

令和三年度 (2021 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2021年度(2021年4月～2022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。

研究面については、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、さらに日本国内の大学や研究機関と協力しています。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、数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。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、これまでの博士教育とは異なる大学院教育を模索しております。さらに、海外から大学院留学生を受け入れて英語による講義を行う International Physics Course (IPC) を設置し、国際化を推進しています。また、高校での出前講義などの多くの社会貢献も進めております。

2021年度も、2020年度に引き続いて、新型コロナウイルス感染症によるパンデミックが影響を与える中での研究、教育、社会貢献活動となりました。2022年度になった現在も、依然として感染が収まらない状況が続いておりますが、一刻もはやい終息を願ってやみません。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、私共物理学専攻としましても、その対応は必須となります。また、この数年間に何名もの教授の方が退職または異動され、研究室の入れ替わりが進んでおります。准教授や助教の方の転出、退職も多くあり、2021年度から現在に至るまで、数多くの教員の方が着任、または昇任されました。このように物理学専攻は大きな変化を経験しつつありますが、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たいと思っております。

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	6
1.3	山中（卓）グループ	36
1.4	工藤グループ	42
1.5	新見グループ	47
1.6	豊田グループ	53
1.7	花咲グループ	59
1.8	松野グループ	67
1.9	素粒子理論グループ	73
1.10	原子核理論グループ	98
1.11	小川グループ	105
1.12	黒木グループ	106
1.13	越野グループ	112
第2章	受賞と知的財産	120
第3章	学位論文	123
3.1	修士論文	123
3.2	博士論文	127
第4章	教育活動	128
4.1	大学院授業担当一覧	128
4.2	学部授業担当一覧	141
4.3	共通教育授業担当一覧	144
4.4	物理学セミナー	148
4.5	質問コーナー	149
第5章	物理談話会，南部コロキウム	150
5.1	物理談話会	150
5.2	南部コロキウム	151
第6章	学生の進路状況など	153
6.1	学部卒業生の進路	153
6.2	博士前期課程修了者の進路	154

6.3	International Physics Course (IPC) 前期課程修了者の進路	155
6.4	博士後期課程修了者の進路	155
6.5	学生のインターンシップ参加	156
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」	157
7.1	プログラムの目的	157
7.2	プログラムの概要・特徴	157
7.3	令和3年度の活動	158
第8章	理数オナープログラム	161
8.1	令和3年度活動概観	161
8.2	オナーセミナー	162
8.3	自主研究と発表会	163
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	164
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	167
9.1	International Physics Course (IPC)	167
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
10.3	放射線科学	171
第11章	国際交流活動	173
11.1	目的	173
11.2	活動の内容	173
11.3	海外から阪大への来訪者	173
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	174
11.6	部局間学術交流協定	175
11.7	その他	176
第12章	湯川記念室	177
12.1	令和3年度活動概観	177
12.2	湯川記念講演会	177
12.3	書籍の出版	177
12.4	南部コロキウムの後援	178
12.5	SAP の後援	179
12.6	その他	179

第 13 章 社会活動	180
13.1 物理学科出張講義の記録	180
13.2 最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2021	181
13.3 「いちよう祭」「まちかね祭」などにおける施設の一般公開	183
第 14 章 大阪大学オープンキャンパス (理学部)	185
第 15 章 令和三年度の年間活動カレンダー	186
第 16 章 物理学専攻における役割分担	187
第 17 章 グループ構成 (令和三年度)	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現象は、素粒子の標準理論を超えた「新しい物理法則」によって説明できると期待されている。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しい物理法則に迫ろうとしている。

令和三年度の研究活動概要

COMET 実験 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 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。2023年度からの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検出器やデータ収集システムの組み上げ、調整、性能試験などを行っている。

J-PARC 大強度ミュー粒子ビームラインから射出されるミュー粒子ビームは、ブリッジソレノイド超伝導電磁石 (BS) を介して DS に導かれる。本年度は大型科研費 (特別推進) を活用し、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) の協力を得ながら BS の製造と DS の最終設計を行った。

物理測定の主検出器である荷電粒子飛跡検出器 (Cylindrical Drift Chamber; CDC) について、信号ワイヤー付近の空間電荷効果によるガス増幅率低下現象を理解してモンテカルロ計算コードを高度化するため、昨年度取得した宇宙線データの解析を引き続き行うとともに

に、英国インペリアルカレッジロンドンと共同でコード開発を行った。また、CDC 読み出し回路を冷却する水冷システムの開発と設計を行った。

CDC と CTH を統合したトリガーシステムの構築および物理感度の向上を目指したトリガーロジックの開発を進めた。CTH の開発は、オーストラリア・モナシュ大学と共同で推進している。モナシュ大学が開発しているファイバー読み出し CTH では、高い放射線照射環境の下で SiPM を動作させる必要がある。前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、その詳細調査および冷却システムの開発を進めた。詳細調査により $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下まで冷却すれば中性子フルエンス $10^{10}\text{ }n_{\text{eq}}/\text{cm}^2$ 以上の環境においても信号と背景雑音の区別ができる可能性が示唆されたため、チラーを利用した冷却システムをデザインしてプロトタイプ機を構築した。プロトタイプ機の冷却試験を実施して、 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ まで安定に冷却することに成功した。さらに、新しい SiPM 読み出しシステムを開発して当該冷却システムプロトタイプ機に組み込み、神戸大学タンデム加速器実験施設において動作実証試験を実施した。オンライン解析の段階では、中性子フルエンス $10^{10}\text{ }n_{\text{eq}}/\text{cm}^2$ の環境下であっても $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ に冷却すれば信号事象を背景事象と区別できることが確かめられた。現在、この詳細解析を進めている。

COMET では、2023 年 2 月にミュオン粒子輸送ソレノイドを用いたビーム試験 (COMET Phase- α) を計画している。COMET Phase- α では、 μ^{\pm} 、 π^{\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ることを目指し、物質中での μ^{-} の寿命の違いを利用したレンジカウンターシステムの開発をおこなった。

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ン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。本年度は、前年度に行った動作試験で不安定であったメチラル蒸気を混合するガスシステムを改良し、京都大学複合原子力科学研究所ライナックで高バースト耐性 MWPC の最終動作試験とガス混合比の最適化を行った。大阪市立大学と共同で H ラインのビームラインコミッションングに使用するためのビームプロファイルモニター開発を行

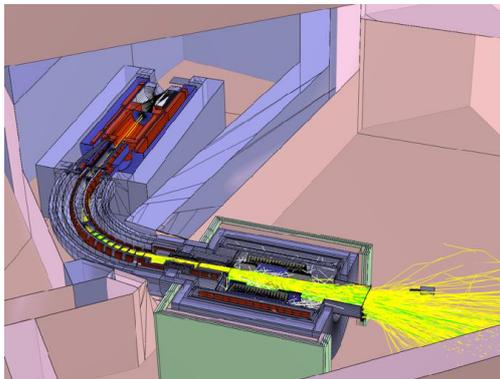


図 1.1: COMET Phase-I 実験



図 1.2: 神戸大学タンデム加速器実験施設における中性子照射試験の様子

なった。

MuSIC およびミュオン粒子応用研究 本学核物理研究センター (RCNP) に建設した大強度ミュオン粒子源 MuSIC と新しい連続状ミュオン粒子ビームライン MuSIC-M1 の開発を進めつつ、様々な分野におけるミュオン粒子を使用した基礎研究と応用研究を進めている。本年度は、2022年度からの加速器運転再開に向けて、 μ SR 測定システムの整備やミュオン X 線分析による 2 次元元素マッピングシステムの開発を行った。

一方で、ミュオン粒子を使った新しい応用実験の準備も進めている。ミュオン X 線元素分析については、国内の博物館や考古学者との共同研究を行うと共に、スイス PSI 研究所のグループとも連携し、実用化と高度化を狙った開発を進めた。また、宇宙線ミュオンによる半導体ソフトエラーの影響を調べるために、九州大学や京都大学のグループと協力して、低エネルギー宇宙線ミュオンフラックス測定装置の開発、半導体内でミュオンが引き起こす事象解明実験の準備を進めた。さらに、産業界との共同研究では、製鉄所高炉内の状態を宇宙線ミュオンにより調査するための検討を行った。

学術雑誌に出版された論文

Chemical effect on muonic atom formation through muon transfer reaction in benzene and cyclohexane samples

Makoto Inagaki, Kazuhiko Ninomiya, Akihiro Nambu, Takuto Kudo, Kentaro Terada, Akira Sato^s, Yoshitaka Kawashima, Dai Tomono, Atsushi Shinohara
Radiochimica Acta **109** (Apr.) (2021) 319–326
(<http://dx.doi.org/doi:10.1515/ract-2020-0112>).

Development of a multiwire proportional chamber with good tolerance to burst hits

N. Teshima, M. Aoki^s, Y. Higashino^m, H. Ikeuchi, K. Komukai, D. Nagao^d, Y. Nakatsugawa, H. Natori, Y. Seiya, N.M. Truong, K. Yamamoto
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment **999** (May) (2021) 165228
(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2021.165228>).

Test of a small prototype of the COMET cylindrical drift chamber

C. Wu, T.S. Wong, Y. Kuno, M. Moritsu, Y. Nakazawa, A. Sato^s, H. Sakamoto, N.H. Tan, M.L. Wong, H. Yoshida, T. Yamane, J. Zhang
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment **1015** (Nov.) (2021) 165756
(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2021.165756>).

国際会議報告等**国際会議における講演等****COMET Experiment**Masaharu Aoki^{s*} (invited)

2nd J-PARC HEF-ex WS (at J-PARC, Japan, Feb. 16–18, 2022, 参加者数約 140 名)

Current status of COMET StrECalK. Ueno^{s*}

2nd J-PARC HEF-ex WS (at J-PARC, Japan, Feb. 16–18, 2022, 参加者数約 140 名)

Research on online event selection by machine learning implemented FPGA for COMET Phase-I experimentM. Miyataki^{m*}

2nd J-PARC HEF-ex WS (at J-PARC, Japan, Feb. 16–18, 2022, 参加者数約 140 名)

Current Status of COMET CDCS. Sun^{d*}

2nd J-PARC HEF-ex WS (at J-PARC, Japan, Feb. 16–18, 2022, 参加者数約 140 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演**エクステンション試験における DAQ システムの開発**樋口 雄也^{m*} その他

日本物理学会 2021 年秋季大会（素核宇）（於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日）

Study of Gas Gain Saturation in COMET-CDC Cosmic Ray TestSun Siyuan^{d*}, Masaharu Aoki^s, Yuya Higuchi^m, Yoshitaka Kuno, Manabu Moritsu, Yohei Nakat-sugawa, Yu Nakazawa, Akira Sato^s, Wu Chen, Hisataka Yoshida and the COMET-CDC group

日本物理学会 2021 年秋季大会（素核宇）（於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日）

COMET 実験トリガー検出器のための SiPM 冷却システムの開発若林 寛之^{m*}, 青木 正治^s, 上野 一樹^s, 佐藤 朗^s その他

日本物理学会 第 77 回年次大会（2022 年）（於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日）

COMET Phase- α に用いる range counter の開発樋口 雄也^{m*}, 青木 正治^s, 佐藤 朗^s, 大石航

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

DeeMe における MWPC 遅延ヒット測定と遅延ヒットが物理測定に与える影響の評価

東野 祐太 ^{m*}, 杉田 和正 ^m, 青木 正治 ^s, 長尾 大樹 ^d その他

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

COMET Phase-I 実験に向けた機械学習を実装した FPGA によるオンライン事象選別の研究

宮滝 雅己 ^{m*}, 藤井祐樹, 中沢遊, 吉田学立, 上野 一樹 ^s

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事

医療文化財「洪庵の開かずの薬瓶」のミュオン X 線分析による薬物成分特定について

佐藤 朗 ^s, 高橋 京子

日本アイソトープ学会 Isotope News (2021 年 12 月号, No.778, pp22–26)

ミュオン科学の進展 [その 1] ミュオンの基本的な性質と宇宙線ミュオンラジオグラフィ

佐藤 朗 ^s

長瀬ランダウア (株) NL だより (2021 年 8 月, No.524, p2–2)

ミュオン科学の進展 [その 2] 加速器ミュオン施設とその利用

佐藤 朗 ^s

長瀬ランダウア (株) NL だより (2021 年 9 月, No.525, p2–2)

1.2 川畑グループ

令和三年度の研究活動概要

原子核における α 凝縮状態の探索

原子核では、核内において2個ずつの陽子と中性子が結合した α 粒子が構成要素となり、核構造を劇的に変化させる現象が知られている。このとき、ボソンである α 粒子が最低エネルギー軌道に凝縮し、 α 凝縮状態を形成する可能性がある。 α 凝縮状態では、 α クラスターの運動量分布が0付近に集中するため、その空間分布が拡大し低密度になる。通常の原子核では、核種を問わずその密度がほぼ一定であるため、 α 凝縮状態のような希薄密度の原子核の性質は未解明である。

α 凝縮状態は、1-3 MeVの低エネルギー α 粒子を放出しつつ軽い核の α 凝縮状態を経由して崩壊すると期待される。そこで、我々はアルファ非弾性散乱により ^{20}Ne を励起すると同時に、励起状態からの崩壊 α 粒子を測定し、 ^{20}Ne における 5α 凝縮状態の候補を発見した。この成果をPhys. Lett. B誌において公表するとともに、プレスリリースを行った。

しかし、この実験では、統計精度が十分でなく、また、候補状態のスピンとパリティを決定するに至らなかったため、 5α 凝縮状態の存否を確定することは出来なかった。そこで、我々は、 5α 凝縮状態の確立を目指す次期実験を提案し、大阪大学大阪大学核物理研究センターにおいてE554実験として採択された。E554実験では新たなシリコン半導体検出器システムを導入し、かつ、液体窒素温度で運用可能な窒化シリコン製の極薄入射窓を備えたガス標的システムを用いることで、前回実験の約10倍の統計量を得ることを目指している。さらに微分断面積の角分布を測定することで 5α 凝縮候補状態のスピン・パリティを決定する計画である。

新たなシリコン半導体検出器システムでは、崩壊粒子に対する粒子識別能を高めるために扇型のNTD型シリコン半導体検出器5台をランプシェード型に組み合わせたSAKRA検出器を二層化する。2021年度に、二層目を用いるシリコン半導体検出器を調達し、神戸大学タンデム加速器施設において性能評価試験を行った。実測によって評価した時間分解能と検出器の幾何学的配置から、これまで利用していた波形解析による粒子識別と飛行時間測定による粒子識別を併用することで十分な粒子識別能力を得られることを確認した。ガス標的システムについては、窒化シリコン薄膜製造業者と液体窒素温度で動作可能な入射窓を備えたガスセルの開発を進めている。

また、2022年3月には、日本原子力研究開発機構のタンデム加速器施設において $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ 共鳴散乱の手法を用いた ^{24}Mg における 6α 凝縮状態の探索実験を行った。現在、その測定データを解析中である。

MAIKo+アクティブ標的の開発

極端環境下におけるトリプルアルファ(3α)反応率の測定を目指して、MAIKoアクティブ標的のアップグレードに取り組んだ。有感体積を従来の27倍に拡大したMAIKo+では、荷電粒子の飛跡にそって発生した電離電子を検出面にドリフトさせるためのフィールドケー

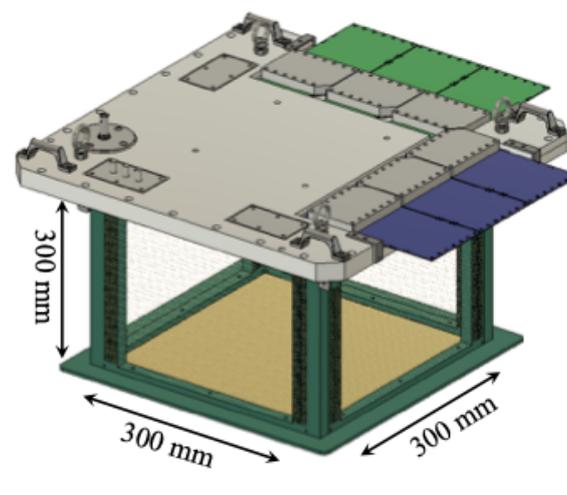


図 1.1: MAIKo+アクティブ標的のフィールドケージと信号読み出しフィードスルー。

ジを従来の一体型から改良し、有感体積を取り囲む側面ごとにモジュール化した。新しく開発したフィールドケージを図 1.1 に示す。それぞれの面モジュールでは、基盤フレームの両面に 5 mm 間隔で 125 μm 径のワイヤーを 120 本実装し、これらのワイヤーに抵抗分割によって段階的に高電圧を印加させることで有感体積内部に一様なドリフト電場を形成した。このフィールドケージの上部には、ドリフト電子を検出するための 2 方向ストリップ基盤を取り付け、フィードスルーを介して 1536 チャンネルの信号を外部へ読み出せる構造とした。MAIKo+標的の組み立てはすでに完了し、2022 年度中にアクティブ標的としての動作試験と中性子ビームを用いたトリプルアルファ反応率の測定を実施する予定である。

また、MAIKo+アクティブ標的のさらなるアップグレードに向けた基礎開発もスタートさせた。現在の MAIKo+アクティブ標的では、互いに直交する 2 方向のストリップ基板を電離電子の読み出しに用いているが、この方式には、ストリップに平行に入射した粒子の飛跡測定が難しいという欠点がある。そこで、読み出しストリップを互いに 60 度で交わる 3 方向とすることで、どのような方向で粒子が入射しても、3 方向のうちいずれか 2 方向のストリップを用いて飛跡の測定が可能となることを目指した。将来的には 300 mm \times 300 mm の有感領域を有する 3 方向読み出し基盤の実現を目標としているが、まずは試作機として有感領域の大きさが 55 mm \times 55 mm の 3 方向読み出し基盤を製作した。この基板では微細なストリップ構造を実現させるために、レイテック株式会社の協力のもと世界で初めてフレキシブル基板技術を導入した。製作した試作機を既存の MAIKo アクティブ標的へ組み込み、動作試験を行ったところ、アルファ線の飛跡構築に成功したが、同時に、読み出しチャンネル間で信号がクロストークする問題も発覚した。2022 年度はクロストーク問題を克服した 2 号機を開発し、再び動作試験を行う予定である。

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ベータ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、高エネルギー加速器研究機構、東京農工大学)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。特に現在は、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。

2019 年度に実施したスピン偏極 ^{31}Mg とテスト的に実施した無偏極の ^{33}Mg のベータ崩壊による ^{31}Al と ^{33}Al についての実験では、予定の高スピン偏極度を達成することができなかったが、TRIUMF の共同研究者とともにその原因を追及した結果、高偏極化に向けた改良計画が TRIUMF のプロジェクトとして認められ、進行中である。

日本グループは、偏極保持のための永久磁石の改良を行った。多くの研究者からは、「新たに設置するビームラインコイル磁場とのなめらかな接続は不可能である」という意見が寄せられていたが、磁石の形状の新しいアイデアと日本の業者の高い技術力により製作可能となった。

2019 年に取得した ^{31}Al と ^{33}Al についてのデータ解析を進め、前者については投稿論文の執筆を開始し、後者については、修士論文にとりまとめた。どちらの核も基底状態では球形だと報告されているが、励起状態で集団運動的な構造が今回の実験から観測されており、この成果を日本物理学会で報告した。現在、理論の共同研究者とさらに詳しい議論を進めている。

また、ベータ遅延中性子崩壊の際に放出される数十 keV から数 MeV の中性子を検出するための新型中性子検出器の開発を昨年度に行った。今年度、この検出器の性能テスト実験を量子医科学研究所 HIMAC でビームを用いて実施した。現在、そのデータ解析をすすめている。

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

質量数 140 周辺の中性子過剰核は、中性子捕獲とベータ崩壊を繰り返しながら重元素を合成する r 過程の経路上にある重要な原子核である。しかし、この質量領域の原子核の生成は非常に難しいため、質量や寿命などの基本的な実験データさえほとんどなく、元素合成のシミュレーション計算では理論的予測に基づく物理量が使われている。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 ビームファクトリーで、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 プロジェクトが実施された。このプロジェクトにおいて、我々はベータ崩壊するアイソマーを発見した。このアイソマーは現在の元素合成計算には組み込まれておらず、 r 過程の反応スピードに影響を与える可能性がある。我々は、 ^{140}Xe などの偶偶核の原子核構造を議論した論文を執筆するとともに、奇核のデータ解析を開始し、その途中経過を日本物理学会で報告した。今後、より直接的に単一粒子状態や原子核の変形を議論する計画である。

ストレンジネス核物理

ストレンジネスの自由度を導入した新たな原子核について研究を行っている。原子核中の核子はアップクォークとダウンクォークで構成されている。これらと異なるストレンジクォークを原子核中に導入することにより、ハドロン間相互作用に関する研究が可能となる。

ストレンジネスを持つバリオンとして Σ ハイペロンがある。 Σ ハイペロンを原子核中に埋め込んだものは Σ ハイパー核と呼ばれるが、これまでに発見された Σ ハイパー核は一種(${}^4_{\Sigma}\text{He}$)のみで、その基底状態の存在だけが実験的に知られている。このため、 Σ ハイペロンと原子核の相互作用についての情報は十分ではない。

そこで、 Σ ハイペロンと核子の相互作用を、 ΣN 散乱の直接測定により研究する J-PARC E40 実験を実施した。従来の実験を大きく上回る量の、 Σ^-p 散乱および Σ^+p 散乱の実験データ、および、 $\Sigma^-p \rightarrow \Lambda n$ 荷電交換反応のデータが得られ、反応断面積を導出するためのデータ解析を精力的に行った。そして、その成果を学術論文として公表した。

また、最も軽い Λ ハイパー核として知られている ${}^3_{\Lambda}\text{H}$ の弱崩壊の寿命が最近話題となっている。理論的には、 ${}^3_{\Lambda}\text{H}$ の寿命は Λ ハイペロンの寿命程度(約 263 ps)と予想されているが、それよりはかなり短い寿命の値が、高エネルギー重イオン衝突実験で生成された ${}^3_{\Lambda}\text{H}$ の測定から報告されている。そこで、J-PARCにおいて、 ${}^3\text{He}(K^-, \pi^0){}^3_{\Lambda}\text{H}$ 反応を用いて、この ${}^3_{\Lambda}\text{H}$ の寿命を高精度で測定するためのプロジェクトを進めつつある(J-PARC E73 実験)。その前段階の実験として ${}^4\text{He}(K^-, \pi^0){}^4_{\Lambda}\text{H}$ 反応測定を実施した。得られた実験データから生成反応断面積を導出する解析を精力的に進めている。また、データ量はまだ十分ではないが、 ${}^3\text{He}(K^-, \pi^0){}^3_{\Lambda}\text{H}$ 反応の測定にも成功し、今後更にデータ取得を目指す予定である。

上記の研究以外に、チャーム・バリオン励起状態に関する研究(J-PARC E50 実験)のための検出器開発を行っている。低屈折率シリカエアロゲルを用いた閾値型チェレンコフ検出器、リングイメージング・チェレンコフ検出器等の開発研究を進めた。

${}^{48}\text{Ca}$ ベータ崩壊の研究

二重ベータ崩壊をする原子核は、一般的にベータ崩壊がエネルギー的に完全に禁止されている。しかし、 ${}^{48}\text{Ca}$ は、スピン遷移則によってベータ崩壊が強く抑制されているために確率が低いながらも、エネルギー的にはベータ崩壊が許されている。

我々は、 ${}^{48}\text{Ca}$ のベータ崩壊の半減期を高感度で測定するために、大型測定装置の構築と背景事象調査を行った。測定装置は、大量の CaCl_2 水溶液(濃度 12 wt%, 650 L)を用意し、検出器中央に置いたSc吸着樹脂(キレート樹脂)に娘核種である ${}^{48}\text{Sc}$ を濃縮集積し測定をする仕組みである。吸着・捕集された ${}^{48}\text{Sc}$ は樹脂内でベータ崩壊し、その際に放出する 984 keV、1312 keV、1038 keV のガンマ線を、吸着樹脂を全方向から囲むように設置された 30 本のCsI(Tl)検出器で同時計測することで、バックグラウンド計数率を最大限に抑制し、理論的な予測よりも長い、半減期 1.0×10^{22} 年の感度で有限値測定を目指す。

測定感度を見積もるためにCaの循環を行わずにデータを取得し、バックグラウンド事象の評価を行った。事象選択の条件として ${}^{48}\text{Sc}$ の崩壊により放出される3本のガンマ線のうち2本検出したことを条件に課し、高エネルギー領域からのバックグラウンド要因を確認した。スペクトルからバックグラウンド要因は、 ${}^{208}\text{Tl}$ (検出器中)のベータ崩壊、熱中性子捕

獲ガンマ線、宇宙線と同定した。宇宙線の影響は、Veto に用いているプラスチックシンチレータと同時検出された事象とモンテカルロシミュレーションにより評価した Veto 効率から、目的エネルギー領域の事象のおよそ 60% と評価された。バックグラウンドの主要因は高エネルギー領域からの染み込みであり、これらは環境中性子や宇宙線による影響と考えられるため、地下実験に移行することで低減することが出来るとわかった。

また、ガンマ線検出効率の向上とバックグラウンド低減のため、複数の CsI(Tl) 検出器で反応したガンマ線のエネルギーを再構成するクラスタリングと、イベントの特徴を定量化し事象の真偽評価に用いる Cut 条件を導入した。これらの解析方法を導入することにより、1 年間の測定で 5.9×10^{21} 年の測定感度があることが明らかになった。

レプトン普遍性の破れの探索

J-PARC E36 実験で収集したデータの解析を進めている。この研究では、荷電中間子 K^+ から発生する $K^+ \rightarrow e^+\nu$ (K_{e2}) 崩壊と $K^+ \rightarrow \mu^+\nu$ 崩壊 ($K_{\mu2}$) 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で観測された。 R_K の決定には、構造依存 (SD) 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、差し引く必要がある。図 1.2 に (a)1 本、(b)2 本のガンマ線を CsI(Tl) で検出することで観測された $K_{e2\gamma}$ 、(c) 荷電粒子解析で得られた K_{e2} 崩壊の陽電子運動量分布を示す。これらは既存のデータと大きく乖離していて、得られた結果は Phys. Lett. B **862**, 136913 (2022) として公表された。

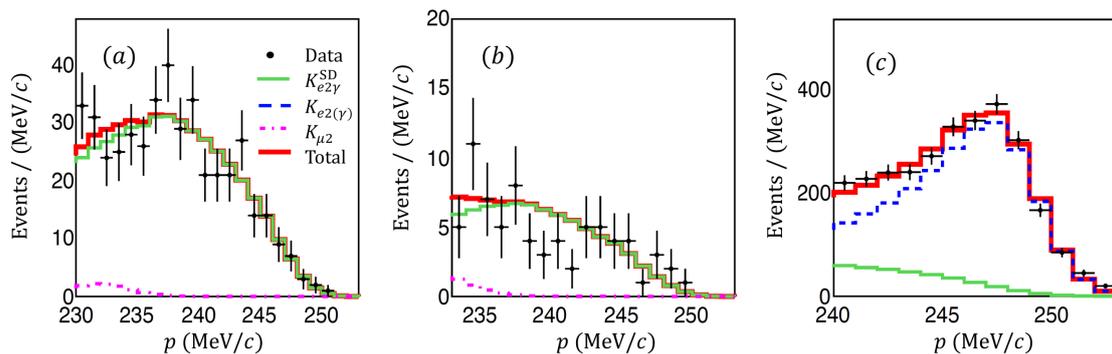


図 1.2: (a)1 本、(b)2 本のガンマ線を CsI(Tl) で検出することで観測された $K_{e2\gamma}$ 崩壊、(c) 荷電粒子解析で得られた K_{e2} 崩壊。

更に、新しい研究の試みとして $K^+ \rightarrow \mu^+\pi^0\nu$ ($K_{\mu3}$) 崩壊を用いた時間反転対称性破れ (T 非保存) 探索実験の準備を開始した。 $K_{\mu3}$ 崩壊平面に垂直なスピン偏極成分存在は標準模型

では生じえない T 非保存物理量であり、精密測定によって見出すことは極めて重要である。従来の研究方法は、荷電粒子を磁器スペクトロメータで測定する方法を採用しており、有限な信号は未発見である。この方法に対して、新たに全ての粒子をカロリメータのみで観測することで検出器アクセプタンスを 1000 倍向上させる方法を提案している (図 1.3(a))。この実験ではミュオンの偏極をカロリメータで保持できることが必要になるが、一般的なガンマ線検出器では一瞬にして偏極が消え去るとされてきた。しかし、J-PARC MLF 研究施設から提供される偏極ミュオンビームを磁場をかけた CeF_3 結晶に打ち込み、残留偏極度を調べたところ、図 1.3(b) のように常温でも 90%以上が保持されることを見出した。図の青丸が 100%の偏極度に相当する較正用のデータである。この発見により、新しい T 非保存探索実験の有効性が確認されたことになり、今後は具体的な実験準備を行っていく。

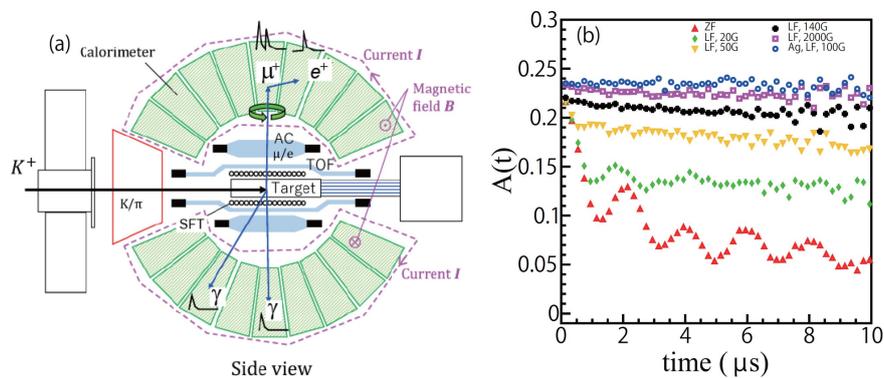


図 1.3: (a) 新しく提案された実験のセットアップ。(b) 外部磁場を変化させながら測定した CeF_3 結晶での残留ミュオン偏極度。青丸は 100%の偏極度に相当する較正用のデータである。

原子核における陽子・中性子・核子密度分布の測定

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。

1 中性子剥離断面積は、最外殻中性子の配位に関する重要な情報を提供する。 ^{16}N アイソマー状態 ($E_x = 120 \text{ keV}$, $I^\pi = 0^-$) の最外殻中性子は結合エネルギーが約 2 MeV と小さく、もし軌道角運動量 0 の s 軌道に入っていると中性子ハロー的になっている可能性がある。このことは宇宙における元素合成の問題にも影響を与える。そこで、我々は 2 種類の 1 次ビームから生成した、それぞれアイソマー比が異なる 2 種類の ^{16}N ビームを用いて、1 中性子剥離断面積を測定した。この実験値と $\sigma_{-1n} \sim \sigma_R(^{16}\text{N}) - \sigma_R(^{15}\text{N})$ と近似して Glauber 計算した値の比較を図 1.4 に示す。バレンス中性子の軌道として s 軌道を仮定したものが実線、 d 軌道を仮定したものが一点鎖線である。 s 軌道を仮定した計算値はアイソマー状態の 1 中性子剥離断面積を絶対値も含めて良く再現している。これに対し、 d 軌道を仮定した計算値は

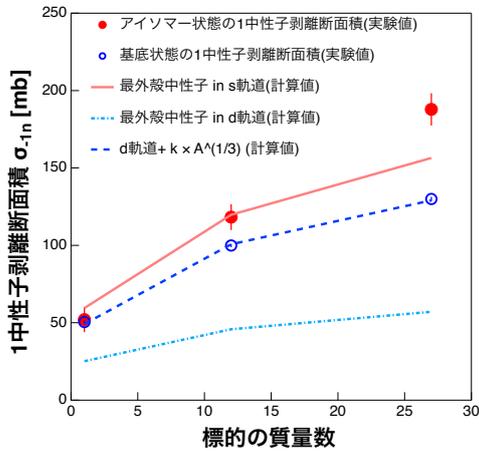


図 1.4: アイソマー状態・基底状態の 1 中性子剥離断面積実験値と計算値との比較。

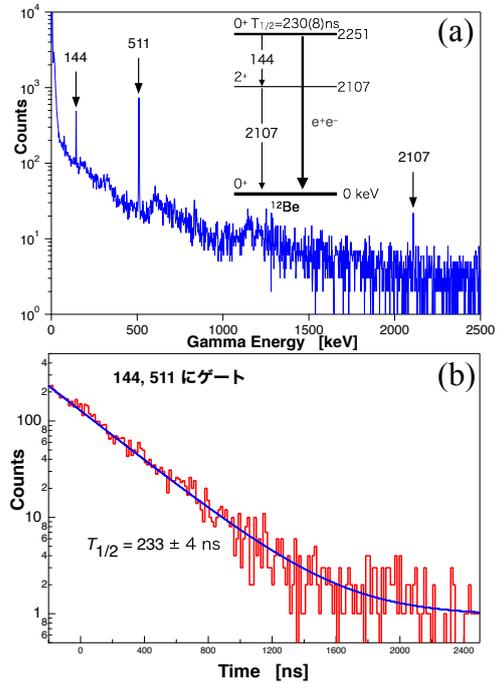


図 1.5: ^{12}Be からのガンマ線の (a) エネルギー、(b) 時間スペクトル。

基底状態の実験値の約半分ほどしかない。この原因として、 d 軌道ではハロー構造が発達しないために前述の近似が良くない可能性がある。そもそも前述の近似式はハロー構造を持つ核種について良く成り立つとされており、そうでない核種に対し、1 中性子剥離反応にバレンス中性子以外の中性子剥離過程が無視できないほど寄与する場合は成り立たないと考えられる。例えば、図 1.4 の破線で d 軌道を仮定した計算値に、 $A^{1/3}$ (A : 標的質量数) に比例する項を加えると、見事に基底状態の実験値を再現できる (図 1.4 の破線)。 $A^{1/3}$ は標的核断面積の周長に相当するするため、1 中性子剥離反応が起こる周辺衝突を考えた場合、これに比例する項の付加で実験値を説明できるのは合理的である。

同じように原子核のアイソマー状態の核構造を研究できる対象として ^{12}Be が挙げられる。先行研究により、この核には $E_x = 2.25$ MeV の励起エネルギーをもつアイソマー状態 ($T_{1/2} \sim 230$ ns) が存在すると報告されている。そこで、量医研 HIMAC からの ^{18}O 250A MeV ビームの入射核破碎反応により ^{12}Be アイソマー状態が生成できるかどうかをテストした。ストッパーに止めた ^{12}Be からのガンマ線を Ge 検出器を用いて検出した結果のエネルギー [図 1.5(a)] および時間 [図 1.5(b)] スペクトルから、アイソマー状態の生成が確認できた。時間スペクトルからは、アイソマー状態の寿命精度を既存値よりも更新することができた。

ベータ線検出核磁気共鳴法を用いた物質科学研究

スピン偏極した不安定核から放出されるベータ線角度分布の非対称性を利用するベータ線検出核磁気共鳴 (β -NMR) 法は、従来の安定核を用いる NMR 法に比べ約 10^{10} 倍以上もの高い NMR 検出感度を示す。この特性により、物質中の非常に希薄な不純物原子やイオンの振る舞いなど、他の実験手法では得られない物性データの提供が可能となる。我々は、様々な元素のスピン偏極不安定核ビーム生成法を開発し、これらを用いて β -NMR 法による物質科学研究を行っている。

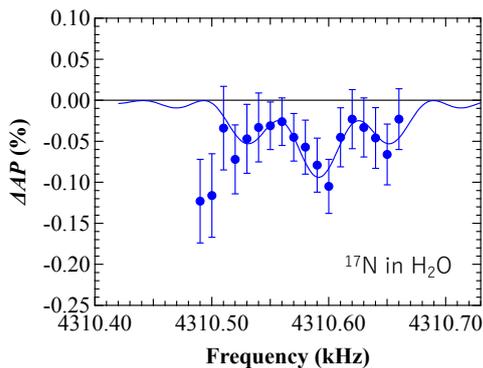


図 1.6: H_2O 中 ^{17}N の高分解能 β -NMR スペクトル。

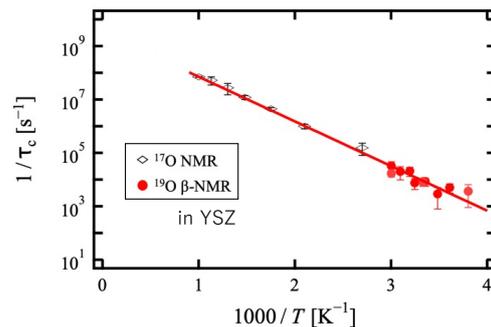


図 1.7: YSZ 中 ^{19}O の T_1 から求めた平均ジャンプ頻度 $1/\tau_c$ 。

水中に入射した窒素イオンがどのような化学種を形成するのかを明らかにするために、スピン偏極 ^{17}N ($I = 1/2$, $T_{1/2} = 4.2$ s) ビームを水試料中に入射し、 β -NMR スペクトルを室温で測定した。以前に発見した 2 本の共鳴線のうち、低周波数側の成分について高分解能化して測定したスペクトルは、図 1.6 に示すように複数の共鳴線からなっていることがわかってきた。曲線はスピン-スピン結合により triplet に分裂していると仮定して fitting した結果である。まだ全容は明らかになっていないが、スピン-スピン結合を引き起こす原因は ^{17}N - ^1H 間の化学結合しか考えられないため、実験結果は水に打ち込まれた窒素イオンが水素との化合物を形成することを強く示唆している。

固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の電解質材料として利用されている酸化物イオン (O^{2-}) 伝導体 Y_2O_3 安定化 ZrO_2 (YSZ) について、スピン偏極 ^{19}O ($I = 5/2$, $T_{1/2} = 26.9$ s) ビームを用いてスピン-格子緩和時間を測定した。測定値から平均ジャンプ頻度 $1/\tau_c$ を導出し、温度の逆数の関数でプロットした結果 (Arrhenius plot) を先行研究の ^{17}O NMR による結果とともに図 1.7 に示す。我々の ^{19}O β -NMR の結果は、 ^{17}O NMR と同一直線上に乗っており、両者は同一の Arrhenius パラメータで説明出来そうである。Arrhenius plot 上で、直線の傾きから求めた活性化エネルギー $E_a = 0.3$ eV は、トレーサー法などのマクロスコピックな手法で得られた $E_a \sim 1$ eV とは大きく異なっている。このことは、NMR が空間的な移動に寄与しない動的挙動の存在を捉えた可能性を示している。

医療現場で不可欠な画像診断法である磁気共鳴撮像 (MRI) 法は、感度の問題によりほぼ水素核 ^1H の利用に限られている。我々は、様々な元素による MRI の実現を目指し、 β -NMR 装置にプラスチックファイバーシンチレータによるベータ線トラッキング機能を追加した 3

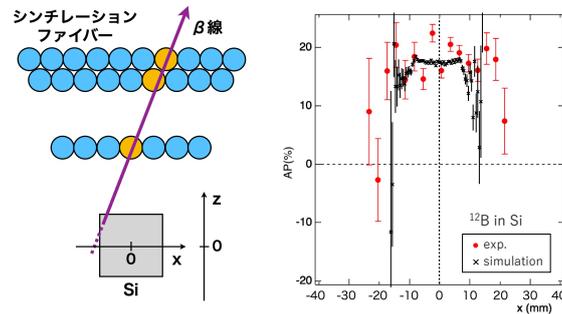


図 1.8: ベータ線トラッキングの様子と Si 中 ^{12}B のベータ線非対称度の 1 次元イメージ。

次元イメージング (β -MRI) 装置の開発を行っている。図 1.8 に示すように、トラッカー検出器を用いて Si 中 ^{12}B ($I = 1$, $T_{1/2} = 11$ ms) のベータ線非対称度の 1 次元イメージの取得に成功した。

超冷中性子を用いた中性子電気双極子モーメント測定

超冷中性子を用いた中性子電気双極子モーメント測定に向け、精密磁場に必須の第 1 段磁気遮蔽として環境磁場を AC 成分まで自動補償する 3 次元アクティブシールドを開発している。補償対象のうち、中心磁場 3 成分と磁場勾配テンソルの非対角成分 3 成分は独立に制御できる。対角成分の制御については、単純なカスプ磁場コイルでは 3 成分を独立に制御できないため、四重極コイルを採用し (図 1.9)、3 成分の自動制御を可能にした。

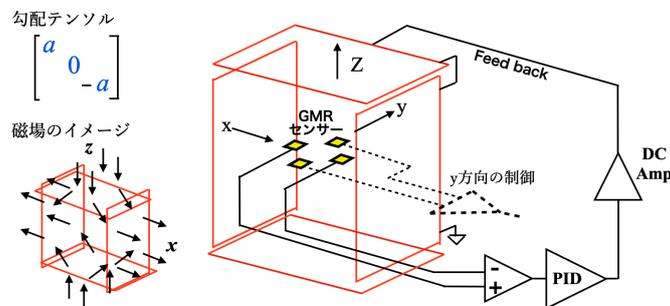


図 1.9: x 方向磁場勾配テンソル対角成分 ($\partial B_x / \partial x$) の制御方法。

学術雑誌に出版された論文

Candidate for the 5α condensed state in ^{20}Ne

S. Adachi^s, T. Kawabata^s, T. Furuno^s *et al.*

Phys. Lett. B **819** (Aug.) (2021) 136411

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2021.136411>).

First experimental determination of the radiative-decay probability of the 3_1^- 1 state in ^{12}C for estimating triple alpha reaction rate in high temperature environments

M. Tsumura, T. Kawabata^s, S. Adachi^s, T. Furuno^s *et al.*

Phys. Lett. B **817** (Jun.) (2021) 136283

(<https://doi.org/10.1016/j.physletb.2021.136283>).

Response of the GAGG(Ce) scintillator to charged particles compared with the CsI(Tl) scintillator

T. Furuno^s, T. Kawabata^s, S. Adachi^s *et al.*

Journal of Instrumentation **16** (10) (2021) P10012

(<http://dx.doi.org/doi:10.1088/1748-0221/16/10/p10012>).

Search for α condensed states in ^{13}C using α inelastic scattering

K. Inaba, T. Kawabata^s *et al.*

Progress of Theoretical and Experimental Physics **2021** (Aug.) (2021) 093D01

(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptab102>).

Persistence of the Z=28 shell gap in A=75 isobars: Identification of a possible $(1/2^-)$ μs isomer in ^{75}Co and β decay to ^{75}Ni

S. Escrig, A.I. Morales, S. Nishimura, M. Niikura, A. Poves, Z.Y. Xu, G. Lorusso, F. Browne, P. Doornenbal, G. Gey, H.-S. Jung, Z. Li, P.-A. Soderstrom, T. Sumikama, J. Taprogge, Zs. Vajta, H. Watanabe, J. Wu, A. Yagi^d, K. Yoshinaga, H. Baba, S. Franchoo, T. Isobe, P.R. John, I. Kojouharov, S. Kubono, N. Kurz, I. Matea, K. Matsui, D. Mengoni, P. Morfouace, D.R. Napoli, F. Naqvi, H. Nishibata^{DC}, A. Odahara^s, E. Sahin, H. Sakurai, H. Schaffner, I.G. Stefan, D. Suzuki, R. Taniuchi, V. Werner, D. Sohleri

Phys. Rev. C **103** (June) (2021) 064328 - 1 - 12

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.103.064328>).

Three-quasiparticle isomers in odd-even $^{159,161}\text{Pm}$: Calling for modified spin-orbit interaction for the neutron-rich region

R. Yokoyama, E. Ideguchi, G.S. Simpson, M. Tanaka, Y. Sun, C.-J. Lv, Y.-X. Liu, L.-J. Wang, S. Nishimura, P. Doornenbal, G. Lorusso, P.-A. Soderstrom, T. Sumikama, J. Wu, Z.Y. Xu, N. Aoi, H. Baba, F.L. Bello Garrote, G. Benzoni, F. Browne, R. Daido^m, Y. Fang^m, N. Fukuda, A. Gottardo, G. Gey, S. Go, S. Inabe, T. Isobe, D. Kameda, K. Kobayashi, M. Kobayashi, I. Kojouharov, T. Komatsubara, T. Kubo, N. Kurz, I. Kuti, Z.Li, M. Matsushita, S. Michimasa, C.B. Moon, H. Nishibata^{DC}, I. Nishizuka, A. Odahara^s, Z. Patel, S. Rice, E. Sahin, H. Sakurai, H. Schaffner, L. Sinclair, H. Suzuki, H.

Takeda, J. Taprogge, Zs. Vajta, H. Watanabe, A. Yagi^d
 Phys. Rev. C **104** (Aug) (2021) L021303 - 1 - 7
 (<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.104.L021303>).

First high-precision direct determination of the atomic mass of a superheavy nuclide

P. Schury, T. Niwase, M. Wada, P. Brionnet, S. Chen, T. Hashimoto, H. Haba, Y. Hirayama, D. S. Hou, S. Iimura^d, H. Ishiyama, S. Ishizawa, Y. Ito, D. Kaji, S. Kimura, H. Koura, J. J. Liu, H. Miyatake, J.-Y. Moon, K. Morimoto, K. Morita, D. Nagae, M. Rosenbusch, A. Takamine, Y. X. Watanabe, H. Wollnik, W. Xian, and S. X. Yan
 Phys. Rev. C **104** (Aug) (2021) L021304 - 1 - 7
 (<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.104.L021304>).

α -decay-correlated mass measurement of $^{206,207g,m}\text{Ra}$ using an α -TOF detector equipped multireflection time-of-flight mass spectrograph system

T. Niwase, M. Wada, P. Schury, P. Brionnet, S. D. Chen, T. Hashimoto, H. Haba, Y. Hirayama, D. S. Hou, S. Iimura^d, H. Ishiyama, S. Ishizawa, Y. Ito, D. Kaji, S. Kimura, J. Liu, H. Miyatake, J. Y. Moon, K. Morimoto, K. Morita, D. Nagae, M. Rosenbusch, A. Takamine, T. Tanaka, Y. X. Watanabe, H. Wollnik, W. Xian, and S. X. Yan
 Phys. Rev. C **104** (Oct) (2021) 044617 - 1 - 8
 (<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.104.044617>).

Impact of shell evolution on Gamow-Teller β decay from a high-spin long-lived isomer in ^{127}Ag

H. Watanabe, C.X. Yuan, G. Lorusso, S. Nishimura, Z.Y. Xu, T. Sumikama, P.-A. Soderstrom, P. Doornenbal, F. Browne, G. Gey, H.S. Jung, J. Taprogge, Zs. Vajta, H.K. Wang, J. Wu, A. Yagi^d, H. Baba, G. Benzoni, K.Y. Chae, F.C.L. Crespi, N. Fukuda, R. Gernhauser, N. Inabe, T. Isobe, A. Jungclaus, D. Kameda, G.D. Kim, Y.K. Kim, I. Kojouharov, F.G. Kondev, T. Kubo, N. Kurz, Y.K. Kwon, G.J. Lane, Z. Li, C.-B. Moon, A. Montaner-Piza, K. Moschner, F. Naqvi, M. Niikura, H. Nishibata^{DC}, D. Nishimura, A. Odahara^s, R. Orlandi, Z. Patel, Zs. Podolyak, H. Sakurai, H. Schaffner, G.S. Simpson, K. Steiger, H. Suzuki, H. Takeda, A. Wendt, K. Yoshinaga
 Phys. Lett. B **823** (Nov) (2021) 136766 - 1 - 6
 (<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2021.136766>).

First observation of the $\pi 0h_{11/2} \otimes \nu 0h_{9/2}$ partner orbital configuration in the odd-odd ^{138}I nucleus

B. Moon, A. Gargano, H. Naï dja, C.-B. Moon, A. Odahara^s, R. Lozeva, S. Nishimura, C. Yuan, F. Browne, P. Doornenbal, G. Lorusso, Z. Patel, S. Rice, M. Si, L. Sinclair, P.-A. Söderström, T. Sumikama, H. Watanabe, J. Wu, Z. Y. Xu, A. Yagi^d, D. S. Ahn,

H. Baba, F. L. Bello Garrote, R. Daido^m, J. M. Daugas, F. Didierjean, Y. Fang^m, N. Fukuda, B. Hong, E. Ideguchi, N. Inabe, T. Ishigaki^m, T. Isobe, H. S. Jung, D. Kameda, I. Kojouharov, T. Komatsubara, T. Kubo, Y. K. Kwon, C. S. Lee, P. Lee, S. Morimoto^m, D. Murai, M. Niikura, H. Nishibata^{DC}, I. Nishizuka, H. Sakurai, Y. Shimizu, H. Suzuki, H. Takeda, K. Tshoo, and R. Yokoyama

Phys. Rev. C **105** (Mar) (2022) 034344 - 1 - 7

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.105.034334>).

Development and application of CATCH: A cylindrical active tracker and calorimeter system for hyperon proton scattering experiments

Y. Akazawa, N. Chiga, N. Fujioka, S. H. Hayakawa, R. Honda, M. Ikeda, K. Matsuda, K. Miwa, Y. Nakada^d, T. Nanamura, S. Ozawa, T. Shiozaki, H. Tamura and H. Umetsu

Nucl. Instrum. Meth. A **1029** (Apr.) (2022) 166430 1-18

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2022.166430>).

