

令和五年度 (2023 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2023年度(2023年4月～2024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つつあります。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。2023年度から現在に至るまで、教授の定年退職や准教授、助教の転出もあり、多くの教員の方が新たに着任、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	8
1.3 南條グループ	38
1.4 工藤グループ	46
1.5 新見グループ	50
1.6 豊田グループ	57
1.7 花咲グループ	64
1.8 松野グループ	73
1.9 素粒子理論グループ	78
1.10 原子核理論グループ	98
1.11 強相関電子論グループ	103
1.12 黒木グループ	104
1.13 越野グループ	114
第2章 受賞と知的財産	122
第3章 学位論文	126
3.1 修士論文	126
3.2 博士論文	130
第4章 教育活動	132
4.1 大学院授業担当一覧	132
4.2 学部授業担当一覧	145
4.3 共通教育授業担当一覧	148
4.4 物理学セミナー	152
第5章 物理談話会	153
第6章 学生の進路状況など	154
6.1 学部卒業生の進路	154
6.2 博士前期課程修了者の進路	155
6.3 International Physics Course (IPC) 前期課程修了者の進路	156
6.4 博士後期課程修了者の進路	156
6.5 学生のインターンシップ参加	157

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」	158
7.1 プログラムの目的	158
7.2 プログラムの概要・特徴	158
7.3 令和5年度の活動	159
第8章 理数オーナープログラム	162
8.1 令和5年度活動概観	162
8.2 オナーセミナー	163
8.3 自主研究と発表会	164
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	166
8.5 オナープログラム参加者の活動記録	166
第9章 国際化推進事業	168
9.1 International Physics Course (IPC)	168
第10章 大学院等高度副プログラム	170
10.1 プログラムの目的	170
10.2 基礎理学計測学	170
第11章 国際交流活動	172
11.1 目的	172
11.2 活動の内容	172
11.3 海外から阪大への来訪者	172
11.4 海外研究機関との交流	173
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	173
11.6 部局間学術交流協定	174
11.7 その他	175
第12章 湯川記念室	176
12.1 令和5年度活動概観	176
12.2 湯川記念講演会	176
12.3 南部コロキウムの共催	177
12.4 SAPの後援	178
12.5 塩見記念室英語版ホームページの制作	178
第13章 社会活動	179
13.1 物理学出張講義の記録	179
13.2 最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2023	182
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	185

第 14 章 大阪大学オープンキャンパス (理学部)	186
第 15 章 令和五年度の年間活動カレンダー	187
第 16 章 物理学専攻における役割分担	188
第 17 章 グループ構成 (令和五年度)	191

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

暗黒物質や暗黒エネルギー、軽いニュートリノ質量、物質優勢宇宙など、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。

令和五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いるが、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。この過程が発見されれば宇宙・素粒子研究が大きくブレークスルーするだろう。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 では、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) を設置して、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。

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 の組み立てと DS 鉄ヨークの加工を行った [青木]。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]。

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。今年度は特に、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。このために、実機 CDC を利用した宇宙線試験を実

施し、信号波形パラメータの評価を行った。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]。

昨年度から引き続き、オーストラリア・モナシュ大学、九州大学と共同で CTH の開発を進めた [佐々木、上野、青木]。CTH の粒子検出部であるプラスチックシンチレータの評価や品質管理を進め、さらに実機モジュールの組み上げを開始した。この実機モジュールの最終性能評価としてスイス PSI にて荷電粒子ビームを利用した試験を行い、十分な粒子識別能力を持つことを確かめた。一方で実機組み上げ時の手法によりシンチレータの光量にばらつきがあることがわかり、その改善を進めることができた。更なる詳細解析や実機モジュール改良は継続進行中である [佐々木、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。昨年度までの結果より、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たため、冷却システムの開発を進めていた。今年度は、実機に向けた詳細デザイン、試作機製作を行い、冷却性能評価を行い、目標性能である約-40 C° まで達成できることを確認した [佐々木]。

また、CTH と CDC からの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た [宮滝、山田、上野]。実機に回路を複数枚接続した状態で通信安定性試験を実施し、問題点の洗い出しを行った。さらに通信用小モジュールを開発し、その実装および試験を進めているところである [山田]。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進めた。現在はそれをもとに NN の最適化をはじめたところであり、今後実際のトリガー回路に実装する予定である [宮滝]。

さらに、COMET Phase-I 実験で使用するビーム診断のための検出器 (ストロートラッカー) の建設を進め、さらにその信号の読み出し、処理を行う回路開発を概ね完了させた。最終評価を現在進めているところである [上野]。

2023 年 2-3 月に実施されたミュー粒子輸送ソレノイドを用いたビーム試験 (COMET Phase- α) の詳細解析を進めた。COMET Phase- α では、 $\mu^\pm$ 、 $\pi^\pm$ 、 $e^\pm$ などが分離されない状態でビームラインから飛来する。この状態のビームから μ^- の運動量分布のみを測定す

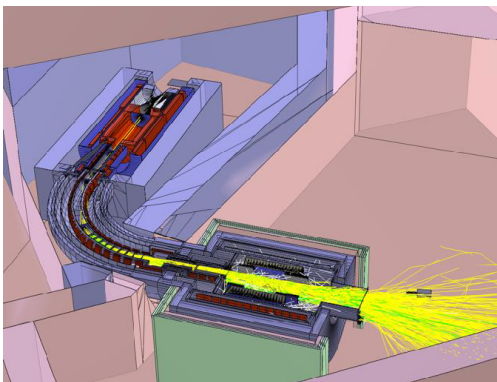


図 1.1: COMET Phase-I 実験

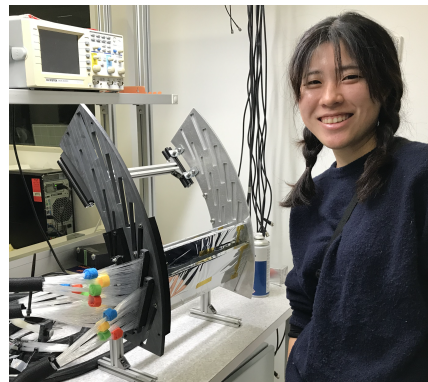


図 1.2: CTH 実機モジュールの組み立て

るため、物質中での寿命の違いを利用して μ^- の運動量分布のみを測定できるレンジカウンターシステムを開発したが、この詳細性能評価を進めた [栗林、上野、青木]。現在この評価はほぼ完了しており、この結果を用いることで、COMET Phase- α の最終結果をまとめる予定である。

また、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並行して進めている [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 核物理研究センターのミュオン施設 MuSIC の再稼働に向け、ミュオン生成装置を構成する超伝導ソレノイド電磁石の不具合復旧作業を進めた。宇宙線ミュオン起因の半導体ソフトエラーのメカニズム解明を目指して、ミュオン原子核捕獲による生成核種の生成率測定、及び宇宙線中の低エネルギー負ミュオンのフラックス測定を遂行した。スイス PSI グループとの国際共同研究では動作中のリチウムイオン電池等のキャリア元素分布を 3 次元的に測定する装置を開発し、企業との共同研究においては宇宙線ミュオンによる製鉄所高炉の内部調査を行った [佐藤]。

学術雑誌に出版された論文

Online Machine-Learning-Based Event Selection for COMET Phase-I

Masaki Miyataki^d, Kazuki Ueno^s, Hisataka Yoshida^s *et al.*

Phys. Sci. Forum **8** () (2023) 32

(<http://doi.org/10.3390/psf2023008032>).

Measurements of ordinary muon capture rates on ^{100}Mo and natural Mo for astro-antineutrinos and double- β decays

Akira Sato^s *et al.*

Phys. Rev. C **108** (1) (2023) 014618

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevC.108.014618>).

Non-Destructive Determination of Bulk Elemental Composition of a Japanese Bronze Coin using Negative Muon

Akira Sato^s *et al.*

Open Access Journal of Archaeology and Anthropology **5** (2) (2023)

(<http://doi.org/10.33552/OAJAA.2023.05.000608>).

Development of wide range photon detection system for muonic X-ray spectroscopy

Akira Sato^s *et al.*

Nucl. Instrum. and Methods in Phys. Res. Sec. A **1060** () (2023) 169029

(<http://doi.org/10.1016/j.nima.2023.169029>).

国際会議報告等

FPGA-based detector with SiC sensing for real-time monitoring of muon beams: A preliminary report of the SCIBER-1 system in COMET Phase- α

Yoon Jongkwan*, Kazuki Ueno^s *et al.*

(2023) 35-40.

HEART 2023: The International Symposium on Highly Efficient Accelerators and Reconfigurable Technologies 2023 (Jun. 2023, 参加者数約 200 名), Japan.

Emissions of Hydrogen Isotopes from the Nuclear Muon Capture Reaction in ^{nat}Si

Seiya Manabe*, Akira Sato^s *et al.*

EPJ Web of Conferences **284** (2023) 01029(4).

15th International Conference on Nuclear Data for Science and Technology (ND2022) (July. 2022, 参加者数約 500 名), Remote.

国際会議における講演等

Development of Japanese-style cosmic-ray muon detector for outreach and education

Kazuki Ueno^{s*}

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

High purity and high brightness muon beam for next generation muon-electron conversion experiments

Akira Sato^{s*}

The 24th International Workshop on Neutrinos from Accelerators (NuFACT 2023) (at Seoul, Aug. 21-26, 2023, 参加者数約 100 名)

Status of the DeeMe experiment to search for the muon to electron conversion at J-PARC MLF

Yuya Higashino^{d*}

The 24th International Workshop on Neutrinos from Accelerators (NuFACT 2023) (at Seoul, Aug. 21-26, 2023, 参加者数約 100 名)

AI-related topics in COMET

Kazuki Ueno^{s*}

AI-Smart x Trigger KickOff Workshop (at Tsukuba, Sep. 25-26, 2023, 参加者数約 30 名)

A study on online event selection using a neural network implemented on FPGA in the COMET Phase-I

M. Miyataki^{d*}

AI-Smart x Trigger KickOff Workshop (at Tsukuba, Sep. 25-26, 2023, 参加者数約 30 名)

The COMET experiment

Masaharu Aoki^{s*} (invited)

Fourth International Workshop on Extension Project for the J-PARC Hadron Experimental Facility (HEF-ex 2024) (at Tokai, Feb. 21, 2024, 参加者数約 176 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

ミューオン素粒子物理の将来

上野 一樹^{s*}

研究会「J-PARC の将来について考えよう」(於 J-PARC、2023 年 4 月 10 日)

COMET Phase-I CyDet トリガーシステムの開発状況

宮滝 雅己^{d*}, 上野 一樹^s, 山田 千尋^m, 吉田 学立^s

日本物理学会 第 78 回年次大会 (2023 年) (於 東北大学、2023 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

COMET Phase-I CyDet トリガーシステムの性能評価

山田 千尋^{m*}, 上野 一樹^s, 宮滝 雅己^d, 吉田 学立^s

日本物理学会 第 78 回年次大会 (2023 年) (於 東北大学、2023 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

COMET Phase-I CyDet システムの準備状況について

吉田 学立^{s*}, 青木 正治^s, 上野 一樹^s, 佐藤 朗^s, Sun Siyuan^d, 蔭山 裕士^m, 他 COMET-

CyDet グループ

日本物理学会 第78回年次大会（2023年）（於 東北大学、2023年9月16日 – 9月19日）

COMET Phase-I CDC 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, 吉田 学立^s, 他 COMET-CDC グループ
日本物理学会 第78回年次大会（2023年）（於 東北大学、2023年9月16日 – 9月19日）

COMET Phase- α に用いるレンジカウンターの研究開発

栗林 志恩^{m*}, 青木 正治^s, 上野 一樹^s, 吉田 学立^s
日本物理学会 第78回年次大会（2023年）（於 東北大学、2023年9月16日 – 9月19日）

Realistic Detector Response Simulation of COMET Cylindrical Drift Chamber

Sun Siyuan^{d*}, Masaharu Aoki^s, Masaki Miyataki^d, Akira Sato^s, Kazuki Ueno^s, Hisataka Yoshida^s, Chihiro Yamada^m and the COMET-CDC Group
日本物理学会 第78回年次大会（2023年）（於 東北大学、2023年9月16日 – 9月19日）

原子スイッチ FPGA の加速器実験応用の検討

上野 一樹^{s*}
日本物理学会 第78回年次大会（2023年）（於 東北大学、2023年9月16日 – 9月19日）

J-PARC MLF H ラインにおける μ -e 転換過程探索実験 DeeMe の現状

東野 祐太^{d*}, 青木 正治^s, 長尾 大樹^s
日本物理学会 第78回年次大会（2023年）（於 東北大学、2023年9月16日 – 9月19日）

COMET Phase-I 計測システムの開発状況

吉田 学立^{s*}
計測システム研究会 2023@RCNP（於 RCNP、2023年11月20日 – 11月21日）

COMET Phase-I CyDet トリガーシステムの性能評価

山田 千尋^{m*}
計測システム研究会 2023@RCNP（於 RCNP、2023年11月20日 – 11月21日）

ミューオン稀崩壊探索実験の現状と展望

上野 一樹^{s*}
素粒子物理の今と未来（於 KEK、2023年12月21日 – 12月23日）

COMET 実験トリガー検出器の性能評価

佐々木 涼花^{m*}
第30回 ICEPP シンポジウム（於 志賀レークホテル、2024年2月18日 – 2月21日）

熱中性子による FPGA の Single Event Upset山田 千尋^{m*}

第 30 回 ICEPP シンポジウム（於 志賀レークホテル、2024 年 2 月 18 日 – 2 月 21 日）

Detector Response Study for Cylindrical Drift ChamberSun Siyuan^{d*}, Masaharu Aoki^s, Akira Sato^s, Kazuki Ueno^s, Hisataka Yoshida^s and the COMET-CDC Group

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

シミュレーションデータを用いた COMET Phase-I CyDet トリガーシステムの性能評価宮滝 雅己^{d*}, 上野 一樹^s, 吉田 学立^s, Sun Siyuan^d

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

COMET 実験で用いられるトリガー検出器の性能評価佐々木 涼花^{m*}, 上野 一樹^s, 栗林 志恩^m

日本物理学会 2024 年春季大会（於 オンライン、2024 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 の現状 (2)東野 祐太^{d*}, 青木 正治^s, 長尾 大樹^s

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

シミュレーションデータを用いた COMET Phase-I CyDet トリガーシステムの性能評価宮滝 雅己^{d*}, 上野 一樹^s, 吉田 学立^s, Sun Siyuan^d

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

COMET Phase-I に向けた CyDet トリガーシステムの統合試験山田 千尋^{m*}, 上野 一樹^s, 宮滝 雅己^d, 吉田 学立^s

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

COMET Phase- α に用いるレンジカウンターの研究開発栗林 志恩^{m*}, 青木 正治^s, 上野 一樹^s, 吉田 学立^s

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

COMET Phase-I CyDet System のための Slow Control System の開発状況蔭山 裕士^{m*}, 青木 正治^s, 上野 一樹^s, 他 COMET-CyDet グループ

日本物理学会 2024 年春季大会（於 オンライン、2024 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

令和五年度の研究活動概要

α 凝縮状態の探索

原子核では、核内において ${}^4\text{He}$ の原子核である α 粒子が析出し原子核の構成単位として振る舞う α クラスター状態の存在が知られている。ボソンである α クラスターが同一の最低エネルギー軌道に凝縮すると、ボーズ・アインシュタイン凝縮と類似の α 粒子の凝縮状態が発現すると期待される。この α 凝縮状態は通常の原子核と比べて約 $1/5$ の低密度であると考えられており、これは通常の原子核密度が飽和密度でほぼ一定であることと比較して大変興味深い現象である。 α 凝縮状態は ${}^{40}\text{Ca}$ までの自己共役な $A = 4k$ 核において存在すると理論的に予言されているが、その存在が確立しているのは ${}^8\text{Be}$ と ${}^{12}\text{C}$ の2核種のみである。そこで、我々は ${}^{24}\text{Mg}$ における α 凝縮状態の探索を実施した。

α 凝縮状態は、異なる核の凝縮状態間の波動関数の重なりが大きいために軽い核の α 凝縮状態を経由して崩壊すると期待される。そこで、本研究では ${}^{12}\text{C} + {}^{12}\text{C}$ 反応を用いて ${}^{24}\text{Mg}$ の励起状態を生成し、 α 凝縮状態とされる ${}^{12}\text{C}$ の 0_2^+ 状態を経由して6つの α 粒子へと崩壊する事象を探索した。

測定は日本原子力研究開発機構タンデム加速器施設にて行った。 ${}^{12}\text{C}$ ビームのエネルギーを $E_{\text{beam}} = 35\text{--}50$ MeV の範囲で変化させつつ、 ${}^{24}\text{Mg}$ の励起エネルギー $E_x = 31.4\text{--}38.9$ MeV を走査し、放出された荷電粒子を大面積 Si 検出器アレイ「SAKRA」を用いて検出した。SAKRA 検出器からの出力信号は FADC を用いて波形を取得し、波形解析により粒子識別を行った。そして、検出された α 粒子について、3粒子の不変質量を決定して ${}^{12}\text{C}$ の 0_2^+ 状態を経由して崩壊した事象を同定した。その結果、理論計算により α 凝縮状態が現れると期待されている $E_x = 33.4$ MeV 付近に ${}^{12}\text{C}$ の 0_2^+ 状態を経由して崩壊する状態を発見した。この状態のスピン・パリティ (J^π) を決定することは出来なかったが、この状態は ${}^{24}\text{Mg}$ における 6α 凝縮状態の候補であると考えられる。また、 $E_x = 36.4$ MeV には、2つの ${}^{12}\text{C}$ の 0_2^+ 状態を経由して6つの α 粒子へと崩壊する $J^\pi = 2^+$ と 4^+ の状態を発見した。これらの状態は、 6α 凝縮状態において α 粒子の相対運動が励起した状態だと考えられる。この研究成果をもとに大学院生が博士論文を執筆するとともに、学術雑誌に論文 [Physics Letters B 848, 138384 (2024)] を投稿した。

${}^4\text{He}$ の光分解反応の測定

$E_\gamma = 20\text{--}30$ MeV の γ 線による ${}^4\text{He}$ の光分解反応は、超新星爆発における軽い元素合成の過程を理解する上で重要である。重力崩壊型超新星爆発の過程で放出されるニュートリノは、星の表面付近で ${}^4\text{He}$ を分解する反応をきっかけにリチウムやベリリウムなどの軽元素を生成する反応を引き起こすと考えられている。この合成過程を理解するためには、数 10 MeV 程度のエネルギーを持った超新星ニュートリノによる ${}^4\text{He}$ 分解反応の断面積が必要になる。一般に、ニュートリノによる原子核分解反応を精度良く測定することは困難である

が、反応様式の類似性を利用することで、原子核の光分解反応の測定からニュートリノ原子核反応断面積を得る事が可能である。

これまでも ^4He の光分解反応について精力的な測定がなされてきたが、報告されている断面積とそのエネルギー依存性には大きな不定性が残されており、高精度の実験データが求められている。多くの先行研究によれば、光分解反応断面積の吸収光子エネルギー依存性は、2 体崩壊の閾値エネルギーである $E_\gamma = 20 \text{ MeV}$ 付近から単調に増加し、 $E_\gamma = 25 \text{ MeV}$ 付近に巨大共鳴に起因するピーク構造を持つという傾向をもつと考えられている。しかし、2000 年代に入り、アクティブ標的を用いた測定により全く異なるエネルギー依存性をもつとするデータが報告されたため、アクティブ標的を用いた新しい測定が求められていた。

そこで、我々は MAIKo アクティブ標的を開発し、兵庫県立大高度産業科学技術研究所のニュースバル放射光施設において測定を実施した。 He ガスで満たした MAIKo アクティブ標的に準単色の逆コンプトン γ 線を入射させ、 γ 線のエネルギーを変更しながら ^4He 光分解反応の 2 つの崩壊チャンネル ($p+t$ と $n+^3\text{He}$) について系統的な測定を行った。その結果、光分解反応断面積はいずれの崩壊チャンネルにおいても $E_\gamma = 25 \text{ MeV}$ 付近で最大となることを明らかにした。そして、その成果を *Physical Review C* **107**, 064317 (2023) とし て公表した。

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

宇宙において ^{12}C 原子核はトリプルアルファ (3α) 反応によって合成される。通常、 3α 反応は励起エネルギーが 7.65, 9.64, 9.84 MeV の 3α 共鳴状態がガンマ崩壊することで進む。しかし超新星爆発の高密度環境下では、 3α 共鳴状態が周辺の中性子と発熱散乱を起こすことでも脱励起され、 3α 反応率が数十倍も増大されることが近年の理論計算によって示唆されている。高密度環境下での 3α 反応率を決定するためには、10 MeV 程度の中性子と ^{12}C が非弾性散乱を起こして、 3α 共鳴状態へ励起される散乱断面積を測定する必要がある。しかし、この散乱では測定すべき 3α 共鳴状態からの崩壊 α 粒子のエネルギーが 100 keV 程度と極めて低いため、その検出が困難である。

我々は低エネルギー α 粒子の検出を実現するためのアクティブ標的 MAIKo+の開発に取り組んでいる。MAIKo+は、荷電粒子の飛跡を 3 次元的に捉えることができるガス検出器である。この検出ガスを散乱の標的として用いて、散乱を検出器内部で測定することで検出閾値を下げるができる。これまでに実施したテスト実験から、検出器のガス増幅率が十分でないため、 α 粒子の検出効率が 100%でないことが判明した。そこで 2023 年度にガス電子増幅器 (GEM) を 1 枚から 2 枚に増加して、ガス増幅率の向上を図った。 α 線源を用いた測定では、GEM1 枚に比べて、増幅率が 3–4 倍となっていることを確認した。2024 年度に 14 MeV 中性子施設 OKTAVIAN で改良した MAIKo+のテスト実験を実施する。その後、東北大学 RARIS において 10 MeV 付近の中性子ビームを用いて本実験を実施する予定である。

MAIKo+では、荷電粒子の飛跡を XY, ZY 平面に射影した 2 枚の画像データが得られる。この画像データには、 3α 共鳴状態が 3 つの α 粒子に崩壊した事象に加えて、中性子ビームが標的ガス中の水素と散乱したバックグラウンド事象も含まれるため、これらを区別する必要がある。現在、この事象選別を行う機械学習アルゴリズムの開発にも取り組んでいる。画

像認識の機械学習では、識別率を高めるためには膨大な数のパラメータを最適化する必要があるため、大阪大学のスーパーコンピュータ SQUID の利用を検討している。

$^{59}\text{Cu} + p$ 反応率の決定

X線バーストは恒星と中性子星の連星系で、恒星から中性子星に降着するガスが一定量を超えて爆発的な核融合反応が起こった際に観測される。X線バーストの光度曲線の形は中性子星の物性を理解する上で重要な観測量である。光度曲線を計算する際にはX線バーストで起こる様々な核反応の反応率を入力としているため、これらを実験的に決定する必要がある。特に $^{59}\text{Cu} + p$ 反応は rp プロセス内の Ni-Cu サイクル内の核反応であるため、最も光度曲線に影響を及ぼす反応である。我々は $^{59}\text{Cu} + p$ 反応を実験的に決定することを目指している。この反応は ^{60}Zn の励起エネルギーが $E_x = 5.5\text{--}6.9$ MeV の共鳴状態を経由して進むため、共鳴状態の励起エネルギー、スピン・パリティ、崩壊部分幅を決定する必要がある。

我々は大阪大学核物理研究センター (RCNP) において、25 MeV の ^3He ビームを用いて $^{58}\text{Ni}(^3\text{He}, n)$ 反応を測定した。図 1.1 に得られた実験室系 0° の ^{60}Zn 励起スペクトルを示す。観測された共鳴状態の微分断面積の 1 例 ($E_x = 7.1$ MeV) を図 1.2 に示す。実験で得られた微分断面積を理論計算と比較し、スピン・パリティの決定を行った。

理論計算では、 ^{58}Ni , ^{60}Zn の波動関数を殻模型コード NushellX を用いて計算した。 $(^3\text{He}, n)$ 反応の断面積は歪曲波ボルン近似計算によって得た。様々なスピン・パリティを仮定して計算した断面積を実験データと比較することで、7.1 MeV 状態のスピン・パリティを 0^+ と決定することができた。今回の解析では、既知のスピン・パリティを正しく再現 (図の赤矢印の状態) できたことに加えて、新たに 3 つの状態 ($E_x = 6.4, 6.6, 7.1$ MeV) のスピン・パリティを決定することができた。

X線バーストの光度曲線を理解するには、スピン・パリティに加えて、共鳴状態の崩壊幅も測定する必要がある。現在は RCNP において崩壊粒子を同時測定する実験を計画中である。

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に近い励起エネルギーやスピン・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 2 つの大きな実験を行った。まず、毎秒 100 個程度の不安定核原子の超微細構造を決定するレーザー分光法の開発として、安定核 ^{23}Na を用いたテスト実験を 2023 年 7

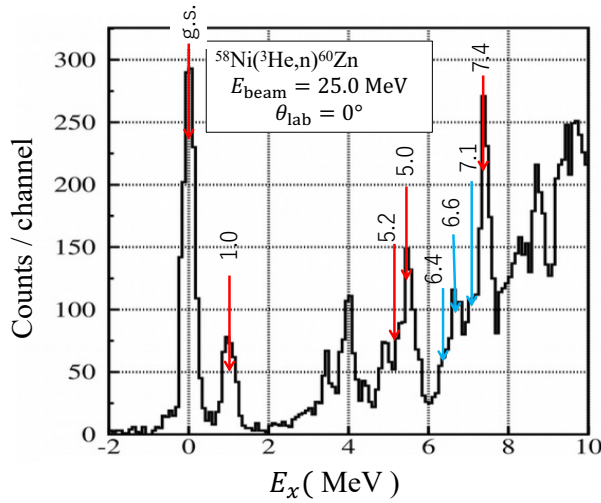
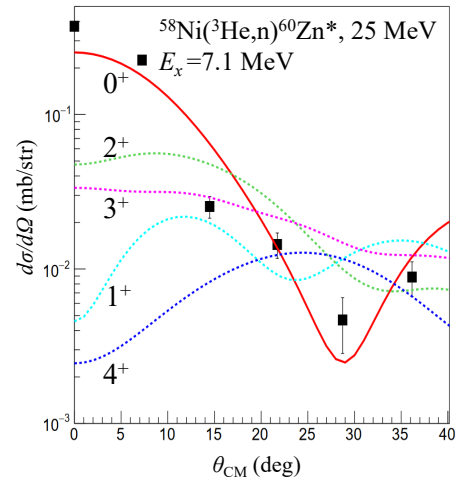
図 1.1: ^{60}Zn 励起スペクトル。

図 1.2: 7.1 MeV 状態の微分断面積。

月に実施した。その結果、改良すべき点が明らかとなり、さらなるビームラインの開発方針を決定することができた。

2つ目として、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た。TRIUMF 側と進めたビームラインなどの開発により、約 15% という高偏極度を達成することができた。この高偏極度のスピン偏極 ^{33}Mg ビームを用い、この核の β 崩壊より中性子過剰な ^{33}Al 核の構造解明実験を 2023 年 12 月に実施した。中性子過剰核であるため、 β 崩壊後すぐに中性子を放出する確率も増加する。そこで、 β 線と γ 線に加えて中性子も測定した。新たに開発した正六角形の中性子検出器を使用し、また、数十 keV から約 200 keV の低エネルギー中性子を検出するためにリシウムガラス・シンチレーターを新たに導入した。現在、博士前期課程の学生がデータ解析中であり、速報として、国際会議 gamma24 でポスター発表を行い、審査員賞を受賞した。また、学部 4 年生が低エネルギー中性子のデータ解析の途中経過を卒業論文にまとめた。

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 過程で中性子捕獲と β 崩壊を繰り返しながら質量数 230 あたりの原子核へと至る経路上にある重要な原子核であるが、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 RI ビームファクトリで、生成限界近傍の原子核のベータ崩壊とアイソマー探査を行う国際共同研究 EURICA プロジェクトの一つとして実施した。

この実験データ解析の結果として、中性子過剰な ^{141}I 核と ^{143}I 核の β 崩壊による ^{141}Xe 核と ^{143}Xe 核の崩壊様式を決定した。その結果、陽子が 53 個の親核 ^{141}I 核と ^{143}I 核の形は球形であるが、陽子が 54 個の娘核 ^{141}Xe 核と ^{143}Xe 核は中性子数が 87 個から 89 個へ増加するにつれて、レモン型変形が大きくなっていく様子が明らかになった。博士後期課程の学生がこの一連の研究成果を博士論文にまとめ、現在、投稿論文を執筆中である。また、国

際会議 gamma24 でこの結果をポスター発表し、審査員賞を受賞した。

CANDLES によるニュートリノレス二重ベータ崩壊の探索

CANDLES 実験では ^{48}Ca を含む CaF_2 結晶を用いた $0\nu\beta\beta$ 探索に取り組んでいる。主なバックグラウンドとして、結晶内不純物に起因する $^{212}\text{Bi} \rightarrow ^{212}\text{Po} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$ の連続崩壊 ($^{212}\text{BiPo}$) 信号が探索感度を悪化させていた。これまでは、崩壊時間差のフィッティングと波形の粒子識別解析による除去を行っていたが、短い時間差での崩壊信号を正しく除去することができず、これに対応する新たな手法が必要となった。機械学習 (Convolutional Neural Network) の手法を新しく導入し、 $^{212}\text{BiPo}$ 事象を行った。結果を図 1.3 に示す。機械学習の出力である、事象の時間差と事象数の関係を示しており、 $\beta\beta$ 事象のエネルギー領域である 3.5 MeV 以上の事象において、時間差が 0 ch の事象と 1 ch (2 nsec) 以上の事象を識別できていることを示している。事象を除去することで、 $^{212}\text{BiPo}$ 事象除去効率が 99.4% となった。この除去を行った後に予想される事象数を図 1.4 に示す。横軸が CANDLES III 検出器で用いている結晶の数、縦軸が残ると期待される $^{212}\text{BiPo}$ 事象数である。比較的不純物の多い結晶を含む全結晶 93 個を使った 782 日のデータに対して、 $^{212}\text{BiPo}$ 事象数が 1 カウント程度と、バックグラウンドフリー環境が実現できると期待される。

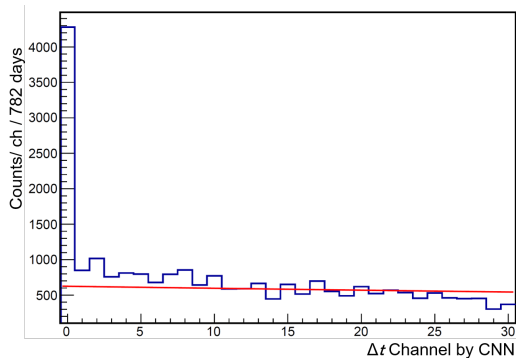


図 1.3: $^{212}\text{BiPo}$ 候補事象の時間差（機械学習の出力）分布

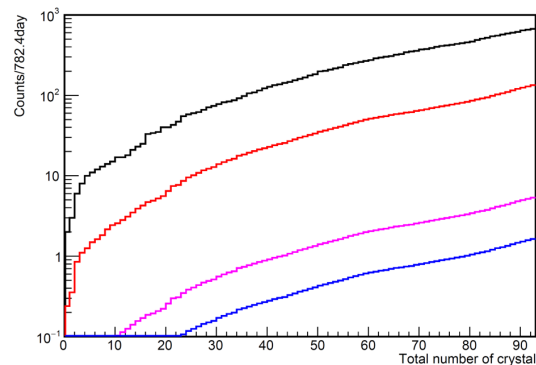


図 1.4: 機械学習と粒子弁別による $^{212}\text{BiPo}$ 事象の除去を行った後に予想される事象数

長寿命核異性体 $^{180\text{m}}\text{Ta}$ の半減期測定

原子核が励起した状態である核異性体は γ 線を放出して基底状態に遷移するが、様々な核異性体の中で $^{180\text{m}}\text{Ta}$ は基底状態への γ 崩壊や $\beta(\text{EC})$ 崩壊もスピン差により厳しく制限されるため、極めて長い半減期を持つ。これまでの研究では、半減期の下限値 (4.5×10^{16} 年) のみが与えられていた。

長寿命核の半減期測定のためには、崩壊事象の発生頻度が極めて少ないので極低バックグラウンド環境下での測定と、正確な検出効率の評価が重要になる。神岡地下実験施設に設置された HPGe 検出器を利用し、 $^{180\text{m}}\text{Ta}$ の線のエネルギースペクトルを解析し、 $^{180\text{m}}\text{Ta}$ の β

崩壊と軌道電子捕獲の半減期を測定した。測定試料として、質量 848.1 g の天然タンタル試料 (自然存在比 ^{181}Ta :99.89%, $^{180\text{m}}\text{Ta}$:0.012%) を使用し、HPGe 検出器の周りを囲うように設置して、約 350 日間の測定を行った。検出効率の評価方法については測定に用いたタンタル試料と同じ形状のタンタル試料を中性子線源 (^{252}Cf) を使用して放射化し、試料中に一様に放射性核種 ^{182}Ta (半減期 114.4 日) を生成した。この放射化タンタル試料内の ^{182}Ta の放射能を定量評価し、タンタル試料内から放出される ^{182}Ta 由来で $^{180\text{m}}\text{Ta}$ と同じエネルギー領域の γ 線 (100–265 keV) を測定することで、実験的に HPGe 検出器の検出効率を評価した。また、波形解析を行うことでバックグラウンドの低減を行った (図 1.5)。

測定では $^{180\text{m}}\text{Ta}$ からの有意な γ 線は観測されなかったため、半減期の下限值 3.1×10^{17} 年を評価し、本測定開始時の最高感度の測定結果を更新することができた。

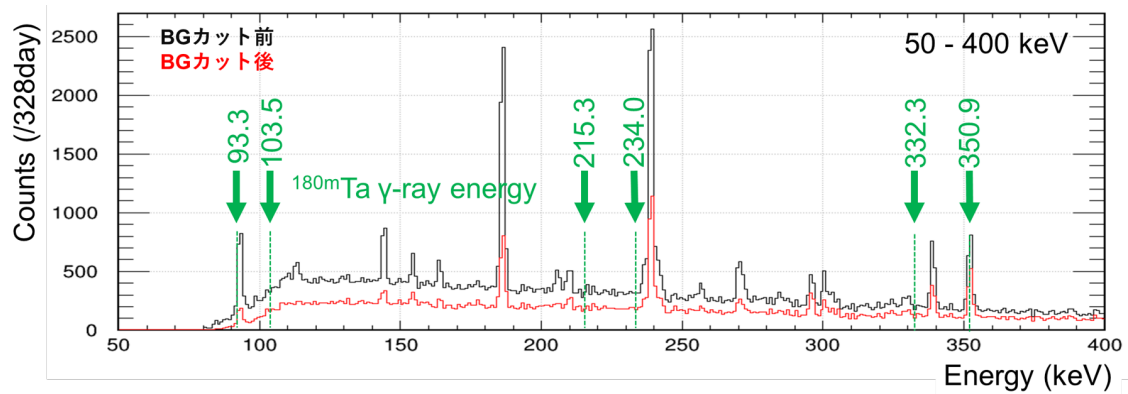


図 1.5: HPGe 検出器によって測定された天然 Ta 試料のエネルギースペクトル測定結果。ピークとして観測されているのは環境 (主として HPGe 検出器の構造体に含まれる放射性不純物) 由来の γ 線バックグラウンド事象である。 $^{180\text{m}}\text{Ta}$ の崩壊により放出される γ 線エネルギーにはピークは観測されず、半減期の下限値を得た。

レプトン普遍性の破れ探索

J-PARC E36 実験で収集したデータの解析を進めている。この研究は、荷電中間子 K^+ から発生する $K^+ \rightarrow e^+\nu$ (K_{e2}) 崩壊と $K^+ \rightarrow \mu^+\nu$ ($K_{\mu2}$) の分岐比の比 $R_K = \Gamma(K_{e2})/\Gamma(K_{\mu2})$ を測定することで、レプトン普遍性の破れを探索している。実験は、J-PARC 施設で生成された K^+ ビームを、超伝導トロイダル電磁石の中心部分に設置したアクティブ標的に静止させる静止 K^+ 法を採用している。 K^+ 崩壊によって生じた e^+ と μ^+ は、電磁石によって運動量が測定される。粒子の飛跡は C1-C4 のトラッキング系で決定し、粒子識別は TOF 測定、AC チェレンコフ検出器、鉛ガラスチェレンコフ検出器で行った。 K^+ 崩壊から生じるガンマ線は、静止標的の回りを囲むように設置された 768 本の CsI(Tl) モジュールで構成されるカロリメータと磁石の外に置かれた鉛プラスチック検出器 (GSC) で観測された。 R_K の決定には、構造依存放射と呼ばれる終状態にガンマ線を含む崩壊チャンネル $K^+ \rightarrow e^+\nu\gamma$ ($K_{e2\gamma}$) がバックグラウンドになり、差し引く必要用がある。CsI(Tl) と GSC

検出器を用いた $K_{e2\gamma}$ 解析は既存の実験データ (KLOE) と大きく乖離している結果が得られ、これらの成果を Physics Letters B **843**, 138020 (2023) として発表した (図 1.6)。これらの結果が R_K に与える影響が注目されている。

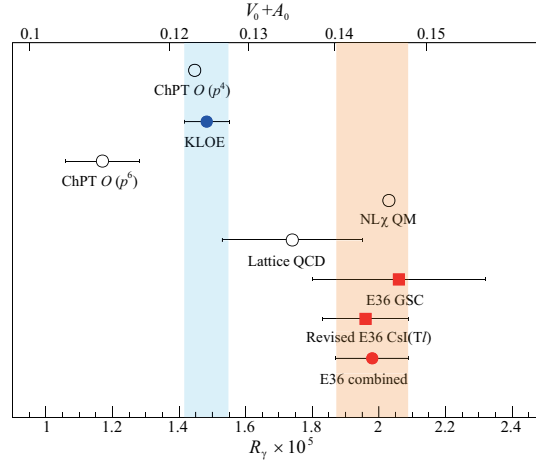


図 1.6: E36 実験結果とその他の研究結果との比較。Lattice QCD と $NL\chi QM$ 計算とは一致しているが、ChPT 計算や KLOE 結果とは大きな差がある。

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。

荷電変化断面積 (σ_{cc}) は、入射核の陽子数が変化する全断面積として定義され、陽子分布半径をプローブできる物理量として注目されている。我々の最近の研究結果から、 σ_{cc} は必ずしも陽子分布だけで決まっているわけではなく、中性子剥離反応に起因する荷電粒子蒸発効果の重要性が明らかとなった。ただし、中性子過剰領域では大きな陽子結合エネルギーのためこの効果は抑制され、 σ_{cc} から良い精度で陽子分布半径が導出できることもわかってきている。このことは昨年度 Phys. Rev. C 誌に発表した Ca 同位体の結果に加え、最近解析を行った Ni 同位体の結果も同様の傾向を示している (図 1.7 参照)。この図で実線は Cu 同位体の既知の荷電半径をもとにした Glauber 計算値であり、蒸発効果は考慮されていない。同じ質量数の核種を比べたとき、Cu ($Z = 29$) 同位体の方が Ni ($Z = 28$) 同位体より若干大きくなるであろうことを考慮すると、質量数 70 の少し手前からより中性子過剰領域にかけては蒸発効果を考慮しない Glauber 計算で十分に σ_{cc} を再現できると考えられる。

安定線近傍の ^{44}Ca について、その荷電粒子蒸発効果のエネルギー依存性を確かめるために、 σ_{cc} をエネルギーの関数として測定した。図 1.8 にその結果をプロットし、既知の荷電

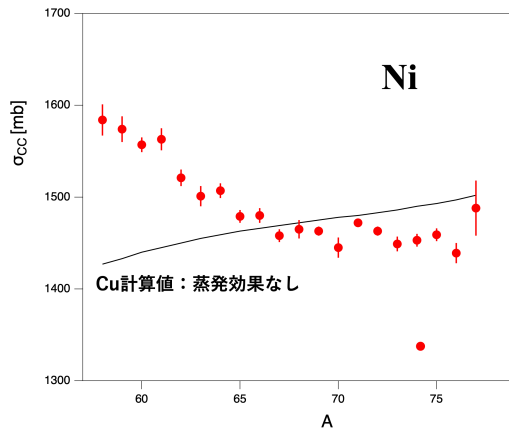


図 1.7: Ni 同位体の σ_{cc} 実験値と Cu 計算値の比較。

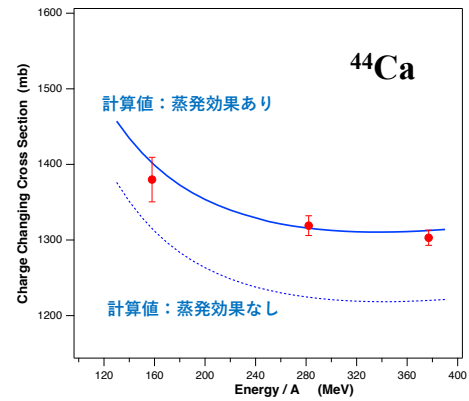


図 1.8: ^{44}Ca の σ_{cc} 実験値と既知の荷電半径を用いた Glauber 計算。

半径を用いた蒸発効果あり (実線) ・なし (点線) の Glauber 計算との比較を示す。蒸発効果ありの Glauber 計算が実験値を非常によく再現していることがわかる。

図 1.9 には今年度実施した 1 次ビームとして ^{13}C を用いた測定の結果を含む、 ^{12}Be アイソマー ($E_x = 2.25 \text{ MeV}$, $I^\pi = 0^+$) 状態のアイソマー比を 2 次ビームエネルギーの関数としてまとめてプロットしたものを示す。2 次ビームエネルギーは生成ターゲットの厚さおよび運動量分布の選択部分を変更することで変えた。1 次ビームとして ^{13}C を用いた場合、図に示す通り約 15% のアイソマー比が得られ、 ^{18}O ビームからの生成に比べてかなり大きな値になることがわかった。この結果から、2 種のアイソマー比が違う条件での反応断面積・中性子剥離断面積の測定により、アイソマー状態・基底状態それぞれの核半径を導出するための実験準備が整った。

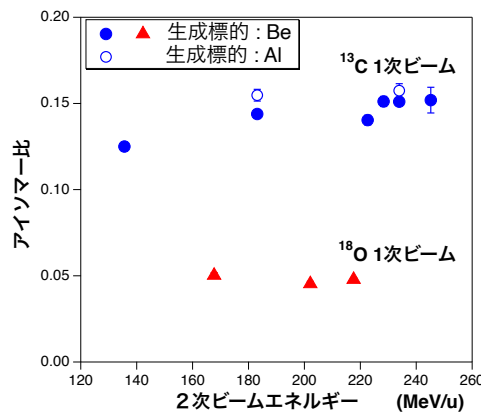


図 1.9: ^{12}Be アイソマー比の 1 次ビームおよびエネルギー依存性。

β -NMR 法および μ SR 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出可能となる。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 (μ SR) 法を駆使したユニークな物質科学研究を行っている。2023 年度は以下に示す水の中の窒素の化学状態に関する研究やファイバートラッカー検出器によるミュオンスピンイメージング法の開発を行った。

水や水の中に高いエネルギーで入射したイオンは、熱平衡状態では起こらないような様々な化学反応を促進させる可能性を持ち、これらが最終的にどのような化学状態を形成するのかは宇宙の化学進化や粒子線治療と関連する興味深い問題である。我々は水中に打ち込まれたイオンが形成する化学種を同定するために、HIMAC で生成した短寿命核 ^{17}N ($I = 1/2$, $T_{1/2} = 4.2$ s) のスピン偏極ビームを用いて、高分解能 β -NMR 分光による化学シフト分析のための実験を行った。図 1.10 は、a) 水中に入射した ^{17}N について約 1000 ppm の広範囲にわたり分解能 90 ppm (FWHM) で測定した β -NMR スペクトル、b) 部分的に分解能 20 ppm で測定したスペクトル、および c) 参照試料の候補物質である KCN 水溶液中のスペクトルである。水中のスペクトルには複数の共鳴線が現れており様々な化学種が形成されることが明らかとなった。KCN 水溶液中のスペクトルは約 20 ppm 離れた 2 本の共鳴線からなり、両者はそれぞれ ^{17}N と置換したシアニ化物イオン C^{17}N^- とシアニ化水素分子 HC^{17}N 由来である可能性を示唆していることから、KCN が化学シフトの参照試料として非常に有望であることが示された。今後は約 10^3 倍のビーム強度の増加が期待できる理研での実験を行い、分解能と統計精度を向上させる予定である。

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を用いて試料の各位置ごとのミュオンスピン回転スペクトルを取得し画像化する、ミュオンスピンイメージング法の開発を行った。石英ガラス板上に十字型の銀板を貼り付けた試料について、回転スペクトルの振幅を二次元画像化することにより試料の形状を概ね再構築することに成功した。

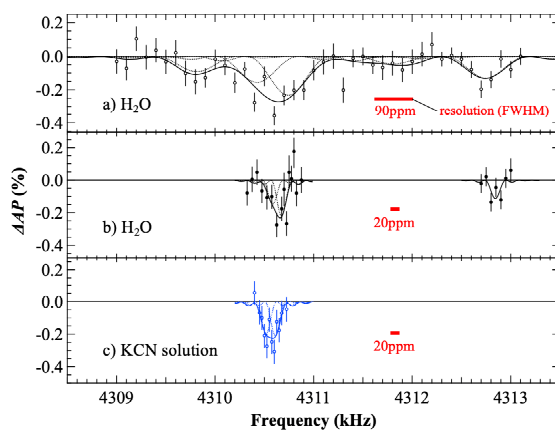


図 1.10: 液体中 ^{17}N の β -NMR スペクトル。

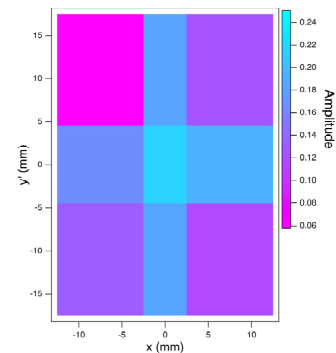


図 1.11: ミュオンから放出された陽電子のトラッキングにより作成した十字型試料の二次元イメージ。

学術雑誌に出版された論文**Matter radius of the doubly-magic ^{56}Ni measured in a storage ring**

M. von Schmid, T. Aumann, S. Bagchi, S. Bönig, M. Csatlós, I. Dillmann, C. Dimopoulou, P. Egelhof, V. Eremin, T. Furuno^s, H. Geissel, R. Gernhäuser, M. N. Harakeh, A.-L. Hartig, S. Ilieva, N. Kalantar-Nayestanaki, O. Kiselev, H. Kollmus, C. Kozhuharov, A. Krasznahorkay, Th. Kröll, M. Kuilman, S. Litvinov, Yu. A. Litvinov, M. Mahjour-Shafiei, M. Mutterer, D. Nagae, M. A. Najafi, L. Stuhl, M. Thürauf, T. Uesaka, H. Weick, J. S. Winfield, D. Winters, P. J. Woods, T. Yamaguchi, K. Yue, J. C. Zamora Cardona, J. Zenihiro

The Euro. Phys. J. A **59** (Apr.) (2023) 83

(<https://doi.org/10.1140/epja/s10050-023-00967-z>).

