

令和六年度（2024年度）

年 次 報 告 書

大阪大学大学院理学研究科物理学専攻

Department of Physics, Graduate School of Science
Osaka University

はじめに

この年次報告書は、大阪大学大学院理学研究科・物理学専攻の2024年度(2024年4月～2025年3月)の教育・研究・社会貢献などの活動とその成果をまとめたものです。その目的は、学内外への情報発信と私たち自身の自己評価に資することです。

物理学専攻の基幹講座には、大きく分けて、素粒子・原子核理論、素粒子・原子核実験、物性理論、物性実験、それに学際物理学の合計5つの研究グループ(大講座)があります。これらの基幹講座の各研究グループは、豊中キャンパスに活動の拠点を置き、教員と博士研究員、大学院生などにより研究・教育を推進しています。

研究面について、物理学専攻の基幹講座のメンバーは、物理学専攻の協力講座や専攻外の学内の研究室、さらには日本国内の大学や研究機関と連携・協力しています。また、米国、欧州、アジアなどの海外の大学や研究機関とも広く共同研究を行い、世界をリードする多くの優れた研究成果をあげています。

教育においては、毎年多くの優秀な学生や若手研究者を育成し、社会に送り出しています。近年の世界のグローバルな動きの中で、日本においても博士人材の重要性がアカデミックな世界だけでなく一般社会でも急速に高まりつつあることを受け止め、物理学専攻に課せられた人材育成の役割を真摯に果たしていきます。物理学専攻は博士課程教育リーディングプログラム「インタラクティブ物質科学カデットプログラム」、卓越大学院プログラム「先導的量子ビーム応用卓越大学院プログラム」、理工情報系オーナー大学院プログラム、理学研究科の高度博士人材養成プログラムに参画しており、これまでの博士課程の教育から一層進化した人材育成の模索を続けております。さらに、海外から大学院留学生を受け入れ、英語による講義を行う International Physics Course (IPC) を設置し、国際化を積極的に推進しています。また、高校での出前講義や一般市民の方々への講演活動などのアウトリーチ活動などを通じた社会貢献も進めております。

過去数年間、新型コロナウイルス感染症によるパンデミックの影響下での研究、教育、社会貢献活動が続きましたが、2024年の状況は大きく改善されました。その一方で、政府主導の大学改革が予想外のスピードで進められており、物理学専攻としましてもその対応は必須となります。近年も、教員の定年退職や准教授・助教の転出もあって、新たに多くの教員の方が着任、昇任されました。このように物理学専攻は目まぐるしく大きな変化を経験しつつも、世界の物理学研究における物理学専攻のプレゼンスを保つため、これからも努力を続けていきます。この年次報告書の基礎データを、専攻の進むべき道を探るための一助とし、物理学分野の発展、社会の発展に貢献するよう努めてまいります。

この年次報告の中で人名の肩に付けた記号の説明

s = 教員、特任教員、特任研究員

i = 招へい教員、招へい研究員

PD = 日本学術振興会特別研究員 (PD)

DC = 日本学術振興会特別研究員 (DC1、DC2)

d = 博士後期課程学生

m = 博士前期課程（修士課程）学生

b = 学部学生

*=国際会議講演，学会講演等において実際に登壇した人

目次

第1章 各研究グループの研究活動報告	1
1.1 青木グループ	1
1.2 川畑グループ	9
1.3 南條グループ	40
1.4 工藤グループ	49
1.5 新見グループ	53
1.6 豊田グループ	60
1.7 花咲グループ	66
1.8 松野グループ	72
1.9 素粒子理論グループ	76
1.10 原子核理論グループ	90
1.11 強相関電子論グループ	96
1.12 黒木グループ	97
1.13 越野グループ	109
1.14 凝縮系量子計算グループ	116
第2章 受賞と知的財産	120
第3章 学位論文	123
3.1 修士論文	123
3.2 博士論文	127
第4章 教育活動	130
4.1 大学院授業担当一覧	130
4.2 学部授業担当一覧	143
4.3 共通教育授業担当一覧	146
4.4 物理学セミナー	150
第5章 物理談話会	151
第6章 学生の進路状況など	152
6.1 学部卒業生の進路	152
6.2 博士前期課程修了者の進路	153
6.3 International Physics Course (IPC) 前期課程修了者の進路	154
6.4 博士後期課程修了者の進路	154

6.5	International Physics Course (IPC) 後期課程修了者の進路	155
6.6	学生のインターンシップ参加	155
第 7 章	博士課程教育リーディングプログラム「インタラクティブ物質科学・カデットプログラム」	156
7.1	プログラムの目的	156
7.2	プログラムの概要・特徴	156
7.3	令和 6 年度の活動	157
第 8 章	理数オーナープログラム	160
8.1	令和 6 年度活動概観	160
8.2	オーナーセミナー	161
8.3	自主研究と発表会	162
8.4	大学院科目等履修生, リーディング大学院生との関係	163
8.5	オーナープログラム参加者の活動記録	164
第 9 章	国際化推進事業	166
9.1	International Physics Course (IPC)	166
第 10 章	大学院等高度副プログラム	168
10.1	プログラムの目的	168
10.2	基礎理学計測学	168
第 11 章	国際交流活動	170
11.1	目的	170
11.2	活動の内容	170
11.3	海外から阪大への来訪者	170
11.4	海外研究機関との交流	171
11.5	海外研究機関および阪大における海外拠点との国際会議・シンポジウム・集中講義	171
11.6	部局間学術交流協定	172
11.7	その他	173
第 12 章	湯川記念室	175
12.1	令和 6 年度活動概観	175
12.2	湯川記念講演会	175
12.3	南部コロキウムの共催	176
12.4	SAP の後援	176
12.5	H722 南部陽一郎記念室の環境整備	177

第 13 章 社会活動	178
13.1 物理学科出張講義の記録	178
13.2 最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2024	181
13.3 「いちよう祭」「まちかね祭」などにおける施設の一般公開	184
第 14 章 大阪大学オープンキャンパス (理学部)	185
第 15 章 令和六年度の年間活動カレンダー	186
第 16 章 物理学専攻における役割分担	187
第 17 章 グループ構成 (令和六年度)	190

第1章 各研究グループの研究活動報告

1.1 青木グループ

物質優勢宇宙の謎や軽いニュートリノ質量、暗黒物質、暗黒エネルギーなど、素粒子の標準理論だけでは適切に説明できない事柄が存在する。これらの謎は、素粒子の標準理論を超えた「新物理」によって説明できるはずである。本グループでは、量子効果を通して発生する稀な現象に着目し、これを実験的に研究することによって新物理に迫ろうとしている。

令和六年度の研究活動概要

ミュー粒子・電子転換過程 ($\mu^- + N \rightarrow e^- + N$) は、荷電レプトン・フレーバー保存則を破るため標準理論では強く抑制されており、この過程が発見されれば宇宙・素粒子研究に大きなブレークスルーを起こすと期待される。理論的にも、標準理論を超えた様々な新しい物理モデルではその存在が自然であると考えられている。これまでに実施された過去の実験から与えられている分岐比の上限値は、金を標的とした 7×10^{-13} (90% C.L.) (SINDRUM II) やチタンを標的とした 4.6×10^{-12} (90% C.L.) (TRIUMF)、 4.3×10^{-12} (90% C.L.) (SINDRUM II) である。

COMET COMET 実験は、茨城県東海村にある大強度陽子加速器施設 (J-PARC) の主リングで生成する大強度パルス陽子ビームを用いて、Phase-I で 3×10^{-15} 、Phase-II で 3×10^{-17} の実験感度 (Single Event Sensitivity) でミュー粒子・電子転換過程 ($\mu^- + N \rightarrow e^- + N$) を探索する実験計画である。Phase-I は、90 度のミュー粒子輸送湾曲ソレノイドの下流に検出器ソレノイド超伝導電磁石 (DS) を設置し、その内部にミュー粒子静止標的と円筒型ドリフトチェンバー (CDC)、トリガーホドスコープ (CTH) を実装し、運動量 105 MeV/c の転換電子を探索する (図 1.1)。

COMET 実験は世界 17 カ国 40 機関 200 名余りの研究者で構成される国際共同実験である。青木グループは、タイムリーな物理測定開始を目指して、検出器ソレノイド超伝導電磁石システムの製造ならびに物理測定器やデータ収集システムの構築、調整、性能試験など、COMET Phase-I の中核メンバーとして大きく貢献している。

本年度は、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) と協力して、DS、および DS 鉄ヨークの加工、組み立てを行い、励磁試験まで進めた。また、励磁試験時には内部の磁場測定を行い、健全性の確認まで行った [青木、永井、高見]。さらに、超伝導検出器ソレノイド電磁石システムを COMET 実験ホールに実装する手順のより具体的な設計も行った [青木、永井]。

データ解析やモンテカルロシミュレーションを効率的に行うために、ソフトウェアフレームワーク ICEDUST の開発を行っている。昨年度から引き続き、CDC とその信号読み出し回路の挙動も含めた応答関数の実装を進めた。実機 CDC を利用した宇宙線試験で得られた信号情報や、読み出し回路の詳細パラメータの再調査を行うことにより、信号波形パラメータの最適化を行った。さらに宇宙線飛跡の再構成アルゴリズムの構築等も進めた [Sun、上野、青木、佐藤]。また、ICEDUST において、DS の磁場の調整や陽子ビーム標的や遮蔽体の最適化を行い、検出器領域におけるヒットレートや放射線レベルの詳細調査を進めた [宮滝、上野]。

CDC は本研究室が主担当である。現在運用を行っている実機に対し、本実験に向けたさらなる安定運用のための準備、ガスシステム改良設計等を行った。さらに、本実験のために DS 内にインストールする必要があるが、そこで必要となるサポート治具等の設計や、実装手順の詳細設計も進めた [永井、青木、上野、佐藤]。また、本実験が近づいていることを踏まえ、検出器読み出し回路の詳細評価、およびその健全性の再確認を行い、さらに読み出し回路搭載 FPGA のファームウェアやトリガー通信用インターフェースボードの改良を進めた [上田、山田、上野]。

CTH は英国・インペリアルカレッジロンドン、オーストラリア・モナシュ大学、九州大学と共同で開発を進めている [佐々木、住村、上野]。CTH の粒子検出部であるプラスチックシンチレータの品質管理、および実機モジュールの組み上げを進めた。さらに本実験のためのインストールや運用のことを踏まえ、検出部と光読み出し部の接続方法についての最適化調査を行った [住村、上野]。CTH のシンチレータからの光読み出しとして SiPM を用いるが、高い放射線照射環境の下で動作させる必要がある。SiPM の冷却を行うことで COMET Phase-I での CTH 読み出しデバイスとして使用できることが見出されており、冷却システムの開発を進めていた。今年度は、昨年度製作した試作機からのフィードバックを受け、実機に向けた新たな試作機製作を行い、冷却性能評価まで進めた。目標性能に近い-36 度程度まで達成できることを確認しており、さらなる改良を予定している [佐々木、上野]。

また、CTH と CDC からトリガー信号を処理するトリガー回路の実機への組み込みを進め、完成させた (図 1.2) [山田、上田、宮滝、上野]。さらに、実機に回路を全数接続した

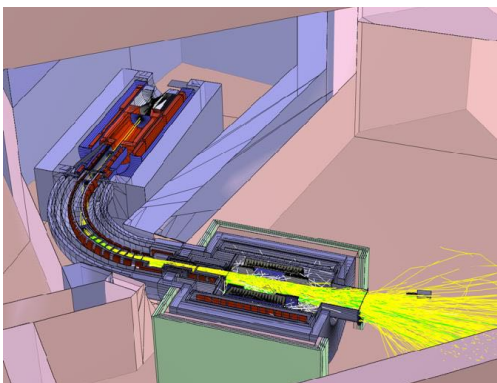


図 1.1: COMET Phase-I 実験

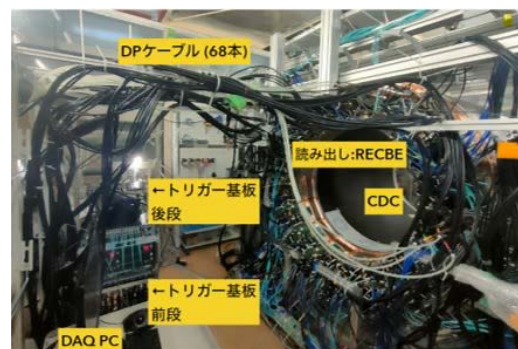


図 1.2: 全トリガー回路を CDC に実装した様子

状態で通信安定性試験を実施し、問題点の洗い出しと解決を図り、目標安定性を達成することができた [山田、上野]。並行して、深層ニューラルネットワーク (NN) を用いた高度なトリガー判断を実行するロジックを開発を進めており、より実機に近い状況を再現するためモンテカルロシミュレーションにより背景事象の見積もりを行った。それをもとに NN の最適化を行い、実際のトリガー回路に実装した試験を進めた [宮滝、上野]。

COMET Phase-I 実験は使用するビーム診断も実施予定である。そのための検出器 (ストロートラッカー) の建設を昨年度より引き続き進め、さらにその信号の読み出し、処理を行う回路の最終評価を進めているところである [上野]。

本実験に向け、実際の実験環境における放射線レベルの調査や実験環境そのものの温度等の情報をモニタするシステムの開発も重要である。放射線レベルの調査については、これまでにモンテカルロシミュレーションや実際の電子回路の放射線耐性試験等により進めてきたが、最近、特に熱中性子による電子回路への影響の可能性が他実験により報告されており、独自の調査を開始したところである [山田、上田、上野]。実験環境のモニタシステムについては昨年度より引き続き開発を進め、汎用のセンサー・コントロール基板の開発、試験を行った。また、このシステムによるデータの取り扱いに関し、KEK と共同でデータベース化、フレームワークへの実装も進めた [蔭山、上野]。

DeeMe DeeMe は、J-PARC RCS からの 3 GeV パルス陽子ビームを用いて、一次陽子標的 (炭素) 中に生成されるミュオニック炭素原子を利用してミュオン粒子・電子転換過程を探索する実験である。DeeMe は大阪公立大学や KEK との共同実験である。2023 年度 4-6 月に、J-PARC MLF H ラインで、2022 年度と比べて約 10 倍ほどの強度でのビーム試験を行った。この試験では、負電荷高運動量設定における DeeMe 検出器システムの総合性能試験及びデータ収集、シンチレーションカウンターを用いたバックグラウンド調査などを実施した。データ解析及びシミュレーションを進めており、DeeMe 検出器の筐体にあたるミュオンが遅延タイミングにヒットを生成してしまうことがアクシデンタルな飛跡再構成の原因になりうることを発見した。現在、このミュオンを減らすため対策の検討を進めている [東野、青木]。

MuSIC およびミュオン粒子応用研究 大強度ミュオン粒子源 MuSIC の超伝導ソレノイド捕獲の再稼働に成功し、ビーム調整を開始した。ドリフトチェンバーを用いたミュオン分析イメージング法の開発を進めており、スイス PSI 研究所においてミュオン X 線分析によるリチウム元素の 2 次元分布測定に成功、 μ SR 測定イメージングシステムにおいてもカナダ TRIUMF 研究所で物質内部磁性情報の 2 次元分布測定に成功した。また、九州大学や京都大学のグループと協力して、宇宙線ミュオンによる半導体ソフトエラーの影響を研究しており、正負電荷を区別した低エネルギー宇宙線のフラックス測定を進めた [佐藤]。

学術雑誌に出版された論文

Development of a Measuring Method of Cosmic-Ray Muon Momentum Distribution Using Drift Chambers

Naoto Nakagami, Akira Sato^s, *et al.*
J. Radiat. Prot. Res (Apr.) (2024)
(<http://doi.org/10.14407/jrpr.2023.00423>).

Development of non-destructive isotope measurement of the natural galena (PbS) using negative muon beams

K. Terada, A. Sato^s, *et al.*
J Anal Sci Technol **15** (May) (2024) 28
(<http://doi.org/10.1186/s40543-024-00440-6>).

Transverse emittance reduction in muon beams by ionization cooling

M. Bogomilov, A. Sato^s, *et al.*, The MICE Collaboration
Nat. Phys. **20** (Jul.) (2024) 1558–1563
(<http://doi.org/10.1038/s41567-024-02547-4>).

Particle identification using plastic scintillators in the COMET Phase-I experiment

Yuki Fujii, Ryoka Sasaki^m, Kazuki Ueno^s, *et al.*
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A **1067** (Oct.) (2024) 169665
(<http://doi.org/10.1016/j.nima.2024.169665>).

Design and construction of the cylindrical drift chamber for the COMET Phase-I experiment

Akira Sato^s, *et al.*
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A **1069** (Dec.) (2024) 169926
(<http://doi.org/10.1016/j.nima.2024.169926>).

Overcoming the probing-depth dilemma in spectroscopic analyses of batteries with muon-induced X-ray emission (MIXE)

Edouard Qu é rel, Akira Sato^s, *et al.*
J. Mater. Chem. A **13** (3, Dec.) (2025) 2275–2284
(<http://doi.org/10.1039/d4ta05112b>).

A Hybrid Scrubber Based on the SEM and the PicoBlaze for Artix-7 FPGAs in the COMET Read-out Electronics

Eitaro Hamada, Kazuki Ueno^s, *et al.*
IEEE Transactions on Nuclear Science **72** (3, Mar.) (2025) 240
(<http://doi.org/10.1109/TNS.2024.3510758>).

Optical photon-counting observation of the Crab pulsar with the Kanata telescope using a prototype IMONY

Takeshi Nakamori, Kazuki Ueno^s, *et al.*

Publications of the Astronomical Society of Japan (Mar.) (2025) psaf009

(<http://doi.org/10.1093/pasj/psaf009>).

国際会議報告等**Development of Japanese-style cosmic-ray muon detector for outreach and education**

Kazuki Ueno^{s*}, *et al.*

Proceedings of Science 444 (2024) 1623.

The Astroparticle Physics Conference (ICRC2023) (at Nagoya, July 26-Aug. 3, 2023, 参加者数約 500 名), Japan.

国際会議における講演等**Thermal neutron induces Single-Event Upsets in the FPGA used in particle physics experiments**

Chihiro Yamada^{m*}

24th IEEE Real Time Conference (at Quy Nhon, Apr. 22-26, 2024, 参加者数約 200 名)

Development of Radiation-tolerant Slow-Control Board based on Atom Switch-based FPGA

Kazuki Ueno^{s*}

24th IEEE Real Time Conference (at Quy Nhon, Apr. 22-26, 2024, 参加者数約 200 名)

Low energy intense muons for future muon programs

Akira Sato^{s*}

2024 Workshop on Fixed Field Alternating Gradient Accelerators(at Osaka, Japan, Sep. 3-6, 2024, 参加者数約 40 名)

Performance test towards the construction of Cylindrical Trigger Hodoscope in COMET Phase-I

Ryoka Sasaki^{m*}

The 4th J-PARC symposium (at Ibaraki, Oct. 14-17, 2024, 参加者数約 200 名)

CyDet Trigger System for COMET Phase-IChihiro Yamada^{m*}

The 4th J-PARC symposium (at Ibaraki, Oct. 14-17, 2024, 参加者数約 200 名)

Status of the COMET Cylindrical Drift Chamber at J-PARCRyo Nagai^{s*}

The 4th J-PARC symposium (at Ibaraki, Oct. 14-17, 2024, 参加者数約 200 名)

Neural network-based event selection on FPGA for COMET Phase-IMasaki Miyataki^{d*}

IEEE Edge Computing Workshop (at Florida, Oct. 27, 2024, 参加者数約 30 名)

Neural network-based event selection on FPGA for COMET Phase-IMasaki Miyataki^{d*}

2024 IEEE Nuclear Science Symposium, Medical Imaging Conference, and Room Temperature Semiconductor Detectors Symposium (at Florida, Oct. 26 - Nov. 2, 2024, 参加者数約 2000 名)

RCNP-MuSIC: DC muon facility in JapanAkira Sato^{s*} (invited)

Cyprus Meets Japan(at Cyl, Cyprus, Nov. 25-27, 2024, 参加者数約 50 名)

Principles of Muonic X-ray analysis; MIXE: Muon Induced X-ray EmissionAkira Sato^{s*} (invited)

The 8th Neutron and Muon School(at Tokai, Japan, Dec. 8-13, 2024, 参加者数約 50 名)

RCNP-MuSIC: DC muon facility in JapanAkira Sato^{s*} (invited)

2nd Workshop on Muon Science Technology and Industry(at CSNS, China, Jan. 9-12, 2025, 参加者約 100 名)

An Experiment to Search for Muon-to-Electron Conversion at J-PARCMasaharu Aoki^{s*} (invited)

Osaka-Hamburg Symposium on Quantum Science 2025, (at Hamburg, Germany, Feb. 18-19, 2025, 参加者約 30 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演**COMET 実験で用いるトリガー検出器開発に向けた最終性能評価**佐々木 涼花^{m*}, 上野 一樹^s, 住村 明紀^m, 他

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

COMET Phase-I のための FPGA 上のニューラルネットワークによる事象選別の開発宮滝 雅己^{d*}, 上野 一樹^s, 山田 千尋^m, 上田 隼也^m, 他

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

COMET Phase-I に向けた CDC トリガーシステムの通信安定性試験山田 千尋^{m*}, 上野 一樹^s, 宮滝 雅己^d, 上田 隼也^m, 他

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

 μ -e 転換過程探索実験 DeeMe におけるアクシデンタルトラック削減東野 祐太^{d*}, 青木 正治^s, 他

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

Realistic Detector Response of Cylindrical Drift Chamber in COMET Phase-ISun Siyuan^{d*}, Masaharu Aoki^s, Kazuki Ueno^s, Akira Sato^s, *et al.*

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

COMET Phase- α のためのレンジカウンターの性能評価上田 隼也^{m*}, 青木 正治^s, 上野 一樹^s, 他

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

COMET Phase-I CyDet のための Slow Control System の開発状況 (2)蔭山 裕士^{m*}, 青木 正治^s, 上野 一樹^s, 佐藤 朗^s, 他

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

Neural network based event selection on FPGA for COMET Phase-I宮滝 雅己^{d*}

計測システム研究会 2024@東大 (於 東京大学、2024 年 11 月 18 日 – 11 月 19 日)

COMET-Phase α におけるレンジカウンターの性能評価上田 隼也^{m*}

第 31 回 ICEPP シンポジウム (於 志賀レークホテル、2025 年 2 月 16 日 – 2 月 19 日)

COMET 実験に用いる検出器ソレノイドの磁場測定および健全性確認高見 翔太^{m*}, 青木 正治^s, 永井 遼^s, 他

日本物理学会 2025 年春季大会 (於 オンライン、2025 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

J-PARC MLF H ラインにおける μ -e 転換過程探索実験 DeeMe におけるアクシデンタルヒットの調査

東野 祐太^{d*}, 青木 正治^s, 他

日本物理学会 2025 年春季大会 (於 オンライン、2025 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

ミューオン X 線による 電池内元素およびその化学状態 オペランド分析法の開発

佐藤 朗^{s*}, 他

日本物理学会 2025 年春季大会 (於 オンライン、2025 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

COMET Phase-I に向けた CDC トリガーシステムの CDC 実機を用いた動作試験

山田 千尋^{m*}, 上野 一樹^s, 宮滝 雅己^d, 上田 隼也^m, 他

日本物理学会 2025 年春季大会 (於 オンライン、2025 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

COMET Phase-I に向けた読み出し系インターフェイス基板の改良と動作試験

上田 隼也^{m*}, 上野 一樹^s, 山田 千尋^m, 他

日本物理学会 2025 年春季大会 (於 オンライン、2025 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

COMET Phase-I CyDet のための Slow Control System の開発状況 (3)

蔭山 裕士^{m*}, 青木 正治^s, 上野 一樹^s, 佐藤 朗^s, 永井 遼^s, 他

日本物理学会 2025 年春季大会 (於 オンライン、2025 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

COMET 実験に用いるトリガー検出器開発とその性能評価

住村 明紀^{m*}, 上野 一樹^s, 佐々木 涼花^m, 他

日本物理学会 2025 年春季大会 (於 オンライン、2025 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

COMET 実験で用いるトリガー検出器の開発状況

佐々木 涼花^{m*}, 上野 一樹^s, 住村 明紀^m

日本物理学会 2025 年春季大会 (於 オンライン、2025 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

書籍等の出版，日本語の解説記事

1.2 川畑グループ

令和六年度の研究活動概要

トリプルアルファ反応率の測定

宇宙の元素合成過程において最も重要な反応のひとつは3つの α 粒子から ^{12}C 原子核を合成するトリプルアルファ反応である。この反応では、2つの α 粒子が合成して形成された ^8Be の共鳴状態に、さらに α 粒子が捕獲されることで、主に ^{12}C の励起エネルギー $E_x = 7.65\text{ MeV}$ (0_2^+)の励起状態が生成される。このように生成された 0_2^+ 状態の大半は再び3つの α 粒子へと崩壊するが、稀に電磁崩壊により ^{12}C の基底状態へと脱励起する。このため、 0_2^+ 状態の電磁崩壊確率は、トリプルアルファ反応率を決定する重要なパラメータである。

0_2^+ 状態の電磁崩壊は ^{12}C の第1励起状態である 2_1^+ 状態を経由した γ 崩壊と e^+e^- 対の放出による基底状態への直接崩壊が許されているが、主要な崩壊過程は γ 崩壊である。 0_2^+ 状態の γ 崩壊確率は1970年代までに精力的に測定がなされており、そのほとんどの測定結果はその重みつき平均値 $\Gamma_\gamma/\Gamma = 4.16(11) \times 10^{-4}$ と誤差の範囲内で一致しており、これまで、この平均値が多く元素合成計算に使われてきた。しかし、2020年に、Kibédiらによりこの電磁崩壊確率を約50%も上方修正するという衝撃的な報告がなされ、学界に驚きを持って迎えられた。もし、この報告が正しければ、元素合成過程の理解に大きな影響を及ぼす。

これ以降、国内外において、多くの追試がなされた。その結果を図1.1に示す。Kibédiらの論文後に初めて追試結果を報告したのは我々のグループ[Tsumura (2021)]であり、Kibédiらによる大きな値よりも、破線で示される過去の値を指示するデータを報告したが、大きな系統誤差を伴っていた。

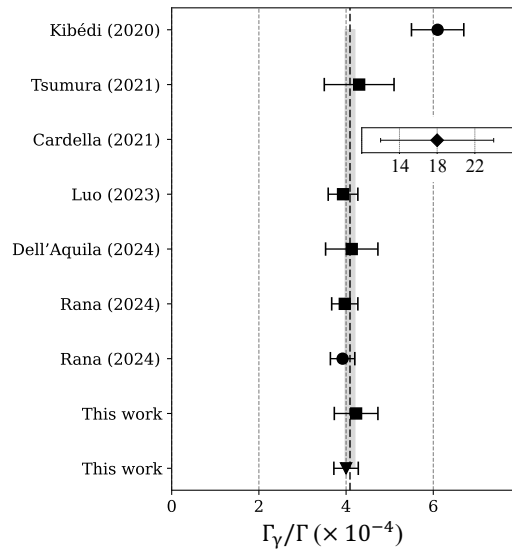


図 1.1: Kibédi (2020) 以降に報告された ^{12}C の 0_2^+ 状態の γ 崩壊確率(Γ_γ/Γ)。黒四角は脱励起後の ^{12}C 計測、黒丸は崩壊 γ 線測定によるデータ。黒ダイヤと黒三角は ^{12}C と γ 線の同時計測による測定結果。

その後、多数の追試結果が報告されたが、それらは1例 [Cardella (2021)] を除いて、核反応によって 0_2^+ 状態が生成された後に脱励起した ^{12}C 、もしくは、脱励起する際に放出される γ 線のいずれか一方を測定したものであった。Cardella らにより、 ^{12}C と γ 線の両方を計測する野心的な試みがなされたが、この測定は技術的に難しく、過去に知られていた値よりも4倍以上大きな値を報告していることから分かるように、測定結果の信頼性に疑問がある。

そこで我々は、ルーマニアの国立 IFIN-HH 研究所において、 α 粒子と ^{12}C の非弾性散乱により 0_2^+ 状態を励起し、脱励起後の ^{12}C と崩壊 γ 線の同時計測を実施した。この測定には、我々が独自に開発した波形解析による粒子識別技術と IFIN-HH 研究所が保有する ROSPHERE 検出器アレイを導入することで、過去の測定における技術的困難の解決を試みた。図 1.1 において黒四角で示した点は脱励起後の ^{12}C のみを用いて決定した γ 崩壊確率であるが、黒三角で示すように ^{12}C と崩壊 γ 線を同時計測することでバックグラウンド事象に由来する系統誤差を大幅に軽減し、信頼性の高い 0_2^+ 状態の γ 崩壊確率を決定することに成功した。この成果は、博士後期課程学生の学位論文として取りまとめられるとともに、Phys. Lett. B 誌に投稿され、現在、査読中である。

MAIKo+ アクティブ標的を用いた $^{12}\text{C}(n, n')^{12}\text{C}(0_2^+)$ 反応の測定

前述のように、トリプルアルファ反応の反応速度は共鳴状態の脱励起確率に支配される。通常、基底状態への脱励起は電磁崩壊のみが考慮されていた。しかし、超新星爆発の高密度環境下では周囲中性子との散乱によって脱励起確率が数十倍も増大されることが Beard らによって指摘されている。中性子散乱による反応速度の増大率を決定するには、 ^{12}C における 0_2^+ 共鳴状態とエネルギー数十 keV の中性子が発熱反応を起こし、 ^{12}C が基底状態へ脱励起する反応断面積を測定する必要がある。しかし共鳴状態の寿命が極めて短いため、実験は不可能である。そこで我々は、上記の逆反応である ^{12}C 基底状態と 10 MeV 程度の中性子が非弾性散乱を起こし、 ^{12}C が 0_2^+ 共鳴状態へ励起される非弾性散乱の断面積を測定する。詳細釣り合いの原理を用いることで、逆反応の断面積から発熱反応の断面積を決定できる。この測定では、 ^{12}C 共鳴状態が崩壊して放出される3つの α 粒子を測定し、不変質量法から ^{12}C の励起エネルギーを決定する。

実験は東北大学先端量子ビーム科学研究センター (RARiS) サイクロトロン施設で行う。図 1.2 に測定のセットアップを示す。中性子ビームは 930 型 AVF サイクロトロンで加速された ^{13}C ビームを水素ガス標的に照射し、逆運動学条件下における (p, n) 反応によって生成した。本測定では ^{13}C ビームのエネルギーを 67.7, 70.9, 75.4, 80.0 MeV と変更することで、中性子エネルギーをそれぞれ、8.5, 9.9, 11.3, 12.7 MeV とすることができる。しかし、加速器の真空漏れのトラブルにより計画通りのビームタイムを実施することができず、2024 年度は中性子エネルギー 12.7 MeV のデータのみを取得することができた。 ^{13}C ビームの強度はおおよそ 600 enA と RARiS においてこれまでの過去最高値を達成することができた。

生成標的の下流に我々が開発した MAIKo+ アクティブ標的を設置し、中性子と ^{12}C の非弾性散乱を測定した。入射中性子ビームの強度は MAIKo+ の下流に設置した BC-501 液体シンチレータによって計数した。

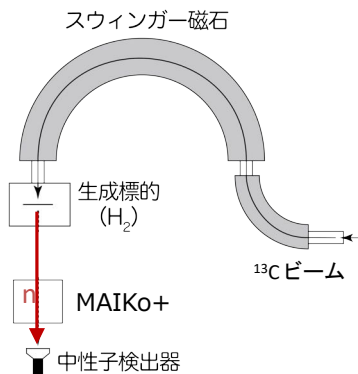


図 1.2: RARiS サイクロトン施設での実験セットアップ。

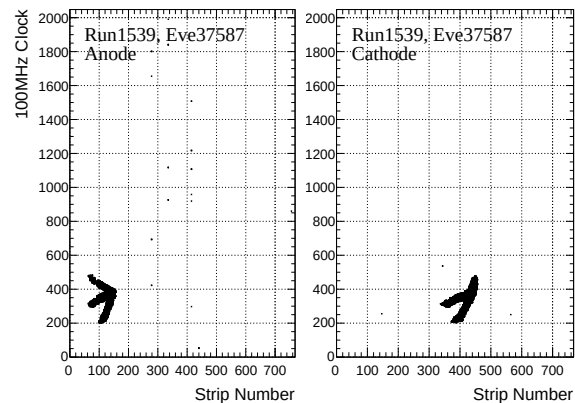


図 1.3: $^{12}\text{C}(n, n')^{12}\text{C}^* \rightarrow 3\alpha$ 事象の飛跡の一例。縦軸は電子のドリフト時間を 100 MHz のクロック数で表したもの、横軸は μ -PIC のストリップ番号 (400 μm 間隔) を表している。

MAIKo+アクティブ標的は有感領域の大きさが $30 \times 30 \times 30 \text{ cm}^3$ のガス飛跡検出器 Time Projection Chamber (TPC) である。TPC の検出ガスを散乱の標的として用い、散乱事象を検出器内部で起こすことで、 ^{12}C 共鳴状態から放出される α 粒子の検出閾値エネルギーを 100 keV 程度まで下げることができる。TPC の動作ガスは最適化の結果、100 hPa の iC_4H_{10} (10%) + H_2 (90%) の混合ガスとした。 iC_4H_{10} ガスは炭素標的として、 H_2 ガスは TPC 内の電離電子の拡散を抑制するために用いている。

図 1.3 に今回の実験で実際に取得された、 ^{12}C 共鳴状態が 3 つの α 粒子へ崩壊した事象の飛跡の一例を示す。MAIKo+では、増幅された電子の位置を互いに直行する 2 方向のストリップ電極 (μ -PIC) によって読み出している。したがって、電子のドリフト時間を各ストリップの位置の関数としてプロットすることで、散乱事象を横から見た射影図 (Anode) と正面から見た射影図 (Cathode) として得られる。

現在は取得した画像データを自動解析する機械学習アルゴリズムの開発、液体シンチレータデータを解析し中性子の入射数を求めることに取り組んでいる。2024 年度に実施することができなかった残りの測定は、2025 年の秋に実施を予定している。

スピン偏極した不安定核ビームによる中性子過剰な原子や原子核の特異な構造の研究

スピン偏極した不安定核の β 崩壊の非対称性から娘核の構造の精密な情報を引き出すという独自の手法を持つ我々日本グループ [大阪大学、九州大学、東京農工大学、高エネルギー加速器研究機構 (KEK)] と、大強度不安定核ビーム供給施設と独自のレーザー技術・イオントラップ技術を持つカナダの TRIUMF が協力して、軽い中性子過剰な原子や原子核の特異な構造解明のための異分野融合の国際共同研究を行っている。現在は、安定核近傍では魔法数である中性子数 20 が、中性子過剰核ではその性質を失い、原子核は変形しているという「逆転の島」と呼ばれる質量領域の原子や原子核の構造解明を進めている。特に、中性子数

や陽子数の変化に伴う「変形進化」や、様々な原子核の形や運動が近い励起エネルギーやスピンのパリティ領域で出現する「変形共存」を重点的に研究している。

2023年度は、アルカリ土類金属 ^{33}Mg の高偏極度のスピン偏極ビーム生成に成功し、その β 崩壊実験を実施した。2024年度にこの実験データの本格的なデータ解析を行った。 ^{33}Mg 核は中性子過剰であるため、 β 崩壊後に中性子を放出して ^{32}Al 核に崩壊する分岐比が大きくなる。阪大グループでは、 β 線、中性子、 γ 線の同時計測データを解析し、 ^{33}Mg 核の β 崩壊で励起される ^{33}Al 核の中性子非束縛状態を、さらに中性子放出して ^{32}Al 核への崩壊様式の構築を目指した。中性子のエネルギーを精度良く求める必要があるため、中性子は時間分解能の良いプラスチックシンチレーターで検出し、飛行時間法より決定する。中性子の散乱効果を含めた検出器の応答関数を、韓国の共同研究者と Geant4 でのシミュレーションにより求め、中性子の時間スペクトルの解析手法を確立した。また、 β 崩壊後の β 線の非等方分布はガモフ・テラー β 崩壊の場合に簡単な式で表現でき、現在、これを利用して娘核のスピン・パリティを決定している。そこで、 β 崩壊の第一禁止遷移へとこのスピン・パリティ確定手法を拡大するため、理論の共同研究者と議論を開始した。博士前期課程2年の学生が中性子の時間差スペクトルの解析結果を修士論文にまとめ、 ^{33}Al 核の中性子非束縛状態から中性子を放出して ^{32}Al 核へと至る β -n- γ のデータ解析は博士前期課程1年の学生によって現在進行中であり、途中経過を国際会議や学会で発表した。

スピン偏極核ビームの核種を拡大するため、スピン偏極 Cu ビームを開発し、その β 崩壊から中性子過剰 Zn 核の構造を解明するプロジェクトを2024年度から開始した。Letter of Intent を2024年度の TRIUMF の実験審査会に申請し、プロジェクトとして認められた。来年度以降、まずは中性子過剰 Cu ビームの生成量テスト実験を実施し、さらに、安定核 Cu ビームを用いたレーザー共鳴分光法実験より、スピン偏極 Cu ビーム開発の準備を実施予定である。

宇宙での重元素合成 (r 過程) で重要となる質量数 140 領域の中性子過剰核の研究

質量数 140 周辺の中性子過剰核は、宇宙での重元素合成過程である r 過程 (中性子捕獲と β 崩壊を繰り返しながらウラン原子核周辺へと至る) の道筋にある重要な原子核であるが、中性子が多すぎるため生成することは難しく、実験データはほとんどない。そこで、中性子過剰核を世界最高強度で生成可能な理化学研究所 (理研) RI ビームファクトリ (RIBF) で、生成限界近傍の原子核の β 崩壊とアイソマー探査を行う国際共同研究 EURICA プロジェクトとして実施した。

この実験データの解析の結果、中性子過剰な ^{142}I 核と ^{144}I 核の β 崩壊による ^{142}Xe 核と ^{144}Xe 核、並びに、 ^{141}I 核と ^{143}I 核の β 崩壊による奇核である ^{141}Xe 核と ^{143}Xe 核の準位構造を構築し、理論計算と比較しながら原子核構造を議論した。Xe の奇核では、中性子が増加するにつれて、レモン型 (プロレート型) の変形が大きくなり、同時に、この質量領域で特有の西洋なし型 (オクタポール振動) 状態の候補が確認された。Xe の偶偶核では、中性子が増加するにつれてレモン型変形が増大するとともに、キウイ型 (3 軸非対称) の振動モードや、さらに、西洋なし型振動モードも出現した。これら一連の結果を、現在、投稿論文として執筆中である。

荷電変化断面積・相互作用断面積による核半径研究

不安定原子核の核構造究明や核物質状態方程式を明らかにするため、原子核衝突の確率を反映する反応断面積・核子剥離断面積・荷電変化断面積等を利用して、核半径および核内の陽子・中性子・核子密度分布を決定し、原子核の構造およびその相互作用を明らかにする研究を行っている。

相互作用断面積 (σ_I) は、入射核の核種、つまり陽子数または中性子数（あるいは両方）が変化する全断面積として定義され、原子核同士の衝突確率に相当することから核子分布半径（核物質半径）をプローブできる物理量として利用されてきた実績がある。

我々の共同研究グループは理研 RI ビームファクトリー (RIBF) において、Ni ($Z = 28$) 同位体の核半径を研究すべく、 $^{58-77}\text{Ni}$ の相互作用断面積 (σ_I) を核子あたり 280 MeV のエネルギーにおいて測定した。その実験結果から、核子密度を 2 パラメーター Fermi 分布と仮定して導出した核物質半径を質量数に対してプロットしたものを図 1.4 に示す。質量数の増加とともに、概ね単調に増加する傾向が見られるが、質量数 70 の前後から増加が緩やかになる特徴を示している。

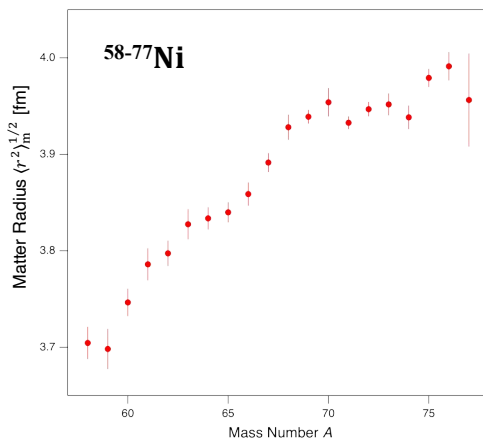


図 1.4: $^{58-77}\text{Ni}$ の核物質半径実験値

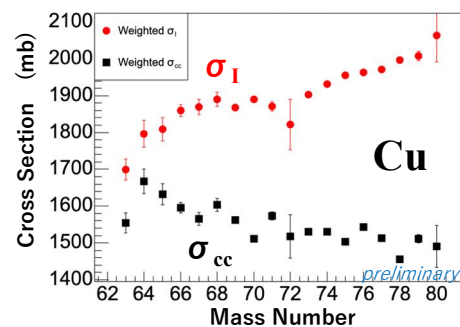


図 1.5: Cu 同位体の相互作用断面積 σ_I と荷電変化断面積 σ_{cc}

この Ni の実験で同時に測定された Cu ($Z = 29$) 同位体についても解析を進め、 $^{63-80}\text{Cu}$ についての得られた σ_I および荷電変化断面積 σ_{cc} 実験値を質量数の関数として図 1.5 に示す。こちらも同様に σ_I は質量数増加に対して概ね単調増加の傾向を示しているが、一方、 σ_{cc} に関しては逆に減少の傾向を示している。この σ_{cc} の減少傾向は、荷電粒子蒸発効果でうまく説明できる。中性子過剰領域になるほど陽子・ α 粒子結合エネルギーが大きくなることによって、中性子剥離に伴う核励起につづく荷電粒子放出が起きにくくなることを示していると考えられる。Ni の結果と合わせて、今後の理論値との比較や中性子スキンの導出など、興味深い議論が期待される。

また、我々のグループは理研 RIBF における TRIP プロジェクトにも参加しており、このプロジェクトの一環として測定した Zr 同位体の相互作用断面積を図 1.6 に示す。 $^{89-101}\text{Zr}$ の結果がプロットされており、これも質量数に対して単調増加傾向を示している。この大局的な傾向は、実線で示される平均場計算でよく再現されているが、計算が示している質量数

98 から 100 へのジャンプは、本研究の実験値には見られていない。このジャンプは同位体シフトで調べられている陽子分布半径の実験値では確認されているため、中性子分布半径は陽子分布半径と異なる挙動を示している可能性があり、興味深い。

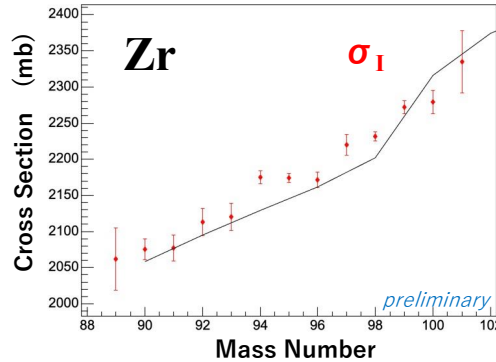


図 1.6: Zr 同位体の相互作用断面積 σ_I の質量数依存性

CANDLES によるニュートリノレス二重ベータ崩壊用検出器の開発

CANDLES 実験では、二重ベータ崩壊核の中で最大の Q 値 (4.23MeV) を持つ ^{48}Ca を用いたニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊 ($0\nu\beta\beta$) の探索に取り組んでいる。 $0\nu\beta\beta$ は非常に稀な現象であり、大量にあるバックグラウンドから事象を識別するため、高いエネルギー分解能を持つ検出器の開発が必要である。検出器として Ca 同位体を含む CaF_2 結晶を用いた蛍光熱量検出器の開発を行っている。熱量計を低温環境下で動作し、極めて小さい熱容量を利用して、微小な温度変化を検出することで高分解能を実現できる。放射線を吸収した際の温度上昇を検出する熱量計として、超伝導センサー (Metallic Magnetic Calorimeter; MMC) を使用した。MMC は、極低温 (100mK 以下) で動作し、信号の応答速度が非常に速く、他の熱量センサーの候補に比べて広いダイナミックレンジを持つ。MMC では温度上昇を磁化変化に変換し、磁化変化によって内部コイルに誘導電流が発生する。その誘導電流を超伝導量子干渉計 (SQUID) のコイルに送ると、SQUID 回路内の電流が変化し、最終的に電圧変化として信号を取り出すことができる [図 1.7(b)]。

CaF_2 結晶を用いた蛍光熱量検出器開発の前段階として、これら MMC-SQUID センサーの読み出しテストを行なった。Au 薄膜を放射線の吸収体とし、 ^{241}Am の 5.4MeV の α 線を吸収した際の温度変化を MMC-SQUID で読み出すセットアップを作成した。韓国 IBS 研究所にて、セットアップを断熱消磁冷凍機 (ADR) にインストールし、50mK まで冷却して測定した。測定データから、信号波高の温度依存性は $\text{Gain} \propto T^{-2.04 \pm 0.03}$ 、ノイズ分析などの解析の結果、70 mK でのエネルギー分解能 0.25%(FWHM) を達成した [図 1.7(c)]。今後の希釈冷凍機で 10 mK まで冷却し、吸収体の Au 薄膜と CaF_2 の熱容量の比から、 CaF_2 蛍光熱量計の測定では、0.5%程度の分解能を達成できるという見積もりができた。

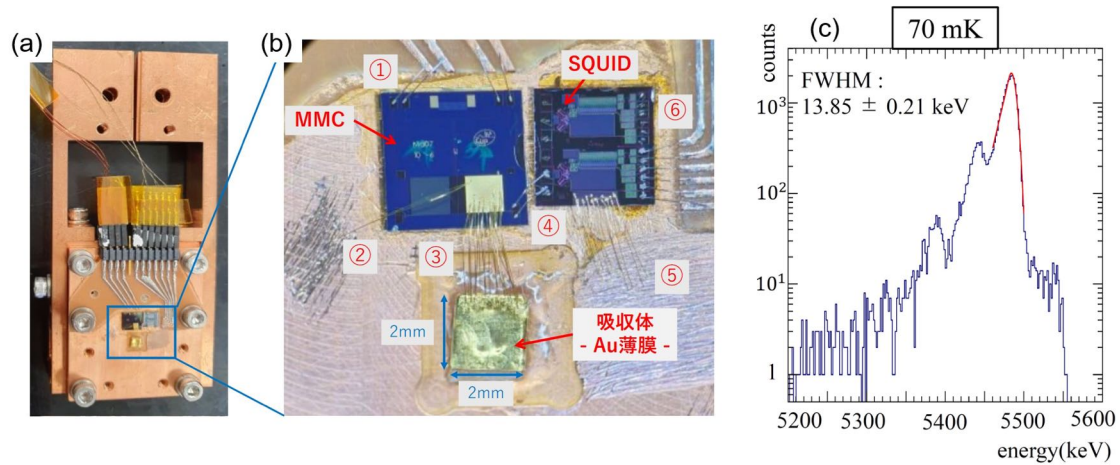


図 1.7: (a) 検出器セットアップ全体図。(b) センサー部拡大図。図中の 1-6 はワイヤ番号を示す。(c) ^{241}Am 線源を使用して 70 mK 環境下で測定されたエネルギースペクトル。

レーザー開発

CANDLES 実験における $0\nu\beta\beta$ 崩壊の探索では、崩壊核である ^{48}Ca の自然存在比率が 0.187% と低いために、その崩壊核の増加には同位体濃縮が不可欠である。その濃縮に向けた ^{48}Ca の分離手法として、原子の吸収波長の同位体シフトを利用したレーザー同位体濃縮の開発に取り組んでいる。鉛直方向に発射した原料 Ca ビームに対して水平方向から ^{48}Ca のみ運動量を与える波長 (422.79089 nm) のレーザーを照射する。それにより偏向した ^{48}Ca を別角度で回収することでその割合を高める。大量の同位体濃縮に向けて、高強度のレーザーが必要であり、導入を検討している Deflection Laser システムでは半導体レーザー (FP-LD) によるレーザーパワーの増幅が必要となっている。

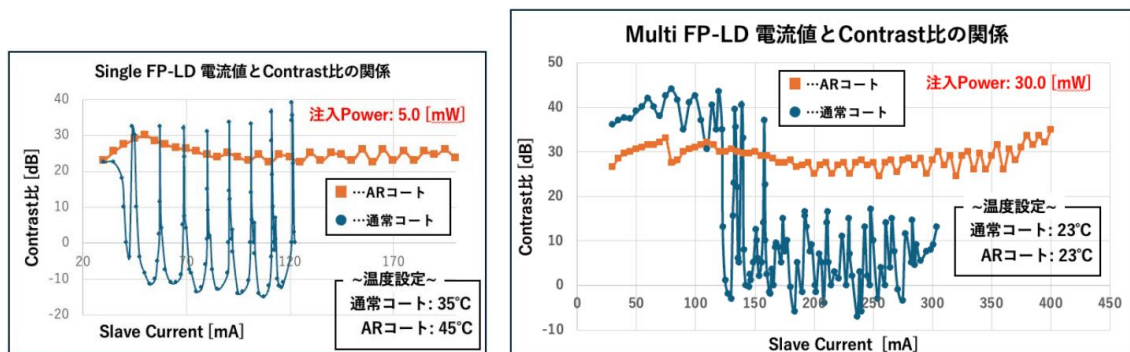
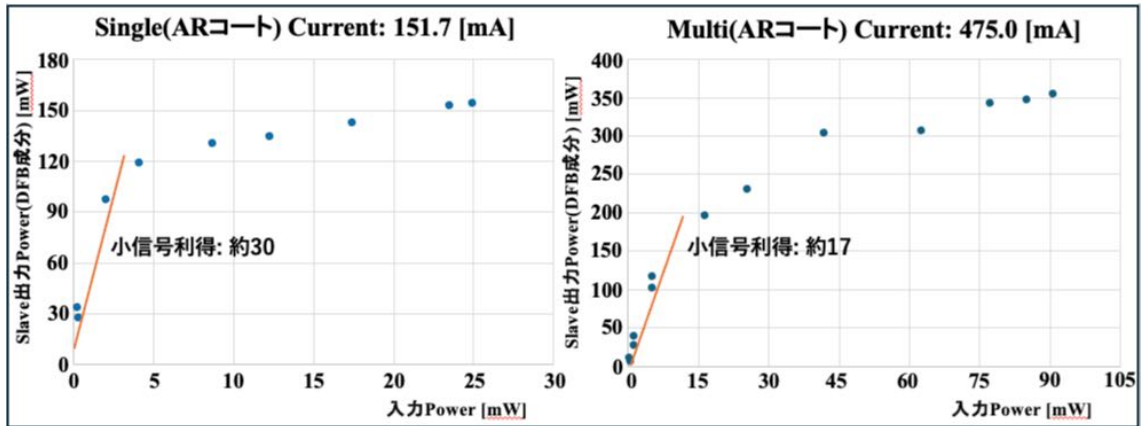


図 1.8: Slave 電流値と contrast 比の関係

vDFB Laser (マスターレーザー) を FP-LD (スレーブレーザー) に注入した際の増幅特性を評価し、効率的な増幅条件について調査した。評価対象とする FP-LD は Single-Mode (従来反射率/AR コート), Multi-Mode (従来反射率/AR コート) の 4 種類である。測定する量は、スレーブレーザー出力の電流値依存性、DFB 成分とスレーブ成分の Contrast 比であ



ンスで補正すると R_K を求めることが出来る。現在、 R_K の結果を導き、系統的な不定性を評価する最終的な解析が進んでいる。

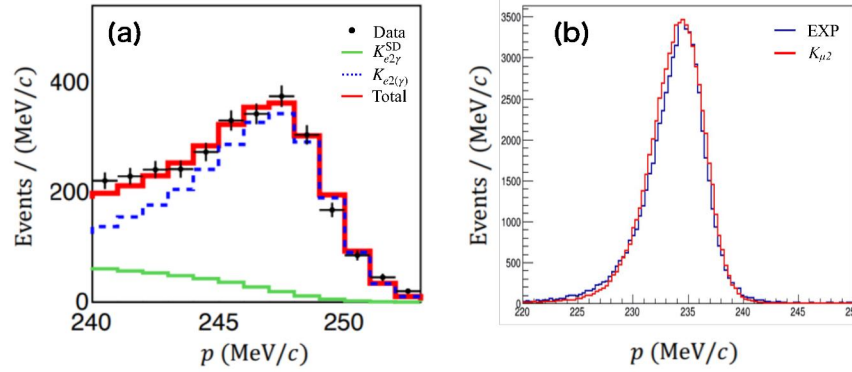


図 1.10: (a) K_{e2} と (b) $K_{\mu 2}$ 崩壊の運動量分布。 K_{e2} と $K_{\mu 2}$ 崩壊数を、検出器系のアクセプタンスで補正すると R_K を求めることが出来る。

更に、新しい研究の試みとして $K^+ \rightarrow \mu^+ \pi^0 \nu$ ($K_{\mu 3}$) 崩壊を用いた時間反転対称性破れ (T 非保存) 探索実験の準備を始めた。 $K_{\mu 3}$ 崩壊平面に垂直なスピン偏極成分存在は標準模型では生じえない T 非保存物理量であり、精密測定によって見出すことは極めて重要である。従来の研究方法は、荷電粒子を磁器スペクトロメータで測定する方法を採用しており、有限な信号は未発見である。この方法に対して、新たに全ての粒子をカロリメータのみで観測することで検出器アクセプタンスを 1000 倍向上させる方法を提案している。この実験ではミュオンの偏極をカロリメータで保持できることが必要になるが、一般的なガンマ線検出器では一瞬にして偏極が消え去るとされてきた。しかし、J-PARC MLF 研究施設から提供される偏極ミュオンビームを PrF_3 , NdF_3 ガンマ線検出器に打ち込み、残留偏極度を調べたところ、図 1.11 のように常温でも 95%以上が保持されることを見出した。図の青丸が 100%の偏極度に相当する較正用のデータである。この発見により、新しい T 非保存探索実験の有効性が確認されたことになり、今後は具体的な実験準備を行っていく。

β -NMR 法および μSR 法を用いた物質科学研究

原子核やミュオンの弱崩壊により放出される電子や陽電子は、パリティ非保存によりスピンの向きに対し非対称な角度分布を示す。これらは物質透過力が高くかつ容易に検出できるため、非常に高い感度で親粒子のスピン偏極が検知可能となる。我々は、この特徴を活かした分光法であるベータ線検出核磁気共鳴 (β -NMR) 法やミュオンスピン回転・緩和 (μSR) 法を駆使したユニークな物質科学研究を行っている。

これまでに我々は、従来の μSR 法や β -NMR 法にイメージングの機能を加えた、ミュオン・核スピンイメージング技術の開発を行ってきた。プラスチックシンチレーションファイバーからなる飛跡検出器 (ファイバートラッカー、FT) を製作し、短寿命核 ^{12}B ($I = 1$, $T_{1/2} = 20$ ms) やミュオンから放出される電子や陽電子のトラッキングを利用したイメージングの実証実験を行った。2024 年度は、実用化を見据えて装置や測定方法を大幅に改良し、その

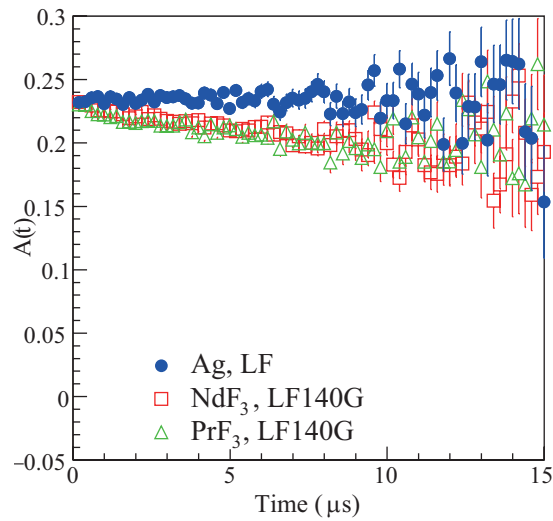


図 1.11: 140 ガウスの外部磁場を印加した場合の PrF_3 (三角緑), NdF_3 (四角赤) 結晶中における残留ミュオン偏極度。青丸は 100% の偏極度に相当する較正用のデータである。

性能評価のために TRIUMF の M20C ミュオンビームラインで供給される連続表面ミュオン (μ^+) ビームを用いて実験を行った。主な改良点は、ミュオン崩壊陽電子 (e^+) のトラッキングを行うための FT 固定用チェンバーの設計見直しにより、画像の不鮮明さの主要因であったファイバーのミスアラインメントを解消したこと、J-PARC の μSR 分光器用に開発された Kalliope システムの導入によりデータ収集効率が大幅に向上したこと、および新たに高い位置分解能を示すドリフトチェンバー (DC) を導入して μ^+ ビームのトラッキングも行えるようにしたことである。図 1.12 に示すように Al とサファイア単結晶 (Al_2O_3) を組み合わせた試料について、DC による μ^+ と FT による e^+ のトラッキングを独立に行い二次元イメージを作成した結果、どちらも試料の物質分布を再現することに成功した。物質の境界から求めた画像の位置分解能は、 μ^+ と e^+ についてそれぞれ 0.6 mm および 1.0 mm であった。引き続き、 μ^+ と e^+ のトラッキングを組み合わせた vertex reconstruction による三次元イメージングの解析を進めている。

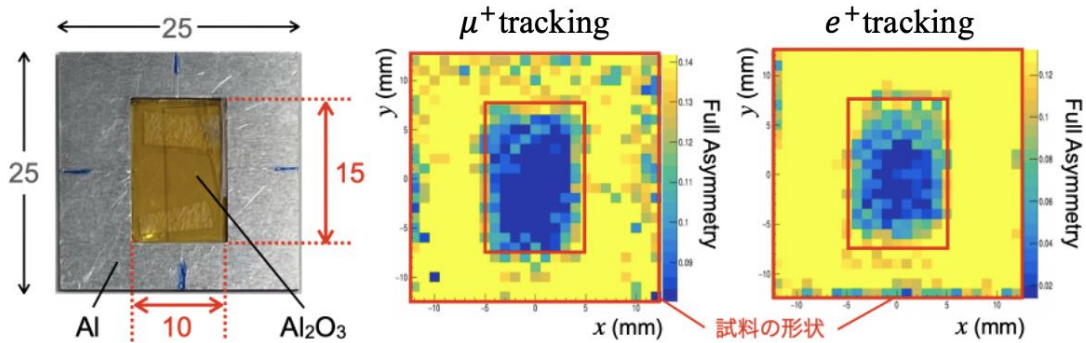


図 1.12: 測定試料と二次元ミュオンスピンイメージングの結果。

学術雑誌に出版された論文

Direct reactions with the AT-TPC

Y. Ayyad, D. Bazin, F. Bonaiti, J. Chen, X. Li, A. Anthony, M. Avila, S. Beceiro-Novo, K. Bhatt, C. Cabo, T. Furuno^s, V. Guimaraes, A. Hall-Smith, C. Hunt, H. Jayatissa, T. Kawabata^s, H. Kumi, J. M. Lopez-Gonzalez, J. Lois-Fuentes, A. Macchiavelli, G. McCann, C. Muller-Gatermann, A. Munoz-Ramos, W. Mittig, B. Olaizola, Z. Rahman, D. Regueira, J. Rufino, S. Sakajo^m, C. Santamaria, M. Z. Serikow, T. Tang, I. Tolstukhin, N. Turi, N. Watwood, and J. Zamora

Frontiers in Physics **13** (Mar.) (2025) 1539148

(<https://doi.org/10.3389/fphy.2025.1539148>).

