

平成29年度 (2017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2017年度(2017年4月～2018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。リーディング大学院「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、今年度には準基幹講座を含めて4名の教授の方が定年退職されます。さらに、今後数年間にさら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激動を経験することになりますが、このような状況にあっても物理学専攻の世界の物理学研究におけるプレゼンスを保つために努力を続けたいものです。この年次報告書の基礎データを、このような状況において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、社会の発展に寄与するよう努めてまいりたいと思っております。

この年次報告の中で人名の肩に付けた記号の説明

s = 教員、特任教員、特任研究員

i = 招へい教員、招へい研究員

PD = 日本学術振興会特別研究員 (PD)

DC = 日本学術振興会特別研究員 (DC1、DC2)

d = 博士後期課程学生

m = 博士前期課程（修士課程）学生

b = 学部学生

*=国際会議講演，学会講演等において実際に登壇した人

目次

第 1 章	各研究グループの研究活動報告	1
1.1	岸本グループ	1
1.2	久野グループ	13
1.3	下田グループ	21
1.4	核物質学研究グループ	30
1.5	山中（卓）グループ	39
1.6	小林グループ	45
1.7	田島グループ	56
1.8	豊田グループ	64
1.9	野末グループ	67
1.10	花咲グループ	71
1.11	素粒子理論グループ	79
1.12	原子核理論グループ	101
1.13	黒木グループ	111
1.14	動的量子多体系の理論グループ	122
1.15	越野グループ	127
1.16	阿久津グループ	132
第 2 章	受賞と知的財産	133
第 3 章	学位論文	135
3.1	修士論文	135
3.2	博士論文	139
第 4 章	教育活動	141
4.1	大学院授業担当一覧	141
4.2	学部授業担当一覧	156
4.3	共通教育授業担当一覧	159
4.4	物理学セミナー	163
第 5 章	物理談話会，南部コロキウム	164
5.1	物理談話会	164
5.2	南部コロキウム	165

第 6 章	学生の進路状況など	166
6.1	学部卒業生の進路	166
6.2	博士前期課程修了者の進路	166
6.3	International Physics Course (IPC) 前期課程修了者の進路	168
6.4	博士後期課程修了者の進路	168
6.5	International Physics Course (IPC) 後期課程修了者の進路	169
6.6	学生のインターンシップ参加	169
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」	170
7.1	プログラムの目的	170
7.2	プログラムの概要・特徴	170
7.3	平成 29 年度の活動	171
第 8 章	理数オナープログラム	175
8.1	平成 29 年度活動概観	175
8.2	オナーセミナー	176
8.3	自主研究と発表会	177
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	178
8.5	オナープログラム参加者の活動記録	178
第 9 章	国際化推進事業	180
9.1	International Physics Course (IPC)	180
第 10 章	大学院等高度副プログラム	182
10.1	プログラムの目的	182
10.2	基礎理学計測学	182
10.3	放射線科学	183
第 11 章	国際交流活動	185
11.1	目的	185
11.2	活動の内容	185
11.3	海外から阪大への来訪者	185
11.4	海外研究機関訪問	186
11.5	海外研究機関での集中講義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	186
11.6	部局間学術交流協定	187
11.7	その他	187
第 12 章	湯川記念室	189
12.1	平成 29 年度活動概観	189
12.2	第 33 回湯川記念講演会	189
12.3	その他	190

第 13 章 社会活動	191
13.1 物理学科出張講義の記録	191
13.2 連携講座	194
13.3 最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2017	196
13.4 「いちよう祭」「まちかね祭」などにおける施設の一般公開	199
13.5 理科教育セミナー	200
13.6 物理オリンピック実験研修	202
第 14 章 大阪大学オープンキャンパス (理学部)	203
第 15 章 平成 29 年度の年間活動カレンダー	204
第 16 章 物理学専攻における役割分担	205
第 17 章 グループ構成 (平成 29 年度)	208

第1章 各研究グループの研究活動報告

1.1 岸本グループ

^{48}Ca の二重ベータ崩壊の研究 –宇宙の物質起源の解明–

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 $> 10^{26-27}$ 年) 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する。測定では、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。このことにより、バックグラウンドの少ない高感度測定を実現する。

今年度は、遮蔽システムを導入したうえでの低バックグラウンド測定を継続した。本遮蔽システムは、検出器外の原子核による中性子捕獲反応から放出された γ 線を遮蔽するとともに、検出器内に中性子が入ってこないように中性子を効果的に遮蔽するためのシステムであ

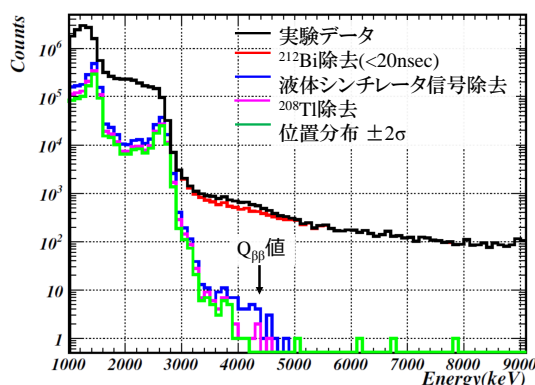


図 1.1: CANDLES III システムの CaF_2 シンチレータで得られたエネルギースペクトル。131 日の測定データに、各種イベントセレクションを行うことで得られた。本図の緑ヒストグラムが、バックグラウンド事象である液体シンチレータ事象、 ^{212}Bi 事象、 ^{208}Tl 事象を除いたあとに得られたスペクトルである。 $Q_{\beta\beta}$ 値付近に事象がないことが確認できる。

る。この中性子捕獲反応から放出される γ 線は、二重ベータ崩壊測定のためのバックグラウンドであり、遮蔽システムによって二重ベータ崩壊測定感度が大きく改善されることが予想される。

図 1.1 は、遮蔽システムを導入して得られた測定データから、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。これは、測定時間 131 日で得られたエネルギースペクトルである。遮蔽システム導入前は、 ^{48}Ca の $Q_{\beta\beta}$ 値 (4.27 MeV) にバックグラウンド事象が観測されていたが、遮蔽システム導入によって、そのエネルギー領域に事象は観測されていないことがわかる。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値 6.2×10^{22} 年 (preliminary) を得た。また、この測定での検出器の測定感度は、 3.8×10^{22} 年であった。今後、低バックグラウンド測定を継続することで、 ^{48}Ca の二重ベータ崩壊半減期の下限値を更に更新する予定である。

ストレンジネス核物理

ストレンジネスの自由度を導入した新たな原子核について研究を行っている。原子核中の核子はアップ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、原子核の性質の変化、新たに現れる相互作用と現象など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多いが、 \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状態方程式に大きく影響すると考えられている。この \bar{K} 中間子凝縮と関連する \bar{K} 中間子原子核の研究を進めている。 \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。これまでに実施した (K^-, p) および (K^-, n) 反応の研究で (KEK-PS E548 実験)、ホウ素から酸素程度の質量の原子核と \bar{K} 中間子の間に、ポテンシャルの深さで約 200 MeV の強い引力がはたらくという結果が得られている。この手法をヘリウム程度の質量領域の原子核に適用した研究 (J-PARC E15 実験) を進めている。

ストレンジネスを持つバリオンの一つである Λ ハイペロンを原子核に埋め込んだ Λ ハイパー核の研究を行っている。2 重荷電交換 (π^-, K^+) 反応による中性子過剰 Λ ハイパー核生成実験 (J-PARC E10 実験) のデータおよび理論解析を完了した。 Λ ハイペロンを追加することで、中性子過剰原子核がより安定になる効果が期待され、原子核の存在限界を拡大できる可能性がある。また、 ΛN - ΣN 混合と呼ばれる現象に起因する、 Λ ハイパー核に特徴的な相互作用が現れると期待されるが、その相互作用の大きさに関する情報が中性子過剰 Λ ハイパー核から得られる可能性がある。

Λ ハイペロンを 2 個原子核に導入すると、ダブル Λ ハイパー核が生成でき、2 個の Λ ハイペロン間の相互作用に関する情報が得られる。しかし、ダブル Λ 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 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・エマルジョン法と呼ばれる手法を用いたダブル Λ ハイパー核生成実験 (J-PARC E07 実験) を実施した。100 スタック以上の原子核乾板の照射を行い実験が完了した。今後、原子核乾板の解析を行い、ダブル Λ ハイパー核探索を行う。

ストレンジネスを持つ他のバリオンの一つとして Σ ハイペロンがある。 Σ ハイペロンを原子核



図 1.2: J-PARC E07 実験無事完了。100 スタック以上の原子核乾板の照射が終了。

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 実験を開始した。

学術雑誌に出版された論文

Development of CANDLES low background HPGe detector and half-life measurement of $^{180}\text{Ta}^m$

W.M. Chan^d, T. Kishimoto^s, S. Umehara^s, K. Matsuoka, K. Suzuki, S. Yoshida^s, K. Nakajima, T. Iida, K. Fushimi, M. Nomachi, I. Ogawa, Y. Tamagawa, R. Hazama, Y. Takemoto^s, N. Nakatani, Y. Takihira, M. Tozawa, H. Kakubata, V.T.T. Trang^d, T. Ohata^d, K. Tetsuno^d, T. Maeda, B.T. Khai, X.L. Li^d and T. Batpurev^d

AIP Conf. Proc. **1921** (No. 1, Jan.) (2018) 030004 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1063/1.5018991>).

Performance of updated shielding system in CANDLES

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

AIP Conf. Proc. **1921** (No. 1, Jan.) (2018) 060003 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1063/1.5018999>).

Spectroscopy of Nuclei with Multi-Strangeness by Using New S-2S Spectrometer at J-PARC

Toshiyuki Gogami, Jung Keun Ahn, Yuya Akazawa, Nobuaki Amano, Kanae Aoki, Elena Botta, Hiroyuki Ekawa, Petr Evtoukhovitch, Alessandro Feliciello, Hiroyuki Fujioka, Manami Fujita, Shoichi Hasegawa, Tomoyuki Hasegawa, Shuhei Hayakawa^d, Tomonari Hayakawa, Erina Hirose, Ryotaro Honda, Kenji Hosomi, Kenichi Imai, Yudai Ichikawa, Wooseung Jung, Shunsuke Kanatsuki, Seigo Kato, Shinhyung Kim, Shinji Kinbara, Kazuya Kobayashi, Jaeyong Lee, Simonetta Marcello, Koji Miwa, Taejin Moon, Manabu Moritsu, Tomofumi Nagae, Yoshiyuki Nakada^d, Manami Nakagawa^d, Takuya Nanamura, Megumi Naruki, Atsushi Sakaguchi^s, Hiroyuki Sako, Yuki Sasaki, Susumu Sato, Kotaro Shirotori, Hitoshi Sugimura, Hitoshi Takahashi, Toshiyuki Takahashi, Kohei Takenaka, Hirokazu Tamura, Kiyoshi Tanida, Zviadi Tsamalaidze, Mifuyu Ukai and Takeshi O. Yamamoto

JPS Conf. Proc. **18** (Nov.) (2017) 011031 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSCP.18.011031>).

Missing-mass spectroscopy with the ${}^6\text{Li}(\pi^-, K^+)X$ reaction to search for ${}^6_{\Lambda}\text{H}$

R. Honda, M. Agnello, J.K. Ahn, S. Ajimura, Y. Akazawa, N. Amano, K. Aoki, H.C. Bhang, N. Chiga, M. Endo, P. Evtoukhovitch, A. Feliciello, H. Fujioka, T. Fukuda, S. Hasegawa, S.H. Hayakawa^d, K. Hosomi, S.H. Hwang, Y. Ichikawa, Y. Igarashi, K. Imai, N. Ishibashi, R. Iwasaki, C.W. Joo, R. Kiuchi, J.K. Lee, J.Y. Lee, K. Matsuda, Y. Matsumoto, K. Matsuoka, K. Miwa, Y. Mizoi, M. Moritsu, T. Nagae, S. Nagamiya, M. Nakagawa^d, M. Naruki, H. Noumi, R. Ota, B.J. Roy, P.K. Saha, A. Sakaguchi^s, H. Sako, C. Samanta, V. Samoilov, Y. Sasaki, S. Sato, M. Sekimoto, Y. Shimizu, T. Shiozaki, K. Shirotori, T. Soyama, H. Sugimura, T. Takahashi, T.N. Takahashi, H. Tamura, K. Tanabe, T. Tanaka, K. Tanida, A.O. Tokiyasu, Z. Tsamalaidze, M. Ukai, T.O. Yamamoto, Y. Yamamoto, S.B. Yang, K. Yoshida

Phys. Rev. C **96** (No. 1, Jul.) (2017) 014005 1-23

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.96.014005>).

Gamma-ray Spectroscopy of Hypernuclei – Recent Results and Prospect at J-PARC –

H. Tamura, T.O. Yamamoto, M. Agnello, Y. Akazawa, N. Amano, K. Aoki, E. Botta, N. Chiga, H. Ekawa, P. Evtoukhovitch, A. Feliciello, M. Fujita, T. Gogami, S. Hasegawa, S.H. Hayakawa^d, T. Hayakawa, R. Honda, K. Hosomi, S.H. Hwang, N. Ichige, Y. Ichikawa, M. Ikeda, K. Imai, S. Ishimoto, S. Kanatsuki, M.H. Kim, S.H. Kim, S. Kinbara, T. Koike, J.Y. Lee, S. Marcello, K. Miwa, T. Moon, T. Nagae, S. Nagao, Y. Nakada^d, M. Nakagawa^d, Y. Ogura, A. Sakaguchi^s, H. Sako, Y. Sasaki, S. Sato, T. Shiozaki, K. Shirotori, H. Sugimura, S. Suto, S. Suzuki, T. Takahashi, K. Tanabe, K. Tanida, Z. Tsamalaidze, M. Ukai (J-PARC E13 Collaboration)

JPS Conf. Proc. **17** (Jul.) (2017) 011004 1-11
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSCP.17.011004>).

Neutron-Rich Λ Hypernuclei

Atsushi Sakaguchi^s

JPS Conf. Proc. **17** (Jul.) (2017) 011007 1-7
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSCP.17.011007>).

The First Gamma-ray Spectroscopic Study of sd-shell Hypernucleus, ${}_{\Lambda}^{19}\text{F}$

S.B. Yang, Y. Akazawa, K. Aoki, N. Chiga, H. Ekawa, A. Feliciello, M. Fujita, S. Hasegawa, S. Hayakawa^d, T. Hayakawa 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, 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, S. Suto, H. Sugimura, S. Suzuki, T. Takahashi, H. Tamura, K. Tanida, Y. Togawa, M. Ukai, T.F. Wang, T.O. Yamamoto
JPS Conf. Proc. **17** (Jul.) (2017) 012004 1-4
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSCP.17.012004>).

Search for Excited State of Σ Hypernucleus in the J-PARC E13 Experiment

M. Nakagawa^d, M. Agnello, Y. Akazawa, N. Amano, K. Aoki, E. Botta, N. Chiga, H. Ekawa, P. Evtoukhovitch, A. Feliciello, M. Fujita, T. Gogami, S. Hasegawa, S.H. Hayakawa^d, T. Hayakawa, R. Honda, K. Hosomi, S.H. Hwang, N. Ichige, Y. Ichikawa, M. Ikeda, K. Imai, S. Ishimoto, S. Kanatsuki, M.H. Kim, S.H. Kim, S. Kinbara, T. Koike, J.Y. Lee, S. Marcello, K. Miwa, T. Moon, T. Nagae, S. Nagao, Y. Nakada^d, Y. Ogura, A. Sakaguchi^s, H. Sako, Y. Sasaki, S. Sato, T. Shiozaki, K. Shirotori, H. Sugimura, S. Suto, S. Suzuki, T. Takahashi, H. Tamura, K. Tanabe, K. Tanida, Z. Tsamalaidze, M. Ukai, Y. Yamamoto, S.B. Yang
JPS Conf. Proc. **17** (Jul.) (2017) 012009 1-4
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSCP.17.012009>).

Development of PID Method in Nuclear Emulsion

S. Kinbara, H. Ekawa, T. Fujita, S. Hayakawa^d, S.H. Hwang, Y. Ichikawa, K. Imamura, H. Itoh, H. Kobayashi, R. Murai, K. Nakazawa, M.K. Soe, A. Takamine, A.M. M. Theint, H. Ueno and J. Yoshida
JPS Conf. Proc. **17** (Jul.) (2017) 032002 1-4
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSCP.17.032002>).

Double Hypernuclei Experiment with Hybrid Emulsion Method at J-PARC

Shuhei H. Hayakawa^dfor J-PARC E07 Collaboration
JPS Conf. Proc. **17** (Jul.) (2017) 033003 1-2

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSCP.17.033003>).

High Statistics Σp Scattering Experiment Using High Intensity Pion Beams at J-PARC

K. Miwa, J.K. Ahn, Y. Akazawa, S. Callier, N. Chiga, P. Evtoukhovitch, S. Hasegawa, S. Hayakawa^d, T. Hayakawa, K. Hosomi, R. Honda, S.H. Hwang, M. Ieiri, M. Ikeda, K. Imai, S. Ishimoto, W.S. Jung, H. Kanda, K. Kobayashi, T. Koike, Y. Kondo, S.H. Kim, J.L. Kim, J.W. Lee, Y. Matsumoto, M. Moritsu, Y. Nakada^d, M. Nakagawa^d, I. Nakamura, M. Naruki, Y. Ogura, L. Raux, A. Sakaguchi^s, H. Sako, Y. Sasaki, S. Sato, T. Shiozaki, K. Shirotori, H. Sugimura, S. Suzuki, C. d. L. Taille, H. Takahashi, T. Takahashi, T.N. Takahashi, H. Tamura, M. Tanaka, K. Tanida, Z. Tsamalaidze, M. Ukai, H. Umetsu, T.O. Yamamoto, K. Yoshimura

JPS Conf. Proc. **17** (Jul.) (2017) 041002 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSCP.17.041002>).

Scattered Proton Detection System for Σp Scattering Experiment with the Cylindrical Scintillating Fiber Tracker and BGO Calorimeters

Yoshiyuki Nakada^d, Yuya Akazawa, Shoichi Hasegawa, Shuhei H. Hayakawa^d, Ryotaro Honda, Michihiko Ikeda, Koji Miwa, Atsushi Sakaguchi^s

JPS Conf. Proc. **17** (Jul.) (2017) 043002 1-2

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSCP.17.043002>).

Spectroscopic Study of Hyperon Resonance Below $\bar{K}N$ Threshold via the $d(K^-, n)$ Reaction

K. Inoue, S. Ajimura, G. Beer, H. Bhang, M. Bragadireanu, P. Buehler, L. Busso, M. Cargnelli, S. Choi, C. Curceanu, S. Enomoto, D. Faso, H. Fujioka, Y. Fujiwara, T. Fukuda, C. Guaraldo, T. Hashimoto, R.S. Hayano, T. Hiraiwa, M. Iio, M. Iliescu, Y. Ishiguro, T. Ishikawa, S. Ishimoto, T. Ishiwatari, K. Itahashi, M. Iwai, M. Iwasaki, 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, M. Poli Lener, A. Romero Vidal, Y. Sada, A. Sakaguchi^s, F. Sakuma, M. Sato, A. Scorde, 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, B.K. Wuenschek, T. Yamaga, T. Yamazaki, H. Yim, Q. Zhang, J. Zmeskal

JPS Conf. Proc. **17** (Jul.) (2017) 072003 1-4

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSCP.17.072003>).

Search For $A\Xi$ Bound State In The $^{12}\text{C}(K^-, K^+)X$ Reaction At 1.8 GeV/c in J-PARC

Tomofumi Nagae, S. Kanatsuki, T. Gogami, H. Ekawa, T. Nanamura, M. Naruki, S.

Hasegawa, K. Hosomi, Y. Ichikawa, K. Imai H. Sako, S. Sato, H. Sugimura, K. Tanida, K. Kobayashi, S.H. Hayakawa^d, T. Hayakawa, R. Honda, Y. Nakada^d, M. Nakagawa^d, A. Sakaguchi^s, Y. Akazawa, M. Fujita, K. Miwa, Y. Sasaki, H. Tamura, T.O. Yamamoto, K. Aoki, T. Takahashi, M. Ukai, J.K. Ahn, W. Jung, S.H. Kim, E. Botta, A. Feliciello, S. Marcello, P. Evtoukhovitch, Z. Tsamalaidze, J.Y. Lee, T. Moon, S. Kimbara, T. Hasegawa, K. Shirotori

PoS INPC2016 (May) (2017) 038 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.22323/1.281.0038>).

Search For Neutrino-less Double Beta Decay Of ⁴⁸Ca -CANDLES-

Saori Umehara^s, T. Kishimoto^s, M. Nomachi, S. Ajimura, T. Iida, Y. Takemoto^s, K. Matsuoka, V.T.T. Trang^d, S. Yoshida^s, W. Wang^d, W.M. Chan^d, T. Maeda, T. Ohata^d, K. Tetsuno^d, T. Uehara, X. Lee^d, B. Temuge^d, K. Akutagawa^m, K. Kanagawa, S. Katakiri, M. Tsuzuki, N. Yotsunaga, Y. Tamagawa, I. Ogawa, K. Nakajima, S. Noshiro, A. Masuda, K. Morishita, M. Washino, N. Takahashi, K. Teranishi, F. Tokaku, T. Hiyama, K. Fushimi, K. Mori, R. Hazama, N. Nakatani, K. Suzuki, H. Ohsumi and B.T. Khai

PoS INPC2016 (May) (2017) 246 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.22323/1.281.0246>).

国際会議における講演等

Neutrino-less double beta decay of ⁴⁸Ca studied by CaF₂(pure)scintillators – CANDLES–

Saori Umehara^{s*}

TAUP 2017– XV International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics (at Sudbury, Ontario, July 24-28, 2017, 参加者約 300 名)

Development of CANDLES Low Background HPGe Detector and Half-life Measurement of Ta-180m

Chan Wei Min^{d*} for the CANDLES Collaboration

Low Radioactivity Techniques Workshop (LRT 2017) (at Seoul, May 23-27, 2017, 参加者約 70 名)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

Study of neutrino-less double beta decay by CANDLES (125). Development of new calibration method using ²⁴Na source.

V.T.T. Trang^{d*} for the CANDLES Collaboration

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (126) 10inchPMT を用いた $^{212}\text{Bi}^{212}\text{Po}$ の連続崩壊事象の除去率評価

石川雅啓 ^{m*} for the CANDLES Collaboration

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (127) 二重ベータ崩壊のための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73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

PICOLON 報告：高純度 NaI(Tl) を用いた暗黒物質探索実験の現状

竹本康浩 ^{s*}, 平田晶子, 伏見賢一, 折戸玲子, 畑和実, A. Kozlov, D. Chernyak, 裕隆太, 江尻宏泰, 嶋達志, 梅原さおり ^s, 井上邦雄, 池田晴雄, 今川恭四郎, 保田賢輔, 吉田齊 ^s

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

地下環境中性子測定のための低バックグラウンド液体シンチレータ開発

木下円機 ^{m*}, 中性子測定コンソーシアム

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

神岡地下での環境中性子測定とエネルギースペクトル推定

水越慧太 ^{m*}, 中性子測定コンソーシアム

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

シグマ陽子散乱実験のための汎用 FPGA 回路を用いた Trigger システムの構築

星野寿春 ^{m*}, 本多良太郎, 阪口篤志 ^s, 早川修平 ^d, 中田祥之 ^d, 三輪浩司, 小澤祥太郎, 藤岡徳菜

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

MPPC を使用した大強度ビーム測定用高速応答・高時間分解能検出器の開発 (高レート使用試験)

赤石貴也 ^{m*}, 浅野秀光, 石川貴嗣, 阪口篤志 ^s, 佐甲博之, 白鳥昂太郎, 高橋智則, 野海博之, 本多良太郎, S. B. Yang, Y. Ma, 他 J-PARC E50 コラボレーション

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

Cryogenic Phonon-Scintillation Detector with $\text{CaF}_2(\text{Eu})$ for Neutrinoless Double Beta Decay (ポスター)

Li Xiaolong ^{d*} for CANDLES collaboration

基礎科学研究者養成プロジェクト採択者研究発表会 (於 大阪大学、2018年3月16日)

${}^6\text{Li}$ の現状と今後の実験計画について

阪口篤志 ^{s*}

第9回ストレンジネス核物理を考える会（於 理化学研究所, 2018年3月14日）

シンチレーター結晶の内部不純物分析装置

梅原さおり ^{s*}

「極低放射能技術」研究会（於 山形県天童温泉, 2018年3月7日 - 3月9日）

カルシウム48のシングルベータ崩壊の測定

梅原さおり ^{s*}

「極低放射能技術」研究会（於 山形県天童温泉, 2018年3月7日 - 3月9日）

CANDLES の現状

Chan Wei Min ^{d*}

「極低放射能技術」研究会（於 山形県天童温泉, 2018年3月7日 - 3月9日）

中性子測定コンソーシアムの活動報告

水越慧太 ^{m*}, 中性子測定コンソーシアム

「極低放射能技術」研究会（於 山形県天童温泉, 2018年3月7日 - 3月9日）

これまでの大阪大学での中性子フラックス測定の取り組み

吉田齊 ^{s*}

第10回若手研究会「低バックグラウンド技術を応用した方向感度をもつ暗黒物質探索の基礎研究」（於 大阪大学, 2018年1月26日 - 1月27日）

中性子測定 方法と測定結果

水越慧太 ^{m*}

第10回若手研究会「低バックグラウンド技術を応用した方向感度をもつ暗黒物質探索の基礎研究」（於 大阪大学, 2018年1月26日 - 1月27日）

中性子測定 解析と議論

水越慧太 ^{m*}

第10回若手研究会「低バックグラウンド技術を応用した方向感度をもつ暗黒物質探索の基礎研究」（於 大阪大学, 2018年1月26日 - 1月27日）

中性子測定 前日の疑問点議論 論文議論

水越慧太 ^{m*}

第10回若手研究会「低バックグラウンド技術を応用した方向感度をもつ暗黒物質探索の基礎研究」（於 大阪大学, 2018年1月26日 - 1月27日）

地下における中性子フラックス測定とスペクトル推定水越慧太 *m**

第9回若手研究会「低バックグラウンド技術を応用した方向感度をもつ暗黒物質探索の基礎研究」(於 早稲田大学, 2017年11月19日 - 11月20日)

NeuCBOT Hands-On水越慧太 *m**

第9回若手研究会「低バックグラウンド技術を応用した方向感度をもつ暗黒物質探索の基礎研究」(於 早稲田大学, 2017年11月19日 - 11月20日)

Enriched CaF₂ の開発梅原さおり *s**

SMART2017 : Scintillator for Medical, Astroparticle and environmental Radiation Technologies (於 山形県蔵王温泉, 2017年11月11日 - 11月13日)

シンチレーティングボロメーター開発現状鉄野高之介 *d**

SMART2017 : Scintillator for Medical, Astroparticle and environmental Radiation Technologies (於 山形県蔵王温泉, 2017年11月11日 - 11月13日)

La-GPS 結晶の波形弁別能 (ポスター)水越慧太 *m**, 飯田崇史

SMART2017 : Scintillator for Medical, Astroparticle and environmental Radiation Technologies (於 山形県蔵王温泉, 2017年11月11日 - 11月13日)

地下の環境中性子測定水越慧太 *m**

第2回宇宙素粒子若手の会秋の研究会 (於 東京大学柏キャンパス, 2017年10月15日 - 10月17日)

J-PARC E22 experiment阪口篤志 *s**

第4回ストレンジネス核物理を考える会 (於 理化学研究所, 2017年8月7日)

ニュートリノレス二重ベータ崩壊探索実験の現状と展望吉田斉 *s**

日本物理学会 2017年秋季大会 (於 宇都宮大学, 2017年9月12日 - 9月15日)

神岡地下における ³He 比例計数管を用いた環境中性子スペクトル測定

水越慧太 ^{m*}, 吉田斉 ^s, 竹本康浩 ^s, 帝釋稜介, 身内賢太郎, 中性子測定コンソーシアム, CANDLES Collaboration

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学, 2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

PICO-LON 報告：暗黒物質探索のための 5inch 大型高純度 NaI(Tl) の測定

竹本康浩 ^{s*}, 伏見賢一, 折戸玲子, 平田晶子, Alexandre Kozlov, Dmitry Chernyak, 裕隆太, 江尻宏泰, 嶋達志, 井上邦雄, 池田晴雄, 梅原さおり ^s, 吉田斉 ^s, 今川恭四朗, 保田賢輔

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学, 2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (119) 実験の現状と検出器の安定性の評価

太畑貴綺 ^{d*} for the CANDLES Collaboration

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学, 2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (120) CANDLES 実験の測定状況

梅原さおり ^{s*}, 他 CANDLES Collaboration

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学, 2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

J-PARC K1.8 ビームラインにおけるハイブリッド・エマルジョン法を用いたダブルハイパー核探索実験

早川修平 ^{d*}, J-PARC E07 collaboration

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学, 2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

MPPC を使用した大強度ビーム測定用高速応答・高時間分解能検出器の開発 (2)

赤石貴也 ^{m*}, 浅野秀光, 阪口篤志 ^s, 白鳥昂太郎, 高橋智則, 野海博之, 本多良太郎, 他 J-PARC E50 コラボレーション

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学, 2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

新学術領域・地下素粒子原子核研究の現状

吉田斉 ^{s*}

X 線天体と元素合成を中心とする宇宙核物理研究会 (於 理化学研究所, 2017 年 7 月 20 日 - 7 月 21 日)

CANDLES

梅原さおり ^{s*}

2017 年宇宙線研究者会議将来計画タウンミーティング (於 東京大学柏キャンパス, 2017 年 6 月 24 日 - 6 月 25 日)

蛍光熱量計実験開発 (CaF₂)

吉田斉 ^{s*}

2017 年宇宙線研究者会議将来計画タウンミーティング (於 東京大学柏キャンパス, 2017 年

6月24日 - 6月25日)

CANDLES の状況と展望

岸本忠史 ^{s*}

「宇宙の歴史をひもとく地下素粒子原子核研究」研究会（於 岡山大学, 2017年5月21日 - 5月23日）

新学術領域・地下素粒子原子核研究の現状

吉田齊 ^{s*}

「宇宙の歴史をひもとく地下素粒子原子核研究」研究会（於 岡山大学, 2017年5月21日 - 5月23日）

カルシウム 48 のシングルベータ崩壊の測定

梅原さおり ^{s*}

「宇宙の歴史をひもとく地下素粒子原子核研究」研究会（於 岡山大学, 2017年5月21日 - 5月23日）

Development of bolometer for CANDLES (ポスター)

鉄野高之介 ^{d*}

「宇宙の歴史をひもとく地下素粒子原子核研究」研究会（於 岡山大学, 2017年5月21日 - 5月23日）

ニュートリノレス二重ベータ崩壊探索と暗黒物質探索のための熱量蛍光検出器の開発 (ポスター)

李曉龍 ^{d*}

「宇宙の歴史をひもとく地下素粒子原子核研究」研究会（於 岡山大学, 2017年5月21日 - 5月23日）

Background Reduction Techniques of HPGe Detector for Study of Ta-180m Decay (ポスター)

Chan Wei Min ^{d*}

「宇宙の歴史をひもとく地下素粒子原子核研究」研究会（於 岡山大学, 2017年5月21日 - 5月23日）

神岡地下での中性子測定計画 (ポスター)

水越慧太 ^{m*}, 中性子測定コンソーシアム

「宇宙の歴史をひもとく地下素粒子原子核研究」研究会（於 岡山大学, 2017年5月21日 - 5月23日）

1.2 久野グループ

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、 $\pi^+ \rightarrow e^+ \nu_e$ 崩壊分岐比の精密測定 (PIENU 実験) 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。

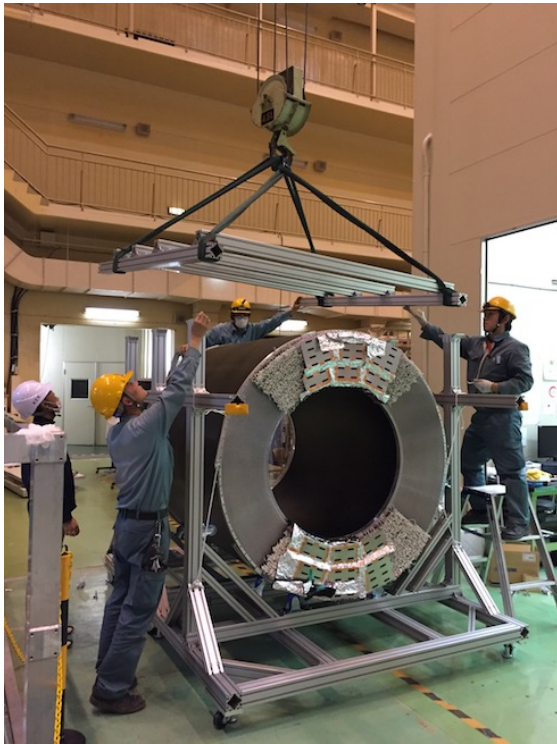


図 1.3: CDC 用の新しい回転架台への載せ替え作業の様子

平成 27 年度には、CDC 実機の 2 万本のワイヤー張りが完了し、平成 28 年度は、CFRP (強化炭素ファイバープラスチック) 製の内筒をインストールし、CDC 検出器として完成に至った。その後、ガス漏れ試験・高電圧印加試験を経て、宇宙線ミューオンを用いたコミッショニングデータ収集を開始した。

平成 29 年度は、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。ケーブル配線や低電圧電源を新たに手配し、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。宇宙線ミューオンの入射角に対する依存性の評価や X-T 曲線の改良による位置分解能の向上を行った。さらに、回転機構を備えた新しい架台を製作し、CDC 実機を載せ替え (図 1.3)、ワイヤーの張力測定・張替えが可能となった。

並行して、CDC 検出器の信号読み出し電子回路の放射線耐性評価試験・対策の研究も進めており、ガンマ線や中性子に対する応答の実測や実験室での放射線レベルのシミュレーションを行った。ガンマ線耐性試験は、吹田キャンパスの量子ビーム科学研究施設におい

て、複数回にわたって電子回路・素子の評価を行い、COMET 実験の実験環境下で使用可能なパーツの選定に成功した。加えて、実機のデータ収集システムの高度化へ向けたトラッキングトリガシステムの開発も行なっており、実機への導入を目指して電子回路開発、データ通信試験やアルゴリズム開発を進行中である。

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。

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. 1.4) 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。

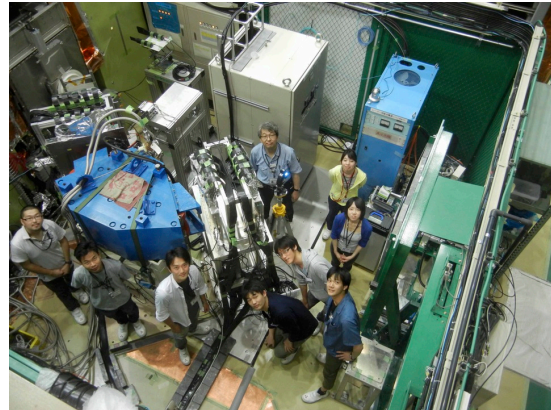


図 1.4: J-PARC MLF D2 実験エリアでの測定の様子

MuSIC 本学核物理研究センター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。平成 29 年 2 月より陽子ビーム電流値 $1.1\mu\text{A}$ を使用した大強度ミュオンの定常運転を開始させた。

平成 29 年度は、国内外の研究者と協力し、実験番号 G02、E467、E490、E489、E476 の 4 つの共同利用実験を成功させた。

G02 実験は、原子力発電所の使用済み核燃料中に含まれる長寿命放射性物質をミュオンを使って安定化させる、いわゆるミュオン核変換の実用化を目指した計画である。何百万年もの半減期を持つ原子核物質中に負電荷ミュオンを停止させ、ミュオン原子核捕獲反応を起こすことにより、原子核の原子番号が 1 だけ小さくなる。これにより長寿命放射性核種を安定化または短寿命化するのである。実験では、Pd 原子についてのミュオン核変換が行われ、その反応過程の詳細測定に成功した。

E467 と E490 実験はミュオン X 線による非破壊分析の応用実験である。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。E467 実験は、このミュオン非破壊分析法をさらに発展させ鉄元素の物質中での化学状態を決定することに成功した。また、E490 実験では、物質中の同位体比を決定することに成功した。これらの成果により、ミュオン非破壊分析が元素組成のみならず、元素の化学状態や同位体比の分析にも使用できることを示した。

E489 実験では、負電荷ミュオンの原子核捕獲反応を利用した原子核核行列要素の研究を進めた。ニュートリノ放出を伴わない二重ベータ崩壊の寿命からニュートリノ質量の絶対値が決定できることが知られているが、核行列要素の計算が質量絶対値の不確かさの大きな要因となっている。E489 実験は、ミュオン捕獲による原子核を励起させ、実験的に核行列要素の理解を進めることを目指している。

一方、平成 27 年 11 月に MuSIC で実施した E411 実験のデータ解析を進め、有機物を含む隕石のミュオン非破壊分析による分類に初めて成功した。その結果を英国科学雑誌 *Scientific Report* に報告し、各社新聞や NHK ニュースで報道された。また、*Scientific Report* へ投稿した論文は、*Top 100 Scientific Reports Physics papers in 2017* に選ばれた。

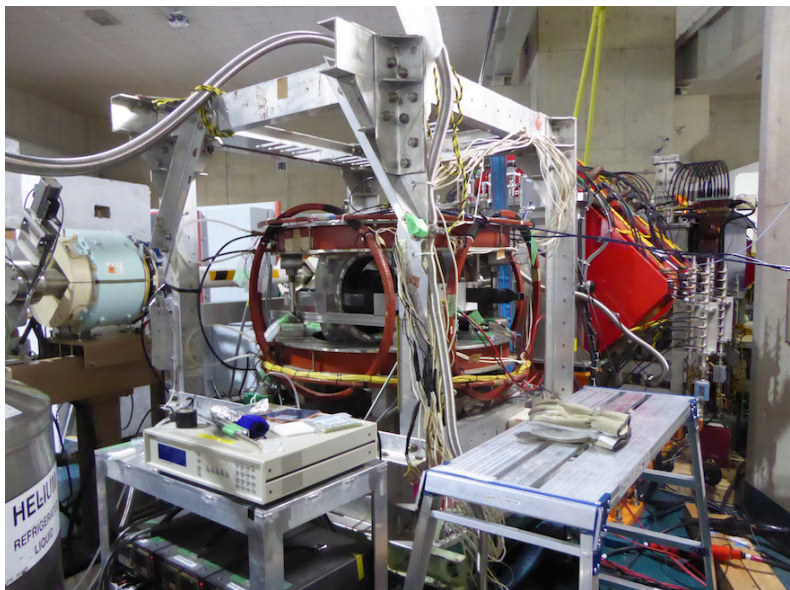


図 1.5: MuSIC で物性研究に使用する μ SR 分光器の整備も進められた

学術雑誌に出版された論文

Another Formula for the Charged Lepton Masses

Yoshio Koideⁱ

Phys. Lett. B **777** (Feb.) (2018) 131-133

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2017.12.004>).

Structure of Right-Handed Neutrino Mass Matrix

Yoshio Koideⁱ

Phys. Rev. D **96** (9, Nov.) (2017) 095005-1-4

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.96.095005>).

Flavon VEV Scales in $U(3) \times U(3)'$ Model

Yoshio Koideⁱ, Hiroyuki Nishiura

Int.J. Mod. Phys. A **32** (15, May) (2017) 1750085-1-25

(<http://dx.doi.org/doi:10.1142/S0217751X17500853>).

Sumino's Cancellation Mechanism in an Anomaly-Free Model

Yoshio Koideⁱ

Mod. Phys. Lett. A **32** (11, Apr.) (2017) 1750062-1-11

(<http://dx.doi.org/doi:10.1142/S0217732317500626>).

Spin-dependent $\mu \rightarrow e$ conversion

Vincenzo Cirigliano, Sacha Davidson, Yoshitaka Kuno^s

Phys.Lett. B **771** (May) (2017) 242-246

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2017.05.053>).

Future experimental improvement for the search of lepton- number-violating processes in the $e\mu$ sector

Beomki Yeo, Yoshitaka Kuno^s, MyeongJae Lee and Kai Zuber

Phys. Rev. D **96** (7, Oct.) (2017) 075027-1-8

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.96.075027>).

Spin-dependent $\mu \rightarrow e$ Conversion on Light Nuclei

Sacha Davidson, Yoshitaka Kuno^s, Albert Saporta

Eur. Phys. J. C **78** (2, Feb.) (2018) 109-1-20

(<http://dx.doi.org/doi:10.1140/epjc/s10052-018-5584-8>).

Improved analysis for $\mu^- e^- \rightarrow e^- e^-$ in muonic atoms by photonic interaction

Yuichi Uesaka, Yoshitaka Kuno^s, Joe Sato, Toru Sato, Masato Yamanaka

Phys. Rev. D **97** (1, Jan.) (2018) 015017-1-9

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.97.015017>).

Non-destructive elemental analysis of a carbonaceous chondrite with direct current Muon beam at MuSIC

K. Terada, A. Sato^s, K. Ninomiya, Y. Kawashimaⁱ, K. Shimomura, G. Yoshida, Y. Kawai, T. Osawa & S. Tachibana

Scientific Reports **7** (Nov.) (2017) 15478-1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s41598-017-15719-5>).

Muon capture reaction on ^{100}Mo to study the nuclear response for double- β decay and neutrinos of astrophysics origin

I.H. Hashim, H. Ejiri, T. Shima, K. Takahisa, A. Sato^s, Y. Kuno^s, K. Ninomiya, N. Kawamura, and Y. Miyake

Phys. Rev. C **97** (1, Jan.) (2018) 014617-1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.97.014617>).

国際会議報告等

Muon Beamline Commissioning and Feasibility Study for μ SR at a New DC Muon Beamline

D. Tomono^{*}, M. Fukuda, K. Hatanaka, W. Higemoto, Y. Kawashimaⁱ, K.M. Kojima, Y. Kuno^s, Y. Matsuda^m, T. Matsuzaki, Y. Miyake, K. Miyamoto^b, Y. Morita, T. Motoishi^m, Y. Nakazawa^d, K. Ninomiya, R. Nishikawa^b, S. Ohta^b, A. Sato^s, K. Shimomura, K. Takahisa, Y. Weichao^d, and M.L. Wong^d

JPS Conf. Proc. **21** (011057, Aug.) (2017) 1-4.

The 14th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation and Resonance (*muSR2017*), (Jun., 2017, 参加者数約 100 名).

