

平成30年度 (2018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2018年度(2018年4月～2019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「物質科学カデットプログラム」や理学研究科の高度博士人材養成プログラムに参画し、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。

現在、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、私共物理学専攻も無関係ではられません。また、今後数年間に何名もの教授の方が退職され、物理学専攻の研究室の入れ替わりが進みます。このように物理学専攻は大きな変化を経験することになります。このように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。

2019年度物理学専攻長 花咲 徳亮

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	川畑グループ	1
1.2	久野グループ	16
1.3	山中（卓）グループ	25
1.4	核物質学研究グループ	31
1.5	小林グループ	41
1.6	田島グループ	50
1.7	豊田グループ	57
1.8	花咲グループ	60
1.9	松野グループ	70
1.10	素粒子理論グループ	74
1.11	原子核理論グループ	98
1.12	黒木グループ	107
1.13	越野グループ	118
第 2 章	受賞と知的財産	123
第 3 章	学位論文	126
3.1	修士論文	126
3.2	博士論文	130
第 4 章	教育活動	132
4.1	大学院授業担当一覧	132
4.2	学部授業担当一覧	147
4.3	共通教育授業担当一覧	150
4.4	物理学セミナー	154
第 5 章	物理談話会，南部コロキウム	155
5.1	物理談話会	155
5.2	南部コロキウム	156
第 6 章	学生の進路状況など	157
6.1	学部卒業生の進路	157
6.2	博士前期課程修了者の進路	157
6.3	International Physics Course (IPC) 前期課程修了者の進路	159

6.4	博士後期課程修了者の進路	159
6.5	International Physics Course (IPC) 後期課程修了者の進路	160
6.6	学生のインターンシップ参加	160
第 7 章	リーディング大学院「インタラクティブ物質科学・カデットプログラム」	161
7.1	プログラムの目的	161
7.2	プログラムの概要・特徴	161
7.3	平成 30 年度の活動	162
第 8 章	理数オナープログラム	166
8.1	平成 30 年度活動概観	166
8.2	オナーセミナー	167
8.3	自主研究と発表会	168
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	169
8.5	オナープログラム参加者の活動記録	170
第 9 章	国際化推進事業	172
9.1	International Physics Course (IPC)	172
第 10 章	大学院等高度副プログラム	174
10.1	プログラムの目的	174
10.2	基礎理学計測学	174
10.3	放射線科学	175
第 11 章	国際交流活動	177
11.1	目的	177
11.2	活動の内容	177
11.3	海外から阪大への来訪者	177
11.4	海外研究機関訪問	178
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	178
11.6	部局間学術交流協定	179
11.7	その他	179
第 12 章	湯川記念室	181
12.1	平成 30 年度活動概観	181
12.2	第 34 回湯川記念講演会	181
12.3	その他	182
第 13 章	社会活動	183
13.1	物理学科出張講義の記録	183
13.2	最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2018	187

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	190
13.4 理科教育セミナー	191
第 14 章 大阪大学オープンキャンパス (理学部)	193
第 15 章 平成 30 年度の年間活動カレンダー	194
第 16 章 物理学専攻における役割分担	195
第 17 章 グループ構成 (平成 30 年度)	198

第1章 各研究グループの研究活動報告

1.1 川畑グループ

^{10}C における α クラスター状態の探索実験

2つの陽子と2つの中性子が強く相関する α クラスター相関は、原子核における重要な相関の一つであり、また、宇宙における元素合成においても重要な役割を果たす。これまでに、 ^{12}C や ^{16}O といった $N = Z = 2n$ の自己共役な安定原子核について、 α クラスター構造が広く研究されてきたが、近年、 α クラスター構造についての研究は、安定核から陽子・中性子過剰な不安定核へと拡大されつつある。このような原子核では、余剰な核子が α 粒子のコア間の軌道を占有し、分子的な構造が現れると期待されている。

我々は核物理研究センターのENコースにおいて ^{10}C における $2\alpha + 2\text{N}$ 配位のクラスター分子状態の探索実験を実施した。本実験では、2次ビームとして生成した70 MeV/uの ^{10}C ビームをMAIKoアクティブ標的へ入射させた。MAIKoは、この実験のために開発した荷電粒子の飛跡を三次元的に捉えることのできる検出器であり、その検出ガス(^4He)を散乱の標的ガスとして用いることで、低エネルギー反跳粒子を検出し、 α クラスター状態探索に重要な重心系前方角度での α 非弾性散乱を測定することが可能である。

入射ビームに沿って z 軸、鉛直方向に y 軸を定義すると、MAIKoからは入射 ^{10}C ビームと反跳 α 粒子の飛跡を yz 平面(図1.1左)と xy 平面(図1.1右)へ射影した画像データが得られる。今回の実験では、毎秒約300枚、実験全体では1億枚を超える画像データが取得された。これらの画像の大半は原子核散乱を起こしていないバックグラウンド事象である。そこで我々は、大量の画像データから α 非弾性散乱事

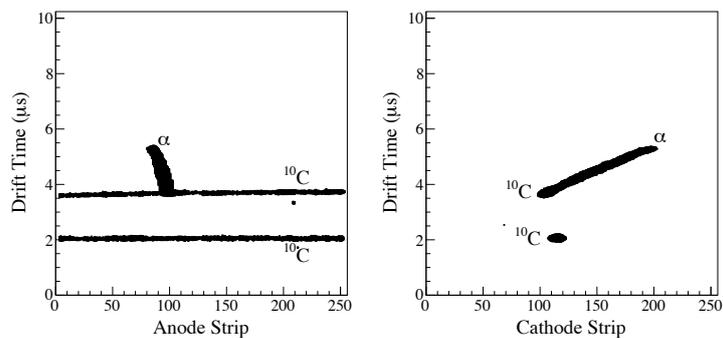


図 1.1: MAIKoによって取得された $\alpha + ^{10}\text{C}$ 散乱事象の画像。

象のみを抽出し、反跳 α 粒子の放出角度と飛程から ^{10}C の励起エネルギーを自動的に再構築する解析アルゴリズムを開発した。さらに、この解析アルゴリズムを用いて ^{10}C からの弾性・非弾性散乱の断面積を決定した。現在は、これらの測定結果を核反応計算と比較することにより、 ^{10}C の構造を明らかにする解析を実施している。

^4He 光分解反応の測定

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

これまで ^4He の光分解反応について精力的な測定がなされてきたが、報告されている断面積とそのエネルギー依存性には大きな不定性が残されており、高精度の実験データが求められている。我々は 2018 年度に兵庫県立大高度産業科学技術研究所のニュースバル放射光施設において、準単色の逆コンプトン γ 線を He で満たした MAIKo アクティブ標的に入射させ、 γ 線のエネルギーを変更しながら ^4He 光分解反応の 2 つの崩壊様式 ($p+t$ と $n+^3\text{He}$) について系統的な測定を行った。現在は、MAIKo で得られた画像データから自動的に崩壊粒子の飛跡を抽出し、 ^4He の光分解反応断面積を決定するための解析を行っている。

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

スピン偏極した不安定原子核の β 崩壊の非対称性から娘核の構造の精密な情報を引き出すことが出来るという独自の手法を持つ我々日本グループ（大阪大学、理化学研究所、高エネルギー加速器研究機構、東京農工大学）と、新世代の大強度不安定核ビーム供給施設と独自のレーザー技術と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の研究を行っている。特に現在は、安定核近傍では魔法数である中性子数 20 が、中性子が極端に多い原子核ではその性質を失い、変形しているという「逆転の島」と呼ばれる質量領域があり、それら原子や原子核の構造解明を進めている。

^{31}Mg はこの問題の質量領域内に位置し、低いエネルギー領域に異なる変形度のプロレート型（レモン型）原子核の回転バンドが 3 種類、また、球形の状態も存在する「変形共存」現象が発現していることを陽子数が 12 という軽い核で我々のグループがはじめて明らかにし、国際会議やハワイでの原子核分野の日米合同物理学会で発表した。また、今年度、査読付き投稿論文として掲載された。

同様の「変形共存」の出現が期待できる ^{31}Al と ^{33}Al の研究に発展させるため、2018 度の TRIUMF の実験課題採択委員会に申請し、高い優先度で認められた。2019 度秋か冬の実験を目指し、2-3 月にかけて TRIUMF で実験準備を行った。

^{18}N 原子核の β 遅延中性子崩壊による ^{18}O 安定核の中性子非束縛状態の研究

安定核である ^{18}O 原子核は、2 重閉殻である ^{16}O 原子核に中性子が 2 個プラスされただけに、殻模型で基底状態も励起状態もうまく説明できない、という奇妙な原子核である。ならば、 α クラスタモデルで核構造を再現できるかということ、これも不十分である。従来、

クラスター模型で再現されてきたこの核の準位構造は、集団運動の観点からみると、原子核がプロレートやオクタポールに変形して原子核が回転しているとみなすことができる。つまり、 ^{18}O 原子核は殻模型的・集団運動的だけではなく、 α クラスター的な構造が出現する新たな変形共存の描像が期待できる。

この現象の探索を目指し、核物理研究センターで ^{18}N 原子核の β 遅延中性子崩壊による ^{18}O 安定核の中性子非束縛状態の解明実験を行った。低エネルギー中性子検出器を新たに開発・導入した結果、新しい低エネルギー中性子ピークを発見した (図 1.2)。これにより、過去に報告されていた β 遅延中性子崩壊の分岐比を再現できた。得られた中性子非束縛状態の励起エネルギーやスピン・パリティ、 ^{18}N の β 崩壊測定から得られた $B(\text{GT})$ の実験値を殻模型や AMD 計算は現在のところうまく再現できない (図 1.3)。今後、理論研究者との議論により、核構造の解明を進めることになる。現在までの結果は、ハワイでの原子核分野の日米合同物理学会で報告し、修士論文としてまとめた。

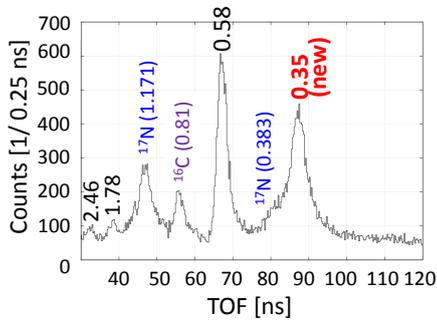


図 1.2: ^{18}O の崩壊中性子の TOF スペクトル。図中の数字は中性子のエネルギーを MeV で示している。

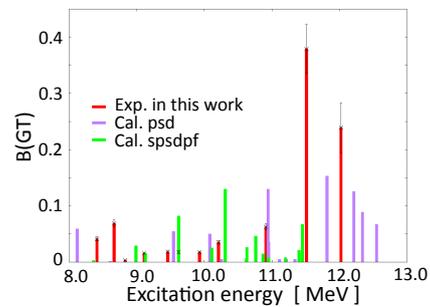


図 1.3: ^{18}O の中性子非束縛状態に対する ^{18}N の β 崩壊測定から得られた $B(\text{GT})$ の測定値と殻模型計算の比較。

J-PARC E36 実験

J-PARC E36 実験で収集したデータの解析を進めている。この研究は、荷電中間子 K^+ の $K^+ \rightarrow e^+\nu$ (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 0.4% の精度で測定することで、レプトン普遍性の破れを探索することを目的とする。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

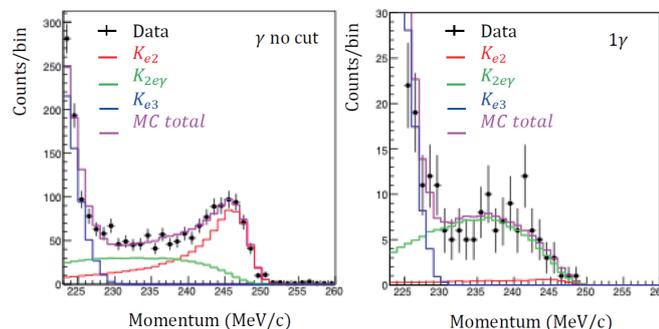


図 1.4: (左) γ 線解析をしない (右) γ 線が CsI(Tl) で検出された場合の e^+ 運動量分布。

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 γ 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 γ 線を含む崩壊チャンネル ($K^+ \rightarrow e^+ \nu \gamma$) がバックグラウンドになり、差し引く必要用がある。図 1.4 に (左) γ 線解析をしない (右) γ 線が CsI(Tl) で検出された場合の e^+ 運動量分布を示す。実験データと数値計算を比較することで、SD 型 $K^+ \rightarrow e^+ \nu \gamma$ 崩壊の観測が確認された。今後は、これらの結果を使って R_K を決めていくことになる。また、本研究の副産物実験として、他の崩壊モードの研究や暗黒光子の探索なども行っている。

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。これに関連した以下の研究を進めている。

大質量の恒星が超新星爆発の後に、ブラックホールに成らず中性子星として残る質量限界は、中性子星中の高密度核物質の状態方程式で決まる。状態方程式は未知の部分が大きく、 \bar{K} 中間子凝縮をはじめとする中性子星中のストレンジネスの存在が大きく影響すると考えられる。 \bar{K} 中間子凝縮が起こるには、 \bar{K} 中間子と原子核の間に強い引力がはたらくことが必要条件である。 ${}^3\text{He}(K^-, n)$ 反応により $\bar{K}pp$ 系における \bar{K} と核子の相互作用の研究 (J-PARC E15 実験) を進めている。

ストレンジネスを持つバリオオンである Λ ハイペロンや Ξ ハイペロンを原子核に埋め込んだハイパー核の研究を行っている。 Λ ハイペロンを 2 個原子核に導入すると、ダブル Λ ハイパー核が、また Ξ ハイペロンを導入すると、 Ξ ハイパー核が生成される。ハイパー核の研究により、2 個の Λ ハイペロン間の相互作用および Ξ と核子間の相互作用の研究が可能になる。しかし、ダブル Λ あるいは Ξ ハイパー核の生成はこれまで数例しかなく、十分な情報が得られていない。多数のダブル Λ および Ξ ハイパー核を生成するため、2 個のストレンジクォークを導入可能な (K^-, K^+) 反応と、ハイブリッド・エマルジョン法を用いたハイパー核生成実験 (J-PARC E07 実験) の解析を進めた。解析により、多数のダブル Λ ハイパー核および Ξ ハイパー核の生成事象の候補が見つかった。特に、 Ξ ハイパー核について、生成ハイパー核が不定性なく決まる事象が発見され、詳細な解析により Ξ ハイペロンと核子の相互作用に関係する貴重な情報が得られた。

ストレンジネスを持つ他のバリオオンとして 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 1 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。 Σ ハイペロンと原子核の相互作用のより詳しい情報を得るため、(K^-, π^-) 反応を用いて Σ ハイパー核の励起状態を探索する実験 (J-PARC E13 実験) を実施しデータ解析を進めている。また、 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 散乱の実験データが得られた。

^{48}Ca の二重ベータ崩壊の研究 宇宙に物質起源の解明

我々の宇宙は、「物質」だけで構成されており「反物質」が存在する証拠はない。この「宇宙における物質と反物質の非対称性問題」の有力な解として、レプトジェネシスシナリオが期待されている。このシナリオが成立するためには、レプトン数を破る「ニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊」の実験が不可欠である。この「ニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊」は、非常に稀な事象 (半減期が 10^{26} 年以上) であるため、実験では如何にバックグラウンドを減らした高感度の検出器を作れるかが鍵となる。

我々は、二重ベータ崩壊研究を目的として、 ^{48}Ca を標的原子核とした CANDLES 計画を推進している。 ^{48}Ca は全ての二重ベータ崩壊原子核のなかで最も Q 値が高い (4.27 MeV) ので、本質的に放射性バックグラウンドの少ない環境での測定を実現しやすい。CANDLES 検出器では、さらにバックグラウンドを低減するために、この ^{48}Ca を含む CaF_2 シンチレータを液体シンチレータ中に設置し、それぞれのシンチレータの信号特性の違いを利用して、 ^{48}Ca の二重ベータ崩壊信号とバックグラウンド事象の弁別を行う。CANDLES 検出器は神岡地下実験施設に設置され、バックグラウンドの少ない高感度測定を実現している。

2018 年度は、低バックグラウンド測定を継続し観測データを順調に取得した結果、新たに 373 日分のデータを解析し結果を得ることに成功した。図 1.5 は、測定時間 504 日のデータを使用して、二重ベータ崩壊測定用の事象選択を行った結果のエネルギースペクトルを示す。バックグラウンド事象である液体シンチレータ事象を除去 (黒色) し、さらに ^{212}Bi 事象、および ^{208}Tl 事象を除去 (赤色) する解析を行うと、Q 値の領域 (4.17–4.48 MeV) に 1 事象のバックグラウンドが観測された。これは結晶中の放射性不純物 (^{232}Th 起源) の含有量から予測されるバックグラウンド量の見積もりと矛盾しない。この測定結果として、我々は ^{48}Ca のニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊半減期の下限值に対して世界最高感度を更新し続けている。

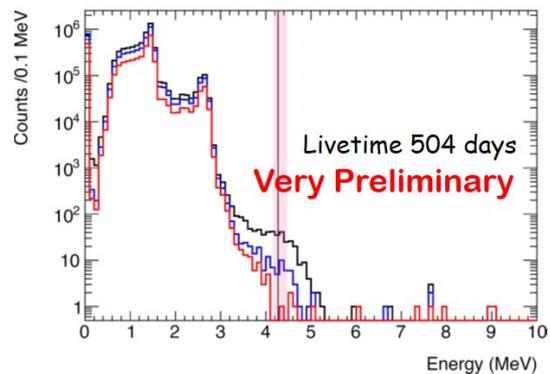


図 1.5: CANDLES III 検出器の CaF_2 シンチレータで得られたエネルギースペクトル。

学術雑誌に出版された論文

Dominance of Tensor Correlations in High-Momentum Nucleon Pairs Studied by (p,pd) Reaction

S. Terashima, L. Yu, H. J. Ong, I. Tanihata, S. Adachi, N. Aoi, P. Y. Chan, H. Fujioka, M. Fukuda, H. Geissel, G. Gey, J. Golak, E. Haettner, C. Iwamoto, T. Kawabata^s, H.

Kamada, X. Y. Le, H. Sakaguchi, A. Sakaue, C. Scheidenberger, R. Skibiński, B. H. Sun, A. Tamii, T. L. Tang, D. T. Tran, K. Topolnicki, T. F. Wang, Y. N. Watanabe, H. Weick, H. Witala, G. X. Zhang, and L. H. Zhu

Phys. Rev. Lett. **121** (24, Dec.) (2018) 242501 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.121.242501>).

Magic Nature of Neutrons in ^{54}Ca : First Mass Measurements of $^{55-57}\text{Ca}$

S. Michimasa, M. Kobayashi, Y. Kiyokawa, S. Ota, D. S. Ahn, H. Baba, G. P. A. Berg, M. Dozono, N. Fukuda, T. Furuno, E. Ideguchi, N. Inabe, T. Kawabata^s, S. Kawase, K. Kisamori, K. Kobayashi, T. Kubo, Y. Kubota, C. S. Lee, M. Matsushita, H. Miya, A. Mizukami, H. Nagakura, D. Nishimura, H. Oikawa, H. Sakai, Y. Shimizu, A. Stolz, H. Suzuki, M. Takaki, H. Takeda, S. Takeuchi, H. Tokieda, T. Uesaka, K. Yako, Y. Yamaguchi, Y. Yanagisawa, R. Yokoyama, K. Yoshida, and S. Shimoura

Phys. Rev. Lett. **121** (2, July) (2018) 022506 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.121.022506>).

Performance test of the MAIKo active target

T. Furuno, T. Kawabata^s, H. J. Ong, S. Adachi, Y. Ayyad, T. Baba, Y. Fujikawa, T. Hashimoto, K. Inaba, Y. Ishii, S. Kabuki, H. Kubo, Y. Matsuda, Y. Matsuoka, T. Mizumoto, T. Morimoto, M. Murata, T. Sawano, T. Suzuki, A. Takada, J. Tanaka, I. Tanihata, T. Tanimori, D. T. Tran, M. Tsumura, and H. D. Watanabe

Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A **908** (Aug.) (2018) 215-224

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2018.08.042>).

^{99m}Tc production via the (γ, n) reaction on natural Mo

T. Takeda, M. Fujiwara, M. Kurosawa, N. Takahashi, M. Tamura, T. Kawabata^s, Y. Fujikawa, K. N. Suzuki, N. Abe, T. Kubota, and N. Takahashi

J. Radioanal. Nucl. Chem. **318** (2, Nov.) (2018) 811-821

(<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s10967-018-6078-8>).

Isoscalar giant monopole, dipole, and quadrupole resonances in $^{90,92}\text{Zr}$ and ^{92}Mo

Y. K. Gupta, K. B. Howard, U. Garg, J. T. Matta, M. Şenyiğit, M. Itoh, S. Ando, T. Aoki, A. Uchiyama, S. Adachi, M. Fujiwara, C. Iwamoto, A. Tamii, H. Akimune, C. Kadono, Y. Matsuda, T. Nakahara, T. Furuno, T. Kawabata^s, M. Tsumura, M. N. Harakeh, and N. Kalantar-Nayestanaki

Phys. Rev. C **97** (6, June) (2018) 064323 1-11

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.97.064323>).

Excitation of the Isovector Spin Monopole Resonance via the Exothermic

$^{90}\text{Zr}(^{12}\text{N},^{12}\text{C})$ Reaction at 175 MeV/u

S. Noji, H. Sakai, N. Aoi, H. Baba, G. P. A. Berg, P. Doornenbal, M. Dozono, N. Fukuda, N. Inabe, D. Kameda, T. Kawabata^s, S. Kawase, Y. Kikuchi, K. Kisamori, T. Kubo, Y. Maeda, H. Matsubara, S. Michimasa, K. Miki, H. Miya, H. Miyasako, S. Sakaguchi, Y. Sasamoto, S. Shimoura, M. Takaki, H. Takeda, S. Takeuchi, H. Tokieda, T. Ohnishi, S. Ota, T. Uesaka, H. Wang, K. Yako, Y. Yanagisawa, N. Yokota, K. Yoshida, and R. G. T. Zegers

Phys. Rev. Lett. **120** (17, Apr.) (2018) 172501 1-7

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.120.172501>).

Evidence for prevalent $Z=6$ magic number inneutron-rich carbon isotopes

D.T. Tran, H.J. Ong, G. Hagen, T.D. Morris, N. Aoi, T. Suzuki, Y. Kanada-En'yo, L.S. Geng, S. Terashima, I. Tanihata, T.T. Nguyen, Y. Ayyad, P.Y. Chan, M. Fukuda, H. Geissel, M.N. Harakeh, T. Hashimoto, T.H. Hoang, E. Ideguchi, A. Inoue, G.R. Jansen, R. Kanungo, T. Kawabata^s, L.H. Khien, W.P. Lin, K. Matsuta, M. Mihara, S. Momota, D. Nagae, N.D. Nguyen, D. Nishimura, T. Otsuka, A. Ozawa, P.P. Ren, H. Sakaguchi, C. Scheidenberger, J. Tanaka, M. Takechi, R. Wada, and T. Yamamoto

Nature Communications **9** (Apr.) (2018) 1954 1-7

(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s41467-018-04024-y>).

宇宙リチウム問題の解決を目指して：卒業研究としての取り組み

川畑貴裕^s

原子核研究 **63** (Oct.) (2018) 16-26.

Background studies of high energy γ rays from (n, γ) reactions in the CANDLES experiment

K. Nakajima, T. Iida, K. Akutagawa^m, T. Batpurev^d, W.M. Chan^d, F. Dokaku, K. Fushimi, H. Kakubata^d, K. Kanagawa, S. Katagiri^m, K. Kawasaki, B.T. Khai, H. Kino, E. Kinoshita^m, T. Kishimoto, R. Hazama, H. Hiraoka, T. Hiyama, M. Ishikawa^m, X. Li^d, T. Maeda, K. Matsuoka, M. Moser, M. Nomachi, I. Ogawa, T. Ohata^d, H. Sato, K. Shamoto, M. Shimada, M. Shokati^d, N. Takahashi, Y. Takemoto, Y. Takihira, Y. Tamagawa, M. Tozawa, K. Teranishi, K. Tetsuno^d, V.T.T. Trang^d, M. Tsuzuki, S. Umehara, W. Wang^d, S. Yoshida^s and N. Yotsunaga^m

Astropart. Phys. **100** (Jul.) (2018) 54-60

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.astropartphys.2018.02.013>).

First Determination of the Level Structure of an sd-Shell Hypernucleus, $^{19}_{\Lambda}\text{F}$

S.B. Yang, J.K. Ahn, Y. Akazawa, K. Aoki, N. Chiga, H. Ekawa, P. Evtoukhovitch, A. Feliciello, M. Fujita, S. Hasegawa, S. Hayakawa^d, T. Hayakawa^m, R. Honda, K. Hosomi, S.H. Hwang, N. Ichige, Y. Ichikawa, M. Ikeda, K. Imai, S. Ishimoto, S. Kanatsuki, S.H.

Kim, S. Kinbara, K. Kobayashi^m, T. Koike, J.Y. Lee, K. Miwa, T.J. Moon, T. Nagae, Y. Nakada^d, M. Nakagawa^d, Y. Ogura, A. Sakaguchi^s, H. Sako, Y. Sasaki, S. Sato, K. Shirotori, H. Sugimura, S. Suto, S. Suzuki, T. Takahashi, H. Tamura, K. Tanida, Y. Togawa, Z. Tsamalaidze, M. Ukai, T.F. Wang and T.O. Yamamoto
 Phys. Rev. Lett. **120** (No. 13, Mar.) (2018) 132505 1-5
<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.120.132505>).

Measurement of ambient neutrons in an underground laboratory at the Kamioka Observatory

Keita Mizukoshi^m, Ryosuke Taishaku, Keishi Hosokawa, Kazuyoshi Kobayashi, Kentaro Miuchi, Tatsuhiro Naka, Atsushi Takeda, Masashi Tanaka, Yoshiki Wada, Kohei Yorita, Sei Yoshida^s
 PTEP **2018** (No. 12, Dec.) (2018) 123C01 1-13
<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/pty133>).

Dark Matter Search by Means of Highly Radiopure NaI(Tl) Scintillator

Ken-Ichi Fushimi, Dmitry Chernyak, Hiroyasu Ejiri, Kazumi Hata, Ryuta Hazama, Shoko Hirata, Haruo Ikeda, Kyoshiro Imagawa, Kunio Inoue, Alexandre Kozlov, Reiko Orito, Tatsushi Shima, Yasuhiro Takemoto, Saori Umehara, Kensuke Yasuda, Sei Yoshida^s
 JPS Conf. Proc. **24** (Jan.) (2019) 011011 1-6
<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JSPSCP.24.011011>).

“ K^-pp ” a \bar{K} -Meson Nuclear Bound State, Observed in ${}^3\text{He}(K^-, \Lambda p)n$ Reactions

S. Ajimura, H. Asano, G. Beer, C. Berucci, H. Bhang, M. Bragadireanu, P. Buehler, L. Busso, M. Cargnelli, S. Choi, 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, K. Kanno, K. Kato, Y. Kato, S. Kawasaki, P. Kienle, H. Kou, Y. Ma, J. Marton, Y. Matsuda, Y. Mizoi, O. Morra, T. Nagae, H. Noumi, H. Ohnishi, S. Okada, H. Outa, K. Piscicchia, Y. Sada, A. Sakaguchi^s, F. Sakuma, M. Sato, A. Scordo, M. Sekimoto, H. Shi, K. Shirotori, D. Sirghi, F. Sirghi, K. Suzuki, S. Suzuki, T. Suzuki, K. Tanida, H. Tatsuno, M. Tokuda, D. Tomono, A. Toyoda, K. Tsukada, O. Vazquez Doce, E. Widmann, T. Yamaga, T. Yamazaki, Q. Zhang, J. Zmeskal
 Phys. Lett. B **789** (Feb.) (2019) 620-625
<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2018.12.058>).

Observation of a Be double-Lambda hypernucleus in the J-PARC E07 experiment

H. Ekawa, K. Agari, J.K. Ahn, T. Akaishi^m, Y. Akazawa, S. Ashikaga, B. Bassalleck, S. Bleser, Y. Endo, Y. Fujikawa, N. Fujioka, M. Fujita, R. Goto, Y. Han, S. Hasegawa, T.

Hashimoto, S.H. Hayakawa^d, T. Hayakawa^m, E. Hayata, K. Hicks, E. Hirose, M. Hirose, R. Honda, K. Hoshino, S. Hoshino^m, K. Hosomi, S.H. Hwang, Y. Ichikawa, M. Ichikawa, M. Ieiri, K. Imai, K. Inaba, Y. Ishikawa, A. Iskendir^m, H. Ito, K. Ito, W.S. Jung, S. Kanatsuki, H. Kanauchi, A. Kasagi, T. Kawai, M.H. Kim, S.H. Kim, S. Kinbara, R. Kiuchi, H. Kobayashi, K. Kobayashi^m, T. Koike, A. Koshikawa, J.Y. Lee, J.W. Lee, T.L. Ma, S.Y. Matsumoto, M. Minakawa, K. Miwa, A.T. Moe, T.J. Moon, M. Moritsu, Y. Nagase, Y. Nakada^d, M. Nakagawa^d, D. Nakashima, K. Nakazawa, T. Nanamura, M. Naruki, A.N.L. Nyaw, Y. Ogura, M. Ohashi, K. Oue^m, S. Ozawa, J. Pochodzalla, S.Y. Ryu, H. Sako, Y. Sasaki, S. Sato, Y. Sato, F. Schupp, K. Shirotori, M.M. Soe, M.K. Soe, J.Y. Sohn, H. Sugimura, K.N. Suzuki, H. Takahashi, T. Takahashi, Y. Takahashi, T. Takeda, H. Tamura, K. Tanida, A.M.M. Theint, K.T. Tint, Y. Toyama, M. Ukai, E. Umezaki, T. Watabe, K. Watanabe, T.O. Yamamoto, S.B. Yang, C.S. Yoon, J. Yoshida, M. Yoshimoto, D.H. Zhang, Z. Zhang

PTEP **2019** (No. 2, Feb.) (2019) 021D02 1-11

(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/pty149>).

Charge identification of low-energy particles for double-strangeness nuclei in nuclear emulsion

Shinji Kinbara, Hiroyuki Ekawa, Tomomi Fujita, Shuhei Hayakawa^d, Sanghoon Hwang, Yuichi Ichikawa, Kei Imamura, Rina Murai, Myint Kyaw Soe, May Sweet, Aiko Takamine, Aye Moh Moh Theint, Hideki Ueno, Junya Yoshida, Masahiro Yoshimoto, Kazuma Nakazawa

PTEP **2019** (No. 1, Jan.) (2019) 011H01 1-9

(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/pty137>).

Beta-gamma spectroscopy of the neutron-rich ^{150}Ba

R. Yokoyama, E. Ideguchi, G.S. Simpson, Mn. Tanaka, S. Nishimura, P. Doornenbal, G. Lorusso, P.-A. Söderström, 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, N.Inabe, T.I. sobe, 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, T. Inakura

Prog. Theor. Exp. Phys. **2018** (Apr.) (2018) 041D02-1-8

(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/pty037>).

Cluster Tomas-Ehrman effect in mirror nuclei

M. Nakao, H. Umehara^m, S. Ebata, and M. Ito

Phys. Rev. C **98** (Issue 5, Nov.) (2018) 054318-1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.98.054318>).

Interplay between nuclear shell evolution and shape deformation revealed by the magnetic moment of ^{75}Cu

Y. Ichikawa, H. Nishibata^{DC}, Y. Tsunoda, A. Takamine, K. Imamura, T. Fujita^d, T. Sato, S. Momiyama, Y. Shimizu, D. S. Ahn, K. Asahi, H. Baba, D. L. Balabanski, F. Boulay, J. M. Daugas, T. Egami, N. Fukuda, C. Funayama, T. Furukawa, G. Georgiev, A. Gladkov, N. Inabe, Y. Ishibashi, T. Kawaguchi, T. Kawamura^m, Y. Kobayashi, S. Kojima, A. Kusoglu, I. Mukul, M. Niikura, T. Nishizaka, A. Odahara^s, Y. Ohtomo, T. Otsuka, D. Ralet, G. S. Simpson, T. Sumikama, H. Suzuki, H. Takeda, L. C. Tao, Y. Togano, D. Tominaga, H. Ueno, H. Yamazaki, and X. F. Yang

Nature Physics **15** (21, Jan.) (2019) 321-325

(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s41567-018-0410-7>).

Structure of ^{31}Mg : Shape coexistence revealed by β - γ spectroscopy with spin-polarized ^{31}Na

H. Nishibata^{DC}, S. Kanaya^{DC}, T. Shimodaⁱ, A. Odahara^s, S. Morimoto^m, A. Yagi^d, H. Kanaoka^m, M.R. Pearson, C.D.P. Levy, M. Kimura, N. Tsunoda, T. Otsuka

Phys.Rev. C **99** (Issue 2, Feb.) (2019) 024322-1-19

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.99.024322>).

Toward the limit of nuclear binding on the N=Z line: Spectroscopy of ^{96}Cd

P.J. Davies, J. Park, H. Grawe, R. Wadsworth, R. Gernhauser, R. Krucken, F. Nowacki, D.S. Ahn, F. Ameil, H. Baba, T. Back, B. Blank, A. Blazhev, P. Boutachkov, F. Browne, I. Celikovic, M. Dewald, P. Doornenbal, T. Faestermann, Y. Fang^m, G.de France, N. Fukuda, A. Gengelbach, J. Gerl, J. Giovinazzo, S. Go, N. Goel, M. Gorska, E. Gregor, H. Hotaka, S. Ilieva, N. Inabe, T. Isobe, D.G. Jenkins, J. Jolie, H.S. Jung, A. Jungclaus, D. Kameda, G.D. Kim, Y.-K. Kim, I. Kojouharov, T. Kubo, N. Kurz, M. Lewitowicz, G. Lorusso, D. Lubos, L. Maier, E. Merchan, K. Moschner, D. Murai, F. Naqvi, H. Nishibata^{DC}, D. Nishimura, S. Nishimura, I. Nishizuka, Z. Patel, N. Pietralla, M.M. Rajabali, S. Rice, H. Sakurai, H. Schaffner, Y. Shimizu, L.F. Sinclair, P.-A. Söderström, K. Steiger, T. Sumikama, H. Suzuki, H. Takeda, J. Taprogge, P. Thole, S. Valder, Z.W ang, N. Warr, H. Watanabe, V. Werner, J. Wu, Z.Y. Xu, A. Yagi^d, K. Yoshinaga, Y. Zhu

Phys. Rev. C **99** (Issue 2, Feb.) (2019) 021302(R)-1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.99.021302>).

Performance check of the CsT(Tl) calorimeter for the J-PARC E36 experiment by observing e^+ from muon decay

H. Ito, K. Horie, S. Shimizu^s, S. Bianchin, C. Djalali, B. Dongwi, D. Gill, M. Hasinoff, Y. Igarashi, J. Imazato, N. Kalantarians, H. Kawai, S. Kimura, A. Kobayashi, S. Kodama, M. Kohl, H. Lu, O. Mineev, M. Tabata, R. Tanuma, N. Yershov

Nucl. Instrum. Methods A **901** (Issue 1, Sep.) (2018) 1-5
(<http://dx.doi.org/doi:10.106/j.nima.2018.05.065>).

国際会議における講演等

Search for rare γ -decay modes in ^{12}C

T. Kawabata^{s*}, M. Tsumura and Y. Takahashi, for RCNP E404 Collaboration
Oral presentation at the 4th International Workshop on State of the Art in Nuclear Cluster Physics (SOTANCP4), May 13-18, 2018, Galveston, Texas, USA. (参加者数 約 70 名)

Cluster correlation in nuclei and its impact on nuclear astrophysics

T. Kawabata^{s*}
Lectures at International School for Strangeness Nuclear Physics (SNP School 2018), Aug. 13, 2018, Arata Hall, Suita, Osaka, Japan. (参加者 約 80 名)

Nuclear experimental approaches towards nucleosynthesis in the universe

T. Kawabata^{s*}
Lectures at Carpathian Summer School of Physics 2018 (CSSP18), July 11-14, 2018, Sinaia, Romania. (参加者数 約 100 名)

Measurement of $\Gamma(K_{e2})/\Gamma(K_{\mu2})$ ratio using stopped positive kaons at J-PARC

S. Shimizu^{s*} for the J-PARC E36 collaboration
XIV International Conference on Heavy Quarks and Leptons (at Yamagata, Japan, May 27-June 1, 2018, 参加者約 100 名)

Development of Scintillating Bolometer for Neutrinoless Double Beta Decay of ^{48}Ca (poster)

Xiaolong Li^{d*}
International Workshop on “Double Beta Decay and Underground Science” DBD18 (at Hawaii, October 21-23, 2018, 参加者約 100 名)

Measurement of ambient neutrons in an underground laboratory at Kamioka Observatory (poster)

Keita Mizukoshi^{m*}
International Workshop on “Double Beta Decay and Underground Science” DBD18 (at Hawaii, October 21-23, 2018, 参加者約 100 名)

CANDLES Collaboration Progress Update and Future Prospects (poster)

Batpurev Temuge^{d*}

International Workshop on “Double Beta Decay and Underground Science” DBD18 (at Hawaii, October 21-23, 2018, 参加者約 100 名)

Search for excited state of ${}^4_{\Sigma}\text{He}$ hypernucleus in the J-PARC E13 experiment

M. Nakagawa^{d*}

8th International Conference on Quarks and Nuclear Physics (at Tsukuba, Ibaraki, November 13-17, 2018, 参加者約 100 名)

Σp Scattering Experiment at J-PARC and the Analysis Status

Y. Nakada^{d*}

8th International Conference on Quarks and Nuclear Physics (at Tsukuba, Ibaraki, November 13-17, 2018, 参加者約 100 名)

Low temperature detector for underground nuclear and particle research

Sei Yoshida^{s*}

International Symposium on Revealing the history of the universe with underground particle and nuclear research 2019 (at Sendai, Miyagi, March 7-9, 2019, 参加者約 100 名)

Ambient neutron measurement in an underground laboratory (poster)

Keita Mizukoshi^{m*}

International Symposium on Revealing the history of the universe with underground particle and nuclear research 2019 (at Sendai, Miyagi, March 7-9, 2019, 参加者約 100 名)

Development of Scintillating Bolometer with CaF_2 crystal for Neutrinoless Double Beta Decay of ${}^{48}\text{Ca}$ (poster)

Xiaolong Li^{d*}

International Symposium on Revealing the history of the universe with underground particle and nuclear research 2019 (at Sendai, Miyagi, March 7-9, 2019, 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

非弾性共鳴散乱 ${}^{12}\text{C}+{}^{12}\text{C} \rightarrow {}^{12}\text{C}(0_2^+)+{}^{12}\text{C}(0_2^+)$ によるアルファ凝縮状態探索～実験セットアップ～

坂梨公亮^{b*}, 荒川結, 延與紫世, 金剛亮太, 高木周, 土方佑斗, 松本凜子, 三神拓哉, 宮里慶子, 川畑貴裕^s, 延與佳子, 吉田賢市, 稲葉健斗, 土井隆暢, 片山一樹

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於九州大学, 2019年3月14日 – 3月17日)

極端環境下におけるトリプルアルファ反応率

川畑貴裕^{s*}

宇宙核物理連絡協議会研究会（於 北海道大学、2019年3月6-8日）

Nuclear experimental approaches towards nucleosynthesis in the universe

T. Kawabata^{s*}

Invited talk at the APS/JPS Joint Symposium on the 60th anniversary of the Physical Review Letters in the JPS Autumn Meeting, Sep. 1417, 2018, Shinshu University, Matsumoto, Nagano, Japan.

学術研究を目指す卒業研究 –ビッグバン元素合成の謎に挑んだ大学生–

川畑貴裕^{s*}

九州大学基幹教育院 第5回基幹教育シンポジウム（於 九州大学西新プラザ、2018年8月21日）

大強度ビーム測定用タイミング検出器の開発

赤石貴也^{m*}

Open-It 若手研究会 2018（於 丸亀市、香川、2018年9月26日 - 9月28日）

Ambient neutron measurement with a He-3 proportional counter in an underground laboratory at the Kamioka Observatory

Keita Mizukoshi^{m*}, Ryosuke Taishaku, Keishi Hosokawa, Kazuyoshi Kobayashi, Kentaro Miuchi, Tatsuhiro Naka, Atsushi Takeda, Masashi Tanaka, Yoshiki Wada, Kohei Yorita, Sei Yoshida^s

第5回 日米物理学会 合同核物理分科会（於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2018年10月23日 - 10月27日）

Analysis Status of Σ - p Scattering Experiment at J-PARC

Yoshiyuki Nakada^{d*}

第5回 日米物理学会 合同核物理分科会（於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2018年10月23日 - 10月27日）

Development of Scintillating Bolometer for Neutrinoless Double Beta Decay of ^{48}Ca

Xiaolong Li^{d*}

第5回 日米物理学会 合同核物理分科会（於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2018年10月23日 - 10月27日）

CANDLES Collaboration Progress Update and Future Prospects

Temuge Batpurev^{d*}

第5回 日米物理学会 合同核物理分科会（於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2018年10月23日 - 10月27日）

Study of neutron unbound states in ^{18}O by β -delayed neutron decay of ^{18}N

H. Umehara^{m*}, S. Iimura^m, S. Kanaya^{DC}, H. Nishibata, A. Odahara^s, T. Shimodaⁱ,
E. Kinoshita^m, R. Shudo^b, R. Nakajima^b, T. Hara^b, R. Wakabayashi^b

第5回 日米物理学会 合同核物理分科会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2018年10月23日 - 10月27日)

High Precision Half-life Measurement of ^{18}N

S. Iimura^{m*}, M. Fukutome^b, M. Hisamatsu^b, H. Umehara^m, S. Kanaya^{DC}, H. Nishibata, A. Odahara^s, T. Shimodaⁱ, T. Hara^b, E. Kinoshita^m, R. Nakajima^b, R. Shudo^b,
R. Wakabayashi^b

第5回 日米物理学会 合同核物理分科会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2018年10月23日 - 10月27日)

Study of shape coexistence and shape evolution by using RI beam induced fusion reaction combined with CAGRA

A. Odahara^{s*}

第5回 日米物理学会 合同核物理分科会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2018年10月23日 - 10月27日)

Precise Half-Life Measurement of Neutron-Rich Nucleus ^{18}N (ポスター)

M. Hisamatsu^{b*}, M. Fukutome^b, S. Iimura^m, S. Kanaya^{DC}, H. Umehara^m, T. Shimodaⁱ,
A. Odahara^s

第5回 日米物理学会 合同核物理分科会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2018年10月23日 - 10月27日)

Women in Physics**Present status of Japanese girls and women Physicists (Scientists)**

A. Odahara^{s*}

第5回 日米物理学会 合同核物理分科会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2018年10月23日 - 10月27日)

J-PARC E36 実験 $\Gamma(K^+ \rightarrow e^+\nu)/\Gamma(K^+ \rightarrow \mu^+\nu)$ 測定による lepton 普遍性破れ探索実験の解析進捗 (1)

S. Shimizu^{s*} for the J-PARC E36 collaboration

日本物理学会 2018年秋季大会 (於 信州大学、2018年9月14日 - 9月17日)

大学院生による高校の課題研究指導

梅原基^{m*}

平成30年度高大連携物理・化学教育セミナー (於 大阪大学、2018年12月22日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (129) – 検出器のエネルギー応答と分解能の定量的評価 –水越慧太 ^{m*}, CANDLES Collaboration

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (130) 神岡地下実験室での高エネルギー γ 線の測定芥川一樹 ^{m*} for the CANDLES Collaboration

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (131) 二重ベータ崩壊のための CaF_2 シンチレーティングボロメーターの開発鉄野高之介 ^{d*} for the CANDLES Collaboration

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

J-PARC E07 実験におけるツインハイパー核事象の解析早川修平 ^{d*} for J-PARC E07 Collaboration

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

J-PARC E13 実験における ^4He 標的を用いた Σ と Σ ハイパー核生成の研究中川真菜美 ^{d*}, for the E13 collaboration

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

チャームバリオン分光実験用ビームタイミング検出器の開発赤石貴也 ^{m*}, 浅野秀光, 荒巻昂, 五十嵐洋一, 石川貴嗣, 梶川俊介, 阪口篤志 ^s, 佐甲博之, 白鳥昂太郎, 高橋智則, C.-Y. Chang, W.-C.Chang, 永井慧, 野海博之, 本多良太郎, Y. Ma, 他 J-PARC, E50 コラボレーション

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

J-PARC E36 実験における構造依存放射 $K^+ \rightarrow e^+ \nu \gamma$ 崩壊の解析結果S. Shimizu ^{s*} for the J-PARC E36 collaboration

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

1.2 久野グループ

平成30年度の研究活動概要

久野グループでは、荷電レプトン・フレーバー非保存過程を探索する研究 (COMET 実験と DeeMe 実験)、RCNP の大強度ミューオン源 MuSIC を使った学際研究やスーパーカミオカンデ実験への参加などを行っている。

COMET ミューオン・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。しかしながら、超対称性大統一理論や超対称性シーソー理論、余剰次元など標準理論を超える新しい物理モデルでは、現在の実験感度を数桁向上させることで、観測可能できると予言されている。現在、実験で得られている分岐比の上限値は、 7×10^{-13} (90% C.L.) (SINDRUM II 実験、2006 年) である。

COMET 実験は、J-PARC 主リングからの大強度パルス陽子ビームを用いて、Phase-I (2020 年実験開始予定) で、 3×10^{-15} 、Phase-II で、 3×10^{-17} の実験感度 (Single Event Sensitivity) で探索する計画である。Phase-I では、90 度のミューオン輸送湾曲ソレノイド後にミューオン静止標的を配置し、標的を取り囲むよう配置した円筒型ドリフトチェンバー (CDC) を用いて、運動量 105 MeV/c の転換電子を探索する。

平成30年度は、昨年度に引き続き、CDC 実機と宇宙線ミューオンを用いて取得したデータの解析や解析ツールの開発・性能向上・フレームワーク化を継続して行っている。低電圧電源供給システムを新たに開発し、読み出し領域を拡大し、また、トリガーカウンターも大型化することで、より詳細な CDC 実機の性能評価を行った。図 1.6 は、高エネルギー加速器研究機構にて、現在も継続して実施中の評価試験の様子である。本年度は、全体の約 1/3 の領域を読み出すことができるようになった。

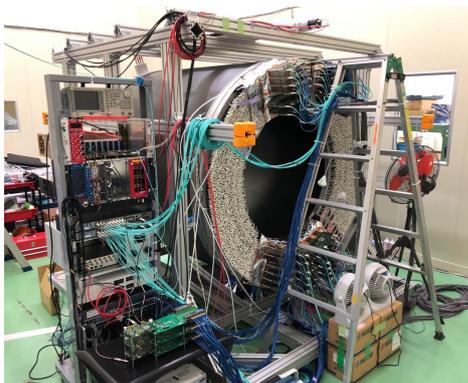


図 1.6: 宇宙線を用いた CDC 実機の性能評価試験の様子

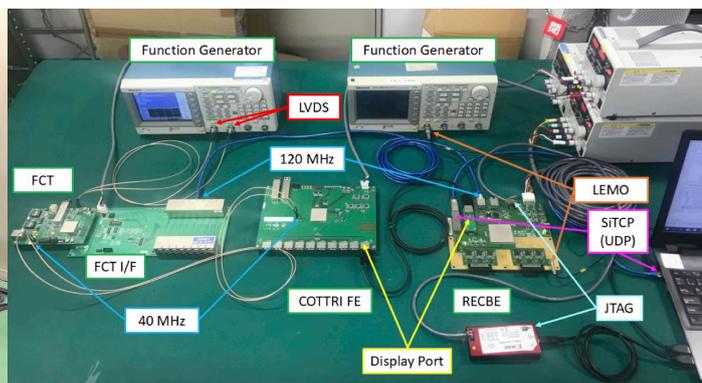


図 1.7: トリガーシステム動作試験・開発の様子

並行して、データ収集システムの高度化へ向けた高レベルトリガーシステムの開発も進んでおり、シミュレーションを用いたアルゴリズム開発がおおむね完了し、実際のトリガーシステムの開発に着手した。電子回路間のデータ通信プロトコルの開発や通信安定性の評価試験、試作電子回路を用いたトリガー決定アルゴリズムの実装を行い、実装予定のもの

と同等のアルゴリズムを用いて、実際にオンラインでトリガー決定し、CDC 検出器でデータが取得可能であることを実証した。図 1.7 は、高レベルトリガーシステムの実証システムのセットアップの様子である。全電子回路が基準クロックに同期して、安定的に通信が可能であり、アルゴリズムのパラメータを変更することで、様々なトリガーアルゴリズムの実装が可能となる。

今後は、読み出し領域を更に拡大するため、信号読み出しケーブルや低電圧電源供給システム、データ取得用のネットワークやコンピュータの整備を推し進め、全領域でのデータ取得を実現する。加えて、高レベルトリガーシステムの実現が実証されたため、実機への導入を目指して実機電子回路開発とシミュレーション等によるトリガー決定アルゴリズムの改良を行う予定である。最終的には、CDC を含めた検出器システムを J-PARC へ輸送し、COMET Phase-I の迅速な実験開始を目指す。

DeeMe J-PARC RCS (Rapid Cycling Synchrotron) からの高品質・大強度パルス陽子ビームの特長を活かしたミュオン電子転換過程探索実験 (DeeMe) の準備を進めている。DeeMe 実験では、陽子ビームが照射される陽子標的の内部にミュオン原子が大量に生成される現象に着目し、ミュオン電子転換過程で発生する信号電子を大立体角 2 次ビームラインで引き出して、高バースト耐性電子スペクトロメータで運動量を正確に測定する。パルス陽子ビームに同期して飛来する大量のバックグランド粒子から検出器を保護するため、狭間隔でワイヤーを配置して高電圧を高速で切り替える特殊な高バースト耐性 MWPC を使用する。平成 29 年度は、完成した 4 台の MWPC の読み出し回路の改良と調整を行なった。

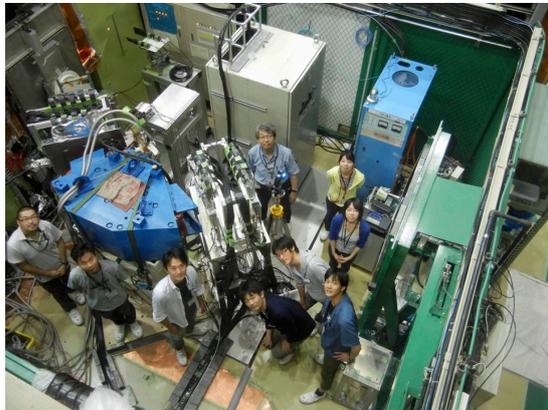


図 1.8: J-PARC MLF D2 実験エリアでの測定の様子

平成 29 年 12 月と平成 30 年 2 月に京都大学原子炉実験所の電子ライナックで行ったビームテストにおいて、本 MWPC の検出効率が 98% 以上あることが確認できた。また、平成 29 年 6 月には同年 3 月に引き続いて電磁石と MWPC を組み合わせたスペクトロメータシステムとしての全体動作試験 (図. 1.8) を行い、良好な結果を得た。ところで、炭素原子軌道上でミュオンが崩壊することによって発生する電子は、ミュオン電子転換過程探索において主要なバックグランド源となることが知られている。本全体動作試験では、この電子の中運動量領域における運動量スペクトルの測定も行なった。

MuSIC 本学核物理研究センター (RCNP) に建設した大強度ミュオン源 MuSIC と新しい連続状ミュオンビームライン MuSIC-M1 の開発を進めつつ、様々な分野におけるミュオンを使用した基礎研究と応用研究を進めている。

まず、MuSIC-M1 ビームラインから得られるミュオンビームの詳細測定を行い、ビーム強度や偏極度の運動量依存性、運動量幅、ビームサイズなど実験実施の際に必要な

ビームの基本性能データを抑えた。その後、ミュオン非破壊元素分析の予備測定として、前漢時代の青銅鏡を分析を行った。この様子は5月の関西NHKニュースで放映されている。負電荷のミュオンは物質中で重い電子の様に振る舞う。物質中に停止した負電荷ミュオンは、正電荷を持つ原子核のクーロン場に捕らえられて、ミュオン原子を形成する。その後、ミュオン原子中のミュオンは基底状態へ向けて、低いエネルギー準位の軌道へと遷移していくが、この際に特性X線を放出する。このミュオンX線のエネルギーは元素によって決まっているので、ミュオンX線のエネルギーと強度を測定することで、物質の非破壊元素分析が可能である。青銅鏡を全く傷つけることなく、短時間で主成分の銅、錫、鉛などの元素を特定し、連続状ミュオンによるミュオン分析が強力なツールとなり得ることを示した。

その後、平成30年度は、国内外の研究者と協力し、実験番号 QiSS-01、E517、E536、E528、E529、E540、QiSS-02 の6つの共同利用実験を成功させた。

QiSS は阪大 RCNP が中心となって進める量子アプリ共創コンソーシアムで、(1) IoT の発展で世界的に使用が急増している半導体素子の宇宙線起源ソフトエラーの評価と対策、(2) 進行がんに対して有効と期待されるアルファ線内用療法などの量子アプリケーション技術の創出を先導するものである。このうち、半導体素子のソフトエラーでは、宇宙線ミュオンによりエラーの評価が重要課題として挙げられている。QiSS-01 及び-02 実験は、MuSIC からの負ミュオンを利用した半導体ソフトエラー研究の実験課題である。QiSS-01 では、稼働中の半導体メモリー素子にミュオンを照射し、ソフトエラーの絶対値を世界で初めて決定した。続く、QiSS-02 ではエラーメカニズムの解明を目指し、負ミュオンが半導体に止まった際に起こる原子核反応の詳細測定を行った。これらは、九大工学部、東大理学部、阪大情報学部との共同研究である。

2018年12月には、 μ SR法（ミュオンスピン回転/緩和/共鳴法）による高温超伝導物質の測定に成功した（E517 実験、E536 実験）。阪大理学部の田島研及び原研が製作した高温超伝導試料に正電荷ミュオンを入射し、ミュオンが崩壊する際に放出する陽電子に方向とタイミングを測定することで、試料内部の局所磁場情報を得ることが出来る。MuSIC では、初めての μ SR 測定の成功（図 1.9）であり、阪大 RCNP における μ SR 法物性研究の開始を意味する。



図 1.9: MuSIC における超伝導試料初観測の記念写真

E528、E529、E536 実験はミュオン X 線による非破壊分析の共同利用実験である。阪大宇宙地球学科の寺田氏が進める E528 実験では、はやぶさ 2 が持ち帰る地球外資料の初期分析を目指した、ミュオンによる非破壊元素分析及び酸化状態分析の開発実験である。E529 実験は阪大化学の二宮グループによる鉄酸化物の化学状態研究、E540 実験は岡山大考古学の南氏による古代青銅器中の鉛同位体比非破壊分析の研究である。

学術雑誌に出版された論文

Charged lepton mass relations in a SUSY scenarioYoshio Koideⁱ, Toshifumi YamashitaPhys. Lett. B **787** (Oct.) (2018) 171-174<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2018.10.058>).**Parameter-independent quark mass relation in the $U(3) \times U(3)'$ model**Yoshio Koideⁱ and Hiroyuki NishiuraModern Physics Letters A **33** (No.39, Oct.) (2018) 1850230<http://dx.doi.org/doi:10.1142/S0217732318502309>).**New concept for a large-acceptance general-purpose muon beamline**Naritoshi Kawamura, Masaharu Aoki^s, *et al.*Prog. Theor. Exp. Phys. **2018** (No. 11, Nov.) (2018) 113G01 1-12<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/pty116>).**Radiation study of FPGAs with neutron beam for COMET Phase-I**Yu Nakazawa^{DC}, Yuki Fujii, Eitaro Hamada, MyeongJae Lee, Yuta Miyazaki, Akira Sato^sKazuki Ueno, Hisataka Yoshida^s and Jie Zhang

Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A - (Nov.) (2018) 1-2

<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2018.10.130>).**Selecting $\mu \rightarrow e$ conversion targets to distinguish lepton flavour-changing operators**Sacha Davidson, Yoshitaka Kuno^s and Masato YamanakaPhys. Lett. B **790** (Jan.) (2019) 380-388<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2019.01.042>).

