

平成 20 年度 (2008 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

日頃より、私ども大阪大学大学院理学研究科物理学専攻の教育・研究活動に多大なご支援・ご関心をお寄せいただき、誠にありがとうございます。ここに、2008年度の大阪大学大学院理学研究科物理学専攻の年次報告書をまとめましたので、お届けいたします。

本年次報告では、2008年4月1日から2009年3月31日までの物理学専攻の教育・研究・社会貢献活動とその成果をまとめています。物理学専攻が全体として取り組む教育や社会貢献の活動の記述もありますが、記述の中心は各研究グループが推進している教育・研究活動です。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研究グループ(大講座)があります。これら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、教員と大学院生と博士研究員等で研究を推進しています。これらの研究を行うにあたって、日本、米国、欧州、アジアの大学や研究機関と広く共同研究を行っており、多くの優れた成果を上げています。海外を含む学外の研究機関での活動が多い素粒子・原子核実験グループ、学内で独自の研究を推進する物性実験グループといった大まかな傾向はありますが、最近では、物性実験グループが海外で共同実験をしたり、理論グループが海外との協力関係を深める等の国際的な活動が広がっており、国際的な学术交流や学生交流をも鋭意推進しています。このような教育・研究活動を通じて、開かれた物理学専攻としての使命を果たすとともに、本専攻での成果を広く世界に発信するように努めております。

本年次報告から各研究グループの活発な活動状況をご理解頂けるものと期待しています。この小報告をご覧いただき、教育・研究交流促進の一助となれば幸いです。

2009年度物理学専攻長 細谷 裕

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

$j$  = 日本学術振興会研究員 (DC 学振または PD 学振)

$d$  = 博士課程学生

$m$  = 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	8
1.3	下田グループ	15
1.4	核物質学研究グループ	23
1.5	山中(卓)グループ	34
1.6	基礎原子核物理グループ(原子核実験施設)	42
1.7	大貫グループ	43
1.8	田島グループ	61
1.9	質量分析グループ	69
1.10	ナノ構造物性(野末)グループ	77
1.11	竹田グループ	83
1.12	素粒子理論グループ	90
1.13	原子核理論グループ	105
1.14	赤井グループ	111
1.15	小川グループ	122
1.16	阿久津グループ	127
<b>第 2 章</b>	<b>受賞と知的財産</b>	<b>129</b>
<b>第 3 章</b>	<b>学位論文</b>	<b>131</b>
3.1	修士論文	131
3.2	博士論文	134
<b>第 4 章</b>	<b>教育活動</b>	<b>137</b>
4.1	大学院授業担当一覧	137
4.2	学部授業担当一覧	146
4.3	共通教育授業担当一覧	149
4.4	物理学セミナー	153
<b>第 5 章</b>	<b>物理談話会</b>	<b>155</b>
<b>第 6 章</b>	<b>学生の進路状況</b>	<b>157</b>
6.1	学部卒業生の進路	157
6.2	博士前期課程修了者の進路	158

6.3	博士後期課程修了者の進路	159
<b>第 7 章</b>	<b>グローバル COE の活動</b>	<b>161</b>
7.1	拠点形成計画の概要	161
7.2	拠点形成の目的	161
7.3	教育研究拠点形成実績の概要	162
7.4	「若手秋の学校」	162
<b>第 8 章</b>	<b>教育 GP の活動</b>	<b>165</b>
8.1	「質の高い大学教育推進プログラム」への応募の背景	165
8.2	平成 20 年度活動概要	165
<b>第 9 章</b>	<b>理数オーナープログラム</b>	<b>167</b>
9.1	理数オーナープログラムについて	167
9.2	実施内容・実施状況	170
9.3	実績・成果	183
9.4	得られた知見	186
9.5	自己分析	186
9.6	他大学への波及性	187
<b>第 10 章</b>	<b>湯川記念室</b>	<b>189</b>
10.1	平成 20 年度活動概観	189
10.2	第 24 回湯川記念講演会	189
10.3	最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2008	189
10.4	その他	191
<b>第 11 章</b>	<b>社会活動</b>	<b>193</b>
11.1	物理学科出張講義の記録	193
11.2	サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト ( S P P )	194
11.3	高校生のための物理学科一日体験入学	195
11.4	「いちょう祭」「まちかね祭」における施設の一般公開	195
<b>第 12 章</b>	<b>大学説明会</b>	<b>197</b>
<b>第 13 章</b>	<b>平成 20 年度の年間活動カレンダー</b>	<b>199</b>
<b>第 14 章</b>	<b>物理学専攻における役割分担</b>	<b>201</b>
<b>第 15 章</b>	<b>グループ研究計画表 (2008 年度)</b>	<b>207</b>