国際会議における講演等

Search for charged lepton flavor violation

Y. Kuno^{s*},

13th Recontres de Vietnam, (at Quy Nhon, Vietnam, Jul. 16-22, 2017, 参加者数 67 名)

Search for Muon to Electron Conversion: COMET

Y. Kuno^{s*}

The 2017 Tamura Symposium - Lepton and Baryon Symmetry, (at Austin, USA, May 8-9,

2017, 参加者数 43 名)

DeeMe - yet another experiment to search for muon to electron conversion

M. Aoki^{s*}

The 2017 Tamura Symposium - Lepton and Baryon Symmetry, (at Austin, USA, May 8-9, 2017, 参加者数 43 名)

Overview of the Japanese DC Muon Beam Facility, RCNP-MuSIC

A. Sato^{s*}

The 14th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation and Resonance (*muSR2017*), (at Sapporo, Japan, Jun. 25-30, 2017)

FFAG Applications for Muon Science

A. Sato^{s*}

FFAG'17 International Workshop on FFAG Accelerators, (at New York, USA, Sep. 6-11, 2017, 参加者数 44 名)

Introduction of merging beam techniques for fundamental physics (poster)

T. Itahashi^{i*}

10th International Workshop on Fundamental Physics Using Atoms (FPUA), (at Nagoya, Jan. 8-9, 2018, 参加者 84 名)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

AlCap experiment results

M.L. Wong^{d*} for the AlCap collaboration

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

DeeMe 実験における DIO スペクトル測定の解析

長尾 大樹^{d*}, 青木 正治^s, 中津川洋平, 清矢良浩, 名取寛顕, 山本和弘, 手島菜月, 森本史明, Nguyen Minh Truong, 吉中晴香, 河村成肇, 下村浩一郎, 西口創, 三原智, Patrick Strasser, 他 DeeMe コラボレーション

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

COMET Phase-I における CDC 読み出し回路開発の現状 2

中沢 遊^{d*}, 上野一樹, 内田智久, 久野 良孝^s, 佐藤 朗^s, 千代浩司, 藤井祐樹, 吉田 学立^s

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

COMET-CDC の宇宙線を用いた性能評価試験 (3)

吉田 学立^{s*}, 久野 良孝^s, 佐藤 朗^s, Wu Chen^s, Ming Liang Wong^d, 中沢 遊^d, Ting Sam Wong^d, 沖中 香里^m, 中村 有希^m, 森津学, Jie Zhang, 他 COMET-CDC グループ
日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 – 9 月 15 日)

COMET CDC における宇宙線試験の解析 (2)

沖中 香里^{m*}, 久野 良孝^s, 佐藤 朗^s, 吉田 学立^s, 中沢 遊^d, 中村 有希^m, Ming Liang Wong^d, Ting Sam Wong^d, 森津学, Wu Chen^s, Jie Zhang, 他 COMET-CDC グループ
日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 – 9 月 15 日)

COMET CDC のためのエージング試験

中村 有希^{m*}, 吉田 学立^s, 他 COMET-CDC グループ
日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 – 9 月 15 日)

ミュオン電子転換過程探索実験 – DeeMe – : 準備状況 (8)

青木 正治^{s*}, Bryman Douglas, 古谷優子, 入江吉郎, 河村成肇, 金正倫計, 小林仁, 名取寛顕, 牧村俊助, 松本浩, 明午伸一郎, 三部勉, 三原智, 三宅康博, 森本史明, 長尾 大樹^d, 中津川洋平, 西口創, 沼尾登志男, 大森千広, Pranab Saha, Ritt Stefan, 齊藤直人, 清矢良浩, 下村浩一郎, Strasser Patrick, 手島菜月, Nguyen Duy Thong, Nguyen Minh Truong, 山本風海, 山本和弘, 吉井正人, 吉中晴香, 吉村浩司
日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 岩手大学、2017 年 9 月 21 日 – 9 月 24 日)

RCNP-MuSIC における DC ミューオンビームラインの現状 (1)

佐藤 朗^{s*}, 家入正治, 川島 祥孝ⁱ, 久野 良孝^s, 小嶋健児, 下村浩一郎, 高久圭二, 谷口秋洋, 友野大, 中沢 遊^d, 二宮和彦, 畑中吉治, 髭本亘, 福田光宏, 松崎禎市郎, 三宅康博, 皆川道文, 森義治, 森信俊平, Yao Weichao^d, Ming Liang Wong^d
日本物理学会 第 73 回年次大会 (2018 年) (於 東京理科大学、2018 年 3 月 22 日 – 3 月 25 日)

合流法によるミュオン原子の脱励起の観測とその応用

板橋 隆久^{i*}, 佐藤 朗^s, 高久圭二, 友野大, 川島 祥孝ⁱ, 坂本英之
日本物理学会 第 73 回年次大会 (2018 年) (於 東京理科大学、2018 年 3 月 22 日 – 3 月 25 日)

DeeMe 実験における DIO 測定の解析

長尾 大樹^{d*}, 青木 正治^s, 中津川洋平, 清矢良浩, 古谷優子, 吉中晴香, 名取寛顕, 山本和弘, 手島菜月, 森本史明, Nguyen Duy Thong, Nguyen Minh Truong, 河村成肇, 下村浩一郎, 西口創, 三原智, Patrick Strasser, 吉田 学立^s, 元石 尊寛^m, 新郷裕太, 齊藤直人, 三宅康博, 五十嵐洋一
日本物理学会 第 73 回年次大会 (2018 年) (於 東京理科大学、2018 年 3 月 22 日 – 3 月 25 日)

COMET 実験で用いる回路素子の放射線耐性評価

中沢 遊^{d*}, 五十嵐洋一, 上野一樹, 大石航, 久野 良孝^s, 佐藤 朗^s, 中居勇樹, 名取寛顕, 吉田

学立^s, MyeongJae Lee, Zhang Jie

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 – 3月25日)

Track Finding of COMET Cylindrical Drift Chamber

Ting Sam Wong^{d*}, Wu Chen^s, Yoshitaka Kuno^s, COMET Collaboration

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 – 3月25日)

Track Fitting of COMET CDC

Wu Chen^{s*}, Ting Sam Wong^d, Yoshitaka Kuno^s, COMET Collaboration

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 – 3月25日)

Study of Cosmic Ray impact on the COMET Experiment

Yao Weichao^{d*}, Yoshitaka Kuno^s, Akira Sato^s, Hisataka Yoshida^s, Wu Chen^s, Ming Liang Wong^d, Ting Sam Wong^d, Yu Nakazawa^d, Yuki Nakamura^m, Kaori Okinaka^m, Yugo Matsuda^m, Takahiro Motoishi^m, Manabu Moritsu, and COMET-CDC group

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 – 3月25日)

COMET CDCにおける宇宙線試験の解析 (3)

沖中 香里^{m*}, 久野 良孝^s, 佐藤 朗^s, 吉田 学立^s, 中沢 遊^d, 中村 有希^m, 松田 悠吾^m, 元石 尊寛^m, Ming Liang Wong^d, Ting Sam Wong^d, 森津学, Wu Chen^s, Jie Zhang, 他 COMET-CDC グループ

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 – 3月25日)

COMET-CDCにおける宇宙線試験のアライメント解析

松田 悠吾^{m*}, 久野 良孝^s, 佐藤 朗^s, 吉田 学立^s, 中沢 遊^d, 沖中 香里^m, 中村 有希^m, 元石 尊寛^m, Ming Liang Wong^d, Ting Sam Wong^d, 森津学, Wu Chen^s, Jie Zhang, 他 COMET-CDC グループ

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 – 3月25日)

He/*i*C₄H₁₀(90/10) ガスによる COMET CDC のためのワイヤーエージング試験

中村 有希^{m*}, 吉田 学立^s, 上野一樹, 他 COMET-CDC グループ

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 – 3月25日)

1.3 下田グループ

1. スピン偏極した不安定核ビームによる軽い中性子過剰核の特異な構造の研究

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」と呼ばれ質量領域がある。この現象を解明するため、我々のグループでは、スピン偏極した不安定原子核のベータ崩壊の非対称性から娘核の構造を探るといふ、独自の実験手法を用いて研究を進めてきた。高偏極ビームを生成可能なカナダの TRIUMF で、国際共同研究（大阪大学、高エネルギー加速器研究機構、東京農工大学、法政大学、TRIUMF）を実施している。これまで、スピン偏極した質量数 28 から 31 までのナトリウム核のベータ崩壊後の娘核である質量数 28 から 31 までのマグネシウム核の系統的な構造変化の研究を行ってきた。

マグネシウム 31 核は、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た。この結果を博士論文にまとめた下田グループ卒業生の西畑洸希氏は、原子核実験分野で優れた博士論文を完成させた若手研究者を表彰する「平成 29 年度原子核談話会新人賞」を受賞した。

さらに、マグネシウム 30 と 31 核のベータ遅延中性子崩壊の中性子測定データから、中性子非束縛状態を含めた崩壊様式を構築し、両状態をあわせた原子核構造の解明を進めている。非束縛状態の一つの励起状態で、殻構造的であり、かつ、集団運動的である、という相矛盾したモデルでしか説明できない現象を今回発見した。これは、殻構造的・集団運動的モードの二重性、と呼ばれる最先端の解明すべき課題の一つであり、実験と理論の両面から研究を進めている。この結果を国際会議と日本物理学会で発表し、現在、査読付き投稿論文に発表する準備を進めている。

偏極核のベータ崩壊を用いた我々独自の手法を、より中性子が多い原子核に適用するには、少ない生成量でも目的の原子核の原子の超微細構造を決定し、偏極ビームを開発し、ベータ崩壊実験を実施する、という手順が必要である。そこで、毎秒百個程度という非常に少ないビーム量で測定可能な新しいレーザー分光法を開発してきた。第 1 の方法は、超高感度レーザー分光法（図 1.6 左）である。照射するレーザーの波長と異なる波長の脱励起光を検出することで、バックグラウンドとなる大量の散乱レーザー光の影響を取り除く方法であり、アルカリ金属やその周辺核を対象とする。第 2 の方法は、レーザー共鳴イオン化法（図 1.6 右）である。2 本の異なる波長のレーザーを同時に照射し、イオン化ポテンシャルを越えて電子を励起させ、イオン化した粒子を電場で分離して検出する。理想的環境下では 1 個の粒子を検出すればよい画期的な手法である。2017 年度に開発実験は終了し、2018 年度にナトリウム 32 原子の超微細構造実験を行う予定である。

2. 飛行核分裂による安定領域から遠く離れた重い中性子過剰核の構造研究

変形共存や、中性子・陽子数に対する変形の進化を系統的に調べ、原子核の量子相転移現象を明らかにすることは、現在の重要課題の一つである。この問題解決のため、安定核から遠く離れた原子核を世界最高強度で供給可能な理化学研究所の RI ビームファクトリで、日本（大阪大学、理化学研究所、東京大学原子核科学研究センターなど）や韓国の Hoseo 大学、フランスの IPHC、その他海外の大学や研究所の研究者との国際共同研究として、2013

年度に実験を行った。光速の約70%のウラン238核ビームを軽い標的核に照射し、超伝導RIビーム生成分離装置「BigRIPS」を用いて、ウランの核分裂反応で大量の不安定核が生成される。その中から、我々のグループは、陽子数が魔法数50で中性子数が魔法数82の2重閉殻であるスズ132核よりも陽子と中性子数ともに大きな中性子過剰核に注目した。この研究は、EURICA (EUroball-RIKEN Cluster Array; ユリカ) プロジェクトの一つとして実施し、安定核から遠く離れた原子核のアイソマー(長い寿命をもつ励起状態)やベータ崩壊を研究するため、日本とヨーロッパ共同で大型ガンマ線検出器アレイを構築して行った。

その結果、中性子数が非常に多い4つのセシウム核に、新しいアイソマーを発見した。さらに、ヨウ素140核や142核のベータ崩壊の研究より、プロレート型、西洋なし型、3軸非対称変形方向への3種類の振動状態の共存を明らかにした。また、ヨウ素140核に数百ミリ秒の半減期でベータ崩壊するアイソマーを発見した。これらの結果をもとに、今年度は、半減期導出を行った。元素合成計算で重要である半減期を、これまでEURICAのグループではベータ線のみで求めてきた。しかし、我々がベータ崩壊するアイソマーを発見したことにより、ベータ崩壊後のガンマ線の情報まで含めて半減期を導出しなければ正しい結果は得られないことが明らかとなった。そこで、今年度、トータルの取量が数百や数千個でも正しく半減期が得られる新たな半減期導出方法を開発し、初めて半減期を求めた6核種を含む全23核種の半減期を求めた。現在、この結果が宇宙での重元素を合成するr過程への影響について議論を進めている。この結果を日本物理学会で発表し、修士論文にまとめ、現在、査読付き投稿論文に発表する準備を進めている。

3. 中性子検出器開発と安定核より中性子が多い窒素18核の β 遅延中性子崩壊研究

安定核より極端に中性子が多い原子核のベータ崩壊は、 Q 値が大きくなり、かつ、娘核の中性子分離エネルギーが小さくなるため、中性子非束縛状態を広い励起エネルギー領域で励起する。そのため、ベータ遅延中性子崩壊時の中性子検出が重要となる。これまで、我々のグループでは、中性子を大型プラスチックシンチレーター検出器で測定し、飛行時間法(TOF法)により中性子のエネルギーを精密に決定してきた。検出器内の集光過程を含めた中性子検出や解析手法の開発を進め、その結果を今年度の修士論文にまとめた。低エネルギー中性子の検出は、検出器の信号の閾値に大きく依存するため、大型の検出器では難しい。そこで、今回、低エネルギー中性子測定に特化した小型中性子検出器を開発した。

この新しい小型中性子検出器の性能テストも兼ねて、窒素18核のベータ遅延中性子崩壊の実験を核物理研究センター(RCNP)で行った。過去の報告では、大型中性子検出器のみで測定されていたため、中性子の分岐比を十分に担う強度の中性子は検出されず、低エネルギー中性子の存在が指摘されていた。今回の実験では、RCNPの不安定核ビームコース(ENコース)で窒素18不安定核ビームを生成した。中性子検出器として、2種類の大型プラスチックシンチレーター(通称:マグロとツナ)、新型の小型中性子検出器(通称:ヒレ)、リチウムガラス検出器を使用し、数十keV程度の低エネルギーから数MeVまでの広いエネルギー範囲をカバーした。さらに、ベータ線用に新しく製作した薄いプラスチックシンチレータ(通称:ノリ)、ガンマ線測定用にゲルマニウム検出器を設置した。ガンマ線とベータ線を区別しながら、かつ、ベータ線のエネルギーを測定できるよう、ノリとゲルマニウム検出器はテレスコープ検出器として使用した。検出器のセットアップの写真を図1.7に示す。新しい小型中性子検出器は性能を発揮し、今回の実験で新しい低エネルギーの中性子ピークを

発見した。簡単な解析結果は、卒業論文にまとめ、詳細な崩壊様式を構築するために現在、解析を進めている。

この実験時に学部2年のオーナー学生が約4時間のビームタイムを使って、窒素18核の半減期測定実験を行った。ビームの照射と非照射の時間を最適化し、不感時間の補正を正確に行った結果、世界最高精度での半減期導出に成功し、その結果をオーナー発表会で発表した。

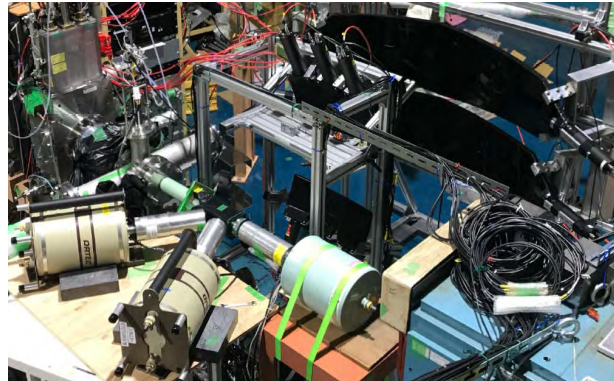
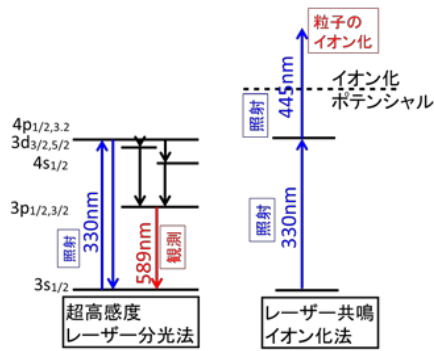


図 1.6: 不安定核原子の準位と 2 種類
の新しいレーザー分光法。

図 1.7: RCNP での窒素 18 核の β 遅延中性子
崩壊実験のセットアップの写真。

学術雑誌に出版された論文

Nuclear structure and β -decay schemes for Te nuclides beyond $N=82$

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

Phys. Rev. C **95** (Iss. 4, April) (2017) 044322 - 1 - 6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.95.044322>).

The role of core excitations in the structure and decay of the 16^+ spin-gap isomer in ^{96}Cd

P.J. Davies, H. Grawe, K. Moschner, A. Blazhev, R. Wadsworth, P. Boutachkov, F. Ameil, A. Yagi^d, H. Baba, T. Back, M. Dewald, P. Doornenbal, T. Faestermann, A. Gengelbach, J. Gerl, R. Gernhaeuser, S. Go, M. Gorska, E. Gregor, T. Isobe, D.G. Jenkins, H. Hotaka, J. Jolie, I. Kojouharov, N. Kurz, M. Lewitowicz, G. Lorusso, L. Maier, E. Merchan, F. Naqui, H. Nishibata^{DC}, D. Nishimura, S. Nishimura, F. Nowacki, N. Pietralla, H. Schaffner, P.-A. Söderström, H.S. Jung, K. Steiger, T. Sumikama, J. Taprogge, P. Thole, N. Warr, H.

Watanabe, V. Werner, Z.Y. Xu, K. Yoshinaga, Y. Zhu
Phys. Lett. B **767** (April) (2017) 474 - 479
(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2017.02.013>).

Observation of new neutron-rich Mn, Fe, Co, Ni, and Cu isotopes in the vicinity of ^{78}Ni

T. Sumikama, S. Nishimura, H. Baba, F. Browne, P. Doornenbal, N. Fukuda, S. Franchoo, G. Gey, N. Inabe, T. Isobe, P.R. John, H.S. Jung, D. Kameda, T. Kubo, Z. Li, G. Lorusso, I. Matea, K. Matsui, P. Morfouace, D. Mengoni, D.R. Napoli, M. Niikura, H. Nishibata^{DC}, A. Odahara^s, E. Sahin, H. Sakurai, P.-A. Soderstrom, G.I. Stefan, D. Suzuki, H. Suzuki, H. Takeda, R. Taniuchi, J. Taprogge, Zs. Vajta, H. Watanabe, V. Werner, J. Wu, Z.Y. Xu, A. Yagi^d, K. Yoshinaga
Phys. Rev. C **95** (Iss. 5, May) (2017) 051601(R) - 1 - 5
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.95.051601>).

Shell Evolution towards ^{78}Ni : Low-Lying States in ^{77}Cu

E. Sahin, F.L. Bello Garrote, Y. Tsunoda, T. Otsuka, G.de Angelis, A. Gorgen, M. Niikura, S. Nishimura, Z.Y. Xu, H. Baba, F. Browne, M.-C. Delattre, P. Doornenbal, S. Franchoo, G. Gey, K. Hadynska-Klek, T. Isobe, P.R. John, H.S. Jung, I. Kojouharov, T. Kubo, N. Kurz, Z. Li, G. Lorusso, I. Matea, K. Matsui, D. Mengoni, P. Morfouace, D.R. Napoli, F. Naqvi, H. Nishibata^{DC}, A. Odahara^s, H. Sakurai, H. Schaffner, P.-A. Söderström, D. Sohler, I.G. Stefan, T. Sumikama, D. Suzuki, R. Taniuchi, J. Taprogge, Z. Vajta, H. Watanabe, V. Werner, J. Wu, A. Yagi^d, M. Yalcinkaya, K. Yoshinaga
Phys. Rev. Lett. **118** (Iss. 24, June) (2017) 242502 - 1 - 6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/physrevlett.118.242502>).

Development of PID Method in Nuclear Emulsion

S. Kinbara, H. Ekawa, T. Fujita^d, S. Hayakawa, S. H. Hwang, Y. Ichikawa, K. Imamura, H. Itoh, H. Kobayashi, R. Murai, K. Nakazawa, M. K. Soe, A. Takamine, A. M. M. Theint, H. Uenoⁱ, and J. Yoshida
JPS Conf. Proc. **17** (June) (2017) 032002 - 1 - 4
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSCP.17.032002>).

In-gas-cell laser spectroscopy of the magnetic dipole moment of the $N \approx 126$ isotope ^{199}Pt

Y. Hirayama, M. Mukai, Y.X. Watanabe, M. Ahmed, S.C. Jeong, H.S. Jung, Y. Kakiguchi, S. Kanaya^{DC}, S. Kimura, J.Y. Moon, T. Nakatsukasa, M. Oyaizu, J.H. Park, P. Schury, A. Taniguchi, M. Wada, K. Washiyama, H. Watanabe, H. Miyatake
Phys. Rev. C **96** (Iss. 1, July) (2017) 014307 - 1 - 10
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.96.014307>).

In-beam γ -ray spectroscopy studies of medium-spin states in the odd-odd nucleus ^{186}Re

D.A. Matters, F.G. Kondev, N. Aoi, Y. Ayyad, A.P. Byrne, M.P. Carpenter, J.J. Carroll, C.J. Chiara, P.M. Davidson, G.D. Dracoulis, Y.D. Fang, C.R. Hoffman, R.O. Hughes, E. Ideguchi, R.V.F. Janssens, S. Kanaya^{DC}, B.P. Kay, T. Kibedi, G.J. Lane, T. Lauritsen, J.W. McClory, P. Nieminen, S. Noji, A. Odahara^s, H.J. Ong, A.E. Stuchbery, D.T. Tran, H. Watanabe, A.N. Wilson, Y. Yamamoto, S. Zhu

Phys. Rev. C **96** (Iss. 1, July) (2017) 014318 - 1 - 7

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.96.014318>).

β -decay scheme of ^{140}Te to ^{140}I : Suppression of Gamow-Teller transitions between the neutron $h_{9/2}$ and proton $h_{11/2}$ partner orbitals

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

Phys. Rev. C **96** (Iss. 1, July) (2017) 014325 -1 - 8

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.96.014325>).

Observation of a γ decaying millisecond isomeric state in $^{128}\text{Cd}_{80}$

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

Phys. Lett. B **772** (July) (2017) 483 - 488

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2017.07.006>).

K selection in the decay of the $(\nu_{\frac{5}{2}}[532] \otimes \frac{3}{2}[411]) 4^-$ isomeric state in ^{102}Zr

F. Browne, A.M. Bruce, T. Sumikama, I. Nishizuka, S. Nishimura, P. Doornenbal, G. Lorusso, P.-A. Söderström, H. Watanabe, R. Daido^m, Z. Patel, S. Rice, L. Sinclair, J. Wu, Z.Y. Xu, A. Yagi^d, H. Baba, N. Chiga, R. Carroll, F. Didierjean, Y. Fang^m, N. Fukuda,

G. Gey, E. Ideguchi, N. Inabe, T. Isobe, D. Kameda, I. Kojouharov, N. Kurz, T. Kubo, S. Lalkovski, Z. Li, R. Lozeva, H. Nishibata^{DC}, A. Odahara^s, Zs. Podolyak, P.H. Regan, O.J. Roberts, H. Sakurai, H. Schaffner, G.S. Simpson, H. Suzuki, H. Takeda, M. Tanaka, J. Taprogge, V. Werner, O. Wieland

Phys. Rev. C **96** (Iss. 2, Aug) (2017) 024309 - 1 - 7

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.96.024309>).

Isomer-delayed γ -ray spectroscopy of $A = 159$ -164 midshell nuclei and the variation of K -forbidden E1 transition hindrance factors

Z. Patel, P.M. Walker, Zs. Podolyak, P.H. Regan, T.A. Berry, P.-A. Söderström, H. Watanabe, E. Ideguchi, G.S. Simpson, S. Nishimura, Q. Wu, F.R. Xu, F. Browne, P. Doornenbal, G. Lorusso, S. Rice, L. Sinclair, T. Sumikama, J. Wu, Z.Y. Xu, N. Aoi, H. Baba, F.L. Bello Garrote, G. Benzoni, R. Daido^m, Zs. Dombradi, Y. Fang^m, N. Fukuda, G. Gey, S. Go, A. Gottardo, N. Inabe, T. Isobe, D. Kameda, K. Kobayashi, M. Kobayashi, T. Komatsubara, I. Kojouharov, T. Kubo, N. Kurz, I. Kuti, Z. Li, M. Matsushita, S. Michimasa, C.-B. Moon, H. Nishibata^{DC}, I. Nishizuka, A. Odahara^s, E. Sahin, H. Sakurai, H. Schaffner, H. Suzuki, H. Takeda, M. Tanaka, J. Taprogge, Zs. Vajta, A. Yagi^d, R. Yokoyama

Phys. Rev. C **96** (Iss. 3, Sep) (2017) 034305 - 1 - 10

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.96.034305>).

Observation of New Neutron-rich Isotopes among Fission Fragments from In-flight Fission of 345MeV/nucleon ^{238}U : Search for New Isotopes Conducted Concurrently with Decay Measurement Campaigns

Y. Shimizu, T. Kubo, N. Fukuda, N. Inabe, D. Kameda, H. Sato, H. Suzuki, H. Takeda, K. Yoshida, G. Lorusso, H. Watanabe, G.S. Simpson, A. Jungclaus, H. Baba, F. Browne, P. Doornenbal, G. Gey, T. Isobe, Z. Li, S. Nishimura, P.-A. Söderström, T. Sumikama, J. Taprogge, Z. Vajta, J. Wu, Z. Xu, A. Odahara^s, A. Yagi^d, H. Nishibata^{DC}, R. Lozeva, C.-B. Moon, and H.S. Jung

J. Phys. Soc. Jpn. **87** (Iss. 1, Jan) (2018) 014203 - 1 - 10

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.87.014203>).

Development of co-located ^{129}Xe and ^{131}Xe nuclear spin masers with external feedback scheme

T. Sato, Y. Ichikawa, S. Kojima, C. Funayama, S. Tanaka, T. Inoue, A. Uchiyama, A. Gladkov, A. Takamine, Y. Sakamoto, Y. Ohtomo, C. Hirao, M. Chikamori, E. Hikota, T. Suzuki, M. Tsuchiya, T. Furukawa, A. Yoshimi, C. P. Bidinosti, T. Ino, H. Uenoⁱ, Y. Matsuo, T. Fukuyawa, N. Yoshinaga, Y. Sakemi, K. Asahi

Phys. Lett. A **382** (Iss. 8, Feb.) (2018) 588 - 594

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physleta.2017.12.003>).

High-efficiency and low-background multi-segmented proportional gas counter for β -decay spectroscopy

M. Mukai, Y. Hirayama, Y. X. Watanabe, P. Schury, H. S. Jung, M. Ahmed, H. Haba, H. Ishiyama, S. C. Jeong, Y. Kakiguchi, S. Kimura, J.Y. Moon, M. Oyaizu, A. Ozawa, J. H. Park, H. Uenoⁱ, M. Wada, H. Miyatake
Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A **884** (Mar) (2018) 1 - 10
(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2017.12.013>).

国際会議報告等

Nuclear Spectroscopy Laboratory

H. Ueno^{i*}

RIKEN Accel. Prog. Rep. **50** (Oct.) (2017) 456-467.

IXth Lepton-Photon Conf. (Aug. 1965, 参加者数約 50 名).

国際会議における講演等

Beta decay isomers and Analysis of halflives in A~140 neutron rich nuclei

H. Muhammad^{m*}

The 16th CNS Int. Summer School (CNSS17), Tokyo, Japan, Aug. 23-29, 2017, 参加者数約 50 名

Study of the nuclear structure in the neutron-rich isotope ^{141}Xe

H. Umehara^{m*}

The 16th CNS Int. Summer School (CNSS17), Tokyo, Japan, Aug. 23-29, 2017, 参加者数約 50 名

Development of a new neutron detector for the study of neutron-rich nuclei

S. Suzuki^{m*}

The 16th CNS Int. Summer School (CNSS17), Tokyo, Japan, Aug. 23-29, 2017, 参加者数約 50 名

Efficiency of EURICA for low-energy γ -ray by using Geant4 (poster)

S. Iimura^{m*}

The 16th CNS Int. Summer School (CNSS17), Tokyo, Japan, Aug. 23-29, 2017, 参加者数約 50 名

Study of shape coexistence and shape evolution by using RI beam combined with CAGRA and RCNP tracking Ge detector

A. Odahara^{s*}

Int. Workshop on “Physics Opportunities using CAGRA and RCNP tracking Ge detector” (CAGRA17), Osaka, Japan, Oct. 10-12, 2017, 参加者数約 75 名

Nuclear moment and shell model

H. Ueno^{i*} (invited)

Ito International Research Center (IIRC) Symposium – Perspective of the physics of nuclear structure –, Tokyo, Japan, Nov. 1-4, 2017, 参加者数約 100 名

Spectroscopy of neutron unbound states in ^{31}Mg and shape coexistence in low excitation energy region (poster)

S. Kanaya^{DC*}

Ito International Research Center (IIRC) Symposium - Perspective of the physics of nuclear structure - , Tokyo, Japan, Nov. 1 - 4, 2017, 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

β -decay isomer をプローブとする $A \sim 140$ 中性子過剰核の構造研究

ムハマド・ハルーン^{m*}, 八木彩祐未^d, 小田原厚子^s, 西村俊二, J. Wu, R. Lozeva, C.-B. Moon, 方一帆^m, 大道理恵^m, 西畑洸希^{DC}, 金岡裕志^m, P. Lee, 下田正^s, P. Doornenbal, G. Lorusso, 炭竈聡之, 渡辺寛, P.A. Söderström, F. Brown, H. Z.Y. Xu, 横山輪, 磯部忠昭, 馬場秀忠, 櫻井博儀, 鈴木宏, 稲辺尚人, 亀田大輔, 福田直樹, 竹田浩之, 安得順, 清水陽平, 佐藤広海, 久保敏幸, 石垣知樹^m, 森本翔太^m, 井手口栄治, 小松原哲郎, 新倉潤, 西塚一平, and the EURICA collaborators

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 – 9 月 15 日)

中性子過剰核 ^{31}Mg の中性子非束縛状態における変形共存探索

金谷晋之介^{DC*}, 下田正^s, 小田原厚子^s, 西畑洸希^{DC}, 森本翔太^m, 八木彩祐未^d, 金岡裕志^m, 河村嵩之^m, M. Pearson, C.D.P. Levy

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 – 9 月 15 日)

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

清水俊^{s*}, 堀江圭都, 伊藤博士, 今里純, 五十嵐洋一 for the J-PARC E36 collaboration

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 – 9 月 15 日)

Shape coexistence; New isomer in ^{140}I and low-lying vibrational bands in ^{140}Xe

(ポスター)

八木彩祐未 ^{d*}

基礎科学研究者養成プロジェクトおよび大学院オーナー特別コース履修生研究成果発表会（於
大阪大学、2018年3月16日）

中性子過剰な原子核 ^{32}Na 及び ^{31}Mg の構造研究 (ポスター)

金谷晋之介 ^{DC*}

基礎科学研究者養成プロジェクトおよび大学院オーナー特別コース履修生研究成果発表会（於
大阪大学、2018年3月16日）

1.4 核物質学研究グループ

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 放射性核やミューオン、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する研究を行っている。

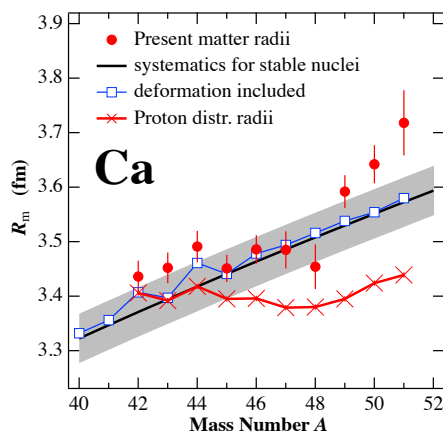


図 1.8: Ca 同位体の核物質半径

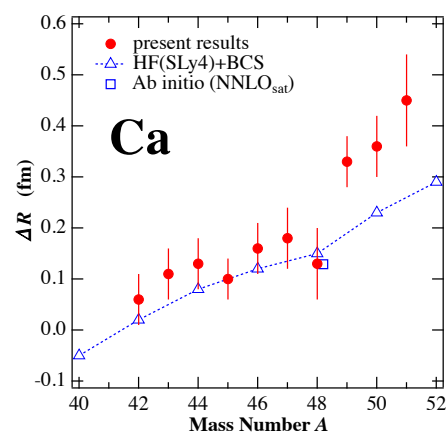


図 1.9: Ca 同位体の中性子スキンの厚さ

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中性子数/陽子数比の関数として求める研究を進めている。2016年11月に、そのための実験を理研 RIBF にて核子当たり 350 MeV に加速された ^{238}U ビームの飛行核分裂反応を用いて行った。得られた $^{42-51}\text{Ca}$ 同位体の核半径を質量数に対してプロットしたものを図 1.8 の黒(赤)丸に示す。黒太実線およびグレーの領域が安定核の系統性を示しており、 $^{42-48}\text{Ca}$ はこの系統性によく一致している。しかし、 $^{49-51}\text{Ca}$ は急激にこの系統性に対して増加する傾向を見せており興味深い。電気四重極モーメントや E2 遷移確率から求められる変形度を仮定した計算値が白四角であり、 $^{42,44}\text{Ca}$ あたりの小さな増加は説明するものの、 $^{49-51}\text{Ca}$ の急激な増加は全く説明できていない。この増加は定性的には二重閉殻である ^{48}Ca を越えたところで、急に半径の振る舞いに変化する一種の殻効果と考えられるが、単一粒子モデルなどでは定量的な説明は全く不可能である。図 1.8 の×印がアイソトープシフト実験による既知の陽子分布半径であるが、これと比べても中性子を含む核半径は急激に質量数 49 以上で増加していることがわかる。これらの差から求めた中性子スキン厚を図 1.9 に示す。こちらにも ^{48}Ca での折れ曲がりが見えはつきりと見えているが、白三角で示される理論計算値はこれを定量的には説明できていない。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

たのは本研究の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の基本的部分に関わる可能性があり興味深い。この核構造の理解が進むと、状態方程式に関する情報も信頼性高く導出できると考えている。

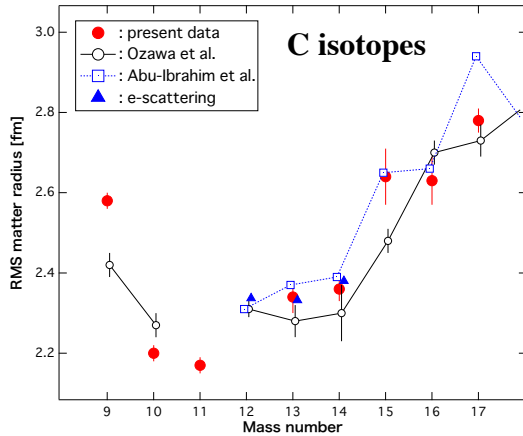


図 1.10: C 同位体の核半径と他の実験・理論値

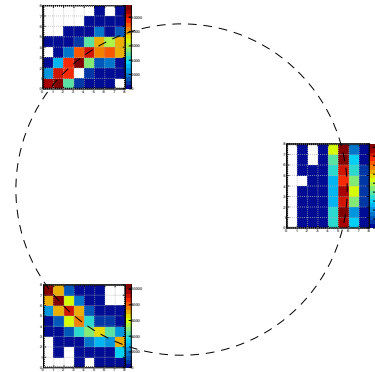


図 1.11: RICH により検出されたチェレンコフ光リング (^{132}Xe 420A MeV)

また、放医研 HIMAC における反応断面積の高精度測定実験で B, C 同位体の核子・陽子・中性子密度分布の決定を系統的に行った。その結果得られた、C 同位体の核半径を図 1.10 の黒 (赤) 丸に示す。 $^{13,14}\text{C}$ では電子散乱により求められた陽子分布半径とよく一致している。高エネルギー ($\sim 1\text{A GeV}$) における測定値 (白丸) と $^{9,15}\text{C}$ 以外では概ね一致している。 $^{9,15}\text{C}$ で本研究の値が大きくなっているのは、陽子・中性子結合エネルギーが小さいことに依るハロー構造がこれらの核には存在し、そのため本研究における低核子密度への高感度性が発揮できているためと考えられる。

ドイツなど世界の数カ所で建設中の次世代不安定核ビーム実験施設における、より先進的な実験手法を開発するために、先端的重イオン検出器の開発も行っている。その一つとして挙げられるのが、重イオン用リングイメージングチェレンコフ検出器 (RICH) である。平成 29 年度には、 8×8 MPPC (Multi-Pixel Photon Counter) アレイを 3 台用いてテスト測定を放医研にて行ったところ、図 1.11 に示すようにチェレンコフ光リングの観測に成功し、粒子速度 β の分解能 $\delta\beta/\beta = 0.05\%$ という超高分解能を達成することができた。

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。

四重極モーメントを持たない核スピン $I = 1/2$ の β -NMR プローブ核を用いることにより、線幅の狭い NMR スペクトル得られ、精密化学シフト測定が期待できる。これを旨し、短寿命核 ^{15}C ($I = 1/2, T_{1/2} = 2.449\text{ s}$) および ^{17}N ($I = 1/2, T_{1/2} = 4.173\text{ s}$) の β -NMR 測定を行った。核子当たり 70 MeV の ^{15}N および ^{18}O ビームを用いて、それぞれ Be ($^{15}\text{N}, ^{15}\text{C}$) X 荷電交換反応により ^{15}C を、Be ($^{18}\text{O}, ^{17}\text{N}$) X 入射核破碎反応により ^{17}N を生成した。収量およびグラフィット試料中で観測した偏極と相対運動量の関係を図 1.12 に示す。 ^{15}C は運動量分布のピークに対し低運動量側で、 ^{17}N は高運動量側で有意な偏極が観測され、収量はそれぞれ約 30 particles per second (pps) および 2k pps であった。 ^{17}N については

図 1.13 に示すように液体試料の H_2O および ニトロメタン (CH_3NO_2) 中の NMR スペクトルを測定した。この結果磁気モーメント $|\mu[^{17}\text{N}]| = (0.3537 \pm 0.0001) \mu_N$ が得られ、過去の測定値よりも 4 倍高い精度で決定することに成功した。また室温での H_2O 中 ^{17}N の T_1 の下限値として 14 s が得られ、 ^{12}N で得られた数十 ms に比べ非常に長いことが示された。

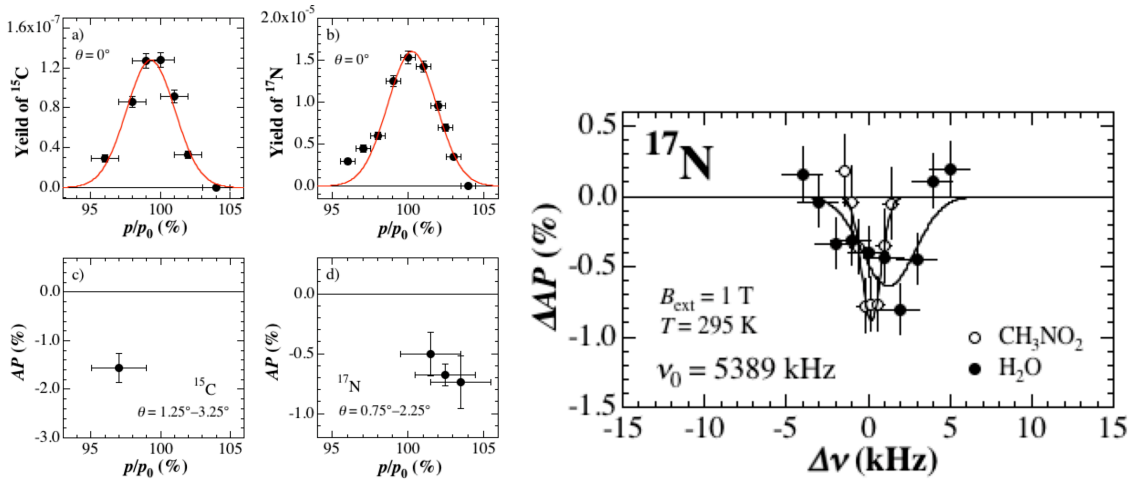


図 1.12: $^{15,17}\text{C}$ の収量・核偏極の運動量依存性

図 1.13: ^{17}N の β -NMR スペクトル

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low、一様性の良い磁場中でラムゼー共鳴を行なうため、地磁気など環境磁場をできる限り遮蔽しなければならない。このため、3次元コイルによる磁場の自動補償を行った上、多重の磁気シールドでゼロ磁場を実現する。今年度、平均磁場と磁場勾配の両方を同時に補償できる $(2\text{m})^3$ の補償システムのプロトタイプを製作し、1次元の自動補償性能をテストした。その結果、図 1.14 に示すとおり中心付近で地磁気の 1/50 以下と良好な結果が得られた。

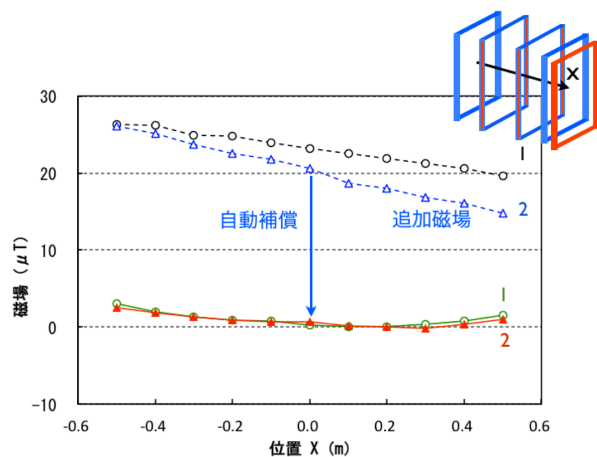


図 1.14: 磁場自動補償システム (1次元) のテスト結果

学術雑誌に出版された論文

Development of high resolution TOF detector for RI beams using Cherenkov radiation

E. Miyata, M. Takechi, T. Ohtsubo, M. Fukuda^s, D. Nishimura, K. Abe, K. Aoki, A. Ikeda, T. Izumikawa, H. Oikawa, K. Onishi^m, S. Ohmika, I. Kato, Y. Kanke, N. Kanda, K. Kanbe^b, H. Kikuchi, A. Kitagawa, S. Sato, H. Shimamura, J. Shimaya^b, S. Suzuki, T. Suzuki, R. Takagaki, H. Takahashi, Y. Takei, Y. Takeuchi, T. Takenouchi, N. Tadano, M. Tanaka^{DC}, Y. Tanaka^m, K. Chikaato, H. Du^m, J. Nagumo, K. Nishizuka, T. Nishimura, S. Fukuda, M. Machida, A. Mizukami, M. Mihara^s, J. Muraoka, S. Yagi^m, S. Yamaoka^m, T. Yamaguchi, K. Yokoyama

Acta Physica Polonica B **48** (Mar.) (2017) 409–414

(<http://dx.doi.org/doi:10.5506/APhysPolB.48.409>).

Reaction cross sections for $^{13-15}\text{B}$ and one-neutron halo in ^{14}B

M. Tanaka^{DC}, M. Fukuda^s, D. Nishimura, M. Takechi, S. Suzuki, H. Du^m, Y. Tanaka^m, K. Aoki, S. Fukuda, A. Honma, T. Izumikawa, Y. Kamisho^m, N. Kanda, I. Kato, Y. Kanke, A. Kitagawa, J. Kohno, M. Machida, K. Matsuta^s, M. Mihara^s, E. Miyata, Y. Morita^m, J. Muraoka, D. Murooka, T. Nagai, M. Nagashima, K. Onishi^m, J. Ohno^m, T. Ohtsubo, H. Oikawa, S. Sato, H. Shimamura, T. Sugihara^m, T. Suzuki, N. Tadano, R. Takagaki, Y. Takei, A. Takenouchi, S. Yagi^m, T. Yamaguchi, S. Yamaki, S. Yamaoka^m

Acta Physica Polonica B **48** (Mar.) (2017) 461–466

(<http://dx.doi.org/doi:10.5506/APhysPolB.48.461>).

Nuclear structure of $^{15,16}\text{C}$ via reaction cross-section measurements

H. Du^m, M. Fukuda^s, D. Nishimura, M. Takechi, T. Suzuki, Y. Tanaka^m, I. Kato, M. Tanaka^{DC}, K. Abe, T. Izumikawa, H. Oikawa, T. Ohtsubo, J. Ohno^m, Y. Kanke, H. Kikuchi, A. Kitagawa, S. Sato, U. Sayama, J. Shimaya^b, S. Suzuki, Y. Takeuchi, T. Takemoto, N. Tadano, R. Tamura, J. Nagumo, K. Nishizuka, S. Fukuda, K. Hori, S. Matsunaga, A. Mizukami, M. Mihara^s, E. Miyata, D. Murooka, S. Yamaoka^m, T. Yamaguchi

Acta Physica Polonica B **48** (Mar.) (2017) 473–479

(<http://dx.doi.org/doi:10.5506/APhysPolB.48.473>).

Simultaneous investigation of the $T = 1(J^\pi) = 0^+$ and $T = 1(J^\pi) = 9^+$ β decays in ^{70}Br

A. I. Morales, A. Algora, B. Rubio, K. Kaneko, S. Nishimura, P. Aguilera, S. E. A. Orrigo, F. Molina, G. de Angelis, F. Recchia, G. Kiss, V. H. Phong, J. Wu, D. Nishimura, H. Oikawa, T. Goigoux, J. Giovinazzo, P. Ascher, J. Agramunt, D. S. Ahn, H. Baba, B. Blank, C. Borcea, A. Boso, T. Goigoux, J. Giovinazzo, P. Ascher, J. Agramunt, D. S. Ahn, H. Baba, B. Blank, C. Borcea, A. Boso, P. Davies, F. Diel, Zs. Dombrádi, P. Doornenbal, J. Eberth, G. de France, Y. Fujita, N. Fukuda, E. Ganioglu, W. Gelletly, M. Gerbaux, S.

Grévy, V. Guadilla, N. Inabe, T. Isobe, I. Kojouharov, W. Korten, T. Kubo, S. Kubono, T. Kurtukián Nieto, N. Kurz, J. Lee, S. Lenzi, J. Liu, T. Lokotko, D. Lubos, C. Magron, A. Montaner-Pizá, D. R. Napoli, H. Sakurai, H. Schaffner, Y. Shimizu, C. Sidong, P.-A. Söderström, T. Sumikama, H. Suzuki, H. Takeda, Y. Takei, M. Tanaka^{DC}, and S. Yagi^m
 Physical Review C **95** (April) (2017) 064327 1–11
<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.95.064327>).

β -NMR の基礎と物質研究の新展開

三原 基嗣^s

表面科学 **38** (4号, Apr.) (2017) 188–193

<http://dx.doi.org/doi:10.1380/jsssj.38.188>).

Chemical reactions of localized Fe atoms in ethylene and acetylene matrices at low temperatures using in-beam Mössbauer spectroscopy

Y. Kobayashi, Y. Yamada, M.K. Kubo, M. Mihara^s, W. Sato, J. Miyazaki, T. Nagatomo, K. Takahashi, S. Tanigawa, Y. Sato, D. Natori, M. Suzuki, J. Kobayashi, S. Sato, A. Kitagawa

Hyperfine Interactions **239** (Feb.) (2018) 18 1–9

<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s10751-018-1494-2>).

μ SR study on hydrogen behavior in palladium

M. Mihara^s, H. Araki, M. Mizuno, K. Shimomura, W. Higemoto, K. Atsushi, M. Kondo, Y. Tanaka, K. Sugita, T. Matsuzaki, R. Kadono, W. Sato, T. Nakano^s, T. Fukuda
 JPS Conf. Proc. **21** (Mar.) (2018) 011031 1–5

<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSCP.21.011031>).

国際会議報告等

Measurements of radiative capture cross sections at Big Bang energies

M. Tanaka^{DC*}, M. Fukuda^s, Y. Tanaka^m, H. Du^m, K. Onishi^m, S. Yagi^m, T. Sugihara^m, T. Hori^b, S. Nakamura^b, R. Yanagihara^b, K. Matsuta^s, M. Mihara^s, D. Nishimura, S. Iwakiri, S. Kambayashi^b, S. Kunimatsu, H. Sakakibara, S. Yamaoka^m

JPS Conf. Proc. **14** (Feb.) (2017) 020106 1–3.

The 14th International Symposium on Nuclei in the Cosmos (NIC-XIV) June 2016, 200).

Measurements of Interaction Cross Sections for ^{19–27}F Isotopes

A. Homma^{*}, M. Takechi, T. Ohtsubo, D. Nishimura, M. Fukuda^s, T. Suzuki, T. Yamaguchi, T. Kuboki, A. Ozawa, S. Suzuki, H. Ooishi, T. Moriguchi, T. Sumikama, H. Geissel, N. Aoi, R.-J. Chen, D.-Q. Fang, N. Fukuda, S. Fukuoka, H. Furuki, N. Inaba,

N. Ishibashi, T. Ito, T. Izumikawa, D. Kameda, T. Kubo, M. Lantz, C. S. Lee, Y.-G. Ma, M. Mihara^s, S. Momota, D. Nagae, R. Nishikiori, T. Niwa, T. Ohnishi, K. Okumura, T. Ogura, M. Nagashima, H. Sakurai, D. Sato, Y. Shimbara, H. Suzuki, H. Takeda, S. Takeuchi, K. Tanaka, H. Uenishi^m, M. Winkler, Y. Yanagisawa
JPS Conf. Proc. **14** (Feb.) (2017) 021010 1–3.

The 14th International Symposium on Nuclei in the Cosmos (NIC-XIV) June 2016, 200).

Measurements of Reaction Cross Sections for ^{9–11}C

K. Nishizuka*, M. Takechi, T. Ohtsubo, D. Nishimura, M. Fukuda^s, K. Aoki, K. Abe, A. Ikeda, T. Izumikawa, H. Oikawa, K. Onishi^m, J. Ohno^m, S. Ohmika, I. Kato, Y. Kanke, K. Kanbe^b, N. Kanda, H. Kikuchi, A. Kitagawa, S. Sato, U. Sayama, J. Shimaya^b, T. Sugihara^m, S. Suzuki, T. Suzuki, H. Takahashi, Y. Taguchi, Y. Takei, Y. Takeuchi, A. Takenouchi, T. Takemoto, N. Tadano, M. Tanaka^{DC}, Y. Tanaka^m, K. Chikaato, H. Du^m, T. Nagai, J. Nagumo, S. Fukuda, K. Hori, A. Honma, M. Machida, S. Matsunaga, A. Mizukami, M. Mihara^s, E. Miyata, D. Murooka, S. Yagi^m, S. Yamaoka^m, T. Yamaguchi, K. Yokoyama

JPS Conf. Proc. **14** (Feb.) (2017) 021015 1–3.

The 14th International Symposium on Nuclei in the Cosmos (NIC-XIV) June 2016, 200).

Development of cosmic-ray muon spin rotation radiography to investigate chemical and physical states of steels in large-scale architecture

T. Fujimaki*, K. Nagamine, E. Torikai, I. Shiraki, S. Saito, M. Mihara^s, A.D. Pant

Proceedings of Science (ICRC2017) **301** (Aug.) (2017) 221 1–8.

35th International Cosmic Ray Conference (ICRC2017) (July 2017, 400).

