

II 物理学プログラム

- ・ 物理科学専攻
- ・ 物理学科

1 物理学プログラム・物理科学専攻

1-1 プログラム・専攻の理念と目標

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

1-2 プログラム・専攻の組織と運営

2020年度より、物理学プログラムとして新体制が始まったが、過渡期なので旧の物理科学専攻と合同運営を行っている。その物理科学専攻・物理学プログラムは、宇宙・素粒子科学講座、物性科学講座および、放射光科学研究センター所属の放射光科学講座からなる。それぞれの講座には数人で構成された、より専門化された研究グループがある。日常的な研究や教育などは主として研究グループ単位で行われている。人事や入試などの大きな問題には講座や専攻単位で運営が行われている。物理科学専攻・物理学プログラムの教育資格は、基本的に教授と准教授は教育資格1（博士課程前期後期学生の主・副指導教員になることができる）、助教は教育資格2（博士課程後期学生の副指導教員、博士課程前期学生の主・副指導教員になることができる）あるいは教育資格3（博士課程前期後期学生の副指導教員になることができる）、あるいは教育資格4（授業のみ担当）である。助教の教育資格の変更は、物理科学専攻・物理学プログラム内規に定めた基準を満たした場合に可能となる。

1-2-1 教職員（2022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）

野中千穂（教授）	両角卓也（准教授）	清水勇介（助教）
	石川健一（准教授）	

宇宙物理学（理論）

小嶋康史（教授）	岡部信広（准教授）	木坂将大（助教）
----------	-----------	----------

クォーク物理学

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

高エネルギー宇宙

深澤泰司（教授）	高橋弘充（准教授）	須田祐介（助教）
		Mao Junjie（助教）

可視赤外線天文学

川端弘治* (教授)

植村 誠* (准教授)

水野恒史* (准教授)

稲見華恵* (助教)

Singh Avinash* (助教)

Gangopadhyay Anjasha* (助教)

* : 宇宙科学センター協力教員

物性科学講座

構造物性

黒岩芳弘 (教授)

森吉千佳子 (教授)

Kim Sangwook (助教)

電子物性

中島伸夫 (准教授)

石松直樹 (助教)

光物性

木村昭夫 (教授)

黒田健太 (准教授)

Munisai Nuermaimaiti (助教)

分子光科学

関谷徹司 (准教授)

吉田啓晃 (助教)

和田真一 (准教授)

仁王頭明伸 (助教)

放射光科学講座 (放射光科学研究センター所属)

放射光物性

生天目博文 (教授)

佐藤 仁 (准教授)

Shiv Kumar (助教)

島田賢也 (教授)

澤田正博 (准教授)

Mohamed Ibrahim (助教)

奥田太一 (教授)

松尾光一 (准教授)

宮本幸治 (准教授)

出田真一郎 (准教授)

放射光物理

加藤政博 (教授)

プログラム事務

前田 緑

宮本曜子

秦 真貴子

1-2-2 教員の異動

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

2022年 4月30日	転出	Mao Junjie (高エネルギー宇宙 助教)
2022年 6月30日	転出	Munisai Nuermaimaiti (光物性 助教)
2022年12月 9日	転出	Shiv Kumar (放射光物性 助教)
2023年 3月31日	退職	小畷康史 (宇宙物理学 教授)
	退職	加藤政博 (放射光物理 教授)
	転出	清水勇介 (素粒子ハドロン理論 助教)

1-3 プログラム・専攻の大学院教育

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

1-3-1 大学院教育の目標とアドミッション・ポリシー

[1] アドミッション・ポリシー

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

[2] カリキュラム・ポリシー

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

[3] ディプロマ・ポリシー

博士課程前期

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

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

博士課程後期

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

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

大学院授業担当

2022年度【前期】物理学プログラム 授業時間割表				
曜日	時限	科目	教員	教室
月	1.2	素粒子物理学	稲垣	E208
	3.4	量子場の理論	両角	E210
	5.6	電子物性物理学	中島	E208
	7.8			
	9.10			
火	1.2	宇宙物理学	小畷	オンライン
	3.4	相対論的宇宙論	岡部	オンライン
	5.6			
	7.8			
	9.10			
水	1.2			
	3.4			
	5.6			
	7.8			
	9.10			
木	1.2			
	3.4	X線ガンマ線宇宙観測	深澤, 水野, 高橋弘	オンライン
		光赤外線宇宙観測	川端, 植村	オンライン
	5.6	放射光科学特論A	生天目他7名	オンライン
	7.8	X線ガンマ線宇宙観測	深澤, 水野, 高橋弘	オンライン
		光赤外線宇宙観測	川端, 植村	オンライン
		放射光科学特論B	生天目他7名	
9.10				
金	1.2			
	3.4	クォーク物理学	志垣, 山口	C224
		高エネルギー物理学	高橋	オンライン
	5.6	高エネルギー物理学	高橋	オンライン
	7.8	クォーク物理学	志垣	オンライン
9.10				
備考		物理学特別講義 A (星間物理学) (客員教員, 集中), 物理学特別講義 C (放射光分光で探る新奇な量子相) (客員教員, 集中), 物理学特別講義 D (物理科学への誘い-風変わりな秩序と特性-) (客員教員, 集中) 物理学エクスターンシップ (志垣, 集中), 物理学演習I (各教員, 集中), 物理学特別演習 A (各教員, 集中) 物理学特別研究 (各教員, 集中)		

2022年度【後期】物理学プログラム 授業時間割表

曜日	時限	科目	教員	教室
月	1.2			
	3.4			
	5.6 7.8	構造物性物理学	黒岩	B301
	9.10	Introductory course to advanced physics	島田	B301
火	1.2			
	3.4			
	5.6 7.8	熱場の量子論	野中	E211
	9.10			
水	1.2 3.4	格子量子色力学	石川	E211
	5.6 7.8	光物性論	黒田	A017
	9.10			
木	1.2			
	3.4			
	5.6 7.8	表面物理学	奥田	E208
	9.10			
金	1.2			
	3.4			
	5.6			
	7.8			
	9.10	Introductory course to advanced physics	島田	B301
備考	放射光科学 院生実験（黒岩，集中），物理学特別講義 B（Belle 実験におけるハドロン物理学）（客員教員，集中），物理学エクスターンシップ（志垣，集中），物理学演習 II（各教員，集中），物理学特別演習 B（各教員，集中），物理学特別研究（各教員，集中）			

1-3-2 大学院教育の成果とその検証

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

博士課程前期の入学定員28名に対し、30名(内部生26名,他大学から4名)が入学している。博士課程後期の入学定員12名に対しては,11名(内部生8名,他大学から3名)が進学している。

1-3-3 大学院生の国内学会発表実績

○ 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数	80 件
○ 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数	36 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	16 件
コロナ禍前に比し大幅減少	

1-3-4 大学院生の国際学会発表実績

○ 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数	31 件
○ 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数	29 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
コロナ禍前に比し大幅減少	

外国人留学生の受入状況

○ 博士課程前期在籍者	2 名
○ 博士課程後期在籍者	14 名

1-3-5 修士論文発表実績

2022年度(22名)

	氏名	論文題目	指導教員	主査	副査	副査
1	田中 怜詞	ミュオン $g-2$ に対するハドロン真空偏極の寄与	両角	両角	本間	栗木
2	中村 謙吾	銀河磁場探査のための可視偏光サーベイ観測データリダクションシステムの開発	川端	川端	岡部	藪田
3	辻 怜河	膜の物理的特性に依存したMagainin2の膜結合構造に関する研究	松尾	松尾	中島	石井
4	古賀 柚希	機械学習を用いた激変星を特徴づける物理量の研究	植村	植村	小寫	岡本
5	久保 優介	圧力下 EXAFS と RMC 法による Fe-Ni 合金の局所構造解析	石松	石松	澤田	野原
6	遠藤 優理	X線分光による AlFeO_3 の抵抗スイッチング特性の研究	中島	中島	松尾	嶋原
7	西澤 航	h-BN/Ni(111)上に成長させた遷移金属薄膜の構造と磁性	澤田	澤田	木村	樋口

8	坂野碩保	X線吸収分光法による $\text{Ba}(\text{Ti}_{1-x}\text{Sn}_x)\text{O}_3$ セラミックスの誘電特性向上に対する Sn 置換効果の研究	中島	中島	森吉	田中
9	繁柵鳳康	ダブルペロブスカイト型反強誘電体のプロトタイプ構造に見いだされた格子不安定性	黒岩	黒岩	宮本	水田
10	石破溪太郎	ベイズ推定を用いた銅酸化物高温超伝導体の角度分解光電子分光スペクトル解析	島田	島田	関谷	多田
11	神森龍一	角度分解光電子分光による価数相転移物質 YbInCu_4 の電子状態の研究	佐藤	佐藤	和田	志村
12	末岡耕平	MeVガンマ線観測におけるコンプトン再構成アルゴリズムのシミュレーションを用いた研究	深澤	深澤	志垣	Liptak
13	保木井貴大	ビスマス系ペロブスカイト型酸化物においてビスマスイオンが誘電緩和に与える影響	黒岩	黒岩	黒田	水田
14	大和田清貴	Fe_3Ga 薄膜のスピンの分極バンド構造の観測	木村	木村	出田	八木
15	梶 宏隆	数値計算によるインフレーション終期での再加熱過程の研究	岡部	岡部	野中	檜垣
16	石橋迪也	3つの短パルスレーザーによる誘導共鳴散乱を介した質量 1.5 eV 近傍のアクシオンの粒子の探索	本間	本間	稲垣	飯沼
17	重國壮太郎	定常温度磁気流体力学モデルを用いた太陽活動領域磁場に対する圧力・重力・密度成層の影響評価	三好	三好	深澤	伊藤
18	友廣圭佑	Detectability of ω meson mass modification with pole dropping and/or broadening scenarios (中心値と幅の変移を伴う ω 中間子質量状態変化の検出可能性)	志垣	志垣	高橋 (弘)	岡本
19	橋本 聡	時間分解真空紫外円二色性法を用いた β ラクトグロブリンと生体膜の相互作用研究	松尾	松尾	黒岩	松村
20	江島 廉	Muon Track Reconstruction Method Based on Machine Learning for ALICE Run 3 and Improvement of Performance for Verification of Hadronic Mass Origin (ALICE 実験 Run 3 における機械学習を用いたミュオン粒子飛跡再構成手法開発とハドロン質量起源の検証性能改善)	志垣	志垣	石川	高橋 (徹)
21	井澤幸邑	3Higgs 二重項モデルを用いたフレーバーモデルの構築	稲垣	稲垣	山口	栗木
22	榎木大修	X線スペクトル解析による電波銀河 Markarian 6 の円盤風の物理状態の研究	深澤	深澤	両角	藪田

1-3-6 博士学位

2022年度（課程博士6名）

- [1] Wumiti Mansuer 2022年9月2日授与（甲）
Development of Laser-ARPES System for the Study of the Electronic Structure of
Unconventional Superconductors
（非従来型超伝導体の電子構造の研究のためのレーザーARPESシステムの開発）
主査：木村昭夫
副査：森吉千佳子，生天目博文，井野明洋
- [2] 下地寛武 2022年9月2日授与（甲）
Chiral Symmetry Breaking in Four-fermion Interaction Model with Thermal and Finite-size
Effects
（有限温度・有限サイズ効果を伴う4体フェルミ相互作用モデルにおけるカイラル対称性
の破れ）
主査：稲垣知宏
副査：志垣賢太，野中千穂
- [3] HOU XUEYAO 2022年9月20日授与（甲）
First Principal Calculation and Angle-resolved Photoemission Spectroscopy Study of Ultrathin
Cr₂O₃ and CrTe₂ Films
（第一原理計算と角度分解光電子分光によるCr₂O₃超薄膜およびCrTe₂薄膜の研究）
主査：澤田正博
副査：森吉千佳子，木村昭夫，島田賢也
- [4] Amit Kumar 2022年9月20日授与（甲）
Angle-resolved Photoemission Spectroscopy Study of Many-body Effects on 3D Topological
Insulator Bi₂Te₃
（角度分解光電子分光法による3次元トポロジカル絶縁体 Bi₂Te₃の多体効果の研究）
主査：島田賢也
副査：黒岩芳弘，生天目博文
- [5] BENOIT NICHOLAS JAMES 2022年9月20日授与（甲）
Neutrinos and lepton number oscillations in quantum field theory
（場の量子論に基づくニュートリノとレプトン数振動）
主査：両角卓也
副査：野中千穂，稲垣知宏，小嶋康史
- [6] 加藤盛也 2023年3月23日授与（甲）
Electric-field Dependence of Local Structure in BaTiO₃ Probed by X-ray Absorption Spectroscopy
and Reverse Monte Carlo Calculations
（X線吸収分光法と逆モンテカルロ計算によるBaTiO₃における局所構造の電場依存性）
主査：中島伸夫
副査：黒岩芳弘，木村昭夫，松村 武

1-3-7 TAの実績

2022年度は、博士課程前期の学生を21名、博士課程後期の学生を2名（通年：1名、前期：11名、後期：11名）採用した。主たる業務は学部の実験及び演習を補助することであるが、大学院生が科目内容の再確認と教授法の技能の修得に役立った。

1-3-8 大学院教育の国際化

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

物理学プログラム（博士課程前期）

科目 区分	授業科目の名称	配当 年次 (注)	単位数		要修得単 位数	
			必修	選択 必修		
大学院共通科目	持続可能な発展科目	Hiroshimaから世界平和を考える	1・2		1	1単位以上
		Japanese Experience of Social Development-Economy,Infrastructure,and peace	1・2		1	
		Japanese Experience of Human Development-Culture,Education,and Health	1・2		1	
		SDGsへの学問的アプローチA	1・2		1	
		SDGsへの学問的アプローチB	1・2		1	
		SDGsへの実践的アプローチ	1・2		2	
		ダイバーシティの理解	1・2		1	
	キャリア開発・データリテラシー科目	データリテラシー	1・2		1	1単位以上
		医療情報リテラシー	1・2		1	
		人文社会系キャリアマネジメント	1・2		2	
		理工系キャリアマネジメント	1・2		2	
		ストレスマネジメント	1・2		2	
		情報セキュリティ	1・2		2	
		MOT入門	1・2		1	
アントレプレナーシップ概論	1・2		1			
研究科共通科目	国際性	アカデミック・ライティングI	1		1	1単位以上
		海外学術活動演習A	1・2		1	
		海外学術活動演習B	1・2		2	
	社会性	MOTとベンチャービジネス論	1・2		1	2単位以上
		技術戦略論	1・2		1	
		知的財産及び財務・会計論	1・2		1	
		技術移転論	1・2		1	
		技術移転演習	1・2		1	
		未来創生思考（基礎）	1・2		1	
		ルール形成のための国際標準化	1・2		1	
		理工系のための経営組織論	2		1	
		起業案作成演習	1・2		1	
		事業創造演習	1・2		1	
		フィールドワークの技法	1・2		1	
		インターンシップ	1・2		1	
		データビジュアライゼーションA	1・2		1	
		データビジュアライゼーションB	1・2		1	
		環境原論A	1・2		1	
		環境原論B	1・2		1	

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

【履修方法及び修了要件】

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

修了要件単位数：30単位以上

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

・社会性科目：2 単位以上

(3) プログラム専門科目：25 単位以上

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

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

・他プログラム専門科目：2 単位以上

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

(注) 配当年次

1：1 年次に履修，2：2 年次に履修，1～2：1 年次から 2 年次で履修，1・2：履修年次を問わない

物理学プログラム（博士課程後期）

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

【履修方法及び修了要件】

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

修了要件単位数：16単位以上

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

(注) 配当年次

1～3：1年次から3年次で履修，1・2・3：履修年次を問わない

就職情報

博士課程前期

進 学：博士課程後期進学 5名

企 業：京セラ（株）1名，四国電力（株）1名，（株）村田製作所 1名，
（株）デンソー 1名，富士電機（株）1名，（株）岡山村田製作所 1名，
三菱スペース・ソフトウェア（株）1名，横河レンタ・リース（株）1名，
スカパーJSAT（株）1名，マイクロンメモリジャパン（合）1名，
（株）毎日放送 1名，サンディスク（株）1名，キオクシア（株）1名，
パナソニックインダストリー（株）1名，P&Gジャパン（合）1名，
（株）ナイス 1名，パナソニックコネクト 1名

学生の表彰

広島大学 エクセレント・スチューデント・スカラシップ 成績優秀学生表彰者：4名

広島大学 大学院先進理工系科学研究科学生表彰者：1名

1-4 プログラム・専攻の研究活動

1-4-1 研究活動の概要

物理学専攻・物理学プログラムの教員が主導する研究拠点の活動

物理学専攻・物理学プログラムの教員が主導する研究拠点として、広島大学自立型研究拠点 極限宇宙研究拠点 (Core-U : Core Research for Energetic Universe) があるが、詳しい活動内容は拠点の報告書を参照されたい。

講演会・セミナー等の開催実績

令和4年度 … 18件

学術団体等からの受賞実績

Kim Sangwook : International Association of Advanced Materials Award 受賞

学生の受賞実績

繁榊鳳康 : 先進理工系科学研究科 学生表彰

今澤 遼 : エクセレントスチューデントスカラシップ表彰

久保優介 : エクセレントスチューデントスカラシップ表彰

大和田清貴 : エクセレントスチューデントスカラシップ表彰

羽佐田拓海 : エクセレントスチューデントスカラシップ表彰

HOU XUEYAO : 理学研究科長表彰

井澤幸邑 : 先進理工系科学研究科 学術奨励賞

繁榊鳳康 : The 14th Japan-China Symposium on Ferroelectric Materials and Their Application (JCFMA-14) Best Poster Presentation Award

繁榊鳳康 : 15th International Symposium on Ferroic Domains & Micro- to Nano-scopic Structures (ISFD-15) Poster Award

福島凧世 : 応用物理学会 奨励賞

廣森慧太 : 2022年度量子ビームサイエンスフェスタ 学生奨励賞

産学官連携実績

令和4年度 … 3件

国際共同研究・国際会議開催実績

令和4年度 … 90件

1-4-2 研究グループの研究活動

物理学専攻・物理学プログラムの研究活動を研究グループごとに以下の項目でまとめる。

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

宇宙・素粒子科学講座

○素粒子論グループ

研究活動の概要

(I) ハドロン物理学（野中）

(i) 量子色力学における相転移現象と超高温QCD物質の研究

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

1) 光子を用いた高温クォーク物質の研究

高エネルギー原子核衝突実験において光子は重要な電磁プローブとして注目されている。光子は色荷を持たないため強い相互作用をしないため QGP の詳細な情報を直接調べることができる。ところが，現在「光子パズル」という問題が存在する。それは，実験で観測された直接光子の生成量と集団運動の強さを表す楕円フローを同時に説明できる理論計算が存在しないという問題である。本研究では，光子パズルの解明として放射ハドロン化モデルを提案する。まず，熱的光子を相対論的粘性流体と分子動力学計算を組み合わせたモデルを用いて求める。さらに新しい光子の生成機構として，放射ハドロン化モデルによる光子を加える。放射ハドロン化モデルは QGP がハドロン化する際，そのエネルギー差として光子を放射するというモデルである。この光子生成機構を加えることで生成量，楕円フローともに値が大きくなり，2つの実験結果を同時に再現することに成功した。放射ハドロン化モデルは光子パズルの解明になり得ることを示した。

2) 相対論的抵抗性磁場流体を用いた高エネルギー原子核衝突実験の解析

衝突後に存在すると考えられている磁場の効果を取り入れた相対論的抵抗性電磁流体のモデルの

構築を行った。抵抗性まで取り入れた解析は世界で初めての研究であり、高エネルギー原子核衝突実験結果の磁場の影響を詳細に明らかにできる可能性が出てきた。現在コード開発は終了し、実際の実験を視野に入れた解析を行った。粒子の生成量、集団運動と行った実験結果との比較と検討を行うことで、磁場の存在を明らかにできる手がかりを得た。特にCu+Auといった非対称の衝突系の直接フローに影響が現れることを明らかにした。この研究はさらにカラー磁場への拡張など大きな発展が期待できる。これらの成果はプラズマ物理・宇宙物理学の研究者との連携で可能になった。(国内学会一般講演[28])

3) パートンカスケード模型の開発

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

(ii) 格子ゲージ理論を用いた量子色力学相図の研究

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

(II) 素粒子と重力の理論 (稲垣)

(i) 極限状態にあるフェルミオン系

右巻きのフェルミオンと左巻きのフェルミオンに対して独立に定義された変換をカイラル変換と呼ぶ。質量を持たないフェルミオンに対する強い相互作用の理論はカイラル変換の下で不変であり、カイラル対称性を持つ。実際には、クォークが質量を持つことで、カイラル対称性は理論の厳密な対称性ではない。また、フェルミオンとその反粒子の場からなる複合演算子が期待値を持つことで、カイラル対称性は自発的にも破れる。複合演算子の期待値は、系のサイズ、温度、密度、磁場、曲率といった環境に左右され、環境を変えることでカイラル対称性の破れ方も変化する。

2022年度は、強い相互作用をするフェルミオンの理論である4体フェルミ相互作用模型を用い、カイラル対称性を破る質量項を導入した上で、有限温度、化学ポテンシャルを考慮した場合に、複合演算子が期待値を持つことによるカイラル対称性の自発的破れがどのような影響を受けるかについての探究を推進した。前年度までの研究で、新しい物理状態が現れる可能性を指摘してい

たが、それに超回復と命名し、2次元、3次元4体フェルミ相互作用模型におけるカイラル対称性の超回復に関する相構造を解明することに成功した。また、強い相互作用の有効模型である4次元南部・ジョナラシニオ模型について、中間子の物理への影響を明らかにした（国内学会一般講演[7,8]）。

(ii) 修正重力理論

地平線問題、平坦性問題、モノポール問題と呼ばれる宇宙論の諸問題は、熱的ビッグバン以前に空間が急激に加速膨張するインフレーション期を経たと考えることにより解決できる。また、現在の宇宙膨張速度も加速していることが観測されている。一般相対性理論と素粒子模型で、宇宙初期と現在の宇宙の加速膨張を同時に説明するには、宇宙定数とインフラトンと呼ばれる場を導入することで加速膨張を引き起こすエネルギー源とすることが可能であるが、既知の粒子をインフラトンと考えるにはとてつもなく大きな曲率相互作用が必要になる。一方で、一般相対性理論と量子論の整合性から、プランクスケールでは重力理論に修正が必要になると考えられており、一般相対性理論を修正することで宇宙の加速膨張を引き起こす可能性が指摘されている。

我々は2021年度までの研究で、アインシュタイン・カルタン幾何学に基づくF(R)修正重力理論が共形変換なしでより単純なスカラー・テンソル理論と同等になることを見つけており、2022年度は、この結果を学術論文にまとめ発表することから研究をスタートした（原著論文[10]）。このカルタンF(R)修正重力理論について、インフレーション期の現象を系統的に明らかにする目的で、具体的なモデルとして通常のF(R)修正重力でよく用いられるパワー則模型、対数模型を採用し、宇宙背景放射の揺らぎの観測との整合性による理論の検証を進め、再加熱期における理論の特徴を明らかにした（国内学会一般講演[5,9,10]）。また、重力波の伝搬を解析するための準備として、一般的なF(R)修正重力における重力波伝搬の基礎方程式を（国内学会一般講演[4]）、再加熱期解析の準備として、振動する模型における電磁場の特性を導出した（原著論文[6]）。

(III) 格子量子色力学（格子QCD）を用いた強い相互作用の研究（石川）

(i) ラージN極限におけるツイストされた時空縮約モデルの研究

SU(N)格子ゲージ（ヤン・ミルズ）理論は、Nを無限に持っていった極限で時空の自由度を内部空間に吸収できてしまう可能性がある。通常格子ゲージ理論は4次元格子上で定義されるが、江口・川合は格子点が1点しかない理論（江口・川合模型）を考えた。これはNが無限大のときにSU(N)格子ゲージ理論と等価になると予想されたが、弱結合相および中間結合相ではZ(N)対称性が自発的に破れ2つの理論は同等ではないことがわかっている。この困難を回避するために、大川とゴンザレス・アロヨは理論にtwisted境界条件を課するtwisted江口・川合模型を提案し、大きなNの極限でSU(N)格子ゲージ理論と同じ理論になることが確かめられている。N = 1超対称性を持つヤン・ミルズ模型はQCDを含む通常のヤン・ミルズ模型と同様に、漸近自由性やカイラル対称性の破れ、閉じ込め現象を呈する模型である。超対称性により理論的性質がよいためQCDの非摂動現象の理論的解明のために研究が進められている。特にゲージ群SU(N)のNが無限大の極限はこれらの非摂動現象の理論的解明につながると期待されている。twisted江口・川合模型に随伴表現のマヨラナフェルミオンを一つ含む模型はこのN = 1超対称性を持つヤン・ミルズ模型のNが無限大の極限を効率よく探求できる格子上の模型である。

2022年度は前年度から開始しているtwisted江口・川合模型に随伴表現のマヨラナフェルミオンを一つ含む模型（マヨラナフェルミオンを一つ含む行列模型）の計算の結果をまとめた。また質量中間子スペクトルの高精度の計算を開始した。3つのゲージ群の大きさ、複数の結合定数、及び、

複数のマヨラナフェルミオン質量にてモンテカルロ計算を行い、マヨラナフェルミオン質量がゼロとなるところでの格子間隔の結合定数とゲージ群の大きさ依存性を調べた。この格子間隔の決定には、基本表現フェルミオンから構成される中間子質量スケールと勾配流処方による長さスケールを用いた。これらの格子間隔の結合定数依存性は、 $\mathcal{N} = 1$ 超対称性ヤン・ミルズ理論のラージ N 極限のふるまいと矛盾していないことを確認した(原著論文[8,9,10], 国際会議一般講演[8], 国内学会一般講演[11,15,16])。また前年度に引き続きラージ N 極限におけるツイストされた時空縮約モデルの数値摂動論に基づくリサージェンス構造の探索のため、2次元カイラル模型の時空縮約模型の数値確率過程摂動論を用いた摂動係数の計算を行った。摂動展開の4ループ(トフフト結合定数の4次)まで、内部エネルギーを計算した。ラージ N 極限では2つの異なる座標の演算子の期待値の因子化が起こると予想され、このことから時空縮約モデルでは摂動係数の分散はラージ N 極限でゼロになることが予想されている。実際の数値計算でこれを確かめることができた。引き続き数値確率過程摂動論の行列模型への効率的な適用方法について研究を進めている(原著論文[11], 国際会議一般講演[25], 国内学会一般講演[12,13,19,20])。

(ii) 格子QCDに関する計算

1) 大体積, 格子QCDによる物理点でのハドロン行列要素の研究

格子QCDを用いた第一原理計算による核子や軽い原子核, ストレンジネスを持つハドロンの性質の導出が世界的に進められてきている。これらの性質を理論的に精密に決定することは素粒子標準模型のクォークセクターに関わる構造の精密実験との比較のために必要不可欠である。物理的クォーク質量における計算ではクォーク質量が軽いため核子の持つ仮想パイ中間子の放出吸収に伴う核子や原子核の有効体積の広がりによる有限体積効果への系統誤差の増加を抑えるために、非常に大きな物理体積での計算が必要になってきている。平成29年度から筑波大学, 東北大学, 理研の共同研究者とともに、物理クォーク質量での核子1つが有限体積効果を受けないような大きな体積としておよそ $(10\text{fm})^4$ の大きさの体積の物理点格子QCDモンテカルロ計算を行っている。

令和4年度は K 中間子の K_{I3} 崩壊の形状因子や核子の形状因子・構造関数についての計算を続けている。 K 中間子の K_{I3} 崩壊とは $K \rightarrow \pi l \nu$ の3体崩壊であり、この崩壊の形状因子はカビボ-小林-益川行列の成分の一つである $|V_{us}|$ を実験値から引き出すために必要な理論部品である。令和4年度は前年度よりも格子間隔の小さな格子で、運動量移行ゼロへの内挿を詳しく調べ、格子間隔ゼロへの外挿を行なった。 K_{I3} 崩壊の実験値と今回求めた格子QCDの形状因子から、カビボ-小林-益川行列値として $|V_{us}| = 0.2252(^{+5}_{-12})$ を得た(原著論文[13,15], 国際学会一般講演[9], 国内学会一般講演[17])。核子構造に関しては重要な問題の一つに、核子の荷電半径の互いに矛盾する独立な実験結果の問題が残っている。格子QCD核子の荷電半径の理論値を決めることは、自然界に標準模型からのズレが有ることを示す強力な証拠となるため、世界的に研究が進められている。令和4年度は引き続き核子構造(形状因子, 構造関数, 核力電荷)の研究を行った。これまでの2つの格子間隔での値を用いて連続極限を取り、核子アイソベクトル結合定数の値として、スカラー型結合定数 $g_S = 0.927(83)_{\text{stat}}(22)_{\text{syst}}$, テンソル型結合定数 $g_T = 1.036(6)_{\text{stat}}(20)_{\text{syst}}$ を得た(原著論文[14], 国際学会一般講演[10], 国内学会一般講演[14,18])。

2) 素粒子原子核分野アプリケーションプログラム調査

2021年度に行ったスーパーコンピュータ「富岳」での格子QCDソルバーの最適化についての研究結果を発表した(原著論文[12,16])。

2022年度より、文部科学省科学技術試験研究委託事業が始まり、スーパーコンピュータ「富岳」

の次の世代の計算機の調査研究が始まった。牧野淳一郎（神戸大学）を代表とする「次世代計算機に係る調査研究」（システム調査研究）に、石川は素粒子原子核分野アプリケーションプログラムの将来の性能調査担当として参加した。本調査研究ではアクセラレータ型の将来の計算機での素粒子原子核分野アプリケーションプログラムの性能の調査をしている。

(IV) 素粒子の現象論（両角）

(i) 繰り込み群方程式を用いたニュートリノ質量行列の階数（ランク）の研究（両角, 清水）

ニュートリノ質量のシーソー模型では、重い右巻きニュートリノの仮想的な交換によって軽いニュートリノの有効マヨラナ質量が生まれる。複数個の質量階層性のある右巻きニュートリノを含む場合は最も重い右巻きニュートリノ積分するごとに有効マヨラナ質量への新たな寄与が生まれる。本研究では有効マヨラナ質量行列に対する繰り込み群の効果を調べた。低エネルギーでの有効マヨラナ質量行列の階数（ランク）をしらべることにより質量ゼロのニュートリノの個数がわかる。実験的には少なくとも2個のニュートリノはゼロでない質量をもつことがわかっているため、有効マヨラナ質量行列の階数は2または3である。研究の結果、2種類の右巻きニュートリノを含む最小シーソー模型の場合は繰り込み群の効果をいれても、有効マヨラナ質量行列の階数は、この効果を入れてない場合と同じ2に保持されることが1ループ近似に基づく繰り込み群を用いて示された。一方3種類の右巻きニュートリノを含む模型の場合は、一般には、繰り込み群の効果で有効マヨラナ質量行列の階数は変わることが同じ近似に基づいて示された。後者に関しては、3種類の右巻きニュートリノと3種類の左巻きニュートリノの 3×3 の湯川結合の階数が高エネルギーで2と仮定することで有効質量行列の変化を研究した。この場合は高エネルギーでは有効マヨラナ質量行列の階数は2となるが、繰り込み群の効果で階数は一般には3に変化することが示された。一方繰り込み群の方程式に使う湯川結合としてニュートリノの湯川結合だけを使った特殊な条件の下では階数が2に保たれることが示された。上記の結果は解析的な手法で導いた。（原著論文[20]）

(ii) ユニバーサルシーソー模型の有効理論（両角, 清水）と弱基底変換不変量を用いた研究

ユニバーサルシーソー模型はクォークや荷電レプトンの質量階層性もシーソー機構を用いて説明する模型である。この模型には階層的な質量をもつベクターライククォーク (VLQ) が6種類含まれている。模型の低エネルギーでの有効理論を導き、フレーバー実験 (Belle II, LHCb, Kotoなど) CKM 行列の格子理論と実験による精密な決定、高エネルギーでのVLQ探索 (LHC) やトップの質量やWボゾン質量 (CDF, LHCなど) の精密な決定と比べることで模型を検証できる。

本研究では、樹木近似の範囲で5つのVLQを積分して有効模型を導いた。また、この模型には $SU(2)_R$ のゲージボゾンも存在するので、これらを含むゲージボゾンの質量行列を対角化することで、ゲージボゾンの質量固有状態とクォークの質量固有状態との結合を求めた。（原著論文[18]）

また、ユニバーサルシーソー模型の1世代の場合の物理量に関する弱基底変換不変量をヒルベルトシリーズの方法に基づいて研究した。（原著論文[19]）においては、 W_L - W_R 混合のCPの破れに対応する弱基底変換不変量をこの方法で導いた。

(iii) 場の量子論に基づくマヨラナニュートリノの振動確率とレプトン数の時間変化の関係（両角, 清水）

マヨラナニュートリノの担うレプトン数の時間変化を振動確率の観点から解釈できないかという問いに関して、「レプトン数の時間変化＝ニュートリノ間の振動の確率—ニュートリノから反ニュートリノへの振動確率」という仮説を場の量子論に基づいて証明することを試みた。（国内一般講演[22]）場の量子論に基づいたニュートリノ振動の枠組みではどの真空の上にニュートリノ

のフレーバー状態(電子ニュートリノなど)を作ればいいのか、真空の選択の自由度に任意性がある。このため、量子力学の場合とは異なり決まったレプトンフレーバー数を持つニュートリノ間の振動確率をどのように定義すべきかが明らかでない。またフレーバー数がゼロの“真空”は、時間不変性を持たず真の基底状態とは異なっている。(国内一般講演[22])では、これらの問題点を分析した講演を行った。さらに、レプトン数の時間変化に基づくニュートリノ振動の定式化をローレンツ不変な枠組みにするために、静止状態(運動量ゼロモード)の欠損の問題を中心に研究を進めている。

ローレンツ不変な枠組みを完成させれば上記の問題に答えが出ると予想している。

また、上と異なる方法として、外部波束を用いたニュートリノ振動の方法をニュートリノ-反ニュートリノに振動に適用する研究も進めている。

(V) 素粒子の現象論(清水)

2組の10重項ベクターライクフェルミオンを加えたSU(5)統一理論を提案した。このモデルでSU(5)の24次元表現のヒッグスに属するSU(2)_L3重項のヒッグスを使ってCDF実験グループが報告しているWボゾン質量の異常を説明した。(原著論文[23])

A4対称性に基づくレプトンフレーバーモデルを提案した。世代数と同じ3種類のヒッグス場をA4対称性の3重項として導入した。このモデルではレプトン混合 θ_{23} とディラック型CPの破れの位相の間に強い相関がある。また、このモデルに基づいて、ニュートリノレス2重ベータ崩壊の大きさと最も軽いニュートリノの質量範囲を予言した。(原著論文[22])

原著論文

- [1] ©Kouki Nakamura, Takahiro Miyoshi, Chiho Nonaka, Hiroyuki R. Takahashi, “Charge-dependent anisotropic flow in high-energy heavy-ion collisions from a relativistic resistive magneto-hydrodynamic expansion”, Phys.Rev.C 107 (2023) 3, 034912.
- [2] ©Kouki Nakamura, Takahiro Miyoshi, Chiho Nonaka, Hiroyuki R. Takahashi, “Relativistic resistive magneto-hydrodynamics code for high-energy heavy-ion collisions”, Eur.Phys.J.C 83 (2023) 3, 229.
- [3] ©Kouki Nakamura, Takahiro Miyoshi, Chiho Nonaka, Hiroyuki R. Takahashi, “Directed flow in relativistic resistive magneto-hydrodynamic expansion for symmetric and asymmetric collision systems”, Phys.Rev.C 107 (2023) 1, 014901.
- [4] Hirotsugu Fujii, Kazunori Itakura, Katsunori Miyachi, Chiho Nonaka, “Photon production in high-energy heavy-ion collisions: Thermal photons and radiative recombination”, Acta Phys.Polon.Supp. 16 (2023) 1, 130.
- [5] Hirotsugu Fujii, Kazunori Itakura, Katsunori Miyachi, Chiho Nonaka, “Radiative hadronization: Photon emission at hadronization from quark-gluon plasma”, Phys.Rev.C 106 (2022) 3, 034906.
- [6] Y. Kitadono, Tomohiro Inagaki, “Elliptically oscillating solutions in Abelian-Higgs model and electromagnetic property”, Int. J. Mod. Phys. A37 (2022) 13, 2250084.
- [7] T. Inagaki, M. Taniguchi, “Cartan F(R) gravity and equivalent scalar-tensor theory”, Symmetry 14 (2022) 9, 1830.
- [8] Pietro Butti, Margarita Garcia Perez, Antonio Gonzalez-Arroyo, Ken-Ichi Ishikawa, Masanori Okawa, “Scale setting for large-N SUSY Yang-Mills on the lattice”, J. High Energ. Phys. 2022, 74 (2022), DOI: [https://doi.org/10.1007/JHEP07\(2022\)074](https://doi.org/10.1007/JHEP07(2022)074)
- [9] P. Butti, M. Garcia Perez, A. Gonzalez-Arroyo, K. I. Ishikawa, M. Okawa, “Scale setting for N=1

- SUSY Yang-Mills at large- N through volume-reduced twisted matrix model”, PoS(LATTICE2021)474, DOI: <https://doi.org/10.22323/1.396.0474>
- [10] Pietro Butti, Margarita García Pérez, Antonio González-Arroyo, Ken-Ichi Ishikawa, Masanori Okawa, “Large N simulation of the twisted reduced matrix model with an adjoint Majorana fermion,” PoS(LATTICE2021)334, DOI: <https://doi.org/10.22323/1.396.0334>
- [11] Antonio González-Arroyo, Ken-Ichi Ishikawa, Yingbo Ji, Masanori Okawa, “Perturbative study of large N principal chiral model with twisted reduction”, Int.J.Mod.Phys.A 37 (2022) 36, 2250210, DOI: <https://doi.org/10.1142/S0217751X22502104>
- [12] Ken-Ichi Ishikawa, Issaku Kanamori, Hideo Matsufuru, Ikuo Miyoshi, Yuta Mukai, Yoshifumi Nakamura, Keigo Nitadori, Miwako Tsuji, “102 PFLOPS Lattice QCD quark solver on Fugaku”, Computer Physics Communications, 2022, 108510, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cpc.2022.108510>
- [13] Ken-ichi Ishikawa, Naruhito Ishizuka, Yoshinobu Kuramashi, Yusuke Namekawa, Yusuke Taniguchi, Naoya Ukita, Takeshi Yamazaki, Tomoteru Yoshié for PACS Collaboration, “ $K\ell 3$ form factors at the physical point: Toward the continuum limit”, Phys.Rev.D 106 (2022) 9, 094501, DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.106.094501>
- [14] Ryutaro Tsuji, Natsuki Tsukamoto, Yasumichi Aoki, Ken-Ichi Ishikawa, Yoshinobu Kuramashi, Shoichi Sasaki, Eigo Shintani, Takeshi Yamazaki, “Nucleon isovector couplings in $N_f = 2 + 1$ lattice QCD at the physical point”, Phys.Rev.D 106 (2022) 9, 094505, DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.106.094505>
- [15] Takeshi Yamazaki, Ken-ichi Ishikawa, Naruhito Ishizuka, Yoshinobu Kuramashi, Yoshifumi Nakamura, Yusuke Namekawa, Yusuke Taniguchi, Naoya Ukita, Tomoteru Yoshié for PACS Collaboration, “Calculation of kaon semileptonic form factor with the PACS10 configuration”, PoS(LATTICE2021)563, DOI: <https://doi.org/10.22323/1.396.0563>
- [16] Ken-Ichi Ishikawa, Issaku Kanamori, Hideo Matsufuru, “Multigrid Solver on Fugaku”, PoS(LATTICE2021)278, DOI: <https://doi.org/10.22323/1.396.0278>
- [17] Masato Miyazaki, Ken-Ichi Ishikawa, Ken'ichiro Nakashima, Hiroshi Shimizu, Taiki Takahashi and Nobuyuki Takahashi, “Application of the symbolic regression program AI-Feynman to psychology”, Front. Artif. Intell. 6:1039438, DOI: 10.3389/frai.2023.1039438
- [18] ©Takuya Morozumi, Apriadi Salim Adam, Yuta Kawamura, Albertus Hariwangsa Panuluh, Yusuke Shimizu, Kei Yamamoto, “Effective theory for universal seesaw model and FCNC” J.Phys.Conf. Ser.2446(2023) 1,012046, p1-p4.
- [19] Albertus Hariwangsa Panuluh and Takuya Morozumi, “Study of weak-basis invariants in the universal seesaw model using Hilbert Series”, J.Phys.Conf. Ser.2446(2023) 1,012049. p1-p4
- [20] ©Nicholas J. Benoit, Takuya Morozumi, Yusuke Shimizu, Kenta Takagi, Akihiro Yuu, “Renormalization group effects for a rank degenerate Yukawa matrix and the fate of massless neutrino”, PTEP 2022 (2022)113B02, p1-p18.
- [21] Nicholas J. Benoit, Yuta Kawamura, Takuya Morozumi, “Time evolution of the lepton numbers of Majorana neutrinos in the Schrodinger picture versus Heisenberg picture”, Pos Corfu2021(2022)063, p1-p10.
- [22] Yukimura Izawa, Yusuke Shimizu, Hironori Takei, “Non-SUSY lepton flavor model with the three Higgs doublet model”, Progress of Theoretical and Experimental Physics, Volume 2023, Issue 6, June 2023, 063B04.