Nitrogen gas scintillation counter for high-intensity heavy ion beams with negligible radiation damage

F. Saito, Y. Matsuda, S. Umemoto, N. Yamasaki, M. Itoh, J. Zenihiro, M. Dozono, Y. Hijikata, S. Terashima, T. Harada, H. Sakaguchi, S. Ota, A. Kohda, Y. Maeda, T. Kawabata^s
Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B **540** (May) (2023) 262

(<https://doi.org/10.1016/j.nimb.2023.04.027>).

Photodisintegration cross section of ^4He in the giant dipole resonance energy region

M. Murata, T. Kawabata^s, S. Adachi, H. Akimune, S. Amano, Y. Fujikawa, T. Furuno^s, K. Inaba, Y. Ishii, S. Miyamoto, M. Tsumura, and H. Utsunomiya

Phys. Rev. C **107** (Jun.) (2023) 064317

(<https://doi.org/10.1103/physrevc.107.064317>).

PANDORA Project for the study of photonuclear reactions below $A = 60$

A. Tamii, L. Pellegrì, P.-A. Söderström, D. Allard, S. Goriely, T. Inakura, E. Khan, E. Kido, M. Kimura, E. Litvinova, S. Nagataki, P. von Neumann-Cosel, N. Pietralla, N. Shimizu, N. Tsoneva, Y. Utsuno, S. Adachi, P. Adsley, A. Bahini, D. Balabanski, B. Baret, J. A. C. Bekker, S. D. Binda, E. Boicu, A. Bracco, I. Brandherm, M. Brezianu, J. W. Brummer, F. Camera, F. C. L. Crespi, R. Dalal, L. M. Donaldson, Y. Fujikawa, T. Furuno^s, H. Haoning, R. Higuchi, Y. Honda^m, A. Gavrilescu, A. Inoue, J. Isaak, H. Jivan, P. Jones, S. Jongile, O. Just, T. Kawabata^s, T. Khumalo, J. Kiener, J. Kleemann, N. Kobayashi, Y. Koshio, A. Kuşoğlu, K. C. W. Li, K. L. Malatji, R. E. Molaeng, H. Motoki, M. Murata, A. A. Netshiya, R. Neveling, R. Niina, S. Okamoto, S. Ota, O. Papst, E. Parizot, T. Petruse, M. S. Reen, P. Ring, K. Sakanashi^d, E. Sideras-Haddad, S. Siem, M. Spall, T. Suda, T. Sudo, Y. Taniguchi, V. Tatischeff, H. Utsunomiya, H. Wang, V. Werner, H. Wibowo, M. Wiedeking, O. Wieland, Y. Xu, Z. H. Yang

The Euro. Phys. J. A **59** (Sep.) (2023) 208

(<https://doi.org/10.1140/epja/s10050-023-01081-w>).

Designing TOGAXSI: Telescope for inverse-kinematics cluster-knockout reactions

J. Tanaka, R. Tsuji, K. Higuchi, H. Baba, M. Böhmer, T. Furuno^s, R. Gernhäuser, Y. Hijikata, S. Ishimoto, T. Kawabata^s, S. Kawase, Y. Kubota, S. Kurosawa, S. Takeshige, T. Uesaka, K. Yahiro, J. Zenihiro

Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B **542** (Sep.) (2023) 4

(<https://doi.org/10.1016/j.nimb.2023.05.054>).

A setup for high-energy γ -ray spectroscopy with the ELI-NP large-volume LaBr₃:Ce and CeBr₃ detectors at the 9 MV Tandem accelerator at IFIN-HH

S. Aogaki, D.L. Balabanski, R. Borcea, P. Constantin, C. Costache, M. Cuciuc, A. Kuşoğlu, C. Mihai, R.E. Mihai, L. Stan, P.-A. Söderström, D. Testov, A. Turturică, S. Ujeniuc, S. Adachi, F. Camera, Gh. Ciocan, F.C.L. Crespi, N.M. Florea, Y. Fujikawa, T. Furuno^s, E. Gamba, R.A. Guţoiu, T. Kawabata^s, N.M. Mărginean, B. Million, C. Neacsu, D. Nichita, R. Niina, S. Okamoto, H. Pai, A. Pappalardo, K. Sakanashi^d, A. Tamii, C.A. Ur, O. Wieland

Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A **1056** (Nov.) (2023) 168628

(<https://doi.org/10.1016/j.nima.2023.168628>).

Validation of the ^{10}Be Ground-State Molecular Structure Using $^{10}\text{Be}(p, p\alpha)^6\text{He}$ Triple Differential Reaction Cross-Section Measurements

P. J. Li, D. Beaumel, J. Lee, M. Assie, S. Chen, S. Franchoo, J. Gibelin, F. Hammache, T. Harada, Y. Kanada-En'yo, Y. Kubota, S. Leblond, P. F. Liang, T. Lokotko, M. Lyu, F. M. Marques, Y. Matsuda, K. Ogata, H. Otsu, E. Rindel, L. Stuhl, D. Suzuki, Y. Togano, T. Tomai, X. X. Xu, K. Yoshida, J. Zenihiro, N. L. Achouri, T. Aumann, H. Baba, G. Cardella, S. Ceruti, A. I. Stefanescu, A. Corsi, A. Frotscher, J. Gao, A. Gillibert, K. Inaba, T. Isobe, T. Kawabata^s, N. Kitamura, T. Kobayashi, Y. Kondo, A. Kurihara, H. N. Liu, H. Miki, T. Nakamura, A. Obertelli, N. A. Orr, V. Panin, M. Sasano, T. Shimada, Y. L. Sun, J. Tanaka, L. Trache, D. Tudor, T. Uesaka, H. Wang, H. Yamada, Z. H. Yang, and M. Yasuda

Phys. Rev. Lett. **131** (Nov.) (2023) 212501

(<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.131.212501>).

Search for the 6α condensed state in ^{24}Mg using the $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ scattering

Y. Fujikawa, T. Kawabata^s, S. Adachi, S. Enyo, T. Furuno^s, Y. Hijikata, K. Himi^m, K. Hirose, Y. Honda^m, K. Inaba, H. Makii, K. Miyamoto^b, M. Murata, K. Nishio, S. Okamoto, R. Orlandi, K. Sakanashi^d, F. Suzaki, S. Tsuji^m, K. Yahiro, J. Zenihiro

Phys. Lett. B **848** (Jan.) (2024) 138384

(<https://doi.org/10.1016/j.physletb.2023.138384>).

First spectroscopic study of odd-odd ^{78}Cu

L.G. Pedersen, E. Sahin, A. Gorgen, F.L. Bello Garrote, Y. Tsunoda, T. Otsuka, M. Niikura, S. Nishimura, Z. Xu, H. Baba, G. Benzoni, F. Browne, A.M. Bruce, S. Ceruti, F.C.L. Crespi, R. Daido^m, G. de Angelis, M.-C. Delattre, Zs. Dombradi, P. Doornenbal, Y. Fang^m, S. Franchoo, G. Gey, A. Gottardo, T. Isobe, P.R. John, H.S. Jung, I. Kojouharov, T. Kubo, N. Kurz, I. Kuti, Z. Li, G. Lorusso, I. Matea, K. Matsui, D. Mengoni, T. Miyazaki, V. Modamio, S. Momiyama, A.I. Morales, P. Morfouace, D.R. Napoli, F. Naqvi, H. Nishibata^{DC}, A. Odahara^s, R. Orlandi, Z. Patel, S. Rice, H. Sakurai, H. Schaffner, L. Sinclair, P.-A. Soderstrom, D. Sohler, I.G. Stefan, T. Sumikama, D. Suzuki, R. Taniuchi, J. Taprogge, Z. Vajta, J.J. Valiente-Dobon, H. Watanabe, V. Werner, J. Wu, A. Yagi^d, M. Yalcinkaya, R. Yokoyama, K. Yoshinaga

Phys. Rev. C **107** (Apr) (2023) 044301 - 1 - 10

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevC.107.044301>).

Interpretation of metastable states in the $N > 70$ Zr region

F. Browne, A.M. Bruce, T. Sumikama, I. Nishizuka, S. Nishimura, P. Doornenbal, J.G. Li, G. Lorusso, P.-A. Soderstrom, P.M. Walker, H. Watanabe, F.R. Xu, R. Daido^m, Z. Patel, S. Rice, L. Sinclair, J. Wu, Z.Y. Xu, A. Yagi^d, H. Baba, N. Chiga, R. Carroll, F. Didierjean, Y. Fang^m, N. Fukuda, G. Gey, E. Ideguchi, N. Inabe, T. Isobe, D. Kameda, I. Kojouharov, N. Kurz, T. Kubo, S. Lalkovski, Z. Li, R. Lozeva, H. Nishibata^{DC}, A. Odahara^s, Zs. Podolyak, P.H. Regan, O.J. Roberts, H. Sakurai, H. Schaffner, G.S. Simpson, H. Suzuki, H. Takeda, M. Tanaka, J. Taprogge, V. Werner, O. Wieland

Eur. Rev. J. A **59** (Sep) (2023) 199 - 1 - 12

(<http://doi.org/10.1140/epja/s10050-023-01103-7>).

Measurement of cosmic-ray muon spallation products in a xenon-loaded liquid scintillator with KamLAND

S. Abe *et al.*, (KamLAND Collaboration)

Physical Review C **107** (5) (2023) 054612

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevC.107.054612>).

First measurement of the strange axial coupling constant using neutral-current quasielastic interactions of atmospheric neutrinos at KamLAND

S. Abe *et al.*, (KamLAND Collaboration)

Physical Review D **107** (7) (2023) 072006

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevD.107.072006>).

New measurement of the branching ratio of the structure dependent radiative

$$K^+ \rightarrow e^+ \nu \gamma$$

A. Kobayashi, S. Shimizu^s *et al.*

Physics Letters B **843** (June) (2023) 138020

(<http://doi.org/10.1016/j.physletb.2023.138020>).

国際会議報告等

The status of ^{48}Ca production by laser isotope separation for the study of neutrino-less double beta decay

A. Rittirong*, S. Umehara, K. Matsuoka, Y. Minami^s, S. Yoshida^s, I. Ogawa, T. Hiraiwa, J. Nakajima, R. Yuhaku, M. Tozawa, S. Tokita, H. Niki, H. Okuda, M. Uemukai and N. Miyanaga

Proceedings of Science **444** (2023) 1174.

38th International Cosmic Ray Conference (ICRC2023) , Nagoya.

Purification of CaF_2 crystal for double beta decay experiments

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

AIP Conf. Proceedings **2908** (2023) 0600001.

8th International Workshop on Low Radioactivity Techniques 2022 (LRT 2022), 14–17 June 2022, Rapid City, United States.

Laser isotope separation to study for the neutrino-less double beta decay of ^{48}Ca

I. Ogawa*, T. Hiraiwa, J. Nakajima, R. Yuhaku, M. Tozawa, H. Niki, S. Tokita, N. Miyanaga, M. Uemukai, A. Rittirong, S. Umehara⁴, K. Matsuoka and S. Yoshida^s

Journal of Physics.: Conference Series **2586** (1) (2023) 012136.

28th International Nuclear Physics Conference (INPC 2022), Sep. 11 - 16th, 2022, Cape Town, South Africa.

Status of the search for ^{48}Ca double beta decay with CANDLES

Y. Minami^{s*} *et al.* (CANDLES Collaboration)

Proceedings of Science **414** (2023) 1142.

41st International Conference on High Energy physics (ICHEP2022), 6-13 July, 2022, Bologna, Italy.

In-beam Mössbauer spectra of ^{57}Fe obtained after ^{57}Mn implantation into ammonia borane

S. Kimoto*, M. Yoshida, M. Ito, Y. Kobayashi, Y. Watanabe, M. K. Kubo, M. Mihara^s,

W. Sato, J. Miyazaki, T. Nagatomo, S. Sato, A. Kitagawa

KURNS-EKR, "Proceedings of the Specialist's Meeting on Nuclear Spectroscopy and Condensed Matter Physics Using Short-Lived Nuclei IX" **18** (Aug.) (2023) 13-16.

Specialist's Meeting on Nuclear Spectroscopy and Condensed Matter Physics Using Short-Lived Nuclei IX, (Jan. 2023, 参加者約 20), Japan.

Development of imaging method using β -ray nuclear magnetic resonance

Y. Kimura^{m*}, T. Sugisaki^m, G. Takayama^{DC}, M. Tanaka, Y. Mizoi, M. Mihara^s, M. Fukuda^s, Y. Otani^m, M. Fukutome^{DC}, R. Taguchi^m, S. Chen^b, S. Ishitani^m, R. Miyahara^m, K. Watanabe^m, T. Izumikawa, N. Noguchi, K. Takatsu, T. Ohtsubo, D. Nishimura, H. Takahashi, A. Yano, H. Seki, K. Matsuta, A. Kitagawa, S. Sato, S. Momota

KURNS-EKR, "Proceedings of the Specialist's Meeting on Nuclear Spectroscopy and Condensed Matter Physics Using Short-Lived Nuclei IX", **18** (Aug.) (2023) 20-25.

Specialist's Meeting on Nuclear Spectroscopy and Condensed Matter Physics Using Short-Lived Nuclei IX, (Jan. 2023, 参加者約 20), Japan.

Analysis of chemical species formed by nitrogen ions injected into H₂O

M. Mihara^{s*}, Y. Kimura^m, Y. Otani^m, T. Sugisaki^m, M. Fukutome^{DC}, G. Takayama^{DC}, R. Taguchi^m, K. Matsuta, M. Fukuda^s, T. Minamisonoⁱ, S. Ishitani^m, R. Miyahara^m, K. Watanabe^m, S. Chen^b, H. Takahashi, D. Nishimura, T. Izumikawa, N. Noguchi, T. Ohtsubo, A. Ozawa, A. Yano, T. Nagatomo, A. Kitagawa, S. Sato, S. Momota, M. K. Kubo, A. D. Pant, K. Shimomura, A. Koda, S. Takeshita

KURNS-EKR, "Proceedings of the Specialist's Meeting on Nuclear Spectroscopy and Condensed Matter Physics Using Short-Lived Nuclei IX", **18** (Aug.) (2023) 44-47.

Specialist's Meeting on Nuclear Spectroscopy and Condensed Matter Physics Using Short-Lived Nuclei IX, (Jan. 2023, 参加者約 20), Japan.

Application of β -NMR to spectroscopy and imaging

Y. Mizoi^{*}, M. Mihara^s, Y. Kimura^m, T. Sugisaki^m, M. Tanaka, G. Takayama^{DC}, D. Nishimura, Y. Otani^m, M. Fukutome^{DC}, R. Taguchi^m, S. Chen^b, S. Ishitani^m, R. Miyahara^m, K. Watanabe^m, M. Fukuda^s, T. Izumikawa, N. Noguchi, K. Takatsu, H. Takahashi, A. Yano, H. Seki, T. Ohtsubo, K. Matsuta, A. Kitagawa, S. Sato

Proceedings of Vietnam Conference on Nuclear Science and Technology (VINANST-15) (Sept.) (2023) 302-306.

Vietnam Conference on Nuclear Science and Technology (VINANST-15), (Aug. 2023, 参加者約 100), Vietnam.

Development of nuclear magnetic resonance imaging method using beta-ray tracker

M. Mihara^{s*}, Y. Kimura^m, T. Sugisaki^m, G. Takayama^{DC}, M. Tanaka, Y. Mizoi, D. Nishimura,

Y. Otani^m, M. Fukutome^{DC}, R. Taguchi^m, S. Chen^b, S. Ishitani^m, R. Miyahara^m, K. Watanabe^m,
M. Fukuda^s, T. Izumikawa, N. Noguchi, K. Takatsu, H. Takahashi, A. Yano, H. Seki,
T. Ohtsubo, K. Matsuta, A. Kitagawa, S. Sato
KEK Proceedings, "RADIATION DETECTORS AND THEIR USES Proceedings of the
37th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses" **2023-1** (Jan.) (2024) 20-29.
37th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses, (Jan. 2023, 参加者約 50), Japan.

β -MRI: new imaging device utilizing β -NMR

Y. Mizoi^{*}, M. Mihara^s, Y. Kimura^m, T. Sugisaki^m, G. Takayama^{DC}, M. Tanaka, D. Nishimura,
Y. Otani^m, M. Fukutome^{DC}, R. Taguchi^m, S. Chen^b, S. Ishitani^m, R. Miyahara^m, K. Watanabe^m,
M. Fukuda^s, T. Izumikawa, N. Noguchi, K. Takatsu, H. Takahashi, A. Yano, H. Seki,
T. Ohtsubo, K. Matsuta, A. Kitagawa, S. Sato
Interactions **245** (Feb.) (2024) 20 1-10.
International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (HYPERFINE2023),
(Nov. 2023, 参加者約 170)), Japan.

Development of muon spin imaging spectroscopy

T. Sugisaki^{m*}, K. M. Kojima, M. Mihara^s, Y. Kimura^m, 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, R. Yasuda, R. Taguchi^m
Interactions **245** (Mar.) (2024) 32 1-10.
International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (HYPERFINE2023),
(Nov. 2023, 参加者約 170)), Japan.

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)), Japan.

国際会議における講演等

Experimental determination of the triple-alpha rate

T. Kawabata^{s*}
2023 CeNAM Frontiers in Nuclear Astrophysics Meeting (at Michigan State University,
Michigan, USA, May 21–25, 2023, 参加者約 100 名)

Feasibility study for measuring the gamma-decay probability of the 3_1^- state in ^{12}C with deuteron inelastic scattering

Y. Honda^{m*}

The 1st IReNA-Ukakuren Joint Workshop “Advancing Professional Development in Nuclear Astrophysics and Beyond (at National Astronomical Observatory of Japan, Aug. 28–Sep. 1, 2023, 参加者約 70 名)

Measurement of neutron inelastic scattering of the Hoyle state to estimate the triple-alpha reaction rate in high-density environments (poster)

T. Furuno^{s*}

The 1st IReNA-Ukakuren Joint Workshop “Advancing Professional Development in Nuclear Astrophysics and Beyond (at National Astronomical Observatory of Japan, Aug. 28–Sep. 1, 2023, 参加者約 70 名)

Measurement of the γ Decay Probability of the Hoyle State (poster)

K. Sakanashi^{d*}, T. Kawabata^s, A. Tamii, T. Furuno^s, S. Adachi, S. Okamoto, R. Niina, M. Ito, H. Akimune, Y. Matsuda, S. Kubota, S. Aogaki, P.-A. Söderström, M. Teodora, H. Pai, M. Cuciuc, D. Testov, R. Borcea, A. Turturica, C. Mihai, C. Neacsu

The 1st IReNA-Ukakuren Joint Workshop “Advancing Professional Development in Nuclear Astrophysics and Beyond (at National Astronomical Observatory of Japan, Aug. 28–Sep. 1, 2023, 参加者約 70 名)

Search for 6α condensed state in ^{24}Mg using the $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ scattering

T. Kawabata^{s*}, Y. Fujikawa

Mini-workshop for the Romania-Japan Bilateral Program by JSPS (at ELI-NP, Romania, Oct. 5th, 2023, 参加者約 20 名)

Prospects for measuring the gamma-decay probability of the first excited state of ^{14}O at 9MV-Tandem facility

T. Furuno^{s*}

Mini-workshop for the Romania-Japan Bilateral Program by JSPS (at ELI-NP, Romania, Oct. 5th, 2023, 参加者約 20 名)

Measurement of the γ Decay Probability of the Hoyle State (poster)

K. Sakanashi^{d*}, T. Kawabata^s, A. Tamii, T. Furuno^s, S. Adachi, S. Okamoto, R. Niina, M. Ito, H. Akimune, Y. Matsuda, S. Kubota, S. Aogaki, P.-A. Söderström, M. Teodora, H. Pai, M. Cuciuc, D. Testov, R. Borcea, A. Turturica, C. Mihai, C. Neacsu

International Conference on Heavy-Ion Collisions at near-barrier energies (FUSION23) (at Shizuoka, Japan, Nov. 19–24, 2023)

Overview of the RI beam experiments at RCNP and recent results of the MAIKo active target

T. Furuno^{s*} (invited)

6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (at Hawaii, USA, Nov. 26–Dec. 1, 2023)

Measurement of the γ Decay Probability of the Hoyle State

K. Sakanashi^{d*}, T. Kawabata^s, A. Tamii, T. Furuno^s, S. Adachi, S. Okamoto, R. Niina, M. Ito, H. Akimune, Y. Matsuda, S. Kubota, S. Aogaki, P.-A. Söderström, M. Teodora, H. Pai, M. Cuciuc, D. Testov, R. Borcea, A. Turturica, C. Mihai, C. Neacsu

6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (at Hawaii, USA, Nov. 26–Dec. 1, 2023)

Development of the solid deuteron target for measuring the gamma-decay probability of the 3_1^- state in ^{12}C with deuteron inelastic scattering

Y. Honda^{m*}, T. Kawabata^s, T. Furuno^s, K. Sakanashi^d, M. Murata, S. Okamoto, Y. Fujikawa, K. Miki, K. Kameya, R. Urayama, M. Itoh, S. Adachi, S. Yonekura, S. Yamazaki, G. Hosoya

6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (at Hawaii, USA, Nov. 26–Dec. 1, 2023)

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

S. Sakajo^{m*}, T. Kawabata^s, T. Furuno^s, Y. Ayyad

6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (at Hawaii, USA, Nov. 26–Dec. 1, 2023)

Simulation study and modification of the MAIKo+ active-target field cage

Y. Lin^{m*}, T. Furuno^s, T. Kawabata^s, M. Murata

6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (at Hawaii, USA, Nov. 26–Dec. 1, 2023)

Measurement of alpha elastic scattering on $^{104,106,108}\text{Pd}$ at $E_\alpha=386\text{ MeV}$ (poster)

H. Shimojo^{b*}, T. Furuno^s, T. Kawabata^s, U. Garg, M. Itoh, M. Fujiwara, S. Adachi, G. Hosoya, R. Saito, S. Yamazaki, S. Yonekura, Y. Honda^m, N. Itakura^b, Y. Lin^m, T. Okamura^b, S. Sakajo^m, K. Sakanashi^d, H. Akimune, Y. Matsuda, T. Morishita, K. Nakano, F. Saito, G. Umemoto, K. Yasumura, J. M. Arroyo, J. Cai, F. Endo, F. Furukawa, K. Kawata, N. Kobayashi, M. Murata, S. Ota, H. Shibakita, M. Dozono, T. Yano, Y. Li, A. Yamasaki

6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (at Hawaii, USA, Nov. 26–Dec. 1, 2023)

Test of quantum effect on elastic-scattering cross section of identical particles (poster)

T. Okamura^{b*}, T. Furuno^s, N. Itakura^b, H. Shimojo^b, T. Kawabata^s, Y. Honda^m, Y. Lin^m, S. Sakajo^m, K. Sakanashi^d, M. Murata, A. Taniike

6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (at Hawaii, USA, Nov. 26–Dec. 1, 2023)

Search for 6α condensed state in ^{24}Mg using the $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ scattering

T. Kawabata^{s*}, Y. Fujikawa (invited)

Workshop on Nuclear Cluster Physics (at Osaka University, Nov. 27–29, 2023, 参加者約 80 名)

MAIKo active target for investing nuclear cluster structures and astrophysics (poster)

T. Furuno^{s*}

Workshop on Nuclear Cluster Physics (at Osaka University, Nov. 27–29, 2023, 参加者約 80 名)

Measurement of the γ Decay Probability of the Hoyle State

K. Sakanashi^{d*}, T. Kawabata^s, A. Tamii, T. Furuno^s, S. Adachi, S. Okamoto, R. Niina, M. Ito, H. Akimune, Y. Matsuda, S. Kubota, S. Aogaki, P-A. Söderström, M. Teodora, H. Pai, M. Cuciuc, D. Testov, R. Borcea, A. Turturica, C. Mihai, C. Neacsu

Nuclear Astrophysics with Stable Beams (NAPS2024) (at JAEA, Japan, Feb. 20–22, 2024)

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

T. Kawabata^{s*}, Y. Fujikawa, S. Adachi (invited)

Reimei Workshop on "Intersection of Nuclear Structure and Direct Reaction" (Tokai, Ibaraki, Japan, Feb. 28–Mar. 1, 2024, 参加者約 50 名)

Physics/experimental ideas by using RI beam combined with 8π spectrometer

A. Odahara^{s*}

The workshop on frontier nuclear studies with gamma-ray spectrometer arrays (gamma24) (at Osaka, Mar. 26–28, 2024, 参加者約 85 名)

Nuclear Structure Study of Neutron-Rich Odd ^{141}Xe and ^{143}Xe Nuclei by β - γ Spectroscopy (poster)

Nurhafiza M. Nor^{d*}

The workshop on frontier nuclear studies with gamma-ray spectrometer arrays (gamma24) (at Osaka, Mar. 26–28, 2024, 参加者約 85 名)

Study of the unbound states in ^{33}Al by β -delayed neutron decay of spin-polarized ^{33}Mg (poster)

R. Miyahara^{m*}

The workshop on frontier nuclear studies with gamma-ray spectrometer arrays (gamma24) (at Osaka, Mar. 26-28, 2024, 参加者約 85 名)

Evaluation for γ -ray detection efficiency with an activated Tantalum for the half-life measurement of $^{180\text{m}}\text{Ta}$ decay (poster)

K. Yasuda^{b*}, K. Noda^b, G. Takakusa^b, M. Sakuma^b, T. Nishikawa^m, R. Shirai^m, S. Ume-hara, and S. Yoshida^s

Double beta decay and underground science (DBD23) (at Wikoloa, Hawaii, Dec.1-3, 2023, 参加者約 60 名)

Production of Activated ^{182}Ta for the Half-life Measurement of $^{180\text{m}}\text{Ta}$ Decay (poster)

K. Noda^{b*}, K. Yasuda^b, G. Takakusa^b, M. Sakuma^b, T. Nishikawa^m, R. Shirai^m, S. Ume-hara, and S. Yoshida^s

Double beta decay and underground science (DBD23) (at Wikoloa, Hawaii, Dec.1-3, 2023, 参加者約 60 名)

Half-life measurement of $^{180\text{m}}\text{Ta}$ with ultra-low background HPGe detector at Kamioka Underground Laboratory (poster)

G. Takakusa^{b*}, K. Noda^b, K. Yasuda^b, M. Sakuma^b, T. Nishikawa^m, R. Shirai^m, S. Ume-hara, and S. Yoshida^s

Double beta decay and underground science (DBD23) (at Wikoloa, Hawaii, Dec.1-3, 2023, 参加者約 60 名)

Gamma-rays detection efficiency evaluation of low background HPGe detector installed in the Kamioka underground laboratory (poster)

M. Sakuma^{b*}, K. Noda^b, K. Yasuda^b, G. Takakusa^b, T. Nishikawa^m, R. Shirai^m, S. Ume-hara, and S. Yoshida^s

Double beta decay and underground science (DBD23) (at Wikoloa, Hawaii, Dec.1-3, 2023, 参加者約 60 名)

Evaluation of background reduction efficiency by waveform analysis with CNN in CANDLES experiment (poster)

R. Shirai^{m*} *et al.*, CANDLES Collaboration

Double beta decay and underground science (DBD23) (at Wikoloa, Hawaii, Dec.1-3, 2023, 参加者約 60 名)

Evaluation for γ -ray detection efficiency with an activated Tantalum for the half-life measurement of ^{180m}Ta decay (poster)

K. Yasuda^{b*}, K. Noda^b, G. Takakusa^b, M. Sakuma^b, T. Nishikawa^m, R. Shirai^m, S. Umehara, and S. Yoshida^s

6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (HAWAII2023) (at Wikoloa, Hawaii, Nov.26-Dec.1, 2023)

Production of Activated ^{182}Ta for the Half-life Measurement of ^{180m}Ta Decay (poster)

K. Noda^{b*}, K. Yasuda^b, G. Takakusa^b, M. Sakuma^b, T. Nishikawa^m, R. Shirai^m, S. Umehara, and S. Yoshida^s

6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (HAWAII2023) (at Wikoloa, Hawaii, Nov.26-Dec.1, 2023)

Half-life measurement of ^{180m}Ta with ultra-low background HPGe detector at Kamioka Underground Laboratory (poster)

G. Takakusa^{b*}, K. Noda^b, K. Yasuda^b, M. Sakuma^b, T. Nishikawa^m, R. Shirai^m, S. Umehara, and S. Yoshida^s

6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (HAWAII2023) (at Wikoloa, Hawaii, Nov.26-Dec.1, 2023)

Gamma-rays detection efficiency evaluation of low background HPGe detector installed in the Kamioka underground laboratory (poster)

M. Sakuma^{b*}, K. Noda^b, K. Yasuda^b, G. Takakusa^b, T. Nishikawa^m, R. Shirai^m, S. Umehara, and S. Yoshida^s

6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (HAWAII2023) (at Wikoloa, Hawaii, Nov.26-Dec.1, 2023)

Reduction of ^{212}Bi background in CANDLES experiment (poster)

R. Shirai^{m*} *et al.*, CANDLES Collaboration

6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (HAWAII2023) (at Wikoloa, Hawaii, Nov.26-Dec.1, 2023)

The study of the response of semiconductor quantum devices to radiation (poster)

G. Takakusa^{b*}, T. Ohotsuka, Y. Kishimoto, and S. Yoshida^s

International Symposium on Unraveling the History of the Universe and Matter Evolution with Underground Physics (UGAP2024), at Sendai, Mar.4-6, 2024, 参加者約 120 名)

Gamma-rays detection efficiency evaluation of low background HPGe detector

installed in the Kamioka underground laboratory (poster)

M. Sakuma^{b*}, K. Noda^b, K. Yasuda^b, G. Takakusa^b, T. Nishikawa^m, R. Shirai^m, S. Ume-hara, and S. Yoshida^s

International Symposium on Unraveling the History of the Universe and Matter Evolution with Underground Physics (UGAP2024), at Sendai, Mar.4-6, 2024, 参加者約 120 名)

²¹²Bi-²¹²Po background rejection in CANDLES experiment

R. Shirai^{m*} *et al.*, CANDLES Collaboration

International Symposium on Unraveling the History of the Universe and Matter Evolution with Underground Physics (UGAP2024), at Sendai, Mar.4-6, 2024, 参加者約 120 名)

Low Temperature Detector Development for Underground Researches

S. Yoshida^{s*} (invited)

International Symposium on Unraveling the History of the Universe and Matter Evolution with Underground Physics (UGAP2024), at Sendai, Mar.4-6, 2024, 参加者約 120 名)

Development of muon spin imaging spectroscopy (poster)

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

Science Week 2023, (TRIUMF, Vancouver, 31 July-4 Aug., 2023, 参加者約 100)

A new method for derivation of the proton distribution radii through charge-changing cross sections for light-mass isotope chains (poster)

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

A3F-CNS Summer School, (RIKEN, 4-10 Aug., 2023, 参加者約 100)

Development of advanced β -NMR techniques for materials science and bio-chemistry research

M. Mihara^{s*} (invited)

International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (HYPERFINE2023), (Nara, 13-17 Nov., 2023, 参加者約 170)

Development of muon spin imaging spectroscopy

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

D. Vyas, R. Yasuda, M. Fukuda^s

International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (HYPERFINE2023),
(Nara, 13-17 Nov., 2023, 参加者約 170 名)

Evaluation of image resolution of muon spin imaging (poster)

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

International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (HYPERFINE2023),
(Nara, 13-17 Nov., 2023, 参加者約 170 名)

Charge changing cross sections and charge radii of Ni isotopes (poster)

M. Fukutome^{DC*}, M. Tanaka, M. Fukuda^s, M. Takechi, A. Homma, A. Prochazka, D. Nishimura,
T. Suzuki, T. Moriguchi, D. S. Ahn, A. Aimaganbetov, M. Amano, H. Arakawa, S. Bagchi,
K.-H. Behr, N. Burtebayev, K. Chikaato, H. Du, S. Ebata, T. Fujii, N. Fukuda, H. Geissel,
T. Hori, W. Horiuchi, S. Hoshino, R. Igosawa, A. Ikeda, N. Inabe, K. Inomata, S. Ishitani^m,
K. Itahashi, T. Izumikawa, D. Kamioka, N. Kanda, I. Kato, I. Kenzhina, Z. Korkulu,
Y. Kuk, K. Kusaka, K. Matsuta, M. Mihara^s, E. Miyata, D. Nagae, S. Nakamura, M. Nas-
surla, K. Nishimuro, K. Nishizuka, N. Noguchi, K. Ohnishi, M. Ohtake, T. Ohtsubo,
S. Omika, H. J. Ong, A. Ozawa, H. Sakurai, C. Scheidenberger, Y. Shimizu, T. Sugi-
hara, T. Sugisaki^m, T. Sumikama, H. Suzuki, S. Suzuki, R. Taguchi^m, G. Takayama^{DC},
H.—Takeda, Y. Tanaka, Y. K. Tanaka, I. Tanihata, T. Wada, K. Wakayama, S. Yagi,
T. Yamaguchi, R. Yanagihara, Y. Yanagisawa, A. Yano, K. Yoshida, T. K. Zholdybayev
International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (HYPERFINE2023),
(Nara, 13-17 Nov., 2023, 参加者約 170 名)

Charge-changing cross sections for mirror nuclei pair ^{22}Ne - ^{22}Mg (poster)

S. Ishitani^{m*}, M. Fukuda^s, M. Fukutome^{DC}, G. Takayama^{DC}, R. Taguchi^m, K. Watanabe^m,
M. Mihara^s, M. Tanaka, D. Nishimura, H. Takahashi, S. Sugawara, T. Ohtsubo, N. Noguchi,
K. Takatsu, Y. Ohta, T. Izumikawa, T. Suzuki, M. Kanda, H. Seki, N. Shinozaki, A. Ozawa,
T. Moriguchi, N. Kaname, A. Yano, S. Sato, S. Fukuda, A. Kitagawa

International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (HYPERFINE2023),
(Nara, 13-17 Nov., 2023, 参加者約 170 名)

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

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

S. Sato, S. Fukuda, A. Kitagawa

International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (HYPERFINE2023),
(Nara, 13-17 Nov., 2023, 参加者約 170 名)

One-neutron removal and reaction cross sections for $^{16}\text{N}(0^-)$ isomeric state

M. Fukuda^{s*}, M. Fukuda^s, M. Fukutome^{DC}, M. Tanaka, D. Nishimura, M. Takechi,
W. Horiuchi, G. Takayama^{DC}, R. Taguchi^m, S. Ishitani^m, T. Ohtsubo, N. Noguchi,
K. Takatsu, T. Izumikawa, M. Mihara^s, K. Matsuta, T. Suzuki, T. Yamaguchi, S. Sato,
S. Fukuda, A. Kitagawa, A. Yano, H. Takahashi, S. Sugawara, T. Sugisaki^m

6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of
Japan (HAWAII23), (Hawaii, the Big Island, 26 Nov.-1 Dec., 2023, 参加者約 400)

A new method for derivation of the proton distribution radii through charge-changing cross sections for light-mass isotope chains

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

6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of
Japan (HAWAII23), (Hawaii, the Big Island, 26 Nov.-1 Dec., 2023, 参加者約 400)

Development of a new imaging system by MuSR

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

6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of
Japan (HAWAII23), (Hawaii, the Big Island, 26 Nov.-1 Dec., 2023, 参加者約 400)

Interaction cross sections and neutron skin thicknesses of Ni isotope chain

M. Fukutome^{DC*}, M. Tanaka, M. Fukuda^s, M. Takechi, D. Nishimura, T. Suzuki, G. Takayama^{DC},
R. Taguchi^m, S. Ishitani^m, M. Mihara^s, K. Matsuta, T. Moriguchi, T. Ohtsubo, A. Ozawa,
T. Yamaguchi, N. Fukuda, T. Izumikawa, H. Sakurai, T. Sumikama, H. Suzuki, H. Takeda,
Y. Yanagisawa, K. Yoshida, T. Sugisaki^m, N. Noguchi, Y. Kobayashi, Y. Tazawa, A. Yano,
C. Fukushima, M. Amitani

6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of
Japan (HAWAII23), (Hawaii, the Big Island, 26 Nov.-1 Dec., 2023, 参加者約 400)

Charge-changing cross sections for mirror nuclear pair ^{22}Ne - ^{22}Mg

S. Ishitani^{m*}, M. Fukuda^s, M. Fukutome^{DC}, G. Takayama^{DC}, R. Taguchi^m, M. Mihara^s,

K. Watanabe^m, M. Tanaka, D. Nishimura, H. Takahashi, S. Sugawara, T. Ohtsubo, N. Noguchi, K. Takatsu, Y. Ota, T. Izumikawa, T. Suzuki, M. Kanda, H. Seki, N. Shinozaki, A. Ozawa, T. Moriguchi, N. Kaname, A. Yano, S. Sato, A. Kitagawa, S. Fukuda

6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (HAWAII23), (Hawaii, the Big Island, 26 Nov.-1 Dec., 2023, 参加者約 400)

Measurements of isomer ratios and half-life of isomeric state in ^{12}Be

R. Taguchi^{m*}, M. Fukuda^s, M. Fukutome^{DC}, G. Takayama^{DC}, M. Tanaka, D. Nishimura, H. Takahashi, S. Sugawara, M. Mihara^s, T. Sugisaki^m, S. Ishitani^m, C. Une, Y. Nakamura, C. Fukushima, M. Amitani, T. Ohtsubo, N. Noguchi, K. Takatsu, Y. Kobayashi, Y. Tazawa, Y. Ota, T. Izumikawa, T. Suzuki, T. Yamaguchi, Y. Koizumi, K. Okubo, K. Sasaki, M. Kanda, N. Shinozaki, A. Ozawa, T. Moriguchi, A. Yano, S. Sato, S. Fukuda, A. Kitagawa

6th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (HAWAII23), (Hawaii, the Big Island, 26 Nov.-1 Dec., 2023, 参加者約 400)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

原子核のクラスター相関と宇宙における元素合成

川畑 貴裕^{s*}

特別講演, 第 129 回日本物理学会九州支部例会, 長崎大学, 2023 年 12 月 2 日

$^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ 散乱を用いた 6α 凝縮状態の探索

川畑 貴裕^{s*}, 藤川 祐輝

東海・重イオン科学シンポジウム ータンデム加速器成果報告会, 2024 年 1 月 20–21 日, 日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所

重陽子非弾性散乱を用いた ^{12}C の 3_1^- 状態の γ 崩壊確率測定のための固体重水素標的における熱負荷計算

本多 裕也^{m*}, 川畑 貴裕^s, 松田 洋平

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

坂上 宗樹^{m*}, 川畑 貴裕^s, 古野 達也^s, Y. Ayyad

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

$^{12}\text{C}(n,n')$ 反応測定に向けた MAIKo + TPC の開発

林 益帆^{m*}, 古野 達也^s, 川畑 貴裕^s, 村田 求基, 坂上 宗樹^m

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

$^{104,106,108}\text{Pd}$ 原子核に対する 386 MeV のアルファ粒子の弾性および非弾性散乱実験 (ポスター)

下條 暖人^{b*}, 古野 達也^s, 川畑 貴裕^s, Umesh Garg, 伊藤 正俊, 藤原 守, 足立 智, 細谷 弦生, 齊藤 僚太, 山崎 峻平, 米倉 章平, 本多 裕也^m, 板倉 菜美^b, 林 益帆^m, 岡村 拓実^b, 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, Joseph M Arroyo, Jiawei 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, Yutian Li

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

 rp プロセス解明のための ^{60}Zn 励起状態のスピンパリティの決定 (ポスター)

岡村 拓実^{b*}, 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 2024 年春季大会 (於 オンライン、2024 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

Nuclear Structure in Neutron-rich Nuclei ^{141}Xe and ^{143}Xe Investigated by β - γ Spectroscopy

Nurhafiza M. Nor^{d*}, A. Odahara^s, A. Yagi^d, R. Lozeva, C.-B. Moon, S. Nishimura, H. Nishibata^{DC}, P. Doornenbal, G. Lorusso, T. Sumikama, H. Watanabe, F. Brown, Z.Y. Xu, J. Wu, R. Yokoyama, T. Isobe, H. Baba, H. Sakurai, H. Suzuki, N. Inabe, D. Kameda, N. Fukuda, H. Takeda, D.S. Ahn, Y. Shimizu, T. Kubo, S. Iimura^d, Y. Fang^m, R. Daido^m, T. Ishigaki^m, S. Morimoto^m, E. Ideguchi, T. Komatsubara, M. Niikura, I. Nishizuka and the EURICA collaborators

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

CANDLES 実験における $0\nu\beta\beta$ 観測のための ^{212}Bi バックグラウンドの低減

白井 竜太^{m*} 他, CANDLES コラボレーション

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

半導体量子デバイスの放射線に対する応答の研究 (ポスター)

高草 元^{b*}, 大塚 朋廣, 岸本 康宏, 吉田 斉^s

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

長寿命核 $^{180\text{m}}\text{Ta}$ の半減期測定のための HPGe 検出器の γ 線検出効率の評価 (ポスター)

佐久間 幹人^{b*}, 安田 圭吾^b, 野田 健太^b, 高草 元^b, 白井 竜太^m, 西川 隆博^m, 梅原 さおり, 吉田 斉^s

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

 CaF_2 蛍光熱量検出器の開発 (ポスター)

野田 健太^{b*}, 安田 圭吾^b, 佐久間 幹人^b, 高草 元^b, 白井 竜太^m, 西川 隆博^m, 梅原 さおり, 吉

田 齊^s

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

波形解析による Ge 検出器の低バックグラウンド化と神岡地下実験室での長寿命原子核の半減期測定

西川隆博^{m*}, 柴田真尚^b, 梅原さおり, 吉田 齊^s

日本物理学会 第 78 回年次大会 (2023 年) (於 東北大学、2023 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

CANDLES による ^{48}Ca の二重ベータ崩壊の研究

吉田齊^{s*} 他, CANDLES コラボレーション

日本物理学会 第 78 回年次大会 (2023 年) (於 東北大学、2023 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

HPGe を用いた $^{180\text{m}}\text{Ta}$ の半減期測定

野田 健太^{b*}, 安田 圭吾^b, 佐久間 幹人^b, 高草 元^b, 白井 竜太^m, 西川 隆博^m, 梅原さおり, 吉田 齊^s

第 4 回新学術「地下宇宙」若手研究会 (東北大学、2024 年 3 月 7 日-3 月 8 日)

