

平成 25 年度 (2013 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2013年度(2013年4月～2014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。

この報告書を作る目的は

- 外部の方には、本物理学専攻の活動と成果を知っていただき、
- 各グループおよび専攻全体としては、過去1年を自己評価する機会とし、
- 種々の提出資料のために必要となる情報をデータベース化し、
- 活動の記録を将来のために残すことです。

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(ポスドク)と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、さらに日本国内の大学や研究機関と協力しています。さらに、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。

また、教育においては、数多くの優秀な若手研究者を育成・輩出しています。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、国際化の一步としています。

また、高校での出前講義や、最先端の物理を高校生に伝える Saturday Afternoon Physics の開催などの、多くの社会貢献も進めております。

この年次報告書を、物理学専攻の活動と成果を知って頂く材料として頂ければ幸いです。

2014年度物理学専攻長 山中 卓

この年次報告の中で人名の肩に付けた記号の説明

*s* = スタッフ・メンバー

*p* = 科研費・運営費などによる特任研究員

*t* = その他の経費による特任研究員

*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 (DC)

*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

<b>第 1 章</b>	<b>各研究グループの研究活動報告</b>	<b>1</b>
1.1	岸本グループ	1
1.2	久野グループ	9
1.3	下田グループ	15
1.4	核物質学研究グループ	22
1.5	山中(卓)グループ	30
1.6	小林グループ	43
1.7	田島グループ	52
1.8	豊田グループ	63
1.9	野末グループ	66
1.10	花咲グループ	73
1.11	素粒子理論グループ	79
1.12	原子核理論グループ	96
1.13	黒木グループ	105
1.14	小川グループ	112
1.15	阿久津グループ	118
<b>第 2 章</b>	<b>受賞と知的財産</b>	<b>119</b>
<b>第 3 章</b>	<b>学位論文</b>	<b>121</b>
3.1	修士論文	121
3.2	博士論文	125
<b>第 4 章</b>	<b>教育活動</b>	<b>127</b>
4.1	大学院授業担当一覧	127
4.2	学部授業担当一覧	141
4.3	共通教育授業担当一覧	144
4.4	物理学セミナー	148
<b>第 5 章</b>	<b>物理談話会，南部コロキウム，講演会</b>	<b>149</b>
5.1	物理談話会	149
5.2	南部コロキウム	150

<b>第 6 章</b>	<b>学生の進路状況</b>	<b>153</b>
6.1	学部卒業生の進路	153
6.2	博士前期課程修了者の進路	154
6.3	International Physics Course (IPC) 前期課程修了者の進路	155
6.4	博士後期課程修了者の進路	156
<b>第 7 章</b>	<b>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」</b>	<b>157</b>
7.1	プログラムの目的	157
7.2	プログラムの概要・特徴	157
7.3	平成 25 年度の活動	158
<b>第 8 章</b>	<b>理数オーナープログラム</b>	<b>159</b>
8.1	平成 25 年度活動概観	159
8.2	オーナーセミナー	161
8.3	自主研究と発表会	161
8.4	大学院科目等履修生, リーディング大学院生との関係	163
8.5	オーナープログラム参加者の活動記録	164
<b>第 9 章</b>	<b>国際化拠点整備事業 (グローバル 30)</b>	<b>165</b>
9.1	International Physics Course (IPC)	165
9.2	Chemistry-Biology Combined Major Program (CBCMP)	167
<b>第 10 章</b>	<b>大学院等高度副プログラム</b>	<b>169</b>
10.1	プログラムの目的	169
10.2	基礎理学計測学	169
10.3	放射線科学	170
<b>第 11 章</b>	<b>国際交流活動</b>	<b>173</b>
11.1	目的	173
11.2	活動の内容	173
11.3	海外研究機関訪問、海外からの来訪者など	173
11.4	部局間学術交流協定	174
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	175
11.6	その他	176
<b>第 12 章</b>	<b>湯川記念室</b>	<b>177</b>
12.1	平成 25 年度活動概観	177
12.2	第 29 回湯川記念講演会	177
12.3	最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2013	177
12.4	その他	179

第 13 章 社会活動	181
13.1 物理学科出張講義の記録 . . . . .	181
13.2 連携講座 . . . . .	182
13.3 高校生のための物理学科一日体験入学 . . . . .	183
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 . . . . .	184
13.5 理科教育セミナー . . . . .	185
第 14 章 大阪大学説明会	187
第 15 章 平成 25 年度の年間活動カレンダー	189
第 16 章 物理学専攻における役割分担	191
第 17 章 グループ構成 (平成 25 年度)	195





# 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

### 平成 25 年度の研究活動概要

#### $^{48}\text{Ca}$ の 2 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 2 重ベータ崩壊 ( $0\nu\text{DBD}$ )」の実験的観測が不可欠である。この  $0\nu\text{DBD}$  は、非常に稀な (半減期  $> 10^{26-27}$  年) 事象であるため、実験的観測では、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、この  $0\nu\text{DBD}$  研究を目的として、 $^{48}\text{Ca}$  を標的原子核とした CANDLES 計画を推進している。 $^{48}\text{Ca}$  は全ての DBD 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に強い。CANDLES 検出器では、この  $^{48}\text{Ca}$  を含む  $\text{CaF}_2$  シンチレータを液体シンチレータ中に設置する。実際の測定では、それぞれのシンチレータの信号特性の違いを利用して、 $^{48}\text{Ca}$  の  $0\nu\text{DBD}$  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、さらに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、CANDLES システムのための冷却システムの開発および導入を進めた。この冷却システムは、 $\text{CaF}_2$  結晶が冷却によって発光量が増加することを利用し、エネルギー分解能の向上、また波形弁別能の向上を目指している。まず各種性能調査のため、 $\text{CaF}_2$  シン

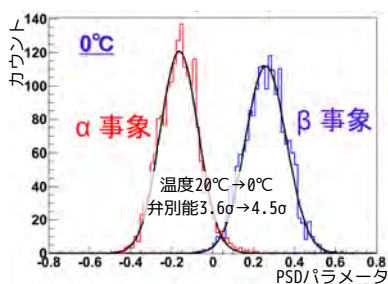


図 1.1: 結晶温度  $0^\circ\text{C}$  での波形による粒子弁別能を示す。 $\beta$  線と  $\alpha$  線の弁別能は  $0^\circ\text{C}$  で  $4.5\sigma$ 、 $20^\circ\text{C}$  で  $3.6\sigma$  となり、冷却により 25% の弁別能の改善があった。



図 1.2: CANDLES III システムに導入された冷却システム。左写真: 実験室を冷却するための 2 台の冷風機。右写真: 実験室外に設置されている室外機。冷風機 2 台の室外機と、冷水機の室外機が設置されている。

チレーターつを用いた小型システムを用いて、発光量、エネルギー分解能、波形解析による粒子弁別能を評価した。結果として、 $20^{\circ}\text{C}$  から  $0^{\circ}\text{C}$  に冷却した時に、発光量は 1.35 倍に、エネルギー分解能は 0.91 倍に、波形解析による粒子弁別能は  $3.6\sigma$  から  $4.5\sigma$  (図 1.1) に改善することを確認した。これらの結果をもとに、実際に CANDLES III システムに冷却システムの導入 (図 1.2) を進めた。CANDLES III システムのための冷却システムは、実験室を冷却する冷風機と、CANDLES III システムの水を冷却する冷水機からなる。これと温度安定化システムを導入することで、CANDLES III システムの温度  $3^{\circ}\text{C}$ 、温度変動  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$  を達成する。これらの装置の性能改善をおこないつつ、高感度の 2 重ベータ崩壊測定を継続中である。

### ストレンジネス核物理

ストレンジネス ( $s$  クォーク) の自由度を持つ以下の系について主に研究を行っている。

$K$  中間子と核子の系で発見されたペンタクォーク  $\Theta^+$  は理論的には解釈が難しい。 $K$  中間子と  $\pi$  中間子の間に強い引力があれば、 $\Theta^+$  を  $K-\pi$  核子の複合状態と考えることで解釈が可能となる。引力による  $K-\pi$  結合状態 ( $X$  粒子) の  $K^++2\gamma$  崩壊事象の探索実験 (KEK-PS E548) の解析を進め、 $X$  粒子生成率の上限値として、 $\pi^0$  生成率の 1.5% という値が得られた。

ストレンジネスを持つハイペロン  $\Lambda$  を原子核に埋め込んだ  $\Lambda$  ハイパー核の研究を行っている。高強度の  $\pi$  ビームを利用した 2 重荷電交換 ( $\pi^-, K^+$ ) 反応による中性子過剰  $\Lambda$  ハイパー核生成 (J-PARC E10) のデータ解析を進めた。図 1.3 に示す  $^{12}_{\Lambda}\text{C}$  ハイパー核生成反応の励起エネルギー分布から、エネルギー分解能が 3.2 MeV (FWHM) と見積もられた。図 1.4 に示す  $^6\text{Li}(\pi^-, K^+)$  反応の missing-mass 分布には中性子過剰  $\Lambda$  ハイパー核  $^6_{\Lambda}\text{H}$  生成のピークは見られず、 $2^{\circ}$  から  $14^{\circ}$  の角度範囲における生成断面積の上限値 1.2 nb/sr (90% C.L.) を得た。今後更に探索角度範囲を広げ、生成断面積の詳細な解析を行う予定である。

上の 2 重荷電交換反応によるハイパー核生成手法と相補的なものとして、高エネルギー重イオン反応を用いる方法があり、他の手法では困難な多種のハイパー核生成が可能と考えられる。核子あたり 2GeV の  $^6\text{Li}$  および  $^{20}\text{Ne}$  の重イオンビームを用いて、この手法の実証研究をドイツ GSI 研究所のグループと協力し進めている。

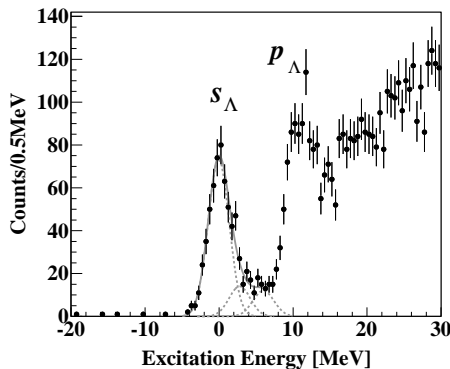


図 1.3:  $^{12}\text{C}(\pi^+, K^+)$  反応による  $^{12}_{\Lambda}\text{C}$  ハイパー核の励起エネルギー分布。

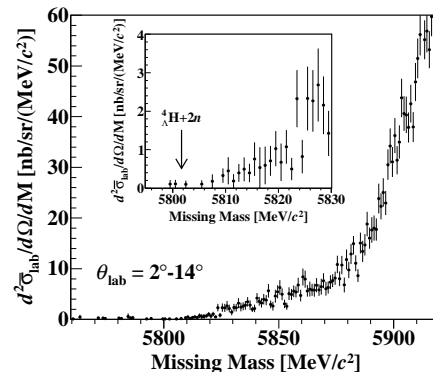


図 1.4:  $^6\text{Li}(\pi^-, K^+)$  反応の missing-mass 分布。

## 学術雑誌に出版された論文

**Reactor on-off antineutrino measurement with KamLAND**A. Gando, S. Yoshida<sup>s</sup> *et al.*, KamLAND CollaborationPhys. Rev. D **88** (No. 3, August) (2013) 033001 1-10<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.88.033001>).**First Measurement of  $\theta_{13}$  from Delayed Neutron Capture on Hydrogen in the Double Chooz Experiment**Y. Abe, K. Nakajima<sup>p</sup> *et al.*, Double Chooz CollaborationPhys. Lett. B **723** (No. 1-3, June) (2013) 66-70<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2013.04.050>).**Calibration of the Super-Kamiokande Detector**K. Abe, T. Iida<sup>p</sup>, Y. Kuno *et al.*Nucl. Instrum. Meth. A **737** (February) (2014) 253-272<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2013.11.081>).**A Measurement of the Appearance of Atmospheric Tau Neutrinos by Super-Kamiokande**K. Abe, T. Iida<sup>p</sup>, Y. Kuno *et al.*, Super-Kamiokande CollaborationPhys. Rev. Lett. **110** (No. 18, May) (2013) 181802<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.110.181802>).**Search for Pentaquark  $\Theta^+$  in Hadronic Reaction at J-PARC**M. Naruki, S. Hayakawa<sup>d</sup>, N. Ishibashi<sup>m</sup>, K. Matsuoka, R. Ota<sup>m</sup>, A. Sakaguchi<sup>s</sup>, T. Tanaka<sup>m</sup>, K. Yoshida<sup>d</sup> *et al.*Few Body Syst. **54** (No. 7-10, August) (2013) 955-960<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s00601-013-0685-2>).**J-PARC E27 Experiment to Search for a Nuclear Kaon Bound State  $K^-pp$** Y. Ichikawa, S. Hayakawa<sup>d</sup>, R. Ota<sup>m</sup>, A. Sakaguchi<sup>s</sup>, T. Tanaka<sup>m</sup> *et al.*Few Body Syst. **54** (No. 7-10, August) (2013) 1191-1194<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s00601-013-0668-3>).**Study of Neutron-Rich Hypernuclei by the  $(\pi^-, K^+)$  Reaction at J-PARC**H. Sugimura, M. Endo<sup>m</sup>, S. Hayakawa<sup>d</sup>, N. Ishibashi<sup>m</sup>, T. Kishimoto<sup>s</sup>, K. Matsuda<sup>m</sup>, K. Matsuoka, M. Nakagawa<sup>m</sup>, R. Ota<sup>m</sup>, T. Soyama<sup>m</sup>, A. Sakaguchi<sup>s</sup>, T. Tanaka<sup>m</sup>, K. Yoshida<sup>d</sup> *et al.*Few Body Syst. **54** (No. 7-10, August) (2013) 1235-1238<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s00601-013-0655-8>).

**Search for a bound kaon and pion state**

T. Kishimoto<sup>s</sup>, F. Khanam<sup>d</sup>, T. Hayakawa<sup>d</sup>, S. Ajimura, T. Itabashi<sup>d</sup>, K. Matsuoka, S. Minami, Y. Mitoma<sup>m</sup>, A. Sakaguchi<sup>s</sup>, Y. Shimizu, K. Terai<sup>m</sup>, T. Sato, H. Noumi, M. Sekimoto, H. Takahashi, T. Fukuda, W. Imoto and Y. Mizoi  
 Prog. Theor. Exp. Phys. **2013** (No. 4, April) (2013) 041C01 1-6  
<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptt003>.

**Search for  ${}^6_{\Lambda}\text{H}$  hypernucleus by the  $(\pi^-, K^+)$  reaction at  $p_{\pi^-}=1.2\text{ GeV}/c$** 

H. Sugimura, M. Endo<sup>m</sup>, S. Hayakawa<sup>d</sup>, N. Ishibashi<sup>m</sup>, K. Matsuda<sup>m</sup>, R. Ota<sup>m</sup>, A. Sakaguchi<sup>s</sup>, T. Soyama<sup>m</sup>, T. Tanaka<sup>m</sup>, K. Yoshida<sup>d</sup> *et al.*  
 Phys. Lett. B **729** (February) (2014) 39-44  
<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2013.12.062>.

**Search for the  $\Theta^+$  pentaquark at J-PARC**

M. Moritsu, S. Hayakawa<sup>d</sup>, R. Ota<sup>m</sup>, A. Sakaguchi<sup>s</sup>, T. Tanaka<sup>m</sup>, K. Yoshida<sup>d</sup> *et al.*  
 Nucl. Phys. A **914** (September) (2013) 91-96  
<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nuclphysa.2013.01.010>.

**A search for deeply-bound kaonic nuclear state at the J-PARC E15 experiment**

S. Ajimura, A. Sakaguchi<sup>s</sup> *et al.*  
 Nucl. Phys. A **914** (September) (2013) 315-320  
<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nuclphysa.2013.04.013>.

**Search for  $K^-pp$  bound state via  $\gamma d \rightarrow K^+\pi^-X$  reaction at  $E_{\gamma}=1.5\text{--}2.4\text{ GeV}$** 

A.O. Tokiyasu, M. Niiyama, J.D. Parker, R. Muratama<sup>m</sup>, A. Sakaguchi<sup>s</sup> *et al.*  
 Phys. Lett. B **728** (January) (2014) 616-621  
<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2013.12.039>.

**Hypernuclear spectroscopy of products from  ${}^6\text{Li}$  projectiles on a carbon target at 2 AGeV**

C. Rappold, E. Kim, D. Nakajima, T.R. Saito, K. Yoshida<sup>d</sup>, A. Sakaguchi<sup>s</sup> *et al.*  
 Nucl. Phys. A **913** (September) (2013) 170-184  
<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nuclphysa.2013.05.019>.

## 国際会議における講演等

**E10 experiment on neutron-rich hypernuclei**

A. Sakaguchi<sup>s\*</sup> (invited)

KEK theory center workshop on J-PARC hadron physics (at Ibaraki, Japan, Feb. 10-12, 2014, 参加者数約 100 名) ,

**Study of Lambda hypernuclei close to neutron drip-line**

A. Sakaguchi<sup>s\*</sup> (invited)

International Conference on Nuclear Fragmentation 2013, NUFRA2013 (at Kemer, Turkey, Sep. 29-Oct. 6, 2013, 参加者数約 150 名) , Turkey

**Search for Neutrino-less Double Beta Decay with CANDLES**

S. Umehara<sup>p\*</sup> (invited)

13th International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics, TAUP2013 (at California, U.S.A., Sep. 8-13, 2013, 参加者数約 250 名) , USA

**CANDLES –Search for neutrino-less double beta decay of <sup>48</sup>Ca**

S. Umehara<sup>p\*</sup>

25th International Nuclear Physics Conference, INPC2013 (at Firenze, Italy, Jun. 2-7, 2013, 参加者数約 700 名) , Italy

日本物理学会，応用物理学会等における講演

**CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (83) CANDLES 実験の現状**

吉田 斉<sup>s\*</sup>，岸本 忠史<sup>s</sup>，鈴木 耕拓，角畑 秀一<sup>d</sup>，Wang Wei<sup>d</sup>，Van Trang<sup>d</sup>，土井原 正明<sup>m</sup>，Chan Wei Min<sup>m</sup>，鉄野 高之介<sup>m</sup>，太畑 貴綺<sup>m</sup>，能町 正治，味村 周平，梅原 さおり<sup>p</sup>，飯田 崇史<sup>p</sup>，中島 恭平<sup>p</sup>，松岡 健次，石川 貴志，田中 大樹，田中 美穂，前田 剛，小川 泉，玉川 洋一，富田 翔悟，藤田 剛志，川村 篤史，原田 知優，坂本 康介，吉澤 真敦，犬飼 祐司，伏見 賢一，碓 隆太，中谷 伸雄，大隅 秀晃

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (85) CANDLES-III 検出器の性能評価**

飯田 崇史<sup>p\*</sup> for the CANDLES collaboration

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (86) 波形解析による Alpha タギングの改善と 208Tl の BG 除去について**

太畑 貴綺<sup>m\*</sup> for the CANDLES Collaboration

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (89) 高エネルギーバックグラウンド評価**

角畑 秀一<sup>d\*</sup> for the CANDLES Collaboration

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

**CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (90) 高エネルギーバックグラウンドシミュレーション**

中島恭平<sup>p\*</sup> for the CANDLES Collaboration

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

**CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (91) - 測定状況 -**

梅原さおり<sup>p\*</sup>, 他 CANDLES Collaboration

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

**CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (92) CaF<sub>2</sub>(pure) 冷却の性能評価と CANDLES 検出器の冷却**

土井原正明<sup>m\*</sup> for the CANDLES collaboration

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

**CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (93) CaF<sub>2</sub> 検出器のエネルギー性能**

鉄野高之介<sup>m\*</sup> for the CANDLES Collaboration

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

**J-PARC E10 実験のための飛跡検出用シンチレーション・ファイバー検出器の性能評価**

中田祥之<sup>m\*</sup>, 阪口篤志<sup>s</sup>, 早川修平<sup>d</sup>, 中川真菜美<sup>m</sup>, 曾山俊也<sup>m</sup>, 大植健一郎<sup>m</sup>, 三輪浩司, 本田良太郎, 松本祐樹, 赤澤雄也, 杉村仁志, 長谷川勝一

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

**J-PARC E10 実験用トリガーカウンターの性能評価**

中川真菜美<sup>m\*</sup>, 長谷川勝一, 阪口篤志<sup>s</sup>, 杉村仁志, 本多良太郎, 早川修平<sup>d</sup>, 曾山俊也<sup>m</sup>, 大植健一郎<sup>m</sup>, 中田祥之<sup>m</sup>

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

**CANDLES 実験の現状と将来**

梅原さおり<sup>p\*</sup>

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

**Study of hypernuclei close to neutron drip-line: Search for neutron-rich hypernucleus  ${}^6_{\Lambda}\text{H}$  by the  $(\pi^-, K^+)$  reaction**

Atsushi Sakaguchi<sup>s\*</sup>

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

**CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (76) CANDLES 実験の現状**

吉田斉<sup>s\*</sup>, 岸本忠史<sup>s</sup>, 鈴木耕拓, 伊藤豪<sup>d</sup>, 坂雅幸<sup>d</sup>, 角畑秀一<sup>d</sup>, Wang Wei<sup>d</sup>, Van Trang<sup>d</sup>, 武本淳也<sup>m</sup>, Chan Wei Min<sup>m</sup>, 鉄野高之介<sup>m</sup>, 太畑貴綺<sup>m</sup>, 能町正治, 味村周平, 梅原さおり<sup>p</sup>, 飯田崇史<sup>p</sup>, 中島恭平<sup>p</sup>, 市村晃一<sup>p</sup>, 松岡健次, 石川貴志, 田中大樹, 田中美穂, 前田剛, 小川泉, 玉川洋一, 前田翔平, 山本彰紘, 上野智史, 富田翔悟, 藤田剛志, 川村篤史, 原田知優, 坂本康介, 吉澤真敦, 犬飼祐司, 伏見賢一, 碓隆太, 中谷伸雄, 大隅秀晃  
日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (78) -III(U.G.) におけるエネルギー分解能の調査

角畑秀一<sup>d\*</sup> for the CANDLES Collaboration

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (79) 検出器の安定性評価

飯田崇史<sup>p\*</sup> for the CANDLES collaboration

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (80) -波形解析-

吉田斉<sup>s\*</sup>, 市村晃一<sup>p</sup> for the CANDLES Collaboration

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (81) バックグラウンドシミュレーション

中島恭平<sup>p\*</sup> for the CANDLES Collaboration

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (82) -測定状況-

梅原さおり<sup>p\*</sup>, 他 CANDLES Collaboration

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

J-PARC E10 実験での飛跡検出用シンチレーション・ファイバー検出器の性能評価

曾山俊也<sup>m\*</sup>, 阪口篤志<sup>s</sup>, 大田良亮<sup>m</sup>, 早川修平<sup>d</sup>, 中川真菜美<sup>m</sup>, 大植健一郎<sup>m</sup>, 中田祥之<sup>m</sup>, 三輪浩司, 本多良太郎, 松本祐樹, 赤澤雄也, 杉村仁志, 長谷川勝一

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

J-PARC E10 実験用トリガーカウンターの性能評価

中川真菜美<sup>m\*</sup>, 長谷川勝一, 阪口篤志<sup>s</sup>, 杉村仁志, 本多良太郎, 早川修平<sup>d</sup>, 曾山俊也<sup>m</sup>, 大植健一郎<sup>m</sup>, 中田祥之<sup>m</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

二重ベータ崩壊実験の国際情勢 Review

吉田斉<sup>s\*</sup>

第一回極低バックグラウンド素粒子原子核研究懇談会（於 富山市, 2013年4月23日）

**CANDLES 実験**

梅原さおり<sup>p\*</sup> for the CANDLES Collaboration

第一回極低バックグラウンド素粒子原子核研究懇談会（於 富山市, 2013年4月23日）



## 1.2 久野グループ

### 平成 25 年度の研究活動概要

久野グループでは、荷電レプトン・フレーバー非保存過程の研究を目的とした実験の開発、 $\pi^+ \rightarrow e^+ \nu_e$  崩壊分岐比の測定、大強度ミュオン源の開発などを行っている。

COMET  $\mu^- + N \rightarrow e^- + N$  転換過程は、荷電レプトン・フレーバーを破るため、標準理論では禁止されている。ところが、荷電レプトン・フレーバーを破る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拡張する理論では、現在の上限値を少し改善出来れば発見できると言われている。現在実験で得られている分岐比の上限値は  $7 \times 10^{-13}$  (SINDRUM-II) である。COMET は、J-PARC MR からのパルス陽子ビームを用いて、Phase-I(2016 年実験開始予定) で  $3 \times 10^{-15}$ 、Phase-II(2020 年実験開始予定) で  $3 \times 10^{-17}$  の実験感度で探索する計画である。Phase-I では、ミュオン輸送ソレノイド 90 度の後にミュオン停止標的を配置し、周囲に配置した円柱型ドリフトチェンバーにより 105 MeV の転換電子を測定する。平成 25 年度は、実機用のドリフトチェンバーの設計を行った。また、ドリフトチェンバーの試作機を製作し、大阪大学のバンデグフラフ加速器でのビーム試験や宇宙線試験により位置分解能等の基礎的な性能を測定した。2013 年 9 月に Phase-I の TDR(Technical Design Report) を J-PARC に提出した。

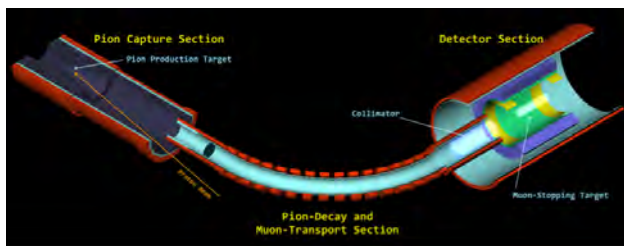


図 1.5: COMET Phase I の概略図。パイオン捕獲ソレノイド、輸送ソレノイド、飛跡検出器から構成される。

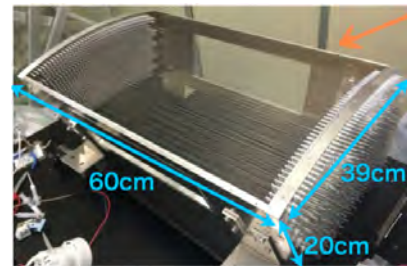


図 1.6: ドリフトチェンバー試作機製作の様子

DeeMe J-PARC RCS からの高品質・大強度パルス陽子ビームの特徴を活かしたミュオン電子転換過程実験 (DeeMe) を計画している。平成 25 年度は科学研究費補助金基盤 (S) を用いた検出器開発の 2 年目であった。物理測定の早期開始を目指して、1) プロンプトキッカーの代わりにプロンプトバースト耐性を強化した新型飛跡検出器を開発し、2) まずはグラファイト標的で物理測定を開始する、という研究計画を採用することとした。この方針を KEK 物質構造科学研究所のミュオン実験 PAC に提案し、大変高い評価を得て Stage-2 承認を得ることができた。検出器開発については、2013 年 5 月の J-PARC 事故に伴って加速器の運転が停止したため、検出器プロトタイプの実験を実施する事が困難となって研究計画が遅延した。その一方で、京大原子炉実験所の電子ライナックを活用した検出器テストの方法を新規に開発するなど、今後の検出器開発などにも役立つ新たな知見を得ることができた。

PIENU  $\pi^+ \rightarrow e^+\nu_e$  崩壊は、ヘリシティ抑制効果により強く抑制されている。ヘリシティ抑制が効かない新しいタイプの相互作用が存在すると、標準理論が予想する値から大きくずれる可能性がある。PIENU 実験では、 $\pi^+ \rightarrow e^+\nu_e$  崩壊と  $\pi^+ \rightarrow \mu^+\nu_\mu$  崩壊の分岐比を 0.1% よりも高い精度で測定する事を目指した実験で、およそ 1000 TeV のエネルギースケールに関する情報を得ることができる。平成 25 年度は、2010 年から取得した物理データの約 10% を用いて、補正前の分岐比を算出した。現在までの系統誤差を図 1.8 に示す。

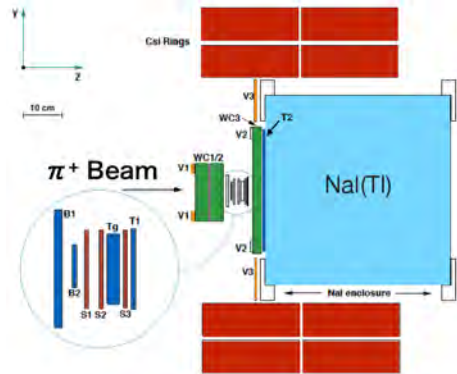


図 1.7: PIENU 実験のセットアップ

誤差	E248の誤差 (TRIUMP in 1993)	PIENU実験の 目標精度	全データの約10% Preliminary
統計誤差	0.28%	0.05%	0.19%
全系統誤差	0.31%	0.06%	-0.2%
テール補正	0.25%	0.03%	0.06%
アクセプタンス補正	0.11%	0.03%	0.15%
その他	0.11%	0.03%	TBD

図 1.8: PIENU 実験における誤差

MuSIC RCNP サイクロトロンから出てくる 392 MeV の陽子ビームを用い、ミュオンを発生し利用するビームラインの建設が 2014 年 1 月から始まった。利用出来るミュオンの運動量は 30 MeV/c から 100 MeV/c の領域である。ビームラインには DC separator と呼ばれる電子（または陽電子）、ミュオンそしてパイオンを選別する装置が組み込まれている。それを利用者が欲しいビームを選択利用できるよう設計されている。日本で初めてミュオンビームが連続的に出てくる点 (DC ビーム) が最大の特徴である。表面ミュオンと呼ばれる 100% 偏極したミュオンを用いた物性研究  $\mu$ SR (muon spin rotation) を始め、原子核から素粒子物理学実験領域を網羅するビームラインとなっている。

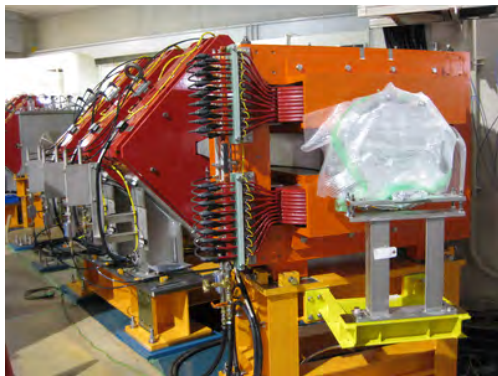


図 1.9: 2013 年 1 月に MuSIC に新しくビームラインを追加している様子



図 1.10: 荷電粒子選択用 DC セパレーターをインストールしている様子

## 学術雑誌に出版された論文

**Search for lepton number violating charged current processes with neutrino beams**S. Kanemura, Y. Kuno<sup>s</sup>, T. OtaPhys. Lett. B **719** (4-5, Feb.) (2013) 373–377<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2013.01.029>).

## 国際会議における講演等

**Search for Charged Lepton Flavor Violation at J-PARC**Y. Kuno<sup>s\*</sup> (invited)

Advanced Studies of Institute on Spin and Symmetry (at Prague, Czech Republic., July 7-13, 2013, 参加者数約 120 名), Czech Republic.

**AlCap**Y. Kuno<sup>s\*</sup> (invited)

NUFACT2013 (at Beijing, China, Aug. 19-24, 2013, 参加者数約 150 名), China

**A New DC Muon Beam Line at MuSIC**A. Sato<sup>s\*</sup> (invited)

NUFACT2013 (at Beijing, China, Aug. 19-24, 2013, 参加者数約 150 名), China

**Development of Low Energy Intense Muon Beam for True Muonium Formation (poster)**T. Itahashi<sup>t\*</sup>

7th International Workshop on Fundamental Physics Using Atoms, (Nihon Kagaku Miraikan, Tokyo, Mar. 14-16, 2014, 参加者数約 80 名),

**Neutrino/weak nuclear response studied by  $^{100}\text{Mo}(\mu, xn\gamma)$  reaction (poster)**Izyan Hazwani Hashin<sup>d\*</sup>

Takuetsu school (Shiga, Mar. 10-12, 2014, 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

**Yukawaon Model with Bilinear Form I**小出 義夫<sup>t\*</sup>, 西浦宏幸

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**COMET Phase-I CDC のシミュレーション評価**

坂本 英之<sup>t\*</sup>, 岩見 大樹<sup>m</sup>, 久野 良孝<sup>s</sup>, 佐藤 朗<sup>s</sup>, 鷹尾 賢三<sup>m</sup>, 片山 博喜<sup>m</sup>, 林 央樹<sup>m</sup>  
日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**COMET Phase- I CDC の設計**

岩見 大樹<sup>m\*</sup>, 坂本 英之<sup>t</sup>, 久野 良孝<sup>s</sup>, 佐藤 朗<sup>s</sup>, 鷹尾 賢三<sup>m</sup>, 片山 博喜<sup>m</sup>, 林 央樹<sup>m</sup>  
日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

 **$\pi^+ \rightarrow e^+ e^-$  崩壊分岐比の精密測定 -PIENU-**

伊藤 慎太郎<sup>d\*</sup>, 青木 正治<sup>s</sup>, 五十嵐洋一, その他 PIENU Collaborator  
日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**RCNP-MuSIC における実用ミュオンビームラインの建設状況**

佐藤 朗<sup>s\*</sup>, 家入正治, 植田浩史, 坂本 英之<sup>t</sup>, 高久圭二, 畑中吉治, 福田光宏, 皆川道文,  
森信俊平  
日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**マッピングを含めたミュオン非破壊分析**

松本 侑樹<sup>m\*</sup>, 佐藤 朗<sup>s</sup>  
日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**Monte Carlo simulation study on electron spectrometer for the DeeMe project, a mu-e conversion search experiment at J-Parc MLF**

Nguyen Duy Thong<sup>d\*</sup>, M. Aoki<sup>s</sup>, Nguyen Mihn Truong<sup>d</sup>, Satoshi Mihara, Hajime Nishiguch,  
Hiroaki Natori, Yohei Nakatsugawa, Narihira Kawamura, Yoshihiro Seiya, Kazuhiro Yamamoto, Kousuke Shimizu  
日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**Performance of 10-bits 100-MHz low-cost FADC system**

Nguyen Mihn Truong<sup>d\*</sup>, M. Aoki<sup>s</sup>, Masatoshi Saito, Youichi Igarashi, Hiroaki Natori,  
Nguyen Duy Thong<sup>d</sup>  
日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**検出可能なファミリーゲージボゾンの現象論**

小出 義夫<sup>t\*</sup>  
日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**ミュオン電子転換過程探索実験 DeeMe : 準備状況**

青木 正治<sup>s\*</sup>, 他 DeeMe コラボレーション  
日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**阪大 RCNP における DC ミューオンビームラインの建設状況**

佐藤 朗<sup>s\*</sup>, 家入正治, 植田浩史, 川島祥孝, 坂本 英之<sup>t</sup>, 高久圭二, 畑中吉治, 福田光宏, 皆川道文, 森信俊平

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**高輝度低速ミューオンビームによる正規ミューオニウム生成 (1)**

板橋 隆久<sup>t\*</sup>, 坂本 英之<sup>t</sup>, 佐藤 朗<sup>s</sup>, 高久圭二

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**Measurements of muon nuclear capture for background studies of the COMET Experiment**

久野 良孝<sup>s</sup>, 佐藤 朗<sup>s</sup>, Tran Nam Hoai<sup>d\*</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

 **$\pi^+ \rightarrow e^+ e^-$  崩壊分岐比の精密測定 -PIENU-**

伊藤 慎太郎<sup>d\*</sup>, 青木 正治<sup>s</sup>, 五十嵐洋一, 他 PIENU Collaboration

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**DC ミューオンビームを用いた非破壊元素分析のための薄型シンチトリガーカウンターの開発**

松本 侑樹<sup>m\*</sup>, 佐藤 朗<sup>s</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**COMET Phase-I CDC 試作機の性能評価**

鷹尾 賢三<sup>m\*</sup>, 久野 良孝<sup>s</sup>, 佐藤 朗<sup>s</sup>, 坂本 英之<sup>t</sup>, 片山 博喜<sup>m</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**COMET Phase1 CDC 試作機の読み出しボードの性能評価**

片山 博喜<sup>m\*</sup>, 久野 良孝<sup>s</sup>, 佐藤 朗<sup>s</sup>, 坂本 英之<sup>t</sup>, 鷹尾 賢三<sup>m</sup>, 宇野彰二, 千代浩司, 内田智久, 青木 巖

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**Neutrino/weak nuclear response studied by  $^{100}\text{Mo}(\mu, \text{xn}\gamma)$  reaction**

Izyan Hazwani Hashin<sup>d\*</sup>, H. Ejiri, A. Sato<sup>s</sup>, K. Takahisa, Tran Nam Hoai<sup>d</sup>, Y. Kuno<sup>s</sup>, T. Shima, H. Sakamoto<sup>t</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**Improvement of the trigger performance of a 10-bits 100-MHz FADC board by introducing the data compression in FPGA**

Nguyen Mihn Truong<sup>d\*</sup>, M. Aoki<sup>s</sup>, Masatoshi Saito, Youichi Igarashi, Hiroaki Natori, Nguyen Duy Thong<sup>d</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**Update of the DeeMe spectrometer design and its performance**

Nguyen Duy Thong<sup>d\*</sup>, M. Aoki<sup>s</sup>, Nguyen Mihn Truong<sup>d</sup>, Satoshi Mihara, Hajime Nishiguchi, Hiroaki Natori, Yohei Nakatsugawa, Naritoshi Kawamura, Yoshihiro Seiya, Kazuhiro Yamamoto, Kousuke Shimizu, Toshio Numao, Doug Bryman, and DeeMe Collaboration

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

## 1.3 下田グループ

### 平成 25 年度の研究活動概要

#### 1. 安定領域から遠く離れた原子核の励起状態の構造

スピン偏極した不安定原子核のベータ崩壊の際に放出されるベータ線の非対称度から核構造を探るといふ、我々独自の実験手法を用いて、懸案となっている中性子数 20 付近の中性子過剰核の構造の研究を行っている。この研究は、安定核近傍では魔法数である中性子数 20 が、中性子数が増加するにつれて魔法数ではなくなる現象の実験的な確証を目的としている。中性子数 20 近くの中性子過剰な原子核の励起状態のエネルギー、スピン・パリティ、ベータ崩壊確率などを実験的に明らかにし、これら中性子過剰核内での核子の単一粒子軌道の変化と集団運動の発現機構を解明する。カナダの TRIUMF でこのような国際共同研究(大阪大学大学院理学研究科、高エネルギー加速器研究機構、TRIUMF)を行っている。

スピン偏極したナトリウム 28 核、ナトリウム 29 核、ナトリウム 30 核のベータ崩壊の非対称度と引き続いて起こる崩壊ガンマ線を測定し、娘核であるマグネシウム 28 核、マグネシウム 29 核、マグネシウム 30 核の構造を明らかにした。理論計算との比較により、マグネシウム 28 核には魔法数消失等の現象は現れていないと解釈できることが分かった。しかし、マグネシウム 29 核では、ほとんどの励起状態は同様に説明できるが、低い励起エネルギーで核子の単一粒子軌道が変化した特徴をもつ状態が観測された。これは、中性子数 20 の魔法数の消失メカニズムの解明に直接つながる結果である。次に、中性子数 18 であるマグネシウム 30 核は、魔法数 20 の消滅が生じる境界領域の原子核であり、基底状態では球形だが、励起状態では変形状態が出現することが期待されていた。我々の実験で、この原子核は、球形、プロレート変形、ガンマ振動状態という異なる変形状態や運動状態が励起状態で共存するという面白い「変形共存」現象が確認され、2013 年度に投稿論文でその結果を発表した。

2013 年度は、マグネシウム 31 核を研究するための実験準備を行った。魔法数 20 が消失する質量領域内の原子核であるマグネシウム 31 核は、基底状態ですでに変形していることが知られており、さらに、励起状態では、マグネシウム 30 核と同様に、球形とプロレート変形の両方が出現する変形共存の現象が期待できる。また、中性子数が奇数であるので、励起状態のスピン・パリティを確定することで、ペアを組んでいない余った中性子が占める単一粒子軌道がわかり、変形度を実験的に議論できるようになる。2012 年度に実験のプロポーザルを提出し、審査委員会ではハイプライオリティの評価で認められた。TRIUMF では、ウランカーバイトをターゲットとした不安定核ビームのビーム開発実験が 2012 年度にスタートし、更なる中性子過剰な原子核の生成が可能となった。よって、我々が必要とするナトリウム 31 核のビーム強度は従来よりも 10 倍以上増強され、いよいよ実験可能な条件が整った。このマグネシウム 31 核は中性子の数が多いので、ベータ崩壊後に中性子を放出する分岐比が急激に大きくなる。そこで、今回の実験では、このベータ遅発中性子を測定するために大型のプラスチックシンチレーターを追加設置する予定であり、現在、準備を進めている。偏極ナトリウム 31 核によるマグネシウム 31 核の実験は、2014 年 8 月末に実施予定である。



## 2. 安定領域から遠く離れた中性子過剰核の構造解明

理化学研究所のRIビームファクトリでは、光速の約70%のウラン283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、ウランの核分裂により生成される大量の不安定核の中から特定の中性子過剰核を2次ビームとして供給可能である。不安定核ビームを停止させ、アイソマーや $\beta$ 崩壊の研究を通して中性子過剰核の構造を明らかにするために、EURICA (EUroball-RIKEN Cluster Array ; ユリカ) プロジェクトが進行中である。EURICAは、日本とヨーロッパの国々と共同で理化学研究所に構築された大型 $\gamma$ 線検出器アレイであり(図1)、アイソマー(長い寿命をもつ励起状態)の崩壊や $\beta$ 崩壊後の $\gamma$ 線を検出する。

この実験では、多種の不安定核が検出位置に輸送されてくるため、どの原子核が $\beta$ 崩壊したかを正確に押さえることが大きな課題である。まず、BigRIPSで分離・輸送・粒子識別された中性子過剰核は、位置検出可能な両面ストリップ電極型シリコン検出器のスタックであるWAS3ABi (Wide-range Active Silicon Strip Stopper Array for Beta and Ion detection) に埋め込まれる。この原子核はある時間後 $\beta$ 崩壊し、 $\beta$ 線と $\gamma$ 線を放出する。粒子識別された粒子がWAS3ABiで検出された位置と同じ位置から $\beta$ 線が放出されたイベントを取り出すことで、どの種類の原子核が $\beta$ 崩壊したかを同定することができる。2012年度にウランビームが安定的に理化学研究所のRIビームファクトリで供給されるようになり、EURICAキャンペーン実験がスタートした。

我々は、陽子数が魔法数50より大きな中性子過剰核の系統的な研究から、中性子数に対する原子核の形が球形から変形への進化する過程や、この質量領域で出現が期待される様々な集団運動モード(例えば、特有な西洋なし型振動モード等)の競合を実験的に明らかにし、最終的に核力に支配された有限量子多体系である原子核をより良く表現する統一的なモデル構築による原子核の構造の理解を目指している。また、これらの中性子過剰核は、星の超新星爆発の際に生成される核であり、実験的な原子核の情報が手に入ることで、宇宙の元素合成過程の研究が一段と進むことが期待できる。2011年度に我々のEURICAを用いた実験のプロポーザルを理化学研究所に提出し、PACでプライオリティAの評価で認められ、今年度5月に、我々大阪グループ、日本の共同研究者、韓国のHoseo大学、フランスのIPHCと共同で実験を行った(図2)。現在、データは解析中である。



図 1.11: 理化学研究所 RI ビームファクトリに設置されている大型ガンマ線検出器アレイ EURICA。



図 1.12: EURICA キャンペーン実験の共同研究者。



### 3. 大阪大学核物理研究センター (RCNP) における不安定核ビームを用いた実験

RCNP の不安定核ビームライン (EN コース) を用いて、低エネルギー (1 核子当たり数 MeV から 10 数 MeV) の重イオン不安定核ビームを使用し、安定核ビームと安定核ターゲットの核融合反応の組み合わせでは生成できない原子核の高スピン状態の研究を進めている。この手法により、これまで手が届かなかった広い質量領域の原子核の高スピン状態で予測される新しいエキゾチックな原子核の集団運動の研究が進むことが期待できる。

2010 年度に、窒素 17 核ビームを生成・分離し、核融合反応を用いて、安定核近傍のランタン 135 核やランタン 136 核の高スピン状態の研究を行った。フランスから持ち込んだ大型のゲルマニウム検出器 12 台でガンマ線を、日本側の全立体角を覆うシリコン検出器アレイで核融合反応からの蒸発荷電粒子を検出し、高 S/N の実験を実現した。その結果、二つのランタン原子核の準位構造を再構築し、さらに、ランタン 136 核で新しいアイソマーを発見した。通常、この質量領域で、かつ、高スピン状態にアイソマーが生じることは全く予測できなかったことであり、このアイソマーの原因を、理論の共同研究者と議論しながら追求中である。原因の可能性として、この領域で特徴的なガンマ変形 (3 軸非対称変形) や振動モードの影響を考えている。2013 年度、ランタン 135 核の結果を投稿論文としてまとめ発表した。ランタン 136 核で得られた結果をまとめ、現在、投稿論文を執筆中である。

2013 年度に、窒素 17 不安定核ビームを生成し、この原子核のベータ遅延中性子崩壊の際の中性子を用いて、大型プラスチックシンチレーターからなる中性子検出器の性能テスト実験を行った (図 3)。この検出器は、2014 年度の TRIUMF でのナトリウム 31 核のベータ崩壊実験で使用予定であり、中性子のエネルギーや強度を高い精度で測定する必要がある。今回、ベータ線と中性子の同時測定を行い、中性子検出器の性能を調査し、今後の検出器の改良の基礎データを得ることができた。



図 1.13: 大阪大学 RCNP で使用した中性子検出器と下田グループのメンバー。

### 学術雑誌に出版された論文

#### Shape evolution in $^{116,118}\text{Ru}$ : Triaxiality and transition between the O(6) and U(5) dynamical symmetries

P.-A. Söderström, G. Lorusso, H. Watanabe, S. Nishimura, P. Doornenbal, G. Thiamova, F. Browne, G. Gey, H.S. Jung, T. Sumikama, J. Taprogge, Zs. Vajta, J. Wu, Z.Y. Xu, H. Baba, G. Benzoni, K. Y.Chae, F.C.L. Crespi, N. Fukuda, R. Gernhauser, N. Inabe, T. Isobe, A. Jungclaus, D. Kameda, G.D. Kim, Y.-K. Kim, I. Kojouharov, F.G. Kondev, T. Kubo, N. Kurz, Y.K. Kwon, G.J. Lane, Z. Li, A. Montaner-Piza, K. Moschner, F. Naqvi, M. Niikura, H. Nishibata<sup>DC</sup>, A. Odahara<sup>s</sup>, R. Orlandi, Z. Patel, Zs. Podolyak, H. Sakurai, H. Schaffner, G.S. Simpson, K. Steiger, H. Suzuki, H. Takeda, A. Wendt, A. Yagi<sup>m</sup>, K. Yoshinaga

Phys. Rev. C **88** (No.2, Aug) (2013) 024301 1-10

(<http://dx.doi.org/doi:DOI:10.1103/PhysRevC.88.024301>).

#### Isomers in $^{128}\text{Pd}$ and $^{126}\text{Pd}$ : Evidence for a robust shell closure at the neutron magic number 82 in exotic Palladium isotopes

H. Watanabe, G. Lorusso, S. Nishimura, Z.Y. Xu, T. Sumikama, P.-A. Söderström, P. Doornenbal, F. Browne, G. Gey, H.S. Jung, J. Taprogge, Zs. Vajta, J. Wu, A. Yagi<sup>m</sup>, H. Baba, G. Benzoni, K.Y. Chae, F.C.L. Crespi, N. Fukuda, R. Gernhauser, N. Inabe, T. Isobe, A. Jungclaus, D. Kameda, G.D. Kim, Y.K. Kim, I. Kojouharov, F.G. Kondev, T. Kubo, N. Kurz, Y.K. Kwon, G.J. Lane, Z. Li, C.-B. Moon, A. Montaner-Piza, K. Moschner, F. Naqvi, M. Niikura, H. Nishibata<sup>DC</sup>, D. Nishimura, A. Odahara<sup>s</sup>, R. Orlandi, Z. Patel, Zs. Podolyak, H. Sakurai, H. Schaffner, G.S. Simpson, K. Steiger, H. Suzuki, H. Takeda, A. Wendt, K. Yoshinag

Phys. Rev. Lett. **111** (No.15, Oct) (2013) 152501 1-5

(<http://dx.doi.org/doi:DOI:10.1103/PhysRevLett.111.152501>).