- [23] Yusuke Shimizu, Shounosuke Takeshita, “W Boson Mass and Grand Unification via the Type-II Seesaw-like Mechanism”, Nucl.Phys.B 994(2023)116290.
- [24] A. Sakai, K. Murase, H. Fujii, T. Hirano, “Space-time Evolution of Critical Fluctuations in an Expanding System”, DOI: 10.5506/APhysPolBSupp.16.1-A155 Acta Phys. Pol. B Proc. Suppl. 16, 1-A155 (2023)

国際会議

(招待講演)

- [1] Chiho Nonaka, “Relativistic Hydrodynamic Model in High-Energy Heavy-Ion Collisions”, 2023 3rd IITB-Hiroshima workshop in HEP, 2023.2.20-22, 広島大学, [2023年2月22日発表]

(一般講演)

- [1] Chiho Nonaka, Kazunori Itakura, Hirotugu Fujii, Katuya Miyachi, “Photon Production in High-Energy Heavy-Ion Collisions: Thermal Photons and Radiative Recombination”, Quark Matter 2022, 2022.4.4-10, Krakow, Poland, [2022年4月7日発表]
- [2] Chiho Nonaka, “Chirality and Knot in Relativistic Hydrodynamics”, SKCM2 Kickoff Symposium 2023, 2023.3.20-22, 広島国際会議場, 広島, [2023年3月20日発表]
- [3] © Chiho Nonaka, Kouki Nakamura, Takahiro Miyoshi, Hiroyuki Takahashi, “Charge-dependent anisotropic flow in high-energy heavy-ion collisions from relativistic resistive magneto-hydrodynamic expansion”, 日本物理学会春季大会, 2023.3.22-25, オンライン, [2023年3月25日発表]
- [4] A. Hikita, T. Inagaki, M. S. Maekawa, S. Tajima, Y. Miyazaki and E. Nagasawa, “A Social Media Simulator for Media Literacy Education in Japanese schools and universities”, IFIP WCCE 2022: World Conference on Computers in Education, Hiroshima, Japan, [2022年8月24日発表]
- [5] T. Inagaki, N. Takahashi and M. Nakanishi, “Curriculum Standard of Informatics in General Education at Universities in Japan”, IFIP WCCE 2022: World Conference on Computers in Education, Hiroshima, Japan, [2022年8月23日発表]
- [6] N. Chubachi, T. Inagaki and K. Kawamura, “Implementation and Evaluation of University Information Placement Test in Japan”, IFIP WCCE 2022: World Conference on Computers in Education, Hiroshima, Japan, [2022年8月22日発表]
- [7] Y. Murakami, Y. Sho and T. Inagaki, “Improving Motivation in Undergraduate Data Science. Education by Using Dilemma Problems”, IFIP WCCE 2022: World Conference on Computers in Education, Hiroshima, Japan, [2022年8月22日発表]
- [8] Antonio Gonzalez-Arroyo, Margarita García Pérez, Pietro Butti, Ken-Ichi Ishikawa, Masanori Okawa, “Adjoint fermions at large- N_c on the lattice”, the 39th international conference on lattice field theory. Lattice 2022, Hoersaalentrum Pooplsdorf, [2022年8月10日発表]
- [9] Takeshi Yamazaki, Ken-Ichi Ishikawa, Naruhito Ishizuka, Yoshinobu Kuramashi, Yusuke Namekawa, Yusuke Taniguchi, Naoya Ukita, Tomoteru Yoshie, “Momentum transfer dependence of kaon semileptonic form factor on $(10 \text{ fm})^4$ at the physical point”, the 39th international conference on lattice field theory. Lattice 2022, Hoersaalentrum Pooplsdorf, [2022年8月10日発表]
- [10] Ryutaro Tsuji, Ken-Ichi Ishikawa, Eigo Shintani, Yasumichi Aoki, Yoshinobu Kuramashi, Shoichi Sasaki, Takeshi Yamazaki, “Towards the continuum limit of nucleon form factors at the physical

- point using lattice QCD”, the 39th international conference on lattice field theory. Lattice 2022, Hoersaalentrum Pooplsdorf, [2022年8月9日発表]
- [11] Takuya Morozumi, Apriadi Salim Adam, Yuta Kawamura, Albertus Hariwangsa Panuluh, Yusuke Shimizu, Kei Yamamoto, “Effective theory for universal seesaw model and. FCNC”, Poster, INTERNATIONAL CONFERENCE ON KAON PHYSICS, 2022.9.13-16., Osaka, Japan, [2022年9月14日発表]
- [12] Takuya Morozumi, Apriadi Salim Adam, Nicholas James Benoit, Yamato Matsuo, Yusuke Shimizu, Naoya Toyota, Yuta Kawamura, “Space time evolution of lepton number densities”, Poster, 2023.3.20-22, SKCM2 Kickoff meeting, Hiroshima, Japan , [2023年2月20日発表]
- [13] Yusuke Shimizu, “Time evolution of lepton number and Majorana type phases”, Summer Institute 2022, 2022.9.18-22, Fuji-Yoshida, Japan, [2022年9月19日発表]
- [14] A. Sakai, “Modeling the space-time evolution of critical fluctuations in an expanding system”, The 9th edition of the Workshop for Young Scientists on. the Physics of Ultra-relativistic Nucleus-Nucleus Collisions (Hot Quarks 2022), 2022.10.11-17, Dao House, Estes Park, Colorado, USA, [2022年10月12日発表]
- [15] A. Sakai, K. Murase, H. Fujii and T. Hirano, “Space-time evolution of critical fluctuations in an expanding system”, Quark Matter 2022 - 29th International Conference on Ultrarelativistic Nucleus-Nucleus Collisions, 2022.4, Krakow, Poland, [2022年4月6日発表]
- [16] K. Kuroki, A. Sakai, K. Murase and T. Hirano, “Effects of hydrodynamic fluctuations in ultra-central Pb-Pb collisions at LHC”, Quark Matter 2022 - 29th International Conference on Ultrarelativistic Nucleus-Nucleus Collisions, 2022.4, Krakow, Poland, [2022年4月6日発表]
- [17] K. Murase and A. Sakai, “Longitudinal flow decorrelation by hydrodynamic fluctuations and event-shape engineering in Xe+Xe collisions”, Quark Matter 2022 - 29th International Conference on Ultrarelativistic. Nucleus-Nucleus Collisions, 2022.4, Krakow, Poland, [2022年4月6日発表]
- [18] Cendikia Abdi, Chiho Nonaka, “Chemical and Thermal equilibration of QGP in heavy ion collision”, 3rd IITB-Hiroshima workshop in HEP, International conference, 2023.2.20-22, [2023年2月21日発表]
- [19] Albertus Hariwangsa Panuluh and Takuya Morozumi, “Study of weak-basis invariants in the universal seesaw model using Hilbert series”, International Conference on Kaon Physics 2022 (KAON 2022), 2022.9.13-16, [2022年9月14日発表]
- [20] N. J. BENOIT, “Evolution of Lepton Number for Neutrinos”, 23rd International Workshop on Neutrinos from Accelerators (NuFACT 2022), 2022.8.1-6, [2022年8月5日発表]
- [21] N. J. BENOIT, “Effects of renormalization group kernels on the lightest neutrino mass in the Type-I Seesaw Model”, KEK-PH International Workshop, 2022.11.29-12.2, [2022年11月30日発表]
- [22] 井澤幸邑, 清水勇介, 武井玄德, “Lepton Flavor Model with A4 symmetry and 3HDM”, KEK Theory Meeting on Particle Physics Phenomenology and International Joint Workshop on the Standard Model and beyond, 2022.11.29-12.2, [2022年12月1日発表]
- [23] 井澤幸邑, 清水勇介, 武井玄德, “Lepton flavor model and analysis with 3HDM”, 3rd IITB-Hiroshima workshop in HEP, 2023.2.20-22, [2023年2月22日発表]
- [24] Sakura Itatani, “A review of chiral phase transition in the 1+1 dimensional Gross-Neveu model”, 3rd IITB Hiroshima IITB workshop in HEP, 2023.2.20- 22, [2023年2月20日発表]
- [25] Hironori Takei, Ken-Ichi Ishikawa, “Basic Idea of Numerical Stochastic Perturbation Theory and application to the Gross-Witten-Wadia model”, 3rd IITB-Hiroshima workshop in HEP, 2023.3.20-22,

[2023年3月22日発表]

- [26] Yusuke Shimizu, Shonosuke Takeshita, “Experimental testability of GUT model including the mirror particles”, KEK Theory Meeting on Particle Physics Phenomenology (KEK-PH) and International Joint Workshop on the Standard Model and beyond, 2022.11.29- 12.1, [2022年12月1日発表]
- [27] Yusuke Shimizu, Shonosuke Takeshita, “The W boson mass anomaly in the extension of the minimal SU(5) GUT model”, 3rd Hiroshima-IITB workshop in HEP, 2023.2.20- 22, [2023年2月21日発表]
- [28] 稲垣知宏, 谷口真彦, “Cartan F(R) gravity and Inflation”, JGRG31, 2022.10.24-28, [2022年10月24日-25日発表]
- [29] 竹内康太, 稲垣知宏, “Comprehensive Analysis of Equivalence Classes in 5D SU(N) gauge theory with S¹/Z₂ compact space”, 3rd IITB-Hiroshima workshop in HEP, 2023.2.20- 22, [2023年2月20日発表]

国内学会

(招待講演)

該当無し

(一般講演)

- [1] Keita Horie and Chiho Nonaka, “Inhomogeneous phases in 1+1 dimensional chiral Gross-Neveu model on the lattice”, 熱場の量子論とその応用, 2022.9.20-22, 京都大学基礎物理学研究所 湯川記念館 パナソニック国際交流ホール, [2022年9月22日発表]
- [2] Chiho Nonaka, Kazunori Itakura, Hirotsugu Fujii, Katuya Miyachi, “Photon Production in High-Energy Heavy-Ion Collisions: Thermal Photons and Radiative Recombination”, Setouchi Summer Institute 2022, 2022.9.26-28, 広島大学, [2022年9月28日発表]
- [3] © Chiho Nonaka, Kouki Nakamura, Takahiro Miyoshi, Hiroyuki Takahashi, “Charge-dependent anisotropic flow in high-energy heavy-ion collisions from relativistic resistive magneto-hydrodynamic expansion”, 日本物理学会春季大会, 2023.3.22-25, オンライン, [2023年3月25日発表]
- [4] 谷口真彦, 稲垣知宏, 「F(R)修正重力理論での重力波の伝播」, 日本物理学会 2023年春季大会, オンライン, [2023年3月24日発表]
- [5] 吉岡直樹, 谷口真彦, 稲垣知宏, 「Cartan 修正重力理論における再加熱過程」, 日本物理学会 2023年春季大会, オンライン, [2023年3月23日発表]
- [6] 竹内康太, 稲垣知宏, 「S¹/Z₂ コンパクト空間をもつ5次元 SU(N)ゲージ理論における同値類の網羅的分析」, 日本物理学会 2023年春季大会, オンライン, [2023年3月23日発表]
- [7] 木村大自, 下地寛武, 稲垣知宏, 「3 フレーバー-NJL 模型における固有時間法を用いたメソンの解析」, 日本物理学会 2022年秋季大会, 岡山理科大学, [2022年9月8日発表]
- [8] 下地寛武, 稲垣知宏, 木村大自, 「カイラル対称性の回復に関する新しい相の可能性」, 日本物理学会 2022年秋季大会, 岡山理科大学, [2022年9月8日発表]
- [9] 坂本弘樹, 稲垣知宏, 谷口真彦, 「Cartan F(R) 重力理論によるインフレーションの模型」, 日本物理学会 2022年秋季大会, 岡山理科大学, [2022年9月8日発表]
- [10] 谷口真彦, 稲垣知宏, 「Cartan F(R)重力理論によるスカラー・テンソル理論の導出」, 日本物理学会 2022年秋季大会, 岡山理科大学, [2022年9月8日発表]
- [11] Pietro Butti, Margarita Garcia Perez, Antonio Gonzalez-Arroyo, 石川健一, 大川正典, 「時空縮約格子行列模型を用いたラージN 超対称 Yang-Mills 理論の物理スケールの結合定数依存性の

- 評価」, 日本物理学会 2023 年春季大会, 2023.3.22-25, オンライン, [2023 年 3 月 24 日発表]
- [12] 姫 英博, 石川健一, 大川正典, Antonio Gonzalez-Arroyo, 「数値確率過程摂動理論を用いてツイストされた時空縮約カイラルモデルの高次までの応用」, 日本物理学会 2023 年春季大会, 2023.3.22-25, オンライン, [2023 年 3 月 24 日発表]
- [13] 武井玄徳, 石川健一, 「Cayley 変換を施した GWW 模型の解析と数値確率過程摂動論」, 日本物理学会 2023 年春季大会, 2023.3.22-25, オンライン, [2023 年 3 月 24 日発表]
- [14] 辻 竜太郎, 青木保道, 石川健一, 蔵増嘉伸, 佐々木勝一, 新谷栄吾, 山崎 剛, 「物理点格子 QCD に基づく核子軸性形状因子の研究」, 日本物理学会 2023 年春季大会, 2023.3.22-25, オンライン, [2023 年 3 月 24 日発表]
- [15] 石川健一, Pietro Butti, Margarita Garcia Perez, Antonio Gonzalez-Arroyo, 大川正典, 「Scale setting for large-N SUSY Yang-Mills on the lattice」, 「富岳で加速する素粒子・原子核・宇宙・惑星」シンポジウム, 神戸大学先端融合研究環統合研究拠点コンベンションホール, 2022.12.12-13, ハイブリッド, [2022 年 12 月 12 日発表]
- [16] 石川健一, Pietro Butti, Margarita Garcia Perez, Antonio Gonzalez-Arroyo, 大川正典, 「Scale setting for large-N SUSY Yang-Mills on the lattice」, 瀬戸内サマーインスティテュート SSI2022, 広島大学理学部, 2022. 9.26-28, ハイブリッド, [2022 年 9 月 26 日発表]
- [17] 山崎 剛, 石川健一, 石塚成人, 蔵増嘉伸, 中村宜文, 滑川裕介, 谷口裕介, 浮田尚哉, 吉江友照 for PACS Collaboration, 「格子 QCD を用いた K 中間子セミレプトニック崩壊位相積分計算」, 日本物理学会 2022 年秋季大会, 2022.9.6-8, 岡山理科大学, [2022 年 9 月 6 日発表]
- [18] 辻 竜太郎, 青木保道, 石川健一, 蔵増嘉伸, 佐々木勝一, 新谷栄吾, 山崎 剛, 「核子形状因子の物理点格子 QCD 計算」, 日本物理学会 2022 年秋季大会, 2022.9.6-8, 岡山理科大学, [2022 年 9 月 6 日発表]
- [19] 姫 英博, 石川健一, 大川正典, Antonio Gonzalez-Arroyo, 「数値確率過程摂動理論を用いてツイストされた時空縮約カイラルモデルのラージ N 極限の研究」, 日本物理学会 2022 年秋季大会, 2022.9.6-8, 岡山理科大学, [2022 年 9 月 8 日発表]
- [20] 石川健一, Antonio Gonzalez-Arroyo, 大川正典, 姫 英博, 「Gross-Witten-Wadia ユニタリー行列模型の数値確率過程摂動を用いた高次係数計算の試み」, 日本物理学会 2022 年秋季大会, 2022.9.6-8, 岡山理科大学, [2022 年 9 月 8 日発表]
- [21] ◎両角卓也, アプリアディ サリム アダム, 河村優太, アルベルトゥス ハリワンサ パヌル, 清水勇介, 山本 恵, 「ユニバーサルシーソー模型の有効理論としての 1 アップタイプベクターライククオークモデル」, 2022 年日本物理学会秋季大会, 岡山理科大, 2022.9.6-8, [2022 年 9 月 6 日発表]
- [22] ◎両角卓也, Nicholas J Benoit, 清水勇介, 折見智治, 「場の量子論に基づくマヨラナニュートリノの振動確率とレプトン数の時間変化の関係」, 2023 年日本物理学会春季大会, 2023.3.22-25, オンライン, [2023 年 3 月 25 日発表]
- [23] Takuya Morozumi, 「Flavor structure of the Universal seesaw model」, 山陽サマーインスティテュート 2022, 広島大学理学部 E102, 2022.9.26-28, ハイブリッド, [発表日 2022 年 9 月 28 日]
- [24] 井澤幸邑, 清水勇介, 「非可換離散対称性を用いたフレーバー構造の解析」, 日本物理学会 2023 年春季大会, 2023.3.22-25, [2023 年 3 月 25 日発表]
- [25] 清水勇介, 竹下昌之介, 「ミラー粒子を含んだ大統一模型とその実験的検証可能性」, 日本物理学会 2023 年春季大会, 2023.3.22-25, [2023 年 3 月 23 日発表]
- [26] ◎ニコラス ベンワ, 河村優太, 河野早紀, 両角卓也, 清水勇介, 山本 恵, 「マヨラナタイプ

- 位相とレプトン数の時間発展], 日本物理学会 2022 年秋季大会, 2022.9.6-8, 岡山理科大学, [2022 年 9 月 6 日発表]
- [27] ◎坂井あづみ, 原田正康, 野中千穂, 佐々木千尋, 志垣賢太, 八野 哲, 「高エネルギー重イオン衝突反応におけるレプトン対生成へのカイラル対称性の回復の影響」, 日本物理学会 2023 年春季大会, 2023.3.22-25, オンライン, [2023 年 3 月 25 日発表]
- [28] 大島一楓, 村瀬功一, 野中千穂, 坂井あづみ, 「高エネルギー重イオン衝突反応における流体ゆらぎの多粒子フロー相関への影響」, 日本物理学会 2023 年春季大会, 2023.3.22-25, オンライン, [2023 年 3 月 25 日発表]
- [29] 坂井あづみ, 「1 次元膨張系における臨界揺らぎの時空発展の解析」, 瀬戸内サマーインスティテュート 2022, 広島大学, 2022.9.26-28, [2022 年 9 月 28 日発表]
- [30] Cendikia Abdi, “Chemical equilibration and thermalization of quark-gluon plasma”, Netsuba 2022, 2022.9.20-22, [2022 年 9 月 20 日発表]
- [31] Cendikia Abdi, “Transport model approach to quark-gluon plasma equilibration”, JPS Spring conference 2023, 2023.3.22-25, [2023 年 3 月 25 日発表]
- [32] Albertus Hariwangsa Panuluh and Takuya Morozumi, “Study of hilbert series in the Universal. Seesaw Model”, JPS 2022 Autumn Meeting, 2022.9.6-8, [2022年9月6日発表]
- [33] N. J. BENOIT, “Evolution of lepton number for neutrinos with wave packet-like effects”, Progress in Particle Physics 2022 (YITP-W-22-11), 2022.8.29-9.2, [2022年8月29日発表]
- [34] N. J. BENOIT, “Effects of renormalization group kernels on the lightest neutrino mass in the Type-I Seesaw Model”, 日本物理学会2022年秋季大会, 2022.9.6-9, [2022年月6日発表]
- [35] 井澤幸邑, 「場の量子論と結び目不変量」, 原子核三者若手夏の学校2022, 2022.8.6-9, [2022年 8月9日発表]
- [36] 井澤幸邑, 清水勇介, 武井玄德, 「3HDMを用いたレプトンの世代構造」, 日本物理学会2022 年秋季大会, 2022.9.6-8, [2022年9月7日発表]
- [37] 井澤幸邑, 清水勇介, 武井玄德, “Lepton flavor structure based on 3HDM”, Summer Institute 2022, 2022.9.18-22, [2022年9月19日発表]
- [38] 井澤幸邑, 清水勇介, 武井玄德, 「4対称性と3HDMを用いたフレーバー模型の構築と数値解析」, 令和4年度瀬戸内サマーインスティテュート, 2022.9.26-28, [2022年9月28日発表]
- [39] 井澤幸邑, 清水勇介, 武井玄德, 「3HDMを用いたフレーバー模型とCP位相の予言」, Flavor. Physics workshop 2022, 2022.11.7-10, [2022年11月9日発表]
- [40] 井澤幸邑, 清水勇介, 武井玄德, 「3HDMを用いたフレーバー模型とバリオジェネシス」, 第35回理論懇シンポジウム「理論天文学・宇宙物理学の広がり：さらなる発展に向けて」, 2022.12.21-23, [2022年12月22日発表]
- [41] 井澤幸邑, 清水勇介, 「非可換離散対称性を用いたフレーバー構造の解析」, 日本物理学会 2023年春季大会, 2023.3.22-25, [2023年3月25日発表]
- [42] 武井玄德, 井澤幸邑, 清水勇介, 「世代対称性を用いたCP位相の予言」, 日本物理学会, 2022.9.6-8, [2022年9月7日発表]
- [43] 武井玄德, 石川健一, 「行列指数関数計算へのCayley変換の適用」, 瀬戸内サマーインスティテュート, 2022.9.26-28, [2022年9月28日発表]
- [44] 武井玄德, 石川健一, 「Cayley変換を施したGWW模型の解析と数値確率過程摂動論」, 日本物理学会, 2023.3.22-25, [2023年3月24日発表]
- [45] 竹下昌之介, 「陽子崩壊探索で検証可能な大統一模型」, 2022年度第68回原子核三者若手夏の

- 学校, 2022.8.6-9, [2022年8月7日発表]
- [46] 清水勇介, 竹下昌之介, 「ミラー粒子を加えた大統一模型の実験的検証可能性」, 令和4年度瀬戸内サマーインスティテュートSSI2022, 2022.9.26-28, [2022年9月28日発表]
- [47] 清水勇介, 竹下昌之介, 「ミラー粒子を加えた大統一模型とその実験的検証可能性」, Flavor Physics workshop 2022 (FPWS2022), 2022.11.7-10, [2022年11月9日発表]
- [48] 清水勇介, 竹下昌之介, 「ミラー粒子を加えた大統一模型とその実験的検証可能性」, 日本物理学会2023年春季大会, 2023.3.22-25, [2023年3月23日発表]
- [49] 吉岡直樹, 稲垣知宏, 谷口真彦, 「様々な修正重力理論～その意義と多様なアプローチ～」, 2022年度第68回原子核三者若手夏の学校, 2022.8.6-9, [2022年8月9日発表]
- [50] 吉岡直樹, 「インフレーションと修正重力理論」, 2022年度第15回瀬戸内サマーインスティテュート, 2022.9.26-28, [2022年9月26日発表]
- [51] 吉岡直樹, 稲垣知宏, 谷口真彦, 「カルタン修正重力理論における再加熱過程」, 日本物理学会2023年春季大会, 2023.3.22-25, [2023年3月23日発表]
- [52] 稲垣知宏, 谷口真彦, 「Cartan $F(R)$ 重力理論によるスカラー・テンソル理論の導出」, 日本物理学会2022年秋季大会, 2022.9.6-8, [2022年9月8日発表]
- [53] 稲垣知宏, 谷口真彦, 「Cartan $F(R)$ 重力と宇宙の加速膨張」, 瀬戸内サマーインスティテュート2022, 2022.9.26-28, [2022年9月28日発表]
- [54] 稲垣知宏, 谷口真彦, 「 $F(R)$ 修正重力理論での重力波の伝播」, 日本物理学会2023年春季大会, 2023.3.22-25, [2023年3月24日発表]
- [55] 竹内康太, 稲垣知宏, 「ゲージ・ヒッグス統一理論は電弱理論を再現できるか?」, 原子核三者若手夏の学校2022, 2022.8.6-9, [2022年8月7日発表]
- [56] 竹内康太, 稲垣知宏, 「ゲージ・ヒッグス統一理論における電弱対称性の実現と自発的対称性の破れ」, 瀬戸内サマーインスティテュート2022, 2022.9.26-28, [2022年9月28日発表]
- [57] 竹内康太, 稲垣知宏, 「 $S1/Z2$ オービフォールド上 $SU(N)$ ゲージ理論における同値類の網羅的分析」, 素粒子現象論研究会2022, 2023.3.16-18, [2023年3月16日発表]
- [58] 竹内康太, 稲垣知宏, 「 $S1/Z2$ コンパクト空間をもつ5次元 $SU(N)$ ゲージ理論における同値類の網羅的分析」, 日本物理学会2023年春季大会, 2023.3.22-25, [2023年3月23日発表]

学生の学会発表実績

(国際会議)

- | | |
|-----------------------------|-----|
| ○ 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 | 6 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 | 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 | 18 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 | 2 件 |

各種研究員と外国人留学生の受入状況

- | | | |
|----------------------------|----|-----------------------|
| 外国人留学生 (博士後期課程 2020年10月入学) | 1名 | Ji Yingbo (姫 英博) |
| 外国人留学生 (博士後期課程 2019年10月入学) | 1名 | Nicholas James Benoit |

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

○ SSH セミナー 高等学校による大学訪問
該当無し

○ セミナー・講演会開催実績

- [1] 野中千穂：第39回「Heavy Ion Cafe」& 第35回「Heavy Ion Pub」研究会, 2022年4月30日
(土) 13:00-17:30
- [2] 野中千穂：第36回「Heavy Ion Pub」研究会, 2022年8月3日(木) 14:00-18:00, 京都大学基礎
物理学研究所パナソニックホール
- [3] 野中千穂：第37回「Heavy Ion Pub」研究会, 2022年12月16日(金) 15:00-18:00, 大阪大学
- [4] 石川健一：「高性能計算物理勉強会 (HPC-Phys)」アドバイザー
第15回勉強会, 2022年7月1日(木) 15:00-17:20, オンライン
第16回勉強会, 2022年9月16日(木) 15:00-17:30, オンライン
第17回勉強会, 2022年12月14日(木) 9:30-15:00, 理研計算科学研究センター(神戸), ハイブリッド
第18回勉強会, 2023年2月8日(金) 9:30-15:00, 理研計算科学研究センター(神戸), ハイブリッド
- [5] 両角卓也：CORE-Uセミナー世話人
 - ・第77回広島大学極限宇宙研究拠点 (CORE-U) セミナー
日時：2022年12月28日(木) 12:50-14:20
講師：大野木哲也 教授 (大阪大学大学院)
題目：フェルミオンの質量がゼロになる理由は何か?

○ 国際共同研究・国際会議開催実績

- [1] 国際共同研究 野中千穂
Phenomenological analysis on high-energy heavy-ion collisions: Duke University
共同研究者 Steffen A. Bass
- [2] 国際共同研究 野中千穂
Construction of parton cascade model Base on SMASH: Frankfurt Univeristy
共同研究者 Hannah Elfner
- [3] 国際共同研究 稲垣知宏
Theory of Modified Gravity: ICREA, Barcelona
共同研究者 Sergei D. Odintsov
- [4] 国際共同研究 石川健一
Twisted Reduced Marix model: Universidad Autónoma de Madrid
共同研究者 Antonio Gonzalez-Arroyo
- [5] 国際共同研究 両角卓也
 - (1) Time Variation of Particle Number: Tomsk State Pedagogical University (Russia)
共同研究者 Takata Hiroyuki
 - (2) Time Variation of Lepton Number: BRIN (国立研究革新庁, インドネシア)
共同研究者 Apriadi Salim Adam

[6] 国際会議 両角卓也

The 3rd IIT Bombay-Hiroshima workshop in HEP, 2023.2.20-22, Hybrid, E102, Fac.of Sci., Hiroshima University.

社会活動・学外委員

○ 学協会委員

- [1] 野中千穂：日本物理学会男女共同参画推進委員会委員 オブザーバー
- [2] 野中千穂：日本物理学会研究費配分に関する教育研究環境検討委員会オブザーバー
- [3] 野中千穂：日物応物男女共同参画連絡会メンバー
- [4] 野中千穂：名古屋大学非常勤講師
- [5] 野中千穂：名古屋大学素粒子宇宙起源研究所客員研究員
- [6] 野中千穂：QCD Matter Open Forum (QCDMOF) 世話人
- [7] 野中千穂：令和5年度A期HPCIシステム利用研究課題選定におけるレビュアー
- [8] 野中千穂：日本物理学会理論核物理領域副代表
- [9] 野中千穂：第19回日本物理学会 Jr.セッション（2023）第1次審査委員
- [10] 野中千穂：第19回日本物理学会 Jr.セッション（2023）当日審査委員
- [11] 稲垣知宏：情報処理学会情報処理教育委員会委員長
- [12] 稲垣知宏：情報処理学会一般情報教育委員会委員
- [13] 稲垣知宏：情報処理学会アクレディテーション委員会委員
- [14] 稲垣知宏：情報処理学会情報科教員・研修委員会委員
- [15] 稲垣知宏：日本パグウォッシュ会議運営委員会委員長
- [16] 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
- [17] 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

該当無し

研究助成金の受入状況

- [1] 野中千穂：科学研究費補助金基盤研究(A)，高エネルギー原子核衝突実験の理解に基づく超高温 QCD 物質・QCD 相転移現象の解明（2020年度～2024年度，研究代表者，2022年度 4,000千円）
- [2] 野中千穂：科学研究費補助金基盤研究(A)，物理学・情報科学に共通する大規模行列関数の総合的数値計算法の創成（2020年度～2024年度，研究分担者，2022年度 800千円）
- [3] 野中千穂：科学研究費補助金基盤研究(C)，学際領域を切り拓く相対論的磁気流体力学に対する高解像度数値解法の開発（2020年度～2022年度，研究分担者，2022年度 100千円）
- [4] 石川健一：令和4年度科学技術試験委託事業「次世代計算基盤に係る調査研究」（システム調査研究）（令和4年度・委託機関：神戸大学，再委託機関：広島大学，令和4年度分担：1,089千円）
- [5] 石川健一：科学研究費補助金基盤研究(C)，行列模型を用いたラージN質量スペクトルの研究，（2021年度～2024年度，研究分担者，2022年度 100千円）

○ その他

[1] 坂井あづみ研究員が“Best poster Award”, Quark Matter 2022, Krakow, Poland, April 2022を受賞。

A. Sakai, K. Murase, H. Fujii, T. Hirano, “Space-time Evolution of Critical Fluctuations in an Expanding System”

[2] 石川健一, 稲垣知宏, 両角卓也, 野中千穂, 清水勇介, 武井玄徳, 「原子核研究」 Vol.67

No.2 (人物・研究室紹介の部分) 発表日(date of presentation) : 2023年3月

○宇宙物理学グループ

研究活動の概要 (小嶋康史)

2022年度末に定年退職を迎えるので, 研究テーマを「中性子星の磁場」に絞り, 以下の成果を上げた。

自転する中性子星 (パルサー) に非軸対称的な歪みがあると, 重力波を放出する。電磁波の観測により得られた自転振動数を手がかりに, 対応する重力波観測の探査が行われている。降着円盤から星の表面への物質の降り積もりにより, その付近に存在する磁場による山 (でこぼこ) の形成を共同研究により明らかにした。関連する論文も出版された。

中性子星の構造を考える場合, クラスト (殻) 部分の弾性力も考慮する必要があり, その効果を取り入れた磁気中性子星のモデルを調べてきた。歪みが弾性力の限界を超えた場合, バースト現象などの突発現象と関連すると考えられる。その弾性限界に至る過程は磁場が徐々に進化することにより起こるが, 具体的な進化計算により, 限界に至るまでの時間, その間に蓄積される弾性エネルギー等を求めた。その結果, マグネターで観測されている, バースト間隔時間 (約数十年) で, 観測されているエネルギー程度のもので蓄えられることがわかった。また, 表面磁場は弱い, 内部にマグネター級の強い磁場あると考えられるCCOに応用すると, バーストに至る時間は2桁以上長くなる。その結果, ジュール散逸が効き, 弾性力限界に至ることはないことがわかった。

研究活動の概要 (岡部信広)

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

HSC-SSPと全天X線サーベイeROSITA (ドイツ側) との共同研究で行った初期集中サーベイ“The eROSITA Final Equatorial Depth Survey (eFEDS)”との共同研究のシリーズ論文を発表した。X線は放射率が銀河団ガスの電子密度の二乗であり, 銀河団中心部の銀河団ガスの放射を容易に捉えやすく, 視線方向の射影効果の影響は少ない。一方で, 発見された銀河団の赤方偏移や重力レンズ質量の測定には, すばる望遠鏡HSC-SSPとの共同研究によって達成される。

大型サブミリ望遠鏡(LST)の将来計画に関するWhite paperの「宇宙の大規模構造と観測的宇宙論」のセクションの執筆を行った。今後発行される予定である。

X線衛星の将来計画(JDEI(仮))の遠方銀河団サーベイのサイエンス立案及びフィジビリティスタディを行った。

研究活動の概要 (木坂将大)

強磁場を持ち高速で自転する中性子星はその周囲にプラズマで満たされた磁気圏を形成しており、この磁気圏から放出される電磁波放射や相対論的プラズマ流の形成過程の解明は宇宙物理学における重要な課題の一つである。これを解明するには、磁気圏内の粒子加速と電磁カスケードを考慮したプラズマのダイナミクスと電磁場構造を明らかにする必要がある。

これまで、粒子加速と電磁カスケードが起こる局所領域に対して空間1次元のプラズマ粒子シミュレーションを用いて研究を進めてきた。しかし、このような局所領域がどこに存在し、磁気圏全体の構造にどのような影響を与え、観測される電磁波放射のパルス波形などにどう反映されるかはわかっていない。そこで、磁気圏全体を考慮した空間2次元のプラズマ粒子シミュレーションを行い、電磁カスケードが起こる領域と生成する粒子数により磁気圏の構造がどのように影響を受けるかを調べた。その結果、磁気圏の外側の電流シート領域で粒子生成が起こる場合はエネルギー放出率がそれほど大きくならないものの磁気圏全体の電流回路を維持するために効率的な粒子加速が起きること、逆に星表面から粒子を供給する場合は粒子加速が効率的でないもののエネルギー放出率が大きくなることを明らかにした。今後、観測データとの詳細な比較によって実際にどの領域で粒子注入が起きているかを明らかにできると期待できる。

この他、ミリ秒の継続時間を持つ正体不明の突発現象である高速電波バースト 20201124A に対して初めて 2 GHz という高周波帯域で検出し、この情報をもとに放射機構に対する理論的解釈を与えるなどの研究を行った。

原著論文

- [1] ©K. Fujisawa, Y. Kojima, S. Kisaka, “Magnetically confined mountains on accreting neutron stars with multipole magnetic fields”, MNRAS (2022), 516, p.5196.
- [2] Y. Kojima, “Accumulation of Elastic Strain toward Crustal Fracture in Magnetized Neutron Stars”, ApJ (2022), 938, 91.
- [3] ©K. Fujisawa, S. Kisaka, Y. Kojima, “Strong toroidal magnetic fields sustained by the elastic crust in a neutron stars”, MNRAS (2023), 519, p.3776.
- [4] ©Y. Kojima, S. Kisaka and K. Fujisawa, “Evolutionary Deformation toward the Elastic Limit by a Magnetic Field Confined in the Neutron-star Crust”, ApJ (2023), 946,75.
- [5] H. Aihara et al. (N. Okabe is the 36th of 67 others), “Third data release of the Hyper Suprime-Cam Subaru Strategic Program”, PASJ, 74, 247(2022)
- [6] R. Misato et al. (N. Okabe is the 6th of 8 others), “Do blue galaxy-clusters have hot intracluster gas?”, PASJ, 74, 398(2022)
- [7] A. Liu et al. (N. Okabe is the 11th of 34 others) “The eROSITA Final Equatorial-Depth Survey (eFEDS). Catalog of galaxy clusters and groups”, A&A, 661, A2 (2022)
- [8] M. Klein et al. (N. Okabe is the 18th of 22 others) “The eROSITA Final Equatorial-Depth Survey (eFEDS). Optical confirmation, redshifts, and properties of the cluster and group catalog”, A&A, 661, A4 (2022)
- [9] Y. Bahar et al. (N. Okabe is the 15th of 19 others) “The eROSITA Final Equatorial-Depth Survey (eFEDS). X-ray properties and scaling relations of galaxy clusters and groups”, A&A, 661, A7 (2022)

- [10] I. Chiu et al. (N. Okabe is the 17th of 22 others), “The eROSITA Final Equatorial-Depth Survey (eFEDS). X-ray observable-to-mass-and-redshift relations of galaxy clusters and groups with weak-lensing mass calibration from the Hyper Suprime-Cam Subaru Strategic Program survey”, A&A, 661, A11 (2022)
- [11] M. Ramos-Ceja et al. (N. Okabe is the 6th of 26 others), “The eROSITA Final Equatorial-Depth Survey (eFEDS). A complete census of X-ray properties of Subaru Hyper Suprime-Cam weak lensing shear-selected clusters in the eFEDS footprint”, A&A, 661, A14(2022)
- [12] Y. Hsu et al. (N. Okabe is the 14th of 19 others), “SDSS-IV MaNGA: Cannibalism Caught in the Act- On the Frequency of Occurrence of Multiple Cores in Brightest Cluster Galaxies”, ApJ, 933, 61 (2022)
- [13] M. Buzzo et al. (N. Okabe is the 11th of 11 others), “The stellar populations of quiescent ultra-diffuse galaxies from optical to mid-infrared spectral energy distribution fitting” MNRAS, 517, 2231-2250 (2022)
- [14] N. Ota et al. (N. Okabe is the 6th of 20 others), “The eROSITA Final Equatorial-Depth Survey (eFEDS). X-ray properties of Subaru's optically selected clusters”, A&A, 669, A110 (2023)
- [15] R. Shimakawa, N. Okabe, M. Shirasaki, M. Tanaka, “King Ghidorah Supercluster: Mapping the light and dark matter in a new supercluster at $z = 0.55$ using the subaru hyper suprime-cam”, MNRAS, 519, L45-L50 (2023)
- [16] Y. Omiya, K. Nakazawa, K. Matsushita, S. Kobayashi, N. Okabe, and 8 others, “XMM-Newton view of the shock heating in an early merging cluster, CIZA J1358.9-4750”, PASJ, 75, 37-51 (2023)
- [17] K. Kurahara et al. (N. Okabe is the 9th of 14 others), “Diffuse radio source candidate in CIZA J1358.9-4750”, PASJ, 75, S138-S153 (2023)
- [18] S. Ikebe, et al. (S. Kisaka 8 番目/17 人), “Detection of a bright burst from the repeating FRB 20201124A at 2 GHz”, PASJ (2023), 75, 199

著書，総説

榎戸輝揚, 木坂将大, 寺澤敏夫, 「中性子星の磁気圏活動から探る Fast Radio Burst」, 天文月報, No. 115(9), p 574-584, 2022

著作

該当無し

国際会議

(一般講演)

- [1] Y. Kojima, “Solid crust on a magnetized neutron star”, T Symposium on Gravitational wave physics and astronomy: Genesis, 2022.4.25-29, 京都大学 (オンライン・オンサイト, 参加者 100 名)

国内学会

(招待講演)

- [1] 小嶋康史, 「Anomalous heat and crustal fracture in neutron stars」, 高エネルギー宇宙物理学研究会2022 (2022.11.8-10, 広島大学, オンライン), 参加者約80名
- [2] 岡部信広, 「JEDIによる銀河団サーベイ」, 第22回高宇連研究会「高エネルギー宇宙物理ミッションの現状から近未来を考える」+「高宇連博士論文発表会」(2023.3.6-8, 関東学院大学 金

沢八景キャンパス, オンライン), 参加者約100名

- [3] 木坂将大, 「パルサー・マグネターの磁気圏現象と中性子星内部構造」, RCNP研究会「低エネルギー核物理と高エネルギー天文学で読み解く中性子星」, 大阪大学, 2022.8.3-5, 参加者約180名
- [4] 木坂将大, 「マグネターにおける磁場と弾性力」, 日本物理学会 2023 年春季大会, オンライン, 2023.3.22-25, 参加者約 100 名

(一般講演)

- [1] 小嶋康史, 「中性子星のクラストの磁場による永年的な弾性変形」, 日本物理学会 2022 年秋季年会大会 (2022.9.6-8, 岡山理科大学)
- [2] 小嶋康史, 「磁気中性子星のクラスト部分の弾性限界と弾性エネルギー蓄積過程」, 日本天文学会 2021 年秋季年会 (2022.9.13-15, 新潟大学)
- [3] 小嶋康史, 「中性子星のクラストにおいて保持可能な弾性限界内の磁場の強度と形状」, 日本天文学会 2023 年春季年会 (2023.3.13-16, 立教大学)
- [4] 小嶋康史, 「Deforming neutron-star crust in a long timescale toward failure」, RCNP 研究会「低エネルギー核物質と高エネルギー天文学で読み解く中性子星」(2022.8.3-5, 大阪大学)
- [5] 小嶋康史, 「単独中性子星の変形」, Hirosaki Cosmophysics Seminar (2022.11.17, 弘前大学)
- [6] 小嶋康史, 「磁気星の平衡解のカギになる渦」, コンパクト星研究会 2023@沖縄 (2023.3.1-3, 沖縄県立博物館・美術館会議室)
- [7] 小嶋康史, 「ブラックホール時空での磁気再結合の準局所的計算」, ブラックホール磁気圏研究会 2023@南九州 (2023.3.6-8, 鹿児島市天文館エリア)
- [8] 小嶋康史, 「中性子星とその周辺現象」, 中性子星研究会@広島大学 (2023.3.20, 広島大学)
- [9] 木坂将大, 「Theoretical study for experimental verification of conditions of coherent radiation and stimulated emission for understanding of Fast Radio Bursts」, 光・量子ビーム科学合同シンポジウム 2022, 大阪大学, 2022.6.28-29, 参加者約 150 名
- [10] 木坂将大, 「パルサー磁気圏のグローバル粒子シミュレーション」, 高エネルギー宇宙物理学研究会 2022, 広島大学, 2022.11.8-10, 参加者約 140 名
- [11] 木坂将大, 「パルサー磁気圏のグローバル粒子シミュレーション」, 2023 年冬季「中性子星・超新星残骸及び関連天体」研究会, オンライン, 2023.2.27, 参加者約 20 名

学生の学会発表実績

(国際会議)

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

(国内学会)

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

社会活動・学外委員

○学協会委員

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

○講習会・セミナー講師

- [1] 木坂将大：「Recent progress on physics of pulsar magnetospheres」, 東北大学理論ゼミ, 2022.6.15, 東北大学

○国内研究会開催

- [1] 木坂将大, 小嶋康史, 他：「高エネルギー宇宙物理学研究会 2022」, 2022.11.8-10, 参加者約140名, 主催
- [2] 木坂将大, 岡部信広：「相対論的天体現象 --これまでとこれから--」, 2023.3.20, 参加者約40名, 主催

○研究助成金の受入状況

- [1] 小嶋康史：科学研究費補助金, 基盤研究(C) (2019-2022年度, 代表, 直接経費総額 3,200 千円)「磁気圏変動現象を通じて探る中性子星やブラックホール物理」
- [2] 岡部信広：科学研究費補助金, 基盤研究(C) (2020-2022年度, 代表, 2022年度 800 千円)
- [3] 岡部信広：科学研究費補助金, 国際共同研究加速基金(国際共同研究強化(B)) (2019-2024年度, 代表, 2022年度 900 千円)「HSC-SSP 光学サーベイと eROSTIA X線サーベイによる精密宇宙論」
- [4] 木坂将大：科学研究費補助金, 基盤研究(B) (2022-2025年度, 代表, 2022年度 10 千円)「中性子星の磁気圏物理から迫る Repeating FRB の解明」
- [5] 木坂将大：東北大学惑星プラズマ・大気研究センター共同利用研究 (2022年度, 代表, 2022年度 100 千円)「かにパルサーと FRB 20201124A 多周波観測で迫る Fast Radio Burst の起源解明」
- [6] 木坂将大：科学研究費補助金, 基盤研究(B) (2021-2024年度, 分担, 2022年度 800 千円)「強磁場高密度天体で探るアクシオン暗黒物質」
- [7] 木坂将大：科学研究費補助金, 基盤研究(C) (2022-2025年度, 分担, 2022年度 200 千円)「中性子星磁気圏のグローバル数値シミュレーション」
- [8] 木坂将大：大阪大学レーザー科学研究所共同利用研究 (2022年度, 代表, 2022年度 35 千円)「高速電波バースト解明のためのコヒーレント放射条件と誘導放射条件の実験的検証に向けた理論検討」

○その他特記すべき事項

該当無し

○クォーク物理学グループ

研究活動の概要

宇宙創成のシナリオ完成を目指し、欧州CERN研究所LHC加速器における国際共同実験研究ALICEを軸に、高エネルギー原子核衝突により生成する超高温クォーク物質の究明を進めている。ALICE実験において前方領域のミュオン粒子を用いた新測定や高精度測定を実現する前方ミュオン粒子飛跡検出器MFTをフランスなどの研究機関およびCERN研究所と連携して開発建設導入し、2022年からLHC加速器第3期運転を開始した。併せて同第2期運転で収集済の衝突実験データの物理解析にも注力し、ALICE国際共同実験共著として、Nature誌1編、Nature Physics誌1編を含む査読学術論文26編を公表した。ALICE実験以前から継続してきた米国BNL研究所RHIC加速器における国際共同実験研究PHENIXはデータ収集完了済であるが、継続的な物理解析に基づき国際共同実験共著として査読学術論文7編を公表した（論文 [27] は誤って2021年度報告にも記載したが、正しくは2022年度公表）。国内においては固定標的を用いるJ-PARC E16実験を並行して進めた。さらに、米国で2032年開始を予定する次期計画EIC加速器ePIC実験に正式参画し、2035年開始を予定する次期計画ALICE3に向けた検討も進めた。また、ビッグバン直後の宇宙膨張と冷却に伴い強い相互作用が支配する物質相転移と並行して生成した可能性のある暗黒成分を含めた真空構造の理解にも、光子散乱を探针として挑んでいる。併せて、クォーク・グルーオン・プラズマと高強度磁場との相互作用による巨視的な運動の理論的解明に向け、先進的な高精度磁気流体数値解法の開発を進めると共に、電磁プラズマ物理との学際領域の創生を目指している。

2022年度の受賞などを纏める。桐田勇利（大学院博士課程後期2年）がKashiwa Dark Matter Symposium 2022最優秀ポスター発表賞（実験部門）およびレーザー学会論文発表奨励賞を受賞した。児玉愛梨（学部4年）が理学部物理学科成績優秀賞を、エマヤヨナマリ（同）が同学科卒業論文発表優秀賞を、各々受賞した。桐田勇利（前出）が日本学術振興会特別研究員DC2に、木村健斗（大学院博士課程後期1年）が本学大学院リサーチフェローシップ（量子分野）に、各々採用された。伊藤友（大学院博士課程前期1年）と羽佐田拓海（同）が本学大学院リサーチフェローシップ制度に関する前期授業料全額免除を獲得した。

志垣賢太教授は、2022年から開始したALICE実験第3期運転の物理データ基礎解析に注力した。新規導入したMFT検出器を用いるカイラル対称性回復現象の探索や原子核偏心衝突で生成する宇宙最高強度磁場の直接検出に向け、物理検討と解析準備を進めた。日本国内では、J-PARC（茨城県）において、量子色力学相図の有限密度領域で物質質量起源に迫る点でALICEおよびPHENIX実験と相補的な共同実験研究E16を継続し、2023年のデータ取得に向けた準備を進めた。また、ePIC共同実験組織の創設にあたり正式参画し、新規半導体検出素子を用いる飛行時間測定器の開発建設を主導すべく、アジア諸国とも協力して準備を開始した。科研費新学術領域研究計画研究および科研費基盤研究（A）の代表者、日仏素粒子物理学研究所実施事業の日本側代表者として研究を展開しつつ、日本物理学会実験核物理領域代表、同領域プログラム委員、核物理委員などを務めた。本学内では、新規設立のWPI研究拠点SKCM²の主任研究者兼担となった。教育面では、大学院博士課程後期学生2名、同前期学生6名、学部卒業研究生2名を指導し、修士（理学）2名、学士（理学）2名を輩出した。2021年10月より大学院博士課程前期に外国人留学生1名を受入れている。

山口頼人准教授は、MFT検出器の制御運用統括者として2022年度の実験期間中の試験運転で中心的役割を担った。制御系は同検出器の遠隔操作による運転、検出器状態の常時監視による異常検出とその際の安全装置起動を行う。実験データを取得する通常運転を通してシステム整備を進

