際会議一般公演[5]

クォークソルバーの高速化にはハードウェアの改良以外にアルゴリズムレベルでの改良も必要となる。クォークソルバーではクォークの運動方程式を差分化した大規模連立方程式を反復法を用いて数値的に解いている。クォークの質量が軽くなると、この連立方程式の係数行列の条件数が大きくなり、精度のよい解を得るために必要な反復数が条件数のある冪乗で増加していく。一方で格子QCDによる物理量のモンテカルロ法による期待値の精度を上げるために統計を上げる必要がある。この場合、クォーク伝搬関数を何回も解く必要が出てくる。このような状況は同じ係数行列で右辺ベクトルが異なる連立方程式を複数解くことに対応する。この場合係数行列の固有値が小さいモードを保存しておいて使いまわすことで反復法の計算時間を短縮できる可能性がある。この固有値が小さいモードを係数行列から取り除き係数行列の条件数を下げる処理を施した反復法プログラムを開発しその性能を調べた。初期の結果について物理学会にて発表した。国内学会一般公演[1]

3) ツイストされた境界条件下でのグラディエントフロー法による繰り込みの研究 (石川・大川)

近年格子QCDにおいて新しい繰り込み手法であるグラディエントフロー法 (GF法) が Luscher によって提案された。この方法ではゲージ場に対して仮想時間 (フロー時間) を導入し、熱伝導方程式様の微分方程式に基づいてゲージ場を時間発展させる。このようにフローさせたゲージ場で定義された場の強さから走る結合定数を定義することができる。この場合走る結合定数のエネルギースケールはフロー時間の長さが対応する。この方法では時空間体積を無限大の大きさを取る必要があり、計算コストが問題となる。この問題を解決するべく Fodorらにより有限体積とフロー時間の比を固定するという繰り込み条件を設定する手法が提案された。この手法では有限体積により生ずるゲージ場のゼロモードにより、本手法の非摂動的走る結合定数と摂動的結合定数の折り合いが悪いことが知られている。この点を解決するため、Ramos により、ゲージ場の境界条件を変更し、このゼロモード問題が生じない手法が2つ提案された。そのうちのひとつであるツイストされた境界条件での有限体積GF法を Twisted-Gradient Flow 法 (TGF法) と呼ぶ。

TGF法による走る結合定数の非摂動的評価は Ramos により純SU(2) ゲージ理論に対して行われているが、QCDに近い純SU(3) ゲージ理論に対しては評価されていない。そこで我々は、平成27年度から純SU(3) ゲージ理論に対するTGF法による走る結合定数の非摂動的評価を開始した。ゲージ理論に特徴的な走る結合定数と基礎パラメータである Λ パラメータについて結果を得た。得られた結果はこれまで知られている結果と無矛盾であった。こ

のことから本手法の妥当性が確認された。この結果について国際会議Lattice2016にて発表した。国際会議一般公演[7]

4) メビウスドメインウォールフェルミオンを用いた Λ パラメータの研究 (石川)

平成27年度からメビウスドメインウォールフェルミオンのシュレーディンガー汎関数(SF)法への適用を理論的に開発してきた。その中で、メビウスドメインウォールフェルミオンの5次元方向の大きさが有限である場合にSF法での Λ パラメータとMSbar法での Λ パラメータの比の妥当性の確認が必要であることが分かった。5次元方向の大きさが無限である場合には Λ パラメータ比が既知の値と矛盾していないことは確認できた。5次元方向の大きさが有限である場合の Λ パラメータ比の妥当性の確認のためには格子繰り込み処方とSF法の間の Λ パラメータ比と格子繰り込み処方とMSbar法の間の Λ パラメータ比の二つを用いた2重比をとる必要がある。5次元方向の大きさが有限である場合の格子繰り込み処方とMSbar法の間の Λ パラメータ比の値が知られていないため、これを自ら計算する必要がある。そこで、H28年の後半からこの計算を行なうための準備を行いその手順などをまとめることを行った。これらの状況について日本物理学会で発表した。国内学会一般公演[2]

(II) 3世代右巻きニュートリノを含むシーソー模型のCP対称性の破れとレプトジェネシス。(両角) 4ゼロテクスチャー模型の研究

3世代右巻きニュートリノを含むシーソー模型は、多くのパラメーターを含むため、低エネルギーの観測量からモデルの全パラメーターを再構成することはできない。本研究はシーソー模型の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、ニュートリノ振動のCP対称性の破れやマヨラナ質量などの予測を与え、レプトジェネシスにおける模型の特徴を研究することを目的とし、その結果の一部を発表した。(国内研究会発表[12])

(III) 非平衡の場の理論を用いた宇宙の物質、反物質非対称性の生成機構の研究 (両角)

宇宙の粒子数を生成する機構として、中性スカラー場と複素スカラー場からなる模型を提案した。この模型を用いて粒子数-反粒子数密度の時間発展を計算した。相互作用の大きさの違いなどによってどのように非対称度が時間変化するかを研究し、その結果を発表した。(論文[2], 国際会議[7], [8], [10], 国内研究会[4][6][15])

(IV) 固有パリティを破るハドロン崩壊過程の研究 (両角)

ハドロンの固有パリティを破る崩壊を研究するために、レゾナンスカイラル有効模型の枠組みを開発し、この有効理論に固有パリティを破る有効相互作用を導入した。有効相互作用の係数を固有パリティを破るような崩壊過程の崩壊巾をフィットすることによって決めた。決定された係数の誤差を評価した。(研究発表, 国内研究会[5, 13-14])

(V) 電弱標準模型とそれを超える理論の真空の安定性と宇宙の寿命 (両角)

標準模型を超えるシーソー模型の枠組みで電弱真空の安定性がどのようになるかについての研究をした。特に、電弱真空の安定性の計算に関して、重いマヨラナニュートリノの量子効果の評価方法を研究した。シーソー模型のモデルパラメーターに制限をかけることができるかを研究し、その研究経過を発表した。(論文[3], 研究発表, 国際会議[9] 国内会議[11])

(VI) ベクトル型クォークを含む理論の現象論と有効理論 (CKM Unitarity の破れ) (両角)

標準模型に組み込まれている6つのクォークにさらにベクトルライククォークが一つ余分にある場合を考え、このクォークの効果を積分して有効理論を構成した。特にFCNCが標準模型とどのようにずれるかを研究した。(研究発表, 国内会議[7-10])

- (VII) 離散対称性に基づくレプトンフレーバーの破れ, ニュートリノレス 2重ベータ崩壊 (両角)
 離散対称性に基づくレプトンの世代構造を $A_4 \times Z_3$ 対称性に基づく模型で解析した。多くの縮退した真空上で理論を展開したとき, どのように違った物理量の予測をするかを調べた。
 (研究発表, 国内会議 [16])
- (VIII) B 中間子稀崩壊におけるレプトンフレーバーの破れ (両角)
 LHCb 実験でレプトンフレーバーの破れが B 中間子稀崩壊示唆においてされている。これに関連して, 標準模型においてレプトンフレーバーの破れがどの程度になるか $b \rightarrow s \ell \ell$ 崩壊の場合に関してレビューした。(国内学会, 招待講演 [1] 一般講演 [3])

原著論文

- [1] K.-I. Ishikawa, Y. Iwasaki, Yu Nakayama, T. Yoshie, "Non-trivial Center Dominance in High Temperature QCD", Mod.Phys.Lett. A31 (2016) no.25, 1650150.
- [2] T. Morozumi, K. I. Nagao, A. S. Adam, and H. Takata, "Creation and Evolution of Particle Number Asymmetry in an expanding universe", Russian Physics Journal Vol.59, No. 11, March 2017, p1852-p1856 (Russian Original, Izv.Vuz.Fiz.59(2016) no.11,108-111).
- [3] H. Okane and T. Morozumi, "Constraint on Seesaw Model Parameters with Electroweak Vacuum Stability" Russian Physics Journal, Vol. 59, No. 11, March, 2017, p1857-p1863 (Russian Original, Izv.Vuz.Fiz.59(2016) no.11,112-116).

国際会議

(一般講演)

- [1] M. Garcia Perez, A. Gonzalez-Arroyo, M. Okawa, "Meson masses and decay constants at large N", PoS LATTICE2016 (2016) 319.
- [2] M. Garcia Perez, A. Gonzalez-Arroyo, M. Okawa, "Volume reduction through perturbative Wilson loops", PoS LATTICE2016 (2016) 329.
- [3] M. Garcia Perez, A. Gonzalez-Arroyo, M. Okawa, "'t Hooft model on the Lattice", PoS LATTICE2016 (2016) 337.
- [4] Takeshi Yamazaki, Ken-Ichi Ishikawa, Yoshinobu Kuramashi, Akira Ukawa, for PACS Collaboration, "Systematic study of operator dependence in nucleus calculation at large quark mass", PoS LATTICE2016 (2017) 108.
- [5] Taisuke Boku, Ken-Ichi Ishikawa, Yoshinobu Kuramashi, Lawrence Meadows, Michael D`Mello, Maurice Troute, Ravi Vemuri, "A performance evaluation of CCS QCD Benchmark on the COMA (Intel(R) Xeon Phi™, KNC) system", PoS(LATTICE2016)261.
- © [6] Ken-Ichi Ishikawa, Issaku Kanamori, Yuko Murakami, Ayaka Nakamura, Masanori Okawa, Ryoichiro Ueno, "Numerical determination of the Λ -parameter in SU(3) gauge theory from the twisted gradient flow coupling", PoS(LATTICE2016) 185.
- [7] Takuya Morozumi, "Particle number asymmetry induced with CP violating interaction", Quantum Field Theory and Gravity 2016, Aug.2016, Tomsk, Russia
- [8] Takuya Morozumi, "The creation of the particle number asymmetry in the universe", the 4 th Internatinal workshop on Dark Matter, Dark Energy and Matter and anti-Matter Asymmetry 30th Dec.2016 NTHU, Hsinchu, Taiwan

学生が発表者のもの

- [9] Hideaki Okane, Takuya Morozumi, “The Effect of Neutrino on the Meta-Stability of Electroweak Vacuum”; December 29-31th 2016; 4th International Workshop on Dark Matter, Dark Energy and Matter Antimatter Asymmetry; NTHU, Hsinchu
- [10] Apriadi Salim Adam, T. Morozumi, K. I. Nagao and H. Takata, “The creation of particle number asymmetry of universe with arbitrary scale factor using perturbation method”, KEK-PH 2017, February 14-17th 2017 at KEK Tsukuba.
- [11] T. Inagaki, S. D. Odintsov, and H. Sakamoto, “Analysis of CMB fluctuations for gauged Nambu-Jona-Lasinio model”, SCD2016, Aug. 2016, Tomsk, Russia.
- [12] T. Inagaki, S. D. Odintsov, and H. Sakamoto, “Inflation in Gauged Nambu-Jona-Lasinio model”, Quantum Field Theory and Gravity (QFTG2016), Aug. 2016, Tomsk, Russia.
- [13] T. Inagaki, S. D. Odintsov, and H. Sakamoto, “Attractor Structure of Gauged Nambu-Jona-Lasinio Model”, The 3rd KMI International Symposium on “Quest for the Origin of Particles and the Universe”, Jan. 2017, Nagoya, Japan

国内学会

(招待講演)

- [1] Takuya Morozumi, Flavor violation and New Physics in Rare decays, Mini-Workshop in Osaka 2016 on Quarks, Leptons and Family Gauge Bosons, 26th Dec.2016, Osaka Univ.

(一般講演)

- [1] 石川健一, 金森逸作: 「格子 QCD における軽いモードを取り除いた前処理付きクォークソルバーの開発」, 日本物理学会 2016 年秋季大会 (9 月 22 日, 宮崎大学 木花キャンパス)
- [2] 石川健一, 村上祐子: 「格子 QCD におけるメビウスドメインウォールを用いた QCD ラムダパラメータの計算」, 日本物理学会第 72 回年次大会 (2017 年) (3 月 19 日, 大阪大学豊中キャンパス)
- [3] Rare B decays and New Physics, Takuya Morozumi, HEP Matsue workshop 2017, 25th March 2017, Shimane University
- [4] 両角卓也, Apriadi Salim Adam, 長尾桂子, 高田浩行: 日本物理学会 2016 年秋季大会 (9 月 23 日, 宮崎大学 木花キャンパス), 「膨張宇宙下における粒子数の時間発展のモデルの研究」
- [5] 木村大自 (登壇者), 梅枝宏之, 両角卓也: 「固有パリティの破れとアイソスピンの破れを考慮した $\tau \rightarrow \eta \pi \nu$ 崩壊の研究」, 日本物理学会 2016 年秋季大会 (9 月 23 日, 宮崎大学 木花キャンパス)
- [6] 両角卓也, Apriadi Salim Adam, 長尾桂子, 高田浩行: The creation of the particle number asymmetry in the universe of arbitrary time dependent scale factor using perturbation method, 日本物理学会第 72 回年次大会, 豊中市 2017 年 3 月

(大学院生が発表者のもの)

- [7] 高橋隼也, 両角卓也, 清水勇介, 梅枝宏之: 「クォークシーソー模型の低エネルギー有効理論を用いた現象論」, 瀬戸内サマーインスティテュート 2016, 東広島市, 2016 年 8 月—9 月
- [8] 高橋隼也, 両角卓也, 清水勇介, 梅枝宏之: 「クォークシーソー模型の低エネルギー有効

- 理論を用いた現象論」日本物理学会 2016 年秋季大会，宮崎市，2016 年 9 月
- [9] 高橋隼也，両角卓也，清水雄介，梅枝博之：「vector like クォークに因る三世代の CKM ユニタリティの破れ」，B ファクトリー物理勉強会，第 19 回ミーティング つくば市，2016 年 12 月
- [10] 高橋隼也，両角卓也，清水勇介，梅枝宏之：「Vector like クォーク模型における三世代 CKM ユニタリティの破れ」日本物理学会第 72 回年次大会，豊中市 2017 年 3 月
- [11] 大兼英朗，両角卓也：「電弱真空の安定性に基づいたシーソー模型のパラメータに対する制限」；2017 年 3 月 17-20 日；日本物理学会 2017 年 春季大会；大阪大学
- [12] 梅枝宏之，木村大自，清水勇介，両角卓也，由宇朗大：「Neutrino oscillation and leptogenesis in Type-I seesaw model with four-zero textures」，2017 年 3 月 20 日，日本物理学会第 72 回年次大会，大阪大学豊中キャンパス
- [13] 梅枝宏之，木村大自，両角卓也：「Resonance Chiral Lagrangian に基づくタウ崩壊分布の解析」，2016 年 9 月 8 日，基研研究会 素粒子物理学の進展 2016，基礎物理学研究所
- [14] 梅枝宏之，木村大自，両角卓也：「Resonance Chiral Lagrangian を用いた Dalitz 崩壊の解析」，2016 年 9 月 1 日，瀬戸内サマーインスティテュート 2016，ひろしま国際プラザ
- [15] Apriadi Salim Adam, T. Morozumi, K. I. Nagao and H. Takata：「Time evolution of particle number asymmetry in an expanding universe」，SSI 2016, Aug.31th-Sep.2nd 2016, at Higashi-Hiroshima.
- [16] 高木堅太，両角卓也，清水勇介，梅枝宏之，大兼英朗，坂本弘樹：「 $A_4 \times Z_3$ フレーバーモデル」の取りうる各真空期待値とそれらの現象論的な違い，2017 年 3 月 20 日，日本物理学会第 72 回年次大会，大阪大学豊中キャンパス
- [17] 坂本弘樹，稲垣知宏：Sergei D. Odintsov：Gauged Nambu-Jona-Lasinio 模型における CMB 揺らぎのアトラクター構造，2017 年 3 月 17 日，日本物理学会第 72 回年次大会，大阪大学豊中キャンパス
- [18] 坂本弘樹，稲垣知宏，Sergei D. Odintsov：有限な複合スケールを持つ Gauged Nambu-Jona-Lasinio 模型によるインフレーション，2016 年 9 月 23 日，日本物理学会 2016 年秋季大会，宮崎大学
- [19] 村上祐子，稲垣知宏：（最優秀ポスター賞受賞）情報倫理ジレンマ教材の分析，2016 年 12 月 15 日，大学 ICT 推進協議会年次大会，国立京都国際会館
- [20] 村上祐子，稲垣知宏：情報倫理ジレンマ教材の分析，2016 年 12 月 17 日，シンポジウム「これからの大学の情報教育」，京都大学

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	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	0 件

（国内会議）

○博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数	2 件
○博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数	11 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

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（博士後期過程）1名 Apriadi Salim Adam

日本学術振興会特別研究員（PD）1名 清水勇介

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

セミナー・講演会開催実績

CORE-Uで主催した素粒子関連のセミナーを記載、企画、提案者のうち素粒子論研究室メンバーを括弧内に記載

[1] 第17回 広島大学極限宇宙研究拠点(CORE-U) セミナー（両角）

日時：2016年6月21日 16:30-18:00

場所：広島大学大学院理学研究科 C212

題名：What is the generation of elementary particles ?

講師：Dr. Yusuke Shimizu (JSPS postdoctoral fellow, Hiroshima University)

参加人数30名

国際共同研究・国際会議開催実績

社会活動・学外委員

○ 学協会委員

- [1] 大川正典：高エネルギー加速器研究機構大型シミュレーション研究推進委員会委員
- [2] 大川正典：筑波大学計算科学研究センター運営協議会委員
- [3] 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
- [4] 石川健一：今後のHPCIを使った計算科学発展のための検討会委員

○ 講習会・セミナー講師

- [1] 石川健一：Advanced Summer School on Lattice Gauge Theories, 「ウィルソン・クローバーフェルミオンの数値計算法とHPC」筑波大学, 2016年9月12日～14日

○ 研究助成金の受入状況

- [1] 大川正典：科学研究費補助金基盤研究(C), 「アジョイント表現のフェルミオンを持つSU(N)ゲージ理論のラージN極限での研究」(平成26～28年度, 代表, 1,200千円)
- [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」(平成26年度～平成31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)
- [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」(平成28～30年度, 代表, 1,200千円)
- [4] 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(平成28年度～平成33年度 研究分担者 28年度 400千円)

○宇宙物理学グループ

研究活動の概要（小寫康史）

(1) マグネター（超強磁場をもつ中性子星）の磁気圏

マグネターは特異な天体であり、その観測と理論モデルを整備することが必要とされている。巨大なフレアのモデルでは永年の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考えられている。より小規模で頻繁に起きるバースト現象も同列に扱えるか否かの解明も待たれている。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。その過程では太陽フレアと関連して研究がなされてきたが、中性子星の外部では一般相対論で空間の曲がりが必要になり、それがどの程度結果に影響を与えるかは明らかでなかった。そこで、一般相対論に基づくForce-free磁気圏の数値的な解系列を系統的に求めた。空間の曲がりの結果、磁気圏に蓄えられるエネルギーの最大値はほぼ一桁増加することがわかった。成果は論文にまとめ、出版された。同時に、成果は国内学会等で公表した。また、バーストの発現頻度と規模に関して「べき則」が観測されているが、シミュレーション結果からそれを取り出すことと観測量を比較するための予備的な検討をした。また、ブラックホール磁気圏の研究も継続的に行っている。

(2) 重力多体計算によるブラックホール連星の形成

ブラックホールが連星を形成する過程の一つに周りの星のとの遠隔微小散乱による軌道変化がある。その可能性と大きさを評価するため、比較的少数多体系（約千から一万の重力多体系）でそのシミュレーションを行った。ブラックホールの質量が重いほど連星を形成する割合が増加することが確かめられ、金井君の修士論文としてまとめた。より定量的な結果とするためには、莫大なモデルの設定条件や初期条件を変えて調べる必要がある。また、シミュレーションに含まれる多体系の数の依存性も明らかにする必要があることがわかった。

(3) その他

米国(LIGO)による世界初の重力波の直接観測の成果が2016年に報告された。日本の大型低温の重力波観測所(KAGRA)もその試験運用が3-4月に行われ、その共同研究者の一員としてデータ取得に現地(岐阜県神岡)で協力した。その達成精度や今後方向性を引き続き検討している。なお、KAGRAはより精度向上のため運用を停止し、冷却装置を取り付ける作業が1年ほど続く。

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と重力模型の検証、インフレーション模型の検証、及びアンルー効果の検証に関するテーマを中心に研究を行った。研究の第一の動機は、宇宙の加速膨張の解明を目的とした理論模型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理論の検証を進めるという点にある。この問題に関わりヒントとなる可能性のあ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、また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。

(1) 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い。銀河のバイスペクトルは、その複雑さから

あまり研究が進んでいない。ハローアプローチに基づいたバイスペクトルの準解析的理論模型を構築した。この理論模型が、N体シミュレーションによる疑似銀河カタログから得られるバイスペクトルの多重極成分の振る舞いを良く再現することを確かめた。さらに、妥当な近似を導入することで、バイスペクトルの多重極成分の解析的表式も導出し、その振る舞いを決める物理的因子を詳細に調べた。また、これまでに知られていないバイスペクトルの多重極成分が存在することを見いだした。今後は、その振る舞いを疑似銀河カタログの結果と比較し、物理的性質を明らかにする。また、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を開発する。

(2) 重力チェレンコフ放射による重力理論の制限

修正重力理論に対する多角的な視点からの重力検証として、重力波に着目した研究を進めている。2016年の2月には、aLIGOグループが連星ブラックホールからの重力波の直接検出を報告し、今後は重力に固有の自由度である重力波の検証が精密に進むと考えられる。重力波は重力模型を特徴づける自由度で、修正重力理論の検証において重要である。重力チェレンコフ放射という現象に着目して、重力理論のテストが可能である。重力子に質量を与える双重力理論模型における重力チェレンコフ放射過程を調べた。この理論模型では、テンソルモードの他にベクトルモードからの放射があることを明らかにした。しかし、超高エネルギー宇宙線を用いた制限は、双重力理論模型を強く制限するものではないことを明らかにした。

(3) インフレーション宇宙と初期宇宙の進化

宇宙の始まりに起こったと考えられているインフレーションは初期宇宙の加速膨張現象であり、提唱されている多様な模型の検証が課題である。宇宙マイクロ波背景放射の揺らぎは、インフレーション模型の理論予言と直接結びつくので、検証において重要である。プランク衛星による宇宙背景放射の揺らぎの観測結果に基づいて測定された初期曲率揺らぎのスペクトル指数の制限を用いて、インフレーションに伴う再加熱機構に制限を与えた。特に、宇宙背景放射の揺らぎと観測的整合性のあるアルファ型アトラクター・インフレーションの再加熱機構が制限されることを示した。

一般相対性理論におけるアインシュタイン方程式は非線形方程式であり、一般的な状況下での解析的一般解は得られない。膨張宇宙における重力の引き起こす非線形効果は、現在でも活発に研究が行われているテーマである。カオティックインフレーションシナリオに従えば、極めて非一様非等方な宇宙からインフレーション宇宙が始まる。このようなインフレーションの始まりの様子を重力とスカラー場の厳密な方程式を数値的に解く方法を用いて調べている。面対称性のある系で数値コードの開発と解析を進めた。

(4) アンルー効果の検証に関する理論的研究

曲がった時空上の場の量子論に関連する効果として、アンルー効果が知られている。アンルー効果は、加速度運動する観測者がミンコフスキー真空を熱的励起状態として観測するという理論予言で、真空の量子揺らぎと時空構造の関わり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、実験物理学とも関わる重要課題であるが、これまでに検証はなされておらず、また本当に検証が可能かどうか理論的にも不明な点が残されている。本研究では、最も単純化した模型として、一定加速運動をする調和振動子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た。この量子放射を検証することは、量子場のエンタングルメントを検証することになり、大変面白い問題である。今後は、検証の具体的方法の検討と理論予言の物理的理解を深めることが重要と考えている。

研究活動の概要 (岡部信広)

銀河団の弱い重力レンズ解析を中心とする多波長観測の研究を行った。銀河団は宇宙で最大の天体であり、暗黒物質がその質量の大半を占める。目で見ることができる通常の物質はバリオンと呼ばれ、X線衛星や光学望遠鏡を通して観測されるが、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。以下は研究のハイライトである。

(1) 赤方偏移 $0.15 < z < 0.3$ にあるX線で明るい銀河団50個の弱い重力レンズ解析

すばる望遠鏡旧主焦点カメラシュプリームカムの撮像データを用いて銀河団の弱い重力レンズ解析と系統的に行った。弱い重力レンズ解析は背景銀河の厳密な選定が必要不可欠である。我々は新たな手法を確立して、銀河団銀河の漏れこみを1%以下に抑えた。50個の銀河団の観測から銀河団の質量分布は普遍的動経プロファイルNFWモデルやEinastoモデルで良く記述されることが分かった。また、質量と質量集中度の関係は最新の理論予言と一致することが分かった。

(2) 銀河団の質量サブハローとX線サブハローの相関

すざく衛星X線衛星を用いて、弱い重力レンズ効果で発見された銀河団質量サブハローとX線のサブハローの研究を行った。X線は動圧を受けている状況が明らかになった。

(3) すばる望遠鏡ハイパーシュプリームカムサーベイ (HSC-SSP)

現在、新主焦点カメラハイパーシュプリームカムを用いて1,400平方度のサーベイが行われている。同サーベイ領域のX線フォローアップ観測時間の取得や解析に貢献している。また、X線サーベイXXLとの共同研究についての交渉をコーディネーターとして行っている。

原著論文

- [1] [Y. Kojima](#), “Axisymmetric force-free magnetosphere in the exterior of a neutron star”, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* 468, (2017) 2011.
- [2] S. Iso, N. Oshita, R. Tatsukawa, [K. Yamamoto](#), “Quantum radiation produced by the entanglement of quantum fields” *Physical Review D* 95 023512 (2017)
- [3] [K. Yamamoto](#), Y. Nan, C. Hikage, “An analytic halo approach to the bispectrum of galaxies in redshift space”, *Physical Review D* 95 043528 (2017)
- [4] R. Kimura, T. Tanaka, [K. Yamamoto](#), T. Yamashita, “Constraint on ghost-free bigravity from gravitational Cherenkov radiation”, *Physical Review D* 94 064059 (2016)
- [5] Y. Ueno, [K. Yamamoto](#), “Constraints on alpha-attractor inflation and reheating”, *Physical Review D* 93 083524 (2016)
- [6] Ziparo, Felicia, Smith, Graham P., [Okabe, Nobuhiro](#), Haines, Chris P., Pereira, Maria J., Egami, Eiichi “LoCuSS: exploring the selection of faint blue background galaxies for cluster weak-lensing”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 463 (2016) Issue 4, p.4004-4018
- [7] Jaffé, Yara L., Verheijen, Marc A. W., Haines, Chris P., Yoon, Hyein, Cybulski, Ryan, Montero-Castaño, María, Smith, Rory, Chung, Aeree, Deshev, Boris Z., Fernández, Ximena, van Gorkom, Jacqueline, Poggianti, Bianca M., Yun, Min S., Finoguenov, Alexis, Smith, Graham P., [Okabe, Nobuhiro](#), “BUDHIES - III: the fate of H I and the quenching of galaxies in evolving

environments” Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 461 (2016) Issue 2, p.1202-1221

- [8] Sasaki, Toru, Matsushita, Kyoko, Sato, Kosuke, Okabe, Nobuhiro, “X-ray observations of a subhalo associated with the NGC 4839 group infalling toward the Coma cluster” Publications of the Astronomical Society of Japan, Volume 68 (2016) Issue 5, id.85 pp.
- [9] N. Okabe and Graham P. Smith, “LoCuSS: Weak-lensing mass calibration of galaxy clusters”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 461 (2016) Issue 4, p.3794-3821
- [10] Pierre, M. et al. (N. Okabe 103th of 111 authours), “The XXL survey: first results and future”, Astronomische Nachrichten, vol. 338 (2017) issue 2-3, pp. 334-341

国際会議

(招待講演)

- [1] K. Yamamoto : Sendai Workshop on Quantum Information Physics 「Quantum radiation produced by the entanglement of quantum fields」, 東北大学理学研究科, 平成 29 年 3 月 13 日, 研究者 (30 名)

(依頼講演)

- [1] Y. Kojima: “Damping of Magnetar Oscillations induced by Giant Flares”, (The 4th DTA symposium: Compact stars and gravitational wave astronomy, 平成 28 年 5 月 13-14 日, 国立天文台) (参加者 30 名)
- [2] K. Yamamoto : 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-) 「Exploring topics on the border of accelerating universe」, KEK, 平成 29 年 3 月 9 日, 研究者 (117 名)

(一般講演)

- [1] Y. Kojima: “Force-free magnetic structure in the exterior of relativistic stars”, (JGRG26, 平成 28 年 10 月 24 -28 日, 大阪市立大学) (参加者 150 名)
- [2] Y. Kojima: “Building up energy before magnetar bursts”, (新学術領域(重力波天体) シンポジウム, 平成 28 年 12 月 26 -28 日, 京都大学) (参加者 150 名)
- [3] K. Yamamoto: 「Quantum radiation from Unruh-De Witt detector」 JGRG26, 平成 28 年 10 月 28 日, 大阪市立大学
- [4] K. Yamamoto: The 6th Subaru International conference in Hiroshima, Panoramas of the Evolving Cosmology, 「Halo approach to power spectrum and bispectrum of galaxies in redshift space (poster presentation) International conference center Hiroshima, 平成 28 年 11 月 28 日-12 月 2 日
- [5] N. Okabe: “Joint X-ray and Subaru/HSC Weak-lensing Analysis of Very Nearby Galaxy Clusters” Hot spots in the XMM sky: Cosmology from X-ray to Radio, Mykonos Island, Greece, June, 15-18, 2016.
- [6] N. Okabe: “NECSUS : Subaru/HSC Weak-lensing Analysis of Very Nearby Galaxy Clusters” Panoramas of the Evolving Cosmos, the 6th Subaru International conference, Nov 28- Dec 2, 2016, International Conference Center Hiroshima

国内学会

(招待講演)

- [1] 山本一博 : 熱場の量子論 「ウンルー放射は存在するのか?」, 理化学研究所, 平成 28 年 8

月24日, 一般 (85名)

- [2] 岡部信広: “LoCuSS & NECSUS : Cluster Weak-lensing Studies” 第5回観測的宇宙論ワークショップ Nov, 24-26, 2016, 広島大学 中央図書館 ライブラリーホール

(依頼講演)

- [3] 小嶋康史: 「Comment on primordial magnetic field」 第5回観測的宇宙論ワークショップ (平成28年11月24-26日, 広島大学)

(一般講演)

- [4] 小嶋康史: 「マグネターの巨大フレア時の重力波放出」 日本天文学会秋季年会 (平成28年9月14-16日, 愛媛大学)
- [5] 岡部信広: “LoCuSS: Weak-lensing mass calibration of galaxy clusters” 日本天文学会平成28年 秋季年会, Sep 14-16 2016, 愛媛大学
- [6] 植野良紀, 山本一博: 「アルファアトラクターインフレーションと再加熱期の制限」 日本物理学会 2016 秋期大会, 平成28年9月21日
- [7] 南岳, 山本一博, 日影千秋: 第5回観測的宇宙論ワークショップ, 平成28年11月25日
- [8] 小嶋康史: 「マグネター磁気圏でのフレア前のエネルギー蓄積」 日本天文学会春季年会 (平成29年3月15日-18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 | 0件 |
| ○博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 | 0件 |

(国内学会)

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

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

○講習会・セミナー講師

- [1] 小嶋康史: 中性子星勉強会「マグネターバースト (フレア) の起源と統計性」 山形県蔵王 平成28年9月8-9日
- [2] 小嶋康史: ブラックホール磁気圏研究会「不惑 BZ」 和歌山県白浜 平成29年3月3-5日
- [3] 小嶋康史: 山口大学理論物理セミナー「ブラックホールからのエネルギー抽出: BZ 機構」 山口大学 平成29年3月9日
- [4] 山本一博: 神戸大学宇宙論研究室セミナー「Unruh Radiation」, 平成28年11月16日, 研究者 (20名)
- [5] 山本一博: The University of York, Mathematical Physics Seminar, 「Quantum radiation produced

by the entanglement of quantum fields」, York, 平成 29 年 3 月 16 日, 研究者 (20 名)

- [6] 岡部信広: 高大連携公開講座「最先端の宇宙の観測方法」「重力レンズによる観測」(平成 28 年 7 月 27 日, 広島大学)
- [7] 岡部信広: オープンキャンパス, 公開講座「重力波初検出について」(平成 28 年 8 月 18 日, 広島大学)
- [8] 岡部信広: 未来博士 3 分間 コンペティション 2016「最新天文学が明らかにする“ダーク”な宇宙」(平成 28 年 10 月 26 日, 東広島芸術文化ホール)
- [9] 岡部信広: すばる望遠鏡×広島大学 公開レクチャー「ダークな宇宙に GO」(平成 28 年 11 月 27 日, 広島市こども文化科学館)

○SSHセミナー, 高等学校による大学訪問

- [1] 小島康史: ひらめき☆ときめきサイエンス～ようこそ大学の研究室へ～KAKENHI 「宇宙と素粒子の謎, 見て聞いて考え, そして仲間と話して☆」, 平成 28 年 8 月 27 日, 広島大学理学部, 講師, 一般高校生 (27 名)
- [2] 山本一博: ひらめき☆ときめきサイエンス～ようこそ大学の研究室へ～KAKENHI「相対論と宇宙—どこまでわかったか—」, 平成 28 年 8 月 27 日, 広島大学理学部, 講師, 一般高校生 (27 名)

○国際共同研究・国際会議開催実績

- [1] 小島康史: JGRG26 組織委員 SOC (参加者: 約 150 名) (平成 28 年 10 月 24 -28 日, 大阪市立大学)
- [2] 小島康史: The 4th DTA symposium”Compact stars and gravitational wave astronomy” (国立天文台 (平成 28 年 5 月 13-14 日)) and satellite meeting “Workshop on stability and oscillation of neutron stars” 広島大学 (2016 年 5 月 16-17 日) 実施責任者 (世話人) (参加者: 約 30 名)
- [3] 山本一博: 第 5 回観測的宇宙論ワークショップ, 平成 28 年 11 月 24 日-26 日, (50 人) 広島大学, LOC
- [4] 小島康史, 山本一博: 2nd CORE-U International conference, Cosmic Polarimetry from Micro to Macro Scales, Hiroshima University, 平成 29 年 2 月 17 日-18 日, (40 人) 広島大学, LOC
- [5] 岡部信広: Panoramas of the Evolving Cosmos, the 6th Subaru International conference, International Conference Center Hiroshima, Nov 28- Dec 02, 2016 : LOC

○各種研究員と外国人留学生の受入状況

山本一博: 南 岳 (大学院 M2)

○研究助成金の受入状況

- [1] 小島康史: 科学研究費, 基盤研究 (C) (平成 26-29 年度, 代表)「大域的磁場の性質から探る中性子星の構造と進化」
- [2] 山本一博: 科学研究費補助金, 基盤研究 (B) (平成 28-32 年度, 分担者, 平成 28 年度 400 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 (平成 27-31 年度, 分担者, 平成 28 年度 800 千円)「究極理論からの加速宇宙の解明」

- [4] 岡部信広：科学研究費補助金，若手研究(B)（平成 26-28 年度，代表）「弱い重力レンズ効果による銀河団サブハローの質量関数と統計的性質の解明」

○その他特記すべき事項

新聞報道等

- [1] 岡部信広：朝日新聞地方版 2016年 10月21日 すばる望遠鏡公開レクチャーについて
[2] 岡部信広：読売新聞地方版 2016年 11月29日 すばる望遠鏡公開レクチャー開催
[3] 岡部信広：中国新聞朝刊 2016年 11月29日 すばる望遠鏡公開レクチャー開催
[4] 岡部信広：文教速報 2017年 1月13日 すばる望遠鏡公開レクチャー開催

○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ALICE共同実験に私たちが建設導入した高分解能フォトン検出器PHOS (photon spectrometer)を主要測定器とし、LHC原子核衝突が創る超高温クォーク物質を解明する。第2期LHC衝突実験2年目、わが国大学チームの率いるPHOS/DCAL検出器は順調にデータ収集に参加する。最前線で活躍していた本学院生・関畑大貴君は、2016年ALICE実験管理者 (RUN Manager; 全14名) に抜擢される。通常、PDあるいは若いスタッフ級に科する登竜門的ポジションであり、1000名を超える大型実験組織の中でも信頼できる存在として認知されている証拠である。2015年と2016年を合わせて陽子+陽子衝突800M事象を収集した。杉立徹教授は平成28年5月にロシアチームから5名の来日参加者を得て、日本学術振興会2国間交流事業「ALICE Calo Meeting in Tokyo」を本学東京オフィスにて開催した。中国・韓国・インド・オランダ・フランス等からも自主参加を得て、日露パートナーシップをベースにする共同研究が最新のカロリメータ技術を駆使する国際的な研究母体に変貌しつつある。わが国若手中堅の参加者も伸び、ALICE実験全体に物理の幅を広げている。同年9月、杉立教授はわが国院生3名を含む派遣チーム7名をロシア・クルチャトフ国立研究所及びモスクワ物理工科大学に派遣し、研究成果を精査しながら論文公表に向けた準備を進めるとともに、次年度以降の行動計画の具体を詰めた。同年9月には重要度屈指の国際会議「Hard Probes 2016」が開催された。実験組織内での厳しい人選を経て何名かの招待講演者が送り込まれた。研究者/PD/院生の誰にとっても是非、指名を受けたいところであるが、本学院生・大久保翼君が実験組織を代表する口頭発表者に抜擢された。開催地の中国を始め、欧州・米国・韓国などから競合する優秀な院生が沢山いるなかでの快挙である。大久保翼君は翌3月に博士(理学)を授与された。これらの成果を含めてALICE国際共同実験共著として本年度、学術論文26編を公表した。並行して推進する米国BNL研究所RHIC加速器PHENIX実験は2016年6月、16年間にわたるデータ収集期間を完遂するとともに物理解析を継続し、本年度、学術論文6編を公表した。

志垣賢太准教授はALICE実験における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・ロシア・中国・韓国・インド・ペルー・タイの研究機関およびCERN研究所と連携して推進している。特に同検出器制御系の総責任を担い、従来の制御供給作業部会座長から、2016年6月にはプロジェクト進展に伴い制御供給作業要素共同座長に就任した。本年度は、同制御系技術基盤の確立と有限オートマトンを用いた制御アルゴリズムの開発を重点的に推進し、2017年2月にクォーク物理学分野における最重要国際会議「クォーク物質2017」において研究発表を行った。また、2016年7月にインドネシア、12月にタイで