# 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 20 年度の研究活動概要

#### 研究室メンバー

岸本忠史（教授）、阪口篤志（准教授）、小川泉（助教）、松岡健次（研究支援推進員）、清水幸夫（研究員）、梅原さおり（研究員）

#### $^{48}\text{Ca}$ の 2 重ベータ崩壊の研究

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」はレプトジェネシスシナリオが有力な解として期待されている。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。我々は  $0\nu\text{DBD}$  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。 $0\nu\text{DBD}$  は非常に稀な事象であり、実験的には如何にバックグラウンド (BG) を減らし高感度の検出器を作れるかが鍵となる。 $^{48}\text{Ca}$  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 BG に強い。

CANDLES 検出器は  $^{48}\text{Ca}$  を含む  $\text{CaF}_2$  結晶シンチレータを液体シンチレータ (LS) 中に設置することにより、それぞれのシンチレータの信号特性の違いを利用して、信号 ( $^{48}\text{Ca}$  の  $0\nu\text{DBD}$ 、空間的には比較的狭い領域で起こる) と BG (主として  $\gamma$  線、シンチレータとの反応は空間的に広がる) の識別を行い、高感度測定を実現する。更に、主検出器である  $\text{CaF}_2$  結晶の内部の放射性不純物の低減を行い、最終的に残った U, Th 系列の  $^{214,212}\text{Bi}(\beta)$ - $^{214,212}\text{Po}(\alpha)$  の連続崩壊は波形情報で弁別する手法を開発した。

$\text{CaF}_2$  シンチレータ 200 kg を使用したプロトタイプ装置 : CANDLES III を地上実験室 (原子核実験施設) に設置しテスト実験を行うと同時に、宇宙線による影響を避けるため、東京大学宇宙線研究所神岡宇宙素粒子研究施設の地下実験室での整備を進めている。前者においては、オフライン解析における BG 除去手法等の基本的な研究を進めるとともに、地上という点を活かして宇宙線起因の BG について理解を深める研究を行った。

前年度までに宇宙線研究所が神岡鉱山内に新実験室 (実験室 D) を掘削・整備したので、本年



図 1.1: 神岡地下実験室 D に設置された CANDLES III(U.G.).

度は実験室 D 内に CANDLES 固有のインフラ

(消防法上の危険物一般取扱所) 整備を進めた。並行してプロトタイプ検出器を拡張 ( $\text{CaF}_2$  結晶約 300 kg) する CANDLES III(U.G.) の設計を進めた。LS についても同様に内部放射性不純物の低減が必要なことから、LS 用の純化装置も設計した。これらの設計を基に、神岡実験室 D に検出器本体タンク・LS リザーバタンク・LS 純化装置等を製作・設置した (図 1.1)。検出器本体タンク内部に設置するアクリル製液体シンチレータタンク・ $\text{CaF}_2$  結晶・光電子増倍管などを揃え、 $\text{CaF}_2$  結晶については内部の放射性不純物の評価をすべて終えた。

将来的には 100 トン程度の  $^{\text{nat}}\text{CaF}_2$  結晶を利用する検出器か、同位体濃縮を行った  $^{48}\text{CaF}_2$  結晶約 10 トンを利用する検出器の建設を視野に入れている。特に後者を実現するために、常温で気体化合物が無いが故に遠心分離方が使えない  $^{48}\text{Ca}$  の同位体濃縮に関して、化学的手法に着目して開発を行っている。