めつつ、2023年1-3月の加速器運転休止期間に運転制御および安全装置のより効率的かつ確実な運用のために一部機能の刷新を行った。ALICE実験データ解析においては、1)不変質量再構成およびバリオン相関による複ストレンジダイバリオン探索、2) ミュー粒子対による重クォーク測定を推進した。2バリオン束縛系は今のところ重陽子以外に見つかっていないが、近年の実験結果および理論計算からsクォークを複数含む複ストレンジダイバリオンの存在が期待される。測定においては複ストレンジダイバリオンの崩壊粒子であるハイペロンの同定が重要である。ALICE実験で標準的に使用されてきたハイペロン同定法を用いると、鉛鉛原子核衝突での大きな粒子多重度状況下では同定効率および純度が大きく下がるため、機械学習を利用した新たなハイペロン同定法の開発をフランクフルト大・B. Doenigus博士とともに進め、一部のハイペロンについて標準的な同定法に比べ改善を見た。ミュー粒子対測定については、その基本となる単ミュー粒子飛跡同定を進めた。MFT検出器と後段にあるミュー粒子飛跡検出器で独立に測定された飛跡から機械学習によるミュー粒子飛跡同定を行う。検出器開発においては、1)将来計画ALICE3実験のためのMAPS検出器開発、2) 次世代検出器読出技術の基礎開発を行った。MAPS検出器はセンサーと読出部が一体型の最先端シリコン検出器である。複数の大型高エネルギー物理実験に参加する日本・フランス・韓国の研究者が集結し、新しい共同研究体制を始動した。この体制下で、MAPS技術を日本に導入し、ALICE3実験のための独自の次世代MAPS検出器を開発する。高輝度化の進む次世代加速器実験では検出器読出における大容量データの高速度処理およびデータ伝送技術が必須である。その技術は物理実験だけでなく産業・工業利用への応用が可能のため、同技術開発をサイエナジー社、長崎総合科学大学の浜垣特命教授、大山教授と産学連携共同研究により進めた。以上の研究は大学院博士課程後期学生2名、同前期学生1名、学部卒業研究生1名と共に行った。

本間謙輔准教授は、宇宙の暗黒成分の源となり得る光と弱く結合するeVおよびsub-eV質量領域にある未知素粒子の、誘導共鳴光子散乱(=真空内四光波混合)過程を介する探索を目指し、欧州連合の超高強度レーザーを用いるExtreme Light Infrastructureプロジェクト(ELI)の原子核部門(ELI-NP)、および、京都大学化学研究所において中規模のレーザーを用いた探索実験を、科研費基盤研究(A)と京都大学化学研究所課題提案型共同研究の助成の下で推進した。特に、2つのレーザービームを混合・集光する探索系において、光学素子起因の背景光を弁別する方法を新たに開発し、その手法を用いた探索結果を公表した。さらに、eV質量領域の未知粒子探索へ拡張するため、3つのビームを集光衝突させた場合の探索感度を定量化し論文を公表した。この概念設計に基づき実際の光学系の設計・試作した上で、3つのビーム衝突による試験的探索を実施し、その結果を公表した。加えて、暗黒エネルギー源となり得る背景物質場に応じて質量を変えるカメレオン型のスカラー場の検証が、誘導共鳴光子散乱による信号光量の残余気体圧力依存性により検証可能となること発案し、論文を公表した。この論文については「マイクロ波衝突で宇宙暗黒エネルギーの正体に迫れるか?」という題目で広島大学から報道発表した(<https://www.hiroshima-u.ac.jp/news/72499>)。この論文にあるようなsub- μ eVに存在し得る暗黒エネルギー源の探索を目指し、GHz帯域のマイクロ波源として、クライストロンを用いた探索実験のための将来計画について、Spring8-SACLAおよびKEKの研究者らとほぼ毎月Zoom会議を実施し、近未来の探索実験のための設計を推進した。これらの互いに関連し合う成果は複数の国際/国内会議にて報告した。

三好隆博助教は、宇宙プラズマ物理学に関する理論・シミュレーション研究およびプラズマ流体模型に対する先進的数値解法の研究開発を広く推進するとともに、プラズマ物理学と高エネルギー原子核物理学の新たな学際領域の開拓を目指す。太陽大気磁場構造の推定のため、米国ニュージャージー工科大井上助教、名大ISEE草野教授、JAXA/ISAS鳥海准教授と共同で、太陽表面ベ

クトル磁場から太陽大気中の磁気静水圧平衡磁場を外挿する磁気流体力学緩和法の開発を進めた。特に2022年度は、磁場に関するガウスの法則を厳密満足する磁気流体力学緩和法を開発した。これに関連し、これまで世界中で提案された磁気静水圧平衡磁場モデルの公正な比較研究を実施し、モデルの改良を促進する国際共同研究チーム「Magnetohydrostatic Modeling of the Solar Atmosphere with New Datasets」(PI: Zhu Xiaoshuai & Chifu Lulia, International Space Science Intitute)を新たに発足した。さらに、井上助教の率いるチームと共に、観測太陽表面磁場データを用いた太陽コロナ噴出現象に関する磁気流体力学シミュレーションを行い、2編の学術論文を公表した。併せて、神戸大学銭谷特命准教授とプラズマ爆発現象の最重要物理過程である磁気リコネクションについて、またJAMSTEC 震島研究員と磁気流体力学方程式に対する先進的数値解法の研究開発をそれぞれ共同で進めた。さらに、高エネルギー原子核物理学、宇宙・天体プラズマ物理学にまたがる学際領域の創生を目指し、本学の野中教授、駒澤大高橋講師、名大中村大学院生らと議論を深めた。特に2022年度は、高エネルギー原子核衝突系における世界初の相対論的抵抗性磁気流体力学シミュレーションに成功し、3編の学術論文を公表した。これら共同研究に関連し、大学院博士課程前期学生1名、学部卒業研究生1名を指導した。

原著論文

- [1] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Measurement of anti- ^3He nuclei absorption in matter and impact on their propagation in the Galaxy”, 10.1038/s41567-022-01804-8, *Nature Phys.* 19, 61-71, 2023.
- [2] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “First study of the two-body scattering involving charm hadrons”, 10.1103/PhysRevD.106.052010, *Phys. Rev. D* 106, 052010, 2022.
- [3] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Measurement of beauty production via non-prompt D^0 mesons in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, 10.1007/JHEP12(2022)126, *J. High Energy Phys.* 12, 126, 2022.
- [4] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Multiplicity dependence of charged-particle jet production in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV”, 10.1140/epjc/s10052-022-10405-x, *Eur. Phys. J. C* 82, 514, 2022.
- [5] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Nuclear modification factor of light neutral-meson spectra up to high transverse momentum in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 8.16$ TeV”, 10.1016/j.physletb.2022.136943, *Phys. Lett. B* 827, 136943, 2022.
- [6] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Exploring the $N\Lambda$ - $N\Sigma$ coupled system with high precision correlation techniques at the LHC”, 10.1016/j.physletb.2022.137272, *Phys. Lett. B* 833, 137272, 2022.
- [7] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Production of $\Lambda\Lambda$ and $K_s^0K_s^0$ in jets in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV and pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV”, 10.1016/j.physletb.2022.136984, *Phys. Lett. B* 827, 136984, 2022.
- [8] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Investigating the role of strangeness in baryon-antibaryon annihilation at the LHC”, 10.1016/j.physletb.2022.137060, *Phys. Lett. B* 829, 137060, 2022.
- [9] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Inclusive, prompt and non-prompt J/ψ production at midrapidity in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, 10.1007/JHEP06(2022)011, *J. High Energy Phys.* 06, 011, 2022.
- [10] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Measurement of $K^*(892)^\pm$ production in

- inelastic pp collisions at the LHC”, 10.1016/j.physletb.2022.137013, *Phys. Lett. B* 828, 137013, 2022.
- [11] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Direct observation of the dead-cone effect in quantum chromodynamics”, 10.1038/s41586-022-04572-w, *Nature* 605, 7910, 2022.
- [12] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Production of $K^*(892)^0$ and $\phi(1020)$ in pp and Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, 10.1103/PhysRevC.106.034907, *Phys. Rev. C* 106, 034907, 2022.
- [13] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Study of very forward energy and its correlation with particle production at midrapidity in pp and p-Pb collisions at the LHC”, 10.1007/JHEP08(2022)086, *J. High Energy Phys.* 08, 086, 2022.
- [14] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Hypertriton Production in p-Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, 10.1103/PhysRevLett.128.252003, *Phys. Rev. Lett.* 128, 252003, 2022.
- [15] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Polarization of Λ and $\bar{\Lambda}$ Hyperons along the Beam Direction in Pb-Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, 10.1103/PhysRevLett.128.172005, *Phys. Rev. Lett.* 128, 172005, 2022.
- [16] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Measurements of the groomed and ungroomed jet angularities in pp collisions at $\sqrt{s} = 5.02$ TeV”, 10.1007/JHEP05(2022)061, *J. High Energy Phys.* 05, 061, 2022.
- [17] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “General balance functions of identified charged hadron pairs of (π, K, p) in Pb–Pb collisions at $\sqrt{s} = 2.76$ TeV”, 10.1016/j.physletb.2022.137338, *Phys. Lett. B* 833, 137338, 2022.
- [18] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Measurement of prompt D_s^+ -meson production and azimuthal anisotropy in Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, 10.1016/j.physletb.2022.136986, *Phys. Lett. B* 827, 136986, 2022.
- [19] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Investigating charm production and fragmentation via azimuthal correlations of prompt D mesons with charged particles in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV”, 10.1140/epjc/s10052-022-10267-3, *Eur. Phys. J. C* 82, 335, 2022.
- [20] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Characterizing the initial conditions of heavy-ion collisions at the LHC with mean transverse momentum and anisotropic flow correlations”, 10.1016/j.physletb.2022.137393, *Phys. Lett. B* 834, 137393, 2022.
- [21] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “ $K_S^0 K_S^0$ and $K_S^0 K^\pm$ femtoscopy in pp collisions at $\sqrt{s} = 5.02$ and 13 TeV”, 10.1016/j.physletb.2022.137335, *Phys. Lett. B* 833, 137335, 2022.
- [22] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Observation of a multiplicity dependence in the pT-differential charm baryon-to-meson ratios in proton–proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV”, 10.1016/j.physletb.2022.137065, *Phys. Lett. B* 829, 137065, 2022.
- [23] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Production of light (anti)nuclei in pp collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV”, 10.1140/epjc/s10052-022-10241-z, *Eur. Phys. J. C* 82, 289, 2022.
- [24] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Neutral to charged kaon yield fluctuations in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV”, 10.1016/j.physletb.2022.137242, *Phys. Lett. B* 832, 137242, 2022.
- [25] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Forward rapidity J/ψ production as a function of charged-particle multiplicity in pp collisions at $\sqrt{s} = 5.02$ and 13 TeV”, 10.1007/JHEP06(2022)015, *J. High Energy Phys.* 06, 015, 2022.
- [26] ©S. Acharya, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Production of Λ and K_S^0 in jets in p–Pb collisions at pp collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV and pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV”,

- 10.1016/j.physletb.2022.136984, *Phys. Lett. B* 827, 136984, 2022.
- [27] ©U. A. Acharya, K. Homma, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Systematic study of nuclear effects in p+Al, p+Au, d+Au, and $^3\text{He}+\text{Au}$ collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV using π^0 production”, 10.1103/PhysRevC.105.064902, *Phys. Rev. C* **105**, 064902, 2022.
- [28] ©U. A. Acharya, K. Homma, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Measurement of $\psi(2S)$ nuclear modification at backward and forward rapidity in p+p, p+Al, and p+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV”, 10.1103/PhysRevC.105.064912, *Phys. Rev. C* **105**, 064912, 2022.
- [29] ©U. A. Acharya, K. Homma, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, *et al.*, “ ϕ meson production in p+Al, p+Au, d+Au, and $^3\text{He}+\text{Au}$ collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV”, 10.1103/PhysRevC.106.014908, *Phys. Rev. C* **106**, 014908, 2022.
- [30] ©N. J. Abdulameer, K. Homma, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Measurement of ϕ -meson production in Cu+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV and U+U collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 193$ GeV”, 10.1103/PhysRevC.107.014907, *Phys. Rev. C* **107**, 014907, 2023.
- [31] ©N. J. Abdulameer, K. Homma, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Measurements of second-harmonic Fourier coefficients from azimuthal anisotropies in p+p, p+Au, d+Au, and $^3\text{He}+\text{Au}$ collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV”, 10.1103/PhysRevC.107.024907, *Phys. Rev. C* **107**, 024907, 2023.
- [32] ©N. J. Abdulameer, K. Homma, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Low-pT direct-photon production in Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 39$ and 62.4 GeV”, 10.1103/PhysRevC.107.024914, *Phys. Rev. C* **107**, 024914, 2023.
- [33] ©N. J. Abdulameer, K. Homma, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, *et al.*, “Improving constraints on gluon spin-momentum correlations in transversely polarized protons via midrapidity open-heavy-flavor electrons in p \uparrow +p collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV”, 10.1103/PhysRevD.107.052012, *Phys. Rev. D* **107**, 052012, 2023.
- [34] K. Ozawa, T. Kondo, K. Shigaki, *et al.*, “Towards the Measurement of the Mass Modifications of Vector Mesons in a Finite Density Matter”, *Acta Physica Polonica A* 142, 399-404, 2022.
- [35] Y. Kirita, T. Hasada, M. Hashida, Y. Hirahara, K. Homma, *et al.*, “Search for sub-eV axion-like particles in a stimulated resonant photon-photon collider with two laser beams based on a novel method to discriminate pressure-independent components”, 10.1007/JHEP10(2022)176, *J. High Energy Phys.* 176, 2022.
- [36] T. Katsuragawa, S. Matsuzaki, and K. Homma, “Hunting dark energy with pressure-dependent photon-photon scattering”, 10.1103/PhysRevD.106.044011, *Phys. Rev. D* **106**, 044011, 2022.
- [37] K. Homma, F. Ishibashi, Y. Kirita, and T. Hasada, “Sensitivity to Axion-like Particles with a Three-Beam Stimulated Resonant Photon Collider around the eV Mass Range”, 10.3390/universe9010020, *Universe* 2023, 9(1), 20.
- [38] F. Ishibashi, T. Hasada, K. Homma, Y. Kirita, *et al.*, “Pilot Search for Axion-Like Particles by a Three-Beam Stimulated Resonant Photon Collider with Short Pulse Lasers”, 3390/universe9030123, *Universe* 2023, 9(3), 123.
- [39] ©K. Nakamura, T. Miyoshi, C. Nonaka, H. R. Takahashi, “Directed flow in relativistic resistive magnetohydrodynamic expansion for symmetric and asymmetric collision systems”, 10.1103/PhysRevC.107.014901, *Phys. Rev. C* 107, 014901, 2023.
- [40] S. Inoue, K. Hayashi, T. Miyoshi, J. Jing, H. Wang, “A comparative study of solar active region 12371 with data-constrained and data-driven magnetohydrodynamic simulations”, 10.3847/2041-8213/acb7f4, *Astrophys. J. Lett.*, 944:L44, 2023.
- [41] ©K. Nakamura, T. Miyoshi, C. Nonaka, H. R. Takahashi, “Charge-dependent anisotropic flow in high-

energy heavy-ion collisions from a relativistic resistive magneto-hydrodynamic expansion”, 10.1103/PhysRevC.107.034912, *Phys. Rev. C* 107, 034912, 2023.

[42] ©K. Nakamura, T. Miyoshi, C. Nonaka, H. R. Takahashi, “Relativistic resistive magneto-hydrodynamics code for high-energy heavy-ion collisions”, 10.1140/epjc/s10052-023-11343-y, *Eur. Phys. J. C* 83, 229, 2023.

[43] S. Inoue, K. Hayashi, T. Miyoshi, “An evolution and eruption of the coronal magnetic field through a data-driven MHD Simulation”, 10.3847/1538-4357/ac9eaa, *Astrophys. J.*, 946:46, 2023.

国際会議

(招待講演)

[1] K. Shigaki, “From Bridging Quark and Hadron Hierarchies to Even Broader View of QCD World”, CLUSHIQ 2022 (2022.10.31-11.3, Sendai, Japan)

[2] K. Shigaki, “High Energy Experimental Hadron Physics, Chirality in Quantum Chromo-Dynamics, and Hadrons as Meta-Matter”, SKCM² Kickoff Symposium 2023 (2023.3.20-22, Hiroshima, Japan)

[3] Y. Yamaguchi, “Recent activities on multi-strange dibaryon searches at LHC energy”, Exotics and Exotic Phenomena in Heavy Ion Collisions (ExHIC), (2022.9.29-10.1, Seoul, South Korea / online)

[4] Y. Yamaguchi, “Study of multi-strange dibaryon at the LHC energy”, CLUSHIQ 2022 (2022.10.31-11.3, Sendai, Japan)

[5] Y. Yamaguchi, “Femtoscopy at the ALICE experiment”, Physics of heavy-quark and exotic hadrons 2023 (2023.1.30-31, Tsukuba, Japan / online)

[6] K. Homma, “Testing a solar axion scenario with stimulated laser colliders”, 30th Annual International Laser Physics Workshop (2022.7.20, online)

[7] K. Homma, “Perspective for Direct Production of Dark Components in the Universe by Multi-Wavelength Electromagnetic Field Collision”, Physics California 2022 (2022.7.21, online)

[8] K. Homma, “Direct production of Dark Matter with high-intensity lasers”, ELI Summer School 2022 (2022.8.31, online)

[9] K. Homma, “Step-by-Step Approach to Search for Dark Matter with Stimulated Resonant Laser Colliders”, The Winter Colloquium on the Physics of Quantum Electronics 2023 (2023.1.12, Utha, U.S.)

[10] K. Homma, “Physics with high-intensity electromagnetic fields”, 2nd International Workshop on Forward Physics and Forward Calorimeter Upgrade in ALICE (2023.3.13, Tsukuba, Japan)

(依頼講演)

該当無し

(一般講演)

[1] K. Shigaki, “Plans for AC-LGAD ePIC Barrel ToF”, NCU Workshop on EIC Physics and Detectors (2022.12.9-10, National Taiwan University, Taiwan)

[2] ©K. Nakamura, H. R. Takahashi, T. Miyoshi, C. Nonaka, “Relativistic magneto-hydrodynamics in high-energy heavy-ion collisions: Hadron distribution and flow”, Quark Matter 2022 (2022.4.4-10, Jagiellonian University, Porland / online)

[3] S. Zenitani, M. Yamamoto, T. Miyoshi, “Plasmoid-dominated turbulent reconnection in symmetric and asymmetric systems”, EGU General Assembly 2022 (2022.5.23-27, Austria Center Wien, Austria / online)

[4] S. Zenitani, M. Yamamoto, T. Miyoshi, “Plasmoid-dominated turbulent reconnection in symmetric and asymmetric systems”, AOGS 2022 (2022.8.1-5, online)

- [5] S. Inoue, K. Hayashi, T. Miyoshi, “What is better way for data-based solar magnetohydrodynamic simulations?”, SHINE 2022 (2022.6.27-7.1, Alohilani Resort Waikiki Beach, U.S.A.)
- [6] Y. Kiritani, K. Homma, *et al.*, “Search for sub-eV axion-like particles with a development of the method for signal evaluation under the backgrounds from optical elements in a stimulated resonant photon-photon collider”, Kashiwa Dark Matter symposium 2022 (2022.11.29-12.2, The University of Tokyo, Kashiwa Campus / online)
- [7] K. Kimura, “Ultra-intense magnetic field search via virtual photon polarization”, ALICE-J workshop (2022.9.29-30, Hiroshima University)
- [8] ©K. Kimura, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Significance estimation for virtual photon polarization measurement with dimuons at ALICE”, Quark Matter 2022 (2022.4.4-10, Jagiellonian University, Porland / online)
- [9] ©J. Martinez, R. Tokumoto, K. Shigaki, Y. Yamaguchi, S. Yano, *et al.*, “Status of multi-strange dibaryon and hidden strangeness pentaquark searches at the LHC with the ALICE detector”, Quark Matter 2022(2022.4.4-10, Jagiellonian University, Porland / online)
- [10] R. Tokumoto, “Current status for multi-strange dibaryon searches”, ALICE-J workshop (2022.9.29-10.1, Hiroshima University)
- [11] T. Ito, “Background rejection, tracking efficiency and purity, and S/B with MFT”, ALICE-J workshop (2022.9.29-10.1, Hiroshima University)
- [12] H. Soeta, “Basic Development of Gbps Data Transfer System with SoC-FPGA for High Luminosity Experiments”, ALICE-J workshop (2022.9.29-10.1, Hiroshima University)

国内学会

(招待講演)

- [1] 山口頼人, “ハドロンファクトリーとしての重イオン衝突”, 日本物理学会春季大会シンポジウム (2023.3.22-25, オンライン)

(依頼講演)

- [1] 山口頼人, “ALICE overview”, 重イオン衝突におけるハドロン相互作用, ハイパー核, エキゾチックハドロンに関する研究会 (2022.8.18-19, 出島メッセ長崎/オンライン)

(一般講演)

- [1] 西田 慧, 三好隆博, 一様磁場中におけるカイラルプラズマ不安定性の線形解析, 日本地球惑星科学連合 2022 年大会 (2022.5.22-27, 幕張メッセ/オンライン)
- [2] 三好隆博, 井上 諭, 鳥海 森, 草野完也, Constrained-Transport 磁気流体力学緩和法における境界電場補正, 日本天文学会 2022 年秋季年会 (2022.9.13-15, 新潟大学/オンライン)
- [3] 三好隆博, 井上 諭, 鳥海 森, 草野完也, 磁気流体力学緩和法による太陽大気磁場の再構成: 境界電場補正手法の開発, プラズマシミュレータシンポジウム 2022 (2022.9.29-30, オンライン)
- [4] 三好隆博, 高エネルギー原子核衝突におけるプラズマ物理学的課題: 磁気流体力学の応用, 地球電磁気・地球惑星圏学会第 152 回総会及び講演会 (2022.11.4-7, 相模原市立作業会館)
- [5] ©木村健斗, 志垣賢太, 八野 哲, 山口頼人, 他, 強磁場起因仮想光子偏光度のランダウ準位無限和外挿法検討と実測定有意性評価, 日本物理学会 2022 年秋季大会 (2022.9.6-8, 岡山理科大学)
- [6] 徳本涼香, Multi-strange dibaryon searches in ALICE, エキゾチックハドロン研究会 (2022.8.18-19,

長崎出島メッセ)

- [7] ◎徳本涼香, 志垣賢太, 八野 哲, 山口頼人, 他, ALICE 実験鉛鉛衝突実験によるダイバリオン探索に向けた基礎解析, 日本物理学会 2022 年秋季大会 (2022.9.6-8, 岡山理科大学)
- [8] 徳本涼香, Current analysis status for understanding baryon-baryon interactions in flavor SU(3) in Pb+Pb collisions at ALICE, 第 37 回 Heavy Ion Pub (2022.12.16, 大阪大学)
- [9] 石橋迪也, 羽佐田拓海, 本間謙輔, 桐田勇利, 橋田昌樹, 升野振一郎, 時田茂樹, 金井恒人, 3 つのパルスレーザー誘導共鳴散乱による ALP 探索に向けた原子起因四光波混合光の検証, 日本物理学会 2022 年秋季大会 (2022.9.6-8, 岡山理科大学)
- [10] ◎江島 廉, 志垣賢太, 八野 哲, 山口頼人, 他, ALICE 実験 Run3 におけるランク学習を用いた複数検出器間のミュオン粒子飛跡再構成, 日本物理学会 2022 年秋季大会 (2022.9.6-8, 岡山理科大学)
- [11] 重國壮太郎, 三好隆博, 非等温 MHD モデルに対する近似リーマン解法の開発, 日本地球惑星科学連合 2022 年大会 (2022.5.22-6.3, 幕張メッセ・オンライン)
- [12] 重國壮太郎, 三好隆博, 太陽磁気ループのダイナミクスに対する圧力および重力の効果に関する数値シミュレーション, プラズマシミュレータシンポジウム 2022 (2022.9.29-30, オンライン)
- [13] 羽佐田拓海, 石橋迪也, 桐田勇利, 本間謙輔, 橋田昌樹, 升野振一郎, 時田茂樹, 金井恒人, 3 つのパルスレーザー誘導共鳴散乱による ALP 検証へ向けた衝突エネルギー連続的走査可能な探索系の実装, 日本物理学会 2022 年秋季大会 (2022.9.6-8, 岡山理科大学)
- [14] 羽佐田拓海, 石橋迪也, 桐田勇利, 本間謙輔, 橋田昌樹, 升野振一郎, 時田茂樹, 金井恒人, 電子ボルト暗黒物質探索の質量広域化へ向けた 3 つの短パルスレーザーによる角度連続可変な光子コライダーの構築, レーザー学会学術講演会第 43 回年次大会 (2023.1.18-20, ウィンクあいち)
- [15] 羽佐田拓海, 石橋迪也, 桐田勇利, 本間謙輔, 橋田昌樹, 升野振一郎, 時田茂樹, 金井恒人, 3 つのパルスレーザー誘導共鳴散乱による eV 広質量域 ALP 探索へ向けた入射角連続可変衝突系の空間同期検証, 日本物理学会 2023 年春季大会 (2023.3.22-25, オンライン)
- [16] ◎栗田峻輔, 志垣賢太, 八野 哲, 山口頼人, SiPM を用いた RICH 検出器による低運動量ミュオン同定の性能評価, 日本物理学会 2023 年春季大会 (2023.3.22-25, オンライン)
- [17] 児玉愛梨, 羽佐田拓海, 橋田昌樹, 本間謙輔, 石橋迪也, 金井恒人, 桐田勇利, 升野振一郎, 中宮義英, Liviu Neagu, Madalin-Mihai Rosu, 阪部周二, Ovidiu Tesileanu, 時田茂樹, 他, 準平行系レーザー誘導共鳴散乱による ALP 探索における原子起因背景光の出射角分布による除去法の検証, 日本物理学会 2023 年春季大会 (2023.3.22-25, オンライン)
- [18] 宮丸嵩史, 羽佐田拓海, 本間謙輔, 阿部哲郎, GHz 帯誘導共鳴光子散乱による μeV 広質量域アクシオン探索へ向けた円偏光二周波集光衝突系の設計, 日本物理学会 2023 年春季大会 (2023.3.22-25, オンライン)
- [19] ◎村岡俊一郎, 木村健斗, 志垣賢太, 八野 哲, 山口頼人, 高エネルギー原子核衝突で期待される偏向 μ 粒子対の模擬計算と検出可能性評価, 日本物理学会 2023 年春季大会 (2023.3.22-25, オンライン)
- [20] ◎山田蓮斗, 志垣賢太, 徳本涼香, 八野 哲, 山口頼人, ALICE 実験 Run 3 におけるハイペロン同定能のシミュレーションによる評価, 日本物理学会 2023 年春季大会 (2023.3.22-25, オンライン)

学生の学会発表実績

(国際会議)

- 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 2 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 9 件
- 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 0 件

(国内学会)

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

セミナー・講演会開催実績

- [1] 志垣賢太：第35回 Heavy Ion Pub 第39回 Heavy Ion Café 合同研究会（2022年4月30日，名古屋大学）世話人
- [2] 志垣賢太：第36回 Heavy Ion Pub 研究会（2022年8月3日，京都大学）世話人
- [3] 志垣賢太：第37回 Heavy Ion Pub 研究会（2022年12月16日，大阪大学）世話人
- [4] 山口頼人：重イオン衝突におけるハドロン相互作用，ハイパー核，エキゾチックハドロンに関する研究会（2022年8月18日-19日，出島メッセ長崎／オンライン）世話人代表

社会活動・学外委員

(学協会委員)

- [1] 志垣賢太：日本物理学会実験核物理領域代表
- [2] 志垣賢太：日本物理学会実験核物理領域プログラム委員
- [3] 志垣賢太：核物理委員会委員
- [4] 志垣賢太：高温高密度QCD物質オープンフォーラム 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] 志垣賢太：日本学術振興会 特別研究員等審査会専門委員
- [7] 志垣賢太：日本学術振興会 国際事業委員会書面審査員・書面評価員
- [8] 本間謙輔：日本学術振興会 特別研究員等審査会専門委員
- [9] 三好隆博：地球電磁気・地球惑星圏学会（SGEPSS）太陽地球惑星系科学シミュレーション分科会 代表幹事

(講習会・セミナー講師)

- [1] 本間謙輔：KEK 加速器施設研究者向け Zoom セミナー（2022.4.15）
- [2] 三好隆博：数値磁気流体計算法（2023.2.20-23, 2022 年度 CfCA 流体学校,国立天文台三鷹キャンパス）
- [3] 三好隆博：高次精度スキーム（2023.2.20-23, 2022 年度 CfCA 流体学校,国立天文台三鷹キャンパス）
- [4] 三好隆博：多次元化と $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$ 問題（2023.2.20-23, 2022 年度 CfCA 流体学校, 国立天文台三鷹キャンパス）

(客員など)

- [1] 志垣賢太：長崎総合科学大学客員教授

- [2] 志垣賢太：理化学研究所客員研究員
- [3] 志垣賢太：筑波大学連携教員

国際共同研究・国際会議開催実績
(国際共同研究)

- [1] 志垣賢太, 山口頼人, 本間謙輔：国際共同研究PHENIX実験（米国BNL研究所）
- [2] 志垣賢太, 山口頼人, 八野 哲：国際共同研究ALICE実験（欧州CERN研究所）
- [3] 志垣賢太, 八野 哲：国際共同研究ePIC実験（米国BNL研究所）
- [4] 本間謙輔：国際共同研究Extreme Light Infrastructure Nuclear Physics(ELI-NP)プロジェクト（ルーマニアIFIN-HH研究所）
- [5] 三好隆博：磁気静水圧平衡モデリングに関する国際研究チーム（スイス国際宇宙科学研究所北京支部）
- [6] 三好隆博：観測データ駆動シミュレーションによる太陽フレア発現機構の調査（米国ニュージャージー工科大学）

(国際会議開催)

- [1] 志垣賢太：Strange Quark Matter 2022 地域組織委員（2022.6.13-18, 韓国・釜山）
- [2] 志垣賢太：International Nuclear Physics Conference 2022 セッションコンビナー（2022.9.11-16, 南アフリカ・ケープタウン）

高大連携事業への参加状況

- [1] 志垣賢太：宇宙の始まり，物質の謎，重さの起源（2022.7.13, 広島市立基町高等学校訪問模擬授業）
- [2] 本間謙輔：福岡県立新宮高等学校の広島大学訪問における対面セミナー（2022.7.19）

研究助成金の受入状況（科学研究費補助金は直接経費金額）

- [1] 志垣賢太：科学研究費補助金，新学術領域研究(研究領域提案型) 計画研究（2022年度, 20,100千円）「クォーク階層とハドロン階層を繋ぐ動的機構」代表
- [2] 志垣賢太：科学研究費補助金，基盤研究(A)（2022年度, 7,400千円）「至高エネルギー原子核衝突におけるミュオン粒子測定：運動学領域と測定技術の新たな邂逅」代表
- [3] 志垣賢太：日仏素粒子物理学研究所（2022年度, 400千円）「ALICE Forward Upgrade for High Precision High Statistics Single- and Di-Muon Measurements at the LHC」日本側代表
- [4] 山口頼人：日仏素粒子物理学研究所（2022年度, 350千円）「Probing extremely hot partonic matter properties via high precision muon measurements at the ALICE experiment」日本側代表
- [5] 山口頼人：国際共同研究加速基金，国際共同研究強化(B)（2022年度, 600千円）「次世代高輝度重イオン衝突実験がもたらすストレレンジネス核物理の新展開」分担
- [6] 本間謙輔：科学研究費補助金，基盤研究(A)（2022年度, 22,230千円）「レーザー誘導共鳴散乱によるXENON1T超過事象のアクシオンの解釈の検証」代表
- [7] 本間謙輔：京都大学化学研究所課題提案型共同研究（2022年度, 1,320千円）「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)（2022年度, 700千円）「学際領域を切り拓く相対論的磁気流体力学に対する高解像度数値解法の開発」代表

[9] 三好隆博：科学研究費補助金，基盤研究(S)（2022年度，150千円）「高エネルギー原子核衝突実験の理解に基づく超高温QCD物質・QCD相転移現象の解明」分担

○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

2022年度は，フェルミガンマ線衛星とかなた望遠鏡他を用いた観測を軸に，TeVガンマ線望遠鏡，X線編偏光観測IXPE衛星，次期X線ガンマ線観測衛星計画，かなた望遠鏡次期検出器の開発，重力波対応天体探査用チベット望遠鏡HinOTORIの開発，赤外線衛星による観測などを柱として活動を行った。かなた望遠鏡関係の研究は，宇宙科学センターと強い協力関係の下で進めている。学位論文としては，修士論文4編（榎木，古賀，末岡，中村），卒業論文6編（足立，浦田，小林，鈴木，深田，幸野）を発表した。また，広島大学自立型研究拠点として極限宇宙研究拠点（Core-U）に関する活動も進めた。

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

フェルミ衛星は，打ち上げから15年目を迎えたが，特に故障もなく全天ガンマ線サーベイを続けている。本グループも，かなた望遠鏡との多波長観測を進めた。また，重力波・ニュートリノ・潮汐力突発現象対応ガンマ線天体の探査にさらに関わった。重力波対応天体の探査においては，対応するガンマ線バーストに関するフェルミチームのモニター体制に参加している。その他，データプロセス管理とデータプロセスのモニタ当番に，ポスドクと学生が参加するとともに，2度のフェルミ衛星全体会議に参加して，研究の情報交換を行った。

ジェット天体では，ブレーザー天体BL Lacがガンマ線で歴史的に明るくなったため，かなた望遠鏡で詳細観測を継続し，長期間，短時間の変動で，波長ごとに偏光度・偏光方位角が異なるという興味深い結果を得た（今澤，間）。また，電波銀河に関して多波長スペクトルの理解を進めるためのモデル化も進めている（眞武）。

フェルミ衛星はその広い視野を生かし，銀河系内の宇宙線と星間物質をプローブすることができる。2021年度に引き続きHI 21cm線のラインプロファイルを用いて宇宙線・星間ガス分布を精度よく測定する研究を推し進めた。MBM53-55分子雲・Pegasus loop領域に適用し，直接観測と組み合わせた宇宙線スペクトルの制限やdark gasの形態（原子ガス・分子ガス）毎の分布の導出を行い，Fermiシンポジウム国際会議で報告するとともに，原著論文にまとめ出版した。関連して，TibetAS-gamma実験の超高エネルギーイベントと高銀緯雲との相関を用い，宇宙線ハローの探査を行う研究も進めている（水野）。

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

北半球で最も感度の高いTeVガンマ線観測の実現を目指し，CTAの大口径望遠鏡の初号基 LST1とMAGIC望遠鏡の同時観測データの解析パイプラインの国際開発チームに参加しており，TeVガンマ線の標準光源であるかに星雲のデータやモンテカルロシミュレーションを用いて解析パイプ

ライン開発を進めた（須田，今澤）。その結果，単体観測と比べて低エネルギー閾値が実現し，また明るさが30%暗い天体にまで感度をもつことを確認し，論文化を進めた（須田）。

[IXPE衛星，Swift衛星，XMM-Newton衛星などのX線データ解析]

初のX線偏光観測衛星IXPEが2021年12月に無事打ち上げられ，1ヶ月のコミッショニング（性能検証）を経て22年1月から観測を開始した。広島大学からは水野がScience Collaboratorとして参加し，代表的なエネルギー天体である「かに星雲・カニパルサー」および超新星残骸 CasAを中心メンバとして解析し，論文として出版した。特に「かに星雲」では，事前の予想に反して極めて非対称な偏光度（磁場の整列度）を持つことが特徴であり，詳細解析を進め第二論文としてまとめている。また代表的なブラックホール連星「はくちょう座X-1」の解析に大学院生（Zhang）とともに参加し，予想以上に高い偏光度を持つことからコロナのジオメトリに強い制限をつけ，論文として出版した。

次期X線観測衛星XRISMのサイエンスを切り開くための研究も進めた。活動銀河核では，中心から高速円盤風がX線吸収線として観測される。ジェットと円盤風の関係を探るべく電波銀河Mrk 6について，XMM-Newton衛星のデータ解析を注意深く進め，これまでに言われていなかった円盤風成分の兆候を得た（榎木修論）。また，ジェットと銀河銀河団を取り巻く高温プラズマとの衝突によるガスの擾乱を調べるため，楕円銀河NGC4636，NGC5128について，ガスの温度分布の調査を進めた（浦田卒論）。また，衝突銀河団に関するデータ解析も進めている（楊）。

[将来X線ガンマ線観測装置開発]

2023年度に打ち上げを目指している次期X線天文衛星XRISMにプロジェクトメンバーとして参加している。広島大学からは深沢がサイエンス検討，水野と高橋が準備チームのサブグループリーダーを務めており，科学運用計画の策定やソフトウェアの検証を取りまとめた。内田はX線精密分光器のチームメンバーとして，各種機器試験にリモート監視当番として参加し，機器性能評価に貢献した。初年度の観測天体リストも策定され，深沢・水野・高橋がいくつかのターゲットのリーダー・サブリーダーを務め，2022年12月のサイエンス会議などで観測計画の議論を行った。また広視野X線CCD装置の軌道上較正に向け，ツールの検証作業を大学院生を指導しつつ進めた（水野・阪本）。

日米瑞の国際協力で行っている硬X線集光偏光計X(L)-Calibur気球実験では，高橋が日本側代表として参画している。2018年の南極フライトに続き，2022年7月12-18日に北極圏でのフライトを実施した。今回から日本製の大型FFAST望遠鏡を搭載している。フライト運用には，高橋，学生（阪本）が参加した。今回のフライトで実測したバックグラウンド環境について，投稿論文にまとめた。次回のフライトを2024年に実施すべく，ゴンドラの回収および再較正を開始した。また，数um角のシンチレータのアレイを用いた硬X線偏光検出のため，CMOSセンサーを用いた実験を開始した（榎木）。

重力波源の探査を目的として，ガンマ線バーストの到来方向を超小型衛星群を用い（到来時間差を測定する），精度よく決めるプロジェクトCAMELOTをチェコ・ハンガリーとの国際協力で行っている（深沢，高橋，水野）。初号機GRB-alpha（2021年3月打ち上げ），2号機VZLUSAT-2（2022年1月打ち上げ）を運用しガンマ線バーストを継続的に検出し，3号機(GRB beta)の製作も進めている。特に，2022年10月9日に起きた史上最も明るかったガンマ線バーストの観測にも成功し，結果を論文発表した。将来のより高感度な観測に向け，MPPC光検出器の放射線耐性を，若狭湾エネルギー研究センターの陽子線を用いて測定した。低温環境や同期を取ることでどの程

度の改善が見られるかを定量的に評価した（丹羽，森下）。

フェルミ衛星に続いて全天ガンマ線モニターを行うものとし、アメリカを中心に構想されているMeVガンマ線観測衛星計画AMEGO-Xを中型ミッションカテゴリ(MIDEX)にも提案した。我々も検出器シミュレーションやサイエンス検討に加わり議論に関わった（深沢，須田）。また，1MeV以下のデータ解析（コンプトン再構成）について，我々がひとみ衛星SGDで蓄積したノウハウを用いて再構成アルゴリズムの開発を去年に引き続き進め，末岡修論としてまとめられた。AMEGO-Xで使用が検討されている新しいタイプのHV-CMOSセンサであるAstroPixの国際開発チームに参加を開始した（深沢，須田）。本年度は，週1回のonline打ち合わせを続け，新たに試作するセンサについての設計を進めた。AstroPix ver.2のアナログ・デジタル両面での性能評価を行いAstroPix Workshopにおいて発表した。また観測用ロケットを用いた宇宙空間での動作試験に向けたモンテカルロシミュレーションの開発も進め，一部は鈴木卒論としてまとめられた。同様に，SOI技術を用いたイベント駆動型ピクセル検出器 XRPIXを利用できるか検討するため，京都大学や宮崎大学を中心とする開発チームに参加している（須田，深沢）。ガンマ線に対するXRPIXの応答評価や空乏層の絶対値測定， β 線源による電子飛跡サンプルを収集し到来方向決定アルゴリズムの開発を行い，XRPIXを用いたコンプトンカメラの要素開発を進めた（橋爪）。同じく将来MeVガンマ線観測プロジェクトであるGRAMS計画で想定している液体アルゴンTPCについて，その光をMPPCで読みだすためのガスチェンバーを組み立て動作を開始させた（小林卒論）。

【かなた望遠鏡等を用いた可視赤外線観測】

年間200晩程度にわたり，東広島天文台の口径1.5mかなた望遠鏡を用いた活動銀河核や超新星，ガンマ線バースト，X線連星，前主系列星，重力波対応天体等の観測を実施し，そのデータに基づいた研究を行っている。常設されている観測装置は当グループが主導して開発したものであり，その運用も担当している。観測を実施するのは，主に大学院生とポスドクである。2017年8月以降，ほぼすべての観測を主として東広島キャンパス内からリモートで実施しており，東広島天文台に車で通っていた頃と比べると格段に安全性・利便性が高まっている。これは，2018年7月の豪雨災害による東広島天文台へのアクセス道の被害や，2020-22年の新型コロナウイルス禍に対しても有効に働き，ほぼ途切れない観測が実施できている。観測データの利用率や論文生産率は，この10年にわたり，国内の他の同クラス望遠鏡と比較して同等以上を維持している。これには，可視光と近赤外線の同時観測が可能な汎用型の可視赤外線同時カメラHONIRと，一回の露出で直線偏光パラメータの取得が可能な一露出型可視広視野偏光撮像器HOWPolといった，同規模の望遠鏡では世界的にもユニークな機能を持つ観測装置が常時装着され，機動性の高い望遠鏡と共に日常的にメンテナンスがなされていることも貢献している。2022年度は望遠鏡や観測装置には年間を通じて大きなトラブルはなかった。例年，国立天文台・岡山分室において行っている望遠鏡の主鏡面のアルミ膜再蒸着作業は，2022年10月に発生した岡山188cm鏡ドームの事故のため中止となり，2023年度以降に実施することになった。

かなた望遠鏡で行われた観測のうち1割程は，国内外の研究者との共同研究者により，他機関の研究者がPIとなって実施した観測である。これは，天文学コミュニティの中でかなた望遠鏡が一つの観測研究拠点となっている表れでもある。2022年度にかなた望遠鏡で実施された主な研究テーマとして，活動銀河核やX線連星，超新星，高エネルギーニュートリノ源天体が挙げられる。

活動銀河核やX線連星に関しては，BL Lacをはじめとする複数のブレーザー天体の可視近赤外偏光モニターを実施し，ガンマ線やX線のフレアに同期した可視近赤外線光の特徴からブラック

ホールから噴き出るジェットとその磁場の幾何構造やその活動機構を見出す研究が引き続き行われた（今澤，榎木，植村）。

超新星に関しては，近年観測を本格化させた京都大学3.8mせいめい望遠鏡などとの共同観測により，近傍の銀河に現れた明るい超新星を，なるべくその初期段階から後期まで多バンドで密に観測することで，その爆発機構を探ることを目的とした観測が多数実施され，共著論文が出版された（中岡，Gangopadhyay, Singh, 川端）。また，2022年度は，極大直後に急激な減光を示した特異なII型超新星の特徴を説明しうる星周物質と親星の性質を探った卒業研究が実施された（深田卒論）。

かなた望遠鏡ではこれ以外にも，重力波アラートやIceCubeニュートリノアラートに応じた対応天体搜索観測のほか，ガンマ線バースト，各種変光星，ブラックホール連星等の多波長・多モード観測，天の川銀河内の星間偏光サーベイによる銀河磁場構造の観測が行われている。また，そのためのデータ解析パイプラインの開発や，自動観測システムの整備，観測装置の開発・保守も行われている。2022年度は，HONIRにおける偏光撮像データの自動リダクションパイプラインの整備が進み，視野全面に写り込んだ天体の偏光データが高い信頼性で得られるようになり，銀河磁場構造の観測研究を加速化した（中村修論，川端）。また，何らかの突発天体が現れた際にそのタイプを自動的に判別して即時に観測開始するためのSmart-Kanataシステムの開発が進められた（古賀修論，幸野卒論，佐崎，植村）。Smart-Kanataを用いて，WZ Uma型矮新星の初期アウトバースト時の観測に成功し，観測結果から降着円盤をトモグラフィー再構成する研究も進んだ（佐崎，植村）。また，HONIRによる自動観測開始プロセスを改良することで，ガンマ線バーストのアラートを受信して約3分後に偏光観測を介しできるようシステムを改良した（足立卒論）。IceCubeによる高エネルギーニュートリノイベントのアラートに応じた追跡観測も引き続き行った（今澤，中岡）。