Excitation of the isoscalar giant monopole resonance using ^6Li inelastic scattering

J. Arroyo, U. Garg, H. Akimune, G. P. A. Berg, D. C. Cuong, M. Fujiwara, M. N. Harakeh, M. Itoh, T. Kawabata^s, K. Kawase, J. T. Matta, D. Patel, M. Uchida, and M. Yosoi

Physical Review C **111** (Jan.) (2025) 014308

(<https://doi.org/10.1103/PhysRevC.111.014308>).

Candidate of the double Gamow-Teller giant resonance in ^{48}Ca studied by the (^{12}C , $^{12}\text{Be}(0_2^+)$) reaction at 250 MeV/nucleon

A. Sakaue, K. Yako, S. Ota, H. Baba², T. Chillery, P. Doornenbal, M. Dozono, N. Ebina, N. Fukuda, N. Fukunishi, T. Furuno^s, S. Hanai, T. Harada, S. Hayakawa, Y. Hijikata, K. Horikawa, S. W. Huang, N. Imai, K. Itahashi, N. Kobayashi, Y. Kondo, J. Li, Y. Maeda, T. Matsui, S. Y. Matsumoto, R. Matsumura, S. Michimasa, N. Nakatsuka, T. Nishi, K. Sakanashi^d, M. Sasano, R. Sekiya, N. Shimizu, Y. Shimizu, S. Shimoura, T. Sumikama, D. Suzuki, H. Suzuki, M. Takaki, S. Takeshige, H. Takeda, J. Tanaka, Y. K. Tanaka, Y. Togano, R. Tsuji, Z. H. Yang, K. Yoshida, M. Yoshimoto, J. Zenihiro, T. Uesaka

Progress of Theoretical and Experimental Physics **2024** (Dec.) (2024) 123D03

(<https://doi.org/10.1093/ptep/ptae174>).

Investigation of direct nuclear reactions in a storage ring using in-ring detection

J. C. Zamora, T. Aumann, S. Bagchi, S. Bishop, M. Bo, S. Bonig, C. Brandau, M. Csatlós, T. Davinson, I. Dillmann, C. Dimopoulou, D. T. Doherty, P. Egelhof, V. Eremin, A. Estrade, A. Evdokimovc, J. L. Ferreira, T. Furuno^s, H. Geissel, R. Gernhauser, A. Gumberidze, M. N. Harakeh, A.-L. Hartig, M. Heil, S. Ilieva, N. Kalantar-Nayestanaki, O. Kiselev, H. Kollmus, C. Kozhuharov, A. Krasznahorkay, Th. Kroll, M. Kuilman, C. Lederer-Woods, S. Litvinov, Yu. A. Litvinov, G. Lotay, J. Lubian, M. Mahjour-Shafiei, M. Mutterer, D. Nagae, M. A. Najafi, C. Nociforo, F. Nolden, N. Petridis, U. Popp, R. Reifarth, C. Rigollet, S. Roy, C. Scheidenberger, M. von Schmid, M. Steck, Th. Stohlker, B. Stre-

icher, L. Stuhl, M. Thurauf, S. Trotsenko, T. Uesaka, H. Weick, J. S. Winfield, D. Winters, P. J. Woods, T. Yamaguchi, X. L. Yan, K. Yue, J. Zenihiro

Physical Review C **110** (Oct.) (2024) 044614

(<https://doi.org/10.1103/PhysRevC.110.044614>).

Optical model potentials for deuteron scattering off ^{24}Mg , ^{28}Si , ^{58}Ni , ^{90}Zr , ^{116}Sn , and ^{208}Pb at ≈ 100 MeV/nucleon

D. Patel, D. C. Cuong, K. B. Howard, U. Garg, Dao T. Khoa, H. Akimune, G. P. A. Berg, M. Fujiwara, M. N. Harakeh, M. Itoh, C. Iwamoto, T. Kawabata^s, K. Kawase, J. T. Matta, T. Murakami, and M. Yosoi

Physical Review C **110** (Oct.) (2024) 044314

(<https://doi.org/10.1103/PhysRevC.110.044314>).

Effect of ground-state deformation on the isoscalar giant monopole resonance and the first observation of overtones of the isoscalar giant quadrupole resonance in rare-Earth Nd isotopes

M. Abdullah, S. Bagchi, M. N. Harakeh, H. Akimune, D. Das, T. Doi, L. M. Donaldson, Y. Fujikawa, M. Fujiwara, T. Furuno^s, U. Garg, Y. K. Gupta, K. B. Howard, Y. Hijikata, K. Inaba, S. Ishida, M. Itoh, N. Kalantar-Nayestanaki, D. Kar, T. Kawabata^s, S. Kawashima, K. Khokhar, K. Kitamura, N. Kobayashi, Y. Matsuda, A. Nakagawa, S. Nakamura, K. Nosaka, S. Okamoto, S. Ota, S. Pal, R. Pramanik, S. Roy, S. Weyh-miller, Z. Yang, J. C. Zamora

Physics Letters B **855** (Aug.) (2024) 138852

(<https://doi.org/10.1016/j.physletb.2024.138852>).

$^{10}\text{C} + \alpha$ elastic scattering: A study of proton-rich ^{14}O nucleus and α clustering

N. R. Ma, M. Sferrazza, H. Yamaguchi, S. Okamoto, P. Descouvemont, S. Hayakawa, S. Cherubini, T. Doi, Y. Fujikawa, K. Inaba, T. Kawabata^s, A. Kohda, G. Manicò, M. La Cognata, S. Palmerini, R.G. Pizzone, A. Sakaue, K. Sakanashi^d, and H. Shimizu

Physical Review C **109** (May) (2024) 054302

(<https://doi.org/10.1103/PhysRevC.109.054302>).

The 5α condensate state in ^{20}Ne

T. Kawabata^s

Nuclear Science and Techniques **35** (Apr.) (2024) 35

(<https://doi.org/10.1007/s41365-024-01385-6>).

Precise spectroscopy of the $3n$ and $3p$ systems via the $^3\text{H}(t, ^3\text{He})3n$ and $^3\text{He}(^3\text{He}, t)3p$ reactions at intermediate energies

K. Miki, K. Kameya, D. Sakai, R. Urayama, N. Imai, S. Ishikawa, S. Michimasa, S. Ota,

M. Sasano, T. Takeda, T. Uesaka, H. Baba, M. Hara, Y. Hatano, T. Hayamizu, N. Kobayashi, A. Tamii, S. Adachi, T. Chillery, M. Dozono, Y. Fujikawa, H. Fujita, N. Fukuda, T. Furuno^s, J. Gao, S. Goto, S. Hanai, S. Hayakawa, Y. Hijikata, K. Himi^m, Y. Hirai, J. W. Hwang, M. Ichimura, D. Inomoto, M. Inoue, H. Kasahara, T. Kawabata^s, K. Kishimoto, S. Kitayama, K. Kusaka, J. Li, Y. Maeda, Y. Murata, T. Matsui, T. Matsuzaki, S. Nakai, H. Nishibata, M. Otake, Y. Saito, H. Sakai, A. Sakaue, H. Sato, K. Sekiguchi, Y. Shimizu, S. Shimoura, L. Stuhl, T. Sumikama, H. Suzuki, R. Tsuji, S. Tsuji^m, H. Umetsu, Y. Utsuki, T. Wakasa, A. Watanabe, K. Yako, Y. Yanagisawa, N. Yokota, C. Yonemura, K. Yoshida, M. Yoshimoto

Physical Review Letters **133** (July) (2024) 012501

(<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.133.012501>).

Excited-State Half-Lives in ¹³⁰Cd and the Isospin Dependence of Effective Charges

A. Jungclaus, M. Gorska, M. Mikolajczuk, J. Acosta, J. Taprogge, S. Nishimura, P. Doornenbal, G. Lorusso, G.S. Simpson, P.-A. Söderström, T. Sumikama, Z. Xu, P. Kumar, G. Martinez-Pinedo, F. Nowacki, P. Van Isacker, H. Baba, F. Browne, N. Fukuda, R. Gernhauser, G. Gey, N. Inabe, T. Isobe, H.S. Jung, D. Kameda, G.D. Kim, Y.-K. Kim, I. Kojouharov, T. Kubo, N. Kurz, Y.K. Kwon, Z. Li, H. Sakurai, H. Schaffner, Y. Shimizu, K. Steiger, H. Suzuki, H. Takeda, Zs. Vajta, H. Watanabe, J. Wu, A. Yagi^d, K. Yoshinaga, G. Benzoni, S. Bonig, K.Y. Chae, J.-M. Daugas, F. Drouet, A. Gadea, S. Ilieva, F.G. Kondev, T. Kroll, G.J. Lane, A. Montaner-Piza, K. Moschner, F. Naqvi, M. Niikura, H. Nishibata^{DC}, A. Odahara^s, R. Orlandi, Z. Patel, Zs. Podolyak, A. Wendt

Phys. Rev. Lett. **132** (May) (2024) 222501- 1 - 7

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevLett.132.222501>).

Octupole vibrational excitations built on shell-model states in Xe, Cs, and Ba isotopes up to mass 142

N. Yoshinaga, K. Higashiyama, C. Watanabe, A. Odahara^s

Phys. Rev. C **109** (June) (2024) 064313 – 1 – 14

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevC.109.064313>).

First β -decay spectroscopy of the ¹³⁹₅₂Te₈₇ nucleus and its P_n branching

R. Lozeva, M. Si, H. Naïdja, A. Odahara^s, C.-B. Moon, S. Nishimura, P. Doornenbal, G. Lorusso, P.-A. Söderström, T. Sumikama, J. Wu, Z. Y. Xu, D. S. Ahn, H. Baba, F. Browne, R. Daido^m, Y. Fang^m, N. Fukuda, N. Inabe, T. Isobe, D. Kameda, I. Kojouharov, N. Kurz, T. Kubo, D. Murai, Z. Patel, S. Rice, H. Sakurai, H. Schaffner, L. Sinclair, H. Suzuki, H. Takeda, H. Watanabe, A. Yagi^d, R. Yokoyama, F. L. Bello Garrote, J.-M. Daugas, F. Didierjean, E. Ideguchi, T. Ishigaki^m, H. S. Jung, T. Komatsubara, Y. K. Kwon, P. Lee, C. S. Lee, S. Morimoto, M. Niikura, H. Nishibata^{DC}, and I. Nishizuka

Phys. Rev. C **110** (Dec) (2024) 064303 -1 - 14
(<http://doi.org/10.1103/PhysRevC.110.064303>).

Combined Pre-supernova Alert System with KamLAND and Super-Kamiokande
S. Abe *et al.*, (KamLAND and Super-Kamiokande Collaboration)
The Astrophysical Journal **973** (2) (2024) 140
(<http://doi.org/10.3847/1538-4357/ad5fee>).

Search for charged excited states of dark matter with KamLAND-Zen
S. Abe *et al.*, (KamLAND Collaboration)
Physics Letters B **855** () (2024) 138846
(<http://doi.org/10.1016/j.physletb.2024.138846>).

CANDLES-III detector: Low-background spectrometer for studying neutrinoless double β decay of ^{48}Ca
S. Ajimura *et al.*, (CANDLES Collaboration)
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A **1069** (2) (2024) 169982
(<http://doi.org/10.1016/j.nima.2024.169982>).

Combined Pre-supernova Alert System with KamLAND and Super-Kamiokande
S. Abe *et al.*, (KamLAND and Super-Kamiokande Collaboration)
The Astrophysical Journal **973** (2) (2024) 140
(<http://doi.org/10.3847/1538-4357/ad5fee>).

Unveiling radii and neutron skins of unstable atomic nuclei via nuclear collisions
M. Tanaka, W. Horiuchi, M. Fukuda^s
Frontiers in Physics **12** (Dec.) (2024) 1488428-1-10
(<http://doi.org/10.3389/fphy.2024.1488428>).

Measurement of residual μ^+ polarization in a LaF_3 scintillating material for a new μ^+ polarimeter system
K. Horie, M. Mihara^s, S. Shimizu^s *et al.*
Nuclear Inst. And Methods in Physics Research A **1066** (July) (2024) 169606
(<http://doi.org/10.1016/j.nima.2024.169606>).

国際会議報告等**Measurement of the Radiative-Decay Probability of the Hoyle State**

K. Sakanashi^{d*}, T. Kawabata^s, T. Furuno^s, A. Tamii, R. Niina, S. Okamoto, M. Ito, S. Adachi, H. Akimune, Y. Matsuda, S. Kubono, S. Aogaki, P-A Söderström, M. Teodora, H. Pai, M. Cuciuc, D. Testov, R. Borcea, A. Turturica, C. Mihai and C. Neacse
EPJ Web of Conference **306** (Oct.) (2024) 01047.

FUSION23 - International Conference on Heavy-Ion Collisions at Near-Barrier Energies (19–24 Nov. 2023), Japan.

PICOLON dark matter search project by large-volume NaI(Tl) scintillator

K. Fushimi^{*}, K. Imagawa, Y. Kishida, S. Kurosawa, R. Orito, A. Sakaue, Y. Takihiro, S. Umehara, A. Yamaji, Y. Yamamoto, K. Yasuda, S. Yoshida^s
Proceedings of Science **444** (2024) 1404.

38th International Cosmic Ray Conference (ICRC2023), 26 July- 3 August, 2023, Nagoya, Japan.

Evaluation of image resolution of muon spin imaging

G. Takayama^{DC*}, M. Mihara^s, T. Sugisaki, K.M. Kojima, Y. Mizoi, Y. Kimura, S. Ishitani^m, K. Yasuda^m, W. Sato, D. Nishimura, M. Tanaka, G. Morris, D. Arseneau, R. Abasalti, D. Vyas, M. Fukuda^s, K. Matsuta, R. Taguchi^d
Interactions **245** (1, Apr.) (2024) 57-1-11.

International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (HYPERFINE2023), (Nov. 2023, 参加者約 170 名).

Characterization of mono-chip amplifier-shaper and discriminator FGATI for muon spin imaging spectroscopy

H. Subhi^{*}, G. Takayama^{DC}, K.M. Kojima, M. Shoji, M. Miyahara, R. Honda, M.M. Tanaka, T. Ishida
Interactions **245** (1, Apr.) (2024) 61-1-8.

International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (HYPERFINE2023), (Nov. 2023, 参加者約 170 名).

Polarization relaxation of ^{12}B in diamond

T. Izumikawa^{*}, M. Mihara^s, Y. Kimura, T. Sugisaki, G. Takayama^{DC}, M. Fukutome^{DC}, K. Watanabe^m, N. Noguchi, Y. Tazawa, M. Fukuda^s, K. Matsuta, T. Ohtsubo, A. Kitagawa, S. Sato
Interactions **245** (1, Apr.) (2024) 62-1-4.

International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (HYPERFINE2023), (Nov. 2023, 参加者約 170 名).

Charge-changing cross sections for mirror nuclear pair, Ne and Mg

T. Izumikawa^{*}, M. Mihara^s, Y. Kimura, T. Sugisaki, G. Takayama^{DC}, M. Fukutome^{DC}, K. Watanabe^m, N. Noguchi, Y. Tazawa, M. Fukuda^s, K. Matsuta, T. Ohtsubo, A. Kitagawa, S. Sato

Interactions **245** (1, Apr.) (2024) 65-1-7.

International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (HYPERFINE2023), (Nov. 2023, 参加者約 170 名).

Active shield for EDM measurement

K. Matsuta^{*}, Y. Masuda, M. Mihara^s

Interactions **245** (1, May) (2024) 76-1-6.

International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (HYPERFINE2023), (Nov. 2023, 参加者約 170 名).

Charge-changing cross sections and charge radii of B, C, and N isotopes

R. Taguchi^{d*}, M. Fukuda^s, G. Takayama^{DC}, M. Fukutome^{DC}, M. Tanaka, K. Takatsu, D. Nishimura, H. Takahashi, S. Sugawara, M. Mihara^s, Y. Kimura, K. Watanabe, T. Ohtsubo, M. Takechi, M. Ogose, N. Noguchi, Y. Kobayashi, Y. Tazawa, N. Shindo, T. Izumikawa, C. Fukushima, T. Suzuki, T. Yamaguchi, A. Ozawa, T. Moriguchi, A. Yano, S. Sato, S. Fukuda, A. Kitagawa

Interactions **245** (1, June) (2024) 112-1-9.

International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (HYPERFINE2023), (Nov. 2023, 参加者約 170 名).

Measurement of μ SR spectra in a scintillating LaF₃ material

S. Shimizu^{s*}, K. Horie, K. Kamada, M. Mihara^s,

Interactions **245** (Mar.) (2024) 60 1-5.

International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (HYPERFINE2023), (Nov. 2023, 参加者約 170 名)).

Local states of oxide ions in yttria stabilized zirconia (YSZ)

M. Mihara^{s*}, Y. Otani, M. Ogura, K. Matsuta, M. Fukuda^s, M. Fukutome^{DC}, Y. Kimura, G. Takayama^{DC}, T. Sugisaki, R. Taguchi^d, T. Izumikawa, N. Noguchi, T. Ohtsubo, D. Nishimura, H. Takahashi, A. Kitagawa, S. Sato, S. Momota

KURNS-EKR **20** (Sep.) (2024) 8-11.

Specialist's Meeting on Nuclear Spectroscopy and Condensed Matter Physics Using Short-Lived Nuclei X, (Feb. 2024, 参加者約 20 名).

Active shield for environmental magnetic fields

K. Matsuta^{*}, Y. Masida, M. Mihara^s

KURNS-EKR **20** (Sep.) (2024) 22-25.

Specialist's Meeting on Nuclear Spectroscopy and Condensed Matter Physics Using Short-Lived Nuclei X, (Feb. 2024, 参加者約 20 名).

Development of muon spin imaging spectroscopy

T. Sugisaki*, K.M. Kojima, M. Mihara^s, Y. Kimura, Y. Mizoi, G. Takayama^{DC}, D. Nishimura, M. Tanaka, S. Ishitani^m, G. Morris, D. Arseneau, R. Abasalti, D. Vyas, M. Fukuda^s, W. Sato, K. Yasuda^m, R. Taguchi^d

KURNS-EKR **20** (Sep.) (2024) 26-31.

Specialist's Meeting on Nuclear Spectroscopy and Condensed Matter Physics Using Short-Lived Nuclei X, (Feb. 2024, 参加者約 20 名).

Current status of neutron in-beam Mössbauer spectroscopy

M. Yoshida*, Y. Kobayashi, M.K. Kubo, S. Kimoto, W. Sato, M. Mihara^s, J. Miyazaki, T. Nagatomo, Y. Watanabe, I. Chui, T. Osawa

KURNS-EKR **20** (Sep.) (2024) 43-46.

Specialist's Meeting on Nuclear Spectroscopy and Condensed Matter Physics Using Short-Lived Nuclei X, (Feb. 2024, 参加者約 20 名).

国際会議における講演等

Investigation of ^{60}Zn resonance states for X-ray burst light curve

T. Furuno^{s*} (invited)

Nucleosynthesis and Evolution of Neutron Stars (at Kyoto University, Jan. 27–30, 2025, 参加者約 50 名)

SAKRA array for low-energy charged particle detection and its application to nuclear astrophysics experiment

T. Furuno^{s*}

4th PANDORA Workshop (at Wits Rural Facility, Nov. 18–20, 2024, 参加者約 30 名)

Search for α condensed states in ^{20}Ne and ^{24}Mg

T. Kawabata^{s*} (invited)

The XVIIth edition of the Workshop on Particle Correlations and Femtoscopy (WPCF2024) (at Toulouse, Nov. 4–8, 2024, 参加者約 50 名)

Measurement of the gamma-decay probability of the 3_1^- state in ^{12}C with deuteron inelastic scattering

Y. Honda^{d*}

Mini-workshop on direct nuclear reaction experiments with the AT-TPC (at Peking University, Sep 6, 2024, 参加者約 30 名)

Measurement of the γ -Decay Probability of the Hoyle State

K. Sakanashi^{d*}

Mini-workshop on direct nuclear reaction experiments with the AT-TPC (at Peking University, Sep 6, 2024, 参加者約 30 名)

Active target MAIKo and RI beam experiments

T. Furuno^{s*}

Mini-workshop on direct nuclear reaction experiments with the AT-TPC (at Peking University, Sep 6, 2024, 参加者約 30 名)

Measurement of ^{12}C neutron inelastic scattering cross section using MAIKo+ active target Time Projection Chamber

Y. Lin^{m*}

Mini-workshop on direct nuclear reaction experiments with the AT-TPC (at Peking University, Sep 6, 2024, 参加者約 30 名)

Simulation study to search for the alpha-condensed state in ^{24}Mg by measuring $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ scattering with AT-TPC

S. Sakajo^{m*}

Mini-workshop on direct nuclear reaction experiments with the AT-TPC (at Peking University, Sep 6, 2024, 参加者約 30 名)

Measurement of the γ -Decay Probability of the Hoyle State

K. Sakanashi^{d*} (invited)

The 17th International Symposium on Origin of Matter and Evolution of Galaxies (at Chengdu, Sep. 8–13, 2024, 参加者約 180 名)

Measurement of $^{58}\text{Ni}(^3\text{He},\text{n})^{60}\text{Zn}$ reaction to investigate X-ray burst light curve

T. Furuno^{s*} (invited)

The 17th International Symposium on Origin of Matter and Evolution of Galaxies (at Chengdu, Sep. 8–13, 2024, 参加者約 180 名)

Measurement of ^{12}C neutron inelastic scattering cross section using MAIKo+ active target Time Projection Chamber (poster)

Y. Lin^{m*}

The 17th International Symposium on Origin of Matter and Evolution of Galaxies (at Chengdu, Sep. 8–13, 2024, 参加者約 180 名)

Search for α condensed states in ^{20}Ne and ^{24}Mg T. Kawabata^{s*} (invited)

The 14th International Conference on Nucleus-Nucleus Collisions (NN2024) (at Whistler, Aug. 18–23, 2024, 参加者約 200 名)

Update of the triple-alpha rateT. Kawabata^{s*} (invited)

The 12th European Summer School of Experimental Nuclear Astrophysics (ESSENA24) (at Catania, June 16–22, 2024, 参加者約 50 名)

Search for α condensed states in ^{20}Ne and ^{24}Mg T. Kawabata^{s*} (invited)

The 5th International Workshop on State of the Art in Nuclear Cluster Physics (SOTANCP5) (at Havar Island, June 10–14, 2024, 参加者約 60 名)

Shape coexistence and shape evolution in neutron-rich nuclei studied by β -decayA. Odahara^{s*}

RIBF ULIC mini-Workshop on Structure of neutron-rich matter revealed by beta decay (at Saitama, July 29-30, 2024, 参加者約 40 名)

Gamma-ray spectroscopy using 8π γ -ray spectrometer combined with RCNP RI beam line (EN beam line)A. Odahara^{s*}

Workshop on physics opportunities with the 8pi spectrometer (at Osaka, Feb. 4-5, 2025, 参加者約 30 名)

Study of the nuclear structure in ^{32}Al and in ^{33}Al by β -gdelayed-neutron decay of spin-polarized ^{33}Mg (poster)M. Matsuda^{m*}

Int. workshop on ‘Single-particle and collective motions from nuclear many-body correlation (PCM2025)’ (at Aizu, Mar. 4-7, 2025, 参加者約 110 名)

Interaction cross sections and neutron skin thickness of Ni isotopes

M. Fukutome^{DC*}, M. Tanaka, M. Fukuda^s, M. Takechi, D. Nishimura, T. Suzuki, T. Moriguchi, G. Takayama^{DC}, R. Taguchi^d, S. Ishitani^m, M. Mihara^s, K. Matsuta, T. Ohtsubo, E. Miyata, T. Yamaguchi, A. Ozawa, S. Suzuki, T. Izumikawa, H. Sakurai, K. Itabashi, N. Inabe, M. Ohtake, K. Kusaka, Z. Korkulu, Y. Shimizu, H. Suzuki, T. Sumikama, H. Takeda, D. Nagae, N. Fukuda, Y. Yanagisawa, K. Yoshida, S. Bagchi, K.-H. Behr, H. Geis-

sel, A. Prochazka, C. Scheidenberger, H.J. Ong, I. Tanihata, T. Sugisaki, N. Noguchi, Y. Kobayashi, Y. Tazawa, A. Homma, A. Yano, C. Fukushima, M. Amitani
The 12th International Conference on Direct Reactions with Exotic Beams (DREB2024)
(at Wiesbaden, Germany, June 24-28, 2024, 参加者数約 100 名)

Interaction cross sections and neutron skin thickness of Ni isotopes

M. Fukutome^{DC*}, M. Amitani, S. Bagchi, K.-H. Behr, M. Fukuda^s, N. Fukuda, C. Fukushima, H. Geissel, H.J. Ong, A. Homma, N. Inabe, S. Ishitani^m, K. Itabashi, T. Izumikawa, Y. Kobayashi, Z. Korkulu, K. Kusaka, K. Matsuta, M. Mihara^s, E. Miyata, T. Moriguchi, D. Nagae, D. Nishimura, N. Noguchi, M. Ohtake, T. Ohtsubo, A. Ozawa, A. Prochazka, H. Sakurai, C. Scheidenberger, Y. Shimizu, T. Sugisaki, T. Sumikama, S. Suzuki, T. Suzuki, R. Taguchi^d, G. Takayama^{DC}, M. Takechi, H. Takeda, M. Tanaka, I. Tanihata, Y. Tazawa, T. Yamaguchi, Y. Yanagisawa, A. Yano, K. Yoshida)

14th International Conference on Nucleus-Nucleus Collisions (NN2024) (at Whistler, Canada, Aug. 18-23, 2024, 参加者数約 300 名)

Interaction- and charge-changing cross sections for neutron-rich ⁶³⁻⁸⁰Cu isotopes toward the derivation of neutron skin thickness

G. Takayama^{DC*}, M. Fukuda^s, M. Fukutome^{DC}, M. Tanaka, A. Homma, D. Nishimura, M. Takechi, T. Ohtsubo, T. Suzuki, T. Yamaguchi, A. Ozawa, T. Moriguchi, M. Mihara^s, R. Taguchi^d, S. Ishitani^m, K. Yasuda^m, I. Tanihata, N. Fukuda, N. Inabe, K. Itahashi, K. Kusaka, D. Nagae, M. Ohtake, H. Sakurai, Y. Shimizu, T. Sumikama, H. Takeda, Y. Yanagisawa, K. Yoshida, Z. Korkulu, S. Suzuki, H.J. Ong, S. Bagchi, K.-H. Behr, H. Geissel, A. Prochazka, C. Scheidenberger, T. Izumikawa, E. Miyata

14th International Conference on Nucleus-Nucleus Collisions (NN2024) (at Whistler, Canada, Aug. 18-23, 2024, 参加者数約 300 名)

Development of Muon Spin Imaging Spectroscopy at the DC beam of TRIUMF

K.M. Kojima^{*}, S. Ishitani^m, T. Sugisaki, Y. Kimura, M. Fukutome^{DC}, G. Takayama^{DC}, R. Taguchi^d, K. Yasuda^m, M. Kamon, M. Fukushima, S. Ide^m, R. Imai^m, S. Shimizu^s, M. Fukuda^s, K. Horie^s, K. Shimizu, W. Sato, D. Nishimura, S. Kanda, A. Koda, Y. Mizoi, A. Sato^s, M. Mihara^s (invited)

9th International Symposium of Quantum Beam Science (ISQBS2024) (at Ibaraki University, Japan, Oct. 19-22, 2024, 参加者数約 120 名)

Development of "Muon Spin Imaging"

S. Ishitani^{m*}, K.M. Kojima, M. Mihara^s, A. Sato^s, G. Takayama^{DC}, K. Yasuda^m, T. Sugisaki, Y. Kimura, R. Taguchi^d, M. Fukutome^{DC}, S. Shimizu^s, R. Imai^m, S. Ide^m, K. Shimizu, M. Kamon, M. Fukushima, Y. Mizoi, K. Horie^s, A. Koda, S. Kanda, W. Sato, D. Nishimura,

M. Tanaka, G. Morris, B. Hitti, D. Arseneau, R. Abasalti, D. Vyas, R. Yasuda, M. Fukuda^s
 Osaka-Hamburg Symposium on Quantum Science 2025 (at CFEL at DESY campus in
 Hamburg, Germany and Online, Feb. 18-19, 2025, 参加者数約 50 名)

Measurements of Isomer Ratio for ^{12}Be beams and Precise Brancing ratio and Half-Life (poster)

R. Taguchi^{d*}, M. Fukuda^s, M. Fukutome^{DC}, G. Takayama^{DC}, M. Tanaka, D. Nishimura,
 H. Takahashi, S. Sugawara, S. Ishitani^m, M. Mihara^s, S. Sugisaki, K. Yasuda^m, Y. Nakamura,
 C. Fukushima, M. Amitani, R. Kageyama, J. Sonoda, T. Ohtsubo, N. Noguchi,
 K. Takatsu, Y. Tazawa, T. Shimamura, K. Tezuka, T. Izumikawa, T. Suzuki, T. Yamaguchi,
 K. Okubo, Y. Koizumi, K. Sasaki, Y. Kikuchi, S. Nishizawa, K. Watanabe,
 A. Ozawa, T. Moriguchi, A. Yano, S. Sato, S. Fukuda, A. Kitagawa
 Single-particle and collective motions from nuclear many-body correlation (PCM2025) (at
 Aizu University, Japan, Mar. 4-7, 2025, 参加者数約 100 名)

Interaction and charge-changing cross sections of neutron-rich Cu isotopes, and derivation of proton and neutron distribution radii (poster)

G. Takayama^{DC*}, M. Fukuda^s, M. Fukutome^{DC}, M. Tanaka, A. Homma, D. Nishimura,
 M. Takechi, T. Ohtsubo, T. Suzuki, T. Yamaguchi, A. Ozawa, T. Moriguchi, M. Mihara^s,
 R. Taguchi^d, S. Ishitani^m, K. Yasuda^m, I. Tanihata, N. Fukuda, N. Inabe, K. Itahashi,
 K. Kusaka, D. Nagae, M. Ohtake, H. Sakurai, Y. Shimizu, T. Sumikama, H. Takeda,
 Y. Yanagisawa, K. Yoshida, Z. Korkulu, S. Suzuki, H.J. Ong, S. Bagchi, K.-H. Behr,
 H. Geissel, A. Prochazka, C. Scheidenberger, T. Izumikawa, E. Miyata
 Single-particle and collective motions from nuclear many-body correlation (PCM2025) (at
 Aizu University, Japan, Mar. 4-7, 2025, 参加者数約 100 名)

Systematic study on interaction cross sections and neutron skin thickness for Ni isotopes (poster)

M. Fukutome^{DC*}, M. Tanaka, T. Naito, M. Fukuda^s, M. Takechi, D. Nishimura, T. Suzuki,
 T. Moriguchi, G. Takayama^{DC}, R. Taguchi^d, S. Ishitani^m, M. Mihara^s, K. Matsuta,
 T. Ohtsubo, E. Miyata, T. Yamaguchi, A. Ozawa, S. Suzuki, T. Izumikawa, H. Sakurai,
 K. Itabashi, N. Inabe, M. Ohtake, K. Kusaka, Z. Korkulu, Y. Shimizu, H. Suzuki,
 T. Sumikama, H. Takeda, D. Nagae, N. Fukuda, Y. Yanagisawa, K. Yoshida, S. Bagchi,
 K.-H. Behr, H. Geissel, A. Prochazka, C. Scheidenberger, H.J. Ong, I. Tanihata, T. Sugisaki,
 N. Noguchi, Y. Kobayashi, Y. Tazawa, A. Homma, A. Yano, C. Fukushima, M. Amitani
 International symposium: TRIP Usecase: Nuclear Transmutation 2025 (at RIKEN, Japan,
 Mar. 10-12, 2025, 参加者数約 70 名)

Measurement of interaction cross sections and investigation of deformation ef-

fects in neutron-rich Zr isotopes (poster)

G. Takayama^{DC*}, M. Fukuda^s, T. Moriguchi, D. Nishimura, R. Taguchi^d, M. Tanaka, A. Yano, K. Adachi, M. Amitani, H. Baba, N. Fukuda, C. Fukushima, M. Fukutome^{DC}, Y. Ichinohe, C. Inoue, S. Ishitani^m, N. Ito, R. Kageyama, Y. Kikuchi, N. Kitagawa, H. Kobayashi, K. Kusaka, K. Matsuyama, S. Michimasa, M. Mihara^s, M. Mikawa, M. Mitsui, Y. Nakamura, S. Nishizawa, M. Ohtake, T. Ohtsubo, A. Ozawa, R. Sasamori, T. Shimamura, Y. Shimizu, H. Suzuki, H. Takeda, K. Takiura, K. Tezuka, Y. Togano, T. Tsujisaka^b, K. Watanabe, T. Yamaguchi, Y. Yanagisawa, K. Yasuda^m, M. Yoshimoto, H. Zhang for the TRIP Collaboration

International symposium: TRIP Usecase: Nuclear Transmutation 2025 (at RIKEN, Japan, Mar. 10-12, 2025, 参加者数約 70 名)

Measurements of Isomer Ratio for ¹²Be beams and Precise Branching ratio and Half-Life (poster)

R. Taguchi^{d*}, M. Fukuda^s, M. Fukutome^{DC}, G. Takayama^{DC}, M. Tanaka, D. Nishimura, H. Takahashi, S. Sugawara, S. Ishitani^m, M. Mihara^s, S. Sugisaki, K. Yasuda^m, Y. Nakamura, C. Fukushima, M. Amitani, R. Kageyama, J. Sonoda, T. Ohtsubo, N. Noguchi, K. Takatsu, Y. Tazawa, T. Shimamura, K. Tezuka, T. Izumikawa, T. Suzuki, T. Yamaguchi, K. Okubo, Y. Koizumi, K. Sasaki, Y. Kikuchi, S. Nishizawa, K. Watanabe, A. Ozawa, T. Moriguchi, A. Yano, S. Sato, S. Fukuda, A. Kitagawa

International symposium: TRIP Usecase: Nuclear Transmutation 2025 (at RIKEN, Japan, Mar. 10-12, 2025, 参加者数約 70 名)

Charge states of heavy ion beams near atomic number 40 in the energy region 250 MeV/u (poster)

T. Tsujisaka^{b*}, M. Fukuda^s, T. Moriguchi, D. Nishimura, R. Taguchi^d, G. Takayama^{DC}, M. Tanaka, A. Yano, K. Adachi, M. Amitani, H. Baba, N. Fukuda, C. Fukushima, M. Fukutome^{DC}, Y. Ichinohe, C. Inoue, S. Ishitani^m, N. Ito, R. Kageyama, Y. Kikuchi, N. Kitagawa, H. Kobayashi, K. Kusaka, K. Matsuyama, S. Michimasa, M. Mihara^s, M. Mikawa, M. Mitsui, Y. Nakamura, S. Nishizawa, M. Ohtake, T. Ohtsubo, A. Ozawa, R. Sasamori, T. Shimamura, Y. Shimizu, H. Suzuki, H. Takeda, K. Takiura, K. Tezuka, Y. Togano, K. Watanabe, T. Yamaguchi, Y. Yanagisawa, K. Yasuda^m, M. Yoshimoto, H. Zhang for the TRIP Collaboration

International symposium: TRIP Usecase: Nuclear Transmutation 2025 (at RIKEN, Japan, Mar. 10-12, 2025, 参加者数約 70 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演**重陽子非弾性散乱を用いた ^{12}C の 3_1^- 状態の γ 壊確率測定のための固体重水素標的開発**本多祐也^{*}, 川畑貴裕^s, 松田洋平

日本物理学会 第79回年次大会 (2024年) (於 北海道大学, 2024年9月16日 – 9月19日)

rp プロセス解明のための ^{60}Zn 陽子崩壊近傍準位のスピンパリティの決定岡村拓実^{m*}, 川畑貴裕^s, 古野達也^s, 金田 佳子, 吉田 賢市, 久保野 茂, 藤川 祐輝, 片山 一樹, 高井 弦希, 土井 隆暢, 中森 悠太, 西原 拓哉, 原田 健志, 古田 悠稀

日本物理学会 第79回年次大会 (2024年) (於 北海道大学, 2024年9月16日 – 9月19日)

**AT-TPC を用いた ^{24}Mg におけるアルファ凝縮状態の探索実験のためのシミュレーション
2**坂上宗樹^{m*}, 川畑貴裕^s, 古野達也^s, Y. Ayyad

日本物理学会 第79回年次大会 (2024年) (於 北海道大学, 2024年9月16日 – 9月19日)

機械学習による MAIKo+ TPC 飛跡データの解析林益帆^{m*}, 古野達也^s, 川畑貴裕^s

日本物理学会 第79回年次大会 (2024年) (於 北海道大学, 2024年9月16日 – 9月19日)

 $^{10,11}\text{B}(^3\text{He}, t)^{10,11}\text{C}$ 反応測定のための $^{10,11}\text{B}$ 標的の不純物評価前里奨太郎^{m*}, 古野達也^s, 川畑貴裕^s, 坂梨公亮^d, 本多祐也^d, 坂上宗樹^m, 林益帆^m, 岡村拓実^m, 下條暖人^m, 川瀬頌一郎, 谷池晃

日本物理学会 第79回年次大会 (2024年) (於 北海道大学, 2024年9月16日 – 9月19日)

 $^{104,106,108}\text{Pd}$ 原子核の低励起状態へのアルファ非弾性散乱断面積の測定下條暖人^{m*}, 古野達也^s, 川畑貴裕^s, U. Garg, 伊藤正俊, 藤原守, 足立智, 細谷弦生, 斉藤僚太, 山崎峻平, 米倉章平, 本多祐也^d, 板倉菜美^m, 林益帆^m, 岡村拓実^m, 坂上宗樹^m, 坂梨公亮^d, 秋宗秀俊, 松田洋平, 森下鉄将, 中野健人, 齋藤風太, 梅本学嗣, 安村昂紀, 山崎敦博, J. Arroyo, J. Cai, 遠藤史隆, 古川史也, 川田敬太, 小林信之, 村田求基, 大田晋輔, 柴北洋明, 堂園昌伯, 矢野隆之, Y. Li

日本物理学会 第79回年次大会 (2024年) (於 北海道大学, 2024年9月16日 – 9月19日)

量子ビームで原子核を見る・作る・壊す川畑貴裕^{s*}

東北大学先端量子ビーム科学研究センター設立記念シンポジウム, 東北大学, 2024年7月23日

核反応で探る原子核のクラスター相関川畑貴裕^{s*}

将来の核データワークショップ, 東京工業大学, 2024年8月5日

アクティブ標的 TPC および Si 半導体検出器を用いた残留核の測定川畑貴裕^{s*}

日本原子力学会 核データ部会研究会, 熊取交流センターすまいるズ煉瓦館, 2024 年 11 月 14-15 日

不安定核標的による核構造探索実験の検討古野達也^{s*}

第4回 研究用原子炉を用いた原子核素粒子物理学 (FPUR-IV), 名古屋大学, 2024 年 12 月 2-3 日

 $^{15}\text{O}(\alpha, \gamma)^{19}\text{Ne}$ 反応率決定のための実験条件の最適化と検出器性能評価 (ポスター)田中玲奈^{b*}, 川畑貴裕^s, 古野達也^s, 本多祐也^d

日本物理学会 2024 年春季大会 (於 オンライン、2023 年 3 月 18 日 - 3 月 21 日)

トリプルアルファ反応率測定のための MWDC を用いた粒子識別能の評価 (ポスター)山本峻也^{b*}, 古野達也^s, 川畑貴裕^s

日本物理学会 2024 年春季大会 (於 オンライン、2023 年 3 月 18 日 - 3 月 21 日)

Measurement of nuclear reactions related to X-ray bursts古野達也^s, 川畑貴裕^{s*}

宇核連研究会 2025 ～元素の起源天体と星の化学進化～, KEK つくばキャンパス, 2025 年 3 月 24-26 日

HTCondor でクラスターを作る松田基弥^{m*}

第7回粒子物理コンピューティングサマースクール (PPCC-SS-2024), KEK つくばキャンパス, 2024 年 7 月 29 日-8 月 2 日

スピン偏極 ^{33}Mg 核の β 遅発中性子崩壊の研究松田基弥^{m*}, 宮原里菜^m, 板倉菜美^m, 小田原厚子^s, 山本陽介, 西畑洗希, 下田正ⁱ, Nurhafiza M. Nor^d, J. Lassen, R. Li, A. Teigelhoefer, 安田瑠奈, 畠山温, 平山賀一, 飯村俊, M.M. Rajabali

日本物理学会 2024 年春季大会 (於 オンライン、2023 年 3 月 18 日 - 3 月 21 日)

Study of nuclear structure by β -decay spectroscopy with spin-polarized isotopeA. Odahara^{s*}

研究会「密度汎関数理論に基づく原子核弱相互作用過程の微視的記述」, 北大, 2025 年 2 月 17-19 日

宇宙暗黒物質探索用 CaF₂ 蛍光熱量検出器の開発に向けた検出器性能要件の検証 (ポスター)松本 朋也 ^{b*}

日本物理学会 2024 年春季大会 (於 オンライン、2023 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

宇宙暗黒物質探索用 CaF₂ 蛍光熱量検出器に用いる SQUID センサーの性能試験 (ポスター)堤 智 ^{b*}

日本物理学会 2024 年春季大会 (於 オンライン、2023 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

CaF₂ 蛍光熱量検出器の開発 -ADR 冷凍機を用いた MMC の性能評価-西川 隆博 ^{m*}

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

CaF₂ 蛍光熱量検出器の開発 -希釈冷凍機を用いた超伝導センサーの性能評価-野田 健太 ^{m*}

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

CANDLES 実験におけるデータ解析：208Tl 起源のバックグラウンド放射線信号の除去
高草 元 ^{m*}

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

CANDLES 実験におけるデータ解析 -バックグラウンド事象除去後の検出効率の評価-
谷川 秀憲 ^{m*}

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

CaF₂ 蛍光熱量計による 0 ν β β 探索に向けた MMC センサーの性能評価西川 隆博 ^{m*}

第 1 回新学術「地下稀事象」若手研究会 (富山大学、2025 年 3 月 6 日-3 月 7 日)

CANDLES 実験のための 48Ca 同位体濃縮の研究: 大強度 Deflection Laser の作製に向けた FP-LD に対する注入同期の評価谷川 秀憲 ^{m*}

第 1 回新学術「地下稀事象」若手研究会 (富山大学、2025 年 3 月 6 日-3 月 7 日)

CaF₂ 蛍光熱量計による 0 ν β β 探索に向けた MMC センサーの性能評価 (ポスター)西川 隆博 ^{m*}

第 10 回極低放射能技術研究会 (富山大学、2024 年 3 月 6 日 – 3 月 8 日)

CANDLES 実験のための 48Ca 同位体濃縮の研究: 大強度 Deflection Laser の作製に向

けた FP-LD に対する注入同期の評価 (ポスター)谷川 秀憲 ^{m*}

第10回極低放射能技術研究会 (富山大学、2024年3月6日 - 3月8日)

暗黒物質探索のための CaF₂ 蛍光熱量検出器の開発 (ポスター)松本 朋也 ^{b*}

第10回極低放射能技術研究会 (富山大学、2024年3月6日 - 3月8日)

暗黒物質探索のための CaF₂ 蛍光熱量計の開発 (ポスター)堤 智 ^{b*}

第10回極低放射能技術研究会 (富山大学、2024年3月6日 - 3月8日)

CaF₂ 蛍光熱量検出器の開発 -希釈冷凍機を用いた超伝導センサーの性能評価-野田 健太 ^{m*}

Scintillator for Medical, Astroparticle and environmental Radiation Technologies (伊東温泉、2024年10月16日)

量子デバイスの放射線耐性についての研究 (ポスター)高草 元 ^{m*}

東北大学電気通信研究所 2024年度共同プロジェクト研究発表会 (東北大学、2025年2月14日)

ミュオンスピニメージングの開発の現状と今後の展望石谷壮士 ^{m*}, 三原基嗣 ^s, 杉崎堯人, 高山元 ^{DC}, 木村容子, 福田光順 ^s, 小嶋健児, 溝井浩, 佐藤渉

第23回メスバウアー分光研究会シンポジウム (姫路じばさんびる, 2024年4月26-27日)

 β -NMR 分光のための核プローブ開発とその応用三原基嗣 ^{s*}, 木村容子, 杉崎堯人, 大谷優里花, 高山元 ^{DC}, 福留美樹 ^{DC}, 田口諒 ^d, 石谷壮士 ^m, 福田光順 ^s, 西村太樹, 網谷芽衣, 中村佑生, 福嶋知隼, 泉川卓司, 大坪隆, 田中聖臣, 小倉昌子, 溝井浩, 森口哲朗, 矢野朝陽, 小沢顕, 北川敦司, 佐藤眞二, 百田佐多生

第23回メスバウアー分光研究会シンポジウム (姫路じばさんびる, 2024年4月26-27日)

重粒子線による核反応断面積の研究福田光順 ^{s*}

2023年度 HIMAC 共同利用研究成果発表会 (オンライン開催, 2024年6月3-5日)

物性プローブとしての高偏極不安定核ビーム生成法の開発三原基嗣 ^{s*}

2023年度 HIMAC 共同利用研究成果発表会 (オンライン開催, 2024年6月3-5日)

^{12}Be アイソマー状態の崩壊分岐比・半減期の高精度測定

田口諒^{d*}, 福田光順^s, 福留美樹^{DC}, 高山元^{DC}, 田中聖臣, 西村太樹, 高橋弘幸, 菅原奏来, 石谷壮士^m, 三原基嗣^s, 杉崎堯人, 安田圭吾^m, 中村佑生, 福嶋知隼, 網谷芽衣, 影山璃音, 藺田隼太, 大坪隆, 野口法秀, 高津和哉, 田澤有紀, 島村敏矢, 手塚康晃, 泉川卓司, 鈴木健, 山口貴之, 大久保研吾, 古泉紫, 佐々木健太, 菊池悠太, 西澤悟, 渡辺晃平, 小沢顕, 森口哲朗, 矢野朝陽, 佐藤眞二, 福田茂一, 北川敦志

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学, 2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

Ni 同位体の相互作用断面積測定と中性子スキン厚の導出

福留美樹^{DC*}, 田中聖臣, 福田光順^s, 武智麻耶, 西村太樹, 鈴木健, 森口哲朗, 高山元^{DC}, 田口諒^d, 石谷壮士^m, 三原基嗣^s, 松多健策, 大坪隆, 宮田恵理, 山口貴之, 小沢顕, 鈴木伸司, 泉川卓司, 櫻井博儀, 板橋健太, 稲辺尚人, 大竹政雄, 日下健祐, Z. Korkulu, 清水陽平, 鈴木宏, 炭竈聡之, 竹田浩之, 長江大輔, 福田直樹, 柳澤善行, 吉田光一, S. Bagchi, K.-H. Behr, H. Geissel, A. Prochazka, C. Scheidenberger, 王恵仁, 谷畑勇夫, 杉崎堯人, 野口法秀, 小林侑希哉, 田澤有紀, 本間彰, 矢野朝陽, 福嶋知隼, 網谷芽衣

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学, 2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

Ne-Mg 同位体の荷電変化断面積における非弾性散乱およびエネルギー依存性の影響

福田光順^{s*}, 田中聖臣, 福留美樹^{DC}, 高山元^{DC}, 田口諒^d, 石谷壮士^m, 安田圭吾^m, 高橋弘幸, 菅原奏来, 西村太樹, 武智麻耶, 三原基嗣^s, 松多健策, 原山朔弥, 鈴木健, 山口貴之, 坂上護, 野口法秀, 高津和哉, 大坪隆, 泉川卓司, 森口哲朗, 佐藤眞二, 福田茂一, 北川敦志

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学, 2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

水素雰囲気中におけるパラジウムのオペランド μSR 測定

三原基嗣^{s*}, 幸田章宏, 石谷壮士^m, 前里奨太郎^m, 松本啓, 高萩涼介, 楠本将己, 加門真佳, 大塚雅基, 勝本創太, 杉崎堯人, 水野正隆, 荒木秀樹

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学, 2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

KALLIOPE を用いたミュオンスピンイメージング測定システムの開発

石谷壮士^{m*}, 小嶋健児, 三原基嗣^s, 佐藤朗^s, 高山元^{DC}, 安田圭吾^m, 杉崎堯人, 木村容子, 田口諒^d, 福留美樹^{DC}, 清水俊^s, 今井龍之介^b, 井手駿伍^b, 清水克哉, 加門真佳, 福島諒, 溝井浩, 堀江圭都, 幸田章宏, 神田聡太郎, 佐藤渉, 西村太樹, 田中聖臣, G. Morris, B. Hitti, D. Arseneau, R. Abasalti, D. Vyas, 安田瑠奈, 福田光順^s

計測システム研究会 2024 (東京大学およびオンライン開催, 2024 年 11 月 18 日)

液体中に入射した短寿命核 ^{17}N の高分解能ベータ NMR 分光

三原基嗣^{s*}, 木村容子, 杉崎堯人, 福田光順^s, 高山元^{DC}, 福留美樹^{DC}, 田口諒^d, 石谷壮士^m, 網谷芽衣, 中村佑生, 福嶋知隼, 西村太樹, 泉川卓司, 大坪隆, 百田佐多生, 田中聖臣, 小沢顕, 北川敦志, 佐藤眞二

日本量子医科学会第4回学術大会（量子科学技術研究開発機構, 2024年12月6-7日）

^{12}Be ビームのアイソマー比決定およびアイソマー状態の崩壊分岐比・半減期の高精度測定

田口諒^{d*}, 福田光順^s, 福留美樹^{DC}, 高山元^{DC}, 田中聖臣, 西村太樹, 高橋弘幸, 菅原奏来, 石谷壮士^m, 三原基嗣^s, 杉崎堯人, 安田圭吾^m, 中村佑生, 福嶋知隼, 網谷芽衣, 影山璃音, 藺田隼汰, 大坪隆, 野口法秀, 高津和哉, 田澤有紀, 島村敏矢, 手塚康晃, 泉川卓司, 鈴木健, 山口貴之, 大久保研吾, 古泉紫, 佐々木健太, 菊池悠太, 西澤悟, 渡辺晃平, 小沢颯, 森口哲朗, 矢野朝陽, 佐藤眞二, 福田茂一, 北川敦志

日本量子医科学会第4回学術大会（量子科学技術研究開発機構, 2024年12月6-7日）

ミュオンスピニング分光法の開発と応用（ポスター）

三原基嗣^{s*}, 石谷壮士^m, 杉崎堯人, 木村容子, 福留美樹^{DC}, 高山元^{DC}, 田口諒^d, 安田圭吾^m, 加門真佳, 福嶋諒, 井手駿伍^b, 今井龍之介^b, 清水俊^s, 福田光順^s, 堀江圭都, 清水克也, 佐藤渉, 西村太樹, 田中聖臣, 神田聡太郎, 幸田章宏, 溝井浩, 佐藤朗^s, 小嶋健児

2023年度 HIMAC 共同利用研究成果発表会（オンライン開催, 2024年6月3-5日）

ミュオンスピニングシステムの開発

石谷壮士^{m*}, 小嶋健児, 三原基嗣^s, 佐藤朗^s, 高山元^{DC}, 安田圭吾^m, 杉崎堯人, 木村容子, 田口諒^d, 福留美樹^{DC}, 清水俊^s, 今井龍之介^b, 井手駿伍^b, 清水克也, 加門真佳, 福嶋諒, 溝井浩, 堀江圭都, 幸田章宏, 神田聡太郎, 佐藤渉, 西村太樹, 田中聖臣, G. Morris, B. Hitti, D. Arseneau, R. Abasalti, D. Vyas, 安田瑠奈, 福田光順^s

令和6年度専門研究会「短寿命 RI を用いた核分光と核物性研究 XI」（京都大学複合研, 2024年12月25-26日）

液体中のベータ NMR 分光による ^{17}N の化学シフト解析と精密磁気モーメント

三原基嗣^{s*}, 木村容子, 杉崎堯人, 福田光順^s, 高山元^{DC}, 福留美樹^{DC}, 田口諒^d, 石谷壮士^m, 網谷芽衣, 中村佑生, 福嶋知隼, 西村太樹, 泉川卓司, 大坪隆, 百田佐多生, 田中聖臣, 小沢颯, 北川敦志, 佐藤眞二

令和6年度専門研究会「短寿命 RI を用いた核分光と核物性研究 XI」（京都大学複合研, 2024年12月25-26日）

ミュオンスピニング法の開発

石谷壮士^{m*}, 小嶋健児, 三原基嗣^s, 佐藤朗^s, 高山元^{DC}, 安田圭吾^m, 杉崎堯人, 木村容子, 田口諒^d, 福留美樹^{DC}, 清水俊^s, 今井龍之介^b, 井手駿伍^b, 清水克也, 加門真佳, 福嶋諒, 溝井浩, 堀江圭都, 幸田章宏, 神田聡太郎, 佐藤渉, 西村太樹, 田中聖臣, G. Morris, B. Hitti, D. Arseneau, R. Abasalti, D. Vyas, 安田瑠奈, 福田光順^s

「Muon 科学と加速器研究」研究会（大阪大学 RCNP, 2025年1月14-16日）

Measurement of muon spin polarization using a CeF_3 scintillating material

清水俊^{s*}, 堀江圭都, 石谷壮士^m, 三原基嗣^s, 高山元^{DC}, 安田圭吾^m, 今井龍之介^b, 井手駿

伍^b, 鎌田圭, 吉川彰

「Muon 科学と加速器研究」研究会（大阪大学 RCNP, 2025 年 1 月 14-16 日）

¹⁶N アイソマーの中性子剥離断面積測定と理論モデルとの比較による核構造の探究

福留美樹^{DC*}, 福田光順^s, 高山元^{DC}, 田口諒^d, 石谷壮士^m, 安田圭吾^m, 三原基嗣^s, 田中聖臣, 西村太樹, 武智麻耶, 大坪隆, 鈴木健, 山口貴之, 佐藤眞二, 福田茂一, 北川敦志
第 13 回 停止・低速 RI ビームを用いた核分光研究会 (SSRI 13th) (九州大学伊都キャンパス, 2025 年 2 月 20-21 日)