国際会議報告等

New precise measurements of muonium hyperfine structure at J-PARC MUSEP. Strasser*, M. Abe, M. Aoki^s, *et al.*EPJ Web conf. **198** (Jan.) (2019) 00003 1-8.

Quantum Technology International Conference 2018, QTech 2018 (Sep., 2018, 参加者数不明).xxx

国際会議における講演等

What Physics Does The Charged Lepton Mass Relation Tell Us?

Yoshio Koide^{i*}

7th Workshop on Flavour Symmetries and Consequences in Accelerators and Cosmology (FLASY 2018) (at Basel, Switzerland, Jul. 2-5, 2018, 参加者数約 60 名)

Status of the DeeMe Experiment

Daiki Nagao^{d*}

NuFact 2018, 20th workshop on neutrinos from accelerators (at Blacksburg, USA, Aug. 12-18, 2018, 参加者数約 200 名)

COMET Experiment

H. Yoshida^{s*}

Symposium for Muon and Neutrino Physics 2018 (at Osaka, Japan, Sep. 5-6, 2018, 参加者数約 50 名)

DeeMe Experiment

M. Aoki^{s*} and D. Nagao^d (invited)

Symposium for Muon and Neutrino Physics 2018 (at Osaka, Japan, Sep. 5-6, 2018, 参加者数約 50 名)

MuSIC at RCNP

A. Sato^{s*}

Symposium for Muon and Neutrino Physics 2018 (at Osaka, Japan, Sep. 5-6, 2018, 参加者数約 50 名)

True Muonium Experiment

T. Itahashi^{i*}

Symposium for Muon and Neutrino Physics 2018 (at Osaka, Japan, Sep. 5-6, 2018, 参加者数約 50 名)

Search for Muon to Electron Conversion at J-PARC

Wu Chen^{s*} (invited)

Future Programme of Intensity Frontier of Particle Physics at China's High Power Hadron Accelerators 1st Conference (at Beijing, China, Sep. 23-24, 2018, 参加者約 100 名)

General features of LFV experiments with muons

Y. Kuno^{s*} (invited)

The 15th International Workshop on Tau Lepton Physics (at Amsterdam, Netherlands, Sep. 24-28, 2018, 参加者約 120 名)

COMET experiment ; search for muon to electron conversionH. Yoshida^{s*} (invited)

New Trends in High-Energy Physics (At Budva, Montenegro, Sep. 24-30, 2018, 参加者 75 名)

Muonium - Antimuonium Transition via Neutrino LoopYoshio Koide^{i*}

Physics of muonium and related topics (at Osaka, Japan, Dec. 10-11, 2018, 参加者数約 60 名)

Search for Muon to Electron Conversion in a Muonic AtomY. Kuno^{s*}

Physics of muonium and related topics (at Osaka, Japan, Dec. 10-11, 2018, 参加者数約 60 名)

Current status of DeeMe experimentD. Nagao^{d*} (invited)

Physics of muonium and related topics (at Osaka, Japan, Dec. 10-11, 2018, 参加者数約 60 名)

Search for Charged Lepton Flavor Violation with MuonsY. Kuno^{s*}

5th International Workshop on “Dark Matter Dark Energy, and Matter Antimatter Asymmetry (at Kaohsiung, Taiwan, Dec. 28-31, 2018, 参加者約 130 名)

The Design of Muon Production Target and The Application of FFAGWu Chen^{s*} (invited)

Future Programme of Intensity Frontier of Particle Physics at China’s High Power Hadron Accelerators 2nd Conference (at Guangzhou, China, Jan. 17-20, 2019, 参加者約 100 名)

Background Study of the COMET ExperimentWu Chen^{s*} (invited)

Future Programme of Intensity Frontier of Particle Physics at China’s High Power Hadron Accelerators 2nd Conference (at Guangzhou, China, Jan. 17-20, 2019, 参加者約 100 名)

Radiation study of FPGAs with neutron beam for the COMET Phase-I (poster)Y. Nakazawa^{DC*}

PM2018 - 14th Pisa Meeting on Advanced Detectors (at Isola d’Elba, Italy, May 27 - Jun. 2, 2018, 参加者数約 400 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演**ミュオン電子転換過程探索実験–DeeMe–：準備状況 (10)**青木 正治^{s*}, 長尾 大樹^d, その他

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 同志社大学, 2018 年 9 月 9 日 – 9 月 12 日)

RCNP-MuSIC における DC ミューオンビームラインの現状 (3)佐藤 朗^{s*}, 久野 良孝^s, 中沢 遊^{DC}, Yao Weichao^d, その他

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 同志社大学, 2018 年 9 月 9 日 – 9 月 12 日)

COMET-CDC の宇宙線を用いた性能評価試験 (5)吉田 学立^{s*}, 久野 良孝^s, 佐藤 朗^s, 中沢 遊^{DC}, 松田 悠吾^m, TingSam Wong^d, Wu Chen^s,
他 COMET-CDC グループ

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 信州大学, 2018 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

COMET-CDC における宇宙線試験のアライメント解析 (2)松田 悠吾^{m*}, 吉田 学立^s, 久野 良孝^s, 佐藤 朗^s, 中沢 遊^{DC}, TingSam Wong^d, Wu Chen^s,
他 COMET-CDC グループ

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 信州大学, 2018 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

COMET-CDC のためのトリガーシステム開発状況中沢 遊^{DC*}, 久野 良孝^s, 佐藤 朗^s, 吉田 学立^s, Tai Thanh Chau^m, その他

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 信州大学, 2018 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

Tracking Finding for COMET experiment with Convolution Neural NetworkTingSam Wong^{d*}, Wu Chen^s, 久野 良孝^s, その他

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 信州大学, 2018 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

Track Fitting of COMET CDCWu Chen^{s*}, TingSam Wong^d, 久野 良孝^s, その他

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 信州大学, 2018 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

Parameter-Independent Quark Mass Relation in the $U(3) \times U(3)'$ Model小出 義夫^{i*}, 西浦宏幸

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 信州大学, 2018 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

DeeMe 実験における DIO スペクトル解析結果長尾 大樹^{d*}, 青木 正治^s, その他

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 信州大学、2018 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

$U(3) \times U(3)$ ' モデルに基づくニュートリノ質量行列

小出 義夫 ^{i*}, 西浦宏幸

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

荷電レプトン質量式：残る問題は何か？

小出 義夫 ^{i*}

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

COMET-CDC の宇宙線を用いた位置分解能の評価試験

太田 早紀 ^{m*}, 久野 良孝 ^s, 佐藤 朗 ^s, 中沢 遊 ^{DC}, 松田 悠吾 ^m, 吉田 学立 ^s, TingSam Wong ^d, Wu Chen ^s, 他 COMET-CDC グループ

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

COMET-CDC における宇宙線試験の解析

松田 悠吾 ^{m*}, 久野 良孝 ^s, 佐藤 朗 ^s, 中沢 遊 ^{DC}, 太田 早紀 ^m, 吉田 学立 ^s, TingSam Wong ^d, Wu Chen ^s, 他 COMET-CDC グループ

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

The New Study for Phase-II of COMET Experiment

Yao Weichao ^{d*}, 久野 良孝 ^s, 佐藤 朗 ^s, 吉田 学立 ^s, Wu Chen ^s, 他 COMET-CDC グループ

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

COMET Phase-I のための飛跡検出器情報を用いたオンライントリガーシステムの開発状況

中沢 遊 ^{DC*}, Tai Thanh Chau ^m, 久野 良孝 ^s, 佐藤 朗 ^s, 吉田 学立 ^s, その他

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

Result for communication test of online trigger system of Cylindrical Drift Chamber for COMET Phase-I experiment

Tai Thanh Chau ^{m*}, 中沢 遊 ^{DC}, 久野 良孝 ^s, 佐藤 朗 ^s, 吉田 学立 ^s, その他

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

COMET Phase-I CDC のための Slow Control System の開発状況 (2)

吉田 学立 ^{s*}, 久野 良孝 ^s, 佐藤 朗 ^s, 他 COMET-CDC グループ

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

低エネルギーミューオンの飛跡検出に向けた高空間分解能ガスチェンバーの開発

堀 孝之 ^{m*}, 佐藤 朗 ^s, 寺田健太郎, 友野大, 川島祥孝, 久野 良孝 ^s, 濱野 元太 ^m, 西川 凌 ^m

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於九州大学、2019年3月14日 - 3月17日)

素粒子と原子物理の融合が拓く新たなミュー粒子物理のフロンティア まとめ

久野 良孝 ^{s*}

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於九州大学、2019年3月14日 - 3月17日)

阪大 RCNP-MuSIC におけるミューオンビーム最適化の検討

濱野 元太 ^{m*}, 久野 良孝 ^s, 佐藤 朗 ^s, 中沢 遊 ^{DC}, 西川 凌 ^m, 堀 孝之 ^m, その他

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於九州大学、2019年3月14日 - 3月17日)

アクティブターゲットを用いた負ミューオン核反応研究法の検討

西川 凌 ^{m*}, 佐藤 朗 ^s, 久野 良孝 ^s, 友野大, 川島祥孝, 濱野 元太 ^m, 堀 孝之 ^m

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於九州大学、2019年3月14日 - 3月17日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事

なし

1.3 山中（卓）グループ

平成 30 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。

- **世界記録の更新:** 2015 年に収集したデータを解析し、 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 崩壊の分岐比に対し、 $BR < 3.0 \times 10^{-9}$ (90% CL) の新たな上限値を与えた (図 1.10)。これは今までの世界記録を 10 倍更新するものであり、結果は Phys. Rev. Lett. に掲載された。

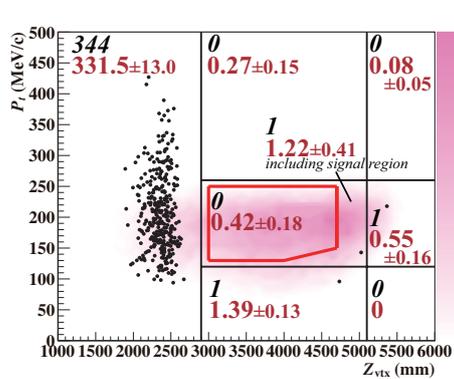


図 1.10: 2015 年に収集したデータで再構成された π^0 の運動量の横方向成分 (P_T) と崩壊位置 (Z_{vtx}) の分布。各領域内の黒字の数字は観測された事象数、赤字の数字はシミュレーションで予測した背景事象数。赤枠で囲まれた領域が信号領域。

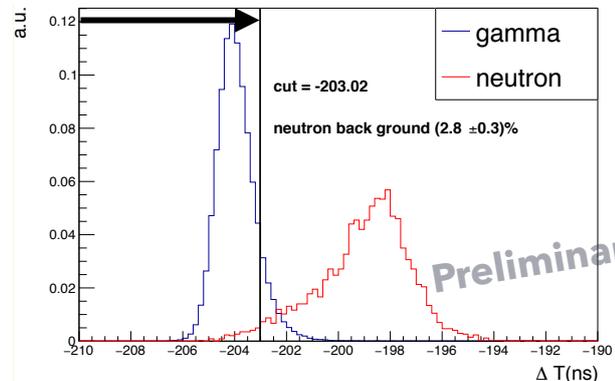


図 1.11: CsI 電磁カロリメータに取り付けた MPCC と光電子増倍管の信号の時間差分布。青線は $K_L \rightarrow 3\pi^0$ 崩壊と同定した事象、青線は KL ビーム中にアルミ板を入れて中性子を散乱させた事象の分布を表す。

- **電磁カロリメータの改造:** ビームの外側に漏れた中性子が電磁カロリメータに直接入射してシャワーを 2 個作る背景事象を抑制するために、各 CsI 結晶の上流面に半導体光検出器 (MPCC) を接着し、下流側にすでにある光電子増倍管との信号の時間差から粒子の反応の奥行きを測定し、ガンマ線と中性子を識別する。そのために、南條が主導し、中性子やガンマ線を用いたテスト実験、放射化試験、接着方法の開発などを約 2 年間かけて行ってきた。

今年度は、過去に行ったテスト実験のデータを詳細に解析し、発光位置と上記の時間差の関係が結晶に依存するメカニズムを解明し、その影響を調べた [真利]。また、MPCC に電圧をかけ、制御し、暗電流をモニターする回路も開発した [原]。2018 年 6 月まで

のデータ収集を終えたのち、測定器の入った真空タンクを開けて改造を始め、4080個のMPPCをCsIに接着し、電子回路への配線も行った[小寺、清水、原、真利、大杉]。またCsIの前面を覆う地震対策用の円盤を更新した[山中]。

2019年2月から収集を始めたデータを解析し、図1.11に示すようにガンマ線を90%残すカットに対して、中性子を1/35まで排除できることを示した。これは当初の目標の1/10をはるかに越えるものである[大杉、清水]。

- **将来の感度の見積もり:** 今後の背景事象の削減方法、実験の感度を検討し、将来 $O(10^{-11})$ のレベルまで感度を上げられることを、2018年11月に行われた米国エネルギー省によるKOTO実験のレビューで発表した。[山中、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。2018年度は4年間のRun2データ取得期間の最終年で、安定にデータを取得した。また、2026年度からはビーム輝度を上げたHigh Luminosity LHC(HL-LHC)プロジェクトが計画されており、それに合わせATLAS検出器の大幅なアップグレードを予定している。

- **物理データ解析:**
 - $H \rightarrow \tau\tau$ 解析 [廣瀬]: ヒッグスポソンがタウ粒子対に崩壊する事象の探索を行なった。タウ粒子がそれぞれレプトン、ハドロン崩壊するモードの責任者として解析を主導し、2015年、2016年のデータを用いた解析結果を公表した。図1.12のような τ 粒子対の不変質量分布を観測し、 $H \rightarrow \tau\tau$ 崩壊観測の有意度は 4.4σ (以前の結果とあわせると 6.5σ)である。その生成断面積は標準模型と無矛盾であった。
- **現行 ATLAS 実験の運用とデータ取得: [廣瀬、南條]**

シリコンストリップ検出器の運転のシフトや、オンラインデータ監視ツールの維持管理を行った。また、シリコンストリップ検出器の放射線ダメージの評価を行った。新たに考案したセンサー温度の評価方法が適用できることを示し、高い信頼度で放射線ダメージを評価することに成功した。
- **HL-LHC に向けた開発:**

開発を進めているHL-LHCでのピクセル型シリコン飛跡検出器は、LHCビーム輝度の増大に伴う飛跡密度増加に対し、ピクセルサイズを細かく($50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$)する。

 - ビーム試験用飛跡構成用半導体ストリップ検出器 [山家谷、廣瀬、南條]: 昨年度に飛跡分解能を評価した検出器を用い、宇宙線による試験システムを構築した。
 - ASIC 高速データ読み出しシステムの開発 [矢島、廣瀬、南條]: 新型ピクセルセンサーでは、ASICあたり1.28Gbpsで4本のデータ出力を予定している。プロトタイプASIC(図1.13)についてFPGAを用いた試験システムを構築した。低速

データ出力モード (160Mbps) での試験システムに加えて、1.28Gbps にも対応可能なデータ収集システムを開発した。

- 読み出し試験システムの導入 [山家谷、矢島、廣瀬、南條]: ASIC を搭載したピクセルセンサモジュールの試験読み出しシステムを、共同で九州大学に構築した。またそのシステムを用いて、センサモジュールの熱サイクル試験を行った。モジュールに印加する電圧や電流の制御監視システムの構築も進めた。これらの結果を格納するデータベースの機能拡張にも取り組みはじめた。
- プロセッサ付き FPGA(Zynq) を用いたデータ収集システム開発 [大西、廣瀬、南條]: FPGA 側でデータを収集し、これと一体となっている CPU 側の Linux OS 経由で後段の PC へデータ転送を行う。このシステムを開発し、270Mbps のデータ取得速度を実現した (図 1.14)。

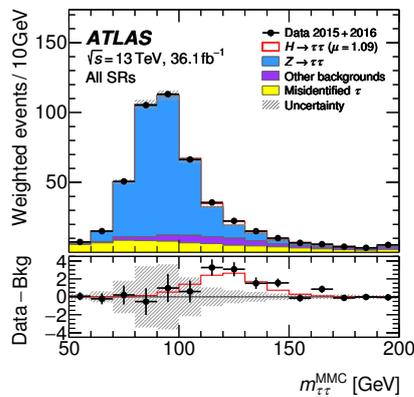


図 1.12: τ 粒子対の不変質量分布

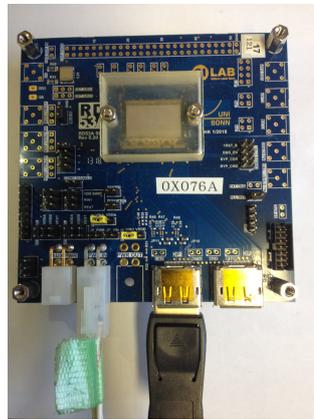


図 1.13: 新型ピクセルセンサ用プロトタイプ ASIC



図 1.14: Zynq を用いたデータ収集

学術雑誌に出版された論文

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

J.K. Ahn, ..., N. Hara^m, H. Haraguchi^m, K. Kotera^s, T. Mari^m, R. Murayama^d, H. Nanjo^s, M. Ohsugi^m, K. Sato^s, Y. Sato^m, N. Shimizu^{PD}, M. Togawa^s, T. Yamanaka^s, *et al.* (KOTO Collaboration)

Phys. Rev. Lett. **122** (Jan.) (2019) 021802 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.122.021802>).

Hadronic energy resolution of a combined high granularity scintillator calorimeter system

The CALICE Collaboration, including K. Kotera^s

J. Instrum. **13** (Dec.) (2018) 12022 1-30

(<http://dx.doi.org/doi:10.1088/1748-0221/13/12/P12022>).

国際会議報告等

The both-end readout system of the KOTO CsI calorimeter

N. Hara^{m*}

PoS **332** (Dec.) (2018) 034.

HQL2018 - XIV International Conference on Heavy Quarks and Leptons (at Yamagata, JAPAN, May 27 - June 01, 2018, 参加者数約 80 名).xxx

国際会議における講演等

Recent News on $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ and Perspectives from KOTO

H. Nanjo^{s*}

Moriond EW2019 - Rencontres de Moriond, Electroweak Interactions and Unified Theories, 2019 (in LaThuile, Italy, Mar. 16-23, 2019, 参加者数約 150 名)

Upgrade of a Cesium Iodide calorimeter for the KOTO experiment

N. Shimizu^{PD*}

CALOR 2018 - 18th International Conference on Calorimetry in Particle Physics (at Eugene, Oregon, USA, May 21 - 25, 2018, 参加者数約 80 名)

Four dimensional calorimetry with both-side readout of the CsI calorimeter in the $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ search

K. Kotera^{s*}

ICHEP2018 - XXXIX International Conference on High Energy Physics (at Seoul, July 04 - 11, 2018, 参加者数約 1100 名)

Upgrade of the CsI calorimeter for the KOTO experiment

N. Shimizu^{PD*}

PD18 - 5th International Workshop on New Photon-Detectors (at University of Tokyo, Tokyo, Nov. 27 - 29, 2018, 参加者数約 100 名)

Highlights from SM Higgs (Higgs to fermions)

M. Hirose^{s*}

10th International Workshop on the CKM Unitarity Triangle (at Heidelberg, Germany,

Sep. 17-21, 2018, 参加者数約 180 名)

The both-end readout system of the KOTO CsI calorimeter (poster)

N. Hara^{m*}

HQL2018 - XIV International Conference on Heavy Quarks and Leptons (at Yamagata, JAPAN, May 27 - June 01, 2018, 参加者数約 80 名)

Front-end circuits for MPPCs for the KOTO CsI calorimeter upgrade (poster)

N. Hara^{m*}

PD18 - 5th International Workshop on New Photon-Detectors (at University of Tokyo, Tokyo, Nov. 27 - 29, 2018, 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

改良型 KOTO 実験 CsI 電磁カロリメータのためのフロントエンド回路の開発と性能評価
原 宜広^{m*}, 大杉真優^m, 小寺克茂^s, 清水信宏^{PD}, 佐藤友太^m, 南條 創^s, 西宮隼人^m, 真利共生^m, 山中 卓^s, 他 KOTO collaboration.

日本物理学会 2018 年秋季大会（於 信州大学、2018 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日）

KOTO CsI カロリメータへの SiPM 読み出し追加の進捗状況

小寺克茂^{s*}, 大杉真優^m, 清水信宏^{PD}, 南條 創^s, 原 宜広^m, 真利共生^m, 山中 卓^s, 他 KOTO collaboration

日本物理学会 2018 年秋季大会（於 信州大学、2018 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日）

KOTO 実験における CsI 電磁カロリメータアップグレードのための宇宙線トリガーシステムの開発

真利共生^{m*}, 大杉真優^m, 小寺克茂^s, 清水信宏^{PD}, 南條 創^s, 原 宜広^m, 山中 卓^s, 他 KOTO コラボレーション

日本物理学会 2018 年秋季大会（於 信州大学、2018 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日）

$K_L \rightarrow \pi^0 \gamma$ 崩壊を通じた新物理探索

清水信宏^{PD*}, 他 KOTO コラボレーション

日本物理学会 2018 年秋季大会（於 信州大学、2018 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日）

HL-LHC 実験に向けた ATLAS 検出器ピクセルセンサー試験のための ARM プロセッサ搭載 FPGA による読み出しシステムの開発

大西裕二^{m*}, 南條 創^s, 廣瀬穰^s, 陣内修, 山口洋平, 金恩寵, 河野能知, 藤本みのり, 外川学, 中村浩二, 花垣和則, 他 ATLAS 日本シリコングループ

日本物理学会 2018 年秋季大会（於 信州大学、2018 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日）

HL-LHC 用 ATLAS ピクセル検出器試験用の高速読み出しシステムの開発

矢島和希^{d*}, 花垣和則, 南條 創^s, 廣瀬穰^s, 大西裕二^m, 池上陽一, 外川学, 中村浩二, 河野能知, 藤本みのり, 陣内修, 山口洋平, 他 ATLAS 日本シリコングループ

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 信州大学, 2018 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

KOTO 実験 CsI 電磁カロリメータ両側読み出しシステムの宇宙線を用いた性能評価

真利共生^{m*}, 大杉真優^m, 小寺克茂^s, 清水信宏^{PD}, 南條 創^s, 原 宜広^m, 山中 卓^s, 他 KOTO コラボレーション

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学, 2019 年 3 月 14 日 - 3 月 17 日)

KOTO 実験改良型 CsI 電磁カロリメータのビームを用いた n/γ 識別能力評価

大杉真優^{m*}, 小寺克茂^s, 佐藤友太^m, 清水信宏^{PD}, 南條 創^s, 西宮隼人, 原 宜広^m, 真利共生^m, 山中 卓^s, 他 KOTO コラボレーション

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学, 2019 年 3 月 14 日 - 3 月 17 日)

改良型 KOTO 実験 CsI 電磁カロリメータのためのフロントエンド回路の開発と性能評価

原 宜広^{m*}, 大杉真優^m, 小寺克茂^s, 清水信宏^{PD}, 佐藤友太^m, 南條 創^s, 西宮隼人^m, 真利共生^m, 山中 卓^s, 他 KOTO collaboration

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学, 2019 年 3 月 14 日 - 3 月 17 日)

HL-LHC 用 ATLAS ピクセル検出器の量産における試験のための高速読み出しシステムの開発

矢島和希^{d*}, 花垣和則, 南條 創^s, 廣瀬穰^s, 大西裕二^m, 池上陽一, 外川学, 中村浩二, 河野能知, 藤本みのり, 陣内修, 金恩寵, 窪田ありさ, 東城順治, 小林大, 藤野主一, 他 ATLAS 日本シリコングループ

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学, 2019 年 3 月 14 日 - 3 月 17 日)

ATLAS 実験のための ARM プロセッサ搭載 FPGA による新しい読み出しシステムの開発

大西裕二^{m*}, 南條 創^s, 廣瀬穰^s, 矢島和希^d, 陣内修, 金恩寵, 窪田ありさ, 河野能知, 藤本みのり, 里吉陽奈子, 鷺津優維, 花垣和則, 外川学, 中村浩二, 池上陽一, 他 ATLAS 日本シリコングループ

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学, 2019 年 3 月 14 日 - 3 月 17 日)

1.4 核物質学研究グループ

平成 30 年度の研究活動概要

核物質学研究グループは、理化学研究所の RI ビームファクトリー (RIBF)、放射線医学総合研究所 (放医研) の重イオンシンクロトロン HIMAC、核物理研究センターのリングサイクロトロン、J-PARC 等の国内加速器施設や、海外の施設も使用し、広く不安定原子核・短寿命 β 放射核やミューオン、超冷中性子 (UCN) を使った原子核物理学と物性物理学ならびに基礎物理・素粒子との境界領域の実験研究を行っている。

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、原子核衝突の反応断面積を利用して、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。

中性子過剰核の中性子スキンの厚さは、非対称核物質の状態方程式パラメータと密接な関連があり、このパラメータは、中性子星の構造や超新星爆発メカニズムなどの宇宙物理学の問題を明らかにするための鍵といわれている。そこで我々は、Ni および Ca 同位体の相互作用断面積・荷電変化断面積を測定することにより、中性子スキンの厚さを系統的に質量数の関数として調べる研究を進めている。理研 RIBF にて 350 MeV/核子 に加速された ^{238}U ビームの飛行核分裂反応を用いて得られた $^{42-51}\text{Ca}$ 同位体の核物質半径 (preliminary) を、陽子弾性散乱から得られた核物質半径既存値、および既存の荷電半径データとそれぞれの理論値を比較したものを図 1.15 に示す。 ^{48}Ca までは理論値が核物質半径実験値を比較的よく再現しているが、 ^{49}Ca 以上の質量数では、理論値に比べて実験値の質量数に伴う増加が著しく大きくなっていることがわかる。この現象は未だに定量的には説明できていないが、中性子まで含めた核半径が閉殻をまたいで系統的に測定されたのはこのデータが世界初であり、この現象の定量的理解は核構造および核力の基本的部分に関わる可能性があり興味深い。

1 核子ピックアップ反応は反応断面積を評価する上でも重要であるため、 ^{16}O ビームを用いて 1 核子ピックアップ反応断面積をエネルギーの関数として測定した。その結果、この断面積の値は核半径を導出するにあたっては影響しない程度に十分小さいことがわかった。しかしながら、核子当たり 300 MeV という極めて高いエネルギーにおいても、さほど小さくない断面積が観測され、単純なガウス分布を仮定したピックアップモデルでは全く説明できないほど大きいことがわかった (図 1.16)。この実験結果を説明するためには、核内核子運動量分布において高運動量成分テールを仮定する必要がある可能性が指摘され、その実験結果から逆に導出される核内核子の高運動量テールは、核力のテンソル成分や短距離相関成分を仮定した場合の運動量分布の理論値にかなり

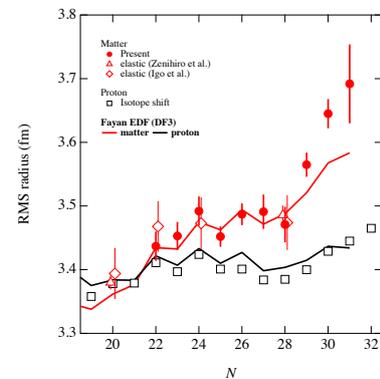


図 1.15: Ca 同位体の核物質半径

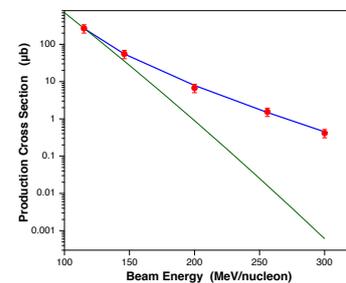


図 1.16: ^{16}O の 1 陽子ピックアップ反応断面積

よく一致することが示された。

反応断面積による核半径の研究は、これまで原子核の基底状態に限られていた。一方で、原子核の励起状態に関しては、比較的寿命の長いアイソマー状態に対してメスbauer法により非常に特殊な場合についてのみ、その基底状態との違いが研究されてきただけである。このアイソマー状態の核半径および核構造は、宇宙の中での元素合成過程を研究するときに、きわめて重要になる場合がある。そこで我々は、全く新しい試みとして反応断面積によりアイソマー状態の核半径測定法の開発を行った。対象とした核種は、軽核領域での元素合成核反応チェーンで重要になる $^{16}\text{N}(0^-; T_{1/2} \sim 5\mu\text{s})$ アイソマー状態である。この状態は、最外殻核子が軌道角運動量0の状態に入っていると予想され、遠心力バリアがないため波動関数が外側に広がり、結果として核半径が基底状態より大きくなる可能性がある。我々は、異なる ^{16}N 生成反応を利用することにより、アイソマー比(基底状態とアイソマー状態の混ざっている割合)の違う ^{16}N 不安定核ビームを2種類生成することに成功した。これらを用いて、それぞれのビームに対する反応断面積を測定し、またアイソマー比はそれぞれ γ 線測定により独立に測定することにより、最終的にアイソマー状態・基底状態それぞれの反応断面積を導出することができる。これまでに得られた予備的な結果を図1.17に示す。直線は単一粒子模型を仮定した計算値であるが、実験値をよく再現しており、この方法が有効であることを示している。

^{16}N アイソマー状態核半径を、より感度よく調べるためには、 ^{16}N の1中性子剥離反応で生成される ^{15}N の運動量分布を測定することが有効である。このような測定を限られた実験スペースで実現するために、飛行時間(TOF)測定のための超高時間分解能 TOF 検出器の開発を行った。クエンチ剤を添加した特殊なプラスチックシンチレータと新型高速光電子増倍管(浜松ホトニクス)を組み合わせて製作した結果、図1.18にプロットされた1次ビームによるテスト実験の成果が示すように、軽核領域においても時間分解能 σ は 10 ps を切る極めてよい値を達成することに成功した。この検出器を用いれば、飛行距離わずか 2 m でも、運動量分解能 0.1 % を余裕で切ることが可能であり、前述のような研究に有効利用できることがわかった。

我々は、 β -NMR(β 線核磁気共鳴)技術を駆使して、短寿命 β 放射性核の電磁気モーメントの測定や、これらの不安定核をプローブとして、物質科学の研究を行っている。液体中の β -NMRによる精密磁気モーメント及び化学シフト測定を目指して、四重極モーメントを持たない核スピン $I=1/2$ の短寿命核 ^{17}N ($T_{1/2} = 4.173\text{ s}$) の液体ニトロメタン (CH_3NO_2) および水 (H_2O) の中の NMR スペクトルを測定した(図5)。 π パルスによるスピン反転を利用することにより線幅の狭い共鳴線が得られ、水中のスペクトルにおいて2成分の存在が明確

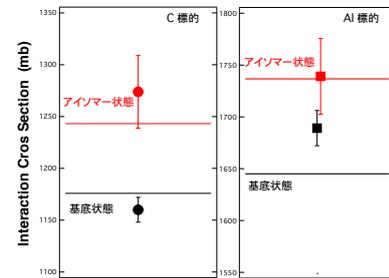


図 1.17: ^{16}N アイソマー状態・基底状態の相互作用(反応)断面積と単一粒子模型計算

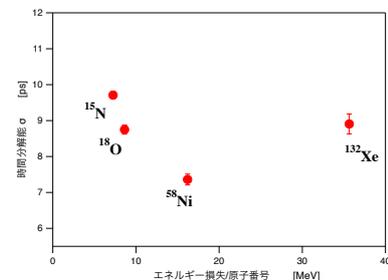


図 1.18: 超高時間分解能 TOF カウンターのテスト結果

に示された。これにより打ち込まれた窒素イオンが水中で少なくとも2種類の化学種を形成することが明らかになった。

パラジウム (Pd) は、大量の水素を室温で可逆的に吸蔵-放出可能な、水素貯蔵材料として優れた性質を示す物質である。最近我々は、電気化学的に水素吸蔵 (電解チャージ) した Pd について、軽い水素同位体として振る舞う正ミュオンによる μ SR 測定を通して、大気中室温で長期間安定な残留水素が存在することを示した。残留水素の存在は、水素吸放出サイクルにおける吸蔵量の低下と関係する重要な問題であり、水素誘起空

孔 (V) による空孔-水素 (V-H) クラスタ形成などの可能性が提案されているが、その直接的証拠はまだ示されていない。Pd 中残留水素の微視的性質を明らかにするために、電解チャージにより作成した水素化パラジウム PdH_x について、焼鈍による水素放出過程での局所構造を μ SR 法により調べた。その結果、図6に示すように、焼鈍温度約 200 °C で放出されるまで、ミュオンスピン緩和スペクトルから得られた局所磁場分布幅 (Δ) は焼鈍温度によらずほぼ一定で、緩和成分の fraction は残留水素濃度 ([H]/[Pd]) とほぼ比例関係にあることが示された。このことから、Pd 中の残留水素が、放出直前まで一定した局所構造、すなわち水素化物相 (β 相) を保つことが明らかになった。

超冷中性子 (UCN) を用いた中性子電気双極子モーメント (nEDM) 測定では、比較的低く、一様性の良い磁場中でラムゼー共鳴を行う。この達成のため重要になる、地磁気など環境磁場を効率良く自動補償する3次元のアクティブシールドの開発を行っている。平均磁場と磁場勾配テンソルの対角要素を自動補償するシステムのプロトタイプを (2m)³ のサイズで構築し (図 1.19)、中心付近での地磁気を 1/50 以下まで下げる。今年度、このシステムに四重極コイルを増設し、勾配テンソルの非対角要素の一つ、磁場の x 成分の y 方向依存

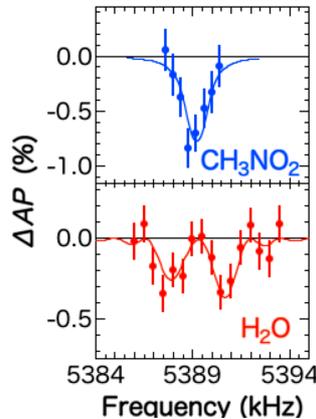


図5: 室温におけるCH₃NO₂およびH₂O中¹⁷Nの β -NMRスペクトル

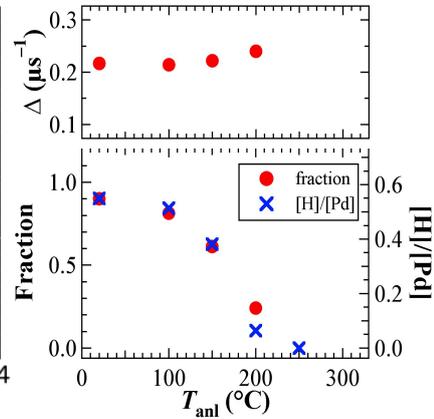


図6: PdH_xの各焼鈍温度における、 μ SRスペクトルから得られた局所磁場分布幅 (Δ) と緩和成分の fraction、および残留水素濃度

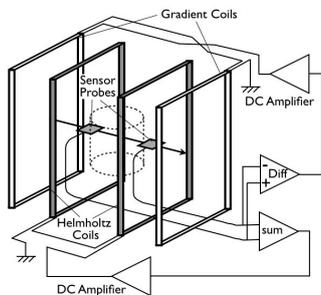


図 1.19: 磁場自動補償システム

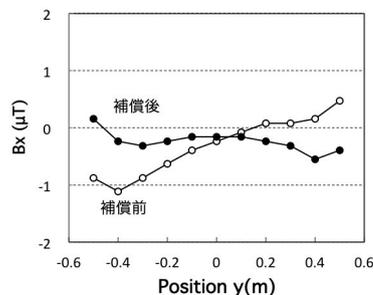


図 1.20: B_x 成分の y 方向依存性

性を手動で補償することに成功した (図 1.20)。

学術雑誌に出版された論文

Temperature-dependent thermal behavior of impurity hydrogen trapped in vacancy-type defects in single crystal ZnOH. Shimizu, W. Sato, M. Mihara^s, T. Fujisawa, M. Fukuda^s, K. Matsuta^sApplied Radiation and Isotopes **140** (Oct.) (2018) 224-227<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.apradiso.2018.07.025>).**Evidence for prevalent $Z = 6$ magic number in neutron-rich carbon isotopes**D.T. Tran, H.J. Ong, G. Hagen, T.D. Morris, N. Aoi, T. Suzuki, Y. Kanada-En'yo, L.S. Geng, S. Terashima, I. Tanihata, T.T. Nguyen, Y. Ayyad, P.Y. Chan, M. Fukuda^s, H. Geissel, M.N. Harakeh, T. Hashimoto, T.H. Hoang, E. Ideguchi, A. Inoue, G.R. Jansen, R. Kanungo, T. Kawabata, L.H. Khiem, W.P. Lin, K. Matsuta^s, M. Mihara^s, S. Momota, D. Nagae, N.D. Nguyen, D. Nishimura, T. Otsuka, A. Ozawa, P.P. Ren, H. Sakaguchi, C. Scheidenberger, J. Tanaka, M. Takechi, R. Wada, T. YamamotoNature Communications **9** (Dec.) (2018) 1594 1-7<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s41467-018-04024-y>).

国際会議報告等

Study of the contribution of the ${}^7\text{Be}(d,p)$ reaction to the ${}^7\text{Li}$ problem in the Big-Bang NucleosynthesisA. Inoue*, A. Tamii, K. Abe, S. Adachi, N. Aoi, M. Asai, M. Fukuda^s, G. Gey, T. Hashimoto, E. Ideguchi, J. Isaak, N. Kobayashi, Y. Maeda, H. Makii, K. Matsuta^s, M. Mihara^s, M. Miura, T. Shima, H. Shimizu, R. Tang, T. Dinh Trong, H. Yamaguchi, L. YangEPJ Web of Conferences **184** (June) (2018) 02007 1-4.

9th European Summer School on Experimental Nuclear Astrophysics (Sep. 2017, 参加者数約 90 名).xxx

In-beam Mössbauer spectra of ${}^{57}\text{Mn}$ implanted into iceY. Yamada*, Y. Sato, Y. Kobayashi, M. Mihara^s, M. K. Kubo, W. Sato, J. Miyazaki, T. Nagatomo, S. Tanigawa, D. Natori, J. Kobayashi, S. Sato, A. KitagawaHyperfine Interactions **239** (July) (2018) 25 1-10.

The 4th Mediterranean Conference on the Applications of the Mössbauer Effect (MECAME 2018) (May. 2018, 参加者数約 60 名).xxx

国際会議における講演等

In-beam Mössbauer spectra of ^{57}Mn implanted into ice

Y. Yamada^{*}, Y. Sato, Y. Kobayashi, M. Mihara^s, M. K. Kubo, W. Sato, J. Miyazaki, T. Nagatomo, S. Tanigawa, D. Natori, J. Kobayashi, S. Sato, A. Kitagawa
 MECAME 2018 -The 4th Mediterranean Conference on the Applications of the Mössbauer Effect (at Zadar, Croatia, May 27-31, 2018, 参加者数約 60 名)

Beta-NMR of short-lived nucleus ^{17}N in liquids

M. Mihara^{s*}, T. Sugihara, M. Fukuda^s, A. Homma, T. Izumikawa, A. Kitagawa, K. Matsuta^s, T. Minamisono^s, S. Momota, T. Nagatomo, H. Nishibata, D. Nishimura, K. Ohnishi, T. Ohtsubo, A. Ozawa, S. Sato, M. Tanaka^{DC}, R. Wakabayashi, S. Yagi^m, R. Yanagihara^b
 HYPERFINE 2019 -International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (at Goa, India, Feb. 10-15, 2019, 参加者数約 100 名)

Homogeneous Magnetic Field for the Neutron Electric Dipole Moment (n-EDM) Measurement using Ultra-cold Neutrons

K. Matsuta^{s*}, Y. Masuda, M. Mihara^s
 HYPERFINE 2019 -International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (at Goa, India, Feb. 10-15, 2019, 参加者数約 100 名)

Measurements of Interaction Cross Sections and Charge-changing Cross Sections for Ca and Ni Isotopes at RIBF

M. Tanaka^{DC*}, M. Fukuda^s, M. Takechi, A. Homma, T. Ohtsubo, M. Mihara^s, K. Matsuta^s, et al.
 The 10th China-Japan Joint Nuclear Physics Symposium, November 18-23, 2018, Huizhou, 参加者約 80 名

Nuclear Matter Radii of Ca Isotopes across the Neutron Magic Number $N = 28$ Via Interaction Cross Section Measurements

M. Tanaka^{DC*}, M. Fukuda^s, M. Takechi, A. Homma, T. Ohtsubo, M. Mihara^s, K. Matsuta^s, et al.
 Int. Conf. on Nucleus-Nucleus Collisions (NN2018), (at Omiya, Saitama, 4-8 Dec. 2018, 参加者数約 200 名)

Development of a Method to Deduce Point-Proton Radii from Charge Changing Cross Sections (poster)

A. Homma^{*}, M. Takechi, M. Tanaka^{DC}, M. Fukuda^s, et al.
 Int. Conf. on Nucleus-Nucleus Collisions (NN2018), (at Omiya, Saitama, 4-8 Dec. 2018, 参加者数約 200 名)

Recent progress of reaction cross section studies at RIBF and HIMACM. Fukuda^{s*} (invited)

Workshop on “Proton and Neutron Densities and Radii in Nuclei and Related Topics”, December 17-19, 2018, Beihang University, Beijing, 参加者数約 60 名)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

Nucleon pickup cross sections to explore nucleon momentum distributions and nuclear structureM. Fukuda^{s*}, N. Tadano, S. Yamaoka^m, M. Tanaka^{DC}, J. Ohno^m, D. Nishimura, M. Takechi, H. Du^m, S. Fukuda, T. Izumikawa, Y. Kanke, A. Kitagawa, K. Matsuta^s, M. Mihara^s, S. Momota, D. Murooka, T. Ohtsubo, H. Oikawa, S. Sato, J. Shimaya^b, Y. Takeuchi, S. Suzuki, T. Suzuki, Y. Tanaka^m, T. Yamaguchi

第5回 日米物理学会 合同核物理分科会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2018年10月23日 - 10月27日)

ミュオンによるパラジウム中残留水素の局所状態観察三原 基嗣^{s*}, 荒木秀樹, 下村浩一郎, 髭本亘, 水野正隆, 杉田和樹, 小林篤史, 近藤雅史, 田中佑樹, 来山雄太, 友野大, 鳥養映子, 佐藤渉, 大久保寛治, 村上涼馬, 松崎禎市郎, 門野良典, 中野岳仁, 福田隆

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 同志社大学、2018 年 9 月 9 日 - 9 月 12 日)

¹²⁹Xe comagnetometer for neutron EDM experiment三原 基嗣^{s*}, 増田康博, 松多 健策^s

第5回 日米物理学会 合同核物理分科会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2018年10月23日 - 10月27日)

Beta-NMR of short-lived nuclei in liquid media for *g*-factor measurements三原 基嗣^{s*}, 杉原 貴信^m, 松多 健策^s, 福田 光順^s, 田中 聖臣^{DC}, 若林 諒^m, 大西 康介^m, 八木 翔一^m, 南園 忠則ⁱ, 泉川卓司, 百田佐多生, 本間彰, 大坪隆, 西村太樹, 小沢顕, 長友傑, 佐藤眞二, 北川敦志

第5回 日米物理学会 合同核物理分科会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2018年10月23日 - 10月27日)

Development of Homogeneous Magnetic Field for the Measurement of Neutron EDM松多 健策^{s*}, 増田康博, 三原 基嗣^s

第5回 日米物理学会 合同核物理分科会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2018年10月23日 - 10月27日)

Development of scintillation counter with ultra-high time resolution and its application to research of fragment momentum distributions (ポスター)

M. Fukutome^{b*}, M. Fukuda^s, D. Nishimura, T. Suzuki, M. Takechi, T. Ohtsubo, M. Mihara^s, K. Matsuta^s, et al.

第5回 日米物理学会 合同核物理分科会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2018年10月23日 - 10月27日)

核子ピックアップ反応による核内核子運動量分布の研究 II

福田 光順^{**}, 只野奈津生, 田中 聖臣^{DC}, 若林 諒^m, 福留 美樹^b, 山岡 慎太郎^m, 大野 淳一^m, 三原 基嗣^s, 松多 健策^s, 鈴木健, 山口貴之, 坂上護, 西村太樹, 大坪隆, 武智麻耶, 富田瑞樹, 茂住圭一, 山口滉太, 泉川卓司, 佐藤眞二, 福田茂一, 北川敦志

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学、2019年3月14日 - 3月17日)

中性子過剰 N(窒素) 同位体の反応断面積測定

若林 諒^{m*}, 福田 光順^s, 大西 康介^m, 田中 聖臣^{DC}, 松多 健策^s, 杉原 貴信^m, 八木 翔一^m, 中村 翔健^b, 堀 太地^b, 柳原 陸斗^b, 鈴木健, 山口貴之, 加藤郁磨, 藤井朋也, 三ツ井俊也, 西村大樹, 大坪隆, 武智麻耶, 本間彰, 宮田恵理, 西塚賢治, 池田彩夏, 高野健太, 塩田柁貴, 星野寿春, 泉川卓司, 森口哲朗, 佐藤眞二, 福田茂一, 北川敦志

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学、2019年3月14日 - 3月17日)

中性子 EDM 測定のための ¹²⁹Xe 核スピン磁力計の開発 XII

三原 基嗣^{**}, 増田康博, 松多 健策^s

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学、2019年3月14日 - 3月17日)

中性子 EDM 測定のための一様磁場の開発 (7)

松多 健策^{**}, 増田康博, 三原 基嗣^s

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学、2019年3月14日 - 3月17日)

超高時間分解能のプラスチックシンチレーションカウンターの開発と運動量分布測定への応用 (ポスター)

福留 美樹^{b*}, 福田 光順^s, 三原 基嗣^s, 若林 諒^m, 鈴木健, 山口貴之, M. Nassurlla, 藤居朋也, 横田健次郎, 坂上護, 大坪隆, 武智麻耶, 野口法秀, 片山美稀, 成瀬彩夏, 吉村暢也, 生越瑞揮, 本間彰, 山口滉太, 富田瑞樹, 茂住圭一, 泉川卓司, 西村太樹, 小沢顕, 森口哲朗, 百田佐多生, Ronja Kehl

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学、2019年3月14日 - 3月17日)

重粒子線による核反応断面積の研究

福田 光順^{**}, 田中 聖臣^{DC}, 大西 康介^m, 杉原 貴信^m, 八木 翔一^m, 本間彰, 武智麻耶, 西村

太樹, 大坪隆, 鈴木健, 三原 基嗣^s, 松多 健策^s, et al.