光・赤外線天文学大学間連携（以下，OISTER。2011年度～）の参加大学として，OISTERの枠組みを通じた共同観測も引き続き実施した（中岡，川端，植村）。2022年度は計5件のべ71夜の観測を実施した。この観測の中には，太陽系内天体，太陽系外惑星など，広島大学のメンバーではカバーしきれていない観測も行われており，研究テーマの多様性を生んでいる。また，本連携事業では大学院生の連携教育にも力を入れており，天文画像データ解析ツールIRAFの合同オンライン講習会を企画し実施するなどしている。2022年度は宇宙科学センターの研究者がその講師を務めた（中岡）。

観測装置開発に関しては大きな進展は無かったが，かなた望遠鏡の現主力装置である可視赤外線同時カメラHONIRの空きチャンネルに安価で手配のし易い国内メーカー製の検出器の導入を目指して，国立天文台，鹿児島大，浜松ホトニクスとInGaAs検出器の共同開発が進められ，最新ロットの1.3k×1.3kピクセルモデルの性能評価の準備を進めた（堀，川端）。

[その他の可視光赤外線グループの活動]

アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計（ALMA）に関し，宇宙科学センター教員がCo-PIとして参画している宇宙初期の銀河輝線を探るALMA大型プロジェクトREBELSの観測が完了し，複数の査読論文が出版された（稲見，Algera）。

ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（JWST）が2022年夏に科学観測を開始し，観測データが公開された。宇宙科学センター教員がco-Iとして参加している初期化学観測プログラム（ERS）のデー

タを用い、複数の論文が出版された（稲見, Bohn）。また、広島大学よりプレスリリースが公開された。

世界的な天文観測の好サイトとして期待されている中国・チベット地区に口径50cmのパイロット望遠鏡を設置するHinOTORIプロジェクトが、2012年以来、中国科学院国家天文台、紫金山天文台と共同で進められているが、2022年度はコロナ禍のため現地でのハードウェアの修理・整備は叶わなかったため、特に進展はみられなかった。

将来計画の一部として、遠方のガンマ線バーストを探索する将来衛星HiZ-GUNDAMの開発メンバーとして参加しており、2022年度は同衛星の赤外線望遠鏡において1つの検出器で4バンドの撮像観測を可能にするケスタープリズムの仕様検討や構造解析を行った（川端）。

原著論文

- [1] ©“The Fermi-LAT Lightcurve Repository”, Abdollahi S., [Fukazawa Y.](#) (35th), [Mizuno T.](#) (72th), et al. (total 113 authors), ApJS 256, 31 (2023)
- [2] ©“The Fourth Catalog of Active Galactic Nuclei Detected by the Fermi Large Area Telescope: Data Release 3”, Ajello M., [Fukazawa Y.](#) (29th), Kayanoki T. (44th), [Mizuno T.](#) (65th), et al. (total 101 authors), ApJS 263, 24 (2022)
- [3] ©“Search for New Cosmic-Ray Acceleration Sites within the 4FGL Catalog Galactic Plane Sources”, Abdollahi S., [Fukazawa Y.](#) (36th), Kayanoki T. (47th), [Mizuno T.](#) (66th), et al. (total 119 authors), ApJ 933, 204 (2022)
- [4] ©“Incremental Fermi Large Area Telescope Fourth Source Catalog”, Abdollahi S., [Fukazawa Y.](#) (43th), Kayanoki T. (69th), [Mizuno T.](#) (92th), et al. (total 139 authors), ApJS 260, 53 (2022)
- [5] ©“A gamma-ray pulsar timing array constrains the nanohertz gravitational wave background”, Ajello M., [Fukazawa Y.](#) (41th), [Mizuno T.](#) (80th), et al. (total 133 authors), Science 376, 521 (2022)
- [6] “Gas and Cosmic-Ray Properties in the MBM 53, 54, and 55 Molecular Clouds and the Pegasus Loop as Revealed by HI Line Profiles, Dust, and Gamma-Ray Data”, [Mizuno T.](#), Metzger J. (3rd), et al. (total 7 authors), ApJ 935, 97 (2022)
- [7] ©“Proton acceleration in thermonuclear nova explosions revealed by gamma rays”, Acciari V. A., [Fukazawa Y.](#) (65th), [Suda Y.](#) (176th), and 207 coauthors, Nature Astronomy, 6, 689-697 (2022)
- [8] ©“Multiwavelength Observations of the Blazar VER J0521+211 during an Elevated TeV Gamma-Ray State”, Adams. C. B., [Fukazawa Y.](#) (123rd), [Suda Y.](#) (236th), and 258 coauthors, The Astrophysical Journal, 932, 129 (2022)
- [9] ©“Gamma-ray observations of MAXI J1820+070 during the 2018 outburst”, Abe H., [Fukazawa Y.](#) (67th), Imazawa R. (88th), [Suda Y.](#) (188th), and 442 coauthors, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 517, 4 (2022)
- [10] ©“Long-term multi-wavelength study of 1ES 0647+250”, Acciari V. A., [Fukazawa Y.](#) (66th), [Suda Y.](#) (182nd), and 216 coauthors, Astronomy&Astrophysics, 670, A49 (2023)
- [11] ©“Search for Gamma-Ray Spectral Lines from Dark Matter Annihilation up to 100 TeV toward the Galactic Center with MAGIC”, Abe H., [Fukazawa Y.](#) (67th), Imazawa R. (86th), [Suda Y.](#) (184th), and 208 coauthors, Physical Review Letters, 130, 061002 (2023)
- [12] ©“MAGIC observations provide compelling evidence of hadronic multi-TeV emission from the putative PeVatron SNR G106.3+2.7”, Abe H., [Fukazawa Y.](#) (71st), Imazawa R. (91st), [Suda Y.](#) (190th), and 212 coauthors, Astronomy&Astrophysics, 671, A12 (2023)

- [13] ©“Optical performance of the x-ray telescope for the XL-Calibur experiment”, Kamogawa W, Fukazawa Y. (11th), Mizuno Y. (34th), Takahashi H. (45th), 他51名, 2022, Proc. SPIE 12181, id.1218171, 9pp.
- [14] ©“Xappl: software framework for the XRISM pre-pipeline”, Eguchi S., Takahashi H. (4th), Mizuno T. (6th), Fukazawa Y. (16th), 他34名 2022, Proc. SPIE, 12181, id.1218161, 7pp.
- [15] ©“A broadband x-ray imaging spectroscopy in the 2030s: the FORCE mission”, Mori K., Fukazawa Y. (13th), Mizuno T. (32th), Takahashi H. (41th), 他44名 2022, Proc. SPIE, 12181, id.1218122, 1 ppth
- [16] ©“Early results from GRBAlpha and VZLUSAT-2”, Ripa J., Takahashi H.(23th), Fukazawa Y. (29th), Mizuno T. (35th), 他36名 2022, Proc. SPIE 12181, id.121811K, 11pp.
- [17] “The design and performance of the XL-Calibur anticoincidence shield”, Iyer N.K.,Takahashi H.(25th), 他32名 2023, NIM-A, 1048, 167975
- [18] “Performance of the X-Calibur hard X-ray polarimetry mission during its 2018/19 long-duration balloon flight”, Abarr Q., Takahashi H.(28th), 他29名 2022, Astroparticle Physics, 143, 102749
- [19] ©“Narrow Fe-K α Reverberation Mapping Unveils the Deactivated Broad-line Region in a Changing-look Active Galactic Nucleus”, Noda H., Kawabata K. S.(13th), Fukazawa Y.(14th), 他12名, 2023, ApJ 943, id.63, 13pp.
- [20] “Transient obscuration event captured in NGC 3227. III. Photoionization modeling of the X-ray obscuration event in 2019”, Mao J., Fukazawa Y.(17th), 他17名, 2022, Astronomy & Astrophysics 665, id.A72, 11pp.
- [21] “Relationship between gamma-ray loudness and X-ray spectra of radio galaxies”, Kayanoki T., Fukazawa Y., 2022, PASJ 74, 791-804
- [22] “High-energy Emission Component, Population, and Contribution to the Extragalactic Gamma-Ray Background of Gamma-Ray-emitting Radio Galaxies”, Fukazawa Y., Matake H., Kayanoki T., Inoue Y., Finke J, 2022, ApJ 931, id.138, 19pp.
- [23] “The IXPE View of GRB 221009A”, Negro M., Mizuno T.(87th), et al. (total 112 authors), ApJ 946, 21 (2023)
- [24] “X-Ray Polarimetry Reveals the Magnetic-field Topology on Sub-parsec Scales in Tycho's Supernova Remnant”, Ferrazzoli R, Mizuno T.(17th), et al. (total 100 authors), ApJ 945, 52 (2023)
- [25] “A Strong X-Ray Polarization Signal from the Magnetar 1RXS J170849.0-400910”, Zane S., Mizuno T. (70th), et al. (total 102 authors), ApJ 944, 27 (2023)
- [26] “Polarization Properties of the Weakly Magnetized Neutron Star X-Ray Binary GS 1826-238 in the High Soft State”, Capitanio F., Mizuno T.(63th), et al. (total 97 authors), ApJ 943, 129 (2023)
- [27] ©“X-Ray Polarization Observations of BL Lacertae”, Middei R., Imazawa R. (57th), Fukazawa Y. (59th), Kawabata K. (60th), Uemura M. (61th), Mizuno T. (62th), Nakaoka T. (63th), et al. (total 147 authors), ApJ 942, 10 (2023)
- [28] “Accretion geometry of the neutron star low mass X-ray binary Cyg X-2 from X-ray polarization measurements”, Farinelli R., Mizuno T. (59th), et al. (total 95 authors), MNRAS 519, 3690 (2023)
- [29] “Mapping the circumnuclear regions of the Circinus galaxy with the Imaging X-ray Polarimetry Explorer”, Ursini F, Mizuno T. (66th), et al. (total 97 authors), MNRAS 519, 50 (2023)
- [30] “Vela pulsar wind nebula X-rays are polarized to near the synchrotron limit”, Xie F., Mizuno T. (63th), et al. (total 93 authors), Nature 612, 658 (2022)
- [31] “The X-Ray Polarimetry View of the Accreting Pulsar Cen X-3”, Tsygankov S., Mizuno T. (64th), et al.

- (total 99 authors), *ApJL* 941, 14 (2022)
- [32] “Polarized blazar X-rays imply particle acceleration in shocks”, Liodakis I., [Mizuno T.](#) (99th), et al. (total 128 authors), *Nature* 611, 677 (2022)
- [33] “Observations of 4U 1626-67 with the Imaging X-Ray Polarimetry Explorer”, Marshall H., [Mizuno T.](#) (57th), et al. (total 95 authors), *ApJ* 940, 70 (2022)
- [34] “Polarized x-rays from a magnetar”, Taverna R., [Mizuno T.](#) (68th), et al. (total 96 authors), *Science* 378, 646 (2022)
- [35] “Polarized x-rays constrain the disk-jet geometry in the black hole x-ray binary Cygnus X-1”, Krawczynski H., [Mizuno T.](#) (34th), Zhang S. (48th), et al. (total 114 authors), *Science* 378, 650 (2022)
- [36] “Determination of X-ray pulsar geometry with IXPE polarimetry”, Doroshenko V., [Mizuno T.](#) (65th), et al. (total 94 authors), *Nature Astronomy* 6, 1433 (2022)
- [37] “Polarization constraints on the X-ray corona in Seyfert Galaxies: MCG-05-23-16”, Marinucci A., [Mizuno T.](#) (65th), et al. (total 100 authors), *MNRAS* 516, 5907 (2022)
- [38] “The X-Ray Polarization View of Mrk 421 in an Average Flux State as Observed by the Imaging X-Ray Polarimetry Explorer”, Di Gesu L., [Mizuno T.](#) (70th), et al. (total 103 authors), *ApJL* 938, 7 (2022)
- [39] “X-Ray Polarization Detection of Cassiopeia A with IXPE”, Vink J., [Mizuno T.](#) (13th), et al. (total 95 authors), *ApJ* 938, 40 (2022)
- [40] “Limits on X-ray Polarization at the Core of Centaurus A as Observed with the Imaging X-ray Polarimetry Explorer”, Ehlert S., [Mizuno T.](#) (61th), et al. (total 99 authors), *ApJ* 935, 116 (2022)
- [41] ©“All-sky Medium Energy Gamma-ray Observatory eXplorer mission concept”, Caputo R., [Fukazawa Y.](#) (16th), [Suda Y.](#) (46th), and 52 coauthors, *Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems*, 8, 4 (2022)
- [42] “Tomography of the environment of the COSMOS/AzTEC-3 submillimeter galaxy at $z \sim 5.3$ revealed by Ly α and MUSE observations”, Guaita L., Algera H.S.B.(9th), et al., *Astronomy and Astrophysics*, 660, A137 (2022)
- [43] “Statistical Properties of the Nebular Spectra of 103 Stripped-envelope Core-collapse Supernovae”, Fang Q., [Kawabata K.S.](#) (5th), et al., *The Astrophysical Journal*, 928, 151 (2022)
- [44] “SN 2020jfo: A Short-plateau Type II Supernova from a Low-mass Progenitor”, Teja R. S., [Singh A.](#), et al., *The Astrophysical Journal*, 930, 34 (2022)
- [45] “First Sagittarius A* Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole in the Center of the Milky Way”, Event Horizon Telescope Collaboration, Sasada M., et al., *The Astrophysical Journal*, 930, L12 (2022)
- [46] “First Sagittarius A* Event Horizon Telescope Results. II. EHT and Multiwavelength Observations, Data Processing, and Calibration”, Event Horizon Telescope Collaboration, Sasada M., et al., *The Astrophysical Journal*, 930, L13 (2022)
- [47] “First Sagittarius A* Event Horizon Telescope Results. III. Imaging of the Galactic Center Supermassive Black Hole”, Event Horizon Telescope Collaboration, Sasada M., et al., *The Astrophysical Journal*, 930, L14 (2022)
- [48] “First Sagittarius A* Event Horizon Telescope Results. IV. Variability, Morphology, and Black Hole Mass”, Event Horizon Telescope Collaboration, Sasada M., et al., *The Astrophysical Journal*, 930, L15 (2022)
- [49] “First Sagittarius A* Event Horizon Telescope Results. V. Testing Astrophysical Models of the Galactic

- Center Black Hole”, Event Horizon Telescope Collaboration, Sasada M., et al., *The Astrophysical Journal*, 930, L16 (2022)
- [50] “First Sagittarius A* Event Horizon Telescope Results. VI. Testing the Black Hole Metric”, Event Horizon Telescope Collaboration, et al., *The Astrophysical Journal*, 930, L17 (2022)
- [51] “Selective Dynamical Imaging of Interferometric Data”, Farah J., Sasada M., et al., *The Astrophysical Journal*, 930, L18 (2022)
- [52] “Millimeter Light Curves of Sagittarius A* Observed during the 2017 Event Horizon Telescope Campaign”, Wielgus M., Sasada M., et al., *The Astrophysical Journal*, 930, L19 (2022)
- [53] “A Universal Power-law Prescription for Variability from Synthetic Images of Black Hole Accretion Flows”, Georgiev B., Sasada M., et al., *The Astrophysical Journal*, 930, L20 (2022)
- [54] “Characterizing and Mitigating Intraday Variability: Reconstructing Source Structure in Accreting Black Holes with mm-VLBI”, Broderick A. E., Sasada M., et al., *The Astrophysical Journal*, 930, L21 (2022)
- [55] “The ALMA REBELS Survey. Epoch of Reionization giants: Properties of dusty galaxies at $z \approx 7$ ”, Ferrara A., Inami H. (7th), Algera H.S.B. (23th) et al., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 512, 58 (2022)
- [56] “The ALMA REBELS survey: the dust content of $z \approx 7$ Lyman break galaxies”, Dayal P., Algera H.S.B. (12th), Inami H. (19th), et al., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 512, 989 (2022)
- [57] “Reionization Era Bright Emission Line Survey: Selection and Characterization of Luminous Interstellar Medium Reservoirs in the $z > 6.5$ Universe”, Bouwens R. J., Inami H. (8th), Algera H. (25th), et al., *The Astrophysical Journal*, 931, 160 (2022)
- [58] “Photometric calibrations and characterization of the 4K×4K CCD imager, the first-light axial port instrument for the 3.6m DOT”, Kumar A., Singh A. (3rd), et al., *Journal of Astrophysics and Astronomy*, 43, 27 (2022)
- [59] “Measuring Star Formation and Black Hole Accretion Rates in Tandem Using Mid-infrared Spectra of Local Infrared Luminous Galaxies”, Stone M., Inami H. (6th), et al., *The Astrophysical Journal*, 934, 27 (2022)
- [60] “The ALMA REBELS Survey: cosmic dust temperature evolution out to $z \sim 7$ ”, Sommovigo L., Inami H. (11th), Algera H. (23th), et al., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 513, 3122 (2022)
- [61] “The ALMA REBELS Survey: Average [C II] 158 μm Sizes of Star-forming Galaxies from $z \approx 7$ to $z \approx 4$ ”, Fudamoto Y., Inami H. (7th), Algera H.S.B. (12th), et al., *The Astrophysical Journal*, 934, 144 (2022)
- [62] “Resolving the Inner Parsec of the Blazar J1924-2914 with the Event Horizon Telescope”, Issaoun S., Sasada M., et al., *The Astrophysical Journal*, 934, 145 (2022)
- [63] “The ALMA REBELS Survey: The Cosmic H I Gas Mass Density in Galaxies at $z \approx 7$ ”, Heintz K. E., Inami H. (9th), et al., *The Astrophysical Journal*, 934, L27 (2022)
- [64] “India’s First Robotic Eye for Time-domain Astrophysics: The GROWTH-India Telescope”, Kumar H., Singh A. (23th), et al., *The Astronomical Journal*, 164, 90 (2022)
- [65] “The ALMA REBELS Survey: dust continuum detections at $z > 6.5$ ”, Inami H., et al., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 515, 3126 (2022)
- [66] “The Quest for New Correlations in the Realm of the Gamma-Ray Burst-Supernova Connection”, Dainotti M. G., Gangopadhyay A. (8th), et al., *The Astrophysical Journal*, 938, 41 (2022)
- [67] “The ALMA REBELS Survey: specific star formation rates in the reionization era”, Topping M. W., Inami H. (8th), et al., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 516, 975 (2022)

- [68] “(3200) Phaethon polarimetry in the negative branch: new evidence for the anhydrous nature of the DESTINY⁺ target asteroid”, Geem J., [Kawabata K.S.](#) (5th), Nakaoka T. (6th), et al., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 516, L53 (2022)
- [69] ©“Optical and near-infrared photometric and polarimetric monitoring at flaring state of BL Lacertae in 2020-2021”, Hazama N., Sasada M., [Fukazawa Y.](#), [Kawabata K.S.](#), et al., Publications of the Astronomical Society of Japan, 74, 1041 (2022)
- [70] “Investigating the Effect of Galaxy Interactions on Star Formation at $0.5 < z < 3.0$ ”, Shah E. A., [Inami H.](#) (15th), et al., The Astrophysical Journal, 940, 4 (2022)
- [71] “Characterizing Compact 15-33 GHz Radio Continuum Sources in Local U/LIRGs”, Song Y., [Inami H.](#) (14th), et al., The Astrophysical Journal, 940, 52 (2022)
- [72] “GOALS-JWST: Resolving the Circumnuclear Gas Dynamics in NGC 7469 in the Mid-infrared”, U V., [Inami H.](#) (20th), Bohn T. (24th), et al., The Astrophysical Journal, 940, L5 (2022)
- [73] “GOALS-JWST: Unveiling Dusty Compact Sources in the Merging Galaxy IIZw096”, [Inami H.](#), et al., The Astrophysical Journal, 940, L6 (2022)
- [74] “GOALS-JWST: Hidden Star Formation and Extended PAH Emission in the Luminous Infrared Galaxy VV 114”, Evans A. S., [Inami H.](#) (5th), Bohn T. (24th), et al., The Astrophysical Journal, 940, L8 (2022)
- [75] “GROWTH on S190426c II: GROWTH-India Telescope search for an optical counterpart with a custom image reduction and candidate vetting pipeline”, Kumar H., [Singh A.](#) (19th), et al., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 516, 4517 (2022)
- [76] “An Ultra-deep Multiband Very Large Array (VLA) Survey of the Faint Radio Sky (COSMOS-XS): New Constraints on the Cosmic Star Formation History”, van der Vlugt D., Algera H.S.B. (3rd), et al., The Astrophysical Journal, 941, 10 (2022)
- [77] “The JCMT BISTRO Survey: A Spiral Magnetic Field in a Hub-filament Structure, Monoceros R2”, Hwang J., [Kawabata K.S.](#), et al., The Astrophysical Journal, 941, 51 (2022)
- [78] “The JCMT BISTRO-2 Survey: Magnetic Fields of the Massive DR21 Filament”, Ching T.-C., [Kawabata K.S.](#), et al., The Astrophysical Journal, 941, 122 (2022)
- [79] “GOALS-JWST: Tracing AGN Feedback on the Star-forming Interstellar Medium in NGC 7469”, Lai T. S.-Y., [Inami H.](#) (11th), Bohn T. (12th), et al., The Astrophysical Journal, 941, L36 (2022)
- [80] “A global look into the world of interacting supernovae”, [Gangopadhyay A.](#), et al., Journal of Astrophysics and Astronomy, 43, 51 (2022)
- [81] “Optical studies of a bright Type Ia supernova SN 2020rea”, Singh M., [Gangopadhyay A.](#) (11th), et al., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 517, 5617 (2022)
- [82] “The REBELS ALMA Survey: efficient Ly α transmission of UV-bright $z \simeq 7$ galaxies from large velocity offsets and broad line widths”, Endsley R., [Inami H.](#) (7th), et al., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 517, 5642 (2022)
- [83] “PNV J00444033+4113068: Early superhumps with 0.7 mag amplitude and non-red color”, Tampo Y., [Uemura M.](#) (4th), et al., Publications of the Astronomical Society of Japan, 74, 1287 (2022)
- [84] “GOALS-JWST: NIRCcam and MIRI Imaging of the Circumnuclear Starburst Ring in NGC 7469”, Bohn T., et al., The Astrophysical Journal, 942, L36 (2023)
- [85] “GOALS-JWST: Mid-infrared Spectroscopy of the Nucleus of NGC 7469”, Armus L., [Inami H.](#) (11th), Bohn T. (23th), et al., The Astrophysical Journal, 942, L37 (2023)
- [86] “NuSTAR Observes Two Bulgeless Galaxies: No Hard X-Ray AGN Detected in NGC 4178 or

- J0851+3926”, Pfeifle R. W., Bohn T. (6th), et al., The Astrophysical Journal, 943, 109 (2023)
- [87] “The Event Horizon Telescope Image of the Quasar NRAO 530”, Jorstad S., Sasada M., et al., The Astrophysical Journal, 943, 170 (2023)
- [88] “JCMT BISTRO Observations: Magnetic Field Morphology of Bubbles Associated with NGC 6334”, Tahani M., Kawabata K.S., et al., The Astrophysical Journal, 944, 139 (2023)
- [89] “SN 2020uem: a Possible Thermonuclear Explosion within a Dense Circumstellar Medium. I. The Nature of Type II_n/Ia-CSM SNe from Photometry and Spectroscopy”, Uno K., Nakaoka T. (4th), et al., The Astrophysical Journal, 944, 203 (2023)
- [90] “SN 2020uem: a Possible Thermonuclear Explosion within a Dense Circumstellar Medium (II). The Properties of the CSM from Polarimetry and Light-curve Modeling”, Uno K., Kawabata K.S. (5th), Nakaoka T. (6th), et al., The Astrophysical Journal, 944, 204 (2023)
- [91] “GOALS-JWST: Pulling Back the Curtain on the AGN and Star Formation in VV 114”, Rich J., Inami H. (7th), Bohn T. (21th), et al., The Astrophysical Journal, 944, L50 (2023)
- [92] “GOALS-JWST: Revealing the Buried Star Clusters in the Luminous Infrared Galaxy VV 114”, Linden S. T., Inami H. (9th), Bohn T. (10th), et al., The Astrophysical Journal, 944, L55 (2023)
- [93] “The ALMA REBELS survey: the dust-obscured cosmic star formation rate density at redshift 7”, Algera H. S. B., Inami H., et al., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 518, 6142 (2023)
- [94] “The main sequence of star-forming galaxies across cosmic times”, Popesso P., Inami H. (6th), et al., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 519, 1526 (2023)
- [95] ©“The microvariability and wavelength dependence of polarization degree/angle of BL Lacertae in the outburst 2020 to 2021”, Imazawa R., Sasada M., Fukazawa Y., Kawabata S.K., et al., Publications of the Astronomical Society of Japan, 75, 1 (2023)
- [96] “Multi-chord observation of stellar occultation by the near-Earth asteroid (3200) Phaethon on 2021 October 3 (UTC) with very high accuracy”, Yoshida F., Kawabata K.S. (48th), et al., Publications of the Astronomical Society of Japan, 75, 153 (2023)
- [97] “Interstellar Polarization Survey. II. General Interstellar Medium”, Versteeg M. J. F., Kawabata K.S. (7th), et al., The Astronomical Journal, 165, 87 (2023)
- [98] “The Messy Nature of Fiber Spectra: Star-Quasar Pairs Masquerading as Dual Type 1 AGNs”, Pfeifle R. W., Bohn T. (8th), et al., The Astrophysical Journal, 945, 167 (2023)

総説

該当無し

国際会議

(招待講演)

- [1] Hiromitsu Takahashi, “200 MeV proton damages on Hamamatsu MPPCs (Si-PMs) and GRBA_{alpha} CubeSat status”, SiPM Radiation workshop, online, 2022.4.25-29
- [2] Hiromitsu Takahashi, “In Orbit Degradation of Hamamatsu MPPCs (SiPMs)”, Monitoring the high-energy sky with small satellites conference, 2022.9.6-8
- [3] Hiromitsu Takahashi, “XRISM pre-pipeline/operations/ToO response”, XRISM Data Analysis Workshop, 2023.2.22-23
- [4] Tsunefumi MIZUNO, “Recent Results of Fermi: Its Role in the Era of Multimessenger/Multiwavelength

Astrophysics” (invited), Kyoto Symposium (Physics of the Two Infinities), 2023.3.27-30, Kyoto Univ., Japan & online

- [5] Tsunefumi MIZUNO, “Recent Results of Fermi: Its Role in the Era of Multimessenger/Multiwavelength Astrophysics” (invited), KMI2023 Symposium, 2023.2.20-21, Nagoya Univ., Japan & online
- [6] Tsunefumi MIZUNO, “Indirect Search for DM Signal from Galactic Center” (invited), The 2nd DMNet International Symposium, 2022.9.15, Max Planck Institute for Nuclear Physics (MPIK), Heidelberg, Germany
- [7] Tsunefumi MIZUNO, “Cosmic-Ray Properties in the MBM 53-55 Clouds and the Pegasus Loop as Revealed by HI Line Profiles, Dust, and Gamma-Ray Data” (invited), COSPAR 2022, 2022.7.20, Athens, Greece & online
- [8] Koji Kawabata, “Observational Studies of Supernova with 1.5m Kanata Telescope” (invited), Exploring The Transient Universe, 2022.12.14-16, University of Tokyo, Hongo-campus (60 persons)

(一般講演)

- [1] Fukazawa Y., “High energy emission component and population of gamma-ray emitting radio galaxies”, Tenth International Fermi Symposium, 2022.10.9-15, Johannesburg, 150 people
- [2] Inami H., “First JWST results of local luminous infrared galaxies from GOALS”, The 9th Galaxy Evolution Workshop, 2023.2.20-23, University of Kyoto + online
- [3] Inami H., “ISM conditions of (dusty) star-forming galaxies at high redshift”, PRIMA 2023 Community Workshop, 2023.3.21-22, online
- [4] Tsunefumi MIZUNO, “Gas and Cosmic-Ray Properties in the MBM 53-55 Molecular Clouds and the Pegasus Loop as Revealed by HI Line Profiles, Dust, and Fermi-LAT Gamma-Ray Data”, The 10th Fermi International Symposium, 2022.10.14, Johannesburg, South Africa
- [5] Suda Y., “Recent highlights of very-high-energy gamma-ray observations by the MAGIC telescopes”, International Conference on the Physics of the Two Infinities, 2023.3.29, Kyoto, Japan, 220 people
- [6] Imazawa R., “Proton irradiation on modified Hamamatsu MPPCs (Si-PMs)”, SiPM Radiation: Quantifying, Light for Nuclear, Space and Medical Instruments under Harsh Radiation Conditions, 2022.4.25-29, online, 100名
- [7] Imazawa R., “The Microvariability and Wavelength Dependence of Polarization Vector of BL Lacertae in the Outburst 2020 to 2021”, IAU Symposia: The multimessenger chakra of blazar jets, 2022.12.5-10, Kathmandu, Nepal, 100名
- [8] Kayanoki T., “X-ray evaluation of the CMOS detector IU233N5-Z and readout of scintillation light”, Monitoring The High-Energy Sky with Small Satellites, 2022.9.6-8, Brno, Czech Republic, 100名
- [9] Niwa R., “Performance recovery of radiation-damaged Si-PM at liquid argon/nitrogen temperature (100 K)”, Monitoring The High-Energy Sky with Small Satellites, 2022.9.6-8, Brno, Czech Republic, 100名
- [10] Morishita T., “Performance evaluation of plastic scintillators as active shields with SiPM”, Monitoring The High-Energy Sky with Small Satellites, 2022.9.6-8, Brno, Czech Republic, 100名

国内会議

(招待講演, 依頼講演)

- [1] 高橋弘充, 「X線偏光観測から探るブラックホール周辺の物理」, ブラックホールジェット・降着円盤・円盤風研究会2023, 2023.3.1-2, 50名

- [2] 稲見華恵, “Exploring the Early Universe with ALMA2030”, 宇電懇シンポジウム, ハイブリッド開催 (国立天文台+オンライン), 2023.3.27-28
- [3] 水野恒史, “Initial Results of X-ray Polarimetry Mission IXPE”, High Energy Astrophysics Workshop 2022, 2022.11.10, Hiroshima
- [4] 植村 誠, “銀河系内突発現象の追跡観測とデータサイエンス”, 天の川銀河研究会2022, 2022.11.7, 100名, オンライン
- [5] 川端弘治, “光赤天連SPICA総括WGの報告: 総括文書案の説明と議論”, 2022年度光赤天連シンポジウム「2030年代の天文学と光赤外地上・スペース計画: 日本の戦略」, ハイブリッド開催 (国立天文台+オンライン) 2022.9.20-22, 100名
- [6] 川端弘治, “OISTER”, 2022年度光赤天連シンポジウム「2030年代の天文学と光赤外地上・スペース計画: 日本の戦略」, ハイブリッド開催 (国立天文台+オンライン) 2022.9.20-22, 100名 (一般講演)
- [1] 水野恒史, “IXPE View of Crab Nebula and Pulsar” (ポスター), Space Science Symposium, 2023.1.5-6, ISAS/JAXA, Kanagawa, Japan & online
- [2] 水野恒史, “IXPE View of Crab Nebula and Pulsar”, 2022 Summer Workshop on Neutron-Starts, Supernova Remnants and Related Objects, 2022.8.30, Yamagata Univ.
- [3] 榎木大修, “Ionized wind in radio-loud AGN”, 第1回 XRISM core-to-core Science Workshop, 2022.10.19-21, 埼玉大学, 100名
- [4] 榎木大修, “Ionized wind in radio-loud AGN”, ブラックホールジェット・降着円盤・円盤風研究会 2023, 2023.3.1-2, 東北大学, 50名
- [5] 深沢泰司, 「全天MeVガンマ観測衛星計画AMEGO-Xの現状と日本の関わり」, 秋の天文学会, 2022.9.13-15, 新潟大学五十嵐キャンパス
- [6] 高橋弘充, 「硬X線偏光観測実験XL-Calibur気球の2022年フライトにおける現地準備状況」, 秋の天文学会, 2022.9.13-15, 新潟大学五十嵐キャンパス
- [7] 須田祐介, 「次世代MeVガンマ線衛星に向けたHV-CMOSピクセルセンサ AstroPixの開発」, 秋の天文学会, 2022.9.13-15, 新潟大学五十嵐キャンパス
- [8] 中岡竜也, 「時間進化の遅いIIB型超新星SN 2019tuaの測光分光観測」, 秋の天文学会, 2022.9.13-15, 新潟大学五十嵐キャンパス
- [9] 星岡駿志, 「JWST撮像観測シミュレーションから探る近傍LIRG NGC7469の銀河核領域における解析手法の検討」, 秋の天文学会, 2022.9.13-15, 新潟大学五十嵐キャンパス
- [10] 中村謙吾, 「可視近赤外線偏光観測による銀河磁場探査」, 秋の天文学会, 2022.9.13-15, 新潟大学五十嵐キャンパス
- [11] 古賀柚希, 「欠損の多い教師データを用いた銀河系内突発現象の機械判別」, 秋の天文学会, 2022.9.13-15, 新潟大学五十嵐キャンパス
- [12] 榎木大修, 「電波銀河のガンマ線loudnessとX線スペクトルの関係(2)」, 秋の天文学会, 2022.9.13-15, 新潟大学五十嵐キャンパス
- [13] 佐崎凌佑, 「Smart Kanataの観測による3つのWZ Sge型矮新星の降着円盤構造」, 秋の天文学会, 2022.9.13-15, 新潟大学五十嵐キャンパス
- [14] 丹羽怜太, 「放射線劣化により暗電流が増加した MPPC の低温での性能回復」, 秋の天文学会, 2022.9.13-15, 新潟大学五十嵐キャンパス
- [15] 阪本菜月, 「硬X線偏光観測気球実験XL-Calibur搭載CZT半導体検出器の性能評価」, 秋の天文学会,

2022.9.13-15, 新潟大学五十嵐キャンパス

- [16] 森下皓暁, 「MPPCを用いたプラスチックシンチレータのアクティブシールドとしての性能評価」, 秋の天文学会, 2022.9.13-15, 新潟大学五十嵐キャンパス)
- [17] 橋爪大樹, 「SOI技術を用いた新型X線撮像分光器の開発53:MeVガンマ線観測への応用に向けたSOIピクセル検出器の基礎特性評価」, 秋の天文学会, 2022.9.13-15, 新潟大学五十嵐キャンパス
- [18] 水野恒史, 「IXPE衛星による「かに星雲・パルサー」のX線偏光観測」, 秋の物理学会, 2022.9.6-8, 岡山理科大学
- [19] 水野恒史, 「IXPE衛星による「かに星雲・パルサー」のX線偏光観測」, 春の天文学会, 2023.3.13-16, 立教大学池袋キャンパス
- [20] 高橋弘充, 「硬X線集光偏光計XL-Calibur気球実験の2022年フライトと今後」, 春の天文学会, 2023.3.13-16, 立教大学池袋キャンパス
- [21] 須田祐介, 「CTA-LST初号基とMAGICによるTeVガンマ線同時観測のための解析手法の開発」, 春の天文学会, 2023.3.13-16, 立教大学池袋キャンパス
- [22] 今澤 遼, 「ブレーザーBL Lacertaeが2020年に生じたフレアのMAGIC望遠鏡による観測」, 春の天文学会, 2023.3.13-16, 立教大学池袋キャンパス
- [23] 榎木大修, 「X線分光による電波銀河 Markarian 6 の円盤風解析」, 春の天文学会, 2023.3.13-16, 立教大学池袋キャンパス
- [24] 橋爪大樹, 「SOI技術を用いた新型X線撮像分光器の開発56:MeVガンマ線観測への応用に向けたSOIピクセル検出器の基礎特性評価(2)」, 春の天文学会, 2023.3.13-16, 立教大学池袋キャンパス
- [25] 高橋弘充, 「硬X線集光偏光計XL-Calibur気球実験の2022年フライトと今後」, 春の物理学会, 2023.3.22-25, オンライン開催
- [26] 須田祐介, 「全天MeVガンマ線衛星用HV-CMOSピクセルセンサAstroPixの開発」, 春の物理学会, 2023.3.22-25, オンライン開催
- [27] 川端弘治, 「広島大学の活動報告2022」, 2022年度せいめいワークショップ, 2022.8.26-27, オンライン
- [28] 植村 誠, 「広島大学かなた望遠鏡の運用状況」, 2022年度せいめいワークショップ, 2022.8.26-27, オンライン
- [29] 堀 友哉, 「国産1.3k InGaAs赤外線検出器の評価と多バンド星間偏光観測」, 2022年度光赤外線天文学大学間連携ワークショップ, 2023.2.28-3.1, 名古屋大学+オンライン, 約100名
- [30] 中岡竜也, 「広島大学の活動報告2022」, 2022年度光赤外線天文学大学間連携ワークショップ, 2023.2.28-3.1, 名古屋大学+オンライン, 約100名
- [31] 濱田大晴, 「II型超新星SN 2017hccのエネルギースペクトルを用いた星周環境推定」, 2022年度光赤外線天文学大学間連携ワークショップ, 2023.2.28-3.1, 名古屋大学+オンライン, 約100名
- [32] 川端弘治, 「Galactic Magnetic Field Studied by Recent Kanata/HONIR Polarimetric Survey」, Indo-Japan SN Workshop, 2023.3.27, HASC, Horoshima Univ., 15名
- [33] 深田 静, 「SN 2021ukt: Rapidly-evolved transitional Type II_n/I_b SN」, Indo-Japan SN Workshop, 2023.3.27, HASC, Horoshima Univ., 15名
- [34] 濱田大晴, 「Analysis of the near-infrared excess of Type II_n SN 2017hcc」, Indo-Japan SN Workshop, 2023.3.27, HASC, Horoshima Univ., 15名
- [35] 中岡竜也, 「2019tua: Slowly Evolving Type II_b Supernova」, Indo-Japan SN Workshop, 2023.3.27, HASC, Horoshima Univ., 15名
- [36] 深沢泰司, 「超小型衛星群CAMELOT計画によるガンマ線バースト位置決定」, 超小型衛星利用シ

ンポジウム2023, 東京日本橋, 2023.2.21, 60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 3件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 3件
- 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 2件

(国内会議)

- 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 25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 2件

セミナー・講演会開催実績

該当無し

高大連携事業への参加状況

- [1] 高大連携公開講座「宇宙における物質」, 広島大学, 2022年7月29日, 50名, 講師: 深沢, 藪田, 川端, 水野, 稲見

国内研究会開催

- [1] 川端弘治, 中岡竜也: Transient workshop 2022/突発天体研究会2022 (2022年11月22日-24日, ホテル大広苑 (竹原市)), 参加36名
- [2] 川端弘治, 中岡竜也: Indo-Japan SN Workshop (2023年3月27日, HASC, Horoshima Univ.), 参加15名

国際会議, 国際研究会開催

- [1] 稲見華恵: Subaru Users Meeting 2022, 2023.1.31-2.2, ハイブリット開催, 講演会・セミナー講師
- [2] 稲見華恵: “Obscured Star Formation at $z\sim 7$ Observed with the REBELS ALMA Large Program”, European Space Agency seminar, 2022.6.16, オンライン
- [3] 稲見華恵: “AGN or starburst? An off-nuclear deeply embedded compact source in IIZw096”, International AGN Seminar Series, 2022.11.8, オンライン
- [4] 稲見華恵: “An ALMA Systematic Survey of Distant Galaxies: Obscured Star Formation at $z\sim 7$ ”, ALMA-J seminar, 2023.3.1, オンライン

社会活動, 学会委員

- [1] 深沢泰司: ガンマ線観測衛星フェルミ衛星国際チーム予算委員メンバー
- [2] 深沢泰司: ガンマ線観測衛星フェルミ衛星国際チームシニアサイエンスアドバイザー
- [3] 深沢泰司: 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 MeVガンマ線観測衛星検討リサーチグループ代表者

- [4] 深沢泰司 : XRISM衛星Participating Scientist
- [5] 深沢泰司 : 日本物理学会代議員
- [6] 深沢泰司 : 日本物理学会中国四国支部庶務
- [7] 深沢泰司 : 日本天文学会年会開催地理事
- [8] 川端弘治 : 日本天文学会 欧文研究報告編集委員会 委員
- [9] 川端弘治 : 日本天文学会 天体発見賞選考委員会 委員長
- [10] 川端弘治 : 国立天文台 TMT科学諮問委員会 委員
- [11] 川端弘治 : 国立天文台 光・赤外線天文学研究教育大学間連携協議会委員
- [12] 川端弘治 : 兵庫県立大学天文科学センター運営委員会 外部委員
- [13] 川端弘治 : 東京大学TAO科学諮問委員会 外部委員
- [14] 川端弘治 : マツダ財団科学わくわくプロジェクト実行委員会 委員
- [15] 植村 誠 : TMT International Science Development Teams 委員
- [16] 植村 誠 : 日本学術会議総合工学委員会科学的知見の創出に資する可視化分科会可視化の新
パラダイム策定小委員会 委員
- [17] 植村 誠 : 国立天文台すばる共同利用時間割り当て委員会 委員
- [18] 稲見華恵 : TMT International Science Development Teams 委員
- [19] 稲見華恵 : 光学赤外線天文連絡会運営委員会 委員
- [20] 高橋弘充 : 日本物理学会代議員
- [21] 高橋弘充 : 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 大気球委員会 委員
- [22] 高橋弘充 : 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 小規模計画「XL-Calibur気球実験」: 研究代
表者
- [23] 稲見華恵 : すばる科学諮問委員会 委員
- [24] 稲見華恵 : 国立天文台 研究交流委員会 委員
- [25] 稲見華恵 : 日本天文学会 代議員
- [26] 川端弘治 : 日本天文学会 代議員

外部評価委員

- [1] 深沢泰司 : 金沢大学先進宇宙理工学研究センター外部評価委員
- [2] 川端弘治 : 国立天文台 プロジェクト評価委員会 委員

各種研究員と外国人留学生の受入状況

研究員3名 (科研費2件, 大学間連携1件)

留学生 (D : 2名, M : 1名, Gap year留学生 : 1名)

国際共同研究

- [1] 深沢泰司, 水野恒史, 高橋弘充, Helen Poon, Fermi LAT collaboration (主にアメリカ, イタリア, フランスの 450 名), 約 10 の国内研究期間, 宇宙ガンマ線観測衛星フェルミによる高エネルギー宇宙観測の研究
- [2] 深沢泰司, 水野恒史, 高橋弘充, 内田悠介, XRISM (主にアメリカ, オランダ, イギリスの 100 名), ISAS/JAXA, 約 20 の国内研究期間, X 線観測衛星 XRISM による高エネルギー宇宙観測の研究

- [3] 深沢泰司, 須田祐介, MeV ガンマ線衛星計画 AMEGO-X, 主にアメリカ, 次期 MeV ガンマ線衛星計画 AMEGO-X に関する共同研究
- [4] 深沢泰司, 高橋弘充, 須田祐介, MeV ガンマ線観測計画 GRAMS, 主にコロンビア大学, 東京大学, 早稲田大学, 大阪大学, 理研, MeV ガンマ線気球観測計画 GRAMS に関する共同研究
- [5] 高橋弘充, 水野恒史, 深沢泰司, Prof. Mark Piece (スウェーデン, スウェーデン王立工科大学), 名大など, “超小型衛星 CUBES, GRB ガンマ線偏光小型衛星 SPHiNX 計画”
- [6] 水野恒史, 深沢泰司, 高橋弘充, IXPE 衛星 (主にイタリア, アメリカ), 理研, 名大, 阪大, 山形大, X 線偏光観測衛星 IXPE
- [7] 深沢泰司, 水野恒史, 高橋弘充, 須田祐介, CTA collaboration (主にヨーロッパ, アメリカの約 200 名), 東大宇宙線研など各 20 の国内研究機関, 次世代 TeV ガンマ線望遠鏡の開発
- [8] 深沢泰司, 須田祐介, MAGIC collaboration (主にヨーロッパの約150名), TeVガンマ線天体の研究
- [9] 深沢泰司, 水野恒史, 高橋弘充, Masaryk 大学, Konkoly 天文台, Eotvos 大学, 名大, 京大, 立教大, 重力波対応 SGRB 観測超小型衛星群 Camelot 計画
- [10] 高橋弘充, 水野恒史, 深沢泰司, 内田悠介, Prof. Henric Krawczynski (アメリカ, ワシントン大学), 阪大, 名大など, 硬 X 線偏光気球実験 X-Calibur
- [11] 深沢泰司, 水野恒史, IceCube collaboration (主にアメリカ, 他にヨーロッパなど), 高エネルギーニュートリノ対応天体の研究
- [12] 高橋弘充, Dr.濱口健二, Dr. Michael Corcoran, アメリカ・NASA/GSFC, 大質量連星 Eta Carinae の国際共同研究
- [13] 高橋弘充, Dr.岡島 崇 (アメリカ, NASA), 京大, 理研など, X 線 CubeSat 開発
- [14] 水野恒史, Jessica Metzger (Chicago Univ., USA), Andrew Strong (MPE, German), Elena Orlando (Stanford Univ., USA), 星間空間宇宙線スペクトルの研究
- [15] 川端弘治, 植村 誠, 笹田真人, LIGO-Virgo Collaboration (California Institute of Technology, European Gravitational Wave Observatory 他), 内海洋輔 (アメリカ, Stanford University), 重力波の電磁波対応現象の探索
- [16] 川端弘治, 中岡竜也, Anjasha Gangopadhyay, Avinash Singh, D. Sahu, G. C. Anupama (India, Indian Institute of Astrophysics), Shashi B. Pandey (India, Aryabhata Research Institute of Observational-Sciences), 近傍超新星の多バンドモニター観測研究
- [17] 川端弘治, 植村 誠, 笹田真人, Yao Yongqiang (Chinese Academy of Science, National Astronomical Observatory of China), 西チベット阿里観測所における HinOTIRI プロジェクトの推進
- [18] 川端弘治, 笹田真人, 中岡竜也, 秋田谷 洋, IceCube collaboration (University of Alberta, Stanford University, 他多数), 内海洋輔 (アメリカ, Stanford University), IceCube 高エネルギーニュートリノ対応天体の研究
- [19] 川端弘治, Antonio Mario Magalhaes (Universidade de São Paulo, ブラジル), 可視偏光サーベイによる銀河磁場・星間物質・突発天体の研究
- [20] 稲見華恵, Lee Armus (California Institute of Technology, USA), Vassilis Charmandaris (University of Crete, Greece), 他, 近傍宇宙の高光度赤外線銀河の研究
- [21] 稲見華恵, Fabian Walter, 他, (Max Planck Institute for Astronomy), ミリ波サブミリ波を用いた深宇宙探査