### 暗黒物質の探索

宇宙の暗黒物質は WIMPs と呼ばれる素粒子が最も有力な候補と考えられている。これを実験的に直接確認するには、大量に用意した標的原子核と銀河系の重力場に捕捉された WIMPs との散乱を観測する必要がある。一方、通常的环境では  $\gamma$  線や  $\beta$  線などの様々な放射線が存在し、この観測の BG になる。そのため検出器には信号 (原子核散乱) と BG ( $\beta/\gamma$  線) の弁別能が不可欠である。

我々は  $\text{CaF}_2$  シンチレータ中のフッ素原子核 ( $^{19}\text{F}$ ) との散乱を利用して暗黒物質の探索を行ってきた。CANDLES 計画で開発した高純度の  $\text{CaF}_2$  シンチレータに着目し、低エネルギー領域における信号特性 (数  $\mu\text{sec}$  内に単光子信号が断続的に来る) を利用した単光子計数を基礎とした波形情報取得システムを開発した。これを用いて原子核散乱と  $\beta/\gamma$  線との信号弁別能に関する基礎研究を開始した。 $\text{CaF}_2$  結晶を冷却することにより、発光量が増えて、波形情報を用いた信号弁別能が向上することを確認した。今後は低温環境における弁別能に関して更なる研究を進めるとともに、実際の WIMPs 探索装置への応用可能性について検討していく。

### ストレンジネス核物理

中性子星の状態方程式の関連で K 中間子原子核の研究を進めている。K 中間子凝縮があれば、重い中性子星がブラックホールとの関連で存在しないという現実を説明出来る。凝縮が起こるためには K 中間子と核に強い引力が働いていることが条件である。KEK で行った ( $\text{K}^-, \text{p}$ ) および ( $\text{K}^-, \text{n}$ ) 反応の研究で、K 中間子と核にポテンシャルの深さで約 200MeV の強い引力が働くという結果が得られている。

最近発見されたペンタクォークは理論的にも解釈が難しい。K 中間子と  $\pi$  中間子の間に強い引力があれば解決できる。KEK で行った実験について解析を進めている。

J-PARC が完成し稼働を始めた。また大強度ハドロン 2 次ビームが利用可能な原子核素粒子実験施設では、我々が実験を実施する K1.8 ビームラインの整備計画が立ち、実験開始が間近に迫った。我々が中心になり実施する実験は、( $\pi^-, \text{K}^+$ ) 反応による中性子過剰ハイパー核生成 (E10 実験) とハイパー核の弱崩壊研究 (E22 実験) がある。これらの実験に向けビーム飛跡検出器および弱崩壊を捉える検出器の開発を進めた。ビーム飛跡検出器の課題は大強度パイオン・ビームに耐えることである。このため wire 間隔の狭い (1mm) MWPC



の製作を行なうと共に、高計数率に耐える GEM 技術を用いた飛跡検出器の開発を進めた。ハイパー核の弱崩壊測定用の検出器としては、大体積の中性子検出器と、荷電粒子を捉え粒子識別する飛程検出器の開発を進めた。2重荷電交換反応以外の新たなハイパー核生成手法には、高エネルギー重イオン反応を用いる方法があり、多種のハイパー核が生成可能となる。この実証実験の準備をドイツ GSI 研究所の研究者と協力し進めた。

### 学術雑誌に出版された論文

#### **Evidence for the $\Theta^+$ in the $\gamma d \rightarrow K^+K^-pn$ reaction by detecting $K^+K^-$ pairs**

T. Nakano, N. Muramatsu, D.S. Ahn, J.K. Ahn, H. Akimune, Y. Asano, W.C. Chang, S. Date, H. Ejiri, H. Fujimura, M. Fujiwara, S. Fukui, H. Hasegawa, K. Hicks, K. Horie, T. Hotta, K. Imai, T. Ishikawa, T. Iwata, Y. Kato, H. Kawai, Z.Y. Kim, K. Kino, H. Kohri, N. Kumagai, S. Makino, T. Matsuda, N. Matsuoka, T. Matsumura, T. Mibe, M. Miyabe, Y. Miyachi, M. Niiyama, M. Nomachi, Y. Ohashi, H. Ohkuma, T. Ooba, D.S. Oshuev, C. Rangacharyulu, A. Sakaguchi<sup>s</sup>, P.M. Shagin, Y. Shiino, A. Shimizu, H. Shimizu, Y. Sugaya, M. Sumihama, Y. Toi, H. Toyokawa, A. Wakai, C.W. Wang, S.C. Wang, K. Yonehara, T. Yorita, M. Yoshimura, M. Yosoi and R.G.T. Zegers  
Phys. Rev. C **79** (No. 2, Feb.) (2009) 025210 1-15.