Measurements of Strong-Interaction Effects in Kaonic-Helium Isotopes at Sub-eV Precision with X-Ray Microcalorimeters

T. Hashimoto, S. Aikawa, T. Akaishi^d, H. Asano, M. Bazzi, D. A. Bennett, M. Berger, D. Bosnar, A. D. Butt, C. Curceanu, W. B. Doriese, M. S. Durkin, Y. Ezoe, J. W. Fowler, H. Fujioka, J. D. Gard, C. Guaraldo, F. P. Gustafsson, C. Han, R. Hayakawa, R. S. Hayano, T. Hayashi, J. P. Hays-Wehle, G. C. Hilton, T. Hiraiwa, M. Hiromoto, Y. Ichinohe, M. Iio, Y. Iizawa, M. Iliescu, S. Ishimoto, Y. Ishisaki, K. Itahashi, M. Iwasaki, Y. Ma, T. Murakami, R. Nagatomi, T. Nishi, H. Noda, H. Noumi, K. Nunomura, G. C. O'Neil, T. Ohashi, H. Ohnishi, S. Okada, H. Outa, K. Piscicchi, C. D. Reintsema, Y. Sada, F. Sakuma, M. Sato, D. R. Schmidt, A. Scordo, M. Sekimoto, H. Shi, K. Shirotori, D. Sirghi, F. Sirghi, K. Suzuki, D. S. Swetz, A. Takamine, K. Tanida, H. Tatsuno, C. Trippel, J. Uhlig, J. N. Ullom, S. Yamada, T. Yamaga, T. Yamazaki, and J. Zmeskal (J-PARC E62 Collaboration)

Phys. Rev. Lett. **128** (No. 11, Mar.) (2022) 112503 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.128.112503>).

Precise measurement of differential cross sections of the $\Sigma^-p \rightarrow \Lambda n$ reaction in momentum range 470-650 MeV/c

K. Miwa, J. K. Ahn, Y. Akazawa, T. Aramaki, S. Ashikaga, S. Callier, N. Chiga, S. W. Choi, H. Ekawa, P. Evtoukhovitch, N. Fujioka, M. Fujita, T. Gogami, T. Harada, S. Hasegawa, S. H. Hayakawa, R. Honda, S. Hoshino^m, K. Hosomi, M. Ichikawa, Y. Ichikawa, M. Ieiri, M. Ikeda, K. Imai, Y. Ishikawa, S. Ishimoto, W. S. Jung, S. Kajikawa, H. Kanauchi, H. Kanda, T. Kitaoka, B. M. Kang, H. Kawai, S. H. Kim, K. Kobayashi^m, T. Koike, K. Matsuda, Y. Matsumoto, S. Nagao, R. Nagatomi, Y. Nakada^d, M. Nakagawa^d, I. Nakamura, T. Nanamura, M. Naruki, S. Ozawa, L. Raux, T. G. Rogers, A. Sakaguchi^s,

T. Sakao, H. Sako, S. Sato, T. Shiozaki, K. Shirotori, K. N. Suzuki, S. Suzuki, M. Tabata, C. d. L. Taille, H. Takahashi, T. Takahashi, T. N. Takahashi, H. Tamura, M. Tanaka, K. Tanida, Z. Tsamalaidze, M. Ukai, H. Umetsu, S. Wada, T. O. Yamamoto, J. Yoshida, and K. Yoshimura (J-PARC E40 Collaboration)

Phys. Rev. Lett. **128** (No. 7, Feb.) (2022) 072501 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.128.072501>).

Continuous timing measurement using a data-streaming DAQ system

Ryotaro Honda, Takashi Aramaki, Hidemitsu Asano, Takaya Akaishi^d, W. C. Chang, Youichi Igarashi, Takatsugu Ishikawa, Shunsuke Kajikawa, Yue Ma, Kei Nagai, Hiroyuki Noumi, Hiroyuki Sako, Kotaro Shirotori and Tomonori Takahashi

PTEP **2021** (No. 12, Dec.) (2021) 123H01 1-20

(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptab128>).

Recent Results and Future Prospects of Kaonic Nuclei at J-PARC

F. Sakuma, S. Ajimura, T. Akaishi^d, H. Asano, M. Bazzi, G. Beer, H. Bhang, M. Bragadireanu, P. Buehler, L. Busso, M. Cargnelli, S. Choi, A. Clozza, C. Curceanu, S. Enomoto, H. Fujioka, Y. Fujiwara, T. Fukuda, C. Guaraldo, T. Hashimoto, R. S. Hayano, T. Hiraiwa, M. Iio, M. Iliescu, K. Inoue, Y. Ishiguro, T. Ishikawa, S. Ishimoto, K. Itahashi, M. Iwasaki, M. Iwai, K. Kanno, K. Kato, Y. Kato, S. Kawasaki, P. Kienle, H. Kou, Y. Ma, J. Marton, Y. Matsuda, M. Miliucci, Y. Mizoi, O. Morra, R. Murayama, T. Nagae, H. Noumi, H. Ohnishi, S. Okada, H. Outa, K. Ozawa, K. Piscicchia, Y. Sada, A. Sakaguchi^s, M. Sato, A. Scordo, M. Sekimoto, H. Shi, K. Shirotori, M. Simon, D. Sirghi, F. Sirghi, S. Suzuki, T. Suzuki, K. Tanida, H. Tatsuno, M. Tokuda, D. Tomono, A. Toyoda, K. Tsukada, O. Vázquez Doce, E. Widmann, T. Yamaga, T. Yamazaki, C. Yoshida, Q. Zhang and J. Zmeskal

Few-Body Syst. **62** (No. 4, Oct.) (2021) 103 1-10

(<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s00601-021-01692-3>).

Measurement of the differential cross sections of the Σ^-p elastic scattering in momentum range 470 to 850 MeV/c

K. Miwa, J. K. Ahn, Y. Akazawa, T. Aramaki, S. Ashikaga, S. Callier, N. Chiga, S. W. Choi, H. Ekawa, P. Evtoukhovitch, N. Fujioka, M. Fujita, T. Gogami, T. Harada, S. Hasegawa, S. H. Hayakawa, R. Honda, S. Hoshino^m, K. Hosomi, M. Ichikawa, Y. Ichikawa, M. Ieiri, M. Ikeda, K. Imai, Y. Ishikawa, S. Ishimoto, W. S. Jung, S. Kajikawa, H. Kanauchi, H. Kanda, T. Kitaoka, B. M. Kang, H. Kawai, S. H. Kim, K. Kobayashi^m, T. Koike, K. Matsuda, Y. Matsumoto, S. Nagao, R. Nagatomi, Y. Nakada^d, M. Nakagawa^d, I. Nakamura, T. Nanamura, M. Naruki, S. Ozawa, L. Raux, T. G. Rogers, A. Sakaguchi^s, T. Sakao, H. Sako, S. Sato, T. Shiozaki, K. Shirotori, K. N. Suzuki, S. Suzuki, M. Tabata, C. d. L. Taille, H. Takahashi, T. Takahashi, T. N. Takahashi, H. Tamura, M. Tanaka, K.

Tanida, Z. Tsamalaidze, M. Ukai, H. Umetsu, S. Wada, T. O. Yamamoto, J. Yoshida, and K. Yoshimura (J-PARC E40 Collaboration)

Phys. Rev. C **104** (No. 4, Oct.) (2021) 045204 1-5

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.104.045204>).

The Analysis Status of Σ^+p Scattering Events in the J-PARC E40 Experiment

T. Nanamura, K. Miwa, Y. Akazawa, R. Honda, Y. Nakada^d and T. Sakao, for the J-PARC E40 collaboration

Few-Body Syst. **62** (No. 4, Oct.) (2021) 110 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s00601-021-01698-x>).

A Search for Correlated Low-energy Electron Antineutrinos in KamLAND with Gamma-Ray Bursts

S. Abe, S. Asami, A. Gando, Y. Gando, T. Gima, A. Goto, T. Hachiya, K. Hata, K. Hosokawa, K. Ichimura, S. Ieki, H. Ikeda, K. Inoue, K. Ishidoshiro, Y. Kamei, N. Kawada, Y. Kishimoto, T. Kinoshita, M. Koga, N. Maemura, T. Mitsui, H. Miyake, K. Nakamura, K. Nakamura, R. Nakamura, H. Ozaki, T. Sakai, H. Sambonsugi, I. Shimizu, J. Shirai, K. Shiraishi, A. Suzuki, Y. Suzuki, A. Takeuchi, K. Tamae, M. Eizuka, M. Kurasawa, T. Nakahata, S. Futagi, H. Watanabe, Y. Yoshida, S. Obara, A. K. Ichikawa, S. Yoshida^s, S. Umeharaⁱ, K. Fushimi, B. E. Berger, B. K. Fujikawa, J. G. Learned, J. Maricic, S. N. Axani, J. Smolsky, C. Laber-Smith, L. A. Winslow, Z. Fu, J. Ouellet, Y. Efremenko, H. J. Karwowski, D. M. Markoff, W. Tornow, A. Li, J. A. Detwiler, S. Enomoto, M. P. Decowski, C. Grant, H. Song, T. O' Donnell, S. Dell' Oro

The Astrophysical Journal **927** (No. 1, Mar.) (2022) 69

(<http://dx.doi.org/doi:10.3847/1538-4357/ac4e7e>).

Search for Solar Flare Neutrinos with the KamLAND Detector

S. Abe, S. Asami, A. Gando, Y. Gando, T. Gima, A. Goto, T. Hachiya, K. Hata, S. Hayashida, K. Hosokawa, K. Ichimura, S. Ieki, H. Ikeda, K. Inoue, K. Ishidoshiro, Y. Kamei, N. Kawada, Y. Kishimoto, T. Kinoshita, M. Koga, N. Maemura, T. Mitsui, H. Miyake, K. Nakamura, K. Nakamura, R. Nakamura, H. Ozaki, T. Sakai, H. Sambonsugi, I. Shimizu, J. Shirai, K. Shiraishi, A. Suzuki, Y. Suzuki, A. Takeuchi, K. Tamae, K. Ueshima, Y. Wada, H. Watanabe, Y. Yoshida, S. Obara, A. K. Ichikawa, A. Kozlov, D. Chernyak, Y. Takemoto, S. Yoshida^s, S. Umeharaⁱ, K. Fushimi, K. Z. Nakamura, M. Yoshida, B. E. Berger, B. K. Fujikawa, J. G. Learned, J. Maricic, S. N. Axani, L. A. Winslow, Z. Fu, J. Ouellet, Y. Efremenko, H. J. Karwowski, D. M. Markoff, W. Tornow, A. Li, J. A. Detwiler, S. Enomoto, M. P. Decowski, C. Grant, T. O' Donnell, S. Dell' Oro

The Astrophysical Journal **924** (No. 2, Jan.) (2022) 103

(<http://dx.doi.org/doi:10.3847/1538-4357/ac35d1>).

Limits on Astrophysical Antineutrinos with the KamLAND Experiment

S. Abe, S. Asami, A. Gando, Y. Gando, T. Gima, A. Goto, T. Hachiya, K. Hata, S. Hayashida, K. Hosokawa, K. Ichimura, S. Ieki, H. Ikeda, K. Inoue, K. Ishidoshiro, Y. Kamei, N. Kawada, Y. Kishimoto, T. Kinoshita, M. Koga, N. Maemura, T. Mitsui, H. Miyake, K. Nakamura, K. Nakamura, R. Nakamura, H. Ozaki, T. Sakai, H. Sambon-sugi, I. Shimizu, Y. Shirahata, J. Shirai, K. Shiraishi, A. Suzuki, Y. Suzuki, A. Takeuchi, K. Tamae, K. Ueshima, Y. Wada, H. Watanabe, Y. Yoshida, S. Obara, A. K. Ichikawa, A. Kozlov, D. Chernyak, Y. Takemoto, S. Yoshida^s, S. Umeharaⁱ, K. Fushimi, S. Hirata, K. Z. Nakamura, M. Yoshida, B. E. Berger, B. K. Fujikawa, J. G. Learned, J. Maricic, S. N. Axani, L. A. Winslow, Z. Fu, J. Ouellet, Y. Efremenko, H. J. Karwowski, D. M. Markoff, W. Tornow, A. Li, J. A. Detwiler, S. Enomoto, M. P. Decowski, C. Grant, T. O' Donnell, S. Dell' Oro

The Astrophysical Journal **925** (No. 1, Jan.) (2022) 14

(<http://dx.doi.org/doi:10.3847/1538-4357/ac32c1>).

The nylon balloon for xenon loaded liquid scintillator in KamLAND-Zen 800 neutrinoless double-beta decay search experiment

Y. Gando, A. Gando, T. Hachiya, S. Hayashida, K. Hosokawa, H. Ikeda, T. Mitsui, T. Nakada, S. Obara, H. Ozaki, J. Shirai, K. Ueshima, H. Watanabe, S. Abe, K. Hata, A. Hayashi, Y. Honda, S. Ieki, K. Inoue, K. Ishidoshiro, S. Ishikawa, Y. Kamei, K. Kamizawa, Y. Karino, N. Kawada, T. Kinoshita, M. Koga, S. Matsuda, H. Miyake, K. Nakamura, K. Nemoto, A. Ono, N. Ota, S. Otsuka, Y. Shibukawa, I. Shimizu, Y. Shirahata, K. Soma, A. Suzuki, A.A. Suzuki, T. Takai, A. Takeuchi, K. Tamae, Y. Teraoka, Y. Wada, D. Chernyak, A. Kozlov, S. Yoshida^s, S. Umeharaⁱ, Y. Takemoto, K. Fushimi, S. Hirata, C. Grant, A. Li, J.G. Learned, J. Maricic, B.E. Berger, B.K. Fujikawa, S. Fraker, A. Herman, E. Krupczak, G.L. Pease, L.A. Winslow, Y. Efremenko, H.J. Karwowski, D.M. Markoff, W. Tornow, T. O'Donnell, S. Dell'Oro, J.A. Detwiler, S. Enomoto, M.P. Decowski

Journal of Instrumentation **16** (No. 08, Aug.) (2021) P08023-0–P08023-22

(<http://dx.doi.org/doi:10.1088/1748-0221/16/08/p08023>).

Low background measurement in CANDLES-III for studying the neutrinoless double beta decay of Ca48

S. Ajimurai, W.M. Chan, K. Ichimura, T. Ishikawa, K. Kanagawa, B.T. Khai, T. Kishimotoⁱ, H. Kino, T. Maeda, K. Matsuoka, N. Nakatani, M. Nomachi, M. Saka, K. Seki, Y. Takemoto, Y. Takihira, D. Tanaka, M. Tanaka, K. Tetsuno, V.T.T. Trang, M. Tsuzuki, S. Umeharaⁱ, K. Akutagawa, B. Temuge, M. Doihara, S. Katagiri, E. Kinoshita, Y. Hirano, T. Iga, M. Ishikawa, G. Ito, H. Kakubata, K. K.K. Lee, X. Li, K. Mizukoshi, M. Moser, T. Ohata, M. Shokati, M. S. Soberi, T. Uehara, W. Wang, K. Yamamoto, K. Yasuda, S. Yoshida^s, N. Yotsunaga, T. Harada, H. Hiraoka, T. Hiyama, A. Hirota, Y. Ikeyama,

A. Kawamura, Y. Kawashima, S. Maeda, K. Matsuoka, K. Nakajima, I. Ogawa, K. Ozawa, K. Shamoto, K. Shimizu, Y. Shinki, Y. Tamagawa, M. Tozawa, M. Yoshizawa, K. Fushimi, R. Hazama, P. Noithong, A. Rittirong, K. Suzuki, T. Iida
Physical Review D **103** (No. 9, May) (2021) 092008-1–092008-13
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/physrevd.103.092008>).

Search for Low-energy Electron Antineutrinos in KamLAND Associated with Gravitational Wave Events

S. Abe, S. Asami, A. Gando, Y. Gando, T. Gima, A. Goto, T. Hachiya, K. Hata, S. Hayashida, K. Hosokawa, K. Ichimura, S. Ieki, H. Ikeda, K. Inoue, K. Ishidoshiro, Y. Kamei, N. Kawada, Y. Kishimoto, T. Kinoshita, M. Koga, N. Maemura, T. Mitsui, H. Miyake, K. Nakamura, K. Nakamura, R. Nakamura, H. Ozaki, T. Sakai, H. Sambon-sugi, I. Shimizu, J. Shirai, K. Shiraiishi, A. Suzuki, Y. Suzuki, A. Takeuchi, K. Tamae, K. Ueshima, Y. Wada, H. Watanabe, Y. Yoshida, S. Obara, A. Kozlov, D. Chernyak, Y. Takemoto, S. Yoshida^s, S. Umeharaⁱ, K. Fushimi, A. K. Ichikawa, K. Z. Nakamura, M. Yoshida, B. E. Berger, B. K. Fujikawa, J. G. Learned, J. Maricic, S. N. Axani, L. A. Winslow, Z. Fu, J. Ouellet, Y. Efremenko, H. J. Karwowski, D. M. Markoff, W. Tornow, A. Li, J. A. Detwiler, S. Enomoto, M. P. Decowski, C. Grant, T. O'Donnell, S. Dell'Oro
The Astrophysical Journal **909** (No. 2, May) (2021) 116–121
(<http://dx.doi.org/doi:10.3847/1538-4357/abd5bc>).

Development of highly radiopure NaI(Tl) scintillator for PICOLON dark matter search project

K Fushimi, Y Kanemitsu, S Hirata, D Chernyak, R Hazama, H Ikeda, K Imagawa, H Ishiura, H Ito, T Kisimoto, A Kozlov, Y Takemoto, K Yasuda, H Ejiri, K Hata, T Iida, K Inoue, M Koga, K Nakamura, R Orito, T Shima, S Umehara, S Yoshida
Progress of Theoretical and Experimental Physics **2021** (No. 4, Apr.) (2021) 043F01-1–043F01-11
(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptab020>).

A study on energy resolution of CANDLES detector

B.T. Khai, S. Ajimurai, W.M. Chan, K. Fushimi, R. Hazama, H. Hiraoka, T. Iida, K. Kanagawa, H. Kino, T. Kishimotoⁱ, T. Maeda, K. Nakajima, M. Nomachi, I. Ogawa, T. Ohata, K. Suzuki, Y. Takemoto, Y. Takihira, Y. Tamagawa, M. Tozawa, M. Tsuzuki, S. Umeharaⁱ, S. Yoshida^s
IEEE Transactions on Nuclear Science **68** (No. 3,) (2021) 368–378
(<http://dx.doi.org/doi:10.1109/TNS.2021.3054788>).

Measurement of structure dependent radiative $K^+ \rightarrow e^+ \nu \gamma$ decays using stopped

positive kaons

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

Phys. Lett. B **826** (Jan.) (2022) 136913

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2022.136913>).

国際会議報告等**Measurement of $^{12}\text{C}(n,n')$ reaction cross section to determine triple-alpha reaction rate in high-density environments**

T. Furuno^{s*}, K. Himi^m, T. Kawabata^s, S. Adachi^s, K. Sakanashi^d *et al.*

EPJ Web of Conference **260** (Feb.) (2022) 11010.

16th International Symposium on Nuclei in the Cosmos (Sep. 2021, 参加者数約400名).xxx

Online extraction efficiency from RF ion guide gas cell at SLOWRI

S. Iimura^{d*}, A. Takamine, D. Hou, M. Rosenbusch, M. Wada, S. Chen, J. Liu, W. Xian, S.

Yan, P. Schury, S. Kimura, T. Niwase, Y. Ito, T. Sonoda, T. M. Kojima, Y. X. Watanabe,

S. Naimi, S. Michimasa, S. Nishimura, A. Odahara^s, and H. Ishiyama

RIKEN Accelerator Progress Report 2020 **54** (Sep) (2021) 98.

Experimental status toward the direct lifetime measurement of Hypertriton using the (K^-, π^0) reaction at J-PARC

T. Akaishi^{d*}, H. Asano, X. Chen, A. Clozza, C. Curceanu, R. Del Grande, C. Guaraldo,

C. Han, T. Hashimoto, M. Iliescu, K. Inoue, S. Ishimoto, K. Itahashi, M. Iwasaki, Y.

Ma, R. Murayama, M. Miliucci, H. Noumi, H. Ohnishi, S. Okada, H. Outa, K. Piscicchia,

A. Sakaguchi^s, F. Sakuma, M. Sato, A. Scordo, D. Sirghi, F. Sirghi, K. Shirotori, S. Suzuki,

K. Tanida, T. Toda, M. Tokuda, T. Yamaga, X. Yuan, P. Zhang, Y. Zhang and H. Zhang

PoS **PANIC2021** (Mar.) (2022) 214 1-5.

Particles and Nuclei International Conference 2021 (online, Sep. 5-10, 2021, 参加者数約

580名).xxx

Application of spin polarized ^{19}O beam to the study of oxygen motion in solid oxide fuel cell materials

Y. Ohtani^{m*}, M. Mihara^s, Y. Kimura^m, K. Matsuta^s, M. Fukuda^s, R. Wakabayashi,

N. Okimoto, M. Fukutome^m, Y. Kimura^m, G. Takayama^m, T. Izumikawa, N. Noguchi,

M. Ogose, M. Sato, K. Takatsu, T. Ohtsubo, D. Nishimura, H. Takahashi, S. Sugawara,

A. Gladkov, H. Ishiyama, A. Kitagawa, S. Sato, S. Momota, H. Okumura, T. Moriguchi,

A. Ozawa, N. Kaname, A. Yano

Hyperfine Interactions **242** (Dec.) (2021) 47 1-6.

3rd Int. Conf. on HYPERFINE Interactions and their Applications (HYPERFINE2021), (Brasov, Romania, Sep. 2021, 参加者数約 100 名).xxx

High-resolution β -NMR of short-lived spin-1/2 nucleus ^{17}N implanted into water

M. Mihara^{s*}, Y. Ohtani^m, Y. Kimura^m, R. Wakabayashi, N. Noguchi, M. Ogose, T. Izumikawa, H. Takahashi, M. Sato, K. Takatsu, G. Takayama^m, S. Momota, H. Okumura, M. Fukuda^s, M. Fukutome^m, D. Nishimura, K. Matsuta^s, T. Minamisonoⁱ, T. Ohtsubo, A. Ozawa, T. Nagatomo, A. Kitagawa, S. Sato

Hyperfine Interactions **242** (Dec.) (2021) 49 1-7.

3rd Int. Conf. on HYPERFINE Interactions and their Applications (HYPERFINE2021), (Brasov, Romania, Sep. 2021, 参加者数約 100 名).xxx

Development of a small beta-NMR system using Halbach array permanent magnet

Y. Kimura^{m*}, M. Mihara^s, K. Matsuta^s, M. Fukuda^s, Y. Ohtani^m, G. Takayama^m, T. Izumikawa, N. Noguchi, M. Ogose, M. Sato, K. Takatsu, T. Ohtsubo, H. Takahashi, S. Momota, H. Okumura, T. Moriguchi, A. Ozawa, A. Kitagawa, S. Sato

Hyperfine Interactions **243** (Dec.) (2022) 1 1-7.

3rd Int. Conf. on HYPERFINE Interactions and their Applications (HYPERFINE2021), (Brasov, Romania, Sep. 2021, 参加者数約 100 名).xxx

Chemical species of localized Fe atoms in solid hydrogen using in-beam Mössbauer spectroscopy

Y. Kobayashi^{*}, M. Sato, Y. Yamada, M. K. Kubo, M. Mihara^s, W. Sato, T. Nagatomo, J. Miyazaki, A. Okazawa, S. Sato, A. Kitagawa

Hyperfine Interactions **243** (Feb.) (2022) 13 1-8.

3rd Int. Conf. on HYPERFINE Interactions and their Applications (HYPERFINE2021), (Brasov, Romania, Sep. 2021, 参加者数約 100 名).xxx

Measurement of muon spin relaxation time in scintillating materials

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

Hyperfine Interactions **243** (Feb.) (2022) 10 1-6.

3rd Int. Conf. on HYPERFINE Interactions and their Applications (HYPERFINE2021), (Brasov, Romania, Sep. 2021, 参加者数約 100 名).xxx

One-Neutron Removal Cross Sections for ^{16}N Isomeric State

M. Fukutome^{m*}, M. Fukuda^s, M. Tanaka, D. Nishimura, M. Takechi, T. Ohtsubo, M. Mihara^s, K. Matsuta^s, T. Suzuki, T. Yamaguchi, T. Izumikawa, S. Sato, S. Fukuda, A. Kitagawa, H. Takahashi, Y. Kimura^m, S. Sugawara, K. Takatsu, G. Takayama^m

Few-Body Syst. **63** (Mar.) (2022) 37 1-6.

The 8th Asia-Pacific Conf. on Few-Body Problems in Physics (APFB2020), (Kanazawa, Japan, Mar. 2021, 参加者数約 300 名).xxx

国際会議における講演等

Revised Triple Alpha Reaction Rate in High Temperature Environments (poster)

T. Kawabata^{s*}

16th International Symposium on Nuclei in the Cosmos (Sep. 21–25, 2021, 参加者数約 400 名)

Measurement of $^{12}\text{C}(n,n')$ reaction cross section to determine triple-alpha reaction rate in high-density environments (poster)

T. Furuno^{s**}

16th International Symposium on Nuclei in the Cosmos (Sep. 2021, 参加者数約 400 名)

Measurement of neutron quadrupole matrix element in ^{10}C using the MAIKo active target

T. Furuno^{s**} (invited)

JSPS/NRF/NSFC A3 Foresight Program Nuclear Physics in the 21st Century Joint Annual Meeting (Feb. 2022, 参加者数約 100 名)

Mass measurement of neutron-rich nuclei of Sc, Ti, and V region using the new ZD-MRTOF system (poster)

S. Iimura^{d*}, M. Rosenbusch, A. Takamine, M. Wada, S. Chen, D. Hou, J. Liu, W. Xian, S. Yan, P. Schury, S. Kimura, T. Niwase, H. Koura, Y. Ito, T. Sonoda, T. M. Kojima, Y. X. Watanabe, Y. Hirayama, H. Miyatake, S. Naimi, S. Michimasa, S. Nishimura, A. Odahara^s, and H. Ishiyama

The 16th International Symposium on Nuclei in the Cosmos (at Chengdu, China or Online, Sep. 21-25, 2021, 参加者約 200 名)

Experimental status toward the direct lifetime measurement of Hypertriton using the (K^-, π^0) reaction at J-PARC

T. Akaishi^{d*}

Particles and Nuclei International Conference 2021 (online, Sep. 5-10, 2021, 参加者数約 580 名)

Basic Research on Radiation Response of Semiconductor Quantum Devices (poster)

S. Yoshida^{s*}

2021年度電気通信研究所共同プロジェクト研究発表会 (at オンライン開催, オンライン開催, Feb., 2022, 参加者数約 140 名)

極低温技術による宇宙素粒子研究の高感度化

S. Yoshida^{s*}

新学術領域「地下から解き明かす宇宙の歴史と物質の進化」2021年度オンライン領域研究会 (at オンライン開催, オンライン開催, May, 2021, 参加者数約 120 名)

Chemical states of nitrogen in water studied by beta-NMR spectroscopy

M. Mihara^{s*}, Y. Ohtani^m, Y. Kimura^m, R. Wakabayashi, N. Noguchi, M. Ogose, T. Izumikawa, H. Takahashi, M. Sato, K. Takatsu, G. Takayama^m, S. Momota, H. Okumura, M. Fukuda^s, M. Fukutome^m, D. Nishimura, K. Matsuta^s, T. Minamisonoⁱ, T. Ohtsubo, A. Ozawa, T. Nagatomo, A. Kitagawa, S. Sato

3rd Int. Conf. on HYPERFINE Interactions and their Applications (HYPERFINE2021), Brasov, 5-10 Sep. 2021, 参加者数約 100 名

Production of spin polarized ¹⁹O beam and application to the study of solid oxide fuel cell materials

Y. Ohtani^{m*}, M. Mihara^s, K. Matsuta^s, M. Fukuda^s, R. Wakabayashi, N. Okimoto, M. Fukutome^m, Y. Kimura^m, G. Takayama^m, T. Izumikawa, N. Noguchi, M. Ogose, Y. Sato, K. Takatsu, T. Ohtsubo, D. Nishimura, H. Takahashi, S. Sugawara, A. Gladkov, A. Kitagawa, S. Sato, S. Momota, H. Okumura, T. Moriguchi, A. Ozawa

3rd Int. Conf. on HYPERFINE Interactions and their Applications (HYPERFINE2021), Brasov, 5-10 Sep. 2021, 参加者数約 100 名

Development of a small beta-NMR system using Halbach array permanent magnet

Y. Kimura^{m*}, M. Mihara^s, K. Matsuta^s, M. Fukuda^s, Y. Ohtani^m, G. Takayama^m, T. Izumikawa, N. Noguchi, M. Ogose, Y. Sato, K. Takatsu, T. Ohtsubo, H. Takahashi, S. Momota, H. Okumura, T. Moriguchi, A. Ozawa, A. Kitagawa, S. Sato

3rd Int. Conf. on HYPERFINE Interactions and their Applications (HYPERFINE2021), Brasov, 5-10 Sep. 2021, 参加者数約 100 名

Charge changing cross sections and charge radii of Sn isotopes

M. Fukutome^{m*}, M. Fukuda^s, M. Tanaka, D. Nishimura, H. Takahashi, G. Takayama^m, M. Ogose, S. Sugawara, K. Takatsu, M. Mihara^s, Y. Ohtani^m, Y. Kimura^m, T. Ohtsubo, T. Izumikawa, T. Suzuki, T. Yamaguchi, S. Harayama, T. Moriguchi

3rd Int. Conf. on HYPERFINE Interactions and their Applications (HYPERFINE2021), Brasov, 5-10 Sep. 2021, 参加者数約 100 名

Measurement of muon spin relaxation time in scintillating materialS. Shimizu^{s*}, K. Horie, K. Kamada, A. Kobayashi, M. Mihara^s

3rd Int. Conf. on HYPERFINE Interactions and their Applications (HYPERFINE2021), Brasov, 5-10 Sep. 2021, 参加者数約 100 名

Field compensation for neutron EDM measurement (poster)K. Matsuta^{s*}, Y. Masuda, M. Mihara^s, T. Yoshida

3rd Int. Conf. on HYPERFINE Interactions and their Applications (HYPERFINE2021), Brasov, 5-10 Sep. 2021, 参加者数約 100 名

Charge changing cross section and proton distribution radii of Be isotopes (poster)G. Takayama^{m*}, M. Fukuda^s, M. Fukutome^m, Y. Ohtani^m, Y. Kimura^m, K. Matsuta^s, M. Mihara^s, M. Tanaka, D. Nishimura, H. Takahashi, S. Sugawara, T. Ohtsubo, N. Noguchi, K. Takatsu, M. Takechi, M. Ogose, T. Suzuki, T. Yamaguchi, T. Izumikawa, S. Sato, S. Fukuda, A. Kitagawa

African Nuclear Physics Conference 2021 (ANPC2021), オンライン開催, 20-24 Sep. 2021, 参加者数 280 名

One neutron removal cross sections for ¹⁶N isomeric state (poster)M. Fukutome^{m*}, M. Fukuda^s, M. Tanaka, D. Nishimura, M. Takechi, T. Ohtsubo, M. Mihara^s, K. Matsuta^s, T. Suzuki, T. Yamaguchi, T. Izumikawa, S. Sato, S. Fukuda, A. Kitagawa, H. Takahashi, Y. Kimura^m, S. Sugawara, K. Takatsu, G. Takayama^m

African Nuclear Physics Conference 2021 (ANPC2021), オンライン開催, 20-24 Sep. 2021, 参加者数 280 名

Production of spin polarized ¹⁹O beam and application to the study of solid oxide fuel cell materialsY. Ohtani^{m*}, M. Mihara^s, K. Matsuta^s, M. Fukuda^s, M. Fukutome^m, Y. Kimura^m, G. Takayama^m, T. Izumikawa, N. Noguchi, K. Takatsu, T. Ohtsubo, D. Nishimura, H. Takahashi, A. Kitagawa, S. Sato, T. Moriguchi, A. Ozawa, N. Kaname, A. Yano, H. Ishiyama

Materials Research Meeting 2021 (MRM2021), Yokohama, 13-16 Dec. 2021, 参加者数約 1000 名

Research on the chemical state of nitrogen in H₂O by μ^- SR and β -NMR methodsY. Kimura^{m*}, M. Mihara^s, K. Matsuta^s, M. Fukuda^s, Y. Ohtani^m, M. Fukutome^m, G. Takayama^m, T. Nishimura, H. Takahashi, T. Izumikawa, T. Ohtsubo, N. Noguchi,

M. Ogose, K. Takatsu, A. Ozawa, M. K. Kubo, K. Shimomura, S. Sato, A. Kitagawa, A. Koda

Materials Research Meeting 2021 (MRM2021), Yokohama, 13-16 Dec. 2021, 参加者数約 1000 名

Search for lepton universality and T-violation through kaon decay

S. Shimizu^{s*} (invited)

International Workshop on the Extension Project for the J-PARC Experimental Facility (Feb. 2022, 参加者数約 100 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

²⁰Ne 原子核におけるアルファ凝縮状態の同定

足立 智^{s*}, 川畑 貴裕ⁱ, 古野 達也^s, 坂梨 公亮^d, 辻 聖也^m, 氷見 香奈子^{m et al.}

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

大立体角 Si 検出器アレイ (SAKRA) を用いた低エネルギー荷電粒子の波形弁別

坂梨 公亮^{d*}, 川畑 貴裕ⁱ, 足立 智^s, 古野 達也^s, 辻 聖也^m, 氷見 香奈子^{m et al.}

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

高エネルギー荷電粒子測定のための GAGG シンチレーターの開発

辻 峻太郎^{*}, 川畑 貴裕ⁱ, 古野 達也^{s et al.}

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

GAGG シンチレータの波形解析による粒子識別法の開発 (2)

坂梨 公亮^{d*}, 辻 聖也^m, 川畑 貴裕ⁱ, 古野 達也^s, 足立 智^s, 氷見 香奈子^{m et al.}

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

¹²C(*n, n*)¹²C(0₂⁺) の断面積の測定のための大型アクティブ標的 MAIKo+の開発

氷見 香奈子^{m*}, 古野 達也^s, 宮本 憲伸^b, 川畑 貴裕ⁱ, 足立 智^s, 坂梨 公亮^d, 辻 聖也^m, 本多 裕也^{b et al.}

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

MAIKo アクティブ標的における 3 方向読み出し機構の開発 (ポスター)

宮本 憲伸^{b*}, 古野 達也^s, 氷見 香奈子^m, 川畑 貴裕^{i et al.}

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

単色中性子源開発における Digitizer を用いたデータ収集

今間可奈子^{*}, 足立 智^s, 氷見 香奈子^m, 宮本 憲伸^{b et al.}

日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 - 3月19日)

高密度環境下におけるトリプルアルファ反応率決定に向けた10MeV領域のエネルギー可変な単色中性子源開発

山本広平^{*}, 足立 智^s, 氷見 香奈子^m, 宮本 憲伸^{b et al.}

日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 - 3月19日)

クラスターノックアウト反応に向けた荷電粒子用シリコン・ストリップ検出器の開発

樋口 浩志^{*}, 川畑 貴裕ⁱ, 古野 達也^{s et al.}

日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 - 3月19日)

Mass measurement of neutron-rich nuclei of Sc, Ti, and V region using the new ZD-MRTOF system

S. Iimura^{d*}, M. Rosenbusch, A. Takamine, M. Wada, S. Chen, D. Hou, J. Liu, W. Xian, S. Yan, P. Schury, S. Kimura, T. Niwase, H. Koura, Y. Ito, T. Sonoda, T. M. Kojima, Y. X. Watanabe, Y. Hirayama, H. Miyatake, S. Naimi, S. Michimasa, S. Nishimura, A. Odahara, and H. Ishiyama

日本物理学会 2021年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021年9月14日 - 9月17日)

Nuclear Structure Study of Neutron-Rich ^{141}Xe by β - γ Decay 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, H. Sato, 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 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 - 3月19日)

^{33}Mg の β 崩壊による中性子過剰核 ^{33}Al の束縛状態と中性子非束縛状態の研究

大上能弘^{m*}, 小田原厚子^s, 西畑洗希, 下田正ⁱ, 大谷 優里花^m, 飯村俊^d, Nurhafiza M. Nor^d, 前島大樹^m, 金谷晋之介^{DC}, 浜野友哉, 関口直太, 浅川寛太 C, C.D.P. Levy, M.R. Pearson, J. Lassen, R. Li

日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 - 3月19日)

スピン偏極 ^{31}Mg ビームを用いた ^{31}Al の構造研究

小田原厚子^{**}, 西畑洗希, 下田正ⁱ, 前島大樹^m, 浜野友哉, 大上能弘^m, 大谷 優里花^m, 金谷 晋之介^{DC}, 飯村俊^d, 関口直太, 浅川寛太, C.D.P. Levy, M.R. Pearson, J. Lassen, R. Li

日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 - 3月19日)

K 中間子ビームを用いたハイパートライトンの直接寿命測定

赤石貴也 ^{d*}

J-PARC ハドロン研究会 2022 (於 ハイブリッド (オンライン + KEK J-PARC 東海分室)、
2022 年 3 月 22 日 – 3 月 24 日)

リングイメージングチェレンコフ検出器における光学系の設計と性能評価

徳田恵 ^{m*}, 阪口篤志 ^s, 白鳥昂太郎, 野海博之, 石川貴嗣, 田端誠, 戸田匡哉 ^m, 木村祐太 ^m, 辰
巳凌平 ^m, 山本勇次, 他 J-PARC E50 コラボレーション

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

チャームバリオン分光実験に用いるリングイメージングチェレンコフ (RICH) 検出器のデ ザインとテスト機の性能評価

戸田匡哉 ^{m*}, 阪口篤志 ^s, 白鳥昂太郎, 野海博之, 石川貴嗣, 田端誠, 徳田恵 ^m, 木村祐太 ^m, 辰
巳凌平 ^m, 山本勇次, 他 J- PARC E50 コラボレーション

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

低屈折率エアロゲルと MPPC を用いた閾値型チェレンコフ粒子識別検出器の性能評価

辰巳凌平 ^{m*}, 阪口篤志 ^s, 白鳥昂太郎, 田端誠, 徳田恵 ^m, 戸田匡哉 ^m, 山本勇次, 他 J-PARC
E50 コラボレーション

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

チャームバリオン分光実験のためのファイバートラッカーの性能評価

木村祐太 ^{m*}, 阪口篤志 ^s, 白鳥昂太郎, 本多良太郎, 野海博之, 富田夏希, 辰巳凌平 ^m, 戸田匡
哉 ^m, 徳田恵 ^m, 他 J-PARC E50 コラボレーション

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

長時間・高位置分解能の Resistive Plate Chamber 検出器の開発 (ポスター)

宇田隆佑 ^{b*}, 林双葉 ^b, 富田夏希, 阪口篤志 ^s, 白鳥昂太郎, 徳田恵 ^m, 山本勇次, Wen-Chen
Chang, Ming-Lee Chu, Chia-Yu Hsieh, Wendell Roger, 他 J-PARC E50 コラボレーション

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

飛行時間測定用大型 Resistive Plate Chamber の開発 (ポスター)

林双葉 ^{b*}, 宇田隆佑 ^b, 富田夏希, 阪口篤志 ^s, 白鳥昂太郎, 徳田恵 ^m, 山本勇次, Wen-Chen
Chang, Ming-Lee Chu, Chia-Yu Hsieh, Roger Wendell, 他 J-PARC E50 コラボレーション

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

K 中間子ビームを用いたハイパートライトンの寿命測定の現状

赤石貴也 ^{d*}

ストレンジネス核物理の将来を考える研究会 (於 オンライン、2021 年 9 月 21 日 – 9 月 23
日)

K^- ビームを用いたハイパートライトンの寿命直接測定の現状 (2)赤石貴也 ^{d*}, 他 J-PARC E73 collaboration

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究南雄人 ^{s*}

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

 ^{48}Ca の β 崩壊測定のための実験装置と改良山本朝陽 ^{m*}

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

CANDLES 実験でのバックグラウンド除去用の波形弁別の改善吉岡篤志 ^{m*}

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

 ^{48}Ca の半減期測定に向けた ^{48}Sc 検出効率の改善とキレート樹脂での Sc 捕集効率の評価 (ポスター)原田卓明 ^{m*}

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

機械学習による CaF_2 シンチレーティングボロメーターの分解能改善 (ポスター)白井竜太 ^{m*}

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

量子ポイントコンタクトの放射線応答 (ポスター)湯田秀明 ^{m*}

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

B,C,N 同位体の荷電変化断面積と荷電粒子蒸発効果

福田 光順 ^{s*}, 田中聖臣, 福留 美樹 ^m, 高山 元 ^m, 西村太樹, 池田彩夏, 武智麻耶, 泉川卓司, 大坪隆, 生越瑞揮, 加藤郁磨, 北川敦志, 坂上護, 佐藤眞二, 菅原奏来, 鈴木健, 高橋弘幸, 田中悠太郎, 杜航, 富田瑞樹, 野口法秀, 福田茂一, 本間彰, 松多 健策 ^s, 三原 基嗣 ^s, 茂住圭一, 山口滉太, 山口貴之, 横田健次郎, 若林諒

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

 $^{108-124}\text{Sn}$ の荷電変化断面積測定と陽子分布半径

福留 美樹 ^{m*}, 田中聖臣, 福田 光順 ^s, 西村太樹, 高橋弘幸, 高山 元 ^m, 菅原奏来, 生越瑞揮, 高津和哉, 原山朔弥, 鈴木健, 山口貴之, 泉川卓司, 森口哲朗, 大坪隆, 木村 容子 ^m, 三原 基嗣 ^s, 松多 健策 ^s, 大谷 優里花 ^m, 阪井 俊樹 ^m, 徳田 恵 ^m, 佐藤眞二, 北川敦志, 福田茂一

日本物理学会 2021 年秋季大会（素核宇）（於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日）

重イオン二次ビームを用いた原子核の陽子及び中性子分布半径の測定

高山 元 ^{m*}, 福田 光順 ^s, 松多 健策 ^s, 三原 基嗣 ^s, 福留 美樹 ^m, 大谷 優里花 ^m, 木村 容子 ^m, 田中聖臣, 西村太樹, 高橋弘幸, 菅原奏来, 森口哲朗, 大坪隆, 武智麻耶, 生越瑞揮, 野口法秀, 高津和哉, 鈴木健, 山口貴之, 原山朔弥, 大津美沙紀, 泉川卓司, 佐藤眞二, 福田茂一, 北川敦志
日本物理学会 2021 年秋季大会（素核宇）（於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日）

中性子 EDM 測定のための一様静磁場の開発 (12)

松多 健策 ^{s*}, 増田康博, 三原 基嗣 ^s

日本物理学会 2021 年秋季大会（素核宇）（於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日）

中性子 EDM 測定のための ¹²⁹Xe 核スピン磁力計の開発 XVII

三原 基嗣 ^{s*}, 増田康博, 松多 健策 ^s

日本物理学会 2021 年秋季大会（素核宇）（於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日）

酸素イオン伝導体 YSZ 中における短寿命核 ¹⁹O のスピン格子緩和時間

大谷 優里花 ^{m*}, 三原 基嗣 ^s, 松多 健策 ^s, 福田 光順 ^s, 若林諒, 沖本直哉, 福留 美樹 ^m, 木村 容子 ^m, 高山 元 ^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, Aleksey 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, 矢野朝陽

日本物理学会 2021 年秋季大会（物性）（於 オンライン、2021 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日）

μ^- SR 法と β -NMR 法による H₂O 中の窒素の化学状態の研究

木村 容子 ^{m*}, 三原 基嗣 ^s, 松多 健策 ^s, 福田 光順 ^s, 若林諒, 大谷 優里花 ^m, 福留 美樹 ^m, 高山 元 ^m, 南園 忠則 ⁱ, 西村太樹, 高橋弘幸, 泉川卓司, 大坪隆, 野口法秀, 生越瑞揮, 佐藤弥紗, 高津和哉, 百田佐多生, 小沢顕, 長友傑, 北川敦志, 佐藤眞二, 久保謙哉, 下村浩一郎, 幸田章宏, 竹下聡史

日本物理学会 2021 年秋季大会（物性）（於 オンライン、2021 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日）

重粒子線による核反応断面積の研究

福田 光順 ^{s*}

2020 年度 HIMAC 共同利用研究成果発表会（オンライン開催, 2021 年 6 月 7-10 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*}

2020 年度 HIMAC 共同利用研究成果発表会（オンライン開催, 2021 年 6 月 7-10 日）

β -NMR 法を利用した 3 次元イメージング装置の開発

木村 容子 ^{m*}

計測システム研究会 2021 ～計測システム開発の現状と今後の展開～（九州大学, 2021年10月28-29日）

短寿命核¹⁹Oを用いた固体酸化物形燃料電池材料YSZ中における酸素イオン伝導特性の評価

大谷 優里花^{m*}, 三原 基嗣^s, 松多 健策^s, 福田 光順^s, 若林 諒, 沖本直哉, 福留 美樹^m, 木村 容子^m, 高山 元^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, Aleksey 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

第47回固体イオニクス討論会（あわぎんホール（徳島県郷土文化会館）, 2021年12月8-10日）

β -NMR法を利用した3次元イメージング装置の開発

木村 容子^{m*}, 杉崎 堯人^b, 高山 元^m, 田中聖臣, 溝井浩, 三原 基嗣^s, 福田 光順^s, 大谷 優里花^m, 福留 美樹^m, 田口 諒^b, 泉川卓司, 野口法秀, 高津和哉, 大坪隆, 松多 健策^s, 北川敦志, 佐藤眞二

日本量子医科学会第1回学術大会（オンライン開催, 2021年12月10-11日）

軽核領域における陽子・中性子剥離断面積と中性子スキン

福田 光順^{s*}, 西村太樹, 田中聖臣, 福留 美樹^m, 高山 元^m, 木村 容子^m, 大谷 優里花^m, 阪井 俊樹^m, 徳田 恵^m, 三原 基嗣^s, 松多 健策^s, 高津和哉, 生越瑞揮, 野口法秀, 武智麻耶, 大坪隆, 泉川卓司, 高橋弘幸, 菅原奏来, 森口哲朗, 原山朔弥, 鈴木健, 山口貴之, 福田茂一, 佐藤眞二, 北川敦志

日本量子医科学会第1回学術大会（オンライン開催, 2021年12月10-11日）

ベータ NMR 分光法による水中に入射したイオンの化学状態探索（ポスター）

三原 基嗣^{s*}, 大谷 優里花^m, 木村 容子^m, 若林 諒, 野口法秀, 生越瑞揮, 泉川卓司, 高橋弘幸, 佐藤弥紗, 高津和哉, 高山 元^m, 百田佐多生, 奥村寛之, 福田 光順^s, 福留 美樹^m, 西村太樹, 松多 健策^s, 南園 忠則ⁱ, 大坪隆, 小沢顕, 長友傑, 北川敦志, 佐藤眞二

日本量子医科学会第1回学術大会（オンライン開催, 2021年12月10-11日）

¹⁶N 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^{m*}, 福田 光順^s, 田中聖臣, 西村太樹, 武智麻耶, 大坪隆, 三原 基嗣^s, 松多 健策^s, 鈴木健, 山口貴之, 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^m

日本量子医科学会第1回学術大会（オンライン開催, 2021年12月10-11日）

中高エネルギー重イオンビームを用いた固体水素標的の厚さ測定方法の開発（ポスター）

高山 元^{m*}, 福田 光順^s, 松多 健策^s, 三原 基嗣^s, 福留 美樹^m, 大谷 優里花^m, 木村 容子^m, 田口 諒^b, 本多 裕也^b, 林 双葉^b, 小沢顕, 森口哲朗, 要直登, 矢野朝陽, 田中聖臣, 西村太樹,

高橋弘幸, 菅原奏来, 宇根千晶, 鈴木健, 山口貴之, 神田真矩, 関響咲, 大坪隆, 武智麻耶, 野口法秀, 高津和哉, 泉川卓司, 佐藤眞二, 福田茂一, 北川敦志
日本量子医科学会第1回学術大会 (オンライン開催, 2021年12月10-11日)

逆運動学を用いた低エネルギー核反応によるスピン偏極ビーム生成

三原 基嗣^{s*}, 大谷 優里花^m, 木村 容子^m, 杉崎 堯人^b, 森口哲朗, 矢野朝陽, 富田啓介, 要直登, 小沢顕, 石山博恒, 福留美樹, 高山 元^m, 宇田 隆佑^b, 湯田 秀明^b, 福田 光順^s, 松多 健策^s
令和3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 VIII」(オンライン開催, 2022年1月28日)

β -NMR 法によるイメージング用プログラムの開発

杉崎 堯人^{b*}, 木村 容子^m, 高山 元^m, 田中聖臣, 溝井浩, 三原 基嗣^s, 福田 光順^s, 大谷優里花, 福留 美樹^m, 田口 諒^b, 泉川卓司, 野口法秀, 高津和哉, 大坪隆, 松多 健策^s, 北川敦志, 佐藤眞二