- [22] 稲見華恵, Mark Dickinson, 他, (National Optical Astronomy Observatory, USA), 遠方宇宙の高光度赤外線銀河の研究
- [23] 稲見華恵, MUSE Consortium, (France, Netherlands, Germany, Switzerland, Portugal), 超広視野可視光線面分光装置 MUSE を用いた深宇宙探査
- [24] 笹田真人, Event Horizon Telescope Collaboration, (Harverd University, MIT, NAOJ 他), 巨大ブラックホールの影の観測
- [25] 稲見華恵, Rychard Bouwens, 他, (Leiden University オランダ, 英国, 米国, スイス 他), ALMA 大型プロジェクトREBELS
- [26] 稲見華恵, Desika Narayanan (フロリダ大学), ダスト吸収曲線の研究

研究助成金の受け入れ状況

- [1] 深沢泰司: 科学研究費助成事業 国際共同研究加速基金 (国際共同研究強化(B)), 2019-2024年 「日本・ハンガリー・チェコ共同によるガンマ線バースト観測超小型衛星団の開発」
- [2] 深沢泰司: 科学研究費助成事業 基盤研究(B), 2021-2023年, 「電波・可視光偏光モニターとVLBI撮像を組み合わせたジェットの磁場構造解明」, 研究分担者
- [3] 深沢泰司: 高エネルギー加速器研究機構 日米協力事業費「GLAST衛星開発」, 2000-2022年度, 研究代表者
- [4] 水野恒史: 科学研究費補助金基盤研究(A), 2019-2023年度, 「X線偏光観測による回転するブラックホールの時空構造の解明」 研究分担者
- [5] 高橋弘充: 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 小規模計画「XL-Calibur気球実験」研究代表者, 2019-2022年度
- [6] 高橋弘充: 科学研究費補助金基盤研究(S), 2019-2023年度「X線・ガンマ線偏光観測で開拓する中性子星超強磁場の物理」 研究分担者
- [7] 稲見華恵: 伊藤科学振興会, 2019-2023年度, 「ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡で観測する赤外線銀河の性質」, 研究代表者, 100万円
- [8] 稲見華恵: ALMA 共同科学研究事業 FY2021, 自然科学研究機構 国立天文台, 2021-2023年度 “A Systematic Study of the Dust Build-up in the Epoch of Reionization”, 研究代表者, ポスドク1名雇用 + 研究費100万円
- [9] 植村 誠: 科学研究費補助金基盤研究(A), 2021-2025年度「ELITE: 出自管理と深層学習に基づく専門知識獲得基盤の開発とその視覚計算応用」 研究分担者
- [10] 植村 誠: 科学研究費補助金基盤研究(B), 2021-2023年度「電波・可視光偏光モニターとVLBI撮像を組み合わせたジェットの磁場構造解明」 研究分担者
- [11] 植村 誠: 科学研究費補助金基盤研究(C) 2021-2023年度「突発現象の追跡観測を自動で意思決定するスマート観測システムの研究」 研究代表者
- [12] 稲見華恵: 科学研究費助成事業 基盤研究(B), 2021-2024年度, “次世代宇宙望遠鏡で探る近傍赤外線銀河のエネルギー発生とその性質”, 研究代表者, 2022年度直接経費3,800千円
- [13] 須田祐介: 科学研究費助成事業 研究活動スタート支援 2021-2022年度「大気チェレンコフ望遠鏡で拓くガンマ線バーストの物理」 研究代表者, 2022年度直接経費1,100千円

その他, 報道, 特記事項

- [1] 稲見華恵: 広島大学プレスリリース「ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡により合体銀河の巨大エネルギーを担う「エンジン」を特定」 2023.1.20

物性科学講座

○構造物性グループ

研究活動の概要

構造物性グループは、黒岩芳弘教授、森吉千佳子教授、Kim Sangwook助教の3人の教員で構成されている。我々の研究グループでは、SPring-8で計測した放射光X線回折データを精密に解析することで、誘電分極や電気伝導などの物質機能、また電荷移動や熱振動などの相転移の起源に関わる構造情報を結晶構造上に可視化することで、固体の構造物性について議論してきた。現在、様々な研究グループと共同研究を行っている。

黒岩教授は、SPring-8の多種多様なビームラインでの計測技術の高度化に協力すると同時に、主として酸化物強誘電体の構造物性について共同研究を行っている。

平成30年度より開始された広島大学（学長）と量子科学技術研究開発機構（量子ビーム科学部門長）との間の共同研究契約「コヒーレントX線を利用した強誘電体一粒子計測」において、黒岩教授が全体統括として共同研究を推進した。従来のX線回折を用いた結晶構造解析ではミクロな原子位置や電子密度分布だけを問題にして構造解析を行ってきた。今後はこれに加えてBragg Coherent Diffraction Imaging (BCDI)法により、マクロな結晶外形やメゾスケールの結晶内部のひずみやドメイン構造なども構造解析することで、X線回折の技術だけでマルチスケールで結晶構造解析する手法の開発を目指している。研究は、SPring-8のBL22XU専用ビームラインで行われ、令和4年度では、温度変化が測定できるように試料環境を整備し、相転移に伴う500 nmの強誘電体微結晶一粒の内部のひずみやドメイン構造の変化を非破壊で3次元的に可視化することに成功した。また、8面体や14面体といった様々な形状のチタン酸バリウム多面体ナノ粒子一粒の相転移をBCDIで測定することにも成功した。

SPring-8のBL02B2粉末構造解析ビームラインでは、山梨大学等と、鉛を使わない圧電材料を開発するという元素戦略プロジェクトの一つとして、BaTiO₃とBiFeO₃の固溶体をベースとしたセラミック材料について共同研究を行った。チタン酸バリウム多面体ナノ粒子の相転移に伴う構造変化を電子密度レベルで解析することにも成功し、BCDIの成果と合わせたマルチスケール構造解析の成果を様々な研究会や学会で報告した。応用物理学会での登壇講演に対しては、33歳以下の登壇者に授与される講演奨励賞がM1の学生に授与された。

SPring-8のBL02B1単結晶構造解析ビームラインでは、強誘電体についてAC電場印加下での時間分解構造解析を行った。時分割実験では、50ピコ秒の時間分解能で一瞬の動きを構造解析する手法を開発したことで、研究は格段に進展した。BL02B2粉末構造解析ビームラインで得られた成果を相補的に利用することで非鉛圧電材料について研究をすすめている。

中国科学院上海セラミックス研究所（中国）および釜山大学物理（韓国）と、ダブルペロブスカイト型反強誘電体の結晶構造とエネルギー貯蔵特性について共同研究を行った。成果に関して、学生が国際会議で2回のポスター講演を行い、両方でベストポスター賞を受賞した。また、ダブルペロブスカイト型反強誘電体の相転移については、東京大学物性研附属の国際超強磁場科学研究施設とも共同研究を開始しており、成果が出つつある。また、アドバイザーとして、学術変革領

域研究 (A)「1000テスラ超強磁場による化学的カタストロフィー：非摂動磁場による化学結合の科学」の発足に協力した。

黒岩教授は、日本の誘電体研究者のプラットフォームになることを目指して令和元年12月2日に設立された一般社団法人日本誘電体学会の代表理事会長に就任した。また、アジア強誘電体協会に対して日本代表として貢献してきたが、2023年に協会の会長に就任することとなった。

森吉教授は、SPring-8のBL02B2粉末構造解析ビームラインの重点研究課題（パートナーユーザー）代表としての活動が2021年に終了したが、引き続きこのビームラインを利用した共同研究と利用研究の拡大に努めている。2022年は、物質合成や化学反応中の物質構造変化をリアルタイムで検出するシステムの開発と研究を進めた。

都立大学や北海道大学等とはハイエントロピー超伝導体の結晶構造と電子状態に関する共同研究や、固相反応の学理を構築する研究を進めている。さらに、島根大学、JASRI、立命館大学との共同研究として行った層状複水酸化物のイオン交換序列の解明について論文発表を行い、*Bull. Chem. Soc. Jpn.*誌のSelected Paperに選出され、プレスリリースを行った。さらに、千葉大学、島根大学、JASRIとの共同研究である放射光を活用して行った触媒物質の水溶液中化学反応のリアルタイム結晶構造計測についても大いに注目され、*Catalysis Science & Technology*誌のCover Artに選ばれ、プレスリリースを行った。

森吉教授は、日本学術会議の連携会員でもあり、また、日本結晶学会の評議員や男女共同参画推進委員も務めている。日本の結晶学分野における貢献度は極めて高い。

Kim助教は、酸化物強誘電体・圧電体の材料開発および構造物性について研究を行っている。ピスマスを含む非鉛系圧電セラミックを急冷熱処理することで、圧電特性が向上することを見出した。そのメカニズムを究明するために、国際共同研究として、昌原大学物理（韓国）と共同研究を開始し、成果が出つつある。また、同時に、高圧力・高温下で焼結されたセラミックの結晶構造変化に関する共同研究も開始した。山梨大学および九州大学との共同研究において、鉛フリー圧電材料の圧電性発現の機構にナノドメイン構造が大きな役割を果たすことを示した成果は大変注目され、プレスリリースを行った。また、第15回強誘電ドメイン国際会議で招待講演を行った。一方、ピスマスイオンの構造乱れを圧電特性に関連付けて議論した成果により、国際先端材料協会よりIAAM Awardを受賞し、European Advanced Materials Congressにて受賞講演を行った。

原著論文

- [1] ©P. Sapkota, I. Fujii, S. Kim, S. Ueno, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa and S. Wada, “Mn-Nb Co-doping in Barium Titanate Ceramics by Different Solid-state Reaction Routes for Temperature Stable and DC-bias Free Dielectrics”, *Ceram. Int.* **48** (2022) 2154-2160.
- [2] N. Li, S. Wang, E. Zhao, W. Yin, Z. Zhang, K. Wu, J. Xu, Y. Kuroiwa, Z. Hu, F. Wang, J. Zhao and X. Xiao, “Tailoring Interphase Structure to Enable High-rate, Durable Sodium-ion Battery Cathode”, *J. Energy Chem.* **68** (2022) 564-571.
- [3] ©F. I. Abbas, K. Hoshi, A. Yamashita, Y. Nakahira, Y. Goto, A. Miura, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, K. Terashima, R. Matsumoto, Y. Takano and Y. Mizuguchi, “Lattice Anharmonicity in BiS₂-Based Layered Superconductor RE(O, F)BiS₂ (RE = La, Ce, Pr, Nd)”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **91** (2022) 074706/1-6.
- [4] ©N. Oshime, K. Ohwada, A. Machida, N. Fukushima, S. Ueno, I. Fujii, S. Wada, K. Sugawara, A. Shimada, T. Ueno, T. Watanuki, K. Ishii, H. Toyokawa, K. Momma, S. Kim, S. Tsukada and Y. Kuroiwa, “The Ferroelectric Phase Transition in a 500 nm Sized Single Particle of BaTiO₃ Tracked by Coherent X-

- ray Diffraction”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **61** (2022) SN1008/1-6.
- [5] ©H. Nam, I. Fujii, S. Kim, T. Ishii, S. Ueno, G. P. Khanal, Y. Kuroiwa and S. Wada, “Composition Dependence of Structural and Piezoelectric Properties in Bi(Mg_{0.5}Ti_{0.5})O₃-modified BaTiO₃-BiFeO₃ ceramics”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **61** (2022) SN1033/1-9.
- [6] ©P. Sapkota, I. Fujii, S. Kim, S. Ueno, Y. Kuroiwa and S. Wada, “Development of Superparaelectric BaTiO₃ System Ceramics through Heterovalent Mn-Nb Co-doping for DC-bias Free Dielectrics”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **61** (2022) SN1023/1-6.
- [7] S. Kim, H. Nam and I. Calisir, “Lead-free BiFeO₃-based Piezoelectrics: A Review of Controversial Issues and Current Research State”, *Materials* **15** (2022) 4388/1-26.
- [8] Y. Yoneda, S. Kim, S. Mori and S. Wada, “Local Structure Analysis of BiFeO₃-BaTiO₃ Solid Solution”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **61** (2022) SN1022/1-10.
- [9] Y. Nakahira, R. Kiyama, A. Yamashita, H. Itou, A. Miura, C. Moriyoshi, Y. Goto, and Y. Mizuguchi, “Tuning of upper critical field in a vanadium-based A15 superconductor by the compositionally-complex-alloy concept”, *J. Mater. Sci.* **57** (2022) 15990-15998.
- [10] Y. Matsuo, Y. Matsukawa, M. Kitakado, G. Hasegawa, S. Yoshida, R. Kubonaka, Y. Yoshida, T. Kawasaki, E. Kobayashi, C. Moriyoshi, S. Ohno, K. Fujita, K. Hayashi, and H. Akamatsu, “Topochemical Synthesis of LiCoF₃ with High-Temperature LiNbO₃-type Structure”, *Inorg. Chem.* **61** (2022) 11746-11756.
- [11] F. I. Abbas, Y. Nakahira, A. Yamashita, T. Md. Kasem, M. Yoshida, Y. Goto, A. Miura, K. Terashima, T. Matsumoto, Y. Takano, C. Moriyoshi, and Y. Mizuguchi, “Estimation of Grüneisen parameter of high-entropy-alloy-type functional materials”, *Condensed Matter* **7** (2022) 34.
- [12] Y. Nakahira, S. Shimono, Y. Goto, A. Miura, C. Moriyoshi, and Y. Mizuguchi, “Synthesis and characterization of high-entropy-alloy-type layered telluride MBi₂Te₄ (M = Ag, In, Sn, Pb, Bi)”, *Materials* **15** (2022) 2614.
- [13] R. Sasai, T. Fujimura, H. Sato, E. Nii, M. Sugata, Y. Nakayashiki, H. Hoashi, C. Moriyoshi, E. Oishi, Y. Fujii, S. Kawaguchi, and H. Tanaka, “Origin of Selective Nitrate Removal by Ni²⁺-Al³⁺ Layered Double Hydroxides in Aqueous Media and Its Application Potential in Seawater Purification”, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **95** (2022) 802-812.

著書など

該当無し

総説など

該当無し

研究報告

該当無し

国際会議

(招待講演)

- [1] S. Kim, “Actuation Mechanism of Piezoelectricity by Cation Disorder in Pseudo-cubic Structure”, European Advanced Materials Congress, (2022.6.25-7.2, Genoa, Italy, Hybrid (Online)).

【IAAM Award受賞講演】

- [2] S. Kim, “Study of Mechanism on Piezoelectricity in Pseudo-cubic Structure by Material Structural Physics”, International Conference on Physics and Its Applications, (2022.7.18-21, San Francisco, USA, Hybrid (Online)).
- [3] Y. Kuroiwa, “Structural Study on Emergent Ferroelectricity in Perovskite-type Oxides by Synchrotron Radiation X-ray Diffraction”, 15th International Symposium on Ferroic Domains & Micro- to Nano-scopic Structures (ISFD-15), (2022.8.28-31, Kofu, Hotel Danrokan, Japan).
- [4] S. Kim, “Contribution of *A*-site Cation Off-centering on the Piezoelectricity and Domain Structure in Bi-based Lead-free Piezoceramics”, 15th International Symposium on Ferroic Domains & Micro- to Nano-scopic Structures (ISFD-15), (2022.8.28-31, Kofu, Hotel Danrokan, Japan).
- [5] Y. Kuroiwa, “Synchrotron Radiation X-ray Diffraction Evidence for Chemical Bonding of Ferroelectric Ceramic Powders and Grain Orientations in Their Films Coated by Aerosol Deposition Method”, 9th Tsukuba International Coating Symposium (TICS 9), (2022.12.12-13, Tsukuba, Auditorium, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan).

(一般講演)

- [1] K. Ohwada, N. Oshime, K. Sugawara, A. Shimada, N. Fukushima, T. Ueno, A. Machida, T. Watanuki, S. Ueno, I. Fujii, S. Wada, K. Momma, K. Ishii, H. Toyokawa, S. Tsukada and Y. Kuroiwa, “3D Imaging of Nanocrystals by Coherent X-ray Diffraction”, 15th International Symposium on Ferroic Domains & Micro- to Nano-scopic Structures (ISFD-15), (2022.8.28-31, Kofu, Hotel Danrokan, Japan).
- [2] ©N. Fukushima, S. Kim, S. Ueno, I. Fujii, S. Wada and Y. Kuroiwa, “SXRD Electron Density Study on Phase Transitions in BaTiO₃ Nanocube”, 15th International Symposium on Ferroic Domains & Micro- to Nano-scopic Structures (ISFD-15), (2022.8.28-31, Kofu, Hotel Danrokan, Japan).
- [3] ©T. Hokii, S. Kim, Y. Yatabe, Y. Nakahira, C. Moriyoshi, H. Osawa, M. Hirose, I. Fujii, S. Ueno, Y. Sato, S. Wada and Y. Kuroiwa, “Piezoelectricity Caused by Partial Ordering of Bismuth-ions in Perovskite-type Pseudo-cubic Ferroelectrics”, 15th International Symposium on Ferroic Domains & Micro- to Nano-scopic Structures (ISFD-15), (2022.8.28-31, Kofu, Hotel Danrokan, Japan).
- [4] ©M. Shao, K. Furuta, S. Kim, I. Fujii, S. Ueno, S. Wada and Y. Kuroiwa, “Core-Shell Structure of Heteroepitaxial KNbO₃/BaTiO₃ Nanocomposite Particles Studied by Synchrotron Radiation X-ray Diffraction”, 15th International Symposium on Ferroic Domains & Micro- to Nano-scopic Structures (ISFD-15), (2022.8.28-31, Kofu, Hotel Danrokan, Japan).
- [5] ©T. Shigemasu, S. Kim, C. Moriyoshi, G. Li, C.-H. Park and Y. Kuroiwa, “Electron Charge Density Study on Antiferroelectric Phase Transition in Pb-based B-site Ordered Double Perovskite”, 15th International Symposium on Ferroic Domains & Micro- to Nano-scopic Structures (ISFD-15), (2022.8.28-31, Kofu, Hotel Danrokan, Japan).
- [6] ©G. P. Khanal, I. Fujii, S. Ueno, S. Kim, M. Miyakawa, T. Taniguchi, Y. Kuroiwa and S. Wada, “Structural and Electrical Characteristics of Lead-free BiAlO₃-based Piezoelectric Ceramics Prepared by High-Pressure Sintering”, 15th International Symposium on Ferroic Domains & Micro- to Nano-scopic Structures (ISFD-15), (2022.8.28-31, Kofu, Hotel Danrokan, Japan).
- [7] ©H. Nam, S. Kim, I. Fujii, S. Ueno, Y. Kuroiwa and S. Wada, “A-site Bi ion Off-centering Contribution on Piezoelectricity in Bi(Mg_{0.5}Ti_{0.5})O₃-modified BiFeO₃-BaTiO₃ Piezoelectric Ceramics”, 15th International Symposium on Ferroic Domains & Micro- to Nano-scopic Structures (ISFD-15),

(2022.8.28-31, Kofu, Hotel Danrokan, Japan).

- [8] ©P. Sapkota, I. Fujii, S. Kim, S. Ueno, Y. Kuroiwa and S. Wada, “Inducing Superparaelectricity in BaTiO₃ Ceramics through Heterovalent Co-doping for DC-bias Free Dielectrics”, 15th International Symposium on Ferroic Domains & Micro- to Nano-scopic Structures (ISFD-15), (2022.8.28-31, Kofu, Hotel Danrokan, Japan).
- [9] Y. Yoneda, H. Nam, S. Ueno, I. Fujii, S. Kim and S. Wada, “Nanoscale Structure Analysis of Ferroelectric Materials”, 15th International Symposium on Ferroic Domains & Micro- to Nano-scopic Structures (ISFD-15), (2022.8.28-31, Kofu, Hotel Danrokan, Japan).
- [10] ©N. Oshime, K. Ohwada, K. Sugawara, A. Shimada, N. Fukushima, T. Ueno, A. Machida, T. Watanuki, S. Ueno, I. Fujii, S. Wada, K. Momma, K. Ishii, H. Toyokawa, S. Kim, S. Tsukada and Y. Kuroiwa, “Bragg Coherent X-ray Diffraction for Visualization of the Inhomogeneous Structure of a Single Ferroelectric Particle”, 14th Japan-China Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (JCFMA-14), (2022.12.8-9, Kanazawa, Kanazawa Bunka Hall, Japan).
- [11] ©T. Shigemasa, S. Kim, C. Moriyoshi, G. Li, C.-H. Park and Y. Kuroiwa, “Characteristics of Chemical Bonding and Thermal Behavior of Atoms in Prototype Structure of Double Perovskite-type Antiferroelectric Oxides”, 14th Japan-China Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (JCFMA-14), (2022.12.8-9, Kanazawa, Kanazawa Bunka Hall, Japan).
- [12] ©M. Shao, K. Furuta, S. Kim, I. Fujii, S. Ueno, S. Wada and Y. Kuroiwa, “Crystal Structure of KNbO₃/BaTiO₃ Core-Shell Nanocomposite Particles Studied by Synchrotron Radiation X-ray Diffraction”, 14th Japan-China Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (JCFMA-14), (2022.12.8-9, Kanazawa, Kanazawa Bunka Hall, Japan).
- [13] H. Ito, Y. Nakahira, C. Moriyoshi, N. Ishimatsu, Y. Goto, Y. Mizuguchi, N. C. Rosero-Navarro, A. Miura, and K. Tadanaga, “Large Rare-Earth Ions Kinetically Stabilize Metastable Li₃LnCl₆ (Ln: lanthanoids) Polymorphs”, IUMRS-ICYRAM 2022 (2022.8.3-6, Fukuoka, Japan).
- [14] T. Hara, M. Habe, H. Nakanishi, T. Fujimura, R. Sasai, C. Moriyoshi, S. Kawaguchi, N. Ichikuni, and S. Shimazu, “Specific Inter-gallery Lift-up of Acetate-intercalated Layered Yttrium Hydroxide in Water”, 8th International Conference on Ion Exchange (ICIE2022), (2022.11.4-7, Tokyo, Japan)
- [15] A. Miura, H. Ito, Y. Nakahira, Y. Goto, Y. Mizuguchi, C. Moriyoshi, N.C. Rosero-Navarro, and K. Tadanaga, “Synthesis-Structure Relationship Guided by Intermediate and Remnant Metastability”, MRS Fall Meeting, (2022.11.27-12.2, Boston)

国内学会

(招待講演)

該当無し

(依頼講演)

- [1] 黒岩芳弘, 「BaTiO₃ 微粒子研究まとめ」, BCDI 第1回研究会, (2022年7月9日-10日, 島根大学教育学部, 松江).
- [2] 黒岩芳弘, 「BaTiO₃ 多面体解説」, BCDI 第2回研究会, (2023年3月4日-5日, 島根大学教育学部, 松江).
- [3] 黒岩芳弘, 「SPRING-8 での AD 膜の構造研究紹介」, BCDI による AD 膜研究会, (2023年3月20日, 産業技術総合研究所, つくば).

(一般講演)

- [1] ©Piyush Sapkota, 藤井一郎, Kim Sangwook, 上野慎太郎, 黒岩芳弘, 和田智志, 「Proposal of a new concept, “Chemical Grain Size” to Induce Superparaelectricity into BaTiO₃ System Ceramics through Heterovalent Co-doping for Wide Temperature Stable and DC-bias Free Dielectrics」, 第 39 回強誘電体応用会議(FMA-39), (2022 年 6 月 1 日-4 日, 京都工芸繊維大学 (松ヶ崎キャンパス), 京都).
- [2] Kim Sangwook and Kim Wonjeong, 「Effect of Quenching Rate on the Crystal Structure and Electrical Properties in Bi-based Piezoelectric Ceramics」, 第 39 回強誘電体応用会議(FMA-39), (2022 年 6 月 1 日-4 日, 京都工芸繊維大学 (松ヶ崎キャンパス), 京都).
- [3] 押目典宏, 大和田謙二, 菅原健人, 島田 歩, 山内礼士, 上野哲朗, 町田晃彦, 綿貫 徹, 上野慎太郎, 藤井一郎, 和田智志, 門馬綱一, 石井賢司, 豊川秀訓, 塚田真也, 黒岩芳弘, 「コヒーレント X 線回折を利用したナノ結晶の 3 次元イメージング II」, 第 39 回強誘電体応用会議(FMA-39), (2022 年 6 月 1 日-4 日, 京都工芸繊維大学 (松ヶ崎キャンパス), 京都).
- [4] ©Hyunwook Nam, Kim Sangwook, 藤井一郎, 上野慎太郎, 黒岩芳弘, 和田智志, 「Role of Bi and Mg Ions in Bi(Mg_{0.5}Ti_{0.5})O₃-modified BaTiO₃-BiFeO₃ Based Piezoelectric Ceramics」, 第 39 回強誘電体応用会議(FMA-39), (2022 年 6 月 1 日-4 日, 京都工芸繊維大学 (松ヶ崎キャンパス), 京都).
- [5] ©塚田真也, 押目典宏, 大和田謙二, Kim Sangwook, 黒岩芳弘, 「ラマン分光法による BaTiO₃ 微粒子の構造と誘電応答」, 第 39 回強誘電体応用会議(FMA-39), (2022 年 6 月 1 日-4 日, 京都工芸繊維大学 (松ヶ崎キャンパス), 京都).
- [6] ©保木井貴大, Kim Sangwook, 矢多部優介, 中平夕貴, 森吉千佳子, 大沢仁志, 藤井一郎, 上野慎太郎, 佐藤幸生, 和田智志, 黒岩芳弘, 「ビスマスを含む擬立方晶ペロブスカイト型強誘電体の圧電特性」, 日本物理学会 2022 年秋季大会, (2022 年 9 月 12 日-15 日, 東京工業大学 (大岡山キャンパス), 東京都目黒区).
- [7] ©繁樹鳳康, Kim Sangwook, 森吉千佳子, Li Guorong, Park Chul-Hong, 黒岩芳弘, 「反強誘電相転移する鉛を含むダブルペロブスカイト型酸化物のプロトタイプ構造における化学結合と原子の熱挙動の特徴」, 日本物理学会 2022 年秋季大会, (2022 年 9 月 12 日-15 日, 東京工業大学 (大岡山キャンパス), 東京都目黒区).
- [8] ©押目典宏, 大和田謙二, 町田晃彦, 福島風世, 上野慎太郎, 藤井一郎, 和田智志, 菅原健人, 島田 歩, 上野哲朗, 綿貫 徹, 石井賢司, 豊川秀訓, 門馬綱一, Kim Sangwook, 塚田真也, 黒岩芳弘, 「500 nm 級 BaTiO₃ 一粒子の強誘電相転移と常誘電相における不均質構造」, 日本物理学会 2022 年秋季大会, (2022 年 9 月 12 日-15 日, 東京工業大学 (大岡山キャンパス), 東京都目黒区).
- [9] 松本将弥, 兼島 輝, 森吉千佳子, 大曲雄大, 山本理香子, 水谷宗一郎, 鬼丸孝博, 森分博紀, 「磁気フラストレーション系 YbCuS₂ の結晶構造とゆらぎ」, 日本物理学会 2022 年秋季大会, (2022 年 9 月 12 日-15 日, 東京工業大学 (大岡山キャンパス), 東京都目黒区).
- [10] 井藤浩明, 石松直樹, 中平夕貴, 後藤陽介, 水口佳一, 森吉千佳子, Rosero-Navarro Nataly Carolina, 三浦 章, 忠永清治, 「Li₃MCl₆ 中における M の秩序化 (M = Y, Dy-Tm)」, 日本セラミックス協会第 35 回秋季シンポジウム, (2022 年 9 月 14-16 日, 徳島大学 (常三島キャンパス), 徳島・ハイブリッド)
- [11] ©押目典宏, 大和田謙二, 町田晃彦, 福島風世, 上野慎太郎, 藤井一郎, 和田智志, 菅原健人, 島田 歩, 上野哲朗, 綿貫 徹, 石井賢司, 豊川秀訓, 門馬綱一, Kim Sangwook, 塚田真也, 黒岩芳弘, 「コヒーレント X 線回折による数 100 nm 級強誘電体一粒子の内部歪観察」, 2022 年第 83

- 回応用物理学会秋季講演会, (2022年9月20日-23日, 東北大学(川内キャンパス), 仙台)
- [12] 原 孝佳, 波部眞生子, 中西 輝, 藤村卓也, 笹井 亮, 森吉千佳子, 河口彰吾, 一國伸之, 島津省吾, 「酢酸アニオン導入型イットリウム水酸化物触媒の特異的な層空間リフトアップ効果を利用した水中クネベナーゲル縮合反応」, 第130回触媒討論会(2022年9月20日-26日, 富山大学, 富山)
- [13] 綿貫 徹, 大和田謙二, 押目典宏, 町田晃彦, 菅原健人, 島田 歩, 黒岩芳弘, 西久保匠, 酒井雄樹, 東 正樹, 「ブラッグコヒーレント X 線回折イメージングの開発と負熱膨張粉体の非破壊一粒子内部観察への適用」, 粉体粉末冶金協会 2022 年度秋季大会(第130回講演大会), (2022年11月15日-17日, 同志社大学寒梅館, 京都市上京区).
- [14] 大和田謙二, 押目典宏, 菅原健人, 島田 歩, 上野哲朗, 町田晃彦, 石井賢司, 綿貫 徹, 豊川秀訓, 門馬綱一, 福島風世, 上野慎太郎, 藤井一郎, 和田智志, 黒岩芳弘, 「コヒーレント X 線回折を利用したナノ結晶の3次元イメージング」, 令和4年(2022年)度日本結晶学会年会, (2022年11月26日-27日, 関西学院大学(西宮上ヶ原キャンパス), 西宮).
- [15] ◎押目典宏, 大和田謙二, 町田晃彦, 福島風世, 上野慎太郎, 藤井一郎, 和田智志, 菅原 健, 島田 歩, 綿貫 徹, 豊川秀訓, 門馬綱一, Kim Sangwook, 塚田真也, 黒岩芳弘, 「コヒーレント X 線回折を用いた 500nm 級 BaTiO₃ 一粒子の相転移と常誘電相での内部歪の観察」, 第61回セラミックス基礎科学討論会, (2023年1月7日-8日, 岡山大学(津島キャンパス), 岡山).
- [16] 牧島滉平, 森吉千佳子, 太田 薫, 藤村卓也, 笹井 亮, 「希土類イオンを含む層状複水酸化物の発光性と結晶構造」, 第61回セラミックス基礎科学討論会, (2023年1月7日-8日, 岡山大学(津島キャンパス), 岡山).
- [17] ◎白川皓介, 福島風世, Kim Sangwook, Nam Hyunwook, 藤井一郎, 上野慎太郎, 和田智志, 黒岩芳弘, 「BaTiO₃ 八面体結晶の構造相転移」, 第70回応用物理学会春季学術講演会, (2023年3月15日-18日, 上智大学(四ツ谷キャンパス), 東京都千代田区).
- [18] ◎有賀資起, Kim Sangwook, Nam Hyunwook, 上野慎太郎, 藤井一郎, 和田智志, 黒岩芳弘, 「BT-BMT-BF 強誘電体の結晶構造に対する急冷処理の影響」, 第70回応用物理学会春季学術講演会, (2023年3月15日-18日, 上智大学(四ツ谷キャンパス), 東京都千代田区).
- [19] 福島風世, 白川皓介, 黒岩芳弘, 「BT14 面体, BTcube まとめ」, BCDI 第2回研究会, (2023年3月4日-5日, 島根大学教育学部, 松江).
- [20] 白川皓介, 福島風世, 黒岩芳弘, 「BT 八面体研究まとめ」, BCDI 第2回研究会, (2023年3月4日-5日, 島根大学教育学部, 松江).
- [21] 中平夕貴, 山下愛智, 井藤浩明, 三浦 章, 森吉千佳子, 後藤陽介, 水口佳一, 「高エントロピー化した A15 型超伝導体 V₃(Al, Si, Ga, Ge, Sn) の超伝導特性」, 日本物理学会 2023 年春季大会, (2023年3月22日-25日, オンライン).
- [22] 笹井 亮, 藤村卓也, 熊谷 純, 森吉千佳子, 高瀬浩一, 「希土類含有層状複水酸化物が示す層間陰イオン種に依存した発光現象の機構解明」, 希土類討論会, (第38回希土類討論会, 熊本市国際交流会館, 熊本市).
- [23] 松尾祐美, 松川祐子, 北角将晃, 長谷川丈二, 吉田 傑, 久保中亮翔, 吉田悠哉, 川崎龍志, 小林英一, 森吉千佳子, 大野真之, 藤田晃司, 林 克郎, 赤松寛文, 「放射光を用いた新規フッ化物 Li_xCoF₃ の結晶構造・電子状態解析」, 第25回 XAFS 討論会, (鳥栖サンメッセ, 鳥栖)

実績

(国際会議)

- 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 6 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 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

(国内学会)

- 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 12 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 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

○ 国内学会講演会等

- [1] 第39回強誘電体会議 (FMA-39, 日本誘電体学会年会), (2022年6月1日-4日, 京都工芸繊維大学 (松ヶ崎キャンパス), 京都), 黒岩芳弘 (日本誘電体学会理事副会長, 運営委員, 論文委員), 森吉千佳子 (運営委員), 参加者 187名

○ セミナー・講習会等

該当無し

社会活動・学外委員

○ 学協会委員

- [1] 黒岩芳弘: (一社)日本誘電体学会 (DESJ) 代表理事 会長
- [2] 黒岩芳弘: (一社)日本物理学会 (JPS) 代議員
- [3] 黒岩芳弘: (公社)日本セラミックス協会 (CerSJ) セラミックコーティング研究体 世話人
- [4] 黒岩芳弘, 森吉千佳子: 強誘電体会議 (FMA) 運営委員会 委員
- [5] 黒岩芳弘: 強誘電体会議 (FMA) 論文委員会 委員
- [6] 黒岩芳弘, 森吉千佳子: 強誘電体会議 (FMA) 優秀発表賞選考委員会 委員
- [7] 黒岩芳弘: Asian Ferroelectric Association (AFA), Executive Board (執行役員会 日本代表), Chair-elect. (アジア強誘電体協会 次期会長)
- [8] 黒岩芳弘: Journal of Advanced Dielectrics (JAD), Editorial Board (編集委員会委員)
- [9] 黒岩芳弘: The Dielectrics and Electrical Insulation Society of IEEE (IEEE-DEIS), Technical Committee of Functional Dielectrics (機能性誘電体部会 委員)
- [10] 森吉千佳子: 日本学術会議 連携会員 (IUCr 分科会幹事・結晶学分科会委員)
- [11] 森吉千佳子: 日本結晶学会 評議員
- [12] 森吉千佳子: 日本結晶学会 男女共同参画推進幹事
- [13] 森吉千佳子: 広島県物理教育研究推進会事務局, 会計幹事
- [14] Sangwook Kim: Materials, Section Editor for Advanced and Functional Ceramics and Glasses
- [15] Sangwook Kim: Materials, Editorial Board member

○ 外部評価委員等

- [1] 黒岩芳弘: 量子科学技術研究開発機構 委員会 (2 件)
- [2] 黒岩芳弘: 日本原子力研究開発機構 委員会

[3] 森吉千佳子：東北大学金属材料研究所研究部共同利用委員会

○ 学内委員等

[1] 黒岩芳弘：理学部 学部長

[2] 黒岩芳弘：大学院理学研究科 研究科長

[3] 黒岩芳弘：大学院先進理工系科学研究科 副研究科長，他

○ 客員教授，研究員等

[1] 森吉千佳子：(公財)高輝度光科学研究センター (JASRI) 外来研究員

○ 講習会・セミナー講師

(集中講義)

該当無し

(セミナー講師)

該当無し

国際共同研究・国際会議開催実績

○ 国際共同研究

[1] 黒岩芳弘：SPring-8 BL02B2 粉末構造解析ビームライン，ダブルペロブスカイト型反強誘電体の構造物性 (2022 年)，参加国：日本，中国，韓国

[2] 黒岩芳弘：SPring-8 BL02B2 粉末構造解析ビームライン，電池正極材量の構造物性 (2022 年)，参加国：日本，中国

○ 国際会議開催実績

[1] 黒岩芳弘：15th International Symposium on Ferroic Domains & Micro- to Nano-scopic Structures (ISFD-15) (2022.8.28-31, Kofu, Hotel Danrokan, Japan), Local Committee, 主催者代表 ((一社)日本誘電体学会 会長)，参加者 81名

[2] 黒岩芳弘：14th Japan-China Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (JCFMA-14) (2022.12.8-9, Kanazawa, Kanazawa Bunka Hall, Japan), Academic Committee, 主催者代表 ((一社)日本誘電体学会 会長)，参加者 日本側 36名，中国側 約100名

高大連携事業への参加状況

○ 模擬授業

[1] 黒岩芳弘：理学系大学進学に係るキャリアパスガイダンス「大好きな数学と理科を一生の仕事にする」，広島大学附属福山高校1年生対象，福山市，2022年10月21日午前

[2] 黒岩芳弘：理学系大学進学に係るキャリアパスガイダンス「大好きな数学と理科を一生の仕事にする」，広島大学附属高校1年生対象，広島市南区翠，2022年10月21日午後

各種研究員と外国人留学生の受入状況

○ 外国人留学生

[1] 黒岩芳弘：大学院先進理工系科学研究科博士課程後期，2020年4月入学生，1名 (中国)

- 各種研究員
該当無し

研究助成金の受入状況

- [1] 黒岩芳弘 (代表) : 科学研究費補助金基盤研究 (B) (一般)「擬立方晶フラクチャード強誘電体の巨大圧電応答機構解明のための構造計測手法の構築」(2022年度, 1,820千円)
- [2] 黒岩芳弘 (分担) : 科学研究費補助金基盤研究 (B) (一般)「デバイス深部に実装された結晶性ナノ粒子の特性解明に資する構造可視化技術の開発」(2022年度, 715千円)
- [3] 黒岩芳弘 (全体統括) : 量子科学技術研究開発機構・広島大学共同研究「コヒーレントX線を利用した強誘電体一粒子計測に関する研究」(2022年度, 0千円)
- [4] 黒岩芳弘 (代表) : 量子科学技術研究開発機構他共同研究「放射光X線回折を用いた構造解析技術の開発」(2022年度, 1,500千円)
- [5] Kim Sangwook (代表) : 公益財団法人村田学術振興財団研究助成「結晶構造エンジニアリングを用いたエネルギーハーベスティング用高性能圧電材料の創成」(2020-2022年度, 2,000千円)

その他特記すべき事項

- 学術団体等からの受賞実績

- [1] 繁榎鳳康(M2) : Poster Award, 15th International Symposium on Ferroic Domains & Micro- to Nanoscopic Structures (ISFD-15) (2022.8.28-31, Kofu, Hotel Danrokan, Japan).
- [2] 福島凧世(M1) : 第 52 回講演奨励賞, 2022 年第 83 回応用物理学会秋季学術講演会で招待講演 (単著) (2022 年 9 月 20 日-23 日, 東北大学 (川内キャンパス), 仙台).
- [3] 繁榎鳳康(M2) : Best Poster Presentation Award, 14th Japan-China Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (JCFMA-14), (2022.12.8-9, Kanazawa, Kanazawa Bunka Hall, Japan).
- [4] Kim Sangwook : International Association of Advanced Materials Award (IAAM Award), 国際先端材料協会 (International Association of Advanced Materials) より受賞. European Advanced Materials Congress で受賞講演 (2022 年 6 月 25 日-7 月 2 日, ジェノバ, イタリア, ハイブリッド (オンライン)).