#### **Cross Sections and Beam Asymmetries for $K^+ \Sigma^{*-}$ photoproduction from the deuteron at $E_\gamma = 1.5\text{GeV} - 2.4\text{GeV}$**

K. Hicks, D. Keller, H. Kohri, D.S. Ahn, J.K. Ahn, H. Akimune, Y. Asano, W.C. Chang, S. Date, H. Ejiri, S. Fukui, H. Fujimura, M. Fujiwara, S. Hasegawa, T. Hotta, K. Imai, T. Ishikawa, T. Iwata, Y. Kato, H. Kawai, Z.Y. Kim, K. Kino, N. Kumagai, S. Makino, T. Matsuda, T. Matsumura, N. Matsuoka, T. Mibe, M. Miyabe, Y. Miyachi, M. Morita, N. Muramatsu, T. Nakano, M. Niiyama, M. Nomachi, Y. Oh, Y. Ohashi, H. Ohkuma, T. Ooba, J. Parker, C. Rangacharyulu, A. Sakaguchi<sup>s</sup>, T. Sasaki, P.M. Shagin, Y. Shiino, A. Shimizu, H. Shimizu, Y. Sugaya, M. Sumihama, Y. Toi, H. Toyokawa, A. Wakai, C.W. Wang, S.C. Wang, K. Yonehara, T. Yorita, M. Yoshimura, M. Yosoi and R.G.T. Zegers  
Phys. Rev. Lett. **102** (No. 1, Jan.) (2009) 012501 1-5.

#### **Neutrino-less double-beta decay of $^{48}\text{Ca}$ studied by $\text{CaF}_2(\text{Eu})$ scintillators**

S. Umehara<sup>s</sup>, T. Kishimoto<sup>s</sup>, I. Ogawa<sup>s</sup>, R. Hazama, H. Miyawaki<sup>m</sup>, S. Yoshida, K. Matsuoka<sup>s</sup>, K. Kishimoto<sup>d</sup>, A. Katsuki<sup>m</sup>, H. Sakai<sup>m</sup>, D. Yokoyama<sup>m</sup>, K. Mukaida<sup>d</sup>, S. Tomii<sup>m</sup>, Y. Tatewaki<sup>m</sup>, T. Kobayashi<sup>m</sup> and A. Yanagisawa<sup>m</sup>  
Phys. Rev. C **78** (No. 5, Nov.) (2008) 058501 1-4.

#### **MOON for neutrino-less double beta decays**

H. Ejiri, P. Doe, S.R. Elliott, J. Engel, M. Finger, M. Finger, K. Fushimi, V. Gehman, M. Greenfield, R. Hazama, P. Kavitarov, V. Kekelidze, H. Nakamura, M. Nomachi, R.G.H.

Robertson, T. Shima, M. Slunecka, G. Shirkov, A. Sissakian, A. Titov, S. Umehara<sup>s</sup>, V. Vaturin, V. Voronov, J.F. Wilkerson, D.I. Will, S. Yoshida and V. Vrba  
 Eur. Phys. J. ST **162** (Nov.) (2008) 239–250.

#### **In-beam tests of scintillating fibre detectors at MAMI and at GSI**

P. Achenbach, C. Ayerbe Gayoso, J.C. Bernauer, R. Bohm, M.O. Distler, L. Doria, M. Gomez Rodriguez de la Paz, H. Merkel, U. Muller, L. Nungesser, J. Pochodzalla, S. Sanchez Majos, B.S. Schlimme, Th. Walcher, M. Weinriefer, L. Debenjak, M. Potokar, S. Sirca, M. Kavatsyuk, O. Lepyoshkina, S. Minami, D. Nakajima, C. Rappold, T.R. Saito, D. Schardt, M. Trager, H. Iwase, S. Ajimura, A. Sakaguchi<sup>s</sup> and Y. Mizoi  
 Nucl. Instrum. Meth. A **593** (No. 3, Aug.) (2008) 353-360.