令和3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 VIII」(オンライン開催, 2022年1月28日)

μ^- SR 法と β -NMR 法を用いた H_2O 中の窒素の化学状態の研究

木村 容子^{m*}, 三原 基嗣^s, 松多 健策^s, 福田 光順^s, 若林諒, 大谷 優里花^m, 福留 美樹^m, 高山 元^m, 南園 忠則ⁱ, 西村太樹, 高橋弘幸, 泉川卓司, 大坪隆, 野口法秀, 生越瑞揮, 佐藤弥紗, 高津和哉, 百田佐多生, 小沢顕, 長友傑, 北川敦志, 佐藤眞二, 久保謙哉, 下村浩一郎, 幸田章宏, 竹下聡史

令和3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 VIII」(オンライン開催, 2022年1月28日)

偏極 ^{19}O ビームを用いた固体酸化物形燃料電池材料 YSZ 中の酸素イオン伝導率の評価

大谷 優里花^{m*}, 三原 基嗣^s, 松多 健策^s, 福田 光順^s, 若林諒, 沖本直哉, 福留 美樹^m, 木村容子^m, 高山 元^m, 杉崎 堯人^b, 田口 諒^b, 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, Aleksey 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3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 VIII」(オンライン開催, 2022年1月28日)

ベータ NMR による物性研究

松多 健策^{s*}

令和3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 VIII」(オンライン開催, 2022年1月28日)

N 同位体の反応断面積と密度分布・核半径

福田 光順^{s*}, 大西康介, 若林諒, 田中聖臣, 福留 美樹^m, 高山 元^m, 西村太樹, 武智麻耶, 泉

川卓司, 大坪隆, 北川敦志, 木村 容子^m, 佐藤眞二, 菅原奏来, 鈴木健, 高津和哉, 高橋弘幸, 野口法秀, 福田茂一, 本間彰, 松多 健策^s, 三原 基嗣^s, 山口貴之
日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 – 3月19日)

¹⁶N アイソマーの反応断面積・中性子剥離断面積測定

福留 美樹^{m*}, 福田 光順^s, 田中聖臣, 山口滉太, 西村太樹, 武智麻耶, 大坪隆, 三原 基嗣^s, 松多 健策^s 鈴木健, 山口貴之, 泉川卓司, 佐藤眞二, 福田茂一, 北川敦志, 野口法秀, 高橋弘幸, 木村 容子^m, 菅原奏来, 高津和哉, 高山 元^m
日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 – 3月19日)

Be 同位体の陽子及び中性子分布半径の導出に向けた固体水素および重水素標的を用いた断面積測定

高山 元^{m*}, 福田 光順^s, 森口哲朗, 矢野朝陽, 田中聖臣, 福留 美樹^m, 田口 諒^b, 要直登, 西村太樹, 高橋弘幸, 菅原奏来, 野口法秀, 高津和哉, 松多 健策^s, 三原 基嗣^s, 大谷 優里花^m, 木村容子, 本多 裕也^b, 林 双葉^b, 小沢顕, 宇根千晶, 大坪隆, 武智麻耶, 鈴木健, 山口貴之, 神田真矩, 関響咲, 泉川卓司, 佐藤眞二, 福田茂一, 北川敦志
日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 – 3月19日)

中性子 EDM 測定のための一様静磁場の開発 (13)

松多 健策^{s*}, 増田康博, 三原 基嗣^s
日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 – 3月19日)

β -NMR 法を利用した3次元イメージング装置の開発

木村 容子^{m*}, 杉崎 堯人^b, 高山 元^m, 田中聖臣, 溝井浩, 三原 基嗣^s, 福田 光順^s, 大谷 優里花^m, 福留 美樹^m, 田口 諒^b, 泉川卓司, 野口法秀, 高津和哉, 大坪隆, 松多 健策^s, 北川敦志, 佐藤眞二
日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 – 3月19日)

逆運動学を用いた低エネルギー核反応によるスピン偏極¹⁹O ビーム生成

三原 基嗣^{s*}, 大谷 優里花^m, 木村 容子^m, 杉崎 堯人^b, 森口哲朗, 矢野朝陽, 冨田啓介, 要直登, 小沢顕, 石山博恒, 福留 美樹^m, 高山 元^m, 宇田 隆佑^b, 湯田 秀明^b, 福田 光順^s, 松多 健策^s
日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 – 3月19日)

不安定核ビームを用いた¹²Beの基底状態とアイソマー状態の核構造研究 (ポスター)

田口 諒^{b*}, 福田 光順^s, 福留 美樹^m, 高山 元^m, 田中聖臣, 西村太樹, 高橋弘幸, 菅原奏来, 松多 健策^s, 三原 基嗣^s, 大谷 優里花^m, 木村 容子^m, 杉崎 堯人^b, 宇根千晶, 大坪隆, 武智麻耶, 野口法秀^c, 高津和哉, 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 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 – 3月19日)

β -NMR 法によるイメージング用プログラムの開発 (ポスター)

杉崎 堯人^{b*}, 木村 容子^m, 高山 元^m, 田中聖臣, 溝井浩, 三原 基嗣^s, 福田 光順^s, 大谷 優里花^m, 福留 美樹^m, 田口 諒^b, 泉川卓司, 野口法秀, 高津和哉, 大坪隆, 松多 健策^s, 北川敦志, 佐藤眞二

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日), 優秀発表賞受賞

CeF₃ 検出器を用いた $K^+ \rightarrow \pi^0 \mu^+ \nu$ 崩壊における時間反転対称性破れ探索実験の提案

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

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

Measurement of muon spin relaxation time in scintillating materials

清水俊^{s*}

第 12 回ミュオン科学と加速器研究 (2022 年 1 月 6-8 日, 参加人数約 80 名)

書籍等の出版, 日本語の解説記事

人物・研究室紹介 大阪大学 大学院理学研究科 物理学専攻 原子核実験研究室

川畑 貴裕ⁱ, 赤石貴也^d, 小田原厚子^s, 清水俊^s, 福田 光順^s, 三原 基嗣^s, 吉田斉^s
原子核研究 第 66 巻第 2 号 pp.12-25 (2022 年 3 月発行)

1.3 山中（卓）グループ

令和三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。

- **データ収集と解析：** 中性 K 中間子のビームに $O(10^{-5})$ の割合で混在している荷電 K 中間子に起因する背景事象を削減するために、2020 年の末に 0.5 mm 角のプラスチックシンチレータを一層並べた検出器 (UCV0.5) を中性 K 中間子のビームに入れた。2021 年 5 月から 6 月までデータ収集を行い、2016-2018 年に収集したデータと同程度の K 中間子数を得た [全員]。また物理解析に備え、種々測定器の較正やチェック、UCV0.5 の検出効率の測定などを行った [白石]。ビームの外に散乱した K 中間子の $K_L \rightarrow \gamma\gamma$ 崩壊による背景事象を削減するために機械学習を用いた解析手法を開発した [加藤]。
- **ビーム中荷電粒子検出器の改良：** UCV0.5 が持つ問題を解決するために、さらに薄い 0.2 mm 厚のシンチレータフィルムを用いる新たな検出器 (UCV0.2) を開発している。薄いシンチレータ内を伝搬する光は大きく減衰するため、図 1.1 に示すようにシンチレータの表面から外に出る光を薄い鏡を使って集光する。雛形の検出器で十分な光量が得られることは確認した。現在、実機の製作方法、真空中で高いレートでも稼働する光電子増倍管のベース、検出効率を測定するための可動式トリガーカウンターなどを開発している。実機は 2022 年中に J-PARC に設置する [小野、北川、小寺、南條]。

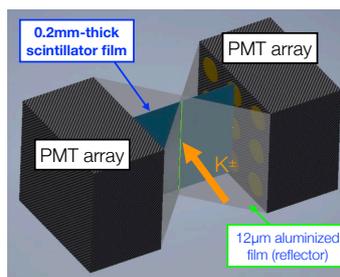


図 1.1: シンチレータフィルムと薄い鏡を用いる UCV0.2 の案。

- **GPU：** 加速器のビームパワーの増強に対処するためにデータ収集システムを更新することに伴い、ソフトウェアで事象選別をする PC クラスタも新しくする。新たな PC ファームには高速並列処理ができる GPU が入ったものを用いる。この GPU を用い、高速に波形データを圧縮する手法を開発した [Gonzalez]。

- **次世代実験：** KOTO 実験の次世代の実験について詳細な検討を行った。J-PARC ハドロンホールを拡張し、ビームダンプの下流に小角度で K_L ビームを取り出し、より大きな検出器を設置する。100 kW のビームパワーで 12 ヶ月データを収集すると、 S/N 比 0.63 で標準理論による崩壊を 35 事象観測できることを示した。また測定した崩壊分岐比が標準理論より 44%多いと 90%の信頼度で新しい物理の存在を示せる [南條]。

CERN ATLAS 実験

LHC ATLAS 実験の目的は、エネルギーフロンティアでの素粒子物理標準模型を越える物理の探索と、発見された Higgs 粒子の性質解明である。2021 年度はデータ取得はなく、以前 4 年間の Run2 期間のまとめと、2022 年 6 月からの Run3 への準備を行っている。また、2029 年からのビーム輝度を上げた High Luminosity LHC(HL-LHC) に向けて、ATLAS 検出器のアップグレードの準備も進めている。

物理データ解析： Higgs 粒子の c クォーク対崩壊の探索を始めた。稀な事象なので、高統計なシミュレーションを使い、背景事象を削減する研究を行う。この際、ジェットの c 、 b クォークの識別効率を重み付けすることで、シミュレーションの統計を有効利用する。グラフニューラルネットワークを利用して、ジェット自身の性質に加え、ジェット同士の相関を取り入れることで、重み付けの信頼性を向上させる研究を行った。[Lakmin、廣瀬]

現行 ATLAS 実験のシリコンストリップ検出器の運用： Run2 期間の性能を論文に纏めた。特に検出器漏れ電流による放射線損傷の評価を行った (図 1.2)。検出器の健全性監視ツールの開発を進め、実験での運用を始めた。[Lakmin、廣瀬、南條]

HL-LHC に向けた開発： HL-LHC では、高輝度ビームに伴う荷電粒子の飛跡密度増加に対し、より細かいピクセル構造 ($50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$) のシリコン飛跡検出器を導入する。日本で全体の 20%の 2000 モジュールを量産するので、以下の量産時の試験とツールを準備した。2022 年度からの実量産に向け、プロトタイプの製作を進めた。

- **X 線を用いた信号読み出し試験：** センサは、はんだ球を用い、ピクセル単位で読み出し回路 (ASIC) と接続する (バンプ接合)。X 線によるヒット情報を読み出し、全ピクセルのバンプ接合を保証する。センサに貼り付けられた回路基板と、その表面実装部品により、X 線が減衰し、場所によっては X 線によるヒット数が少なくなる (図 1.3)。モジュールあたり 4 分間あれば、誤判定率 3×10^{-5} 以下でバンプ接合を保証できることを示した。量産スケジュールを維持しつつ、品質を保証できる。[岩田、廣瀬、南條]
- **量産支援ツールの開発とプロトタイプ製作：** 量産時の品質管理試験の際、ASIC の動作パラメータを管理し、ASIC からデータを読み出し、結果をデータベースに格納する。同時に、印加電圧や、温度や湿度などもモニタし、データベースに格納する。これらを統合するソフトウェアを開発した。この他、外観試験やモジュールの重さなどの試験結果をデータベースに入力する GUI ツールを開発した。さらに、これらのツールを運用し、プロトタイプの製作と品質管理試験を行った。[荒久田、藤田、廣瀬、南條]

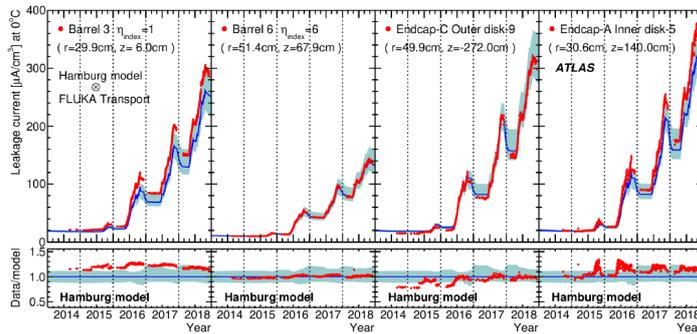


図 1.2: シリコンストリップ検出器の漏れ電流

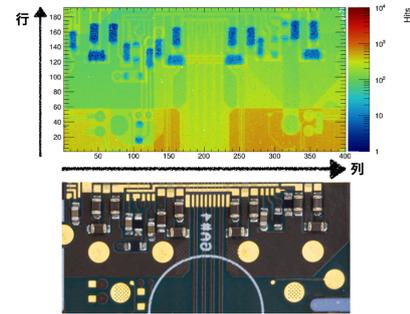


図 1.3: X線ヒット数分布

学術雑誌に出版された論文

Measurement of the c -jet mistagging efficiency in $t\bar{t}$ events using pp collision data at $\sqrt{s} = 13\text{TeV}$ collected with the ATLAS detector

ATLAS Collaboration

Eur. Phys. J. C **82** (95, Nov.) (2021)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1140/epjc/s10052-021-09843-w>).

Operation and performance of the ATLAS semiconductor tracker in LHC Run 2

ATLAS Collaboration

JINST **17** (P01013, Jan.) (2022)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1088/1748-0221/17/01/P01013>).

Measurements of sensor radiation damage in the ATLAS inner detector using leakage currents

ATLAS Collaboration

JINST **16** (P08025, Aug.) (2021)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1088/1748-0221/16/08/P08025>).

国際会議報告等

国際会議における講演等

Rare K decay: status and future output

H. Nanjo^{*†} (invited)

ANOMALIES 2021 International Conference (at IIT Hyderabad, India (hybrid), Nov. 10 - 12, 2021)

Particle Physics with Proton AcceleratorsT. Yamanaka^{s*} (invited)

KEK 50th Anniversary Symposium (at KEK (hybrid), Nov. 09 - 10, 2021)

KOTO Step-2 ExperimentH. Nanjo^{s*}

HEF-EX Review of Hadron Experimental-Facility Extension (at online, Aug. 10 - 25, 2021)

Rare kaon decay in KOTO/KLOE-2 experimentsH. Nanjo^{s*} (invited)

FPCP2021 - Conference on Flavor Physics and CP Violation (at Shanghai (hybrid), June 07 - 11, 2021)

Development and Performance of a Low Mass In-Beam Charged Particle Detector for the KOTO Experiment (poster)R. Shiraishi^{d*}

US-Japan Hawaii Symposium of the US-Japan Science and Technology Cooperation Program (at Hawaii, US (online), Apr. 21 - 23, 2021)

日本物理学会，応用物理学会等における講演**Jet tagging efficiency parametrization using Graph Neural Networks for Higgs to charm-quark decay analysis in the LHC-ATLAS experiment**Lakmin Wickremasinghe^{d*}, 南條 創^s, 廣瀬稜^s, 増渕達也, Francesco Di Bello, Nilotpal Kakati, Amy Tee, Martino Tanasini

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

KOTO 実験 2021 年ランでの K^+ 背景事象削減のための veto 検出器性能評価白石諒太^{m*}, 加藤大志^m, 小寺克茂^s, 塩見公志, 南條 創^s, 野村正, 花井幸太^m, 山中 卓^s, 渡邊丈晃, Gei-Youb Lim, Taylor Cassidy Nunes^m, 他 KOTO Collaboration

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

KOTO 実験のビーム中荷電粒子検出器に用いる PMT の真空使用に向けた基板部開発と性能評価北川歩^{m*}, 小野啓太^m, 加藤大志^m, 小寺克茂^s, 白石諒太^m, 南條 創^s, 花井幸太^m, 山中 卓^s, M. Gonzalez^d, 他 KOTO Collaboration

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

薄いプラスチックシンチレータを新手法で読み出す KOTO 実験用荷電粒子検出器の光学設計

小野啓太^{m*}, 加藤大志^m, 北川歩^m, 小寺克茂^s, 白石諒太^m, 南條 創^s, 花井幸太^m, 山中 卓^s, M. Gonzalez^d, 他 KOTO Collaboration

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

GPU computing and online event processing at the High Level Trigger of the KOTO experiment

M. Gonzalez^{d*}, T. Yamanaka^s, H. Nanjo^s

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

HL-LHC の新型 ATLAS ピクセル検出器量産に向けた読み出し試験システムの開発とその試験運用結果

荒久田周作^{m*}, 南條 創^s, 廣瀬穰^s, Lakmin Wickremasinghe^d, 岩田和志, 藤田侑葵子^m, 外川学, 中村浩二, 池上陽一, 安世文, 陣内修, 生出秀行, 木下怜士, 鈴木敦博, 岩下侑太郎, 汲田哲郎, 大島英里香

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

KOTO 両読み CSI カロリメータの中性子弁別能の安定性

小寺克茂^{s*}, 小野啓太^m, 加藤大志^m, 北川歩^m, 白石諒太^m, 南條 創^s, 花井幸太^m, 山中 卓^s, M. Gonzalez^d, 他 KOTO Collaboration

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

HL-LHC ATLAS ピクセル検出器量産時における外観検査のためのユーザー支援ツールの開発

藤田侑葵子^{m*}, 南條 創^s, 廣瀬穰^s, 生出秀行, 陣内修, 汲田哲郎, 大島英里花, 荒久田周作^m, 木下怜士, 外川学, 花垣和則

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

J-PARC KOTO 実験 2021 年ランでのデータ取得と信号アクセプタンスの研究

白石諒太^{m*}, 加藤大志^m, 小寺克茂^s, 塩見公志, 田島靖久, 南條 創^s, 野村正, 花井幸太^m, 山中 卓^s, 渡邊丈晃, Gei Youb LimA, Taylor Cassidy Nunes^m, 他 KOTO Collaboration

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

J-PARC KOTO 実験におけるハロー K 中間子による背景事象数の評価

加藤大志^{m*}, 乃一雄也^m, 南條 創^s, 塩見公志, 小寺克茂^s, 白石諒太^m, Taylor Cassidy Nunes^m, 花井幸太^m, 山中 卓^s, 野村正, 渡邊丈晃, 田島靖久, 他 KOTO Collaboration

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

GPU offloading in the High Level Trigger of the KOTO experiment

M. Gonzalez^{m*}, 山中 卓^s, 南條 創^s, 小寺克茂^s, 白石諒太^m, Taylor Cassidy Nunes^m, 花井幸太^m, 加藤大志^m, 小野啓太^m, 北川歩^m

日本物理学会 2021 年秋季大会（素核宇）（於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日）

ATLAS 実験シリコンストリップ検出器の漏れ電流の温度補正

南條 創^{s*}, 近藤敬比古, 永井康一, 他アトラス SCT グループ

日本物理学会 2021 年秋季大会（素核宇）（於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日）

Quest for $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$

T. Yamanaka^{s*}

HEP/ASTRO Seminar, University of Michigan (at online, Sept. 20, 2021)

1.4 工藤グループ

令和三年度の研究活動概要

プラチナビスマス化合物における構造不安定性を利用した超伝導物質開発

プラチナビスマス化合物 PtBi_2 は、様々な結晶構造を示す。この構造不安定性を利用した物質開発・物性開拓を行い、化学ドーピングによる極性非極性構造相転移とそれに伴う超伝導転移温度の上昇を発見した。超伝導転移温度は、系が相境界に近づくにつれて上昇した。これらは、超伝導体開発、および、超伝導転移温度上昇に取り組むための新たな指針につながる。詳細を以下に述べる。

MX_2 で表される化合物は、周期表の元素の組み合わせ次第で、ファンデルワールスギャップを持つ層状構造、原子ダイマーや原子ネットワークを持つ構造など、多種多様な結晶構造を示す。これは、 MX_2 の結晶構造が、 M と X のバンドのエネルギーや充填の状況に依存するためである。この点において、Pt と Bi の組み合わせは絶妙であり、 PtBi_2 は数多くの結晶構造を示す。私たちはこのことが示唆する PtBi_2 の構造不安定性に着目し、化学ドーピングによる新たな結晶構造の生成とそれに伴う新奇物性の発現を目的とした研究を進めた。その結果、極性構造の PtBi_2 ($P31m$, C_{3v}^2 , No. 157) において、 PtBi_2 層間に Pt を挿入、あるいは、Bi を Se/Te で部分置換すると、非極性構造 ($P\bar{3}m1$, D_{3d}^3 , No. 164) が安定化し、超伝導転移温度が 0.6 K から 2.4 K へ劇的に上昇することを発見した。超伝導転移温度は、相境界に近づくにつれて上昇した。

一般に、構造相転移の近くで超伝導転移温度が上昇する場合、BCS 理論の枠組みの中ではフォノンのソフト化によるものと理解される。しかし、極性非極性構造相転移の近くで超伝導転移温度が変化する理由については、未解明である。この研究では、極性非極性構造相転移の近くで超伝導転移温度が上昇する新たな化合物を発見した。さらに、超伝導転移温度が変化する理由として、極性構造とスピン軌道相互作用に由来するフェルミ面のスピン分裂と超伝導ギャップが競合している可能性を指摘した。これらの成果は、今後の超伝導体開発、および、超伝導転移温度上昇に取り組むための新たな指針となり得る。この研究成果をまとめた論文が JPSJ Papers of Editors' Choice に選ばれた。

ラマン散乱分光法による $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Cr}_x)_2\text{As}_2$ の電荷ネマティック状態の研究

鉄系超伝導体の母物質、例えば BaFe_2As_2 では、低温において直方晶-ストライプ反強磁性相への相転移が生じる。この低温相では、鉄面内の電荷応答の 4 回回転対称性が破れた電荷ネマティック秩序が出現する。この電荷ネマティック状態は新たな電子相として着目され、盛んに研究が行われている。本研究では、ストライプ型から G 型反強磁性への磁気相転移を示す $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Cr}_x)_2\text{As}_2$ を研究対象として、その磁気相境界近傍における電荷ネマティック状態を、ラマン散乱分光法により調べた。Fe に対して Cr は d 電子数が 2 つ少ないため、Cr 置換効果は系にホールを導入することになる。本系の $x > 0.30$ の Cr 置換領域で出現する G 型反強磁性相は、 $3d^5$ ($x = 0.5$) の電子状態において出現するモット絶縁体状態の磁気秩序に起源を持つものと考えられている。

本研究では、様々な Cr 置換量の $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Cr}_x)_2\text{As}_2$ 単結晶を用いて、電子ラマン B_{1g} モードの測定を行った。母物質 ($x = 0$) では、直方晶-ストライプ反強磁性相転移温度 (T_N) まで試料温度を下げていくと、低エネルギー領域に電荷ネマティックゆらぎに起因する電子ラマン散乱強度の増大が観測される。また、そのラマン散乱強度の温度依存性は、キュリーワイス則に従い、そのキュリー温度が電荷ネマティック相転移温度 T_0 であることが知られている。約 15% 以下の Cr 置換を行った試料では、 T_N まで温度を下げるとともに、 B_{1g} モードの低エネルギー強度が増大することが判明した。これは、母物質 ($x = 0$) と同様に T_N 直上で電荷ネマティックゆらぎが最も増大することを示している。しかし、その低エネルギーラマン強度の温度変化は、Cr 置換に伴い著しく抑制される。更に $x = 0.15$ 付近でのネマティック相転移温度 T_0 は、ほぼ 0 K となることが判明した。一方、約 20% 以上の Cr 置換領域では、 T_N 以上での B_{1g} 電子ラマン応答は極めて小さかった。

$\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Cr}_x)_2\text{As}_2$ では、ストライプ型から G 型反強磁性への磁気相転移は $x \sim 0.3$ で生じ、その相境界近傍のストライプ磁気相転移温度 T_N は約 50 K である。本研究結果は、それよりも低い Cr 置換領域で電荷ネマティック秩序が抑制されていることを示唆している。 BaFe_2As_2 ($x = 0$) の電荷ネマティック秩序は、 xz/yz 電子軌道の軌道秩序により生じている。本系では、Cr 置換により過剰なホールを系に導入しているため、フェルミ面を構成する d 電子軌道特性が、 xz/yz 軌道から別の軌道特性へと変化していると予想される。これに伴い軌道秩序が不安定化し、 $x \sim 0.15$ 付近で電荷ネマティック秩序の抑制や消失が生じていると期待される。一方で、他の軌道特性を持つフェルミ面間のネスティングは残存しており、これが $x \sim 0.3$ 付近まで、ストライプ反強磁性を生じさせる要因となっている可能性がある。

インターグロース構造の活用による層状ペロブスカイト型バナジウム酸化物における相転移現象の発見

層状遷移金属化合物では、電子同士の強い相互作用により、電荷・スピン・軌道および格子の自由度が絡み合い、多彩な物性が発現する。その代表例として、高温超伝導を示す銅酸化物や鉄ヒ化物が挙げられる。銅酸化物高温超伝導体は層状ペロブスカイト型の銅酸化物層を持ち、鉄系高温超伝導体は逆蛍石型の鉄ヒ化物層を持つ。これらの物質では超伝導以外にも興味深い物性が数多く現れるため、精力的に研究が進められている。

本研究では、層状ペロブスカイト型のバナジウム酸化物 (VO_2) 層と逆蛍石型のニッケルヒ化物 (NiAs) 層を併せ持つ層状化合物 $\text{Sr}_2\text{VNiAsO}_3$ に着目した。 VO_2 層は、スピンと軌道の自由度に起因した特異な物性の舞台となることが知られている。 $\text{Sr}_2\text{VNiAsO}_3$ は、合成の報告はあるが、十分な物性測定は行われていない。 Ni の電子状態が似ていると考えられる NiAs 層を持つ物質 (SrNi_2As_2 や LaNiAsO) は磁性を示さないため、V 由来の相転移現象が期待される。 VO_2 層を有する物質のバリエーションは少ないが、インターグロース構造の活用により VO_2 層の物理にアクセスできることは特筆すべき点である。 $\text{Sr}_2\text{VNiAsO}_3$ における V の形式価数は 3 価である。V が 3 価の VO_2 層を持つ物質では、構造相転移や長距離磁気秩序の存在はこれまで報告されていなかった。

我々は、合成条件を最適化し、不純物の少ない $\text{Sr}_2\text{VNiAsO}_3$ 多結晶試料を得ることに成功

した。磁化率と電気抵抗率は160 Kで異常を示し、比熱にもピークが観測されたことから、相転移の存在が明らかになった。Vが3価のVO₂層を持つ物質において、V由来と考えられる明確な相転移現象が観測されたのは初めてである。60 K以下では小さいながらも自発磁化が現れ、磁化率は顕著な増大を示した。この温度では比熱に異常は現れなかったため、短距離磁気秩序が生じている可能性が考えられる。物質のバリエーションを拡張し、新たな相転移現象を見出した本研究の結果は、インターグロース構造の活用が物性研究に新たな展開をもたらさうことを示唆している。

学術雑誌に出版された論文

Superconductivity of the Stuffed CdI₂-type Pt_{1+x}Bi₂

K. Kudo^s, H. Y. Nguyen, C.-g. Oh, K. Takaki^m, and M. Nohara
J. Phys. Soc. Jpn. **90** (No. 6, June) (2021) 063706 1-4
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.90.063706>).

Pressure Induced Spectral Redistribution due to Te₂ Dimer Breaking in AuTe₂

D. Ootsuki, H. Okamura, S. Mitsumoto, Y. Ikemoto, T. Moriwaki, M. Arita, T. Yoshida, K. Kudo^s, H. Ishii, M. Nohara, and T. Mizokawa
J. Phys. Soc. Jpn. **90** (No. 11, Nov.) (2021) 114705 1-5
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.90.114705>).

Enhanced Superconductivity in Close Proximity to Polar-Nonpolar Structural Phase Transition in Se/Te-Substituted PtBi₂ (Papers of Editors' Choice)

K. Takaki^m, M. Yamamoto, M. Nakajima^s, T. Takeuchi, H. Y. Nguyen, M. Nohara, Y. Kishioji^m, T. Fujii^m, K. Yoshino^m, S. Miyasaka^s, and K. Kudo^s
J. Phys. Soc. Jpn. **91** (No. 3, Mar.) (2022) 034703 1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.91.034703>).

国際会議における講演等

Superconductivity of the Fully and Partially Ordered Laves Phase Compounds (poster)

K. Kudo^{s*}, T. Honda, H. Hiiragi, and M. Nohara
International Conference on Quantum Liquid Crystals 2021 (QLC2021) (Online, May 11-13, 2021, 参加者数約300名)

Chiral Superconductivity in BaPtAs_{1-x}Sb_x with a Honeycomb Network (poster)

T. Adachi^{*}, K. Kudo^s, Y. Saito, T. Sumura, K. Kawabata, T. Takeuchi, A. Koda, H. Okabe, R. Kadono, T. U. Ito, W. Higemoto, C. Baines, I. Watanabe, and M. Nohara

International Conference on Quantum Liquid Crystals 2021 (QLC2021) (Online, May 11-13, 2021, 参加者数約 300 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

秩序型ラーベス相構造を利用した超伝導体の開発（依頼講演）

工藤一貴^{s*}

令和3年度「第2回 強磁場コラボラトリー オンラインセミナー」（於 オンライン、2021年5月21日）

秩序型ラーベス相化合物の超伝導物質開発（招待講演）

工藤一貴^{s*}

第5回固体化学フォーラム研究会（於 オンライン、2021年6月22日 - 6月23日）

インターグロース構造を利用した層状ペロブスカイト型 V 酸化物の相転移現象の研究（ポスター）

藤井隆弘^{m*}, 中島正道^s, 工藤一貴^s

日本物理学会 2021 年秋季大会（物性）（於 オンライン、2021 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日）

ハニカム構造を持つ BaPt(As_{1-x}Sb_x) の超伝導（ポスター）

小川泰輝^{*}, 竹内貴亮, 齋藤有紀, 竹内徹也, 宮坂茂樹^s, 中島正道^s, 野原実, 工藤一貴^s

日本物理学会 2021 年秋季大会（物性）（於 オンライン、2021 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日）

CdI₂ 型 Pt(Bi_{1-x}Ch_x)₂ (Ch = Se, Te) の超伝導

高木健輔^{m*}, 山本真由, 中島正道^s, 竹内徹也, Hoang Yen Nguyen, 野原実, 宮坂茂樹^s, 工藤一貴^s

日本物理学会 2021 年秋季大会（物性）（於 オンライン、2021 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日）

三角形・ハニカム・カゴメネットワークを持つ超伝導体の物質開発（招待講演）

工藤一貴^{s*}

日本中間子科学会研究会「ミュオンで見る磁性・超伝導物質研究の最前線」（於 大阪大学・オンライン併用、2022 年 1 月 7 日 - 1 月 8 日）

Superconductivity in Pt_{1+x}Bi₂ with a stuffed CdI₂-type structure

工藤一貴^{s*}

令和3年度 新学術領域研究「量子液晶の物性科学」領域研究会（於 オンライン、2022 年 2 月 17 日 - 2 月 19 日）

光学スペクトル測定による鉄系超伝導体の電子状態の研究（若手奨励賞受賞記念講演）

中島正道^{s*}

日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 - 3月19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 (ポスター)

小川泰輝^{*}, 竹内徹也, 木田孝則, 萩原政幸, 工藤一貴^s

日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 - 3月19日)

Ba(Fe_{1-x}Cr_x)₂As₂ における電荷ネマティックラマン応答の Cr 置換量依存性 (ポスター)

片山和郷^{m*}, 足立徹^{DC}, 小林達也^{DC}, 中島正道^s, 宮坂茂樹^s, 工藤一貴^s

日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 - 3月19日)

化学ドーピングした PtBi₂ における超伝導転移温度の上昇

高木健輔^m, 竹内徹也, 中島正道^s, 工藤一貴^{s*}

日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 - 3月19日)

1.5 新見グループ

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、バルクには現れない効果が出現することが知られている。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、2次元性の強い超伝導体や磁性体などを微細化し、それらを人工的に組み合わせることで新現象の発見を目指すと同時に、新しい測定手法の開発を行っている。令和三年度、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) BiNi 超伝導薄膜を用いた量子干渉効果
- c) ファンデルワールス強磁性体を用いた原子層ヘテロ接合デバイスの作製と物性評価
- d) ファンデルワールス反強磁性体を用いた原子層デバイスの作製と物性評価
- e) スピン流を用いたスピングラスにおける磁気ゆらぎの評価
- f) 表面弾性波による擬1次元電荷密度波の変調
- g) 鉄系超伝導体 $\text{FeTe}_{0.6}\text{Se}_{0.4}$ 薄膜素子を用いた磁束ピン止め効果の研究
- h) グラフェンを用いたスピン輸送測定
- i) ファンデルワールス超伝導スピントロニクスデバイスの作製と物性評価

以下では、「g) 鉄系超伝導体 $\text{FeTe}_{0.6}\text{Se}_{0.4}$ 薄膜素子を用いた磁束ピン止め効果の研究」について紹介する。

鉄系超伝導体 $\text{FeTe}_{0.6}\text{Se}_{0.4}$ 薄膜素子を用いた磁束ピン止め効果の研究

鉄系超伝導体は、2008年の発見以来、高温超伝導体の新しいグループとして活発に研究されている。鉄系超伝導体の中で $\text{FeTe}_{0.6}\text{Se}_{0.4}$ (FTS) は、 FeCh ($\text{Ch} = \text{Se}$ または Te) 層から成る最も単純な結晶構造を持ち、超伝導転移温度 $T_C = 15$ K、上部臨界磁場 $\mu_0 H_{c2} = 47$ T と高いことから、有力な超伝導線材の候補である。また FTS は、超伝導ギャップにトポロジカルな特性が表れるトポロジカル超伝導の候補物質としても知られており、超伝導体中に侵入した磁束では、非可換統計に従うマヨラナ準粒子の存在も予言されており、基礎研究、応用研究の両側面で非常に着目を集めている。

超伝導線材への応用を考える場合、磁場中の臨界電流密度の向上が重要な要素となる。超伝導体に磁場を印加すると超伝導体内部には磁束が侵入するが、この状況でさらに電流を流すと、ローレンツ力によって磁束が動き出し、誘導起電力が生じる。結晶内に何らかの欠陥があると、摩擦力によって磁束の動きが止められる。これを磁束のピン止めと呼ぶ。さらに

電流を流すと、ローレンツ力の方がまさり磁束が動き出す。この動き出す電流をデピンング臨界電流と呼ぶ。したがって、磁束ピン止め効果を上手く利用することで臨界電流密度の向上につながる。

磁束のピン止め機構は大きく分けて二つに分類される。一つは超伝導体のコヒーレンス長より短い原子レベルの欠陥が集団的にピン止めに寄与するもので、weak collective pinningと呼ばれる。もう一つはコヒーレンス長より長い数ナノメートルの大きさの欠陥が単体でピン止めに寄与するもので、strong pinningと呼ばれる。本研究ではバルクのFTS結晶を、機械的剥離法を用いて150 nm以下の薄膜素子を作製し、そこに実際に電流を流して直接臨界電流密度 J_c を測定することで、FTSにおける磁束ピン止め機構の解明を目指した。

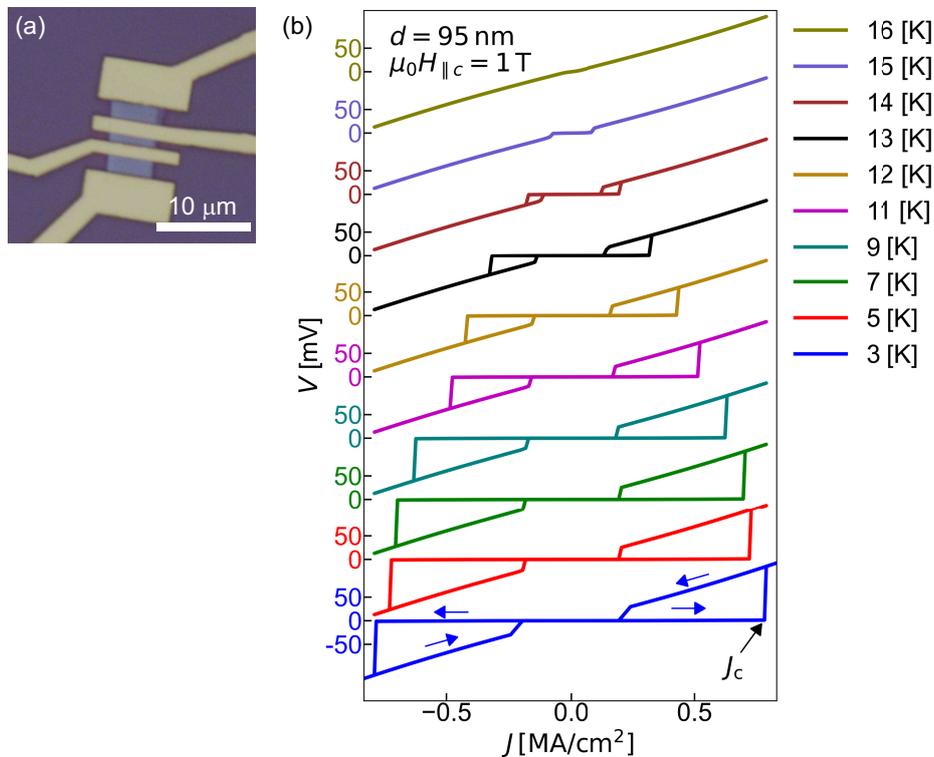


図 1.1: (a) FTS 薄膜素子の光学顕微鏡像。(b) 膜厚 $d = 95$ nm の FTS 薄膜素子を用いて、さまざまな温度で測定した直流電流電圧特性。FTS の c 軸方向に 1 T の外部磁場を印加して測定を行った。横軸は電流値を素子の断面積で割った電流密度 [MA/cm²] にしている。電圧を生じる電流値を臨界電流密度 J_c と定義した。

図 1.1(a), (b) に本研究で用いた FTS 薄膜素子の光学顕微鏡像と、各温度で測定した電流電圧特性を示す。温度の上昇とともに J_c が小さくなるのが分かる。さらに電流電圧特性から得られた J_c を温度 T の関数としてプロットしたものを図 1.2(a) に示す。ゼロ磁場、さらに磁場を 1 T 印加した場合ともに、 J_c は温度が低下すると上昇し、低温で飽和する振舞

いが得られた。

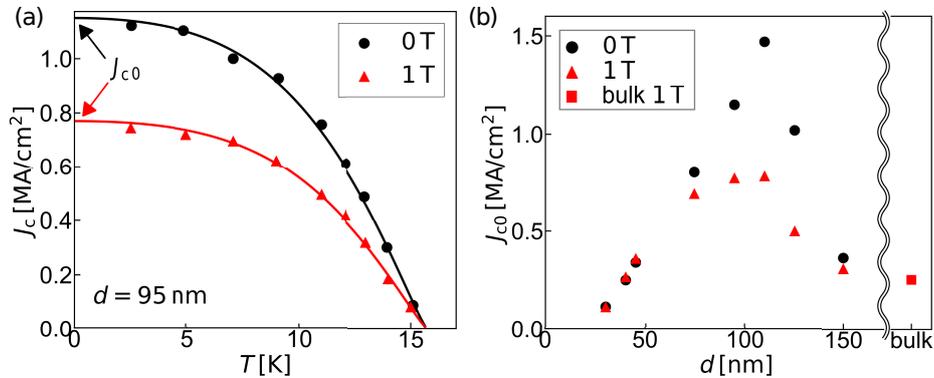


図 1.2: (a) 膜厚 $d = 95$ nm の FTS 薄膜素子で得られた J_c の温度依存性。この温度依存性を外挿することで、温度ゼロにおける臨界電流密度 J_{c0} を算出した。(b) 臨界電流密度 J_{c0} の膜厚依存性。ゼロ磁場、及び外部磁場 1 T を印加した場合、どちらの場合も J_{c0} は 100 nm で最大値を取った後、急激に減少し、バルクで測定された値に近づく。

温度ゼロの極限まで外挿した臨界電流密度 J_{c0} を、様々な膜厚 d でプロットした結果を図 1.2(b) に示す。 d が 70 nm 程度までは、臨界電流密度 J_{c0} は線形に増加することが分かった。この膜厚依存性は、strong pinning 領域における磁束ピン止めと一致する。一方、 d を 100 nm 以上に増やすと、 J_{c0} は急激に減少し始め、最終的にはバルクで報告されている値に近づく。膜厚とともに J_{c0} が減少する振舞いは weak collective pinning と一致する。

このような臨界電流密度の膜厚依存性は、van der Beek らが提案した理論 [C. J. van der Beek *et al.*, Phys. Rev. B **66**, 024523 (2002)] で説明できる。上述したように、strong pinning には数 nm から 10 nm 程度の大きさの欠陥が重要な役割を果たすため、欠陥サイズを 10 nm とし、さらに strong pinning 領域の J_{c0} の膜厚依存性の傾きを用いて、strong pinning から weak collective pinning へのクロスオーバーの膜厚を算出したところ、およそ 100 nm となり、実験結果と定量的に一致することが分かった。

本研究は FTS を 100 nm 程度に薄膜化することで、臨界電流密度を最大化することができることを示しており、鉄系超伝導体を用いた超伝導線材への応用に指針を与える結果である。

学術雑誌に出版された論文

Thickness-induced crossover from strong to weak collective pinning in exfoliated FeTe_{0.6}Se_{0.4} thin films at 1 T

R. Nakamura^m, M. Tokuda^{DC}, M. Watanabe^{DC}, M. Nakajima, K. Kobayashi^s, and Y. Niimi^s

Physical Review B **104** (No. 16, Oct.) (2021) 165412/1-7
<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.104.165412>).

Negative correlation between the linear and the nonlinear conductance in magnetic tunnel junctions

S. Iwakiri^{DC}, S. Sugimoto, Y. Niimi^s, Y. Kozuka, Y. K. Takahashi, S. Kasai, and K. Kobayashi^s
 Physical Review B **103** (No. 24, Jun.) (2021) 245427/1-7
<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.103.245427>).

Charge density wave transitions in mechanically-exfoliated NbSe₃ devices

R. Fujiwara^m, S. Iwakiri^{DC}, M. Watanabe^{DC}, R. Nakamura^m, M. Yokoi^{DC}, K. Kobayashi^s,
 and Y. Niimi^s
 Japanese Journal of Applied Physics **60** (No. 7, Jun.) (2021) 070904/1-4
<http://dx.doi.org/doi:10.35848/1347-4065/ac0644>).