国際会議における講演等

μ SR study on hydrogen behavior in palladium (poster)

M. Mihara^{s*}, H. Aralki, M. Mizuno, K. Shimomura, W. Higemoto, A. Kobayashi, M. Kondo, Y. Tanaka, K. Sugita, T. Matsuzaki, R. Kadono, W. Sato, T. Nakano^s, T. Fukuda
The 14th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation and Resonance (μ SR2017), (at Sapporo, Japan, June 25-30, 2017, 参加者数約 200 名)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

Z = 20 および 28 近傍領域の核子ピックアップ断面積

福田 光順^{**}, 田中 聖臣^{DC}, 武智麻耶, 本間彰, 神田直人, 鈴木健, 西村太樹, 森口哲朗, 安得順, A.S. Aimaganbetov, 天野将道, 荒川裕樹, S. Bagchi, K.-H. Behr, N. Burtebayev, 親跡

和弥, 杜航^m, 藤井朋也, 福田直樹, H. Geissel, 堀太地^b, 星野寿春, 伊五澤涼, 池田彩夏, 稲辺尚人, 猪股玖美, 板橋健太, 泉川卓司, 上岡大起, 加藤郁磨, I. Kenzhina, Z. Korkulu, Ye. Kuk, 日下健祐, 松多健策^s, 三原基嗣^s, 宮田恵理, 長江大輔, 中村翔健^b, M. Nassurlla, 西室国光, 西塚賢治, 大甕舜一朗, 大西康介^m, 大竹政雄, 大坪隆, 王恵仁, 小沢顕, A. Prochazka, S.K. Sakhiyev, 櫻井博儀, C. Scheidenberger, 清水陽平, 杉原貴信^m, 炭竈聡之, 鈴木伸司, 鈴木宏, 竹田浩之, 田中悠太郎^m, 田中良樹, 谷畑勇夫, 和田太郎, 若山清志, 八木翔一^m, 山口貴之, 柳原陸斗^b, 柳澤善行, 吉田光一, T.K. Zholdybayev

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

Z = 20 および 28 近傍領域の荷電変化断面積測定

田中聖臣^{DC*}, 武智麻耶, 本間彰, 福田光順^s, 神田直人, 鈴木健, 西村太樹, 森口哲朗, 安得順, A.S. Aimaganbetov, 天野将道, 荒川裕樹, S. Bagchi, K.-H. Behr, N. Burtebayev, 親跡和弥, 杜航^m, 藤井朋也, 福田直樹, H. Geissel, 堀太地^b, 星野寿春, 伊五澤涼, 池田彩夏, 稲辺尚人, 猪股玖美, 板橋健太, 泉川卓司, 上岡大起, 加藤郁磨, I. Kenzhina, Z. Korkulu, Ye. Kuk, 日下健祐, 松多健策^s, 三原基嗣^s, 宮田恵理, 長江大輔, 中村翔健^b, M. Nassurlla, 西室国光, 西塚賢治, 大甕舜一朗, 大西康介^m, 大竹政雄, 大坪隆, 王恵仁, 小沢顕, A. Prochazka, S.K. Sakhiyev, 櫻井博儀, C. Scheidenberger, 清水陽平, 杉原貴信^m, 炭竈聡之, 鈴木伸司, 鈴木宏, 竹田浩之, 田中悠太郎^m, 田中良樹, 谷畑勇夫, 和田太郎, 若山清志, 八木翔一^m, 山口貴之, 柳原陸斗^b, 柳澤善行, 吉田光一, T.K. Zholdybayev

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

陽子ターゲットによる高スピン偏極 ¹²N ビームの生成とその応用

杉原貴信^{m*}, 三原基嗣^s, 松多健策^s, 西村太樹, 福田光順^s, 矢口雅貴^m, 岩本昂大^m, 若林優^m, 大野淳一^m, 上庄康斗^m, 森田祐介^m, 田中聖臣^{DC}, 大西康介^m, 八木翔一^m, 南園忠則ⁱ, 泉川卓司, 大坪隆, 長島正幸, 酒井拓, 阿部康介, 小沢顕, 丹羽崇博, 阿部康志, 石橋陽子, 長友傑, 北川敦志, 佐藤眞二, 金沢光隆, 取越正巳, 久保謙哉, 百田佐多生

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

中性子 EDM 測定のための一様静磁場の開発 (4)

松多健策^{s*}, UCN グループ

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

中性子 EDM 測定のための ¹²⁹Xe 核スピン磁力計の開発 X

三原基嗣^{s*}, 増田康博, 松多健策^s

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

Ca 同位体の中性子スキン厚

田中聖臣^{DC*}, 武智麻耶, 本間彰, 鈴木健, 田中悠太郎^m, 福田光順^s, 西村太樹, 森口哲朗, 安得順, A.S. Aimaganbetov, 天野将道, 荒川裕樹, S. Bagchi, K.-H. Behr, N. Burtebayev, 親跡和弥, 杜航^m, 藤井朋也, 福田直樹, H. Geissel, 堀太地^b, 星野寿春, 伊五澤涼, 池田彩

夏, 稲辺尚人, 猪股玖美, 板橋健太, 泉川卓司, 上岡大起, 神田直人, 加藤郁磨, I. Kenzhina, Z. Korkulu, Ye. Kuk, 日下健祐, 松多 健策^s, 三原 基嗣^s, 宮田恵理, 長江大輔, 中村 翔健^b, M. Nassurlla, 西室国光, 西塚賢治, 大甕舜一朗, 大西 康介^m, 大竹政雄, 大坪隆, 王恵仁, 小沢顕, A. Prochazka, 櫻井博儀, C. Scheidenberger, 清水陽平, 杉原 貴信^m, 炭竈聡之, 鈴木伸司, 鈴木宏, 竹田浩之, 田中良樹, 谷畑勇夫, 和田太郎, 若山清志, 八木 翔一^m, 山口貴之, 柳原 陸斗^b, 柳澤善行, 吉田光一, T.K. Zholdybayev

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

中性子過剰軽核の中性子剥離断面積

福田 光順^{s*}, 武智麻耶, 大西 康介^m, 西村太樹, 杉原 貴信^m, 八木 翔一^m, 三原 基嗣^s, R. Kehl, 田中 聖臣^{DC}, 松多 健策^s, 本間彰, 池田彩夏, 神田直人, 親跡和弥, 山口滉太, 富田瑞樹, 茂住圭一, 降幡瑞貴, 宮瀬巧, 大坪隆, 鈴木健, 藤居朋也, 横田健次郎, 坂上護, 山口貴之, 町田聖寛, 泉川卓司, 福田茂一, 佐藤眞二, 北川敦志

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

中性子 EDM 測定のための一様静磁場の開発 (5)

松多 健策^{s*}, UCN グループ

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

中性子 EDM 測定のための ^{129}Xe 核スピン磁力計の開発 XI

三原 基嗣^{s*}, 増田康博, 松多 健策^s

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

ミュオンスピン回転／緩和法によるパラジウム中残留水素の観察

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^s, 福田隆

第14回 水素量子アトミクス研究会 (於 高エネ研、2017年12月8日 - 12月9日)

炭素 9 の β -NMR

杉原 貴信^{m*}, 三原 基嗣^s, 松多 健策^s, 福田 光順^s, 田中 聖臣^{DC}, 大西 康介^m, 八木 翔一^m, 南園 忠則ⁱ, 泉川卓司, 大坪隆, 本間彰, 北川敦志, 佐藤眞二, 百田佐多生

平成 29 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 IV」(於 京大原子炉、2017年12月20日 - 12月21日)

(p, n) 逆運動学反応によるスピン偏極 ^{12}N ビーム生成機構

三原 基嗣^{s*}, 杉原 貴信^m, 松多 健策^s, 福田 光順^s, 矢口 雅貴^m, 岩本 昂大^m, 若林 優^m, 大野 淳一^m, 上庄 康斗^m, 森田 祐介^m, 田中 聖臣^{DC}, 大西 康介^m, 八木 翔一^m, 南園 忠則ⁱ, 西村太樹, 泉川卓司, 大坪隆, 長島正幸, 酒井拓, 阿部康介, 小沢顕, 丹羽崇博, 阿部康志, 石橋陽子, 長友傑, 北川敦志, 佐藤眞二, 金沢光隆, 取越正己, 久保謙也, 百田佐多生

平成 29 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 IV」(於 京大原子

炉、2017年12月20日 - 12月21日)

スピン 1/2 のベータ NMR プローブ核 ^{15}C , ^{17}N の開発

南園 忠則 ^{i*}, 三原 基嗣 ^s, 松多 健策 ^s, 福田 光順 ^s, 田中 聖臣 ^{DC}, 杉原 貴信 ^m, 大西 康介 ^m,
八木 翔一 ^m, 泉川卓司, 大坪隆, 本間彰, 北川敦志, 佐藤眞二, 百田佐多生
平成 29 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 IV」(於 京大原子
炉、2017年12月20日 - 12月21日)

反応断面積で探る核構造 -逆転の島領域の核変形と中性子ハロー-

福田 光順 ^{s*}

八尋正信教授退職記念研究会「これまでの原子核物理学の潮流と今後の展望」(於 九州大学、
2018年3月16日)

1.5 山中（卓）グループ

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物理を探ることである。2013 年に初めての物理データを取得し、その後ビーム強度を上げ、測定器やデータ収集システムの改良を重ねながらデータを収集し、解析を進めている。今年度は 4-6 月と 1-2 月にデータを収集した。阪大グループは今年度、電磁カロリメータの改良のための準備を中心に行った。

背景事象の一つとして、ビームの外側に漏れ出した中性子が直接電磁カロリメータに当たり、あたかも 2 つのガンマ線のように見えるものがある。この背景事象を抑制するために、長さ 50 cm の CsI 結晶約 2700 本からなる電磁カロリメータに中性子とガンマ線の識別能力を与える。具体的には、CsI 結晶の上流側に半導体光検出器 (MPPC) を接着し、現存の下流側の光電子増倍管と信号の時間差を測定する。この時間差は、CsI 結晶内での粒子の反応の深さに対応する。ガンマ線は CsI 結晶の上流部で反応するのに対し、中性子の反応の深さはほぼ一様に分布するため、両者を識別できる。

このために MPPC の読み出し回路 [佐藤]、高電圧コントロール回路などを開発し [原]、12 本の結晶に MPPC を取り付けたものを、東北大学の陽電子ビームに当てて実証試験を行った (図 1.15) [南條、小寺、清水、佐藤、西宮、原、真利、山中]。これにより、ほぼ期待通りの性能が出ることを示した。また 2016 年度に RCNP で中性子を当てた実験のデータを解析し、性能評価も行った [西宮]。また、大量の MPPC を石英の平板を介して CsI 結晶に着実に接着する方法と、MPPC を大量に検査する方法も確立し [小寺、清水]、大量生産に入っている (図 1.16, 1.17)。2017 年 7 月から、J-PARC での現場での取り付け作業を行う。

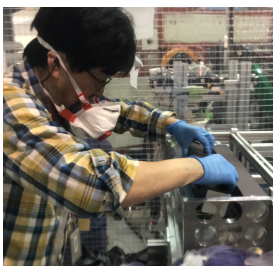


図 1.15: 東北大学でのビームテスト。

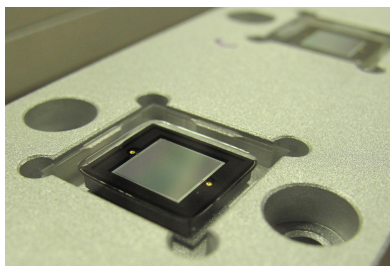


図 1.16: 25 mm 角結晶用に接着中の石英板と MPPC。

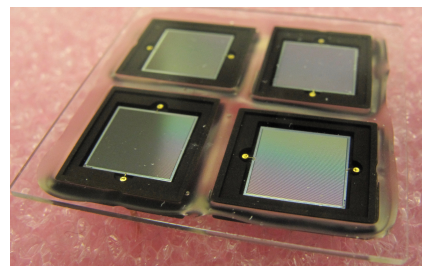


図 1.17: 50 mm 角結晶用に 1 枚の石英板に接着した 4 個の MPPC。

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の標準理論を越える物理の探索、及び発見された Higgs 粒子の性質解明である。2017 年度は、4 年間の Run2 データ取得期間の 3 年目となり、安定にデータ取得を進めた。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も予定している。

- 物理データ解析

- Higgs 粒子対生成事象探索 [矢島]: 終状態に 4 つの b クォークと 2 つのジェットを含む事象について、新たな解析手法を開発し、新物理の探索感度を評価した。
- $H \rightarrow \tau\tau$ 解析 [廣瀬]: ヒッグスボソンがタウ粒子対に崩壊する事象の探索を行っている。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た。2015 年、2016 年のデータを用いた解析結果が公表間近である。

- 現行 ATLAS 実験の運用、データ取得の他、以下の開発、研究

- オンラインデータ監視ツールの改良 [廣瀬]: データ取得の際、シリコンストリップ検出器の挙動を監視するツールの改良を行った。
- 放射線ダメージの影響評価 [南條]: シリコンストリップ検出器について、センサー温度の新たな評価方法を提案し、放射線ダメージの評価を進めた。

- HL-LHC に向けた開発

開発を進めている HL-LHC での新型ピクセル型シリコン飛跡検出器は、加速器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 [山元、大西、廣瀬、南條]: 昨年度のビーム試験データを解析し、検出器をビーム方向に対して傾け、ストリップ間に電荷を分配することによって位置精度が向上することを示した (図 1.18)。2017 年度も本検出器を活用しビーム試験を行った。
- ASIC 高速データ読み出しシステムの開発 [澤田、廣瀬、南條]: 新型ピクセルセンサーでは、ASIC あたり 5Gbps でのデータ出力を予定。FPGA をもちいた試験システム構築を進め、要求を満たす PC へのデータ転送速度を達成した (図 1.19)。
- 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、メモリーに転送することで、Linux OS の載ったプロセッサ側から直接データにアクセスする。この設計、実装を進め、メモリーへのデータ転送、プロセッサからのアクセス速度など、基礎性能を評価した。

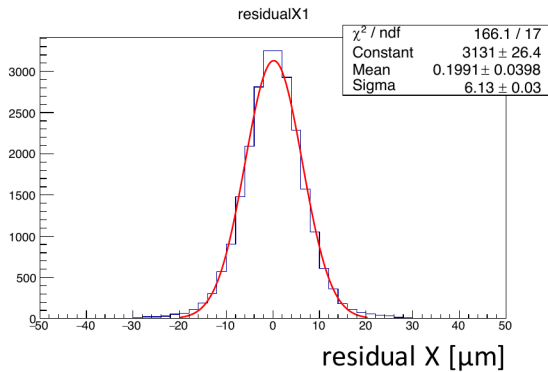


図 1.18: 飛跡再構成用検出器位置分解能。多重散乱の寄与を差し引き単体で $5\mu\text{m}$ を達成。

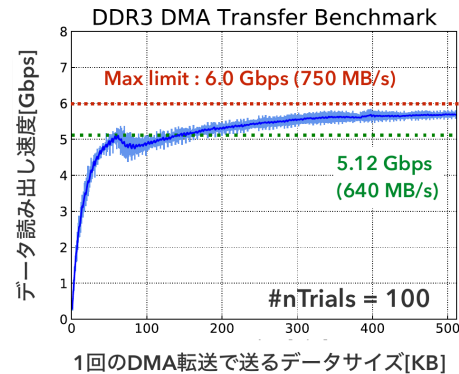


図 1.19: 試験用データ収集システムのデータ転送速度。5.12Gbps を超え要求を満たす。

学術雑誌に出版された論文

A neutral-beam profile monitor with a phosphor screen and a high-sensitivity camera for the J-PARC KOTO experiment

T. Matsumura, I. Kamiji, K. Nakagiri, H. Nanjo^s, T. Nomura, N. Sasao, T. Shinkawa, and K. Shiomi

Nucl. Instrum. Methods A **885** (Dec.) (2017) 91-97

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2017.12.019>).

The Data Acquisition System of the KOTO Experiment and the RCE Platform Technology Upgrade

S. Su, ..., Y. Sugiyama^d, *et al.*

IEEE Trans. Nucl. Sci. **64** (Apr.) (2017) 1338-1345

(<http://dx.doi.org/doi:10.1109/TNS.2017.2694040>).

Search for additional heavy neutral Higgs and gauge bosons in the ditau final state produced in 36 fb^{-1} of pp collisions at $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$ with the ATLAS detector

The ATLAS Collaboration, including M. Hirose^s, N. Ishijima^d, J. Teoh^d

J. High Energy Phys. **01** (Jan.) (2018) 055 1-53

([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP01\(2018\)055](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP01(2018)055)).

Evidence for the $H \rightarrow b\bar{b}$ decay with the ATLAS detector

The ATLAS Collaboration, including M. Hirose^s, N. Ishijima^d, J. Teoh^d

J. High Energy Phys. **12** (Dec.) (2017) 024 1-69

([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP12\(2017\)024](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP12(2017)024)).

Study of the material of the ATLAS inner detector for Run 2 of the LHCThe ATLAS Collaboration, including M. Hirose^s, N. Ishijima^d, J. Teoh^dJ. Instrum. **12** (Dec.) (2017) P12009 1-57(<http://dx.doi.org/doi:10.1088/1748-0221/12/12/P12009>).**Performance of the ATLAS Track Reconstruction Algorithms in Dense Environments in LHC Run 2**The ATLAS Collaboration, including M. Hirose^s, N. Ishijima^d, J. Teoh^dThe European Physical Journal C **77** (Oct.) (2017) 673 1-30(<http://dx.doi.org/doi:10.1140/epjc/s10052-017-5225-7>).**Construction and response of a highly granular scintillator-based electromagnetic calorimeter**J.Repond, ..., K. Kotera^s *et al.* (The CALICE Collaboration)Nucl. Instrum. Methods A **887** (Jan.) (2018) 150-168(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2018.01.016>).**Measurement of the tau Michel parameters $\bar{\eta}$ and $\xi\kappa$ in the radiative leptonic decay $\tau^- \rightarrow \ell^- \nu_\tau \bar{\nu}_\ell \gamma$** N. Shimizu^{PD} *et al.* (The Belle Collaboration)PTEP **2018** (Issue 2, Feb.) (2018) 023C01 1-26(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/pty003>).

国際会議報告等

Measurement of tau Michelle parametersN. Shimizu^{PD*}Proceedings of Science **304** (Nov.) (2017) 027 1-11.

FPCP 2017 (Flavor Physics and CP violation).

国際会議における講演等

Measurement of tau Michel ParametersN. Shimizu^{PD*} (invited)

FPCP 2017 (Flavor Physics and CP violation) (at Prague, Czech Republic, June 5-9, 2017,

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 MPPC のモニター及び制御システムの開発**

原 宜広 ^{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

日本物理学会 第 73 回年次大会 (2018 年) (於 東京理科大学、2018 年 3 月 22 日 - 3 月 25 日)

KOTO カロリメータの CsI 結晶に MPPC を接着する方法

小寺克茂 ^{s*}, 佐藤友太 ^m, 清水信宏 ^{PD}, 南條 創 ^s, 西宮隼人 ^m, 原 宜広 ^m, 真利共生 ^m, 山中卓 ^s

日本物理学会 第 73 回年次大会 (2018 年) (於 東京理科大学、2018 年 3 月 22 日 - 3 月 25 日)

KOTO 実験を利用したインビジブル粒子の探索

清水信宏 ^{PD*}, 他 KOTO collaboration

日本物理学会 第 73 回年次大会 (2018 年) (於 東京理科大学、2018 年 3 月 22 日 - 3 月 25 日)

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, 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 第 73 回年次大会 (2018 年) (於 東京理科大学、2018 年 3 月 22 日 - 3 月 25 日)

ATLAS 実験における終状態に 4 つの b クォークを含んだヒッグス粒子対生成事象の探索

矢島和希 ^{d*}, 花垣和則, 南條 創 ^s, 廣瀬穰 ^s, 江成祐二, 奥村恭幸, 戸本誠, 中浜優, 佐野祐太

日本物理学会 第 73 回年次大会 (2018 年) (於 東京理科大学、2018 年 3 月 22 日 - 3 月 25 日)

HL-LHC 実験 ATLAS 検出器のアップグレードに向けた試験用 ASIC 搭載 50 μ m 角ピクセル検出器の評価

山元大生 ^{m*}, 南條 創 ^s, 澤田恭範 ^m, 鈴木淳貴, 徳武仁美, 池上陽一, 中村浩二, 花垣和則, 原和彦, 陣内修, 他 ATLAS 日本シリコングループ, 浜松ホトニクス

日本物理学会 第 73 回年次大会 (2018 年) (於 東京理科大学、2018 年 3 月 22 日 - 3 月 25 日)

CsI 結晶両読み機構の 400MeV 中性子による性能評価

西宮隼人 ^{m*}, 佐藤友太 ^m, 外川学, 南條 創 ^s, 原口弘 ^m, 山中 卓 ^s

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

KOTO 実験における背景事象削減のための MPPC 読み出し用アンプ回路の開発

佐藤友太 ^{m*}, 外川学, 南條 創 ^s, 西宮隼人 ^m, 原口弘 ^m, 原 宜広 ^m, 真利共生 ^m, 山中 卓 ^s, 小寺克茂 ^s, 清水信宏 ^{PD}

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

KOTO CsI カロリメータに用いる MPPC の放射性耐性

小寺克茂^{s*}, 佐藤友太^m, 清水信宏^{PD}, 外川学, 南條 創^s, 西宮隼人^m, 原 宜広^m, 原口弘^m, 真利共生^m, 山中 卓^s, 他 KOTO Collaboration

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 – 9 月 15 日)

KOTO 実験 CsI 電磁カロリメータの MPPC のモニター及び制御システムの開発

原 宜広^{m*}, 佐藤友太^m, 清水信宏^{PD}, 外川学, 南條 創^s, 西宮隼人^m, 原口弘^m, 真利共生^m, 山中 卓^s

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 – 9 月 15 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 MPPC 検査システムの開発

清水信宏^{PD*}, 小寺克茂^s, 佐藤友太^m, 外川学, 南條 創^s, 西宮隼人^m, 原 宜広^m, 原口弘^m, 真利共生^m, 山中 卓^s

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 – 9 月 15 日)

HL-LHC ATLAS 実験用ピクセル検出器の評価用 SVX4 テレスコープの性能

山元大生^{m*}, 南條 創^s, 澤田恭範^m, 鈴木淳貴, 徳武仁美, 池上陽一, 中村浩二, 花垣和則, 原和彦, 陣内修, 他 ATLAS 日本シリコングループ

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 – 9 月 15 日)

ATLAS アップグレード用ピクセル検出器のマルチギガビット通信による高速読み出し

澤田恭範^{m*}, 南條 創^s, 山口洋平, 花垣和則, 他 ATLAS 日本シリコングループ

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 – 9 月 15 日)

LHC-ATLAS 実験ピクセル検出器データ読み出しシステムアップグレード

矢島和希^{d*}, 花垣和則, 南條 創^s, 田窪洋介, 津野総司, 陣内修, 東野聡, 留目和輝, 山口大貴

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 – 9 月 15 日)

1.6 小林グループ

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 29 年度、我々は主として以下のテーマに取り組んだ。

- a) 量子多体系における対称性とゆらぎ
- b) 近藤効果と超伝導の競合する系における非平衡輸送
- c) 高周波印加による単電子放出技術の開発
- d) スピン流の高周波ダイナミクス
- 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 Ag_2CrO_2 における磁気抵抗効果
- j) 二重量子ドットにおけるファノ効果

以下では、「a) 量子多体系における対称性とゆらぎ」、「h) スピングラスにおける非線形スピン流電流変換」について詳しく紹介する。

量子多体系における対称性とゆらぎ

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、特異な量子状態（近藤状態）を形成する量子多体現象である。近藤効果については、強相関電子系（重い電子系や高温超伝導等）の研究などにおいて半世紀にわたって数多くの研究が行われてきた。理論的には、近藤状態の振る舞いを研究することは、強い電子相関に支配される量子液体を研究することと等価である。

これまでの多くの実験的研究においては、巨視的な試料を用いて、多数のスピンに関わる集団平均を相手とする方法がとられてきた。しかしながら、1999 年、人工原子における単一サイトの近藤効果の制御が報告され、実験手法に新展開がもたらされた。そのような系においては、近藤温度・電子数・スピン状態・軌道状態・平衡-非平衡状態など、近藤効果に関するあらゆるパラメータを制御できる。したがって、人工原子における近藤効果は、非平衡状態も含む量子多体系についての理論を、理論に忠実な形で高い精度で検証できる理想的な系となっている。

我々は、カーボンナノチューブに作製した人工原子を用いた研究を行った。通常の近藤効果 (SU(2) 近藤効果) は、電子の持つスピンの自由度の量子力学的なゆらぎによって生じる。しかし、カーボンナノチューブ中の電子は、スピンの他に、軌道の自由度 (右回り/左回り) も持つため、SU(4) 近藤効果が発現する。我々は、人工原子に加えるゲート電圧を制御することによって、人工原子内に電子が2個ある場合に、理想的なSU(4) 近藤状態を実現した。この状態に磁場を加えていくと、電子が磁場を感じるによって、SU(2) 近藤状態に変化する。これは、近藤状態の内部構造の対称性を制御したことに相当する。我々は、この移り変わりの様子を電気伝導測定および電流雑音測定によって精密に調べ、SU(4) 近藤状態とSU(2) 近藤状態のそれぞれについて、有効電荷を高精度で検出し、さらに、量子ゆらぎの指標であるウィルソン比も求めた。対称性の変化によって、連続的に量子ゆらぎが変化することが明らかとなった。また、求めた有効電荷とウィルソン比が、理論の予言と高い精度で一致することも実証した。

スピングラスにおける非線形スピン流電流変換

スピン流はスピン角運動量の流れであり、スピンと電荷の両方の自由度を扱うスピントロニクス研究で最も重要な物理量である。スピン軌道相互作用の強い非磁性体で発現するスピンホール効果は、電流からスピン流、またはスピン流から電流への変換を可能にする代表的な現象である。最近の研究で、磁気揺らぎの強い物質や超伝導体中では、通常の線形的に生じる (つまりスピン流は電流の大きさに比例する) スピン流電流変換とは異なる振舞いをするのが指摘されている。そこで本研究では、フラストレート磁性体の典型であるスピングラスにおけるスピン流電流変換に焦点を当てた。

スピングラスは、磁性不純物が貴金属にランダムに分布した系で実現する。不純物の距離に応じて、強磁性体的もしくは反強磁性体的な基底状態をとるため、それらが複雑に入り混じった結果、磁化の温度依存性に特徴的なカスプ構造が現れる。この温度をスピングラス温度 T_g と呼び、この温度以下では、磁化がランダムに凍結すると考えられている。このような状況で、スピン流を注入したときに、どのようなスピン流電流変換が起きるのか？ そこで我々は、典型的なスピングラスである CuMn に、スピン流電流変換を誘起する Bi 元素を微量添加した CuMnBi 合金を用いて、スピン流電流変換測定を行った。その結果、磁化測定で決定される T_g よりも数倍高い温度 T^* からスピンホール信号が減少し始めた。また Mn 濃度を 10.6% まで上げると、十分低温ではスピンホール効果が完全に消失した。

以上の実験結果から、スピンホール信号の減少は伝導電子スピンの減極に対応すること、さらに磁化測定と比べると、スピン流を用いた測定の方が磁気の揺らぎにより敏感であることが分かった。またこのことは、スピン流が非常に良い磁気揺らぎのプロブとして利用できることを示唆している。

学術雑誌に出版された論文

Dynamics of pure spin current in high-frequency quantum regime

S. Iwakiri^m, Y. Niimi^s, and K. Kobayashi^s

Appl. Phys. Express **10** (No.5, Apr.) (2017) 053001 1-4
<http://dx.doi.org/doi:10.7567/APEX.10.053001>).

Quantum Fluctuations along Symmetry Crossover in a Kondo-Correlated Quantum Dot

M. Ferrier^{PD}, T. Arakawa^s, T. Hata^{DC}, R. Fujiwara^m, R. Delagrance, R. Deblock, Y. Teratani, R. Sakano, A. Oguri, and K. Kobayashi^s
 Phys. Rev. Lett. **118** (No.19, May) (2017) 196803 1-5
<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.118.196803>).

Large room temperature spin-to-charge conversion signals in a few-layer graphene/Pt lateral heterostructure

W.-J. Yan, E. Sagasta, M. Ribeiro, Y. Niimi^s, L. E. Hueso, and F. Casanova
 Nat. Commun. **8** (Sep.) (2017) 661 1-7
<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s41467-017-00563-y>).

Fabrication of thin films of two-dimensional triangular antiferromagnet Ag₂CrO₂ and their transport properties

H. Taniguchi^d, S. Suzuki^m, T. Arakawa^s, H. Yoshida, Y. Niimi^s, and K. Kobayashi^s
 AIP Advances **8** (No.2, Feb.) (2018) 025010 1-6
<http://dx.doi.org/doi:10.1063/1.5016428>).

国際会議における講演等

Spin current as a probe to detect spin dynamics

Y. Niimi^{s*} (invited)
 Collaborative Conference on Spin Dynamics (at Jeju, Korea, May 22-26, 2017, 参加者数約 30 名)

Spin-dependent Current Fluctuations in Mesoscopic Conductors

K. Kobayashi^{s*} (invited)
 9th International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (Spintech IX) (at Fukuoka, Japan, Jun. 4-8, 2017, 参加者数約 250 名)

Extraordinary Hall effects and spin Hall effects in ternary alloy spin glasses (poster)

H. Taniguchi^{d*}, K. Yamagishi, T. Arakawa^s, T. Taniguchi, Y. Niimi^s, and K. Kobayashi^s
 9th International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (Spintech IX) (at Fukuoka, Japan, Jun. 4-8, 2017, 参加者数約 250 名)

Dynamics of pure spin current in high-frequency quantum regime (poster)S. Iwakiri^{m*}, Y. Niimi^s, and K. Kobayashi^s

Interdisciplinary Symposium for Up-and-coming Materials Scientists (ISUMS2017) (at Osaka, Japan, Jun. 8-9, 2017, 参加者数約 50 名)

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

Interdisciplinary Symposium for Up-and-coming Materials Scientists (ISUMS2017) (at Osaka, Japan, Jun. 8-9, 2017, 参加者数約 50 名)

Enhancement of thermal noise in a superconductor/carbon nanotube/superconductor junction (poster)S.-H. Lee^{m*}, M. Ferrier^{PD}, T. Hata^{DC}, T. Arakawa^s, and K. Kobayashi^s

Interdisciplinary Symposium for Up-and-coming Materials Scientists (ISUMS2017) (at Osaka, Japan, Jun. 8-9, 2017, 参加者数約 50 名)

Enseignement par projets en TP de physique avec le microcontrôleur ArduinoF. Bouquet*, J. Bobroff, M. Fuchs-Gallezot, L. Maurines, C. Marrache-Kikuchi, F. Bert, C. Even, M. Monteverde, K. Kobayashi^s, and M. Bamba

9ème Colloque Questions de Pédagogies dans l'Enseignement Supérieur (at Grenoble, France, Jun. 13-16, 2017, 参加者数約 50 名)

Fluctuations along Symmetry Crossover in a Kondo-correlated Quantum DotK. Kobayashi^{s*} (invited)

Frontiers of Quantum and Mesoscopic Thermodynamics 2017 (FQMT'17) (at Prague, Czech Republic, Jul. 9-15, 2017, 参加者数約 200 名)

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

SAWtrain Summer School: Physics and applications of GHz vibrations in semiconductors (at Corsica, France, Jul. 10-15, 2017, 参加者数約 100 名)

Shot Noise Induced by Nonequilibrium Spin AccumulationK. Kobayashi^{s*} (invited)

Nanophysics, from Fundamentals to Applications: Reloaded (at Quy Nhon, Vietnam, Jul. 30 - Aug. 5, 2017, 参加者数約 120 名)

Dynamics of pure spin current in high-frequency quantum regime (poster)S. Iwakiri^{m*}, Y. Niimi^s, and K. Kobayashi^s

Nanophysics, from Fundamentals to Applications: Reloaded (at Quy Nhon, Vietnam, Jul. 30 - Aug. 5, 2017, 参加者数約 120 名)

Shot noise of a superconductor/nanotube junction in the SU(2) and SU(4) Kondo regimeT. Hata^{DC*}, M. Ferrier^{PD}, S.-H. Lee^m, T. Arakawa^s, R. Delagrance, R. Deblock, R. Sakano, A. Oguri, and K. Kobayashi^s

Nanophysics, from Fundamentals to Applications: Reloaded (at Quy Nhon, Vietnam, Jul. 30 - Aug. 5, 2017, 参加者数約 120 名)

Interplay between Kondo effect and superconductivity in a carbon nanotube quantum dotT. Hata^{DC*}, M. Ferrier^{PD}, S.-H. Lee^m, T. Arakawa^s, R. Delagrance, R. Deblock, H. Bouchiat, and K. Kobayashi^s

2017 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2017) (at Sendai, Japan, Sep. 20-22, 2017, 参加者数約 1000 名)

Spin current as a probe to detect spin dynamicsY. Niimi^{s*} (invited)

Nanyang Technological University (NTU) - Osaka University (OU) Joint Workshop (at Toyonaka, Japan, Sep. 28, 2017, 参加者数約 15 名)

Finite shot noise and electron heating at quantized conductance in high-mobility quantum point contacts (poster)T. Muro^m, Y. Nishihara, S. Norimoto^{DC}, M. Ferrier^{PD}, T. Arakawa^s, K. Kobayashi^{s*}, T. Ihn, C. Rössler, K. Ensslin, C. Reichl, and W. Wegscheider

International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2017 (SFS2017) (at Sendai, Nov. 20-23, 2017, 参加者数約 220 名)

Electrical conduction of NbSe₂ thin film modulated by surface acoustic wave (poster)M. Yokoi^{DC*}, T. Kawamura^m, T. Arakawa^s, H. Fukuyama, Y. Niimi^s, and K. Kobayashi^s
HKU-Osaka University Joint Symposium on Materials Science (at Hong Kong, Dec. 3-5, 2017, 参加者数約 40 名)**Detection of spin dynamics with spin current**Y. Niimi^{s*} (invited)

New Excitations in Spintronics (at Sendai, Japan, Jan. 10-14, 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

Quantum Fluctuations along Symmetry Crossover in a Kondo-Correlated Quantum Dot

K. Kobayashi^{s*}

新学術領域「ゆらぎと構造」第4回領域研究会（於 東京大学、2017年6月23日-24日）

Shot noise in a quantum dot-superconductor junction (ポスター)

T. Hata^{DC*}, M. Ferrier^{PD}, S.-H. Lee^m, T. Arakawa^s, R. Delagrance, R. Deblock, H. Bouchiat, and K. Kobayashi^s

新学術領域「ゆらぎと構造」第4回領域研究会（於 東京大学、2017年6月23日-24日）

高周波雑音測定系の構築 (ポスター)

大島 亜弓^{m*}、岩切 秀一^m、則元 将太^{DC}、荒川 智紀^s、新見 康洋^s、小林 研介^s

第62回物性若手夏の学校（於 岐阜県岐阜市、2017年7月25日-29日）

半導体2次元電子系に形成された量子ポイントコンタクトの伝導測定 (ポスター)

山下 薫平^{m*}、S.-H. Lee^m、横井 雅彦^{DC}、秦 徳郎^{DC}、荒川 智紀^s、新見 康洋^s、小林 研介^s

第62回物性若手夏の学校（於 岐阜県岐阜市、2017年7月25日-29日）

0- π transition in the Kondo regime of a superconductor/nanotube junction (ポスター)

T. Hata^{DC*}, M. Ferrier^{PD}, R. Delagrance, T. Arakawa^s, S.-H. Lee^m, R. Deblock, H. Bouchiat, Y. Higuchi, Y. Teratani, A. Oguri, and K. Kobayashi^s

第7回 半導体量子効果と量子情報の夏期研修会（於 伊豆、2017年8月27日-29日）

Development of noise and high frequency measurement system (ポスター)

A. Oshima^{m*}, S. Iwakiri^m, S. Norimoto^{DC}, T. Arakawa^s, Y. Niimi^s, and K. Kobayashi^s

第7回 半導体量子効果と量子情報の夏期研修会（於 伊豆、2017年8月27日-29日）

Shot noise of a superconductor/nanotube junction in the SU(2) and SU(4) Kondo regime

T. Hata^{DC*}, M. Ferrier^{PD}, R. Delagrance, T. Arakawa^s, S.-H. Lee^m, R. Deblock, H. Bouchiat, and K. Kobayashi^s

第7回 半導体量子効果と量子情報の夏期研修会（於 伊豆、2017年8月27日-29日）

Josephson junctions fabricated with Bi/Ni bilayer film (ポスター)

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 29 年度「ナノスピンの変換科学」研究会（於 大阪大学、2017 年 9 月 11 日–12 日）

Spin transport in superconducting Bi/Ni bilayers (ポスター)

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

平成 29 年度「ナノスピンの変換科学」研究会（於 大阪大学、2017 年 9 月 11 日–12 日）

Disappearance of spin Hall effect in spin glass state due to strong spin fluctuation (ポスター)

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

平成 29 年度「ナノスピンの変換科学」研究会（於 大阪大学、2017 年 9 月 11 日–12 日）

Nano Spin Conversion in Atomic Layer Materials with Strong Spin-Orbit Interactions

Y. Niimi^{s*}

平成 29 年度「ナノスピンの変換科学」研究会（於 大阪大学、2017 年 9 月 11 日–12 日）

二重量子ドットにおけるファノ効果の観測

則元 将太^{DC*}、中村 秀司、岡崎 雄馬、金子 晋久、浅野 建一、小林 研介^s

日本物理学会 2017 年秋季大会（於 岩手大学、2017 年 9 月 21 日 – 9 月 24 日）

Bi/Ni 超伝導薄膜接合系の電気伝導測定 (ポスター)

岩下 孔明^{m*}、壁谷 奈津紀^m、谷口 祐紀^d、河村 智哉^m、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 2017 年秋季大会（於 岩手大学、2017 年 9 月 21 日 – 9 月 24 日）

近藤領域にある量子ドットにおけるハンブリーブラウン・トウイス実験の試み (ポスター)

S.-H. Lee^{m*}、山下 薫平^m、横井 雅彦^{DC}、則元 将太^{DC}、秦 徳郎^{DC}、荒川 智紀^s、新見 康洋^s、小林 研介^s

日本物理学会 2017 年秋季大会（於 岩手大学、2017 年 9 月 21 日 – 9 月 24 日）

数原子層 NbSe₂ 薄膜におけるスピン輸送特性 (ポスター)

河上 司^{m*}、河村 智哉^m、荒川 智紀^s、新見 康洋^s、小林 研介^s

日本物理学会 2017 年秋季大会（於 岩手大学、2017 年 9 月 21 日 – 9 月 24 日）

Bi2212 薄膜の電気伝導度測定を試み (ポスター)

鈴木 将太^{m*}、M. Cosset-Cheneau、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 2017 年秋季大会（於 岩手大学、2017 年 9 月 21 日 – 9 月 24 日）

表面弾性波を用いた超伝導 NbSe₂ 薄膜の伝導特性の変調 2 (ポスター)

横井 雅彦^{DC*}、河村 智哉^m、荒川 智紀^s、福山 寛、新見 康洋^s、小林 研介^s

日本物理学会 2017 年秋季大会（於 岩手大学、2017 年 9 月 21 日 – 9 月 24 日）

CuMnBi スピングラスにおけるスピホール効果の抑制

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 2017 年秋季大会（於 岩手大学、2017 年 9 月 21 日 – 9 月 24 日）

高周波雑音測定系の構築 (ポスター)

大島 亜弓^{m*}、岩切 秀一^m、則元 将太^{DC}、荒川 智紀^s、新見 康洋^s、小林 研介^s

第 5 回インタラクティブ交流会（於 滋賀、2017 年 9 月 30 日–10 月 1 日）

表面弾性波を用いた超伝導 NbSe₂ 薄膜の伝導特性の変調 (ポスター)

横井 雅彦^{DC*}、河村 智哉^m、荒川 智紀^s、福山 寛、新見 康洋^s、小林 研介^s

第 5 回インタラクティブ交流会（於 滋賀、2017 年 9 月 30 日–10 月 1 日）

スピンショット雑音

小林 研介^{s*}

平成 29 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、2017 年 11 月 2 日–3 日）

スピン流と磁気揺らぎ

新見 康洋^{s*}

平成 29 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、2017 年 11 月 2 日–3 日）

スピン流で観る物理現象

新見 康洋^{s*}

2017 年度キラル物性若手の会（於 大阪府立大学、2017 年 11 月 20 日）

メゾスコピック系における電気伝導とゆらぎ

小林 研介^{s*}

金研共同利用・共同研究ワークショップ「物性物理の協働展開」（於 東北大学、2017 年 11 月 24 日–25 日）

Disappearance of spin Hall effect in spin glass state due to strong spin fluctuation

谷口 祐紀^{d*}、荒川 智紀^s、谷口 年史、新見 康洋^s、小林 研介^s

第 22 回半導体スピン工学の基礎と応用 PASPS-22 (於 大阪大学、2017 年 12 月 4 日-5 日)

近藤領域にある量子ドットにおけるハンブリーブラウン・トウイス実験の試み (ポスター)
S.-H. Lee^{m*}、山下 薫平^m、横井 雅彦^{DC}、則元 将太^{DC}、秦 徳郎^{DC}、浅野 拓也^b、荒川
智紀^s、新見 康洋^s、小林 研介^s

第 22 回半導体スピン工学の基礎と応用 PASPS-22 (於 大阪大学、2017 年 12 月 4 日-5 日)

数原子層 NbSe₂ 薄膜におけるスピン輸送特性 (ポスター)

河上 司^{m*}、河村 智哉^m、荒川 智紀^s、新見 康洋^s、小林 研介^s

第 22 回半導体スピン工学の基礎と応用 PASPS-22 (於 大阪大学、2017 年 12 月 4 日-5 日)

スピン輸送測定に向けての Bi2212 高温超伝導体薄膜の電気伝導度測定 (ポスター)

鈴木 将太^{m*}、M. Cosset-Cheneau、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

第 22 回半導体スピン工学の基礎と応用 PASPS-22 (於 大阪大学、2017 年 12 月 4 日-5 日)

Bi/Ni 超伝導薄膜接合系の電気伝導測定 (ポスター)

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

第 22 回半導体スピン工学の基礎と応用 PASPS-22 (於 大阪大学、2017 年 12 月 4 日-5 日)

Bi/Ni 薄膜におけるスピン輸送測定 (ポスター)

壁谷 奈津紀^{m*}、岩下 孔明^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

第 22 回半導体スピン工学の基礎と応用 PASPS-22 (於 大阪大学、2017 年 12 月 4 日-5 日)

メゾスコピック系の物理学 (ポスター)

小林 研介^{s*}

第 2 回豊中地区研究交流会 (於 大阪大学、2018 年 1 月 10 日)

ゆらぎと私

小林 研介^{s*}

第 5 回しゅんぼじおん「ゆらぎとは？」(於 大阪大学、2018 年 1 月 17 日)

量子多体系における対称性とゆらぎ

小林 研介^{s*}

大阪大学 量子情報・量子生命ネットワーク キックオフミーティング (於 大阪大学、2018
年 1 月 31 日)

二次元三角格子反強磁性体

新見 康洋^{s*}

2017年度第3回スピントロニクス研究会（於 仙台、2018年2月26日-27日）

近藤状態における対称性と量子ゆらぎ

小林 研介^{s*}

スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク 年度末シンポジウム（於 東京大学、2018年3月1日）

Strong suppression of spin Hall effects induced by spin fluctuations (ポスター)

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

新学術領域「ナノスピン変換科学」2017年度年次報告会（於 京都大学、2018年3月12日-13日）

Shot noise in a quantum dot-superconductor junction (ポスター)

T. Hata^{DC*}, M. Ferrier^{PD}, S.-H. Lee^m, T. Arakawa^s, R. Delagrance, R. Deblock, H. Bouchiat, and K. Kobayashi^s

新学術領域「ナノスピン変換科学」2017年度年次報告会（於 京都大学、2018年3月12日-13日）

Electric property of thin layer of high Tc superconductor Bi2212 (ポスター)

S. Suzuki^{m*}, M. Cosset-Cheneau, T. Kawakami^m, T. Arakawa^s, S. Miyasaka, S. Tajima, Y. Niimi^s, and K. Kobayashi^s

新学術領域「ナノスピン変換科学」2017年度年次報告会（於 京都大学、2018年3月12日-13日）

高周波量子領域における純スピン流のダイナミクス

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

日本物理学会 第73回年次大会（2018年）（於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日）

スピン注入を目的とした円偏光マイクロ波生成技術の開発 (ポスター)

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

日本物理学会 第73回年次大会（2018年）（於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日）

高温超伝導体 Bi2212 薄膜の電気伝導特性

鈴木 将太^{m*}、M. Cosset-Cheneau, 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73回年次大会（2018年）（於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日）

三角格子反強磁性体 Ag_2CrO_2 薄膜における磁気抵抗効果

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73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学, 2018年3月22日 - 3月25日)

近藤効果が発現する量子ドット 超伝導接合系における $0-\pi$ 転移の観測

秦 徳郎^{DC*}、M. Ferrier^{PD}、荒川 智紀^s、小林 研介^s、R. Delagrangé、R. Deblock、H. Bouchiat、
樋口 裕太、寺谷 義道、小栗 章

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学, 2018年3月22日 - 3月25日)

量子多体系における対称性とゆらぎ (シンポジウム「非平衡系におけるゆらぎと構造」)

小林 研介^{s*}

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学, 2018年3月22日 - 3月25日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事

巻頭言「今すぐアクセス！」

小林 研介^s

日本物理学会誌 Vol. 72, (7月) No. 7, 477 (2017)

ゆらぎで探る量子液体

小林 研介^s

パリティ Vol. 32, (11月) No. 11, 16-21 (2017)

雑音は何を教えてくれるのか? -メゾスコピック系における量子輸送と雑音-

小林 研介^s

熱測定 (Netsu Sokutei) Vol. 45, (1月) No. 1, 16-22 (2018).

1.7 田島グループ

1) 122型鉄系超伝導体の角度分解光電子分光によるフェルミ面・超伝導ギャップの観測

鉄系超伝導体はその発見以来、超伝導発現機構や常伝導状態に見られる異常な電子状態の起源に関して多くの研究が行われてきた。しかし、いまだに本物質系の物性を支配する鍵となる物理パラメータが明らかになったとは言えない。本研究では、122型と呼ばれる物質群に着目し、角度分解光電子分光 (ARPES) の手法により、鉄系超伝導体の電子状態 (フェルミ面、超伝導ギャップ) を研究した。

$\text{Sr}_{0.92}\text{Ca}_{0.08}\text{Fe}_2(\text{As}_{0.75}\text{P}_{0.25})_2$ ($T_c = 32$ K) を対象として ARPES 測定を行い、その電子状態を観測した。3次元性の強い結晶構造を反映して、フェルミ面は k_z 方向に大きく湾曲していることがわかった。特にゾーンセンターの xy 軌道特性を持つホール面は、Z点 ($k_z = 2\pi/c$) 付近では存在しているが、 Γ 点 ($k_z = 0$) に向けて収縮し、 Γ 点で消失する。また、Z点付近で z^2 軌道特性を持つホール面は、最も面積の大きなフェルミ面 (最外ホール面) を構成しているが、 Γ 点付近ではフェルミ面は収縮し、また軌道特性も xz/yz に変化していることが判明した。

逆格子空間中の複数の対称性の良い点においてフェルミ面上での超伝導ギャップを測定した結果、ほとんどのフェルミ面上でフルギャップが観測された。しかし、X点付近の一枚の電子面上でのみ、ノードを示唆する超伝導ギャップの最小値を観測した。この振る舞いはスピン揺らぎ理論だけでは説明が困難で、スピン揺らぎ以外に軌道揺らぎを考慮する必要があることを示唆している。

2) $\text{Sr}_4\text{V}_2\text{O}_6\text{Fe}_2\text{As}_2$ における酸素欠損誘起の新奇電子秩序相

$\text{Sr}_4\text{V}_2\text{O}_6\text{Fe}_2\text{As}_2$ 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 37 K 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。ブロック層が厚いため二次元性が強く、超伝導の舞台となる鉄砒素層における純粋な情報が得られることが期待できる。この物質は、磁化率の異常が 150 K に現れることが知られており、他の鉄系超伝導体には現れないような電子相が形成されていると考えられているが、その詳細は分かっていない。

我々は、酸素欠損を導入することにより、 $\text{Sr}_4\text{V}_2\text{O}_6\text{Fe}_2\text{As}_2$ の電子状態がどのように変化していくかを調べた。酸素欠損量の増加に伴って超伝導転移温度は減少する。電気抵抗率には乱れの効果が強く現れるようになるため、超伝導が抑制される主な原因は、キャリア数の変化ではなく、酸素サイトに穴が開くことによる乱れであることが示唆される。また、150 K での磁化率の異常は酸素欠損によって不鮮明になり、最終的には消失する。さらに、酸素欠損の導入により、100 K 付近に温度ヒステリシスを持つ新たな磁化率の異常が現れることが明らかになった。比熱を測定すると、150 K には明確に異常が現れており二次相転移であることが分かるが、100 K には目立った変化は観測されなかった。100 K の異常は温度ヒステリシスを示すため、一次相転移であると考えられるが、転移が非常にシャープであり比熱では変化を見逃してしまった可能性もある。結晶構造の変化を調べるために放射光を用いた X 線回折実験を行ったが、この転移に伴う格子定数の変化はあったとしても非常に小さい。さらに、中性子散乱でも磁気ブラッグピークは観測されなかったため、磁気秩序も現れないことが分かった。

3) 電子ドーピング型銅酸化物超伝導体の光学的研究：電子相図の見直し

銅酸化物超伝導体では、母物質であるモット絶縁体にホール或いは電子を注入することで超伝導相が出現し、超伝導転移温度 T_c はホール濃度に対してドーム状の変化をすることがよく知られている。ホールドーピング系については、約5%のホールドーピングで反強磁性相が消失し、超伝導相が出現する。また最高の T_c を示すドーピング量は16%程度である。これに対して、電子ドーピング系では反強磁性相は10-15%程度の高ホール濃度にまで広がっており、それが消失すると同時に突然最高 T_c が観測されるという“ホールドーピング系とは異なる”電子相図が報告されてきた。ところが最近になって適切な還元処理を行えば、もっと低濃度領域で超伝導相が出現する、或いは電子ドーピングせずとも母物質で高温超伝導を示す、という実験結果が報告され、それを説明する理論も現れるなど、混沌とした状態になっている。この物質系がモット絶縁体にキャリアドーピングされたものとして扱えるのかどうか、という問題は、高温超伝導メカニズムを考える上でも極めて重要なことであり、この点をまずはっきりさせる必要がある。

本研究では、従来の還元方法では超伝導を示さなかった低Ce濃度（電子濃度）でありながら、新しい還元方法により高い T_c を示す結晶について、光学反射スペクトルを測定し、そこから電子状態についての情報を得ることを目的とした。測定したCe濃度は、5%、10%の二つである。両者とも従来の還元方法では、反強磁性絶縁体であった。しかし新しく開発された強還元処理を行うことで、最高の T_c (=25K) を示す。これらの光学スペクトルを測定し、還元処理を行わなかった結晶や従来還元処理を行った結晶とのスペクトルの比較を行ったところ、新しい強還元処理によってバルク超伝導を示すに十分なキャリアドーピングがなされていることがわかった。また、還元が不十分なときに可視領域に観測される絶縁体ギャップ吸収は、そのエネルギーが全く組成依存性を示さず、モットギャップ的（電荷移動ギャップ的）振る舞いをするのがわかった。このことから、本系が絶縁体的性質を示す場合に観測されるギャップは、理論で予想されているスレーター型ギャップではなく、モット型であることが結論づけられた。また、5%という低電子ドーピングで最高 T_c が観測されることから、ホールドーピング系と異なり、電子ドーピング系では、ごくわずかのキャリアドーピングでモットギャップがつぶれ金属相（超伝導相）が出現することもわかった。銅酸化物の電子相図は、これまで考えられてきたのとは別の意味で、電子・ホール非対称性を示すと言える。

4) タイプII ディラック電子系 NiTe_2 の磁気抵抗効果と角度分解光電子分光

遷移金属ダイカルコゲナイドは層状構造を持ち、2次元構造に起因する物性に興味を持たれ、古くから研究が行われている。近年、第10族遷移金属ダイカルコゲナイドの PdTe_2 や PtX_2 (X=Se, Te) の Γ -A 点の間で type-II Dirac cone が存在していることが判明している。

本研究では第10族遷移金属ダイカルコゲナイドの NiTe_2 単結晶を育成し、磁気抵抗効果の測定と角度分解光電子分光 (ARPES) を用いて電子構造の研究を行った。様々な Ni/Te の組成比 (Ni_xTe_2 , $x = 1.1-1.3$) の単結晶を育成し磁気抵抗を測定したところ、磁気抵抗の振る舞いには組成依存性があることが判明した。 $\text{Ni}_{1.17}\text{Te}_2$ の組成付近でのみ磁気抵抗が巨大化し、低温で磁場に比例した極めて大きな磁気抵抗 (7T で約30%) が観測された。 Ni_xTe_2 中の過剰 Ni は Te 層間にインターカレーションされ、 NiTe_2 層に対して電子を供給している

と考えている。このインターカレーションされた Ni 量の変化に伴い電子ドーピング量が変わると期待される。この電子ドーピング量の変化に伴い、 $\text{Ni}_{1.17}\text{Te}_2$ の組成近傍で Dirac 点のエネルギー準位がフェルミ準位に近接し、直流電気伝導に対し Dirac 電子の影響が現れ、巨大磁気抵抗が観測されたものと考えている。

この $\text{Ni}_{1.17}\text{Te}_2$ の組成の試料で ARPES の測定を行った結果、フェルミエネルギー E_F 近傍に Dirac 点がある type-II Dirac cone のホールバンドを観測した。Dirac 点は $(0,0,0.37c^*)$ に存在している。Dirac 点近傍で k_y 方向のバンド分散の測定したところ、 E_F 近傍で線形バンド分散が観測され、 E_F でバンドが一点に交わっていることが判明した。また、 k_z 方向のバンド分散を測定したところ、 Γ -A 点の間の Dirac 点付近で 2 本のバンドが交差していることが判明した。この結果は、type-II Dirac cone が $\text{Ni}_{1.17}\text{Te}_2$ にも存在し、その Dirac 点が E_F に非常に近いエネルギーに存在することを示唆している。

学術雑誌に出版された論文

Ultrafast melting of spin density wave order in BaFe_2As_2 observed by time- and angle-resolved photoemission spectroscopy with extreme-ultraviolet higher harmonic generation

H. Suzuki, M. Nakajima^s *et al.*

Phys. Rev. B **95** (No.16, April) (2017) 165112 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.95.165112>).