#### Spectroscopy of $^{135}\text{La}$

R. Leguillon, H. Nishibata<sup>DC</sup>, Y. Ito<sup>m</sup>, C.M. Petrache, A. Odahara<sup>s</sup>, T. Shimoda<sup>s</sup>, N. Hamatani<sup>b</sup>, K. Tajiri<sup>DC</sup>, J. Takatsu<sup>d</sup>, R. Yokoyama<sup>b</sup>, E. Ideguchi, H. Watanabe, Y. Wakabayashi, K. Yoshinaga, T. Suzuki, S. Nishimura, D. Beaumel, G. Lehaut, D. Guinet, P. Desesquelles, D. Curien, A. Astier, T. Konstantinopoulos, T. Zerrouki

Phys. Rev. C **88** (No.4, Oct) (2013) 044309 1-7

(<http://dx.doi.org/doi:DOI:10.1103/PhysRevC.88.044309>).

#### Control of stopping position of radioactive ion beam in superfluid helium for laser spectroscopy experiments

X.F. Yang, T. Furukawa, T. Wakui, K. Imamura, H. Tetsuka, T. Fujita<sup>m</sup>, Y. Yamaguchi, Y. Tsutsui, Y. Mitsuya, Y. Ichikawa, Y. Ishibashi, N. Yoshida, H. Shirai, Y. Ebara, M. Hayasaka, S. Arai, S. Muramoto, A. Hatakeyama, M. Wada, T. Sonoda, Y. Ito, T.

Kobayashi, S. Nishimura, M. Nishimura, Y. Kondo, K. Yoneda, H. Ueno, T. Shinozuka, T. Shimoda<sup>s</sup>, K. Asahi, Y. Matsuo  
Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B **317** (Part B, Dec) (2013) 599-602.

**Installation and commissioning of EURICA – Euroball-RIKEN Cluster Array**

P.-A. Söderström, S. Nishimura, P. Doornenbal, G. Lorusso, T. Sumikama, H. Watanabe, Z.Y. Xu, H. Baba, F. Browne, S. Go, G. Gey, T. Isobe, H.-S. Jung, G.D. Kim, Y.-K. Kim, I. Kojouharov, N. Kurz, Y.K. Kwon, Z. Li, K. Moschner, T. Nakao, H. Nishibata<sup>DC</sup>, M. Nishimura, A. Odahara<sup>s</sup>, H. Sakurai, H. Schaffner, T. Shimoda<sup>s</sup>, J. Taprogge, Zs. Vajta, V. Werner, J. Wu, A. Yagi<sup>m</sup>, K. Yoshinaga  
Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B **317** (Part B, Dec) (2013) 649-652.

**Development of a new device control system for  $\beta$ -NMR experiments**

N. Yoshida, H. Ueno, A. Yoshimi, Y. Ishibashi, Y. Ichikawa, Y. Abe, K. Asahi, M. Chikamori, T. Fujita<sup>m</sup>, T. Furukawa, E. Hikota, D. Nagae, Y. Ohtomo, Y. Saito, H. Shirai, T. Suzuki, X.F. Yang  
Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B **317** (Part B, Dec) (2013) 705-709.

**Study of collisions of  $^{136}\text{Xe} + ^{198}\text{Pt}$  for the KEK isotope separator**

Y.X. Watanabe, Y. Hirayama, N. Imai, H. Ishiyama, S.C. Jeong, H. Miyatake, E. Clement, G. de France, A. Navin, M. Rejmund, C. Schmitt, G. Pollarolo, L. Corradi, E. Fioretto, D. Montanari, S.H. Choi, Y.H. Kim, J.S. Song, M. Niikura, D. Suzuki, H. Nishibata<sup>DC</sup>, J. Takatsu<sup>d</sup>  
Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B **317** (Part B, Dec) (2013) 752-755.

**Production cross section measurements of radioactive isotopes by BigRIPS separator at RIKEN RI Beam Factory**

H. Suzuki, T. Kubo, N. Fukuda, N. Inabe, D. Kameda, H. Takeda, K. Yoshida, K. Kusaka, Y. Yanagisawa, M. Ohtake, H. Sato, Y. Shimizu, H. Baba, M. Kurokawa, T. Ohnishi, K. Tanaka, O.B. Tarasov, D. Bazin, D.J. Morrissey, B.M. Sherrill, K. Ieki, D. Murai, N. Iwasa, A. Chiba, Y. Ohkoda, E. Ideguchi, S. Go, R. Yokoyama, T. Fujii, D. Nishimura, H. Nishibata<sup>DC</sup>, S. Momota, M. Lewitowicz, G. DeFrance, I. Celikovic, K. Steiger  
Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B **317** (Part B, Dec) (2013) 756-768.

**Nuclear structure explored by  $\beta$ -delayed decay spectroscopy of spin-polarized radioactive nuclei at TRIUMF ISAC-1**

T. Shimoda<sup>s</sup>, K. Tajiri<sup>DC</sup>, K. Kura<sup>m</sup>, A. Odahara<sup>s</sup>, M. Suga<sup>m</sup>, Y. Hirayama, N. Imai, H. Miyatake, M. Pearson, C.D. P. Levy, K.P. Jackson, R. Legillon, C. Petrache, T. Fukuchi, N. Hamatani<sup>b</sup>, T. Hori<sup>m</sup>, M. Kazato<sup>m</sup>, Y. Kenmoku<sup>m</sup>, T. Masue<sup>m</sup>, H. Nishibata<sup>DC</sup>, T. Suzuki, A. Takashima<sup>m</sup>, R. Yokoyama<sup>b</sup>

Hyperfine Interactions **225** (Iss. 1-3, Jan) (2014) 183-191  
<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s10751-013-0895-5>).

### 国際会議における講演等

#### Study of shape evolution by systematic half-life measurements of short-lived first $2^+$ states in neutron-rich nuclei

R. Daido<sup>m\*</sup>

The 12th CNS Int. Summer School (CNSSS13) (at Saitama, Japan, Aug. 28-Sep. 3, 2013, 参加者数約 50 名), Japan

#### Reconfirmation of the magnetic moment of the $7/2^+$ isomer in $^{169}\text{Tm}$

S. Morimoto<sup>m\*</sup>

The 12th CNS Int. Summer School (CNSSS13) (at Saitama, Japan, Aug. 28-Sep. 3, 2013, 参加者数約 50 名), Japan

#### Gamma-ray spectroscopy using CAGRA combined with RCNP RI beam line (EN beam line)

A. Odahara<sup>s\*</sup>

Physics Opportunities using Compton Suppressed Ge Clover Array (CAGRA13) (at Osaka, Japan, Dec. 16-17, 2013, 参加者数約 50 名), Japan

### 日本物理学会，応用物理学会等における講演

#### J-PARC E36 実験用 CsI(Tl) カロリメータの FADC 読み出し

清水俊<sup>s\*</sup>, 山崎寛仁, 五十嵐洋一, 今里純, A.Ivashkin, 豊田晃久, 他 TREK collaboration  
 日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

#### 理研 RIBF の EURICA を用いた中性子過剰な Cs 同位体 ( $A \leq 150$ ) のアイソマーの研究

八木彩祐未<sup>m\*</sup>, 小田原厚子<sup>s</sup>, R. Lozeva, C. Moon, 方一帆<sup>m</sup>, 大道理恵<sup>m</sup>, 西畑洸希<sup>DC</sup>, 下田正<sup>s</sup>, 西村俊二, P. Doornenbal, G. Lorusso, 炭竈聡之, 渡辺寛, P.-A. Söderström, J. Wu, F. Brown, G, 徐正宇, 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<sup>m</sup>, 森本翔太<sup>m</sup>, 井手口栄治, 小松原哲, 新倉潤, and the EURICA collaborators  
 日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

#### LaBr<sub>3</sub> 検出器を用いた中性子過剰核の励起状態の寿命測定

大道理恵<sup>m\*</sup>, 渡邊寛, 八木彩祐未<sup>m</sup>, 小田原厚子<sup>s</sup>, 方一帆<sup>m</sup>, 西畑洸希<sup>DC</sup>, 下田正<sup>s</sup>, 西

村俊二, G. Lorusso, 炭竈聡之, P.-A. Söderström, J. Wu, F. Browne, 徐正宇, 磯部忠昭, 馬場秀忠, 鈴木宏, 稲辺尚人, 亀田大輔, 福田直樹, 竹田浩之, 久保敏幸, A. Bruce, P. Regan, Z. Podolyak, O. Roberts and the EURICA collaborators  
日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**Study of beta decay of neutron-rich I isotopes at RIKEN RIBF using a stack of Si-strip detectors WASA3Bi combined with a cluster-Ge array EURICA**

方一帆 <sup>m\*</sup>, 小田原厚子 <sup>s</sup>, R. Lozeva, C. Moon, 八木彩祐未 <sup>m</sup>, 大道理恵 <sup>m</sup>, 西畑洸希 <sup>DC</sup>, 下田正 <sup>s</sup>, 西村俊二, P. Doornenbal, G. Lorusso, 炭竈聡之, 渡辺寛, P.-A. Söderström, J. Wu, F, F. Browne, G, 徐正宇, 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 <sup>m</sup>, 森本翔太 <sup>m</sup>, 井手口栄治, 小松原哲郎, 新倉潤, and the EURICA collaborators  
日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**超流動ヘリウム中 Au 原子の超微細構造測定**

藤田朋美 <sup>m\*</sup>, 古川武, 今村慧, 楊曉菲, 三津谷洋助, 早坂美希, 嵯峨山翼, 岸翔太, 小林徹, 上野秀樹, 下田正 <sup>s</sup>, 松尾由賀利  
日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**$\beta$  遅発中性子測定法の確立とその実験結果 (ポスター)**

吉田晋之介 <sup>b\*</sup>

卓越スクール、滋賀、2014 年 3 月 10-12 日

## 1.4 核物質学研究グループ

### 平成 25 年度の研究活動概要

核物質学研究グループは 5 MV のバンデグラフ型加速器を維持し、幅広い研究を展開するとともに、ホームマシンの利点を生かした教育にも力を入れている。また、核物理研究センターのリングサイクロトロン、理化学研究所の RI ビームファクトリー、放射線医学総合研究所の HIMAC や J-PARC 等の国内加速器施設や、海外の施設も使用し、短寿命  $\beta$  放射性核やミュオン、超冷中性子 (UCN) を使った、核物理学ならびに素粒子や核物性との境界領域の実験研究を行っている。

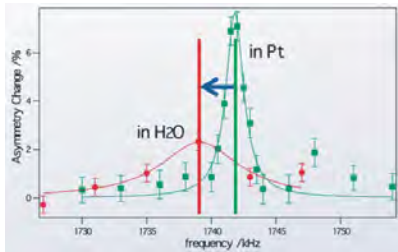


図 1.14: Pt 及び  $\text{H}_2\text{O}$  中の  $^{12}\text{N}$  の NMR スペクトル

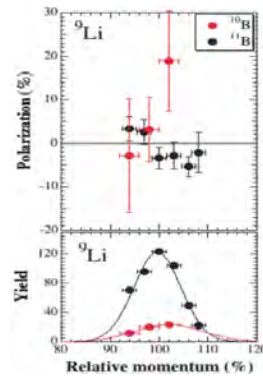


図 1.15:  $^9\text{Li}$  の運動量分布と偏極度

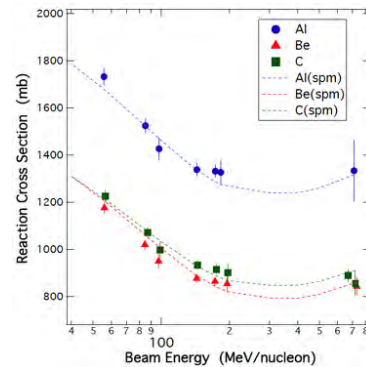


図 1.16:  $^{12}\text{N}$  の反応断面積

我々は、 $\beta$ -NMR ( $\beta$  線検出核磁気共鳴) 技術を駆使して、短寿命  $\beta$  放射性核、特に鏡映核対の電磁気モーメントを測定し、核構造の研究を行うとともに、既知の核モーメントを持つ不安定核による物質科学も進めている。平成 25 年度、放医研 HIMAC で、不安定核種  $^{12}\text{N}$  を水 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) の中に打ち込んだ。液体中の不安定核の NMR では初めて図 1.14 の様なスペクトルが観測された。約 1/3 の  $^{12}\text{N}$  は水の中で偏極を保持した。その中心周波数は通常を中心値から大きくシフトしており、巨大な化学シフトの可能性を示唆している。この実験は、理学部オナープログラムの学生の発案で行われたものである。

また、不安定核の偏極メカニズムについての研究も活発に行っている。図 1.15 に示すように、 $^{10,11}\text{B}$  ビームから生成する  $^9\text{Li}$  の核偏極に違いが見られ、生成反応の違いを如実に反映している。この他トランジェントフィールド法による、 $^{58}\text{Cu}$  の核偏極生成も試みた。

放医研 HIMAC で、不安定核の反応断面積を通じて核構造を研究している。平成 25 年度  $^{12}\text{N}$  の反応断面積を詳細に研究した。図 1.16 のエネルギー依存性が得られた。安定核の系統性から 10 % 以上もエンハンスしている。グラウバー計算を通してフィットした  $^{12}\text{N}$  の核子密度分布は図 1.17 のように得られた。単一中性子ハローの可能性が指摘される  $^{14}\text{B}$  から 1 個の中性子を剥離する断面積を系統的に調べ、図 1.18 が得られた。 $^{13}\text{C}$  の場合に比べても大きくエンハンスしており、中性子ハローの存在を示唆している。今後の重い不安定核等への研究の展開を目指し、チェレンコフカウンターを用いた速い時間分解能を持つ検出器システムの開発を行っている。核子当り 500 MeV の  $^{58}\text{Ni}$  ビームによるテスト実験で、時間差ス



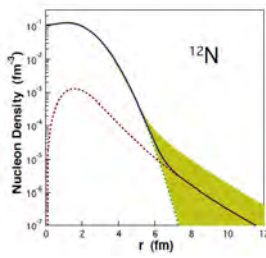


図 1.17:  $^{12}\text{N}$  の核子密度分布

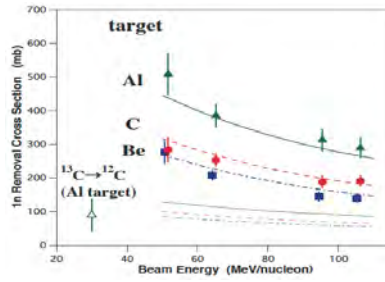


図 1.18:  $^{14}\text{B}$  および  $^{13}\text{C}$  の中性子剥離断面積

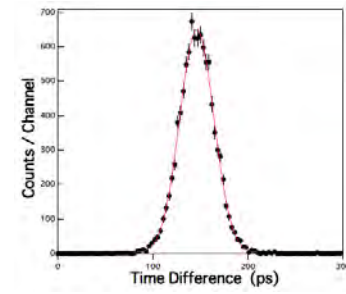


図 1.19: チェレンコフカウンターの時間差スペクトル

ペクトルが図 1.19 の様に得られ、1 台あたり 8.5 ps の高時間分解能を達成した。

核物理研究センターにて、中性子の電気双極子モーメント (EDM) の研究に向け、次世代 UCN (超冷中性子) 源の開発と、EDM 観測の基礎研究を行っている。平成 25 年度は新型の UCN 源を完成させ、超伝導電磁石により UCN のスピン偏極を生成した。図 1.20 の様に、UCN の飛行時間により、スピン偏極がどれほど減衰するかを観測した。図から分かるように、時間の初めでの初期偏極度は 95 % を超えている。今後の EDM 測定では、精密な原子磁束計が必要になる。我々は  $^{129}\text{Xe}$  の NMR で磁場を校正する。平成 25 年度図 1.21 に示すように、Rb のレーザーポンピングと Xe への偏極移行を成功させ、偏極緩和を観測した。

バンデグラフ加速器からの D ビームで生成した  $^{12}\text{B}$  の Si 中の挙動を研究するため、 $\beta$ -NMR 法にてスピンエコーを観測し、横緩和時間  $T_2$  を温度の関数で系統的に測定した。結果は図 1.22 のようになり、370K 以上で、アレーニウスの関係式にしたがう何らかの拡散の様子が観測された。ただし、実験値から得られる活性化エネルギーは B のものとは一致せず、今後の課題である。バンデグラフ加速器の平成 25 年度の運転は D ビームと  $^3\text{He}$  ビームが主であるが、陽子ビームを用いた PIXE 実験により、淀川水系の水の微量元素分析を、学生実験 (オナーセミナー) として行った。また、医学系保健学専攻の院生による、 $^{28}\text{Al}$  の生成、ガンマ線でのエネルギー測定に基づく同定、ベータ線での半減期測定による同定、放射化測定による飛程の確認、等の実習を行った。

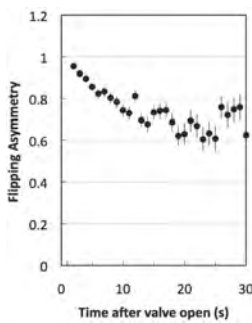


図 1.20: 超冷中性子の偏極度の飛行時間依存性

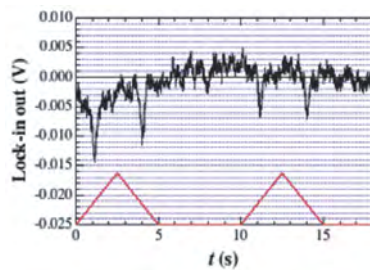


図 1.21:  $^{129}\text{Xe}$  の NMR と偏極緩和時間測定

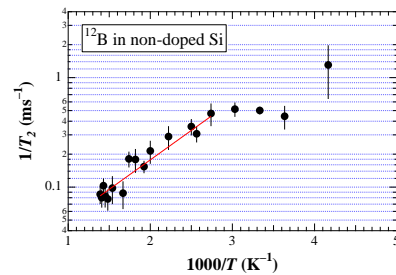


図 1.22: Si 中の  $^{12}\text{B}$  の偏極横緩和時間  $T_2$  の温度依存性

### 学術雑誌に出版された論文

#### Spin polarization of $^{29}\text{P}$ produced through low energy nuclear reaction

M. Yaguchi<sup>m</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>, D. Nishimura, H. Uenishi<sup>m</sup>, K. Iwamoto<sup>m</sup>, M. Wakabayashi<sup>m</sup>, J. Ohno<sup>m</sup>, Y. Kamisho<sup>m</sup>, Y. Morita<sup>m</sup>, T. Minamisono<sup>t</sup>, K. Matsuta<sup>s</sup>  
 Hyperfine Interact. **220**(2013) 79-82  
<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s10751-013-0867-9>).

#### Production of spin polarized $^{12}\text{N}$ through heavy ion reactions

M. Mihara<sup>s</sup>, K. Matsuta<sup>s</sup>, D. Nishimura, M. Fukuda<sup>s</sup>, M. Yaguchi<sup>m</sup>, K. Iwamoto<sup>m</sup>, M. Wakabayashi<sup>m</sup>, Y. Kamisho<sup>m</sup>, J. Ohno<sup>m</sup>, Y. Morita<sup>m</sup>, T. Izumikawa, T. Ohtsubo, S. Suzuki, M. Nagashima, K. Abe, T. Sakai, S. Momota, A. Ozawa, D. Nagae, Y. Ishibashi, Y. Abe, T. Niwa, T. Nagatomo, T. Minamisono<sup>t</sup>, M. K. Kubo, A. Kitagawa, M. Torikoshi, M. Kanazawa, S. Sato  
 Hyperfine Interact. **220**(2013) 83-88  
<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s10751-013-0869-7>).

#### Development of the pulse NMR method utilizing the short-lived $\beta$ -emitter $^{12}\text{B}$

Y. Kamisho<sup>m</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, K. Matsuta<sup>s</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>, M. Yaguchi<sup>m</sup>, M. Wakabayashi<sup>m</sup>, Y. Morita<sup>m</sup>, Ohno, S. Shinozaki<sup>m</sup>, S. Kambe<sup>b</sup>, Y. N. Zheng, S. Y. Zhu, T. Minamisono<sup>t</sup>  
 Hyperfine Interact. **222**(2013)121-125  
<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s10751-012-0745-x>).

#### Probing effect of tensor interactions in $^{16}\text{O}$ via $(p, d)$ reaction

H.J. Ong, I. Tanihata, A. Tamii, T. Myo, K. Ogata, M. Fukuda<sup>s</sup>, K. Hirota, K. Ikeda, D. Ishikawa, T. Kawabata, H. Matsubara, K. Matsuta<sup>s</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, T. Naito, D. Nishimura, Y. Ogawa, H. Okamura, A. Ozawa, D. Y. Pang, H. Sakaguchi, K. Sekiguchi, T. Suzuki, M. Taniguchi, M. Takashina, H. Toki, Y. Yasuda, M. Yosoi, J. Zenihiro  
 Physics Letters B **725** (2013) 277-281  
<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2013.07.038>).

#### Spin-polarized radioactive isotope beam produced by tilted-foil technique

Y. Hirayama, M. Mihara<sup>s</sup>, Y. Watanabe, S.C. Jeong, H. Miyatake, S. Momota, T. Hashimoto, N. Imai, K. Matsuta<sup>s</sup>, H. Ishiyama, S. Ichikawa, T. Ishii, T. Izumikawa, I. Katayama, H. Kawakami, H. Kawamura, I. Nishinaka, K. Nishio, H. Makii, S. Mitsuoka, A. Osa, Y. Otokawa, T.K. Sato, Y. Wakabayashi  
 Nuclear Instruments and Methods in Phys. Res. B **317** (2013) 693-696  
<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nimb.2013.07.051>).

#### Systematic study of individual charge-changing cross sections of intermediate-energy secondary beams



S. Yamaki, T. Yamaguchi, J. Kouno, K. Sato, N. Ichihashi, T. Suzuki, K. Abe, Y. Abe, M. Fukuda<sup>s</sup>, H. Furuki, N. Inaba, K. Iwamoto<sup>m</sup>, T. Izumikawa, Y. Kamisho<sup>m</sup>, N. Kikuchi, A. Kitagawa, M. Mihara<sup>s</sup>, S. Miyazawa, S. Momota, Y. Morita<sup>m</sup>, D. Nagae, M. Nagashima, Y. Nakamura, R. Nishikiori, D. Nishimura, I. Nishizuka, T. Ohtsubo, J. Ohno<sup>m</sup>, A. Ozawa, T. Sakai, S. Sato, D. Sera, F. Suzaki, S. Suzuki, S. Suzuki, M. Wakabayashi<sup>m</sup>, M. Yaguchi<sup>m</sup>, S. Yasumoto

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B **317** (2013) 774-778

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nimb.2013.05.057>).

#### **Time-resolved Mössbauer spectra obtained after $^{57}\text{Mn}$ implantation in Si**

Y. Kobayashi, M. Mihara<sup>s</sup>, T. Nagatomo, Y. Yamada, M.K. Kubo, J. Miyazaki, W. Sato, S. Sato, A. Kitagawa

Hyperfine Interactions (2013)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s10751-013-0949-8>).

#### **In-beam Mössbauer study of $^{57}\text{Mn}$ implanted into a low-temperature xenon**

Y. Yamada, Y. Kobayashi, M.K. Kubo, M. Mihara<sup>s</sup>, T. Nagatomo, W. Sato, J. Miyazaki, S. Sato, A. Kitagawa

Hyperfine Interactions (2013)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s10751-013-0913-7>).

#### **Big deformation in $^{17}\text{C}$**

FAN Guang-Wei, CAI Xiao-Lu, M. Fukuda<sup>s</sup>, HAN Ti-Fei, LI Xue-Chao, REN Zhong-Zhou, and XU Wang

Chinese Phys. C **38** (2014) 014101

(<http://dx.doi.org/doi:10.1088/1674-1137/38/1/014101>).

#### **Density distributions of $^{11}\text{Li}$ deduced from reaction cross-section measurements**

T. Moriguchi, A. Ozawa, S. Ishimoto, Y. Abe, M. Fukuda<sup>s</sup>, I. Hachiuma, Y. Ishibashi, Y. Ito, T. Kuboki, M. Lantz, D. Nagae, K. Namihira, D. Nishimura, T. Ohtsubo, H. Ooishi, T. Suda, H. Suzuki, T. Suzuki, M. Takechi, K. Tanaka, and T. Yamaguchi

Phys. Rev. C **88** (2013) 024610.

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.88.024610>).

#### **Energy resolution of gas ionization chamber for high-energy heavy ions**

Y. Sato, A. Taketani, N. Fukuda, H. Takeda, D. Kameda, H. Suzuki, Y. Shimizu, D. Nishimura, M. Fukuda<sup>s</sup>, N. Inabe, H. Murakami, K. Yoshida, T. Kubo

Jap. J. Appl. Phys. **53** (2014) 016401.

(<http://dx.doi.org/doi:10.7567/JJAP.53.016401>).

## 国際会議における講演等

**Neutron halo in  $^{14}\text{B}$  studied via reaction cross sections (poster)**

M. Fukuda<sup>s\*</sup>, D. Nishimura, S. Suzuki, M. Tanaka, M. Takechi, K. Iwamoto<sup>m</sup>, M. Wakabayashi<sup>m</sup>, M. Yaguchi<sup>m</sup>, J. Ohno<sup>m</sup>, Y. Morita<sup>m</sup>, Y. Kamisho<sup>m</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, K. Matsuta<sup>s</sup>, M. Nagashima, T. Ohtsubo, T. Izumikawa, T. Ogura, K. Abe, N. Kikukawa, T. Sakai, D. Sera, T. Suzuki, T. Yamaguchi, K. Sato, H. Furuki, S. Miyazawa, N. Ichihashi, J. Kohno, S. Yamaki, A. Kitagawa, S. Sato, and S. Fukuda

Int. Nucl. Phys. Conf., June 2-7, 2013(at Firenze, 参加者数約 300 名), Italy

## 日本物理学会, 応用物理学会等における講演

## 中性子 EDM 測定のための一様静磁場の開発

松多健策<sup>s\*</sup>, 増田博康, 畑中吉治, 川崎真介, 松宮亮平, 三原基嗣<sup>s</sup>, 森田祐介<sup>m</sup>, 渡辺裕, 鄭淳讚, Yunchang Shin, Edgard Pierre

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

中性子 EDM 測定のための  $^{129}\text{Xe}$  核スピン磁束計の開発 III

三原基嗣<sup>s\*</sup>, 増田康博, 鄭淳讚, 川崎真介, 渡邊裕, 松多健策<sup>s</sup>, 畑中吉治, 松宮亮平, Yunchang Shin, Edgard Pierre, 旭耕一郎, C. Bidnost

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

核子 pick up 反応による  $^{17}\text{F}$  の運動量分布

大野淳一<sup>m\*</sup>, 福田光順<sup>s</sup>, 西村太樹, 武智麻耶, 泉川卓司, 岩元昂大<sup>m</sup>, 若林優<sup>m</sup>, 上庄康斗<sup>m</sup>, 森田祐介<sup>m</sup>, 田中聖臣<sup>m</sup>, 神戸峻輔<sup>b</sup>, 三原基嗣<sup>s</sup>, 松多健策<sup>s</sup>, 吉永健太, 渡邊大介, 朱易帆, 保高寿也, 河野準平, 古木悠敬, 佐藤加奈恵, 鈴木健, 山口貴之, 鈴木伸司, 長嶋正幸, 酒井拓, 世良大志郎, 田代圭祐, 本間彰, 大坪隆, 張高龍, 孫保華, 佐藤眞二, 北川敦志

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

中性子過剰核  $^{14}\text{B}$  の反応断面積と中性子ハロー構造

田中聖臣<sup>m\*</sup>, 福田光順<sup>s</sup>, 岩元昂大<sup>m</sup>, 西村太樹, 鈴木伸司, 武智麻耶, 三原基嗣<sup>s</sup>, 松多健策<sup>s</sup>, 若林優<sup>m</sup>, 矢口雅貴<sup>m</sup>, 大野淳一<sup>m</sup>, 森田祐介<sup>m</sup>, 大坪隆, 泉川卓司, 長嶋正幸, 小倉聡之, 阿部康介, 菊川直樹, 酒井拓, 世良大志郎, 鈴木健, 山口貴之, 佐藤加奈恵, 古木悠敬, 宮澤周, 市橋直卓, 河野準平, 山木さやか, 北川敦志, 福田茂一, 佐藤眞二

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

中性子過剰核  $^{14}\text{B}$  の 1 中性子剥離断面積と中性子ハロ一構造

福田光順  $s^*$ , 田中聖臣  $m$ , 西村太樹, 鈴木伸司, 武智麻耶, 長島正幸, 三原基嗣  $s$ , 松多健策  $s$ , 岩元昂大  $m$ , 矢口雅貴  $m$ , 大野淳一  $m$ , 森田祐介  $m$ , 神戸峻輔  $b$ , 大坪隆, 泉川卓司, 阿部康介, 菊川直樹, 酒井拓, 世良大志郎, 鈴木健, 山口貴之, 佐藤加奈恵, 古木悠敬, 宮澤周, 市橋直卓, 河野準平, 山木さやか, 佐藤眞二, 北川敦志, 福田茂一  
日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

 $^{12}\text{N}$  の反応断面積と核構造

森田祐介  $m^*$ , 福田光順  $s$ , 西村太樹, 武智麻耶, 岩元昂大  $m$ , 若林優  $m$ , 上庄康斗  $m$ , 大野淳一  $m$ , 田中聖臣  $m$ , 神戸峻輔  $b$ , 三原基嗣  $s$ , 松多健策  $s$ , 吉永健太, 朱易帆, 河野準平, 山木さやか, 鈴木健, 山口貴之, 鈴木伸司, 長島正幸, 阿部康介, 田代圭佑, 本間彰, 大坪隆, 泉川卓司, 佐藤眞二, 北川敦志, 福田茂一  
日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

 $^{58}\text{Cu}$  の  $\beta$ -NMR 測定

上庄康斗  $m^*$ , 三原基嗣  $s$ , 松多健策  $s$ , 福田光順  $s$ , 森田祐介  $m$ , 大野淳一  $m$ , 田中聖臣  $m$ , 篠崎真一  $m$ , 神戸峻輔  $b$ , 南園忠則  $t$ , 小倉昌子, 小沢顕, 長江大輔, 石橋陽子, 阿部康志, 稲葉成紀, 岡田俊祐, 齋藤佑多, 上野秀樹, 山田一成, 大坪隆, 泉川卓司, 百田佐多生, 西村太樹, 今村慧, Yang Xiaofei, 鈴木健, 山口貴之, 白井光雲, 藤村卓功, 松川和人  
日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

## 不安定核ビーム粒子識別のためのチェレンコフ検出器の開発

神戸峻輔  $b^*$ , 福田光順  $s$ , 西村太樹, 武智麻耶, 泉川卓司, 岩元昂大  $m$ , 若林優  $m$ , 上庄康斗  $m$ , 森田祐介  $m$ , 大野淳一  $m$ , 田中聖臣  $m$ , 三原基嗣  $s$ , 松多健策  $s$ , 吉永健太, 渡邊大介, 朱易帆, 保高寿也, 河野準平, 古木悠敬, 佐藤加奈恵, 鈴木健, 山口貴之, 鈴木伸司, 長島正幸, 酒井拓, 世良大志郎, 田代圭佑, 本間彰, 大坪隆, 張高龍, 孫保華, 佐藤眞二, 北川敦志, 福田茂一  
日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

## 中性子 EDM 測定のための一様静磁場の開発 (2)

松多健策  $s^*$ , 増田博康, 畑中吉治, 川崎真, 松宮亮平, 三原基嗣  $s$ , 森田祐介  $m$ , 渡邊裕, 鄭淳讚, Yunchang Shin, Edgard Pierre  
日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

中性子 EDM 測定のための  $^{129}\text{Xe}$  核スピン磁束計の開発 IV

三原基嗣  $s^*$ , 増田康博, 鄭淳讚, 川崎真介, 渡邊裕, 松多健策  $s$ , 畑中吉治, 松宮亮平, Yunchang Shin, Edgard Pierre, 旭耕一郎, C. Bidnosti  
日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

## 陽子ピックアップ反応による核内核子運動量分布の研究

福田光順<sup>s</sup>, 大野淳一<sup>m</sup>, 山岡慎太郎<sup>b\*</sup>, 西村太樹, 武智麻耶, 泉川卓司, 上庄康斗<sup>m</sup>, 森田祐介<sup>m</sup>, 田中聖臣<sup>m</sup>, 神戸峻輔<sup>b</sup>, 三原基嗣<sup>s</sup>, 松多健策<sup>s</sup>, 劉斌, 吉永健太, 渡邊大介, 朱易帆, 鈴木健, 河野準平, 山口貴之, 鈴木伸司, 長島正幸, 田代圭祐, 本間彰, 大坪隆, 佐藤眞二, 北川敦志, 福田茂一

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

不安定核の陽子標的に対する反応断面積と陽子・中性子密度分布の独立決定

田中聖臣<sup>m\*</sup>, 福田光順<sup>s</sup>, 西村太樹, 鈴木伸司, 武智麻耶, 三原基嗣<sup>s</sup>, 松多健策<sup>s</sup>, 大野淳一<sup>m</sup>, 森田祐介<sup>m</sup>, 上庄康斗<sup>m</sup>, 神戸峻輔<sup>b</sup>, 山岡慎太郎<sup>b</sup>, 渡邊浩太<sup>b</sup>, 大坪隆, 泉川卓司, 長島正幸, 本間彰, 室岡大樹, 鈴木健, 山口貴之, 河野準平, 山木さやか, 榎本彩乃, 松永達, 朱易帆, 渡邊大介, 金野峻平, 田口義眞, 北川敦志, 福田茂一, 佐藤眞二

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

低エネルギー核反応による<sup>27</sup>Siの偏極生成

大野淳一<sup>m\*</sup>, 三原基嗣<sup>s</sup>, 上庄康斗<sup>m</sup>, 田中聖臣<sup>m</sup>, 山岡慎太郎<sup>b</sup>, 渡邊浩太<sup>b</sup>, 矢口雅貴<sup>m</sup>, 福田光順<sup>s</sup>, 松多健策<sup>s</sup>

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

不安定核ビーム粒子識別用 RICH(Ring Imaging Cherenkov counter) の開発

神戸峻輔<sup>b\*</sup>, 福田光順<sup>s</sup>, 西村太樹, 武智麻耶, 泉川卓司, 若林優<sup>m</sup>, 岩元昂大<sup>m</sup>, 上庄康斗<sup>m</sup>, 森田祐介<sup>m</sup>, 大野淳一<sup>m</sup>, 田中聖臣<sup>m</sup>, 山岡慎太郎<sup>b</sup>, 渡邊浩太<sup>b</sup>, 三原基嗣<sup>s</sup>, 松多健策<sup>s</sup>, 吉永健太, 渡邊大介, 朱易帆, 保高寿也, 金野峻平, 田口義眞, 鈴木健, 河野準平, 山口貴之, 鈴木伸司, 長島正幸, 酒井拓, 田代圭祐, 本間彰, 室岡大樹, 劉斌, 大坪隆, 佐藤眞二, 北川敦志, 福田茂一

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

不安定核ビーム粒子識別のためのチェレンコフ TOF 検出器の開発

渡邊浩太<sup>b\*</sup>, 神戸峻輔<sup>b</sup>, 福田光順<sup>s</sup>, 西村太樹, 武智麻耶, 泉川卓司, 岩元昂大<sup>m</sup>, 若林優<sup>m</sup>, 上庄康斗<sup>m</sup>, 森田祐介<sup>m</sup>, 大野淳一<sup>m</sup>, 田中聖臣<sup>m</sup>, 三原基嗣<sup>s</sup>, 松多健策<sup>s</sup>, 吉永健太, 渡邊大介, 朱易帆, 保高寿也, 河野準平, 古木悠敬, 佐藤加奈恵, 鈴木健, 山口貴之, 鈴木伸司, 長島正幸, 酒井拓, 世良大志郎, 田代圭祐, 本間彰, 大坪隆, 張高龍, 孫保華, 佐藤眞二, 北川敦志, 福田茂一, Yassid Ayyad

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

シリコン中<sup>58</sup>Cuのベータ NMR 測定

三原基嗣<sup>s\*</sup>, 石橋陽子, 阿部康志, 上庄康斗<sup>m</sup>, 森田祐介<sup>m</sup>, 大野淳一<sup>m</sup>, 田中聖臣<sup>m</sup>, 篠崎眞一<sup>m</sup>, 神戸峻輔<sup>b</sup>, 福田光順<sup>s</sup>, 松多健策<sup>s</sup>, 小沢顕, 長江大輔, 稲葉成紀, 岡田俊祐, 斉藤佑多, 上野秀樹, 山田一成, 泉川卓司, 大坪隆, 百田佐多生, 西村太樹, 鈴木健, 山口貴之, 小林義男, 今村慧, Yang Xiaofei, 長友傑, 南園忠則<sup>t</sup>, 武智麻耶, 小倉昌子, 松川和人, 白井光雲, 藤村卓功

平成25年度 KUR 専門研究会「不安定原子核の理工学と物性応用研究 III」(於 京大原子炉,

2013年12月19-12月20日)

低エネルギー核反応によるスピン偏極  $^{27}\text{Si}$  の生成

大野淳一  $m^*$ , 三原基嗣  $s$ , 上庄康斗  $m$ , 田中聖臣  $m$ , 山岡慎太郎  $b$ , 渡邊浩太  $b$ , 福田光順  $s$ , 松多健策  $s$

平成 25 年度 KUR 専門研究会「不安定原子核の理工学と物性応用研究 III」(於 京大原子炉, 2013年12月19-12月20日)

## 1.5 山中（卓）グループ

### 平成 25 年度の研究活動概要

山中卓研究室は、J-PARC KOTO 実験と、欧州原子核研究機構で推進されている陽子・陽子衝突型加速器実験の一つである ATLAS 実験に参画している。

#### 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、標準理論を超える新たな物理を探ることである。この実験は、国内 5 大学と KEK、米国 3 大学、台湾、韓国、ロシアによる国際共同実験である。我々阪大のグループは、電磁カロリメータ、データ収集システム、ビーム下流のガンマ線検出器、新たな円筒形のガンマ線検出器等を担当している。

平成 25 年度に入り、2013 年 5 月 18 日に初めての物理解析用のデータ収集を開始した。しかし 5 日後に J-PARC ハドロンホールで事故があり、その年のデータ収集は終了した。終了までに 100 時間分のデータは収集できたため、まず電磁カロリメータやガンマ線検出器の動作安定性のチェック、エネルギーと時間の較正などを行った。次に、 $K_L \rightarrow 3\pi^0$  崩壊などの高統計の事象を用いて、不変質量や崩壊地点の分布などをモンテカルロシミュレーションと比較し、測定器をよく理解できていることを確認した。現在は、塩見を中心に  $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  崩壊探索の解析を進めている。

上と平行して、新たな直径 2m、長さ 3m のガンマ線検出器の製作を進めた。この検出器の目的は、現存の円筒形の検出器の内側に入れて厚みを増やし、高い感度で問題となる  $K_L \rightarrow 2\pi^0$  崩壊からのバックグラウンドを抑制することである。この検出器は 32 個の鉛とシンチレータを積層したモジュールからなる。シンチレータからの光は波長変換ファイバーで読み出す。2013 年度は外川が中心となり、図 1.23 に示すように、約 12000 本のファイバーをシンチレータに接着した。これは 31 個のモジュール分に相当する。また、図 1.24 に示すようにモジュールの実機を 1 台実際に組み立て、仕様以上の光量が得られていることを確認した。さらに、これらのモジュールを精度良く円筒形に組み上げるための構造体の設計をシカゴ大学と山中が行った。

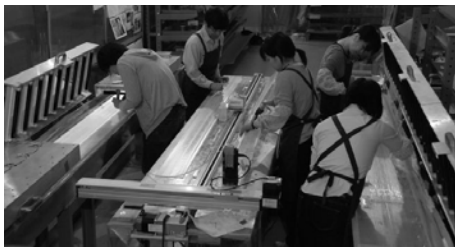


図 1.23: 波長変換ファイバーのシンチレータへの接着作業。

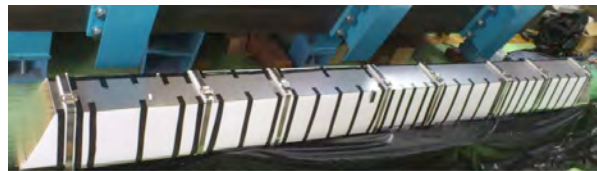


図 1.24: 1 個目の Inner Barrel モジュール。

## ATLAS 実験

ATLAS 実験のシリコン半導体検出器は 2023 年をメドに全て交換する予定である（アップグレード計画）。ルミノシティ増加によるヒット占有率を抑えるために，単位面積あたりの読み出しチャンネル数を増やすこと，耐放射線性を高めること，この 2 点を開発目標として，アップグレード用のシリコンピクセルおよびストリップ検出器の開発を推進している。

ピクセルの微細化に伴いピクセル内の不感領域の割合を減らすことが重要な開発テーマであり，新型センサーの開発にあたっては，一つのピクセル内部の検出効率の位置依存性を検証する必要がある。そのためには，位置分解能  $10\mu\text{m}$  程度以下の精度でセンサーへの粒子の入射位置を特定しなければならない。このための検出器として，SVX4 と呼ばれる ASIC とシリコンストリップセンサーからなる検出器を開発した（図 1.25）。



図 1.25: 表,裏それぞれに 2 つずつ SVX4 を搭載している PCB 基板。センサーも表と裏にそれぞれ 1 枚ずつ取り付けられている。



図 1.26: MPPC からの信号読み出し用 ASIC ,ASIC 制御およびデータ通信用 FPGA , MPPC へのバイアス電源などを実装した基板。

シリコンセンサー試験時に使用する入射位置特定用検出器として，1cm 角程度の大きさのシンチレーションファイバーからなるトラッカーも開発している。ファイバーからの光は MPPC によって読み出す。そのために，MPPC からの信号読み出しのための ASIC を搭載した電子回路基板を製作した（図 1.26）。

放射線耐性の高いシリコンピクセルセンサーを開発するにあたって，センサーの電荷収集効率の測定は重要な測定の一つである。しかし，ピクセルセンサーの読み出し ASIC には ADC がなく，Time over Threshold (ToT) のみ測定可能である。そこで，ToT からセンサーで生成された電荷量を求めるための手法についての研究を行った。まずは，ASIC へテスト電荷を入射し，入射電荷量と ToT との関係を較正した。しかし，閾値を超えない電荷情報を ToT からは得られないため，較正結果を適用しただけでは， $\beta$  線などの粒子がセンサーで生成する電荷量を再現できない。そこで現在は，閾値の効果で失われる電荷量の補正方法を開発中である。

## 学術雑誌に出版された論文

**Search for a Multi-Higgs Boson Cascade in  $W^+W^-b\bar{b}$  events with the ATLAS detector in pp collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV**

G. Aad, M. Endo<sup>d</sup>, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]

Phys. Rev. D **89** (2014) 032002.

**Measurement of the top quark pair production charge asymmetry in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV using the ATLAS detector**

G. Aad, M. Endo<sup>d</sup>, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]

JHEP **1402** (2014) 107.

**Beam test of novel n-in-p strip sensors for high radiation environment**

T. Kubota, T. Kishida, O. Jinnouchi, Y. Ikegami, Y. Unno, S. Terada, S. Mitsui, A. Tamii, K. Hanagaki<sup>s</sup> *et al.*

Nucl. Instrum. Meth. A **731** (2013) 247.

**Development of readout system for FE-I4 pixel module using SiTCP**

J. Teoh<sup>d</sup>, K. Hanagaki<sup>s</sup>, Y. Ikegami, Y. Takubo, S. Terada and Y. Unno

Nucl. Instrum. Meth. A **731** (2013) 237.

**Evaluation of test structures for the novel  $n^+$ -in-p pixel and strip sensors for very high radiation environments**

Y. Unno, S. Mitsui, R. Hori, Y. Ikegami, S. Terada, S. Kamada, K. Yamamura and K. Hanagaki<sup>s</sup> *et al.*

Nucl. Instrum. Meth. A **731** (2013) 183.

**Search for Quantum Black-Hole Production in High-Invariant-Mass Lepton+Jet Final States Using Proton-Proton Collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV and the ATLAS Detector**

G. Aad, M. Endo<sup>d</sup>, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]

Phys. Rev. Lett. **112** (2014) 091804.

**Measurement of the inclusive isolated prompt photon cross section in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV with the ATLAS detector using 4.6 fb-1**

G. Aad, M. Endo<sup>d</sup>, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]

Phys. Rev. D **89** (2014) 052004.



**Search for long-lived stopped R-hadrons decaying out-of-time with pp collisions using the ATLAS detector**

G. Aad, M. Endo<sup>d</sup>, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]

Phys. Rev. D **88** (2013) 112003.

**Measurement of the mass difference between top and anti-top quarks in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV using the ATLAS detector**

G. Aad, M. Endo<sup>d</sup>, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]

Phys. Lett. B **728** (2014) 363.

**Search for charginos nearly mass-degenerate with the lightest neutralino based on a disappearing-track signature in pp collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector**

G. Aad, M. Endo<sup>d</sup>, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]

Phys. Rev. D **88** (2013) 112006.

**Search for dark matter in events with a hadronically decaying W or Z boson and missing transverse momentum in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector**

G. Aad, M. Endo<sup>d</sup>, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]

Phys. Rev. Lett. **112** (2014) 041802.

**Search for new phenomena in photon+jet events collected in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]

Phys. Lett. B **728** (2014) 562.

**Search for microscopic black holes in a like-sign dimuon final state using large track multiplicity with the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]

Phys. Rev. D **88** (2013) 072001.

**Search for direct third-generation squark pair production in final states with missing transverse momentum and two b-jets in  $\sqrt{s} = 8$  TeV pp collisions with the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] JHEP **1310** (2013) 189.

**Search for new phenomena in final states with large jet multiplicities and missing transverse momentum at  $\sqrt{s}=8$  TeV proton-proton collisions using the ATLAS experiment**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] JHEP **1310** (2013) 130.

**Search for excited electrons and muons in  $\sqrt{s}=8$  TeV proton-proton collisions with the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] New J. Phys. **15** (2013) 093011.

**Dynamics of isolated-photon plus jet production in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV with the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] Nucl. Phys. B **875** (2013) 483.

**Measurement of top quark polarization in top-antitop events from proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV using the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] Phys. Rev. Lett. **111** (2013) 232002.

**Measurement of jet shapes in top-quark pair events at  $\sqrt{s} = 7$  TeV using the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] Eur. Phys. J. C **73** (2013) 2676.

**Measurement of the top quark charge in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV with the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] JHEP **1311** (2013) 031.

**Evidence for the spin-0 nature of the Higgs boson using ATLAS data**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] Phys. Lett. B **726** (2013) 120.

**Measurements of Higgs boson production and couplings in diboson final states with the ATLAS detector at the LHC**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] Phys. Lett. B **726** (2013) 88.

**Measurement of the differential cross-section of  $B^+$  meson production in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV at ATLAS**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] JHEP **1310** (2013) 042.

**Measurement of the Azimuthal Angle Dependence of Inclusive Jet Yields in Pb+Pb Collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV with the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] Phys. Rev. Lett. **111** (2013) 152301.

**Performance of jet substructure techniques for large- $R$  jets in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV using the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] JHEP **1309** (2013) 076.

**Measurement of the high-mass Drell–Yan differential cross-section in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV with the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] Phys. Lett. B **725** (2013) 223.

**Measurement of the distributions of event-by-event flow harmonics in lead-lead collisions at  $\sqrt{s} = 2.76$  TeV with the ATLAS detector at the LHC**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] JHEP **1311** (2013) 183.

**Search for  $t\bar{t}$  resonances in the lepton plus jets final state with ATLAS using  $4.7 \text{ fb}^{-1}$  of  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] Phys. Rev. D **88** (2013) 012004.