- 学内表彰・受賞

- [1] 繁榎鳳康(M2) : 令和 4 年度先進理工系科学研究科学生表彰 (2023 年 3 月 23 日)
- [2] 白川皓介(B4) : 成績優秀者に対する物理学科長表彰 (2023 年 3 月 23 日)
- [3] 白川皓介(B4) : 成績優秀者に対する理学部長表彰 (2023 年 3 月 23 日)
- [4] 白川皓介(B4) : 成績優秀者に対する学長表彰 (2023 年 3 月 23 日)

○電子物性グループ

研究活動の概要

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

本研究グループでは、高輝度光科学研究センター（SPring-8）や高エネルギー加速器研究機構放射光実験施設（KEK-PF）において、さまざまな外場（圧力・電場・磁場・温度・紫外線）を試料に印加した状態でX線回折（XRD）、X線吸収分光（XAS）、X線発光分光（XES）および光電子分光（PES）による結晶構造と電子状態のその場測定（*in situ*測定）を実施している。高圧力印加による磁性体の構造及び磁気相転移に関する従来の研究から、さらに空間・時間反転対称性の破れに伴う局所構造と電子状態の変化に注目した研究を行っている。また、パルス電場印加下のXAS及びXESの時間分解測定による誘電体中の電気分極の外場応答に関する研究を実施しており、外場印加による電子励起状態に関するX線分光学的研究の新展開を目指している。

近年は、実験データの理論的な解釈にも力を入れている。XASのシミュレーションソフトは汎用的なものがいくつか提供されているが、それぞれに一長一短があるため、必要に応じてシミュレーション結果の再検討を重ねる必要がある。さらに、物質中の複雑な乱れも考慮するために、逆モンテカルロ法に基づくモデル計算や一電子近似の枠組みを超えて電子相関を取り込んだバンド計算とそれに基づくスペクトル計算なども始めている。

（1）X線発光分光による誘電体の研究

XESは局所歪みに由来する固体内の低エネルギー励起（電荷移動励起・バンド内励起、マグノン励起）の検出に適している。また、電子検出法ではないことから、電場や圧力をはじめとする様々な外場を動的に加えることができる。これはXESを誘電体研究に用いる大きな利点である。この利点を活用して、チタン酸化物の構造変化を反映する電荷移動励起（ ~ 10 eV）に着目し、単位格子内における誘電分極のゆらぎを電子状態の立場から研究している点が、本研究グループの取り組みの独創的な点である。励起光のエネルギーを連続的に変化させながら各エネルギーで得られる発光スペクトルを連続的に測定する自動測定プログラムを導入し、X線吸収分光法の新たな手法である高エネルギー分解蛍光X線検出分光法（HERFD-XAFS）を実現した。現在、国内の4グループの研究チームがこのプログラムや手法を活用しており、研究成果を生み出している。これまでも進めてきたOperando-XES測定（電子デバイスなどの作動条件下でのXES測定）と、この自動測定技術の組み合わせによって、新物質や低次元系の示す新奇誘電性を見つけ出ししていくことが究極の目標である。

チタン酸ストロンチウムの新規強誘電性の探求

チタン酸ストロンチウム（ SrTiO_3 ）は、量子ゆらぎによって強誘電相の発現が抑制されて常誘電相に留まる量子常誘電体である。このゆらぎに打ち勝つ外場（電場・元素置換・応力）を加えることで、環境負荷の小さい SrTiO_3 を強誘電体に転用する試みが進められている。特に、応力は物質に簡単に加えることができるため、近年NatureやScienceなどの速報性の高い雑誌でもたびたび議論されている。しかし、誘電性の直接証拠であるヒステリシス測定は報告されておらず、応力による SrTiO_3 の強誘電性出現については未だ結論が出ていない。これまでに、一軸応力下および曲げ

応力下で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が、単結晶中に生じるひび割れが要因となってどちらの応力条件下においても期待された強誘電性の出現は観測されなかった。

そこで、共同研究者に10 nm厚の極薄膜をレーザー蒸発法により作製を依頼した。蒸着基板を圧縮応力と引張応力の異なる歪みが生み出されるものを選び、放射光の偏光特性と元素選択性を活かしたX線分光測定を行った。その結果、応力の違いによってSrTiO₃薄膜に誘起される双極子モーメントの向きが面直（圧縮）あるいは面内（引張）へと変化することが分かった。現在、電子相関を考慮した電子状態の計算や後述の時間分解分光測定を活用した研究を進めており、測定結果と理論的な解釈との整合性を検証している。分極を配向制御することで、実用的な大きさの分極をもつ強誘電体に転換する方法を探求している。

チタン酸ストロンチウム薄膜のパルス電場印加下の時分割分光測定

本研究グループでは、これまでチタン酸バリウム (BaTiO₃) に電場を印加した時の誘電分極の時間応答を電子状態の視点から観測してきた。その成果は、材料学で権威のある雑誌 (Acta Materialia) に掲載し、同時に大学広報グループを通じて、関係機関とともに報道発表 (プレスリリース) している。ここで開発した手法をもとに、チタン酸ストロンチウム薄膜に生じている誘電分極の電場応答を調べるため、新たにチタン酸ストロンチウム薄膜を用いた時間分解X線吸収分光測定を行った。膜厚が薄くなるにつれて、交番電場に対する応答がより非対称になることが見いだされた。具体的には、正電場ではチタン酸バリウムと同じように電場に追従する分極の増加が見られたが、負電場では分極が減少するか、あるいはほとんど電場に応答しない奇妙な振る舞いが観測された。もともと常誘電体のチタン酸ストロンチウムを薄膜にすることで基板応力による歪みによる対称性の低下が薄膜中における分極形成の要因である。これは、撓電性として知られる物理現象であると結論できる。撓電性は液晶では一般的な性質であるが、酸化物セラミックスでは通常はその寄与は無視できるほど小さい。今回、蒸着薄膜を用いることで、適当な基板上でその性質が発現することが明らかになった。

(2) 光電子分光法を活用した電子状態測定の新展開

硬X線光電子分光法

アルミ酸化鉄薄膜が、電場印加の履歴に応じて抵抗状態が変化することが、千葉大学のBadri Rao助教により発見・報告されている。本研究グループでは、Rao助教との揺動研究で、抵抗状態の変化を生み出す電子状態の解明に取り組んでいる。本研究グループでは、X線吸収分光法を中核にして、実験と計算による相補的なアプローチを行っている。抵抗状態の変化は、構成元素の中心となる鉄イオンの価数変化によると考えるのが一般的であり、本研究グループでもこの考えに基づいて、鉄イオンの吸収スペクトルに現れるエネルギーシフトやスペクトル形状の変化に注目して解析を進めている。一方、共同研究者のRao助教と共同で、SPring-8において硬X線光電子分光法による表面近傍の電子状態の直接観測にも挑戦した。高抵抗状態および低抵抗状態の2つの異なる抵抗状態の試料を事前に準備して、価電子帯のエネルギーシフトの観測に挑戦した。これまでのところ、抵抗状態の変化は薄膜と基板の界面近傍数原子層の価数変化が要因であることを明らかにできた。ただ、膜厚に対して価数変化している層は非常に薄いいため、X線吸収分光でも光電子分光でも、変化は極めて微小なため、差分スペクトルとして辛うじて確認できるレベルである。より顕著な変化を調べるために、特性向上に向けた取り組みを始めている。

オペランド光電子分光法

本研究グループでは、二酸化チタン (TiO_2) ナノ粒子を用いた触媒活性評価と表面バンド折れ曲がりの研究を行ってきた。未だ十分に解決に至っていない TiO_2 の触媒活性のメカニズムとして、活性の場が物質表面だけであるのか、なぜ幾つかある構造異性体の中でアナターゼ構造の活性が高いのか、結晶サイズと活性の違いはなぜ起こるのかなど、枚挙に暇がない。共同研究者と協力のもと、単結晶試料の異なる面方位の触媒活性を丁寧に調べることが重要であるとの理解に至った。そこで、光電子分光測定装置に放射光X線と紫外線レーザーの焦点を合わせて入射し、有機分子を吸着させた TiO_2 表面における脱離速度の違いを測定した。面方位による違いなど、これまで十分に議論されてこなかった情報について現在解析を進めている。

(3) 高圧下での物性研究

元素選択的な弾性特性からみるインバー効果の起源

インバー効果として知られる $\text{Fe}_{65}\text{Ni}_{35}$ 合金の小さな熱膨張率は、大きな磁気体積効果が熱膨張を相殺する現象である。しかし、原子間結合のポテンシャルがどのように磁気構造の影響を受けるか？というミクロな視点でみると、インバー効果の起源は詳細に分かっていない。本研究ではこの疑問に対する実験的な検証として、吸収元素周りの局所構造を取り出すことができる広域X線吸収微細構造(EXAFS)を高圧下で測定することで、元素選択的な体積弾性率の異常を探索している。 $\text{Fe}_{65}\text{Ni}_{35}$ インバー合金において逆モンテカルロ法による構造解析手法を導入し、Fe-Fe、Fe-Ni、Ni-Ni原子対を分離した合金構造の可視化を試みたところ、強磁性相においてFe-Fe原子対の長さが他の原子対と比べて長いことを見出した。このことが磁気体積効果およびインバー効果の原子レベルの起源であることを示した。さらに本研究ではこの試みを典型的な金属の熱膨張を示す $\text{Fe}_{55}\text{Ni}_{45}$ についても測定を行ったところ、強磁性相においてFe-Fe原子対の長さが他の原子対と比べて長いことを見出した。このため強磁性相でのFe-Fe原子対の伸長はFe合金では共通してみられ、インバー効果は組成に依存するFe-Fe対の数と磁気転移温度の高低のバランスで決定されるのではないかと考えられる。本研究では従来のEXAFSの手法に加えてX線全散乱の導入や、負の熱膨張を示すFe-Pt合金への他の試料系への展開を進めている。

合金および金属間化合物における水素化効果の研究

水素を圧力媒体としてフェリ磁性体のラーベス相化合物 GdFe_2 を加圧すると、水素との直接反応によって常磁性転移を起こし、さらに加圧すると常圧とは異なる強磁性相が生じることが放射光メスバウアー分光法とX線磁気円二色性測定(XMCD)で観測されている。これまでの実験は重希土類のGdが含まれる磁性化合物が多かったが、強的な磁気カップリングを示す軽希土類の磁性化合物は水素の効果調べた。具体的には永久磁石材料の一つである SmCo_5 に着目し、高圧下で水素化した場合のXMCDとXRDを測定した。 SmCo_5 では水素化前の強磁性相からフェリ磁性に磁気転移をXMCDで見出した。また水素量をXRDで求めた格子体積から正確に導出し、これらの水素がSmとCoで構成される四面体サイトを占有すると予測した。このサイトに水素が多く入ると、SmとCoの磁気カップリングを反転できることをWien2kによる電子状態解析から見出した。本研究では、全磁気モーメントに対する軌道磁気モーメントが多いHoとDyを含む $\text{Dy}_2\text{TM}_{17}$ と $\text{Ho}_2\text{TM}_{17}$ も研究室のアーケ炉を用いて作製した。これらのXMCDについても水素を圧媒体として高圧下で測定し、フェリ磁性から強磁性相への反転を見出すことができた。

高圧下でのX線分光測定技術の開発

新しい試みとして希ガスクリプトンのX線吸収測定と高圧下X線ホログラフィーの技術開発を実施した。希ガスクリプトンはガス充填装置を用いて圧力セルに導入でき、液相と固相のEXAFSプロファイルを明瞭に測定できた。高圧X線ホログラフィーについては、圧力セルのアンビルやガasket材料からの散乱/回折X線が微量試料のシグナルを打ち消すバックグラウンドとなるため、これらの除去方法を検討している。

共同研究

学外の教育研究機関との共同研究として、以下の研究を推進している。

- ESRF との 2 段式アンビルを用いた超高圧下での XRD/XAS 測定技術開発
- 愛媛大学 GRC との共同研究, ナノ多結晶ダイヤモンドアンビルの提供と高圧発生技術の共同研究
- 産総研からの純良希土類化合物試料の提供
- 東京理科大学, RMC 法を用いた XAFS 解析技術の共同研究
- 名古屋工業大学, 広島市立大学, 高圧 X 線ホログラフィーの技術開発
- ラトビア大学固体物理学研究所との新規スペクトル解析に基づくチタン酸ストロンチウムおよびチタン酸バリウムの局所分極
- ビルラ工科大学 (インド) とのマルチフェロイック物質に関する分光研究と情報交換
- 高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所と天然チタン酸化物単結晶を用いた光触媒研究
- 高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所と軟 X 線吸収分光測定法の共同開発
- 東京工業大学フロンティア材料研究所から酸化物薄膜の試料提供
- 千葉大学先進科学センターとアルミフェライト薄膜の光電子分光および吸収分光測定の共同研究
- 静岡大学工学部から元素置換型ペロブスカイトチタン酸化物の試料提供と技術相談
- 弘前大学理工学研究科と放射光X線発光分光 (硬X線および軟X線) の共同研究

原著論文

- [1] S. Sawada, K. Okai, H. Fukui, R. Takahashi, N. Ishimatsu, H. Maruyama, N. Kawamura, S. Kawaguchi, N. Hirao, T. Seki, K. Takanashi, S. Ohmura, and H. Wadati, Lattice constants and magnetism of L10-ordered FePt under high pressure, *Appl. Phys. Lett.* 122, 152406 (2023)
- [2] Fuminori Honda, Shintaro Kobayashi, Naomi Kawamura, Saori I. Kawaguchi, Takatsugu Koizumi, Yoshiki J. Sato, Yoshiya Homma, Naoki Ishimatsu, Jun Gouchi, Yoshiya Uwatoko, Hisatomo Harima, Jacques Flouquet, and Dai Aoki, Pressure-induced Structural Phase Transition and New Superconducting Phase in UTe₂, *J. Phys. Soc. Jpn.* 92, 044702 (2023) [10 Pages] DOI: 10.7566/JPSJ.92.044702
- [3] Naoki Ishimatsu, Kentaro Ishimoto, Kouji Sakaki, Yumiko Nakamura, Naomi Kawamura, Saori I. Kawaguchi, Naohisa Hirao, and Satoshi Nakano, Ferrimagnetic coupling between cobalt and light rare-earth samarium induced by dense hydrogenation of SmCo₅ permanent magnet under high pressures, *Phys. Rev. Materials* 7, 024401 (2023).
- [4] Yusuke Kubo, Naoki Ishimatsu, Naoto Kitamura, Naomi Kawamura, Sho Kakizawa, Masaichiro Mizumaki, Ryuichi Nomura, Tetsuo Irifune and Hitoshi Sumiya, Visualization of the disordered structure

of Fe-Ni Invar alloys by Reverse Monte Carlo calculations, Front. Mater. 9:954110. (2022).

著書

石松直樹：「高圧力の科学・技術辞典」総頁458頁のうち2頁，朝倉書店 2022年

国際会議

(招待講演)

該当無し

(一般講演)

- [1] Naoki Ishimatsu, “Visualization of the disordered structure of Fe-Ni Invar alloys by EXAFS and RMC Calculations” Int. WS on Exploration of Atomistic Disorder in Long-Range Ordered Systems and of Order in Disordered Materials (2022.9.19-21, Grenoble, France and Hybrid meeting)
- [2] Keita Hiromori, “Comparison of photocatalytic activity of edge and terrace sites of anatase TiO₂ single crystal by micro X-ray photoelectron spectroscopy” The 22nd INTERNATIONAL VACUUM CONGRESS IVC-22 (2022.9.11-16, Sapporo, Japan)
- [3] Keita Hiromori, “Correlation between valence-band structure and photocatalytic activity on the surface of natural anatase TiO₂ crystal by micro XPS” RAC INTERNATIONAL SUMMER SCHOOL 2022 (2022.8.14-21, Varberg, Sweden)

国内学会

(依頼講演)

久保優介，「圧力下EXAFSとRMC法によるFe-Ni合金の局所構造解析」，2022年第3回XAFS勉強会 (2022.11.4, オンライン開催)

(一般講演)

- [1] 木村耕治，石松直樹，佐藤友子，村田洋人，山田実桜，八方直久，河村直己，東 晃太郎，江口律子，久保園芳博，田尻寛男，新名 亨，入船徹男，細川伸也，林 好一，「高圧蛍光X線ホログラフイーの開発とSrTiO₃における圧力印加構造変化の観測」，日本物理学会 春季大会 (2023.3.22-25, オンライン開催)
- [2] 中島伸夫，「Ba(Ti_{1-x}Sn_x)O₃セラミックスの圧電特性向上に対するSn置換効果」，2022年度量子ビームサイエンスフェスタ (2023.3.13-15, つくば国際会議場 (エポカルつくば)，ハイブリッド開催)
- [3] 廣森慧太，「顕微分光測定を用いたアナターゼ/ルチル界面の光触媒活性と電子構造の評価」，2022年度量子ビームサイエンスフェスタ (2023.3.13-15, つくば国際会議場 (エポカルつくば)，ハイブリッド開催) **【優秀若手表彰受賞】**
- [4] 廣森慧太，「顕微分光測定によるアナターゼ/ルチル界面の光触媒活性の研究」，オンラインミニカンファレンス Nanospec FY2022 mini (2023.3.7, オンライン)
- [5] 石松直樹，久保優介，岡田理玖，山田実桜，北村尚斗，河村直己，水牧仁一朗，野村龍一，柿澤翔，角谷 均，入船徹男，「NPDを使った圧力下XAFS測定とRMC法によるFe合金の構造解析の現状」，第8回愛媛大学先進超高压科学研究拠点(PRIUS)シンポジウム (2023.3.2, 愛媛大学GRC)
- [6] 廣森慧太，下山絢女，中島伸夫，長谷川 巧，間瀬一彦，小澤健一，「顕微分光測定を用いたアナターゼ/ルチルヘテロ界面のバンドベンディングと光触媒活性の評価」，第35回日本放射光学

会年会・放射光科学合同シンポジウム (2023.1.7-9, 立命館大学 草津キャンパス)

- [7] 坂野碩保, 中島伸夫, 柿原瑛樹, 符 徳勝, 「圧電体Ba(Ti_{1-x}Sn_x)O₃のSn置換効果の研究」, 第35回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (2023.1.7-9, 立命館大学 草津キャンパス)
- [8] 猫本勇輝, 中島伸夫, 加藤盛也, 上條 快, 安井伸太郎, 足立純一, 丹羽尉博, 仁谷浩明, 「SrTiO₃薄膜の歪み誘起分極の電場応答」, 第35回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (2023.1.7-9, 立命館大学 草津キャンパス)
- [9] 加藤盛也, 中島伸夫, 大沢仁志, 加藤和男, 伊奈稔哲, Anspoks Andris, 「X線吸収分光法と逆モンテカルロ法による強誘電体BaTiO₃の電場下構造解析」, 第35回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (2023.1.7-9, 立命館大学 草津キャンパス)
- [10] 久保優介, 石松直樹, 北村尚斗, 河村直己, 水牧仁一朗, 柿澤 翔, 野村龍一, 角谷 均, 入船徹男, 「圧力下EXAFSとRMC法によるFe-Ni合金の局所構造解析」, 第35回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (2023.1.7-9, 立命館大学 草津キャンパス)
- [11] ©下山絢女, 中島伸夫, 廣森慧太, 石松直樹, 間瀬一彦, 小澤健一, 「顕微X線光電子分光によるPd-Rh合金の内殻準位の組成依存性」, 第35回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (2023.1.7-9, 立命館大学 草津キャンパス)
- [12] 遠藤優理, 加藤盛也, 中島伸夫, Rao Badari, 安井伸太郎, 大沢仁志, 河村直己, 「X線吸収分光法を用いたAlFeO₃薄膜の抵抗スイッチング特性の研究」, 第35回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (2023.1.7-9, 立命館大学 草津キャンパス)
- [13] 木村耕治, 石松直樹, 佐藤友子, 村田洋人, 山田実桜, 八方直久, 河村直己, 東 晃太郎, 江口律子, 久保園芳博, 田尻寛男, 新名 亨, 入船徹男, 細川伸也, 林 好一, 「高圧蛍光X線ホログラフィーの開発」, 第35回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (2023.1.7-9, 立命館大学 草津キャンパス)
- [14] 手塚泰久, 島村仁章, 任 皓駿, 渡辺孝夫, 野澤俊介, 中島伸夫, 岩住俊明, 「Aサイト秩序型ペロブスカイトCaCu₃Ti₄O₁₂の電子構造の温度依存性」, 第35回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (2023.1.7-9, 立命館大学 草津キャンパス)
- [15] 岡田理玖, 石松直樹, 北村尚斗, 河村直己, 「ステンレス合金SUS304における逆モンテカルロ法の確立」, 学術変革領域研究(A)「超秩序構造科学」第4回成果報告会 (2022.10.1-2, NIMS (つくば千現地区))
- [16] 手塚泰久, 島村仁章, 任 皓駿, 渡辺孝男, 野澤俊介, 中島伸夫, 岩住俊明, 「Aサイト秩序型ペロブスカイトCaCu₃Ti₄O₁₂の電子構造の温度依存性」, 日本物理学会 秋季大会 (2022.9.12-15, 東工大 大岡山キャンパス)
- [17] 塚越 舜, 倉内憲伸, 松村 武, 石松直樹, 大原繁男, 田中良和, 「YbNi₃Ga₉の圧力誘起磁気秩序の探索—高圧下共鳴X線回折実験—」, 日本物理学会 秋季大会 (2022.9.12-15, 東工大 大岡山キャンパス)
- [18] 久保優介, 石松直樹, 北村尚斗, 河村直己, 水牧仁一朗, 柿澤 翔, 野村龍一, 角谷 均, 入船徹男, 「EXAFSで求めた圧力誘起インバー合金Fe₅₅Ni₄₅の局所構造と静水圧性の影響」, 日本物理学会 第25回 XAFS討論会 (2022.8.2-4, 鳥栖サンメッセ, ハイブリッド開催)

学生の学会発表実績

(国際会議)

- 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 0 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

(国内学会)

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

社会活動・学外委員

○学協会委員

- [1] 中島伸夫：第 15 回 RCBJSF（日本・ロシア・バルト 3 国・国家共同体誘電体会議）
プログラム委員長
- [2] 中島伸夫：日本学術振興会 特別研究員等審査委員
- [3] 石松直樹：SPring-8 ユーザー共同体 高圧物質科学研究会 代表
- [4] 石松直樹：日本高圧力学会 庶務幹事
- [5] 石松直樹：第 26 回 XAFS 討論会 プログラム委員

○外部評価委員等

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

高大連携事業への参加状況

- [1] 中島伸夫：高大連携授業「サイエンス入門」担当

国際交流

- [1] 中島伸夫：ラトビア大学物性物理学研究所所長と週1~2回の頻度でのオンラインミーティングを研究室学生も参加して継続的に実施
- [2] 石松直樹：欧州放射光施設(ESRF)のA. Rosa博士をクロスアポイントメント特任助教として招聘
- [3] 中島伸夫：ビルラ工科大学のB. Harihara Venkataraman教授とAurivillius構造をもつ酸化物について共同研究に着手

各種研究員と外国人留学生の受入状況

○外国人留学生

- [1] 大学院先進理工系科学研究科博士課程後期, 2022年10月入学生, 1名 (中国)

研究助成金の受入状況

- [1] 石松直樹：科学研究費補助金 基盤研究(B) (2021年度-2023年度) (代表, 4,000千円)
課題名：「中距離スケールの原子位置の可視化によるFe合金の大きな磁気体積効果の起源解明」

- [2] 石松直樹：科学研究費補助金 学術変革領域研究(A)（公募研究）超秩序構造科学（2021年度-2022年度）（代表, 3,000千円）
 課題名：「Fe-Fe原子相関を超秩序構造とした不規則鉄合金の構造可視化」
- [3] 石松直樹：科学研究費補助金 基盤研究(B)（2020年度-2023年度）（分担, 300千円）
 課題名：「圧力磁場誘起らせん秩序の観測によるキラリティ自発形成機構の研究」
- [4] 中島伸夫：科学研究費補助金 基盤研究(B)（2022年度-2024年度）（代表, 17,180千円）
 課題名：「電場に同期した電子状態のリアルタイム観測による隠れた強誘電性の解明」

その他特記すべき事項

○学術団体等からの受賞実績
 該当無し

○学内表彰・受賞

- [1] 久保優介(M2)：第25回XAFS討論会 「学生奨励賞」を受賞, 2022年8月3日
- [2] 廣森慧太(D2)：「量子ビームサイエンスフェスタ」で「学生奨励賞」を受賞, 2023年3月15日
- [3] 加藤盛也(D3)：令和3年度学生表彰, 2022年4月3日

○光物性グループ

研究活動の概要

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

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

見かけ上の質量がゼロになるディラック電子は, 不純物があってもぶつかることなく進み続けるという目覚ましい特徴をもっており, 炭素原子が蜂の巣格子を組むグラフェンで最初に発見された。高速で移動度の高い電気伝導を実現するため, グラフェンを用いた電子デバイスの開発が進められている。ディラック電子が示す特殊な量子ホール効果は, 2010年のノーベル物理学賞の対象にもなった。このディラック電子は, ノードと呼ばれるエネルギーの原点が「点状」のものと「線状」のもの2種類に分けられる。グラフェンを含め, これまで発見された物質中のディラック電子は, ほとんどが点ノード型で, 線ノード型は希少であった。線ノード型は, ディラック電子のエネルギー分散関係が運動量空間で連続的につながっているため, 電子が散乱されにくいという性質が強調されることに期待が高まっている。さらなる次世代のデバイス開発のため

には、「線状」でかつ「高速」なディラック電子を持ち、さらに「超伝導」を示すことが要求される。しかし、3拍子そろった物質は未だ発見されていなかった。最近、半金属 ZrSiS に線ノード型のディラック電子がいることが報告されたが、その速さはグラフェンの 65%で、超伝導は示さない。また超伝導体 PbTaSe_2 に線ノード型ディラック電子が発見されているが、その速さはグラフェンの 40%だった。

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

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

上記のように、ノンシンモルフィック構造をとる MSiCh ($M=\text{Zr, Hf}$, $\text{Ch}=\text{S, Se}$)が、フェルミ準位近傍に交差を持つディラック線ノードをバンド構造にもつ半金属として大きな注目を浴びている。最近、グライド面の Si を P に置き換えると、ディラック線ノードを保ちつつ、超伝導を発現することがわかった。このようなディラック線ノードが、正方格子を構成する元素や格子定数、更にはスピン軌道相互作用によってどのように変調を受けるのかを調べることにより、超伝導発現などの物性の違いを詳細に知ることができるはずである。そこで本研究は、 $\text{HfP}_{2-x}\text{Se}_x$ の高品質単結晶試料について、放射光角度分解光電子分光実験 (ARPES) を行ったところ、2枚の大きなフェルミ面、および、 Γ 点と X 点のそれぞれに小さな電子ポケットが観測された。大きなフェルミ面を構成するバンドは、 -0.9eV においてギャップレスなディラック交差をもち、ダイヤモンド型をした環状のディラック線ノードを形成する。 HfSiS では、70 meV 程度のギャップが開いたディラック線ノードが報告されているため、 $\text{HfP}_{2-x}\text{Se}_x$ におけるディラック線ノードはスピン軌道相互作用の影響を受けにくいことが示唆される。また、 $\text{HfP}_{1.45}\text{Se}_{0.37}$ のディラック電子の群速度が 1300 km/s に達し、 $\text{ZrP}_{1.24}\text{Se}_{0.57}$ に比べて 1.1 倍、 HfSiS と比べると 1.3 倍程度になっていることが判明した。 Si に比べると、 P 正方格子は格子定数が大きくなるため、他の要因がディラック電子の高速化に寄与していると考えられる。本研究は、 P 正方格子をもつ $\text{MP}_{2-x}\text{Se}_x$ が、高速の線ノード型ディラック電子をもつ超伝導体であり、スピン軌道相互作用の影響を受けにくいことを示し、新奇物性研究への展開が期待される。

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

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

(2) 巨大異常ネルンスト効果を示すFe₃Ga薄膜のスピンの分極バンド構造の観測

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

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

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

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

反強磁性体を舞台とするスピントロニクスが現在大きな注目を集めている。反強磁性体ではマクロな磁化が消失しているため、外場による物性制御が困難であると一般的には考えられているが、その背後に潜む磁気多極子の自由度によって電気・磁氣的応答が複合した交差相関物性現象

などが誘起される。近年では、このような磁気多極子の自由度を持つ反強磁性秩序を利用したスピントロニクス技術も提案され大きな注目を集めている。本研究で注目するRMnSi (R=La,Ce) は、その結晶構造が非共型の空間群P4/nmm に属し、ネール温度 $T_N \sim 294$ K の反強磁性体である。また、結晶構造中に図1(b)で示すようなバックリング層を有する。この場合、常磁性状態では結晶構造全体として空間反転対称性を保つ一方で、各原子サイトに視点を移すと局所的に反転対称性を欠いている。そのため空間反転対称操作でつながった副格子を有する。ここに反強磁性秩序が現れると、副格子が非等価になり、大域的な空間反転対称性が自発的に破れる。これは丁度、磁気多極子の出現の必要条件になっており、バンド構造にラシュバ型のスピン分裂や波数方向にシフトした非対称バンドが生じ、特異な外場応答を引き起こす可能性がある。実際に、結晶構造に同様のバックリング層を含む反強磁性体BaMn₂As₂やEuMnBi₂ で磁気圧電効果が観測されており、これらが磁気多極子に由来すると考えられている。しかしながらこれまで外場応答に関する情報のみが調べられ、その応答テンソルの起源となる電子構造に関する報告例はない。RMnSi では、 T_N で電気抵抗に異常が報告されており、反強磁性転移に伴う電子構造の変化が推察される。特筆すべきは、RMnSi は反強磁性磁気構造単位格子の大きさを変えずに、磁気モーメントが $q = 0$ の配列をとり、通常反強磁性体とは一線を画すことである。そのため、磁気秩序が電子構造に与える影響を調べる上で格好の舞台となる。しかしながら、LaMnSiおよびCeMnSiの電子構造に関する実験的報告はなく、さらに磁気構造による対称性を反映した電子構造をしているのかについては未解明である。

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

(4) ホイスラー合金Co₂Cr(Ga,Si) におけるリエントラント・マルテンサイト変態機構の研究

Co基ホイスラー合金はハーフメタル材料の有力候補として知られているが、近年Co₂CrGaとCo₂CrSiの混晶系において形状記憶効果が現れることが報告された[X. Xu et al., Appl. Phys. Lett. **103**, 164104 (2013)]。形状記憶効果はマルテンサイト変態と密接に関連しており、高温における母相が冷却によってマルテンサイト相へと相転移することに起因している。しかし、Co₂Cr(Ga,Si)合金では、マルテンサイト相をさらに冷却することによって再び母相が現れる、リエントラント挙動を示すことが明らかになっている。このような冷却誘起マルテンサイト逆変態を示す物質は非常に稀であり、金属では純鉄以外に類を見ない。

本研究では、光物性研究室、東北大学電気通信研究所、東北大学大学院工学研究科、物質・材

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

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

原著論文

- [1] T. Kubota, D. Takano, Y. Kota, S. Mohanty, K. Ito, M. Matsuki, M. Hayashida, M. Sun, Y. Takeda, Y. Saitoh, S. Bedanta, A. Kimura, and K. Takanashi, “Magnetoelastic anisotropy in Heusler-type $\text{Mn}_{2-\delta}\text{CoGa}_{1+\delta}$ films”, *Phys. Rev. Mater.* **6** (4), 044405/ 1-12 (2022).
- [2] B. Gudac, M. Kriener, Y. V. Sharlai, M. Bosnar, F. Orbanić, G. P. Mikitik, A. Kimura, I. Kokanović, and M. Novak, “Nodal-line driven anomalous susceptibility in ZrSiS ”, *Phys. Rev. B.* **105** (24), L241115/ 1-6 (2022).
- [3] (解説記事) 角田一樹, 桜庭裕也, 木村昭夫, 「光電子分光で探る Co 基ホイスラー合金の電子構造と機能性」 *固体物理* **8** (3), p.117-137 (2023).
- [4] De-Yang Wang, Qi Jiang, Kenta Kuroda, Kaishu Kawaguchi, Ayumi Harasawa, Koichiro Yaji, Arthur Ernst, Hao-Ji Qian, Wen-Jing Liu, He-Ming Zha, Zhi-Cheng Jiang, Ni Ma, Hong-Ping Mei, Ang Li, Takeshi Kondo, Shan Qiao, and Mao Ye, “Coexistence of Strong and Weak Topological Orders in a Quasi-One-Dimensional Material”, *Phys. Rev. Lett.* **129** (14), 146401/ 1-6 (2022).

国際会議

(招待講演)

特になし

(一般講演)

- [1] ©Akihiro Ino, Satoshi Ishizaka, Takuya Kubo, Takashi Kono, Yudai Miyai, Hitoshi Takita, Wumiti Mansuer, Shiv Kumar, Kenya Shimada, Shigenori Ueda, Hijiri Kito, Izumi Hase, Shigeyuki Ishida, Kunihiko Oka, Hiroshi Fujihisa, Yoshito Gotoh, Yoshiyuki Yoshida, Akira Iyo, Hiraku Ogino, Hiroshi Eisaki, Kenji Kawashima, Yousuke Yanagi, Akio Kimura, “Anion mixing effects on the electronic structure of a phosphorus-based Dirac nodal-line superconductor $\text{ZrP}_{2-x}\text{Se}_x$ ”, APS March Meeting 2023 (2023.3.9, Caesars Forum Convention Center, Las Vegas, USA).
- [2] ©Takuma Iwata, Kousa Towa, Yukimi Nishioka, Ohwada Kiyotaka, Hideaki Iwasawa, Masashi Arita, Akio Kimura, Kenta Kuroda, Koji Miyamoto, Taichi Okuda, “Development of the laser based μ -SARPES machine at HiSOR”, APS March Meeting 2023 (2023.3.9, Caesars Forum Convention Center, Las Vegas, USA).
- [3] ©Karen Nakanishi, Kiyotaka Ohwada, Kenta Kuroda, Kazuki Sumida, Hitoshi Sato, Koji Miyamoto,

- Taichi Okuda, Shinji Isogami, Keisuke Masuda, Yuya Sakuraba, Akio Kimura, “Band structure of ferromagnetic Fe₄N thin-film revealed by spin- and angle- resolved photoelectron spectroscopy”, APS March Meeting 2023 (2023.3.9, Caesars Forum Convention Center, Las Vegas, USA).
- [4] ©Yukimi Nishioka, Satoshi Ishizaka, Kenta Kuroda, Akihiro Ino, Shiv Kumar, Kenya Shimada, Hijiri Kito, Izumi Hase, Shigeyuki Ishida, Kunihiko Oka, Hiroshi Fujihisa, Yoshito Gotoh, Yoshiyuki Yoshida, Akira Iyo, Hiraku Ogino, Hiroshi Eisaki, Kenji Kawashima, Yousuke Yanagi, Akio Kimura, “Direct observation of Dirac nodal-line fermions in a mixed-anion superconductor HfP_{2-x}Se_x”, APS March Meeting 2023 (2023.3.8, Caesars Forum Convention Center, Las Vegas, USA).
- [5] ©Jadupati Nag, Barnabha Bandyopadhyay, Bishal Das, K. G. Suresh, Aftab Alam, and Akio Kimura, “GdAlSi: A potential candidate for antiferromagnetic Weyl semimetal”, APS March Meeting 2023 (2023.3.6, Caesars Forum Convention Center, Las Vegas, USA).
- [6] ©Kaishu Kawaguchi, Kenta Kuroda, Yuto Fukushima, Zhigang Zhao, Shuntaro Tani, Hiroaki Tanaka, Ayumi Harasawa, Takushi Imori, Ryo Noguchi, K. A. Kokh, O. E. Tereshenko, Akio Kimura, Koichiro Yaji, Shik Shin, Fumio Komori, Yohei Kobayashi, Takeshi Kondo, “Time-, spin- and angle-resolved photoemission spectroscopy of spin-polarized surface states with a 10.7-eV laser at 1-MHz repetition rate”, The 22nd International Vacuum Congress (IVC-22) (Oral, 2022.9.11-16, Sapporo, Japan).

国内学会

(招待講演)

- [1] 木村昭夫, 「放射光 ARPES による複数の軌道が絡みあったトポロジカル物質の探索と制御」2022 年度 ナノスピントロニクス研究会・機能磁性材料分光研究会 合同研究会 (2023 年 3 月 28 日, 大阪大学吹田キャンパス)
- [2] 木村昭夫, 中西楓恋, 大和田清貴, 磯上慎二, 増田啓介, 桜庭裕弥, 「スピン分解 ARPES で捉える Fe₄N 薄膜の電子状態」令和 4 年度通研共同プロジェクト研究成果報告会 (2023 年 3 月 3 日, 東北大学電子通信研究所)
- [3] 木村昭夫, 「NanoTerasu によって実現する量子固体物性」第 36 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (2023 年 1 月 8 日, 立命館大学南草津キャンパス, 滋賀県草津市)

(セミナー)

- [1] 木村昭夫, 「トポロジカル量子物質の角度分解光電子分光と機能性解明」甲南大学理工学部セミナー (2022 年 9 月 1 日, 甲南大学理工学部, 兵庫県神戸市)

(一般講演)

- [1] ©Jadupati Nag, Yukimi Nishioka, Yasumasa Takagi, Akira Yasui, Aftab Alam, K. G. Suresh, Akio Kimura, “CoFeVSb: A Promising Spintronic and Thermoelectric Material” 第 70 回応用物理学会春季学術講演会 (口頭発表, 2023 年 3 月 17 日, 上智大学四谷キャンパス)
- [2] ©中西楓恋, 大和田清貴, 黒田健太, 角田一樹, 宮本幸治, 奥田太一, 磯上慎二, 増田啓介, 桜庭裕弥, 木村昭夫, 「スピン角度分解光電子分光実験による Fe₄N 薄膜の電子状態の解明」日本物理学会 2022 年秋季大会 (口頭発表, 2022 年 9 月 15 日, 東京工業大学大岡山キャンパス)
- [3] ©大和田清貴, 中西楓恋, 黒田健太, 宮本幸治, 奥田太一, 周 偉男, 佐々木泰祐, 磯上慎二, 増田啓介, 桜庭裕弥, 木村昭夫, 「Fe₃Ga 薄膜のスピン分極バンド構造の観測」日本物理学会 2022 年秋季大会 (口頭発表, 2022 年 9 月 14 日, 東京工業大学大岡山キャンパス) 【学生優秀発表賞 (領域 4)】

- [4] ◎西岡幸美, 石坂仁志, 黒田健太, 井野明洋, Shiv Kumar, 島田賢也, 鬼頭 聖, 長谷 泉, 石田茂之, 岡 邦彦, 藤久裕司, 後藤義人, 吉田良行, 伊豫 彰, 荻野 拓, 永崎 洋, 川島健司, 柳 陽介, 木村昭夫, 「複合アニオン超伝導体 $\text{HfP}_{2-x}\text{Se}_x$ における線ノード型ディラック電子の直接観測」日本物理学会2022年秋季大会 (口頭発表, 2022年9月14日, 東京工業大学大岡山キャンパス)
- [5] ◎岩田拓万, 西岡幸美, 大和田清貴, 岩澤英明, 有田将司, 木村昭夫, 黒田健太, 宮本幸治, 奥田太一, 「HiSORにおけるレーザー顕微スピ分解光電子分光装置の現状」日本物理学会2022年秋季大会 (ポスター発表, 2022年9月13日, 東京工業大学大岡山キャンパス)

学生の学会発表実績

(国際会議)

- 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 4 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 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 6 件
- 博士課程後期の学生が共同発表者の発表件数 2 件
- 博士課程前期・後期の学生が共に共同発表者の発表件数 1 件

セミナー・講演会開催実績

該当無し

社会活動・学外委員

○ 学協会委員

- [1] 木村昭夫: 日本学術振興会 学術システム研究センター 専門研究員 (2020年4月-2024年3月)
- [2] 木村昭夫: 日本物理学会第77~78期代議員 (2021年3月-2023年3月)
- [3] 木村昭夫: Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena (Elsevier 社), Editorial Board Member
- [4] 木村昭夫: 日本放射光学会評議委員会・委員 (2021年10月-2023年9月)
- [5] 木村昭夫: 日本表面科学会・国際事業委員会・委員
- [6] 木村昭夫: VSX 懇談会・幹事

○ 外部評価委員等

- [1] 木村昭夫: SPring-8 選定委員会・委員
- [2] 木村昭夫: 次世代放射光施設利用研究検討委員会・委員
- [3] 木村昭夫: 日本放射光学会・学術賞等選考委員会・委員
- [4] 木村昭夫: 第14回日本放射光学会若手研究会審査委員会・委員
- [5] 木村昭夫: 日本物理学会 領域5・審査委員会・委員

○ 国際共同研究・国際会議開催実績

- [1] 木村昭夫: 国際共同研究実施件数 10 件

○ 研究助成金の受入状況

- [1] 木村昭夫: 科学研究費補助金 基盤研究(A) (2018-2022年度) (代表) 「非共型な結晶対称性を

- 持つ強相関物質の電子状態観測とトポロジーの解明」, 4,200 千円 (2022 年度直接経費)
- [2] 木村昭夫：令和 4 年度学術研究動向等に関する調査研究 (代表), 1,200 千円 (2022 年度直接経費)
- [3] 木村昭夫：科学研究費補助金 基盤研究(B) (2022-2024 年度) (分担)「トポロジカル結晶絶縁体(Pb,Sn)Te におけるスピン軌道トルクの制御と応用」, 300 千円 (2022 年度直接経費)
- [4] 木村昭夫：広島大学リサーチフェローシップ (2022 年度) (分担), 8,700 千円 (2022 年度直接経費)
- [5] 黒田健太：科学研究費補助金 基盤研究(B) (2022-2024 年度) (代表)「トポロジカル磁性体の磁気構造・電子構造・スピントクスチャ関連の検証」, 7,200 千円 (2022 年度直接経費)
- [6] 黒田健太：科学研究費補助金 新学術領域研究(研究領域提案型) (2022-2023 年度) (代表)「トポロジカル磁性体の磁気構造・電子構造・スピントクスチャ関連の検証」, 3,100 千円 (2022 年度直接経費)
- [7] ムニサ ヌルママティ：科学研究費補助金 基盤研究(C) (2022-2024 年度) (代表)「角度分解光電子分光を用いた高次トポロジカル絶縁体の探索」, 1,200 千円 (2022 年度直接経費)

○分子光科学グループ

研究活動の概要

本研究グループでは光と物質との相互作用を取り扱う物理学を基軸とした化学や生物学との融合科学の構築を目指しており、放射光や自由電子レーザー、超短パルスレーザーなど様々な先端光源を用いることで、ナノマテリアルやバイオ関連分子の機能や物性、反応機構の原子レベルでの解明とその応用に取り組んでいる。特に近年は、自己組織化有機単分子膜や機能性有機ナノ結晶、金属ナノ粒子、脂質膜、包接化合物などの分子系に着目した研究を進めている。

☆自己組織化有機単分子膜を利用した分子物性研究 (仁王頭・和田)

分子間相互作用によって金属表面上に分子が規則正しく配向して吸着する自己組織化有機単分子膜 (SAM) は、末端官能基の特性を生かした機能性表面としての利用や、分子鎖の特性を生かした分子デバイスとしての利用など、工学、生物学、医学など様々な分野への応用が期待される有機超薄膜である。2022年度は、立体障害によって分子鎖の共役性を制御した芳香鎖SAMの分子内電荷移動ダイナミクス研究や、ナノ活性材料のためのSAM被覆金ナノ粒子の合成・評価を実施した。

分子-基板界面の電荷移動過程の理解は有機エレクトロニクスにおいて不可欠である。基板上分子の電荷移動度の非接触な評価法として、内殻共鳴励起によるコアホール・クロック (CHC) 法がある。内殻電子を共鳴励起すると共鳴オージェ電子が観測されるが、励起電子が内殻正孔の失活より速く金属基板に失活するとノーマルオージェ電子が観測される。CHC法では、この共鳴オージェとノーマルオージェの比率から、分子から基板への電荷移動速度を、数フェムト (10^{-15}) 秒の内殻寿命を基準として評価することができる。そこで本年度は、2つのベンゼン環の間のねじれ角を変化させることで π 共役性を系統的に変化させたビフェニル分子SAMについて、CHC法による電荷移動ダイナミクスの観測を行った。この実験では、金基板上に作製した、分子末端にメチルエステル基を持つビフェニルチオール分子SAMを対象とした。CHC法による電荷移動速度の

観測結果では、ねじれ角に依存した電荷移動時間の顕著な変化が見いだされた。

一方、内殻励起によるイオン脱離反応では最表面に配向したSAMの末端官能基で選択的な脱離が観測されるが、この反応も表面官能基から基板への電荷移動が深く関与している。このイオン脱離の場合は分子振動緩和を経由するため、サブピコ (10^{-12}) 秒より遅い電荷移動が反映される。内殻励起による脱離イオン収量の励起エネルギー依存性を計測することで、末端のメチルエステル基における選択的イオン脱離が観測されるとともに、ビフェニル分子の導電性に依存して、脱離イオンの断片化パターンが顕著に変化することが分かった。この脱離イオンの断片化の違いは結合解離時の余剰エネルギーの大きさに関係しており、分子と基板間の電荷移動の違いを反映していると考えられる。以上のように、軟X線放射光を用いた非接触かつ広いダイナミックレンジでの分子導電性評価法の確立に向けて更に研究を展開している。

金ナノ粒子はもっとも古くから研究されているナノ粒子であるが、ナノ粒子の大きさや形状・表面の化学的特性や凝集状態を変化させることで粒子の光学的・電子的特性を調整することができるとともに、触媒活性も発現することから基礎研究・材料開発の両面で注目される粒子である。特にその表面を官能基をもつSAMで修飾もしくは接合することによって、新たな機能を付加したナノ粒子やナノ構造体を構成することが期待できる。我々は液中パルスレーザーアブレーション法を採用することで、従来の化学的な合成法では不可能な直径10nmの被膜のない金ナノ粒子の合成に成功した。有機修飾したナノ粒子やその巨大球状凝集体、ナノ粒子接合ワイヤーのコントロール合成を進めている。また分子導電性評価のプラットフォームとしても活用し、金属ナノ粒子系での分子伝導物性評価を進めている。本年度は、芳香分子鎖が異なる2種類のチオール分子で修飾した金ナノ粒子でイオン脱離およびCHCの計測を実施した。両計測手法でナノ粒子修飾分子では電荷移動速度が遅くなることが分かり、基板に集積したナノ粒子薄膜でもその修飾分子の電荷移動ダイナミクスを評価し得ることを見出した。また、レーザーアブレーション法を用いた合金ナノ粒子合成手法の開発も開始した。

☆自己組織化有機単分子膜とナノカーボンの物性研究（関谷）

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

☆自由電子レーザーや光学レーザーを利用した超高速反応ダイナミクス研究（仁王頭・和田）

X線自由電子レーザー (XFEL) はこれまでのX線を遙かに凌駕する全く新しいパルスX線発生源である。高輝度・高コヒーレント・超短パルスという特性を持つこの新しいX線を用いることで、有機ナノ結晶や非結晶化タンパク質のような、従来の手法では計測できなかった微小試料単体で

の三次元構造解析や構造変化の高速時分割測定が可能となってきた。我々は、日本のXFEL施設SACLAの性能を生かして、光励起反応中の機能性ナノ結晶の原子の動きを捉えるダイナミックイメージングを目指した研究を展開している。また、このような高強度X線集光パルスと物質との相互作用は未知の領域でもあり、引き起こされる反応素過程・反応ダイナミクスの解明もまたSACLAを用いて初めて可能となる新しい研究分野である。

2022年度は、SACLAの軟X線FELビーム利用の時分割光電子分光実験により、高強度近赤外(NIR)レーザーパルスをXeクラスターに照射することで生成するナノプラズマの超高速ダイナミクスを調べた。実験で得られた時分割光電子スペクトルでは、Xe, Xe¹⁺, Xe²⁺に由来する4d光電子ピークが観測され、異なる遅延時間依存性が確認された。この結果から、高強度レーザー照射によるプラズマ生成後、数ピコ秒以内に表面イオンの爆発が起こり、その後数百ピコ秒程度の時間スケールで中性のコアが膨張することが示唆された。この実験では、軟X線自由電子レーザーを利用したフェムト秒時分割光電子分光計測の手法を確立し、成果を公表した。

また前年度に引き続き、SACLAより供給されるフェムト秒軟X線パルスと光学フェムト秒レーザーを用いて、ハロゲン含有有機分子の光反応ダイナミクスの研究を推進した。本研究は日本国内およびアメリカ、イギリス、カナダ、フィンランドなどの欧米各国との国際共同研究で実施している。

上記研究に加えて、構造と機能の相関解明を目指す研究として光応答機能性有機ナノ結晶の超高速分光研究を実験室でも進めている。ジアセチレン分子ナノ結晶の紫外光照射による固相重合・相転移プロセスの解明を、光学フェムト秒パルスレーザーを用いた超高速過渡吸収分光計測により継続実施している。

☆軟X線分光による基板担持リン脂質膜の分子秩序の解明（和田）

脂質膜を表面に固定化することによる擬似生体膜の形成は、バイオセンサーや分子エレクトロニクスデバイスなどナノテクノロジー応用への基礎過程として近年注目されている。

我々は、膜タンパク質をnativeな状態で配向・集積させるための生態環境場の構築を目指して、金属表面への分子固定化技術を基盤とした人工生体膜の作成や、SAM上ハイブリッド脂質分子膜を構築する研究も展開している。中でも、親水性基板上に脂質溶液を滴下する簡便な方法で作製した基板固定化リン脂質膜が、多層膜を形成していても高い配向性を維持することを見いだした。この配向情報や脂質秩序を調べるために、DPPCとDOPCの2種類のリン脂質膜の軟X線吸収を測定した。これら2種類の脂質は、特に炭素鎖の二重結合の有無により相転移温度が異なっており、室温ではそれぞれゲル相/液晶相と呼ばれる流動性が低い/高い二分子膜を形成すると理解されている。原子選択性を特徴とする軟X線吸収スペクトルの偏光依存性を解析することにより、秩序良く配向した炭素鎖とランダムに配向した炭素鎖の2つの成分を定量的に評価することに成功した。本研究で開発した解析手法は、膜の配向角決定に留まらず秩序状態まで評価し得る新たな手法として今後の活用が期待される。

☆高分解能NMRを用いたビタミン-シクロデキストリン包接構造の研究（吉田）

ニコチン酸(NA)やアスコルビン酸(AA)などのビタミン類は、人間の必須栄養素であり、医薬品や栄養補給剤などにも利用されているが、難水溶性であるもの、熱や紫外線に不安定であるものが多い。これらの欠点はシクロデキストリン(CD)による包接を用いることによって解決されるが、その具体的な包接構造に関する知見は未だ乏しい。本研究では、空洞径の異なる α , β , γ -CDとNAおよびAAとの包接構造を調べるため、広島大学自然科学研究支援開発センターに設置されているBruker社製AVANCE700MHzデジタルNMR装置で¹H-NMRおよび2D-ROESYの測定を行った。 α -

CD/NA 混合溶液のROESYスペクトルの測定から α -CDの内側に配向するプロトンのみがNAの六員環にあるプロトンと相関を示した。これらの相関ピーク信号は、対応する2つのプロトンが近接する場合に観測され、その積分強度を解析した結果、 α -CDのNA包接構造について知見が得られた。また、 γ -CDではNA2分子が1つのCD内に同時に包接される可能性も示唆された。

☆共同研究

上記研究に加えて、以下に記す共同研究も推進している。

- SACLA 超短パルス利用研究：Oxford大学，SLAC，NRC Canada，Turku大学，Kansas州立大学，京都大学，東京農工大学，東北大学，兵庫県立大学，名古屋大学，高輝度光科学研究センター，理化学研究所
- KEK PF パルス放射光利用研究：物質構造科学研究所
- UVSOR 円偏光光電子分光研究：富山大学，九州シンクロトロン光研究センター，分子科学研究所，広島大学，北海道医療大学
- UVSOR コヒーレント光利用研究：分子科学研究所，名古屋大学
- HiSOR 放射光軟X線イメージング：量子科学技術研究開発機構，東北大学
- HiSOR 生体分子の放射線損傷研究：量子科学技術研究開発機構，日本原子力研究開発機構，茨城大学

原著論文

- [1] J. W. McManus, T. Walmsley, K. Nagaya, J. R. Harries, Y. Kumagai, H. Iwayama, M. N. R. Ashfold, M. Britton, P. H. Bucksbaum, B. Downes-Ward, T. Driver, D. Heathcote, P. Hockett, A. J. Howard, E. Kukk, J. W. L. Lee, Y. Liu, D. Milesevic, R. S. Minns, A. Niozu, J. Niskanen, A. J. Orr-Ewing, S. Owada, D. Rolles, P. A. Robertson, A. Rudenko, K. Ueda, J. Unwin, C. Vallance, M. Burt, M. Brouard, R. Forbes, and F. Allum, “Disentangling sequential and concerted fragmentations of molecular polycations with covariant native frame analysis”, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **24**, 22699-22709 (2022).
- [2] ©A. Niozu, H. Fukuzawa, T. Hagiya, A. Yamamoto, D. You, S. Saito, Y. Ishimura, T. Togashi, S. Owada, K. Tono, M. Yabashi, S. Wada, K. Matsuda, K. Ueda, and K. Nagaya, “Surface explosion and subsequent core expansion of laser-heated clusters probed by time-resolved photoelectron spectroscopy” *Phys. Rev. A* **106**, 043116(1-8) (2022).
- [3] Q. Wang, H. Zhang, H. Yoshida, Y.-T. Cui, Y. Qiang, L. Wen, F. Huang, and Y. Jin, “Time evolution of the passivation behavior of Ti-6Al-4V in 0.5 M sulfuric acid” *J. Electrochem. Soc.*, **169**, 101505(1-10) (2022).
- [4] Y. Kumagai, W. Xu, K. Asa, T. Hiraki Nishiyama, K. Motomura, S. Wada, D. Iablonskyi, S. Mondal, T. Tachibana, Y. Ito, T. Sakai, K. Matsunami, T. Umemoto, C. Nicolas, C. Miron, T. Togashi, K. Ogawa, S. Owada, K. Tono, M. Yabashi, H. Fukuzawa, K. Nagaya, and K. Ueda, “Ionization of xenon clusters by a hard x-ray laser pulse” *Appl. Sci.* **13**, 2176(1-21) (2023).
- [5] ©T. Fuji, T. Kaneyasu, M. Fujimoto, Y. Okano, E. Salehi, M. Hosaka, Y. Takashima, A. Mano, Y. Hikosaka, S. Wada, and M. Katoh, “Spectral phase interferometry for direct electric-field reconstruction of synchrotron radiation” *Optica* **10**, 302-307 (2023).