¹²Be ビームのアイソマー比決定およびアイソマー状態の崩壊分岐比・半減期の高精度測定

田口諒^{d*}, 福田光順^s, 福留美樹^{DC}, 高山元^{DC}, 田中聖臣, 西村太樹, 高橋弘幸, 菅原奏来, 石谷壮士^m, 三原基嗣^s, 杉崎堯人, 安田圭吾^m, 中村佑生, 福嶋知隼, 網谷芽衣, 影山璃音, 藺田隼汰, 大坪隆, 野口法秀, 高津和哉, 田澤有紀, 島村敏矢, 手塚康晃, 泉川卓司, 鈴木健, 山口貴之, 大久保研吾, 古泉紫, 佐々木健太, 菊池悠太, 西澤悟, 渡辺晃平, 小沢顕, 森口哲朗, 矢野朝陽, 佐藤眞二, 福田 茂一, 北川 敦志
第 13 回 停止・低速 RI ビームを用いた核分光研究会 (SSRI 13th) (九州大学伊都キャンパス, 2025 年 2 月 20-21 日)

ミュオンスピニング法の開発

石谷壮士^{m*}, 安田圭吾^m, 小嶋健児, 三原基嗣^s, 高山元^{DC}, 杉崎堯人, 木村容子, 佐藤朗^s, 福田光順^s, 福留美樹^{DC}, 田口諒^d, 清水俊^s, 堀江圭都, 今井龍之介^b, 井手駿伍^b, 清水克哉, 加門真佳, 福島諒, 溝井浩, 幸田章宏, 神田聡太郎, 佐藤渉, 西村太樹
日本物理学会 2024 年春季大会 (於 オンライン、2023 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

ミュオンスピニング法に用いるドリフトチェンバー性能評価

安田圭吾^{m*}, 石谷壮士^m, 小嶋健児, 三原基嗣^s, 高山元^{DC}, 杉崎堯人, 木村容子, 佐藤朗^s, 福田光順^s, 福留美樹^{DC}, 田口諒^d, 清水俊^s, 堀江圭都, 今井龍之介^b, 井手駿伍^b, 清水克哉, 加門真佳, 福島諒, 溝井浩, 幸田章宏, 神田聡太郎, 佐藤渉, 西村太樹
日本物理学会 2024 年春季大会 (於 オンライン、2023 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

中性子過剰 Zr 同位体の相互作用断面積測定と変形効果の検証

高山元^{DC*}, 福田光順^s, 森口哲朗, 西村太樹, 田口諒^d, 田中聖臣, 矢野朝陽, 安達主紘, 網谷芽衣, 馬場秀忠, 福田直樹, 福嶋知隼, 福留美樹^{DC}, 一戸悠人, 井上千波, 石谷壮士^m, 伊藤波音, 影山璃音, 菊池悠太, 北川尚幸, 小林颯人, 日下健祐, 松山健斗, 道正新一郎, 三原基嗣^s, 三河美紗希, 三井真音, 中村佑生, 西澤悟, 大竹政雄, 大坪隆, 小沢顕, 笹森玲那, 島村敏矢, 清水陽平, 鈴木宏, 竹田浩之, 滝浦一樹, 手塚康晃, 梶野泰宏, 辻坂匡^b, 渡辺晃平, 山口貴之, 柳澤善行, 安田圭吾^m, 吉本雅浩, Zhang Hanbin, 他 TRIP Collaboration
日本物理学会 2024 年春季大会 (於 オンライン、2023 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

安定線近傍の B, C, N 同位体の荷電変化断面積と荷電半径

田口諒^{d*}, 福田光順^s, 高山元^{DC}, 福留美樹^{DC}, 田中聖臣, 高津和哉, 西村太樹, 高橋弘幸, 菅原奏来, 松多建策, 三原基嗣^s, 木村容子, 石谷壮士^m, 渡辺薫^m, 大坪隆, 武智麻耶, 生越瑞揮, 野口法秀, 小林侑希哉, 田澤有紀, 進藤楠月, 福嶋知隼, 泉川卓司, 鈴木健, 山口貴之, 小沢顕, 森口哲朗, 矢野朝陽, 佐藤眞二, 福田茂一, 北川敦志

日本物理学会 2024 年春季大会 (於 オンライン、2023 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

Ni 同位体の相互作用断面積と中性子スキン厚の系統的研究

福留美樹^{DC*}, 田中聖臣, 福田光順^s, 武智麻耶, 西村太樹, 鈴木健, 森口哲朗, 高山元^{DC}, 田口諒^d, 石谷壮士^m, 三原基嗣^s, 松多健策, 大坪隆, 宮田恵理, 山口貴之, 小沢顕, 鈴木伸司, 泉川卓司, 櫻井博儀, 板橋健太, 稲辺尚人, 大竹政雄, 日下健祐, Z. Korkulu, 清水陽平, 鈴木宏, 炭竈聡之, 竹田浩之, 長江大輔, 福田直樹, 柳澤善行, 吉田光一, S. Bagchi, K.-H. Behr, H. Geissel, A. Prochazka, C. Scheidenberger, 王恵仁, 谷畑勇夫, 杉崎堯人, 野口法秀, 小林侑希哉, 田澤有紀, 本間彰, 矢野朝陽, 福嶋知隼, 網谷芽衣

日本物理学会 2024 年春季大会 (於 オンライン、2023 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

溶液ベータ NMR 分光による ¹⁷N 磁気モーメントの高精度測定

三原基嗣^{s*}, 大谷優里花, 木村容子, 杉崎堯人, 福田光順^s, 高山元^{DC}, 福留美樹^{DC}, 田口諒^d, 石谷壮士^m, 網谷芽衣, 中村佑生, 福嶋知隼, 西村太樹, 泉川卓司, 大坪隆, 百田佐多生, 田中聖臣, 小沢顕, 北川敦志, 佐藤眞二

日本物理学会 2024 年春季大会 (於 オンライン、2023 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

エネルギー 250MeV/u 領域における原子番号 40 近傍重イオンビームの荷電状態 (ポスター)

辻坂匡^{b*}, 福田光順^s, 森口哲朗, 西村太樹, 田口諒^d, 高山元^{DC}, 田中聖臣, 矢野朝陽, 安達主紘, 網谷芽衣, 馬場秀忠, 福田直樹, 福嶋知隼, 福留美樹^{DC}, 一戸悠人, 井上千波, 石谷壮士^m, 伊藤波音, 影山璃音, 菊池悠太, 北川尚幸, 小林颯人, 日下健祐, 松山健斗, 道正新一郎, 三原基嗣^s, 三河美紗希, 三井真音, 中村佑生, 西澤悟, 大竹政雄, 大坪隆, 小沢顕, 笹森玲那, 島村敏矢, 清水陽平, 鈴木宏, 竹田浩之, 滝浦一樹, 手塚康晃, 梶野泰宏, 渡辺晃平, 山口貴之, 柳澤善行, 安田圭吾^m, 吉本雅浩, Zhang Hanbin, 他 TRIP Collaboration

日本物理学会 2024 年春季大会 (於 オンライン、2023 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

Measurement of structure dependent radiative $K^+ \rightarrow e^+ \nu \gamma$ decay using stopped positive kaons at J-PARC

清水俊^{s*} for the J-PARC E36 collaboration

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

数値計算によるミュオン偏極測定装置におけるアナライジングパワー増大量の評価

今井龍之介^{b*}, 堀江圭都, 伊藤博士, 石谷壮士^m, 三原基嗣^s, 高山元^{DC}, 安田圭吾^m, 井手駿伍^b, 清水俊^s, 鎌田圭, 吉川彰

日本物理学会 2024 年春季大会 (於 オンライン、2023 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

時間反転対称性破れ探索実験のための CeF_3 検出器時間分解能測定

井手駿伍 ^{b*}, 堀江圭都, 石谷壮士 ^m, 三原基嗣 ^s, 高山元 ^{DC}, 安田圭吾 ^m, 今井龍之介 ^b, 清水俊 ^s, 鎌田圭, 吉川彰

日本物理学会 2024 年春季大会 (於 オンライン、2023 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

ユーザーフレンドリーかつ高速な解析環境の構築に向けて

高山元 ^{DC*}

The 3rd Workshop on Signal processing and data acquisition infrastructure (SPADI2025)
(東北大 RARiS 三神峯事業所, 2025 年 3 月 24-25 日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事**原子核におけるアルファ凝縮状態の探索**

足立智, 藤川祐輝, 川畑貴裕 ^s

日本物理学会誌 (2025 年 1 月発行, 20 頁)

バンデグラフ加速器～物質の構造と起源～

松多健策, 福田光順 ^s, 三原基嗣 ^s

うちゅう Vol. 41, No. 11 (2025 年 2 月発行, 4-9 頁)

1.3 南條グループ

令和六年度の研究活動概要

我々は J-PARC KOTO 実験と CERN LHC ATLAS 実験に取り組んでいる。

J-PARC KOTO 実験

J-PARC KOTO 実験の目的は、中性の K 中間子の $K_L \rightarrow \pi^0 \ell \bar{\nu}$ 崩壊を用いて、CP 対称性を破る新たな素粒子物理を探ることである。今年度は次のことをした。

- **2021 年に取得したデータの解析：** 昨年度に事象選択を決め、信号領域を確認し、観測事象数は 0 であった。信号事象検出感度の系統誤差を見積もり、最終的に単一事象感度 $(9.31 \pm 0.06_{\text{stat.}} \pm 0.83_{\text{syst.}}) \times 10^{-10}$ を得た。背景事象の予測総数も $0.252 \pm 0.055_{\text{stat.}}^{+0.052}_{-0.067_{\text{syst.}}}$ と決めた (図 1.1 左)。90%信頼度で $K_L \rightarrow \pi^0 \ell \bar{\nu}$ 分岐比の上限値 2.2×10^{-9} を得た。これを纏めた論文が出版された。[白石、小寺、南條]
- **2024 年度のデータ取得と解析：** 2024 年の 4/12 から 6/5 と、2025 年の 1/19 から 2/26 の間、ビームデータを取得した。小野氏が KOTO 実験のランマネージャを務めた。それぞれ標的陽子数は 1.51×10^{19} 、 3.1×10^{19} POT であり、2021 年取得データの 45%、90%に当たる。

加速器の増強により、ビーム繰り返しサイクルが 5.2 秒から 4.2 秒と短くなり、ビーム強度は 2021 年度の 64KW から 80kW 超となった。これにより、信号事象探索感度の向上を早めることができるようになった。

昨年度導入した 0.2mm 厚みの薄いシンチレータを用いた上流ビーム中の荷電粒子検出器 (UCV) を使った。また、GPU を用いデータを取り、さらに初めて事象フィルターを組み込み、使った (Gonzalez 氏はこの研究で博士号を取得した)。またこのデータ取得から、ビーム中の荷電 K 中間子を減らすため、ビームラインを改造し、荷電粒子排除磁石をもう一台加えた。この結果、荷電 K 中間子フラックスをさらに 1/10 に減らした。この磁石の場所は UCV のすぐ上流であり、UCV にも漏れ磁場がある。性能評価の結果、UCV は所期の性能通り、荷電 K 中間子背景事象を 1/100 以下にできることがわかった。カロリメータに 5 個 γ が入射した事象 (5 γ 事象) を $K_L \rightarrow 2\pi^0$ 背景事象評価に使う。2021 年に比べ、2024 年は 45%の標的陽子数であるが、当時より 20 倍多く 5 γ 事象を得た。この結果、 $K_L \rightarrow 2\pi^0$ 背景事象評価の系統誤差を 1/3 に削減し 30%程度にできる。2025 年のデータ取得では、GPU を用いた事象フィルタを増強し、オンラインでのビーム品質を判定できるようにした (図 1.1 右)。この結果、加速器グループと共同で、より高品質なビームパラメータを即座に決められた。理想的なビーム品質に比べ、ビーム品質による実効的な検出器レートは 10%増までに抑えられた。[白石、Gonzalez、小野、川田、片山、小川、本間、小寺、南條]

- **光核反応による光子検出器不感率の研究：** $K_L \rightarrow 2\pi^0$ 背景事象では、終状態の 4 つの光子のうち、2 光子をカロリメータで観測し、残りの 2 光子を主にバレル部の検出器

の不感率のために見失う。入射光子が核子に吸収され、中性子などが放出される光核反応があり、 γ 線検出不感率に効く。この不感率を実測し、不定性を減らしたい。昨年度は、小型検出器を準備し、東北大学電子光物理学研究センターにて γ 線検出不感率の測定を試みたが、この小型検出機の γ 線に対する応答を理解できなかった。今年度も同施設で調べたが、想定される応答が得られず、 γ 線応答を調べやすい検出器を別途作ることにした。[川田、南條]

- **次世代実験 KOTO II：** KOTO 実験の次世代の実験 (KOTO II) では、直径 3 m のカロリメータ、長さ 20 m のバレル部検出器を用い、1 年間の運転時間で、標準理論であれば $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 信号を 35 事象得る見込みである。背景事象は 40 事象を見込み、信頼度 5σ で $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 崩壊を発見できる。7 月には Kaons@J-PARC 2024 ワークショップを主催した。さらに、11 カ国、37 機関、82 人で KOTO II 実験提案書を作り、12 月に J-PARC の Program Advisory Committee に提出した (arXiv:2501.14827)。1 月の実験審査の上、2 段階実験承認の 1 段階目、Stage-1 承認を得た。J-PARC E107 の実験番号となった。

昨年度に引き続き、KOTO II 実験に応用すべく、紫外線硬化アクリル樹脂を基剤にしたシンチレータを研究した (図 1.2)。安定した制作と評価ができ、代表的な市販シンチレータ (EJ200) の 1/4 の獲得光量であった。紫外硬化剤は濃度を十分小さくすれば、発光を阻害せず硬化剤として使える。シンチレータ剤を飽和濃度以上にとると獲得光量は増えるが、硬化後に白濁し、獲得光量が減るので、飽和濃度以下で使う。このように特性の理解が進み、今後は別の紫外硬化樹脂も試し開発を進める。

また、KOTO II 実験ではカロリメータ領域を直径 3 m と、KOTO 実験の直径 1.9 m から増やす。この拡張領域を担う検出機の候補に、鉛とプラスチックシンチレータの積層構造に、波長変換ファイバーを貫通させたシャッシュリック型の検出器がある。シミュレーションを用い、要求されるエネルギー分解能は $10\%/\sqrt{E(\text{GeV})}$ で良いことがわかった。また、プロトタイプ検出器と宇宙線を用いて、いくつかの検出器の設計を試し、獲得光量を評価し、目的のエネルギー分解能を得る目処がついた。[片山、本間、南條]

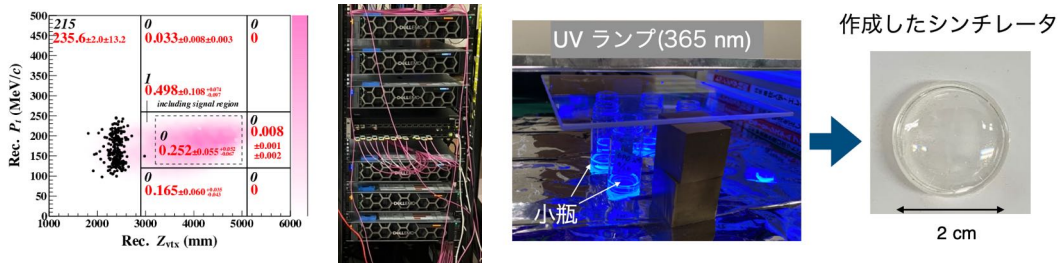


図 1.1: 右：2021 年データの解析結果。
左：KOTO High Level Trigger の写真。

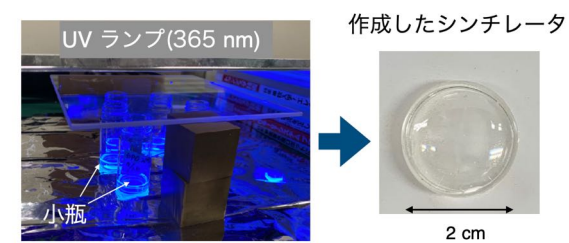


図 1.2: 紫外硬化アクリル樹脂を基材とするシンチレータ

CERN ATLAS 実験

LHC ATLAS 実験では、世界最高エネルギーの陽子-陽子衝突を用いて、重い新粒子の探索や素粒子標準模型パラメータの精密測定などを進めている。ATLAS 大阪グループでは、特にヒッグス粒子の性質測定、超対称性や重力子などの重い新粒子探索とシリコン検出器の運用や次世代実験に向けた検出器量産に関する研究を重点的に進めている。今年度は次のことを行った。

- **ヒッグス粒子がチャームクォーク対に崩壊する事象の探索：**我々はヒッグス粒子が第2世代クォークであるチャームクォークと結合する証拠の初観測を目指し、ヒッグス粒子がチャームクォーク対に崩壊する ($H \rightarrow c\bar{c}$) 事象を探した。チャームクォークはハドロニ化し、粒子束(ジェット)として実験で観測される。深層学習を用いてチャームクォーク由来のジェット(c-ジェット)を同定し、背景事象を削減することで感度を上げた。2018年までの第2期実験の全データを使い、標準模型の予言値の12倍以上の $H \rightarrow c\bar{c}$ の信号強度を棄却した。また、チャームクォークとヒッグス粒子の結合を標準模型の4.2倍以下に制限した(図1.3)。この結果を公表し、学術雑誌に投稿した。[Wickremasinghe、廣瀬、増渕、南條]
- **標準模型を超える新粒子探索：**LHCの高エネルギー陽子陽子衝突事象を用いて、標準模型を超える新粒子の探索も行っている。標準模型を超える有力な理論の一つ、超対称理論では、ヒッグス粒子、ゲージ粒子の超対称パートナーであるヒッグシーノやウィーノがある。これらの探索を進めた。信号選択を最適化し、ヒッグシーノが300 GeV、ゲージノが200 GeV付近にある場合に探索感度があることがわかった。来年度は、機械学習を用いた事象選択の最適化やデータを用いた背景事象見積もり方法を確立し、更に探索領域の拡大を狙う。[荒木田、廣瀬、増渕、南條] また、重いスカラー粒子や、スピン2の重力子が生成されたときに2つのヒッグス粒子に崩壊することが予言されている。この重い粒子を探索を進めた。2つのヒッグス粒子が高い運動量を持ってボトムクォーク対に崩壊すると、ヒッグス粒子からの2個のジェットが重なり、1つの大半径ジェット(ヒッグスジェット)となる。シミュレーションを用いて信号選択の性能を調べた。解析の鍵となるヒッグスジェットをグラフニューラルネットワークを使って同定すると、従来の方法と比べ、信号の選択効率を上げつつ、背景事象を削減できることがわかった。[久郷、廣瀬、増渕、南條]
- **LHC 第3期運転に伴うシリコンマイクロストリップ検出器の運転と性能評価：**2022年6月に開始したLHCの第3期運転を引き続き行った。これまでに我々が開発してきた検出器の性能監視ツールを活用しながら検出器運転を行った。今年度は加速器の運転が順調であり、我々も検出器の安定運転とデータ品質監視に貢献し、過去最高の積分ミノシティを達成できた。そのほか、限られたリソースで効率よく運転を進めるために、SCT PATのデータベースとユーザインターフェースを改良した。これらの活動を通して、残り2年間のLHC第3期運転でデータを円滑に収集する。また、内部飛跡検出器は高放射線環境にあり、性能劣化が懸念されるので、今年度までに取得したデータを用いて検出器の位置分解能を調べた。徐々に分解能が劣化していた(図

1.4)。調査を続け、さらに物理に対する影響を調べる。[泉尾、Wickremasinghe、廣瀬、増渕、南條]

- **高輝度 LHC 実験に向けたシリコンピクセル検出器のプレ量産：** 2030 年から高輝度 LHC での ATLAS 実験が始まる。日本グループは、これに用いるピクセル検出器モジュールを、約 2800 個（全体の約 30%）製造する。今年度はついにモジュールの量産が始まり、約 200 個のモジュールを製造した。量産はハヤシレピック株式会社と協力して行うため、ハヤシレピック館山工場のクリーンルーム内に製造設備や試験設備を設置して量産を進めた。検査ステーションの動作不安定性と、メンテナンスしづらさを改善するため、温度・湿度などを測る複数のケーブルを整理し、1 箇所にとめる基板を作った。量産検査サイトの試験設備 1 台で想定通りに動作させることに成功した (図 1.5)。次年度は製造レートを上げて本量産を進めるため、作成した基板をすべての試験設備に導入し、高い信頼度で安定した検査を行う。[北野、荒木田、久郷、廣瀬、増渕、南條]

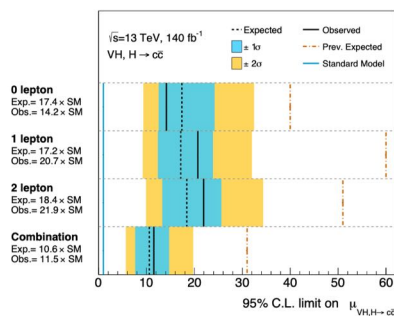


図 1.3: ヒッグスがチャームクォークに崩壊するモードの探索結果

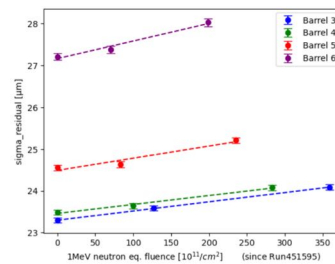


図 1.4: 位置分解能の放射線照射量依存性



図 1.5: 設計した基板

学術雑誌に出版された論文

Search for the $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ Decay at the J-PARC KOTO Experiment

J.K. Ahn, M. Gonzalez^d, K. Hanai, M. Katayama, T. Kato, A. Kitagawa^d, Y. Kawata^d, H. Haraguchi, N. Hara, K. Kotera^s, T. Mari, I. Morioka, H. Nanjo^s, H. Nishimiya, Y. Noichi, K. Ono^d, M. Osugi, Y. Sato, T. Shibata, N. Shimizu, R. Shiraishi^d, N. Taylor, T. Yamanaka, et al.

Phys.Rev.Lett. **134** (8, Feb) (2025) 81802

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.081802>).

Measurement of muon flux behind the beam dump of the J-PARC Hadron Experimental Facility

T. Matsumura, Y. Hirayama, G.Y. Lim, H. Nanjo^s, T. Nomura, K. Shiomi, H. Watanabe
Nucl.Instrum.Meth.A **1069** (1, Oct) (2024) 169990
(<http://doi.org/10.1016/j.nima.2024.169990>).

Characterising the Higgs boson with ATLAS data from Run 2 of the LHC

G. Aad, Hajime Nanjo^s, Tatsuya Masubuchi^s, Minoru Hirose^s, Lakmin Wickremasinghe^d,
et al.

Phys. Rept. **1116** (16, Nov) (2024) 4–56
(<http://doi.org/10.1016/j.physrep.2024.11.001>).

Interpretations of the ATLAS measurements of Higgs boson production and decay rates and differential cross-sections in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV

G. Aad, Hajime Nanjo^s, Tatsuya Masubuchi^s, Minoru Hirose^s, Lakmin Wickremasinghe^d,
et al.

JHEP **11** (15, Nov) (2024) 097
([http://doi.org/10.1007/JHEP11\(2024\)097](http://doi.org/10.1007/JHEP11(2024)097)).

Determination of the Relative Sign of the Higgs Boson Couplings to W and Z Bosons Using WH Production via Vector-Boson Fusion with the ATLAS Detector

G. Aad, Hajime Nanjo^s, Tatsuya Masubuchi^s, Minoru Hirose^s, Lakmin Wickremasinghe^d,
et al.

Phys. Rev. Lett. **133** (2, Oct) (2024) 141801
(<http://doi.org/10.1103/PhysRevLett.133.141801>).

Measurement of the $VH, H \rightarrow \tau\tau$ process with the ATLAS detector at 13 TeV

G. Aad, Hajime Nanjo^s, Tatsuya Masubuchi^s, Minoru Hirose^s, Lakmin Wickremasinghe^d,
et al.

Phys. Lett. B **855** (25, Jun) (2024) 138817
(<http://doi.org/10.1016/j.physletb.2024.138817>).

Workshop summary: Kaons@CERN 2023

A. Jüttner, H. Nanjo^s, *et al.*

Eur.Phys.J.C **84** (4, Apr) (2024) 377
(<http://doi.org/10.1140/epjc/s10052-024-12565-4>).

国際会議報告等**The Data-Acquisition System and new GPU-based HLT of the KOTO Experiment**Mario Gonzalez^{d*}PoS ICHEP2024 **476** (1009, Jan) (2025) 1009.

ICHEP2024 (Jul, 2024, 1400), Czech Republic.

In-beam charged particle detector using 0.2-mm thick plastic scintillator for the J-PARC KOTO experimentKeita Ono^{d*}PoS ICHEP2024 **476** (969, Jan) (2025) 969.

ICHEP2024 (Jul, 2024, 1400), Czech Republic.

KOTO II at J-PARC to measure the branching ratio of $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ Hajime Nanjo^{s*}PoS ICHEP2024 **476** (464, Jan) (2025) 464.

ICHEP2024 (Jul, 2024, 1400), Czech Republic.

国際会議における講演等**P107 (KOTO II)**Hajime Nanjo^{s*}

39th J-PARC PAC meeting (KEK Tokai campus, 2025/1/8-2025/1/10)

KOTO IIHajime Nanjo^{s*} (invited)

Kaons@J-PARC 2024 (KEK Tokai campus, 2024/7/27-2024/7/29)

The Data-Acquisition System and new GPU-based L3 of the KOTO Experiment (poster)Mario Gonzalez^{d*}

ICHEP2024 (Prague Congress Centre, 2024/7/17-2024/7/24)

In-beam charged particle detector using 0.2-mm thick plastic scintillator for the J-PARC KOTO experiment (poster)Keita Ono^{d*}

ICHEP2024 (Prague Congress Centre, 2024/7/17-2024/7/24)

KOTO II at J-PARC to measure the branching ratio of $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ Hajime Nanjo^{s*}

ICHEP2024 (Prague Congress Centre, 2024/7/17-2024/7/24)

Boosted $HH \rightarrow bbbb$ +GN2X taggerRina Kugo^{d*}

Mini-workshop of FJPPN 2024 project HEP_17 (LAPP, 2025/2/23)

Recent SM Higgs measurements and BSM Higgs searches at the LHCTatsuya Masubuchi^{s*} (invited)

39th Regular Meeting of the New Higgs Working Group (Osaka University 2024/10/12)

Search for the Higgs to charm quark decay process at the LHC-ATLAS experiment using the full Run 2 datasetLakmin Wickremasinghe^{d*}

Workshop for Tera-Scale Physics and Beyond (KEK, 2024/12/18)

日本物理学会，応用物理学会等における講演**Development of UV-cured Acrylic Scintillator**Hajime Nanjo^{s*}

シンチレータ高度化研究会 2024 (Platform A) (静岡大学浜松キャンパス, 2024/9/30-2024/10/1)

光硬化アクリルシンチレータの性能評価と電磁シャワー発展の観測南條 創^{s*}

測定器開発テストビームライン研究会 (KEK, 2024/4/4-2024/4/5)

J-PARC KOTO 実験における GPU を用いたハイレベルトリガーの改良小川大樹^{m*}

日本物理学会 2025 年春季大会

LHC-ATLAS 実験における 4b 終状態をもつヒッグス対生成事象探索を目指した大半径ジェットフレーバータグ閾値の最適化久郷莉奈^{d*}

日本物理学会 2025 年春季大会

LHC-ATLAS 実験における同電荷 WW 事象を用いたヒグシーノ信号の感度評価荒木田陸斗^{d*}

日本物理学会 2025 年春季大会

KOTOII 実験に向けたカロリメータの開発

本間芽糸 ^{m*}

日本物理学会 2025 年春季大会

光子検出器の光核反応による光子検出不感率の測定手法

川田悠統 ^{d*}

日本物理学会 2025 年春季大会

高輝度 LHC ATLAS 用シリコンピクセル検出器モジュールの検査制御システム安定化のための基板開発

北野至 ^{m*}

日本物理学会 2025 年春季大会

KOTO II 実験に向けた準備状況

南條創 ^{s*}

日本物理学会 2025 年春季大会

J-PARC KOTO 実験 2024 2025 年物理データの解析状況

小野啓太 ^{d*}

日本物理学会 2025 年春季大会

Efficiency and performance of the GPU-based Level-3 trigger of the KOTO experiment

Mario Gonzalez ^{d*}

日本物理学会第 79 回年次大会

Search for the Higgs boson to charm quark decay process at the LHC-ATLAS experiment using the full Run 2 dataset

Lakmin Wickremasinghe ^{d*}

日本物理学会第 79 回年次大会

LHC-ATLAS 実験におけるシリコンストリップ検出器の位置分解能評価

泉尾翼 ^{m*}

日本物理学会第 79 回年次大会

KOTO 実験における GPU を用いた Level-3 トリガーシステムの改良

小川大樹 ^{m*}

日本物理学会第 79 回年次大会

紫外線硬化アクリル樹脂を用いたシンチレータの開発片山舞 ^{m*}

日本物理学会第 79 回年次大会

光子検出器の光核反応による光子検出不感率の測定手法川田悠統 ^{d*}

日本物理学会第 79 回年次大会

KOTO-II 実験に向けたカロリメータの開発本間芽糸 ^{*}

日本物理学会第 79 回年次大会

中性 K 中間子の稀崩壊 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ の発見を目指す KOTO II 実験の設計南條創 ^{s*}

日本物理学会第 79 回年次大会

J-PARC KOTO 実験 2024 年ランでのデータ取得と解析状況小野啓太 ^{d*}

日本物理学会第 79 回年次大会

書籍等の出版，日本語の解説記事

1.4 工藤グループ

令和六年度の研究活動概要

本研究グループでは、遷移金属化合物において、超伝導体の物質開発と超伝導発現機構に関する物性研究を行なっている。近年は、特に、三角形ネットワーク、ハニカムネットワーク、カゴメネットワークなどの原子ネットワークの対称性に着目した物質開発、および、新奇超伝導状態の探索と、化学結合の形成と切断を利用した超伝導物質開発を進めている。以下に、その概要を述べる。

ハニカムネットワークを持つ $\text{BaPt}(\text{As}_{1-x}\text{Sb}_x)$ における時間反転対称性が破れた超伝導状態の観測

ハニカムネットワークでは、その対称性から、非従来型超伝導の発現を期待することができる。私たちが発見した超伝導体 BaPtAs と BaPtSb は、Pt と As あるいは Sb からなるハニカムネットワークを持つ。本研究では、それらの物質において、非従来型超伝導の探索を進めた。その際に重要となったのは、試料の純良化である。これらの系では、組成比が近い別の相が存在し、さらに、Pt と As、Pt と Sb の比が 1 : 1 からズレやすい。したがって、試料の純良化は非常に困難であった。私たちは、合成スタート時の仕込み組成、合成の温度と時間などを系統的に変えながら条件の最適化を行なった。粉末 X 線回折、EDX 組成分析で試料を丁寧に評価し、磁化測定を行って超伝導性を確認しながら合成を進めることで、非従来型超伝導の探索に耐える純良な試料を得ることができた。そのような試料を用いてミュオンスピン回転緩和実験を行い、新奇超伝導状態の探索を行った。その結果、超伝導状態において、微弱な磁場が自発的に発生していることを確定することができた。つまり、時間反転対称性が破れた超伝導状態を実験的に捉えることに成功した。その磁場は、カイラル超伝導の電子対に起因するものである可能性が高い。この結果を論文にまとめて発表した。

三角形ネットワークを持つ超伝導体 $\text{Pt}(\text{Bi}_{1-x}\text{Se}_x)_2$ の単結晶育成と電子状態・結晶構造に関する研究

三角形ネットワークでは、上記のハニカムネットワークと同様に、対称性から非従来型超伝導の発現を予想することができる。本研究では、Pt の三角形ネットワークを持つ超伝導体 $\text{Pt}(\text{Bi}_{1-x}\text{Se}_x)_2$ に着目した。これは、私たちが発見して報告した超伝導体であり、極性非極性構造相転移とそれに伴う超伝導転移温度の上昇を示す興味深い物質である。三角形ネットワークにおいて非従来型超伝導を探索するだけでなく、超伝導転移温度の上昇の理由を明らかにすることで新たな超伝導増強因子を抽出できる可能性がある。それらの研究を行うために、単結晶試料の大型化と良質化を進めた。その結果、Se 置換していないときと Se 置換したときでは、結晶育成の条件が大きく異なることがわかった。本研究では、結晶育成時の温度と温度変化の速度を系統的に変化させることで、それらのパラメータを最適化し、大型で良質な単結晶試料を得ることができた。その試料を用いて、低温磁場下輸送現象、核磁気共鳴、光電子分光の測定を開始しており、これまでに、上部臨界磁場が異常なヒステリシ

スを示すこと、結晶構造に揺らぎがあることが明らかになっている。今後、ミュオンスピン回転緩和実験を行い、超伝導対称性に関する情報を得る予定である。

化学結合の形成と切断を利用した超伝導探索

化学結合の形成、切断によって、系の電子状態が大きく変わる。本研究では、そのことを利用した超伝導探索を開始した。研究対象となる物質の単結晶試料をフラックス法で育成した。Ar グローブボックス内で原料を秤量し、アルミナるつぼに入れ、石英ガラス管に封入した。その封管を加熱し、炉冷、急冷、あるいは除冷した。仕込み組成と温度条件を系統的に変えながら結晶育成を行うことで、良質で大型の単結晶試料を得ることができた。得られた試料について、粉末 X 線回折で相、EDX 組成分析で化学組成を決定した。今のところ、以下のところまで進んでいる。格子定数を求めることで、化学結合の形成と切断に関する情報を得ることができた。電気抵抗率に温度依存性が急激なジャンプを示した。それは、温度に依存して化学結合が形成されたり切断されたりする現象に関係していると考えられる。化学組成を変化させると、電気抵抗率がジャンプを示す温度と、ジャンプの温度幅が変化することがわかった。化学結合の形成と切断に関するさらに詳細な情報を得るために、X 線吸収微細構造実験を開始している。

学術雑誌に出版された論文

Non-coplanar spin structure in a metallic thin film of triangular lattice anti-ferromagnet CrSe

Y. Tajima^m, J. Shiogai^s, K. Ueda^s, H. Suzaki^m, K. Takaki^m, T. Seki, K. Kudo^s, and J. Matsuno^s

APL Materials **12** (No. 4, Apr.) (2024) 041112 1-8

(<http://doi.org/10.1063/5.0201786>).

Observation of two-level critical-state in the van-der-Waals superconductor Pt(Bi_{1-x}Se_x)₂

Y. Samukawa^m, M. Maeda^m, N. Jiang^s, R. Nakamura^m, M. Watanabe^{DC}, K. Takaki^m, Y. Moriyasu^m, T. Ikushima^m, T. Kida, M. Hagiwara, T. Nakamura, Y. Okada, K. Kudo^s, Y. Niimi^s

Physical Review B **111** (No. 6, Feb.) (2025) 064506 1-9

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.111.064506>).

Spontaneous magnetic field and disorder effects in BaPtAs_{1-x}Sb_x with a honeycomb network

T. Adachi, T. Ogawa, Y. Komiyama, T. Sumura, Y. Saito-Tsuboi, T. Takeuchi, K. Mano, K. Manabe^m, K. Kawabata, T. Imazu, A. Koda, W. Higemoto, H. Okabe, J. G. Nakamura, T. U. Ito, R. Kadono, C. Baines, I. Watanabe, T. Kida, M. Hagiwara, Y. Imai, J.

Goryo, M. Nohara, K. Kudo^s

Physical Review B **111** (No. 10, Mar.) (2025) L100508 1-6

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.111.L100508>).

国際会議報告等

国際会議における講演等

Spontaneous Magnetic field and chiral superconductivity in BaPtAs_{1-x}Sb_x with honeycomb network

T. Adachi*, T. Ogawa, Y. Komiyama, T. Sumura, Y. Saito, T. Takeuchi, K. Mano, K. Manabe^m, K. Kawabata, T. Imazu, A. Koda, W. Higemoto, H. Okabe, J. G. Nakamura, T. U. Ito, R. Kadono, C. Baines, I. Watanabe, Y. Imai, J. Goryo, M. Nohara, K. Kudo^s
The APS global summit (at Anaheim, USA, Mar. 16-21, 2025, 参加者数約 15,000 名)

Unconventional superconductivity in BaPtAs_{1-x}Sb_x with the ordered honeycomb network (poster)

T. Imazu*, J. Goryo, N. Furutani, T. Adachi, K. Kudo^s, and Y. Imai
The 37th International Symposium on Superconductivity (ISS2024) (at Kanazawa, Japan, Dec. 3-5, 2024, 参加者約 300 名)

Metallic Conductivity and Non-coplanar Spin Structure in CrSe Thin Films Grown by Pulsed-laser Deposition (poster)

J. Shiogai^{s*}, Y. Tajima^m, K. Ueda^s, H. Suzaki^m, K. Takaki^m, T. Seki, K. Kudo^s, and J. Matsuno^s
The 23rd International Conference on Molecular Beam Epitaxy (ICMBE2024) (at Matsue, Japan, Sept. 8-13, 2024, 参加者約 300 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

遷移金属化合物の超伝導物質開発（依頼講演）

工藤一貴^{s*}

金属材料研究所低温研究会 2024（於 東北大学、2024 年 8 月 17 日）

三角形・ハニカム・カゴメネットワークを持つ超伝導物質の開発（依頼講演）

工藤一貴^{s*}

量子ビーム連携ミニワークショップ「機能性材料研究会（於 広島大学、2024 年 10 月 12 日-13 日）

超伝導体の物質開発（依頼講演）工藤一貴 ^{s*}

低温・超伝導物理学研究会（於 東北大学、2024 年 11 月 30 日）

極性非極性構造相転移を示す $\text{Pt}(\text{Bi}_{1-x}\text{Se}_x)_2$ の単結晶育成と超伝導特性（ポスター）生島匠 ^{m*}、眞崎世聞 ^m、浦矢郁人 ^m、岡宏大 ^m、木田孝則、萩原政幸、工藤一貴 ^s

日本物理学会 2022 年秋季大会（物性）（於 東京工業大学、2022 年 9 月 12 日 – 9 月 15 日）

書籍等の出版，日本語の解説記事

1.5 新見グループ

令和六年度の研究活動概要

ナノメートルスケールの微小な伝導体（金属、半導体、超伝導体、磁性体など）では、ミリメートルの結晶では出現しない効果が観測される。このような微小伝導体の研究は、近年のナノテクノロジーの進展によって初めて可能になったものであり、量子力学的効果の検証、スピントロニクスや量子コンピュータへの応用など、幅広い分野にわたって研究が行われている。その最大の特長は、電子及びスピン状態を人工的に制御できる点にある。

近年、当該分野に大きなブレイクスルーがあった。それがグラフェンの発見である。これを契機に、2次元性の強い物質を機械的に剥離して、結晶性のよい原子層薄膜を簡便に作製できるようになった。さらに、このような原子層薄膜を人工的に組み合わせることで、天然結晶では実現しない物性が出現することが報告され、現在世界中で研究が進んでいる。

本グループでは、主に (1) 2次元性の強い超伝導体や磁性体を人工的に組み合わせた人工結晶における新現象の観測、(2) 半導体中の単一飛行電子を用いた量子電子光学の研究を行っている。令和六年度、我々は主として以下のテーマに取り組んだ。

- a) カイラル磁性体薄膜におけるスピン輸送測定
- b) 空間反転対称性の破れた原子層薄膜におけるスピン輸送測定
- c) ファンデルワールス磁性体を用いたスピン輸送測定
- d) アモルファス FeSn 合金におけるスピン輸送測定
- e) 超伝導リングデバイスを用いた超伝導特性の評価
- f) 原子層ジョセフソン接合デバイスの作製
- g) 希土類元素を含んだ原子層物質 $R\text{Te}_3$ の磁気輸送測定
- h) 表面弾性波による擬1次元電荷密度波の変調
- i) 電界効果を用いた原子層物質の伝導特性の変調
- j) 半導体中の単一飛行電子を用いた量子電子光学実験

以下では、「g) 希土類元素を含んだ原子層物質 $R\text{Te}_3$ の磁気輸送測定」について紹介する。

希土類元素を含んだ原子層物質 $R\text{Te}_3$ の磁気輸送測定

近年、van der Waals (vdW) 力で層状構造を成す2次元磁性体は、次世代スピントロニクス・ツイストロニクス応用の観点から注目されている。特に、希土類三テルル化物 $R\text{Te}_3$ ($R = \text{La-Tm}$) は、高キャリア移動度や電荷密度波 (CDW)、反強磁性秩序 (AFM)、高圧下での超伝導など多様な状態を併せ持つことから、低次元量子物質の新奇物性探索において重要な材料系である。

$R\text{Te}_3$ は直交晶構造 (空間群 Cmcm) を持ち、磁性を担う $R\text{-Te}$ 層が、電気伝導に寄与する Te 正方ネットに挟まれた構造をしている。 Te シートは $a\text{-}c$ 面に平行であり、隣接層は vdW 力で結合しているため、機械的剥離による薄膜化が可能である。 Te の p_x, p_z 軌道によって

形成されたフェルミ面のネスティングと Te 層の 3 次元的重ね合わせにより、単一または複数の CDW 状態が実現される。また、一部の $R\text{Te}_3$ 系では CDW と AFM の共存が報告されており、CDW と AFM の結合に由来する輸送現象の発現が期待される。

本研究では、 LaTe_3 (非磁性)、 CeTe_3 および TbTe_3 (AFM) について、機械的剥離とドライ転写法により薄膜デバイスを作製し、縦抵抗およびホール抵抗の同時測定を通して、磁性秩序が電気伝導特性に与える影響を系統的に評価した。デバイス作製は高純度アルゴン雰囲気下 (99.9999%) のグローブボックス内で実施した。デバイス構造は、Si 基板上にあらかじめ Au/Ti 電極 (40/5 nm) を蒸着し、その上に $R\text{Te}_3$ フレークを転写、さらに酸化防止のため hBN を積層した。電気伝導測定はロックインアンプを用いた 4 端子法により行い、1.7 K まで冷却した状態で、 a - c 面に垂直な磁場を最大 8 T まで印加した。膜厚は LaTe_3 : 25 nm、 CeTe_3 : 24 nm、 TbTe_3 : 47 nm であり、原子間力顕微鏡により確認した。

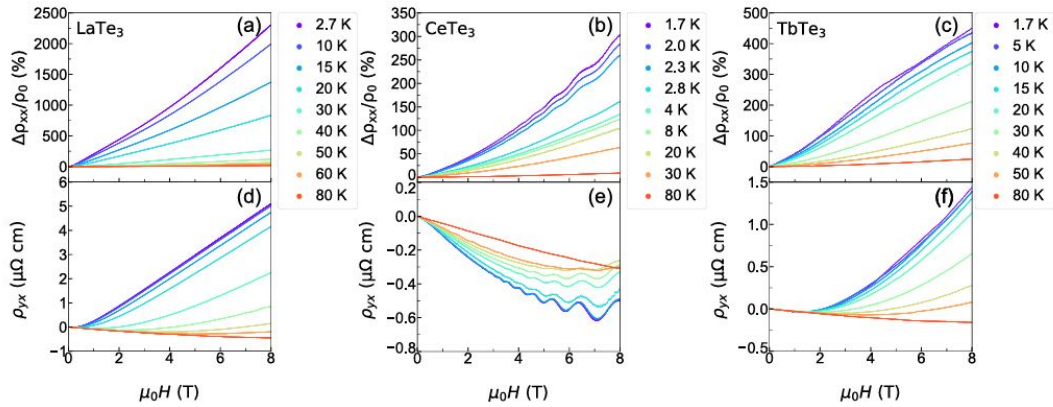


図 1.1: (a)–(c): LaTe_3 , CeTe_3 , TbTe_3 デバイスにおける縦磁気抵抗 (MR) 比 $\Delta\rho_{xx}/\rho_0$ 。(d)–(f): 同デバイスにおけるホール抵抗 ρ_{yx} 。いずれも磁場は最大 8 T まで印加し、複数温度にて測定を行った。

図 1.1 に、各試料における縦磁気抵抗 (MR) 比およびホール抵抗の磁場依存性を示す。 LaTe_3 では 2.7 K で 2250% の巨大 MR が観測され、これはバルク [Phys. Rev. B **104**, 155147 (2021)] に比べて約 3 倍大きく、薄膜化による結晶性の向上が影響していると考えられる。 CeTe_3 では通常のローレンツ力による放物線的な磁場依存性が見られる一方で、 LaTe_3 と TbTe_3 では低温で直線的な MR が観測された。特に TbTe_3 では、Néel 温度 ($T_{N1} \approx 6.6$ K) 以下の 1.7 K において、3–4 T 付近で MR の傾きに変化が見られ、先行研究で報告された磁気相転移 [Materials **15**, 8772 (2022).] と一致する。このことは、AFM 構造が電気伝導に顕著な影響を及ぼすことを示している。ホール抵抗もすべての試料でマルチキャリアに由来する非線形な磁場依存性を示した。また、 CeTe_3 では縦抵抗・ホール抵抗の両方に量子振動 (Shubnikov–de Haas 振動: SdH 振動) が確認された。

図 1.2 に、各材料の低温抵抗、2 キャリアモデルから算出したキャリア移動度・キャリア密度、MR 比の温度依存性を示す。 LaTe_3 では特に特徴的な変化は見られなかったが、 CeTe_3 と TbTe_3 では、それぞれの AFM 転移温度以下で明確な抵抗の減少が観測されたと同時に、移動度が増加することが明らかとなった。これは磁性秩序の発達に伴う磁性散乱の抑制によ

る電子緩和時間の増大に起因すると考えられる。特に CeTe_3 では顕著であり、44%もの増加を示した。さらに、MR 比も AFM 転移以下で急激に増加しており（ CeTe_3 では 111% の増加）、磁性秩序の発達に伴う磁性散乱の抑制を表している。また、 CeTe_3 の SdH 振動の解析により高移動度キャリアは、CDW 転移に伴って形成される小さなフェルミポケットに由来していることが示唆された。さらに興味深いことに、 CeTe_3 では転移温度を境にキャリア密度にも明確な変化が見られた。これは未解明な点が多いが、磁性秩序がバンド構造、特に CDW 状態に与える影響を示唆している。RKKY 相互作用による CDW と AFM の結合をとらえた可能性が高く、今後 CDW と磁性の結合を調べるのに有用な系であることが示唆された。

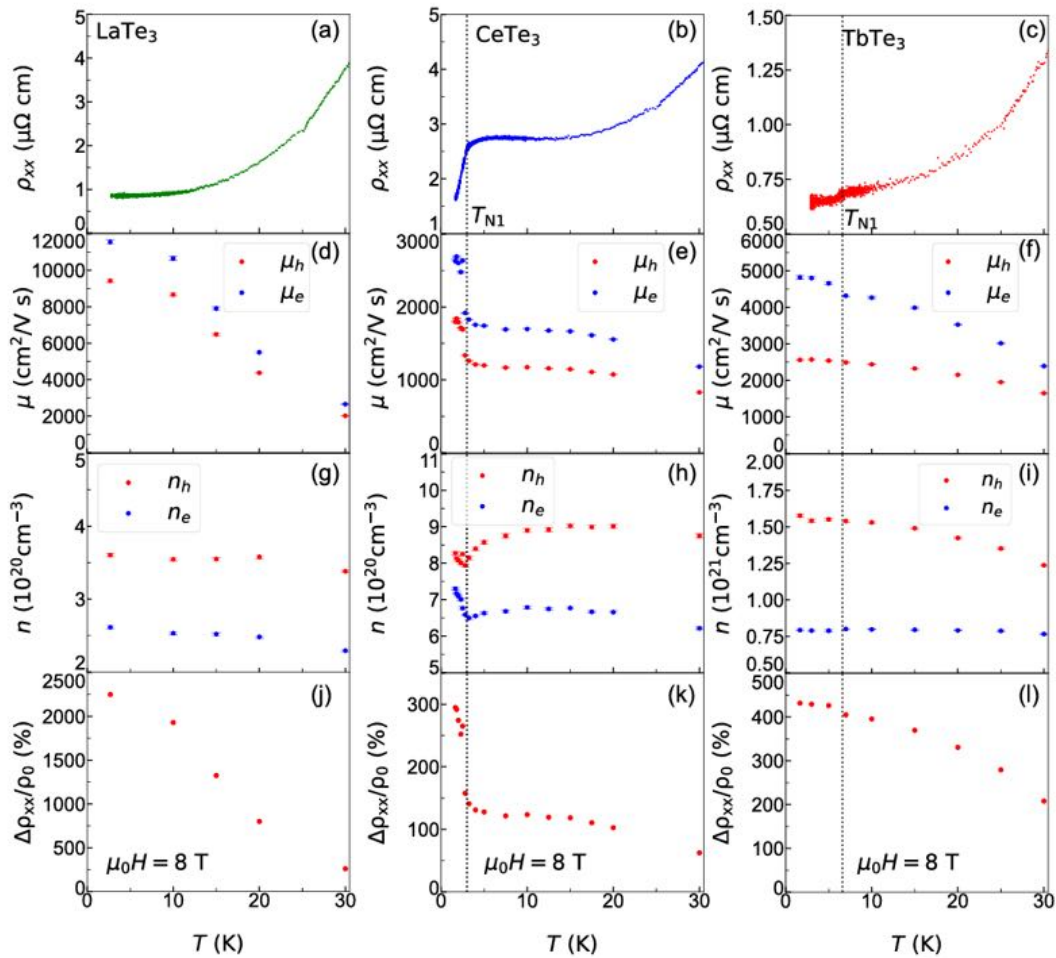


図 1.2: (a)–(c): LaTe_3 , CeTe_3 , TbTe_3 デバイスにおける低温電気抵抗。(d)–(f): 二バンドモデルにより得られた電子・正孔のキャリア移動度。(g)–(i): 二バンドモデルにより得られたキャリア濃度。誤差棒は共分散行列から導出された標準偏差を示す。(j)–(l): 8 T における MR 比の温度依存性。

本研究により、vdW 磁性体 $R\text{Te}_3$ 系において、磁性秩序が電気伝導特性に与える影響を系統的に明らかにした。特に CeTe_3 では、AFM 転移温度以下での抵抗低下、移動度の顕著

な増加、キャリア濃度の変化が観測され、CDW 状態との相互作用が強く示唆された。これらの結果は、低次元磁性体における輸送現象の新展開と、スピントロニクス応用への道を拓くものである。

学術雑誌に出版された論文

Magnetotransport properties in van der Waals $R\text{Te}_3$ ($R = \text{La, Ce, Tb}$)

T. Higashihara^m, R. Asama^m, R. Nakamura^{DC}, M. Watanabe^{DC}, N. Tomoda, T. J. Hasiweder, Y. Fujisawa, Y. Okada, T. Iwasaki, K. Watanabe, T. Taniguchi, N. Jiang^s, and Y. Niimi^s

Physical Review B **109** (No. 13, Apr.) (2024) 134404/1-8

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.109.134404>).

Unconventional anomalous Hall effect in a triangular lattice antiferromagnet

M. Watanabe^{DC}, T. Higashihara^m, R. Asama^m, M. Tokuda^{DC}, S. Suzuki^{DC}, N. Jiang^s, M. Ochi, H. Ishizuka, H. K. Yoshida, and Y. Niimi^s

Physical Review B **110** (No. 2, Jul.) (2024) 024431/1-7

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.110.024431>).

Observation of two-level critical-state in the van-der-Waals superconductor $\text{Pt}(\text{Bi}_{1-x}\text{Se}_x)_2$

Y. Samukawa^m, M. Maeda^m, N. Jiang^s, R. Nakamura^{DC}, M. Watanabe^{DC}, K. Takaki, Y. Moriyasu, T. Ikushima, T. Kida, M. Hagiwara, T. Nakamura, Y. Okada, K. Kudo, and Y. Niimi^s

Physical Review B **111** (No. 6, Feb.) (2025) 064506/1-9

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.111.064506>).