2017年度放医研 HIMAC 共同利用研究成果報告会 (於 ホテルポートプラザちば、2018年4月16 - 17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*}, 松多健策, 福田光順, 南園忠則, 田中聖臣, 杉原貴信, 大西康介, 八木翔一, 西村太樹, 泉川卓司, 大坪隆, 本間彰, 小沢颯, 長友傑, 北川敦志, 佐藤真二, 百田佐多生

2017年度放医研 HIMAC 共同利用研究成果報告会 (於 ホテルポートプラザちば、2018年4月16 - 17日)

Behavior of hydrogen in Pd during hydrogen absorption-desorption process studied by muon

M. Mihara^{s*}

2017年度 J-PARC/MUSE 成果報告会 (2018年7月4-5, 高エネルギー加速器研究機構 東海1号館)

ミュオンスピン回転/緩和法によるパラジウム中水素の局所状態観察

三原 基嗣^{s*}, 荒木秀樹, 下村浩一郎, 髭本亘, 水野正隆, 杉田和樹, 小林篤史, 近藤雅史, 田中佑樹, 来山雄太, 友野大, 鳥養映子, 佐藤渉, 松崎禎市郎, 門野良典, 中野岳仁, 福田隆, 渡邊功雄

研究会「金属中の水素の拡散と局在の現状と展開」(於 キャンパスイノベーションセンター 東京、2018年8月7日)

ミュオンによるパラジウム中水素の吸蔵・放出過程における局所状態観察

三原 基嗣^{s*}, 荒木秀樹, 下村浩一郎, 髭本亘, 水野正隆, 杉田和樹, 小林篤史, 近藤雅史, 田中佑樹, 来山雄太, 友野大, 鳥養映子, 佐藤渉, 大久保寛治, 村上涼馬, 松岡直希, 渡邊功雄, 松崎禎市郎, 門野良典, 中野岳仁, 福田隆

平成30年度 KUR 専門研究会「短寿命 RI を用いた核分光と核物性研究 V」(於 京大複合原子力科学研、2018年12月18日 - 12月19日)

超冷中性子を用いた中性子電気双極子能率探索のための精密磁場開発

松多 健策^{s*}, 三原 基嗣^s, 増田康博

平成30年度 KUR 専門研究会「短寿命 RI を用いた核分光と核物性研究 V」(於 京大複合原子力科学研、2018年12月18日 - 12月19日)

π パルスによる H₂O 中 ¹⁷N の精密 NMR スペクトル測定

三原 基嗣^{s*}, 松多 健策^s, 福田 光順^s, 南園 忠則ⁱ, 田中 聖臣^{DC}, 若林 諒^m, 柳原 陸斗^b, 杉原 貴信^m, 大西 康介^m, 八木 翔一^m, 西畑 洗希, 長友傑, 泉川卓司, 本間彰, 大坪隆, 西村太樹, 百田佐多生, 小沢颯, 北川敦志, 佐藤真二

平成30年度 KUR 専門研究会「短寿命 RI を用いた核分光と核物性研究 V」(於 京大複合

原子力科学研、2018年12月18日 - 12月19日)

HIMAC 二次ビームラインでの核モーメント・核物性研究

三原 基嗣^{**}

第10回停止・低速RIビームを用いた核分光研究会 (10th SSRI) (於 九州大学、2019年3月18日 - 3月19日)

不安定核ビームを用いた反応断面積測定と核半径・密度分布 (招待講演)

福田 光順^{**}

電子散乱による原子核研究-陽子半径、不安定核の電荷密度分布を中心に-(於 東北大学電子光理学研究センター、2019年3月20日 - 3月21日)

核反応で探る原子核構造 (招待講演)

福田 光順^{**}

九州大学理学研究院理論核物理研究室セミナー (於 九州大学理学研究院、2018年7月6日)

1.5 小林グループ

平成 30 年度の研究活動概要

半導体や金属を微細加工して作製される微小な電子回路をメゾスコピック系と呼ぶ。その最大の特長は、量子力学的効果が本質的であるようなスケールにおいて、制御性の高い実験ができる点にある。実際に、微小な電子波干渉計や、量子ドット（人工原子）等で発現する電子の電荷・スピン・コヒーレンス・多体効果に基づく多彩な量子現象とその制御は、1980年代以降、物性物理学の発展に大きな貢献を果たしてきた。

小林グループでは、このようなメゾスコピック系における様々な現象、主に量子多体現象、非平衡現象、スピン輸送現象などに注目して研究を行っている。高精度な電流ゆらぎ測定やスピン輸送測定を行うことで、定量的に量子輸送・スピン輸送を観測・制御することができ、これまで実現が困難であったような実験に挑むことが可能になる。さらにメゾスコピック系ならではの新しい現象の発見を目指して研究を進めている。

平成 30 年度、我々は主として以下のテーマに取り組んだ。

- a) 近藤効果-超伝導接合系におけるゆらぎ
- b) 近藤効果における非平衡輸送と多体相関検出
- c) 高周波印加による単電子放出と検出技術の開発
- d) 二重量子ドットにおけるファノ効果
- e) 表面弾性波を用いた原子層超伝導体の伝導特性の変調
- f) 原子層超伝導体におけるスピン輸送測定
- g) 異方的超伝導体におけるスピン輸送測定
- h) スピングラスにおける非線形スピン流電流変換
- i) 三角格子反強磁性体におけるスピンゆらぎの効果
- j) カイラル磁性体 CrNb_3S_6 薄膜における磁気輸送測定

以下では、「a) 近藤効果-超伝導接合系におけるゆらぎ」、「i) 三角格子反強磁性体におけるスピンゆらぎの効果」について紹介する。

近藤効果-超伝導接合系におけるゆらぎ

近藤効果とは、固体中の局在電子のスピンがその周りの伝導電子のスピンと結合することによって、特異なスピン一重項（近藤状態）を形成する量子多体現象である。我々は、過去数年にわたって、カーボンナノチューブを用いて作製した量子ドットにおける近藤効果の研究を行ってきた。

一方、超伝導は、金属中の電子がクーパー対という運動量空間でのスピン一重項を形成することによって生じる量子多体現象である。超伝導体と常伝導体との接合においては、アンドレーフ散乱と呼ばれる現象が起こることが知られている。これは、常伝導体側から接合に入射した電子が、ホールとして元の道に戻って行き、超伝導体中にはクーパー対が形成されるという現象である。その結果として接合の電気伝導度が増大する。この現象は、超伝導体中にクーパー対が形成されていることが電気伝導に顕著に現れる興味深い現象である。

本年度、我々は、カーボンナノチューブ量子ドットに超伝導体を接合した素子において実現される近藤効果超伝導接合系の研究を行った。本研究は、近藤状態とクーパー対という、二種類の質的に異なるスピン重項が共存した系における非平衡電流ゆらぎに関する最初のものである。

我々は、ゲート電圧を変化させることによって量子ドット内の電子数を制御し、磁場印加中の常伝導状態においてSU(2)近藤状態とSU(4)近藤状態の両方をユニタリ極限と呼ばれる理想的な状況で実現することに成功した。さらに、超伝導状態（無磁場）において、電流ゆらぎを特徴づけるファノ因子が異常に増大することを見出した。特に、低バイアス領域における電流ゆらぎの発散が、多重アンドレーフ散乱に基づく既存の理論では説明できないことを示した。我々の実験結果は、近藤効果が電流ゆらぎの増大に関与していることを定量的に証拠づけるものである。

三角格子反強磁性体におけるスピンゆらぎの効果

反強磁性的に結合するスピンを二次元三角格子上に並べた系は、フラストレーションの観点から非常に興味深く、さまざまな研究が行われている。特にスピンの方向がアップとダウンしか許されないイジングスピン系では、温度ゼロの極限まで長距離秩序は存在しない。しかし現実の系では、最近接のスピンだけでなく、2次及び3次近接のスピン間相互作用まで取り込む必要があり、この場合、有限温度に新たな磁気秩序相が存在することがある。このような相は「部分無秩序相」と呼ばれる。三角格子上のスピンのうち、いくつか部分的にアップかダウンかの方向が固定されず、常磁性的な振る舞いをするに因んで名付けられている。Ag₂CrO₂は高い伝導性を示し、低温において部分無秩序相が実現する系として知られている。一方で単結晶成長が非常に難しく、部分無秩序相に関して未解明な部分が多い。

そこで本研究では、多結晶Ag₂CrO₂をマイクロメートルサイズに微細化することで、試料を単結晶化した。具体的には、3次元グラファイト結晶から2次元グラファイトシートを取り出すと同様の手法を用いて、数 μm サイズ、高さ100 nm程度の微小薄膜試料を得た。そこに、電子線リソグラフィーの手法を用いて、電極を取り付け、磁気輸送測定を行った。

まずゼロ磁場下で電気抵抗を測定したところ、部分無秩序相に磁気転移する温度(25 K)で、明瞭な電気抵抗率の減少を観測した。この電気抵抗率の減少は、強いスピンゆらぎが磁気転移することで抑えられ、伝導電子の散乱確率が減少することに起因する。特筆すべきは、この減少率で、多結晶試料よりも一桁程度大きな値を得た。このことは、得られた試料が単結晶もしくはそれに非常に近いことを表している。さらに磁気抵抗を測定した結果、ゼロ磁場を対称にバタフライ型の磁気抵抗を観測した。通常磁性体の場合でも同様のバタフライ型磁気抵抗は観測されうるが、Ag₂CrO₂の場合、磁気転移温度で磁気抵抗が最大になる振る舞いを観測した。この結果は、一軸異方性を有する系において、スピンゆらぎの効果が磁気抵抗に顕著に現れることを初めて示したものである。

学術雑誌に出版された論文

Electrical contacts to thin layers of Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+ δ}

S. Suzuki^m, H. Taniguchi^d, T. Kawakami^m, M. Cosset-Cheneau, T. Arakawa^s, S. Miyasaka,

S. Tajima, Y. Niimi^s, and K. Kobayashi^s

Appl. Phys. Express **11** (No. 5, Apr.) (2018) 053201 1-4

(<http://dx.doi.org/doi:10.7567/apex.11.053201>).

Direct extraction of electron parameters from the magnetoconductance analysis in mesoscopic ring array structure

A. Sawada, S. Faniel, S. Mineshige, S. Kawabata, K. Saito, K. Kobayashi^s, Y. Sekine, H. Sugiyama, and T. Koga

Phys. Rev. B **97** (No. 19, May) (2018) 195303 1-11

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.97.195303>).

Fano effect in the transport of an artificial molecule

S. Norimoto^{DC}, S. Nakamura, Y. Okazaki, T. Arakawa^s, K. Asano, K. Onomitsu, K. Kobayashi^s, and N. Kaneko

Phys. Rev. B **97** (No. 19, May) (2018) 195313 1-8

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.97.195313>).

Enhanced shot noise of multiple Andreev reflections in a carbon nanotube quantum dot in SU(2) and SU(4) Kondo regimes

T. Hata^{DC}, R. Delagrangé, T. Arakawa^s, S.-H. Lee^d, R. Deblock, H. Bouchiat, K. Kobayashi^s, and M. Ferrierⁱ

Phys. Rev. Lett. **121** (No. 24, Dec.) (2018) 247703 1-5

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.121.247703>).

Relation between spin Hall effect and anomalous Hall effect in 3d ferromagnetic metals

Y. Omori, E. Sagasta, Y. Niimi^s, M. Gradhand, L. E. Hueso, F. Casanova, and Y. Otani

Phys. Rev. B **99** (No. 1, Jan.) (2019) 014403 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.99.014403>).

国際会議報告等

New Explorer at Exotic Boundary: How Superconductivity and Quantum Hall Effect Go Together

K. Kobayashi^s

JPSJ News and Comments **01** (Jan.) (2019) 01.

国際会議における講演等

Strong suppression of spin Hall effects induced by spin fluctuationsH. Taniguchi^{d*}, T. Arakawa^s, T. Taniguchi, Y. Niimi^s, K. Kobayashi^s

2018 IEEE International Magnetic Conference (INTERMAG 2018) (at Singapore, Apr. 23-27, 2018, 参加者数約 1500 名)

Fabrication and electrical measurements of CrNb₃S₆ thin films (poster)R. Kawahara^{m*}, H. Taniguchi^d, T. Kawakami^m, Y. A. Alaoui, T. Arakawa^s, A. Inui, Y. Shimamoto, Y. Kosaka, Y. Togawa, Y. Niimi^s, and K. Kobayashi^sInternational Symposium on Chiral Magnetism (χ -mag 2018) (at Nara, Jul. 25t-28, 2018, 参加者数約 50 名)**Fano effect in the transport of an artificial molecule**S. Norimoto^{DC*}, S. Nakamura, Y. Okazaki, T. Arakawa^s, K. Asano, K. Onomitsu, K. Kobayashi^s, and N. Kaneko

the 34th International Conference on Physics of Semiconductors (ICPS2018) (at Montpellier, Jul. 29 - Aug. 3, 2018, 参加者数約 800 名)

Application of 2D antiferromagnetic materials to spintronic devicesY. Niimi^{s*} (invited)

One-Day Symposium on Spintronic Properties of Graphene and Related 2D Materials (at Kashiwa, Nov. 22, 2018, 参加者数約 80 名)

Magnetotransport measurements in triangular antiferromagnet Ag₂CrO₂ thin film (poster)H. Taniguchi^{d*}, S. Suzuki^m, T. Arakawa^s, H. Yoshida, Y. Niimi^s, and K. Kobayashi^s

One-Day Symposium on Spintronic Properties of Graphene and Related 2D Materials (at Kashiwa, Nov. 22, 2018, 参加者数約 80 名)

Application of thin layers of high-T_C superconductor Bi2212 to spintronic devices (poster)S. Suzuki^{m*}, H. Taniguchi^d, T. Kawakami^m, T. Arakawa^s, S. Miyasaka, S. Tajima, Y. Niimi^s, and K. Kobayashi^s

One-Day Symposium on Spintronic Properties of Graphene and Related 2D Materials (at Kashiwa, Nov. 22, 2018, 参加者数約 80 名)

Electrical conduction of NbSe₂ thin film modulated by surface acoustic waves (poster)M. Yokoi^{DC*}, T. Kawamura^m, T. Arakawa^s, H. Fukuyama, Y. Niimi^s, and K. Kobayashi^s

the International Symposium for Materials Scientists III (ISMS III) "Inspiration for Inno-

vation by Interaction” (at Toyonaka, Dec. 3-4, 2018, 参加者数約 50 名)

Magnon-assisted nonlinear conduction in CoFeB/MgO/CoFeB Magnetic Tunnel Junction (poster)

S. Iwakiri^{DC*}, S. Norimoto^{DC}, T. Asano, T. Arakawa^s, S. Kasai, Y. Niimi^s, K. Kobayashi^s
the International Symposium for Materials Scientists III (ISMS III) “Inspiration for Innovation by Interaction” (at Toyonaka, Dec. 3-4, 2018, 参加者数約 50 名)

Non-equilibrium Fluctuations in Strongly Correlated Quantum Liquids

K. Kobayashi^{s*} (invited)

International Symposium in Honor of Professor Nambu for the 10th Anniversary of his Nobel Prize in Physics (at Osaka, Dec. 12-13, 2018, 参加者数約 150 名)

Magnetoresistance measurements in superconducting Bi/Ni nanowire (poster)

M. Tokuda^{m*}, K. Iwashita^m, N. Kabeya^m, H. Taniguchi^d, T. Arakawa^s, Y. Niimi^s, K. Kobayashi^s, X.-X. Gong, D. Yue, and X.-F. Jin

International Symposium in Honor of Professor Nambu for the 10th Anniversary of his Nobel Prize in Physics (at Osaka, Dec. 12-13, 2018, 参加者数約 150 名)

Application of 2D antiferromagnetic materials to spintronic devices

H. Taniguchi^d, S. Suzuki^m, T. Kawakami^m, T. Arakawa^s, H. Yoshida, S. Miyasaka, S. Tajima, K. Kobayashi^s, and Y. Niimi^{s*} (invited)

CSRN-Osaka Annual Workshop 2018 (at Osaka, Dec. 12-13, 2018, 参加者数約 50 名)

Fano effect in the transport of an artificial molecule (poster)

S. Norimoto^{DC*}, S. Nakamura, Y. Okazaki, T. Arakawa^s, K. Asano, K. Onomitsu, K. Kobayashi^s, and N. Kaneko

CSRN-Osaka Annual Workshop 2018 (at Osaka, Dec. 12-13, 2018, 参加者数約 50 名)

Magnetoresistance and Hall resistance measurements in triangular antiferromagnet Ag₂CrO₂ thin film (poster)

H. Taniguchi^{d*}, S. Suzuki^m, T. Arakawa^s, H. Yoshida, Y. Niimi^s, and K. Kobayashi^s

CSRN-Osaka Annual Workshop 2018 (at Osaka, Dec. 12-13, 2018, 参加者数約 50 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

近藤効果の非平衡ゆらぎ

小林 研介^{s*}

物性研究所談話会 (於 東京大学物性研究所, 2018 年 7 月 6 日)

電流ゆらぎ測定の高効率化 (ポスター)

浅野 拓也 ^{m*}, 秦 徳郎 ^{DC}, 則元 将太 ^{DC}, 岩切 秀一 ^{DC}, S.-H. Lee ^d, 荒川 智紀 ^s, 新見 康洋 ^s, 小林 研介 ^s

第63回物性若手夏の学校 (於 愛知県蒲都市, 2018年7月24日- 28日)

メゾスコピック系における単一電子制御と干渉現象 (ポスター)

則元 将太 ^{DC*}

第六回インタラクティブカデット交流会 (於 京都市, 2018年8月27日- 28日)

量子細線における伝導度及び雑音解析 (ポスター)

S.-H. Lee ^{d*}, 浅野 拓也 ^m, 新見 康洋 ^s, 小林 研介 ^s

第六回インタラクティブカデット交流会 (於 京都市, 2018年8月27日- 28日)

Bi/Ni 超伝導薄膜におけるスピン緩和時間測定 (ポスター)

岩下 孔明 ^{m*}, 徳田 将志 ^m, 壁谷 奈津紀 ^m, 谷口 祐紀 ^d, 荒川 智紀 ^s, 新見 康洋 ^s, 小林 研介 ^s, X.-X. Gong, D. Yue, X.-F. Jin

日本物理学会 2018年秋季大会 (於 同志社大学, 2018年9月9日 - 9月12日)

AuCr スピングラスにおけるスピンホール効果の測定 (ポスター)

井邊 昂志 ^{m*}, 谷口 祐紀 ^d, 荒川 智紀 ^s, 谷口 年史, 新見 康洋 ^s, 小林 研介 ^s

日本物理学会 2018年秋季大会 (於 同志社大学, 2018年9月9日 - 9月12日)

Bi/Ni 薄膜におけるスピンホール効果の測定 (ポスター)

徳田 将志 ^{m*}, 岩下 孔明 ^m, 壁谷 奈津紀 ^m, 谷口 祐紀 ^d, 荒川 智紀 ^s, 新見 康洋 ^s, 小林 研介 ^s, X.-X. Gong, D. Yue, X.-F. Jin

日本物理学会 2018年秋季大会 (於 同志社大学, 2018年9月9日 - 9月12日)

三角格子反強磁性体 Ag_2CrO_2 薄膜におけるホール効果測定 (ポスター)

谷口 祐紀 ^{d*}, 鈴木 将太 ^m, 荒川 智紀 ^s, 吉田 紘行, 新見 康洋 ^s, 小林 研介 ^s

日本物理学会 2018年秋季大会 (於 同志社大学, 2018年9月9日 - 9月12日)

MHz 帯における磁気トンネル接合の雑音測定

岩切 秀一 ^{DC*}, 則元 将太 ^{DC}, 浅野 拓也 ^m, 荒川 智紀 ^s, 葛西 伸哉, 新見 康洋 ^s, 小林 研介 ^s

日本物理学会 2018年秋季大会 (於 同志社大学, 2018年9月9日 - 9月12日)

カイラル磁性体 CrNb_3S_6 薄膜における磁気抵抗測定 (ポスター)

川原 遼馬 ^{m*}, 谷口 祐紀 ^d, 河上 司 ^m, Y. A. Alaoui, 荒川 智紀 ^s, 乾 皓人, 島本 雄介, 高阪 勇輔, 戸川 欣彦, 新見 康洋 ^s, 小林 研介 ^s

日本物理学会 2018年秋季大会 (於 同志社大学, 2018年9月9日 - 9月12日)

高温超伝導体 Bi2212 薄膜のキャリア密度変調の試み (ポスター)

鈴木 将太 ^{m*}, 谷口 祐紀 ^d, 河上 司 ^m, 荒川 智紀 ^s, 宮坂 茂樹, 田島 節子, 新見 康洋 ^s, 小林 研介 ^s

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 同志社大学, 2018 年 9 月 9 日 - 9 月 12 日)

極低温高周波測定系の評価と単電子源の分光測定 (ポスター)

則元 将太 ^{DC*}, 岩切 秀一 ^{DC}, 浅野 拓也 ^m, 荒川 智紀 ^s, 新見 康洋 ^s, 小林 研介 ^s

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 同志社大学, 2018 年 9 月 9 日 - 9 月 12 日)

近藤効果における 3 体相関の実験的検出

秦 徳郎 ^{DC*}, 荒川 智紀 ^s, S.-H. Lee ^d, 小林 研介 ^s, M. Ferrier ⁱ, R. Delagrangé, R. Deblock, 寺谷 義道, 小栗 章, 阪野 壘

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 同志社大学, 2018 年 9 月 9 日 - 9 月 12 日)

スピン間強結合系におけるスピン変換現象

新見 康洋 ^{s*}

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 同志社大学, 2018 年 9 月 9 日 - 9 月 12 日)

グラフェンの巨大反磁性検出を目指して

小林 研介 ^{s*}

平成 30 年度東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究会「電荷とスピンの制御に基づく精密物性科学の構築とデバイス応用」 (於 仙台市, 2018 年 11 月 1 日- 2 日)

二次元三角格子反強磁性体の磁気抵抗

新見 康洋 ^{s*}

平成 30 年度東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究会「電荷とスピンの制御に基づく精密物性科学の構築とデバイス応用」 (於 仙台市, 2018 年 11 月 1 日- 2 日)

量子ドットのファノ効果

則元 将太 ^{DC*}

研究会&科研費報告会「メゾスコピック系における平衡スピン輸送の微視的理解とその制御」 (於 柏, 2018 年 11 月 22 日- 23 日)

スピン流の雑音

岩切 秀一 ^{DC*}

研究会&科研費報告会「メゾスコピック系における平衡スピン輸送の微視的理解とその制御」 (於 柏, 2018 年 11 月 22 日- 23 日)

Magnetoresistance measurements in superconducting Bi/Ni nanowire (ポス

ター)

M. Tokuda^{m*}, K. Iwashita^m, N. Kabeya^m, H. Taniguchi^d, T. Arakawa^s, Y. Niimi^s, K. Kobayashi^s, X.-X. Gong, D. Yue, and X.-F. Jin

第12回物性科学領域横断研究会 (於 奈良先端科学技術大学院大学, 2018年11月30日- 12月1日)

高温超伝導体 Bi2212 のスピン輸送素子への応用 (ポスター)

鈴木 将太^{m*}

第12回物性科学領域横断研究会 (於 奈良先端科学技術大学院大学, 2018年11月30日- 12月1日)

ゆらぎで探る量子液体

小林 研介^{s*}

東京大学物性研究所短期研究会「量子多体効果が生み出す液晶的電子状態」(於 柏, 2018年12月27日- 28日)

Inverse spin Hall effect and magnetoresistance in superconducting Bi/Ni nanowire (ポスター)

M. Tokuda^{m*}, K. Iwashita^m, N. Kabeya^m, H. Taniguchi^d, T. Arakawa^s, Y. Niimi^s, K. Kobayashi^s, X.-X. Gong, D. Yue, and X.-F. Jin

平成30年度スピン変換年次報告会 (於 東北大学 AIMR 本館, 2019年3月18日- 19日)

AuFe スピングラスにおける異常ホール効果とスピンホール効果の測定 (ポスター)

井邊 昂志^{m*}, 谷口 祐紀^d, 荒川 智紀^s, 谷口 年史, 新見 康洋^s, 小林 研介^s

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学, 2019年3月14日 - 3月17日)

Bi/Ni 超伝導ナノ細線の磁気抵抗測定 (ポスター)

徳田 将志^{m*}, 岩下 孔明^m, 壁谷 奈津紀^m, 谷口 祐紀^d, 荒川 智紀^s, 新見 康洋^s, 小林 研介^s, X.-X. Gong, D. Yue, and X.-F. Jin

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学, 2019年3月14日 - 3月17日)

表面弾性波照射による層状超伝導薄膜の伝導特性の変調

横井 雅彦^{DC*}, 河村 智哉^m, 藤原 聖士^b, 荒川 智紀^s, 福山 寛, 新見 康洋^s, 小林 研介^s

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学, 2019年3月14日 - 3月17日)

微細加工技術の開発と GaAs 系二次元電子系単電子源への応用

則元 将太^{DC*}, 岩切 秀一^{DC}, 横井 雅彦^{DC}, 荒川 智紀^s, 新見 康洋^s, 小林 研介^s

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学, 2019年3月14日 - 3月17日)

スピン軌道トルクによる磁化の準安定状態の観測

岩切 秀一^{DC*}, 杉本 聡志, 新見 康洋^s, 小林 研介^s, 葛西 伸哉

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

三角格子反強磁性体 Ag_2CrO_2 薄膜における磁気輸送測定

谷口 祐紀^{d*}, 鈴木 将太^m, 荒川 智紀^s, 吉田 紘行, 新見 康洋^s, 小林 研介^s

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

カイラル磁性体 CrNb_3S_6 薄膜における磁気輸送測定

川原 遼馬^{m*}, 谷口 祐紀^d, 河上 司^m, Y. A. Alaoui, 荒川 智紀^s, 乾 皓人, 島本 雄介, 高阪 勇輔, 戸川 欣彦, 新見 康洋^s, 小林 研介^s

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

電流ゆらぎ測定と解析の高効率化 (ポスター)

浅野 拓也^{m*}, 秦 徳郎^{DC}, 則元 将太^{DC}, S.-H. Lee^d, 荒川 智紀^s, 新見 康洋^s, 小林 研介^s

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

高温超伝導体 Bi2212 /グラフェン二層構造の電気伝導特性 (ポスター)

鈴木 将太^{m*}, 谷口 祐紀^d, 河上 司^m, 荒川 智紀^s, 宮坂 茂樹, 田島 節子, 新見 康洋^s, 小林 研介^s

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

書籍の出版, 日本語の解説記事等

位相とスピンのコヒーレンスの精密測定

新見 康洋^s

固体物理 **53**, 249 (2018).

磁気ゆらぎの強い系でのスピン変換

新見 康洋^s

パリティ Vol. **34**, No. 1, 17 (2019).

1.6 田島グループ

平成30年度の研究活動概要

1) 1111型鉄化合物超伝導体の電子相図と局所構造因子

マルチバンド系である鉄系超伝導体では、その電気伝導や超伝導にFeの異なる3d電子軌道の特性を持った複数のフェルミ面が関与している。元素置換による圧力効果などにより、Fe周囲の局所結晶構造が変化し、それと関連するように電子・ホールフェルミ面の形状が変化する。それに伴いフェルミ面間のネスティングが変化し、それを媒介とした超伝導や磁気的性質が変わる。

本研究グループでは、 $\text{LaFeAs}_{1-x}\text{P}_x\text{O}_{1-y}(\text{F}/\text{H})_y$ のF/H濃度 $y=0-0.4$ の合成を行い、電子状態相図を明らかにしてきた。 $y \leq 0.1$ の低電子ドープ領域では、 $x=0$, $x=0.4$ 付近にフェルミ面の形状およびネスティングの変化の伴い、2つの超伝導相(SC1, SC2)が存在することが判明した。一方、 $y \geq 0.2$ の高電子ドープ領域では、過剰な電子ドープによりネスティング条件が悪化し、むしろ実空間における次近接Feスピン間の磁気ゆらぎに起因する超伝導相(SC3)が、 $x=0$ 付近で出現することが判明している。

希土類元素をLaからNdに変えた $\text{NdFeAs}_{1-x}\text{P}_x\text{O}_{1-y}(\text{F}/\text{H})_y$ の電子相図の解明を今年度に行った。La系に比べ、Nd系ではFe周囲の局所構造、特に2次元Fe面とAs/P面との距離(h_{Pn})が縮み、それに伴い xy 軌道特性を持つホールフェルミ面の拡大や次近接磁気ゆらぎの増大が生じる。その結果、As濃度100%($x=0$)付近に出現するSC1とSC3の2つの超伝導相が拡大し、1つの大きな超伝導相となっていることが判明した。一方で、 xy 軌道特性を持つフェルミ面との関連性が低いSC2超伝導相の安定性は、La系とはほとんど同じであることが判明した。放射光X線回折実験により、La系、Nd系の詳細な結晶構造解析を行った結果、SC2, SC1, SC3の順に h_{Pn} が増大し、(As/P)-Fe-(As/P)ボンド角 α は減少し、 $h_{Pn}=1.38 \text{ \AA}$ 、 $\alpha=109.5$ 付近において、超伝導転移温度が最高となることが判明した。この結果は、ネスティング描像で理解できるSC1, SC2超伝導相だけではなく、ネスティング描像が破綻しているSC3相も含めて、1111系全般において、超伝導の最適な局所結晶構造が存在していることを示唆している。

2) $\text{Sr}_2\text{VFeAsO}_3$ におけるVサイトの元素置換効果

$\text{Sr}_2\text{VFeAsO}_3$ は、ペロブスカイト型構造を取る分厚いブロック層を有し、元素置換することなしに37Kという比較的高い超伝導転移温度を示す鉄系超伝導体である。一方、ブロック層のVをScやCrに変えた物質は超伝導を示さずに、それぞれFeサイトの反強磁性、Crサイトの反強磁性が現れるが、これらの物質間で基底状態が異なる理由は不明であった。

我々は、 $\text{Sr}_2\text{VFeAsO}_3$ のVサイトにScやCrを置換し、電子状態の変化を系統的に調べた。Sc, Cr置換ともに、置換に伴って超伝導が抑制され、Sc置換ではFeサイトの反強磁性、Cr置換ではCrサイトの反強磁性が超伝導相に隣接して現れる。Scは3価をとるので、等原子価置換となっており、キャリア数の変化を考える必要はない。CrのK吸収端におけるX線吸収分光を行った結果、Crは4価で導入されており、Cr置換は電子ドープに対応していることが分かった。Cr置換量の大きい領域ではCrは3価であることが報告されており、4価となるのは置換量の小さい領域のみであると考えられる。すなわち、電子相図上の

広い範囲で考えると、ScとCrのいずれの元素置換も等原子価置換に対応しており、化学圧力効果が支配的となっている。実際、化学圧力効果の大きいSc置換において、超伝導のより強い抑制が観測された。

$\text{Sr}_2\text{VFeAsO}_3$ が磁性を示さない理由については、FeサイトとVサイトにおいて異なる反強磁性揺らぎが存在することによるフラストレーションが原因であるという提案がなされており、本研究の結果もこれに基づいて説明できる。Vサイトを非磁性のScで置換するとフラストレーションが解消され、Feサイトの反強磁性秩序が現れる。Cr置換の場合は、Crサイトにおける反強磁性秩序形成のため、Feサイトでの磁性は現れず、超伝導も消えてしまうのだと理解できる。本研究の結果は、ブロック層の磁性が基底状態に大きく影響していることを強く示唆している。

3) $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_z$ のラマン散乱測定から見た銅酸化物超伝導体の多層効果

銅酸化物高温超伝導体の中で、単位胞内に複数の非等価な銅酸素面を有するものは、一般に超伝導転移温度が高いという特徴があるだけでなく、銅酸素面ごとにキャリアドーピング量 p が異なるという非常に特異な状況が実現している。その場合、面間の相互作用はあるのか、あるならどのような形で表れているのか、という疑問が出てくる。しかしながら、観測されている超伝導転移温度や擬ギャップ温度、また超伝導ギャップエネルギーが、どの面の性質なのか、或はキャリアドーピング量を変えたときにそれらがどう変化するかも不明である。

本研究では、典型的な3層系である $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_z$ ($\text{Bi}2223$) 単結晶をとりあげ、ポストアニール処理でいくつかの異なるキャリアドーピング量 p の試料を用意した。それらのラマン散乱測定から、本物質について初めてギャップエネルギーの p 依存性を調べたところ、以下の事実が明らかになった。

まず超伝導ギャップは2つ観測され、先に報告されていた角度分解光電子分光の結果を支持するものとなった。今回、その p 依存性を初めて測定できたが、二つのギャップのどちらも p を減らすと増加した。各面での p を過去のNMRのデータを用いて見積もり、ギャップエネルギーの p 依存性をプロットすると、すべてのデータ点が一直線上に並んだ。

観測された二つの超伝導ギャップは、角度分解光電子分光で観測されていた通り、ドーピング量 p の異なる2種類の銅酸素面に由来することが明らかになった。それらの p 依存性が、2層系や単層系のギャップの p 依存性と定性的にはほぼ同じであり、一つの $\Delta(p)$ line で表されることから、この系の超伝導ギャップ Δ を決めるエネルギースケールは1種類であることがわかった。

一方、このエネルギースケールは、これまで詳細に調べられてきた多くの2層系や単層系の銅酸化物超伝導体のギャップエネルギーより遥かに大きい。(絶対値が大きいというだけでなく、 $2\Delta/k_B T_c$ の比が大きい。) なぜ、このような大きなギャップが観測されるのか、についてはいくつかの可能性があり、ドーピング量異なる面同士の相互作用によって、ギャップが増強されている、或は超伝導転移温度が抑制されている、などのシナリオが考えられる。

4) Pd ダイカルコゲナイドにおける構造・電子状態制御と超伝導

Pd ダイカルコゲナイド、 PdX_2 ($X=\text{Se}, \text{Te}$) は3つの異なる結晶構造と、それと関連して異なる電子状態を取ることが知られている。まず、 PdTe_2 は2次元の CdI_2 構造を取る金属

で、約 1.7K 以下で超伝導を示す。PdSe₂ は擬 2 次元的な PdSe₂ 構造を取る半導体である。PdSe₂ 構造は次の立方晶 pyrite 構造の一軸を伸ばし、擬 2 次元的にした構造である。PdSe₂ は高圧下において、PdSe₂ 構造から 3 次元的な pyrite 構造への相転移を示し、その pyrite 構造相において金属となり、約 13K 以下で超伝導を示すことが近年判明している。

本研究では、擬 2 次元的な結晶構造を取る PdSe₂ を母物質として、Se サイトへの Te 置換により PdSe₂ 構造から 2 次元 CdI₂ 構造への構造変化を、Pd サイトへの Rh と Ni 置換効果により 3 次元 pyrite 構造への構造相転移を誘起し、それに伴う電子状態制御を試みた。まず、Se サイトを Te で置換した PdSe_{2-x}Te_x の単結晶を常圧で育成した。その輸送現象などの測定の結果、 $x = 0.5$ 付近で PdSe₂ から CdI₂ への構造変化が生じ、同時に半導体金属転移が生じることが判明した。この半導体金属転移近傍では、約 4K で超伝導が出現し、Te の置換量を増やすとともに、超伝導転移温度は抑制されていく。一方、Pd サイトへの Rh、Ni 置換を行った多結晶体を、約 5GPa の高圧下で合成した。RhSe₂、NiSe₂ は pyrite 構造を取ることと、PdSe₂ では圧力により pyrite 構造が安定化することから、これらの元素置換した Pd_{1-x}M_xSe₂ (M=Rh, Ni) を高圧下で合成した。その結果、Rh、Ni 置換系ともに $x = 0.3$ において PdSe₂ から pyrite 構造への構造相転移が生じ、同時に半導体金属転移が生じることが判明した。更に、Rh 系では $x = 0.8$ 付近で約 4K 以下の低温で超伝導が観測された。

今回、PdSe₂ を対象として、元素置換効果による結晶構造・電子状態制御に成功した。Te 置換系において半導体金属転移近傍で超伝導が若干ながら安定化したこと、Rh 系において超伝導が観測されたが、これらの起源に関しては現在検討中である。ただ、上記の 3 つの結晶構造においては、カルコゲン元素が二量体として存在しているものもあり、その二量体化に伴い Pd の価数が増えていることが予想される。今回観測された超伝導の発現機構には、この二量体の安定性の変化や、それに伴う Pd の価数変化が関連しているのではないかと考えている。

学術雑誌に出版された論文

Electrical contacts to thin layers of Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ}

S. Suzuki, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s *et al.*

Appl. Phys. Express **11** (No. 5, April) (2018) 053201-1-4

(<http://dx.doi.org/doi:10.7567/APEX.11.053201>).

Effect of electron correlations on spin excitation bandwidth in Ba_{0.75}K_{0.25}Fe₂As₂ as seen via time-of-flight inelastic neutron scattering

N. Murai, M. Nakajima^s *et al.*

Phys. Rev. B **97** (No. 24, June) (2018) 241112(R)-1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.97.241112>).

Anisotropic Gruneisen Parameter and Diverse Order Parameter Fluctuations in Iron-Based Superconductor Ba(Fe_{1-x}Co_x)₂As₂

C. Fujii, M. Nakajima^s *et al.*

J. Phys. Soc. Jpn. **87** (No. 7, June) (2018) 074710-1-8
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.87.074710>).

Effects of post-growth heat treatment on electronic phase diagrams and critical current densities of $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ and $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ single crystals

S. Ishida, M. Nakajima^s *et al.*

Phys. Rev. B **98** (No. 5, August) (2018) 054511-1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.98.054511>).

Local electronic and magnetic properties of ferro-orbital ordered FeV_2O_4

J. Okabayashi, S. Miyasaka^s, M. Takahashi, S. Tajima^s

Jpn. J. Appl. Phys. **57** (No. 9, August) (2018) 0902BD-1-5
(<http://dx.doi.org/doi:10.7567/JJAP.57.0902BD>).

Surface termination and electronic reconstruction in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$

H. Iwasawa, S. Tajima^s *et al.*

Phys. Rev. B **98** (No. 8, August) (2018) 081112(R)-1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.98.081112>).

Change of Fermi surface states related with two different T_c -raising mechanisms in iron pnictide superconductors

A. Takemori^d, S. Miyasaka^s, Z.H. Tin^d, T. Adachi^d, S. Tajima^s *et al.*

Phys. Rev. B **98** (No. 10, Sept.) (2018) 100501(R)-1-5
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.98.100501>).

Double pair breaking peak in Raman scattering spectra of the triple-layer cuprate $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+z}$

G. Vincini^d, T. Adachi^d, L.T. Sobirey^m, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s *et al.*

Phys. Rev. B **98** (No. 14, Oct.) (2018) 144503-1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.98.144503>).

Quantitative Comparison between Electronic Raman Scattering and Angle-Resolved Photoemission Spectra in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Superconductors: Doping Dependence of Nodal and Antinodal Superconducting Gaps

K. Tanaka, N.T. Hieu^d, G. Vincini^d, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s *et al.*

J. Phys. Soc. Jpn. **88** (No. 4, March) (2019) 044710-1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.88.044710>).

Effect of Cr substitution for V in $\text{Sr}_2\text{VFeAsO}_3$

T. Wakimura^m, H. Yokota^m, M. Nakajima^s, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s

Supercond. Sci. Technol. **in press** (March) (2019)
 (<http://dx.doi.org/doi:10.1088/1361-6668/ab13f8>).

国際会議における講演等

ARPES Study of Nd-1111 Iron Based Superconductor (poster)

Z.H. Tin^{d*}, A. Takemori^d, T. Adachi^d, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s *et al.*

International Conference on Low-energy Electrodynamics in Solids (at Portonovo, Italy, June 24-29, 2018, 参加者約 300 名)

Superconductivity induced by multiple fluctuations in iron pnictides

S. Tajima^{s*} (invited)

International Conference on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications (CMCEE2018) (at Singapore, July 23-27, 2018, 参加者約 500 名)

Unusual superconducting gap in the cuprates : Raman study of Bi2223

S. Tajima^{s*} (invited)

The 12th International Conference of Materials and Mechanisms of Superconductivity (at Beijing, Aug.13-24, 2018, 参加者約 300 名)

Effect of in-plane strain on charge dynamics in FeSe

M. Nakajima^{s*}, K. Yanase^m, Y. Senoo^m, S. Tajima^s *et al.*

The 31st International Symposium on Superconductivity (ISS2018) (at Tsukuba, Dec. 12-14, 2018, 参加者数約 800 名)

Global Phase Diagram of Different Superconducting States in 1111-type Iron Pnictides $R\text{Fe}(\text{As,P/Sb})(\text{O,F/H})$ Systems ($R = \text{La}$ and Nd) (poster)

T. Kawashima^{m*}, H. Tsuji^m, M. Uekubo^m, M. Nakajima^s, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s

The 31st International Symposium on Superconductivity (ISS2018) (at Tsukuba, Dec. 12-14, 2018, 参加者数約 800 名)

Effect of Cr substitution for V in $\text{Sr}_2\text{VFeAsO}_3$ (poster)

T. Wakimura^{m*}, H. Yokota^m, M. Nakajima^s, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s

The 31st International Symposium on Superconductivity (ISS2018) (at Tsukuba, Dec. 12-14, 2018, 参加者数約 800 名)

High Temperature Superconductivity and Research Career

S. Tajima^{s*} (invited)

The 2nd Regional Meeting for Women in Physics in Nepal (at Kathmandu, March 27-29,

2019, 参加者約 500 名)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

層状・3次元遷移金属化合物のスピン軌道相互作用由来の異常電子相制御と新規物性探索
宮坂 茂樹^{s*}

新学術領域研究「J-Physics」領域全体会議 (於 東北大学、2018年5月24-26日)

FeSeの電荷ダイナミクスにおける面内歪の効果

中島 正道^{s*}, 柳瀬 和哉^m, 妹尾 祐輝^m, 田島 節子^s 他

日本物理学会 2018年秋季大会 (於 同志社大学、2018年9月9日 - 9月12日)

Sr₄V₂O₆Fe₂As₂のVサイトの元素置換効果 (ポスター)

脇村 泰平^{m*}, 横田 裕章^m, 中島 正道^s, 宮坂 茂樹^s, 田島 節子^s

日本物理学会 2018年秋季大会 (於 同志社大学、2018年9月9日 - 9月12日)

PtTe₂における巨大磁気抵抗効果

金山 諄志^{m*}, 宮坂 茂樹^s, 中島 正道^s, 田島 節子^s, 中野岳仁

日本物理学会 2018年秋季大会 (於 同志社大学、2018年9月9日 - 9月12日)

超電導の物理と化学

田島 節子^{s*}

超電導スクール 2018 (於 つくば、2018年12月9日)

ラマン散乱で見る不足ドーパ銅酸化物の超伝導ギャップ

田島 節子^{s*}

科研費合同研究会 (於 登別、2018年12月21-23日)

鉄系超伝導体 Ba_{1-x}K_xFe₂As₂における新奇電子秩序

中島 正道^{s*}

つくば-柏-本郷 超伝導かけはしプロジェクト ワークショップ (於 物質材料研究機構、2019年1月16日)

見ただ目で探る超伝導

中島 正道^{s*}

物理コロキウム (於 大阪大学、2019年1月31日)

Superconducting gap of NdFeAs(O,F) observed by Raman Scattering Spectroscopy

Z.H. Tin^{d*}, A. Takemori^d, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於九州大学、2019年3月14日 – 3月17日)

PdSe₂ の Pd サイトへの Ni、Rh 置換効果および Se サイトへの Te 置換効果

三宅 修平^{m*}, 中島 正道^s, 宮坂 茂樹^s, 田島 節子^s

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於九州大学、2019年3月14日 – 3月17日)

鉄系超伝導体 RFe(As,P/Sb)(O,F/H) (R =La,Nd) の電子相図

川嶋 強^{m*}, 辻 拡和^m, 上久保 将大^m, 中島 正道^s, 宮坂 茂樹^s, 田島 節子^s

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於九州大学、2019年3月14日 – 3月17日)

Sr₂VFeAsO₃ の V サイトの元素置換効果

脇村 泰平^m, 横田 裕章^m, 中島 正道^{s*}, 宮坂 茂樹^s, 田島 節子^s

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於九州大学、2019年3月14日 – 3月17日)

はじめに (シンポジウム「非従来型超伝導体の未解決問題と将来の展望」)

田島 節子^{s*}

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於九州大学、2019年3月14日 – 3月17日)

光学フォノンスペクトルから見る (Pr,La,Ce)₂CuO_{4+δ} の還元アニール効果 (ポスター)

水溜 勝也^{m*}, 大西 諒太^m, 中島 正道^s, 宮坂 茂樹^s, 田島 節子^s 他

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於九州大学、2019年3月14日 – 3月17日)

1.7 豊田グループ

平成 30 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。また、平成 30 年 4 月より、兼松教授が当グループに合流し、質量分析とレーザー科学の融合プロジェクトを開始した。

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に設計されている。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サンプリング・前処理法などの検討を開始した。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進めた。その他、トロヤ群探査機に搭載するための質量分析計の検討・開発（JAXA 等との共同研究）や、土壌から発生するガスのフラックスを愛媛大農学部附属農場に装置を持ち込んで一週間オンサイト連続計測（北海道大学農学院波多野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。本年度は、生命機能研究科の上田研究室との共同研究ではCREST-AMEDのプロジェクトを推進し、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（特許出願）の開発を、紀本電子工業との共同研究で開始した。エアロミセルの生成、真空中に持ち込んでも粒子として存在していることを確認した。

質量分析オープンイノベーション協働ユニットの設置

平成30年3月1日に、質量分析学に関わる基礎技術開発から応用研究までの新たなタネを生み出す場として、複数分野の研究者、複数企業からなるコンソーシアムである「質量分析オープンイノベーション協働ユニット」を立ち上げた。今年度は、ざっくばらんにディスカッションを行う「ワイガヤ会」を3回開催した。

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）

学術雑誌に出版された論文

Electronic data acquisition and operational control system for time- of- flight sputtered neutral mass spectrometer

K. Bajo, O. Fujioka, S. Itose, M. Ishihara^s, K. Uchino, H. Yurimoto
SURFACE AND INTERFACE ANALYSIS **51** (No. 1, Sept.) (2018) 35-39
(<http://dx.doi.org/doi:10.1002/sia.6541>).