Gradual Fermi-surface modification in orbitally ordered state of FeSe revealed by optical spectroscopy

M. Nakajima^s, K. Yanase^m, S. Tajima^s *et al.*

Phys. Rev. B **95** (No.18, May) (2017) 184502 1-5

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.95.184502>).

Hybridization Effect in $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ Observed by Hard X-ray Photoemission Spectroscopy

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

Journal of the Physical Society of Japan **86** (No.5, May) (2017) 053702 1-4

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.86.053702>).

Optical investigation of $\text{BaFe}_2(\text{As}_{0.77}\text{P}_{0.23})_2$: Spin-fluctuation-mediated superconductivity under pressure

E. Uykur, T. Kobayashi^d, W. Hirata^m, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s, C. A. Kuntscher

Phys. Rev. B **95** (No.21, June) (2017) 214512 1-12

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.95.214512>).

Three superconducting phases with different categories of pairing in hole- and

electron-doped LaFeAs_{1-x}P_xO

S. Miyasaka^s, M. Uekubo^m, H. Tsuji^m, M. Nakajima^s, S. Tajima^s *et al.*
Phys. Rev. B **95** (No.21, June) (2017) 214515 1-8
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.95.214515>).

Antiferroic electronic structure in the nonmagnetic superconducting state of the iron-based superconductors

T. Shimojima, M. Nakajima^s *et al.*
Science Advances **3** (No.8, Aug.) (2017) 1700466 1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1126/sciadv.1700466>).

Direct observation of in-plane anisotropy of the superconducting critical current density in Ba(Fe_{1-x}Co_x)₂As₂ crystals

J. Hecher, M. Nakajima^s *et al.*
Phys. Rev. B **97** (No.1, Jan.) (2018) 014511 1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.97.014511>).

Orbital-anisotropic electronic structure in the nonmagnetic state of BaFe₂(As_{1-x}P_x)₂ superconductors

T. Sonobe, M. Nakajima^s *et al.*
Scientific Reports **8** (Feb.) (2018) 2169 1-8
(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s41598-018-20332-1>).

Observation of a pseudogap in the vicinity of the metal-insulator transition in the perovskite-type vanadium oxides Nd_{1-x}Sr_xVO₃

S. Yamamoto, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s *et al.*
Journal of the Physical Society of Japan **87** (No.2, Feb.) (2018) 024708 1-5
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.87.024708>).

Comprehensive study of out-of-plane transport properties in BaFe₂As₂: Three-dimensional electronic state and effect of chemical substitution

M. Nakajima^s, M. Nagafuchi^m, S. Tajima^s
Phys. Rev. B **97** (No.9, March) (2018) 094511 1-9
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.97.094511>).

Antiphase Fermi-surface modulations accompanying displacement excitation in a parent compound of iron-based superconductors

K. Okazaki, M. Nakajima^s *et al.*
Phys. Rev. B **97** (No.12, March) (2018) 121107(R) 1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.97.121107>).

Optical study of electron-doped cuprate $\text{Pr}_{1.3-x}\text{La}_{0.7}\text{Ce}_x\text{CuO}_{4+\delta}$ in under-doped regime: Revisit the phase diagram

R. Ohnishi^m, M. Nakajima^s, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s *et al.*

Journal of the Physical Society of Japan **87** (No.4, April) (2018) 043705 1-5

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.87.043705>).

Elastic properties of iron-based superconductor $\text{SrFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$

K. Horikoshi, T. Kobayashi^d, T. Adachi^d, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s *et al.*

Physica B: Condensed Matter **in press** (Oct.) (2017)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physb.2017.10.088>).

Polarization-dependent X-ray photoemission spectroscopy for High- T_c cuprate superconductors

K. Yamagami, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s *et al.*

Physica B: Condensed Matter **in press** (Sept.) (2017)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physb.2017.09.024>).

国際会議における講演等

Electron-hole asymmetry in the phase diagram of the cuprates: Optical study

S. Tajima^{s*} (invited)

The Research of Forefront of High- T_c Cuprates (Sendai, Japan, May 23-24, 2017, 参加者数約 30 名)

Change of phase diagram of 1111-type iron pnictide by varying of rare-earth element, solid solution of pnictogens and electron doping

S. Miyasaka^{s*} (invited)

Superstripes 2017 (Ischia, Italy, June 5-10, 2017, 参加者数約 500 名)

Oxygen-Deficiency-Induced Magnetic Phase Transition in Iron-Based Superconductor $\text{Sr}_4\text{V}_2\text{O}_6\text{Fe}_2\text{As}_2$

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

International Workshop on Recent Progress in Superconductivity (Pyeongchang, South Korea, July 3-5, 2017, 参加者数約 50 名)

Electronic State of the Electron-doped Cuprates Studied by Optical Measurements

S. Tajima^{s*}, R. Ohnishi^m, M. Nakajima^s, S. Miyasaka^s *et al.* (invited)

Conf. on Electron Correlation in Superconductors and Nanostructures (ECSN-2017)
(Odessa, Ukraine, Aug.17-20, 2017, 参加者数約 100 名)

**Study of angle resolved photoemission spectroscopy in Dirac fermion system
NiTe₂ (poster)**

S. Miyasaka^{s*}, M. Nishino^m, Z.H. Tin^d, T. Adachi^d, S. Tajima^s *et al.*

J-Physics 2017: International Workshop on Multipole Physics and Related Phenomena
(Hachimantai, Japan, Sept. 24-28, 2017, 参加者約 200 名)

**Fermi surface development with doping and the superconductivity in the
pseudo-gapped state in the high T_c cuprates**

S. Tajima^{s*} (invited)

Int. Symposium on Frontier of Superconductivity Research (VII), Optical Spectroscopy
on Unconventional Superconductors (Beijing, China, Oct.26-29, 2017, 参加者数約 100 名)

**High T_c Research Over Thirty Years: Beyond the Common Knowledge of
Superconductivity**

S. Tajima^{s*} (invited)

30th Int. Symposium on Superconductivity (Tokyo, Dec.13-15, 2017, 参加者数約 300 名)

**Effect of orbital ordering on charge dynamics in FeSe_{1-x}Te_x studied by optical
spectroscopy**

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

30th Int. Symposium on Superconductivity (Tokyo, Dec.13-15, 2017, 参加者数約 300 名)

P and Sb doping effects in LaFeAsO_{1-y}(F,H)_y ($y=0\sim0.3$) system (poster)

H. Tsuji^{m*}, M. Uekubo^m, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s *et al.*

30th Int. Symposium on Superconductivity (Tokyo, Dec.13-15, 2017, 参加者数約 300 名)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

Ni, Pd ダイカルコゲナイドにおける電子状態、結晶構造相転移、超伝導

宮坂 茂樹^{s*}

新学術領域研究「J-Physics」領域会議 (於 東北大学、2017 年 5 月 11-12 日)

PdTe_{2-x}Se_x における金属 半導体転移にともなう T_c 変化

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 2017 年秋季大会 (於 岩手大学、2017 年 9 月 21 日 - 9 月 24 日)

角度分解光電子分光による $\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Fe}_2(\text{As}_{1-y}\text{P}_y)_2$ の超伝導ギャップの異方性足立 徹^{d*}, Z.H. Tin^d, 宮坂 茂樹^s, 田島 節子^s 他

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 岩手大学、2017 年 9 月 21 日 - 9 月 24 日)

角度分解光電子分光による NiTe_2 の Dirac cone の観測西野 光咲^{m*}, Z.H. Tin^d, 足立 徹^d, 宮坂 茂樹^s, 田島 節子^s 他

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 岩手大学、2017 年 9 月 21 日 - 9 月 24 日)

Doping dependence of the double pair breaking peak in triple layer cuprate Bi2223 G. Vincini^{d*}, 足立 徹^d, 宮坂 茂樹^s, 田島 節子^s 他

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 岩手大学、2017 年 9 月 21 日 - 9 月 24 日)

超伝導の科学と夢 ～物性物理学への招待～田島 節子^{s*}

名古屋市立大学総合生命理学部新設記念シンポジウム「未来を拓くサイエンス」(於 名古屋市立大学、2017 年 10 月 15 日)

角度分解光電子分光による $\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Fe}_2(\text{As}_{1-y}\text{P}_y)_2$ の電子構造の観測 (ポスター)足立 徹^{d*}, Z.H. Tin^d, 宮坂 茂樹^s, 田島 節子^s 他

UVSOR シンポジウム 2017 (於 岡崎コンファレンスセンター、2017 年 10 月 28-29 日)

角度分解光電子分光による NiTe_2 の Dirac cone の観測 (ポスター)西野 光咲^{m*}, Z.H. Tin^d, 足立 徹^d, 宮坂 茂樹^s, 田島 節子^s 他

UVSOR シンポジウム 2017 (於 岡崎コンファレンスセンター、2017 年 10 月 28-29 日)

高温超伝導と未来社会：実学と虚学のはざまにて田島 節子^{s*}

適塾記念講演会 (於 阪大中之島センター、2017 年 12 月 4 日)

超伝導の物理田島 節子^{s*}

超伝導スクール 2017 (於 つくば、産業技術総合研究所、2017 年 12 月 10 日)

高温超伝導を探せ！ ～新物質発見の舞台裏～田島 節子^{s*}

サイエンスカフェ待兼山 (於 阪大総合博物館、2018 年 1 月 20 日)

遷移金属ダイカルコゲナイドの異常物性宮坂 茂樹^{s*}

新学術領域研究「J-Physics」領域会議 (於 東京大学物性研、2018年3月15-17日)

NdFeAsO_{1-y}(F,H)_y ($y=0-0.3$) における P 置換効果

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

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

ラマン散乱分光による BaFe₂(As_{1-x}P_x)₂ の超伝導ギャップとネマティック揺らぎの観測

足立 徹^{d*}, 中島 正道^s, 伊藤 優汰^m, 宮坂 茂樹^s, 田島 節子^s

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

Analysis of Raman spectra of Bi-based cuprates using ARPES results

G. Vincini^{d*}, 足立 徹^d, 宮坂 茂樹^s, 田島 節子^s 他

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

1.8 豊田グループ

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。平成29年1月末に竣工した理学J棟（教育研究交流棟）のオープンラボに実験装置を移動し、本年度から本格的にJ棟で研究活動を開始した。

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、地震や火山などの地殻変動による希ガス同位体比変動をオンサイトで行える装置の開発の準備として、6～8桁存在比の異なるヘリウム同位体比（³He/⁴He）の計測システムの構築、データ収集系の改良を行った。

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1μm以下、質量分解能1万以上を達成している。本年度は、工学研究科粟津研究室やKEKとの共同研究で時間と位置を同時

に検出できるイオン検出器の開発を行った。また、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ている。

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共同研究講座の設置

平成29年4月1日より、日本電子株式会社が「質量分析オープンイノベーション共同研究講座」（理学研究科初の共同研究講座）を設置し、研究活動を開始した。また、この共同研究講座を核に、平成30年3月1日より「質量分析オープンイノベーション協働ユニット」（大阪大学で3件目）を設置した。この協働ユニットは、阪大が有する質量分析技術開発をコアに、理学研究科、他研究科、他大学の様々な研究者と、質量分析に関連する企業群が（3大学と6社が参画。さらに4大学と3社が参画を検討中）、密に連携することで、非競争領域での基礎研究からのオープンイノベーションで、グローバル社会における課題の探索とそれらの解決を目指そうとするものである。

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. 共同研究講座（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科、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、工学研究科、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薬物動態研究（工学研究科、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)、KEK、工学研究科）
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）

日本物理学会，応用物理学会等における講演

サブミクロンスケール局所同位体分析に向けたレーザーポストイオン化 SNMS の開発
今岡成章^{d*}，曾木政伸，尾崎崇彦，藤原亮正，青木順，石原盛男^s，早川滋雄，豊田岐聡
第65回質量分析総合討論会（於 つくば国際会議場、2017年5月17日 - 5月19日）

1.9 野末グループ

ゼオライト A 中の K クラスタが示す強磁性の偏極中性子回折による研究

アルミノケイ酸塩のゼオライト A (LTA 構造) では, 内径約 11 Å の α ケージが単純立方構造で配列している (図 1.20). 単位格子には 8 個の α ケージが含まれ, 格子定数は 24.6 Å である. 陽イオンとして K^+ を含むもの (α ケージ当たりの化学組成式: $K_{12}Al_{12}Si_{12}O_{48}$) に K 原子を吸蔵させると α ケージ中に K クラスタが形成される. そして, α ケージ当たりの吸蔵原子数 n ($=s$ 電子数) が $2 < n < 6$ の時に強磁性が発現する. 磁化の大きさや T_C は n に依存して系統的に変化する. この研究では, 中性子回折を用いてこの系の磁気構造や磁性を担う s 電子のスピン空間分布の情報を直接得て, 強磁性の発現機構を解明することを目的としている.

昨年度までに, $n \simeq 4.0$ の試料について, 偏極中性子を用いたいわゆる flipping ratio 法による実験を行った. 長距離秩序した磁気モーメントの強磁性成分を観測することに成功し, 磁気形状因子の Q 依存性を抽出した. また, 図 1.20 に示したように強磁性磁気モーメントが $Q = (1, 1, 1)$ の変調構造を持っていることも分かった.

本年度は新たに異なる電子濃度の試料 ($n \simeq 3.2, 5.3, 7.2$) を大量合成し, 同様の実験を J-PARC MLF の TAIKAN (BL15) において行った. 図 1.20 に示した磁化の変調構造はこれらの試料においても存在し, その変調振幅が n に依存して系統的に変化することが分かった. この系では, 隣接クラスタ内の K^+ イオン数が周期的に異なるという構造的な変調の存在が知られており, 秩序磁気モーメントの大きさの周期的変調がそれと連動していると予想される. また, 実験結果から磁気形状因子の情報も得た. これは各サイト (ケージ) におけるスピン密度の空間分布に対応する重要な情報である. 現在詳しい解析を進めている.

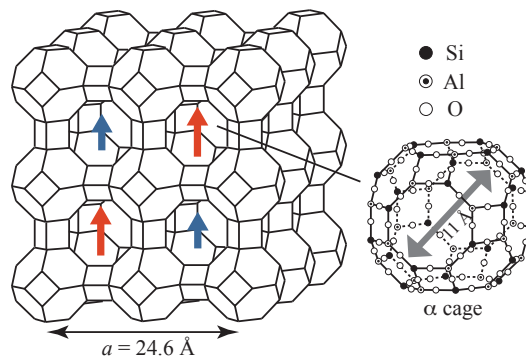


図 1.20: ゼオライト A の結晶構造の模式図. 赤と青の矢印は, α ケージ中の K クラスタが持つ強磁性磁気モーメントを模式的に表しており, その大きさは周期的に変調していることが偏極中性子回折実験により明らかになった.

学術雑誌に出版された論文

Thermally activated motion of sodium cations in insulating parent low-silica X zeolite

M. Igarashi, P. Jeglic, T. Meznarsic, T. Nakano^s, Y. Nozue^s, N. Watanabe, and D. Arcon
J. Phys. Soc. Jpn. **86** (No.7, July) (2017) 075005 1-2
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.86.075005>).

国際会議報告等

Electronic Properties of Alkali Metals Loaded into Channel-Type Zeolite L

P. T. Thi, T. Nakano^s, Y. Sakamoto, and Y. Nozue^{s*}

IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering **196** (May) (2017) 012002 1-4.

3rd International Conference on Functional Materials Science 2016 (ICFMS 2016) (Oct. 2016, 参加者数約 100 名).

 μ SR Study of Organic Superconductor λ -(BETS)₂GaCl₄

D. P. Sari^{d*}, R. Asih^d, S. S. Mohm-Tajudin, N. Adam, K. Hiraki, Y. Ishii, T. Takahashi, T. Nakano^s, Y. Nozue^s, S. Sulaiman, M. I. Mohamed-Ibrahim, and I. Watanabeⁱ

IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering **196** (May) (2017) 012047 1-5.

3rd International Conference on Functional Materials Science 2016 (ICFMS 2016) (Oct. 2016, 参加者数約 100 名).

 μ SR Study on Hydrogen Behavior in Palladium

M. Mihara^{*}, H. Araki, M. Mizuno, K. Shimomura, W. Higemoto, K. Sugita, K. Atsushi, M. Kondo, Y. Tanaka, T. Matsuzaki, R. Kadono, W. Sato, T. Nakano^s, and T. Fukuda
JPS Conference Proceedings **21** (March) (2018) 011031 1-5.

14th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation and Resonance (μ SR2017) (June 2017, 参加者数約 200 名).

国際会議における講演等

Anomalous enhancement of ferromagnetic properties in Na-K alloy nanoclusters incorporated into zeolite LSX driven by high pressure helium gas

T. Nakano^{s*}, R. Kishimoto, G. P. Hettiarachchi, Y. Ishii, I. Watanabeⁱ, and Y. Nozue^s

International Symposium on Intercalation Compounds (ISIC19) (at Assisi, Italy, May 28 - June 1, 2017, 参加者数約 200 名)

Extraordinary enhancement of ferromagnetic properties in Na-K alloy clusters in zeolite LSX driven by high pressure helium gas

T. Nakano^{s*}, R. Kishimoto, G. P. Hettiarachchi, Y. Ishii, R. Asih^d, L. M. Kien^s, C. Offer I. Watanabeⁱ, and Y. Nozue^s

International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation and Resonance (μ SR2017) (at Sapporo, Japan, June 25-30, 2017, 参加者数約 200 名)

Correlated electrons of alkali metals in regular nanospace of zeolite crystals

T. Nakano^{s*}

International Workshop on Organic Molecular Systems (at Pulau Pinang, Malaysia, Aug. 1-2, 2017, 参加者数約 40 名)

Possible coexistence of s- and d- wave pairing symmetry in λ -(BETS)₂GaCl₄ studied by μ SR

D. P. Sari^{d*}, R. Asih^d, K. Hiraki, Y. Ishii, A. Hillier, T. Takahashi, T. Koretsune, H. Seo, I. Watanabeⁱ, T. Nakano^s, and Y. Nozue^s

3rd Emallia Conference (at Busan, Korea, Sep. 7-8, 2017, 参加者数約 150 名)

Magnetic ordered states of hole doped pyrochlore iridates (Nd_{1-x}Ca_x)₂Ir₂O₇ studied by μ SR

R. Asih^{d*}, J. Angel, S. Maeda, D. P. Sari^d, F. Astuti, K. Matsuhira, M. Wakeshima, Y. Hinatsu, I. Watanabeⁱ, T. Nakano^s, and Y. Nozue^s

3rd Emallia Conference (at Busan, Korea, Sep. 7-8, 2017, 参加者数約 150 名)

Possible coexistence of s- and d- wave pairing symmetry in λ -(BETS)₂GaCl₄ (poster)

D. P. Sari^{d*}, R. Asih^d, K. Hiraki, Y. Ishii, A. Hillier, T. Takahashi, T. Koretsune, H. Seo, I. Watanabeⁱ, T. Nakano^s, and Y. Nozue^s

International Workshop on Organic Molecular Systems (at Pulau Pinang, Malaysia, Aug. 1-2, 2017, 参加者数約 40 名)

Magnetic ordered states of hole doped pyrochlore iridates (Nd_{1-x}Ca_x)₂Ir₂O₇ studied by μ SR (poster)

R. Asih^{d*}, J. Angel, S. Maeda, D. P. Sari^d, F. Astuti, K. Matsuhira, M. Wakeshima, Y. Hinatsu, I. Watanabeⁱ, T. Nakano^s, and Y. Nozue^s

International Workshop on Organic Molecular Systems (at Pulau Pinang, Malaysia, Aug. 1-2, 2017, 参加者数約 40 名)

Possible coexistence of s- and d- wave pairing symmetry in λ -(BETS)₂GaCl₄ (poster)

D. P. Sari^{d*}, R. Asih^d, K. Hiraki, Y. Ishii, A. Hillier, T. Takahashi, T. Koretsune, H. Seo, I. Watanabeⁱ, T. Nakano^s, and Y. Nozue^s

12th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (at Zao, Japan, Sept. 24-29, 2015, 参加者約 500 名)

Possible coexistence of s- and d- wave pairing symmetry in λ -(BETS)₂GaCl₄ (poster)

D. P. Sari^{d*}, R. Asih^d, K. Hiraki, Y. Ishii, A. Hillier, T. Takahashi, T. Koretsune, H. Seo, I. Watanabeⁱ, T. Nakano^s, and Y. Nozue^s

ISCOM Post-Conference Kinken Wakate (at Sendai, Japan, Sept. 29-30, 2015, 参加者約 200 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

ゼオライト A 中の Rb クラスタにおける巨大なスピン軌道相互作用

中野 岳仁^{s*}, 鈴木 将太, Truong Cong Duan, 野末 泰夫^s

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 岩手大学、2017 年 9 月 21 日 – 9 月 24 日)

偏極中性子回折で見るゼオライト A 中の K クラスタの強磁性

中野 岳仁^{s*}, 大石 一城, 松浦 直人

日本物理学会 第 73 回年次大会 (2018 年) (於 東京理科大学、2018 年 3 月 22 日 – 3 月 25 日)

1.10 花咲グループ

2 元系半金属単結晶の高品質化による 100 万倍を超える磁気抵抗効果の発現

近年、 WTe_2 や NbP などの 2 元系半金属が低温高磁場下で数万倍に達する大きな磁気抵抗効果を示すことが発見され、世界的に注目されている。半金属の磁気抵抗効果の起源は固体物理学の教科書にあるように、電子と正孔の補償性によるものとして簡潔に説明される。すなわち電子と正孔を同程度含む半金属では、磁場下でホール電圧が相殺して外部電場方向へのキャリアの移動が妨げられるために、磁場の上昇とともに電気抵抗率が上昇するのである。このとき、キャリアの移動度が高い程磁場の大きさに対して電気抵抗率は激しく上昇し、電子密度と正孔密度が一致している程電気抵抗率の飽和値は大きくなる。

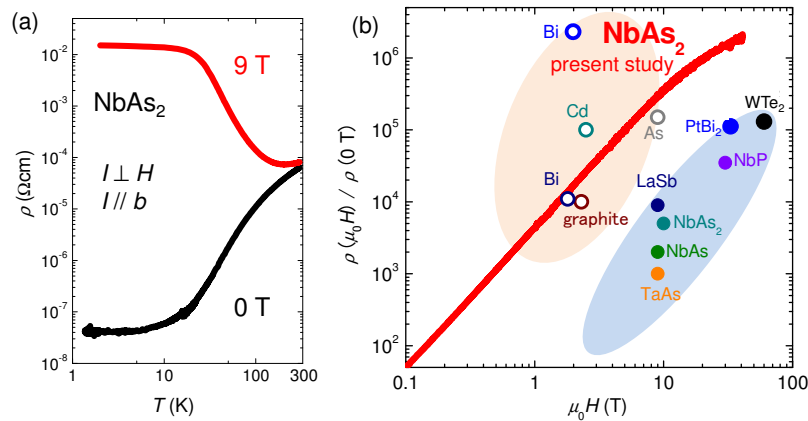


図 1.21: (a) 0T と 9T における NbAs_2 単結晶の電気抵抗率の温度依存性。(b) 様々な半金属における磁気抵抗比の比較 (4.2 K 以下)。近年報告されている 2 元系半金属は水色の領域に、単体半金属は薄オレンジ色の領域に概ね分類される。今回合成した NbAs_2 単結晶は単体半金属に比肩できる大きさの磁気抵抗効果を示す。

この数年間で磁気抵抗比の値を競うように様々な 2 元系半金属について多くの論文が発表されてきたが、数十テスラの磁場下で数万倍に達する磁気抵抗比の大きさから即座に移動度の高さを結論づけ、固体中の相対論的粒子との関連を期待させるシナリオ展開がよくなされている。一方で、先程の基本原則に基づく磁気抵抗効果の大きさは結晶の“質”によって決まることになるので、物質ごとの値は意味を持たないとともに、そもそも数万倍という値がはたして大きいのか？ という疑問が出てくる。実際に数十年前の文献を調べたところ、ビスマス等の単体半金属においてわずか数テスラで 100 万倍を超える磁気抵抗効果が複数例報告されていた。客観的に判断すると、近年話題の 2 元系半金属の磁気抵抗効果 (2 テスラでようやく 100 倍程度) は総じて圧倒的に小さく移動度はむしろ低いということになるのだが、比較すべき対象が知

られていないためにこの事実がすっかり見落とされてきた。「高い」と評される移動度の起源について議論する前に、まずは結晶の質を向上させて本質を知る必要があることは明らかである。

一般的に2元系半金属では単体半金属よりも結晶欠陥が多くなるために移動度が低くなるが、キャリア密度については2桁以上大きいために補償性が高くなる（磁気抵抗比の飽和値が大きくなる）傾向がある。すなわち、2元系半金属の単結晶を高品質化することができれば、従来の枠を超えた非常に大きな磁気抵抗効果の発現が期待される。我々は2元系半金属 NbAs₂ を対象として、結晶合成方法を改良することにより単結晶の飛躍的な良質化に成功した。先端強磁場科学研究センターにおいてパルス強磁場下で測定を行ったところ、1.7 K、40 テスラにおいて200万倍に迫る磁気抵抗効果を観測した。この値は近年報告されている2元系半金属と比べて2桁程度大きく、単体半金属とも比肩できるものである。特に低磁場領域において従来の2元系との差がより一層際立っており、キャリア移動度が桁違いに向上したことを示している。今回の結果により、物性評価をする上で高品質な単結晶を合成することが極めて重要であることを示すとともに、さらに巨大な磁気抵抗効果の発現に向けて2元系半金属が高い潜在性を持つことを実証した。

分子性物質における混晶作製法の改良

物質の性質を制御するため、結晶中の伝導キャリア数などを制御する事がよく行われる。その際、複数種類の元素を混ぜて結晶（混晶）が作る場合が多い。工業的にも無機の混晶作製は広く行われてきた。近年、分子性材料も多く使われるようになってきたが、思い通りに分子性混晶を作る事ができれば有意義である。しかし、分子性混晶を作るのは難しく成功例も少ない。これは分子が特異な形状をしており、分子同士を上手に積層させないと結晶成長が止まってしまうためである。

我々は分子性結晶で巨大磁気抵抗効果の研究を行ってきた。巨大磁気抵抗効果について無機酸化物で伝導電子数を制御する研究が行われていたが、局在スピンの数密度や大きさを系統的に制御した研究はなかった。分子には柔軟な設計可能性があり、フタロシアニン分子では分子中心の遷移金属原子を置換する事で局在スピンの特性を制御できる。局在スピンを有する分子と持たない分子をそれぞれ合成し、両分子を含む混晶を作れば局在スピンに対する依存性を調べられる。そこで Cr(Pc)(CN)₂ 分子と Co(Pc)(CN)₂ 分子の混晶である TPP[Cr_xCo_{1-x}(Pc)(CN)₂]₂ を作製した。しかし、研究を進めるうちに、図 1.22(a) に示した通り、同じ条件で作成したにも関わらず、混晶比の個体差が大きくなってしまいう事が電子顕微鏡と EDS 分析で分かってきた。また、その溶液の濃度が混晶比の個体差に大きな影響を与えている事も分かった。原料分子を溶かした溶液の液相から、電気化学的に結晶を育成している。十分に溶かしているとは言え、結晶成長の最初の律速段階において有機溶液の濃度の時間的・空間的ゆらぎがその後の結晶成長に大きな影響を与えるのではないかと考えた。そこで、これを実証するため、微小領域における光吸収率測定を行った。分子に特徴的な吸収があるエネルギー領域に着目した。実験を通じて、溶けているとは言え電極周囲に濃度の時

間的ゆらぎがある事を明らかにした。

考えられる結晶成長の過程は以下の通りである。最初に電極に微小な結晶（種結晶）が出来る。局所的には濃度揺らぎがあるために複数の種結晶の間で混晶比が異なってしまう。この後、種結晶に近い混晶比で結晶成長が進んでいく。これは、図 1.22(c) の通り混晶比によって格子定数に違いがあり、格子定数を種結晶と整合させようとするため混晶比の変化が抑えられると考えられる。また図 1.22(b) に示したとおり、有機溶液の濃度を希薄にした方が作製試料の混晶比は仕込み比に近くなる事も分かった。

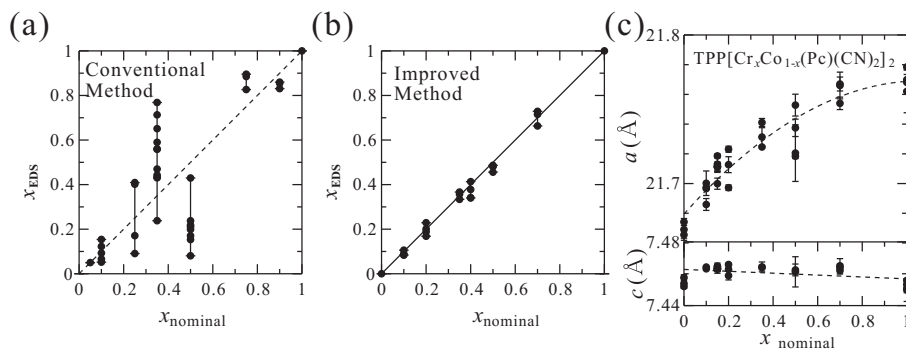


図 1.22: (a) 従来の作製法における仕込み比と作製試料の混晶比の関係 (b) 改良した方法における関係 (c) 改良した方法における仕込み比と作製試料の格子定数の関係

学術雑誌に出版された論文

Synthesis and Characterization of Iodide-coordinated Dinuclear Molecular Single Crystal $\text{Cr}_2(\mu\text{-I})_2\text{I}_4(\text{C}_8\text{N}_2\text{H}_4)_4$

H. Murakawa^s, M. Komada^d, and N. Hanasaki^s

Chemistry Letters **46** (No. 4, April) (2017) 554-556

(<http://dx.doi.org/doi:10.1246/cl.161205>).

Axially Ligated Phthalocyanine Conductors with Magnetic Moments

Tamotsu Inabe and N. Hanasaki^s

Magnetochemistry **3** (No. 2, April) (2017) 18-1-11

(<http://dx.doi.org/doi:10.3390/magnetochemistry3020018>).

Magnetocaloric Materials with Multiple Instabilities

Y. Taguchi, H. Sakai^s, and D. Choudhury

Advanced Materials **29** (April) (2017) 1606144-1-9

(<http://dx.doi.org/doi:10.1002/adma.201606144>).

Magnetic structure of the magnetoelectric material $\text{Ca}_2\text{CoSi}_2\text{O}_7$

A. Sazonov, V. Hutanu, M. Meven, G. Roth, H. Murakawa^s, Y. Tokura, V. K. Guduru, L. C. J. M. Peters, U. Zeitler, L. F. Kiss, D. Szaller, B. Náfrádi, and I. Kézsmárki
Physical Review B **95** (No. 17, May) (2017) 174431-1-9
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.95.174431>).

A new strategy for inducing dipole moments in charge-transfer complexes: introduction of asymmetry into axially ligated iron phthalocyanines

Masaki Matsuda, Sayaka Iwamura, Yumi Hamada, Hiroko Ohishi, Miki Nishi, Yoshio Nogami, M. Ikeda^m, A. Kanda^m, Yusuke Funasako, Tomoyuki Mochida, Akiko Nakao, and N. Hanasaki^s
Dalton Transactions **46**(No. 35, August) (2017) 11800-11805
(<http://dx.doi.org/doi:10.1039/c7dt02605f>).

Effect of applied orthorhombic lattice distortion on the antiferromagnetic phase of CeAuSb_2

J. Park, H. Sakai^s, O. Erten, A. P. Mackenzie, and C. W. Hicks
Physical Review B **97** (No. 2, October) (2017) 024411-1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.97.024411>).

PVD thin film growth of $M(\text{Pc})(\text{CN})_2$ axially substituted metal-phthalocyanines

Felix Küster^m, Marco Grünewald, M. Ikeda^m, N. Hanasaki^s, and Torsten Fritz
Journal of Porphyrins and Phthalocyanines **21** (No 11, November) (2017) 739-744
(<http://dx.doi.org/doi:10.1142/S1088424617500754>).

Lattice Dynamics of $1\text{T}'\text{-MoTe}_2$ Studied by Time-Resolved Transmission X-Ray Diffraction at SACLA

T. Shimojima, A. Nakamura, K. Ishizaka, Y. Tanaka, K. Takubo, Y. Hirata, H. Wadati, S. Yamamoto, I. Matsuda, K. Ikeura, H. Takahashi, H. Sakai^s, S. Ishiwata, T. Togashi, S. Owada, T. Katayama, K. Tono, M. Yabashi, and S. Shin
Adv. X-Ray Chem. Anal. Japan **49** (December) (2017) 163-168.

Enhanced magnetoresistance in the binary semimetal NbAs_2 due to improved crystal quality

K. Yokoi^m, H. Murakawa^s, M. Komada^d, T. Kida, M. Hagiwara, H. Sakai^s, and N. Hanasaki^s
Physical Review Materials **2** (No. 2, February) (2018) 024203-1-5
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevMaterials.2.024203>).

An electrically conducting crystal composed of an octahedrally ligated por-

phyrin complex with high-spin iron(III)

Miki Nishi, R. Ishii^m, M. Ikeda^m, N. Hanasaki^s, Norihisa Hoshino, Tomoyuki Akutagawa, Michinori Sumimoto, and Masaki Matsuda

Dalton Transactions **47** (No. 12, March) (2018) 4070-4075

(<http://dx.doi.org/doi:10.1039/c7dt04649a>).

国際会議における講演等

Extremely large magnetoresistance exceeding two million in a semimetal NbAs₂ with ultrahigh mobility and full compensation (poster)

K. Yokoi^{m*}, H. Murakawa^s, M. Komada^d, Takanori Kida, Masayuki Hagiwara, H. Sakai^s, and N. Hanasaki^s

Interdisciplinary Symposium for Up-and-coming Material Scientists -Global Challenge to Attaining a Sustainable Future- ISUMS2017 (at Toyonaka, Japan, June 8-9, 2017, Approx. 100 participants)

Dirac fermion transport coupled with magnetic order in a layered antiferromagnet EuMnBi₂ (poster)

H. Masuda, H. Sakai^{s*}, M. Tokunaga, Y. Yamasaki, A. Miyake, J. Shiogai, S. Nakamura, S. Awaji, A. Tsukazaki, H. Nakao, Y. Murakami, T.-H. Arima, Y. Tokura, and S. Ishiwata
The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2017 (SCES2017) (at Prague, The Czech Republic, July 17-21, 2017, Approx. 1000 participants)

Dirac fermion transport coupled with magnetic order in a layered antiferromagnet EuMnBi₂

H. Sakai^{s*} (invited)

Max-Planck Institute CPfS seminar (at Dresden, Germany, July 25, 2017, Approx. 80 participants)

Synthesis and Physical Properties in Phthalocyanine Molecular Conductor Mixed Crystal with Hydrogen Bond (K · 4EtOH)_x(TPP)_{1-x}[Co(Pc)(CN)₂]₂ (poster)

T. Sugimoto^{m*}, R. Ishii^m, H. Murakawa^s, and N. Hanasaki^s

The 12th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM2017) (at Zao, Japan, September 25, 2017, Approx. 100 participants)

High Magnetic Field Study on Giant Negative Magnetoresistance in a Phthalocyanine Molecular Mixed Crystal TPP[Cr_xCo_{1-x}(Pc)(CN)₂]₂ (poster)

R. Ishii^{m*}, M. Ikeda^m, H. Murakawa^s, M. Nishi, M. Matsuda, and N. Hanasaki^s

The 12th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM2017) (at Zao, Japan, September 26, 2017, Approx. 100 participants)

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

N. Hanasaki^{s*}, H. Murakawa^s, M. Ikeda^m, M. Matsuda, H. Tajima, and T. Inabe

The 12th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM2017) (at Zao, Japan, September 27, 2017, Approx. 100 participants)

Thermoelectric and Nernst responses of quasi-2D Dirac fermions in a layered antiferromagnet EuMnBi_2 (poster)

K. Tsuruda^m, H. Sakai^{s*}, H. Masuda, S. Ishiwata, T. Nakano, Y. Nozue, A. Miyake, M. Tokunaga, H. Murakawa^s, and N. Hanasaki^s

Junjiro Kanamori Memorial Symposium (at Tokyo, Japan, September 27-29, 2017, Approx. 200 participants)

Chemicallytunable Dirac fermion states in layered magnets AMnBi_2 hosting Bi square nets (poster)

K. Tsuruda^m, H. Sakai^{s*}, H. Masuda, S. Ishiwata, K. Akiba, A. Miyake, M. Tokunaga, H. Murakawa^s, and N. Hanasaki^s

The 6th Toyota RIKEN International Workshop (at Nagoya, Japan, November 10-12, 2017, Approx. 200 participants)

Giant Magnetoresistance in Phthalocyanine Molecular Conductor

N. Hanasaki^{s*} (invited)

Hong Kong University - Osaka University Joint Symposium on Material Research (at Hong Kong, China, December 3-5, 2017, Approx. 100 participants)

Variation of Berry's phase depending on a magnetic-field direction in the Weyl semimetal NbAs

H. Murakawa^{s*}, M. Komada^d, K. Yokoi^m, T. Kida, M. Hagiwara, H. Sakai^s, and N. Hanasaki^s

22th Conference on the Physics and Applications of Spin-related Phenomena in Semiconductors (at Toyonaka, Japan, December 5, 2017, Approx. 100 participants)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

多層ディラック電子系 EuMnBi_2 における磁気秩序とカップルした電気・熱輸送現象

酒井英明^{s*}

物性研究所短期研究会-光で見る・操る電子物性科学の最前線(招待講演)(於 東京大学物性

研究所、2017年6月12-14日)

キャリアドープした層状ディラック反強磁性体 $\text{Eu}_{1-x}\text{Gd}_x\text{MnBi}_2$ における量子極限近傍のランダウ準位構造

鶴田圭吾 ^{m*}, 酒井英明 ^s, 増田英俊, 石渡晋太郎, 秋葉和人, 三宅厚志, 徳永将史, 村川寛 ^s, 花咲徳亮 ^s

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 岩手大学、2017 年 9 月 24 日)

熱電材料 SnSe における外部圧力を利用した電力因子の向上

西村拓也 ^{m*}, 酒井英明 ^s, 片山敬介 ^m, 秋葉和人, 三宅厚志, 徳永将史, 上床美也, 村川寛 ^s, 花咲徳亮 ^s

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 岩手大学、2017 年 9 月 24 日)

磁性や伝導性の設計が可能な強相関ディラック電子系物質

酒井英明 ^{s*}

ポスト新機能物質開発のための戦略会議 (招待講演) (於 東京大学、2017 年 11 月 14-15 日)

パルス強磁場を用いたワイル半金属 TaAs 、 NbAs の電気伝導特性の研究

駒田盛是 ^{d*}

強磁場コラボラトリーが拓く未踏計測領域への挑戦と物質・材料科学の最先端 (於 物質・材料研究機構、2017 年 11 月 29 日)

半金属 NbAs_2 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 (ポスター)

横井滉平 ^{m*}

強磁場コラボラトリーが拓く未踏計測領域への挑戦と物質・材料科学の最先端 (於 物質・材料研究機構、2017 年 11 月 29 日)

空間反転対称性の破れた超伝導体 PbTaSe_2 の合成と NMR/NQR 測定

横井滉平 ^{m*}, 八島光晴, 村川寛 ^s, 椋田秀和, 酒井英明 ^s, 花咲徳亮 ^s

日本物理学会 2018 年年次大会 (於 東京理科大学、2018 年 3 月 22 日)

多層ディラック電子系 EuMnBi_2 における元素置換を利用したゼーベック・ネルンスト効果の制御

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

日本物理学会 2018 年年次大会 (於 東京理科大学、2018 年 3 月 22 日)

バルク半導体におけるラシュバ分裂とベリー位相

村川寛 ^{s*}

日本物理学会 2018 年年次大会 領域 9 シンポジウム講演 (於 東京理科大学、2018 年 3 月 23

日)

ワイル半金属 NbAs における磁場方位に依存したペリー位相の観測

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

日本物理学会 2018 年年次大会 (於 東京理科大学、2018 年 3 月 24 日)

自発磁化を有するディラック電子系物質 BaMnSb₂ における磁気輸送現象のキャリア濃度依存性

藤村飛雄吾 ^{m*}, 酒井英明 ^s, 鶴田圭吾 ^m, 木田孝則, 萩原政幸, 村川寛 ^s, 花咲徳亮 ^s

日本物理学会 2018 年年次大会 (於 東京理科大学、2018 年 3 月 24 日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事

金属フタロシアニン系伝導体における分子設計と巨大磁気抵抗効果

松田真生, 花咲徳亮 ^s

日本物理学会誌 Vol.72, No.6(6月), 415-421 (2017)

1.11 素粒子理論グループ

将来加速器と重力波によるヒッグスセクターの検証

兼村は、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。特に 2030 年代にほぼ同時期に実施される 3 つの実験、すなわち高輝度 LHC 実験での新粒子の直接探索、国際リニアコライダー実験でのヒッグス結合の精密測定によるヒッグスセクターの多重項構造や湯川結合の解明、初期宇宙に発生した重力波を宇宙に置いた干渉計 LISA/DECIGO で捉えることによる電弱相転移の解明を包括的に研究することで大きな相乗効果が生じ、ヒッグスセクターが詳細に解明され、標準理論を超える物理の方向性が明らかになる可能性を示した。

線形加速器とハドロン加速器におけるトップ湯川結合の CP 特性の検証

CP の破れは標準模型を超える新物理学に由来するノンスタンダードな相互作用を検証する上で強力な武器である。まず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、トップと反トップ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 [1]。その後、LHC 実験で検証できるシングルトップのヒッグス粒子随伴生成過程における CP の破れを研究しているが、この過程はトップ湯川結合の性質に対する感度が良いことが知られている。

- [1] Kaoru Hagiwara, Hiroshi Yokoya, Ya-Juan Zheng,
Probing the CP properties of top Yukawa coupling at an e+e- collider,
JHEP 1802 (2018) 180.

e^+e^- 線形加速器で探るゲージ・ヒッグス電弱統合理論

ゲージヒッグス統一理論 (GHU) では、ヒッグスボソンは余剰次元 (例えば 5 次元目) でのアハロノフ・ボーム位相 (θ_H) の揺らぎとして現れ、ゲージ場と統一される。SO(5) × U(1) GHU は、高い精度で低エネルギーで標準模型 (SM) とほぼ同じ結果を与える。細谷は船津、幡中、折笠と共にゲージボソンのカルーツァ・クライン (KK) 励起モードは 7 ~ 10 TeV 領域に予言され、特に Z' 粒子 (Z ボソンや光子の第 1 KK 励起モード) との干渉効果は Z' 質量が 7 ~ 9 TeV でも 250 GeV ILC で顕著に観測できることを示した (図 1.23 参照)。

ゲージ・ヒッグス大統一理論

細谷、山津は、電弱相互作用だけでなく強い相互作用も統一する SO(11) ゲージ・ヒッグス大統一理論を構築した。クォークとレプトンは、SO(11) のスピナー表現、ベクトル表現、1 重項の場として記述され、ブレーン相互作用も含めるとクォークとレプトンの質量スペクトルが再現される。ニュートリノの質量は 3×3 行列で特徴付けられるゲージ・ヒッグス・シーソー機構により小さくなる。さらに細谷機構により電弱対称性が量子効果により自発的に破れ、125GeV のヒッグスボソンが再現されることも示した。

原子ニュートリノ

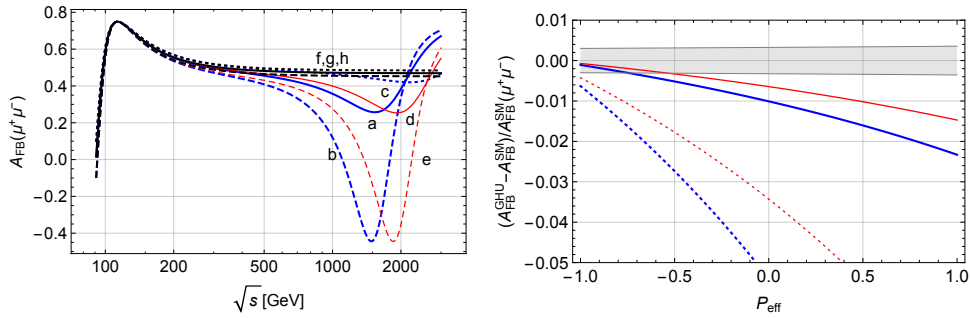


図 1.23: (左) 前方後方非対称性 $A_{FB}(\mu^+\mu^-)$ の \sqrt{s} 依存性. a,b,c (d,e) は GHU で $\theta_H = 0.0917$ (0.0737) の場合. a,d は偏極なしの場合, b,e (c) は $P_{eff} = +0.877$ (-0.877) の場合. f,g,h は SM で偏極なし, $P_{eff} = +0.877$, $P_{eff} = -0.877$ の場合. (右) 偏極度 (P_{eff}) 依存性. 青線は $\theta_H = 0.0917$, 赤線は $\theta_H = 0.0737$ の場合. 実線は $\sqrt{s} = 250$ GeV, 点線は $\sqrt{s} = 500$ GeV の場合. 灰色のバンドは SM で、 $\sqrt{s} = 250$ GeV, 250 fb^{-1} のデータでの統計誤差を表す.

田中は、津村 (京大), 笹尾 (岡山大), 植竹 (岡山大), 吉村 (岡山大) と共同で、原子ニュートリノ過程における初期空間位相 (ISP) の効果について調べた. ISP が初期状態の運動量と見做せ、それにより原子ニュートリノ過程のエネルギースケールを制御できることを明らかにした. 適切な ISP を用いることで、ニュートリノがディラック粒子かマヨラナ粒子か区別をする際の感度が 30 倍程度向上することを示した.

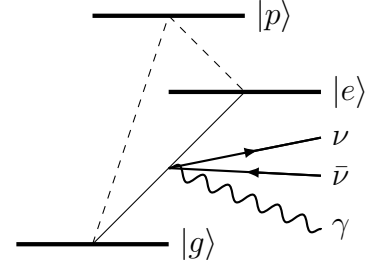


図 1.24: 原子ニュートリノ過程

アイソトープシフト

田中は、三上, 山本 (Yonsei 大) と共同で、原子スペクトルのアイソトープシフト (IS) による原子内で作用する未知の相互作用の探索について研究を行なった. 新粒子の効果による IS におけるキング線形性の破れをトーマス-フェルミ模型で数値的に評価した. また、新粒子が重い場合の IS 非線形性を解析的に調べ、重い粒子の効果は先行研究で示されているものよりも小さくなることを明らかにした. 通常の IS における線形性の破れも同様の手法で解析し、これらを比較することで新物理に対する感度を明らかにした.