#### **Study of double beta decay of <sup>48</sup>Ca with CANDLES**

Y. Hirano<sup>d</sup>, T. Kishimoto<sup>s</sup>, I. Ogawa<sup>s</sup>, R. Hazama, S. Umehara<sup>s</sup>, K. Matsuoka<sup>s</sup>, G. Ito<sup>d</sup> and Y. Tsubota<sup>m</sup>  
 J. Phys. Conf. Ser. **120** (Part 5, July) (2008) 052053 1-3.

#### **MOON for a next-generation neutrino-less double-beta decay experiment: Present status and perspective**

T. Shima, P.J. Doe, H. Ejiri, S.R. Elliot, J. Engel, M. Finger, M. Finger, K. Fushimi, V.M. Gehman, M.B. Greenfield, R. Hazama, H. Imaseki, P. Kavitov, V.D. Kekelidze, H. Kitamura, K. Matsuoka, H. Nakamura, M. Nomachi, A. Para, R.G.H. Robertson, M. Slunecka, G.D. Shirkov, A.N. Sissakian, A.I. Titov, Y. Uchihori, S. Umehara<sup>s</sup>, V. Vaturin, V.V. Voronov, J.F. Wilkerson, D.I. Will, K. Yasuda and S. Yoshida  
 J. Phys. Conf. Ser. **120** (No. 5, July) (2008) 052055.

#### **Double beta decay of <sup>48</sup>Ca studied by CaF<sub>2</sub>(Eu) scintillators**

S. Umehara<sup>s</sup>, T. Kishimoto<sup>s</sup>, I. Ogawa<sup>s</sup>, R. Hazama, H. Miyawaki<sup>m</sup>, S. Yoshida, K. Matsuoka<sup>s</sup>, K. Kishimoto<sup>d</sup>, A. Katsuki<sup>m</sup>, H. Sakai<sup>m</sup>, D. Yokoyama<sup>m</sup>, K. Mukaida<sup>d</sup>, S. Tomii<sup>m</sup>, Y. Tatewaki<sup>m</sup>, T. Kobayashi<sup>m</sup> and A. Yanagisawa<sup>m</sup>  
 J. Phys. Conf. Ser. **120** (Part 5, July) (2008) 052058 1-3.

#### **Study of the design for the CANDLES trigger system**

G. Ito<sup>d</sup>, T. Kishimoto<sup>s</sup>, I. Ogawa<sup>s</sup>, S. Umehara<sup>s</sup>, Y. Hirano<sup>d</sup>, Y. Tsubota<sup>m</sup>, K. Matsuoka<sup>s</sup> and R. Hazama  
 J. Phys. Conf. Ser. **120** (Part 5, July) (2008) 052061 1-2.

#### **Gamma-Ray Spectroscopy of <sup>16</sup><sub>Λ</sub>O and <sup>15</sup><sub>Λ</sub>N Hypernuclei via the <sup>16</sup>O(K<sup>-</sup>, π<sup>-</sup>γ) reaction**

M. Ukai, S. Ajimura, H. Akikawa, D.E. Alburger, A. Banu, R.E. Chrien, G.B. Franklin,

J. Franz, O. Hashimoto, T. Hayakawa, H. Hotchi, K. Imai, T. Kishimoto<sup>s</sup>, M. May D.J. Millener, S. Minami, Y. Miura, T. Miyoshi, K. Mizunuma, T. Nagae, S.N. Nakamura, K. Nakazawa, Y. Okayasu, P. Pile, B.P. Quinn, A. Rusek, Y. Sato, R. Sutter, H. Takahashi, L. Tang, H. Tamura, K. Tanida and S.H. Zhou  
Phys. Rev. C **77** (No. 5, May) (2008) 054315 1-20.

### 国際会議における講演等

#### Study of $^{48}\text{Ca}$ double beta decay with CANDLES

I. Ogawa<sup>\*,s</sup>

Poster given at the International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics (Neutrino2008) (at Christchurch, New Zealand, May 25-31, 2008, 参加者数約 100 名).