国際会議報告等

国際会議における講演等

Observation of the crossover from quantum fluxoid to half-quantum fluxoid in a chiral superconducting device

Y. Niimi^{s*} (invited)

Japan-Korea Spintronics Workshop "Recent Progress on Spintronics" (at Jeju, May 29 -

June 1, 2024, 参加者数約 50 名)

Giant spin Hall angle in highly-conductive Dirac semimetal PtTe₂

R. Nakamura^{DC*}, Y. Yamaguchi^m, Y. Samukawa^m, T. Higashihara^m, N. Jiang^s, and Y. Niimi^s

ICM 2024 (at Bologna, June 30 - July 5, 2024, 参加者数約 2000 名)

Magnetotransport and spin-transport properties of chiral magnet CrTa₃S₆ thin films (poster)

K. Yamada^{m*}, N. Jiang^s, H. Shoji, Y. Kousaka, Y. Togawa, and Y. Niimi^s

CEMS Symposium on Quantum Information and Spintronics (at Wako, December 10 - 12, 2024, 参加者数約 50 名)

Control of electronic properties in vdW materials by SAW

Y. Niimi^{s*} (invited)

JST ASPIRE "Joint Franco-Japanese Initiative for Establishing Foundations for Human Resource Development and Quantum Spintronics Technology" kickoff meeting (at Grenoble, March 3 - 4, 2025, 参加者数約 50 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

スピン流によるらせん磁性体の位相の検出

蔣 男^{s*}、山田 和輝^m、大江 純一郎、高阪 勇輔、戸川 欣彦、新見 康洋^s

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 - 9 月 19 日)

Nb/Ni 薄膜超伝導リングにおける磁気抵抗振動の観測

松本 史弥^{m*}、成田 秀樹、前田 将輝^m、渡邊 杜^{DC}、中村 瞭弥^{DC}、蔣 男^s、小野 輝男、新見 康洋^s

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 - 9 月 19 日)

ファンデルワールス三角格子反強磁性体 Fe₂Ga₂S₅ における異方的磁気抵抗効果

山口 優陽^{m*}、東原 有^m、中村 瞭弥^{DC}、Yifei Tang、蔣 男^s、南部 雄亮、新見 康洋^s

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 - 9 月 19 日)

電荷密度波物質 NbSe₃ 薄膜における表面弾性波誘起シャピロステップの観測

藤原 浩司^{DC*}、川田 拓弥^{PD}、二階堂 夏海^m、蔣 男^s、高田 真太郎^s、新見 康洋^s

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 - 9 月 19 日)

NbSe₃ 薄膜における電荷密度波転移の音響電流への影響

二階堂 夏海^{m*}、川田 拓弥^{PD}、藤原 浩司^{DC}、蔣 男^s、高田 真太郎^s、新見 康洋^s
日本物理学会 第79回年次大会（2024年）（於 北海道大学、2024年9月16日－9月19日）

層状カイラル磁性体 CrTa₃S₆ 薄膜における磁気輸送特性

山田 和輝^{m*}、蔣 男^s、庄司 大希、高阪 勇輔、戸川 欣彦、新見 康洋^s
日本物理学会 第79回年次大会（2024年）（於 北海道大学、2024年9月16日－9月19日）

全固体イオンゲート法を用いたファンデルワールス層状物質の物性変調（ポスター）

岸木 克将^{m*}、蔣 男^s、岡田 佳憲、新見 康洋^s
日本物理学会 第79回年次大会（2024年）（於 北海道大学、2024年9月16日－9月19日）

ファンデルワールス強磁性体を用いた縦型スピバルブ素子の作製（ポスター）

田端 佑伍^{m*}、中村 瞭弥^{DC}、蔣 男^s、岡田 佳憲、新見 康洋^s
日本物理学会 第79回年次大会（2024年）（於 北海道大学、2024年9月16日－9月19日）

アモルファス FeSn におけるスピン輸送特性（ポスター）

小野 由喜^{m*}、藤原 宏平、渡邊 杜^{DC}、中村 瞭弥^{DC}、蔣 男^s、塚崎 敦、新見 康洋^s
日本物理学会 第79回年次大会（2024年）（於 北海道大学、2024年9月16日－9月19日）

スピン量子ビットを用いた電子波束の単発測定手法の開発（ポスター）

Y. Jang^{m*}、Han Ngoc Tu、藤田 高史、大塚 朋廣、Arne Ludwig、Andreas D. Wieck、山本 倫久、Christopher Bauerle、新見 康洋^s、高田 真太郎^s
日本物理学会 第79回年次大会（2024年）（於 北海道大学、2024年9月16日－9月19日）

PtBi₂ における磁束誘起ゼロ磁場超伝導ダイオード効果

蔣 男^{s*}、前田 将輝^m、山口 優陽^m、渡邊 杜^{DC}、徳田 将志^{DC}、高木 健輔、眞崎 世聞、工藤 一貴、新見 康洋^s
第48回日本磁気学会学術講演会（於 秋田大学、2024年9月24日）

Pt(Bi_{1-x}Se_x)₂ 薄膜における特異な磁気抵抗ヒステリシスの解明

寒川 雄斗^{m*}、前田 将輝^m、中村 瞭弥^{DC}、蔣 男^s、工藤 一貴、新見 康洋^s
第48回日本磁気学会学術講演会（於 秋田大学、2024年9月24日）

電荷密度波薄膜デバイスにおける表面弾性波誘起シャピロステップの観測

新見 康洋^{s*}
令和6年度 東北大学電気通信研究所 共同プロジェクト研究会「量子物質の制御と機能開拓 およびそのデバイス応用」 （於 宮城県仙台市、2024年10月22日－23日）

表面弾性波を用いた単一飛行電子の量子制御

高田 真太郎^{s*}

日本学術振興会 R031 ハイブリッド量子ナノ技術委員会 第19回研究会（於 東京大学 生産技術研究所、2024年12月17日）

ファンデルワールス強磁性体 Fe_3GeTe_2 における室温スピン偏極の観測（ポスター）

中村 瞭弥^{DC*}、蔣 男^s、岡田 佳憲、新見 康洋^s

第28回 半導体におけるスピン工学の基礎と応用（PASPS-28）（於 大阪大学、2025年2月26日－27日）

PtBi_2 の分極方向に応じたスピン流-電流変換の測定（ポスター）

徳田 風人^{b*}、中村 瞭弥^{DC}、小野 由喜^m、山田 和輝^m、眞崎 世聞、蔣 男^s、工藤 一貴、新見 康洋^s

第28回 半導体におけるスピン工学の基礎と応用（PASPS-28）（於 大阪大学、2025年2月26日－27日）

ファンデルワールス磁性半導体 GdGaI におけるスピнкаイラリティホール効果（ポスター）

東原 有^{m*}、蔣 男^s、大熊 隆太郎、岡田 佳憲、新見 康洋^s

第28回 半導体におけるスピン工学の基礎と応用（PASPS-28）（於 大阪大学、2025年2月26日－27日）

ファンデルワールス反強磁性体 $(\text{Fe}_{0.54}\text{Co}_{0.46})_5\text{GeTe}_2$ におけるゲート誘起反強磁性－強磁性転移（ポスター）

岸木 克将^{m*}、蔣 男^s、岡田 佳憲、新見 康洋^s

第28回 半導体におけるスピン工学の基礎と応用（PASPS-28）（於 大阪大学、2025年2月26日－27日）

PtBi_2 の分極方向に応じたスピン流-電流変換の測定（ポスター）

徳田 風人^{b*}、中村 瞭弥^{DC}、小野 由喜^m、山田 和輝^m、眞崎 世聞、蔣 男^s、工藤 一貴、新見 康洋^s

スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク（Spin-RNJ）2024年度報告会（於 大阪大学、2025年2月28日）

1.6 豊田グループ

令和六年度の研究活動概要

はじめに

当研究グループでは、独創的／最先端な質量分析装置の開発と、それらを用いた応用研究を行っている。特に最近では、我々のグループで開発した小型・高分解能のマルチターン飛行時間型質量分析計や、極微量の溶媒を用いた抽出－イオン化法を核として、それを利用した新しい分析装置の開発や、応用研究を行っている。また、外部の研究機関・企業との共同研究も積極的に進めている。さらにイオン軌道のシミュレーション手法の開発も行っている。

マルチターン飛行時間型質量分析計を中心としたプロジェクト

飛行時間型の質量分析装置は、質量分解能が飛行距離に比例するため、高分解能を得るには装置の大型化が避けられない。我々のグループでは、同一飛行空間を多重周回させることで飛行距離を長くするという原理で、小型でありながら高分解能が得られるマルチターン飛行時間型質量分析計を開発した。この装置は扇形電場を4個用いたイオン光学系を採用しており、空間・時間の両方について完全収束条件を満足するよう設計されている。今年度は、このマルチターン飛行時間型質量分析計をベースとして次のようなプロジェクトを進めた。

1. マルチターン飛行時間型質量分析計を核とした分野横断型融合研究

当グループで開発した小型でありながら高分解能が得られるマルチターン飛行時間型質量分析計は、医学や歯学、環境科学などの様々な分野で広く用いることが可能である。理学研究科附属フォアフロント研究センターフォアフロント研究部門先端質量分析学研究プロジェクトを拠点として、分野横断型の研究を学内外の様々な研究者と推進している。

大阪大学歯学部附属病院野崎准教授らと、歯肉溝滲出液中の代謝物の網羅解析による歯周病診断に関する研究を行ない、歯周病を表す唾液中の代謝物マーカーを特定し、オンサイト診断に向けた迅速前処理法を構築するとともに、歯学部附属病院に質量分析装置を持ち込み、「その場」で分析を行う体制を構築した。また、土壌中および土壌表面から発生するガスのフラックス連続計測システムの構築（北海道大学農学院当真教授らとの共同研究）を行い、土壌中複数箇所の N_2O のガス濃度を同時に測定できることを実証した。

2. 揮発性有機化合物のオンサイト分析に向けたMVCI-MULTUMの開発

揮発性有機化合物（Volatile Organic Compounds: VOCs）をオンサイトで網羅的に直接分析することを目的に、中真空化学イオン化（MVCI）法とマルチターン飛行時間型質量分析計（MULTUM）を組み合わせた分析システムの開発を進めている。今年度はMVCIイオン源とMULTUMを接続するインターフェース部の試作を行い、制御系とデータ取得系を作成してその性能評価を行った。結果、イオン源で生成したVOCs

イオンを MULTUM に導入し多重周回させることで、質量分解能 3 万以上を達成できることを実証した。

超臨界流体抽出・クロマトグラフィーと中真空化学イオン化法を組み合わせた新しい分析技術の開発

超臨界流体は、液体に近い密度でありながら、その粘度は十分の 1 以下であり、拡散係数は液体の千倍にも及ぶことから、超臨界流体を移動層として用いる超臨界クロマトグラフィー (SFC) は、高速液体クロマトグラフィー (HPLC) では達成し得ない高分解能が得られることが数多く報告され、かつ、ガスクロマトグラフィー (GC) では分析不可能な高分子量化合物並びに熱によって分解を受けやすい化合物にも応用可能である。これまで SFC と質量分析装置を接続する場合には、SFC 出口でエタノールのような有機溶媒を加えなければ、イオン化が困難で、超臨界流体のメリットを活かせていなかった。我々は中真空化学イオン化 (MVCI) 法と SFC を組み合わせることで、この問題を解決できるのではないかと考え、二酸化炭素の超臨界流体を用いたシステムを製作し、評価を行った。様々な化合物についての定量限界の評価を行い、既存の分析法に比べて 1~3 桁向上することを示した。

フェムトリットル溶媒を活用する抽出－イオン化法の開発

多彩な細胞がネットワークを作る生体組織の、疾病状態の詳細な把握や診断のためには、生体組織の複雑な化学種の分布状態を調べる質量分析イメージング技術が重要になる。これまでに、振動するキャピラリプローブと極微量の液体を用いる独自の抽出イオン化法「タッピングモード走査型プローブエレクトロスプレーイオン化法 (t-SPESI, tapping-mode scanning probe electrospray ionization)」を開発してきた。今年度は、【1】前年度に開発した t-SPESI 計測システムを用いて、マウス疾患組織の高精細質量分析イメージングを実施した。脂質代謝異常マウスと健常マウスの比較から、特定のリン脂質の局在性が変化することを見いだした。本研究成果は学会発表を行い、論文を執筆中である。【2】t-SPESI におけるプローブの振動の動的な変化を明らかにすることを目的とした、新たな計測システムの開発を行った。プローブ先端の帯電液滴と試料表面の相互作用により、プローブの振動振幅と位相が変調されることを見だし、安定計測のための物理パラメータを提案した。本研究成果は学会発表を行い、論文を準備している。【3】空間分解能を向上した 1 細胞の計測システムの開発を行った。共同研究者から提供を受けた HeLa 細胞を用いて、多次元脂質分布情報に基づく細胞種の識別を検討した。細胞中の脂質分布に基づいて、二種類の HeLa 細胞を識別出来ることを示した。これらの研究成果の一部は、国内会議と国際会議にて発表を行った。

共同研究

以下の共同研究を外部研究機関・企業と行っている。

1. 日本電子 YOKOGUSHI 協働研究所 (日本電子 (株))

2. 小型マルチターン飛行時間型質量分析計の開発（カノマックスアナリティカル (株)）
3. 土壌から発生する温室効果ガスの連続モニタリング手法の確立（北海道大学農学研究院）
4. 歯周病のオンサイト診断法の確立（歯学研究科，九州大学生体防御医学研究所）
5. 新しいイオン検出器の開発（浜松ホトニクス (株)）
6. 環境モニタリング装置の開発（紀本電子工業 (株)，清華大学）
7. 火山ガスのオンサイト計測装置の開発（東京大学）
8. t-SPESI の研究開発（島津製作所）
9. t-SPESI を用いたヒト疾患組織の質量分析イメージング（工学研究科、医学系研究科）
10. t-SPESI を用いたマウス疾患組織の質量分析イメージング（国立国際医療研究センター）

学術雑誌に出版された論文

Probe Oscillation Control in Tapping-mode Scanning Probe Electrospray Ionization for Stabilization of Mass Spectrometry Imaging

M. Sun^d, Y. Otsuka^s, M. Okada, S. Shimma, M. Toyoda

Analyst **149** (Jun.) (2024) 4011-4019

(<http://doi.org/10.1039/D4AN00712C>).

Improved Ion Detection Sensitivity in Mass Spectrometry Imaging using Tapping-Mode Scanning Probe Electrospray Ionization to Visualize Localized Lipids in Mouse Testes

Y. Otsuka^s, M. Okada, T. H. Yoshida, K. Nagata, M. Yamada, M. Goto, M. Sun^d, H. Shindou, M. Toyoda

Analytical and Bioanalytical Chemistry **417** (Nov.) (2025) 275-286

(<http://doi.org/10.1007/s00216-024-05641-x>).

プランク定数を LED の実験から求める

中田 博保, 橘 凜人^m, 増山 隆仁, 兼松 泰男, 豊田 岐聡

物理教育 **73** (Mar) (2025) 40-43

(http://doi.org/10.20653/pesj.73.1_40).

国際会議報告等**国際会議における講演等****High-Spatial-Resolution Mass Spectrometry Imaging of Phospholipids in Biosynthesis-Impaired Mouse Tissues via Tapping-Mode Scanning Probe Electrospray Ionization**

Y. Otsuka^{s*}, M. Okada, M. Sun^d, T. H. Yoshida, K. Nagata, M. Yamada, M. Goto, H. Shindou, M. Toyoda (invited)

2nd Annual Conference on Mass Spectrometry Imaging and Integrated Topics (IMSIS 2024) (at Münster university, Germany, September 9-12, 2024)

Development of tapping-mode scanning probe electrospray ionization for mass spectrometry imaging of tissues and cells

Y. Otsuka^{s*}, M. Sun^d, Y. Zhou, M. Toyoda (invited)

Japanese-German Research Symposium "Advancement and Application of Methods for Proteoform-Centric Proteomics" (at Kyoto International Community House, Kyoto, Japan, November 16-17, 2024)

Mass Spectrometry Imaging of a Single HeLa Cell by Tapping-mode Scanning Probe Electrospray Ionization

Y. Otsuka^{s*}, K. Kabayama, A. Miura, M. Takahashi, K. Hata, Y. Izumi, T. Bamba, K. Fukase, M. Toyoda

International Mass Spectrometry Conference 2024 (IMSC 2024) (at Melbourne Convention and Exhibition Centre, Australia, Aug 17-23, 2024)

Mass Spectrometry Imaging of LPLAT8 Knockout Mouse Retina by Tapping-mode Scanning Probe Electrospray Ionization

M. Sun^{d*}, Y. Otsuka^s, K. Nagata, H. Shindou, M. Toyoda

International Mass Spectrometry Conference 2024 (IMSC 2024) (at Melbourne Convention and Exhibition Centre, Australia, Aug 17-23, 2024)

High-Spatial-Resolution Mass Spectrometry Imaging of Phospholipid Biosynthesis-Impaired Mouse Testis via Tapping-Mode Scanning Probe Electrospray Ionization (poster)

Y. Otsuka^{s*}, M. Okada, T. H. Yoshida, K. Nagata, M. Yamada, M. Goto, M. Sun^d, H. Shindou, M. Toyoda

The 72nd ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics (at Anaheim Convention Center, CA, USA, June 2-6, 2024)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

非平衡脱離・イオン化過程観測のための飛行時間型質量分析装置の開発 (ポスター)

王 健仲^{d*}, 兼松 泰男, 邨 次敦, 松田 冬樹, 松田 若菜, 河井 洋輔, 豊田 岐聡

第72回質量分析総合討論会 (at つくば国際会議場、2024年6月10-12日)

タッピングモード走査プローブエレクトロスプレーイオン化法による LPLAT8-KO マウス網膜の質量分析イメージング (ポスター)

孫 夢沢^{d*}, 大塚 洋一^s, 長田 克之, 進藤 英雄, 平山 明由, 豊田 岐聡

第72回質量分析総合討論会 (at つくば国際会議場、2024年6月10-12日)

タッピングモード走査型プローブエレクトロスプレーイオン化法によるヒト拡張型心筋症組織の質量分析イメージング

大塚 洋一^{s*}, 新聞 秀一, 木岡 秀隆, 大谷 朋仁, 坂田 泰史

第72回質量分析総合討論会 (at つくば国際会議場、2024年6月10-12日)

High-Spatial-Resolution Mass Spectrometry Imaging of Mouse Retina by Improved Tapping-mode Scanning Probe Electrospray Ionization

孫 夢沢^{d*}, 大塚 洋一^s, 長田 克之, 進藤 英雄, 平山 明由, 豊田 岐聡

第85回応用物理学会秋期学術講演会 (at 朱鷺メッセ、2024年9月16日-20日)

タッピングモード走査型プローブエレクトロスプレーイオン化法を用いたヒト心臓疾患組織の質量分析イメージング

大塚 洋一^{s*}, 新聞 秀一, 木岡 秀隆, 大谷 朋仁, 坂田 泰史

第85回応用物理学会秋期学術講演会 (at 朱鷺メッセ、2024年9月16日-20日)

大気圧サンプリングイオン化法 t-SPESI の開発と脂質の質量分析イメージング

大塚 洋一^{s*}

プローブ顕微鏡×質量分析セミナー (at 大阪大学フォアフロント研究センター、2024年11月29日)

迅速抽出ーイオン化法 “t-SPESI” の開発と生体組織・細胞の質量分析イメージングへの展開

大塚 洋一^{s*}

第18回メタボロームシンポジウム (at 鶴岡メタボロームキャンパス、2024年10月23 - 25日、招待講演)

直接抽出ーイオン化法 「t-SPESI」 の開発と疾患組織の脂質イメージングへの展開

大塚 洋一^{s*}, 岡田 菜樹, 孫 夢沢^d, 橋立 智美, 長田 克之, 豊田 岐聡

第97回日本生化学会大会 (at パシフィコ横浜ノース、2024年11月6-8日、招待講演)

大気圧サンプリングイオン化技術「t-SPESI」の開発と脂質イメージングへの応用大塚 洋一^{s*}

岐阜大学学術講演会 (at 岐阜大学, 2024 年 11 月 1 日、招待講演)

技術融合による大気圧サンプリングイオン化法の開発と質量分析イメージングへの応用大塚 洋一^{s*}

第 86 回イオン反応研究会 (at 大阪公立大学 杉本キャンパス, 2024 年 11 月 12 日、招待講演)

Enhancing MSI Stability: Study on Probe Oscillation Induced by Tip-Sample Interaction in t-SPESI孫 夢沢^{d*}

第 2 回プローブ顕微鏡セミナー (at 金沢大学ナノ生命科学研究所, 2024 年 12 月 20 日、招待講演)

ピコ液体の精密流体制御による極微質量分析イメージングの創成大塚 洋一^{s*}

第 7 回 FRC 談話会 (at 大阪大学, 2025 年 3 月 21 日、招待講演)

タッピングモード走査プローブエレクトロスプレーイオン化によるマウス脳内の薬物分布イメージング周 陽^{*}, 大塚 洋一^s, 孫 夢沢^d, 古山 浩子, 波多野 翔太, 野村 禎子, 小山 聡, 豊田 岐聡

第 72 回応用物理学会 春季学術講演会 (at 東京理科大学野田キャンパス, 2025 年 3 月 17 日)

高感度シングルセル質量分析イメージングのための t-SPESI 計測システムの開発安田 賢生^{b*}, 大塚 洋一^s, 新聞 秀一, 豊田 岐聡

第 72 回応用物理学会 春季学術講演会 (at 東京理科大学野田キャンパス, 2025 年 3 月 17 日)

書籍等の出版，日本語の解説記事**シングルセル質量分析イメージングによる細胞の化学情報の可視化**大塚 洋一^s医学のあゆみ **292**(4) (2025) 275-280.

1.7 花咲グループ

令和六年度の研究活動概要

極性ディラック金属におけるスピン・バレー結合と非相反伝導

空間反転対称性が破れた金属では、スピン・軌道相互作用により、スピンやバレー自由度が偏極するため、多彩な伝導・光学現象が発現する。空間反転対称性が破れたグラフェンに相当する MoS_2 単原子層は好例であり、(massive な) ディラックバンドにゼーマン型スピン分裂が生じる結果、スピンとバレーが結合した電子状態が実現する。しかし、 MoS_2 は積層したバルク結晶となると、層同士のキャンセルにより空間反転対称性が回復する。これに対し、近年、我々のグループで見出した層状ディラック電子系 BaMnX_2 ($X=\text{Sb, Bi}$) は、極性をもつ二次元ディラック電子層 (Ba-X 層) と絶縁ブロック層 (Mn-X 層) が積層した構造を有し、バルク物質として空間反転対称性が破れている [図 1.1(a) 上]。X 層の正方格子がわずかにジグザグ鎖状に歪むことにより、ジグザグ鎖と垂直方向に極性が生じているため、X サイトのスピン軌道相互作用により、ディラック電子のスピンがバレーごとに異なる向きで完全偏極する [図 1.1(a) 下]。このため、面直方向の磁場中で、非相反伝導 (単一物質でのダイオード効果) の観測がバルク結晶で期待できる上、X サイトの元素置換によりバレー状態の変化も可能である。本研究では、本物質の非相反伝導を実験的に実証し、その詳細な特性を明らかにすることを目指した。

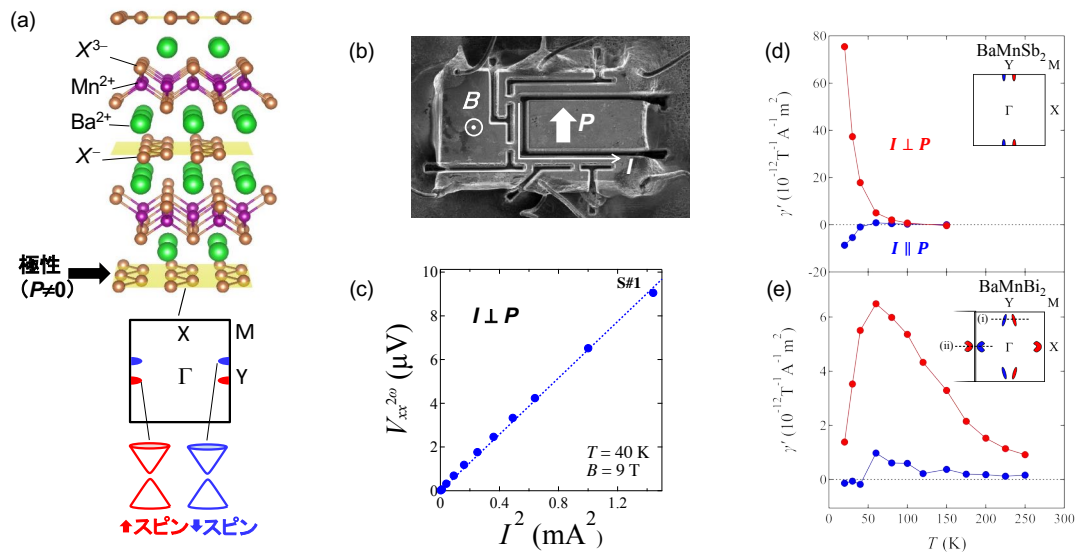


図 1.1: (a) 極性ディラック金属 BaMnX_2 ($X=\text{Sb, Bi}$) の (上) 結晶構造および (下) スピン分解フェルミ面の模式図。(b) 非相反抵抗の測定のために微細加工された BaMnSb_2 デバイス。(c) 電流 (I) に対する電圧信号の第 2 高調波成分 ($V_{xx}^{2\omega}$) の依存性。(d)-(e) 非相反抵抗係数 γ の温度依存性。(d) $X=\text{Sb}$, (e) $X=\text{Bi}$ 。挿入図は各物質のスピン分解フェルミ面の模式図。

As-grown の BaMnX_2 単結晶では、極性方向が 90 度異なる双晶ドメインが存在する。非相反伝導は、極性、電流、磁場がすべて直交する条件で発現するため、単一の極性ドメイン中での測定が必要となる。そこで、顕微鏡観察によりあらかじめ単一ドメインの領域を特定し、その領域を収束イオンビームにより微細加工することで、単一ドメイン内において電流方向が極性方向に垂直、平行となる二種類のデバイスの作製に成功した [図 1.1(b)]。電流方向が極性方向と垂直となるデバイスにおいて、低温・磁場中（磁場は面直方向）において電圧シグナルの第二次高調波成分が観測され、その大きさが電流の二乗に比例することが明らかとなった [図 1.1(c)]。これは、抵抗率において電流に比例する非相反成分が存在することを示している。一方、電流方向が極性方向と平行となるデバイスでは、非相反成分はほぼ観測されず、非相反成分が $(P \times B) \cdot I$ (P : 極性、 B : 磁場、 I : 電流) なる選択則を満たすことを実験的に解明した。さらに、非相反抵抗率の特性（温度依存性）を $X=\text{Sb}$ と Bi において比較した。単一タイプのバレーを持つ $X=\text{Sb}$ では、非相反抵抗は温度の低下とともに単調に増加する [図 1.1(d)]。一方、複数タイプのバレーを持つ $X=\text{Bi}$ では、非相反抵抗はおよそ 1 桁小さくなり、低温でピークを示す [図 1.1(e)]。このように、同じ材料系列において非相反抵抗を大きく制御できることは、従来にない整流素子の実現に有用な材料となる可能性がある。[Phys. Rev. Research **7**, 013041 (2025).]

3d 遷移金属からなる等比合金の局所構造

元素を混ぜて結晶させたものは混晶と呼ばれる。原子番号が隣接している元素は、元素間の原子半径や化学的性質の違いが小さいため、等しい比率で元素を混ぜた場合、合金内における各元素の配置は完全にランダムになると一般的に考えられている。しかし、最近の第一原理計算によると、元素間の相互作用によって互いに隣接しやすい元素もしくは隣接しにくい元素があるなど、元素間で相性がある事が示唆されている。また、この元素間の相互作用によって原子が変位をして、この原子変位の平均値が力学強度に比例していることも示唆されており、合金の局所構造の解明は、基礎的や応用的な面でも重要な課題である。しかし、元素の混合比が等しい等比合金の局所構造については、実験的にまだ十分に明かされていなかった。そこで、3d 遷移金属の等比合金について、各元素に着目して局所構造を調べた。なお、5 種類以上の元素からなる等比合金 (3~4 種類の元素からなる等比合金) は、ハイエントロピー合金 (ミディアムエントロピー合金) と呼ばれている。

微視的に結晶構造を調べるため、X 線回折を測定することが多い。しかし合金では、各元素に関して平均化された構造の情報しか得ることができない。特定の元素に着目して局所構造を調べるには、広域 X 線吸収微細構造 (Extended X-ray Absorption Fine Structure (EXAFS)) の測定が適している。各元素の吸収端より高い X 線エネルギー領域において、X 線の吸収率に特徴的な振動構造が現れる。この振動は、入射 X 線で励起された光電子波が周囲の原子に散乱されて戻ってくる事に由来している。この振動構造を解析する事で、周りにある原子との距離や、局所的な結晶構造の乱れ具合 (デバリーワラー因子) を知る事ができる。

平均構造が fcc 型となる等比合金の CrFeNi 、 CrCoNi 、 CrFeCoNi 、 CrMnFeCoNi 、 FeCoNi 、 MnFeNi 、 MnFeNi について調べた。各合金における EXAFS 測定から得られたデバリーワラー因子の値を、図 1.2(a)-(g) に示す。合金に含まれる各元素の周りの局所構造の乱れ具合

を表している。Cr 元素のデバイーワラー因子が他の元素の値に比べて高い値を示しており、Cr 元素の周りの局所的な構造が乱れている事が分かる。この特長は、Cr 元素を含む合金に共通したものである。

単体金属 Ni は fcc 構造を持つため、合金の中で Ni 元素をホスト的な元素と考えることもできる。そこで、Ni 元素のデバイーワラー因子を基準として考え、図 1.2(a)-(g) に示した各元素 M のデバイーワラー因子 σ_M^2 の値を、Ni 元素の σ_{Ni}^2 の値で引いたものを、図 1.2(h) に示す。Cr 元素のデバイーワラー因子と、ホスト的な元素である Ni 元素との差 $\sigma_M^2 - \sigma_{\text{Ni}}^2$ は、合金の種類にほとんど依存しない事が分かる。この結果は、Cr 元素が周囲の結晶構造を乱す溶質的な特徴を持つ元素（ゲスト的な元素）である事を示している。

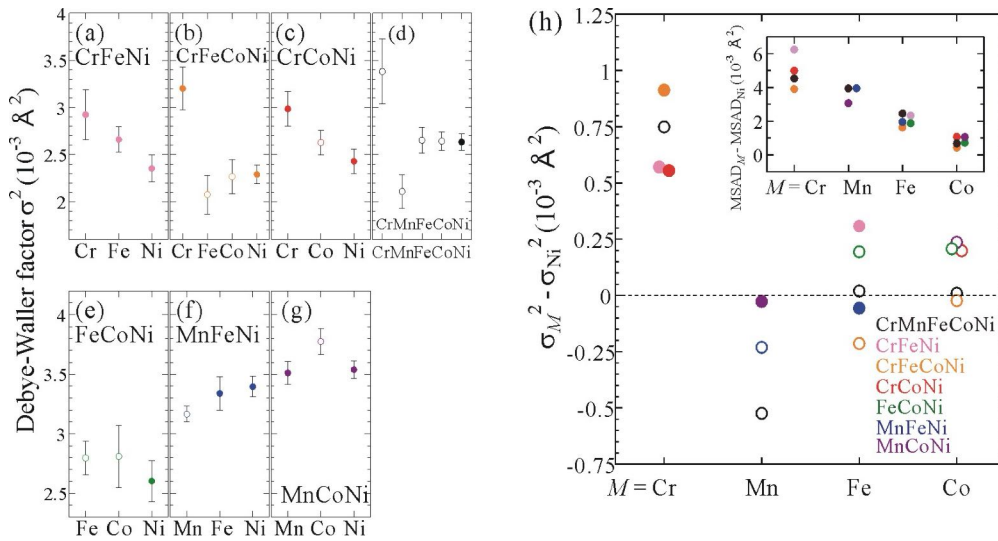


図 1.2: (a)-(g) EXAFS 測定から得られた各等比合金におけるデバイーワラー因子 σ^2 。合金内における各元素の周りの局所構造の乱れの度合いを表す。(h) (a)-(g) に示した各元素 M のデバイーワラー因子 σ_M^2 と、Ni 元素の値 σ_{Ni}^2 との差。挿入図は、第一原理計算から得られた各元素 M の原子変位 (MSAD_M) と、Ni 元素の MSAD_{Ni} との差。

図 1.2(h) の挿入図には、第一原理計算で得られた各元素の原子変位量 (Mean Square Atomic Displacement (MSAD)) を、Ni の MSAD で引いたものを示す。Cr の MSAD が、Ni 元素など他の元素に比べて大きい事が分かる。原子変位を起こせば、その周りの局所的な格子構造が乱れるので、デバイーワラー因子が増加する。ゆえに、実験で得られた Cr 元素のデバイーワラー因子の傾向は、第一原理計算の結果と一致している。合金内における原子変位が大きくなると、それに比例して力学的強度が向上する事が知られている。本研究は、合金の力学的強度を向上させる上で、Cr 元素の添加が有用である事を示している。[Applied Physics Letters **125**, 201901 (2024).]

学術雑誌に出版された論文**Magnetic structure of the noncentrosymmetric magnet $\text{Sr}_2\text{MnSi}_2\text{O}_7$ through irreducible representation and magnetic space group analyses**

Y.Nambu, M.Kawamata, X.Pang, H. Murakawa^s, M.Avdeev, H.Kimura, H.Masuda, N. Hanasaki^s, and Y.Onose

Acta Crystallographica Section B **80** (Aug.) (2024) 393-400

(<http://doi.org/10.1107/S2052520624007625>).

Local structural disorder introduced by Cr in fcc high-/medium-entropy alloys consisting of 3d transition metal elements

D. Furuya^m, M. Oda^m, Z.Chen, L.Li, H. Murakawa^s, H. Sakai^s, H.Nitani, Y.Niwa, H.Abe, H.Uetsuka, T.Karube, H.Inui, and N. Hanasaki^s

Applied Physics Letters **125** (Nov.) (2024) 201901-1-5

(<http://doi.org/10.1063/5.0231343>).

Nonreciprocal charge transport in polar Dirac metals with tunable spin-valley coupling

M. Kondo^d, M.Kimata, M.Ochi, T.Kaneko, K.Kuroki, K.Sudo, S.Sakaguchi, H. Murakawa^s, N. Hanasaki^s, and H. Sakai^s

Physical Review Research **7** (Jan.) (2025) 013041-1-9

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.7.013041>).

Magnetic excitations in the noncentrosymmetric magnet $\text{Sr}_2\text{MnSi}_2\text{O}_7$

Masahiro Kawamata, Xiaoqi Pang, H. Murakawa^s, Seiko Ohira-Kawamura, Kenji Nakajima, Hidetoshi Masuda, Masaki Fujita, N. Hanasaki^s, Yoshinori Onose, and Yusuke Nambu

Physical Review Materials **9** (Jan.) (2025) 014407-1-6

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevMaterials.9.014407>).

Anomalous Hall and Nernst effect and thermoelectric performance of Sb-doped $\text{MnBi}_6\text{Te}_{10}$

Xinmeng Hu, Takayoshi Katase, M. Kondo^d, N. Hanasaki^s, H. Sakai^s, Jiazhen Wu

Physical Review Materials **9** (Jan.) (2025) 015403-1-8

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevMaterials.9.015403>).

国際会議報告等

国際会議における講演等

Control of lattice and magnetism of layered Dirac materials: Material design and uniaxial stress

H. Sakai^{s*} (invited)

Elast-Q-Mat Colloquia (Online, May 2, 2024, Approx. 200 participants)

Current-induced Nematic Dirac Valleys in SrMnBi₂ with Odd-parity Multipole

H. Sakai^{s*} (invited)

Max-Planck Institute CPfS seminar (UMMS24) (Dresden, September 4, 2024, Approx. 100 participants)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

超強磁場を用いたフラストレート格子系物質の分子軌道の融解と共鳴状態の解明

花咲徳亮^{s*}

学術変革領域研究（A）1000 テスラ超強磁場における化学的カタストロフィー 第3回領域会議（京都大学桂キャンパス、2024年4月19日）

人工制御した二次元ビスマスの格子歪みにおける磁場効果

酒井英明^{s*}

学術変革領域研究（A）1000 テスラ超強磁場における化学的カタストロフィー 第3回領域会議（京都大学桂キャンパス、2024年4月21日）

Bi 二次元伝導層を含む層状強磁性体 Ce₃Au₄Ge₂Bi₄ の強磁場物性（ポスター）

山下淳志^{m*}

学術変革領域研究（A）1000 テスラ超強磁場における化学的カタストロフィー 第3回領域会議（京都大学桂キャンパス、2024年4月20日）

ディラック電子状態をもつ Bi/Sb 正方格子物質の強磁場物性

酒井英明^{s*}

1000T 科学トピカルセミナー（第3回）（オンライン、2024年5月9日）（招待講演）

Bi 正方格子を有する新規層状強磁性体の磁気伝導特性

山下淳志^{m*}、酒井英明^s、西真輝^b、小島達弘、水野竜太、越智正之、木俣基、近藤雅起^d、徳永将史、木田孝則、萩原政幸、齋藤開、中島多朗、村川寛^s、花咲徳亮^s

日本物理学会第79回年次大会（北海道大学、2024年9月16日）

フラストレート格子系物質における原子変位と元素置換効果花咲徳亮^{s*}

学術変革領域研究 (A) 1000 テスラ超強磁場における化学的カタストロフィー 第4回領域会議 (熱海、2024年12月7日)

2次元ビスマスにおける応力誘起構造転移と磁場効果酒井英明^{s*}

学術変革領域研究 (A) 1000 テスラ超強磁場における化学的カタストロフィー 第4回領域会議 (熱海、2024年12月7日)

PT 対称な反強磁性体の非相反伝導現象酒井英明^{s*}

学術変革領域 (A) トピカルミーティング「精密計測 × アシンメトリ量子物質」(原研(東海村)、2025年2月9~10日)(招待講演)

スピネル型酸化物 ($\text{Mg}_{1-x}\text{Li}_x$) Ti_2O_4 における局所構造

見里朝彦^{m*}、樹神克明、本田孝志、奥山大輔、城戸大貴、仁谷浩明、阿部仁、大友季哉、村川寛^s、酒井英明^s、花咲徳亮^s

日本物理学会 2025 年春季大会 (オンライン、2025 年 3 月 19 日)

層状希土類化合物 $\text{PrTe}_{2-x}\text{Sb}_x$ における巨大磁気抵抗効果の観測戸崎洋輔^{b*}、村川寛^s、木田孝則、萩原政幸、酒井英明^s、花咲徳亮^s

日本物理学会 2025 年春季大会 (オンライン、2025 年 3 月 20 日)

ThCr₂Si₂ 型 Ce 磁性層を有する Bi 正方格子物質 Ce₃Au₄Ge₂Bi₄ における特異なディラック電子状態

山下淳志^{m*}、酒井英明^s、水野竜太、越智正之、木俣基、齋藤開、中島多朗、近藤雅起^d、徳永将史、木田孝則、萩原政幸、小島達弘、西真輝^b、村川寛^s、花咲徳亮^s

日本物理学会 2025 年春季大会 (オンライン、2025 年 3 月 21 日)

1.8 松野グループ

令和六年度の研究活動概要

二つの異なる物質が接する境界 = 界面は、単一の物質では実現できない豊かな物性の舞台である。現代テクノロジーを支える半導体デバイスが、かたまり（バルク）ではなく界面に生じる機能に基づくことからわかるように、界面物性は基礎から応用に至るまで広がりを持つ物性物理学の最先端トピックである。

本グループでは強相関電子系の界面に着目している。強相関電子系は電荷・スピン・軌道の自由度が絡みあうことで超伝導や磁性などの多彩な電子相を示す。それらを組み合わせた「強相関界面」では、さらに興味深い未知の物性・機能が期待される。本グループは強相関界面を自ら設計し、薄膜合成・素子作製・物性評価を一貫して実施することにより、物質の対称性・次元性を原子レベル界面で制御し、新物質開発・新規物性開拓を行っている。2024年度は以下のテーマに取り組んだ。

1. 金属伝導を示す CrSe 薄膜の合成と磁気抵抗測定による非共面的スピン構造の解明
2. IrO_2 の結晶性が及ぼすスピン流生成への影響

1. 金属伝導を示す CrSe 薄膜の合成と磁気抵抗測定による非共面的スピン構造の解明

2次元の三角格子を有する反強磁性体では、通常の強磁性体や反強磁性体で見られる長距離秩序が幾何学的フラストレーションによって抑制される。このような状況では、磁気異方性、熱揺らぎ、外部磁場等の外部刺激に対して敏感に応答し、非共線や非共面的な磁気構造や磁気スキルミオン等の特異な磁気相の出現が期待される。NiAs 型 CrSe は、Cr と Se の 2次元の三角格子ネットワークが交互に積層された結晶構造をもつ反強磁性体金属である。三角格子反強磁性体の特異な磁気相の解明とこれを活用したスピン機能の創出には、良好な金属伝導を示す薄膜試料の合成が必要不可欠であるが、これまで本物質の薄膜においては、組成制御の困難さのために金属伝導が得られた報告はない。本研究では、パルスレーザー堆積法による薄膜合成において、*c* 面サファイア基板上に *c* 軸配向の薄膜が得られ、薄膜成長温度を最適化することで、Cr/Se 比が 1:1 となる薄膜合成条件を見つけることに成功した。さらに電気抵抗測定より、この化学量論比の CrSe 薄膜が良好な金属伝導を示すことを初めて明らかにした。また、本試料において磁気伝導測定を行ったところ、*c* 軸方向の磁場に対して磁気転移温度 180 K 以下でヒステリシスを伴う負の磁気抵抗（磁場を印加すると抵抗が下がる現象）が観測された。また、4.2 K における磁気抵抗効果の形状は、冷却時の磁場印加履歴に依存する反強磁性的に特徴的な振る舞いをする事が分かった。以上のことより、CrSe 薄膜は *c* 軸方向に強磁性的な容易軸をもちつつ、反強磁性的な磁気秩序を示す非共面的なスピン構造を持つと結論付けた。本成果により、CrSe の三角格子反強磁性由来の特異な磁気相の理解が磁気抵抗を通して可能となり、今後、新しいスピン機能の発現が期待される [1]。

- [1] Y. Tajima, J. Shiogai, K. Ueda, H. Suzaki, K. Takaki, T. Seki, K. Kudo, and J. Matsuno, APL Mater. **12**, 041112 (2024).

2. IrO_2 の結晶性が及ぼすスピン流生成への影響

強いスピン軌道相互作用を有する $5d$ 遷移金属酸化物における電流-スピン流変換現象は、スピン物性を理解するための格好の舞台である。中でも、 $5d$ イリジウム (Ir) 酸化物は、化学的に安定な価数 ($4+$, $5d^5$) と高い電気伝導性をあわせ持つため、デバイス作製への展開が容易なことから、スピン流生成の研究対象として注目を集めている。これまで、ペロブスカイト型やルチル型などのエピタキシャル Ir 酸化物を中心とした研究が行われてきたが、スピン流生成における結晶性の影響は十分に理解されていない。本研究では、非晶質、多結晶、エピタキシャル構造の作製が可能な二元系 IrO_2 に着目した。まず、反応性スパッタ法を用いて結晶性が異なる IrO_2 薄膜を作製した。シリコン基板上に非晶質 (a-IrO_2) と多結晶 (poly-IrO_2) を、酸化アルミニウム (Al_2O_3) (001) 基板上にエピタキシャル構造 (epi-IrO_2) を成膜した。X 線回折を用いた薄膜構造評価と電気抵抗率評価により、ルチル構造を持つエピタキシャル $\text{IrO}_2(100)$ 、同構造を持つ多結晶 IrO_2 、および非晶質 IrO_2 の結晶性が制御されていることを確認した。電気抵抗率は、 $370 \mu\Omega\text{cm}$ (a-IrO_2) $>$ $200 \mu\Omega\text{cm}$ (poly-IrO_2) $>$ $140 \mu\Omega\text{cm}$ (epi-IrO_2) の順に高くなることを示した。次に、スピン流生成効率の評価を目的として、デバイス作製後に二倍波ホール測定を行った。スピン流生成効率は、結晶性に応じて 0.09 (a-IrO_2) $>$ 0.05 (poly-IrO_2) $>$ 0.02 (epi-IrO_2) となることが明らかになった。これは電気抵抗率と同じ傾向であり、 IrO_2 において結晶性がスピン流生成における重要な因子であることを示す結果である。一方で、電気伝導性が異なるにもかかわらず、3 種類の IrO_2 薄膜におけるスピンホール伝導度はほぼ一定であることが分かった。これは、スピンホール効果のスケーリング則における内因性領域に対応する現象と解釈できる。本研究は、スピン流生成における結晶性の役割を明らかにするとともに、 $5d$ 遷移金属酸化物に基づくスピントロニクスデバイスの設計指針を与える [1]。

[1] T. Morimoto, K. Ueda, J. Shiogai, T. Kida, M. Hagiwara, and J. Matsuno, Phys. Rev. Mater., in press.

学術雑誌に出版された論文

Non-coplanar spin structure in a metallic thin film of triangular lattice anti-ferromagnet CrSe

Y. Tajima^m, J. Shiogai^s, K. Ueda^s, H. Suzaki^m, K. Takaki^m, T. Seki, K. Kudo^s, and J. Matsuno^s

APL Mater. **12** (No. 4, April) (2024) 061125(1-7)

(<http://doi.org/10.1063/5.0201786>).

国際会議における講演等

Impact of strain on magnetic properties in a freestanding $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ membrane

J. Shiogai^{s*} (invited)

The 5th International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications (ISAMMA2024) (於 ベトナム・ドンホイ、2024年8月5日)

Metallic conductivity and non-coplanar spin structure in CrSe thin films grown by pulsed-laser deposition (poster)

J. Shiogai^{s*}, Y. Tajima^m, K. Ueda^s, H. Suzaki^m, K. Takaki^m, T. Seki, K. Kudo^s, and J. Matsuno^s

23rd International Conference on Molecular Beam Epitaxy (ICMBE2024) (於 松江、2024年9月12日)

Supercurrent rectification effect in an iron-based superconductor heterostructure

J. Shiogai^{s*}, Y. Kobayashi^m, T. Nojima, and J. Matsuno^s (invited)

37th International Symposium on Superconductivity (ISS2024) (於 金沢、2024年12月5日)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

Magnetic interaction derived from atomically controlled spatial asymmetry

J. Matsuno^{s*}

学術変革領域「アシンメトリが彩る量子物質の可視化・設計・創出」令和6年度領域全体会議 (於 東広島芸術文化ホール、2024年5月30日)

金研7年半の過ごし方 一若手研究者の例

塩貝 純一^{s*} (招待)

研究者キャリアに関するセミナー (於 東北大学金属材料研究所、2024年7月29日)

エピタキシャル $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 薄膜における成膜圧力の磁気ダンピングへの影響

森 祐輔^{m*}、上田 浩平^s、高藤 大悟^m、塩貝 純一^s、松野 丈夫^s

第85回応用物理学会秋季学術講演会 (於 朱鷺メッセ、2024年9月17日)

二層膜 $\text{Pt}/\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ における一方向性磁気抵抗効果

田中 天^{m*}、上田 浩平^s、塩貝 純一^s、松野 丈夫^s

第85回応用物理学会秋季学術講演会 (於 朱鷺メッセ、2024年9月17日)

二層膜 $\text{CoFeB}/\text{IrO}_2$ における磁気ダンピング定数の評価 (ポスター)

高藤 大悟^{m*}、上田 浩平^s、塩貝 純一^s、松野 丈夫^s

第85回応用物理学会秋季学術講演会 (於 朱鷺メッセ、2024年9月18日)

Observation of superconducting diode effect in a Fe(Se,Te)/FeTe heterostructure device

塩貝 純一^{s*}、小林 友祐^m、野島 勉、松野 丈夫^s

第 85 回応用物理学会秋季学術講演会（於 朱鷺メッセ、2024 年 9 月 18 日）

結晶性を制御した 5d 電子系 IrO₂ のスピン流物性

松野 丈夫^{s*}（招待）

東北大学電気通信研究所 共同プロジェクト研究会「量子物質の制御と機能開拓およびそのデバイス応用」（於 仙台、2024 年 10 月 23 日）

エピタキシャル 5d 酸化物薄膜創製に基づく電流-スピン流変換現象に関する研究

上田 浩平^{s*}（招待）

第 42 回無機材料に関する最近の研究成果発表会 —材料研究に新しい風を—（公財）日本板硝子材料工学助成会（於 住友会館@東京、2025 年 1 月 22 日）

5d 電子系酸化物界面におけるスピン-軌道相互作用の学理とその展開

松野 丈夫^{s*}（招待）

第 20 回 強制的秩序とその操作に関わる研究会（於 東京大学武田ホール、2025 年 3 月 18 日）

書籍等の出版，日本語の解説記事**5d 遷移金属酸化物におけるスピントロニクス機能の開拓**

上田 浩平^s、松野 丈夫^s

材料 Vol. 73, No. 5, 447-452 (2024).

1.9 素粒子理論グループ

令和六年度の研究活動概要

同位体効果を用いた新物理探索

田中 実は、高橋義郎(京大)らと共同で、原子のスペクトルにおける同位体効果について研究を行った。光格子を用いた最新のイッテルビウム原子測定データについて、標準模型の高次項を理論計算により消去する方法を適用し新物理探索を行った。

宇宙論的ニュートリノ観測からの大統一への制約

田中 実は、吉村太彦(岡山大)、笹尾 登(岡山大)と共同で、宇宙背景放射および宇宙の大規模構造の観測から得られるニュートリノに関する情報が、大統一理論に与える制約について調べた。左右対称模型における軽いディラックニュートリノを想定し、CMB-S4で期待されるデータからの制約について明らかにした。

量子コヒーレンスを用いた暗黒物質探索

田中 実は、Wang Jing(岡山大)らと共同で、量子コヒーレンスを用いた銀河ハロー暗黒物質の探索実験計画を進めた。電気4重極遷移を用いて生成されたコヒーレンスを測定する際に、磁場を印加する必要があることを明らかにした。

複合粒子暗黒物質に関する研究

佐藤 亮介、山中 拓夢は阿部 智弘(東京理科大)と共同で、暗黒物質がQCDに似た新しいセクターのフェルミオンの束縛状態であるシナリオについて調べた。特に、暗黒物質が、新しいセクターのカイラル対称性の自発的破れに伴う(擬)南部ゴールドストーン粒子である可能性に着目した。このシナリオにおいて、初期宇宙で暗黒物質がより重い粒子へと対消滅する効果が、現在の宇宙における暗黒物質残存量を決定する上で重要であることを明らかにした。

K 理論で理解する格子 Dirac 演算子の指数

大野木 哲也、山口 哲、深谷 英則は、東大総文の青木 匠門、東大数理の古田 幹雄、名古屋大多元の松尾 信一郎との共同研究により、格子ゲージ理論における Wilson Dirac 演算子の質量項をパラメータとする族が、 K 理論の元とみなせることを証明し、それを用いて Dirac 演算子の指数を数学的に定式化することに成功した。これは、従来の Ginsparg-Wilson(GW)関係式を用いた指数の定式化に比べ、簡便であり、しかも GW 関係式の成立が困難な様々なフェルミオン系の指数を網羅的に定式化できることを示した。2本の論文を発表し、現在査読中である。

3450 模型に関する研究

大野木 哲也、山岡 起也、和田 博貴は格子上のカイラルゲージ理論である 3450 模型における離散的対称性についての't Hooft 量子異常を調べた。1フレーバーの時に新たな離散的対称性はないが、2フレーバーの時には離散的対称性があることを発見し、その量子異

常が相殺していることを確かめた。これは Symmetric Mass Generation 機構が実現していることと整合する。この研究について国際会議 Lattice 2024 で口頭発表を行った。

自己双対表現のフェルミオンを持つ SU(6) カイラルゲージ理論に関する研究

大野木 哲也、山岡 起也、和田 博貴は自己双対表現を持つカイラルゲージ理論である SU(6) ゲージ理論において t Hooft 量子異常を求め、有効理論を提唱した。Mixed anomaly については量子異常を再現する Wess-Zumino 作用を求めた。U(1) の pure anomaly については有効理論を求めるヒントとなる量子以上のトポロジカルな表式を求めた。この研究について山岡が国際会議 Lattice 2024 で口頭発表を行った。

高温 QCD の中間子が持つ対称性

David Ward、深谷 英則らは JLQCD 共同研究における大規模数値シミュレーションを実行、高温における 2-flavor QCD の中間子質量の温度依存性およびクォーク質量依存性を詳細に調べた。その結果、自発的に破れている $SU(2)_L \times SU(2)_R$ カイラル対称性が温度 165MeV 付近で回復すること、それとほぼ同時に軸性 U(1) 量子異常の効果が急激に小さくなること、極高温で実現すると期待されるスピンを混ぜたカイラルスピン対称性は温度 330MeV 付近でもまだ温度比 10%以上の破れを持っていることを確認した。こちらの研究は論文を 1 本発表、現在査読中である。

球状ドメインウォールフェルミオンにおけるアノマリー流入

荒木 匠、簡 直人、深谷 英則は球状のドメインウォールのある系においてカイラルアノマリーの流入を再検討し、連続理論の計算で 4 次元時空におけるアノマリーを再現できるかどうかを検証した。また、Golterman, Shamir によって指摘された保存カレントと、 η' 粒子が軽くなる可能性があるという U(1) 問題についても検証した。その結果、アノマリーは 4 次元で閉じた系と同一の結果になること、無限体積で消える定数モードを除いて、 η' 粒子の質量が非物理的に軽くなることはないことを確認した。この研究については荒木が日本物理学会春季大会で口頭発表を行った。

アノマリーと D-brane

和田 博貴と山口 哲は、世界面の端におけるアノマリーを用いて D-brane を分類する研究を行った。D-brane は世界面の端がくっつく物体であり、弦理論の非摂動論的な解析において重要な役割を果たしてきた。D-brane の種類によって、世界面の端において様々なゲージ対称性がアノマリーを持つ可能性がある。このような場合、世界面の端に Majorana fermion の自由度を入れることによりアノマリーを相殺することができる。ただし、この Majorana fermion は、D-brane の安定性に重大な影響を及ぼす場合があり、これを調べることによって安定な D-brane の分類ができる。特に Dabholkar-Park 背景と呼ばれる弦理論の背景で可能な D ブレーンを調べ、それが従来から知られていた相対 KR 理論と呼ばれる数学的枠組みを用いて分類した結果を再現することを見た。

境界での粒子の散乱と非可逆対称性

非可逆対称性は、従来の群による対称性の枠組みを拡張する新しい概念であり、近年その物理的応用が急速に進展している。例えば 2 次元の場の理論においては、非可逆対称性の効

果により、長らく信じられてきた交差対称性 (crossing symmetry) が修正されることが明らかになっている。

嶋守 聡一郎と山口 哲は、非可逆対称性を境界を持つ2次元場の理論に拡張し、境界散乱における交差関係式もまた修正されることを示した。さらに、この修正された交差関係式に加え、Ward-Takahashi 恒等式、ユニタリ性、可積分性の条件を用いて、具体的な境界散乱振幅の解析を行った。

量子サブシステム符号、共形場理論とその $\mathbb{Z}_2$ ゲージ化

西岡 辰磨、安藤 恵一は川畑 洸貴 (東大理) との共同研究で、一般的な量子誤り訂正符号である量子サブシステム符号から2次元のナライン型の共形場理論 (CFT) を構成した。また、そこに自然に現れる大域的な $\mathbb{Z}_2$ 対称性をゲージ化することでオービフォールドやフェルミオン化された CFT を構成する手続きを示した。さらに、central charge が小さい CFT を有向グラフを用いて分類することで、量子サブシステム符号から得られる超対称 CFT を発見した。

複合欠損演算子入り共形場理論の提唱

共形場理論 (CFT) は臨界現象を記述する場の量子論の一種である。CFT の研究はユニバーサリティクラスの深い理解につながるのみならず、量子重力理論や物性理論においても様々な知見をもたらすため極めて重要である。一方、実験室系では不純物や境界という欠損 (defect) があるのが常であり、それらの影響を無視することは一般には出来ない。このような欠損を含む系の臨界現象を記述する場の量子論は欠損入り共形場理論 (DCFT) と呼ばれ、特に近年急速に理解が進んでいる。

従来の DCFT の研究では単独の欠損のみを取り扱っていた。ところが、自然界では欠損の中に、更に低次元の (別種類の) 欠損が含まれている系が存在すると考えるのが自然である。嶋守 聡一郎はこのような複合欠損 (composite defect) を提唱し、その理論的枠組みの整備を一般的に行なった。複合欠損を導入すると共形対称性が部分的に破れる。本研究では、その残った対称性を使って相関関数・演算子展開・共形ブロック展開などがどのように決まるのかを包括的に議論した。特に、composite DCFT 特有の演算子展開についても議論を行なった。重要なことに、ここでの議論は理論の詳細に依存せず、どのような composite DCFT においても適用可能である。

複合欠損演算子入り共形場理論の具体的構成

欠損演算子は空間的な境界や不純物の概念の一般化であり、素粒子、物性を含む量子多体系に現れる重要な対象である。Dongsheng Ge、西岡 辰磨、嶋守 聡一郎は、 $(3 - \epsilon)$ -次元の $O(N)$ 模型に空間的に局所化されたくりこみ群の流れを考えることで、表面演算子と線演算子の二つの異なる次元をもつ欠損演算子から構成される複合欠損演算子の非自明な具体例を初めて構成した。また、欠損演算子上の場の有効自由度を表すと考えられる物理量を見出し、それが局所化されたくりこみ群の下で単調減少するという非摂動論的な予想を提唱した。

非スピン多様体上の Maxwell 理論の非可逆的対称性

近年、場の量子論における対称性の概念が大きく一般化された。その中でも非可逆的対称性はくりこみ群フローに強力な拘束条件を課すことやカイラルアノマリーの理解に新たな洞

察を提供するなど注目を集めている。特に半ゲージ化と双対性を用いた対称性欠陥の構成では、その欠陥のトポロジカル性が by definition で保証されており、さらに対称性欠陥は複数のトポロジカルインターフェースの融合によって記述できる。

簡直人、川畑洸貴 (東大理)、和田博貴は非スピン多様体上における Maxwell 理論のゲージ化および一般化対称性に関する研究を行った。非スピン多様体上では線演算子のスピン統計性に依存して 4 種類の Maxwell 理論 (うち 1 つは重力アノマリーを持つ) が存在する。本研究では、電気的および磁氣的 1 形式対称性のゲージ化によって、これらの理論間での変換写像 (symmetry fractionalization map) を構築した。また、非スピン多様体上におけるゲージ化および $SL(2, \mathbb{Z})$ 双対変換のトポロジカルインターフェースを構築した。さらにこれらの結果を組み合わせることで、(スピン多様体では対称性だが) 非スピン多様体上では対称性となることができない可逆的および非可逆的対称性を分類した。

Wess-Zumino-Witten model における entanglement asymmetry の解析

場の量子論の枠組みで「対称性の破れ」という概念は物質相の分類など大変重要な役割を果たすことが分かっている。そこで近年、量子部分系において対称性がどれくらい破れているのかを測る物理量として entanglement asymmetry と呼ばれる量が活発に研究されている。

藤村 晴伸、嶋守 聡一郎は Wess-Zumino-Witten (WZW) model と呼ばれる 2 次元共形場理論で entanglement asymmetry の解析を行った。WZW model は演算子のスペクトラムなどのような CFT データは、考える Lie 群に依存する。そこで、特にプライマリー演算子によって特徴づけられる状態を用意し、entanglement asymmetry が各単純 Lie 群ごとにどのような振る舞いを示すのかについて解析を行った。特に、entanglement asymmetry の実時間発展について研究を行った。

Godbillon-Vey 不変量に基づく葉層構造を持つ多様体上の場の理論の構築

近年、subdimensional particle を特徴とする物質相が注目されている。これらの粒子は、運動が特定の方向に制限されることや、基底状態の縮退度が空間多様体の葉層構造に依存するという興味深い性質が知られている。嶋守 聡一郎は戎 弘実 (京都大学基礎物理学研究所)、本多 正純 (理研 iTHEMS)、中西 泰一 (京都大学基礎物理学研究所) との共同研究で、葉層構造の不変量である Godbillon-Vey 不変量をもとに構成された場の理論の提唱を行った。この理論により、subdimensional particle の振る舞いやトポロジカル性が制限された対称性欠損、その自発的破れが自然に記述されることが示された。

EDM 相殺が必要ない電弱バリオジェネシスの理論

村勇志と兼村晋哉は KEK の遠藤基氏、都城高専の愛甲将司氏と、電気双極子モーメント (EDM) のキャンセル (チューニング) なしで、電弱バリオジェネシスが可能な新しいヒッグス 2 重項 2 個のシナリオを研究した。このシナリオでは、トップクォークの EDM が 2 ループレベルで主要な貢献を生み出すが、それらは輻射補正によって電子、中性子、陽子の EDM を誘導する。それらはバリオン非対称性と相関しているが、我々はこのシナリオが、現在の全ての実験のバウンドを満たしつつ観測されたバリオン非対称性を説明することができ、かつ将来の EDM 実験で観測される範囲内にあることを示した。本研究は論文にまとめ投稿中。

有限温度中でのソフトレプトンによる CP の破れ

Shaoping Li と兼村晋哉は、宇宙における物質-反物質の非対称性の起源について新しい研究を行ない、大きな CP 非対称性が標準模型のレプトンからすでに発生する可能性があることを示した。このメカニズムは、有限温度での軟レプトンの resummation に依るもので、真空中では禁止されている CP 非対称性が熱的に再結合されたレプトンから共鳴的に大きくなり得ることを示した。この研究は、2025 年 5 月に Physical Review Letters への掲載が決まった。

また、この研究のフォローアップとして、コライダーでの検証が可能な素粒子モデルへの応用を検討した。最小限の拡張であるディラックニュートリノのモデルがバリオン非対称性を説明できることを示し、ニュートリノ振動におけるレプトジェネシスと CP 対称性の破れとの間の直接的な関係を明らかにした。これは研究は現在ジャーナルに投稿中である。

暗黒物質 – バリオン一致問題を説明する小惑星サイズの質量のソリトン

Shaoping Li と兼村晋哉は北京の航空航天大学の Ke-Pan Xie 教授と共同で、ダークマター、バリオン非対称性、ニュートリノ質量の起源、一次相転移、重力波を結びつけることを目指す新しい模型を考えた。ソリトン暗黒物質（フェルミボール暗黒物質）の新概念に基づく模型構築を行い、物質と反物質の非対称性に新たなシナリオを提案した。また重力波を用いた検証可能性を検討した。本研究は論文としてまとめ、現在ジャーナルに投稿中である。

プレヒーティング時に生成される重い右巻きニュートリノからの重力波

Dibyedu Nanda と兼村晋哉は新潟大学の金田邦雄氏と非熱レプトジェネシスの文脈における膨張観測量と発生する重力波の相補性を探った。観測されたバリオン非対称性の生成と膨張観測可能は、preheating のメカニズムによって繋がる。まず、preheating ダイナミクスによる重い右巻きニュートリノ生成が、テンソル対スカラー比やスペクトル指数などの膨張観測量にどのように影響するかを調べ、原始重力波を生成する上での影響を調べた。また、 α -アトラクターインフレーションモデルを使用して、重力波とインフレーション観測がどのようにレプトジェネシスをテストできるかを調べた。現在論文準備中。

スーパークリティカルな状況における一次相転移由来の原始ブラックホール生成

兼村晋哉は佐賀大の高橋氏、名大の柳氏、福島高専の端野氏、北京大の田中氏と電弱相転移の際に発生する可能性のある原始ブラックホール（PBH）の生成条件を研究した。スーパークリティカルな状況においてローカルに遅延した一次的電弱相転移による PBH 形成のダイナミクスを一般相対論を元に具体的に計算し、この状況で PBH が形成することを数値的に確認した。これらの解析により特徴的な時間スケールを利用した PBH 形成に対する基準が、エネルギー臨界密度に基づく従来の基準よりも適切な場合があることを示した。数値結果を使用して、PBH 探索を通じて検証できる新しい物理モデルのパラメータ領域を明らかにした。この研究は現在論文投稿中である。

ニュートリノ質量、暗黒物質、バリオン数生成を説明するモデルの電気双極子モーメント

谷口宙と兼村晋哉は金沢大学の青木真由美氏、国立台湾大学の榎本一輝氏と、電弱バリオン数生と WIMP、輻射シーソー機構に基づく素粒子模型を研究した。フレーバーを変える中性カレントを対称性で制御するモデルにおいて、EDM からの制限をはじめ、現在の実験

からの制限を全て満たすパラメータ領域で、バリオン数生成、暗黒物質、ニュートリノ振動を同時に説明できることを明らかにした。これらの成果は論文としてまず1本目がJHEPに最近受理され、2本目は準備中である。

Revisiting the model for radiative neutrino masses with dark matter in the $U(1)_B - L$ gauge theory

Guohao Ying、村勇志、兼村晋哉は右巻きマヨラナニュートリノの導入による輻射シーソー機構の模型を再検討し、現在の実験からの制限の下で、ニュートリノ振動と暗黒物質を説明できることを明らかにした。この研究は論文として投稿中であるが、さらに、この模型を拡張して共鳴レプトジェネシス機構を用いてバリオン数生成の現象も現在の実験からの制限に抵触せずに説明できることを示した。

ヒッグス有効場理論におけるアライメント条件化での1次相転移の研究

Ricardo Florentino と兼村晋哉は北京大学の田中正法氏と、ヒッグス有効場理論にアライメントの条件を加えた理論において電弱相転移現象を研究した。特にLHC実験によってヒッグス粒子の光子対への崩壊が測られた時に、その情報を通じて電弱一次相転移のパラメータ領域が絞られるか、高輝度LHC実験でより精度良く測定されることが期待されるヒッグス3点結合の測定やLISAなどの重力波測定、さらに原始ブラックホール測定とのシナジーについて明らかにした。

拡張ヒッグス模型における新しい繰り込み

柳生慶と兼村晋哉は日本大学の菊地真吏子氏と拡張ヒッグス理論における新しい繰り込み条件を提唱した。従来のオンシェル繰り込み条件によって決定される混合角は、1ループレベルでは本来の混合角としての意味が失われる。混合角パラメータ等の1ループレベルでの物理的意味がより明らかになるように、ヒッグス崩壊現象の過程を用いた繰り込み条件を考え、従来の計算との相違点を明らかにするとともに、新しい方法が（現在のLHC実験が示すような）拡張ヒッグス模型が標準模型に近い低エネルギーの振る舞いを示すアライメント極限付近の物理を記述する上で有用であることを示した。

拡張ヒッグス模型の輻射補正計算に関する数値計算プログラム HCOUP version 3

柳生慶と兼村晋哉は東北大学の桜井氏、日本大学の菊地氏、都城高専の愛甲氏とともに、ヒッグス2重項2個の模型、イナート2重項模型、シングレットを追加した模型など、各種の拡張ヒッグス模型に現れる重いヒッグス粒子や荷電ヒッグス粒子の崩壊現象を1ループレベルで系統的に計算するコード群を完成し、HCOUPバージョン3として公表した。この成果は、すでに発見されているヒッグス粒子の崩壊現象を1ループレベルで計算する数値コード群（HCOUPバージョン1、2）が将来のヒッグスファクトリーなどの精密実験を見据えたものであるのに対し、LHC実験における重いヒッグス探索において重要になる。

学術雑誌に出版された論文

Gravitational waves from particle decays during reheating

Shinya Kanemura^a and K. Kaneta

Phys. Lett.B **855** (Aug) (2024) 138807

(<http://doi.org/10.1016/j.physletb.2024.138807>).