開催されたALICE実験高度化アジア検討会などに複数の本学院生とともに参加して研究発表と細部に亘る議論を行い、ALICE実験中枢部および他検出器との技術連携を強化した。併せて物理性能についての詳細評価を進め、本学院生が日本物理学会などで研究発表を行った。PHENIX実験においては、従来から主眼であった低質量領域の物理解析に加え、新規導入した衝突点近傍半導体検出器を用いた重クォーク挙動の解明を進め、前述の国際会議「クォーク物質2017」において本学院生・永嶋和也君がPHENIX実験を代表して口頭発表を行った。さらに志垣准教授は、前年度に学術事務局を担当した国際会議「クォーク物質2015」の会議録を、同会議組織委員長らと共同で編集出版した。これらの研究業績に基づき、国際会議「第71回藤原セミナー」でLHC加速器における高エネルギー原子核衝突実験物理学を俯瞰する招待講演に、また理化学研究所および長崎総合科学大学に客員研究員として、各々招かれた。

本間謙輔助教は、宇宙の暗黒成分の源となり得る光と弱く結合する軽い未知素粒子の探索準備を推進した。この探索には高強度のレーザー場が必須となる。本年度は更なるレーザーの高強度化に向けて、背景事象を抑制するために、特に真空度を上げるための準備研究を、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)」から新たな予算を獲得して推進した。こ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)へ向けた予備研究に相当する。ELIは世界最高強度レーザー技術を基本インフラとした基礎・応用科学を欧州全体で発展させることを目的に誕生した。その約3分の1の予算措置を受け、原子核物理を含む基礎科学に重点を置いた拠点としてELI-NPサイトがルーマニアのホリヤフルベイ国立物理学・原子核工学研究所(IFIN-HH)内に建設中である。本年度にルーマニアの学術誌に公表した本間の実験提案は、ELI-NP内のプロジェクトとして正式に承認されている。これを踏まえプロジェクトを円滑に進めるべく、本間を介して、広島大学理学研究科とIFIN-HH研究所間で部局間協定が2016年8月22日に締結された。上記研究に直接関連する国内・国際共同研究を通じて暗黒場探索の準備研究を修士課程学生と共に実施した。その間、光学関連雑誌の総説執筆を依頼され、同時に、3つの国際会議に招待された。加えて、周期的境界条件が課された真空状態からの振動磁場に由来する特異な輻射現象(インスタントン由来の効果)を見出すべく、京都大学化学研究所との共同研究を通じて基礎実験を実施した。

三好隆博助教は、プラズマ物理学に関する様々な理論・シミュレーション研究を推進する。プラズマ物理学における最も重要なエネルギー解放機構である磁気リコネクションの解明を目指し、高精度プラズマ流体シミュレーションを実施している。本年度は、簗島敬氏(海洋研究開発機構)と今田晋亮氏(名古屋大学)との国内共同研究によって、これまで陽に考慮されてこなかった流体の散逸過程(粘性および熱伝導)の重要性を初めて明らかにした。線形理論では成長率が遅いと予測された高粘性領域において、非線形発展によりペチェック型の衝撃波を自発的に形成し、磁気リコネクションが高速化する驚くべき結果が得られた。また、重力下におけるプラズマの力学平衡解を求める新たな数値手法の開発に着手した。本研究は太陽大気中の爆発現象を解明するために必要不可欠な理論的な道具であり、太陽研究に関する国内研究拠点のひとつである名古屋大学宇宙地球環境研究所の研究者と共同研究を進める。本年度は定式化を終え、基礎的な理論解析を行った。さらには、新たな非アーベリアンプラズマ物理学の創成に向けて、本学院生と共に検討を進めている。これらの研究では最先端の数値シミュレーション技法を独自に研究開発しており、この実績から宇宙磁気流体・プラズマシミュレーションサマースクールの講師に招かれた。

原著論文

- © [1] J.Adam, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “W and Z boson production in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, *JHEP* **1702**, 077, 2017.
- © [2] J.Adam, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Determination of the event collision time with the ALICE detector at the LHC”, *Euro. Phys. J. Plus* **132**, 99, 2017.
- © [3] J.Adam, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Jet-like correlations with neutral pion triggers in pp and central Pb–Pb collisions at 2.76 TeV”, *Phys. Lett.* **B763**, 238-250, 2016.
- © [4] J.Adam, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “ J/ψ suppression at forward rapidity in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, *Phys. Lett.* **B766**, 212-224, 2017.
- © [5] J.Adam, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Higher harmonic flow coefficients of identified hadrons in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV”, *JHEP* **1609**, 164, 2016.
- © [6] J.Adam, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Elliptic flow of electrons from heavy-flavour hadron decays at mid-rapidity in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV”, *JHEP* **1609**, 028, 2016.
- © [7] J.Adam, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “D meson production in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV and in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV”, *Phys. Rev. C* **94**, 054908, 2016.
- © [8] J.Adam, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Pseudorapidity dependence of the anisotropic flow of charged particles in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV”, *Phys. Lett.* **B762**, 376-388, 2016.
- © [9] J.Adam, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Correlated event-by-event fluctuations of flow harmonics in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV”, *Phys. Rev. Lett.* **117**, 182301, 2016.
- © [10] J.Adam, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Measurement of transverse energy at midrapidity in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV”, *Phys. Rev. C* **94**, 034903, 2016.
- © [11] J.Adam, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Centrality dependence of charged jet production in p–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, *Euro. Phys. J.* **C76**, 271, 2016.
- © [12] J.Adam, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Centrality dependence of $\psi(2S)$ suppression in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, *JHEP* **1606**, 050, 2016.
- © [13] J.Adam, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Measurement of D meson production versus multiplicity in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, *JHEP* **1608**, 078, 2016.
- © [14] J.Adam, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Particle identification in ALICE: a Bayesian approach”, *Euro. Phys. J. Plus* **131**, 168, 2016.
- © [15] J.Adam, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Anisotropic flow of charged particles in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, *Phys. Rev. Lett.* **116**, 132302, 2016.
- © [16] J.Adam, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Production of $K^*(892)^0$ and $\phi(1020)$ in p–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, *Euro. Phys. J.* **C76**, 245, 2016.
- © [17] J.Adam, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Multiplicity dependence of charged pion, kaon, and (anti)proton production at large transverse momentum in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, *Phys. Lett.* **B760**, 720-735, 2016.
- © [18] J.Adam, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Multipion Bose-Einstein correlations in pp, p-Pb, and Pb-Pb collisions at energies available at the CERN Large Hadron Collider”, *Phys. Rev. C* **93**, 054908, 2016.
- © [19] J.Adam, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Multi-strange baryon production in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, *Phys. Lett.* **B758**, 389-401, 2016.
- © [20] J.Adam, [K.Shigaki](#), [T.Sugitate](#), *et al.*, “Centrality dependence of the charged-particle multiplicity density at midrapidity in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, *Phys. Rev. Lett.* **116**, 222302, 2016.

- ◎ [21] J.Adam, K.Shigaki, T.Sugitate, *et al.*, “Charge-dependent flow and the search for the chiral magnetic wave in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV”, *Phys. Rev. C* **93**, 044903, 2016.
- ◎ [22] J.Adam, K.Shigaki, T.Sugitate, *et al.*, “Measurement of an excess in the yield of J/ψ at very low pT in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV”, *Phys. Rev. Lett.* **116**, 222301, 2016.
- ◎ [23] J.Adam, K.Shigaki, T.Sugitate, *et al.*, “Inclusive quarkonium production at forward rapidity in pp collisions at $\sqrt{s} = 8$ TeV”, *Euro. Phys. J.* **C76**, 184, 2016.
- ◎ [24] J.Adam, K.Shigaki, T.Sugitate, *et al.*, “Charged-particle multiplicities in proton–proton collisions at $\sqrt{s} = 0.9$ to 8 TeV”, *Euro. Phys. J.* **C77**, 33, 2017.
- ◎ [25] J.Adam, K.Shigaki, T.Sugitate, *et al.*, “ ϕ meson production at forward rapidity in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV and in pp collisions at $\sqrt{s} = 2.76$ TeV”, *Phys. Lett.* **B768**, 203-217, 2017.
- ◎ [26] J.Adam, K.Shigaki, T.Sugitate, *et al.*, “Differential studies of inclusive J/ψ and $\psi(2S)$ production at forward rapidity in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV”, *JHEP* **1605**, 179, 2016.
- ◎ [27] A.Adare, K.Homma, K.Shigaki, T.Sugitate, *et al.*, “Measurement of the relative yields of $\psi(2S)$ to $\psi(1S)$ mesons produced at forward and backward rapidity in p+p, p+Al, p+Au, and $^3\text{He}+\text{Au}$ collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV”, *Phys. Rev.* **C95**, 034904, 2017.
- ◎ [28] C.Aidala, K.Homma, K.Shigaki, T.Sugitate, *et al.*, “Measurement of long-range angular correlations and azimuthal anisotropies in high-multiplicity p+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV”, *Phys. Rev.* **C95**, 034910, 2017.
- ◎ [29] A.Adare, K.Homma, K.Shigaki, T.Sugitate, *et al.*, “Measurements of double-helicity asymmetries in inclusive J/ψ production in longitudinally polarized p+p collisions at $\sqrt{s} = 510$ GeV”, *Phys. Rev.* **D94**, 112008, 2016.
- ◎ [30] A.Adare, K.Homma, K.Shigaki, T.Sugitate, *et al.*, “Measurements of directed, elliptic, and triangular flow in Cu+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV”, *Phys. Rev.* **C94**, 054910, 2016.
- ◎ [31] A.Adare, K.Homma, K.Shigaki, T.Sugitate, *et al.*, “Azimuthally anisotropic emission of low-momentum direct photons in Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV”, *Phys. Rev.* **C94**, 064901, 2016.
- ◎ [32] A.Adare, K.Homma, K.Shigaki, T.Sugitate, *et al.*, “Measurement of the higher-order anisotropic flow coefficients for identified hadrons in Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV”, *Phys. Rev.* **C93**, 051902, 2016.
- [33] Y.Akiba (ed.), S.Esumi (ed.), K.Fukushima (ed.), H.Hamagaki (ed.), T.Hatsuda (ed.), T.Hirano (ed.), and K.Shigaki (ed.), “Proceedings, 25th International Conference on Ultra-Relativistic Nucleus-Nucleus Collisions (Quark Matter 2015) : Kobe, Japan, September 27-October 3, 2015”, *Nucl. Phys.* **A956**, 1-974, 2016.
- [34] H.Sako, K.Shigaki, *et al.*, “Studies of high density baryon matter with high intensity heavy-ion beams at J-PARC”, *Nucl. Phys.* **A956**, 850-853, 2016.
- [35] K.Homma, *et al.*, “Combined Laser Gamma Experiments at ELI-NP”, *Romanian Reports in Physics, Supplement*, 68, S233-S274, 2016.
- [36] T.Minoshima, T.Miyoshi, and S.Imada, “Boosting magnetic reconnection by viscous and thermal conduction”, *Phys. Plasmas* **23**, 072122, 2016.

総説

- [1] 本間謙輔, “超高強度レーザー場を用いた宇宙暗黒場の探索”, *OPTRONICS* (2016) No.7

国際会議

(招待講演)

- [1] T.Sugitate, “Japan Status Report”, 2nd Asia Tier Center Forum, Suranaree University of Technology, (Nakhon Ratchasima, Thailand, 2016.11.30-12.2)
- [2] K.Shigaki, “Dreams in the LHC Heavy Ion Programme”, 71st Fujihara Seminar “Interplay between Hadronic, Nuclear and Atomic Physics” (Shimoda, Japan, 2016.7.6-8)
- [3] K. Homma, “Potential to search for Dark Matter with multi-wavelengths light sources”, Extreme Light Scientific and Socio-Economic Outlook (Paris, France, 2016.11.30)
- [4] K. Homma, *et al.*, “Extracting phase retardation of GeV photons to probe vacuum birefringence in high-intensity laser fields”, 25th ANNUAL INTERNATIONAL LASER PHYSICS WORKSHOP (Yerevan, Armenia, 2016.7.13)
- [5] K. Homma, *et al.*, “Search for dark components in the Universe with high-intensity lasers”, Energy, Material & Nanotechnology meeting on Laser Matter Interactions (Singapore, 2016.5.12)

(依頼講演)

- [1] T. Sugitate, “Status of ALICE-Japan and Tiers”, ALICE Calo Meeting in Moscow, National Research Center “Kurchatov Institute” (Moscow, Russia, 2016.9.12-9.13)
- [2] K. Homma, “Prospects of direct search for dilation/axion fields with extreme high-intensity lasers”, Why dose the Universe accelerate - Exhaustive study and the challenge for the future (Tsukuba, Japan, 2017.3.8)
- [3] K. Homma, “Probing pseudo Nambu-Goldstone bosons via multi-wavelengths four-wave mixing”, Axion Dark Matter 2016 (Stockholm, Sweden, 2016.12.7)

(一般講演)

- [1] K.Shigaki for the ALICE Collaboration, “Detector Control System of the new Muon Forward Tracker at ALICE” (poster), Quark Matter 2017 (Chicago, U.S.A., 2017.2.6-11)
- [2] T. Miyoshi, T. Minoshima, and Y. Matsumoto, “Weighted Compact Nonlinear Scheme for Multidimensional Magnetohydrodynamics”, 18th International Congress on Plasma Physics (ICPP2016), Kaohsiung Exhibition Center, (Kaohsiung, Taiwan, 2016.6.27-7.1)
- [3] T. Minoshima, T. Miyoshi, and S. Imada, “Boosting Magnetic Reconnection by Viscosity and Thermal Conduction”, 18th International Congress on Plasma Physics (ICPP2016), Kaohsiung Exhibition Center, (Kaohsiung, Taiwan, 2016.6.27-7.1)
- [4] T. Miyoshi, “A Hint from Plasma Physics for Quark-Gluon Plasma Physics”, ALICE Calo Meeting, NRC Kurchatov Institute, (Moscow, Russia, 2016.9.12-9.13)
- [5] T. Shibayama, K. Kusano, T. Miyoshi, and G. Vekstein “MHD 2D Fast Reconnection Theory Beyond Plasmoid Chain Reconnection”, The US-Japan Workshop and School on Magnetic Reconnection (MR2017), Himegin Hall, (Matsuyama, Japan, 2017.3.19-3.23)

国内学会

(招待講演)

- [1] 志垣賢太 : 「LHC 加速器における高温 QCD 物質の実験研究」, 日本物理学会シンポジウム「原子核コライダーにおける QCD 物理 - クォーク・グルーオン・プラズマの発見を中心に -」 (大阪大学, 2017 年 3 月 17 日)

(依頼講演)

- [1] 志垣賢太：「高エネルギー原子核衝突で探るクォークの相関とクラスター」, 研究会「クラスターがつなぐクォーク, ハドロン, 原子核そして原子」(大阪大学, 2017年3月16日)

(一般講演)

- [1] 三好隆博, 簗島 敬, 松本洋介：「磁気流体力学方程式に対する高次精度重み付きコンパクト差分法」日本地球惑星科学連合 2016 年大会 (幕張メッセ, 2016年5月22日-26日)
- [2] 簗島 敬, 三好隆博, 今田晋亮：「Impact of Diffusion Processes on Magnetic Reconnection」日本地球惑星科学連合 2016 年大会 (幕張メッセ, 2016年5月22日-26日)
- [3] 柴山拓也, 草野完也, 三好隆博, 中坊孝司, Grigory Vekstein：「Fast Magnetic Reconnection Supported by Sporadic Small-scale Petschek-type Shocks」日本地球惑星科学連合 2016 年大会 (幕張メッセ, 2016年5月22日-26日)
- [4] 三好隆博：「完全二流体方程式に対する高次精度数値解法の基礎的研究」プラズマシミュレータシンポジウム 2016 (核融合科学研究所, 2015年9月7日-8日)
- [5] 柴山拓也, 草野完也, 三好隆博, 中坊孝司, Grigory Vekstein：「プラズモイド高速リコネクションにおける動的ペッチェック過程の役割」日本天文学会 2016 年秋季年会 (愛媛大学, 2016年9月14日-16日)
- [6] 三好隆博, 草野完也, 井上 諭：「非フォースフリー太陽大気磁場モデルに対する新しい磁気流体力学的緩和法」日本天文学会 2017 年春季年会 (九州大学, 2017年3月15日-18日)
- [7] 柴山拓也, 草野完也, 三好隆博, Grigory Vekstein：「3次元リコネクション領域におけるプラズモイドの自発的構造形成」日本天文学会 2017 年春季年会 (九州大学, 2017年3月15日-18日)

学生の学会発表実績

(国際会議)

- | | |
|----------------------------|------|
| ○博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 | 4 件 |
| ○博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 | 14 件 |
| ○博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 | 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 | 2 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 | 0 件 |

セミナー・講演会開催実績

- [1] 志垣賢太：第 22 回 Heavy Ion Pub 研究会, 世話人 (大阪大学, 2016年10月27日)
- [2] 志垣賢太：研究会「クラスターがつなぐクォーク, ハドロン, 原子核そして原子」, 世話人 (大阪大学, 2017年3月16日)

社会活動・学外委員

- 学協会委員

- [1] 杉立 徹：高エネルギー加速器研究機構 客員教授
- [2] 志垣賢太：理化学研究所 客員研究員
- [3] 志垣賢太：長崎総合科学大学 客員研究員
- [4] 志垣賢太：高温高密度QCD物質オープンフォーラム代表幹事 世話人
- [5] 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
- [6] 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
- [7] 本間謙輔：フランス・エコールポリテクニク(大学) 客員科学者
- [8] 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

○講習会・セミナー講師

- [1] 本間謙輔：ELI-NP セミナー (<http://www.eli-np.ro>) 講師 「Explorable photon-photon interactions at ELI-NP」(ルーマニアIFIN-HH研究所, 2016年12月12日)
- [2] 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スクール講師「差分法の基礎」および「MHD近似リーマン解法」(千葉大学, 2016年8月22-26日)

国際共同研究・国際会議開催実績

- [1] 杉立 徹, 志垣賢太, 本間謙輔：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：国際共同研究 ALICE 実験実施 (欧州CERN研究所)
- [3] 杉立 徹：国際会議 “LHC Physics Workshop 2016” 共催 (建国大学, 韓国, 2016年8月2日-8月4日)
- [4] 杉立 徹：国際会議 “ALICE CALO Meeting in Tokyo 2016” 主催 (広島大学東京オフィス, 2016年5月29日-6月1日)
- [5] 杉立 徹：国際会議 “2nd Asia Tier Center Forum” 共催 (Suranaree University of Technology, タイ, 2016年11月30日-12月2日)
- [6] 本間謙輔：国際共同研究 “IZESTプロジェクト” 実施 (International Zetta-Exawatt Science and Technology) (フランス エコール・ポリテクニク & CEA)
- [7] 本間謙輔：国際共同研究 “ELI-NPプロジェクト” 実施 (Extreme Light Infrastructure Nuclear Physics) (ルーマニア IFIN-HH研究所)

高大連携事業への参加状況

- [1] 志垣賢太：広島県立大門高等学校, 訪問授業「宇宙の始まりと物質の謎」(2016年6月29日)
- [2] 志垣賢太：ひらめき☆ときめきサイエンス, 講義「実験から迫る極限宇宙」(広島大学, 2016年8月27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) (2016年度, 24,500千円) 「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] 杉立 徹：日本学術振興会2国間交流事業日露共同研究 (2016年度, 2,250千円) 「ALICE実験PHOSによる光子と中性中間子測定及び第3期実験に向けた検出器開発」代表
- [3] 志垣賢太：科学研究費補助金基盤研究 (B) (2016年度, 3,400千円) 「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：科学研究費助成基金助成金挑戦的萌芽研究（2016年度，1,000千円）「原子核偏芯衝突を用いた宇宙最高強度磁場の実験的検出と非線形量子電磁力学への挑戦」代表
- [5] 本間謙輔：科学研究費補助金新学術領域研究（公募）（2016年度，1,170千円）「超高強度レーザー場によるディラトン探索へ向けた究極真空系の基礎研究」代表
- [6] 本間謙輔：科学研究費助成基金助成金挑戦的萌芽研究（2016年度，780千円）「インスタントン効果の顕在化」代表
- [7] 本間謙輔：京都大学化学研究所課題提案型共同研究（2016年度，700千円）「真空内四光波混合の探索」代表
- [8] 三好隆博：科学研究費補助金基盤研究（C）（2016年度，880千円）「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

平成28年度は、フェルミガンマ線衛星とかなた望遠鏡による観測を軸に、すざく X線衛星と2016年打ち上げの X線衛星ひとみ(ASTRO-H)のデータ解析、硬 X線偏光観測気球実験PoGOLiteの実施、X線偏光衛星計画PRAXySの開発、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1編（河野）、修士論文5編（大橋、岡田、志岐、寺前、幅田）、卒業論文9編（鳥越、山田、長木、小山、岡本、挽谷、長嶋、松葉、今里）を発表した。さらにHiサイエンティスト養成プログラムの自由研究生1名を受け入れた。また、インキュベーション拠点として極限宇宙研究拠点（Core-U）に関する活動も進めた。

[フェルミ衛星によるガンマ線観測]

フェルミ衛星は、打ち上げから9年目を迎えたが、特に故障もなく、無事に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。今年度は、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関わるとともに、ジェット天体である電波銀河についてガンマ線と可視偏光との系統的な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8年間のデータを解析し、最近ほど明るくなってきていること、ときどき急激に明るくなったときには、X線やTeVガンマ線でもフレアが起きていることがわかった。特に、X線についてはSwift/XRTのデータ解析も加えて、多波長スペクトルの議論を進めた。さらに、かなた望遠鏡によるモニター観測を続け、偏光が弱いことがわかった。これらは志岐修論としてまとめられた。

Fermi衛星はその広い視野を生かし、ガンマ線観測を通して銀河系内の宇宙線と星間物質をプローブすることができる。その際に他波長のデータと比較することが必要であり、従来の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Fermiのガンマ線データとの比較から分かってきた。星間ガスの分布をより正確・精密に測定するため、Planck衛星によるダスト由来の全天のマイクロ波マップとガンマ線マップの比較を、名古屋大学のグループと共同で開始し、複数のダスト密度の指標とガンマ線の比較を行った。とくに近傍の高銀緯分子雲であるMBM53,54,55領域について詳細に解析を進め、ダスト・ガスの性質がダストの温度に

依存して変わることを見出し、その影響を取り込んでガスの柱密度(質量)および宇宙線のエネルギー密度を導出した。補正によりdark gasの質量は3-4倍変わり、星間ガス・宇宙線の定量において補正が本質的であることが分かった。この成果は原著論文としてまとめ出版した。関連し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る研究にも取り組んでいる。電波観測と合わせるよりも、ダスト放射を用いて星間ガスを見積もった方がより正確であるという結果が得られており、ガンマ線の解析結果と定性的に合致する。これらの成果は小山卒論としてまとめた。

超新星残骸は銀河系宇宙線の起源として注目されているが、今までの観測結果では不明な点が多い。そこで、超新星残骸の1つであるCTB 37Aについて、ガンマ線の解析を進めた。銀河面領域なので、他の天体の混入を考慮して注意深く解析を進め、ガンマ線スペクトルを導出した。そして、他波長のデータと合わせて、ガンマ線の起源をHadronic, Leptonic両面から検討を進めた。

[すざく衛星によるX線観測]

楕円銀河の高温ガスからのX線放射に鉄のLラインの共鳴線は、他のラインに比べて共鳴散乱されやすい。しかし、高温ガスで大きな速度差があるとドップラーにより散乱が弱められる。この効果を調べるために、すざくとXMM-Newtonのデータを用いて12個の楕円銀河の系統的解析を進め、散乱の様子が楕円銀河ごとに異なることがわかり、Geant 4によるモンテカルロ計算も進めた。これらの結果は、寺前修論としてまとめられた。X線で最も明るい天体ScoX-1について、すざくとNuStar衛星のデータ解析を行い、明るくなる時に2タイプのスペクトル変化が捉えられた。これらを詳細に吟味した結果、2つの異なる中性子星への降着のしかたに対応することがわかり、岡田修論としてまとめられた。AGNのジェットを正面から見ていると考えられる天体ブレイザーの宇宙論的進化をさぐるため、Swift衛星の硬X線サーベイで見つかったブレイザー天体を用いてX線光度関数の進化の導出を進めた結果、以前の結果ほどガンマ線光度関数との相違は小さくなったが、依然として違いが残った。銀河団の進化をさぐるために質量関数は重要である。すばる望遠鏡で重力レンズ測定がされる予定の約20の銀河団について、XMM-NewtonのX線データを用いて重力レンズ質量とX線観測諸量の関係を求める研究を進め、本年度はXMM-Newtonのデータの系統的解析手法を確立した。そして、5つの銀河団について重力レンズとX線観測量との相関を調べた。

VERITAS望遠鏡が発見した大きく広がったTeVガンマ線天体VER J2019+368の「すざく」のデータ解析を進めた。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、またXMM-Newton衛星のデータとも合わせることで、X線パルサー風星雲の広がり、スペクトルを精度よく決め電子のスペクトル、粒子輸送プロセスを制限して論文として投稿した。

[ひとみ (ASTRO-H) 衛星のデータ解析]

2016年2月に打ち上げられた「ひとみ」(ASTRO-H)衛星は、衛星の姿勢系のトラブルにより衛星通信が途絶えてしまい、4月末に運用停止となってしまった。しかし、約1ヶ月間の貴重なデータが得られ、本年度はその解析を進めた。また、解析ソフトウェアの最終整備も進めた。

当グループが開発に大きく関与した軟ガンマ線検出器SGDのデータ解析においては、上空での装置の動作確認、キャリブレーションを進め、問題なく動作していたことが確認された。そして、唯一観測できた「かに」星雲のガンマ線偏光解析を進めた。観測時間がわずか6,000秒だったので、統計誤差に制限されるが、偏光を精度良く求めるために、バックグラウンドの除去について、イ

ベント構成方法まで注意深くチェックしながら解析を進め、解析の針を得ることができ、幅田修論としてまとめられた。また、Anti検出器であるBGOにより1つのガンマ線バースト検出に成功していることも確認でき、位置決定などを試みた。

また、ひとみ衛星の精密X線分光器SXSのデータ解析を進めた。特に、ペルセウス銀河団中心部におけるFe-Kラインの共鳴散乱についてデータ解析とGeant4によるモンテカルロの構築を進めた。モンテカルロの構築については挽谷卒論としてまとめられた。また、ペルセウス銀河団中心銀河NGC1275からの活動銀河核に伴うFe-Kラインを検出した。これは、精密X線分光器による最初の活動銀河核Fe-Kラインの観測結果であり、初めてライン幅を精度良く制限し、ラインの発生場所を強く制限できた。以上は、論文発表にむけて、最終の詰めが進められている。

[PoGOLite気球実験, X線偏光観測衛星PRAXyS計画, 将来X線ガンマ線観測に向けた活動]

硬X線偏光気球実験PoGOLiteは、7月にスウェーデンのキルナにおいて放球に成功し、かに星雲とCyg X-1の偏光観測を実施した。その後、データ解析を進めて検出器の動作確認を行いつつ、偏光検出に向けた詳細解析を進めた。地上での中性子照射実験と合わせて波形弁別解析を進め、中性子起因のバックグラウンドの除去効率を高めることに成功した。中性子の結果については、大橋修論としてまとめられた。2018年度打ち上げ予定のスウェーデン超小型衛星CubeSatに載せる軌道上荷電粒子モニターのセンサー部のシンチレータの選定、アナログ回路、高圧電源の選定を進めた。将来ガンマ線観測のために、消費電力低減や位置分解能改善による反飛電子追跡を狙い、シリコンドリフトセンサーの基礎特性実験を進めた。X線応答を調べ、今里卒論としてまとめた。将来装置の基礎開発として、硬X線偏光観測への応用を念頭に、ピクセル型光検出器とプラスチックシンチレータを組み合わせたシステムの性能評価を行った。検出器固有の性質であるクロストークの影響を解析に取り込み、同時係数を用いることで、観測エネルギー下限を改善できる試算が得られ、鳥越卒文としてまとめた。初の本格的X線偏光観測を狙うPRAXyS計画においては、偏光計をX線ビームラインで性能評価するGSFC/NASAでの実験に参加し、データ解析を進めた。しかし、残念ながらphase-Bに進む段階で選定されず、計画は終了した。この他、将来硬X線観測衛星計画FORCEや次期大型X線望遠鏡衛星Athenaにおける観測装置やサイエンスの検討活動に参加した。

[かなた望遠鏡等を用いた可視赤外線観測]

東広島天文台では、例年200晩程度に亘り、主として学生やポスドクのうち二人以上の組が東広島天文台に滞在し、かなた望遠鏡を用いて、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的研究を行っている。観測データの排出率としては、この10年余りに亘り、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。望遠鏡は年間を通じて大きなトラブルはなかった。例年通り、梅雨の時期となる6月には、望遠鏡の主鏡を国立天文台・岡山天体物理観測所に持ち込んで、鏡面（アルミ膜）の再蒸着作業を学生と教員との共同作業で遂行した。かなた望遠鏡で行われた観測のうち1-2割は、国内外の共同研究により、他機関の研究者がPIとして行われた観測であり、天文学コミュニティの中でかなた望遠鏡が一つの研究拠点となっている状況にある。2015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（ブレーザー）、超新星、重力波天体およびニュートリノ天体の搜索観測が挙げられる。

活動銀河核の観測的研究については、いくつかの重点的なブレーザーの可視近赤外偏光モニターを継続している。これまで多数のブレーザーにおいて、可視光偏光の複雑な変動が見つかって

おり、その中から放射領域における磁場構造の特徴を統計的ないし視覚的に見出す研究が進展している。離散的に実施されたブレーザーの直線偏光のQ、Uベクトルの時間変動を、3次元空間上において、その光度変化の情報と併せて表現する技術が確立した。また、多波長スペクトルをフィットするときは、従来の研究ではパラメータを値を仮定することが多く、パラメータの不定性が必ずしも評価されていなかったが、MCMC法を用いてフィッティングすることにより、これらを解決する手法の開発を開始した（山田卒論）。

超新星に関しては、2014年以降に現れた超新星の後期に亘る継続的な観測とその解析に進展がみられた。まず、暗く特異なIa型（=Iax型）であるSN 2014dtにおける観測的研究において、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。暗いIIP型超新星SN 2016bkvxの継続的観測により、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を見出した。同類の超新星は、超新星とならずにブラックホールに落ち込む崩壊星とのリンクの可能性があり、注目度が高いものの、これまで数例しか見つかっていない。この超新星において、初期の幅の狭い水素輝線を伴う一時的な増光や、100日を超える長い光度プラトーの特徴から、この超新星の親星の質量は、ブラックホールを生成するような非常に大きいものである可能性が高いことを指摘している。また、当初Ib型とスペクトル同定されたSN 2016bauにおいて、初期のみIib型に現れるスペクトルの特徴が見えていたことから、親星がIib型とIb型との中間的な質量放出を経験したことを見出し、大質量星の恒星進化に関する新たな知見を得た。

LIGOによる重力波アラート、およびIceCubeによるニュートリノアラートに対応した候補天体の捜索について、重力波天体に対しては、日本の捜索チームJ-GEM（代表:吉田道利）の拠点として活動し、LIGOが出す新たな確率密度マップに応じて、確率の高い領域にある近傍銀河のリストを自動的に排出し、J-GEMで協力してサーベイ観測を行うシステムを構築した。また、2015年の重力波イベントに対するJ-GEMによる追跡観測の論文が公表された。また、ニュートリノアラート2例に応じて、かなた望遠鏡でフォローアップ観測を実施したほか（対応天体の検出には至らなかった）、光赤外大学間連携を初めとした追跡観測グループの構築に努めた。

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、すなわち1回の露出で可視・近赤外線と同時に直線偏光の測定を可能とする新しい偏光プリズムの性能評価（長木卒論）や、HOWPolの新冷却システムの開発（松場卒論）などが進んだほか、重力崩壊型超新星の極大等級と他の観測パラメータとの相関をスパースモデリングで検証する研究（岡本卒論）などが行われた。

[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に関するものと、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プロジェクトに関するものが挙げられる。HONIRの新検出器については、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チップの導入を目指して、国立天文台、KEK、浜松ホトニクスで開発されたInGaAsチップ 128×128ピクセル、1.3K×1.3Kピクセルそれぞれについて実験室での性能評価と、かなた望遠鏡に取り付けての試験観測を行った。また、これまで駆動に不安定性の見られた光学ターゲットについて、その原因をつきとめ、改修を行った。さらに近赤外線検出器の高速読み出しを実現する新しい読み出しシステムのノイズ性能の精査が行われた。

また、HinOTORIプロジェクトに関しては、50cm望遠鏡のチベット・阿里サイトへの望遠鏡・

ドームの搬入が9月に完了し、望遠鏡の仮設置が行われ、可視バンドにおいて国内の1 m級望遠鏡を凌ぐ高い観測効率を達成していることが確認された（長嶋卒論）。

原著論文

- ◎[1] “Search for Cosmic-Ray Electron and Positron Anisotropies with Seven Years of Fermi Large Area Telescope Data,” Abdollahi, S., Fukazawa, Y. (34番目), Mizuno, T. (62番目), et al. 計94名, 2017, PRL 118, 091103
- ◎[2] “Hitomi Constraints on the 3.5 keV Line in the Perseus Galaxy Cluster”, Aharonian, F. A., Fukazawa, Y. (33番目), Kitaguchi, T. (78番目), Mizuno, T. (113番目), Ohno, M. (134番目), Takahashi, H. (170番目), Tanaka, Y. (179番目) et al. 計216名, 2017, ApJL 837, 15
- ◎[3] “Gamma-Ray Blazars within the First 2 Billion Years,” Ackermann, M., Fukazawa, Y. (45番目), Mizuno, T. (80番目), et al. (計126名), ApJL 837, 5 (2017)
- ◎[4] “Development and verification of signal processing system of avalanche photo diode for the active shield onboard ASTRO-H”, Ohno, M., Tanaka, Y. (9番目), Takahashi, H. (10番目), Mizuno, T. (11番目), Fukazawa, Y. (12番目), et al. 計47名, 2016, NIMA 831, 410
- ◎[5] “Study of a detector system for high-energy astrophysical objects using a combination of plastic scintillator and MPPC”, Nakaoka, T., Mizuno, T., Takahashi, H., Fukazawa, Y., 2016, NIM-A 831, 400
- ◎[6] “Fermi-LAT Observations of High-energy Behind-the-limb Solar Flares”, Ackermann, M., Fukazawa, Y. (31番目), Mizuno, T. (58番目), 他86名, 2017, ApJ 835, 219, 13pp
- ◎[7] “Searching the Gamma-Ray Sky for Counterparts to Gravitational Wave Sources: /Fermi GBM and LAT Observations of LVT151012 and GW151226”, Racusin, J. L., Fukazawa, Y. (71番目), Mizuno, T. (104番目), 他140名, 2017, ApJ 835, 82, 13pp
- ◎[8] “Systematic Study of Gamma-ray-bright Blazars with Optical Polarization and Gamma-Ray Variability”, Itoh, R., Fukazawa, Y. (3番目), Uemura, M. (4番目), Tanaka, Y. T. (5番目), Kawabata, K. S. (6番目), Akitaya, H. (11番目), Ohsugi, T. (14番目), Yoshida, M. (21番目), 他13名, 2016, ApJ 833, 77, 17pp
- ◎[9] “Hitomi Constraints on the 3.5 keV Line in the Perseus Galaxy Cluster”, Hitomi collaboration, Fukazawa, Y. (33番目), Kitaguchi, T. (79番目), Mizuno, T. (114番目), Ohno, M. (135番目), Takahashi, H. (171番目), Tanaka, Y. (180番目) 他212名, 2017, ApJ 837, L15, 9pp
- ◎[10] “Study of the polarimetric performance of a Si/CdTe semiconductor Compton camera for the Hitomi satellite”, Katsuta, J., Mizuno, T. (7番目), Fukazawa, Y. (8番目), Kitaguchi, T. (12番目), Ohno, M. (13番目), Takahashi, H. (15番目), 他14名, 2016, NIM-A, 840, 51-58
- ◎[11] “Two Distinct-absorption X-Ray Components from Type II_n Supernovae: Evidence for Asphericity in the Circumstellar Medium”, Katsuda, S., Fukazawa, Y. (5番目), Kawabata, K. S. (6番目), Ohno, M. (7番目), 他6名, 2016, ApJ 832, 194, 12pp
- ◎[12] “X-Ray and Optical Correlation of Type I Seyfert NGC 3516 Studied with Suzaku and Japanese Ground-based Telescopes”, Noda, H., Uemura, M. (15番目), Kawabata, K. S. (16番目), Yoshida, M. (17番目), Fukazawa, Y. (25番目), 他21名, 2016, ApJ 828, 78, 15pp
- ◎[13] “A significant hardening and rising shape detected in the MeV/GeV ν F ν spectrum from the recently discovered very-high-energy blazar S4 0954+65 during the bright optical flare in 2015