**Triggers for displaced decays of long-lived neutral particles in the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] JINST **8** (2013) P07015.

**Search for resonant diboson production in the  $WW/WZ \rightarrow \nu jj$  decay channels with the ATLAS detector at  $\sqrt{s} = 7$  TeV**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] Phys. Rev. D **87** (2013) 112006.

**Measurement of the production cross section of jets in association with a Z boson in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV with the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] JHEP **1307** (2013) 032.

**Search for nonpointing photons in the diphoton and  $E_T^{miss}$  final state in  $\sqrt{s}=7$  TeV proton-proton collisions using the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] Phys. Rev. D **88** (2013) 012001.

**Measurement of the inclusive jet cross section in pp collisions at  $\sqrt{s}=2.76$  TeV and comparison to the inclusive jet cross section at  $\sqrt{s}=7$  TeV using the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] Eur. Phys. J. C **73** (2013) 2509.

**Measurement with the ATLAS detector of multi-particle azimuthal correlations in p+Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=5.02$  TeV**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] Phys. Lett. B **725** (2013) 60.

**Search for third generation scalar leptoquarks in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV with the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] JHEP **1306** (2013) 033.

**Characterisation and mitigation of beam-induced backgrounds observed in the ATLAS detector during the 2011 proton-proton run**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] JINST **8** (2013) P07004.

**Search for  $WH$  production with a light Higgs boson decaying to prompt electron-jets in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV with the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] New J. Phys. **15** (2013) 043009.

**Improved luminosity determination in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV using the ATLAS detector at the LHC**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]  
Eur. Phys. J. C **73** (2013) 2518.

**Search for a light charged Higgs boson in the decay channel  $H^+ \rightarrow c\bar{s}$  in  $t\bar{t}$  events using  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV with the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]  
Eur. Phys. J. C **73** (2013) 2465.

**Measurement of the cross-section for W boson production in association with b-jets in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV with the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]  
JHEP **1306** (2013) 084.

**Measurement of kT splitting scales in  $W \rightarrow l\nu$  events at  $\sqrt{s}=7$  TeV with the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]  
Eur. Phys. J. C **73** (2013) 2432.

**Measurements of  $W\gamma$  and  $Z\gamma$  production in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV with the ATLAS detector at the LHC**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]  
Phys. Rev. D **87** (2013) 112003.

**Measurement of hard double-parton interactions in  $W(\rightarrow l\nu)+2$  jet events at  $\sqrt{s}=7$  TeV with the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]  
New J. Phys. **15** (2013) 033038.

**Search for long-lived, multi-charged particles in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV using the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]  
Phys. Lett. B **722** (2013) 305.

**Evaluation of slim-edge, multi-guard, and punch-through-protection structures before and after proton irradiation**

S. Mitsui, Y. Unno, Y. Ikegami, Y. Takubo, S. Terada, K. Hara, Y. Takahashi, O. Jinouchi, K. Hanagaki<sup>s</sup> *et al.*

Nucl. Instrum. Meth. A **699** (2013) 36.

**Development of novel  $n^+$ -in- $p$  silicon planar pixel sensors for HL-LHC**

Y. Unno, C. Gallrapp, R. Hori, J. Idarraga, S. Mitsui, R. Nagai, T. Kishida, A. Ishida *et al.*

Nucl. Instrum. Meth. A **699** (2013) 72.

**Evaluation of novel KEK/HPK n-in-p pixel sensors for ATLAS upgrade with testbeam**

R. Nagai, J. Idarraga, C. Gallrapp, Y. Unno, A. Lounis, O. Jinnouchi, Y. Takubo, K. Hanagaki<sup>s</sup> *et al.*

Nucl. Instrum. Meth. A **699** (2013) 78.

**Development of a silicon-microstrip super module prototype for the high luminosity LHC**

A. Clark, G. Barbier, F. Cadoux, M. Endo<sup>d</sup>, Y. Favre, D. Ferrere, S. Gonzalez-Sevilla, K. Hanagaki<sup>s</sup> *et al.*

Nucl. Instrum. Meth. A **699** (2013) 97.

**Electrical performance of a silicon micro-strip super-module prototype for the High-Luminosity LHC collider**

S. Gonzalez-Sevilla, G. Barbier, F. Cadoux, A. Clark, M. Endo<sup>d</sup>, Y. Favre, D. Ferrere, G. Iacobucci *et al.*

Nucl. Instrum. Meth. A **699** (2013) 102.

**Development of SiTCP based DAQ system of double-sided silicon strip super-module**

Y. Takubo, A. Clark, M. Endo<sup>d</sup>, D. Ferrere, S. Gonzalez-Sevilla, K. Hanagaki<sup>s</sup>, Y. Ikegami, D. La Marra *et al.*

Nucl. Instrum. Meth. A **699** (2013) 116.

**Search for single  $b^*$ -quark production with the ATLAS detector at  $\sqrt{s} = 7$  TeV**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] Phys. Lett. B **721** (2013) 171.

**Observation of Associated Near-side and Away-side Long-range Correlations in  $\sqrt{s_{NN}}=5.02$  TeV Proton-lead Collisions with the ATLAS Detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration] Phys. Rev. Lett. **110** (2013) 182302.

**Search for a heavy narrow resonance decaying to  $e\mu$ ,  $e\tau$ , or  $\mu\tau$  with the ATLAS**

**detector in  $\sqrt{s} = 7$  TeV  $pp$  collisions at the LHC**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]  
Phys. Lett. B **723** (2013) 15.

**Search for Extra Dimensions in diphoton events using proton-proton collisions recorded at  $\sqrt{s} = 7$  TeV with the ATLAS detector at the LHC**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]  
New J. Phys. **15** (2013) 043007.

**Search for dark matter candidates and large extra dimensions in events with a jet and missing transverse momentum with the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]  
JHEP **1304** (2013) 075.

**Measurement of  $W^+W^-$  production in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV with the ATLAS detector and limits on anomalous  $WWZ$  and  $WW\gamma$  couplings**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup>, W. Okamura<sup>d</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]  
Phys. Rev. D **87** (2013) 112001.

**Search for displaced muonic lepton jets from light Higgs boson decay in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV with the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]  
Phys. Lett. B **721** (2013) 32.

**Measurement of charged-particle event shape variables in  $\sqrt{s} = 7$  TeV proton-proton interactions with the ATLAS detector**

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup>, M. Hirose<sup>p</sup>, J. Lee<sup>p</sup> *et al.* [ATLAS Collaboration]  
Phys. Rev. D **88** (2013) 032004.

**国際会議報告等****Stauts and Future Prospects for the KOTO Experiment**

M. Togawa<sup>s</sup>

PoS KAON13 (2013) (Nov.) (2013) 034 1-7.

KAON13 (Apr. 2013, 参加者数約 50 名) (USA).

**CsI Calorimeter for KOTO Experiment**

K. Sato<sup>p</sup>

Calorimetry for the High Energy Frontier, (ed. J.-C. Brient, R. Salerno, and Y. Sirois),

Ecole Polytechnique () (2013) 103-109.

CHEF2013 - International Conference on Calorimetry for the High Energy Frontier (Apr. 2013, 参加者数約 220 名) (France).

## 国際会議における講演等

### Future of Flavor Physics

T. Yamanaka<sup>s\*</sup> (invited)

Lepton Photon 2013 - XXVI International Symposium on Lepton Photon Interactions at High Energies (at San Francisco, USA, June 24-27, 2013, 参加者数約 220 名), USA

### Stauts and Future Prospects for the KOTO Experiment

M. Togawa<sup>s\*</sup>

KAON13 (at Ann Arbor, Michigan, USA, Apr. 29 - May 1, 2013, 参加者数約 50 名), USA

### CsI Calorimeter for KOTO Experiment

K. Sato<sup>d\*</sup>

CHEF2013 - International Conference on Calorimetry for the High Energy Frontier (at Paris, France, Apr. 22-25, 2013, 参加者数約 120 名), France

### Higgs to bb in ATLAS (SM+BSM)

J. Lee<sup>d\*</sup>

Higgs Hunting 2013 (at Orsay, France, July 25-27, 2013), France

### Search for the Higgs boson in fermionic channels using the ATLAS detector

K. Hanagaki<sup>s\*</sup>

19th International Symposium on Particles, Strings and Cosmology (at Taipei, Taiwan, November 20-26, 2013), Taipei

## 日本物理学会, 応用物理学会等における講演

### J-PARC KOTO 実験におけるトリガーシステムの性能評価

杉山 泰之<sup>d\*</sup>, 塩見公志<sup>p</sup>, 外川学<sup>s</sup>, 山中 卓<sup>s</sup>, 他 KOTO Collaboration

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

### J-PARC KOTO 実験において新たに追加する横方向光子検出器の製作と性能試験

豊田高士<sup>m\*</sup>, 村山 理恵<sup>d</sup>, 外川学<sup>s</sup>, 山中 卓<sup>s</sup>, 他



日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**J-PARC KOTO 実験の現状報告**

塩見公志<sup>p\*</sup>, 山中 卓<sup>s</sup>, 外川学<sup>s</sup>, 杉山 泰之<sup>d</sup>, 高島悠太<sup>m</sup>, 他 KOTO Collaboration  
日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**ATLAS 実験アップグレード用ピクセル検出器の性能評価**

荒井泰貴<sup>m\*</sup>, 花垣和則<sup>s</sup>, 他アトラス日本シリコングループ  
日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**Development of A Multi-Chip Readout System For ATLAS FE-I4 Pixel Module Using SiTCP**

JiaJian Teoh<sup>d\*</sup>, K. Hanagaki<sup>s</sup>, ATLAS Silicon Japan Group  
日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**ATLAS 実験アップグレード用シリコン検出器試験のためのテレスコープ検出器開発**

石島直樹<sup>m\*</sup>, 花垣和則<sup>s</sup>, 東野 聡<sup>m</sup>, 他アトラス日本シリコングループ  
日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**LHC-ATLAS 実験における VBF  $H \rightarrow WW \rightarrow \ell\nu\ell\nu$  を用いたヒッグス粒子の探索**

岡村航<sup>d\*</sup>, 花垣和則<sup>s</sup>  
日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**MPPC 読み出しのための汎用モジュールの開発**

石島直樹<sup>m\*</sup>, 花垣和則<sup>s</sup>, 他 Open-It グループ  
日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**KOTO 実験のための、CsI カロリメータ上に作られるシャワー形状の研究**

佐藤 和史<sup>p\*</sup>, 塩見公志<sup>p</sup>, 杉山 泰之<sup>d</sup>, 外川学<sup>s</sup>, 山中 卓<sup>s</sup>, 他 KOTO Collaboration  
日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**KOTO 実験における真空中で使用する PMT の放熱対策**

磯江麻衣<sup>m\*</sup>, 山中 卓<sup>s</sup>, 外川学<sup>s</sup>, 塩見公志<sup>p</sup>, 佐藤 和史<sup>p</sup>, 村山 理恵<sup>d</sup>, 豊田高士<sup>m</sup>, 他 KOTO Collaboration  
日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**J-PARC KOTO 実験において新たに追加する横方向光子検出器の性能試験**

豊田高士<sup>m\*</sup>, 村山 理恵<sup>d</sup>, 外川学<sup>s</sup>, 山中 卓<sup>s</sup>, Lim Gei Youb  
日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**KOTO 実験における波形情報を用いた重複パルスの識別手法の開発**

杉山 泰之<sup>d\*</sup>, 佐藤 和史<sup>p</sup>, 塩見公志<sup>p</sup>, 外川学<sup>s</sup>, 山中 卓<sup>s</sup>, 他 KOTO Collaboration  
日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**ATLAS 実験アップグレード用ピクセル検出器の性能評価**

荒井泰貴<sup>m\*</sup>, 花垣和則<sup>s</sup>, JiaJian Teoh<sup>d</sup>, 廣瀬穰<sup>p</sup>, 他アトラス日本シリコングループ  
日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**Simulation study to identify b-jets from gluon splitting in ATLAS Experiment**

JiaJian Teoh<sup>d\*</sup>, K. Hanagaki<sup>s</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**Measurement of the top quark pair production cross section with  $\sqrt{s}=7\text{TeV}$  of pp collisions at LHC with b-tagging in the dilepton final state with the ATLAS detector**

廣瀬穰<sup>p\*</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**ATLAS アップグレード用シリコン検出器の試験用測定器の開発**

石島直樹<sup>m\*</sup>, 花垣和則<sup>s</sup>, 他アトラス日本シリコングループ

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**J-PARC KOTO 実験におけるデータ収集システムの開発**

杉山 泰之<sup>d\*</sup>

卓越スクール (於 滋賀県高島市, 2014 年 3 月 10 日 - 12 日)

**書籍等の出版, 日本語の解説記事**

ノーベル物理学賞: 質量の起源とヒッグス機構 (パリティでの解説記事)

窪田高弘, 花垣和則<sup>s</sup>

丸善出版社 (2013 年 12 月発行)

## 1.6 小林グループ

### 平成 25 年度の研究活動概要

半導体や金属を微細加工して作製される微小な電子回路をメソ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、微少な電子波干渉計や、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、このようなメソスコピック系における様々な現象、中でも、量子多体効果や非平衡現象に注目して研究を行っている。特に、高精度な電流ゆらぎ測定などを用いることによって、定量的に量子輸送の素過程を観測・制御し、これまでに不可能であったような実験に挑むと同時に、新しい現象の発見を目指して研究を進めている。

平成 25 年度の主要な成果は以下の通りである。

#### 高精度電流ゆらぎ測定手法の開発

これまでにメソスコピック系に対して行われてきた実験的研究の多くは、系の電気伝導度測定を主体とするものである。伝導度測定によって検出される情報は時間平均された静的な性質である。その一方で、近年、伝導度測定だけでは得られない非平衡状態の動的な情報を得る手段として、電流雑音（ゆらぎ）測定が大きな関心を集めるようになってきた。しかしながら、その注目度の割には、電流ゆらぎに関する実験の報告は多くない。その理由は、雑音測定が通常の伝導度測定よりも技術的に相当困難であるためである。

我々は、2005年より電流雑音測定技術の開発から研究を開始し、測定系を構築してきた。本年は、我々が独自に開発してきた低温動作可能な増幅器の性能を大きく向上させることに成功し、世界最高精度のショット雑音測定が可能となった（分解能  $10^{-29} \text{ A}^2/\text{Hz}$ ）。

図 1.27 は、電子温度 20 mK でショット雑音測定を行った結果である。この結果は、これまで文献として発表されているショット雑音測定結果の中では、最も電子温度が低く、最も高精度のものである。

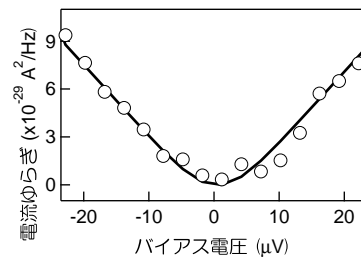


図 1.27: 量子細線におけるショット雑音測定の例。

#### 非平衡量子ホール状態の観測

量子ホール効果は、磁場中にある二次元電子系がランダウ準位の形成によって無散逸な状態になる独特の物理現象である。これはゲージ対称性を反映したトポロジカルな状態と見なすこともできる。平衡状態における量子ホール効果はよく理解されているが、量子ホール状態にバイアス（電流あるいは電圧）を加え、徐々に非平衡にしていくと、あるところで突然、量子ホール状態が壊れる（量子ホール効果ブレイク

ダウン)ことが知られている。この現象は、典型的な非平衡現象であり、1980年代から知られているが、どのように、量子ホール状態が崩壊するのか、そのメカニズムに関しては、あまりよく分かっていない。しかし、トポロジカルに robust な状態が、非平衡においてどのように壊れていくか、という問題は根源的なものであり、後述するトポロジカル絶縁体を利用したデバイス実現にも直結する重要な問題である。

我々は、電流ゆらぎ測定を非平衡量子ホール状態に適用し、通常の量子ホール効果ブレイクダウンが始まるバイアスよりも、小さいバイアスにおいて、ゆらぎが増大していくことを観測した。これは、量子ホール効果自体は存続しており、無散逸な伝導状態が維持されているにも関わらず、量子ホール効果ブレイクダウンの前駆現象が、ゆらぎの増大として観測されたものである。このような報告は、これまでに無かった。量子ホール効果の研究は長い歴史をもっているが、電流ゆらぎに注目することによって、新しい知見が得られることを示した成果である。

#### スピン軌道相互作用の強い系における普遍的伝導ゆらぎ

近年、スピン軌道相互作用が非常に強い系において、トポロジカル絶縁体と呼ばれる新たな物質相の発現が予言され、実証されてきた。トポロジカル絶縁体では、バルクが絶縁体であるにもかかわらず、伝導を担う特殊な表面電子状態が存在する。さらに、この表面電子のスピンは電子の運動方向に対して偏極している。このスピン偏極した電子は新奇な電磁気現象や量子干渉効果を生み出す可能性がある。また、この表面電子を用いることによって、磁気デバイスや量子コンピュータへの応用も期待されている。このような理由により、基礎・応用の両面からトポロジカル絶縁体の基礎物性の解明が望まれている。特に、将来的な応用や新奇な量子現象を研究するためには、このような物質での干渉効果を研究することは極めて重要である。

本年度は、トポロジカル絶縁体であることが分光研究から明らかにされている  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  薄膜を微細加工して得られた細線で、量子干渉効果を観測し、その基礎物性を明らかにした。特に、これまで起源が不明であった  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  での伝導度ゆらぎの起源を解明した。

我々は、中国科学院のグループより提供された  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  薄膜を細線形状に微細加工し、低温・強磁場下における電気伝導度測定を行った。その結果、 $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  での伝導度ゆらぎの温度依存性は、普遍的伝導度ゆらぎ (UCF) と呼ばれる、メソスコピック系で観測される量子干渉効果として説明できることが明らかになった。さらに、伝導度ゆらぎを UCF 理論で解析することで導出したコヒーレンス長 (量子干渉効果が起こる特徴的な長さ) が、弱反局在効果と呼ばれる量子干渉効果から導出されたコヒーレンス長とほぼ一致することを見出した。また、より定量的な実証のため、様々な長さの細線で伝導度ゆらぎの測定と解析を行った。その結果、伝導度ゆらぎの大きさは、どのような細線長さの試料においても、また、どの温度で測定された結果であっても、UCF のスケーリング関数ですべて説明できることを明らかにした。

以上の結果は、スピン軌道相互作用が非常に強い系において、UCF 理論が適用可能であることを定量的に示した初めての例である。本研究により  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  での伝導度ゆらぎが UCF であることが明確となったことは、トポロジカル絶縁体という新たな研究分野においてもこ

れまでのメゾスコピック系における理解が重要であることを示している。この結果は、今後のトポロジカル絶縁体に関する量子干渉効果の研究分野だけでなく、UCFの研究の発展においても重要な役割を果たす。

#### 学術雑誌に出版された論文

##### **Observation of finite excess noise in the voltage-biased quantum Hall regime as a precursor for breakdown**

K. Chida, T. Arakawa<sup>s</sup>, S. Matsuo, Y. Nishihara, T. Tanaka<sup>DC</sup>, D. Chiba, T. Ono, T. Hata<sup>m</sup>, K. Kobayashi<sup>s</sup>, and T. Machida

Phys. Rev. B **87** (No. 15, Apr.) (2013) 155313 1-7

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.87.155313>).

##### **Two-barrier stability that allows low power operation in current-induced domain wall motion**

K. J. Kim, R. Hiramatsu, T. Koyama, K. Ueda, Y. Yoshimura, D. Chiba, K. Kobayashi<sup>s</sup>, Y. Nakatani, S. Fukami, M. Yamanouchi, H. Ohno, H. Kohno, G. Tatara, and T. Ono

Nature Comm. **4** (Jun.) (2013) 2011

(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/ncomms3011>).

##### **Cryogenic amplifier for shot noise measurement at 20 mK**

T. Arakawa<sup>s</sup>, Y. Nishihara, M. Maeda<sup>m</sup>, S. Norimoto<sup>b</sup>, and K. Kobayashi<sup>s</sup>

Appl. Phys. Lett. **103** (No. 17, Oct.) (2013) 172104-1-172104-4

(<http://dx.doi.org/doi:10.1063/1.4826681>).

##### **Experimental Proof of Universal Conductance Fluctuation in Quasi-1D Epitaxial Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> Wires**

S. Matsuo, K. Chida, D. Chiba, T. Ono, K. Slevin, K. Kobayashi<sup>s</sup>, T. Ohtsuki, C.-Z. Chang, K. He, X.-C. Ma, and Q.-K. Xue

Phys. Rev. B **88** (No. 15, Oct.) (2013) 155438 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.88.155438>).

##### **Bias Voltage Dependence of the Electron Spin Depolarization in Quantum Wires in the Quantum Hall Regime Detected by the Resistively Detected NMR**

K. Chida, M. Hashisaka, Y. Yamauchi, S. Nakamura, T. Arakawa, T. Machida, K. Kobayashi, and T. Ono

AIP Conf. Proc. **1566** (Dec.) (2013) 279-280

(<http://dx.doi.org/doi:10.1063/1.4848394>).

**Shot Noise at the Quantum Point Contact in InGaAs Heterostructure**Y. Nishihara, S. Nakamura, K. Kobayashi<sup>s</sup>, T. Ono, M. Kohda, and J. NittaAIP Conf. Proc. **1566** (Dec.) (2013) 311-312<http://dx.doi.org/doi:10.1063/1.4848410>.**Conductance Fluctuation And Weak Antilocalization In Epitaxial Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>**S. Matsuo, T. Koyama, K. Shimamura, T. Arakawa<sup>s</sup>, Y. Nishihara, D. Chiba, K. Kobayashi<sup>s</sup>, T. Ono, C.-Z. Chang, K. He, X.-C. Ma, and Q.-K. XueAIP Conf. Proc. **1566** (Dec.) (2013) 193-194<http://dx.doi.org/doi:10.1063/1.4848351>.**Single crystal growth and various electronic states in Yb-based compounds**Y. Hirose, S. Yoshiuchi, N. Nishimura, J. Sakaguchi, K. Enoki, K. Iwakawa, Y. Miura, K. Sugiyama<sup>s</sup>, Y. Ōnuki, R. Settai, T. Takeuchi, F. Honda, T. D. Matsuda, E. Yamamoto, Y. Haga, M. HagiwaraJ. Kor. Phys. Soc. **62** (No. 12, Jul.) (2013) 1858-1861<http://dx.doi.org/doi:10.3938/jkps.62.1858>.**Quadrupole effects in tetragonal crystals PrCu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> and DyCu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>**K. Mitsumoto, S. Goto, Y. Nemoto, M. Akatsu, T. Goto, N.D. Dung, T.D. Matsuda, Y. Haga, T. Takeuchi, K. Sugiyama<sup>s</sup>, R. Settai, Y. ŌnukiJ. Phys. Cond. Mat. **25** (No. 29, Jul.) (2013) 296002-1-296002-8<http://dx.doi.org/doi:10.1088/0953-8984/25/29/296002>.**Heavy Fermion State Based on the Kondo Effect in EuNi<sub>2</sub>P<sub>2</sub>**Y. Hiranaka, A. Nakamura, M. Hedo, T. Takeuchi, A. Mori, Y. Hirose, K. Mitamura, K. Sugiyama<sup>s</sup>, M. Hagiwara, T. Nakama, Y. ŌnukiJ. Phys. Soc. Jpn. **82** (No. 8, Aug.) (2013) 083708-1-083708-4<http://dx.doi.org/doi:10.7566/Jpsj.82.083708>.**Metamagnetic Behavior and Effect of Pressure on the Electronic State in Heavy-Fermion Compound YbRh<sub>2</sub>Zn<sub>2</sub>O**F. Honda, T. Takeuchi, S. Yasui, Y. Taga, S. Yoshiuchi, Y. Hirose, Y. Tomooka, K. Sugiyama<sup>s</sup>, M. Hagiwara, K. Kindo, R. Settai, Y. ŌnukiJ. Phys. Soc. Jpn. **82** (No. 8, Aug.) (2013) 084705-1-084705-10<http://dx.doi.org/doi:10.7566/jpsj.82.084705>.**Heavy fermions and unconventional superconductivity in high-quality single crystals of rare-earth and actinide compounds**Y. Ōnuki, R. Settai, K. Sugiyama<sup>s</sup>, T. Takeuchi, F. Honda, Y. Haga, E. Yamamoto, T.D.

Matsuda, N. Tateiwa, D. Aoki, I. Sheikin, H. Harima  
J. Kor. Phys. Soc. **63** (No. 3, Aug.) (2013) 409-415  
(<http://dx.doi.org/doi:10.3938/jkps.63.409>).

#### **Magnetization steps in Yb<sub>2</sub>Pt<sub>2</sub>Pb with the Shastry-Sutherland lattice**

Y. Shimura, T. Sakakibara, K. Iwakawa, Y. Ōnuki, K. Sugiyama<sup>s</sup>  
J. Kor. Phys. Soc. **63** (No. 3, Aug.) (2013) 551-554  
(<http://dx.doi.org/doi:10.3938/jkps.63.551>).

#### **Magnetic and Fermi Surface Properties of EuGa<sub>4</sub>**

A. Nakamura, Y. Hiranaka, M. Hedo, T. Nakama, Y. Miura, H. Tsutsumi, A. Mori, K. Ishida, K. Mitamura, Y. Hirose, K. Sugiyama<sup>s</sup>, F. Honda, R. Settai, T. Takeuchi, M. Hagiwara, T.D. Matsuda, E. Yamamoto, Y. Haga, K. Matsubayashi, Y. Uwatoko, H. Harima, Y. Ōnuki  
J. Phys. Soc. Jpn. **82** (No. 10, Oct.) (2013) 104703-1-104703-10  
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/jpsj.82.104703>).

#### **Fermi Surface and Magnetic Properties of Antiferromagnet EuBi<sub>3</sub>**

A. Nakamura, Y. Hiranaka, M. Hedo, T. Nakama, Y. Tatetsu, T. Maehira, Y. Miura, A. Mori, H. Tsutsumi, Y. Hirose, K. Mitamura, K. Sugiyama<sup>s</sup>, M. Hagiwara, F. Honda, T. Takeuchi, Y. Haga, K. Matsubayashi, Y. Uwatoko, Y. Ōnuki  
J. Phys. Soc. Jpn. **82** (No. 12, Dec.) (2013) 124708-1-124708-6  
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/jpsj.82.124708>).

#### **First-Order Antiferromagnetic Transition and Fermi Surfaces in Semimetal EuSn<sub>3</sub>**

A. Mori, Y. Miura, H. Tsutsumi, K. Mitamura, M. Hagiwara, K. Sugiyama<sup>s</sup>, Y. Hirose, F. Honda, T. Takeuchi, A. Nakamura, Y. Hiranaka, M. Hedo, T. Nakama, Y. Ōnuki  
J. Phys. Soc. Jpn. **83** (No. 2, Feb.) (2014) 024008-1-024008-7  
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/jpsj.83.024008>).

#### **国際会議における講演等**

##### **Current Fluctuation in a Kondo-correlated Quantum Dot**

K. Kobayashi<sup>s\*</sup> (invited)

Workshop on Interferometry and Interactions in Non-equilibrium Meso- and Nano- Systems (at Trieste, Italy, Apr. 8 - 12, 2013, 参加者数約 80 名), Italy

##### **Magnetic low frequency noise in MgO-based magnetic tunneling junctions**

**(poster)**

T. Arakawa<sup>s\*</sup>, T. Tanaka<sup>DC</sup>, K. Chida, S. Matsuo, Y. Nishihara, D. Chiba, K. Kobayashi<sup>s</sup>, T. Ono, A. Fukushima, and S. Yuasa

the 8th International Symposium on Metallic Multilayers (MML2013) (at Kyoto, May 19 - 24, 2013, 参加者数約 200 名),

**Barrier thickness dependence of the shot noise in the epitaxial Fe/MgO/Fe magnetic tunneling junctions (poster)**

T. Tanaka<sup>DC\*</sup>, T. Arakawa<sup>s</sup>, K. Chida, Y. Nishihara, D. Chiba, T. Ono, M. Maeda, K. Kobayashi<sup>s</sup>, T. Nozaki, A. Fukushima, and S. Yuasa

the 8th International Symposium on Metallic Multilayers (MML2013) (at Kyoto, May 19 - 24, 2013, 参加者数約 200 名),

**Spin-dependent Shot Noise in Mesoscopic Systems**

K. Kobayashi<sup>s\*</sup> (invited)

the 22nd International Conference on Noise and Fluctuations (ICNF) (at Montpellier, France, Jun. 24 - 28, 2013, 参加者数約 150 名), France

**Fluctuation Theorem in a Quantum Coherent Conductor**

K. Kobayashi<sup>s\*</sup> (invited)

the 25th International Conference on Statistical Physics of the International Union for Pure and Applied Physics (IUPAP) (StatPhys25), (at Seoul, Korea, Jul. 22 - 26, 2013, 参加者数約 800 名), Korea

**Experimental Test of Fluctuation Theorem in Quantum Regime**

K. Kobayashi<sup>s\*</sup> (invited)

Frontiers of Quantum and Mesoscopic Thermodynamics 2013 (FQMT'13) (at Prague, Czech Republic, Jul. 29 - Aug. 3, 2013, 参加者数約 250 名), Czech Republic

**Current Fluctuation in Quantum Transport**

K. Kobayashi<sup>s\*</sup> (invited)

Workshop on Nanoscience: Materials Phenomena at the Small Scale (at Tsukuba, Oct. 9 - 11, 2013, 参加者数約 100 名),

**Modulation of magnon wavelength (poster)**

K. Tanabe<sup>p\*</sup>

the International Symposium on Research Frontiers of Physics, Earth and Space Science (at Osaka, Japan, Dec. 17 - 18, 2013, 参加者数約 60 名),

**Shot noise measurement in mesoscopic conductors (poster)**



T. Arakawa<sup>s\*</sup>

the International Symposium on Research Frontiers of Physics, Earth and Space Science (at Osaka, Japan, Dec. 17 - 18, 2013, 参加者数約 60 名),

**Magnetic Properties of SmCd<sub>11</sub> (poster)**

K. Sugiyama<sup>s\*</sup>, K. Mitamura, Y. Hirose, T. Takeuchi, M. Hagiwara, Y. Ōnuki

the International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (SCES2013) (at Tokyo, Aug. 5-9, 2013, 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

非平衡量子系の輸送ダイナミクス

小林 研介<sup>s\*</sup>

キックオフミーティング新学術領域研究「ゆらぎと構造の協奏：非平衡系における普遍法則の確立」キックオフミーティング (於 東京大学, 2013 年 9 月 12 日)

コルビノ円板における量子ホール効果ブレイクダウンの観測

秦 徳郎<sup>m\*</sup>, 田中 崇大<sup>DC</sup>, 荒川 智紀<sup>s</sup>, 田辺 賢士<sup>p</sup>, 小林 研介<sup>s</sup>, 知田 健作, 松尾 貞茂, 西原 禎考, 小野 輝男

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 徳島大学, 2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日)

電流ゆらぎ測定系に用いる低温アンプの改良

荒川 智紀<sup>s\*</sup>, 前田 正博<sup>m</sup>, 則元 将太<sup>b</sup>, 田中 崇大<sup>DC</sup>, 田辺 賢士<sup>p</sup>, 小林 研介<sup>s</sup>, 西原 禎考, 小野 輝男

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 徳島大学, 2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日)

バリスティック検出器を用いた磁気渦コアの極性検出の試み

田中 崇大<sup>DC\*</sup>, 荒川 智紀<sup>s</sup>, 田辺 賢士<sup>p</sup>, 小林 研介<sup>s</sup>, 小野 輝男

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 徳島大学, 2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日)

『ゆらぎ』から分かること：人工量子系における非平衡量子輸送 (招待講演)

小林 研介<sup>s\*</sup>

第 16 回久保記念シンポジウム (於 東京学士会館, 2013 年 10 月 5 日)

スピンショット雑音 (招待講演)

小林 研介<sup>s\*</sup>

東北大プロジェクト研究会「非平衡スピン・ゆらぎの精緻な制御と観測による新規ナノデバイスの開拓研究」 (於 宮城県黒川郡, 2013 年 10 月 31 日 - 11 月 1 日)

## 固体素子における非平衡ゆらぎ

小林 研介<sup>s\*</sup>

第7回物性科学領域横断研究会 (於 東京大学, 2013年12月1日 - 2日)

## メゾスコピック系におけるスピン流とそのゆらぎ

小林 研介<sup>s\*</sup>

新学術領域「ゆらぎと構造」第1回領域研究会 (於 熱海, 2013年12月25日 - 27日)

## トンネル磁気抵抗素子における電流雑音

田中 崇大<sup>DC\*</sup>

物理学専攻主催「卓越スクール」(於 滋賀県高島市, 2014年3月10日 - 12日)

## 非平衡量子ホール状態における電流雑音

秦 徳郎<sup>m\*</sup>

物理学専攻主催「卓越スクール」(於 滋賀県高島市, 2014年3月10日 - 12日)

## スピングラス薄膜における電気測定

前田 正博<sup>m\*</sup>, 竹下 俊平<sup>b\*</sup>

物理学専攻主催「卓越スクール」(於 滋賀県高島市, 2014年3月10日 - 12日)

## 非一様磁場中における Aharonov-Bohm 効果の電気測定

則元 将太<sup>b\*</sup>

物理学専攻主催「卓越スクール」(於 滋賀県高島市, 2014年3月10日 - 12日)

## カーボンナノチューブにおける近藤状態

藤原 亮<sup>b\*</sup>

物理学専攻主催「卓越スクール」(於 滋賀県高島市, 2014年3月10日 - 12日)

## 固体素子における非平衡電流ゆらぎ (招待講演)

小林 研介<sup>s\*</sup>

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

## スピンショット雑音の観測

荒川 智紀<sup>s\*</sup>, 塩貝 純一, M. Ciorga, D. Schuh, 好田 誠, 新田 淳作, D. Bougeard, D. Weiss,小野 輝男, 小林 研介<sup>s</sup>

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

## マグノンホール効果の検出の試み IV

田辺 賢士<sup>p\*</sup>, 松本 遼, 大江 純一郎, 村上 修一, 森山 貴広, 千葉 大地, 小林 研介<sup>s</sup>, 小野 輝男

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

## スピングラス薄膜における電気測定の試み

前田 正博<sup>m\*</sup>, 田中 浩奈, 竹下 俊平<sup>b</sup>, 田辺 賢士<sup>p</sup>, 荒川 智紀<sup>s</sup>, 谷口 年史, 小林 研介<sup>s</sup>  
日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

## トンネル磁気抵抗素子におけるショット雑音の膜厚依存性 II

田中 崇大<sup>DC\*</sup>, 荒川 智紀<sup>s</sup>, 前田 正博<sup>m</sup>, 西原 禎孝, 小野 輝男, 小林 研介<sup>s</sup>, 野崎 隆行, 福島 章雄, 湯浅 新治  
日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

## コルビノ円板における非平衡量子ホール効果

秦 徳郎<sup>m\*</sup>, 田中 崇大<sup>DC</sup>, 荒川 智紀<sup>s</sup>, 田辺 賢士<sup>p</sup>, 小林 研介<sup>s</sup>, 松尾 貞茂, 西原 禎孝, 小野 輝男  
日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

## 書籍等の出版, 日本語の解説記事

## メゾスコピック非平衡統計力学

小林 研介<sup>s</sup>

数理科学 600, 7-13 (2013)

## 物理っておもしろい? - 等身大の魅力

小林 研介<sup>s</sup>

パリティ 28, No.11, 51 (2013)

## 1.7 田島グループ

### 平成 25 年度の研究活動概要

#### 1) 銅酸化物超伝導体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ における同位体置換効果

同位体置換によって、超伝導転移温度がどの程度変化するかを調べる実験は、BCS 理論の検証実験として有名である。銅酸化物高温超伝導体についても、発見当初から多くの同位体置換効果実験が行われた。その結果、典型的な高温超伝導体  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  については、 $^{16}\text{O}$  から  $^{18}\text{O}$  への置換に対して、超伝導転移温度が全く変化しないということが明らかになり、BCS フォノンメカニズムを強く否定する実験的証拠の一つとなった。しかしながら、その後の研究により、超伝導転移温度が低下している組成については、大きな同位体置換効果が現れる場合があることがわかった。その原因については、フォノンが超伝導対形成機構に直接関係するという説から対破壊に寄与するものだという説まで諸説あるが、今のところ明確な結論は出ていない。

本質的に酸素不定性を持つ  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  においては、酸素量（すなわちキャリア濃度）を一定に保ったまま酸素同位体置換を行うことが困難であるため、これまで同位体置換効果の系統的なキャリア濃度依存性の実験は行われてこなかった。今回、我々は産業技術総合研究所が開発した特殊な同位体置換炉を借りて、同位体置換効果の詳細な酸素量（キャリア濃度）依存性を調べた。特に、 $(\text{La},\text{Sr})_2\text{CuO}_4$  で報告されている  $1/8$  キャリア濃度付近で起きる異常な同位体置換効果が、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  でも観測できるかどうか、に焦点を当てた。

その結果、 $1/8$  キャリア濃度付近での異常は観測されず、同位体置換係数  $\alpha$  は、最適濃度のゼロ状態 ( $\alpha = 0$ ) からキャリア濃度の低下に伴ってほぼ線形に増加することがわかった。 $1/8$  異常がないということは、近年  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  系で話題となっている電荷密度波現象が、同位体置換効果に鈍感であることを意味し、 $(\text{La},\text{Sr})_2\text{CuO}_4$  で観測されているストライプ秩序とは別起源であることを示唆している。一方、最適ドーブ或は過剰ドーブ組成で  $\alpha = 0$  であるということは、フォノンがこの超伝導体の対形成の主要因である可能性を否定するものである。従って、キャリア濃度減少と共に  $\alpha$  が増大することは、キャリア不足ドーブ領域で何らかの超伝導競合秩序のために超伝導転移が低下していて、同位体置換効果はこの競合秩序現象に影響している、と考えるのが自然である。不足ドーブ領域で超伝導と競合している秩序の候補としては、擬ギャップ状態が第一に考えられるが、それについての研究は今後の課題である。

#### 2) $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_z$ のラマン散乱及び角度分解光電子分光

高温超伝導体の超伝導ギャップの組成依存性については、最適ドーブ組成では比較的典型的な  $d$  波超伝導体の振る舞いが見られるものの、そこからキャリアドーブ量を減らしたとき、超伝導転移温度は低下するのに対してギャップエネルギーが増大する傾向が観測されている。ギャップの運動量依存性を測定できるラマン散乱分光では、ギャップ最大値を観測する  $B_{1g}$  偏光のスペクトルで上記のような振る舞いが見られるのに対して、ノード方向を観測する  $B_{2g}$  偏光スペクトルのギャップエネルギーは転移温度と共に減少する。これは、 $d$  波ギャップの大きさが、ドーブ量と共に単純に増大する或いは減少すると考えることでは理解できない。この謎を解くために、角度分解光電子分光 (ARPES) の実験結果を用いてラマン

散乱スペクトルを計算し、両者を統一的に理解できるかどうか確かめることを目指した。厳密な比較を行うために両者の測定は、同一の試料に対して行った。

結果として、ARPESのデータからラマンスペクトルをうまく再現できることが確認できた。即ち、超伝導ギャップのノード付近の傾きはドーブ量に依存せず一定というARPESの結果から、ラマン散乱の $B_{2g}$ ギャップの組成依存性を説明できる。一方、アンチノード方向のギャップは、ARPESとラマン散乱分光とは異なる大きさのものが測定されることがわかった。この実験結果と、ARPESのギャップが、ノード方向からアンチノード方向に向かう途中で $d$ 波ギャップ関数からずれて大きな値となることを考慮すると、アンチノード付近のギャップには擬ギャップの影響が強く現れていると結論できる。ARPESのアンチノードギャップもラマン散乱の $B_{1g}$ ギャップも、本来の値より増大している。しかし、この増大の程度は、ARPESのほうがラマン散乱より大きく、より擬ギャップの影響が顕著であると考えられる。この理由については、今後の課題である。

銅酸化物超伝導体の電子状態を「実空間では均一だが運動量空間では相分離している（即ちノード方向は超伝導状態、アンチノード方向は擬ギャップ状態）」と考える見方があるが、今回の結果はアンチノード方向にも超伝導ギャップ・擬ギャップ両方が存在していると考えられることを示唆している。超伝導と擬ギャップの共存状態の理論的モデルの構築が待たれる。

### 3) 鉄系超伝導体 $\text{LaFeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}$ における 2 つの反強磁性状態と超伝導状態

鉄ニクタイト超伝導体はマルチバンド系であり、その電気伝導や超伝導にFeの異なる $3d$ 電子軌道の特性を持った複数のフェルミ面が関与していることが知られている。この複数の電子・ホールフェルミ面は、物理的・化学的圧力効果やFeの $3d$ バンドのフィリングを変えることにより、そのフェルミ面の形状が変化する。それに伴いフェルミ面間のネスティングが変化し、それを媒介とした超伝導の特性、例えば超伝導ギャップの形状などが変わることが、理論的に示唆されている。

本研究では、 $\text{LaFeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}$ を対象として、結晶構造解析、磁化や輸送現象の詳細な研究を行った。母物質である $\text{LaFeAsO}$  ( $x=1.0$ )は150K付近以下でスピン密度波(SDW)を示す。As濃度 $x$ を減らしていくとともにSDW状態は抑制され $x=0.8$ 付近で完全に消失し、同時に超伝導が出現する。この超伝導相は $x=0.7$ 付近で $T_c=10\text{K}$ のピークを持ち、 $x=0.6$ までAs濃度を減らすと超伝導相は消失する。この超伝導相はSDW相の量子臨界点の異常と見なすのが自然で、強い反強磁性ゆらぎ(ネスティング)により超伝導が誘起されていると考えられる。更にAs濃度を減らすと、 $x=0.3-0.6$ の組成で新たに反強磁性秩序が出現することが判明した。この反強磁性の磁気構造はまだ不明であるが、核磁気共鳴の測定からは長距離磁気秩序であることが示唆されている。この反強磁性が出現する組成( $x=0.3-0.6$ )付近では、Hall係数の絶対値が低温で顕著に増大するという異常が観測されており、系の電子状態がこの組成付近で変化していることが予想される。元々、 $\text{LaFeAsO}$ と $\text{LaFePO}$ ではフェルミ面の形状が異なっている。特に、FeAs系では $xy$ 軌道のキャラクターを持つ2次元的なホール面が $(\pi,\pi)$ 近傍に存在するのに対し、FeP系ではこのホール面は存在しない。今回、新たに見つかった反強磁性は、FeP型のフェルミ面状態において出現する磁気秩序であることが予想される。更にAs濃度 $x$ を減らしていくと、 $x=0.3$ においてこの新たに発見さ

れた反強磁性相が消失し、 $x=0$  から  $x=0.3$  において、この反強磁性相の量子臨界点の異常による別の超伝導相が出現する。

以上のように、 $\text{LaFeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}$  においては As 濃度  $x$  を変化させるとともに、 $\text{LaFePO}$  型から  $\text{LaFeAsO}$  型のフェルミ面状態への電子状態変化が生じる。また、各々のフェルミ面状態において異なるネスティングによる磁気秩序が生じ、その量子臨界点付近で超伝導相が出現することが判明した。

#### 4) ペロブスカイト型 V 酸化物の 2 次元、3 次元スピンゆらぎによる量子臨界現象

ペロブスカイト型  $R\text{VO}_3$  ( $R =$  希土類元素、 $Y$ ) は軌道秩序を示す典型的な  $t_{2g}$  電子系である。本系では C 型磁気秩序 (SO)・G 型軌道秩序 (OO)、G 型 SO・C 型 OO の 2 パターンの秩序が出現する。これまでの研究で、 $R$  サイトに異なる希土類元素を固溶させて乱れを入れると、G 型 SO・C 型 OO が安定化することが判明した。また、この G 型 SO・C 型 OO を示す  $(RR')\text{VO}_3$  ( $R' = R$  とは異なる希土類元素) に Ca 置換を行い、V のバンドフィリングを変化させたときに生じるモット転移近傍の磁気的量子臨界点では、電気抵抗率が  $T$ -linear 的な温度依存性を示すなどの、2 次元反強磁性スピンゆらぎに起因した非フェルミ液体的な異常が観測される。この量子臨界点での振る舞いは、過去に C 型 SO・G 型 OO 状態からモット転移を生じさせた時、電気抵抗率が  $T^{1.5}$  の温度依存性を示すなどの、3 次元スピンゆらぎによる異常とは明らかに異なっている。

$R\text{VO}_3$  では、 $R$  サイトのイオン半径を変化させても、2 つの磁気・軌道秩序の安定性が変わってしまう。そこで、母物質の磁気・軌道秩序のパターンの違い及びその磁気ゆらぎが、上記のような異なる量子臨界性を生み出しているのではないかと考え、母物質の  $R$  サイトの平均イオン半径が同じで、モット転移近傍の磁気・軌道秩序パターンが異なる  $Y\text{VO}_3$  と  $(\text{La}_{0.195}\text{Lu}_{0.805})\text{VO}_3$  に Ca を置換し、バンドフィリング制御型のモット転移近傍の量子臨界現象を研究した。これらの系では  $R$  サイトの平均イオン半径が同じであるため、結晶ひずみによる磁気・軌道秩序の安定性に関わるファクターは同じである。一方で、 $R$  サイトに導入された乱れのために、 $Y_{1-x}\text{Ca}_x\text{VO}_3$  では C 型 SO・G 型 OO、 $(\text{La}_{0.195}\text{Lu}_{0.805})_{1-x}\text{Ca}_x\text{VO}_3$  では G 型 SO・C 型 OO がモット転移近傍で安定化している。

これらの系では、金属-絶縁体転移は Ca 濃度  $x=0.6$  付近で生じ、磁気的量子臨界点は  $x=0.7$  付近に存在している。この量子臨界点では、 $Y_{1-x}\text{Ca}_x\text{VO}_3$  では電気抵抗率が  $T^{1.5}$  の温度依存性を示し、 $(\text{La}_{0.195}\text{Lu}_{0.805})_{1-x}\text{Ca}_x\text{VO}_3$  では電気抵抗率が  $T$ -linear 的な温度依存性を示すことが判明した。この結果は、本系での異なる量子臨界現象が、絶縁体相での磁気・軌道秩序及びそのゆらぎと密接に関連していることを示している。

## 学術雑誌に出版された論文

**Nodal superconductivity in isovalently substituted  $\text{SrFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$  pnictide superconductor at the optimal doping  $x = 0.35$** J. Murphy, T. Kobayashi<sup>d</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup> *et al.*Phys. Rev. B **87** (No.14, Apr.) (2013) 140505(R) 1-4<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.87.140505>).**Power law dependence of low temperature magnetic specific heat for the hole-doped  $\text{CuCr}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$** T. Okuda, S. Miyasaka<sup>s</sup>Journal of the Physical Society of Japan **82** (No.6, May) (2013) 065001 1-2<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.82.065001>).**Change of electronic state and crystal structure by postannealing in superconducting  $\text{SrFe}_2(\text{As}_{0.65}\text{P}_{0.35})_2$** T. Kobayashi<sup>d</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>, T. Nakano<sup>s</sup>, Y. Nozue<sup>s</sup> *et al.*Phys. Rev. B **87** (No.17, May) (2013) 174520 1-4<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.87.174520>).**Re-Examination of Electronic Phase Diagram of Electron-Doped High- $T_c$  Cuprates: Absence of Insulating Phase?**S. Tajima<sup>s</sup>JPSJ News and Comments **10** (July) (2013) 11<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJNC.10.11>).**Ce electronic states in  $\text{Nd}_{0.45-x}\text{Ce}_x\text{Sr}_{0.55}\text{MnO}_3$  probed by x-ray absorption spectroscopy and photoemission**T. Shirai, S. Miyasaka<sup>s</sup>, *et al.*Journal of Physics : Condensed Matter **25** (No.41, Sept.) (2013) 415601 1-6<http://dx.doi.org/doi:10.1088/0953-8984/25/41/415601>).**Universality of the Dispersive Spin-Resonance Mode in Superconducting  $\text{BaFe}_2\text{As}_2$** C. H. Lee, M. Nakajima<sup>s</sup> *et al.*Phys. Rev. Lett. **111** (No.16, Oct.) (2013) 167002 1-4<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.111.167002>).**Strange Inter-Layer Properties of  $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$  Appearing in Ultrasonic Measurements**S. Simayi, M. Nakajima<sup>s</sup>, *et al.*Journal of the Physical Society of Japan **82** (No.11, Oct.) (2013) 114604 1-7

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.82.114604>).