宇宙背景放射のパワースペクトルの断熱正則化

A.L. Alinea (フィリピン・ロスバノス大学) と窪田は、昨年ならびに一昨年に行った宇宙背景放射のパワースペクトルの紫外発散正則化の研究を引き続き発展させた. 昨年までの研究は、(1) K-inflation で重力場との結合が minimally coupled の場合、(2) canonical inflation で重力場との結合が non-minimally coupled の場合であった. 今年度は (3) K-inflation で重力場との結合が non-minimal な、最も一般的な場合を扱った. 結論としては、引き算項は時間の関数であり、horizon crossing の時期には引き算項は十分に減少して観測量には影響を及ぼさないという、今までと同様の結果ではあったが、この結論に至るためには near scale invariance という条件を課することが重要であることを強調した.

宇宙相関関数を用いて未知の重い素粒子の情報を引き出す試み

宇宙初期に指数関数的に宇宙が膨張していた時期においては、ハッブルパラメーターの値は、 10^{14} 乗 GeV 程度であると考えられている。この時期の量子揺らぎの詳細なデータは、このエネルギー・スケールの質量を持つ素粒子の情報を含んでいるものと思われる。斉藤と窪田は、宇宙背景輻射の温度揺らぎのデータから未知の素粒子の情報を得るための技術開発を目指す研究を行った。手始めのモデルとして、quasi-single field inflation を取り上げ、このモデル固有のハッブルパラメータ程度の質量を持つとされているスカラー粒子 (isocurvaton) の情報を得る方法を提示した。計算技術としてはインフレーション理論の有効場理論を用い、テンソル摂動を一個および二個含む相関関数とスカラー摂動のパワースペクトルを組み合わせれば、isocurvaton の質量並びに有効場理論の結合定数の情報が引き出せるということを主張した。

軟パイ中間子定理と漸近対称性、記憶効果の関係

近年、軟重力子定理・軟光子定理が平坦時空での漸近対称性や重力波・電磁波の放射に関する記憶効果と密接に関係するということが理解されてきている。杉下は濱田 (Wisconsin 大) とともに、軟パイ中間子定理にも同様の関係が成立するということを明らかにし、今まで知られていなかったパイ中間子の放射に関する記憶効果が存在するということを示した。

ブラックホール地平面近傍のユニバーサルなカオスの発見

橋本と棚橋は、近年 Maldacena らによって提案されたカオスの Lyapunov 指数の上限についての予想をブラックホール側で理解するために、地平面近くを運動する荷電粒子を詳細に調べた。特に、地平面から引き離す力が存在する場合、重力との均衡で地平面近くにユニバーサルな鞍点が存在することを示し、その鞍点近傍の運動が Maldacena らの Lyapunov 指数の上限を与えることを示した。

フロッケ状態の重力双対の研究

橋本と村田は、中央大学の木下俊一郎氏と Max Planck Institute の岡隆史氏とともに、時間に依存した外場揺動が与えられた場合の強相関系について、AdS/CFT 対応を用いて解析を行った。特に、ギャップレスな理論で、回転電場を外場として与えた場合の、流れる電流を計算し、ホール効果が起こっていることを発見した。フロッケ状態がホール効果を起こすことを強相関で示した初めての例となる。

一般的な古典カオス系の量子 Lyapunov 指数の計算

橋本と村田は、慶応大学の吉井氏と共同で、一般的な量子力学系で量子 Lyapunov 指数を計算する方法を開発し、その方法を用いて、量子ビリヤード系における非時間順序積の期待値の時間発展を計算した。その結果によると、カオス系の場合は期待値がスムーズな時間の関数となり、また上限が存在しその上限は温度に依存することが判明した。また、期待された指数関数的な増大は見られず、量子 Lyapunov 指数が量子カオス系でいつでも定義できるものではないことを示した。

可換ゲージ理論における Complexity の時間発展

橋本と飯塚と杉下は、一般的な可換ゲージ理論において Complexity を世界で初めて定義し、その時間発展の性質から、Complexity が全状態数まで大きくなるためには可換ゲージ理論が非局所的でなければならないことを示唆した。Complexity の時間発展は、Susskind によると、双対な重力描像においてはブラックホール内部の領域の体積などに対応すると考えられており、その計算の具体的手法をゲージ理論において導出するために、qubit 系を用いたゲージ理論の正則化方法を考案した。

ホログラフィック complexity の時間依存性

杉下は Perimeter Institute の Carmi, Chapman, Marrochio, Myers とともにホログラフィック complexity と呼ばれる量を様々な AdS ブラックホール時空に対して計算し、その時間依存性を調べた。ホログラフィック complexity と呼ばれる量には、「AdS 時空中の余次元 1 の空間的曲面の最大体積」と「Wheeler-DeWitt 領域の重力作用」の 2 種類が存在し、これらは定量的に同じであると思われていたが、十分遅い時間以外では大きく異なる振る舞いを示すという結論を得た。

2次元ゲージ理論におけるエンタングルメントエントロピー

飯塚は玉岡、横矢、および京都大学基礎物理学研究所の青木真也氏とともに、2次元 $SU(N)$ ゲージ群をもち、fundamental 表現の物質場を含んだゲージ理論でエンタングルメントエントロピーを、「拡張された」ヒルベルト空間の定義を用いて計算した。結果、エンタングルメントエントロピーには3つの寄与を含むこと、およびそれぞれの直感的な理解が可能になった。3つの寄与とは、1. 「superselection sector の分配に伴う Shannon entropy による寄与」 2. 「meson が color singlet をつくるため、それに付随したエンタングルメントによる寄与」 3. 「真に Bell pair 状態の相関による寄与」の3つである。さらに transfer matrix formalism を用い、物質場の質量の逆展開で、真空のエンタングルメントに上述の 1. 2. 3. がどのように寄与しているのか計算した。結果、真の Bell pair 状態の寄与は 1. 2. の寄与より、より高次展開で生じることが明らかになり、ここから、連続極限での真空のエンタングルメントの考察を行った。

滑らかかつ大域的なクエンチによる量子エンタングルメントの時間発展

杉本は、シカゴ大学の野崎雅弘氏、華中師範大学の富谷昭夫氏、及び光州科学技術院の西田充宏氏と共に、2次元自由スカラー場理論に対して時間依存する質量項を加えることにより、非平衡状態に対するエンタングルメントエントロピーがどのように平衡状態に達するかを調べた。その結果、断熱近似が破綻する時間において粒子対が生成され、エンタングルメントエントロピーが線形に増加することが解った。さらに、十分時間が経った後においてもゼロで無いような条件を課した、時間発展する質量項を考えると、エンタングルメントエントロピーが振動する事が判明し、それに物理的解釈を与えた。

Weyl 半金属における境界条件の分類と「端の端」状態の発見

橋本と Xi Wu は、慶応大学の木村太郎氏とともに、一般のワイル半金属で許される境界条件について考察した。この境界条件は、空間が2次元のときには1パラメータのファミリーで全て尽くされることを発見した。また、特に、さらに高次元の場合などに、特殊な境界条件のクラスを用いると、二つの境界面が交差する場所に、ギャップレスな状態が発現することを示し、「端の端」状態と名付けた。この状態は、その後世界各地のグループが独立に発見し、研究が進められており、その先駆けとなった。

ディラック半金属における磁気伝導率に対するコーン内での遷移の効果

鍵村と大野木は、クーロン不純物の存在下でディラック半金属に対して磁気伝導率を研究した。1) 対称性の破れに伴うギャップが生じた場合、また 2) 弱い磁場下でのランダウ準位の励起状態の影響がある場合、に対してディラックコーン内での遷移の効果を取り入れたボルツマン方程式をとくことによって、平行な電場および磁場の存在下での縦方向磁気伝導度の質量依存性および磁場依存性を導出した。

ドメイン・ウォールフェルミオンのディラック演算子からの Atiyah-Patodi-Singer 指数定理

Atiyah-Patodi-Singer (APS) 指数定理は、トポロジカルフェーズにおける物質の表面上の物理を理解するために注目を集めている。しかし、この定理の数学的セットアップは、フェルミン場に「APS 境界条件」として知られている非局所境界条件を手で課している物理的なフェルミオン系に直接関係しない。そこで深谷と大野木と山口は APS 指数を再定式化し、APS と同じ指数が、局所境界条件を有するドメイン壁のフェルミオン Dirac オペレーターから藤川の方法を用いて得られることを見出した。

2次元共形場理論の混合アノマリーと境界

沼澤と山口は、2次元 WZW 模型において中心群とラージ微分同相変換 (モジュラー変換) に関する混合アノマリー、および対称性を保つ境界状態との関係についての研究を行った。まず直積の群でアノマリーが相殺するための条件、また中心群の部分群に対するアノマリーについても調べた。さらに、アノマリーが無い条件と対称性を保つ境界状態が存在するための条件の間関係についても考察した。まず群が複素表現をもつ場合には、これらの間には素朴な対応は成り立たないという結果を得た。さらに境界状態を考える際の「対称性」に荷電共役を合わせたものを考えるという新たな提案を行った。この新たな対称性を保つ境界状態が存在する条件とアノマリーが無い条件は、ほとんどの場合に一致することを見た。

qq 指標と位相的弦理論との対応

杉本は、慶應義塾大学の木村太郎氏と基礎物理学研究所の森裕紀氏と共に、refined 位相的弦理論と qq 指標との対応について調べた。その結果、qq 指標は位相的弦理論においては2種類のブレーンを組み合わせることによって表現できることが判明した。ブレーンを挿入する際、幾何転移と呼ばれる双対性を利用したが、物理的に整合性が取れた結果を得るためには理論のパラメーターに対して適切なシフトを施す必要があることを指摘した。

超対称 $O(N)$ 非線形シグマ模型に対するフロー方程式

大野木と青木慎也、菊地健吾は2次元の $\Phi = 1$ の超対称 $O(N)$ 非線形シグマモデルに対し、超対称性と $O(N)$ 対称性の両方を尊重するという条件を課すことによって、フロー方程式の満たすべき条件を求めその中で最も単純なものとして、一つのフロー方程式を提案した。これをもとにラージ N 展開のリーディングでのフロー方程式の解を求め、2点関数が発散を持たないことを示した。

厳密なカイラル対称性を持つ格子 QCD における $K \rightarrow \pi l \nu$ 形状因子のクォーク質量依存性

深谷、大野木（他6名）は JLQCD collaboration の共同研究で、3フレーバー格子 QCD における $K \rightarrow \pi l \nu$ 準レプトニック崩壊の形状因子を計算した。格子間隔 0.11fm , $290\text{-}540\text{MeV}$ をカバーする4つの π 中間子質量に対応するパラメータセットに対して形状因子の高精度で計算の結果をカイラル摂動論の結果とフィットすることによって $q^2 = 0$ での形状因子を $f_+(0) = 0.9636(36)({}_{-35}^{+57})$ と決定した。

有限温度 QCD における $U(1)_A$ 量子異常の消失の可能性

深谷は KEK の橋本らとメビウスドメインウォールフェルミオンを用い、高温 QCD の大規模数値シミュレーションを実行、ドメインウォールフェルミオンの低エネルギーモードのカイラル対称性の破れが予想に反して大きいこと、オーバーラップフェルミオンへ reweighting すると、 $U(1)_A$ の破れがゼロと無矛盾な程度に抑えられることを示した。これは $U(1)_A$ の破れが消失する状況証拠を与えるものであり、この研究はカイラル相転移の次数に影響する等、ハドロン物理へ重要なインパクトを持つ。今年度はさらに細かい格子で連続極限をとるシミュレーションを進め、トポロジー感受率の計算を行い、それがカイラル極限手前で消失している様子を確認した(図 1.25 参照)。この研究は国内外で注目されており、深谷は国際会議 Lattice 2018 にて招待講演をつとめ、雑誌パーティへも寄稿した。また、北口らと対称性がさらに $SU(4)$ へと拡大する可能性を考察した。

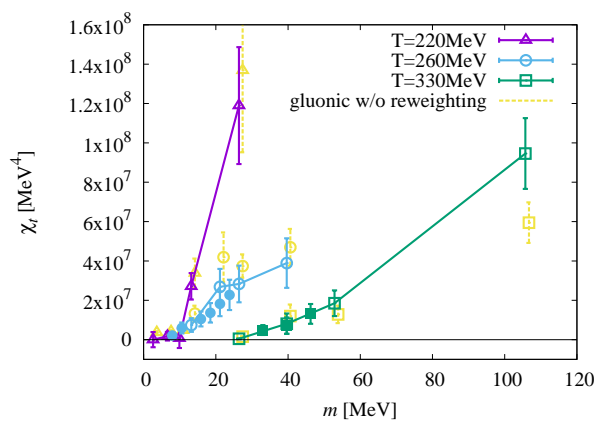


図 1.25: 高温 QCD におけるトポロジー感受率のクォーク質量依存性。

外線スピンを含む測地 Witten 図の構成

玉岡と西田充宏氏 (阪大, GIST) は、外線にスピンを持つ場がある測地 Witten 図について調べた。測地 Witten 図は、AdS 時空中の Feynman 図で相互作用頂点の積分 (実空間) を測地線上に制限したもので、共形ブロックを構成する方法の 1 つである。結果として、AdS 時空の微分相互作用と、共形場理論のスピン昇降演算子の対応を明らかにし、外線スピンがある場合の共形ブロックの構成法を与えることができた。

AdS/CFT の場を高次元時空に埋め込む

玉岡は、AdS 時空の任意のボソン場を高次元の平坦時空に埋め込む方法を構成した。先行研究と組み合わせることで、AdS 時空とその境界上の共形場理論 (CFT) の場を統一的に扱うことが可能になった。具体的な応用として、測地 Witten 図で反対称場が中間状態になる共形ブロックを構成した。将来的には、高階スピン理論への応用などが期待される。

学術雑誌に出版された論文

Adiabatic regularization of the power spectrum in nonminimally coupled general single-field inflation

Allan L. Alinea and Takahiro Kubota^s

Phys. Rev. D **97**, 063513 (2018)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.97.063513>).

Time evolution of complexity in Abelian gauge theories

Koji Hashimoto^s, Norihiro Iizuka^s, Sotaro Sugishita^{PD}

Phys.Rev. D **96** (No.12) (2017) 126001

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.96.126001>).

Out-of-time-order correlators in quantum mechanics

Koji Hashimoto^s, Keiju Murata^s, Ryosuke Yoshii

JHEP 1710 (2017) 138

([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP10\(2017\)138](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP10(2017)138)).

Edge states at an intersection of edges of a topological material

Koji Hashimoto^s, Xi Wu^d, Taro Kimura

Phys.Rev. B95 (no.16) (2017) 165443

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.95.165443>).

Holographic Floquet states I: a strongly coupled Weyl semimetal

Koji Hashimoto^s, Shunichiro Kinoshita, Keiju Murata^s, Takashi Oka

JHEP 1705 (2017) 127

([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP05\(2017\)127](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP05(2017)127)).

Universality in Chaos of Particle Motion near Black Hole HorizonKoji Hashimoto^s, Norihiro Tanahashi^sPhys. Rev. D **95** (no.2) (2017) 024007<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.95.024007>).**Boundary Conditions of Weyl Semimetals**Koji Hashimoto^s, Taro Kimura, Xi Wu^d

PTEP 2017 (no.5, May) (2017) 053I01

<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptx053>).**Neutrino mass without lepton number violation, dark matter; and a strongly first-order phase transition**Shinya Kanemura^s, K. Sakurai and H. Sugiyama,Phys. Rev. D **96** (no.9, November) (2017) 095024<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.96.095024>).**Gauge invariant one-loop corrections to Higgs boson couplings in non-minimal Higgs models**Shinya Kanemura^s, M. Kikuchi, K. Sakurai and K. YagyuPhys. Rev. D **96** (no.3, August) (2017) 035014<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.96.035014>).**One-loop corrections to the Higgs self-couplings in the singlet extension**Shinya Kanemura^s, M. Kikuchi and K. Yagyu,Nucl. Phys. B **917** (2017) 154-177<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nuclphysb.2017.02.004>).**Flow equation of N= 1 supersymmetric O(N) nonlinear sigma model in two dimensions**Sinya Aoki, Kengo Kikuchi, Tetsuya Onogi^s

J. High Energy Phys.1802 (Feb.) (2018) 128

[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP02\(2018\)128](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP02(2018)128)).**Intra-cone transition effect to magnetoconductivity in Dirac semimetal**Aya Kagimura^{DC}, Tetsuya Onogi^s

J. High Energy Phys.1712 (2017) 115

[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP12\(2017\)115](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP12(2017)115)).**Atiyah-Patodi-Singer index from the domain-wall fermion Dirac operator**

Hidenori Fukaya^s, Tetsuya Onogi^s, Satoshi Yamaguchi^s
Phys. Rev. D **96** (2017) 125004
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.96.125004>).

Chiral behavior of $K \rightarrow \pi l \nu$ decay form factors in lattice QCD with exact chiral symmetry

Sinya Aoki, Hidenori Fukaya^s, Tetsuya Onogi^s, Takashi Kaneko *et al.*
Phys. Rev. D **96** (2017) 034501
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.96.034501>).

Refined geometric transition and qq -characters

Kimura, Taro and Mori, Hironori, Yuji Sugimoto^{DC}
JHEP **1801**, (Feb.) 025 (2018)
([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP01\(2018\)025](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP01(2018)025)).

Soft pion theorem, asymptotic symmetry and new memory effect

Yuta Hamada, Sotaro Sugishita^{PD}
J. High Energy Phys. **1711**, 203 (2017)
([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP11\(2017\)203](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP11(2017)203)).

On the Time Dependence of Holographic Complexity

D. Carmi, S. Chapman, H. Marrochio, R. C. Myers, Sotaro Sugishita^{PD}
J. High Energy Phys. **1711**, 188 (2017)
([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP11\(2017\)188](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP11(2017)188)).

Geodesic Witten diagrams with an external spinning field

Mitsuhiro Nishida^s, Kotaro Tamaoka^d
PTEP **2017**, (no. 5, May) 053B06 (2017)
(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptx055>).

Geodesic Witten diagrams with antisymmetric tensor exchange

Kotaro Tamaoka^d
Phys. Rev. D **96**, (no. 8) 086007 (2017)
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.96.086007>).

Evidence of effective axial U(1) symmetry restoration at high temperature QCD

A. Tomiya, G. Cossu, S. Aoki, Hidenori Fukaya^s, S. Hashimoto, T. Kaneko, and J. Noaki (JLQCD Collaboration)
Phys. Rev. D **96** (No. 3, August) (2017) 034509-1–15

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.96.034509>).

Lattice calculation of coordinate-space vector and axial-vector current correlators in QCD

M. Tomii, G. Cossu, B. Fahy, Hidenori Fukaya^s, S. Hashimoto, T. Kaneko, and J. Noaki (JLQCD Collaboration)

Phys. Rev. D **96** (No. 5, September) (2017) 054511-1–13

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.96.054511>).

Approximate degeneracy of $J = 1$ spatial correlators in high temperature QCD

C. Rohrhofer, Y. Aoki, G. Cossu, Hidenori Fukaya^s, L. Ya. Glozman, S. Hashimoto, C. B. Lang, and S. Prelovsek

Phys. Rev. D **96** (No. 9, November) (2017) 094501-1–6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.96.094501>).

Distinct signals of the gauge-Higgs unification in e^+e^- collider experiments

S. Funatsu, H. Hatanaka, Yutaka Hosotaniⁱ, Y. Orikasa

Phys. Lett. **B775** (December) (2017) 297-302

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2017.10.068>).

Gauge-Higgs seesaw mechanism in 6-dimensional grand unification

Yutaka Hosotaniⁱ, N. Yamatsu

Prog. Theor. Exp. Phys. **2017** (No. 9, September) (2017) 091B01 (7 pages)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptx124>).

Electroweak Symmetry Breaking and Mass Spectra in Six-Dimensional Gauge-Higgs Grand Unification

Yutaka Hosotaniⁱ, N. Yamatsu

Prog. Theor. Exp. Phys. **2018** (No. 2, February) (2018) 023B05 (48 pages)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptx175>).

Towards background-free RENP using a photonic crystal waveguide

Minoru Tanaka^s, Koji Tsumura (Kyoto U.), Noboru Sasao (Okayama U.), Motohiko Yoshimura (Okayama U.)

Prog. Theor. Exp. Phys. **2017** (4, April) (2017) 043B03

(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptx035>).

Effects of initial spatial phase in radiative neutrino pair emission

Minoru Tanaka^s, Koji Tsumura (Kyoto U.), Noboru Sasao (Okayama U.), Satoshi Uetake (Okayama U.), Motohiko Yoshimura (Okayama U.)

Phys. Rev. D **96** (11, December) (2017) 113005
 (<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.96.113005>).

Probing new intra-atomic force with isotope shift

Kyoko Mikami, Minoru Tanaka^s, Yasuhiro Yamamoto (Yonsei U.)
 Eur. Phys. J. C **77** (December) (2017) 896
 (<http://dx.doi.org/doi:10.1140/epjc/s10052-017-5467-4>).

Probing the CP properties of top Yukawa coupling at an e^+e^- collider

Kaoru Hagiwara, Hiroshi Yokoya, Ya-Juan Zheng^{PD}
 JHEP **1802** (February) (2018) 180
 ([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP02\(2018\)180](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP02(2018)180)).

Entanglement Entropy for 2D Gauge Theories with Matters

Sinya Aoki, Norihiro Iizuka^s, Kotaro Tamaoka^d, Tsuyoshi Yokoya^d
 Phys. Rev. D **96** (2017) 045020.

国際会議報告等

New dimensions from gauge-Higgs unification

Yutaka Hosotani^{i*}
 PoS **CORFU2016** (May) (2017) 026 (11pages).
 16th Hellenic School and Workshops on Elementary Particle Physics and Gravity (CORFU2016),
 Aug 31 - Sep 12, 2016, 参加者数約 100 名).

国際会議における講演等

Topological susceptibility in 2+1-flavor QCD with chiral fermions

Sinya Aoki, Guido Cossu, Hidenori Fukaya^{s*}, Shoji Hashimoto, Takashi Kaneko (JLQCD collaboration)
 Proceedings, 35th International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2017) (Granada Exhibition and Conference Centre, Granada, June 18-24, 2017, 参加者約 450 名)

D meson semileptonic form factors in Nf=3 QCD with Möbius domain-wall quarks

Takashi Kaneko^{*}, Brian Colquhoun, Hidenori Fukaya^s, Shoji Hashimoto (JLQCD Collaboration)
 Proceedings, 35th International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2017) (Granada

Exhibition and Conference Centre, Granada, June 18-24, 2017, 参加者約 450 名)

Axial $U(1)$ symmetry at high temperature in 2-flavor lattice QCD

Kei Suzuki*, Sinya Aoki, Yasumichi Aoki, Guido Cossu, Hidenori Fukaya^s, Shoji Hashimoto (JLQCD Collaboration)

Proceedings, 35th International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2017) (Granada Exhibition and Conference Centre, Granada, June 18-24, 2017, 参加者約 450 名)

Topological Susceptibility in $N_f = 2$ QCD at Finite Temperature

Sinya Aoki, Yasumichi Aoki*, Guido Cossu, Hidenori Fukaya^s, Shoji Hashimoto, Kei Suzuki (JLQCD Collaboration)

Proceedings, 35th International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2017) (Granada Exhibition and Conference Centre, Granada, June 18-24, 2017, 参加者約 450 名)

Dirac spectral density and mass anomalous dimension in 2+1 flavor QCD

Katsumasa Nakayama*, Shoji Hashimoto, Hidenori Fukaya^s (JLQCD Collaboration)

Proceedings, 35th International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2017) (Granada Exhibition and Conference Centre, Granada, June 18-24, 2017, 参加者約 450 名)

Atiyah-Patodi-Singer index theorem for physicists

Hidenori Fukaya^{s*}

Yukawa Institute Workshop Strings and Fields 2017 (August, 2017, 参加者約 100 名)

Gauge-Higgs seesaw mechanism in six-dimensional grand unification

Yutaka Hosotani^{i*}

「素粒子物理学の進展 2017」 (京大基研, 31 July- 4 August 2017, 100)

Relaxation time of the fermions in the magnetic field

Aya Kagimura^{DC*}

Proceedings, 35th International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2017) (Granada Exhibition and Conference Centre, Granada, June 18-24, 2017, 参加者約 450 名)

Putting the lower bound on the tensor-to-scalar ratio in “unspecified” Higgs inflation

Yuta Hamada, Hikaru Kawai, Yukari Nakanishi^{d*}, Kin-ya Oda^s

New Higgs Working Group (at Osaka, Japan, Dec. 22-27, 2017)

Atiyah-Patodi-Singer index theorem for domain-wall fermion Dirac operator

Tetsuya Onogi^{s*}, Hidenori Fukaya^s, Satoshi Yamaguchi^s

The 35th International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2017) (at Palacio de

Congresos, Granada, Spain, Jun. 18-24, 2017, 参加者数約 300 名)

Calabi–Yau geometry and electrons on 2d lattices

Yasuyuki Hatsuda, Yuji Sugimoto^{DC*}, Zhaojie Xu

Strings and Fields 2017 (at Yukawa Institute, Kyoto, Aug. 7-1, 2017)

Entanglement Entropy for Free Scalar Fields in AdS

Sotaro Sugishita^{PD*}

Quantum Gravity, String Theory and Holography (at Yukawa Institute, Kyoto, Japan, Apr. 3-7, 2017, 参加者数約 100 名)

Entanglement Entropy for Free Scalar Fields in AdS

Sotaro Sugishita^{PD*}

Strings and Fields 2017 (at Yukawa Institute, Kyoto, Japan, August 7 - 11, 2017 参加者数約 160 名)

Time evolution of holographic complexity

Sotaro Sugishita^{PD*}

RIKEN-Osaka-OIST Joint Workshop 2018 (at OIST, Japan, Mar. 12-14, 2018, 参加者数約 15 名)

Towards Entanglement of Purification for Conformal Field Theories

Kotaro Tamaoka^{d*}

Holography, Quantum Entanglement and Higher Spin Gravity II (at Yukawa Institute, Kyoto, Japan, March 14 - 16, 2018)

Entanglement Entropy for 2D Gauge Theories with Matters

Kotaro Tamaoka^{d*}

Strings and Fields 2017 (at Yukawa Institute, Kyoto, Japan, August 7 - 11, 2017 参加者数約 160 名)

Implication of precision atomic isotope shift measurements in particle physics

Minoru Tanaka^{s*}

Workshop on Beyond Standard Model and the Early Universe, 25–27 Oct. 2017, Tohoku U, Sendai. 36 名.

Implication of initial spatial phase in the coherent radiative neutrino pair emission

Minoru Tanaka^{s*}

Fundamental Physics using Atoms 2018 (FPUA2018), Nagoya, 8–9 Jan. 2018. 84 名.

$e^+e^- \rightarrow ht\bar{t}$ as a probe of Higgs CP propertyYa-Juan Zheng^{PD*}

Phenomenology 2017 Symposium, University of Pittsburgh, 8-10 May 2017

Mixed global anomalies and boundary conformal field theoriesSatoshi Yamaguchi^{s**} (invited)

“Bootstrap Approach to Conformal Field Theories and Applications” (at OIST, Okinawa, March 19-23, 2018, 参加者約 30 名)

Can axial U(1) anomaly disappear at high temperature?Hidenori Fukaya^{s**} (invited)

Proceedings, 35th International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2017) (Granada Exhibition and Conference Centre, Granada, June 18-24, 2017, 参加者約 450 名)

Topological susceptibility at zero & finite temperatures with chiral fermionsHidenori Fukaya^{s**} (invited)

Santa Fe workshop on lattice QCD (August, 2017, 参加者約 50 名)

Deep learning, black holes and chaosKoji Hashimoto^{s**} (invited)

RIKEN-Osaka-OIST Joint Workshop 2018 (at OIST, Japan, Mar. 12-14, 2018, 参加者数約 15 名)

COMPLEXITY AND ADS/CFT: QUANTUM OTHELLO GAMEKoji Hashimoto^{s**} (invited)

NCTS annual meeting 2017 (at NCTS, Taiwan, Dec. 8, 2017, 参加者数約 70 名)

Quantum information and black holeKoji Hashimoto^{s**} (invited)

APCTP focus week “Geometry and holography for quantum criticality” (at APCTP, Korea, Aug. 22-26, 2017, 参加者数約 40 名)

Gauge theories and chaosKoji Hashimoto^{s**} (invited)

KPS meeting (at Daejeon, Korea, May 19-21, 2017, 参加者数約 500 名)

Chaos and chiral condensateKoji Hashimoto^{s**} (invited)

International workshop “Quantum gravity, string theory and holography” (at Yukawa

institute, Japan, Apr. 3-7, 2017, 参加者数約 100 名)

Distinct signals of the gauge-Higgs unification in e^+e^- collider experiments

Yutaka Hosotani^{i*} (invited)

2017 American Workshop on Linear Colliders (SLAC, 26-30 June 2017, 200)

LHC/ILC signals of gauge-Higgs unification

Yutaka Hosotani^{i*} (invited)

New Higgs Working Group (Osaka University, 18-19 August 2017, 60)

Distinct signals of gauge-Higgs unification at 250 GeV - 1 TeV ILC

Yutaka Hosotani^{i*} (invited)

Summer Institute 2017 (Fuji-Yoshida, 25-31 August 2017, 86)

Hosotani mechanism and gauge-Higgs unification: tests at LHC and ILC

Yutaka Hosotani^{i*} (invited)

Workshop 「地上実験で検証可能な新物理」 (Osaka, 12-13 November 2017, 50)

Gauge-Higgs unification: distinct signals at LHC and ILC

Yutaka Hosotani^{i*} (invited)

Scalars 2017 (University of Warsaw, 30 November - 3 December 2017, 150)

Higgs potential, future colliders and future GW interferometers

Shinya Kanemura^{s*} (invited)

The 12th Particle Physics Phenomenology Workshop, 国立交通大学, 2017年5月16-19日, 約100名

Higgs as a Probe of New Physics

Shinya Kanemura^{s*} (invited)

Strings and Fields 2017, 京都大学基礎物理学研究所, 2017年8月7-11日, 約100名

The Golden Age, 2030s

Shinya Kanemura^{s*} (invited)

Workshop "Higgs Physics and Gravitational Waves", 国立師範大学, 2017年11月17-18日, 約50名

The Golden Age, 2030s

Shinya Kanemura^{s*} (invited)

Scalars 2018, ワルシャワ大学, 2018年11月30日-12月3日, 約150名

The Golden Age, 2030sShinya Kanemura^{s*} (invited)

TRIUMF Theory Workshop "New Physics and the Higgs", TRIUMF 研究所, 2018 年 2 月 19-21 日, 約 50 名

Overview (Theory)Shinya Kanemura^{s*} (invited)

Annual ILC Physics and Detector Meeting, 高エネルギー加速器研究機構, 2018 年 3 月 19-20 日, 約 100 名

Higgs BSM simulationsKentarou Mawatari^{s*} (invited)

Higgs Couplings 2017 (at Universität Heidelberg, Heidelberg, Nov. 6-10, 2017, 参加者数約 100 名)

Tools and simulationsKentarou Mawatari^{s*} (invited)

LHC Chapter II: The Run for New Physics (at Federal University of Rio Grande do Norte, Natal, Nov. 6-17, 2017, 参加者数約 50 名)

Summary of the LHC Dark Matter Working Group activitiesKentarou Mawatari^{s*} (invited)

Dark Matter Workshop (at Universite catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Dec. 6-8, 2017, 参加者数約 40 名)

H-COUP: from v1 to v2Kentarou Mawatari^{s*} (invited)

The 3rd Winter Toyama Mini-Workshop on Particle Physics and Cosmology "Basis of the Universe with Revolutionary Ideas 2018" (at University of Toyama, Toyama, Jan. 16-17, 2018, 参加者数約 30 名)

Higgs precision: a window to new physicsKentarou Mawatari^{s*} (invited)

KEK Theory Meeting on Particle Physics Phenomenology (at KEK Theory Center, Tsukuba, Feb. 13-16, 2018, 参加者数約 100 名)

APS index theorem for domain-wall fermion大野木 哲也^{s*} (invited)

Discrete Approaches to the Dynamics of Fields and Space-Time (at APCTP Pohang, Korea, Sept.. 19-23, 2017, 参加者数約 50 名)

Some Thoughts on ComplexityNorihiro Iizuka^{S*} (invited)

International workshop “Holography, Quantum Entanglement and Higher Spin Gravity II” (at Yukawa institute, Japan, Mar. 14-16, 2018, 参加者数約 70 名)

Some Thoughts on ComplexityNorihiro Iizuka^{S*} (invited)

RIKEN-Osaka-OIST Joint Workshop 2018 (at OIST, Japan, Mar. 12-14, 2018, 参加者数約 15 名)

Exact Path Integral for 3D Quantum GravityNorihiro Iizuka^{S*} (invited)

Joburg Workshop on String Theory (at Wits, South Africa, Dec. 18-22, 2017, 参加者数約 20 名)

New horizons for non-Fermi liquidsNorihiro Iizuka^{S*} (invited)

KPS-JPS joint meeting (at Daejeon, Korea, April 20, 2017, 参加者数約 30 名)

Calabi–Yau geometry and electrons on 2d lattices (poster)Yasuyuki Hatsuda, Yuji Sugimoto^{DC*}, Zhaojie Xu

Strings 2017 (at Dan Panorama hotel, Tel Aviv, June 26-30)

Entanglement Entropy for Free Scalar Fields in AdS (poster)Sotaro Sugishita^{PD*}

Quantum Gravity, String Theory and Holography (at Yukawa Institute, Kyoto, Japan, Apr. 3-7, 2017, 参加者数約 100 名)

Time Evolution of Complexity in Abelian Gauge Theories - And Playing Quantum Othello Game - (poster)Sotaro Sugishita^{PD*}

KIAS-YITP joint workshop 2017 Strings, Gravity and Cosmology (at Yukawa Institute, Kyoto, Japan, Sep. 19-22, 2017, 参加者数約 100 名)

Time Evolution of Complexity in Abelian Gauge Theories - And Playing Quantum Othello Game - (poster)Sotaro Sugishita^{PD*}

Frontiers of Quantum Information Physics (at KITP, Santa Barbara, USA, Oct. 9-13, 2017, 参加者数約 200 名)

Geodesic Witten diagram with various representations (poster)Kotaro Tamaoka^{d*}

Strings, Gravity and Cosmology KIAS-YITP joint workshop 2017 (at Yukawa Institute, Kyoto, Japan, September 19 - 22, 2017)

Geodesic Witten diagrams for conserved currents (poster)Kotaro Tamaoka^{d*}

Quantum Gravity, String Theory and Holography (at Yukawa Institute, Kyoto, Japan, April 3 - 7, 2017)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

物理屋でもわかる Atiyah-Patodi-Singer の指数定理

深谷 英則^{s*}, 大野木 哲也^s, 山口 哲^s

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学, 2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

カオス, クォーク, ブラックホール - AdS/CFT 対応による新たな創発時空の特徴づけについて -

橋本 幸士^{s*}

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学, 2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

Out-of-time-order correlator でカオスは測れるか?村田 佳樹^{s*}, 橋本 幸士^s, 吉井涼輔

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学, 2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

Time evolution of complexity杉下 宗太郎^{PD*}, 橋本 幸士^s, 飯塚 則裕^s

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学, 2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

ブラックホール時空で運動する弦のカオスの普遍性

棚橋 典大^{s*}, 橋本 幸士^s, 村田 佳樹^s

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学, 2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

Deep Learning と AdS/CFT (1) ニューラルネットワークの構成と対応原理橋本 幸士^{s*}, 杉下 宗太郎^{PD}, 田中章詞, 富谷昭夫

日本物理学会 第 73 回年次大会 (2018 年) (於 東京理科大学, 2018 年 3 月 22 日 - 3 月 25 日)

Deep Learning と AdS/CFT (2) ネットワークの実装と学習橋本 幸士^{s*}, 杉下 宗太郎^{PD}, 田中章詞, 富谷昭夫

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

Complexity の時間発展について

杉下 宗太郎^{PD*}, 橋本 幸士^s, 飯塚 則裕^s

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

ブラックホール時空で運動する弦のカオスの普遍性

棚橋 典大^{s*}, 橋本 幸士^s, 村田 佳樹^s

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

QCD カオスのパラメータ依存性

芥川 哲也^{m*}, 太田 敏博^m, 橋本 幸士^s, 宮崎 剛^m

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

D ブレーンの高次元運動による QCD カオス

太田 敏博^{m*}, 芥川 哲也^m, 橋本 幸士^s, 宮崎 剛^m

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

Distinct signals of the gauge-Higgs unification in e^+e^- collider experiments

船津周一郎, 幡中久樹, 細谷 裕^{i*}, 折笠雄太

日本物理学会 2017年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017年9月12日 - 9月15日)

Gauge-Higgs seesaw mechanism

細谷 裕^{i*}, 山津直樹

日本物理学会 2017年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017年9月12日 - 9月15日)

EW symmetry breaking and mass spectra in six-dim gauge-Higgs grand unification

細谷 裕^{i*}, 山津直樹

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

ILC によるゲージヒッグス統一理論の検証 (シンポジウム: 新物理学探究における ILC の意義)

細谷 裕^{i*}

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

250GeV ILC と他実験とのシナジー

Shinya Kanemura^{s*}

日本物理学会 2017年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017年9月12日 - 9月15日)

新物理の窓としてのヒッグス物理～黄金の2030年代に向けて～Shinya Kanemura^{s*}

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 – 3月25日)

Seeking dark matter at the interface of collider physics, astrophysics and cosmology馬渡 健太郎^{s*}

基研研究会 素粒子物理学の進展 2017 (於 京都大学基礎物理学研究所、2017年7月31日 – 8月4日)

H-COUP を用いたヒッグス崩壊幅の精密計算と将来実験によるヒッグスセクターの究明
兼村 晋哉^s, 菊地 真吏子, 馬渡 健太郎^{s*}, 桜井 巨大, 柳生 慶

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 – 3月25日)

Higgs インフレーションにおけるテンソルスカラー比及びダークマター質量への制限尾田 欣也^s, 川合光, 中西 由香理^{d*}, 濱田雄太

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 – 3月25日)

AdS/CFT と OTO西田 充宏^{s*}

Workshop on OTO correlators (於 大阪大学、2017年5月26日)

拡張された幾何転移と qq 指標木村太郎, 森裕紀, 杉本 裕司^{DC*}

日本物理学会 2017年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017年9月12日 – 9月15日)

Calabi–Yau 幾何と三角格子上における電子の対応初田泰之, 杉本 裕司^{DC*}, Zhaojie Xu

日本物理学会 2017年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017年9月12日 – 9月15日)

The dynamics of entanglement in smooth quenchesSumit R. Das, 野崎雅弘, 富谷昭夫, 西田充宏, 杉本 裕司^{DC*}

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 – 3月25日)

測地ウィッテン図と埋め込み空間について玉岡 幸太郎^{d*}

日本物理学会 2017年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017年9月12日 – 9月15日)

フェルミオンを含む (測地) ウィッテン図について西田充宏, 玉岡 幸太郎^{d*}

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 – 3月25日)

原子スペクトルにおける同位体効果の精密測定と素粒子の新しい相互作用

三上恭子, 田中 実^{s*}, 山本康裕

日本物理学会 2017年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017年9月12日 – 9月15日)

Entanglement Entropy for 2D Gauge Theories with Matters

青木 慎也, 飯塚 則裕^s, 玉岡 幸太郎^d, 横矢 毅^{d*}

日本物理学会 2017年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017年9月12日 – 9月15日)

Higgs inflation predicts observable primordial gravitational waves (ポスター)

尾田 欣也^s, 川合光, 中西 由香理^{d*}, 濱田雄太

基研研究会 素粒子物理学の進展2017 (於 京都大学基礎物理学研究所、2017年7月31日–8月4日, 参加者数約100名)

書籍等の出版, 日本語の解説記事

初歩の量子力学を取り入れた力学

窪田高弘

朝倉書店 (2017年12月15日発行, 240頁)

パリティ 2018年1月号 カイラルアノマリーは高温でどうなるか?

深谷 英則^s

丸善出版 (2018年1月発行, 54頁)

パリティ 2018年3月号 メイドインジャパン物理用語 素粒子原子核編 ニールセンニ宮の定理

深谷 英則^s

丸善出版 (2018年3月発行, 35頁)

「宇宙のすべてを支配する数式」をパパに習ってみた

橋本 幸士^s

講談社サイエンティフィク (2018年3月発行, 174頁)

Newton 特集「真空崩壊」

橋本 幸士^s

ニュートンプレス (2018年2月発行)

Newton ライト『素粒子のきほん』

橋本 幸士^s

ニュートンプレス (2018年1月発行)

Newton 別冊「無（ゼロ）の科学」

橋本 幸士^s

ニュートンプレス (2018年2月発行)

お題「カオスとは？」：理学の饗宴『しゅんぽじおん』第3回

橋本 幸士^s

丸善出版『パリティ』(2018年2月発行)

お題「カオスとは？」：理学の饗宴『しゅんぽじおん』第2回

橋本 幸士^s

丸善出版『パリティ』(2017年10月発行)

お題「カオスとは？」：理学の饗宴『しゅんぽじおん』第1回

橋本 幸士^s

丸善出版『パリティ』(2017年10月発行)

『特集：トポロジーによる新しい物性物理』巻頭言

橋本 幸士^s

丸善出版『パリティ』(2017年7月発行)

超ひも理論と物質の究極の姿

橋本 幸士^s

大阪科学振興協会『うちゅう』(2017年6月発行)

「加速器の新たなステージと素粒子物理」パリティ 2018年1月号、特集：物理科学この1年

Shinya Kanemura^s

丸善出版 (2018年1月発行, p.47-48)

「ヒッグス粒子と標準模型を超える物理」数理科学 2018年1月号、特集：素粒子物理の現状と展望

Shinya Kanemura^s

サイエンス社 (2018年1月発行, p.7-12)

電磁気学 II

大野木 哲也^s, 田中耕一郎

東京図書 (2017年10月発行)

1.12 原子核理論グループ

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。本年度、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エンチ QCD におけるエネルギー運動量テンソルの相関関数を解析する研究を行い、保存則や熱力学関係式の成立を数値的に検証した。また、柳原、北沢、浅川は、理研の入谷、初田と共同で、勾配流法を用いてクォーク・反クォーク系の応力分布を測定する研究を行っている。応力を用いた解析により、フラックスチューブの形成と、力の微視的伝達機構を非摂動的解析によって可視化することに成功した。北沢は、筑波大の金谷、谷口、新潟大の江尻らで構成される 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た。WHOT-QCD 共同研究では、クエンチ QCD の一次相転移に伴う 2 相共存や潜熱を勾配流法で測定する研究にも取り組んでいる。

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。浅川、北沢をはじめとする原子核理論グループでは、ここ数年保存電荷ゆらぎの研究を精力的に行ってきた。坂井田、浅川、北沢は、東大の藤井と共に、QCD 臨界点周辺でのゆらぎの動的時間発展を研究した。保存電荷の輸送の効果を適切に取り込んだ解析を行い、QCD 臨界点に付随したゆらぎの増幅により、実験で観測されるゆらぎのラピディティ幅依存性に非単調性が現れることを示し、この非単調性を臨界点探索に用いることを提案した。また、村田、北沢は、同様な解析を 3 次キュムラントに拡張し、非ガウスゆらぎの時間発展を論じる研究を行った。北沢は、保存電荷ゆらぎの実験解析において、検出器の検出効率が 100% ではない効果を補正する研究を継続して行った。筑波大学の野中、江角と共に、検出効率補正に伴う数値コストを従来の手法と比べて劇的に削減する方法論を提案し、実用化した。さらに、二項分布モデルが適用できない場合の検出効率補正法に関する議論も継続して行っている。北沢は、中国の華中師範大学の X. Luo と共に、実験で観測されるゆらぎの性質をファクトリアルキュムラントを用いて整理する方法論をまとめた。

相対論的流体力学における熱ゆらぎの効果に注目が集まっている。赤松は、Derek Teaney 氏 (Stony Brook 大学) と Aleksas Mazeliauskas 氏 (Heidelberg 大学) とともに、膨張する系において相対論的流体力学における熱ゆらぎの効果解析した。膨張系では、運動学的スケール (kinetic regime) という新しいスケールが現れ、そこでは熱平衡化と膨張の効果が釣り合うことで、流体ゆらぎの熱平衡分布からのずれが顕著になってくる。そこで、kinetic regime における流体ゆらぎの有効理論を構築し、エネルギー・運動量テンソルへのゆらぎの寄与を解析した。この解析は最初はスケール不変な理論で行なったが、続いてスケール対称性のない理論にも拡張し、スケール対称性のない理論では流体ゆらぎにより体積粘性がくりこみを受けることを示した。さらに赤松は Derek Teaney 氏、Fanglida Yan 氏 (Stony Brook 大学)、Yi Yin 氏 (MIT) とともに、QCD 臨界点におけるソフトなゆらぎにも kinetic regime の考え方を応用し、重イオン衝突におけるスケールリング則を研究している。特に系

が臨界点近傍を通過する時間依存の非平衡なセットアップでは、平衡状態とは異なるスケーリング則、すなわち Kibble-Zurek スケーリングが出現する。Kibble-Zurek スケーリングにおける基準となるスケールが kinetic regime である。重イオン衝突実験で QCD 臨界点を通過する場合とわずかに外れる場合に対して、Kibble-Zurek スケーリングの解析を行なっている。

重いクォーク・グルーオンの収量は、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・グルーオン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。確率論的ポテンシャルモデルは量子開放系を用いて導かれたモデルの一つであるが、モデルがエネルギー散逸の効果を含まないために、系が過加熱され熱平衡状態に達しないことが問題視されていた。梶本、赤松、浅川は、Alexander Rothkopf 氏 (Heidelberg University) と共に、このモデルと揺動・散逸の効果を含む古典力学の確率論的運動方程式を合わせて解くことによって数値的に散逸効果を取り入れる研究を行った。古典近似が成り立つための条件から、古典力学で扱うことができる部分を取り出すには、密度行列から束縛状態や低エネルギーの励起状態をいくつも除かなければならない困難があることを示した。さらに、三浦、赤松、浅川は、クォーク・グルーオン・プラズマの中の重いクォーク 1 個がデコヒーレンスを受けた時の量子状態の性質に着目し、重クォークが QGP 中では古典的な自由粒子のように振る舞うこと、デコヒーレンスから熱平衡化までの古典的な記述の可能性を示唆すること、また、内部自由度は位置空間に一様な状態であることを数値的に確認した。また、赤松、浅川、梶本は Rothkopf 氏と共同で、Quantum State Diffusion と呼ばれる方法を用いると、量子開放系のダイナミクスが非線形確率論的シュレーディンガー方程式によって解けることを示し、さらに量子散逸の効果によって系が熱平衡に到達することを非線形確率論的シュレーディンガー方程式の数値計算によって確認した。

金、浅川、北沢は、格子上で得られたクォーク伝搬関数を用いて、クォーク・グルーオン・プラズマから放出される単位体積・単位時間当たりの光子生成量を計算した。この研究により、光子生成量の非摂動的な解析に基づく定量的な予言が実現した。

上坂、佐藤は久野良孝、佐藤丈 (埼玉大)、山中真人 (京産大) とともに、ミューオン原子中での CLFV 過程 $\mu^- e^- \rightarrow e^- e^-$ に関して、終状態電子と原子核のクーロン相互作用を考慮した解析を行った。CLFV を引き起こす相互作用のモデルが観測量に反映されることを用いて、観測されたデータからモデル判別を行うための方法を提案した。今年度は特に偏極ミューオンによる、放出電子対の非対称角度分布から CLFV 相互作用のカイラル構造の知見が得られること示した。

また、上坂は竹内道久 (東大 IPMU)、山中真人 (京産大) とともに、CLFV 探索方法の一つとして注目されている、核子散乱による電子 (ミューオン)-タウレプトン転換過程に関する解析を行った。この過程において、LFV の源がヒッグス粒子であるとした場合、従来の解析では核子中の重クォークとの散乱過程が主要であると考えられてきたが、終状態に生成されるクォーク質量が適切に取り入れられていなかった。解析の結果、特に比較的低エネルギーの衝突実験において、終状態としてグルーオンを持つサブプロセスが重要であることを見出した。

今井、佐藤、中村 (U. Cruzeiro do Sul) は電子線・核子反応におけるパリティ非保存に

関する研究を行った。核子の中性電流・軸性ベクトル流結合定数は、偏極電子を用いた電子散乱のパリティ非対称係数から抽出することは困難であることが知られている。我々は、偏極核子を用いた解析を行った。その結果前方散乱では、核子軸性ベクトル流の寄与が主要項となり、中性電流・軸性ベクトル流の抽出が可能となることを示した。また最近 Jefferson Lab. において、核子共鳴領域における偏極電子による反応におけるパリティ非対称係数が測定された。我々は共鳴領域の中間子生成模型を用いた初の解析を行った。その結果 Jlab の実験値をほぼ再現できることが分かった。

佐藤は中村 (U. Cruzeiro do Sul), A. Sobczyk, J. Nieves (U. Valencia), E. Hernandez (U. Salamanca) とともに、ニュートリノによるデルタ共鳴領域のパイ中間子発生反応の解析を行った。ANL-Osaka チャンネル結合反応模型と Valencia 模型を用い、これまで詳細には検討されていなかったパイ中間子角度分布を解析した。電子散乱とは異なり、ニュートリノ反応では、角度分布にパリティ非保存の効果が大きく現れ、これは模型の検証に非常に有用であることを示した。

学術雑誌に出版された論文

Photon production spectrum above T_c with a lattice quark propagator

T. Kim^d, M. Asakawa^s, M. Kitazawa^s

PTEP **2018** (Issue 1, Jan.) (2018) 013D01 1-17

(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptx177>).