- February”, Tanaka, Y. T., Fukazawa, Y. (12番目), 他19名, 2016. PASJ 68, 51, 10pp
- [14] “A broadband x-ray imaging spectroscopy with high-angular resolution: the FORCE mission”, Mori, K., Fukazawa, Y. (9番目), 他10名, 2016, Proc. SPIE 9905, 990510, 10pp
- [15] “The Athena X-ray Integral Field Unit (X-IFU)”, Didler, B., Fukazawa, Y. (51番目), 他89名, 2016, Proc. SPIE 9905, 99052F, 41pp
- ◎[16] “The soft gamma-ray detector (SGD) onboard ASTRO-H”, Watanabe, S. Fukazawa, Y. (3番目), Kitaguchi, T. (12番目), Mizuno, T. (19番目), Ohno, M. (26番目), Takahashi, H. (32番目), Tanaka, Y. (35番目), 他28名, 2016, Proc. SPIE 9905, 990513, 16pp
- ◎[17] “The hard x-ray imager (HXI) onboard ASTRO-H”, Nakazawa, K., Fukazawa, Y. (5番目), Mizuno, T. (15番目), Ohno, M. (21番目), Takahashi, H. (26番目), 他30名, 2016, Proc. SPIE 5509, 550911, 13pp
- ◎[18] “The ASTRO-H (Hitomi) x-ray astronomy satellite”, Takahashi, T., Fukazawa, Y. (48番目), Kitaguchi, T. (101番目), Mizuno, T. (140番目), Ohno, M. (170番目), Takahashi, H. (220番目), Tanaka, Y. T. (228番目), 他262名, 2016, Proc. SPIE 5509, 55090U, 17pp
- ◎[19] “The quiescent intracluster medium in the core of the Perseus cluster”, Hitomi collaboration, Fukazawa, Y. (34番目), Kitaguchi, T. (77番目), Mizuno, T. (112番目), Ohno, M. (133番目), Takahashi, H. (168番目), Tanaka, Y. T. (177番目), 他210名, 2016, Nature 535, 117-121
- ◎[20] “Suzaku Wide-band All-sky Monitor measurements of duration distributions of gamma-ray bursts”, Ohmori, N., Ohno, M. (3番目), Fukazawa, Y. (12番目), 他25名, 2016, PASJ 68, S30, 11pp
- [21] “Measurements of the Soft Gamma-Ray Emission from SN2014J with Suzaku”, Terada, Y., Fukazawa, Y. (3番目), 他10名, 2016, ApJ 823, 32, 10pp
- ◎[22] “No Evidence of Intrinsic Optical/Near-infrared Linear Polarization for V404 Cygni during Its Bright Outburst in 2015: Broadband Modeling and Constraint on Jet Parameters”, Tanaka, Y. T., Uemura, M. (3番目), Kawabata, K. S. (7番目), Fukazawa, Y. (8番目), Akitaya, H. (18番目), Yoshida, M. (23番目), 他36名, 2016, ApJ 823, 35, 8pp
- ◎[23] “Exploring the nature of the broadband variability in the flat spectrum radio quasar 3C 273”, Chidiac, C., Fukazawa, Y. (11番目), Uemura, M. (12番目), 他13名, 2016, A&A 590, A61, 16pp
- ◎[24] “Polarization angle swings in blazars: The case of 3C 279”, Kiehlmann, S., Akitaya, H. (9番目), Fukazawa, Y. (19番目), Kawabata, K. S. (27番目), Uemura, M. (59番目), Yoshida, M. (62番目), 他58名, 2016, A&A 590, A10, 20pp
- ◎[25] “Fe-K Line Time Variability and Ni Abundance of Distant Reflectors in Seyfert Galaxies”, Fukazawa, Y., Ohno, M. (4番目), 他4名, 2016, ApJ 821, 15, 8pp
- ◎[26] “Supplement: “Localization and Broadband Follow-up of the Gravitational-wave Transient GW150914”, Abbott, T. D., Fukazawa, Y. (1209番目), Mizuno, T. (1258番目), Ohsugi, T. (1264番目), Kawabata, K. S. (1386番目), Yoshida, M. (1392番目), 他1571名, 2016, ApJS 225, 8, 15pp
- ◎[27] “Localization and Broadband Follow-up of the Gravitational-wave Transient GW150914”, Abbott, T. D., Fukazawa, Y. (1209番目), Mizuno, T. (1258番目), Ohsugi, T. (1264番目), Kawabata, K. S. (1386番目), Yoshida, M. (1392番目), 他1571名, 2016, ApJ 826, L13, 8pp
- ◎[28] “Fermi Large Area Telescope Detection of Extended Gamma-Ray Emission from the Radio

- Galaxy Fornax A”, Ackermann, M., Fukazawa, Y. (45番目), Mizuno, T. (81番目), Ohno, M. (83番目), Ohsugi, T. (89番目), Takahashi, H. (112番目), 他116名, 2016, ApJ 826, 1, 9pp
- ◎[29] “Minute-timescale >100 MeV γ -Ray Variability during the Giant Outburst of Quasar 3C 279 Observed by Fermi-LAT in 2015 June”, Ackermann, M., Fukazawa, Y. (40番目), Mizuno, T. (75番目), Ohsugi, T. (82番目), 他105名, 2016, ApJ 824, L20, 8pp
- ◎[30] “The First Fermi LAT Supernova Remnant Catalog”, Acero, F., Fukazawa, Y. (49番目), Mizuno, T. (104番目), Ohsugi, T. (113番目), Takahashi, H. (145番目), 他156名, 2016, ApJS 224, 8, 50pp
- ◎[31] “Fermi-LAT Observations of the LIGO Event GW150914”, Ackermann, M., Fukazawa, Y. (60番目), Mizuno, T. (114番目), Ohsugi, T. (123番目), 他163名, 2016, ApJ 823, L2, 13pp
- ◎[32] “Search for Spectral Irregularities due to Photon-Axionlike-Particle Oscillations with the Fermi Large Area Telescope”, Ajello, M., Fukazawa, Y. (37番目), Mizuno, T. (66番目), Takahashi, H. (93番目), 他99名, 2016, Physical Review Let. 116,161101
- ◎[33] “Resolving the Extragalactic γ -Ray Background above 50 GeV with the Fermi Large Area Telescope”, Ackermann, M., Fukazawa, Y. (47番目), Mizuno, T. (84番目), Ohsugi, T. (92番目), Takahashi, H. (122番目), 他124名, 2016, Physical Review Let. 116,151105
- [34] “Quantifying the Interstellar Medium and Cosmic Rays in the MBM 53, 54, and 55 Molecular Clouds and the Pegasus Loop Using Fermi-LAT Gamma-ray Observations,” Mizuno, T., Abdollahi, S., Fukui, Y., Hayashi, K., Okumura, A., Tajima, H., Yamamoto, H. 2016, ApJ 833, 278, 19pp
- [35] “Observations of M31 and M33 with the Fermi Large Area Telescope: A Galactic Center Excess in Andromeda?“, Ackermann, M., Mizuno, T. (69番目), et al. 計105名, 2017, ApJ 836, 208, 12pp
- ◎[36] “Hard x-ray imaging polarimeter for PolariS,” Hayashida, K., Mizuno, T. (9番目), Takahashi, H. (10番目), et al. 計16名, 2016, Proc. SPIE 9905, 99051A, 10pp
- [37] “Optimizing a balloon-borne polarimeter in the hard X-ray domain: From the PoGOLite Pathfinder to PoGO+, M. Chauvin, H. Takahashi (8番目), 計9名, 2016, Astroparticle Physics, Volume 82, p99-107
- [38] “High-energy Non-thermal and Thermal Emission from GRB 141207A”, Arimoto M., Ohno M. (3番目), 計8名, 2016, The Astrophysical Journal, 2016, ApJ 833, 139, 13pp
- [39] Investigation of Primordial Black Hole Bursts Using Interplanetary Network Gamma-ray Bursts”, Ukwatta, T. N., Ohno, M. (17番目), 他23名, 2016, ApJ 826, 98, 14pp
- ◎[40] “Development of the Model of Galactic Interstellar Emission for Standard Point-source Analysis of Fermi Large Area Telescope Data”, Acero, F., Mizuno, T. (89番目), Ohsugi, T. (93番目), Takahashi, H. (121番目), 計134名, 2016, The Astrophysical Journal Supplement Series, 223, 26
- [41] “Hyper Suprime-Camera Survey of the Akari NEP Wide Field”, Goto, T., Utsumi, Y. (3番目), 計35名, 2017, Publication of Korean Astronomical Society, 32, 225
- [42] “Near-infrared imaging polarimetry of LkCa 15: A possible warped inner disk”, Oh, Daehyeon, H., Miyama, S. (35番目), 計51名 2016, Publications of the Astronomical Society of Japan, 68, L3
- ◎[43] “Measurement of the high-energy gamma-ray emission from the Moon with the Fermi Large

- Area Telescope”, Ackermann, M., Mizuno, T. (77番目), Takahashi, H. (102番目), 計116名
2016, Physical Review D, 93, 082001
- [44] “The origin of UV-optical variability in AGN and test of disc models, XMM-Newton and ground-based observations of NGC 4395”, McHardy, I. M., Uemura, M. (15番目), 計15名
2016, Astronomische Nachrichten, 337, 500
- ◎ [45] “Fermi LAT Stacking Analysis of Swift Localized GRBs”, Ackermann, M., Mizuno, T. (72番目), Ohno, M. (78番目), Ohsugi, T. (79番目), Takahashi, H. (102番目), 計112名, 2016, The Astrophysical Journal, 822, 68
- [46] “EVN Observations of HESS J1943+213: Evidence for an Extreme TeV BL Lac Object”, Akiyama, K., Tanaka, Y. T. (3番目), 計6名, 2016, The Astrophysical Journal, 823, L26
- ◎ [47] “High-contrast Imaging of Intermediate-mass Giants with Long-term Radial Velocity Trends”, Ryu, T., Miyama, S. (44番目), Yoshida, M. (62番目), 計65名, 2016, The Astrophysical Journal, 825, 127, 13pp
- [48] “A Spectroscopically Confirmed Double Source Plane Lens System in the Hyper Suprime-Cam Subaru Strategic Program”, Tanaka, M., Utsumi, Y. (14番目), 計14名, 2016, The Astrophysical Journal, 826, L19, 6pp
- ◎ [49] “J-GEM follow-up observations to search for an optical counterpart of the first gravitational wave source GW150914”, Morokuma, T., Utsumi, Y. (6番目), Kawabata, K. S. (11番目), Uemura, M. (22番目), Yoshida, M. (25番目), 計25名, 2016, Publications of the Astronomical Society of Japan, 68, L9, 6pp
- [50] “Polarimetry and flux distribution in the debris disk around HD 32297”, Asensio-Torres, R., Miyama, S. (33番目), 計52名, 2016, Astronomy and Astrophysics, 593, A73
- [51] “Baryon Loading Efficiency and Particle Acceleration Efficiency of Relativistic Jets: Cases for Low Luminosity BL Lacs”, Inoue, Y. and Tanaka, Y. T., 2016, The Astrophysical Journal, 828, 13, 10pp
- [52] “Subaru High-z Exploration of Low-luminosity Quasars (SHELLQs). Discovery of 15 Quasars and Bright Galaxies at $5.7 < z < 6.9$ ”, Matsuoka, Y., Utsumi, Y. (39番目), 計46名, 2016, The Astrophysical Journal, 828, 26, 14pp
- [53] “TimeTubes: Visualization of Polarization Variations in Blazars”, Uemura, M., 計8名, 2016, Galaxies, 4, 23
- [54] “Binary black hole merger rates inferred from luminosity function of ultra-luminous X-ray sources”, Inoue, Y., Tanaka, Y. T., and Isobe, N., 2016, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 461, 4329
- ◎ [55] “OISTER optical and near-infrared observations of the super-Chandrasekhar supernova candidate SN 2012dn: Dust emission from the circumstellar shell”, Yamanaka, M., Kawabata, K. S. (5番目), Akitaya, H. (10番目), Uemura, M. (22番目), Yoshida, M. (23番目), 計37名, 2016, Publications of the Astronomical Society of Japan, 68, 68, 24pp
- [56] “High-contrast imaging of ϵ Eridani with ground-based instruments”, Mizuki, T., Miyama, S. (32番目), 計51名, 2016, Astronomy and Astrophysics, 595, A79, 8pp
- ◎ [57] “Multifrequency Photo-polarimetric WEBT Observation Campaign on the Blazar S5 0716+714: Source Microvariability and Search for Characteristic Timescales”, Bhatta, G., Akitaya, H. (5番目), Kawabata, K. S. (22番目), Yoshida, M. (45番目), 計46名, 2016, The Astrophysical

- Journal, 831, 92, 17pp
- [58] “The Eruption of the Candidate Young Star ASASSN-15QI”, Herczeg, G. J., Kawabata, K. S. (26番目), 計30名, 2016, The Astrophysical Journal, 831, 133, 22p
- [59] “Resolved Near-infrared Image of the Inner Cavity in the GM Aur Transitional Disk”, Oh, Daehyeon, Miyama, S. (33番目), 計51名, 2016, The Astrophysical Journal, 831, L7, 6pp
- [60] “SEEDS Direct Imaging of the RV-detected Companion to V450 Andromedae, and Characterization of the System”, Hefminiak, K. G., Miyama, S. (32番目), 計52名, 2016, The Astrophysical Journal, 832, 33, 13pp
- © [61] “2014-2015 Multiple Outbursts of 15P/Finlay”, Ishiguro, M., Akitaya, H. (8番目), Kawabata, K. S. (9番目), Yoshida, M. (12番目), 計24名, 2016, The Astronomical Journal, 152, 169, 14pp
- [62] “Spiral Structure and Differential Dust Size Distribution in the LKHα 330 Disk”, Akiyama, E., Miyama, S. (43番目), 計61名, 2016, The Astronomical Journal, 152, 222, 7pp
- [63] “Galaxy-scale Gravitational Lens Candidates from the Hyper Suprime-Cam Imaging Survey and the Galaxy And Mass Assembly Spectroscopic Survey”, Chan, J. H. H., Utsumi, Y. (15番目), 計16名, 2016, The Astrophysical Journal, 832, 135, 9pp
- [64] “A Weak Lensing View of the Downsizing of Star-forming Galaxies”, Utsumi, Y., 計17名, 2016, The Astrophysical Journal, 833, 156, 14pp
- [65] “Radial decoupling of small and large dust grains in the transitional disk RX J1615.3-3255”, Kooistra, R., Miyama, S. (33番目), 計59名, 2017, Astronomy and Astrophysics, 597, A132, 8pp
- [66] “Near-infrared Imaging Polarimetry of Inner Region of GG Tau A Disk”, Yang, Y., Miyama, S. (36番目), 計54名, 2017, The Astronomical Journal, 153, 7, 9pp
- [67] “SCEXAO and GPI Y JHband Photometry and Integral Field Spectroscopy of the Young Brown Dwarf Companion to HD 1160”, Garcia, E. V., Miyama, S. (35番目), 計55名, 2017, The Astrophysical Journal, 834, 162, 14pp
- [68] “Multiband optical variability of the blazar OJ 287 during its outbursts in 2015-2016”, Gupta, A. C., Uemura, M. (9番目), 計34名, 2017, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 465, 4423--4433

国際会議

(招待講演)

- [1] Fukazawa, Y., “Recent Fermi results of extragalactic objects and TeV gamma-rays”, “The extreme Universe viewed in very-high-energy gamma-rays 2016”, December 15-16, 2016, University of Tokyo, Chiba, Japan
- [2] Ohno, M., “Studying GW sources with Fermi Gamma-ray Space Telescope”, GW Astro BiMonthly Meeting, Feb. 4, 2017, Tokyo Inst. of Tech.
- [3] Ohno, M., “Investigation of physical condition of hot plasma in the clusters of galaxies”, BunClub colloquium, Nov. 18, 2016, Institute of Astronomy University of Cambridge, UK
- [4] Ohno, M., “Resonant scattering as a probe of physical condition of hot plasma in the cluster of galaxies”, KIPAC Tea Talk colloquium, Mar. 17, 2016, Kavli Institute for Particle Astrophysics and Cosmology, Stanford University/SLAC National Accelerator Laboratory, USA
- [5] Takahashi, H., “Overview of spectral change in NS-LMXB”, 7 years of MAXII: monitoring

X-ray Transients, 5-7 Dec. 2016, RIKEN, Japan

- [6] Mizuno, T., “Study of the ISM and CRs of the MBM 53,54,55 Clouds and the Pegasus Loop”, Interstellar Hydrogen Workshop 2016, Sep. 27-28, 2016, Nagoya University, Japan, 20 名
- [7] Yoshida, M., “J-GEM: an EM Follow-up Network in Japan”, Gravitational Wave Astrophysics in the Event Rate Regime, Dec. 5-6, 2016, RESCUE/University of Tokyo

(一般講演)

- [1] Okada, C., “Hard X-ray study of low mass X-ray binary Sco X-1 with Suzaku”, 7 years of MAXI, RIKEN, Japan, Dec. 5-7, 2016, 約 150 名
- [2] Shiki, K., “Kanata optical monitoring of radio galaxy NGC 1275”, 7 years of MAXI, RIKEN, Japan, Dec. 5-7, 2016, 約 150 名
- [3] Uchida, N., “Development of an in-orbit radiation environment monitor CUBES onboard a small satellite MIST”, 7 years of MAXI, RIKEN, Japan, Dec. 5-7, 2016, 約 150 名
- [4] Tanaka, K., “Location of Gamma-ray Bursts with BGO Active Shield of the Soft Gamma-ray Detector and Hard X-ray Imager onboard Hitomi”, 7 years of MAXI, RIKEN, Japan, Dec. 5-7, 2016, 約 150 名
- [5] Toda, K., “Revisiting the cosmological evolution of X-ray selected blazars with the Swift/BAT 70 month all sky survey data”, 7 years of MAXI, RIKEN, Japan, Dec. 5-7, 2016, 約 150 名
- [6] Fukazawa, Y., “In-flight Performance of the Soft Gamma-ray Detector (SGD) onboard Hitomi”, 7 years of MAXI, RIKEN, Japan, Dec. 5-7, 2016, 約 150 名
- [7] Ohno, M., “Development and in-orbit performance of all-sky monitoring function of BGO active shield of the soft gamma-ray detector onboard Hitomi”, 7 years of MAXI, RIKEN, Japan, Dec. 5-7, 2016, 約 150 名
- [8] Ohno, M., “Suzaku Wide-band All-sky Monitor view of soft gamma-ray transient”, 7 years of MAXI, RIKEN, Japan, Dec. 5-7, 2016, 約 150 名
- [9] Takahashi, H., “PoGOLite, PoGO+ and SPHiNX”, 2nd CORE-U International Conference: Cosmic Polarimetry from Micro to Macro Scales, Feb. 17-18, 2017, Hiroshima University, 50 名
- [10] Miyaoka, K., “X-ray mass measurement of massive galaxy clusters in the HSC SSP survey region”, The 6th Subaru International Conference, Nov. 28 - Dec. 2, 2016, Hiroshima, 約 200 名
- [11] Kawabata, M., “Long-term Optical/NIR Observations of Type Iax Supernova SN 2014dt”, The Supernovae Through the Ages Conference, Hanga Roa, Easter Island, Chili, Aug. 9-13, 2016, 150 名
- [12] Nakaoka, T., “Extended UV-NIR observations of Type IIP supernova 2014cx from two days after the explosion”, The Supernovae Through the Ages Conference, Hanga Roa, Easter Island, Chili, Aug. 9-13, 2016, 150 名
- [13] Kawabata, M., “Long-term Optical/NIR Observations of type Iax supernova SN 2014dt”, Transient Universe in the Big Survey Era: Understanding the Nature of Astrophysical Explosive Phenomena, Kyoto University, Jan. 23-24, 2017, 70 名
- [14] Nakaoka, T., “Optical-NIR observation of Low-Luminosity Type IIP Supernova 2016bkv”, Transient Universe in the Big Survey Era: Understanding the Nature of Astrophysical Explosive Phenomena, Kyoto University, Jan. 23-24, 2017, 70 名
- [15] Kawahara, N., “Kanata follow-up of SNe Ib/c”, Transient Universe in the Big Survey Era: Understanding the Nature of Astrophysical Explosive Phenomena, Kyoto University, Jan. 23-24,

2017, 70 名

- [16] Yoshida, M., “Summary of the A02 sub-project”, New development in astrophysics through multimessenger observations of gravitational wave sources, Dec. 26, 2016, YITP, Kyoto University, 70 名
- [17] Kawabata, K. S., “Optical Polarimetric Survey Project, SGMAP, and GW”, New development in astrophysics through multimessenger observations of gravitational wave sources, Dec. 26, 2016, YITP, Kyoto University, 70 名
- [18] Tanaka, Y., “No Evidence of Intrinsic Optical/Near-Infrared Linear Polarization or V404 Cygni During its Bright Outburst in 2015: Broadband Modeling and Constraint on Jet Parameters”, 2nd CORE-U International Conference: Cosmic Polarimetry from Micro to Macro Scales, Feb. 17-18, 2017, Hiroshima University, 50 名
- [19] Kawabata, K. S., “Future Project of Optical Polarimetry in Northern Hemisphere, SGMAP”, 2nd CORE-U International Conference: Cosmic Polarimetry from Micro to Macro Scales, Feb. 17-18, 2017, Hiroshima University, 50 名
- [20] Takahashi, H., “PoGOLite, PoGO+ and SPHiNX”, 2nd CORE-U International Conference: Cosmic Polarimetry from Micro to Macro Scales, Feb. 17-18, 2017, Hiroshima University, 50 名
- [21] Uemura, M., “High-Dimensional Data-Driven Approach to Type Ia Supernovae”, The Supernovae Through the Ages Conference, Easter Island (Chile), Aug. 8-13, 2016, 150 名
- [22] Uemura, M., “TimeTybes: Visualization of polarization in blazars”, Blazars through Sharp Multi-Wavelength Eyes, May 31 - June 3, 2016, Malaga, Spain
- [23] Yoshida, M., “Japanese electromagnetic follow-up network for gravitational wave sources, J-GEM”, The 2nd International Meeting on KAGRA, Nov. 10-12, 2016, Normal University, Beijing

国内会議

(招待講演)

- [1] 深沢泰司: 「X線観測装置開発と大学院生」, 可視赤外線観測装置技術ワークショップ, 2016年11月24-25日, 国立天文台三鷹
- [2] 深沢泰司: 「X線ガンマ線観測と観測的宇宙」, 第5回観測的宇宙論ワークショップ, 11月24-26日, 広島大学
- [3] 吉田道利: 「重力波の光学対応天体探査ネットワーク J-GEM」
- [4] 田中康之: 「フェルミ衛星の現状と IceCube ニュートリノイベントの可視近赤外線フォローアップ観測」
- [5] 高橋弘充: 「質量降着率の高い低質量X線連星」, MAXI チーム理研セミナー, 2016年8月29-30日, 理研
- [6] 田中康之: 「フェルミ衛星による MeV/GeV ガンマ線観測の成果とフェルミからの期待」, 第1回 MeV ガンマ線天文学研究会, 2017年2月27-28日, 京都大学, 50 名
- [7] 川端弘治: 「広島 1.5m 鏡による可視近赤外観測で挑んだ突発天体研究この10年と今後の多波長連携」, 茨城大学重点研究 研究会: 「突発・変動天体の多波長連携観測」, 2016年3月6~7日, 茨城大学, 40 名

(一般講演)

- [8] 深沢泰司: 「X線天文衛星「ひとみ (ASTRO-H)」搭載軟ガンマ線検出器 (SGD) の軌道

- 上動作」, 日本天文学会秋の年会, 2016年9月14-16日, 愛媛大学城北キャンパス
- [9] 植村 誠:「ブレーザーで観測される偏光の時間変動の3次元可視化」, 日本天文学会秋の年会, 2016年9月14-16日, 愛媛大学城北キャンパス
- [10] 水野恒史:「フェルミ衛星 LAT 検出器による MBM 53,54,55 および Pegasus Loop 領域の観測」, 日本天文学会秋の年会, 2016年9月14-16日, 愛媛大学城北キャンパス
- [11] 高橋弘充:「硬X線偏光検出器 PoGOLite 気球実験:2016年の再フライト」, 日本天文学会秋の年会, 2016年9月14-16日, 愛媛大学城北キャンパス
- [12] 大野雅功:「「ひとみ (ASTRO-H)」搭載硬X線軟ガンマ線検出器における BGO アクティブシールドの軌道上性能」, 日本天文学会秋の年会, 2016年9月14-16日, 愛媛大学城北キャンパス
- [13] 田中康之:「GeV - TeV ガンマ線データによる HBL 天体の平均 SED と TeV ガンマ線背景放射の赤方偏移分布」, 日本天文学会秋の年会, 2016年9月14-16日, 愛媛大学城北キャンパス
- [14] 内海洋輔:「チベットロボット三色撮像カメラ (HinOTORI): 輸送と建設」, 日本天文学会秋の年会, 2016年9月14-16日, 愛媛大学城北キャンパス
- [15] 中岡竜也:「IIP 型超新星 SN 2016X の早期観測に基づく爆発直後の光球の進化」, 日本天文学会秋の年会, 2016年9月14-16日, 愛媛大学城北キャンパス
- [16] 大橋礼恵:「硬X線偏光検出器 PoGOLite の読み出し回路の改良 (2)」, 日本天文学会秋の年会, 2016年9月14-16日, 愛媛大学城北キャンパス
- [17] 岡田千穂:「「すぎく」衛星による低質量X線連星 Sco X-1 の硬X線放射の観測 (2)」, 日本天文学会秋の年会, 2016年9月14-16日, 愛媛大学城北キャンパス
- [18] 寺前拓人:「Geant4 を用いた楕円銀河中心における共鳴散乱の影響の評価」, 日本天文学会秋の年会, 2016年9月14-16日, 愛媛大学城北キャンパス
- [19] 廣地 諄:「高輝度赤色新星 M31 LRN 2015 の爆発前天体の観測的研究」, 日本天文学会秋の年会, 2016年9月14-16日, 愛媛大学城北キャンパス
- [20] 戸田皓陽:「Swift 衛星の硬X線サーベイデータに基づくブレーザーの logN-logS 分布の構築」, 日本天文学会秋の年会, 2016年9月14-16日, 愛媛大学城北キャンパス
- [21] 田中晃司:「「ひとみ (ASTRO-H)」搭載 SGD の BGO シールドを用いたガンマ線バースト位置決定能力の評価」, 日本天文学会秋の年会, 2016年9月14-16日, 愛媛大学城北キャンパス
- [22] 宮岡敬太:「Subaru/HSC サーベイ領域にある重量級銀河団のX線観測による質量推定」, 日本天文学会秋の年会, 2016年9月14-16日, 愛媛大学城北キャンパス
- [23] 田中慎之:「広がった TeV ガンマ線源 VER J2019+368 のX線観測」, 日本天文学会秋の年会, 2016年9月14-16日, 愛媛大学城北キャンパス
- [24] 森 裕樹:「HONIR 用新検出器読み出しシステムのノイズ改善に向けた研究」, 日本天文学会秋の年会, 2016年9月14-16日, 愛媛大学城北キャンパス
- [25] 水野恒史:「「すぎく」による広がった TeV ガンマ線放射 VER J2019+368 のX線観測 (3)」, 物理学会秋季大会, 2016年9月21-24日, 宮崎大学木花キャンパス
- [26] 高橋弘充:「硬X線偏光検出器 PoGOLite 気球実験:2016年の再フライト」, 物理学会秋季大会, 2016年9月21-24日, 宮崎大学木花キャンパス
- [27] 大野雅功:「「ひとみ (ASTRO-H)」衛星搭載硬X線軟ガンマ線検出器 BGO アクティブシールドの軌道上性能」, 物理学会秋季大会, 2016年9月21-24日, 宮崎大学木花キャン

パス

- [28] 北口貴雄：「光電子追跡型 X 線偏光計の飛跡画像処理の開発」，物理学会秋季大会，2016 年 9 月 21-24 日，宮崎大学木花キャンパス
- [29] 内田和海：「小型衛星 MIST 搭載 軌道放射線モニター CUBES の検出器開発」，物理学会秋季大会，2016 年 9 月 21-24 日，宮崎大学木花キャンパス
- [30] 川端弘治：「可視偏光サーベイ計画 SGMAP: かなた望遠鏡での実施検討」，天文学会春の年会，2017 年 3 月 15-18 日，九州大学伊都キャンパス
- [31] 植村 誠：「ブレーザー PKS 1749+096 の可視偏光観測から探るジェットの磁場構造」，天文学会春の年会，2017 年 3 月 15-18 日，九州大学伊都キャンパス
- [32] 田中康之：「ジェットを伴う潮汐破壊現象におけるガンマ線放射の探索と放射機構の解明測」，天文学会春の年会，2017 年 3 月 15-18 日，九州大学伊都キャンパス
- [33] 高橋弘充：「大型低温重力波望遠鏡 KAGRA: 全体報告」，天文学会春の年会，2017 年 3 月 15-18 日，九州大学伊都キャンパス
- [34] 北口貴雄：「PRAXyS 衛星に搭載する光電子追跡型 X 線偏光計の偏光角再構成法」，天文学会春の年会，2017 年 3 月 15-18 日，九州大学伊都キャンパス
- [35] 中岡竜也：「低光度 IIP に分類される超新星 SN 2016bkv の早期測光分光観測」，天文学会春の年会，2017 年 3 月 15-18 日，九州大学伊都キャンパス
- [36] 川端美穂：「Iax 型超新星の観測的特徴と理論モデルとの比較」，天文学会春の年会，2017 年 3 月 15-18 日，九州大学伊都キャンパス
- [37] 大橋礼恵：「硬 X 線偏光検出器 PoGOLite の読み出し回路の改良 (3)」，天文学会春の年会，2017 年 3 月 15-18 日，九州大学伊都キャンパス
- [38] 志岐健成：「電波銀河 NGC 1275 の X 線と可視でのモニター観測」，天文学会春の年会，2017 年 3 月 15-18 日，九州大学伊都キャンパス
- [39] 宮岡敬太：「Subaru/HSC サーベイ領域にある重量級銀河団の X 線観測による質量推定 II」，天文学会春の年会，2017 年 3 月 15-18 日，九州大学伊都キャンパス
- [40] 森 裕樹：「HONIR 用新検出器読み出しシステムのノイズ改善に向けた研究」，天文学会春の年会，2017 年 3 月 15-18 日，九州大学伊都キャンパス
- [41] 深沢泰司：「ひとみ衛星による NGC1275 の X 線観測：初の活動銀河核 Fe-K ライン精密分光」，物理学会春季大会，2017 年 3 月 17-20 日，大阪大学豊中キャンパス
- [42] 水野恒史：「フェルミ衛星による MBM 53-55 分子雲・Pegasus Loop 領域における星間ガスと宇宙線の研究」，物理学会春季大会，2017 年 3 月 17-20 日，大阪大学豊中キャンパス
- [43] 高橋弘充：「硬 X 線偏光検出器 PoGOLite 気球実験 2016 年フライト」，大気球シンポジウム 2016 年 11 月 2 日，宇宙科学研究所
- [44] 高橋弘充：「硬 X 線偏光検出器 PoGO+気球実験 2016 年フライト」，宇宙科学シンポジウム，2017 年 1 月 5 日，宇宙科学研究所
- [45] 安部太晴：「大規模データ解析に向けた光度曲線および AGB 星の SED の分類」，連星系・変光星・低温度星研究会 2016，2016 年 10 月 29～31 日，慶応大学 日吉キャンパス，50 名
- [46] 廣地 諄：「高輝度赤色新星 M31 LRN 2015 の爆発前天体の観測的研究」，連星系・変光星・低温度星研究会 2016，2016 年 10 月 29～31 日，慶応大学 日吉キャンパス，50 名

- [47] 中岡竜也：「低光度 IIP に属する超新星 SN2016bkv の測光分光観測に基づいた解析」，連星系・変光星・低温度星研究会 2016, 2016年10月29～31日，慶応大学 日吉キャンパス，50名
- [48] 川端美穂：「特異な Ia 型超新星 SN 2014dt の可視・近赤外線観測」，連星系・変光星・低温度星研究会 2016, 2016年10月29～31日，慶応大学日吉キャンパス，50名
- [49] 河原直貴：「典型的な可視光度変化を示した Ib 型超新星 SN2016bau の可視近赤外測光・可視分光観測」，連星系・変光星・低温度星研究会 2016, 2016年10月29～31日，慶応大学 日吉キャンパス，50名
- [50] 吉田道利：「広島大学宇宙科学センターの活動報告」，光赤外ユーザーズミーティング，2016年9月7～8日，国立天文台三鷹キャンパス，70名
- [51] 川端弘治：「かなた望遠鏡・観測装置使用状況」，光赤外ユーザーズミーティング，2016年9月7～8日，国立天文台三鷹キャンパス，70名
- [52] 植村 誠：「装置開発・ステータス」，光赤外ユーザーズミーティング，2016年9月7～8日，国立天文台三鷹キャンパス，70名
- [53] 川端弘治：「かなた望遠鏡・観測装置使用状況」，光赤外ユーザーズミーティング，2016年9月7～8日，国立天文台三鷹キャンパス，70名
- [54] 中岡竜也：「IIP 型超新星 SN2016X の早期紫外～近赤外観測に基づいた解析」，光赤外ユーザーズミーティング，2016年9月7～8日，国立天文台三鷹キャンパス，70名
- [55] 森 裕樹：「かなた望遠鏡 HONIR 用新検出器読み出しシステムのノイズ改善に向けた研究」，光赤外ユーザーズミーティング，2016年9月7～8日，立天文台三鷹キャンパス，70名
- [56] 川端美穂：「特異な Ia 型超新星 SN 2014dt の可視近赤外における中期・後期観測」，光赤外ユーザーズミーティング，2016年9月7～8日，国立天文台三鷹キャンパス，70名
- [57] 河原直貴：「光度進化の遅い Ib 型超新星 SN 2016bau の可視近赤外観測」，光赤外ユーザーズミーティング，2016年9月7～8日，国立天文台三鷹キャンパス，70名
- [58] 植村 誠：「広島大学の取り組みと成果」，光赤外線大学間連携ワークショップ，2016年11月21～22日，京都大学，60名
- [59] 観山正見：「光赤外線大学連携の取り組みについてのコメント」，光赤外線大学間連携ワークショップ，2016年11月21～22日，京都大学，60名
- [60] 川端弘治：「GRB 初期可視残光の偏光観測この6年」，光赤外線大学間連携ワークショップ，2016年11月21～22日，京都大学，60名
- [61] 田中康之：「大学間連携によるニュートリノイベントフォローアップ観測の提案」，光赤外線大学間連携ワークショップ，2016年11月21～22日，京都大学，60名
- [62] 中岡竜也：「低光度 IIP に属する超新星 SN2016bkv の早期測光分光観測」，光赤外線大学間連携ワークショップ，2016年11月21～22日，京都大学，60名
- [63] 森 裕樹：「広島大学かなた望遠鏡周辺の装置開発の現状」，光赤外線大学間連携ワークショップ，2016年11月21～22日，京都大学，60名
- [64] 川端美穂：「特異な Ia 型超新星 SN 2014dt の可視・近赤外における中期・後期観測」，光赤外線大学間連携ワークショップ，2016年11月21～22日，京都大学，60名
- [65] 河原直貴：「典型的な可視光度変化を示した Ib 型超新星 SN2016bau の可視近赤外測光・可視分光観測」，光赤外線大学間連携ワークショップ，2016年11月21～22日，京都大学，60名

- [66] 中岡竜也：「Low-Luminosity IIP SN2016bkv + IIL」，超新星ワークショップ 2016，2016 年 12 月 14～16 日，メープル有馬（神戸市），10 名
- [67] 川端美穂：「SN 2014dt と Iax 型超新星」，超新星ワークショップ 2016，2016 年 12 月 14～16 日，メープル有馬（神戸市），10 名
- [68] 河原直貴：「Type Ibc SN」，超新星ワークショップ 2016，2016 年 12 月 14～16 日，メープル有馬（神戸市），10 名
- [69] 中岡竜也：「低光度 IIP に属する超新星 SN2016bkv の測光分光観測」，天体スペクトル研究会，2017 年 3 月 4～5 日，仙台市天文台，50 名
- [70] 川端美穂：「特異な Ia 型超新星 SN 2014dt の長期に亘る可視近赤外観(II)」，天体スペクトル研究会，2017 年 3 月 4～5 日，仙台市天文台，50 名
- [71] 森 裕樹：「広島大学かなた望遠鏡周辺の装置開発の現状」，可視赤外線観測装置技術ワークショップ，2016 年 11 月 24～25 日，国立天文台三鷹キャンパス，60 名
- [72] 河原直貴：「Iib/Ib 遷移超新星 SN 2016bau の可視近赤外観測」，天体スペクトル研究会，2017 年 3 月 4～5 日，仙台市天文台，50 名
- [73] 森 裕樹：「広島大学かなた望遠鏡周辺の装置開発の現状」，可視赤外線観測装置技術ワークショップ，2016 年 11 月 24～25 日，国立天文台三鷹キャンパス，60 名
- [74] 森 裕樹：「広島大学新読み出しシステムのノイズ調査と新 InGaAs 検出器の性能評価」，タイムドメイン天文学研究会，2017 年 2 月 20～22 日，60 名
- [75] 川端美穂：「Ia 型超新星の観測的研究と画像データ解析」，第 1 回課題提案型ワークショップ「ビッグデータの利活用について考える」，2016 年 6 月 2 日，県立広島大学，80 名
- [76] 川端美穂：「特異な Ia 型超新星 SN 2014dt の可視・近赤外線観測」，2016 年度光赤天連シンポジウム 共同利用と大規模観測の調和，2016 年 9 月 26～28 日，国立天文台三鷹キャンパス，90 名
- [77] 川端弘治：「可視赤外・サブミリ偏光観測と較正法に関する考察」，DTA シンポジウム：星形成を軸に俯瞰する磁場の役割とその観測的検証，2016 年 11 月 24～25 日，国立天文台・三鷹，40 名
- [78] 川端弘治：「可視偏光サーベイ SGMAP とタイムドメイン天文学」，木曾広視野サーベイと京都 3.8m 即時分光によるタイムドメイン天文学の推進，2017 年 2 月 20～22 日，京都大学，60 名
- [79] 田中康之：「IceCube 高エネルギーニュートリノ事象の可視近赤外線フォローアップ観測」，木曾広視野サーベイと京都 3.8m 即時分光によるタイムドメイン天文学の推進，2017 年 2 月 20～22 日，京都大学，60 名
- [80] 田中康之：「IceCube neutrino の電磁波 ToO 観測の現状と今後」，茨城大学重点研究 研究会：「突発・変動天体の多波長連携観測」，2016 年 3 月 6～7 日，茨城大学，40 人
- [81] 植村 誠：「Ia 型超新星の極大等級の変数選択」，連星系・変光星・低温度星研究会 2016，2016 年 10 月 29～31 日，慶応大学 日吉キャンパス，50 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 | 18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 (国内会議)	4 件
○博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数	54件
○博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数	25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

高大連携事業への参加状況

- [1] 深沢泰司, 吉田道利, 川端弘治, 水野恒史, 高橋弘充: 高校生のための広島大学公開講座「最先端の宇宙観測方法」, 2016年7月29日, 広島大学, 約50名参加, 主催

国内研究会開催

- [1] 水野恒史: マルチメッセンジャー天文学研究会, 千葉大学, 2017年3月2日-3日, 組織委員
- [2] 植村 誠: 日本天文学会 2016年秋季年会企画セッション「テータ科学としての天文学」世話人

社会活動, 学会委員

- [1] 深沢泰司: 日本天文学会早川基金審査員
- [2] 深沢泰司: 高エネルギー宇宙連絡会将来検討委員
- [3] 深沢泰司: 宇宙線研究者会議将来検討委員
- [4] 深沢泰司: ガンマ線観測衛星フェルミ衛星国際チームの日本代表, 予算委員メンバー, シニアサイエンスアドバイザー委員メンバー
- [5] 深沢泰司: 大型X船衛星 Athena: X-IFU サイエンスアドバイザー
- [6] 深沢泰司: X線天文衛星 ASTRO-H「ひとみ」衛星の喪失に対する総括タスクフォースメンバー
- [7] 水野恒史: 日本物理学会 宇宙線・宇宙物理領域委員
- [8] 植村 誠: 国立天文台岡山観測所プログラム小委員会 委員長
- [9] 植村 誠: 光学赤外線天文連絡会 運営委員