国際会議報告等

国際会議における講演等

日本物理学会，応用物理学会等における講演

FeTe_{0.6}Se_{0.4} 薄膜素子の磁束ピン留め機構の評価

中村 瞭弥^{m*}、渡邊 杜^{DC}、徳田 将志^{DC}、前田 将輝^b、中島 正道、新見 康洋^s
 日本物理学会 2021 年秋季大会（物性）（於 オンライン、2021 年 9 月 20 日 – 9 月 23 日）

Bi/Ni 薄膜における Little-Parks 振動の観測

徳田 将志^{DC*}、中尾 舞^m、渡邊 杜^{DC}、中村 瞭弥^m、前田 将輝^b、S.-H. Lee^d、Yue Di、
 青山 和司、水島 健、Jin Xiao-Feng、小林 研介^s、新見 康洋^s
 日本物理学会 2021 年秋季大会（物性）（於 オンライン、2021 年 9 月 20 日 – 9 月 23 日）

NbSe₃ 薄膜における電荷密度波転移の膜厚依存性

藤原 浩司^{m*}、岩切 秀一^{DC}、中村 瞭弥^m、横井 雅彦^{DC}、渡邊 杜^{DC}、小林 研介^s、新見
 康洋^s
 日本物理学会 2021 年秋季大会（物性）（於 オンライン、2021 年 9 月 20 日 – 9 月 23 日）

カイラル磁性体 CrNb₃S₆ 薄膜におけるスピン拡散長導出の試み (ポスター)

佐々木 壱晟^{m*}、鈴木 将太^{DC}、乾 皓人、島本 雄介、高阪 勇輔、戸川 欣彦、新見 康洋^s
日本物理学会 2021 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2021 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

磁性トポロジカル絶縁体 MnSb₂Te₄ 薄膜におけるゲート変調の試み (ポスター)

黒川 開斗^{m*}、太田智陽、鈴木将太、新見康洋
日本物理学会 2021 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2021 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

スピン流で観るスピンゆらぎ

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) 2021 年度報告会 (オンライン、2022 年 3 月 10 日)

原子層磁性体 (Fe_{1-x}Co_x)_{5-δ}GeTe₂ における電気輸送測定

黒川 開斗^{m*}、太田 智陽^{DC}、山神光平、岡田佳憲、新見 康洋^s
日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

表面弾性波照射による NbSe₃ 薄膜における電荷密度波特性の変調

藤原 浩司^{m*}、中村 瞭弥^m、渡邊 杜^{DC}、新見 康洋^s
日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

Bi/Ni 薄膜の超伝導秩序変数

徳田 将志^{DC*}、中尾 舞^m、渡邊 杜^{DC}、中村 瞭弥^m、前田 将輝^b、S.-H. Lee^d、Yue Di、青山 和司、水島 健、Jin Xiao-Feng、小林 研介^s、新見 康洋^s
日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

Se ドープ PtBi₂ 薄膜の超伝導特性

前田 将輝^{b*}、徳田 将志^{DC}、中村 瞭弥^m、高木 健輔、工藤 一貴、新見 康洋^s
日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

Magnetotransport measurements in triangular antiferromagnet Ag₂CrO₂ thin films up to 8 T

M. Watanabe^{DC*}, R. Asama^b, M. Tokuda^{DC}, S. Suzuki^{DC}, Hiroyuki Yoshida, and Y. Niimi^s
日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

量子スピン三角格子反強磁性体 Ag₂CoO₂ 薄膜における磁気伝導特性 (ポスター)

浅間 遼太郎^{b*}、渡邊 杜^{DC}、佐々木 壱晟^m、中村 瞭弥^m、吉田 紘行、新見 康洋^s
日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

磁性トポロジカル絶縁体 MnSb₂Te₄ 薄膜における輸送特性 (ポスター)

太田 智陽^{DC*}、中村 瞭弥^m、徳田 将志^{DC}、島本 雄介、高阪 勇輔、戸川 欣彦、新見 康洋^s
日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 - 3月19日)

書籍等の出版，日本語の解説記事

1.6 豊田グループ

令和三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、ピコリットル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。理学研究科附属基礎理学プロジェクト研究センター重点研究推進部門先進質量分析学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。

大阪大学歯学研究科の村上教授らと、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。残念ながら今年度は、新型コロナウイルス感染症の拡大で、病院内でのサンプル採取が困難であり、実際の測定は行えなかった。また、PM_{2.5}の原因物質と考えられている揮発性有機化合物（VOC）のオンサイト計測のためのプロトン移動反応（PTR）を用いたイオン化法とマルチターン飛行時間型質量分析計を組み合わせたオンサイトモニタリングシステムの開発を行い、その性能評価を行った。その他、土壌中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）を行った。

2. 超高分解能高速イメージング質量分析技術（質量顕微鏡）の構築

マルチターン飛行時間型質量分析計の完全収束性を活かし、広い範囲を一度にイオン化し、マルチターン飛行時間型質量分析計で像を保持したまま高分解能質量分離後、

検出器に像を結像させる、像投影方式のイメージング質量分析計の開発と、この装置の特長を活かした研究を行った。空間分解能 1 μ m 以下、質量分解能 1 万以上を達成している。生命機能研究科の上田研究室との共同研究では、1 分子・質量イメージング顕微鏡の開発を進めた。

質量分析計への液体試料高効率導入インターフェイスの開発

溶液を界面活性剤などの薄膜で覆われた微粒子（エアロミセル）にすることで、真空中で溶液が揮発することなく質量分析計に直接導入できる画期的なサンプル導入インターフェイスの開発を、紀本電子工業との共同研究で開始した。特に今年度は、Mid-IR レーザー光による液滴微粒子のイオン化についての研究を行った。

超臨界流体抽出・クロマトグラフィーとプロトン移動反応を用いた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。我々はプロトン移動反応イオン化（PTR）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。PTR では H₂O よりもプロトン親和力が小さい CO₂ をイオン化しないため、溶媒として多量に流れてくる CO₂ はイオン化されず、微量の溶質のみが高感度に分析できることを示した。

フェムト秒レーザーを用いたイオン化法の開発

一般的に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 YAG レーザーの 3 倍波のような紫外のナノ秒レーザー光が用いられてきたが、フェムト秒レーザー光を用いると、熱的プロセスではない特徴的な現象が起こる可能性があると考えられる。そこで、今年度は、フェムト秒レーザー光を用いた脱離イオン化実験の準備段階として、自作飛行時間型質量分析装置のシミュレーションに基づく改良調整を行った。

ピコリットル溶媒を用いる抽出ーイオン化法の開発

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ープローブとピコリットル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。試料の凹凸形状をナノスケールで計測することが可能な原子間力顕微鏡の要素技術を t-SPESI に融合し、試料の形状情報をリアルタイムに計測しながら抽出とイオン化を行う技術を実現した。本技術を用いて、マウス脳組織切片の複数の脂質を空間分解能 6.5 マイクロメートルでイメージングでき、複数の脂質のマススペクトルパターンの違いに基づく脳内構造の分類が可能であることを示した。さらに、t-SPESI の医用応用として、大阪大学医工理連携共同研究を通じて、ヒト心臓疾患組織中の脂質成分群の多様な分布形態の可視化にも成功した。

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 (MSI.TOKYO(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, 愛媛大学農学部)
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. 投影型イメージング質量分析計を用いた一細胞イメージング (生命機能研究科)
6. 新しいイオン検出器の開発 (浜松ホトニクス (株))
7. 環境モニタリング装置の開発 (紀本電子工業 (株), 清華大学)
8. 火山ガスのオンサイト計測装置の開発 (東京大学)
9. 自走式麻薬探知犬ロボット開発プロジェクト (中央電機計器製作所, 伊藤金属製作所,
山本金属製作所, MSI.TOKYO, 横浜市立大学, 京都大学)
10. t-SPESI の開発 (島津製作所)
11. 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)

学術雑誌に出版された論文

Tapping-mode Scanning Probe Electrospray Ionization: Fusion of SPM with Mass Spectrometry

Y. Otsuka^s

Japanese Journal of Applied Physics **60** (Apr.) (2021) SE0802

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

Direct liquid extraction and ionization techniques for understanding multi-molecular environments in biological systems (Secondary Publication)Y. Otsuka^sMass Spectrometry (Tokyo) **10** (Issue 1, Apr.) (2021) A0095<http://dx.doi.org/doi:10.5702/massspectrometry.A0095>).**In-Materio Reservoir Computing in a Sulfonated Polyaniline Network**Y. Usami, B. van de Ven, D. G. Mathew, T. Chen, T. Kotooka, Y. Kawashima, Y. Tanaka, Y. Otsuka^s, H. Ohoyama, H. Tamukoh, H. Tanaka, W. G. van der Wiel, T. MatsumotoAdvanced Materials **33** (Issue 48, Dec.) (2021) 2102688<http://dx.doi.org/doi:10.1002/adma.202102688>).**揮発性有機化合物の直接その場分析に向けたプロトン移動反応イオン化-マルチターン飛行時間型質量分析装置の開発**

河井 洋輔, 河居 伸哉, 古谷 浩志, 石原 盛男, 渡辺 励起, 中山 邦彦, 神納 育則, 畠山 典久, 豊田 岐聡

J. Mass Spectrom. Soc. Jpn. **69** (Issue 5, Oct.) (2021) 68-74<http://dx.doi.org/doi:10.5702/massspec.21-119>).**原子間力顕微鏡と質量分析法を融合する質量分析イメージング法 “t-SPEI” の開発**大塚 洋一^s顕微鏡 **56** (Issue 1, Apr.) (2021) 8-12http://dx.doi.org/doi:10.11410/kenbikyo.56.1_8).**走査プローブ生体分子イメージングにおけるデータ駆動型解析**松本卓也, 村上怜子, 大塚 洋一^s表面と真空 **65** (Issue 1, Nov.) (2021) 15-20<http://dx.doi.org/doi:10.1380/vss.65.15>).**国際会議報告等****国際会議における講演等****Direct extraction and ionization of biological tissues with picoliter solvent for the visualization of multimolecular crowding biosystems (poster)**

Y. Otsuka*

Second International Symposium on Chemistry for Multimolecular Crowding Biosystems, (Tokyo Big Sight, 1/26/2022)

日本物理学会，応用物理学会等における講演**走査型プローブエレクトロスプレーイオン化法による生体多次元化学分布情報計測**大塚 洋一^{s*}，新聞秀一，木岡秀隆，大谷朋仁，坂田泰史

第 69 回日本質量分析学会総合討論会（於 Zoom、2021 年 5 月 20 日）

揮発性有機化合物の網羅的な直接その場分析に向けたプロトン移動反応イオン化-マルチターン飛行時間型質量分析装置の開発河井洋輔^{*}，河居伸哉，古谷浩志，石原盛男，渡辺励起，中山邦彦，神納育則，畠山典久，豊田岐聡

第 69 回日本質量分析学会総合討論会（於 Zoom、2021 年 5 月 21 日）

走査型プローブエレクトロスプレーイオン化質量分析法を用いた脂質分布情報計測の溶媒選択性大手 虹歩^{m*}，大塚 洋一^s，新聞秀一，豊田岐聡

2021 年度第 15 回近畿支部若手夏季セミナー（於 Zoom、2021 年 7 月 30 日）

走査型プローブエレクトロスプレーイオン化質量分析法を用いた拡張型心筋症組織の多次元化学分布情報大塚 洋一^{s*}，新聞秀一，宮脇大，木岡秀隆，大谷朋仁，坂田泰史

第 82 回応用物理学会秋期学術講演会（於 Zoom、2021 年 9 月 13 日）

走査型プローブエレクトロスプレーイオン化法による疾患組織の質量分析イメージング大塚 洋一^{s*}，新聞秀一，木岡秀隆，大谷朋仁，坂田泰史

日本分析化学会第 70 年会（於 Zoom、2021 年 9 月 22 日）

走査型プローブエレクトロスプレーイオン化質量分析法を用いた脂質分布情報計測の溶媒選択性大手 虹歩^{m*}，大塚 洋一^s，新聞秀一，豊田岐聡

日本分析化学会第 70 年会（於 Zoom、2021 年 9 月 22 日）

Capillary vibration dynamics in scanning probe electrospray ionizationM. Sun^{m*}，Y. Otsuka^s，N. Ote^m，S. Shimma，M. Toyoda

第 69 回応用物理学会春期学術講演会（於 Zoom、2022 年 3 月 26 日）

ピコリットル液体を用いる質量分析イメージング技術の研究開発大塚 洋一^{s*}（招待講演）

R026 先端計測技術の将来設計委員会 第 4 回研究会（於 Zoom、2021 年 4 月 20 日）

ピコ液体を活用する質量分析イメージング法の医用応用大塚 洋一^{s*}（招待講演）

第69回日本質量分析学会総合討論会 (於 Zoom、2021年5月20日)

走査型プローブエレクトロスプレーイオン化法による生体組織内多次元化学分布情報計測

大塚 洋一^{**} (招待講演)

第21回日本蛋白質科学会年会 (於 Zoom、2021年6月16日)

ピコ液体を活用する質量分析イメージング法の医用応用

大塚 洋一^{**} (招待講演)

第46回医用マスペクトル学会年会 (於 Zoom、2021年9月18日)

書籍等の出版，日本語の解説記事

1.7 花咲グループ

ブロック層を利用したディラック電子系強相関物質の開拓

固体中のディラック電子と呼ばれる特殊な伝導キャリアは、その状態が相対論的ディラック方程式で記述される。このため、従来の半導体や金属では不可能な超高易動度や半整数での量子ホール効果などが観測され、物理の新規性だけでなくデバイス応用の観点からも注目を集めてきた（典型物質のグラフェンは2010年ノーベル賞）。さらに最近では、ディラック電子が磁性や強誘電性など強相関現象と結合する物質において新奇物性が次々と明らかになり、物質開拓が世界中で進められている。しかし、ディラック電子は特殊な磁気構造や結晶構造に由来するため、これまでは単発的な物質の予想・発見に留まっていた。これに対し当研究室では、ディラック電子を担う伝導層と、磁性などの強相関物性を担う絶縁ブロック層が交互に積層した物質 $AMnX_2$ (A =アルカリ土類、希土類、 X =アンチモン、ビスマス、図 1.1a) に着目し、ブロック層の元素を系統的に置換することにより、磁性や極性と強く結合する多彩なディラック電子状態の実現に成功した [日本物理学会誌 (11月号) **76**, 729 (2021)]。特に本年度は、(1) ディラック電子のスピン・バレー結合状態の制御法と (2) フェルミエネルギー（キャリア濃度）の制御法を確立した。前者では、元素置換によるバレー配置の制御を実証し、スピン・バレー結合に由来する新奇物性の最適化や巨大化が期待できる成果となった。後者では、ディラック電子の高易動度を保持しつつゼーベック・ネルンスト効果を系統的に制御し、優れた熱電性能を明らかにした。以下で各々の内容について概説する。

1. ディラック電子のスピン・バレー結合制御

A サイトにイオン半径が最大となる Ba を有する $BaMnX_2$ では、 X^- 正方格子がわずかに歪み、ジグザグ鎖を形成することにより面内方向に極性（強誘電性）が発現する。この極性歪みは、 X 元素のスピン軌道結合を通じバンド構造にスピン分裂を引き起こすため、本系のディラック電子はバレーの位置に依存したスピン偏極を示す。同様の状態は、近年、空間反転対称性の破れた二硫化モリブデン単層薄膜などで発見され、スピンとバレーのロック（スピン・バレー結合）に起因した様々な新しい電気伝導や光学応答が観測された結果、大きな注目を集めている。興味深いことに、 $BaMnX_2$ では放射光エックス線回折の結果、極性歪みの大きさが X 元素の種類に依存して一桁程度変化することが見いだされた（図 1.1b 上パネル）。さらに結晶歪みの大きさの違いを反映して、ディラック電子のスピン・バレー結合状態も大幅に変化することが、理論計算と高磁場実験から明らかとなった（図 1.1b 下パネル）。二硫化モリブデンなどの既存物質では、バレーの位置は蜂の巣型の結晶構造を反映した配置に限定され、スピン・バレー状態の制御は困難であったが、本系では物性に合わせてスピン・バレー状態を設計することで、応答の巨大化も可能になると期待される。[Commun. Mater. **2**, 49 (2021)]

2. ディラック電子のフェルミエネルギー（キャリア濃度）制御

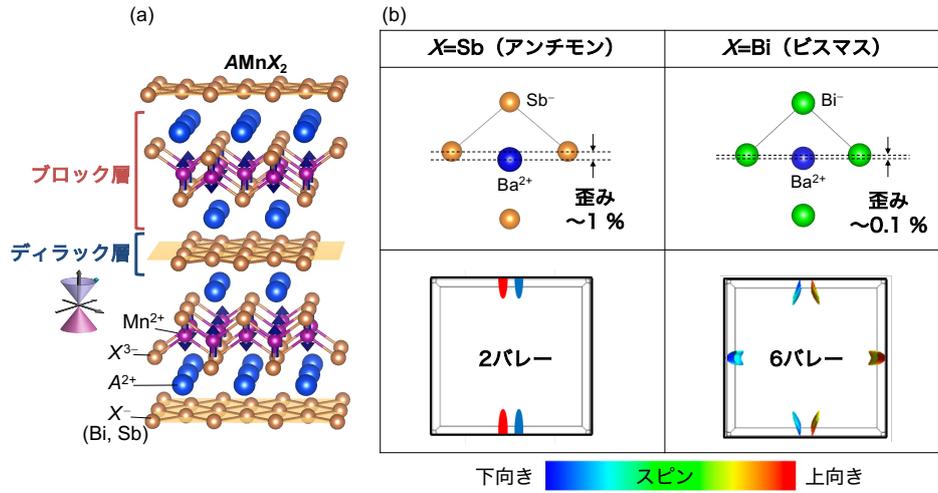


図 1.1: (a) $AMnX_2$ の結晶構造。(b) $BaMnX_2$ (A=Ba) における X 元素に依存した（上）極性結晶歪みの大きさと（下）スピン・バレー結合状態の変化。

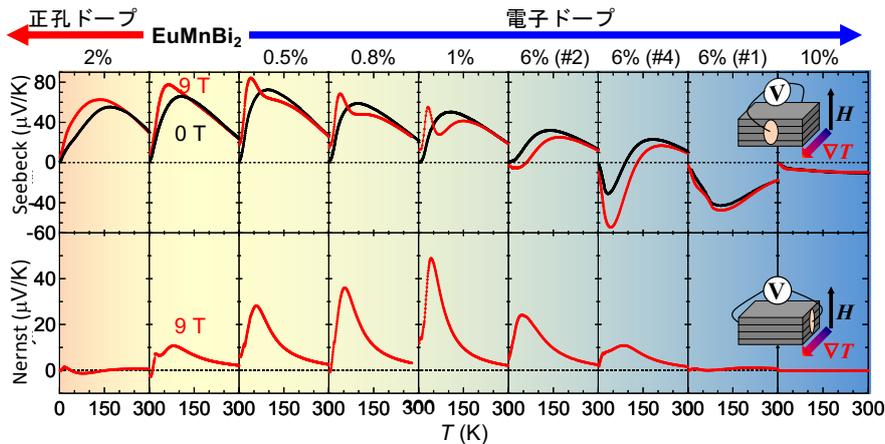


図 1.2: $EuMnBi_2$ 単結晶の（上）ゼーベック起電力（黒: 0 T, 赤: 9 T）、（下）ネルンスト起電力（9 T）の温度依存性のキャリア濃度に対する変化。母物質から右（左）側が Gd (Au) 置換による電子（正孔）ドーブに対応。パネル上部の数値は置換量（仕込み値）である。

高易動度のディラック電子は、電気輸送だけでなく、ゼーベック・ネルンスト効果などの熱輸送現象でも優れた性能を示しうるため、熱電・熱磁気材料としても期待が高まっている。このような熱電性能の最適化にはキャリア濃度の制御が必須となるが、 $AMnX_2$ ではディラック電子層と絶縁層が空間的に分離しているため、絶縁層の元素置換により易動度を低下させることなくキャリア濃度制御が可能である。そこで、磁性ディラック電子系の基本物質である $EuMnBi_2$ を対象に、元素置換により系統的に

キャリア濃度を変調させ、ゼーベック・ネルンスト効果を制御することを目指した (図 1.2)。母物質では、わずかに正孔がドーピングされているため、Gd 置換により電子がドーピングされるとフェルミエネルギーがディラック点に近づく (図 1.2 の右矢印の方向)。最も特徴的な振る舞いは、ゼーベック起電力とネルンスト起電力のキャリア濃度依存性が大きく異なる点である。特に、ネルンスト起電力は Gd 置換に対し単調に増加する結果、1%置換で最高となり、その値は母物質の約 5 倍にも達する。このような異常な増大は、易動度がバンド端まで低下しないディラック電子系特有の効果であることが、理論モデルとの比較から示唆された。以上の結果から、本系では元素置換により起電力の大きさを最適化できることが実証され、熱電・熱磁気材料としての高いポテンシャルを示す成果となった。[Adv. Funct. Mater. **31**, 2102275 (2021)]

ハイエントロピー合金における局所構造解析

長い歴史の中で有益な合金を見出し利用する事で、人類は生活を豊かなものにしてきた。その多くは主成分となる元素の他に別種の元素を少量混ぜて作られたものである。この場合、母物質を出発点とし、摂動的に物質探索や物性研究が行われる事が多い。近年、多種類の元素が等しい比率で混合された合金が開発され、その優れた物性が着目されている。元素の配置に関するエントロピーが高い事から、これらの合金はハイエントロピー合金やミディアムエントロピー合金と呼ばれる。元素間の相互作用が複雑に入り組んだ強相関固体と見る事もできる。物性研究を進める上で、その構造を調べる事は不可欠である。従来、X 線回折等により格子構造を調べる事が多いが、格子の平均構造しか分からない。多種類の元素が混ざっている合金では、元素間相互作用によって局所的に格子が歪んでいる事が予想され、力学的特性等に大きな影響を与えると理論的に示唆されていた。しかし、局所構造について実験的に精査した先行研究はこれまでなかった。そこで代表的な合金である CrCoNi について局所構造を調べた。

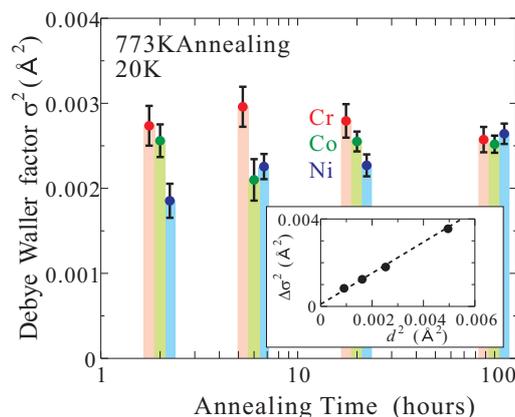


図 1.3: 広域 X 線吸収微細構造より得られた CrCoNi の各元素のデバイ・ワラー因子

各元素の吸収端において広域 X 線吸収微細構造 (EXAFS) を測定し、各元素周りの局所構造に関するデバイ・ワラー因子を見積もった。測定結果を図 1.3 に示す。縦軸は各元素のデバイ・ワラー因子であり、横軸は 500 °C で熱処理した時間である。熱処理時間が短い場合 (図の左側のデータ) では、各元素は比較的ランダムに配置していると考えられる。この場合 Cr のデバイ・ワラー因子は大きな値を取り、Ni は値が小さくなる事が分かる。Ni は周囲の格子構造と調和したホスト的な元素であり、Cr は周囲の格子構造を乱すゲスト的な特徴を持つ事が示唆される。CrCoNi における各元素の原子変位量について第一原理計算が行われているが、これによると、各元素の原子変位の大きさは、Cr>Co>Ni の順となっている。原子変位が大きくなると、その元素周りの格子構造が局所的に乱れていくと予想される。原子が変位した時のデバイ・ワラー因子の計算値を挿入図に示すが、実際、デバイ・ワラー因子の増加量 $\Delta\sigma^2$ は原子変位量の 2 乗 d^2 に比例して増加する事が分かる。熱処理時間を長くした場合 (図の右側のデータ) についても調べたが、各元素のデバイ・ワラー因子が収束していく事が分かる。元素間相互作用は元素の種類に依存すると考えられるが、短時間の熱処理では元素配置がランダムになるため、元素間相互作用が比較的強い Cr が大きな原子変位を起こすと考えられる。一方、熱処理時間が長くなると、元素間相互作用によって局所的な元素配置が最適化される。元素間相互作用が互いにバランスされるため、元素間相互作用が原子変位を引き起こす直接的な駆動力ではなくなる。その結果、原子変位の元素差がなくなっていくと考えられる。多くの合金における測定を通じて、元素間相互作用の機構や原子変位に関する一般則を明らかにしていく必要がある。[AIP Advances. 11, 125216 (2021)]

学術雑誌に出版された論文

An electrically conducting molecular crystal composed of a magnetic iron (III) complex ($S = 1/2$) with a large aromatic ligand, 1,2-naphthllocyanine (C_{4h} isomer): towards the development of molecular spintronics

Masayuki Yamaguchi, Sayaka Iwamura, Kosuke Mine, H. Murakawa^s, N. Hanasaki^s, and Masaki Matsuda

Dalton Transactions **50** (April) (2021) 5789-5794

(<http://dx.doi.org/doi:10.1039/d1dt00588j>).

Optimizations of the Sintering Temperature to Reduce the Nd_3RuO_7 Phase and Investigations of their Effect on the Magnetic Properties in $Nd_2Ru_2O_7$

Utami Widayiswari, H. Sakai^s, N. Hanasaki^s, Budhy Kurniawan, and Isao Watanabe

Materials Science Forum **1028** (Apr.) (2021) 3-8

(<http://dx.doi.org/doi:10.4028/www.scientific.net/msf.1028.3>).

Tunable spin-valley coupling in layered polar Dirac metals

M. Kondo^d, Masayuki Ochi, Tatsuhiro Kojima, Ryosuke Kurihara, Daiki Sekine, Masakazu Matsubara, Atsushi Miyake, Masashi Tokunaga, Kazuhiko Kuroki, H. Murakawa^s, N. Hanasaki^s, and H. Sakai^s

Communications Materials **2** (No. 1, May) (2021) 49-1-7

(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s43246-021-00152-z>).

Enhancing Thermopower and Nernst Signal of High - Mobility Dirac Carriers by Fermi Level Tuning in the Layered Magnet EuMnBi₂

K. Tsuruda^m, K. Nakagawa^m, Masayuki Ochi, Kazuhiko Kuroki, Masashi Tokunaga, H. Murakawa^s, N. Hanasaki^s, and H. Sakai^s

Advanced Functional Materials **31** (May) (2021) 2102275-1-8

(<http://dx.doi.org/doi:10.1002/adfm.202102275>).

Variation of charge dynamics upon antiferromagnetic transitions in the Dirac semimetal EuMnBi₂

H. Nishiyama, H. Sakai^s, K. Nakagawa^m, N. Hanasaki^s, S. Ishiwata, H. Masuda, M. Ochi, K. Kuroki, S. Iguchi, T. Sasaki, Y. Ikemoto, T. Moriwaki, K. Ueda, Y. Tokura, and J. Fujioka

Physical Review B **104** (No. 11, Sept.) (2021) 115111-1-7

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.104.115111>).

Dirac Loops in a Strongly Correlated Metal: Origin of Large Magnetoresistance?

H. Sakai^s

JPSJ News and Comments **18** (Oct.) (2021) 14

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/jpsjnc.18.14>).

Element dependence of local disorder in medium-entropy alloy CrCoNi

N. Hanasaki^s, M. Oda^m, K. Niitsu, K. Ehara, H. Murakawa^s, H. Sakai^s, H. Nitani, H. Abe, H. Sagayama, H. Uetsuka, T. Karube, and H. Inui

AIP Advances **11** (No. 12, Dec.) (2021) 125216-1-4

(<http://dx.doi.org/doi:10.1063/5.0072766>).

Magnetic Generation and Switching of Topological Quantum Phases in a Trivial Semimetal α -EuP₃

Alex Hiro Mayo, Hidefumi Takahashi, Mohammad Saeed Bahramy, Atsuro Nomoto, H. Sakai^s, and Shintaro Ishiwata

Physical Review X **12** (No. 1, Feb.) (2022) 011033-1-10
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevX.12.011033>).

国際会議報告等

国際会議における講演等

Spin/valley-polarized quantum transport in magnetic and polar Dirac materials

H. Sakai^{s*} (invited)

Asia-Pacific Conference on Condensed Matter Physics 2021 (AC2MP2021) (Online, Dec.1, 2021, Approx. 1000 participants)

Tuning Thermoelectric Performance for a Layered Dirac Material with High-mobility Carriers

H. Sakai^{s*} (invited)

Materials Research Meeting (MRM2021) (Yokohama (Hybrid), Dec. 15, 2021, Approx. 2000 participants)

Local structure analysis in medium entropy alloy CrCoNi by EXAFS measurement (poster)

M. Oda^{m*}, N. Hanasaki^s, K.Niitsu, K.Ehara, H. Murakawa^s, H. Sakai^s, H.Nitani, H.Abe, H.Sagayama, and H.Inui

Materials Research Meeting (MRM2021) (Yokohama (Hybrid), Dec. 14, 2021, Approx. 2000 participants)

Block-layer design for high-mobility magnetic and polar Dirac materials

H. Sakai^{s*} (invited)

Summit of Materials Science 2022 (SMS2022) (Sendai (Hybrid), March 2, 2022, Approx. 200 participants)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

極性を持つディラック電子系物質 BaMnBi₂ における格子歪に敏感なスピン・バレー結合状態 (ポスター)

近藤雅起^{d*}、酒井英明^s、越智正之、小島達弘、栗原綾佑、関根大輝、松原正和、三宅厚志、徳永将史、黒木和彦、村川寛^s、花咲徳亮^s

第5回固体化学フォーラム (オンライン、2021年6月22日～23日)

EXAFS による CrCoNi の局所構造解析 (招待講演)花咲徳亮^{s*}

日本金属学会 第 12 回プラストンに基づく変形現象研究会 ～ハイエントロピー合金の原子構造と物性～ (オンライン、2021 年 8 月 20 日)

CrCoNi の EXAFS 測定による局所構造解析小田昌治^{m*}、花咲徳亮^s、新津甲大、江原和輝、村川寛^s、酒井英明^s、軽部瑠美、上塚洋、仁谷浩明、阿部仁、佐賀山基、乾晴行

日本物理学会 2021 年秋季大会 (オンライン、2021 年 9 月 20 日)

電荷密度波磁性半導体 CeTe₂ の異方的な巨大磁気抵抗効果村川寛^{s*}、中岡優大^m、木田孝則、萩原政幸、酒井英明^s、花咲徳亮^s

日本物理学会 2021 年秋季大会 (オンライン、2021 年 9 月 22 日)

Ice-type structural fluctuation and random-singlet state in spinel titanates (領域 8 シンポジウム講演)N. Hanasaki^{s*}

日本物理学会 2021 年秋季大会 (オンライン、2021 年 9 月 22 日)

磁性トポロジカル絶縁体候補物質 EuMg₂Bi₂ における非従来型異常ホール効果と量子振動の観測近藤雅起^{d*}、酒井英明^s、越智正之、栗原綾佑、三宅厚志、山崎裕一、徳永将史、中尾裕則、黒木和彦、村川寛^s、花咲徳亮^s

日本物理学会 2021 年秋季大会 (オンライン、2021 年 9 月 23 日)

トポロジカル線ノード半金属 PbTaSe₂ における圧力下ネルンスト効果の研究横井滉平^{d*}、村川寛^s、酒井英明^s、花咲徳亮^s

日本物理学会 2021 年秋季大会 (オンライン、2021 年 9 月 23 日)

非磁性ノーダルライン半金属 PbTaSe₂ における異常な磁気輸送現象 (招待講演)横井滉平^{d*}

研究室横断若手研究会 (オンライン、2022 年 3 月 8 日)

ミディアムエントロピー合金における局所構造 (招待基調講演)花咲徳亮^{s*}

日本金属学会 2022 年春季講演大会 (オンライン、2022 年 3 月 16 日)

電荷密度波 Dy 化合物半導体の異方的な磁気抵抗効果村川寛^{s*}、齋藤悠宇、岩瀬圭祐^b、横井滉平^d、木田孝則、萩原政幸、酒井英明^s、花咲徳亮^s

日本物理学会第 77 回年次大会 (オンライン、2022 年 3 月 16 日)

ThCr₂Si₂ 型構造を有する EuAu₂Ge₂ の低温磁気相図 (ポスター)湯浅直樹 ^{m*}、酒井英明 ^s、木田孝則、萩原政幸、村川寛 ^s、花咲徳亮 ^s

日本物理学会第77回年次大会 (オンライン、2022年3月16日)

書籍の出版, 日本語の解説記事等

ブロック層を利用した多彩なディラック電子系物質の開拓—磁性・極性とのカップリング

酒井英明 ^s日本物理学会誌 **76** (No. 11, Nov.) (2021) 729–734(http://dx.doi.org/doi:10.11316/butsuri.76.11_729).

1.8 松野グループ

令和三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。

本グループでは遷移金属酸化物 = 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」にもさらに興味深い未知の物性が隠されているのではないか？ そのような問題意識から、本グループでは原子レベルで制御された強相関界面を自ら設計し、作製・評価までを一貫して実施している。

現在主に推進しているテーマは以下の2つである。いずれのテーマにおいても、パルスレーザー堆積法、スパッタ法等を用いて薄膜を合成することにより界面を形成する。

1. 強相関物質におけるスピン流の物理とスピントロニクス
2. 強相関界面の物性：磁性と超伝導

強相関物質におけるスピン流の物理とスピントロニクス

強いスピン-軌道相互作用を持つ物質と磁性体との界面はスピン流物性の舞台として近年盛んに研究が行われている。特に金属スピントロニクスの分野ではスピン-軌道相互作用の強い物質としてPtがよく用いられ、事実上の標準物質となっている。本研究では以下の3つの理由からPtに加えて5d電子系酸化物を用いた：(i)Ptと異なり6s電子を含まないため5d電子のスピン-軌道相互作用を十全に活用できる、(ii)酸化物ではエピタキシャル界面の形成が容易であり界面スピン流物性の微視的理解に適する、(iii)5d電子の強相関性に由来する新しいスピン流物性が期待できる。本年度は以下の4つの界面系を取り上げた。

1. 2層膜Py-IrO₂におけるスピン流物性

電流による磁化制御は、その根底にある電流-スピン変換現象の理解が必要不可欠であるため、現代のエレクトロニクス分野において重要課題となっている。近年では、非磁性体と強磁性体の界面を持つ二層膜構造において、スピン軌道トルクによる磁化反転が実証されている。スピン軌道トルクは、強いスピン軌道相互作用に起因するスピンホール効果やラシュバ-エデルシュタイン効果から誘起され、PtやTaなどの5d遷移金属が高効率の生成源として知られている。最近になって、5d遷移金属の酸化物であるイリジウム酸化物を用いた逆スピンホール効果やスピンホール効果が観測され、遷移金属酸化物を基盤としたスピン流生成現象が注目されていることから、導電性を示すイリジウム酸化物IrO₂のスピン流物性について研究を行った。

これまでにIrO₂が大きなスピン流生成効率を持つことを明らかにしていたが [1]、本年度はそれに引き続きPyとIrO₂との積層順序がスピン流物性に与える影響に着目した。IrO₂-top試料とIrO₂-bottom試料に対して、参照試料Ptと合わせてスピン軌道

トルク、スピンホール磁気抵抗、磁気異方性の測定を行った。全ての試料で効率的な電流-スピン流変換に由来する大きな dampinglike(DL) スピン軌道トルクを観測したが、 IrO_2 (Pt)-bottom 試料が IrO_2 (Pt)-top 試料よりも大きいスピン軌道トルクを生成することが明らかとなった。Fieldlike(FL) スピン軌道トルクでは、Pt 参照試料では積層順序によらず同符号を示したのに対し、 IrO_2 では積層順序により符号が逆転するという著しい効果が得られた。磁気異方性エネルギー密度と異常ホール効果はともに IrO_2 -bottom 試料でより大きく、界面に由来する垂直磁気異方性が增強していることを示唆している。これらの結果は IrO_2 と強磁性体との界面におけるスピン輸送特性と磁気輸送特性が積層順序に強く影響していることを示しており、5d 酸化物のスピン軌道トルクを用いたデバイスの設計指針を与えている [2]。

[1] K. Ueda *et al.*, Phys. Rev. B **102**, 134432 (2020).

[2] K. Ueda *et al.*, Phys. Rev. Appl. **16**, 034039 (2021).

2. エピタキシャル SrIrO_3 薄膜を用いた電流-スピン流変換現象

スピン-軌道相互作用によって引き起こされる多彩な物理現象は近年の物質科学における中心課題の一つとなっている。中でも高い注目を集めているのがスピンホール効果であり、これはスピン-軌道相互作用によって電流からスピン角運動量の流れであるスピン流を誘起する現象である。磁性層と非磁性層からなる二層膜においてスピンホール効果を利用した磁化反転が実証され [1,2]、電流を伴わないスピン流の性質が省電力デバイスの要素技術として期待されている。これまで非磁性層としては強いスピン-軌道相互作用を持つ Pt や Ta などの 5d 遷移金属が広く用いられて来たが、その電流-スピン流変換効率は十分ではなく、既存研究を打破するような非磁性材料の探索が課題となっている。

この課題解決のため、変換効率の向上が見込める新たな非磁性層として 5d 電子系酸化物 SrIrO_3 に着目した。5d 電子系酸化物のフェルミ準位近傍は 5d バンドで支配されており、強いスピン-軌道相互作用を持つ 5d 電子のみが伝導に寄与する。そのため 5d 電子系酸化物では、6s 電子も伝導に寄与する Pt や Ta などの 5d 遷移金属とは定性的に異なるスピン流物性が期待される。本研究ではパルスレーザー堆積法を用いて SrIrO_3 を DyScO_3 基板にエピタキシャル成長させ、磁性層として $\text{Co}_{20}\text{Fe}_{60}\text{B}_{20}$ をスパッタ法で成膜した。二層膜 $\text{Co}_{20}\text{Fe}_{60}\text{B}_{20}/\text{SrIrO}_3$ の作製後、フォトリソグラフィと Ar イオンミリングを用いてホールバー型デバイスへと加工し、スピンホール磁気抵抗と高調波ホール抵抗の測定により電流-スピン流変換効率を評価した。その結果、 SrIrO_3 が Pt の約 3 倍という高い変換効率を持つことを明らかにした。これは 5d 電子系酸化物の特異な電子構造がスピン流生成に強く影響していることを示唆しており、酸化物の持つスピントロニクス材料としての可能性を切り拓く成果である。

[1] I. M. Miron *et al.*, Nature **476**, 189 (2011).

[2] L. Liu *et al.*, Science **336**, 555 (2012)

3. 二層膜 $\text{Pt}/\text{MgFe}_2\text{O}_4$ におけるスピン流物性と磁気特性の相関

近年、デバイスの省電力化に向け、電子のスピン角運動量の流れであるスピン流を用いた磁化制御が注目されている。その舞台の一つがスピン - 軌道相互作用の強い非磁性金属と磁性体からなる二層膜である。スピン - 軌道相互作用の強い物質では、電流を印加することでスピン流が生成され（スピンホール効果）、そのスピン流が磁性層に吸収されることで磁化制御が可能となる。この磁化制御機構には電流-スピン流変換率や界面スピン透過率 [1] に代表されるスピン流物性および磁性層の磁気特性が強く関係するが、詳細な調査は進んでいない。

本研究では、二層膜構造において磁気特性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 MgFe_2O_4 (MFO) [2] に着目した。スピネルフェライト AFe_2O_4 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。はじめに、パルスレーザー堆積法で $\text{MgO}(001)$ 基板上に MFO 薄膜をエピタキシャル成長させ、その成膜条件を変えることで磁気特性の最適化を行った。次に、スパッタ法を用いて MFO 薄膜上にスピントロニクス標準非磁性層である Pt を成膜することで二層膜 Pt/MFO を作製した。その際、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も行った。得られた二層膜にスピンホール効果と逆スピンホール効果により磁気抵抗が変化するスピンホール磁気抵抗効果 (SMR) 測定を行った結果、電流-スピン流変換率および界面スピン透過率を決定するための明瞭な SMR シグナルが得られた。二層膜 Pt/MFO において SMR が界面状態に依存しない一方、MFO の磁気特性に強く依存することが明らかになった。

[1] W. Zhang *et al.*, Nat. Phys. **11**, 496 (2015)

[2] S. M. Hoque *et al.*, Mater. Sci. Appl. **2**, 1564 (2011).

4. $5d$ 電子系 WO_2 におけるスピン流生成

近年、電子のスピン角運動量の流れであるスピン流を用いた磁化制御が注目されており、電流 - スピン流変換効率の向上が課題となっている。スピン流研究の舞台となるのは強いスピン - 軌道相互作用を持つ非磁性層と強磁性層から構成される二層膜である。前者に Pt [1] や W [2] に代表される $5d$ 遷移金属、後者に $\text{Co}_{20}\text{Fe}_{60}\text{B}_{20}$ や $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$ が広く利用されている。最近では、電気伝導が $5d$ 電子のみで支配される非磁性イリジウム酸化物 SrIrO_3 [3] と IrO_2 [4] が高い電流-スピン流変換効率を示すことが明らかになってきた。

本研究ではこのような特異な電子構造を持つ $5d$ 遷移金属酸化物群における新規スピントロニクス材料開拓を目標に、タングステン酸化物 WO_2 の薄膜作製とそのスピン流物性評価を行った。W は強いスピン - 軌道相互作用を持つ $5d$ 電子に加えて $6s$ 電子も伝導に寄与する導電体である。これに対して、 WO_2 は伝導が $5d$ 電子のみで支配される導電体であるため、W とは定性的に異なるスピン流物性が期待される。まずスパッタリング法で WO_2 薄膜を作製し、その結晶構造と電気伝導特性を評価することにより薄膜合成条件を最適化した。次に WO_2 /強磁性層を組み込んだ二層膜構造を作製し、スピンホール磁気抵抗効果 (SMR) を測定した。その結果、明瞭な SMR シグ

ナルが得られ、 IrO_2 と同等の電流 - スピン流変換効率を持つことが明らかになった。この結果は WO_2 が効率よくスピン流を生成す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 $5d$ 電子系スピントロニクス材料に新たな物質群であるタングステン酸化物を付け加える成果である。

- [1] I. M. Miron *et al.*, Nature **476**, 189 (2011).
- [2] C.- F. Pai *et al.*, Appl. Phys. Lett. **101**, 122404 (2012).
- [3] T. Nan *et al.*, PNAS **116**, 16186 (2019).
- [4] K. Ueda *et al.*, Phys. Rev. B **102**, 134432 (2020).

強相関界面の物性：磁性と超伝導

銅酸化物高温超伝導体の発見以来、超伝導は強相関電子系における中心課題として常に注目され続けてきた。本年度は近年薄膜でのみ実現できることが明らかとなったニッケル酸化物超伝導体の薄膜作製に取り組んだ。

1. ニッケル酸化物超伝導体作製の試み

2019年にニッケル酸化物で初めて超伝導性を示す無限層構造 $\text{Nd}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{NiO}_2$ ($T_c = 13.6$ K) の薄膜が報告され [1]、銅酸化物高温超伝導体との関連から興味を持たれている。パルスレーザー堆積法 (PLD) により SrTiO_3 基板 (001) 上に成長させたペロブスカイト型 $\text{Nd}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{NiO}_3$ 薄膜を前駆体として 250°C 程度で還元することで無限層 $\text{Nd}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{NiO}_2$ が作製される。前駆体 $\text{Nd}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{NiO}_3$ における Ni 形式価数が 3 価を超え不安定なことから、単相前駆体薄膜の作製は困難である [2]。バルクの無限層 $\text{Nd}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{NiO}_2$ が超伝導性を示さない [3] ことから超伝導実現は容易ではなく、物理的重要性にも関わらず研究の進展は遅い。

本研究では新規 Ni 系超伝導体の探索及び物性評価を目的として、既存の Ni 酸化物超伝導体 $\text{Nd}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{NiO}_2$ と $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{NiO}_2$ の作製を目標とした。前段階として、 NdNiO_3 薄膜の作製および低温還元により無限層 NdNiO_2 を作製し還元条件を探索した。前駆体 $\text{Nd}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{NiO}_3$ の作製では、ルドルスデン-ポッパー相 $(\text{Nd}_{0.8}\text{Sr}_{0.2})_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$ の形成を抑制できなかった。一方、 $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{NiO}_3$ 薄膜は単相で得られたが、還元により無限層を得ることはできておらず、薄膜の更なる高品質化が必要となった。PLD はレーザーにより焼結体ターゲットをプラズマ化させることで薄膜を形成する手法であり、レーザーの単位面積あたりのエネルギーであるフルーエンスの調整が薄膜の高品質化には重要であると報告されている [2,4]。ターゲットの表面組成がレーザーにより変化している可能性を考え、エネルギー分散型 X 線分析 (EDX) で $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{NiO}_3$ ターゲット表面を調べた結果、レーザー照射後の La/Ni 組成比にフルーエンス依存性が見られた。高品質の $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{NiO}_3$ 薄膜の合成におけるフルーエンスの精密制御の必要性を示唆している。

- [1] D. Li *et al.*, Nature. **572**, 624 (2019).
- [2] K. Lee *et al.*, APL Mater. **8**, 041107 (2020).

[3] Q. Li *et al.*, Commun. Mater. **1**, 16 (2020).

[4] M. Osada *et al.*, Adv. Mater. **33**, 2104083 (2021)

学術雑誌に出版された論文

Stacking-Order Effect on Spin-Orbit Torque, Spin Hall Magnetoresistance, and Magnetic Anisotropy in Ni₈₁Fe₁₉-IrO₂ Bilayers

K. Ueda^s, N. Moriuchi^m, K. Fukushima^m, T. Kida, M. Hagiwara, and J. Matsuno^s

Phys. Rev. Appl. **16** (No. 3, Sep.) (2021) 034039 1-11

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevApplied.16.034039>).

国際会議における講演等

Oxide electronics utilizing spin-orbit coupling

J. Matsuno^{s*} (invited)

SKKU (Sungkyunkwan University) -PNU (Pusan National University) Quantum Matter Seminar Series (Online, Jun. 10, 2021, 参加者数約 50 名)

Spin-current generation from 5d transition metal oxides

K. Ueda^{s*}, N. Moriuchi^m, K. Fukushima^m, T. Kida, M. Hagiwara, and J. Matsuno^s (invited)

MRS-Taiwan International Conference (Online, Nov. 13-17, 2021, 参加者数約 500 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

酸化物界面を利用したスピントロニクス

上田 浩平^s、森内 直輝^m、福島 健太^m、木田 孝則、萩原 政幸、松野 丈夫^{s*}

第 5 回固体化学フォーラム研究会（於 オンライン、2021 年 6 月 22-23 日）

Pt/MgFe₂O₄ 界面におけるスピンホール磁気抵抗効果

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

第 82 回応用物理学会秋季学術講演会（於 オンライン、2021 年 9 月 10 日-13 日）

二層膜 Co₂₀Fe₆₀B₂₀/WO₂ におけるスピン流生成

藤井 駿人^{m*}、上田 浩平^s、松野 丈夫^s

第 82 回応用物理学会秋季学術講演会（於 オンライン、2021 年 9 月 10 日-13 日）

エピタキシャル SrIrO₃ におけるスピン軌道トルク生成堀 惣介^{m*}、上田 浩平^s、木田 孝則、萩原 政幸、松野 丈夫^s

第 82 回応用物理学会秋季学術講演会（於 オンライン、2021 年 9 月 10 日–13 日）

二層膜 Ni₈₁Fe₁₉-IrO₂ におけるスピン軌道トルクの積層順序効果上田 浩平^{s*}、木田 孝則、萩原 政幸、松野 丈夫^s

第 82 回応用物理学会秋季学術講演会（於 オンライン、2021 年 9 月 10 日–13 日）

NdNiO₃ 薄膜の低温還元と Sr ドープによる超伝導体作製の試み (ポスター)峠原 拓弥^{m*}、上田 浩平^s、宮坂 茂樹、松野 丈夫^s

第 82 回応用物理学会秋季学術講演会（於 オンライン、2021 年 9 月 22 日）

二層膜 Pt/La_{2/3}Ba_{1/3}MnO₃ におけるスピンホール磁気抵抗効果 (ポスター)廣瀬 有経^{m*}、上田 浩平^s、大河内 真哉^m、木田 孝則、萩原 政幸、松野 丈夫^s

第 82 回応用物理学会秋季学術講演会（於 オンライン、2021 年 9 月 22 日）

二層膜 Co₂₀Fe₆₀B₂₀/多結晶 IrO₂ におけるスピン流生成 (ポスター)森本 鉄郎^{m*}、上田 浩平^s、松野 丈夫^s

第 82 回応用物理学会秋季学術講演会（於 オンライン、2021 年 9 月 22 日）

強いスピン-軌道相互作用を持つ強相関薄膜界面の物性と機能松野 丈夫^{s*}

日本中間子科学会「ミュオンで見る磁性・超伝導物質研究の最前線」（於 大阪大学+オンライン、2022 年 1 月 7 日）

Spin-orbit torque generation in CoFeB-epitaxial SrIrO₃ bilayersS. Hori^m, K. Ueda^s, J. Matsuno^{s*}

令和 3 年度新学術領域研究「量子液晶の物性科学」領域研究会（於 オンライン、2022 年 2 月 17 日–19 日）

1.9 素粒子理論グループ

非可逆対称性

近年、場の理論における対称性の概念の拡張と、その応用についての研究が盛んに行われている。その一つの例が非可逆対称性である。従来、非可逆対称性は2次元以外ではほとんど知られていなかった。それに対して、小出、名古屋、山口は、4次元の Z_2 格子ゲージ理論で双対性を表す非可逆対称性が存在することを、具体的にトポロジカル欠陥を構成することで示した。また、この対称性のなす「交差関係式」を求めた。

部分系対称性とフラクトン相

フラクトン相は量子情報、物性などで最近注目されている物質の相である。特に「部分系対称性」と呼ばれる新奇な対称性が様々な興味深い性質の元になっている。山口は、このフラクトン相の研究を場の理論の立場から行った。まず、超対称性を持つフラクトン相のモデルを構築した。このモデルでは、フェルミオンの部分系対称性のために大きな基底状態の縮退があり、しかも残留エントロピーが体積ではなく面積に比例することが分かった。また、部分系対称性のアノマリー流入に関する研究を具体的な系を用いて行った。実際、部分系対称性を持つようなギャップがある理論の境界にギャップのない理論が現れ、それがアノマリー流入機構により守られていることが分かった。

ダークセクターの量子効果による荷電レプトン質量の輻射生成

柳生 慶は Cheng-Wei Chiang (国立台湾大) との共同で、標準模型に暗黒物質を含む部分(ダークセクター)を追加した模型において、小さな荷電レプトン質量が量子効果によって自然に導出されることを明らかにした。また、FNALにおけるミュオン $g-2$ の測定結果と標準模型の予言との間の有意なずれをレプトンフレーバーの破れ等の既存実験を満たす領域で説明できることを示した。この研究成果は Phys. Rev. D に掲載された。

さらに小淵稜明, 柳生 慶は Cheng-Wei Chiang との共同で、上記の模型をニュートリノ微小質量も同時に説明できるように拡張し、現在の LHC 実験での新粒子探査による制限の下で、ニュートリノ振動、暗黒物質残存量そしてミュオン $g-2$ のずれを説明し得るパラメータ領域が存在することを明らかにした。また将来の電子・陽電子衝突型加速器における模型の検証可能性を議論した。この研究成果は JHEP に掲載されることが決定している。

世代構造の起源と CP 対称性の破れに関する研究

Zhiyi Fan, 柳生 慶は3世代構造の起源を説明し得る $SU(3)_c \times SU(3)_L \times U(1)_X$ ゲージ対称性をもつ様々な模型を包括的に調べ上げ、それらの中の最小ヒッグスセクターをもつ部類は2HDMを低エネルギー有効理論に導くことを明らかにした。また、この2HDMは湯川相互作用に小林・益川位相以外のCP対称性を破る位相を含み、特徴のあるフレーバー構造をもつ。我々はB中間子の混合や希崩壊等の既存のフレーバー実験による制限を満たすパラメータ領域が将来の中性子電気双極子モーメント実験により検証され得ることを示した。

CP 対称性を破る複合ヒッグス模型の研究

長井遼, 柳生慶は Stefania De Curtis (フィレンツェ大), Stefano Moretti (サウサンプトン大) との共同で、ヒッグスポソンが大局的対称性の自発的破れに伴う擬南部・ゴールドス

トンボソン (pNGB) として現れるシナリオを研究した。特に $SO(6) \rightarrow SO(4) \times SO(2)$ の破れを考え、低エネルギーに (pNGB として) 2HDM が現れるシナリオに注目した。強結合セクターに CP を破る位相が含まれる場合、低エネルギーでの湯川相互作用とヒッグスポテンシャルに非自明な CP を破る位相が現れることを示し、その現象論的な帰結としてヒッグスボソンの崩壊現象を議論した。この研究成果は JHEP に掲載された。

重力波探査による多重臨界点原理に基づく模型の検証

柳生慶は濱田雄太 (ハーバード大), 川合光 (国立台湾大), 川名清晴 (ソウル大), 尾田欣也 (東京女子大) との共同で、多重臨界点原理に基づく理論の相転移現象を研究した。標準模型に実スカラー 1 重項場 2 個が追加された模型においては、最大で 3 重臨界点 (1 重項スカラー場に対するポテンシャルの独立な極値 4 個が縮退する) を要求することが可能であり、この枠組みにおいて強い 1 次的相転移が引き起こされることを示した。また、この相転移の力学に由来する重力波が初期宇宙において生成される可能性があり、将来の DECIGO や BBO 実験で検出可能な感度領域に重力波スペクトルが予言されることを示した。

B 中間子のセミレプトニック崩壊の LHC 実験における検証

竹内道久は、井黒 (名古屋大) 渡邊 (INFN, Pisa) と共同で、B 中間子のセミタウオニク崩壊 $B \rightarrow D^{(*)} \tau \bar{\nu}$ に見られる標準模型からのずれを LHC 実験における検証についての研究を行なった。特に、レプトクォーク模型等の実際の模型と、有効場の理論極限 (EFT) を用いる場合を比較し、後者による制限が強くなりすぎる可能性があること、正しく質量の影響をいれることの重要性を指摘した。この成果は学術論文として EPJ に掲載された。

また、遠藤 (KEK)、井黒 (名古屋大/Kavli-IPMU 東大)、北原 (KMI, 名古屋大)、渡辺 (INFN, Pisa) と共同で、LHC 実験におけるタウと見えない横運動量探索に、ボトムジェットの存在を追加することで、新物理模型の探索感度と模型の選別可能性が高くなることを示した。この成果は学術論文として JHEP に掲載された。

くりこみ群固定点の格子シミュレーションと超弦理論への応用

森川億人は、超弦理論を記述する共形場理論を赤外固定点に持つランダウ・ギンツブルグ模型の数値シミュレーションを行った。特に、標的空間がトーラスにコンパクト化されている場合に、トーラスの大きな変形のもとで中心電荷が一定に保たれることを数値的に確かめた。また、原子核理論グループの北沢正清と田中瑞樹、九州大の鈴木博との共同で、3 次元 $O(N)$ シグマ模型の格子シミュレーションを行い、ウィルソン・フィッシャー固定点の存在をグラディエント・フローに基づくくりこみ群解析により検証した。

Curved domain-wall fermion

青木匠門、深谷は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の解析を行った。正方格子に円 S^1 および球 S^2 を埋め込み、Dirac 方程式のスペクトルを解析した。従来の平坦なドメインウォールと同様に、質量のないカイラルなエッジ状態がドメインウォールに現れること (図 1.1)、ドメインウォールの埋め込みから誘導される非自明なスピン接続の影響を受ける、つまり、スピン接続を通じて、重力を感じることを確認した。また、その効果が連続理論の解析的な結果とよく一致することを確認した。