半導体量子デバイスの放射線に対する応答の研究

高草 元^{b*}

第 4 回新学術「地下宇宙」若手研究会 (東北大学、2024 年 3 月 7 日-3 月 8 日)

長寿命核 $^{180\text{m}}\text{Ta}$ の半減期測定のための HPGe 検出器の γ 線検出効率の評価

佐久間 幹人^{b*}, 安田 圭吾^b, 野田 健太^b, 高草 元^b, 白井 竜太^m, 西川 隆博^m, 梅原さおり, 吉田 齊^s

第 4 回新学術「地下宇宙」若手研究会 (東北大学、2024 年 3 月 7 日-3 月 8 日)

CANDLES 実験における $0\nu\beta\beta$ 観測のための ^{212}Bi バックグラウンドの低減

白井 竜太^{m*} 他, CANDLES コラボレーション

第 4 回新学術「地下宇宙」若手研究会 (東北大学、2024 年 3 月 7 日-3 月 8 日)

極低 BGHPGe 検出器による $^{180\text{m}}\text{Ta}$ 崩壊の半減期測定 (ポスター)

野田 健太^{b*}, 安田 圭吾^b, 佐久間 幹人^b, 高草 元^b, 白井 竜太^m, 西川 隆博^m, 梅原さおり, 吉田 齊^s

第 9 回極低放射能技術研究会 (オンライン、2024 年 2 月 6 日)

HPGe 検出器による $^{180\text{m}}\text{Ta}$ 崩壊半減期測定のための γ 線検出効率の場所依存性の評価 (ポスター)

佐久間 幹人^{b*}, 安田 圭吾^b, 野田 健太^b, 高草 元^b, 白井 竜太^m, 西川 隆博^m, 梅原さおり, 吉田 齊^s

第 9 回極低放射能技術研究会 (オンライン、2024 年 2 月 6 日)

重粒子線による核反応断面積の研究福田光順^{s*}

2022年度 HIMAC 共同利用研究成果発表会（オンライン開催, 2023年5月29-5月31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*}

2022年度 HIMAC 共同利用研究成果発表会（オンライン開催, 2023年5月29-5月31日）

軽核同位体チェーンにおける荷電変化断面積と陽子分布半径の新導出法

高山元^{DC*}, 福田光順^s, 田中聖臣, 福留美樹^{DC}, 木村容子^m, 田口諒^m, 渡辺薫^m, 西村太樹, 高橋弘幸, 菅原奏来, 野口法秀, 武智麻耶, 大坪隆, 三原基嗣^s, 鈴木健, 山口貴之, 千葉順成, 森口哲朗, 泉川卓司, 佐藤眞二, 福田茂一, 北川敦志, 池田彩夏, 笈川浩之, 大西康介, 片山実稀, 加藤郁磨, 菅家悠生, 神田直人, 小林侑希哉, 杉原貴信, 高津和哉, 只野奈津生, 田中悠太郎, 田澤有紀, 親跡和弥, 杜航, 南雲淳也, 西塚賢治, 本間彰, 町田聖寛, 宮田恵理, 矢野朝陽, 山岡慎太郎, 若山清志

原子核三者若手 夏の学校 2023（国立オリンピック記念青少年総合センター, 2023年8月17-21日）

Muon- and nuclear-spin imaging using fiber tracker

三原基嗣^{s*}, 木村容子^m, 杉崎堯人^m, 高山元^{DC}, 大谷優里花^b, 福留美樹^{DC}, 田口諒^m, S. Chen^b, 石谷壮士^m, 宮原里菜^m, 渡辺薫^m, 福田光順^s, 溝井浩, 田中聖臣, 西村太樹, 高橋弘幸, 泉川卓司, 野口法秀, 高津和哉, 大坪隆, 矢野朝陽, 関響咲, 北川敦志, 佐藤眞二, 小嶋健児, G. Morris, D. Arseneau, R. Abasalti, D. Vyas, 佐藤涉

第5回「量子線イメージング研究会」(QBI2023)（大阪大学, 2023年9月28-29日）

短寿命核 ^{19}O による Y_2O_3 安定化 ZrO_2 (YSZ) の NMR

三原基嗣^{s*}, 大谷優里花^b, 小倉昌子, 松多健策, 福田光順^s, 若林諒, 沖本直哉, 福留美樹^{DC}, 木村容子^m, 高山元^{DC}, 杉崎堯人^m, 田口諒^m, 泉川卓司, 野口法秀, 生越瑞揮, 佐藤弥紗, 高津和哉, 大坪隆, 西村太樹, 高橋弘幸, 菅原奏来, A. Gladkov, 石山博恒, 北川敦志, 佐藤眞二, 百田佐多生, 奥村寛之, 森口哲朗, 小沢顕, 冨田啓介, 要直登, 矢野朝陽

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）

Development of Muon Spin Imaging Spectroscopy (ポスター)

杉崎堯人^{m*}, 小嶋健児, 三原基嗣^s, 木村容子^m, 溝井浩, 佐藤涉, 高山元^{DC}, 石谷壮士^m, 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

KEK スチューデントデイ（KEK つくばキャンパス, 2023年11月14日）

 ^{16}N アイソマーの中性子剥離断面積と核構造 (ポスター)

福留美樹 ^{DC*}, 福田光順 ^s, 堀内渉, 田中聖臣, 西村太樹, 武智麻耶, 大坪隆, 三原基嗣 ^s, 松多健策, 鈴木健, 山口貴之, 泉川卓司, 佐藤眞二, 福田茂一, 北川敦志, 高橋弘幸, 木村容子 ^m, 菅原奏来, 高津和哉, 高山元 ^{DC}

日本量子医科学会第3回学術大会 (理研, 2023年12月8-9日)

¹²Be のアイソマー状態の断面積測定へ向けたアイソマー比と寿命の測定 (ポスター)

田口諒 ^{m*}, 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 ^m, 宇根千晶, 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, 小林侑希哉, 太田由紀子, 島村敏矢, 手塚康晃, 泉川卓司, 鈴木健, 山口貴之, 神田真矩, 篠崎稔, 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

日本量子医科学会第3回学術大会 (理研, 2023年12月8-9日)

軽核同位体チェーンにおける荷電変化断面積と陽子分布半径の新導出法 (ポスター)

田口諒 ^{m*}, 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 ^m, 宇根千晶, 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, 小林侑希哉, 太田由紀子, 島村敏矢, 手塚康晃, 泉川卓司, 鈴木健, 山口貴之, 神田真矩, 篠崎稔, 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

日本量子医科学会第3回学術大会 (理研, 2023年12月8-9日)

イットリア安定化ジルコニア (YSZ) 中の酸化物イオンの局所状態

三原基嗣 ^{s*}, 大谷優里花 ^b, 小倉昌子, 松多健策, 福田光順 ^s, 若林諒, 沖本直哉, 福留美樹 ^{DC}, 木村容子 ^m, 高山元 ^{DC}, 杉崎堯人 ^m, 田口諒 ^m, 泉川卓司, 野口法秀, 生越瑞揮, 佐藤弥紗, 高津和哉, 大坪隆, 西村太樹, 高橋弘幸, 菅原奏来, A. Gladkov, 石山博恒, 北川敦志, 佐藤眞二, 百田佐多生, 奥村寛之, 森口哲朗, 小沢顕, 富田啓介, 要直登, 矢野朝陽

令和5年度京大複合研専門研究会「短寿命 RI を用いた核分光と核物性研究 X」(オンライン開催, 2024年2月7日)

Muon Spin Imaging Spectroscopy の開発

杉崎堯人 ^{m*}, 小嶋健児, 三原基嗣 ^s, 木村容子 ^m, 溝井浩, 高山元 ^{DC}, 西村太樹, 田中聖臣, 石谷壮士 ^m, G. Morris, D. Arseneau, R. Abasalti, D. Vyas, 福田光順 ^s, 佐藤渉, 安田瑠奈, 田口諒 ^m

令和5年度京大複合研専門研究会「短寿命 RI を用いた核分光と核物性研究 X」(オンライン開催, 2024年2月7日)

陽電子トラッキングを利用した μ SR イメージング装置の開発

三原基嗣 ^{s*}, 杉崎堯人 ^m, 木村容子 ^m, 高山元 ^{DC}, 石谷壮士 ^m, 福田光順 ^s, 小嶋健児, G. Morris, B. Hitti, D. Arseneau, R. Abasalti, D. Vyas, 溝井浩, 佐藤渉, 西村太樹, 田中聖臣, 安田瑠奈
「Muon 科学と加速器研究」研究会 (KEK つくばキャンパス, 2024年1月16-17日)

ベータ線検出型核磁気共鳴イメージング (β -MRI) 装置の開発

三原基嗣^{s*}, 溝井浩, 木村容子^m, 杉崎堯人^m, 福留美樹^{DC}, 高山元^{DC}, 田口諒^m, 福田光順^s, 渡辺薫^m, 石谷壮士^m, 宮原里菜^m, S. Chen^b, 田中聖臣, 長友傑, 西村太樹, 高橋弘幸, 泉川卓司, 野口法秀, 田澤有紀, 大坪隆, 小沢顕, 矢野朝陽, 百田佐多生, 関響咲, 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、2024 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

原子核衝突で探る核半径・密度分布・核変形

福田光順^{s*}

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

 ^{12}Be アイソマー状態の断面積測定に向けたアイソマー比と寿命の測定

田口諒^{m*}, 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^m, 宇根千晶, 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, 小林侑希哉, 太田由紀子, 島村敏矢, 手塚康晃, 泉川卓司, 鈴木健, 山口貴之, 神田真矩, 篠崎稔, 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 2024 年春季大会 (於 オンライン、2024 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

鏡映核対 ^{22}Ne - ^{22}Mg の荷電変化断面積測定による陽子分布半径の研究

石谷壮士^{m*}, 福田光順^s, 福留美樹^{DC}, 高山元^{DC}, 田口諒^m, 三原基嗣^s, 渡辺薫^m, 田中聖臣, 西村太樹, 高橋弘幸, 菅原奏来, 大坪隆, 野口法秀, 高津和哉, 太田夕紀子, 泉川卓司, 鈴木健, 神田真矩, 関響咲, 篠崎稔, 小沢顕, 森口哲朗, 要直登, 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、2024 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日)

中性子過剰側 Cu 同位体の相互作用・荷電変化断面積と陽子・中性子分布半径導出

高山元^{DC*}, 福田光順^s, 福留美樹^{DC}, 田口諒^m, 石谷壮士^m, 松多健策, 三原基嗣^s, 田中聖臣, 西村太樹, 小沢顕, 森口哲朗, 矢野朝陽, 武智麻耶, 本間彰, 大坪隆, 野口法秀, 鈴木健, 山口貴之, 泉川卓司, 櫻井博儀, 福田直樹, 炭竈聡之, 鈴木宏, 竹田浩之, 田中良樹, 柳澤善行, 吉田光一, A. Prochazka

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

Ni 同位体の反応断面積と中性子スキン厚

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^m, 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^m, 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、2024 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日）

電子/陽電子トラッカーに用いるプラスチックシンチレーションファイバー検出器の評価（ポスター）

前里奨太郎^{b*}, 三原基嗣^s, 福田光順^s, 高山元^{DC}, 杉崎堯人^m, 石谷壮士^m, 小嶋健児, 溝井浩, 西村太樹, 田中聖臣

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

Ca 同位体の荷電変換断面積のエネルギー依存性（ポスター）

安田圭吾^{b*}, 福田光順^s, 田中聖臣, 福留美樹^{DC}, 高山元^{DC}, 田口諒^m, 渡辺薫^m, 西村太樹, 菅原奏来, 小沢顕, 森口哲朗, 矢野朝陽, 大坪隆, 武智麻耶, 野口法秀, 高津和哉, 鈴木健, 山口貴之, 泉川卓司, 松多健策, 三原基嗣^s, 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、2024 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日）

書籍等の出版，日本語の解説記事

大会事業の「これまで」と「これから」

川畑 貴裕^s

日本物理学会誌 2023 年 6 月号 303–303

1.3 南條グループ

令和五年度の研究活動概要

我々は J-PARC KOTO 実験と、ヨーロッパの 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 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 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行なった。

- **2021 年に取得したデータの解析：** 信号事象感度が 8.7×10^{-10} である 2021 年に取得したデータについて、背景事象の総数を $0.255 \pm 0.058(\text{stat.})_{-0.068}^{+0.053}(\text{syst.})$ と見積った。隠してきた信号領域を解析し、事象数は 0 であった (図 1.1)。90%信頼度で $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 分岐比の preliminary 上限値 2.0×10^{-9} を得た。その後、信号事象感度の系統誤差を評価し、出版に向け論文の原稿を準備した。[白石、小寺、南條]
- **2023 年のデータ取得：** 2021 年に J-PARC 主リングの電源がアップグレードされた。その後初めてハドロン実験施設へビームが供給された。6/17-21 まで KOTO 実験のビームデータを取得した。[白石、Gonzalez、小野、北川、川田、柴田、小寺、南條]
- **ビーム中荷電粒子検出器の運用と性能評価：** 昨年度開発した 0.2 mm 厚のシンチレータフィルムを用いるビーム中電粒子検出器 UCV0.2 を、KOTO 実験に導入し、KOTO 実験のビームデータを収集した。真空中で運用する PMT は、放電もなく、温度も 40°C 以下と安定であった。UCV0.2 は最小電離ピークに対し光電子数が 18.9 であった。この 40% の検出閾値に対し、99.9% 以上の荷電粒子検出効率であった。以前の検出器では 97% の検出効率だったので、荷電粒子背景事象をさらに 1/30 以下にできる。この検出器で散乱される K 中間子や中性子の量は、検出器が薄くなった分、誤差の範囲で 50% と期待どおりの結果を得たので (図 1.2)、これらを起源とする背景事象も半減にできる。[小野、北川、川田、柴田、小寺、南條]
- **高速データ収集システム：** 加速器のビームパワーの増強にあわせ、より高速なデータ収集システムを構築した。FPGA を用いて各検出器からのデータを統合して事象毎にまとめる。これを 6 台の PC が 40 Gbit/s でデータを受信し、データ選択とデータ圧縮を行う。その後段にある 1 台の PC のハードディスクにデータを一時保存し、KEK のコンピュータセンタに送信する。実際にこのデータ収集システムを J-PARC に構築した。実際のビームデータに対し、40 Gbit/s での受信、GPU によるオンラインデータ圧縮、0.1% 以下のデータ損失を達成した。[Gonzalez、南條]
- **KOTO 実験における微弱相互作用粒子の探索：** 2021 年に、KOTO 検出器へのビーム粒子の侵入を遮るビームプラグを閉じて、5 時間弱データを取得した。このデータを用い、ビームプラグを容易に通過できる、2 光子へ崩壊する未知の微弱相互作用粒

子を探した。カロリメータに2つのクラスタがあり、他の検出器にはヒットがない事象が、600 事象ほどみつかった。 $K_L \rightarrow 2\gamma$ 崩壊の寄与は無視でき、宇宙線など自然放射線の事象は2事象の寄与と見積った。残りの事象に対し、中性子からの寄与を見積ることが課題として残った。[柴田、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による不感率に不定性があり、背景事象の評価に効く。この光核反応による不感率を実測するために、バレル部検出器と同様の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おいて、標識化光子ビームを用いた試験を行った。標識化光子ビーム中での小型検出器の運転や、液体シンチレータにより光子と中性子を弁別して検出することに成功した。データ収集システムの不具合により結論を出すに至らなかったが、次の試験に向けた準備となった。[川田、片山、森岡、小野、北川、小寺、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事象収集できる見込みである。KOTO II 実験の検出器への応用を目指し、量子ドットによる高発光量、高速応答のプラスチックシンチレータを開発することにした。紫外線硬化アクリル樹脂を基剤にする予定であり、紫外線硬化アクリルシンチレータを開発した。初期製作では発光量が市販品の1/8であった。今後製作手法を改善し性能を向上させる。[片山、南條]

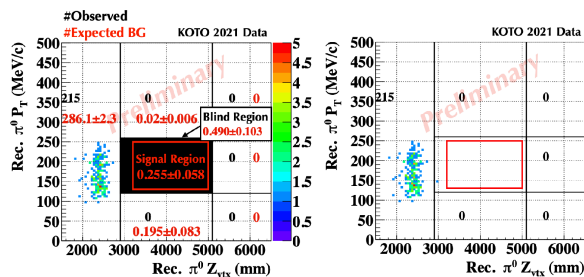


図 1.1: 2021 年データの解析結果

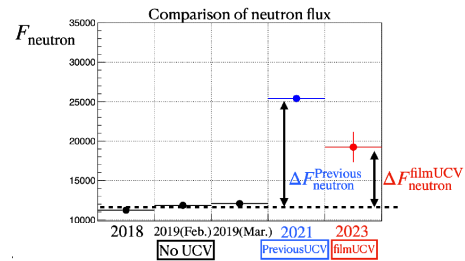


図 1.2: UCV0.2 によるハロー中性子の削減

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：** ヒッグス粒子が第二世代クォークと結合するかの初検証を目指し、我々はヒッグス粒子がチャームクォーク対

学術雑誌に出版された論文

Suppression of neutron background using deep neural network and Fourier frequency analysis at the KOTO experiment

Y.C. Tung, H. Nanjo^s, N. Shimizu, S. Shinohara, T. Yamanaka *et al.*

Nucl.Instrum.Meth.A **1059** (1, Dec) (2023) 1690101

(<http://doi.org/10.1016/j.nima.2023.169010>).

Calibration of the light-flavour jet mistagging efficiency of the b -tagging algorithms with Z +jets events using 139 fb^{-1} of ATLAS proton–proton collision data at $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$

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

Eur.Phys.J.C **83** (14, Aug) (2023) 728

(<http://doi.org/10.1140/epjc/s10052-023-11736-z>).

Constraints on the Higgs boson self-coupling from single- and double-Higgs production with the ATLAS detector using pp collisions at $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$

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

Phys.Lett.B **843** (10, Aug) (2023) 137745

(<http://doi.org/10.1016/j.physletb.2023.137745>).

ATLAS flavour-tagging algorithms for the LHC Run 2 pp collision dataset

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

Eur.Phys.J.C **83** (31, Jul) (2023) 681

(<http://doi.org/10.1140/epjc/s10052-023-11699-1>).

Combination of inclusive top-quark pair production cross-section measurements using ATLAS and CMS data at $\sqrt{s} = 7$ and 8 TeV

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

JHEP **7** (27, Jul) (2023) 213

([http://doi.org/10.1007/JHEP07\(2023\)213](http://doi.org/10.1007/JHEP07(2023)213)).

国際会議報告等

Status of the KOTO experiment to search for kaon rare decays

Hajime Nanjo^{s*}

PoS DISCRETE2022 **431** (1, Feb) (2024) 2.

DISCRETE2022 (Nov, 2022, 111), Germany.

国際会議における講演等

The KOTO and KOTO-II experiments to study the rare kaon decay $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$

Hajime Nanjo^{s*} (invited)

DESY Particle and Astroparticle Physics Colloquium (DESY, 2024/3/26-2024/3/26)

Latest KOTO results from 2021 data on $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$

Ryota Shiraishi^{d*} (invited)

58th Rencontres de Moriond 2024 (Electroweak Interactions and Unified Theories) (La Thuile, 2024/3/24-2023/3/31)

KOTO and KOTO II to study $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$

Hajime Nanjo^{s*} (invited)

Fourth International Workshop on the Extension Project for the J-PARC Hadron Experimental Facility (J-PARC, 2024/2/19-2024/2/21)

KOTO2 prospects and plans

Hajime Nanjo^{s*} (invited)

Kaons@CERN 2023 (CERN, 2023/9/11-2023/9/14)

Experiment summary: Higgs+BSM Higgs+Dihiggs

Minoru Hirose^{s*}

Workshop for Tera-Scale Physics and Beyond (JR Hakata City, 2023/6/23-2023/6/23)

KOTO: Search for Rare Neutral-Kaon Decays at J-PARC

Ryota Shiraishi^{d*} (invited)

US-Japan Hawaii Symposium of the US-Japan Science and Technology Cooperation Program (Imin International Conference Center at East-West Center, 2023/5/22-2023/5/23)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

UV 硬化アクリルシンチレータの特性

片山 舞^{m*}

第4回 ITDC プラットフォーム A (光検出器、シンチレータ) 研究会 (大阪大学, 2024/3/7-2024/3/8)

シンチレータ高度化研究会まとめ

南條 創^{s*}

第4回 ITDC プラットフォーム A (光検出器、シンチレータ) 研究会 (大阪大学, 2024/3/7-

2024/3/8)

薄膜プラスチックシンチレータを用いた KOTO 実験用荷電粒子検出器の性能評価

小野 啓太 ^{d*}

第 30 回 ICEPP シンポジウム (志賀レークホテル, 2024/2/18-2024/2/21)

薄いシンチレータを利用した荷電粒子検出器、KOTO II にむけた量子ドットシンチレータの開発

南條 創 ^{s*}

シンチレータ高度化研究会 (東京大学, 2023/7/29-2023/7/29)

KOTO II 実験で検討している量子ドットシンチレータのための紫外線硬化アクリルを用いたシンチレータの開発

片山舞 ^{m*}

日本物理学会 2024 年春季大会

J-PARC KOTO 実験 2021 年データを用いた $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 探索における信号事象感度の系統誤差評価

白石諒太 ^{d*}

日本物理学会 2024 年春季大会

Online event reconstruction and selection at the High-Level trigger of the J-PARC KOTO experiment

Mario Gonzalez ^{d*}

日本物理学会 2024 年春季大会

J-PARC KOTO 実験におけるビーム中荷電粒子検出器の設置による背景事象への影響

小野啓太 ^{d*}

日本物理学会 2024 年春季大会

高輝度 LHC ATLAS 実験用ピクセル検出器のバンプ接続評価手法の検証

荒木田陸斗 ^{m*}

日本物理学会 2024 年春季大会

KOTO 実験のための光核反応による光子不感率測定に用いたビーム評価

片山舞 ^{m*}

日本物理学会 2024 年春季大会

KOTO 実験のための光核反応による光子不感率の標識化光子ビームを用いた評価

川田悠統 ^{m*}

日本物理学会 2024 年春季大会

LHC-ATLAS 実験におけるシリコンストリップ検出器のモニタリングツール開発

泉尾翼 m^*

日本物理学会 2024 年春季大会

J-PARC KOTO 実験 2021 年物理データの解析

白石諒太 d^*

日本物理学会第 78 回年次大会 (2023 年)

KOTO 実験のための光核反応による光子不感率の評価手法

川田悠統 m^*

日本物理学会第 78 回年次大会 (2023 年)

KOTO ビームラインに新しく入れた荷電粒子検出器のトリガーカウンター

小寺克茂 s^*

日本物理学会第 78 回年次大会 (2023 年)

2023 年ランデータをを用いた KOTO 実験用ビーム中荷電粒子検出器の性能評価

小野啓太 d^*

日本物理学会第 78 回年次大会 (2023 年)

Impact of using truth tagging in the Higgs to charm quark decay search at the LHC-ATLAS experiment

Lakmin Wickremasinghe d^*

日本物理学会第 78 回年次大会 (2023 年)

X 線検出による HL-LHC ATLAS 実験に用いる新型ピクセル検出器のバンブ接続評価

荒木田陸斗 m^*

日本物理学会第 78 回年次大会 (2023 年)

HL-LHC ATLAS 実験用シリコンピクセル検出器を用いたテストビームラインにおける飛跡検出システムの開発と動作試験

久郷莉奈 m^*

日本物理学会第 78 回年次大会 (2023 年)

Performance evaluation of the new GPU-based Level-3 Trigger of the KOTO experiment

Mario Gonzalez d^*

日本物理学会第 78 回年次大会 (2023 年)

書籍等の出版，日本語の解説記事

1.4 工藤グループ

令和五年度の研究活動概要

近年、私たちは、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。令和五年度は、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を行い、新奇超伝導状態の探索を進めた。さらに、鉄系超伝導体の特異な物性を調べるための実験を行なった。本稿では、それらの中から、原子が三角形あるいはハニカム状のネットワークを形成する物質の開発とそれらの物質が示す超伝導に関する研究の結果を報告する。

ハニカムネットワークを持つ BaPt(As_{1-x}Sb_x) における超伝導転移温度の2ピーク

プラチナとニクトゲンからなるハニカムネットワークは、非従来型超伝導を研究するための舞台として注目を集めている。本研究では、SrPtSb 型 BaPtAs、BaPtSb ($P\bar{6}m2$, D_{3h}^1 , No. 187) に着目した。それぞれ、2.8 K と 1.64 K で超伝導を示す。それらは私たちが発見した超伝導体であり、Pt と As/Sb からなるハニカムネットワークを持つ。昨年、私たちは、BaPt(As_{1-x}Sb_x) の超伝導転移温度 T_c が非単調な x 依存性を示すことを報告した。 T_c が $x \sim 0.09$ にピークを示す。一方で、電子比熱係数とデバイ温度が、 x にほとんど依存しないことから、その系の超伝導が電子-格子相互作用に基づく機構では説明できないことを示唆した。その際、 $T_c(x)$ が、 $x \sim 0.03$ にもう一つのピークを示したが、約 0.05 以下の x 領域では SrPtSb 型と LaIrSi 型 ($P2_13$, T^4 , No. 198) の BaPt(As_{1-x}Sb_x) が同時に生成するため、いずれの型に起因するものなのか不明であった。本研究では、BaPtAs の多形を考慮しながら、慎重に LaIrSi 型 BaPt(As_{1-x}Sb_x) を合成し、その型が超伝導を示すかどうかを調べた。粉末 X 線回折実験と磁化測定を行った結果、 $x = 0.00-0.05$ の LaIrSi 型 BaPt(As_{1-x}Sb_x) が 1.8 K 以上の温度で超伝導を示さないことがわかった。この結果により、SrPtSb 型 BaPt(As_{1-x}Sb_x) が T_c の x 依存性に 2 つのピークを示すことが明らかになった。今後、その系の超伝導状態の詳細を実験で明らかにするとともに、超伝導状態の x 依存性を調べることが重要と考えられる。

ハニカムネットワークを持つ BaPtSb における非従来型超伝導

上述の BaPtAs、BaPtSb の超伝導状態を詳細に調べるために、合成条件を最適化して試料の純良化を行なった。その結果、良質な結晶状試料を得ることができた。その試料を用いてミュオンスピン緩和実験を行い、新奇超伝導状態を探索した結果、BaPtSb において時間反転対称性が破れた超伝導状態を示唆する結果を得ることができた。その特徴は、Sb サイトをわずかな As で部分置換することによって消失した。As をわずかに部分置換した試料は超伝導を発現するものの、その超伝導状態は時間反転対称性を破っていない。これらの結果は、少なくとも、BaPtSb の超伝導状態が非従来型であることを示唆している。さらに、理論計算の結果と併せて検討した結果、これらの実験的観測がカイラル超伝導の発現と矛盾し

ないことが分かった。今後、As 置換量を変えた試料を合成し、さらに詳しく調べる予定である。

三角形ネットワークを持つ Se ドープ PtBi₂ の単結晶育成

MX_2 (M : 遷移金属, X : ニクトゲンまたはカルコゲン) で表される化合物は、 M の d バンドと X の p バンドのエネルギーと充填に依存して構造が変化する。Pt と Bi の組み合わせは絶妙であり、PtBi₂ は同じ化学組成のまま様々な結晶構造をとる。つまり、多形を示す。同じ族の元素からなる PtP₂、PtAs₂、PtSb₂ がパイライト型の構造しかとらないことから、PtBi₂ の構造には不安定性を期待することができる。実際に、私たちは、これまで、PtBi₂ の多形の一つである極性相 ($P31m$, C_{3v}^2 , No. 157) において、PtBi₂ 層間への過剰な Pt の挿入や、Bi サイトの Se/Te 部分置換を行うと、極性非極性構造相転移を誘起できることを報告している。非極性構造 ($P\bar{3}m1$, D_{3d}^3 , No. 164) に転移すると、Pt が正三角形のネットワークを形成する。興味深いことに、その転移に伴って、超伝導転移温度 T_c が 0.6 K から 2.4 K に上昇する。さらに、系が極性相と非極性相の相境界に近づくにつれて、 T_c が上昇する。このときどのようなメカニズムで T_c が上昇しているかを明らかにすることは、新たな超伝導増強因子の抽出に繋がるので重要である。本研究では、この系の超伝導物性を詳細に調べるために、Pt(Bi_{1-x}Se_x)₂ の大型単結晶試料の育成を進めた。PtBi₂ ($x = 0$) の極性相は、高温相でも低温相でもなく中間温度で安定化する相である。したがって、単結晶試料を育成するためには、温度のコントロールが重要となる。仕込み組成と温度条件を変えることで大型単結晶試料の育成に成功した。Se をドープして非極性構造を安定化させた Pt(Bi_{1-x}Se_x)₂ の単結晶育成においては、融体を均一化するための温度コントロールが重要であることがわかった。条件を最適化したところ、単結晶試料の大型化に成功した。その単結晶試料を用いて、超伝導状態を明らかにするために、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た。

学術雑誌に出版された論文

Fabrication of Se-doped PtBi₂ Thin Film Devices

M. Maeda^m, M. Tokuda^{DC}, R. Nakamura^m, M. Watanabe^{DC}, K. Takaki^m, N. Jiang^s, K. Kudo^s, and Y. Niimi^s

JPS Conference Proceedings **38** (May) (2023) 011036 1-4

(<http://doi.org/10.7566/jpscp.38.011036>).

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

工藤一貴^s

生産と技術 **75** (No. 2, Apr.) (2023) 71-76.

Dynamics of orbital degrees of freedom probed via isotope ^{121,123}Sb nuclear quadrupole moments in Sb-substituted iron pnictide superconductors

T. Kouchi, K. Yoshinaga, T. Asano, S. Nishioka, M. Yashima, H. Mukuda, A. Iyo, T. Kawashima^m, and S. Miyasaka^s

Physical Review B **108** (No. 1, July) (2023) 014507 1-7

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.108.014507>).

Near-infrared light-induced superconducting-like state in underdoped YBa₂Cu₃O_y studied by *c*-axis terahertz third-harmonic generation

K. Katsumi, M. Nishida, S. Kaiser, S. Miyasaka^s, S. Tajima, R. Shimano

Physical Review B **107** (No. 21, June) (2023) 214506 1-18

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.107.214506>).

国際会議報告等

国際会議における講演等

Development of Pt-based Superconductors with Honeycomb Network

K. Kudo^{s*} (invited)

MRM2023/IUMRS-ICA2023 (at Kyoto, Japan, Dec. 11-16, 2023, 参加者数約 2,000 名)

Non-monotonic variation of superconducting transition temperature in BaPtAs-BaPtSb solid solution (poster)

K. Kudo^{s*}, T. Ogawa, K. Manabe^m, T. Takeuchi, T. Kida, H. Kuroe, M. Hagiwara, J. Goryo, and T. Adachi

International Conference on Quantum Liquid Crystals 2023 (QLC2023) (at Sapporo, Japan, Aug. 8-10, 参加者数約 200 名)

Single-crystal growth and physical properties of iron-based superconductor Sr₂VFeAsO₃ (poster)

M. Nakajima^{s*}

International Conference on Quantum Liquid Crystals 2023 (QLC2023) (at Sapporo, Japan, Aug. 8-10, 参加者数約 200 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

Se ドープ PtBi₂ の合成と超伝導特性 (ポスター)

眞崎世間^{m*}, 生島匠^{b*}, 守安悠人^m, 木田孝則, 萩原政幸, 工藤一貴^s

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

ハニカムネットワークを持つ BaPt(As_{1-x}Sb_x) の合成と超伝導特性 II (ポスター)浦矢郁人^{m*}, 平岡耀登^b, 木田孝則, 萩原政幸, 工藤一貴^s

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

バナジウム酸化物層に起因する鉄系超伝導体 Sr₂VFeAsO_{3-δ} の特異な物性中島正道^{s*}, 横田裕章^m, 脇村泰平^m, 竹内徹也, 中村昂矢, 八島光晴, 棕田秀和, 宮坂茂樹^s, 田島節子

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

Development of Novel Superconductors with Triangular, Honeycomb, or Kagome Networks工藤一貴^{s*}

令和 5 年度 新学術領域研究「量子液晶の物性科学」領域研究会 (於 東京大学物性研究所、2023 年 12 月 26 日 – 28 日)

Evolution of nematic domain structure in iron-based superconductors probed by imaging of in-plane reflectivity anisotropy中島正道^{s*}

令和 5 年度 新学術領域研究「量子液晶の物性科学」領域研究会 (於 東京大学物性研究所、2023 年 12 月 26 日 – 28 日)

書籍等の出版，日本語の解説記事

1.5 新見グループ

令和五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。令和五年度、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 CrNb_3S_6 薄膜におけるスピン輸送測定
- b) 遷移金属ダイカルコゲナイド薄膜におけるスピン輸送測定
- c) グラフェンを用いたスピン輸送測定
- d) ファンデルワールス超伝導体を用いたスピン輸送測定
- e) アモルファス FeSn 合金におけるスピン輸送測定
- f) BiNi 超伝導薄膜デバイスを用いた超伝導特性の評価
- g) 原子層強磁性体を用いたスピントルク強磁性共鳴
- h) 三角格子反強磁性体 Ag_2CrO_2 における非従来型異常ホール効果
- i) 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
- j) 表面弾性波による擬1次元電荷密度波の変調
- k) 空間反転対称性の破れた原子層物質の伝導特性
- l) 電界効果を用いた原子層物質の伝導特性の変調
- m) 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、「h) 三角格子反強磁性体 Ag_2CrO_2 における非従来型異常ホール効果」について紹介する。

三角格子反強磁性体 Ag_2CrO_2 における非従来型異常ホール効果

一般に、イジングスピンの交換相互作用の符号が負のときには反強磁性秩序を示すが、これを三角格子に配置すると、幾何学的なフラストレーションが生じる。このような場合、近接する交換相互作用だけでなく、次近接やさらにその次の近接相互作用まで考慮する必要があり、スピン状態は複雑である。

Ag_2CrO_2 は、 CrO_2 の三角格子面と、伝導を担う Ag_2 面が重なり合った、電気伝導性を有する三角格子反強磁性体であることが知られている [H. Yoshida *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **80**, 123703 (2011).]. またこの系は中性子散乱実験から、イジングアップとダウンのスピンの交互に2回ずつ並んだあと、部分無秩序スピン（最近接、次近接の相互作用が全てキャンセルして自由スピンのように振る舞う）が配列する、5副格子の三角格子反強磁性体であることが知られている [M. Matsuda *et al.*, Phys. Rev. B **85**, 144407 (2012).]. 一方で我々は、多結晶 Ag_2CrO_2 を機械的剥離法で微結晶を切り出して輸送測定を行うと、抵抗率が1桁以上下がるだけでなく、低磁場側でバタフライ型の磁気抵抗が現れることを報告していた [H. Taniguchi *et al.*, Sci. Rep. **10**, 2525 (2020).]. この系の磁気状態は完全には知られていないため、単結晶に近い微結晶を用いた磁気輸送測定によって、この系の磁気状態の本質に迫れる可能性がある。そこで我々は、微結晶 Ag_2CrO_2 の磁気抵抗及びホール効果を詳細に調べた。

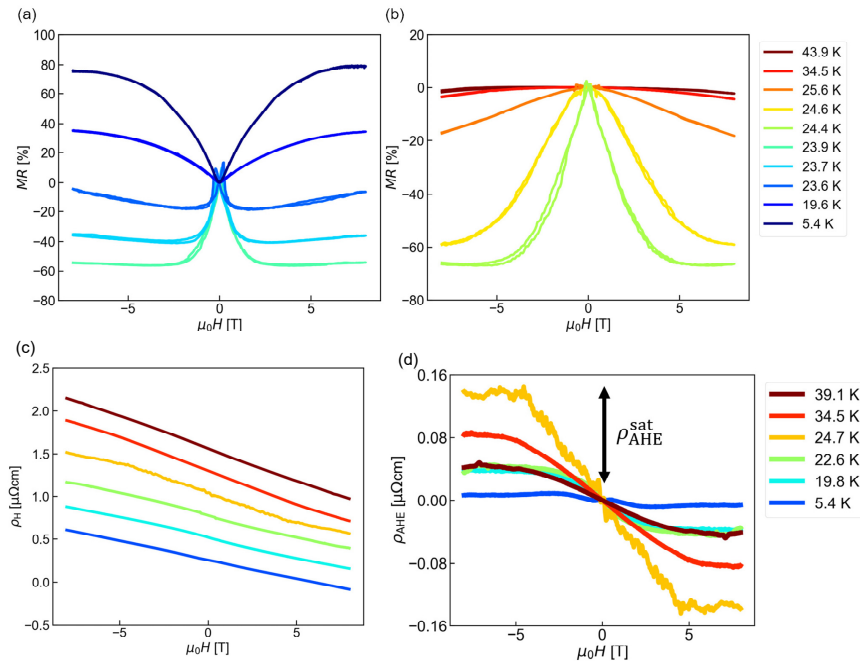


図 1.1: (a) T_N 以下と (b) T_N 以上で観測された Ag_2CrO_2 薄膜デバイスの磁気抵抗。磁場は結晶 c 軸方向に印加されている。(c) ホール抵抗率 ρ_H と (d) ホール抵抗率から正常ホール項を差し引いた異常ホール抵抗率 ρ_{AHE} の温度依存性。 ρ_{AHE} が飽和した値とゼロ磁場との差分 $\rho_{\text{AHE}}^{\text{sat}}$ を図中で定義している。

図 1.1 に Ag_2CrO_2 薄膜デバイスで測定した磁気抵抗とホール抵抗率を示す。まず図 1.1(a) と 1.1(b) に示した磁気抵抗を見ると、温度の低下とともに負の磁気抵抗が大きくなっていき、反強磁性転移温度 T_N (≈ 24.5 K) で最大となる。これは磁場の印加によって、磁気ゆらぎが抑制されるためである。一方、 T_N 以下では磁気秩序の成長とともに急速に負の磁気抵抗は小さくなるだけでなく、1 T 以下の磁場領域で、先行研究でも報告されていたバタフラ

イ型の磁気抵抗が観測されている [H. Taniguchi *et al.*, Sci. Rep. **10**, 2525 (2020).]. 20 K 以下になると負の磁気抵抗から正の磁気抵抗へと入れ替える。この系で観測された磁気抵抗の比率は T_N から 5 K のわずか 20 K で 140% にも達することが分かった。一方、図 1.1(c) に示したホール効果に着目すると、ヒステリシスを伴う明瞭な異常ホール効果は観測されていないが、 T_N 近傍では明らかに正常ホール効果以外の項が存在することが分かる。正常ホール効果以外の項を明確に示すために、図 1.1(c) の高磁場側 (6 T 以上) の線形項をホール抵抗率 ρ_H から差し引いたものを異常ホール項 ρ_{AHE} と定義して、プロットし直したものを図 1.1(d) に示す。 T_N 近傍で ρ_{AHE} が最大を取っていることが分かる。この振舞いを定量的に調べるため、 ρ_{AHE} が飽和した値とゼロ磁場との差分 ρ_{AHE}^{sat} をさらに縦抵抗率 ρ_{xx} で除したものを異常ホール角 $\tan \theta_{AHE}$ と定義して、温度の関数としてプロットしたものを図 1.2(a) に示す。異常ホール角は明瞭に T_N でピークを持つ。さらにピークの異常ホール角は 2 ~ 4% 程度に達し、これは通常の金属強磁性体の値よりも一桁以上大きな値となった。

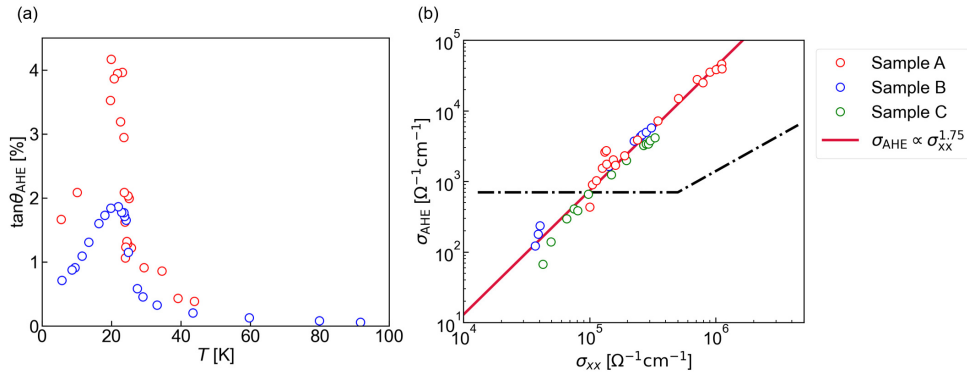


図 1.2: (a) Ag_2CrO_2 薄膜デバイスの異常ホール角 $\tan \theta_{AHE}$ の温度依存性。(b) 異常ホール伝導率 σ_{AHE} の縦伝導率 σ_{xx} 依存性。赤実線は σ_{xx} の 1.75 乗に比例した振舞い、黒一点鎖線はこれまでのスケーリング理論で知られている異常ホール伝導率 σ_{AHE} の縦伝導率 σ_{xx} 依存性。

この系の異常ホール効果がこれまで強磁性体で知られているスケーリング理論とどの程度整合するかを調べるために、異常ホール伝導率 $\sigma_{AHE} (= \tan \theta_{AHE} \times \sigma_{xx})$ と縦伝導率 σ_{xx} との関係性を調べた。その結果を図 1.2(b) に示す。多くの強磁性体で報告された異常ホール伝導率と縦伝導率の関係性を示すスケーリング理論によれば、 σ_{xx} がおよそ $5 \times 10^5 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ までは一定値となる内因的領域、これ以上の伝導率では不純物散乱などのスキュー散乱が支配的となる外因的領域となるが、本研究ではこれまでに知られたスケーリング理論とは大きく異なり、 $5 \times 10^4 < \sigma_{xx} < 1 \times 10^6 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ の領域で、 σ_{AHE} は σ_{xx} の 1.75 乗に従うことが分かった。最近の理論によると、非コプレーナな磁気構造に起因するスキュー散乱が、磁気モーメントの熱揺らぎによって大きく増強し得る [H. Ishizuka and N. Nagaosa, Phys. Rev. B **103**, 235148 (2021).]. この理論が Ag_2CrO_2 に適用できるかどうかは明らかではないが、 T_N 近傍の磁気ゆらぎが異常ホール伝導率の振舞いに重要な役割を果たしていることは間違いなく、今後、 Ag_2CoO_2 など他の三角格子反強磁性体を用いて調べる必要がある。

学術雑誌に出版された論文

Enhancement of spin-flop-induced magnetic hysteresis in van der Waals magnet $(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_5\text{GeTe}_2$

T. Ohta^{DC}, K. Kurokawa^m, N. Jiang^s, K. Yamagami, Y. Okada, and Y. Niimi^s

Applied Physics Letters **122** (No. 15, Apr.) (2023) 152402/1-6

(<http://doi.org/10.1063/5.0141495>).

Fabrication of Se-doped PtBi_2 Thin Film Devices

M. Maeda^m, M. Tokuda^{DC}, R. Nakamura^{DC}, M. Watanabe^{DC}, K. Tkaki, N. Jiang^s, K. Kudo, and Y. Niimi^s

JPS Conference Proceedings **38** () (2023) 011036/1-4

(<http://doi.org/10.7566/JPSCP.38.011036>).

Suppression of electromagnetic crosstalk by differential excitation for SAW generation

S. Ota, Y. Okazaki, S. Nakamura, T. Oe, H. Sellier, C. Bauerle, N. Kaneko, T. Kodera, and S. Takada^s

Applied Physics Express **17** (No. 2, Feb.) (2024) 022002/1-6

(<http://doi.org/10.35848/1882-0786/ad253f>).