講演会・セミナー講師

- [1] 深沢泰司: 「最先端の宇宙観測方法」, 高校生のための広島大学公開講座「最先端の宇宙観測方法」, 2016年7月29日, 広島大学, 約50名参加
- [2] 川端弘治: 「大型光赤外線望遠鏡」, 高校生のための広島大学公開講座「最先端の宇宙観測方法」, 2016年7月29日, 広島大学, 約50名参加
- [3] 吉田道利: 「重力波による観測」, 高校生のための広島大学公開講座「最先端の宇宙観測方法」, 2016年7月29日, 広島大学, 約50名参加
- [4] 高橋弘充: 「X線による観測」, 高校生のための広島大学公開講座「最先端の宇宙観測方法」, 2016年7月29日, 広島大学, 約50名参加
- [5] 水野恒史: 「ガンマ線・宇宙線による観測」, 高校生のための広島大学公開講座「最先端の宇宙観測方法」, 2016年7月29日, 広島大学, 約50名参加
- [6] 川端弘治, 植村 誠, 大杉 節: 東広島天文台公開, 広島大学オープンキャンパス, 2016年8月19日, 広島大学, 約100名参加
- [7] 深沢泰司: [最新装置による宇宙観測, 広島大学オープンキャンパス, 2016年8月19日,

- 広島大学, 約 100 名参加
- [8] 大野雅功: “重力波はどこからやってきたか? ガンマ線で探る重力波対応天体”, 2016 年度中四国地区「天文・宇宙が学べる大学」合同進学説明会, 2016 年 7 月 24 日, 岡山商科大学附属高等学校
 - [9] 植村 誠: 東広島市教育委員会「夢・感動事業」講師
 - [10] 植村 誠: 科研費新学術領域「スパースモデリング」2016 年度チュートリアル講演会, 2016 年 12 月 18 日, 東工大, 「圧縮センシングの基礎と応用 一天文学への応用を例に一」
 - [11] 吉田道利, 川端弘治, 植村 誠, 内海洋輔, 大杉 節, 観山正見: 天文台見学会などの社会貢献 50 件, 参加人数のべ 1,388 名

外部評価委員

- [1] 深沢泰司: 全国高等学校総合文化祭審査委員
- [2] 深沢泰司: すばる望遠鏡 S16B 期観測提案審査委員

国際会議, 国際研究会開催

- [1] 北口貴雄, 川端弘治, 深沢泰司, 国際研究会開催 “Cosmic Polarimetry from Macro to Micro Scales”, Hiroshima University, Feb. 17-18, 2017, 50 名, 主催
- [2] 吉田道利, 川端弘治, 植村 誠, 内海洋輔: The 6th Subaru International Conference, Nov. 28 - Dec. 2, 2016, Hiroshima, 約 200 名, 現地開催委員会

国際共同研究

- [1] 深沢泰司, 水野恒史, 高橋弘充, 大野則功, 田中康之, 大杉 節, 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, 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, 大野則功, 田中康之, 北口貴雄, ASTRO-H/Hitomi Collaboration (主にアメリカ, オランダ, イギリス, フランスの 200 名), ISAS/JAXA, 約 20 の国内研究機関), X線観測衛星 ASTRO-H/「ひとみ」による高エネルギー宇宙観測の研究
- [3] 高橋弘充, 水野恒史, 深沢泰司, 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, 小型衛星 CUBES
- [4] 水野恒史, 深沢泰司, 北口貴雄, PRAXyS Project (主にアメリカ, 約 50 名), 理研, 名大, 阪大, X線偏光観測衛星計画 PRAXyS の計画推進
- [5] 深沢泰司, 水野恒史, 田中康之, 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
- [6] 深沢泰司, Athena collaboration (主にヨーロッパ, アメリカ, 日本の 100 名), 次期大型 X線観測衛星 Athena の推進
- [7] 深沢泰司, 水野常史, 高橋弘充, 大野雅功, 宮崎大, 京大, 東大, 明大, 阪大, 愛媛大, GSFC/NASA, 硬 X線観測衛星 FORCE 計画の推進
- [8] 植村 誠, イギリス Southampton University, 活動銀河核 NGC4593 の国際多波長観測キャンペーン
- [9] 植村 誠, アメリカ Harvard University, X線連星 Cyg X-3 の国際多波長観測キャンペーン

ーン

- [10] 吉田道利, 川端弘治, 植村 誠, LIGO-Virgo Collaboration (California Institute of Technology, European Gravitational Wave Observatory 他), 重力波の電磁波対応現象の探索
- [11] 川端弘治, インド (Indian Institute of Astrophysics), 近傍超新星の多バンドモニター観測

○各種研究員と外国人留学生の受入状況

日本学術振興会特別研究員 (DC1 : 1名)

留学生 (D : 1名, 研究生 : 2名)

研究資金

- [1] 深沢泰司: 科学研究費補助金基盤研究(A) 平成 24-28 年度「GeV ガンマ線観測および多波長偏光による活動銀河核ジェットの構造の解明」研究代表者, 平成 28 年度直接経費 2,900 千円
- [2] 深沢泰司: 科学研究費補助金特別推進研究 平成 24-28 年度「高エネルギーガンマ線による極限宇宙の研究」研究分担者, 平成 28 年度直接経費 2,500 千円
- [3] 高橋弘充: 科学研究費補助金 基盤研究(B)海外 平成 25-28 年度「スウェーデンでの気球実験による硬 X 線偏光観測と高感度な焦点面偏光計の開発」研究代表者, 平成 28 年度直接経費 3,800 千円
- [4] 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」(平成 12-28 年度) 研究代表者, 平成 28 年度直接経費 8,500 千円
- [5] 深沢泰司: 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 飛翔体による宇宙科学観測支援経費「フェルミガンマ線宇宙望遠鏡による高エネルギー宇宙観測の推進」: 研究代表者, 平成 22-28 年度, 平成 28 年度直接経費 5,000 千円
- [6] 田中康之: 平成 27-28 年度「GeVTeV ガンマ線観測による宇宙可視近赤外線背景放射の精密推定と星形成史への制限」研究代表者, 平成 28 年度直接経費 1,300 千円
- [7] 吉田道利: 科学研究費補助金新学術領域計画研究 平成 24-28 年度「天体重力波の光学赤外線対応現象の探査」研究代表者, 平成 28 年度直接経費 19,500 千円
- [8] 吉田道利: 科学研究費補助金基盤研究(A) 平成 27-31 年度「可視近赤外線同時偏光観測によるガンマ線バーストの研究」研究代表者, 平成 28 年度直接経費 9,200 千円
- [9] 吉田道利: 科学研究費補助金新学術領域公募研究 平成 25-27 年度「可視光同時撮像による重力波天体の同定と出現環境の研究」研究分担者, 平成 28 年度直接経費 550 千円
- [10] 川端弘治: 科学研究費補助金基盤研究(B) 平成 25-27 年度「可視広視野多チャンネル偏光撮像装置の開発と SGMAP の推進」研究代表者, 平成 28 年度直接経費 1,300 千円
- [11] 植村 誠: 科学研究費補助金新学術領域計画研究 平成 25-29 年度「スパースモデリングを用いた超巨大ブラックホールの直接撮像」研究分担者, 平成 28 年度直接経費 1,800 千円
- [12] 水野恒史: 科学研究費補助金基盤研究 (A) 平成 28-32 年度 「 QED 効果観測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, 平成 28 年度直接経費 760 千円
- [13] 秋田谷洋: 科学研究費補助金基盤研究 (C) 平成 27-29 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, 平成 28 年度直接経費 700 千円
- [14] 内海洋輔: 科学研究費補助金若手研究 (B) 平成 26-28 年度「弱重力レンズ宇宙論研究の

ための高精度画像処理法の開発と応用」研究代表者，平成 28 年度直接経費 500 千円

特筆すべき事項

- [1] 高橋弘充：Phoenix Outstanding Researcher Award 受賞，（2016 年 11 月 5 日）
- [2] 内海洋輔：すばる望郷鏡観測：日刊工業新聞新聞（2017 年 2 月 23 日）
- [3] 吉田道利：チベット重力波追跡望遠鏡：中国新聞（2016 年 9 月 23 日）
- [4] 吉田道利：チベット重力波追跡望遠鏡：中国新聞（2016 年 6 月 29 日）

物性科学講座

○構造物性グループ

研究活動の概要

我々のグループでは，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物性情報を結晶構造の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の研究成果および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，森吉准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准教授が年間の20%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，革新的な計測技術を開発すると同時に様々な物質，主としてペロブスカイト型酸化物強誘電体について共同研究を行っている。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，チタン酸鉛 PbTiO_3 の価電子密度分布を最大エントロピー法(MEM)を用いて解析することに成功している。強誘電体結晶の自発分極は主にイオン分極と電子分極の和で表現される。この実験・解析技術は，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た。この研究成果に関係して，黒岩教授が日中強誘電体応用会議で基調講演を行った。また，中国で開催されたIUMRSおよびインドで開催されたアジア強誘電体会議で招待講演を行った。また，国内学会では，セラミック協会秋季シンポジウムで招待講演を行った。一方，山梨大学とのセラミックス材料に関する共同研究では，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， $\text{BaTiO}_3\text{-Bi}(\text{Mg}_{1/2}\text{Ti}_{1/2})\text{O}_3\text{-BiFeO}_3$ セラミックスが従来の $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ (PZT)セラミックス並みの圧電特性を示すことを見出した。特徴として，PZTのように非 180° ドメインの反転による非本質的な格子歪みにより外形がマクロに変化するのではなく，結晶格子自体が電場印加方向に本質的に大きく歪むことにより外形が大きく変化することを電場印加下での結晶構造のその場観察により明らかにした。この成果はAppl. Phys. Lett.に掲載された。

強誘電体以外では、北海道大学、首都大学東京、山梨大学の研究グループと行っている超伝導体や熱電材料についての研究成果を論文にまとめた。国際共同研究として、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成果を *Angew. Chem. Int. Ed.* に報告した。また、釜山大学との磁性体材料に対する成果を *RSC Adv.* に報告した。特に、釜山大学のグループとは長年にわたり学生ワークショップをお互いに主催してきた関係でもあり、研究面でも共同で成果公表できたことは特筆したい。さらに、企業2社と共同研究を行っており、それぞれの成果を論文で公表できた。

このように、SPring-8 BL02B2の重点研究課題では、国内外の大学・研究所・企業との共同研究を通して、今までに確立してきた我々の実験・解析手法によりハイスループットが実現されている。一方、平成20年にSPring-8 BL02B1単結晶構造解析ビームラインに新しい回折装置が導入された。我々のグループは設計段階から参加し、コミッシ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年度から森吉准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。名古屋市立大学との共同研究により、水晶振動子の振動中の原子の運動を電場印加下で詳細に追跡することで、水晶振動子の振動機構を解明する技術を開発した。水晶の詳しい振動機構は長い間不明であったが、我々のグループで開発した時間分解X線構造解析システムを利用して、30MHzで振動している水晶振動子の原子の運動を50ピコ秒の時間分解能で一瞬の動きを構造解析することに成功した。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で、水晶振動子の安定した振動は、酸素原子がケイ素原子との共有結合に垂直な方向に弾性的に微小変位することで引き起こされ、この原子変位に伴う電気分極の発生が、力学的エネルギーを効率的に電気的エネルギーに変換していることを実験的に可視化した。この技術を応用して、今年度は共振しているランガサイト単結晶の時分割構造解析を行った。また、強誘電体チタン酸バリウムBaTiO₃単結晶に交番する矩形の交流電場を分極方向に印加することで圧電振動を誘起させ、圧電振動している最中の結晶構造の時間変化をサブマイクロ秒の時間分解能でその場観察することに成功した。圧電振動中は静電場印加下では実現されない原子配列が出現すること、特に電場反転直後の結晶格子が大きく引き伸ばされた瞬間には、格子歪みの増大から予想される原子変位パターンとは異なる不安定な結晶構造をもつことを明らかにした。このことは、静電場印加時では、予想される原子変位パターンが実際に観測されることと対照的である。一方、急激に分極反転が起こっている最中の時間帯では、自発分極と逆向き外部電場が結晶に印加されることにより、平均的に格子歪みは減少することも見出した。これらの成果に対して、森吉准教授が日露強誘電体会議で招待講演を行った。また、黒岩教授がセラミックス協会年回および錯体化学討論会で招待講演を行った。また、SPring-8利用者情報誌と結晶学科氏氏に解説記事を寄稿した。強誘電体に対する時間分解X線構造解析は、薄膜やセラミックス試料を用いたものが主流で、試料中の基板や粒界の影響を含む現象を観測していた。単結晶試料を用いた時間分解X線回折実験では、基板等の影響を受けない圧電体本来の性質を測定できる。対象は圧電体材料に限らないため、蓄

電デバイス等、様々な電子デバイスが実際に動作している瞬間の結晶構造を原子レベルで透視して観測することが可能となり、物質機能と結晶構造を一対一に対応させた材料開発に大いに貢献できると期待されている。

一方、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にも積極的に関与している。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に関するコンテスト（クリスタルコンペ）を開催した。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、構造物性グループがchairとなり、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、平成28年度は第8回として広島大学で開催された。お互いの大学から各8名の学生が英語で登壇講演を行った。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うまく機能してきたと考えている。また、平成29年に日本結晶学会年会を広島市で開催するために、黒岩教授を実行委員長、森吉准教授をプログラム委員長として広島大学の各研究科の学会員の協力を得て実行委員会を組織し年会開催の準備を開始した。また、平成30年に広島市で1,000人近くの参加者が見込める国際強誘電体応用会議を開催するための準備も黒岩教授を実行委員長、森吉准教授を会議秘書として開始した。なお、馬込助教は、平成28年9月末日で佐賀県立九州シンクロトロン光研究センターに研究員として転出した。

原著論文

- ◎[1] M. H. K. Rubel, T. Takei, N. Kumada, M. M. Ali, A. Miura, K. Tadanaga, K. Oka, M. Azuma, M. Yashima, K. Fujii, E. Magome, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, J. R. Hester and M. Avdeev; “Hydrothermal Synthesis, Crystal Structure, and Superconductivity of a Double-Perovskite Bi Oxide”, *Chem. Mater.* **28** (2016) 459-465.
- ◎[2] A. Miura, Y. Mizuguchi, T. Takei, N. Kumada, E. Magome, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa and K. Tadanaga; “Structures and Optical Absorption of Bi_2OS_2 and LaOBiS_2 ”, *Solid State Commun.* **227** (2016) 19-22.
- ◎[3] B.-M. Liu, Z.-G. Zhang, K. Zhang, Y. Kuroiwa, C. Moriyoshi, H.-M. Yu, C. Li, L.-R. Zheng, L.-N. Li, G. Yang, Y. Zhou, Y.-Z. Fang, J.-S. Hou, Y. Matsushita and H.-T. Sun; “Unconventional Luminescent Centers in Metastable Phases Created by Topochemical Reduction Reactions”, *Angew. Chem. Int. Ed.* **55** (2016) 4967-4971.
- ◎[4] H. Taniguchi, T. Nakane, T. Nagai, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, A. Kuwabara, M. Mizumaki, K. Nitta, R. Okazaki and I. Terasaki; “Heterovalent Pb-Substitution of Ferroelectric Bismuth Silicate Bi_2SiO_5 ”, *J. Mater. Chem. C* **4** (2016) 3168-3174. 【2016 Journal of Materials Chemistry C Hot Papers】
- ◎[5] Y. Mizuguchi, A. Miura, A. Nshida, O. Miura, K. Tadanaga, N. Kumada, C. H. Lee, E. Magome, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa; “Compositional and Temperature Evolution of Crystal Structure of New Thermoelectric Compound $\text{LaOBiS}_{2-x}\text{Se}_x$ ”, *J. Appl. Phys.* **119** (2016) 155103/1-6.
- ◎[6] Y. Ishii, S. Mori, Y. Nakahira, C. Moriyoshi, J. Park, B. G. Kim, H. Moriwake, H. Taniguchi and Y. Kuroiwa; “Two Competing Soft Modes and an Unusual Phase Transition in the Stuffed

- Tridymite-type Oxide BaAl₂O₄”, *Phys. Rev. B* **93** (2016) 134108/1-6.
- ◎[7] I. Fujii, R. Iizuka, Y. Nakahira, Y. Sunada, S. Ueno, K. Nakashima, E. Magome, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa and S. Wada; “Electric Field Induced Lattice Strain in Pseudocubic Bi(Mg_{1/2}Ti_{1/2})O₃-modified BaTiO₃-BiFeO₃ Piezoelectric Ceramics”, *Appl. Phys. Lett.* **108** (2016) 172903/1-4.
- ◎[8] S. Lee, J. H. Park, W.-K. Kim, H. D. Park, B. H. Lee, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, G. W. Lee, Y. H. Cho and S.-Y. Jeong; “Control of Magneto-transport Characteristics of Co-doped ZnO by Electron Beam Irradiation”, *RSC Adv.* **6** (2016) 41067-41073.
- ◎[9] Y. Kitanaka, K. Hirano, M. Ogino, Y. Noguchi, M. Miyayama, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa; “Polarization Twist in Perovskite Ferrielectrics”, *Sci. Rep.* **6** (2016) 32216/1-11.
- ◎[10] S. Aoyagi, H. Osawa, K. Sugimoto, S. Takeda, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa; “Time-resolved Crystal Structure Analysis of Resonantly Vibrating Langasite Oscillator”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **55** (2016) 10TC05/1-6.
- ◎[11] S. Takeda, S. Yasuda, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, A. Honda, N. Inoue, S. Higai and A. Ando; “Off-centering of Rare-earth Ion in (Ba,R)(Ti,Mg)O₃ (R = Gd, Dy)”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **55** (2016) 10TC08/1-5.
- ◎[12] T. Takei, K. Iizuka, A. Miura, S. Yanagida, N. Kumada, E. Magome, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa; “Adsorption Behavior of Rare Earth Metal Cations in the Interlayer Space of γ -ZrP”, *Langmuir*, **32** (2016) 9993–9999.
- ◎[13] Y. Enokido, Y. Nagamine, M. Miwa, Y. Fujikawa, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa; “Heavy Rare-earth-free Neodymium Magnets for Automobiles”, *Proc. the 24th International Workshop on Rare-Earth and Future Permanent Magnets and Their Applications (REPM 16)* (2016) 75-79.

著書など

(編集雑誌)

- [1] Y. Kuroiwa [Chair of Guest Editors], A. Ando, Y. Cho, N. Fujimura, M. Iwata, K. Kakimoto, K. Kato, H. Nagata, M. Shimizu and T. Tsurumi; *Ferroelectric Materials and Their Applications*, *Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 55, No. 10S (2016) Special Issue*: (総論文数 41 編) (Foreword 1 頁の執筆を含む全ページを責任編集) (2016 年 10 月発行)

総説

- ◎[1] 黒岩芳弘, 森吉千佳子, 藤井一郎, 和田智志 : 「電場印加下の強誘電体の構造研究」, 日本結晶学会誌 **58** (2016) 167-173.
- ◎[2] 青柳 忍, 大沢仁志, 杉本邦久, 森吉千佳子, 黒岩芳弘 : 「短パルスX線回折による水晶の振動機構の解明」, *SPring-8利用者情報***21** (2016) 78-83.
- ◎[3] 増野敦信, 馬込栄輔, 森吉千佳子 : 「大過冷却融液から結晶化した準安定相六方晶鉄酸化物」, 日本結晶学会誌 **58** (2016) 139-144.

国際会議

(招待講演)

- [1] Y. Kuroiwa; “Materials Structure Physics of Ferroelectrics”, The 8th Japan-China Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (JCFMA8), (September 29 - October 2, 2016, Tsukuba International Congress Center). 【基調講演】
- [2] Y. Kuroiwa; “Structural Characteristics of Perovskites Containing Lone-pair Cations”, IUMRS International Conference in Asia (IUMRS-ICA), (October 20-24, 2016, Qingdao International Convention Center, Qingdao, China).
- [3] Y. Kuroiwa; “Valence Electron Density Study on Emergence of Polar Lattice Distortion in Perovskite-type Ferroelectrics”, International Conference on Technologically Advanced Materials and Asian Meeting on Ferroelectricity (ICTAM-AMF10), (November 7-11, 2016, Conference Center, University of Delhi, Delhi, India).
- [4] Y. Kuroiwa; “SXR D Study on Materials Structure Physics of Perovskite-type Ferroelectrics”, The 14th Japan-Korea Joint Workshop on Advanced Materials, (February 19-21, 2017, Seacloud Hotel, Busan, Korea).
- [5] C. Moriyoshi; “Crystal Structure Analysis of Piezoelectric Materials under Electric Field: Time-resolve Single Crystal X-ray Diffraction Study”, 2016 Joint RCBJSF (13th Russia/CIS/Baltic/Japan Symposium on Ferroelectricity) – IWR F (8th International Workshop on Relaxor Ferroelectrics) Conference, (June 19-23, 2016, Kunibiki-Messe, Matsue, Japan).

(一般講演)

- ◎[1] S. Wada, R. Iizuka, S. Ueno, K. Nakashima, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa; “Piezoelectric Enhancement of New Bismuth-based Piezoelectric Materials with Pseudo-cubic Symmetry and Its Origin Based on Nano/macro Complex-domain Configurations”, 2016 International Workshop on Acoustic Transduction Materials and Devices (IWATMD), (May 9-12, 2016, The Penn State Conference Center Hotel, PA, USA).
- ◎[2] H. Taniguchi, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, A. Kuwabara, M. Mizumaki, K. Nitta and I. Terasaki; “Effects of Heterovalent Pb-Substitution on Ferroelectric Bismuth Silicate Bi_2SiO_5 ”, 13th Russia/CIS/Baltic/Japan Symposium on Ferroelectricity (RCBJSF) and International Workshop on Relaxor Ferroelectrics 2016 (IWR F), (June 19-23, 2016, Shimane Prefectural Convention Center, Matsue).
- ◎[3] S. Takeda, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, A. Honda, N. Inoue, S. Higai and A. Ando; “Off-centered Rare-earth Ion at *A*-site in BaTiO_3 -based Electroceramics”, 13th Russia/CIS/Baltic/Japan Symposium on Ferroelectricity (RCBJSF) and International Workshop on Relaxor Ferroelectrics 2016 (IWR F), (June 19-23, 2016, Shimane Prefectural Convention Center, Matsue).
- ◎[4] Y. Nakahira, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, Y. Ishii and S. Mori; “Structural Fluctuation and Ferroelectric Phase Transition in Stuffed Tridymite-type Oxide BaAl_2O_4 ”, 13th Russia/CIS/Baltic/Japan Symposium on Ferroelectricity (RCBJSF) and International Workshop on Relaxor Ferroelectrics 2016 (IWR F), (June 19-23, 2016, Shimane Prefectural Convention Center, Matsue). 【Young Scientist Award 受賞】
- ◎[5] H. Taniguchi, Y. Maeda, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, A. Konishi, H. Moriwake and I. Terasaki; “Improper Ferroelectricity in Stuffed Aluminate Zeolites”, 11th Korea-Japan Conference on Ferroelectrics (KJC-FE11), (August 7-10, 2016, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea).
- [6] E. Magome, K. Sumitani and T. Okajima; “Construction of In-situ Structural Measurement System using aerodynamic Levitation Furnace”, 11th Korea-Japan Conference on Ferroelectrics

- (KJC-FE11), (August 7-10, 2016, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea).
- ◎ [7] Y. Sunada, Y. Nakahira, E. Magome, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, I. Fijii, R. Iizuka, S. Ueno, K. Nakashima and S. Wada; “Origin of High Piezoelectric Response in BaTiO₃-Bi(Mg_{1/2}Ti_{1/2})O₃-BiFeO₃ Ceramics revealed by SXR D”, 11th Korea-Japan Conference on Ferroelectrics (KJC-FE11), (August 7-10, 2016, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea).
- ◎ [8] Z.-G. Zhang, E. Magome, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, Y. Hanato, S. Kawamoto and H. Tanaka; “Phase Transition and Emergence of Ferroelectricity in LiTaO₃ studied by Synchrotron Radiation X-ray Diffraction”, 11th Korea-Japan Conference on Ferroelectrics (KJC-FE11), (August 7-10, 2016, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea).
- ◎ [9] Y. Nakahira, M. Ohmoto, S. Takeda, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, H. Osawa, K. Sugimoto, Y. Kitanaka, Y. Noguchi and M. Miyayama; “Time-course Measurements of BaTiO₃ Structural Changes associated with Polarization Reversal under Suddenly-applied Electric Field”, 11th Korea-Japan Conference on Ferroelectrics (KJC-FE11), (August 7-10, 2016, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea).
- ◎ [10] Y. Morita, D. Tsuru, E. Magome, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, Y. Hanato and H. Tanaka; “Visualization of 3d-electrons in Face-sharing Tantalum-oxygen Octahedral by SXR D”, 11th Korea-Japan Conference on Ferroelectrics (KJC-FE11), (August 7-10, 2016, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea).
- ◎ [11] D. Tsuru, E. Magome, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, Y. Hanato and H. Tanaka; “Validity and Reliability of Valence Electron Density Study by SXR D for Chemical Bond Character in Metal-oxygen Polyhedra: Case of Magnéli Phase Molybdenum Oxides”, 11th Korea-Japan Conference on Ferroelectrics (KJC-FE11), (August 7-10, 2016, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea).
- ◎ [12] T. Abe, C. Moriyoshi, E. Magome, Y. Kuroiwa, Y. Hanato and H. Tanaka; “Valence Electron Density Analysis of Ferroelectric BiFeO₃”, 11th Korea-Japan Conference on Ferroelectrics (KJC-FE11), (August 7-10, 2016, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea). 【Best Poster Award 受賞】
- ◎ [13] Y. Enokido, Y. Nagamine, M. Miwa, Y. Fujikawa, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa; “Heavy Rare Earth Free Neodymium Magnets for Automobile”, The 24th International Workshop on Rare-Earth and Future Permanent Magnets and Their Applications (REPM 16), (August 28 - September 1, 2016, Technical University of Darmstadt, Darmstadt, Germany).
- ◎ [14] S. Wada, K. Fukasawa, Y. Endo, M. Watanabe, S. Ueno, K. Nakashima, N. Kumada, E. Magome, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa; “Preparation of New Barium Titanate-based Nano-complex Ceramics by Solvothermal Solidification Method and Their Dielectric and Piezoelectric Enhancement”, The 8th Japan-China Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (JCFMA8), (September 29 - October 2, 2016, Tsukuba International Congress Center).
- ◎ [15] Z.-G. Zhang, E. Magome, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, Y. Hanato, S. Kawamoto and H. Tanaka; “Preparation of New Barium Titanate-based Nano-complex Ceramics by Solvothermal Solidification Method and Their Dielectric and Piezoelectric Enhancement”, The 8th Japan-China Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (JCFMA8), (September 29 - October 2, 2016, Tsukuba International Congress Center). 【Poster Award 受賞】

賞】

- ◎[16] Y. Sunada, C. Moriyoshi and Y. Kuroiwa; “Synchrotron Radiation X-ray Diffraction Study on BaTiO₃-KNbO₃ Piezoelectric Nanocomposites”, 2016 Japan-Korea Student Workshop (Hiroshima University - Pusan National University), (November 24-26, 2016, Hiroshima University, Higashihiroshima).
- ◎[17] S. Takeda, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, A. Honda, N. Inoue, S. Higai and A. Ando; “Substitution Effects of Rare-Earth Ion on Cubic Structure of Barium Titanate”, 2016 Japan-Korea Student Workshop (Hiroshima University - Pusan National University), (November 24-26, 2016, Hiroshima University, Higashihiroshima).
- ◎[18] Z.-G. Zhang, E. Magome, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, Y. Hanato, S. Kawamoto and H. Tanaka; “Ferroelectric Phase Transition of LiTaO₃ on Charge Density Level studied by Synchrotron Radiation X-ray Diffraction”, 2016 Japan-Korea Student Workshop (Hiroshima University - Pusan National University), (November 24-26, 2016, Hiroshima University, Higashihiroshima).
- ◎[19] D. Tsuru, E. Magome, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, Y. Hanato and H. Tanaka; “Visualization of Valence Electron Density Distribution by SXRD for Chemical Bond Character in Metal-Oxygen Polyhedra: Case of Magnéli Phase Molybdenum Oxides”, 2016 Japan-Korea Student Workshop (Hiroshima University - Pusan National University), (November 24-26, 2016, Hiroshima University, Higashihiroshima).
- ◎[20] Y. Nakahira, M. Ohmoto, S. Takeda, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, H. Osawa, K. Sugimoto, Y. Kitanaka, Y. Noguchi and M. Miyayama; “Time-course Measurement of Structural Changes of BaTiO₃ under Dynamic Electric Field”, 2016 Japan-Korea Student Workshop (Hiroshima University - Pusan National University), (November 24-26, 2016, Hiroshima University, Higashihiroshima).
- ◎[21] T. Abe, C. Moriyoshi, E. Magome, Y. Kuroiwa, Y. Hanato and H. Tanaka; “Valence Electron Density Distribution and Electrostatic Potential of Ferroelectric BiFeO₃”, 2016 Japan-Korea Student Workshop (Hiroshima University - Pusan National University), (November 24-26, 2016, Hiroshima University, Higashihiroshima).
- ◎[22] Y. Morita, D. Tsuru, E. Magome, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, Y. Hanato and H. Tanaka; “Study of 3d-electron Distribution in Face-sharing Titanium-oxygen Octahedra by Synchrotron Radiation X-ray Diffraction”, 2016 Japan-Korea Student Workshop (Hiroshima University - Pusan National University), (November 24-26, 2016, Hiroshima University, Higashihiroshima).

国内学会

(招待講演)

- [1] 黒岩芳弘:「強誘電体材料の分極状態を創発させる結晶構造に関する放射光構造計測科学の進展」, 日本セラミックス協会第 29 回秋季シンポジウム, (2016 年 9 月 7-9 日, 広島大学 東広島キャンパス, 東広島)
- [2] 黒岩芳弘:「強誘電体の分極反転に伴って変化する結晶構造の時間分割計測」, 錯体化学会第 66 回討論会, (2016 年 9 月 10-12 日, 福岡大学, 福岡)
- [3] 黒岩芳弘:「放射光 X 線回折によるナノ構造解析技術の進展」, 日本セラミックス協会 2017 年年会, (2017 年 3 月 17-19 日, 日本大学駿河台キャンパス, 東京都千代田区)

(依頼講演)

- [1] 森吉千佳子, 河川彰吾:「強誘電体セラミックスの電場印加放射光回折実験」, 日本セラミックス協会第29回秋季シンポジウム, (2016年9月7-9日, 広島大学 東広島キャンパス, 東広島)
- [2] B. Iversen, J. Overgaard, V. Hathwar, M. Sisti, Y. Kuroiwa and E. Nishibori:「Activities at BL02B1 in PU project 0078 for 2016」, SPring-8 シンポジウム 2016, (2016年8月29-30日, 関西学院大学 神戸三田キャンパス, 三田)
- [3] 黒岩芳弘, 木村 滋:「構造物性研究会: 最近の研究成果の紹介」, SPring-8 シンポジウム 2016, (2016年8月29-30日, 関西学院大学 神戸三田キャンパス, 三田)
- [4] 森吉千佳子, 西堀英治, 久保田佳基:「粉末・多粒子X線回折による高速構造計測基盤の構築」, SPring-8 シンポジウム 2016, (2016年8月29-30日, 関西学院大学 神戸三田キャンパス, 三田)
- [5] 森吉千佳子:「BL02B2に導入された高温装置とPU活動について」, SPring-8 ユーザー共同体 (SPRUC) 構造物性研究会ユーザーミーティング, (2016年8月29日, 関西学院大学 神戸三田キャンパス, 三田)

(一般講演)

- [1] 馬込栄輔, 隅谷和嗣, 岡島敏浩:「無容器法による高温下での構造計測と準安定物質の合成」, 第33回強誘電体応用会議 (FMA-33), (2016年5月25-28日, コープイン京都, 京都市)
- ◎[2] 笠谷祐史, 出口 潔, 鈴木祥一郎, 安藤 陽, 馬込栄輔, 森吉千佳子, 黒岩芳弘:「(Sr,Sn)TiO₃の結晶構造と強誘電性」, 第33回強誘電体応用会議 (FMA-33), (2016年5月25-28日, コープイン京都, 京都市)
- ◎[3] 竹田翔一, 安田智史, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, 本多淳史, 井上徳之, 檜貝信一, 安藤 陽:「土類・マグネシウム置換したチタン酸バリウム結晶にみられる希土類原子のオフセンター」, 第33回強誘電体応用会議 (FMA-33), (2016年5月25-28日, コープイン京都, 京都市)
- ◎[4] 青柳 忍, 大沢仁志, 杉本邦久, 竹田翔一, 森吉千佳子, 黒岩芳弘:「共振状態のランガサイト振動子の時分割結晶構造解析」, 第33回強誘電体応用会議 (FMA-33), (2016年5月25-28日, コープイン京都, 京都市)
- ◎[5] 橋本 峻, 村山知里, 漆原大典, 浅香 透, 福田功一郎, 安部友啓, 水流大地, 森吉千佳子, 黒岩芳弘:「硫化クロムCr₅S₆における磁性と結晶構造」, 日本セラミックス協会第29回秋季シンポジウム, (2016年9月7-9日, 広島大学 東広島キャンパス, 東広島)
- ◎[6] 松村知輝, 漆原大典, 浅香 透, 福田功一郎, 小西伸弥, 田中勝久, 安部友啓, 水流大地, 森吉千佳子, 黒岩芳弘:「二重ペロブスカイトGdBaFe₂O₅の電荷秩序相における結晶構造」, 日本物理学会2016年秋季大会, (2016年9月13-16日, 金沢大学角間キャンパス, 金沢)
- [7] 笹井 亮, 菅田真子, 藤村卓也, 沼本真子, 藤井康裕, 帆足宏一, 森吉千佳子:「炭酸イオン型層状複水酸化物の特性評価」, 第60回粘土科学討論会, (2016年9月15-17日, 九州大学病院キャンパス, 福岡)
- ◎[8] 牧角康平, 北中佑樹, 野口祐二, 宮山 勝, 森吉千佳子, 黒岩芳弘:「(Bi_{1/2}Na_{1/2})TiO₃系強誘電体単結晶の物性評価と電場応答解析」, 第55回セラミックス基礎討論会, (2017年1月12-13日, 岡山コンベンションセンター, 岡山)
- ◎[9] 北中佑樹, 野口祐二, 宮山 勝, 森吉千佳子, 黒岩芳弘:「AgNbO₃フェリ誘電体単結晶の電場下結晶構造解析」, 第55回セラミックス基礎討論会, (2017年1月12-13日, 岡山コンベンションセンター, 岡山)

- ◎[10] 安部友啓, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, 花戸雄太, 田中宏志:「SXR Dを用いた強誘電体BiFeO₃の静電ポテンシャルと電場分布の解析」, 日本物理学会第72回年次大会, (2017年3月17-20日, 大阪大学豊中キャンパス)
- ◎[11] 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:「ランガサイト圧電振動子の交流電場下時分割結晶構造解析」, 日本物理学会第72回年次大会, (2017年3月17-20日, 大阪大学豊中キャンパス)
- ◎[12] 首藤祐作, 藤井雄太, 三浦 章, カロリーナ ロゼロ, 樋口幹雄, 忠永清治, 水口佳一, 森吉千佳子, 黒岩芳弘:「NiPS₃正極活物質の硫化物系全固体リチウム二次電池における充放電反応機構」, 日本セラミックス協会2017年年会, (2017年3月17-19日, 日本大学駿河台キャンパス, 東京都千代田区)
- ◎[13] 藤井雄太, 三浦 章, カロリーナ ロゼロ, 水口佳一, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, 樋口幹雄, 忠永清治:「硫化物系固体電解質を用いた全固体リチウム二次電池におけるFePS電極の反応機構」, 日本セラミックス協会2017年年会, (2017年3月17-19日, 日本大学駿河台キャンパス, 東京都千代田区)

学生の学会発表実績

(国際会議)

- 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 9 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 2 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 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 1 件

セミナー・講演会開催実績

○学会等

- [1] 黒岩芳弘 (運営委員会委員, 論文委員会委員, 特別セッション選考委員会委員長): 第33回強誘電体応用会議 (FMA-33), (2016年5月25-28日, コープイン京都, 京都, 参加者約200名)
- ◎[2] 黒岩芳弘 (現地実行委員会委員), 森吉千佳子 (現地実行委員会委員), 馬込栄輔 (現地実行委員会委員): 日本セラミックス協会 第29回秋季シンポジウム, (2016年9月7-9日, 広島大学東広島キャンパス, 東広島, 参加者約1,000名)

○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19回リフレッシュ理科教室, (2016年8月17日, 広島県情報プラザ, 広島, 参加者約100名)
- [2] 黒岩芳弘 (研究会代表および実行委員長): SPring-8ユーザー協同体 (SPRUC) 構造物性研究会ユーザーミーティング, (2016年8月29日, 関西学院大学 神戸三田キャンパス, 三田, 参加者9名)
- [3] 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 (III) 2017年2月18日, 広島大学東千田未来創生センター, 広島, 参加者約100名)

- [4] 森吉千佳子 (世話人) : 第2回層状複水酸化物研究会, (2017年3月29-30日, 広島大学東広島キャンパス, 東広島, 参加者10名)

社会活動・学外委員

○学協会委員

- [1] 黒岩芳弘 : 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. 55, No. 10S (2016) Special Issue: Ferroelectric Materials and Their Applications, Chair of Guest Editors
[6] 黒岩芳弘 : Asian Ferroelectric Association (AFA) Board Member
[7] 黒岩芳弘 : SPring-8ユーザー協同体 (SPRUC) 構造物性研究会 代表
[8] 黒岩芳弘 : 日本物理学会 会誌編集委員会 編集委員
[9] 黒岩芳弘 : 日本物理学会 中国支部 支部幹事
[10] 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
[11] 森吉千佳子 : 日本結晶学会 会誌編集委員会 行事委員
[12] 森吉千佳子 : 広島県物理教育研究推進会事務局, 会計幹事
◎[13] 黒岩芳弘 (Local Committee Chair), 森吉千佳子 (Local Committee, Conference Secretary) : 国際会議2018ISAF-FMA-AMF-AMEC-PFM Joint Conference (IFAAP) 2018
◎[14] 黒岩芳弘 (実行委員会委員長), 森吉千佳子 (実行委員, プログラム委員会委員長) : 日本結晶学会平成29年度年会および会員総会