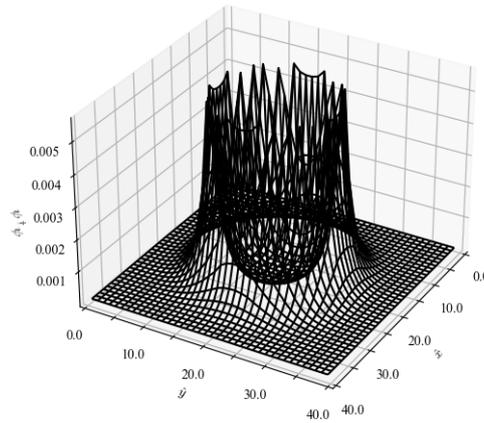


図 1.1: Curved domain-wall fermion の edge 状態波動関数。

高温 QCD のカイラル感受率の研究

深谷らは、2-flavor, 2+1-flavor の高温 QCD を格子理論を用いて数値計算、通常、 $SU(2)_L \times SU(2)_R$ 対称性のプローブと考えられているカイラル感受率のシグナルの 90% が実は axial $U(1)$ 量子異常由来であることをつきとめた。

Large N QCD におけるカイラル対称性の破れ

佐藤 亮介は Large N QCD において、Ward-Takahashi 恒等式と QCD 不等式を使うことにより、カイラル対称性が自発的に破れていること、および、 $\langle \bar{q}q \rangle \neq 0$ であることを示し、 $\langle \bar{q}q \rangle$ の下限を見積もった。

Nelson-Barr 模型におけるバリオン数非対称性の生成

佐藤 亮介は、藤倉（東大 RESCEU）、中井（上海交通大 TDLI）、山田（東北大）と共同で、Nelson-Barr 模型において、超対称性を導入して gauge mediation で超対称性の破れを伝達することにより、中性子電気双極子モーメントが十分小さくできることを示し、さらに、Affleck-Dine 機構を組み合わせることでバリオン数の非対称性を生成できることを示した。加えて、このシナリオにおける中性子電気双極子モーメントの大きさの下限を見積もった。

電弱相転移・左右相転移

細谷裕は 幡中久樹、折笠雄太、船津周一郎、山津直樹とともに $SO(5) \times U(1) \times SU(3)$ ゲージヒッグス統合理論 (GHU) での電弱相転移および新しい左右相転移の構造を明らかにした。温度 $T \sim 163 \text{ GeV}$ で電弱対称性 $SU(2)_L \times U(1)_Y$ が回復される。 $\theta_H^c = 0.0104$, $v_c = \theta_H^c f_H = 25.54 \text{ GeV}$, $v_c/T_c^{\text{EW}} = 0.156$ で弱い一次相転移であることがわかった (図 1.2)。この振る舞いは標準理論とほぼ同じである。さらに温度を上げると、 $T \sim 4000 \text{ GeV}$ で、 $\theta_H = 0$ 状態と $\theta_H = \pi$ 状態がほぼ縮退し、宇宙初期、左右相転移およびドメイン構造が現れることも明らかにした。

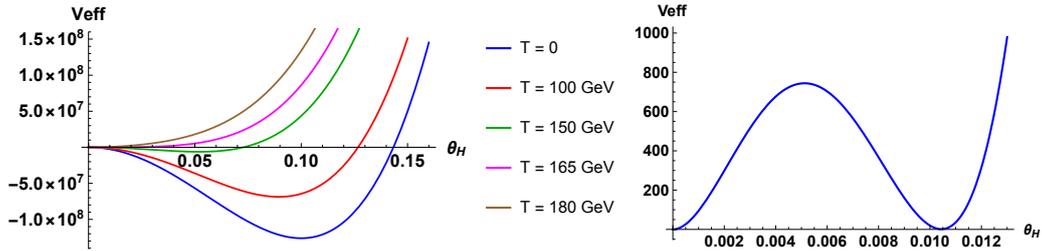


図 1.2: 電弱相転移における有効ポテンシャル $V_{\text{eff}}(\theta_H, T)$. (単位は GeV^4) 左: 温度 $T \sim 163 \text{ GeV}$ で電弱対称性 $SU(2)_L \times U(1)_Y$ が回復される。右: $T = T_c^{\text{EW}} = 163.2 \text{ GeV}$ での原点付近での振る舞い。

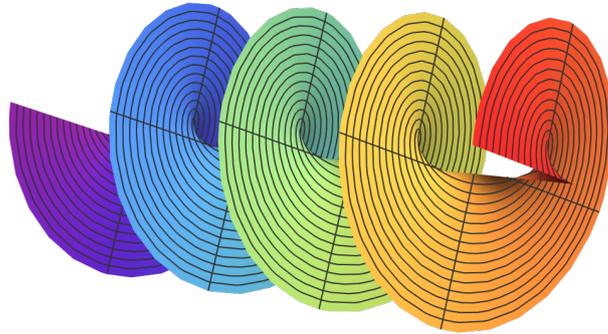


図 1.3: 光渦の波面。

同位体効果を用いた新物理探索

田中 実は、山本康裕 (NCBJ, ワルシャワ), 高橋義朗 (京大) らと共同で、イッテルビウムのスペクトルにおける同位体効果を用いた新しい物理の探索についての研究を行ない、最新の実験データの解析を進めた。

ガンマ線光渦

田中 実は、田代基慶 (東洋大), 笹尾 登 (岡山大) と共同で、軌道角運動量を持つ光 (光渦, 図 1.3 参照) の研究を行ない、加速された水素様およびヘリウム様重イオンからのガンマ線光渦の放射について調べた。

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、銀河ハロー暗黒物質による原子の状態遷移過程について調べた。量子コヒーレンスによる遷移確率の増幅を明かにし、これを用いた暗黒物質探索実験計画を進めた。

経路積分砂時計法によるエンタングルメントエントロピー

エンタングルメントエントロピーはスピン系など、Hilbert 空間が直積の構造を持つ場合、明快な定義があり、物理的にそれは取り出せる Bell Pair の数に対応している。しかし連続

場の理論、その中でも特にゲージ理論のようにガウスの法則により Hilbert 空間が直積を持たない場合、取り出せる Bell Pair に相当するエンタングルメントエントロピーをどのように経路積分で直接計算するかは未解決問題であった。本研究で、Lehman college (米国) の Daniel Kabat 氏とともに姉川尊徳、飯塚則裕は、砂時計法という新しい手法を開発し、さらに分割する領域が平面の場合、この手法により経路積分から Bell Pair に相当する正しい係数を導くことに成功した。

加速器実験における leptophilic 暗黒物質の探査

片寄泰佑は、松本重貴、堀米俊一、I.Saha(共に Kavli IPMU) と共同で、将来電子陽電子加速器における leptophilic 暗黒物質の探査可能性について研究を行った。このような暗黒物質は、直接探査実験では探査が難しいことが知られており、その他の方法で探査を行うことが重要である。我々は標準模型のゲージ相互作用を持たないフェルミオン型の暗黒物質と、lepton と同じ量子数を持つスカラー型の媒介粒子を仮定することで、現在の実験や観測における制限を逃れて暗黒物質の残存量を説明できる領域が残されていることを示した。このモデルはフェルミラボで報告されているミュオンの異常磁気双極子モーメントを説明できる領域も含まれており、非常に興味深い。さらにそのような領域のうち、暗黒物質を加速器で対生成できるような質量のものに関しては、1 光子事象を解析することでもれなく探査が可能であることを示した。

SU(2) 3重項のスカラー暗黒物質に関する包括的研究

片寄泰佑は、松本重貴、白井智、渡邊有(共に Kavli IPMU) と共同で、SU(2) 3重項に属するスカラー暗黒物質に対して、加速器実験、直接探査実験、間接探査実験における制限と将来的な探査可能性に関して研究を行った。このような暗黒物質に対しては微小な質量差を持った荷電粒子がパートナーとして存在しており、それによって引き起こされるゾンマーフェルト効果を考慮する必要がある。我々はこの効果が残存量の計算や、間接探査実験においてこの効果が重要な役割を果たすことを計算で示し、定量的な評価を行った。その結果、質量が数 TeV の領域に現在の残存量を説明しつつ実験からの制限を逃れている領域があることを明らかにした。

磁場中双曲格子におけるブロッホ状態の構成

近年、負の曲率を持つ双曲格子が導波管共振器や電気回路を用いて実験的に実現された。青木、池田 (University of Saskatchewan)、松木は磁場中双曲格子におけるブロッホ状態を構成し、一般のリーマン曲面上の量子ホール系に対する知見を与えた。

一般相対性理論におけるエネルギー保存量の研究

大野木は、青木慎也 (京大)、横山修一 (京大) と共同で一般相対性理論におけるエネルギー保存量について研究を行なった。エネルギー運動量テンソルに新しいクラスのベクトル場をかけたものがグローバル対称性がなくても保存量を与え、かつそのようなベクトル場が常に構成できることを示した。一様等方な宇宙ではその保存量熱力学の第 1 法則を満たしエントロピーと解釈できることを示した。

APS 指数とベリー位相の関係

大野木は、世田拓也(京大)と共同で Atiyah-Patodi-Singer(APS) 指数について研究を行なった。断熱近似が有効な場合、APS 指数を Domain-wall フェルミオンで再定式化した新しい指数はベリー位相から簡単に与えることができると conjecture を提唱し、解析的計算が可能な2次元の特殊なケースについて、この推測を明示的に検証した。

Mod2 指数について

深谷、古田(東大)、松木、松尾(名大)、大野木、山口、山下(京大)は Domain-wall ドメインフェルミオンを用いて、Mod2 APS 指数を再定式化し、それが元の指数と同一であることの数学的証明を与えた。新しい定式化の利点はドメイン壁フェルミオンによってエッジモードとバルクモードの寄与を自然に分離できることにある。これによって global anomaly inflow を明快に説明できることがわかった。

新しい有効ヒッグス理論と新しい no-lose 定理

重い新粒子のノンデカップリング効果は、有限な高次演算子の切断で定義される標準的な有効理論では説明できない。兼村晋哉と長井遼は新物理の量子効果を正しく描写する新しい有効理論 (naHEFT) を提案した。この新しい有効理論において、真空の安定性と摂動的ユニタリー性に基づいた解析を行い、ヒッグス粒子の結合定数に対する標準理論予想からのずれを将来加速器実験で調べることにより、新物理のスケールがどのエネルギー領域にあるかの情報が得られることを明らかにした (New No-Lose Theorem)。

比較的重い付加的ヒッグスを通じた電弱 1 次相転移の可能性

兼村晋哉と田中正法は、強い電弱 1 次相転移が実現可能な拡張ヒッグスモデルにおける電弱相転移を研究した。特に、強い電弱 1 次相転移の条件であるスファレロン脱結合条件を評価し、スファレロン脱結合条件と摂動ユニタリティーなどの理論的制限を組み合わせることで、付加的ヒッグスの質量に対する上限と下限が得られることを確認した。この結果は、電弱 1 次相転移が実現可能な拡張ヒッグスモデルにおける新しいスカラーボソンの質量スケールに対する制限が得られたことを意味する。また、我々は付加的ヒッグスが TeV スケールの質量を持つ場合でも、電弱 1 次相転移が可能であることも明らかにした。そして、ヒッグスポテンシャルにおける自己3点結合の測定と、電弱相転移由来の重力波スペクトルの相関関係に注目することで、そのような比較的重い付加的ヒッグスのスケールを検証できる可能性についても議論した。

ノンデカップリング効果を伴う拡張ヒッグス模型の有効理論と電弱相転移

兼村晋哉、長井遼、田中正法は、近年提唱された新粒子による大きな量子補正効果を伴うヒッグスセクターの有効理論 (naHEFT) を有限温度系に拡張し、naHEFT での電弱相転移について研究した。これまでの研究では、重い新粒子の量子効果を一般的に扱う有効理論として、標準模型に高次元演算子を追加した有効場の理論 (SMEFT) の枠組で電弱相転移などが活発に議論されてきた。我々は naHEFT と SMEFT を比較し、電弱 1 次相転移のような新粒子による大きな量子補正が重要になる現象を記述するのに、SMEFT が適当ではないことを定量的に明らかにした。この事実は、具体的な模型に依存しない電弱相転移の性質などを議論する際には、naHEFT を用いる方が適当であることを意味する。また、naHEFT

の枠組みでヒッグスポテンシャルにおける自己3点結合や重力波スペクトルについても解析し、将来の加速器実験や重力波観測を通じた拡張ヒッグス模型の検証可能性を議論した。

CPの破れを含む拡張ヒッグス模型の現在の実験的制限とそのLHC実験における検証

兼村晋哉、竹内道久、柳生慶は、ヒッグスポテンシャルと湯川相互作用に各々独立なCP対称性を破る(CPV)位相を含むヒッグス2重項を2個含む模型を研究し、この模型に対する様々なフレーバー物理実験とLHC実験からの制限を調べた。特に、重いヒッグス粒子の質量がトップ質量の2倍以下の場合を詳細に調べ、LHC実験におけるレプトンの多いイベントの現在の探索結果によって、重いヒッグス粒子のタウ対への崩壊分岐比が大きい場合には、広範なパラメータ領域が既に排除されていることを示した。結果として、残るパラメータ領域では、 $b\bar{b}\tau^+\tau^-$ モード等の重要度が高くなることを示した。更に、いくつかのベンチマークシナリオについて解析を行い、特に荷電ヒッグス粒子が重い場合には、HL-LHCでのデータを用いて重いヒッグス粒子の質量を決めることが可能であることを示した。

拡張ヒッグス模型における重いヒッグス粒子の崩壊に対する量子補正の計算

兼村晋哉、柳生慶は菊地真吏子(日本大)との共同で、ソフトに破れた Z_2 対称性をもつ2HDMにおいて、付加的なCP-evenヒッグスボソン(H)の崩壊分岐比をnext-to-leading orderで評価した。電弱及びヒッグス相互作用に関する量子補正はゲージ依存性を持たないオンシェル繰り込みの処方を用いて行った。様々な崩壊モードの中で特に $H \rightarrow hh$ (h は発見された125 GeVのヒッグスボソン)モードの崩壊率が付加的なヒッグスボソンのノンデカップリング効果に対して感度が高く、摂動の最低次に対して数十パーセント程度の補正を受けることを明らかにした。この結果は今後のLHC実験における付加的なヒッグス探索において、量子補正効果を加味した解析が重要となることを示す。

軽いWIMP暗黒物質の研究

様々な宇宙観測実験から暗黒物質が存在することが明らかになっているが、いまだにその正体は捉えられていない。暗黒物質の候補として、未知の素粒子、それらが複合したもの、未知の天体などが挙げられるが、この区分すら明らかになっておらず、さらなる研究が必要とされている。暗黒物質が未知の素粒子だと仮定した場合に有力視されているものとしてWIMPがあるが、これは電弱スケールの謎を解明するために提案されている標準模型を超える理論と非常に相性がよく、精力的に探査がなされてきた。特に質量が電弱スケール周辺にあるWIMPに関しては、直接探査実験という原子核とWIMPの弾性散乱を観測する実験によって、非常に精度良く探査がなされている。しかし直接探査実験の精度を持ってしても、WIMPの兆候は捉えられておらず、その他の可能性にも目を向ける必要性が生じてきた。我々は暗黒物質が電弱スケールよりも軽いスカラー粒子であるような場合に着目し、直接探査実験の制限を逃れつつ現在の残存量を説明できるモデルが構築できるかについて研究を行った。通常、軽いスカラー暗黒物質は宇宙マイクロ波背景放射の観測から強い制限が課せられているが、暗黒物質と標準模型の粒子を媒介する粒子を導入し、その粒子の質量と暗黒物質の質量がある関係を満たすときにはこの制限を逃れつつ残存量を説明する領域が残っていることを発見した。このような領域に対して、フレーバー実験やビームダンプ実験などを考慮した将来的な検証可能性についても研究を行った。

荷電ヒッグス粒子の崩壊に対する輻射補正の系統的計算

愛甲将司、兼村晋哉は、桜井亘大(東北大学)との共同で、重い荷電ヒッグス粒子の崩壊現象を摂動の高次補正効果を含めて計算した。4種類の湯川相互作用をもつヒッグス2重項を2個含む模型に注目し、様々な崩壊過程に対する高次補正効果を系統的に調べ、摂動の最低次での計算結果がどのように変更されるかを明らかにした。特に、近年のLHC実験のデータが支持しているアラインメント極限(125 GeVのヒッグスボソンの結合定数が標準模型における予言とツリーレベルで一致する極限)近傍の領域では、重い荷電ヒッグス粒子が125 GeVヒッグス粒子に崩壊する過程において、電弱高次補正が理論予言を大きく変えることを示した。この研究成果は学術論文として、Nucl. Phys. Bに掲載された。

Higgs strahlung ($e^+e^- \rightarrow Zh$) 過程の電弱精密計算による拡張ヒッグス模型の間接的探索

愛甲将司、兼村晋哉は、馬渡健太郎(岩手大学)との共同で、電子・陽電子加速器実験におけるHiggs strahlung ($e^+e^- \rightarrow Zh$) 過程の散乱断面積を、摂動の高次補正効果を含めて計算した。ヒッグス1重項を含む模型、4種類の湯川相互作用をもつヒッグス2重項を2個含む模型、イナート2重項模型において、標準理論からのずれを包括的に調べ、高次補正効果の重要性を明らかにした。また、散乱断面積と崩壊分岐比の積における標準理論からのずれの相関を調べることで、将来の国際加速器実験における、ヒッグス精密測定を用いた拡張ヒッグス模型の識別可能性を示した。この研究成果は学術論文として、The European Physical Journal Cに掲載された。

Aligned two Higgs double modelにおける電弱バリオン数生成

榎本一輝、兼村晋哉、村勇志は、大きなフレーバーを変える中性カレント過程を回避する湯川結合項を持ち、かつ質量125 GeVヒッグス粒子の結合定数がツリーレベルで標準模型に一致するようなAligned Two Higgs Doublet Model (A2HDM)に着目し、電弱バリオン数生成のシナリオによる生成バリオン数を計算した。A2HDMにおいては、独立なCP位相による効果の干渉を用いて、新物理由来のCPの破れを厳しく制限する電気双極子モーメント実験からの制限を避けつつ、バリオン数生成に必要なオーダー1のCP位相を持つことが可能となる。このアイデアを用いて、既存の実験的、理論的制限の下で観測バリオン数が説明可能な解が、重いスカラー粒子の質量が300-400 GeV付近にあることを示した。またそのようなベンチマークポイントにおいてはヒッグス3点結合の値が標準模型から33-55%程度ずれることを示し、将来加速器で検証可能であることを明らかにした。この研究成果は学術論文としてJHEPに掲載された。

アイソスピン二重項由来の複荷電スカラー粒子とその加速器現象論

榎本一輝、兼村晋哉、片山兼渡は、ハイパーチャージ3/2のアイソスピン二重項に着目し、その構成要素である単荷電、および複荷電スカラー粒子が将来の陽子-陽子型加速器実験において予言するシグナルとその検証可能性について調べた。これらのスカラー粒子はニュートリノ質量の理論などで導入されるため、これらの粒子の存在が検証できれば、ニュートリノ質量の起源やヒッグスセクターの構造の解明につながる。著者らはLHC実験を想定した単荷電、複荷電スカラー粒子の随伴生成過程とその背景事象の解析を行った。その結果、新

粒子の質量が電弱スケール周辺 (100-300 GeV) にあれば将来の高輝度 LHC 実験でこの過程のシグナルを検出できる可能性があることを示した。

ニュートリノ質量、暗黒物質、バリオン数非対称性を全て同時に説明する新物理模型

榎本一輝、兼村晋哉は青木真由美 (金沢大) と共同で、ニュートリノ質量、暗黒物質、バリオン数非対称性を全て同時に説明する TeV スケールの新物理模型について研究した。この模型ではニュートリノ質量が新しいスカラー粒子およびマヨラナフェルミオンの量子効果によって、3 ループレベルで生成される。また、模型には新しく離散対称性が課されており、これによって奇パリティを持った粒子の中で一番軽いものが暗黒物質の候補となりうる。さらに、模型は拡張されたヒッグスセクターを持つため、電弱バリオン数生成によって宇宙のバリオン数非対称性を説明できる可能性がある。この模型の元々のアイデアは先行研究によって提唱されていたが、CP 対称性の破れを無視しており、バリオン数非対称性について十分な解析が未だなされていなかった。我々は CP 対称性を破る位相を含むように模型を拡張し、模型におけるニュートリノ質量、暗黒物質、バリオン数非対称性を評価した。その結果、現在の実験的制限の下で、3つの問題を全て同時に説明できるベンチマークシナリオを発見した。

学術雑誌に出版された論文

Infinitely repeated quantum games and strategic efficiency

Shoto Aoki^d and Kazuki Ikeda

Quant. Inf. Proc. **20** (No. 12, November) (2021) 387

(<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s11128-021-03295-7>).

Theory of quantum games and quantum economic behavior

Shoto Aoki^d and Kazuki Ikeda

Quant. Inf. Proc. **21** (No. 1, December) (2022) 27

(<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s11128-021-03378-5>).

Understanding the index theorems with massive fermions

Hidenori Fukaya^s

Int.J.Mod.Phys.A **36** (No. 26, October) (2021) 1-29

(<http://dx.doi.org/doi:10.1142/S0217751X21300155>).

Role of the axial U(1) anomaly in the chiral susceptibility of QCD at high temperature

S. Aoki, Y. Aoki, Hidenori Fukaya^s, S. Hashimoto, C. Rohrhofer, K. Suzuki (JLQCD collaboration)

Prog. Theor. Exp. Phys. **2022** (No. 2, February) (2022) 1-12

(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptac001>).

Electroweak and left-right phase transitions in $SO(5) \times U(1) \times SU(3)$ gauge-Higgs unification

S. Funatsu, H. Hatanaka, Yutaka Hosotaniⁱ, Y. Orikasa, and N. Yamatsu
Phys. Rev. D **104** (No. 11, December) (2021) 115018 1-26
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.104.115018>).

Signals of W' and Z' bosons at the LHC in the $SU(3) \times SO(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification

S. Funatsu, H. Hatanaka, Yutaka Hosotaniⁱ, Y. Orikasa, and N. Yamatsu
Phys. Rev. D **105** (No. 5, March) (2022) 055015 1-14
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.105.055015>).

A new Higgs effective field theory and the new no-lose theorem

Shinya Kanemura^s, Ryo Nagai^{PD}
Journal of High Energy Physics **2022** (March) (2022) 194
([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP03\(2022\)194](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP03(2022)194)).

Is light thermal scalar dark matter possible?

Tomoya Hara^m, Shinya Kanemura^s, Taisuke Katayoseⁱ
Physical Review D **105** (February) (2022) 035035
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.105.035035>).

Next-to-leading-order corrections to the Higgs strahlung process from electron-positron collisions in extended Higgs models

Masashi Aiko^d, Shinya Kanemura^s, Kentarou Mawatari
European Physical Journal C **81** (November) (2021) 1000
(<http://dx.doi.org/doi:10.1140/epjc/s10052-021-09764-8>).

Radiative corrections to decays of charged Higgs bosons in two Higgs doublet models

Masashi Aiko^d, Shinya Kanemura^s, Kodai Sakurai
Nuclear Physics B **973** (December) (2021) 115581
(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nuclphysb.2021.115581>).

Probing doubly charged scalar bosons from the doublet at future high-energy colliders

Kazuki Enomoto^{DC}, Shinya Kanemura^s, Kento Katayama^d
Physical Review D **104** (August) (2021) 035040
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.104.035040>).

Testing aligned CP-violating Higgs sector at future lepton collidersShinya Kanemura^s, Mitsunori Kubota, Kei Yagyu^sJournal of High Energy Physics **2021** (April) (2021) 144.**Two-loop analysis of classically scale-invariant models with extended Higgs sectors**Johannes Braathen, Shinya Kanemura^s, Makoto Shimoda^dJournal of High Energy Physics **2021** (March) (2021) 297[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP03\(2021\)297](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP03(2021)297)).**Leptophilic fermion WIMP: Role of future lepton colliders**Taisuke Katayoseⁱ, Shunichi Horigome, Shigeki Matsumoto, Ipsita SahaPhys. Rev. D **104** () (2021) 055001<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.105.035035>).**Thermal real scalar triplet dark matter**Taisuke Katayoseⁱ, Shigeki Matsumoto, Satoshi Shirai, Yu WatanabeJ. High Energy Phys. **09** () (2021) 044[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP09\(2021\)044](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP09(2021)044)).**Testing Leptoquark/EFT in $\bar{B} \rightarrow D^{(*)}l\bar{\nu}$ at the LHC**S. Iguro, Michihisa Takeuchi^s and R. WatanabeEur. Phys. J. C **81** (no.5, May) (2021) 406<http://dx.doi.org/doi:10.1140/epjc/s10052-021-09125-5>).**Non-resonant new physics search at the LHC for the $b \rightarrow c\tau\nu$ anomalies**M. Endo, S. Iguro, T. Kitahara, Michihisa Takeuchi^s and R. WatanabeJHEP **02** (Feb) (2022) 106[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP02\(2022\)106](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP02(2022)106)).**CP-violation in a composite 2-Higgs doublet model**Stefania De Curtis, Stefano Moretti, Kei Yagyu^s, Ryo Nagai^{PD}J. High Energy Phys. **10** (Oct.) (2021) 40 1-24[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP10\(2021\)040](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP10(2021)040)).**A new Higgs effective field theory and the new no-lose theorem**Shinya Kanemura^s, Ryo Nagai^{PD}J. High Energy Phys. **3** (Mar.) (2022) 194 1-29[http://dx.doi.org/doi:10.1007/jhep03\(2022\)194](http://dx.doi.org/doi:10.1007/jhep03(2022)194)).

Gradient flow and the Wilsonian renormalization group flow

Hiroki Makino, Okuto Morikawa^{PD}, and Hiroshi Suzuki
Prog. Theor. Exp. Phys. **2021** (9, September) (2021) 099201
(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptab096>).

Mod-two APS index and domain-wall fermion

Hidenori Fukaya^s, M. Furuta, Yoshiyuki Matsuki^{DC}, S. Matsuo, Tetsuya Onogi^sSatoshi Yamaguchi^s, and M. Yamashita
Lett. Math. Phys. **112** (February) (2022) 16
(<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s11005-022-01509-2>).

Comments on the Atiyah-Patodi-Singer index theorem, domain wall, and Berry phase

Tetsuya Onogi^sand Takuya Yoda
J. High Energy Phys. **12** (December) (2021) 096
([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP12\(2021\)096](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP12(2021)096)).

Charge conservation, entropy current and gravitation

Sinya Aoki, Tetsuya Onogi^sand Shuichi Yokoyama
Int. J. Mod. Phys. A **36** (29, November) (2021) 2150201
(<http://dx.doi.org/doi:10.1142/S0217751X21502018>).

Conserved charges in general relativity

Sinya Aoki, Tetsuya Onogi^sand Shuichi Yokoyama
Int. J. Mod. Phys. A **36** (10, April) (2021) 2150098
(<http://dx.doi.org/doi:10.1142/S0217751X21500986>).

Alternative method of generating gamma rays with orbital angular momentum

Minoru Tanaka^s, Noboru Sasao (Okayama U.)
Int. J. Mod. Phys. E **30** (06, June) (2021) 2150040 1-15
(<http://dx.doi.org/doi:10.1142/S0218301321500403>).

Bulk reconstruction of metrics inside black holes by complexity

Koji Hashimotoⁱ, Ryota Watanabe^m
JHEP **09** (September) (2021) 165
([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP09\(2021\)165](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP09(2021)165)).

Radiative Seesaw Mechanism for Charged Leptons

Cheng-Wei Chiang, Kei Yagyu^s
Phys. Rev. D **103** (June) (2021) L111302.

Flavor dependent U(1) symmetric Zee model with a vector-like leptonToshinori Matsui, Takaaki Nomura, Kei Yagyu^sNucl. Phys. B **971** (Oct.) (2021) 115523.**CP-Violation in a composite 2-Higgs doublet model**Stefania De Curtis, Stefano Moretti, Ryo Nagai^{PD}, Kei Yagyu^sJHEP **10** (Oct.) (2021) 040.**Minimal scenario of criticality for electroweak scale, neutrino masses, dark matter, and inflation**Yuta Hamada, Hikaru Kawai, Kiyoharu Kawana, Kin-ya Oda, Kei Yagyu^sEur. Phys. J. C **81** (Nov.) (2021) 962.**Supersymmetric quantum field theory with exotic symmetry in 3+1 dimensions and fermionic fracton phases**Satoshi Yamaguchi^sProg. Theor. Exp. Phys. **2021** (6, June) (2021) 063B04<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptab037>).**Non-invertible topological defects in 4-dimensional Z_2 pure lattice gauge theory**Masataka Koide^d, Yuta Nagoya^d, Satoshi Yamaguchi^sProg. Theor. Exp. Phys. **2022** (1, January) (2022) 013B03<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptab145>).**Gapless edge modes in (4+1)-dimensional topologically massive tensor gauge theory and anomaly inflow for subsystem symmetry**Satoshi Yamaguchi^sProg. Theor. Exp. Phys. **2022** (3, March) (2022) 033B08<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptac032>).**Hyperbolic band theory under magnetic field and Dirac cones on a higher genus surface**Kazuki Ikeda, Shoto Aoki^d, Yoshiyuki Matsuki^{DC}Journal of Physics: Condensed Matter **33** (Sept.) (2021) 485602<http://dx.doi.org/doi:10.1088/1361-648x/ac24c4>).**Fractal defect states in the Hofstadter butterfly**Yoshiyuki Matsuki^{DC}, Kazuki Ikeda, Mikito Koshino

Phys. Rev. B **104** (No. 3, July) (2021) 035305
<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.104.035305>).

Quantization of blackjack: Quantum basic strategy and advantage

Yushi Mura^m and Hiroki Wada^m

Prog. Theor. Exp. Phys. **2021** (10) (2021) 103A02
<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptab125>).

国際会議報告等

Linear Collider Signals of Z' Bosons in GUT Inspired Gauge-Higgs Unification

S. Funatsu, H. Hatanaka, Yutaka Hosotaniⁱ, Y. Orikasa, and N. Yamatsu^{*}

Proceedings of LCWS doi.org/10.48550/arXiv.2103.16320 (March) (2021) .

International Workshop on Future Linear Colliders, LCWS 2021 (March 2021, 300).xxx

Two-loop corrections to the Higgs trilinear coupling in models with extended scalar sectors

Johannes Braathen^{*}, Shinya Kanemura^s

Proceedings of Science **390** (April) (2021) .

ICHEP2020.xxx

国際会議における講演等

Chiral fermion on Curved domain-wall

青木 匠門^{d*}

The 38th International Symposium on Lattice Field Theory [Lattice 2021] (at MIT(online), USA, July 26-30, 2021, 参加者数約 900 名)

Chiral fermion on Curved domain-wall

青木 匠門^{d*}

Geometry, Representation Theory and Quantum Fields (at Osaka, March 22-25, 2022, 参加者約 100 名)

2+1 flavor fine lattice simulation at finite temperature with domain-wall fermions

S. Aoki, Y. Aoki^{*}, Hidenori Fukaya^s, S. Hashimoto, I. Kanamori, T. Kaneko and Y. Nakamura

The 38th International Symposium on Lattice Field Theory [Lattice 2021] (at MIT(online), USA, July 26-30, 2021, 参加者数約 900 名)

$B \rightarrow D^{(*)}l\nu$ semileptonic decays in lattice QCD with domain-wall heavy quarks

T. Kaneko*, Y. Aoki, B. Colquhoun, M. Faur, Hidenori Fukaya^s, S. Hashimoto, J. Koponen, E. Kou

The 38th International Symposium on Lattice Field Theory [Lattice 2021] (at MIT(online), USA, July 26-30, 2021, 参加者数約 900 名)

Axial U(1) symmetry at high temperatures in $N_f = 2 + 1$ lattice QCD with chiral fermions

S. Aoki, Y. Aoki, Hidenori Fukaya^s, S. Hashimoto, I. Kanamori, T. Kaneko, Y. Nakamura, C. Rohrhofer and K. Suzuki*

The 38th International Symposium on Lattice Field Theory [Lattice 2021] (at MIT(online), USA, July 26-30, 2021, 参加者数約 900 名)

A physicist-friendly reformulation of the APS index (on a lattice)

Hidenori Fukaya^{s*}

East Asia Joint Symposium on Fields and Strings 2021(Osaka city univ, Oct 22-27 2021, 参加者約 160 名)

What is chiral susceptibility probing?

Hidenori Fukaya^{s*}

KEK Theory Workshop (KEK, Dec 7-9 2021, 参加者約 130 名)

How I Renormalize the World

S. Tomonaga^{s*}

IXth Lepton-Photon Conf. (at Rochester, USA, Aug. 10-15, 1965, 参加者数約 50 名)

The search for leptophilic WIMP at colliders

Taisuke Katayose^{i*}

Asia-Pacific Workshop on Particle Physics and Cosmology 2021 (Online, Aug. 2-6, 2021, 参加者数約 200 名)

The search for leptophilic WIMP at ILC

Taisuke Katayose^{i*}

ILC Workshop on Potential Experiments 2021 (Online, Oct. 26-29, 2021, 参加者数約 600 名)

The light thermal scalar DM with singlet scalar mediator

Taisuke Katayose^{i*}

ILC Workshop on Potential Experiments 2021 (Online, Oct. 26-29, 2021, 参加者数約 600 名)

Probing doubly charged scalar bosons from the doublet at the HL-LHCKazuki Enomoto^{DC*}, Shinya Kanemura^s, Kento Katayama^d

Asia-Pacific Workshop on Particle Physics and Cosmology 2021 (online, Aug. 2-6, 2021)

A model for tiny neutrino masses, dark matter, and baryon asymmetry and its phenomenology at the ILCMayumi Aoki, Kazuki Enomoto^{DC*}, Shinya Kanemura^s

ILC Workshop on Potential Experiments ILCX2021 (online, Oct. 26-29, 2021)

Non-invertible duality defect in 4-dimensional pure Z2 gauge theoryMasataka Koide^{d*}

Strings and Fields 2021 (at YITP Kyoto, August 23-27, 2021, 参加者約 460 名)

Aligned Higgs couplings originated from the twisted custodial symmetry at high energiesMasashi Aiko^{d*}, Shinya Kanemura^s

Asia-Pacific Workshop on Particle Physics and Cosmology 2021 (Online, August 2-6, 参加者約 170 名)

Aligned Higgs couplings originated from the twisted custodial symmetry at high energiesMasashi Aiko^{d*}, Shinya Kanemura^s

ILC Workshop on Potential Experiments (Online, October 26-29, 参加者約 600 名)

Next-to-leading-order corrections to the $e^+e^- \rightarrow hZ$ process in extended Higgs modelsMasashi Aiko^{d*}, Shinya Kanemura^s, Kentarou Mawatari

ILC Workshop on Potential Experiments (Online, October 26-29, 参加者約 600 名)

Next-to-leading-order corrections to the Higgs strahlung process from electron-positron collisions in extended Higgs modelsMasashi Aiko^{d*}, Shinya Kanemura^s, Kentarou Mawatari

The 2021 International Workshop on the High Energy Circular Electron Positron Collider (Online, November 8-12, 参加者約 350 名)

Testing aligned two Higgs doublet models with CP violation at LHC and ILCMichihisa Takeuchi^{s*}

ILCX2021 (Zoom) (on Oct. 28, 2021, 参加者数約 600 名)

Probing electroweak phase transition via relatively heavy additional Higgs bosons at ILCShinya Kanemura^s, Masanori Tanaka^{DC*}

ILC Workshop on Potential Experiments (Online, Oct. 26-29, 2021, 参加者 600 名)

New No-Lose theorem for Higgs coupling measurementsShinya Kanemura^s, Ryo Nagai^{PD*}

ILC Workshop on Potential Experiments (ILCX2021). (Online, Oct. 26-29, 2021, 参加者数約 604 名)

Bulk reconstruction of metrics inside black holes by complexityRyota Watanabe^{m*}

Strings and Fields 2021 (online, Aug. 23-27, 2021, 参加者約 200 名)

H-COUP: Radiative corrections to Higgs properties toward future precision measurementsMasashi Aiko^d, Shinya Kanemura^s, Mariko Kikuchi, Kentarou Mawatari, Kodai Sakurai, Kei Yagyu^{s*}

ILCX: ILC Workshop on Potential Experiments (Online, Oct. 26-29, 2021, 参加者数約 600 名)

 $H \rightarrow hh$ decay in extended Higgs sectors with a nearly alignment scenarioShinya Kanemura^s, Mariko Kikuchi, Kei Yagyu^{s*}

ILCX: ILC Workshop on Potential Experiments (Online, Oct. 26-29, 2021, 参加者数約 600 名)

Composite 2HDMs and their CPV phenomenaStefania De Curtis, Stefano Moretti, Ryo Nagai^{PD}, Kei Yagyu^{s*}

LHC Higgs WG3 Subgroup: Extended Higgs Sector (Online, Nov. 5, 2021, 参加者数約 50 名)

Supersymmetric quantum field theory with exotic symmetry in 3+1 dimensions and fermionic fracton phasesSatoshi Yamaguchi^{s*}

Strings and Fields 2021 (at YITP Kyoto, August 23-27, 2021, 参加者約 460 名)

A physicist-friendly reformulation of the mod-two Atiyah-Patodi-Singer indexHidenori Fukaya^s, Mikio Furuta, Yoshiyuki Matsuki^{DC*}, Shinichiro Matsuo, Tetsuya Onogi^s, Satoshi Yamaguchi^s, Mayuko Yamashita

The 38th International Symposium on Lattice Field Theory [Lattice 2021] (at MIT(on-

line), USA, July 26-30, 2021, 参加者数約 900 名)

Electroweak Baryogenesis in Higgs aligned 2HDM and its prediction at the ILC

Yushi Mura^{m*}, Kazuki Enomoto^{DC}, Shinya Kanemura^s

ILC Workshop on Potential Experiments (Oct. 26-29, 2021, 参加者数約 600 名)

Topological defect junctions in 4-dimensional pure Z2 gauge theory

Yuta Nagoya^{d*}

Strings and Fields 2021 (at YITP Kyoto, August 23-27, 2021, 参加者約 460 名)

Topological defect junctions in 4-dimensional pure Z2 gauge theory

Yuta Nagoya^{d*}

East Asia Joint Symposium on Fields and Strings 2021 (at Osaka City University, Osaka, November 22-27, 2021, 参加者約 160 名)

A physicist-friendly reformulation of the Atiyah-Patodi-Singer index (on a lattice)

Hidenori Fukaya^{s*} (invited)

The 38th International Symposium on Lattice Field Theory [Lattice 2021] (at MIT(online), USA, July 26-30, 2021, 参加者数約 900 名)

Domain-wall fermion and index theorem

Hidenori Fukaya^{s*} (invited)

BNL & RBRC Joint Workshop DWQ@25 (BNL[online], Dec 13-17 2021, 参加者約 140 名)

Bulk-edge correspondence of anomaly and APS index theorem

Hidenori Fukaya^{s*} (invited)

Bulk-Edge/Boundary-Correspondence 2022 (U. Tsukuba[online], Feb 11-13 2022, 参加者約 100 名)

Defining entanglement without tensor factoring: a Euclidean hourglass prescription

Norihiro Iizuka^{s*} (invited)

It from Qubit - Extremal Universe joint mini workshop: “Extreme Universe from Qubits” (YITP, 17, Dec 2021, 100 participants)

Islands, the Page curve, wormholes and quantum noise

Norihiro Iizuka^{s*} (invited)

Workshop on quantum information and quantum black holes (Online workshop, 6, Sep,

2021, 100 participants)

Islands, the Page curve, wormholes and quantum noise (overview)

Norihiro Iizuka^{s*} (invited)

Kagoshima Workshop on Quantum Aspects of Gravity, (9 Jan 2022, 30 participants)

H125 coupling measurement

Shinya Kanemura^{s*} (invited)

CEPC2021 (8-12 November 2021, participants 347)

Higgs Properties: Summary

Shinya Kanemura^{s*} (invited)

ILCX2021 (26-29 October 2021, participants 604)

Probing doubly charged scalar bosons from the doublet at future high-energy colliders

Kazuki Enomoto^{DC*}, Shinya Kanemura^s, Kento Katayama^d (invited)

VBSCan WG1 periodic meeting (online, June 18, 2021)

Electroweak baryogenesis in aligned two Higgs doublet models

Kazuki Enomoto^{DC*}, Shinya Kanemura^s, Yushi Mura^m (invited)

The 76th General Meeting of ILC Physics Subgroup (online, Mar. 2, 2022)

Electroweak baryogenesis in the three-loop neutrino mass model with dark matter

Mayumi Aoki, Kazuki Enomoto^{DC*}, Shinya Kanemura^s (invited)

6th KEK-PH + 2nd KEK-COSMO joint mini-workshop (online, Mar. 9-10, 2022)

Radiative Charged Seesaw Mechanism and Muon g-2 Anomaly

Kei Yagyu^{s*} (invited)

Rapid Response Workshop on Muon g-2 (Online, Apr. 30, 2021, 参加者数約 50 名)

Anomaly of subsystem symmetry and anomaly inflow

Satoshi Yamaguchi^{s*} (invited)

East Asia Joint Symposium on Fields and Strings 2021 (at Osaka City University, Osaka, November 22-27, 2021, 参加者約 160 名)

Non-invertible topological defects in 4-dimensional Z_2 pure lattice gauge theory

Satoshi Yamaguchi^{s*} (invited)

CIAS-YITP Joint Workshop 2021: String Theory and Quantum Gravity (at YITP Kyoto, December 13-16, 2021, 2021, 参加者約 240 名)

Chiral fermion on Curved domain-wall (poster)

青木 匠門^{d*}

Strings and Fields 2021 (at YITP Kyoto, August 23-27, 2021, 参加者約 460 名)

Chiral fermion on Curved domain-wall (poster)

青木 匠門^{d*}

The 21st International Conference on Discrete Geometric Analysis for Materials Design (at online, Sep. 26-29, 2021, 参加者約 400 名)

What is chiral susceptibility probing? (poster)

S. Aoki, Y. Aoki, Hidenori Fukaya^{s*}, S. Hashimoto, C. Rohrhofer and K. Suzuki

The 38th International Symposium on Lattice Field Theory [Lattice 2021] (at MIT(online), USA, July 26-30, 2021, 参加者数約 900 名)

The search for leptophilic WIMP at colliders (poster)

Taisuke Katayose^{i*}

Kashiwa Dark Matter Symposium 2021 (Online, Nov. 29- Dec. 2, 2021, 参加者約 300 名)

Fractal defect states in the Hofstadter butterfly (poster)

Yoshiyuki Matsuki^{DC*}, Kazuki Ikeda, Mikito Koshino

The 38th International Symposium on Lattice Field Theory [Lattice 2021] (Online, Oct. 31-Nov. 5, 2021)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

Chiral fermion on Curved Domain-Wall

青木 匠門^{d*}

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

有限温度 QCD 相転移における U(1) 量子異常の役割

青木慎也, 青木保道, 深谷 英則^{s*}, 橋本省二, 金森逸作, 金児隆志, 中村宜文, Christian Rohrhofer^B, 鈴木溪 [JLQCD collaboration]

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

2+1 flavor fine lattice simulations for finite temperature with domain wall fermions

青木慎也, 青木保道, 深谷英則, 橋本省二, 金森逸作*, 金児隆志, 中村宜文, Christian RohrhoferB, 鈴木溪 [JLQCD collaboration]

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

$B \rightarrow D^{(*)}l\nu$ 崩壊による $|V_{cb}|$ の決定

金児隆志*, 青木保道, Brian Colquhoun, 深谷 英則^s, 橋本省二, Jonna Koponen (JLQCD Collaboration)

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

Thermodynamics near the physical point using M ö bius domain wall fermions

青木慎也, 青木保道*, 深谷 英則^s, 橋本省二, 金森逸作, 金児隆志, 中村宜文, Yu Zhang

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

Anomaly flow by AB phases

Yutaka Hosotani^{i*}, S. Funatsu, H. Hatanaka, Y. Orikasa, N. Yamatsu

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

イナーダブレット模型の精密計算と包括的検証

原 智也^{m*}, 愛甲 将司^d, 片寄 泰佑ⁱ, 兼村 晋哉^s

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

電弱バリオジェネシスの理論

Shinya Kanemura^{s*}

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

拡張ヒッグス模型における Higgs to Higgs 崩壊に対する量子効果 II

菊地真吏子*, 兼村 晋哉^s, 柳生 慶^s

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

CP の破れを伴うヒッグス二重項場を 2 個含む模型の LHC と ILC での検証

片山 兼渡^{d*}, 榎本 一輝^{DC}, 兼村 晋哉^s

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

軽いスカラー WIMP 暗黒物質の模型とその検証

原 智也^{m*}, 片寄 泰佑ⁱ, 兼村 晋哉^s

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

The model with light thermal scalar dark matter

片寄 泰佑^{i*}, 兼村 晋哉^s, 原 智也^m

基研研究会 素粒子物理学の進展 2021 (於 オンライン、2021 年 9 月 6 日 – 9 月 10 日)

The model with light thermal scalar DM with singlet scalar mediator片寄 泰佑^{i*}, 兼村 晋哉^s, 原 智也^m

ILC 夏の合宿 2021 (於 オンライン、2021年9月21日 - 9月24日)

CP 対称性の破れを伴う Higgs Portal 暗黒物質に関する包括的研究片寄 泰佑^{i*}, 竹内 道久^s, 堀米 俊一, 松本 重貴, 小嶋 あさひ, Ipsita Saha

日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 - 3月19日)

暗黒物質を含む輻射シーソー模型における電弱バリオン数生成の評価青木真由美, 榎本 一輝^{DC*}, 兼村 晋哉^s

日本物理学会 2021年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021年9月14日 - 9月17日)

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模型とその現象論青木真由美, 榎本 一輝^{DC*}, 兼村 晋哉^s

日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 - 3月19日)

4次元 Z_2 格子ゲージ理論における非可逆な双対性演算子小出 真嵩^{d*}

日本物理学会 2021年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021年9月14日 - 9月17日)

荷電ヒッグス粒子の崩壊に対する輻射補正の系統的計算愛甲 将司^{d*}, 兼村 晋哉^s, 桜井 巨大

日本物理学会 2021年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021年9月14日 - 9月17日)

CP-odd ヒッグス粒子の崩壊に対する輻射補正の系統的計算愛甲 将司^{d*}, 兼村 晋哉^s, 桜井 巨大

日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 - 3月19日)

CP の破れを伴うヒッグス二重項場を2個含む模型の LHC と ILC での検証片山 兼渡^d, 兼村 晋哉^s, 竹内 道久^{s*}, 柳生 慶^s

日本物理学会 2021年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021年9月14日 - 9月17日)

CP の破れを伴うヒッグス二重項場を2個含む模型の LHC と ILC での検証兼村 晋哉^s, 竹内 道久^{s*}, 柳生 慶^s

日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 - 3月19日)

Probing heavy Higgs bosons in aligned CPV 2HDM at LHC竹内 道久^{s*}

新ヒッグス勉強会 第30回定例会 (於 Zoom、2021年7月17日)

Test of aligned CPV 2HDM at LHC竹内 道久^{s*}

素粒子物理学の進展 2021 基研研究会 (於 Zoom、2021 年 9 月 10 日)

Test of aligned CPV 2HDM at LHC竹内 道久^{s*}

ILC 夏の合宿 2021 (於 Zoom、2021 年 9 月 22 日)

Self coupling / Direct search for extra Higgs bosons in A2HDMs竹内 道久^{s*}

新ヒッグス勉強会 第 31 回定例会 (於 大阪大学、2021 年 11 月 27 日)

拡張ヒッグスモデルの多段階相転移とスファレロン脱結合条件兼村 晋哉^s, 田中 正法^{DC*}

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

電弱スファレロンのエネルギーに対する 2 ループ補正兼村 晋哉^s, 田中 正法^{DC*}

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

複合 2HDM における CP の破れStefania De Curtis, Stefano Moretti, Kei Yagyu^s, Ryo Nagai^{PD*}

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

標準模型からの拡張有効理論と摂動的ユニタリ性Ryo Nagai^{PD*}

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

ノンカップリング効果を記述する新有効理論と新しい No-Lose 定理Shinya Kanemura^s, Ryo Nagai^{PD*}

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

ダークセクターによるレプトン質量生成とその加速器実験での検証Cheng-Wei Chiang, 小淵 稜明^{m*}, 柳生 慶^s

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

 $N = 2$ ランダウ・ギンツブルグ模型における標的空間の変形の数値的研究森川 億人^{PD*}

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

同位体シフトによる新物理探索における新展開田中 実^{s*}, その他

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

量子コヒーレンスを用いたレート増幅と暗黒物質探索田中 実^{s*}, Wang Jing, 宮本祐樹, 笹尾 登

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

Bulk reconstruction of metrics inside black holes by complexity渡辺 涼太^{m*}, 橋本 幸士ⁱ

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

A bound on energy dependence of chaos渡辺 涼太^{m*}, 橋本 幸士ⁱ, 村田佳樹, 棚橋典大

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

LHC/ILC 実験の相乗効果による拡張ヒッグス模型の検証愛甲 将司^d, 兼村 晋哉^s, 菊地真吏子, 馬渡健太郎, 桜井巨大, 柳生 慶^{s*}

新テラスケール研究会 (於オンライン、2021 年 5 月 22 日)

Radiative Charged Seesaw Mechanism and Implications to ILCCheng-Wei Chiang, 柳生 慶^{s*}

71st general meeting of ILC physics subgroup (於オンライン、2021 年 5 月 12 日)

3+1 次元のエキゾチックな対称性を持つ超対称場の理論とフェルミオンのフラクトン相山口 哲^{s*}

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

(4+1) 次元エキゾチックな Maxwell-Chern-Simons 理論におけるギャップのないエッジモードと部分系対称性のアノマリー流入山口 哲^{s*}

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

標準模型ライクな拡張ヒッグス模型における電弱バリオン数生成村 勇志^{m*}, 榎本 一輝^{DC}, 兼村 晋哉^s

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

拡張ヒッグス模型のアライメントシナリオにおける電弱バリオン数生成とその検証村 勇志^{m*}, 榎本 一輝^{DC}, 兼村 晋哉^s

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

4 次元格子ゲージ理論におけるトポロジカル演算子のジャンクション

小出 真嵩^d, 名古屋 雄大^{d*}, 山口 哲^s

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事

1.10 原子核理論グループ

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。近年、QCD 相構造の探索に有用な実験的観測量としてイベント毎解析で観測される保存電荷ゆらぎの研究が活発に行われている。北沢は、筑波大学の野中、江角と共に、原子核衝突実験でゆらぎ観測を行う際に検出器特性などがもたらす観測結果への歪み補正に関する研究に取り組んでいる。本年は、保存電荷二次キュムラント比に着目した実験結果の考察のほか、アクセプタンス補正の重要性を論じる研究を行った。また、北沢は、フランス SUBATECH の Bluhm, Nahrgang らと共に、確率論的拡散方程式を用いて保存電荷ゆらぎの時間発展を記述する研究を行っている。QCD 臨界点や一次相転移周辺で異常な振る舞いをするのが期待される保存電荷高次キュムラントの動的時間発展を記述する定式化や、現実の実験において臨界ゆらぎのシグナルを観測する際の問題点などを研究した。西村、北沢は、京都大学の国広と共に、高エネルギー原子核衝突実験でカラー超伝導を観測するための物理量の研究に取り組んだ。カラー超伝導の臨界温度周辺でクォーク対場のゆらぎが成長した場合に、ゆらぎの崩壊が原子核衝突実験の観測量であるレプトン対生成にもたらす効果を Aslamasov-Larkin 項を計算することで評価し、低不変質量領域に顕著な増大が現れることを示した。

陽子加速器 J-PARC の加速器群を用いて重イオン加速を行い重イオン衝突実験を実現する計画「J-PARC 重イオン計画 (J-PARC-HI) が近年国内で議論されている。北沢は、この計画の中心メンバーおよび KEK 理論センター J-PARC 分室の客員スタッフとして J-PARC-HI の実現に向けた検討・議論や勉強会の開催、執筆などに取り組んでいる。

格子 QCD 数値シミュレーション、および関連するトピック

格子 QCD 数値シミュレーションは、QCD の非摂動的性質を第一原理的に理解する現状唯一の手段であり、高エネルギー原子核衝突実験と並ぶ原子核理論研究グループの主要研究課題である。北沢は、新潟大の江尻、筑波大の金谷らと共に、QCD の重クォーク領域に存在する臨界点の研究を行った。従来にない大体積シミュレーションによって有限サイズスケーリングに基づく秩序変数の分布の解析を行い、この臨界点が Z_2 普遍クラスのスケーリングを示すことを示した。さらに北沢は、新潟大の江尻、若林、筑波大の金谷らと共に、この解析で用いたホッピングパラメータ展開と呼ばれる展開の高次項の振る舞いと収束性に関する系統的な研究を行った。北沢は、筑波大の金谷、谷口、新潟大の江尻、九州大の鈴木、広島大の梅田らで構成される WHOT-QCD 共同研究において、勾配流を用いた物理量測定によってフル QCD の熱力学量を測定する研究を行っている。本年度は、これまでの研究を継続して配位生成とデータ解析を進めた。

伊藤と北沢は、量子場の理論に現れるソリトン構造 (キルク) 周辺のエネルギー運動量テンソル (EMT) 分布を調べる研究に取り組んだ。本年度は、 $1+1$ 次元の ϕ^4 理論に現れるキルク解周辺の EMT 分布を 1 ループ近似で計算し、この結果が保存則と整合することを確か

めた。また、先行研究で提案されていた正則化処方 of 幾つかは保存則と整合する結果を与えないことを示した。

田中と北沢は、勾配流の方法でくりこみ群フローを解析し、非自明な赤外固定点を調べる研究を行った。Wilson-Fisher 固定点を持つことが知られる $2+1$ 次元の $O(N)$ スカラー模型の数値計算を行い、この模型のくりこみ群フローを数値的に描画したほか、 $N = 1$ の場合に Wilson-Fisher 固定点が現れることを示した。

クォーク・グルーオン・プラズマ中の量子開放系としてのクォーコニウム

陽子や中性子など核子内に閉じ込められているクォークやグルーオンは高温領域でクォーク・グルーオン・プラズマ (QGP) に変化する。重い原子核同士の衝突により QGP を生成させる実験が LHC や RHIC といった加速器施設で進められている。QGP の生成を示すシグナルの 1 つとしてクォーコニウムの生成量の抑制がある。クォーコニウムとは重いクォークと反クォークからなるメソンであり、その不変質量が大きいことからその生成量の観測が比較的容易となっている。実験で具体的にクォーコニウムの量が時間とともに減少していく様子を観測することは困難であるため、理論的にクォーコニウムの時間発展について数値計算を行い実験と比較する研究が行われている。開田、赤松、浅川は QGP 中のクォーコニウムの時間発展について開放系で理論式の導出と数値計算を行った。

具体的には potential non-relativistic QCD (pNRQCD) をもとに量子散逸過程と color 1 重項と color 8 重項を含めたモデルを構築し数値計算を行った。pNRQCD におけるリンドブラッド形式のマスター方程式を導出し、最終的に非線形シュレディンガー方程式に変換した。

クォーコニウムの時間発展に関して短時間的なふるまいと長時間的なふるまいに分けて考察を行った。短時間のふるまいに関しては実験での QGP の生成時間のスケールにおいてより non-relativistic QCD (NRQCD) での計算結果と近い結果を出すことを試みた。これは pNRQCD は NRQCD に対して color dipole limit をとった理論ととらえることができ、QGP 中での color dipole limit の有効性を議論するためにも行った。長時間のふるまいに関しては、量子散逸過程を含めることにより熱平衡状態に達しているかどうかを確認した。

学術雑誌に出版された論文

Dynamics of in-medium quarkonia in SU(3) and SU(2) gauge theories

Y. Akamatsu^s, M. Asakawa^s, S. Kajimoto

Phys. Rev. D **105** (Iss. 5, March) (2022) 054036 1-18

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.105.054036>).