国際会議報告等

国際会議における講演等

Enhancement of spin-flop induced magnetic hysteresis in van der Waals magnet $(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_5\text{GeTe}_2$ (poster)

T. Ohta^{DC*}, K. Kurokawa^m, N. Jiang^s, K. Yamagami, Y. Okada, and Y. Niimi^s

INTERMAG 2023 (at Sendai, May 15 - May 19, 2023, 参加者数約 200 名)

Anomalous Hall effect by induced by spin fluctuations in a triangular lattice antiferromagnet (poster)

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

INTERMAG 2023 (at Sendai, May 15 - May 19, 2023, 参加者数約 200 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

Bi/Ni 超伝導リングにおける半整数磁束量子シフトの観測

新見 康洋^{s*}

日本物理学会 第78回年次大会（2023年）（於 東北大学、2023年9月16日－9月19日）

表面弾性波を用いた原子層磁性体 $(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_5\text{GeTe}_2$ の磁気弾性測定

川田 拓弥^{PD*}、藤原 浩司^{DC}、太田 智陽^{DC}、二階堂 夏海^b、山神 光平、岡田 佳憲、蔣 男^s、新見 康洋^s

日本物理学会 第78回年次大会（2023年）（於 東北大学、2023年9月16日－9月19日）

スピントルク強磁性共鳴法を用いた原子層強磁性体 Fe_5GeTe_2 のスピンホール効果の計測

太田 智陽^{DC*}、蔣 男^s、新見 康洋^s、山神 光平、岡田 佳憲、大谷 義近、近藤 浩大

日本物理学会 第78回年次大会（2023年）（於 東北大学、2023年9月16日－9月19日）

ファンデルワールス反強磁性体 TbTe_3 薄膜における磁気輸送特性

浅間 遼太郎^{m*}、東原 有^m、中村 瞭弥^{DC}、渡邊 杜^{DC}、蔣 男^s、友田 七海、渡邊 賢司、谷口 尚、岡田 佳憲、新見 康洋^s

日本物理学会 第78回年次大会（2023年）（於 東北大学、2023年9月16日－9月19日）

ファンデルワールス超伝導体 PtBi_2 における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、工藤 一貴、新見 康洋^s

日本物理学会 第78回年次大会（2023年）（於 東北大学、2023年9月16日－9月19日）

ファンデルワールス反強磁性体 CeTe_3 における磁気輸送特性 (ポスター)

東原 有^{m*}、浅間 遼太郎^m、中村 瞭弥^{DC}、渡邊 杜^{DC}、蔣 男^s、植田 大地、岡田 佳憲、新見 康洋^s

日本物理学会 第78回年次大会（2023年）（於 東北大学、2023年9月16日－9月19日）

Bi/Ni 二層薄膜を用いた磁気輸送特性 (ポスター)

松本 史弥^{m*}、中村 瞭弥^{DC}、蔣 男^s、Yue Di、Jin Xiao-Feng、新見 康洋^s

日本物理学会 第78回年次大会（2023年）（於 東北大学、2023年9月16日－9月19日）

グラフェン/Nb 界面における逆 Rashba-Edelstein 効果のゲート変調 (ポスター)

山口 優陽^{m*}、大星 和毅^m、中村 瞭弥^{DC}、蔣 男^s、新見 康洋^s

日本物理学会 第78回年次大会（2023年）（於 東北大学、2023年9月16日－9月19日）

Se ドープ PtBi_2 薄膜における超伝導特性のドープ量依存性 (ポスター)

寒川 雄斗^{m*}、前田 将輝^m、中村 瞭弥^{DC}、蔣 男^s、高木 健輔、工藤 一貴、新見 康洋^s

日本物理学会 第78回年次大会（2023年）（於 東北大学、2023年9月16日－9月19日）

Bi/Ni 超伝導リングにおける半整数磁束量子シフトの観測新見 康洋^{s*}

応用物理学会秋季学術講演会「磁性・スピンと超伝導が織りなす新物理現象とデバイス応用」
(於 熊本県熊本市、2023 年 9 月 22 日)

原子層デバイスの開拓とそのスピン物性新見 康洋^{s*}

強的秩序とその操作に関わる第 17 回 夏の学校 (於 福岡県福岡市、2023 年 9 月 23 日 - 24 日)

Bi/Ni 超伝導リングにおける半整数磁束量子シフトの観測新見 康洋^{s*}

令和 5 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、2023 年 10 月 27 日 - 28 日)

Unconventional anomalous Hall effect in a triangular lattice antiferromagnet with weak spin orbit interaction新見 康洋^{s*}

令和 5 年度 新学術領域研究「量子液晶の物性科学」 領域研究会 (於 東京大学、2023 年 12 月 26 日 - 28 日)

Giant spin Hall angle in highly-conductive Dirac semimetal PtTe₂ (ポスター)中村 瞭弥^{DC*}、山口 優陽^m、寒川 雄斗^m、東原 有^m、蔣 男^s、新見 康洋^s

第 27 回 半導体におけるスピン工学の基礎と応用 (PASPS-27) (於 東北大学、2024 年 3 月 16 日 - 17 日)

高伝導ディラック半金属 PtTe₂ における巨大スピンホール角の観測 (ポスター)中村 瞭弥^{DC*}、山口 優陽^m、寒川 雄斗^m、東原 有^m、蔣 男^s、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) 2023 年度報告会 (於 東北大学、2023 年 3 月 17 日 - 18 日)

グラフェン/Nb 界面におけるスピン流電流変換のゲート変調 (ポスター)山口 優陽^{m*}、中村 瞭弥^{DC}、蔣 男^s、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) 2023 年度報告会 (於 東北大学、2023 年 3 月 17 日 - 18 日)

ファンデルワールス反強磁性体 RTe₃ (R = La, Ce, Tb) 薄膜デバイスにおける磁気輸送特性東原 有^{m*}、浅間 遼太郎^m、中村 瞭弥^{DC}、渡邊 杜^{DC}、蔣 男^s、岡田 佳憲、新見 康洋^s

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

遷移金属ダイカルコゲナイド PtTe_2 薄膜素子におけるスピン拡散長とスピホール角の導出

中村 瞭弥^{DC*}、山口 優陽^m、寒川 雄斗^m、東原 有^m、蔣 男^s、新見 康洋^s

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

Two-level critical-state model による $\text{Pt}(\text{Bi}_{1-x}\text{Se}_x)_2$ 薄膜の磁気抵抗ヒステリシスの解明

東原 有^{m*}、寒川 雄斗^m、前田 将輝^m、中村 瞭弥^{DC}、守安 悠人、蔣 男^s、工藤 一貴、新見 康洋^s

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

NbSe_3 薄膜における音響電流測定 (ポスター)

二階堂 夏海^{b*}、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 2024 年春季大会（於 オンライン、2024 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日）

書籍等の出版，日本語の解説記事

表面弾性波で単一パルスを作る

高田 真太郎^s、太田 俊輔

応用物理 Vol. 92, No. 12, 基礎講座 (2023).

1.6 豊田グループ

令和五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。

放射性微粒子の直接その場分析に向けた単一微粒子質量分析装置の開発

福島第一原子力発電所の事故により発生した燃料デブリの切削による取り出しにおいて、生成が想定される放射性微粒子の直接その場分析を目的とし、単一微粒子質量分析装置の開発を行っている。今年度は、リフレクトロン型の飛行時間型質量分析計を製作し、昨年度に作成した粒子検出部を組み合わせた。開発した単一微粒子質量分析装置に、レーザーアブ

レーションにより生成した模擬アルファ微粒子を導入し、微粒子の検出効率など性能評価を行った。

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。

フェムト秒レーザー脱離イオン化質量分析装置の開発

市販の質量分析装置のレーザー脱離イオン化には、比較的安価な窒素レーザーや Nd:YAG レーザーの3倍波などの紫外のナノ秒レーザー光が用いられているが、フェムト秒レーザー光を用いると、超高速非平衡現象による特異的な脱離イオン化が生じると考えられる。そこで、飛行時間型質量分析装置に高繰り返し再生増幅チタンサファイアレーザーシステムからのチャープ制御レーザー光を導入し、フェムト秒レーザー脱離イオン化質量分析装置を開発した。ナノ秒レーザー脱離イオン化との顕著な違いを見出しており、また、フェムト秒レーザーによって、高感度、高分解能、かつ、非侵襲性の高い分析が可能であることを示唆する予備的な実験結果を得た。

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

国際会議報告等

国際会議における講演等

Control and Utilize Periodic Motions for the Development of Time-of-flight Mass Spectrometer and Ambient Sampling-Ionization Technique

Y. Otsuka^{*,}, M. Toyoda (invited)

Asia-Oceania Mass Spectrometry Conference 2023 (AOMSC2023) (at ICC JEJU, Seogwipo, JejuSpecial Self-Governing Province, Korea, August 20-23, 2023)

Sampling and Ionization with Ultralow Volume Solvent for Multidimensional Chemical Distribution Information of Tissues and Cells

Y. Otsuka^{s*} (invited)

MRM2023/IUMRS-ICA2023 Grand Meeting (at Kyoto International Conference Center, Kyoto, Japan, December 15, 2023)

Mass spectrometry imaging of single cells by tapping-mode scanning probe electrospray ionization (poster)

Y. Otsuka^{s*}

71st ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics (at George R. Brown Convention Center, Houston, Texas, USA, June 5, 2023)

Mass Spectrometry Imaging of Single Cells by Tapping-mode Scanning Probe Electrospray Ionization

Y. Otsuka^{s*}, K. Kabayama, A. Miura, K. Fukase, M. Toyoda

International Mass Spectrometry Imaging Society 2023 (at Centre Mont Royal, Montreal, Quebec, Canada, October 23, 2023)

High Resolution Mass Spectrometry Imaging of HeLa Cells by Tapping-Mode Scanning Probe Electrospray Ionization (poster)

Y. Otsuka^{s*}, K. Kabayama, A. Miura, K. Fukase, M. Toyoda

International Colloquium on Scanning Probe Microscopy 31 (at 東京工業大学, December 7, 2023)

Effect of Probe Oscillation Frequency on Mass Spectrometry Imaging of Mouse Brain Sections by t-SPEI (poster)

M. Sun^{d*}, Y. Otsuka^s, M. Okada^m, S. Shimma, M. Toyoda

Asia-Oceania Mass Spectrometry Conference 2023 (AOMSC2023) (at ICC JEJU, Seogwipo, JejuSpecial Self-Governing Province, Korea, August 20-23, 2023)

Development of a real-time soil-gas measurement system using a multi-turn time-of-flight mass spectrometer (poster)

S. Suzuki^{m*}, Y. Toma, T. Hondou, Y. Kawai, Y. Otsuka, M. Toyoda

Asia-Oceania Mass Spectrometry Conference 2023 (AOMSC2023) (at ICC JEJU, Seogwipo, JejuSpecial Self-Governing Province, Korea, August 20-23, 2023)

Dynamic Change of Probe Oscillation During Approaching Process in t-SPEI (poster)

M. Sun^{d*}, Y. Otsuka^s, M. Okada^m, S. Shimma, M. Toyoda

International Colloquium on Scanning Probe Microscopy 31 (at 東京工業大学, December 7, 2023)

日本物理学会，応用物理学会等における講演**マルチターン飛行時間型質量分析計を用いた土壌中ガスの連続測定 (ポスター)**

鈴木 舜也^{m*}, 吉松 佑華, 当真 要, 本堂 敏信, 河井 洋輔, 大塚 洋一^s, 豊田 岐聡
第 71 回質量分析総合討論会 (at 大阪国際会議場, 2023 年 5 月 15 日)

Effect of Probe Oscillation Frequency on Mass Spectrometry Imaging of Mouse Brain Sections by t-SPEI (ポスター)

孫 夢沢^{d*}, 大塚 洋一^s, 岡田 茉樹^m, 新聞 秀一, 豊田 岐聡
第 71 回質量分析総合討論会 (at 大阪国際会議場, 2023 年 5 月 16 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単一細胞の質量分析イメージング (ポスター)

大塚 洋一^{s*}, 樺山 一哉, 三浦 彩音, 深瀬 浩一, 豊田 岐聡
第 71 回質量分析総合討論会 (at 大阪国際会議場, 2023 年 5 月 17 日)

精子形態異常を誘導したマウス精巣の t-SPEI による質量分析イメージング (ポスター)

岡田 茉樹^{m*}, 大塚 洋一^s, 孫 夢沢^d, 進藤 英雄, 橋立 智美, 豊田 岐聡
第 71 回質量分析総合討論会 (at 大阪国際会議場, 2023 年 5 月 17 日)

t-SPEI 質量分析イメージングによるマウス精巣組織の疾患関連脂質の可視化 (ポスター)

岡田 茉樹^{m*}, 大塚 洋一^s, 孫 夢沢^d, 松本 涼太^b, 進藤 英雄, 橋立 智美, 豊田 岐聡
第 71 回質量分析総合討論会 (at 大阪国際会議場, 2023 年 6 月 24 日)

Development of Femtosecond Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometer based on Ion Trajectory Simulation (ポスター)

王 健仲^{d*}, 兼松 泰男, 井川翔太, 西澤 正崇^m, 松田 冬樹, 邨 次敦, 河井 洋輔, 豊田 岐聡
第 71 回質量分析総合討論会 (at 大阪国際会議場, 2023 年 5 月 17 日)

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 HeLa 細胞の高空間分解能質量分析イメージング

大塚 洋一^{s*}, 樺山 一哉, 三浦 彩音, 深瀬 浩一, 豊田 岐聡
第 84 回応用物理学会秋季学術講演会 (at 熊本城ホール, 2023 年 9 月 22 日)

フェムト秒レーザーイオン化飛行時間型イメージング質量分析装置の開発

西澤 正崇^{m*}, 王 健仲^d, 濱口 哲朗^m, 松田 若菜, 松田 冬樹, 邨 次敦, 兼松 泰男, 豊田 岐聡
第 34 回光物性研究会プログラム (at 大阪大学会館, 2023 年 12 月 8-9 日)

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

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 34 回光物性研究会プログラム (at 大阪大学会館, 2023 年 12 月 8-9 日)

ペロブスカイト太陽電池の性能評価のためのフェムト秒レーザー質量分析装置の開発と評価法の確立

濱口 哲朗^{m*}, 兼松 泰男, 橘 泰宏, 松田 若菜, 邨 次敦, 松田 冬樹, 豊田 岐聡
第34回光物性研究会プログラム (at 大阪大学会館, 2023年12月8-9日)

半導体中の浅い不純物は室温ですべてイオン化しているのか？

橘 凛人^{b*}, 中田 博保, 藤本 章, 原田 義之, 平井 豪, 櫻木 史郎, 兼松 泰男
第34回光物性研究会プログラム (at 大阪大学会館, 2023年12月8-9日)

Mass Spectrometry Imaging of Mouse Retina by Tapping-mode Scanning Probe Electrospray Ionization (t-SPESI)

孫 夢沢^{d*}, 大塚 洋一^s, 長田 克之, 岡田 茉樹^m, 進藤 英雄, 豊田 岐聡
第71回応用物理学会春季学術講演会 (at 東京都市大学, 2023年3月23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リン脂質生合成障害マウス精巣の高分解能質量分析イメージング

岡田 茉樹^m, 大塚 洋一^{s*}, 橋立 智美, 長田 克之, 山田 誠, 後藤 元人, 孫 夢沢^d, 岡田 茉樹^m, 豊田 岐聡
第71回応用物理学会春季学術講演会 (at 東京都市大学, 2023年3月23日)

直接抽出ーイオン化法による生体組織・細胞の高精細質量分析イメージング

大塚 洋一^{s*}
SIMS 研究会 16 (at 成蹊大学, 2023年8月31日、招待講演)

極微抽出ーイオン化法による生体の多次元化学分布情報計測

大塚 洋一^{s*}
植物学会第87回大会 (at 北海道大学, 2023年9月7日、招待講演)

極微抽出ーイオン化技術の開発と1細胞質量分析イメージングへの応用

大塚 洋一^{s*}
大阪大学理学研究科附属フォアフロント研究センター「光x質量分析」プロジェクト研究交流会 (at 大阪大学, 2023年9月30日、招待講演)

極微抽出ーイオン化法による組織・細胞の多次元化学分布情報

大塚 洋一^{s*}
第61回生物物理学会年会 (at 名古屋国際会議場, 2023年11月14日、招待講演)

走査型プローブエレクトロスプレーイオン化法 (t-SPESI) による組織・細胞の脂質イメージング

大塚 洋一^{s*}

走査型プローブ顕微鏡セミナー～SPMで拓くナノスケールの世界～ (at 京都大学, 2023 年 11 月 28 日、招待講演)

書籍等の出版，日本語の解説記事

質量分析イメージング法の原理と応用

大塚 洋一^s

医学のあゆみ **287(9)** (2023) 619-625.

1.7 花咲グループ

令和五年度の研究活動概要

希薄な電子密度の磁性半導体における巨大磁気抵抗効果の研究

磁気抵抗効果とは物質の電気抵抗率が磁場中で変化する現象であり、その変化が特に大きいものは巨大磁気抵抗効果とよばれる。これまでに様々な化合物において巨大磁気抵抗効果が観測されており、この現象の起源となる電子状態を解明することは物性物理学の重要な研究課題となっている。

最近我々は磁性半導体 $\text{CeTe}_{1.83}\text{Sb}_{0.17}$ の電気抵抗率が、2 K ($\sim -271^\circ\text{C}$) において 0.4 テスラ（ネオジム磁石程度）の低い磁場で 4 桁近く減少することを発見した。本研究では、この巨大な負の磁気抵抗効果についての理解を深めていくために、構成元素の Te を価電子が 1 つ少ない Sb で部分的に置換することにより電子密度を 6 桁 ($10^{14} \sim 10^{20} \text{ cm}^{-3}$) にわたって変化させた単結晶を合成して、低温領域で観測される磁気抵抗効果の大きさを比較した。その結果、 10^{18} cm^{-3} 程度以下の希薄な自由電子密度でのみ 2 桁を超える巨大な負の磁気抵抗効果が発現することを明らかにした。

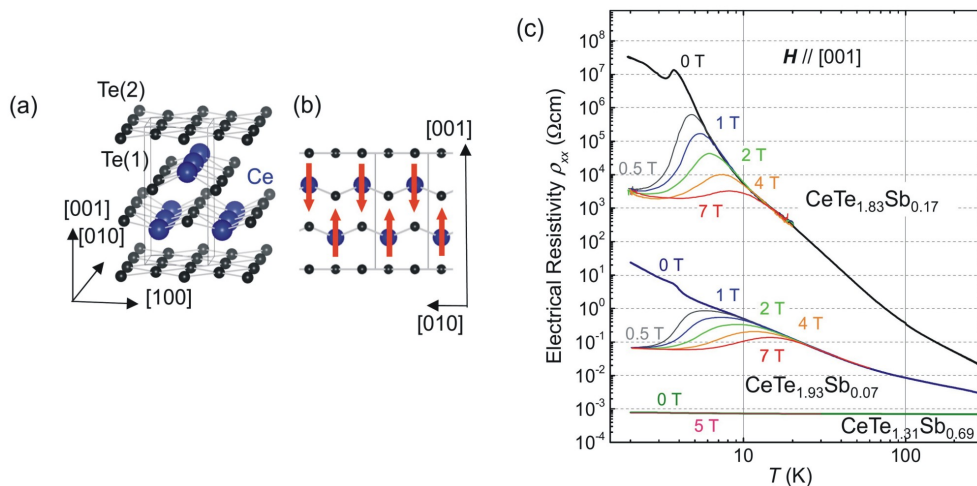


図 1.1: (a) CeTe_2 の結晶構造と (b) 最低温度での磁気構造。 (c) 自由電子密度の異なる $\text{CeTe}_{2-x}\text{Sb}_x$ の電気抵抗率の温度依存性。

本研究の対象物質である $\text{CeTe}_{2-x}\text{Sb}_x$ は磁性を担う CeTe 層と電気伝導を担う Te の正方格子層から構成される擬 2 次元的な半導体である (図 1.1(a))。シート状のフェルミ面のネスティング条件がよく室温以上でフェルミ面上の大部分の領域でエネルギーギャップが開いた電荷密度波状態となり、自由電子数が基本格子あたり 1% 以下の低い自由電子密度が実現している。Ce の 4f 電子は局在しており、10 K 以下で面内方向に強磁性的な相関が発達するが、4 K 以下で面間方向に反強磁性的に秩序する (図 1.1(b))。この低温領域において負の磁気抵抗効果が観測される。我々は Te を部分的に、電子が 1 つ少ない Sb で置換することに

より自由電子密度を希薄な領域で6桁 ($10^{14} \sim 10^{20} \text{ cm}^{-3}$) にわたって制御した3種類の単結晶 $\text{CeTe}_{2-x}\text{Sb}_x$ ($x = 0.07, 0.17, 0.69$) を合成し、磁気抵抗効果の大きさを比較した。各試料の電気抵抗率の温度依存性については図 1.1(c) に示す。

ホール抵抗率の測定から、 $x = 0.07$ の試料では電子密度が $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、 $x = 0.69$ の試料ではホール密度が 10^{20} cm^{-3} と見積もられた。 $x = 0.17$ の単結晶は低温において電気抵抗率が非常に高い値となったためホール抵抗率の測定ができなかったが、自由電子密度が電気抵抗率の逆数に比例するとした仮定のもと他の試料と比較することにより 10^{14} cm^{-3} と見積もった。自由電子密度が非常に希薄な本物質の局在磁気特性は主に局在 4f 電子間の交換相互作用によって決まると考えられ、実験的にも 2 K において c 軸方向の磁場中では 0.4 テスラまでには強制強磁性状態となることが全ての試料において共通している (図 1.2(a))。

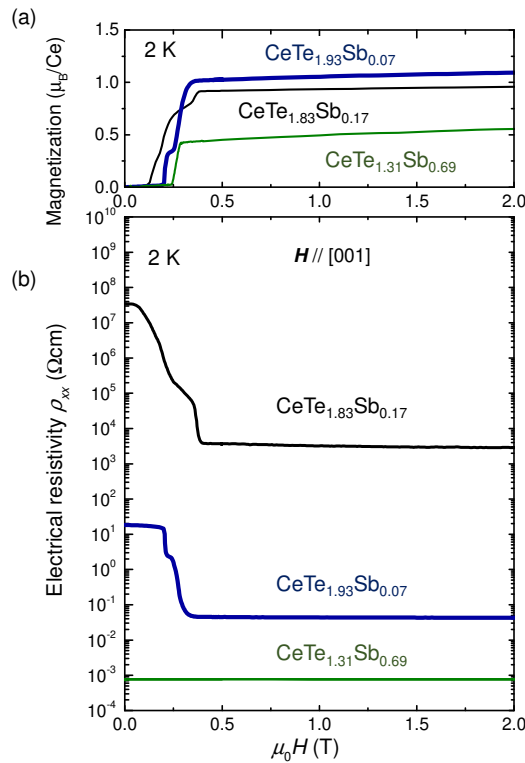


図 1.2: (a) 2 K における $\text{CeTe}_{2-x}\text{Sb}_x$ の磁化の磁場依存性と (b) 磁気抵抗効果。磁場は結晶の [001] 方向。

図 1.2(b) に示すように、2 K において磁気抵抗効果を比較したところ、強制強磁性状態に達するまでに電気抵抗率の変化が $x = 0.17$ (キャリア密度 10^{14} cm^{-3}) の試料では $1/9200$ 、 $x = 0.07$ ($2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) の試料では $1/400$ となっており、キャリア密度が4桁以上異なるものの、いずれの試料とも顕著な磁場依存性を示した。これらとは対照的に、最もキャリア密度が高い $x = 0.69$ (10^{20} cm^{-3}) の試料では9テスラまでで電気抵抗率はわずか1%しか変化しなかった。このように、本物質の巨大磁気抵抗効果はキャリア密度が 10^{18} cm^{-3} 程度以下と非常に希薄な領域においてのみ発現することが示された。さらに、10 K 以下の低温

領域において磁化と電気抵抗率の関係を調べたところ、磁化の飽和とともに電気抵抗率は温度によらず一定の値に収束していくことが示された (図 1.3)。これらの結果は、本物質で観測される巨大な負の磁気抵抗効果の起源が、強制強磁性状態に達するまでの電子移動度の変化によることを明確に示すものである。希薄な電子密度の半導体中において、伝導電子はその近傍の局在磁気モーメントとの相互作用を通して相関長の範囲内で強磁性的な準粒子（磁気ポーラロン）を形成する。常磁性や反強磁性状態において磁気ポーラロンとなった電荷が移動する際には、周囲にある様々な方向の局在磁気モーメントとの相互作用によりひきずられるために有効質量が大きくなるが、磁気モーメントが整列した強制強磁性状態においては電荷の移動は妨げられないために電気抵抗率が減少する。その結果、強制強磁性状態に達するまでに磁気ポーロン移動度の変化に伴った負の磁気抵抗効果が観測されることになる。この現象は磁気ポーロン半径が重ならない程度に自由電子密度が希薄な状態においてのみ実現することから、自由電子密度が最も高い $x = 0.69$ (10^{20} cm^{-3}) の試料では負の磁気抵抗効果が観測されなかったと考えられる。

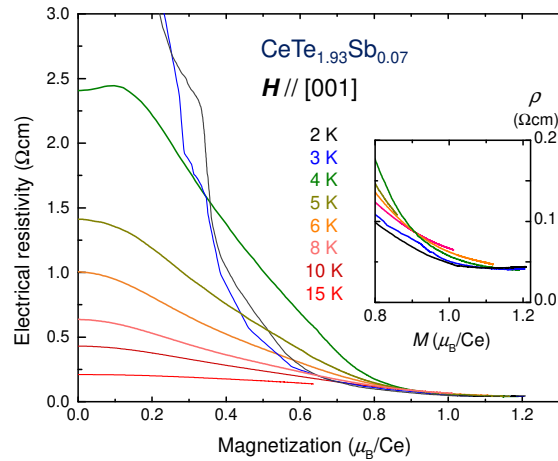


図 1.3: $\text{CeTe}_{1.93}\text{Sb}_{0.07}$ の [001] 方向磁場中における磁化と電気抵抗率との関係。

本研究では、磁性半導体 $\text{CeTe}_{2-x}\text{Sb}_x$ において、Te と Sb の比率 x を変えることで自由電子密度を 6 桁 ($10^{14} \sim 10^{20} \text{ cm}^{-3}$) にわたって制御した単結晶を合成して磁気抵抗効果を比較した。その結果、 10^{18} cm^{-3} 程度以下の希薄な自由電子密度において 2 桁を超える巨大な負の磁気抵抗効果が発現することを観測した。一方で、 10^{20} cm^{-3} の試料の電気抵抗率は磁場中でわずか 1% も変化しなかったことから、巨大な磁気抵抗効果が発現するキャリア密度に閾値があることが示された。さらに磁化の飽和に伴って電気抵抗率が一定値に収束することが観測され、本物質で発現する巨大な負の磁気抵抗効果が磁気ポーロンの移動度の変化を起源とすることを実験的に明らかにすることができた。[Physical Review B **107**, 165138 (2023)]

ディラック電子系磁性体におけるランダウ準位のスピン・バレー分裂の解明

高移動度のディラック電子をキャリアとする物質は、基礎物理だけでなく次世代のエレクトロニクス応用の観点からも注目を集めている。層状磁性体 EuMnBi_2 は、ディラック電子を有する二次元ビスマス層と Eu や Mn を含む磁性絶縁層の積層構造を有するため [図 1.4(a) の挿入図]、ディラック電子と磁気秩序が共存し、互い強く結合する物質である。このことは、反強磁性秩序した Eu の秩序パターンの変化に伴い、電気抵抗率が一桁以上変化することからも実証されている。さらに、磁場中のランダウ準位のスピン分裂の大きさ（より正確には g 因子）が、反強磁性秩序に依存して変化することも見出され、ディラック電子と局在スピン (Eu) の間の交換相互作用が本質的な役割を果たしていることが明らかとなった。より低いキャリア濃度においては、電子間の交換相互作用も無視できる可能性もあるが、これまでキャリア濃度に対する依存性は調べられてこなかった。そこで本研究では、本物質のフェルミエネルギーを電荷中性点の近傍へ調整し、キャリア濃度を減少させた単結晶において、ランダウ準位の分裂構造の詳細を調べた。

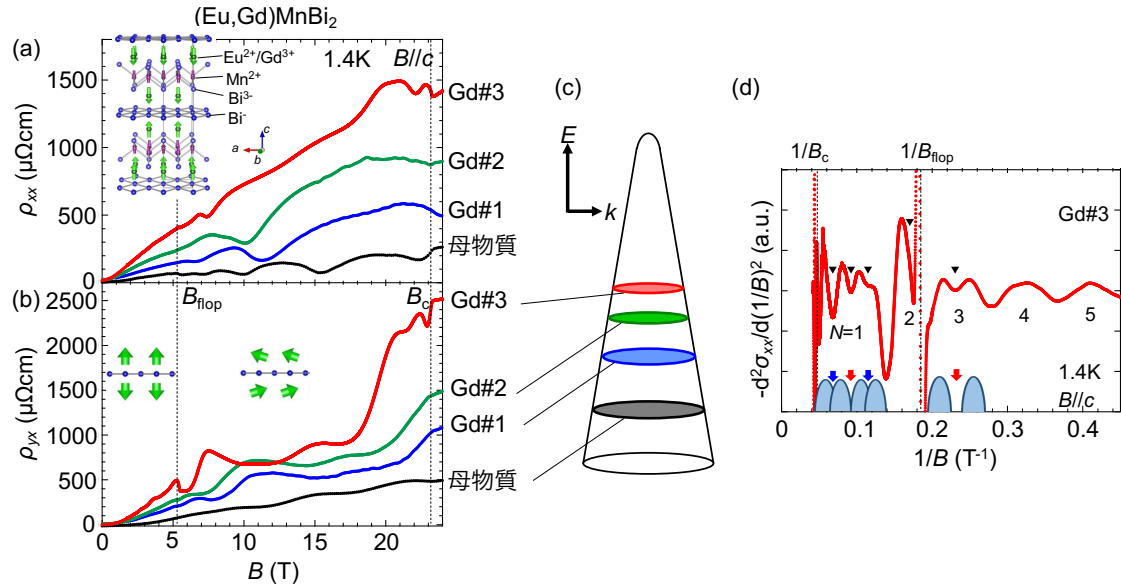


図 1.4: $(\text{Eu,Gd})\text{MnBi}_2$ の (a) 電気抵抗率と (b) ホール抵抗率の磁場依存性 (1.4 K, 25 T, 磁場 $\parallel c$)。Gd#1, Gd#2, Gd#3 の順で Gd の置換量は増加する。(c) ディラックコーンとフェルミエネルギーの Gd 置換量依存性の模式図。(d) 電気伝導度の磁場微分を磁場の逆数 ($1/B$) に対してプロットした結果。 $1/B$ において、周期的な量子振動が観測されている。下向き三角印はランダウ準位の分裂を示す。挿入図はランダウ準位の模式図であり、傾斜磁場中の実験から赤い矢印の分裂はスピン分裂に対応することが明らかとなった。これに加え、青い矢印の分裂が、 $N=1$ では明瞭に観測された。

本物質では、絶縁層を構成する Eu^{2+} の一部を Gd^{3+} で置換することにより、移動度や磁性に影響を与えることなく系統的なフェルミエネルギー制御が可能である [図 1.4(c)]。図

1.4(a) と (b) はそれぞれ最低温度 1.4 K における電気抵抗率とホール抵抗率の磁場依存性である。Gd の置換量を増やすにつれて、低磁場におけるホール抵抗率が増加しており、母物質の結晶に自然にドーピングされていた正孔キャリアが減少していることがわかる。これに伴い、磁気抵抗効果も著しく増大する傾向が観測された。さらに、高磁場における振動構造は Gd の置換量に関わらず観測され、すべて量子振動として説明がつく。このことを明らかにするため、電気伝導の磁場微分を磁場の逆数に対してプロットした結果が図 1.4(d) である。磁場の逆数に対して周期的な振動であることがわかり、キャリアを最も減少させたサンプル (Gd#3) では、 $N=1$ のランダウ準位まで実験的に観測できた。この結果、 $N=3$ ではスピン分裂のみが観測されたが、 $N=1$ ではランダウ準位が 4 つに分裂することが明らかとなった。この新たな分裂は、磁場を傾斜させるとスピン分裂とは異なる傾斜角度依存性を示すことがわかった。本物質のディラック電子は、正方晶を反映した 4 バレー状態であることを考慮すると、強磁場中で多体効果によりバレーが偏極し、ランダウ準位が分裂したと予想される。このように、電荷中性点近傍のランダウ準位では多体効果の重要性を示唆する結果が得られた。[Phys. Rev. B **108**, 115142 (2023)]

磁性スピン濃度の希薄化による巨大磁気抵抗効果の増幅

磁場によって電気抵抗が大きく変化する現象は巨大磁気抵抗効果と呼ばれ、ハードディスクにも利用されている有益な効果である。巨大磁気抵抗効果が観測される系としてマンガノ酸化物が知られている。伝導電子と磁性スピン (局在スピン) が強磁性的に相互作用した系であるが、伝導電子の濃度を調整する事で、超巨大磁気抵抗効果が見出されている。伝導電子の濃度とともに磁性スピンの濃度も重要な因子である。しかし、伝導電子の濃度を一定に保ったまま、磁性スピンの濃度を変化させる事はこれまで難しかった。

当研究室では、フタロシアニン (Pc) と呼ばれる分子を構成要素とする伝導体を研究してきた。図 1.5(a) に $M(\text{Pc})(\text{CN})_2$ 分子の分子構造を示した通り、環状部分がフタロシアニンであり、電気伝導性を担う π 電子が存在する。また分子中心に遷移金属 M を導入する事もできる。 $M=\text{Fe}$ と $M=\text{Cr}$ の場合は、それぞれ d 電子が $S=1/2$ と $S=3/2$ の磁性スピンとして振る舞い、図 1.5(c) に模式的に書いたように、伝導電子と磁性スピンの間には強磁性的相互作用 ($J_{\pi d}$) がある。 $M=\text{Fe}$ と $M=\text{Cr}$ においては、磁場をかける事で電気抵抗が大きく減少する振る舞いが観測されている。伝導電子系は低温で電荷秩序を起こしているが、磁場をかけると電荷秩序の安定性が下がるため、巨大磁気抵抗効果が生じている。これは、マンガノ酸化物における超巨大磁気抵抗効果と類似した状況にある。また、 $M=\text{Co}$ の場合には磁性スピンがないため、 $M=\text{Fe}_x\text{Co}_{1-x}$ や $M=\text{Cr}_x\text{Co}_{1-x}$ の様に遷移金属 M の比率 x を調整した分子混晶は、磁性スピン濃度の依存性を研究できる絶好の舞台である。

図 1.5(d) と (e) に、それぞれ $M=\text{Fe}_x\text{Co}_{1-x}$ と $M=\text{Cr}_x\text{Co}_{1-x}$ で観測された電気抵抗の磁場依存性を示す。磁場をかける事で、電気抵抗が大きく減少する振る舞いが観測される。図 1.5(f) において青色で示した通り、負の磁気抵抗効果が低温まで観測され、効果が大きく増幅されるのは、磁性スピンが希薄な領域 ($x \sim 0.3$) である事が分かる。

平均場による解析によると、磁性スピン濃度が低い領域 (x が 0.2 より小さい領域) では、磁性スピンが電荷秩序を安定化させる効果はなく、磁性スピンは伝導電子系に対して磁気

的なランダムポテンシャルを与える効果しかない。そのため、低濃度において観測される負の磁気抵抗効果は、外部磁場によって磁性スピンの揃い、磁氣的ポテンシャルの乱れが減少した事によるものと考えられる。一方、磁性スピン濃度が高い領域 (x が 0.3 より大きい領域) では、磁性スピンは伝導電子系の電荷秩序を安定化させるとともに、自発磁化を生じさせる事が分かった。さらに、厳密対角化による解析によって、 $x = 0.33$ の磁性スピン濃度では、伝導電子の電荷秩序と磁性スピンの磁気秩序に関する様々な多くの状態が競合している事が分かった。磁場強度を大きくすると、これらの電子状態の間を逐次的に移り変わり、光学伝導率のコヒーレント成分が増加していくことが明らかになった。このように理論解析で得られた結果は、負の磁気抵抗効果が観測された実験結果と一致するものであった。[Phys. Rev. B **108**, 205114 (2023)]

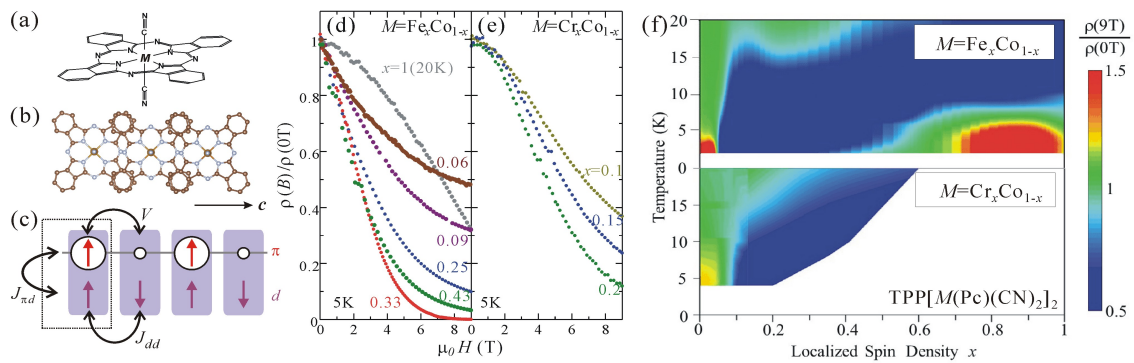


図 1.5: (a) フタロシアニン系分子 $M(\text{Pc})(\text{CN})_2$ の分子構造 (b) 分子の積層構造 (c) 伝導電子 (π 電子) と磁性 (局在) スピン (d 電子) における相互作用の模式図。 $J_{\pi d}$ は伝導電子と磁性スピンの間の強磁性的相互作用、 V は伝導電子間のクーロン斥力エネルギー、 J_{dd} は磁性スピン間の反強磁性的相互作用を表す。 (d) 分子性伝導体 $\text{TPP}[M(\text{Pc})(\text{CN})_2]_2$ ($M = \text{Fe}_x\text{Co}_{1-x}$) において観測された電気抵抗の磁場依存性。縦軸は、電気抵抗の値をゼロ磁場における値で規格化したものである。 (e) 分子性伝導体 $\text{TPP}[M(\text{Pc})(\text{CN})_2]_2$ ($M = \text{Cr}_x\text{Co}_{1-x}$) において観測された電気抵抗の磁場依存性。 (f) $M = \text{Fe}_x\text{Co}_{1-x}$ (上図) と $M = \text{Cr}_x\text{Co}_{1-x}$ (下図) における磁気抵抗効果の温度と磁性スピン濃度に対する依存性。赤色が磁場で電気抵抗が増加する正の磁気抵抗効果が観測される領域を表し、青色が磁場で電気抵抗が減少する負の磁気抵抗効果が観測される領域を表す。

学術雑誌に出版された論文

Giant negative magnetoresistance in the layered semiconductor $\text{CeTe}_{2-x}\text{Sb}_x$ with variable magnetic polaron density

H. Murakawa^s, Y. Nakaoka^m, K. Iwase^m, T. Kida, M. Hagiwara, H. Sakai^s and N. Hanasaki^s

Physical Review B **107** (April) (2023) 165138-1-5
(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.107.165138>).

Robustness of semimetallic transport properties of TaAs against off-stoichiometric disorder

A.Kawasuso, M.Suda, H. Murakawa^s, M. Komada^d, C.Suzuki, H.Amada, K.Michishio, M.Maekawa, A.Miyashita, N.Seko, S.Yamamoto, N.Oshima, S.Seki, and N. Hanasaki^s
Journal of Applied Physics **133** (June) (2023) 223903-1-6
(<http://doi.org/10.1063/5.0147663>).

Variation of Landau level splitting in the Fermi level controlled Dirac metals (Eu,Gd)MnBi₂

H. Sakai^s, K. Nakagawa^m, K. Tsuruda^m, J.Shiogai, K.Akiba, M.Tokunaga, S.Kimura, S.Awaji, A.Tsukazaki, H. Murakawa^s and N. Hanasaki^s
Physical Review B **108** (September) (2023) 1151421-1-7
(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.108.115142>).

Ferrimagnetic charge order in molecular conductors with diluted localized spins exhibiting enhanced giant magnetoresistance effect

R. Ishii^m, Misato Uejo, Erina Watari, M. Ikeda^m, H. Murakawa^s, H. Sakai^s, Masaki Matsuda, Hideo Yoshioka, Masahisa Tsuchiizu, and N. Hanasaki^s
Physical Review B **108** (November) (2023) 205114-1-7
(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.108.205114>).

Diamond lattice in single-component molecular crystals comprising tetrabenzoporphyrin neutral radicals

Kosuke Mine, Sachie Arae, H. Murakawa^s, Masahisa Tsuchiizu, N. Hanasaki^s, and Masaki Matsuda
Chemical Communications **60** (January) (2024) 3019-3022
(<http://doi.org/10.1039/d3cc05948k>).

Large nonlinear optical magnetoelectric response in a noncentrosymmetric magnetic Weyl semimetal

Kentaro Shoriki, Keigo Moriishi, Yoshihiro Okamura, K. Yokoi^d, Hidetomo Usui, H. Murakawa^s, H. Sakai^s, N. Hanasaki^s, Yoshinori Tokura, and Youtarou Takahashi
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America **121** (March) (2024) e2316910121-1-6
(<http://doi.org/10.1073/pnas.2316910121>).

国際会議報告等**国際会議における講演等****Exploration of Dirac/Weyl magnets based on the block-layer concept**H. Sakai^{s*} (invited)

Max-Planck Institute CPFS Seminar (Dresden, August 28, 2023, Approx. 50 participants)

Giant anisotropic magnetoresistance in a layered semiconductorH. Murakawa^{s*} (invited)

Workshop of Research Center for Thermal and Entropic Science - Interplay of Condensed Matter Chemistry and Physics - (Osaka, October 20, 2023, Approx. 30 participants)

日本物理学会，応用物理学会等における講演**ブロック層制御による磁性・極性トポロジカル物質の開拓**酒井英明^{s*}

金研研究会—強相関物質における創発物性研究の現状と将来展望 (東北大学、2023 年 4 月 22 日) (招待講演)

特異なスピン分裂バンドを有するトポロジカル磁性体の輸送現象酒井英明^{s*}

第 2 回「第一原理計算と機械学習の進歩と調和」研究会 (大阪大学、2023 年 6 月 5 日) (招待講演)

微細加工した反強磁性金属 EuMnBi_2 における直流電流下での磁気圧電効果の検証宮本雄哉^{m*}、酒井英明^s、木俣 基、越智正之、近藤雅起^d、村川寛^s、花咲徳亮^s

日本物理学会第 78 回年次大会 (東北大学、2023 年 9 月 16 日)

微細加工した反強磁性金属 SrMnBi_2 における磁気圧電効果の量子振動による検証 (ポスター)宮本雄哉^{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 2 回領域会議 (電気通信大学、2023 年 12 月 4 日)

反強磁性金属 SrMnBi_2 における磁気圧電効果の磁気抵抗効果による観測 (ポスター)宮本雄哉^{m*}

学術変革領域研究 (A) アシンメトリが彩る量子物質の可視化・設計・創出 トピカルミーティング (九州工業大学、2024 年 1 月 5 日)

反強磁性金属 SrMnBi_2 における磁気圧電効果の非相反抵抗測定による観測

宮本雄哉 ^{m*}、酒井英明 ^s、木俣基、村川寛 ^s、花咲徳亮 ^s

日本物理学会 2024 年春季大会 (オンライン、2024 年 3 月 19 日)

放射光を用いた fcc 型ハイエントロピー合金の局所構造の研究

古谷大樹 ^{m*}、花咲徳亮 ^s、小田昌治 ^m、陳正昊、村川寛 ^s、酒井英明 ^s、仁谷浩明、阿部仁、佐賀山基、中尾裕則、乾晴行

日本物理学会 2024 年春季大会 (オンライン、2024 年 3 月 20 日)

低キャリア密度の層状希土類化合物 RTe_2 における磁気抵抗効果の研究

岩瀬圭祐 ^{m*}、村川寛 ^s、木田孝則、前田涼太 ^m、萩原政幸、酒井英明 ^s、花咲徳亮 ^s

日本物理学会 2024 年春季大会 (オンライン、2024 年 3 月 20 日)

書籍の出版, 日本語の解説記事等**広域 X 線吸収微細構造法で見るミディアムエントロピー合金 CrCoNi の局所構造**

花咲徳亮 ^s

日本結晶学会誌 **65** (No. 3, September) (2023) 188-191

(<http://doi.org/10.5940/jcrsj.65.188>).