○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
[2] 黒岩芳弘 : 量子科学技術研究開発法人 委員
◎[3] 黒岩芳弘, 森吉千佳子 : 強誘電体応用会議 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
[4] 馬込栄輔 : 佐賀県立九州シンクロトロン光研究センター, 協力研究員

○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」 (2017年1月5-7日, 山梨大学, 武田キャンパス, 甲府市)

(セミナー講師)

- [1] 黒岩芳弘 : 広島大学先進機能物質研究センター研究会 「ペロブスカイト型強誘電体の極性構造歪み可視化」 (2017年2月23日, 広島大学, 東広島)
[2] 安部友啓, 森吉千佳子 : 「水溶液・ガス雰囲気中のLDHの結晶構造決定の取り組み」, 第

2 回層状複水酸化物研究会，(2017年3月17-19日，広島大学東広島台キャンパス，東広島市)

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”（平成28-29年度），
参加国：デンマーク，フランス，イギリス，日本

○国際会議開催実績

- ◎[1] 黒岩芳弘（Steering Committee Chair, Organizing Committee），森吉千佳子（Steering Committee），馬込栄輔（Steering Committee）：13th Russia/CIS/Baltic/Japan Symposium on Ferroelectricity (RCBJSF) and International Workshop on Relaxor Ferroelectrics 2016 (IWRP), (June 19-23, 2016, Shimane Prefectural Convention Center, Matsue, 参加者：約200人)
- [2] 黒岩芳弘（International Advisory Committee）：11th Korea-Japan Conference on Ferroelectrics (KJC-FE11), (August 7-10, 2016, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea, 参加者：約150人)
- [3] 黒岩芳弘（International Advisory Board）：International Conference on Technologically Advanced Materials and Asian Meeting on Ferroelectricity (ICTAM-AMF10), (November 7-11, 2016, Conference Center, University of Delhi, Delhi, India, 参加者：530人).
- ◎[4] 黒岩芳弘（組織委員長），森吉千佳子（組織委員）：2016Korean - Japanese Student Workshop (Hiroshima University - Pusan National University), (February 19-21, 2017, Hiroshima University, Higashihiroshima, 参加者：広島大学45名，釜山大学20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2年生対象プログラム「クリスタルコンペ」

(ポストサイエンス・パートナーシップ・プログラム (SPP))

「最先端の物質科学体験講座」～クリスタルコンペ～

- [1] 黒岩芳弘：模擬授業「物理学講座－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－」（祇園北高等学校，広島市，2016年8月31日）
- [2] 黒岩芳弘：結晶育成指導（祇園北高校，2016年9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，2016年12月21日）
- [4] 森吉千佳子：模擬授業「結晶構造物性入門編？」（祇園北高校，2016年1月20日）

○その他の模擬授業

- [1] 森吉千佳子：模擬授業「みなさんはなぜ〇〇を勉強するのですか？（大学入試及び大学での学びについて）」（安西高等学校夏期ロング学習会，安西高等学校，2016年8月22日）

○中・高校生に対するTA

- [1] 水流大地，森田 悠，砂田裕哉，安部友啓，末松知夏：近畿大学附属東広島中学校，模擬実験 TA (HiSOR, 広島大学，2016年4月20日)
- [2] 市橋大地，横井優人，河村元太：全国高等学校総合文化祭，

- 模擬実験 TA (HiSOR, 広島大学, 2016年8月1日)
- [3] 森田 悠, 安部友啓, 砂田裕哉, 横井優人, 河村元太: オープンキャンパス, 模擬実験 TA (HiSOR, 広島大学, 2016年8月18日)
- [4] 河村元太: 広島県立祇園北高校 SPP, 模擬授業 TA (広島県立祇園北高校, 2016年8月31日)
- [5] 水流大地, 森田 悠, 河村元太: 広島県立祇園北高校ポスト SPP, 結晶育成指導, (広島大学, 2016年9月2日)
- [6] 水流大地, 中平夕貴: 鳥取東高等学校 SSH, 模擬実験 TA (HiSOR, 広島大学, 2016年9月20日)
- [7] 末松知夏, 横井優人: 美鈴が丘高等学校, 模擬実験 TA (HiSOR, 広島大学, 2016年10月18日)
- [8] 河村元太, 末松知夏: 広島大学附属高等学校, 模擬実験 TA (HiSOR, 広島大学, 2016年10月20日)
- [9] 末松知夏, 横井優人: 新田青雲高等学校, 模擬実験 TA (HiSOR, 広島大学, 2016年10月26日)
- [10] 森田 悠, 末松知夏: 広島大学附属中学校高等学校, 模擬実験 TA (HiSOR, 広島大学, 2016年11月1日)
- [11] 河村元太, 末松知夏: ホームカミングデー, 模擬実験 TA (HiSOR, 広島大学, 2016年11月5日)
- [12] 水流大地, 森田 悠, 河村元太: 広島県立祇園北高校, クリスタルコンペ (広島大学, 2016年12月21日)
- [13] 水流大地: 広島県立祇園北高校 SPP, 模擬授業 TA (広島県立祇園北高校, 2017年1月20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] 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] 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)

○外国人研究者

- ◎ Hongtao Sun 教授 (蘇州大学, 中国), 2016年12月1-6日 (共同研究)
- ◎ Dhananjai Pandey 教授 (Indian Institute of Technology, インド), 2016年12月20-27日 (共同研究)

研究助成金の受入状況

- [1] 森吉千佳子 (代表): SPring-8パートナーユーザー課題 (平成27-28年度, BL02B2)
課題名: 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20%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, 約2,000千円)
- [2] 黒岩芳弘 (分担): SPring-8パートナーユーザー課題 (平成26-29年度, BL02B1)
課題名: 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, 約2,000千円)

- ◎[3] 黒岩芳弘 (代表), 森吉千佳子 (分担): 科学研究費補助金基盤研究(B) (一般) (平成26-28年)「電場による瞬間的な原子の動きと化学結合の変化を可視化する時分割構造計測技術の開発」(平成28年度 直接経費: 1,300千円, 間接経費: 390千円, 合計: 1,690千円)
- [4] 森吉千佳子 (代表): 科学研究費補助金基盤研究(C) (一般) (平成28-30年)
課題名: 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 (平成28年度 直接経費: 2,800千円, 間接経費: 840千円, 合計: 3,640千円)
- ◎[5] 黒岩芳弘, 森吉千佳子: 企業共同研究費 (平成28年, 2,000千円)

その他特記すべき事項

○国際交流の実績

- ◎[1] 黒岩芳弘 (組織委員長), 森吉千佳子 (組織委員): 広島大学-釜山大学 日韓学生ワークショップ, (2017年2月19-2月21日, 釜山大学, 韓国), 広島大学参加者45名(教職員14名, 学生発表者8名, 他学生17名, 高校生6名), 釜山大学参加者20名(教職員5名, 学生発表者8名, 他学生2名, 小中学生5名)

○学術団体等からの受賞実績

- [1] 末松知夏 (B4): 平成28年度 物理科学科 卒業論文発表優秀賞, 理学部長表彰, 成績優秀者表彰
- [2] 張 志剛 (D3): 8th China-Japan Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications, Poster Award受賞
- [3] 安部友啓 (M1): 11th Korea-Japan Conference on Ferroelectrics, Best Poster Award 受賞
- [4] 中平夕貴 (M2): 2016 Joint RCBJSF-IWRF Conference, Young Scientist Award受賞
- ◎[5] 黒岩芳弘, 森吉千佳子: 2016 Journal of Materials Chemistry C Hot Papers

○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Photon-Factory(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。

尚、石松直樹助教は日本学術振興会の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)に長期滞在(平成28年9月12日~平成29年3月31日)した。

ESRFでのXAS及び高压分野の研究者との研究交流を通して、国際的な共同研究への参画と金属水素化物を中心とした高压下の吸収分光研究の高度化を目指した。

(1) 高压下での物性研究

純Feの構造相転移と磁気相転移

純Feの約14 GPaにおける相転移の過程と高压相の結晶構造・磁気構造について、XRDとXASを相補的に利用した研究を行っている。これまで、Fe K-吸収端の広域X線吸収微細構造(EXAFS)の解析から、この相転移はマルテンサイト変態で、転移の初期にshear変形が起こった後にshuffle変位が段階的に進行することが見出された。剪断応力とshear変形との関係を調べる目的で、準静水压の加压条件下でbcc構造のFe単結晶を相転移させ、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から決定している。この実験から、shear変形をトリガーとした相転移機構モデルの検証を進めている。これに並行して、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も試みている。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、高压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 μm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、高压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。

純Coの水素化と磁気状態

一般に常圧では水素化が不可能な3d遷移金属も、GPaオーダーの高压水素雰囲気下では金属水素化物が生成され、水素誘起の新奇物性が観測される。純Coも高压水素雰囲気下で水素化する金属の一つであり、hcp構造のCoがNaCl型の一水素化物CoHとなる二段階の水素化過程が注目されている。特に、hcp構造のCo格子内に水素が段階的に占有し、CoH_{0.5}となった結晶構造において水素の超格子構造の有無が議論の対象となっている。この物性に関して、放射光X線を用いた分光学的手法による研究を進めている。具体的には、ESRFのエネルギー分散型のXAFS測定装置を用いて室温でCo K-edgeのEXAFSを精密に測定することで、Co原子近傍の局所構造を解析している。特に、束縛を導入した新しいEXAFSの構造解析モデルを構築し、水素の超格子構造の有無の決定と、CoHへの構造相転移と水素占有位置の関係を議論している。また、Co水素化物は純Niに近い磁気状態を持つ強磁性物質であるため、超高压での強磁性相の安定性に興味を持たれている。ESRFのエネルギー分散型のXMCD測定を行うことで、高压下での磁気転移の探索、強磁性相の安定性に関して純Niと純Coとの比較を試みている。これらの研究を、ESRFの高压分野の研究者との共同研究として進めている。

圧力誘起相転移における局所構造変化の解析

分光学的手法による圧力下での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をEXAFSを用いて研究している。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がゲスト原子周りの構造だけを抽出して局所構造解析できる手段であることを考慮して、圧力で籠のサイズを小さくした場合のゲスト原子の状態解析、および、アモルファス構造での構造決定に挑戦している。このようなEXAFSの高圧実験はこれまで困難であったが、ナノ多結晶ダイヤモンドのアンビルを用いることでノイズの少ないスペクトルが得られるようになった。現在では圧力下でも精度の良いEXAFS測定が可能となった。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。

(2) 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(~ 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年度は、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。これにより、系統的に組成変化させた試料間のわずかな電子状態変化や、外場により誘起される軌道選択的な状態変化を正確に測定することが可能となった。これまでも進めてきたOperando-XES測定と、この自動測定技術の組み合わせによって、新物質や低次元系の示す新奇誘電性を見つけ出ししていくことが究極の目標である。

SrTiO₃の新規強誘電性の探求

SrTiO₃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SrTiO₃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SrTiO₃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SrTiO₃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。これらを2報の査読付き論文で発表した。

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SrTiO₃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。

BaTiO₃薄膜のパルス電場印加下の時分割分光測定

BaTiO₃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。

BaTiO₃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100nm厚程度のエピタキシャル薄膜を作製願っている。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。

(3) その他の研究

TiO₂ナノ粒子の作製と電子状態の解明

TiO₂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TiO₂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。平成28年度は、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TiO₂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、査読付き論文への投稿も行い、年度末までに掲載決定の知らせを受けている。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TiO₂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。

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
- ・ 新規スペクトル解析に基づくチタン酸ストロンチウムの局所分極

原著論文

- ◎ [1] Observation of the flexoelectricity of a SrTiO₃ single crystal by x-ray absorption and emission spectroscopies; C.Lu, N.Nakajima, and H.Maruyama; *J. Phys.:Condens. Matter*, **29** (2017) 045702.
- ◎ [2] Applications of nano-polycrystalline diamond anvils to X-ray absorption spectroscopy under high pressure; N.Ishimatsu, N.Kawamura, M.Mizumaki, H.Maruyama, H.Sumiya and T.Irifune; *High Pressure Research* **36** (2016)381-390.
- [3] Pressure-induced valence change toward the QCP in 4f-electron compounds determined by X-ray absorption spectroscopy; K.Matsubayashi, N.Kawamura, M.Mizumaki, and N.Ishimatsu; *High Pressure Research* **36** (2016) 419-428.
- [4] Pressure-Driven Spin Crossover Involving Polyhedral Transformation in Layered Perovskite Cobalt Oxyfluoride; Y.Tsujimoto, S.Nakano, N.Ishimatsu, M.Mizumaki, N.Kawamura, T.Kawakami, Y.Matsushita, and K.Yamaura; *Sci. Rep.* **6** (2016) 36253.
- [5] High-Pressure Hydrogen Induced Spin Reconfiguration in GdFe₂ Observed by ⁵⁷Fe Polarized Synchrotron Radiation Mossbauer Spectroscopy with Nuclear Bragg Monochromator; T.Mitsui,

Y.Imai, N.Hirao, T.Matsuoka, Y.Nakamura, K.Sakaki, H.Enoki, N.Ishimatsu, R.Masuda, and M.Seto; *J. Phys. Soc. Jpn.* **85** (2016) 123707/1-5.

- ◎[6] 「X線磁気円二色性によるラーベス相 RFe_2 ($\text{R}=\text{Y, Gd}$)水素化物の高圧下の磁気状態の研究」(XMCD Study of Magnetic States in Laves Phase RFe_2 ($\text{R}=\text{Y, Gd}$) Hydrides under High Pressure); 石松直樹, 圓山 裕, 河村直己, 水牧仁一朗, 中野智志, 三井隆也, 中村優美子, 榑 浩司, 榎 浩利; *The SPring-8/SACLA Research Report* 04-01_2012A1385 (2016).
- [7] Two-Step Suppression of Charge Disproportionation in $\text{CaCu}_3\text{Fe}_4\text{O}_{12}$ under High Pressure (Editors' Choice); T.Kawakami, Y.Sekiya, A.Mimura, K.Kobayashi, K.Tokumichi, I.Yamada, M.Mizumaki, N.Kawamura, Y.Shimakawa, Y.Ohishi, N.Hirao, N.Ishimatsu, N.Hayashi, and M.Takano; *J. Phys. Soc. Jpn.* **85** (2016) 034716/1-6.

国際会議

(一般講演)

- ◎[1] N.Ishimatsu, T.Toryu, K.Yokoyama, H.Maruyama, S.Nakano, V.Cuartero, and S.Pascarelli; 「Hydrogenation process and local structure of CoH_x under high pressure studied by EXAFS」; ESRF User Meeting (2017.2.8-9, ESRF, Grenoble)
- ◎[2] C.Lu, N.Nakajima, and H.Maruyama; 「Observation of the Flexoelectricity of a SrTiO_3 Single Crystal by X-ray Absorption Spectroscopy」; 2016 Japan-Korea Student Workshop (2016.11.24-26, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima).
- ◎[3] S.Ono, N.Nakajima, and H.Maruyama; 「Pulsed Electric Field Response of Electronic States in BaTiO_3 Thin Film」; 2016 Japan-Korea Student Workshop (2016.11.24-26, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima).
- [4] N.Ishimatsu; 「Magnetism of metal hydrides under high pressure: X-ray spectroscopic studies」, ESRF Magnetism Meeting (2016.11.24, the Science Building ESRF, Grenoble)
- ◎[5] C.Lu, N.Nakajima, S.Ono, and H.Maruyama; 「Investigation of Strain Effects on the Paraelectric SrTiO_3 by XAFS measurements」; The 8th Japan-China Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (JCFMA8) (2016.9.29-10.2, Epochal Tsukuba, Ibaraki, Japan).
- [6] N.Nakajima, S.Ono, Y.Yamanaka, and A.Sano; 「Local structure and electronic states of BiFeO_3 - BaTiO_3 solid solutions studied by X-ray absorption spectroscopy」; The 11th Korea-Japan Conference on Ferroelectrics (KJC-FE11) (2016.8.7-10, SKKU, Seoul, Korea).
- ◎[7] C.Lu, N.Nakajima, S.Ono, and H.Maruyama; 「Pulsed Electric Field Response of Electronic States in BaTiO_3 Thin Film」; The 11th Korea-Japan Conference on Ferroelectrics (KJC-FE11) (2016.8.7-10, SKKU, Seoul, Korea)
- ◎[8] C.Lu, N.Nakajima, S.Ono, and H.Maruyama; 「Investigation of strain-gradient induced polarization in SrTiO_3 by XAFS measurements」; The 11th Korea-Japan Conference on Ferroelectrics (KJC-FE11) (2016.8.7-10, SKKU, Seoul, Korea)
- [9] S.Ono, A.Sano, N.Nakajima, J.Adachi, Y.Niwa, and S.Yasui; 「Electric Field Response of BaTiO_3 Film studied by Time-Resolved X-Ray Absorption Spectroscopy」 2016 Joint RCBJSF-IWRF Conference (2016.6.19-23 く に び き メ ッ セ 松江市)
- ◎[10] C.Lu, N.Nakajima, S.Kawakami, C.Temba, S.Ono, and H.Maruyama; 「Observation of the Flexoelectric Origin of a SrTiO_3 Single Crystal by X-ray Absorption and Resonant X-ray Emission Spectroscopies」 2016 Joint RCBJSF-IWRF Conference (2016.6.19-23 く に び き メ

ッセ 松江市)

- [11] N.Nakajima, C.Lu, C.Temba, and S.Kawakami; 「X-Ray Spectroscopic Study of the Electric Dipole Moment in Paraelectric SrTiO₃」; 2016 Joint RCBJSF-IWRF Conference (2016.6.19-23 < にびきメッセ 松江市)

国内学会

(一般講演)

- [1] 小野颯太, 中島伸夫, 芦 聡, 大城佳祐, 安井伸太郎: 「BaTiO₃薄膜のヒステリシス特性と時分割Ti K吸収スペクトルの双対性」, 強誘電体とその操作に関する第4回研究会 (2017年1月4日, 東京大学, 本郷キャンパス, 東京都)
- ◎[2] 中村勇作, 内藤卓郎, 石松直樹, 圓山 裕: 「準静水圧加圧下 XRD 測定によるFe ε相の結晶方位解析」, 第57回高圧討論会 (2016年10月26日-29日, 筑波大学大学会館, つくば市)
- ◎[3] 内藤卓郎, 石松直樹, 中村勇作, 圓山 裕, 田中 新, 河村直己, 水牧仁一朗: 「Fe ε相にみられる特異なX線円二色性 II」, 第57回高圧討論会 (2016年10月26日-29日, 筑波大学大学会館, つくば市)
- [4] 横山 溪: 「クラスレート化合物Eu₈Ga₁₆Ge₃₀のEu K吸収端EXAFS解析」 XAFS夏の学校2016 (XAFS Summer School 2016) (2016年9月26日-28日, おたる自然の村おこぼち山荘, 小樽市)
- [5] 山中雄貴, 佐野瑛彦, 小野颯太, 中島伸夫: 「マルチフェロイック物質BiFeO₃-BaTiO₃混晶系の局所構造と電子状態」, CMRC研究会「量子ビームを用いた多自由度強相関物質における動的交差相関物性の解明」とPF研究会「共鳴軟X線散乱を用いた構造物性研究の進展」の合同ワークショップ (2016年9月20日-21日, KEK小林ホール, つくば市)
- [6] 手塚泰久, 横内悠斗, 中本星也, 西山賢司郎, 任 皓駿, 渡辺孝男, 野澤俊介, 中島伸夫, 岩住俊明: 「X線ラマン散乱によるCaCu₃Ti₄O₁₂の電子構造研究 IV」, CMRC研究会「量子ビームを用いた多自由度強相関物質における動的交差相関物性の解明」とPF研究会「共鳴軟X線散乱を用いた構造物性研究の進展」の合同ワークショップ (2016年9月20日-21日, KEK小林ホール, つくば市)
- [7] 小野颯太, 芦 聡, 中島伸夫, 足立純一, 丹羽尉博, 安井伸太郎: 「チタン酸バリウム薄膜における電子状態のパルス電場応答」, 第77回 応用物理学会秋季学術講演会 (2016年9月13日-16日, 朱鷺メッセ, 新潟市)
- [8] 森合海瑠, 中島伸夫: 「陽極酸化法によるTiO₂ナノチューブの結晶性と光触媒活性」, 第77回 応用物理学会秋季学術講演会 (2016年9月13日-16日, 朱鷺メッセ, 新潟市)
- [9] 中島伸夫, 芦 聡, 小野颯太: 「BaTiO₃のTi-K吸収スペクトルプリエッジ構造の静電場依存性」, 日本物理学会, 2016年秋季大会 (2016年9月13日-16日, 金沢大学, 角間キャンパス, 金沢市)
- [10] 手塚泰久, 横内悠斗, 中本星也, 任 皓駿, 渡辺孝男, 野澤俊介, 中島伸夫, 岩住俊明: 「X線ラマン散乱によるCaCu₃Ti₄O₁₂の電子構造研究 IV」, 日本物理学会, 2016年秋季大会 (2016年9月13日-16日, 金沢大学, 角間キャンパス, 金沢市)
- [11] 小野颯太, 芦 聡, 中島伸夫, 足立純一, 丹羽尉博, 安井伸太郎: 「チタン酸バリウム薄膜における電子状態のパルス電場応答性」, 日本セラミックス協会 第29回秋季シンポジウム (2016年9月7日-9日, 広島大学, 東広島キャンパス, 東広島市)

- ◎[12] 中島伸夫, 芦 聡, 圓山 裕:「チタン酸バリウムの電場応答を担う価電子の結合状態の X線吸収分光測定」, 第33回強誘電体応用会議(2016年5月25日-28日, コープイン京都, 京都市)

学生の学会発表実績

(国際会議)

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

社会活動・学外委員

○学協会委員

- [1] 石松直樹: 日本放射光学会 編集委員

○外部評価委員等

- [1] 圓山 裕: 広島県立国泰寺高等学校 SSH 運営指導委員会・委員長
- [2] 圓山 裕: JST グローバル・サイエンス・キャンパス事業 H28 年度全国受講生研究発表会, 審査委員(9月18-19日, 学士会館, 東京都)
- [3] 石松直樹: (財)高輝度光科学研究センター, 外来研究員
- [4] 石松直樹: 第20回 XAFS 討論会(2017年8月開催)プログラム委員

高大連携事業への参加状況

- [1] 圓山 裕: GSC広島コンソーシアム, ホップ・ステージ講演会(6月19日, 東千田キャンパス, 高校生230名)
- [2] 圓山 裕: GSC広島コンソーシアム, ステップ・ステージ分野合同セミナー(7月24日, 学生プラザ, 高校生60名)
- [3] 圓山 裕: GSC広島コンソーシアム, ジャンプ・ステージの研究活動(5月22日~9月2日の期間に10回, 理学部, 高校生1名)
- [4] 圓山 裕: GSC広島コンソーシアム, ジャンプ・ステージの研究発表の練習, ASGSR学会でのポスター発表(高校生2名, 10月15日, 生物生産学部)
- [5] 圓山 裕: GSC広島コンソーシアム, ジャンプ・ステージの研究発表の支援, ASGSR学会(10月26日~31日, Cleveland, Ohio, USA) 高校生2名に引率
- [6] 中島伸夫: 祇園北高等学校, 模擬授業(11月11日)
- [7] 圓山 裕: 広島県立祇園北高等学校SPP事業・クリスタルコンペ, 模擬授業(12月21日, HiSOR, 高校生約30名)
- [8] 圓山 裕: GSC広島コンソーシアム, ステップ・ステージ異分野融合シンポジウム(東千田キャンパス, 平成29年1月8日, メルパルク, 1月9日, 高校生約60名)
- [9] 圓山 裕: 広島県立国泰寺高等学校・成果発表会(2月20日, 国泰寺高等学校)

国際交流

- [1] 黒岩芳弘, 森吉千佳子, 圓山 裕, 中島伸夫, 他: 第8回日韓学生ワークショップ, 広島大学-釜山大学, (11月24日~26日, 約40名, 広島大学, 東広島キャンパス)
- [2] 圓山 裕: JST グローバル・サイエンス・キャンパス事業, ASGSR 学会 (10月26日~31日, Cleveland, Ohio, USA)
- [3] 石松直樹: 国際共同研究加速基金 (国際共同研究強化) ヨーロッパ放射光研究施設 (ESRF) に長期滞在 (9月12日~平成29年3月31日)
- [4] 石松直樹: 高压研究に関する国際専門誌 High Pressure Research Special Issue on “Frontiers of High Pressure X-ray Absorption Spectroscopy” ゲストエディター, 20本の高压X線分光に関する論文を編纂

研究助成金の受入状況

- [1] 中島伸夫: 科学研究費補助金挑戦的萌芽研究 (平成28年度-平成30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」
- [2] 石松直樹: 鉄鋼研究振興助成 (平成27年度-28年度) (代表, 1,000千円) 課題名: 「X線吸収分光法による鉄の高压下マルテンサイト変態の過程と結晶構造の精密解析」
- [3] 石松直樹: 科学研究費補助金新学術領域研究 (平成27年度-31年度) (分担, 500千円) 課題名: 「核-マントル物質の精密高压実験技術の開発」
- [4] 石松直樹: 科学研究費補助金 国際共同研究加速基金 (国際共同研究強化) (平成28年度~平成29年度) (代表, 5,800千円) 課題名: 「遷移金属水素物の電子状態に着目した水素吸蔵特性の解明」

その他

- [1] 圓山 裕: JSTグローバル・サイエンス・キャンパス事業 (事業費: 35,000千円), 「アジア拠点広島コンソーシアムによるGSC構想」理学部コーディネータとして, 事業計画の立案と実施, 各分野のセミナーの調整, 受講生の選抜に関する評価項目と基準の策定及び選考に携わった。

特記事項

○学生の受賞

- [1] 芦 聡: 平成28年度「広島大学エクセレント・スチューデント・スカラシップ」(広島大学長 越智光夫)
- [2] 小野颯太: 2016 Joint RCBJSF-IWRF 若手賞 (RCBJSF-IWRF Program Chairs: Naoshi IKEDA, Sergey VAKHRUSHEV, and Kenji OHWADA)
- [3] 横山 湊: ベストポスター賞, XAFS 夏の学校 2016 (会長 横山利彦)

○光物性グループ

研究活動の概要

光物性研究室では、放射光を用いて固体内部および表面の詳細な電子構造を実験的に観測し、物質の示す電氣的、磁氣的、熱的性質の起源を解明することを目的としている。さらには超薄膜、原子細線、クラスターなどナノメートルサイズの構造体を超高真空中で独自に作成し、構造評価から電子構造評価までを真空を破ることなくその場で行っている。

(1) 3次元トポロジカル絶縁体の表面ディラック粒子の非平衡状態の研究

トポロジカル絶縁体は、結晶内部は絶縁体で、そのトポロジーが切替る端や表面で質量ゼロのディラック電子が存在するのが特徴である。その表面ディラック電子は、スピン軌道相互作用によりその運動量に対して垂直にスピンの向き、波数空間においてディラック点まわりを周回して獲得するベリー位相が π となる。そのため、トポロジカル絶縁体では、不純物や欠陥によって散乱されないスピン偏極した表面電子伝導が可能な願ってもない系であると言える。

一方、このような表面スピン偏極電流を取り出して制御するのか？が応用等を考えて行く上で大変重要な課題であろう。これまで円偏光赤外光を用いてスピン偏極電流を発生させるという報告がいくつかあった[Mclver et al., *Nature Nano.* **7**, 96 (2012); Kuroda et al., *Phys. Rev. Lett.* **116**, 076801 (2016)]。また、表面光起電力効果を用いて表面にスピン偏極電流を誘起する方法も提案された [2, 3]。表面光起電力効果が生じるためには、表層にバンド湾曲が予め存在していることが前提であり、そのためにはバルク絶縁性の高い試料が必要である。これまでの報告では高絶縁性のTI表面に光起電力が観測されていたが、極性についての制御は達成されていなかった。そこで、本研究では、バルクキャリア制御が連続的に可能な Bi_2Te_3 を用いて、バルクキャリアと光起電力シフトとの関係を調べるために、時間角度分解光電子分光 (ARPES) を用いて実験を行った。実験は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 (LASOR) にて行い、直線偏光したポンプ光 ($h\nu=1.48$ eV) とプローブ光 ($h\nu=5.92$ 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)]。ポンプ-プローブ遅延時間が-1.33 psのときのバンド分散を観測したところ、ポンプ光強度が20 mWの場合は0 mWのときに比べ、エネルギーが高い方へシフトしているのがわかった。このシフトは表面光起電力効果と帰属され、ディラックポイント付近とフェルミ準位付近ではシフト量が違う。これは、フェルミ準位付近においてはフィリング効果が加わっていると解釈できる。また、n型試料では逆にエネルギーの低い方向へのシフトが観測された。本結果は、トポロジカル絶縁体表面で光起電力効果を利用して、両極性のスピン偏極電流発生が可能であることを示している。

次に着目したいのが、光によって励起された電子の持続時間についてである。 Sb_2Te_3 ではフェルミレベルがバルク価電子帯にかかっており、バルクは金属的である。このような場合、光励起によって電子は10ピコ秒以内に緩和することを報告した [S. Zhu et al., *Sci. Rep.* **5**, 13213 (2015)]。一方、SbサイトをBiに置き換えて行くと、あるところでフェルミレベルが完全にバルクギャップ中に入り、バルク絶縁性が高くなる。そうすると、光で励起された電子はより長く滞在するようになることが実験で明らかになった。一方、同じようにバルク絶縁性の高い試料でもディラック点とフェルミレベルが離れている場合には持続時間はそれほど長くない[M. Neupane et al., *Phys. Rev. Lett.* **115**, 116801 (2015)]ことから、今回観測された桁違いに長い持続時間は、ディラック点がフェルミレベルに接近していることに起因していることがわかった。すなわち、ディラック点では微視状態の数が極端に少なくなることから、電子のバンド内緩和を妨げているのが原因である

と考えられる。

(2) 磁性トポロジカル絶縁体の超高速キャリアダイナミクス

3次元トポロジカル絶縁体は、バルクは絶縁体だが、その表面では時間反転対称性によって守られた特殊な金属状態が実現している。近年、 Sb_2Te_3 をベースとしたトポロジカル絶縁体に少量のVもしくはCrをドーピングした系で、異常量子ホール効果が観測されており、磁性トポロジカル絶縁体を利用した低消費電力デバイスの実現に大きな注目が集まっている[C. Z. Chang et al., *Science* **340**, 167 (2013)][C. Z. Chang et al., *Nat. Mater.* **14**, 473 (2015)]。しかし、 Sb_2Te_3 はp型の試料しか得られないことから、電子状態などの微視的な性質についての情報が不足している。

そこで今回、我々はPump-Probe法を用いた時間角度分解光電子分光を行うことで、磁性トポロジカル絶縁体 $(\text{Sb}_{1-x}\text{V}_x)_2\text{Te}_3$ の電子状態および非平衡キャリアダイナミクスのドーピング量依存性を測定した。実験は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 (LASOR) にて、直線偏光したポンプ光 ($h\nu=1.48$ eV) とプローブ光 ($h\nu=5.92$ 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、測定温度10 - 160 Kの条件で行った[Y. Ishida et al., *Rev. Sci. Instrum.* **85**, 123904 (2014)]。

$(\text{Sb}_{0.97}\text{V}_{0.03})_2\text{Te}_3$ および Sb_2Te_3 について、ポンプ光によって励起された電子が非占有側に過渡的に留まり、非占有側のディラックコーンやバルク伝導帯が明確に観測された。また、トポロジカル表面状態 (TSS) における非平衡持続時間は、Vをドーピングすることによって約1ピコ秒から0.5ピコ秒へと大幅に短くなることが明らかになった。この結果は、Vドーピングによって増加した不純物散乱の影響を主に反映していると考えられる。

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

$\eta\text{-Mo}_4\text{O}_{11}$ は MoO_6 八面体からなる伝導層と 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、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 b 軸方向と c 軸方向について、どちらも3本のバンドが観測された。特に、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。現在、第一原理計算結果と比較し各バンドの軌道対称性について調べているところである。

(4) 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) 効果は、強磁性体 (FM) 薄膜で絶縁体を挟んだ強磁性トンネル接合構造において、2つのFM層の相対的な磁化方向に応じて電気抵抗が大きく変化する現象である。これを利用したTMR素子は、ハードディスクの読み取り磁気ヘッドなどに応用される。単層の六方晶窒化硼 (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) 構造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。実際に、単層のh-BNをバリア層に用いたMTJ構造のTMR効果が、最近報告されている。しかし、TMRを考える上で重要なFM/h-BN/FM界面の磁気状態は十分に解明されていない。そこで本研究では元素選

択的な磁性を調べるツールである軟X線磁気円二色性 (XMCD) 分光を用いてCo/h-BN/Ni(111)の界面磁性を調べることを目的とした。実験は広島大学放射光科学研究センターHiSORのBL14で行なった。

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、XMCD測定と磁化曲線測定を行った。Co $L_{2,3}$ 端と基板のNi $L_{2,3}$ 端における面直方向に磁場をかけた場合のXMCD (室温) から、6 ML未満ではCoの磁気モーメントの方向は磁場に平行なNiのそれに対して反平行となったが、約6 MLを境に反平行から平行方向に反転することがわかった。また、磁化曲線測定から面内に磁場をかけた場合では、約15 MLでようやく高磁場側でCoの磁気モーメントの反転が始まる様子が観測された。以上より、Co/h-BN/Ni(111)では、NiとCoがh-BN層を通じて反強磁性的な磁気結合を示すことが明らかになった。

(5) 超高分解能角度分解光電子顕微分光装置(μ -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 μm 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(μ -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、 μ -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。

(6) 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軌道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。平成28年度は、銅酸化物高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}(\text{Cu}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{O}_{8+\delta}$ のホール濃度を最適化した上で、超伝導ギャップにおけるCo置換効果を高分解能角度分解光電子分光で直接観測した。その結果、4%のCo不純物によって超伝導転移温度が6割に低下しても、ノード近傍の超伝導ギャップが減少しないことが判明した。また、リンを主成分とする新しい層状超伝導物質 $\text{ZrP}_{2-x}\text{Se}_x$ ($x=0.55, 0.60, 0.75, 0.85$) について、硬X線および真空紫外放射光を用いて高分解能光電子分光実験を行い、SeからPへの置換がホール注入として作用していることを明らかにした。この知見は、超伝導物質の幅を広げる手がかりとして期待される。

原著論文

- [1] A. M. Shikin, A. A. Rybkina, I. I. Klimovskikh, O. E. Tereshchenko, A. S. Bogomyakov, K. A. Kokh, A. Kimura, P. N. Skirdkov, K. A. Zvezdin, and A. K. Zvezdin, “Anomalously large gap and induced out-of-plane spin polarization in magnetically doped 2D Rashba system: V-doped BiTeI,” *2D Mater.* **4**, 025055/1-9 (2017).
- [2] K. Kuroda, J. Reimann, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, A. Kimura, J. Gdde, U. Hfer, “Ultrafast energy- and momentum-resolved surface Dirac photocurrents in the topological insulator Sb_2Te_3 ,” *Phys. Rev. B* **95**, 081103(R)/1-5 (2017).
- ©[3] T. Warashina, M. Nurmat, K. Miyamoto, T. Shishidou, M. Taniguchi, A. Kimura, T. Okuda, “Hidden Rashba spin-split states in a quasi-one-dimensional Au atomic chain on ferromagnetic Ni(110),” *Phys. Rev. B* **94**, 241109(R)/1-5 (2016).
- [4] Ryota Takabe, Hiroki Takeuchi, Weijie Du, Keita Ito, Kaoru Toko, Shigenori Ueda, Akio Kimura,

and Takashi Suemasu, "Evaluation of band offset at amorphous-Si/BaSi₂ interfaces by hard x-ray photoelectron spectroscopy," *J. Appl. Phys.* **119**, 165304/1-6 (2016).

- ◎ [5] K. Miyamoto, H. Wortelen, H. Mirhosseini, T. Okuda, A. Kimura, H. Iwasawa, K. Shimada, J. Henk, M. Donath, "Orbital-symmetry-selective spin characterization of Dirac-cone-like state on W(110)," *Phys. Rev. B* **93**, 161403(R)/1-5 (2016).
- [6] Ryota Takabe, Weijie Du, Keita Ito, Hiroki Takeuchi, Kaoru Toko, Shigenori Ueda, Akio Kimura, and Takashi Suemasu, "Measurement of valence-band offset at native oxide/BaSi₂ interfaces by hard x-ray photoelectron spectroscopy," *J. Appl. Phys.* **119**, 025306/1-5 (2016).
- ◎ [7] K. Kobayashi, J. Yamaura, S. Iimura, S. Maki, H. Sagayama, R. Kumai, Y. Murakami, H. Takahashi, S. Matsuishi, H. Hosono, "Pressure effect on iron-based superconductor LaFeAsO_{1-x}H_x: Peculiar response of 1111-type structure," *Sci. Rep.* **6**, 39646 (2016).

総説

- [1] 木村昭夫 : 「トポロジカル絶縁体の強磁性機構 (解説)」FCレポート夏号 (2016). (社) 日本ファインセラミックス協会

国際会議

(招待講演)

- [1] A. Kimura, "Probing spin textures of topological chalcogenide materials," EINLADUNG zum IFP SEMINAR (Mar. 1, 2017, Institute of Solid State Physics (Institut für Festkörperphysik), TU Wien, Austria).
- [2] A. Kimura, "Non-equilibrium Surface Dirac Fermion Dynamics of Topological Insulators", The 13th Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures ACSIN 2016 (ACSIN-13) (Oct. 9-15, 2016, Bruno Touschek Congress Center Frascati National Laboratories LNF of Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (Tor Vergata), Rome, Italy).
- [3] A. Kimura, "Spectroscopic studies of non-magnetic and magnetic topological insulators," Yukawa Institute for Theoretical Physics (YITP) international workshop "Physics of bulk-edge correspondence and its universality: From solid state physics to cold atoms" (Sep. 27-30, 2016, Kyoto, Japan).
- [4] A. Kimura, "Lattice instability of ferromagnetic shape memory alloys revealed by photoelectron spectroscopy," The 5th International Conference on Ferromagnetic Shape Memory Alloys (ICFSMA'16) (Sep. 5-9, 2016, Hotel Metropolitan Sendai, Sendai).
- [5] A. Kimura, "Non-equilibrium Surface Dirac Fermion Dynamics of Topological Insulators" International Conference on Solid Films and Surfaces (ICSFS18) (Aug. 28-Sep. 2, 2016, Technische Universität Chemnitz, Chemnitz, Germany).
- [6] A. Kimura, "Martensitic phase transition of Heusler-based magnetic shape memory alloys accessed by photoemission," Martensitic phase transition of Heusler-based magnetic shape memory alloys accessed by photoemission," 8th Joint European Magnetism Symposia (JEMS2016) (Aug. 21-26, 2016, Scottish Exhibition and Conference Centre, Glasgow, UK).
- [7] A. Kimura, "Surface Dirac Fermion Dynamics of Topological Insulators," International Union of Materials Research Societies- International Conference on Electronic Materials (IUMRS-ICEM2016) (Jul. 4-8, 2016, SUNTEC Singapore, Singapore).
- [8] S. Maki, "A Structural Diagnostics Diagram Method for structural determination of Metallofullerenes Encapsulating Metal Carbides and Nitrides," BIT's 5th Annual Conference of AnalytiX 2017, (Mar. 24, 2017, Hilton Fukuoka Sea Hawk, Fukuoka, Japan).