**Two Fermi surface states and two  $T_c$ -rising mechanisms revealed by transport properties in  $R\text{FeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}_{0.9}\text{F}_{0.1}$  ( $R=\text{La, Pr and Nd}$ )**

S. Miyasaka<sup>s</sup>, A. Takemori<sup>d</sup>, T. Kobayashi<sup>d</sup>, S. Suzuki<sup>m</sup>, S. Saijo<sup>d</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>

Journal of the Physical Society of Japan **82** (No.12, Nov.) (2013) 124706 1-5

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.82.124706>).

**Pseudogap formation above the superconducting dome in iron pnictides**

T. Shimojima, M. Nakajima<sup>s</sup>, *et al.*

Phys. Rev. B **89** (No.4, Jan.) (2014) 045101 1-10

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.89.045101>).

**Absence of the 1/8 anomaly in the oxygen isotope effect of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$**

K. Kamiya<sup>m</sup>, T. Masui, S. Tajima<sup>s</sup>, *et al.*

Phys. Rev. B **89** (No.6, Feb.) (2014) 060505(R) 1-4

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.89.060505>).

**Enhancement of superconducting transition temperature due to antiferromagnetic spin fluctuation in iron-pnictides  $\text{LaFe}(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)(\text{O}_{1-y}\text{F}_y)$  :  $^{31}\text{P}$ -NMR Studies**

H. Mukuda, A. Takemori<sup>d</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>, *et al.*

Phys. Rev. B **89** (No.6, Feb.) (2014) 064511 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.89.064511>).

**Persistence of superconducting condensate far above the critical temperature in  $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x)_3\text{O}_y$  revealed by  $c$ -axis optical conductivity measurements for several Zn-concentrations and carrier-doping levels**

E. Uykur<sup>d</sup>, K. Tanaka<sup>s</sup>, T. Masui, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>

Phys. Rev. Lett. **112** (No.12, Mar.) (2014) 127003 1-4

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.112.127003>).

**Superconducting gap structure in out-of-plane disordered  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+d}$  as studied by Raman spectroscopy**

N. Murai<sup>m</sup>, T. Masui, S. Tajima<sup>s</sup> *et al.*

Physica Procedia **45** (May) (2013) 37-40

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.phpro.2013.04.046>).

**Quantitative comparison between electronic Raman spectra and angle-resolved photoemission spectra in superconducting state of  $\text{Bi}2212$**



H.T. Nguyen<sup>d</sup>, K. Tanaka<sup>s</sup>, T. Masui, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>, T. Sasagawa  
 Physica Procedia **45** (May) (2013) 41-44  
 (<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.phpro.2013.04.047>).

**Precursor superconductivity and superconducting fluctuation regime revealed by the *c*-axis optical spectra of YBa<sub>2</sub>(Cu<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>)<sub>3</sub>O<sub>y</sub>**

E. Uykur<sup>d</sup>, K. Tanaka<sup>s</sup>, T. Masui, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>  
 Physica Procedia **45** (May) (2013) 37-40  
 (<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.phpro.2013.04.048>).

**Multi-frequency ESR in EuFe<sub>2</sub>As<sub>2</sub>**

M. Ikeda, T. Kobayashi<sup>d</sup>, W. Hirata<sup>m</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>, *et al.*  
 Journal of the Korean Physical Society **62** (No.12, June) (2013) 2007-2010  
 (<http://dx.doi.org/doi:10.3938/jkps.62.2007>).

**Suppression of Superconductivity around  $x = 0.5-0.7$  in LaFeP<sub>1-x</sub>As<sub>x</sub>O<sub>0.95</sub>F<sub>0.05</sub>**

K.T. Lai<sup>d</sup>, A. Takemori<sup>d</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>, *et al.*  
 JPS Conf. Proc. **1** (Mar.) (2014) 012104 1-4  
 (<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSCP.1.012104>).

**Single crystal growth of Nd-1111 iron pnictide superconductors by high pressure synthesis**

A. Takemori<sup>d</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>, *et al.*  
 JPS Conf. Proc. **1** (Mar.) (2014) 012111 1-4  
 (<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSCP.1.012111>).

**国際会議における講演等**

**Prediction of T<sub>c</sub> for superconductors: Experimental Viewpoint**

S. Tajima<sup>s\*</sup> (invited)  
 International Workshop of Computational Nano-Materials Design on Green Energy (Awaji, Japan, June16-19, 2013, 参加者数約 200 名),

**Two T<sub>c</sub>-rising mechanisms revealed by transport properties in iron pnictide superconductors**

S. Miyasaka<sup>s\*</sup> (invited)  
 Collaborative Conference on Materials Research (CCMR) 2013 (Jeju, Korea, June 23-28, 2013, 参加者数約 200 名), Korea

**Terahertz time-domain spectroscopy study on  $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$  (poster)**K. Tanaka<sup>s\*</sup>

Spectroscopy in Novel Superconductors (SNS2013) (Berkeley, California, USA, June 24-28 2013, 参加者数約 200 名), USA

**Single crystal growth of Nd-1111 iron pnictide superconductors by high pressure synthesis (poster)**A. Takemori<sup>d\*</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup> *et al.*

The 12th Asia Pacific Physics Conference (APPC12) (Chiba, Japan, July 14-19, 2013, 参加者数約 500 名),

**Suppression of Superconductivity around  $x = 0.5-0.7$  in  $\text{LaFeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}_{0.95}\text{F}_{0.05}$** K.T. Lai<sup>d\*</sup>, A. Takemori<sup>d</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>, *et al.*

The 12th Asia Pacific Physics Conference (APPC12) (Chiba, Japan, July 14-19, 2013, 参加者数約 500 名),

**Examination of Kinetic Energy Mechanism for High  $T_c$  Superconductivity**S. Tajima<sup>s\*</sup>, E. Uykur<sup>d</sup>, K. Tanaka<sup>s</sup>, T. Masui, S. Miyasaka<sup>s</sup> (invited)

Institute for Materials Research (IMR) Workshop "Superconductivity research advanced by new materials and spectroscopies" (Sendai, Japan, July 23-25, 2013, 参加者数約 200 名),

**Electronic Phase Diagram of the Cuprates Studied by  $c$ -axis Optical Spectra**S. Tajima<sup>s\*</sup> (invited)

Nordita Workshop on Superconductivity (Stockholm, Sweden, August 19, 2013, 参加者数約 200 名), Sweden

**Quantum critical behaviors near Mott transition due to 2- and 3-dimensional antiferromagnetic fluctuation in  $(\text{La}_{0.195}\text{Lu}_{0.805})_{1-x}\text{Ca}_x\text{VO}_3$  and  $\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{VO}_3$  (poster)**N. Sasaki<sup>m\*</sup>, K. Hemmi<sup>m</sup>, R. Fukuta<sup>m</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>, T. Takeuchi

The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (Tokyo, Japan, Aug. 5-9, 2013, 参加者数約 500 名),

**The annealing effect on electronic state and crystal structure in  $\text{SrFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$  ( $0 < x < 1$ ) (poster).**T. Kobayashi<sup>d\*</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>, *et al.*

The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (Tokyo, Japan, Aug. 5-9, 2013, 参加者数約 500 名),

**Quantum critical behaviors induced by 2-dimensional antiferromagnetic fluctuation near Mott transition in 3-dimensional perovskite vanadate**

S. Miyasaka<sup>s\*</sup>, K. Hemmi<sup>m</sup>, N. Sasaki<sup>m</sup>, R. Fukuta<sup>m</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>, *et al.*

The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (Tokyo, Japan, Aug. 5-9, 2013, 参加者数約 500 名),

**Crossover of the two electronic states in  $\text{LaFeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}_{1-y}\text{F}_y$**

K.T. Lai<sup>d\*</sup>, A. Takemori<sup>d</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup> *et al.*

The 26th International Superconductivity Symposium (ISS2013) (Tokyo, Japan, 18-20 Nov. 2013, 参加者数約 500 名),

**Crossover of the two electronic states in  $\text{LaFeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}_{1-y}\text{F}_y$**

K.T. Lai<sup>d\*</sup>, A. Takemori<sup>d</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup> *et al.*

International Workshop on Novel Superconductors and Super Materials 2013 (NS22013) (Tokyo, Japan, 21-23 Nov. 2013, 参加者数約 200 名),

**Reversal Resistivity Anisotropy in Hole Doped Iron Pnictide  $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{TM}_x)_2\text{As}_2$  (TM=Mn, Cr) (poster)**

T. Kobayashi<sup>d\*</sup>, T. Yamada<sup>m</sup>, K. Tanaka<sup>s</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>

1st KANSAI Nanoscience and Nanotechnology International Symposium (Osaka, Japan, 3-4 Feb. 2014, 参加者数約 200 名),

**Cr-doping Effect on Spin and Orbital Ordering in Geometrically Frustrated System  $\text{CaV}_2\text{O}_4$  (poster)**

T. Tokuhisa<sup>m\*</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup> *et al.*

1st KANSAI Nanoscience and Nanotechnology International Symposium (Osaka, Japan, 3-4 Feb. 2014, 参加者数約 200 名),

**The Control of Superconductivity by K and P Doping in  $\text{SrFe}_2\text{As}_2$  (poster)**

T. Adachi<sup>m\*</sup>, T. Kobayashi<sup>d</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup> *et al.*

1st KANSAI Nanoscience and Nanotechnology International Symposium (Osaka, Japan, 3-4 Feb. 2014, 参加者数約 200 名),

**Anisotropy reversal of in-plane in hole doped iron pnictide  $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{TM}_x)_2\text{As}_2$  (TM=Mn, Cr)**

T. Kobayashi<sup>d\*</sup>, T. Yamada<sup>m</sup>, K. Tanaka<sup>s</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>

APS March Meeting 2014 (Denver, USA, 3-7 March 2014, 参加者数約 1000 名), USA

**Transport properties of  $\text{LaFeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}_{1-y}\text{F}_y$ : Evidence for two superconducting states**

K.T. Lai<sup>d\*</sup>, A. Takemori<sup>d</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>

APS March Meeting 2014 (Denver, USA, 3-7 March 2014, 参加者数約 1000 名), USA

**Strong electronic correlations in iron pnictides: Comparison of the optical spectra for BaFe<sub>2</sub>As<sub>2</sub>-related compounds**

M. Nakajima<sup>s\*</sup> (invited)

APS March Meeting 2014 (Denver, USA, 3-7 March 2014, 参加者数約 1000 名), USA

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

**SrFe<sub>2</sub>As<sub>2</sub> における K, P 同時置換による超伝導抑制効果**

足立徹<sup>m\*</sup>, 小林 達也<sup>m</sup>, 宮坂 茂樹<sup>s</sup>, 田島 節子<sup>s</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 徳島大学、2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日)

**Relation between superconductivity and antiferromagnetic order/fluctuation around  $x = 0.5 - 0.7$  in LaFeP<sub>1-x</sub>As<sub>x</sub>O<sub>1-y</sub>F<sub>y</sub>**

K.T. Lai<sup>d\*</sup>, A. Takemori<sup>d</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>, *et al.*

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 徳島大学、2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日)

**Pseudogap behavior in the overdoped region of the cuprate superconductor YBa<sub>2</sub>(Cu,Zn)<sub>3</sub>O<sub>y</sub> revealed by the  $E//c$ -axis optical study**

E. Uykur<sup>d\*</sup>, K. Tanaka<sup>s</sup>, T. Masui, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 徳島大学、2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日)

**Discrepancy between electronic Raman scattering and angle-resolved photoemission spectroscopy in the superconducting state of underdoped Bi2212**

H.T. Nguyen<sup>d\*</sup>, K. Tanaka<sup>s</sup>, T. Masui, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>, T. Sasagawa

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 徳島大学、2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日)

鉄系超伝導体の電子相図

田島 節子<sup>s\*</sup> (招待講演)

京都大学基礎物理学研究所研究会「鉄系高温超伝導の物理～スピンと軌道の協奏～」(於 京都大学, 2013 年 10 月 8-9 日)

**Two Superconducting states in LaFeP<sub>1-x</sub>As<sub>x</sub>O<sub>1-y</sub>F<sub>y</sub> (poster)**

K.T. Lai<sup>d\*</sup>, A. Takemori<sup>d</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>, *et al.*

京都大学基礎物理学研究所研究会「鉄系高温超伝導の物理～スピンと軌道の協奏～」(於 京都大学, 2013 年 10 月 8-9 日)

鉄系超伝導体  $A(\text{Fe}_{1-x}\text{TM}_x)_2\text{As}_2$  ( $A=\text{Ba}, \text{Sr}, \text{TM}=\text{Co}, \text{Ni}, \text{Mn}, \text{Mo}, \text{Ru}$ ) における面内電気抵抗率異方性 (poster)

小林 達也 <sup>m\*</sup>, 山田 匠 <sup>m</sup>, 宮坂 茂樹 <sup>s</sup>, 田島 節子 <sup>s</sup>

京都大学基礎物理学研究所研究会「鉄系高温超伝導の物理～スピンと軌道の協奏～」(於京都大学, 2013年10月8-9日)

$\text{SrFe}_2\text{As}_2$  における K, P 同時置換による超伝導抑制効果 (poster)

足立徹 <sup>m\*</sup>, 小林 達也 <sup>m</sup>, 宮坂 茂樹 <sup>s</sup>, 田島 節子 <sup>s</sup>

京都大学基礎物理学研究所研究会「鉄系高温超伝導の物理～スピンと軌道の協奏～」(於京都大学, 2013年10月8-9日)

$\text{SmVO}_3$  の軌道秩序に対する Sm および V サイトの乱れの効果 (poster)

佐々木 直哉 <sup>m\*</sup>, 逸見 和宏 <sup>m</sup>, 福田 龍一郎 <sup>m</sup>, 宮坂 茂樹 <sup>s</sup>, 田島 節子 <sup>s</sup> 他

物構研サイエンスフェスタ 2013 (第5回 MLF シンポジウム、第31回 PF シンポジウム)  
(於つくば国際会議場, 2014年3月18-19日)

幾何学的フラストレーション系  $\text{CaV}_2\text{O}_4$  における磁気・軌道秩序への Cr 置換効果 (poster)

徳久太一 <sup>m\*</sup>, 宮坂 茂樹 <sup>s</sup>, 田島 節子 <sup>s</sup> 他

物構研サイエンスフェスタ 2013 (第5回 MLF シンポジウム、第31回 PF シンポジウム)  
(於つくば国際会議場, 2014年3月18-19日)

1111As/P 固溶系の軌道クロッシングに伴う2つのフェルミ面状態と  $T_c$  上昇機構

宮坂 茂樹 <sup>s\*</sup> (シンポジウム招待講演)

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

女子中高生への取り組み (夏の学校、関西科学塾)

田島 節子 <sup>s\*</sup> (シンポジウム招待講演)

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

銅酸化物高温超伝導体における電子ラマン散乱と角度分解光電子分光の直接比較

田中 清尚 <sup>s\*</sup>, H.T. Nguyen<sup>d</sup>, 増井 孝彦, 宮坂 茂樹 <sup>s</sup>, 田島 節子 <sup>s</sup>, 笹川 崇男

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

ホールドープした  $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{TM}_x)_2\text{As}_2$  ( $\text{TM}=\text{Mn}, \text{Cr}$ ) における面内電気抵抗率異方性の逆転

小林 達也 <sup>m\*</sup>, 山田 匠 <sup>m</sup>, 田中 清尚 <sup>s</sup>, 宮坂 茂樹 <sup>s</sup>, 田島 節子 <sup>s</sup>

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

$\text{AFe}_2(\text{As},\text{P})_2$  [ $A=\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}$ ] の電子相図における Ba/Sr, Sr/Ca 置換効果

中松 佑介 <sup>m\*</sup>, 小林 達也 <sup>m</sup>, 宮坂 茂樹 <sup>s</sup>, 田島 節子 <sup>s</sup>

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事

雪中閑話 - Bad Honnef 体験記

田島 節子<sup>s</sup>

固体物理 (2014年, vol.49, No.1, p.45)

高温超伝導の謎

田島 節子<sup>s</sup>

物理学ガイドインス (日本評論社) 2014年, p.98-108

## 1.8 豊田グループ

### 平成 25 年度の研究活動概要

#### はじめに

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

#### マルチターン飛行時間型質量分析計を中心としたプロジェクト

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

##### 1. マルチターン飛行時間型質量分析計を核とした分野横断型融合研究

当グループで開発した小型でありながら高分解能が得られるマルチターン飛行時間型質量分析計は、医学や歯学、環境科学などの様々な分野で広く用いることが可能である。理学研究科附属基礎理学プロジェクト研究センター学際理学部門を拠点として、大阪大学 e-square とも協力し、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。北海道大学農学研究院の波多野教授との共同研究で土壌から発生するガスの連続モニタリングシステムの開発を引き続き行い、1 分間隔で大気レベル (300ppb) の亜酸化窒素などの複数ガスを数時間～数日にかけて連続測定できるようになった。また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った。

##### 2. 超高分解能高速イメージング質量分析技術 (質量顕微鏡) の構築

マルチターン飛行時間型質量分析計の完全収束性を活かし、広い範囲を一度にイオン化し、マルチターン飛行時間型質量分析計で像を保持したまま高分解能質量分離後、検出器に像を結像させる、像投影方式のイメージング質量分析計の開発と、この装置の特長を活かした研究を行った。空間分解能 1 $\mu$ m 以下、質量分解能 1 万以上を達成している。本年度は、Cs や Sr の水溶液で育てた魚介類や稲のどの部位にどの元素が蓄積するのかを本装置で調べることに成功した。また、有機機能性材料の表面解析への応用の検討も工学研究科や企業との共同研究で行なっている。

## 3. 超高感度極微量質量分析システムの開発

集束イオンビーム、フェムト秒レーザーとマルチターン飛行時間型質量分析計を組み合わせた TOF-SIMS 装置を用いた月の石や隕石の局所 U-Pb 年代測定法の開発を宇宙地球科学専攻の寺田研と行い、U、Pb を本システムで検出できることを確認した。

## 共同研究

以下の共同研究を外部研究機関・企業と行っている。

1. アルカリ金属ターゲットを用いた多価イオンの電子移動解離(大阪府立大学理学研究科)
2. 小型マルチターン飛行時間型質量分析計の開発 (MSI.TOKYO(株))
3. 土壌から発生する温室効果ガスの連続モニタリング手法の確立(北海道大学農学研究院)
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)
5. 新しいイオン検出器の開発(浜松ホトニクス(株), KEK)
6. 残留ガス分析計の開発((株)堀場エステック)
7. 機能性材料の分析手法の開発(ダイキン工業(株))

## 学術雑誌に出版された論文

**Observation of Accumulated Metal Cation Distribution in Fish by Novel Stigmatic Imaging Time-of-Flight Mass Spectrometer**

J. Aoki, S. Ikeda<sup>b</sup> and M. Toyoda

J. Phys. Soc. Jpn. **83** (No.2, Feb) (2014) 023001

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.83.023001>).

## 国際会議における講演等

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

MULTUM-S II を用いた土壌から発生するガスのオンサイトモニタリング

阿南 貴大<sup>b\*</sup>, 新聞秀一・当真要, 波多野隆介, 橋床泰之, 青木順, 石原 盛男<sup>s</sup>, 豊田岐聡  
第 61 回質量分析総合討論会(2013)(於つくば国際会議場 エポカルつくば, 2013 年 9 月 10 日 - 9 月 12 日)

小型マルチターン飛行時間型質量分析計による歯肉溝滲出液の分析 (poster)

尾関 美穂<sup>b\*</sup>, 馬場健史, 新聞秀一, 村上伸也, 野崎剛徳, 豊田岐聡

第 61 回質量分析総合討論会(2013)(於つくば国際会議場 エポカルつくば, 2013 年 9 月



10日 - 9月12日)

飛行時間型質量分析計用の検出器のリニアリティ評価 (poster)

今岡 成章<sup>b\*</sup>, 小林浩之, 須山本比呂, 青木順, 豊田岐聡

第61回質量分析総合討論会(2013)(於つくば国際会議場 エポカルつくば, 2013年9月

10日 - 9月12日)

## 1.9 野末グループ

### 平成 25 年度の研究活動概要

多孔質結晶のゼオライトではナノメートルサイズの細孔が規則正しく配列しており、その体積の約半分は空隙で構成されている。この配列したナノ空間を提供するアルミノ珪酸塩骨格  $Al_mSi_nO_2(n+m)$  は共有結合により連結して非常に強固であり、その構造をほとんど変えずに様々なゲスト物質を大量に吸蔵したり放出したりできる。また、Al の数だけ負に帯電しており、骨格のすき間には交換可能な陽イオンが多数分布する。ゼオライトには様々な構造や組成のものがある。ゼオライトの空隙に吸着されている水分子をあらかじめ完全に脱水し、その細孔にアルカリ金属を様々な濃度で吸蔵させると、配列ナノ空間における多体  $s$  電子系を形成することができる。アルカリ金属は単純金属であり、その  $s$  電子の性質は自由電子で近似することが可能であり、非磁性元素に分類される。しかし、ゼオライト中での性質は元のアルカリ金属の  $s$  電子系とは全く異なっており、ゼオライト結晶とアルカリ金属の組み合わせとその吸蔵量に依存して新奇な性質が観測される。ゼオライト中の  $s$  電子にはナノメートルサイズの適度な局在性が与えられており、それが配列する結果、相関の強い  $s$  電子系が形成されて、強磁性や反強磁性などが現れる。また、電子格子相互作用 ( $s$  電子とイオンの変位との相互作用) と電子相関が関係した「強相関ポーラロン系」が形成され、非磁性の絶縁体や反強磁性の Mott 絶縁体や強磁性や、吸蔵量を増加させると突然金属に転移する現象が観測される。

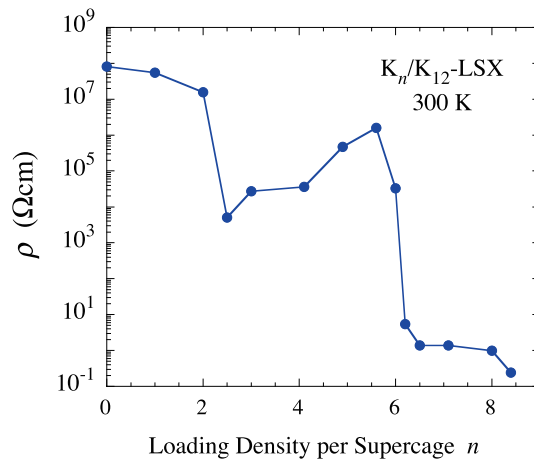
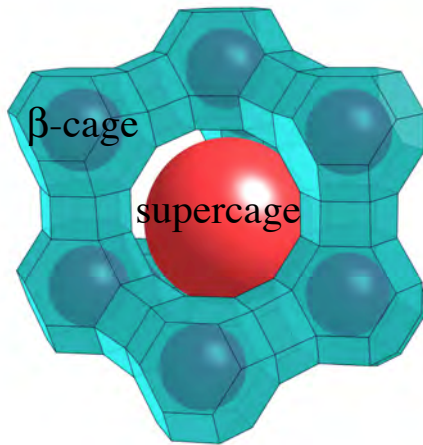


図 1.28: ゼオライト LSX の FAU 骨格構造と、その中に形成されたクラスタの模式図。

図 1.29: ゼオライト LSX に K 金属を平均  $n$  個吸蔵させた  $K_n/K_{12}$ -LSX の室温における電気抵抗。

それらの中で、細孔がダイヤモンド構造で配列した LSX (low-silica X) というゼオライトに着目して研究を行った。図 1.28 に示したように、LSX ゼオライトの FAU 骨格構造では、内径が約  $7\text{\AA}$  の  $\beta$ -cage が 2 重 6 員環でダイヤモンド構造で結合しており、その間には

内径が約  $13\text{\AA}$  の supercage が 12 員環を共有してダイヤモンド構造でつながっている。つまり、ふたつのダイヤモンド構造が入れ籠になった二重ダイヤモンド構造をとっている。LSX ゼオライトの陽イオンが全てカリウムの  $K_{12}$ -LSX (化学組成は  $K_{12}Al_{12}Si_{12}O_{24}$ ) に金属 K 原子を平均  $n$  個吸蔵した  $K_n/K_{12}$ -LSX を作成して、様々な測定を行った。平均吸蔵量  $n$  を増加させると、 $n = 2$  までは、非磁性の絶縁体が観測される。しかし、 $n = 2$  を超えると、突然、Curie 定数が増加し、 $n = 4$  に向かって減少する。同時に  $n = 2$  を超えると、図 1.29 に示したように、室温での電気抵抗率は突然減少する。ただし、その低温で電気抵抗率が顕著に上昇することから絶縁体状態にある。さらに  $n$  を増加させ、 $n = 6$  を超えると、突然電気抵抗が減少し、その温度依存性から金属に転移することがわかった。さらに  $n \approx 9$  付近ではフェリ磁性が観測される。

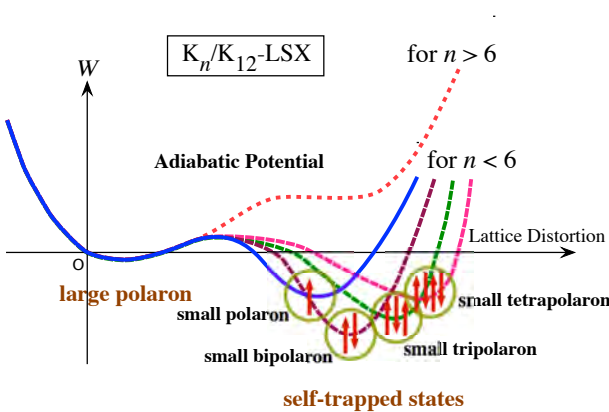


図 1.30:  $K_n/K_{12}$ -LSX における  $s$  電子のポーロン状態の断熱ポテンシャルの模式図。

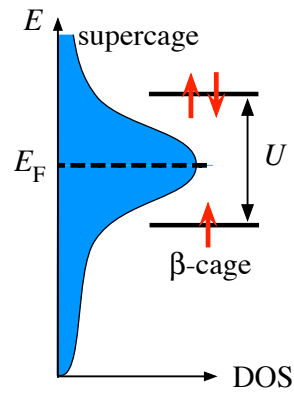


図 1.31: ゼオライト LSX 中の supercage の遍歴電子系と  $\beta$ -cage の局在電子状態の模式図。

このような性質がなぜ観測されるのかについて、「強相関ポーロン系」のモデルで磁性と伝導の説明を試みた。一般に変形ポテンシャル相互作用などの短距離の電子格子相互作用によって、電子は格子変位を伴ったポーロン状態となる。そのポーロンには、格子変位によって形成された局在ポテンシャルに量子力学的に束縛されたスモールポーロン状態と束縛条件を満たさないラージポーロンの 2 種類が存在する。断熱ポテンシャルにはその両者の間に障壁が存在する。ラージポーロンは遍歴し、伝導に寄与する。一方、スモールポーロンは深い格子変位を引きずるため、見かけの質量は重く、ほとんど伝導に寄与しない。電子格子相互作用の強さに依存して、どちらのポーロンが安定なのかが変化し、電子をドーピングしても絶縁体になったり金属になったりする物質が存在する。さらにスモールポーロン同士の相互作用も考える必要がある。もし、ふたつのスモールポーロンが接近して、その中に含まれるふたつの電子間のクーロン斥力エネルギーが、ふたつの電子によって形成される電子格子相互作用によるポテンシャルよりも大きければ、スモールバイポーロンは不安定状態となり、スモールポーロンが形成されて、その磁気モーメントが観測される。しかし、図 1.30 に示したように、電子格子相互作用が強ければ、ふたつの電子を束縛したスモールバイポーロンが安定化され、一重項を形成して磁気モーメントは観測されな

い。そこで、 $n < 2$ においては、各 supercage にはスモールバイポーラロンが形成されて閉殻構造をとり、非磁性の絶縁体状態が実現したと考えられる。 $n$ を増やすと、スモールポーラロンの次の量子準位を電子が占有し、 $n = 3$ ではスモール・トリポーラロンが形成されると考えれば、磁気モーメントの観測とホッピング伝導による電気抵抗の低下が説明できる。その際、スモール・トリポーラロンはスモール・テトラポーラロンより安定であると考えられる必要がある。 $n$ をさらに増やすと、いずれ、多重スモールバイポーラロン状態は不安定になり、ラージポーラロンが安定になって、金属に転移することが説明できる。

一方、 $n \approx 9$ 付近でのフェリ磁性を説明するためには、少なくともふたつの非等価な磁気副格子を仮定し、その間の反強磁性相互作用を考える必要がある。最も単純なモデルは、それぞれダイヤモンド構造で配列した  $\beta$ -cage と supercage に形成された磁気副格子が考えられる。 $n$ を増やすと supercage のネットワークの  $s$  電子系のフェルミエネルギーが上昇し、図 1.31 に示したように、 $\beta$ -cage にも  $s$  電子が分布する。また、supercage の遍歴電子系は、バンド幅が狭く、フェルミエネルギーが状態密度の高い所にあれば、遍歴電子強磁性状態を形成しやすくなる。同時に  $\beta$ -cage に分布した磁気モーメントとの反強磁性相互作用は期待できるので、supercage の遍歴電子系は、より強磁性状態が安定化されることが期待される。 $\beta$ -cage 間は 2 重 6 員環で隔てられているので、直接相互作用は期待できないが、1 重 6 員環で接する supercage との反強磁性相互作用は期待されるので、それによってふたつの非等価な磁気副格子が形成されて、フェリ磁性が発現することが考えられる。

これらの性質は、アルカリイオンに Na を含めることで劇的な変化が起こることが観測されており、磁性と伝導が強く関連した「強相関ポーラロン系」のモデルで説明が試みられている。

#### 学術雑誌に出版された論文

##### Exotic magnetism of s-electron cluster arrays: ferromagnetism, ferrimagnetism and antiferromagnetism

T. Nakano<sup>s</sup>, N. H. Nam, T. C. Duan, D. T. Hanh<sup>p</sup>, S. Araki and Y. Nozue<sup>s</sup>  
 J. Korean Phys. Soc. **63** (2013) 699-705.  
 (<http://dx.doi.org/doi:10.3938/jkps.63.699>).

##### Antiferromagnetic Phase Transition of K-Rb Alloy Nanoclusters Incorporated in Sodalite

T. Nakano<sup>s</sup>, Y. Ishida<sup>m</sup>, A. Hanazawa<sup>m</sup> and Y. Nozue<sup>s</sup>  
 J. Korean Phys. Soc. **62** (2013) 2197-2201.  
 (<http://dx.doi.org/doi:10.3938/jkps.62.2197>).

##### Insulator-to-Metal Transition and Magnetism of Potassium Metals Loaded into Regular Cages of Zeolite LSX

T. Nakano<sup>s</sup>, D. T. Hanh<sup>p</sup>, N. H. Nam, A. Owaki<sup>m</sup>, S. Araki and Y. Nozue<sup>s</sup>  
 J. Korean Phys. Soc. **63** (2013) 512-516.

(<http://dx.doi.org/doi:10.3938/jkps.63.512>).

**The change of electronic state and crystal structure by post-annealing in superconducting  $\text{SrFe}_2(\text{As}_{0.65}\text{P}_{0.35})_2$**

T. Kobayashi<sup>d</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>, T. Nakano<sup>s</sup>, Y. Nozue<sup>s</sup>, N. Chikumoto, H. Nakao, R. Kumai, and Y. Murakami

Phys. Rev. B **87** (2013) 174520-1 4.

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.87.174520>).

**Antiferromagnetic resonance in alkali-metal clusters in sodalite**

T. Nakano<sup>s</sup>, H. Tsugeno, A. Hanazawa<sup>m</sup>, T. Kashiwagi, Y. Nozue<sup>s</sup> and M. Hagiwara

Phys. Rev. B **88** (2013) 174401-1 9.

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.88.174401>).

**ゼオライトの配列ナノ空間を利用したエキゾチックな電子系：スーパーアトム結晶**

野末泰夫<sup>s</sup>, 中野岳仁<sup>s</sup>

ゼオライト **30** (2013) 133-141..

**国際会議における講演等**

**Ferromagnetic properties of Na-K alloy clusters in Na-rich low-silica X zeolite**

L. M. Kien<sup>d\*</sup>, T. Goto<sup>d</sup>, D. T. Hanh<sup>p</sup>, T. Nakano<sup>s</sup>, and Y. Nozue<sup>s</sup>

The International Symposium on Research Frontiers of Physics, Earth and Space Science (ISRF), (at Osaka University, Toyonaka, Japan, December 17-18, 2013, 参加者数約 300 名),

**Insulator-to-metal transition in potassium loaded zeolite P**

G. P. Hettiarachchi<sup>d\*</sup>, T. Nakano<sup>s</sup>, M. N. M. Muhid, H. Hamdan and Y. Nozue<sup>s</sup>

The International Symposium on Research Frontiers of Physics, Earth and Space Science (ISRF), (at Osaka University, Toyonaka, Japan, December 17-18, 2013, 参加者数約 300 名),

**Mott insulating antiferromagnetic state and metallic transition in alkali-metal nanoclusters arrayed in sodalite**

T. Nakano<sup>s\*</sup>, M. Matsuura, A. Hanazawa<sup>m</sup>, Y. Ishida<sup>m</sup>, K. Tanibe<sup>m</sup>. I. Watanabe and Y. Nozue<sup>s</sup>

The International Symposium on Research Frontiers of Physics, Earth and Space Science (ISRF), (at Osaka University, Toyonaka, Japan, December 17-18, 2013, 参加者数約 300 名),

**<sup>40</sup>K Mössbauer spectroscopy by synchrotron radiation on antiferromagnetic potassium nanoclusters in sodalite**

T. Nakano<sup>s\*</sup>, N. Fukuda<sup>m</sup>, M. Seto, Y. Kobayashi, R. Masuda, Y. Yoda, M. Ogura<sup>s</sup>, M. Mihara<sup>s</sup> and Y. Nozue<sup>s</sup>

International Conference on the Applications of the Mössbauer Effect (ICAME2013) (at Opatija, Croatia, September 3, 2013, 参加者数約 300 名, Croatia)

**Neutron diffraction and optical studies on antiferromagnetic Na and K nanoclusters incorporated into sodalite**

T. Nakano<sup>s\*</sup>, A. Hanazawa<sup>m</sup>, M. Matsuura, K. Watanabe, K. Hirota, and Y. Nozue<sup>s</sup>

International Conference on Neutron Scattering (ICNS2013), (at Edinburgh, UK, July 09, 2013, 参加者数約 1000 名, UK)

**Instability of antiferromagnetism and insulator-to-metal transition in alkali metal clusters incorporated into sodalite**

T. Nakano<sup>s\*</sup>, Y. Ishida<sup>m</sup>, T. Ikeda and Y. Nozue<sup>s</sup>

International Symposium on Intercalation Compounds (ISIC17), (at Sendai, Japan, May 13-16, 2013, 参加者数約 350 名),

**Optical and Magnetic Properties of Potassium Clusters in Zeolite P**

G. P. Hettiarachchi<sup>d\*</sup>, T. Nakano<sup>s</sup>, Y. Masaki<sup>m</sup>, M. N. M. Muhid, H. Hamdan and Y. Nozue<sup>s</sup>

International Symposium on Intercalation Compounds (ISIC17), (at Sendai, Japan, May 13-16, 2013, 参加者数約 350 名),

**Optical Properties of Electrons Confined in Main Channels of Zeolite L Loaded with Potassium**

F. T. Thi<sup>d\*</sup>, T. Nakano<sup>s</sup> and Y. Nozue<sup>s</sup>

International Symposium on Intercalation Compounds (ISIC17), (at Sendai, Japan, May 13-16, 2013, 参加者数約 350 名),

**Magnetic Properties of Na-K Alloy Clusters Incorporated in Low-Silica X Zeolite at Higher Na-concentrations**

L. M. Kien<sup>d\*</sup>, T. Goto<sup>d</sup>, D. T. Hanh<sup>p</sup>, T. Nakano<sup>s</sup>, Y. Nozue<sup>s</sup>

International Symposium on Intercalation Compounds (ISIC17), (at Sendai, Japan, May 13-16, 2013, 参加者数約 350 名),

**Exotic Electronic Properties of Alkali Metal Clusters Arrayed in Zeolite Crystals**

T. Nakano<sup>s</sup> and Y. Nozue<sup>s\*</sup> (invited)

International Symposium on Intercalation Compounds (ISIC17), (at Sendai, Japan, May 13-16, 2013, 参加者数約 350 名),

#### **Insulator-to-metal transition in potassium loaded zeolite P**

G. P. Hettiarachchi<sup>d\*</sup>, T. Nakano<sup>s</sup>, M. N. M. Muhid, H. Hamdan and Y. Nozue<sup>s</sup>

International Symposium on Frontiers in Materials Science (ISFMS2013), (at Hanoi, Vietnam, November 17-19, 2013, 参加者数約 200 名), Vietnam

#### **Magnetic properties of Na-K alloy clusters in Na-rich low-silica X zeolite**

L. M. Kien<sup>d\*</sup>, T. Goto<sup>d</sup>, D. T. Hanh<sup>p</sup>, T. Nakano<sup>s</sup> and Y. Nozue<sup>s</sup>

International Symposium on Frontiers in Materials Science (ISFMS2013), (at Hanoi, Vietnam, November 17-19, 2013, 参加者数約 200 名), Vietnam

#### **Exotic Electronic Properties of Alkali Metals in Regular Nanospace of Zeolite Crystals**

T. Nakano<sup>s</sup> and Y. Nozue<sup>s\*</sup> (invited)

International Symposium on Frontiers in Materials Science (ISFMS2013), (at Hanoi, Vietnam, November 17-19, 2013, 参加者数約 200 名), Vietnam

#### **Novel properties of s-electrons confined in regular nanospace of zeolite crystals**

T. Nakano<sup>s\*</sup> (invited)

Vietnamese-Japanese Students' Scientific Exchange Meeting (VJSE2013), (Nakanoshima, Osaka, Japan, September 23, 2013, 参加者数約 300 名),

#### **Novel electronic properties of alkali-metal clusters in regular nanospace of zeolite crystals**

T. Nakano<sup>s\*</sup> and Y. Nozue<sup>s</sup> (invited)

Collaborative Conference on Materials Research (CCMR2013), (at Jeju, Korea, June 26, 2013, 参加者数約 300 名), Korea

日本物理学会，応用物理学会等における講演

#### **Ba<sub>3</sub>CuSb<sub>2</sub>O<sub>9</sub> の強磁場多周波 ESR**

萩原政幸<sup>\*</sup>，韓一波，木村健太，久我健太郎<sup>B</sup>，中辻知，中野岳仁<sup>s</sup>，野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会（於 徳島大学、2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日）

#### **ソーダライト中の K クラスタの中性子磁気回折**

中野岳仁<sup>s\*</sup>，松浦直人，花澤宏文<sup>m</sup>，廣田和馬，野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 徳島大学、2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日)

ソーダライト中の K および K-Rb 合金クラスターの反強磁性共鳴

中野岳仁<sup>s\*</sup>, 告野元, 花澤宏文<sup>m</sup>, 柏木隆成, 野末泰夫<sup>s</sup>, 萩原政幸

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 徳島大学、2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日)

ゼオライト LSX 中の Na-K 合金クラスター (高 Na 含有) の磁性と電気伝導 II

L. M. Kien<sup>d\*</sup>, 後藤輝生<sup>d</sup>, D. T. Hanh<sup>p</sup>, 中野岳仁<sup>s</sup>, 野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 徳島大学、2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日)

ゼオライト P 中の K および Rb クラスターの電気伝導と ESR

G. P. Hettiarachchi<sup>d\*</sup>, 正木勇輔<sup>m</sup>, M. M. Muhid<sup>A</sup>, H. Hamdan, 中野岳仁<sup>s</sup>, 野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 徳島大学、2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日)

Rb を吸蔵したゼオライト LSX の物性

後藤輝生<sup>d\*</sup>, 山口青輝<sup>b</sup>, ル・マン・キエン<sup>d</sup>, ズオン・ティ・ハン<sup>p</sup>, 中野岳仁<sup>s</sup>, 野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 徳島大学、2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日)

チャンネル型ゼオライト L に吸蔵した Rb の物性

ファム・タン・ティ<sup>d\*</sup>, 中野岳仁<sup>s</sup>, 野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 徳島大学、2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日)

ゼオライト LSX 中の Na-K 合金クラスターが示すフェリ磁性の He による圧力効果

中野岳仁<sup>s\*</sup>, G. P. Hettiarachchi<sup>d</sup>, 石井康之, 渡邊功雄, 野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学、2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

ゼオライト LSX 中の Na-K 合金クラスターの光学的性質と磁性

L. M. Kien<sup>d\*</sup>, 後藤輝生<sup>d</sup>, D. T. Hanh<sup>p</sup>, 中野岳仁<sup>s</sup>, 野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学、2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

Rb を吸蔵したゼオライト P における g 因子の大きなシフト

G. P. Hettiarachchi<sup>d\*</sup>, 正木勇輔<sup>m</sup>, M. N. M. Muhid, H. Hamdan, 中野岳仁<sup>s</sup>, 野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学、2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

Rb を吸蔵したゼオライト LSX の物性 II

後藤輝生<sup>d\*</sup>, ル・マン・キエン<sup>d</sup>, ズオン・ティ・ハン<sup>p</sup>, 中野岳仁<sup>s</sup>, 野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学、2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)



## 1.10 花咲グループ

### 平成 25 年度の研究活動概要

はじめに 2013 年度末に河野日出夫氏が高知工科大学の教授へ栄転され、構成員は 3 名から 2 名になった。

マグネトプランバイト型酸化物における電子質量の増大 超臨界状態における水熱合成法により新しい物質の探索を行っている。この方法により、マグネトプランバイト型酸化物  $\text{Li}_2\text{Na}_x\text{K}_{1-x}\text{V}_{10}\text{O}_{19}$  を作製する事ができる。本物質ではバナジウム原子がカゴメ格子を形成しているが、2重のカゴメ格子が積み重なった構造をしている。フラストレート格子系には珍しく低温まで金属的な挙動を示す。また電子比熱係数は約  $34(\text{mJ}/\text{K}^2\text{mol})$  という比較的大きな値を示す。アルカリ金属の比率  $x \approx 0.6$  付近で電子質量が 2 倍以上に増強される事が分かった。バナジウム原子がカゴメ格子を形成しているが、比率  $x$  を変えていくとバナジウム原子が変位していき、カゴメ格子の各三角形の大小関係が連続的に変化していく事が放射光 X 線回折から分かった。カゴメ格子は特異なバンド構造を持つ事が知られている。本物質の電子質量の増大効果もカゴメ格子に特徴的なバンド構造の変化がもたらしたと考えられる。

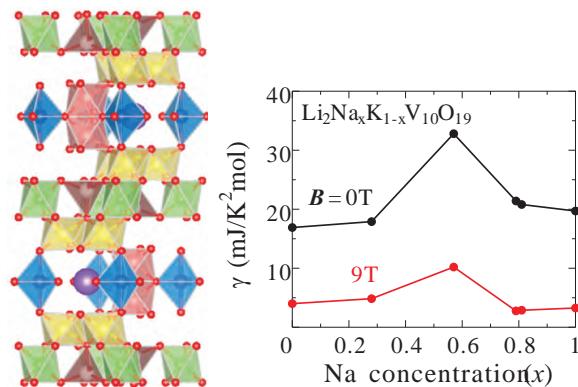


図 1.32: (左)  $\text{Li}_2\text{Na}_x\text{K}_{1-x}\text{V}_{10}\text{O}_{19}$  の結晶構造 (右) 電子比熱係数

パイロクロア型酸化物におけるフラストレーション効果 パイロクロア格子系では、スピンアイス状態などフラストレーション効果に起因した興味深い現象が期待される。アイスの秩序 (2-in 2-out 配置) をスピン自由度を格子や電荷等の他の自由度に置き換える研究を目指している。そこで、ニオブ酸化物  $\text{NdCaNb}_2\text{O}_7, \text{YCaNb}_2\text{O}_7$  の結晶を FZ 法等を用いて作製した。X 線の Nb 吸収端から Nb 価数が 4.5 価付近であることを確かめた。次に原子の 2 体相関を調べるため、Nb 吸収端の EXAFS の測定を行った。その結果、Nb-O 間に対応するピークと Nb-Nb 間に対応するピークを観測した。前者のピーク強度は理想的なパイロクロア構造の場合に比べて低くなっていたが、これはシミュレーションから Nb 原子が Nb 四面体の中心方向に変位している事が分かった。後者のピークは 2 つに分離していたが、シミュレーションから Nb 原子が 2-in or 2-out の

様に変位している事が分かってきた。また単結晶 X 線回折を行ったが、(600) や (200) の周囲に広く分布する散漫散乱が観測された。理想的なパイロクロア構造においては、各 Nb 原子の等価性に起因して (600) 反射や (200) 反射は禁止されている。上記の散漫散乱は 4 面体を形成している Nb 原子が非等価になっている事を示唆していると考えられる。さらに高温下で測定すると、この X 線散漫散乱は約 500 K で消失する事が分かった。これは Nb 原子の秩序がこの転移温度以下で生じている事を示しており、この温度領域で電気抵抗の折れ曲がりや、熱物性の異常も見つかった。次に、この散漫散乱が示す局所秩序が本当に Nb 原子に由来するのかを明らかにするため、散漫散乱について共鳴 X 線回折を測定した。その結果、NbL 端において顕著なスペクトル構造を観測し、確かに Nb 原子に起因する事を明らかにした。さらに Nb 価数が異なる物質との比較から、Nb の価数に不均一性はない事も分かった。以上より、500 K 以下で Nb 原子が 2-in or 2-out の様に変位するが、この変位は局所的もしくは短距離的な秩序をしていると結論づけられた。

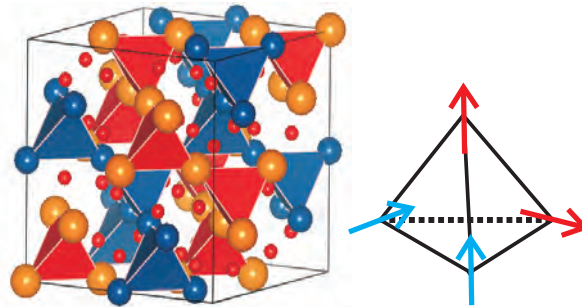


図 1.33: (左) パイロクロア型酸化物の結晶構造 (右) 2-in (青矢印) 2-out (赤矢印) の様子

多重成長カーボンナノチューブの生成パラメータ最適化 多層カーボンナノチューブの成長が coaxial に多重に起こる現象を見出した。さらに、多重成長のパラメータとして原料炭素の量と成長温度を選び、最適化を行なった。これにより、結晶性の良い多重構造ナノチューブを形成することが可能となった。

カーボンナノ四面体/ナノリボンのジュール加熱 カーボンナノチューブが潰れるとナノリボンができる。さらに、その潰れる方向が途中で変ることにより、そこにナノ四面体が形成する。我々はこのカーボンナノ四面体/ナノリボンのジュール加熱を行ない、その様子を透過型電子顕微鏡その場観察した。この構造の熱的安定性を明らかにした。

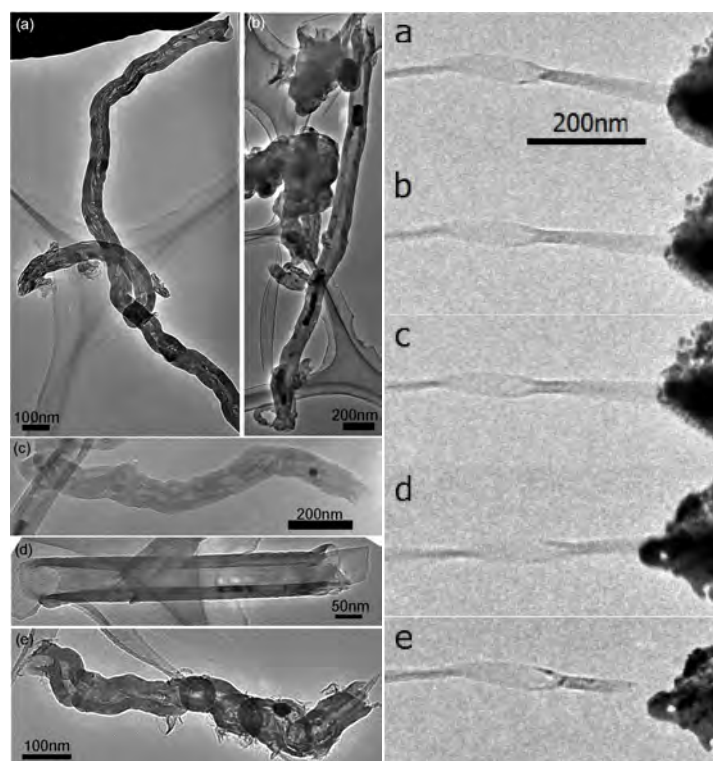


図 1.34: (左) カーボンナノチューブ多重成長の生成温度依存性、(右) カーボンナノ四面体/ナノリボンのジュール加熱の TEM その場観察

#### 学術雑誌に出版された論文

##### Ligand and Charge Dependence for Absorption Edge in XANES spectra of TPP[Fe(Pc)L<sub>2</sub>]<sub>2</sub> systems

K. Takahashi, A. Watanabe, K. Niki, N. Hanasaki<sup>s</sup>, A. Kanda<sup>m</sup>, and T. Fujikawa

JPS Conference Proceedings **1** (2014) 012108/1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JSPCP.1.012108>).