日本物理学会，応用物理学会等における講演

質量分析計の設計に関する温故知新

石原 盛男^{s*}

日本質量分析学会・日本プロテオーム学会 2018 年合同大会 (於 ホテル阪急エキスポパーク、2018 年 5 月 15 日 - 5 月 18 日)

歯周病バイオマーカー探索に向けた唾液と歯肉溝滲出液内代謝物の比較 (ポスター)

奥山 萌恵^{b*}, 大須賀潤一, 豊田岐聡

日本質量分析学会・日本プロテオーム学会 2018 年合同大会 (於 ホテル阪急エキスポパーク、2018 年 5 月 15 日 - 5 月 18 日)

揮発性有機化合物の一括直接測定のためのプロトン付加反応イオン源を用いたマルチターン飛行時間型質量分析の開発 (ポスター)

河居 伸哉^{b*}, 長尾博文, 古谷浩志, 豊田岐聡

日本質量分析学会・日本プロテオーム学会 2018 年合同大会 (於 ホテル阪急エキスポパーク、2018 年 5 月 15 日 - 5 月 18 日)

Nanoparticle Assisted Laser Desorption/Ionization for Imaging Mass Spectrometry of Biological Samples

Brijesh^{d*}, 青木順, 宮永之寛, 川崎英也, 豊田岐聡

日本質量分析学会・日本プロテオーム学会 2018 年合同大会 (於 ホテル阪急エキスポパーク、2018 年 5 月 15 日 - 5 月 18 日)

四重極型質量分析装置のしくみ

石原 盛男^{s*}

日本質量分析学会 第 161 回質量分析関西談話会 (於 島津製作所関西支社マルチホール、2018 年 8 月 4 日)

1.8 花咲グループ

遷移金属酸化物におけるナノメータースケールのアイス型原子変位ゆらぎの発見

アイスとは H_2O 分子が結晶化したものである。図 1.21(a) に示す通り、中央の酸素原子と共有結合している水素原子は、その延長線上（破線）にある酸素原子と水素結合している。水素原子の配置を組み替える事ができるが、この水素配置のパターンは結晶全体で考えれば無数に存在するため、基底状態としてエネルギーが縮退した多くの状態が存在する。このように水素原子の配置に関してフラストレーションがあるので、結晶化しているにも関わらず、低温でも残留エントロピーが期待される。この問題はライナス・ポーリングによって指摘され、研究が長年行われてきた。中心の酸素原子から見れば、2つの水素原子が近くにあり、他の2つの水素原子が離れているため、two-in two-out 配置 (アイスルール) と呼ばれる。近年では、アイスルールをスピンの適用したスピンアイス状態も研究されている (図 1.21(b))。

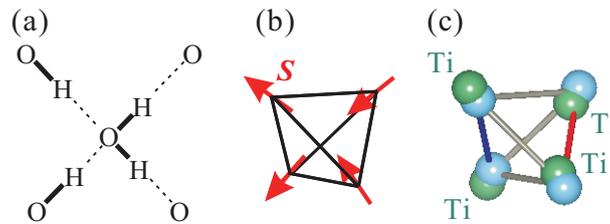


図 1.21: (a) アイスにおける H_2O 分子の配置。(b) アイスルールを満たすスピン配置。赤い矢印はスピンの向きを表す。(c) アイスルールを満たす原子変位。青い球は変位前の原子を、緑色の球は変位後の原子を表す。赤線で結ばれた Ti 原子は 2 量体を形成する。

アイスと同様な格子状態を強相関電子系の舞台である遷移金属酸化物で作れないものか。我々はスピネル型チタン酸化物 MgTi_2O_4 に着目した。Ti 原子は、カゴメ格子が 3 次元的に連なったパイロクロア格子を形成している。この Ti 原子には $S=1/2$ の局在スピンがあるが、スピン 1 重項対を形成する際にスピン格子相互作用によって Ti 原子の 2 量体化が期待される。図 1.21(c) では、Ti 四面体において、赤線で結んだ Ti 原子が 2 量体化した例を示している。格子歪みのエネルギーを考慮すれば、残りの Ti 原子は隣の Ti 四面体にある Ti 原子と 2 量体を形成する方が有利である。その結果、青線で結ばれた Ti 原子同士は離れ、Ti 原子の変位は two-in two-out 型になりアイスルールを満たす事になる。 MgTi_2O_4 (図 1.22(a) の左端に対応) では、上記の two-in two-out 型の原子変位をするものの、変位パターンが c 軸方向に沿って規則正しく並び長距離秩序を形成するため、立方晶から正方晶に転移してしまう。原子変位のパターンが一意に決まってしまうので、アイス状態ではない。

そこで、Ti 原子の一部を Mg 原子に置換して長距離秩序を融解させる事を試みた。

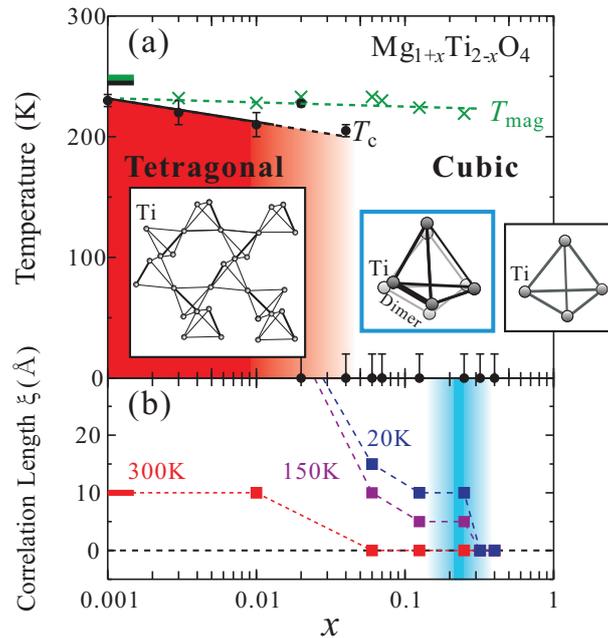


図 1.22: (a) $\text{Mg}_{1+x}\text{Ti}_{2-x}\text{O}_4$ における格子構造と磁性に関する相図。 T_c は構造相転移温度を、 T_{mag} は磁化率が減少し始める温度を表す。縦軸にある棒線は、 $x=0$ における値を示す。挿入図は Ti 原子の変位構造を示し、太線は Ti 原子の 2 量体を表す。 (b) 中性子 PDF 解析で明らかになった正方晶型構造の相関長 ξ 。

作製した試料 $\text{Mg}_{1+x}\text{Ti}_{2-x}\text{O}_4$ を用いて低温 X 線回折 (PF BL8B) を測定した。相図を図 1.22(a) に示すが、わずかな量の Mg 置換によって正方晶 (図の赤い領域) から立方晶に戻る事が分かった。また、依然として非磁性状態である事から、局所的には Ti 原子が two-in two-out 型変位を保っていると考えられた。この局所構造を実験的に明らかにするため、中性子回折実験 (J-PARC BL21) を行い、PDF (原子対相関関数) 解析を進めた。その結果、立方晶相であるにも関わらず、局所構造は正方晶型構造である事が分かった。これは two-in two-out 型の Ti 原子変位が残っている事を示している。次に、この正方晶型構造の相関長 ξ を調べた (図 1.22(b))。 ξ はナノメートルのオーダーであるが、Mg 置換量 (x) の増加によりさらに短くなり、 $x=0.25\sim 0.32$ でゼロになっていく事が分かった。このことから、 $x=0.25$ 付近 (青色で示した x 領域) において原子変位のアイス状態が実現していると考えられる。

空間反転対称性の破れた超伝導体 PbTaSe_2 の物性研究

空間反転対称性が破れた結晶構造を持つ PbTaSe_2 (図 1.23(a)) を対象として、 $T_c = 3.8\text{ K}$ 以下で実現する超伝導状態について作製した試料を用いて核四重極共鳴 (NQR) 法で

研究を行った。また、伝導帯と価電子帯の縮退線がリング状に分布した特殊なバンド構造（ノーダルライン構造）に起因した輸送特性を検出するため、電気抵抗率や熱起電力の測定を行った。NQR測定は基礎工学研究科の椋田秀和准教授と八島光晴助教のご協力のもと行われた。

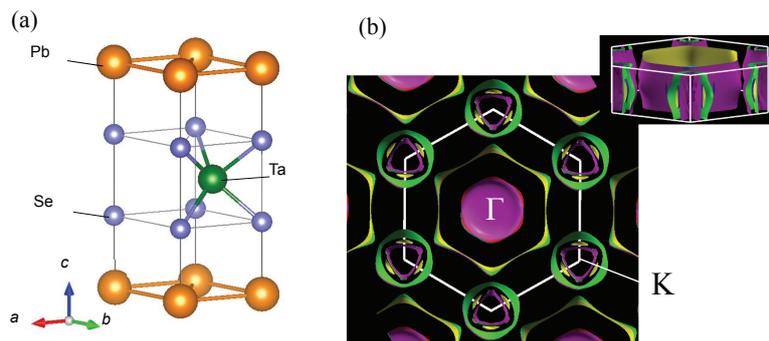


図 1.23: PbTaSe₂ の (a) 結晶構造と (b) フェルミ面

空間反転対称性の破れた系では、スピン二重項と三重項状態が混成した超伝導状態の実現が可能となる。このような超伝導候補物質の例は少なく、パリティ混成超伝導状態において期待される理論的な予想を裏付けるために必要な実験結果はこれまでにほとんど得られていない。今回我々は、¹⁸¹Ta核を用いたNQR法を用いて、PbTaSe₂の超伝導ギャップ構造について調べた。NQR法は結晶中の電場勾配によるスピン縮退の破れを利用する。そのため核スピンのエネルギー準位間の共鳴に外部磁場を必要としないので、ボルテックスの影響を受けずに無磁場下で超伝導ギャップ構造を調べることができる。¹⁸¹Ta核のNQRスペクトルである。¹⁸¹Ta核は電気四重極モーメントが非常に大きいため、NMR測定に適した周波数帯である58.6 MHz付近に共鳴信号が観測された。一方で、共鳴線の幅は非常に広く、信号強度としては小さかったため、信号解析に必要な精度を得るためには長時間の積算が必要であった。また、2組の共鳴線が観測され、異なる2種類の結晶構造が存在することが明らかとなった。それぞれについて、超伝導状態の核スピン・格子緩和時間(T_1)の測定を1.4 Kの低温まで行った。 T_1 は、ランダムな方位の核スピン集団が電子系と角運動量をやり取りして平衡状態に戻るまでの時間であり、電子の状態密度についての情報が得られる。すなわち、超伝導状態で T_1 の温度依存性を測定することにより、超伝導ギャップ構造についての知見を得ることができる。PbTaSe₂では温度降下とともに $1/T_1$ が指数関数的に減少する結果が得られた。これは、超伝導ギャップが全方位で完全に開いている（フルギャップ）状態を反映しており、現時点では通常のBCS超伝導体との区別がつかない。仮に、BCS超伝導と異なるパリティ混成超伝導状態が実現していたとしても、フ

ルギャップ構造である限り、この測定法ではこれ以上可能性を絞っていくことは難しいと思われる。

次に、図 1.23(b) に示すような特殊な電子構造に由来する常伝導状態の物性について研究を行った。この物質ではスピン分裂した価電子帯と伝導帯が交わるノーダルラインがブリルアンゾーンの K 点を囲むように存在する。一方で、スピン分裂が極めて小さい巨大なフェルミ面が Γ 点を中心として存在しており、上述した超伝導を担っているのはこのフェルミ面の通常キャリアであると考えられる。ノーダルライン構造では、その縮退線を囲むように運動するキャリアにより巨大な反磁性が発現すると理論的に期待されているが、2次元的な PbTaSe_2 ではフェルミ面が筒状であるためにそのような軌道が形成されにくいことや、その他の多数キャリアの寄与に埋もれてしまうため、ノーダルラインに固有の現象の検出はこれまで報告されていない。単結晶を用いた電気抵抗率の測定では、磁場の増加に対して電気抵抗が増加する形状が凸型となる磁気抵抗効果を観測した。阪大先端強磁場科学研究センターにおいて 55 テスラの強磁場まで電気抵抗率を測定することを試みたが、抵抗値が低く十分な測定精度が得られなかった。しかしながら、最近になり交流抵抗率測定により K 点まわりのフェルミ面に由来すると思われる量子振動成分の検出に成功した。さらに、熱起電力の測定により 80 テスラ程度の小さなキャリアポケットに由来する明瞭な量子振動成分を観測した。このような少数キャリア（全体の 1% 弱）による量子振動が熱起電力にこれほど明瞭に現れることは大変興味深い。また、第一原理計算の結果とフェルミ面の大きさを比較することにより、このポケットはノーダルライン状に分布している可能性が示された。今後は磁場方位を変えながら熱起電力を測定し、量子振動の位相を解析することによりこれを実験的に裏付けることに取り組んでいきたい。

学術雑誌に出版された論文

Electrochemical synthesis of phthalocyanine-molecular mixed crystals in dilute solution

R. Ishii^m, H. Murakawa^s, M. Nishi, M. Matsuda, H. Sakai^s, and N. Hanasaki^s

Journal of Crystal Growth **487** (April) (2018) 92-95

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.jcrysgr.2018.02.023>).

Exfoliation of single layer BiTeI flakes

B. Fülöp, Z. Tajkov, J. Pető, P. Kun, J. Koltai, L. Oroszlány, E. Tóvári, H. Murakawa^s, Y. Tokura, S. Bordács, L. Tapasztó, and S. Csonka

2D Materials **5** (No. 3, July) (2018) 031013-1-9

(<http://dx.doi.org/doi:10.1088/2053-1583/aac652>).

Effect of uniaxial stress on the magnetic phases of CeAuSb₂

J. Park, H. Sakai^s, A. P. Mackenzie, and C. W. Hicks

Physical Review B **98** (No. 2, July) (2018) 024426-1-7

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.98.024426>).

Microwave nonreciprocity of magnon excitations in the noncentrosymmetric antiferromagnet Ba₂MnGe₂O₇

Y. Iguchi, Y. Nii, M. Kawano, H. Murakawa^s, N. Hanasaki^s, and Y. Onose

Physical Review B **98** (No. 6, August) (2018) 064416-1-5

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.98.064416>).

Quantitative evaluation of Dirac physics in PbTe

Kazuto Akiba, Atsushi Miyake, H. Sakai^s, K. Katayama^m, H. Murakawa^s, N. Hanasaki^s, Sadao Takaoka, Yoshiki Nakanishi, Masahito Yoshizawa, and Masashi Tokunaga

Physical Review B **98** (No. 11, September) (2018) 115144-1-11

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.98.115144>).

Evaluation of photo-induced shear strain in monoclinic VTe₂ by ultrafast electron diffraction

A. Nakamura, T. Shimojima, M. Matsuura, Y. Chiashi, M. Kamitani, H. Sakai^s, S. Ishiwata, H. Li, A. Oshiyama, and K. Ishizaka

Applied Physics Express **11** (No. 9, September) (2018) 092601-1-4

(<http://dx.doi.org/doi:10.7567/APEX.11.092601>).

Nanoscale ice-type structural fluctuation in spinel titanates

S. Torigoe^d, T. Hattori^m, K. Kodama, T. Honda, H. Sagayama, K. Ikeda, T. Otomo, H. Nitani, H. Abe, H. Murakawa^s, H. Sakai^s, and N. Hanasaki^s

Physical Review B **98** (No. 13, October) (2018) 134443-1-7

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.98.134443>).

Impact of antiferromagnetic order on Landau-level splitting of quasi-two-dimensional Dirac fermions in EuMnBi₂

H. Masuda, H. Sakai^s, M. Tokunaga, M. Ochi, H. Takahashi, K. Akiba, A. Miyake, K. Kuroki, Y. Tokura, and S. Ishiwata

Physical Review B **98** (No. 16, October) (2018) 161108(R)-1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.98.161108>).

Negative-pressure-induced helimagnetism in ferromagnetic cubic perovskites

Sr_{1-x}Ba_xCoO₃

H. Sakai^s, S. Yokoyama, A. Kuwabara, J. S. White, E. Canévet, H. M. Rønnow, T. Koresune, R. Arita, A. Miyake, M. Tokunaga, Y. Tokura, and S. Ishiwata
 Physical Review Materials **2** (No. 10, October) (2018) 104412-1-6
 (<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevMaterials.2.104412>).

国際会議における講演等

Enhancement of Giant Magnetoresistance by Controlling π - d Interaction in Phthalocyanine-Molecular Conductor

N. Hanasaki^{s*}, H. Murakawa^s, M. Ikeda^m, R. Ishii^m, Masaki Matsuda, Hiroyuki Tajima, and Tamotsu Inabe
 International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals (ICSM2018) (at Busan, Korea, July 3, 2018, Approx. 1000 participants)

Enhancement of Giant Magnetoresistance by Controlling π - d Interaction in Phthalocyanine-Molecular Conductor

N. Hanasaki^{s*}, H. Murakawa^s, M. Ikeda^m, R. Ishii^m, M. Matsuda, H. Tajima, and T. Inabe
 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC 2018) (at Sendai, Japan, August 2, 2018, Approx. 1000 participants)

Spin-split Landau levels of quasi 2D Dirac fermions dependent on antiferromagnetic order in EuMnBi₂

H. Sakai^{s*}, H. Masuda, M. Tokunaga, M. Ochi, H. Takahashi, K. Akiba, A. Miyake, K. Kuroki, Y. Tokura, and S. Ishiwata
 9th JEMS Conference 2018 (at Mainz, Germany, September 3-7, 2018, Approx. 1000 participants)

Evaluation of Berry's Phase in NbAs with Asymmetric Fermi Surface Including Pair of Weyl Points (poster)

M. Komada^{d*}, H. Murakawa^s, Mohammad Saeed Bahramy, Takanori Kida, K. Yokoi^m, Masayuki Hagiwara, H. Sakai^s, and N. Hanasaki^s
 The international symposium for materials scientists “inspiration for innovation by interaction” (ISMSIII) (at Osaka, Japan, December 3-4, 2018, Approx. 200 participants)

Effects of in-plane magnetic fields on the interlayer conduction for multilayered Dirac materials SrMnBi₂ and EuMnBi₂ (poster)

M. Kondo^{m*}, H. Sakai^s, M. Komada^d, H. Murakawa^s, and N. Hanasaki^s
 The international symposium for materials scientists “inspiration for innovation by inter-

action ” (ISMSIII) (at Osaka, Japan, December 3-4, 2018, Approx. 200 participants)

The research for superconducting state by NMR/NQR measurement in non-centrosymmetric superconductor PbTaSe₂ (poster)

K. Yokoi^{m*}, Mitsuharu Yashima, H. Murakawa^s, Hidekazu Mukuda, H. Sakai^s, and N. Hanasaki^s
The international symposium for materials scientists “inspiration for innovation by interaction ” (ISMSIII) (at Osaka, Japan, December 3-4, 2018, Approx. 200 participants)

Giant magnetoresistance in phthalocyanine molecular mixed crystals and binary semimetal (poster)

N. Hanasaki^{s*}, H. Murakawa^s, K. Yokoi^m, R. Ishii^m, M. Ikeda^m, and H. Sakai^s
CSRN-Osaka Annual Workshop 2018 (at Osaka, Japan, December 13, 2018, Approx. 60 participants)

Impact of antiferromagnetic order on Landau level splitting of quasi-two-dimensional Dirac fermions in EuMnBi₂ (poster)

H. Masuda, H. Sakai^{s*}, M. Tokunaga, M. Ochi, H. Takahashi, K. Akiba, A. Miyake, K. Kuroki, Y. Tokura, and S. Ishiwata
TPFC (Topological Phases and Functionality of Correlated Electron Systems) 2019 (at Kashiwa, Japan, February 18-20, 2019, Approx. 200 participants)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

熱電材料としての多層ディラック電子系物質の開拓

酒井英明^{s*}

TCREST・さきがけ合同研究発表会(招待講演)(於 大阪大学、2018年4月14日-15日)

二次元ピスマス伝導層をもつ層状磁性体の強相関ディラック電子状態

酒井英明^{s*}

強スピン軌道結合系研究会 SSOCS(招待講演)(於 電気通信大学、2018年6月9日)

外部圧力による SnSe のリフシツツ転移と熱電性能の向上

西村拓也^{m*}、酒井英明^s、森仁志、秋葉和人、三宅厚志、徳永将史、上床美也、白井秀智、越智正之、黒木和彦、片山敬介^m、村川寛^s、花咲徳亮^s

第3回固体化学フォーラム研究会(於 京都大学化学研究所、2018年6月12日-13日)

半金属 NbAs₂ の純良単結晶の合成と強磁場下での 100 万倍を超える巨大な磁気抵抗効果の観測

横井滉平^{m*}、村川寛^s、駒田盛是^d、木田孝則、萩原政幸、酒井英明^s、花咲徳亮^s

第3回固体化学フォーラム研究会 (於 京都大学化学研究所、2018年6月12日-13日)

Bi 正方格子を有する多層ディラック電子系におけるキャリア濃度と熱電性能の制御
中川賢人 ^{m*}、酒井英明 ^s、鶴田圭吾 ^m、越智正之、黒木和彦、増田英俊、石渡晋太郎、村川寛 ^s、花咲徳亮 ^s

第3回固体化学フォーラム研究会 (於 京都大学化学研究所、2018年6月12日-13日)

空間反転対称性の破れたバルク結晶におけるワイル・ディラック物性の研究

村川寛 ^{s*}

新学術領域公募研究「トポ物質科学」キックオフミーティング (於 京都大学基礎物理学研究所、2018年6月23日)

元素置換した MgTi_2O_4 の比熱におけるスピン液体的挙動

薦田匠 ^{m*}、服部崇幸 ^m、中野岳仁、野末泰夫、山下智史、中澤康浩、佐賀山基、酒井英明 ^s、村川寛 ^s、花咲徳亮 ^s

日本物理学会 2018年秋季大会 (於 同志社大学、2018年9月9日)

多層ディラック電子系 EuMnBi_2 のブロック層を利用した p/n 型キャリア制御

中川賢人 ^{m*}、酒井英明 ^s、鶴田圭吾 ^m、越智正之、黒木和彦、増田英俊、石渡晋太郎、村川寛 ^s、花咲徳亮 ^s

日本物理学会 2018年秋季大会 (於 同志社大学、2018年9月11日)

ルテニウムフタロシアン伝導体の合成と分子内 π - d 相互作用の評価

清水智可 ^{m*}、杉本崇 ^m、石井龍太 ^m、村川寛 ^s、西美樹、松田真生、稲辺保、酒井英明 ^s、花咲徳亮 ^s

日本物理学会 2018年秋季大会 (於 同志社大学、2018年9月12日)

ワイル半金属 NbAs における量子振動とベリー位相の磁場方位依存性

駒田盛是 ^{d*}、村川寛 ^s、M. S. Bahramy、木田孝則、横井滉平、萩原政幸、酒井英明 ^s、花咲徳亮 ^s

日本物理学会 2018年秋季大会 (於 同志社大学、2018年9月12日)

元素置換した MgTi_2O_4 におけるスピン液体的挙動

花咲徳亮 ^{s*}

京都大学基礎物理学研究所研究会「スピン系物理の最前線」 (於 京都大学基礎物理学研究所、2018年11月1日)

多層ディラック磁性体における新奇熱磁気発電現象の開拓

酒井英明 ^{s*}

CREST・さきがけ複合領域 公開シンポジウム「環境発電技術を使ってみよう」 (於 早稲田

大学、2018年11月7日)

Bi/Sb 正方格子を有するディラック電子系磁性体における交換相互作用とスピン軌道相互作用

酒井英明^{s*}

ISSP ワークショップ-スピン軌道強結合伝導系におけるサイエンスの新展開 (招待講演) (於 東京大学物性研究所、2018年11月12日-13日)

ワイル点ペアを含む異方的フェミ面持つ NbAs におけるベリー位相の研究

駒田盛是^{d*}、村川寛^s、M. S. Bahramy、木田孝則、萩原政幸、酒井英明^s、花咲徳亮^s
強磁場コラボラトリーにおける物性研究の現状と展望 (於 東北大学金属材料研究所、2018年11月26日)

元素置換した MgTi₂O₄ におけるスピン液体的挙動

花咲徳亮^{s*}、薦田匠^m、服部崇幸^m、山下智史、中澤康浩、中野岳仁、野末泰夫、渡邊功雄、佐賀山基、酒井英明^s、村川寛^s

第12回 物性科学領域横断研究会 (於 奈良先端科学技術大学院大学、2018年11月30日)

元素置換した MgTi₂O₄ におけるスピン液体的挙動

花咲徳亮^{s*}

学習院大学物性物理セミナー (新学術領域「トポロジーが紡ぐ物質科学のフロンティア」トポロジカル物質科学セミナー (第86回))(招待講演) (於 学習院大学、2019年1月16日)

Angular dependent non-trivial phase in quantum oscillations in Weyl semimetal NbAs

村川寛^{s*}

第4回「トポロジーが紡ぐ物質科学のフロンティア」領域研究会 (於 名古屋大学、2019年1月23日)

p/n 型 SnSe における外部圧力を利用したバレー構造と熱電特性の制御

西村拓也^{m*}、酒井英明^s、森仁志、秋葉和人、三宅厚志、徳永将史、上床美也、臼井秀知、越智正之、黒木和彦、片山敬介^m、坂本拓也^m、村川寛^s、花咲徳亮^s

日本物理学会第74回年次大会 (於 九州大学、2019年3月15日)

キャント型反強磁性体 BaMnSb₂ におけるバルク半整数量子ホール効果の観測

藤村飛雄吾^m、酒井英明^{s*}、近藤雅起^m、栗原綾佑、三宅厚志、徳永将史、木田孝則、萩原政幸、鶴田圭吾^m、村川寛^s、花咲徳亮^s

日本物理学会第74回年次大会 (於 九州大学、2019年3月16日)

異方的擬2次元ディラック電子状態を持つ AMnBi₂ (A=Sr, Eu, Ba) における角度依存層間

磁気抵抗

近藤雅起^{m*}、酒井英明^s、中川賢人^m、駒田盛是^d、木田孝則、萩原政幸、村川寛^s、花咲徳亮^s

日本物理学会第74回年次大会 (於 九州大学、2019年3月17日)

書籍の出版, 日本語の解説記事等

ペロブスカイト型異常高原子価鉄・コバルト酸化物の高圧合成と新奇磁気秩序相の探索

石渡晋太郎、高橋英史、酒井英明^s

高圧力の科学と技術 (日本高圧力学会) (2018年8月発行, 第28巻, 第3号, 206-216頁 (2018年))

フタロシアニンにおける電気伝導と磁性の相関機能

花咲徳亮^s、松田真生

月刊化学工業 (2019年3月発行, 第70巻, 3月号, 51-58頁 (2019年))

1.9 松野グループ

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する。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」にはさらに興味深い未知の物性が隠されている可能性がある。本グループでは強相関界面を自ら設計し、作製・評価までを一貫して実施する。物質の対称性・次元性を原子レベルで制御した界面はそれ自体が「新しい物質」であり、新規物性開拓の可能性が広がるフロンティアである。

現在進行中の以下のテーマのうち、本年度は2.に焦点を当てて研究を実施した。

1. 強いスピン-軌道相互作用に由来する新たな電子相の開拓
2. 強相関界面におけるスピントロニクス、特にスピン流の学理解明
3. 界面エピタキシャル安定化を用いた新物質合成

装置の移設および立ち上げ

本グループは平成30年に発足したため、前職の理化学研究所より様々な装置を移設し立ち上げることから研究活動を開始した。試料合成装置として、遷移金属酸化物の合成に力を発揮するパルスレーザー堆積（PLD）製膜装置、酸化物から金属まで幅広い物質の製膜が可能なスパッタ製膜装置（図1.24）、試料評価装置として、得られた薄膜の構造、結晶性、膜厚などを測定する薄膜用4軸X線回折装置（図1.25）を導入した。

基礎物性である抵抗率評価のために、四端子電気測定用の簡易プローバーを立ち上げた。スピン流物性は高調波ホール抵抗とスピンホール磁気抵抗を通して評価する予定であり、そのために室温で動作する水冷式常伝導磁石（最大印可磁場1.5 T）を購入し、電圧印加・検出を行うロックインアンプならびに試料回転ステージと組み合わせた自動制御測定システムを構築した。

強いスピン-軌道相互作用を持つIr酸化物と磁性体との界面におけるスピン流物性

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の代わりにIr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。本年度は二つのIr酸化物からなる界面系を取り上げた。

1. IrO₂/磁性体界面

スパッタ法を用いて上記界面を形成する前段階として単膜を合成した。標準物質 Pt、酸化物との比較に用いる Ir、金属磁性体 FeNi 合金（パーマロイ、Py）、磁性絶縁体 Y₃Fe₅O₁₂ (YIG) の製膜条件（Ar ガス流量、スパッタパワー）を確立した。それらの製膜レートは X 線反射率によって決定した。IrO₂ は Ir 金属ターゲットを原料に酸素を導入しながら製膜する反応性スパッタ法により合成し、製膜条件、特に Ar と O₂ の分圧比の最適化を行った。

磁性体 Py と YIG に関しては超伝導量子干渉計測定により磁化を評価し、以下の結果を得た。

- (a) Py：室温での磁化測定（磁場掃引範囲 ±2 T 程度）により、15–25 nm 程度の厚みを持つ Py 薄膜の飽和磁化はおよそ 800 emu/cm³ と、先行研究と同程度の妥当な値を示すことが分かった。15 nm より薄い領域では磁化のばらつきが観測され、製膜レートのゆらぎを示唆する結果を得た。これにより Py の製膜条件を見直し、安定したレートでの製膜が可能になった。
- (b) YIG：薄膜の合成条件を変えた複数の試料に対して測定を実施した結果、最も良い試料において低温（10 K）での磁化が理想値 5μ_B に近い値を示した。このことから、スピントロニクス測定に十分な品質の YIG 薄膜が合成できていることが明らかとなった。

2. SrIrO₃/La₂NiMnO₆ 界面

強磁性絶縁体として知られる二重整列ペロブスカイト構造を持つ La₂NiMnO₆ (LNMO) の薄膜を PLD 法により合成した。移設前に合成条件が確立していたが、Ni と Mn の秩序化を必要とすることから製膜条件のウィンドウが狭く、移設後の PLD 製膜装置のテストとしても好適な物質である。エキシマレーザーの光学経路など、条件を調整した結果、理想的な磁化を持ち絶縁性の高い LNMO 薄膜を得ることに成功した。同じくペロブスカイト構造を持つ Ir 酸化物 SrIrO₃ とのエピタキシャル界面の形成にも成功し、今後のスピン流物性評価の舞台が整った。



図 1.24: PLD 装置（2 台、奥）とスパッタ装置（手前）



図 1.25: 薄膜用 4 軸 X 線回折装置

学術雑誌に出版された論文

Strongly correlated oxides for energy harvestingJ. Matsuno^s *et al.*Sci. Technol. Adv. Mater. **19** (No. 1, Nov) (2018) 899-908<http://dx.doi.org/doi:10.1080/14686996.2018.1529524>).

国際会議における講演等

Transport phenomena in heterostructures of strong spin-orbit interaction oxides*J. Matsuno^{s*} (invited)

S14th International Ceramics Congress (CIMTEC 2018) at Perugia, Italy, Jun. 4-8, 2018, approx. 500 participants.

Oxide spintronics utilizing spin-orbit couplingJ. Matsuno^{s*} (invited)

Topological and Correlated Electronic Materials (ToCoTronics2018) at Würzburg, Germany, Jul. 23-27, 2018, approx. 200 participants.

Electric-field control of anomalous and topological Hall effects in oxide bilayer thin filmsJ. Matsuno^{s*} (invited)

SPIE (Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers) Nanoscience + Engineering at San Diego, USA, Aug. 19-23, 2018, approx. 1000 participants.

Spin-orbitronics at transition-metal oxide interfacesJ. Matsuno^{s*} (invited)

16th RIEC International Workshop on Spintronics at Sendai, Japan, Jan. 9-10, 2019, approx. 100 participants.

Oxide spintronics utilizing spin-orbit couplingJ. Matsuno^{s*} (invited)

19th Japan-Korea-Taiwan Symposium on Strongly Correlated Electron Systems (JKT19) at Tokyo, Japan, Jan. 11-13, 2019, approx. 100 participants.

Magnetic proximity effect at oxide interfaces with strong spin-orbit couplingJ. Matsuno^{s*} (invited)

8th Indo-Japan Seminar: Designing Emergent Materials at Tokyo, Japan, Jan. 31-Feb. 2,

2019 approx. 70 participants.

日本物理学会，応用物理学会等における講演

Oxide spin-orbitronics

J. Matsuno^{s*}

第42回日本磁気学会学術講演会（於 日本大学、2018年9月11日－9月14日）

5d 電子系酸化物の界面とスピントロニクス

松野 丈夫^{s*}

平成30年度東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究会「電荷とスピンの制御に基づく精密物性科学の構築とデバイス応用」（於 仙台、2018年11月1日－2日）

書籍等の出版，日本語の解説記事

強いスピン-軌道相互作用を持つ酸化物界面

松野 丈夫^s

生産と技術 Vol. 71, No. 1(1月), 53-58 (2019)

1.10 素粒子理論グループ

平成30年度の研究活動概要

様々な新物理モデルの包括的研究と重力波実験と加速器実験の相乗効果を用いた検証

兼村は、共同研究者の端野（富山大学 D3（阪大受託学生））、高橋（佐賀大）、柿崎（富山大）らと将来の様々な実験を掛け合わせることでヒッグスセクターを決定する方法を研究した。拡張されたヒッグス模型等において、宇宙初期に生じた電弱相転移が一次的相転移である場合に発生する重力波のスペクトル計算等を実施した。特に準備中、計画中の宇宙空間での重力波干渉計実験 LISA, DECIGO の感度曲線を用いて、将来これらの実験で相転移由来の重力波が検出される場合に、そのピーク強度とピーク振動数の情報からヒッグスセクター等のパラメータがどの程度の精度で決まるかをフィッシャー行列解析により研究した。そして将来の高輝度 LHC、国際リニアコライダーなどでの加速器実験における検証と、重力波観測との相乗効果によってヒッグスセクターの構造を解明する可能性を明らかにした。

標準理論の拡張モデル（ダークゲージ理論）の相転移と発生する重力波の研究

兼村は共同研究者の端野（富山大 D3（阪大受託学生））、柿崎（富山大）、Ko と松井（韓国高等科学研究所）と共に、標準理論に追加した $U(1)X$ ゲージ相互作用が、ダークヒッグス機構により自発的に破れるモデルを検討した。特に、電弱相転移とダーク相転移のパターンを調べ、マルチステップで 1 次相転移が生じる状況のもとで発生する重力波を調べた。重力波が発生するパラメータ領域はヒッグス粒子の性質や様々な実験結果から制限が与えられるが、ダーク光子の質量が 25GeV より大きい場合には、2 段階の相転移によって発生する重力波の特徴的なスペクトルが将来の宇宙における重力波干渉計（LISA, LIGO）で検出できることを示した。さらに、これらのダークゲージ理論に基づくモデルの検証におけるダーク光子探索とダークマター探索、重力波観測の相補性を議論した。

荷電スカラー粒子を伴う拡張モデルの電弱相転移と発生重力波の研究

兼村は共同研究者の端野（富山大 D3（阪大受託学生））、Ahriche (Jijel 大)、Nasuri(UAE 大) と共に、ヒッグスセクターに荷電スカラー粒子が追加された理論を考えて、その粒子の存在が電弱相転移現象に与える影響を計算し、強い一次的相転移が生じるための条件を調べて、その結果発生する重力波スペクトルを求めた。全ての理論的制限と実験からの制限を考慮に入れて電弱相転移が強い一次的相転移となるパラメータ領域を調べ、将来の宇宙重力波干渉計における検証可能性と、他の様々な拡張モデルとの区別の可能性、加速器実験との相補性を議論した。

拡張ヒッグス模型でのヒッグス結合定数の量子補正計算プログラム開発

兼村と柳生は、共同研究者の菊地（北九州高専）、桜井（富山大 D3(阪大受託学生)）と共に、様々な拡張ヒッグス模型においてヒッグス粒子の全ての結合定数に対する量子補正を数値的に計算するプログラムコード群（H-COUP ver. 1）を完成し、そのチュートリアルを出版すると共にプログラムをウェブページ上で公開した。標準理論のヒッグスセクターに第2のスカラー場が加わったモデル群（アイソスピンシングレット場が加わったモデルやダ

ブレット場が加わった4種類の模型)に基づいて、従来のオンシェルくりこみ法を修正した1ループレベルの量子補正計算法を確立し、ヒッグス粒子の結合定数に対する模型ごとの標準理論からのズレとズレのパターンを精密に予言することを可能にした。バージョン1として、これらのモデル群を全て同じスキームで比較し、将来の精密測定実験を用いて理論を判別する目的に使用できる数値計算プログラムを整備し公開した。

ヒッグス崩壊現象の量子補正と将来精密測定による拡張ヒッグス模型の指紋照合

兼村と馬渡、柳生は、共同研究者の菊地(北九州高専)、桜井(富山大 D3 (阪大受託学生))とともに、様々な拡張ヒッグスセクターを伴う模型において、125 GeV のヒッグスボソンの崩壊率を1ループレベルで系統的に計算した。1ループレベルの繰り込まれたヒッグスバーテックスは、論文 [Kanemura, Kikuchi, Sakurai, Yagyu, Comput. Phys. Commun. 233, 134 (2018)] で発表された H-COUP プログラムを用いて計算し、今回はさらにそれを実験で直接観測し得る崩壊幅への計算に応用した。崩壊幅の標準模型の予言からのずれの出方が模型によって異なることを示し、将来の高輝度 LHC 実験または国際線形加速器実験における測定と比較することによって模型を区別し得ることを示した。さらにずれの大きさから、付加的なヒッグスボソンの質量スケールの上限が得られることも明らかにした。

新物理効果に敏感な新しいヒッグス粒子生成過程

兼村と馬渡は共同研究者の桜井(富山大 D3 (阪大受託学生))とともに、国際線形加速器(ILC)実験での観測が期待される光子を伴うヒッグス粒子希生成($e^+e^- \rightarrow h\gamma$)に着目し、ヒッグスセクターを拡張した場合、生成断面積が標準模型の予言と比べてどう増減するかを調べた。具体的に特徴ある3つの異なる拡張ヒッグス模型を系統的に調べることで、模型に現れる荷電ヒッグス粒子、特に電荷2を持つ荷電ヒッグス粒子を含む模型では、理論的制限、他の実験結果と無矛盾で、かつ 250 GeV ILC で生成断面積が6-8倍まで増加する可能性があることを示した。

ヒッグスセクターにおける CP 対称性の破れとその検証可能性

兼村と久保田は、共同研究者の青木、金子(金沢大 D1)、端野(富山大 D3 (阪大受託学生))と共に CP の破れを含む拡張ヒッグス模型における CP の破れの位相の効果を将来の高輝度 LHC 実験や国際リニアコライダー実験でのヒッグス崩壊現象の精密測定で間接的に検出できるかを研究した。CP の破れの位相を含み得る最小拡張模型であるヒッグス2重項が2個ある拡張ヒッグス模型(2HDM)に基づき、様々なヒッグス粒子の結合定数の標準理論および CP 不変な 2HDM からのズレとズレのパターンを解析した。現在の電気双極子モーメントの測定等からの CP の破れに対する強い制限の下でも、将来加速器実験でヒッグス結合が十分精度よく測定された場合には、ヒッグスセクターの CP 対称性の破れの効果を検出することができることを見出した。

ヒッグス自己3点結合に対する2ループ補正の研究

兼村と Braathen は、拡張されたヒッグス模型に基づくヒッグス粒子の自己3点結合に対する2ループ補正を初めて計算した。この結合定数はヒッグスポテンシャルの構造の探究に必要な不可欠な物理量であるのみならず、電弱相転移の背後の物理と密接に関係している。特に電弱相転移の物理と関係しており電弱相転移が強い一次相転移である場合には自己3点結

合に対する1ループ量子補正が極めて大きくなるため、この関係を用いて加速器実験で電弱相転移の有様を検証できる可能性がある。通常の摂動論と異なり、展開パラメータが複数ある拡張ヒッグス模型等では、1ループがツリーレベルに比べて大きくなり100%レベルのズレが生じる。本研究では2ループの効果が先行研究で知られていた1ループの効果にいかに関与を与えるかを調べるため、有効ポテンシャル法による2ループ計算を実施した。その結果、2ループ効果はヒッグスセクターにノンデカップリング特性がある場合には大きくなり得るものの、1ループ効果によるズレと電弱相転移の関係は大きく変更しないことがわかった。また、将来の精密実験によってループ内部の新物理効果の情報を引き出せることが明らかになった。

くりこみ可能な理論間の結合定数のマッチング理論

Braathen は共同研究者の Goodsell と Slavich (Sorbonne 大) と共に、くりこみ可能な複数の理論の結合定数の有効理論的なマッチングに関する理論的研究を行なった。高エネルギーの新物理理論が低エネルギーで有効理論として標準理論になる場合に、固定された摂動次数での計算には有効場の理論的なアプローチが必要になる。本研究ではスカラー結合定数と湯川型結合定数に注目し、2つのくりこみ可能な理論間における有効理論のマッチング条件を計算するために必要な解析的な結果を導出した。特に赤外発散の問題を除去する処方を与え、また適したくりこみスキームの選択に関する議論を行なった。本研究は例えば高エネルギーで新物理に切り替わるシナリオにおけるヒッグス粒子の質量を正確に計算するために必要となる。

トップ湯川結合に現れる CP 対称性の破れの加速器による検証可能性の研究

Zheng は CP 対称性の破れの効果とその加速器実験における検証可能性を研究した。特にトップクォークとヒッグスボソンの結合に現れる CP の破れの効果を現行の LHC 実験や将来の ILC 実験を用いて検証するための研究を行った。最初にトップ対とヒッグス粒子の随伴生成過程に注目し、トップクォークと反トップクォークの角度分布を見ることで湯川結合の CP の破れをどの程度検証できるかを明らかにした。CP の破れに対する感度は電子陽電子衝突のエネルギーとともに急激に大きくなることを発見し、550GeV の ILC では10%にのぼることを示した。続いてトップクォークとヒッグスボソンならびに軽いクォークジェットの随伴生成に注目し、その素粒子反応過程が CP 対称性の破れを探求する上で有用であることを示した。生成されたトップクォークとヒッグスボソンの運動量によって張られる平面に垂直な方向のトップクォークの偏極成分を通じて、トップ湯川結合の CP の破れの効果を LHC 実験等で検出する可能性を明らかにした。

ゲージ化された $U(1)_{B-L}$ を含む拡張模型と右巻きニュートリノの加速器現象論

Das はアラバマ大学の N. Okada らと共に、重い(右巻)ニュートリノの現象論を研究した。標準理論にゲージ化された $U(1)_{B-L}$ を追加したモデルはアノマリーフリーであり、右巻きニュートリノが導入される。 $U(1)_{B-L}$ の自発的破れにより右巻きニュートリノはその破れのスケールのマヨラナ型の質量を獲得し、通常のニュートリノの質量をシーソー機構によって生成する。本研究では、コライダー実験での右巻きニュートリノの検出を目指して、エネルギー 250GeV の国際リニアコライダーにおける Z' ボソン媒介の右巻きニュートリノ

つい生成過程を研究した。将来の高輝度 LHC 実験で Z' が直接検出されないような場合でも、ILC において右巻きニュートリノ対生成からの同符号レプトン対とハドロンジェットのシグナルを調べる事により同モデルを検証できることを明らかにした。

ニュートリノトモグラフィ

田中は、浅賀 (新潟大)、奥井 (新潟大)、吉村 (岡山大) と共同で、ニュートリノペアビームを用いて地球内部の構造を探る可能性について調べた。ニュートリノペアビームとは、加速されたイオンの脱励起により放出されるニュートリノ・反ニュートリノ対の高輝度ビームである。測定されるニュートリノのスペクトルから地球内部の物質密度を求めるトモグラフィ理論を提案した。

B 中間子のセミタウオニック崩壊

田中は、渡邊 (モントリオール大) と共同で、B 中間子のセミタウオニック崩壊 $\bar{B} \rightarrow D^{(*)}\tau\bar{\nu}$ について研究を行なった。LHCb 等の最新の実験データを用いて、この過程に寄与し得る新しい物理について定量的に明かにし、Belle II 実験でこれを発見できる可能性があることを示した。

重力波、電磁波、アクシオン放射に関する記憶効果

杉下は濱田 (Wisconsin 大) とともに、重力波、電磁波、アクシオン放射の記憶効果と呼ばれる現象を調べ、この現象の新たな観測方法の提案等を行った。

量子電磁力学における漸近対称性の保存則とその保存電荷の補正

杉下と平井は、量子電磁力学における漸近対称性に関連する 3 つの結果を得た。1 つ目は、電磁波の放射の記憶効果は漸近対称性の保存則として導出したことである。また、その保存則の補正項も subleading 記憶効果として理解できることを示した。2 つ目は、漸近対称性はゲージ冗長性ではなく物理的な対称性であることを BRST 形式に基づいて示したことである。3 つ目は、他の研究で示されていた subleading ソフト光子定理と漸近対称性の関係を拡張したことである。この関係は荷電粒子の質量が 0 の場合に示されていたが、我々はこの関係が一般の質量を持つ荷電粒子に対しても成立することを示した。

有限時間間隔におけるフェルミの黄金律

尾田は北海道大学名誉教授の石川とともに、ガウス波束形式による場の量子論の定式化の研究を行い、有限時間間隔におけるフェルミの黄金律を導出した。バルクからの貢献を時間境界からの貢献と分離する系統的な方法を、1951 年のシュトゥッケルベルグによる提案と異なり S 行列のユニタリ性を顕わに保つ形で示した。黄金率からのズレについて、それが実際に時間の境界からきていることを示した。

新しいインフレーションのモデル

また、IBS (当時) の神野、延世大の朴、ミネソタ大の金田とともに、周期的なインフラトン・ポテンシャルと共形因子をもつ宇宙のインフレーションの新しいセットアップを提唱し、それを重力の計量形式とパラティニ形式の両方で議論した。具体例として、ナチュラル・

インフレーション的なポテンシャルについて、どちらの形式においても、インフレーションの予言が現在の宇宙背景マイクロ波輻射の観測と一致することを示した。

バブル宇宙における量子エンタングルメント

菅野は、Andreas Albrecht (UC Davis)、佐々木節 (京大基研) と共同で、バブル宇宙における古典化のプロセスを理解するために、バブルウォールの量子エンタングルメントの影響を調べた。ウォールの効果が大きければ大きくなるほど、量子エンタングルメントが減少することを示し、ウォールと場の相互作用が古典化のプロセスに参与している可能性を示唆した。

D-ブレーンインフレーションにおける非等方宇宙の実現

菅野は、Jonathan Holland (Swansea U), Ivonne Zavala (Swansea U) と共同で、ストリング理論に忠実な D-ブレーンインフレーション理論において、現在の観測から示唆されている非等方インフレーション宇宙が存在し得るかどうかを研究し、解が存在することを明らかにし、その解の解析を行なった。

トポロジカル相の有効作用

大野木、山口哲、深谷は、 $D = 2n + 1$ ($n = 1, 2$) 次元におけるギャップをもつフェルミオン系のトポロジカルな特徴づけに対する研究を行った。具体的には $U(1)$ ゲージ場に結合し、フェルミオンについて双一次形式の一般的なハミルトニアンをもつ系に対して、Chern-Simons 有効作用の係数 (Chern-Simons level) と負エネルギー固有状態の波動関数によるベリ-接続 A_μ のチャーン指標 $ch_n(A)$ が等価であることを示した。その際、等価性には一般化された Ward-高橋恒等式が重要であることを指摘した。

Atiyah-Patodi-Singer (APS) 指数定理と domain-wall Dirac 演算子の研究

深谷、大野木、山口は、2017年に APS 指数と同じ量が domain-wall Dirac 演算子から得られることを示した。この研究は発見法的になされたが、東大の古田、山下、名古屋大の松尾の3名の数学者が共同研究に加わり、一般に偶数次元の APS 指数は domain-wall Dirac 演算子の η 不変量で書き直せることを数学的に証明した。さらにその格子ゲージ理論における定式化、奇数次元への応用も進め、それぞれ学会発表を行った。

't Hooft アノマリー整合条件を用いたゲージ理論の解析

山口は、近年発展している高次形式対称性を含む 't Hooft アノマリー整合条件を用いた強結合ゲージ理論の相構造の解析を行った。特にゲージ群が $SU(N)$ で (擬) 実表現の Weyl フェルミオンを1つ含む場合に、中心対称性とカイラル対称性の混合アノマリーを考えると、あり得るカイラル対称性のパターンを調べた。例として、 $SU(6)$ で3階反対称テンソル表現の Weyl フェルミオンが一つある場合には、フェルミオン双線形形式が凝縮しないにもかかわらず、カイラル対称性が破れるという、エキゾチックな現象が起こることを発見した。

摂動 QCD 領域における Dirac 演算子の固有値分布

深谷は KEK の中山、橋本と、摂動 QCD が適用できると期待される比較的エネルギーが高い領域の Dirac 演算子の固有値分布を解析し、くりこみ群改良を実行、 $O(\alpha_s^4)$ までの摂動

QCD でよく記述できることを確認した。 α_s を決定できる程度に精度の高い結果が得られたことは特筆に値する。

高温 QCD で現れる近似的対称性の研究

深谷は Graz 大（のちに大阪大学に特任研究員として採用）の Christian Rohrhofer らとの共同研究で、380 MeV 付近の高温 QCD をシミュレート、QCD の作用には存在しないはずの SU(4) の対称性が、2 体クォーク系の相関関数に近似的に現れていることを見出した。この事実は高温状態であった初期宇宙の理解に変更を迫る可能性がある。

格子 QCD による α_s の決定

大野木は、Flavor Lattice Averaging Group の α_s Working Group のメンバーとして格子 QCD による α_s の決定のレビューを行った。

深層学習とホログラフィー原理の関係の発見

橋本と杉下は、理化学研究所の田中章詞と富谷昭夫と共に、ホログラフィー原理により創発する時空を機械学習により作り出した。ホログラフィー原理は場の量子論と量子重力理論の間の等価性であるが、今までこのあいだの対応は発見方的に行われてきた。場の量子論を与えた時にその性質を再現する曲がった時空を作る、という逆問題を解くために、時空を深層ニューラルネットワークと同一視することで、場の量子論のデータを学習しそこで創発したネットワークの重みから時空を構築した。

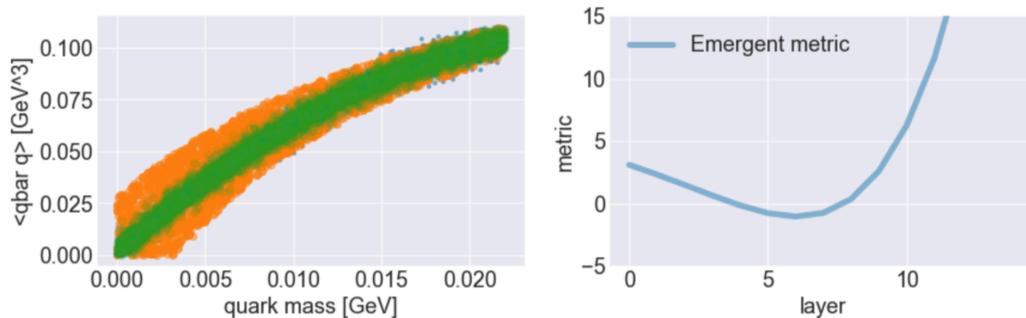


図 1.26: 左: 格子 QCD による、クォーク質量とカイラル凝縮の関係のデータ。緑は教師データ、オレンジはホログラフィックモデルで創発したメトリックにより再現されたデータ。右: 学習により創発したメトリック。横軸はニューラルネットワークの層の番号、すなわち創発した空間方向。

ホログラフィー原理における量子計算複雑性の性質の導出

飯塚、橋本、杉下は、AdS/CFT 対応におけるブラックホール内部の体積と対応する場の量子論の計算複雑性の関係を一般的に議論し、重力双対を持つような場の量子論の量子計算複雑性が、演算子の期待値などで与えられるような通常の物理量ではないことを示した。双方の時間発展を比較することによりこの一般的な性質が導かれたため、対応原理を精査する上で、複雑性を定義するための参照状態の選び方などへの示唆を得た。

線形シグマ模型とホログラフィック QCD のカオスの相図の導出

芥川、太田、橋本、宮崎は、QCD の低エネルギーのメソンセクターを与える線形シグマ模型とホログラフィック QCD の模型において、空間的に一様なメソン凝縮のカオスを調べ、そのエネルギーとクォーク質量への依存性についての相図を書いた。閉じ込め相では、カラーの数 N_c や QCD 結合定数が大きければ大きいほどカオスが減ることが判明した。また、カオスの起源はメソン相互作用ポテンシャルの形状であることを示した。

ウィルソンループのカオスの発見

橋本と村田は、九州大学の棚橋典大氏とともに、有限温度 Yang-Mills 理論の重要な物理量であるウィルソンループのカオスを求めた。AdS/CFT 対応によれば、ウィルソンループは重力側ではブラックホールの地平面に近い部分まで伸びる南部後藤弦に対応することから、この弦の形状の時間発展がカオスを与える。地平面がカオスの起源になるという一般的な考察を与えたのち、振動モードを選別したトイモデルでカオスの存在を示し、一般的な弦の運動も数値的に解いて、カオスの存在とそのリャプノフ指数を導出した。

D 次元重力の、large D 極限でのブラックホールの安定性の解析

近年、ブラックブレーンに電場を外から加えることによってホライズンが「きのこ型」に変化することがあることが数値的シミュレーションによって示唆されている。そのようなホライズンは「きのこの付け根」のくぼみの部分ちぎれることによって、裸の特異点が生じてしまうため、cosmic censorship に反する。飯塚は、近畿大学の石橋氏、芝浦工科大学の前田氏とともにそのようなブラックホールの安定性の解析を空間の次元 D が大きい極限で解析的に行った。結果そのようなくびれは安定であり、cosmic censorship に矛盾しないことが解析的に示せた。

Holographic Entanglement of Purification を共形ブロックから計算する

平井、玉岡、横矢は Entanglement of Purification (EoP) と呼ばれる量子情報量を、2次元 Holographic CFT で計算する公式を提案した。具体的には、AdS/CFT 対応のトイモデルである holographic code model の考察から、「EoP の計算」と「ツイスト演算子を内線を含む共形ブロックの計算」に対応があることを指摘し、計算結果が実際に重力側の予想と一致することを確かめた。

AdS 時空のフェルミオンを高次元時空に埋め込む

玉岡と西田充宏氏 (GIST) は、AdS 時空のフェルミオン場を高次元の平坦時空に埋め込む方法 (embedding space formalism) を構成した。これにより、長年の未解決問題であったフェルミオン・プロパゲーターの分離表現やフェルミオンを含む測地 Witten 図の構成が可能になった。Embedding space formalism は近年の AdS/CFT 対応の精密化の議論において重要な役割を果たしており、すでに我々の定式化が関連研究で使われ始めている。

エンタングルメント・エントロピーの一般化とその重力双対

玉岡は、部分転置した密度行列を用いて、エンタングルメント・エントロピーの混合状態への一般化を定義した。特にこの一般化が、(1) 純粋状態では通常のエンタングルメント・エントロピーと一致すること、(2) 2次元 Holographic CFT では entanglement wedge の最

小断面積を計算することを明らかにした。副産物として、場の理論が重力双対を持つための新しい拘束条件を発見した。

Langlands プログラムの物理への応用

池田は、近年数学分野で注目されている Langlands プログラムの物理への新しい応用について研究した。特に幾何学的 Langlands 対応の手法を適用し、量子ホール効果における量子ホール伝導度を Hecke 演算子を用いて導出した。また、量子ホール効果でのフラクタルなエネルギースペクトルの起源を Langlands 双対性を用いて説明した。これは強弱双対性による従来の手法で得られたものと整合し、新しい手法の妥当性と新たな研究の方向性を見出した。

Defect のある格子上的フラクタルなエネルギースペクトル

松木は、池田と共同で defect のある場合の Honeycomb 格子における電子状態のエネルギースペクトルを研究した。特に、Tight-binding の手法を適応し、エネルギースペクトルのフラクタル性が格子に導入された defect にどのように依存するかを調べた。この手法は従来の手法を発展させたものであり、電子のエネルギースペクトルの性質を解明する上で有効であることを示した。

学術雑誌に出版された論文

H-COUP: A program for one-loop corrected Higgs boson couplings in non-minimal Higgs sectors

Shinya Kanemura^s, M. Kikuchi, K. Sakurai, Kei Yagyu^s
Comp. Phys. Comm. **233** (December) (2018) 134-144
(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.cpc.2018.06.012>).