1.8 松野グループ

令和五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。2023年度は以下のテーマに取り組んだ。

1. エピタキシャル WO₂ 薄膜を用いた電流-スピン流変換現象
2. Pt/MgFe₂O₄ 二層膜が示すスピンホール磁気抵抗の界面品質効果
3. 強磁性酸化物 La_{2/3}Sr_{1/3}MnO₃ メンブレンにおける磁気特性の歪制御

1. エピタキシャル WO₂ 薄膜を用いた電流-スピン流変換現象

強いスピン軌道相互作用を有する 5d 遷移金属酸化物を用いたスピントロニクス研究は主にイリジウム酸化物を中心として行われてきた。その理由は、化学的に安定な価数（4+、5d⁵）と高い電気伝導性をあわせ持つために、デバイス作製に展開しやすいからである。その一方、他の 5d 遷移金属酸化物では化学的に安定な価数が 5d⁰ に対応することが多く、そのほとんどは絶縁性を示すためにスピントロニクス特性の探索は困難であった。我々は新規なスピン流生成源の開拓に向けて、強いスピン軌道相互作用と電気伝導性を有するエピタキシャル 5d² WO₂ の薄膜合成と電流-スピン流変換効率の評価に取り組んだ。

反応性スパッタ法を用いて、金属 W ターゲットから W 酸化物薄膜の成膜を行った。WO₂ は歪んだルチル構造（単斜晶）をとることから、エピタキシャル成長が見込める酸化物基板としてサファイア Al₂O₃(0001) を選択した。酸素分圧とスパッタ電力（W の供給速度に対応）の制御によって WO₂ 相の安定化条件を見出した。X 線回折、X 線光電子分光、電気伝導測定による結晶構造、電子状態、電気抵抗率の評価から、ルチル型のエピタキシャル WO₂(010) 薄膜が得られたことを明らかにした。

次に、合成されたエピタキシャル WO₂(010) 薄膜に対して、スパッタ法により強磁性層である金属 Ni₈₁Fe₁₉（以下 Py）合金を in-situ で成膜し、二層膜 Py/WO₂ を作製した。参照試料として二層膜 Py/W を用意した。フォトリソグラフィと Ar ミリングを用いてホールバー型デバイスを作製し、室温下において高調波測定を行うことで、電流-スピン流変換効率を評価した。その効率は、+0.174 (WO₂) と -0.281 (W) と評価された。WO₂ の効率は W より小さいものの、実績のある 5d 遷移金属 Pt や Ta、5d 遷移金属酸化物 IrO₂ に匹敵することが分かった。本結果は、WO₂ が良いスピン軌道トルク生成源であることを示して

おり、イリジウム酸化物のみが知られていた5d電子系酸化物スピントロニクス材料に新たにタングステン酸化物を付け加える成果である [1]。

- [1] K. Ueda, H. Fujii, T. Kida, M. Hagiwara, and J. Matsuno, APL Mater. **11**, 061125 (2023) [Featured Article].

2. Pt/MgFe₂O₄ 二層膜が示すスピンホール磁気抵抗の界面品質効果

スピン流を用いた磁化制御において、非磁性層と磁性層との界面におけるスピン流注入効率の向上は重要である。この効率を定量的に評価するために広く用いられているのがスピンホール磁気抵抗効果 (SMR) である。本研究では、界面品質とスピン流物性の関係を理解するために、磁性層としてスピネルフェライトの一種である絶縁体 MgFe₂O₄ に着目した。スピネルフェライト AFe₂O₄ は金属イオンの配置や結晶配向により多彩な磁気特性を示し、非磁性金属層とのエピタキシャル界面を形成できることから、二層膜界面を用いたスピン流研究の理想的な舞台となる物質群である。パルスレーザー堆積法で MgO(001) 基板上に MgFe₂O₄ 薄膜をエピタキシャル成長させた後に、スパッタ法を用いてスピントロニクスの標準非磁性層である Pt を成膜することで二層膜 Pt/MgFe₂O₄ を作製した。その際、Pt の成膜直前に MFO 表面の真空中アニールを行うことによる界面状態の制御を行った。得られた二層膜に SMR 測定を行った結果、アニールを行った試料においてより強い SMR シグナルが観測された。以上の結果は界面品質がスピン流注入効率に影響することを示唆しており、磁性絶縁体を利用したスピントロニクスに資する成果である [1]。

- [1] M. Sugino, K. Ueda, T. Kida, M. Hagiwara, and J. Matsuno, Appl. Phys. Express **17**, 013003 (2024).

3. 強磁性酸化物 La_{2/3}Sr_{1/3}MnO₃ メンブレンにおける磁気特性の歪制御

当グループでは、エピタキシャル薄膜成長と選択的エッチングを組み合わせた「エピタキシャルリフトオフ法」を用いて、単結晶薄膜の自立型メンブレンの合成とその物性評価を行っている。

(La,Sr)MnO₃ は、遷移金属酸化物の中でも比較的高い磁気転移温度を示す。磁性の発現機構は Mn-O-Mn の連結角や距離に依存した二重交換相互作用であり、格子 (圧力) と電荷 (ドーピング) の自由度を活用した強相関酸化物のモデル物質として広く研究されている。本研究では、室温で強磁性を示す La_{2/3}Sr_{1/3}MnO₃ の自立型メンブレンに着目し、その磁気特性を調べた。パルスレーザー堆積法を用いて、SrTiO₃(001) 基板上にアモルファス AlO_x キャップ層 (60 nm) / La_{2/3}Sr_{1/3}MnO₃ (22 nm) / Sr₃Al₂O₆ 水溶性犠牲層 (22 nm) を堆積した。この積層構造を純水に浸漬し、Sr₃Al₂O₆ 層のみを選択的にエッチングすることで、基板から剥離された AlO_x / La_{2/3}Sr_{1/3}MnO₃ メンブレンの合成に成功した。x 線回折を用いた構造評価から、SrTiO₃ 基板上の積層構造では、La_{2/3}Sr_{1/3}MnO₃ 層が下部層から面内引っ張りのエピタキシャル歪を受けているのに対し、メンブレンでは、エピタキシャル歪が完全に緩和されていることがわかった。剥離前後で La_{2/3}Sr_{1/3}MnO₃ 層の磁気特性を評価したと

ころ、どちらも室温で強磁性を示すものの、 $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ 自立型メンブレンでは、エピタキシャル薄膜と比較して、室温の磁化がおよそ 2 倍、強磁性転移温度が約 3 % 増大していることがわかった [1]。以上の結果は、本物質のメンブレンにおいて、外的歪の印加による磁性制御の可能性を示唆するものである。

- [1] R. Atsumi, J. Shiogai, T. Yamazaki, T. Seki, K. Ueda, and J. Matsuno, Jpn. J. Appl. Phys. **62**, 100902 (2023).

学術雑誌に出版された論文

Spin current generation from an epitaxial tungsten dioxide WO_2

K. Ueda^s, H. Fujii^m, T. Kida, M. Hagiwara, and J. Matsuno^s

APL Mater. **11** (No. 11, June) (2023) 061125(1-7)

(<http://doi.org/10.1063/5.0153533>).

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

R. Atsumi^m, J. Shiogai^s, T. Yamazaki, T. Seki, K. Ueda^s, and J. Matsuno^s

Jpn. J. Appl. Phys. **62** (No. 10, October) (2023) 100902(1-5)

(<http://doi.org/10.35848/1347-4065/ad0270>).

Effect of interface quality on spin Hall magnetoresistance in $\text{Pt}/\text{MgFe}_2\text{O}_4$ bi-layers

M. Sugino^m, K. Ueda^s, T. Kida, M. Hagiwara, and J. Matsuno^s,

Appl. Phys. Express **17** (No. 1, January) (2024) 013003(1-5)

(<http://doi.org/10.35848/1882-0786/ad0ba4>).

国際会議における講演等

Spin current generation in $5d$ oxides

J. Matsuno^{s*} (invited)

6th International Workshop on Complex Oxides (at Spetses, Greece, Jun. 12-17, 2023, 参加者数約 30 名)

Spin current generation from an epitaxial tungsten dioxide WO_2 (poster)

K. Ueda^s, H. Fujii^m, T. Kida, M. Hagiwara, and J. Matsuno^{s*}

International Conference on Quantum Liquid Crystals 2023 (at Sapporo, Japan, Aug. 8-10, 2023, 参加者数約 200 名)

Spin-current generation arising from a rutile-type tungsten dioxide WO₂ (poster)K. Ueda^{s*}, H. Fujii^m, T. Kida, M. Hagiwara, and J. Matsuno^s

29th International Workshop on Oxide Electronics (at Busan, Korea, Oct. 15-18, 2023, 参加者数約 200 名)

Spin Hall magnetoresistance in bilayers composed of Pt and magnetic Fe oxides (poster)J. Matsuno^{s*} and K. Ueda^s

29th International Workshop on Oxide Electronics (at Busan, Korea, Oct. 15-18, 2023, 参加者数約 200 名)

Spin current generation in oxide spintronicsK. Ueda^s and J. Matsuno^{s*} (invited)

3rd Materials Research Meeting (MRM2023) (at Kyoto, Japan, Dec. 11-16, 2023, 参加者数約 1000 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演**自立型 La_{0.67}Sr_{0.33}MnO₃ メンブレンにおける磁気特性評価 (ポスター)**厚美 竜二^{m*}、塩貝 純一^s、関 剛斎、山崎 匠、上田 浩平^s、松野 丈夫^s

第 84 回応用物理学会秋季学術講演会 (於 熊本城ホール、2023 年 9 月 20 日)

二層膜 Co₂₀Fe₆₀B₂₀/非晶質 IrO₂ における電流-スピン流変換 (ポスター)沖本 稜弥^{m*}、上田 浩平^s、塩貝 純一^s、松野 丈夫^s

第 84 回応用物理学会秋季学術講演会 (於 熊本城ホール、2023 年 9 月 20 日)

Pt/Y₃Fe₅O₁₂ 界面におけるスピンホール磁気抵抗効果 (ポスター)森 祐輔^{m*}、上田 浩平^s、塩貝 純一^s、松野 丈夫^s

第 84 回応用物理学会秋季学術講演会 (於 熊本城ホール、2023 年 9 月 20 日)

パルスレーザー堆積法による CrSe 薄膜成長と電気伝導特性評価 (ポスター)田島 悠輔^{m*}、塩貝 純一^s、上田 浩平^s、松野 丈夫^s

第 84 回応用物理学会秋季学術講演会 (於 熊本城ホール、2023 年 9 月 21 日)

SrIrO₃/La_{2/3}Ba_{1/3}MnO₃ のエピタキシャル界面におけるスピン軌道トルク生成堀 惣介^{d*}、上田 浩平^s、木田 孝則、萩原 政幸、塩貝 純一^s、松野 丈夫^s

第 84 回応用物理学会秋季学術講演会 (於 熊本城ホール、2023 年 9 月 21 日)

二層膜 Pt/MgFe₂O₄ のスピンホール磁気抵抗効果におけるアニール処理及び酸素分圧の

影響

上田 浩平^{s*}、杉野 雅史^m、木田 孝則、萩原 政幸、松野 丈夫^s

第 84 回応用物理学会秋季学術講演会（於 熊本城ホール、2023 年 9 月 23 日）

スピン流特性に優れた 5d 電子系酸化物の物質開拓

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、2023 年 10 月 28 日）

Spin-current properties of 5d transition-metal oxides

K. Ueda^s and J. Matsuno^{s*}

令和 5 年度 新学術領域研究「量子液晶の物性科学」領域研究会（於 東京大学柏キャンパス、2023 年 12 月 28 日）

水溶性犠牲層を用いて作製した薄膜積層構造における物性と機能

塩貝 純一^{s*}（招待）

光・スピン・量子物性セミナー（於 東北大学青葉山キャンパス、2024 年 1 月 24 日）

1.9 素粒子理論グループ

令和五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、山本康裕 (NCTS, 台湾) と共同で、原子スペクトルにおける同位体効果の一般化線形性解析を深化させた。イッテルビウムの実験データを用いて、複数の一般化線形性関係の同時解析により新物理探索を行った。

ガンマ線レーザー

田中 実は、本田洋介 (KEK)、笹尾 登 (岡山大)、田代基慶 (東洋大)、と共同で、ガンマ線レーザー実現を目指して、加速された重イオンからのガンマ線の放射について研究を進めた。特に、可視光領域で観測されている集団的原子反跳レーザー発振と同じ原理による、コヒーレントなガンマ線生成について検討した。

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。生成されたコヒーレンスの測定方法を考案し、必要となる電気4重極遷移についての研究を行った。

制限されたインスタントン和の下での $U(1)$ 格子ゲージ理論の高次群構造

簡直人、森川億人、名古屋雄大、和田博貴は、 $U(1)$ 格子ゲージ理論に焦点を当て、トポロジカルセクターを制限することで生じる高次群対称性を完全に正則化された形で定式化した。連続理論では、高次群構造のために通常の高次形式ゲージ場を非自明に修正する必要があるが、我々の研究では複雑な操作を必要とせず自然な方法論で見通しの良い構成を実現した。

相対エントローを用いた有効場の理論の研究

簡直人は、Qing-Hong Cao(北京大)、上田大輝 (北京大, 当時) と共同で、相対エントロピーの非負性を用いて有効場の理論の Wilson 係数に制限をつける研究を行った。この手法は SMEFT や高階微分項を含む Einstein-Maxwell 理論などに適用された。

ヒッグスが複合粒子である模型における初期宇宙相転移の解析

佐藤亮介は、藤倉浩平 (東京大)、中井雄一郎 (上海交通大)、Yaoduo Wang (上海交通大) と共同で、ヒッグス粒子が複合粒子としてあらわれる模型について、初期宇宙における相転移の解析を繰り込み群の手法を用いて行った。

量子誤り訂正符号を用いた共形場理論の構成

西岡辰磨と川畑洸貴は、奥田拓也 (東京大)、矢萩慎一郎 (東大)、Yasin Ferdous Alam (Texas U.) と共同で、非二進数体上の量子誤り訂正符号を用いた共形場理論の新たな構成法を提案した。また理論に存在する $\mathbb{Z}+2$ 対称性をゲージ化することで、量子誤り訂正符号からフェルミオンを含む共形場理論を構成し、超対称性を持つ新たな共形場理論を発見した。

ピラソロ代数の部分代数を用いた一般化されたコヒーレント状態の構成

Dongsheng Ge は、Pawel Caputa (Warsaw U.) と共同で、2次元共形場理論において、Virasoro 代数の $SL(2, \mathbb{R})$ 部分代数から構築される一般化されたコヒーレント状態のエネルギー密度とエンタングルメントエントロピーを研究した。これらが局所励起状態で計算された類似の量と等価であることを示し、ホログラフィック双対な重力理論において Ryu-Takayanagi の処方箋からエンタングルメントエントロピーを再現した。

ボソン/フェルミオン双対性を用いた場の量子論のエンタングルメントの解析

西岡辰磨, 嶋守聡一郎, 藤村晴伸は相互作用を含むフェルミオンのモデルの一つである massless Thirring model のエンタングルメント構造を解析した。具体的にはボソン/フェルミオン双対性を用いることにより、massless Thirring model の Rényi entropy を厳密に導出し、相互作用依存性を明らかにした。

一般化対称性の格子正則化による厳密な定式化

森川億人は場の量子論の厳密な非摂動論的定式化として現在最も良く確立された格子ゲージ理論を用いた近年の物理学の発展の礎を築く試みを行った。特に近年様々な形で拡張・応用される一般化された対称性は、正則化の問題や場の滑らかさ、処方箋自体の適用範囲などの困難がある。まず九州大学の阿部元一、小野田壮真、鈴木博や、谷崎佑弥（京都大学 YITP）と、高次形式対称性として $\mathbb{Z}_N$ 2形式ゲージ場を $SU(N)$ 格子ゲージ理論に導入し、格子上での精密な構成によりトポロジを定義することでその分数レベルや't Hooft アノマリーの実証を行った。また格子上に磁気的物体を導入する困難についても成果をあげている。さらに阿部・小野田とともに高次群対称性、本田大和（九州大学）・小野田・鈴木とともに非可逆対称性の格子上の実現を行った。

一般化対称性と境界

小出、名古屋、山口は、一般化対称性の一種である非可逆対称性の応用についての研究を行った。境界のある共形場理論で、境界のみの繰り込み群を考えたとき、 g 関数と呼ばれる量でその向きが制限されることが知られている。境界条件が非可逆対称性で関係づいている場合、 g 関数の比が対称性だけで決まることが、この研究で判明した。特に4次元の $\mathbb{Z}_2$ 格子ゲージ理論の非可逆対称性で結びついている境界条件を構成し、それらの g 関数の比が実際に対称性だけで決まることを示した。

Weyl fermion on curved domain-walls

青木匠門、深谷英則、簡直人は、1枚の球状に曲がったドメインウォール質量を持つ格子フェルミオン系で Weyl フェルミオンが端状態として出現すること、そのフェルミオンには重力が誘導されることを示した。さらに、トポロジが非自明な $U(1)$ ゲージ場を加えた場合、ゲージ場の特異点まわりに動的なドメインウォールが新たに形成され、そこに端状態とは逆の chirality を持つゼロモードが局在することを明らかにした。この現象は、たとえ単独のドメインウォールであっても、単独の chirality を持つ格子フェルミオンの定式化が難しいことを示している。

ヒッグス崩壊を用いたディラック型ニュートリノとマヨラナ型ニュートリノの区別

柳生 慶は、ShivaSankar K. A., Arindam Das (北海道大学) と共同で、新たな $U(1)$ ゲージ対称性をもつ新物理模型において、ニュートリノ質量がマヨラナ型かディラック型かであるかを、発見されたヒッグス粒子の Z' 対への崩壊を見ることにより区別する可能性を見出した。

多重臨界点原理によるヒッグスアラインメントの自然な導出

柳生 慶は、川合光 (国立台湾大学), 川名清晴 (KIAS), 尾田欣也 (東京女子大学) と共同で、ヒッグス 2 重項場を 2 個含む模型において付加的なヒッグス粒子の質量が電弱スケールにある状況で、発見されたヒッグス粒子の性質が標準模型的になるシナリオ (ヒッグスアラインメント) が、真空エネルギーを最小化することから自然に導かれる (多重臨界点原理) ことを見出した。

一般化された場の理論によるヒッグス質量微調整問題の解決

柳生 慶は、川合光 (国立台湾大学), 川名清晴 (KIAS), 尾田欣也 (東京女子大学) と共同で、一般化された場の理論における有限なパラメータ空間が、通常の場合の理論における零質量のスカラー場を含む理論に対応することを明らかにした。本研究成果は学術論文として Phys. Rev. D に掲載された。

エアリー重力および JT 重力における n 点スペクトラルフォームファクターの遅い時間帯での挙動

飯塚則裕は、姉川尊徳、奥山和美 (信州大)、酒井 一博 (明治学院大) と共に、さまざまな行列模型と双対な関係にあるトポロジカル重力理論のスペクトラルフォームファクター (SFF) と呼ばれる分配関数から温度を解析接続して得られる関数の十分遅い時間帯での振る舞いについて調べた。結果、SFF の時間変化は、様々なトポロジカル重力理論の理論の詳細にあまり依存しないことが明らかになった。これはエアリー重力と呼ばれる簡単な重力理論では、スペクトラルフォームファクターに現れる挙動を任意の n 点関数で原理的に計算できことから、任意の関数の十分遅い時間帯での挙動に対する振る舞いを定性的に明らかにする。

回転する極大アトラクターブラックホールの解空間での流れ

飯塚則裕は、石橋明宏 (近畿大)、前田健吾 (芝浦工大) と共に、多重項複素スカラーと最小結合したアインシュタイン重力における 5 次元極端回転ブラックホールのアトラクター機構を解析した。特にスカラー場のホライズン上での唯一のアトラクター値がゼロであることを示し、局所形状がマイヤーズ・ペリー・ブラックホール解によって決定されることを示し、スカラー場の裸のポテンシャルが存在する場合に、漸近的な AdS 時空に地平面近傍の形状を補間する極端な AdS ブラックホール解も数値的に求め回転するブラックホールでのアトラクター機構の具体例を示すことに成功した。

2 次元 JT 重力理論における量子複雑性

飯塚則裕は、姉川尊徳、Sunil Sake、Nicolo Zenoni と共同で 2 次元ドジッター時空で、状態の複雑さを表す一つの指標である、量子複雑性がどのように時間発展するかを調べた。ド

ジッター時空はその加速度的膨張により、自由度が増え続けるため量子複雑性が指数関数的に増大する。2次元 JT 重力理論では物理的な自由度が dilaton と呼ばれるスカラー場によってもたらされ、重力の自由度である計量は局所的な自由度になれないため、dilaton を用いた量子複雑性を用いる必要があることを明らかにした。

ドジッター時空における衝撃波と量子複雑性の超高速成長の遅延

飯塚則裕は姉川尊徳と共同でドジッター時空に衝撃波を加えた時に、状態の複雑さを表す一つの指標である、量子複雑性がどのような変更を受けるのかを調べた。ドジッター時空はその加速度的膨張により、自由度が増え続けるため量子複雑性が指数関数的に増大する。ここに衝撃波の摂動を加えると、この指数増大が遅延することを見出した。

スパース・ランダム行列とランダム性を変化させたガウスアンサンブル

飯塚則裕は姉川尊徳と Sunil Sake、Arka Mukherjee(TIFR)、Sandip Trivedi(TIFR) と共に、SYK モデルと呼ばれる $0+1$ 次元マヨラナフェルミオンをランダムに相互作用させたモデル、およびその拡張であるスパース SYK モデル、さらにランダム行列モデルについて、スペクトラム、分配関数、スペクトラムフォームファクター (SFF)、level spacing、OTOC(非時間順序相関関数) などの物量を調べた。特に level spacing や SFF からは相互作用に違いにより、Wigner 型から Poisson 型への変化が明らかになった。これに関連して以下に SYK モデルで現れた OTOC の指数関数的な変化が、スパース SYK では無くなっていくのか、その臨界点も明らかにした。

局所 SYK モデルとそのトリプルスケーリング極限

飯塚則裕は姉川尊徳と Sunil Sake と共に、SYK モデルを拡張した局所 SYK モデルでも、トリプルスケーリング極限と呼ばれる極限を取ることで、SYK モデルと同じ強いカオス性が現れることを見出した。

IP 行列モデルにおけるクリロフ複雑性

飯塚則裕は西田充宏 (浦項工科大) と共に、IP モデルと呼ばれる量子行列模型でクリロフ複雑性を計算した。IP 行列模型は、アジョイント調和振動子と基本調和振動子からなる単純な large N 量子力学模型であり、AdS ブラックホールのゲージ理論の双対モデルのトイモデルである。このモデルは十分に高い温度では、このモデルは熱化と情報損失の重要な徴候を示す。一方、クリロフ複雑性は、演算子がどのくらい早く Hilbert 空間内で広がっていくかを表す指標である。その結果、クリロフ複雑度は $\exp(O(\sqrt{t}))$ として指数関数的に増大することが明らかになった。これらの結果は、十分に高温の IP モデルがカオス的であることを示している。

IP 行列モデルにおける OTOC(非時間順序相関関数)

飯塚則裕は西田充宏 (浦項工科大) と共に、IP モデルでカオスの別の指標である OTOC(非時間順序相関関数) について調べた。ブラックホールは OTOC(非時間順序相関関数) が指数関数的に時間発展することが知られている。結果、IP モデルでは OTOC(非時間順序相関関数) が指数関数的に時間発展しないことが明らかになった。一方上述のクリロフ複雑性は指

数増加する。これらのことから、IP モデルでは全ての演算子がカオス的になるわけではなく、一部の演算子（基本表現の自由度）のみカオス的に振る舞うことが見出された。

Large N 理論における非閉じ込め/閉じ込め相転移の秩序パラメータとしてのクリロフ複雑性

飯塚則裕は姉川尊徳と西田充宏 (浦項工科大) と共に、クリロフ複雑度が、コンパクト化された空間上の large N 量子理論における閉じ込め/閉じ込め相転移の秩序パラメータになることを提案した。より具体的には様々な例でヤンミルズ理論のクリロフ複雑性を計算し、その振る舞いが質量スペクトルの連続性を通して閉じ込め/閉じ込め相転移を反映していることを明らかにした。

ド・ジッター空間における JT 重力と時間の問題

Sunil Sake は Kanhu Nanda(TFR)、Sandip Trivedi(TIFR) と共に JT 重力のド・ジッター空間における正準量子化について、特に時間の問題に注目しながら、状態に対するノルムと作用素の期待値を定義し量子論について議論した。保存された有限のノルムと、よく定義された作用素の期待値を必要とすることは、古典極限の要件と同様に、状態に大きな制約を課すことが明らかになった。実際にいくつかの例を作り、それらを詳細に解析した結果、上記の様々な条件を満たす状態が実際には無限に存在することを発見した。

非可逆的双対欠損と非可換フュージョン代数

名古屋雄大・嶋守聡一郎は、2次元 $c=2$ トーラス共形場理論に現れる非可逆の対称性について半空間ゲージ化を用いて議論をした。その結果、有理共形場理論だけでなく無理共形場理論上においても非可逆の対称性が存在するということを非可逆的双対欠損を具体的に構成することで示した。さらに得られた欠損を用いて具体的にフュージョン代数の計算を行った。その結果、無理共形場理論におけるフュージョン代数は非可換代数となり、典型的な有理共形場理論では得られない振る舞いが存在することが分かった。

CP の破れを伴う拡張ヒッグス模型のマルチフォトン事象による検証

兼村 晋哉, 片山 兼渡, Tanmoy Mondal, 柳生 慶はヒッグス 2 重項場を 2 個含む模型において、ヒッグスポテンシャルに含まれる CP を破る位相が $O(1)$ のとき、付加的な中性ヒッグスボソンの 2 光子への崩壊分岐比が CP が保存されるシナリオと比較して非常に大きくなり得ることを見出した。これは LHC 実験において付加的ヒッグスボソンの対生成から 4 光子終状態の事象を観測することで検証される可能性がある。本研究成果は学術論文として Phys. Rev. D に掲載された。

付加的なヒッグスボソンの崩壊分岐比の摂動高次補正を含む計算

兼村晋哉, 柳生慶は、愛甲将司 (KEK), 菊地真吏子 (日本大), 桜井亘大 (ワルシャワ大) と共同で様々な拡張ヒッグスセクターに含まれる付加的なヒッグスボソンの崩壊分岐比を電弱相互作用及び QCD の高次補正を含めて理論計算し、その数値計算を自動で行うツール「H-COUP Ver. 3」を発表した。本研究成果は学術論文として Compt. Rhys. Comm. に掲載がアクセプトされた。

ヒッグス有効場の理論における電弱相転移とその予言に関する研究

電弱相転移の物理を研究する上で、有効理論的なアプローチは模型に依存しない普遍的な性質を議論する上で有効である。兼村晋哉、田中正法、Ricardo Florentino は、ヒッグス有効場理論において、強い一時的電弱相転移の条件に加えて実験から示唆されるアライメント仮説を加えることにより、ヒッグス自己結合定数、ヒッグス粒子の光子対への崩壊、相転移由来の重力波や原始ブラックホール生成にどのような関係を与えるかを研究した。その結果、電弱相転移が生じるモデルは、それに含まれる新粒子の個数や表現、量子数が何であれ、これらの物理量の将来実験での測定を立体的に用いて広く検証できることを明らかにした。

緩慢な一次相転移からの原始ブラックホール生成機構と模型構築

兼村晋哉、田中正法、は Ke-Pan Xie (Beihang Univ.) とヒッグスポテンシャルの構造と原始ブラックホールの関係を議論した。初期宇宙で過冷却な 1 次相転移が起きる場合、偽の真空と真の真空の間で大きな密度ゆらぎが生じる。そのゆらぎがある基準値より大きくなると原始ブラックホールが生成される。本研究では、相転移の遅れによる原始ブラックホール生成機構の実現に必要なポテンシャルの構造に対する条件を示し、具体例として、標準模型にスカラー 1 重項場を加えた模型等に焦点を当てた議論を行った。

初期宇宙における一次相転移由来の原始ブラックホール生成に関する条件の研究

兼村晋哉と田中正法は、端野克哉（福島高専）、高橋智（佐賀大学）、Chulmoon Yoo（名古屋大学）と、電弱一次相転移において、真空泡の運動方程式を解くことにより、より詳細に原始ブラックホール生成について解析を進めた。この解析により、従来議論されてきた原始ブラックホール生成の条件を超えた新たな知見が得られつつある。

U(1)B-L ゲージ対称性の自発的破れに基づくニュートリノ質量と暗黒物質質量の研究

兼村晋哉、村勇志、Guohao Ying は、暗黒物質の質量起源が U(1)B-L ゲージ対称性の自発的破れにあるという仮説に基づいた、暗黒物質を含む輻射シーソー理論を研究した。この理論におけるレプトンフレーバーの破れと暗黒物質の残存量を計算し、ニュートリノ実験を始め、レプトンフレーバー実験、暗黒物質実験の既存のデータと比較することにより、このシナリオに基づく理論に既存データと抵触せずニュートリノ質量と暗黒物質の残存量を満たすパラメータ領域があることを明らかにした。

拡張ヒッグス模型における質量に依存したベータ関数を用いたランダウポールの解析

兼村晋哉と村勇志は、電弱相転移が強い 1 次相転移となるよう場合にヒッグス結合定数の高エネルギーでの振る舞いを研究した。拡張ヒッグス模型等では重いスカラー粒子の自己結合定数が比較的大きい時に電弱 1 次相転移が実現されるが、このような場合、Landau pole が現れることが以前から知られている。これまで一般的に採られてきた質量に依存しない繰り込みの解析では、この Landau pole がかなり低い、TeV スケールに近いエネルギー領域に出てきていたが、本研究では重い粒子のデカップリング効果を正しく含む質量に依存する beta function を用いて解析を行い、新粒子の閾値効果をより正しく取り込むことにより、Landau pole がより高エネルギー側に出ること、その結果電弱バリオン数生成のモデルの広いパラメータ領域で許容され、バリオン数生成が実現しうることを明らかにした。

拡張ヒッグス理論における、カストディアル対称性と CP の破れに関する理論研究

兼村晋哉と村勇志は、これまで拡張ヒッグス模型における荷電ヒッグス粒子の W ボソンと Z ボソンへの崩壊過程が大局的カストディアル対称性の破れによって量子補正で生じることが知られていたが、金村による先行研究の議論を一般化し、CP 対称性が破れている場合にこの崩壊過程がカストディアル対称性の破れと CP の破れをどのように反映して生成されるかを明らかにした。

ニュートリノ質量、暗黒物質、バリオン数非対称性を説明できる TeV スケールの模型と CP の破れ

青木-兼村-瀬戸模型は、ニュートリノ質量、暗黒物質、バリオン数非対称性を同時に説明する可能性がある。2022 年には青木、榎本、兼村がこの模型を拡張した模型を検討し、3 現象を同時に説明する可能性を研究したが、パラメータが多く Flavor Changing Neutral Current(FCNC) も ad hoc な仮定によって減殺する問題があった。本研究において兼村晋哉と谷口宙は、青木真由美（金沢大学）、榎本一輝（KAIST）と、よりシンプルで FCNC も対称性によって抑制できるオリジナルの模型に新たに CP の破れを導入して 3 現象を説明する可能性を検討した。その結果、この模型における CP の破れが、既存のレプトンフレーバーの破れや暗黒物質のデータの制限を満たすことに加え、電子の永久電気双極子モーメントの実験からの厳しい制限も抑制されて実験の制限を満たすことを明らかにした。

WIMP によるダークセクターからの電弱相転移の研究

兼村晋哉は、Shaping Li(IHEP, Beijing) と、WIMP によるダークセクターによる電弱一次電弱相転移の可能性を研究した。ダークセクターにおけるスカラー場とベクトル場がヒッグス場との相互作用を通じて標準理論の素粒子と相互作用する場合に、この種のモデルに伴う不定性が最小化されることに注目し、このシナリオの理論的な性質を調べ、そして重力波と暗黒物質実験、そして将来のコライダー実験を利用していかに相補的に検出されるかを解析し、成果を論文にまとめて出版した。

拡張ヒッグス模型におけるヒッグス二光子崩壊に対する主要な 2 ループ補正の計算

兼村晋哉、愛甲将司（KEK）, Johannes Braathen（DESY）は、125GeV ヒッグス粒子の二光子への崩壊分岐比が、将来の加速器実験で数パーセントのレベルで測定されることを見越して、暗黒物質候補を含むイナートダブレット模型において、主要なスカラーループの寄与をヒッグス低エネルギー定理を用いて 2 ループレベルで評価し、ヒッグス二光子崩壊幅に対する高次補正効果を解析した。特に、暗黒物質の残存量を説明するシナリオにおいて、高次補正の効果が素粒子標準理論の予言からのずれを増大させることを示し、将来実験による検証可能性を議論した。成果は論文としてまとめ現在ジャーナルに投稿中である。

学術雑誌に出版された論文

Rare leptonic processes induced by massless dark photon

X. Deng, F. Jaffredo, Minoru Tanaka^s

Phys. Lett. B **843** (August) (2023) 138035:1-8

(<http://doi.org/10.1016/j.physletb.2023.138035>).

Higher-group structure in lattice Abelian gauge theory under instanton-sum modification

Naoto Kanⁱ, Okuto Morikawa^{PD}, Yuta Nagoya^d, Hiroki Wada^d

Eur. Phys. J. C **83** (June) (2023) 6, 481

(<http://doi.org/10.1140/epjc/s10052-023-11616-6>).

Effective field theory in light of relative entropy

Qing-Hong Cao, Naoto Kanⁱ, Daiki Ueda

J. High Energy Phys. **07** (July) (2023) 111

([http://doi.org/10.1007/JHEP07\(2023\)111](http://doi.org/10.1007/JHEP07(2023)111)).

Erratum: Higher-group structure in lattice Abelian gauge theory under instanton-sum modification

Naoto Kanⁱ, Okuto Morikawa^{PD}, Yuta Nagoya^d, Hiroki Wada^d

Eur. Phys. J. C **84** (January) (2024) 1, 22

(<http://doi.org/10.1140/epjc/s10052-024-12386-5>).

Cosmological phase transitions in composite Higgs models

Kohei Fujikura, Yuichiro Nakai, Ryosuke Sato^s, Yaoduo Wang

J. High Energy Phys. **09** (September) (2023) 053

([http://doi.org/10.1007/JHEP09\(2023\)053](http://doi.org/10.1007/JHEP09(2023)053)).

Supersymmetric conformal field theories from quantum stabilizer codes

Kouki Kawabata^{DC}, Tatsuma Nishioka^s, Takuya Okuda

Phys. Rev. D **108** (October) (2023) L081901

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevD.108.L081901>).

Narain CFTs from nonbinary stabilizer codes

Yasin Ferdous Alam, Kouki Kawabata^{DC}, Tatsuma Nishioka^s, Takuya Okuda, Shinichiro Yahagi

J. High Energy Phys. **12** (December) (2023) 127

([http://doi.org/10.1007/JHEP12\(2023\)127](http://doi.org/10.1007/JHEP12(2023)127)).

Entanglement Rényi entropy and boson-fermion duality in the massless Thirring model

Harunobu Fujimura^m, Tatsuma Nishioka^s, Soichiro Shimamori^{DC}

Phys. Rev. D **108** (December) (2023) 125016

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevD.108.125016>).

Entanglement and geometry from subalgebras of the Virasoro algebraPawel Caputa, Dongsheng GeⁱJ. High Energy Phys. **06** (June) (2023) 159[http://doi.org/10.1007/JHEP06\(2023\)159](http://doi.org/10.1007/JHEP06(2023)159)).**Noninvertible symmetries and boundaries in four dimensions**Masataka Koide^d, Yuta Nagoya^d, Satoshi Yamaguchi^sPhys. Rev. D **108** (September) (2023) 065009<http://doi.org/10.1103/PhysRevD.108.065009>).**Topology of $SU(N)$ lattice gauge theories coupled with $\mathbb{Z}_N$ 2-form gauge fields**Motokazu Abe, Okuto Morikawa^{PD}, Soma Onoda, Hiroshi Suzuki, Yuya TanizakiJ. High Energy Phys. **08** (August) (2023) 118[http://doi.org/10.1007/JHEP08\(2023\)118](http://doi.org/10.1007/JHEP08(2023)118)).**Note on lattice description of generalized symmetries in $SU(N)/\mathbb{Z}_N$ gauge theories**Motokazu Abe, Okuto Morikawa^{PD}, Soma OnodaPhys. Rev. D **108** (July) (2023) 014506<http://doi.org/10.1103/PhysRevD.108.014506>).**Magnetic operators in 2D compact scalar field theories on the lattice**Motokazu Abe, Okuto Morikawa^{PD}, Soma Onoda, Hiroshi Suzuki, Yuya TanizakiProg. Theor. Exp. Phys. **2023** (July) (2023) 073B01<http://doi.org/10.1093/ptep/ptad078>).**Lattice realization of the axial $U(1)$ non-invertible symmetry**Yamato Honda, Okuto Morikawa^{PD}, Soma Onoda, Hiroshi SuzukiProg. Theor. Exp. Phys. **2024** (April) (2024) 043B04<http://doi.org/10.1093/ptep/ptae040>).**CP Violation in a Model with Higgs Triplets**Ting-Kuo Chen, Cheng-Wei Chiang, Kei Yagyu^sJ. High Energy Phys. **06** (June) (2023) 069[http://doi.org/10.1007/JHEP06\(2023\)069](http://doi.org/10.1007/JHEP06(2023)069)).**Gauged $U(1)_X$ breaking as origin of neutrino masses, dark matter and leptogenesis at TeV scale**Toshinori Matsui, Takaaki Nomura, Kei Yagyu^s

Phys. Rev. D **108** (July) (2023) L011301
<http://doi.org/10.1103/PhysRevD.108.L011301>.

Quantum phase transition and absence of quadratic divergence in generalized quantum field theories

Hikaru Kawai, Kiyoharu Kawana, Kin-ya Oda, Kei Yagyu^s
 Phys. Rev. D **109** (April) (2024) 085009
<http://doi.org/10.1103/PhysRevD.109.085009>.

Magnetic monopole becomes dyon in topological insulators

Syoto Aoki^{DC}, Hidenori Fukaya^s, Naoto Kanⁱ, Mikito Koshino^s, Yoshiyuki Matsuki^s
 Phys. Rev. B **108** (15, Oct.) (2023) 155104
<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.108.155104>.

$B \rightarrow D^* l \nu_l$ semileptonic form factors from lattice QCD with Möbius domain-wall quarks

Y. Aoki, B. Colquhoun, Hidenori Fukaya^s, S. Hashimoto, T. Kaneko, R. Kellermann, J. Koponen and E. Kou
 Phys. Rev. D **109** (7, Mar.) (2024) 074503
<http://doi.org/10.1103/PhysRevD.109.074503>.

A Lattice Formulation of Weyl Fermions on a Single Curved Surface

Syoto Aoki^{DC}, Hidenori Fukaya^s, Naoto Kanⁱ
 Prog. Theor. Exp. Phys. **04** (4, Mar.) (2024) 19
<http://doi.org/10.1093/ptep/ptae041>.

Late time behavior of n-point spectral form factors in Airy and JT gravities

Takanori Anegawa^{DC}, Norihiro Iizuka^s, K. Okuyama, K. Sakai
 J. High Energy Phys. **07** (7, July) (2023) 047
[http://doi.org/10.1007/JHEP07\(2023\)047](http://doi.org/10.1007/JHEP07(2023)047).

Is Action Complexity better for de Sitter space in Jackiw-Teitelboim gravity?

Takanori Anegawa^{DC}, Norihiro Iizuka^s, Sunil Sakeⁱ, Nicolo Zenoniⁱ
 J. High Energy Phys. **06** (6, June) (2023) 213
[http://doi.org/10.1007/JHEP06\(2023\)213](http://doi.org/10.1007/JHEP06(2023)213).

Shock waves and delay of hyperfast growth in de Sitter complexity

Takanori Anegawa^{DC}, Norihiro Iizuka^s
 J. High Energy Phys. **08** (8, August) (2023) 115
[http://doi.org/10.1007/JHEP08\(2023\)115](http://doi.org/10.1007/JHEP08(2023)115).

Sparse random matrices and Gaussian ensembles with varying randomness

Takanori Anegawa^{DC}, Norihiro Iizuka^s, A. Mukherjee, Sunil Sakeⁱ, S. P. Trivedi

J. High Energy Phys. **11** (11, Nov) (2023) 234

([http://doi.org/10.1007/JHEP11\(2023\)234](http://doi.org/10.1007/JHEP11(2023)234)).

The local SYK model and its triple scaling limit

Takanori Anegawa^{DC}, Norihiro Iizuka^s, Sunil Sakeⁱ

J. High Energy Phys. **10** (10, Oct) (2023) 160

([http://doi.org/10.1007/JHEP10\(2023\)160](http://doi.org/10.1007/JHEP10(2023)160)).

Krylov complexity in the IP matrix model

Norihiro Iizuka^s, M. Nishida

J. High Energy Phys. **11** (11, Nov) (2023) 065

([http://doi.org/10.1007/JHEP11\(2023\)065](http://doi.org/10.1007/JHEP11(2023)065)).

Krylov complexity in the IP matrix model II

Norihiro Iizuka^s, M. Nishida

J. High Energy Phys. **11** (11, Nov) (2023) 096

([http://doi.org/10.1007/JHEP11\(2023\)096](http://doi.org/10.1007/JHEP11(2023)096)).

Out-of-time-ordered correlators in the IP matrix model

Norihiro Iizuka^s, M. Nishida

J. High Energy Phys. **05** (5, May) (2024) 026

([http://doi.org/10.1007/JHEP05\(2024\)026](http://doi.org/10.1007/JHEP05(2024)026)).

Krylov complexity as an order parameter for deconfinement phase transitions at large N

Takanori Anegawa^{DC}, Norihiro Iizuka^s, M. Nishida

J. High Energy Phys. **04** (4, April) (2024) 119

([http://doi.org/10.1007/JHEP04\(2024\)119](http://doi.org/10.1007/JHEP04(2024)119)).

Flows of Rotating Extremal Attractor Black Holes

Norihiro Iizuka^s, A. Ishibashi, K. Maeda

J. High Energy Phys. **08** (8, August) (2023) 177

([http://doi.org/10.1007/JHEP08\(2023\)177](http://doi.org/10.1007/JHEP08(2023)177)).

JT Gravity in de Sitter Space and the Problem of Time

K. Nanda, Sunil Sakeⁱ, S. P. Trivedi

J. High Energy Phys. **02** (2, Feb) (2024) 145

([http://doi.org/10.1007/JHEP02\(2024\)145](http://doi.org/10.1007/JHEP02(2024)145)).

Non-invertible duality defect and non-commutative fusion algebra

Yuta Nagoya^d, Soichiro Shimamori^{DC}

J. High Energy Phys. **2023** (12, Dec) (2023) 62

([http://doi.org/10.1007/JHEP12\(2023\)062](http://doi.org/10.1007/JHEP12(2023)062)).

Electroweak baryogenesis in the three-loop neutrino mass model with dark matter

M. Aoki, K. Enomoto, Shinya Kanemura^s

Phys. Rev. D **107** (15, June) (2023) 115022

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevD.107.115022>).

Electroweak baryogenesis via top-charm mixing

Shinya Kanemura^s, Yushi Mura^{DC}

J. High Energy Phys. **09** (15, June) (2023) 153

([http://doi.org/10.1007/JHEP09\(2023\)153](http://doi.org/10.1007/JHEP09(2023)153)).

Multiphoton signatures as a probe of CP violation in extended Higgs sectors

Shinya Kanemura^s, Kento Katayama^d, Tanmoy Mondalⁱ, Kei Yagyu^s

Phys. Rev. D **109** (5, February) (2024) 033002

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevD.109.033002>).

Gravitational waves from phase transitions in scale invariant models

A. Amine, Shinya Kanemura^s, Masanori Tanakaⁱ

J. High Energy Phys. **01** (31, January) (2024) 201

([http://doi.org/10.1007/JHEP01\(2024\)201](http://doi.org/10.1007/JHEP01(2024)201)).

Dark phase transition from WIMP: complementary tests from gravitational

Shinya Kanemura^s, S.-P. Li

Journal of Cosmology and Astroparticle Phys. **03** (5, March) (2024) 005

(<http://doi.org/10.1088/1475-7516/2024/03/005>).

国際会議報告等

Higher-group symmetry in lattice gauge theories with restricted topological sectors

M. Abe, Naoto Kanⁱ, Okuto Morikawa^{PD*}, Yuta Nagoya^d, S. Onoda and Hiroki Wada^d

PoS LATTICE2023 (December) (2023) 365.

The 40th International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice2023) (Fermi National Accelerator Laboratory, July 31st - August 4th, 2023), USA.

A Composite 2HDM

Stefania De Curtis, Luigi Delle Rose, Stefano Moretti, Kei Yagyu^s

LHEP **BSM-2023** (November) (2023) 14.

Beyond Standard Model: From Theory to Experiment (BSM-2023) (6-9 November, 2023), Egypt.

Thermodynamics with Möbius domain wall fermions near physical point II

S. Aoki, Y. Aoki, Hidenori Fukaya^s, J. Goswami, S. Hashimoto, I. Kanamori*, T. Kaneko and Y. Zhang

PoS Lattice2022 **176** (Feb.) (2023) 1-8.

The 39th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2022)(Aug. 8-13, 参加者数約 500 名), Germany.