Correlations of the energy-momentum tensor via gradient flow in SU(3) Yang-Mills theory at finite temperature

M. Kitazawa^s, T. Iritani, M. Asakawa^s, T. Hatsuda

Phys. Rev. D **96** (Issue 11, Dec.) (2017) 111502 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.96.111502>).

Properties and uses of factorial cumulants in relativistic heavy-ion collisions

M. Kitazawa^s, X. Luo

Phys. Rev. C **96** (Issue 2, Aug.) (2017) 024910 1-16

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.96.024910>).

Exploring $N_f = 2 + 1$ QCD thermodynamics from gradient flow

Y. Taniguchi, S. Ejiri, R. Iwami, K. Kanaya, M. Kitazawa^s, H. Suzuki, T. Umeda, N. Wakabayashi

Phys. Rev. D **96** (Issue 1, Jul.) (2017) 014509 1-28

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.96.014509>).

More efficient formulas for efficiency correction of cumulants and effect of using averaged efficiency

T. Nonaka, M. Kitazawa^s, S. Esumi

Phys. Rev. C **95** (Issue 6, Jun.) (2017) 064912 1-12

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.95.064912>).

Dynamical evolution of critical fluctuations and its observation in heavy ion collisions

M. Sakaida^d, M. Asakawa^s, H. Fujii, M. Kitazawa^s

Phys. Rev. C **95** (Issue 6, Jun.) (2017) 064905 1-12

(<http://dx.doi.org/doi:110.1103/PhysRevC.95.064905>).

Bulk viscosity from hydrodynamic fluctuations with relativistic hydro-kinetic theory

Y. Akamatsu^s, A. Mazeliauskas, D. Teaney

Phys. Rev. C **97** (2018) 024902

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.97.024902>).

Dynamical dissociation of quarkonia by wave function decoherence

S. Kajimoto^d, Y. Akamatsu^s, M. Asakawa^s, A. Rothkopf

Phys. Rev. D **97** (2018) 014003

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.97.014003>).

Higgs mediated CLFV processes $\mu N(eN) \rightarrow \tau X$ via gluon operators

M. Takeuchi, Y. Uesaka^d, and M. Yamanaka

Phys. Lett. B **772** (Sept.) (2017) 279-282

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2017.06.054>).

Improved analysis for $\mu^- e^- \rightarrow e^- e^-$ in muonic atoms by photonic interaction

Y. Uesaka^d, Y. Kuno^s, J. Sato, T. Sato^s, and M. Yamanaka

Phys. Rev. D **97** (2018) 015017

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.97.015017>).

Towards a unified model of neutrino-nucleus reactions for neutrino oscillation experiments

S. X. Nakamura, H. Kamano, Y. Hayato, M. Hirai, W. Horiuchi, S. Kumano, T. Murata, K. Saito, M. Sakuda, T. Sato^s and Y. Suzuki

Rep. Prog. Phys. **80** (Apr.) (2017) 056301

(<http://dx.doi.org/doi:10.1088/1361-6633/aa5e6c>).

国際会議報告等

Dispersion relations of charmonia above T_c M. Kitazawa^{s*}, A. Ikeda^d, M. Asakawa^sEPJ Web of Conferences **175** (Mar.) (2018) 07006 1-8.

The 35th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2017) (at Granada, Spain, June, 2017, 参加者数約 400 名).

Energy-momentum tensor correlation function in $N_f = 2 + 1$ full QCD at finite temperatureY. Taniguchi^{*}, M. Kitazawa^s, *et al.*EPJ Web of Conferences **175** (Mar.) (2018) 07013 1-8.

The 35th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2017) (at Granada, Spain, June, 2017, 参加者数約 400 名).

Equation of state in $(2+1)$ -flavor QCD at physical point with improved Wilson fermion action using gradient flowK. Kanaya^{*}, M. Kitazawa^s, *et al.*EPJ Web of Conferences **175** (Mar.) (2018) 07023 1-8.

The 35th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2017) (at Granada, Spain, June, 2017, 参加者数約 400 名).

Determination of latent heat at the finite temperature phase transition of SU(3) gauge theoryS. Ejiri^{*}, M. Kitazawa^s, *et al.*Proc. Sci. **LATTICE2016** (Mar.) (2017) 058 1-7.

The 34th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2016) (at Southampton, UK, July, 2016, 参加者数約 400 名).

Temperature dependence of topological susceptibility using gradient flowY. Taniguchi^{*}, M. Kitazawa^s, *et al.*Proc. Sci. **LATTICE2016** (Mar.) (2017) 064 1-7.

The 34th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2016) (at Southampton, UK, July, 2016, 参加者数約 400 名).

Equation of state in $(2+1)$ -flavor QCD with gradient flowK. Kanaya^{*}, M. Kitazawa^s, *et al.*Proc. Sci. **LATTICE2016** (Mar.) (2017) 063 1-7.

The 34th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2016) (at Southampton, UK, July, 2016, 参加者数約 400 名).

A kinetic regime of hydrodynamic fluctuations and long time tails for a Bjorken expansion

Y. Akamatsu^{s*}, A. Mazeliauskas, D. Teaney

Nuclear Physics A **967** (November) (2017) 872-875.

The 26th International Conference on Ultrarelativistic Nucleus-Nucleus Collisions (Quark Matter 2017), (February, 2017, about 700 participants).

Out-of-equilibrium hydrodynamic fluctuations in the expanding QGP

A. Mazeliauskas^{*}, Y. Akamatsu^s, D. Teaney

Proceedings of Science **CPOD2017** (Jan.) (2018) 038 1-8.

11th International Workshop on Critical Point and Onset of Deconfinement (CPOD2017), (August, 2017, about 100 participants).

Exclusive Meson Electroweak production off Bound Nucleons

T. Sato^{s*}

Few Body Syst. **59** (No. 3, March) (2018) 31.

11th International Workshop on the Physics of Excited Nucleons, (Aug. 2017, 参加者数約 100 名).

国際会議における講演等

Conserved Charge Fluctuations in Relativistic Heavy Ion Collisions: Critical and Non-critical Fluctuations

M. Asakawa^{s*} (invited)

School for RHIC Beam Energy Scan and the QCD critical point (at Beijing, China, Oct. 7 - Oct. 8, 2017, 参加者数約 100 名)

Evolution of Critical Fluctuations / Non-binomial Efficiency Correction

M. Kitazawa^{s*} (invited)

the GSI workshop “Constraining the QCD Phase Boundary with Data from Heavy Ion Collisions” (at GSI, Darmstadt, Germany, Feb. 12-14, 2018, 参加者数約 100 名)

Search for QCD Critical Point at J-PARC Heavy-Ion Program

M. Kitazawa^{s*} (invited)

Reimei Workshop 2017 “Hadronic Resonances and Dense Nuclear Matter” (at IQBRC, Tokai, Japan, Dec. 11-14, 2017, 参加者数約 100 名)

On the efficiency correction for non-binomial efficiency loss

M. Kitazawa^{s*} (invited)

QGP/CEP research with Fluctuation (at TCHoU, Tsukuba University, Tsukuba, Japan, Dec. 11-12, 2017, 参加者数約 20 名)

Lattice study of energy-momentum tensor with gradient flow – thermodynamics, correlations, and stress

M. Kitazawa^{s*} (invited)

Workshop of recent developments in QCD and quantum field theories (at National Taiwan University, Taipei, Taiwan, Nov. 9-12, 2017, 参加者数約 50 名)

Critical Enhancement and Diffusion of Non-Gaussian Fluctuations

M. Kitazawa^{s*} (invited)

International EMMI Workshop on critical fluctuations near the QCD phase boundary in relativistic nuclear collisions (at CCNU, Wuhan, China, Oct. 10-13, 2017, 参加者数約 80 名)

J-PARC Heavy-Ion Program and Search of the QCD Critical Point

M. Kitazawa^{s*} (invited)

Compact Stars in the QCD Phase Diagram VI (at JINR, Dubna, Russia, Sep. 26-29, 2017, 参加者数約 50 名)

Non-Gaussian Fluctuations in Relativistic Heavy-Ion Collisions

M. Kitazawa^{s*} (invited)

The NA61-Theory virtual meetings (on Internet, Apr. 27, 2017, 参加者数約 20 名)

Dispersion relations of charmonia above T_c

M. Kitazawa^{s*}, A. Ikeda^d, M. Asakawa^s

The 35th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2017) (at Granada, Spain, June, 2017, 参加者数約 400 名)

Correlation function of energy-momentum tensor in SU(3) gauge theory (poster)

M. Kitazawa^{s*}, T. Iritani, M. Asakawa^s, T. Hatsuda

15th International Conference on QCD in Extreme Conditions (at Pisa, Italy, Jun. 26-28, 2017, 参加者約 100 名)

Stress and energy distribution in quark–anti-quark systems using gradient flow

R. Yanagihara^{m*}, T. Iritani, M. Kitazawa^s, M. Asakawa^s, T. Hatsuda

Workshop of recent developments in QCD and quantum field theories (at National Taiwan University, Taipei, Taiwan, Nov. 9-12, 2017, 参加者数約 50 名)

Quarkonium production and open quantum systems

Y. Akamatsu^{s*} (invited)

The 12th International Workshop on Heavy Quarkonium, (at Peking University, November 6-10, 2017, about 200 participants)

Open Quantum Systems Approach to Heavy Quarks in Quark-Gluon Plasma

Y. Akamatsu^{s*} (invited)

ISOQUANT Mini-Workshop on Quarkonium real-time dynamics in relativistic heavy-ion collisions, (at Heidelberg University, September 21-22, 2017, about 20 participants)

Dynamical Dissociation of quarkonia by wave function decoherence (poster)

S. Kajimoto^{d*}, Y. Akamatsu^s, M. Asakawa^s, A. Rothkopf

Quantum Thermodynamics: Thermalization and Fluctuations, (at Yukawa Institute for Theoretical Physics (YITP), Kyoto University, September 27-30, 2017, about 100 participants)

Charged lepton flavor violating decay of a muonic atom via $\mu^- e^- \rightarrow e^- e^-$

Y. Uesaka^{d*}

WIN 2017 (at Irvine, USA, June 19-24, 2017, 参加人数 201 名)

Exclusive Meson Electroweak production off Bound Nucleons

T. Sato^{s*} (invited)

11th International Workshop on the Physics of Excited Nucleons (NSTAR 2017) , (at Columbia, SC, USA, 20-23 Aug. 2017, 参加人数約 100 名)

Quark-hadron duality in parity-violating electroweak reactions

T. Sato^{s*} (invited)

11th International Workshop on the Physics of Excited Nucleons (NSTAR 2017) , (at Columbia, SC, USA, 20-23 Aug. 2017, 参加人数約 100 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

若手奨励賞授賞理由説明（理論）

浅川 正之^{s*}

日本物理学会 第73回年次大会（2018年）（於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日）

クォーク・反クォーク系の応力分布：格子数値解析と模型計算の比較

柳原 良亮^{m*}, 北沢 正清^s, 入谷匠, 浅川 正之^s, 初田哲男

日本物理学会 第73回年次大会（2018年）（於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日）

QCD 臨界点付近における保存電荷高次キュムラントの時間発展北沢 正清^{s*}, 村田 大雅^m

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

格子 QCD による有限温度媒質中のチャーモニウム分散関係の解析北沢 正清^{s*}, 池田 惇郎, 浅川 正之

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

勾配流法を用いたクォーク・反クォーク系におけるエネルギー運動量テンソルの格子 QCD 数値解析柳原 良亮^{m*}, 浅川 正之^s, 入谷 匠, 北沢 正清^s, 初田 哲男

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

Hydro-kinetic theory for non-conformal fluid and bulk viscosity renormalization赤松 幸尚^{s*}, Aleksas Mazeliauskas, Derek Teaney

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

クォーク・グルーオン・プラズマ中のクォーコニウムの崩壊率梶本 詩織^{d*}, 赤松 幸尚^s, 浅川 正之^s, Alexander Rothkopf

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

クォーク・グルーオン・プラズマ中における重いクォークの量子状態の古典化三浦 崇寛^{m*}, 赤松 幸尚^s, 浅川 正之^s

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

非線形確率論的シュレーディンガー方程式に基づく重クォークの量子散逸過程赤松 幸尚^{s*}, 浅川 正之^s, 梶本 詩織^d, Alexander Rothkopf

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

重いクォーコニウムの時間発展の記述における古典化問題梶本 詩織^{d*}, 赤松 幸尚^s, 浅川 正之^s, Alexander Rothkopf

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

クォーク・グルーオン・プラズマ中における重いクォークの量子状態の古典化の数値解析三浦 崇寛^{m*}, 赤松 幸尚^s, 浅川 正之^s

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

偏極ミューオン原子中の CLFV 過程 $\mu^- e^- \rightarrow e^- e^-$ 上坂 優一^{d*}, 久野 良孝^s, 佐藤 丈, 佐藤 透^s, 山中 真人

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

ヒッグス媒介による CLFV 過程 $\mu N(eN) \rightarrow \tau X$ でのグルーオン素過程の寄与

上坂 優一^{d*}、竹内道久、山中真人

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 宇都宮大学、2017 年 9 月 12 日 - 9 月 15 日)

レプトンフレーバーを破る DIS 過程 $\mu N(eN) \rightarrow \tau X$ におけるグルーオン素過程の寄与

上坂 優一^{d*}、竹内道久、山中真人

日本物理学会 第 73 回年次大会 (2018 年) (於 東京理科大学、2018 年 3 月 22 日 - 3 月 25 日)

偏極電子・陽子による電子核子散乱におけるパリティ非保存

今井 藍子^{m*}、中村聡、佐藤 透^s

日本物理学会 第 73 回年次大会 (2018 年) (於 東京理科大学、2018 年 3 月 22 日 - 3 月 25 日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事

クォーク・グルーオン・プラズマ中におけるクォークonium束縛状態の時間発展

梶本 詩織^d、赤松 幸尚^s、浅川 正之^s、Alexander Rothkopf

原子核研究 第 62 巻 夏の学校特集号、(2018 年 3 月、pp.67-68)

1.13 黒木グループ

電子相関に起因する非従来型超伝導

我々は、既存の高温超伝導体の類似点と相違点を見出すことで、高温超伝導発現における普遍性を見出して、新超伝導体探索につなげることを目指している。高温超伝導のための理想的な電子状態は、強いペアリング相互作用と軽い有効質量が共存した状態である。しかし、一般にペアリング相互作用を強くすると、有効質量は重くなってしまふ。電子相関起源の超伝導においてこの問題を回避するために、我々は、以下の機構を提唱してきた。すなわち、バンド幅の広いバンド (wide band) と狭いバンド (narrow band) が共存し、フェルミ準位を narrow band の近傍におく (incipient narrow band) ことで、narrow band の大きな状態密度を利用した強いペアリング相互作用と、wide band の軽い質量が両立することによる高温超伝導実現の可能性がある。これを実現するため、過去において、梯子型銅酸化物に大量 (30%) の電子ドーブを提案したが、梯子型銅酸化物はドーブが困難であることが知られている。今年度、我々は、wide band と incipient narrow band が共存した様々な模型において、高温超伝導が実現しうることを FLEX 近似を用いて示し、メカニズムの一般性を提示した (図)。さらに、梯子型銅酸化物と似た電子状態を持ちつつ、フェルミ準位を最適な位置に持ってくるために必要なキャリアドーブ量が少なく済むことが予想される系として、Ruddlesden-Popper 型の二層系化合物 $\text{Sr}_3\text{Mo}_2\text{O}_7$ や $\text{Sr}_3\text{Cr}_2\text{O}_7$ を提唱した。これらの物質の結晶構造は梯子型ではないが、 d_{xz} , d_{yz} 軌道の異方性に着目すると、電子状態としては「隠れた梯子型」になっていることを第一原理計算を用いて示した。さらに、第一原理バンドを忠実に再現する 6 軌道タイト・バインディング模型を最局在ワニエ軌道を用いて構築し、この模型に FLEX 近似を適用して、高温超伝導実現の可能性を議論した。

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。昨年度に研究を推進した SnSe に関する理解に関する論文

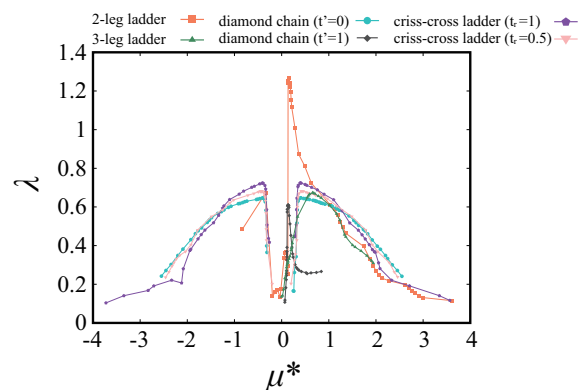


図 1.26: 様々な wide band-incipient flat band 共存系における超伝導の固有値のフェルミ準位依存性。横軸が 0 の位置が、flat band のエネルギー。

は、今年度、Physical Review B に出版された。また、高い電力因子に有利なバンド構造に関する研究も引き続き行った。高い熱電性能を実現するための有力な条件の一つとして、電子状態の低次元性が挙げられる。実際、数多くの層状化合物あるいは1次元物質において高い ZT 値が報告されている。BiCh₂系 (Ch = S, Se) 層状化合物もその一つであり、LaOBiSSe において $ZT \sim 0.36$ (650 K) という比較的高い熱電性能が報告されている。そこで我々は今年度、まず、BiCh₂系層状化合物において典型物質の一つである LaOBiS₂ の熱電性能を解析した。その詳細な解析の結果、Bi をより軽い元素に、また S をより重い元素に置換することが、複数の微視的機構に基づいて熱電性能向上につながることを明らかにした。さらに得られた設計指針に基づいて仮想的な元素置換を行ったところ、 $ZT = 2 \sim 2.5$ (600~900 K) という極めて大きな性能向上が起こりうることがわかった。この性能向上の本質的な理由は、ギャップを有する擬一次元的ディラック的なバンド分散を持つことが原因である。

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 β -function plays a central role in the theory of Anderson localisation. It has previously been estimated using the epsilon expansion method in the field theory of the Anderson transition. We reported Borel-Pade re-summations of these epsilon expansions for the three Wigner-Dyson symmetry classes. We used these re-summations to discuss the dimensional dependence of the critical exponent of the Anderson transition and compare with numerical estimates. We also used the re-summation to estimate the lower critical dimension of the symplectic symmetry class.

新規物性の理論的解析

学外の実験研究者と連携して、新規物性の理論的解析を行った。具体的には、層状化合物である LaOBiPbS₃ や 3R-NbS₂、複合アニオン化合物である BaVO_{3-x}H_x、反強磁性体である SrRu₂O₆ や Nd₅Pb₃ の電子状態計算、ワイル磁性体 Mn₃Sn やトポロジカル絶縁体 CePn の表面状態計算を行った。

表面吸着系

吸着原子の秩序と外部駆動力が競合する系の振る舞いを微視的視点より理解することを目標にする。

学術雑誌に出版された論文

Microscopic theory of the superconducting gap in the quasi-one-dimensional organic conductor (TMTSF)₂ClO₄: Model derivation and two-particle self-consistent analysisH. Aizawa, K. Kuroki^sPhys. Rev. B **97** (2018) 104507 1-12<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.97.104507>).**Direct observation of double valence-band extrema and anisotropic effective masses of the thermoelectric material SnSe**T. Nagayama, H. Mori^m, H. Usui^s, M. Ochi^s, K. Kuroki^s, *et al.*Jpn. J. Appl. Phys. **57** (Jan.) (2018) 010301 1-4<http://dx.doi.org/doi:10.7567/JJAP.57.010301>).**Retreat from Stress: Rattling in a Planar Coordination**K. Suekuni, H. Mori^m, H. Usui^s, M. Ochi^s, K. Kuroki^s, *et al.*Adv. Mater. **30**, (Feb.) (2018) 1706230 1-6<http://dx.doi.org/doi:10.1002/adma.201706230>).**Magnetic order of Nd₅Pb₃ single crystals**J.-Q. Yan, M. Ochi^s, *et al.*J. Phys.: Condens. Matter **30** (No. 13, Apr.) (2018) 135801 1-8<http://dx.doi.org/doi:10.1088/1361-648X/aaaf3e>).**Selective Hydride Occupation in BaVO_{3-x}H_x (0.3 ≤ x ≤ 0.8) with Face- and Corner-Shared Octahedra**T. Yamamoto, K. Shitara, S. Kitagawa, A. Kuwabara, M. Kuroe, K. Ishida, M. Ochi^s, K. Kuroki^s, *et al.*Chem. Mater. **30** (No. 5, Mar.) (2018) 1566-1574<http://dx.doi.org/doi:10.1021/acs.chemmater.7b04571>).**Experimental Determination of the Topological Phase Diagram in Cerium Monopnictides**K. Kuroda, M. Ochi^s, *et al.*Phys. Rev. Lett. **120** (No. 8, Feb.) (2018) 086402 1-6<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.120.086402>).**Wide applicability of high T_c pairing originating from coexisting wide and incipient narrow bands in quasi-one-dimensional systems**K. Matsumoto^m, D. Ogura^d, K. Kuroki^s

Phys.Rev.B **97** (2018) 014516(1-11)
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.97.014516>).

Prediction of the High Thermoelectric Performance of Pnictogen Dichalcogenide Layered Compounds with Quasi-One-Dimensional Gapped Dirac-like Band Dispersion

M. Ochi^s, H. Usui^s, and K. Kuroki^s
Phys. Rev. Applied **8** (No. 6, Dec.) (2017) 064020 1-12
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevApplied.8.064020>).

Evidence for magnetic Weyl fermions in a correlated metal

K. Kuroda, T. Tomita, M.-T. Suzuki, C. Bareille, A. A. Nugroho, P. Goswami, M. Ochi^s, *et al.*
Nature Mater. **16** (No. 11, Nov.) (2017) 1090-1095
(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/nmat4987>).

Localized-itinerant dichotomy and unconventional magnetism in SrRu₂O₆

S. Okamoto, M. Ochi^s, *et al.*
Sci. Rep. **7** (Sept.) (2017) 11742 1-10
(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s41598-017-08503-y>).

Current-induced giant diamagnetism in the Mott insulator Ca₂RuO₄

C. Sow, K. Kuroki^s, *et al.*
Science **358** (Nov.) (2017) 1084-1087
(<http://dx.doi.org/doi:10.1126/science.aah4297>).

Orbital-dependent quasiparticle scattering interference in 3R-NbS₂

T. Machida, Y. Kohsaka, K. Iwaya, R. Arita, T. Hanaguri, R. Suzuki, M. Ochi^s, *et al.*
Phys. Rev. B **96** (No. 7, Aug.) (2017) 075206 1-9
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.96.075206>).

Crystal structure, site selectivity, and electronic structure of layered chalcogenide LaOBiPbS₃

Y. Mizuguchi, Y. Hijikata, T. Abe, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, Y. Goto, A. Miura, S. Lee, S. Torii, T. Kamiyama, C. H. Lee, M. Ochi^s and K. Kuroki^s
EPL **119** (No. 2, July) (2017) 26002 1-5
(<http://dx.doi.org/doi:10.1209/0295-5075/119/26002>).

Possible high- T_c superconductivity due to incipient narrow bands originating from hidden ladders in Ruddlesden-Popper compounds

D. Ogura^d, H. Aoki, and K. Kuroki^s

Phys. Rev. B **96** (2017) 184513 1-8

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.96.184513>).

DMFT Study on the Electron-hole Asymmetry of the Electron Correlated Strength in the High T_c Cuprates

R. Mizuno^d, M. Ochi^s, K. Kuroki^s

J. Phys. Soc. Jpn. **86** (2017) 114706(1-6)

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.86.114706>).

Finite-energy spin fluctuations as a pairing glue in systems with coexisting electron and hole bands

M. Nakata, D. Ogura^d, H. Usui^s, K. Kuroki^s

Phys. Rev. B **95** (2017) 214509 1-7

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.95.214509>).

Intrinsic Phase Diagram of Superconductivity in the BiCh₂-based System Without In-plane Disorder

K. Nagasaka, H. Usui^s, K. Kuroki^s, *et al.*

J. Phys. Soc. Jpn. **86** (2017) 074701 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.86.074701>).

Temperature- and doping-dependent roles of valleys in the thermoelectric performance of SnSe: A first-principles study

H. Mori^m, H. Usui^s, M. Ochi^s, and K. Kuroki^s

Phys. Rev. B **96** (2017) 085113 1-10

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.96.085113>).

Charge and quadrupole fluctuations and gap anisotropy in BiS₂-based superconductors

K. Suzuki, H. Usui^s, K. Kuroki^s, and H. Ikeda

Phys. Rev. B **96** (2017) 024513 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.96.024513>).

Borel-Pade Re-summation of the β -functions Describing Anderson Localisation in the Wigner-Dyson Symmetry Classes

Y. Ueoka, K. Slevin^s

J. Phys. Soc. Jpn. **86** (2017) 094707 1-7

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.86.094707>).

Enhanced power factor and reduced Lorenz number in the Wiedemann Franz law due to pudding mold type band structuresH. Usui^s, K. Kuroki^sJ. Appl. Phys. **121** (Apr.) (2017) 165101 1-8<http://dx.doi.org/doi:10.1063/1.4981890>.

国際会議における講演等

Enhanced thermoelectric power factor due to quasi-one-dimensional gapped Dirac-like band dispersion : a case study for pnictogen dichalcogenide layered compoundsK. Kuroki^{s*} (invited)

The 1st International Workshop on Emergent Condensed Matter Physics (at Hiroshima University, March 6-7, 2018, 参加者約 50 名)

Transcorrelated method applied to solid-state calculationsM. Ochi^{s*} (invited)

International Workshop on Massively Parallel Programming for Quantum Chemistry and Physics 2018. (at Wako, Japan, Jan. 15-17, 2018, 参加者約 30 名)

Transcorrelated method applied to solid-state calculationsM. Ochi^{s*} (invited)

Computational Approach to Strongly Correlated Electron Systems. (at Hongo, Japan, Nov. 17, 2017, 参加者約 30 名)

Toward accurate first-principles calculation using the wave function theoryM. Ochi^{s*} (invited)

CPMD2017 Workshop. (at Tsukuba, Japan, Oct. 18-20, 2017, 参加者約 150 名)

First principles study on the impurity effect on the band structure of iron selenidesK. Kuroki^{s*} (invited)

EMRS Fall meeting (at Warsaw, Poland, Sep. 18-22, 2017, 参加者約 1000 名)

Effect of impurity atoms on the band structure of the FeSe systemsH. Usui^{s*} (invited)

EMN bali meeting 2017 (at Bali, Indonesia, Jun.20-24, 参加者数約 50 名)

First principles study and model analysis on thermoelectrics and supercon-

ductivity in layered Bi(S,Se)2-based compoundsH. Usui^{s*} (invited)

Study of Matter at Extreme Conditions (SMEC2017) (at Florida, USA, Apr. 1-8, 2017, 参加者数約 50 名)

Prediction of High Thermoelectric Performance of Pnictogen-dichalcogenide Layered Compounds with Quasi-one-dimensional Gapped-Dirac-like Band DispersionM. Ochi^{s*}, H. Usui^s, and K. Kuroki^s

American Physical Society March Meeting 2018 (at Los Angeles, USA, Mar. 5-9, 2018, 参加者約 10,000 名)

Possible high- T_c superconductivity in Ruddlesden-Popper compounds: Incipient narrow bands originating from “hidden ladders”D. Ogura^{d*}, H. Aoki, and K. Kuroki^s

American Physical Society March Meeting 2018 (at Los Angeles, CA, USA, Mar. 5-9, 2018, 参加者数約 10,000 名)

Generality of high- T_c superconductivity originating from coexisting wide and incipient narrow bandsD. Ogura^{d*}, K. Matsumoto^m, and K. Kuroki^s

American Physical Society March Meeting 2018 (at Los Angeles, CA, USA, Mar. 5-9, 2018, 参加者数約 10,000 名)

Lower critical dimension of the symplectic symmetry class in the Anderson localisation problem: Borel-Pade re-summation of the β -functionK. Slevin^{s*}, Y. Ueoka

Nanophysics, from fundamental to applications (at Quy Nhon, Vietnam, July 30 - August 5, 2017, 参加者数約 120 名)

Effect of the Temperature Dependent Band Structure on the Thermoelectric Performance in SnSeH. Mori^{m*}, H. Usui^s, M. Ochi^s, and K. Kuroki^s

The Interdisciplinary Symposium for Up-and-coming Material Scientists (ISUMS2017) (at Toyonaka, Japan, June 8-9, 2017, 参加者数約 100 名)

Strong bilayer coupling induced by the symmetry breaking in the monoclinic phase of BiS₂-based superconductors (poster)M. Ochi^{s*} and K. Kuroki^s

28th International Conference on Low Temperature Physics (at Gothenburg, Sweden, Aug.

9-16, 2017, 参加者約 1,000 名)

Relationship between spin fluctuations and superconductivity in the three-band d-p model: Two-Particle Self-Consistent analysis (poster)

D. Ogura^{d*} and K. Kuroki^s

28th International Conference on Low Temperature Physics (LT28) (at Gothenburg, Sweden, Aug. 9-16, 2017, 参加者約 1,000 名)

High temperature superconductivity originating from coexisting wide- and narrow-bands : study on 1D lattices (poster)

K. Matsumoto^{m*}, D. Ogura^d, K. Kuroki^s

28th International Conference on Low Temperature Physics (at Gothenburg, Sweden, Aug. 9-16, 2017, 参加者約 1,000 名)

DMFT study on the electron-hole asymmetry of the electron correlation strength in the high T_c cuprates (poster)

R. Mizuno^{d*}, M. Ochi^s, and K. Kuroki^s

28th International Conference on Low Temperature Physics (at Gothenburg, Sweden, Aug. 9-16, 2017, 参加者約 1,000 名)

Multi-variable Variational Monte Carlo analysis on the potential for high T_c superconductivity in the 2-leg Hubbard ladder model (poster)

D. Kato^{d*}, K. Kuroki^s

28th International Conference on Low Temperature Physics (at Gothenburg, Sweden, Aug. 9-16, 2017, 参加者約 1,000 名)

Relationship between spin fluctuations and superconductivity in the three-band d-p model: Two-Particle Self-Consistent analysis (poster)

D. Ogura^{d*} and K. Kuroki^s

Interdisciplinary Symposium for Up-and-coming Material Scientists 2017 (at Toyonaka, Japan, Jun. 8-9, 2017)

DMFT study on the electron-hole asymmetry of the electron correlation strength in the high T_c cuprates (poster)

R. Mizuno^{d*}, M. Ochi^s, K. Kuroki^s

Interdisciplinary Symposium for Up-and-coming Material Scientists 2017 (at Toyonaka, Japan, June, 8-9, 2017)

High temperature superconductivity originating from coexisting wide- and narrow-bands : study on 1D lattices (poster)

K. Matsumoto^{m*}, D. Ogura^d, K. Kuroki^s

Interdisciplinary Symposium for Up-and-coming Material Scientists 2017 (at Toyonaka, Japan, June 8-9, 2017)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

wide band と incipient narrow band 共存による高温超伝導

黒木和彦^{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、2018年3月26日、27日)

特異なバンド形状による電力因子の増強

黒木和彦^{s*}

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

第一原理計算による三元系カルコゲナイドの熱電特性の解析

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73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

第一原理波動関数理論の固体電子状態計算への展開

越智正之^{s*}

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

CuCh₄ (Ch = S, Se) 四面体を持つ物質群の熱電性能に関する第一原理的解析: その擬一次元的電子状態に関する統一的視点

越智正之^{s*}, 森仁志^m, 加藤大智^d, 黒木和彦^s

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

Ruddlesden-Popper 型化合物における隠れた梯子状電子状態による高温超伝導の可能性
小倉大典^{d*}, 青木秀夫, 黒木和彦^s

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

Critical Exponent of the Anderson Transition using Massively Parallel Supercomputing

K. Slevin^{s*}, T. Ohtsuki

日本物理学会 第73回年次大会 (2018年) (於 東京理科大学、2018年3月22日 - 3月25日)

122系 Zintl 相化合物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*}, 黒木和彦^s

第65回応用物理学会春季学術講演会（於 早稲田大学西早稲田キャンパス、2018年3月17日 - 3月20日）

特異なバンド構造が生み出す大きな熱電性能

白井秀知^{s*}

日本磁気学会第217回研究会「シン・熱電変換材料」（於 早中央大学駿河台記念館、2018年3月16日）

第一原理波動関数理論の固体への展開：量子化学と固体電子論の融合

越智正之^{s*}

第15回京都大学福井謙一記念研究センターシンポジウム（於 京都大学福井謙一記念研究センター、2018年2月2日）

複合アニオン化合物における低次元電子状態を利用した高機能物性の理論設計（ポスター）

越智正之^{s*}, 小倉大典^d, 水野竜太^d, 松本花梨^m, 森仁志^m, 加藤大智^d, 白井秀知^s, 青木秀夫, 黒木和彦^s

新学術領域「複合アニオン化合物の創製と新機能」第3回公開シンポジウム（於 東京工業大学、2018年1月26日）

波動関数理論による電子相関効果の第一原理的記述

越智正之^{s*}

第七回「強相関電子系理論の最前線」（於 イマジンホテル&リゾート函館、2017年12月4日 - 12月6日）

カルコゲナイド系物質に隠れた擬1次元電子状態と熱電効果

白井秀知^{s*}

日本熱電学会第22回研究会（於 東京工業大学、2017年10月17日）

デラフォサイト型化合物における熱電効果の第一原理計算による解析

白井秀知^{s*}, 黒木和彦^s

第14回日本熱電学会学術講演会（TSJ2017）（於 大阪大学豊中キャンパス、2017年9月11日-9月13日）

層状ニクトゲン・カルコゲナイド系における高い熱電性能の予測：擬次元 gapped Dirac 型バンド分散の効果

黒木和彦^{s*}

関西熱電サロン（於 産総研 関西センター、2017年9月14日）

第一原理材料デザインに基づく BiCh_2 系層状化合物における熱電性能向上の可能性

越智正之^{s*}, 白井秀知^s, 黒木和彦^s

第14回 日本熱電学会学術講演会 (於 大阪大学、2017年9月11日 – 9月13日)

BiS₂系層状化合物の熱電性能に関する第一原理的解析

越智正之^{s*}, 白井秀知^s, 黒木和彦^s

日本物理学会 2017年秋季大会 (於 岩手大学、2017年9月21日 – 9月24日)

Ruddlesden-Popper型化合物における隠れた梯子状電子状態による高温超伝導の可能性 (ポスター)

小倉大典^{d*}, 青木秀夫, 黒木和彦^s

超伝導研究の最先端: 多自由度、非平衡、電子相関、トポロジ、人工制御 (於 京都大学基礎物理学研究所、2017年6月19日 – 6月21日)

銅酸化物における電子相関強度の電子・ホール非対称性のDMFT解析 (ポスター)

水野竜太^{d*}, 越智正之^s, 黒木和彦^s

超伝導研究の最先端: 多自由度、非平衡、電子相関、トポロジ、人工制御 (於 京都大学基礎物理学研究所、2017年6月19日 – 6月21日)

一次元系におけるワイドバンド・ナローバンド共存系による高温超伝導の可能性 (ポスター)

松本花梨^{m*}, 小倉大典^d, 黒木和彦^s

超伝導研究の最先端: 多自由度、非平衡、電子相関、トポロジ、人工制御 (於 京都大学基礎物理学研究所、2017年6月19日 – 6月21日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事

固体のための波動関数理論: トランスコリレイティッド法の発展

越智正之^s, 有田亮太郎, 常行真司

固体物理 (アグネ技術センター) (2017年11月発行, 第52巻, 第11号, 715-724頁)

1.14 動的量子多体系の理論グループ

量子効果による揺動散逸定理の破れ

揺動散逸定理は、線形応答関数が平衡状態における物理量の時間揺らぎの逆温度倍に等しいことを主張し、線形応答関数の測定値からゆらぎ（ノイズ）の情報を得ることができることから、電子工学、量子光学、重力波検出など広く用いられている。この定理ははじめ、散逸に関係する成分（例えば対角伝導度）に対して導かれたが、後に古典系において、散逸に関係しない成分（例えば Hall 伝導度）にも適用できることが示されていた。最近になって、量子系での測定の反作用効果を考慮した線形応答理論が構築され、量子系では散逸に関係しない成分に対して揺動散逸定理が成り立たなくなることが示されていたが、揺動散逸定理の破れの大きさがどの程度なのかは明らかではなかった。そこで、浅野は、東京大学の久保賢太郎、清水明とともに、この揺動散逸定理の破れの大きさを定量的に評価し、周波数表示で見たときに、散逸に関係する成分では古典極限が再現される $\hbar\omega \ll k_B T$ においても、散逸に関係しない成分は非常に大きな破れを示すことをごく一般的な形で明らかにし、低温極限で破れの大きさを漸近的に評価する公式を導いた。この破れは量子効果がマクロに拡大されて現れるという意味で興味深い現象である。より具体的な例として、二次元電子系のホール伝導度を摂動論的手法で解析し、実現可能な試料の移動度、および温度領域において揺動散逸定理の破れを観測可能であることを明らかにした。

リングに埋め込まれた二重量子ドット系における Fano 効果

ファノ効果は、系に離散状態と連続状態があるとき、電子波の共鳴と干渉が同時に起こることで生じる量子現象である。これまで、この効果を観測するメゾスコピック系として、リングに量子ドットを埋め込んだ系が詳しく調べられてきた。当専攻小林グループの則元らは、GaAs/AlGaAs 基板上で、様々なパラメータを制御できる直列型二重量子ドット系を実現し、そこでファノ効果に起因すると思われる非対称な形状を持つ微分伝導度のスペクトルを観測した。浅野は則元、小林とともに、ソースドレイン間に二重量子ドットを透過する電子波の経路と、二重ドットを介さず直接飛び移る電子波の経路を用意した理論モデルを構築し、その微分伝導度の左右ドットに印加したバイアス電圧に対する依存性を調べ、実験結果を定性的に再現することに成功した。

コヒーレントイジングマシンの理論解析

近年、縮退光パラメトリック発振器を結合した系（コヒーレントイジングマシン（以下 CIM））を用いてイジング模型の解を探索することが試みられている。実際、CIM ではイジング模型における 2 スピン間の相互作用を表す係数行列の値を 8 ビットの精度で任意に与えることができ、二千スピンの完全結合のイジング問題に対し、既存の CPU ベースの解探索法と比較して、より良い解がより早く求まることが経験的に知られている。山田らは、CIM で行なわれている光子のダイナミクスを微視的に解析する理論モデルを提案し、それを実際に数値的に解析した。各発振器間の結合は、発振器内のシグナル光をホモダイン測定し、その

結果に基づくコヒーレント光の注入によって実現されている。そこで、模型構築において、まず光検出の理論を応用してホモダイン測定を表す超演算子を定式化した。さらにこの結果を用いてホモダイン測定結果に依存した光注入（測定フィードバック）を表す超演算子を定式化し、CIMのダイナミクスを記述する量子マスター方程式を導出した。結果として、測定フィードバックによって、スピン間に量子的にコヒーレントな相互作用が散逸とともに導入されることがわかった。また、数値的対角化を用いて量子マスター方程式を解析した結果、実験と矛盾なく、ポンプレートを各発振器の発振閾値以下にとると解探索に最適な値となることが確認された。

励起子凝縮における非平衡多体効果

励起子系では、構成粒子の連続的な流入および流出による非平衡性、および、粒子間相互作用による多体効果の両方が顕著になり得る。花井らは、一般化された乱雑位相近似をKeldysh形式に拡張することによって、両者の効果を取り込んだ枠組みを完成させた。その結果、励起子間有効相互作用が通常の斥力から引力へ切り替わり、定常状態が不安定化する機構を明らかにした。さらに、励起子ポラリトン凝縮体も扱える枠組みへ理論を拡張することにより、実験で観測される発光、吸収利得スペクトル等の解析を行った。この系では従来、多体系の量子揺らぎがもたらす「量子 depletion」により、Bogoliubov 分散の負のエネルギーを持つ分散が発光スペクトルに現れることが理論的に予想されてきた。しかし実際には、この「負の分散」はほとんどの実験において観測されていない。本研究では、電子正孔キャリアの連続注入と光子の漏れによりもたらされる非平衡性を完全に取り込むこと、非平衡性が「負の分散」を強く抑制することが明らかになった。この結果は数多くのグループで得られている実験結果と定性的に (GaAs については半定量的に) 一致している。すなわち、ポンプ強度を上げるにしたがって現れる凝縮体のブルーシフト、拡散型ゴールドストーンモードの出現、高波数領域のスペクトル強度の抑制等の特徴を再現している。これは非平衡性が凝縮体の量子揺らぎを強く抑制することを示す重要な結果だと言える。

学術雑誌に出版された論文

Dynamical instability of a driven-dissipative electron-hole condensate in the BCS-BEC crossover region

R. Hanai^{PD}, P. B. Littlewood, and Y. Ohashi

Phys. Rev. B **96**, (No.12, Sep) (2017) 125206 1-19

(<http://dx.doi.org/doi:doi.org/10.1103/PhysRevB.96.125206>).

Local Photoemission spectra and effects of spatial inhomogeneity in the BCS-BEC crossover regime of a trapped ultracold Fermi gas

M. Ota, H. Tajima, R. Hanai^{PD}, D. Inotani, and Y. Ohashi

Phys. Rev. A **95**, (No.5, May) (2017) 053623, 1-9

(<http://dx.doi.org/doi:doi.org/10.1103/PhysRevA.95.053623>).

Single-Particle Excitations and Effects of Hetero-Pairing Fluctuations in a Bose-Fermi Mixture with a Feshbach Resonance

D. Kharga, D. Inotani, R. Hanai^{PD}, and Y. Ohashi

J. Phys. Soc. Jpn. **86**, (No.8, July) (2017) 084301 1-8

(<http://dx.doi.org/doi:doi.org/10.7566/JPSJ.86.084301>).

Spin susceptibility and effects of a harmonic trap in the BCS-BEC crossover regime of an ultracold Fermi gas

H. Tajima, R. Hanai^{PD}, and Y. Ohashi

Phys. Rev. A **96**, (No.3, Sep) (2017) 033614 1-11

(<http://dx.doi.org/doi:doi.org/10.1103/PhysRevA.96.033614>).

Pseudogap Regime of a Two-dimensional Uniform Fermi Gas

M. Matsumoto, R. Hanai^{PD}, D. Inotani, and Y. Ohashi

J. Phys. Soc. Jpn. **87**, (No.1 Dec) (2017) 014301 1-9

(<http://dx.doi.org/doi:doi.org/10.7566/JPSJ.87.014301>).

Strong-coupling corrections to ground-state properties of a superfluid Fermi gas

H. Tajima, P. van Wyk, R. Hanai^{PD}, D. Kagamihara, D. Inotani, M. Horikoshi, and Y. Ohashi

Phys. Rev. A **95**, (No.4, Apr) (2017) 043625 1-5

(<http://dx.doi.org/doi:doi.org/10.1103/PhysRevA.95.043625>).

国際会議における講演等

Optical properties of highly-excited exciton-polariton condensate

R. Hanai^{PD*}, P. B. Littlewood, Y. Ohashi

APS March Meeting 2018, Los Angeles, USA, March 2018. 11000 名

Photoluminescence of a highly excited exciton-polariton condensate with pumping and decay (poster)

R. Hanai^{PD*}, P. B. Littlewood, and Y. Ohashi

The 18th International Conference on Physics of Light-Matter Coupling in Nanostructures (PLMCN18) (at Würzburg, Germany, July 9-14, 2017 参加者数約 200 名)

hotoluminescence of a driven-dissipative exciton-polariton condensate in the

highly-excited regime (poster)R. Hanai^{PD*}, P. B. Littlewood, and Y. Ohashi

International School and Workshop on Electronic Crystals (ECRYS-2017) (at Cargese, France, Aug 21- Sep 2, 2017 参加者数約 100 名)

Superconducting Gap Stabilized by Artificial Quasiparticle Dissipation above the Transition Temperature (poster)Y. Yamada^{s*} and T. Ogawa^s

28th International Conference on Low Temperature Physics (LT28) (at Gothenburg, Sweden, Aug. 9-16, 2017 参加者数約 1000 名)

Dissipation Induces a Power-law Decay of Superconducting Gap above the Transition Temperature (poster)Y. Yamada^{s*} and T. Ogawa^s

Mesoscopic Transport and Quantum Coherence 2017 (QTC2017) (at Espoo, Finland, Aug. 5-8, 2017 参加者数約 100 人名)

Power-law Decay of Superconducting Gap above the Transition Temperature by Dissipation (poster)Y. Yamada^{s*} and T. Ogawa^s

Frontiers of Quantum and Mesoscopic Thermodynamics (FQMT'17) (at Prague, Czech Republic, July 9-15 2017 参加者数約 200 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

電子正孔気体における非平衡強結合効果

花井 亮^{PD*}

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 岩手大学、2017 年 9 月 21 日 - 9 月 24 日)

測定フィードバックにより結合した縮退光パラメトリック発振器の非平衡定常状態 (ポスター)

山田 康博^{s*}, 小川 哲生^s

日本物理学会 2017 年秋季大会 (於 岩手大学、2017 年 9 月 21 日 - 9 月 24 日)

電子正孔系の物理

浅野 建一^{s*}

東工大研究会「量子クラスターで読み解く物質の階層構造」, 2018 年 3 月 30-31 日, 東京

コヒーレントイジングマシンにおける測定フィードバックの影響 (ポスター)

山田 康博^{S*}

ImPACT 量子人工脳を量子ネットワークでつなぐ高度知識社会基盤の実現 量子情報技術
ワークショップ 第4回全体会議, 2018年3月27-29日, 東京

1.15 越野グループ

回転積層グラフェンの電子状態の理論

グラフェンが積層して出来るグラファイトは通常 AB 積層構造と呼ばれる規則的な様式で積層するが、一方で層と層の結晶軸の角度に互いに回転して積層した系も存在する [図 1.27(a)]。このような系は回転積層グラフェン (twisted bilayer graphene, TBG) と呼ばれ、最近では手動で角度を調節しながらグラフェンを貼り合わせることによって、任意の角度の TBG を作ることも出来るようになった。特に角度が小さい時は、原子構造の干渉によって長周期のモアレ模様を生じ、電子物性に大きな影響を与える。ごく最近になり角度 1.05 度で重ねた TBG で超伝導が観測されて、大いに注目を集めている。従来の多くの理論研究ではグラフェンが蜂の巣格子構造を保ったまま重なっていると仮定されるが、現実には原子は動くことができるため、層間の相互作用によって格子構造が歪み、モアレ模様 zu 大きな影響を与える。Nam と越野は、層間相互作用のエネルギーと歪みによる弾性エネルギーを適切にとり入れることで回転積層グラフェンの再安定構造を理論的に求めた。角度が小さくなる (即ちモアレ周期が大きくなる) につれて AB 領域または BA 領域が占める割合が多くなって、三角形のドメイン構造を形成することが明らかになった [図 1.27(b)]。このようなドメイン形成は電子構造にも影響を与える。特に回転角 θ が小さい領域で、最低エネルギーバンドと励起バンドの間に 10-20meV 程度のエネルギーギャップが開くことが示された。実はこのエネルギーギャップは上記の超伝導実験を含む幾つかの実験において実際に観測されており、この理論は、現時点ではギャップを説明する唯一の理論である。

[N. T. Nam and M. Koshino Phys. Rev. B **96**, 075311 (2017).]