#### Study of $^{48}\text{Ca}$ Double Beta Decay

T. Kishimoto<sup>\*,s</sup>

Talk given at the France-Japanese Symposium on New Paradigms in Nuclear Physics (at Paris, France, September 29 - October 2, 2008, 参加者数約 100 名).

#### Study of $^{48}\text{Ca}$ double beta decay with CANDLES

I. Ogawa<sup>\*,s</sup>

Poster given at the International Conference on Particles and Nuclei (PANIC08) (at Eilat, Israel, November 9-14, 2008, 参加者数約 400 名).

#### Production of neutron-rich Lambda hypernuclei at J-PARC

A. Sakaguchi<sup>\*,s</sup>, *et al.*

Talk given at the Sendai International Symposium on Strangeness in Nuclear and Hadronic Systems (SENDAI08) (at Sendai, Japan, December 15-18, 2008, 参加者数約 100 名).

#### Development of GEM chamber using at E10 experiment

M. Endo<sup>\*,m</sup>, K. Yoshida<sup>m</sup>, *et al.*

Poster given at the Sendai International Symposium on Strangeness in Nuclear and Hadronic Systems (SENDAI08) (at Sendai, Japan, December 15-18, 2008, 参加者数約 100 名).

#### Study of range counter with wave-length shifting fibers

K. Matsuda<sup>\*,m</sup>, *et al.*

Poster given at the Sendai International Symposium on Strangeness in Nuclear and Hadronic Systems (SENDAI08) (at Sendai, Japan, December 15-18, 2008, 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

J-PARC K1.8 beam line で用いる GEM chamber に使用する 1mm pitch readout pattern の性能評価

遠藤雅明<sup>\*,m</sup>，阪口篤志<sup>s</sup>，松岡健次<sup>s</sup>，清水幸夫<sup>s</sup>，吉田幸太郎<sup>m</sup>，福田共和，溝井浩  
日本物理学会 2009 年春季大会（於立教大学，2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日）

波長変換ファイバーを用いた Range Counter の読み出し開発

松田健翔<sup>\*,m</sup>，阪口篤志<sup>s</sup>，松岡健次<sup>s</sup>，清水幸夫<sup>s</sup>，遠藤雅明<sup>m</sup>，吉田幸太郎<sup>m</sup>，味村周平  
日本物理学会 2009 年春季大会（於立教大学，2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日）

J-PARC K1.8 beam line で用いる 1mm wire-spacing MWPC の開発

吉田幸太郎<sup>\*,m</sup>，阪口篤志<sup>s</sup>，遠藤雅明<sup>m</sup>，松田健翔<sup>m</sup>，高橋俊行，高橋智則  
日本物理学会 2009 年春季大会（於立教大学，2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日）

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (35)

梅原さおり<sup>\*,s</sup>，岸本忠史<sup>s</sup>，小川泉<sup>s</sup>，伊藤豪<sup>d</sup>，保田賢輔<sup>d</sup>，和田真理子<sup>m</sup>，松岡健次<sup>s</sup>，碓  
隆太，for the CANDLES Collaboration  
日本物理学会 2009 年春季大会（於立教大学，2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日）

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (36) - 解析による BG 除去 -

保田賢輔<sup>\*,d</sup>，岸本忠史<sup>s</sup>，小川泉<sup>s</sup>，梅原さおり<sup>s</sup>，伊藤豪<sup>d</sup>，和田真理子<sup>m</sup>，松岡健次<sup>s</sup>，碓  
隆太，for the CANDLES Collaboration  
日本物理学会 2009 年春季大会（於立教大学，2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日）

CANDLES による暗黒物質探索の研究 (5) - 低温での CaF<sub>2</sub> 結晶による低エネルギー信号の pulse 波形と粒子弁別 -

和田真理子<sup>\*,m</sup>，岸本忠史<sup>s</sup>，小川泉<sup>s</sup>，梅原さおり<sup>s</sup>，伊藤豪<sup>d</sup>，保田賢輔<sup>d</sup>，松岡健次<sup>s</sup>，  
for the CANDLES Collaboration  
日本物理学会 2009 年春季大会（於立教大学，2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日）