##### Magnetoelectric Effect in FeSb<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Single Crystals

A. Iyama, Y. Wakabayashi, N. Hanasaki<sup>s</sup>, and T. Kimura

Japanese Journal of Applied Physics **53** (2014) 05FB02/1-3

(<http://dx.doi.org/doi:10.7567/JJAP.53.05FB02>).

##### Multi-walled carbon nanotube growth in multi-walled carbon nanotubes by chemical vapor deposition

T. Hasegawa<sup>m</sup>, D. J. Arenas, and H. Kohno<sup>s</sup>

Accepted for publication in J. Nanoscience and Nanotechnology (2014).

**Evolution of two-dimensional antiferromagnetism with temperature and magnetic field in multiferroic Ba<sub>2</sub>CoGe<sub>2</sub>O<sub>7</sub>**

V. Hutanu, A. P. Sazonov, M. Meven G.Roth, A. Gukasov, H. Murakawa<sup>s</sup>, Y. Tokura, D. Szaller, S. Bordács, I. Kézsmárki, V. K. Guduru, L. C. Peters, U. Zeltler, J. Romhányi, and Náfrádl

Phys. Rev. B **89** (2014) 064403/1-9

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.89.064403>).

**One-way transparency of four-coloured spin-wave excitations in multiferroic materials**

I. Kézsmárki, D. Szaller, S. Bordács, V. Kocsis, Y. Tokunaga, Y. Taguchi, H. Murakawa<sup>s</sup>, Y. Tokura, H. Engelkamp, T. Rõöm, and U. Nagel

Nature Communications **5** (2014) 3203/1-9

(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/ncomms4203>).

**Metamagnetic Transition and Its related Magnetocapacitance Effect in Phthalocyanine-Molecular Conductor Exhibiting Giant Magnetoresistance**

N. Hanasaki<sup>s</sup>, T. Tateishi, H. Tajima, M. Kimata, M. Tokunaga, M. Matsuda, A. Kanda<sup>m</sup>, H. Murakawa<sup>s</sup>, T. Naito, and T. Inabe

Journal of the Physical Society of Japan **82** (2013) 094713/1-5

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.82.094713>).

**Stepwise displacement of catalytically active gold nanoparticles on cerium oxide**

Y. Kuwauchi<sup>d</sup>, S. Takeda, H. Yoshida, K. Sun, M. Haruta, and H. Kohno<sup>s</sup>

Nano Letters **13** (2013) 3073-3077

(<http://dx.doi.org/doi:10.1021/nl400919c>).

**Detection of Berry's Phase in a Bulk Rashba Semiconductor**

H. Murakawa<sup>s</sup>, M. S. Bahramy, M. Tokunaga, Y. Kohama, C. Bell, Y. Kaneko, N. Nagaosa, H. Y. Hwang, and Y. Tokura

Science **342** (2013) 1490-1493

(<http://dx.doi.org/doi:10.1126/science.1242247>).

**Landau Level Spectroscopy of Dirac Electrons in a Polar Semiconductor with Giant Rashba Spin Splitting**

S. Bordács, J. G. Checkelsky, H. Murakawa<sup>s</sup>, H. Y. Hwang, and Y. Tokura

Phys. Rev. Lett. **111** (2013) 166403/1-5

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.111.166403>).

**Magnetophotocurrent in BiTeI with Rashba spin-split bands**

N. Ogawa, M. S. Bahramy, H. Murakawa<sup>s</sup>, Y. Kaneko, and Y. Tokura

Phys. Rev. B **88** (2014) 035130/1-7

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.88.035130>).

**国際会議における講演等**

**Magnetic-Field-Induced Suppression of Charge Order in Phthalocyanine-molecular Conductor Exhibiting Giant Magnetoresistance**

N. Hanasaki<sup>s\*</sup>, Y. Nogami, M. Matsuda, H. Tajima, and T. Inabe

International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2013, (Tokyo, Aug. 5 - Aug. 9, 2013, 参加者数約 700 人),

**Formation Mechanism of Carbon Nano-Ribbons/Tetrahedra via Collapse of Multiwalled Carbon Nanotubes**

H. Kohno<sup>s\*</sup>, T. Komine<sup>m</sup>, and S. Ichikawa

MNC2013, Nov. 5 - Dec. 8, 2013,

**Thermoelectric Properties in Hexagonal Barium Titanates**

S. Tsuchihashi<sup>m\*</sup>, A. Kanda<sup>m</sup>, H. Murakawa<sup>s</sup> and N. Hanasaki<sup>s</sup>

International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2013, (Tokyo, Aug. 5 - Aug. 9, 2013, 参加者数約 700 人),

**Fe K-edge XANES analysis of Dicyano(phthalocyaninato)iron Compounds with multiple scattering theory**

K. Takahashi<sup>\*</sup>, A. Watanabe, K. Niki, N. Hanasaki<sup>s</sup>, and T. Fujikawa

The 12th Asia Pacific Physics Conference(APPC12), (Chiba, July 14 - July 19, 2013),

**Intermolecular Interaction Causing Giant Magnetoresistance in Phthalocyanine-Molecular Conductor**

A. Kanda<sup>m\*</sup>

International Research Frontier of Physics, Earth and Space Science, (Osaka, Dec. 17 - Dec. 18, 2013, 参加者数約 200 人),

**Enhancement of Electronic Specific Heat by Trimer Order Melting in Magnetoplumbite-type Vanadium Oxides  $\text{Li}_2\text{Na}_x\text{K}_{1-x}\text{V}_{10}\text{O}_{19}$**

N. Sawai<sup>m\*</sup>

International Research Frontier of Physics, Earth and Space Science, (Osaka, Dec. 17 - Dec. 18, 2013, 参加者数約 200 人),

#### 日本物理学会, 応用物理学会等における講演

巨大磁気抵抗効果を誘起するフタロシアニン分子伝導体の分子内相互作用

神田成慶<sup>m\*</sup>, 池田光雄<sup>b</sup>, 村川寛<sup>s</sup>, 松田真生, 花咲徳亮<sup>s</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

カーボンナノチューブ sheath-core 連続成長の発現条件と最適成長条件

長谷川駿行<sup>m\*</sup>, D. J. Arenas, 河野日出夫<sup>s</sup>

応用物理学会、東海大学、2014 年 3 月

マグネットブランバイト型  $\text{Li}_2\text{Na}_x\text{K}_{1-x}\text{V}_{10}\text{O}_{19}$  の軌道揺らぎによる電子比熱係数の増大

澤井直樹<sup>m\*</sup>, 徳山達郎, 村川寛<sup>s</sup>, 野上由夫, 中尾裕則, 花咲徳亮<sup>s</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 徳島大学、2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日)

カーボンナノチューブ中におけるカーボンナノチューブ CVD 成長

長谷川駿行<sup>m\*</sup>, 河野日出夫<sup>s</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 徳島大学、2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日)

カーボンナノチューブの自発的潰れによるナノリボンおよびナノテトラヘドロン形成

河野日出夫<sup>s\*</sup>, 小峯 拓也<sup>m</sup>, 長谷川駿行<sup>m</sup>, 市川聡

日本顕微鏡学会、大阪、2013 年 5 月

分子性物質と強相関係物質の研究を通じて (招待講演)

花咲徳亮<sup>s\*</sup>

千葉大学先進科学センター依頼講演、千葉大学、2013 年 5 月 10 日

## 1.11 素粒子理論グループ

### 平成 25 年度の研究活動概要

#### ゲージ・ヒッグス統合理論における LHC シグナル

ヒッグスポゾンが LHC で発見されたがその正体はまだ不明だ。細谷は、我々の時空に 5 次元目があり、ヒッグスポゾンはゲージ場の一部で、相互作用の結果、ゲージ対称性そのものが破れるという細谷機構を 1983 年に提唱した。細谷、折笠、幡中 (KIAS)、下谷、船津は、この細谷機構を電弱統合理論に適用し、 $m_H = 126 \text{ GeV}$  を実現する  $SO(5) \times U(1)$  ゲージ・ヒッグス統合理論を構成した。AB 位相と新粒子の質量との間には普遍性 (Universality) がある。8 TeV の LHC 実験では、 $H \rightarrow \gamma\gamma$  の崩壊を含め、標準理論とほぼ等しい結果を与える。来年から始まる 14 TeV の LHC 実験では、ゲージ・ヒッグス統合理論は 4 TeV–8 TeV 領域で  $\mu^+\mu^-$  対に崩壊する  $Z'$  粒子 ( $Z'_R, Z^{(1)}, \gamma^{(1)}$ ) を予言する。(図 1.35 参照)

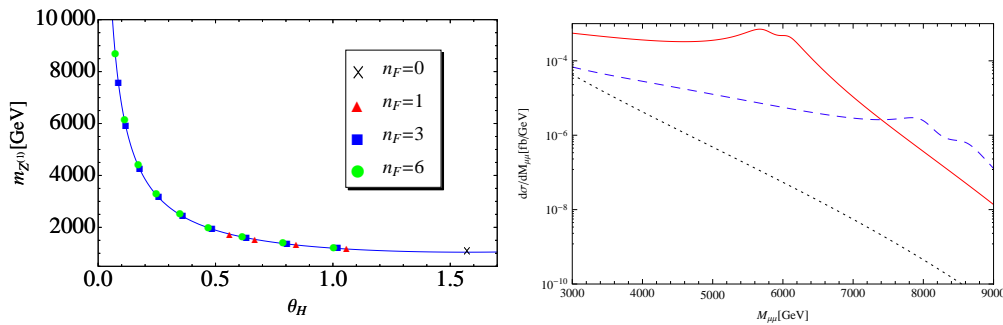


図 1.35: 左:  $m_{Z^{(1)}}(\theta_H)$  にみる Universality (普遍性)。右:  $\mu^+\mu^-$  対による  $Z'$  探索。赤実線:  $\theta_H = 0.114$ , 青点線:  $\theta_H = 0.073$ , 細かい黒点線 – 標準模型。

#### 格子ゲージ理論における細谷機構の確立

細谷機構は、ゲージ対称性を自発的に余剰次元の量子効果で破るメカニズムである。細谷は野秋 (KEK)、Cossu (KEK)、幡中 (KIAS) と共に、この細谷機構を格子ゲージ理論における数値シミュレーションで詳細に調べた。 $SU(3)$  モデルで、adjoint fermion がある場合、Polyakov loop の固有値分布や感受率を詳細に調べ、摂動論で予期されている対称性の破れが格子シミュレーションでも実現されていることを強く示す結果を得た。

#### 境界条件の動力学

オービフォールド上で構築されるゲージ・ヒッグス統合理論では、境界条件が重要な働きをする。しかし、この境界条件は、これまで都合の良いものが仮定されてきた。山本は、境界条件を動力的に選び出すメカニズムを提唱した。 $SU(5)$  ゲージ理論では、この動力学により、対称性が  $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ , または  $SU(2) \times SU(2) \times U(1) \times U(1)$  に破れることが示された。



### s+d 波ホログラフィック超伝導モデルの解析

西田は s+d 波ホログラフィック超伝導モデルとして、4次元 AdS ブラックホール上に U(1) ゲージ場、スカラー場、テンソル場、およびそれらの間の 4 次のカップリングを考慮した重力モデルをプロプリミットで調べた。解析の結果、このモデルの相図は 4 つの相や三重点などの特徴を持った興味深い相図になることが分かった。

### 蜂の巣格子上の強束縛電子系の研究

弘津、大野木、および Mainz 大学の新谷は蜂の巣格子上の強束縛電子系に隠れた厳密なフレーバーカイラルフェル対称性が存在する事を明らかにし、その具体的な表式を与えた。この研究はグラフェンのギャップの安定性に対する新しい見方を与える点で重要である。

### QCD のシュインガー効果の解明

橋本は岡隆史氏(東大工)と共同で、 $\mathcal{N} = 2$  超対称 QCD の強結合極限について AdS/CFT 対応を用いることで、強い電場の下でのクォーク・反クォーク対の生成の確率を計算した。この超対称 QCD における非摂動的なオイラーハイゼンベルグ作用(非線形電磁気学)を導出した。QCD の閉じ込めポテンシャルのため、ある一定の電場の値以上にならないと生成が起こらないことを発見した。この臨界値はクォーク閉じ込め力と完全に一致した(図 1.36 参照)。また、強い電場の極限では QED における電場不安定性との共通点などを見いだした。電場が時間依存する場合も調べられた(図 1.37 参照)。ある時刻から電場を入れると、早い時刻で系が熱化することが AdS/CFT から計算された。重イオン衝突実験との関連が議論された。

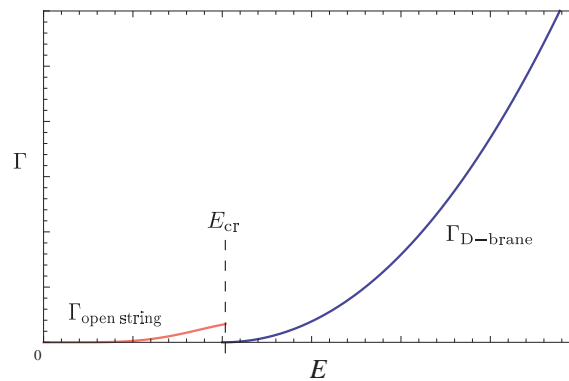


図 1.36: 超対称 QCD において、定電場  $E$  を上げていくと、真空の崩壊確率  $\Gamma$  が大きくなる様子。黒実線は AdS/CFT を用いた D プレーン作用の評価の結果。赤線は従来研究によるインスタントン補正。

### QCD のシュインガー効果における磁場不安定性

橋本と園田は引き続き、岡隆史氏(東大工)と共同で、電場に加えて強い磁場もある場合についても同じ  $\mathcal{N} = 2$  超対称 QCD において計算を実行した。磁場が加わることで、電場だけの場合には無かった大きな不安定性を発見し、この不安定性は QED の場合に期待されているものと一致することを示した。また、温度や電荷密度を導入すると、不安定性による



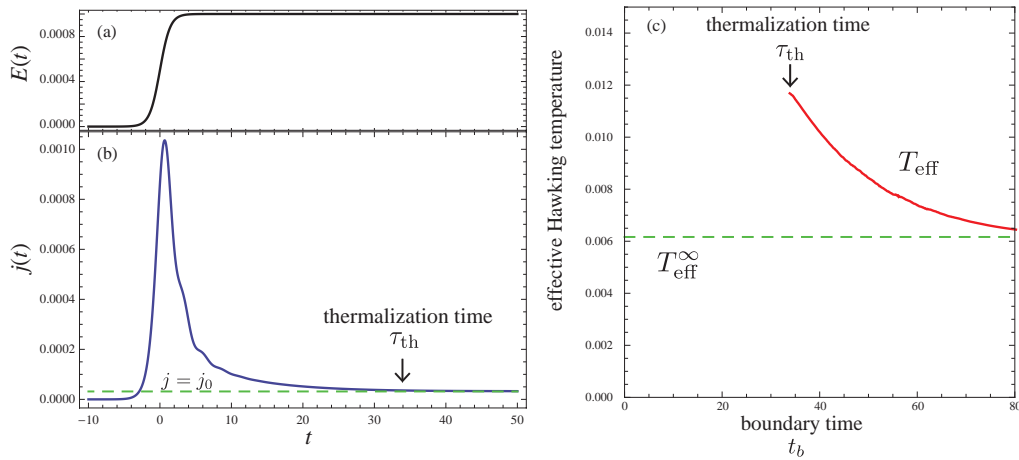


図 1.37: 超対称 QCD に時間依存する外場としての電場をかけたときの応答。(a) 時間依存する電場のプロファイル。(b) 電場に従って流れる電流  $j(t)$  の時間変化。  $j_0$  は非平衡定常系の電流を示す。(c) 熱化と有効温度  $T_{\text{eff}}$ 。系が早い段階で熱化していることが分かる。  $T_{\text{eff}}^{\infty}$  は非平衡定常系での有効温度。

有効ラグランジアン of 虚部の発散は有限化されることを示した。更に、磁場によって臨界電場が小さくはならないことを発見した。

#### R-parity を破る超対称性模型とフェルミ粒子の電気双極子能率

窪田は昨年度に引き続き、佐藤透氏（原子核理論研究室）ならびに山中長閑氏（核物理学研究センター）と共同で、R-parity を破る超対称性模型の場合のクォークならびにレプトンの電気双極子能率を調べた。bilinear term と呼ばれるものが無い場合に最も重要と考えられている Barr-Zee type のグラフは、通常光子交換の寄与のみを考慮するが、窪田、佐藤、山中の3人は、 $W$  ボゾン、 $Z$  ボゾンの交換の寄与も無視できないことを具体的な数値計算によって示した。

#### インターフェイス共形場理論と AdS/CFT 対応

2つの共形場理論をつなぐ壁（インターフェイス）の入った場の理論でスケール不変性を保つものをインターフェイス共形場理論と呼ぶ。長崎と山口は4次元  $N=4$  超対称 Yang-Mills 理論においてインターフェイス共形場理論を考察した。特にインターフェイスの上に 't Hooft 演算子をおいたものの重力双対について、Young 図がどのように現れるかを考察した。

#### BPS 状態の数え上げの壁越え現象

超弦理論を Calabi-Yau 多様体でコンパクト化して得られる4次元で  $N=2$  の超対称性をもつ理論の BPS 状態のスペクトルは興味深い問題である。山口は Rutgers 大の西中、KEK の吉田とともに、トーリック Calabi-Yau 多様体中の D4-D2-D0 の BPS 状態の数え上げは一般に2次元の結晶融解模型から導出されることを示した。

### 境界をもつ3次元超対称理論

境界をもつ場の理論は、弦理論や物性理論等、様々な場面で有用である。岡崎と山口は特に3次元の超対称性を持つ様々な場の理論で境界を考察した。特に境界が超対称性を半分保つための条件を求め、それらの双対性における振る舞いについて調べた。

### 3次元球面上の超対称ゲージ理論の構造

近年変形された3次元球面上の超対称ゲージ理論の厳密計算の結果が、球面の「形」には依らないことが指摘された。田中はゲージ・重力対応をヒントに、最も単純な「丸い」球面の背景に電磁場を流すことで厳密計算を実行し、これを確認した。

### M2 プレーンの量子力学

超共形 Chern-Simons matter 理論である BLG 理論及び ABJM 理論は flat な幾何の M2 プレーン世界体積理論として知られている。岡崎はカリフォルニア工科大の大栗とともに、Calabi-Yau 多様体内の超対称 2-cycle (holomorphic Riemann 面) に巻き付いた曲がった幾何の M2 プレーン理論を考え、その低エネルギー有効理論として得られる超対称量子力学を導出してその性質を調べた。

### 6次元普遍余次元模型とヒッグス

尾田は角田拓也、西脇健二、奥田直也、渡邊諒太郎らと共同で、6次元普遍余次元模型に対する、ヒッグス粒子発見から来る制限を調べた。特に真空の安定性から、6次元の紫外切断スケールが、6次元カルツァ・クライン・スケールの数倍程度という強い制限が得られた。

### ヒッグス・インフレーション

尾田は濱田雄太、川合光らと共同でヒッグス場がインフレーションを引き起こす可能性について調べた。特に、BICEP2 による宇宙背景重力子放射の間接的な発見を、ヒッグス・インフレーションが説明できることを示した。

### $\bar{B} \rightarrow D^{(*)} \tau \bar{\nu}$

田中(実)と Tayduganov は坂木 (KEK), 渡邊 (KEK) と協力して  $\bar{B} \rightarrow D^{(*)} \tau \bar{\nu}$  過程に対する新しい物理の影響について研究を行った。田中と渡邊が考案した模型に依らない解析の枠組みを考え得るすべてのレプトークォーク模型に適用し、3つの模型で B ファクトリー実験の結果を説明できることを示した。また、この過程における  $q^2$  分布の新しい物理の影響について研究を進めた。

### 右巻き $b \rightarrow u$ カレント

田中(実), 榎本と渡邊 (KEK) は最新の実験結果を考慮して  $b \rightarrow u$  遷移における右巻きカレントについて研究を行ない、CP 位相を持つ右巻きカレントが標準模型と同程度の確からしさで許されることを示した。さらに、この右巻きカレント仮説がスーパー B ファクトリー実験での  $B \rightarrow \pi\pi$  過程でテストできることを明らかにした。

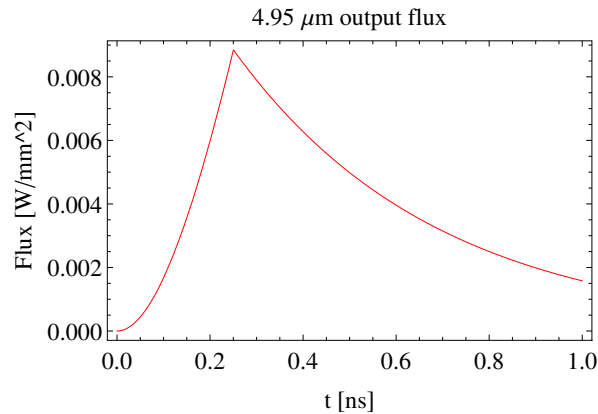


図 1.38: パラ水素気体中での PSR シグナル .

#### 原子ニュートリノ分光・対超放射

田中(実)は, 笹尾(岡山大), 吉村(岡山大)らと共同で, 原子・分子からの光子を伴うニュートリノ対生成の研究において重要となる対超放射 (paired superradiance, PSR) についての研究を進めた。特に, ラマン過程により実現されるコヒーレントな媒質中での PSR について調べ, 岡山大学で行なっている PSR 実験と比較できる形で理論の整備を行なった。初期段階ではあるが, これまでに得られている実験結果と理論が比較的良く一致することが分かった。図 1.38 は, パラ水素気体中での PSR シグナルの理論計算の一例である。

#### 有限温度 QCD における $U(1)_A$ 量子異常の消失の可能性

QCD はアップクォークとダウンクォークの質量ゼロ極限で,  $SU(2)$  と  $U(1)$  の軸性カイラル変換に対する対称性を持つが, 前者は自発的対称性の破れ, 後者は量子異常, という別のメカニズムで対称性が破れている。長年, この両者は独立で, 特に有限温度の相転移においても, 回復するのは  $SU(2)$  対称性のみで,  $U(1)$  量子異常は維持されると考えられてきた。しかし, 深谷は JLQCD 共同研究で,  $U(1)_A$  の破れが消失するというシミュレーション結果を得た。この数値計算は, 従来とは異なり, オーバーラップフェルミオンという  $SU(2)$  対称性を厳密に保つ作用を用いた初めての計算である。ただし, その数値計算コストの高さから, 体積はごく小さいもの, ゲージ場の配位はトポロジーが自明なものに限られていた。共同研究に富谷が加わり, より大きな体積, 非自明なトポロジーの足し上げを行うため, 作用を改良型ドメインウォールフェルミオンに変更, 大規模数値計算を進めている。もし, これが  $U(1)_A$  対称性の完全な回復を意味するのであれば, 宇宙初期のカイラル相転移の次数や, 量子異常の起源などについて再考が必要となる。

#### パイ中間子形状因子における有限体積効果の解析

格子 QCD の数値シミュレーションは有限体積でおこなわざるをえないため, その効果を定量的に理解することは重要である。深谷と鈴木はパイ中間子の有効理論を用いて, 2-4fm 程度の格子 QCD におけるパイ中間子形状因子の有限体積でのふるまいを解析, 特に, その有限体積効果の主要部分であるゼロモードの寄与を自動的に落とす物理量の組み合わせを見

いただいた。解析は有効理論の 1-loop のオーダーまで行い、その補正が定量的に小さいことを確認した。

#### フラットランド模型における電弱対称性の破れ

2012年7月に標準模型の最後のピースであるヒッグス粒子が見つかり、その質量が 126GeV 程度である事が分かった。この質量は我々に、1つの疑問と1つの示唆を与える。1つの疑問とはなぜヒッグス粒子がこんなに軽いのかという事であり、1つの示唆とはヒッグス粒子の自己相互作用が高エネルギーで0になるという事である。

折笠は中部大の橋本道雄氏、KEKの磯暁氏と共に、この2つの事柄を動機としてフラットランド模型を構築し、その研究を行った。まず我々は一般的なフラットランド模型で、電弱対称性の破れが引き起こされるための条件を見いだした。次に、この条件を満たすような模型の現象論についての研究を行った。

#### $\bar{B} \rightarrow K\pi\pi\gamma$

Tayduganov は、E. Kou (LAL, Orsay), 石川(東北大)らと共同で  $B \rightarrow K\pi\pi\gamma$  崩壊の Belle 実験での解析についての研究を行なった。

#### 国際研究会の開催

International workshop “Theoretical Particle Physics 2013”

2013年11月4日(月) - 11月6日(水)、京都府宮津市「天橋立荘」にて

世話人: Wade Naylor、尾田欣哉、鈴木貴志、園田昭彦、船津周一郎、山本健吾

参加者約40名

#### 学術雑誌に出版された論文

##### Novel universality and Higgs decay $H \rightarrow \gamma\gamma, gg$ in the $SO(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification

Shuichiro Funatsu<sup>d</sup>, Hisaki Hatanaka, Yutaka Hosotani<sup>s</sup>, Yuta Orikasa<sup>p</sup>, Takuya Shimotani<sup>DC</sup>

Phys. Lett. B **722** (No. 1-3, May) (2013) 94-99

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2013.03.040>, [arXiv:1301.1744](https://arxiv.org/abs/1301.1744) [hep-ph]).

##### QCD Parity Violation in a Quarkonia via SUSY

N. Haba, K. Kaneta, Tetsuya Onogi<sup>s</sup>

Acta Physica Polonica B **44** (No.4, April) (2013) 733-760

(<http://dx.doi.org/doi:10.5506/APhysPolB.44.733>).

##### A Landscape in Boundary String Field Theory: New Class of Solutions with Massive State Condensation

Koji Hashimoto<sup>s</sup>, Masaki Murata

PTEP **2013** (April) (2013) 043B01 1-15

(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptt010>).

**Vacuum Instability in Electric Fields via AdS/CFT: Euler-Heisenberg Lagrangian and Planckian Thermalization**

Koji Hashimoto<sup>s</sup>, Takashi Oka

JHEP **1310** (Oct.) (2013) 116 1-41

([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP10\(2013\)116](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP10(2013)116)).

**Ferromagnetic neutron stars: axial anomaly, dense neutron matter, and pionic wall**

Minoru Eto, Koji Hashimoto<sup>s</sup>, Tetsuo Hatsuda

Phys. Rev. D **88** (Oct.) (2013) 081701 1-5

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.88.081701>).

**Matrix Theory for Baryons: An Overview of Holographic QCD for Nuclear Physics**

Sinya Aoki, Koji Hashimoto<sup>s</sup>, and Norihiro Iizuka

Rept. Prog. Phys. **76** (No.10, Oct.) (2013) 104301 1-15

(<http://dx.doi.org/doi:10.1088/0034-4885/76/10/104301>).

**R-parity violating supersymmetric Barr-Zee type contributions to the fermion electric dipole moment with weak gauge boson exchange**

Nodoka Yamanaka, Toru Sato, Takahiro Kubota<sup>s</sup>

Phys. Rev. D **87** (April) (2013) 115011 1-13

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.87.115012>).

**'t Hooft operators on an interface and bubbling D5-branes**

Koichi Nagasaki<sup>DC</sup>, Satoshi Yamaguchi<sup>s</sup>

Phys. Rev. D **89** (No.11, Feb.) (2014) 046002 1-13

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.89.046002>).

**Universal extra dimensions after Higgs discovery**

Takuya Kakuda, Kenji Nishiwaki, Kin-ya Oda<sup>s</sup>, Ryoutaro Watanabe

Phys. Rev. D **88** (Aug.) (2013) 035007 1-20

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.88.035007>).

**Minimal Higgs inflation**

Yuta Hamada, Hikaru Kawai, Kin-ya Oda<sup>s</sup>

PTEP **2014** (Feb.) (2014) 023B02 1-23

(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptt116>).

**Testing leptoquark models in  $\bar{B} \rightarrow D^{(*)}\tau\bar{\nu}$** Y. Sakaki, Minoru Tanaka<sup>s</sup>, Andrey Tayduganov<sup>PD</sup>, R. WatanabePhys. Rev. D **88** (Nov.) (2013) 094012 1–17<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.88.094012>).**Finite temperature study of the axial U(1) symmetry on the lattice with overlap fermion formulation**G. Cossu, S. Aoki, Hidenori Fukaya<sup>s</sup>, S. Hashimoto, T. Kaneko, H. Matsufuru and J. - I. NoakiPhys. Rev. D **87** (No. 11, June) (2013) 114514 1–12<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.87.114514>).**Radiative symmetry breaking at the Fermi scale and flat potential at the Planck scale**Michio Hashimoto, Satoshi Iso, Yuta Orikasa<sup>P</sup>Phys. Rev. D **89** (Jan.) (2014) 016019 1–5<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevD.89.016019>).**Radiative Symmetry Breaking from Flat Potential in various U(1)' models**Michio Hashimoto, Satoshi Iso, Yuta Orikasa<sup>P</sup>Phys. Rev. D **89** (March) (2014) 056010 1–14<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevD.89.056010>).**Stability of the Schwarzschild-de Sitter black hole in the dRGT massive gravity theory**Hideo Kodama, Ivan Arraut<sup>d</sup>PTEP **2014** (Feb.) (2014) 023E02 1-25<http://dx.doi.org/10.1093/ptep/ptu016>).**Can a non-local model of gravity reproduce Dark Matter effects in agreement with MOND?**Ivan Arraut<sup>d</sup>Int. Journ. Mod. Phys. **D23** (1, Jan.) (2014) 1450008 1-19<http://dx.doi.org/10.1142/S0218271814500084>).**Supersymmetric boundary conditions in three-dimensional  $\mathcal{N} = 2$  theories**Tadashi Okazaki<sup>DC</sup>, Satoshi Yamaguchi<sup>s</sup>Phys. Rev. D **87** (No.11, June) (2013) 125005 1-11<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevD.87.125005>).

**Localization on round sphere revisited**Akinori Tanaka<sup>DC</sup>JHEP **1311** (Nov.) (2013) 103 1-17([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP11\(2013\)103](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP11(2013)103)).

## 国際会議報告等

**Hosotani mechanism on the lattice**G. Cossu\*, E. Itou, H. Hatanaka, Yutaka Hosotani<sup>s</sup>Proceedings, 31st International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2013) : Mainz, Germany, July 29-August 3, 2013 **C13-07-29.1** () (2013) .

31st International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2013) (29 Jul - 03 Aug 2013, 参加者約 500 名) (Germany).

**Overlap/Domain-wall reweighting**Hidenori Fukaya<sup>s</sup>Proceedings, 31st International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2013) : Mainz, Germany, July 29-August 3, 2013 **C13-07-29.1** (-) (2013) 7pages.

31st International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2013) (July 2013, 参加者数約 500 名) (Germany).

**Finite volume scaling of the electro-magnetic pion form factor in the  $\epsilon$  regime**Takashi Suzuki<sup>d</sup>Proceedings, 31st International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2013) : Mainz, Germany, July 29-August 3, 2013 **C13-07-29.1** (-) (2013) 7pages.

31st International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2013) (July 2013, 参加者数約 500 名) (Germany).

**Classically conformal B-L extended Standard Model and phenomenology**Yuta Orikasa<sup>p</sup>eConf **C13-02-13.1** (Apr.) (2013) .

Toyama International Workshop on “Higgs as a Probe of New Physics 2013 (Feb. 2013, 参加者 85 名) ()).

## 国際会議における講演等

**Higgs boson as a gauge field in extra dimensions – Pinning it down at LHC and ILC**

Yutaka Hosotani<sup>s\*</sup> (invited)

Tohoku Workshop on “Higgs and Beyond”, Tohoku Univ., 5-9 June, 2013. 参加者数約 100 名,

### **Universality in the $SO(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification and LHC/ILC**

Yutaka Hosotani<sup>s\*</sup>

Summer Institute 2013, Jirisan, 17-23 August, 2013. 参加者数約 150 名, South Korea

### **$SO(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification**

Yutaka Hosotani<sup>s\*</sup> (invited)

Scalars 2013, Warsaw, 12-16 September, 2013. 参加者数約 150 名, Poland

### **14 TeV LHC signals and dark matter in the $SO(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification**

Yutaka Hosotani<sup>s\*</sup> (invited)

Workshop 2014 “TeV-scale physics after the discovery of the Higgs particle”, Tokyo, 25-26 March, 2013. 参加者数約 60 名,

### **Lorentz violation and vacuum structure in string theories**

Koji Hashimoto<sup>s\*</sup> (invited)

2nd International Workshop on Antimatter and Gravity (WAG 2013) (at Bern, Switzerland, Nov. 13-15, 2013, 参加者数約 50 名), Switzerland

### **Vacuum instability in holography**

Koji Hashimoto<sup>s\*</sup> (invited)

Holography and QCD - Recent progress and challenges - (at Kashiwa, Japan, Sep. 24-28, 2013, 参加者数約 70 名),

### **Vacuum instability in holography**

Koji Hashimoto<sup>s\*</sup> (invited)

Holography 2013: Gauge/gravity duality and strongly correlated systems (at Pohang, Korea, June 13-22, 2013, 参加者数約 30 名), Korea

### **Vacuum instability in holography**

Koji Hashimoto<sup>s\*</sup>

PASCOS 2013 (at Taipei, Taiwan, Nov. 20-26, 2013, 参加者数約 300 名), Taiwan

### **Wilson surface and $AdS_7/CFT_6$ correspondence**

Satoshi Yamaguchi<sup>s\*</sup> (invited)

Integrability, Symmetry and Quantum Space-Time, (at YITP, Kyoto University, January 7-9, 2014, 参加者数約 100 名),



**Wilson surface and  $AdS_7/CFT_6$  correspondence**Satoshi Yamaguchi<sup>\*\*</sup>

Progress in the synthesis of integrabilities arising from gauge-string duality, (at KKR Hotel Biwako and Biwako-Kusatsu Campus, Ritsumeikan University, March 4-7, 2014, 参加者数約 35 名),

**Bare Higgs mass and more**Kin-ya Oda<sup>\*\*</sup> (invited)

Beyond the Standard Model 2014 (at Tsukuba, Mar. 3-7, 2013, 参加者約 50 名),

**Radiative Emission of Neutrino Pair from atoms/molecules**Minoru Tanaka<sup>\*\*</sup>

Third Workshop on Flavor Symmetries (FLASY13), (Niigata, July 1-5, 2013, 参加者数約 80 名),

**Dynamics of Paired Superradiance in a coherent Raman medium (poster)**Minoru Tanaka<sup>\*\*</sup>

7th International conference on Fundamental Physics Using Atoms (FPUA 2014), (Tokyo, March 14-16, 2014, 参加者数約 100 名),

**Overlap/Domain-wall reweighting**Hidenori Fukaya<sup>\*\*</sup> *et al.* [JLQCD Collaboration]

31st International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2013) (July 2013, 参加者数約 500 名), Germany

**Finite volume scaling of the electro-magnetic pion form factor in the  $\epsilon$  regime**Hidenori Fukaya<sup>s</sup>, Takashi Suzuki<sup>d\*</sup>

31st International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2013) (July 2013, 参加者数約 500 名), Germany

**TeV scale B-L model with a flat Higgs potential**Yuta Orikasa<sup>p\*</sup>

KEK-ph 2013 Fall (Tsukuba, Sep 30 - Oct 3, 2013, 参加者数約 100 名),

**New physics and surprises in  $\bar{B} \rightarrow D^{(*)} \tau \bar{\nu}$** Andrey Tayduganov<sup>PD\*</sup>, Yasuhito Sakaki, Ryoutaro Watanabe, Minoru Tanaka

Rencontres de Moriond EW 2014 (La Thuile, March 15 - 22, 2014, 参加者数約 174 名), Italy

**Searching for New Physics in semileptonic  $B$  decays**

Andrey Tayduganov<sup>*PD\**</sup>, Yasuhito Sakaki, Ryouitaro Watanabe, Minoru Tanaka  
KEK Flavor Factory Workshop (KEK-FF 2014), (Tsukuba, February 13 - 15, 参加者数約  
100名),

**Constraining New Physics in semileptonic  $B$  decays**

Andrey Tayduganov<sup>*PD\**</sup>, Yasuhito Sakaki, Ryouitaro Watanabe, Minoru Tanaka  
Flavor Physics Workshop 2013, (Ishikawa, November 25 - 28, 2013, 参加者数約 47名),

**New Physics search in  $\bar{B} \rightarrow D\tau\bar{\nu}$  and  $\bar{B} \rightarrow D^*\tau\bar{\nu}$** 

Andrey Tayduganov<sup>*PD\**</sup>, Yasuhito Sakaki, Ryouitaro Watanabe, Minoru Tanaka  
Third Workshop on Flavor Symmetries (FLASY13), (Niigata, July 1 - 5, 2013, 参加者数  
約 70名),

**'t Hooft operators on an interface and bubbling D5-branes**

Koichi Nagasaki<sup>*DC\**</sup>, Satoshi Yamaguchi<sup>*s*</sup>  
PASCOS 2013, Taipei, Nov. 24, 2013, Taiwan

**Bubbling D5-brane**

Koichi Nagasaki<sup>*DC\**</sup>, Satoshi Yamaguchi<sup>*s*</sup>  
KIAS-YITP joint workshop 2013, "String Theory, Black Holes and Holography," Kyoto,  
Jul. 03, 2013,

**Right-handed charged current of  $b \rightarrow u$  transition**

Tetsuya Enomoto<sup>*d\**</sup>, Minoru Tanaka<sup>*s*</sup>, Ryouitaro Watanabe  
Summer Institute 2013, (Jirisan National Park, 17-23 Aug 2013, 121), Korea

**Effects of new physics in D decay**

Tetsuya Enomoto<sup>*d\**</sup>, Minoru Tanaka<sup>*s*</sup>  
International Workshop on "Theoretical Particle Physics 2013", (Amanohashidate, Kyoto,  
4-6 Nov 2013, 45),

**Supersymmetric Boundary Conditions in 3D N=2 Theories**

Tadashi Okazaki<sup>*DC\**</sup>  
String-Math 2013 (at Stony Brook, USA, June. 18, 2014, 参加者数約 120名), USA

 **$H \rightarrow \gamma\gamma, gg$  in the SO(5)xU(1) gauge-Higgs unification**

Takuya Shimotani<sup>*DC\**</sup>, Shuichiro Funatsu<sup>*d*</sup>, Hisaki Hatanaka, Yutaka Hosotani<sup>*s*</sup>, Yuta  
Orikasa<sup>*p*</sup>  
Summer Institute 2013 (At Jirisan National Park, 参加者 121名、2013), Korea

**Supersymmetric localization on round three-sphere revisited**Akinori Tanaka<sup>DC\*</sup>

19th International Symposium on Particles, Strings and Cosmology (GIS International Convention Center , 20-26 Nov 2013, 参加者 300 名程度), Taiwan

**Determination for the value of AB phases based on supersymmetric localization**Akinori Tanaka<sup>DC\*</sup>

KEK Theory Workshop 2014 (KEK Theory Center , 18-21 Feb 2014, 参加者 93 名),

**M5-brane and Wilson Surface in AdS<sub>7</sub>/CFT<sub>6</sub> Correspondence (Poster)**Hironori Mori<sup>m\*</sup>, Satoshi Yamaguchi<sup>s</sup>

KEK Theory Workshop 2014 (KEK, 18-21 Feb 2014, 参加者 93 名),

日本物理学会 , 応用物理学会等における講演

**Collider physics in  $SO(5) \times U(1)$  gauge-Higgs unification**下谷 卓也<sup>DC\*</sup>, 船津 周一郎<sup>d</sup>, 幡中久樹, 細谷 裕<sup>s</sup>, 折笠 雄太<sup>p</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学 , 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**Dark matter in  $SO(5) \times U(1)$  gauge-Higgs unification**下谷 卓也<sup>DC</sup>, 船津 周一郎<sup>d\*</sup>, 幡中久樹, 細谷 裕<sup>s</sup>, 折笠 雄太<sup>p</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学 , 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

 **$S^1/Z_2$  余剰次元での gauge-Higgs 統一模型における境界条件の動力学についての考察**山本 健吾<sup>d\*</sup>, 細谷 裕<sup>s</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学 , 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**細谷機構の非摂動論的解明 (III)**伊藤悦子, Guido Cossu, 幡中久樹, 細谷 裕<sup>s</sup>, 野秋淳一<sup>\*</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学 , 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**Theoretical viewpoints on the  $SO(5) \times U(1)$  gauge-Higgs unification**下谷 卓也<sup>DC</sup>, 船津 周一郎<sup>d</sup>, 幡中久樹, 細谷 裕<sup>s\*</sup>, 折笠 雄太<sup>p</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**Phenomenological viewpoint of the  $SO(5) \times U(1)$  gauge-Higgs unification**下谷 卓也<sup>DC\*</sup>, 船津 周一郎<sup>d</sup>, 幡中久樹, 細谷 裕<sup>s</sup>, 折笠 雄太<sup>p</sup>

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

動力学的境界条件を含む gauge-Higgs unification の有効ポテンシャルと物理的対称性

山本 健吾<sup>d\*</sup>, 細谷 裕<sup>s</sup>

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

**The relic abundance and the direct detection of the dark matter in  $SO(5) \times U(1)$  gauge-Higgs unification**

下谷 卓也<sup>DC</sup>, 船津 周一郎<sup>d\*</sup>, 幡中久樹, 細谷 裕<sup>s</sup>, 折笠 雄太<sup>p</sup>

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

**Hosotani mechanism of the lattice**

Guido Cossu\*, 幡中久樹, 細谷 裕<sup>s</sup>, 野秋淳一

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

ゲージ重力対応によるスピン輸送現象

橋本 幸士<sup>s</sup>, 飯塚則裕, 木村太郎\*

日本物理学会 2013年秋季大会 (於 高知大学, 2013年9月20日 - 9月23日)

AdS/CFT 対応における電磁場中の真空の不安定性

園田 昭彦<sup>d\*</sup>, 橋本 幸士<sup>s</sup>, 岡隆史

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

3次元相関ディラック系における非線形光学応答のゲージ・重力対応による解析

岡隆史\*, 橋本 幸士<sup>s</sup>, 園田 昭彦<sup>d</sup>

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

トップクォークの質量と電弱真空の安定性

Yuta Hamada, Hikaru Kawai, and Kin-ya Oda<sup>s\*</sup>

日本物理学会 2013年秋季大会 (於 高知大学, 2013年9月20日 - 9月23日)

有効ポテンシャルのくりこみ群改良の応用

Takuya Kakuda and Kin-ya Oda<sup>s\*</sup>

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

原子ニュートリノ分光に向けた対超放射ダイナミクスの研究

田中 実<sup>s\*</sup>, 笹尾 登, 吉村太彦

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

**Overlap/Domain-wall reweighting**

深谷 英則 <sup>s\*</sup> for JLQCD collaboration

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

カイラルフェルミオンを用いた数値計算による高温 QCD における U(1) アノマリーの解析

富谷 昭夫 <sup>d\*</sup> for JLQCD collaboration

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

Electroweak symmetry breaking in the flatland

橋本 道雄、磯 暁、折笠 雄太 <sup>p\*</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

Young 図と泡状 D5 ブレーン解との対応

Koichi Nagasaki <sup>DC\*</sup>, Satoshi Yamaguchi <sup>s</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

Young 図と泡状 D5 ブレーン解との対応

Koichi Nagasaki <sup>DC\*</sup>, Satoshi Yamaguchi <sup>s</sup>

場の理論と超弦理論 (於 京都大学, 2013 年 9 月 20 日)

$\phi_3$  測定における D 中間子の mixing · CP の破れの影響

榎本 哲也 <sup>d\*</sup>, 田中 実 <sup>s</sup>

Flavor Physics Workshop 2013

非レプトン崩壊の  $b \rightarrow u$  遷移における右巻き荷電カレントへの制限

榎本 哲也 <sup>d\*</sup>, 田中 実 <sup>s</sup>

原子核三者若手夏の学校 2013

B DK 崩壊における新しい物理の影響

榎本 哲也 <sup>d\*</sup>, 田中 実 <sup>s</sup>, 渡邊諒太郎

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

右巻き  $b \rightarrow u$  カレントへの (スーパー)B ファクトリーからの制限

榎本 哲也 <sup>d\*</sup>, 田中 実 <sup>s</sup>, 渡邊諒太郎

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

$\phi_3$  測定における D 混合と崩壊の影響

榎本 哲也 <sup>d\*</sup>, 田中 実 <sup>s</sup>

卓越スクール (於 白浜荘, 2014 年 3 月 10 日 ~ 3 月 12 日)

M2 ブレーン量子力学

岡崎 匡志 <sup>DC\*</sup>, 大栗 博司

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

$AdS_4/CFT_3$  と局所化

田中 章詞 <sup>DC\*</sup>

日本物理学会 2013年秋季大会 (於 高知大学, 2013年9月20日 - 9月23日)

超対称性局所化を用いた細谷機構の解析

田中 章詞 <sup>DC\*</sup>, 富谷昭夫, 下谷卓也

日本物理学会 2013年秋季大会 (於 高知大学, 2013年9月20日 - 9月23日)

結び目 (絡まったひも) と経路積分

田中 章詞 <sup>DC\*</sup>

卓越スクール (於 白浜荘, 2014年3月10日 ~ 3月12日)

量子色力学における量子異常、自発的対称性の破れと相構造

富谷 昭夫 <sup>d\*</sup>

卓越スクール (於 白浜荘, 2014年3月10日 ~ 3月12日)

カイラル摂動論を用いた格子 QCD における有限体積効果の評価

鈴木 貴志 <sup>d\*</sup>

2013 原子核三者若手夏の学校 (ホテルたつき, 8月4日 ~ 8月9日)

カイラル摂動論を用いた 格子 QCD における有限体積効果の評価

鈴木 貴志 <sup>d\*</sup>

2013 年度関西地域セミナー (於 大阪大学, 7月6日)

シミュレーションと物理をつなぐ

鈴木 貴志 <sup>d\*</sup>

卓越スクール (於 白浜荘, 2014年3月10日 ~ 3月12日)

s 波・d 波競合超伝導とホログラフィー

西田 充宏 <sup>m\*</sup>

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

$AdS_7/CFT_6$  対応における M5-ブレーンと Wilson サーフェス

森 裕紀 <sup>m\*</sup>, 山口 哲 <sup>s</sup>

日本物理学会 第69回年次大会 (於 東海大学, 2014年3月27日 - 3月30日)

書籍等の出版，日本語の解説記事

ノーベル物理学賞：質量の起源とヒッグス機構

窪田 高弘<sup>s</sup> 花垣和則

パリティ （2013年12月発行，34頁－36頁）

## 1.12 原子核理論グループ

### 平成 25 年度の研究活動概要

浅川は Duke 大学の Bass、Mueller とともに、高エネルギー原子核衝突の初期状態において存在すると考えられるグラズマ状態が熱化する際に異なるポリアコフープの値をとる領域に分かれる可能性を指摘した。さらにこの領域を隔てる境界は、低運動量のパートンについて反射壁として働きうることを指摘し、そのためこの境界の存在のためにこの状態における粘性は実験で観測されている程度の値まで小さくなり得ること、ジェットに対してはこの境界によって実験結果を説明するための仮説であるエネルギーコリメーションが自然に起きることを議論した。

近年、高エネルギー原子核衝突実験における保存電荷ゆらぎの観測量としての有用性が広く注目を集めている。大野、浅川、北沢は、検出器がバリオン数ゆらぎを測定する際の誤検出の一因である二次陽子に関して、この誤検出の効果が高次キュムラントに与える影響を見積り、測定値から誤検出の効果を適切に除去するための方法論を提案した。また、北沢、浅川、大野は、拡散マスター方程式を用いてハドロン相における保存電荷ゆらぎの拡散過程を論じ、保存電荷高次キュムラントのラピデティ幅依存性に関する議論を行った。

河野、浅川、北沢は、格子 QCD 数値シミュレーションにより非閉じ込め相の輸送係数を測定する研究を行った。格子 QCD で輸送係数を測定する際、久保公式を用いた解析を行おうとすると、シミュレーション結果を実時間に解析接続せねばならず、この問題は困難を極める。本研究では、エネルギー運動量テンソルの非対角成分が特定の輸送係数の比と関連づいていることを用いて、格子上の直接的な観測量である前者を測定することで輸送係数を求める研究を行った。

北沢は、京都大学の国広悌二教授、聖マリアンナ医科大学の根本幸雄准教授と共に、QCD 相転移の臨界点付近におけるクォークスペクトルの研究を行った。クォーク質量が有限のカイラル有効模型においてクォーク伝搬関数を計算することにより、臨界温度付近のクォークが van Hove 特異性によって発散を起こすことにより、平均場近似的な描像から強い変更を受け、これに伴い我々が以前に指摘した低エネルギーモードが出現することを論じた。

ニュートリノの混合パラメタを決定するには、MeV から GeV の広いエネルギー領域にわたる原子核標的のニュートリノ反応を高精度で記述することが求められている。我々は KEK 理論センター JPARC 分室と協力し、実験・理論の研究者による、共鳴・深非弾性散乱領域のニュートリノ原子核反応模型構築に関する研究を始めた。共鳴領域の研究では、現在入手可能なすべての実験データを取り入れた、光子、パイ中間子核子反応による  $\pi$ ,  $2\pi$ ,  $\eta$ ,  $K$  などの中間子生成反応を包括的に記述するチャンネル結合中間子生成反応模型を開発した。これにより、ハドロン物理を考える上での基本的な物理量となる核子共鳴のスペクトルや電磁結合定数を不変質量が  $2\text{GeV}$  以下の領域において抽出した。またこの反応模型をニュートリノ反応に拡張するための定式化を行った(中村、佐藤)。

長基線ニュートリノ実験では、主として準弾性散乱の解析より、ニュートリノフラックスを通してニュートリノ混合パラメタの情報が得られるが、原子核反応における純粋な準弾性散乱過程を取り出す際には様々な問題があることが指摘されている。ここでは最大エントロピーの方法による逆問題の解法を用い、包括的ミュー粒子生成断面積からニュートリノフ



ラックスが得られる可能性を示した。(村田、佐藤)

核子のスピンのうちクォークの固有スピンの由来する割合が (2-3) 割に過ぎないならば、残りの部分はどこから来るのかというのがいわゆる「核子スピン・パズル」である。量子色力学を信じるならば、核子の構成要素はクォークとグルオンしかないので、核子のスピンの寄与しうるのは、クォークの固有スピンと軌道角運動量、グルオンの固有スピンと軌道角運動量、この4つしかあり得ない。ところが、そもそもグルオンの全角運動量は、ゲージ原理に矛盾することなく、固有スピンの寄与と軌道角運動量の寄与に分けられるのかという問題が最近論争になっている。このことが重要な問題である理由は2つある。まずは、ゲージ不変性は観測可能性と不可分の関係にあること、もうひとつは、標準的な電磁気学の教科書には質量が零の光子の全角運動量を、ゲージ原理に矛盾することなく、固有スピンと軌道角運動量の寄与に分けることはできないと書かれているからである。若松は、深部非弾性散乱の物理で中心的な問題となっている核子スピン分解和則は、核子の運動方向に対するスピン成分に対する和則、すなわちヘリシティ和則であり、他の一般的な成分に対する和則とは区別すべきであることを強調した。このヘリシティ成分に限るならば、核子の全スピンを、ゲージ不変性や相対論的不変性に矛盾することなく、クォークとグルオンの固有スピンと軌道角運動量の寄与に完全分解することができるというのが若松の主張である。ただし、核子の全ヘリシティの完全分解は一通りではなく、「一般化された正準分解」と「力学的分解」の2つが存在することが若松の研究から明らかになっている。2つの分解で、クォークとグルオンの固有スピンの部分に違いはなく、結局2つの分解の違いは、クォークとグルオンの軌道角運動量部分に現れる。前者に現れるのが「一般化された(ゲージ不変な)正準軌道角運動量」であるのに対して、後者に現れるのは明白なゲージ不変性を持つ「力学的軌道角運動量」である。若松は、最近執筆した総合報告の中で、これらの違いと、観測の立場からの優劣を詳しく議論した。

#### 学術雑誌に出版された論文

##### **Center domains and their phenomenological consequences**

M. Asakawa<sup>s</sup>, S. Bass, B. Mueller

Physical Review Letters **110** (May) (2013) 202301 1-4

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.110.202301>).