Gravitational waves from first order electroweak phase transition in models with the U(1)X gauge symmetry

K. Hashino, M. Kakizaki, Shinya Kanemura^s, Pyungwon Ko, T. Matsui
J. High Energy Phys. **218** (June) (2018) 88
([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP06\(2018\)088](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP06(2018)088)).

Loop effects on the Higgs decay widths in extended Higgs models

Shinya Kanemura^s, M. Kikuchi, Kentarou Mawatari^s, K. Sakurai, Kei Yagyu^s
Phys. Lett. **B783** (August) (2018) 140-149
(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2018.06.035>).

Single Higgs production in association with a photon at electron-positron colliders in extended Higgs models

Shinya Kanemura^s, Kentarou Mawatari^s, K. Sakurai
Phys. Rev. **D99** (February) (2019) 035023

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.99.035023>).

Gravitational waves from phase transitions in models with charged singlets

A. Ahriche, K. Hashino, Shinya Kanemura^s, S. Nasri

Phys. Lett. **789** (February) (2019) 119-126

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2018.12.013>).

KAGRA: 2.5 generation interferometric gravitational wave detector

T. Akutsu, et al.

Nat. Astron. **3** (January) (2019) 35-40

(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s41550-018-0658-y>).

Probing the Higgs Yukawa coupling to the top quark at the LHC via single top+Higgs production

Vernon Barger, Kaoru Hagiwara, Ya-Juan Zheng^{PD}

Phys.Rev.D99(2019) no.3,031701(R)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.99.031701>).

Quantum Hall Effect and Langlands Program

Kazuki Ikeda^d

Annals of Physics **397** (Oct) (2018) 136-150

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.aop.2018.08.002>).

Hofstadter's Butterfly and Langlands Duality

Kazuki Ikeda^d

Journal of Mathematical Physics **59** (No.6, Jun) (2018) 061704

(<http://dx.doi.org/doi:10.1063/1.4998635>).

Security and Privacy of Blockchain and Quantum Computation

Kazuki Ikeda^d

Advances in Computers **111** (Jan) (2018) 199-228

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/bs.adcom.2018.03.003>).

Blockchain in the Financial Sector and a Peer- to-Peer Global Barter Web

Kazuki Ikeda^d and N. Hamid

Advances in Computers **111** (Jan) (2018) 99-120

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/bs.adcom.2018.03.008>).

Quantum entanglement in de Sitter space with a wall, and the decoherence of bubble universes

Andreas Albrecht, Sugumi Kanno^s, Misao Sasaki
Phys. Rev. D **97** (No.8, April) (2018) 083520 1-11
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.97.083520>).

Anisotropic Inflation with Derivative Couplings
Jonathan Holland, Sugumi Kanno^s, Ivonne Zavala
Phys. Rev. D **97** (No.8, May) (2018) 103534 1-10
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.97.103534>).

Floquet superconductor in holography
Takaaki Ishii, Keiju Murata^s,
Phys.Rev. D **98** (No. 2) (2018) 126005.

Fermions in Geodesic Witten Diagrams
Mitsuhiro Nishida, Kotaro Tamaoka^d
JHEP **1807** (July), 149 (2018)
([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP07\(2018\)149](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP07(2018)149)).

Towards Entanglement of Purification for Conformal Field Theories
Hayato Hirai^dKotaro Tamaoka^dTsuyoshi Yokoya^d
PTEP **2018**, (no. 6, June), 063B03 (2018)
(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/pty063>).

Mixed global anomalies and boundary conformal field theories
Tokirou Numasawa^{PD}, Satoshi Yamaguchi^s
J. High Energy Phys. **11** (November) (2018) 202
([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP11\(2018\)202](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP11(2018)202)).

't Hooft anomaly matching condition and chiral symmetry breaking without bilinear condensate
Satoshi Yamaguchi^s
J. High Energy Phys. **01** (January) (2019) 014
([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP01\(2019\)014](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP01(2019)014)).

Probing the Higgs Yukawa coupling to the top quark at the LHC via single top+Higgs production
Vernon Barger, Kaoru Hagiwara, Ya-Juan Zheng^{PD}
Phys.Rev.D **3** (Feb) (2019) 031701
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.99.031701>).

Lattice computation of the Dirac eigenvalue density in the perturbative regime of QCD

Katsumasa Nakayama, Hidenori Fukaya^s, Shoji Hashimoto
Phys. Rev. D **98** (1, July) (2018) 014501
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.98.014501>).

Deep Learning and Holographic QCD

Koji Hashimoto^s, Sotaro Sugishita^{PD}, Akinori Tanaka, Akio Tomiya
Phys. Rev. D **98** (10) (2018) 106014
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.98.106014>).

Thoughts on Holographic Complexity and its Basis-dependence

Koji Hashimoto^s, Norihiro Iizuka^s, Sotaro Sugishita^{PD}
Phys. Rev. D **98** (4) (2018) 046002
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.98.046002>).

Phase diagram of QCD chaos in linear sigma models and holography

Tetsuya Akutagawa^d, Koji Hashimoto^s, Takeshi Miyazaki, Toshihiro Ota^d
Prog. Theor. Exp. Phys. **2018** (June) (2018) 063B01
(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/pty055>).

Chaos of Wilson Loop from String Motion near Black Hole Horizon

Koji Hashimoto^s, Keiju Murata^s, Shunichiro Kinoshita
Phys. Rev. D **98** (8) (2018) 086007
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.98.086007>).

Deep learning and the AdS/CFT correspondence

Koji Hashimoto^s, Sotaro Sugishita^{PD}, Akinori Tanaka, Akio Tomiya
Phys. Rev. D **98** (4) (2018) 046019
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.98.046019>).

Cosmic Censorship at Large D: Stability analysis in polarized AdS black branes (holes)

Norihiro Iizuka^s, Akihiro Ishibashi, Kengo Maeda
J. High Energy Phys. **1803** (3) (2018) 177
([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP03\(2018\)177](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP03(2018)177)).

Particle decay in Gaussian wave-packet formalism revisited

Kenzo Ishikawa and Kin-ya Oda^s
Prog. Theor. Exp. Phys. **2018** (123B01, Dec.) (2018) 1-33.

Notes on the gravitational, electromagnetic and axion memory effectsYuta Hamada, Sotaro Sugishita^{PD}J. High Energy Phys. **07** (July) (2018) 017[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP07\(2018\)017](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP07(2018)017)).**Conservation Laws from Asymptotic Symmetry and Subleading Charges in QED**Hayato Hirai^d, Sotaro Sugishita^{PD}J. High Energy Phys. **07** (July) (2018) 122[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP07\(2018\)122](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP07(2018)122)).**Tomography by neutrino pair beam**Takehiko Asaka, Hisashi Okui, Minoru Tanaka^s, Motohiko YoshimuraPhys. Lett. **B785** (Oct.) (2018) 536-542<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2018.09.004>).

国際会議報告等

Observation of approximate SU(2)_CS and SU(2)_f symmetries in high temperature lattice QCDChristian Rohrhofer^{s*}, Yasumichi Aoki, Guido Cossu, Hidenori Fukaya^s, Leonid Glozman, Shoji Hashimoto, Christian B. Lang, Sasa PrelovsekNucl.Phys. A **982** (February) (2019) 207-210.

The 27th International Conference on Ultrarelativistic Nucleus-Nucleus Collisions: Quark Matter 2018 (13-19 May 2018, Lido di Venezia, 参加者約 850 名).xxx

qBitcoin: A Peer-to-Peer Quantum Cash SystemKazuki Ikeda^{d*}Intelligent Computing **2** (Nov.) (2018) 763-771.

Science and Information Conference (Aug. 2018).xxx

Theory on $B \rightarrow D^{(*)}\tau\nu$ anomalyMinoru Tanaka^{s*}, Ryoutaro Watanabe

PoS HQL2018 (2018) 009.

XIV International Conference on Heavy Quarks and Leptons (May 27 – June 1, 2018, 参加者 83 名).xxx

国際会議における講演等

Highlight and Vision, Physics

Shinya Kanemura^{s*} (invited)

ALCW2018 (at Fukuoka, May 28-June 1, 2018, 参加者数約 240 名)

Electroweak and Higgs Physics

Shinya Kanemura^{s*} (invited)

First International High Energy Physics School in Western China (at Lanzhou, Aug.1-10, 2018, 参加者数約 100 名)

Synergy of collider and gravitational waves to explore the Higgs sector

Shinya Kanemura^{s*} (invited)

Multi-Higgs Models 2018 (at Lisbon, Sep.2-7, 2018, 参加者数約 100 名)

Gravitational waves as a probe of Higgs sector == Synergy with collider experiments ==

Shinya Kanemura^{s*} (invited)

Gravitational wave physics and astronomy: Genesis (at YITP, Kyoto U., Nov.27-30, 2018, 参加者数約 100 名)

Summary of HPNP2019

Shinya Kanemura^{s*} (invited)

4th international workshop on "Higgs as a Probe of New Physics (HPNP2019)" (at Osaka U., Feb. 18-23, 2019, 参加者数約 120 名)

Matching scalar couplings between general renormalisable theories

Johannes Braathen^{PD*}, M. Goodsell, and P. Slavich

Higgs Couplings 2018, Tokyo, November 26-30, 2018

Matching scalar couplings between general renormalisable theories

Johannes Braathen^{PD*}, M. Goodsell, and P. Slavich

KEK Theory Meeting on Particle Physics Phenomenology (KEK-PH2018 winter) and 3rd KIAS-NCTS-KEK workshop on Particle Physics Phenomenology, KEK (Tsukuba), December 4-7, 2018

Deep learning and AdS/CFT

Koji Hashimoto^{s*}

YITP workshop "Strings and Fields 2018" (YITP, Kyoto, 31 July 2018, 参加者数約 150 名)

Conservation Laws from Asymptotic Symmetry and Subleading Charges in QEDHayato Hirai^{d*}

Strings and Fields 2018 (Kyoto, Japan, July 30 - August 3, 2018)

Towards Entanglement of Purification for Conformal Field TheoriesHayato Hirai^{d*}

New Frontiers in String Theory 2018 (Kyoto, Japan, July 2 - August 3, 2018)

Signals of gauge-Higgs unification at 250 GeV ILCYutaka Hosotani^{i*}

Asian Linear Collider Workshop 2018, (Fukuoka, May 28 - June 1, 2018, 300)

qBitcoin: A Peer-to-Peer Quantum Cash SystemKazuki Ikeda^{d*}

2018 Science and Information Conference (at London, UK, Jul. 10-12, 2018, 参加者数約 300 名)

Indirect search for CP-violation in the scalar sector by the precision test of Higgs couplingsMayumi Aoki, Katsuya Hashino, Daiki Kaneko, Shinya Kanemura^s, Mitsunori Kubota^{d*}

Multi-Higgs Models 2018 (at Lisbon, Portugal, Sep. 4-7, 2018, 参加人数約 50 名)

Indirect search for CP-violation in the Higgs sector by the precision test of Higgs couplingsMayumi Aoki, Katsuya Hashino, Daiki Kaneko, Shinya Kanemura^s, Mitsunori Kubota^{d*}

Higgs Couplings 2018 (at Ryogoku, Japan, Nov. 26-30, 2018, 参加人数約 130 名)

Indirect search for CP-violation in the Higgs sector by the precision test of Higgs couplingsMayumi Aoki, Katsuya Hashino, Daiki Kaneko, Shinya Kanemura^s, Mitsunori Kubota^{d*}

KEK Theory Meeting on Particle Physics Phenomenology and 3rd KIAS-NCTS-KEK Joint Workshop (at Tsukuba, Japan, Dec. 4-7, 2018, 参加人数約 120)

Higgs production in association with a photon in extended Higgs models at ILC250Kentarou Mawatari^{s*}

Asian Linear Collider Workshop 2018 (in Hakata, Fukuoka, May 28 - June 1, 2018, 参加者数約 200 名)

Another Higgs production at ILC250Kentarou Mawatari^{s*}

Higgs Couplings 2018 (in Ryogoku, Tokyo, Nov. 26-30, 2018, 参加者数約 150 名)

Higgs production in association with a photon in extended Higgs models at ILC250Kentarou Mawatari^{s*}

Higgs as a Probe of New Physics 2019 (at Osaka University, Osaka, Feb. 18-22, 2019, 参加者数約 150 名)

Imaging black holes through AdS/CFTKeiju Murata^{s*}

Dynamics in Strong Gravity Universe (at YiTP, Sept. 2018, 参加者数約 37 名)

Holographic Floquet state Oscillatory Electric Field in HolographyKeiju Murata^{s*}

Holography and Extreme Chromodynamics (in Stantiago de Compostela, Spain, July 2-5, 2018, 参加者数約 49 名)

Floquet superconductor in holographyKeiju Murata^{s*}

International Molecule Program on Floquet Theory : Fundamentals and Applications (at YiTP, Apr. 2018)

Towards Entanglement of Purification for Conformal Field TheoriesKotaro Tamaoka^{d*}

Strings and Fields 2018 (at Yukawa Institute, Kyoto, Japan, July 30 - August 3, 2018 参加者数約 160 名)

Conformal blocks and its application to cross sectionKotaro Tamaoka^{d*}

New Frontiers in String Theory 2018, (Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto, 2 Jul. - 3 Aug. 2018)

Topology in Weinberg-Salam theoryMasanori Tanaka^{m*}

International Workshop on Theoretical Particle Physics 2018 (at Osaka, Japan, Oct.31 - Nov.2, 2018, 参加者数約 50 名)

Higgs Precision (Multi-Higgs) at the ILC

柳生 慶^{s*}

HPNP2019: The 4th International Workshop on “Higgs as a Probe of New Physics” (at Osaka University, Japan, Feb. 18-22, 2019, 参加者数約 130 名)

Boundary condition and exotic states in topological materials

Xi Wu^{d*} (invited)

PROGRESS IN THE MATHEMATICS OF TOPOLOGICAL STATES OF MATTER(at Sendai, August 13-17 2018, 参加者約 20 名)

Defects in Conformal Field Theory

Satoshi Yamaguchi^{s*} (invited)

Quantum Math (OIST, 2–3 March, 2019, 参加者約 30 名)

Axial U(1) symmetry in lattice QCD at high temperature

Hidenori Fukaya^{s*} for JLQCD collaboration (invited)

YKIS2018b Symposium Recent Developments in Quark-Hadron Sciences (YITP, Kyoto U., June 11 - June 15, 2018, 参加者約 100 名)

A physicist-friendly reformulation of the Atiyah-Patodi-Singer index theorem

Hidenori Fukaya^{s*} (invited)

AVENUES OF QUANTUM FIELD THEORY IN CURVED SPACETIME (Keio Univ., July 27-28, 2018, 参加者約 30 名)

A physicist-friendly reformulation of the Atiyah-Patodi-Singer index theorem

Hidenori Fukaya^{s*} (invited)

PROGRESS IN THE MATHEMATICS OF TOPOLOGICAL STATES OF MATTER (AIMR, Tohoku Univ., Aug. 13-17, 2018, 参加者約 30 名)

Axial U(1) Anomaly at High Temperature

Hidenori Fukaya^{s*} for JLQCD collaboration (invited)

”Quantum Chromodynamics and Its Symmetries” (Oberwölz, September 9-15, 2018, 参加者約 50 名)

ADS/CFT in time-dependent external field

Koji Hashimoto^{s*} (invited)

International Molecule Program on Floquet Theory Fundamentals and Applications, (YITP, Kyoto, 18 Apr 2018, 参加者数約 50 名)

Deep Learning and AdS/CFT

Koji Hashimoto^{s*} (invited)

15th Workshop on Non-Perturbative Quantum Chromodynamics”(Institut d’Astrophysique de Paris, 9-12 Jun 2018, 参加者数約 50 名)

Deep Learning and AdS/CFT

Koji Hashimoto^{s*} (invited)

Tsinghua Workshop on Machine Learning in Geometry and Physics 2018”(Tsinghua Sanya International Mathematics Forum, 13-16 Jun 2018, 参加者数約 30 名)

Deep Learning and holographic QCD

Koji Hashimoto^{s*} (invited)

APCTP focus week workshop “Holography and Geometry of Quantum Entanglement ” (Hanyang University, 8-16 Aug 2018, 参加者数約 30 名)

Deep Learning and AdS/CFT

Koji Hashimoto^{s*} (invited)

Workshop “Quantum Gravity meets Lattice QFT ” (ECT*, Trento, 3 Sep 2018, 参加者数約 30 名)

Deep Learning and holographic QCD

Koji Hashimoto^{s*} (invited)

East Asia Joint Workshop on Fields and Strings 2018 (KIAS, Seoul, 4-8 Nov 2018, 参加者数約 70 名)

Deep Learning and holographic QCD

Koji Hashimoto^{s*} (invited)

Workshop “Machine learning landscape ” (International Centre for theoretical physics in Trieste, 10-12 Dec 2018, 参加者数約 40 名)

Gauge-Higgs unification and e^+e^- to fermion pairs

Yutaka Hosotani^{i*} (invited)

Workshop on Top Physics at the LC 2018, (Tohoku University, June 4-6, 2018, 70)

New Particles: gauge-Higgs unification at ILC

Yutaka Hosotani^{i*} (invited)

23rd Regular Meeting of New Higgs Working Group, (Osaka University, August 23 & 24, 2018, 60)

Gauge-Higgs unification at e^+e^- linear colliders

Yutaka Hosotani^{i*} (invited)

Corfu Summer Institute, Workshop on the Standard Model and Beyond, (Corfu, August

31 - September 9, 2018, 60)

Unification and Gauge Symmetry Breaking — from Einstein to Nambu, and future —

Yutaka Hosotani^{i*} (invited)

International Symposium in Honor of Professor Nambu for the 10th Anniversary of his Nobel Prize in Physics, (Osaka City University, December 12-13, 2018, 120)

New Physics Search

Yutaka Hosotani^{i*} (invited)

Higgs as a Probe of New Physics 2019 (HPNP2019), (Osaka University, February 18 - 22, 2019, 130)

Quantum Hall Effect from a Viewpoint of Langlands Program

Kazuki Ikeda^{d*} (invited)

PROGRESS IN THE MATHEMATICS OF TOPOLOGICAL STATES OF MATTER (at Sendai, Japan, Aug. 13-17, 2018, 参加者数約 50 名)

MadGraph with emphasis on LC

Kentarou Mawatari^{s*} (invited)

Workshop on Top Physics at the LC 2018 (at Tohoku University, Miyagi, Jun. 4-6, 2018, 参加者数約 30 名)

Another Higgs production at ILC250

Kentarou Mawatari^{s*} (invited)

Beyond the BSM (in Ikaho, Gunma, Oct. 1-4, 2018, 参加者数約 50 名)

Oscillatory Electric Field in Holography

Keiju Murata^{s*} (invited)

15th workshop on Non-Perturbative QCD (at Brown Univ., June 11-14, 2018, 参加者数約 47 名)

A generalized multiple-point (criticality) principle and inflation

Kin-ya Oda^{s*} (invited)

Scale invariance in particle physics and cosmology, CERN, 28 January–1 February 2019, 参加者数 80 名

Memory effects and the related infrared physics

Sotaro Sugishita^{PD*} (invited)

Strings and Fields 2018 (at Yukawa Institute, Kyoto, Japan, July 30 - August 3, 2018 参

加者数約 160 名)

Deep learning and AdS/CFT

Sotaro Sugishita^{PD*} (invited)

Discrete Approaches to the Dynamics of Fields and Space-Time 2018, (at Tohoku Univ., Sendai, Japan, Sep. 9 - 12, 2018 参加者数約 60 名)

A Generalized Entanglement Entropy and Holography

Kotaro Tamaoka^{d*} (invited)

One-day workshop for QFT and string theory at Nambu Symposium 2018, (Osaka City University, 14 Dec. 2018)

Conformal blocks and AdS geometries

Kotaro Tamaoka^{d*} (invited)

Recent Developments in Gauge Theory and String Theory, (Keio University, Hiyoshi Campus, Kanagawa, 18 - 20 Sep. 2018)

Theory on $B \rightarrow D^{(*)}\tau\nu$ anomaly

Minoru Tanaka^{s*} (invited)

XIV International Conference on Heavy Quarks and Leptons (May 27 – June 1, 2018, 参加者 83 名)

Atiyah-Patodi-Singer index from the domain-wall fermion Dirac operator (poster)

Satoshi Yamaguchi^{s*}

Strings 2018, (OIST, 25–29 June 2018, 参加者数約 400 名)

Same sign pair production of singly-charged Higgs bosons at hadron colliders (poster)

Masashi Aikou^{m*}, Shinya Kanemura^s, Kentarou Mawatari^s

The 4th International Workshop on "Higgs as a Probe of New Physics 2019", (at Osaka, Japan, Feb. 18-22, 2019, 参加者数約 130 名)

Phase diagram of QCD chaos (poster)

Tetsuya Akutagawa^{d*}, Koji Hashimoto, Takeshi Miyazaki, Toshihiro Ota

Strings2018(at Okinawa, Japan, June 25-29, 2018), 参加者数約 400 名

Two-loop corrections to the Higgs trilinear coupling in a Two-Higgs-Doublet Model (poster)

Johannes Braathen^{PD*}, Shinya Kanemura^s

4th International Workshop on "the Higgs as a Probe of New Physics" – HPNP 2019,

Osaka University, February 18-22, 2019

LFV decays of Higgs boson and dark matter in new model for Dirac neutrino masses (poster)

Kazuki Enomoto^{m*}, Shinya Kanemura^s, Kodai Sakurai, Hiroaki Sugiyama

The 4th International Workshop on “Higgs as a Probe of New Physics 2019”. (at Osaka, Japan, Feb. 18-22, 2019, 参加者約 130 名)

Asymptotic symmetries in covariant gauge and subleading charges for massive QED (poster)

Hayato Hirai^{d*}

Strings 2018 (Okinawa, Japan, 25 - 29 June, 2018)

Dream and Magical Lands with D-Wave Quantum Annealer (poster)

Kazuki Ikeda^{d*}, Yuma Nakamura, Masamichi Miyama, Masayuki Ohzeki

Adiabatic Quantum Computing Conference (at California, USA, Jun. 25-28, 2018, 参加者約 300 名)

Comments on Fractal Energy Spectrum on Honeycomb Lattice (poster)

Yoshiyuki Matsuki^{m*}, Kazuki Ikeda^d

Symmetry and Topology in Condensed-Matter Physics (at Tokyo, Japan, Jun. 19-21, 2018, 参加者約 100 名)

Indirect search for CP-violation in the Higgs sector by the precision test of Higgs couplings (poster)

Mayumi Aoki, Katsuya Hashino, Daiki Kaneko, Shinya Kanemura^s, Mitsunori Kubota^{d*}

Higgs as a Probe of New Physics 2019 (at Osaka, Japan, Feb. 18-22, 2019, 参加人数約 130 名)

QCD chaos via D-brane dynamics in higher dimensions (poster)

Toshihiro Ota^{d*}

Strings 2018 (at OIST, Okinawa, Japan, June 25-29, 2018, 参加者数約 500 名)

QCD chaos via D-brane dynamics in higher dimensions (poster)

Toshihiro Ota^{d*}

Strings and Fields 2018 (at Yukawa Institute, Kyoto, Japan, July 30 - August 3, 2018 参加者数約 160 名)

Entanglement of Purification at Large Central Charge (poster)

Kotaro Tamaoka^{d*}

Strings 2018, (Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University, Okinawa, 25-29 Jun. 2018)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

't Hooft アノマリー整合条件とフェルミオン双線形凝縮のないカイラル対称性の破れ
山口 哲^{s*}

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学, 2019年3月14日 - 3月17日)

ハドロン加速器実験における単荷電ヒッグスボソンの同符号対生成

愛甲 将司^{m*}; 兼村 晋哉^s; 馬渡 健太郎^s

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学, 2019年3月14日 - 3月17日)

ホログラフィー原理を用いたクォーク間力のカオスの研究

芥川 哲也^{d*}, 太田敏博, 橋本幸士, 村田佳樹

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学, 2019年3月14日 - 3月17日)

ヒッグス LFV 崩壊と暗黒物質を伴うディラックニュートリノの質量の新模型

榎本 一輝^{m*}, 兼村 晋哉^s, 桜井 巨大, 杉山 弘晃

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学, 2019年3月14日 - 3月17日)

「物理屋でもわかる Atiyah-Patodi-Singer 指数定理」の数学的証明

深谷 英則^{s*}, 古田幹雄, 松尾信一郎, 大野木 哲也^s, 山口 哲^s, 山下真由子

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学, 2019年3月14日 - 3月17日)

格子上の domain-wall fermion を用いた Atiyah-Patodi-Singer 指数 (1)

深谷 英則^s, 川井 直樹^m, 松木 義幸^m, 森 真輝人^{m*}, 大野木 哲也^s, 山口 哲^s

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学, 2019年3月14日 - 3月17日)

素粒子の質量について (招待講演)

橋本 幸士^{s*}

日本質量分析学会 (於 大阪, 2018年5月15日)

QED における赤外発散のない漸近状態についての考察

平井 隼人^{d*}, 杉下 宗太郎^{PD}

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学, 2019年3月14日 - 3月17日)

Conservation Laws from Asymptotic Symmetry and Subleading Charges in QED

平井 隼人 ^{d*}, 杉下 宗太郎 ^{PD}

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 信州大学、2018 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

素粒子物理学と ILC

細谷 裕 ^{i*}

日本学術会議, 国際リニアコライダー計画の見直し案に関する検討委員会・同委員会技術検証分科会合同会議, 東京, 2018 年 10 月 10 日

Standard model phenomenology reduced from $SO(11)$ gauge-Higgs grand unification

細谷 裕 ^{i*}, 幡中久樹, 折笠雄太, 船津周一郎, 山津直樹

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 信州大学、2018 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

GUT inspired $SO(5) \times U(1) \times SU(3)$ gauge-Higgs unification

細谷 裕 ^{i*}, 幡中久樹, 折笠雄太, 船津周一郎, 山津直樹

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

量子アニーリング型コンピュータを用いたナーススケジューリング問題へのアプローチ

池田 一毅 ^{d*}, 中村悠馬, Travis Humble

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

格子上の domain-wall fermion を用いた Atiyah-Patodi-Singer 指数 (2)

深谷 英則 ^s, 川井 直樹 ^{m*}, 松木 義幸 ^m, 森 真輝人 ^m, 大野木 哲也 ^s, 山口 哲 ^s

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

ヒッグス結合定数の精密測定を用いた CP の破れの間接的検証

青木 真由美, 金子 大毅, 兼村 晋哉 ^s, 久保田 充紀 ^{d*}, 端野 克哉

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 信州大学、2018 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

ヒッグス結合の精密測定による CP の破れの間接的検証

青木 真由美, 金子 大毅, 兼村 晋哉 ^s, 久保田 充紀 ^{d*}, 端野 克哉

基研研究会 素粒子物理学の進展 2018 (於 京都大学基礎物理学研究所、2018 年 8 月 6 日 – 8 月 10 日)

奇数次元ドメインウォールフェルミオンのアノマリー流入

深谷 英則 ^s, 川井 直樹 ^m, 松木 義幸 ^{m*}, 森 真輝人 ^m, 大野木 哲也 ^s, 山口 哲 ^s

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

Another Higgs production at ILC250

馬渡 健太郎 ^{s*}

基研研究会 素粒子物理学の進展 2018 (於 京都大学基礎物理学研究所、2018年8月6日 – 8月10日)

$e^+e^- \rightarrow h\gamma$ 過程を用いた拡張ヒッグスモデルの検証

兼村 晋哉^s, 馬渡 健太郎^{s*}, 桜井 巨大

日本物理学会 2018年秋季大会 (於 信州大学、2018年9月14日 – 9月17日)

Initial state radiation with polarized electron and positron beams

Shao-Feng Ge, 萩原薫, 神前純一, 馬渡 健太郎^{s*}

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学、2019年3月14日 – 3月17日)

Black resonators and geons in AdS5

Keiju Murata^{s*}

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学、2019年3月14日 – 3月17日)

Hillclimbing quartic natural inflation

Ryusuke Jinno, Kunio Kaneta, 尾田 欣也^{s*}, Seong Chan Park

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学、2019年3月14日 – 3月17日)

$T\bar{T}$ 変形により拡張された AdS/CFT 対応の解析と検証

太田 敏博^{d*}

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学、2019年3月14日 – 3月17日)

エンタングルメント・エントロピーの一般化とその重力双対について

玉岡 幸太郎^{d*}

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学、2019年3月14日 – 3月17日)

初期空間位相を用いた原子ニュートリノ過程における誘電体導波路による QED 背景過程の抑制

田中 実^{s*}; 津村浩二, 笹尾 登, 植竹 智, 吉村太彦

日本物理学会 2018年秋季大会 (於 信州大学、2018年9月14日 – 9月17日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事

書評: 「基礎物理から理解するゲージ理論」 – 素粒子の標準数式を読み解く –

兼村 晋哉^s

サイエンス社 (2018年11月発行, 2頁)

Newton 別冊 「超ひも理論と宇宙のすべてを支配する数式」

橋本 幸士^s

ニュートンプレス社、2019年3月

Newton 特集「空間は幻なのか？」

橋本 幸士^s

ニュートンプレス社、2018年10月号

Newton 特集「宇宙を支配する数式」

橋本 幸士^s

ニュートンプレス社、2018年7月号

物理学雑誌『パリティ』特集 ディープラーニングから物理へ 巻頭言

橋本 幸士^s

丸善出版、2018年8月号

ゲージヒッグス統合理論 – 素粒子標準理論のその先へ

細谷 裕ⁱ

サイエンス社、(2018年10月25日, 208ページ)

入試ミスの判明から未来を目指せるか

細谷 裕ⁱ

生産と技術, 第70巻, 第3号 (2018) 21 – 25.

パリティ 2019年1月号 メモリー効果と漸近対称性

杉下 宗太郎^{PD}

丸善出版 (2018年12月発行)

1.11 原子核理論グループ

平成30年度の研究活動概要

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重要な手段であり、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。我々は、勾配流法と呼ばれる手法を用いて、格子ゲージ理論上でのエネルギー運動量テンソルを解析する研究を行ってきた。柳原、北沢、浅川は、理研の入谷、初田と共同で、この手法を用いてクォーク・反クォーク間に発生するフラックスチューブ周辺における応力の空間分布を測定する研究を行った。これにより、従来ゲージ依存量を用いてしか議論されてこなかったフラックスチューブの空間的構造を物理的意味の明瞭な応力テンソルを用いて可視化することに成功した。また、柳原、北沢、入谷は、数値シミュレーションで得られた応力構造を双対超伝導描像に基づく有効模型を用いて理解するための研究に取り組んでいる。北沢は、理研の入谷、九州大の鈴木、高浦と共に、勾配流法でのエネルギー運動量テンソルの解析に必要な摂動係数の高次項の効果を評価する研究を行った。Harlanderらによって計算された摂動高次項をクエンチQCDの数値計算結果を用いて評価し、高次項の取り込みによってエネルギー運動量テンソルの解析が従来より安定化することを示した。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共同研究のメンバーとして、勾配流法をフルQCD数値解析に適用し、熱力学量を測定する研究を行っている。本年度は、現実的なクォーク質量での熱力学量の測定や、相関関数の測定などの新たな解析を進めた。

清原、北沢は、WHOT-QCD共同研究と共に、重クォーク領域に存在する臨界点を調べる研究を行った。Polyakovループを用いることでクエンチQCDにクォーク行列式の効果を部分的に取り込んだモンテカルロ数値計算を開発し更に重クォーク展開の高次項を取り込むことで、重クォーク領域を従来の研究と比べ格段に高効率・高信頼度で調べる手法を確立し、また観測量としてBinderキュムラントを用いることで重クォーク領域の臨界点の位置及び臨界指数の測定を実現した。

松本、北沢は、非可換ゲージ理論のゲージ配位が持つトポロジカル電荷を機械学習を用いて推定する研究を行った。勾配流変換をわずかに施したゲージ配位上での観測量を入力として畳み込みニューラルネットワークを学習させることにより、95%以上の高い正答率でトポロジカル電荷を特定するネットワークが構築できることを示した。

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、イベント毎解析で観測される保存電荷ゆらぎが、QCD相構造の探索に有用な実験的観測量として実験・理論の双方から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の、検出器の特性がもたらす観測結果への歪みの効果を補正する議論を行った。昨年までは、粒子を検出する確率が粒子毎に無相関であるという仮定のもとでこのような議論を行っていたが、現実的な検出器ではこの仮定は成り立たない。そこで本年度は、この仮定を置かない一般的な場合へと補正方法を一般化する議論を行った。野中、北沢、赤松は、フランスSUBATECHのBluhm, Nahrgangらと共に、超高密度領域における存在が予言される一次相転移を原子核衝突実験における観測量と関連付けるための研究を行った。ポテンシャルに一次相転移の効果を取り

込んだ確率論的方程式を数値的に解くことにより、一次相転移通過時に発生する相分離などの動的過程を記述し、相転移通過と終状態の相関関数の間の関係を調べた。

赤松は Derek Teaney 氏、Fanglida Yan 氏 (Stony Brook 大学)、Yi Yin 氏 (MIT) とともに、重イオン衝突のような膨張系において QCD 臨界点のゆらぎが示す非平衡スケーリング (Kibble-Zurek スケーリング) を研究した。その結果、非平衡スケーリング則において基準となる長さスケールは 1.6fm、臨界点由来のゆらぎの増幅率はせいぜい 2 倍という見積もりを得た。これは重イオン衝突において臨界点直上を通った運の良いイベントが存在したとしても、ベースラインとなるポアソンゆらぎからのずれは、相関長 1.6fm 程度においてせいぜい 2 倍程度に抑えられるということの意味し、実験での臨界点探索にはかなり注意と精度を要することを指摘した。

相対論的重イオン衝突において、衝突エネルギーを現在の RHIC や LHC よりも下げて微調整することにより、高密度のクォーク物質を作成することが計画されている。そのような重イオン衝突でクォーク物質を研究するには、カスケード模型や流体模型といった輸送現象を取り扱う枠組みが欠かせない。特に、低エネルギーでの重イオン衝突では、粒子の集まりと連続体である流体の間の描像転換を動的に行う必要がある。赤松、浅川、北沢は、京都大学の西大氏、国際教養大学の奈良氏、名古屋大学の野中氏、上智大学の平野氏、村瀬氏、Wroclaw 大学／理化学研究所の森田氏と共同で、カスケード模型と流体模型を同時に解き、両者の間の転換を動的に行う数値計算を行った。その結果、過去に行われた低エネルギーの相対論的重イオン衝突における粒子数や横質量分布、 K^+/π^+ 比をうまく説明できることが分かった。

重いクォークコニウムの収量は、大型加速器を用いて行われる重イオン衝突実験において、クォーク・グルーオン・プラズマ状態の生成に敏感な量であると考えられている。最近では、媒質中のクォークコニウムの動力学を量子開放系の理論を用いて記述する研究が活発に行われている。梶本、赤松、浅川は、Alexander Rothkopf 氏 (University of Stavanger) と共に、量子開放系の理論から導出された確率論的ポテンシャル模型に SU(2) カラー自由度を取り入れた時、クォークコニウム束縛状態が受ける影響について議論した。カラー SU(2) を含む場合には、初期状態である束縛状態の存在確率がより早く減少することを数値的に確認した。また、三浦、赤松、浅川は、Alexander Rothkopf 氏 (University of Stavanger) と共に、クォークグルーオンプラズマ中でのクォークコニウムの相対運動のダイナミクスを量子開放系の枠組みで解析した。それを Quantum State Diffusion と呼ばれる手法を用いて数値解析した結果、量子散逸という力の下ではクォークコニウムは熱平衡化することを確認した。また、クォークコニウムの相対運動がその重心運動に依存していることを示し、それがクォークコニウムの固有状態の分布に与える寄与についても解析した。

大塚、赤松、浅川は、フェルミオンの質量が 0 の場合でもカイラリティを変化させる光子・フェルミオン間の散乱に注目して、カイラル輸送現象に対する影響を議論すべく研究を行ってきた。その結果、得られた Boltzmann 方程式は場の理論で示されるアノマリーとは整合しないことを明らかにし、まずはそのような散乱の起源を探ることを課題とした。

学術雑誌に出版された論文

Quantum dissipation of a heavy quark from a nonlinear stochastic Schrödinger equation

Y. Akamatsu^s, M. Asakawa^s, S. Kajimoto^d, A. Rothkopf

JHEP **07** (July) (2018) 029

([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP07\(2018\)029](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP07(2018)029)).

Dynamically integrated transport approach for heavy-ion collisions at high baryon density

Y. Akamatsu^s, M. Asakawa^s, T. Hirano, M. Kitazawa^s, K. Morita, K. Murase, Y. Nara, C. Nonaka, A. Ohnishi

Phys. Rev. C **98** (August) (2018) 024909 1-9

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.98.024909>).

A general procedure for detector-response correction of higher order cumulants

T. Nonaka, M. Kitazawa^s, S. Esumi

Nucl. Instrum. Meth. A **906** (Oct.) (2018) 10-17

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2018.08.013>).

Distribution of Stress Tensor around Static Quark–Anti-Quark from Yang–Mills Gradient Flow

R. Yanagihara^d, T. Iritani, M. Kitazawa^s, M. Asakawa^s, T. Hatsuda

Phys. Lett. B **789** (Feb.) (2019) 210-214

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2018.09.067>).

Thermodynamics in quenched QCD: energy–momentum tensor with two-loop order coefficients in the gradient flow formalism

T. Iritani, M. Kitazawa^s, H. Suzuki, H. Takaura

PTEP **2019** (No.2, Feb.) (2019) 023B02 1-19

(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptz001>).

国際会議報告等

Quantum dynamical dissociation of quarkonia by wave function decoherence in quark-gluon plasma

S. Kajimoto^{d*}, Y. Akamatsu^s, M. Asakawa^s, A. Rothkopf

Nucl.Phys. A **982** (Feb.) (2019) 711-714.

The 27th International Conference on Ultrarelativistic Nucleus-Nucleus Collisions: Quark

Matter 2018 (at Venezia, Italy, May 13-19, 2018, 参加者数約 850 名).xxx

Scaling Properties of Out-of-equilibrium Hydrodynamic Fluctuations near the QCD Critical Point

Y. Akamatsu^s, D. Teaney, F. Yan^{*}, Y. Yin

Nucl.Phys. A **982** (Feb.) (2019) 875-878.

The 27th International Conference on Ultrarelativistic Nucleus-Nucleus Collisions: Quark Matter 2018 (at Venezia, Italy, May 13-19, 2018, 参加者数約 850 名).xxx

Equation of state near the first order phase transition point of SU(3) gauge theory using gradient flow

M. Shirogane^{*}, S. Ejiri, R. Iwami, K. Kanaya, M. Kitazawa^s, H. Suzuki, Y. Taniguchi, T. Ummeda

Proc. Sci. **Lattice2018** (2019) 164, 1-7.

The 36th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2018) (at Michigan, USA, July, 2018, 参加者数約 400 名).xxx

Study of energy-momentum tensor correlation function in $N_f = 2 + 1$ full QCD for QGP viscosities

Y. Taniguchi^{*}, A. Baba, S. Ejiri, K. Kanaya, M. Kitazawa^s, T. Shimojo, A. Suzuki, H. Suzuki, T. Ummeda

Proc. Sci. **Lattice2018** (2019) 166, 1-7.

The 36th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2018) (at Michigan, USA, July, 2018, 参加者数約 400 名).xxx

Measuring of chiral susceptibility using gradient flow

A. Baba^{*}, S. Ejiri, K. Kanaya, M. Kitazawa^s, T. Shimojo, A. Suzuki, H. Suzuki, Y. Taniguchi, T. Ummeda

Proc. Sci. **Lattice2018** (2019) 173, 1-7.

The 36th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2018) (at Michigan, USA, July, 2018, 参加者数約 400 名).xxx

Linear confinement and stress-energy tensor around static quark and anti-quark pair – Lattice simulation with Yang-Mills gradient flow –

R. Yanagihara^{d*}, T. Iritani, M. Kitazawa^s, M. Asakawa^s, T. Hatsuda

Proc. Sci. **Lattice2018** (2019) 255, 1-7.

The 36th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2018) (at Michigan, USA, July, 2018, 参加者数約 400 名).xxx

Exploring non-Abelian gauge theory with energy-momentum tensor; stress,

thermodynamics and correlationsM. Kitazawa^{s*}Proc. Sci. **Confinement2018** (2019) 014, 1-15.