クラウンエーテル樹脂を用いたカルシウム同位体分離；(3) 分離係数と HETP

梅原さおり<sup>\*,s</sup>

日本原子力学会 2008 年秋季大会（於高知工科大学，2008 年 9 月 4 日 - 9 月 6 日）

WLS ファイバーを用いた Range Counter の読み出しの開発

松田健翔<sup>\*,m</sup>，岸本忠史<sup>s</sup>，阪口篤志<sup>s</sup>，清水幸夫<sup>s</sup>，松岡健次<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会（於山形大学，2008 年 10 月 20 日 - 10 月 23 日）

**J-PARC K1.8beamline で用いる GEM chamber の開発**

遠藤雅明<sup>\*,m</sup>, 岸本忠史<sup>s</sup>, 福田共和, 阪口篤志<sup>s</sup>, 溝井浩, 清水幸夫<sup>s</sup>, 松岡健次<sup>s</sup>, 松田健翔<sup>m</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於山形大学, 2008 年 10 月 20 日 - 10 月 23 日)

**CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (33) - (CANDLES におけるトリガーシステムの研究) -**

伊藤豪<sup>\*,d</sup>, 岸本忠史<sup>s</sup>, 小川泉<sup>s</sup>, 梅原さおり<sup>s</sup>, 保田賢輔<sup>d</sup>, 和田真理子<sup>m</sup>, 松岡健次<sup>s</sup>, 裕隆太, for the CANDLES Collaboration

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於山形大学, 2008 年 10 月 20 日 - 10 月 23 日)

**CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (34) - CaF<sub>2</sub> と液シンの信号の弁別 -**

保田賢輔<sup>\*,d</sup>, 岸本忠史<sup>s</sup>, 小川泉<sup>s</sup>, 梅原さおり<sup>s</sup>, 伊藤豪<sup>d</sup>, 和田真理子<sup>m</sup>, 松岡健次<sup>s</sup>, 裕隆太, for the CANDLES Collaboration

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於山形大学, 2008 年 10 月 20 日 - 10 月 23 日)

**CaF<sub>2</sub> による <sup>48</sup>Ca の二重ベータ崩壊の研究 - ELEGANT VI での測定結果と CANDLES の現状 -**

梅原さおり<sup>\*,s</sup>, 岸本忠史<sup>s</sup>, 小川泉<sup>s</sup>, 裕隆太, 宮脇広知<sup>m</sup>, 吉田斉, 松岡健次<sup>s</sup>, 岸本康二<sup>d</sup>, 向田賢太郎<sup>d</sup>, 伊藤豪<sup>d</sup>, 保田賢輔<sup>d</sup>, 和田真理子<sup>m</sup>, 他 ELEGANT VI, CANDLES Collaboration

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於山形大学, 2008 年 10 月 20 日 - 10 月 23 日)

**CANDLES による暗黒物質探索の研究 (4) - CaF<sub>2</sub> 結晶の低エネルギーパルス波形の温度依存性と粒子弁別 -**

和田真理子<sup>\*,m</sup>, 岸本忠史<sup>s</sup>, 小川泉<sup>s</sup>, 梅原さおり<sup>s</sup>, 伊藤豪<sup>d</sup>, 保田賢輔<sup>d</sup>, 松岡健次<sup>s</sup>, 裕隆太, for the CANDLES Collaboration

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於山形大学, 2008 年 10 月 20 日 - 10 月 23 日)

## 1.2 久野グループ

### 平成20年度の研究活動概要

久野グループでは、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 (COMET) の開発、スーパーミュオンビーム (PRISM) の開発、 $\pi^+ \rightarrow e^+ \nu_e$  崩壊分岐比の測定 (PIENU)、超伝導ソレノイド・ミュオン源 (MUSIC) の開発、ミュオンイオン化冷却実証実験 (MICE) などの研究を行っている。