##### **Effect of secondary protons on baryon and proton number cumulants in event-by-event analysis**

H. Ono, M. Asakawa<sup>s</sup>, M. Kitazawa<sup>s</sup>

Physical Review C **87**, (Issue 4, Apr.) (2013) 041901(R) 1-4

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.87.041901>).

##### **Non-equilibrium time evolution of higher order cumulants of conserved charges and event-by-event analysis**

M. Kitazawa<sup>s</sup>, M. Asakawa<sup>s</sup>, H. Ono

Physics Letters B **728**, (Jan.) (2014) 386-392

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2013.12.008>).

### **Shear viscosity to relaxation time ratio in SU(3) lattice gauge theory**

Y. Kohno, M. Asakawa<sup>s</sup>, and M. Kitazawa<sup>s</sup>

Physical Review D **89**, (Issue 5, Mar.) (2014) 054508 1-8

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.89.054508>).

### **Possible generation of anomalously soft quark excitations at nonzero temperature**

M. Kitazawa<sup>s</sup>, T. Kunihiro, Y. Nemoto

Physical Review D **89**, (Issue 5, Mar.) (2014) 056002 1-10

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.89.056002>).

### **Signature of strange dibaryons in kaon- and photon-induced reactions**

S. Ohnishi, Y. Ikeda, H. Kamano, and T. Sato<sup>s</sup>

Phys. Rev. C **88** (No.2, August) (2013) 025204 1-13

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.88.025204>).

### ***R*-parity violating supersymmetric Barr-Zee type contributions to the fermion electric dipole moment with weak gauge boson exchange**

N. Yamanaka, T. Sato<sup>s</sup>, and T. Kubota<sup>s</sup>

Phys. Rev. D **87** (No.11, June) (2013) 115011 1-13

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.87.115011>).

### **Determination of the $\Delta(1232)$ axial and pseudoscalar form factors from lattice QCD**

C. Alexandrou, E. B. Gregory, T. Korzec, G. Koutsou, J. W. Negele, T. Sato<sup>s</sup>, and A. Tsapalis

Phys. Rev. D **87** (No.11, June) (2013) 114513 1-24

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.87.114513>).

### **Nucleon resonances within a dynamical coupled-channels model of $\pi N$ and $\gamma N$ reactions**

H. Kamano, S. X. Nakamura<sup>p</sup>, T. -S. H. Lee, and T. Sato<sup>s</sup>

Phys. Rev. C **88** (No.3, September) (2013) 035209 1-51

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.88.035209>).

**Are there infinitely many decompositions of the nucleon spin ?**

M. Wakamatsu

Phys. Rev. D **87** (No.9, May) (2013) 094035 1-18

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.87.094035>).

### 国際会議報告等

#### **Nucleon resonances from dynamical coupled channel approach of meson production reactions**

T. Sato<sup>s\*</sup>

Int. Jour. Mod. Phys.:Conference Series **26** (January) (2014) 1460053 1-6.

Physics of excited nucleons(NSTAR2013) (Aug. 2013, 参加者数約 130 名) (Spain).

#### **Neutrino Reactions with deuteron in core-collapse supernova**

S. Nasu<sup>d\*</sup>, T. Sato<sup>s</sup>, S. X. Nakamura<sup>p</sup>, K. Sumiyoshi, F. Myhrer, and K. Kubodera  
Few-Body Syst. **54** (August) (2013) 1595-1598.

20th International IUPAP Conference on Few-Body Problems in Physics (Aug. 2012, 参加者数約 300 名) ().

#### **Production reaction of $\bar{K}NN - \pi YN$ resonance from Faddeev equations**

S. Ohnishi\*, Y. Ikeda, H. Kamano, and T. Sato<sup>s</sup>

Few-Body Syst. **54** (August) (2013) 1119-1122.

20th International IUPAP Conference on Few-Body Problems in Physics (Aug. 2012, 参加者数約 300 名) ().

#### **Are there infinitely many decompositions of the nucleon spin ?**

M. Wakamatsu

Int. J. Mod. Phys. : Conference Series **25** (January) (2014) 1460031/1-10.

QCD Evolution Workshop (May 6-10, 2013, 参加者数約 80 名) (JLab, NewportNews, USA).

#### **More on the relation between the two physically inequivalent decompositions of the nucleon spin**

M. Wakamatsu

Il Nuovo Cimento **05C** (No.5, September-October) (2013) 11604/7-14.

3rd Workshop on the QCD Structure of the Nucleon (October 22-26, 2012, 参加者数約 80 名) (Bilbao, Spain).

**国際会議における講演等****Nuclear Theory in Japan**M. Asakawa<sup>s\*</sup> (invited)

PHENIX workshop (at RIKEN, Japan, July 29-Aug 2, 2013, 参加者数約 60 名),

**Center Domains and Their Phenomenological Consequences**M. Asakawa<sup>s\*</sup>

New Frontiers in QCD (at YITP, Japan, Nov 18-Dec 20, 2013, 参加者数約 130 名),

**Diffusion of non-Gaussianity in heavy ion collisions**M. Kitazawa<sup>s\*</sup>, M. Asakawa<sup>s</sup>, H. Ono

SQM2013 -Strangeness in Quark Matter- (at Birmingham, United Kingdom, July 22-27, 2013, 参加者数約 200 名), United Kingdom

**Dynamics of non-Gaussianity in heavy ion collisions**M. Kitazawa<sup>s\*</sup>

NFQCD2013 -New Frontiers in QCD 2013- (at YITP, Kyoto, Japan, November 18 - December 20, 2013, 参加者数約 130 名),

**Fluctuations of Conserved Charges: Theory, experiment, and lattice**M. Kitazawa<sup>s\*</sup> (invited)

Lattice QCD at finite temperature and density (at KEK, Tsukuba, Japan, January 20-22, 2014, 参加者数約 50 名),

**Fluctuations of conserved charges as probes of QCD phase structure**M. Kitazawa<sup>s\*</sup> (invited)

The first J-PARC Heavy-Ion Workshop (at J-PARC, Japan, March 17-18, 2014, 参加者数約 50 名),

**Charm quark diffusion constant and relaxation time in the deconfined phase in quenched lattice QCD (poster)**A. Ikeda<sup>m\*</sup>, M. Asakawa<sup>s</sup>, M. Kitazawa<sup>s</sup>

NFQCD2013 -New Frontiers in QCD 2013- (at YITP, Kyoto, Japan, November 18 - December 20, 2013, 参加者数約 130 名),

**Production Rates of Dileptons Constructed from a Non-Perturbative Quark Propagator (poster)**T. Kim<sup>m\*</sup>, M. Asakawa<sup>s</sup>, M. Kitazawa<sup>s</sup>

NFQCD2013 -New Frontiers in QCD 2013- (at YITP, Kyoto, Japan, November 18 - December 20, 2013, 参加者数約 130 名),

**Effect of the global charge conservation on the time evolution of higher order cumulants in ultrarelativistic heavy ion collisions (poster)**

M. Sakaida<sup>m\*</sup>, M. Asakawa<sup>s</sup>, M. Kitazawa<sup>s</sup>

NFQCD2013 -New Frontiers in QCD 2013- (at YITP, Kyoto, Japan, November 18 - December 20, 2013, 参加者数約 130 名),

**Finite volume effects on fluctuation observables in relativistic heavy ion collisions**

M. Sakaida<sup>m\*</sup>, M. Asakawa<sup>s</sup>, M. Kitazawa<sup>s</sup>

The first J-PARC Heavy-Ion Workshop (at J-PARC, Japan, March 17-18, 2014, 参加者数約 50 名),

**Nucleon resonances from the dynamical coupled channel approach of meson production reactions**

T. Sato<sup>s\*</sup> (invited)

5th workshop of the APS topical group on hadron physics, (at Denver USA, April 10-12 2013, 参加者数約 110 名), USA

**Nucleon resonances from the dynamical coupled channel approach of meson production reactions**

T. Sato<sup>s\*</sup> (invited)

The 9th international workshop on the physics of excited nucleons, (at Peniscola Spain, May 27-30 2013, 参加者数約 130 名), Spain

**Meson production amplitudes from the dynamical coupled channel model**

T. Sato<sup>s\*</sup> (invited)

The 7th international workshop on pion-nucleon partial wave analysis and the interpretation of baryon resonances, (at Camogli Italy, September 23-27 2013, 参加者数約 45 名), Italy

**Dynamical understanding of baryon resonances**

T. Sato<sup>s\*</sup> (invited)

The 13th international conference on meson-nucleon physics and the structure of the nucleon, (at Rome Italy, September 30-October 4 2013, 参加者数約 210 名), Italy

**Gauge-invariant decomposition of the nucleon spin**

M. Wakamatsu<sup>s\*</sup> (invited)

9th Circum-Pan-Pacific Symposium on High Energy Spin Physics (at Shangdon University, Ji'nan, China, October 28-31, 2013, 参加者数約 60 名), China

**The flavor structure of the nucleon sea in the chiral quark soliton model**M. Wakamatsu<sup>s\*</sup> (invited)

ECT\* Workshop on Flavor Structure of the Nucleon Sea (at ECT\*, Trento, Italy, July 1 - 5, 2013, 1965, 参加者数約 70 名), Italy

**The nucleon spin decomposition problem**M. Wakamatsu<sup>s\*</sup> (invited)

Miniworkshop on Lattice QCD and Hadron Physics (at National Taiwan University, Taiwan, June 5 - 7, 2013, 参加者数約 40 名), Taiwan

**The flavor structure of the nucleon sea in the chiral quark soliton model**M. Wakamatsu<sup>s\*</sup> (invited)

Miniworkshop on Lattice QCD and Hadron Physics (at National Taiwan University, Taiwan, June 5 - 7, 2013, 参加者数約 40 名), Taiwan

**The nucleon spin decomposition problem**M. Wakamatsu<sup>s\*</sup> (invited)

Tenth Particle Physics Phenomenology Workshop (PPP10) (at Chung-Yuan Christian University, Jhongli City, Taiwan, May 29 - June 1, 2013, 参加者数約 100 名), Taiwan

**Are there infinitely many decompositions of the nucleon spin ?**M. Wakamatsu<sup>s\*</sup> (invited)

QCD Evolution Workshop (at Newport News, VA, USA, May 6-10, 2013, 参加者数約 80 名), USA

**日本物理学会，応用物理学会等における講演****高エネルギー重イオン衝突現象論：現象と物理を結ぶ架け橋**M. Asakawa<sup>s\*</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会（於 高知大学，2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日）

**QCD 臨界点付近でのクォークスペクトルについて**北沢正清<sup>s\*</sup>，国広悌二，根本幸雄

日本物理学会 2013 年秋季大会（於 高知大学，2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日）

**重イオン衝突実験における保存電荷高次ゆらぎの時間発展**坂井田 美樹<sup>m\*</sup>，浅川 正之<sup>s</sup>，北沢正清<sup>s</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会（於 高知大学，2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日）

非閉じ込め相におけるチャームクォークの分散関係の格子 QCD による解析

池田 惇郎 <sup>m\*</sup>、浅川 正之 <sup>s</sup>、北沢正清 <sup>s</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

媒質効果を含むクォーク伝搬関数を用いたレプトン対生成率の計算

金 泰広 <sup>m\*</sup>、浅川 正之 <sup>s</sup>、北沢正清 <sup>s</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

gradient flow を用いた SU(3) ゲージ理論の有限温度相関関数の測定

北沢正清 <sup>s\*</sup>、浅川 正之 <sup>s</sup>、初田哲男、伊藤悦子、鈴木博

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

重イオン衝突実験における保存電荷高次ゆらぎに対する有限体積効果

坂井田 美樹 <sup>m\*</sup>、浅川 正之 <sup>s</sup>、北沢正清 <sup>s</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

ニュートリノ原子核反応とニュートリノフラックス

村田 知也 <sup>m\*</sup>、佐藤 透 <sup>s</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

共鳴領域のニュートリノ反応

中村 聡 <sup>p\*</sup>、鎌野 寛之、佐藤 透 <sup>s</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

ニュートリノフラックスとニュートリノ原子核反応におけるミューオン断面積

村田 知也 <sup>m\*</sup>、佐藤 透 <sup>s</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

ハドロントモグラフィーの現状と展望

若松 正志 <sup>s\*</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 高知大学, 2013 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**Current Status of the Nucleon Spin Decomposition Problem**

若松 正志 <sup>s\*</sup>

Workshop on High-energy QCD and Nucleon Structure (於 KEK Tokai Campus, 2014 年 3 月 7 日-3 月 8 日)

## 書籍等の出版，日本語の解説記事

複素関数とその応用

佐藤 透<sup>s</sup>

共立出版（2013年11月発行，167頁）

反応理論から探るバリオン励起状態

鎌野寛之, 中村 聡<sup>p</sup>, 松山晶彦, 佐藤 透<sup>s</sup>

日本物理学会誌 Vol. 69 No. 2 解説 2014年2月、9頁



## 1.13 黒木グループ

### 平成 25 年度の研究活動概要

#### 電子相関に起因する非従来型超伝導

我々は鉄ニクタイト系高温超伝導体について、主としてスピン揺らぎ媒介ペアリング機構の観点から研究を行って来た。鉄ニクタイト系超伝導体は、鉄の 5 つの 3d 軌道がからみ合ってフェルミ面を作る多軌道系である。電子的フェルミ面とホールのフェルミ面があることが特徴の一つであり、発見当初より、我々のグループも含め、これらのフェルミ面のネスティング(ずらして重なること)がよいことが高温超伝導の鍵であると考えられてきた。しかし、近年、ネスティングがよくない物質でも高い超伝導転移温度が出現し、高温超伝導のための条件の見直しが必要となっていた。今年度、我々はこの問題に取り組み、実空間の電子のホッピング(飛び移り)積分の大小関係が重要であることを見出した。通常、電子は最も近い距離にある最隣接サイトに飛びやすいが、鉄ニクタイト系超伝導体では、鉄原子周りのニクトゲン原子の四面体配位により、第二隣接サイトへの電子のホッピングが優先的に大きくなることがあることがわかった。電子が多量にドーパされてフェルミ面のネスティングが悪くなったとき、上記のメカニズムによりスピン揺らぎが発達し、高温超伝導が出現しうることを示した。

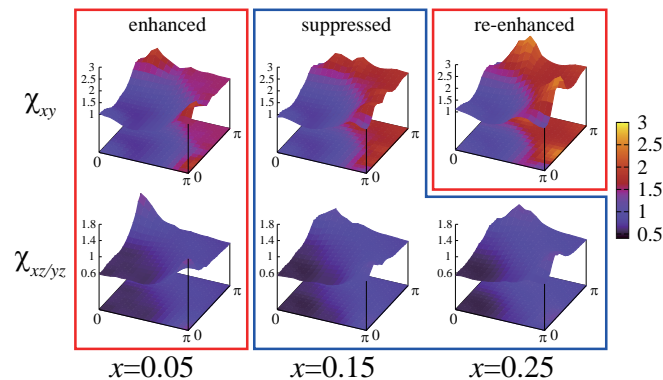


図 1.39: 鉄ニクタイト系超伝導体の軌道別スピン感受率のドーパ量 ( $x$ ) 依存性。ドーパ量が増えるにつれて一度、スピン揺らぎが消えかけ、再度復活する様子がわかる。ドーパ量が少ない時のスピン揺らぎがネスティングに起因するのに対して、復活後のスピン揺らぎは主として実空間ホッピングの大小関係に起因する。

転移温度 100K を超える唯一の高温超伝導体として知られる銅酸化物は通常、銅の  $3d_{x^2-y^2}$  軌道のみが物性に関与する単一軌道系としてとらえることが多いが、鉄ニクタイト系を研究した観点から改めて銅酸化物について研究を行うと、意外にも、銅の  $3d_{z^2}$  や  $4s$  軌道成分が混成する効果が、超伝導転移温度に大きな影響を及ぼしていることがこの数年の我々の研究によりわかった。これまで、主として一層系に限定して研究を行って来たが、今年度は、この理論を多層系に拡張し、実験的に観測されている「フェルミ面形状と転移温度の相関関係」を理論的に再現することに成功した。

## 熱電効果

我々は、金属的な電気伝導性と大きなゼーベック効果が両立して大きな電力因子を持つ物質に焦点をあてて研究を行って来た。平成 24 年度に研究を行った  $\text{PtSb}_2$  の高温での熱電特性の低下に着目し、これを改良するための候補物質として  $\text{PtAs}_2$  を提言した。この理論的予測は、その後、岡山大学の野原グループの研究により実験的にも確かめられ、極めて大きな電力因子を達成した。また、 $\text{FeAs}_2$  についての研究も野原グループと共同で行い、熱電物質として有名な  $\text{Na}_x\text{CoO}_2$  と共通の性質を持つバンド形状を有することを示した。ただし、 $\text{Na}_x\text{CoO}_2$  に比べるとバンド形状が理想的でない部分があり、それを改良するための元素置換提言などを行った。

## 第一原理電子状態計算による固体物性の研究と手法開発

計算物理学的な手法である量子シミュレーションを用いて電子の状態を調べることによって、様々な物質の個別性の起源や、物質の機能性の機構を明らかにする研究を行っている。また、量子シミュレーションを行っていく上で必要な手法の開発も進めている。平成 25 年度は以下の量子シミュレーション・手法開発を行った。

1. 希土類磁石材料の磁性と構造安定性
2. Fe 合金の構造相転移
3. ホイスラー合金の磁性
4. 遮蔽 KKR 法による非平衡グリーン関数法の開発
5. KKR 法による動的平均場近似の開発

## 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 main achievements this year were :

- A collaboration with experimentalists on the study of conductance fluctuations in quasi-one-dimensional wires made from the topological insulator  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  and verification that these fluctuations are well described by the theory of universal conductance fluctuations for materials with strong spin-orbit interaction.
- A precise numerical estimation of the critical exponent describing the divergence of the correlation length for the three dimensional orthogonal universality class and verification of its universality with respect to the distribution of the random potential.

## 表面吸着系

表面吸着系のなかでも吸着原子の秩序とそれに働く外部駆動力が競合するような系について、その種々の条件下での振る舞いの全体像を微視的視点より明らかにすることを目指して活動している。

## 学術雑誌に出版された論文

**Soft x-ray photoemission study of new BiS<sub>2</sub>-layered superconductor LaO<sub>1-x</sub>F<sub>x</sub>BiS<sub>2</sub>**

S. Nagira, J. Sonoyama, T. Wakita, M. Sunagawa, Y. Izumi, T. Muro, H. Kumigashira, M. Oshima, K. Deguchi, H. Okazaki, Y. Takano, O. Miura, Y. Mizuguchi, K. Suzuki<sup>DC</sup>, H. Usui<sup>t</sup>, K. Kuroki<sup>s</sup>, K. Okada, Y. Muraoka, T. Yokoya

Journal of the Physical Society of Japan **83** (No.2 Feb.) (2014) 033703 1-14.

**Theoretical expectation of large Seebeck effect in PtAs<sub>2</sub> and PtP<sub>2</sub>**

K. Mori<sup>m</sup>, H. Usui<sup>t</sup>, H. Sakakibara<sup>DC</sup>, K. Kuroki<sup>s</sup>

Journal of the Physical Society of Japan **83** (No.1 Jan.) (2014) 023706 1-4.

**Switching of intra-orbital spin excitations in electron-doped iron pnictide superconductors**

S. Iimura, S. Matsuishi, M. Miyakawa, T. Taniguchi, K. Suzuki<sup>DC</sup>, H. Usui<sup>t</sup>, K. Kuroki<sup>s</sup>, R. Kajimoto, M. Nakamura, Y. Inamura, K. Ikeuchi, S. Ji, H. Hosono

Physical Review B **88** (Aug.) (2013) 060501(R) 1-5.

**Ab initio GW calculation for organic compounds (TMTSF)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub>**

K. Nakamura, S. Sakai, R. Arita, K. Kuroki<sup>s</sup>

Physical Review B **88** (Sept.) (2013) 125128 1-5.

**Understanding the re-entrant superconducting phase diagram of an iron-pnictide****Ca<sub>4</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>6</sub>Fe<sub>2</sub>(As<sub>1-x</sub>P<sub>x</sub>)<sub>2</sub>**

H. Usui<sup>t</sup>, K. Suzuki<sup>DC</sup>, K. Kuroki<sup>s</sup>, N. Takeshita, P.M. Shirage, H. Eisaki, A. Iyo

Physical Review B **87** (May) (2013) 174528 1-9.

**Robust spin fluctuations and  $s\pm$  pairing in the heavily electron doped iron-based superconductors**

K. Suzuki<sup>DC</sup>, H. Usui<sup>t</sup>, K. Kuroki<sup>s</sup>, S. Iimura, Y. Sato, S. Matsuishi, H. Hosono

Journal of the Physical Society of Japan **82** (No.7 July) (2013) 083702 1-4.

**Pudding-mold type band in a potential thermoelectric material CuAlO<sub>2</sub>: comparison with Na<sub>x</sub>CoO<sub>2</sub>**

K. Mori<sup>m</sup>, H. Sakakibara<sup>DC</sup>, H. Usui<sup>t</sup>, K. Kuroki<sup>s</sup>

Physical Review B **88** (Aug) (2013) 075141 1-8.

**Superconductivity assisted by inter-layer pair hopping in multi-layered cuprates**

K. Nishiguchi, K. Kuroki<sup>s</sup>, R. Arita, T. Oka, H. Aoki

Physical Review B **88** (July) (2013) 014509 1-8.

**Large Seebeck effect in the electron-doped FeAs<sub>2</sub> driven by quasi one dimensional pudding-mold type band**

H. Usui<sup>t</sup>, K. Kuroki<sup>s</sup>, S. Nakano, K. Kudo, M. Nohara

Physical Review B **88** (Aug.) (2013) 075140 1-6.

**Three-orbital study on the orbital distillation effect in the high T<sub>c</sub> cuprates**

H. Sakakibara<sup>DC</sup>, K. Suzuki<sup>DC</sup>, H. Usui<sup>t</sup>, K. Kuroki<sup>s</sup>, R. Arita, D.J. Scalapino, H. Aoki

Physics Procedia **45** () (2013) 13-16.

**Minimum model and its theoretical analysis for superconducting materials with BiS<sub>2</sub> layers**

K. Suzuki<sup>DC</sup>, H. Usui<sup>t</sup>, K. Kuroki<sup>s</sup>

Physics Procedia **45** () (2013) 21-24.

**First-principles band structure and FLEX approach to the pressure effect on T<sub>c</sub> of the cuprate superconductors**

H. Sakakibara<sup>DC</sup>, K. Suzuki<sup>DC</sup>, H. Usui<sup>t</sup>, K. Kuroki<sup>s</sup>, R. Arita, D.J. Scalapino, H. Aoki

Journal of Physics : Conference Series **454** () (2013) 012021 1-8.

**What is the Intrinsic Phase Diagram of BiS<sub>2</sub> Superconductors ?**

K. Kuroki<sup>s</sup>

JPSJ News and Comments **11** (Jan.) (2014) 02.

**Experimental proof of universal conductance fluctuation in quasi-one-dimensional epitaxial Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> wires**

S. Matsuo, K. Chida, D. Chiba, T. Ono, K. Slevin<sup>s</sup>, K. Kobayashi, T. Ohtsuki, C.-Z. Chang, K. He, X.-C. Ma, and Q.-K. Xue

Physical Review B **88** (No.15, October) (2013) 155438 1-6.

**Critical exponent for the Anderson transition in the three-dimensional orthogonal universality class**

K. Slevin<sup>s</sup> and T. Ohtsuki

New Journal of Physics **16** (No.1, January) (2014) 015012 1-19.

**Quaternary Ni-Mn-In-Y Heusler alloys: a way to achieve materials with better magnetocaloric properties?**

V. V. Sokolovskiy, V. D. Buchelnikov, S. V. Taskaev, V. V. Khovaylo, M. Ogura<sup>s</sup> and P. Entel

Journal of Physics D: Applied Physics **46** (No. 30, July) (2013) 305003 1-9.

**国際会議報告等****Development of a first-principles code based on the screened KKR method for large super-cells**

S. Doi<sup>d\*</sup>, M. Ogura<sup>s</sup> and H. Akai

Journal of Physics: Conference Series **454** (No. 1, Aug.) (2013) 012019 1-10.

24th IUPAP Conference on Computational Physics, (Oct. 2012, 参加者数約 400 名) () .

**国際会議における講演等****Competition between multiple spin fluctuation modes in the iron-based superconductors**

K. Kuroki<sup>s\*</sup> (invited)

Asia Pacific Physics Conference (at Makuhari, July 14- 19, 2013, 参加者数約 70 名),

**Overview of the current theoretical status on the iron-based superconductors : electronic structure and spin fluctuations**

K. Kuroki<sup>s\*</sup> (invited)

Superconductivity, the second century (at Stockholm, Aug 5- 30, 2013, 参加者数約 30 名), Sweden

**Competition of multiple spin fluctuations modes in the iron-based superconductors**

K. Kuroki<sup>s\*</sup> (invited)

International Workshop on Recent Developments in Fe-based High-temperature Superconductors (at Long Island, Sept. 2-6, 2013, 参加者数約 30 名), U.S.A.

**Optimization of spin fluctuation mediated superconductivity from a band structure viewpoint**

K. Kuroki<sup>s\*</sup> (invited)

International Workshop of Computational Nano-Materials Design on Green Energy (at

Awaji, June 16-19, 2013, 参加者数約 50 名),

**Enhanced spin fluctuations and superconductivity due to prioritized diagonal motion of electrons in 1111 iron pnictides**

K. Kuroki<sup>s\*</sup> (invited)

Novel Superconductors and Super Materials 2013 (at Shinagawa, Nov. 21-22, 2013, 参加者数約 100 名),

**A simulation of the metal-insulator transition in doped semiconductors incorporating Coulomb interactions between electrons**

K. Slevin<sup>s\*</sup>, Yosuke Harashima (invited)

International Focus Workshop on Scaling, Multifractality, Interactions, and Topological Effects Near Anderson Transitions (at Max Planck Institute for the Physics of Complex Systems, Dresden, March 11-14, 2014, 60 participants), Germany

**Ideal band shapes for thermoelectric materials**

K. Kuroki<sup>s\*</sup>, K. Mori<sup>m</sup>, H. Sakakibara<sup>DC</sup>, H. Usui<sup>t</sup>

International Conference on Thermoelectrics (at Kobe, June 31- July 4, 2013, 参加者数約 100 名),

**Pudding mold type band as an origin of the large Seebeck coefficient coexisting with metallic conductivity in carrier doped FeAs<sub>2</sub> and PtSe<sub>2</sub>**

H. Usui<sup>t\*</sup>, K. Kuroki<sup>s</sup>, S. Nakano, K. Kudo, and M. Nohara

International Conference on Thermoelectrics (at Kobe, June 31- July 4, 2013, 参加者数約 100 名),

**Towards computational design of permanent magnet materials**

M. Ogura<sup>s\*</sup>

International Workshop of Computational Nano-Materials Design on Green Energy (at Awaji, June 16-19, 2013, 参加者数約 50 名),

**Development of parameter-free dynamical mean-field theory**

M. Ogura<sup>s\*</sup>

Network Meeting of the Alexander von Humboldt Foundation (at Jena, Nov. 20-22, 2013, 参加者数約 100 名), Germany

日本物理学会，応用物理学会等における講演

鉄系超伝導体の多軌道性が生み出す複数のスピン揺らぎ起源（領域 8 シンポジウム 招待講演）

黒木和彦 <sup>s\*</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会（於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日）

第一原理計算と有効模型解析から見る BiS<sub>2</sub> 系超伝導体（領域 8 シンポジウム 招待講演）

臼井秀知 <sup>t\*</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会（於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日）

LaFe(As<sub>1-x</sub>P<sub>x</sub>)O におけるバンド構造、スピン揺らぎ、超伝導の相関関係

臼井秀知 <sup>t\*</sup>, 鈴木雄大 <sup>DC</sup>, 黒木和彦 <sup>s</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会（於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日）

Orthogonal 対称性クラスにおけるアンダーソン転移の臨界指数の空間次元依存性

上岡良季 <sup>d\*</sup>, K. Slevin <sup>s</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会（於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日）

PtSe<sub>2</sub> における大きなゼーベック係数の起源に関する理論解析

臼井秀知 <sup>t\*</sup>, 黒木和彦 <sup>s</sup>, 工藤一貴, 中野誠也, 野原実

日本物理学会 2013 年秋季大会（於 徳島大学, 2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日）

## 1.14 小川グループ

### 平成 25 年度の研究活動概要

マイクロ共振器中の電子正孔光子系では、ある程度のポラリトン密度になると量子凝縮が生じ、さらに高密度になるとレーザー発振が生じることが観測されている。その移り変わりの機構を記述する理論的枠組みが無く、実験結果を正しく解釈する方法が欠落していた。そこで、ポラリトン量子凝縮とレーザー発振との関連を明らかにするために、平成 23 年度に開発したクロスオーバー理論を用いた数値計算を進めた。本年度は、平成 24 年度の数値計算結果を踏まえ、平衡極限での BCS ギャップ方程式や非平衡極限でのマクスウェル半導体ブロッホ方程式で記述される既知の状態への近づき方の詳細を明らかにし、平衡状態と非平衡状態のクロスオーバー境界がどのような条件で決まっているかを明らかにした。このクロスオーバー理論を用いて、ポラリトン密度と離調（共振器共鳴周波数とバンドギャップエネルギーの差）平面での相図を決定した。「利得スペクトル」のスペクトル形状の変化を詳しく解析し、レーザー発振状態であっても利得スペクトルに「多体ギャップ」が開いていることを発見し、Physical Review Letters に論文が掲載された。山本喜久グループ（国立情報学研究所，理化学研究所）での発光スペクトルの実験結果との比較検討をさらに進め、非対称な発光スペクトルの起源やピーク強度やピークシフトのポラリトン密度依存性を明らかにし、実際の実験条件での非平衡性がどのような物理量にどのように現れるかを、定量的に解明した。山本グループのメンバーと緊密な連携のもとに進め、論文を投稿した。

半導体レーザー発振を記述する Maxwell 半導体 Bloch 方程式と、我々が構築したクロスオーバー理論との関連が明らかになり、ポラリトン凝縮とレーザー発振との移り変わりの物理描像を提案した。さらに、自然放出過程をも取り入れた「改良理論」を構築しつつある。その理論は、「半導体ルミネッセンス方程式」の拡張版になっており、その数値計算の準備を進めている。この改良理論により、共同自然放出の量子過程を解明し、増幅自然放出と超蛍光・超放射からレーザー発振へのクロスオーバーを記述する計画である。

多数個の共振器 QED 系がフォトン場によって結合した系 (coupled cavity QED array) における量子相転移現象や量子非平衡協力現象を考察した。この系では、フォトン場は「各共振器における（物質を介した）有効的な斥力相互作用」と「共振器間ホッピング」を持つため、光子の量子多体系が実現する。温度と化学ポテンシャルが定義された熱浴 1（共振器内の物質をインコヒーレント励起）と共振器口スを記述する熱浴 2 を coupled cavity QED array 系に結合させ、その状況下におけるインコヒーレント相からコヒーレント相への非平衡相転移を明らかにした。本年度は、コヒーレント相に焦点を当てて詳しく調べ、この相内でのフォトン場の振動数が熱浴 1 の化学ポテンシャルに対してどのように変化するかを調べた。その結果、「プラトー領域」が出現することを初めて見出した。このプラトーは、共振器口スによって誘起された非平衡状態に特有のものであることを示した。

注目する系を何らかの手段で観測する場合、もしくは何らかの散逸機構がある場合、大きな自由度を持った外界と注目する系とが接続していると通常は考える。共振器に閉じ込められた光に関しては、光子数が保存するように共振器の内外を光子が行き来すると考える場合が多い。たとえ共振器内で光子が物質と相互作用しても、外界との接続自体に影響はないと考えられてきた。しかし、光と物質の相互作用が非常に強くなると（Rabi 分裂エネルギー



が励起エネルギーと同程度以上になると), たとえ散逸がなくても共振器内において光子と励起の総数がもはや保存されなくなる。このとき, 上記の考えは破綻してしまい, 外界と注目する系とがどのように接続されるのかを改めて考えなければならない。そこで, 誘電体における量子電磁力学 (QED) 理論とマクスウェルの境界条件を用いて, 外界との接続がどのように決定されるのか検証を行い, 系と熱浴の結合の様式について解明した。

昨年度までに開発した自己無撞着 T 行列近似を使い, 光で強励起した量子井戸で実現される二次元電子正孔系について詳しく調べた。この理論では, 電子正孔間, 電子間, 正孔間の二体相関 (特に電子正孔間の励起子相関) を T 行列を通じて取り入れ, その情報を電子や正孔の自己エネルギーに自己無撞着に反映させている。さらに一粒子スペクトルから, 励起子のイオン化率を決め, それを相互作用の遮蔽パラメータに反映させることにより, 外部からパラメータを与えることなく, T 行列, 自己エネルギー, イオン化率, 遮蔽パラメータを自己無撞着に決定することを可能にしている。実際にこの手法を使うことにより, 広い密度・温度領域に渡る「グローバル相図」を完成させ, 励起子気体と電子正孔プラズマの間に生じるクロスオーバーや相転移の全貌を明らかにした。また, 電子正孔対の凝縮相についても考察し, Mermin-Wagner の定理から類推される通り, 有限温度では長距離秩序を生じないことを示した。

カゴメ格子ハバード模型において, そのスピン磁性に現れるフラストレーション効果を考察した。変分クラスター近似を使うことにより, (クラスター内の) 短距離電子相関を考慮しつつ, 単純な平均場近似を越えて磁性秩序を取り扱うことに成功した。その結果, 3 サイトクラスターを用いた計算では, 相互作用が強い領域で 120 度ネール状態が現れるが, 6 サイトクラスターを用いた計算ではこの磁性秩序が消失し, 磁性秩序を持たない Mott 絶縁相が現れることが分かった。これは, 3 サイトクラスターで除外されていた Valence Bond Crystal の形成を, 6 サイトクラスターでは考慮できたためだと考えられる。

動的平均場理論 (DMFT) は, 強相関格子フェルミオン系を研究する強力な理論的枠組みとして認知されており, 対称性の破れを伴わない金属絶縁体転移 (モット転移) を記述できる等の様々なメリットがある。一方, 空間的に広がった相関効果が取り入れられないため, これを拡張したクラスタ DMFT や動的クラスタ近似等の方法が開発されている。また, 原子ガス系や低密度半導体等の格子系ではなく連続模型と見なせる系に DMFT を適用する試みも行われている。当グループにおいても半導体電子正孔系に対して DMFT を応用する研究を行ったが, 長距離相関を取り入れられないことが本質的な問題となることが分かっている。以上の背景の下に, クラスタ DMFT における有効クラスタ模型を複数用意する拡張を行うことで, 自己エネルギーの空間依存性を補間的に長距離まで取り入れる方法を開発中である。この拡張により有効クラスタ模型の大規模化を行うことなく長距離相互作用を取り入れることができ, また, 連続模型に対しても適用できる可能性がある。

## 学術雑誌に出版された論文

**Excitons and biexcitons in symmetric electron-hole bilayers**Ryo Maezono, Pablo Lopez Rios, Tetsuo Ogawa<sup>s</sup>, and Richard J. NeedsPhysical Review Letters **110** (No. 21, 23 May) (2013) 216407 1-5<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.110.216407>).**First-order superfluid-Mott-insulator transition for quantum optical switching in cavity QED arrays with two cavity modes**Kenji Kamide, Makoto Yamaguchi<sup>p</sup>, Takashi Kimura, and Tetsuo Ogawa<sup>s</sup>Physical Review A **87** (No. 5, 29 May) (2013) 053842 1-11<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevA.87.053842>).**System-environment coupling derived by Maxwell's boundary conditions from the weak to the ultrastrong light-matter-coupling regime**Motoaki Bamba<sup>PD</sup> and Tetsuo Ogawa<sup>s</sup>Physical Review A **88** (No. 1, 9 July) (2013) 013814 1-11<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevA.88.013814>).**Second thresholds in BEC-BCS-laser crossover of exciton-polariton systems**Makoto Yamaguchi<sup>p</sup>, Kenji Kamide, Rryota Nii<sup>d</sup>, Tetsuo Ogawa<sup>s</sup>, and Yoshihisa YamamotoPhysical Review Letters **111** (No.2, 12 July) (2013) 026404 1-5<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.111.026404>).**Recipe for the Hamiltonian of system-environment coupling applicable to the ultrastrong light-matter interaction regime**Motoaki Bamba<sup>PD</sup> and Tetsuo Ogawa<sup>s</sup>Physical Review A **89** (No.2, 13 February) (2014) 023817 1-18<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevA.89.023817>).**Field-induced Mott Transition in Kagome Lattice Hubbard Model**Tomoko Kita, Takuma Ohashi<sup>s</sup>, and Norio KawakamiPhysical Review B **87** (No. 15, 10 April) (2013) 155119 1-6<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.87.155119>).

## 国際会議報告等

**Quasi-equilibrium phase diagram and optical response in two-dimensional electron-hole system**

Takuya Yoshioka\*, Kenichi Asano<sup>s</sup>

AIP Conf. Proc. **1566** (Dec.) (2013) 443-444.

The 31st International Conference of the Physics of Semiconductors (at Zurich, Switzerland, July 29 - August 3, 2012, 参加者数約 1000 名) (Switzerland).

**Mott transition and crossover in quasi-one-dimensional electron-hole systems**

Kenichi Asano<sup>s\*</sup>

AIP Conf. Proc. **1566** (Dec.) (2013) 524-525.

The 31st International Conference of the Physics of Semiconductors (at Zurich, Switzerland, July 29 - August 3, 2012, 参加者数約 1000 名) (Switzerland).