Quarkonium in the Quark-Gluon Plasma: Open Quantum System Approaches Re-examined

Y. Akamatsu^s

Progress in Particle and Nuclear Physics **123** (March) (2022) 103932 1-51

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.pnpnp.2021.103932>).

Scope and convergence of the hopping parameter expansion in finite temperature QCD with heavy quarks around the critical point

N. Wakabayashi, S. Ejiri, K. Kanaya, M. Kitazawa^s,
 Prog. Theor. Exp. Phys. **2022** (Iss. 3, Mar.) (2022) 033B05 1-27
 (<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptac019>).

Finite-size scaling around the critical point in the heavy quark region of QCD

A. Kiyohara, M. Kitazawa^s, S. Ejiri, K. Kanaya
 Phys. Rev. D **104** (Iss. 11, Dec.) (2021) 114509 1-17
 (<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.104.114509>).

国際会議報告等

Anomalous dilepton production as precursory phenomena of color superconductivity

T. Nishimura^{d*}, M. Kitazawa^s, T. Kunihiro
 Proc. Sci. **PANIC2021** (2021) 237 1-4.
 22nd Particles and Nuclei International Conference (PANIC2022), (Sep., 2021, 参加者約 600名).xxx

Dilepton production rate near the critical temperature of color superconductivity

T. Nishimura^{d*}, M. Kitazawa^s, T. Kunihiro
 Proc. Sci. **CPOD2021** (2021) 025 1-6.
 International conference on Critical Point and Onset of Deconfinement (CPOD2021), (Mar., 2021, 参加者約 250名).xxx

Competition between diffusion and rapid expansion and its impact on critical fluctuations in heavy-ion collisions

G. Pihan*, M. Bluhm, M. Kitazawa^s, T. Sami, M. Nahrgang
 Proc. Sci. **CPOD2021** (2021) 026 1-6.
 International conference on Critical Point and Onset of Deconfinement (CPOD2021), (Mar., 2021, 参加者約 250名).xxx

Latent heat and pressure gap at the first-order deconfining phase transition of SU(3) Yang-Mills theory using the small flow-time expansion method

K. Kanaya*, M. Shirogane, S. Ejiri, R. Iwami, M. Kitazawa^s, H. Suzuki, Y. Taniguchi,

T. Umeda

Proc. Sci. **LATTICE2021** (2022) 064 1-8.

The 38th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE21), (Jul. 2021, 参加者約 900 名).xxx

Single static-quark system above T_c investigated by energy-momentum tensor in SU(3) Yang-Mills theory

M. Kitazawa^{**}, R. Yanagihara, M. Asakawa[§], T. Hatsuda

Proc. Sci. **LATTICE2021** (2022) 396 1-8.

The 38th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE21), (Jul. 2021, 参加者約 900 名).xxx

Nonequilibrium evolution of quarkonium in medium

Y. Akamatsu^{**}, T. Miura

EPJ Web of Conferences **258** (2022) 01006 1-11.

A Virtual Tribute to Quark Confinement and the Hadron Spectrum (vConf21), (August, 2021, 参加者数約 500 名).xxx

国際会議における講演等

Single static-quark system above T_c investigated by energy-momentum tensor in SU(3) Yang-Mills theory

M. Kitazawa^{**}

The 38th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE21), (online, Jul. 26-30, 2021, 参加者約 900 名)

Critical points in strongly-interacting media

M. Kitazawa^{**} (invited)

Tsukuba Global Science Week (TGSW2021) (online (Tsukuba), Sep. 6-11, 2021, 参加者数約 1000 名)

Stress-energy-momentum tensor on the lattice

M. Kitazawa^{**} (invited)

QCD phase diagram and lattice QCD (online (YITP, Kyoto), Oct. 25-29, 2021, 参加者数約 50 名)

From lattice to observables

M. Kitazawa^{**} (invited)

The 8th Asian Triangle Heavy-Ion Conference (ATHIC2021) (online (Korea), Nov. 5-9,

2021, 参加者数約 400 名)

Gravitational form factors from lattice QCD

M. Kitazawa^{s*} (invited)

GPDs and related topics at J-PARC (online (KEK), Dec. 22, 2021, 参加者数約 40 名)

High density physics at J-PARC

M. Kitazawa^{s*} (invited)

Second International Workshop on the Extension Project for the J-PARC Hadron Experimental Facility (2nd J-PARC HEF-ex WS) (online (KEK), Feb. 16-18, 2022, 参加者数約 250 名)

Exploring phases of dense QCD in heavy-ion collisions

M. Kitazawa^{s*} (invited)

Reimei Workshop "Hadrons in dense matter at J-PARC" (at J-PARC (hybrid), Tokai, Feb. 21-23, 2022, 参加者数約 110 名)

Nonequilibrium evolution of quarkonium in medium

Y. Akamatsu^{s*}, T. Miura (invited)

A Virtual Tribute to Quark Confinement and the Hadron Spectrum 2021, (online (University of Stavanger), August 2-6, 2021, 参加者数約 500 名)

Dynamics of quarkonium as an open quantum system

Y. Akamatsu^{s*} (invited)

The 8th Asian Triangle Heavy-Ion Conference (ATHIC 2021), (hybrid (Inha University), November 5-9, 2021, 参加者数約 400 名)

Quarkonium and Open Quantum Systems

Y. Akamatsu^{s*} (invited)

The Quantumness of Hard Probes, (online (MITP), January 17-21, 2022, 参加者数約 50 名)

Quarkonium as an open quantum system in the quark-gluon plasma

Y. Akamatsu^{s*} (invited)

REIMEI Workshop on "Open Quantum Mechanics in Nuclear, Hadron and Condensed-Matter Systems," (hybrid (JAEA), February 28 - March 4, 2022, 参加者数約 20 名)

One-loop calculation of energy-momentum tensor distribution around a soliton in 1+1d ϕ^4 model

H. Ito^{d*}, M. Kitazawa^s

QCD phase diagram and lattice QCD (online (YITP, Kyoto), Oct. 25-29, 2021, 参加者数約 50 名)

Anomalous dilepton production as precursory phenomena of color superconductivity

T. Nishimura^{d*}, M. Kitazawa^s, T. Kunihiro

22nd Particles and Nuclei International Conference (PANIC2022), (online (Portugul), Sep. 5-10, 2021, 参加者約 600 名)

Dilepton production rate near the critical temperature of color superconductivity

T. Nishimura^{d*}, M. Kitazawa^s, T. Kunihiro

International conference on Critical Point and Onset of Deconfinement (CPOD2021), (online, Mar. 15-19, 2021, 参加者約 250 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

重イオン衝突実験における電荷・バリオンの二次キュムラント比

北沢 正清^{s*}, 江角晋一, 野中俊宏

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

重クォーク領域の臨界点周辺における有限サイズスケーリングの精密測定

北沢 正清^{s*}, 清原淳史, 江尻信司, 金谷和至

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

高密度クォーク物質におけるダイクォーク相関に由来したレプトン対の異常生成

西村 透^{d*}, 北沢 正清^s, 国広悌二

日本物理学会 2021 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2021 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

ホッピングパラメタ展開の高次項と収束性

北沢 正清^{s*}, 江尻信司, 金谷和至

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

1+1 次元実スカラー ϕ^4 模型におけるソリトン周辺のエネルギー運動量テンソル分布の量子補正

伊藤 広晃^{d*}, 北沢 正清^s

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 - 3 月 19 日)

QCD 臨界点のソフトモードに由来したレプトン対生成率の解析

西村 透^{d*}, 北沢 正清^s, 国広 悌二

日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 - 3月19日)

Color dipole 近似を使ったクォーク・グルーオン・プラズマ中でのクォークoniumの時間発展の計算

開田 有奏^{m*}, 赤松 幸尚^s, 浅川 正之^s

日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 - 3月19日)

グラディエントフローによる3次元O(N) スカラーモデルの固定点の解析

田中 瑞樹^{m*}, 北澤 正清^s, 森川 億人, 鈴木 博

日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 - 3月19日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事

非ガウスゆらぎで探る宇宙最高密度の相転移

北澤 正清^s, 野中 俊宏, 江角 晋一

日本物理学会誌第76巻第8号 507-516 (2021).

1.11 小川グループ

令和三年度の研究活動概要

2021年4月1日からの1年間は、理学研究科の筆頭副研究科長・評議員、附属基礎理学プロジェクト研究センター長、および放射線科学基盤機構の機構長として、責任を持って取り組んでいる。内閣府、文部科学省、国立大学協会、科学技術振興機構などの学外の組織の仕事も多い。このような状況下で、研究活動に大きな成果は出ていない。大橋琢磨助教とともに、量子計算や量子機械学習等に関わる新たな研究テーマの探索を進めている。

日本物理学会，応用物理学会等における講演

Au(111) 表面における At の吸着状態

笠井秀明*、岡田美智雄、小川哲生^s、スーサン・メネス・アスペラ、中西寛

日本物理学会 2021 年秋季大会（物性）（於 オンライン、2021 年 9 月 20 日 – 9 月 23 日）

金（111）表面におけるアスタチンの吸着状態 II 被覆率依存性

ジェフリー・タヌジ*、笠井秀明、岡田美智雄、小川哲生^s、スーサン・メニエネス・アスペラ、中西寛

日本物理学会 第 77 回年次大会（2022 年）（於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日）

1.12 黒木グループ

令和三年度の研究活動概要

非従来型超伝導

2020年度において、 d^8 電子配置を持つニッケル化合物において、多軌道型の incipient band 機構による高温超伝導がおこる可能性があることを提唱した。さらにこの理論と、2019年に新しく発見されたニッケル酸化物超伝導の発現機構が関係している可能性があることを指摘した。2021年度は、2020年度の研究をうけて、すでに合成されている(が超伝導にはなっていない) d^8 電子配置を持つニッケル化合物の圧力効果を理論的に調べ、圧力印加によって超伝導が実現する可能性を検討した。また、2019年に発見されたニッケル酸化物超伝導と、我々の d^8 電子配置ニッケル化合物に対する理論提案との関係を、よりミクロな視点から調べる研究を開始した。

動的平均場近似の拡張

強相関係を取り扱う手法の一つとして、動的平均場理論はこれまでその有用性が示されてきたが、非局所効果を取り込めないため、非従来型異方的超伝導の研究などには直接使うことができない。非局所効果を取り込むためのいくつかの拡張が考案されているが、一般に非常に高い計算コストを必要とし、多バンド・多軌道系のような多自由度系に適用することは困難である。我々のグループは、2020年度から、フル・バーテックスの周波数依存性に着目し、非常に低い計算コストで動的平均場理論の計算を行う手法を開発した。さらに、この同じ周波数依存性の観点から、非局所性を低コストの計算で取り込む手法を開発し、多自由度系にも適用できることを示した。2021年度はこれらの理論をさらに詳細に検討し、この成果を二編の論文にまとめた。

層状熱電物質の不純物計算

LaOBiS₂ および LaOSbS₂ の第一原理計算を行ない、不純物形成エネルギーの解析を行なった。その結果、酸素や硫黄の欠損が生じることがわかり、これは実験的に母物質に電子キャリアがドーピングされることと整合する。また、フッ素は酸素サイトを置換する場合は最も安定であることがわかり、こちらもフッ素による電子キャリアドーピングが実験的によく報告されていることと整合する。またこれらの不純物形成エネルギーはともに、Sb においては Bi よりもやや不安定であることもわかった。さらに、Bi 系と比較した Sb 系の特徴として、Sb 二次元格子の構造乱れが生じやすいことがわかった。これは Sb 系での高い電気抵抗率と関連している可能性がある。

Dirac 電子系の示す特異な物性の第一原理的研究

実験研究者と連携して、種々の Dirac 電子系の示す特異な物性の第一原理計算による解析を行なった。阪大花咲研究室と連携して、層状化合物 EuMnBi₂ と BaMnBi₂ の性質を調べ

た。その結果、EuMnBi₂においては、その低次元の gapped Dirac バンドに由来して、高い熱電性能を示すことが明らかになった。また、BaMnBi₂においては、Bi の二次元格子の対称性が低下することにより、各々の valley においてスピン分極した電子状態が実現する (valley-spin の couple した電子状態が実現する) ことがわかった。

新奇トポロジカル物質の理論解析

東大物性研近藤研究室らとの共同研究により、TaSe₃ において strain 誘起のトポロジカル相転移が実現することを、ARPES による実験と第一原理計算による理論の両面から明らかにした。本物質は擬一次元的構造を持っており、トポロジカル転移に伴ってその表面バンド分散が変化する。

遷移金属複合アニオン化合物の第一原理的研究

遷移金属複合アニオン化合物、あるいは遷移金属酸化物中の異種アニオンの示す物性について、実験研究者と連携していくつかの共同研究を行なった。

京大陰山研究室らとの共同研究により、La-doped SrVO₂H 薄膜において、strain 下において La と H の codope が安定化することを示した。同じく京大陰山研究室らとの共同研究において、6H 型 BaCrO₂H について、制限 RPA 法を用いて、第一原理計算によりその有効相互作用を見積もった。その結果、Cr を中心とした八面体の面共有および点共有サイトが異なる磁氣的相互作用を示すこと、また特に面共有サイトについては、アニオンが水素置換されることで反強磁性的相互作用が著しく増強されることを示唆する結果を得た。東工大東・山本研究室らと SrVO₂H の合成条件に関する共同研究を行なった。数百通りの候補構造の自由エネルギーに対する網羅的第一原理計算の結果から、圧力引加によって、アニオン秩序型配置のエンタルピー利得が生じることを示唆する結果を得た。京大北川研究室らと Mott 絶縁体 Sr₂IrO₄ に関する共同研究を行ない、水素がキャリアドーパントとして有効に作用することを、不純物計算からも確かめた。

Quantum Transport and Anderson Localisation

At very low temperatures, disordered materials exhibit numerous quantum transport phenomena including weak-localisation, universal conductance fluctuations, Anderson localisation and the Anderson metal-insulator transition.

Yosuke Harashima (University of Tsukuba), Tomohiro Mano (Sophia University, Tokyo), and Tomi Ohtsuki (Sophia University, Tokyo) and Keith Slevin published a paper on the metal-insulator transition in doped semiconductors in the Journal of the Physical Society of Japan. In particular, the application of machine learning techniques (convolutional neural networks) to the analysis of Kohn-Sham wavefunctions calculated in density functional simulations of a model of a doped semiconductor.

Keith Slevin, together with Stefan Kettemann (Jacobs University, Bremen), Hideaki Obuse (Hokkaido University, Sapporo) and Tomi Ohtsuki continued to organize the online

Localisation Seminar Series. Between April 2021 and March 2022, 13 seminars were organized with an average of approximately 50 participants on topics including the localisation landscape, hyperuniformity, two-dimensional electron systems, the quantum Hall effect, many body localisation, and non-Hermitian physics.

学術雑誌に出版された論文

Enhancing Thermopower and Nernst Signal of High-Mobility Dirac Carriers by Fermi Level Tuning in the Layered Magnet EuMnBi₂

K. Tsuruda, K. Nakagawa, M. Ochi^s, K. Kuroki^s, M. Tokunaga, H. Murakawa, N. Hanasaki, H. Sakai

Adv. Funct. Mater. **31** (No. 29, May) (2021) 2102275
(<http://dx.doi.org/doi:10.1002/adfm.202102275>).

Tunable spin-valley coupling in layered polar Dirac metal BaMnBi₂

M. Kondo, M. Ochi^s, T. Kojima, R. Kurihara, D. Sekine, M. Matsubara, A. Miyake, M. Tokunaga, K. Kuroki^s, H. Murakawa, N. Hanasaki, H. Sakai

Commun. Mater. **2** (May) (2021) 49
(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s43246-021-00152-z>).

Visualization of the strain-induced topological phase transition in a quasi-one-dimensional superconductor TaSe₃

C. Lin, M. Ochi^s, *et al.*

Nat. Mater. **20** (May) (2021) 1093–1099
(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s41563-021-01004-4>).

Strain-Assisted Topochemical Synthesis of La-Doped SrVO₂H Films

H. Takatsu, M. Ochi^s, M. Namba, H. Li, A. Daniel, T. Terashima, K. Kuroki^s, H. Kageyama

Cryst. Growth Des. **21** (No. 7, June) (2021) 3779–3785

(<http://dx.doi.org/doi:10.1021/acs.cgd.1c00098>).

Enhanced Magnetic Interaction by Face-Shared Hydride Anions in 6H-BaCrO₂H

K. Higashi, M. Ochi^s, *et al.*

Inorg. Chem. **60** (No. 16, July) (2021) 11957–11963
(<http://dx.doi.org/doi:10.1021/acs.inorgchem.1c00992>).

Development of an efficient impurity solver in dynamical mean field theory for multiband systems: Iterative perturbation theory combined with parquet equations

R. Mizuno^d, M. Ochi^s, K. Kuroki^s

Phys. Rev. B **104** (No. 3, July) (2021) 035160 1–15
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.104.035160>).

Heavy carrier doping by hydrogen in the spin-orbit coupled Mott insulator Sr_2IrO_4

Y. Yamashita, G. Lim, T. Maruyama, A. Chikamatsu, T. Hasegawa, H. Ogino, T. Ozawa, M. Wilde, K. Fukutani, T. Terashima, M. Ochi^s, K. Kuroki^s, H. Kitagawa, M. Maesato
Phys. Rev. B **104** (No. 4, July) (2021) L041111 1–7
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.104.L041111>).

Variation of charge dynamics upon antiferromagnetic transitions in the Dirac semimetal EuMnBi_2

H. Nishiyama, H. Sakai, K. Nakagawa, N. Hanasaki, S. Ishiwata, H. Masuda, M. Ochi^s, K. Kuroki^s, S. Iguchi, T. Sasaki, Y. Ikemoto, T. Moriwaki, K. Ueda, Y. Tokura, J. Fujioka
Phys. Rev. B **104** (No. 11, Sept.) (2021) 115111 1–7
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.104.115111>).

Analysis of Kohn – Sham Eigenfunctions Using a Convolutional Neural Network in Simulations of the Metal-Insulator Transition in Doped Semiconductors

Y. Harashima, T. Mano, K. Slevin^s, T. Ohtsuki
J. Phys. Soc. Jpn. **90** (No. 9, Sep.) (2021) 94001 1–6
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/jpsj.90.094001>).

High-Pressure and High-Temperature Synthesis of Anion-Disordered Vanadium Perovskite Oxyhydrides

K. Miyazaki, M. Ochi^s, T. Nishikubo, J. Suzuki, T. Saito, T. Kamiyama, K. Kuroki^s, T. Yamamoto, M. Azuma
Inorg. Chem. **60** (No. 20, Oct.) (2021) 15751–15758
(<http://dx.doi.org/doi:10.1021/acs.inorgchem.1c02399>).

First-principles study of the electrical resistivity in zirconium dichalcogenides with multivalley bands: Mode-resolved analysis of electron-phonon scattering

H. Mori^d, M. Ochi^s, K. Kuroki^s
Phys. Rev. B **104** (No. 23, Dec.) (2021) 235144 1–14
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.104.235144>).

Simplification of the Local Full Vertex in the Impurity Problem in DMFT and Its Applications for the Nonlocal Correlation

R. Mizuno^d, M. Ochi^s, K. Kuroki^s

J. Phys. Soc. Jpn. **91** (No. 2, Feb.) (2022) 034002 1–16
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.91.034002>).

First-principles study of defect formation energies in LaOXs_2 ($X = \text{Sb, Bi}$)

M. Ochi^s, K. Kuroki^s

Phys. Rev. B **105** (No. 9, Mar.) (2022) 094110 1–14
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.105.094110>).

国際会議報告等

Possible incipient-band induced unconventional superconductivity in nickelates with large crystal field splitting

K. Kuroki^{s*} (invited)

Materials Research Meeting 2021 (at Yokohama, Japan, Dec.13-17, 2021, 参加者約 1900 名)

First-principles study on transition metal oxyhydrides: stability of anion ordering and possible unconventional superconductivity (poster)

M. Ochi^{s*}, N. Kitamine^m, K. Kuroki^s

International Conference on Mixed-Anion Compounds (at Kobe Chamber of Commerce and Industry, Kobe, Japan, and online, Dec. 7–10, 2021, 参加者約 100 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

遷移金属酸水素化物の第一原理的研究

越智正之^{s*}

第5回固体化学フォーラム研究会（オンライン、2021年6月22日–6月23日）

遷移金属酸水素化物の電子状態に関する理論研究

越智正之^{s*}

第11回酸化物研究の新機軸に向けた学際討論会（オンライン、2021年8月6日）

第一原理計算による熱電物質 122 系 Zintl 相化合物への n 型ドーブと形成エネルギーの理論的研究

西口和孝^{s*}, 越智正之^s, 黒木和彦^s

日本物理学会 2021 年秋季大会（物性）（於 オンライン、2021 年 9 月 20 日 – 9 月 23 日）

LaOPnS₂(Pn = Sb, Bi) の点欠陥生成エネルギーの第一原理計算

越智正之^{s*}, 黒木和彦^s

日本物理学会 第 77 回年次大会 (2022 年) (於 オンライン、2022 年 3 月 15 日 – 3 月 19 日)

遷移金属酸水素化物におけるアニオン配置制御指針の第一原理的探求 (ポスター)

越智正之^{s*}

第 8 回 HPCI システム利用研究課題 成果報告会 (オンライン、2021 年 10 月 28 日 – 10 月 29 日)

第一原理計算による遷移金属酸水素化物の物質機能の理論探索 (ポスター)

越智正之^{s*}

複合アニオン化合物の創成と新機能 最終発表会 (オンライン、2022 年 3 月 17 日 – 3 月 18 日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事

新銅酸化物高温超伝導体 Ba₂CuO_{3+δ} の多軌道模型に基づく理論

山崎公裕^m, 越智正之^s, 小倉大典^d, 黒木和彦^s, 青木秀夫

アグネ技術センター (2021 年 6 月発行, 「固体物理」 315–325 ページ)

1.13 越野グループ

令和三年度の研究活動概要

モアレ準結晶におけるトポロジカル不変量

一般に二次元物質同士が任意の角度で重なると、結晶周期の非整合性のために系は共通の周期を持たない準周期系になる。周期のある通常の結晶では電子状態はエネルギーバンドに量子化されるが、準周期系ではバンドが定義できないため、電子状態の量子化の単位も無限小であると考えられてきた。しかし以下の一連の研究で、一般の準周期系の電子状態にも有限の量子化単位があり、エネルギーギャップは複数のトポロジカル数で特徴付けられることを示した。これは任意の準結晶に拡張できる普遍的な概念であることがわかった。

(1) hBN/グラフェン/hBN の3層系のエネルギースペクトルとギャップ整数

グラフェンがhBN（六方晶窒化ホウ素）で挟まれた3層系は、二つのモアレ模様が重なる複雑な原子構造を持つ（下図左）。有効理論を用いて様々なツイスト角における電子状態を計算することで、この系が、二つのモアレ模様の干渉による Hofstadter butterfly 型のスペクトルを持つことを見出した（下図右）。さらに、各ギャップ以下の電子数が、複数のブリルアンゾーンの面積の整数の線形結合で見出された。これは単一のブリルアンゾーンしか持たない周期系の拡張になっている。[Phys. Rev. B 104, 035306 (2021)]

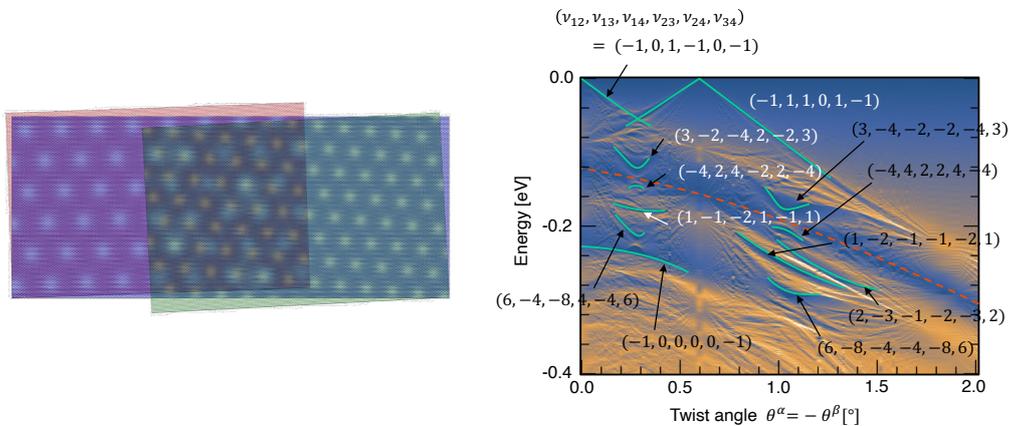


図 1.1: hBN/グラフェン/hBN の3層系のモアレ構造（左）と電子のスペクトルのツイスト角度依存（右）

(2) 一般の二次元準周期系のトポロジカル数と4次元量子ホール効果

前項のギャップラベリングを任意の二次元準周期系に拡張して、各ギャップの整数が「第2Chern数」と呼ばれるトポロジカル不変量であることを明らかにした。証明の核となるのが二次元準周期系と磁場中4次元周期系との間の形式的な対応である。4次元量子化ホール

伝導度が第 2Chern 数で量子化されることで、二次元準周期系のギャップ整数の量子化が示される。[Phys. Rev. Research 4, 013028 (2022)]

(3) 三次元準周期系のトポロジカル数と 6 次元量子ホール効果

前項の結果を三次元準周期系に拡張することで、3 次元準周期系のエネルギーギャップが「第 3Chern 数」で量子化されることを明らかにした。これは 3 次元準周期系と磁場中 6 次元周期系が形式的に対応し、後者の量子ホール効果が第 3Chern 数で量子化されることによる。これは現実の 3 次元準結晶にも適用可能であり、前節の結果と合わせて極めて広範な概念であることが示された。[Phys. Rev. B 105, 115410 (2022)]

二次元黒リン、青リンのトポロジカルな性質と端状態

黒リン、青リンはリンの同素体であり、剥離可能な層状物質である。一層の黒リン、青リンからなるリボンおよびフレークに対し、電子状態を第一原理計算および強束縛近似で計算し、非自明なエッジ状態、コーナー状態が出ることを明らかにした。また黒リン、青リンの無限系に対してワニエ軌道の中心位置（トポロジカル不変量）を特定し、エッジ状態、コーナー状態の出現がワニエ軌道から理解できることを示した（下図）。[Phys. Rev. B 104, 125302 (2021), Phys. Rev. B 105, 075407 (2022)]

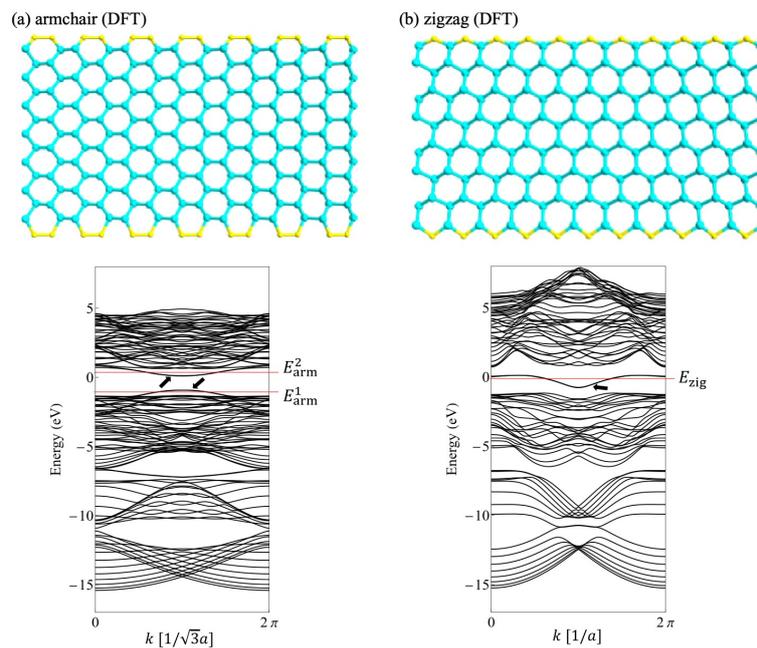


図 1.2: 青リンのアームチェアリボン (左) とジグザグリボン (右) の原子構造とバンド構造。

ツイスト二層グラフェンにおけるモアレエッジ状態とモアレスライド

ツイスト二層グラフェンを切ってエッジを設けると、エッジ位置とモアレ模様の関係に応じてエッジ状態が生じることを示した。また二層を互いにスライドさせてモアレ模様を動かすことで、エッジ状態がエネルギーギャップを移動すること、それがスライド Chern 数とよばれるトポロジカル量で特徴づけられることを示した。この結果はツイスト二層グラフェンのエッジ状態にトポロジカルな解釈を与える。[Phys. Rev. B 103, 155410 (2021)]

二重壁カーボンナノチューブにおける電子状態と光吸収実験

二重壁カーボンナノチューブ（下図）は内外のナノチューブの原子構造の非整合性よりモアレ干渉模様を生じる。ここでは、モアレ干渉模様が電子状態に与える影響を調べ、独立なチューブと大きく異なった異常な光吸収スペクトルを出すことを理論的に示した。またいくつかの二重壁カーボンナノチューブで光吸収の実験を行い、理論計算と対応することを確かめた。浙江大学、名古屋大学との共同論文。[Adv. Sci. 9, 2103460 (2021)]

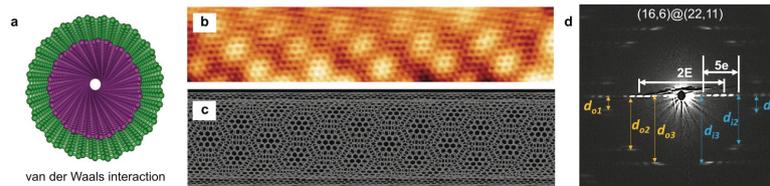


図 1.3: 二重壁カーボンナノチューブの原子構造 (abc) と電子回折パターン (d)

Hofstadter butterfly における点欠陥状態

二次元格子に磁場を垂直に印加すると、電子のスペクトルに Hofstadter butterfly と呼ばれるフラクタル状のギャップを生じる。ここでは、格子点を1個だけ省いた欠陥のある格子で Hofstadter butterfly を計算することで、フラクタルギャップ全てに欠陥局在状態が生じることを明らかにした。さらにその波動関数は、ギャップのフラクタル世代によってまったく異なる空間分布を持ち、ある種の普遍的なスケーリングで統一的に記述できることを示した。トポロジカル系の0次元欠陥状態の考察は例が少なく、今後の様々なトポロジカル系への発展が期待される。[Phys. Rev. B 104, 035305 (2021)]。

学術雑誌に出版された論文

Topological gap labeling with third Chern numbers in three-dimensional quasicrystals

Kazuki Yamamoto^m, Mikito Koshino^s

Phys. Rev. B **105** (Iss. 11, March) (2022) 115410
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.105.115410>).

Topological edge and corner states and fractional corner charges in blue phosphorene

Tenta Tani^m, Masaru Hitomi^{DC}, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s
Phys. Rev. B **105** (Iss. 7, February) (2022) 075407
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.105.075407>).

Topological invariants in two-dimensional quasicrystals

Mikito Koshino^s, Hiroki Oka^d
Phys. Rev. Research **4** (Iss. 1, January) (2022) 013028
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevResearch.4.013028>).

Interlayer Interactions in 1D Van der Waals Moiré Superlattices

Sihan Zhao, Ryo Kitaura, Pilkyung Moon, Mikito Koshino^s, Feng Wang
Adv. Sci. **9** (Iss. 2, November) (2021) 2103460
(<http://dx.doi.org/doi:10.1002/adv.202103460>).

Effective continuum model of twisted bilayer GeSe and origin of the emerging one-dimensional mode

Manato Fujimoto^{DC}, Toshikaze Kariyado
Phys. Rev. B **104** (Iss. 12, September) (2021) 125427
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.104.125427>).

Multiorbital edge and corner states in black phosphorene

Masaru Hitomi^{DC}, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s
Phys. Rev. B **104** (Iss. 12, September) (2021) 125302
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.104.125302>).

Fractal energy gaps and topological invariants in hBN/graphene/hBN double moiré systems

Hiroki Oka^d, Mikito Koshino^s
Phys. Rev. B **104** (Iss. 3, July) (2021) 035306
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.104.035306>).

Fractal defect states in the Hofstadter butterfly

Yoshiyuki Matsuki, Kazuki Ikeda, Mikito Koshino^s
Phys. Rev. B **104** (Iss. 3, July) (2021) 035305
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.104.035305>).

Moiré edge states in twisted bilayer graphene and their topological relation to quantum pumpingManato Fujimoto^{DC}, Mikito Koshino^sPhys. Rev. B **103** (Iss. 15, April) (2021) 155410<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.103.155410>).**国際会議における講演等****Physics of moiré materials**Mikito Koshino^{s*} (invited)

CEVIS -Correlated Electrons Virtual International Seminars (online, Apr. 8, 2021)

Quasicrystals in twisted 2D systemsMikito Koshino^{s*} (invited)

CCES Regular seminar, Seoul National University, (online, Sep. 3, 2021)

Physics of twisted 2D materialsMikito Koshino^{s*} (invited)

International Conference on Discrete Geometric Analysis for Materials Design, (online, Sep. 29, 2021)

Topological invariants in quasicrystalsMikito Koshino^{s*} (invited)

Online moiré IOP-EPS minicolloquium, (online, Oct. 19, 2021)

Physics of twisted 2D materialsMikito Koshino^{s*} (invited)

11th Workshop on Semiconductor/Superconductor Quantum Coherence Effect and Quantum Information, (online, Feb. 21, 2022)

Magnetic structures and topological gaps in polyaceneTakuto Kawakami^{s*}, Gen Tamaki^m, Mikito Koshino^s

RPGR2021 -The 12th Recent Progress in Graphene and Two-dimensional Materials Research Conference (at Seoul, Korea [online], October 10-14, 2021)

Topological charge pumping by sliding moiré pattern and its relation to moiré edge states in twisted bilayer grapheneManato Fujimoto^{DC*}, Henri Koschke, Mikito Koshino^s

RPGR2021 -The 12th Recent Progress in Graphene and Two-dimensional Materials Research Conference (at Seoul, Korea [online], October 10-14, 2021)

Multi-orbital edge and corner states of monolayer black phosphorene

Masaru Hitomi^{DC*}, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s

RPGR2021 -The 12th Recent Progress in Graphene and Two-dimensional Materials Research Conference (at Seoul, Korea [online], October 10-14, 2021)

Moiré edge states in twisted bilayer graphene and their topological relation to quantum pumping

Manato Fujimoto^{DC*}, Henri Koschke, Mikito Koshino^s

EP2DS-24 -24th International Conference on Electronic Properties of Two-Dimensional Systems (at Toyama, Japan, [online], October 31-November 5, 2021)

Fractal energy gaps and topological invariants in hBN/Graphene/hBN double moiré systems

Hiroki Oka^{d*}, Mikito Koshino^s

EP2DS-24 -24th International Conference on Electronic Properties of Two-Dimensional Systems (at Toyama, Japan, [online], October 31-November 5, 2021)

The moiré distortion effect on the flat band in twisted bilayer graphene.

Naoto Nakatsuji^{d*}, Mikito Koshino^s

APS March Meeting 2022 (at Chicago, USA, [online], March 14-16, 2022)

Fractal energy gaps and topological invariants in hBN/graphene/hBN double moiré systems

Hiroki Oka^{d*}, Mikito Koshino^s

APS March Meeting 2022 (at Chicago, USA, [online], March 14-16, 2022)

Magnetic Domain Walls and Topological Bound States in Polyacene (poster)

Takuto Kawakami^{s*}, Gen Tamaki^m, Mikito Koshino^s

EP2DS-24 -24th International Conference on Electronic Properties of Two-Dimensional Systems (at Toyama, Japan, [online], October 31-November 5, 2021)

Moiré phonon in graphene/hexagonal boron nitride moiré superlattice (poster)

Lukas.P.A. Krisna^{d*}, Mikito Koshino^s

EP2DS-24 -24th International Conference on Electronic Properties of Two-Dimensional Systems (at Toyama, Japan, [online], October 31-November 5, 2021)

Topological Bound States in Multiway Junction of Graphene Nanoribbons and

their Crystalline Networks (poster)

Gen Tamaki^{m*}, Takuto Kawakami^s, Yuji Hamamoto, Yoshitada Morikawa, Mikito Koshino^s
EP2DS-24 -24th International Conference on Electronic Properties of Two-Dimensional Systems (at Toyama, Japan, [online], October 31-November 5, 2021)

日本物理学会，応用物理学会等における講演**Physics of two-dimensional materials (招待講演)**

越野 幹人^s

第25回久保記念シンポジウム「統計力学と物性科学の発展」, (於 オンライン、2021年4月17日)

超精密原子層物質 ナノスケールからのトポロジカル物質創成 (招待講演)

越野 幹人^s

CREST・さきがけ「トポロジー」領域 公開シンポジウム「トポロジカル科学の現在と未来」, (於 オンライン、2021年9月27日)

ポリアセンにおける磁気秩序とトポロジカル磁壁局在状態

川上 拓人^{s*}, 玉置 弦^m, 越野 幹人^s

日本物理学会 2021年秋季大会(物性)(於 オンライン、2021年9月20日-9月23日)

ツイスト二層 GeSe における異方的平坦バンド

藤本 大仁^{DC*}, 荻宿 俊風

日本物理学会 2021年秋季大会(物性)(於 オンライン、2021年9月20日-9月23日)

第一原理計算によるポリアセンの磁気構造の研究

玉置 弦^{m*}, 川上 拓人^s, 越野 幹人^s

日本物理学会 2021年秋季大会(物性)(於 オンライン、2021年9月20日-9月23日)

ツイスト二層グラフェンの平坦バンドにおけるモアレ歪みの効果

中辻 直斗^{d*}, 越野 幹人^s

日本物理学会 第77回年次大会(2022年)(於 オンライン、2022年3月15日-3月19日)

青リンにおけるトポロジカルエッジ・コーナー状態と分数コーナー電荷

谷 天太^{m*}, 人見 将^{DC}, 川上 拓人^s, 越野 幹人^s

日本物理学会 第77回年次大会(2022年)(於 オンライン、2022年3月15日-3月19日)

3次元準結晶におけるトポロジカル数

山本 和輝^{m*}, 越野 幹人^s

日本物理学会 第77回年次大会 (2022年) (於 オンライン、2022年3月15日 - 3月19日)

第2章 受賞と知的財産

令和三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：工藤一貴（教授）
賞の名称：IOP trusted reviewer status
受賞内容や理由：IOP (Institute of Physics: 英国物理学会) の出版社 (IOP Publishing) が出版している学術誌の論文査読者の中から、高評価の査読者（上位 15%）に授与される。
2. 受賞者名：中島正道（助教）
賞の名称：第 16 回（2022 年）日本物理学会若手奨励賞（領域 8）
受賞内容や理由：将来の物理学をになう優秀な若手研究者の研究を奨励し、日本物理学会をより活性化するための賞である。「光学スペクトル測定による鉄系超伝導体の電子状態の研究」に対して授与された。
3. 受賞者名：森川億人（学振特別研究員 (PD)）
賞の名称：2021 年度（第 16 回）素粒子メダル奨励賞
受賞内容や理由：バイオンと相殺する摂動論的不定性の研究
4. 受賞者名：長井遼（特別研究員）
賞の名称：第 16 回 日本物理学会若手奨励賞
受賞内容や理由：標準模型からの拡張有効理論に対する摂動論的ユニタリ性の研究
5. 受賞者名：愛甲将司（博士課程 3 年）
賞の名称：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。

6. 受賞者名：田中正法（博士課程2年）
賞の名称：ILC夏の合宿2021優秀発表賞
受賞内容や理由：学会で優れた発表を行った。

7. 受賞者名：白石諒太（博士課程1年）
賞の名称：Best Poster Award in the Student Category
受賞内容や理由：2021年4月21-23日に開催されたUS-Japan Hawaii Symposium of the US-Japan Science and Technology Cooperation Programで優れたポスター発表を行った。

8. 受賞者名：坂梨公亮（博士課程1年）
賞の名称：優秀ポスター発表賞
受賞内容や理由：大阪大学とハンブルグ大学の共同シンポジウム”Symposium on Quantum Science”において優秀なポスター発表を行った。

9. 受賞者名：二本木克旭（博士課程1年）
賞の名称：Best Poster Award
受賞内容や理由：国際会議(The 15th Asia-Pacific Conference on Condensed Matter Physics 2021)で優れた発表を行った。

10. 受賞者名：Lakmin Vindula Bandara WICKREMASINGHE（博士課程1年）
賞の名称：ATLAS-ITk Master Thesis Award
受賞内容や理由：CERN ATLAS実験の内部飛跡検出器に関して優れた修士論文を書いた。

11. 受賞者名：辰巳凌平（修士課程2年）
賞の名称：HUA 修士論文賞
受賞内容や理由：修士論文の内容が高く評価された

12. 受賞者名：村勇志（修士課程2年）
賞の名称：ILC夏の合宿2021優秀発表賞
受賞内容や理由：学会で優れた発表を行った。

13. 受賞者名：杉崎堯人（学部4年）
賞の名称：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。

14. 受賞者名：大手虹歩（学部4年）
賞の名称：サイエンスアート賞（2021年度第15回近畿支部若手夏季セミナー）
受賞内容や理由：学会で優れた発表を行った。

知的財産

1. 特許名称：振動装置、振動システム、イオン化システム、および振動方法
発明者：大塚洋一
出願人：国立大学法人大阪大学
出願番号：特願 2022-038565
出願日：2022年3月11日