Criterion of perturbativity with the mass-dependent beta function in extended Higgs models

Shinya Kanemura^s and Yushi Mura^{DC}

Phys. Rev. D **110** (Oct) (2024) 075016

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevD.110.075016>).

H-COUP Version 3: A program for one-loop corrected decays of any Higgs bosons in non-minimal Higgs models

M. Aiko, Shinya Kanemura^s, M. Kikuchi, K. Sakurai, Kei Yagyu^s

Comput. Phys. Commun. **301** (Aug) (2024) 109231

(<http://doi.org/10.1016/j.cpc.2024.109231>).

Dark matter as the trigger of flavor changing neutral current decays of the top quark

A. Jueid and Shinya Kanemura^s

Phys. Rev. D **110** (Nov) (2024) 095009

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevD.110.095009>).

Primordial black holes from slow phase transitions: a model-building perspective

Shinya Kanemura^s, M. Tanaka, K.-P. Xie

J. High Energy Phys. **2024** (June) (2024) 036

([http://doi.org/10.1007/JHEP06\(2024\)036](http://doi.org/10.1007/JHEP06(2024)036)).

Exploring loop-induced first-order electroweak phase transition in the Higgs effective field theory

Ricardo Florentino^d, Shinya Kanemura^s, M. Tanaka

Phys. Lett.B **856** (Sep) (2024) 138940

(<http://doi.org/10.1016/j.physletb.2024.138940>).

Loop induced H+W-Z vertices in the general two Higgs doublet model with CP violation

Shinya Kanemura^s and Yushi Mura^{DC}

J. High Energy Phys. **2024** (Oct) (2024) 041

([http://doi.org/10.1007/JHEP10\(2024\)041](http://doi.org/10.1007/JHEP10(2024)041)).

New renormalization scheme in the two Higgs doublet models

Shinya Kanemura^s, M. Kikuchi, Kei Yagyu^s

Phys. Lett.B **858** (Oct) (2024) 139050

(<http://doi.org/10.1016/j.physletb.2024.139050>).

Energies and a gravitational charge for massive particles in general relativity

S. Aoki, Tetsuya Onogi^s and Tatsuya Yamaoka^d

Int. J. Mod. Phys. A **39** (May) (2024) 2450049: 1-18

(<http://doi.org/10.1142/S021775X24500490>).

Implications of neutrino species number and summed mass measurements in cosmological observations

N. Sasao, M. Yoshimura and Minoru Tanaka^s

J. Cosmol. Astropart. Phys. **10** (October) (2024) 012:0-22

(<http://doi.org/10.1088/1475-7516/2024/10/012>).

Composite dark matter with forbidden annihilation

T. Abe, Ryosuke Sato^s, Takumu Yamanaka^d

J. High Energy Phys. **09** (September) (2024) 064

([http://doi.org/doi.org/10.1007/JHEP09\(2024\)064](http://doi.org/doi.org/10.1007/JHEP09(2024)064)).

Measurement of cesium $8^2P_J \rightarrow 6^2P_{J'}$ electric quadrupole transition probabilities using fluorescence spectroscopy

J. Wang, Y. Miyamoto, H. Hara, Minoru Tanaka^s, M. Tashiro, and N. Sasao

Phys. Rev. A **110** (July) (2024) 012804:1-9

(<http://doi.org/doi.org/10.1103/PhysRevA.110.012804>).

Quantum subsystem codes, CFTs and their $\mathbb{Z}_2$ -gaugings

Keiichi Ando^d, K. Kawabata, Tatsuma Nishioka^s

J. High Energy Phys. **11** (November) (2024) 125

([http://doi.org/doi.org/10.1007/JHEP11\(2024\)125](http://doi.org/doi.org/10.1007/JHEP11(2024)125)).

Conformal field theory with composite defect

Soichiro Shimamori^{DC}

J. High Energy Phys. **08** (August) (2024) 131

([http://doi.org/doi.org/10.1007/JHEP08\(2024\)131](http://doi.org/doi.org/10.1007/JHEP08(2024)131)).

Localized RG flows on composite defects and $\mathcal{C}$ -theorem

Dongsheng Geⁱ, Tatsuma Nishioka^s, Soichiro Shimamori^{DC}

J. High Energy Phys. **02** (February) (2025) 012

([http://doi.org/doi.org/10.1007/JHEP02\(2025\)012](http://doi.org/doi.org/10.1007/JHEP02(2025)012)).

Symmetry fractionalization and duality defects in Maxwell theoryNaoto Kan^{PD}, K. Kawabata, Hiroki Wada^{DC}J. High Energy Phys. **10** (October) (2024) 238([http://doi.org/doi.org/10.1007/JHEP10\(2024\)238](http://doi.org/doi.org/10.1007/JHEP10(2024)238)).**国際会議報告等****A lattice regularization of Weyl fermions in a gravitational background**Shoto Aoki*, Hidenori Fukaya^s, Naoto Kan^{PD}PoS Lattice2023 **371** (Nov.) (2024) 1-8.

The 40th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2023)(Jul. 31–Aug. 4, 参加者数約 500 名), U.S.A..

A Microscopic study of Magnetic monopoles in Topological InsulatorsShoto Aoki, Hidenori Fukaya^s, Naoto Kan^{PD*}PoS Lattice2023 **363** (Nov.) (2024) 1-8.

The 40th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2023)(Jul. 31–Aug. 4, 参加者数約 500 名), U.S.A..

Chiral susceptibility and axial U(1) anomaly near the (pseudo-)critical temperatureS. Aoki, Y. Aoki, Hidenori Fukaya^{s*}, S. Hashimoto, I. Kanamori, T. Kaneko, Y. Nakamura, K. Suzuki, David Ward^dPoS Lattice2023 **184** (Nov.) (2024) 1-8.

The 40th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2023)(Jul. 31–Aug. 4, 参加者数約 500 名), U.S.A..

Study of Chiral Symmetry and $U(1)_A$ using Spatial Correlators for $N_f = 2 + 1$ QCD at finite temperature with Domain Wall FermionsDavid Ward^{d*}, Sinya Aoki, Yasumichi Aoki, Hidenori Fukaya^s, Shoji Hashimoto, Issaku Kanamori, Takashi Kaneko, Jishnu Goswami, Yu ZhangPoS Lattice2023 **182** (Nov.) (2024) 1-8.

The 40th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2023)(Jul. 31–Aug. 4, 参加者数約 500 名), U.S.A..

Axial U(1) symmetry near the pseudocritical temperature in $N_f = 2 + 1$ lattice QCD with chiral fermionsSinya Aoki, Yasumichi Aoki, Hidenori Fukaya^s, Shoji Hashimoto, Issaku Kanamori, Takashi

Kaneko, Yoshifumi Nakamura, Christian Rohrhofer, Kei Suzuki*, David Ward^d

PoS Lattice2023 **185** (Nov.) (2024) 1-8.

The 40th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2023)(Jul. 31–Aug. 4, 参加者数約 500 名), U.S.A..

国際会議における講演等

Exploring loop-induced 1st order EW phase transition in the Higgs EFT

Shinya Kanemura^{s*} (invited)

Cosmology, Astrophysics, Theory and Colider Higgs CATCH 22+2 May. 1-5, 2024, 参加者数 120 名)

Higgs as a probe of new physics

Shinya Kanemura^{s*} (invited)

International Workshop on New Opportunities for Particle Physics 2024, IHEP, Beijing, July 19-21, 参加者数約 100 名)

A TeV-Scale 3-loop Neutrino Mass model with Dark Matter and Baryogenesis

Shinya Kanemura^{s*} (invited)

Multi Higgs Models 2024, Lisbon, Sep 3-6, 参加者数約 100 名)

A TeV-Scale 3-loop Neutrino Mass model with Dark Matter and Baryogenesis

Shinya Kanemura^{s*} (invited)

Higgs Days 2024, Santander, Sep 9-13, 参加者数約 50 名)

A model with an extended scalar sector for neutrino, DM and BAU

Shinya Kanemura^{s*} (invited)

Extended Scalar Sectors from All Angles, Oct 21-25, 2024 at CERN, 参加者数約 150 名)

The axion quality problem and its possible solutions

Ryosuke Sato^{s*} (invited)

The Axion Quest 2024; 20th Rencontres du Vietnam (at Quy Nhon, Vietnam, Aug. 4-10, 2024, 参加者数 52 名)

Lattice Weyl Fermion on a Single Spherical Domain-Wall 2

Shoto Aoki, Hidenori Fukaya^s, Naoto Kan^{PD*}

The 41st International Symposium on Lattice Field Theory, (U. Liverpool, July 28-Aug 3 2024, 参加者約 500 名)

η invariant of massive Wilson Dirac operator and the indexShoto Aoki, Hidenori Fukaya^{s*}, M. Furuta, S. Matsuo, Tetsuya Onogi^s, Satoshi Yamaguchi^s

The 41st International Symposium on Lattice Field Theory, (U. Liverpool, July 28-Aug 3 2024, 参加者約 500 名)

Study of symmetries in finite temperature $N_f = 2$ QCD with Möbius Domain Wall FermionsDavid Ward^{d*}, Sinya Aoki, Yasumichi Aoki, Hidenori Fukaya^s, Shoji Hashimoto, Issaku Kanamori, Takashi Kaneko, Jishnu Goswami, Yu Zhang

The 41st International Symposium on Lattice Field Theory, (U. Liverpool, July 28-Aug 3 2024, 参加者約 500 名)

Index of lattice Dirac operators and K-theoryHidenori Fukaya^{s*}

YITP workshop, Hadrons and Hadron Interactions in QCD 2024 (Kyoto U., Oct 14- Nov. 15, 2024, 参加者約 200 名)

Noninvertible symmetries and boundaries in four dimensionsSatoshi Yamaguchi^{s*} (invited)

Generalized symmetries in QFT 2024, (at Yukawa Institute of Theoretical Physics, Kyoto University, Sep. 30 – Oct. 4 2024, 参加者約 100 名)

Symmetry defects in Maxwell theory without spin structureNaoto Kan^{PD*}

Kyushu IAS-iTHEMS conference: Non-perturbative methods in QFT (Kyushu University Institute for Advanced Study, March 10-14, 2025, 参加者約 115 名)

Generalized symmetry without spin structureNaoto Kan^{PD*} (invited)

SUPERGRAVITY: From Foundations to Frontiers (Osaka Institute of Technology, Feb. 12-13, 2025, 参加者約 20 名)

Symmetry defects in non-spin Maxwell theoryNaoto Kan^{PD*}

2024 East Asia Joint Workshop on Fields and Strings (National Sun Yat-sen University, Nov. 18-22, 2024, 参加者約 60 名)

Lattice Weyl fermion on a single spherical domain-wall 2Naoto Kan^{PD*}

Hadrons and Hadron Interactions in QCD 2024 (Yukawa Institute for Theoretical Physics,

Kyoto University, Oct. 14 - Nov.15, 2024, 参加者約 60 名)

Quantum error correction and holography

Tatsuma Nishioka^{s*} (invited)

KEK-Theory workshop 2024 (KEK), Dec. 11-13, 2024, 参加者約 70 名

Holography for de Sitter gravity

Tatsuma Nishioka^{s*} (invited)

KMI2025 : The 6th KMI International Symposium (Nagoya University), Mar. 5-7, 2025, 参加者約 100 名

Non-invertible symmetries in non-rational conformal field theories

Soichiro Shimamori^{DC*} (invited)

Generalized symmetries in QFT 2024, (at Yukawa Institute of Theoretical Physics, Kyoto University, Sep. 30 – Oct. 4 2024, 参加者約 100 名)

Boundary Scattering and Non-invertible Symmetries in (1+1) Dimensions

Soichiro Shimamori^{DC*}

Kyushu IAS-iTHEMS conference: Non-perturbative methods in QFT (Kyushu University Institute for Advanced Study, March 10-14, 2025, 参加者約 115 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

ヒッグスファクトリーの物理

兼村 晋哉^{s*}

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

暗黒物質を含む輻射シーソー模型における電弱バリオン数生成

青木真由美、榎本一輝、兼村 晋哉^s、谷口 宙^{d*}

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

CP の破れを伴う最も一般的な two Higgs doublet model における $H^\pm \rightarrow W^\pm Z$ 崩壊の解析

兼村 晋哉^s、村 勇志^{DC*}

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

拡張ヒッグス模型における電弱バリオン数生成と避けられない電気双極子モーメント制限

愛甲将司、遠藤基、兼村 晋哉^s、村 勇志^{DC*}

日本物理学会 2025 年春季大会 (於 オンライン、2025 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

オンシェルくりこみを用いた拡張ヒッグス模型の有効ポテンシャル青木真由美、榎本一輝^{*}、兼村 晋哉^s、谷口 宙^d

日本物理学会 2025 年春季大会（於 オンライン、2025 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日）

Baryogenesis in the radiative seesaw model with gauged $U(1)B - L \times Z_2$ extensionShinya Kanemura^s, Yushi Mura^{DC} Guohao Ying^{d*}

日本物理学会 2025 年春季大会（於 オンライン、2025 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日）

Baryogenesis in the radiative seesaw model with gauged $U(1)B - L \times Z_2$ extensionRicardo Florentino^{d*} and Shinya Kanemura^s,

日本物理学会 2025 年春季大会（於 オンライン、2025 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日）

Symmetry of QCD near the (pseudo-) critical temperature.青木慎也, 青木保道, 深谷 英則^{s*}, 橋本省二, 金森逸作, 金児隆志, 中村宜文, 鈴木溪, David Ward^d

日本物理学会 2025 年春季大会（於 オンライン、2025 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日）

Finite temperature QCD with 2+1 flavor domain wall fermions at physical point金森逸作^{*}, 青木保道, 深谷 英則^s, 橋本省二, 金児隆志, 中村宜文, Yu Zhang

日本物理学会 2025 年春季大会（於 オンライン、2025 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日）

物理屋でもわかる Atiyah-Patodi-Singer 指数の格子理論版青木匠門, 深谷 英則^{s*}, 古田幹雄, 松尾信一郎, 大野木 哲也^s、山口 哲^s

日本物理学会 第 79 回年次大会（2024 年）（於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日）

曲がったドメインウォール上のフェルミオンのアノマリー流入と $U(1)$ 問題荒木匠^{*}, 深谷 英則^s, 簡 直人^{PD}

日本物理学会 2025 年春季大会（於 オンライン、2025 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日）

ミューオン g-2 のハドロン真空偏極寄与における有限体積効果板谷さくら^{*}, 深谷 英則^s, 橋本省二

日本物理学会 第 79 回年次大会（2024 年）（於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日）

量子サブシステム符号による共形場理論の構成安藤恵一^{*}, 川畑洸貴, 西岡 辰磨^s

日本物理学会 第 79 回年次大会（2024 年）（於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日）

クラインの壺にコンパクト化された M 理論と双対な弦理論山口 哲^s, 和田 博貴^{DC*}

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

Symmetry fractionalization and duality defects in Maxwell theory簡 直人^{PD*}, 川畑洗貴, 和田 博貴^{DC}

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

量子情報と素粒子論西岡 辰磨^{s*}

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

SU(6) model revisited大野木 哲也^s, 山岡起也^{*}, 和田博貴

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

共形場理論における複合的な欠損演算子の解析嶋守 聡一郎^{DC*}

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

書籍等の出版，日本語の解説記事**コンピュータで探る素粒子の世界**深谷 英則^s

生産と技術 第 77 巻 第 1 号 p.94-97 (2025 年 1 月発行)

1.10 原子核理論グループ

令和六年度の研究活動概要

相対論的重イオン衝突における QCD 臨界点探索

超高温・高密度環境下における QCD 相構造の探索は高エネルギー原子核衝突実験の究極的な目標の一つである。QCD 臨界点のダイナミクスは Model H であることが知られている。Model H とは保存量である臨界ゆらぎが運動量密度と結合したものである。赤松、浅川は、新潟大学の本郷とイリノイ大学の Stephanov、Yee らとともに、Model H にもとづく光子の生成率を計算した。光子の生成率を 1 ループ近似で計算すると、光子運動量 k のベキ則 $\propto k^{-0.5}$ に従って低運動量で増加し、ゼロ運動量では相関長に比例した増大を示すことがわかった。振動電場中の散逸過程によって、このスペクトルの物理的な解釈を与え、非平衡状態特有のスケーリング関数を導出した。光子の振動数は波数に比例しており、Model H に含まれない音波モードの寄与が重要になり得る。この点について流体ゆらぎの 1 ループ計算を行うことで検証し、臨界点において光子のスペクトルへの影響は無視できることを確認した。

Hanbury Brown-Twiss 相関に対する媒質効果

Hanbury Brown-Twiss 相関は、同種粒子の量子統計性を用いてソースの大きさを測る手段であり、現在、相対論的重イオン衝突実験においても用いられている。赤松は上智大学の平野、山本と共に、ハドロン散乱によるデコヒーレンスが相関関数にどのような影響を及ぼすか調べた。相対運動量がゼロの場合の量子性はデコヒーレンスによって失われないが、相対運動量が有限の場合の干渉はデコヒーレンスによって減少することを発見した。これに、運動量散逸の効果を含めると、相対運動量が有限の場合の干渉はさらに減少することが分かった。これを半古典近似で解釈すると、散乱によって粒子の軌跡がぼやけるため、ソースの大きさが実際よりも大きく見えてしまうことによる。さらに、エネルギーが異なる 2 粒子の相関によりソースの存在時間が測れることが知られているが、これについても媒質効果を計算した結果、実際よりも長く存在しているように見えることが分かった。

冷却原子気体中のポーラロンの量子ダイナミクス

赤松は、新潟大学の本郷、電気通信大学の遠藤、東京大学の藤井とともに、有限温度の冷却原子気体中の不純物（ポーラロン）間のポテンシャルを計算した。ポテンシャルはデコヒーレンス効果によって一般に複素数値をとるので、2つのポーラロンが従うシュレーディンガー方程式は非エルミートの時間発展をする。ポーラロンが媒質粒子と S 波の接触型相互作用をする系として自由フェルミ気体、および、超流動相の場合にポテンシャルを計算した。この二つの例で虚部は長距離において $1/r^2$ の冪則に従うことを発見し、ポーロンと媒質粒子の 2 体衝突過程が虚部の主要な機構である場合に普遍的であることを示した。P.H.C. Lau と赤松は、新潟大学の本郷、電気通信大学の遠藤、東京大学の藤井とともにこの研究を発展させ、ポーロン間ポテンシャルを超流動相転移の臨界温度付近で計算した。

長距離では流体力学が予言する冪則に従い、相関長よりも短距離では臨界指数による冪則になることを確認した。

Gravitational EFT for dissipative open systems

In "Gravitational EFT for dissipative open systems" JHEP 02 (2025) 155 (2412.21136), P.H.C. Lau, Kanji Nishii (Kobe U. and Tokyo U., Komaba), Toshifumi Noumi (Tokyo U., Komaba) studied the top-down construction of an effective field theory of open systems in dynamical gravity. The effective field theory was constructed based on the doubled diffeomorphism symmetries on the Schwinger-Keldysh contour. By employing the Stueckelberg trick and imposing microscopic quantum unitarity, we wrote down a theory with a dissipative scalar field coupled to dynamical gravity. For the theory to be consistent with the diffeomorphism symmetries, we identified the need for an environment sector. We modelled this sector using the effective field theory of hydrodynamics, which allows energy exchange between the scalar and environment sectors of the theory.

機械学習と物理学

広野は、理研の田中、東京大学の福嶋とともに、経路積分を用いた拡散モデルの理解に関する研究を行った。拡散モデルは画像生成において高い性能を示し、幅広く利用されているが、量子力学で使われるファインマンの経路積分を使って拡散モデルを記述する新しいアプローチを提案した。この枠組みにより、後向き確率微分方程式や損失関数の導出が可能となり、スコアベース拡散モデルの振る舞いをより深く理解することができる。さらに、確率的・決定論的なサンプリング手法を連続的に補間するパラメータが、量子力学におけるプランク定数と同様の役割を果たすことがわかった。このアナロジーを活かし、量子物理で用いられる WKB 法を応用することで、サンプリング手法ごとの性能差を計算する方法を開発した。

広野は、京都大学の渡辺・石井、OIST の丸岡とともに、ニューラルネットワークによる自己相似性の検出に関する研究を行った。物理系の多くは自己相似性・スケール変換対称性を示すが、従来はその同定にモデルの事前仮定が必要であり、バイアスが持ち込まれる可能性があった。本研究では、ニューラルネットワークを使用して、実験データに基づいて物理系における自己相似性を発見するための新たな手法を開発した。

一般化された対称性による自己相似性

広野は、中国科学院大学の鎌田、慶應義塾大学の山本・横倉とともに、一般化された対称性が駆動する自己相似的逆カスケードについて研究を行った。従来の研究では、全空間で積分された保存量（例えば 3 次元のヘリシティ）が逆カスケードを引き起こすことが知られていたが、部分空間での積分によって定義される高次の形式対称性の役割はこれまでほとんど調べられていなかった。本研究では、高次の形式対称性が自然に自己相似的逆カスケードを引き起こす新しいメカニズムを発見した。具体例として非線形トポロジカル相互作用を持つ

アキシオン電磁力学を考察し、1-形式対称性に関連する保存量が系を大規模なコヒーレント構造へと導くことを示した。この過程は、解析的に決定可能なスケール指数で特徴づけられる普遍的な振る舞いを示す。本研究の成果は、高次の形式対称性が非平衡現象や大規模構造の発現を理解するための基本原理となる可能性を示唆している。

学術雑誌に出版された論文

Complex-valued in-medium potential between heavy impurities in ultracold atoms

Y. Akamatsu^s, Shimpei Endo, Keisuke Fujii, and Masaru Hongo

Phys. Rev. A **110** (Sep.) (2024) 033304

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevA.110.033304>).

Gravitational EFT for dissipative open systems

Pak Hang Chris Lau^s, Kanji Nishii, Toshifumi Noumi

JHEP **02** (Feb.) (2025) 155

([http://doi.org/10.1007/JHEP02\(2025\)155](http://doi.org/10.1007/JHEP02(2025)155)).

Unification of symmetries inside neural networks: transformer, feedforward and neural ODE

K. Hashimoto, Y. Hirono^s, A. Sannai

Mach. Learn.: Sci. Technol. **5** (June) (2024) 025079

(<http://doi.org/10.1088/2632-2153/ad5927>).

Neural network representation of quantum systems

K. Hashimoto, Y. Hirono^s, J. Maeda, J. Totsuka-Yoshinaka

Mach. Learn.: Sci. Technol. **5** (Nov.) (2024) 045039

(<http://doi.org/10.1088/2632-2153/ad81ac>).

Data-driven discovery of self-similarity using neural networks

R. Watanabe, T. Ishii, Y. Hirono^s, H. Maruoka

Phys. Rev. E **111** (Feb.) (2025) 024301

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevE.111.024301>).

Physics-Inspired Approaches in Generative Diffusion Models

Y. Hirono^s

J. Phys. Soc. Jpn. **94** (Feb.) (2025) 031008

(<http://doi.org/10.7566/JPSJ.94.031008>).

Rethinking Robust Adaptation: Characterization of Structural Mechanisms

for Biochemical Network Robustness through Topological InvariantsY. Hirono^s, A. Gupta, M. KhammashPRX Life **3** (Mar.) (2025) 013017<http://doi.org/10.1103/PRXLife.3.013017>.**国際会議報告等****Understanding Diffusion Models by Feynman's Path Integral**Y. Hirono^{s*}, A. Tanaka, K. Fukushima

PMLR (235, July) (2024) 18324–18351.

The 41st International Conference on Machine Learning (ICML) (July, 2024, 参加者数約 9,000 名), Austria.

国際会議における講演等**Impurity physics: heavy quarks in QGP and polarons in cold atoms**Y. Akamatsu^{s*}

Universality of Strongly Correlated Few-body and Many-body Quantum Systems, (at Sendai, Sep., 2024, 参加者約 30 名)

Open quantum systemY. Akamatsu^{s*} (invited)

The 4th mini-workshop on the early universe, (at Kiyosato, Sep., 2024, 参加者約 20 名)

Complex potential and open system applications in heavy-ion and cold atomsY. Akamatsu^{s*} (invited)

The 16th Quark Confinement and Hadron Spectrum, (at Cairns, Aug., 2024, 参加者約 260 名)

Hydrodynamic fluctuations and its kinetic descriptionsY. Akamatsu^{s*} (invited)

Advances in Fluctuating Hydrodynamics: Bridging the Micro and Macro Scales, (at Kyoto, June, 2024, 参加者約 60 名)

Complete characterization of robust perfect adaptation in biochemical reaction networksY. Hirono^{s*}, A. Gupta, M. Khammash

Joint annual meeting of the Korean Society for Mathematical Biology and the Society for

Mathematical Biology, (at Seoul, June, 2024, 参加者約 1,000 名)

Understanding Diffusion Models by Feynman's Path Integral

Y. Hirono^{s*}, A. Tanaka, K. Fukushima

The IAIFI Summer Workshop, (at Boston, Aug., 2024, 参加者約 100 名)

Understanding Diffusion Models by Feynman's Path Integral (poster)

Y. Hirono^{s*}, A. Tanaka, K. Fukushima

The 41st International Conference on Machine Learning (ICML), (at Vienna, July 2024, 参加者約 9,000 名)

Data-driven discovery of self-similarity using neural networks

Y. Hirono^{s*}

Physics of Intelligence and Machine Learning 2024 , (at Heidelberg, Oct., 2024, 参加者約 50 名)

Understanding Diffusion Models by Feynman's Path Integral

Y. Hirono^{s*} (invited)

String Data 2024, (at Kyoto, Dec., 2024, 参加者約 80 名)

Network topology reveals robust adaptation phenomena in biochemical systems

Y. Hirono^{s*} (invited)

Computational & Physical Understanding of Biological Information Processing, (at Onna, Mar., 2025, 参加者約 60 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

化学反応ネットワークにおけるロバストな完全適応の特徴付け

広野 雄士^{s*}, A. Gupta, M. Khammash

日本物理学会 2024 年年次大会（素核宇・物性）（於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日）

書籍等の出版，日本語の解説記事

学習物理学入門

富谷 昭夫, 橋本 幸士, 金子 隆威, 瀧 雅人, 広野 雄士^s, 唐木田 亮, 三内 顕義

朝倉書店 (2024 年 11 月発行, 208 頁)

1.11 強相関電子論グループ

令和六年度の研究活動概要

本グループでは、遷移金属化合物をはじめとした強相関電子系における金属-絶縁体転移(モット転移)や磁氣的性質に関して理論的研究を行っている。動的平均場理論(DMFT)は、強相関電子系を研究する強力な方法として、モット転移、磁性、超伝導等の様々な問題に対して適用されている。DMFTは、格子模型を有効不純物模型にマップする枠組みであるが、有効不純物模型は多体問題であるため厳密に解くことは簡単ではなく、これまでに様々な工夫がなされてきた。数値的に厳密解を得る方法としては、量子モンテカルロ法や数値繰り込み群等が挙げられるが、多軌道系等の自由度が大きい系においては、数値計算コストの観点から十分な計算を実行することが難しい。そのため本質を捉えた上で計算コストの低い解析的方法の構築は非常に有用である。反復摂動論(IPT)は、不純物模型を解く方法として最も簡単なものの1つでありながら、単一軌道ハバード模型のハーフフィリングにおいてモット転移の本質を捉えることができる手法であり、現在においても第一原理計算と組み合わせた電子状態計算等に用いられている。水野(黒木グループ)等は、これまで考えられていなかったバーテックス関数の観点からIPTを再考察し、厳密なバーテックス関数の周波数依存性を定性的に再現するダイアグラムの補正を取り入れたIPT-Parquet法を開発した。本年度の研究では、この方法が多軌道系のモット転移の解析において、IPTを本質的に改善することを明らかにした。IPT-Parquetでは、従来のIPTでは取り入れることができなかった軌道揺らぎの効果を正しく取り扱うことができ、2軌道縮退ハバード模型のモット転移点で厳密な数値計算結果と定性的に一致することを例証した。

1.12 黒木グループ

令和六年度の研究活動概要

1.12.1 三層型ニッケル酸化物における高温超伝導の理論設計とその実験的検証

2023年に中国のグループによって、二層型ニッケル酸化物 $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ が圧力下において最高 $T_c=80\text{K}$ 超の高温超伝導を示すことが発見された。この物質は、2017年に当研究室において行った理論研究において、高温超伝導の可能性が議論されていた物質である。当時は予想していなかった圧力下ではあるものの、現実には高温超伝導が実現したことを受けて、圧力下における結晶構造を取り込んだ、 $d_{3z^2-r^2}$ 軌道と $d_{x^2-y^2}$ 軌道からなる有効モデルを構築し、揺らぎ交換近似を用いて、超伝導の解析を行った結果、 $T_c=80\text{K}$ と整合する結果を得た。二層型における理論と実験の整合性を受けて、三層型ニッケル酸化物 $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$ の理論研究にも取り組んだ。超伝導がおこるとすれば、二層型と同様、圧力下であるとの仮説に基づき、圧力下の構造を第一原理計算によって決定した。そのうえで、二層型と同様に有効モデルを構築して超伝導に関する理論解析を行ったところ、二層型ほど高い T_c ではないにせよ、超伝導になる可能性を見出した。そこで、物質材料研究機構の高野義彦氏の実験グループと共同研究を行い、 $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$ が圧力下において $T_c=20\sim 30\text{K}$ の超伝導を示すことを見出した。

1.12.2 新規高温超伝導候補物質の理論設計：二層型ニッケル酸塩化物

二層型ニッケル酸化物 $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ は、圧力下で tetragonal 相に転移したときに超伝導性を示すため、tetragonal 相と超伝導の関係に強く興味を持たれている。そこで我々は、 $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ に対して元素置換を施した $\text{Sr}_3\text{Ni}_2\text{O}_5\text{Cl}_2$ において、常圧で tetragonal 相が実現しうることを第一原理計算によって示した。さらに、 $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ に匹敵する高い超伝導転移温度が期待されることも理論的に見出した。我々の理論計算を受けて、物質材料研究機構の高野義彦氏の実験グループが当該物質の合成に成功し、さらに常圧 tetragonal 相が実験的に実現していることも明らかになった。

1.12.3 二層ニッケル酸化物を模した一次元モデルの超伝導性に関する理論的研究

$\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ の圧力下高温超伝導の発見により、二層かつ多軌道系における超伝導機構が注目されている。そこで我々は、層状ニッケル酸化物を模した有効モデルとして $d_{x^2-y^2}$ 軌道と $d_{3z^2-r^2}$ 軌道の二軌道 t - J 梯子モデルを用いて、密度行列繰り込み群法による数値解析を行った。軌道内の Hund 結合が大きくなると、超伝導相関関数がより強く発達することを明らかにした。また、Hund 結合の有無にかかわらず、 $d_{x^2-y^2}$ - $d_{3z^2-r^2}$ 間のペア相関が発達することを示した。このことから、軌道間ホッピングによって両軌道の混成状態が超伝導ペアのコヒーレンスを獲得していることが示唆される。

1.12.4 層状ニッケル酸化物超伝導体の常圧相の核磁気共鳴実験

層状ニッケル酸化物 $\text{La}_{n+1}\text{Ni}_n\text{O}_{3n+1}$ において、高圧の超伝導相近傍に存在するとされる電子秩序相の正体が議論されている。我々は基礎工学研究科の椋田グループと共同で、核磁気共鳴（NMR）実験を用いて、二層（ $n=2$ ）および三層（ $n=3$ ）型ニッケル酸化物の常圧下における電子状態を調べた（著者の椋はインタラクティブ物質科学カデットプログラムの研究室ローテーションにおいて本実験を担当した）。NMR スペクトルおよび核スピン緩和率を温度依存的に測定した結果、いずれの物質においても密度波転移が生じること、さらに多軌道性に起因して、その秩序相においても金属的性質が維持されていることを示した。

1.12.5 インシipient平坦バンドと超伝導性の増強

Fermi 準位にかからない incipient バンドによる超伝導性の増強について、梯子系などいくつかの系で研究を行ってきた。ここでは、incipient バンドの分散が小さい極限として、特に平坦バンドが incipient になる場合の理論解析を行った。その結果、カゴメ格子やリープ格子などにおいて、平坦バンドが incipient になることによる超伝導増強が起こりうることを見出した。ただし、リープ格子においては平坦バンド以外の状態密度が Dirac 点でゼロになることから、超伝導転移温度は比較的低くなった。こうして、高い T_c を実現するための条件を見出すことができた。

1.12.6 CuO 二重鎖構造の超伝導性に関する理論的研究

銅酸化物高温超伝導体は CuO_2 の二次元面において超伝導を発現する場合がほとんどだが、 $\text{Pr}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$ においては CuO_2 面ではなく CuO の二重鎖構造が超伝導性を担っている可能性が示唆されている。そこで我々は、 CuO 二重鎖の特徴を反映した t - J 模型を1次元系の波動関数を精密に計算できる密度行列繰り込み群法を用いて数値解析した。超伝導ペア相関関数の計算より、最近接サイト間のスピン相互作用 J_1 が反強磁性的な場合にペア相関が強く発散することを示した。また、 J_1 が強磁性的な傾向となると超伝導相関が発達する相とは異なる特徴を持つ相関関数の振る舞いとなることを明らかにした。

また、 $\text{Pr}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15}$ に対して、第一原理計算を行い、当該物質のバンド計算を行った。その結果、通常であれば小さいと思われる斜めホッピングが、同様の部分構造を有する SrCu_2O_3 と比べて大きいことを見出した。その起源を探ったところ、まっすぐな梯子であれば禁止されるホッピングが、梯子の歪みによって許容されることに原因を見出した。そうして構成されたハバード模型に対して FLEX 計算を実行したところ、上述の斜めホッピングに起因した incipient バンド機構による超伝導性の増強が起こりうることを見出した。

1.12.7 円偏光外場下におけるハニカム格子上の超伝導ペアに関する理論的研究

レーザー技術の発展に伴って、光照射下の非平衡物性研究が盛んに進められており、量子系に対して、フロケエンジニアリングは光の強度と振動数によって制御可能なモデルパラメータを与える枠組みを提供している。そこで我々は、新たな超伝導ペア形成機構を持つと

考えられるハニカム格子からなる強束縛模型にフロケエンジニアリングを適用した。光の効果を取り込んだ有効相互作用はある周波数帯で引力を誘起することを見出した。引力が誘起される周波数帯で束縛エネルギーを数値解析すると、光の効果によって超伝導ペアが増強されることを明らかにした。また、超伝導ペアの対称性が平衡状態と変わらず、 f 波の対称性を保つことを示した。

1.12.8 熱電物質 Mg_3Sb_2 における金属元素の拡散効果

熱電デバイスの作成において、電極に熱電物質を接着する必要がある。その際、接着に用いる金属元素が熱電物質中に拡散してしまうと、デバイスが劣化してしまうため、拡散しにくい金属元素を見出すことが求められる。そこで第一原理計算を用いて、熱電物質 Mg_3Sb_2 における金属元素の拡散効果を調べた。その結果、Cu は拡散がしやすいこと、高温では Ni も拡散する可能性があること、またそれ以外の元素については比較的拡散が起こりにくいことを見出した。

学術雑誌に出版された論文

Nonreciprocal charge transport in polar Dirac metals with tunable spin-valley coupling

M. Kondo, M. Kimata, M. Ochi^s, T. Kaneko^s, K. Kuroki^s, K. Sudo, S. Sakaguchi, H. Murakawa, N. Hanasaki, H. Sakai
Phys. Rev. Research **7** (No. 1, Jan.) (2025) 013041 1–9
(<http://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.7.013041>).

A New Era of Excitonic Insulators

T. Kaneko^s, Y. Ohta
J. Phys. Soc. Jpn. **94** (No. 1, Jan.) (2025) 012001 1–23
(<http://doi.org/10.7566/JPSJ.94.012001>).

Floquet engineering of effective pairing interactions in a doped band insulator

Y. Takahashi^m, H. Miyamoto^m, K. Kuroki^s, T. Kaneko^s
Phys. Rev. B **111** (No. 12, Mar.) (2025) 125104 1–11
(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.111.125104>).

Mass enhancement and metal-nonmetal transition driven by d-f hybridization in perovskite $\text{La}_{1-x}\text{Pr}_x\text{CuO}_3$

H. Takahashi, M. Ito, J. Fujioka, M. Ochi^s, S. Sakai, R. Arita, H. Sagayama, Y. Yamasaki, S. Ishiwata
Phys. Rev. B **111** (No. 8, Feb.) (2025) 085153 1–6

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.111.08515>).

Efficient electron doping into KTaO_3 by hydrogen ion beam

S. Hirata, G. Lim, T. Ozawa, M. Wilde, K. Fukutani, M. Ochi^s, Y. Takagi, H. Kitagawa, M. Maesato

Phys. Rev. Mater. **9** (No. 2, Feb.) (2025) 025002 1–9

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevMaterials.9.025002>).

Theoretical study of the crystal structure of the bilayer nickel oxychloride $\text{Sr}_3\text{Ni}_2\text{O}_5\text{Cl}_2$ and analysis of possible unconventional superconductivity

M. Ochi^s, H. Sakakibara, H. Usui, K. Kuroki^s

Phys. Rev. B **111** (No. 6, Feb.) (2025) 064511 1–11

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.111.064511>).

First-principles Study of Metallic-atom Diffusion in Thermoelectric Material Mg_3Sb_2

M. Ochi^s, K. Nishiguchi, C. H. Lee, K. Kuroki^s

J. Phys. Soc. Jpn. **94** (No. 2, Feb.) (2025) 024704 1–5

(<http://doi.org/10.7566/JPSJ.94.024704>).

Nonreciprocal charge transport in polar Dirac metals with tunable spin-valley coupling

M. Kondo, M. Kimata, M. Ochi^s, T. Kaneko^s, K. Kuroki^s, K. Sudo, S. Sakaguchi, H. Murakawa, N. Hanasaki, H. Sakai

Phys. Rev. Res. **7** (No. 1, Jan.) (2025) 013041 1–9

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.7.013041>).

Theoretical analysis of the origin of the double-well band dispersion in the CuO double chains of $\text{Pr}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$ and its impact on superconductivity

T. Yagi^m, M. Ochi^s, K. Kuroki^s

Phys. Rev. B **110** (No. 18, Nov.) (2024) 184516 1–9

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.110.184516>).

Robust Weak Topological Insulator in the Bismuth Halide $\text{Bi}_4\text{Br}_2\text{I}_2$

R. Noguchi, M. Kobayashi, K. Kawaguchi, W. Yamamori, K. Aido, C. Lin, H. Tanaka, K. Kuroda, A. Harasawa, V. Kandyba, M. Cattelan, A. Barinov, M. Hashimoto, D. Lu, M. Ochi^s, T. Sasagawa, T. Kondo

Phys. Rev. Lett. **133** (No. 8, Aug.) (2024) 086602 1–7

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevLett.133.086602>).

Theoretical study of spin-fluctuation-mediated superconductivity in two-dimensional Hubbard models with an incipient flat band

T. Aida^m, K. Matsumoto^m, D. Ogura^d, M. Ochi^s, K. Kuroki^s

Phys. Rev. B **110** (No. 5, Aug.) (2024) 054516 1–8

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.110.054516>).

Unconventional anomalous Hall effect in a triangular lattice antiferromagnet

M. Watanabe, T. Higashihara, R. Asama, M. Tokuda, S. Suzuki, N. Jiang, M. Ochi^s, H. Ishizuka, H. K. Yoshida, Y. Niimi

Phys. Rev. B **110** (No. 2, July) (2024) 024431 1–7

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.110.024431>).

Fermi Surface Nesting Driving the RKKY Interaction in the Centrosymmetric Skyrmion Magnet Gd_2PdSi_3

Y. Dong, Y. Arai, K. Kuroda, M. Ochi^s, N. Tanaka, Y. Wan, M. D. Watson, T. K. Kim, C. Cacho, M. Hashimoto, D. Lu, Y. Aoki, T. D. Matsuda, T. Kondo

Phys. Rev. Lett. **133** (No. 1, July) (2024) 016401 1–6

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevLett.133.016401>).

Spin-polarized saddle points in the topological surface states of elemental bismuth revealed by pump-probe spin- and angle-resolved photoemission spectroscopy

Y. Fukushima, K. Kawaguchi, K. Kuroda, M. Ochi^s, M. Hirayama, R. Mori, H. Tanaka, A. Harasawa, T. Iimori, Z. Zhao, S. Tani, K. Yaji, S. Shin, F. Komori, Y. Kobayashi, T. Kondo

Phys. Rev. B **110** (No. 4, July) (2024) L041401 1–7

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.110.L041401>).

Anomalous Fermi pockets on the Hund’ s metal surface of Sr_2RuO_4 induced by correlation-enhanced spin-orbit coupling

T. Kondo, M. Ochi^s, S. Akebi, Y. Dong, H. Taniguchi, Y. Maeno, S. Shin

Phys. Rev. B **109** (No. 24, June) (2024) L241107 1–7

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.109.L241107>).

Theoretical analysis on the possibility of superconductivity in the trilayer Ruddlesden-Popper nickelate $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$ under pressure and its experimental examination: Comparison with $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$

H. Sakakibara, M. Ochi^s, H. Nagata, Y. Ueki, H. Sakurai, R. Matsumoto, K. Terashima, K. Hirose, H. Ohta, M. Kato, Y. Takano, K. Kuroki^s

Phys. Rev. B **109** (No. 14, Apr.) (2024) 144511 1–10

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.109.144511>).

Ground-State Properties of the t - J Model for the CuO Double-Chain Structure

T. Kaneko^s, S. Ejima, K. Sugimoto, K. Kuroki^s

J. Phys. Soc. Jpn. **93** (No. 8, Aug.) (2024) 084703 1–5

(<http://doi.org/10.7566/JPSJ.93.084703>).

Dynamical Exciton Condensates in Biased Electron-Hole Bilayers

Z. Sun, Y. Murakami, F. Xuan, T. Kaneko^s, D. Golež, A. J. Millis

Phys. Rev. Lett. **133** (No. 21, Nov.) (2024) 217002 1–9

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevLett.133.217002>).

Multiband Metallic Ground State in Multilayered Nickelates $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ and $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$ Probed by ^{139}La -NMR at Ambient Pressure

M. Kakoi^d, T. Oi, Y. Ohshita, M. Yashima, K. Kuroki^s, T. Kato, H. Takahashi, S. Ishiwata, Y. Adachi, N. Hatada, T. Uda, H. Mukuda

J. Phys. Soc. Jpn. **93** (No. 5, Apr.) (2024) 053702 1–4

(<http://doi.org/10.7566/JPSJ.93.053702>).

Pair correlations of the hybridized orbitals in a ladder model for the bilayer nickelate $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$

M. Kakoi^d, T. Kaneko^s, H. Sakakibara, M. Ochi^s, K. Kuroki^s

Phys. Rev. B **109** (No. 5, May) (2024) L201124 1–6

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.109.L201124>).

国際会議報告等

国際会議における講演等

How discoveries of high T_c superconductors have evolved from the past to now

K. Kuroki^{s*} (invited)

The Chinese University of Hong Kong Department of Physics Seminar (Hong Kong, Dec.16, 2024, 参加者数約 30 名)

Theoretical designing of multilayer nickelate superconductors with tetragonal lattice structure at ambient pressure

K. Kuroki^{s*} (invited)

2nd International Workshop on High T_c Nickelate Superconductors (Hong Kong, Dec.13-16, 2024, 参加者数約 100 名)

Theoretical Study on High Tc Unconventional Superconductivity in Multilayer Nickelates $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ and $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$

K. Kuroki^{s*} (invited)

APCTP Seminar (Pohang, Sep.9, 2024)

Theoretical Study on Superconductivity in Multilayer Nickelates $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ and $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$

K. Kuroki^{s*} (invited)

49th Vietnam Conference on Theoretical Physics (Hue, July.30-Aug.2, 2024)

Theoretical Analysis on the Possibility of Unconventional Superconductivity in $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ and $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$ under high pressure

K. Kuroki^{s*} (invited)

ISCM2024 (Fethye, July.30-Aug.2, 2024)

Time evolution of coherent wave propagation and spin relaxation in spin-orbit-coupled systems

K. Slevin^{s*}, M. Kakoi^d (invited)

Localization: Emergent Platforms and Novel Trends (Dresden, Sep. 16–20, 2024, 参加者数約 100 名)

Time evolution of coherent wave propagation and spin relaxation in spin-orbit-coupled systems

K. Slevin^{s*}, M. Kakoi^d (invited)

International Workshop in memory of Prof. Dr. Konstantin B. Efetov(Bochum, Sep. 23–27, 2024, 参加者数約 30 名)

Time evolution of coherent wave propagation and spin relaxation in spin-orbit-coupled systems

K. Slevin^{s*}, M. Kakoi^d (invited)

Random Operators and Related Topics 2024 (Sendai, Nov. 16–18, 2024, 参加者数約 15 名)

Bilayer nickelate superconductor and its nonlinear phonon dynamics

T. Kaneko^{s*} (invited)

New Trends in Condensed Matter Theory 2024 (at Kashiwa, Japan, Dec. 9–11, 2024, 参加者数約 40 名)

Effective pairing interactions in a doped band insulator under circularly polarized light

Y. Takahashi^{m*}, H. Miyamoto^m, K. Kuroki^s, T. Kaneko^s

APS Global Physics Summit 2025 (at Anaheim, Mar. 16–21, 2025, 参加者数約 60 名)

Time evolution of the signatures of coherent wave interference in two-dimensional spin-orbit coupled disordered systems

M. Kakoi^{d*}, K. Slevin^s

APS Global Physics Summit 2025 (at Anaheim, Mar. 16–21, 2025,

Theoretical analysis on the possibility of high T_c $s\pm$ -wave superconductivity in the heavily hole-doped infinite layer nickelates

K. Kuroki^{s*}, H. Sakakibara, M. Ochi^s, R. Mizuno^s, H. Usui

ISS2024 (Kanazawa, Dec.12.3-5, 2024)

Pair correlations in the two-orbital t-J ladder model for the bilayer nickelates (poster)

M. Kakoi^{d*}, T. Kaneko^s, H. Sakakibara, M. Ochi^s, K. Kuroki^s

APS Global Physics Summit 2025 (at Anaheim, Mar. 16–21, 2025,

Floquet engineering of superconducting pair formation in a doped band insulator (poster)

Y. Takahashi^{m*}, H. Miyamoto^m, K. Kuroki^s, T. Kaneko^s

Correlated Quantum Materials + Beyond (at Kashiwa, Japan, Nov, 18-29, 2024, 参加者数約 50 名)

A stochastic method to compute the L2 localisation landscape (poster)

M. Kakoi^{d*}, K. Slevin^s

Localization: Emergent Platforms and Novel Trends (at Dresden, Germany, Spt. 16–20, 2024, 参加者数約 100 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

非従来型超伝導における一層系 vs. 二層系: 理論的見地から (領域 8 シンポジウム「ニッケル酸化物が拓く超伝導研究の新潮流」)

黒木和彦^{s*}

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

多層ニッケル超伝導体を記述する有効模型の導出

金子竜也^{s*}, 梶昌孝^d, 黒木和彦^s

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

BC₃ 層間化合物の電子状態と熱電性能の理論研究榎並龍太郎^{m*}, 越智正之^s, 黒木和彦^s

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

Pr₂Ba₄Cu₇O₁₅ の CuO 二重鎖における二重井戸型バンドの起源と超伝導機構の理論的研究八木俊輝^m, 越智正之^{s*}, 黒木和彦^s

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

非線形フォノンクスによる 2 層ニッケル酸化物超伝導体 La₃Ni₂O₇ の光制御に関する理論的研究神山周^{m*}, 金子竜也^s, 黒木和彦^s, 越智正之^s

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

ドーピングされたバンド絶縁体における円偏光外場下での有効相互作用とペア形成高橋佑瑚^{m*}, 宮本英雄^m, 黒木和彦^s, 金子竜也^s

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

光ドーピング梯子型モット絶縁体におけるダブロン-ホロンペア状態植田涼太^{m*}, Madhumita Sarkar, Zala Lenarčič, Denis Golež, 黒木和彦^s, 金子竜也^s

日本物理学会 第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学、2024 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

ニッケル酸化物高温超伝導体における非従来型ペアリング機構 (超伝導分科会シンポジウム「高温超伝導体の新しい潮流 ~銅酸化物を超える材料は現れるのか? ~」)黒木和彦^{s*}

第 72 回応用物理学会春季学術講演会 (於 東京理科大・野田キャンパス、2025 年 3 月 14–17 日)

二層型ニッケル酸塩化物 Sr₃Ni₂O₅Cl₂ における常圧下での正方晶の実現と超伝導の可能性に関する理論的研究越智正之^{s*}, 榊原寛史, 白井秀知, 黒木和彦^s

日本物理学会 2025 年春季大会 (於 オンライン、2025 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

GdGaI における *d-f* スピン結合と電子相関効果金子竜也^{s*}, 宮本英雄^m, 神山周^m, 水野竜太^s, 越智正之^s

日本物理学会 2025 年春季大会 (於 オンライン、2025 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

2 層型ニッケル酸化物薄膜における常圧超伝導に関する理論研究神山周^{m*}, 牛尾賢生, 金子竜也^s, 越智正之^s, 榊原寛史, 黒木和彦^s

日本物理学会 2025 年春季大会 (於 オンライン、2025 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

DMFTにおける局所フルバーテックスの簡略化法の改良水野竜太^{s*}, 越智正之^s, 黒木和彦^s

日本物理学会 2025 年春季大会 (於 オンライン、2025 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

梯子型モット絶縁体における光誘起ペアリング状態 (ポスター)植田涼太^{m*}, Madhumita Sarkar, Zala Lenarčič, Denis Golež, 黒木和彦^s, 金子竜也^s

日本物理学会 2025 年春季大会 (於 オンライン、2025 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

CuO 二重鎖構造における超伝導相関金子竜也^{s*}

超伝導研究の新潮流 (於 京大基研、2024 年 12 月 18 日 – 2024 年 12 月 20 日)

二層型ニッケル酸塩化物 $\text{Sr}_3\text{Ni}_2\text{O}_5\text{Cl}_2$ における常圧下での正方晶の実現と超伝導の可能性に関する理論的研究越智正之^{s*}, 榊原寛史, 白井秀知, 黒木和彦^s

超伝導研究の新潮流 (於 京都大学基礎物理学研究所、2024 年 12 月 18–20 日)

非線形フォノンクスを用いた結晶構造制御：ニッケル系超伝導体への応用金子竜也^{s*}

非平衡固体物性の最前線 2024 (於 京都大学、2024 年 11 月 11 日 – 2024 年 11 月 12 日)

周期駆動された相関系に働く有効相互作用と超伝導ペア形成 (ポスター)高橋佑瑚^{m*}, 宮本英雄^m, 黒木和彦^s, 金子竜也^s

非平衡固体物性の最前線 (於 京大基研、2024 年 11 月 11 日 – 2024 年 11 月 12 日)

光ドーピングされた梯子型モット絶縁体におけるダブロン-ホロンペアリング相の理論解析 (ポスター)植田涼太^{m*}

非平衡固体物性の最前線 (於 京大基研、2024 年 11 月 11 日 – 2024 年 11 月 12 日)

強いバレー間散乱による緩和時間の電子・ホール非対称性と熱電輸送越智正之^{s*}

研究会「熱電材料研究の最前線と新展開」(於 大阪大学豊中キャンパス、2024 年 4 月 26 日)

多層型ニッケル酸化物高温超伝導体における非従来型ペアリング機構黒木和彦^{s*}

京大工・集積機能工学セミナー (於 京都大学桂キャンパス、2025 年 3 月 26 日)

多層型ニッケル酸化物 $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ ならびに $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$ における圧力下高温超伝導に関する