(一般講演)

- ◎ [1] Jiahua Chen, Mingtian Zheng, Xiaoxiao Wang, Munisa Nurmat, Eike F. Schwier, Kenya Shimada, Akio Kimura, "Experimental Realization of a Three-Dimensional Dirac Semimetal Phase in TlBiSeS," The 21th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Poster, Mar. 2-3, 2017, Higashi-Hiroshima, Japan).
- ◎ [2] S. Higaki, K. Sumida, H. Sato, A. Rousuli, T. Okuda, K. Miyamoto, D. Tsuru, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, K. Takase, A. Kimura, "Anisotropic Electronic Structure of Quasi-2D η -Mo₄O₁₁

- Revealed by ARPES,” The 21th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Poster, Mar. 2-3, 2017, Higashi-Hiroshima, Japan).
- ◎[3] S. Wu, K. Sumida, K. Miyamoto, K. Taguchi, T. Yoshikawa, A. Kimura, Y. Ueda, M. Nagao, S. Watauchi, I. Tanaka, T. Okuda, “Direct evidence of local spin polarization in novel superconductor $\text{LaO}_{0.55}\text{F}_{0.45}\text{BiS}_2$,” The 21th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Poster, Mar. 2-3, 2017, Higashi-Hiroshima, Japan).
- ◎[4] Kazuki Sumida, Yukiaki Ishida, Tomoki Yoshikawa, Jiahua Chen, Munisa Nurmatamat, Konstantin Kokh, Oleg Tereshchenko, Shik Shin, Akio Kimura, “Surface Dirac Fermion dynamics of non-magnetic and magnetic topological insulators”, Symposium on Surface Science & Nanotechnology -25th Anniversary of SSSJ Kansai- (SSSN-Kansai) (Jan. 24-25, 2017, Kyoto, Japan). *Young Researcher Award (Kazuki Sumida)
- ◎[5] T. Yoshikawa, K. Sumida, Y. Ishida, J. Chen, M. Nurmatamat, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, S. Shin, A. Kimura, “Ambipolar surface photovoltaic shift of bulk insulating topological insulator Bi_2Te_3 ,” Symposium on Surface Science & Nanotechnology -25th Anniversary of SSSJ Kansai- (SSSN-Kansai) (Jan. 24-25, 2017, Kyoto, Japan).
- [6] K. Sumida, Y. Ishida, S. Zhu, M. Ye, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, S. Shin, A. Kimura “Prolonged duration of nonequilibrated Dirac fermions in neutral topological insulators,” Yukawa Institute for Theoretical Physics (YITP) international workshop “Physics of bulk-edge correspondence and its universality: From solid state physics to cold atoms” (Sep. 27-30, 2016, Kyoto, Japan).
- ◎[7] T. Yoshikawa, K. Sumida, Y. Ishida, J. Chen, M. Nurmatamat, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, S. Shin, A. Kimura, “Surface photovoltaic effect in the topological insulator Bi_2Te_3 ,” Yukawa Institute for Theoretical Physics (YITP) international workshop,” Physics of bulk-edge correspondence and its universality: From solid state physics to cold atoms” (Sep. 27- 30, 2016, Kyoto, Japan).
- ◎[8] Jiahua Chen, Siyuan Zhu, Kazuki Sumida, Mao Ye, Nurmatamat Munisa, Shigenori Ueda, Yukiharu Takeda, Yuji Saitoh, Volodymyr Chernenko, Jose M. Barandiaran, Akio Kimura, “Electronic and magnetic properties of $\text{Mn}_{48.1}\text{Ni}_{40.2}\text{Fe}_{2.5}\text{Sn}_{9.2}$ Heusler alloy studied by hard x-ray photoelectron spectroscopy and x-ray magnetic circular dichroism,” The 5th International Conference on Ferromagnetic Shape Memory Alloys (ICFSMA’16) (Sep.5-9, 2016, Sendai, Japan).
- [9] R. Ishikawa, R. Sakurai, T. Yamaguchi, R. Akiyama, S. Kuroda, A. Kimura, K. Takeda, Y. Saito, “Magnetic properties of (Sn,Mn)Te thin films grown by molecular beam epitaxy,” 9th International Conference on Physics and Applications of Spin-Related Phenomena in Solids (PASPS-9) (Aug. 8-11, 2016, Kobe, Japan).
- [10] K. Sumida, Y. Ishida, S. Zhu, M. Ye, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, S. Shin, A. Kimura “Dirac fermion dynamics in carrier tuned topological insulators,” The 39th International conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX2016) (July 3-8, 2016, Zurich, Switzerland).
- [11] K. Sumida, Y. Ishida, S. Zhu, M. Ye, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, S. Shin, A. Kimura “Dirac fermion dynamics in the topological insulators $(\text{Sb}_{1-x}\text{Bi}_x)_2\text{Te}_3$,” Energy Material Nanotechnology (EMN) Prague Meeting (June 21-24, 2016, Prague, Czech Republic).
- ◎[12] Hitoshi Takita, Naoya Kishimoto, Yousuke Nakashima, Akihiro Ino, Masashi Arita, Hirohumi Namatame, Masaki Taniguchi, Yoshihiro Aiura, Izumi Hase, Hiroshi Eisaki, Kunihiro Kihou, Chul-Ho Lee, Akira Iyo, Masamichi Nakajima, Shin-ichi Uchida “Polarization-Dependent ARPES Study across Antiferromagnetic-Superconducting Phase Boundary of $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$,” Energy Material Nanotechnology (EMN) Prague Meeting (June 21-24, 2016, Prague, Czech Republic).
- [13] Ryota Takabe, Hiroki Takeuchi, Weijie Du, Keita Ito, Kaoru Toko, Shigenori Ueda, Akio Kimura, Takashi Suemasu, “Band alignments at native oxide/ BaSi_2 and amorphous-Si/ BaSi_2 interfaces measured by hard x-ray photoelectron spectroscopy,” The 43rd IEEE Photovoltaic Specialists Conference (June 5-10, 2016, Portland, Oregon).

国内学会
(招待講演)

- [1] 木村昭夫 : 「ノンシンモルフィックな系の ARPES」 , 「トポロジカル相におけるバル

ク・エッジ対応の物理とその普遍性: 固体物理から冷却原子まで」 科研費基盤研究 A (26247064) 第6回研究会 (2017年3月22日-23日, 筑波大学)

- [2] 木村昭夫:「軟X線スピン分解 ARPES が拓く次世代スピン機能材料研究」, 第4回 JASRI ワークショップ「軟X線光電子分光における角度分解測定 of 現状とスピン分解測定への展開」(2017年2月22日, SPring-8 放射光普及棟 中講堂)
- [3] 木村昭夫:「スピン分解光電子分光によるスピントロニクス材料の研究と展望」, SPRUC 機能磁性材料分光研究「SPring-8 における磁性研究の動向と今後の計測技術開発」(2017年2月1日, キャンパスイノベーションセンター, 東京都)
- [4] 木村昭夫:「放射光・スピン分解 ARPES を用いた機能磁性材料の“走る”電子のカイラリティー制御と SLIT-J への期待」, 金属材料研究所共同利用ワークショップ「3 GeV 高輝度放射光 SLIT-J と産学協創」(2016年12月14日, 東北大学金属材料研究所講堂, 仙台市)

(一般講演)

- [1] 角田一樹, 石田行章, K. Kokh, O. Tereshchenko, 辛 埴, 木村昭夫「磁性トポロジカル絶縁体の超高速キャリアダイナミクス」, 「トポロジカル相におけるバルク・エッジ対応の物理とその普遍性: 固体物理から冷却原子まで」 科研費基盤研究A (26247064) 第6回研究会 (2017年3月22日-23日, 筑波大学)
- [2] 吉川智己, 角田一樹, 石田行章, 陳 家華, M. Nurmamat, K. Kokh, O. Tereshchenko, 辛 埴, 木村昭夫, 「トポロジカル絶縁体 Bi_2Te_3 における両極性表面光起電力シフト」, 「トポロジカル相におけるバルク・エッジ対応の物理とその普遍性: 固体物理から冷却原子まで」 科研費基盤研究A (26247064) 第6回研究会 (2017年3月22日-23日, 筑波大学)
- [3] 吉川智己, 角田一樹, 石田行章, 陳 家華, M. Nurmamat, K. Kokh, O. Tereshchenko, 辛 埴, 木村昭夫「トポロジカル絶縁体 Bi_2Te_3 表面における非平衡キャリアダイナミクス」日本物理学会第72回年次大会 (2017年3月17-20日, 大阪大学豊中キャンパス, 豊中市)
- [4] 角田一樹, 石田行章, K. Kokh, O. Tereshchenko, 辛 埴, 木村昭夫「磁性トポロジカル絶縁体の超高速キャリアダイナミクス」日本物理学会第72回年次大会 (2017年3月17-20日, 大阪大学豊中キャンパス, 豊中市)
- ◎[5] 大滝祐輔, 山口智也, 石川 諒, 黒田眞司, 中西亮介, D. Fan, 秋山了太, 長谷川修司, 宮本幸治, 佐藤 仁, 木村昭夫「トポロジカル結晶絶縁体(Pb,Sn)Te薄膜のキャリア密度制御および表面状態観察」日本物理学会第72回年次大会 (2017年3月17-20日, 大阪大学豊中キャンパス, 豊中市)
- ◎[6] Jiahua Chen, Mingtian Zheng, Kazuki Sumida, Kazuaki Taguchi, Tomoki Yoshikawa, Munisa Nurmamat, Shilong Wu, Eike F. Schwier, Kenya Shimada, Koji Miyamoto, Taichi Okuda, Yukiaki Ishida, Shik Shin, Akio Kimura「Observation of surface state of extreme magnetoresistance material YSb」日本物理学会第72回年次大会 (2017年3月17-20日, 大阪大学豊中キャンパス, 豊中市)
- [7] 角田一樹, 辻川雅人, 許 焜, 上田茂典, 陳 家華, 朱 思源, 白井正文, 貝沼亮介, 木村昭夫「硬X線光電子分光によるホイスラー合金 $\text{Co}_2\text{Cr}(\text{Ga},\text{Si})$ の電子状態の研究」第30回放射光学会年会・合同シンポジウム (JSR2017) (2017年1月7-9日, 神戸芸術センター, 神戸市)
- ◎[8] 山口智也, 大滝祐輔, 石川 諒, 黒田眞司, 中西亮介, D. Fan, 秋山了太, 長谷川修司, 宮本幸治, 佐藤 仁, 木村昭夫, 「トポロジカル結晶絶縁体 (Pb,Sn)Te薄膜のキャリア密度制御および 表面状態観察」 科研費新学術領域「トポロジーが紡ぐ物質科学のフロンティア」第2回領域研究会 (2016年12月16-18日, 東北大学片平キャンパス, 仙台市)
- [9] 江口 学, 黒田健太, 白井開渡, 木村昭夫, S. Paschen「Surface phonon scattering in the topological insulator TlBiSe_2 」日本物理学会2016年秋季大会 (2016年9月13-16日, 金沢大学角間キャンパス, 金沢市)
- ◎[10] 角田一樹, 石田行章, 吉川智己, 陳 家華, M. Nurmamat, K. Kokh, O. Tereshchenko, 辛 埴, 木村昭夫「トポロジカル絶縁体 $(\text{Sb},\text{Bi})_2\text{Te}_3$ の非平衡キャリアダイナミクスの温度依存性」日本物理学会2016年秋季大会 (2016年9月13-16日, 金沢大学角間キャンパス, 金沢市)

- ◎[11] 吉川智己, 角田一樹, 石田行章, 陳家華, M. Nurmamat, K. Kokh, O. Tereshchenko, 辛埴, 木村昭夫「トポロジカル絶縁体Bi₂Te₃における表面光起電力シフト」日本物理学会2016年秋季大会(2016年9月13-16日, 金沢大学角間キャンパス, 金沢市)
- ◎[12] 山口智也, 大滝祐輔, 石川諒, 黒田眞司, D. Fan, 秋山了太, 長谷川修司, 宮本幸治, 佐藤仁, 木村昭夫「トポロジカル結晶絶縁体(Pb,Sn)Te薄膜の角度分解光電子分光による表面状態観察」日本物理学会2016年秋季大会(2016年9月13-16日, 金沢大学角間キャンパス, 金沢市)
- ◎[13] Shilong Wu, Kazuki Sumida, Koji Miyamoto, Kazuaki Taguchi, Tomoki Yoshikawa, Akio Kimura, Yoshifumi Ueda, Masanori Nagao, Satoshi Watauchi, Isao Tanaka and Taichi Okuda, “Direct observation of hidden local Rashba spin polarization in the novel superconductor LaO_{0.54}F_{0.46}BiS₂,” 日本物理学会2016年秋季大会(2016年9月13-16日, 金沢大学角間キャンパス, 金沢市)
- ◎[14] Munisa Nurmamat, T. Okuda, M. Arita, T. Koyama, K. Inoue, A. Kimura, “Polarization-dependent ARPES studies on Cr_xNbS₂ (x=0 and 1/3),” 日本物理学会2016年秋季大会(2016年9月13-16日, 金沢大学角間キャンパス, 金沢市)
- ◎[15] 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, 生天目博文, 木口雄太, 堺谷智宏, 松田 梓, 井野明洋「Co置換Bi2212高温超伝導体の高分解能角度分解光電子分光」日本物理学会2016年秋季大会(2016年9月13-16日, 金沢大学角間キャンパス, 金沢市)
- ◎[16] 石坂仁志, 田北仁志, 久保拓也, 宮下剛夫, Wumiti Mansuer, Eike F. Schwier, 岩澤英明, 島田賢也, 生天目博文, 上田茂典, 井野明洋「A15構造超伝導体Nb₃AlおよびNb₃Snの高分解能光電子分光」日本物理学会2016年秋季大会(2016年9月13-16日, 金沢大学角間キャンパス, 金沢市)

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 11 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 8 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 11 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

セミナー・講演会開催実績

○ 学会開催

- [1] 木村昭夫: 「スピン分解光電子分光によるスピントロニクス材料の研究と展望」, SPRUC機能磁性材料分光研究「SPring-8における磁性研究の動向と今後の計測技術開発」(2017年2月1日, キャンパスイノベーションセンター, 東京都)

社会活動・学外委員

○ 学協会委員

- [1] 木村昭夫: Journal of Physics: Condensed Matter (IOP Publishing) Editorial Advisory Board Member
- [2] 木村昭夫: Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena (Elsevier 社), Editorial Board Member
- [3] 木村昭夫: 日本放射光学会評議員 (議長)
- [4] 木村昭夫: 日本表面科学会・国際事業委員会委員
- [5] 木村昭夫: VUV・SX 高輝度光源利用者懇談会・会長
- [6] 真木祥千子: 日本結晶学会 (大会委員会, プログラム委員会)

○ 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，委員・分科会主査（S1 分科）

○客員教授，研究員等

- [1] 真木祥千子：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

○ 講習会・セミナー講師

- [1] 木村昭夫：第 60 回知の拠点セミナー（国立大学共同利用・共同研究拠点協議会主催）「固体のトポロジと物性—放射光を用いたトポロジカル物質の電子状態解明と共同利用・共同研究展開—」，（従事期間）2016 年 3 月 18 日，京都大学東京オフィス，東京）
- [2] 木村昭夫：東邦大学 2016 年物理学科コロキウム「角度分解光電子分光で捉える固体の電子状態」，（従事期間）2016 年 11 月 2 日

○ 産学官連携実績

株式会社日産アークとの産学連携に基づく共同研究

○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 9 件

○研究助成金の受入状況

- [1] 木村昭夫：二国間交流事業共同研究（日露：日本学術振興会）（平成 27-28 年度）（代表）「Ge 系ディラック物質のスピン偏極電子状態の研究」，2,000 千円（平成 28 年度）
- [2] 木村昭夫：科学研究費補助金 基盤研究(A)（平成 26-28 年度）（分担）「トポロジカル相におけるバルク・エッジ対応の物理とその普遍性：固体物理から冷却原子まで」，2,300 千円（平成 28 年度）
- [3] 真木祥千子：平成 28 年度産学連携若手研究者支援プログラム（広島大学）（平成 28 年度採択，平成 29 年 12 月 31 日まで）（代表）「放射光を用いて機能性材料の多面的な機能-構造相関を解明する統合計測システム「AXS/XAFS/DAFS 法」の開発」，300 千円
- [4] 真木祥千子：共同研究契約に基づく資金（株式会社日産アーク）（平成 28 年 11 月 1 日から平成 29 年 3 月 31 日まで）「複合 X 線分析装置の開発」，500 千円

○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，各種の分光学的手法を駆使して，原子固有の内殻吸収端と分子固有の共鳴吸収帯が存在する軟 X 線領域の放射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指している。軟 X 線励起が引き金となって起こる物質変化の研究は宇宙での分子進化などの基礎分野からガン治療，ナノスケールの電子デバイス作製など応用分野までを含む広い領域であるが，軟 X 線領域の光では未開拓な部分が多い研究領域である。

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 ($10^{-15} \sim 10^{-14}$ 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。さらに、内殻励起状態での選択的解離だけでなく、オージェ崩壊後にも特異な解離過程が起きる。内殻共鳴励起後のオージェ崩壊では、主に励起軌道に1個の電子と価電子軌道に2個の正孔を持つ励起イオン化状態が生じる。これらの正孔が内殻励起した原子近傍の化学結合に局在すると、大きなクーロン反発力が原子間に働き短時間 ($10^{-14} \sim 10^{-13}$ 秒) に結合切断が起こる。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。

☆表面グループ (関谷, 和田)

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、医学など様々な分野への応用が期待されている。平成28年度には、芳香族SAMの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ジェ電子が観測されるが、励起電子が内殻正孔失活より早く金属基板に電荷移動するとノーマルオージェ電子が観測される。CHC法では、共鳴オージェとノーマルオージェの比率から、数フェムト秒の内殻寿命を基準として分子から基板への電荷移動速度を評価することができる。一方、内殻励起によるイオン脱離反応では、最表面に配向したSAMの末端官能基で選択的イオン脱離が顕著に観測されたが、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、オージェ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。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についてオージェ電子分光測定を行い、電荷移動に伴う共鳴オージェ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の評価手法への展開が期待できる。

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持つほか、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、末端官能基や分子鎖を変えたSAMの表面にカーボンナノチューブを吸着させその吸着状態を調べることにより、SAMの分子鎖や末端官能基の違い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明らかにした。また、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。既設のパルスグリーン固体レーザーを用いることで、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。この金ナノ粒子を各種のチオール溶液中で攪拌することで、容易に有機被覆したナノ粒子や数珠繋ぎにしたワイヤー状の金ナノ粒子の合成に成功した。

☆自由電子レーザー（FEL）を利用したダイナミクス研究（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。

平成28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、多原子分子を対象とした光誘起構造ダイナミクスの超高速実時間計測実験を実施し、クーロン爆発イオンイメージング法を用いることで分子解離による構造変化の実時間計測が可能であることを明らかにした。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機能性有機ナノ結晶として、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としている。そこで、紫外光照射による固相重合プロセスの初期過程の検出を目指し、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、反応初期の二量化過程に関する知見を得た。

☆紫外-軟X線二重共鳴吸収と反応（平谷）

軟X線による選択的解離は気相、表面いずれにおいても、反結合性軌道に励起された電子と内殻軌道の正孔が重要な役割を果たすことが知られているが、軟X線で励起可能な反結合性軌道が選択則によって限定されてしまうため、反結合性軌道電子の寄与を定量的に分離した精密な議論は不可能であった。この問題は、紫外線によって結合性軌道から反結合性軌道に励起された価電子励起状態から、さらに軟X線によって内殻電子を反結合性軌道に励起あるいはイオン化する紫外-軟X線二重共鳴による解離過程を観測することによって解決できる。例えば、同じ反結合性軌道に2個あるいは異なる反結合性軌道に1個ずつの電子を持ち、結合性価電子軌道と内殻軌道に正孔を持つ超反結合性電子配置ができる。このような内殻共鳴励起状態の選択肢が増えることは、軟X線による化学反応の機構を解明するうえで、重要となる。例えば、気相分子では軟X線励起、特に解離的な空軌道への励起による特異な反応が、他の多くの解離反応経路に埋もれてしまうことが多いが、紫外-軟X線二重共鳴によって生成される超反結合性電子配置では顕著な励起軌道選択的解離反応の観測が期待できる。また、軟X線励起エネルギーによる選択的解離反応が実現している表面分子系においても、紫外線の波長によって励起反結合性軌道を選択することにより、選択的解離機構の詳細の解明や、切断する結合の種類拡大と選択性の向上が可能となる。

今年度は、これまで研究対象としてきたアルデヒド類に加えて紫外領域に強い吸収があり励起

三重項の生成効率が高い安息香酸と安息香酸メチルを対象として研究を進めた。ベンズアルデヒドに関する理論的研究では、これまで進めてきた酸素1s内殻励起のX線吸収スペクトルと解離過程に加えて、窒素1s内殻励起に対する計算を行なった。安息香酸メチルについては、理論計算による吸収スペクトルと実験的に得られている薄膜状態での吸収スペクトルのわずかな違いの原因を解明するため、官能基部分が同じイソ酪酸メチルの気相での軟X線吸収スペクトルを測定した。イソ酪酸メチルの軟X線吸収スペクトルは理論計算と実験が良く一致したことから、安息香酸メチルでの不一致は気相と薄膜という相の違いによるものと推定された。また4-メルカプト安息香酸の低温薄膜を試料として、紫外パルスレーザー励起によって生成した励起三重項状態からの軟X線吸収を測定することに成功した。

☆有機金属錯体の軟X線吸収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プ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。実験はSPring-8の軟X線ビームラインBL17SUで行った。本年度はアセチルアセトン-Ni錯体についての実験を行った。溶媒をアセトニトリル、ピリジン、クロロホルムと3種類用意して測定を行った結果、クロロホルムの場合だけ他の2つの溶媒中とは形状の異なるSXASとSXESが得られた。この原因については現在検討中であり、今後他の溶媒中でのスペクトルの測定も行って比較対象を増やすことにより詳細を明らかにしていく。

原著論文

- [1] K. Nagaya, K. Motomura, E. Kukk, H. Fukuzawa, S. Wada, T. Tachibana, Y. Ito, S. Mondal, T. Sakai, K. Matsunami, R. Koga, S. Ohmura, Y. Takahashi, M. Kanno, A. Rudenko, C. Nicolas, X.-J. Liu, Y. Zhang, J. Chen, M. Anand, Y. H. Jiang, D.-E. Kim, K. Tono, M. Yabashi, H. Kono, C. Miron, M. Yao, and K. Ueda; “Ultrafast dynamics of a nucleobase analogue illuminated by a

- short intense x-ray free electron laser pulse”, *Phys. Rev. X* **6**(2), 021035(1-9) (2016).
- [2] K. Nagaya, D. Iablonskyi, N.V. Golubev, K. Matsunami, H. Fukuzawa, K. Motomura, T. Nishiyama, T. Sakai, T. Tachibana, S. Mondal, S. Wada, K.C. Prince, C. Callegari, C. Miron, N. Saito, M. Yabashi, Ph.V. Demekhin, L.S. Cederbaum, A.I. Kuleff, M. Yao, and K. Ueda; “Interatomic Coulombic decay cascades in multiply excited neon clusters”, *Nature Commun.* **7**, 13477(1-6) (2016).
- [3] K. Nagaya, K. Motomura, E. Kukk, Y. Takahashi, K. Yamazaki, S. Ohmura, H. Fukuzawa, S. Wada, S. Mondal, T. Tachibana, Y. Ito, R. Koga, T. Sakai, K. Matsunami, K. Nakamura, M. Kanno, A. Rudenko, C. Nicolas, X.-J. Liu, C. Miron, Y. Zhang, Y. Jiang, J. Chen, M. Anand, D.-E. Kim, K. Tono, M. Yabashi, M. Yao, H. Kono, and K. Ueda; “Femtosecond charge and molecular dynamics of I-containing organic molecules induced by intense x-ray free-electron laser pulses”, *Faraday Discuss.* **194**, 537-562 (2016).
- © [4] H. Inui, O. Takahashi, A. Hiraya, “Theoretical study on X-ray absorption spectra and bond dynamics for core excitation from valence excited benzoic acids”, 2016 *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.elspec.2016.12.005>

国際会議

(一般講演)

- © [1] S. Wada, M. Ogawa, R. Koga, S. Hosoda, A. Hiraya; “Non-contact evaluation of molecular conductivity of organic monolayers utilizing core-excitation dynamics measurements”, 39th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX2016), (July 3-8 2016, Zurich, Switzerland).
- [2] K. Nagaya, K. Motomura, E. Kukk, Y. Takahashi, K. Yamazaki, S. Ohmura, H. Fukuzawa, S. Wada, S. Mondal, T. Tachibana, Y. Ito, R. Koga, T. Sakai, K. Matsunami, K. Nakamura, M. Kanno, A. Rudenko, C. Nicolas, X.-J. Liu, C. Miron, Y. Zhang, Y. Jiang, J. Chen, M. Anand, D.E. Kim, K. Tono, M. Yabashi, M. Yao, H. Kono, K. Ueda; “Ultrafast charge and nuclear dynamics of XFEL irradiated 5-iodouracil molecule studied by ion momentum spectroscopy combined with numerical simulations”, 39th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX2016), (July 3-8 2016, Zurich, Switzerland).
- [3] Y. Kumagai, W.Q. Xu, Z. Jurek, H. Fukuzawa, K. Motomura, D. Iablonski, 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, M. Yao, R. Santra, K. Ueda; “Time-resolved study of Ar nanoplasma induced by XFEL pulses”, 39th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX2016), (July 3-8 2016, Zurich, Switzerland).
- [4] 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. Umemoto, K. Kariyazono, E. Kukk, K. Kooser, C. Nicolas, C. Miron, T. Asavei, L. Neagu, M. Schoffler, G. Kastirke, X-J Liu, S. Owada, T. Katayama, T. Togashi, K. Tono, M. Yabashi, M. Yao, K. Ueda; “Femtosecond time-resolved study of nanoplasma formation in Xe clusters irradiated by XFEL pulses”, 39th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX2016), (July 3-8 2016, Zurich, Switzerland).

- [5] Z. Yin, I. Rajkovic, K. Kubicek, S. Thekku Veedu, D. Raiser, H. Fukuzawa, S. Wada, W. Quevedo, A. Pietzsch, P. Wernet, K. Ueda, A. Fohlisch, S. Techert; “Probing aqueous solution with soft X-ray spectroscopy”, 39th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX2016), (July 3-8 2016, Zurich, Switzerland).
- [6] 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. Umemoto, K. Kariyazono, E. Kukk, K. Kooser, C. Nicolas, C. Miron, T. Asavei, L. Neagu, M. Schoffler, G. Kastirke, X-J Liu, S. Owada, T. Katayama, T. Togashi, K. Tono, M. Yabashi, M. Yao and K. Ueda; “Femtosecond Time-resolved Study on Nanoplasma Dynamics of Xenon Clusters Irradiated with High Intensity Hard X-rays at SACLA”, the 20th International Conference on Ultrafast Phenomena,(July 17-22, 2016, Santa Fe, USA).
- [7] T. Takanashi, H. Fukuzawa, K. Motomura, K. Nagaya, S. Wada, Y. Kumagai, D. Iablonskyi, S. Mondal, Y. Ito, T. Tachibana, S. Yamada, Y. Sakakibara, D. You, T. Nishiyama, K. Matsunami, T. Sakai, K. Asa, Y. Sato, T. Umemoto, K. Kariyazono, S. Kajimoto, H. Sotome, E. Kukk, K. Kooser, C. Nicolas, C. Miron, M. Schoeffler, G. Kastirke, P. Johnsson, T. Asavei, L. Neagu, X.-J. Liu, S. Molodtsov, T. Togashi, K. Ogawa, S. Owada, T. Katayama, K. Tono, M. Yabashi, A. Rudenko, H. Fukumura, M. Yao, K. Ueda; “Time-resolved measurement for ultrafast molecular dynamics of diiodomethane using X-ray free-electron laser from SACLA”, The International Conference on Many Particle Spectroscopy of Atoms, Molecules, Clusters and Surfaces (MPS-2016), (August 23-26, 2016, Moscow, Russia).
- [8] 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, M. Yao T. Umemoto, K. Kariyazono, E. Kukk, K. Koser, C. Nicolas, C. Miron, T. Asavei, L. Neagu, M. Schoffler, G. Kastirke, X.-J. Liu, S. Owada, T. Katayama, T. Togashi, K. Tono, M. Yabashi, K. Gokhberg, A.I. Kuleff, L.S. Cederbaum, K. Ueda; “Femtosecond real-time study on nanoplasma formation in xenon cluster by XFEL pulses at SACLA”, The International Conference on Many Particle Spectroscopy of Atoms, Molecules, Clusters and Surfaces (MPS-2016), (August 23-26, 2016, Moscow, Russia).
- [9] K. Nagaya, K. Motomura, E. Kukk, S. Wada, H. Fukuzawa, S. Ohmura, S. Mondal, T. Tachibana, Y. Ito, R. Koga, T. Sakai, K. Matsunami, Y. Takahashi, M. Kanno, A. Rudenko, C. Nicolas, X.-J. Liu, C. Miron, Y. Zhang, Y. Jiang, J. Chen, M. Anand, D. E. Kim, K. Tono, M. Yabashi, H. Kono, M. Yao, K. Ueda; “Femtosecond Charge and Molecular Dynamics of I-contained organic molecules Induced by Intense X-Ray Free-Electron Laser Pulses”, Faraday Discussion meeting on Ultrafast Imaging of Photochemical Dynamics, (August 31 - September 2, 2016, Edinburgh, UK).
- [10] T. Takanashi, H. Fukuzawa, K. Motomura, K. Nagaya, S. Wada, Y. Kumagai, D. Iablonskyi, S. Mondal, Y. Ito, T. Tachibana, S. Yamada, Y. Sakakibara, D. You, T. Nishiyama, K. Matsunami, T. Sakai, K. Asa, Y. Sato, T. Umemoto, K. Kariyazono, Y. Takahashi, M. Kanno, K. Nakamura, K. Yamazaki, S. Kajimoto, H. Sotome, E. Kukk, K. Kooser, C. Nicolas, C. Miron, M. Schoffler, G. Kastirke, P. Johnsson, T. Asavei, L. Neagu, X.J. Liu, S. Molodtsov, T. Togashi, K. Ogawa, S. Owada, T. Katayama, K. Tono, M. Yabashi, A. Rudenko, H. Fukumura, M. Yao, H. Kono, K. Ueda; “Time-Resolved Observation of XFEL Induced Dynamics in CH₂I₂ Molecule”, International Workshop on Photoionization Resonant Inelastic X-ray Scattering (IWP-RIXS)

(March 26-31, 2017, Aussois, France).

- [11] 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. Umemoto, K. Kariyazono, E. Kukk, K. Koser, C. Nicolas, C. Miron, T. Asavei, L. Neagu, M. Schoffler, G. Kastirke, X-J Liu, S. Owada, T. Katayama, T. Togashi, K. Tono, M. Yabashi, K. Gokhberg, L.S. Cederbaum, A.I. Kuleff, K. Ueda; “Nanoplasma produced by a femtosecond hard-x-ray laser pulse in xenon clusters”, International Workshop on Photoionization Resonant Inelastic X-ray Scattering (IWP-RIXS) (March 26-31, 2017, Aussois, France).
- [12] M. Kamiyama, N. Yoshimura, H. Yoshida, Y. Horikawa, T. Tokushima; “Developments of helium path apparatus using a thin film window: soft x-ray spectroscopy of samples under atmospheric pressure”, The 21st Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (March 2-3, 2017, Higashi-Hiroshima, Japan).
- [13] N. Yoshimura, M. Kamiyama, H. Yoshida, Y. Horikawa, T. Tokushima; “Soft x-ray absorption measurements under He environment at HiSOR BL6”, The 21st Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (March 2-3, 2017, Higashi-Hiroshima, Japan).
- [14] H. Inui, O. Takahashi, A. Hiraya, “X-ray absorption spectra and doubly excited potential curves in core excitations from valence excited benzoic acid and methyl ester”, 39th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX2016), (July 3-8 2016, Zurich, Switzerland).
- [15] A. Hiraya, S. Nagashima, O. Takahashi, “Core-excitation from excited triplet states of quinones and aromatic aldehydes: X-ray absorption spectra and doubly excited potential curves”, “39th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX2016), (July 3-8 2016, Zurich, Switzerland).

国内学会

(一般講演)

- ◎[1] 仮屋菌寛悟, 梅本嵩之, 小野寺恒信, 及川英俊, 五月女光, 梶本真司, 福村裕史, 上田 潔, 和田真一, 平谷篤也: 「ジアセチレンナノ結晶固相光重合初期過程のサブピコ秒過渡吸収分光」, 第10回分子科学討論会, (2016年9月13-15日, 神戸市).
- [2] 高梨 司, 福澤宏宣, 本村幸治, 永谷清信, 和田真一, 熊谷嘉晃, Denys Iablonskyi, Subhendu Mondal, 伊藤雄太, 立花徹也, 山田周平, 榊原悠太, Daehyun You, 西山俊幸, 松波健司, 酒井 司, 浅 和貴, 佐藤由比呂, 梅本嵩之, 仮屋菌寛悟, 梶本真司, 五月女光, Edwin Kukk, Kuno Kooser, Christophe Nicolas, Catalin Miron, Markus Schoffler, Gregor Kastirke, Per Johnsson, Theodor Asavei, Liviu Neagu, Xiao-Jing Liu, Serguei Molodtsov, 富樫 格, 小川 奏, 大和田成起, 片山哲夫, 登野健介, 矢橋牧名, Artem Rudenko, 福村裕史, 八尾 誠, 上田 潔: 「X線自由電子レーザーを用いたジヨードメタンにおける光誘起分子過程の時間分解測定」, 第10回分子科学討論会, (2016年9月13-15日, 神戸市).
- [3] 西山俊幸, Christoph Bostedt, Kenneth R. Ferguson, Christopher Hutchison, 永谷清信, 福澤宏宣, 本村幸治, 和田真一, 酒井 司, 松波健司, 佐藤由比呂, 立花徹也, 伊藤雄太, Weiqing Xu, Subhendu Mondal, 梅本嵩之, Christophe Nicolas, Catalin Miron, 亀島 敬, 城地保昌, 登野健介, 初井宇記, 矢橋牧名, 上田 潔: 「SACLAのシングルショットX線回折による単一Xeクラスターの形状解析 II」, 物理学会2016年秋季大会, (2016年9月

13-16日, 金沢市).

- ◎[4] 和田真一, 古賀亮介, 小川 舞, 細田隼輝, 平谷篤也:「内殻励起ダイナミクス計測から探る自己組織化有機単分子膜の高速電荷移動評価」, 第67回コロイドおよび界面化学討論会, (2016年9月22-24日, 旭川市).
- [5] 熊谷嘉晃, 福澤宏宣, 本村幸治, Denys Iablonskyi, 永谷清信, 和田真一, 伊藤雄太, 高梨 司, 榊原悠太, Daehyun You, 西山俊幸, 浅 和貴, 佐藤由比呂, 梅本嵩之, 仮屋菌寛悟, Edwin Kukk, Kuno Kooser, Christophe Nicolas, Catalin Miron, Theodor Asavei, Liviu Neagu, Markus Schoffer, Gregor Kastirke, Xiao-jing Liu, 大和田成起, 片山哲夫, 富樫 格, 登野健介, 矢橋牧名, Kirill Gokhberg, Lorenz S. Cederbaum, Alexander I. Kuleff, 上田 潔:「XFEL誘起によるナノプラズマ生成」, 第30回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (2017年1月7-9日, 神戸市).
- [6] 西山俊幸, Christoph Bostedt, Kenneth R. Ferguson, Christopher Hutchison, 永谷清信, 福澤宏宣, 本村幸治, 和田真一, 佐藤由比呂, 酒井 司, 松波健司, 立花徹也, 伊藤雄太, Weiqing Xu, Subhendu Mondal, 梅本嵩之, Christophe Nicolas, Catalin Miron, 亀島 敬, 城地保昌, 登野健介, 初井宇記, 矢橋牧名, 松田和博, 上田 潔:「SACLAのシングルショットX線回折による単一Xeクラスターの形状解析」, 第30回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (2017年1月7-9日, 神戸市).
- [7] 熊谷嘉晃, 福澤宏宣, 本村幸治, Denys Iablonskyi, 永谷清信, 和田真一, 伊藤雄太, 高梨司, 榊原悠太, Daehyun You, 西山俊幸, 浅 和貴, 佐藤由比呂, 梅本嵩之, 仮屋菌寛悟, Edwin Kukk, Kuno Kooser, Christophe Nicolas, Catalin Miron, Theodor Asavei, Liviu Negau, Markus Schoeffler, Gregor Kastirke, Xiao-Jing Liu, 大和田成起, 片山哲夫, 富樫格, 登野健介, 矢橋牧名, Kirill Gokhberg, Lorenz Cederbaum, Alexander Kuleff, 上田 潔:「キセノンクラスターへのX線自由電子レーザー照射によるナノプラズマ生成」, 日本物理学会第72回年次大会, (2017年3月17-20日, 豊中市).
- [8] 浅 和貴, 熊谷嘉晃, 西山俊幸, 酒井 司, 八瀬哲志, 松波健司, 福澤宏宣, 本村幸治, Weiqing Xu, 和田真一, 林下弘憲, 齋藤則生, 矢橋牧名, 上田 潔, 永谷清信:「電子密度不均一性に起因するナノプラズマ共鳴加熱の遅延時間依存性」, 日本物理学会第72回年次大会, (2017年3月17-20日, 豊中市).