XIII Quark Confinement and the Hadron Spectrum (July-Aug. 2018, 参加者数約 250 名).xxx

国際会議における講演等**Exploring non-Abelian gauge theory with energy-momentum tensor**M. Kitazawa^{s*} (invited)

XIII Quark Confinement and Hadron Spectroscopy (Confinement2018)(at Maynooth, Ireland, Jul. 31 - Aug. 6, 2018, 参加者数約 250 名)

Energy-momentum tensor on the lattice via gradient flowM. Kitazawa^{s*} (invited)

Workshop “High Performance Computing In High Energy Physics” (at CCNU, Wuhan, China, Sep. 19-21, 2018, 参加者数約 50 名)

QCD phase structure and future heavy-ion programsM. Kitazawa^{s*} (invited)

KPS-JPS joint meeting (at Changwon, Korea, Oct. 24-26, 2018, 参加者数約 50 名)

Flux tube structure with gradient flowM. Kitazawa^{s*} (invited)

MIAPP programme “Interface of Effective Field Theories and Lattice Gauge Theory” (at Munich, Germany, Oct.15 - Nov. 9, 2018, 参加者数約 50 名)

Gradient flow and SU(3) thermodynamics, and related topicsM. Kitazawa^{s*} (invited)

MIAPP programme “Interface of Effective Field Theories and Lattice Gauge Theory” (at Munich, Germany, Oct.15 - Nov. 9, 2018, 参加者数約 50 名)

Fluctuation observables around the critical pointM. Asakawa^{s*} (invited)

The 7th Asian Triangle Heavy-Ion Conference (at Hefei, China, Nov. 3-6, 2018, 参加者数約 220 名)

Quantum aspects of heavy quark theoryY. Akamatsu^{s*} (invited)

The 7th Asian Triangle Heavy-Ion Conference (at Hefei, China, Nov. 3-6, 2018, 参加者数約 220 名)

Exploring extremely dense medium in heavy-ion collisions

M. Kitazawa^{s*} (invited)

13th International Conference on Nucleus-Nucleus Collisions (NN2018) (at Saitama, Japan, Dec. 4-8, 2018, 参加者数約 250 名)

Quantum Aspects of Quarkonium Dynamics

Y. Akamatsu^{s*} (invited)

Nagoya Mini-Workshop “Phenomenology and experiments at RHIC and the LHC” (at Nagoya, Japan, Feb. 16, 2019, 参加者数約 20 名)

Equilibration of higher cumulants

M. Kitazawa^{s*} (invited)

EMMI workshop “Probing the Phase Structure of Strongly Interacting Matter: Theory and Experiment” (at Darmstadt, Germany, March 25-29, 2019, 参加者数約 100 名)

Observing critical fluctuations in the dynamics of heavy ion collisions

M. Kitazawa^{s*}, M. Nahrgang

2018 Joint workshop of TYL/FJPPL and FKPPPL (at Nara, Japan, May 9-11, 2018, 参加者数約 80 名)

Quantum dynamical dissociation of quarkonia by wave function decoherence in quark-gluon plasma

S. Kajimoto^{d*}, Y. Akamatsu^s, M. Asakawa^s, A. Rothkopf

The 27th International Conference on Ultrarelativistic Nucleus-Nucleus Collisions: Quark Matter 2018 (at Venezia, Italy, May 13-19, 2018, 参加者数約 850 名)

Stress Tensor Distribution around Flux Tube in SU(3) Yang-Mills Theory

M. Kitazawa^{s*}, R. Yanagihara^d, T. Iritani, M. Asakawa^s, T. Hatsuda

The 16th International Conference on QCD in Extreme Conditions (XQCD 2018) (at Frankfurt, Germany, May 21-23, 2018, 参加者数約 120 名)

Open Quantum Systems for Quarkonia in QGP

Y. Akamatsu^{s*}

INT Program INT-18-1b: Multi-Scale Problems Using Effective Field Theories (at Seattle, USA, May 7-June 1, 2018, 参加者数約 20 名)

Quantum Dissipation of Heavy Quarks in the Quark-Gluon Plasma

Y. Akamatsu^{s*}

New Frontiers in QCD 2018 (at Kyoto, Japan, May 28-June 29, 2018, 参加者数約 130 名)

Time evolution of quarkonia in quark-gluon plasma

S. Kajimoto^{d*}, Y. Akamatsu^s, M. Asakawa^s, A. Rothkopf

ECT* doctoral training program (at Trento, Italy, May 28 - June 22, 2018, 参加者数約 50 名)

Linear confinement and stress-energy tensor around static quark and anti-quark pair – Lattice simulation with Yang-Mills gradient flow –

R. Yanagihara^{d*}, T. Iritani, M. Kitazawa^s, M. Asakawa^s, T. Hatsuda

The 36th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2018) (at Michigan, USA, July, 2018, 参加者数約 400 名)

Quarkonium dynamics with colorful stochastic potential

S. Kajimoto^{d*}, Y. Akamatsu^s, M. Asakawa^s, A. Rothkopf

Nagoya Mini-Workshop “Phenomenology and experiments at RHIC and the LHC” (at Nagoya, Japan, Feb. 16, 2019, 参加者数約 20 名)

Effect of quantum dissipation on quarkonium equilibration in QGP

T. Miura^{d*}, Y. Akamatsu^s, M. Asakawa^s, A. Rothkopf

Nagoya Mini-Workshop “Phenomenology and experiments at RHIC and the LHC” (at Nagoya, Japan, Feb. 16, 2019, 参加者数約 20 名)

“Classicalization” of quarkonia in the quark-gluon plasma (poster)

S. Kajimoto^{d*}, Y. Akamatsu^s, M. Asakawa^s, A. Rothkopf

The 27th International Conference on Ultrarelativistic Nucleus-Nucleus Collisions: Quark Matter 2018 (at Venezia, Italy, May 13-19, 2018, 参加者数約 850 名)

Time evolution of a quarkonium towards the thermal equilibrium in the quark-gluon plasma (poster)

T. Miura^{d*}, Y. Akamatsu^s, M. Asakawa^s, A. Rothkopf

13th International Conference on Nucleus-Nucleus Collisions (NN2018) (at Omiya, Japan, Dec. 4-8, 2018, 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

双対 Abelian Higgs 模型に基づくクォーク・反クォーク系の応力分布の解析

柳原 良亮^{d*}, 入谷匠, 北沢 正清^s

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 信州大学、2018 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

光子のカイラル輸送現象の Keldysh 形式に基づいた解析

大塚 高弘 ^{m*}, 赤松 幸尚 ^s, 浅川 正之 ^s

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 信州大学、2018 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

ポリヤコフープを含む作用に基づくモンテカルロ計算による重クォーク QCD の相転移の解析

清原 淳史 ^{m*}, 北沢 正清 ^s, 板垣翔太, 江尻信司, 金谷和至, 白銀瑞樹, 谷口裕介

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 信州大学、2018 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

Past, present, and future of the QGP physics

M. Asakawa ^{s*}

第 5 回 日米物理学会 合同核物理分科会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2018 年 10 月 23 日 - 10 月 27 日)

非等方な有限体積系に置かれた有限温度 SU(3) ゲージ理論の圧力非等方性の測定

北沢 正清 ^{s*}, S. Mogliacci, I. Kolbe, W.A. Horowitz

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 - 3 月 17 日)

重イオン衝突における QCD 臨界点探索に対する Kibble-Zurek scaling 解析

赤松 幸尚 ^{s*}, D. Teaney, F. Yan, Y. Yin

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 - 3 月 17 日)

カラー自由度を取り入れたクォークコニウムの時間発展の記述

梶本 詩織 ^{d*}, 赤松 幸尚 ^s, 浅川 正之 ^s, A. Rothkopf

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 - 3 月 17 日)

重いクォークコニウムの量子散逸過程と時間発展

三浦 崇寛 ^{d*}, 赤松 幸尚 ^s, 浅川 正之 ^s, A. Rothkopf

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 - 3 月 17 日)

有限温度におけるクォーク 1 体系およびクォーク・反クォーク系の応力分布

柳原 良亮 ^{d*}, 入谷匠, 北沢 正清 ^s, 浅川 正之 ^s, 初田哲男

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 - 3 月 17 日)

光子・フェルミオン間の散乱がカイラル輸送現象に影響の考察

大塚 高弘 ^{m*}, 赤松 幸尚 ^s, 浅川 正之 ^s

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 - 3 月 17 日)

改良したクエンチ QCD による重クォーク QCD の臨界点の精密解析清原 淳史^{m*}, 北沢 正清^s, 板垣翔太, 江尻信司, 金谷和至, 白銀瑞樹, 谷口裕介

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学, 2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

改重イオン衝突実験における 1 次相転移通過時のゆらぎの時間発展野中 奏志^{m*}, 北沢 正清^s, 赤松 幸尚^s, M. Nahrgang, M. Bluhm

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学, 2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

機械学習による SU(3) ヤンミルズ理論におけるトポロジカル電荷の推定松本 拓也^{m*}, 北沢 正清^s

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学, 2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事**光子のカイラル輸送現象の Keldysh 形式に基づいた解析**大塚 高弘^{m*}, 赤松 幸尚^s, 浅川 正之^s

原子核研究 第 63 巻 夏の学校特集号, (2019 年 2 月発行, 64-65 頁)

1.12 黒木グループ

平成 30 年度の研究活動概要

電子相関に起因する非従来型超伝導

我々のグループでは、電子相関に起因する非従来型超伝導の転移温度を飛躍的に増強するための機構として、ワイドバンドとナローバンドが共存する系においてバンド間ペア散乱を用いる機構を提唱している。平成 30 年度においては、この研究に置いて 2 つの進展があった。ひとつは、ワイドバンドとナローバンドが共存する様々な系を 1 次元から 3 次元まで含めて広範囲に調べることにより、超伝導に有利になる条件を探究した。その結果、ナローバンド端にフェルミ・エネルギーがあるときに超伝導が広く増強されることを見出した。一方で、ワイドバンドとナローバンドが共存する系でも、強磁性揺らぎが強くなる場合には、超伝導に有利に働かないこともわかった。もう一つの進展は、これまで、揺らぎ交換 (FLEX) 近似を使った解析をメインに行なっていたが、強相関効果をより適切に取り込むための手法として、FLEX と動的平均場理論 (DMFT) を組み合わせた手法である FLEX+DMFT を多バンド系に適用し、FLEX 近似による解析と定性的に同様の結果を得た。

また、平成 30 年度は、二層グラフェン系における超伝導に関する研究も行った。超伝導の二層のグラフェンをわずかにずらした角度で重ねると著しく狭いバンド幅を持ったバンドが現れることがあり、マジックアングルとして知られているが、近年、マジックアングルで重ねた二層グラフェンにおいて電子相関に起因すると考えられる絶縁体状態と、そこを出発点にキャリア制御をすることによる超伝導が観測された。越野グループを中心としたプロジェクトに我々も協力し、この系の有効模型を構築し、その有効模型に対して、厳密対角化を適用することにより、電子相関起源の絶縁体として可能性のある状態を提唱した。

熱電効果

我々は、既存の熱電物質の微視的な理解をもとに、新規高性能熱電物質の理論的設計、提案を目指して研究を行なっている。平成 30 年度は、以下のような研究を行った。まず、昨年度に提唱した層状 BiS₂ 系化合物及び関連物質における熱電効果に関して、元素置換のしやすさの解析、構造安定性、圧力による電子状態変化など、実験グループとも協力して研究をすすめ、レビュー論文も著した。また、銅にカルコゲンが四面体配位した熱電物質群の電子状態を広範囲にわたって調べ、それらの共通点と相違点を論じた。さらに、以前から研究を続けている SnSe については、花咲グループにおいて行われている圧力実験の理論解析を担当し、圧力下において現れる熱電性能の増強に対する理論的な解釈をサポートした。

また、環境低負荷型の熱電物質として注目される Mg₂Si において、安定な P 型伝導性を実現するため理論研究を行なった。この物質の熱電性能向上には、一般的に N 型ドーピングによるキャリア密度制御が行われる。一方、P 型材料では、高温で N 型に転じるなど高温安定性の課題があった。その原因を明らかにするため、P 型不純物 (Ag, Li, Na, K, B, Ga) を含む系の電子状態と構造特性を第一原理計算により求めた。その結果、ほとんどの不純物が、結晶内の異なるサイトに僅かなエネルギー差で入り、電子と正孔の両方が放出されることが分かった。これが上述した P 型伝導性の不安定さの一因であると示唆される。さ

らに本研究から、従来の元素置換型ドーパントではない、格子間侵入型のアクセプター (F, Cl) を提案した。

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.

The transfer matrix method has played a central role in numerical work on the Anderson transition, particularly in the precise estimation of the critical exponent. Traditionally, the method involves the simulation of extremely long quasi one-dimensional systems. This, however, is an inherently serial operation and is not well suited to modern massively parallel supercomputers. The alternative is to simulate a large ensemble of shorter systems and average. While this permits taking full advantage of both OpenMP and MPI on massively parallel supercomputers, a straightforward implementation results in data that does not obey the one parameter scaling law and from which the critical exponent cannot be reliably estimated. We demonstrated how to overcome this difficulty by introducing an appropriate stationary probability distribution for the initial vectors used in the method. Making use of the Supercomputer System B of the ISSP at the University of Tokyo, we applied this method to the Anderson transition in the three-dimensional orthogonal universality class. We were able to increase the largest $L \times L$ cross section simulated from $L = 24$ previously to $L = 64$. The computation time required scales as L^7 so this corresponds to a factor of about 100 in computation time. We were able to estimate the critical exponent with improved precision and without the necessity of introducing an irrelevant scaling variable.

新規物性の理論解析

ドイツ・ドレスデンのマックスプランク研究所の実験、理論のグループと協力して、PtCoO₂が酸化物であるにも関わらず極端に低い電気抵抗を示す起源についての理論解析を行った。コバルト原子は三角格子を形成するが、電子状態としてはカゴメ格子に類似していることを発見し、そのトポロジカルな性質に起因して、電子散乱が抑制されることを示した。また、学外の実験研究者と連携して、Bi₄I₄が弱いトポロジカル絶縁体であることを明らかにした。

学術雑誌に出版された論文

Substitutional and interstitial impurity p-type doping of thermoelectric Mg₂Si: a theoretical study

N. Hirayama^s *et al.*

Sci. Technol. Adv. Mater. **20** (No. 1, Mar.) (2019) 160-172

(<http://dx.doi.org/doi:10.1080/14686996.2019.1580537>).

Electronic structure and superconducting gap structure in BiS₂ based layered superconductors

K. Suzuki, H. Usui^s, K. Kuroki^s, *et al.*

J. Phys. Soc. Jpn. **88** (No. 4, Feb.) (2019) 041008 1-13

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.88.041008>).

Pressure-induced insulator to metal transition of mixed valence compound Ce(O,F)SbS₂

R. Matsumoto, M. Ochi^s, K. Kuroki^s, *et al.*

J. Appl. Phys. **125** (No. 7, Feb.) (2019) 075102 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1063/1.5079765>).

A weak topological insulator state in quasi-one-dimensional bismuth iodide

R. Noguchi, M. Ochi^s, *et al.*

Nature **566** (No. 7745, Feb.) (2019) 518-522

(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s41586-019-0927-7>).

Theoretical Aspects of the Study on the Thermoelectric Properties of Pnictogen-Dichalcogenide Layered Compounds

M. Ochi^s, H. Usui^s, K. Kuroki^s

J. Phys. Soc. Jpn. **88** (No. 4, Jan.) (2019) 041010 1-8

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.88.041010>).

Thermoelectric properties of (Ba,K)Cd₂As₂ crystallized in the CaAl₂Si₂-type structure

H. Kunioka, H. Usui^s, K. Kuroki^s, *et al.*

Dalton Trans. **47** (Iss.45, Dec.) (2018) 16205-16210

(<http://dx.doi.org/doi:10.1039/C8DT02955E>).

Synthesis and Physical Properties of Layered Copper Oxytellurides Sr₂TMCu₂Te₂O₂ (TM = Mn, Co, Zn)

D. Song, M. Ochi^s, K. Kuroki^s, *et al.*

J. Mater. Chem. C **6** (No. 45, Oct.) (2018) 12260-12266

(<http://dx.doi.org/doi:10.1039/C8TC04506B>).

Impact of antiferromagnetic order on Landau-level splitting of quasi-two-dimensional Dirac fermions in EuMnBi₂

H. Masuda, M. Ochi^s, K. Kuroki^s, *et al.*

Phys. Rev. B **98** (No. 16, Oct.) (2018) 161108(R) 1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.98.161108>).

Critical Exponent of the Anderson Transition Using Massively Parallel Supercomputing

K. Slevin^s, T. Ohtsuki

J. Phys. Soc. Jpn. **87** (No. 9, Aug.) (2018) 094703 1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.87.094703>).

Maximally Localized Wannier Orbitals and the Extended Hubbard Model for Twisted Bilayer Graphene

M. Koshino, N. F. Q. Yuan, T. Koretsune, M. Ochi^s, K. Kuroki^s, L. Fu

Phys. Rev. X **8** (No. 3, Sept.) (2018) 031087 1-12
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevX.8.031087>).

Possible correlated insulating states in magic-angle twisted bilayer graphene under strongly competing interactions

M. Ochi^s, M. Koshino, K. Kuroki^s

Phys. Rev. B **98** (No. 8, Aug.) (2018) 081102(R) 1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.98.081102>).

Thermoelectric performance of materials with CuCh_4 ($Ch = \text{S}, \text{Se}$) tetrahedra: Similarities and differences among their low-dimensional electronic structure from first principles

M. Ochi^s, H. Mori^m, D. Kato^d, H. Usui^s, K. Kuroki^s

Phys. Rev. Mater. **2** (No. 8, Aug.) (2018) 085401 1-15
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevMaterials.2.085401>).

Electronic Structure Calculation and Superconductivity in λ -(BETS)₂GaCl₄

H. Aizawa, T. Koretsune, K. Kuroki^s, H. Seo

J. Phys. Soc. Jpn. **87** (No.9, July) (2018) 093701 1-5
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.87.093701>).

Evidence for s-wave Pairing with Atomic Scale Disorder in the van der Waals Superconductor NaSn_2As_2

K. Ishihara, H. Usui^s, K. Kuroki^s, *et al.*

Phys. Rev. B **98** (Iss.2, July) (2018) 020503(R) 1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.98.020503>).

国際会議における講演等

Possible realization of very high thermoelectric performance in pnictogen-dichalcogenide layered materials due to gapped-Dirac-like band dispersionK. Kuroki^{**} (invited)

Quantum Many-Body States 2018 (at KAIST, Daejeon, Korea, Apr.27-28, 2018, 参加者約 100 名)

Possible high- T_c superconductivity in Ruddlesden-Popper compounds due to coexisting wide and incipient-narrow bands originating from “hidden-ladders”K. Kuroki^{**} (invited)

12th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity and High Temperature Superconductors (at Beijing, China, Aug. 19-24, 2018, 参加者約 1000 名)

Possible high T_c superconductivity in Ruddlesden-Popper compounds : incipient narrow-bands originating from “hidden-ladders”K. Kuroki^{**} (invited)

Korea Physical Society meeting (at Daejeon, Korea, Apr. 25-27, 2018)

Possible high- T_c superconductivity in Ruddlesden-Popper compounds due to coexisting wide and incipient-narrow bands originating from “hidden-ladders”K. Kuroki^{**} (invited)

International Workshop on Recent Progress in Superconductivity (at Pyeongchang, Korea, July 9-11, 2018, 参加者約 100 名)

High precision estimation of the critical exponent of the Anderson transition using massively parallel computingK. Slevin^{**}, T. Ohtsuki (invited)

EDGE RECONSTRUCTION: TRANSPORT AND QUANTUM PHASE TRANSITIONS. (at Daejeon, Korea, Jun. 25-29, 2018, 参加者約 50 名)

Critical exponent of the Anderson transition using massively parallel computingK. Slevin^{**}, T. Ohtsuki (invited)

DISORDERED SYSTEMS: FROM LOCALIZATION TO THERMALIZATION AND TOPOLOGY. (at Daejeon, Korea, Sep. 3-7, 2018, 参加者約 60 名)

Critical exponent of the Anderson transition using massively parallel computingK. Slevin^{**}, T. Ohtsuki (invited)

Spectra of Random Operators and Related Topics. (at Kyoto, Japan, Jan. 9-11, 2019, 参加者約 20 名)

Theoretical studies on thermoelectric performance of pnictogen chalcogenides

M. Ochi^{s*}

ECMP2019 (at Hiroshima, Japan, Mar. 18-20, 2019, 参加者数約 50 名)

First principles study on the thermoelectric properties of delafossite compounds

H. Usui^{s*}, and K. Kuroki^s

American Physical Society March Meeting 2019 (at Boston, MA, USA, Mar. 4-8, 2019, 参加者約 10,000 名)

First principles study on the thermoelectric properties of 122 Zintl phase compounds

H. Usui^{s*}, and K. Kuroki^s

The 37th International and 16th European Conference on Thermoelectrics (at Caen, France, Jul. 1-5, 2018, 参加者数約 600 名)

Critical exponent of the Anderson transition using massively parallel computing

K. Slevin^{s*}, T. Ohtsuki

Anderson Localization and Interactions (at Dresden, Germany, Sep. 24-28, 2018, 参加者数約 80 名)

Theoretical Study on the Fluorine Doping for Layered Thermoelectric Materials with LaOBiS₂-type Structures

N. Hirayama^{s*}, K. Kuroki^s, M. Ochi^s

Seminar (at National University of Science and Technology MiSIS, Russia, Oct. 12-14, 2018, 参加者数約 20 名)

FLEX+DMFT approach for superconductivity in multi-band systems: A study on bilayer Hubbard model

D. Ogura^{d*} and K. Kuroki^s

American Physical Society March Meeting 2019 (at Boston, MA, USA, Mar. 4-8, 2019, 参加者数約 10,000 名)

First-principle study of LaOBiPbS₃ and its analogous compounds as thermoelectric materials

K. Kurematsu^{m*}, M. Ochi^s, H. Usui^s, and K. Kuroki^s

American Physical Society March Meeting 2019 (at Boston, MA, USA, Mar. 4-8, 2019, 参加者数約 10,000 名)

Possibility of High- T_c Superconductivity in Ruddlesden-Popper Type Materials: Incipient Narrow Bands Originating from “Hidden Ladder” Electronic Structure (poster)

D. Ogura^{d*}, Hideo Aoki, and K. Kuroki^s

12th International Conference Materials and Mechanisms of Superconductivity(M2S 2018) (at Beijing, China, Aug. 19-24, 2018, 参加者約 1000 名)

Possible High- T_c Superconductivity Originating from Wide- and Narrow-bands; Study on 1D and 2D lattices (poster)

K. Matsumoto^{m*}, D. Ogura^d, and K. Kuroki^s

12th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity and High Temperature Superconductors (at Beijing, China, Aug. 19-24, 2018, 参加者約 1000 名)

Variational Monte-Carlo Study of the Bilayer Hubbard Model (poster)

D. Kato^{d*}, K. Kuroki^s

12th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity and High Temperature Superconductors (at Beijing, China, Aug. 19-24, 2018, 参加者約 1000 名)

Prediction of the high thermoelectric performance of pnictogen-dichalcogenide layered compounds with quasi-one-dimensional gapped-Dirac-like band dispersion (poster)

M. Ochi^{s*}, H. Usui^s, K. Kuroki^s

The 37th International and 16th European Conference on Thermoelectrics 2018 (at Caen, France, Jul. 1-5, 2018, 参加者数約 600 名)

First-principles study on the thermoelectric properties of ternary chalcogenides (poster)

H. Mori^{m*}, M. Ochi^s, H. Usui^s, and K. Kuroki^s

The 37th International and 16th European Conference on Thermoelectrics (at Caen, France, Jul. 1-5, 2018, 参加者約 600 名)

First-principles analysis of the power factor of $RZnAsO$ ($R=La, Bi$ and Y) (poster)

Y. Tokunaga^{m*}, H. Usui^s, and K. Kuroki^s

The 37th International and 16th European Conference on Thermoelectrics (at Caen,

France, Jul. 1-5, 2018, 参加者約 600 名)

Theoretical Study on the Fluorine Doping for Layered Thermoelectric Materials with LaOBiS₂-type Structures (poster)

N. Hirayama^{s*}

XVI INTERSTATE CONFERENCE Thermoelectrics and their applications 2018 (at Saint-Petersburg, Russia, Oct. 8-12, 2018, 参加者約 100 名)

Analysis of the thermoelectric property of Ba_{1-x}K_xZn₂As₂ with the ThCr₂Si₂-type structure (poster)

D. Kato^{d*}, M. Ochi^s, K. Kuroki^s, H. Kunioka, K. Kihou, H. Nishiate, C.H. Lee

The 2nd Workshop on Functional Materials Science (at Busan, Korea, Oct 23, 2018)

FLEX+DMFT method for multi-band systems: A study on superconductivity in bilayer Hubbard model (poster)

D. Ogura^{d*} and K. Kuroki^s

The International Symposium for Materials Scientists “Inspiration for Innovation by Interaction” (ISMS III) (at Toyonaka, Japan, Dec. 3-4, 2018, 参加者約 130 名)

Thermoelectric properties and electric structure of ternary chalcogenides and oxides from first principles calculations (poster)

H. Mori^{m*}, M. Ochi^s, H. Usui^s, and K. Kuroki^s

The International Symposium for Materials Scientists “Inspiration for Innovation by Interaction” (ISMS III) (at Toyonaka, Japan, Dec. 3-4, 2018, 参加者約 130 名)

Variational Monte-Carlo study of the superconductivity in the bilayer Hubbard model (poster)

D. Kato^{d*}, K. Kuroki^s

The International Symposium for Materials Scientists “Inspiration for Innovation by Interaction” (ISMS III) (at Toyonaka, Japan, Dec. 3-4, 2018, 参加者約 130 名)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

物質に即した有効モデルに基づく非従来型超伝導に関する研究～多バンド効果に焦点をあてて～

黒木和彦^{s*}

「スパコンプロフェッショナル」(於 東北大学金研, 2019 年 1 月 28 日, 参加者約 30 名)

特異なバンド形状に基づく熱電効果の増強

黒木和彦^{s*}

大阪大学基礎工学研究科附属未来研究推進センター研究会「機能性分子錯体の化学・物理の新しい展開」於 大阪大学・豊中キャンパス, 2018年9月2日 - 9月3日

複合アニオンに起因した多軌道性と低次元性からうまれる強相関電子物性の研究

越智正之^{s*}

平成30年度 公募型利用制度 成果報告会 (於 大阪大学吹田キャンパス, 2019年3月4日 - 3月5日)

酸水素化物における強相関効果

越智正之^{s*}

第八回「強相関電子系理論の最前線」(於 レクトーレ熱海桃山, 2019年2月4日 - 2月6日)

第一原理計算に基づく理論物質設計: 電子状態の低次元性からうまれる物質機能

越智正之^{s*}

第91回フロンティア材料研究所講演会 (於 東京工業大学すずかけ台キャンパス, 2019年1月4日)

第一原理バンド計算に基づいた物性理論の研究

越智正之^{s*}

大阪大学 物理コロキウム (於 大阪大学豊中キャンパス, 2018年10月18日)

アンチペロブスカイト酸化物および窒化物の熱電性能の第一原理的研究: ディラックコーンと擬一次元性

越智正之^{s*}, 黒木和彦^s

第15回日本熱電学会学術講演会 (於 東北大学青葉山キャンパス, 2018年9月13日 - 9月15日)

モアレ2層グラフェンにおける拡張ハバードモデルの厳密対角化による解析

越智正之^{s*}, 越野幹人, 黒木和彦^s

日本物理学会 2018年秋季大会 (於 同志社大学, 2018年9月9日 - 9月12日)

第一原理計算による LaOBiS_2 および LaOSbSe_2 におけるフッ素ドーピングと結晶構造の関係

平山尚美^{s*}, 越智正之^s, 黒木和彦^s

日本物理学会 2018年秋季大会 (於 同志社大学, 2018年9月9日 - 9月12日)

デラフォサイト型化合物 PtCoO_2 における隠れたカゴメ格子型バンド構造

白井秀知^{s*}, 越智正之^s, 小倉大典^d, 黒木和彦^s, *et al.*

日本物理学会 2018年秋季大会 (於 同志社大学, 2018年9月9日 - 9月12日)

Incipient band が誘起する非従来型超伝導:一般性と応用可能性 (領域8 シンポジウム: 非従来型超伝導の未解決問題と将来展望)

黒木和彦 ^{s*}

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学、2019年3月14日 – 3月17日)

第一原理計算による LaOBiPbS₃ とその類縁化合物の熱電特性の解析

呉松慶也 ^{m*}, 越智正之 ^s, 白井秀知 ^s, 黒木和彦 ^s

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学、2019年3月14日 – 3月17日)

Distribution of the Kondo temperature at the Anderson transition

K. Slevin ^{s*}, T. Ohtsuki, S. Kettemann

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学、2019年3月14日 – 3月17日)

Sr_{n+1}V_nO_{3n+1} および Sr_{n+1}V_nO_{2n+1}H_n (n = 1, ∞) における有効電子間相互作用の cRPA による第一原理的評価

越智正之 ^{s*}, 黒木和彦 ^s

日本物理学会 第74回年次大会 (2019年) (於 九州大学、2019年3月14日 – 3月17日)

第一原理波動関数理論トランスコリレイティッド法の開発と固体 ZnO への適用

越智正之 ^{s*}

物性研究所スパコン共同利用・CCMS 合同研究会「計算物質科学の今と未来」(於 東京大学物性研究所、2018年4月2日 – 4月3日)

SnSe における熱電性能の第一原理計算による解析

白井秀知 ^{s*}

第68回フロンティア材料研究所学術講演会 (於 東京工業大学すずかけ台キャンパス、2018年8月31日)

第一原理計算による LaOBiS₂ および LaOSbSe₂ におけるフッ素ドーピングと結晶構造の関係

平山尚美 ^{s*}, 越智正之 ^s, 黒木和彦 ^s

第15回日本熱電学会学術講演会 (於 東北大学、2018年9月13日 – 9月15日)

三元系カルコゲナイドの熱電特性の第一原理的解析

森仁志 ^{m*}, 越智正之 ^s, 白井秀知 ^s, 黒木和彦 ^s

第15回日本熱電学会学術講演会 (於 東北大学青葉山キャンパス、2018年9月13日 – 9月15日)

LaOBiPbS₃ とその類縁化合物の熱電特性の第一原理的研究

呉松慶也 ^{m*}, 越智正之 ^s, 白井秀知 ^s, 黒木和彦 ^s

第15回 日本熱電学会学術講演会 (於 東北大学、2018年9月13日 – 9月15日)

多変数変分モンテカルロ法を用いた二層型ハバード模型の解析 (ポスター)加藤大智^{d*}, 黒木和彦^s

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 同志社大学、2018 年 9 月 9 日 – 9 月 12 日)

第一原理計算に基づく熱電物質の電子の緩和時間 (ポスター)森仁志^{m*}, 越智正之^s, 白井秀知^s, 黒木和彦^s

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 – 3 月 17 日)

 $\text{Cu}_3\text{Pn}(\text{S,Se})_4$ (Pn=P,As,Sb) の第一原理計算による熱電効果の解析 (ポスター)白井秀知^{s*}, 黒木和彦^s

第 79 回応用物理学会秋季学術講演会 (於 名古屋国際会議場、2018 年 9 月 18 日 – 9 月 21 日)

第一原理バンド計算による $\text{Cu}_3\text{Pn}(\text{S,Se})_4$ (Pn=P,As,Sb) のゼーベック効果の解析 (ポスター)白井秀知^{s*}, 黒木和彦^s

第 15 回日本熱電学会学術講演会 (於 東北大学青葉山キャンパス、2018 年 9 月 13 日 – 9 月 15 日)

Ruddlesden-Popper 型化合物における高温超伝導の可能性：隠れた梯子状電子状態に起因する incipient narrow band (ポスター)小倉大典^{d*}, 青木秀夫, 黒木和彦^s

鉄系高温超伝導体発見 10 周年記念合同シンポジウム (於 JST 東京本部別館 (K's 五番町)、2018 年 6 月 27 日)

Wide & incipient narrow band 共存系による超伝導増強：一次元格子と二次元格子の比較 (ポスター)松本花梨^{m*}, 小倉大典^d, 黒木和彦^s

鉄系高温超伝導体発見 10 周年記念合同シンポジウム (於 JST 東京本部別館 (K's 五番町)、2018 年 6 月 27 日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事**Ruddlesden-Popper 化合物における高温超伝導の理論的提案**小倉大典^d, 青木秀夫, 黒木和彦^s

FSST NEWS No.159 (2018 年 10 月発行, 2-6 頁)

1.13 越野グループ

平成30年度の研究活動概要

回転積層グラフェンにおけるワニエ軌道と有効モデルの構築

複合2次元物質は、格子構造が整合しないために系全体に共通の周期がなく、第一原理計算をはじめとする、周期結晶を対象とした標準的な理論手法が適用できない困難な物理系である。特にグラフェン2層が回転して重なった「ねじれ2層グラフェン」は、2018年の超伝導の発見 [Nature 556,43(2018)] により非常な注目を集めている。ねじれ2層グラフェンは数万個の原子が寄与する極めて複雑な電子系であり、理論解析の大きな障壁となっていたが、これをわずか数個の有効原子に置き換えるワニエ軌道モデルを提唱し、困難な多体問題を計算可能にするための基礎を与えた。阪大の黒木、越智、東北大の是常、MITのLiang Fuらとの共同研究。[Phys. Rev. X 8, 031087 (2018)]

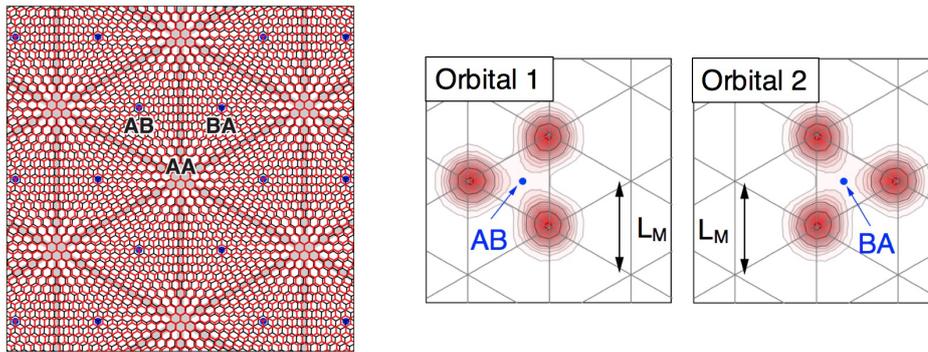


図 1.27: 回転積層グラフェンの模式図（右）と、その低エネルギーバンドにおけるワニエ軌道（左）

30度回転積層グラフェンにおける準結晶状態の発見

準結晶とは、結晶ともアモルファスとも異なる固体の第3の形態で、原子が特殊な規則で配列した物質である。今回、韓国 SKKU の実験グループとの共同で、特別な合成方法でグラフェン2枚が互いに30度で重なった系を生成することで、炭素のみからなる準結晶を実現することに成功した(図1)。グラフェンの中の電子は、相対論的ディラック粒子とよばれる、質量のない特殊な粒子として振る舞うことが知られており、今回実現されたグラフェン準結晶は「ディラック準結晶」とも言うべき新しい物理系といえる。従来の準結晶と異なり、2次元物質を特定の角度で重ねるという従来と全く異なる方法で実現されており、準結晶のパラダイムを爆発的に広げることが期待される。J. R. Ahn (成均館大学)、P. Moon(ニューヨーク大学上海)、P. Kim (ハーバード大学) Y. W. Son (韓国高等科学院) らとの共同研究。[Science 361, 782-786 (2018)]

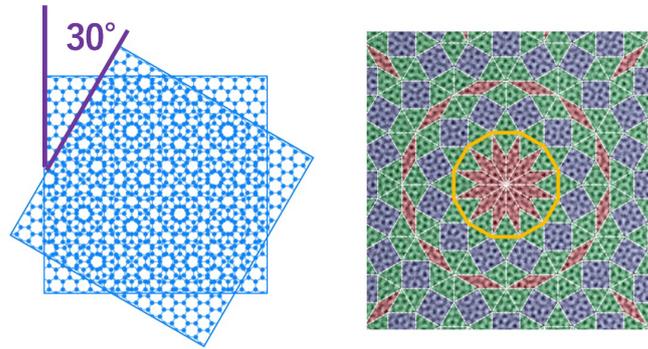


図 1.28: 30 積層 2 層グラフェン (左) とその準結晶構造 (右)

新奇炭素物質グラフィジンにおけるトポロジカル電子構造

炭素だけからなる 2 次元物質としてはグラフェンがよく知られるが、近年の有機合成技術により、グラフェンとは異なる構造をもつ「グラフィジン」が実現された。グラフィジンは炭素原子のみからなるが、3 重結合鎖により、グラフェンの蜂の巣格子より大きな単位胞を持つのが特徴である。現在までに実験で実現されたのは 3 次元の積層系であり、図 3(a) に示すような ABC 積層構造を取ることが知られているが、その電子状態についてはよくわかっていなかった。ここではこの 3 次元グラフィジンについての電子構造計算を初めて行い、この物質が除去不能なバンド接点を持つ「トポロジカルノーダルライン半金属」であることを初めて示した。坂本良太氏 (東大化学) との共同研究。[Phys. Rev. Materials 2, 054204 (2018)]

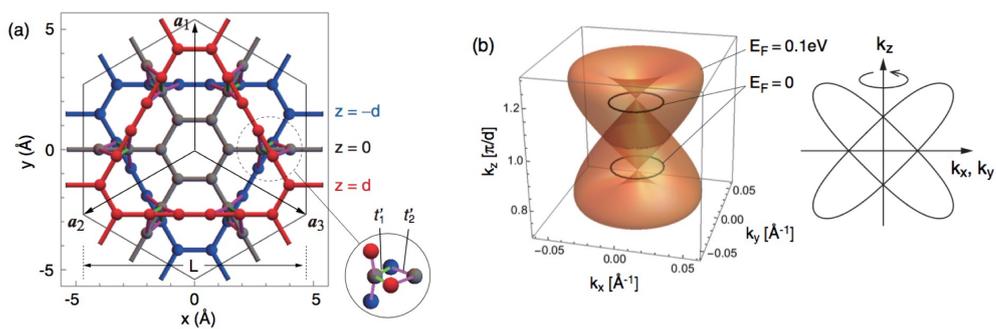


図 1.29: (a) グラフィジンの 3 次元構造 (b) その電子のフェルミ面

学術雑誌に出版された論文

Quantum Hall effect in three-dimensional graphene

Toshiki Kiryu^m and Mikito Koshino^s

Phys. Rev. B **99**, 085443 (2019)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.99.085443>).

Twist-angle dependence of the proximity spin-orbit coupling in graphene on transition-metal dichalcogenides

Yang Li^d and Mikito Koshino^s

Phys. Rev. B **99**, 075438 (2019)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.99.075438>).

Maximally-localized Wannier orbitals and the extended Hubbard model for the twisted bilayer graphene

Mikito Koshino^s, Noah F. Q. Yuan, Takashi Koretsune, Masayuki Ochi^s, Kazuhiko Kuroki^s, Liang Fu

Phys. Rev. X **8**, (Sep.) 031087 (2018)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevX.8.031087>).

Dynamical conductivity in topological nodal-line semimetal ZrSiS

Tetsuro Habe^s and Mikito Koshino^s

Phys. Rev. B **98** (May) (2018) 125201 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.98.125201>).

Possible correlated insulating states in magic-angle twisted bilayer graphene under strongly competing interactions

Masayuki Ochi^s, Mikito Koshino^s, Kazuhiko Kuroki^s

Phys. Rev. B **98** (No. 8, Aug.) (2018) 081102(R) 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.98.081102>).

Dirac Electrons in a Dodecagonal Graphene Quasicrystal

Sung Joon Ahn, Pilkyung Moon, Tae-Hoon Kim, Hyun-Woo Kim, Ha-Chul Shin, Eun Hye Kim, Hyun Woo Cha, Se-Jong Kahng, Philip Kim, Mikito Koshino^s, Young-Woo Son, Cheol-Woong Yang, Joung Real Ahn

Science **361**, (Aug.) 782-786 (2018)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1126/science.aar8412>).

Band structure engineering of 2D materials using patterned dielectric superlattices

Carlos Forsythe, Xiaodong Zhou, Kenji Watanabe, Takashi Taniguchi, Abhay Pasupathy,

Pilkyung Moon, Mikito Koshino^s, Philip Kim and Cory R. Dean
Nature Nanotechnology **13**, (May) 566-571 (2018)
(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s41565-018-0138-7>).

Three-dimensional graphdiyne as a topological nodal-line semimetal
Takafumi Nomura^m, Tetsuro Habe^s, Ryota Sakamoto, and Mikito Koshino^s
Phys. Rev. Materials **2**, (May) 054204 (2018)
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevMaterials.2.054204>).

国際会議における講演等

Physics of twisted bilayer graphenes and van der Waals heterostructures
Mikito Koshino^{s*} (invited)
MIT Chez Pierre Seminar, (MIT, Cambridge, USA, March 11, 2019, 参加者数約 50 名)

Physics of incommensurate 2D materials
Mikito Koshino^{s*} (invited)
EU-Japan Tokyo Satellite Symposium Program on 2D materials, (Tokyo, Japan, November 22, 2018, 参加者数約 40 名)

Effective model for the twisted bilayer graphene
Mikito Koshino^{s*} (invited)
The 9th A3 Symposium on Emerging Materials (Nanomaterials for Electronics, Energy, and Environment) (Kyoto, Japan, October 29-31, 2018, 参加者数約 60 名)

Effective theory for the flat band in the twisted bilayer graphene
Mikito Koshino^{s*} (invited)
The 10th Recent Progress in Graphene and Two-dimensional Materials Research Conference (RPGR2018) (Guilin, China, October 22-25, 2018, 参加者数約 500 名)

Effective theory for the twisted bilayer graphene
Mikito Koshino^{s*} (invited)
NTU-OU (Nanyang Technological University and Osaka University) Joint Research Workshop (Singapore, September 27, 2018, 参加者数約 40 名)

Effective theory for the twisted bilayer graphene
Mikito Koshino^{s*} (invited)
19th International conference on the Science and Application of Nanotubes and Low-dimensional Materials (NT18) (Beijing, China, July 15-20, 2018, 参加者数約 800 名)

Proximity spin-orbit coupling in graphene on transition-metal dichalcogenides stacked with general rotation angles (poster)Yang Li^{d*}, Mikito Koshino^s

19th International conference on the Science and Application of Nanotubes and Low-dimensional Materials (NT18) (Beijing, China, July 15-20, 2018, 参加者数約 800 名)

Electronic properties of incommensurate 2D crystalsMikito Koshino^{s*} (invited)

19th International Symposium on the Physics of Semiconductors and Applications (ISPSA 2018) (Jeju, Korea, July 1-5, 2018, 参加者数約 500 名)

Maximally Localized Wannier Orbitals and the Extended Hubbard Model for Twisted Bilayer GrapheneMikito Koshino^{s*}, Noah F. Q. Yuan, Takashi Koretsune, Masayuki Ochi^s, Kazuhiko Kuroki^s, Liang Fu

APS March Meeting 2019 (at Boston, March 04-08, 2019, 参加者数約 10,000 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

モアレ・準結晶・フラクタル-非整合 2次元物質の物性理論 (領域 4,7 シンポジウム「原子層物質ヘテロ構造の創製と物性探索」)

越野幹人^{s*}

日本物理学会 第 74 回年次大会 (2019 年) (於 九州大学、2019 年 3 月 14 日 - 3 月 17 日)

モアレ 2 層グラフェンにおけるワニエ軌道と拡張ハバードモデル

越野幹人^{s*}, Noah F. Q. Yuan, 是常隆, 越智正之, 黒木和彦, Liang Fu

日本物理学会 2018 年秋季大会 (於 同志社大学、2018 年 9 月 9 日 - 9 月 12 日)

第2章 受賞と知的財産

平成30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：小林 研介（教授）
賞の名称：平成30年度矢崎学術賞功績賞
受賞内容：過去に矢崎科学技術振興記念財団から研究助成を受けた研究者の中から、優れた業績をあげた研究者が表彰される。
2. 受賞者：橋本 幸士（教授）
賞の名称：Art Innovation Kyoto 京都大学総長賞
受賞内容：科学と芸術のイノベティブな融合
3. 受賞者：松野 丈夫（教授）
賞の名称：第5回 CEMS Award
受賞内容：スピン-軌道相互作用を活かした酸化物界面スピントロニクス
4. 受賞者：酒井 英明（准教授）
賞の名称：平成30年度大阪大学賞（若手教員部門）
受賞内容：研究業績「新奇伝導現象を示すディラック・ワイル電子系強相関物質の研究」。研究上において本学に特に顕著な貢献をした。
5. 受賞者：秦 徳郎（元：小林研究室博士課程学生・2017年度学位取得、現：東京工業大学理学院物理学系助教）
賞の名称：Springer Theses Award: “Non-Equilibrium Many-Body States in Carbon Nanotube Quantum Dots”
受賞内容：博士課程の研究において顕著な業績をあげている大学院が世界から選出され、その大学院で極めて優秀と評価された学位取得者の博士論文が Springer Theses 受賞の対象となる。当該学位論文は書籍（電子版＋上製本）の形で出版され、書籍出

版後に当該書籍および賞金が授与される。

6. 受賞者：谷口 祐紀（博士課程2年）
賞の名称：IEEE Magnetic Society Student Presentation Award
受賞内容：国際会議 INTERMAG 2018 (Marina Bay Sands Convention Center, Singapore, April 23-27, 2018) における優れた口頭発表を行った学生に授与。
7. 受賞者：池田 一毅（博士課程後期）
賞の名称：平成30年度海外論文発表奨励賞（生産技術振興協会）
受賞内容：量子情報技術を用いた量子通貨の分散型取引システムの設計に対して
8. 受賞者：赤石 貴也（修士課程2年）
賞の名称：J-PARC HUA(ハドロンホールユーザー会) 修士論文賞
受賞内容：独創的な修士論文「チャーム張りオン分光実験用ビームタイミング検出器の開発」により物理学の発展に貢献した功績をたたえるために、ハドロンホールユーザー会が修士課程に在籍する会員に対して贈られる賞。
9. 受賞者：野中 奏志（修士課程2年）
賞の名称：原子核三者若手夏の学校優秀発表賞
受賞内容：2018年度原子核三者若手夏の学校において、優れた発表を行った。
10. 受賞者：大杉 真優（修士課程1年）
賞の名称：第8回高エネルギー物理春の学校 口頭発表 優秀賞
受賞内容：2018年5月17-19日に滋賀県で開かれた「第8回高エネルギー物理春の学校」において行った口頭発表が優秀と認められた。
11. 受賞者：嘉藤 佳奈（修士課程1年）
賞の名称：Mass Spectrometry and Proteomics 2018 (MSP2018) ベストプレゼンテーション賞
受賞内容：若手の育成を期すため、ベストプレゼンテーション賞の表彰を行いました。発表申込み時に本賞審査対象となることを希望された発表について、実行委員会が委嘱した審査員（Mass Spectrometry 誌編集委員および日本質量分析学会と日本プロテオーム学会理事から構成）によって厳正なる審査を行い、最優秀賞4件ならびに優秀賞8件を決定。
12. 受賞者：Wickremasinghe Lakmin（学部4年）
賞の名称：大阪大学理学部日本 EGF 協会奨励賞

受賞内容：理数オーナープログラムを特に優秀な成績で修了した。

13. 受賞者：Wickremasinghe Lakmin（学部4年）

賞の名称：楠本賞

受賞内容：理学部物理学科を特に優秀な成績で修了した。

14. 受賞者：坂梨 公亮（学部4年）

賞の名称：物理学会優秀若手発表賞

受賞内容：2019年3月の日本物理学会における学部学生ポスターセッションにおける発表に対して受賞。

知的財産

平成30年度は該当なし。

第3章 学位論文

3.1 修士論文

平成30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
芥川 一樹 熊倉 雅仁	吉田 齊 小口 多美夫	神岡地下実験室における高エネルギーガンマ線の測定 立方晶 Mn 基ホイスラー合金の磁性と構造に関する第一原理計算
中西 俊五	黒木 和彦	二層系 Hubbard 模型における繰り込まれたバンド構造と超伝導の相関に関する研究
巴山 晴樹	黒木 和彦	有機超伝導体 (TMTSF) ₂ ClO ₄ の有効模型に基づくスピン揺らぎ媒介超伝導に関する研究
愛甲 将司	兼村 晋哉	拡張ヒッグス模型におけるポテンシャル構造の検証に関する理論的研究
赤石 貴也	阪口 篤志	チャームバリオン分光実験用ビームタイミング検出器の開発
飯村 俊 岩下 孔明 梅原 基	小田原 厚子 小林 研介 小田原 厚子	¹⁸ N の β 遅発中性子崩壊実験における高精度半減期測定 Bi/Ni 薄膜超伝導体におけるスピン輸送測定 ¹⁸ N の β 遅発中性子崩壊を用いた ¹⁸ O の中性子非束縛状態の探索
榎本 一輝	橋本 幸士	暗黒物質を伴うニュートリノ質量生成の新モデルとヒッグス粒子の LFV 崩壊に関する理論的研究
大塚 高弘	浅川 正之	カイラリティを変化させる散乱の寄与を取り入れたカイラル運動論の構築
大西 裕二	山中 卓	プロセッサ搭載 FPGA による新しいデータ取得システムの開発
落合 悠悟	藤岡 慎介	周波数分解光ゲート法を利用したレーザー・プラズマ相互作用面の高速挙動解析
金子 忠宗	菊池 誠	適応度ランドスケープ上で見た遺伝子制御ネットワークの進化による頑健性の獲得
川井 直樹	大野木 哲也	アノマリー流入機構と格子ゲージ理論における Atiyah-Patodi-Singer 指数定理
河上 司 川嶋 強	小林 研介 田島 節子	数原子層 NbS ₂ 薄膜におけるスピン輸送特性 鉄系超伝導体 NdFeAs _{1-x} P _x O _{1-y} (FH) _y の電子相図

清原 淳史	浅川 正之	改良したクエンチ QCD による重クォーク QCD の臨界点の精密解析
甲田 旭	青井 考	ガンマ線トラッキング検出器の開発と性能評価
佐々木 渉	橋本 幸士	AdS/CFT 対応を用いたクォーク間ポテンシャルの解析
杉本 崇	花咲 徳亮	フタロシアニン分子系 1 次元伝導体のフィリング変化による金属化
鈴木 将太	小林 研介	高温超伝導体 Bi2212 を用いた原子層デバイスの作製
関水 準記	黒木 和彦	TiS ₂ における熱電性能増強の可能性に関する理論研究
石 竜勢	能町 正治	II 型超新星爆発にかかわる $^{40}\text{Ca}(\alpha, \gamma)^{44}\text{Ti}$ 反応の反応断面積測定
田中 萌	大岩 顕	SiGe 自己形成量子ドットの電気伝導特性とサイドゲート効果
茶谷 知樹	大岩 顕	(110)-GaAs/AlGaAs 量子井戸構造における逆スピンホール効果を用いた光励起スピン検出
中村 翔健	民井 淳	Fine structure of the isovector giant dipole resonance in ^{90}Zr studied by gamma coincidence measurement (ガンマ崩壊同時計測による ^{90}Zr のアイソベクトル型巨大双極子共鳴の微細構造の研究)
中村 拓人	木村 真一	III-V 族半導体 (110) 表面上 Bi 擬一次元鎖のスピン偏極電子状態
西村 拓也	花咲 徳亮	SnSe における外部圧力を利用したバンド構造制御と熱電性能の向上
野中 奏志	浅川 正之	QCD 相図上の 1 次相転移探索へ向けた高次ゆらぎの時間発展の研究
林 亮太	大岩 顕	アンドープ GaAs/AlGaAs 量子井戸におけるゲート誘起 2 次元電子系の光照射の影響
原 宜広	山中 卓	J-PARC KOTO 実験における CsI 電磁カロリメータ両側読み出し機構のためのフロントエンド回路の開発
平岡 敬也	小口 多美夫	Fe/Bi/MgO 多層膜の結晶磁気異方性に関する第一原理計算
藤井 大輔	保坂 淳	ホログラフィック QCD におけるストレンジハドロン
藤村 飛雄吾	花咲 徳亮	自発磁化を有するディラック電子系磁性体 BaMnSb ₂ におけるバルク量子ホール効果の観測
星野 寿春	阪口 篤志	シグマ陽子散乱実験のための汎用 FPGA モジュールを用いたトリガーシステムの開発
堀 太地	嶋 達志	中性子散乱による未知相互作用探索のための標的材料の基礎研究
松木 義幸	橋本 幸士	ドメインウォールフェルミオンを用いたバルク-エッジ対応とそのアノマリーからの考察

松田 悠吾	久野 良孝	COMET 実験 Phase-I CDC における宇宙線を用いた性能評価試験
松本 花梨	黒木 和彦	ワイドバンド・ナローバンド共存系におけるスピン揺らぎ媒介超伝導の最適化に関する研究
松本 拓也	浅川 正之	機械学習を用いた SU(3)Yang-Mills 理論におけるトポロジカル電荷の推定
真利 共生	山中 卓	J-PARC KOTO 実験における中性子背景事象の削減のための CsI 電磁カロリメータ両側読み出し機構の評価
水越 慧太	吉田 斉	CANDLES 検出器エネルギー応答評価および地下環境中性子背景事象の研究
三宅 修平	田島 節子	PdSe ₂ の元素置換効果による半導体-金属転移・構造相転移近傍での臨界現象
森 真輝人	大野木 哲也	格子ゲージ理論におけるアノマリーと指数定理の非摂動的定式化
森田 泰之	福田 光宏	重イオン入射ビームの大強度・高輝度化
柳原 陸斗	井手口 栄治	インビームガンマ線分光による ²⁴⁹ Cf の高スピン状態の研究
山下 祥吾	小口 多美夫	電流密度汎関数理論の第一原理計算への適用
山下 雄紀	木村 真一	トポロジカル近藤絶縁体 SmB ₆ (111) の表面電子状態
山本 林那	與曾井 優	SPring-8/LEPS2 ソレノイドスペクトロメータ用トリガー検出器の開発とその性能評価
横井 滉平	花咲 徳亮	トポロジカルなバンド構造を有する空間反転対称性の破れた超伝導体における物性研究
脇村 泰平	田島 節子	鉄系超伝導体 Sr ₂ VFeAsO ₃ の V サイトへの元素置換効果

International Physics Course (IPC) の修了者

学生氏名	指導教員	論文題名
Muhammad Firdaus Mohd Soberi	岸本 忠史	Measurement of β and γ Coincidence Spectrum of ^{24}Na for CANDLES Calibration System
Nguyen Huynh Phuc	久野 良孝	A Study of Front-end Readout System for the Cylindrical Drift Chamber in the COMET Phase-1 Experiment
TAI THANH CHAU	久野 良孝	Development of Front-End Electronics for On-line Trigger System of COMET Phase-I
TUNG THANH PHAM	井手口 栄治	PROBING NUCLEAR DEFORMATION OF SUPER HEAVY ELEMENT REGION VIA COULOMB EXCITATION GAMMA-RAY SPECTROSCOPY

3.2 博士論文

平成30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
田中 聖臣	久野 良孝	Determination of nuclear matter radii of Ca isotopes across the neutron magic number $N = 28$ via interaction cross section measurements (相互作用断面積測定による中性子魔法数 $N = 28$ をまたぐ領域での Ca 同位体核物質半径の決定)
VAN THI THU TRANG	能町 正治	Development of Energy Calibration System of CANDLES with Triggerable Gamma Ray Source for Study of ^{48}Ca Double Beta Decay (^{48}Ca の二重ベータ崩壊の研究のためのトリガー可能な γ 線源によるエネルギー較正システムの開発)
江添 貴之	保坂 淳	Kaon-nucleon interactions and $\Lambda(1405)$ in the Skyrme model (Skyrme 模型を用いた K 中間子核子間相互作用及び $\Lambda(1405)$ の研究)
小倉 大典	黒木 和彦	Theoretical study of electron correlation driven superconductivity in systems with coexisting wide and narrow bands (ワイドバンド・ナローバンド共存系における電子相関を起源とする超伝導の理論的研究)
杉浦 拓也	保坂 淳	Chamonium-Nucleon Scattering with Spin-Dependent Forces from Lattice QCD (格子 QCD によるスピン依存力を考慮したチャーモニウム-核子相互作用の研究)
玉岡 幸太郎	橋本 幸士	Emergence of Bulk Geometries from Conformal Field Theory (共形場理論に基づく時空創発の研究)
則元 将太	小林 研介	Fano effect in double quantum dot and single electron dynamics studied with radio frequency (二重量子ドットにおけるファノ効果の観測と高周波測定を用いた単電子の伝導ダイナミクスの解明)
横矢 毅	橋本 幸士	Analysis on entanglement entropy for two-dimensional lattice gauge theories with matter fields (物質場のある二次元格子ゲージ理論におけるエンタングルメント・エントロピーの解析)
加藤 弘樹	藤岡 慎介	Formation of spatial perturbation on diamond foils due to nonuniform laser irradiation on direct-drive inertial confinement fusion (慣性核融合における非一様レーザー照射によるダイヤモンド表面擾乱の形成)