る理論研究黒木和彦^{s*}

駒場物性セミナー 東大駒場（於 東京大学駒場キャンパス、2025 年 2 月 7 日）

二層型ニッケル酸塩化物 $\text{Sr}_3\text{Ni}_2\text{O}_5\text{Cl}_2$ における常圧下正方晶の実現と超伝導の可能性に関する理論研究黒木和彦^{s*}, 越智正之^s, 榊原寛史, 白井秀知

高温超伝導フォーラム（於 北海道大学札幌キャンパス・理学部、2024 年 9 月 15 日）

スピン揺らぎ媒介超伝導はどうしたら T_c を上げられるか？：FLEX 近似の視点から黒木和彦^{s*}

Superconductivity Summer Seminar 2024（於 伊東、2024 年 6 月 14 日 – 16 日）

 $\text{Sr}_3\text{Ni}_2\text{O}_5\text{Cl}_2$ の電子状態および構造安定性に関する理論研究越智正之^{s*}

Superconductivity Summer Seminar 2024（於 伊東、2024 年 6 月 14 – 16 日）

強相関電子系としてアプローチする二層ニッケル超伝導体の層間ペア状態金子竜也^{s*}

Superconductivity Summer Seminar 2024（於 伊東、2024 年 6 月 14 日 – 16 日）

二層ニッケル超伝導体の軌道混成した層間ペア状態梶昌孝^{d*}, 金子竜也^s, 榊原寛史, 越智正之^s, 黒木和彦^s

Superconductivity Summer Seminar 2024（於 伊東、2024 年 6 月 14 日 – 16 日）

光を用いた二層ニッケル酸化物の構造制御に関する理論的研究神山周^{m*}, 金子竜也^s, 黒木和彦^s, 越智正之^s

Superconductivity Summer Seminar 2024（於 伊東、2024 年 6 月 14 日 – 16 日）

光ドーピングされた梯子型モット絶縁体におけるダブロン-ホロンペア状態植田涼太^{m*}, 黒木和彦^s, 金子竜也^s科研費基盤研究 A「多体励起子の時空間・逆空間イメージングから迫る凝縮体の量子相制御」
2024 年度研究会（於 沖縄科学技術大学院大学、2024 年 6 月 24 日 – 2024 年 6 月 25 日）**書籍等の出版，日本語の解説記事****光ドーピング Mott 絶縁体系における準定常相**村上雄太, 金子竜也^s, 高吉慎太郎

固体物理（2024 年 4 月発行，171–184 頁）

多層型ニッケル酸化物超伝導体 $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ および $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$ に関する理論的研究黒木和彦^s, 榊原寛史, 越智正之^s, 金子竜也^s

固体物理 (2025 年 1 月発行, 11–31 頁)

 $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ および $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$ の NMR 実験による超伝導近傍電子相の微視的状态の研究棕田秀和, 梶昌孝^d, 八島光晴

固体物理 (2025 年 1 月発行, 55–64 頁)

1.13 越野グループ

令和六年度の研究活動概要

フォノン熱伝導におけるモアレ模様の効果

原子層の結晶方位をずらして重ねたツイスト2次元物質では、非整合な格子のもたらすモアレ模様が様々な物性を変化させる。この研究では、ツイスト二層系における音響フォノンが層間モアレポテンシャルによって強く結合することに着目し、その下での熱伝導率の影響を理論的に調べた。その結果、モアレ結合したフォノンが本来の単層におけるフォノンよりも著しく低い速度を持つことで熱伝導率が強く抑制されることを明らかにした。さらにこれらの変化が、通常の2次元系の振る舞いから逸脱した特徴的な温度依存性をもたらすことを示した。[J. Phys. Soc. Jpn. 94 044602 (2025)]

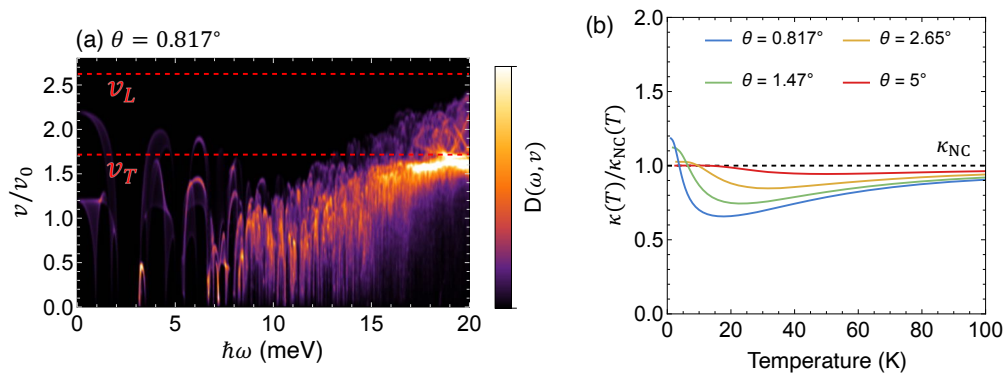


図 1.1: 図 1. ツイスト二層グラフェン (ツイスト角度 0.817°) における面内反対称フォノンの速度。横軸はフォノンのエネルギー。赤い点線は、単層グラフェンでの縦波と横波のフォノン速度を示す。(b) ツイスト二層グラフェンの熱伝導率と単層グラフェン 2 枚の熱伝導率の比の温度依存性。

1 次元モアレ超格子の発見

東京大学 生産技術研究所の張 奕勁 助教と町田 友樹 教授、北陸先端 科学技術大学院大学 ナノマテリアル・デバイス研究領域の大島 義文 教授および高村 由起子 教授の研究グループと共同で、原子層物質の人工ツイスト二層構造において一次元の周期性を持つモアレ超格子が実現できることを明らかにした。本研究では、二テルル化タンゲステン (WTe₂) の原子層二枚を使用し、それぞれの結晶方位に角度差 (ツイスト角) を付けた状態で人工的に重ね合わせた構造 (ツイスト二層構造) を作製し、透過型電子線顕微鏡 (TEM) を用いて原子の配列パターンを直接観察した。一般的にツイスト二層構造で出現するモアレ超格子内の原子配列パターンは二次元の周期性を持って変化するが、本研究では特定のツイスト角において配列パターンの変化が一次的になる、すなわち周期性が一方向のみになることを世界で初めて示した (図 1.1)。また、本モアレ超格子が従来のモアレ超格子とは異なる原理で形成され

ていることを理論的に突き止めた。一次元性による母物質の物性変調に伴う新奇物性探索の新しい舞台になることが期待される。[ACS Nano 19, 130077 (2025)]

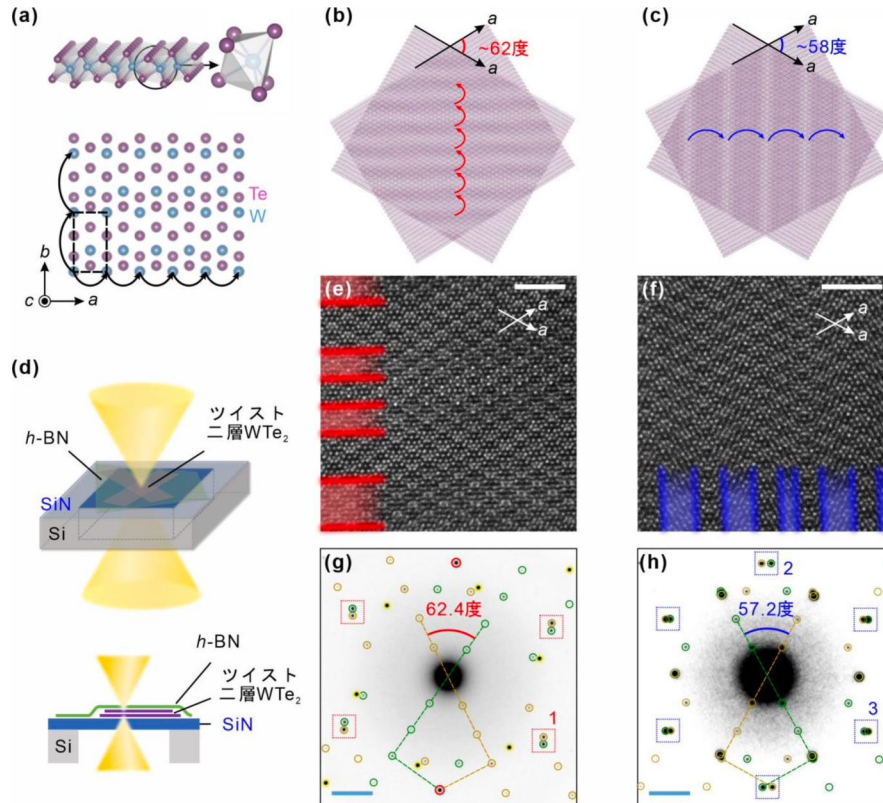


図 1.2: 図 1: 透過型電子線顕微鏡を用いたツイスト二層 WTe_2 の原子像観察。(b,c) WTe_2 原子層二枚をツイスト角 62 度および 58 度でツイスト積層させた構造。一次元的な周期性が出現する。(d) 試料構造および実験の模式図。(e,f) ツイスト角 62 度 (e) および 58 度 (f) で作成したツイスト二層 WTe_2 試料の原子像。白いスケールバーは 10 nm(ナノメートル)。(g,h) 62 度 (g) および 58 度 (f) ツイスト試料の電子回折像。緑と茶色の点がそれぞれの原子層の構造の周期性を示す回折スポット。

モアレ物質におけるひずみ制御

モアレ物質におけるひずみ制御によって、モアレ超格子をその場 (in-situ) 操作できることを実証した。六方晶窒化ホウ素基板に対してグラフェン層を相対的に歪ませることで、1%を超える一軸ヘテロひずみを達成し、ひずみなしでは実現し得ない大きく歪んだモアレ構造を実現した。モアレ構造が歪められるることにより、電気抵抗のピークとランダウファンが相図上で大きくシフトすることを、電気伝導測定で実際に観測した。また電子構造計算により、モアレのブリルアン・ゾーンのひずみによる変化を明らかにし、極めて異方的で準一次元的なフェルミ面の出現およびバンド幅の著しい減少を示した。これらの結果は実験測定

と整合するものである。今回開発されたヘテロ歪み制御アプローチは、ツイスト角制御だけでは実現できない、多様なモアレ物質群を開拓するものである。[Nano Lett. 24, 15662 (2024)] (カリフォルニア大学アーバイン校との国際共同研究)

学術雑誌に出版された論文

Chemically Tailored Semiconductor Moiré Superlattices of Janus Heterobilayers

Wenjin Zhang, Zheng Liu, Hiroshi Nakajo, Soma Aoki, Haonan Wang, Yanlin Wang, Yanlin Gao, Mina Maruyama, Takuto Kawakami^s, Yasuyuki Makino, Masahiko Kaneda, Tongmin Chen, Kohei Aso, Tomoya Ogawa, Takahiko Endo, Yusuke Nakanishi, Kenji Watanabe, Takashi Taniguchi, Yoshifumi Oshima, Yukiko Yamada - Takamura, Mikito Koshino^s, Susumu Okada, Kazunari Matsuda, Toshiaki Kato, Yasumitsu Miyata
Small Structures **5** (May 1) (2024) 2300514
(<http://doi.org/10.1002/sstr.202300514>).

Topological Electronic States of 2D HexNet

Katsunori Wakabayashi, Mikito Koshino^s, Susumu Okada
J. Phys. Soc. Jpn. **93** (July 2) (2024) 083701
(<http://doi.org/10.7566/JPSJ.93.083701>).

Manipulating Moirés by Controlling Heterostrain in van der Waals Devices

Ian Sequeira, Andrew Z. Barabas, Aaron H Barajas-Aguilar, Michaela G Bacani, Naoto Nakatsuji^d, Mikito Koshino^s, Takashi Taniguchi, Kenji Watanabe, and Javier D. Sanchez-Yamagishi
Nano Lett. **24** (November 25) (2024) 15662
(<http://doi.org/10.1021/acs.nanolett.4c04201>).

Low-temperature Thermal Transport in Moiré Superlattices

Lukas P.A. Krisna^d, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s
J. Phys. Soc. Jpn. **94** (March 10) (2025) 044602
(<http://doi.org/10.7566/JPSJ.94.044602>).

Intrinsic One-Dimensional Moiré Superlattice in Large-Angle Twisted Bilayer WTe₂

Xiaohan Yang, Yijin Zhang, Limi Chen, Kohei Aso, Wataru Yamamori, Rai Moriya, Kenji Watanabe, Takashi Taniguchi, Takao Sasagawa, Naoto Nakatsuji^d, Mikito Koshino^s, Yukiko Yamada-Takamura, Yoshifumi Oshima, and Tomoki Machida
ACS Nano **19** (March 27) (2025) 13007
(<http://doi.org/10.1021/acsnano.4c17317>).

国際会議における講演等**Electromagnetic response in dipole superfluids: vortex lattices and singular domain walls**Mikito Koshino^{s*} (invited)

KIAS theory seminar (February 27, 2025, Seoul, South Korea)

Physics of moiré materialsMikito Koshino^{s*} (invited)

Osaka-Hamburg Symposium on Quantum Science 2025 (February 19, 2025, Online)

Topological moiré multilayersMikito Koshino^{s*} (invited)

CREST-EPIQS workshop 2024 (December 6, 2024, Kyoto)

Physics of moiré multilayersMikito Koshino^{s*} (invited)

The Hong Kong Forum of Physics 2024 (December 18, 2024, Hong Kong)

Moiré multilayers — Towards Topological QuasicrystalsMikito Koshino^{s*} (invited)

Euro Graphene Forum 2024 Joint International Conferences (October 23, 2024, Barcelona, Spain)

Topological moiré multilayersMikito Koshino^{s*} (invited)

International Czech-Japanese Symposium on Advanced MultiScale Materials (September 26, 2024, Prague, Czech Republic)

Topological moiré multilayersMikito Koshino^{s*} (invited)

UK-Japan Symposium on 2D Materials (September 23, 2024, Cambridge, UK)

Exploring Moiré 2D Materials and Topological QuasicrystalsMikito Koshino^{s*} (invited)

Intercontinental Binodal Workshop on Flat Bands and high-order Van Hove singularities, by the Center for Theoretical Physics of Complex Systems (PCS) of the Institute for Basic Science (IBS) (June 3, 2024, Daejeon, South Korea)

Topological moiré trilayersMikito Koshino^{s*} (invited)

Condensed matter seminar, School of Physical Science and Technology, ShanghaiTech University (April 25, 2024, Online)

Two-skyrmion dynamics at finite temperature in a box: A simulation study on information theoretic analysis

Tenta Tani^{DC*}, E. Tamura, S. Miki, H. Mori, M. Goto, H. Nomura, Y. Suzuki
Japan-Korea Spintronics Workshop “Recent Progress on Spintronics” (at PHOENIX ISLAND JEJU, Korea, May 29- June 1, 2024)

Perpendicular electronic transport and moiré-induced resonance in twisted interfaces of 3D graphite

Tenta Tani^{DC*}, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s
Graphene Week 2024 (at Prague, Czech Republic, Oct. 14-18, 2024)

Exploring topological phases of matter through spin degrees of freedom

Takuto Kawakami^{s*} (invited)
New Trends in Condensed Matter Theory (at Tokyo, Japan, Dec. 9-11, 2024)

Quantized index for topological phase transitions in a generic finite momentum region

Ikuma Tateishi^{s*}, M. Hirayama
APS March Meeting 2025 (at Anaheim, CA, March. 16-21, 2025)

Highly Controllable Quantum Dots in Moiré-of-Moiré Trilayer TMDs

Naoto Nakatsuji^{s*}, Takuto Kawakami^s, K. Kato, Mikito Koshino^s
APS March Meeting 2025 (at Anaheim, CA, March. 16-21, 2025)

Geometric phase effects in dipole superfluids: vortex lattices and singular domain walls

Kazuki Yamamoto^{DC*}, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s
APS March Meeting 2025 (at Anaheim, CA, March. 16-21, 2025)

Geometric phase effects in dipole superfluids: vortex lattices and singular domain walls (poster)

Kazuki Yamamoto^{DC*}
Correlated Quantum Materials + beyond: Symposium (at Tokyo, Japan, Nov. 25-26, 2024)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

モアレ物質の物理学

越野 幹人^{s*}

日本化学会シンポジウム「二次元材料の新展開：2.5次元物質科学への誘い」(於 関西大学 2025年3月27日)

Emergent physics in moiré materials

越野 幹人^{s*}

東京大学物性研究所 物性談話会 (於 東京大学物性研究所, 2025年1月30日)

モアレ物質の物性理論

越野 幹人^{s*}

第18回物性科学領域横断研究会 (於 神戸大学, 2024年11月27日)

2次元物質の物理学: 厚さ100万分の1mmの物質

越野 幹人^{s*}

東北大学 物理科学の最前線 (於 東北大学, 2024年6月7日)

Topological mosaics and its boundary states in twisted van-der-Waals materials

Ikuma Tateishi^{s*} (シンポジウム講演)

日本物理学会第79回年次大会 (2024年) (於 北海道大学, 2024年9月16日-19日)

高次スピントポロジカル絶縁体におけるドメインウォール状態

川上 拓人^{s*}, I. Kuzmenko, Y. Avishai, Y. Meir, 佐藤昌利

日本物理学会第79回年次大会 (2024年) (於 北海道大学, 2024年9月16日-19日)

ツイスト二層TMDにおけるトポロジカルChernバンドと格子緩和の効果

中辻 直斗^{s*}, 川上 拓人^s, 加藤幸一郎, 越野 幹人^s

日本物理学会第79回年次大会 (2024年) (於 北海道大学, 2024年9月16日-19日)

2軌道ハニカムハバードモデルにおける秩序構造

玉置 弦^{DC*}, 川上 拓人^s, 越野 幹人^s

日本物理学会第79回年次大会 (2024年) (於 北海道大学, 2024年9月16日-19日)

電気四重極遷移を用いた 40Ca^+ のドップラー冷却の理論的解析

谷 天太^{DC*}, 長野瑛良, 西本涼介, 田中歌子, 早坂和弘

日本物理学会第79回年次大会 (2024年) (於 北海道大学, 2024年9月16日-19日)

アハロノフ・キャッシャー位相によるマグノンBECの電場応答

山本 和輝^{DC*}, 川上 拓人^s, 越野 幹人^s

日本物理学会第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学, 2024 年 9 月 16 日-19 日)

ツイストグラファイトにおける界面局在状態の理論

園 悠希 ^{m*}, 川上 拓人 ^s, 越野 幹人 ^s

日本物理学会第 79 回年次大会 (2024 年) (於 北海道大学, 2024 年 9 月 16 日-19 日)

電気/磁気ダイポール超流動体の電磁応答

山本 和輝 ^{DC*}

基研研究会: 超伝導研究の新潮流 (於 京都大学基礎物理学研究所, 2024 年 12 月 18 日-20 日)

電気/磁気ダイポール超流動体における特異な渦糸格子

山本 和輝 ^{DC*}

渦糸物理 WS2024 (於 御殿場高原時之栖ホテル Brush Up, 2024 年 12 月 16 日-18 日)

有限温度下での箱に束縛されたスキルミオンダイナミクスの情報理論的解析

谷 天太 ^{DC*}, 三木颯馬, 森弘樹, 後藤穰, 鈴木義茂, 田村英一

日本物理学会 2025 年春季大会 (2025 年) (於 オンライン, 2024 年 3 月 18 日-21 日)

有限温度下での複数の箱に束縛されたスキルミオンのダイナミクスとその情報理論的解析

今西弘人, 谷 天太 ^{DC*}, 田村英一, 三木颯馬, 野村光, 鈴木義茂

日本物理学会 2025 年春季大会 (2025 年) (於 オンライン, 2024 年 3 月 18 日-21 日)

1.14 凝縮系量子計算グループ

令和六年度の研究活動概要

短ポリエンに対する ab initio 拡張ハバード模型の構築と量子計算への応用

本研究では、量子計算機による分子系の効率的なシミュレーションを目指し、短いポリエン鎖に対して ab initio 計算に基づいた拡張ハバード模型を構築した。ポリエン鎖における電子相関や π 共役系の特性を精密に取り込むため、密度汎関数理論および多体グリーン関数法に基づくパラメータ抽出を行い、空間的に非局在な電子相互作用やオンサイト・ホッピング項を精緻化した。これにより、量子計算機上で扱いやすい縮約模型でありながら、実在分子の電子構造を高精度に再現できることを示した。提案手法は、量子化学と量子物理の両視点をつなぐ新たな設計指針を与えるものであり、将来的な量子化学計算の実装に向けた基盤技術となることが期待される。[J. Chem. Phys. 161, 084303 (2024)]

量子ビット利用の現状と展望に関するレビューと展開

量子技術の発展に伴い、さまざまな量子アルゴリズムや応用事例が実装されつつある中で、本研究では国内の量子情報・量子計算研究者による量子ビットの利用実態を広範に調査・分析し、その現状と課題を多面的に整理した。アルゴリズムの種類や用途、ハードウェア特性、誤り耐性手法などの観点から、現時点で実行可能な計算内容とその制限を具体的に示すとともに、将来に向けた技術開発の方向性を提案した。本レビューは、量子コンピュータの社会実装に向けた戦略的議論の出発点として広く参照されており、学术界と産業界の橋渡しとなる知見を提供している。[Nat. Rev. Phys. 6, 345–347 (2024)]

局所隠れた変数モデルにおける測定依存性と隠れ情報のトレードオフ関係

本研究は、隠れた変数モデルの枠組みにおいてベルの定理を、前提条件間のトレードオフ関係として再解釈するものである。特に、隠れた変数の導入自体を基本的な仮定の一つと捉え、その分布に着目した新たな指標隠れた情報量を提案する。この指標は、経験的な統計に本質的に寄与する隠れた変数の数を定量化するものである。さらに、測定の独立性を満たさないが、局所性を満たす局所性を満たすモデルにおいて、新たな緩和型のベル–CHSH 不等式を導出する。この不等式は、CHSH シナリオにおける測定依存性と隠れた情報量との間のトレードオフ関係を明確に示すものであり、加えて、与えられた指標の値がファクタライズ可能なモデルで実現可能であるための必要十分条件も与える。[Quantum 9, 1662 (2025)]

学術雑誌に出版された論文

Current numbers of qubits and their uses

T. Ichikawa, H. Hakoshima, K. Inui, K. Ito, R. Matsuda, K. Mitarai, K. Miyamoto, W. Mizukami, K. Mizuta, T. Mori, Y. Nakano, A. Nakayama, K.N. Okada, T. Sugimoto,

S. Takahira, N. Takemori^s, S. Tsukano, H. Ueda, R. Watanabe, Y. Yoshida, K. Fujii
Nature Reviews Physics **6** (Jun) (2024) 345–347
(<http://doi.org/10.1038/s42254-024-00725-0>).

Ab initio extended Hubbard model of short polyenes for efficient quantum computing

Y. Yoshida, N. Takemori^s, W. Mizukami
The Journal of Chemical Physics **161** (Aug) (2024) 084303
(<http://doi.org/10.1063/5.0213525>).

Trade-off relations between measurement dependence and hidden information for factorizable hidden variable models

R. Takakura^s, K. Morisue, I. Watanabe, G. Kimura
Quantum **9** (Mar) (2025) 1662
(<http://doi.org/10.22331/q-2025-03-14-1662>).

国際会議における講演等

Superconductivity and Supercurrent Anomalies in Quasicrystals

N. Takemori^{s*} (invited)
New Trends in Condensed Matter Theory 2024 (at Kashiwa, Japan, 2024 年 12 月 9 日)

New Developments in Computational Condensed Matter Physics for Quantum Computing

N. Takemori^{s*} (invited)
Japanese - German Symposium on Applications of Quantum Computers (at Berlin, Germany, 2024 年 11 月 11 日)

Advancing Quantum Many-Body Systems: Integrating Quasicrystal Properties and Quantum Algorithm Development (poster)

N. Takemori^{s*}
第 5 回日米独先端科学 (JAGFOS) シンポジウム (at Kyoto, Japan, 2024 年 10 月 25 日)

Efficiency enhancement of k-RDM estimation based on fermionic shadow tomography

N. Takemori^{s*}
RIKEN - LBNL Workshop on Quantum Information Science (at Berkeley, US, 2024 年 9 月 6 日)

Supercurrent distribution in real-space and anomalous paramagnetic response in a superconducting quasicrystalN. Takemori^{s*} (invited)

Conference of Condensed Matter Physics(CCMP2024) (at Liyang, China, 2024 年 8 月 7 日)

Photonic Band Gaps in 2D Photonic HypermaterialsN. Takemori^{s*} (invited)

11th International Conference on Aperiodic Crystals (at Caen, France, 2024 年 6 月 24 日)

日本物理学会，応用物理学会等における講演**Multi-object operational tasks for measurement incompatibility (ポスター)**高倉 龍^{s*}

Quantum Foundation 2025

異分野融合から広がる物理の世界：準結晶と量子アルゴリズムへの挑戦竹森 那由多^{s*}

第7回女性科学者サミット (於 大阪大学, 2025 年 3 月 18 日)

準結晶における超伝導秩序変数や超伝導電流密度の空間分布に関する理論研究竹森 那由多^{s*}

超伝導研究の新潮流 (於 京都大学, 2024 年 12 月 20 日)

k-RDM 推定量子アルゴリズムが拓く量子新奇テストベッド準周期系竹森 那由多^{s*}

さがけ「量子・古典の異分野融合による共創型フロンティアの開拓」研究領域 第2回合同領域会議 (於 東京, 2024 年 10 月 18 日)

キャンパスに広がる量子の世界竹森 那由多^{s*}

第48回 南部コロキウム (於 大阪大学, 2024 年 10 月 10 日)

フェルミオン映像法を用いた k-RDM 推定の効率化竹森 那由多^{s*}, 寺西勇裕, 水上 渉, 吉岡 信行

日本物理学会第79回年次大会 (於 北海道大学, 2024 年 9 月 17 日)

k-RDM 推定量子アルゴリズムが拓く量子新奇テストベッド準周期系竹森 那由多^{s*}

さがかけ「量子・古典の異分野融合による共創型フロンティアの開拓」研究領域 第2回領域会議 (於 東京, 2024年4月19日)

2次元フォトリックハイパーマテリアルの解析

竹森 那由多^{s*}, 山本 昭二

日本物理学会 2024年春季大会 (物性) (於 オンライン, 2024年3月19日)

第2章 受賞と知的財産

令和六年度における物理学専攻での受賞と当該年度に申請された特許権等の知的財産権の一覧は以下の通りである。

受賞

1. 受賞者名：越野 幹人（教授）
賞の名称：STAM 論文賞
受賞内容や理由： Science and Technology of Advanced Materials (STAM) に出版した論文が, 注目論文に選出された. (7人による共著)
2. 受賞者名：高田 真太郎（准教授）
賞の名称：丸文研究奨励賞
受賞内容や理由： 電子導波路中の電子波の精密な位相測定法の開発と量子素子への応用探索.
3. 受賞者名：深谷 英則（助教）
賞の名称：大阪大学賞
受賞内容や理由： 「ドメインウォールフェルミオンを用いたゲージ理論のトポロジーの研究」が評価された.
4. 受賞者名：Lukas P. A. Krisna（特任研究員）
賞の名称：JPSJ Papers of Editors' Choice
受賞内容や理由： Journal of the Physical Society of Japan に出版した論文が注目論文に選出された.
5. 受賞者名：嶋守 聡一郎（博士課程2年）
賞の名称：第19回素粒子メダル奨励賞
受賞内容や理由： 受賞対象論文 JHEP 12 (2023) (062) において優れた研究業績をあげた.

6. 受賞者名：孫 夢沢（博士課程1年）
賞の名称：応用物理学会講演奨励賞
受賞内容や理由：第56回（2024年春季）応用物理学会学術講演会で優れた発表を行った。
7. 受賞者名：本多 祐也（博士課程1年）
賞の名称：第79回年次大会（2024年）学生優秀発表賞
受賞内容や理由：2024年9月の日本物理学会における優れた口頭発表「重陽子非弾性散乱を用いた ^{12}C の 3_1^- 状態の γ 壊確率測定のための固体重水素標的開発」に対して受賞。
8. 受賞者名：山田 千尋（修士課程2年）
賞の名称：大阪大学大学院理学研究科優秀研究賞
受賞内容や理由：COMET Phase-Iにむけたトリガーシステム安定性評価が高く評価されたため。
9. 受賞者名：山田 千尋（修士課程2年）
賞の名称：大阪大学女子大学院生優秀研究賞
受賞内容や理由：COMET Phase-Iにむけたトリガーシステム安定性評価が高く評価されたため。
10. 受賞者名：山田 千尋（修士課程2年）
賞の名称：第十五回（2024年度）HUA（J-PARC ハドロンユーザー会）修士論文賞
受賞内容や理由：COMET Phase-Iにむけたトリガーシステム安定性評価が高く評価されたため。

11. 受賞者名：LIN Yifan（修士課程2年）
賞の名称：第1回宇宙核物理連絡協議会 修士論文賞
受賞内容や理由：宇宙核物理に関する優れた修士論文 “ $^{12}\text{C}(n,n')$ 断面積測定に向けた MAIKo+ TPC の開発” に対して受賞.
12. 受賞者名：松田 基弥（修士課程1年）
賞の名称：第7回粒子物理コンピューティングサマースクールの実習成果発表会の優秀発表賞
受賞内容や理由：実習成果発表会において「HTCondor でクラスターを作る」というタイトルで優れた発表を行った.
13. 受賞者名：山口 紘佳（修士課程1年）
賞の名称：JSR2025 学生発表賞
受賞内容や理由：学会で優れた発表を行った.
14. 受賞者名：河野 成良（学部4年）
賞の名称：卒業研究優秀発表賞
受賞内容や理由：物性実験グループ卒業研究発表会で優れた発表を行った.

知的財産

令和六年度は該当なし。

第3章 学位論文

3.1 修士論文

令和六年度に修士の学位を取得された方々の氏名，論文題目は以下の通りであった．

学生氏名	指導教員	論文題名
小松 伴行	千徳 靖彦	レーザー生成高エネルギー密度プラズマでのエネルギー輸送構造形成の研究
荒木 匠	大野木 哲也	ドメインウォールフェルミオンと対称性の破れを伴わない質量生成メカニズム
新正 朋暉	鳴海 康雄	ホール素子を用いたパルス強磁場中磁化測定装置の開発
石田 一成	松野 丈夫	ペロブスカイト Fe 酸化物薄膜における交替磁性の探究
石谷 壮史	福田 光順	ミュオンスピンイメージング法の開発
泉尾 翼	南條 創	LHC-ATLAS 実験における SCT 検出器の位置分解能評価
井上 恭輔	浅野 建一	励起子イオン化率の自己無撞着計算による電子正孔系における励起子モット転移の理解
井上 祥	萩原 政幸	ハニカム格子反強磁性体 $(\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x)_2(\text{pymca})_3(\text{ClO}_4)$ の強磁場磁性
岩井 喬也	兼村 晋哉	MeV 質量のアクシオンに関する理論的研究
岩崎 遼大	民井 淳	レーザープラズマから放出される γ 線のエマルションによる測定とエマルションの性能評価
植田 涼太	黒木 和彦	梯子型モット絶縁体における光誘起ペアリング状態の理論的研究
浦矢 郁人	工藤 一貴	希土類元素の三角形ネットワークを持つ新規磁性体の開発
榎並 龍太郎	黒木 和彦	BC3 層間化合物の電子状態と熱電性能の理論研究
大森 晟矢	松野 丈夫	$\text{LaNiO}_3 - \text{SrTiO}_3$ 超格子における層数制御を通したバンド幅変調
岡 宏大	工藤 一貴	122 型鉄系超伝導体における化学結合の形成と切断を利用した超伝導転移温度の上昇
奥田 直樹	千徳 靖彦	高密度プラズマ中の運動論的エネルギー輸送の研究
蔭山 裕士	青木 正治	COMET Phase-I 実験のためのスローコントロールシステムの開発
片山 舞	南條 創	J-PARC KOTO II 実験のための UV 硬化アクリル樹脂を用いたシンチレータの開発

神山 周	黒木 和彦	ニッケル系超伝導体 $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ における非線形フォノン クスを用いた光誘起構造制御
唐木 優河	藤岡 慎介	液体重水素ターゲットを用いた高速点火レーザー核融合に 関する研究
河邊 潤	越野 幹人	外部周期ポテンシャル下のねじれ2層グラフェンの電子状 態
菊池 遊 小西 優太	工藤 一貴 大岩 顕	三角形ネットワークを持つ Eu 化合物の価数転移と磁性 光子スピン変換効率の増幅に向けたブルズアイ共振器構造 を持つ半導体量子ドット構造の作製と評価
坂上 宗樹	川畑 貴裕	AT-TPC を用いた ^{24}Mg における α 凝縮状態の探索実験 のためのシミュレーション
佐々木 涼花 寒川 雄斗	青木 正治 新見 康洋	COMET Phase-I で用いるトリガー検出器の開発 Se ドープ PtBi_2 薄膜における超伝導特性とスピン輸送特 性
千田 健一郎	大岩 顕	GaAs の1次元量子ドット配列における非局所二量子ビット ゲート操作
園 悠希	越野 幹人	3次元グラファイトツイスト接合系における電子状態の理 論的研究
高橋 佑瑚	黒木 和彦	ドープされたバンド絶縁体における円偏光周期外場下の超 伝導ペア形成
田島 悠輔	松野 丈夫	CrSe_2 三角格子反強磁性ネットワークを有する Cr セレン 化物のエピタキシャル薄膜合成と磁気伝導特性
田中 天	松野 丈夫	ペロブスカイト型マンガン酸化物を用いた一方向性スピン ホール磁気抵抗効果
東家 聖 西 裕介 西川 隆博	西岡 辰磨 浅野 建一 吉田 斉	境界のある共形場理論のホログラフィック双対の解析 金属板近傍に置いた擬一次元電子正孔少数多体系の研究 蛍光熱量計による $0\nu\beta\beta$ 探索に向けた MMC センサーの 性能評価
西原 快人 濱口 哲朗	木村 真一 豊田 岐聡	時間分解低速電子エネルギー損失分光法の開発 フェムト秒レーザーを用いた飛行時間型質量分析装置のイ オン源の改良と評価
東原 有	新見 康洋	4f 電子系ファンデルワールス磁性体薄膜における磁気輸送 特性
藤井 聡志	木村 真一	交替磁性体のスピン流電流変換観測のためのテラヘルツ超 高速電流検出法の開発
古川 史也	大田 晋輔	連続読み出しデータ収集システムを用いた核子対移行反応 測定に向けたオンラインフィルター開発
前田 涼太	花咲 徳亮	$\text{CeTe}_{2-x}\text{Sb}_x$ における磁化の多段転移と異方的な巨大磁気 抵抗効果の研究
眞崎 世間	工藤 一貴	複数の配位多面体を有する遷移金属化合物の超伝導体開発

松木 海登	浅野 建一	非一様な一次元ハバードモデルに対するクラスター摂動法の応用
松原 広貴	藤岡 慎介	放射化計測および機械学習による核融合プラズマ診断
松本 史弥	新見 康洋	強磁性層を持つ薄膜超伝導体における Little-Parks 振動の観測
見里 朝彦	花咲 徳亮	スピネル型酸化物 MgTi_2O_4 における元素置換効果と局所構造
宮原 里菜	小田原 厚子	スピン偏極した ^{33}Mg 核の β 遅発中性子崩壊による ^{33}Al 核の中性子非束縛状態の研究
森 祐輔	松野 丈夫	エピタキシャル $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 薄膜における成膜圧力の磁気ダンピングへの影響
柳川 颯斗	千徳 靖彦	超臨界密度プラズマにおける相対論的レーザー光の伝播過程の研究
山口 優陽	新見 康洋	ファンデルワールス三角格子反強磁性体 $\text{Fe}_2\text{Ga}_2\text{S}_5$ における輸送測定
山下 慧	萩原 政幸	三角格子磁性体 NiBr_2 の強磁場物性
山田 千尋	青木 正治	COMET Phase-I にむけたトリガーシステム安定性評価
山田 龍弥	藤岡 慎介	レーザー駆動によるスピン偏極熱中性子の発生に関する研究
吉田 桃大	吉野 元	深層ニューラルネットワークにおけるカオス相頑健相転移
渡辺 薫	福田 光宏	内側電磁石回転型重粒子線治療用ガントリー概念設計
ALIZADEH	大岩 顕	Ray-based automated tuning of four single quantum dots in a GaAs/AlGaAs quantum dot device
KASHTIBAN		
EHSAN		
韓 成徳	工藤 一貴	1111 系鉄系超伝導体母物質 $\text{NdFeAs}_{1-x}\text{P}_x\text{O}$ の磁気構造・結晶構造の研究
佐野 弘明	細貝 知直	レーザー航跡場加速の衝撃波入射過程における密度プロファイルの影響に関するシミュレーション
LIN YIFAN (林 益帆)	川畑 貴裕	^{12}C の中性子非弾性散乱断面積測定に向けた MAIKo+TPC の開発

International Physics Course (IPC) の修了者

学生氏名	指導教員	論文題名
ZIHAO CONG	細貝 知直	Numerical Study of Laser Self-focusing in the Density Up-ramp for Shock Injection Assistant
LEUL GETACHEW DEMILE	大岩 顕	Gated Quantum dot and Superconducting Resonator
JAMES DANIEL BAUER	大岩 顕	Fabrication and Testing of a Germanium Quantum Dot Device for Photon-Spin Conversion

3.2 博士論文

令和六年度に博士の学位を取得された方々の氏名，論文題目は以下の通りであった．

学生氏名	主査	論文題名
原 隆文	福田 光宏	Mega-Watt class compact proton accelerator utilizing a rotating RF field (回転高周波電場を用いたメガワット級小型陽子加速器)
長尾 大樹	青木 正治	Development of a burst-tolerant spectrometer system for DeeMe experiment (DeeMe 実験におけるバースト耐性スペクトロメータシステムの開発)
坂梨 公亮	川畑 貴裕	Measurement of the γ -decay Probability of the Hoyle State Using the Combination of Si Detector and RO-SPHERE (Si 検出器と ROSPHERE を組み合わせたホイル状態からのガンマ崩壊確率の測定)
高木 悠司	千徳 靖彦	Theoretical Study of Particle Acceleration in Multi-scale Laser-Plasma Interactions (多階層レーザープラズマ相互作用による粒子加速に関する理論的研究)
WICKRE- MASINGHE LAKMIN	南條 創	Search for the decay of the Higgs boson to charm quarks in p-p collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV in the LHC-ATLAS experiment (LHC ATLAS 実験におけるヒッグス粒子からチャーム・クォーク対崩壊過程の探索)
岩中 章紘	保坂 淳	QCD Matter in a Holographic Model (ホログラフィックモデルによる有限密度 QCD の記述)
玉置 弦	越野 幹人	Topological electronic states and interaction effects in graphene nanoribbon networks (グラフェンナノリボンネットワークにおけるトポロジカル電子状態と相互作用効果)
中田 響	緒方 一介	Unique Features of Deuteron-Induced Inclusive Reactions (包括的重陽子入射反応の特質)
福留 美樹	福田 光順	Systematic Study on Interaction Cross Sections and Neutron Skin Thickness for Ni Isotopes (Ni 同位体の相互作用断面積と中性子スキン厚の系統的研究)
藤原 浩司	新見 康洋	Studies of Shapiro Steps in Charge Density Wave State of NbSe ₃ Thin Films Induced by Surface Acoustic Waves (電荷密度波物質 NbSe ₃ 薄膜における表面弾性波誘起シャピロステップの研究)
堀 惣介	松野 丈夫	Studies on charge to spin current conversion in bilayers composed of epitaxial SrIrO ₃ and ferromagnets (エピタキシャル SrIrO ₃ と強磁性体からなる二層膜における電流ースピン流変換に関する研究)

村 勇志	兼村 晋哉	Theoretical studies on electroweak baryogenesis with extended Higgs sectors (拡張ヒッグス模型における電弱バリオン数生成の理論的研究)
和田 博貴	西岡 辰磨	Anomalies and D-branes in the Dabholkar-Park background (アノマリーと Dabholkar-Park 背景の D ブレーン)
荘 俊謙	福田 光宏	Development of High Temperature Superconducting Magnet for ECR Ion Source and Cyclotron Application (ECR イオン源およびサイクロトロンに応用に向けた高温超伝導磁石の開発)

International Physics Course (IPC) の学位取得者

学生氏名	主査	論文題名
NGUYEN VAN HOANG VIET NURHAFIZA BINTI MO- HAMAD NOR KHOA NHAT THANH PHAN LUKAS PRIMA- HATVA ADHITYA KRISNA WEICHAO YAO MARIO GONZALEZ ZHENZHE LEI	民井 淳 川畑 貴裕 藤岡 慎介 越野 幹人 青木 正治 南條 創 細貝 知直	Study of side-readout slab-based monolithic scintillation crystals for total-body PET application (全身 PET のための、サイド読み取りモノリシックシンチレーション結晶平板の研究) Nuclear structures in neutron-rich nuclei ^{141}Xe and ^{143}Xe investigated by $\beta - \gamma$ spectroscopy ($\beta - \gamma$ 核分光法による中性子過剰な ^{141}Xe と ^{143}Xe の原子核構造の研究) Harmonic Generation from Narrow Gap Semiconductors in the Terahertz Region (テラヘルツ領域におけるナローギャップ半導体からの高調波発生) Theory of phonons and thermal transport in moiré superlattices (モアレ超格子におけるフォノン及び熱伝導の理論) A Study of Optimization of Sensitivity and Backgrounds for the COMET Phase-II Experiment (負ミューオン電子転換過程を探索する COMET Phase-II 実験の研究) Development of a GPU-based High Level Trigger for the J-PARC KOTO experiment (J-PARC KOTO 実験における GPU を用いたハイレベルトリガーの開発) Study of Gas Target Instability Effects on Laser Wake-field Acceleration (レーザー航跡場加速におけるガス標的不安定性の影響に関する研究)

第4章 教育活動

令和六年度も、大学院教育、学部教育、共通教育のそれぞれにおいて、物理学専攻の教員は以下に掲げる授業科目を担当し、大阪大学の教育活動の一翼を担った。

< > 内は協力講座、他専攻、他部局の教員である。(ただし、大学院授業担当一覧には当てはまりません。)

4.1 大学院授業担当一覧

大学院の開講科目表を以下に示す。

研究科共通科目
(前・後期課程)

課程	科目区分			時間割 コード	開 講 科 目 名	単 位	開講区分	曜 日	時 限	担 当 教 員	備 考
	専門 教育科目	高度 教育科目	高度 国際性 科目								
前・ 後期 課程			○	241749	科学技術論 A 1	1					* 日程等詳細はシラバスを参照すること
			○	241750	科学技術論 A 2	1					* 日程等詳細はシラバスを参照すること
			○	241751	科学技術論 B 1	1	春学期	木	5	外部講師	* 日程等詳細はシラバスを参照すること
			○	241752	科学技術論 B 2	1	夏学期	木	5	外部講師	* 日程等詳細はシラバスを参照すること
			○	241686	研究者倫理特論	0.5	春学期	※※	※※	中野	集中 オンライン講義
			○	241714	科学論文作成概論	0.5	春学期	※※	※※	大学院教育教務委員長	集中 オンライン講義
			○	241673	研究実践特論	0.5	秋～冬学期	木	3	未定	集中 日程はKOAN掲示により通知する
			○	241674	企業研究者特別講義	0.5					集中
			○	24P044	Radiation science in the environment	1	通年	※※	※※	青井(核)・高橋(安管)	集中
	○			241811	実践科学英語 A	1	春学期	水	3	S.Christopher	集中 人数制限あり
	○			241812	実践科学英語 B	1	秋学期	水	3	S.Christopher	集中 人数制限あり
	○			249609	科学英語基礎	1	秋～冬学期	月	5	E.M.Hail	* 人数制限あり オンライン講義
	○			241201	先端の研究法: 質量分析	2	通年	**	**	豊田・寺田・大塚・河井・佐藤	集中 ◆ 日程は受講生決定後に調整する ナノ教育プログラム
	○			241202	先端の研究法: X線結晶解析	2	通年	**	**	今田・栗栖(蛋)・中川(蛋)	集中 ◆ 日程は受講生決定後に調整する
	○			241203	先端の研究法: NMR	2	通年	**	**	上垣(近畿大)・ 林(理化学研究所)・ 松永(東京工業大学)・ 野村(サントリー生命科学財団)・ 梶原	集中 ◆
	○			241763	先端の研究法: 低温電子顕微鏡	2	通年	**	**	今田・加藤(蛋)・栗栖(蛋)・ 高崎(蛋)	集中 ◆ 日程は受講生決定後に調整する

課程	科目区分			時間割コード	開講科目名	単位	開講区分	曜日	時限	担当教員	備考
	専門教育科目	高度国際性	高度国際性								
前・後期課程			○	241256	ナノマテリアル・ナノデバイスデザイン学	1	通年注3)	※	※	森川(工)・濱田(工)・濱本(工)・佐藤(工)・Wilson Agerico Tan Diño(工)・黒木(理)・小口(基スピン)・赤井(工)・福島(産総研)・船島(近大高専)・小野(神戸大)・植本(神戸大)・江上(北大)・下司(R ³ セ)他	ナノ教育プログラム実習(集中)、世話教員:森川(工)
			○	240928	ナノプロセス・物性・デバイス学	1	通年注3)	※	※	田中(産)・家(産)・桑原(工)・服部(工)・近藤(工)・梶井(工)・浜屋(基)・山田道洋(基)・山田晋也(基)・塩谷(R ³ セ)他	ナノ教育プログラム実習(集中)、世話教員:田中秀和(産)
			○	240929	超分子ナノバイオプロセス学	1	通年注3)	※	※	出口(基)・宮坂(R ³ セ)・廣瀬(基)・冬広(R ³ セ)・伊都(基)・五月女(基)・中西(基)・寺尾(理)・近江(医)・松永(基)・新岡(情報)・福島(基)・古川(R ³ セ)他	ナノ教育プログラム実習(集中)、世話教員:出口(基)
			○	240930	ナノ構造・機能計測解析学	1	通年注3)	※	※	酒井(基)・福井(基)・伊都(基)・藤平(基)・林(基)・菅原(工)・光岡(電顕)・市川(電顕)・吉田(産)・神内(産)・難波(生)・加藤(産)・栗栖(産)・今田(理)・伊藤彰厚(理)・竹田(R ³ セ)・中島(R ³ セ)他	ナノ教育プログラム実習(集中)、世話教員:酒井(基)
			○	240931	ナノフォトニクス学	1	通年注3)	※	※	宮坂(R ³ セ)・伊都(基)・五月女(基)・芦田(基)・一宮(滋賀県立大)・渡曾(R ³ セ)・古川(R ³ セ)	ナノ教育プログラム実習(集中)、世話教員:宮坂(R ³ セ)

注1) 開講区分が空欄は今年度開講しない。

注2) 博士後期課程の学生においては、上記全科目とも修了要件外とする。

注3) この授業科目は年2回、夏期に在学生用、春期に社会人用として開講され、どちらかを受講することで記載の単位修得とする。

*は学部と共通科目である。

**開講日程は、履修者にメールで連絡。

◆は大学院高度副プログラム(基礎理学習計測)の科目である。

※ナノ教育プログラム実習(上記表中の5科目)は収容人数に制限があるため、履修希望者は4月に大学院係及びナノ高度学際教育研究訓練プログラムに履修申請し、許可を得ること。詳細はナノ教育研究訓練プログラムの冊子を参照。

(後期課程)

課程	科目区分			時間割コード	開講科目名	単位	開講区分	曜日	時限	担当教員	備考
	専門教育科目	高度国際性	高度国際性								
後期課程			○	241660	企業インターンシップ	1	通年			大学院教育教務委員長	修了要件外
			○	241325	産学リエゾンPAL教育研究訓練	5	通年			宮坂(R ³ セ)・竹田(R ³ セ)・藤岡(R ³ セ)・菰田(R ³ セ)	集中 ナノ教育プログラム 修了要件外
			○	241326	高度学際萌芽研究訓練	5	通年			宮坂(R ³ セ)・竹田(R ³ セ)・藤岡(R ³ セ)・森川(工)・下司(R ³ セ)・田中秀和(産)・塩谷(R ³ セ)・出口(基)・福島(基)・中島(R ³ セ)・古川(R ³ セ)	集中 ナノ教育プログラム 修了要件外

物理学専攻

共通授業科目（A、B、Cコース共通）

（前期課程）

課程	科目区分		時間割 コード	開 講 科 目 名	単 位	開講区分	曜 日	時 限	担 当 教 員	備 考
	専門 教育 科目	高度 国際 性								
前 期 課 程	○		240176	加速器科学	2					◆
	○		241427	レーザー物理学	2	春～夏学期	月	3	有川	ナノ教育プログラム
	○		240181	非線形物理学	2				吉野	
	○		24P043	Electrodynamics and Quantum Mechanics	1	秋学期	木	3	L. Baiotti	英語科目、修了要件外
	○		24P033	Quantum Field Theory I	2	春～夏学期	木	2	西岡	英語科目
	○		24P026	Quantum Field Theory II	2	秋～冬学期	金	2	大野木	英語科目
	○		24P045	Theoretical Particle Physics	2	秋～冬学期	月	4	兼村	英語科目
	○		24P032	Introduction to Theoretical Nuclear Physics	2	春～夏学期	水	3	保坂	英語科目
	○		24P028	Quantum Many-body Systems	2	秋～冬学期	水	2	南谷	英語科目
	○		24P037	Condensed Matter Theory	2	秋～冬学期	火	3	Keith M. Slevin	英語科目
	○		24P038	Solid State Theory	2				黒木	英語科目
	○		24P039	High Energy Physics	2				青木	英語科目
	○		24P031	Nuclear Physics in the Universe	2	春～夏学期	金	4	大田	英語科目
	○		24P029	Optical Properties of Matter	2				木村・渡邊(浩)	英語科目
	○		24P035	Synchrotron Radiation Spectroscopy	2	春～夏学期	金	2	木村	英語科目
	○		24P040	Computational Physics	2				千徳	英語科目
	○		24P046	Cosmology	2	秋～冬学期	火	2	長峯	英語科目
	○		24P047	High Energy Astrophysics	2				井上	英語科目

注) 開講区分が空欄は今年度開講しない。
◆は大学院高度副プログラム（基礎理学計測学）の科目である。

以下の科目は英語で開講される場合があります。
同じ科目を異なる年度に英語科目名と日本語科目名で履修しても、修了要件単位として認められるのはいずれか一つの科目となります。

日本語科目名	英語科目名
場の理論Ⅰ	Quantum Field Theory I
場の理論Ⅱ	Quantum Field Theory II
素粒子物理学特論Ⅱ	Theoretical Particle Physics
原子核理論序説	Introduction to Theoretical Nuclear Physics
量子多体系の物理	Quantum Many-body Systems
物性理論Ⅱ	Condensed Matter Theory
固体電子論Ⅰ	Solid State Theory
光物性物理学	Optical Properties of Matter
シンクロトロン分光学	Synchrotron Radiation Spectroscopy
計算物理学	Computational Physics
宇宙論（※）	Cosmology
高エネルギー天文学（※）	High Energy Astrophysics

※日本語科目名は宇宙地球科学専攻開講科目。

（後期課程）

課程	科目区分		時間割 コード	開 講 科 目 名	単 位	開講区分	曜 日	時 限	担 当 教 員	備 考
	専門 教育 科目	高度 国際 性								
後 期 課 程	○		24P019	Topical Seminar I 「TBA」	1	秋～冬学期	**	**	関川 太郎 (北海道大学大学院工学研究院)	集中(MC・DC共通)、英語科目
	○		24P020	Topical Seminar II 「Swampland program in quantum gravity」	1	秋～冬学期	**	**	濱田 雄太 (高エネルギー加速器研究機構)	集中(MC・DC共通)、英語科目
	○		24P021	Topical Seminar III	1					集中(MC・DC共通)、英語科目
	○		24P022	Topical Seminar IV	1					集中(MC・DC共通)、英語科目

注) 開講区分が空欄は今年度開講しない。
**集中講義の開講日程は、理学研究科ホームページに掲載。

Aコース（理論系：基礎物理学・量子物理学コース）

（前期課程）

課 程	科目区分		時間割 コード	開 講 科 目 名	単 位	開講区分	曜 日	時 限	担 当 教 員	備 考
	専門教育科目	高度国際性 涵養教育科目								
前 期 課 程	【基礎科目】									
	○		240161	場の理論序説	2	春～夏学期	月	3	佐藤(亮)	*修了要件外
	○		240163	原子核理論序説	2	春～夏学期	水	3	保坂	英語科目
	○		240164	散乱理論	2					
	○		240165	一般相対性理論	2	春～夏学期	金	2	大野木	*修了要件外
	【専門科目】									
	○		240182	素粒子物理学Ⅰ	2				大野木	
	○		240183	素粒子物理学Ⅱ	2				兼村	
	○		240184	場の理論Ⅰ	2	春～夏学期	木	2	西岡	英語科目
	○		240185	場の理論Ⅱ	2	秋～冬学期	金	2	大野木	英語科目
	○		240802	原子核理論	2	春～夏学期	火	3	浅川・赤松	
	○		240188	物性理論Ⅰ	2				浅野	ナノ教育プログラム
	○		240189	物性理論Ⅱ	2	秋～冬学期	火	3	Keith M. Slevin	英語科目、ナノ教育プログラム
	○		240190	固体電子論Ⅰ	2				黒木	英語科目、ナノ教育プログラム
	○		240191	固体電子論Ⅱ	2	秋～冬学期	火	2	越野	ナノ教育プログラム
	○		240192	量子多体系の物理	2	秋～冬学期	水	2	南谷	英語科目、ナノ教育プログラム
	○		241715	計算物理学	2				千徳	英語科目
	○		241870	高エネルギー密度プラズマ科学	2	春～夏学期	火	3	岩田	
	【トピック】									
	○		240193	素粒子物理学特論Ⅰ	2	春～夏学期	水	4	山口(哲)	
	○		240194	素粒子物理学特論Ⅱ	2	秋～冬学期	月	4	兼村	英語科目
	○		240195	原子核理論特論Ⅰ	2					
	○		240196	原子核理論特論Ⅱ	2					
	○		240197	物性理論特論Ⅰ	2				越智	
	○		240198	物性理論特論Ⅱ	2					

注) 開講区分が空欄は今年度開講しない。

*は学部と共通科目である。

（後期課程）

課 程	科目区分		時間割 コード	開 講 科 目 名	単 位	開講区分	曜 日	時 限	担 当 教 員	備 考
	専門教育科目	高度国際性 涵養教育科目								
後 期 課 程	【トピック】									
	○		240273	特別講義AⅠ 「QEDの赤外発散と漸近対称性・ Infrared divergences and asymptotic symmetry in QED」	1	春～夏学期	**	**	杉下 宗太郎 (京都大学大学院理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻)	集中(MC・DC共通)
	○		240274	特別講義AⅡ 「素粒子論的初期宇宙論」	1	秋～冬学期	**	**	高橋 智 (佐賀大学理工学部理工学科 物理学部門)	集中(MC・DC共通)
	○		240275	特別講義AⅢ 「量子計算の(格子)場の量子論への応用」	1	秋～冬学期	**	**	早田 智也 (理化学研究所)	集中(MC・DC共通)
	○		240276	特別講義AⅣ 「量子スピン液体の基礎と最近の発展」	1	春～夏学期	**	**	那須 謙治 (東北大学大学院理学研究科 物理学専攻)	集中(MC・DC共通) ナノ教育プログラム
	○		240277	特別講義AⅤ	1					集中(MC・DC共通)

注) 開講区分が空欄は今年度開講しない。

**集中講義の開講日程は、理学研究科ホームページに掲載。

4.1. 大学院授業担当一覧

135

Bコース（実験系：素粒子・核物理学コース）

（前期課程）

課程	科目区分		時間割コード	開講科目名	単位	開講区分	曜日	時限	担当教員	備考
	専門教育科目	高度国際性 涵養教育科目								
前期課程	【基礎科目】									
	○		241887	素粒子原子核物理学序論	2	春～夏学期	月	2	吉田(斉)	*修了要件外
	○		241888	素粒子物理学序論	2	秋～冬学期	金	3	南條	*修了要件外
	○		241889	原子核物理学序論	2	秋～冬学期	金	2	川畑	*修了要件外
	○		241890	素粒子原子核宇宙論序論	2	春～夏学期	水	2	青木・民井	*修了要件外
	○		241871	放射線計測学1	2	春～夏学期	木	4	青井・野海	◆2023年度から開講 *修了要件外
	【専門科目】									
	○		240201	高エネルギー物理学Ⅰ	2	春～夏学期	月	3	南條	
	○		240202	高エネルギー物理学Ⅱ	2	秋～冬学期	火	2	上野	
	○		240205	原子核構造学	2	春～夏学期	金	3	小田原・民井	
	○		240751	加速器物理学	2	春～夏学期	水	1	福田(光宏)	◆
	○		241872	放射線計測学2	2	春～夏学期	月	4	石川(貴)、小林信之、柳善永	◆2023年度から開講
	【トピック】									
	○		240207	高エネルギー物理学特論Ⅰ	2				南條	
	○		240208	高エネルギー物理学特論Ⅱ	2	秋～冬学期	月	2	青木	
	○		240209	素粒子・核分光学特論	2	春～夏学期	木	2	吉田(斉)	
	○		240210	原子核物理学特論Ⅰ	2	秋～冬学期	月	3	石川(貴)	
	○		240211	原子核物理学特論Ⅱ	2	春～夏学期	火	2	青井	
	○		240212	ハドロン多体系物理学特論	2	春～夏学期	金	4	野海	