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	11 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	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	0 件

セミナー・講演会開催実績

- [1] 吉田啓晃: 第30回理学研究科サイエンスカフェ (実行委員) (2016年5月21日, 広島大学, 東広島市)

- [2] 吉田啓晃：第 31 回理学研究科サイエンスカフェ（実行委員）（2016 年 8 月 2 日，広島大学，東広島市）

社会活動・学外委員

○学協会委員

- [1] 吉田啓晃：青少年のための科学の祭典第 22 回広島大会 推進委員
[2] 和田真一：第 30 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 22 回広島大会（2016 年 10 月 29-30 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 利用研究課題審査委員会長期利用分科会・委員
[2] 平谷篤也：高輝度光科学研究センター パートナーユーザー審査委員会・委員
[3] 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
[4] 和田真一：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(C)（代表）1,430千円
[2] 和田真一：科学研究費補助金基盤研究(B)（分担）50千円
[3] 和田真一：文部科学省 X線自由電子レーザー重点戦略研究課題（分担）1,100千円
[4] 和田真一：平成28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）140千円

その他特記すべき事項

○プレスリリース

- [1] 和田真一：「X線自由電子レーザーの超短パルスでリボ核酸塩基分子中の電荷と原子の動きを可視化！ ヨウ化ウラシルによる放射線増感効果の機構解明」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（2016年6月17日）.
[2] 和田真一：「原子の集団が数珠つなぎに電子を放出する！ 一極紫外自由電子レーザーで誘起される新現象解明」東北大学，京都大学，広島大学，産業技術総合研究所，理化学研究所，高輝度光科学研究センター（2016年12月25日）.

○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) 平成28年度の特徴ある研究成果

- ・近藤絶縁体 YbB_{12} にトポロジカル表面状態を発見: 電子間の多体効果により半導体となる近藤絶縁体である 12 硼化イッテルビウム YbB_{12} 単結晶の表面を原子 1 個レベルで平坦化・清浄化し, この物質がトポロジカル近藤絶縁体となっていることを発見した。トポロジカル近藤絶縁体の候補物質は 1 種類のみが知られていたが, 本研究により新たな候補が出現したことになり, 次世代の半導体素子における無散逸電流による省エネルギー伝導やスピントロニクス技術等への応用に役立つと期待される。この成果は英国の科学雑誌ネイチャー・コミュニケーションズに掲載された (Nature Communications 7, 12690 (2016))。
- ・トポロジカル超伝導候補物質 BiPd の検証: トポロジカル超伝導物質の候補物質として注目を集めていた中心対称性の敗れた超伝導物質である BiPd の電子状態を角度分解光電子分光とスピン分解光電子分光で詳細に観測し, スピン偏極したトポロジカル表面状態はフェルミレベルより十分高い束縛エネルギーにあり, BiPd がトポロジカル超伝導物質ではないことを証明した。本研究結果は, 今後のトポロジカル絶縁体の研究に対する新たな指針を与えるものと期待される (Nature Communications 7, 13315 (2016))。
- ・DNA 損傷を受けた際に, 細胞が DNA 修復に関わるヒストンタンパク質の構造を変化させることを発見した。この成果は, Journal of Radiation Research に掲載され, 第 59 回放射線化学討論会 若手優秀講演賞の受賞につながった。

(3) 平成28年度の共同研究の状況

- ・共同研究の国際公募を行い, 120 課題を採択した。
- ・受入人数 240 人 (実人数) のうち, 学内者 77 人 (32%), 学外者 163 人 (68%) である。このうち海外研究機関からは 43 人 (18%) を受け入れている。課題申請を行った研究機関別の内訳では, 国立大学が 17 機関, 公私立大学が 8 機関, 公的研究機関および企業が 5 機関, 外国が 18 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

本センターは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ーの開発研究を進めている。平成28年度は, 100ナノメートル (10000分の1ミリ) の超高精度で試料を移動させることができる 4 軸フルクローズド制御システムマニピュレーターをレーザー励起の角度分解光電子分光装置に組み込み, 空間分解能を高めたマッピング技術を進展させた。また, ここで開発されたマニピュレーターは協力企業により実用化され広く社会で利用可能となった。

・物質・材料研究機構

真空紫外線域の光電子分光と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。この実験ステーションでは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。平成28年度もこの実験ステーションは広く

共同利用に供され、強相関物質、ハーフメタル、半導体界面電子構造などの研究に重要な貢献をしている。

(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。平成 28 年度は励起光エネルギー変更が容易にできるように LabVIEW を用いた新しい分光器制御ソフトを開発した。高速反射電子線回折装置を用いて原子層レベルでの膜厚制御できるように実験準備槽を整備した。
- ・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 (~10eV) 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。
- ・高効率スピン角度分解光電子分光ビームライン (BL-9B) では、世界有数の高分解能を誇る 3 次元スピン構造解析装置を安定的に稼働させ共同利用・共同研究に供している。ビームラインの分光器制御プログラムを更新し、光エネルギー変更の効率化および簡便化を図り、共同研究における効率化を進めた。
- ・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。シュワルツシルトミラーを用いた集光システムを構築することで、放射光の微小スポット化($\phi=20\mu\text{m}$)を実現した。これにより、測定に必要な溶液量を従来よりも 20 分の 1 に減少させることができた。溶液試料をマウントする光学結晶のデザインを改良することで試料交換時間の短縮など、共同利用・共同研究のデータの質の向上と研究の効率化を実現した。
- ・高輝度紫外線レーザーを活用し、将来計画に向け超高分解能角度分解光電子分光要素技術の開発研究を行っている。平成 28 年度は高精度 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を整備し、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た。国際共同研究を開始し、英国ダイヤモンド放射光施設との研究成果が論文として公表された。(成果論文: Matthew D. Watson et al., J. Phys. Soc. Jpn. 86, 053703 (2017)。英国ダイヤモンド放射光施設との国際共同研究)

(6) 第21回広島放射光国際シンポジウムおよびワークショップの開催

「真空紫外放射光を活用した物質科学与生命科学研究の現状と将来展望」と題して、21回目の国際シンポジウムを開催した。国内外から第一線で活躍する研究者を招聘し(国内1名、海外8名(米国、英国、スイス、イタリア、ロシア、韓国))、最新の研究動向について講演を依頼した。また、HiSORの教員が重点分野の現状と将来展望について口頭発表し、招待講演者・参加者と活発に議論した。ポスターセッションでは、平成28年度の共同利用・共同研究の成果を中心に43件(うち学生発表28件)の発表があった。今回、新たな試みとして、ポスター発表をする学生が1分程度の英語口頭発表を行うFlash Poster Sessionを設けた。広島大学(理学研究科、工学研究科)、岡山大学、山口大学、大阪大学、慶應義塾大学、茨城大学の学生26人が参加し、英語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、従来以上に活発な研究討論が行われた。学生による口頭・ポスター発表を国内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3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97名（学内64名，学外33名（うち海外8名））であった。

本国際シンポジウムは，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を受け，高エネルギー加速器研究機構の大学等連携支援事業からの支援，日本放射光学会からの協賛を得て実施した。

広島円二色性国際ワークショップ（2月28日 参加者総数24名）と広大放射光源加速器次期計画のためのミニワークショップ（3月3日 参加者総数8名）を開催し，それぞれの分野で専門的な議論を深めるとともに，HiSORの将来計画についての意見交換を行った。

(7) 放射光科学院生実験の実施：大学院教育への貢献

平成28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8人，岡山大学10人）。

原著論文

- ◎[1] H. Anzai, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, M. Ishikado, K. Fujita, S. Ishida, S. Uchida, A. Ino: “Doping- and momentum-dependent superconducting gap of bilayer cuprate $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ revealed using low-energy ARPES”, *Advances in Engineering Research* **85**, 579-583 (2016).
- ◎[2] H. Anzai, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, M. Ishikado, K. Fujita, S. Ishida, S. Uchida, A. Ino: “Nodal gap energy in high- T_c cuprate superconductors: A new paradigm”, *Advances in Engineering Research* **85**, 495-503 (2016).
- [3] J. He, T. R. Mion, S. Gao, G. T. Myers, M. Arita, K. Shimada, G. D. Gu, R.-H. He: “Angle-resolved photoemission with circularly polarized light in the nodal mirror plane of under doped $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ superconductor”, *Appl. Phys. Lett.* **109**(18), 182601(5p) (2016).
- [4] Y. Izumi, K. Fujii, F. Wien, C. Houee-Levin, S. Lacombe, D. Salado-Leza, E. Porcel, R. Masoud, S. Yamamoto, M. Refregiers, MAH du Penhoat, A. Yokoya: “Structure change from beta-strand and turn to alpha-helix in histone H2A-H2B induced by DNA damage response”, *Biophys. J.* **111**(1), 69-78 (2016).
- ◎[5] A. Liang, C. Chen, Z. Wang, Y. Shi, Ya Feng, H. Y. Z. Xie, S. He, J. He, Y. Peng, Y. Liu, D. Liu, C. Hu, L. Zhao, G. Liu, X. Dong, J. Zhang, M. Nakatake, H. Iwasawa, K. Shimada, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, Z. Xu, C. Chen, H. Weng, X. Dai, Z. Fang, X.-J. Zhou: “Electronic structure, Dirac points and Fermi arc surface states in three-dimensional Dirac semimetal Na_3Bi from angle-resolved photoemission spectroscopy”, *Chin. Phys. B* **25**(7), 077101(13p) (2016).
- [6] H. Yano, T. Okuda, S. Nakai, W. Nishijima, T. Tanimoto, S. Asaoka, S. Hayakawa, S. Nakashima: “Mechanisms of solidification and subsequent embrittlement of dephosphorization slag used in a subtidal zone as an alternative to sea sand and prevention of solidification by adding dredged soil”, *Clean Technol. Environ. Policy* **18**(4), 1167-1176 (2016).
- ◎[7] R. Choudhary, T. Komesu, P. Kumar, P. Manchanda, K. Taguchi, T. Okuda, K. Miyamoto, P. A. Dowben, R. Skomski, A. Kashyap: “Exchange coupling and spin structure in cobalt-on-chromia thin films”, *Eur. Phys. Lett.* **115**(1), 17003(4p) (2016).
- [8] S. Matsuba, T. Hayakawa, T. Shizuma, N. Nishimori, R. Nagai, M. Sawamura, C. T. Angell, M. Fujiwara, R. Hajima: “Enhanced diffraction of MeV gamma-rays by mosaic crystals”, *Jpn. J.*

- Appl. Phys.* **55**(11), 112402(4p) (2016).
- ©[9] I. Tanabe, T. Komesu, D. Le, T. B. Rawal, E. F. Schwiier, M. Zheng, Y. Kojima, H. Iwasawa, K. Shimada, T. S. Rahman, P. A. Dowben: “The symmetry-resolved electronic structure of 2H-WSe₂(0001)”, *J. Phys.: Condens. Matter* **26**(34), 345503(10p) (2016).
- ©[10] T. Komesu, X. Huang, T. R. Paudel, Y. B. Losovyj, X. Zhang, E. F. Schwiier, Y. Kojima, M. Zheng, H. Iwasawa, K. Shimada, M. I. Saidaminov, D. Shi, A. Abdelhady, O. M. Bakr, S. Dong, E. Y. Tsybal, P. A. Dowben: “Surface electronic structure of hybrid organo lead bromide perovskite single crystals”, *J. Phys. Chem. C* **120**(38), 21710-21715 (2016).
- [11] H. I. Tanaka, K. Suekuni, K. Umeo, T. Nagasaki, H. Sato, G. Kutluk, E. Nishibori, H. Kasai, T. Takabatake: “Metal–semiconductor transition concomitant with a structural transformation in tetrahedrite Cu₁₂Sb₄S₁₃”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **85**(1), 014703(6p) (2016).
- ©[12] N. Saitou, Y. Hirano, M. Sawada, H. Namatame, M. Taniguchi, T. Taniguchi, Y. Matsumoto, M. Hara: “Magnetic proximity effects between single-layer Mn-doped titania nanosheets and Fe overlayers”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **85**(3), 035002(2p) (2016).
- ©[13] M. Sunagawa, K. Terashima, T. Hamada, H. Fujiwara, T. Fukura, A. Takeda, M. Tanaka, H. Takeya, Y. Takano, M. Arita, K. Shimada, H. Namatame, M. Taniguchi, K. Suzuki, H. Usui, K. Kuroki, T. Wakita, Y. Muraoka, T. Yokoya: “Observation of a hidden hole-like band approaching the Fermi level in K-doped iron selenide superconductor”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **85**(7), 073704(5p) (2016).
- ©[14] M. Horio, T. Adachi, Y. Mori, A. Takahashi, T. Yoshida, H. Suzuki, L. C. C. Ambolode II, K. Okazaki, K. Ono, H. Kumigashira, H. Anzai, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, D. Ootsuki, K. Sawada, M. Takahashi, T. Mizokawa, Y. Koike, A. Fujimori: “Suppression of the antiferromagnetic pseudogap in the electron-doped high-temperature superconductor by protect annealing”, *Nature Commun.* **7**, 10567(7p) (2016).
- [15] P. K. Das, D. Di Sante, I. Vobornik, J. Fujii, T. Okuda, E. Bruyer, A. Gyenis, B. E. Feldman, J. Tao, R. Ciancio, G. Rossi, M. N. Ali, S. Picozzi, A. Yazdani, G. Panaccione, R. J. Cava: “Layer-dependent quantum cooperation of electron and hole states in the anomalous semimetal WTe₂”, *Nature Commun.* **7**, 10847(7p) (2016).
- ©[16] K. Hagiwara, Y. Ohtsubo, M. Matsunami, S. Ideta, K. Tanaka, H. Miyazaki, J. Rault, P. Le Fevre, F. Bertran, A. Taleb-Ibrahimi, R. Yukawa, M. Kobayashi, K. Horiba, H. Kumigashira, K. Sumida, T. Okuda, F. Iga, S. Kimura: “Surface Kondo effect and non-trivial metallic state of the Kondo insulator YbB₁₂”, *Nature Commun.* **7**, 12690(7p) (2016).
- ©[17] M. Neupane, N. Alidoust, M. M. Hosen, J.-X. Zhu, K. Dimitri, S.-Y. Xu, N. Dhakal, R. Sankar, I. Belopolski, D. S. Sanchez, T.-R. Chang, H.-T. Jeng, K. Miyamoto, T. Okuda, H. Lin, A. Bansil, D. Kaczorowski, F. Chou, M. Z. Hasan, T. Durakiewicz: “Observation of the spin-polarized surface state in a noncentrosymmetric superconductor BiPd”, *Nature Commun.* **7**, 13315(7p) (2016).
- [18] Y. Iwata, T. Fujimoto, S. Matsuba, T. Fujita, S. Sato, T. Furukawa, Y. Hara, K. Mizushima, Y. Saraya, R. Tansho, N. Saotome, T. Shirai, K. Noda: “Beam commissioning of a superconducting rotating-gantry for carbon-ion radiotherapy”, *Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A* **834**, 71-80 (2016).
- ©[19] K. Miyamoto, H. Wortelen, H. Mirhosseini, T. Okuda, A. Kimura, H. Iwasawa, K. Shimada, J.

- Henk, M. Donath: “Orbital-symmetry-selective spin characterization of Dirac-cone-like state on W(110)”, *Phys. Rev. B* **93**(16), 161403R(5p) (2016).
- [20] C. Seibel, J. Braun, H. Maass, H. Bentmann, J. Minar, T. V. Kuznetsova, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, T. Okuda, H. Ebert, F. Reinert: “Photoelectron spin polarization in the Bi₂Te₃(0001) topological insulator: Initial- and final-state effects in the photoemission process”, *Phys. Rev. B* **93**(24), 245150(8p) (2016).
- ©[21] T. Sugimoto, D. Ootsuki, E. Paris, A. Iadecola, M. Salome, E. F. Schwier, H. Iwasawa, K. Shimada, T. Asano, R. Higashinaka, T. D. Matsuda, Y. Aoki, N. L. Saini, T. Mizokawa: “Localized and mixed valence state of Ce 4f in superconducting and ferromagnetic CeO_{1-x}F_xBiS₂ revealed by x-ray absorption and photoemission spectroscopy”, *Phys. Rev. B* **94**(8), 081106R(5p) (2016).
- ©[22] H. Yamaoka, Y. Yamamoto, E. F. Schwier, N. Tsujii, M. Yoshida, Y. Ohta, H. Sakurai, J.-F. Lin, N. Hiraoka, H. Ishii, K.-D. Tsuei, M. Arita, K. Shimada, J. Mizuki: “Pressure-induced phase transition in LaCo₅ studied by x-ray emission spectroscopy, x-ray diffraction, and density functional theory”, *Phys. Rev. B* **92**(16), 165156(5p) (2016).
- ©[23] R. Yukawa, K. Ozawa, S. Yamamoto, H. Iwasawa, K. Shimada, E. F. Schwier, K. Yoshimatsu, H. Kumigashira, H. Namatame, M. Taniguchi, I. Matsuda: “Phonon-dressed two-dimensional carriers on the ZnO surface”, *Phys. Rev. B* **94**(16), 165313(5p) (2016).
- ©[24] T. Warashina, M. Nurmamat, K. Miyamoto, T. Shishidou, M. Taniguchi, A. Kimura, T. Okuda: “Hidden Rashba spin-split states in a quasi-one-dimensional Au atomic chain on ferromagnetic Ni(110)”, *Phys. Rev. B* **94**(24), 241109R(5p) (2016).
- [25] E. Annese, T. Kuzumaki, B. Muller, Y. Yamamoto, H. Nakano, H. Kato, A. Araki, M. Ohtaka, T. Aoki, H. Ishikawa, T. Hayashida, J. R. Osiecki, K. Miyamoto, Y. Takeichi, A. Harasawa, K. Yaji, T. Shirasawa, K. Nittoh, W. Yang, K. Miki, T. Oda, H. W. Yeom, K. Sakamoto: “Nonvortical Rashba spin structure on a surface with C_{1h} symmetry”, *Phys. Rev. Lett.* **117**(11), 16803(5p) (2016).
- ©[26] S. Ito, B. Feng, M. Arita, A. Takayama, R.-Y. Liu, T. Someya, W.-C. Chen, T. Iimori, H. Namatame, M. Taniguchi, C.-M. Cheng, S.-J. Tang, F. Komori, K. Kobayashi, T.-C. Chiang, I. Matsuda: “Proving nontrivial topology of pure bismuth by quantum confinement”, *Phys. Rev. Lett.* **117**(23), 236402(6p) (2016).
- ©[27] T. Kondo, M. Ochi, M. Nakayama, H. Taniguchi, S. Akebi, K. Kuroda, M. Arita, S. Sakai, H. Namatame, M. Taniguchi, Y. Maeno, R. Arita, S. Shin: “Orbital-dependent band narrowing revealed in an extremely correlated Hund’s metal emerging on the topmost layer of Sr₂RuO₄”, *Phys. Rev. Lett.* **117**(24), 247001(6p) (2016).
- [28] S. Hosokawa, H. Sato, M. Nakatake, N. Nishiyama: “Electronic structures of Pd₃₀Pt_{17.5}Cu_{32.5}P₂₀ bulk metallic glass”, *Phys. Stat. Solidi B* **253**(14), 676-682 (2016).
- [29] M. Pukancsik, A. Orban, K. Nagy, K. Matsuo, K. Gekko, D. Maurin, D. Hart, I. Kezsmarki, B. G. Vertessy: “Secondary structure prediction of protein constructs using random incremental truncation and vacuum-ultraviolet CD spectroscopy”, *PLOS ONE* **11**(6), e0156238(17p) (2016).
- ©[30] K. Matsuo, Y. Maki, H. Namatame, M. Taniguchi, K. Gekko: “Conformation of membrane-bound proteins revealed by vacuum-ultraviolet circular-dichroism and linear-dichroism spectroscopy”, *Proteins* **84**(3), 349-359 (2016).

- [31] H. Hoshina, H. Suzuki, C. Otani, M. Nagai, K. Kawase, A. Irizawa, G. Isoyama: “Polymer morphological change induced by terahertz irradiation”, *Sci. Rep.* **6**, 27180 (6p) (2016).
- [32] S. Sinn, C. H. Kim, B. H. Kim, K. D. Lee, C. J. Won, J. S. Oh, M. Han, Y. J. Chang, N. Hur, H. Sato, B.-G. Park, C. Kim, H.-D. Kim, T. W. Noh: “Electronic structure of the Kitaev material α -RuCl₃ probed by photoemission and inverse photoemission spectroscopies”, *Sci. Rep.* **6**, 39544 (7p) (2016).

国際会議

(招待講演)

- [1] T. Okuda, “Exploration of hidden spin polarized electron by high-resolution spin- and angle-resolved photoemission”, Symposium on Surface Science & Nanotechnology -25th Anniversary of SSSJ Kansai, 24-25th January 2017 Kyoto, Japan.
- [2] K. Miyamoto, “Spin polarization of Dirac-cone surface state at W(110): Influence of linear and circular polarized light” ,Energy Materials Nanotechnology Meeting (Prague, Czech Republic, 2016.6.21-24)
- [3] Koichi Matsuo, “Protein structural analysis by synchrotron-radiation circular-dichroism spectroscopy”, Japan-Korea Student Workshop (Hiroshima University – Pusan National University), (Higashi-Hiroshima, Hiroshima, Japan, 2016/11/24-26)
- [4] Koichi Matsuo, “New developments in the structure analysis of biomolecules using synchrotron-radiation vacuum-ultraviolet circular dichroism”, The 13th International School and Symposium on Synchrotron Radiation in Natural Science (ISSRNS’2016), (Ustroń, Poland, 2016/6/ 13-18)
- [5] K. Kawase, “Characterizations of THz-FEL at ISIR, Osaka University”, 8th Asian Forum for Accelerators and Detectors (AFAD2017), (Lanzhou, China, 2017. 1.16 – 18).

(一般講演)

- ◎[1] H. Sato, H. Nagata, F. Iga, Y. Osanai, K. Mimura, H. Anzai, K. Ichiki, S. Ueda, T. Takabatake, A. Kondo, K. Kindo, K. Shimada, H. Namatame, M. Taniguchi, “Different valence states of Tm in YbB₆ and YB₆”, 39th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX2016), (Zurich, Switzerland, 2016.7.3-8)
- ◎[2] K. Ichiki, T. Matsumoto, H. Anzai, R. Takeshita, K. Abe, S. Ishihara, T. Uozumi, H. Sato, A. Rousuli, S. Ueda, Y. Taguchi, K. Shimada, H. Namatame, M. Taniguchi, S. Hamano, A. Mitsuda, H. Wada, K. Mimura, “Valence transition in Eu(Rh_{1-x}Co_x)₂Si₂ studied by hard x-ray photoemission spectroscopy”, 39th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX2016), (Zurich, Switzerland, 2016.7.3-8)
- ◎[3] S. Ishihara, K. Ichiki, K. Abe, T. Matsumoto, K. Mimura, H. Sato, M. Arita, E. F. Schwier, H. Iwasawa, K. Shimada, H. Namatame, M. Taniguchi, K. Hiraoka, H. Anzai, “Hybridization effect in sub-surface region of YbInCu₄”, 39th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX2016), (Zurich, Switzerland, 2016.7.3-8)
- ◎[4] H. Sato, Y. Utsumi, K. Katoh, K. Mimura, S. Ueda, H. Yamaoka, K. Umeo, K. Shimada, H. Namatame, M. Taniguchi, “Yb valence state in Yb₅Rh₄Ge₁₀”, 20th International Conference on Ternary and Multinary Compounds (ICTMC20), (Halle, Germany, 2016.9.5-9)
- ◎[5] H. Anzai, K. Ichiki, H. Sato, E. F. Schwier, H. Iwasawa, K. Shimada, H. Namatame, M. Taniguchi, A. Mitsuda, H. Wada, K. Mimura, “Hybridization phenomena in valence-transition

- system EuPtP revealed by angle-resolved photoemission spectroscopy”, 20th International Conference on Ternary and Multinary Compounds (ICTMC20), (Halle, Germany, 2016.9.5-9)
- ©[6] Y. Okuda, K. Miyamoto, K. Sumida, K. Taguchi, T. Yoshikawa, N. Takagi, R. Arafune, and T. Okuda, “Change of electronic structure of Ir(111) by Pb adsorption”, 39th International Conference on Vacuum Ultra Violet and X-ray Physics (VUVX2016), 3-8, July 2016, Zurich, Switzerland.
- [7] T. Okuda, “Spin-polarized photoemission at BL-9B;The progress and present status”, 20th HiSOR symposium, 10-11, March 2016, Hiroshima, Japan.
- [8] Wu Shilong, “Direct Evidence of Hidden Local Spin Polarization in Novel Superconductor LaO_{0.55}F_{0.45}BiS₂” Symposium on Surface Science & Nanotechnology -25th Anniversary of SSSJ Kansai (SSSN-Kansai) An international symposium for the 25th anniversary of the Kansai branch of the Surface Science Society of Japan Kyoto International Community House (kokoka), Japan January 24-25, 2017
- [9] Wu Shilong, “Direct observation of hidden local Rashba spin polarization in novel superconductor La_{0.54}F_{0.46}BiS₂ “,The 21st Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Best Student Poster Award)(Hiroshima University Faculty Club, March 2-3, 2017)
- [10] Koichi Matsuo, Robert W. Woody, “Characterization of intermolecular structure of $\beta(2)$ -microglobulin core fragments in amyloid fibrils by vacuum-ultraviolet circular dichroism spectroscopy and circular dichroism theory”, CSU Biochemistry and Molecular Biology Department Symposium, (CSU Mountain Campus, USA, 2016.8.11-12)
- [11] Koichi Matsuo, “Present Status and Future Plan of VUVCD Spectrophotometer”, The 21st Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (Higashi-Hiroshima, Hiroshima, Japan, 2017.3.2-3)
- ©[12] Koichi Matsuo, Hirofumi Namatame, Masaki Taniguchi, Kunihiko Gekko, “Solution Structures and Hydration of Monosaccharides Characterized by Vacuum-Ultraviolet Electronic Circular-Dichroism Spectroscopy”, Molecular Chirality Asia 2016, (Osaka, Japan, 2016.4.20-22)
- ©[13] Y. Izumi and K. Matsuo, “VUV-CD measurements of methylated histone H3”, The 21st Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (Higashi-Hiroshima, Hiroshima, Japan, 2017.3.2-3)
- ©[14] Satoshi Yamamoto, Yudai Izumi, Kai Nishikubo, Koichi Matsuo, Kentaro Fujii, Akinari Yokoya, “Study of structural alteration of after ionizing irradiation chromosomal proteins induced by post-translational modification”, The 21st Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (Higashi-Hiroshima, Hiroshima, Japan, 2017.3.2-3)
- ©[15] Munehiro Kumashiro, Koichi Matsuo, Yudai Izumi, Hirofumi Namatame, Masaki Taniguchi, “Conformation of Membrane-Bound Myelin Basic Protein Characterized by Vacuum-Ultraviolet Circular-Dichroism Spectroscopy”, The 21st Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Hiroshima, Japan, 2017.3.2-3)
- ©[16] W. Tadano, M. Sawada, H. Namatame, M. Taniguchi, “Magnetic interlayer coupling in Fe/h-BN/Ni(111) structure probed by means of soft X-ray magnetic circular dichroism” 39th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX2016) 3 - 8 July 2016, ETH Zurich, Switzerland

国内学会

(招待講演)

- [1] 奥田太一:「スピン分解光電子分光で探る『隠されたスピン分裂状態』」, UVSOR シンポジウム, (分子化学研究所 UVSOR, 2016年10月29-30日) .
- [2] 奥田太一:「高効率スピン分解光電子分光装置の開発と表面スピン電子状態研究」,九州表面・真空研究会2016 (兼) 第21回九州薄膜表面研究会, 2016年7月11日. 九州大学
- [3] 奥田太一:「高効率・高分解能スピン分解光電子分光で探る新奇表面スピン物性」, 第9回「量子現象利用デバイス技術分科会」(一般社団法人 電子情報技術産業協会(JEITA), 東京, 2016年9月1日)
- [4] 奥田太一:「VLEED 型スピン検出器によるスピン分解 ARPESの現状」, 第4回JASRIワークショップ「軟X線光電子分光における角度分解測定の実状とスピン分解測定への展開」, (SPRING-8, 2017年2月22日)
- [5] 松尾光一:「放射光円二色性によるタンパク質構造解析の現状」, 第4回キラル研究会, (京都大学, 2016年12月10-11日)
- [6] 松尾光一:「放射光真空紫外円二色性を用いた生体分子構造解析」, 東北大学・薬学セミナー, (東北大学, 2016年5月25日)

(一般講演)

- [1] 阿部晃大, 石原涼奈, 市木勝也, 安齋太陽, 松本孝之, 魚住孝幸, 佐藤 仁, A. Rousuli, 上田茂典, 田口幸広, 安次富洋介, 赤嶺 拓, 仲村 愛, 辺土正人, 仲間隆男, 大貫惇睦, 三村功次郎:「硬X線光電子分光による強磁性体EuPd₂, EuPt₂の電子状態の研究」日本物理学会2016年秋季大会, (金沢大学, 2016年9月13-16日)
- ◎[2] 山口智也, 大滝祐輔, 石川 諒, 黒田眞司, D. Fan, 秋山了太, 長谷川修司, 宮本幸治, 佐藤 仁, 木村昭夫:「トポロジカル結晶絶縁体(Pb,Sn)Te薄膜の角度分解光電子分光による表面状態観察」日本物理学会2016年秋季大会, (金沢大学, 2016年9月13-16日)
- ◎[3] 福良哲司, 脇田高德, 藤原孝将, 寺嶋健成, 佐藤 仁, 生天目博文, 谷口雅樹, 池田 直, 村岡祐治, 横谷尚睦:「YbFe₂O₄の共鳴逆光電子分光」日本物理学会2016年秋季大会, (金沢大学, 2016年9月13-16日)
- ◎[4] 石原涼奈, 市木勝也, 阿部晃大, 松本孝之, 三村功次郎, 佐藤 仁, 有田将司, E. F. Schwier, 岩澤英明, 島田賢也, 生天目博文, 谷口雅樹, T. Zhuang, 平岡耕一, 安齋太陽:「角度分解光電子分光法を用いたYbInCu₄のsub-surface領域における混成効果」日本物理学会2016年秋季大会, (金沢大学, 2016年9月13-16日)
- [5] 横道啓省, 和田 徹, 植松直之, 石井克弥, 林 健人, 伊賀文俊, 桑原慶太郎, 佐藤桂輔, 佐藤 仁, 伊藤晋一, 横尾哲也, 井深壮史, 近藤晃弘, 金道浩一:「近藤半導体Yb_{1-x}R_xB₁₂ (R=Lu,Zr,Y) のギャップレス状態からのYbB₁₂の近藤温度評価」日本物理学会2016年秋季大会, (金沢大学, 2016年9月13-16日)
- ◎[6] 三村功次郎, 魚住孝幸, 佐藤 仁, 上田茂典, 光田暁弘, 田口幸広, 島田賢也, 生天目博文, 谷口雅樹:「バルクEu 3d内殻スペクトルから見たEuPd₂Si₂の温度誘起価数転移」日本物理学会2016年秋季大会, (金沢大学, 2016年9月13-16日)
- [7] 松本孝之, 市木勝也, 安齋太陽, 阿部晃大, 石原涼奈, 竹下遼平, 魚住孝幸, 佐藤 仁, A. Rousuli, 上田茂典, 田口幸広, 藤本 巧, 喜舎場英吾, 光田暁弘, 和田裕文, 三村功次郎:「硬X線光電子分光によるEu(Rh_{1-x}Ir_x)₂Si₂の温度誘起価数転移の研究」日本物理学会2016年秋季大会, (金沢大学, 2016年9月13-16日)

- ◎[8] 大滝祐輔, 山口智也, 石川 諒, 黒田眞司, 中西亮介, D. Fan, 秋山了太, 長谷川修司, 宮本幸治, 佐藤 仁, 木村昭夫:「トポロジカル結晶絶縁体(Pb,Sn)Te薄膜のキャリア密度制御および表面状態観察」日本物理学会第72回年次大会, (大阪大学, 2017年3月17-20日)
- ◎[9] 小野勇祐, 安齋太陽, 大下倉亮祐, 石原涼奈, 佐藤 仁, 生天目博文, 谷口雅樹, 松井利之, 野口 悟, 細越裕子:「放射光を用いた有機ラジカル磁性体 p-FPNN の光電子分光」日本物理学会第72回年次大会, (大阪大学, 2017年3月17-20日)
- ◎[10] 福良哲司, 脇田高德, 藤原孝将, 寺嶋健成, 佐藤 仁, 生天目博文, 谷口雅樹, 池田 直, 村岡祐治, 横谷尚睦:「電子誘電体YbFe₂O₄の正逆共鳴光電子分光」日本物理学会第72回年次大会, (大阪大学, 2017年3月17-20日)
- ◎[11] A. Rousuli, 中村将吾, 佐藤 仁, 植田拓也, 松本裕司, 大原繁男, 長崎俊樹, E. F. Schwier, M. Zheng, 島田賢也, 有田将司, 生天目博文, 谷口雅樹:「Yb₂Pt₆Ga₁₅の角度分解光電子分光」日本物理学会第72回年次大会, (大阪大学, 2017年3月17-20日)
- ◎[12] 山岡人志, 山本義哉, 辻井直人, 吉田雅洋, 津田俊輔, 佐藤 仁, A. Rousuli, 有田将司, 島田賢也, J.-Fu Lin, 平岡 望, 石井啓文, K.-D. Tsuei, 水木純一郎:「YbCu_{2-x}Ga_xにおけるYb価数の温度・圧力依存性」日本物理学会第72回年次大会, (大阪大学, 2017年3月17-20日)
- ◎[13] 津田俊輔, 櫻井裕也, 菊川直樹, 宇治進也, 山岡人志, 沢田正博, 佐藤 仁, A. Rousuli, 有田将司, 島田賢也, 鳥山達矢, 石川貴史, 太田幸則:「Sr₂MO₄(M=V,Cr)の分光研究」日本物理学会第72回年次大会, (大阪大学, 2017年3月17-20日)
- ◎[14] 川本雅人, 下中大也, 小寺健二郎, 山脇一真, 柴田大輔, 大槻太毅, 池永英司, 小野寛太, 細野広志, 佐藤 仁, 生天目博文, 谷口雅樹, 宮坂茂樹, 田島節子, 吉田鉄平:「Ca_{1-x}Y_xV₂O₄の金属絶縁体転移近傍の電子状態」日本物理学会第72回年次大会, (大阪大学, 2017年3月17-20日)
- ◎[15] 石原涼奈, 市木勝也, 阿部晃大, 松本孝之, 三村功次郎, 佐藤 仁, 有田将司, 岩澤英明, E. F. Schwier, 島田賢也, 生天目博文, 谷口雅樹, T. Zhuang, 平岡耕一, 安齋太陽:「希土類化合物 YbInCu₄ subsurface 領域における混成効果の定量評価」第30回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (神戸芸術センター, 2017年1月7-9日)
- [16] 松本孝之, 市木勝也, 安齋太陽, 阿部晃大, 石原涼奈, 竹下遼平, 魚住孝幸, 佐藤 仁, A. Rousuli, 上田茂典, 田口幸広, 藤本 巧, 喜舎場英吾, 光田暁弘, 和田裕文, 三村功次郎:「電子状態から見たEu(Rh_{1-x}Ir_x)₂Si₂の温度誘起価数転移:硬X線光電子分光による研究」第30回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (神戸芸術センター, 2017年1月7-9日)
- [17] 阿部晃大, 石原涼奈, 市木勝也, 安齋太陽, 松本孝之, 魚住孝幸, 佐藤 仁, A. Rousuli, 上田茂典, 田口幸広, 安次富洋介, 赤嶺 拓, 仲村 愛, 辺土正人, 仲間隆男, 大貫惇睦, 三村功次郎:「電子状態からみたEuPd₂, EuPt₂の強磁性転移」第30回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (神戸芸術センター, 2017年1月7-9日)
- ◎[18] 三村功次郎, 魚住孝幸, 佐藤 仁, 上田茂典, 光田暁弘, 田口幸広, 島田賢也, 生天目博文, 谷口雅樹:「EuPd₂Si₂のバルクEu 3dスペクトルにおける多体効果」第30回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (神戸芸術センター, 2017年1月7-9日)
- ◎[19] 佐藤 仁, 内海有希, 加藤健一, 三村功次郎, 上田茂典, A. Rousuli, 有田将司, 梅尾和則, 島田賢也, 生天目博文, 谷口雅樹:「光電子分光によるYb₅Rh₄Ge₁₀のYb価数状態の研究

- 究」第30回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (神戸芸術センター, 2017年1月7-9日)
- ◎[20] 長崎俊樹, 佐藤 仁, 田中博己, 末國晃一郎, A. Rousuli, 中村将吾, 河村直己, 鄭 旭光, 藤井武則, 高島敏郎, 生天目博文, 谷口雅樹: 「Cu 2p-1s X線発光分光による硫化銅鉱物Cu₁₂Sb₄S₁₃の金属-半導体転移の研究」第30回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (神戸芸術センター, 2017年1月7-9日)
- ◎[21] 奥田太一, 奥田悠貴, 宮本幸治, 角田一樹, 田口一暁, 吉川智己, 木村昭夫, 高木紀明, 荒船竜一, ” Ir(111)c4x2-Pb表面のスピン電子状態”, 日本物理学会秋季大会, (金沢大学, 2016年9月13-16日)
- ◎[22] Shilong Wu, Kazuki Sumida, Koji Miyamoto, Kazuaki Taguchi, Tomoki Yoshikawa, Akio Kimura, Yoshifumi Ueda, Masanori Nagao, Satoshi Watauchi, Isao Tanaka, and Taichi Okuda: 「Direct observation of hidden local Rashba spin polarization in novel superconductor La_{0.54}F_{0.46}BiS₂」日本物理学会 2016年秋季大会 (2016年9月13日～9月16日, 金沢大学)
- ◎[23] Koichi Matsuo, Yasuyuki Maki, Hirofumi Namatame, Masaki Taniguchi, Kunihiko Gekko, “Conformations of Membrane - Bound Proteins Characterized by Vacuum - Ultraviolet Circular - Dichroism and Linear - Dichroism Spectroscopy”, 第16回蛋白質科学会, (福岡, 2016年6月7-9日)
- ◎[24] 松尾光一, 生天目博文, 谷口雅樹: 「真空紫外円二色性によるD-グルコースの構造ダイナミクスと水和の解析」, 第30回日本放射光学会年会 放射光科学合同シンポジウム, (神戸芸術センター, 2017年1月7-9日)
- ◎[25] 高橋淳一, 加藤政博, 松尾光一, 入澤明典, 小林憲正, 泉 雄大, 藤本将輝, 癸生川陽子, 田所大輔: 「偏極量子ビーム利用による生体キラリティ発現実験の現状」, 第30回日本放射光学会年会 放射光科学合同シンポジウム, (神戸芸術センター, 2017年1月7-9日)
- ◎[26] 泉 雄大, 山本悟史, 藤井健太郎, 松尾光一, 横谷明德: 「DNA損傷により誘起されるヒストンタンパク質の二次構造変化」, 第59回放射線化学討論会, (QST高崎量子応用研究所, 2016年9月20-22日)
- ◎[27] 泉 雄大, 山本悟史, 藤井健太郎, 松尾光一, 横谷明德: 「DNA損傷応答により生じるヒストンの二次構造変化」, 日本放射線影響学会第59回大会, (JMSアステールプラザ, 2016年10月26-28日)
- ◎[28] 泉 雄大, 山本悟史, 藤井健太郎, 松尾光一, 横谷明德: 「放射光円二色性分光によるDNA損傷誘起ヒストン二次構造変化の観測」, 第30回日本放射光学会年会 放射光科学合同シンポジウム, (神戸芸術センター, 2017年1月7-9日)
- [29] 松葉俊哉, 「タンデムアンジュレータからの放射の偏光特性」, 第23回FELとHigh-Power Radiation研究会・第14回高輝度高周波電子銃研究会, (東北大, 2017年2月23-24日)
- [30] 川瀬啓悟, 「THz-FELのEOクロスコリレーション計測結果の解析」, 日本物理学会第72回年次大会, (大阪大, 2017年3月17-20日)
- [31] 川瀬啓悟, 「発振型自由電子レーザーの飽和についての考察」, 第13回日本加速器学会年会, (千葉, 2016年8月8-10日)
- [32] 松葉俊哉, 岩田佳之, 野田耕司, 白井敏之, 藤田 敬, 佐藤眞二, 古川卓司, 原 洋介, 水島康太, 皿谷有一, 丹正亮平, 森慎一郎, 藤本哲也, 荻津 透, 雨宮尚之, 長本義史,