福市 真之	小口 多美夫	First-Principles Calculations on the Origin of Mechanical Properties and Electronic Structures of 3d, 4d, and 5d Transition Metal Monocarbides (3d, 4d, 5d 遷移金属炭化物の機械的性質と電子構造の起源に関する第一原理計算)
早川 修平	川畑 貴裕	Study of Ξ -nucleus interaction by measurement of twin hypernuclei with hybrid emulsion method (ハイブリッド・エマルジョン法を用いたツインハイパー核測定によるグザイ-原子核間相互作用の研究)
NAM HAI TRAN	中野 貴志	η PHOTO-PRODUCTION FROM PROTON TARGET AT LEPS2/BGOEGG EXPERIMENT (LEPS2 BGOegg 実験による陽子標的からの η 中間子の光生成)
鎌倉 恵太	福田 光宏	Design of a High Temperature Superconducting Magnet for Next Generation Cyclotrons (次世代サイクロトロンのための高温超伝導磁石の設計)

International Physics Course (IPC) の学位取得者

学生氏名	主査	論文題名
XI WU	橋本 幸士	Boundary Condition Analysis in Topological Weyl Semimetals (トポロジカルワイル半金属における境界条件の解析)
GIULIO VINCINI	田島 節子	Study of Multilayered Cuprate Superconductors by Electronic Raman Scattering (電子ラマン散乱による多層系銅酸化物超伝導体の研究)
WEI WANG	能町 正治	Study of Beta Decay of ^{48}Ca (^{48}Ca のベータ崩壊の研究)
PHUONG NGOC NGUYEN	木村 真一	Study on Charge Transfer Dynamics of a Photocatalyst Material by Time-resolved Terahertz Spectroscopy (時間分解テラヘルツ分光法を用いた光触媒物質の電荷輸送ダイナミクスの研究)

第4章 教育活動

平成30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。

4.1 大学院授業担当一覧

Aコース (理論系: 基礎物理学・量子物理学コース)

(前期課程)

[基 礎 科 目]

授業科目	単位数	担当教員	備考
場の理論序説	2	浅川正之	学部との共通科目
原子核理論序説	2	< 保坂 淳 >	
散乱理論 (開講せず)	2	未定	学部との共通科目
一般相対性理論	2	< 藤田 裕 >	

[専 門 科 目]

授業科目	単位数	担当教員	備考	
素粒子物理学 I	2	大野木哲也		
素粒子物理学 II (開講せず)	2	大野木哲也		
場の理論 I	2	橋本幸士		
場の理論 II	2	山口 哲		
原子核理論	2	浅川正之・赤松幸尚		
		北澤正清		
物性理論 I (開講せず)	2	浅野建一		ナノ教育プログラム
物性理論 II	2	Keith M. Slevin		ナノ教育プログラム, 英語科目
固体電子論 I (開講せず)	2	黒木和彦		ナノ教育プログラム, 英語科目

固体電子論 II	2	< 小口多美夫 >	ナノ教育プログラム
量子多体系の物理	2	越野幹人	ナノ教育プログラム, 英語科目
計算物理学 (開講せず)	2	< 千徳靖彦 >	英語科目

[トピックス]

授業科目	単位数	担当教員	備考
素粒子物理学特論 I (開講せず)	2	未定	
素粒子物理学特論 II	2	兼村晋哉	
原子核理論特論 I (開講せず)	2	未定	
原子核理論特論 II (開講せず)	2	未定	
物性理論特論 I (開講せず)	2	阿久津泰弘	
物性理論特論 II (開講せず)	2	< 菊池 誠 >	

[セミナー]

授業科目	単位数	担当教員	備考
素粒子論半期セミナー I	4.5	大野木哲也・田中 実・深谷英則	※
場の理論半期セミナー I	4.5	橋本幸士・山口哲・飯塚則裕	※
場の理論半期セミナー II	4.5	兼村晋哉・尾田欣也・	※
原子核理論半期セミナー I	4.5	浅川正之・北澤正清・赤松幸尚	※
原子核理論半期セミナー II	4.5	< 保坂 淳・緒方一介・ 石井理修 >	※
多体問題半期セミナー I	4.5	阿久津泰弘	※
多体問題半期セミナー II	4.5	< 菊池 誠・吉野 元 >	※
物性理論半期セミナー I	4.5	黒木和彦・Keith M. Slevin・越智正之	※
物性理論半期セミナー II	4.5	< 小口多美夫・白井光雲・ 山内邦彦・靱田浩義 >	※
物性理論半期セミナー III	4.5	越野幹人	※
数理物理学半期セミナー	4.5	浅野建一・大橋琢磨	※
高エネルギープラズマ物性 理論半期セミナー	4.5	< 千徳靖彦・佐野孝好 >	※

注) ※は各教員がそれぞれのセミナーを開講する。

(後期課程)

[トピックス]

授業科目	単位数	担当教員	備考
特別講義 A I 「初期宇宙論入門」	1	< 諸井健夫 > (東京大・理学系研究科)	集中 MC・DC 共通 6月6日-8日
特別講義 A II 「場の理論における対称性と普遍性」	1	< 鈴木博 > (九州大・理学研究院)	集中 MC・DC 共通 11月14日-16日
特別講義 A III 「強い相互作用における 高エネルギー散乱の物理」	1	< 板倉数記 > (高エネルギー加速器研究機構)	集中 MC・DC 共通 12月12日-14日
特別講義 A IV 「スピン軌道結合形の磁性・ 多極子・超伝導」	1	< 柳瀬陽一 > (京大理・大学院理学研究科)	集中 MC・DC 共通 11月14日-16日

[セミナー]

授業科目	単位数	担当教員	備考
場の理論特別セミナー	9	兼村晋哉・尾田欣也	※
場の数理特別セミナー	9	橋本幸士・山口 哲・飯塚則裕	※
素粒子論特別セミナー	9	大野木哲也・田中 実・深谷英則	※
原子核理論特別セミナー	9	浅川正之・北澤正清・赤松幸尚	※
多体問題特別セミナー	9	< 保坂 淳・緒方一介・ 石井理修 >	※
物性理論特別セミナー I	9	黒木和彦・Keith M. Slevin・ 越智正之・坂本好史	※
物性理論特別セミナー II	9	< 小口多美夫・白井光雲・ 山内邦彦・靱田浩義 >	※
物性理論特別セミナー III	9	越野幹人	※
統計物理学特別セミナー	9	阿久津泰弘・< 菊池 誠・ 吉野 元 >	※
数理物理学特別セミナー	9	浅野建一・大橋琢磨	※
高エネルギープラズマ物性理論 特別セミナー	9	< 千徳靖彦 >	※

注) ※は各教員がそれぞれのセミナーを開講する。

B コース (実験系：素粒子・核物理学コース)

(前期課程)

[基礎科目]

授業科目	単位数	担当教員	備考
素粒子物理学序論A	2	青木正治	学部との共通科目
素粒子物理学序論B	2	南條 創	学部との共通科目
原子核物理学序論	2	小田原厚子	学部との共通科目

[専門科目]

授業科目	単位数	担当教員	備考
高エネルギー物理学 I	2	山中卓	
高エネルギー物理学 II (開講せず)	2	南條 創	
原子核構造学	2	小田原厚子・<民井 淳>	
加速器物理学	2	<福田光宏>	
放射線計測学	2	<青井 考・野海博之>	

[トピックス]

授業科目	単位数	担当教員	備考
高エネルギー物理学特論 I (開講せず)	2	久野良孝	
高エネルギー物理学特論 II	2	久野良孝	
素粒子・核分光学特論	2	吉田 斉	
原子核物理学特論 I	2	<與曾井優>	
原子核物理学特論 II (開講せず)	2	<青井 考>	
ハドロン多体系物理学特論 (開講せず)	2	<與曾井優>	

[セミナー]

授業科目	単位数	担当教員	備考
高エネルギー物理学半期セミナー I	4.5	山中 卓・南條 創・廣瀬 穰	※
高エネルギー物理学半期セミナー II	4.5	久野良孝・青木正治・佐藤 朗	※
クォーク核物理学半期セミナー	4.5	< 中野貴志・野海博之・與曾井優 味村周平・郡英輝・堀田智明・ 白鳥昴太郎 >	※
原子核構造半期セミナー I	4.5	川畑貴裕・小田原厚子・清水 俊	※
原子核構造半期セミナー II	4.5	松多健策・福田光順・三原基嗣	※
原子核反応半期セミナー	4.5	< 青井 考・民井 淳・井手口栄治・ 下村浩一郎・鈴木智和・王惠仁・ 小林信之 >	※
核反応計測学半期セミナー	4.5	< 能町正治・嶋 達志・> 高久圭二・菅谷頼仁 >	※
加速器科学半期セミナー	4.5	< 福田光宏・依田哲彦・神田浩樹 >	※
レプトン核科学半期セミナー	4.5	阪口篤志・吉田 齊	※
高エネルギー密度物理半期セミナー	4.5	< 藤岡慎介・有川安信 >	※

注) ※は各教員がそれぞれのセミナーを開講する。

(後期課程)

[トピック]

授業科目	単位数	担当教員	備考
特別講義 B I 「ニュートリノで拓く宇宙素粒子研究」	1	< 井上邦雄 > (東北大学・ニュー トリノ科学研究センター)	集中 MC・DC 共通 12月19日-19日
特別講義 B II 「不安定核の実験でさぐる 中性子過剰核と中性子星」	1	< 中村隆司 > (東京工業大学・理学院)	集中 MC・DC 共通 4月25日-27日

[セミナー]

授業科目	単位数	担当教員	備考
高エネルギー物理学特別セミナー I	9	山中 卓・南條 創・廣瀬 穰	※
高エネルギー物理学特別セミナー II	9	久野良孝・青木正治・佐藤 朗	※
原子核構造特別セミナー I	9	川畑貴裕・小田原厚子・清水 俊	※
原子核構造特別セミナー II	9	松多健策・福田光順・三原基嗣	※
バリオン核分光学特別セミナー	9	阪口篤志・吉田 齊	※
核反応計測学特別セミナー	9	< 能町正治・嶋 達志・ 高久圭二・菅谷頼仁 >	※
クォーク核物理学特別セミナー	9	< 中野貴志・野海博之・與曾井優 ・味村周平・郡英輝・堀田智明 白鳥昴太郎 >	※
原子核反応特別セミナー	9	< 青井 考・民井 淳・井手口栄治・ 下村浩一郎・鈴木智和・王惠仁・ 小林信之 >	※
加速器科学特別セミナー	9	< 福田光宏・依田哲彦・神田浩樹 >	※
高エネルギー密度物理特別セミナー	9	< 藤岡慎介・有川安信・Morace Alessio >	※

注) ※は各教員がそれぞれのセミナーを開講する。

Cコース (実験系：物性物理学コース)

(前期課程)

[基礎科目]

授業科目	単位数	担当教員	備考
固体物理学概論1	2	花咲 徳亮	学部との共通科目
固体物理学概論2	2	< 萩原政幸 >	学部との共通科目
固体物理学概論3	2	宮坂 茂樹	学部との共通科目
放射光物理学 (開講せず)	2	未定	ナノ教育プログラム
極限光物理学 (開講せず)	2	< 藤岡慎介 >	学部との共通科目

[専門科目]

授業科目	単位数	担当教員	備考
光物性物理学	2	田島節子・宮坂茂樹	英語科目
半導体物理学	2	< 大岩 顕・長谷川繁彦 >	
超伝導物理学 (開講せず)	2	田島節子・宮坂茂樹	
量子分光学 (開講せず)	2	未定	ナノ教育プログラム
シンクロトロン分光学	2	< 木村真一 >	英語科目
荷電粒子光学概論 (開講せず)	2	石原盛男	ナノ教育プログラム
孤立系イオン物理学	2	< 豊田岐聡 >	ナノ教育プログラム
量子多体制御物理学 (開講せず)	2	小林研介・新見康洋	ナノ教育プログラム

[トピック]

授業科目	単位数	担当教員	備考
強磁場物理学	2	< 萩原政幸・鳴尾康雄・木田孝則 >	
強相関係物理学	2	花咲徳亮・酒井英明・村川 寛	
重い電子系の物理 (開講せず)	2	< 杉山清寛 >	
極限物質創成学 (開講せず)	2	未定	ナノ教育プログラム
界面物性物理学 (開講せず)	2	松野丈夫	ナノ教育プログラム

[セ ミ ナ ー]

授業科目	単位数	担当教員	備考
メゾスコピック物理半期セミナー	4.5	小林研介・新見康洋・荒川智紀	※
質量分析物理半期セミナー	4.5	< 豊田岐聡・兼松康男 >・石原盛男・ < 青木 順 >	※
超伝導半期セミナー	4.5	田島節子・宮坂茂樹・中島正道	※
界面半期セミナー	4.5	松野丈夫	※
半導体半期セミナー	4.5	< 大岩 顕・長谷川繁彦・木山治樹・ 藤田高史 >	※
量子物性半期セミナー	4.5	花咲徳亮・酒井英明・村川 寛	※
光物性半期セミナー	4.5	< 木村真一・渡辺純二・大坪嘉之・ 渡邊 浩 >	※
強磁場物理半期セミナー	4.5	< 萩原政幸・鳴海康雄・木田孝則・ 赤木 暢 >	※

注) ※は各教員がそれぞれのセミナーを開講する。

(後期課程)

[トピック]

授業科目	単位数	担当教員	備考
特別講義 C I 「加速器質量分析：原理と応用」	1	< 松崎浩之 > (東京大・総合研究博物館)	集中 MC・DC 共通 7月18日-20日
特別講義 C II 「半導体ナノ構造の量子現象と 量子情報への応用」	1	< 樽茶清悟 > (東京大・大学院工学系研究科)	集中 MC・DC 共通 10月16日-18日

[セミナー]

授業科目	単位数	担当教員	備考
メゾスコピック物理特別セミナー	9	小林研介・新見康洋・荒川智紀	※
強磁場物理特別セミナー	9	< 萩原政幸・鳴海康雄・木田孝則 >	※
界面物性特別セミナー	9	松野丈夫	※
半導体特別セミナー	9	< 大岩 顕・長谷川繁彦・木山治樹・ 藤田高史 >	※
超伝導特別セミナー	9	田島節子・宮坂茂樹・中島正道	※
質量分析物理特別セミナー	9	< 豊田岐聡・兼松泰男 >・石原盛男・ < 青木 順 >	※
量子物性特別セミナー	9	花咲徳亮・酒井英明・村川 寛	※
光物性特別セミナー	9	< 木村真一・渡辺純二・大坪嘉之・ 渡邊 浩 >	※

注) ※は各教員がそれぞれのセミナーを開講する。

共通授業科目（A, B, C コース共通）

（前期課程）

授業科目	単位数	担当教員	備考
加速器科学（開講せず）	2	未定	
自由電子レーザー学（開講せず）	2	未定	
レーザー物理学	2	< 重森啓介 >	
ナノ教育プログラム複雑系物理学	2	< 渡辺純二 >	
相転移論（開講せず）	2	阿久津泰弘	
ニュートリノ物理学（開講せず）	2	未定	
非線形物理学	2	< 吉野 元 >	
原子核反応論	2	< 緒方一介 >	
数物アドバンスコア1（開講せず）	2		
数物アドバンスコア2（開講せず）	2		
Electrodynamics	2	<Luca Baiotti>	英語科目
Quantum Mechanics	2	<Luca Baiotti>	英語科目
Quantum Field Theory I	2	橋本幸士	英語科目
Quantum Field Theory II	2	山口 哲	英語科目
Introduction to Theoretical Nuclear Physics	2	< 保坂 淳 >	英語科目
Quantum Many-body Systems	2	越野幹人	英語科目
Condensed Matter Theory	2	Keith Slevin	英語科目
Solid State Theory（開講せず）	2	黒木和彦	英語科目
High Energy Physics	2	青木正治	英語科目
Nuclear Physics in the Universe	2	嶋達志	英語科目
Optical Properties of Matter	2	田島節子・宮坂茂樹	英語科目
Synchrotron Radiation Spectroscopy	2	< 木村真一 >	英語科目
Computational Physics	2	< 千徳靖彦 >	英語科目

(後期課程)

[トピック]

授業科目	単位数	担当教員	備考
Topical Seminar I 「Terahertz spectroscopy of elementary excitations in solids」	1	< 島野 亮 > (東京大学・ 大学院理学系研究科)	集中 MC・DC 共通 11月28日-30日
Topical Seminar II 「A journey from the hadronic world to quark-gluon plasma」	1	< Su Houng Lee > (Yonsei University)	集中 MC・DC 共通 10月10日-12日

(前・後期課程)

授業科目	単位数	担当教員	備考
科学技術論 A	2	外部講師	学部との共通科目
科学技術論 B(開講せず)	2		学部との共通科目
研究者倫理特論	0.5	< 梶原康宏 >	高度博士人材養成プログラム, 集中, 修了要件外
科学論文作成法	0.5	< 佐藤尚弘 >	高度博士人材養成プログラム, 集中, 修了要件外
研究実践特論 (開講せず)	0.5	< 佐藤尚弘 >	高度博士人材養成プログラム, 集中, 修了要件外
企業研究者特別講義	0.5	< 佐藤尚弘 >	高度博士人材養成プログラム, 集中, 修了要件外
実践科学英語	1	< 中嶋 悟・ 梶原康宏 >	高度博士人材養成プログラム, 修了要件外
科学英語基礎	1	< E.M. ヘイル >	学部との共通科目, 修了要件外
リスク管理とコンプライアンスー社会に出た ときのためにー	2	< 山本 仁・ 石田英之・ 中田修二・ 梅田幸治 >	学部との共通科目

(前・後期課程)

授業科目	単位数	担当教員	備考
先端機器制御学 (開講せず)	2	< 豊田岐聡 >	大学院副プログラム (基礎理学計測学) 集中
分光計測学 (開講せず)	2	< 豊田岐聡 > < 邨次 敦 >	大学院副プログラム (基礎理学計測学) 集中
先端的研究法： 質量分析	2	< 豊田岐聡・青木 順・ 寺田健太郎・高尾敏文・ 上田祥久・佐藤貴弥 >	ナノ教育プログラム， 大学院副プログラム (基礎理学計測学)，集中
先端的研究法： X線結晶解析	2	< 今田勝巳・栗栖源嗣・ 中川敦史 > 他	大学院副プログラム (基礎理学計測学)，集中
先端的研究法： NMR	2	< 上垣浩一・林 文晶 > < 村田道雄・梅川雄一 >	大学院副プログラム (基礎理学計測学)，集中
放射線計測基礎 1	1	< 能町正治 >	大学院副プログラム (基礎理学計測学， 放射線科学)，集中
放射線計測基礎 2	1	< 能町正治 >	大学院副プログラム (基礎理学計測学， 放射線科学)，集中
放射線計測応用	2	< 青井 考・能町正治 > 他	大学院副プログラム (放射線科学)，集中
原子核物理基礎 1	1	< 能町正治 >	大学院副プログラム (放射線科学)，集中
原子核物理基礎 2	1	< 能町正治 >	大学院副プログラム (放射線科学)，集中 集中，英語科目
放射線取扱基礎	1	< 能町正治 >	大学院副プログラム (放射線科学， 基礎理学計測学)
放射線計測学概論 1 (開講せず)	1	< 能町正治 > 他	大学院副プログラム (放射線科学) 集中
放射線計測学概論 2 (開講せず)	1	< 能町正治 >	大学院副プログラム (放射線科学) 集中，英語科目

授業科目	単位数	担当教員	備考
ナノマテリアル・ ナノデバイスデザイン学	1	< 森川良忠 > 他	ナノ教育プログラム 実習, 集中
ナノプロセス・物性・ デバイス学	1	< 藤原康文 > 他	ナノ教育プログラム 実習, 集中
超分子ナノバイオプロセス学	1	< 宮坂 博 > 他	ナノ教育プログラム 実習, 集中
ナノ構造・機能計測解析学	1	< 竹田精治 > 他	ナノ教育プログラム 実習, 集中
ナノフォトンクス学	1	< 宮坂 博 > 他	ナノ教育プログラム 実習, 集中

(後期課程)

授業科目	単位数	担当教員	備考
学位論文作成演習	0.5	< 佐藤尚弘 >	高度博士人材養成プログラム, 修了要件外
高度理学特別講義	0.5	< 佐藤尚弘 >	高度博士人材養成プログラム, 修了要件外
企業インターンシップ	1	< 佐藤尚弘 >	高度博士人材養成プログラム, 修了要件外
海外短期留学	2	< 佐藤尚弘 >	高度博士人材養成プログラム, 修了要件外
産学リエゾン PAL 教育研究訓練	5	< 伊藤 正 > 他	ナノ教育プログラム, 集中 修了要件外
高度学際萌芽研究訓練	5	< 伊藤 正 > 他	ナノ教育プログラム, 集中 修了要件外

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	橋本幸士	
Quantum Field Theory II	2	山口 哲	
Electrodynamics	2	<Luca Baiotti>	These credits cannot be used to fulfill the requirements of graduation
Quantum Mechanics	2	<Luca Baiotti>	These credits cannot be used to fulfill the requirements of graduation
Introduction to Theoretical Nuclear Physics	2	<保坂 淳>	Biennially
High Energy Physics	2	青木正治	
Nuclear Physics in the Universe	2	<嶋 達志>	
Synchrotron Radiation Spectroscopy	2	<木村真一>	
Condensed Matter Theory	2	Keith M. Slevin	Biennially
Quantum Many-body Systems	2	越野幹人	Biennially

[セ ミ ナ ー]

授業科目	単位数	担当教員	備考
Semestral Seminar I	4.5	久野良孝	
Semestral Seminar I	4.5	山中 卓	
Semestral Seminar I	4.5	<青井 考>	
Semestral Seminar II	4.5	<能町正治>	
Semestral Seminar II	4.5	久野良孝	
Semestral Seminar II	4.5	<青井 考>	
Semestral Seminar III	4.5	<井手口栄治>	
Semestral Seminar III	4.5	久野良孝	
Semestral Seminar III	4.5	<能町正治>	
Semestral Seminar III	4.5	<菊池誠>	
Semestral Seminar IV	4.5	吉田 齐	
Semestral Seminar IV	4.5	久野良孝	
Semestral Seminar IV	4.5	<井手口栄治>	
Semestral Seminar IV	4.5	<菊池 誠>	

(後期課程)

[トピック]

授業科目	単位数	担当教員	備考
Topical Seminar I “Terahertz Spectroscopy of elementary excitations in solids”	1	<Ryo Shimano> (Tokyo University) 11月28日、29日、30日	集中 MC・DC 共通
Topical Seminar II “A journey from the hadronic world to quark-gluon plasma”	1	<Su Hounng Lee> (Yonsei University) 10月10日、11日、12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	久野良孝	
Seminar for Advanced Researches	9	吉田 斉	
Seminar for Advanced Researches	9	田島節子	
Seminar for Advanced Researches	9	< 福田光宏 >	
Seminar for Advanced Researches	9	< 野海博之 >	
Seminar for Advanced Researches	9	< 保坂淳 >	
Seminar for Advanced Researches	9	< 井手口栄治 >	
Seminar for Advanced Researches	9	< 豊田岐聡 >	
Seminar for Advanced Researches	9	< 木村真一 >	
Seminar for Advanced Researches	9	< 能町正治 >	
Seminar for Advanced Researches	9	< 藤岡慎介 >	

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
【必修科目】			
安全実験法	集中 15	1	< 佐藤尚弘・杉山清寛・< 本岡和博 >・ 深瀬浩一・山本 仁・古屋秀隆・ 廣野哲朗・竹内徹也 >
力学1	2	2	キース スレヴィン
力学1 演義	2	2	キース スレヴィン・< 林田 清 >
力学2	2	2	阿久津泰弘
力学2 演義	2	2	阿久津泰弘・< 富田賢吾 >
数理物理1	2	2	橋本幸士
数理物理1 演義	2	2	橋本幸士・飯塚則裕
電磁気学1	2	2	< 吉野 元 >
電磁気学1 演義	2	2	< 吉野 元 >・田中 実
熱物理学	2	2	小林研介
数理物理2	2	2	兼村晋哉
数理物理2 演義	2	2	兼村晋哉・< 渡辺純二 >
量子力学1	2	2	黒木和彦
量子力学1 演義	2	2	黒木和彦・菅野優美
物理学実験基礎	6	2	松多健策・清水 俊・ < 木田孝則・山中千博・住 貴宏 >
量子力学2	2	2	尾田欣也
量子力学2 演義	2	2	尾田欣也・赤松幸尚
統計力学1	2	2	< 川村 光 >
統計力学1 演義	2	2	< 川村 光 >・深谷英則
統計力学2	2	2	越野幹人
物理学実験1	12	4	福田光順・< 山中千博 >・阪口篤志・ < 高久圭二 >・南條 創・三原基嗣・ 酒井英明・< 桂 誠・久富 修 >・ < 木村 淳・竹内 徹也 >・宮坂茂樹・ 佐藤 朗・中島 正道・村川 寛・ 青木 順・中嶋 大 >・新見 康洋・ 小田原厚子・松多健策・< 河井洋輔・ 松尾太郎 >・外川学
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	2	物理学科各教員 大野木哲也・川畑貴裕・山中卓・ 黒木和彦・田島節子・小林研介 < 木村真一・中嶋悟・ 長峯健太郎・松本浩典 >
電磁気学 2	2	2	山口 哲
熱物理学演義	2	2	小林研介・北澤正清
地球科学概論	2	2	< 近藤 忠 >
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	花咲徳亮
質量分析学	2	2	< 豊田岐聡 >
連続体力学	2	2	< 長峯健太郎 >
量子力学 3	2	2	大野木哲也
物理実験学	2	2	< 鳴海康雄 >
地球惑星進化学	2	2	< 中嶋 悟 >
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	< 萩原政幸 >
物理学・宇宙地球科学輪講	2 + 2	4	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・寺崎英紀・ 中嶋 悟・境家達弘 >
相対論	2	2	< 藤田 裕 >
素粒子物理学 1	2	2	青木正治
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
宇宙物理学	2	2	< 松本浩典 >
地球惑星物質学	2	2	< 佐々木晶 >
数値計算法	2	2	< 青山和司 >
相対論的量子力学	2	2	浅川正之
素粒子物理学 2	2	2	南條 創

4.2. 学部授業担当一覧

149

授業科目名	毎週授業 時間数	単位数	担当教員
物理オナーセミナー 1 ~	2	各 1	橋本幸士
科学技術論 A	2	2	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>

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
物理学概論 I	< 嶋 達志 >	医 (医)	I	月 3
	< 小口多美夫 >	医 (放) 歯		
	< 田中慎一郎 >	医 (検) 薬		
物理学概論 II	< 大高 理 >	医 (医)	II	水 2
	< 木村真一 >	医 (放・検) 歯 1~27		
	< 植田千秋 >	薬・歯 28~		
物理学 1A	久野良孝	理	I	月 3
	< 湯川 諭 >	理		
物理学 1B	< 山中千博 >	理	I	月 3
物理学 2A	< 谷口年史 >	理	II	金 4
	新見康洋	理		
物理学 2B	< 藤田 裕 >	理	II	金 4
物理学入門 I	< 杉山清寛 >	医 (医・放・検) 歯薬	I	月 3
物理学入門 II	福田光順	医 (医・放・検) 歯薬	II	水 2
物理学序論 1	< 高杉英一 >	理	I	月 3
物理学序論 2	< 鷹岡貞夫 >	理	II	金 4
現代物理学入門	< 藤田佳孝 >	理	II	火 1
電磁気学 I	< 青山和司 >	基 (化)	II	月 1
	< 堀 一成 >	基 (シ 1 ~ 1 3 0)		
	< 萩原政幸 >	基 (シ 1 3 1 ~ ・ 情)		
電磁気学 I	< 能町正治 >	工 (理 1 ~ 9 5)	II	月
	< 横田勝一郎 >	工 (理 9 6 ~ 1 9 0)		
	深谷英則	工 (理 1 9 1 ~)		
電磁気学 I	< 芝井 広 >	工 (然 1 ~ 8 5)	II	火 3
	酒井英明	工 (然 8 6 ~ 1 7 0)		
	北澤正清	工 (然 1 7 1 ~)		
電磁気学 II	< 千徳靖彦 >	基 (化)	III	月 3
	< 堀 一成 >	基 (シ・情)		

授業科目名	担当教員	配当学部	学期	曜日時限
電磁気学 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	< 浅野建一 > < 菊池 誠 > 菅野優美	基 (シ) 基 (シ) 基 (電・化・情)	III	月 2
熱学・統計力学要論	< 金崎 順一 > < 堀田智明 > < 白井光雲 >	工 (電) 工 (環) 工 (地)	III	火 1
力学 I	花咲徳亮 山中 卓 < 住 貴宏 >	工 (然 1 ~ 8 5) 工 (然 8 6 ~ 1 7 0) 工 (然 1 7 1 ~)	I	月 4
力学 I	< 鷹岡貞夫 > < 菊池 誠 > < 下田 正 > < 渡辺純二 >	工 (理 1 ~ 9 5) 工 (理 9 6 ~ 1 9 0) 工 (理 1 9 1 ~) 工 (地)	I	火 1
力学 I	清水 俊 石原盛男 三原基嗣 < 西浦宏幸 > < 谷口年史 > 吉田 斉	基 (電 1) 基 (電 2) 基 (化) 基 (シ 1 ~ 9 0) 基 (シ 9 1 ~) 基 (情)	I	金 4
力学 I	松野丈夫 < 林田 清 > < 猿倉信彦 >	工 (電 1 ~ 8 0) 工 (電 8 1 ~) 工 (環)	I	金 4
力学 II	< 小無啓司 > 越智正之 < 能町正治 > < 湯川 諭 >	工 (理 1 ~ 9 5) 工 (理 9 6 ~ 1 9 0) 工 (理 1 9 1 ~) 工 (地)	II	火 1
力学 II	< 富田賢吾 > < 芝井 広 > < 猿倉信彦 >	工 (電 1 ~ 8 0) 工 (電 8 1 ~) 工 (環)	II	金 1

授業科目名	担当教員	配当学部	学期	曜日時限
力学Ⅱ	<石原 一> <田中歌子> <松本浩典> <細谷 裕> 越野幹人	基(電1) 基(電2) 基(化・情) 基(シ1~90) 基(シ91~)	Ⅱ	金4
電気物理学 A	<平 雅文>	工(電1・電2)	Ⅰ	月4
電気物理学 A	<平 雅文>	工(電3・電4)	Ⅱ	金3
電気物理学 B	<加藤裕史・中村浩隆>	工(電3・電4)		
電気物理学 B	<尾崎典雅・伊庭野健造>	工(電1・電2)		
情報活用基礎	<外川浩章>	理	Ⅰ	月4
物理学の考え方	大野木哲也 <浅野建一>	人文外法経 人文外法経	Ⅰ	水2
現代物理学の基礎	兼松泰男 山中 卓 久野良孝	工 工 医歯薬基	Ⅰ Ⅰ	月1 月4
物理学実験	<杉山清寛> <大坪嘉之> 阪口篤志 新見康洋 <杉田一樹> <荻野陽輔>	工(電・環)	Ⅰ	火3~5
物理学実験	青木正治 村川 寛 <高久圭二> <中村浩隆> <平 雅文> <澤村淳司>	工(然) 医(医)	Ⅰ Ⅲ	木3~5
物理学実験	吉田 齐 三原基嗣 飯塚則裕 廣瀬 穰 <松尾智仁> <矢地謙太郎>	工(理)	Ⅱ	火3~5

授業科目名	担当教員	配当学部	学期	曜日時限
物理学実験	上田浩平 赤松幸尚 <半澤弘昌> <小嶋 勝> <中本将嗣> <今西正幸>	基(電)、基(化・情)	II	木3～5
物理学実験	<青木 順> <渡邊 浩> 田中 実 <御堂義博> <細井卓治> <佐々木勇和>	工(地)	II	金3～5
物理学実験	中島正道 佐藤 朗 清水 俊 <渡邊陽介> <小林 康> <金 真佑>	医(放・検)・基(シ)	III	金3～5
自然科学実験1 物理	石原盛男 越智正之 石原盛男 荒川智紀	理	I	水3～5
		理	II	水3～5
自然科学実験2 物理	阪口篤志 石原盛男 大橋琢磨	理	III	水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、1学期の木曜日3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
川畑グループ
山中グループ
黒木グループ
田島・小林グループ

物理学専攻（協力講座）

木村グループ

宇宙地球科学専攻（基幹講座）

中嶋グループ
長峯グループ
松本グループ

第5章 物理談話会，南部コロキウム

5.1 物理談話会

平成30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．

2018年10月5日	大高 理 ・酒井 英明	ガイダンス
2018年10月12日	住 貴宏	系外惑星と地球外生命探査
2018年10月19日	南條 創	素粒子物理学の謎－実験によるアプローチ－
2018年10月26日	黒木 和彦	仲の悪い電子たちと仲のよい電子たち～超伝導の起源～
2018年11月9日	川村 光	統計物理モデルで見る地震
2018年11月16日	萩原 政幸	強磁場の世界
2018年11月30日	中井 光男	高強度レーザーによる宇宙物理学実験－高エネルギー天体現象のシミュレーション－
2018年12月7日	Luca BAIOTTI	重力波を通じて宇宙を探検する Exploring the Universe through gravitational waves
2018年12月14日	飯塚 則裕	ブラックホールと量子力学
2018年12月21日	菅野 優美	エンタングルする宇宙と精密観測
2019年1月4日	大岩 顕	光子から電子スピンへの量子状態変換と量子情報処理への展開
2019年1月11日	廣野 哲朗	物理と化学を駆使して地震を理解する-来たる南海トラフ地震に向けて-
2019年1月25日	松野 丈夫	界面の物理学－物質の可能性を追求する－
2019年2月1日	川畑 貴裕	原子核のクラスター相関と宇宙における元素合成

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、南部陽一郎特別栄誉教授の名を冠したコロキウムシリーズを開始した。

<http://www.phys.sci.osaka-u.ac.jp/nambu/>

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。著名な研究者の講演から、分野の壁を越えてディスカッションが出来る雰囲気を作ることを目指している。教員だけではなく、学部生、大学院生の参加を歓迎することで、教育効果を高めることも目標としている。南部コロキウムを通じて、学術交流を促進し、大阪大学の理論科学・物理学の発展を加速させる。

大阪大学の基礎理学プロジェクト研究センターの「理論科学連携拠点」がコロキウムを主催オーガナイズする。理論科学研究拠点は教員十数名からなり、代表は物理学専攻の橋本幸士が務めている。

平成30年度は、南部コロキウムの実施方法などについて詳細に検討を行うために開催を休止している。予算的な面などについて目処がたち次第、平成31年度より開催を復活させる予定である。

(文責：橋本 幸士)

第6章 学生の進路状況など

平成30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

大阪大学博士前期課程進学（理学研究科）	54名
他大学博士前期課程進学	4名
専門学校入学	1名
就職準備中	2名
国家公務員（経済産業省）	1名
公立中高教員（岡山県）	1名
民間企業就職	2名
合計	65名

学部卒業生の進路の内訳：

（株）ウィルテック	1名
資生堂（株）	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）	15名
他大学博士後期課程進学	2名
民間企業就職	33名
理科教員（私立）	2名
合計	52名

博士前期課程修了者の進路の内訳：

(株) イシダ	1名
伊藤忠テクノソリューションズ (株)	1名
キーサイト・テクノロジー (株)	1名
キヤノン (株)	1名
京セラ (株)	1名
(株) SUMCO	1名
(株) シティ・コム	1名
SUBURU (株)	1名
ソニー (株)	1名
第一生命保険 (株)	1名
ダイキン工業 (株)	1名
東京エレクトロン (株)	1名
東芝インフラシステムズ (株)	1名
徳洲会インフォメーションシステム (株)	1名
(株) ニコン	1名
日亜化学工業 (株)	1名
日研トータルソーシング (株)	1名
日本アイ・ビー・エム (株)	1名
(株) ひかり農園	1名
(株) 日立製作所	2名
(株) ビッグツリーテクノロジー&コンサルティング	1名
(株) フォーラムエイト	1名
(株) 不二越	1名
富士通 (株)	2名
ホシデン (株)	1名
(株) 三井住友銀行	1名
三菱電機 (株)	1名
三菱マテリアル (株)	1名
(株) 村田製作所	1名
リコー電子デバイス (株)	1名
ルネサスエレクトロニクス (株)	1名
学校法人清風学園	1名
文化学園大学杉並中学・高等学校	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）	1名
母国に帰国	3名
合計	4名

6.4 博士後期課程修了者の進路

民間企業就職	4名
大阪大学・非常勤研究員	3名
その他国立大学法人・研究員	1名
その他法人・技術職員	0名
国立研究開発法人・非常勤研究員	2名
日本学術振興会・特別研究員PD	1名
その他	1名
合計	12名

博士後期課程修了者の進路の内訳：

(株) 神戸製鋼所	1名
トヨタ自動車(株)	1名
(株) 日立製作所	1名
(株) プロット	1名
大阪大学・大学院理学研究科・物理学専攻・特任研究員	1名
大阪大学・核物理研究センター・特任研究員	1名
大阪大学・核物理研究センター・教務補佐員	1名
九州大学・大学院理学研究院・物理学部門・学術研究員	1名
京都大学・基礎物理学研究所・研究員	1名
国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構・博士研究員	1名
国立研究開発法人 理化学研究所・研究員	1名
就職活動中(留学生)	1名

6.5 International Physics Course (IPC) 後期課程修了者の進路

(株) 日立製作所	1名
大阪大学・核物理研究センター・教務補佐員	1名
Research Fellow, Ariel University, Israel	1名
Institute of Applied Materials Science, Vietnam	1名
母国で就職	1名
合計	5名

6.6 学生のインターンシップ参加

平成30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	NTT 物性科学基礎研究所、Neel 研究所、国立研究開発法人 物質・材料研究機構、産業技術総合研究所、free 株式会社、クックパッド株式会社、ダイハツ工業株式会社、シャープ株式会社、キーサイト・テクノロジー、日本セラミック株式会社、産業技術総合研究所省エネルギー部門熱電変換グループ、KAIST、三菱 UFJ モルガン・スタンレー証券株式会社、ソルボンヌ大学、日立
5日未満	東芝メモリ、デンソーテクノ、リブセンス株式会社、PASONA、家庭教師のトライ、日産自動車株式会社、(株) 本田技術研究所、アイテック阪急阪神、(株) コンテック、株式会社 NS ソリューションズ関西、ディーピーティー株式会社、シンプレクス株式会社、大阪エヌディーエス、トヨタ自動車

第7章 リーディング大学院「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副専攻プログラムとして実施する。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」

このリーディング大学院プログラムは、大学院制度の改革を狙ったいわゆる“システム改革”のためのプログラムである。従って、7年間の事業期間は新しいシステムの試行期間と考えるべきであり、本プログラムが成功した場合には、事業終了後これを継続するだけでなく、学内の他分野にも広げていくことが期待されている。

7.2 プログラムの概要・特徴

本プログラムは、大阪大学未来戦略機構第3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、精密科学・応用物理学専攻、応用化学専攻、生命先端工学専攻）の各専攻に所属する教授38名と、理化学研究所・播磨研究所の研究員2名、情報通信研究機構の研究員1名、計41名で構成される。

履修生は、所属する専攻の大学院課程の科目を修得するのに加えて、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、いわゆる「修士論文」は課せられないが、「博士論文研究企画」の発表が義務づけられている。これに関連した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 平成30年度の活動

7.3.1 第4回カデット国際シンポジウムの開催

履修生の自主的な発案によるカデットプログラム主催の国際シンポジウムも本年度で4回を迎えた。理学研究科物理学専攻の履修生4名、化学専攻の履修生4名、高分子科学専攻の履修生1名を含む18名が平成29年10月に実行委員会を立ち上げ、活動を開始した。シンポジウムは平成30年12月3日、4日に大阪大学豊中キャンパスにて開催された。今回はInspiration for Innovation by Interactionをテーマとして、4名の海外からの招待講演者を含め8名のゲストを迎えて講演いただき、それぞれの分野のトピックスを紹介いただくとともに、オリジナリティある研究テーマを進める契機となったインスピレーションや、それを得るに至った経緯などについてもお話いただいた。今回の企画には若手の助教、講師がアドバイザー的な立場でサポートしたが、全ての活動を履修生が自発的に役割分担を決めて推進した。2日間のシンポジウムに128名が参加し、招待講演8件を含め17件の口頭発表と60件のポスター発表が行われ、先端科学の状況と新しい発想を得るに至ったプロセスを含めた研究開発の詳細理解と交流がなされた。また、香港大学とカデットプログラムの合同シンポジウムが同時開催され、香港大学からの10名の教員と11名の学生も参加してポスターセッションとバンケットを合同で実施した。

7.3.2 履修生が進める阪大5リーディング「知の横断」

物理学専攻の三期生が、昨年度に引き続き阪大で取り組む5つのリーディング大学院取組の相互理解と連携を深めることと、大学院の研究活動を広く高校生にも啓蒙することで彼らの理解を深め、大学院を目指す学生をエンカレッジすることを目的に、シンポジウム「阪大院生五者 知の横断」第4回を11月3日に開催した。開催に当たっては、阪大の全リーディングプログラムと高等教育・入試研究開発センターの後援をいただいた。本会では、「脳と音楽」「言語学」「生物学」をテーマとした大学院生の講演が行われた。各リーディングからは高校生や異分野の人にも分かりやすく配慮された研究発表を行った。参加者は57名(うち中高生35名)であった。参加者からは「様々な分野の話が気軽に聞けて面白かった」「講

演者と交流ができてよかった」といった評価をいただき、異分野交流やアウトリーチといった目標は十分に達成できたと考えている。特に高校生からは「講演者との距離が近くて面白かった」「様々な分野の発表があり視野が広がった」「大学での研究のイメージが出来て、自分でもこういった活動を大学でして見たいと思った」と言った感想が寄せられた。阪大のリーディング大学院が協力して開催する試みで、院生の交流、高校生へのアウトリーチ活動の二つの目的は概ね達成された。引き続き物理学専攻の履修生がリーダーとなって進めており、この取組みがどのように発展しているかが楽しみである。

7.3.3 国内研修、海外研修の実施

本年度は第四期生を中心に 13 名が「物質科学国内研修」（必修）に取り組んだ。7つの民間企業と 3 独立研究法人にて 3ヶ月間の研修を行った。研究室の外に出てこれまでに無い環境で学ぶことで、社会への役立ちを考える機会となるなど、履修生は大学では学べない多くのことを持ち帰ることができた。物理学専攻の履修生は 3 名が受講し、それぞれ、産業技術総合研究所、物質・材料研究機構、NTT 物性科学基礎研究所で 3ヶ月間の研修を行い、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。

第三期生中心に 12 名が「物質科学海外研修」（必修）に取り組んだ。物理学専攻からは 2 名の履修生がグルノーブル大学（フランス）と KAIST（韓国）で、化学専攻の 3 名がストラスブール大学（フランス）とネール研究所（フランス）でそれぞれ自身の研究分野をさらに深堀する研究活動を行った。この研修は、自らが持ち込んだテーマについて現地研修先の教員や学生と議論しながら推進するもので、海外において独力で研究を推進できる「国際突破力」の養成をはかることをねらいとしている。みな想定外の状況や困難を自ら解決して、成果を持ち帰って来た。また今後共同研究につなげるなど、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。

7.3.4 Qualifying Examination (QE) と七期生選抜

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な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。

本年度は二期生 15 名（うち 5 名が理学研究科所属）と特別選抜三期生 2 名が最終学年になり、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

シップを發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7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發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、17名が合格、1名が不合格となった。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。

3月6日に平成30年度の入学者選抜を実施し、5名を合格させた。理学研究科物理学専攻からは2名の学生が応募し全員が合格した。

7.3.5 平成26年度採択二期生の課程修了

平成26年度に入学した一般選抜二期生15名（うち1名が理学研究科物理学専攻、2名が化学専攻、1名が高分子科学専攻所属）と特別選抜三期生2名が、それぞれの専攻における博士論文審査を経て、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20日にプログラム修了認定証が授与された。昨年度修了した一期生とともに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。17名のうち1名は大阪大学の助教のポストに、1名が日本学術振興会の海外特別研究員として米国に赴任する。また、1名は日本学術振興会の特別研究員(PD)として筑波大学で研究を継続する。3名は博士研究員として海外研究機関や国内の独法研究機関で活動を開始する。11名は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。

7.3.6 プログラムの事後評価

平成24年度から進めてきた本プログラムは本年度で文部科学省からの支援が終了する。終了にあたり、日本学術振興会博士課程リーディングプログラム委員会によるプログラムの事後評価を受けた。評価に際し、これまでの6年半の取り組みをまとめた報告書を提出し書類審査を受け、11月には西尾総長、小林副学長、狩野プログラム責任者（基礎工学研究科長）、芦田プログラムコーディネーター（基礎工学研究科教授）日本学術振興会においてプログラム委員からのヒアリングを受けた。プログラム委員会からはこれまでの取り組みについて高い評価をいただいた。以下コメントの一部を紹介する。「リーダーを養成するための学位プログラムや推進体制について、本プログラムの全ての学生が履修する研究室ローテーション・海外研修・インターンシップの実践的研修及びカデットコア科目・異分野専門科目のコースワークからなる教育体系が構築され、教員と学生の両者がインタラクティブにプロ

グラムを実践することにより、自主性と高いレベルの能力を有する学生が育成されている点は高く評価できる。学生が自主的に企画して取り組んだ「物性物理 100 問集」や「物質化学 100 問集」の改訂・出版事業は、その証左の一つと言える。能力伸長に対する定量的評価を大学独自に実施し、学生が獲得すべき俯瞰複眼的視点、企画自立性など 7 つの能力とカリキュラム項目を対応させて成長度を把握しながらプログラムや教育内容を改善し深めてきたことは特筆に値する。研究室ローテーションでは、プログラム学生は異分野の環境で新たな思考法などを学び、俯瞰複眼的思考力が養われている。この取組が博士論文の内容を広げる上で大きく役立つとともに、研究科や分野の枠を超えた共同研究に発展していることは高く評価できる。修了者の成長とキャリアパスの構築については、プログラム学生の受賞実績や能力向上調査の結果、修了者に対するアカデミア・産業界からの高い評価等から、基礎学力に基づく高度な専門力とともに俯瞰力、専門対話力、企画力、国際突破力等が大幅に向上していることが認められ、自立した研究者が育成できていることは高く評価できる。特に産業界からは、従来の博士課程修了者に比べて本プログラム修了者は広い視野の研究力、洞察力、企画力に優れている等の評価を受けている。入学時はアカデミア志向が強いのに対し、修了者は 25 %がアカデミア、75 %が産業界に就職しており、多様なセクターでリーダーとして活躍できる 博士人材が育成されていると評価できる。」

カデットプログラムは次年度以降大阪大学の国際共創大学院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として、他の 4 つのリーディングとともに大阪大学の一部門として継続して運営される。これまで理学研究科、基礎工学研究科、工学研究科の物質科学関係 9 専攻を対象として履修生を募集してきたが、今後は工学研究科、基礎工学研究科は全専攻、理学研究科は数学専攻を除く全専攻が募集対象となり、対象専攻が 18 専攻に広がった。プログラム体制は現状担当教員が引き続き運営を担当する。

引き続きプログラムへのご指導とご支援をよろしく申し上げます。

(文責：小林 研介)

第8章 理数オーナープログラム

8.1 平成30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はほぼ100～120名程度で定常的になってきたように見えたが、H24年度は90名、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。H29年度は72名に増加した。H30年度は62名だった。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、H30年度の参加者数は、ほぼその6%にあたる。

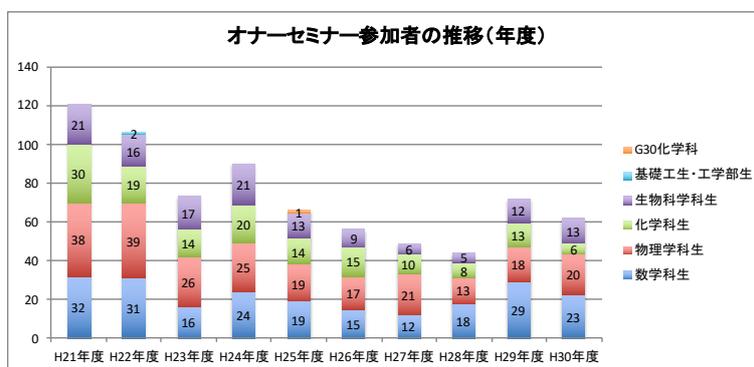


図 8.1: オナー参加者数の推移

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、あまり増加傾向は見られず、全体でH30は修了者が6名である。H30物理学科修了者は2名。

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、理数オー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（オーナー体験）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年度理数オーナープログラム修了者

から適用し、H30 年度には 4 名（内、物理学科は 1 名）の優秀修了者がいた。

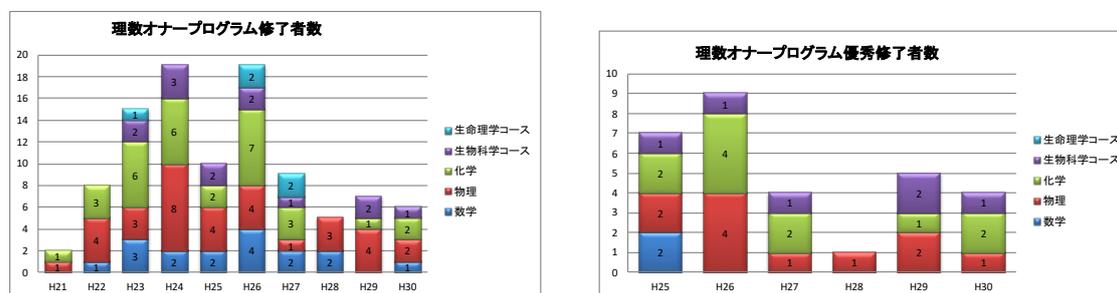


図 8.2: オナープログラム修了者数と優秀修了者数

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、H30 年度は春夏学期・秋冬学期合わせて 33（春夏学期 16、秋冬学期 17）のオナーセミナーを開講し、のべ 62 名（春夏学期 35 名、秋冬学期 27 名）が履修した。物理学科では、春夏学期は 4 セミナーを開講、秋冬学期は 6 セミナーを開講した。