第3章 学位論文

3.1 修士論文

令和三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
枝川 知温	緒方 一介	無編極ノックアウト反応で生じる核スピンの偏り
HAN WOO	黒木 和彦	電子ドーピング型銅酸化物超伝導体 Nd_2CuO_4 における過剰頂点酸素に関する理論研究
SEOOK		
松本 大輝	木村 真一	光陰極電子源を用いた共鳴電子エネルギー損失分光法の開発
岨 篤史	越野 幹人	グラフェン上の転位における電子状態とそれを再現する有効モデルの開発
東野 祐太	青木 正治	μ -e 転換過程探索実験 DeeMe に用いられるガスシステムの高度化
井口 雅樹	黒木 和彦	二層系 Hubbard 模型における非従来型超伝導に関する研究
岩崎 聖子	青井 考	トラッキング型 Ge 検出器を用いたコンプトンカメラの開発
岩田 和志	山中 卓	HL-LHC ATLAS 実験ピクセル検出器量産時の X 線を用いたバンプ接続の評価
岩中 章紘	保坂 淳	ホログラフィック QCD による $N(1535) \rightarrow N\pi$ 崩壊過程の研究
大上 能弘	小田原 厚子	^{33}Mg の β 崩壊による中性子過剰核 ^{33}Al の束縛状態と中性子非束縛状態の研究
大谷 優里花	福田 光順	短寿命核 ^{19}O を用いた固体酸化物形燃料電池材料 Y_2O_3 安定化 ZrO_2 中における酸化物イオン伝導特性の評価
翁長 拓人	保坂 淳	$(\alpha, 2\alpha)$ 反応を用いた α 漸近規格化係数の決定
奥田 裕貴	花咲 徳亮	磁性を有する極性金属の開拓と磁気伝導特性の解明
小田 昌治	花咲 徳亮	放射光を用いたミディアムエントロピー合金 CrCoNi の局所構造解析
小淵 稜明	兼村 晋哉	ダークセクターによるレプトン質量生成とその加速器実験での検証
開田 有奏	浅川 正之	Color dipole 近似を使ったクォーク・グルーオン・プラズマ中でのクォーク・グルーオンの時間発展

片山 和郷	工藤 一貴	Ba(Fe _{1-x} Cr _x) ₂ As ₂ における電荷ネマティックラマン応答の Cr 置換量依存性
加藤 大志	山中 卓	J-PARC KOTO 実験におけるハロー K 中間子による背景事象
菊田 朋生	萩原 政幸	定常磁 ESR 用試料回転プローブの開発と擬一次元イジング型反強磁性体 BaCo ₂ V ₂ O ₈ の ESR シグナルの角度依存性
木村 祐太	阪口 篤志	チャーム・バリオン分光実験におけるシンチレーション・ファイバー飛跡検出器の性能評価
河本 京也	越野 幹人	30° ツイスト積層 NbSe ₂ の電子構造の理論的解析
坂川 友亮	大野木 哲也	AdS/CFT 対応における線形重力方程式の量子情報的關係式による導出
阪口 駿也	花咲 徳亮	スピン・バレー結合した極性ディラック金属における磁性元素ドーブ効果
佐々木 壱晟	新見 康洋	スピン輸送測定を用いたカイラル磁性体 CrNb ₃ S ₆ 薄膜における磁気ダイナミクスの検出
杉野 雅史	松野 丈夫	二層膜 Pt/MgFe ₂ O ₄ におけるスピン流物性と磁気特性の相関
辰巳 凌平	阪口 篤志	低屈折率エアロゲルを用いた閾値型のエアロゲル・チェレンコフ粒子識別検出器の性能評価
田中 瑞樹	浅川 正之	グラディエントフローによる 3次元 O(N) スカラー模型の固定点の解析
玉置 弦	越野 幹人	グラフェンナノリボンのトポロジカル局在状態
峠原 拓弥	松野 丈夫	ニッケル酸化物超伝導体作製の試み
中井 飛翔	嶋 達志	中性子複合核共鳴による時間反転対称性の破れ探索のための高計数率対応中性子検出器の開発
中尾 舞	新見 康洋	非従来型超伝導体を用いた量子干渉デバイスの作製と評価
中田 響	緒方 一介	重陽子入射による包括的粒子放出反応の記述
仲矢 透	木村 真一	InSb/ α -Sn(111)/InSb(111)B のトポロジカル界面電子状態
西村 由貴	青木 正治	ミュオン X 線分析元素マッピング装置の陽子ビームによる評価試験
花井 幸太	山中 卓	J-PARC KOTO 実験の上流部円柱型検出器の両側読み出しに向けた研究
林 美里	千徳 靖彦	高強度レーザー生成プラズマでの電子の統計加速とエネルギー分布形成
原 智也	兼村 晋哉	軽いスカラー WIMP 暗黒物質の新模型とその検証
原田 卓明	吉田 斉	⁴⁸ Ca の β 崩壊半減期測定に向けた実験装置の改善
樋口 雄也	青木 正治	COMET Phase- α に向けたレンジカウンターの開発
福留 美樹	福田 光順	¹⁶ N アイソマーの中性子剥離・反応断面積と中性子ハロー構造

藤井 健一	萩原 政幸	ダイヤモンドアンビル型圧力セルを用いたパルス強磁場・高圧力下物性測定装置の開発と強相関電子系物質の強磁場・高圧力下物性測定
藤井 駿人 藤原 浩司	松野 丈夫 新見 康洋	5d 電子系 WO_2 におけるスピン流生成 表面弾性波照射による $NbSe_3$ 薄膜の CDW ダイナミクスの変調
堀 惣介	松野 丈夫	エピタキシャル $SrIrO_3$ 薄膜を用いた電流-スピン流変換現象
村 勇志	大野木 哲也	拡張ヒッグス模型における電弱バリオン数生成の理論的研究
村上 勸	豊田 岐聡	エアロミセル化による液体試料直接導入と水マトリックス支援赤外レーザー脱離イオン化を用いた有機物ソフトイオン化質量分析手法の開発
森栄 公佑 森川 悦司	大岩 顕 萩原 政幸	半導体量子ドットの二電子スピン全固有状態判別の研究 $S=1/2$ スピンラダー物質 $Cu(DEP)Br_2$ における磁性の圧力効果
山本 朝陽	吉田 斉	^{48}Ca の β 崩壊半減期測定に向けた実験装置の開発とバックグラウンドの評価
吉田 朋美 和田 博貴 渡邊 康太	梅原 さおり 兼村 晋哉 白井 光雲	微量分析に用いる低放射能ゲルマニウム検出器の開発 高次形式対称性の Yang-Mills 理論への応用 ガラス転移における比熱の第一原理計算による研究及びグリセロールへの検証
渡邊 拓海	黒木 和彦	Hubbard 模型の Seebeck 係数におけるスピン揺らぎの効果に関する研究
渡辺 涼太	大野木 哲也	重力双対の指標としての非時間順序相関関数の単純な量子力学系での研究
割田 祥 郭 署旺	菊池 誠 藤岡 慎介	2次元適応度空間を持つ遺伝子制御ネットワークの進化 レーザー核融合高速点火実験におけるプラズマ電子温度計測器の開発
荘 俊謙	福田 光宏	大強度小型サイクロトロンのための高温超伝導 ECR イオン源の開発

International Physics Course (IPC) の修了者

学生氏名	指導教員	論文題名
LUKAS PRIMA- HATVA ADHITYA KRISNA	越野 幹人	Moiré phonon in graphene/hexagonal boron nitride moiré superlattice
MARIO GONZALEZ	山中 卓	Development of integration tools to test the new ATLAS pixel module prototypes
ALDO TARASCIO	大岩 顕	Characterizing transport properties of suspended AlGaAs/GaAs/AlGaAs quantum well structures for a gate-defined quantum dot embedded in a photonic crystal cavity
TAYLOR CASSIDY NUNES	山中 卓	Design and Performance Evaluation of a Low-Mass In-Beam Charged-Particle Detector for the KOTO Experiment at J-PARC
YANZE NIE	木村 真一	可視赤外分光イメージングによる硫化サマリウムにおける光誘起相転移の起源の解明

3.2 博士論文

令和三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
茶園 亮樹	保坂 淳	New reaction model for revealing deuteron inside nuclei(核内重陽子を実証する新しい反応模型)
東 直樹	千徳 靖彦	A theoretical and numerical study of isochoric heating in relativistic laser produced plasmas (相対論的レーザー生成プラズマの等積加熱に関する理論的研究)
愛甲 将司	兼村 晋哉	Theoretical studies on extended Higgs sectors towards future precision measurements (将来精密測定に向けた拡張ヒッグスセクターの理論的研究)
飯村 俊	川畑 貴裕	Development of RF carpet type He gas cell and high-precision mass measurement of neutron-rich nuclei at around $A = 50 - 60$ with MRTOF (RF カーペット型ヘリウムガスセル開発とMRTOFによる $A=50-60$ 領域中性子過剰核の高精度質量測定)
榎本 一輝	兼村 晋哉	Theoretical studies on baryogenesis, neutrino mass, and dark matter in extended Higgs models (拡張ヒッグスモデルにおけるバリオン数生成、ニュートリノ質量、暗黒物質に関する理論的研究)
大塚 高弘	菊池 誠	The monomer-dimer models in two and three dimensions: Tensor renormalization group study (2次元、および、3次元におけるモノマー・ダイマーモデル: テンソル繰り込み群を用いた研究)
川井 直樹	大野木 哲也	Formulation of the Atiyah-Patodi-Singer index in lattice gauge theory (格子ゲージ理論におけるアティヤ・パトディ・シンガー指数の定式化)
鈴木 将太	新見 康洋	Detection of magnetic fluctuations in chiral helimagnet CrNb_3S_6 thin films via pure spin current (純スピンを流用いたカイラルらせん磁性体 CrNb_3S_6 薄膜における磁気ゆらぎの検出)
松木 義幸	大野木 哲也	Fractal Nature of Defect States in the Hofstadter butterfly (ホフスタッター蝶における欠陥状態のフラクタル性)
横井 滉平	花咲 徳亮	Topological magneto-transport phenomena and superconductivity in nodal line semimetal PbTaSe_2 (ノードライン半金属 PbTaSe_2 におけるトポロジカル磁気輸送現象と超伝導)

第4章 教育活動

令和三年度も、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。

2. 開講科目表

(共通)

研究科共通科目

(前・後期課程)

課程	分類			時間割コード	授業科目	単位	時期	曜日	時限	担当教員	備考	
	専門教育科目	涵蓋教育科目	高度国際性教育科目									
前 ・ 後 期 課 程			○	241749	科学技術論A1	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A2	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B1	1						*
			○	241752	科学技術論B2	1						*
			○	241686	研究者倫理特論	0.5	春学期				中野	集中 オンライン講義 MG平成30(2018)年度以前入学者は修了要件外
			○	241714	科学論文作成概論	0.5	春学期				佐藤	集中 オンライン講義 MG平成30(2018)年度以前入学者は修了要件外
			○	241673	研究実践特論	0.5					佐藤	集中 MG平成30(2018)年度以前入学者は修了要件外
			○	241674	企業研究者特別講義	0.5	秋～冬学期	木	3		佐藤	集中 日程はKOAN掲示により通知する MG平成30(2018)年度以前入学者は修了要件外
			○	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		M.D.Sheehan	集中 人数制限あり MG平成30(2018)年度以前入学者は修了要件外
		○		241812	実践科学英語B	1	秋～冬学期	水	3		M.D.Sheehan	集中 人数制限あり MG平成30(2018)年度以前入学者は修了要件外
		○		249609	科学英語基礎	1	秋～冬学期	月	5		E.M.Hail	* 人数制限あり MG平成30(2018)年度以前入学者は修了要件外
		○		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・青木・寺田・高尾・上田・佐藤・福田	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・中川 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)・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

(共通)

課程	分類			時間割コード	授業科目	単位	時期	曜日	時限	担当教員	備考
	専門教育科目	高度国際性	高度教育科目								
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)・木崎(工)・濱本(工)・佐藤(工)・Wilson Agerico Tan Diao(工)・草部(基)・黒木・小口(産)・榎田(産)・濱田(基スピ)・赤井(東大)・福島(東大)・吉田(東大)・船島(近大高専)・小野(神戸大)・植本(神戸大)・江上(北大)・下司(ナノ)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)・鎗林(工)・浜屋(基)・金島(基)・山田(基)・田中(産)・神吉(産)・桑原(工)・近藤(工)・梶井(工)・尾崎(工)・藤井(工)・塩谷(ナノ)他	ナノ教育プログラム実習(集中)、世話教員:藤原(工)
			○	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)・伊都(基)・五月女(基)・山本・近江(医)・松井(基)・福島(基)・野井(ナノ)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)・保田(工)・菅原(工)・光岡(電顕)・市川(電顕)・吉田(産)・神内(産)・難波(生)・加藤(蛋)・栗栖(蛋)・今田・伊藤・竹田(ナノ)・中島(ナノ)他	ナノ教育プログラム実習(集中)、世話教員:酒井(基)
			○	240931	ナノフォトニクス学	1	通年 ^{注3)}	※	※	宮坂(基)・伊都(基)・五月女(基)・芦田(基)・一宮(滋賀県立大)・渡曾(ナノ)・野井(ナノ)他	ナノ教育プログラム実習(集中)、世話教員:宮坂(基)

注1) 開講時期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、別途KOAN 掲示により通知する。
 ◆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。
 ※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、許可を得るものとする。詳細はナノ教育研究訓練プログラムの冊子を参照すること。

(後期課程)

課程	分類			時間割コード	授業科目	単位	時期	曜日	時限	担当教員	備考
	専門教育科目	高度国際性	高度教育科目								
後 期 課 程	○			241658	学位論文作成演習	0.5	通年			佐藤	修了要件外
	○			241659	高度理学特別講義	0.5	通年			佐藤	修了要件外
			○	241660	企業インターンシップ	1	通年			佐藤	修了要件外
		○		241661	海外短期留学	2	通年			佐藤	修了要件外
			○	241325	産学リエゾンPAL教育研究訓練	5	通年			伊藤(ナノ)・竹田(ナノ)・藤岡(ナノ)・萩田(ナノ)・相澤(ナノ)	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			伊藤(ナノ)・竹田(ナノ)・藤岡(ナノ)・森川(工)・下司(ナノ)・藤原(工)・塩谷(ナノ)・出口(基)・福島(基)・野井(ナノ)・中島(ナノ)	集中 ナノ教育プログラム 修了要件外

物理学専攻

(物理学)

共通授業科目(A、B、Cコース共通)

(前期課程)

課程	分類		時間割コード	授業科目	単位	時期	曜日	時限	担当教員	備考
	専門教育科目	高度国際性								
前期課程	○		240176	加速器科学	2					◆
	○		240177	自由電子レーザー学	2					
	○		241427	レーザー物理学	2	春～夏学期	月	3	中井	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	
	○		240179	箱転移論	2				未定	
	○		240180	ニュートロン物理学	2				未定	
	○		240181	非線形物理学	2	秋～冬学期	火	3	吉野	
	○		241346	原子核反応論	2	春～夏学期	月	2	緒方	
	○		241216	数物アドバンスコア1	2					
	○		241217	数物アドバンスコア2	2					
	○		24P043	Electrodynamics and Quantum Mechanics	1	秋学期	水	3	L. Baiotti	英語科目、修了要件外
	○		24P033	Quantum Field Theory I	2	春～夏学期	木	3	細谷	英語科目
	○		24P026	Quantum Field Theory II	2	秋～冬学期	金	2	大野木	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	春～夏学期	月	2	青木	英語科目
	○		24P031	Nuclear Physics in the Universe	2	春～夏学期	金	4	嶋	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	

注) 開講時期が空欄は今年度開講しない。

◆は大学院高度副プログラム(基礎物理学計測学)の科目である。

以下の科目は、令和3(2021)年度英語で開講されます。日本語で開講する年度には別科目として履修を認めますが、単位修得した場合に修了要件単位として認められるのは、いずれかひとつの科目になります。

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
固体電子論 I	Solid State Theory
光物性物理学	Optical Properties of Matter
計算物理学	Computational Physics

(後期課程)

課程	分類		時間割コード	授業科目	単位	時期	曜日	時限	担当教員	備考
	専門教育科目	高度国際性								
後期課程	○		24P019	Topical Seminar I 「Exotic Rotations and Vibrations in Nuclei」	1	春～夏学期	**	**	Umesh Garg (University of Notre Dame)	集中(MC・DC共通)、英語科目
	○		24P020	Topical Seminar II 「Recent developments of nonequilibrium physics in quantum many-body systems」	1	春～夏学期	**	**	辻 直人 (東京大学大学院理学系研究科)	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) 開講時期が空欄は今年度開講しない。

**集中講義の開講日程は、別途KOAN掲示により通知する。

(物理学)

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	分類		時間割コード	授業科目	単位	時期	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	山口(哲)	*修了要件外	
	○		240163	原子核理論序説	2				保坂	英語科目	
	○		240164	散乱理論	2						
	○		240165	一般相対性理論	2	春～夏学期	金	2	大野木	*修了要件外	
	【専門科目】										
	○		240182	素粒子物理学Ⅰ	2				大野木		
	○		240183	素粒子物理学Ⅱ	2				兼村		
	○		240184	場の理論Ⅰ	2	春～夏学期	木	3	細谷	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・北澤		
	○		240188	物性理論Ⅰ	2	春～夏学期	水	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	
	【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		
	○		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) 開講時期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	分類		時間割コード	授業科目	単位	時期	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 「素粒子的宇宙論入門」	1	春～夏学期	**	**	郡 和範 (高エネルギー加速器研究機構 KEK理論センター)	集中(MC・DC共通)	
	○		240274	特別講義AⅡ 「指数定理とK理論における局所化」	1	秋～冬学期	**	**	古田 幹雄 (東京大学大学院数理学系研究科)	集中(MC・DC共通)	
	○		240275	特別講義AⅢ 「AdS/CFT双対性: 考え方と使いかた」	1	春～夏学期	**	**	夏梅 誠 (高エネルギー加速器研究機構 KEK理論センター)	集中(MC・DC共通)	
	○		240276	特別講義AⅣ 「物性物理にあらわれるトポロジカル応答現象」	1	秋～冬学期	**	**	森本 高裕 (東京大学大学院工学系研究科)	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) 開講時期が空欄は今年度開講しない。

**集中講義の開講日程は、別途KOAN掲示により通知する。

(物理学)

Bコース(実験系:素粒子・核物理学コース)

(前期課程)

課程	分類		時間割コード	授業科目	単位	時期	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】										
	○		240748	素粒子物理学序論A	2	春～夏学期	月	2	山中	*修了要件外	
	○		240749	素粒子物理学序論B	2	秋～冬学期	金	2	青木	*修了要件外	
	○		240167	原子核物理学序論	2	春～夏学期	月	1	小田原	*修了要件外	
	【専門科目】										
	○		240201	高エネルギー物理学 I	2				山中		
	○		240202	高エネルギー物理学 II	2	秋～冬学期	月	3	青木		
	○		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	◆	
	○		240752	放射線計測学	2	春～夏学期	木	4	青井・野海	◆	
	【トピック】										
	○		240207	高エネルギー物理学特論 I	2	春～夏学期	月	3	山中		
	○		240208	高エネルギー物理学特論 II	2				青木		
	○		240209	素粒子・核分光学特論	2	春～夏学期	木	2	吉田		
	○		240210	原子核物理学特論 I	2	春～夏学期	金	4	與曾井		
○		240211	原子核物理学特論 II	2	秋～冬学期	火	2	青井			
○		240212	ハドロン多体系物理学特論	2	秋～冬学期	金	4	野海			

注) 開講時期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(基礎物理学計測学)の科目である。

(後期課程)

課程	分類		時間割コード	授業科目	単位	時期	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B I 「宇宙マイクロ波背景放射の観測実験」	1	春～夏学期	**	**	田島 治 (京都大学大学院理学研究科)	集中(MC・DC共通)	
	○		240279	特別講義B II 「強い相互作用が生み出す原子核の多様性・分子状のK中間子原子核」	1	春～夏学期	**	**	岩崎 雅彦 (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B III	1					集中(MC・DC共通)	
	○		240281	特別講義B IV	1					集中(MC・DC共通)	
○		240282	特別講義B V	1					集中(MC・DC共通)		

注) 開講時期が空欄は今年度開講しない。

**集中講義の開講日程は、別途KOAN掲示により通知する。

(物理学)

Cコース(実験系:物性物理学コース)

(前期課程)

課程	分類		時間割 コード	授業科目	単 位	時 期	曜 日	時 限	担 当 教 員	備 考	
	専門 教育 科目	高度 国際 性									
前 期 課 程	【基礎科目】										
	○		240958	固体物理学概論1	2	春～夏学期	金	4	松野	*修了要件外	
	○		241110	固体物理学概論2	2	秋～冬学期	月	2	阿久津	*修了要件外	
	○		241111	固体物理学概論3	2	春～夏学期	火	2	宮坂	*修了要件外	
	○		240173	放射光物理学	2					◆	
	○		240174	極限光物理学	2	春～夏学期	火	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				大岩		
	○		240216	超伝導物理学	2				工藤・宮坂・中島		
	○		240217	量子分光学	2						
	○		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					ナノ教育プログラム	
	○		241347	孤立系イオン物理学	2				豊田・兼松	ナノ教育プログラム ◆	
	○		241428	量子多体制御物理学	2	春～夏学期	金	3	大岩・新見	ナノ教育プログラム	
	○		241854	物質科学概論	2	春～夏学期	木	2	工藤・宮坂・中島		
	【トピック】										
	○		240219	強磁場物理学	2	秋～冬学期	月	3	萩原・鳴海・木田		
	○		240222	強相関系物理学	2				花咲・酒井・村川		
	○		241348	重い電子系の物理	2						
○		240223	極限物質創成学	2							
○		241743	界面物性物理学	2				松野	ナノ教育プログラム		

注) 開講時期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	分類		時間割 コード	授業科目	単 位	時 期	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C I 「X線で見える遷移金属化合物の 新しい秩序状態とダイナミクス」	1	春～夏学期	**	**	和達 大樹 (兵庫県立大学大学院 物質理学研究科)	集中(MC・DC共通) 4/13、4/20、4/27(予定)	
	○		240284	特別講義C II 「量子ビームで見る高温超伝導」	1	秋～冬学期	**	**	足立 匡 (上智大学理工学部)	集中(MC・DC共通)	
	○		240285	特別講義C III	1					集中(MC・DC共通)	
	○		240286	特別講義C IV	1					集中(MC・DC共通)	
○		240287	特別講義C V	1					集中(MC・DC共通)		

注) 開講時期が空欄は今年度開講しない。

**集中講義の開講日程は、別途KOAN掲示により通知する。

(物理学)

セミナー(前期課程)

■ 物理学A

分類	専門教育科目	高度国際性	時間割コード	授業科目	単位	時期	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	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・尾田・柳生	
○			240982	原子核理論 半期セミナーⅠ	4.5	春~夏学期	浅川・北澤・赤松	
○			249304	原子核理論 半期セミナーⅡ	4.5	春~夏学期	保坂・緒方・石井	
○			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	
○			249314	物性理論 半期セミナーⅡ	4.5	春~夏学期	白井・梶田	
○			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	数値物理学 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

分類	専門教育科目	高度国際性	時間割コード	授業科目	単位	時期	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	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・尾田・柳生	
○			249298	原子核理論 半期セミナーⅠ	4.5	秋~冬学期	浅川・北澤・赤松	
○			249305	原子核理論 半期セミナーⅡ	4.5	秋~冬学期	保坂・緒方・石井	
○			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	
○			249315	物性理論 半期セミナーⅡ	4.5	秋~冬学期	白井・梶田	
○			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	数値物理学 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

分類	専門教育科目	高度国際性	時間割コード	授業科目	単位	時期	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	山中・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)・佐藤(朗)	
○			240992	クォーク核物理学 半期セミナー	4.5	春~夏学期	中野(貴)・野海・奥曾井・味村・堀田・白鳥	
○			241816	原子核実験学 半期セミナー	4.5	春~夏学期	川畑・松多・阪口・福田(光順)・小田原・吉田・清水・三原・古野	
○			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・鈴木(智)・王・小林	
○			240996	核反応計測学 半期セミナー	4.5	春~夏学期	嶋・梅原・菅谷	
○			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・松門・入澤	

■ 物理学B

分類	専門教育科目	高度国際性	時間割コード	授業科目	単位	時期	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	山中・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)・佐藤(朗)	
○			249326	クォーク核物理学 半期セミナー	4.5	秋~冬学期	中野(貴)・野海・奥曾井・味村・堀田・白鳥	
○			249759	原子核実験学 半期セミナー	4.5	秋~冬学期	川畑・松多・阪口・福田(光順)・小田原・吉田・清水・三原・古野	
○			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・鈴木(智)・王・小林	
○			249342	核反応計測学 半期セミナー	4.5	秋~冬学期	嶋・梅原・菅谷	
○			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・松門・入澤	

(物理学)

■ 物理学C

分類	専門教育科目	高度国際性 添養教育科目	時間割 コード	授業科目	単 位	時 期	担当教員	備 考
○			241429	メノスコピック物理 半期セミナー	4.5	春～夏学期	新見	
○			241001	質量分析物理 半期セミナー	4.5	春～夏学期	豊田・兼松・ 青木(順)	
○			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・上田	
○			241004	半導体半期セミナー	4.5	春～夏学期	大岩・木山・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)	
○			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

分類	専門教育科目	高度国際性 添養教育科目	時間割 コード	授業科目	単 位	時 期	担当教員	備 考
○			249658	メノスコピック物理 半期セミナー	4.5	秋～冬学期	新見	
○			249361	質量分析物理 半期セミナー	4.5	秋～冬学期	豊田・兼松・ 青木(順)	
○			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・上田	
○			249368	半導体半期セミナー	4.5	秋～冬学期	大岩・木山・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)	
○			249377	強磁場物理 半期セミナー	4.5	秋～冬学期	萩原・鳴海・木田	

〈物理学〉

海外文献研究(前期課程)

■ 物理学A

分類		時間割 コード	授 業 科 目	単 位	時 期	担 当 教 員
専門 教育 科目	高度 国際 性 涵 養 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	山口(哲)・飯塚
	○	241782	海外文献研究(場の理論Ⅱ)	1	通年	兼村・尾田・柳生
	○	241783	海外文献研究(原子核理論Ⅰ)	1	通年	浅川・北澤・赤松
	○	241784	海外文献研究(原子核理論Ⅱ)	1	通年	保坂・緒方・石井
	○	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
	○	241788	海外文献研究(物性理論Ⅱ)	1	通年	白井・梶田
	○	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(数値物理学)	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

分類		時間割 コード	授 業 科 目	単 位	時 期	担 当 教 員
専門 教育 科目	高度 国際 性 涵 養 教 育 科 目					
	○	241792	海外文献研究(高エネルギー物理学Ⅰ)	1	通年	山中・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)・佐藤(朗)
	○	241794	海外文献研究(クォーク核物理学)	1	通年	中野(貴)・野海・奥曾井・味村・堀田・白鳥
	○	241795	海外文献研究(原子核実験学)	1	通年	川畑・松多・阪口・福田(光順)・小田原・吉田・清水・三原・古野
	○	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)・王・小林
	○	241798	海外文献研究(核反応計測学)	1	通年	嶋・梅原・菅谷
	○	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(レーザープラズマ加速ビーム)	1	通年	細貝・金・松門・入澤

■ 物理学C

分類		時間割 コード	授 業 科 目	単 位	時 期	担 当 教 員
専門 教育 科目	高度 国際 性 涵 養 教 育 科 目					
	○	241802	海外文献研究(メソスコピック物理)	1	通年	新見
	○	241803	海外文献研究(質量分析物理)	1	通年	豊田・兼松・青木(順)
	○	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・上田
	○	241806	海外文献研究(半導体)	1	通年	大岩・木山・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)
	○	241809	海外文献研究(強磁場物理)	1	通年	萩原・鳴海・木田

〈物理学〉

特別セミナー(後期課程)

■ 物理学A

分類		時間割 コード	授 業 科 目	単 位	時 期	担 当 教 員
専 門 教 育 科 目	高 度 国 際 性 涵 養 教 育 科 目					
○		240288	場の理論特別セミナー	9	通年	兼村・尾田・柳生
○		240289	場の数理論特別セミナー	9	通年	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・北澤・赤松
○		249194	多体問題特別セミナー	9	通年	保坂・緒方・石井
○		241022	物性理論特別セミナーⅠ	9	通年	黒木・Slevin・越智
○		249391	物性理論特別セミナーⅡ	9	通年	白井・梶田
○		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

分類		時間割 コード	授 業 科 目	単 位	時 期	担 当 教 員
専 門 教 育 科 目	高 度 国 際 性 涵 養 教 育 科 目					
○		241025	高エネルギー物理学特別セミナーⅠ	9	通年	山中・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)・佐藤(朗)
○		241796	原子核実験学特別セミナー	9	通年	川畑・松多・阪口・福田(光順)・小田原・吉田・清水・三原・古野
○		240300	核反応計測学特別セミナー	9	通年	嶋・梅原・菅谷
○		241029	クォーク核物理学特別セミナー	9	通年	中野(貴)・野海・與曾井・味村・堀田・白鳥
○		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)・王・小林
○		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・松門・入澤

■ 物理学C

分類		時間割 コード	授 業 科 目	単 位	時 期	担 当 教 員
専 門 教 育 科 目	高 度 国 際 性 涵 養 教 育 科 目					
○		241430	メソスコピック物理特別セミナー	9	通年	新見
○		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)・上田
○		249244	半導体特別セミナー	9	通年	大岩・木山・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・青木(順)
○		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)

I P C 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	細谷 裕	These credits cannot be used to fulfill the requirements of graduation Biennially
Quantum Field Theory II	2	大野木哲也	
Electrodynamics and Quantum Mechanics	1	<Luca Baiotti>	
Solid State Theory	2	黒木和彦	
High Energy Physics	2	青木正治	
Nuclear Physics in the Universe	2	< 嶋 達志 >	
Optical Properties of Matter	2	< 木村真一 > 兼松泰男	
Computational Physics	2	< 渡邊 浩 >	
Radiation Science in the Environment	1	< 千徳靖彦 > < 青井 考 > 高橋賢臣	

[セ ミ ナ ー]

授業科目	単位数	担当教員	備考
Semestral Seminar I	4.5	< 木村真一 >	
Semestral Seminar I	4.5	兼松泰男	
Semestral Seminar I	4.5	< 千徳靖彦 >	
Semestral Seminar I	4.5	< 藤岡慎介 >	
Semestral Seminar I	4.5	越野幹人	
Semestral Seminar I	4.5	< 石井理修 >	
Semestral Seminar II	4.5	< 保坂 淳 >	
Semestral Seminar II	4.5	< 木村真一 >	
Semestral Seminar II	4.5	兼松泰男	
Semestral Seminar II	4.5	< 千徳靖彦 >	
Semestral Seminar II	4.5	< 藤岡慎介 >	
Semestral Seminar II	4.5	越野幹人	
Semestral Seminar III	4.5	< 保坂 淳 >	
Semestral Seminar III	4.5	< 木村真一 >	
Semestral Seminar III	4.5	兼松泰男	
Semestral Seminar III	4.5	< 千徳靖彦 >	
Semestral Seminar III	4.5	< 藤岡慎介 >	
Semestral Seminar III	4.5	越野幹人	
Semestral Seminar IV	4.5	< 保坂 淳 >	
Semestral Seminar IV	4.5	< 木村真一 >	
Semestral Seminar IV	4.5	兼松泰男	
Semestral Seminar IV	4.5	< 千徳靖彦 >	
Semestral Seminar IV	4.5	< 藤岡慎介 >	
Semestral Seminar IV	4.5	山中 卓	
Semestral Seminar IV	4.5	< 大岩 顕 >	
Semestral Seminar IV	4.5	越野幹人	

(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 “Exotic Rotations and Vibrations in Nuclei”	1	<Umesh Garg> (University of Notre Dame, USA) 2月1日、2日、3日、4日	集中 MC・DC 共通
Topical Seminar II “Recent developments of nonequilibrium physics in quantum many-body systems”	1	<辻 直人> (東京大学) 7月12日、13日、14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	青木正治	
Seminar for Advanced Researches	9	<大岩 顕>	
Seminar for Advanced Researches	9	<青井 考>	
Seminar for Advanced Researches	9	<細貝知直>	
Seminar for Advanced Researches	9	<菊池 誠>	
Seminar for Advanced Researches	9	<木村真一>	
Seminar for Advanced Researches	9	<井手口栄治>	
Seminar for Advanced Researches	9	<野海博之>	
Seminar for Advanced Researches	9	民井 淳	
Seminar for Advanced Researches	9	<藤岡慎介>	
Seminar for Advanced Researches	9	小田原厚子	
Seminar for Advanced Researches	9	越野幹人	
Seminar for Advanced Researches	9	山中 卓	
Seminar for Advanced Researches	9	浅川正之	

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・越智正之
数理物理1	2	2	< 浅野健一 >
数理物理1 演義	2	2	< 浅野健一 >・柳生慶
電磁気学1	2	2	小川哲夫
電磁気学1 演義	2	2	小川哲夫・田中 実
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	浅野正之
量子力学1 演義	2	2	浅野正之・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・赤松幸尚
統計力学1	2	2	< 菊池誠 >
統計力学1 演義	2	2	< 菊池誠 >・深谷英則
統計力学2	2	2	越野幹人
物理学実験1	12	4	花咲徳亮・宮坂茂樹・小田原厚子・ 松多健策・福田光順・清水俊・ 佐藤朗・古野達也・南條創・ < 小林信之・友野大・樋口嵩 >・ 廣瀬穰・中島正道・大塚洋一・ 酒井英明・上田浩平・村川寛・ < 竹内徹也 >・新見康洋・< 青木順 >・ < 木村 淳・山本憲・野田博文 >・ < 河井洋輔・鈴木大介・久富修 >・ < 桂誠 >
物理学実験2	12	4	(同上)
【選択必修科目】			
物理学特別研究	12+12	8	物理学科各教員
宇宙地球科学特別研究	12+12	8	物理学科各教員

授業科目名	毎週授業 時間数	単位数	担当教員
【選択科目】			
物理学セミナー	2	1	物理学科各教員
現代物理学入門	2	2	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 >・北澤正清
地球科学概論	2	2	< 近藤忠 >
物理実験学	2	2	鳴海康雄
数理物理3	2	2	山口 哲
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 >
プラズマ物理学	2	2	< 千徳靖彦・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 >
原子核物理学1	2	2	川畑貴裕
物性物理学2	2	2	< 阿久津泰弘 >
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	< 佐伯和人・廣野哲朗・山中千博 境家達弘 >
相対論	2	2	大野木哲也
素粒子物理学1	2	2	山中卓
原子核物理学2	2	2	小田原厚子
物性物理学3	2	2	宮坂茂樹
地球惑星物質学	2	2	< 佐々木晶・佐伯和人・木村淳 >
数値計算法	2	2	< 林田清・青山和司 >
相対論的量子力学	2	2	山口哲
素粒子物理学2	2	2	青木正治
極限光物理学	2	2	< 藤岡慎介 >

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	< 佐藤尚弘 >
【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覽

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 >	理 (数・化・生)	I	月 3
	< 植田千秋 >	医 (医・看・放・検)・歯・薬	I	火 3
力学通論	< 山中千博 >	理 (数・化・生)	I	月 3
力学通論	< 山本 憲 >	工 (然1~85)	I	月 1
	< 高棹真介 >	工 (然86~170)		
	< 萩原政幸 >	工 (然171~)		
力学通論	< 嶋 達志 >	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	< 小無啓司 >	基 (シ1~90)	I	月 1
	松多健策	基 (シ91~)		
	< 杉山清寛 >	基 (情)		
力学詳論 I	新見康洋	理	I	月 3
	< 湯川 諭 >	理		
力学詳論 I	< 鷹岡貞夫 >	工 (理1~95)	I	月 4
	飯塚則裕	工 (理96~190)		
	< 萩原政幸 >	工 (理191~)		
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1~80)	I	火 2
	青木正治	工 (電81~)		
力学詳論 I	< 猿倉信彦 >	工 (環)	I	火 3
	・ < 清水俊彦 >			
力学詳論 I	清水 俊	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	< 小無啓司 >	工 (理1~95)	II	月 4
	< 増田賢人 >	工 (理96~190)		
	< 民井 淳 >	工 (理191~)		
力学詳論 II	< 湯川 諭 >	工 (地)	II	火 1
力学詳論 II	< 高棹真介 >	工 (電1~80)	II	火 3
	深谷英則	工 (電81~)		
力学詳論 II	< 清水俊彦 >	工 (環)	II	金 1
	・ < 猿倉信彦 >			

授業科目名	担当教員	配当学部	学期	曜日時限
力学詳論 II	< 木村真一 > 越野幹人	基 (シ 1 ~ 1 0 0) 基 (シ 1 0 1 ~)	II	金 1
力学詳論 II	< 野村 光 > < 田中歌子 > < 松本浩典 >	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 酒井英明 北澤正清	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	南條 創	理 (数・化・生)	II	金 4
電磁気学詳論 I	< 西浦宏幸 > 田中 実 < 植田千秋 >	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 > < 横田勝一郎 > 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 吉田 斉	基 (化) 基 (シ・情)・理 (数)	III III	月 3 火 1
電磁気学詳論 II	< 浜口智志 > ・ < 吉村 智 > < 白鳥昂太郎 > < 依田哲彦 >	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 > ・ < 波多野恭弘 >	基 (電) 基 (シ 1 ~ 9 0・情)・理 (数) 基 (シ 9 1 ~・情)・理 (数)	III	月 2
熱学・統計力学要論	< 木山治樹 > ・ < 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	全学部	I	水2
	< 豊田岐聡 >	全学部		金1
現代物理学の基礎	兼松泰男	全学部	I	月1
	山中 卓	全学部		月5
基礎物理学実験	村川 寛	基(電・化・情)	春	火3～5
	廣瀬 穰			
	< 半澤弘昌 >			
	< 関 宏理 >			
	< 葉 健人 >			
基礎物理学実験	吉田 斉	工(理A)・理(物)	秋	水3～5
	< 森 直樹 >			
	< 蔡 栄淑 >			
	三原基嗣			
	< 服部卓磨 >			
	< 嶋 達志 >			
	< 上野原 努 >			
上田浩平				
古野達也				
< 郡 英輝 >				
< 木田孝則 >				
< 藤橋卓也 >				
基礎物理学実験	< 渡邊 浩 >	工(然B・環・地)	秋	金3～5
	< 福島修一郎 >			
	中島正道			
	廣瀬 穰			
	< 玉置真悟 >			
	< 豊木研太郎 >			
基礎物理学実験	佐藤 朗	工(電)・医(医)	夏	木3～5
	< 木田孝則 >			
	< 李 艶君 >			
	< 村田秀則 >			
	< 中村拓人 >			

4.3. 共通教育授業担当一覧

147

授業科目名	担当教員	配当学部	学期	曜日時限
基礎物理学実験	中島正道 上田浩平 < 尹口ク現 > < 郡 英輝 > < 松田朋己 > < 酒井政宏 >	工 (理B)・理 (生・化・数)	冬	水3～5
基礎物理学実験	< 豊木研太郎 > < 鳴海康雄 > < 中村拓人 > 古野達也	工 (然A)	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 三原基嗣	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）

大野木グループ
松野グループ
量子多体制御グループ
工藤グループ
山中グループ
川畑グループ

物理学専攻（協力講座）

菊池グループ

宇宙地球科学専攻（基幹講座）

松本グループ
佐々木グループ
桂木グループ

4.5 質問コーナー

新型コロナウイルス感染拡大の影響による混乱がまだ残っている学習環境の中で、新入生への学習支援の窓口を広くすることを目的として、質問コーナーを夏学期に開設した。

質問コーナーを運営した教員は以下の通り。

宇宙地球科学専攻（基幹講座）

桂木洋光

第5章 物理談話会，南部コロキウム

5.1 物理談話会

令和三年度に行なわれた教室談話会（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．

2021年10月 1日	井上 芳幸	ガイダンス・ブラックホールの探し方
2021年10月 8日	大岩 顕	半導体量子ドット中のスピンの拓く量子技術
2021年10月15日	鈴木 大介	重力マイクロレンズで探る冷たい系外惑星
2021年10月22日	山口 哲	対称性と場の理論の最先端
2021年10月29日	西 真之	超高圧実験と地球深部の水循環
2021年11月 5日	有川 安信	レーザー核融合研究の進展
2021年11月12日	萩原 政幸	磁場を高くして何が観測できるのでしょうか？
2021年11月26日	越野 幹人	2次元物質の物理学
2021年12月 3日	高棹 真介	星々の叫び：磁場が駆動する星表面の爆発
2021年12月10日	村川 寛	単結晶合成と物性研究
2021年12月17日	青木 正治	稀な素粒子反応で探る超高エネルギー物理の世界
2021年12月24日	山中 千博	月の砂漠に水をもとめて…
2022年 1月 7日	山本 憲	水滴の物理学
2022年 1月21日	北沢 正清	エネルギー運動量テンソル $T_{\mu\nu}$ で探る素粒子の世界

5.2 南部コロキウム

大阪大学理学部では、H25年度より、物理学専攻を中心として、南部陽一郎特別荣誉教授の名を冠したコロキウムシリーズを開始した。本コロキウムは、南部先生の研究に代表されるような、物理を中心とする科学分野を横断的にとらえる研究を進めていく刺激となるよう企画された。<http://www.phys.sci.osaka-u.ac.jp/nambu/>

理論科学は、その基礎に数理構造を存し、本来的に理論科学分野全てにおいて共通の礎を共にするものであるが、一方で成果主義の横行により科学社会の細分化が進み、各研究室間ですら新しい科学の芽を育てる意思疎通を損する状況となっている。そこで、理論研究科学拠点では、「南部コロキウム」と題した談話会を定常的に企画し、大阪大学の理論科学や物理学を中心とした研究者や学生が常に交流できる土壌を作ること为目标にしてきた。また、主宰研究会を分野横断的に開催し、理論科学の観点から自然階層を超えた理論研究の統合と応用の開拓を行い、新しい理論パラダイムを模索している。

南部コロキウムは、大阪大学の基礎理学プロジェクト研究センターの「理論科学研究拠点」が主催となった。理論科学研究拠点は多数の専攻の教員からなり、代表は宇宙地球科学専攻の長峯健太郎である。

令和3年度は、下記の南部コロキウムをオンラインで開催し、各々、教員と学生が多く参加する等、成功を収めた。場所は通例は南部陽一郎ホールであったが、昨年度よりオンラインでの開催となっている。自由な雰囲気を作り、質問が出やすくするなど、学术交流を円滑にするようにアレンジされている。

第29回 南部コロキウム

開催日：2021年6月24日（木）

講師：羽澄昌史先生

[大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 (KEK) / 素粒子原子核研究所 教授]

講演：『ビッグバン以前の宇宙を探る』

第30回 南部コロキウム

開催日：2021年7月8日（木）

講師：倉谷滋先生

[国立研究開発法人 理化学研究所 生命機能科学研究センター (BDR) / 開拓研究本部 (CPR)]

講演：『進化と発生と自然観』

特別南部コロキウム

開催日：2021年10月23日（土）

講師1：細谷裕先生 [大阪大学名誉教授]

講演：『湯川秀樹博士と大阪大学 ノーベル賞はかくして生まれた』

講師2：兼村晋哉先生

[大阪大学総合学術博物館湯川記念室委員長・理学研究科教授]

講演：『素粒子物理の最先端：湯川・南部と標準理論を超える新物理』

第31回 南部コロキウム

開催日：2021年12月2日（木）

講師：橋省吾先生

[東京大学大学院理学系研究科 宇宙惑星科学機構 / JAXA 宇宙科学研究所]

講演：『太陽系の起源と進化を物質科学で考える』

第32回 南部コロキウム

開催日：2022年1月13日（木）

講師：倉谷滋先生

[国立研究開発法人 理化学研究所 生命機能科学研究センター（BDR） / 開拓研究本部（CPR）]

講演：『進化と発生と自然観 PART2』

（文責：兼村 晋哉）

第6章 学生の進路状況など

令和三年度の学部卒業生，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）	40名
大阪大学大学院博士前期課程進学（宇宙地球科学専攻）	22名
大阪大学大学院基礎工学研究科博士前期課程進学 （システム創成専攻・数理科学領域）	1名
他大学大学院博士前期課程（修士課程）進学	2名
国家公務員	1名
民間企業就職	6名
就職準備	4名
未定	1名
合計	77名

学部卒業生の進路の内訳：

株式会社イマオコーポレーション	1名
株式会社サイバーエージェント	1名
株式会社JR西日本コミュニケーションズ	1名
日鉄ソリューションズ株式会社	1名
富士通フロンテック株式会社	1名
有限会社三心ゼミナール	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)	11名
他専攻博士後期課程進学	1名
民間企業就職	36名
公務員	2名
教員 (私立中学・高等学校)	2名
その他	4名
合計	57名

博士前期課程修了者の進路の内訳：

株式会社アイヴィス	1名
株式会社イシダ	1名
株式会社エヌ・ティ・ティ・データ	1名
株式会社オートマティゴ	1名
株式会社オプテージ	1名
株式会社関電システムズ	1名
キオクシア株式会社	1名
旭光電機株式会社	1名
株式会社ジェイテック	1名
シャープディスプレイテクノロジー株式会社	1名
Sky株式会社	1名
住友電装株式会社	1名
ソニー生命保険株式会社	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
東京海上日動火災保険株式会社	1名
株式会社トクヤマ	1名
日本製鉄株式会社	1名
日本モレックス合同会社	1名
ヌヴォトンテクノロジージャパン株式会社	1名
株式会社ハイレックスコーポレーション	1名
日立金属株式会社	1名
株式会社日立製作所	1名
フェニテックセミコンダクター株式会社	1名
富士ソフト株式会社	1名
富士フイルムシステムズ株式会社	1名

古河電気工業株式会社	1名
マイクロンメモリジャパン合同会社	3名
三菱電機株式会社	1名
株式会社三菱UFJ銀行	1名
株式会社村田製作所	1名
明治安田生命保険相互会社	1名
株式会社リガク	1名
ルネサスエレクトロニクス株式会社	1名
パナソニック株式会社	1名

6.3 International Physics Course (IPC) 前期課程修了者の進路

大阪大学博士後期課程進学（理・物理学専攻）	2名
日本で民間企業就職	1名
他国の大学院（博士後期課程）へ進学	1名
母国へ帰国	1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	1名
国家公務員	1名
国立大学法人・助教	1名
私立大学・助教	2名
国立大学法人・特任研究員	1名
国立研究開発法人・研究員	1名
独立行政法人日本学術振興会・特別研究員	2名
その他	1名
合計	10名

博士後期課程修了者の進路の内訳：

東芝デバイス&ストレージ株式会社	1名
文部科学省	1名
学習院大学 理学部 物理学科 助教	1名

立教大学 理学部 物理学科 助教	1名
国立大学法人北海道大学 大学院工学研究院 応用量子科学部門 助教	1名
国立大学法人大阪大学・特任研究員	1名
国立研究開発法人理化学研究所 仁科加速器研究センター 基礎科学特別研究員	1名
独立行政法人日本学術振興会・特別研究員	1名

6.5 学生のインターンシップ参加

令和三年度における、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	Monash University、Imperial College London、FermiLab、CERN (remote)
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2013年度より実施している。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、2021年度はプログラム第五期生から第九期生まで43名の履修生が在籍しプログラムの活動に励んだ。

履修生は、所属する専攻の大学院課程科目の修得に加えて、本プログラム独自の科目や他専攻・他研究科の科目を所定の単位数履修することが要求される。中でも特徴的な必修科目として、物理系学生が化学を学ぶ「物質化学入門」（その逆の科目もある）、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、1年次の最後に専門科目の筆記試験を行う1st Qualifying Examination (QE)、2年次の最後に「博士論文研究企画」を発表する2nd QE、4年次に英語で行う博士論文中間発表(3rd QE)などを経て、所属研究科の博士論文審査後に実施する本プログラムのFinal QEに合格すると、博士号の学位に加え、本プログラムの修了証が授与される。ちなみに、5年一貫の博士コースであるため、修士論文に関する報告や審査ではなく2ndQE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。履修生は研究成果を修士論文としてまとめ、所属専攻の修士論文発表会において発表して、修士号を得ることが、本プログラムの3年次への進級要件となっている。

7.3 令和3年度の活動

7.3.1 新型コロナウイルス感染防止対策により授業が対面とオンラインの複線化

昨年度に続き新型コロナウイルス感染拡大防止に伴う様々な規制のため例年のようにインタラクティブな授業や履修生の自主的な活動を十分に実施するには至らなかった。しかしながら、教室定員の2/3以下、隣の席を空けて座るなどのルールの下、対面の講義が再開された。また対面と遠隔を併用した「ハイブリッド」型の講義も始まり、学生の希望に合わせた講義スタイルの開発も進んだ。昨年度の取組をさらに発展させてプログラム履修を効率的におこない、最大限の効果を得るために知恵を出しながら努力した1年となった。春夏学期はプログラムの独自科目である物性物理学入門、物質化学入門、物質科学英語、物質科学キャリアアップ特論aが開講された。物性物理学入門と物質化学入門は、新入生対象科目で、自身の専門とは異なる授業の受講となるため、毎年担当の教員に細心の注意を払って講義いただいている科目であり、昨年度の経験を踏まえてより理解の深まるための工夫が盛り込まれた。秋冬学期には、物質科学英語、物質科学キャリアアップ特論bが開講された。

物質科学英語は両学期とも対面での授業が実施され、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9期生の11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。2月4日には報告会が開催され、始めて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うまれ、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実験を継続するという嬉しい成果も得られている。

7.3.2 国内研修、海外研修の実施

本年度は第六期生と七期生を中心に6名が「物質科学国内研修」(必修)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。本年度もコロナウイルス対策のため、民間企業での受け入れが厳しく、履修生2名が希望企業での研修が受けられず次年度以降に延期した。多くの研修先で在宅勤務のためこれまでのように現場の職員との交流という面では十分な活動が出来なかった。そのため、履修生の報告書にもその点での指摘が多くみられた。しかしながら、履修生は学外の研究環境の中で、自身の研究分野がどのような広がりがあるかを実感するとともに、チームでの仕事の取組みを体験し、新たな人間関係を構築するなど実りの多い経験をすることができた。