著書

該当無し

総説

- [1] 仁王頭明伸, 永谷清信, 上田 潔, “XFEL利用の単粒子X線回折で探るXeクラスターの結晶化ダイナミクス”, *しょうとつ*, **19**, 80-88 (2022年).

国際会議

(招待講演)

- [1] A. Niozu, “Ultrafast dynamics of laser induced nanoplasmas studied by FEL pump probe experiments”, LSC2022, (2022.4.20-22, Yokohama (online), Japan).
- [2] A. Niozu, “Probing transient structures of nanoparticles by single particle X ray diffraction”, FEL2022, (2022.8.22-26, Trieste, Italy).
- [3] A. Niozu, “Exploring transient structures of nanoparticles by ultrafast X-ray diffraction”, IWP&RIXS2022, (2022.11.15-19, Zao, Japan).

(一般講演)

- [1] ©M. E. Castellani, C.-s. Lam, M Britton, P. Bucksbaum, M. Burt, K. Cheung, M. Fushitani, I. Gabalski, T. Gejo, A. Ghrist, J. Harries, A. Hishikawa, P. Hockett, H. Iwayama, E. Jones, A. Howard, E. Kukk, Y. Kumagai, H. Lam, R. Minns, J. McManus, K. Nagaya, A. Niozu, J. Niskanen, Z. Phelps, W. Razmus, D. Rolles, A. Rudenko, J. Searles, A. Venkatachalam, K. Ueda, J. Unwin, S. Wada, T. Walmsley, E. Warne, F. Allum, M. Brouard, and R. Forbes, “Time-resolved Coulomb explosion imaging of inner-shell excited state dynamics in CH₂I₂ and CH₂BrI”, Stereodynamics 2022, (2022.10.30-11.4, Crete, Greece).
- [2] © K. Yoshioka, J. Yamada, A. Niozu, and S. Wada, “Torsional angle dependence of ultrafast charge transfer in biphenyl monolayers”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (2023.3.9-10, Higashi-Hiroshima, Japan).
- [3] © J. Yamada, Kakuto Yoshioka, A. Niozu, and S. Wada, “Measurements of work functions of organic monolayers adsorbed on gold surfaces”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (2023.3.9-10, Higashi-Hiroshima, Japan).
- [4] © O. Takahashi, T. Ohnishi, R. Yamamura, E. Kobayashi, K. Kubo, M. Okazaki, Y. Horikawa, M. Oura and H. Yoshida, “X-ray absorption spectroscopy of photodamaged polyimide film”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation, (2023.3.9-10, Higashi-Hiroshima, Japan).

国内学会

(招待講演)

- [1] 仁王頭明伸, 「XFELを用いた原子結晶生成過程の実時間X線回折」, レーザー学会学術講演会第43回年次大会, (2023年1月18日-20日,名古屋).

(一般講演)

- [1] ©金安達夫, 彦坂泰正, 和田真一, 藤本将輝, 太田紘志, 岩山洋士, 保坂将人, 真野篤志, 高嶋圭史, E. Salehi, 加藤政博, 「シンクロトロン光源によるアト秒制御ダブルパルスの発生とその利用」, 原子衝突学会第47回年会, (2022年9月8日-9日, 宮崎).
- [2] 吉田啓晃, 馬場公範, 「ガルバニック置換を利用した貴金属回収におけるシクロデキストリン添加の影響について」, 第38回シクロデキストリンシンポジウム, (2022年9月10日-11日, 大宮).
- [3] ©和田真一, 古賀亮介, 小川 舞, 天道尚吾, 仁王頭明伸, 「内殻励起ダイナミクス計測から探る有機界面の非接触導電性評価」, 第16回分子科学討論会2022, (2022年9月19日-22日, 横浜).

- [4] ◎仁王頭明伸, 足立純一, 田中宏和, 和田真一, 「内殻励起反応計測で探るビフェニル単分子膜における電荷移動ダイナミクス」, 第16回分子科学討論会2022, (2022年9月19日-22日, 横浜).
- [5] S. Wada and M. Tabuse, 「Soft X-ray polarization analysis of lipid order for phospholipid multilayers supported on hydrophilic surfaces」, 第60回日本生物物理学会年会, (2022年9月28日-30日).
- [6] ◎金安達夫, 彦坂泰正, 和田真一, 藤本將輝, 太田紘志, 岩山洋士, 保坂将人, 真野篤志, 高嶋圭史, E. Salehi, 加藤政博, 「タンデムアンジュレータによるアト秒制御ダブルパルスの発生とその利用」, UVSORシンポジウム2022, (2022年11月26日-28日, 岡崎).
- [7] ◎○高口博志, 金安達夫, 彦坂泰正, 和田真一, 加藤政博, 太田紘志, 鈴木喜一, 「イオン化終状態を分離したキラル分子系の光電子円二色性の測定」, UVSORシンポジウム2022, (2022年11月26日-28日, 岡崎).
- [8] ◎仁王頭明伸, 田中宏和, 足立純一, 和田真一, 「内殻励起反応計測によるビフェニル単分子膜の非接触導電性評価」, 第36回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (2023年1月7日-9日, 草津).
- [9] ◎○高口博志, 金安達夫, 彦坂泰正, 和田真一, 加藤政博, 太田紘志, 鈴木喜一, 「光電子円二色性を示すキラル分子の探索」, 第36回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (2023年1月7日-9日, 草津).
- [10] ◎仁王頭明伸, 山本明史, 萩谷 透, 福澤宏宣, You Daehyun, 齋藤 周, 石村優大, 上田 潔, 和田真一, 大和田成起, 登野健介, 富樫 格, 矢橋牧名, 松田和博, 永谷清信, 「レーザー誘起ナノプラズマの時分割電子分光」, 第36回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (2023年1月7日-9日, 草津).
- [11] ◎金安達夫, 彦坂泰正, 和田真一, 藤本將輝, 太田紘志, 岩山洋士, 保坂将人, 真野篤志, 高嶋圭史, Salehi Elham, 加藤政博, 「タンデムアンジュレータによる極端紫外ダブルパルスの発生とその利用」, 第36回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (2023年1月7日-9日, 草津).
- [12] 和田真一, 田伏真隆, 「基板支持リン脂質積層膜の直線偏光軟X線による相状態解析」, 第36回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (2023年1月7日-9日, 草津).
- [13] ○大西拓馬, 山村涼介, 窪 健太, 岡崎麻耶子, 堀川裕加, 大浦正樹, 吉田啓晃, 高橋 修, 「光劣化されたポリイミド膜の軟X線吸収分光測定」, 第36回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, (2023年1月7日-9日, 草津).
- [14] ◎○廣森慧太, 中島伸夫, 下山絢女, 長谷川 巧, 和田真一, 高橋 修, 間瀬一彦, 小澤健一, 「顕微分光測定を用いたアナターゼ/ルチル界面の光触媒活性と電子構造の評価」, 2022年度量子ビームサイエンスフェスタ, (2023年3月13日-15日, つくば).
- [15] ◎和田真一, 太田寛之, 真野篤志, 藤本將輝, 加藤政博, 「アンジュレータ放射光渦におけるヤングの干渉カウンティング実験」, 第3回光渦研究会, (2023年3月6日, 室蘭 (ハイブリッド)).

学生の学会発表実績

(国際会議)

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

(国内学会)

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

セミナー・講演会開催実績

該当無し

社会活動・学外委員

○ 学協会委員

[1] 和田真一：第 36 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム 学生発表賞審査委員

高大連携事業への参加状況

該当無し

国際共同研究・国際会議開催実績

○ 国際共同研究

[1] 和田真一, 仁王頭明伸：SACLA 利用国際共同研究, 参加国 アメリカ, イギリス, カナダ, フィンランド

○ 国際会議開催実績

該当無し

各種研究員と外国人留学生の受入状況

○ 各種研究員

該当無し

○ 外国人留学生

該当無し

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) 900 千円

[2] 和田真一：科学研究費補助金 基盤研究 (B) (分担) 800 千円

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

[4] 仁王頭明伸：科学研究費補助金 若手研究 (代表) 2,080 千円

○放射光物性・放射光物理グループ

研究活動の概要

(1) 重点研究の推進

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

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

(2) 2022年度の特徴ある研究成果

- ・センターでは次世代放射光へのアップグレードの R&D としてレーザーを利用した ARPES 装置の開発を行ってきた。このレーザーARPES を用いて典型的なトポロジカル絶縁体である Bi_2Te_3 の電子状態を調べ、トポロジカル表面電子の電子格子相互作用による結合定数がエネルギーに依存して0.02-0.13の小さな値をとることを明らかにした。この値は、電線で利用される銅の結合定数0.2よりも小さい値であり、トポロジカル絶縁体の表面電子は原子の熱振動の影響を受けにくく、電子の散乱強度が散乱過程の数に依存していることを明らかにした。
- ・ $\text{Re}(0001)$ は、Tamm 準位と Shockley 準位の2種類の表面準位が混在する珍しい物質である。本研究ではセンターの重点研究分野の一つであるスピン角度分解光電子分光の分野でドイツのミュンスター大学との共同研究を行い、この $\text{Re}(0001)$ 表面に混在する2つの準位がスピン軌道相互作用を通じて、混成を起こしていることを明らかにした。さらに得られた実験結果と第一原理計算や強束縛近似のバンド計算から、異なる2種の表面準位とスピン軌道相互作用の役割について首尾一貫したモデルを提唱した。
- ・電気磁気効果を示すクロム酸化物 Cr_2O_3 とグラフェンの接合モデルを考察して、第一原理計算によりクロムの $3d_{z^2}$ 軌道からなるスピン偏極状態が界面に形成されることを予測した。実際に作製した人工積層構造に対して角度分解光電子分光実験を実施して、予測されたスピン偏極電子状態が接合界面に存在することを実証した。
- ・加熱細胞から抽出されたヒストンタンパク質(H2A-H2B)の二次構造含量が、*in vitro* での天然や変性状態の含量と異なっていた。しかし、加熱細胞を 37°C で 2 時間インキュベートした結果、H2A-H2B が天然状態の二次構造含量に戻ることが分かった。このヒストンタンパク質の構造の柔軟性が、熱ストレスからクロマチンによるゲノム機能を保護すると考えられる。
- ・SPIDER 法と呼ばれる超短パルスレーザーの分野で用いられる時間波形計測法を世界で初めて放射光に適用し、10周期の磁場周期を持つアンジュレータからの放射が、電場が正確に10回振動する持続時間数フェムト秒の超短パルス構造を有していることを実験的に示すことに成功した。放射光の超高速特性の応用の基礎となる成果である。

(3) 2022年度の共同研究の状況

- ・共同研究の国際公募を行い、111課題を採択した。
- ・受入人数136人（実人数）のうち、学内者69人（50.7%）、学外者67人（49.3%）である。共同研

究機関は27機関で、内訳では、国立大学が9機関、公私立大学が4機関、公的研究機関が5機関、企業が2機関、海外機関が7機関であった。

- ・ コロナ禍により、一部の課題（海外4件、国内1件）について代行測定を実施した。

（4）共同研究契約にもとづく学外研究機関との連携

- ・ 高エネルギー加速器研究機構（KEK）

KEKとは、クロスアポイントメントの活用によりKEKの加速器専門家を特任准教授として雇用し、将来計画のための高性能小型放射光源の設計・検討を継続的に進めた。また、KEKの加速器科学総合育成事業に本学と呉工業高専、広島商船高専が共同で提案した「大学・高専連携による加速器分野での人材育成・技術開発・分野融合の加速」が継続して採択され、本学学生や高専生らがKEKの加速器運転データを用いて機械学習の応用に関する研究を進めた。また、本学及びKEKの教員が近隣高専における授業に参加し、加速器に関する講義を行ったほか、加速器関連企業の技術者や大学や大学共同利用機関の技術職員による高専生や大学生を対象とするセミナーを開催するなど、加速器科学教育及び人材育成に貢献した。

（5）研究設備高度化への取組

- ・ BL-1及びBL-9Aで測定の高速度化、高効率化を実現するために、新規アナライザー導入を行い、整備を進めた。
- ・ 高分解能スピン角度分解光電子分光ビームライン（BL-9B）では、ビームラインのDX化に向けた準備を開始した。それに伴い測定プログラムの大幅な更新を行いユーザーの利便性を高める努力をしている。加えてオフラインでスピン検出効率を1000倍以上高めるマルチチャンネルスピン検出器の開発を推進した。
- ・ スピン分解光電子分光測定の将来の高度化を見据え、レーザーを用いたスピン分解光電子分光装置の開発を進めている。レーザーブースを整備して安定的にレーザーが利用可能となり、超高エネルギー分解能（5 meV 以下）でのスピン分解測定が可能となった。またレーザー微小ビーム利用のための調整を進め、およそ5 μ mの微小ビームを用いた測定が可能となった。
- ・ 角度分解光電子分光ビームライン（BL-7）では、BL-1でこれまで利用していた高取り込み角（ ± 15 deg.）のアナライザーを移設し、従来に比べ測定効率を格段に向上させた。
- ・ 真空紫外線円二色性実験ビームライン（BL-12）では、マイクロビームを光源とした縦型の円二色性顕微分光の整備を進め、生体試料の吸収測定を可能にした。また、マイクロ流路技術を使用した光学セルを用いて生体試料の構造変化をミリ秒スケールで追跡できるシステムを稼働させた。
- ・ 軟X線磁気円二色性ビームライン（BL-14）低エネルギー域の回折格子を利用できるように整備した。低真空環境下における軟X線反射スペクトル計測システムの環境整備を進めた。
- ・ 挿入光源の制御をビームライン側から行えるようにするための制御系の整備を行った。これにより分光器とアンジュレータの同期などが行えるようになる予定である。

（6）第27回広島放射光国際シンポジウム

「真空紫外・軟X線放射光による物質科学：HiSOR-II将来計画に向けて」と題して、27回目となる国際シンポジウムを開催した。昨年度開催した第26回はコロナ禍によりハイブリッド形式で行

ったが、今回は一部の海外招待講演者を除き基本的にはオンサイトの形式で開催した。今回も例年通り日本放射光学会からの協賛を受け、HiSORが重点的に推進している微細電子構造の研究、量子スピン物性の研究、ナノサイエンスの研究、生体物質立体構造の研究、高輝度放射光源のR&Dの5つの研究分野に関連して第一線で活躍する研究者を、海外から5名（スウェーデン、フランス、ドイツ、中国）、国内から5名招聘し、最新の研究成果の発表やHiSOR-II計画に向けた期待などについて講演が行われ、活発な研究討論が行われた。ポスターセッションでは、2022年度の共同利用・共同研究の成果を中心に29件（うち学生発表15件）の発表があった。ポスターセッションではFlash Poster Sessionとして、ポスター発表をする学生が1分程度の英語による口頭発表も実施した。広島大学、大阪大学、沖縄科学技術大学院大学の学生が参加し、英語による口頭発表に意欲的に取り組み、続くポスターセッションでは活発な研究討論が行われた。学生による口頭・ポスター発表を、招聘研究者を含む参加者全員（学生以外）が評価し、優れた発表3件（広島大学3名）に学生ポスター賞を授与した。本シンポジウムの参加者総数は69名（学内41名、学外18名（うち海外18名））であった。

（7）放射光科学院生実験の実施：大学院教育への貢献

岡山大学大学院自然科学研究科との部局間協定のもとで両大学の教員が協力し、放射光ビームラインを活用した「放射光科学院生実験」（本学先進理工系科学研究科のカリキュラム）を実施した（受講生：広島大学4名、岡山大学3名）。

原著論文

- [1] ©T. Mizokawa, A. Barinov, V. Kandyba, A. Giampietri, R. Matsumoto, Y. Okamoto, K. Takubo, K. Miyamoto, T. Okuda, S. Pyon, “Domain dependent Fermi arcs observed in a striped phase dichalcogenide”, *Adv. Quantum Technol.* **5**, 2200029 (9p) (2022) .
- [2] M. I. A. Ibrahim, M.d S. Amer, H. A. H. Ibrahim, E. H. Zaghoul, “Considerable production of Ulvan from *Ulva lactuca* with special emphasis on its antimicrobial and anti-fouling properties”, *Appl. Biochem. Biotech.* **194**, 3097–3118 (2022) .
- [3] ©S. Dan, S. Kumar, S. Dan, D. Pal, S. Patil, A. Verma, S. Saha, K. Shimada, S. Chatterjee, “Unraveling the obscure electronic transition and tuning of Fermi level in Cu substituted Bi_2Te_3 compound”, *Appl. Phys. Lett.* **120**, 022105 (6p) (2022) .
- [4] S. Kusaka, T. T. Sasaki, K. Sumida, S. Ichinokura, S. Ideta, K. Tanaka, K. Hono, T. Hirahara, “Fabrication of $(\text{Bi}_2)_m(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_n$ superlattice films by Te desorption from a pristine Bi_2Te_3 film”, *Appl. Phys. Lett.* **120**, 173102 (5p) (2022) .
- [5] ©M. Singh, L. Ghosh, V. K. Gangwar, Y. Kumar, D. Pal, P. Shahi, S. Kumar, S. Mukherjee, K. Shimada, S. Chatterjee, “Correlation between changeover from weak antilocalization (WAL) to weak localization (WL) and positive to negative magnetoresistance in S-doped $\text{Bi}_{1.5}\text{Sb}_{0.5}\text{Te}_{1.3}\text{Se}_{1.7}$ ”, *Appl. Phys. Lett.* **121**, 032403 (8p) (2022) .
- [6] ©X. Hou, M. Wumiti, S. Kumar, K. Shimada, M. Sawada, “Observation of mid-gap states emerging in the O-terminated interface of $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{graphene}$: A combined study of ab initio prediction and photoemission analysis”, *Appl. Surf. Sci.* **594**, 153416 (10p) (2022) .
- [7] Y. Tomofuji, K. Matsuo, K. Terao, “Kinetics of denaturation and renaturation processes of double-stranded helical polysaccharide, xanthan in aqueous sodium chloride”, *Carbohydr. Polym.* **275**, 118681 (9p) (2022) .

- [8] A. A. M. El-Sayed, M. I. A. Ibrahim, S. Shabaka, M. M. Ghobashy, M. A. Shreadah, S. A. A. Ghani, “Microplastics contamination in commercial fish from Alexandria City, the Mediterranean Coast of Egypt”, *Environ. Poll.* **313**, 120044 (2022) .
- [9] A. El-Maradny, M. I. A. Ibrahim, I. M. Radwan, M. A. Fahmy, H. I. Emara, L. A. Mohamed, “Horizontal and vertical segregation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the Egyptian Mediterranean coast”, *Environ. Sci. Poll. Reserch* **29**, 86707-86721 (2022) .
- [10] F. Kato, Y. Yamaguchi, K. Inouye, K. Matsuo, Y. Ishida, M. Inouye, “A novel gyrase inhibitor from toxin-antitoxin system expressed by *Staphylococcus aureus*”, *FEBS J.* 903363 (13p) (2022) .
- [11] S. Wibowo, J. Costa, M. C. Baratto, R. Pogni, S. Widyarti, A. Sabarudin, K. Matsuo, S. B. Sumitro, “Quantification and improvement of the dynamics of human serum albumin and glycated human serum albumin with astaxanthin/astaxanthin-metal ion complexes: physico-chemical and computational approaches”, *Int. J. Mol. Sci.* **23**, 4771 (19p) (2022) .
- [12] ©S. Sharma, S. Kumar, A. Kumar, K. Shimada, C. S. Yadav, “Electronic transport studies of Ag-doped Bi_2Se_3 topological insulator”, *J. Appl. Phys.* **132**, 105108 (8p) (2022) .
- [13] M. H. Ebeid, M. I. A. Ibrahim, E. M. A. Elkhair, L. A. Mohamed, A. A. Halim, K. S. Shaban, M. Fahmy, “The modified Canadian water index with other sediment models for assessment of sediments from two harbours on the Egyptian Mediterranean coast”, *J. Hazard. Mater. Adv.* **8**, 100180 (12p) (2022) .
- [14] P. Rajput, M. Kumar, R. S. Joshi, P. Singh, M. Nand, R. Srivastava, Y. Patidar, S. Kumar, A. Sagdeo, P. R. Sagdeo, “Structural, optical and vacancies investigations of Li-doped ZnO”, *J. Nanoparticle Research* **24**, 161 (2022) .
- [15] ©R. Singh, S. Kumar, A. Jain, M. Singh, L. Ghosh, A. Singh, S. Banik, A. Lakhani, S. Patil, E. F. Schwier, K. Shimada, S. M. Yusuf, S. Chatterjee, “Competition between axial anomaly and ferromagnetic ordering in $\text{Bi}_{2-x}\text{Fe}_x\text{Se}_{3-x}\text{S}_x$ topological insulator: A study of magnetic and magnetotransport properties”, *J. Mat.* **8**, 669-677 (2022) .
- [16] H. Yamaoka, S. Yamanaka, M. Hikiji, C. Michioka, N. Tsujii, H. Sato, N. Hiraoka, H. Ishii, K. Yoshimura, “Temperature and pressure dependences of the electronic and crystal structures of Yb_4TGe_8 (T = Cr, Mn, Fe, Co, and Ni) studied by high-resolution x-ray absorption spectroscopy, x-ray diffraction, and photoelectron spectroscopy”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **91**, 24704 (8p) (2022) .
- [17] H. Anzai, R. Tawara, Y. Kikuchi, H. Sato, M. Arita, R. Takaaze, K. T. Matsumoto, K. Hiraoka, “Photoemission spectroscopy study on the heavy-fermion compound YbAgCu_4 ”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **91**, 114703 (6p) (2022) .
- [18] H. Yamaoka, S. Yamanaka, A. Ohmura, N. Tsujii, J. Valenta, Y. Furue, H. Sato, H. Ishii, N. Hiraoka, C. Michioka, H. Ueda, K. Yoshimura, “Valence transitions in $\text{Yb}_{1+x}\text{In}_{1-x}\text{Cu}_4$ studied by high-resolution x-ray absorption spectroscopy, x-ray diffraction, and photoelectron spectroscopy”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **91**, 124701 (10p) (2022) .
- [19] ©S. Hikami, S. Ishida, A. Iyo, H. Eisaki, M. Arita, S. Kumar, E. F. Schwier, K. Shimada, N. L. Saini, T. Mizokawa, “Fermi surface geometry of heavily hole doped $\text{CaKFe}_4\text{As}_4$ revealed by angle-resolved photoemission spectroscopy”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **91**, 124704 (7p) (2022) .
- [20] ©S. Yue, H. Zhou, Ya Feng, Y. Wang, Z. Sun, D. Geng, M. Arita, S. Kumar, K. Shimada, P. Cheng, L. Chen, Y. Yao, S. Meng, K. Wu, B. Feng, “Observation of one-dimensional Dirac fermions in silicon nanoribbons”, *Nano Lett.* **22**, 695-701 (2022) .
- [21] ©Z.-Y. Sun, H. Zhou, C.-X. Wang, S. Kumar, D.-Y. Geng, S.-S. Yue, X. Han, Y. Haraguchi, K. Shimada,

- P. Cheng, “Observation of topological flat bands in the Kagome semiconductor Nb_3Cl_8 ”, *Nano Lett.* **22**, 4596-4602 (2022) .
- [22] J. Maruyama, S. Maruyama, Y. Kashiwagi, M. Watanabe, T. Shinagawa, T. Nagaoka, T. Tamai, N. Ryu, K. Matsuo, M. Ohwada, K. Chida, T. Yoshii, H. Nishihara, F. Tani, H. Uyama, “Helically aligned fused carbon hollow nanospheres with chiral discrimination ability”, *Nanoscale* **14**, 3748–3757 (2022) .
- [23] ©B. V. Senkovskiy, A. V. Nenashev, S. K. Alavi, Y. Falke, H. M. Hell, P. Bampoulis, D. V. Rybkovskiy, D. Y. Usachov, A. V. Fedorov, A. I. Chernov, F. Gebhard, K. Meerholz, D. Hertel, M. Arita, T. Okuda, K. Miyamoto, K. Shimada, F. R. Fischer, T. Michely, S. D. Baranovskii, K. Lindfors, T. Szkopek, A. Gruneis, “Tunneling current modulation in atomically precise graphene nanoribbon heterojunctions”, *Nature Commun.* **12**, 2542 (11p) (2022) .
- [24] H. Iwasawa, T. Ueno, T. Masui, S. Tajima, “Unsupervised clustering for identifying spatial inhomogeneity on local electronic structures”, *NPJ Quantum Mater.* **7**, 24 (10p) (2022) .
- [25] H. Sato, T. Matsumoto, N. Kawamura, K. Maeda, T. Takabatake, A. M. Strydom, “Valence transition of the intermetallic compound $\text{Ce}_2\text{Rh}_2\text{Ga}$ probed by resonant x-ray emission spectroscopy”, *Phys. Rev. B* **105**, 035113 (7p) (2022) .
- [26] ©S. Sharma, S. Kumar, G. C. Tewari, G. Sharma, E. F. Schwier, K. Shimada, A. Taraphder, C. S. Yadav, “Magnetotransport and high-resolution angle-resolved photoelectron spectroscopy studies of palladium-doped Bi_2Te_3 ”, *Phys. Rev. B* **105**, 115120 (9p) (2022) .
- [27] ©H. Tanaka, S. Okazaki, K. Kuroda, R. Noguchi, Y. Arai, S. Minami, S. Ideta, K. Tanaka, D.-H. Lu, M. Hashimoto, V. Kandyba, M. Cattelan, A. Barinov, T. Muro, T. Sasagawa, T. Kondo, “Large anomalous Hall effect induced by weak ferromagnetism in the noncentrosymmetric antiferromagnet CoNb_3S_6 ”, *Phys. Rev. B* **105**, L121102 (2022) .
- [28] ©S. Ishizaka, A. Ino, T. Kono, Y. Miyai, S. Kumar, K. Shimada, H. Kitô, I. Hase, S. Ishida, K. Oka, H. Fujihisa, Y. Gotoh, Y. Yoshida, A. Iyo, H. Ogino, H. Eisaki, K. Kawashima, Y. Yanagi, A. Kimura, “Evidence for Dirac nodal-line fermions in a phosphorous square-net superconductor”, *Phys. Rev. B* **105**, L121103 (6p) (2022) .
- [29] ©D. A. Estyunin, E. F. Schwier, S. Kumar, K. Shimada, K. Kokh, O. E. Tereshchenko, A. M. Shikin, “Features and applications of the energy shift of the topological surface state”, *Phys. Rev. B* **105**, 125303 (11p) (2022) .
- [30] A. Ino, T. Kubo, S. Ishizaka, H. Takita, W. Mansuer, K. Shimada, S. Ueda, H. Kitô, I. Hase, S. Ishida, K. Oka, H. Fujihisa, Y. Gotoh, Y. Yoshida, A. Iyo, H. Ogino, H. Eisaki, K. Kawashima, Y. Yanagi, “Direct observation of the electronic structure of the layered phosphide superconductor $\text{ZrP}_{2-x}\text{Se}_x$ ”, *Phys. Rev. B* **105**, 195111 (8p) (2022) .
- [31] Z. H. Tin, T. Adachi, A. Takemori, K. Yoshino, N. Katayama, S. Miyasaka, S. Ideta, K. Tanaka, S. Tajima, “Observation of bands with d_{xy} orbital character near the Fermi level in $\text{NdFeAs}_{1-x}\text{P}_x\text{O}_{0.9}\text{F}_0.1$ using angle-resolved photoemission spectroscopy”, *Phys. Rev. B* **105**, 205106 (10p) (2022) .
- [32] S. Ichinokura, M. Toyoda, M. Hashizume, K. Horii, S. Kusaka, S. Ideta, K. Tanaka, R. Shimizu, T. Hitosugi, S. Saito, “Van Hove singularity and Lifshitz transition in thickness-controlled Li-intercalated graphene”, *Phys. Rev. B* **105**, 235307 (6p) (2022) .
- [33] ©M. Holtmann, P. Krüger, K. Miyamoto, T. Okuda, P. J. Grenz, S. Kumar, K. Shimada, M. Donath, “Distinct Tamm and Shockley surface states on $\text{Re}(0001)$ mixed by spin-orbit interaction”, *Phys. Rev. B* **105**, L241412 (6p) (2022) .

- [34] ©A. P. Sakhya, S. Kumar, A. Pramanik, R. P. Pandeya, R. Verma, B. Singh, S. Datta, S. Sasmal, R. Mondal, E. F. Schwier, K. Shimada, A. Thamizhavel, K. Maiti, “Behavior of gapped and ungapped Dirac cones in the antiferromagnetic topological metal SmBi”, *Phys. Rev. B* **106**, 085132 (6p) (2022) .
- [35] ©S.-L. Wu, K. Yaji, Y. Ota, A. Harasawa, S. Shin, T. Imai, K. Miyamoto, M. Nagao, S. Watauchi, I. Tanaka, X. Ma, H. Yang, Y. Cai, L. Zhao, X. Zhou, T. Okuda, “Systematic study of electronic states of Ln(O,F)BiS₂ by spin- and angle-resolved photoemission spectroscopy”, *Phys. Rev. B* **106**, 104511 (9p) (2022) .
- [36] ©A. Kumar, S. Kumar, Y. Miyai, K. Shimada, “Temperature-dependent band modification and energy dependence of the electron-phonon interaction in the topological surface state on Bi₂Te₃”, *Phys. Rev. B* **106**, L121104 (8p) (2022) .
- [37] H. Sato, T. Matsumoto, K. Maeda, Y. Taguchi, N. Kawamura, H. Ishibashi, “Metal-insulator transition in CuIr₂S₄ observed by Cu *K* α resonant x-ray emission spectroscopy”, *Phys. Rev. B* **106**, 155151 (8p) (2022) .
- [38] T. Kaneyasu, M. Hosaka, A. Mano, Y. Takashima, M. Fujimoto, E. Salehi, H. Iwayama, Y. Hikosaka, M. Katoh, “Double-pulsed wave packets in spontaneous radiation from a tandem undulator”, *Sci. Rep.* **12**, 9682 (10p) (2022) .
- [39] S. A. A. Ghani, A. A. M. El-Sayed, M. I. A. Ibrahim, M. M. Ghobashy, M. A. Shreadah, S. Shabaka, “Characterization and distribution of plastic particles along Alexandria beaches, Mediterranean Coast of Egypt, using microscopy and thermal analysis techniques”, *Sci. Total Environ.* **834**, 155363 (10p) (2022) .
- [40] S. Shabaka, M. N. Moawad, M. I. A. Ibrahim, A. A. M. El-Sayed, M. M. Ghobashy, A. Z. Hamouda, M. A. El-Alfy, D. H. Darwish, N. A. E. Youssef, “Prevalence and risk assessment of microplastics in the Nile Delta estuaries: “The Plastic Nile” revisited”, *Sci. Total Environ.* **852**, 158446 (11p) (2022) .

国際会議

(招待講演)

- [1] M. Katoh, “Physics and applications of electromagnetic radiation from relativistic electrons”, 31st International Toki Conference on Plasma and Fusion Research (ITC31) (online 2022.11.8-11)
- [2] K. Matsuo, “Vacuum-ultraviolet circular-dichroism spectroscopy as a tool to characterize the structures of chiral molecules”, Asia Oceania International Conference on Synchrotron Radiation Instruments 2022 (Sendai, Japan, 2022.11.9-12)
- [3] ©S. Ideta, S. Kumar, K. Miyamoto, T. Okuda, M. Arita, K. Shimada, “High-resolution angle- and spin-resolved photoemission spectroscopy using synchrotron radiation in HiSOR and its recent developments”, Asia Oceania International Conference on Synchrotron Radiation Instruments 2022 (Sendai, Japan, 2022.11.9-12)

(一般講演)

- [1] E. Salehi, Y. Taira, M. Fujimoto, L. Guo, M. Katoh, “Lattice design of the UVSOR-IV storage ring”, 13th International Particle Accelerator Conference (Bangkok, Thailand, 2022.6.12-17)
- [2] K. Matsuo, M. Kumashiro, “Characterizations of membrane-interaction mechanisms of proteins using vacuum-ultraviolet circular-dichroism spectroscopy”, 18th International Conference on Chiroptical Spectroscopy (CD2022) (New York, USA, 2022.7.24-27)
- [3] K. Fujii, N. Maita, K. Matsuo, M. Masato, “Observation of liquid-liquid phase separation of FUS-LC

- using synchrotron CD spectroscopy”, 18th International Conference on Chiroptical Spectroscopy (CD2022) (NewYork, USA, 2022.7.24-27)
- [4] K. Shimada, “Synchrotron radiation, a dream light, shining electrons in solids”, University of Nebraska–Lincoln, EQUATE Colloquium (2022.9.22) online
- [5] R. Tsuji, M. Kumashiro, K. Matsuo, “Contributions of membrane phase Transitions to membrane-bound conformations of magainin2”, Molecular Chirality ASIA 2022 (Shanghai, China, 2022.10.31) online
- [6] R. Imaura, Y. Kawata, K. Matsuo, “Membrane-bound conformation of α -synuclein characterized by vacuum-ultraviolet circular dichroism, linear dichroism, and molecular dynamics simulation”, Molecular Chirality ASIA 2022 (Shanghai, China, 2022.10.31) online
- [7] K. Fujii, K. Matsuo, “VUV-CD measurements of liquid-liquid phase separation”, Molecular Chirality ASIA 2022 (Shanghai, China, 2022.10.31) online
- [8] M. Katoh, “Design of HiSOR-II”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2023.3.9-10)
- [9] ©H. Rong, Z. Huang, X. Zhang, S. Kumar, F. Zhang, C. Zhang, Y. Wang, Z. Hao, Y. Cai, L. Wang, C. Liu, X. Ma, S. Guo, B. Shen, Y. Liu, S. Cui, K. Shimada, Q. Wu, J. Lin, Y. Yao, Z. Wang, H. Xu, C. Chen, “Realization of practical eightfold fermions and fourfold van Hove singularity in TaCo₂Te₂”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2023.3.9-10)
- [10] ©Y. Miyai, T. Kurosawa, M. Oda, M. Arita, S. Ideta, K. Shimada, “Symmetry reduction in the electronic structure of heavily overdoped PbBi₂201 detected by ARPES”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2023.3.9-10)
- [11] ©S. Ideta, S. Kumar, Y. Miyai, Y. Kumar, A. Kumar, M. Arita, H. Iwasawa, K. Shimada, “Recent upgrades and activities of HiSOR BL-1”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2023.3.9-10)
- [12] ©Y. Tsubota, Y. Miyai, S. Kumar, K. Tanaka, S. Ishida, H. Eisaki, S. Nakagawa, T. Kashiwagi, M. Arita, K. Shimada, S. Ideta, “Re-examination of the phase diagram of the high-T_c cuprate superconductor Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+ δ} studied by ARPES”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2023.3.9-10)
- [13] ©Y. Kumar, S. Kumar, K. Shimada, “Exploration of novel topological semimetal and evolution of the electronic structure using high-resolution ARPES”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2023.3.9-10)
- [14] ©K. Ishiba, Y. Miyai, S. Kumar, T. Kurosawa, M. Oda, S. Ideta, K. Shimada, “Development of ARPES analysis method using Bayesian Inference and application to cuprates”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2023.3.9-10)
- [15] ©Y. Onishi, Y. Miyai, Y. Tsubota, S. Kumar, M. Arita, H. Eisaki, S. Ishida, K. Shimada, S. Ideta, “Momentum dependence of the spectral weight in the single layer high-T_c cuprate Bi₂Sr₂CuO_{6+ δ} studied by ARPES”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2023.3.9-10)
- [16] Y. Muraoka, T. Kanayama, S. Enomoto, T. Wakita, M. Sawada, “Characterization of amorphous carbon films by X-ray magnetic circular dichroism”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2023.3.9-10)
- [17] Y. Higuchi, R. Itaya, M. Tomita, H. Saito, K. Suzuki, H. Sato, K. Sato, K. Sakamoto, “Investigating the possibility of creating a “pure” p-type Bi₂Se₃”, The 27th Hiroshima International Symposium on

Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2023.3.9-10)

- [18] ©Y. Tanimoto, M. Sugimoto, R. Kamimori, H. Sato, M. Arita, S. Kumar, K. Shimada, S. Nakamura, S. Ohara, “Observation of electron structure of chiral magnet $\text{Yb}(\text{Ni}_{1-x}\text{Cu}_x)_3\text{Al}_9$ by ARPES”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2023.3.9-10)
- [19] ©C. Zhang, K. Miyamoto, T. Shishidou, R. Amano, T. Sayo, C. Shimada, Y. Kousaka, M. Weinert, Y. Togawa, T. Okuda, “Spiral band structure hidden in the bulk chiral crystal NbSi_2 ”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2023.3.9-10)
- [20] ©K. Kunitomo, K. Miyamoto, T. Okuda, “Investigation of perpendicular anisotropy in FeCo alloy films covered with oxygen for development of multi spin detecting target”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2023.3.9-10)
- [21] C. Sugahara, K. Matsuo, K. Okada, “Hydration structure of acetone studied with concentration-dependent absorption spectra in the ultraviolet region”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2023.3.9-10)
- [22] S. Hashimoto, K. Matsuo, “Dynamic observation of interaction process between b-lactoglobulin and membrane by time-resolved vacuum-ultraviolet circular dichroism”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2023.3.9-10)
- [23] ©J. Takahashi, M. Kobayashi, G. Fujimori, K. Kobayashi, H. Ota, K. Matsuo, M. Katoh, Y. Kebukawa, S. Yoshimura, H. Nakamura, “Optical activity measurement of amino-acid films irradiated with circularly polarized lyman-a light”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2023.3.9-10)
- [24] R. Tsuji, M. Kumashiro, K. Matsuo, “Interaction mechanism between the antimicrobial peptide mgainin2 and lipid membrane revealed by synchrotron-radiation circular- and linear dichroism apectroscopy”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2023.3.9-10)
- [25] R. Imaura, K. Matsuo, “Membrane-bound conformation of the non-amyloid-b component of a synuclein characterized by vacuum-ultraviolet circular dichroism and molecular-dynamics simulation”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2023.3.9-10)
- [26] W. Nishizawa, M. Sawada, “Magnetic properties of Co ultrathin films intercalated underneath monolayer h-BN grown on Ni(111) probed by soft X-ray magnetic circular dichroism”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2023.3.9-10)
- [27] Y. Lu, M. Shimada, H. Miyauchi, M. Katoh, “Design Study on HiSOR-II”, The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (Higashi-Hiroshima, Japan, 2023.3.9-10)

国内学会

(一般講演)

- [1] 今浦稜太, 熊代宗弘, 河田康志, 松尾光一, 「真空紫外円二色性と分子動力学法による α シヌクレインの生体膜結合構造の解析」第22回日本タンパク質科学会年会 (筑波, 2022年6月7日-9日)
- [2] 橋本 聡, 松尾光一, 「真空紫外円二色性法による β ラクトグロブリン-脂質膜相互作用の時間分解計測」第22回日本タンパク質科学会年会 (筑波, 2022年6月7日-9日)