- 松田晋也, 折笠朝史, 高山茂貴, 鈴木伸司, 「炭素線治療用超電導回転ガントリーのビームコミッショニング」, 第13回日本加速器学会年会, (千葉, 2016年8月8-10日)
- ◎[33] 松葉俊哉, 後藤公德, 川瀬啓吾, 「広島大学放射光科学研究センターの現状」, 第13回日本加速器学会年会, (千葉, 2016年8月8-10日)
- [34] 美馬初哉, 「準周期性の違いによるアンジュレータ放射スペクトルの研究」第23回FELとHigh-Power Radiation研究会・第14回高輝度高周波電子銃研究会, (東北大, 2017年2月23-24日)
- ◎[35] 泉 雄大, 山本悟史, 藤井健太郎, 松尾光一, 横谷明德: 「DNA損傷により誘起されるヒストンタンパク質の二次構造変化」, 第59回放射線化学討論会, (QST高崎量子応用研究所, 2016年9月20-22日)
- ◎[36] 泉 雄大, 山本悟史, 藤井健太郎, 松尾光一, 横谷明德: 「DNA損傷応答により生じるヒストンの二次構造変化」, 日本放射線影響学会第59回大会, (JMSアステールプラザ, 2016年10月26-28日)
- ◎[37] 泉 雄大, 山本悟史, 藤井健太郎, 松尾光一, 横谷明德: 「放射光円二色性分光によるDNA損傷誘起ヒストン二次構造変化の観測」, 第30回日本放射光学会年会 放射光科学合同シンポジウム, (神戸芸術センター, 2017年1月7-9日)
- ◎[38] 津田俊輔, 櫻井裕也, 菊川直樹, 宇治進也, 山岡人志, 沢田正博, 佐藤 仁, Awabaikeli Rousuli, 有田将司, 島田賢也, 鳥山達矢, 石川貴史, 太田幸則「Sr2MO4 (M=V, Cr)の分光研究」日本物理学会第72回年次大会 (大阪大学豊中キャンパス, 2017年3月17日-3月20日)
- [39] 中原翔太, 櫻木俊輔, 沢田正博, 佐藤徹哉「Pd膜厚に依存したFe/Pd(001) 2層膜の磁気異方性II」日本物理学会2016年秋季大会 (金沢大学角間キャンパス, 2017年9月13日-9月16日)
- ◎[40] 多田野渉, 沢田正博, 生天目博文, 谷口雅樹, 「軟X線磁気円二色性によるFe/h-BN/Ni(111)の層間磁気結合の評価」, 日本物理学会2016年秋季大会 (金沢大学角間キャンパス, 2017年9月13日-9月16日)
- ◎[41] 石井憲希, 多田野渉, 沢田正博, 生天目博文, 谷口雅樹, 「低速電子線回折によるh-BN/Fe/Ni(111)の積層構造の評価」, 日本物理学会2016年秋季大会 (金沢大学角間キャンパス, 2017年9月13日-9月16日)
- ◎[42] 中西美恵, Eike F. Schwier, 岩澤英明, 相浦義弘, 島田賢也, 生天目博文, 「高分解能光電子分光によるトポロジカル絶縁体 Bi₂Se₃ と金属薄膜の界面電子状態の研究」, 日本物理学会秋季大会, (金沢大学, 2016年9月13-16日)
- [43] 山岡人志, 山本義哉, 辻井直人, 吉田雅洋, 太田 雄, 櫻井裕也, Lin Jung-Fu, 平岡望, 石井啓文, Tsuei Ku-Ding, 有田将司, 島田賢也, 水木純一郎, 「LaCo₅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」, 日本物理学会秋季大会, (金沢大学, 2016年9月13-16日)
- ◎[44] 後藤一希, 岩澤英明, Eike F. Schwier, 相浦義弘, 島田賢也, 生天目博文, 「真空紫外レーザーを用いた超高分解能角度分解光電子顕微分光装置の開発」, 日本物理学会秋季大会, (金沢大学, 2016年9月13-16日)
- ◎[45] 田中慎一郎, Eike Fabian Schwier, 島田賢也, 「グラフェンディラックコーンからの光電子放出におけるスパイラル構造」, 日本物理学会秋季大会, (金沢大学, 2016年9月13-16日)

- ◎[46] 砂川正典, 寺嶋健成, 藤原弘和, 福良哲司, 竹田 彩, 田中将嗣, 竹屋浩幸, 高野義彦, 有田将司, 島田賢也, 生天目博文, 谷口雅樹, 鈴木雄大, 臼井秀知, 黒木和彦, 脇田高德, 村岡祐治, 横谷尚睦, 「度分解光電子分光による $A_xFe_{2-y}Se_2$ ($A=K,Rb$) の電子状態研究」, 日本物理学会秋季大会, (金沢大学, 2016年9月13-16日)
- ◎[47] 石坂仁志, 田北 仁, 久保拓也, 宮下剛夫, Wumiti Mansuer, Eike F. Schwier, 岩澤英明, 島田賢也, 生天目博文, 上田茂典, 井野明洋, 「度分解光電子分光による $A_xFe_{2-y}Se_2$ ($A=K,Rb$) の電子状態研究」, 日本物理学会秋季大会, (金沢大学, 2016年9月13-16日)
- ◎[48] 田中慎一郎, Eike F. Schwier, 島田賢也, 「グラフエフェンディラックコーンからの光電子放出におけるラセン構造の観察」, 第30回日本放射光学会年会 放射光科学合同シンポジウム, (神戸芸術センター, 2017年1月7-9日)
- ◎[49] 中西美恵, Eike F. Schwier, 島田賢也, 岩澤英明, 相浦義弘, 黒田健太, 生天目博文, 谷口雅樹, 「高分解能光電子分光によるトポロジカル絶縁体 Bi_2Se_3 と金属薄膜の界面電子状態の研究」, 日本物理学会第72回年次大会 (大阪大学豊中キャンパス, 2017年3月17日-3月20日)
- ◎[50] 櫻木俊輔, 田辺秀崇, Eike F. Schwier, 島田賢也, 佐藤徹哉, 「Pd(100)超薄膜のd電子量子井戸状態の観測」, 日本物理学会第72回年次大会 (大阪大学豊中キャンパス, 2017年3月17日-3月20日)
- [51] 荻田典男, 長谷川巧, 宇田川眞行, 島田賢也, Patrick Gougeon, Michel Potel, Diala Salloum, Alexander P. Petrovic, Moritz Hoesch, 「 $M_2Mo_6Se_6$ のラマン散乱 ($M=In, Rb, \text{ and } Tl$)」, 日本物理学会第72回年次大会 (大阪大学豊中キャンパス, 2017年3月17日-3月20日)
- ◎[52] Mingtian Zheng, Eike F. Schwier, Kenya Shimada, Hideaki Iwasawa, Taiki Horike, Yorito Nagata, Yohei Kojima, Hirofumi Namatame, and Masaki Taniguchi, 「Many-body interactions in oxygen-adsorbed Fe(100): A high-resolution angle-resolved photoemission study」, 日本物理学会第72回年次大会 (大阪大学豊中キャンパス, 2017年3月17日-3月20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 | 2 件 |
| ○博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 | 3 件 |
| ○博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 | 0 件 |

(国内学会)

- | | |
|----------------------------|-----|
| ○博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 | 7 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 | 5 件 |

セミナー・講演会開催実績

(HiSORセミナーの主催)

- [1] 山田雅子 (Paul Scherrer Institut); “Development and application of a magnetic neutron lens with modulating permanent magnet sextupoles”. April 20. 2016.
- [2] 高田昌樹 (東北大学 総長補佐 (SLiT-J Project 担当)・多元物質科学研究所); “東北放射光

計画の現状とエンドステーション・ビジョン”。May 20. 2016.

- [3] M. D. Watson (Diamond Light Source); “The electronic structure of FeSe in the nematic phase”. Nov. 14. 2016.
- [4] 和達大樹(東京大学物性研究所); “時間分解X線測定で見る遷移金属化合物のダイナミクス”. Nov. 16. 2016

(国際シンポジウム・ワークショップ主催)

- [1] 広島円二色性国際ワークショップ (2017年2月28日 参加者総数24名)
- [2] 第21回広島放射光国際シンポジウム (2017年3月2日-3日参加者総数97名)
- [3] 広大放射光源加速器次期計画のためのミニワークショップ (2017年3月3日参加者総数8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	1 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] 近畿大学附属広島中学校, 126名 (2016年4月20日)
- [2] グローバルサイエンスキャンパス, 35名 (2016年7月24日)
- [3] 第40回全国高等学校総合文化祭自然科学部門巡検研修, 55名 (2016年8月1日)
- [4] 第2回広島県科学セミナー, 37名 (2016年8月10日)
- [5] オープンキャンパス, 113名 (2016年8月18日)
- [6] 鳥取県立鳥取東高等学校, 29名 (2016年9月29日)
- [7] 広島県立広島国泰寺高等学校, 60名 (2016年10月12日)
- [8] 島根県立三刀屋高等学校, 16名 (2016年10月13日)
- [9] 広島市立美鈴が丘高等学校, 29名 (2016年10月18日)
- [10] 広島大学附属福山中学校, 17名 (2016年10月20日)
- [11] 新田青雲中等教育学校PTA, 32名 (2016年10月28日)
- [12] 広島大学附属中学校, 15名 (2016年11月1日)
- [13] 平成28年度理学部・大学院理学研究科公開, 40名 (2016年11月5日)
- [14] 銀河学院中学校, 93名 (2016年11月10日)
- [15] グローバルサイエンスキャンパス, 6名 (2016年12月18日)
- [16] 広島県立祇園北高等学校, 40名 (2016年12月21日)

(海外機関の見学・研修受入)

- [1] ロシアトムスク教育大学, オレンブルグ国立大学, ノボシビルスク国立大学, バンドン大学, 6名 (2016年8月4日)
- [2] 台湾国立中央大学, 7名 (2016年10月17日)
- [3] バンドン工科大学数学及び自然科学学部物理学科, 27名 (2016年11月22日)
- [4] 広島大学-釜山大学学生ワークショップ, 20名 (2016年11月25日)
- [5] 長春理工大学 (JST さくらサイエンスプログラム), 19名 (2016年2月23日)

(一般の見学・研修受入)

- [1] ポールシェラー研究所, 2名 (2016年4月20日)

- [2] 文部科学省, 6名 (2016年5月19日)
- [3] 広島経済同友会, 30名 (2016年7月13日)
- [4] 東京工業大学, 8名 (2016年4月20日)
- [5] 在京メキシコ大使, 5名 (2016年8月5日)
- [6] 産業総合研究所, 4名 (2016年8月20日)
- [7] 物質・材料研究機構, 3名 (2016年11月10日)
- [8] 高知大学海洋コア総合研究センター, 2名 (2016年11月22日)
- [9] (株)シオン, 4名 (2016年12月21日)
- [10] 台湾国立シンクロトロン放射研究センター, 2名 (2017年1月27日)
- [11] (株)デンソー, 2名 (2017年2月2日)
- [12] (株)デンソー, 4名 (2017年2月4日)
- [13] 高純度化学(株), 2名 (2017年3月9日)
- [14] 文部科学省, 6名 (2017年3月13日)
- [15] 東京大学物性研究所, 3名 (2017年3月15日)
- [16] JSPS fellow Nagoya University, 2名 (2017年3月22日)

(学内の見学・研修受入)

- [1] 工学研究科, 8名 (2016年4月22日～27日)
- [2] 理学研究科, 11名 (2016年5月2日)
- [3] 広島大学新採用教員基礎研修, 23名 (2016年5月10日)
- [4] 理学研究科, 12名 (2016年5月12日)
- [5] 理学研究科, 16名 (2016年5月20日)
- [6] 先端物質科学研究科, 13名 (2016年5月26日)
- [7] 理学研究科, 3名 (2016年6月10日)
- [8] 放射光科学院生実験, 19名 (2016年6月13日)
- [9] 理学研究科, 15名 (2016年7月1日)
- [10] 総合科学研究科, 16名 (2016年7月20日)
- [11] 理学研究科, 15名 (2016年7月5日)
- [12] 理学研究科, 15名 (2016年11月8日)
- [13] 理学研究科, 5名 (2016年12月9日)
- [14] 理学研究科, 11名 (2016年12月13日)
- [15] 工学研究科, 50名 (2016年12月19日)
- [16] 産学・地域連携センター知的財産部門, 2名 (2017年2月7日)
- [17] 理学研究科, 10名 (2017年2月16日～21日)
- [18] 工学研究科, 8名 (2017年3月8日)
- [19] 工学研究科, 7名 (2017年3月28日)

(出前授業等)

- [1] 奥田太一:SSH 事業「フロンティアサイエンス講義」, “スピン分解光電子分光で探るトポロジカル新物質”, 広島大学附属高等学校 (2016年9月12日)
- [2] 生天目博文, 植田義文: 職場体験学習指導, 広島大学附属中学校 (2016年11月1日)
- [3] 生天目博文, 植田義文: 鳥取県立鳥取東高自然科学実験セミナー指導 (2016年9月29日)
- [4] 生天目博文, 植田義文: 広島大学グローバルサイエンスキャンパス事業 ステップステ

ーシ分野別実験セミナー指導 (2016年12月18日)

(学協会委員)

- [1] 島田賢也 : International Workshop on Strong Correlations and Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy (CORPES17), Chair.
- [2] 松尾光一 : Member of editorial board in “Biomedical Spectroscopy and Imaging - IOS Press” (2014～)
- [3] 松尾光一 : Member of Executive Committee in “Molecular Chirality Asia 2016” (April 4 - April 22, 2016, Osaka)
- [4] 松尾光一 : Members of the PCDDDB (Protein Circular Dichroism Data Bank) International Technical Advisory Board (2012～)
- [5] 松葉俊哉 : 第13回日本加速器学会年会実行委員
- [6] 川瀬啓悟 : 日本加速器学会編集委員

(外部評価委員等)

- [1] 奥田太一 : SPring-8 課題審査委員
- [2] 奥田太一 : PALM (Physics of Atoms, Light and Matter) evaluation committee
- [3] 生天目博文 : SPring-8 の課題審査委員
- [4] 生天目博文 : 九州シンクロトロン光研究センター他機関ビームライン評価委員
- [5] 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 シエンタ株式会社 共同研究
- [5] 生天目博文 : (株) マツダ 広島大学 共同研究
- [6] 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
- [7] 松尾光一, 泉 雄大 : 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

(国際共同研究)

- [1] 「High resolution ARPES on triple layer perovskite nickelate.」, Dan Dessau (米国・コロラド大学)
- [2] 「Indication of features in electronic structure characteristic for topological phase in graphene on Pt(111) and their modification under deposition and intercalation of Gd and Pb」, Alexander Shikin (ロシア・サンクトペテルブルク大学)
- [3] 「Spin-polarization in the novel type II Weyl semimetal YbMnBi₂」, Sergey Borisenko (ドイツ・IFW-Dresden)
- [4] 「Spin-resolved ARPES experiment on chiral semiconductor Tellurium」, Mattia Mulazzi (ドイツ・フンボルト大学ベルリン)
- [5] 「Angle-resolved photoemission spectroscopic studies of thickness dependent electronic structure of 2H-NbSe₂/graphene van der Waals heterostructure」, Shuyun Zhou (中国・清華大学)
- [6] 「Spin- and angle-resolved photoemission spectroscopic studies of spin texture in atomically thin

- transition metal dichalcogenide films」, Shuyun Zhou (中国・清華大学)
- [7] 「Synchrotron radiation circular dichroism measurements of anomeric C-nucleoside triazole analogs」, Mohammed A.E. Sallam (エジプト・アレクサンドリア大学)
- [8] 「Realization of a weak topological insulator in TaAs₂」, M. Zahid Hasan (米国・プリンストン大学)
- [9] 「Spin- and angle-resolved photoemission spectroscopy for the analysis of spin-transport properties in metal-organic interfaces」, Hans Joachim Elmers (ドイツ・ヨハネス・グーテンベルク大学マインツ大学)
- [10] 「Searching for Rashba-type splitting of 2DEG and edge states at Bi/InAs」, Oleg E. Tereshchenko (ロシア・ノヴォシビルスク大学)
- [11] 「Observation and control of topological states in transition-metal dichalcogenides」, Phil King (フランス・セント・アンドルーズ大学)
- [12] 「XMCD and XAS study of hybrid Co(Fe) / iron oxide / GaN heterostructures for spintronic applications」, Sokolov Nikolai Semenovich (ロシア・ロシア科学アカデミーヨッフエ物理技術研究所)
- [13] 「Investigation of the electronic structure of Te(0001), determination of the band structure, surface states and topological order」, Mattia Mulazzi (ドイツ・フンボルト大学ベルリン)
- [14] 「Probing 3D and 2D Dirac fermions in a single material: novel topological insulators Zr₂Te₂P and Hf₂Te₂P」, Andrés F. Santander-Syro (フランス・パリ＝スッド大学)
- [15] 「Sr₂RuO₄における3次元高分解能ARPESによる遷移行列要素効果の評価と本質的なスペクトル関数の導出」, 岩澤 英明 (英国・ダイヤモンド放射光源)
- [16] 「高空間分解能ARPESによるBi2212の本質的な多体相互作用の解明」, 岩澤 英明 (英国・ダイヤモンド放射光源)
- [17] 「Electronic states of two-dimensional Dirac materials and hourglass fermion materials studied by high-resolution ARPES」, Mao Ye (中国・中国科学院)
- [18] 「New ARPES methods for determining critical self-energy effects in cuprate superconductors」, Daniel Dessau (米国・コロラド大学)
- [19] 「Spin- and Angle-resolved photoemission spectroscopic (Spin-ARPES) study of surface Dirac cones in type-II Dirac semimetal PtTe₂」, Shuyun Zhou (中国・清華大学)
- [20] 「The 90 K phase transition and nematic phase of FeSe studied by laser-ARPES」, Hoesch Moritz (英国・ダイヤモンド放射光施設)
- [21] 「Magnetic Weyl semimetal in Co₂TiSn」, M. Zahid Hasan (米国・プリンストン大学)
- [22] 「XMCD study of magnetic proximity effect in Co(Ni)/Y₃Fe₅O₁₂ heterostructures」, Sokolov Nikolai Semenovich (ロシア・ロシア科学アカデミーヨッフエ物理技術研究所)
- [23] 「Resolving the complex low-energy electronic structure of the quasi-one-dimensional material NbSe₃」, Monney Claude (スイス・チューリッヒ大学)

研究助成金等の受入状況

- [1] 生天目博文：基盤研究(C)(研究代表者)「電子構造の研究によるセリアナノ構造体の活性特性のメカニズムの解明」総額：5,070千円 当該年度：650千円(千円未満切り捨て)

- [2] 松尾光一：基盤研究 (C) (研究代表者)「放射光真空紫外円二色性によるタンパク質の高次構造解析と生体分子間相互作用の研究」総額：3,900 千円 当該年度：1,200 千円 (千円未満切り捨て)
- [3] 澤田正博：挑戦的萌芽研究 (研究代表者)「実用材料の可変環境場における軟 X 線磁気円二色性測定」平成 28 年度 直接経費 500 千円 間接経費 150 千円
- [4] 澤田正博：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」平成 28 年度 直接経費分担額 300 千円 間接経費分担額 90 千円
- [5] 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 1,000 千円
- [6] 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
- [7] 奥田太一：VG シェンタ(株), 研究課題：VLEED 型スピン検出器の性能向上のための研究
- [8] 宮本幸治：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」2,730 千円
- [9] 宮本幸治：中堅研究者フンボルト助成金 (3,150EUR/Mon x 3ヶ月=9,450 EUR~ 1,130 千円)
- [10] 川瀬啓悟：日本学術振興会科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究 (研究代表者)「発振型自由電子レーザーにおける非飽和増幅開拓による高強度テラヘルツ光発生」, 2016 年度配分額 1,300 千円 (直接経費)
- [11] 泉 雄大：若手研究 (B) (研究代表者)：「DNA 損傷修復過程で生じるヒストンタンパク質立体構造変化の放射光分光による追跡」総額：3,000 千円 当該年度：1,326 千円 (千円未満切り捨て)
- [12] 奥田太一：日本学術振興会 JSPS サマー・プログラム, 総額 158 千円 (千円未満切り捨て) (受入研究者：Schaefer Erik Dai 氏 (ドイツ))
- [13] 島田賢也：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」平成 28 年度 直接経費分担額 150 千円
- [14] 島田賢也：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」平成 28 年度 直接経費分担額 300 千円
- [15] 島田賢也：井上科学振興財団 国際研究集会開催経費の一部援助 助成額：700 千円
- [16] 島田賢也：中国電力技術研究財団 国際交流活動 (国際会議等開催) 助成額：150 千円
- [17] 奥田太一：基盤研究 (A) (研究代表者)「微小マルチドメインを持つ新奇ラシュバ・トポロジカル物質のスピン電子状態の直接観測」 総額 42,250 千円 該当年度 15,730 千円

その他特記すべき事項

(受賞)

- [1] 泉 雄大：第59回放射線化学討論会 若手優秀講演賞

2 物理科学科

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科学に関する教育を行う。物理科学科では，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

物理科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（26名），先端物質科学研究科量子物質科学専攻の理学系教員（17名），および放射光科学研究センター（8名），宇宙科学センター（4名），自然科学研究開発支援センター（1名）の教授，准教授から構成される。学部教育を担当する教員数は現状で十分と考えられる。このように異なる研究科の2専攻と3センターが学部教育を担当しており，それぞれの中期計画・中期目標に沿った教員人事選考が行われているが，教員の公募・採用と配置では学部教育に関する共通の基盤にたった配慮がなされる様に「教員の理学部（物理科学科）併任に関する申合せ」を作成し，人事選考の過程で物理科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28年4月時点）

・物理科学専攻

教授

大川正典，小畠康史，杉立 徹，深澤泰司，黒岩芳弘，圓山 裕，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，森吉千佳子

助教

岡部信広，本間謙輔，三好隆博，高橋弘充，大野雅功，馬込栄輔，石松直樹，和田真一，吉田啓晃，Nuermaiti Munisai

- ・放射光科学研究センター（併任）
 - 教授
 - 生天目博文，島田賢也
 - 准教授
 - 佐藤 仁，奥田太一，澤田正博，松尾光一，川瀬啓悟
- ・宇宙科学センター（併任）
 - 教授
 - 吉田道利
 - 准教授
 - 川端弘治，植村 誠，水野恒史
- ・先端物質科学研究科
 - 教授
 - 嶋原 浩，世良正文，高島敏郎，鈴木孝至，岡本宏己，栗木雅夫
 - 准教授
 - 樋口克彦，松村 武，八木隆多，高橋 徹，檜垣浩之，鬼丸孝博
 - 助教
 - 田中 新，谷田博司，飯沼昌隆，伊藤清一，石井 勲
- ・自然科学研究開発支援センター
 - 准教授
 - 梅尾 和則

2-3 学科の学士課程教育

物理教育では、数学による解析的能力を養い、それを物理法則や基礎方程式に応用することが求められる。さらに広く物理学の概念を学び、基本的法則を通して物理現象を検証し理解する必要がある。したがって、学生には講義と演習と実験、結果の報告と発表を通じて、かなりの量の体系的かつ論理的な思考の展開が要求される。このような課程をスムーズに通過させ、入学時の期待と学習に対する熱意を持続させ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。

物理科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。

アドミッション・ポリシーとその目標

物理科学科では、次のような人材の育成を目指している。

- 基礎学力を備え、科学的好奇心に富む、探求心や勉学意欲の強い人
- 科学的基礎知識と課題取り組みへの科学的思考法を学び、それを社会人として生かしたい人
- 物理科学の勉学を基に、広い意味での科学者として自らを磨くために将来、大学院に進学を希望する人。

これに対する学科のアドミッション・ポリシーでは、

- 自然に対する強い好奇心と深い探求心を持っている人
- 物理学と数学が得意で、将来、大学院に進んで研究者になりたいと考えている人
- 理科の科目以外に英語も得意で、国際的な研究プロジェクトに参加したいと考えている人の受入れを期待している。

学士課程教育の理念と達成のための具体策

物理科学科の教育理念

- 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
- を達成するために、学士課程教育の目標が学部課程と学部修了時とに分けて設定されている。

(1) 学士課程における目標

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) 初年次において初等物理学および数学的基礎を修得する。

(専門) 2, 3年次において、電磁気学, 熱力学, 量子力学, 統計力学等の現代物理学の基礎や専門実験を修得する。

(応用・実践) 最終年次においては、卒業研究等を通じて問題解決能力や成果のプレゼンテーション能力を修得する。

(2) 学部修了時における目標

学生の進路に応じた4年間で修得すべき目標。

(総合性) さまざまな現象に潜む問題を発見し、その原理を論理的に理解する物理学的素養や問題を解決できる基盤的能力を培う。

(応用性) 産業界や教育界など社会の広い分野で活躍するのに必要な物理学的素養を応用する能力を培う。

(専門性) 大学院に進学し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。

学科授業担当

平成28年度前期授業担当		
1 年次		
月	力学 A	八木
水	物理科学演習	檜垣, 川端, 本間
	物理数学 A	中島(伸)
木	教養ゼミ	深澤(泰), 世良, 杉立, 木村(昭), 岡本(宏), 鈴木(考)
2 年次		
火	物理数学 C	石川
	電磁気学 I	高橋(徹)
水	力学 II	黒岩
木	熱力学	圓山
	電磁気学演習	栗木, 岡部, 植村
3 年次		
火	物理科学実験 A	木村(昭) 他
水	量子力学 II	樋口
	量子力学演習	石川, 佐藤(仁), 松村
木	統計力学 I	星野(公)
	物理数学 E	両角
金	時空物理学 I	小嶋
	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)

平成28年度後期授業担当		
1 年次		
月	物理数学 B	樋口
水	物理科学序論	小嵐
	力学 B	岡本
金	力学演習	志垣, 水野, 奥田
2 年次		
火	電磁気学 II	鬼丸
	化学物理 A	平谷
水	結晶学	森吉
	電磁・量力演習	島田(賢), 檜垣, 生天目
木	物理数学 D	山本(一)
	量子力学 I	大川
金	計算物理学	三好
	物理科学実験法	梅尾
3 年次		
火	化学物理 B	関谷
	物理科学実験 B	木村(昭) 他
水	統計力学 II	嶋原
	物理科学英語演習	平谷
	粒子物理学 A	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	井野
	連続体力学	鈴木(孝)
金	量子力学 III	世良, 両角
	先端物理科学	深澤(泰)
	物理科学実験 B	木村(昭) 他

学士課程教育を推進するためには、学生の基礎学力を把握すると共に、多様な入学試験（AO-I型、前期日程、後期日程）を経て入学する学生の学力分布を知ることが不可欠である。そこで、平成18年度入学生から新入生テスト（数学、物理）を実施している。4月初旬に物理科学演習の授業の中で実施された新入生テストについて、担当教員が物理教員会の場で結果と分析を報告している。得られた情報を教員の共通理解とすると共に、学士課程教育に対する取り組みの検討指針としている。成績不振の学生にはチューターが指導している

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。新入生および在学学生に対するガイドン

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「物理科学科ミニ懇談会」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，学年別に3回開催して出席者の増加を図った。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。

平成28年度入学生

	定員	志願者	入学者
AOI型	10	11	7
前期日程	36	74	38
後期日程	20	124	23
計	66	209	61

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セッションで実施された。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	優秀賞受賞者数	卒業学生数	大学院進学者数
28	74	6	73	53
27	71	5	68	37
26	60	6	61	40
25	60	6	61	40
24	73	5	69	50

平成28年度の卒業論文発表会は、平成29年2月13日（月）に3つのグループで時間帯を分け、ショートオーラルが理学部E209講義室にて、ポスター発表がE203大会議室にて開催された。以下に、卒業論文発表題目を掲載する。

平成28年度

理学部・物理科学科 卒業論文発表会

平成29年 2月13日(月)

場所：理学部 E209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
1 小倉 弘幹	酒石酸化合物 $\text{LiNH}_4\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot\text{H}_2\text{O}$ と $\text{LiKC}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot\text{H}_2\text{O}$ の強弾性相転移における巨大弾性率ソフト化
2 稲田 蒼生	ファイバーレーザー発振器開発のためのVEEを用いた制御システムの構築
3 姫田 晃	レーザーアブレーション法による金ナノ粒子の合成とそのジチオール接合によるワイヤー化の試み
4 百武 拓	場の理論におけるFeynmanの経路積分とその摂動論
5 湯村 巧磨	ボース=アインシュタイン凝縮体のGross-Pitaevskii方程式と渦糸
6 市明 真	ブラックホールのまわりの質量降着率における、相対論と非相対論的結果の比較
7 草野 真樹	自己組織化単分子膜へのカーボンナノチューブの吸着
8 西岡 祥吾	ブラックホールのエントロピーについて ーホーキング温度の質量依存性とエントロピーー
9 原 隆一	軟X線吸収スペクトル測定手法の改良および評価
10 四ツ谷 壮一郎	金属-絶縁体転移を示すストロンチウムイリジウム酸化物の金属相の電子密度研究
11 渡邊 建吾	アセチルアセトン-ニッケル錯体の電子状態に対する溶媒効果
12 安達 誠	反強四極子秩序を示す $4f^2$ 配位系 $\text{PrIr}_2\text{Zn}_{20}$ の静水圧力下電気抵抗測定のためのAr圧力媒体封入装置の開発
13 石坂 仁志	A15型超伝導体 Nb_3Al および Nb_3Sn の低エネルギー電子状態の解明
14 泉 楓香	光の空間コヒーレンスと干渉性について
15 板持 健	CeMnGe の反強磁性秩序に対する圧力効果
16 市川 典万	軟X線磁気円二色性による $\text{Co}/\text{h-BN}/\text{Ni}(111)$ の層間磁気結合の研究
17 今里 郁弥	試作したシリコンドリフト検出器の基礎特性評価と動作検証
18 伊豫部 佳樹	Core-hole clock法を用いた芳香族単分子膜の高速電荷移動の解析
19 上野 雅弘	軟X線吸収分光を用いたエステル交換反応中間体の観測
20 浦島 和衛	Pr希薄系 $\text{La}_{0.95}\text{Pr}_{0.05}\text{Ti}_2\text{Al}_{20}$ の単サイト四極子近藤効果
21 大城 佳祐	蛍光X線吸収分光法による二酸化チタンの電子状態と光触媒活性
22 太田 雅人	大強度荷電粒子ビームの半整数共鳴に関する実験的研究
23 大瀧 拓弥	キラル化合物 YbNi_3Ga_9 の圧力誘起量子臨界点近傍における低温比熱の増強
24 水野 拓陽	超音波分光法によるカゴメ格子反強磁性体 $\text{Dy}_3\text{Ru}_4\text{Al}_{12}$ の六方晶結晶場効果と磁場中相図の研究
25 大西 佑哉	$\text{Tm}_{1-x}\text{Yb}_x\text{Te}$ の圧力下電気抵抗と半導体金属転移
26 岡 卓志	エンカプセル化した二層グラフェン異方アンチドットの作製とその磁気抵抗測定によるフェルミ面形状測定の試み
27 岡本 達彦	重力崩壊型超新星の極大等級に関するスパーモデルリングを用いた変数選択
28 岡本 潤	キラル磁性体 $\text{Yb}(\text{Ni}_{1-x}\text{Cu}_x)_3\text{Al}_9$ におけるキャリアーの変化
29 河村 元太	放射光粉末回折による層状強誘電体 Bi_2SiO_5 の構造物性

- 30 河村 優太 静的なワインバーグ・サラム理論における鞍点解の性質
- 31 川本 悠司 陽子+陽子衝突におけるJ/ψ中間子前方生成のALICE検出器を用いた測定法
- 32 木村 仁 軌道角運動量を運ぶ円偏光アンジュレータ高次光の偏光分布に関する研究
- 33 熊代 宗弘 放射光真空紫外円二色性による生体膜と相互作用したミエリン塩基性タンパク質の構造解析
- 34 河野 慶明 modified Burgers方程式に対するシミュレーション研究
- 35 小林 太士 粒子加速器のラティス対称性の破れに起因するダイポール共鳴不安定性の研究
- 36 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
- 37 坂田 麻侑 素粒子実験データ解析における機械学習の応用
- 38 鄭 允敦 Experimental evaluation of Ozawa's measurement errors and values by projection measurement into arbitrary bases (任意の測定基底への射影測定によるOzawaの測定誤差と値の評価)
- 39 新郷 裕太 ALICE 前方ミュオン粒子飛跡検出器の導入に向けた安全連動装置の考察
- 40 末松 知夏 ペロブスカイト型酸化物のプロトタイプ構造における熱ゆらぎと構造相転移
- 41 高須 早織 高エネルギー原子核衝突前方物理を拓くSi-Wサンプリングカロリメーターに関する考察
- 42 竹本 佳紀 強束縛近似法を用いた層状物質のエネルギーバンド計算
- 43 長木 舞子 可視近赤外線同時カメラHONIRにおける一露出型偏光観測モードの性能評価
- 44 津田 研 擬カゴメ近藤格子CeRhSnのPd置換による量子臨界現象の研究
- 45 都倉 健司 レーザー光を用いた偏光依存角度分解光電子顕微分光による高温超伝導体Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+x}の研究
- 46 鳥越 健斗 将来X線偏光観測に向けたシンチレータ+MPPCでの低エネルギー応答の評価
- 47 鳥生 泰志 X線吸収分光法によるCoの圧力下水素化過程の局所構造の研究
- 48 長嶋 大樹 HinOTORI望遠鏡の性能評価と重力波の可視赤外線追観測システムの試験
- 49 中島 嶺 超伝導におけるGinzburg-Landau方程式の微視的導出
- 50 中須賀 智彰 ラマン散乱測定による多層グラフェンの層数とスタッキングに依存した電子構造の研究
- 51 名越 久泰 電子ビーム駆動方式ILC陽電子源の最適化
- 52 鍋谷 翼 近藤半導体CeFe₂Al₁₀のRh置換効果と圧力効果
- 53 生天目 妃日理 直線偏光依存高分解能角度分解光電子分光によるNi(100)の電子状態の研究
- 54 西山 湧太 曲がった時空でのボース-アインシュタイン凝縮系について
- 55 野口 敬史 二重スリットによる単一光子干渉の測定装置の開発
- 56 野地 祐磨 硬X線光電子分光を用いた酸化チタンナノ粒子における表面バンドベンディングの観測
- 57 信原 宏起 ULTRA-DIFFUSE GALAXY についてのレビュー
- 58 檜垣 聡太 電荷密度波転移を起こすマグネリ相η-Mo₄O₁₁の電子状態の研究
- 59 挽谷 政弥 X線分光観測とシミュレーションを用いた鉄輝線共鳴散乱による銀河団乱流速度の制限
- 60 平塚 雅健 磁気ミラートラップ中における低エネルギー電子-陽電子混合過程のPICシミュレーション
- 61 平野 広太 KEK-PFリングにおけるビーム損失改善のための入射シミュレーション
- 62 福田 一永 モンテカルロシミュレーションによるLaCoO₃の磁化過程の解析

- | | | |
|----|--------|---|
| 63 | 本田 脩峰 | CeSの圧力下電気抵抗と近藤効果の異常な増強 |
| 64 | 正木 一成 | NEA-GaAsフォトカソードの高耐久化研究 |
| 65 | 松尾 大和 | 修正重力理論によるダークマター候補の評価 |
| 66 | 松田 旭央 | W(111)の電子構造の解明と超高効率電子スピン検出器の開発 |
| 67 | 松場 祐樹 | かなた望遠鏡－露出型偏光撮像器HOWPolのCCD冷却用新デューワーの開発 |
| 68 | 宮下 大樹 | 高圧下における純鉄マルテンサイト相の実像観察 |
| 69 | 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 |
| 70 | 山田 怜志 | 4f ² 配位系PrIr ₂ Zn ₂₀ の非フェルミ液体的挙動 |
| 71 | 山本 航 | 高分解能角度分解光電子分光による酸素吸着したFe(100)/MgO(100)の電子状態の研究 |
| 72 | 横井 優人 | リラクサー強誘電体PMN-PTの電場誘起相転移に関する放射光単結晶構造解析 |
| 73 | 横田 圭祐 | Rosenbluth形状因子分離法の研究 |
| 74 | 渡辺 聖夏 | ウェーブレット解析の応用 |

物理科学科就職情報

進 学：広島大学大学院博士課程前期 48，東北大学 1，東京工業大学 1，京都大学 1，
大阪大学 2

企 業：浜松ホトニクス株式会社 1，三菱自動車工業株式会社 1，鹿児島銀行 1，
株式会社山口フィナンシャルグループ 1，その他企業 10

その他：広島県教育委員会 1，鳥取県教育委員会 1，岡山市消防局 1