**国際会議における講演等**

**Theory of carrier dynamics in graphene under high-intensity electric fields**

Tomohiro Tamaya\*, Akira Ishikawa, Tetsuo Ogawa<sup>s</sup>, and Koichiro Tanaka

International Workshop on Optical Terahertz Science and Technology 2013 (OTST 2013) (at Kyoto, Japan, 1-5 April, 2013, 参加者数約 300 名), Japan

**Nonequilibrium phases of photons in coupled cavity QED array**

Tatsuro Yuge<sup>PD\*</sup>, Makoto Yamaguchi<sup>p</sup>, Yusuke Kondo, Kenji Kamide, and Tetsuo Ogawa<sup>s</sup>

The 10th Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim and the 18th OptoElectronics and Communications Conference / Photonics in Switching 2013 (CLEO-PR & OECC/PS 2013) (at Kyoto, Japan, 30 June-4 July, 2013, 参加者数約 1000 名), Japan

**QED cavity arrays for quantum optical switching**

Kenji Kamide\*, Tatsuro Yuge<sup>PD</sup>, Makoto Yamaguchi<sup>p</sup>, and Tetsuo Ogawa<sup>s</sup>

The 10th Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim and the 18th OptoElectronics and Communications Conference / Photonics in Switching 2013 (CLEO-PR & OECC/PS 2013) (at Kyoto, Japan, 30, June-4 July, 2013, 参加者数約 1000 名), Japan

**BEC-BCS-lasing crossover in electron-hole-photon systems**

Tetsuo Ogawa<sup>s\*</sup> and Makoto Yamaguchi<sup>p</sup> (invited)

The 4th International Meeting on Frontiers of Physics (IMFP2013), (at Awana Genting Highlands Resort, Pahang, Malaysia, 27-30 August, 2013, 参加者数約 100 名), Malaysia

**Theory of BEC-BCS-lasing crossover in exciton-polariton systems**

Tetsuo Ogawa<sup>s\*</sup>

Quantum Science Symposium ASIA-2013, (at Sanjo Conference Hall, The University of Tokyo, Japan, 25-26 November, 2013, 参加者数約 100 名), Japan

**Mott Transitions and Crossovers in Low-Dimensional Electron-Hole Systems**Kenichi Asano<sup>s\*</sup>, Takuya Yoshioka

The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2013. (at Tokyo, Japan, Aug. 5-9, 2013, 参加者数約 800 名), Japan

**Magnetic Orders in Half-Filled Hubbard Model on Kagomé Lattice**Rryota Higa<sup>d\*</sup>, Takuma Ohashi<sup>s</sup>, Kenichi Asano<sup>s</sup>

The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2013. (at Tokyo, Japan, Aug. 5-9, 2013, 参加者数約 800 名), Japan

**Magnetic Orders in Half-Filled Hubbard Model on Kagomé Lattice**Rryota Higa<sup>d\*</sup>, Takuma Ohashi<sup>s</sup>, Kenichi Asano<sup>s</sup>

The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2013. (at Tokyo, Japan, Aug. 5-9, 2013, 参加者数約 800 名), Japan

## 二次元格子における Dirac 点の設計 (招待)

浅野 建一<sup>s\*</sup>

2013 年度基研研究会「固体中におけるディラック電子系物理の新展開」(2013 年 6 月)

## 日本物理学会, 応用物理学会等における講演

## 高密度ポラリトン凝縮系の強結合状態によるレーザー発振: (1) 実験

堀切 智之<sup>\*</sup>, 山口 真<sup>p</sup>, 上出 健仁, 松尾 康弘, Andreas Loeffler, Sven Hoefling, 鹿野 豊, 小川 哲生<sup>s</sup>, Alfred Forchel, 山本 喜久

2013 年応用物理学会秋季学術講演会 (於 同志社大学京田辺キャンパス, 2013 年 9 月 16 - 9 月 20 日)

## 高密度ポラリトン凝縮系の強結合状態によるレーザー発振: (2) 理論

上出 健仁<sup>\*</sup>, 山口 真<sup>p</sup>, 堀切 智之, 松尾 康弘, 鹿野 豊, 小川 哲生<sup>s</sup>, 山本 喜久

2013 年応用物理学会秋季学術講演会 (於 同志社大学京田辺キャンパス, 2013 年 9 月 16 - 9 月 20 日)

## 結合 QED 共振器列における共振器ロスによるフォトン場の振動数のプラトー

弓削 達郎<sup>PD\*</sup>, 上出 健仁, 山口 真<sup>p</sup>, 小川 哲生<sup>s</sup>

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 徳島大学, 2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日)

## テラヘルツ光励起下のグラフェンにおけるキャリアダイナミクスの理論

玉谷 知裕<sup>\*</sup>, 石川 陽, 小川 哲生<sup>s</sup>, 田中 耕一郎

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 徳島大学, 2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日)

量子モンテカルロ法電子状態計算を用いた密度行列・対分布関数算定による励起子相、励起子分子相の同定

前園 涼<sup>\*</sup>, 小川 哲生<sup>s</sup>, パブロ・ロベス・リオス, リチャード・ニーズ

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 徳島大学, 2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日)

BEC-BCS-Laser crossover 理論における相図 離調, 光損失, 熱化の影響

山口 真<sup>PD\*</sup>, 上出 健仁, 新居 良太<sup>d</sup>, 小川 哲生<sup>s</sup>, 山本 喜久

日本物理学会 2013 年秋季大会 (於 徳島大学, 2013 年 9 月 25 日 - 9 月 28 日)

励起子パラリトン系において平衡と非平衡をつなぐ理論

山口 真<sup>PD\*</sup>, 小川 哲生<sup>s</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

光と物質の超強結合下におけるレーザー発振

馬場 基彰<sup>PD\*</sup>, 小川 哲生<sup>s</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

高強度テラヘルツ光励起下におけるグラフェンの非線形光学応答

玉谷 知裕<sup>\*</sup>, 石川 陽, 小川 哲生<sup>s</sup>, 田中 耕一郎

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

カゴメ格子ハバード模型における磁気秩序

比嘉 亮太<sup>d\*</sup>, 大橋 琢磨<sup>s</sup>, 浅野 建一<sup>s</sup>

日本物理学会 第 69 回年次大会 (於 東海大学, 2014 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事

電子正孔系の物理 (第 58 回物性若手夏の学校: 集中ゼミ)

浅野 建一<sup>s</sup>

物性研究 電子版 Vol. 3 No. 1 (2014 年 2 月号, 031207)

## 1.15 阿久津グループ

## 第2章 受賞と知的財産

平成 25 年度における物理学専攻での受賞と当該年度に申請された特許権等の知的財産権の一覧は以下の通りである。

### 受賞

1. 受賞者：小林研介（教授）  
賞の名称：第 2 回大阪大学総長顕彰・研究部門（大阪大学）  
業績：総長顕彰は、大阪大学に勤務する教員のうち、教育、研究、社会・国際貢献又は管理運営上の業績が特に顕著であると認められた者を顕彰し、大学の一層の発展を期することを目的とする。  
日にち：平成 25 年 8 月 2 日
2. 受賞者：小林研介（教授）  
賞の名称：第 10 回（平成 25 年度）日本学術振興会賞（独立行政法人日本学術振興会）「固体量子素子における多体効果と非平衡ゆらぎに関する実験的研究」  
業績：我が国の学術研究の水準を世界のトップレベルにおいて発展させるためには、創造性に富み優れた研究能力を有する若手研究者を早い段階から顕彰し、その研究意欲を高め、研究の発展を支援していく必要がある。この趣旨から日本学術振興会によって、平成 16 年度に日本学術振興会賞が創設された。人文・社会科学及び自然科学のあらゆる分野にわたる 45 歳未満の研究者 25 名に授与される。  
日にち：平成 26 年 2 月 10 日
3. 受賞者：小林研介（教授）  
賞の名称：第 10 回（平成 25 年度）日本学士院学術奨励賞（日本学士院）「固体量子素子における多体効果と非平衡ゆらぎに関する実験的研究」  
業績：若手研究者を顕彰して今後の研究を奨励することを目的として、平成 16 年に創設された。日本学士院学術奨励賞は、優れた研究成果をあげ、今後の活躍が特に期待される若手研究者に対して与えられるもので、日本学術振興会賞を受賞した研究者の中から 6 名以内に授与される。  
日にち：平成 26 年 2 月 10 日

4. 受賞者：豊田高士 (M2)  
賞の名称：第四回 HUA 修士論文賞  
業績：修士論文「KOTO 実験に用いる Inner Barrel 検出器の製作と宇宙線ミュオンを用いた性能測定」が、その内容と記述を評価され、J-PARC ハドロンホールユーザー会 (HUA) の修士論文賞を得た。  
日にち：平成 26 年 3 月 27 日
  
5. 受賞者：廣瀬穰 (D3)  
賞の名称：2013 年度高エネルギー物理学研究者会議奨励賞  
業績：博士論文「Measurement of the top quark pair production cross section with  $\sqrt{s}=7\text{TeV}$  of pp collisions at LHC with b-tagging in the dilepton final state with the ATLAS detector」が、その内容と記述を評価され、高エネルギー研究者会議の奨励賞を得た。  
日にち：平成 26 年 3 月 28 日
  
6. 受賞者：廣瀬穰 (D3)  
賞の名称：第 8 回日本物理学会若手奨励賞  
業績：博士論文「Measurement of the top quark pair production cross section with  $\sqrt{s}=7\text{TeV}$  of pp collisions at LHC with b-tagging in the dilepton final state with the ATLAS detector」が、その内容と記述を評価され、日本物理学会の奨励賞を得た。  
日にち：平成 26 年 3 月 29 日



## 第3章 学位論文

### 3.1 修士論文

平成 25 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
大角 寛樹 尾倉 貴之	磯山 悟朗 浅川 正之	自己相関法を用いた FEL ミクロパルス波形の計測 最大エントロピー法を用いた有限温度媒質中の有限運動量 チャーモニウムの解析
阿南 貴大	豊田 岐聡	小型マルチターン飛行時間型質量分析計を用いた土壌から 発生するガスのリアルタイム計測技術の開発
池田 惇郎	浅川 正之	非閉じ込め相におけるチャームクォークの拡散現象の格子 QCD による解析
池田 真一郎	豊田 岐聡	レーザー脱離イオン化を用いた表面機能剤のイメージング 質量分析
石川 貴志 石島 直樹	能町 正治 山中 卓	CANDLES 実験のトリガの拡張 ATLAS アップグレード用シリコン検出器試験用システム の開発
大島 彰太 大橋 奨平	細谷 裕 萩原 政幸	単一場インフレーションにおける非ガウス性 2 軸回転機構を用いたパルス強磁場中磁気トルク測定装置 の開発
奥谷 顕 金澤 順二	萩原 政幸 萩原 政幸	低次元反強磁性体酸化物の単結晶合成と強磁場磁性 トンネルダイオード振動法による多重極限下物性測定装置 の開発
上庄 康斗 神谷 圭祐	松多 健策 田島 節子	Si 中における短寿命 放射性核 $^{12}\text{B}$ のスピンエコー 銅酸化物超伝導体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 酸素同位体置換効果 面外 乱れ効果
神田 成慶	花咲 徳亮	巨大磁気抵抗を誘起するフタロシアニン分子伝導体の分子 内相互作用
金 泰広	浅川 正之	格子 QCD 数値解析より得られたクォークスペクトル関数 を用いた非閉じ込め相のレプトン対生成率の計算
小島 完興	疇地 宏	高速点火核融合実験における高速電子を介したエネルギー 輸送に関する研究
小間 洋和	菊池 誠	自然画像における事前分布推定

坂井田 美樹	浅川 正之	Effects of the global charge conservation on time evolution of cumulants of conserved charges in relativistic heavy ion collisions ( 相対論的重イオン衝突実験における保存電荷ゆらぎの時間発展に対する有限体積効果 )
坂田 匠平	疇地 宏	高速点火レーザー核融合実験における高エネルギー X 線分光計測
佐久間 恭平 佐々木 直哉	白井 光雲 田島 節子	第一原理計算でのボロンカーバイトの構造探索 ペロブスカイト RVO <sub>3</sub> の磁気軌道秩序制御及びモット転移近傍の異なる量子臨界現象
定藤 克法 澤井 直樹	保坂 淳 花咲 徳亮	quark 模型における charm baryon の励起状態の解析 マグネトプランバイト型バナジウム酸化物 Li <sub>2</sub> Na <sub>x</sub> K <sub>1-x</sub> V <sub>10</sub> O <sub>19</sub> の三量体融解に伴う電子比熱係数の増大の検証
杉本 岳志 曾山 俊也	Keith Slevin 岸本 忠史	不規則性を持つ 3 次元トポロジカル絶縁体の相転移 J-PARC E10 実験における散乱粒子用ファイバー飛跡検出器の性能評価
高崎 英里子	小口 多美夫	第一原理計算による Sb <sub>2</sub> Te 系トポロジカル絶縁体の理論的探索
高島 悠太	山中 卓	J-PARC KOTO 実験用下流ガンマ線検出器の開発とその性能評価
田川 裕昭	細谷 裕	Particle creation in the early universe (インフレーション後の Reheating によるスカラー粒子生成)
竹村 真哉 田中 美穂 土井原 正明	福田 光宏 能町 正治 岸本 忠史	陽子ビーム高輝度化のための 2.45GHz ECR 陽子源の改良 CANDLES 実験における <sup>212</sup> Bi- <sup>212</sup> Po 連続崩壊事象の解析 CaF <sub>2</sub> (pure) シンチレータの冷却による発光特性の変化と波形弁別能
豊田 高士	山中 卓	KOTO 実験に用いる Inner Barrel 検出器の製作と宇宙線ミュオンを用いた性能測定
中川 真菜美 永田 尚志 中松 佑介	岸本 忠史 細谷 裕 田島 節子	J-PARC E10 実験用トリガーカウンターの性能評価 ヒッグス場の理論における非摂動的な解析 AFe <sub>2</sub> (As,P) <sub>2</sub> [A=Ba,Sr,Ca] の電子相図における Ba/Sr, Sr/Ca 置換効果
西田 充宏 西本 卓生	大野木 哲也 田島 節子	s+d 波ホログラフィック超伝導モデルの解析 赤外分光法による電子相転移近傍における鉄系超伝導体の研究
林 俊平	野末 泰夫	Na を吸蔵したゼオライト LSX の絶縁体金属転移と光学的磁気的性質
藤井 亮宏 藤田 朋美	小口 多美夫 下田 正	次世代二次電池正極材料 Na <sub>x</sub> C <sub>6</sub> O <sub>6</sub> の電子状態計算 超流動ヘリウム中 Au 原子の超微細構造測定 –不安定核の磁気モーメント測定のための新手法確立に向けて–

正木 勇輔	野末 泰夫	カリウムを吸蔵したゼオライト P の電気伝導特性
増田 愛	菊池 誠	分子擬態と自己免疫疾患の数理モデル
松本 侑樹	久野 良孝	DC ミューオンビームを使用した非破壊元素分析の開発
村田 知也	浅川 正之	ニュートリノフラックスとニュートリノ原子核反応におけるミューオン生成断面積
森 貴仁	長谷川 繁彦	分子線エピタキシー成長法による InGaN 薄膜成長とその評価
森 裕紀	橋本 幸士	$S^5$ 上の超対称 Yang-Mills 理論の分配関数と Wilson surface 演算子による AdS <sub>7</sub> /CFT <sub>6</sub> 対応
森田 祐介	松多 健策	陽子ドリップライン核 $^{12}\text{N}$ の反応断面積と核構造
矢井 克忠	久野 良孝	g-2 実験用カロリメータのための MPPC 読み出しによる積層型フッ化鉛チェレンコフ検出器の開発
八木 彩祐未	下田 正	中性子の数が非常に多い Cs 同位体の系統的核構造解明
山我 拓巳	野海 博之	チャームバリオン分光実験用粒子識別検出器の設計
横山 久美子	畑中 吉治	超伝導磁石を使った炭素線ガントリーの設計
吉澤 大智	萩原 政幸	フラストレート反強磁性体 $\text{CdYb}_2\text{S}_4$ と $\text{CuFeO}_2$ の強磁場磁性
Allan Lam-bit Alinea	細谷 裕	Inflationary Universe: Consistency Relation for Primordial Cosmological Perturbations

## International Physics Course (IPC) の修了者

学生氏名	指導教員	論文題名
Taufik Adi Nugraha	小口 多美夫	The Study of Vacancy in Gadolinium-doped Gallium Nitride Density Functional Theory Study
Wei Min Chan	岸本 忠史	Study of Tantalum-180m Lifetime by using HPGe Detector at Surface and Underground Laboratories
Luong Viet Mui	疇地 宏	Investigation of The Spectro-Dynamics for $Ce^{3+}:LiCAF_6$ Ultraviolet Laser Emissions

## 3.2 博士論文

平成 25 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
廣瀬 穰	山中 卓	Measurement of the top quark pair production cross section with $\sqrt{s} = 7$ TeV of pp collisions at LHC with b-tagging in the dilepton final state with the ATLAS detector (LHC-ATLAS 実験における dilepton 終状態及び b-tagging を用いた重心系エネルギー 7 TeV の陽子-陽子衝突におけるトップクォーク対生成断面積の測定)
松宮 亮平	岸本 忠史	Study of He-II Spallation UCN Source (He-II スパレーション UCN 源の研究)
芝 暢郎	細谷 裕	Entanglement entropy in quantum field theory and entanglement entropic force between black holes (場の量子論におけるエンタングルメントエントロピーとブラックホール間のエンタングルメントエントロピック力)
Ece Uykur	田島 節子	Pseudogap and precursor superconductivity study of $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x)_3\text{O}_y$ : c-axis optical study from underdoped to overdoped region (銅酸化物高温超伝導体 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x)_3\text{O}_y$ の擬ギャップと超伝導の前駆現象の研究：不足ドーピング領域から過剰ドーピング領域における c 軸光学スペクトル)
大古田 俊介	保坂 淳	Exotic heavy meson molecules (エキゾチックな重いメソン分子状態)
長崎 晃一	細谷 裕	Test of AdS/CFT correspondence by non-local operators (非局所演算子による AdS/CFT 対応の検証)
山口 康宏	保坂 淳	Exotic few-baryon systems with a heavy meson (ヘビーマesonを含むエキゾチックなバリオン少数多体系の解析)
Ivan Dario Ar- raut Guerrero	細谷 裕	Testing some scenarios in modified gravity (修正重力理論におけるいくつかのシナリオの検証)
中津川 洋平 (論文博士)	中野 貴志	Measurement of $\Lambda(1405)$ and $\Sigma^0(1385)$ photoproduction on the proton at $E_\gamma=1.5-3.0$ GeV ( $E_\gamma=1.5-3.0$ GeV における陽子標的による $\Lambda(1405)$ および $\Sigma^0(1385)$ の光生成反応の測定)

## International Physics Course (IPC) の学位取得者

学生氏名	主査	論文題名
Mohammad Shahjahan	小口 多美夫	First-Principles Study on Dilute Magnetic States and Half Metallicity in Chalcopyrite Semiconductors (カルコパイライト半導体における希薄磁気状態とハーフメタル性に関する第一原理的研究)

## 第4章 教育活動

平成 25 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。

### 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	窪田高弘	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	大野木哲也	

[ 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	細谷 裕	ナノ教育プログラム ナノ教育プログラム，英語科目 ナノ教育プログラム ナノ教育プログラム ナノ教育プログラム，英語科目
場の理論 I	2	大野木哲也	
場の理論 II	2	橋本幸士	
原子核理論	2	浅川正之	
物性理論 I	2	浅野建一	
物性理論 II	2	Keith M. Slevin	
固体電子論 I	2	黒木和彦	
固体電子論 II（開講せず）	2	未定	
量子多体系の物理（開講せず）	2	未定	

## [トピック]

授業科目	単位数	担当教員	備考
素粒子物理学特論 I	2	山口 哲	英語科目
素粒子物理学特論 II	2	細谷 裕	
原子核理論特論 I	2	佐藤 透	
原子核理論特論 II	2	若松正志	
物性理論特論 I (開講せず)	2	未定	
物性理論特論 II	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	4.5	大野木哲也・田中 実・深谷英則	
場の理論半期セミナー I	4.5	橋本幸士・山口哲	
場の理論半期セミナー II	4.5	細谷 裕・窪田高弘・尾田欣也 南部陽一郎・Wade Naylor	
原子核理論半期セミナー I	4.5	浅川正之・佐藤 透・若松正志・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	
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	
物性理論半期セミナー I	4.5	黒木和彦・Keith M. Slevin・坂本好史 小倉昌子	
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 初田浩義	
数理物理学半期セミナー	4.5	小川哲生・浅野建一・大橋琢磨	

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 A I 「Lattice Field Theory: Introduction and some applications」	1	青木慎也 (京大・基礎物理学研究所)	集中 MC・DC 共通 10月7-9日
特別講義 A II 「標準模型を超えた物理」	1	北野龍一郎 (東北大・院・理)	集中 MC・DC 共通 12月2-4日
特別講義 A III 「原子核の高速回転状態」	1	清水良文 (九州大・院・理)	集中 MC・DC 共通 11月13-15日
特別講義 A IV 「量子非平衡統計力学」	1	清水明 (東京大・院・総合文化)	集中 MC・DC 共通 ナノ教育プログラム 11月27-29日
特別講義 A V 「トポロジカル超伝導」	1	田仲由喜夫 (名古屋大・院・工)	集中 MC・DC 共通 ナノ教育プログラム 1月15-17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	細谷 裕・窪田高弘・尾田欣也・南部陽一郎 Wade Naylor	
場の数理特別セミナー	9	橋本幸士・山口 哲	
素粒子論特別セミナー	9	大野木哲也・窪田高弘・田中 実・深谷英則	
原子核理論特別セミナー	9	浅川正之・佐藤 透・若松正志・北澤正清	
多体問題特別セミナー	9	保坂 淳・緒方一介	
物性理論特別セミナー I	9	黒木和彦・Keith M. Slevin・坂本好史・小倉昌子	
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・初田浩義	
統計物理学特別セミナー	9	阿久津泰弘・菊池 誠	
数理物理学特別セミナー	9	小川哲生・浅野建一・大橋琢磨	

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	尾田欣也	学部との共通科目
素粒子物理学序論B	2	青木正治	学部との共通科目
原子核物理学序論	2	松多健策	学部との共通科目

## 〔専門科目〕

授業科目	単位数	担当教員	備考
高エネルギー物理学I	2	花垣和則	
高エネルギー物理学II	2	青木正治	
原子核構造学	2	小田原厚子・民井 淳	
加速器物理学	2	畑中吉治	
放射線計測学	2	下田 正	

## 〔トピック〕

授業科目	単位数	担当教員	備考
高エネルギー物理学特論I (開講せず)	2	久野良孝	
高エネルギー物理学特論II	2	山中 卓	
素粒子・核分光学特論 (開講せず)	2	吉田 斉	
原子核物理学特論I (開講せず)	2	野海博之	
原子核物理学特論II	2	青井 考	
ハドロン多体系物理学特論	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・花垣和則・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	
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	
核反応計測学半期セミナー	4.5	能町正治・藤田佳孝・菅谷頼仁	
加速器科学半期セミナー	4.5	畑中吉治・福田光宏・依田哲彦	
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	疇地 宏・重森啓介	
放射光半期セミナー	4.5	磯山悟郎・井上恒一・加藤龍好 入澤明典・川瀬啓悟	

注) は各教員がそれぞれのセミナーを開講する。

(後期課程)

## [トピック]

授業科目	単位数	担当教員	備考
特別講義 B I 「重力波検出実験とその展望： 重力波天文学	1	神田展行 (大阪市立大・院・理)	集中 MC・DC 共通 11月27 - 29日
特別講義 B II 「標準模型を超える物理入門」	1	浜口幸一 (東京大・院・理)	集中 MC・DC 共通 11月13 - 15日
特別講義 B III 「高エネルギー電子ビームで 切り拓く短寿命不安定核研究 不安定核の電荷分布を測定 する世界初の実験」	1	須田利美 (東北大・電子理学研究センター)	集中 MC・DC 共通 7月3 - 5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・花垣和則・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・藤田佳孝・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	
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	
加速器科学特別セミナー	9	畑中吉治・福田光宏・依田哲彦	
高エネルギー密度物理特別セミナー	9	疇地 宏・重森啓介	
放射光特別セミナー	9	磯山悟郎・井上恒一・加藤龍好 入澤明典・川瀬啓悟	

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	小林研介	学部との共通科目
固体物理学概論 2	2	黒木和彦	学部との共通科目
固体物理学概論 3	2	田島節子	学部との共通科目
放射光物理学	2	磯山悟朗	学部との共通科目, ナノ教育プログラム
極限光物理学	2	疇地 宏	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	鷹岡貞夫・長谷川繁彦	
超伝導物理学 (開講せず)	2	田島節子・宮坂茂樹	
量子分光学 (開講せず)	2	未定	ナノ教育プログラム
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・杉山清寛	

## [トピック]

授業科目	単位数	担当教員	備考
強磁場物理学	2	萩原政幸・木田孝則	
ナノ構造物性物理学	2	野末泰夫・中野岳仁	ナノ教育プログラム
強相関系物理学 (開講せず)	2	花咲徳亮・村川 寛	
重い電子系の物理	2	杉山清寛	
極限物質創成学	2	河野日出夫	ナノ教育プログラム

## [ セ ミ ナ ー ]

授業科目	単位数	担当教員	備考
メゾスコピック物理半期セミナー	4.5	小林研介・杉山清寛・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	
ナノ構造物性半期セミナー	4.5	野末泰夫・鷹岡貞夫・中野岳仁・ 高見 剛	
半導体半期セミナー	4.5	長谷川繁彦・江村修一・周 逸凱	
量子物性半期セミナー	4.5	花咲徳亮・河野日出夫・村川 寛	
レーザー分光半期セミナー	4.5	渡辺純二・吉岡伸也	
強磁場物理半期セミナー	4.5	萩原政幸・木田孝則	

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 「走査型トンネル顕微鏡による 電磁状態解析」	1	花栗哲郎 (理化学研究所)	集中 MC・DC 共通 10月23-25日
特別講義 C II 「低次元電子系の量子輸送現象：」 半導体、グラフェン」	1	町田友樹 (東京大・生産物理研究所)	集中 MC・DC 共通 11月19日-21日
特別講義 C III 「原子分子物理の基礎から最先端まで～ ビーム、トラップ、およびリングを用いた 原子分子衝突反応～」	1	東 俊行 (理化学研究所)	集中 MC・DC 共通 6月5-7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・杉山清寛・荒川智紀	
強磁場物理特別セミナー	9	萩原政幸・木田孝則	
ナノ構造物性特別セミナー	9	野末泰夫・鷹岡貞夫・中野岳仁・ 高見 剛	
半導体特別セミナー	9	長谷川繁彦・江村修一・周 逸凱	
超伝導特別セミナー	9	田島節子・宮坂茂樹	
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・河野日出夫・村川 寛	
複雑系物理学特別セミナー	9	渡辺純二・吉岡伸也	

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	2	磯山悟朗	
自由電子レーザー学（開講せず）	2	磯山悟朗	
レーザー物性学	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	2	阿久津泰弘	
ニュートリノ物理学（開講せず）	2	久野良孝	
非線形物理学（開講せず）	2	未定	
原子核反応論	2	緒方一介	
素粒子物理学 I	2	窪田高弘	
数物アドバンスコア 1	2	植田一石	
数物アドバンスコア 2	2	下田 正	

## （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	高杉英一・中村桂子 菊池誠・池内 了	共通科目
実践科学英語	2	派遣講師	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
Selected Current Topics in Science, Technology, and Society I（開講せず）	1		修了要件外
Selected Current Topics in Science, Technology, and Society II（開講せず）	1		修了要件外
リスク管理とコンプライアンス - 社会に出た ときのために -	2	山本 仁・石田英之 橋 善輝・梅田幸治	学部との共通科目
先端機器制御学	2	豊田岐聡・兼松泰男 市田秀樹・中村亮介 福井健二・濱田格雄	大学院副プログラム (基礎理学計測学)， 集中



授業科目	単位数	担当教員	備考
分光計測学	2	豊田岐聡・兼松泰男 濱田格雄・中村亮介 市田秀樹・福井健二	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・ 倉光成紀・福井健二	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	倉光成紀・福井健二 中川紀子 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 他	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 他	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	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 他	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 他	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(開講せず)	2	能町正治 他	
放射線取扱基礎	1	能町正治 他	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	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	1	能町正治 他	大学院副プログラム (放射線科学) 集中，英語科目
ナノマテリアル・ ナノデバイス デザイン学	1	吉田 博 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	荒木 勉 他	ナノ教育プログラム 実習，集中
ナノ構造・機能 計測解析学	1	竹田精治 他	ナノ教育プログラム 実習，集中
ナノフォトンクス学	1	宮坂 博 他	ナノ教育プログラム 実習，集中

(後期課程)

授業科目	単位数	担当教員	備考
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
Field Theory	2	保坂 淳	IPC Minimum
Nuclear and Particle Physics	2	中野貴志	IPC Minimum
General Relativity	2	Luca Baiotti	IPC Minimum
Mathematics for Physics	2	Luca Baiotti	IPC Minimum
Electrodynamics	2	Luca Baiotti	IPC Minimum
Fluid and Plasma Physics	2	高部英明	IPC Minimum
Quantum Mechanics	2	Luca Baiotti	IPC Minimum
Condensed Matter Theory II	2	Keith M. Slevin	IPC Minimum
Optical Properties of Matter	2	田島節子・宮坂茂樹	Biennially
Topics in Elementary Particle Theory II	2	細谷裕	Biennially

## [ セ ミ ナ ー ]

授業科目	単位数	担当教員	備考
Semestral Seminar II	4.5	下田 正	
Semestral Seminar II	4.5	疇地 宏	
Semestral Seminar III	4.5	下田 正	
Semestral Seminar III	4.5	疇地 宏	
Semestral Seminar IV	4.5	岸本忠史	
Semestral Seminar IV	4.5	細谷 裕	
Semestral Seminar IV	4.5	疇地 宏	
Semestral Seminar IV	4.5	高部英明	
Semestral Seminar IV	4.5	小口多美夫	

(後期課程)

[トピック]

授業科目	単位数	担当教員	備考
Topical Seminar I 「Introduction to Carbon Nanotubes and Graphene」	1	河野淳一郎 (Rice 大・電気・コンピューター 学科、物理・天文学科)	集中 MC・DC 共通 10月28日-11月5日
Topical Seminar II 「Fundamental Constants and Metrology」	1	Cornelis Johannes Geradus Onderwater (Groningen 大・KVI)	集中 MC・DC 共通 5月7-15日

[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	高部英明	

## 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
<b>【必修科目】</b>			
安全実験法	集中 15	1	中嶋 悟・野末泰夫・阪口篤志・ 深瀬浩一・外川 学・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・臼井秀和
力学2	2	2	浅野建一
力学2 演義	2	2	浅野建一・田越秀行
数理物理1	2	2	佐藤 透
数理物理1 演義	2	2	佐藤 透・吉野 元
電磁気学1	2	2	藤田 裕
電磁気学1 演義	2	2	藤田 裕・深谷英則
熱物理学	2	2	花咲徳亮
電磁気学2 演義	2	2	大橋琢磨
数理物理2	2	2	橋本孝士
数理物理2 演義	2	2	橋本孝士・釣部 通
量子力学1	2	2	若松正志
量子力学1 演義	2	2	若松正志・北澤正清
物理学実験基礎	6	2	田島節子・鷹岡貞夫・山中千博 杉山清寛
量子力学2	2	2	細谷 裕
量子力学2 演義	2	2	細谷 裕・坂本好史
統計力学1	2	2	湯川 諭
統計力学1 演義	2	2	湯川 諭・大橋琢磨
統計力学2	2	2	川村 光
物理学実験1	12	4	福田光順・山中千博・中野岳仁・ 阪口篤志・菅谷頼仁・清水 俊・ 三原基嗣・橋爪 光・桂 誠・ 久富 修・谷 篤史・竹内徹也・ 宮坂茂樹・佐藤 朗・青木正治・ 境家達弘・深川美里・中嶋 大・ 田島節子・高見 剛・吉田 斉・ 外川 学・小田原厚子
物理学実験2	12	4	(同上)
<b>【選択必修科目】</b>			
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
量子物理学概論	2	2	阪口篤志
電磁気学 2	2	2	小川哲生
熱物理学演義	2	2	花咲徳亮・吉野 元
地球科学概論	2	2	近藤 忠
数理物理 3	2	2	菊池 誠
惑星科学概論	2	2	寺田健太郎
物性物理学 1	2	2	小林研介
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	浅川正之
物理実験学	2	2	能町正治
プラズマ物理学	2	2	高部英明
光物理学	2	2	野末泰夫
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	黒木和彦
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・ 横山 正・薮田ひかる・ 境家達弘
相対論	2	2	大野木哲也
素粒子物理学 1	2	2	久野良孝
原子核物理学 2	2	2	松多健策
物性物理学 3	2	2	田島節子
宇宙物理学	2	2	常深 博
地球惑星物質学	2	2	佐々木 晶・佐伯和人
極限光物理学	2	2	疇地 宏
数値計算法	2	2	田越秀行
相対論的量子力学	2	2	窪田高弘
素粒子物理学 2	2	2	青木正治

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	細谷 裕
科学技術論 A	2	2	北山辰樹
理学への招待	2	1	西谷達雄・田島節子・ 佐藤尚弘・古屋秀隆
科学英語基礎	2	1	Hail, Eric Mathew
数値計算法基礎	2	2	小田中紳二

## 4.3 共通教育授業担当一覽

## 専門基礎教育科目（理系）担当教員

授業科目名	担当教員	配当学部	学期	曜日時限
物理学概論 I	山中 卓 小口多美夫 田中慎一郎	医(医) 医(放)・歯 医(検)・薬	I	月 3
物理学 1 A	浅川正之 小田原厚子	理 理	I	月 3
物理学 1 B	福田光順	理	I	月 3
物理学入門 I	杉山清寛	医(放・検)・ 歯・薬	I	月 3
物理学序論 1	廣岡正彦	理	I	月 3
現代物理学入門	藤田佳孝	理	II	火 1
物理学概論 II	寺田健太郎 渡辺純二 河野日出夫	医(医) 医(放・検)・歯 1 薬・歯 2	II	火 2 水 2
物理学 2 A	岸本忠史 久野良孝	理 理	II	金 4
物理学 2 B	田島節子	理	II	金 4
物理学序論 2	久野良孝	理	II	金 4
物理学入門 II	小林研介	医(放・検)・歯・薬	II	水 2
熱学・ 統計力学要論	深谷英則 井手口栄治 田中 実	基(電 1 ~ 1 5 ・ シ 1 ~ 9 0 ・情 1 ~ 2 5 ) 基(電 1 6 ~ ・シ 9 1 ~ ・ 情 2 6 ~ 5 0 ) 基(化・情 5 1 ~ )	III	月 2
熱学・ 統計力学要論	猿倉信彦 磯山悟朗・加藤龍好 白井光雲	工(電気・通信・建築) 工(電子・情報・環境) 工(エネルギー・ 船舶・土木)	III	火 1
力学 I	大野木哲也 渡辺純二 住 貴宏	工(然 1 ~ 8 5 ) 工(然 8 6 ~ 1 7 0 ) 工(然 1 7 1 ~ )	I	月 4



授業科目名	担当教員	配当学部	学期	曜日時限
力学 I	河原崎修三 常深 博 西浦宏幸 菊池 誠 坂本好史 寺崎英紀	基(化) 基(情) 基(シ1~90) 基(シ91~) 基(電1) 基(電2)	I	金 4
力学 I	黒木和彦 林田 清 吉田 斉	工(電子情報)1-80 工(電子情報)81- 工(環境・エネ)	I	金 4
力学 I	山口 哲 櫻木弘之 宮坂茂樹 小無啓司	工(地球総合) 工(理1~95) 工(理96~190) 工(理191~)	I	火 1
力学 II	釣部 通 西浦宏幸 田中 実 吉田 博 田中歌子	基(化・情) 基(シ1~90) 基(シ91~) 基(電1) 基(電2)	II	金 4
力学 II	川村 光 櫻木弘之 鷹岡貞夫 植田千秋	工(地球総合) 工(理1~95) 工(理96~190) 工(理191~)	II	火 1
力学 II	北澤正清 山中千博 木村真一	工(電子情報)1-80 工(電子情報)81- 工(環境・エネ)	II	金 1
電磁気学 I	長峯健太郎 阿久津泰弘 萩原政幸	基(化) 基(シ1~130) 基(シ131~・情)	II	月 1
電磁気学 I	芝井 広 楊 金峰・誉田義英 尾田欣也	工(然1~85) 工(然86~170) 工(然171~)	II	火 3
電磁気学 I	能町正治 谷口年史 石原盛男	工(理1~95) 工(理96~190) 工(理191~)	II	月 2
電磁気学 II	花垣和則 高杉英一	基(シ・情) 基(化)	III	月 3
電磁気学 II	浜口智志・吉村 智 民井 淳 嶋 達志	工(理1~95) 工(理96~190) 工(理191~)	III	火 1

授業科目名	担当教員	配当学部	学期	曜日時限
電気物理学 A 電気物理学 B	平 雅文 村田 勲・加藤裕史 ・加藤裕史	工（電子情報）クラス A 工（電子情報）クラス B	I	月 4
電気物理学 A 電気物理学 B	平 雅文 佐藤文信・尾崎典雅 ・大塚裕介	工（電子情報）クラス B 工（電子情報）クラス A	II	金 3
情報活用基礎	外川浩章	理	I	月 4
基礎教養 2	下田正 阿久津泰弘 土'山明 中嶋悟		I	水 2
基礎教養 3 基礎教養 3	窪田高弘 豊田岐聡 久野良孝		I	月 1 月 4
物理学実験	高見 剛 神崎映光 河野日出夫 吉田 斉 中塚記章 奥野弘嗣	工（電子情報、環境・工ネ）	I	火 3～5
物理学実験	鈴木賢紀 菅谷頼仁 清水 大 佐藤 朗 小林 康 三原基嗣	工（然）	I	木 3～5
物理学実験	平 雅文 當代光陽 福田光順・杉山清寛 中谷祐介 野村和史 松多健策	工（理）	II	火 3～5
物理学実験	高見 剛 杉原達哉 荒川智紀 青木正治 半沢弘昌 外川 学	基（電・化・情）	II	木 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 松原茂樹 小嶋 勝 青木 順 藪内俊毅 藤田佳孝	工（地球総合）	II	金 3 ~ 5
物理学実験	間 久直 小田原厚子 千賀英敬 杉山清寛 石原盛男 中野岳仁	医（放・検）・基（シ）	III	金 3 ~ 5
自然科学実験 1	福田光順 鷹岡貞夫 吉田 斉 藤田佳孝 青木正治 阪口篤志 杉山清寛 宮坂茂樹 石原盛男 花垣和則 松多健策 豊田岐聡	理	I I I I I I II II II II II II	水 3 - 5
自然科学実験 2	河野日出夫 小田原厚子	理	III 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）

- 山中グループ
- 下田グループ
- 小川グループ
- 大野木グループ
- 花咲グループ
- 小林グループ

### 物理学専攻（協力講座）

- 高部グループ

### 宇宙地球科学専攻（基幹講座）

- 芝井グループ
- 佐々木グループ
- 長峯グループ

## 第5章 物理談話会，南部コロキウム，講演会

### 5.1 物理談話会

平成 25 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．

2013.10.4	尾田 欣也	ヒッグス発見後の素粒子論
2013.10.11	木村 真一	地上にない光で物質中の電子を探るシンクロトロン光物性
2013.10.18	常深 博	X 線観測衛星 ASTRO-H が開く宇宙
2013.10.25	佐々木晶	新世代の太陽系探査で明らかになること
2013.11.8	黒木 和彦	電子相関が生み出す新奇超伝導・その多様性と普遍性
2013.11.15	浜口 幸一	宇宙誕生はじめの 1 秒間の謎
2013.11.22	湯川 諭	非平衡系の物理
2013.11.29	神田 展行	重力波検出実験の現状と同時観測・フォローアップ観測で探る重力波天体
2013.12.6	中野 岳仁	配列ナノ空間で造る相関電子系
2013.12.13	橋本 幸士	中性子星を超弦理論で
2013.12.20	植田 千秋	自然界の物質が宇宙条件で得る磁気活性
2014.1.10	長峯 健太郎	宇宙論と構造形成
2014.1.24	村川 寛	強相関物性物理学入門

## 5.2 南部コロキウム

大阪大学理学部では、物理学専攻を中心として、南部陽一郎特別荣誉教授の名を冠したコロキウムシリーズを開始した。

<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に新たに発足した「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25年度は下記の南部コロキウムを開催し、各々、教員と学生が合計100名程度が参加する等、成功を収めた。場所はH701教室、時刻は16:20-17:50である。開催の30分前から軽食を提供し、学术交流を円滑にするよう心がけている。

- 第1回 南部コロキウム

『統計力学の進展と展望』

”Some recent results and perspectives in statistical mechanics”

開催日：7月30日（火）16:20-17:40

講師：イオナ・ラシニオ教授（ローマ大）Prof. G. Jona-Lasinio (Univ. of Rome)

- 第2回 南部コロキウム

『中性子星は我々に何を語りかけているのか？～宇宙・素粒子・原子核・物性のクロスオーバー』

開催日：2013年10月24日（木）

講師：初田哲男主任研究員 [理化学研究所]

- 第3回 南部コロキウム

『素粒子物理学の発展と国際リニアコライダー ILC』

開催日：2013年12月12日（木）

講師：駒宮幸男教授 [東京大学]

- 第4回 南部コロキウム

『冷却原子気体の最前線』

開催日：2014年1月23日（木）

講師：上田正仁教授 [東京大学]

- 第5回 南部コロキウム

『私たちはどこから来たのだろうか？ ～星のかけらの私たち～』

開催日：2014年2月20日（木）

講師：谷畑勇夫教授 [大阪大学]

第3回の開始時に集計した参加者アンケートの結果、本コロキウムの継続の希望が非常に多いことから、コロキウムは成功したと考えられる。希望に応えて、平成26年度も引き続き開催の予定である。また、本コロキウムは理学研究科・研究科長裁量経費の補助を得て開催されている。また、事務作業は物理学専攻事務の協力を得ている。

（文責：橋本 幸士）





## 第6章 学生の進路状況

平成 25 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 )	4 2 名
大阪大学博士前期課程進学	( 他研究科 )	3 名
他大学博士前期課程進学		1 4 名
科目等履修生		1 名
民間企業就職		6 名
合 計		6 6 名

学部卒業生の進路の内訳：

グリー ( 株 )	1 名
( 株 ) JAL インフォテック	1 名
Tops 京都	1 名
( 株 ) 光通信	1 名
丸紅 ( 株 )	1 名
( 株 ) ワークスアプリケーションズ	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)	18名
民間企業就職	32名
法人職員	1名
国家公務員	1名
その他	1名
合 計	53名

博士前期課程修了者の進路の内訳：

(株)アルトナー	1名
(株)いすゞ中央研究所	1名
(株)インテック	1名
(株)WaveTechnology	1名
(株)NTTデータ	1名
ギガフォトン(株)	1名
黒崎播磨(株)	1名
(株)神戸製鋼所	1名
(株)コベルコ科研	1名
(株)Cygames	1名
(株)ジー・サーチ	1名
(株)新興出版社啓林館	1名
スミセイ情報システム(株)	1名
中外炉工業(株)	1名
TDK(株)	1名
(株)東芝	4名
日新イオン機器(株)	1名
NTT(日本電信電話(株))	1名
日立化成工業(株)	1名
(株)日立製作所	1名
富士通(株)	2名
三井住友信託銀行(株)	1名
三菱電機(株)	1名
三菱電機コントロールソフトウェア(株)	1名
(株)村田製作所	2名
(株)リクルートキャリア	1名
(株)菱友システムズ	1名
国家公務員(法務局)	1名
一般財団法人材料科学技術振興財団	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	2名
母国へ帰国	1名
<hr/>	
合計	3名

## 6.4 博士後期課程修了者の進路

大阪大学・非常勤研究員	1名
国立大学法人・非常勤研究員	2名
独立行政法人・非常勤研究員	2名
日本学術振興会・特別研究員	2名
海外研究機関・研究員	2名
未定	1名
合 計	10名 (うち, 論文博士1名)

博士後期課程修了者の進路の内訳：

大阪大学・核物理研究センター・特任研究員	1名
京都大学・基礎物理学研究所・研究員	1名
東京工業大学・大学院理工学研究科・基礎物理学専攻・特任研究員	1名
(独)高エネルギー加速器研究機構 物質構造学研究所・研究員	1名
日本学術振興会・特別研究員	2名
(独)理化学研究所・仁科加速器研究センター・特別研究員	1名
Augsburg University (Germany)・研究員	1名
University of Dhaka, Department of Physics, Assistant Professor	1名
未定(就職活動中)	1名

## 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 (Q.E.)、2年次の最後に「博士論文研究企画」を発表する2nd Q.E.、4年次に英語で行う博士論文中間発表(3rd Q.E.)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 Q.E.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25年度の活動

第1期の履修生が入学し、プログラムの本格的な実施が始まった。設計したカリキュラムが実際どのくらい有益なものであるかは、すぐには結果が出ない。しかしながら、「研究室ローテーション」や「物質科学英語」の授業は、履修生に大変評判がよく、目に見える成果があったといってよい。前者については、他研究室で過ごすことにより、普段経験することのない実験や研究を体験でき、視野が広がったという声が多い。実施後のアンケート調査結果を見ても、非常に有益であったことがわかる。当初予想しなかった効果としては、受け入れた研究室の学生や教員が刺激を受け、同じく視野が広がったということがある。もう一つの必修の英語科目についても、少人数の教育で、顕著に英語が上達した学生が何名も現れた。この科目は、本プログラム以外の学生にもオープンにしたので、一般の大学生の受講者も何名かいた。プログラムの派生的効果と言える。

博士課程進級を判定する2ndQEは、12月に5名の外部評価委員同席のもと実施された。5名が審査に臨み、全員合格した。本来は博士論文企画について発表する場であったが、修士論文発表会のようにになってしまい、非専門家に向けて自己の研究をアピールするという形からはほど遠かった。これについては来年度から改善する予定である。この審査会は同時に、博士課程において支給する研究奨励費の額を決める審査会でもあった。発表内容・レベルにおいて、3段階程度の金額の差がつけられた。

1月初旬に専門分野の基礎学力を問う筆記試験(1stQE)を実施し、24名の内2名が不合格となったが、1ヶ月後に実施した再試験により全員合格した。工学系の学生と理学系の学生の教育バックグラウンドの違いが顕著に出たと考えられる。そのため、物性物理100問集を見直し、半導体などの問題を増やし、分野バランス、難易度バランスを是正した。

3月には、平成26年度の入学者選抜を実施し、22名を合格させた。物理学専攻からは、2名の学生が応募し、合格した。

(文責：田島 節子)

## 第8章 理数オーナープログラム

### 8.1 平成25年度活動概観

大阪大学理学部は、数学、物理学、化学、生物科学の4学科からなっており、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、H23年度は73名、H24年度は90名、H25年度は66名に減少した。理数オーナープログラムが対象とする2,3年生の学生総数は約500名なので、対象となる延べ学生総数は前後期合わせて1,000名程度で、H25年度の参加者数は、ほぼその7%にあたる。

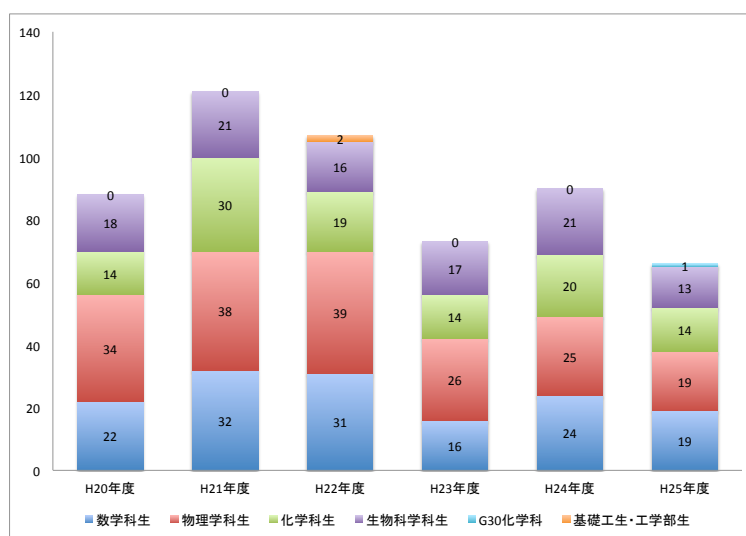


図 8.1: オナー参加者数の推移

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が、どの学年の学生が実際に参加しているかを詳細に示したのが次の図8.2である。H24-25では、2年生が最も多く、3年生の参加者が少なくなっている。これは3年生になると通常の専門課程のカリキュラムで多忙になり、やや負担が大きい選択科目のオーナーセミナーを並

行して履修することを控える心理が働くためだと考えられる。

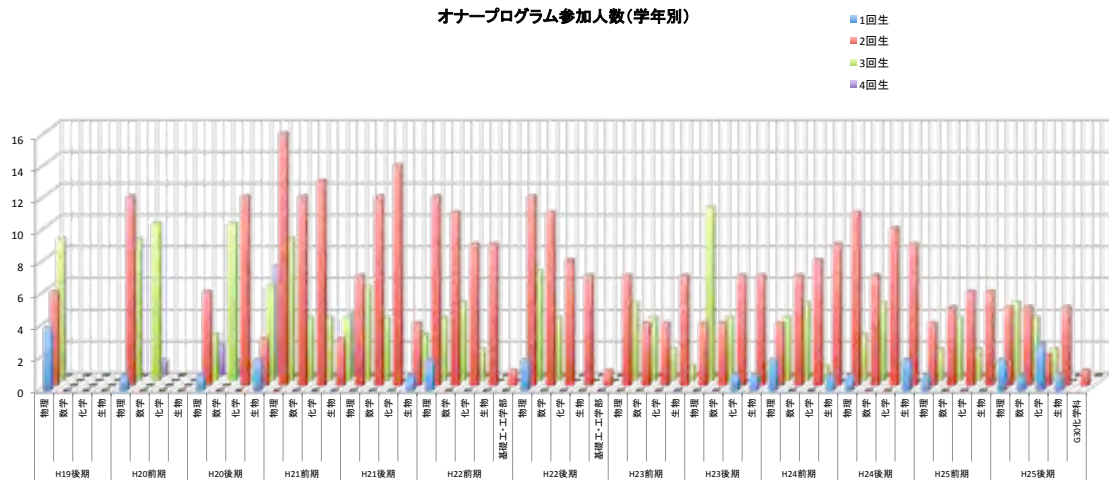


図 8.2: 学年別参加者数の推移

オーナープログラム修了者の推移を図 8.3 に示す。H25 は、修了者の数が H24 に比べて半減した。H25 物理学科修了者は 4 名が多かった。H25 理学部優秀賞(楠本賞、理学部賞)11 名のうち、7 名がオーナープログラム修了者であった。H21 から H25 の理学部優秀賞受賞者のうち、毎年、ほぼ 2/3 がオーナープログラム修了者であった。

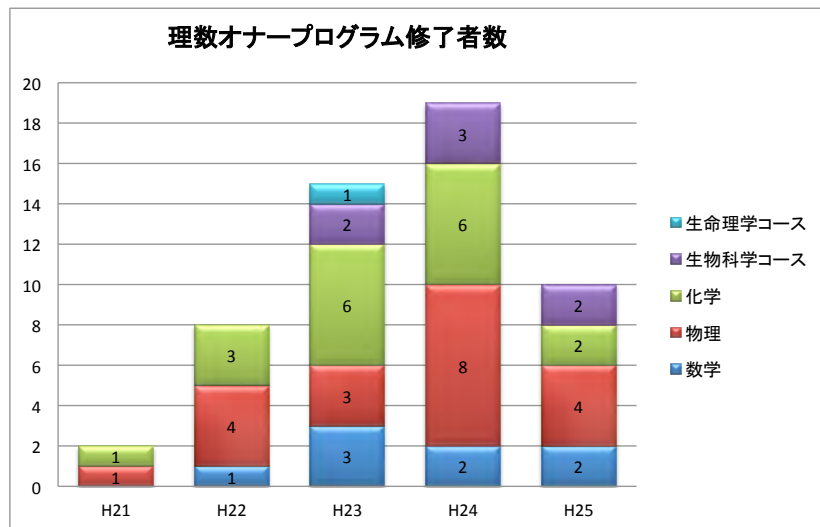


図 8.3: オナープログラム修了者数の推移



## 8.2 オナーセミナー

学部の低学年から意欲ある学生をさらに引き上げる方法として、少人数制の理数オナーセミナーを開講している。高度な内容の授業を行うとともに、主体的な学習態度を身につけさせ、セミナー終了後は教員および学生の評価をもとにセミナーをさらに改良することを目標とする。少人数制のため、個々の能力を教員が的確に把握できるので、彼らの実力を加味しつつ、学生の好奇心を引き出し、通常授業の枠にとられない内容を展開する。H23年度は28のオナーセミナーを開講したが、H25年度は前後期合わせて32のオナーセミナーを開講し、のべ66名が履修した。物理学科では、前期は3セミナーを開講、後期は8セミナーを開講した。