注) 開講区分が空欄は今年度開講しない。

*は学部と共通科目である。

◆は大学院高度副プログラム（基礎理学計測学）の科目である。

（後期課程）

課 程	科目区分		時間割 コード	開 講 科 目 名	単 位	開講区分	曜 日	時 限	担 当 教 員	備 考
	専門教育科目	高度国際性 涵養教育科目								
後 期 課 程	【トピック】									
	○		240278	特別講義BⅠ 「素粒子原子核物理学と放射線 シミュレーションGeant4」	1	春～夏学期	**	**	藏重 久弥 (神戸大学 大学院理学研究科 物理学専攻)	集中(MC・DC共通)
	○		240279	特別講義BⅡ 「原子核系でのクラスター現象」	1	春～夏学期	**	**	木村 真明 (理化学研究所 仁科加速器科学 研究センター 原子核研究部門)	集中(MC・DC共通)
	○		240280	特別講義BⅢ	1					集中(MC・DC共通)
	○		240281	特別講義BⅣ	1					集中(MC・DC共通)
	○		240282	特別講義BⅤ	1					集中(MC・DC共通)

注) 開講区分が空欄は今年度開講しない。

**集中講義の開講日程は、理学研究科ホームページに掲載。

Cコース（実験系：物性物理学コース）
（前期課程）

課 程	科目区分		時間割 コード	開 講 科 目 名	単 位	開講区分	曜 日	時 限	担 当 教 員	備 考
	専門 教育科目	高度 国際性 涵養 教育科目								
前 期 課 程	【基礎科目】									
	○		240958	固体物理学概論 1	2	春～夏学期	金	4	松野(丈)	* 修了要件外
	○		241110	固体物理学概論 2	2	秋～冬学期	月	2	花咲	* 修了要件外
	○		241111	固体物理学概論 3	2	春～夏学期	火	2	新見	* 修了要件外
	○		240174	極限光物理学	2	春～夏学期	金	2	藤岡	* 修了要件外
	【専門科目】									
	○		240172	光物性物理学	2				木村・渡邊(浩)	英語科目
	○		241124	半導体物理学	2	春～夏学期	水	4	大岩・藤田	
	○		240216	超伝導物理学	2				工藤	
	○		241453	シンクロトロン分光学	2	春～夏学期	金	2	木村	◆英語科目
	○		240218	荷電粒子光学概論	2				大塚	ナノ教育プログラム
	○		241347	孤立系イオン物理学	2	春～夏学期	月	2	豊田	◆ナノ教育プログラム
	○		241891	ナノスケール物理学	2				新見	ナノ教育プログラム
	○		241854	物質科学概論	2				工藤	
	【トピック】									
	○		240219	強磁場物理学	2				萩原・鳴海・木田	
	○		240222	強相関系物理学	2	秋～冬学期	木	2	花咲・酒井・村川	
	○		241743	界面物性物理学	2	春～夏学期	木	1	松野(丈)・塩貝・上田(浩)	ナノ教育プログラム

注) 開講区分が空欄は今年度開講しない。

*は学部と共通科目である。

◆は大学院高度副プログラム(基礎理学計測学)の科目である。

（後期課程）

課 程	科目区分		時間割 コード	開 講 科 目 名	単 位	開講区分	曜 日	時 限	担 当 教 員	備 考
	専門 教育 科目	高度 国際 性								
後 期 課 程	【トピック】									
	○		240283	特別講義CⅠ 「低次元物質のトポロジカル電子物性」	1	秋～冬学期	**	**	長田 俊人 (東京大学 物性研究所)	集中(MC・DC共通)
	○		240284	特別講義CⅡ 「酸化物超構造と放射光解析」	1	春～夏学期	**	**	組頭 広志 (東北大学多元物質科学研究所)	集中(MC・DC共通)
	○		240285	特別講義CⅢ	1					集中(MC・DC共通)
	○		240286	特別講義CⅣ	1					集中(MC・DC共通)
	○		240287	特別講義CⅤ	1					集中(MC・DC共通)

注) 開講区分が空欄は今年度開講しない。

**集中講義の開講日程は、理学研究科ホームページに掲載。

セミナー（前期課程）

■ 物理学 A

科目区分	高度国際性 専門教育科目	時間割 コード	開講科目名	単 位	開 講 区 分	担当教員	備 考
○		241454	素粒子論 半期セミナーⅠ	4.5	春～夏 学期	大野木・ 田中(実)・深谷	
○		240980	場の理論 半期セミナーⅠ	4.5	春～夏 学期	西岡・ 山口(哲)・飯塚	
○		240981	場の理論 半期セミナーⅡ	4.5	春～夏 学期	兼村・ 佐藤(亮)・柳生	
○		240982	原子核理論 半期セミナーⅠ	4.5	春～夏 学期	浅川・赤松・ 広野	
○		249304	原子核理論 半期セミナーⅡ	4.5	春～夏 学期	保坂・石井・ 池田・佐々木・ 吉田(賢)	
○		240985	多体問題 半期セミナーⅡ	4.5	春～夏 学期	吉野(元)	
○		240986	物性理論 半期セミナーⅠ	4.5	春～夏 学期	黒木・Slevin・ 越智・金子	
○		240987	物性理論 半期セミナーⅡ	4.5	春～夏 学期	南谷・下出	
○		241712	物性理論 半期セミナーⅢ	4.5	春～夏 学期	越野・川上	
○		241813	物性理論 半期セミナーⅣ	4.5	春～夏 学期	浅野	
○		241718	高エネルギープラズマ 物性理論半期セミナー	4.5	春～夏 学期	千徳・岩田	

■ 物理学 A

科目区分	高度国際性 専門教育科目	時間割 コード	開講科目名	単 位	開 講 区 分	担当教員	備 考
○		249679	素粒子論 半期セミナーⅠ	4.5	秋～冬 学期	大野木・ 田中(実)・深谷	
○		249294	場の理論 半期セミナーⅠ	4.5	秋～冬 学期	西岡・ 山口(哲)・飯塚	
○		249297	場の理論 半期セミナーⅡ	4.5	秋～冬 学期	兼村・ 佐藤(亮)・柳生	
○		249298	原子核理論 半期セミナーⅠ	4.5	秋～冬 学期	浅川・赤松・ 広野	
○		249305	原子核理論 半期セミナーⅡ	4.5	秋～冬 学期	保坂・石井・ 池田・佐々木・ 吉田(賢)	
○		249307	多体問題 半期セミナーⅡ	4.5	秋～冬 学期	吉野(元)	
○		249310	物性理論 半期セミナーⅠ	4.5	秋～冬 学期	黒木・Slevin・ 越智・金子	
○		349311	物性理論 半期セミナーⅡ	4.5	秋～冬 学期	南谷・下出	
○		249717	物性理論 半期セミナーⅢ	4.5	秋～冬 学期	越野・川上	
○		249758	物性理論 半期セミナーⅣ	4.5	秋～冬 学期	浅野	
○		249721	高エネルギープラズマ 物性理論半期セミナー	4.5	秋～冬 学期	千徳・岩田	

■ 物理学 B

科目区分	高度国際性 専門教育科目	時間割 コード	開講科目名	単 位	開 講 区 分	担当教員	備 考
○		240990	高エネルギー物理学 半期セミナーⅠ	4.5	春～夏 学期	南條・増潤・ 廣瀬	
○		240991	高エネルギー物理学 半期セミナーⅡ	4.5	春～夏 学期	青木(正)・ 上野・佐藤(朗)	
○		241816	原子核実験学 半期セミナー	4.5	春～夏 学期	川畑・ 福田(光順)・ 小田原・ 吉田(斉)・清水・ 三原・古野	
○		240992	クォーク核物理学 半期セミナー	4.5	春～夏 学期	石川・中野(貴)・ 野海・味村・ 堀田・白鳥・ 梅原	
○		249338	原子核反応 半期セミナー	4.5	春～夏 学期	青井・民井・ 井手口・嶋・ 大田・小林・鈴木 (智)・柳	
○		241873	基礎原子核物理学 半期セミナー	4.5	春～夏 学期	民井・大田・ 田中(純)	
○		241125	加速器科学 半期セミナー	4.5	春～夏 学期	福田(光宏)・ 依田・神田	
○		240998	高エネルギー密度物理 半期セミナー	4.5	春～夏 学期	藤岡・有川・ Morace	
○		241855	レーザープラズマ加速ビーム 半期セミナー	4.5	春～夏 学期	細貝・金	

■ 物理学 B

科目区分	高度国際性 専門教育科目	時間割 コード	開講科目名	単 位	開 講 区 分	担当教員	備 考
○		249322	高エネルギー物理学 半期セミナーⅠ	4.5	秋～冬 学期	南條・増潤・ 廣瀬	
○		249323	高エネルギー物理学 半期セミナーⅡ	4.5	秋～冬 学期	青木(正)・ 上野・佐藤(朗)	
○		249759	原子核実験学 半期セミナー	4.5	秋～冬 学期	川畑・ 福田(光順)・ 小田原・ 吉田(斉)・清水・ 三原・古野	
○		249326	クォーク核物理学 半期セミナー	4.5	秋～冬 学期	石川・中野(貴)・ 野海・味村・ 堀田・白鳥・ 梅原	
○		249339	原子核反応 半期セミナー	4.5	秋～冬 学期	青井・民井・井 手口・嶋・大田・ 小林・鈴木(智)・ 柳	
○		249781	基礎原子核物理学 半期セミナー	4.5	秋～冬 学期	民井・大田・ 田中(純)	
○		249504	加速器科学 半期セミナー	4.5	秋～冬 学期	福田(光宏)・ 依田・神田	
○		249348	高エネルギー密度物理 半期セミナー	4.5	秋～冬 学期	藤岡・有川・ Morace	
○		249776	レーザープラズマ加速ビーム 半期セミナー	4.5	秋～冬 学期	細貝・金	

■ 物理学C

科目区分 専門教育科目	高度国際性 国際性	時間割 コード	開講科目名	単 位	開 講 区 分	担当教員	備 考
○		241874	ナノスケール物性 半期セミナー	4.5	春～夏 学期	新見・高田・蔭	
○		241001	質量分析物理 半期セミナー	4.5	春～夏 学期	豊田・大塚・ 河井	
○		241002	超伝導半期セミナー	4.5	春～夏 学期	工藤	
○		241744	界面物性 半期セミナー	4.5	春～夏 学期	松野・塩貝・ 上田	
○		241004	半導体半期セミナー	4.5	春～夏 学期	大岩・藤田・ 深井	
○		241328	量子物性 半期セミナー	4.5	春～夏 学期	花咲・酒井・ 村川	
○		241456	光物性半期セミナー	4.5	春～夏 学期	木村(真)・ 渡邊(浩)・中村	
○		241007	強磁場物理 半期セミナー	4.5	春～夏 学期	萩原・鳴海・ 木田	

■ 物理学C

科目区分 専門教育科目	高度国際性 国際性	時間割 コード	開講科目名	単 位	開 講 区 分	担当教員	備 考
○		249782	ナノスケール物性 半期セミナー	4.5	秋～冬 学期	新見・高田・蔭	
○		249361	質量分析物理 半期セミナー	4.5	秋～冬 学期	豊田・大塚・ 河井	
○		249362	超伝導半期セミナー	4.5	秋～冬 学期	工藤	
○		249724	界面物性 半期セミナー	4.5	秋～冬 学期	松野・塩貝・ 上田	
○		249368	半導体半期セミナー	4.5	秋～冬 学期	大岩・藤田・ 深井	
○		249616	量子物性 半期セミナー	4.5	秋～冬 学期	花咲・酒井・ 村川	
○		249681	光物性半期セミナー	4.5	秋～冬 学期	木村(真)・ 渡邊(浩)・中村	
○		249377	強磁場物理 半期セミナー	4.5	秋～冬 学期	萩原・鳴海・ 木田	

海外文献研究（前期課程）

■ 物理学 A

科目区分	専門教育科目	高度国際性	時間制コード	開講科目名	単位	開講区分	担当教員
	○		241780	海外文献研究(素粒子論Ⅰ)	1	通年	大野木・田中(実)・深谷
	○		241781	海外文献研究(場の理論Ⅰ)	1	通年	西岡・山口(哲)・飯塚
	○		241782	海外文献研究(場の理論Ⅱ)	1	通年	兼村・佐藤(亮)・柳生
	○		241783	海外文献研究(原子核理論Ⅰ)	1	通年	浅川・赤松・広野
	○		241784	海外文献研究(原子核理論Ⅱ)	1	通年	保坂・石井・池田・佐々木・吉田(賢)
	○		241786	海外文献研究(多体問題Ⅱ)	1	通年	吉野(元)
	○		241787	海外文献研究(物性理論Ⅰ)	1	通年	黒木・Slevin・越智・金子
	○		241788	海外文献研究(物性理論Ⅱ)	1	通年	南谷・下出
	○		241789	海外文献研究(物性理論Ⅲ)	1	通年	越野・川上
	○		241815	海外文献研究(物性理論Ⅳ)	1	通年	浅野
	○		241791	海外文献研究(高エネルギープラズマ物性理論)	1	通年	千徳・岩田

■ 物理学 B

科目区分	専門教育科目	高度国際性	時間制コード	開講科目名	単位	開講区分	担当教員
	○		241792	海外文献研究(高エネルギー物理学Ⅰ)	1	通年	南條・増渕・廣瀬
	○		241793	海外文献研究(高エネルギー物理学Ⅱ)	1	通年	青木(正)・上野・佐藤(朗)
	○		241795	海外文献研究(原子核実験学)	1	通年	川畑・福田(光順)・小田原・吉田(斉)・清水・三原・古野
	○		241794	海外文献研究(クォーク核物理学)	1	通年	石川・中野(貴)・野海・味村・堀田・白鳥・梅原
	○		241797	海外文献研究(原子核反応)	1	通年	青井・民井・井手口・嶋・大田・小林・柳・鈴木(智)
	○		241875	海外文献研究(基礎原子核物理学)	1	通年	民井・大田・田中(純)
	○		241799	海外文献研究(加速器科学)	1	通年	福田(光宏)・依田・神田
	○		241801	海外文献研究(高エネルギー密度物理)	1	通年	藤岡・有川・Morace
	○		241856	海外文献研究(レーザプラズマ加速ビーム)	1	通年	細貝・金

■ 物理学 C

科目区分	専門教育科目	高度国際性	時間制コード	開講科目名	単位	開講区分	担当教員
	○		241876	海外文献研究(ナノスケール物性)	1	通年	新見・高田・蔭
	○		241803	海外文献研究(質量分析物理)	1	通年	豊田・大塚・河井
	○		241804	海外文献研究(超伝導)	1	通年	工藤
	○		241805	海外文献研究(界面物性)	1	通年	松野・塩貝・上田
	○		241806	海外文献研究(半導体)	1	通年	大岩・藤田・深井
	○		241807	海外文献研究(量子物性)	1	通年	花咲・酒井・村川
	○		241808	海外文献研究(光物性)	1	通年	木村(真)・渡邊(浩)・中村
	○		241809	海外文献研究(強磁場物理)	1	通年	萩原・鳴海・木田

特別セミナー（後期課程）

■ 物理学 A

科目区分	時間制 コード	開 講 科 目 名	単位	開講 区分	担 当 教 員
○	240288	場の理論特別セミナー	9	通年	兼村・佐藤(亮)・柳生
○	240289	場の数理論特別セミナー	9	通年	西岡・山口(哲)・飯塚
○	249557	素粒子論特別セミナー	9	通年	大野木・田中(実)・深谷
○	249207	原子核理論特別セミナー	9	通年	浅川・赤松・広野
○	249194	多体問題特別セミナー	9	通年	保坂・石井・緒方・池田・佐々木・吉田(賢)
○	241022	物性理論特別セミナーⅠ	9	通年	黒木・Slevin・越智・金子
○	241023	物性理論特別セミナーⅡ	9	通年	南谷・下出
○	241713	物性理論特別セミナーⅢ	9	通年	越野・川上
○	241814	物性理論特別セミナーⅣ	9	通年	浅野
○	240294	統計物理学特別セミナー	9	通年	吉野(元)
○	241719	高エネルギープラズマ物性理論特別セミナー	9	通年	千徳・岩田

■ 物理学 B

科目区分	時間制 コード	開 講 科 目 名	単位	開講 区分	担 当 教 員
○	241025	高エネルギー物理学特別セミナーⅠ	9	通年	南條・増渕・廣瀬
○	241026	高エネルギー物理学特別セミナーⅡ	9	通年	青木(正)・上野・佐藤(朗)
○	241796	原子核実験学特別セミナー	9	通年	川畑・福田(光順)・小田原・吉田(斉)・清水・三原・古野
○	241029	クォーク核物理学特別セミナー	9	通年	石川・中野(貴)・野海・味村・堀田・白鳥・梅原
○	249398	原子核反応特別セミナー	9	通年	青井・民井・井手口・鈴木(智)・小林・大田・柳
○	241877	基礎原子核物理学特別セミナー	9	通年	民井・大田・田中(純)
○	249507	加速器科学特別セミナー	9	通年	福田(光宏)・依田・神田
○	241031	高エネルギー密度物理特別セミナー	9	通年	藤岡・有川・Morace
○	241857	レーザープラズマ加速ビーム特別セミナー	9	通年	細貝・金

■ 物理学 C

科目区分	時間制 コード	開 講 科 目 名	単位	開講 区分	担 当 教 員
○	241878	ナノスケール物性特別セミナー	9	通年	新見・高田・蔭
○	241032	強磁場物理特別セミナー	9	通年	萩原・鳴海・木田
○	241745	界面物性特別セミナー	9	通年	松野(丈)・塩貝・上田
○	249244	半導体特別セミナー	9	通年	大岩・藤田・深井
○	241034	超伝導特別セミナー	9	通年	工藤
○	249247	質量分析物理特別セミナー	9	通年	豊田・大塚・河井
○	241329	量子物性特別セミナー	9	通年	花咲・酒井・村川
○	241460	光物性特別セミナー	9	通年	木村(真)・渡邊(浩)・中村

IPC コース（国際物理特別コース）

〔前期課程〕

〔専門科目〕

授業科目	単位数	担当教員	備考
Quantum Field Theory I	2	西岡辰磨	These credits cannot be used to fulfill the requirements of graduation Biennially Biennially Biennially Biennially
Quantum Field Theory II	2	大野木哲也	
Theoretical Particle Physics	2	兼村晋哉	
Electrodynamics and Quantum Mechanics	1	<Luca Baiotti>	
Quantum Many-body Systems	2	< 南谷英美 >	
Condensed Matter Theory	2	Keith Slevin	
Synchrotron Radiation Spectroscopy	2	< 木村真一 >	
Nuclear Physics in the Universe	2	< 大田晋輔 >	
Cosmology	2	< 長峯健太郎 >	

〔セミナー〕

授業科目	単位数	担当教員	備考
Semestral Seminar I	4.5	< 千徳靖彦 >	
Semestral Seminar I	4.5	< 藤岡慎介 >	
Semestral Seminar II	4.5	< 藤岡慎介 >	
Semestral Seminar II	4.5	新見康洋	
Semestral Seminar III	4.5	< 藤岡慎介 >	
Semestral Seminar III	4.5	新見康洋	

(後期課程)

[トピック]

授業科目	単位数	担当教員	備考
Topical Seminar I “Introduction to attosecond science”	1	< 関川太郎 > (北海道大学大学院工学研究院) 10月1日、2日、3日	集中 MC・DC 共通
Topical Seminar II “Swampland program in quantum gravity”	1	< 濱田雄太 > (高エネルギー加速器研究機構) 11月18日、19日、20日	集中 MC・DC 共通

[セミナー]

授業科目	単位数	担当教員	備考
Seminar for Advanced Researches	9	豊田岐聡	
Seminar for Advanced Researches	9	< 藤岡慎介 >	
Seminar for Advanced Researches	9	越野幹人	
Seminar for Advanced Researches	9	大野木哲也	
Seminar for Advanced Researches	9	南條 創	
Seminar for Advanced Researches	9	< 福田光宏 >	
Seminar for Advanced Researches	9	新見康洋	
Seminar for Advanced Researches	9	兼村晋哉	
Seminar for Advanced Researches	9	< 千徳靖彦 >	
Seminar for Advanced Researches	9	< 藤岡慎介 >	
Seminar for Advanced Researches	9	青木正治	
Seminar for Advanced Researches	9	< 大岩 顕 >	
Seminar for Advanced Researches	9	< 木村真一 >	
Seminar for Advanced Researches	9	松野丈夫	

4.2 学部授業担当一覧

授業科目名	毎週授業 時間数	単位数	担当教員
力学 1	2	2	< 吉野元 >
力学 1 演義	2	2	< 吉野元 >・広野雄士
力学 2	2	2	< 井上芳幸 >
力学 2 演義	2	2	< 井上芳幸・青山和司 >
数理物理 1	2	2	< 浅野建一 >
数理物理 1 演義	2	2	< 浅野建一 >・柳生慶
電磁気学 1	2	2	西岡辰磨
電磁気学 1 演義	2	2	西岡辰磨・赤松幸尚
熱物理学	2	2	< 波多野恭弘 >
数理物理 2	2	2	キース スレヴィン
数理物理 2 演義	2	2	キース スレヴィン・川上拓人
量子力学 1	2	2	浅川正之
量子力学 1 演義	2	2	浅川正之・大橋琢磨
量子力学 2	2	2	兼村晋哉
量子力学 2 演義	2	2	兼村晋哉・飯塚則裕
統計力学 1	2	2	< 阿久津泰弘 >
統計力学 1 演義	2	2	< 阿久津 泰弘 >・田中実
統計力学 2	2	2	< 湯川諭 >
物理学実験 1	12	4	花咲徳亮・小田原厚子・ 福田光順・清水俊・三原基嗣・ 佐藤朗・古野達也・ 上野一樹・廣瀬穰・< 田中純貴 >・ 酒井英明・大塚洋一・< 河井洋輔 >・ 高田真太郎・上田浩平・村川寛・ 塩貝純一・< 竹内徹也 >・蔣男・ < 木村淳・山本憲 >・ < 鈴木大介・境家達弘 >・ < 久富修・桂誠 >
物理学実験 2	12	4	(同上)
【選択必修科目】			
物理学特別研究	12+12	8	物理学科各教員
宇宙地球科学特別研究	12+12	8	物理学科各教員

授業科目名	毎週授業 時間数	単位数	担当教員
【選択科目】			
物理学セミナー	2	1	物理学科各教員
現代物理学入門	2	2	山口哲
電磁気学2	2	2	< 千徳靖彦 >
熱物理学演義	2	2	< 波多野恭弘 >・深谷英則
地球科学概論	2	2	< 近藤忠 >
物理実験学	2	2	< 大田晋輔 >
数理物理3	2	2	越野幹人
惑星科学概論	2	2	< 寺田健太郎 >
物性物理学1	2	2	松野丈夫
質量分析学	2	2	大塚洋一
光物理学	2	2	< 木村真一 >
素粒子原子核物理入門	2	2	吉田 齊
プラズマ物理学	2	2	< 岩田夏弥・坂和洋一・ 千徳靖彦 >
連続体力学	2	2	工藤一貴
量子力学3	2	2	越智正之
宇宙構造形成論	2	2	< 長峯健太郎 >
生物物理学概論	2	2	< 久富修 >
素粒子物理学	2	2	南條創
原子核物理学	2	2	川畑貴裕
物性物理学2	2	2	花咲徳亮
宇宙物理学	2	2	< 小高裕和 >
先端物理学・宇宙地球科学輪講	2	2	物理学科各教員
宇宙地球フィールドワーク 1～4	集中 45	各 1	< 桂木洋光・山本憲・ 横田勝一郎・福田航平・ 西真之・境家達弘 >
相対論	2	2	大野木哲也
素粒子原子核宇宙論	2	2	青木正治・< 民井淳 >
物性物理学3	2	2	新見康洋
地球惑星物質学	2	2	< 佐々木晶 >
数値計算法	2	2	上野一樹
相対論的量子力学	2	2	佐藤亮介
放射線計測学基礎	2	2	< 青井考・野海博之 >

授業科目名	毎週授業 時間数	単位数	担当教員
物理オーナーセミナー 1 ～	2	各 1	物理学科各教員
科学技術論 A 1	1	1	< 外部講師 >
科学技術論 A 2	1	1	< 外部講師 >
科学英語基礎	2	1	<Hail, Eric Mathew>
数値計算法基礎	2	2	< 降旗大介 >
将来展望特論 A	集中 1	0.5	南條創
【補習授業】 数理物理基礎特別演習	2	0	大橋琢磨

4.3 共通教育授業担当一覧

専門基礎教育科目（理系）担当教員

授業科目名	担当教員	配当学部	学期	曜日時限
力学入門	< 兼松泰男 > 河井洋輔	理（数・化・生）	I	月 3
		医（医・看・放・検）・歯・薬	I	火 3
力学通論	< 小高裕和 >	理（数・化・生）	I	月 3
力学通論	< 山本 憲 >	工（然 1～8 5）	I	月 1
	< 高棹真介 >	工（然 8 6～1 7 0）		
	< 萩原政幸 >	工（然 1 7 1～）		
力学通論	金子竜也	医（医）	I	火 3
	< 細貝知直 >	医（看・放）・歯		
	< 田中慎一郎 >	医（検）・薬		
力学詳論 I	< 植田千秋 >	基（シ 1～9 0）	I	月 1
	清水俊	基（シ 9 1～）		
	< 杉山清寛 >	基（情）		
力学詳論 I	新見康洋	理	I	月 3
	花咲徳亮	理		
力学詳論 I	高田真太郎	工（理 1～9 5）	I	月 4
	< 山中千博 >	工（理 9 6～1 9 0）		
	酒井英明	工（理 1 9 1～）		
力学詳論 I	< 長峯健太郎 >	工（地）	I	火 1
力学詳論 I	< 桂木洋光 >	工（電 1～8 0）	I	火 2
	青木正治	工（電 8 1～）		
力学詳論 I	< 猿倉信彦 >	工（環）	I	火 3
	・ < 清水俊彦 >			
	・ < 山ノ井航平 >			
力学詳論 I	越智正之	基（電 1）	I	金 4
	< 田之上智宏 >	基（電 2）		
	川上拓人	基（化）		
力学詳論 II	松野丈夫	理（数・化・生）	II	月 3
力学詳論 II	< 植田千秋 >	工（理 1～9 5）	II	月 4
	< 増田賢人 >	工（理 9 6～1 9 0）		
	佐藤亮介	工（理 1 9 1～）		
力学詳論 II	金子竜也	工（地）	II	火 1
力学詳論 II	< 高棹真介 >	工（電 1～8 0）	II	火 3
	柳生慶	工（電 8 1～）		

授業科目名	担当教員	配当学部	学期	曜日時限
力学詳論 II	< 清水俊彦 > ・ < 猿倉信彦 > ・ < 山ノ井航平 >	工 (環)	II	金 1
力学詳論 II	< 木村真一 > 小田原厚子	基 (シ 1 ~ 1 0 0) 基 (シ 1 0 1 ~)	II	金 1
力学詳論 II	< 山田亮 > < 田中歌子 > < 住 貴宏 >	基 (電 1) 基 (電 2) 基 (化・情)	II	金 4
電磁気学入門	田中 実	医 (医・看・放・検)・歯・薬	II	水 4
電磁気学入門	< 兼松泰男 >	理 (数・化・生)	II	金 4
電磁気学通論	< 山中千博 > < 桂木洋光 > 深谷英則	医 (医) 医 (放・検) 歯 1 ~ 27 薬・歯 28 ~	II	水 4
電磁気学通論	福田光順 < 横田勝一郎 > < 田之上智宏 >	工 (然 1 ~ 8 5) 工 (然 8 6 ~ 1 7 0) 工 (然 1 7 1 ~)	II	金 1
電磁気学通論	塩貝純一	理 (数・化・生)	II	金 4
電磁気学詳論 I	< 鳴海康雄 > 南條 創 越野幹人	基 (化) 基 (シ 1 ~ 1 2 0) 基 (シ 1 2 1 ~・情)	II	月 1
電磁気学詳論 I	< 民井 淳 > 竹内徹也 赤松幸尚	工 (理 1 ~ 9 5) 工 (理 9 6 ~ 1 9 0) 工 (理 1 9 1 ~)	II	火 1
電磁気学詳論 I	< 松本浩典 > 大野木 哲也	理 理	II	金 4
電磁気学詳論 II	< 青山和司 > < 湯川 諭 > < 西浦宏幸 >	基 (化) 基 (シ・情)・理 (数) 理 (化・生)	III III III	月 3 火 1 水 2
電磁気学詳論 II	< 浜口智志 > ・ < 吉村 智 > < 井手口栄治 > < 石川貴嗣 >	工 (理 1 ~ 9 5) 工 (理 9 6 ~ 1 9 0) 工 (理 1 9 1 ~)	III	火 1
熱学・統計力学要論	工藤一貴 飯塚則裕 < 渡辺純二 >	基 (電) 基 (シ 1 ~ 90・情)・理 (数) 基 (シ 91 ~・情)・理 (数)	III	月 2
熱学・統計力学要論	< 大岩 顕 > ・ < 藤田高史 > < 堀田智明 > < 下出敦夫 >	工 (電) 工 (環) 工 (地)	III	火 1

授業科目名	担当教員	配当学部	学期	曜日時限
物理学の考え方	川畑貴裕 < 豊田岐聡 >	全学部 全学部	I	水 2 金 1
現代物理学の基礎	兼松泰男 山口 哲	全学部 全学部	I	月 5 月 5
基礎物理学実験	村川 寛 廣瀬 穰 < 劉 麗君 > < 内田貴久 > < 半澤弘昌 >	基（電・化・情）	春	火 3～5
基礎物理学実験	< 平 雅文 > < 福島修一郎 > < 田中純貴 > < 豊木研太郎 > < 安部勇輝 > 上田浩平	工（理 1～160）・理（物）	秋	水 3～5
基礎物理学実験	古野達也 < 澤田晋也 > < 木田孝則 > < 大田晋輔 > < 山下正太郎 > < 金子美樹 >	医（放・検）・基（シ）	秋	木 3～5
基礎物理学実験	< 梅原さおり > 廣瀬 穰 < 飯田隆人 > 増渕達也 < 渡邊 浩 > 蔣 男	工（然 161～・環・地）	秋	金 3～5
基礎物理学実験	佐藤 朗 < 木田孝則 > < 劉 麗君 > < 佐々木勇弥 >	工（電）・医（医）	夏	木 3～5

授業科目名	担当教員	配当学部	学期	曜日時限
基礎物理学実験	< 中村拓人 > < 西川広記 > < 小笹良輔 > < 友野大 > < 水谷圭吾 > < 上向井正裕 > 蔣 男	工（理 161 ～）・理（生・化・数）	冬	水 3～5
基礎物理学実験	古野達也 < 鳴海康雄 > 増渕達也 < 内田英明 >	工（然 1 ～ 160）	冬	金 3～5
物理学実験（再履修）	< 梅原さおり > < 木田孝則 > 佐藤 朗	全学部	III	月 3～5
物理学実験（再履修）	< 渡邊 浩 > 村川 寛 上田浩平	全学部	IV	月 3～5

4.4 物理学セミナー

物理学セミナーは物理学科1年生に教員の顔が見えるようにするとともに、研究の現場を覗くチャンスを早いうちから与えて、物理を勉強する意欲を高めてもらう目的で、春学期の木曜日4限に専門教育科目の選択科目として開講している。

担当した研究グループは以下の通り。

物理学専攻（基幹講座）

素粒子原子核理論グループ

南條グループ

凝縮系量子計算グループ

萩原グループ

豊田グループ

物理学専攻（協力講座）

木村グループ

細貝グループ

宇宙地球科学専攻（基幹講座）

波多野グループ

松本グループ

宇宙地球科学専攻（協力講座）

レーザー宇宙物理学グループ

第5章 物理談話会

令和六年度に行われた教室談話会（先端物理学・宇宙地球科学輪講）の日程，講師，講演題目を以下に列挙する．

2024年10月11日	湯川 諭	ガイダンス／地形のパターンと非平衡物理
2024年10月18日	藤岡 慎介	パワーレーザー
2024年10月25日	工藤 一貴	超伝導体開発の最前線
2024年11月 8日	増田 賢人	太陽系外惑星の世界
2024年11月15日	高田 真太郎	半導体電子系における飛行電子の量子制御
2024年11月22日	桂木 洋光	柔らかな物理で迫る日常現象・惑星形成・天体表面地形
2024年11月29日	浅野 建一	電子正孔系の物理
2024年12月 6日	小高 裕和	X線・ガンマ線で探る宇宙高エネルギー現象
2024年12月13日	細貝 知直	レーザー加速研究の最前線～光で電子を超高エネルギーまで加速する～
2024年12月20日	藤田 高史	量子ドットの光応答と人工分子系
2025年 1月10日	浅川 正之	地上で実現できる宇宙開闢に最も近い状態とはどんな状態か？
2025年 1月24日	木村 淳	理論と探査観測で探る太陽系氷天体の世界とその進化
2025年 1月31日	大野木 哲也	格子ゲージ理論とカイラル対称性

第6章 学生の進路状況など

令和六年度の学部卒業生，博士前期課程修了者，博士後期課程修了者のその後の進路は以下の通りであった。

6.1 学部卒業生の進路

大阪大学大学院博士前期課程進学（物理学専攻）	44 名
大阪大学大学院博士前期課程進学（宇宙地球科学専攻）	26 名
大阪大学大学院博士前期課程進学（国際物理特別コース）	1 名
大阪大学大学院博士前期課程進学 （連合小児発達学研究科子育て支援学研究領域）	1 名
他大学大学院博士前期課程（修士課程）進学	6 名
民間企業就職	2 名
就職準備	1 名
合計	81 名

学部卒業生の進路の内訳：

テレビ大阪株式会社	1 名
株式会社キーエンス	1 名

6.2 博士前期課程修了者の進路

大阪大学博士後期課程進学	(理学研究科)	23 名
民間企業就職		34 名
就職準備等		1 名
合計		58 名

博士前期課程修了者の進路の内訳：

アイテック阪急阪神株式会社	1 名
AKKODiSコンサルティング株式会社	1 名
アサヒ飲料株式会社	1 名
株式会社アテック	1 名
株式会社NTTデータ	1 名
オリンパス株式会社	1 名
京セラ株式会社	1 名
株式会社クボタ	1 名
住友電気工業株式会社	1 名
ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社	1 名
ソニーセミコンダクタマニュファクチャリング株式会社	1 名
株式会社大和証券グループ	1 名
東芝エネルギーシステムズ株式会社	1 名
東芝電波プロダクツ株式会社	1 名
株式会社東陽テクニカ	1 名
日本製鉄株式会社	1 名
日本先進半導体製造JASM	1 名
ヌヴォトンテクノロジージャパン株式会社	1 名
株式会社博報堂	1 名
パーソルキャリア株式会社	1 名
パーソルクロステクノロジー株式会社	1 名
パナソニックインダストリー株式会社	1 名
パナソニックエナジー株式会社	1 名
株式会社日立ハイテク	1 名
株式会社ピーアンドアイ	1 名
PwCコンサルティング合同会社	1 名
株式会社ブリヂストン	1 名
マイクロンメモリジャパン株式会社	2 名
三菱電機株式会社	2 名
株式会社村田製作所	1 名

株式会社メガチップス	1名
ローム株式会社	1名

6.3 International Physics Course (IPC) 前期課程修了者の進路

大阪大学博士後期課程進学（理・物理学専攻）	2名
母国へ帰国	1名
合計	3名

6.4 博士後期課程修了者の進路

民間企業就職	4名
国立大学法人・特任助教	1名
国立大学法人・研究員	2名
国立研究開発法人・研究員	1名
大学共同利用機関法人・研究員	3名
独立行政法人日本学術振興会・特別研究員	3名
合計	14名

博士後期課程修了者の進路の内訳：

大阪大学核物理研究センター 特任研究員	1名
大阪大学レーザー科学研究所 特任研究員	1名
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究員	1名
大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所 研究員	2名
大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構応用超伝導加速器イノベーションセンター 特任助教	1名
新潟大学大学院自然科学研究科数理物質科学専攻 特任助教	1名
日本学術振興会 特別研究員PD	3名
旭化成エレクトロニクス株式会社	1名
ENEOS株式会社	1名
株式会社SCREENセミコンダクターソリューションズ	1名
東芝エネルギーシステムズ株式会社	1名

6.5 International Physics Course (IPC) 後期課程修了者の進路

大阪大学大学院理学研究科物理学専攻 特任研究員	2 名
大阪大学レーザー科学研究所 特任研究員	1 名
大阪大学核物理研究センター 特任研究員	1 名
金属技研株式会社	1 名
藤本産業株式会社	1 名
母国へ帰国	1 名
合計	7 名

6.6 学生のインターンシップ参加

令和六年度における、学生が参加したインターンシップは以下の通りである。

参加日数	インターンシップ受け入れ先
5 日以上	MPI CPfS、CERN, LAPP、CERN、IBS、
5 日未満	

第7章 博士課程教育リーディングプログラム 「インタラクティブ物質科学・カデット プログラム」

7.1 プログラムの目的

本プログラムは、人類の持続的発展に貢献する物質科学研究を担う次世代人材育成を目的とし、既存の大学院と並存する学位プログラムとして平成24（2012）年度に開始した。履修生を物質科学研究・事業における幹部候補生（Material Science Cadet）と位置づけ、化学・物性物理学・材料工学など、物質科学のさまざまな領域・手法を専門とするプログラム担当教員が協働し、産・官・学の広いセクターにおいて物質科学研究・事業の中心的役割を担う人材を輩出することを目指す。

育成を目指す博士人材に期待される能力は、以下のとおりである。

- (1) 物質科学の一領域における確固たる「高度な専門性」
- (2) 主専門とは異なる分野にも目を向ける「複眼的思考」や「俯瞰的視点」
- (3) 他の専門領域の人たちと議論ができる「コミュニケーション力」
- (4) 自ら課題を見出し、その解決に向かう「企画力」、「自立力」
- (5) 既存の考え方に捉われない「セレンディピティ」的な視点・思考力
- (6) 時代と共に変わりゆく社会の動向に対応できる「柔軟性」
- (7) 世界を相手に自らの考えを認めさせることができる「国際突破力」

7.2 プログラムの概要・特徴

本プログラムは、大阪大学国際共創大学院学位プログラム推進機構インタラクティブ物質科学・カデットプログラム部門が実施するという形態をとる。担当教員は、基礎工学研究科（物質創成専攻、システム創成専攻）、理学研究科（物理学専攻、化学専攻、高分子科学専攻）、工学研究科（マテリアル工学専攻、物理学系専攻、応用化学専攻）の各専攻に所属する教授39名と、理化学研究所・放射光科学研究センターの研究員2名、情報通信研究機構の研究員1名、計42名で構成される。令和6（2024）年度はプログラム第八期生から第十二期生まで63名の履修生が在籍しプログラムの活動に励んだ。

履修生は、所属する専攻の大学院課程科目の修得に加えて、本プログラム独自の科目や他専攻・他研究科の科目を所定の単位数履修することが要求される。中でも特徴的な必修科目として、物理系学生が化学を学ぶ「物質化学入門」、その逆の「物性物理学入門」、他研究室

に3ヶ月滞在して研究を行う「研究室ローテーション」、国内の企業や公的研究所に3ヶ月滞在する「物質科学国内研修」、海外の研究機関等に3ヶ月滞在する「物質科学海外研修」がある。海外研修を实のあるものにするための「物質科学英語1、2」も必修科目である。また、2年次の最後に「博士論文研究企画」を発表する2nd Qualifying Examination (QE)、4年次に英語で行う博士論文中間発表(3rd QE)などを経て、所属研究科の博士論文審査後に実施する本プログラムのFinal QEに合格すると、博士号の学位に加え、本プログラムの修了証が授与される。ちなみに、5年一貫の博士コースであるため、修士論文に関する報告や審査ではなく2nd QEとして「博士論文研究企画」の発表と審査が義務づけられている。

7.3 令和6年度の活動

7.3.1 新型コロナウイルスから解放され本来の活動を推進

本年度は新型コロナウイルス感染対策から解放され、以前の活動が再開された。また対面と遠隔を併用した「ハイブリッド」型の講義が定着し、学生の希望に合わせた講義スタイルの開発も進んだ。さらに、企業のインターンシップ受け入れも進み、海外研修も従来通りの運用となった。一方で世界的な物価高騰に加えて、円安の進行により国内研修、海外研修いずれも経済的には厳しい状況下での受講となった。

春夏学期はプログラムの独自科目である物性物理学入門、物質化学入門、物質科学英語、物質科学キャリアアップ特論aが開講された。物性物理学入門と物質化学入門は、新入生対象科目で、自身の専門とは異なる授業の受講となるため、毎年担当の教員に細心の注意を払って講義いただいている科目であり、昨年度の経験を踏まえてより理解の深まるための工夫が盛り込まれた。秋冬学期には、科学史、物質科学英語、物質科学キャリアアップ特論bが開講された。

物質科学英語は両学期とも対面での授業が実施され、自ら課題を設定し、科学的視点で資料を用いて解説し、論文形式でまとめる英作文の講義、自分の研究内容を発表説明するプレゼンテーションの講義、与えられた課題をレゴブロックで具体化し、何故それが解になっているかを英語で説明するディスカッションにフォーカスした講義など実践的かつ多様な授業内容に、履修生からは英語に関する様々なスキルを学ぶことが出来たとの高評価を得た。

自分の専門とは異なる異分野の研究室に長期間滞在して、視点や経験の拡大を実践する研究室ローテーションについては、第十二期生中心に15名が受講した。このうち2名は2回目となる研究室ローテーション2を受講した。関係する多くの先生方、研究室の協力に支えられて、異分野での取り組みから多くの学びを得ることが出来た。加えて異なる研究室文化にも触れる機会となり、履修生の研究者としての幅を広げる事が出来た。1月29日には報告会が開催され、異分野の研究室に滞在する事で、いままで気付かなかった多くの視点の獲得したこと、獲得した俯瞰的視点を今後研究者としてどのように活用していくかについて力強い報告が相次いだ。報告会には、ローテーション先の指導教員の先生や実際に指導いただいた若手教員も参加、コメントもいただいた。また、今回の滞在中に共同研究の種が生まれ、論文投稿にまで発展したケースが数件あり、さらに半数以上の履修生が今後も研究を継続するという嬉しい成果も得られている。

本年度は履修生の自主活動も再開、第十二期生が中心となり、8月28日、29日にインタラクティブ交流会が豊中キャンパスで開催された。1日目の午前中は16件のポスター発表、午後には口頭発表7件が行われた。また、招待講演として1日目に早稲田大学の山口潤一郎教授、2日目に大阪公立大学の飯田琢也教授、兵庫県立大学の瀬戸浦健仁准教授にご講演いただいた。さらにプログラムOBでHarvard大学博士研究員の藤本大仁博士（理学研究科物理学専攻出身）、MathWorks社の森川高典マネージャ（理学研究科化学専攻出身）をお呼びして、プログラム履修生の視点で実社会での活動の状況や、在学中に学んでおくべきこと等をお話いただいた。招待講演の先生方からは、最先端の研究ばかりでなく、アウトリーチ活動やコミュニティの重要性について示唆に富んだお話をいただいた。プログラムの先輩からは実体験に基づいた有益なお話をいただき、履修生との活発な議論が交わされました。履修生が自らの企画運営を経験し交流も十分に図ることができ、充実した2日間となりました。

7.3.2 国内研修、海外研修の実施

本年度は第九期生と十期生を中心に8名が「物質科学国内研修」として民間企業や独立研究法人にて約3ヶ月間の研修を行った。本年度はコロナウイルス対策から解放され、民間企業での受け入れも再開し、4名が企業で、4名が国立研究機関で研修を行った。履修生は学外の研究環境の中で、自身の研究分野がどのような広がりがあるかを実感するとともに、チームでの仕事の取組みを体験し、新たな人間関係を構築するなど実りの多い経験をすることができた。

「物質科学海外研修」はコロナによる渡航制限も無くなり11名が実際に渡航して研修を受講した。異文化の中で自分がマイノリティーとなって長期間生活する事で、独力で研究を進める心構えや、配属先研究室のPIのリーダーシップを学ぶことが出来た。報告会では、今後世界を舞台に活躍する基本的な姿勢をしっかりと身に付けて来た事が確認出来た。

7.3.3 Qualifying Examination (QE)

履修生の質保証の目的で、Qualifying Examination (QE) を実施している。専門分野の基礎学力を評価するために2年次に受験する博士後期課程の研究企画を試問する博士論文企画審査(2nd QE)、4年次に取り組む博士論文の中間報告を英語により報告させる3rd QEが昨年同様に実施された。履修生の質保証のための取組みであるが、プログラムとしては気付きを与える機会としても重要であると考えており、課題のある履修生については、評価委員のコメント含めて何が不十分であったかを伝え、どの様に改善したらよいかの方向性を示すなどの指導を行った。

本年度は第八期生7名と特別選抜の第九期生3名がプログラム履修の成果を問うFinal Examination (FE) に臨んだ。FEでは事前に提出する小論文と、それに基づく口頭発表と試問がなされた。小論文として以下の課題を与え、1ヶ月後に回収し評価委員に事前配布した。課題は昨年度と同じく「20～30年後の未来に、我が国をはじめ世界の抱える社会的問題や経済・産業構造の変化を予測し、自分がリーダーシップを発揮して科学技術に基づきこれらの課題にどのように対応していくのか、自分の進路と関連付けながら2000字程度で述

べよ」という問いかけに履修生は真摯に取り組んだ。発表と口頭試問には10名のプログラム担当教員が評価委員として参加、また5名の外部評価委員も質疑に参加いただき、将来課題の捕え方、どの様にリーダーシップを発揮して社会貢献をしていくかについて具体的な質疑応答が行われた。プログラム履修生としての質を保証する場であり、厳しい質問の連続に回答が滞る場面が何度もあり、緊張した雰囲気の中で進められた。審査の結果全員が合格となった。外部評価委員からは大変質の高い博士が育っており、プログラムを継続し、すぐれた博士人材を育成してほしいとのコメントをいただいた。

7.3.4 令和2年度採択八期生の課程修了

令和2年度に入学した一般選抜八期生7名（うち1名が理学研究科物理学専攻）と3年度に入学した特別選抜第九期生3名がカデットプログラムのFinal Examinationに合格し課程を修了することとなった。学位授与式に先立ち3月24日にプログラム修了認定証が授与された。履修生はいずれもプログラムの趣旨をよく理解しており、積極的にプログラムに参加するばかりでなくコロナ禍にあっても後に続く後輩にあるべき姿を示してくれたことに感謝している。修了証授与式では、プログラム責任者である和田基礎工学研究科長の祝辞に対し基礎工学研究科の後藤頌太さんが履修生を代表して将来への誓いを述べた。10名のうち基礎工学研究科の2名と工学研究科の1名はそれぞれ理化学研究所、筑波大学及び京都大学でPDとして活動する。7名の履修生は企業に活動の場を求め、それぞれNTT、ENEOS、三菱電機、住友化学、住友電工、メルカリ、トヨタでこれまで学んだことを実践する。彼らの活躍を期待している。

7.3.5 大阪大学改革とプログラムの推進

大阪大学では、令和7年度申請予定の国際卓越研究大学構想の中で、新たな学位プログラム創設を明らかにしている。その中で、本カデットプログラムも学位プログラム化に向けた取り組みを進めており、引き続き本学の大学院教育の中核を担っていく。当プログラムは平成24年度開始から12年が経過して、カリキュラム構成や学生支援についてのノウハウも蓄積され、大阪大学の物質科学系研究室にも認知度高まり、研究室ローテーションの協力研究室も開始当初の30研究室から現在は60を超える研究室の協力が得られている。プログラム修了生も80名を越え、第一期生は実社会で活動を開始して8年が経過し、社会的地位も向上しプログラムで学び獲得した様々な知識を社会還元しつつある。さらに、プログラム履修生のコミュニティが生まれつつあり、プログラムが社会を動かす力となりつつあります。

プログラムでは引き続き次代を担う物質科学博士人材を輩出すべく取り組んでまいります。今後ともプログラム活動へのご指導、ご支援をよろしくお願いします。

（文責：越野 幹人）

第8章 理数オナープログラム

8.1 令和6年度活動概観

理数オナープログラムは、学問の違いを考慮して学科毎に提供しているが、参加する学生は学科の壁を越えて履修することができる。理数オナープログラムに参加する学生は、各学科がオナーカリキュラムとして指定する科目を履修するとともに、オナーセミナーを少なくとも2科目2単位履修しなければならない。従って、本プログラムに参加する学生数は、オナーセミナーを受講する学生数で計ることができる。オナーセミナーに参加した学生数の年度毎の変化を図8.1に示している。H21-22は100～120名程度であったが、その後、減少に転じ、H28年度には44名まで減少した。しかし、H29年度は72名に増加し、H30年度～R2年度までは62-65名でほぼ横ばいであった。R3年度は48名に減少したが、R4年度はのべ63名と平年並に戻った。R6年度は65名だったが、物理学科生については16名であった。理数オナープログラムが対象とする2,3年生の学生総数は約500名なので、対象となる延べ学生総数は前後期合わせて1,000名程度で、R6年度の参加者数はその6.5%にあたる。

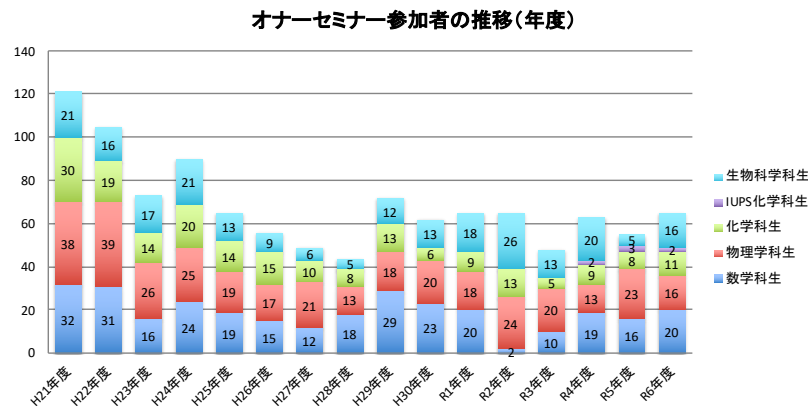


図 8.1: オナー参加者数の推移

理数オナープログラムのコアであるオナーセミナーは、主に学部2,3年生を対象としている。

オナープログラム修了者の推移を図8.2に示す。H27に、修了者の数が減って以来、しばらく増加傾向は見られなかったが、R1年度の修了者は10名であった。R2年度は減少し4

名となった。R4年度は13名に増えたが、R5年度は再び減少し、R6年度は8名であった。その中で物理学科生は4名であった。

また、将来、社会に出てからリーダーとなる素質を持つ学生を学部段階から育成する理数オナープログラムでは、リーダーに欠かせない高度な専門性に裏付けられた広い視野と社会性を涵養することを目的として、理数オナープログラム修了者の中から、優れた学業成績を修め、かつ、在学中に特筆すべき社会活動、体験活動、教育活動等（オナー体験）に積極的に取り組んだ学生を「優秀修了」として認定している。H25年度理数オナープログラム修了者から適用し、R4年度には9名（内、物理学科は3名）の優秀修了者がでたが、R5年度は大幅に減じ2名（内、物理学科は0名）となったが、R6年度は復調し、6名（内、物理学科は4名）となった。

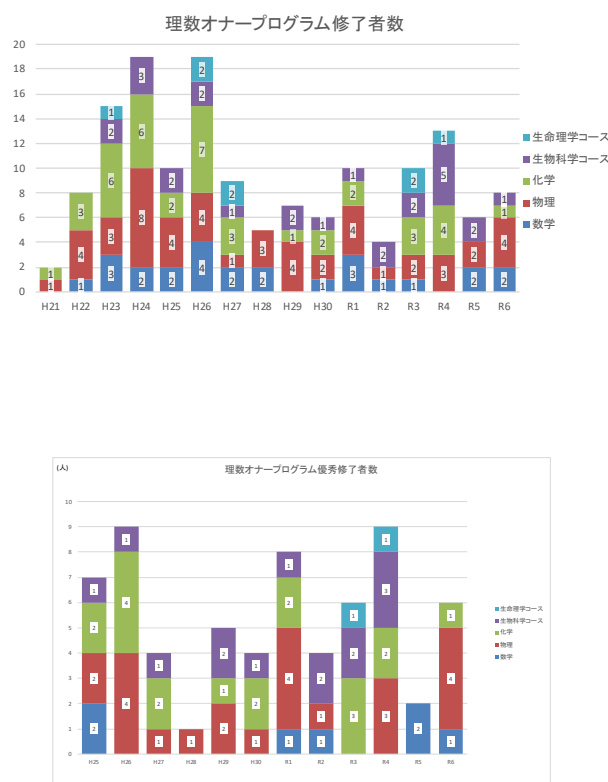


図 8.2: オナープログラム修了者数と優秀修了者数

8.2 オナーセミナー

学部の低学年から意欲ある学生をさらに引き上げる方法として、少人数制の理数オナーセミナーを開講している。高度な内容の授業を行うとともに、主体的な学習態度を身につけさ

せ、セミナー終了後は教員および学生の評価をもとにセミナーをさらに改良することを目指とする。少人数制のため、個々の能力を教員が的確に把握できるので、彼らの実力を加味しつつ、学生の好奇心を引き出し、通常授業の枠にとらわれない内容を展開する。H23年度は28のオーナーセミナーを開講したが、R6年度は春夏学期・秋冬学期合わせて44（春夏学期19、秋冬学期25）のオーナーセミナーを開講し、のべ64名（春夏学期27名、秋冬学期37名）が履修した。物理学科では、春夏学期は3セミナーを開講、秋冬学期は6セミナーを開講した。

《春夏学期》物理オーナーセミナー 開講3セミナー 受講者数6名

A 加速器を使って量子力学の対称性を検証しよう（川畑貴裕、小田原厚子、古野達也）

物理学科2年1名、3年2名

C 加速器で宇宙を紐解いてみよう（民井 淳、大田 晋輔、田中 純貴）

物理学科2年1名、3年1名

S 研究室に入って好きな研究をしてみよう（福田 光順）

物理学科3年1名

《秋冬学期》物理オーナー 開講6セミナー 受講者数8名

D 放射線を利用して身の回りの謎に挑戦してみよう（福田 光順、三原 基嗣）

物理学科2年1名

S 研究室に入って好きな研究をしてみよう

（小田原 厚子）物理学科3年1名

（川畑 貴裕、小田原 厚子、古野 達也）物理学科2年1名、3年2名

（長峯 健太郎）物理学科3年1名

（民井 淳、大田 晋輔、田中 純貴）物理学科2年1名

（民井 淳、大田 晋輔、田中 純貴）物理学科3年1名

8.3 自主研究と発表会

自分で研究課題を見いだした学生には、オーナーセミナーの中で何度か発表をさせて実行可能な課題となるように指導した。なかなか自分で課題を見いだせない学生に対しては、担当教員が用意した大きなテーマの中から学生に選ばせ、討論を通して具体的な研究課題を見いだすように指導した。最終的に参加学生が選択した研究課題は資料にまとめた。自主研究の課題探しは、オーナーセミナー開始後2ヶ月目から始める。

オーナーセミナーの授業と並行して、自ら課題を見つけ自主研究に取り組んだ成果を発表するために研究成果発表会を春夏学期1回、秋冬学期1回ずつ合計2回開催した。発表時間は一人10分、質疑応答は5分とした。全学科ともオーナーセミナーの通常授業の平常点と発表会の出来を合算し、成績評価を行った。

発表のパフォーマンス力が高かった学生を聴衆の投票結果により表彰し、学生のやる気を高めるようにした。また、研究データの考察方法や、文章による説明能力を養うため、この研究結果を自主研究報告書にまとめさせて提出させた。