国際会議における講演等

Quantum coherent amplification of dark matter interaction with atoms

Minoru Tanaka^{s*} (invited)

Quantum Science symposium, ICNAAM 2023, Sep. 11-17, 2023

Curved domain-wall fermion and its applications

Naoto Kan^{i*}

KEK Theory Workshop 2023 (KEK Theory Center, November 29 - December 1, 2023)

Curved domain-wall fermion and its applications

Naoto Kan^{i*}

Quantum Information, Quantum Matter and Quantum Gravity (Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University, October 2 - 6, 2023)

Why magnetic monopole becomes dyon in topological insulators

Naoto Kan^{i*}

Lattice 2023 (Fermi National Accelerator Laboratory, July 31 - August 4, 2023)

Curved domain-wall fermion and its applications

Naoto Kan^{i*}

Gravity 2023: Dawn of field theoretic approach (Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University, July 19-20, 2023)

Axion fragmentation and its applicationRyosuke Sato^{s*} (invited)

27th International Summer Institute on Phenomenology of Elementary Particle Physics and Cosmology, August 21-25, 2023

Axion fragmentation & axion dark matterRyosuke Sato^{s*} (invited)

UGAP2024, March 4-6, 2024

Axion fragmentation & axion dark matterRyosuke Sato^{s*} (invited)

Hokkaido Workshop on Particle Physics at Crossroads, March 7-10, 2024

Quantum error correction and high energy theoryTatsuma Nishioka^{s*} (invited)

The 5th KMI School: “Quantum Computing and Technology for Particle Physics and Astrophysics,” March 5-7, 2024

Exotic massive fermionic systems with huge vacuum degeneracy at boundariesSatoshi Yamaguchi^{s*} (invited)

“East Asia Joint Workshop on Fields and Strings 2023” November 12-18, 2023

Higher-group symmetry in lattice gauge theories with restricted topological sectorsOkuto Morikawa^{PD*}

The 40th International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice2023) (Fermi National Accelerator Laboratory, July 31 - August 4, 2023)

Lattice study of RG fixed point based on gradient flow in 3D O(N) sigma modelOkuto Morikawa^{PD*}

KEK Theory Workshop 2023 (KEK Theory Center, November 29 - December 1, 2023)

Exploring Wrong-Sign Scenarios in the Yukawa Aligned 2HDMKei Yagyu^{s*}

The 6th International Workshop on “Higgs as a Probe of New Physics” (HPNP2023), June 5-9, 2023

Higgs as a key to Symmetry and Structure of the Universe

Kei Yagyu^{s*} (invited)

The 2nd Workshop on Symmetry and Structure of the Universe, July 16-21, 2023

Chiral susceptibility and axial U(1) anomaly near the (pseudo-)critical temperature

S. Aoki, Y. Aoki, Hidenori Fukaya^{s*}, S. Hashimoto, I. Kanamori, T. Kaneko, Y. Nakamura, K. Suzuki and David Ward^d

The 40th International Symposium on Lattice Field Theory, (Fermilab, July 31-Aug 4 2023, 441 名)

Symmetries of Two-Point Spatial Correlators in $N_f = 2+1$ QCD above Critical Temperature

David Ward^{d*}, S. Aoki, Y. Aoki, Hidenori Fukaya^{s*}, S. Hashimoto, I. Kanamori, T. Kaneko, Y. Nakamura, K. Suzuki

The 40th International Symposium on Lattice Field Theory, (Fermilab, July 31-Aug 4 2023, 441 名)

A mathematical formulation of index theorem on a lattice

Syoto Aoki^{DC}, Hidenori Fukaya^{s*}, M. Furuta, S. Matsuo, Tetsuya Onogi^s, Satoshi Yamaguchi^s, M. Yamashita

KEK Theory Workshop 2023 (KEK, Nov. 11-30 2023, 85 名)

Chiral theory as edge modes

Tetsuya Onogi^{s*} (invited)

KEK theory workshop 2023 (於 KEK、2023 年 11 月 29 日 - 12 月 1 日)

Curved domain-wall fermion and its anomaly inflow

Syoto Aoki^{DC*}

Quantum Information, Quantum Matter and Quantum Gravity (Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University, October 2 - 6, 2023)

Curved domain-wall fermion and its anomaly inflow

Syoto Aoki^{DC*}, Hidenori Fukaya^s, Naoto Kanⁱ

Lattice 2023 (Fermi National Accelerator Laboratory, July 31 - August 4, 2023)

Krylov complexity in the IP matrix models

Norihiro Iizuka^{s*} (invited)

“14th Taiwan String Workshop 2023”; (2023/10/30-11/05, National Taiwan University and National Sun Yat-sen University)

Shock waves and delay of hyperfast growth in de Sitter complexityTakanori Anegawa^{DC*}

“14th Taiwan String Workshop 2023”; (2023/10/30-11/05, National Taiwan University and National Sun Yat-sen University)

Krylov complexity in the IP matrix modelsNorihiro Iizuka^{s*} (invited)

“Quantum Black holes, Quantum Information and Quantum Strings”, APCTP workshop, July 2 (Sun.) -July 8 (Sat.), 2023

Curved domain-wall fermion and its anomaly inflowSyoto Aoki^{DC*}, Hidenori Fukaya^s, Naoto Kanⁱ

“The Future is non-perturbative” Workshop, (National Tsing Hua University, Taiwan, June 7-9, 2023)

Non-invertible duality defect and non-commutative fusion algebraSoichiro Shimamori^{DC*}

KEK Theory Workshop 2023 (KEK Theory Center, November 29 - December 1, 2023)

Electroweak baryogenesis in aligned two Higgs doublet model and collider phenomenologyKazuki Enomoto, Shinya Kanemura^s, Yushi Mura^{DC*}

International Workshop on Future Linear Colliders (LCWS 2023), (SLAC National Accelerator Laboratory, May 15-19, 2023)

Topical theory talk: Electroweak baryogenesisYushi Mura^{DC*} (invited)

Workshop for Tera-Scale Physics and Beyond, (Hakata, June 23, 2023)

Electroweak Baryogenesis in two Higgs doublet model with alignment scenarioKazuki Enomoto, Shinya Kanemura^s, Yushi Mura^{DC*}

Higgs as a Probe of New Physics 2023, (Osaka, June 5-9, 2023)

New theoretical constraints on the non-decoupling physics with the mass dependent beta functionShinya Kanemura^s, Yushi Mura^{DC*}

KEK Theory Meeting on Particle Physics Phenomenology, (Tsukuba, November 7-10, 2023)

Electroweak Baryogenesis and its phenomenology

Shinya Kanemura^s(invited)

Meeting of ILC-Japan (U. Tokyo) April, 2023

Primordial Blackholes as a probe of EW phase transition

Shinya Kanemura^s(invited)

Higgs Days 2023, (Santander) Sep 4-8, 2023

Primordial Blackholes as a probe of EW phase transition

Shinya Kanemura^s(invited)

Scalars2023, (Warsaw) Sep 13-16, 2023

Colliders, GWs, and PBHs as a Probe of EWPT

Shinya Kanemura^s(invited)

SPCS 2023, TD Lee Institute, Shanghai, Sep 22-24, 2023

Higgs Vision from Theoretical Point of View

Shinya Kanemura^s(invited)

Higgs WG Workshop, U. Tokyo, October 6, 2023

Electroweak Baryogenesis, Gravitational Waves and Collider Physics

Shinya Kanemura^s(invited)

Gravitational Wave Probes of Physics beyond the Standard Model Osaka Metropolitan University, Nov 6-9, 2023

Higgs as a probe of New Physics

Shinya Kanemura^s(invited)

Busan 2023 "Workshop on particle physics and cosmology" December 20, 2023

Physics of extended Higgs models and their test at future collider and cosmological experiments

Shinya Kanemura^s(invited)

Hokkaido Workshop on Particle Physics at Crossroads, Mar. 7-10, 2024

日本物理学会，応用物理学会等における講演

イッテルビウム同位体シフトデータの一般化線形性同時解析による新物理探索

田中 実^{**}, 山本康裕

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

なぜトポロジカル絶縁体中の磁気モノポールはダイオンになるのか青木 匠門^{DC}, 深谷 英則^s, 簡 直人^{i*}, 越野 幹人^s, 松木 義幸^s

日本物理学会 第 78 回年次大会 (2023 年) (於 東北大学、2023 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

Quantum error correction and high energy theory西岡 辰磨^{s*} (invited)

基研研究会 素粒子物理学の進展 2023 (於 京都大学基礎物理学研究所、2023 年 8 月 28 日 - 9 月 1 日)

 $U(1) \times U(1)$ ゲージ理論における非可逆的対称性嶋守 聡一郎^{DC*}

場の理論と弦理論 2023 (於 京都大学基礎物理学研究所、2023 年 8 月 4 日 - 8 月 10 日)

ボソン/フェルミオン双対性を用いた相互作用を含むエンタングルメント Rényi エントロピーの解析西岡 辰磨^s, 嶋守 聡一郎^{DC}, 藤村 晴伸^{m*}

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

非可逆対称性を用いた境界付き 4 次元 $\mathbb{Z}_2$ ゲージ理論への応用小出 真嵩^d, 名古屋 雄大^{d*}, 山口 哲^s

日本物理学会 第 78 回年次大会 (2023 年) (於 東北大学、2023 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

インスタントン数の制限された格子ゲージ理論における高次群対称性阿部元一、簡 直人ⁱ、森川 億人^{PD*}、名古屋 雄大^d、小野田壮真、和田 博貴^d

日本物理学会 第 78 回年次大会 (2023 年) (於 東北大学、2023 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

格子場の理論における generalized symmetry の研究森川 億人^{PD*} (invited)

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

格子ゲージ理論における一般化対称性とトポロジカル現象森川 億人^{PD*} (invited)

駒場研究会 場の理論への非摂動的アプローチ (於 東京大学駒場キャンパス、2024 年 3 月 30 日 - 3 月 31 日)

ニュートリノ質量、ダークマター、バリオン数非対称性を説明する TeV スケールの模型と CP の破れ榎本一輝, 兼村 晋哉^s, 谷口 宙^{m*}

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

New benchmark scenario for the radiative neutrino mass with dark matter in U(1)B-L gauge theory村 勇志^{DC}, 兼村 晋哉^s, Guohao Ying^{m*}

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

ディラックかマヨラナか？ ヒッグス崩壊によるニュートリノ特性の決定可能性SivaSankar K. A., Arindam Das, 柳生 慶^{s*}

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

格子理論における Atiyah-Singer 指数の数学的定式化青木 匠門^{DC}, 深谷 英則^{s*}, 古田幹雄, 松尾信一郎, 大野木 哲也^s, 山口 哲^s, 山下真由子

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

拡張ヒッグス模型における質量に依存したベータ関数を用いたランダウポールの解析兼村 晋哉^s, 村 勇志^{DC*}

日本物理学会 第 78 回年次大会 (2023 年) (於 東北大学、2023 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

量子誘発された $H^\pm \rightarrow W^\pm Z$ 崩壊に現れるカストディアル対称性と CP の破れの効果兼村 晋哉^s, 村 勇志^{DC*}

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

質量を持つフェルミオンでも理解できる指数定理深谷 英則^{s*} (invited)

統計物理学懇談会 (第 11 回)

シャミア型の曲がったドメインウォールフェルミオン青木 匠門^{DC*}, 深谷 英則^s, 簡 直人ⁱ

日本物理学会 第 78 回年次大会 (2023 年) (於 東北大学、2023 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

U(1)×U(1) ゲージ理論における非可逆的対称性名古屋 雄大^d, 嶋守 聡一郎^{DC*}

日本物理学会 第 78 回年次大会 (2023 年) (於 東北大学、2023 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

拡張ヒッグス模型における CP の破れの Multi photon 事象による LHC 実験での検証片山 兼渡^{d*}, 兼村 晋哉^s, Tanmoy Mondalⁱ, 柳生 慶^s

日本物理学会 第 78 回年次大会 (2023 年) (於 東北大学、2023 年 9 月 16 日 – 9 月 19 日)

H-COUP version 3：拡張ヒッグス模型におけるヒッグス粒子崩壊の精密計算愛甲将司^{*}, 兼村 晋哉^s, 菊地真吏子, 桜井亘大, 柳生 慶^s

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

ヒッグスポテンシャルの構造と原始ブラックホール生成

兼村 晋哉^s, K. Xie, 田中 正法^{i*}

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

New benchmark scenario for the radiative neutrino mass with dark matter in U(1)B-L gauge theory

兼村 晋哉^s, 村 勇志^{DC}, Guohao Ying^{m*}

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

書籍等の出版，日本語の解説記事

量子情報理論とブラックホールの物理

西岡 辰磨^s

数理科学，2024 年 1 月号 No.727

1.10 原子核理論グループ

令和五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。さらに、北尾、赤松、浅川は新潟大学の本郷とともに、時間依存する化学ポテンシャル勾配中でゆらぎの方程式を解くことで、Model H の伝導度の異常次元が簡単に導出できることを示した。

また、赤松、浅川は、重クォークが臨界ゆらぎと結合した時に示す特異性についても調べた。重クォークの運動量拡散係数の特異性は、動的臨界指数の値に敏感であり、 $z \simeq 4$ の model B の場合には臨界点近傍で強く増大するが、 $z \simeq 3$ の model H の場合にはほとんど特異性を示さないことがわかった。また、この解析では臨界揺らぎの back reaction は無視しているが、それが可能である条件について考察を行った。

西村は、京都大学の北沢、国広と共に、カラー超伝導相転移及び QCD 臨界点周辺で発達するソフトモードが電気伝導率等の輸送係数にどのような臨界的な影響を及ぼすのかに関する研究に取り組んでいる。これまでダイクォークソフトモードやカイラルソフトモードに起因するダイレプトン生成率の解析方法を用いて輸送係数を計算することによって、各輸送係数が相転移点直上で発散することを示した。また、発散の指数が相転移によって異なることも示した。

西村は、国際教養大学の奈良、FIAS の Steinheimer らと共に、カラー超伝導相転移及び QCD 臨界点のソフトモードに起因するダイレプトン生成量の解析を行った。本解析では生成量解析の第一段階として、一次元の完全流体を仮定した時間発展を考慮した。その結果、生成量が時間発展の経路に依存し、エントロピー/バリオン数密度比のスペクトルとして非自明な構造を持つことを示した。

西村は、京大基研の大西、理研の田屋と共に、原子核衝突実験で発生する電場・磁場の大きさを定量的に評価する研究を行った。ハドロンカスケード模型 JAM を使い、電磁場の時空発展を調べることで、低エネルギー衝突の場合における電磁場の寄与が、ハドロン/QCD スケールと比較しても無視できない大きさであることを示した。

クォークグルーオンプラズマの空間相関

浅川、赤松、平岩は今年度、高温ハドロン相およびクォークグルーオンプラズマ相の微視的構造を研究するため、それらの中でのバリオン数密度の相関を格子ゲージ理論を用いて

計算する試みを開始した。計算には improved action を用いた full QCD コードを用いている。今年度は試行的計算の意味で、比較的小さな格子上で計算を行い、計算コストが大きい disconnected diagram は計算に含めなかった。そのため、アイソスピン相関を計算したことに相当している。

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。

数値相対論的流体コードの開発

Touroux は、京大基研の北沢、村瀬、フランス SUBATECH の Nahrgang と共に、原子核衝突のダイナミクスの記述に必要な数値相対論的流体方程式の研究に取り組んだ。時間方向への数値積分に初めて陰解法を適用する研究を行い、従来の陽解法によるソルバーよりも高効率な実装が可能であることを示した。昨年度までに開発した完全流体のソルバーに加え、粘性流体のソルバーでも同様な実装が可能であることを示した。

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、新潟大学の本郷と電気通信大学の遠藤とともに、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的な時間発展をする。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 (i) 自由フェルミ気体、および、(ii) 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、ポーラロンと媒質粒子の 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。また、冷却原子気体の実験で虚部を調べる方法を 3 つ提案した。

Study of matter backreaction to JT gravity using quantum entanglement

In "On the Backreaction of Dirac Matter in JT Gravity and SYK Model" (2312.06128), P.H.C. Lau, Chen-Te Ma (Iowa state University), Jeff Murugan (University of Cape Town) and Masaki Tezuka (Kyoto University) studied the backreaction of matter to JT gravity

background. The direct analysis is in general difficult. Instead, they model the backreaction via a proposed boundary dual Sachdev-Ye-Kitaev (SYK) model of Majorana fermions coupled to extra Dirac fermion matter and study it from the perspective of quantum entanglement and chaos. They studied the time evolution of the entanglement entropy between the two types of fermions with an initial separable state. They found that in the limit of a large number of fermions, the two fields becomes maximally entangled, implying a transition of the von Neumann algebra of observables from type I to type II.

Pseudo entropy and pseudo negativity as probes of quantum chaos

In "Detecting quantum chaos via pseudo-entropy and negativity" (2403.05875), P.H.C. Lau, Song He (Jilin University) and Long Zhao (Jilin University) studied the effectiveness of several new quantum informatics quantities such as the pseudo entropy and a generalization of negativity of entanglement which they called pseudo negativity as a probe of quantum chaos. They tested these quantities using several variants of the quantum chaotic SYK model. They focused on a transition matrix which can be understood as a single-sided time evolved thermofield double state. In the limit of large degree of freedom, they analytically showed that the pseudo entropy and pseudo negativity of such state is related to the spectral form factor and local operator entanglement. The spectral form factor captures the spectral information of the system and is known to be a quantum chaotic diagnostic. They also accompanied the analytic result with numerical computations to provide further support of these relations in a system with a finite degrees of freedom.

学術雑誌に出版された論文

Drag force near the QCD critical point

Y. Akamatsu^s, M. Asakawa^s

Phys. Rev. C **109** (Mar.) (2024) L031901

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevC.109.L031901>).

Enhanced Dilepton production near the color superconducting phase and the QCD critical point

T. Nishimura^d, Y. Nara, J. Steinheimer

Eur. Phys. J. A **60** (Apr.) (2024) 82

(<http://doi.org/10.1140/epja/s10050-024-01273-y>).

Gravitational form factors of a kink in 1 + 1 dimensional ϕ^4 model

H. Ito^d, M. Kitazawa

JHEP **08** (Aug.) (2023) 033

([http://doi.org/10.1007/JHEP08\(2023\)033](http://doi.org/10.1007/JHEP08(2023)033)).

国際会議報告等**国際会議における講演等****Quantum mechanical description for heavy quark transport**Y. Akamatsu^{s*} (invited)

ExHIC-p workshop on polarization phenomena in nuclear collisions, (at Taipei, Mar., 2024, 参加者約 30 名)

Possible enhancement of dilepton production and transport coefficients due to QCD phase transitions at high density (poster)T. Nishimura^{d*}, M. Kitazawa, T. Kunihiro

The 9th Asian Triangle Heavy-Ion Conference (ATHIC 2023), (at Hiroshima, Japan, Apr. 23-27, 2023, 参加者約 250 名)

Effect of QCD phase transitions at high density on dilepton production and transport coefficientsT. Nishimura^{d*}, M. Kitazawa, T. Kunihiro

The 1st Workshop on Highly Baryonic Matter at RHIC-BES and Future Facilities - - - beyond the Critical Point towards Neutron Stars - - - (WHBM 2023), (at Tsukuba, Japan, Apr. 29-30, 2023, 参加者約 100 名)

Electromagnetic probes for critical fluctuations of phase transitions in dense QCDT. Nishimura^{d*}, M. Kitazawa, T. Kunihiro

30th International Conference on Ultra-relativistic Nucleus-Nucleus Collisions (Quark Matter 2023), (at Houston, the US, Sep., 2023, 参加者約 900 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演**Renormalization of conductivity using Hydro Kinetic Theory**北尾 紫洸^{m*}, 赤松 幸尚^s, 浅川 正之^s, 本郷 優

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

摩擦を含む開放量子系における二粒子相関への補正山本 還^{*}, 赤松 幸尚^s, 平野 哲文

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

書籍等の出版，日本語の解説記事

1.11 強相関電子論グループ

令和五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研究を行っている。

以前の研究において、モット転移近傍を調べる強力な方法である動的平均場理論(DMFT)を拡張したクラスタ DMFT に用いることにより幾何学的フラストレーションを含む系における有限温度モット転移について調べ、DMFT によって知られていた結果と温度依存性が定性的に異なることを明らかにし、フラストレーション効果を調節した際の一般的性質に関する予想を得ていたが、統一的な計算はなされておらず、コンセンサスが得られていないため、この課題に関して引き続き研究を行う。また、磁気スカーミオン等のフラストレーションによって引き起こされる新奇磁気相の探索を行い、電子相関効果について調べる。

強相関電子系において、電荷、スピンに加えて軌道自由度が根本的に重要になる場合がある。以前の研究において、2および3軌道ハバード模型における分数フィリングのモット転移に関して DMFT を用いて調べ、軌道選択型モット絶縁相を含む様々な相が現れることを示した。今後は DMFT を超えるスピン、軌道の空間的な揺らぎを取り入れた計算によりモット転移近傍の性質について調べる。

1.12 黒木グループ

令和五年度の研究活動概要

1.12.1 新しく発見された多層型ニッケル酸化物高温超伝導の理論

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 $d_{x^2-y^2}$ 軌道からなる有効模型を構築し、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模型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。

上記の解析で用いた揺らぎ交換近似は、強相関効果を近似的にしか取り込めないため、相補的な手法として、密度行列繰り込み群による研究も行った。一次元系という制限はつくものの、相関関数を数値的に厳密に計算できるという強みを活かし、二層型ニッケル酸化物の電子状態を模した二本鎖二軌道ハバード梯子模型の解析を行った。その結果、 $d_{3z^2-r^2}$ 軌道の鎖間ペアの相関が発達し、また $d_{x^2-y^2}$ 軌道の鎖間ペアの相関も発達することを見出した。この研究では、軌道間のフント結合の効果を取り込まなかったが、続いて、フント結合の効果を取り込んだ二本鎖二軌道 t - J 梯子模型についても、密度行列繰り込み群により解析を行った。 $d_{3z^2-r^2}$ 軌道、 $d_{x^2-y^2}$ 鎖間ペアの相関のみならず、一見すると、ペアを形成する引力がないように思える二つの軌道間ペアの相関も発達することを見出した。

1.12.2 散乱時間の電子ホール非対称性による熱電因子増強

熱電物質の性能向上に向け、さまざまな理論提案がなされている。しかし、電子寿命の効果は理論的な取り扱いが難しく、従来の理論研究においては、散乱の効果が単純化されることが多かった。しかし、散乱効果を取り入れることで物質の設計指針が大きく変わることがあるという指摘もあり、その重要性が強く認識されるようになりつつある。

我々は、電子フォノン散乱の効果を取り入れた有効模型を解析することで、電子散乱効果が熱電性能に与える効果を調べた。特に、マルチバレー構造の電子バンド分散において、バレー間散乱に焦点を絞って研究を行なった。その結果、バレー間散乱が強い状況では、エネルギーに関して選択的な電子の短寿命化が起きることで、電子寿命の強い電子ホール非対称性が生じることがあり、それがゼーベック係数を増強するメカニズムを見出した。ここで見出した結果は、今後の熱電物質探索において有用な指針となりうる。

1.12.3 波動関数理論に基づく第一原理計算手法の開発

波動関数理論に基づく第一原理計算手法の開発を行なった。Hellmann-Feynman の定理に基づいて結晶構造（原子座標）のエネルギーを最小化する機能を、github にて公開している固体計算コード TC++ に実装した。また、電子相関効果を取り入れる Jastrow 因子を、変分量子モンテカルロ法を用いて最適化する機能を実装し、その計算精度を検証した。

1.12.4 電荷移動型絶縁体における励起子とスピンの相互作用

強相関効果によって生じる磁性絶縁体では、励起子準位付近で複雑なスペクトルが生じることが観測されているが、ここでは励起子と背景にあるスピン構造の結合が重要であると考えられている。我々は、ファンデルワールス磁性体の NiPS_3 などが属する電荷移動型の絶縁体、つまり、遷移金属 d 軌道のモットギャップが配位子 p 軌道と遷移金属 d 軌道の準位差よりも大きい場合の絶縁体において生じる励起子と磁性の関係について調べた。配位子の p 軌道を分子軌道として記述し、電荷移動型の励起子が光によって生じた際の有効的な磁気相互作用を導出した。励起子生成に伴う磁気相互作用の変化とそれによって期待される磁気励起が絡んだサイドバンド形成について明らかにした。

1.12.5 モット絶縁体における光誘起ペア状態

光励起されたモット絶縁体では、 η ペア状態（サイトごとに符号が交替する電子-電子ペア状態）など平衡系では現れない状態も出現する。これまでは 1 次元系を対象とした理論研究が多くなされてきたため、理論の拡張を目指し、2 本の鎖を結合させた梯子型格子のモット絶縁体における光励起状態に関する研究を行った。鎖間の結合の強さや外場の分極方向に依存したペア相関の上昇を調べ、1 本鎖よりも η ペアの相関が高く上昇する領域が存在することを示した。また、鎖間の結合が強い場合の有効理論から、ペア相関が上昇するメカニズムも明らかにした。

1.12.6 無秩序系における効率的な計算手法の開発

無秩序系におけるアンダーソン局在や弱局在を研究するための効率的な計算手法として提案されている、局在ランドスケープ理論の拡張を行った。従来のランドスケープ理論ではハミルトニアンに制約があり、この制約を克服するためにいくつかの拡張が提案されている。我々は、ハミルトニアンには制約がないものの計算量に課題のあった拡張の一つである、L2 ランドスケープの確率的手法による効率的な計算手法を開発した。従来のランドスケープが適用できない、整数量子ホール効果の領域にある強磁場下の 2 次元電子系に我々の手法を適用し、その有効性を確かめた。

1.12.7 スピン軌道相互作用無秩序系における輸送ダイナミクス

冷却原子気体の実験技術の発展により、相互作用を自在に制御しながら粒子の運動のダイナミクスを直接観測することが現実的になりつつある。我々はスピン軌道相互作用と無秩序ポテンシャルを用いて、物質波の輸送ダイナミクスを調べた。無秩序な系では一粒子干渉の効果によって、後方散乱が増大されるが、スピン軌道相互作用が存在すると後方散乱はむしろ減少する。我々はこの後方散乱の増大と減少の競合を、運動量分布の時間発展に見出した。さらに、解析計算によって増大から減少へのクロスオーバーの時間スケールを、スピン軌道相互作用の大きさの関数として導出した。

学術雑誌に出版された論文

Controlling of Localization by Elemental-substitution Effect in Layered BiCh₂-based Compounds LaO_{1-x}F_xBiS_{2-y}Se_y

K. Hoshi, H. Arima, N. Kataoka, M. Ochi^s, A. Yamashita, A. de Visser, T. Yokoya, K. Kuroki^s, Y. Mizuguchi

J. Phys. Soc. Jpn. **92** (No. 5, Apr.) (2023) 054704 1–9

(<http://doi.org/10.7566/JPSJ.92.054704>).

A Stochastic Method to Compute the L^2 Localisation Landscape

M. Kakoi^m, K. Slevin^s

J. Phys. Soc. Jpn. **92** (No. 5, Apr.) (2023) 054707 1–6

(<http://doi.org/10.7566/JPSJ.92.054707>).

Wannier-Stark ladders and Stark shifts of excitons in Mott insulators

M. Udono, T. Kaneko^s, K. Sugimoto

Phys. Rev. B **108** (No. 8, Aug.) (2023) L081304 1–5

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.108.L081304>).

Fully self-consistent optimization of the Jastrow-Slater-type wave function using a similarity-transformed Hamiltonian

M. Ochi^s

Phys. Rev. A **108** (No. 3, Sept.) (2023) 032806 1–17

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevA.108.032806>).

Large Perpendicular Magnetic Anisotropy Induced by an Intersite Charge Transfer in Strained EuVO₂H Films

M. Namba, H. Takatsu, R. Mikita, Y. Sijia, K. Murayama, H.-B. Li, R. Terada, C. Tassel, H. Ubukata, M. Ochi^s, *et al.*

J. Am. Chem. Soc. **145** (No. 40, Sept.) (2023) 21807–21816

(<http://doi.org/10.1021/jacs.3c04521>).

Electron-hole dichotomy and enhancement of the thermoelectric power factor by electron-hole-asymmetric relaxation time: A model study on a two-valley system with strong intervalley scattering

M. Ochi^s

Phys. Rev. B **108** (No. 19, Sept.) (2023) 195139 1–9

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.108.195139>).

Exciton-spin interactions in antiferromagnetic charge-transfer insulators

T. Kaneko^s, Y. Murakami, D. Golež, Z. Sun, A. J. Millis

Phys. Rev. B **108** (No. 20, Nov.) (2023) 205121 1–12

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.108.205121>).

Pair correlations in the two-orbital Hubbard ladder: Implications for superconductivity in the bilayer nickelate $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$

T. Kaneko^s, H. Sakakibara, M. Ochi^s, K. Kuroki^s

Phys. Rev. B **109** (No. 4, Jan.) (2024) 045154 1–5

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.109.045154>).

Photoinduced η -pairing correlation in the Hubbard ladder

R. Ueda^m, K. Kuroki^s, T. Kaneko^s

Phys. Rev. B **109** (No. 7, Feb.) (2024) 075122 1–7

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.109.075122>).

Possible High T_c Superconductivity in $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ under High Pressure through Manifestation of a Nearly Half-Filled Bilayer Hubbard Model

H. Sakakibara, N. Kitamine, M. Ochi^s, K. Kuroki^s

Phys. Rev. Lett. **132** (No. 10, Mar.) (2024) 106002 1–8

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevLett.132.106002>).

Time evolution of coherent wave propagation and spin relaxation in spin-orbit-coupled systems

M. Kakoi^m, K. Slevin^s

Phys. Rev. A **109** (No. 3, Mar.) (2024) 033303 1–15

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevA.109.033303>).

Critical behavior of the Anderson transition in higher-dimensional Bogoliubov–de Gennes symmetry classes

Wang, Tong and Pan, Zhiming and K. Slevin^s and Ohtsuki, Tomi

Physical Review B **108** (No. 14, Oct.) (2023) 144208 1–11
(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.108.144208>).

Irrelevant Corrections at the Quantum Hall Transition

K. Slevin^s and Ohtsuki, Tomi

physica status solidi (RRL) – Rapid Research Letters **17** (No. 11, Nov.) (2023) 2300080 1–5
(<http://doi.org/10.1002/pssr.202300080>).

Machine learning wave functions to identify fractal phases

Čadež, Tilen and Dietz, Barbara and Rosa, Dario and Andreanov, Alexei and K. Slevin^s and Ohtsuki, Tomi

Physical Review B **108** (No. 18, Nov.) (2023) 184202 1–17
(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.108.184202>).

国際会議報告等

国際会議における講演等

Analysis on unconventional superconductivity in $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ and $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$

K. Kuroki^{s*}

APS March Meeting 2024 (at Minneapolis, USA, Mar. 3–8, 2024, 参加者数約 13000 名)

Electron-hole dichotomy and enhancement of thermoelectric power factor by electron-hole-asymmetric relaxation time: a model study on a two-valley system with strong intervalley scattering

M. Ochi^{s*}

APS March Meeting 2024 (at Minneapolis, USA, Mar. 3–8, 2024, 参加者数約 13000 名)

An efficient impurity solver in DMFT for multi-band systems

R. Mizuno^{*}, M. Ochi^s, K. Kuroki^s

APS March Meeting 2024 (at Minneapolis, USA, Mar. 3–8, 2024, 参加者数約 13000 名)

Coherent wave propagation in spin-orbit coupled disordered systems

M. Kakoi^{m*}, K. Slevin^s

APS March Meeting 2024 (at Minneapolis, USA, Mar. 3–8, 2024, 参加者数約 13000 名)

Electron-hole dichotomy and enhancement of thermoelectric power factor by electron-hole-asymmetric relaxation time: a model study on a two-valley system with strong intervalley scattering

M. Ochi^{s*}

ISSP Regular Workshop: How high can we raise thermoelectric performance? (at Kashiwa, Japan, Dec. 5–6, 2023, 参加者数約 100 名)

Transcorrelated method for periodic systems

M. Ochi^{s*} (invited)

Extra Theoretical Chemistry Seminar, University of Cambridge (online, May 18, 2023, 参加者数約 20 名)

Theoretical analysis on the superconductivity in $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ and $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$

K. Kuroki^{s*} (invited)

Workshop on High- T_c Nickelate Superconductors, Guangzhou, China, Nov. 17–20, 2023, 参加者数約 150 名)

Theoretical studies on the thermoelectric properties of CaAl_2Si_2 -type Zintl phase compounds

K. Kuroki^{s*} (invited)

ISSP Regular Workshop: How high can we raise thermoelectric performance? (at Kashiwa, Japan, Dec. 5–6, 2023, 参加者数約 100 名)

An efficient impurity solver in dynamical mean field theory: Iterative perturbation theory combined with the parquet equations (poster)

R. Mizuno^{*}, M. Ochi^s, K. Kuroki^s

Computational Approaches to Quantum Many-Body Systems (at Saitama, Japan, Oct. 19–20, 2023, 参加者数約 50 名)

Time evolution of coherent backscattering in spin-orbit coupled systems (poster)

M. Kakoi^{m*}, K. Slevin^s

Physics of Open Systems and Beyond (POS&BYD) (at Sapporo, Japan, Aug. 17–23, 2023, 参加者数約 100 名)

A Stochastic Method to Compute the L2 Localisation Landscape

K. Slevin^{s*} (invited)

Random Operators and Related Topics (Sendai, October 13-16, 2023)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

ワイドバンド・平坦バンド共存系におけるスピン揺らぎ媒介超伝導に関する研究

相田哲明^{m*}, 越智正之^s, 黒木和彦^s

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

二層ニッケル酸化物を模した梯子系における超伝導ペア相関

金子竜也 ^{s*}, 梶昌孝 ^m, 榊原寛史, 越智正之 ^s, 黒木和彦 ^s

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

ドーピングされたバンド絶縁体における有効相互作用の Floquet エンジニアリングと超伝導ペア形成

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 2024 年春季大会（於 オンライン、2024 年 3 月 18 日 – 3 月 21 日）

光ドーピングされた梯子型モット絶縁体における量子状態

植田涼太 ^{m*}, 黒木和彦 ^s, 金子竜也 ^s

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

¹³⁹La-NMR による層状ニッケル酸化物超伝導の常圧相ミクロ電子状態

梶昌孝 ^{m*}, 大井喬, 大下裕仁郎, 八島光晴, 黒木和彦 ^s, 足立善信, 畑田直行, 宇田哲也, 椋田秀和

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

二層ニッケル酸化物を模した二軌道 Hubbard 梯子における超伝導相関

金子竜也 ^{s*}

研究会「超伝導研究の発展と広がり」（於 京大基研、2023 年 12 月 20 日-12 月 22 日）

平坦バンドを持つ二次元格子上的 Hubbard 模型における超伝導に関する研究（ポスター）

相田哲明 ^{m*}

研究会「超伝導研究の発展と広がり」（於 京大基研、2023 年 12 月 20 日-12 月 22 日）

二層ニッケル酸化物を模した有効モデルの解析：フント結合による超伝導相関の強化（ポスター）

梶昌孝 ^{m*}

研究会「超伝導研究の発展と広がり」（於 京大基研、2023 年 12 月 20 日-12 月 22 日）

Hubbard ladder における η -pairing 相関の光誘起（ポスター）

植田涼太 ^{m*}

研究会「超伝導研究の発展と広がり」（於 京大基研、2023 年 12 月 20 日-12 月 22 日）

ドーピングされたバンド絶縁体の Floquet エンジニアリング：有効電子間相互作用による超伝導ペア形成（ポスター）

高橋佑瑚 ^{m*}

研究会「超伝導研究の発展と広がり」（於 京大基研、2023 年 12 月 20 日-12 月 22 日）

La-NMR による層状ニッケル酸化物高温超伝導の母相のミクロ電子状態

梶昌孝^{m*}, 大井喬, 大下裕仁郎, 八島光晴, 畑田直行, 宇田哲也, 椋田秀和

第 22 回低温工学・超伝導若手合同講演会（於 関西学院大学大阪梅田キャンパス、2023 年 11 月 24 日）

固体の電子状態計算とその手法開発（ポスター）

M. Ochi^{s*}

大阪大学理学研究科「第 13 回理学研究フォーラム／第 12 回研究交流セミナー」（於 大阪大学、2023 年 11 月 6 日）

相関電子系における光誘起物性の理論的研究（ポスター）

金子竜也^{s*}

大阪大学理学研究科「第 13 回理学研究フォーラム／第 12 回研究交流セミナー」（於 大阪大学、2023 年 11 月 6 日）

波動関数理論に基づく高精度な第一原理計算手法の開発

M. Ochi^{s*}

第 2 回 FRC 座談会（於 大阪大学、2023 年 10 月 30 日）

Transcorrelated 法を用いた固体の第一原理計算ソフトウェア TC++ の紹介

M. Ochi^{s*}

2023 年度第 5 回物性アプリアーオープンフォーラム（於 東大物性研、2023 年 9 月 29 日）

強いバレー間散乱による緩和時間の電子・ホール非対称性と特異な熱電輸送の可能性に関する理論研究

M. Ochi^{s*}

第 20 回日本熱電学会学術講演会（於 北九州国際会議場、2023 年 9 月 25-27 日）

ドーピングされた CuO 二重鎖における超伝導関連の計算

金子竜也^{s*}, 江島聡, 黒木和彦^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）

平坦バンドを持つ二次元格子上的 Hubbard 模型における超伝導に関する研究

相田哲明^{m*}, 越智正之^s, 黒木和彦^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）

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*}

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）

不規則な電子系における L^2 localisation landscape の確率的手法

梶昌孝^{m*}, K. Slevin^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）

単層黒リンにおける高次高調波発生のモデル化とその解析（ポスター）

宮本英雄^{m*}, 越智正之^s, 黒木和彦^s, 金子竜也^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）

Hubbard ladder における光誘起 η -pairing 状態（ポスター）

植田涼太^{m*}, 黒木和彦^s, 金子竜也^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）

多体波動関数に基づく次世代第一原理計算手法の確立

M. Ochi^{s*}

創発的研究支援事業 第二回「融合の場」（於 一橋講堂、2023 年 7 月 26-27 日）

波動関数理論に基づく固体の第一原理計算手法の開発

M. Ochi^{s*}

Online CMT Seminars（第 88 回）（於 オンライン、2023 年 6 月 13 日）

Mg₃Sb₂ における元素拡散効果の理論研究

M. Ochi^{s*}

大阪大学椋田研究室セミナー（於 大阪大学、2023 年 5 月 10 日）

固体電子状態計算におけるトランスコリレイティッド法の開発

M. Ochi^{s*}

神戸大学天能研究室セミナー（於 神戸大学、2023 年 4 月 6 日）

書籍等の出版，日本語の解説記事

励起子絶縁体の物理—バンド間相互作用が導く秩序と集団励起

金子竜也^s, 太田幸則

日本物理学会誌（2024 年 2 月発行，54–62 頁）

Mixed-anion Compounds (Chapter 5)

A. Kuwabara, M. Ochi^s, K. Shitara, K. Hongo, R. Maezono

Royal Society of Chemistry (2024 年 3 月発行, 211–231 頁)

1.13 越野グループ

令和五年度の研究活動概要

ツイスト3層グラフェンにおける超モアレ原子構造理論

モアレ物質とは2次元物質が非整合に重なることでモアレ模様を生じた系であり、相次ぐ新現象の発見により近年大きな注目を集めている。現在に至るまで、モアレ物質研究の主な対象は単一のモアレ周期を持つツイスト二層系であったが、一方で3層以上のツイスト系では一般に複数のモアレ周期が共存することによって準周期的な空間構造をもたらす。このような周期のない物理系では従来の固体物理の手法では物性の記述が困難であった。ここでは準周期的構造をもつ3層系を取り扱う系統的理論を初めて構築し、最も単純な系である「ツイスト3層グラフェン」に適用した。構造緩和によってマルチスケール・モアレドメイン形成が生じること（下図）、それに伴うトポロジカル電子状態の出現を発見した。複雑なドメイン形成は仮想的なモアレ原子の相互作用によって定性的に説明できることも明らかにした。[Phys. Rev. X 13, 041007 (2023)]

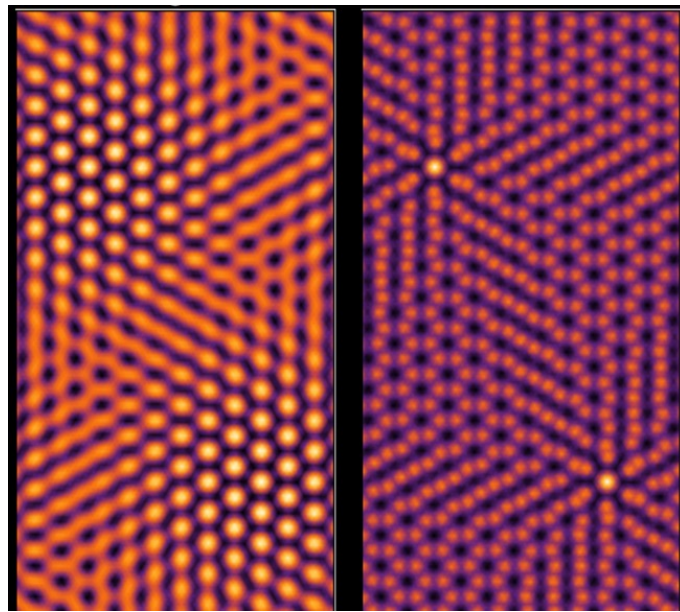


図 1.1: ツイスト3層グラフェンにおけるモアレパターン。左は構造緩和がない場合、右がある場合。明るさは局所的な層間結合エネルギーを表す。構造緩和によってモアレ模様同士が相互作用しドメインが形成される。

3次元グラファイトのツイスト界面での電気伝導

モアレ構造は2次元物質のみに限らず、3次元の層状物質にも一般的に生じうる普遍的な構造である。ここでは回転して重ねた3次元グラファイト（ツイスト3次元グラファイト、図）に注目し、面直方向の電気伝導を理論的に計算した。ツイスト角度が大きくなるにつれ、

フェルミ面の重なりが減少し、それに伴い電気伝導も減少傾向を見せるが、ある特定の角度で共鳴的な伝導度ピークを示すことも発見した。この非単調なピークの原因は、ツイスト二層グラフェンに類似した界面局在状態がツイスト界面付近に生じるためであり、これが電気伝導に特徴的な共鳴ピーク（一種のファノ共鳴）をもたらすことを明らかにした。[Phys. Rev. B 108, 165422 (2023)]

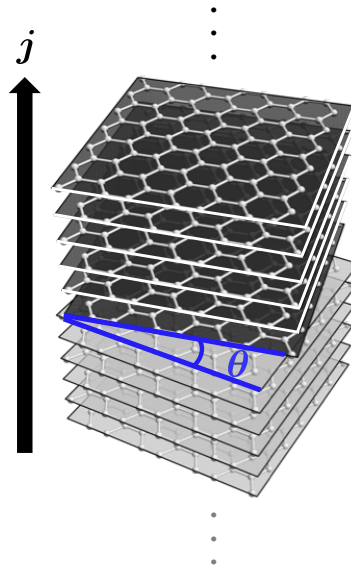


図 1.2: 3次元グラファイトにおける回転積層欠陥の概念図

ジグザググラフェンナノリボンにおける磁壁構造とソリトン電子状態

ジグザグ端をもつグラフェンナノリボンはエッジ状態と呼ばれる平坦なバンドを生じ、電子間相互作用のもとでは自発的に強磁性的な秩序を生じることが知られている。この系に電荷をドーピングしたときの基底状態は明らかでなかったが、自己無撞着計算の結果、磁場が反転する磁壁を自発的に生じ、また磁壁にはトポロジカル局在電子状態を伴うことを発見した(図)。[Phys. Rev. B 108, 045401 (2023)]

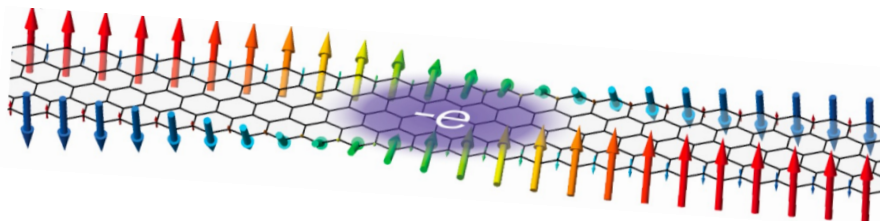


図 1.3: 電荷ドーピングしたジグザググラフェンナノリボンの磁壁構造とトポロジカル局在状態の概念図。

モアレポテンシャルのあるグラフェンにおける非線形ランダウファンの観測

磁場下にある2次元電子系において、電気伝導度はランダウ量子化により振動を示し、電子密度と磁場のパラメータ空間において、直線的な軌跡からなる扇形が生成される。ランダウファンとよばれるこの線形の軌跡は、ランダウ準位エネルギーの分散や磁場依存性に関係なくユニバーサルに存在することが知られる。しかし今回、モアレポテンシャルに曝されたグラフェン電子のコンダクタンス振動が、この一般法則に反し、密度場面内で非線形軌道を形成することを実験的に観測した。この異常な振る舞いは、複数のミニバンドを同時に占有することと、磁気崩壊 (magnetic breakdown) によって生じた開いた軌道の共存によるものであることを明らかにした。(Max Planck Institute, NYU Shanghai との共同研究) [Nano Lett. 24, 33392024 (2024)]

学術雑誌に出版された論文

Mechanical properties of 2D metal–organic and covalent–organic frameworks with non trivial topological band dispersion

Priyadarshini Kapri^s, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s

Comput. Mater. Sci. **228** (June 6) (2023) 112282

(<http://doi.org/10.1016/j.commatsci.2023.112282>).