《前期》3セミナー開講 受講者数7名

A 質量分析学への誘い(豊田岐聡、青木順) 物理学科3年2名、生命理学コース2年1名、3年1名

B 宇宙線トモグラフィー(岸本、能町、吉田、阪口、菅谷、梅原) 物理学科2年1名

C 粒子 反粒子による基礎物理とその応用(板橋隆久、久野良孝) 物理学科1年1名、2年1名

この他、数学オナーセミナー(前期のみ)に、物理学科2年1名が参加した。

《後期》8セミナー開講 受講者数14名

D 物理の中の対称性:物質、素粒子、宇宙(細谷裕) 物理学科1年1名、2年1名

F 加速器を使って分析しよう 身の回りの謎に挑戦-(福田光順、藤田佳孝) 物理学科1年1名、2年2名、数学科1年1名

G レーザーで3次元写真(ホログラム)作成に挑戦(田島節子、田中清尚、安宅光雄) 物理学科2年1名、生物科学1年1名

H 自主ゼミ(宇宙線トモグラフィー)(アドバイザー 岸本、能町、吉田、阪口、菅谷、梅原) 物理学科2年1名

I 自主ゼミ(質量分析への誘い)(アドバイザー 豊田岐聡、青木順) 物理学科3年1名

S 研究室に入って好きな研究をしてみよう(黒木和彦) 物理学科3年2名

S 研究室に入って好きな研究をしてみよう(山中千博) 物理学科3年1名

S 研究室に入って好きな研究をしてみよう(川村 光) 物理学科3年1名

## 8.3 自主研究と発表会

自分で研究課題を見いだした学生には、オ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。中々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ヶ月目から始める。

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。全学科ともオーナーセミナーの通常授業の平常点と発表会の出来を合算し、成績評価を行った。

発表のパフォーマンス力が高かった学生を聴衆の投票結果により表彰し、学生のやる気を高めるようにした。また、研究データの考察方法や、文章による説明能力を養うため、この研究結果を自主研究報告書にまとめさせて提出させた。

#### H24 前期 オーナーセミナー 自主研究発表会

平成 25 年 9 月 26 日 (木) 13:00-16:00、9 月 27 日 (金) 14:00-16:00 at H701

物理オーナーセミナーからの発表 3 セミナー 参加学生 5 名 5 演題

豊田、青木 G 質量分析学への誘い

- 1 質量分析による大豆アレルギータンパク質の解析
- 2 医療現場における迅速分析のための簡易前処理法の検討
- 3 質量分析によってアサリの貝殻に含まれる成分の変化を追う

岸本、能町、吉田、阪口、菅谷、梅原 G 宇宙線トモグラフィー

- 4 宇宙線トモグラフィー

板橋、久野 G 粒子 反粒子による基礎物理とその応用

- 5  $\mu$  減速の原理と多体反応による TM 形成

#### H24 後期 オーナーセミナー 自主研究発表会

平成 26 年 4 月 2 日 (水) 9:30-16:00 at H701

物理オーナーセミナーからの発表 7 セミナー 参加学生 11 名 9 演題

田島、田中、安宅 G レーザーで 3 次元写真 (ホログラム) 作製に挑戦

- 1 ホログラムの演算メモリ等としての可能性の研究 2 名 (共同研究)

細谷 G 物理の中の対称性: 物質、素粒子、宇宙

- 2 Schrodinger 方程式の幾何学的解釈について
- 3 波動関数の対称性と群

福田、藤田 G 加速器を使って分析しよう 身の回りの謎への挑戦

- 4 淀川の水に含まれる金属イオンの調査
- 5 放射性短寿命核  $^{12}\text{N}$  の  $\text{H}_2\text{O}$  中における  $^{-}\text{NMR}$  スペクトルの世界初測定

オーナー S 黒木 G 研究室に入って好きな研究をしてみよう

- 6 ハバード梯子模型における変分モンテカルロ法 2 名 (共同研究)

オーナー S 山中 G 研究室に入って好きな研究をしてみよう

- 7 簡便な大気電場の多地点観測装置の開発

オーナー S 川村 G 研究室に入って好きな研究をしてみよう

- 8 分子電力学法で調べる非平衡統計力学

自主ゼミ 豊田、青木 G 質量分析学への誘い

- 9 イメージング質量分析による魚介類における金属元素の体内分布を調べる研究

## 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。H25年度に大学院科目等履修生で単位認定されたものの実績を表 8.1 にまとめる。11人中、7人がオナー参加者である。H24年度は、履修生18人、そのうち14人がオナー参加者であった。

表 8.1: H25年度大学院科目等履修生で単位認定されたものの実績

学科	学年	履修生総数		オナー参加者数	
		H24	H25	H24	H25
物理学科	4年生	7	6	6	3
化学科	4年生	6	2	6	2
生物科学科	4年生	5	3	2	2
合計		18	11	14	7

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。多くがオナー参加者であった。

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	H23	H24	H25
超域イノベーション	2	2	2	1	0	0
生体統御ネットワーク医学教育	4	2	2	3	2	2
インタラクティブ物質科学カデット	–	11	9	–	8	7

## 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7年目を迎え、参加学生も下はB1から上はD3、社会人まで、延べ人数が240名を超え一大組織となりつつある。もちろん主役はオナーセミナーを受講している学部生であるが、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ます。こういう元気な学生が在籍する理数オーナープログラムの卒業生が今後どの方面で活躍していくか楽しみであり、先端的な取り組みを始めた大阪大学理学部の誇りであると言ってよい。

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H25年度の活動内容を下記に記す。

- 1) いちよう祭 H25.5/3 理学部 H棟 2F コミュニケーションスペース
- 2) 数学オナーランチミーティング H25.6/18 理学部 B棟 3F B302室
- 3) SSH 生徒研究発表会 H25.8/7、8 パシフィコ横浜
- 4) 豊中市小中学生自由研究アドバイザー 豊中豊中市教育センター(蛸ヶ池)  
アドバイザー活動3日間 H25.7/21、8/4、8/25
- 5) オープンキャンパス H25.8/20 理学部 H棟 1F コミュニケーションスペース
- 6) H25 前期自主研究発表会 H25.9/26、27 理学部 H棟 H701
- 7) H25 前期オナー交流会 H25.9/27 理学部 H棟 2階 コミュニケーションスペース
- 8) 大阪府立豊中高校 SSH ティーチングアシスタント 大阪府立豊中高校(豊中)  
SSH1 年生クラス TA 活動6日間 H25.12/12、14、21、H26.1/11、18、25
- 9) オナークリスマス会 H25.12/26 理学部 H棟 2階 コミュニケーションスペース
- 10) オナー生企画座談会 H26.2/12 理学部 D棟 D403、407
- 11) 第3回サイエンス・インカレ(文部科学省主催) H26.3/1、2 千葉幕張メッセ  
口頭発表者2 演題2名(物理 B3 2名)  
ポスター発表者3 演題3名(物理 B2 1名、化学 B3 1名、生物科学2年 1名、  
このうち1演題は生物科学科と薬学部学生との共同研究)  
奨励表彰受賞 1名
- 12) 第3回リサーチフェスタ H26.3/12 理学部 D棟 D303、D501  
ポスター発表者10 演題10名(物理 B1 1名、B2 1名、B3 3名、数学 B2 1名、  
化学 B2 1名、B3 1名、生物科学 B2 2名、このうち1演題は生物科学科と薬学部  
学生との共同研究) 優秀賞3名、奨励賞7名
- 13) オナープログラム修了式 H25.3/25 D501
- 14) 卒業生を送る会 H25.3/25 理学部 C棟 C203
- 15) H25 後期自主研究発表会 H26.4/2 理学部 H棟 H701
- 16) H25 前期オナー交流会 H26.4/2 理学部 H2棟階 コミュニケーションスペース

(文責: 細谷 裕)

## 第9章 国際化拠点整備事業（グローバル30）

### 9.1 International Physics Course (IPC)

「国際化拠点整備事業（グローバル30）」は、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](http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/21/07/1280880.htm)

阪大 HP

<http://www.osaka-u.ac.jp/ja/guide/international/global30/index.html>

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、M.S コースが1 学年5 名、Ph.D 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、M.S コースが5 名、Ph.D 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、バングラディシュ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、M.S コースが5 名、Ph.D コースが1 名で、国籍は、中国2 名、香港1 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、M.S コースが2 名、Ph.D 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 年度 10 月 1 日に、第四期生を迎え入れ、入学者は、M.S コースが5 名、Ph.D 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 25 年 12 月～平成 26 年 2 月にかけて、平成 26 年 10 月入学のための入学試験を行い、M.S コースが4 名の合格者を発表しています。彼らの国籍は、中国1 名、香港1 名、ベトナム2 名です。また、三期生の M.S コースのうち1 名が、本学の Ph.D 進学を希望していますので、平成 26 年度の入学者は、Ph.D コースは、1 名になる予定です。

（文責：岸本 忠史）

## 9.2 Chemistry-Biology Combined Major Program (CBCMP)

2010年10月に開設された。2010年度入学生は13人であった。2011年度入学生は12人であった。2012年度入学生は19人であった。2013年度入学生は19人であった。又、2014年秋には、さらに20人が入学予定である。物理学科が担当している授業は

### **Freshman Year:**

- Introductory Physics 1 (Classical Mechanics);
- Introductory Physics 2 (Electromagnetism);
- Information Literacy (1 unit ~3 weeks);
- Basic Seminar Organizer (15 weeks);
- Basic Physics Experiments (lab design consultant);

### **Sophomore Year:**

- Advanced Physics 1 (Biological/Statistical Physics);
- Advanced Physics 2 (Modern Physics/Quantum Mechanics);

である。物理担当の専任特任准教授として Wade Naylor 氏が従事している。

URL: <http://www.icou.osaka-u.ac.jp/cbcmp/>





## 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.prc.sci.osaka-u.ac.jp/fukuprog/>
- ・ <http://www.osaka-u.ac.jp/ja/research/fukusenkou/index.html>
- ・ <http://www.osaka-u.ac.jp/jp/facilities/gakusai/index.html>

### 10.2 基礎理学計測学

#### 10.2.1 プログラム概要

様々な計測機器や分析機器は、物理、化学、生物科学、ライフサイエンス、環境科学など幅広い分野の研究において、必要不可欠なものとして用いられている。しかしながら、近年、装置がブラックボックス化し、その原理をよく理解せずに機器を利用し、得られた結果についての考察や評価を十分に行えないケースが増えてきている。また、他の誰も見たことがないようなモノを見ようとする時には既存の計測機器では不可能な場合がほとんどで、新たに機器を開発することが必要となる場合もある。このような場合にも、測定原理などをしっかりと理解していることが必須である。

本プログラムでは、「質量分析」、「NMR」、「X線結晶解析」、「放射線計測」、「機器制御」、「分光計測」などの分析・計測法に関して、その機器や測定の基本原理を系統的に講義形式

で学ぶとともに、その技術を体得するための実習も同時に行うことを特徴とする。さらにこのような最先端計測技術の基礎となっている原理についても講義形式で学ぶことができる。このプログラムで学んだ計測技術を実際の研究に役立てられることを目指す。

### 10.2.2 修了要件

8単位以上。ただし、実習形式の講義（先端的研究法、先端機器制御学、分光計測学）の中から4単位以上必ず取得すること。

### 10.2.3 授業科目

#### 選択必修科目

先端的研究法：質量分析、先端的研究法：X線結晶解析、先端的研究法：NMR、先端機器制御学、分光計測学

#### 選択科目

放射線計測基礎1、放射線計測基礎2、放射線取扱基礎、放射線計測学、放射光物理学、加速器科学、加速器物理学、孤立系イオン物理学、有機分光化学(I)、生体分子化学(I)、核化学1(I)、核磁気共鳴分光学(I)、無機分光化学概論、先端物性工学、表面分析工学、時空間フォトニクス、レーザー分光学

### 10.2.4 プログラム登録者数

平成25年度のプログラム登録者数は19名であった。その内訳は、理学研究科物理学専攻1名(M1:1名)、理学研究科化学専攻4名(M2:2名、D2:1名、D3:1名)、高分子科学専攻3名(M2:2名、D2:1名)、宇宙地球科学専攻2名(M2:2名)、医学系研究科保健学専攻1名(M1:1名)、生命機能研究科3名(1年:1名、3年:1名、5年:1名)、薬学研究科医療薬学専攻(M1:1名)、工学研究科機械工学専攻1名(M2:1名)、工学研究科電気電子情報工学専攻1名(M2:1名)、基礎工学研究科物質創成専攻2名(M1:1名、M2:1名)である。

なお、平成25年度の本プログラム修了者はいなかった。

## 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 25 年度のプログラム登録者数は 7 名であった。その内訳は、理学研究科数学専攻 1 名 (M2 : 1 名)、理学研究科物理学専攻 3 名 (M2 : 3 名)、医学系研究科保健学専攻 1 名 (M1 : 1 名)、薬学研究科医療薬学専攻 (M1 : 1 名)、工学研究科電気電子情報工学専攻 1 名 (M2 : 1 名) である。全て博士前期課程の学生である。

なお、平成 25 年度の本プログラム修了者はいなかった。

(文責：豊田 岐聡)



## 第11章 国際交流活動

### 11.1 目的

大阪大学大学院理学研究科（物理学専攻）での国際交流活動の主たる目的は

1. 物理学専攻の教育研究の成果を海外に向けて積極的に情報発信すること
2. 海外の大学や研究機関から本研究科博士前・後期課程への学生の入学を推進することである。

このような活動には、教員個々人のチャンネル形成と信頼関係の形成が必要である。それに加え、研究科としてオーソライズされた組織的なプロモーション活動も必要であり、物理学専攻としてはこれらについて努力している。平成25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 Joint Degree Program や、留学生の経済支援について Home Institute との co-funding の可能性の検討・議論。
- (mini-)Workshops の実施。
- 教育研究関連公的機関への訪問・情報収集。

### 11.3 海外研究機関訪問、海外からの来訪者など

1. インド、2013年0430-0510 タタインスティテュート（自然科学部）；浅川・北澤
2. IPC プロモーション活動の一環として
  - (a) アメリカ、2013年0404-0407 コロンビア大・プリンストン大・イエール大大学院；高部
  - (b) ドイツ、2013年0607-0610 フンボルト大・ドレスデン工科大；高部

- (c) インドネシア、2004 年 0124-0127 Japan Education Fair in Indonesia; 高部  
会場: Insan Cendekia 高校・Al-Azhar 高校\*・Gadjah Mada 大学\*・SMA  
Bopkri 1 Yogyakarta 高校・SMA Budya Wacana Yogyakarta 高校(\*では模擬  
講義を行った)
- 3. フィンランド、2013 年 0915-0918 ユヴァスキュラ大・ヘルシンキ大; 久野・小川  
目的: 両大学との研究交流にする打ち合わせ
- 4. ダブルディグリープログラムに関する調査の一環として(先方のダブルディグリー担  
当教員との面談)
  - (a) フィンランド、2014 年 0304 ユヴァスキュラ大; 久野、2014 年 0305 ヘルシンキ  
大; 久野・岸本
  - (b) オランダ、2013 年 0306 グローニンゲン大; 久野・岸本
  - (c) ドイツ、2013 年 0307 ケルン大; 久野・岸本
  - (d) シンガポール、2014 年 0311 南洋理工大; 久野・岸本
  - (e) インドネシア、2014 年 0312 バンドン工科大; 岸本・小川・能町・久野
  - (f) マレーシア、2014 年 0313 マラヤ大; 岸本・小川・能町・久野
  - (g) ベトナム、2014 年 0314 ホーチミン市国家大学; 能町
  - (h) アメリカ、2014 年 0316-0321 ヒューストン大・ライス大; 小川・久野
- 5. 阪大訪問
  - (a) Prof. Gerco Onderwater (グローニンゲン大) 2013 年 0508-0513 集中講義
  - (b) Prof. Wan Ahmad Tajudin・Prof. Zainol Abidin Bin Ibrahim (マラヤ大) 2013  
年 8 月
  - (c) 河野淳一郎教授(ライス大) 2013 年 11 月

#### 11.4 部局間学術交流協定

平成 25 年度に、物理学専攻の教員がコンタクトパーソン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. アルファラビ・カザフ国立大学・物理工学部(カザフスタン共和国)  
2013.6.4-2016.6.3 CP:岸本忠史教授、保坂淳教授(核物)
- 2. サスカチュワン大学人文・科学研究科(カナダ)  
2013.12.19-2018.12.18 CP:久野良孝教授

## 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 プロモーション活動の一環として

(a) 場所 中国 上海交通大学

日時 2013年4月21日-4月24日

参加者 高部英明

講義 高部英明

(b) 場所 ベトナム 国立大学ハノイ校

日時 2013年11月23日

参加者 高部英明・岸本忠史

講義 高部英明・岸本忠史

(c) 場所 ベトナム 国立大学ホーチミン校

日時 2013年11月26日

参加者 高部英明

講義 高部英明

(d) 場所 マレーシア 国立マレー大学・私立 Multi-Media 大学

日時 2013年11月28日

参加者 高部英明・岸本忠史

高部英明・岸本忠史

(e) 場所 シンガポール 南洋理工大学 (NTU)

日時 2013年12月4日

参加者 高部英明

講義 高部英明

## 11.6 その他

物理学専攻（博士課程）の在籍留学生人数は、平成26年4月現在で合計40名。  
 （国費留学生：10名、私費留学生：26名、政府派遣留学生：4名）

国名	前期課程	後期課程	非正規生
ベトナム	3	7	0
中国	5	3	0
ドイツ	1	0	7
マレーシア	0	3	0
韓国	1	1	0
香港	0	1	0
モンゴル	1	0	0
フランス	1	0	0
フィンランド	0	0	1
フィリピン	1	0	0
スリランカ	0	1	0
シンガポール	1	0	0
コロンビア	0	1	0
トルコ	0	1	0
計	14	18	8

（文責：岸本 忠史）



## 第12章 湯川記念室

### 12.1 平成 25 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。

### 12.2 第 29 回湯川記念講演会

2013 年 10 月 5 日 (土) 13 時-17 時、大阪大学中之島センター、佐治敬三メモリアルホールで開催した。湯川記念室が主催、日本物理学会大阪支部が共催した。170 人あまりの参加者があった。佐治敬三メモリアルホールだけでなく、別の部屋にビデオ中継した。

- (1) 原田 明 (大阪大学大学院理学研究科教授)  
“超分子：物質と生命の間”
- (2) 住 貴宏 (大阪大学大学院理学研究科准教授)  
“重力マイクロレンズによる系外惑星探査”

<http://www-yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/sympo/sympo29.html>

原田氏は物質と生命の間を具現する超分子の面白さ、従来生物固有と思われてきた機能を合成した人工分子で発現することができることを解説、引き続き、住氏が、現在 800 個も知られている太陽系以外の惑星 (系外惑星) がどのように発見されたか、特に、重力マイクロレンズによる探査について興味深く解説した。

### 12.3 最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2013

日時：2013 年 10 月 19 日、26 日、11 月 2 日、9 日、16 日、23 日 (土) 15 時 – 18 時

<http://www-yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/SAP/>

主催：総合学術博物館湯川記念室

共催：理学研究科、工学研究科、基礎工学研究科、全学教育推進機構、  
レーザーエネルギー学研究センター、核物理研究センター



図 12.1: 「最先端の物理を高校生に SAP2013」の風景

主に高校生を対象に、一線の研究者が最先端の物理を分かりやすく講義するとともに、演示やゲームも取り入れ、物理や科学に対する興味を引き出そうとするプロジェクト、「最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2013」が10月19日から11月23日まで、毎土曜日午後3時から6時まで6週にわたり、豊中キャンパス理学部 D501 大講義室などで開催された。毎回、高校生、一般を含め、平均139人が出席した。140人は4回以上出席した。出席者175人のうち62人が女性であった。

毎回3時間の授業は、(1) 基幹講義：自然界の様々な世界を訪ねる、(2) コーヒーブレイク：実験デモ、実演、展示、交流、(3) 実践講義：物理、技術の現実世界での応用、の3部で構成され、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など、未来への展望も含めてわかりやすく解説された。11月2日には、工学研究科、核物理研究センター、レーザーエネルギー学研究センター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、最終日には、東島清理事・副学長より祝辞が述べられ、修了証書が授与された。6週間にわたって大学が高校生に提供するこの野心的なプログラムは今年も盛況のうちに終了した。

プログラムの詳細はホームページを参照されたい。理学研究科からは、細谷裕、藤田佳孝、松多健策、佐藤透、吉田斉、阪口篤志、豊田岐聡、福田光順、北澤正清、若松正志、市原敏雄、古木良一、櫻井太郎、重永尚子らが中心的に運営に携わった。

この9年間の実績を表 12.1 にまとめる。4回以上出席した人は、140人であり、参加者

表 12.1: 「最先端の物理を高校生に SAP」の9年間の実績

開催年	2005	06-08	2009	2010	2011	2012	2013
実行委員長	細谷 裕	略	佐藤 透	阪口篤志	藤田佳孝	藤田佳孝	藤田佳孝
副委員長	藤田佳孝	略	松多健策	佐藤 透	阪口篤志	松多健策	松多健策
参加者数	171	略	171	179	192	190	175
男性, 女性	125, 45	略	105, 66	124, 55	128, 64	119, 71	113, 62
高1, 高2	106, 54	略	105, 43	103, 54	100, 59	90, 65	106, 42
平均参加者	141	略	137	142	154	146	139
≥4 回出席者	146	略	138	149	155	150	140
6 回出席者	83	略	62	66	92	72	74
リピーター	—	略	6	9	7	11	12
参加高校数	38	略	58	69	93	79	60



図 12.2: 「最先端の物理を高校生に SAP2013」修了式後の集合写真

は非常に熱意があることを物語る。60校からの参加があった。参加高校数の多さは、SAPプロジェクトが浸透してきたことを意味する。

このSAPプロジェクトは大阪大学の活動として大きく認識されるようになった。細谷は、この9年間のSAP活動を振り返り、総合的な分析を物理教育学会機関誌（物理教育 vol. 61, No. 4 (2013) 219-223）に掲載した。

## 12.4 その他

いちよう祭（5月2日、3日）で附属図書館6階ホールにおいて、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：細谷 裕）



## 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25年度の物理学科出張講義は、宇宙地球科学専攻の教員の協力も得て以下の17校を対象に実施された。

学 校 名	所在地	日 時	講 師	対 象
土佐塾高等学校	高知市	6月22日(土)	芝井 広	ワンデーセミナー 2013 高校生 30名~50名程度
私立開智中・高等学校	和歌山市	7月13日(土)	下田 正 小田原厚子	中等部5年生・高等部2年生 28名
三重県立津西高等学校	津市	8月16日(金)	寺田健太郎	国際科学科夏季セミナー 2年生生理系選択者と 1年生生理系選択希望者約100名
兵庫県立姫路東高等学校	姫路市	8月23日(金)	松多健策	高校2年次生中心に50名程度
大阪府立岸和田高等学校	岸和田市	8月27日(火)	下田 正	1・2年生 80名程度
大阪府立北野高等学校	大阪市	9月7日(土)	下田 正	1年生 77名+保護者数名
広島県立呉三津田高等学校	呉市	9月25日(水)	下田 正	1・2年生および3年生の一部より
西宮市立西宮東高等学校	西宮市	10月2日(水)	下田 正	高校1・2年生の40名
ノートルダム清心女子 高等学校	倉敷市	10月26日(土)	田島節子	「集まれ! 理系女子第5回女子生徒 による科学研究発表交流会」
兵庫県立川西緑台高等学校	川西市	10月23日(水)	寺田健太郎	2年生(1年生も含む) 40名(2回分)
京都府立南陽高等学校	木津川市	11月7日(木)	芝井 広	2年生約30人程度
学校法人ヴィアートル学園 洛星高等学校	京都市	11月9日(土) 11月16日(土) 11月30日(土)	吉田 斉	2年生, 40名
三重県立四日市高等学校	四日市市	11月13日(水)	藤田佳孝	1年生・約40名
西宮市立西宮高等学校	西宮市	11月15日(金)	野末泰夫	グローバルサイエンス科 2年生約40名
大阪府立富田林高等学校	富田林市	11月15日(金)	下田 正	1年生
大阪府立春日丘高等学校	茨木市	11月21日(木)	小田原厚子	本校1・2・3年生と定時制・科学部
京都府立宮津高等学校	宮津市	2月12日(水)	藤田佳孝	1・2年生

(文責:野末 泰夫)

## 13.2 連携講座

滋賀県立虎姫高等学校の生徒 20 名が教諭 3 名 (高田武治教諭, 福永和真教諭, 坂口さか江教諭) と共に, 平成 25 年 7 月 31 日 (水) と 8 月 1 日 (木) 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。武友建史校長も開講式に駆けつけて下さった。高等学校の物理教育では演示実験に偏りがちである。また, 実験実習を体験するためには設備が十分でなく, 指導が必ずしも十分に行えない状況にある。そこで, 杉山清寛氏が中心となって, 物理科学の基礎とその発展となる実験実習を実際に体験し, 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準備した。また, 理解した内容をまとめ, それをみんなの前で発表することによって, 自ら考えること, および, 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生き生きとした研究内容の一端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を目指した。

特に今回は光に焦点をあてて, 高校では扱えない機材を実際に用いて, 生徒自らが操作し, その様子を観察・記録し, その結果を解析した。具体的には, 原子から出てくる輝線スペクトルを用いて, 様々な波長におけるガラスの屈折率を測定した。光が屈折するのはよく知られていることであるが, その際, なぜ虹色になるのかについては理解されているとは言えない。屈折率の分散という現象を実際に観察して, 光と物質との相互作用を理解する助けとする。さらに生徒が自ら考案した発展課題に挑んだ。それらの中で, 液体の種類を変えて屈折率を測定したり, 単色光の合成による色見え方などの実験を行った。行った実験の結果を整理してまとめ, 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準備し, 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。この連携講座は今回で 11 回目となる。

7月31日(水)

10:00-16:40

原子スペクトルを光源として, ガラスプリズムの屈折率の波長依存性を測定した。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1日(木)

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

野末による講義「光のふしぎ」を行い, 波長によって色が違って見える網膜の視細胞の役割, 光の回折などについて実演を交えて学習した。

14:00-15:30

吹田キャンパスに移動し、長谷川繁彦准教授の指導のもとで、ナノテクノロジーについて産業科学研究所のいくつかの研究室を見学し、大学における最先端の研究の一端を理解した。

(文責：野末 泰夫)

### 13.3 高校生のための物理学科一日体験入学

高校生を対象とした研究室紹介として「研究室をのぞいてみよう」を実施した。これは「最先端の物理を高校生に (Saturday Afternoon Physics)」の一企画として、これまでの「高校生のための物理学科一日体験入学」を発展させ2009年度より行っている。

本年度の実施内容は以下の通りであった。

開催日時：2013年11月16日(土) 16:00 - 18:00

開催場所：大阪大学理学研究科・基礎工学研究科

内容：高校生による研究室訪問

参加者数：140名(オブザーバーを含む)

参加グループ:

理学研究科物理学専攻

協力研究室	担当者	企画名称
岸本グループ	吉田 斉	PETの原理を知ろう
下田グループ	下田 正	放射線とは何だろう
核物質学グループ	三原基嗣	加速器で見る原子核の世界
山中卓グループ	山中 卓、花垣和則	初めての素粒子実験
久野グループ	坂本英之、久野良孝	宇宙からの宇宙線を視る
原子核理論グループ	佐藤 透	ニュートリノ
素粒子理論グループ	山口 哲	重力～ニュートン、アインシュタインから超弦理論まで <i>sim</i>
豊田グループ	青木順	質量分析?～重さを計るといふんなものが見えてくる～
小林グループ	小林研介	エレクトロニクス：真空管からナノテクノロジーまで
田島グループ	田島節子	極低温で見る高温超伝導の性質
小川グループ	浅野建一	マイクロとマクロの狭間 —メゾスコピック世界での電子波の干渉—
花咲グループ	河野日出夫	電子顕微鏡で見る極微構造



## 基礎工学研究科物質創成専攻

協力研究室	担当者	企画名称
吉田博研究室	吉田 博	創エネルギー材料の計算機ナノマテリアル デザインと実証（太陽電池、燃料電池、熱電材料）
木村研究室	若林裕助	原子の見かた
芦田研究室	芦田昌明	最先端レーザー - 100兆分の1秒のストロボ光-
鈴木研究室	鈴木義茂	小さな磁石の不思議な世界

参考: <http://www-yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/SAP/>

(文責: 若松 正志)

## 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」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
ミクロ・ナノ構造の観察と実験体験	中野	5月3日	50
素粒子で探る未知の世界	青木	5月3日	44
ヒッグスや超対称粒子を探せ!	山中	5月3日	120
放射線検出器で探る素粒子・原子核 ・そして宇宙	阪口	5月3日	120
超伝導を体験しよう	宮坂	5月3日	140
あら意外! あの物質に潜む驚きの性質	村川	5月3日	47
理数オナープログラム	篠木(細谷)	5月3日	150
質量分析って何だろう	尾関(豊田)	5月3日	30
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	5月2、3日	40
加速器で見る原子核の世界	三原	5月2、3日	270
ビデオ上映「元素誕生の謎にせまる」他	三原	11月2、3日	10
加速器で見る原子核の世界	三原	11月2、3日	95

参加者総数: 1,116名 (高校生: 335名 一般: 781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
6月24日 8月20日	模擬授業（松多）バンデグラフ公開 オープンキャンパス （下田研、核物質学グループ、岸本研、 山中研、久野研、田島研、花咲研、 小林研、野末研、豊田研、 素粒子論グループ、原子核理論グループ、 黒木研、小川研）	岡山一宮高校  高校生一般	21名
8月27日	模擬授業（松多）バンデグラフ公開	咲くやこの花高校	19名
10月11日	バンデグラフ施設公開	天王寺高校	20名
10月22日	田島研公開（超伝導）	北海道大麻高校	10名
10月22日	模擬授業（小林）バンデグラフ公開	倉吉東高校	21名
10月23日	バンデグラフ施設公開	伊丹北高校	18名
10月24日	バンデグラフ施設公開	西宮高校	10名
10月25日	バンデグラフ施設公開	西陵高校	5名
11月20日	模擬授業（松多）バンデグラフ公開	報徳学園高校	28名
11月21日	模擬授業（下田）バンデグラフ公開	池田高校	39名
11月22日	模擬授業（三原）バンデグラフ公開	宝塚北高校	40名

（文責：松多 健策）

### 13.5 理科教育セミナー

基礎工学研究科と理学研究科の教員が協力して開催している「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、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。今年度から全学教育推進機構が主催者から外れ、本セミナーの初期の形に近くなった。物理学専攻としては、担当教員を決めて主催者側として積極的に関与してきている。

今年度は、平成25年8月12日（月）、13日（火）の2日間にわたって基礎工学部 ホールでおこなわれた。日程は以下の通りであった。

8月12日（月曜日）

- 1.（講義）質量の起源ヒッグスを追う 10:30-12:30  
大阪大学大学院理学研究科准教授 花垣 和則

2. (高大連携企画) - 高校生の課題研究と大学のAO入試 - 13:30-17:30
- (a) (13:30-14:00)  
大阪大学の研究奨励 AO 入試の狙いと課題 大阪大学大学院理学研究科 教授 小川哲生
- (b) (14:00-14:30)  
基礎工学部 PBL について 大阪大学基礎工学研究科 教授 関山 明・准教授 若林裕助
- (c) (14:30-15:00)  
高校生の能動性を引き出す試み - 課題研究指導を分担した経験から 大阪大学大学院理学研究科 教授 下田 正  
大阪大学大学院理学研究科 博士課程3年 那須翔太
- (d) (15:00-15:15) 休憩
- (e) (15:15-15:45)  
虎姫高校での大学連携におけるミニ課題研究 滋賀県立虎姫高校 教諭 坂口さか江、  
滋賀県立米原高等学校 教諭 高橋英樹、  
滋賀県立膳所高等学校 教諭 宮田崇弘
- (f) (15:45-16:15)  
生野高校での課題研究について 大阪府立生野高校 教諭 宝多卓男
- (g) (16:15-16:45)  
岸和田高校での課題研究について 大阪府立岸和田高校 教諭 唐津正之、  
教諭 橘 恵太、教諭 西浦正樹
- (h) (16:45-17:30) 討論  
参加者全員

8月13日(火曜日)

1. (講義) アインシュタインの物理と産業利用研究の関係? 10:00-12:00  
- スピントロニクス の現状と発展 -  
大阪大学大学院基礎工学研究科 教授 関山 明
2. (講義) 元素はどうやって合成されたのだろうか 13:00-15:00  
大阪大学大学院理学研究科 准教授 小田原 厚子

セミナーの参加者は、  
高校、中学、高専の教員 49名、退職などのその他教育関係者 6名、  
大阪大学側として、理学研究科 8名、基礎工学研究科 2名、核物理研究センター 1  
名、全学教育推進機構 1名  
の総計 67名でした。

(文責：杉山 清寛)

## 第14章 大阪大学説明会

平成24年8月20日(火曜日)に平成25年度大阪大学説明会(理学部)が開催された。この説明会の趣旨は、「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、年々、参加者が増えている。

大阪大学では年々増え続ける参加者に対応するために、昨年度からWebによる事前登録方式を採用し、理学部でも、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ほぼ満杯となる盛況となり、実際も当日参加希望者が出るほどとなった。学科説明会はD501からのリレーで、階下の大きな2つの講義室にリレー中継も行われた。模擬講義は豊中総合学館で行われ、定員を超える500名の参加があった。理学部全体の参加人数は、申込数は4,554人と昨年の参加者数を上回り、最終的にも昨年を大きく上回る3700人の参加者となった。物理学科の2回の学科説明会も前年度の543名を大きく上回る620名が参加している。今年度は学生アルバイトを19名採用し、昨年同様、学科としての他に全体の会場受付などにも参加してもらった。物理学科としては、例年通り、学科の窓口や参加者の大学建物内での案内に当たってもらった。

日程は以下の通り。

1. 学科説明会	10:00-11:00	D501, D403, D303	
	常深 博	物理学科長	
2. 学科説明会	14:00-15:00	D501, D403, D303	
	山中 卓	物理学専攻専攻長	
3. 研究室訪問	10:00-13:00	各研究室	
	見学希望研究室を自由に見学してまわった		
	今年も化学、数学の学科説明会の時間も物理学科として研究室を公開した。		
4. 模擬講義	「隕石から探る太陽系 46億年の歴史」	13:00-14:00	ホール
	寺田 健太郎 教授(宇宙・地球科学専攻)		
5. 模擬講義	「質量の起源ヒッグスを追う」	15:00-16:00	H701
	花垣 和則 准教授		

(文責：杉山 清寛)



## 第15章 平成25年度の年間活動カレンダー

4月2日	入学式
4月4日	新入生オリエンテーション
4月9日	第1学期授業開始
4月11日	物理学専攻教室会議(第267回)
4月20日-21日	新入生研修旅行
4月30日-5月1日	いちょう祭
5月1日	大阪大学記念日
5月16日	物理学専攻教室会議(第268回)
6月1日	大学院入試説明会(東京)
6月13日	物理学専攻教室会議(第269回)
6月15日	大学院入試説明会(大阪)
7月18日	物理学専攻教室会議(第270回)
8月5日	第1学期授業終了(夏季休業8月6日-9月30日)
8月14日-16日	夏季一斉休業
8月20日	オープンキャンパス, 合同ビアパーティ
8月28日	大学院合同入試ならびに東京入試筆記試験
8月29日	大学院合同入試面接試験
8月30日	大学院合同入試ならびに東京入試面接試験
9月5日	物理学専攻教室会議(第271回)
10月1日	第2学期授業開始
10月17日	物理学専攻教室会議(第272回)
11月2日-4日	大学祭
11月14日	物理学専攻教室会議(第273回)
12月13日	物理学科忘年会
12月16日	物理学専攻教室会議(第274回)
12月19日	理学懇話会
12月20日	物理学専攻教室会議(第275回)
12月24日	冬季休業(12月24日-1月5日)
1月16日	物理学専攻教室会議(第276回)
1月18日-19日	大学入試センター試験
2月5日-7日	博士論文公聴会
2月12日-13日	修士論文発表会
2月14日	物理学専攻教室会議(第277回)
2月17日	第2学期授業終了
2月25日	入学試験(前期日程)
2月26日	入学試験(前期日程 挑戦枠)
3月13日	物理学専攻教室会議(第278回)
3月25日	卒業式



## 第16章 物理学専攻における役割分担

### < 物理学専攻 >

	平成 25 年度 担当者
専攻長 (物理)	山中
副専攻長	花咲, 浅川
議長団	石原, 阪口, 宮坂
物理学科長	[常深]
専攻長 (宇宙地球)	[常深]
大学院カリキュラム委員会	浅川
大学院入試実施委員会	橋本
大学院入試実施委員会 (東京)	岸本, 山中, 河野
大学院入試説明会	山中, 岸本, 河野
入学案内資料作成	青木
年次報告書作成	[豊田]
ODINS	野末
専攻WEB管理作成	宮坂
学術交流	小林
教職員過半数代表委員	杉山, 高見
薬品管理、高圧ガス支援システム	村川
高度副プログラム実施 WG	豊田*, 岸本, 下田, 浅川, 久野, [青井, 倉光, 能町, 村田, 兼松]
G30 CMC (学部)	Naylor, 細谷, 下田, 浅川, 杉山, Slevin
G30 IPC (大学院)	[高部], 岸本

### < 物理学科 >

	平成 25 年度 担当者
学年担任 (1年)	小林, [川村]
(2年)	花咲, [寺田]
(3年)	浅川, [常深]
(4年)	大野木

カリキュラム委員会	田島* , 青木, 阿久津, 佐藤透, 吉田, 福田, 宮坂, 杉山, 鷹岡, [近藤, 寺田, 植田, 廣野, 山中(千)]
物理・宇宙地球科学輪講(物理談話会)	青木
学部生特別ケア	大野木, 佐藤透
生命理学コース運営・教務委員会	[豊田, 中嶋]
研修旅行	吉田, [住*]
大学説明会	杉山
理科と情報数理の教育セミナー	杉山
物理学科出張講義担当	野末
就職担当	[寺田]
T A 担当	大野木(理) 松多(共通教育)
一日体験入学(in SAP)	松多, 吉田, 若松
物理系同窓会	岸本, 松多, 山中, [能町, 常深, 植田, 萩原]

## &lt; 理学研究科・理学部 &gt;

	平成 25 年度 担当者
研究科長・学部長	篠原
副研究科長	小川, 下田
企画調整会議	小川, 下田
安全衛生管理委員会	花咲, 野末(広報), 杉山(高圧ガス・広報), 石原(電気・機械), 吉田(エックス線・放射線専門委員会委員長), [中嶋*, 豊田]
防災委員会	小川, 下田, 山中, 田島, 松多
情報倫理委員会	小川, 下田
ネットワークシステム委員会	青木
Web 情報委員会	佐藤朗
広報委員会	花垣, 宮坂, [能町]
技術部運営委員会	野末, 岸本
技術部各室連絡会議委員 情報ネットワーク室 研究支援室 教育支援室 分析測定室	野末, [能町] 岸本 野末, [豊田] 河野, [豊田]
ハラスメント対策委員会	小田原
国際交流委員会	久野*, 岸本
学部入試委員会	山中



学部 AO 入試実施委員会	浅川
理学部共通教育連絡委員会	杉山
学部教育教務委員会	田島, 青木, 下田, 花咲
理学部プロジェクト教育実施委員会	細谷, 下田
学務評価委員会	野末, 浅野
学生生活委員会	大野木, 佐藤透
大学院入試委員会	山中
大学院教育教務委員会	浅川
大学院入試実施委員会	橋本, 浅川
施設マネジメント委員会	野末, [豊田]
エックス線・放射線専門委員会	吉田*, 松多
放射線安全委員会	松多
放射線障害防止委員会	吉田, [青木順]
情報資料室運営委員会	野末
研究公正委員会	小川, 下田
基礎理学プロジェクト研究センター運営委員会	小川, 下田, [豊田]
構造熱科学研究センター運営委員会	花咲
個人評価委員会	
社会学連携委員会	岸本*, 小林
理学懇話会運営委員会	久野, 岸本
高大連携連絡委員会	野末
極限量子科学研究センター運営委員会	花咲
低温センター運営委員会	野末, 田島, 花咲

1. 専攻長は入試委員, 防災委員, 産学官連携問題委員, 研究推進委員, 評価委員を兼任する
2. \*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25年度)

グループ	正メンバー
	準メンバー
	大学院 DC 学生
	大学院 MC 学生
	学部 4 年学生
	研究テーマ
素粒子理論 (細谷)	細谷裕, 尾田欣也 南部陽一郎, 高杉英一, 窪田高弘, 幡中久樹, NAYLOR Wade, 折笠雄太, TAYDUGANOV Andrey 芝暢郎 (D3), 長崎晃一 (D3), ARRAUT Guerrero Ivan Dario (D3), 角田拓也 (D3, 委託大学院生), 榎本哲也 (D2), 岡崎匡志 (D2), 下谷卓也 (D2), 田中章詞 (D2), 富谷昭夫 (D2), 弘津晶輝 (D2), 鈴木貴志 (D1), 舩津周一郎 (D1), 山本健吾 (D1) HE Zheng Liang(M2), 大島彰太 (M2), 小野田昂司 (M2), 田川裕昭 (M2), 永田尚志 (M2), ALINEA Allan Lambit(M2), 鍵村亜矢 (M1), 長澤亮 (M1), 中西由香理 (M1), 古井敦志 (M1) 大石直矢, 弾雄一郎 素粒子論, 場の理論, 統一理論, 宇宙論
素粒子理論 (橋本)	橋本幸士, 山口哲  園田昭彦 (D1) 森裕紀 (M2), 川嶋元貴 (M1), 杉本裕司 (M1), WU Xi(M1), WEGROWSKI Antoine Yann (M1) 中沢遊, 仲谷峻平 超弦理論, 場の理論, 超対称性, 数理物理
素粒子理論 (大野木)	大野木哲也, 田中実, 深谷英則 窪田高弘, KIM Sang-Woo 菊地健吾 (D3), 美澄暢彦 (D3) 西田充宏 (M2) 手嶋裕紀 素粒子物理学, 格子ゲージ理論, 場の量子論
原子核理論	浅川正之, 佐藤透, 若松正志, 北澤正清 一瀬昌嗣, 河野泰宏 那須翔太 (D3) 尾倉貴之 (M2), 池田惇郎 (M2), 金泰広 (M2), 坂井田美樹 (M2), 村田知也 (M2), 上坂優一 (M1), 大西悠太郎 (M1) 坂井亮介, 松村千春 ハドロン物理学

山 中	山中卓, 花垣和則, 外川学
	LEE Jason Sang Hun, 塩見公志, 佐藤和史
	LEE Jong-Won(D3), 村山理恵 (D3), 廣瀬穰 (D3), 岡村航 (D3), 杉山泰之 (D3), 遠藤理樹 (D2), TEOH Jia Jian(D1)
	辻嶺二 (M2), 石島直樹 (M2), 高島悠太 (M2), 豊田高士 (M2), 渡邊誠 (M2), 荒井泰貴 (M1), 磯江麻衣 (M1)
	宮崎康一, 矢島和希, 山内洋子
	高エネルギー物理学 (素粒子実験物理学)
久 野	久野良孝, 青木正治, 佐藤朗, 石田勝彦
	板橋隆久, 小出義夫, 坂本英之, 荻津透, 中井浩二
	TRAN Nam Hoai (D3), HASHIM Izyan Hazwani Binti (D2), NGUYEN Thong Duy (D2), NGUYEN Truong Minh (D2), 伊藤慎太郎 (D1)
	岩見大樹 (M2), 松本侑樹 (M2), 矢井克忠 (M2), 岡本慧太 (M1), 片山博喜 (M1), 鷹尾賢三 (M1), 林央樹 (M1)
	伊田拓浪, 河野靖典, 長尾大樹
	素粒子実験物理学
岸 本	岸本忠史, 阪口篤志, 吉田斉, 大西宏明
	梅原さおり, 市村晃一, 飯田崇史, 中島恭平
	吉田幸太郎 (D3), 角畑秀一 (D3), WANG Wei(D2), 早川修平 (D1), CHAN Wei Min(D1), VAN Thi Thu Trang (D1)
	曾山俊也 (M2), 土井原正明 (M2), 中川真菜美 (M2), 大植健一郎 (M1), 太畑貴綺 (M1), 鉄野高之介 (M1), 中田祥之 (M1), BATPUREV Temuge (M1)
	上原拓真, 早川朋成, 杉立大和 (生命理学)
	素粒子・核分光学
核物質学 (岸本)	松多健策, 福田光順, 三原基嗣
	南園忠則
	上庄康斗 (M2), 森田祐介 (M2), 大野淳一 (M1), 田中聖臣 (M1)
	山岡慎太郎, 渡邊浩太 実験核物理学, 核物性
下 田	下田正, 小田原厚子, 清水俊
	西畑洸希 (D1)
	丸山隆太 (M2), 藤田朋美 (M2), 八木彩祐未 (M2), FANG Yifan (M2), 石垣知樹 (M1), 大道理恵 (M1), 森本翔太 (M1)
	吉田晋之介, 辰己耕介, 中島諒
	不安定な原子核の構造, 原子核の高スピン状態
黒 木	黒木和彦, SLEVIN Keith Martin, 坂本好彦, 小倉昌子
	赤井久純, 下司雅章, 白井秀知
	岩崎将 (D3), 斎藤涼介 (D3), 鈴木雄大 (D3, 委託大学院生), 榊原寛史 (D3, 委託大学院生), 上岡良季 (D1), 田中寛之 (D1, 委託大学院生)
	杉本岳志 (M2), 森光太 (M2, 委託大学院生), 松嶋恭平 (M2, 委託大学院生), 篠原弘介 (M1)
	小倉大典, 中田昌宏, LEE Juang Hao Kegan
	物性理論
阿久津	阿久津泰弘
	上野文寛 物性理論

小 川	小川哲生, 浅野建一, 大橋琢磨
	越野和樹, 石川陽, 山口真, 馬場基彰, 弓削達郎
	西山祐輔 (D3), 新居良太 (D3), 比嘉亮太 (D2)
	狩野恒一 (M2), 佐藤大祐 (M2)
	稲垣和寛, 宇藤毅, 大槻良祐
	物性理論 (多体電子論・非平衡統計力学・量子光学)
小 林	小林研介, 杉山清寛, 荒川智紀
	田辺賢士
	松尾貞茂 (D3, 委託大学院生), 西原禎孝 (D2, 委託大学院生), 田中崇大 (D1)
	秦徳郎 (M1), 前田正博 (M1)
	竹下俊平, 則元将太, 藤原亮
	固体素子を用いた精密物性科学と機能開拓
田 島	田島節子, 宮坂茂樹, 中島正道, BARON Alfred Q. R.
	田中清尚, 安宅光雄
	HIEU Nguyen Trung (D3), UYKUR Ece (D3), LAI Kwing To (D3), 竹森章 (D2), 小林達也 (D1), 村井直樹 (D1)
	李偉武 (M2), 神谷圭祐 (M2), 佐々木直哉 (M2), 中松佑介 (M2), 西本卓生 (M2), 足立徹 (M1), 隈部壽照 (M1), 徳久太一 (M1), 道下修平 (M1), SOBIREY Lennart Tilman (M1)
	安藤慧, 上久保将大
	エキゾチック超伝導体のメカニズムやその他新奇現象の研究
花 咲	花咲徳亮, 河野日出夫, 村川寛
	神田成慶 (M2), 澤井直樹 (M2), 土橋誠悟 (M1), 長谷川駿行 (M1)
	青石優平, 池田光雄, 増田悠介
	強相関電子系の量子輸送現象
ナノ構造物性 (野末グループ)	野末泰夫, 鷹岡貞夫, 中野岳仁, 高見剛
	渡邊功雄
	Pham Tan Thi(D3), Gayan Prasad Hettiarachchi(D2), Luu Manh Kien(D2), 後藤輝生 (D1)
	林俊平 (M2), 正木勇輔 (M2), 谷辺健志 (M1), 宮島遼平 (M1)
	角野宏和, 中村研貴, 藤田悠斗, 安田重文
	ナノ構造物質における量子物性
豊 田	石原盛男
	豊田岐聡, 青木順, 市原敏雄
	阿南貴大 (M2), 池田真一郎 (M2), 今岡成章 (M1), 尾関美穂 (M1), 日野裕太 (M1)
	石垣綾香, 宮田祐貴, 藏石護 (生命理学)
	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

【注】 招へい教員