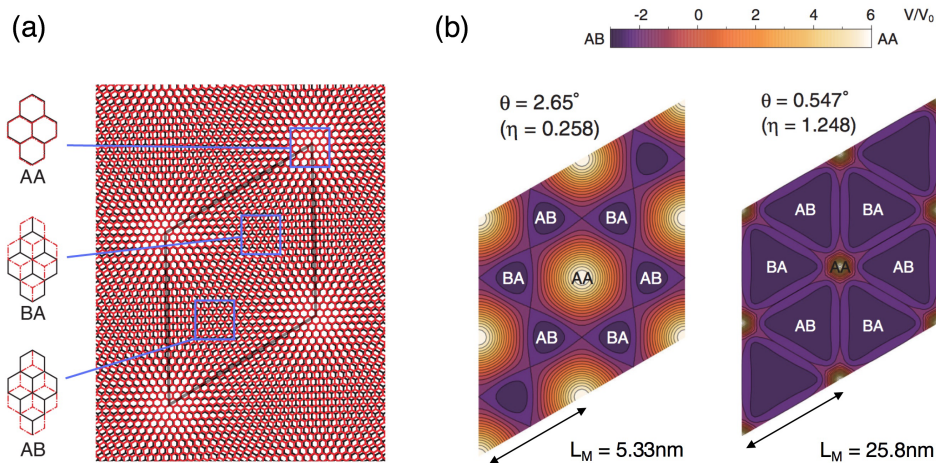


図 1.27: (a) 回転積層グラフェンの模式図。(b) 回転積層グラフェン (回転角 θ) の再安定構造における層間相互作用エネルギー。色が暗いほどエネルギーが低いことを表す。

ワイル半金属の表面伝導における磁場効果

近年、ワイル半金属と呼ばれる新しい3次元固体物質が大きな注目を集めている。ワイル半金属はトポロジカル絶縁体の関連物質として10年ほど前に理論的に予言されたが、2015年にTaAsを始めとする様々な化合物でワイル半金属が実験的に実現されるに至り、以来実験的・理論的研究が大きく加速しつつある。ワイル半金属の電子構造は通常の金属とは大きく異なり、相対論的ワイル方程式で記述される特異な電子構造を持つ。同時にその試料表面にはトポロジカル表面状態と呼ばれる特殊な電子状態が現れ、それが作るバンドが、フェルミアークと呼ばれる特殊な開いたフェルミ面をもたらす。このワイル半金属の最大の特徴の一つであるトポロジカル表面状態はARPES（角度分解光電子分光）によってその存在は確認されている一方で、実際にどのような物理現象をもたらすかについては、未だ多くのことはわかっておらず、今後の精力的な研究が待たれている状況である。五十嵐（東北大）と越野は、ワイル半金属の物理の中で電気伝導とその磁場効果に注目し、トポロジカル表面状態がもたらす特異な現象を理論的に始めて明らかにした。ワイル半金属を記述する簡単な強束縛模型を用いて有限幅を持つ擬1次元細線を構成し、様々な方向の外部磁場の下での電気伝導度を計算した。その結果、磁場の方向によって電気伝導が全く異なる変化を見せることが明らかになった。特に磁場がトポロジカル表面状態を垂直に貫くとき、表面状態がバルク状態へと変性し、電気伝導度が劇的に減少するという新しい効果が見出された [図 1.28]。

[A. Igarashi and M. Koshino, Phys. Rev. B 95, 195306 (2017).]

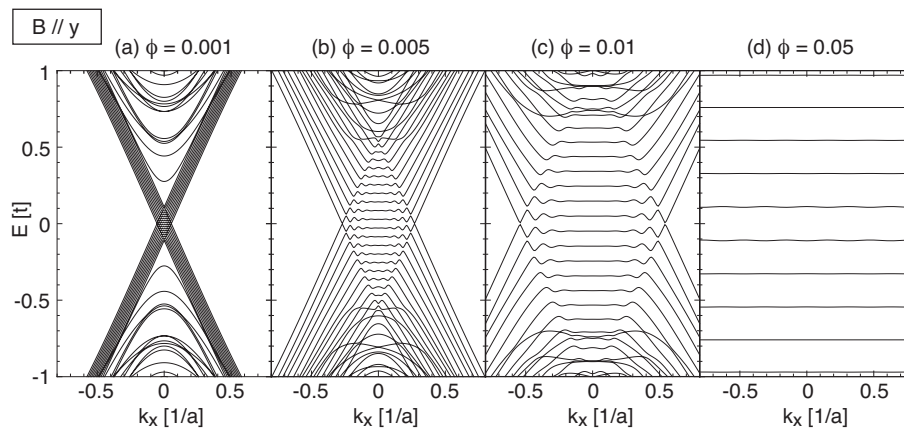


図 1.28: 様々な磁場 ϕ におけるワイル半金属リボンのバンド構造

少数層グラファイトの電子間相互作用効果

グラファイトは電気の良い導体としてよく知られるが、厚さを原子スケールまで薄くすると必ずしもそうとは限らない。2層グラフェンでは低温にすると電子間相互作用の効果によってギャップが開いて絶縁体になることが知られている。これより厚みを増した少数層グラファイトで絶縁体状態は可能かどうかは重要な問題である。越野と Lancaster 大の E.

McCann は、ジュネーブ大の実験グループ (A. Morpurgo グループ) とともに高品質な 4 層グラフェンでの絶縁体状態を発見し、ここで越野らは層ごとに異なるスピンの蓄積したスタガード層と呼ばれる基底状態を提案した。しかしこれは推論であり、実際の基底状態の計算による検証が待たれていた。今回、越野、杉澤 (東北大)、McCann は、電子間相互作用のもとでの基底状態を理論的に求め、自発的にエネルギーギャップが生ずるメカニズムを明らかにした。その結果、2 層では空間反転対称性を自発的に破ることでギャップが開くのに対し、4 層以上の偶数層では空間反転対称性を保ったままギャップを開く新しい秩序状態が実現することが明らかになった。

[M. Koshino, K. Sugisawa, E. McCann, Phys. Rev. B 95, 235311 (2017).]

学術雑誌に出版された論文

Three-dimensional porous graphene networks expand graphene-based electronic device applications

Y. Ito, Y. Tanabe, K. Sugawara, M. Koshino^s, T. Takahashi, K. Tanigaki, H. Aoki, M. Chen

Phys. Chem. Chem. Phys. **20** (Mar.) (2018) 6024-6033

(<http://dx.doi.org/doi:10.1039/C7CP07667C>).

Lattice relaxation and energy band modulation in twisted bilayer graphene

N. T. Nam and M. Koshino^s

Phys. Rev. B **96**, (2017) 075311

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.96.075311>).

Anomalous Hall effect in 2H-phase MX₂ transition-metal dichalcogenide monolayers on ferromagnetic substrates (M= Mo, W, and X= S, Se, Te)

T. Habe^s and M. Koshino^s

Phys. Rev. B **96**, (2017) 085411

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.96.085411>).

Interaction-induced insulating states in multilayer graphenes

M. Koshino^s, K. Sugisawa^m, Edward McCann

Phys. Rev. B **95**, (2017) 235311

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.95.235311>).

Magnetotransport in Weyl semimetal nanowires

A. Igarashi^m and M. Koshino^s

Phys. Rev. B **95**, (2017) 195306

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.95.195306>).

Eergence of Tertiary Dirac Points in Graphene Moire Superlattices

G. Chen, M. Sui, D. Wang, S. Wang, J. Jung, P. Moon, S. Adam, K. Watanabe, T. Taniguchi, S. Zhou, M. Koshino^s, G. Zhang, Y. Zhang
Nano Lett., **17**, (May) (2017) 3576-358
(<http://dx.doi.org/doi:10.1021/acs.nanolett.7b00735>).

国際会議における講演等

Physics of Moiré Interfaces in 2D Materials

M. Koshino^{s*} (invited)

5th Ito International Research Center (IIRC) Conference “Forefront of Molecular Dynamics at Surfaces and Interfaces: from a single molecule to catalytic reaction (at Tokyo, Japan, November 20-23, 2017, 参加者数約 100 名)

Hofstadter’s butterfly in 2D and 3D

M. Koshino^{s*} (invited)

Symposium: Hofstadter Butterfly (at Regensburg, Germany, October 20, 2017, 参加者数約 150 名)

Physics of moiré superlattices

M. Koshino^{s*} (invited)

Collaborative Conference on 3D & Materials Research (CCMR 2017)
(at Jeju, Korea, June 26-30, 2017, 参加者数約 500 名)

Magnetotransport in Weyl semimetal nanowires

M. Koshino^{s*}

APS March Meeting 2018(at Los Angeles, March 05-09, 2017, 参加者数約 10,000 名)

Electronic and Transport Properties of Carbon Nanotube Bundles (poster)

Y. Li^{d*}, M. Koshino^s

Recent Progress in Graphene and 2D Materials Research 2017(at Singapore, September 19-22, 2017, 参加者数約 400 名)

Electronic and Transport Properties of Carbon Nanotube Bundles (poster)

Y. Li^{d*}, M. Koshino^s

APS March Meeting 2018(at Los Angeles, March 05-09, 2017, 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

ラインノーダル半金属物質 $ZrSiS$ における電子状態の理論的解析

羽部哲朗^{s*}，越野幹人^s

日本物理学会 第73回年次大会（2018年）（於 東京理科大学、2018年3月22日 – 3月25日）

第2種ワイル半金属におけるランダウ準位とサイクロトロン共鳴

越野幹人^{s*}

日本物理学会 2017年秋季大会（於 岩手大学、2017年9月21日 – 9月24日）

磁場中の3次元多孔質グラフェンの電子状態の理論的研究

桐生敏樹^{m*}，越野幹人^s

日本物理学会 2017年秋季大会（於 岩手大学、2017年9月21日 – 9月24日）

グラフェンのトポロジカル欠陥における電子の有効理論

林智宏^{m*}，越野幹人^s

日本物理学会 2017年秋季大会（於 岩手大学、2017年9月21日 – 9月24日）

1.16 阿久津グループ

第2章 受賞と知的財産

平成 29 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：Dita Puspita Sari (D3)

賞の名称：Poster Award 1st Place in International Workshop on Organic Molecular Systems

受賞内容：International Workshop on Organic Molecular Systems における最優秀のポスター発表に与えられる賞。

2. 受賞者：深谷 英則（助教）

賞の名称：西宮湯川記念賞

受賞内容：西宮湯川記念賞は、理論物理学における研究を奨励するため、40 歳未満の若手研究者による顕著な業績に対して贈呈しているものです。

受賞研究：カイラル対称性の自発的破れと質量の起源の研究

受賞理由：素粒子物理学の標準模型では、物質を構成している陽子や中性子はクォークという素粒子 3 個から構成され、クォーク間の相互作用は量子色力学 (QCD) で記述される。クォークはスピンという固有の回転を持ち、運動方向に対して右回りまたは左回りに回転している。もしクォークの質量が 0 だとすると、回転の向きは変化できない。この性質をカイラル対称性と呼ぶ。現実のクォークの質量は非常に小さく、クォーク 3 個の質量を足しても陽子や中性子の質量のわずか 2/3 程度である。深谷氏と共同研究者は、格子ゲージ理論という数値計算手法を用い、カイラル対称性の自発的破れが QCD で起こることを世界で初めて説得力のある形で示した。そのような数値的証明は、高性能のスーパーコンピュータを用いても容易ではなかったが、深谷氏は、カイラル対称性を厳密に保つ数値計算手法と、軽いクォークを含んだ有限体積での QCD ダイナミクスに対する氏の深い洞察から得られた解析手法とを組み合わせることで、この難題を解決した。この成果は、格子ゲージ理論による研究の一つの到達点であるだけでなく、物質の質量の真の起源が QCD における相互作用の結果として理解できることを示した点で深い物理的意義を持っており、高く評価されるものである。

3. 受賞者：柳原 良亮（M2）
賞の名称：京都大学基礎物理学研究所・研究会「熱場の量子論とその応用」ポスター賞
受賞内容：「クォーク・反クォーク系におけるエネルギー運動量テンソルの勾配流法を用いた格子 QCD 数値解析」

4. 受賞者：黒木 和彦（教授）
賞の名称：IOP Outstanding Reviewer Award 2017
受賞内容：IOP が出版する論文のレフェリーとして優秀であった。

5. 受賞者：越智 正之（助教）
賞の名称：福井謙一奨励賞（第2回）
受賞内容：基礎化学・理論化学の分野で顕著な研究業績を挙げ、今後も対象分野で中心的な役割が期待されると認められる若手研究者に贈られるもの。受賞題目は「第一原理波動関数理論の固体への展開：量子化学と固体電子論の融合」。

6. 受賞者：越智 正之（助教）
賞の名称：第12回日本物理学会若手奨励賞（領域11）
受賞内容：日本物理学会が将来の物理学を担う優秀な若手研究者の研究を奨励し、学会をより活性化するために設けたもの。受賞題目は「第一原理波動関数理論の固体電子状態計算への展開」。

7. 受賞者：森 仁志（M2）
賞の名称：Oral Presentation Awards
受賞内容：The Interdisciplinary Symposium for Up-and-coming Material Scientists (ISUMS2017) での口頭発表が優秀であったため。

知的財産

平成29年度は該当なし。

第3章 学位論文

3.1 修士論文

平成 29 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
安倍 幸大	保坂 淳	D, D* 及びチャーモニウムを考慮したチャンネル結合法による $Z_c(3900)$ の解析
赤堀 寿樹	萩原 政幸	ソーダライト中の K-Rb 合金クラスターの磁性の電子濃度依存性
芥川 哲也	橋本 幸士	D4/D6 模型を用いた QCD カオスの解析
池田 良平	木村 真一	価数揺動金属 $Sm_{0.67}Y_{0.33}S$ の光励起キャリアダイナミクス
石井 龍太	花咲 徳亮	クロムフタロシアン分子混晶系におけるスピン低密度領域の巨大磁気抵抗効果
石川 雅啓	岸本 忠史	CANDLES 実験による 10 inch PMT を用いた ^{212}Bi - ^{212}Po 連続崩壊事象の除去率の評価
今井 藍子	浅川 正	パリティ非保存電子散乱と核子形状因子
岩切 秀一	小林 研介	スピン流ゆらぎを用いたスピン伝導ダイナミクスの研究
太田 敏博	橋本 幸士	AdS/CFT 対応に基づく QCD カオス
大西 康介	福田 光順	陽子・中性子ドリップライン近傍 N 同位体の反応断面積と核半径
沖中 香里	久野 良孝	COMET CDC における宇宙線を用いた性能評価試験
壁谷 奈津紀	小林 研介	Bi/Ni 薄膜におけるスピン輸送測定
川口 紀俊	大岩 顕	SiGe 自己形成量子ドットの試料作製と量子輸送現象
上林 祥平	藤岡 慎介	Generation of electrostatic collisionless shock with high intense laser facility
岸本 秀隆	藤岡 慎介	高速点火核融合実験用反跳粒子軌跡解析による中性子計測器開発
北口 真規	大野木 哲也	高温 QCD における emergent 対称性
木野 秀俊	能町 正治	CANDLES 実験のための LED 光源を用いた 1 光電子測定
木下 円機	岸本 忠史	地下環境中性子測定のための液体シンチレータ純化の研究
小林 真優里	嶋 達志	中性子散乱による重力の逆二乗則検証のための微粒子標的の開発

齊藤 量	大野木 哲也	Cosmological correlation functions including a massive scalar field and an arbitrary number of soft-gravitons (質量のあるスカラー場と任意の数のソフト重力子を含む宇宙論的相関関数)
坂本 拓也	花咲 徳亮	熱電材料 SnSe における元素置換を用いた新規 n 型物質の開拓
佐藤 友太	山中 卓	J-PARC KOTO 実験における中性子背景事象削減のための MPPC 読出し用回路の開発
澤田 恭範	山中 卓	HL-LHC ATLAS 実験に向けたシリコンピクセル検出器用データ収集システムの開発
杉原 貴信	福田 光順	液体 β 線検出核磁気共鳴法の開発と窒素同位体核の精密磁気モーメント測定への応用
鈴木 崇平	下田 正	中性子過剰核の構造解明に向けた β 遅発中性子検出法の開発
立花 瑞歩	兼村 晋哉	固定点上におけるポテンシャルの解析
茶園 亮樹	保坂 淳	核反応における重陽子分解過程の重要性
辻 拡和	田島 節子	鉄系超伝導体 $\text{LaFeAsO}_{1-y}(\text{F,H})_y$ における P 及び Sb 置換効果
鶴田 圭吾	花咲 徳亮	キャリア密度制御した多層ディラック反強磁性体 $\text{Eu}_{1-x}\text{Gd}_x\text{MnBi}_2$ の量子極限近傍における輸送現象
永田 新太郎	菊池 誠	信号識別能力の高い遺伝子制御ネットワークの生成と変異に対する頑健性の評価
中村 有希	久野 良孝	COMET CDC のためのワイヤーエイジング試験
西野 光咲	田島 節子	ディラック電子系 NiTe_2 単結晶の磁気輸送現象と角度分解光電子分光
西宮 隼人	山中 卓	J-PARC KOTO 実験における中性子背景事象削減のための新しい検出機構の性能評価
橋本 風太	保坂 淳	アイソスピンに起因する質量差から探るバリオンの構造
服部 崇幸	花咲 徳亮	$\text{Mg}_{1+x}\text{Ti}_{2-x}\text{O}_4$ におけるアイス型格子変位と量子スピン液体状態の探索
東出 和也	橋本 幸士	境界相関関数による AdS ブラックホールの解析
東出 世羽	大岩 顕	量子ドットを含む横型スピバルブ構造の作製と測定
平川 景史	青井 考	多層プラスチックシンチレータ型アクティブ標的の開発
星 善次郎	保坂 淳	時間依存/非依存型ポテンシャルの等価性
前田 幸輝	豊田 岐聡	ペプチドのポストソース分解における重原子効果
三浦 崇寛	浅川 正之	クォーク・グルーオン・プラズマ中における重いクォークの量子状態とその古典化
村田 大雅	浅川 正之	QCD 臨界点の実験的探索に向けた高次ゆらぎの時間発展の研究

森 仁志	黒木 和彦	第一原理計算による層状カルコゲナイド熱電物質の理論研究
森田 大樹 八木 翔一	藤岡 慎介 福田 光順	誘導加熱による電気伝導変化を含んだ磁場拡散現象の評価 重イオンビーム用リング・イメージング・チェレンコフ検出器の開発
柳谷 諒 柳原 良亮	長谷川 繁彦 浅川 正之	希薄磁性半導体 GaTbN の結晶成長と磁気特性評価 勾配流法を用いたクォーク・反クォーク系のエネルギー応力分布に対する格子数値解析
柳瀬 和哉 山野下 莉那	田島 節子 福田 光宏	鉄系超伝導体 $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ 薄膜の光学スペクトル測定 ビームスキニングのためのリアルタイム 2次元粒子密度分布蛍光モニターの開発
山元 大生	山中 卓	ピクセル検出器評価のための飛跡再構成テレスコープの位置分解能の研究
横井 秀汰	菊池 誠	Analysis of Sparse p-ary Vector Products: A New Class of Exactly Solvable Inference Problems
吉住 歩樹	木村 真一	多面的電子構造評価のためのマルチプローブ分光装置開発における高輝度スピン偏極電子源の建設と評価
青松 裕美	長谷川 繁彦	GaSmN 薄膜の結晶成長および磁気特性, 磁気光学特性評価
LEE SANGHYUN	小林 研介	Development of Noise Cross-Correlation Measurement System
ムハマド ハ ルーン	下田 正	生成限界近傍の中性子過剰核の寿命測定
頼 俊 李 海卿	久野 良孝 花咲 徳亮	COMET 実験におけるトリガーボードの通信性能評価 多彩な有機分子インターカレーションを用いた層状物質 SnSe_2 の熱電効率に関する研究

International Physics Course (IPC) の修了者

学生氏名	指導教員	論文題名
ABZAL ISKENDIR	岸本 忠史	Study of the momentum, angular resolutions of the mesons and missing mass resolution of the $p(K^-, K^+)\Xi^-$ reaction using the KURAMA magnet in the E07 experiment
AHMAD JÁFAR AR-IFI	保坂 淳	Pion Emission Decay of the Charmed Baryons for the Study of Their Structure
ZI HOW TIN	田島 節子	Single Crystal Growth and ARPES Study of 1111 Iron Pnictide Superconductors
HUI WEN KOAY	福田 光宏	Conceptual Design of a Compact Accelerator-Based Neutron Generator for Multi-BNCT System

3.2 博士論文

平成 29 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
TEOH JIA JIAN	山中 卓	Search for dark matter produced in association with a Higgs boson decaying to two bottom quarks in p-p collisions at $\sqrt{s}=8$ TeV with the ATLAS detector (ATLAS 実験重心系エネルギー 8TeV における 2 つの b クォークに崩壊するヒッグス粒子との随伴生成で生成される暗黒物質の探索)
上村 直樹	小口 多美夫	First-principles study on α -tetragonal boron (第一原理計算による α 正方晶ホウ素の研究)
足立 徹	田島 節子	Electronic States of P doped 122 Iron based Superconductor studied by Angle-resolved Photoemission and Raman Scattering Spectroscopy (角度分解光電子分光及びラマン散乱分光によるリン置換型 122 系鉄系超伝導体の電子構造の研究)
上坂 優一	浅川 正之	Charged Lepton Flavor Violation Process $\mu^-e^- \rightarrow e^-e^-$ in Muonic Atoms (ミュオン原子中での荷電レプトンフレーバーを破る過程 $\mu^-e^- \rightarrow e^-e^-$)
太畑 貴綺	岸本 忠史	Search for Neutrinoless Double Beta Decay in ^{48}Ca with the CANDLESIII experiment (CANDLESIII 実験における ^{48}Ca を用いたニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊の探索)
鍵村 亜矢	兼村 晋哉	Chiral anomaly-induced magnetotransport in Dirac and Weyl semimetals (Dirac 又は Weyl 半金属中のカイラル量子異常に起因する磁気輸送現象)
杉本 裕司	橋本 幸士	Non-perturbative topological string, Spectral theory, and Condensed matter physics (非摂動的位相的弦理論、スペクトラル理論、及び物性理論)
中西 由香理	兼村 晋哉	Higgs inflation with nonminimal couplings (非最小結合のあるヒッグスインフレーションモデル)
秦 徳郎	小林 研介	Non-equilibrium many-body states in carbon nanotube quantum dots (カーボンナノチューブ量子ドットにおける非平衡量子多体状態)
前田 剛	能町 正治	Study of Ca-49 Background in Neutrinoless Double Beta Decay of Ca-48 (Ca-48 のニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊探索のための Ca-49 の背景事象の研究)

吉田 数貴	保坂 淳	New insight into α clustering from knockout reaction analysis (ノックアウト反応解析によるアルファクラスター現象への新たな知見)
DITA PUS- PITA SARI	萩原 政幸	μ SR Study on Superconducting Gap Symmetry in Organic Superconductor λ -(BETS) $_2$ GaCl $_4$ (有機超伝導体 λ -(BETS) $_2$ GaCl $_4$ の超伝導ギャップ対称性に関する μ SR 研究)
RETNO ASIH	萩原 政幸	Muon-spin relaxation studies of the pyrochlore iridates Sm $_2$ Ir $_2$ O $_7$, Nd $_2$ Ir $_2$ O $_7$ and (Nd $_{1-x}$ Ca $_x$) $_2$ Ir $_2$ O $_7$ (パイロクロアイリジウム酸化物 Sm $_2$ Ir $_2$ O $_7$, Nd $_2$ Ir $_2$ O $_7$, (Nd $_{1-x}$ Ca $_x$) $_2$ Ir $_2$ O $_7$ のミュオンスピン緩和法による研究)
坂田 匠平	藤岡 慎介	Efficient Creation of Ultra-High-Energy-Density States by Magnetized Fast Isochoric Laser Heating Scheme (外部磁場導入レーザー高速加熱法による効率的な超高エネルギー密度状態の生成)
藤村 卓功	小口 多美夫	Cu $_4$ Complex in Silicon and Its Impurity Reactions with Hydrogen (シリコン中の Cu $_4$ 複合体およびその複合体と水素との不純物反応)
山我 拓巳	野海 博之	Study of a kaon bound nuclear state in the $^3\text{He}(\text{K}^-, \Lambda\text{p})\text{n}$ reaction at $p_{\text{K}^-}=1 \text{ GeV}/c$ ($p_{\text{K}^-}=1 \text{ GeV}/c$ における $^3\text{He}(\text{K}^-, \Lambda\text{p})\text{n}$ 反応を用いた K 中間子束縛原子核の研究)

International Physics Course (IPC) の学位取得者

学生氏名	主査	論文題名
MUI VIET LUONG	千徳 靖彦	Electronic band structures and optical properties of LiCaAlF $_6$ and LiYF $_4$ crystals as potential vacuum ultraviolet materials in equilibrium and high pressure conditions (真空紫外発光材料への応用に向けた LiCaAlF $_6$ 結晶・LiYF $_4$ 結晶の高圧下における電子バンド構造と光学特性に関する研究)
TRUONG MINH NGUYEN	久野 良孝	Estimation of Cosmic Ray Induced Background and a FPGA-Based Data Compression Algorithm for DeeMe Experiment (DeeMe 実験のための宇宙線バックグラウンド評価と FPGA データ圧縮アルゴリズム)
MING LIANG WONG	久野 良孝	Measurement of charged particle emission rates and energy spectra after muon nuclear capture in Aluminium (アルミニウム原子におけるミュオン原子核捕獲反応後の荷電粒子放出率とエネルギースペクトルの測定)

第4章 教育活動

平成29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 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	佐藤 透	
物性理論 I	2	浅野建一	ナノ教育プログラム
物性理論 II (開講せず)	2	Keith M. Slevin	ナノ教育プログラム, 英語科目
固体電子論 I	2	黒木和彦	ナノ教育プログラム, 英語科目
固体電子論 II (開講せず)	2	< 小口多美夫 >	ナノ教育プログラム
量子多体系の物理 (開講せず)	2	越野幹人	ナノ教育プログラム, 英語科目
計算物理学	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	2	< 窪田高弘 >	
素粒子物理学特論 II	2	尾田欣也	
原子核理論特論 I (開講せず)	2	佐藤 透	
原子核理論特論 II (開講せず)	2	未定	
物性理論特論 I	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	※
素粒子論半期セミナー II	4.5	< 窪田高弘 >	※
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・ <Wade Naylor>	※
原子核理論半期セミナー I	4.5	浅川正之・佐藤 透・北澤正清	※
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・ 坂本好史	※
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 >	※
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 >	※

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 「トポロジカル相・トポロジカル 絶縁体・トポロジカル超伝導入門」	1	< 佐藤昌利 > (京都大・ 基礎物理学研究所)	MC・DC 共通 7月3日-5日
特別講義 A II 「Holographic Entanglement Entropy とその最近の発展」	1	< 高柳 匡 > (京都大・ 基礎物理学研究所)	集中 MC・DC 共通 10月4日-6日
特別講義 A III 「非平衡系における場の量子論 入門」	1	< 日高義将 > (理化学研究所)	集中 MC・DC 共通 12月25日-27日
特別講義 A IV 「吸収状態をめぐる非平衡現象の 物理学」	1	< 竹内一将 > (東京工業大・ 理学院)	集中 MC・DC 共通 ナノ教育プログラム 6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	※
場の数論特別セミナー	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	※
素粒子論的宇宙論特別セミナー	9	< 窪田高弘 >	※
原子核理論特別セミナー	9	浅川正之・佐藤 透・北澤正清	※
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 >	※
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（開講せず）	2	青木正治	
高エネルギー物理学Ⅱ	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	2	久野良孝	
高エネルギー物理学特論Ⅱ（開講せず）	2	山中 卓	
素粒子・核分光学特論	2	吉田 齊	
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・外川 学	※
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 堀田智明・味村周平・白鳥昴太郎 >	※
原子核構造半期セミナー I	4.5	下田 正・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・嶋 達志 鈴木智和・高久圭二・井手口栄治・ 下村浩一郎 >	※
核反応計測学半期セミナー	4.5	< 能町正治・嶋 達志・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	岸本忠史・阪口篤志・吉田 斉	※
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)

[トピックス]

授業科目	単位数	担当教員	備考
特別講義 B I 「暗黒物質の実験的探求」	1	< 森山茂栄 > (東京大学・ 宇宙線研究所)	集中 MC・DC 共通 11月27日-29日
特別講義 B II 「ニュートリノ振動・核子崩壊実験 ～スーパーカミオカンデからハイパー カミオカンデへ～」	1	< 塩澤真人 > (東京大学・ 宇宙線研究所)	集中 MC・DC 共通 8月7日,8日,21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・外川 学	※
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	下田 正・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	岸本忠史・阪口篤志・吉田 斉	※
核反応計測学特別セミナー	9	< 能町正治・嶋 達志・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 堀田智明・味村周平・白鳥昂太郎・ 大西宏明 >	※
原子核反応特別セミナー	9	< 青井 考・民井 淳・嶋 達志 鈴木智和・高久圭二・井手口栄治・ 下村浩一郎 >	※
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 >	※

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光学	2	< 木村真一 >	
荷電粒子光学概論	2	石原盛男	ナノ教育プログラム
孤立系イオン物理学 (開講せず)	2	< 豊田岐聡 >	ナノ教育プログラム
量子多体制御物理学	2	小林研介・新見康洋	

[トピックス]

授業科目	単位数	担当教員	備考
強磁場物理学	2	< 萩原政幸・杉山清寛・木田孝則 >	
ナノ構造物性物理学 (開講せず)	2	野末泰夫・中野岳仁	ナノ教育プログラム
強相関係物理学 (開講せず)	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

[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 >・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	※
ナノ構造物性半期セミナー	4.5	野末泰夫・中野岳仁	※
半導体半期セミナー	4.5	< 大岩 顕・長谷川繁彦・ 木山治樹 >	※
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 「ナノスピン変換科学 ～Nano-spin conversion science～」	1	< 大谷義近 > (東京大・物性研究所)	集中 MC・DC 共通 10月17日-19日
特別講義 C II 「結晶および準結晶における 重い電子状態の形成」	1	< 佐藤憲昭 > (名古屋大・院・理)	集中 MC・DC 共通 10月2日-4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・ 赤木 暢 >	※
ナノ構造物性特別セミナー	9	野末泰夫・中野岳仁	※
半導体特別セミナー	9	< 大岩 顕・長谷川繁彦・ 木山治樹 >	※
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 >・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・ 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>	
素粒子物理学 I（開講せず）	2	橋本幸士	
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（開講せず）	2	<保坂 淳>	英語科目
Quantum Many-body Systems（開講せず）	2	越野幹人	英語科目
Condensed Matter Theory（開講せず）	2	Keith Slevin	英語科目
Solid State Theory	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	<藤田佳孝>	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 「Introductory Computational Physics」	1	<Yoshi Uchida> (Imperial College London)	集中 MC・DC 共通 1月4日,5日,11日
Topical Seminar II 「Electronic energy bands: geometry, symmetry and topology and holography」	1	<Young-Woo Son> (Korea Institute for Advanced Study)	集中 MC・DC 共通 5月30日-6月1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
ナノフォトニクス学	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
Solid State Theory	2	黒木和彦	Biennially
High Energy Physics	2	青木正治	
Nuclear Physics in the Universe	2	< 藤田佳孝 >	
Synchrotron Radiation Spectroscopy	2	< 木村真一 >	
Computational Physics	2	< 千徳靖彦 >	
Optical Properties of Matter	2	田島節子・ 宮坂茂樹	Biennially

[セ ミ ナ ー]

授業科目	単位数	担当教員	備考
Semestral Seminar I	4.5	< 能町正治 >	
Semestral Seminar I	4.5	< 井手口栄治 >	
Semestral Seminar II	4.5	岸本忠史	
Semestral Seminar II	4.5	久野良孝	
Semestral Seminar II	4.5	< 木村真一 >	
Semestral Seminar II	4.5	< 井手口栄治 >	
Semestral Seminar III	4.5	岸本忠史	
Semestral Seminar III	4.5	久野良孝	
Semestral Seminar III	4.5	< 木村真一 >	
Semestral Seminar III	4.5	< 福田光宏 >	
Semestral Seminar III	4.5	< 菊池 誠 >	
Semestral Seminar IV	4.5	岸本忠史	
Semestral Seminar IV	4.5	< 保坂 淳 >	
Semestral Seminar IV	4.5	< 福田光宏 >	
Semestral Seminar IV	4.5	田島節子	

(後期課程)

[トピックス]

授業科目	単位数	担当教員	備考
Topical Seminar I “Introductory Computational Physics”	1	<Yoshi Uchida> (Imperial College London) 1月4日、5日、11日	集中 MC・DC 共通
Topical Seminar II “Electronic energy bands: geometry, symmetry and topology”	1	<Young-Woo Son> (Korea Institute for Advanced Study) 5月30日、31日、6月1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	岸本忠史	
Seminar for Advanced Researches	9	田島節子	
Seminar for Advanced Researches	9	橋本幸士	
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	< 今野一宏 >・野末泰夫・< 本岡和博 >・ 外川学・< 深瀬浩一・山本 仁・ 古屋秀隆・廣野哲朗 >
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	佐藤 透
数理物理1 演義	2	2	佐藤 透・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	橋本幸士
数理物理2 演義	2	2	橋本幸士・< 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・北澤正清
物理学実験基礎	6	2	杉山清寛・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 >・坂本好史
統計力学2	2	2	越野幹人
物理学実験1	12	4	福田光順・中野岳仁・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 >・廣瀬 穰
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 浅川正之・下田 正・岸本忠史・ 花咲徳亮・越野幹人・< 豊田岐聡・ 萩原政幸・寺田健太郎・川村 光・ 中井光男 >
電磁気学 2	2	2	山口 哲
熱物理学演義	2	2	小林研介・飯塚則裕
地球科学概論	2	2	< 近藤 忠 >
数理物理 3	2	2	< 窪田高弘 >
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	岸本忠史
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	< 芝井 広 >
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

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覧

専門基礎教育科目（理系）担当教員

授業科目名	担当教員	配当学部	学期	曜日時限
物理学概論 I	< 嶋 達志 > < 小口多美夫 > < 田中慎一郎 >	医 (医) 医 (放) 歯 医 (検) 薬	I	月 3
物理学概論 II	< 大高 理 > < 木村真一 > < 植田千秋 >	医 (医) 医 (放・検) 歯 1~27 薬・歯 28~	II	水 2
物理学 1A	久野良孝 < 湯川 諭 >	理 理	I	月 3
物理学 1B	< 山中千博 >	理	I	月 3
物理学 2A	岸本忠史 新見康洋	理 理	II	金 4
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 > < 堀 一成 > < 萩原政幸 > < 谷口年史 >	基 (化) 基 (シ 1 ~ 1 3 0) 基 (シ 1 3 1 ~ ・情) 工 (理 9 6 ~ 1 9 0)	II	月 1
電磁気学 I	< 能町正治 > 兼村晋哉	工 (理 1 ~ 9 5) 工 (理 1 9 1 ~)	II	月
電磁気学 I	< 芝井 広 > 酒井英明 深谷英則	工 (然 1 ~ 8 5) 工 (然 8 6 ~ 1 7 0) 工 (然 1 7 1 ~)	II	火 3
電磁気学 II	< 千徳靖彦 > < 堀 一成 >	基 (化) 基 (シ・情)	III	月 3

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 > 田中実	基 (シ) 基 (シ) 基 (電・化・情)	III	月 2
熱学・統計力学要論	< 金順一 > < 井手口栄治 > < 白井光雲 >	工 (電) 工 (環) 工 (地)	III	火 1
力学 I	花咲徳亮 中野岳仁 < 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 > < 小無啓司 > 山口哲	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	兼村晋哉 石原盛男 大野木哲也 < 西浦宏幸 > < 谷口年史 > 吉田齐	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	< 木村真一 > < 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 > 田島節子 < 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 > < 西浦宏幸 > 越野幹人	基 (電 1) 基 (電 2) 基 (化・情) 基 (シ 1 ~ 9 0) 基 (シ 9 1 ~)	II	金 4
電気物理学 A 電気物理学 B	< 平 雅文 > < 加藤裕史・伊庭野健造 >	工 (電 1・電 2) 工 (電 3・電 4)	I	月 4
電気物理学 A 電気物理学 B	< 平 雅文 > < 尾崎典雅・中村浩隆 >	工 (電 3・電 4) 工 (電 1・電 2)	II	金 3
情報活用基礎	< 外川浩章 >	理	I	月 4
物理学の考え方	下田 正 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	久野良孝 < 豊田岐聡 > < 窪田高弘 >	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 > 坂本好史 下田 正 < 齋藤真人 > < 洞出光洋 >	工 (電・環)	I	火 3 ~ 5
物理学実験	青木正治 < 渡辺純二 > 中野岳仁 < 高久圭二 > < 林 直樹 > < 平 雅文 > < 沖田隆文 >	工 (然) 医 (医)	I III	木 3 ~ 5
物理学実験	吉田 齐 三原基嗣 深谷英則 廣瀬 穰 < 松山智至 > < 岡林希依 >	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	村川 寛 北澤正清 <半澤弘昌> <小嶋 勝> <松田朋己> <森藤正人>	基(電)、基(化・情)	II	木3～5
物理学実験	<青木 順> <渡邊 浩> 阪口篤志 <佐々木勇和> <千賀英敬> <下田元毅>	工(地)	II	金3～5
物理学実験	中島正道 佐藤 朗 清水 俊 <渡村友昭> <小林 康> <猪井博登>	医(放・検)・基(シ)	III	金3～5
自然科学実験1 物理	石原盛男 Luu Manh Kien 石原盛男 Luu Manh Kien 青木正治	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	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）

浅川グループ

岸本グループ

越野グループ

下田グループ

花咲グループ

物理学専攻（協力講座）

豊田グループ

萩原グループ

宇宙地球科学専攻（基幹講座）

川村グループ

寺田グループ

物理学専攻（協力講座）

中井グループ

第5章 物理談話会，南部コロキウム

5.1 物理談話会

平成 29 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．

2017年10月6日	大高 理	ガイダンス
2017年10月13日	横田 勝一郎	宇宙機による粒子計測から迫る太陽地球（惑星）系科学
2017年10月20日	木村 真一	光と電子の『適切な』関係
2017年10月27日	民井 淳	原子核が明らかにする宇宙：元素合成、超新星、中性子星
2017年11月10日	重森 啓介	高強度レーザーで創る超高压力の世界
2017年11月17日	近藤 忠	実験室で創る地球
2017年11月24日	田島 節子	超伝導研究最前線：BCS or non-BCS
2017年12月1日	木村 淳	氷の天体が育む生命圏の可能性
2017年12月8日	越野 幹人	2次元物質の物理 — 薄くすると変わる？
2017年12月15日	久野 良孝	ミューオンは電子に転換するのか？
2017年12月22日	佐藤 透	ニュートリノと原子核の相互作用
2018年1月5日	大野木 哲也 ・兼村 晋哉	対称性の破れから探る素粒子物理
2018年1月19日	佐藤 貴弥	企業における新しい質量分析計の装置開発からアプリケーション開発まで
2018年1月26日	林田 清	ブラックホールのX線空間分解に向けて

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、学术交流を促進し、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29年度は、昨年度に引き続き、下記の南部コロキウムを開催し、各々、教員と学生が多く参加する等、成功を収めた。場所は理学研究科に新設された南部陽一郎ホール、時刻は16:20-17:50である。自由な雰囲気を作り、質問が出やすくするなど、学术交流を円滑にするよう心がけている。

- 第20回 南部コロキウム

開催日：2018年2月1日（木）

講師：土岐博先生 [大阪大学核物理研究センター 特任教授]

講演：『電磁ノイズが教える電気回路の対称性』

- 第19回 南部コロキウム

開催日：2017年10月12日（木）

講師：寺田健太郎先生 [大阪大学大学院 理学研究科 教授]

講演：『月に吹く地球からの風 ～月と地球と太陽が一直線にならぶとき～』

- 第18回 南部コロキウム

開催日：2017年6月29日（木）

講師：佐々真一先生 [京都大学大学院 理学研究科 教授]

講演：『多様なエントロピーの広がり と繋がり』

- 第17回 南部コロキウム

開催日：2017年5月11日（木）

講師：近藤滋先生 [大阪大学大学院 生命機能研究科 教授]

講演：『動物の形と模様』

（文責：橋本 幸士）

第6章 学生の進路状況など

平成29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）	65名
他大学博士前期課程進学	6名
進学準備中	5名
留学準備中	1名
母国に帰国	1名
地方公務員（千葉県庁）	1名
非常勤教員（滋賀県）	1名
民間企業就職	3名
合計	83名

学部卒業生の進路の内訳：

（株）アクシオン	1名
（株）アルテクナ	1名
（株）シェイク	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）	10名
大阪大学博士後期課程進学（他研究科）	1名
民間企業就職	45名
他大学医学部編入	1名
合計	57名

博士前期課程修了者の進路の内訳：

アマゾンウェブサービスジャパン（株）	1名
NEC ソリューションイノベータ（株）	1名
（株）NTTドコモ	1名
（株）オーガス総研	1名
キーサイト・テクノロジー合同会社	1名
九州電力（株）	1名
京セラ（株）	2名
サイボウズ（株）	1名
J T	1名
（株）シティコム	1名
新日鐵住金（株）	1名
住友電気工業（株）	1名
タイガー魔法瓶（株）	1名
ダイキン工業（株）	2名
太平電業（株）	1名
大和証券（株）	1名
中部電力（株）	1名
テラテクノロジー（株）	1名
（株）東芝	1名
東洋ビジネスエンジニアリング（株）	1名
日本電気（株）（NEC）	1名
日本電信電話（株）	1名
日本電産シンポ（株）	1名
（株）野村総合研究所	2名
（株）はてな	1名
パナソニック（株）	2名
パナソニックデバイス SUNX（株）	1名
浜松ホトニクス（株）	1名
（株）日立製作所	1名
富士通（株）	4名
富士フイルムグローバルグラフィックシステムズ（株）	1名
古河電気工業（株）	1名
ホシデン（株）	1名
（株）みずほフィナンシャルグループ	1名
三菱電機（株）	3名
（株）村田製作所	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国際物理特別コース進学	3名
母国に帰国	1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
東京工業大学・助教（常勤）	1名
大阪大学・非常勤研究員	3名
その他国立大学法人・特任研究員	1名
国立研究開発法人・常勤研究員	1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P D	1名
私立大学・研究員	1名
海外の大学・研究員	2名
合計	16名

博士後期課程修了者の進路の内訳：

(株) オプト	1名
サンディスク (株)	1名
ダイキン工業 (株)	1名
レーザーテック (株)	1名
東京工業大学・大学院理学院・物理系コース・助教	1名
国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構・研究系職員（常勤）	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
大阪大学・核物理研究センター・特任研究員	1名
大阪大学・産業科学研究所・特任研究員	1名
大阪大学・レーザー科学研究所・特任研究員	1名
名古屋工業大学・特任研究員	1名
日本学術振興会・特別研究員P D（大阪市立大学）	1名
芝浦工業大学・博士研究員	1名
National Institute for Subatomic Physics, Postdoctoral Researcher	1名
Sepuluh Nopember Institute of Technology・研究員	1名

6.5 International Physics Course (IPC) 後期課程修了者の進路

大阪大学・レーザー科学研究所・特任研究員	1名
就職活動中	1名
母国に帰国	1名
合計	3名

6.6 学生のインターンシップ参加

平成 29 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	TU Dresden、産業技術総合研究所、Max Planck Institute for the Physics of Complex System、住友電装 (株)、キーサイト・テクノロジー 神戸事業所
5 日未満	大阪ガス、イッセイミヤケ、(株)TOKYO BASE、数研出版、啓林館、住友電装 (株)、住友電気工業 (株) 大阪本社・大阪製作所、住友電気工業 (株) 大阪本社・大阪製作所、島津製作所 京都本社、JR 東海 (電気・システム系統) 東海旅客鉄道総合研修センター、島津製作所 京都本社・三条工場、島津製作所 京都本社

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37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名から成る。

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。

大阪大学では、他に4つのリーディング大学院プログラムが実施されており、共通して、履修生に修士1年次から月20万円の奨励金を支給し、経済的な憂いなく勉学に専念できる環境を整えている。

7.3 平成 29 年度の活動

7.3.1 第3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り、カデットプログラム主催の国際シンポジウムを平成29年6月8日、9日に大阪大学豊中キャンパスにて開催した。理学研究科物理学専攻の履修生4名、化学専攻の履修生3名を含む16名が実行委員会を立ち上げ、活動を開始。世界が直面する課題「エネルギー」「健康」「資源」「環境」を議論する4分科会で構成、それぞれの分科会で若手の研究者を海外大学、国内大学研究機関、国内企業からそれぞれ招待し、最先端の研究開発状況を知るとともに、異分野の交流を目指して開催された。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をたが、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。

それぞれの課題について、4名の海外からの招待講演者含めアカデミアから基礎研究の視点で、企業からの招待講演者4名からは将来の課題を解決する産業界の取組みが紹介され、基礎研究と応用研究の関係を地球規模の課題を通して見通すことが出来た貴重な機会となった。2日間のシンポジウムに117名が参加し招待講演12件含め21件の口頭発表と74件のポスター発表を通して先端科学の状況と応用に向けた研究開発の状況の理解と交流がなされた。

国際シンポジウムの企画は、テーマの選定、招待講演者の決定と依頼など教授レベルのマネジメント力と人脈が必要とされるが、履修生が構成する実行委員会では、真摯な議論を通して推進課題を明確にし、教員を上手く活用しながらシンポジウムを具体化しており、次世代のリーダーとしての実力を早くも発揮し始めている。

7.3.2 履修生の自主活動による「物質化学 100 問集」出版

本プログラムでは、履修生の専門分野における基礎学力を今一度再学習してもらう目的で、物理系専攻の履修生に「物性物理 100 問集」、化学系専攻の学生に「物質化学 100 問集」を配

布し、自習による足らざる部分の強化とその成果を1.3.5で述べる1stQEで確認を行っている。何れの教科書も履修生が幅広い知識を身につけるよう、様々な分野の教科書や演習書を参考にし、本学基礎工、理学、工学研究科に所属するプログラム担当教員によって作成されたもので、当初はあくまでも教員が改訂していく予定だったが、多くの重要な改善案が履修生から提案され、さらには自分たち自身で問題集を作りたいという彼らの強い意欲を目の当たりにし、履修生に改訂を任せるべきだという判断に至った。昨年度は物性物理100問集に課題を感じた物理学専攻の履修生2名を含む6名の有志が活発に活動し具体的な構成案を担当教員に提案するに至った。その結果、平成28年11月に大阪大学出版会から発行された。

一方、昨年度から継続して「物質化学100問集」の作成プロジェクトが理学研究科化学専攻の履修生中心に13名が中心となり活動を行い、理学研究科物理学専攻の2名が協力することで、平成30年2月14日に大阪大学出版会より出版された。本問題集は多くの問題を学生が自ら作成し、さらに問題を解きながら理解を深めることを目的に各解答の解説を充実させる独自の構成をとったため、編集作業に膨大な時間が必要となった。履修生にとっては、無機化学、有機化学、物理化学など異なる切り口で学ぶ化学全体を大きな体系としてとらえる事が出来たことでより高い俯瞰的な視点で化学を見る事が出来るようになったという大きな成果が得られた。

「物性物理100問集」「物質化学100問集」の内容は企業で研究開発に携わる技術者の目にふれることとなり、その価値が認められ、ある大手電機メーカーから、社員教育の目的で本年度それぞれ20冊ずつ購入をし、今後も継続して購入する予定であるといううれしい報告も頂いている。

7.3.3 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2回を4月30日に、第3回を11月3日の2回開催した。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大接続オフィスの後援をいただいた。各リーディングからは高校生や異分野の参加者にも分かりやすく配慮された研究発表を行った。第2回は参加者は116名（うち中高生72名）、第3回の参加者は51名（うち中高生は18名）であった。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。第4回以降の開催を、同じく物理学専攻の後輩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。

7.3.4 国内研修、海外研修の実施

本年度は第三期生を中心に 15 名が「物質科学国内研修」(必修)に取り組んだ。9 の民間企業と 4 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 2 名が受講し、それぞれ、産業技術総合研究所、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。

第二期生中心に 20 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 名の履修生がドレスデン工科大学(ドイツ)と国立物理学研究所(イギリス)で、化学専攻の 2 名がマッコーリー大学(オーストラリア)とオレゴン大学(アメリカ)、高分子科学専攻の 1 名がウイコンシン大学(アメリカ)でそれぞれ自身の研究分野をさらに深掘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。

7.3.5 Qualifying Examination (QE)

専門分野の基礎学力を評価するために 1 年次に受験する筆記試験(1st Q.E.)、2 年次に受験する博士後期課程の研究企画を試問する博士論文企画審査(2nd Q.E.)、4 年次に取り組む博士論文の中間報告を英語により報告させる 3rd Q.E. が昨年同様に実施された。履修生の質保証のための取組みであるが、プログラムとしては気付きを与える機会としても重要であるとされており、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。

本年度は一期生 14 名(うち 4 名が理学研究科所属)と早期終了の二期生 1 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、分がリーダーシップを発揮して科学技術に基づきこれらの課題にどのように対応していくのか、分の進路と関連付けながら 2000 字程度で述べよ」という問いかけに真摯に取り組んだ。