《春夏学期》物理オナーセミナー 開講 4 セミナー 受講者数 15 名

A 科学の美しさとはなんだろうか（橋本 幸士）

物理学科 2 年 4 名、3 年 5 名、化学科 3 年 1 名

B 反粒子の世界（板橋 隆久、久野 良孝）

物理学科 2 年 1 名、3 年 1 名

D サイクロトロンと理論で見るサブアトミックの世界（高久、緒方、嶋、井手口、鈴木、青井）

物理学科 2 年 1 名、3 年 1 名

E 自然界の物質が宇宙条件で得る磁気活性（植田 千秋、桂 誠）

生物科学科生命理学コース 3 年 1 名

《秋冬学期》物理オナー 開講 6 セミナー 受講者数 8 名

F 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 1 年 1 名

G サイクロトロンと理論で見るサブアトミックの世界（高久、緒方、嶋、井手口、鈴木、青井） 数学科 2 年 1 名、物理学科 2 年 1 名

H 自然界の物質が宇宙条件で得る磁気活性 (植田 千秋、桂 誠)

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

(浅川 正之) 物理学科3年1名

(小林 研介) 物理学科3年1名

(橋本 幸士) 物理学科3年2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、秋冬学期それぞれ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、学生のやる気をも高めるようにした。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。

H30 春夏学期 オーナー自主研究発表会

平成30年9月25日(火) 13:25-15:30 at 南部陽一郎ホール

平成30年9月26日(水) 10:00-12:00 at 南部陽一郎ホール

物理オーナーセミナーからの発表 4セミナー 参加学生15名8演題

〈橋本 G〉科学の美しさとはなんだろうか

1 理学の書棚の制作 物理学科 2年1名、3年2名共同研究

2 理学部を代表する本棚の作成に関する発表 物理学科 2年1名、3年1名、化学科3年1名共同研究

3 つながりをも主題とした新タイプの書棚の考案 物理学科2年2名、3年2名共同研究

研究

〈板橋、久野 G〉反粒子の世界

4 対称性の破れと中性子 EDM、およびその探索実験 物理学科 2年

5 中性子・反中性子振動 物理学科 3年

〈高久、緒方、嶋、井手口、鈴木、青井 G〉

サイクロトロンと理論で見るサブアトミックの世界

6 陽子弾性散乱の高精度測定による原子核半径 物理学科 2年

7 巨大共鳴の陽子非弾性散乱による原子核半径 物理学科 3年

〈植田、桂 G〉自然界の物質が宇宙条件で得る磁気活性

8 磁場勾配による有機物の分別 生物科学科生命理学コース 3年

H30 秋冬学期 オナー自主研究発表会

平成31年3月27日(水) 9:55-15:40 at 南部陽一郎ホール

物理オナーセミナーからの発表 6セミナー 参加学生8名7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 環境中における人工放射線量の研究 物理学科1年

〈高久、緒方、嶋、井手口、鈴木、青井 G〉サイクロトロンと理論で見るサブアトミックの世界

2 ミュオン捕獲反応による特性 X 線の測定 数学科2年

3 ミュオン触媒核融合反応の検証 物理学科2年

〈植田、桂 G〉自然界の物質が宇宙条件で得る磁気活性

4 磁場勾配による有機物の分別 生物科学科生命理学コース3年

〈オナー S 浅川 G〉研究室に入って好きな研究をしてみよう

5 原子核を構成するものとその対称性 物理学科3年

〈オナー S 小林 G〉研究室に入って好きな研究をしてみよう

6 グラフェンのキャリア密度の電界制御 物理学科3年

〈オナー S 橋本 G〉研究室に入って好きな研究をしてみよう

7 量子カオスと非時間順序相関関数 物理学科3年2名共同発表

8.4 大学院科目等履修生, リーディング大学院生との関係

理学部では、早めに自立して研究ができる学力を習得させるため、一定以上の成績をとった学生を対象に、3、4年次の段階で大学院生に混ざって授業が受けられる制度を用意している。全学科学部生を対象としており、選抜方法等、各学科長に一任されている。元々は理数オナープログラム受講生に対し、学年を超えた勉強の機会を提供しようとして導入された制度であるので、各学科ごとの基準とはいえ、おのずと理数オナープログラム参加者の認定が多い。H30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。21人中、7人がオナー参加者である。

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。理学研究科、生命機能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ナー生の人数を表 8.2 に記す。

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						H30
		H24	H25	H26	H27	H28	H29	
物理学科	4年生	7, 6	6, 3	20, 6	7, 3	5, 3	10, 6	9, 2
化学科	4年生	6, 6	2, 2	8, 8	3, 3	2, 2	1, 1	3, 3
生物科学科	4年生	5, 2	3, 2	7, 3	17, 8	9, 1	8, 3	9, 2
合計		18, 14	11, 7	35, 17	27, 14	16, 6	19, 10	21, 7

表 8.2: 博士課程教育リーディングプログラムへのオナー参加者数

プログラム名	理学部卒採択者数, オナー参加者数							
	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30
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
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	0, 0
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

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12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ってよい。

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 H30 年度の活動内容を下記に記す。

- 1) オープンキャンパス H30.8/9 理学部 H 棟 1F コミュニケーションスペース
オナー参加者 12 名 来場者 約 150 名
- 2) H30 春夏学期自主研究発表会 H30.9/25,26 理学部 J 棟南部陽一郎ホール
- 3) H30 春夏学期オナー交流会 H30.9/26 理学部 J 棟南部陽一郎ホール交流サロン
学生参加者 23 名 教職員 5 名
- 4) 第 8 回サイエンス・インカレ (文部科学省主催)H31.3/2,3 立教大学池袋キャンパス
出場者 11 名 口頭発表者 7 演題 11 名 (物理 B2 1 名、B3 3 名、B4 3 名、化学 B3 2 名、
生物科学 B2 1 名、B3 1 名)

入賞者 文部科学大臣表彰 生物科学 B3 1名 (口頭) 「磁場勾配による有機物の分別」
サイエンス・インカレ審査員特別賞 物理 B2 1名、B3 1名、化学 B3 1名 (口頭)

「Sense of Science 理学の書棚」

企業賞 SCREEN 賞 化学 B3 1名 (口頭) 「レーザーで表面張力がわかる!?～太鼓と水面の共通点～」

出場者

物理 B2 1名、B3 1名、化学 B3 1名 (口頭) 「Sense of Science 理学の書棚」

物理 B3 1名 (口頭)

「モスアイ型反射防止構造を用いたシンチレーション・カウンター性能の劇的改善」

物理 B3 1名 (口頭) 「ブーリアンモデルを用いたがん細胞転移のしくみの解明」

物理 B4 3名 (口頭) 「SCITIC を用いたミュオントモグラフィー」

化学 B3 1名 (口頭) 「レーザーで表面張力がわかる!?～太鼓と水面の共通点～」

生物科学 B2 1名 (口頭)

「Dictyostelium Discoideum の cAMP 走化性応答に関与する分子の同定」

生物科学 B3 1名 (口頭) 「磁場勾配による有機物の分別」

5) オナープログラム修了式 H31.3/25 理学部 D 棟 D501

理数オナープログラム修了者 6名 優秀修了者 4名

6) H30 秋冬学期自主研究発表会 H31.3/27 理学部 J 棟南部陽一郎ホール

7) H30 秋冬学期オナー交流会 H31.3/27 理学部 J 棟南部陽一郎ホール交流サロン
学生参加者 19名 教職員 5名

(文責：兼村 晋哉)

第9章 国際化推進事業

9.1 International Physics Course (IPC)

国際化推進事業は、「国際化拠点整備事業（グローバル30）」をもとに、大学の機能に応じた質の高い教育の提供と、海外の学生が我が国に留学しやすい環境を提供する取組のうち、英語による授業等の実施体制の構築や、留学生受け入れに関する体制の整備、戦略的な国際連携の推進等、我が国を代表する国際化拠点の形成の取組を支援することにより、留学生と切磋琢磨する環境の中で国際的に活躍できる高度な人材を養成することを目的としています。

文部科学省 HP

http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/21/07/1280880.htm

平成20年に策定された「留学生30万人計画」の具体的な実現への方策の一部として、英語のみで受講・卒業できるコースの創設、国際公募による外国人教員の採用、受け入れ体制の整備等、特に大学のグローバル化に重点が置かれているところが特徴です。

大阪大学は、学位取得が可能な英語コースとして、「化学・生物学複合メジャーコース」（理学部・工学部・基礎工学部共同）、「人間科学コース」（人間科学部）の学部コース及び「統合理学特別コース」、「国際物理特別コース」（理学研究科）の大学院コースを平成22年度に新設しました。これらのコースは、既存の英語コース（フロンティアバイオテクノロジー英語特別プログラム、船舶海洋工学英語特別コース、“Engineering Science 21st Century”プログラム、量子エンジニアリングデザイン研究特別プログラム）に加えて、本学の教育プログラムの幅を一段と広げるものとして期待されるものです。留学生数については、G30の定める目標年である平成32年までに、約2倍の3,000名とすることを目標値として掲げています。構想では、現在約200名弱の受け入れがある1年未満の短期留学生数を今後拡大し、平成32年にはおよそ1,000名規模まで拡大することを目指します。

大阪大学大学院理学研究科物理学専攻では、平成22年10月に国際物理特別コース（IPC）を新しく開設しました。このコースは授業・研究指導とも英語で行われ、国際共同研究や実験など、国際舞台で活躍できる人材を育成します。大阪大学は高強度レーザーと高エネルギー加速器の両方の大型装置を所有している唯一の大学です。凝縮系物理学や他の分野に興味がある学生の方や、海外からの留学生も歓迎しています。奨学金制度もあります。定員は、MSコースが1学年5名、PhDコースが1学年5名です。

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30年12月から平成31年1月にかけて、平成31年度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3名(学内進学1名)、10月入学のMSコースが6名、PhDコースが1名の合格者を発表しています。彼らの国籍は、中国、ブラジル、インド、アメリカ、スペイン、インドネシア、イタリア、バングラデシュ、ベトナムです。

(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。

「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」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

8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

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、時空間フォトニクス、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

平成30年度のプログラム登録者数は11名であった。その内訳は、理学研究科物理学専攻1名(M1:1名)、理学研究科化学専攻4名(M1:2名、M2:2名)、理学研究科生物科学専攻1名(D2:1名)、理学研究科高分子科学専攻1名(M1:1名)、薬学研究科創成薬学専攻1名(M1:1名)、基礎工学研究科物質創成専攻2名(M1:1名、D3:1名)、情報科学研究科バイオ情報工学専攻1名(D1:1名)である。

なお、平成30年度の本プログラム修了者は1名であった。

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

8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

平成30年度のプログラム登録者数は4名であった。その内訳は、理学研究科物理学専攻2名(M2:2名)、理学研究科化学専攻1名(M2:1名)、基礎工学研究科物質創成専攻1名(D3:1名)、である。

なお、平成30年度の本プログラム修了者は1名であった。

(文責：豊田 岐聡)

第11章 国際交流活動

11.1 目的

大阪大学大学院理学研究科（物理学専攻）での国際交流活動の主たる目的は

1. 物理学専攻の教育研究の成果を海外に向けて積極的に情報発信すること
2. 海外の大学や研究機関から本研究科博士前・後期課程への学生の入学を推進することである。

このような活動には、教員個々人のチャンネル形成と信頼関係の形成が必要である。それに加え、研究科としてオーソライズされた組織的なプロモーション活動も必要であり、物理学専攻としてはこれらについて努力している。平成30年度の活動は、以下の通りである。

11.2 活動の内容

- 本研究科・専攻・教育研究・International Programs の紹介。
- 本研究科・専攻の大学院生への経済的支援の説明。
- 本研究科・専攻の短期、長期の研究活動の可能性、希望や意見などの聴取。
- 在学中から Home Institute と連絡を取り合い、一人の学生を育てていく Double Degree Program（以下 DDP）や、留学生の経済支援について Home Institute との co-funding の検討・議論。
- Workshop の実施。
- 教育研究関連公的機関への訪問・情報収集。

11.3 海外から阪大への来訪者

1. Dr. Youssef Aziz Alaoui, Ecole Polytechnique, フランス, 2018/5/1-2018/8/29 ; 小林
2. Dr. Jiaji Chen, カリフォルニア大学サンディエゴ, アメリカ, 2018/6/19-2018/8/9 ; 兼村
3. Dr. Phillip Litchfield, Dr. Yoshiyuki Uchida, imperial College London, イギリス, 2018/8/15-2018/8/28 ; 久野

4. Dr. Sergei Zherlitsyn, Max-Planck Institute, ドイツ, 2018/9/18-2018/9/18 ; 萩原
5. Johannes Braathen, ソルボンヌ大学, フランス, 2018/10/1-2020/9/24 ; 兼村
6. Arindam Das, アラバマ大学 米国 インド 2018/11/21-2020/11/20 ; 兼村
7. Pedro Ferreira, リスボン大学 ポルトガル 2019/2/9-2019/2/22 ; 兼村
8. Rui Santos, リスボン大学 ポルトガル 2019/2/9-2019/2/23 ; 兼村
9. Rikard Enberg, Uppsala university スウェーデン 2019/2/11-2019/2/23 ; 兼村
10. Bohdan Grzadkowski, ワルシャワ大学 ポーランド 2019/2/17-2019/3/2 ; 兼村
11. Igor Ivanov, リスボン大学 ポルトガル 2019/2/17-2019/3/4 ; 兼村
12. Ana M. Teixeira, Universite Clermont Auvergne, フランス, 2019/2/24-2019/3/1 ; 久野
13. Yoshiyuki Uchida, インペリアル カレッジ ロンドン, 英国, 2019/2/16-2019/3/16 ; 久野
14. Laso Garcia Alejandr, HZDR, ドイツ, 2018/12/9-2018/12/15 ; 千徳
15. Atsushi Sunahara, パディユ大学, 米国, 2019/1/16-2019/1/16 ; 千徳
16. Hiroshi Sawada, ネバダ大学リノ校, 米国, 2019/3/15-2019/3/24 ; 千徳

11.4 海外研究機関訪問

教職員延べ176名、学生延べ74名が、共同研究参加、招待講演および学術的会合の参加等へを目的として、以下の国々を訪問した。アイルランド（1件）、アメリカ（56件）、イギリス（3件）、イタリア（10件）、インド（5件）、オーストラリア（2件）、オーストリア（1件）、オランダ（3件）、カナダ（5件）、韓国（18件）、ギリシャ（1件）、コロンビア（1件）、シンガポール（5件）、スイス（8件）、スウェーデン（1件）、スペイン（2件）、台湾（3件）、チェコ（2件）、中国（13件）、ドイツ（12件）、ネパール（1件）、ノルウェー（1件）、フランス（8件）、ベトナム（2件）、ポーランド（1件）、マレーシア（1件）、南アフリカ共和国（3件）、モンテネグロ（1件）、ルーマニア（1件）、ロシア（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

事業名, 代表者名, 相手国機関名, 国名, 期間, 参加者数

1. Physics of muonium and related topics, 久野 良孝, ドレスデン大学, 2018/12/10-2018/12/11, 33名

2. さくらサイエンスプラン, 久野 良孝, インド工科大学ボンベイ校タタ基礎科学研究所ムンバイ、デリ大学、ムンバイ大学、プネ大学、インド, 2019/3/3-2019/3/10, 26名
3. 固体物理学セミナー “Quantum kinetic theory of magneto-transport in topological materials”, 小林 研介, オーストラリア・ニューサウスウェールズ大学, オーストラリア, 2018/10/23, 17名
4. 表面弾性波を用いた単一電子制御に関するセミナー “In-flight manipulation of single electrons using surface acoustic waves”, 新見 康洋, ネール研究所, フランス, 2018/11/15, 38名
5. ワークショップ IAFCR2019, 能町 正治, Paul Scherrer Institute, CEA Saclay and IEEE, Stanford University ほか, 阪大にて, 2019/3/27-2019/3/28, 50名
6. ワークショップ 2018 US-Japan workshop on Theory and Simulations of HEDP, 千徳 靖彦, 米国, 2018/11/3, 2018/11/4

11.6 部局間学術交流協定

平成30年度に、物理学専攻の教員がコンタクトパーソン（CP）となって新たに締結した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. 国立清華大学理学部（台湾）
2018/6/27-2023/6/26 CP:久野良孝教授
2. ホーチミン市国家大学工科大学 応用科学部（ベトナム）
2018/7/19- 2023/7/18 CP:久野良孝教授
3. 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

11.7 その他

物理学専攻（博士課程）の在籍留学生人数は、平成30年4月1日現在で合計38名。
（国費留学生：10名、私費留学生：27名、政府派遣留学生：1名）

（文責：越野 幹人）

国名	前期課程	後期課程	非正規生
イラン	0	1	0
インド	0	3	0
インドネシア	0	1	0
カザフスタン	0	1	0
ジョージア	1	0	0
スリランカ	1	0	0
ドイツ	0	0	1
バングラデシュ	0	1	0
ブラジル	0	1	0
フランス	0	1	0
ベトナム	2	4	0
マレーシア	0	5	0
大韓民国	1	3	0
中国	3	5	0
計	8	26	1

第12章 湯川記念室

12.1 平成30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。

湯川記念室のホームページは <http://www-yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/> である。湯川記念室委員会は全学的な組織で、委員長は橋本幸士である。

12.2 第34回湯川記念講演会

2018年12月16日(日)13:30-15:10、大阪大学豊中キャンパス南部陽一郎ホールで開催した。湯川記念室が主催、日本物理学会大阪支部が共催、日本物理教育学会近畿支部が後援、大阪大学21世紀懐徳堂が協力。188名の参加者があった。

1. 橋本 幸士 (大阪大学総合学術博物館湯川記念室)
“湯川秀樹と素粒子論”
2. 小林 誠 (高エネルギー加速器研究機構 特別栄誉教授)
“素粒子物理学の歩み”

<https://www-yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/news/1190>

若い人や一般市民に物理や科学をわかりやすく紹介し、自然科学への興味を引き立てようとする「湯川記念講演会」は今年で第34回目の開催となった。最初に湯川記念室委員長橋本より「湯川秀樹と素粒子論」の講演の後、「素粒子物理学の歩み」のタイトルで小林誠先生による講演を行った。講演会には、合計188名の方がいらっしやうた。なかには、北海道、東京、鳥取、広島や岡山など遠方からお越しくださうた方も多くいた。また、講演後に行うた湯川黒板のツアーには、100名ほどの参加者があり、参加者は思い思いに楽しんでいらっしやうた。アンケートによると、満足度については、87%の方が、「非常に満足した」「満足した」と回答くださうた、参加者が湯川記念講演会の内容に対して、楽しんでいただけうたことが伺える。

湯川記念講演会はこの20年あまり、市民に対する講演会として定着してきた。過去15年間の講演会参加者数の推移を表にまとめる。市民の満足度は非常に高い。

湯川記念講演会参加者数推移（2004年度-2018年度）

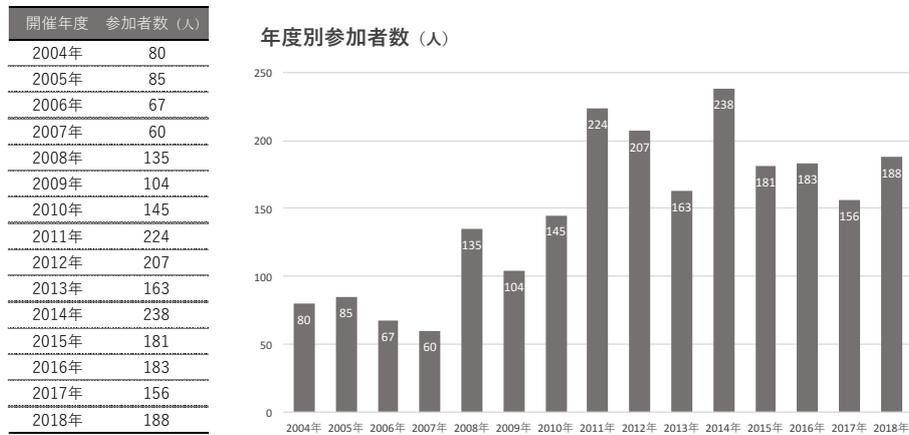


図 12.1: 湯川記念講演会の参加者数推移

12.3 その他

いちよう祭（2018年4月30日）で理学研究科H棟7階コミュニケーションスペースにおいて、湯川秀樹愛用の黒板公開、湯川秀樹博士関連の写真パネルを展示し、湯川秀樹博士、朝永振一郎博士、仁科芳雄博士のビデオ上映を行った。

（文責：橋本 幸士）

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平成30年度の物理学科出張講義は、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6校を対象に実施された。

学 校 名	所在地	日 時	講 師	対 象
広島県立呉三津田高等学校	呉市	9月26日(水)	渡辺 純二	1・2年生 60名程度
大阪府立北千里高等学校	吹田市	10月17日(水)	木村 真一	2年生 約40名
鹿児島県立鶴丸高校	鹿児島市	10月26日(金)	小林 研介	2年生 約20名×2組
和歌山県立向陽高校	呉市	11月7日(水)	田島 節子	2年生 約80名
広島城北高等学校	広島市	11月14日(水)	新見 康洋	1・2年生 約50名
千葉県立船橋高等学校	船橋市	11月22日(木)	松多 健策	1・2年生 約25名×2組

その他に、平成30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
朝日カルチャーセンター 「電子をあやつる！ー身のまわりのエレクトロニクスと物理学ー」	朝日カルチャーセンター 中之島教室（大阪市北区）	小林研介	10月6日	一般（約30名）
出張講義	広島城北中・高等学校	新見康洋	11月19日	中3-高3年生（約70名）
第63回物性若手夏の学校 集中ゼミ	西浦温泉龍城（愛知県蒲郡市）	越野幹人	7月25日 (水)	全国の大学院生（約60名）

朝日カルチャーセンター 「物質の物理学」リレー講座	朝日カルチャーセンター 中之島教室（大阪市北区）	田島節子	11月3日	一般（約30名）
キャリア教育講座「大阪大学が荒中にやってくる！」	伊丹市荒牧中学校	田島節子	12月14日	中学生
SSH	沖縄県球陽高校・中学校	橋本幸士	2月2日	中・高生
SSH	大阪府高津高校	橋本幸士	2月2日	高校生
素粒子、高次元宇宙とブラックホール、LHCで探るブラックホール	NHK文化センター町田	橋本幸士	3月9日	一般
学問2.0～交錯する理系知と文系知	梅田蔦屋書店	橋本幸士	2月16日	一般
物理学と人間	下北沢ダーウィンルーム	橋本幸士	1月30日	一般
Math power 2018	六本木ニコファーレ	橋本幸士	10月7日	一般
2018年度日本物理学会科学セミナー	東京大学駒場キャンパス	橋本幸士	8月11日	一般
朝日カルチャーセンター 「重力とブラックホール、超ひも理論」	朝日カルチャーセンター 中之島教室（大阪市北区）	橋本幸士	8月4日	一般（約30名）
Strings 2018 public lecture	沖縄科学技術大学院大学	橋本幸士	6月30日	一般
朝日カルチャーセンター 「素粒子クォークの問題は異次元空間で解けるか？」	朝日カルチャーセンター 中之島教室（大阪市北区）	橋本幸士	5月12日	一般（約30名）
「宇宙の全てを支配する数式」をパパに習ってみた」	書泉グランデ	橋本幸士	4月26日	一般
講演「原子核の世界 フェムトワールドの探検」	大阪大学理学研究科 H701	川畑貴裕	7月31日	京都府立嵯峨野高校 京都こすもす科・普通科 1年生
出張講義「原子核の世界 その2 フェムトワールドをもっと探検」	滋賀県立膳所高校	川畑貴裕	10月16日, 11月7, 14日	滋賀県立膳所高校 理数科・普通科 3年生

出張講義「原子核と放射線」	滋賀県立膳所高校	川畑貴裕	12月3日	滋賀県立膳所高校 理数科2年生 (41名)
出張講義「原子核と放射線」	滋賀県立膳所高校	川畑貴裕	12月12日	滋賀県立膳所高校 普通科1年生 (80名)
探究活動英語プレゼンテーション指導	滋賀県立膳所高校	川畑貴裕	1月24日	滋賀県立膳所高校 普通科2年生 30名
豊中市理科展科学教室	豊中市	小田原厚子	9月9日	一般
SGH「創造応用IS」の研究指導	兵庫県立兵庫高等学校	小田原厚子	9月12日から1月16日(週1回)	高校生
出張講義	三重県立津高等学校	小田原厚子	10月11日	高校生
女子中高生のための関西科学塾C日程(実験)	大阪大学	小田原厚子	10月14日	女子中高生

理学研究科、物理学専攻主催または共催で行われた講演会

イベント名	開催場所	講師	開催日	対象
サイエンスナイト 2018	大阪大学 南部陽一郎ホール	小林研介	10月17日	一般(約80名)
サイエンスナイト 2018	大阪大学 南部陽一郎ホール	橋本幸士	5月17日	一般(約80名)
湯川記念講演会	大阪大学 南部陽一郎ホール	橋本幸士	12月1日	一般
21世紀懐徳堂「湯川秀樹博士愛用の黒板でアートとサイエンスを語ろう」	大阪大学理学部コミュニケーションスペース	橋本幸士	10月13日	一般

まちかねカフェ第15回 研究会	大阪大学基礎理学プロジェ クト研究センター	橋本幸士	7月5日	一般
女性科学者サミット@阪大 豊中	大阪大学 南部陽一郎ホー ル	細越裕子	11月19 日	一般
女性科学者サミット@阪大 豊中	大阪大学 南部陽一郎ホー ル	小田原厚 子	11月19 日	一般
サクラサイエンス	大阪大学 核物理研究セン ター	川畑貴裕、 小田原厚 子	10月2日	一般
大阪大学オープンキャン パス 女子高生のための 講演会	大阪大学 南部陽一郎ホー ル	梶本詩織	8月9日	一般

物理学専攻関連で実施された SEEDS プログラム

SEEDS 実感科学研究 [J1854]	超伝導の性質を理解する	田島節子、宮坂茂樹
SEEDS 実感科学研究 (2018年4月14日か ら8月4日まで 全5 回)	環境中にはどんな放射性物質がある のかをつきとめよう	小田原厚子
SEEDS 体感科学研究 (2018年9月1日、15 日)	放射線とは何だろう?~極微の世界 からのメッセージを調べよう~	川畑貴裕、小田原厚子

13.2 最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2018

日時：2018年10月13日、20日、27日、11月3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

SAPは、主として高校生を対象に、一線の研究者が最先端の物理を分かりやすく講義するだけでなく、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すことを目指す野心的な試みである。今年度の「最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2018」は、10月13日から11月3日までの毎土曜日、午後3時から6時に、豊中キャンパス理学部D501大講義室等を使用し、昨年度と同様4週間に亘って開催された。毎回、高校生、一般を含め、平均128人が出席した。3回以上出席した124名には小林理事・副学長から修了証書が授与された。

毎回3時間の授業は、2つの講義の間に、実験デモ、実演、展示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かき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27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、最終日には小林傳司理事・副学長より祝辞が述べられ、修了証書が授与された。全4回のプログラムは今年も盛況のうちに終了した。

SAP2018のプログラムは概ね以下のものであった。

- 【10月13日】理学部 大講義室 (D501)
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 藤田佳孝 (核物理研究センター)・



図 13.1: 「最先端の物理を高校生に SAP2018」のポスター (左・中央) および風景 (右)



図 13.2: 「最先端の物理を高校生に SAP2018」修了式後の集合写真

表 13.4: 「最先端の物理を高校生に SAP」の14年間の実績

開催年	2005	06-12	2013	2014	2015	2016	2017	2018
実行委員長	細谷 裕	略	藤田佳孝	藤田佳孝	藤田佳孝	浅野建一	浅野建一	阪口篤志
副委員長	藤田佳孝	略	松多健策	松多健策	松多健策	—	阪口篤志	鳴海康雄
参加者数	171	略	175	173	153	158	177	171
高1, 高2	106, 54	略	106, 42	76, 75	65, 68	86, 46	88, 56	89, 64
平均参加者	141	略	139	141	113	120	136	128
修了証取得者数	146	略	140	140	110	120	124	124
全回出席者	83	略	74	83	42	50	63	55
リピーター	—	略	12	1	10	3	2	7
参加高校数	38	略	60	60	63	73	86	90

久保等（工学研究科）・阿部真之（基礎工学研究科）・他技術部職員（理学研究科）
 講義2：宇宙への旅立ち－熱く激しい宇宙の別の顔－ 松本浩典（理学研究科）

- 【10月20日】 理学部 大講義室（D501）
 講義1：量子の世界への旅立ち－光の物理から量子力学へ－ 渡辺純二（生命機能研究科）
 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）
 講義2：物質の世界への旅立ち－電子を自由に制御する－ 松野丈夫（理学研究科）
- 【10月27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
- 【11月3日】 理学部 大講義室（D501）
 講義1：原子核・素粒子の世界への旅立ち－万物の根源を求めて－ 兼村晋哉（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 高久圭二（核物理研究センター）
修了式

実施にあたり、実行委員として理学研究科から、田島節子、尾西克之、阪口篤志、高尾明子、鳴海康雄、福田光順、山口哲らが中心的に運営に携わった。

この14年間の実績を表 13.4 にまとめた。SAP2018 では、参加者の多かった昨年と同程度の参加者数があり、web ページの刷新などの、宣伝の充実が功を奏したようである。また、アンケート結果からは参加者に強い熱意があったことがうかがえた。参加高校数は過去最多の90校を数え、SAP プロジェクトが広く浸透し、認知度の高い大阪大学のアウトリーチ活動に成長していることが分かる。

（文責：阪口 篤志）

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

「いちよう祭」「まちかね祭」における施設の一般公開の状況は以下の通りであった。

公開行事名	担当(責任)者	公開日	参加人数
素粒子で探る未知の世界	青木	4月30日	103
放射線検出器で探る素粒子・原子核 ・そして宇宙	阪口	4月30日	120
素粒子のおもちゃ箱	山中	4月30日	105
超伝導を体験しよう	宮坂	4月30日	120
体験！磁気抵抗、熱電変換、磁気浮上	村川	4月30日	96
加速器で見る原子核の世界	三原	4月30日、5月1日	180
磁石であそぼう	小林	4月30日、5月1日	270
ビデオ上映「元素誕生の謎にせまる」 および「原子番号113の元素創成」	三原	4月30日、5月1日	55
強磁場すごいぜ！	鳴海	4月30日	87
加速器で見る原子核の世界	三原	11月3日	80
ビデオ上映「元素誕生の謎にせまる」他	三原	11月3日	20

参加者総数：1,236名（高校生：257名 一般：979名）

「いちよう祭」以外での施設の一般公開の状況は以下の通りであった。

公開日	公開内容	対象者	参加人数
10月4日	模擬授業（田島）、田島グループ公開 超強磁場実験施設見学	出雲高校	42名
8月9日	オープンキャンパス 原子核実験グループ、核物質学グループ、 山中グループ、久野グループ、田島グループ、 花咲グループ、松野グループ、豊田グループ、 萩原グループ、素粒子論グループ、 越野グループ	高校生、一般	2350名 (全体)

(文責：松多 健策)

13.4 理科教育セミナー

第2回高大連携物理・化学教育セミナーを理学研究科、基礎工学研究科、および、全学教育推進機構によって、「高校および大学での課題研究について」という内容で平成30年12月22日（土）に実施しました。高校と大学での課題研究について情報交換を行い、どのように課題研究に取り組み、理科・科学に興味のある生徒・学生を育てていくべきかについて議論しました。

この高大連携セミナーは、基礎工学研究科による「理科と情報数理の教育セミナー」における高校と大学教員のコミュニケーションの場としてスタートし、その重要性から理学研究科がこれに加わりました。その後、「高大連携物理教育セミナー」と「高大連携化学教育セミナー」に分離しました。さらに、物理教育セミナーは、大学教育実践センター主催の「高大連携物理セミナー」と合体しました。最終的に、平成29年度に、物理と化学の両セミナーは合体し、「高大連携物理・化学教育セミナー」として再スタートしました。今年度はその2回目となります。

第2回 高大連携物理・化学教育セミナー

12月22日（土曜日） 13:00-20:00 「高校および大学での課題研究について」
全学教育推進機構 講義棟 A 棟 1階 A102号室

13:30-13:35	挨拶	大阪大学大学院理学研究科副研究科長 中澤 康浩
13:35-14:15	高大連携について	大阪府教育庁主任指導主事 宮地 宏明
14:15-14:45	高校における課題研究指導について	兵庫県立兵庫高等学校創造科学科長 大澤 哲
14:45-15:05	大学院生による高校の課題研究指導	大阪大学大学院理学研究科物理学専攻 修士課程2年 梅原 基
15:05-15:15	休憩	
15:15-15:35	高校及び大学での課題研究	大阪大学理学部生物科学科 3年生 水谷 瑞
15:35-15:55	SEEDS プログラムにおける課題研究	大阪大学理学部化学科 1年生 梶原 優佳
15:55-16:20	大阪大学における課題研究指導について	大阪大学大学院理学研究科教授 佐藤 尚弘

16:20-17:20	課題研究指導と高大連携について	参加者全員による討論
17:20-17:30	SEEDS プログラム「めばえ道場」について	大阪大学全学教育推進機構教授 杉山清寛
17:30-17:40	休憩	
17:40-18:30	SEEDS プログラム「めばえ道場」 見学	
18:30-20:00	情報交換会	

セミナーの参加者は、
高校、中学、高専の教員 10名、 その他教育関係者 2名、
大阪大学側として、理学研究科 9名、 基礎工学研究科 3名、全学教育推進機構 4名
の総計 28名でした。

(文責 : 小田原厚子)

第14章 大阪大学オープンキャンパス(理学部)

平成30年8月9日(木曜日)に平成30年度大阪大学オープンキャンパス(理学部)が開催された。この催しの趣旨は、「大学進学を希望している受験生及び進路指導担当教諭等の方々に、大阪大学並びに理学部の教育・研究、入学試験などについて紹介し、適切な進路選択をするために必要な情報及び資料を提供し、本学部が期待する入学者を確保する」というものであり、例年、2000名を超える参加者を集めている。

大阪大学では数千名にも上る参加者に対応するために、6年ほど前からWebによる事前登録方式を採用し、理学部でも、学部長挨拶、模擬講義や学科説明会にこの事前登録による定員制を導入している。本年度も昨年度を踏襲して、同様なシステムで事前登録を行った。物理学科の模擬講義と学科説明会は事前登録では満杯となる盛況となった。学科説明会は基礎工シグマホールで行われ、その隣のセミナー室にビデオ配信もされた。物理学科では研究室公開を全時間帯(10-16時)のうちそれぞれのグループの希望に従って行い、物理学専攻から11グループ、宇宙地球科学専攻から8グループの公開があった。これに加えて午前・午後を通し、4年前から始めたビデオ上映(元素誕生の謎にせまる・原子番号113の元素創生の2本立て)も行った。

理学部全体の参加人数は、申込数2,936人に対し実際の参加者は2,350人と、昨年度に比べると絶対数・割合ともに若干の減少が見られた。物理学科の模擬講義(物質中の電子が切り開く物理学の新たな世界:松野丈夫教授)は南部陽一郎ホールで行われ、予約席の定員170名に対し事前申込数も同数の満席で、さらに当日の事由参加者も併せると、全体で参加者計225名にも達した。また、物理学科の学科説明会は3年前からと同様で45分×1回であった。物理学科説明会には280名の参加があった。今年度は学生アルバイトを昨年度より1名多い5名を採用し、昨年同様、学科の受付・案内などの他にビデオ上映の世話、全体の会場受付なども担当してもらった。

日程は以下の通り。

1. 学科説明会	12:00-12:45	基礎工シグマホール&セミナー室
	浅川 正之	物理学科長
2. 研究室公開	10:00-16:00	各研究室
	見学希望研究室を自由に見学してまわった	
3. 模擬講義	「物質中の電子が切り開く物理学の新たな世界」	10:00-10:45 南
	部陽一郎ホール	
	松野 丈夫 教授 (物理学専攻)	
4. ビデオ上映	「元素誕生の謎にせまる」「原子番号113の元素創生」	10:00-16:00

(文責: 福田 光順)

第15章 平成30年度の年間活動カレンダー

4月3日	入学式
4月4日	新入生オリエンテーション
4月9日	春学期授業開始
4月6日 - 7日	新入生研修旅行
4月26日	物理学専攻教室会議(第331回)
4月30日 - 5月1日	いちよう祭
5月31日	物理学専攻教室会議(第332回)
6月2日	大学院入試説明会(大阪)
6月16日	大学院入試説明会(東京)
6月10日	春学期授業終了
6月11日	夏学期授業開始
6月21日	物理学専攻教室会議(第333回)
7月26日	物理学専攻教室会議(第334回)
8月6日	夏学期授業終了(夏季休業8月7日 - 9月30日)
8月9日	オープンキャンパス, 合同ビアパーティ
8月13日 - 15日	夏季一斉休業
8月28日	大学院合同入試ならびに東京入試筆記試験
8月29日	大学院合同入試面接試験
8月30日	大学院合同入試ならびに東京入試面接試験
9月26日	物理学専攻教室会議(第335回)
10月1日	秋学期授業開始
10月18日	物理学専攻教室会議(第336回)
11月2日 - 4日	大学祭
11月27日	冬学期授業開始
11月29日	物理学専攻教室会議(第337回)
12月7日	秋学期授業終了
12月20日	物理学専攻教室会議(第338回)
12月21日	物理学科忘年会
12月26日 - 1月3日	冬季休業
1月19日 - 20日	大学入試センター試験
1月31日	物理学専攻教室会議(第339回)
2月5日 - 7日	博士論文公聴会
2月12日 - 14日	修士論文発表会
2月14日	物理学専攻教室会議(第340回)
2月8日	冬学期授業終了
2月25日	入学試験(前期日程)
3月7日	物理学専攻教室会議(第341回)
3月25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>

	平成30年度 担当者
専攻長 (物理学専攻)	浅川
副専攻長	大野木、花咲
物理学教室会議 議長団	阪口、スレヴィン、宮坂
物理学科長	浅川
専攻長 (宇宙地球科学専攻)	< 寺田 >
大学院教育教務委員会	大野木
大学院カリキュラム委員会	大野木
大学院入試実施委員会	大野木、久野
大学院入試説明会 WG	大野木、浅川、< 青井 >、花咲、兼村、 越野
前年度の年次報告書作成担当	小田原、山中
ネットワーク (ODINS) 管理	南條、深谷
専攻 web 管理作成	青木 (正)
理学部教職員過半数代表委員	酒井、越智
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)	中島
OGCS 高圧ガス管理支援システム	中島
IPC 運営委員会	越野、< 保坂◎、Baiotti >
図書委員	越野
物理メンバー写真パネル	山中

<物理学科>

	平成30年度 担当者
学年クラス担任 (2018年度入学生)	兼村、< 藤田 >
学年クラス担任 (2017年度入学生)	越野、< 大高 >
学年クラス担任 (2016年度入学生)	萩原、< 谷口 >
学年クラス担任 (2015年度入学生)	黒木、< 佐伯 >
拡大物理学科教務委員会	阿久津、兼村◎、青木 (正)、酒井、尾田、 福田、山口、阪口、石原

学部生特別ケア	阿久津
3 年生物理学生実験	花咲◎、福田、宮坂
生命理学コース運営・教務委員会	松野、＜中嶋＞
1 年生研修旅行	新見◎
1 年生研修旅行同行者	新見◎、兼村、小田原
能動性懇談会	越野
「理科と情報数理の教育セミナー」世話人	＜杉山＞
就職担当	＜芝井＞
TA 担当 (理)	＜中嶋＞
TA 担当 (共通教育)	松多
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	＜赤井＞、＜能町＞、＜萩原＞、＜豊田＞、 松多、花咲、浅川 (常任幹事)、＜寺田＞

＜理学研究科・理学部＞

	平成 30 年度 担当者
研究科長・学部長	田島
企画調整会議	田島
専攻長	浅川○、＜寺田＞
産学連携推進部	松野
研究企画推進部会	小林、＜萩原＞
共通機器管理部会	福田
理学研究科ブロック・安全衛生管理委員会	＜杉山＞、石原
防災委員会	浅川、＜萩原＞
防災班員 (第 2 班：物理学専攻)	浅川、大野木、花咲
いちよう祭実行ワーキンググループ	松多、＜青木順＞
ネットワークシステム委員	南條、＜青木順＞
web 情報委員会	青木 (正)
広報委員会	福田、越野◎
オープンキャンパス小委員会	福田
SAP	阪口◎、＜浅野＞、山口、＜渡辺＞、＜鳴海＞、福田
技術部運営委員会	＜豊田＞、＜萩原＞
技術部各室連絡会議： 分析機器測定室連絡会議 広報情報推進室連絡会議 教育研究支援室連絡会議	石原、＜中嶋＞、＜村田◎＞ 吉田 ＜豊田◎＞、＜山中 (千)＞

安全衛生支援室連絡会議	< 萩原◎ >、< 能町 >
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	宮坂
国際交流委員会	越野、久野◎
理学部入試委員会	浅川、田島◎
理学部入試実施委員会（理学部 AO 入試実 施委員会）	小林
理学部共通教育連絡委員会	山口
学部教育教務委員会	兼村、尾田
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	橋本、酒井
学生生活委員会	< 萩原 >、阿久津
学生相談員	< 萩原 >、阿久津
大学院入試委員会	田島、久野、大野木
大学院教育教務委員会	大野木
施設マネジメント委員会	山中、< 萩原◎ >、< 中嶋 >
エックス線・放射線専門委員会	小田原
放射線安全委員会	田島◎、山中
放射線障害防止委員会	廣瀬、< 青木順 >
情報資料室運営委員会	越野
研究公正委員会	< 豊田 >
基礎理学プロジェクト研究センター運営委 員会	橋本、< 豊田 >、< 能町 >
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	浅川（専攻長）、田島
先端強磁場科学研究センター運営委員会	田島、花咲、< 萩原◎ >、< 鳴海 >、< 杉 山 >
大学院教育プログラム実施委員会	川畑
選挙管理委員会	田島◎、浅川
留学生担当教員	久野
なんでも相談室運営 WG	阿久津◎
省エネ委員	酒井

◎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(平成30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, 尾田欣也 準: 馬渡健太郎, Ya-Juan Zheng, Johannes Alf Braathen
	D3: D2: 平井隼人 D1: 久保田充紀 M2: 愛甲将司 M1: 田中正法, 恒藤誠, 西村萌 B4: 枝川知温, 水嶋遼
素粒子理論 (橋本)	テーマ: 超弦理論, 場の量子論, 量子重力, 一般相対論・宇宙論
	正: 橋本幸士, 山口哲, 飯塚則裕, 菅野優美 準: 村田佳樹, 杉下宗太郎, 沼澤宙朗
	D3: XI WU, 玉岡 幸太郎, 横矢 毅, D2: 池田一毅 D1: 芥川哲也, 太田敏博 M2: 榎本一輝, 佐々木涉, 松木義幸 M1: 市場稜大, 坂川裕則, 住本 尚之, 宮脇 涉太 B4: 姉川 尊徳, 岨 篤史, 西川 航平
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〉
	M2: 細川智也, 川井直樹, 森真輝人 M1: 川上紘輝 B4: 飯田竜太, 大町祐史, 毛受正裕
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
	D2: 梶本詩織 D1: 三浦崇寛, 柳原良亮 M2: 大塚高弘, 清原淳史, 野中奏志, 松本拓也 M1: 三宅浩雅 B4: 伊藤広晃, 宇波泰秀, 西村透, 肥後本拓也

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, 清水信宏
	D3: 矢島和希 M2: 大西裕二, 原宜広, 真利共生 M1: 大杉真優, 山家谷昌平 B4: WICKREMASINGHE LAKMIN, 沖本直哉, 白石諒太
久野	テーマ: 素粒子実験物理学
	正: 久野良孝, 青木正治, 佐藤朗 準: 吉田学立, Chen Wu, 内田善之, 石田勝彦, 荻津透, 板橋隆久, 小出義夫, 中井浩二, 吉田 誠, Wong Ming Liang
	D3: 長尾大樹, 中沢遊 D2: TING SAM WONG, WEICHAO YAO D1: DORIAN PIETERS M2: 岡田麻奈, 濱野元太, PHUC HUYNH NGUYEN, 松田悠吾, 元石尊寛, TAI THANH CHAU M1: 太田早紀, 西川凌, 堀孝之, GIORGI KUMSIASHVILI B4: 西澤将太, 東野祐太
	原子核実験
原子核実験	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
	正: 川畑貴裕, 小田原厚子, 阪口篤志, 吉田齊, 清水俊 準: 岸本忠史, 梅原さおり, 竹本康浩, 裕隆太, 鉄野高之介, 松岡健次, 下田正, 西畑洗希
	D3: MASOUMEH SHOKATI MOJDEHI, 李曉龍, TEMUGE BAT-PUREV, 早川修平, 中川真菜美, 中田祥之, 藤田朋美, 金谷晋之介 D2: KEN KEONG LEE M2: 芥川一樹, MUHAMMAD FIRDAUS MOHD SOBERI, 水越隼太, 赤石貴也, 星野寿春, 飯村俊, 梅原基 M1: 山本康平, 永富亮平, 中島諒 B4: 坂梨公亮, 吉田朋美
核物質学 (久野)	テーマ: 実験核物理学, 核物性
	正: 松多健策, 福田光順, 三原基嗣 準: 南園忠則
	D3: 田中聖臣 M1: 若林諒

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, 平山尚美		
	D3: 小倉 大典, 水野 竜太 D2: 加藤大智 D1: 森仁志 M2: 中西俊五, 巴山晴樹, 関水準記, 徳永雄斗, 松本花梨 M1: 老田侑平, 呉松慶也, 坂本ひかる, 平吹優樹 B4: 北峯尚也, HAN WOO SEOK, 山崎公裕		
	阿久津		
	テーマ: 物性理論		
正: 阿久津泰弘, 大橋琢磨 準: 小川哲生, 花井亮, 奥村暁, 越野和樹, 石川陽 D3: 西山祐輔 B4: 上妻達郎, 高木悠司			
越 野	テーマ: 物性理論		
	正: 越野幹人 M2: 鳥海篤 M1: 岡裕樹, 野村高史, 藤本大仁 B4: 人見将		
	小林		
	テーマ: 固体素子を用いた精密物性科学と機能開拓 正: 小林研介, 新見康洋, 荒川智紀 D3: 則元将太 D2: 谷口祐紀, 横井雅彦 D1: 岩切秀一, LEE SANGHYUN M2: 岩下孔明, 河上司, 鈴木将太, 山下薫平 M1: 浅野拓也, 井邊昂志, 川原遼馬, 徳田将志 B4: 太田智陽, 坂井康介, 藤原聖士		
田 島	テーマ: エキゾチック超伝導体のメカニズムやその他新奇量子現象の研究 正: 田島節子, 宮坂茂樹, 中島正道 D3: GIULIO VINCINI D1: ZI HOW TIN M2: 伊藤優汰, 川嶋強, 三宅修平, 脇村泰平 M1: 大畑祐貴, 金山諄志, 佐野慎三郎, 妹尾祐輝, 水溜勝也 B4: 大河内真哉, 山本俊樹, 吉野健太郎		
	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> D2: 駒田盛是 M2: 片山敬介, 杉本崇, 西村拓也, 藤村飛雄吾, 横井滉平 M1: 薦田匠, 近藤雅起, 清水智可, 中川賢人 B4: 川畑宇矢, 中岡優大, 真栄城竜生	
		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 B4: 福島健太, 森内直輝

豊田	<p>テーマ: 最先端質量分析装置の開発とそれを用いた新しいサイエンスの開拓</p> <p>正: 石原盛男</p> <p>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, 松岡久典, 長尾博文, 田中二郎</p> <p>D3: 今岡成章</p> <p>D2: BRIJESH</p> <p>M2: 木秀平</p> <p>M1: 奥山萌恵, 嘉藤佳奈, 河居伸哉</p> <p>B4: 岩井佑介, 保久良友彦</p>
協力講座の学生	<p>D3: 田中慎太郎, 川新吾, PHUONG NGOC NGUYEN, 井上梓, 江添貴之, 奥谷顕, 加藤弘樹, 李昇浩, RAJESH KUMAR, KHOA NHAT THANH PHAN, 桂川仁志, 杉浦拓也, 山本康嵩, 福市真之</p> <p>D2: 柳井優花, SANG-IN SHIM, 原周平, 佐藤和樹, 田原大夢, BUI TUAN KHAI, KING FAI FARLEY LAW, 松尾一輝, 中川智裕, 渡辺海, 口基之, NEOH YUEN SIM, 光元亨汰, HOANG THI HA</p> <p>D1: OMAR ZHADYRA, 池田 良平, AHMAD JAFAR ARIFI, HUI WEN KOAY, CHANG LIU, 森田 大樹, 茶園 亮樹, 東 直樹, CHAN PHAIK YING</p> <p>M2: 山本林那, 中島裕喜, 中村拓人, 山下拓海, 山下雄紀, 中村翔健, 兵藤友昭, 藤井大輔, 森田泰之, 有留那愉多, 金井田小夏, 木村仁, 佐藤勇吾, 石竜勢, 落合悠悟, 堀太地, 田中萌, 茶谷知樹, 林亮太, 甲田旭, 熊倉 雅仁, 平岡敬也, 山下祥吾, CHENGWEI WANG, 金子忠宗, 柳原陸斗, TUNG THANH PHAM</p> <p>M1: 徳舛直樹, 松本大輝, 武田佳次朗, 原隆文, 常深文夫, 羽生魁星, 水戸陵人, NGUYEN VAN HOANG VIET, 西畑穰, 宮元幸一郎, 石樽一貴, 杉本馨, 岡悠輝, 岡本旭史, 木戸陽一, 松本雄太, 廣本政之, 吉川大幹, XUAN WANG</p> <p>B4: 高橋真夏, 長澤莉希, 松田和也, 越田洸匠, 西井健剛, 二本木克旭, 川畑太嗣</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