2024 春夏学期 オナー自主研究発表会

2024 年 9 月 24 日 (火) 10:00-15:30 at 南部陽一郎ホール

物理オナーセミナーからの発表 3 セミナー 参加学生 6 名 3 演題

〈民井・大田・田中 G〉加速器で宇宙を紐解いてみよう

1 陽子・中性子対の性質を探索 物理学科 2 年 1 名、3 年 1 名 共同発表

〈川畑・小田原・古野 G〉加速器を使って量子力学の対称性を検証しよう

2 同種粒子散乱による量子力学的対称性の検証

物理学科 2 年 1 名、3 年 2 名 共同発表

〈福田 G〉研究室に入って好きな研究をしてみよう

3 宇宙線ミュオン収量の方位角依存性 物理学科 3 年

2024 秋冬学期 オナー自主研究発表会

2025 年 3 月 28 日 (木) 9:45-16:45 at 南部陽一郎ホール

物理オナーセミナーからの発表 6 セミナー 参加学生 9 名 7 演題

〈長峯 G〉研究室に入って好きな研究をしてみよう

1 Dark Matter の自己相互作用とバリオンの効果 物理学科 3 年

〈福田 G〉放射線を利用して身の回りの謎に挑戦してみよう

2 放射性 40K 計測によるカリウム代謝の研究 物理学科 2 年

〈民井・大田・田中 G〉研究室に入って好きな研究をしてみよう

3 陽子中性子対の性質を探索 物理学科 2 年

4 巨大原子核の発見に向けた高エネルギー分解能測定 物理学科 3 年

〈渡辺 G〉研究室に入って好きな研究をしてみよう

5 ベルの不等式とその検証 物理学科 3 年

〈小田原 G〉研究室に入って好きな研究をしてみよう

6 シミュレーションから理解する γ 線測定 物理学科 3 年

〈川畑・小田原・古野 G〉研究室に入って好きな研究をしてみよう

7 霧箱における航跡の成長過程の研究 物理学科 2 年 1 名 3 年 2 名 共同発表

8.4 大学院科目等履修生, リーディング大学院生との関係

理学部では、早めに自立して研究ができる学力を習得させるため、一定以上の成績をとった学生を対象に、3、4 年次の段階で大学院生に混ざって授業が受けられる制度を用意している。全学科学部生を対象としており、選抜方法等、各学科長に一任されている。元々は理数オナープログラム受講生に対し、学年を超えた勉強の機会を提供しようとして導入された

制度であるので、各学科ごとの基準とはいえ、おのずと理数オーナープログラム参加者の認定が多い。R6年度に大学院科目等履修生の資格を与えられた者の数を、以前のデータと共に表 8.1 にまとめる。37 名中、10 名がオーナー参加者である。

表 8.1: 大学院科目等履修生（候補者）の数

学科	学年	候補者数, オナー参加者数											
		H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4	R5	R6
物理	4	6,3	20,6	7,3	5,3	10,6	9,2	6,6	15,5	18,6	16,5	14,6	23,7
化学	4	2,2	8,8	3,3	2,2	1,1	3,3	3,3	4,4	3,3	6,6	1,1	3,3
生物	4	3,2	7,3	17,8	9,1	8,3	9,2	12,1	11,2	17,8	6,5	9,2	11,0
合計		11,7	35,17	27,14	16,6	19,10	21,7	21,10	30,11	38,17	28,16	24,9	37,10

大阪大学では、既存の研究分野の枠にとらわれず、より広く深い知識を身につけ、それを社会で実践し、グローバルに活躍できる人材を育てる「博士課程教育リーディングプログラム」を文科省の支援を受け、平成 23 年度から全学で取り入れている。国の将来を担う人材の候補生として、大学も力を入れてバックアップしているプログラムである。また、R2 年度からは新たに理工情報系オーナー大学院プログラムと量子ビーム卓越大学院プログラムがスタートした。理学研究科の博士課程に進学した理学部卒業生のうち、本大学院プログラムに選抜された奨学生とその中でのオーナー生の人数を表 8.2 に記す。

表 8.2: 博士課程教育リーディングプログラムへのオーナー参加者数

プログラム	理学研究科採択者数, オナー参加者数												
	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4	R5	R6
A	2,0	2,0	1,0	3,1	0,0	2,1	0,0	0,0	1,0	1,0	3,1	2,0	2,1
B	2,2	2,2	0,0	2,1	2,0	2,1	－	－	－	－	－	－	－
C	11,8	9,7	8,1	7,4	8,3	7,1	4,1	3.1	1,1	1,1	4,0	8,2	5,1
D	－	－	－	－	－	－	－	－	4,0	8,1	6,2	12,2	12,2
E	－	－	－	－	－	－	－	－	16,4	11,1	13,1	15,0	7,0

A: 超域イノベーション、B: 生体統御ネットワーク医学教育、C: インタラクティブ物質科学カデット、D: 理工情報系オーナー大学院、E: 量子ビーム卓越大学院

8.5 オナープログラム参加者の活動記録

オーナープログラムも今年度で 18 年目を迎えた。オーナーセミナーを受講している学部生は、何事にも好奇心旺盛である点などで仲良くなるスピードも早く、研究発表や交流会を通して、学科、学年を超えた集団ができていく。こういう元気な学生が在籍する理数オーナープロ

グラムの卒業生が今後どの方面で活躍していくか楽しみであり、先端的な取り組みを始めた大阪大学理学部の誇りである。

オナーセミナー、発表会以外にも学生が中心となり、企画運営した R6 年度の活動内容を下記に記す。

- 1) オープンキャンパス R6 8/7 理学部 H 棟 1F コミュニケーションスペース
オナー参加者 7 名 来場者約 360 名
- 2) 2024 春夏学期自主研究発表会 R6 9/24 理学部 J 棟南部陽一郎ホール 発表者 18 名
- 3) 2024 春夏学期オナー交流会 R6 9/24 理学部 J 棟南部陽一郎ホール交流サロン
学生参加者 18 名 教職員 5 名
- 4) オナープログラム修了式 R7 3/25 理学部 D 棟 D501
理数オナープログラム修了者 8 名 優秀修了者 6 名
- 5) 2024 秋冬学期自主研究発表会 R7 3/28 理学部 J 棟南部陽一郎ホール 発表者 24 名
- 6) 2024 秋冬学期オナー交流会 R7 3/28 理学部 J 棟南部陽一郎ホール交流サロン
学生参加者 23 名 教職員 5 名

(文責：兼村 晋哉)

第9章 国際化推進事業

9.1 International Physics Course (IPC)

国際化推進事業は、「国際化拠点整備事業（グローバル30）」をもとに、大学の機能に応じた質の高い教育の提供と、海外の学生が我が国に留学しやすい環境を提供する取組のうち、英語による授業等の実施体制の構築や、留学生受け入れに関する体制の整備、戦略的な国際連携の推進等、我が国を代表する国際化拠点の形成の取組を支援することにより、留学生と切磋琢磨する環境の中で国際的に活躍できる高度な人材を養成することを目的としています。

平成20年に策定された「留学生30万人計画」の具体的な実現への方策の一部として、英語のみで受講・卒業できるコースの創設、国際公募による外国人教員の採用、受け入れ体制の整備等、特に大学のグローバル化に重点が置かれているところが特徴です。

大阪大学は、学位取得が可能な英語コースとして、「化学・生物学複合メジャーコース」（理学部・工学部・基礎工学部共同）、「人間科学コース」（人間科学部）の学部コース及び「統合理学特別コース」、「国際物理特別コース」（理学研究科）の大学院コースを平成22年度に新設しました。これらのコースは、既存の英語コース（フロンティアバイオテクノロジー英語特別プログラム、船舶海洋工学英語特別コース、“Engineering Science 21st Century”プログラム、量子エンジニアリングデザイン研究特別プログラム）に加えて、本学の教育プログラムの幅を一段と広げるものとして期待されるものです。留学生数については、G30の定める目標年である平成32年までに、約2倍の3,000名とすることを目標値として掲げています。構想では、現在約200名弱の受け入れがある1年未満の短期留学生数を今後拡大し、平成32年にはおよそ1,000名規模まで拡大することを目指します。

大阪大学大学院理学研究科物理学専攻では、平成22年10月に国際物理特別コース（IPC）を新しく開設しました。このコースは授業・研究指導とも英語で行われ、国際共同研究や実験など、国際舞台で活躍できる人材を育成します。大阪大学は高強度レーザーと高エネルギー加速器の両方の大型装置を所有している唯一の大学です。凝縮系物理学や他の分野に興味がある学生の方や、海外からの留学生も歓迎しています。奨学金制度もあります。定員は、MSコースが1学年5名、PhDコースが1学年5名です。

IPCは令和6年に第十五期生を迎え入れ、4月1日の入学者はPhDコースが1名（学内進学1名）で、国籍は中国です。10月1日の入学者はMSコースが7名、PhDコースが3名（学内進学2名）で、国籍・出身地域は中国4名、アメリカ1名、エチオピア1名、インドネシア1名、オーストラリア1名、フランス1名、台湾1名です。

平成 22 年度～令和 5 年度の入学者数

年度	月	入学	修士	博士	学内進学	国籍
平成 22 年度	10 月	8	5	3	-	中国 3、ベトナム 3、エストニア 1、 バングラデシュ 1
平成 23 年度	10 月	6	5	1	-	中国 3、ベトナム 1、インドネシア 1、 マレーシア 1
平成 24 年度	10 月	5	2	3	3	中国 4、ベトナム 1
平成 25 年度	10 月	10	5	5	2	フランス 1、ドイツ 1、シンガポール 1、中国 1、モンゴル 1、ベトナム 3、 マレーシア 2
平成 26 年度	10 月	5	4	1	1	中国 3、ベトナム 2
平成 27 年度	4 月	1	-	1	-	マレーシア 1
	10 月	9	3	6	1	中国 1、インドネシア 1、マレーシア 1、カザフスタン 1、インド 1、イラ ン 1、イタリア 1、ベトナム 2
平成 28 年度	4 月	2	1	1	1	マレーシア 1、モンゴル 1
	10 月	10	3	7	4	ベトナム 3、中国 4、マレーシア 2、 インド 1
平成 29 年度	4 月	3	2	1	-	ベトナム 2、韓国 1
	10 月	6	1	5	2	ベトナム 1、インドネシア 1、中国 1、 マレーシア 1、フランス 1、カザフス タン 1
平成 30 年度	4 月	3	2	1	1	中国 1、ジョージア 1、マレーシア 1
	10 月	2	1	1	-	ベトナム 1、バングラデシュ 1
平成 31 年度	4 月	3	1	2	1	中国 1、ベトナム 1、ブラジル 1
	10 月	7	5	2	-	インドネシア 1、アメリカ 1、スペイ ン 1、中国 1、イタリア 1、ベトナム 1、インド 1
令和 2 年度	4 月	1	-	1	1	中国 1
	10 月	4	3	1	-	中国 3、マレーシア 1
令和 3 年度	4 月	7	4	3	1	中国 5、ベトナム 1、日本 1 名
	10 月	7	4	3	2	インドネシア 2、マレーシア 1、中国 1、スペイン 1、フランス 1、日本 1
令和 4 年度	4 月	3	1	2	-	中国 2、ドイツ 1
	10 月	8	3	5	2	中国 3、アメリカ 2、エチオピア 1、 インド 1、オランダ 1
令和 5 年度	4 月	5	-	5	4	中国 3、ポルトガル 1、ベトナム 1
	10 月	9	5	4	3	中国 4、アメリカ 1、韓国 1、マレー シア 1、インドネシア 1、日本 1

(文責：越野 幹人)

第10章 大学院等高度副プログラム

10.1 プログラムの目的

「大学院等高度副プログラム」は、大学院レベルの学生が幅広い領域の素養や複眼的視野を得るとともに、新しい分野について高度な専門性を獲得する学際融合的な教育プログラムである。同プログラムは、各実施部局及び学際融合教育研究センターが協力して推進している。

同プログラムは、幅広い分野の知識と柔軟な思考能力を持つ人材など、社会において求められる人材の多様な要請に対応する取組として、教育目標に沿って、一定のまとまりを有する授業科目により構成され、体系的に履修することができるプログラムである。このプログラムは、平成20年度より開設され、平成23年度からは、一部のプログラムについて、6年生課程の学部（医学部・歯学部・薬学部）5、6年次生も対象とされている。プログラム毎に定める修了の要件を満たすことで、プログラムの修了認定証が交付される。

理学研究科では、物理学専攻が中心になり、平成24年度から「基礎理学計測学」と「放射線科学」の2つのプログラムを新規提案し、実施している。なお、2019年度（平成31年度、令和元年度）より、「放射線科学」は放射線科学基盤機構に実施部局が変更になった。

「高度副プログラム」の詳細は、以下のURLを参照。

<http://www.osaka-u.ac.jp/ja/education/fukusenkou>

10.2 基礎理学計測学

10.2.1 プログラム概要

様々な計測機器や分析機器は、物理、化学、生物科学、ライフサイエンス、環境科学など幅広い分野の研究において、必要不可欠なものとして用いられている。しかしながら、近年、装置がブラックボックス化し、その原理をよく理解せずに機器を利用し、得られた結果についての考察や評価を十分に行えないケースが増えてきている。また、他の誰も見たことがないようなモノを見ようとする時には既存の計測機器では不可能な場合がほとんどで、新たに機器を開発することが必要となる場合もある。このような場合にも、測定原理などをしっかりと理解していることが必須である。

本プログラムでは、「質量分析」、「NMR」、「X線結晶解析」、「放射線計測」、「低温電子顕微鏡」などの分析・計測法に関して、その機器や測定の基本原理を系統的に講義形式で学ぶ

とともに、その技術を体得するための実習も同時に行うことを特徴とする。さらにこのような最先端計測技術の基礎となっている原理についても講義形式で学ぶことができる。このプログラムで学んだ計測技術を実際の研究に役立てられることを目指す。なお、「機器制御」、「分光計測」の2科目については、担当教員の定年退職にともない令和7年度から廃止となった。

10.2.2 修了要件

7単位以上。ただし、実習形式の講義（先端的研究法、先端機器制御学、分光計測学）の中から4単位以上必ず取得すること。

10.2.3 授業科目

選択必修科目

先端的研究法：質量分析、先端的研究法：X線結晶解析、先端的研究法：NMR、先端機器制御学、分光計測学、先端的研究法：低温電子顕微鏡

選択科目

放射線計測基礎1、放射線計測基礎2、放射線取扱基礎、放射線計測学、放射光物理学、加速器科学、加速器物理学、孤立系イオン物理学、有機分光化学(I)、生体分子化学(I)、核化学1(I)、核磁気共鳴分光学(I)、無機分光化学概論、先端物性工学、時空間フォトンクス、基礎物理学I、基礎物理学実習

10.2.4 プログラム登録者数

2024年度のプログラム登録者数は9名であった。その内訳は、理学研究科化学専攻1名(M2)、生物科学専攻1名(M1)、医学研究科医学専攻1名(D2)、薬学研究科創成薬学専攻1名(1年)、医療薬学専攻1名(3年)、工学研究科生物工学専攻1名(M1)、環境エネルギー工学専攻1名(D1)、基礎工学研究科物質創成専攻1名(M1)、生命機能研究科生命機能専攻1名(D2)である。

なお、2024年度の本プログラム修了者1名(工学研究科環境エネルギー工学専攻)であった。

(文責：豊田 岐聡)

第11章 国際交流活動

11.1 目的

大阪大学大学院理学研究科（物理学専攻）での国際交流活動の主たる目的は

1. 物理学専攻の教育研究の成果を海外に向けて積極的に情報発信すること
2. 海外の大学や研究機関から本研究科博士前・後期課程への学生の入学を推進することである。

このような活動には、教員個々人のチャンネル形成と信頼関係の形成が必要である。それに加え、研究科としてオーソライズされた組織的なプロモーション活動も必要であり、物理学専攻としてはこれらについて努力している。2024年度の活動は、以下の通りである。

11.2 活動の内容

- 本研究科・専攻・教育研究・International Programs の紹介。
- 本研究科・専攻の大学院生への経済的支援の説明。
- 本研究科・専攻の短期、長期の研究活動の可能性、希望や意見などの聴取。
- 在学中から Home Institute と連絡を取り合い、一人の学生を育てていく Double Degree Program（以下 DDP）や、留学生の経済支援について Home Institute との co-funding の検討・議論。
- Workshop の実施。
- 教育研究関連公的機関への訪問・情報収集。

11.3 海外から阪大への来訪者

1. Alexis LANGELLA, モンペリエ大学, フランス, 2024/2/19-2024/8/2; 新見
2. Thomas Vasselon, Université Grenoble Alpes, フランス, 2024/8/1-2024/10/22; 高田
3. Pilsoo Lee, KAERI, 韓国, 2024/8/19-2024/8/21; 小田原
4. David Guy Austing, NRC, カナダ, 2024/9/30-2024/10/1; 大岩
5. Christopher Bauerle, ネール研究所, フランス, 2024/10/7-2024/10/411 高田
6. Hantao Ji, Princeton University, USA, 2024/10/20-2024/10/26; 藤岡
7. Justin Ye, University of Groningen, オランダ, 2024/10/28-2024/10/29; 大岩

8. MARC MEZARD, Bocconi University, イタリア, 2024/10/30-2024/11/1; 吉野
9. Yin Liru, 復旦大学, 中国, 2024/11/1-2025/10/31; 細貝
10. Jerome Faure, Laboratoire d'Optique Appliquée (LOA), フランス, 2024/11/14-2024/11/14; 細貝
11. Stefano Achilli, L'Università degli Studi di Milano-Bicocc, イタリア, 2024/12/9-2025/6/9; 大岩
12. A. Vutha, トロント大学, カナダ, 2025/2/4-2025/2/4; 田中
13. Piéchon Frédéric Jean Marcel, Universite Paris-Saclay, フランス, 2025/2/2-2025/3/30; 竹森
14. ELSEN TJHUNG, Open University, イギリス, 2025/3/5-2025/3/5; 川崎
15. Nimrod Bachar, Ariel University, イスラエル, 2025/3/13-2025/3/13; 木村
16. IZACARD Bastien Charles Claude, Telecom Physique Strasbourg, 2025/3/21-2025/7/29; 竹森
17. Sunniva Siem, University of Oslo, ノルウェー王国, 2025/3/24-2025/3/25; 民井

11.4 海外研究機関との交流

教職員延べ93名、学生延べ93名が共同研究参加、招待講演および学術的会合の参加等を目的として、以下の国々を訪問した。アメリカ(9件)、韓国(12件)、イタリア(5件)、オーストラリア(3件)、オランダ(5件)、カナダ(12件)、スイス(8件)、スペイン(1件)、ベルギー(1件)、台湾(3件)、ドイツ(12件)、中国(9件)、ベトナム(4件)、フランス(5件)、イギリス(3件)、ルーマニア(1件)、ノルウェー(3件)、南アフリカ(2件)、香港(1件)、キプロス(1件)、ポルトガル(1件)、ブルガリア(1件)、アイルランド(1件)、オーストリア(1件)、トルコ(1件)、チェコ(2件)、日本(1件)。

またオンラインでの共同研究参加、招待講演および学術的会合の参加も活発に行われた。教職員延べ8名、学生延べ16名アメリカ(4件)、南アフリカ(2件)、中国(2件)、ルーマニア(2件)、オランダ(2件)。

11.5 海外研究機関および阪大における海外拠点との国際会議・シンポジウム・集中講義

区分, 事業名, 代表者名, 相手国機関名, 国名, 期間, 参加者数

1. ワークショップ NHWG38 兼村 晋哉 IBS 韓国 5/24 38名
2. ワークショップ NHWG39 兼村 晋哉 国立台湾大学 台湾 10/12 40名
3. ワークショップ Korea-Japan KOTO II workshop at Osaka Univ 南條 創
Sungkyunkwan Uni., Pusan National Uni., Jeonbuk National Uni. 他 韓国 10/31-11/01 21名

4. ワークショップ W.S on direct nuclear reaction experiments with the AT-TPC 古野 達也 北京大学 中国 9/5-9/6 18 名
5. ワークショップ 日独共同研究ワークショップ I 大岩 顕 RWTH Aachen、Ruhr University Bochum ドイツ 8/15 26 名
6. ワークショップ The 21st Workshop of the LHC Higgs Working Group 増渕 達也 CERN、U of Paris-Saclay 他 スイス、フランス他 12/4-12/6 353 名
7. ワークショップ Japan-Collaborative Research and Exchange Workshop 藤田 高史 Ruhr 大学 Bochum、Aachen 工科大学、Julich 研究機関 ドイツ 8/15-8/21 39 名
8. ワークショップ WINDS 2024 大岩 顕 ハワイ島 アメリカ 12/2-12/6 79 名
9. 会議 Kaons@J-PARC 2024 南條 創 シカゴ大学他 アメリカ他 7/27-7/29 80 名
10. 会議 Higgs Hunting 2024 南條 創 IJClab、パリ・シテ大学、ピサ大学、LAPP 他 フランス、イタリア他 9/23-9/25 151 名
11. 会議 Q-BASIS2024・日本 細貝 知直 LBNL、LANL、LOA、Airbus、GSI、ELI Beam-lines Facility、SIOM、上海交通大学、GIST アメリカ、フランス、ドイツ、チェコ、中国、韓国 11/11-11/14 113 名
12. 会議 Aachen-Julich-Bochum Corllaborative Research Meeting 藤田 高史 Ruhr 大学 Bochum、Aachen 工科大学、Julich 研究機関 ドイツ 12/10-12/13 41 名
13. スクール／セミナー 高エネルギー密度科学セミナー 藤岡 慎介 上海交通大学 中国 11/6-11/8 21 名
14. シンポジウム HADRON2025 保坂 淳 JLab、INFN-LNF、TUM、PKU 他 アメリカ、イタリア、ドイツ、中国他 3/27-3/31 21 名

11.6 部局間学術交流協定

2025 年度現在で、物理学専攻の教員がコンタクトパーソン（CP）となっている海外研究機関との部局間学術交流協定は、以下の通りである。

1. ユヴァスキュラ大学（数学科学部）（フィンランド）
2010/12/2-2025/12/1 CP: 越野幹人教授
2. フリードリッヒ・ヴィルヘルム大学ボンとケルン大学によるボン・ケルン統合物理・天文大学院（ドイツ）
2011/3/14-2026/7/3 CP: 越野幹人教授、福田光順准教授
3. インハ大学（理学部）（韓国）
2011/12/22-2026/12/21 CP: 保坂淳教授、浅川正之教授

4. インド工科大学ボンベイ（インド）
2012/2/24-2027/2/23 CP: 青木正治教授
5. ブレーメン大学（物理・電気工学科）（ドイツ）
2013/3/4-2028/3/3 CP: 越野幹人教授
6. アルファラビ・カザフ国立大学（物理工学部）（カザフスタン）
2013/6/4-2026/6/3 CP: 保坂淳教授、越野幹人教授、Luca Baiotti 准教授
7. 蘭州大学（物理科学技術学院）（中国）
2016/8/14-2026/8/13 CP: 保坂淳教授、川畑貴裕教授
8. 国立清華大学（理学部）（台湾）
2018/6/27-2028/6/26 CP: 越野幹人教授、久保孝史教授
9. 南京大学（物理学院）（中国）
2019/5/20-2024/5/19 CP: 青木正治教授
10. 国立陽明交通大学（理学院）（台湾）
2022/2/9-2027/2/8 CP: 久保孝史教授、越野幹人教授
11. フリードリヒ・シラー大学イエーナ（物理・天文学部）（ドイツ）
2022/1/31-2027/1/30 CP: 花咲徳亮教授、松本卓也教授、赤井恵教授
12. ゲオルグ アサキ ヤシ工科大学（ルーマニア）
2023/3/15-2028/3/14 CP: 藤岡慎介教授、香門悠里講師
13. 中国科学院（近代物理研究所）（中国）
2023/8/18-2028/8/17 CP: 川畑貴裕教授、保坂淳教授、青井考教授
14. ブラウイジャヤ大学（数学と自然科学部）（インドネシア）
2023/11/1-2028/10/31 CP: 松野健治教授

11.7 その他

物理学専攻（博士課程）の在籍留学生人数は、2025 年 4 月 1 日現在で合計 42 名。
（国費留学生：10 名、私費留学生：31 名、政府派遣留学生：1 名）

（文責：越野 幹人）

国 名	前期課程	後期課程	非正規生
アメリカ	1	2	0
インド	0	1	0
インドネシア	2	1	0
エチオピア	0	1	0
オーストラリア	1	0	0
ドイツ	0	0	1
フランス	0	1	1
ベトナム	0	1	0
ポルトガル	0	1	0
マレーシア	0	1	0
大韓民国	2	0	0
台湾	1	0	0
計	19	21	2

第12章 湯川記念室

12.1 令和6年度活動概観

大阪大学湯川記念室は、湯川博士の中間子論が大阪大学 (旧大阪帝国大学) 理学部にて生まれ、日本で最初のノーベル賞として実を結んだことを記念して、1953 年、本部に直属する組織として発足し、1976 年に改めて附属図書館内に設置された。2022 年 4 月より、大阪大学大学院理学研究科・理学部に移管された。室長は近藤忠理学研究科長、運営委員会委員長は兼村晋哉である。湯川記念室の所属は理学研究科であるが、湯川記念室運営委員会は全学的な組織であり、様々な部局からの委員によって構成される。その中でも理学研究科、特に物理学専攻のメンバーが中心的に運営をにない、物理学や自然科学の基礎の社会的、学内的な啓蒙活動に積極的に取り組んでいる。令和 6 年度は、湯川記念講演会を 2016 年以来 7 年ぶりに中ノ島センターで開催し、また、南部コロキウムの共催や SAP の後援などを行った。

湯川記念室のホームページ: <http://www.yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/>

12.2 湯川記念講演会

2024 年 11 月 17 日 (日) 14:00-17:15、大阪大学中ノ島センター 佐治敬三メモリアルホールにて開催した。湯川記念室が主催、日本物理学会大阪支部が共催、日本物理教育学会近畿支部が後援、大阪大学 21 世紀懐徳堂が協力。112 名の参加者があった。

1. 兼村 晋哉 (大阪大学大学院理学研究科 教授/湯川記念室運営委員長)
“湯川秀樹と現代の物理学”
2. 古田 幹雄 (東京大学大学院数理科学研究科 教授)
“4 次元の図形：トポロジーの世界”
3. 松本 浩典 (大阪大学大学院理学研究科 教授)
“暗く静かではない宇宙: X 線天文学”

<https://www.yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/news/2115>

講演会では、大阪大学の教職員、学生や一般市民の方など 112 名が参加くださり、熱心に聴講された。講師の先生方は、難しい概念が多く含まれる内容を、大変わかりやすく、またユーモアも交えて紹介して下さった。各講演後に 20 分の質問タイムを設けたが、それでは時間が足りないぐらい多くのご質問をいただき、それに対して講師の先生方が丁寧に回答して下さった。その質疑応答からも分かるように、参加者の方は、科学への興味が更に引き起こされた様子であった。そのため、アンケートでの満足度については、90 %の方が、

「非常に満足した」「満足した」との回答であり、また、「来年も参加したいですか？」という質問に対しては、99 %の方が「参加したい」という回答だった。このことから、参加者が湯川記念講演会の内容に対して、楽しんでいただけたことが伺える。また、今回は講演会場後方に湯川秀樹博士の写真15点を展示し、湯川博士の功績・人物像について思いを馳せていただく機会も設け、こちらも大変好評を得た。

12.3 南部コロキウムの共催

令和6年度においては、湯川記念室が共催となり、下記の南部コロキウムを南部洋一郎ホールにおいて対面で開催した。各々、教員と学生が多く参加する等、成功を収めた。

第46回 南部コロキウム

開催日：2024年5月30日（木）

講師：神田 展行 先生

〔大阪公立大学 南部陽一郎物理学研究所・大学院理学研究科 教授〕

講演：「重力波観測 ～時空を測る、宇宙を観る～」

第47回 南部コロキウム

開催日：2024年7月11日（木）

講師：赤井 恵 先生

〔大阪大学 理学研究科 化学専攻 表面化学研究室 教授〕

講演：「分子から脳に近づく」

第48回 南部コロキウム

開催日：2024年10月10日（木）

講師：竹森 那由多 先生

〔大阪大学大学院理学研究科 物理学専攻 凝縮系量子計算グループ 准教授〕

講演：「キャンパスに広がる量子的世界」

第49回 南部コロキウム

開催日：2024年12月5日（木）

講師：沙川 貴大 先生

〔東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻 教授〕

講演：「情報熱力学とその展開」

12.4 SAPの後援

今年度もSAPの後援となった。2024年度のSAPは10/26・11/2・11/9・11/16にオンラインや対面で開催された。

12.5 H722 南部陽一郎記念室の環境整備

南部陽一郎先生のご功績を広く知っていただくため、H722 号室の南部陽一郎記念室でのご遺品の展示等について検討を進めていくことに先立ち、専門業者のアドバイスを受け、温湿度計と除湿器を設置するなど環境整備を行った。

(文責： 兼村 晋哉)

第13章 社会活動

13.1 物理学科出張講義の記録

主に高校生を対象とした2024年度の物理学科出張講義等の教育活動が、物理学専攻の川畑貴裕教授の取りまとめにより、宇宙地球科学専攻と物理学専攻の教員の協力で、以下の4校において実施された。

学 校 名	所在地	日 時	講 師	対 象
熊本県立玉名高等学校	玉名市	10月22日(火)	吉田 斉	1,2年生 約60名
鹿児島県立鶴丸高等学校	鹿児島市	11月1日(金)	川畑 貴裕	1,2年生 約80名
兵庫県立西宮高等学校	西宮市	11月27日(水)	柳生 慶	2年生 約60名
大阪府立豊中高等学校	豊中市	1月16日(木)	木村 淳	1年生 約40名

(文責：川畑 貴裕)

その他に、令和六年度に以下のようなアウトリーチ活動が物理学専攻の教員によって実施された。

イベント名	開催場所	講師	開催日	対象
第13回高エネルギー 物理春の学校2024「はじめに」	琵琶湖コンファレンス センター	南條 創	5月16-18日	大学院生80名
原子核の世界 ～フェ ムトワールドの探検～	京都府立嵯峨野高等学 校	川畑 貴裕	7月29日	高校生 (約40名)
第18回KEKサマー チャレンジ 演習班05 班	KEK	南條 創	8月19-28日	大学生6名
SSH サマーセミナー 大阪大学・虎姫高校連 携講座	大阪大学豊中キャンパ ス	杉山 清寛、 三原 基嗣	8月21日、9 月27日	高校生5名
出張講義「グラフェン を作ってみよう」	大阪大学大学院理学研 究科物理学専攻	新見 康洋	9月14日	高校生12名

SS 先進科学 大阪大学原子核物理学研修「小さな原子や原子核。巨大な宇宙での重要な役割とは？」	三重県立津高校	小田原 厚子	10月18日	高校生 15名
謎の粒子”ニュートリノ”で探る宇宙と極微の世界「地底から挑む宇宙の謎」	熊本県立玉名高等学校	吉田 斉	10月22日	高校生 78名
原子核と元素合成の秘密	福井県立藤島高等学校	川畑 貴裕	10月25日	高校生 (約20名)
原子核の世界 ～フェムトワールドをもっと探検～	滋賀県立膳所高等学校	川畑 貴裕	10月30日、 11月11日、 11月18日	高校生 (約200名)
原子核の世界 ～フェムトワールドの探検～	鹿児島県立鶴丸高等学校	川畑 貴裕	11月1日	高校生 40名
SEEDS 体感コース 体感科学研究 放射線とは何だろう？ ～極微の世界からのメッセージを調べよう～	大阪大学理学研究科H棟 405	川畑 貴裕	12月7-8日	高校生3名
原子核と放射線	滋賀県立膳所高等学校	川畑 貴裕	12月18日、1 月29日	高校生 (約120名)
原子核と放射線	滋賀県立膳所高等学校	古野 達也	1月9日	高校生 (約80名)
SEEDS 体感科学技術講義「ミクロで不思議な原子核の世界」	大阪大学豊中キャンパス	小田原 厚子	1月11日	高校生 (約130名)
課題研究発表会 審査および講評	滋賀県立膳所高等学校	川畑 貴裕	2月14日	高校生 (約40名)
「創造応用IS」の研究指導	兵庫県立兵庫高等学校	小田原 厚子	2024年5月- 2025年2月	高校生4名
ニュートリノが解き明かす宇宙の謎	ヴィアートル学園洛星高等学校	吉田 斉	2月15日、22 日	高校生 32名

理学研究科、物理学専攻主催または共催で行われた講演会

イベント名	開催場所	講師	開催日	対象
サイエンスナイト「ゼロハンテープで挑む最先端の物理」	大阪大学 南部陽一郎ホール	新見 康洋	7月17日	一般 (約100名)
Saturday Afternoon Physics 2024 「物質の世界への旅立ち - 原子1層を創る -」	大阪大学 理学研究科 D501	新見 康洋	10月26日	高校生 (約100名)
Saturday Afternoon Physics 2024 「原子核・素粒子の世界への旅立ち - ミュー粒子で探る宇宙初期 -」	大阪大学 理学研究科 D501	青木 正治	11月16日	高校生 (約100名)

13.2 最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2024

日時：2024年10月26日、11月2日、11月9日、16日(土) 15時 – 18時

Web： <http://www-yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/SAP/>

主催：大阪大学大学院理学研究科

共催：大阪大学大学院工学研究科、基礎工学研究科、全学教育推進機構、核物理研究センター、レーザー科学研究所

協力：大阪大学コアファシリティ機構

2005年にスタートした「最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics」は、2024年度で20回目の開催を迎え、大阪大学大学院理学研究科を主催部局とし、工学研究科、基礎工学研究科、核物理研究センター、レーザー科学研究所、全学教育推進機構の共催により、10月26日から11月16日までの4回（毎週土曜日）にわたり、豊中キャンパス理学研究科および吹田キャンパスを会場として、Web会議サービスのZoomを利用したハイブリッド方式にて実施された。

本年度は、コロナ禍体制からの脱却の最終ステップとして、吹田見学会のみは完全対面で実施し、それ以外の3回は講義科目と体験・実習科目を連動させた本来の形式に戻すとともに、ZOOMによる配信を併用したハイブリッド形式で実施した。講義内容は、「自然界をめぐる旅へのいざない」と「量子の世界への旅立ち」の定番講義と、「原子1層を創る」、「地球・惑星を作る物質」、「ミュー粒子で探る宇宙初期」の物質、宇宙地球、原子核・素粒子に関連した3つの回変わり講義である。吹田見学回では、常設の核物理研究センター、レーザー科学研究所の見学コースに加えて、工学研究科機械工学専攻の中谷・土井研究室（マイクロ動力学領域）、田中・辻研究室（複合流動工学領域）、芝原・藤原研究室（マイクロ熱工学領域）の3研究室にご協力頂いた。

以下に、プログラムの詳細をまとめる。

- 【10月26日】(現地：豊中キャンパス+オンライン)
開校式：藤原彰夫（理学研究科 筆頭副研究科長）
講義1：「自然界をめぐる旅へのいざない」 藤田佳孝（核物理研究センター）
講義2：「物質の世界への旅立ち –原子1層を創る–」 新見康洋（理学研究科）
体験：「身の回りの物理を体験しよう」 阿部真之（基礎工学研究科）、藤田佳孝（核物理研究センター）、竹内徹也（コアファシリティ機構）
- 【11月2日】(現地：吹田キャンパス)
施設見学：大学院工学研究科機械工学専攻（マイクロ動力学領域、複合流動工学領域、マイクロ熱工学領域）・レーザー科学研究所・核物理研究センターの各所の見学
- 【11月9日】(現地：豊中キャンパス+オンライン)
講義3：「宇宙への旅立ち –地球・惑星を作る物質–」 近藤忠（理学研究科）

講義4：「量子の世界への旅立ち –光の物理から量子力学へ–」 渡辺純二（全学教育推進機構）

実習1：「分光計で見る量子の世界」 福田光順（SLiCS センター）

- 【11月16日】（現地：豊中キャンパス＋オンライン）

講義5：「原子核・素粒子の世界への旅立ち –ミュー粒子で探る宇宙初期–」 青木正治（理学研究科）

実習2：「霧箱を作って放射線を見よう」 三原基嗣（理学研究科）、小林信之（核物理研究センター）

修了式：田中敏宏（理事・副学長）

Saturday Afternoon Physics の実施にあたり、理学研究科からは近藤忠（研究科長・SAP2024 校長）、鳴海康雄（実行委員長）、工藤一貴、三原基嗣、崎口理香（事務局）らが実行委員として参画して中心的な運営を担った。

（文責：鳴海康雄）



Saturday Afternoon Physics 2024

大阪大学

最先端の物理を高校生に

10月26日・11月2日・11月9日・11月16日
毎週土曜日 (4週連続)
15:00~18:00

■プログラム(予定)——宇宙から極微の世界まで——

対面もしくは対面+オンラインで開催します。
プログラムは、変更する場合があります。

10/26 自然界をめぐる旅へのいざない
物質の世界への旅立ち
量子1冊を贈る

11/2 吹田キャンパス見学
工学研究科 機械工学専攻、
核物理研究センター、
レーザー科学研究所

11/9 宇宙への旅立ち
—地球・惑星を作る物質—
量子の世界への旅立ち
—光の物理から量子力学へ—
分光計で見る量子の世界

11/16 原子核・素粒子の世界への旅立ち
—電子で見る宇宙初期—
箱で放射線を見よう
修了式

■参加申し込み方法

Webページから申し込みの画面に必要事項をご記入ください。
教職員、保護者のオブザーバー参加が可能です。
(参加申し込みが必要、人数制限あり)

申し込み期間 2024年10月1日(金)
※定員に達した場合は、随時締め切ることがあります。

■お申し込み先

QRコードが読み取れない場合は
下記URLからアクセスして下さい。
<https://www.yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/SAP/entry.html>

■お問い合わせ先

〒560-0043 豊中市御園山1-1 大阪大学 大学理学研究科 SAP事務局
E-mail sap@phys.sci.osaka-u.ac.jp

4週間で! 最先端の物理を高校生に

対面&オンライン(一部) 豊中・吹田キャンパス

■募集対象: 高校生 ■参加費: 無料
■募集人数: 500名程度

10月26日・11月2日・11月9日・11月16日
毎週土曜日(4週連続)
15:00~18:00
<https://www.yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/SAP/>

主催: 大阪大学理学研究科
協賛: 大阪大学工学研究科、工学研究科機械工学専攻、核物理研究センター、レーザー科学研究所、工学研究科機械工学専攻、核物理研究センター、レーザー科学研究所、工学研究科機械工学専攻、核物理研究センター、レーザー科学研究所

後援: 大阪大学工学研究科、工学研究科機械工学専攻、核物理研究センター、レーザー科学研究所、工学研究科機械工学専攻、核物理研究センター、レーザー科学研究所

図 13.1: SAP2024 参加者募集のチラシ



図 13.2: 見学ツアー、講義風景

13.3 「いちょう祭」「まちかね祭」などにおける施設の一般公開

2024年度のいちょう祭は5/2(木)と5/3(金)に開催された。
物理学専攻では以下の企画があった。

- 青木研究室公開 (青木研、5/2 H棟1階 エレベータ前)
- 放射線検出器で探る素粒子・原子核・そして宇宙 (川畑研、5/3 H棟1F 玄関ホール)
- 素粒子のおもちゃ箱 (南條研、5/3 H棟1F 玄関ホール)
- 磁石であそぼう (新見研と松野研、5/2, 5/3 理学H棟3階コミュニケーションスペース)
- 施設公開 (萩原研、5/3 極限科学研究棟1階)
- 体験！ 磁気抵抗、熱電変換、磁気浮上 (花咲研、5/3 H棟1階123号室)

5/2は平日ということもあり、例年通り来場者が疎らで混雑する程には集まらなかった。理学研究科H棟は学生イベントの会場（共通教育棟周辺やグラウンド）から距離があること、阪大坂のキャンパス入り口から離れていることもあり、とりわけ石橋駅方面からの来場者にとっては当日に大学内で開催を知る機会がほとんどなかった。さらに、マジックミラーで囲まれたH棟は建物内部の様子が外からわかりにくいこともあり、柴原方面からの来場者にも気付かれずに通過されてしまう傾向があった。そこで祝日の5/3には、メインストリートに面したH棟正面入り口付近とA棟正面入り口付近に物理学専攻の企画についてまとめたA0のポスターを掲示した。さらに、A4サイズに印刷した内容紹介のビラをキャンパス内のあちこちで配り宣伝した。祝日であることに加えてポスター等による宣伝効果も手伝い、5/3には様々な年齢層の方々が多数（概算で200人以上）参加された。H棟1F玄関ホールとエレベータ前の会場で見学された方々に棟内の別会場の企画を紹介して誘導したり、その逆の順路で案内したりと、専攻内の企画者の間でも協力した。参加者は研究室公開やデモ実験の様子に興味深そうに観察されており、学生の説明を聞かれたり、質問される方も見られ、会場はたいへん賑わっていた。

（文責：村岡寛）

第14章 大阪大学オープンキャンパス(理学部)

2024年度の大阪大学理学部オープンキャンパスは8月7日(水)に、2023年度と同様に、「理学部見学会(研究室公開)」を対面で実施した。10時から16時を2時間ずつの3つの時間帯に分割し、それぞれで600名(来場者1名につき、同伴者1名のみ)の予約枠の事前予約制で実施した。結果として、総来場者数は約1500名であった。

各学科の「学科紹介」と「模擬授業」も2023年度を踏襲して、こちらは完全オンライン形式で実施した。8月8日(木)に「学科紹介」および、「女性のライフプラン：理系フロントランナーによる講演会・相談会」(Zoom使用)、8月9日(金)に「模擬授業」(Zoom, YouTube使用)が開催された。これらオンライン企画の参加者数は、8月8日の「学科紹介」と「女性講演会」でのべ約860名、8月9日の「模擬授業」でのべ約400名であった。

物理学科からは、

「学科紹介」 学科長 兼村晋哉 教授

「模擬授業」 「大学への物理：エントロピーとは何か」(波多野恭弘 教授)

で実施された。

また、「女性のライフプラン：理系フロントランナーによる講演会・相談会」において、物理学専攻の竹森那由多 准教授が、「答えのない問題への挑戦：私が理工系を選んだ理由とキャリア形成」というタイトルで講演を行った。

(文責：小田原厚子)

第15章 令和六年度の年間活動カレンダー

4月2日	入学式
4月3日	新入生オリエンテーション
4月10日	春学期授業開始
4月18日	物理学専攻教室会議(第400回)
5月2日－3日	いちょう祭
5月16日	物理学専攻教室会議(第401回)
6月11日	春学期授業終了
6月12日	夏学期授業開始
6月20日	物理学専攻教室会議(第402回)
7月18日	物理学専攻教室会議(第403回)
8月7日	夏学期授業終了(夏季休業8月8日－9月30日)
8月27－30日	大学院合同入試
9月26日	物理学専攻教室会議(第404回)
10月1日	秋学期授業開始
11月2日－4日	大学祭
10月17日	物理学専攻教室会議(第405回)
11月28日	物理学専攻教室会議(第406回)
12月2日	秋学期授業終了
12月3日	冬学期授業開始
12月6日	物理学専攻臨時教室会議(第407回)
12月19日	物理学専攻教室会議(第408回)
12月30日－1月3日	冬季休業
1月16日	物理学専攻臨時教室会議(第409回)
1月18日－19日	大学入学共通テスト
2月5日－7日	博士論文公聴会
2月7日	冬学期授業終了
2月12日－13日	修士論文発表会
2月21日	物理学専攻教室会議(第410回)
2月25日	入学試験(前期日程)
3月25日	卒業式
3月27日	物理学専攻教室会議(第411回)

第16章 物理学専攻における役割分担

＜物理学専攻＞

	令和六年度 担当者
専攻長（物理学専攻）	兼村
副専攻長	川畑、工藤
物理学教室会議 議長団	酒井、大塚、高田
物理学科長	兼村
専攻長（宇宙地球科学専攻）	＜波多野＞
大学院教育教務委員会	松野
大学院カリキュラム委員会	松野
大学院入試実施委員会	松野、越野
大学院入試説明会 WG	兼村、松野、細貝、豊田、保坂、千徳、＜寺田＞
物理学専攻・宇宙地球科学専攻入学案内資料作成	＜小高＞
前年度の年次報告書作成担当	上野
ネットワーク (ODINS) 管理	高田、川上
専攻 web 管理作成	佐藤（亮）
理学部教職員過半数代表委員	新見、佐藤（朗）
OCCS 化学薬品管理支援システム担当（物理学専攻スーパーバイザー）	蔣
OGCS 高圧ガス管理支援システム	蔣
IPC 運営委員会	越野◎、南條、＜保坂、Baiotti＞
図書委員	Slevin

＜物理学科＞

	令和六年度 担当者
学年クラス担任（2024 年度入学生）	新見（1 組）、＜増田＞（2 組）
学年クラス担任（2023 年度入学生）	＜西＞（1 組）、西岡（2 組）
学年クラス担任（2022 年度入学生）	青木（1 組）、＜湯川＞（2 組）
学年クラス担任（2021 年度入学生）	＜山中（千）＞（1 組）、工藤（2 組）

拡大物理学科教務委員会	工藤○、山口、増渕、竹森、小田原（物理学実験）、佐藤（亮）（共通教育講義）、吉田（共通教育実験）、＜住○、湯川、小高、横田、西、久富＞
3年生物理学生実験	花咲○、小田原、塩貝、大塚、＜久富、横田＞
生命理学コース運営・教務委員会	南條、＜住＞
1年生研修旅行	塩貝○、＜横田○＞
1年生研修旅行同行者	塩貝○、＜横田○＞、新見、＜増田＞（クラス担任）
能動性懇談会	青木
就職担当	青木
TA 担当 (理)	＜住＞
TA 担当 (共通教育)	三原、清水
TA 担当 (高度副プログラム)	豊田
物理学科出張講義	川畑
大阪大学理学部物理系同窓会	萩原○、豊田、花咲、鳴海、吉田、野海（核物理研究センター）、兼村（専攻長、常任幹事）

＜理学研究科・理学部＞

	令和六年度 担当者
研究科長・学部長	＜近藤＞
副研究科長	豊田、＜藤原○、久保、松野（健）、水谷、山口（浩）＞
企画調整会議	豊田、＜近藤、久保、松野（健）、水谷、山口（浩）、藤原、赤井、深瀬＞
専攻長	兼村、＜波多野＞
産学連携推進部	豊田○（副研究科長）
研究企画推進部会	豊田○（フォアフロント、副研究科長）、青木、萩原（先端強磁場）
共通機器管理部会	花咲、豊田（フォアフロント）
理学研究科ブロック・安全衛生管理委員会	大塚（専攻代表、電気・機械）、川畑（エックス線）、豊田（フォアフロント）、鳴海（先端強磁場）、＜久富＞
防災委員会	兼村（専攻長）、萩原（先端強磁場）、川畑（放射線取扱主任者）、豊田（副研究科長、フォアフロント）
防災班員（第2班：物理学専攻）	兼村（班長、専攻長）、川畑（副専攻長）、工藤（副専攻長）

いちょう祭実行ワーキンググループ	村川、河井（フォアフロント）
ネットワークシステム委員	高田、豊田（フォアフロント）、木田（先端強磁場）
web 情報委員会	佐藤（亮）
広報委員会	酒井、越野、豊田（フォアフロント）
オープンキャンパス小委員会	小田原、工藤（イベント担当）
SAP	鳴海◎、三原、工藤
理学研究科等ハラスメント相談員	小田原
理学研究科等 (S) ハラスメント対策委員会委員	竹森
国際交流委員会	越野
理学部入試委員会	兼村（専攻長、学科長）
理学部入試実施委員会（理学部 AO 入試実施委員会）	南條
学部教育教務委員会	工藤、山口、＜住、湯川＞
理学部プロジェクト教育実施委員会	西岡
学生生活委員会	工藤、青木
学生相談員	工藤、西岡
大学院入試委員会	越野、松野（大学院教育教務委員）、兼村（専攻長）
大学院教育教務委員会	松野
施設マネジメント委員会	新見◎、萩原（先端強磁場）、豊田（フォアフロント）
放射線取扱主任者	川畑
エックス線・放射線専門委員会	川畑
放射線安全委員会	川畑
情報資料室運営委員会	Slevin
フォアフロント研究センター運営委員会	豊田◎（フォアフロント、副研究科長）
構造熱科学研究センター運営委員会	花咲
社会学連携委員会	松野
理学懇話会運営委員会	兼村（専攻長）、萩原
先端強磁場科学研究センター運営委員会	萩原（先端強磁場）◎、花咲、松野、鳴海（先端強磁場）、豊田（フォアフロント）
選挙管理委員会	兼村（専攻長）、萩原（先端強磁場）
留学生担当教員	越野
高大連携委員会	川畑

◎は委員長（リーダー、責任者）、＜＞内は協力講座、他専攻、他部局

第17章 グループ構成(令和六年度)

グループ	研究テーマ
	正メンバー
	準メンバー
	大学院学生 学部4年生
素粒子理論 (兼村)	テーマ: 素粒子論的宇宙論、素粒子現象論
	正: 兼村晋哉、佐藤亮介、柳生慶 準: Shaoping Li
	D3: 片山兼渡、下田誠、村勇志 D2: RICARDO MIGUEL FLORENTINO D1: 谷口宙、山中拓夢、GUOHAO YING M2: 岩井喬也、田村竜一 M1: 益田竜馬、宮福太朗、LEONARD MILES HUMPHREY B4: 鈴木竜、丹羽友宏、根本貴大
素粒子理論 (大野木)	テーマ: 素粒子物理学、格子ゲージ理論、場の量子論
	正: 大野木哲也、田中実、深谷英則 準: 簡直人
	D3: D2: David Ward D1: 山岡起也 M2: 荒木匠 M1: 齋藤駆、所順也、山口雄大 B4: 藤岡李久、木村魁、後藤広樹、行恭平
素粒子理論 (西岡)	テーマ: 超弦理論、場の量子論、量子重力、数理物理、量子情報
	正: 西岡辰磨、山口哲、飯塚則裕 準: Dongsheng Ge、Nicolo Zenoni、Sunil Kumar Sake
	D3: 和田博貴 D2: 嶋守聡一郎 D1: 安藤恵一、藤村晴伸 M2: 東家聖、蓬郷修一朗 M1: 中山陽貴、前部屋敦、吉城諒平 B4: 足立凌、木村優斗、巖泰宇
原子核理論	テーマ: 高エネルギーハドロン物理学
	正: 浅川正之、赤松幸尚、広野雄士 準: 劉柏衡
	D3: NATHAN TOUROUX D2: D1: 北尾紫洸 M2: M1: 坂下陽亮、吉村源樹 B4: 瀧川摩耶、宮本太志、大和寛尚

青 木	テーマ: 素粒子実験物理学
	正: 青木正治、上野一樹、佐藤朗 準: 永井遼、板橋隆久、長尾大樹
	D3: SUN SI YUAN、東野祐太 D2: 宮滝雅己 D1: M2: 蔭山裕士、佐々木涼花、山田千尋 M1: 上田隼也、高見翔太、住村明紀 B4: 加島駿一、鶴飼絵里花、吉沢直道
川 畑	テーマ: 原子核の構造研究、一般化されたハドロン間相互作用研究、ニュートリノ欠損二重ベータ崩壊の探索、原子核物理学的手法を用いた物性研究
	正: 川畑貴裕、小田原厚子、吉田斉、清水俊、三原基嗣、古野達也 準: 福田光順、岸本忠史、下田正、南園忠則、松岡健次、梅原さおり、Anawat Rittirong
	D3: 福留美樹、坂梨公亮 D2: 戸田匡哉、高山元 D1: 田口諒、本多祐也 M2: 石谷壮史、坂上宗樹、西川隆博、宮原里菜、LIN YIFAN M1: 岡村拓実、下條暖人、高草元、野田健太、安田圭吾、谷川秀憲、前里奨太郎、松田基弥 B4: 井手駿伍、今井龍之介、田中玲奈、辻坂匡、堤智、松本朋也、山本峻也
南 條	テーマ: 高エネルギー物理学 (素粒子実験物理学)
	正: 南條創、増渕達也、廣瀬穰 準: 小寺克茂
	D3: 白石諒太, WICKREMASINGHE LAKMIN, MARIO GONZALEZ D2: 小野啓太、北川歩 D1: 荒木田陸斗、川田悠統、久郷莉奈 M2: 安藤彰洋、泉尾翼、片山舞、森岡樹 M1: 小川大樹、北野至、本間芽糸 B4: 石井耀、廣瀬祐、松田英晃

小 川	テーマ: 物性理論、開放系の量子力学、量子光学
	正: 小川哲生, 大橋琢磨 準: 越野和樹, 石川陽
黒 木	テーマ: 物性理論
	正: 黒木和彦、Keith Martin Slevin、金子竜也 準: 越智正之、白井秀知、相澤啓仁
越 野	D3: D2: D1: 梶昌孝 M2: 植田涼太、榎並龍太郎、神山周、高橋佑瑚、宮本英雄 M1: 工藤大輝、山田雄士 B4: 増山裕太、塚原龍之介、根岸春直、平林律紀、山田愛蘭
	テーマ: 物性理論
越 野	正: 越野幹人、川上拓人 準: 立石幾真、中辻直斗
	D3: LUKAS PRIMAHAATVA ADHITYA KRISNA、玉置弦 D2: 谷天太、山本和輝 D1: 城谷宇映 M2: 河邊潤、園悠希 M1: 奥村涼介、吉田大輝、内田丈翔 B4: 上見侑生、南川真輝
竹 森	テーマ: 物性理論、量子計算
	正: 竹森那由多
大 橋	D3: D2: D1: M2: M1: B4:
	テーマ: 物性理論
大 橋	正: 大橋琢磨
	D3: D2: D1: M2: M1: B4:

工 藤	テーマ: 超伝導体の物質開発
	正: 工藤一貴
	D3: D2: D1: M2: 浦矢郁人、岡宏大、韓成徳、菊池遊、眞崎世間 M1: 生島匠、上本凜太郎、田邊俊樹、中島海斗、野村健人、平岡耀登 B4: 河野成良
新 見	テーマ: 新奇ナノスケール物性の開拓とスピン流物理の学理の構築
	正: 新見康洋、高田真太郎、蔣男
	D3: 藤原浩司 D2: 中村瞭弥 D1: M2: 寒川雄斗、東原有、松本史弥、山口優陽 M1: 小野由喜、岸木克将、田端佑伍、二階堂夏海、山田和輝、YUNSEONG JANG、ZIJUN ZHOU B4: 徳田風人、中村敏貴、前田憲諒、山田優樹
豊 田	テーマ: 学際的質量分析学を拓くイオンの物理
	正: 大塚洋一 準: 豊田岐聡、〈兼松泰男〉、河井洋輔、古谷浩志、大須賀潤一、〈本堂敏信〉
	D3: D2: JIANZHONG WANG D1: MENGZE SUN M2: 濱口哲朗 M1: 角矢隆成、橘凜人、山田章太郎 B4: 中家壮司、阿曾沼凌雅
花 咲	テーマ: 強相関電子系の量子輸送現象
	正: 花咲徳亮、酒井英明、村川寛 準: 〈渡邊功雄〉
	D3: D2: D1: M2: 前田涼太、見里朝彦、源拓栄 M1: 田中健護、山下淳志 B4: 関本遼冴、寺元一真、戸崎洋輔、松林龍
松 野	テーマ: 強相関電子系の界面における物性物理学
	正: 松野丈夫、塩貝純一、上田浩平 準:
	D3: 堀惣介、KARL ERIK FRISCHMUTH D2: D1: M2: 石田一成、大森晟矢、田島悠輔、田中天、森祐輔 M1: 稲村健臣、越智菖、神田洸太、高藤大悟、田中智遍、吉田航 B4: 有蘭海斗、葛堀和也、安永暁哉

協力講座の学生	D3: 莊浚謙、岩中章紘、廣本政之、近藤亮太、RENDONG HU、高木悠司、ZHENZHE LEI、YUKI REA HAMANO D2: YITONG CHEN、JINYUAN DUN、YUBO WANG、MINH NHAT LY、TIANCHEN ZHANG、MUKUL KHANDELWAL D1: ZHAO HANG、松井昇大朗、西岡蒼矢、湯田秀明、大江海静、KAI WEN KELVIN LEE、佐藤新悟、富田幸宏、AHSANI HAFIZHU SHALI M2: 井村友紀、渡辺薫、西原快人、藤井聡志、岩崎遼大、小島陸、新正朋暉、井上祥、山下慧、唐木優河、松原広貴、山田龍弥、古川史也、小西優太、千田健一郎、ALIZADEH KASHTIBAN EHSAN、LEUL GETACHEW DEMILE、JAMES DANIEL BAUER、井上恭輔、西裕介、松木海登、小松伴行、奥田直樹、柳川颯斗、YAN BING、上野裕也、佐野弘明、ZHAO CONG、吉田桃大 M1: 石畑翔、板倉菜美、石田洸、市川龍、諏訪宏直、山口紘佳、PAN YUE、笹川陽平、柴北洋明、GUO WENHAO、JIANG XINYI、大谷洸葵、小寺智也、小山宗晃、坂本裕太、明松凜也、大村リョウ、XIAO HAN、佐藤穂有、中川元、齊木ゆきの、橋詰宗一郎、奥平悠佑、内藤圭祐、伊熊海斗、深見海斗、XIAOSHENG XING B4: YUAN KANGLE、岡本蓮太郎、高橋流ノ介、鈴木佑生丸、CHEN FENGYI、西岡翔、井上桃亮、佐藤壱哉、鷹羽虎太郎、伊藤秀帆、倉岡優
---------	---

【注1】 〈 〉 招へい教員

【注2】 協力講座は大学院生と学部4年生のみ記載