- [3] ◎西岡幸美, 石坂仁志, 黒田健太, 井野明洋, Shiv Kumar, 島田賢也, 鬼頭 聖, 長谷 泉, 石田茂之, 岡 邦彦, 藤久裕司, 後藤義人, 吉田良行, 伊豫 彰, 荻野 拓, 永崎 洋, 川島健司, 柳 陽介, 木村昭夫, 「複合アニオン超伝導体 $\text{HfP}_{2-x}\text{Se}_x$ における線ノード型ディラック電子の直接観測」日本物理学会 2022 年秋季大会 (東京工業大学, 2022 年 9 月 12 日-15 日)
- [4] ◎坪田悠希, Shiv Kumar, 宮井雄大, 田中清尚, 石田茂之, 永崎 洋, 中川駿吾, 柏木隆成, 有田将司, 島田賢也, 出田真一郎, 「角度分解光電子分光による $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{2+\delta}$ の電子相図の再検討」日本物理学会 2022 年秋季大会 (東京工業大学, 2022 年 9 月 12 日-15 日)
- [5] ◎石破溪太郎, 宮井雄大, Shiv Kumar, 黒澤 徹, 小田 研, 出田真一郎, 島田賢也, 「角度分解光電子分光を用いた銅酸化物高温超伝導体の自己エネルギーの評価」日本物理学会 2022 年秋季大会 (東京工業大学, 2022 年 9 月 12 日-15 日)
- [6] ◎宮井雄大, Shiv Kumar, 黒澤 徹, 小田 研, 出田真一郎, 島田賢也, 「高分解能角度分解光電子分光を用いた過剰ドーピング $\text{Bi}2201$ における自己エネルギーの評価」日本物理学会 2022 年秋季大会 (東京工業大学, 2022 年 9 月 12 日-15 日)
- [7] ◎神森龍一, 谷元優希美, 佐藤 仁, 有田将司, Shiv Kumar, 島田賢也, 松本圭介, 平岡耕一, 「角度分解光電子分光による価数相転移物質 YbInCu_4 における c-f 混成の変化の観測」日本物理学会 2022 年秋季大会 (東京工業大学, 2022 年 9 月 12 日-15 日)
- [8] ◎瀬戸口太朗, 片岡範行, Shiv Kumar, 出田真一郎, 島田賢也, 脇田高德, 村岡祐治, 横谷尚睦, 「VUV-ARPES によるハーフメタル強磁性体 CrO_2 の電子構造」日本物理学会 2022 年秋季大会 (東京工業大学, 2022 年 9 月 12 日-15 日)
- [9] ◎大和田清貴, 中西楓恋, 黒田健太, 宮本幸治, 奥田太一, 周 偉男, 佐々木泰祐, 磯上慎二, 増田啓介, 桜庭裕弥, 木村昭夫, 「 Fe_3Ga 薄膜のスピン分極バンド構造の観測」日本物理学会 2022 年秋季大会 (東京工業大学, 2022 年 9 月 12 日-15 日)
- [10] ◎岩田拓万, 西岡幸美, 大和田清貴, 岩澤英明, 有田将司, 木村昭夫, 黒田健太, 宮本幸治, 奥田太一, 「HiSOR におけるレーザー顕微スピン分解光電子分光装置の現状」日本物理学会 2022 年秋季大会 (東京工業大学, 2022 年 9 月 12 日-15 日)
- [11] ◎宮本幸治, 天野凌我, Chen Zhang, 佐用大晴, 島田千穂, 高阪勇輔, M. Weinert, 獅子堂達也, 戸川欣彦, 奥田太一, 「カイラル構造を持つ NbSi_2 の電子構造」日本物理学会 2022 年秋季大会 (東京工業大学, 2022 年 9 月 12 日-15 日)
- [12] ◎中西楓恋, 大和田清貴, 黒田健太, 角田一樹, 宮本幸治, 奥田太一, 磯上慎二, 増田啓介, 桜庭裕弥, 木村昭夫, 「スピン角度分解光電子分光実験による Fe_4N 薄膜の電子状態の解明」日本物理学会 2022 年秋季大会 (東京工業大学, 2022 年 9 月 12 日-15 日)
- [13] 金安達夫, 保坂将人, 真野篤志, 高嶋圭史, 藤本将輝, 岩山洋士, E. Salehi, 彦坂泰正, 加藤政博, 「シンクロトロン光源によるダブルパルス放射の時間構造」日本物理学会 2022 年秋季大会 (東京工業大学, 2022 年 9 月 12 日-15 日)
- [14] 浜原健太, 井角 元, 田村浩太郎, 柴垣善則, 川端 拓, 河村直己, 佐藤 仁, 上田茂典, 水牧仁一朗, 日高宏之, 網塚 浩, 魚住孝幸, 三村功次郎, 「X 線分光法による EuBe_{13} 中の Eu^{3+} 4f 電子の熱励起に関する研究」日本物理学会 2022 年秋季大会 (東京工業大学, 2022 年 9 月 12 日-15 日)
- [15] 後藤田将史, 河村直己, 井角 元, 佐藤 仁, 上田茂典, 水牧仁一朗, 雀部矩正, 大山耕平, 光田暁弘, 和田裕文, 魚住孝幸, 三村功次郎, 「X 線分光法による温度誘起価数転移物質 $\text{Eu}_2\text{Pt}_6\text{Al}_{15}$ の電子状態の研究」日本物理学会 2022 年秋季大会 (東京工業大学, 2022 年 9 月 12 日-15 日)

- [16] 保科拓海, 仲武昌史, 高倉将一, 出田真一郎, 田中清尚, 松田真生, 花咲徳亮, 伊藤孝寛, 「軸配位型フタロシアニン分子系伝導体 $\text{TPP}[\text{FePc}(\text{CN})_2]_2$ の光電子分光」日本物理学会 2022 年秋季大会 (東京工業大学, 2022 年 9 月 12 日-15 日)
- [17] ©宮本幸治, 天野凌我, Chen Zhang, 佐用大晴, 島田千穂, 高阪勇輔, M. Weinert, 獅子堂達也, 戸川欣彦, 奥田太一, 「カイラル構造を持つ NbSi_2 の電子構造」日本物理学会 2022 年秋季大会 (東京工業大学, 2022 年 9 月 12 日-15 日)
- [18] Ryoga Tsuji, Munehiro Kumashiro, Koichi Matsuo, 「Contributions of membrane phase transitions to interaction of Magainin 2 with membrane」The 60th Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan (Hakodate, 2022 年 9 月 28 日-30 日)
- [19] 加藤政博, 四之宮諒, 浅井佑哉, 島田美帆, 宮内洋司, 「UVSOR-III における単一電子蓄積」第 19 回日本加速器学会年会 (オンライン開催, 2022 年 10 月 18 日-21 日)
- [20] 神尾 彬, 加藤政博, 島田美帆, 宮内洋司, 帯名 崇, 「コンパクト ERL における機械学習によるビームオペティクスの自動調整」第 19 回日本加速器学会年会 (オンライン開催, 2022 年 10 月 18 日-21 日)
- [21] 大山博史, 岩野 成, 小池隆太, 原田直幸, 丸山太洋, 笠井聖二, 澤田康輔, 加藤政博, 神尾 彬, 浅井佑哉, 広田克也, 帯名 崇, 本田 融, 「加速器分野への機械学習の応用を通じた人材育成の試み」第 19 回日本加速器学会年会 (オンライン開催, 2022 年 10 月 18 日-21 日)
- [22] 林 憲志, 太田紘志, 山崎潤一郎, 平 義隆, 加藤政博, 仲谷光司, 「UVSOR アンジュレーター制御系の PLC 化」第 19 回日本加速器学会年会 (オンライン開催, 2022 年 10 月 18 日-21 日)
- [23] 坂本文人, 全 炳俊, 平 義隆, 加藤政博, 山川清志, 近藤祐治, 佐々木昭二, 細矢 潤, 今野弘樹, 「光クライストロン用バンチャー電磁石の性能改善に関する検討」第 19 回日本加速器学会年会 (オンライン開催, 2022 年 10 月 18 日-21 日)
- [24] 全 炳俊, 山崎潤一郎, 藤本将輝, 林 憲志, 太田紘志, 平 義隆, 加藤政博, 「UVSOR-FEL の再立上げと Intra-cavity Compton Scattering によるガンマ線発生」第 19 回日本加速器学会年会 (オンライン開催, 2022 年 10 月 18 日-21 日)
- [25] Elham Salehi, Yoshitaka Taira, Masaki Fujimoto, Masahiro Katoh, 「Lattice design for future plan of UVSOR」第 19 回日本加速器学会年会 (オンライン開催, 2022 年 10 月 18 日-21 日)
- [26] 太田紘志, 平 義隆, 杉田健人, 林 憲志, 山崎潤一郎, 水口あき, 全 炳俊, 加藤政博, 「UVSOR 光源加速器の現状 2022」第 19 回日本加速器学会年会 (オンライン開催, 2022 年 10 月 18 日-21 日)
- [27] 藤本将輝, 石田孝司, 岡島康雄, 郭 磊, 高嶋圭史, 大熊春夫, 金木公孝, 鈴木遥太, 森里邦彦, 加藤政博, 國枝秀世, 「あいち SR 光源加速器の現状」第 19 回日本加速器学会年会 (オンライン開催, 2022 年 10 月 18 日-21 日)
- [28] 加藤政博, Lu Yao, 島田美帆, 宮内洋司, 後藤公德, 「広島大学放射光科学研究センター光源加速器の現状」第 19 回日本加速器学会年会 (オンライン開催, 2022 年 10 月 18 日-21 日)
- [29] 浅井佑哉, 島田美帆, 宮内洋司, 加藤政博, 「単一電子からの放射光の観測の試み」第 36 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (立命館大学, 2023 年 1 月 7 日-9 日)
- [30] 若林大佑, 五十嵐教之, 有田将司, 太田紘志, 宮内洋司, 清水伸隆, 島田賢也, 解良 聡, 船守展正, 「開発研究多機能ビームラインの整備計画」第 36 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (立命館大学, 2023 年 1 月 7 日-9 日)

- [31] ◎谷元優希美, 神森龍一, 杉本光昌, 佐藤 仁, 有田将司, Shiv Kumar, 島田賢也, 中村翔太, 大原繁男, 「カイラル金属磁性体 $\text{Yb}(\text{Ni}_{1-x}\text{Cu}_x)_3\text{Al}_9$ の角度分解光電子分光」第 36 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (立命館大学, 2023 年 1 月 7 日-9 日)
- [32] Lu Yao, 島田美帆, 宮内洋司, 加藤政博, 「HiSOR 次期計画に向けた光源加速器の検討 2023」第 36 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (立命館大学, 2023 年 1 月 7 日-9 日)
- [33] 浅井佑哉, 島田美帆, 宮内洋司, 加藤政博, 「単一電子からの放射光の観測の試み」第 36 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (立命館大学, 2023 年 1 月 7 日-9 日)
- [34] ◎Amit Kumar, Shiv Kumar, Yudai Miyai, Kenya Shimada, 「Role of the electron-phonon interaction in the topological surface states on topological insulators」第 36 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (立命館大学, 2023 年 1 月 7 日-9 日)
- [35] ◎侯 雪瑤, Shiv Kumar, Kenya Shimada, Masahiro Sawada, 「Mid-gap states emerging in the O-terminated interface of $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{graphene}$ 」第 36 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (立命館大学, 2023 年 1 月 7 日-9 日)
- [36] ◎張 成, 宮本幸治, 獅子堂達也, 天野凌我, 佐用大晴, 島田千穂, 高阪勇輔, M. Weinert, 戸川欣彦, 奥田太一, 「Spiral electronic structure of chiral crystal NbSi_2 」第 36 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (立命館大学, 2023 年 1 月 7 日-9 日)
- [37] 佐藤 仁, 松本拓真, 前田和大, 田中 佑, 河村直己, 高島敏郎, André M. Strydom, 「Ce 系金属間化合物 $\text{Ce}_2\text{Rh}_2\text{Ga}$ の X 線発光分光」第 36 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (立命館大学, 2023 年 1 月 7 日-9 日)
- [38] 浜原健太, 井角 元, 田村浩太郎, 柴垣善則, 川端 拓, 河村直己, 水牧仁一朗, 雀部矩正, 佐藤 仁, 上田茂典, 日高宏之, 網塚 浩, 魚住孝幸, 三村功次郎, 「X 線分光法による EuBe_{13} 中の $\text{Eu}^{3+} 4f$ 電子の熱励起に関する研究」第 36 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (立命館大学, 2023 年 1 月 7 日-9 日)
- [39] 後藤田将史, 河村直己, 井角 元, 佐藤 仁, 上田茂典, 水牧仁一朗, 雀部矩正, 大山耕平, 光田暁弘, 和田裕文, 魚住孝幸, 三村功次郎, 「X 線分光法でみる $\text{Eu}_2\text{Pt}_6\text{Al}_{15}$ の温度誘起価数転移」第 36 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (立命館大学, 2023 年 1 月 7 日-9 日)
- [40] ◎田中宏明, Telegin Andrei V., Sukhorukov Yurii P., Golyashov Vladimir A., Tereshchenko Oleg E., Lavrov Alexander N., 松田拓也, 松永隆佑, 明石遼介, Lippmaa Mikko, 新井陽介, 室隆桂之, 出田真一郎, 田中清尚, 近藤 猛, 黒田健太, 「SX-ARPES で調べる強磁性スピネル HgCr_2Se_4 の半導体的電子状態」第 36 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (立命館大学, 2023 年 1 月 7 日-9 日)
- [41] 橋本 聡, 松尾光一, 「時間分解真空紫外円二色性分光法による β ラクトグロブリンと生体膜の相互作用研究」第 36 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (立命館大学, 2023 年 1 月 7 日-9 日)
- [42] 西澤 航, 沢田正博, 「h-BN/Ni(111)上に成長させた遷移金属薄膜の構造と界面磁性の研究」第 36 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (立命館大学, 2023 年 1 月 7 日-9 日)
- [43] ◎Takashi Komesu, Shiv Kumar, Amit Jadaun, Yuudai Miyai, Kenya Shimada, Ch. Binek, Peter A. Dowben, 「The spin polarization of palladium on magneto-electric Cr_2O_3 」日本物理学会 2023 年春季大会 (オンライン開催, 2023 年 3 月 22 日-25 日)

- [44] ◎阿部浩子, 有田将司, 宮本幸治, 奥田太一, 高山あかり, 「スピン分解 ARPES による超薄膜 Sb/Bi/Si(111)ヘテロ構造の電子スピン状態」日本物理学会 2023 年春季大会 (オンライン開催, 2023 年 3 月 22 日-25 日)
- [45] ◎小林政弘, 高橋淳一, 藤森 玄, 小林憲正, 太田紘志, 松尾光一, 加藤政博, 中村浩章, 「円偏光ライマン α 照射による有機分子のキラリティの発現」日本物理学会 2023 年春季大会 (オンライン開催, 2023 年 3 月 22 日-25 日)
- [46] 山崎大雅, 岩満一功, 熊添博之, 澤田正博, 原 正大, 赤井一郎, 「金属ニッケル薄膜の X 線吸収及び X 線磁気円二色性スペクトルにおけるベイズ分光」日本物理学会 2023 年春季大会 (オンライン開催, 2023 年 3 月 22 日-25 日)
- [47] S. Ideta, K. Tanaka, T. Yoshida, A. Fujimori, S. Adachi, N. Sasaki, S. Yamaguchi, T. Watanabe, T. Noji, T. Fujii, S. Uchida, S. Ishida, W. O. Wang, B. Moritz, T. P. Devereaux, T. K. Lee, C. Y. Mou, 「不足ドーピング系銅酸化物高温超伝導体 Bi2223 の超伝導ギャップと疑ギャップ」第 10 回高温超伝導フォーラム (オンライン開催, 2023 年 03 月 21 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 | 8 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 | 4 件 |

(国内学会)

- | | |
|-----------------------------|-----|
| ○ 博士課程前期の学生が共同発表者の発表件数 | 4 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 | 3 件 |

シンポジウム・研究会開催実績

- [1] 出田真一郎: The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (2023年3月9日-10日, 参加者総数69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 | 3 件 |
| 外国人留学生受入 (研究指導) | 6 件 |

社会活動・学外委員

(学外の見学・見学・研修受入)

- [1] ナカモト(理学部パンフレット作成・写真), 7 名 (2022 年 4 月 8 日)
- [2] ソルボンヌ大学理工学部, 2 名 (2022 年 5 月 11 日)
- [3] 島根県浜田市立旭中学校, 47 名 (2022 年 7 月 5 日)
- [4] 広島県立広島国泰寺高等学校, 60 名 (2022 年 7 月 12 日)
- [5] 福岡県立新宮高等学校, 18 名 (2022 年 7 月 19 日)
- [6] 北海道大学, 3 名 (2022 年 8 月 1 日)
- [7] オープンキャンパス, 48 名 (2022 年 8 月 18 日)

- [8] 在大阪スイス領事館長, 2名 (2022年8月29日)
- [9] 呉工業高等専門学校, 3名 (2022年8月30日)
- [10] Philipps University of Marburg, 2名 (2022年9月10日)
- [11] 広島大学グローバルサイエンスキャンパス事業, 8名 (内リモート参加4名) (2022年9月11日)
- [12] HIRAKU-Global リトリート研修, 12名 (2022年9月30日)
- [13] WIRMS2022, 15名 (2022年10月9日)
- [14] 文部科学省 科学技術・学術政策局 研究環境課, 4名 (2022年10月12日)
- [15] 広島大学附属福山中学校3年生, 31名 (2022年10月21日)
- [16] 島根県矢上高等学校, 11名 (2022年10月24日)
- [17] 竹原市立吉名学園9年生, 17名 (2022年11月2日)
- [18] 令和4年度理学部・大学院理学研究科公開(ホームカミングデー)(文化週間), 69名 (2022年11月5日)
- [19] 銀河学園中学校, 60名 (2022年11月12日)
- [20] 広島大学・三次市連携協力推進会議, 10名 (2022年11月16日)
- [21] 銀河学園中学3年生, 55名 (2022年11月17日)
- [22] National Synchrotron Radiation Research Center, Taiwan, 2名 (2022年11月26日)
- [23] 体験科学講座, 17名 (2022年11月26日)
- [24] 広島県観光課, 1名 (2022年12月8日)
- [25] 呉工業高等専門学校, 9名 (2022年12月21日)

(学内の見学・研修受入)

- [1] 未来創生科学人材育成センター, 24名 (2022年5月26日)
- [2] 先進理工系科学研究科, 22名 (2022年5月26日)
- [3] 先進理工系科学研究科, 21名 (2022年5月31日)
- [4] 先進理工系科学研究科, 1名 (2022年6月10日)
- [5] 先進理工系科学研究科, 1名 (2022年6月14日)
- [6] 先進理工系科学研究科, 12名 (2022年7月5日)
- [7] 先進理工系科学研究科, 12名 (2022年7月15日)
- [8] 先進理工系科学研究科, 22名 (2022年7月19日)
- [9] 未来創生科学人材育成センター, 12名 (2022年7月28日)
- [10] 先進理工系科学研究科, 21名 (2022年11月22日)
- [11] 未来創生科学人材育成センター, 3名 (2022年11月24日)
- [12] 先進理工系科学研究科, 2名 (2022年12月1日)
- [13] 未来創生科学人材育成センター, 12名 (2023年1月19日)
- [14] 先進理工系科学研究科, 21名 (2023年1月20日)
- [15] 工学部, 1名 (2023年2月7日)

(学協会委員)

- [1] 島田賢也 : 日本放射光学会評議員
- [2] 島田賢也 : Member of international advisory board in “International workshop on strong correlations and angle-resolved photoemission spectroscopy (CORPES)”
- [3] 奥田太一 : 日本表面科学会関西支部幹事

- [4] 奥田太一：日本放射光学会評議委員
- [5] 加藤政博：日本加速器学会評議員
- [6] 加藤政博：日本放射光学会評議員
- [7] 宮本幸治：日本放射光学会編集委員
- [8] 出田真一郎：日本放射光学会編集委員
- [9] 出田真一郎：日本物理学会運営委員
- [10] 松尾光一：Member of editorial board in “Biomedical Spectroscopy and Imaging - IOS Press”
- [11] 松尾光一：Member of international advisory board in “International Conference on Chiroptical Spectroscopy”

- [12] 松尾光一：日本放射光学会プログラム委員
- [13] 松尾光一：日本放射光学会データ構造化委員
- [14] 松尾光一：日本生物物理学会分野別専門委員
- [15] 佐藤 仁：日本放射光学会組織委員
- [16] 佐藤 仁：日本物理学会 Jr.セッション委員
- [17] 佐藤 仁：広島県物理教育研究推進会事務局庶務幹事
- [18] 佐藤 仁：リフレッシュ理科教室実行委員会委員

(外部評価委員等)

- [1] 島田賢也：SPring-8専用施設審査委員会委員
- [2] 島田賢也：高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所放射光共同利用実験審査委員会委員
- [3] 島田賢也：高エネルギー加速器研究機構フォトンファクトリー計画推進委員会
- [4] 奥田太一：SPring-8 / SACLA 成果審査委員会査読者
- [5] 奥田太一：高エネルギー加速器研究機構物質構造研究所放射光利用実験審査委員・分科会委員長
- [6] 奥田太一：日本学術振興会 科学研究費委員会専門委員
- [7] 奥田太一：分子科学研究所・UVSOR 運営委員会委員
- [8] 奥田太一：分子科学研究所・UVSOR 施設利用課題選定に係る審査委員
- [9] 奥田太一：VSX 利用者懇談会幹事
- [10] 加藤政博：高エネルギー加速器研究機構加速器・共通基盤研究施設運営会議委員
- [11] 加藤政博：高エネルギー加速器研究機構 教育研究評議会委員
- [12] 加藤政博：あいちシンクロトロン光センター運営委員会委員
- [13] 加藤政博：京都大学エネルギー理工学研究所ゼロミッションエネルギー研究拠点共同利用・共同研究計画委員
- [14] 佐藤 仁：原子力機構(JAEA)施設利用協議会光科学専門部会/量研(QST)施設共用課題審査委員会 専門委員

(産学官連携実績)

- [1] 奥田太一：(株)日立製作所 共同研究
- [2] 奥田太一：VG シェンタ (株) 共同研究
- [3] 松尾光一：(株)ミルボン 共同研究

国際共同研究・国際会議開催実績

(学術国際交流協定)

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

(国際共同研究)

- [1] 「Band structure engineering of some magnetic topological semimetals」 Jayita Nayak (インド・インド工科大学カンプール校)
- [2] 「The electronic structure investigation of dimensionality driven iridates」 Takashi Komesu (米国・ネブラスカ大学リンカーン校)
- [3] 「Magnons in ultrathin Ni films」 Markus Donath (ドイツ・ミュンスター大学)
- [4] 「Investigation of the spin texture in epitaxially grown Te-based thin film quantum materials」 Friedrich Reinert (ドイツ・ヴェルツブルク大学)
- [5] 「Mapping the temperature dependence of the magnetic gap in a ferromagnetically extended topological insulator: high-resolution ARPES at low temperatures and low photon energies」 Friedrich Reinert (ドイツ・ヴェルツブルク大学)
- [6] 「Study of Fermi surface topology on CoP-Based ThCr₂Si₂ structural compounds ACo₂P₂ (A = Ca, Sr, La, Ce, Pr, Nd, Eu)」 Chang Liu (中国・南方科技大学)
- [7] 「Spin-resolved ARPES study on magnetic topological insulator Mn(Bi_{1-x}Sb_x)₂Te₄」 Chang Liu (中国・南方科技大学)
- [8] 「Co-modulation of Dirac point and gap size in magnetic topological insulators Sn_xMn_{1-x}Sb_yBi_{1-y})₂Te₄」 Chang Liu (中国・南方科技大学)
- [9] 「ARPES study on antiferromagnetic topological semimetal Tb₂CuGe₆」 Cai Liu (中国・南方科技大学)
- [10] 「Laser-based angle-resolved photoemission spectroscopy study on MnBi₁₀Te₁₆」 Cai Liu (中国・南方科技大学)
- [11] 「ARPES Study of a low dimensional chiral Dirac material」 Ke Deng (中国・南方科技大学)
- [12] 「ARPES Study on Antiferromagnetic topological semimetal SmAlSi」 Chaoyu Chen (中国・南方科技大学)
- [13] 「High resolution ARPES study on Si-terminated and Gd-terminated surfaces of GdIr₂Si₂」 Chaoyu Chen (中国・南方科技大学)
- [14] 「Investigating the electronic structure and CDW gap structure of Cs(V_{1-x}Ti_x)₃Sb₅ by ARPES」 Chaoyu Chen (中国・南方科技大学)
- [15] 「Spin-resolved ARPES study on antiferromagnetic topological material CeBi」 Chaoyu Chen (中国・南方科技大学)
- [16] 「Revealing the electronic structure of a metallic magnetic van der Waas compound」 Ke Deng (中国・南方科技大学)

- [17] 「The electronic structure study on an air-stable, high mobility van der Waals material TaCo₂Te₂ by ARPES」 Fayuan Zhang (中国・中国科学院上海マイクロシステム情報技術研究所)
- [18] 「The electronic structure study on MnBi₂Te₄ by laser-based angle-resolved photoemission spectroscopy」 Fayuan Zhang (中国・中国科学院上海マイクロシステム情報技術研究所)
- [19] 「ARPES study on antiferromagnetic topological semimetal Sm₂CuGe₆」 Yognqing Cai (中国・南方科技大学)
- [20] 「A study on the nature of exotic Fermi arc state and magnetic topological states in Rare-earth Monopnictides RX (R = Ce, Nd; X = Sb, Bi) by using spin-resolved ARPES」 Guodong Liu (中国・中国科学院物理研究所)
- [21] 「ARPES study on Co-based magnetic Heusler compound Co₂TX (T=transition metals ; X=Si,Ge,Sn,Al and Ga)」 Hongtao Rong (中国・南方科技大学)
- [22] 「Electronic structure study on Mn-doped (Ge_{1-x}Mn_x)Sb₂Te₄」 Hongtao Rong (中国・南方科技大学)
- [23] 「ARPES study on a novel surface state in obstructed atomic insulators」 Chang Liu (中国・南方科技大学)
- [24] 「Probing the spin structure of antiferromagnetic-induced fermi-arc-like split bands in NdBi」 Chang Liu (中国・南方科技大学)
- [25] 「Uncovering nonsymmorphic symmetry protected hidden spin polarization in inversion-symmetric multiphase superconductor Ce(RhAs)₂」 Zhang Ke (中国・電子科技大学)
- [26] 「Observation of fully spin-polarized Weyl monoloop surface states in rutile-type metal fluorides LiV₂F₆」 Zhang Ke (中国・電子科技大学)
- [27] 「Far UV-CD spectroscopy of protein-nanomaterials interaction」 Martin Andersson (インド・チャルマース工科大学)
- [28] 「ARPES Study on intrinsic magnetic topological insulator CVT-MnBi₂Te₄」 Chaoyu Chen (中国・南方科技大学)

研究助成金等の受入状況

- [1] 島田賢也：基盤研究(C) (研究代表者)「隠れたスピン偏極を持つ低次元電子系の量子多体相互作用の定量解析」総額4,290千円 2022年度 1,430千円
- [2] 奥田太一：基盤研究(A) (研究代表者)「オペランド(外場印加)スピン角度分解光電子分光によるトポロジカル相転移の研究」総額45,890千円 2022年度 4,810千円
- [3] 加藤政博：基盤研究(A) (研究代表者)「放射光の位相構造制御法の開発」総額42,640千円 2022年度 13,260千円
- [4] 加藤政博：挑戦的研究(萌芽) (研究代表者)「広帯域インコヒーレント放射光の可干渉性を利用する革新的光技術の探索」総額6,240千円 2022年度 1,820千円
- [5] 松尾光一：基盤研究(C) (研究代表者)「時間分解真空紫外円二色性法による生体膜と相互作用した蛋白質の構造研究」総額4,160千円 2022年度 1,820千円
- [6] 島田賢也：令和4年度外国人特別研究員 (JSPS サマープログラム) 調査研究費158千円
- [7] 奥田太一：VG (株)「VLEED 型スピン検出器の性能向上のための研究」研究費3,245千円
- [8] 奥田太一：(株) 日立製作所「磁区観察用超低速電子線回折型スピン検出器の開発」研究費474千円
- [9] 松尾光一：(株) ミルボン「毛髪個体切片の円二色性スペクトル測定技術の確立」研究費500千円

2 物理学科

2017年度より、学科名称を「物理科学科」から「物理学科」へ変更した。

2-1 学科の理念と目標

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

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

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

(1) 学士課程

学生の学習到達度や理解度に則した段階的な教育目標。

基礎知識から専門知識の習得を経て，応用・実践能力を培う。

(2) 学部修了時

学生の進路に応じて修得すべき目標。

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

2-2 学科の組織

物理学科の学部教育を担当する教員は，先進理工系科学研究科物理学プログラムの全教員（28名），先進理工系科学研究科量子物質科学プログラムの理学系教員（20名），および放射光科学研究センター（11名），宇宙科学センター（6名），自然科学研究開発支援センター（1名）の教授，准教授，助教から構成される。学部教育を担当する教員数は現状で十分と考えられる。このように2プログラムと3センターが学部教育を担当しており，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ように「教員の理学部（物理学科）併任に関する申合せ」を作成し，人事選考の過程で物理学科教授懇談会の場で候補者の紹介が行われることが慣例となっている。

◎物理学科教員リスト（2022年4月時点）

・物理学プログラム

教授

野中千穂，小嶋康史，志垣賢太，深澤泰司，黒岩芳弘，森吉千佳子，木村昭夫

准教授

両角卓也，石川健一，岡部信広，山口頼人，本間謙輔，高橋弘充，中島伸夫，
黒田健太，関谷徹司，和田真一

助教

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

・放射光科学研究センター（併任）

教授

生天目博文，島田賢也，奥田太一，加藤政博

准教授

佐藤 仁，澤田正博，松尾光一，宮本幸治，出田真一郎

助教

Shiv Kumar, Mohamed Ibrahim

・宇宙科学センター（併任）

教授

川端弘治

准教授

植村 誠，水野恒史

助教

稲見華恵，Singh Avinash, Gangopadhyay Anjasha

・量子物質科学プログラム

教授

嶋原 浩，松村 武，鬼丸孝博，鈴木孝至，野原 実，岡本宏己，栗木雅夫

准教授

田中 新，樋口克彦，多田靖啓，八木隆多，石井 勲，高橋 徹，檜垣浩之

助教

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

Liptak Zachary John

・自然科学研究開発支援センター

准教授

梅尾和則

2-3 学科の学士課程教育

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

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

キュラムの軽微な変更を含む見直しを行っている。

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

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

1. アドミッションポリシー

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

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

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

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

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

2. カリキュラム・ポリシー

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

3. ディプロマ・ポリシー

本プログラムでは、以下の4項目に示す物理における基礎的、専門的な知識・能力・技能を有し、大学院におけるより専門的な教育・研究に必要な能力を身につけ、大学や国公立研究機関の研究者、あるいは企業の技術職や専門職等で活躍することのできる人材の育成のため、

教育課程の定める基準となる単位数を修得した学生に「学士（理学）」の学位を授与します。

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

学科授業担当

2022年度前期授業担当		
1年次		
火	物理数学A	中島
	教養ゼミ	深澤, 生天目, 木村, 岡本, 鈴木, 志垣
木	力学A	野中
金	物理学演習	水野, 本間, 栗木
	教養ゼミ	深澤, 生天目, 木村, 岡本, 鈴木, 志垣
	力学A	野中
2年次		
火	物理数学C	石川
	電磁気学I	栗木
水	熱力学	松村
	物理学英語	稲見, Liptak, Gangopadhyay, Singh
木	解析力学	野原
	電磁気学演習	関谷, 加藤, 高橋(弘), 黒田
金	物理学特別講義 (Pythonプログラミング)	岡部
3年次		
火	物理学特別講義 (物理数学E(群論))	両角, 田中, 清水
	物理学実験I	和田 他
水	統計力学I	嶋原
	応用電磁力学	岡本
	量子力学演習	佐藤, 宮本, 志村
木	固体の構造と物性	森吉
	原子核素粒子物理学	志垣
金	量子力学II	樋口
	相対性理論	小鷲
	物理学実験I	和田 他
4年次		
水	物理学特別講義 (素粒子ハドロ物理学)	野中
木	固体物理学II	鬼丸
金	相対論的量子力学	両角

2022年度後期授業担当		
1年次		
木	力学B	檜垣
	物理学序論	檜垣
金	力学演習	奥田, 山口, 木坂
	物理数学B	多田
2年次		
月	先端物理学	松村 他
火	物理学数値計算法	三好
	物理学特別講義 (エレクトロニクス)	飯沼
	先端物理学	松村 他
	物理数学D	岡部
水	電磁気学II	鬼丸
	電磁・量力演習	島田, 松尾, 出田
木	量子力学I	石川
金	物理学特別講義 (エレクトロニクス)	飯沼
	物理学実験法	梅尾
3年次		
火	分子物理学	関谷
	物理学実験II	和田 他
水	統計力学II	嶋原
	物理学特別講義 (粒子実験物理学)	山口
	宇宙天体物理学	深澤
木	統計力学演習	澤田, 田中, 八木
	固体物理学I	木村
	連続体力学	鈴木
金	量子力学III	田中
	物理学実験II	和田 他

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

に関する情報開示が挙げられる。

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

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

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

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

2-3-3 学士課程教育の成果とその検証

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

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

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

2022年度入学生

	定員	志願者	入学者
AOI型	10	14	5
前期日程	36	71	44
後期日程	20	137	17
計	66	222	66

チューター

入学年度	チューター			
2022	樋口	野原	本間	関谷
2021	栗木	石井	和田	森吉
2020	檜垣	深澤	鈴木	黒岩
2019	志垣	石川	中島	岡本
2018	鬼丸	八木	田中	両角
2017	嶋原	関谷	高橋	木村

2-3-4 卒業論文発表実績

卒業研究の成果は、卒業論文としてまとめられるとともに、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。2022年度の発表会では卒業生を3グループに分割し、3セッションで実施した。この卒業論文と発表に対する主査1名と副査1名による評価に基づき、学科教員会において卒業研究の単位を認定する。また卒業論文発表に関する優秀賞（4～7名）を全教員の投票によって選考している。受賞者は学科別卒業証書授与式で表彰され、受賞者の氏名は学科ホームページと次年度以降の卒業論文要旨集に記録される。過去5年間の卒業論文発表実績を下表に示す。

年度	発表者数	優秀賞受賞	卒業学生数	大学院進学
2022	66	5	67	56
2021	62	5	62	54
2020	74	5	71	47
2019	57	5	58	43
2018	64	5	65	46
2017	63	7	64	48

2022年度の卒業論文発表会は、2023年2月15日（水）に3つのグループで時間帯を分け、ショートオーラル（E104）、ポスター発表（大会議室E203）にて開催した。

以下に、卒業論文発表題目を掲載する。

2022年度 理学部・物理学科 卒業論文発表会

2023年2月15日 (水)

場所：E104 ショートオーラル

E203 ポスター発表

	氏名	論文題目	指導教員	主査	副査
1	古堅基史	光子・電子の弁別を目的としたシンチレーション検出器の信号解析	高橋 (徹)	高橋 (徹)	高橋 (弘)
2	松本峻平	層状希土類テルル化合物の電荷密度波	野原	野原	梅尾
3	中島 大	近藤効果について	田中	田中	生天目
4	鈴木龍之介	チャーン絶縁体における量子ホール効果とエッジ状態	多田	多田	木村
5	金川侑司	E×Bドリフトを用いた低エネルギービーム引き出し	檜垣	檜垣	三好
6	新竹悠旗	グロス・ピタエフスキー方程式によるボース・アインシュタイン凝縮体の数値解析	樋口	樋口	野中
7	村岡俊一郎	高強度磁場による仮想光子由来 μ 粒子対偏向の検出可能性に対する模擬計算を用いた評価	志垣	志垣	檜垣
8	大山慶悟	Constraints on mass-dependent intrinsic scatter in scaling relations	岡部	岡部	両角
9	高佐永遠	レーザースピン分解光電子分光法を用いたトポロジカル絶縁体 Bi_2Te_3 による光電子スピン干渉の研究	黒田	黒田	野原
10	永田祐万	強誘電体ビスマスアルミネート準安定相の結晶構造解析	黒岩	黒岩	仁王頭
11	長瀬雄太郎	SrNi_2P_2 の結晶中における P_2 分子形成を伴う構造相転移：その制御と量子物性の探索	野原	野原	黒田
12	片山 颯	ベイジアン解析の高エネルギー原子核衝突実験への適用	野中	野中	山口
13	大西祐輝	単層系銅酸化物高温超伝導体のARPESスペクトルの重みと超伝導転移温度の関係	出田	出田	野原
14	沈 滋利	h-BN/Ni(111)単層膜上におけるCrおよびMn超薄膜の成長過程	澤田	澤田	吉田
15	牧島滉平	希土類含有層状複水酸化物の発光特性を支配する結晶構造の特徴	森吉	森吉	宮本
16	児玉愛梨	準平行系光子衝突による暗黒物質探索へ向けた原子起因背景光出射角測定系の設計と実装	本間	本間	稲見
17	比嘉凱亜	境界条件とゲージ対称性の破れについて	野中	野中	嶋原
18	富田光太郎	重い電子系磁気冷凍材料 YbCu_4Ni の大型化による性能向上	鬼丸	志村	島田
19	伊達義将	$\text{Dy}_2\text{Fe}_{17}$ と $\text{Ho}_2\text{Fe}_{17}$ の高圧下の水素誘起磁気転移	中島	石松	佐藤
20	浦田 岬	XRISM衛星による楕円銀河データ解析手法の確立	深澤	深澤	木坂

21	山上浩輝	光子の直進性の破れの検証のための不確定性 限界を超える量子操作	高橋 (徹)	飯沼	石川
22	吉岡郭斗	ビフェニル単分子膜における超高速電荷移動 のねじれ角依存性	和田	仁王頭	八木
23	池田 仁	Fermion超流体に対する密度汎関数理論	樋口	樋口	石川
24	額賀圭平	人工積層グラフェンを用いたバレー自由度制 御の研究	八木	八木	澤田
25	林 高輔	真空紫外円二色性を用いたG3LEA細胞保護メ カニズムについての研究～スピンコート法に よるタンパク質固体試料の作成と評価～	松尾	松尾	和田
26	WEHMEYER JONNA MARIE	完全二流体プラズマモデルに対する離散的ガ ウスの法則を満たす数値解法の開発	志垣	三好	岡本
27	栴山理玖	相対論的電磁流体モデルによる高エネルギー重 イオン衝突実験の解析	野中	野中	本間
28	福田竜也	干渉縞の測定による光路の揺らぎの推定	高橋 (徹)	飯沼	野中
29	折見智治	ニュートリノの振動確率とフレーバーチャー ジの関係	両角	両角	志垣
30	小林丈起	MeVガンマ線観測用ガスアルゴン検出器の立 ち上げ	深澤	深澤	八野
31	中島隆真	ラマン散乱を用いたCeCoSiの構造相転移の研 究	松村	松村	黒岩
32	上條 快	逆モンテカルロ法によるチタン酸ストロンチ ウムの局所構造解析	中島	中島	Kim
33	栗田峻輔	高位置分解能シリコン光センサーを用いたリ ングイメージ型チェレンコフ検出器による GeV領域 μ 粒子同定の実現可能性評価	志垣	八野	深澤
34	鈴木彩夏	次世代MeVガンマ線衛星に向けた新型ピクセ ル検出器AstroPixの基礎特性評価	深澤	須田	飯沼
35	森田雄晴	軟 X 線角度分解光電子分光を用いた空間反転 対称性の破れた磁性 Weyl 半金属の研究	黒田	黒田	奥田
36	國友香里	マルチスピン検出ターゲットの開発へ向けた 酸素吸着FeCo薄膜の垂直磁気異方性の研究	奥田	奥田	石井
37	渡崎竜次	量子ホールバルク物質 CaCu_4As_2 における放 射光角度分解光電子分光を用いた電子状態の 研究	黒田	黒田	石松
38	杉本光昌	負の熱膨張を示す $\text{SrCu}_3\text{Fe}_4\text{O}_{12}$ のX線発光分光	佐藤	佐藤	志村
39	本山 建	高分解能NMRを用いたビタミン-シクロデキス トリン包接体の構造研究	関谷	吉田	松尾
40	山田蓮斗	ALICE実験Run 3におけるハイペロン同定能の シミュレーションによる評価	山口	山口	高橋 (徹)

41	山田実桜	温めると縮むFe ₇₂ Pt ₂₈ 不規則合金の局所構造解析	中島	石松	鈴木
42	宮丸嵩史	μeV広質量域アクシオンの粒子探索へ向けた円偏光二波長マイクロ波集光衝突系の設計	本間	本間	水野
43	秋田康輔	放射減衰を考慮した強電磁場中でのプラズマの運動	岡部	木坂	栗木
44	磯部健太郎	ハニカム格子磁性体NdPt ₆ Al ₃ における弾性ソフト化と三方晶結晶場効果	石井	石井	森吉
45	前田陽紀	高耐久カソード実現のためのCsKSb薄膜によるGaAsのNEA活性化研究	栗木	栗木	植村
46	村本凌晟	YbTrGe(Tr = Ni, Ir)の二段反強磁性秩序に対する圧力効果	梅尾	梅尾	黒岩
47	佐伯聖真	プラズマ粒子シミュレーションによるパルサー磁気圏の研究	岡部	木坂	川端
48	藤田陽大	磁化測定によるCeTeの逐次転移の観測	松村	松村	中島
49	齋藤奨太	キラル磁性体DyNi ₃ Al ₉ とShastry-Sutherland格子磁性体ErB ₄ における電気四極子相互作用と巨大弾性ソフト化	石井	石井	佐藤
50	白川皓介	放射光X線回折によるチタン酸バリウム八面体結晶のマルチスケール構造可視化技術の開発	黒岩	黒岩	鬼丸
51	黒口俊平	クライストロンの応答を考慮した進行波加速管における電圧の時間変化と振幅変調によるビームローディング補償	栗木	栗木	須田
52	上田彪雅	グラフェンにおける有効磁場の研究	八木	八木	田中
53	足立大輔	かなた望遠鏡におけるGRB可視光近赤外線同時偏光観測の自動化システム導入と評価	深澤	川端	Liptak
54	浅井佑哉	単一電子からの放射光の観測	加藤	加藤	松村
55	板谷さくら	A review of chiral phase transition in the 1+1 dimensional Gross-Neveu model	石川	石川	多田
56	白井宏尚	Ybジグザグ鎖をもつYbCuS ₂ の相転移に対するLu, Se置換効果	鬼丸	鬼丸	森吉
57	山田純那	金表面に吸着した有機単分子膜の仕事関数の決定	和田	和田	出田
58	幸野友哉	かなた望遠鏡における自動分光観測システムの性能評価	深澤	植村	伊藤
59	横山貴之	Haldane相の対称性に基づく解析	多田	多田	清水
60	深田 静	極大後に急な減光を示した超新星SN2021uktの可視近赤外観測に基づいた研究	深澤	川端	岡部
61	菱沼竜也	水中レーザーアブレーション法を用いたNi-Ag合金ナノ粒子の合成の試み	和田	和田	中島
62	芳賀達樹	麹菌株 Gad 7 由来の菌体外多糖類の構造と物理化学的性質	松尾	松尾	関谷

63	加國龍雅	ネットワーク理論のサッカーにおけるゲーム分析への応用	多田	多田	岡部
64	加藤公泰	ラティス不整合を有する大強度ハドロンビームの安定性について	岡本	岡本	加藤
65	有賀資起	急冷処理がビスマス系ペロブスカイト型強誘電体の結晶構造と誘電特性に及ぼす影響	黒岩	Kim	比嘉
66	東家 聖	相対論的弦の古典論と量子化	野中	野中	樋口

物理学科就職情報

進 学：広島大学大学院博士課程前期 42名，東京工業大学 4名，東北大学 3名，東京大学 2名，総合研究大学院大学 2名，京都大学 1名，大阪大学 1名，筑波大学 1名

企 業：(株) 三平興業 1名，ダイキン工業 (株) 1名，因幡電機産業 (株) 1名，(株) アドバンテッジリスクマネジメント 1名，(株) オービック 1名，(株) ディー・エヌ・エー 1名，(株) ワールドインテック 1名，三菱自動車興業 (株) 1名，(有) 遊宝洞 1名

その他：国土交通省関東地方整備局 1名，厚生労働省広島労働局 1名

学生の表彰

広島大学 理学部長表彰者：2名