「物質科学海外研修」は必修科目であるが、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、昨年度に引き続き代替の課題を設定した。海外でも研究室の活動が制限されており、遠隔による研究指導も現実的ではなく、以下の課題を提出することで研修とした。まず、候補研究室を選定し、多くの研修先候補が有る中でなぜその研究室を選んだのか、他候補とのベンチマークを行い説明する。ついて、候補研究室の教員と連絡を取り、3ヶ月の研究計画を立案し、先方の教員の承認を得た計画書を提出する。その間の先方とのやり取りも補助資料として添付する。以上を報告書としてまとめる。最後に報告会を実施し、候補研究室の選定理由、研究計画、予想される成果について報告し評価を受ける。以上の課題に対して本年度修了予定の3名が研修に臨んだ。中華人民大学、ノルウェー科学技術大学、およびネバタ大学の研究室とコンタクトをとり教員と活動を行った。実際の研究活動はできなかったが、先方との交流を通じて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を報告会や報告書で確認出来た。

7.3.3 Qualifying Examination (QE) と十期生選抜

専門分野の基礎学力を評価するために1年次に受験する筆記試験(1st Q.E.)、2年次に受験する博士後期課程の研究企画を試問する博士論文企画審査(2nd Q.E.)、4年次に取り組む博士論文の中間報告を英語により報告させる3rd Q.E.が昨年同様に実施された。履修生の質保証のための取組みであるが、プログラムとしては気付きを与える機会としても重要であると考えており、課題のある履修生については、評価委員のコメント含めて何が不十分であったかを伝え、どの様に改善したらよいかの方向性を示すなどの指導を行った。本年度は第五期生6名がプログラム履修の成果を問うFinal Examination (FE)に臨んだ。FEでは事前に提出する小論文と、それに基づく口頭発表と試問がなされた。小論文として以下の課題を与え、1ヶ月後に回収し評価委員に事前配布した。課題は昨年度と同じく「20~30年後の未来に、我が国をはじめ世界の抱える社会的問題や経済・産業構造の変化を予測し、自分がリーダーシップを発揮して科学技術に基づきこれらの課題にどのように対応していくのか、自分の進路と関連付けながら2000字程度で述べよ」という問いかけに履修生は真摯に取り組んだ。発表と口頭試問には10名のプログラム担当教員が評価委員として参加、また6名の外部評価委員に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、6名全員が合格となった。合格者のうち1名については課題の捕え方が表面的でありもう一步踏み込んだ考察が必要ではないかとの指摘があり、評価委員で議論した結果各評価委員からのコメントをフィードバックしそれに答えさせる小論文を課した。小論文はプログラムコーディネーターとシニアメンターを務める企業出身の特任教授が査読し内容を確認し合格とした。第十期生の募集を1月24日から31日の間に実施し、書類選考を経て面接による選抜を3月1日から3日に実施した。結果、33名の応募者から15名を合格させた。理学研究科からは4名が合格、うち物理学専攻からは2名の学生が合格した。

7.3.4 平成29年度採択五期生の課程修了

平成29年度に入学した一般選抜五期生6名（うち1名が理学研究科物理学専攻、1名が高分子化学専攻）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18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、プログラム責任者の和田基礎工学研究科長の祝辞に対し基礎工学研究科の菊辻卓也さんが履修生を代表して将来への誓いを述べた。6名のうち理学研究科物理学専攻の1名は学習院大学の助教として、工学研究科応用化学専攻の1名が大阪大学で助教として引き続き大学で活動する。4名の履修生が企業に活躍の場を選び、4月からは実社会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 新たな博士後期課程の学生支援制度とプログラムの推進

平成24年度から進めてきた本プログラムは平成30年度で文部科学省からの支援が終了した。大阪大学では本プログラム含めて5つのリーディング大学院を受託し大学院改革を進めてきた。令和1年度以降も5つのリーディング大学院は大学院教育の柱として位置づけられており、西尾総長が機構長を務める国際共創大学院学位プログラム推進機構の中に博士課程教育リーディングプログラム事業として位置づけられ、令和1年度から開始された卓越大学院プログラム事業、オナー大学院プログラム事業とともに、大阪大学が進めるDouble-Wing Academic Architectureの一翼を担っていく。令和3年度からは博士後期課程の学生を支援する文部科学省の制度として、科学技術イノベーション創出に向けた大学フェロシップ創設事業と次世代挑戦的研究者プロジェクトが開始された。カデットプログラムの取組をベースにした大学フェロシップ制度「超階層マテリアルサイエンスプログラム」が採択されたため、博士後期課程の学生には生活費の不安の無いレベルの支援金を支給出来るようになった。このため、次年度のプログラム履修希望者が増加し、一時は1.1倍程度だった倍率も2倍を超える難関となった。プログラムではこれまでと変わらぬ運営体制で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致します。

（文責：越野 幹人）

第8章 理数オーナープログラム

8.1 令和3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名に再び減少した。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、R3年度の参加者数はその4.8%にあたる。

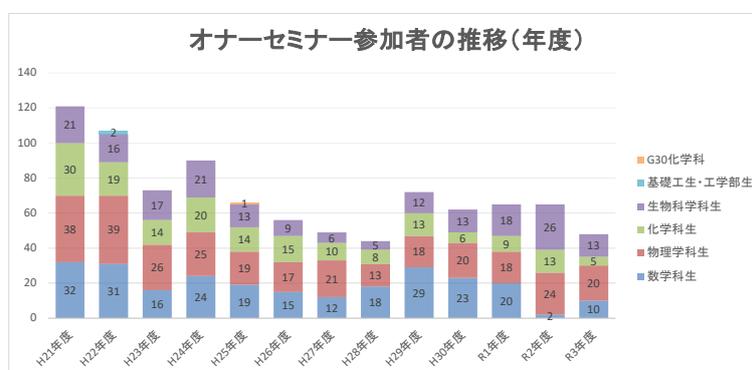


図 8.1: オナー参加者数の推移

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。R3年度ではR1年度と同じ10名に戻ったが、R3年度の物理学科修了者は2名であった。

また、将来、社会に出てからリーダーとなる素質を持つ学生を学部段階から育成する理数オー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」として認定する。H25年度理数オナープログラム修了者から適用し、R3年度には6名（内、物理学科は0名）の優秀修了者がでた。

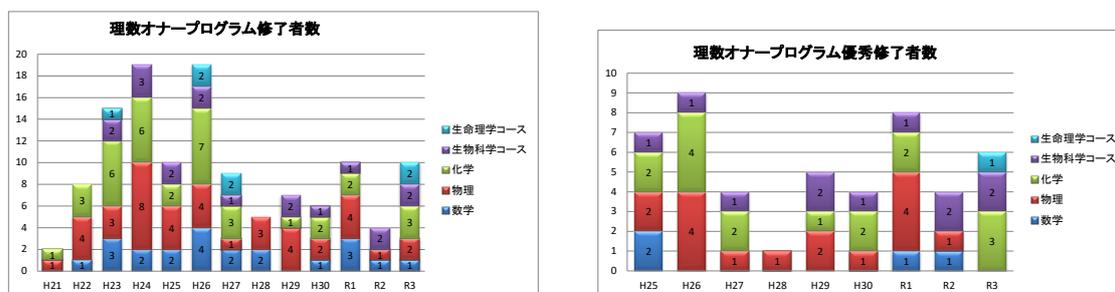


図 8.2: オナープログラム修了者数と優秀修了者数

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、R3年度は春夏学期・秋冬学期合わせて36（春夏学期19、秋冬学期17）のオナーセミナーを開講し、のべ48名（春夏学期24名、秋冬学期24名）が履修した。物理学科では、春夏学期は7セミナーを開講、秋冬学期も7セミナーを開講した。

《春夏学期》物理オナーセミナー 開講7セミナー 受講者数8名

A 電場や磁場って何だろう（南條 創、山中 卓、廣瀬 穰）

物理学科3年1名

B 反粒子の世界（板橋 隆久、青木 正治）

物理学科2年2名

C 新しい放射線検出器を開発しよう（川畑 貴裕、小田原 厚子、古野 達也）

物理学科3年1名

D 地下実験室での環境放射線計測（地上実験室と比較してみよう）（吉田 斉、梅原 さおり）

物理学科2年1名

E モノ作りから始める自然科学（兼松 泰男）

物理学科3年1名

- F 量子光学でみる量子の世界（渡辺 純二）
物理学科 3年 1名
- G ブラックホールが支配する宇宙（井上 芳幸）
物理学科 3年 1名
《秋冬学期》物理オーナー 開講 7セミナー 受講者数 9名
- H 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
- J モノ作りから始める自然科学（兼松 泰男）
生物科学科生命理学コース 3年 1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）物理学科 3年 1名
（菊池 誠）物理学科 3年 1名
（植田 千秋）物理学科 3年 1名
（井上 芳幸）物理学科 3年 2名
（柳生 慶）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。

2021 春夏学期 オーナー自主研究発表会

2021年9月30日(木) 9:55-17:15 at 南部陽一郎ホール

物理オーナーセミナーからの発表 7セミナー 参加学生 8名 8演題

〈南條・山中・廣瀬 G〉電場や磁場って何だろう

- 1 地磁気による起電力の発生 物理学科 3年

〈板橋・青木 G〉反粒子の世界

- 2 超冷中性子の電気双極子モーメントに関する研究 物理学科 2年
- 3 水素原子微細構造の Darwin 項と Zitterbewegung 物理学科 2年

- 〈川畑・小田原・古野 G〉新しい放射線検出器を開発しよう
 4 同種粒子及び異種粒子同士の散乱実験～量子力学の対称性を検証～ 物理学科 3年
- 〈吉田・梅原 G〉地下実験室での環境放射線計測（地上実験室と比較してみよう）
 5 地上と地下における環境中性子フラックスの測定と比較 物理学科 2年
- 〈兼松 G〉モノ作りから始める自然科学
 6 Ocean microplastics (海洋マイクロプラスチック) 物理学科 3年
- 〈渡辺 G〉量子光学でみる量子の世界
 7 光子対の非局所相関とその測定系の構築 物理学科 3年
- 〈井上 G〉ブラックホールが支配する宇宙
 8 超巨大ブラックホールの質量成長 物理学科 3年

2021 秋冬学期 オナー自主研究発表会

2022年3月29日(火)9:55-17:00 at 南部陽一郎ホール

物理オナーセミナーからの発表 7セミナー 参加学生9名9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 霧箱を用いた α 線核種の同定 物理学科 2年
 2 物質中の γ 線の速度観測 物理学科 2年
- 〈兼松 G〉モノ作りから始める自然科学
 3 レーナルトの陰極線発生装置の再現研究 生物科学科 3年
- 〈オナー S 波多野 G〉研究室に入って好きな研究をしてみよう
 4 熱水表面上の微小水滴の物理 物理学科 3年
- 〈オナー S 菊池 G〉研究室に入って好きな研究をしてみよう
 5 タンパク質のフォールディング理論と計算 物理学科 3年
- 〈オナー S 植田 G〉研究室に入って好きな研究をしてみよう
 6 隕石中常磁性ケイ酸塩粒子の磁気分離 物理学科 3年
- 〈オナー S 井上 G〉研究室に入って好きな研究をしてみよう
 7 超巨大ブラックホールの質量成長 物理学科 3年
 8 活動銀河核コロナからの対消滅線 物理学科 3年
- 〈オナー S 柳生 G〉研究室に入って好きな研究をしてみよう
 9 物質世代数の謎と CP 対称性の破れ 物理学科 3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。R3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表 8.1 にまとめる。38名中、17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									
		H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3
物理学科	4年生	7,6	6,3	20,6	7,3	5,3	10,6	9,2	6,6	15,5	18,6
化学科	4年生	6,6	2,2	8,8	3,3	2,2	1,1	3,3	3,3	4,4	3,3
生物科学科	4年生	5,2	3,2	7,3	17,8	9,1	8,3	9,2	12,1	11,2	17,8
合計		18,14	11,7	35,17	27,14	16,6	19,10	21,7	21,10	30,11	38,17

大阪大学では、既存の研究分野の枠にとらわれず、より広く深い知識を身につけ、それを社会で実践し、グローバルに活躍できる人材を育てる「博士課程教育リーディングプログラム」を文科省の支援を受け、平成 23 年度から全学で取り入れている。国の将来を担う人材の候補生として、大学も力を入れてバックアップしているプログラムである。また、R2 年度からは新たに理工情報系オーナー大学院プログラムと量子ビーム卓越大学院プログラムがスタートした。理学研究科の博士課程に進学した理学部卒業生のうち、本大学院プログラムに選抜された奨学生とその中でのオーナー生の人数を表 8.2 に記す。

表 8.2: 博士課程教育リーディングプログラムへのオーナー参加者数

プログラム名	理学研究科採択者数, オナー参加者数										
	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3
超域イノベーション	2,1	2,0	2,0	1,0	3,1	0,0	2,1	0,0	0,0	1,0	1,0
生体統御ネットワーク 医学教育	4,3	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
理工情報系オーナー大学院	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,0	8,1
量子ビーム卓越大学院	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16,4	11,1

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15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と言える。

オナーセミナー、発表会以外にも学生が中心となり、企画運営したR3年度の活動内容を下記に記す。

1) オープンキャンパス

- ・マイハンドアプリアを利用したWeb開催(8/5 - 22)

オナー紹介動画作成

- ・8月19日(木)オンラインイベント開催(Remo)

オナー参加者7名

2) 2021 春夏学期自主研究発表会 R3.9/30 理学部J棟南部陽一郎ホール

3) サイエンス・カンファレンス(文部科学省主催) R4.2/28-3/21 オンライン発表

出場者10名

動画発表者5 演題8名(物理B1 2名、B3 1名、化学B1 1名、生物科学B1 2名、B2 1名、B3 1名)

ポスター発表者2 演題2名(物理B3 2名)

生物科学B1 2名、化学B1 1名(動画) 共同発表「アリの行動圏に関する研究」

物理B3 1名(動画)

「活動銀河核コロナからの対消滅線

-超巨大ブラックホール中心領域における電子陽電子対生成反応-

物理B1 2名(動画) 共同発表

「ダスト凝集に『繊維状物質』が与える影響～部屋の埃から微惑星形成まで～」

生物科学B2 1名(動画) 「超短命魚ターコイズキリフィッシュを用いた筋肉老化機構の解明」

生物科学B3 1名(動画) 「昆虫の飛行原理の解明とその原理を応用した飛行ロボットの開発」

物理B3 1名(ポスター) 「物質世代数の謎とCP対称性の破れ」

物理B3 1名(ポスター) 「量子力学的非局所性とパルス光を用いた実験系の構築」

4) オナープログラム修了式 R4.3/24 理学部D棟D501

理数オナープログラム修了者10名 優秀修了者6名

5) 2021 秋冬学期自主研究発表会 R4.3/29 理学部J棟南部陽一郎ホール

(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。

平成22年度は、平成22年10月1日に、第一期生を迎え入れました。入学者は、MSコースが5名、PhDコースが3名で、国籍は、中国3名、ベトナム3名、エストニア1名、バングラデシュ1名です。さらに、平成23年10月1日に、第二期生を迎え入れました。入学者は、MSコースが5名、PhDコースが1名で、国籍は、中国3名、ベトナム1名、インドネシア1名、マレーシア1名です。平成24年度10月1日に、第三期生を迎え入れ、入学者は、MSコースが2名、PhDコースが3名（学内進学）で、国籍は、中国4名、ベトナム1名です。平成25年10月1日に、第四期生を迎え入れ、入学者は、MSコースが5名、PhDコースが5名（学内進学2名）で、国籍は、フランス1名、ドイツ1名、シンガポール1名、中国1名、モンゴル1名、ベトナム3名、マレーシア2名です。平成26年10月1日に、第五期生を迎え入れ、入学者は、MSコースが4名、PhDコースが1名（学内進学）で、国籍は、中国3名、ベトナム2名です。

平成27年度から、PhDコースの4月入学制度を取り入れることになりました。平成27年4月1日に第六期生を迎え入れ、入学者は、PhDコースに1名で、国籍は、マレーシアです。10月1日入学者は、MSコースが3名、PhDコースが6名（学内進学1名）で、国籍は、中国1名、インドネシア1名、マレーシア1名、カザフスタン1名、インド1名、イラン1名、イタリア1名、ベトナム2名です。

平成28年度から、MSコースの4月入学制度も取り入れることになりました。平成28年4月1日に第七期生を迎え入れ、入学者は、MSコースが1名、PhDコースが1名（学内進学）で、国籍は、マレーシア、モンゴルです。10月1日入学者は、MSコースが3名、PhDコースが7名（学内進学4名）で、国籍は、ベトナム3名、中国4名、マレーシア2名、インド1名です。

平成29年4月1日に第八期生を迎え入れ、入学者は、MSコースが2名、PhDコースが1名で、国籍は、ベトナム、韓国です。10月1日入学者は、MSコースが1名、PhDコースが5名（学内進学2名）で、国籍は、ベトナム、インドネシア、中国、マレーシア、フランス、カザフスタンです。

平成30年4月1日に第九期生を迎え入れ、入学者は、MSコースが2名、PhDコースが1名（学内進学）で、国籍は、中国、ジョージア、マレーシアです。10月1日入学者は、MSコースが1名、PhDコースが1名で、国籍は、ベトナム、バングラデシュです。

平成31年4月1日に第十期生を迎え入れ、入学者は、MSコースが1名、PhDコースが2名（学内進学1名）で、国籍は、中国、ベトナム、ブラジルです。10月1日入学者はMSコースが5名、PhDコースが2名で、国籍は、インドネシア、アメリカ、スペイン、中国、イタリア、ベトナム、インドです。

令和2年4月1日に第十一期生を迎え入れ、入学者は、PhDコースが1名（学内進学）で、

国籍は、中国です。10月1日入学者はMSコースが3名、PhDコースが1名で、国籍は、中国3名、マレーシア1名です。

令和2年12月から令和3年1月にかけて、令和3年度の入学のための入学試験を行い、4月入学のMSコースが4名、PhDコースが3名（学内進学1名）、10月入学のMSコースが3名、PhDコースが1名の合格者を発表しています。国籍は、中国5名、インドネシア、ベトナム、マレーシア、フランス、日本2名です。

令和3年4月1日に第十二期生を迎え入れ、入学者は、MSコースが4名、PhDコースが3名（学内進学1名）で、国籍は、中国5名、ベトナム1名、日本1名です。10月1日入学者はMSコースが4名、PhDコースが3名（学内進学2名）で、国籍は、インドネシア2名、マレーシア1名、中国1名、スペイン1名、フランス1名、日本1名です。

令和3年12月から令和4年1月にかけて、令和4年度の入学のための入学試験を行い、4月入学のMSコースが1名、PhDコースが2名、10月入学のMSコースが3名、PhDコースが2名の合格者を発表しています。国籍は、中国4名、アメリカ2名、ドイツ1名、インド1名です。

（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、表面分析工学、時空間フォトンクス、レーザー分光学、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

2021年度のプログラム登録者数は4名であった。その内訳は、理学研究科化学専攻1名(M1:1名)、理学研究科生物科学専攻1名(D3:1名)、情報科学研究科情報基礎工学専攻1名(M1:1名)、情報科学研究科バイオ情報工学専攻1名(D3:1名)である。

なお、2021年度の本プログラム修了者は1名(情報科学研究科情報基礎工学専攻1名(M1))であった。

10.3 放射線科学

10.3.1 プログラム概要

放射線計測は素粒子原子核実験を行う上で基礎的な技術であり、いまもなお先進的な研究開発が行われている。しかし、それにとどまらず、様々な分野に応用され、研究・実用において不可欠なものとなっている。本プログラムでは、基礎的な計測技術の習得から、加速器を用いた最先端の放射線科学を、実験実習を中心として習得する。

すでに、医学物理士コースのために核物理研究センターと理学研究科物理学専攻ならびに附属基礎理学プロジェクト研究センターは講義・実験を協力して行っている。本プログラム

はこれをさらに進めるとともに、最先端の医療現場での放射線計測についてもその基礎を学ぶ。

このような要求は日本だけでなく大きな加速器施設を持たない ASEAN 諸国でも非常に高い。理学研究科では核物理研究センターと共同で「物理実験基礎コース」を ASEAN・中国の学生を招聘して、英語での講義・実験を行ってきた。本プログラムではそれらの英語による講義・実験を用いる事により、日本国内だけでなく世界に開かれたプログラムとする。

10.3.2 修了要件

7 単位以上。

10.3.3 授業科目

必修科目

放射線計測基礎 1、放射線計測基礎 2、放射線計測応用

選択科目

加速器科学、放射線計測学、核化学 1(I)、放射線取扱基礎、放射線計測学概論 1、放射線計測学概論 2、Nuclear Physics in the Universe、放射線診断物理学、高精度放射線治療、粒子線治療

10.3.4 プログラム登録者数

2021 年度のプログラム登録者数は 1 名であった。その内訳は、理学研究科化学専攻 1 名 (M1 : 1 名) である。

なお、2021 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。2021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

COVID-19 の影響のため海外からの訪問者なし。

11.4 海外研究機関との交流

COVID-19 の影響で制限下であったが、教職員 1 名、学生 3 名が、共同研究参加を目的として以下の国々を訪問した。アメリカ (1 件)、イギリス (1 件)、カナダ (1 件)、メキシコ (1 件)。

またオンラインでの共同研究参加、招待講演および学術的会合の参加が活発に行われた。教職員延べ46名、学生延べ22名アメリカ(17件)、イギリス(1件)、イタリア(3件)、インド(3件)、オーストラリア(3件)、カナダ(1件)、韓国(6件)、スイス(5件)、スペイン(1件)、台湾(3件)、中国(7件)、ドイツ(4件)、ノルウェー(1件)、ブラジル(2件)、フランス(1件)、ポルトガル(3件)、南アフリカ(1件)、ルーマニア(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. スクール/セミナー セミナーおよび遠隔実験による国外企業との交流・技術紹介 細貝知直 エアバス社 フランス, ドイツ, イギリス 2021/4/8 15名
2. スクール/セミナー East Asian String Webinar 飯塚 則裕 ICREA and U. de Barcelona スペイン 2021/4/9 40名
3. スクール/セミナー East Asian String Webinar 飯塚 則裕 Harish-Chandra インド 2021/4/23 40名
4. スクール/セミナー East Asian String Webinar 飯塚 則裕 U. Victoria カナダ 2021/5/7 40名
5. ワークショップ Black Holes, Swampland, and Quantum Gravity 飯塚 則裕 University of Wisconsin, Madison アメリカ 2021/5/13-2021/5/14 60名
6. スクール/セミナー East Asian String Webinar 飯塚 則裕 UC Berkeley/ Kavli IPMU アメリカ 2021/5/21 40名
7. ワークショップ PIC simulation to improve the beam quality of laser wakefield acceleration 細貝知直 上海交通大学 中国 2021/5/27 6名
8. スクール/セミナー East Asian String Webinar 飯塚 則裕 Indian Institute of Science インド 2021/6/4 40名
9. スクール/セミナー East Asian String Webinar 飯塚 則裕 University Coll. London / Brandeis U イギリス 2021/6/18 40名
10. ワークショップ New Higgs Working Group 30 兼村 晋哉 2021/7/17 67名
11. ワークショップ 2nd PANDORA Workshop 民井 淳 iThemba LABS, ELI-NP 南アフリカ, ルーマニア 2021/9/9-2021/9/10 24名
12. スクール/セミナー ILC Summer camp 2021 兼村 晋哉, 柳生 慶 2021/9/21-2021/9/24 316名

13. スクール/セミナー SAKURA School 民井 淳 ベトナム、マレーシア、オランダ
2022/2/29-2022/3/4 20名

11.6 部局間学術交流協定

2021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. インペリアル・カレッジ・ロンドン（自然科学部）（英国）
2006/6/19-2023/5/6 CP:青木正治教授
2. 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
3. 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
4. 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
5. 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
6. 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
7. フリードリヒ・シラー大学イエーナ（物理・天文学部）（ドイツ）
2011/12/21-2021/12/20 CP:花咲徳亮教授、松本卓也教授、
8. インド工科大学ボンベイ（理学部）（インド）
2012/2/24-2022/2/23 CP:青木正治教授
9. デリー大学（理学部）（インド）
2012/8/30-2023/6/13 CP:越野幹人教授, Luca Baiotti 特任准教授
10. ブレーメン大学（物理・電気工学科）（ドイツ）
2013/3/4-2023/3/3 CP:越野幹人教授
11. 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
12. バンドン工科大学（数学・自然科学部）（インドネシア）
2015/12/25-2020/12/24 CP:小川哲生教授

13. ベラルーシ国立大学（物理学部）（ベラルーシ）
2015/11/17-2020/11/16 CP:青木正治教授
14. 蘭州大学（物理科学技術学院）（中国）
2016/8/14-2021/8/13 CP:保坂淳教授、川畑貴裕教授
15. ムンバイ大学（理学部）（インド）
2016/5/12-2021/5/11 CP:越野幹人教授, Luca Baiotti 特任准教授
16. モナシュ大学（理学部）（オーストラリア）
2017/12/7-2022/12/6 CP:青木正治教授
17. 国立清華大学（理学部）（台湾）
2018/6/27-2023/6/26 CP:越野幹人教授、久保孝史教授
18. 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
19. 南京大学（物理学院）（中国）
2019/5/20-2024/5/19 CP:青木正治教授

11.7 その他

物理学専攻（博士課程）の在籍留学生人数は、2021年4月1日現在で合計30名。
（国費留学生：3名、私費留学生：26名、政府派遣留学生：1名）

国名	前期課程	後期課程	非正規生
アメリカ	1	0	0
イタリア	1	0	0
カザフスタン	0	1	0
スペイン	1	0	0
スリランカ	0	1	0
ブラジル	0	1	0
フランス	0	1	0
ベトナム	1	2	0
マレーシア	0	1	0
中国	10	4	0
香港	1	0	0
計	18	12	0

（文責：越野 幹人）

第12章 湯川記念室

12.1 令和3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。2008年10月より、大阪大学総合学術博物館に属する。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。湯川記念室委員会は全学的な組織であり、委員長は兼村晋哉である。

令和3年度は、周年事業の一環としての書籍出版、ホームページの充実と英語化、南部コロキウム後援、SAP後援などを行った。

湯川記念室のホームページ: <http://www-yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/>

12.2 湯川記念講演会

毎年実施し、2019年度は第35回を数えた湯川記念講演会ですが、昨年同様に2021年度ははコロナ禍のために実施を断念した。

12.3 書籍の出版

大阪大学創立90周年記念事業の一環として、「湯川秀樹博士と大阪大学:ノーベル賞はかくして生まれた」と「湯川秀樹 量子力学序説」が湯川記念室監修のもと刊行された。

「湯川秀樹博士と大阪大学:ノーベル賞はかくして生まれた」

監修:大阪大学総合学術博物館湯川記念室

出版:大阪大学出版会 5/1 刊行

「湯川秀樹 量子力学序説」

監修:大阪大学総合学術博物館湯川記念室

湯川秀樹『量子力学序説』復刊編集委員会

出版:大阪大学出版会 6/30 刊行

12.4 南部コロキウムの後援

今年度についても南部コロキウムの後援を行った。令和3年度においては、下記の南部コロキウムをオンラインで開催した。また、今年度は、大阪大学創立90周年記念事業の一環として、特別南部コロキウムも開催した。各々、教員と学生が多く参加する等、成功を収めた。

第29回 南部コロキウム

開催日：2021年6月24日（木）

講師：羽澄昌史先生

[大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 (KEK) / 素粒子原子核研究所 教授]

講演：『ビッグバン以前の宇宙を探る』

第30回 南部コロキウム

開催日：2021年7月8日（木）

講師：倉谷滋先生

[国立研究開発法人 理化学研究所 生命機能科学研究センター (BDR) / 開拓研究本部 (CPR)]

講演：『進化と発生と自然観』

特別南部コロキウム

開催日：2021年10月23日（土）

講師1：細谷裕先生 [大阪大学名誉教授]

講演：『湯川秀樹博士と大阪大学 ノーベル賞はかくして生まれた』

講師2：兼村晋哉先生

[大阪大学総合学術博物館湯川記念室委員長・理学研究科教授]

講演：『素粒子物理の最先端：湯川・南部と標準理論を超える新物理』

第31回 南部コロキウム

開催日：2021年12月2日（木）

講師：橘省吾先生

[東京大学大学院理学系研究科 宇宙惑星科学機構 / JAXA 宇宙科学研究所]

講演：『太陽系の起源と進化を物質科学で考える』

第32回 南部コロキウム

開催日：2022年1月13日（木）

講師：倉谷滋先生

[国立研究開発法人 理化学研究所 生命機能科学研究センター (BDR) / 開拓研究本部 (CPR)]

講演：『進化と発生と自然観 PART2』

12.5 SAP の後援

今年度の SAP の後援を行った。2021 年度の SAP は 10/23・10/30・11/6・11/13 にオンラインで開催された。

12.6 その他

昨年度に HP の一部を英語化した。今年度はそれを完成させた (NEWS 以外)。それにより外国からのホームページアクセスも可能となり、大阪大学と湯川秀樹の関係について世界に発信を開始した。

(文責：兼村 晋哉)

第13章 社会活動

13.1 物理学科出張講義の記録

主に高校生を対象とした2021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5校において実施された。新型コロナウイルス感染状況に波があったが、前年度に比べ申込数が若干増え、開催形態も対面が多かった。

学校名	所在地	日時	講師	対象
大阪府立生野高等学校	大阪市	7月14日(水)	松多 健策	2年生 約40名
大阪府立岸和田高等学校	岸和田市	8月25日(水)	松本 浩典	1・2年生 約80名
福井県立藤島高等学校	福井市	10月29日(金)	川畑 貴裕	2年生 約40名
夙川高等学校	神戸市	11月11日(木)	山中 千博	1・2年生 約110名
花園中学高等学校	京都市	12月6日(月)	藤田 佳孝	中学2年生 約100名@神戸市

(文責：福田 光順)

その他に、令和三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
ジュニア科学養成講座ニュートンコース「放射線の回(2)-宇宙線ミューオンを測定しよう-」	福岡市科学館	実習補助： 上野一樹	1月23日	小学生+保護者(約20名)
出張講義「素粒子のミューオンって何？世の中の役に立つの？」	ハヤシレピック(株)	佐藤朗	11月5日	一般(約40名)
夢ナビライブ2021 講義「厚さ100万分の1mmの物質グラフェンの物理学」	オンライン	越野幹人	10月3日	高校生(約300名)

夢ナビライブ2021 質問対応・研究室訪問「厚さ100万分の1mmの物質グラフェンの物理学」	オンライン	越野幹人	10月3日	高校生(約100名)
サマーセミナー「原子核の世界～フェムトワールドの探検～」	京都府立嵯峨野高校	川畑貴裕	7月30日	高校生(約50名)
学問発見講座「原子核と元素合成の秘密」	京都府立嵯峨野高校	川畑貴裕	10月29日	高校生(約20名)
サイエンス部研究指導「原子核と放射線」	京都府立嵯峨野高校	川畑貴裕	10月17日	高校生(3名)
SSH 研究指導「学有林におけるラドン濃度測定」	京都府立嵯峨野高校	川畑貴裕	2021/5/8, 2021/6/5, 2021/8/6	高校生(1名)
原子核と元素合成の秘密	滋賀県立膳所高等学校	川畑貴裕	2021/10/20, 2021/10/27, 2021/11/10	高校生(約200名)
SSH 理数科課題研究発表会	滋賀県立膳所高等学校	川畑貴裕	2月18日	高校生(約40名)
KEK サーマチャレンジ「光子を捕まえる」	高エネルギー加速器研究機構	川畑貴裕、 古野達也	2022/3/2- 6, 2022/3/12	大学生(6名)
政策研究大学院大学履修証明プログラム 科学技術イノベーション政策・経営人材養成短期プログラム「共創型オープンイノベーション」	政策研究大学院大学およびオンライン	小川哲生	6月27日	一般(約40名)

13.2 最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2021

日時：2021年10月23日、30日、11月6日、13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、核物理研究センター、全学教育推進機構、レーザー科学研究所

協力：大阪大学 低温センター

SAP は、高校生を対象に、第一線の研究者が最先端の物理を分かりやすく講義するとともに、様々な実験のデモや体験も取り入れ、物理、科学、およびその応用、実用化に対する興味を引き出そうという野心的な試みであり、今年度も意欲的なプログラムを組んだ。今年度の「最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2021」は、COVID-19 の流行対策として zoom を用いたオンライン配信により開催した。毎回、高校生、一般を含め、平均 110 人が出席した。

毎回 3 時間の授業は、2 つの講義の間に、実験デモのビデオを流したり、実演を行うコーヒーブレイクを挟む形態で行われ、自然の謎を解き明かす最先端の物理の探索とともに、我々の社会にこうした知識と技術がいかに生かされ実現されているか、未来への展望までがわかりやすく解説された。また、10 月 30 日には、工学研究科、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をオンラインにより実施した。

「知りたい、学びたい」と思って自主的に参加した高校生の熱気と質問に終始つまれながら、プログラムは順調に進行し、最終日には田中敏宏理事・副学長より祝辞が述べられた。4 回のプログラムは盛況のうちに終了した。

SAP2021 のプログラムは概ね以下のものであった。

- 【10月23日】

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）

コーヒーブレイク：身の回りの物理を体験しよう

阿部 真之（基礎工学研究科）、久保 等（工学研究科）、竹内 徹也（低温センター）、藤田 佳孝（核物理研究センター）、理学研究科技術部

講義 2：宇宙への旅立ち -月と地球のビミョーな関係- 寺田健太郎（理学研究科）

- 【10月30日】 施設見学（吹田キャンパス見学会）

大学院工学研究科・レーザー科学研究所・核物理研究センターからオンラインにて配信。

- 【11月6日】

講義 1：原子核・素粒子の世界への旅立ち -フェムトな世界、不思議な原子核の話- 小田原厚子（理学研究科）

コーヒーブレイク：霧箱を作って放射線を見よう

松多 健策（理学研究科）、小林 信之（核物理研究センター）

講義 2：物質の世界への旅立ち -構造と性質の関係を圧力で探る- 加賀山 朋子（基礎工学研究科）

- 【11月13日】

講義 1：量子の世界への旅立ち 渡辺純二（生命機能研究科）

コーヒーブレイク：分光計で見る量子の世界 福田光順（理学研究科）

実施にあたり、実行委員として理学研究科から、深瀬浩一、谷口一也、兼松泰男、阪口篤志、鳥越美月、鳴海康雄、福田光順、松多健策、山口哲らが中心的に運営に携わった。

(文責：山口 哲)



図 13.1: 「最先端の物理を高校生に SAP2021」のポスター



図 13.2: 実験の実演の様子

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

「いちょう祭」における施設の一般公開はオンラインにて大阪大学 Youtube チャンネル

上で行った。

公開行事名	担当(責任)者	公開日
Youtube 「原子核の世界」	三原	4月～5月
Youtube 「土曜午後の物理の学校(SAP)動画」	SAP 実行委	4月～5月

(文責：松多 健策)

第14章 大阪大学オープンキャンパス(理学部)

2021年度の大阪大学オープンキャンパスも、2020年度に引き続き新型コロナウイルス感染拡大防止のため、大阪大学全体として完全オンライン形式で開催された。2020年度は事前予約不要で誰でもいつでも参加可能な阪大公式スマートフォンアプリ「マイハンドアイアプリ」を利用する開催形式であったが、2020年度はこれに加えて、理学部として各学科から1名の模擬講義および女性講演会(8/18開催・Zoom,YouTube使用)と、8/19開催の学科紹介(Zoom使用)・研究室紹介(Remo使用)を行った。

理学部への参加者数は、8/18模擬講義・女性講演会へはのべ1043名、8/19学会紹介へは587名、研究室紹介へは110名、であった。物理学科からは、模擬講義として「新しい超伝導体を創る」(工藤一貴教授)のZoom配信、学科長・寺田健太郎教授による学科紹介のZoom配信、また各研究室の研究室紹介をRemoにより行ったほか、Webにおける学科紹介パンフレットの掲載や、前年度模擬講義(はやぶさ2探査機による小惑星リュウグウ探査:佐々木晶教授)の動画配信なども行った。

(文責:福田 光順)

第15章 令和三年度の年間活動カレンダー

4月5日	新入生オリエンテーション
4月6日	入学式
4月9日	春学期授業開始
4月15日	物理学専攻教室会議(第365回)
4月30日 - 5月3日	いちょう祭
5月27日	物理学専攻教室会議(第366回)
6月10日	春学期授業終了
6月11日	夏学期授業開始
6月17日	物理学専攻教室会議(第367回)
7月15日	物理学専攻教室会議(第368回)
8月10日	夏学期授業終了(夏季休業8月11日 - 9月30日)
8月19日	オープンキャンパス
8月30日	大学院合同入試 筆記試験
9月1 - 2日	大学院合同入試 面接試験
9月30日	物理学専攻教室会議(第369回)
10月1日	秋学期授業開始
11月4日 - 7日	大学祭
10月28日	物理学専攻教室会議(第370回)
11月25日	物理学専攻教室会議(第371回)
12月2日	秋学期授業終了
12月3日	冬学期授業開始
12月16日	物理学専攻教室会議(第372回)
12月28日 - 1月3日	冬季休業
1月15日 - 16日	大学入学共通テスト
1月27日	物理学専攻教室会議(第373回)
2月8日 - 10日	博士論文公聴会
2月7日	冬学期授業終了
2月14日 - 15日	修士論文発表会
2月24日	物理学専攻教室会議(第374回)
2月25 - 26日	入学試験(前期日程)
3月13日	物理学専攻教室会議(第375回)
3月24日	卒業式

第16章 物理学専攻における役割分担

<物理学専攻>

	令和三年度 担当者
専攻長 (物理学専攻)	黒木
副専攻長	松野、浅川
物理学教室会議 議長団	小田原、南條、吉田
物理学科長	< 寺田 >
専攻長 (宇宙地球科学専攻)	< 寺田 >
大学院教育教務委員会	山中
大学院カリキュラム委員会	山中
大学院入試実施委員会	山中、大野木
大学院入試説明会 WG	黒木、山中、藤岡、萩原、浅川
物理学専攻・宇宙地球科学専攻入学案内資料作成	南條
前年度の年次報告書作成担当	酒井、山中
ネットワーク (ODINS) 管理	新見、山口
専攻 web 管理作成	小田原
理学部教職員過半数代表委員	南條、深谷
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)	上田
OGCS 高圧ガス管理支援システム	上田
IPC 運営委員会	越野○、< 保坂○、Baiotti>
図書委員	スレヴィン
物理メンバー写真パネル	山中

<物理学科>

	令和三年度 担当者
学年クラス担任 (2017年度入学生)	駆動 (2組)、< 山中 (千) (1組) >
学年クラス担任 (2020年度入学生)	松野 (1組)、< 廣野 (2組) >
学年クラス担任 (2019年度入学生)	川畑 (2組)、< 植田 (1組) >
学年クラス担任 (2018年度入学生)	兼村 (1組)、< 林田 (2組) >

拡大物理学科教務委員会	青木(正)◎、浅川、宮坂、大塚、南條、小田原(物理学実験)、越智(共通教育講義)、福田(共通教育実験)、
3年生物理学学生実験	花咲◎、小田原、宮坂
生命理学コース運営・教務委員会	松野、<住>
1年生研修旅行	酒井○、小田原
1年生研修旅行同行者	酒井○、小田原、工藤(クラス担任)
能動性懇談会	松野
就職担当	<松本>
TA担当(理)	豊田
TA担当(共通教育)	松多、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、松多、野海(核物理研究センター)、吉田、廣瀬、黒木(専攻長、常任幹事)

<理学研究科・理学部>

	令和三年度 担当者
研究科長・学部長	<深瀬>
副研究科長	小川○、豊田
企画調整会議	小川、豊田、<深瀬、久保、近藤、西田、橋爪>
専攻長	黒木、<寺田>
産学連携推進部	豊田◎(副研究科長)
研究企画推進部会	豊田◎(基礎理学、副研究科長)、青木、萩原(先端強磁場)
共通機器管理部会	豊田◎(副研究科長)、福田
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)、兼松(基礎理学)
防災委員会	黒木(専攻長)、萩原(液化室長)、萩原(先端強磁場)、川畑(放射線取扱主任者)
防災班員(第2班:物理学専攻)	黒木(班長)、松野、浅川
いちよう祭実行ワーキンググループ	松多
ネットワークシステム委員	新見、青木順(基礎理学)、木田(先端強磁場)
web情報委員会	小田原
広報委員会	福田、越野◎

オープンキャンパス小委員会	福田、工藤（イベント担当）
SAP	山口◎、福田、松多
技術部運営委員会	小川◎、萩原
技術部各室連絡会議：	
分析機器測定室連絡会議	大塚、豊田（基礎理学）、＜村田＞、
広報情報推進室連絡会議	越智
教育研究支援室連絡会議	豊田（基礎理学）◎、＜山中（千）＞
安全衛生支援室連絡会議	川畑、萩原（先端強磁場）◎
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	山口
国際交流委員会	越野
理学部入試委員会	黒木（専攻長）、小川
理学部入試実施委員会（理学部 AO 入試実 施委員会）	浅川
理学部共通教育連絡委員会	越智
学部教育教務委員会	青木、宮坂、大野木（教育実習担当）
理学部プロジェクト教育実施委員会	兼村
学務評価委員会	青木、宮坂
学生生活委員会	川畑、松野
学生相談員	川畑、松野
大学院入試委員会	大野木、山中（大学院教育教務委員）、黒木 （専攻長）、小川
大学院教育教務委員会	山中
施設マネジメント委員会	青木、萩原（先端強磁場）◎
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、小川
放射線障害防止委員会	三原
情報資料室運営委員会	スレヴィン
基礎理学プロジェクト研究センター運営委 員会	小川◎（副研究科長）、豊田○（基礎理学、 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	黒木（専攻長）、萩原、小川◎
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）
大学院教育プログラム実施委員会	兼村

選挙管理委員会	黒木（専攻長）、萩原（先端強磁場）
留学生担当教員	越野

◎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(令和三年度)

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 柳生慶 準: 竹内道久, 片寄泰佑, 長井遼, 〈橋本幸士〉
	D3: 愛甲将司, 榎本一輝 D2: 田中正法 D1: 片山兼渡, 下田誠 M2: 小淵稜明, 佐々木寿明, 原智也, 和田博貴 M1: 榊原蒼司, 鄧曉龍 B4: 北尾紫洸, 平岩義寛, 山中拓夢
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: 〈高杉英一〉, 〈細谷裕〉, 窪田高弘, 東島 清
	D3: 川井直樹, 松木義幸 D2: 川上紘輝 D1: 小出真嵩, 西川航平 M2: 村勇志 M1: 嶋守聡一郎 B4: 那須翔, 道信祐吏, 花野正浩, 谷口宙, 藤村晴伸, 山岡起也
素粒子理論 (大野木)	テーマ: 超弦理論, 場の量子論, 量子重力, 数理物理
	正: 山口哲, 飯塚則裕 準: 森川億人
	D3: D2: 住本尚之 D1: 青木匠門, 姉川尊徳, 名古屋雄大 M2: 坂川友亮, 渡辺涼太 M1: 池上魁 B4:
原子核理論	テーマ: ハドロン物理学
	正: 浅川正之, 北澤正清, 赤松幸尚 準: 河野泰宏
	D3: D2: D1: 伊藤広晃, 西村透 M2: 開田有奏, 田中瑞樹, 吉田好希 M1: 芦川涼, 柳川耀平 B4: 佐々木智広, 池野智哉

青 木	テーマ: 素粒子実験物理学
	正: 青木正治, 佐藤朗 準: 板橋隆久, 小出義夫
	D3: 長尾大樹, WEICHAO YAO, DORIAN PIETERS D2: D1: SUN SI YUAN M2: 杉田和正, 西村由貴, 樋口雄也, 元石尊寛, 東野祐太, 山科晴太 M1: 宮滝雅己, 若林寛之 B4: 宮島秀明, 塩見篤史
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, 松多健策, 福田光順, 清水俊, 三原基嗣, 古野達也 準: 足立智, 阪口篤志, 岸本忠史, 下田正, 南園忠則, 松岡健次, 梅原さおり
	D3: 中田祥之, 赤石貴也, 飯村俊 D1: 坂梨公亮, NURHAFIZA BINTI MOHAMAD NOR M2: 大上能弘, 大谷優里花, 木村祐太, 辰巳凌平, 原田卓明, 福留美樹, 山本朝陽 M1: 木村容子, 阪井俊樹, 高山元, 辻聖也, 徳田恵, 戸田匡哉, 氷見香奈子, 吉岡篤志 B4: 湯田秀明, 宇田隆佑, 白井竜太, 杉崎堯人, 田口諒, 林双葉, 本多祐也, 宮本憲伸
山 中 (卓)	テーマ: 高エネルギー物理学 (素粒子実験物理学)
	正: 山中卓, 南條創, 廣瀬穰 準: 小寺克茂
	D3: D2: D1: 白石諒太, WICKREMASINGHE LAKMIN M2: MARIO GONZALEZ, TAYLOR CASSIDY NUNES, 岩田和志, 加藤大志, 小畠陽紀, 花井幸太 M1: 荒久田周作, 小野啓太, 藤田侑葵子, 北川歩 B4: 村井凜久, 久郷莉奈

小 川	テーマ: 物性理論 (開放系の量子力学)
	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, 越智正之 準: 白井秀知, 西口和孝
	D3: D2: D1: M2: HAN WOO SEOK, 井口雅樹, 渡邊拓海 M1: 梶谷拓矢, 堀内健司 B4: 守安悠人, 梶昌孝, 八木俊輝
越 野	テーマ: 物性理論
	正: 越野幹人, 川上拓人
	D3: D2: 岡裕樹, 藤本大仁 D1: 中辻直斗, 人見将 M2: 岨篤史, LUKAS PRIMAHAATVA ADHITYA KRISNA, 河本京也, 玉置弦 M1: YUFEI LIU, 潮田和也, 谷天太, 山本和輝 B4: 五十嵐勇治, 河岡巧真

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: 片山和郷, 伊藤優汰 M1: 岸大路泰宏, 高木健輔, 藤井隆弘 B4: 須崎洋岳, 花田洸志, 真鍋馨, 和田大輝
量子多体制御	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
	D3: 鈴木将太 D2: 徳田将志 D1: 太田智陽, 渡邊杜 M2: 佐々木壱晟, 中尾舞, 藤原浩司 M1: 大星和毅, 黒川開斗, 中村瞭弥
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, 青木順, 古谷浩志, 三宅ゆみ, 市原敏雄, 大須賀潤一, 本堂敏信, 樋上照男
	D3: 小林浩之 D2: D1: M2: 村上勸 M1: 井川翔太, JIANZHONG WANG B4: 藤田捷暉, 鈴木舜也
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: 横井滉平 D2: 近藤雅起 M2: 奥田裕貴, 小田昌治, 川原優人, 阪口駿也 M1: 源 拡栄, 湯浅 直輝 B4: 岩瀬圭祐, 古谷大樹, 宮本雄哉
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, 上田浩平
	M2: 杉野雅史, 峠原拓弥, 藤井駿人, 堀惣介 M1: 廣瀬有経, 森本鉄郎 B4: 西川麻依子, 浅間遼太郎, 沖本稜弥, 前田将輝

協力講座の学生	<p>D3: 大塚高弘, 池田良平, JIBON KRISHNA MODAK, 井上梓, 須藤高志, NGUYEN VAN HOANG VIET, 藤井大輔, 渡辺海, 茶園亮樹, 森田泰之, 甲田旭, OMAR ZHADYRA, TUNG THANH PHAM, 東直樹, KHOA NHAT THANH PHAN, GABRIEL GULAK MAIA</p> <p>D2: WANG XUAN, 廣本政之, 吉川大幹, 松本雄太, 杉本馨, 武田佳次朗, 原隆文</p> <p>D1: 二本木克旭, YUKI REA HAMANO, 森浩睦, 近藤亮太, 中井創, 高木悠司, 瀧澤龍之介, ZHENZHE LEI</p> <p>M2: 菊田朋生, 藤井健一, 森川悦司, 割田祥, JEON SEOKTAM, 松本大輝, YANZE NIE, 仲矢透, 山本智士, 中井飛翔, 上野裕也, 枝川知温, 岩中章紘, 翁長拓人, 中田響, 久松万里子, 莊浚謙, 岩崎聖子, 吉田朋美, 林美里, 郭署旺, 渡邊康太, ALDO TARASCIO, 森栄公佑</p> <p>M1: 小宮立樹, 富田幸宏, 中田悠介, 立川槇吾, 吉田悠人, YITONG CHEN, TIANCHEN ZHANG, 金子悠仁, 西岡蒼矢, ZHAO HANG, 新名嶺偉, 三好剛, 山本勇次, MINH NHAT LY, JINYUAN DUN, 前川珠貴, 吉田知生, YUBO WANG, 神田哲汰</p> <p>B4: 織戸悠輔, 野口遥佳, 丸山恭史, 大江海静, 小林友祐, 片本尚吾, 三川基, 森本大幹, 杉原弘基</p>
---------	---

【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