発表と口頭試問には 12 名のプログラム担当教員が評価委員として参加、また 5 名の外部評価委員にも質疑に参加いただき、将来課題の捕え方、どの様にリーダーシップを発揮して社会貢献をしていくかについて具体的な質疑応答が行われた。プログラム履修生としての質を保証する場であり、厳しい質問の連続に回答が滞る場面も何度もあり、緊張した雰囲気の中で進められた。審査の結果、全員が合格となったが、7 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、7名を合格させた。理学研究科物理学専攻からは3名の学生が応募し2名が合格した。また、化学専攻からは2名が合格した。

7.3.6 平成25年度採択一期生の課程修了

平成25年度に入学した特別選抜一期生14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）と早期終了の二期生1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。3月23日に学位授与式に先立ちプログラム修了認定証が授与された。プログラムは教員にとって初めての取組みで、彼らからのフィードバックも取り入れてはプログラム活動を充実させてきた。履修生もプログラムの趣旨をよく理解しており、積極的にプログラムに参加するばかりでなく様々な自主活動を起案、推進することで続く後輩にあるべき姿を示してくれたことに感謝している。15名のうち4名は大阪大学はじめ国立大学の助教のポストに、1名が博士研究員としてアカデミアで活動を開始する。10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。

（文責：小林 研介）

第8章 理数オーナープログラム

8.1 平成29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。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、H29年度の参加者数は、ほぼその7%にあたる。

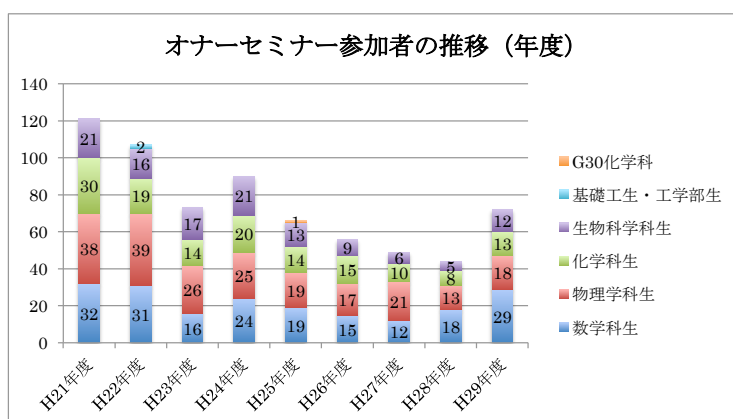


図 8.1: オナー参加者数の推移

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H29は修了者が7名である。H29物理学科修了者は4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、H29年度には5名の優秀修了者がでた。

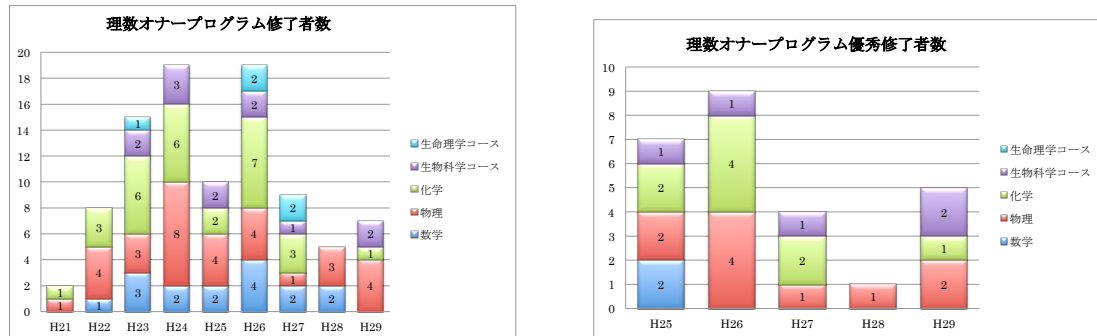


図 8.2: オナープログラム修了者数と優秀修了者数

8.2 オナーセミナー

学部の低学年から意欲ある学生をさらに引き上げる方法として、少人数制の理数オー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のオーナーセミナーを開講したが、H29年度は前後期合わせて31（前期16、後期15）のオーナーセミナーを開講し、のべ72名（前期36名、後期36名）が履修した。物理学科では、前期は4セミナーを開講、後期は4セミナーを開講した。

《春夏学期》物理オーナーセミナー 開講4セミナー 受講者数6名

A 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

B 宇宙線トモグラフィー（岸本 忠史、吉田 斉、阪口 篤志）

物理学科2年1名、生物科学科生命理学コース2年1名

C 量子光学でみる量子の世界（渡辺 純二）化学科2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

（嶋、緒方、高久、蓑茂、井手口、鈴木、青井、）物理学科2年1名

《秋冬学期》物理オーナー 開講4セミナー 受講者数7名

E 目に見えない放射線をつかまえる（下田 正、小田原 厚子）

物理学科1年2名、生物科学科1年1名

F サイクロトロンと理論で見るサブアトミックの世界

（嶋、緒方、高久、蓑茂、井手口、鈴木、青井、）物理学科2年2名

G 自然界の物質が宇宙条件で得る磁気活性（植田 千秋、桂 誠）

数学科1年1名、生物科学科生命理学コース2年1名

S 研究室に入って好きな研究をしてみよう 物理学科 2 年 1 名

8.3 自主研究と発表会

自分で研究課題を見いだした学生には、オ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、オナーセミナー開始後 2 ケ月目から始める。

オ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前期、後期それぞれ 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。

H29 春夏学期 オナー自主研究発表会

平成 29 年 9 月 28 日 (木) 9 : 55-15 : 40 at D303 講義室

物理オナーセミナーからの発表 4 セミナー 参加学生 6 名 5 演題

〈板橋、久野 G〉反粒子の世界

- 1 β 崩壊におけるパリティ対称性の破れの研究 物理学科 2 年
- 2 Indirect detection of dark matter using a Transition Radiation Detector
物理学科 3 年

〈岸本、吉田、阪口 G〉宇宙線トモグラフィー

- 3 ミューオンを用いたトモグラフィー
物理学科 2 年、 生物科学科生命理学コース 2 年共同研究

〈渡辺 G〉量子光学でみる量子の世界

- 4 光の誘導放出 化学科 2 年

〈嶋、緒方、高久、蓑茂、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ムックの世界

- 5 弾性散乱による原子核半径の測定

H29 秋冬学期 オナー自主研究発表会

平成 30 年 3 月 26 日 (月) 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 4 セミナー 参加学生 7 名 6 演題

〈下田、小田原 G〉目に見えない放射線をつかまえる

- 1 不安定核 ^{18}N の半減期測定 物理学科 2 年 2 名 共同研究

〈嶋、緒方、高久、蓑茂、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ムックの世界

- 2 陽子非弾性散乱による $^{12}\text{C} \cdot ^{27}\text{Al}$ 核の励起状態の研究 物理学科 2 年

- 3 反応データ解析に基づく原子核の大きさと形の決定 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 石英ガラスファイバーの磁気整列 数学科 1年
- 5 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 2年
〈オナー S 尾田 G〉研究室に入って好きな研究をしてみよう
- 6 時間とは何か 物理学科 2年

8.4 大学院科目等履修生、リーディング大学院生との関係

理学部では、早めに自立して研究ができる学力を習得させるため、一定以上の成績をとった学生を対象に、3、4年次の段階で大学院生に混ざって授業が受けられる制度を用意している。全学科学部生を対象としており、選抜方法等、各学科長に一任されている。元々は理数オ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。H29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。19人中、10人がオナー参加者である。

表 8.1: 大学院科目等履修生（候補者）の数

学科	学年	候補者数, オナー参加者数					
		H24	H25	H26	H27	H28	H29
物理学科	4年生	7, 6	6, 3	20, 6	7, 3	5, 3	10, 6
化学科	4年生	6, 6	2, 2	8, 8	3, 3	2, 2	1, 1
生物科学科	4年生	5, 2	3, 2	7, 3	17, 8	9, 1	8, 3
合計		18, 14	11, 7	35, 17	27, 14	16, 6	19, 10

大阪大学では、既存の研究分野の枠にとらわれず、より広く深い知識を身につけ、それを社会で実践し、グローバルに活躍できる人材を育てる「博士課程教育リーディングプログラム」を文科省の支援を受け、平成 23 年度から全学で取り入れている。国の将来を担う人材の候補生として、大学も力を入れてバックアップしているプログラムである。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。

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 11 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

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

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 H29 年度の活動内容を下記に記す。

- 1) オープンキャンパス H29.8/9 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 11 名 来場者 約 150 名
- 2) H29 春夏学期自主研究発表会 H29.9/28 理学部 D 棟 D303 講義室
- 3) H29 春夏学期オナー交流会 H28.9/28 理学部 D303 講義室
学生参加者 24 名 教職員 7 名
- 4) 第 7 回サイエンス・インカレ (文部科学省主催)H30.3/3, 4 立教大学
池袋キャンパス
出場者 2 名 口頭発表者 1 演題 1 名 (物理 B2 1 名)
ポスター発表者 1 演題 1 名 (生物科学 B2 1 名)
出場者
物理 B2 (口頭)
「身の周りの放射線源を探る “半導体検出器を用いた屋内ラドン濃度の測定”」
生物科学科 B2 (ポスター)
「ミミズは時を刻む～アンドレイミミズの概日リズムの解析～」
- 5) オナープログラム修了式 H33.3/22 理学部 D 棟 D501
理数オナープログラム修了者 7 名 優秀修了者 5 名
- 6) H29 秋冬学期自主研究発表会 H30.3/26 理学部 J 棟南部陽一郎ホール
- 7) H29 後期オナー交流会 H30.3/26 理学部 J 棟南部陽一郎ホール 交流サロン
学生参加者 26 名 教職員 6 名

(文責：橋本 幸士)

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29年12月から平成30年1月にかけて、平成30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2名、PhDコースが1名(学内進学)、10月入学のMSコースが2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、ジョージア、マレーシア、ベトナム、バングラデシュです。

(文責：岸本 忠史)

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、時空間フォトンクス、レーザー分光学、基礎物理学I、基礎物理学実習

10.2.4 プログラム登録者数

平成29年度のプログラム登録者数は8名であった。その内訳は、理学研究科化学専攻4名（M1：1名、M2：3名）、理学研究科生物科学専攻1名（D3：1名）、薬学研究科博士後期課程創成薬学専攻1名（D3：1名）、基礎工学研究科博士後期課程物質創成専攻1名（D2：1名）、生命機能研究科博士課程生命機能専攻1名（5年：1名）である。

なお、平成29年度の本プログラム修了者は2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 29 年度のプログラム登録者数は 6 名であった。その内訳は、理学研究科物理学専攻 3 名 (M1 : 2 名、M2 : 1 名)、理学研究科化学専攻 3 名 (M2 : 3 名) である。

なお、平成 29 年度の本プログラム修了者は 2 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29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. Ya-Juan Zheng, JSPS 外国人特別研究員（中国） 2017/4/1-2018/10/31；兼村
2. Dr. Ben Keeshan, Carlton 大学（カナダ） 2017/6/20-2017/8/22 JSPS サマープログラム；兼村
3. Dr. Mohammad Rafi Allam, Aligarh Muslim University（インド）2017/5/16-2017/7/25；浅川、佐藤

4. Dr. Salambo Dago, Ecole Normale Supérieure de CACHAN (フランス) 2017/4/17-2017/7/29 ; 久野
5. Dr. Dorian Pieters, Université de Strasbourg (フランス) 2017/3/6-2017/9/11 ; 久野
6. Dr. Rainer Dumke, Dr. Pinaki Sengupta, Dr. Bent Weber, Dr. Siew Ann Cheong, 南洋理工大学 (シンガポール) 2017/9/28-2017/9/29 ; 久野
7. Chen-Yu Jhang, 他 6 名, 学部生, 清華大学 (台湾) 2017/8/2-2017/9/8, 阪大物理サマースクール参加 ; 越野
8. Dr. Vedant Basu, IIT Bombay (インド) 2017/6/1-2017/7/15 ; 久野
9. Dr. COSSET-CHENEAU, Maxen ENS Lyon, major in physics(フランス) 2017/5/2-2017/7/21 ; 小林
10. Dr. Adam Viktor, ハイデルベルク大学 (ドイツ) 2017/7/9 -2018/2/28, フロンティアラボ ; 岸本
11. Mohd Nor Shafiq, 特別聴講生, マラヤ大学 (マレーシア) 2017/10/13-2018/3/5 ; 岸本
12. Dr. Young-Woo Son, Korea Institute for Advanced Study(韓国)2017/5/30-2017/6/1, IPC 集中講義講師として ; 越野
13. Dr. Pilkyung Moon, New York University Shanghai (中国) 2017/7/17-2017/7/19, 研究打ち合わせ ; 越野

11.4 海外研究機関訪問

教職員延べ 168 名、学生延べ 66 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。アメリカ (39 件)、イスラエル (2 件)、イタリア (5 件)、インド (2 件)、インドネシア (5 件)、ウクライナ (1 件)、オーストラリア (1 件)、オーストリア (1 件)、オランダ (2 件)、カナダ (20 件)、韓国 (15 件)、ギリシャ (2 件)、シンガポール (2 件)、スイス (7 件)、スウェーデン (2 件)、スペイン (6 件)、台湾 (11 件)、チェコ (8 件)、ドイツ (8 件)、ブラジル (1 件)、フランス (13 件)、ベトナム (9 件)、ベルギー (1 件)、ポーランド (4 件)、マレーシア (3 件)、南アフリカ (1 件)、ロシア (2 件)、中国 (6 件)

11.5 海外研究機関での集中講義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

1. IPC 集中講義 Korea Institute for Advanced Study (韓国) 2017/5/30-2017/6/1 ; 越野

2. 第1回 南洋理工大学・大阪大学共同ワークショップ 南洋理工大学（シンガポール）
2017/9/27-2017/9/29；久野・田島
3. 台湾国立清華大学留学生受け入れ 台湾国立清華大学（台湾） 2017/8/4-2017/9/11；
久野
4. Euroschool on exotic beams フランス国立重イオン研究センター（GANIL）等（フ
ランス） 2017/8/28-2017/9/1；田中
5. 23rd COMET collaboration meeting (CM23) TU Dresden（ドイツ） 2017/9/25-
2017/9/29；久野
6. Sakura Science Project インド 2018/1/11-2018/1/20；久野
7. 24th COMET collaboration meeting (CM24) イギリス、中国、韓国、ベラルーシ、
ジョージア、インド、ロシア、フランス 2018/1/29-2018/2/2；久野
8. メゾスコピック物理討論会 Centre de Physique Theorique（フランス） 2017/10/30；
小林
9. 異方的超伝導体中でのスピン輸送現象について Department of Physics, Fudan Uni-
versity（中国） 2017/12/4；小林
10. 共振器 QED における光子スピン結合についてのセミナー Cavity quantum electrody-
namics with a single spin: coherent spin-photon coupling and ultra-sensitive detector
for condensed matter Ecole Normale Supérieure, Paris（フランス） 2018/1/22；
小林

11.6 部局間学術交流協定

平成 28 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. マヒドン大学理学部（タイ）
2017 年 4 月 27 日- 2022 年 4 月 26 日 CP:久野良孝教授
2. モナシュ大学理学部（オーストラリア）
2017 年 12 月 7 日- 2022 年 12 月 6 日 CP:久野良孝教授、Baiotti Luca 特任准
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）

国名	前期課程	後期課程	非正規生
イタリア	0	1	0
イラン	0	1	0
インド	0	2	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
ドイツ	0	0	2
フランス	0	1	1
ベトナム	4	4	0
マレーシア	1	5	0
モンゴル	0	1	0
大韓民国	0	3	0
中国	2	6	1
計	8	26	4

(文責：越野 幹人)

第12章 湯川記念室

12.1 平成29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33回湯川記念講演会

2018年1月21日(日) 13:30-16:10、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した。156名の参加者があった。

序. 橋本 幸士 (大阪大学湯川記念室)

“大阪大学と湯川秀樹”

1. 九後 汰一郎 (湯川記念財団代表理事、京都産業大学 理学部/益川塾 教授)

“湯川秀樹と物理”

2. 兼村 晋哉 (大阪大学大学院理学研究科教授)

“最先端物理における湯川(1) 素粒子の質量起源：湯川カップリングと電弱対称性の自発的破れ”

3. 石井 理修 (大阪大学 核物理研究センター准教授)

“最先端物理における湯川(2)：湯川の核力を導く”

<http://www-yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/sympo/sympo.html>

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33回目の開催となった。最初に湯川記念室委員長橋本より「大阪大学と湯川秀樹」の挨拶の後、三人の招待講師による講演を行った。九後汰一郎先生は、「湯川秀樹と物理」、兼村晋哉先生は「最先端物理における湯川(1) 素粒子の質量起源：湯川カップリングと電弱対称性の自発的破れ」、そして最後に石井理修先生は「最先端物理における湯川(2)：湯川の核力を導く」のタイトルで、一般聴衆には馴染みがなく難しい概念が多く含まれる素粒子原子核物理の湯川の物理を大変わかりやすく、またユー

湯川記念講演会参加者数推移(2004年度-2017年度)

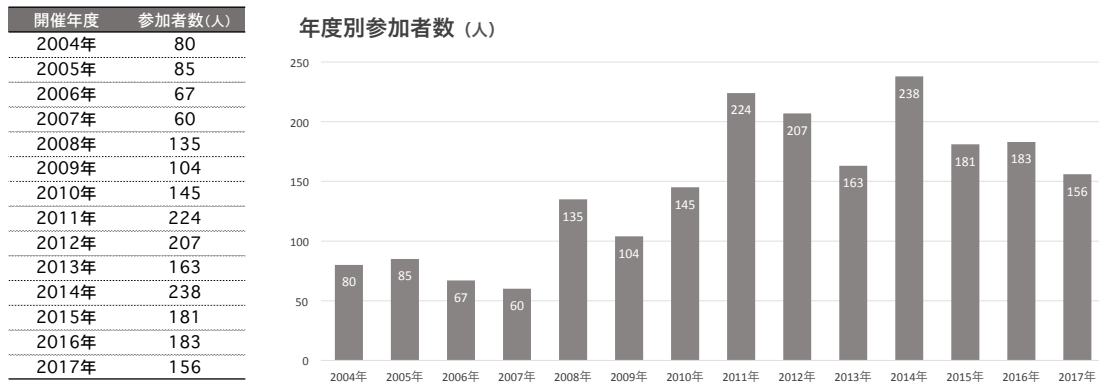


図 12.1: 湯川記念講演会の参加者数推移

モアも交えて紹介して下さった。講演会には156名の方が参加され、中には岐阜県や鳥取県など遠方から楽しみにして来られた方もいた。三つの講演では、時間一杯まで、聴衆から様々な質問がよせられ、熱気に満ちた講演会となった。

湯川記念講演会はこの10年あまり、市民に対する講演会として定着してきた。過去14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。

12.3 その他

いちよう祭(2017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29年度の物理学科出張講義は、宇宙地球科学専攻の谷口年史准教授の取りまとめにより、宇宙地球科学専攻と物理学専攻の教員の協力で、以下の3校を対象に実施された。

学 校 名	所在地	日 時	講 師
兵庫県立星陵高校	神戸市	7月14日(金)	渡邊 浩
鹿児島県立鶴丸高校	鹿児島市	10月27日(金)	吉田 齐
和歌山県立向陽高校	和歌山市	11月8日(水)	芝井 広

その他に、平成29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
出張講義「総合的な学習の時間」	大阪府立富田林高等学校	下田正	6月6日	高校1年生 241名+教員20名
SEEDS生選抜のための課題講義	大阪大学豊中キャンパス	下田正	6月25日	SEEDS受講希望者約100名
第12回女子中高生のための関西科学塾 A日程	奈良女子大学	田島節子、 小田原厚子	7月30日	中高生+保護者(130名)
大阪大学21世紀懐徳堂 i-Spot 講座	大阪市まちづくり情報発信施設「アイ・スポット」	山中卓	8月3日	小学5-6年生
生野高校SSH研究発表会指導	生野高校	松多健策	9月9日	高校生

豊中市科学教室（第12回女子中高生のための関西科学塾 アウトリーチ活動）	豊中市教育センター（阪急蛍池駅西側 ルシオーレビル6階）	小田原厚子	9月10日	小中高生、保護者（689名）
兵庫県立兵庫高等学校「創造応用（探究活動）」の指導	兵庫県立兵庫高等学校と大阪大学豊中キャンパス	下田正、小田原厚子	9月13日-2月21日（週1回）	高校2年生8名
出張講義（大学模擬授業）	三重県立津高等学校	小田原厚子	10月16日	高校生71名+教員2名
第56回玉城嘉十郎教授記念公開学術講演会	京都大学益川ホール	小林研介	10月27日	一般約100名
SAP基幹講義	大阪大学理学研究科	小田原厚子	11月4日	高校生
出張講義	広島城北中・高等学校	新見康洋	11月15日	中3-高3年生70名
6年生に物理学の講演会「こども課外教室」	西宮市立苦楽園小学校	深谷英則	12月15日	小学6年生
日本物理学会大阪支部企画公開シンポジウム「量子力学90年」	大阪大学中之島センター 佐治敬三メモリアルホール	越野幹人	12月23日	主として高校生等や一般の方
朝日カルチャーセンター	朝日カルチャーセンター 中之島教室（大阪市北区）	山中卓	1月20日	一般
西宮湯川記念賞受賞講演	南部陽一郎ホール	深谷英則	1月25日	一般
生野高校SSH研究発表会指導	生野高校	松多健策	2月1日	高校生
兵庫県立兵庫高等学校「創造応用研究発表会」での質疑および講評	兵庫高等学校	下田正	2月21日	高校2年生70名+教員10名
第12回女子中高生のための関西科学塾 F日程	奈良女子大学	田島節子	3月17-18日	女子中高生+保護者+教員102名
愛知県立向陽高校施設見学	大阪大学豊中キャンパス	久野良孝	3月22日	向陽高校生50名

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 [テーマ No.10]	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	下田正、小田原厚子
SEEDS 体感科学技術・体感国際交流の講義 2 回目 (8 月 19 日～20 日)	講義 1 「地底から探る宇宙の謎 – 神岡地下実験施設での最先端研究 –	吉田斉
SEEDS 体感科学研究 [テーマ No.1]	最先端の物理を高校生に (Saturday Afternoon Physics)	SAP 責任者：浅野建一、他担当者
SEEDS 体感科学研究 [テーマ No.8]	光の不思議：波動性と粒子性を観察しよう	渡辺純二、渡邊浩、木村真一
SEEDS 体感科学研究 [テーマ No.9]	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～	小田原厚子

13.2 連携講座

滋賀県立虎姫高等学校の2年生の生徒9名が教諭2名(宮田教諭, 坂口教諭)と共に, 平成29年8月3日(木)と8月4日(金)の1泊2日の日程で, スーパーサイエンスハイスクール(SSH)のサマーセミナーとして大阪大学大学院理学研究科の連携講座に参加した。本来, 身の回りの自然を理解することを目的とした物理の教育において, 高等学校では公式を覚える事に終始しがちであり, 実験を行うところでも演示実験に偏りがちと聞く。そこで, 野末泰夫教授が中心となって, 過去14年にわたり, 滋賀県立虎姫高等学校と連携をとりながら, 物理科学の基礎とその発展となる実験実習を, 高校生に実際に体験してもらい, その中で物理学的なものの考え方とその理解を深めるプログラムを行ってきた。本年は, 杉山清寛教授が中心となり大学側の準備を行い, 虎姫高校側も昨年同様, 宮田崇弘教諭が中心となって準備を進めた。

実験実習で大切なことは, やりっ放しにしないことである。2日目には, 実験と理解した内容をまとめたものをみんなの前で発表することによって, 自ら考えることとそれを互いに伝え理解しあうことにより, 考察がより深まることを目指した。さらに, その延長上にある物理科学の最前線の研究内容の一端を紹介した講義を行い, その内容を理解することにより, 物理科学全般への関心を高めることとした。

今年度は高校生の物理でも習う内容である振り子による重力加速度の測定について, 大学の最新の機材を実際に用いて, 生徒自らが操作し, 実験の様子と結果を観察・記録し, その結果を解析した。さらに午後には生徒が自ら考案した発展課題に挑んだ。元々の大学の実験では, ボルダ振り子を用いて高精度に周期を測定して, 精度良く重力加速度を測定するのが目的であるが, 錬成振り子とか, 振り角を大きくした場合の振動であるとか, 高校生の視点に立って面白いと感じる実験を企画し, 駆けつけてくれたサマーセミナーのOB達と一緒に考えてながらの実験となった。そのために, 宮田教諭と坂口教諭が事前に大阪大学を訪れて, これらの実験の手配について阪大側と相談している。これらについても創意工夫した点や理解した内容やうまくゆかなかった点などをまとめ, 翌朝の発表会にて発表した。その際, 成果をレポートにまとめるだけでなく, みんなの前で発表し議論することを体験した。しかも, 内容は, 高校で扱う範囲を少し越えており, その経験は, 将来, より進んだ内容へと興味を展開させるための良い経験になると期待される。

発表の後, このサマーセミナーの実験授業を創設し, 長年面倒を見てくださった, 野末泰夫教授による講義を受講した。長年, このセミナーを大切に育ててこられた野末先生にとって, 最後のご講義となった。その後, 吹田キャンパスに移動し, レーザー科学研究所のご協力・ご指導を得て, 特別に実験室の見学を行った。この連携講座は今回で15回目となる。

日程は以下の様に行った。

8月2日(火)

10:00-16:40

ボルダ振り子による重力加速度の測定の実験をした。さらに, 午後を中心に, 発展課題の実験を行い, その解析を行った。

8月3日(水)

9:00-10:45

前日に行った実験の成果の発表と討議をおこなった。生徒が自らまとめた内容は、大学生のレベルに達しており、充実した発表と議論が行われた。また、適切なアドバイスを行いながら生徒同士で質問し、議論を深めた。単に正しい答を求めるのではなく、なぜそうなるのかを自分の力で考えながら理解することを目指した。

11:00-12:00

野末泰夫教授による講義を行い、光の性質などについて学習した。

14:00-15:30

吹田キャンパスに移動し、レーザー科学研究所の施設を見学し、大学における最先端の研究の一端を理解した。

(文責：杉山 清寛)

13.3 最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2017

日時：2017年10月14日、21日、28日、11月4日(土) 15時 - 18時

web：http://www-yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/SAP/

主催：物理学専攻

共催：大阪大学大学院理学研究科、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 2017」は、これまで6週間に渡って行っていたプログラムを4週間に圧縮し、10月14日から11月4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て開催された。毎回、高校生、一般を含め、平均136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プ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入れられているか、未来への展望までがわかりやすく解説された。また、10月28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。

SAP2017のプログラムは概ね以下のものであった。

- 【10月14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)



図 13.1: 「最先端の物理を高校生に SAP2017」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 SAP2017」修了式後の集合写真

表 13.3: 「最先端の物理を高校生に SAP」の13年間の実績

開催年	2005	06-09	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
実行委員長	細谷 裕	略	藤田佳孝	藤田佳孝	藤田佳孝	藤田佳孝	藤田佳孝	浅野建一	浅野建一
副委員長	藤田佳孝	略	阪口篤志	松多健策	松多健策	松多健策	松多健策	—	阪口篤志
参加者数	171	略	192	190	175	173	153	158	177
高1, 高2	106, 54	略	100, 59	90, 65	106, 42	76, 75	65, 68	86, 46	88, 56
平均参加者	141	略	155	146	139	141	113	120	136
修了証取得者数	146	略	155	150	140	140	110	120	124
全回出席者	83	略	92	72	74	83	42	50	63
リピーター	—	略	7	11	12	1	10	3	2
参加高校数	38	略	93	79	60	60	63	73	86

コーヒープレイク：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）・久保等（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 –宇宙のどこかにある第2の地球と生命を探す旅– 芝井広（理学研究科）

- 【10月21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）

コーヒープレイク：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 –電子一個を制御する– 小林研介（理学研究科）

- 【10月28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4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 –ミクロな世界：不思議な原子核の話– 小田原厚子 (理学研究科)
コーヒーブレイク：霧箱を作って放射線を見よう 高久圭二 (核物理研究センター)・高橋成人 (京都府立医科大学)
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、浅野建一、阪口篤志、小田原厚子、福田光順、鳴海康雄、渡辺純二、尾西克之、櫻井太郎、高尾明子らが中心的に運営に携わった。

この13年間の実績を表 13.3 にまとめた。SAP2017では昨年・一昨年より参加者数が増えており、プログラムの圧縮と、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86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：浅野 建一)

13.4 「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	吉田	4月30日	104
放射線検出器で探る素粒子・原子核 ・そして宇宙	吉田	4月30日	70
素粒子のおもちゃ箱	山中	4月30日	180
超伝導を体験しよう	宮坂	4月30日	180
体験！ 磁気抵抗、熱電変換、磁気浮上	村川	4月30日	74
加速器で見る原子核の世界	三原	4月30日、5月1日	240
磁石であそぼう	小林	4月30日、5月1日	175
ビデオ上映「元素誕生の謎にせまる」 および「原子番号113の元素創生」	三原	4月30日、5月1日	55
体感！ 超強磁場ワールド	鳴海	4月30日	69
加速器で見る原子核の世界	三原	11月3、4日	150
ビデオ上映「元素誕生の謎にせまる」他	三原	11月3、4日	30

参加者総数：1,327名（高校生：355名 一般：972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2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 下田グループ、核物質学グループ、 岸本グループ、山中グループ、田島グループ、 花咲グループ、豊田グループ、萩原グループ、 原子核理論グループ、素粒子理論グループ、 動的量子多体系の理論グループ、 黒木グループ	高校生、一般	2550名 (全体)

(文責：松多 健策)

13.5 理科教育セミナー

本「理科教育セミナー」は、大阪大学基礎工学研究科と理学研究科が、高校や大学の教育に活かす目的を持って、高校の先生方と大学の教員が一堂に会し、物理教育について議論し最先端の物理を研鑽する場として、毎年開催されている。他専攻が開催をやめる中、7年程前より、「物理教育セミナー」として物理学専攻が主体となって、基礎工学研究科と共同で開催を進め、本年より、別途、物理と同様に理学研究科の化学専攻が続けてきた「化学教育セミナー」と合体し、「物理・化学教育セミナー」として開催した。

平成29年度は基礎工学研究科が当番研究科ということで、平成29年8月7日(月)、8日(火)の2日間にわたって基礎工学研究科Σホールで開催された。日程は以下の通りであった。

8月7日(月曜日)

1. (講義) 単一分子の電気伝導度を測る～分子エレクトロニクスのめざすところ～ 10:00-12:00
大阪大学大学院基礎工学研究科 教授 冨田 博一
2. (高大連携企画) セミナー「新教育課程における高大接続」 13:30-17:30
 - (a) 挨拶 (13:30-13:40)
大阪大学大学院基礎工学研究科 研究科長 狩野 裕
 - (b) 新教育課程とは (13:40-14:00)
大阪大学全学教育推進機構 特任教授 川内 正
 - (c) 高校が大学に求めるもの (14:00-14:40)
大阪府立豊中高等学校 教諭 堀田 暁介
 - (d) 休憩 (14:40-15:00)
 - (e) 高校が大学に求めるもの (15:00-15:40)
大阪府教育庁 主任指導主事 重松 良之
 - (f) 大学が高校に求めるもの (15:40-16:20)
大阪大学理学研究科 准教授 浅野 建一
 - (g) 大学が高校に求めるもの (16:20-17:00)
大阪大学理学研究科 副研究科長 中澤 康浩
 - (h) 休憩 (17:00-17:15)
 - (i) 参加者全員による討論 (17:15-18:00)
参加者全員

8月8日（火曜日）

1. 基礎工学研究科研究室訪問 10:00-12:00
8つの研究室の中から2つの研究室を見学していただきます。
大阪大学大学院基礎工学研究科 8つの研究室
2. (講義) 超伝導の起源 ~仲のよい電子たちと仲の悪い電子たち~ 13:30-15:30
大阪大学理学研究科 教授 黒木 和彦

セミナーの参加者は、

高校、中学、高専の教員 28名、退職などのその他教育関係者 4名、
大阪大学側として、理学研究科 7名、基礎工学研究科 1名、全学教育推進機構 3名
の総計 44名でした。

最後の討論では率直な意見交換が交わされましたが、あいにく午後は台風5号の接近による警報発令もあり、時間を短縮せざるをえなかったのが残念なところです。さらに、セミナーの後に、軽食・ソフトドリンクを伴った情報交換会を予定しておりましたが、こちらは中止ということになりました。例年の懇親会では、セミナーでは言い尽くせないお話しがあちこちで行われ大変有意義であっただけに、中止は残念ですが、台風接近ということで、参加者の帰路の安全が優先されることは言うまでもありません。

(文責：杉山 清寛)

13.6 物理オリンピック実験研修

物理学専攻では、2013年度に国際物理オリンピックに派遣する高校生の実験研修を5月の休日に1泊2日で阪大で行えないかという問い合わせに対し、専攻として対応することを決め、それから毎年実験研修に協力してきました。共通教育の物理学実験から2テーマを物理オリンピック日本委員会側が選び、それに合わせて2名の物理学専攻側の教員が担当してきました。2013年度が吉岡伸也先生と山中千博先生、2014年度が杉山清寛先生と山中千博先生、2015年度が石原盛男先生と杉山清寛先生、2016年度が山中千博先生と佐藤 朗先生が担当してきました。

2017年度は、以下の日程、テーマ、担当教員で実施しました。

5月27日（土曜日）13:00-17:00

部門D：放射線計測　：　担当　吉田 斉先生

5月28日（日曜日）9:00-15:00

部門C：減衰振動　：　担当　青木正治先生

場所：全学教育推進機構物理学実験室

国際物理オリンピックに派遣される大阪府私学2年、大阪府公立3年、兵庫県私学2年、埼玉県公立3年、そして奈良県私学3年の高校生5名と物理オリンピック日本委員会側の教員2名、そして、教員をサポートする過去に国際物理オリンピックに出場したOBの1名による実験実習が1泊2日で行われました。

毎年、国際物理オリンピックに派遣される高校生達は優秀な成績を取っていますが、特に2017年度は、金メダル2個と銀メダル3個を獲得した上、奈良県私学の高校3年生が世界一の快挙を成し遂げました。86の国と地域から395人が参加した大会での1番で、それに少しでも寄与できたことはよかったことと思います。

（文責：杉山 清寛）

第14章 大阪大学オープンキャンパス(理学部)

平成29年8月9日(水曜日)に平成29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、5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D501からのリレーで、階下の大きな2つの講義室にビデオ中継も行われた。物理学科では研究室公開を午後の時間帯(13-16時)に行い、物理学専攻から12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、3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3,061人に対し実際の参加者は2,550人と、昨年度に比べると絶対数・割合ともに若干の増加が見られた。物理学科の模擬講義(月に吹く地球の風～月と地球の不思議な関係～：寺田健太郎教授)は新設の南部陽一郎ホールで行われ、予約席の定員176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400名にも達した。また、物理学科の学科説明会は一昨年度からと同様に50分×1回であった。物理学科説明会には569名の参加があった。今年度は学生アルバイトを昨年度の半分の4名採用し、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	11:00-11:45	D501, D403, D303
	近藤 忠	物理学科長
2. 研究室公開	13:00-16:00	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	13:00-13:45	「月に吹く地球の風～月と地球の不思議な関係～」
	南部陽一郎ホール 寺田 健太郎 教授 (宇宙地球科学専攻)	
4. ビデオ上映	10:00-16:00	「元素誕生の謎にせまる」「原子番号113の元素創生」

(文責：福田 光順)

第15章 平成29年度の年間活動カレンダー

4月3日	入学式
4月5日	新入生オリエンテーション
4月10日	春学期授業開始
4月7日 - 8日	新入生研修旅行
4月27日	物理学専攻教室会議 (第318回)
5月1日	大阪大学記念日
4月30日 - 5月1日	いちよう祭
5月25日	物理学専攻教室会議 (第319回)
6月3日	大学院入試説明会 (東京)
6月10日	大学院入試説明会 (大阪)
6月11日	春学期授業終了
6月12日	夏学期授業開始
6月15日	物理学専攻教室会議 (第320回)
7月20日	物理学専攻教室会議 (第321回)
8月7日	夏学期授業終了 (夏季休業8月8日 - 9月30日)
8月9日	オープンキャンパス, 合同ビアパーティ
8月14日 - 16日	夏季一斉休業
8月29日	大学院合同入試ならびに東京入試筆記試験
8月30日	大学院合同入試面接試験
8月31日	大学院合同入試ならびに東京入試面接試験
9月28日	物理学専攻教室会議 (第322回)
10月2日	秋学期授業開始
10月5日	物理学専攻教室会議 (第323回)
10月19日	物理学専攻教室会議 (第324回)
11月3日 - 5日	大学祭
11月28日	冬学期授業開始
11月30日	物理学専攻教室会議 (第325回)
12月7日	秋学期授業終了
12月21日	物理学専攻教室会議 (第326回)
12月22日	物理学科忘年会
12月7日	理学懇話会
12月27日 - 1月3日	冬季休業
12月28日	物理学専攻教室会議 (第327回)
1月13日 - 14日	大学入試センター試験
1月18日	物理学専攻教室会議 (第328回)
2月6日 - 8日	博士論文公聴会
2月13日 - 14日	修士論文発表会
2月15日	物理学専攻教室会議 (第329回)
2月9日	冬学期授業終了
2月25日	入学試験 (前期日程)
3月15日	物理学専攻教室会議 (第330回)
3月22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 29 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	青木、南條、吉田
物理学科長	< 近藤 >
専攻長 (宇宙地球科学専攻)	< 近藤 >
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、浅川
大学院入試説明会 WG	田島、浅川、久野、黒木
物理学専攻宇宙地球科学専攻 入学案内資料作成	石原
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	酒井、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	吉田
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	岸本、< 木村、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 29 年度 担当者
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 >
学年クラス担任 (2014 年度入学生)	橋本、< 久富 >

拡大物理学教務委員会	花咲*、阿久津、久野、南條、新見、福田、山口、阪口、石原
学部生特別ケア	阿久津
3 年生物理学実験	花咲*、福田、宮坂
生命理学コース運営・教務委員会	< 豊田、中嶋 >
1 年生研修旅行	新見、< 植田* >
1 年生研修旅行同行者	新見、越野、南條、岸本、赤松、< 鳴海、青木順 >
能動性懇談会	下田、< 萩原 >
「理科と情報数理の教育セミナー」世話	杉山
就職担当	< 芝井 >
T A 担当 (理)	< 豊田 >
T A 担当 (共通教育)	松多
T A 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	松多、岸本、花咲、浅川 (常任幹事)、< 能町、萩原、豊田、寺田、赤井 >

< 理学研究科・理学部 >

	平成 29 年度 担当者
研究科長・学部長	田島
副研究科長	< 豊田 >
企画調整会議	田島、< 豊田 >
研究企画推進部会	< 豊田* >、小林、< 萩原 >
共通機器管理部会	< 豊田* >、福田
理学研究科ブロック・安全衛生管理委員会	石原、小田原、< 杉山 >
防災委員会	浅川、野末、< 萩原、豊田 >
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 WG	松多、< 青木順 >
ネットワークシステム委員	酒井、< 豊田 >
Web 情報委員会	青木 (正)
広報委員会	青木 (正)、福田
オープンキャンパス小委員会	福田
SAP	浅野*、阪口、小田原、< 渡辺、鳴海 >
技術部運営委員会	< 豊田、萩原 >
技術部各室連絡会議委員 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 岸本、< 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
理学部入試委員会	浅川
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、阪口
学部教育教務委員会	花咲、南條
理学部プロジェクト教育実施委員会	下田、兼村
学務評価委員会	橋本、浅野
学生生活委員会	黒木、阿久津、下田*
学生相談員	黒木、阿久津
大学院入試委員会	田島、浅川、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	野末、< 豊田、萩原、川村 >
エックス線・放射線専門委員会	小田原*
放射線安全委員会	岸本、山中
放射線障害防止委員会	中島、< 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	< 豊田* >、橋本
構造熱科学研究センター運営委員会	野末
社会学連携委員会	岸本
理学懇話会運営委員会	浅川、田島
先端強磁場科学研究センター運営委員会	田島、野末、< 豊田、萩原*、鳴海、杉山 >
大学院教育プログラム実施委員会	岸本
選挙管理委員会	越野
教職員活性化・男女共同参画 WG	小田原
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29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: Stanislav Rusak, Ya-Juan Zheng
	D1: 平井隼人 M1: 愛甲将司 B4: 岡崎悠輝, 川上紘輝
	素粒子理論 (橋本)
素粒子理論 (橋本)	テーマ: 超弦理論, 場の理論, 量子重力, 数理物理 正: 橋本幸士, 山口哲, 飯塚則裕 準: 棚橋典大, 杉下宗太郎, 沼澤宙朗
	D3: 杉本裕司, Xi Wu D2: 玉岡幸太郎, 横矢毅 D1: 池田一毅 M2: 芥川哲也, 太田敏博, 東出和也 M1: 榎本一輝, 佐々木渉, 松木義幸 B4: 市場稜大, 鴛尾直樹, 坂川裕則, 住本尚之
	素粒子理論 (大野木)
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
	D3: 加藤弘樹, 鍵村亜矢, 中西由香理, 古井敦志 M2: 北口真規, 齊藤量, 立花瑞歩 M1: 森真輝人, 川井直樹 B4: 中村雄一, 細見祐輔, Liu Hoiki
	原子核理論
原子核理論	テーマ: ハドロン物理学 正: 浅川正之, 佐藤透, 北澤正清 準: 赤松幸尚, 河野泰宏
	D3: 上坂優一 D1: 梶本詩織 M2: 今井藍子, 三浦崇寛, 村田大雅, 柳原良亮 M1: 大塚高弘, 清原淳史, 野中奏志, 松本拓也 B4: 伊藤広晃, 榊原光, 鶴岡棕, 三宅浩雅

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, 外川学 準: 小寺克茂, 清水信宏
	D3: 石島直樹, Teoh Jia Jian D2: 矢島和希 M2: 佐藤友太, 澤田恭範, 西宮隼人, 山元大生 M1: 大西裕二, 原宜広, 真利共生 B4: 大杉真優, 堀孝之, 山家谷昌平
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, 〈石田勝彦〉 準: 吉田学立, Chen Wu, 荻津透, 板橋隆久, 小出義夫, 中井浩二, 吉田誠
	D3: Truong Minh Nguyen, Ming Liang Wong D2: 長尾大樹, 中沢遊, Ting Sam Wong, Weichao Yao D1: Dorian Pieters M2: 沖中香里, 高溝健太郎, 中村有希, 濱野元太, 頼俊, 岡田麻奈, Phuc Huynh Nguyen M1: 松田悠吾, 元石尊寛, Tai Thanh Chau B4: 太田早紀, 西川凌, 蓮池大真, 宮元幸一郎
岸本	テーマ: 素粒子・核分光学
	正: 岸本忠史, 阪口篤志, 吉田斉 準: 梅原さおり, 竹本康浩, 裕隆太
	D3: 太畑貴綺, 鉄野高之介, 中田祥之, 中川真菜美, 早川修平, Masoumeh Shokati Mojdehi D2: 李曉龍, Temuge Batpurev, Ken Keong Lee M2: 石川雅啓, 大田龍之亮, 木下円機, 芥川一樹, Abzal Iskendir, Muhammad Firdaus Mohd Soberi M1: 赤石貴也, 星野寿春, 水越慧太 B4: 武田佳次朗, 山本康平, 横山友暉
核物質学 (岸本)	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 M2: 大西康介, 杉原貴信, 八木翔一
下田	テーマ: 不安定な高アイソスピン原子核や原子核の高スピン状態の構造研究
	正: 下田正, 小田原厚子, 清水俊, 〈上野秀樹〉 準: 西畑洗希
	D3: 藤田朋美, 八木彩祐未 D2: 金谷晋之介 M2: 鈴木崇平, 都留晴日, ムハマド ハルーン M1: 飯村俊, 梅原基 B4: 樹下真治, 周戸怜, 原隆文, 若林諒, 中島諒

黒 木	テーマ: 物性理論
	正: 黒木和彦, Keith Martin Slevin, 坂本好彦, 越智正之 準: 白井秀知
	D3: 杉本岳志 D2: 小倉大典, 水野竜太 D1: 加藤大智 M2: 中西俊五, 巴山晴樹, 森仁志 M1: 関水準記, 徳永雄斗, 松本花梨 B4: 老田侑平, 呉松慶也, 坂本ひかる, 平吹優樹
阿久津	テーマ: 物性理論
	正: 阿久津泰弘 B4: 田井中淳, 富阪怜
動的量子多体系の理論 (阿久津)	テーマ: 物性理論
	正: 浅野建一, 大橋琢磨 準: 小川哲生, 山田康博, 花井 亮, 奥村暁, 越野和樹, 石川陽, 岡隆史
	D3: 西山祐輔 B4: 齊藤啓吾
越 野	テーマ: 物性理論
	正: 越野幹人 準: 羽部 哲朗
	D3: Thanh Nam Nguyen Ngoc (委託大学院生) M2: 李陽 (委託大学院生), 桐生敏樹 (委託大学院生), 林智宏 (委託大学院生) M1: 鳥海篤 B4: 野村高史, 藤本大仁
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: 秦徳郎, 前田正博 D2: 則元将太 D1: 谷口祐紀, 横井雅彦 M2: 岩切秀一, 壁谷奈津紀, Lee Sanghyun M1: 岩下孔明, 大島亜弓, 河上司, 鈴木将太, 山下薫平 B4: 浅野拓也, 井邊昂志, 川原遼馬
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: 足立徹, Giulio Vincini D1: Zi How Tin M2: 辻 拡和, 西野 光咲, 柳瀬 和哉 M1: 伊藤優汰, 川嶋強, 三宅修平, 脇村泰平 B4: 大畑祐貴, 金山諄志, 妹尾祐輝
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
	D1: 駒田盛是 M2: 石井龍太, 坂本拓也, 鶴田圭吾, 服部崇幸, 李海卿, 片山敬介, 青石優平 M1: 杉本崇, 西村拓也, 藤村飛雄吾, 横井滉平 B4: 薦田匠, 清水智可, 中川賢人

野 末	テーマ: ナノ構造物質における量子物性
	正: 野末泰夫, 中野岳仁, Luu Manh Kien, 〈渡邊功雄〉
	D3: Dita Puspita Sari, Retno Asih M2: 赤堀寿樹
豊 田	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
	正: 石原盛男 準: 豊田岐聡, 青木順, Kirk Jensen, 古谷浩志, 市原敏雄, 大須賀潤一, 長尾博文, 本堂敏信, 松岡久典, 中山典子
	D3: 今岡成章 D2: Brijesh M2: 前田幸輝, 高木秀平 B4: 奥山萌恵, 嘉藤佳奈, 河居伸哉, 船津卓見
	D3: 奥谷顕, Phuong Ngoc Nguyen, 福市真之, 上村直樹, 藤村卓功, 李昇浩, 坂田匠平, Mui Viet Luong, Rajesh Kumar, Khoa Nhat Thanh Phan, 前田剛, 吉田数貴, 劉斌, 山本康嵩, 山我拓巳, 川崎新吾, 伊藤健 D2: King Fai Farley Law, Bui Tuan Khai, 江添貴之, 杉浦拓也, Neoh Yuen Sim, 桂川仁志, 田中慎太郎, 井上梓, Hoang Thi Ha D1: 光元亨汰, 佐藤和樹, 田原大夢, 瀨口基之, 中川智裕, 松尾一輝, Chang Liu, Ahmad Ja'far Arifi, 渡辺海, Sang-In Shim, 原周平, Omar Zhadyra, 柳井優花 M2: 永田新太郎, 横井秀汰, 松本健太, 池田良平, 吉住歩樹, Chengwei Wang, 熊倉雅仁, 川口紀俊, 東出世羽, 柳谷諒, 青松裕美, 阿部智彦, 菅田好人, 上林祥平, 岸本秀隆, 森田大樹, 木野秀俊, 佐藤勇吾, 茶園亮樹, 橋本風太, 星善次郎, 安倍幸大, 山野下莉那, Hui Wen Koay, 小林真優里, 平川景史 M1: 細川智也, 金子忠宗, 有留那愉多, 金井田小夏, 木村仁, 吐合慶亮, 中島裕喜, 中村拓人, 山下拓海, 山下雄紀, 平岡敬也, 山下祥吾, 田中萌, 茶谷知樹, 林亮太, 落合悠悟, Viet Van Hoang Nguyen, 高石竜勢, 兵藤友昭, 藤井大輔, 森田泰之, 甲田旭, 中村翔健, 堀太地, 柳原陸斗, 山本林那, Tung Thanh Pham, Tung Thanh Pham B4: 宇波泰秀, 谷川裕亮, Kim Dong Young, 徳舛直樹, 松本大輝, 太田麗嗣, 羽生魁星, 水戸陵人, 松田和也
協力講座の学生	

【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