Topological domain walls in graphene nanoribbons with carrier doping

Takuto Kawakami^s, Gen Tamaki^{DC}, Mikito Koshino^s

Phys. Rev. B **108** (July 5) (2023) 045401

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.108.045401>).

Magnetic monopole becomes dyon in topological insulators

Shoto Aoki, Hidenori Fukaya, Naoto Kan, Mikito Koshino^s, and Yoshiyuki Matsuki

Phys. Rev. B **108** (Oct. 3) (2023) 155104

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.108.155104>).

Multiscale Lattice Relaxation in General Twisted Trilayer Graphenes

Naoto Nakatsuji^d, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s

Phys. Rev. X **13** (Oct. 10) (2023) 041007

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevX.13.041007>).

Perpendicular electronic transport and moiré-induced resonance in twisted interfaces of three-dimensional graphite

Tenta Tani^{DC}, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s

Phys. Rev. B **108** (Oct. 25) (2023) 165422

(<http://doi.org/10.1103/PhysRevB.108.165422>).

Nonlinear Landau Fan Diagram for Graphene Electrons Exposed to a Moiré Potential

Pilkyung Moon, Youngwook Kim, Mikito Koshino^s, Takashi Taniguchi, Kenji Watanabe, and Jurgen H Smet

Nano Lett. **24** (Feb. 2) (2024) 3339

(<http://doi.org/10.1021/acs.nanolett.3c04444>).

国際会議における講演等**Moiré phonons in twisted materials**

Mikito Koshino^{s*} (invited)

6th EU - Japan Workshop on Graphene and Related 2D Materials (at Tokyo, Japan, May 25, 2023)

Exploring Moiré 2D Materials and Topological Quasicrystals

Mikito Koshino^{s*} (invited)

ICTP summer school called "New Trends in Modern Quantum Science" (at Bukhara, Uzbekistan, September 22, 2023)

Topological moiré trilayers

Mikito Koshino^{s*} (invited)

BIRS Workshop "The Mathematics and Physics of Moire Superlattices" (at Banff, Canada, October 24, 2023)

Topological moiré trilayers

Mikito Koshino^{s*} (invited)

RPGR2023 -The 14th Recent Progress in Graphene and Two-dimensional Materials Research Conference (at Bengaluru, India, November 20-23, 2023)

Topological moiré trilayers

Mikito Koshino^{s*} (invited)

Asia-Pacific Conference on Condensed Matter Physics (AC2MP) 2023, (at Hualien, Taiwan, November 27, 2023)

Topological moiré trilayers

Mikito Koshino^{s*} (invited)

Workshop Materials for Quantum Electronics (Mat4QE), (at Manchester, UK, March 1, 2024)

Fano-resonant perpendicular electronic transport and interfacelocalized state in twisted graphite

Tenta Tani^{DC*}, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s

EP2DS-25 -The 25th International Conference on the Electronic Properties of Two-Dimensional Systems (at Grenoble, France, July 9-14, 2023)

Shift current response in twisted double bilayer graphene

Takaaki V. Joya^{d*}, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s

RPGR2023 -The 14th Recent Progress in Graphene and Two-dimensional Materials Research Conference (at Bengaluru, India, November 20-23, 2023)

Shift current response in twisted double bilayer graphene

Takaaki V. Joya^{d*}, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s

APS March Meeting 2024 (at Minneapolis, USA, March 3-8, 2024)

Low-temperature thermal transport in moiré superlattices

Lukas P.A. Krisna^{d*}, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s

APS March Meeting 2024 (at Minneapolis, USA, March 3-8, 2024)

Multiscale lattice relaxation and topological 1D state in twisted trilayer graphene

Naoto Nakatsuji^{d*}, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s

APS March Meeting 2024 (at Minneapolis, USA, March 3-8, 2024)

Perpendicular electronic transport and moiré-induced resonance in twisted interfaces of 3D graphite

Tenta Tani^{DC*}, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s

APS March Meeting 2024 (at Minneapolis, USA, March 3-8, 2024)

Domain wall states in high spin topological insulators

Takuto Kawakami^{s*}, Igor Kuzmenko, Yshai Avishai, Yigal Meir, Masatoshi Sato

APS March Meeting 2024 (at Minneapolis, USA, March 3-8, 2024)

Magnon spin current induced by electric field via Aharonov-Casher effect

Kazuki Yamamoto^{DC*}, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s

APS March Meeting 2024 (at Minneapolis, USA, March 3-8, 2024)

Topological Domain Walls in Doped Graphene Nanoribbons (poster)

Takuto Kawakami^{s*}, Gen Tamaki^{DC}, Mikito Koshino^s

EP2DS-25 -The 25th International Conference on the Electronic Properties of Two-Dimensional Systems (at Grenoble, France, July 9-14, 2023)

Multi-scale lattice relaxation in asymmetric twisted trilayer graphenes (poster)Naoto Nakatsuji^{d*}, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s

EP2DS-25 -The 25th International Conference on the Electronic Properties of Two-Dimensional Systems (at Grenoble, France, July 9-14, 2023)

Fano-resonant perpendicular electronic transport in twisted graphite (poster)Tenta Tani^{DC*}, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s

The 12th International Workshop on 2D Materials (at Nanjing University, China, July 20-22, 2023)

Magnon loop current induced by an electric field gradient and its divergence at BEC transition point (poster)Kazuki Yamamoto^{DC*}, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s

The 12th International Workshop on 2D Materials (at Nanjing University, China, July 20-22, 2023)

日本物理学会，応用物理学会等における講演**モアレ二次元物質の物性理論 (企画講演)**越野 幹人^{s*}

日本物理学会第 78 回年次大会 (於 東北大学, 2023 年 9 月 16 日-9 月 19 日)

グラフェンの物理学: 厚さ 100 万分の 1 mm の物質越野 幹人^{s*}

日本物理学会名古屋支部 公開講演会 (於 オンライン, 2024 年 12 月 16 日)

モアレ準結晶の電子状態: トポロジカル不変量と 4 次元ホール効果越野 幹人^{s*}

第 11 回 統計物理学懇談会 (於 オンライン, 2024 年 3 月 13 日)

二次元材料のモアレ物性科学の基礎 (チュートリアル講演)越野 幹人^{s*}

応用物理学会 2024 春季講演会 (於 東京都市大学, 2024 年 3 月 22 日)

一般のクラス AII 系におけるトポロジカル相転移の局所的特徴付け立石 幾真^{s*}, 平山 元昭

日本物理学会第 78 回年次大会 (於 東北大学, 2023 年 9 月 16 日-9 月 19 日)

Phonons and thermal transport in moiré superlatticesLukas P.A. Krisna^{d*}, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s

日本物理学会第78回年次大会 (於 東北大学, 2023年9月16日-9月19日)

3次元特異フラットバンドにおける磁場効果五十嵐 勇治^{m*}, 川上 拓人^s, 越野 幹人^s

日本物理学会第78回年次大会 (於 東北大学, 2023年9月16日-9月19日)

ツイストグラファイトにおけるファノ共鳴的垂直電気伝導谷 天太^{DC*}, 川上 拓人^s, 越野 幹人^s

日本物理学会第78回年次大会 (於 東北大学, 2023年9月16日-9月19日)

ツイスト二重二層グラフェンにおけるシフトカレント応答城谷 宇映^{d*}, 川上 拓人^s, 越野 幹人^s

日本物理学会第78回年次大会 (於 東北大学, 2023年9月16日-9月19日)

AC効果によるマグノンの電場応答とそのBEC転移点における振る舞い山本 和輝^{DC*}, 川上 拓人^s, 越野 幹人^s

日本物理学会第78回年次大会 (於 東北大学, 2023年9月16日-9月19日)

ツイスト三層グラフェンにおけるマルチスケール格子緩和とトポロジカル境界状態中辻 直斗^{d*}, 川上 拓人^s, 越野 幹人^s

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

トポロジカル相転移の局所的特徴付け：具体例と応用例立石 幾真^{s*}, 平山 元昭

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

Theoretical study of twisted bilayer $\text{Bi}_2(\text{Te}_{1-x}\text{Se}_x)_3$ (ポスター)立石 幾真^{s*}

学術変革領域「2.5次元物質科学」第5回領域会議, 大阪大学, 2023年7月2日, 3日

Phonons and thermal transport in moiré superlattices (ポスター)Lukas P.A. Krisna^{d*}, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s

学術変革領域「2.5次元物質科学」第5回領域会議, 大阪大学, 2023年7月2日, 3日

Topological mosaics in moiré materials (ポスター)立石 幾真^{s*}

第17回物性科学領域横断研究会, 名古屋工業大学, 2023年11月24日, 25日

ツイスト二重二層グラフェンにおけるシフト電流応答 (ポスター)

城谷 宇映^{d*}, 川上 拓人^s, 越野 幹人^s

学術変革領域「2.5次元物質科学」第6回領域会議, 名古屋大学, 2023年12月26日, 27日

第2章 受賞と知的財産

令和五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：山口 哲（准教授）

賞の名称：日本物理学会第 29 回（2024 年）論文賞

受賞内容や理由：場の量子論における対称性の概念の一般化が近年様々な角度から研究されている。この過程で、一般化された対称性を位相欠陥を用いて表現する手法の重要性が明らかになると同時に、群の場合とは異なり逆元を持たない「非可逆対称性」の存在が明らかになってきた。本論文では、Kramers-Wannier 双対性と Z_2 対称性を持つ 2 次元 Ising 模型における位相欠陥の構成法を拡張することで、4 次元における位相欠陥と非可逆対称性の具体例が初めて構成的に与えられた。具体的には、Kramers-Wannier-Wegner 双対性と 1-form Z_2 対称性を有する 4 次元の Z_2 格子ゲージ理論において、双対性と対称性のそれぞれに伴う位相欠陥が導出されるとともに、それらの交換関係と非可逆対称性の存在が明示的に与えられた。本論文は、双対性を持つ 4 次元の場の理論における非可逆対称性の研究を大きく加速する契機になったものとして、日本物理学会論文賞に相応しい業績であると認められる。

2. 受賞者名：深谷 英則（助教）

賞の名称：日本学術振興会賞

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。

3. 受賞者名：深谷 英則（助教）

賞の名称：大阪大学総長特別表彰

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：宮原 里菜（修士課程 1 年）
賞の名称：Gamma24 Jury Prize
受賞内容や理由：The workshop on frontier nuclear studies with gamma-ray spectrometer arrays (gamma24) で優れたポスター発表を行ったため。
5. 受賞者名：井上 祥（修士課程 1 年）
賞の名称：若手優秀発表賞
受賞内容や理由：強磁場科学研究会「強磁場研究における次世代ネットワーク形成とサイエンスの新展開」で優れた発表を行った。。
6. 受賞者名：杉崎堯人（修士課程 2 年）
賞の名称：Science Week 2023 / Poster Prize
受賞内容や理由：TRIUMF で開催された Science Week 2023 で優れたポスター発表を行ったため。
7. 受賞者名：杉崎堯人（修士課程 2 年）
賞の名称：HYPERFINE2023 Young Presenter's Award (oral)
受賞内容や理由：International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (HYPERFINE2023) で優れた口頭発表を行ったため。
8. 受賞者名：田口 諒（修士課程 2 年）
賞の名称：HYPERFINE2023 Young Presenter's Award (poster)
受賞内容や理由：International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (HYPERFINE2023) で優れたポスター発表を行ったため。
9. 受賞者名：岡田 茉樹（修士課程 2 年）
賞の名称：日本分析化学会近畿支部創設 70 周年記念式典 学生ポスター優秀賞
受賞内容や理由：t-SPESI 質量分析イメージングによるマウス精巣組織の疾患関連脂質の可視化の研究。
10. 受賞者名：大江 海静（修士課程 2 年）
賞の名称：JPSJ Editors' Choice
受賞内容や理由：二次元ポリ励起子の研究。

11. 受賞者名：小野 啓太（博士課程1年）
賞の名称：第78回年次大会（2023年）日本物理学会学生優秀発表賞
受賞内容や理由：学会で優れた発表を行った。
12. 受賞者名：中村 瞭弥（博士課程1年）
賞の名称：PASPS-27・優秀ポスター賞
受賞内容や理由：第27回半導体におけるスピン工学の基礎と応用（PASPS-27）で優れたポスター発表を行った。
13. 受賞者名：嶋守 聡一郎（博士課程1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：拡がりのある演算子を持つ場の量子論のダイナミクスおよびその重力双対に関する研究。
14. 受賞者名：福留 美樹（博士課程2年）
賞の名称：第3回日本量子医科学会学術大会 優秀発表賞
受賞内容や理由：第3回日本量子医科学会学術大会で優れたポスター発表を行ったため。
15. 受賞者名：Nurhafiza Mohamad Nor（博士課程3年）
賞の名称：Gamma24 Jury Prize
受賞内容や理由：The workshop on frontier nuclear studies with gamma-ray spectrometer arrays (gamma25) で優れたポスター発表を行ったため。
16. 受賞者名：太田 智陽（博士課程3年）
賞の名称：日本物理学会学生優秀発表賞（領域4）
受賞内容や理由：領域4（半導体、メゾスコピック系、量子輸送）の分野で、優れた発表を行った。
17. 受賞者名：名古屋 雄大（博士課程3年）
賞の名称：日本物理学会第29回（2024年）論文賞
受賞内容や理由：山口哲氏と同様。
18. 受賞者名：小出 真崇（博士課程3年）
賞の名称：日本物理学会第29回（2024年）論文賞
受賞内容や理由：山口哲氏と同様。

19. 受賞者名：二本木 克旭（博士課程3年）
賞の名称：優秀発表賞
第10回西日本強磁場科学研究会で優れた発表を行った。
20. 受賞者名：森川 億人（学振特別研究員 (PD)）
賞の名称：第18回日本物理学会若手奨励賞
受賞内容や理由：格子場の理論における generalized symmetry の研究。
21. 受賞者名：岡村 拓実（学部4年生）
賞の名称：2024年春季大会 日本物理学会学生優秀発表賞
受賞内容や理由：rp プロセス解明のための 60Zn 励起状態のスピンパリティの決定で優れた発表を行ったため。
22. 受賞者名：加藤 陸（学部4年生）
賞の名称：大阪大学理学部物理学科 物性実験グループ 卒業研究 優秀発表賞
受賞内容や理由：卒研発表で優れた発表を行った。

知的財産

令和五年度は該当なし。

第3章 学位論文

3.1 修士論文

令和五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
富田 幸宏	吉野 元 (菊池 誠)	非一様レプリカ液体論の構築と解析
西岡 蒼矢	石井 理修	Σc を $1+$ -diquark + charm quark 系と見做した時のポテンシャルと、diquark の質量
ZHAO HANG	福田 光宏	CONCEPTUAL DESIGN OF A HIGH TEMPERATURE SUPERCONDUCTING SPECTROSCOPY-TYPE GANTRY SYSTEM FOR PARTICLE THERAPY
西澤 正崇	兼松 泰男	フェムト秒パルスレーザー脱離イオン化イメージング質量分析装置の空間分解能評価
相田 哲明	黒木 和彦	平坦バンドを持つ二次元格子上の Hubbard 模型における超伝導に関する研究
浅間 遼太郎 厚美 竜二	新見 康洋 松野 丈夫	ファンデルワールス反強磁性体 RTe_3 薄膜の電気伝導測定 ペロブスカイト型マンガン酸化物の自立型メンブレンにおける磁気特性
荒木田 陸斗	南條 創	高輝度 LHC ATLAS 実験用シリコンピクセル検出器の X 線ヒット信号を用いた不良ピクセル判定の正確性
安藤 恵一 五十嵐 勇治 岩瀬 圭祐	西岡 辰磨 越野 幹人 花咲 徳亮	サブシステム符号による非形場理論の構成 3次元特異フラットバンドにおける磁場効果 低キャリア密度の層状希土類化合物 $\text{RTe}_2\text{-xSbx}$ における磁気抵抗効果の研究
宇田 隆佑	阪口 篤志	J-PARC π 20 ビームラインで用いる TOF-tracker Multi-gap Resistive Plate Chamber の開発
大江 海静	浅野 建一	二次元多谷半導体における励起子複合体の拡散モンテカルロ法による研究
岡田 茉樹	豊田 岐聡	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リン脂質生合成障害マウス精巣の高空間分解能質量分析イメージング

沖本 稜弥	松野 丈夫	三層膜 MgO/CoFeB/IrO ₂ におけるスピン軌道トルク誘起磁化反転
織戸 悠輔	菊池 誠 (吉野 元)	画像データの深層学習における長時間ダイナミクス
梶 昌孝	Keith Slevin	Time evolution of coherent wave transport and spin relaxation in spin-orbit coupled disordered systems (スピン軌道相互作用無秩序系におけるコヒーレント波輸送とスピン緩和の時間発展)
河岡 巧真	越野 幹人	1次元系における非断熱モアレポンプの理論
川田 悠統	南條 創	J-PARC KOTO 実験のための検出器の光核反応による光子検出不惑率の測定手法
北尾 紫洸	浅川 正之	Hydro Kinetic Theory を用いた輸送係数のくりこみ
橘高 正樹	福田 光宏	Yb ファイバーレーザーによる短パルスレーザーイオン源開発
久郷 莉奈	南條 創	大面積シリコンピクセル検出器を用いたビームテスト用飛跡検出器の開発
栗林 志恩	青木 正治	COMET Phase- α で用いるレンジカウンタの研究開発
小林 友祐	松野 丈夫	鉄系超伝導体 Fe(Se,Te) 薄膜積層構造における非相反伝導現象
佐藤 新悟	細貝 知直	レーザー航跡場加速器用超音速ガスジェット標的評価のための高時間空間分解計測システムの開発
柴田 哲平	南條 創	KOTO 実験のビームプラグを閉じて行なった微弱相互作用粒子探索の背景事象の研究
白井 竜太	吉田 斉	CANDLES 実験における $O \nu \beta \beta$ 観測のための ²¹² Bi バックグラウンドの低減
杉崎 堯人	福田 光順	Muon Spin Imaging Spectroscopy の開発
杉原 弘基	木村 真一	YbCu ₂ /Cu(111) 単原子層合金における重い電子状態
須崎 洋岳	工藤 一貴	112 型鉄系超伝導体における As サイト部分置換による超伝導転移温度の上昇
鈴木 舜也	豊田 岐聡	マルチターン飛行時間型質量分析計を用いた土壤中ガスの連続測定
田口 諒	福田 光順	¹² B アイソマー状態の断面積測定へ向けたアイソマー比と寿命の測定
谷口 宙	兼村 晋哉	ニュートリノ質量、ダークマター、バリオン数非対称性を説明する TeV スケールの物理模型と CP の破れに関する理論的研究
築道 拓実	藤岡 慎介	高コントラストレーザーと金コーンの相互作用による低発散電子ビームの加速
花田 洸志	工藤 一貴	様々な四面体構造を持つ遷移金属化合物の新物質・新超伝導体開発

林 双葉	阪口 篤志	J-PARC におけるチャームバリオン分光実験で用いる飛行時間測定用大型 Multigap Resistive Plate Chamber の開発
兵頭 周	浅野 建一	電子正孔系の一粒粒子スペクトル・光学応答・Cooper 不安定性に対する T 行列近似理論
平岩 義寛	浅川 正之	格子 QCD シミュレーションによる臨界温度付近における 2 点空間相関の解析
藤村 晴伸	西岡 辰磨	場の量子論におけるエンタングルメントとボソン/フェルミオン双対性
古谷 大樹 本多 祐也	花咲 徳亮 川畑 貴裕	fcc 型ハイ/ミディウムエントロピー合金の局所構造解析 重陽子非弾性散乱を用いた ^{12}C の稀ガスマ崩壊モード探索実験のための標的開発
前田 将輝	新見 康洋	層状物質 $\text{Pt}(\text{Bi}_{1-x}\text{Sx})_2$ 薄膜の超伝導特性と逆スピホール効果の観測
松井 昇大朗 真鍋 馨	福田 光宏 工藤 一貴	自己遮蔽型スケルトンサイクロトロン概念設計 三角形・ハニカムネットワークを持つ Eu 化合物の開発と価数転移の観測
丸山 恭史	菊池 誠	格子タンパク質模型のファネル型エネルギーランドスケープと進化
三川 基	鳴海 康雄	SQUID 磁束計による 100 mK 極低温磁化測定のための断熱消磁冷凍機の開発
宮本 憲伸	野海 博之	チャームバリオン分光実験のためのドリフトチェンバー読み出し用 ASD 回路の性能評価
宮本 雄哉	花咲 徳亮	反強磁性金属 SrMnBi_2 の磁気圧電効果に起因する新奇輸送現象
森本 大幹	萩原 政幸	量子スピンラダー系化合物 $\text{Cu}(\text{DEP})\text{Cl}_2$ の強磁場磁性とその圧力効果
守安 悠人	工藤 一貴	トポロジカル超伝導体候補 Bi 化合物における化学置換による超伝導転移温度の上昇
八木 俊輝	黒木 和彦	$\text{Pr}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$ の鉄橋型格子におけるスピン揺らぎ媒介超伝導に関する研究
山岡 起也 山中 拓夢 湯田 秀明	大野木 哲也 兼村 晋哉 大岩 顕	一般化対称性を用いたカイラルゲージ理論の研究 複合粒子描像に基づく TeV スケール暗黒物質模型の検証 量子ドット列を用いたスピン量子ビットの中距離量子結合の研究
和田 大輝	工藤 一貴	多形および電子数の制御によるハニカムネットワークを持つ新超伝導体の開発

International Physics Course (IPC) の修了者

学生氏名	指導教員	論文題名
TAKAAKI JOYA	越野 幹人	Theoretical calculation of nonlinear optical response in twisted double bilayer graphene
MENGZE SUN	兼松 泰男	Stability of probe oscillation on mass spectrometry imaging by tapping mode scanning probe electrospray ionization
KAI WEN	石井 理修	0+ diquark mass and diquark - static quark potential from Lattice QCD
KELVIN LEE	木村 真一	Optical study on the electronic structure of a kagome Kondo-lattice material CeRhSn
MUHAMMAD FRASSETIA		
LUBIS	越野 幹人	Optical Phonons in Moiré Patterns
YUFEI LIU		
GUOHAO YING	兼村 晋哉	Theoretical studies on the mass origin of neutrino and dark matter by the spontaneous symmetry breaking of an extra gauge symmetry

3.2 博士論文

令和五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
DORIAN PIETERS	青木 正治	Study of Radiative Muon Capture for COMET Phase-I Experiment (COMET Phase-I 実験における輻射ミュー粒子捕獲反応の研究)
小林 浩之	豊田 岐聡	Study of the Mechanism of Gain Drop in a Microchannel Plate (マイクロチャンネルプレートのゲイン低下のメカニズムに関する研究)
TUNG THANH PHAM	青井 考	Nuclear structure study of heavy actinides via Coulomb excitation of the heaviest target ^{254}Es (最重量標的 ^{254}Es のクーロン励起による重アクチノイドの核構造研究)
井上 梓	民井 淳	Study of the $^7\text{Be}(d, p)^8\text{Be}$ Reaction and its Impact on the Cosmological Lithium Problem (宇宙リチウム問題における $^7\text{Be}(d, p)^8\text{Be}$ 反応の寄与の研究)
赤石 貴也	川畑 貴裕	Study of binding energy of hypertriton from measurement of hypernuclear production cross sections using K meson beam (K 中間子ビームを用いたハイパー核生成断面積測定によるハイパートライトンの束縛エネルギーの研究)
岡 裕樹	越野 幹人	Energy spectrum and topological gap labeling in two-dimensional quasi-periodic systems (二次元準周期系におけるエネルギースペクトルとトポロジカルギャップラベリング)
武田 佳次朗	福田 光宏	Design Study of Superconducting RF Cavity and Permanent-Magnet-Type Sector Magnet for High Energy-Efficiency Cyclotron (エネルギー効率の高いサイクロトロンの実現に向けた超伝導 RF 空洞と永久磁石セクター磁石の設計研究)
WANG XUAN	青井 考	Studies of tensor interactions and reaction mechanism of short-range correlated-nucleon pairs through $^{16}\text{O}(p, pd)$ reactions ($^{16}\text{O}(p, pd)$ 反応による短距離相関核子対におけるテンソル力の効果と核反応効果の研究)
青木 匠門	大野木 哲也	Study of Curved Domain-wall Fermions on a Lattice (格子上的曲がったドメインウォールフェルミオンの研究)
姉川 尊徳	西岡 辰磨	Research on hyperfast growth in de Sitter complexity (ド・ジッター時空における複雑性の超高速増加についての研究)

太田 智陽	新見 康洋	Studies on van der Waals ferromagnetic metal Fe ₅ GeTe ₂ for spintronic devices (スピントロニクスデバイスへ向けた原子層強磁性金属 Fe ₅ GeTe ₂ の研究)
小出 真嵩	大野木 哲也	Non-invertible symmetry in 4-dimensional Z ₂ lattice gauge theory (4次元 Z ₂ 格子ゲージ理論の非可逆対称性)
瀧澤 龍之介	藤岡 慎介	Experimental Investigation of Efficient Heating of High Energy Density Plasma (高エネルギー密度プラズマの効率的加熱に関する実験的研究)
中辻 直斗	越野 幹人	Theory of lattice relaxation in non-periodic moiré systems (非周期モアレ物質における格子緩和の理論)
名古屋 雄大	西岡 辰磨	Non-invertible duality defect and non-commutative fusion algebra (非可逆な双対性の欠損と非可換なフュージョン代数)
西村 透	浅川 正之	Enhancement of dilepton production rates and associated transport coefficients due to phase transitions in dense QCD (高密度 QCD 相転移に起因するレプトン対生成率及び輸送係数の異常増大)
二本木 克旭	萩原 政幸	Magnetic-field induced phase transitions of triangular-lattice magnets under high pressures investigated with the magnetic-susceptibility probe developed by using an LC circuit (LC 共振回路を用いた磁化率測定プローブによる三角格子磁性体の圧力下磁場誘起相転移の研究)
人見 将	越野 幹人	Theory of electronic properties in quasicrystalline twisted bilayer graphene (ねじれ2層グラフェン準結晶における電子物性の理論)
渡邊 杜	新見 康洋	Unique electrical transport properties of atomically layered antiferromagnets with high mobility (高移動度層状反強磁性体における特異な電気輸送特性)

第4章 教育活動

令和五年度も、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			時間制 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	春学期	木	5		* 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	夏学期	木	5		* 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					* 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					* 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	**	**	盛田	集中 オンライン講義
			○	241673	研究実践特論	0.5	秋～冬学期				集中
			○	241899	企業研究者特別講義	0.5	秋～冬学期	木	3	井上	集中 日程はKOAN掲示により通知する
			○	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～夏学期	水	3	S.Christopher	集中 人数制限あり
	○			241812	実践科学英語B	1	秋～冬学期	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	未定	* 人数制限あり
	○			241420	先端機器制御学	2	通年			兼松・豊田	集中 ◆ 日程は受講生決定後に調整する
	○			241421	分光計測学	2	通年			兼松・豊田	集中 ◆ 日程は受講生決定後に調整する
	○			241201	先端の研究法:質量分析	2	通年			豊田・寺田・高尾・大塚・河井・上田・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) 他	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(理化学研究所)・村田・梅川	集中 ◆
	○			241763	先端の研究法:低温電子顕微鏡	2	通年			今田・加藤(蛋)・岸川(蛋)・栗栖(蛋)・高崎(蛋)・田中(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	演習教育科目	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)・稲垣(工)・濱本(工)・佐藤(工)・Wilson Agerico Tan Dño(工)・黒木(理)・小口(基スピン)・赤井(R ³ セ)・福島(東大)・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)	※	※	藤原(工)・館林(工)・田中(産)・家(産)・桑原(工)・近藤(工)・梶井(工)・尾崎(工)・藤井(工)・浜屋(基)・山田道洋(基)・山田晋也(基)・塩谷(R ³ セ)	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(基)・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(データビリティ)・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・伊藤・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	ナノフォトンクス学	1	通年注3)	※	※	宮坂(基)・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(基)

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(基礎理化学計測学)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	演習教育科目	高度国際性								
後期課程	○			241658	学位論文作成演習	0.5	通年			波多野	修了要件外
	○			241659	高度理学特別講義	0.5	通年			波多野	修了要件外
		○		241660	企業インターンシップ	1	通年			盛田	修了要件外
		○		241325	産学リエゾンPAL教育研究訓練	5	通年			宮坂(基)・竹田(R ³ セ)・藤岡(R ³ セ)・菰田(R ³ セ)・相澤(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(基)・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 専門教育科目 高度国際性	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
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
	○	240178	複雑系物理学	2	秋～冬学期	火	2	渡辺	
	○	240181	非線形物理学	2	秋～冬学期	火	3	吉野	
	○	241346	原子核反応論	2					隔年 2023年度 不開講
	○	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				保坂	英語科目
	○	24P028	Quantum Many-body Systems	2				小川	英語科目
	○	24P037	Condensed Matter Theory	2				Keith M. Slevin	英語科目
	○	24P038	Solid State Theory	2	春～夏学期	月	3	黒木	英語科目
	○	24P039	High Energy Physics	2	秋～冬学期	月	2	青木	英語科目、隔年 2023年度 開講
	○	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	春～夏学期	金	2	木村・兼松・渡邊（浩）	英語科目
	○	24P035	Synchrotron Radiation Spectroscopy	2				木村	英語科目
	○	24P040	Computational Physics	2	秋～冬学期	月	5	千徳	英語科目
	○	24P046	Cosmology	2				長峯	英語科目
	○	24P047	High Energy Astrophysics	2	春～夏学期	月	2	井上	英語科目、隔年 2023年度 開講

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 専門教育科目 高度国際性	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
後 期 課 程	○	24P019	Topical Seminar I 「What's the matter with antimatter? -Science and technology of antimatter-」	1	春～夏学期	**	**	Makoto Fujiwara (TRIUMF)	集中(MC・DC共通)、英語科目
	○	24P020	Topical Seminar II 「Non-equilibrium physics」	1	秋～冬学期	**	**	花井 亮 (京都大学)	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				保坂	英語科目、隔年 2023年度 不開講
	○		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	春～夏学期	火	3	浅野	ナノ教育プログラム
	○		240189	物性理論Ⅱ	2				Keith M. Slevin	英語科目、ナノ教育プログラム
	○		240190	固体電子論Ⅰ	2	春～夏学期	月	3	黒木	英語科目、ナノ教育プログラム
	○		240191	固体電子論Ⅱ	2				越野	ナノ教育プログラム
	○		240192	量子多体系の物理	2				小川	英語科目、ナノ教育プログラム
	○		241715	計算物理学	2	秋～冬学期	月	5	千徳	英語科目
	○		241870	高エネルギー密度プラズマ科学	2				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	春～夏学期	水	2	菊池	

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 「ニュートリノ質量と宇宙物質の起源」	1	春～夏学期	**	**	浅賀 岳彦 (新潟大学)	集中(MC・DC共通)
	○		240274	特別講義AⅡ 「QCD物性」	1	秋～冬学期	**	**	日高 義将 (高エネルギー加速器研究機構、 理論センター)	集中(MC・DC共通)
	○		240275	特別講義AⅢ 「ハドロン共鳴状態とその構造」	1	未定	**	**	兵藤 哲雄 (東京都立大学)	集中(MC・DC共通)
	○		240276	特別講義AⅣ 「現代の非平衡統計力学」	1	秋～冬学期	**	**	齊藤 圭司 (慶應大学大学院理工学研究科)	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

137

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Ⅰ	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				南條	隔年 2023年度不開講
	○		240202	高エネルギー物理学Ⅱ	2	秋～冬学期	火	3	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Ⅱ	2	春～夏学期	月	4	石川(貴)	◆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	春～夏学期	金	3	南條	
	○		240208	高エネルギー物理学特論Ⅱ	2				青木	隔年 2023年度不開講
	○		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				青井	隔年 2023年度不開講
	○		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 「粒子加速器とコライダーの基礎」	1	秋～冬学期	**	**	栗木 雅夫 (広島大学先進理工系科学研究科)	集中(MC・DC共通)
	○		240279	特別講義BⅡ 「不安定核物理のこれまでとこれから」	1	春～夏学期	**	**	櫻井 博儀 (理化学研究所 仁科加速器科学研究センター)	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				藤岡	* 修了要件外
	【専門科目】									
	○		240172	光物性物理学	2	春～夏学期	金	2	木村・兼松・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・宮坂・中島	
	○		241453	シンクロトン分光学	2				木村	◆英語科目
	○		240218	荷電粒子光学概論	2	秋～冬学期	月	3	大塚	ナノ教育プログラム
	○		241347	孤立系イオン物理学	2				兼松・豊田	◆ナノ教育プログラム
	○		241891	ナノスケール物理学	2	秋～冬学期	金	2	新見	ナノ教育プログラム
	○		241854	物質科学概論	2	秋～冬学期	木	2	工藤・中島	
	【トピック】									
	○		240219	強磁場物理学	2	春～夏学期	金	3	萩原・鳴海・木田	
	○		240222	強相関系物理学	2				花咲・酒井・村川	
	○		241743	界面物性物理学	2				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 「先端物質開発研究の実際： アイデアを形にするまで」	1	秋～冬学期	**	**	吉田 紘行 (北海道大学大学院理学研究院)	集中(MC・DC共通)
	○		240284	特別講義CⅡ 「半導体スピン物性と光スピン計測」	1	秋～冬学期	**	**	好田 誠 (東北大学大学院工学研究科)	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	
○		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	菊池(誠)・ 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	
○		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	
○		249319	数理物理学 半期セミナー	4.5	春～夏 学期	小川・大橋	
○		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・ 佐野	

■ 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	
○		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	菊池(誠)・ 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	
○		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	春～夏 学期	浅野	
○		249320	数理物理学 半期セミナー	4.5	秋～冬 学期	小川・大橋	
○		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・ 佐野	

■ 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・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・阪口・ 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	
○		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・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・阪口・ 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	
○		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 養成教育科目	時間割 コード	開講科目名	単 位	開 講 区 分	担当教員	備 考
○		241874	ナノスケール物性 半期セミナー	4.5	春～夏 学期	新見・蔭	
○		241001	質量分析物理 半期セミナー	4.5	春～夏 学期	豊田・兼松・ 大塚・河井	
○		241002	超伝導半期セミナー	4.5	春～夏 学期	工藤・宮坂・ 中島	
○		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	
○		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)・ 渡辺(純)・ 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 養成教育科目	時間割 コード	開講科目名	単 位	開 講 区 分	担当教員	備 考
○		249782	ナノスケール物性 半期セミナー	4.5	秋～冬 学期	新見・蔭	
○		249361	質量分析物理 半期セミナー	4.5	秋～冬 学期	豊田・兼松・ 大塚・河井	
○		249362	超伝導半期セミナー	4.5	秋～冬 学期	工藤・宮坂・ 中島	
○		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	
○		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)・ 渡辺(純)・ 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		時間制 コード	開 講 科 目 名	単位	開講 区分	担 当 教 員
専門 教育科目	高度 国際性 教育科目					
	○	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
	○	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	菊池(誠)・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
	○	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
	○	241790	海外文献研究(数理物理学)	1	通年	小川・大橋
	○	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・佐野

■ 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
専門 教育科目	高度 国際性 教育科目					
	○	241792	海外文献研究(高エネルギー物理学Ⅰ)	1	通年	南條・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・阪口・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・鈴木(智)・小林・大田・柳
	○	241875	海外文献研究(基礎原子核物理学)	1	通年	民井・大田
	○	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		時間制 コード	開 講 科 目 名	単位	開講 区分	担 当 教 員
専門 教育科目	高度 国際性 教育科目					
	○	241876	海外文献研究(ナノスケール物性)	1	通年	新見・蔭
	○	241803	海外文献研究(質量分析物理)	1	通年	豊田・兼松・大塚・河井
	○	241804	海外文献研究(超伝導)	1	通年	工藤・宮坂・中島
	○	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
	○	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)・渡辺(純)・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
専門 教育科目	高度 国際性 教育科目					
○		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
○		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
○		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	菊池(誠)・吉野(元)
○		249274	数理物理学特別セミナー	9	通年	小川・大橋
○		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・佐野

■ 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
専門 教育科目	高度 国際性 教育科目					
○		241025	高エネルギー物理学特別セミナーⅠ	9	通年	南條・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・阪口・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
○		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
専門 教育科目	高度 国際性 教育科目					
○		241878	ナノスケール物性特別セミナー	9	通年	新見・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
○		241034	超伝導特別セミナー	9	通年	工藤・宮坂・中島
○		249247	質量分析物理特別セミナー	9	通年	豊田・兼松・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)・渡辺(純)・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
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>	
Solid State Theory	2	黒木和彦	Biennially
High Energy Physics	2	青木正治	Biennially
Computational Physics	2	< 千徳靖彦 >	Biennially
		< 佐野孝好 >	
Optical Properties of Matter	2	< 木村真一 >	Biennially
		< 兼松泰男 >	
		< 渡邊 浩 >	
Nuclear Physics in the Universe	2	< 大田晋輔 >	
Radiation Science in the Environment	1	< 青井 考 >	
		< 高橋賢臣 >	
		< 岡田美智雄 >	
		< 保坂 淳 >	
High Energy Astrophysics	2	< 井上芳幸 >	Biennially

[セ ミ ナ ー]

授業科目	単位数	担当教員	備考
Semestral Seminar I	4.5	< 保坂 淳 >	
Semestral Seminar I	4.5	< 藤岡慎介 >	
Semestral Seminar I	4.5	新見康洋	
Semestral Seminar I	4.5	兼村晋哉	
Semestral Seminar II	4.5	< 大岩 顕 >	
Semestral Seminar II	4.5	< 細貝知直 >	
Semestral Seminar III	4.5	< 大岩 顕 >	
Semestral Seminar III	4.5	兼村晋哉	
Semestral Seminar III	4.5	< 細貝知直 >	
Semestral Seminar IV	4.5	< 木村真一 >	
Semestral Seminar IV	4.5	< 兼松泰男 >	
Semestral Seminar IV	4.5	越野幹人	
Semestral Seminar IV	4.5	兼村晋哉	
Semestral Seminar IV	4.5	< 石井理修 >	

(後期課程)

[トピックス]

授業科目	単位数	担当教員	備考
Topical Seminar I “What’s the matter with antimatter?” -Science and technology of antimatter-	1	<Makoto Fujiwara> (TRIUMF, Canada) 5月8日、9日、10日、11日、 12日、15日、16日	集中 MC・DC 共通
Topical Seminar II “Non-equilibrium physics”	1	<Ryo Hanai> (Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University) 10月11日、12日、13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	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	<木村真一>	
Seminar for Advanced Researches	9	<井手口栄治>	
Seminar for Advanced Researches	9	<細貝知直>	
Seminar for Advanced Researches	9	松野丈夫	
Seminar for Advanced Researches	9	<保坂 淳>	
Seminar for Advanced Researches	9	<豊田岐聡>	
Seminar for Advanced Researches	9	小田原厚子	
Seminar for Advanced Researches	9	越野幹人	
Seminar for Advanced Researches	9	<福田光宏>	
Seminar for Advanced Researches	9	南條 創	
Seminar for Advanced Researches	9	大野木哲也	
Seminar for Advanced Researches	9	<石井理修>	

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 >・< 渡辺純二 >
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	< 菊池誠 >
統計力学 1 演義	2	2	< 菊池誠 >・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・南條創・ < 小林信之 >・廣瀬穰・ 中島正道・大塚洋一・< 河井洋輔 >・ 上田浩平・村川寛・高田真太郎・ < 竹内徹也 >・塩貝純一・蔣男・ < 木村淳・山本憲 >・ < 鈴木大介・野田博文 >・ < 桂誠・久富修 >
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	松野丈夫
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 >
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	< 松本浩典 >
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・寺田健太郎・ 近藤忠・大高理・山中千博・ 横田勝一郎・西真之・境家達弘 青山和司 >
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・木村淳 >
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 B	集中 1	0.5	新見康洋
【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	< 杉山清寛 > 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	< 鷹岡貞夫 >	工（理 1～9 5）	I	月 4
	< 山中千博 >	工（理 9 6～1 9 0）		
	< 萩原政幸 >	工（理 1 9 1～）		
力学詳論 I	< 渡辺純二 >	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
	< 西浦宏幸 >	基（電 2）		
	三原基嗣	基（化）		
力学詳論 II	飯塚則裕	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
	深谷英則	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	川上拓人	医 (医・看・放・検)・歯・薬	II	水 4
電磁気学入門	< 鷹岡貞夫 >	理 (数・化・生)	II	金 4
電磁気学通論	< 山中千博 > 黒木和彦 赤松幸尚	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 > 田中 実 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 > 上野一樹 柳生 慶	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	< 野田博文 > 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 < 桂木洋光 > < 阿久津泰弘 >	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 > < 服部梓 >	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	< 半澤弘昌 > 廣瀬 穰 < 川節拓実 > < 豊木研太郎 > < 市川修平 >	基（電・化・情）	春	火 3～5
基礎物理学実験	< 平雅文 > < 福島修一郎 > < 亀井義典 > < 藤井進 > < 山田純平 > < 福永崇平 >	工（理 1～160）・理（物）	秋	水 3～5
基礎物理学実験	古野達也 廣瀬 穰 < 木田孝則 > < 大田晋輔 > < 西村隆宏 > 上田浩平	医（放・検）・基（シ）	秋	木 3～5
基礎物理学実験	中島正道 < 石塚裕己 > < 田中純貴 > 吉田 斉 < 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 > < 中村拓人 > < 山藤浩明 > 村川 寛	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	< 辰巳晃 > < 中村拓人 > < 田中純貴 > < 庄司博人 > < 井ノ上泰輝 > 蔣 男	工（理 161 ～）・理（生・化・数）	冬	水 3 ～ 5
基礎物理学実験	中島正道 鳴海康雄 < 山澤春菜 > 古野達也	工（然 1 ～ 160）	冬	金 3 ～ 5
物理学実験（再履修）	吉田 齊 < 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

川畑グループ

越野グループ

松野グループ

新見グループ

工藤グループ

物理学専攻（協力講座）

民井グループ

宇宙地球科学専攻（基幹講座）

佐々木グループ

寺田グループ

桂木グループ

第5章 物理談話会

令和五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．

2023年10月 6日	Keith Slevin	ガイダンス
2023年10月13日	吉野 元	深層学習の情報統計力学
2023年10月20日	吉田 賢市	核子多体系が魅せる多様な集団現象
2023年10月27日	豊内 大輔	超巨大ブラックホール研究の現状と展望
2023年11月10日	石川 貴嗣	クォーク複合粒子「ハドロン」の構造を探索
2023年11月17日	木村 真一	固体表面の相対論的粒子の物理
2023年11月24日	田之上 智宏	乱流中の情報の流れ
2023年12月 8日	大塚 洋一	先端質量分析法開発が拓く学際的研究
2023年12月15日	福田 航平	地球外物質の高精度同位体分析から探る太陽系の初期進化
2024年 1月 5日	花咲 徳亮	強相関物性入門
2024年 1月19日	小田原 厚子	原子核を通して量子力学の世界と宇宙を感じてみよう
2024年 1月26日	深谷 英則	コンピュータで探る素粒子の世界
2024年 2月 2日	新見 康洋	ナノスケール物理学とスピン流

第6章 学生の進路状況など

令和五年度の学部卒業生，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）	45 名
大阪大学大学院博士前期課程進学（宇宙地球科学専攻）	20 名
大阪大学 大学院工学研究科 電気電子情報通信工学専攻	1 名
他大学大学院博士前期課程（修士課程）進学	2 名
私立中学校・高等学校 教員	1 名
民間企業就職	5 名
合計	74 名

学部卒業生の進路の内訳：

私立六甲学院	1 名
株式会社ダイドー	1 名
トランスニュークリア株式会社	1 名
フードテクノエンジニアリング株式会社	1 名
三菱UFJニコス株式会社	1 名
ローツェ株式会社	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)	19 名
民間企業就職		35 名
就職準備等		1 名
合計		55 名

博士前期課程修了者の進路の内訳：

株式会社 I H I	1 名
株式会社アウトソーシングテクノロジー	1 名
旭化成エレクトロニクス株式会社	1 名
ウエスタンデジタルテクノロジーズ合同会社	1 名
株式会社 N T T ドコモ	1 名
キオクシア株式会社	1 名
キャノン株式会社	2 名
京セラ株式会社	1 名
株式会社 K P M G F A S	1 名
サムコ株式会社	1 名
Japan Advanced Semiconductor Manufacturing 株式会社	1 名
住友金属鉱山株式会社	1 名
住友電気工業株式会社	1 名
ソニー株式会社	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
株式会社ダイヘン	1 名
株式会社 T K C	1 名
株式会社デジタルガレージ	1 名
株式会社デジタルフォルン	1 名
デロイトトーマツファイナンシャルアドバイザー合同会社	1 名
東芝エネルギーシステムズ株式会社	1 名
株式会社トップ精工	1 名
株式会社豊田自動織機	1 名
株式会社日本アムスコ	1 名
野村アセットマネジメント株式会社	1 名
パナソニックエナジー株式会社	1 名
PwC コンサルティング合同会社	1 名
古河電気工業株式会社	1 名
株式会社プロテリアル	1 名

株式会社ポケモン	1名
ボッシュ株式会社	1名
三菱電機株式会社	3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）	5名
合計	5名

6.4 博士後期課程修了者の進路

民間企業就職	6名
国立大学法人・特任助教	1名
国立大学法人・研究員	6名
国立研究開発法人・研究員	1名
国立行政法人・助教	1名
海外の大学及び研究機関・研究員	1名
その他	1名
合計	17名

博士後期課程修了者の進路の内訳：

株式会社インターネットイニシアティブ	2名
住友重機械工業株式会社	1名
ティアンドエス株式会社	1名
日本電信電話株式会社	1名
浜松ホトニクス株式会社	1名
大阪大学 大学院理学研究科 物理学専攻 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	2名
大阪大学 レーザー科学研究所 特任研究員	1名
東京大学 大学院総合文化研究科 特任研究員	1名
東京大学 原子核科学研究センター 特任研究員	1名
東北大学 大学院情報科学研究科 特任助教	1名
国立研究開発法人理化学研究所 基礎科学特別研究員	1名
独立行政法人国立高等専門学校機構舞鶴工業高等専門学校 助教	1名
ミュンヘン工科大学 ウォルターショットキー研究所 研究員	1名

6.5 学生のインターンシップ参加

令和五年度における、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	University of Chicago、テキサス大学オースティン校、TRIUMF、Horia Hulubei National Institute for R & D、ヒルトン・ワイコロア・ヴィレッジ、Horia Hulubei National Institute of Physics and Nuclear Engineering、Monash University
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者が協働し、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が、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。また、平成5（2023）年度はプログラム第七期生から第十一期生まで54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」もしくは化学系学生が物理を学ぶ「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。海外研修を実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1st Qualifying Examination (QE)、4年次に英語で行う博士論文中間発表(2nd 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 Examination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1stQE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5年度の活動

7.3.1 プログラム開始11年目を迎え活動がさらに充実

本年度は新型コロナウイルス対策が解除され、全ての活動が感染以前の状態に戻った年度となった。対面の講義に加えて対面と遠隔を併用した「ハイブリッド」型の講義も継続したため、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、各国の入国制限も解除され、海外研修も以前の通りに受講が進んだ年度となった。

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aと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、今課題に思っていることを科学的視点で資料を用いて解説する、自分の研究内容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といった授業内容に、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、第十一期生の13名が受講した。関係する多くの先生方、研究室の協力を支えられて、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16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共同研究として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継続して行った。第十一期生が中心となり、8月24日、25日にインタラクティブ交流

会が南部陽一郎ホールにて開催された。1日目午前には履修生らによるのポスター発表17件が行われた。午後にはプログラム修了生のダウ・東レ株式会社から山下聡さんとコンサルタント会社カーニーの井坂祐輔をお招きしてプログラム生から見た社会での活動の実際と大学時代に取り組んでおくべきこと等のお話をいただき活発な質疑応答が交わされました。その後、招待講演として、量子科学技術研究開発機構の岩澤英明上席研究員から「機械学習を用いた物性研究」に関して、また産業技術総合研究所の斎藤裕主任研究員からは「タンパク質工学における機械学習」に関してお話をいただき、研究手法の大きな流れとなった機械学習の現状と将来の可能性について知見を深める事が出来た。2日目は履修生による口頭発表9件が行われ、プログラム履修生の研究テーマの相互理解が深められた。学年や研究科を越えた交流が出来た事と自らの企画運営を経験し企画運営の実際を体験す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9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も緩和され、民間企業での受け入れもすすみ、5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事ができた。

「物質科学海外研修」は必修科目であるが、コロナウイルスの世界的流行の影響で海外渡航が実質的に不可能になり、昨年度までは代替としてオンライン受講の課題を設定した。本年度は渡航条件が大幅に緩和されたため10名が実際に渡航して研修を受講した。最終学年の1名は最終年度の単位認定期限と博士論文提出期限の関係でオンライン受講を選択した。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) と十一期生選抜

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(1st Q.E.)が12月に、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する2nd Q.E.が10月に実施された。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。本年度は理学研究科の1名を含む第七期生3名と特別選抜の第八期生3名、加えて大阪府立大学リーディングからの編入生2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。課題である「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。

2月20日に実施した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7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も何度もあり、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。第十二期生の募集を1月29日から2月5日まで実施し、25名が応募し、書類選考の結果全員が合格した。25名に対して面接による選抜を3月11日と12日に実施した。その結果、一般選抜8名、特別選抜5名の合計13名が合格となった。理学研究科からは2名が合格した。

7.3.4 令和1年度採択七期生の課程修了

令和1年度に入学した一般選抜七期生3名（うち1名が理学研究科物理学専攻）と令和2年度に入学した特別選抜第八期生2名、そして大阪府立大学リーディングから編入した2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22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様々な自主活動を起案、推進することで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成生基礎工学研究科長の祝辞にプログラム修了生としての思いを新たにした。7名のうち理学研究科物理学専攻の1名は東北大学大学院情報科学研究科で特任助教として活動する。その他2名が海外大学で博士研究員として、2名が国内大学で博士研究員として活動する。2名の履修生は企業に活動の場を求め、それぞれシャープと旭化成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、国が進める新たな制度国際卓越研究大学申請にあたり、新たな学位プログラムの構想を明らかにしている。その中で、リーディング大学院は大学院学位プログラムの将来構想に位置付けられており、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11年を経過して、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7年が経過し、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。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いたします。

（文責：越野 幹人）

第8章 理数オーナープログラム

8.1 令和5年度活動概観

理数オーナープログラムは、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。理数オーナープログラムに参加する学生は、各学科がオー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、オー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、オーナーセミナーを受講する学生数で計ることができる。オー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、H25年度は66名、H26年度は56名、H27年度は49名、H28年度は44名に減少した。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。R5年度は再び55名に減少したが、物理学科生については昨年度の13名から23名に増加している。理数オー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、R5年度の参加者数はその5.5%にあたる。

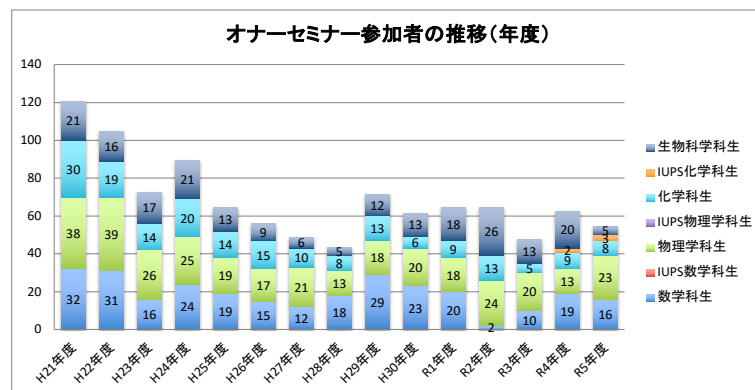


図 8.1: オナー参加者数の推移

理数オーナープログラムのコアであるオーナーセミナーは、主に学部2,3年生を対象としている。

オー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名であったが、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年度は再び減少して6名となった。その中で物理学科生は2名である。

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。

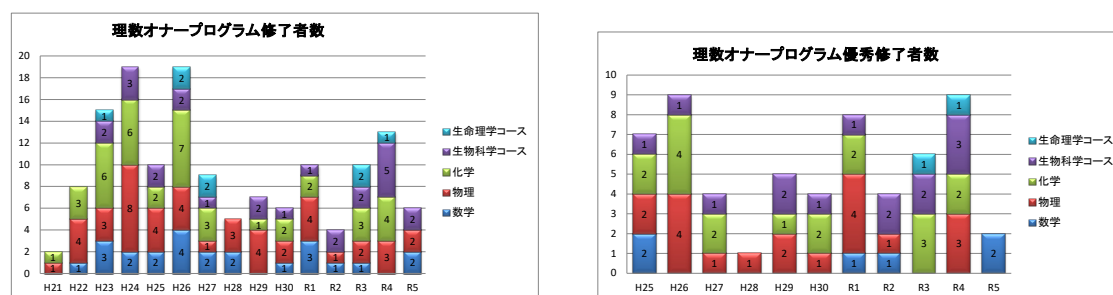


図 8.2: オナープログラム修了者数と優秀修了者数

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標とする。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のオナーセミナーを開講したが、R5年度は春夏学期・秋冬学期合わせて34（春夏学期15、秋冬学期19）のオナーセミナーを開講し、のべ55名（春夏学期27名、秋冬学期28名）が履修した。物理学科では、春夏学期は8セミナーを開講、秋冬学期は9セミナーを開講した。

《春夏学期》物理オナーセミナー 開講8セミナー 受講者数14名

D モノ作りから始める自然科学（兼松 泰男）

物理学科1年1名、化学科2年1名

E 光で探る量子力学の世界（渡辺 純二）

物理学科2年2名、3年1名

F 加速器で宇宙を紐解いてみよう（民井 淳、大田 晋輔、小林 信之）

物理学科1年2名、3年1名

F ブラックホールを通して見る宇宙（井上 芳幸）

物理学科3年2名

S 研究室に入って好きな研究をしてみよう

（波多野 恭弘）生物科学科生命理学コース2年1名

(桂木 洋光) 物理学科3年2名
 (松本 浩典) 物理学科2年1名
 (木村 真一) 物理学科3年1名
 (大野木 哲也) 物理学科2年1名

《秋冬学期》物理オーナー 開講9セミナー 受講者数12名

G 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)

物理学科2年2名

I モノ作りから始める自然科学 (兼松 泰男)

物理学科1年1名 化学科2年1名

S 研究室に入って好きな研究をしてみよう

(桂木 洋光) 物理学科3年2名

(新見 康洋) 物理学科3年1名

(大野木 哲也) 物理学科2年1名

(西岡 辰磨) 物理学科2年1名

(波多野 恭弘) 生物科学科生命理学コース2年1名

(民井 淳、大田 晋輔) 物理学科3年1名

(渡辺 純二) 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。

2023 春夏学期 オナー自主研究発表会

2023 年 9 月 25 日 (月) 10:25-16:25 at 南部陽一郎ホール

物理オーナーセミナーからの発表 8 セミナー 参加学生 14 名 9 演題

〈兼松 G〉モノ作りから始める自然科学

- 1 フェムト秒レーザー照射による凝集核形成と雲観測のための装置開発
化学科2年 物理学科1年
- 〈渡辺 G〉 光で探る量子力学の世界
- 2 物理的実在の記述に関する EPR とベルの理論 物理学科2年1名、3年1名共同発表
- 3 Bell の不等式を検証する実験 物理学科2年
- 〈民井・大田・小林 G〉 加速器で宇宙を紐解いてみよう
- 4 陽子・中性子対の性質を探る 物理学科2年2名、3年1名共同発表
- 〈木村 G〉 研究室に入って好きな研究をしてみよう
- 5 α - Sn/InSb(111)B のトポロジカル界面電子状態観測 物理学科3年
- 〈大野木 G〉 研究室に入って好きな研究をしてみよう
- 6 The Monopole fields and Gauge symmetry 物理学科2年
- 〈松本 G〉 研究室に入って好きな研究をしてみよう
- 7 X 線観測によるブラックホール質量の求め方 物理学科2年
- 〈桂木 G〉 研究室に入って好きな研究をしてみよう
- 8 絡まり物質の衝突・圧縮応答 物理学科3年2名共同発表
- 〈波多野 G〉 研究室に入って好きな研究をしてみよう
- 9 蛍光ナノダイヤモンドの光検出磁気共鳴・ゆらぎの定理を用いた
細胞内のエントロピーの計測に向けた理論構築 物理学科2年

2023 秋冬学期 オナー自主研究発表会

2024 年 3 月 28 日 (木)10:10-16:45 at 南部陽一郎ホール

物理オナーセミナーからの発表 9 セミナー 参加学生 12 名 10 演題

- 〈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
- 1 宇宙線ミューオン量の方位角依存性 物理学科2年
- 2 米の放射性 Cs 残存について 化学科2年
- 〈兼松 G〉 モノ作りから始める自然科学
- 3 フェムト秒レーザー照射による凝集核形成と雲観測のための装置開発
化学科2年 物理学科1年共同発表
- 〈民井・大田・小林 G〉 研究室に入って好きな研究をしてみよう
- 4 陽子・中性子対の性質を探る 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
- 〈波多野 G〉 研究室に入って好きな研究をしてみよう
- 6 蛍光性ナノダイヤモンドを用いた細胞内環境計測に向けた理論構築
生物科学科1年
- 〈新見 G〉 研究室に入って好きな研究をしてみよう
- 7 熱剥離テープを用いた機械的剥離法の確立 物理学科3年
- 〈桂木 G〉 研究室に入って好きな研究をしてみよう
- 8 ダスト凝集に『繊維状物質』が与える影響 物理学科3年2名共同発表
- 〈西岡 G〉 研究室に入って好きな研究をしてみよう

- 9 自由フェルミオンの量子シミュレーション 物理学科 2 年
 〈大野木 G〉研究室に入って好きな研究をしてみよう
- 10 Dirac monopole の $U(1)$ ゲージ理論と電荷量子化のゲージ不変性によるアプローチ
 物理学科 2 年

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。元々は理数オー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。R5 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。24 名中、9 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
物理	4 年	6,3	20,6	7,3	5,3	10,6	9,2	6,6	15,5	18,6	16,5	14,6
化学	4 年	2,2	8,8	3,3	2,2	1,1	3,3	3,3	4,4	3,3	6,6	1,1
生物科学	4 年	3,2	7,3	17,8	9,1	8,3	9,2	12,1	11,2	17,8	6,5	9,2
合計		11,7	35,17	27,14	16,6	19,10	21,7	21,10	30,11	38,17	28,16	24,9

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オナー生の人数を表 8.2 に記す。

8.5 オナープログラム参加者の活動記録

オナープログラムも今年度で 17 年目を迎えた。オ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。

表 8.2: 博士課程教育リーディングプログラムへのオナー参加者数

プログラム名	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
超域 イノベーション	2,0	2,0	1,0	3,1	0,0	2,1	0,0	0,0	1,0	1,0	3,1	2,0
生体統御ネット ワーク 医学教育	2,2	2,2	0,0	2,1	2,0	2,1	—	—	—	—	—	—
インタラクティブ 物質科学カデット	11,8	9,7	8,1	7,4	8,3	7,1	4,1	3,1	1,1	1,1	4,0	8,2
理工情報系 オナー大学院	—	—	—	—	—	—	—	—	4,0	8,1	6,2	12,2
量子ビーム 卓越大学院	—	—	—	—	—	—	—	—	16,4	11,1	13,1	15,0

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 R5 年度の活動内容を下記に記す。

- 1) オープンキャンパス R5.8/8 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 9 名 来場者約 230 名
- 2) 2023 春夏学期自主研究発表会 R5.9/25 理学部 J 棟南部陽一郎ホール
- 3) 2023 春夏学期オナー交流会 R5.9/25 理学部 J 棟南部陽一郎ホール交流サロン
学生参加者 25 名 教職員 5 名
- 4) オナープログラム修了式 R6.3/25 理学部 D 棟 D501
理数オナープログラム修了者 6 名 優秀修了者 2 名
- 5) 2023 秋冬学期自主研究発表会 R6.3/28 理学部 J 棟南部陽一郎ホール
- 6) 2023 秋冬学期オナー交流会 R6.3/28 理学部 J 棟南部陽一郎ホール交流サロン
学生参加者 24 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。

文部科学省 HP

http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/21/07/1280880.htm

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5年に第十四期生を迎え入れ、4月1日の入学者は、PhDコースが5名（学内進学4名）で、国籍は、中国3名、ポルトガル1名、ベトナム1名です。10月1日の入学者はMSコースが5名、PhDコースが4名（学内進学3名）で、国籍は、中国4名、アメリカ1名、マレーシア1名、インドネシア1名、韓国1名、日本1名です。

平成 22 年度～令和 4 年度の入学者数

年度	月	入学者	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

(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」、「機器制御」、「分光計測」、「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。

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、時空間フォトニクス、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

2023 年度のプログラム登録者数は 3 名であった。その内訳は、医学研究科医学専攻 1 名 (D1)、生命機能研究科生命機能専攻 1 名 (D1)、薬学研究科医療薬学専攻 1 名 (D2:1 名) である。

なお、2023 年度の本プログラム修了者はいなかった。

(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。2023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. David Guy Austing, NRC, カナダ, 2023/10/2-2023/10/3; 大岩
2. Julie Lefebvre, NRC, カナダ, 2023/11/3/2023/11/3; 大岩
3. Stefan van Waasen, Dennis Nielinger, Patrick Vliex, Lammert Duipmans, Julich 研究所ドイツ, 2023/10/27-2023/10/30; 大岩
4. Lieven Vandersypen, デルフト工科大学, オランダ, 2023/11/3-2023/11/3; 大岩
5. Kristiaan De Grove, imec, ベルギー, 2023/11/4-2023/11/4; 藤田
6. 河野淳一郎, ライス大学, USA, 2023/12/8-2023/12/8; 大岩

7. Franck Delahaye, ソルボンヌ大学, フランス, 2024/1/15-2024/1/19; 藤岡
8. Farhat Beg, Javie Garay, カルフォルニア大学サンディエゴ校, USA, 2024/3/26-2024/3/26;
千徳, 藤岡
9. Patrick Sarsfield, マンチェスター大学, イギリス, 2024/3/1-2024/4/30; 越野

11.4 海外研究機関との交流

教職員延べ 51 名、学生延べ 82 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 (21 件)、韓国 (11 件)、イタリア (1 件)、オーストラリア (3 件)、オランダ (1 件)、カナダ (7 件)、スイス (2 件)、スペイン (4 件)、ベルギー (1 件)、インド (1 件)、台湾 (4 件)、ドイツ (4 件)、中国 (6 件)、ベトナム (1 件)、フランス (4 件)、ポーランド (1 件)、スウェーデン (1 件)、スイス (1 件)、イギリス (3 件)、ルーマニア (3 件)、シンガポール (1 件)、ウズベキスタン (1 件)、日本 (7 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 6 名アメリカ (4 件)、イタリア (1 件)、ドイツ (2 件)、韓国 (1 件)、スイス (2 件)、中国 (2 件)、ギリシャ (1 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. 会議 Higgs as a Probe of New Physics 2023 兼村晋哉 カリフォルニア大学、北京大学、韓国高等研究所、ダブリン大学、カールスルーエ工科大学、DESY、サウサンプトン大学、国立台湾大学他 6/5-6/9 109 名
2. 会議 ATLAS 実験ヒッグス物理の研究打ち合わせ 南條 創 CERN, Oxford 大、Birmingham 大、他 スイス 4/1-9/30 502 名
3. スクール/セミナー Miina LEIVISKA 氏によるセミナー及び議論 新見康洋 SPIN-TEC、Univ. Grenoble フランス 5/12 17 名
4. 会議 Q-BASIS2023 細貝知直 HiLASE, Airbus Operations GmbH, Shanghai, DESY Jiaotong Univ. 等 チェコ共和国、ドイツ、アメリカ、中国等 4/24-4/27 111 名
5. ワークショップ FPUA2024 田中 実 上海交通大学/ソウル大学/Northwestern university/華南師範大学他 中国・韓国・USA・インド 3/14-3/15 89 名
6. ワークショップ 二重ベータ崩壊に関する国際ワークショップ DBD2023 吉田斉 ローレンスバークレー国立研究所 USA 12/1-12/3 64 名

7. ワークショップ WNCP2023 川畑貴裕 University of York, Indian Institute of Technology Roorkee 他 中国、ドイツ、フランス、ベルギー、英国、米国他 11/27-11/29 76 名
8. ワークショップ QIE2023 大岩顕 MIT, デルフト工科大学、imec、Thoshiba Europe LTD 他 アメリカ、オランダ、ベルギー、UK, 中国 10/11-10/13 62 名

11.6 部局間学術交流協定

2022 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. マレーシア工科大学（理学部）（マレーシア）
2009/8/5-2024/8/4 CP: 青木正治教授
2. イスタンブール大学（理学部）（トルコ）
2009/10/21-2024/10/20 CP: 川畑貴裕教授
3. 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: 小川哲生教授
4. 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
5. 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
6. 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
7. 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 特任准教授
8. 南アフリカ天文台（アフリカ）
2017/8/1-2027/7/31 CP: 住貴宏教授
9. ケンタッキー大学（理学部）（USA）
2017/12/1-2027/6/30 CP: 長峯健太郎教授
10. メリーランド大学（USA）
2017/9/7-2027/9/6 CP: 住貴宏教授
11. 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

12. ロイヤルメルボルン工科大学（オーストラリア）
2019/3/23-2024/3/22 CP: 兼松泰男教授、豊田岐聡教授、近藤勝義教授
13. 南京大学（物理学院）（中国）
2019/5/20-2024/5/19 CP: 青木正治教授
14. プリンストン大学（USA）
2023/1/29-2026/1/28 CP: 長健太郎教授
15. 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
16. 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
17. 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

11.7 その他

物理学専攻（博士課程）の在籍留学生人数は、2023年4月1日現在で合計42名。
（国費留学生：12名、私費留学生：27名、政府派遣留学生：3名）

国名	前期課程	後期課程	非正規生
アメリカ	1	1	0
イラン	1	0	0
インド	0	1	1
エチオピア	1	0	0
スペイン	0	1	0
スリランカ	0	1	0
タイ	1	0	0
ドイツ	0	1	0
フランス	0	1	0
ベトナム	0	3	0
ポルトガル	0	1	0
マレーシア	1	1	0
メキシコ	0	0	1
香港	0	1	0
計	13	22	7

（文責：越野 幹人）

第12章 湯川記念室

12.1 令和5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。室長は深瀬浩一理学研究科長、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5年度は、南部コロキウム共催やSAPの後援などに加え、塩見記念室ホームページの英語版制作などを行った。

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

2023 年 11 月 5 日 (日) 14:00-16:45、大阪大学豊中キャンパス南部陽一郎ホールで開催した。

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。80 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. 越野 幹人 (大阪大学大学院理学研究科 教授)
“トポロジカル物質の不思議”
3. 郡 和範 (国立天文台科学研究部 教授)
“原始ブラックホールの謎”

<https://www.yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/news/2009>

講演会では、大阪大学の教職員、学生や一般市民の方など 80 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くださった。各講演後に 10 分の質問タイムを設けたが、それでは時間が足りないく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

してくださった。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、100 %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。

12.3 南部コロキウムの共催

令和5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対面とオンラインのハイブリッドで開催した。各々、教員と学生が多く参加する等、成功を収めた。

第40回 南部コロキウム

開催日：2023年5月11日（木）

講師：市橋 伯一 先生

〔東京大学 大学院総合文化研究科 教授〕

講演：「無生物を進化させると生命らしさを獲得するのか？」

第41回 南部コロキウム

開催日：2023年6月1日（木）

講師：三好 建正 先生

〔理化学研究所 計算科学研究センター データ同化研究チーム チームリーダー〕

講演：「ゲリラ豪雨予測から予測科学へ」

第42回 南部コロキウム

開催日：2023年7月13日（木）

講師：羽田野 直道 先生

〔東京大学生産技術研究所 教授〕

講演：「開放系の非エルミート量子力学」

第43回 南部コロキウム

開催日：2023年10月5日（木）

講師：伊藤 伸泰 先生

〔理化学研究所 計算科学研究センター 離散事象シミュレーション研究チーム チームリーダー・量子計算シミュレーション技術開発ユニット ユニットリーダー〕

講演：「量子計算の実用化に向けて：共進化する物理と計算機の将来」

第44回 南部コロキウム

開催日：2023年12月7日（木）

講師：兵藤 哲雄 先生

〔東京都立大学 大学院理学研究科 物理学専攻 准教授〕

講演：「フェムトスコピーで探る強い相互作用の世界」

第45回 南部コロキウム

開催日：2024年1月11日（木）

講師：越野 和樹 先生

〔東京医科歯科大学教養部 准教授〕

講演：「光と物質との量子相互作用とその応用」

12.4 SAPの後援

今年度もSAPの後援となった。2023年度のSAPは10/21・10/28・11/4・11/11にオンラインや対面で開催された。

12.5 塩見記念室英語版ホームページの制作

大阪大学理学部、そして大阪大学の創設に大きな役割を果たした塩見理化学研究所と、その創設に情熱をかけた塩見政次氏の足跡と情熱を伝えるべく、塩見記念室のホームページを2022年に制作し、その英語版を2023年に追加製作した。

<https://shiomi-memorial.sci.osaka-u.ac.jp>

（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2023年度の物理学科出張講義等の教育活動が、物理学専攻の福田光順准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3校において実施された。新型コロナウイルス対応が一段落したため、ほとんどの開催形態が対面であった。

学 校 名	所在地	日 時	講 師	対 象
大阪府立市岡高等学校	大阪市	7月31日(月)	山中 千博	1年生 約200名
大阪府立八尾高等学校	八尾市	11月17日(金)	飯塚 則裕	2年生 約40名
和歌山県立桐蔭高等学校	和歌山市	3月15日(金)	山本 憲	1,2年生 約40名

(文責：福田 光順)

その他に、令和五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
「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	2023/5/31- 2024/2/7	高校生 10名
SS 先進科学 大阪大学 原子核物理学研修	三重県立津高校	小田原厚子	10月19日	高校生 8名
ニュートリノが解き明 かす宇宙の謎	洛星高等学校	吉田 齊	2024/2/3, 2/10,2/17	高校生 28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	8月2日	高校生 40名

第17回大学生・高専生のための素粒子・原子核スクール サマーチャレンジ「原子核からのガンマ線を計測して核スピンを調べよう」	高エネルギー加速器研究機構	川畑貴裕、古野達也	2023/8/18-26	大学生 7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27日	高校生 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	2023/10/18, 25,30	高校生 200名
原子核と放射線	滋賀県立膳所高等学校	川畑貴裕	2023/12/11, 2024/1/15	高校生 120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16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	2023/9/9, 9/10	高校生 3名
さくらサイエンス Secrets of Atomic Nuclei	大阪大学理学研究科B棟307	川畑貴裕	1月30日	中国人 大学生 20名
原子核と元素合成の秘密	朝日カルチャーセンター中之島教室	川畑貴裕	3月30日	高校生 13名
SSH サマーセミナー大阪大学・虎姫高校連携講座	大阪大学全学教育推進機構実験棟	杉山清寛、三原基嗣	2023/8/2, 9/25	高校生 10名
探Q～宇宙線で探る宇宙の神秘～	福岡市野芥公民館	上野一樹	2月17日	中高生 27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
Saturday Afternoon Physics 2023 「原子核・素粒子の世界への旅立ち - 素粒子と初期宇宙のドラマと謎 -」	大阪大学	南條創	11月11日	高校生 (約100名)

第13回 理学研究フォーラム /第12回 研究交流セミナー 「K中間子の稀崩壊で探る素 粒子新物理」	大阪大学	南條創	11月6日	一般 (約100名)
サイエンスナイト「量子と時 空」	大阪大学 南部陽 一郎ホール	西岡辰磨	10月18日	一般 (約130名)
湯川記念講演会「トポロジカ ル物質の不思議」	大阪大学 南部陽 一郎ホール	越野幹人	11月5日	一般 (約100名)

13.2 最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2023

日時：2023年10月21日、28日、11月4日、11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

「最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2023 (SAP2023)」は、毎土曜日10月21日から11月11日までの4週にわたり、豊中キャンパス理学研究科および吹田キャンパスにおいて、10月28日と11月4日は完全な対面方式、10月21日と11月11日は対面とWeb会議サービスZoomを併用してのハイブリッド方式にて実施された。主催は大阪大学大学院理学研究科で、共催部局として工学研究科、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、全学教育推進機構がSAP2023に参画した。

今回、コロナ禍以降初めて全ての回を対面にて実施し、運営上の負担が少ない講義のみになる1回目と4回目のプログラムについては、Zoomを用いた配信も同時に行った。但し、講義室の定員を考慮して6割程度の収容人数になるように人数制限を課して申し込みを受け付けた。講義の内容は、「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」の定番である入門講座に加え、スポット講義として「超高温・高密度の物質状態」、「系外惑星と地球外生命探査」、「素粒子と初期宇宙のドラマと謎」というバラエティに富んだ3つのテーマを選定した。講義はハイブリッドで実施され、活発な質疑応答があり盛況な講義となった。10月28日の工学研究科地球総合工学専攻、核物理研究センター、レーザー科学研究所の最新設備の見学と11月4日の豊中キャンパスでの実習・体験は、運営の都合上対面のみで実施した。熱意のある高校生から多数の質問があり時間が超過するなど非常に活発な開催となった。20回目の開催となる2024年度は、人数制限を撤廃し、全ての回を対面と配信を併用したオンライン開催として、コロナ以前よりも規模を拡大して実施する予定である。

以下に、SAP2023のプログラムの概要をまとめる。

- 【10月21日】(現地：豊中キャンパス+オンライン)

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：「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（生命機能研究科）

講義3：「物質の世界への旅立ち – 超高温・高密度の物質状態 –」 岩田夏弥（レーザー科学研究所）

- 【10月28日】(現地：吹田キャンパス)

施設見学：大学院工学研究科地球総合工学専攻・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4日】（現地：豊中キャンパス）
実習1：「分光計で見る量子の世界」 福田光順（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）
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）
- 【11月11日】（現地：豊中キャンパス＋オンライン）
講義1：「宇宙への旅立ち – 系外惑星と地球外生命探査 –」 住貴宏（理学研究科）
講義2：「原子核・素粒子の世界への旅立ち – 素粒子と初期宇宙のドラマと謎 –」 南條創（理学研究科）

SAP2023の実施にあたり、理学研究科から、深瀬浩一（SAP2023 校長）、鳴海康雄（実行委員長）、兼松泰男、工藤一貴、柴田由紀子、崎口理香、福田光順、三原基嗣らが実行委員として中心的運営を担った。

（文責： 鳴海康雄）

Saturday Afternoon Physics 2023 大阪大学

最先端の物理を高校生に

10月21・28・11月4・11日 毎週土曜日 (4週連続) 15:00~18:00

4週間で! 最先端の物理を高校生に

$T \sim 10^7 \text{ K}$
 $P \sim 10^{14} \text{ Pa}$
レーザーがつくる
超高温・高密度状態

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: 250名程度

10/21 自然界をめぐる旅へのいざない
10/28 量子の世界への旅立ち
11/4 物質の世界への旅立ち
11/11 宇宙への旅立ち

■参加申し込み方法
Webページでの申し込みのみ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。
(事前申し込みが必要、人数制限あり)

■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 豊中市待兼山町1-1 大阪大学 大学物理学研究所 SAP事務局
E-mail: sap@phys.sci.osaka-u.ac.jp

参加者の声 STUDENTS' VOICES

新しいものを創造していく喜びを感じました。理科の先生から話を聞けました。

実験で放射線を感じました。

電磁誘導ってなに?

電子の波

様々な実験を通して、理科の面白さを知ることができた。その場に居たのは本当に貴重な経験だった。

専修モ

図 13.1: SAP2023 参加者募集のチラシ



図 13.2: 体験、実習風景

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

2023 年度いちょう祭は 4/30(日) と 5/1(月) に開催された。

物理学専攻では以下の企画があった。

- 素粒子のおもちゃ箱 (南條研、4/30 H 棟 1 F 玄関ホール)
- 放射線検出器で探る素粒子・原子核・そして宇宙 (川畑研、4/30 H 棟 1 F 玄関ホール)
- 青木研究室公開 (青木研、4/30 H 棟地下 1 階 H009 号室)
- 磁石であそぼう (新見研と松野研、4/30, 5/1 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、5/1 極限科学研究棟 1 階、4/30, 5/1 オンライン)
- 物性実験紹介：磁気抵抗、熱電変換、磁気浮上 (花咲研、5/1 H 棟 1 階 123 号室)

コロナ感染症対策としての入場者制限も解除され、キャンパスには多くの来場者が見られた。H 棟で開催された物理学専攻の企画にも多くの来場者があり、正確な参加人数は数えていなかったものの、休日の 4/30 には 100 人以上は集まったと思われる。一方で平日の 5/1 にはその半分程度の参加者数であった。幅広い年齢の参加者があり、デモ実験の様子を興味深そうに観察していた。キャンパス内には物理学専攻の企画についての案内用の看板を出せなかったため、H 棟西側の道に出て歩行者に企画の案内をして建物内に誘導した。H 棟は学生イベントの会場から遠いため、来年はキャンパス内で簡易的なビラ配りをしたり、案内用のポスターを歩行者から見える位置に設置することにより、さらに多くの方に参加したいと思う。

第14章 大阪大学オープンキャンパス(理学部)

2023年度の大阪大学理学部オープンキャンパスは、2020、2021、2022年度と新型コロナウイルス感染拡大防止のためオンラインのみで開催されていたものを、4年ぶりに対面の研究室訪問企画が復活した。10時～16時を2時間ずつの3つの時間帯に分割し、それぞれで700名の予約枠（全体で2100名）の事前予約制で行った。この結果、総実参加者人数約1700名の参加があった。

対面企画以外の各学科の「学科紹介」・「模擬授業」は昨年度までを踏襲し完全オンライン形式で、各学科から1名の学科紹介（8/9開催・Zoom使用）と、8/10開催の模擬授業および女性講演会（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8/9学会紹介へのべ941名、8/10模擬授業・女性講演会へは672名であった。

物理学科からは、模擬授業として

「素粒子と対称性」（西岡 辰磨 教授）

のZoomウェビナーでの配信、また、

学科長・松本 浩典 教授による学科紹介

のZoomウェビナー配信を行ったほか、Webにおける学科紹介パンフレットの掲載や、

（厚さ100万分の1mmの物質 グラフェンの物理学：越野 幹人教授）

や

（地下深くの断層に到達、地震発生の謎に迫る：廣野 哲朗准教授）

の動画配信なども行った。

（文責：福田 光順）

第15章 令和五年度の年間活動カレンダー

4月4日	入学式
4月5日	新入生オリエンテーション
4月11日	春学期授業開始
4月20日	物理学専攻教室会議(第387回)
4月30日－5月1日	いちょう祭
5月25日	物理学専攻教室会議(第388回)
6月12日	春学期授業終了
6月13日	夏学期授業開始
6月22日	物理学専攻教室会議(第389回)
7月20日	物理学専攻教室会議(第390回)
8月8日	夏学期授業終了(夏季休業8月9日－9月30日)
8月29－9月1日	大学院合同入試
9月28日	物理学専攻教室会議(第391回)
10月2日	秋学期授業開始
11月3日－5日	大学祭
10月19日	物理学専攻教室会議(第392回)
11月30日	物理学専攻教室会議(第393回)
12月3日	秋学期授業終了
12月4日	冬学期授業開始
12月7日	物理学専攻教室会議(第394回)
12月22日	物理学専攻臨時教室会議(第395回)
12月26日－1月3日	冬季休業
1月11日	物理学専攻臨時教室会議(第396回)
1月13日－14日	大学入学共通テスト
1月18日	物理学専攻教室会議(第397回)
2月7日－9日	博士論文公聴会
2月8日	冬学期授業終了
2月13日－14日	修士論文発表会
2月15日	物理学専攻教室会議(第398回)
2月25日	入学試験(前期日程)
3月25日	卒業式
3月28日	物理学専攻教室会議(第399回)

第16章 物理学専攻における役割分担

<物理学専攻>

	令和五年度 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	佐藤 (亮)、Slevin、福田
物理学科長	< 松本 >
専攻長 (宇宙地球科学専攻)	< 松本 >
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、民井、新見、西岡、越野
物理学専攻・宇宙地球科学専攻入学案内 資料作成	< 植田、井上 >
前年度の年次報告書作成担当	吉田
ネットワーク (ODINS) 管理	上野、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	宮坂、赤松
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>

	令和五年度 担当者
学年クラス担任 (2023 年度入学生)	西岡 (2 組)、< 西 > (1 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)	工藤 (2 組)、< 山中 (千) > (1 組)
学年クラス担任 (2020 年度入学生)	松野 (1 組)、< 横田 > (2 組)

拡大物理学科教務委員会	新見◎、塩貝、山口、Slevin、上野、小田原（物理学実験）、佐藤（亮）（共通教育講義）、福田（共通教育実験）、＜住○、湯川、大高＞
3 年生物理学生実験	花咲◎、小田原、塩貝、大塚、＜久富＞
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、＜大高◎＞
1 年生研修旅行同行者	塩貝、＜大高◎＞、西岡、＜西＞（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	福田
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＞

	令和五年度 担当者
研究科長・学部長	＜深瀬＞
副研究科長	豊田、＜近藤＞
企画調整会議	豊田、＜深瀬、近藤、久保、松野、藤原、水谷＞
専攻長	兼村、＜松本＞
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	福田、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）、兼松（フォアフロント）、萩原（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	上野、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	福田、越野、豊田（フォアフロント）
オープンキャンパス小委員会	福田、工藤（イベント担当）
SAP	鳴海◎、福田、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	大塚
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）	川畑
学部教育教務委員会	新見、塩貝、＜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、青木
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
放射線障害防止委員会	古野、河井（フォアフロント）
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）
大学院教育プログラム実施委員会	青木
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	工藤

◎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(令和五年度)

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: Tanmoy Mondal、田中正法
	D3: 片山兼渡、下田誠 D2: 村勇志 D1: Ricardo Florentino M2: 谷口宙、山中拓夢、GUOHAO YING M1: 岩井喬也、田村竜一 B4: JIANG XINYI
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: 青木匠門、小出真嵩、西川航平 D2: David Ward D1: M2: 山岡起也 M1: 荒木匠 B4: 大澤駆、齋藤駆、所順也、藤岡李久、前部屋敦
素粒子理論 (西岡)	テーマ: 超弦理論、場の量子論、量子重力、数理論理、量子情報
	正: 西岡辰磨、山口哲、飯塚則裕 準: Dongsheng Ge、Nicolo Zenoni、Sunil Kumar Sake、森川億人
	D3: 姉川尊徳、名古屋雄大 D2: 和田博貴、川畑洸貴 D1: 嶋守聡一郎 M2: 安藤恵一、藤村晴伸 M1: 東家聖、蓬郷修一朗 B4: 佐藤颯紀、橋詰宗一郎、前里奨太郎
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
	D3: 伊藤広晃、西村透 D2: NATHAN TOUROUX D1: M2: 北尾紫洸、平岩義寛 M1: 草壁克典、米原悠人 B4: 田中健護

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: 吉田学立、板橋隆久、小出義夫、長尾大樹
	D3: SUN SI YUAN D2: 東野祐太 D1: 宮滝雅己 M2: 栗林志恩、杉田和正 M1: 蔭山裕士、佐々木涼花、山田千尋 B4: 上田隼也、高見翔太、佐藤蒼汰
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、福田光順、清水俊、三原基嗣、古野達也 準: 阪口篤志、岸本忠史、下田正、南園忠則、松岡健次、梅原さおり、Anawat Rittirong
	D3: 赤石貴也、坂梨公亮、NURHAFIZA BINTI MOHAMAD NOR D2: 福留美樹 D1: 戸田匡哉、高山元 M2: 宇田隆佑、白井竜太、杉崎堯人、田口諒、林双葉、本多祐也 M1: 石谷壮史、坂上宗樹、西川隆博、宮原里菜、LIN YIFAN B4: 板倉菜美、岡村拓実、佐久間幹人、下條暖人、高草元、野田健太、安田圭吾
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、廣瀬穰 準: 小寺克茂
	D3: 白石諒太, WICKREMASINGHE LAKMIN D2: MARIO GONZALEZ D1: 小野啓太、北川歩 M2: 荒木田陸斗、川田悠統、久郷莉奈、柴田哲平 M1: 安藤彰洋、泉尾翼、片山舞、森岡樹 B4: 小川大樹、北野至、住村明紀

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, 天橋琢磨 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: 白井秀知、越智正之、相澤啓仁
越 野	D3: D2: D1: M2: 相田哲明、梶昌孝、八木俊輝 M1: 植田涼太、榎並龍太郎、神山周、高橋佑瑚、宮本英雄 B4: 増山裕太、山田雄士
	テーマ: 物性理論
	正: 越野幹人、川上拓人 準: Priyadarshini Kapri
	D3: 岡裕樹、中辻直斗、人見将 D2: LUKAS PRIMAHAATVA ADHITYA KRISNA、玉置弦 D1: 谷天太、山本和輝 M2: 五十嵐勇治、河岡巧真、TAKA AKI JOYA、YUFEI LIU M1: 河邊潤、園悠希 B4: 奥村涼介、吉田大輝

工 藤	テーマ: 超伝導体の物質開発
	正: 工藤一貴、宮坂茂樹、中島正道
	D3: D2: D1: M2: 須崎洋岳、花田洸志、真鍋馨、守安悠人、和田大輝 M1: 浦矢郁人、岡宏大、韓成徳、菊池遊、眞崎世間 B4: 上本凜太郎、中川元、平岡耀登
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 準: 川田拓弥
	D3: 太田智陽、渡邊杜 D2: 藤原浩司 D1: 中村瞭弥 M2: 浅間遼太郎、前田将輝 M1: 寒川雄斗、東原有、松本史弥、山口優陽 B4: 岸木克将、二階堂夏海、山田和輝
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、市原敏雄、大須賀潤一、本堂敏信
	D3: 小林浩之 D2: D1: JIANZHONG WANG M2: 岡田栄樹、鈴木舜也、MENGZE SUN、西澤正崇 M1: 濱口哲朗 B4: 加藤陸、角矢隆成、橘凜人、中村勇貴
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: 岩瀬圭祐、川原優人、古谷大樹、源拓栄、宮本雄哉 M1: 前田涼太、見里朝彦 B4: 山下淳志
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: D2: 堀惣介、KARL ERIK FRISCHMUTH D1: M2: 厚美竜二、沖本稜弥、小林友祐 M1: 石田一成、大森晟矢、田島悠輔、田中天、森祐輔 B4: 稲村健臣、神田洸太、高藤大悟

協力講座の学生	D3: YUKI REA HAMANO、二本木克旭、JIBON KRISHNA MODAK、ZHENZHE LEI、高木悠司、瀧澤龍之介、NGUYEN VAN HOANG VIET、原隆文、WANG XUAN、TUNG THANH PHAM、近藤亮太、中井創、廣本政之 D2: RENDONG HU、岩中章紘、枝川知温、中田響、莊浚謙 D1: YITONG CHEN、ALIZADEH KASHTIBAN EHSAN、MINH NHAT LY、JINYUAN DUN、YUBO WANG、TIANCHEN ZHANG、MUKUL KHANDELWAL M2: 大江海静、兵頭周、織戸悠輔、富田幸宏、丸山恭史、森本大幹、小宮立樹、三川基、杉原弘基、MUHAMMAD FRASSETIA LUBIS、湯田秀明、佐藤新悟、小松伴行、築道拓実、小島陸、上野裕也、KAI WEN KELVIN LEE、西岡蒼矢、橘 高正樹、ZHAO HANG、松井昇大朗、宮本憲伸 M1: 井上恭輔、西裕介、松木海登、吉田桃大、新正朋暉、井上祥、山下慧、西原快人、藤井聡志、小西優太、千田健一郎、JAMES DANIEL BAUER、LEUL GETACHEW DEMILE、佐野弘明、ZHAO CONG、奥田直樹、柳川颯斗、唐木優河、松原広貴、山田龍弥、岩崎遼大、井村友紀、渡辺薫、YAN BING、古川史也、MAHASAWIN SIKARAS B4: 大谷洸葵、小寺智也、小山宗晃、齊木ゆきの、伊熊海斗、野村天一、深見海斗、石田洸、笹川陽平、柴北洋明
---------	--

【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