#### COMET 実験

$\mu^- + N \rightarrow e^- + N$  転換過程はレプトン・フレーバーの保存則を破るため、素粒子の標準理論では禁止されている。スイス PSI 研究所で行われた最新の実験結果でも、分岐比の上限値  $BR < 7 \times 10^{-13}$  (90% C.L.) を与えているに過ぎない。ところで超対称性大統一理論や超対称性シーソー理論など標準理論を拡張する理論では、レプトン・フレーバー保存則は必ずしも成立しない事が知られている。現在の実験リミットをわずかに数桁改善する (分岐比で  $10^{-16}$  程度) だけで、 $\mu^- + N \rightarrow e^- + N$  転換過程を観測できる可能性があると言われている。

久野グループでは、KEK などと共同で J-PARC/MR からの大強度陽子ビームを活用した  $\mu^- + N \rightarrow e^- + N$  転換過程探索実験 (COMET) を提案している。また、米国における同様の実験 (Mu2e) グループと共同で、 $\mu^- + N \rightarrow e^- + N$  転換過程の探索実験に不可欠であるパルス陽子ビームの実現に向けた共同研究を行っている。本年度は、陽子ビームパルスの改善に必要である AC Dipole の開発やパルス時間構造の測定を行う検出器の開発を行った。検出器はガステレンコフ方式であるが、メインの陽子パルスによるチェレンコフ光のバーストに耐える必要があるため、光検出器として gating PMT を使用する。本年度は、KEK と共同で gating PMT の回路開発と試験を行い、ゲインの off/on 比で  $10^{-6}$  を達成した。

また COMET 実験では、高いエネルギー分解能と十分な放射線耐性を持ち、真空かつ強磁場での動作可能な電磁カロリメーターの開発が必要である。本年度は、Zr 添加 GSO(Ce) 結晶にコバルト 60 からの  $\gamma$  線を照射する放射線損傷試験を行い、良好な成績を得た。また、カロリメータの読み出しに関して、広島大学 REFER の 150MeV 電子ビームを使用した試験をおこない、これとモンテカルロ計算を組み合わせることによってライトガイドの形状を最適化した。

#### PRISM の開発研究

COMET 実験の精度をさらに向上させて、ミュオン電子転換過程を  $10^{-17}$  を超える高い感度で探索するためには大強度かつ高輝度・高純度のミュオン源 (PRISM) が必要である。PRISM ではミュオン蓄積リング PRISM-FFAG を用いて位相空間回転法により高輝度・高純度ミュオンビームを実現する。久野グループでは、本手法を確立するために高電場勾配高周波加速 (RF) システムと大口径固定磁場収束型 (FFAG) リングの開発を進めている。本年度は、 $\alpha$  線ビームを用いた位相空間回転の本格的な実証試験に先立ち、予備実験を行った。まず、6 セル FFAG のベータトロンチューンの測定を行い、チューン小数部分の測定精度で 0.04 を達成した。また、RF 電場をかけた状態で  $\alpha$  線の輸送を行い、RF 電場の波形に同期したエネルギー変化を観測する事ができた。

図 1.2 に、本研究で使用している FFAG リングを示す。

### PIENU

PIENU 実験は  $\pi^+ \rightarrow e^+\nu_e$  崩壊と  $\pi^+ \rightarrow \mu^+\nu_\mu$  崩壊の分岐比  $R$  を測定する事を目的とした実験である。 $\pi^+ \rightarrow \mu^+\nu_\mu$  崩壊に対して、 $\pi^+ \rightarrow e^+\nu_e$  崩壊はヘリシティー抑制効果により強く抑圧されている。標準理論による  $R$  の予想値は、 $R^{\text{SM}} = 1.2353 \pm 0.0004 \times 10^{-4}$  と、およそ 0.03% の相対精度で計算されている。ヘリシティー抑圧効果が働かない新しいタイプの相互作用が存在すると、分岐比  $R$  は標準理論予想値  $R^{\text{SM}}$  から大きくずれる可能性があり、分岐比  $R$  は標準理論を超える物理に対して非常に感度が高い。

PIENU は、分岐比  $R$  を 0.1% よりも高い精度で測定する事を目的とした実験である。平成 20 年度は、測定器の建設を進めるとともに、カロリメータのビームテストを行い、CsI によるシャワーリーク補正が期待通りの性能を発揮する事を確認した。2009 年 4 月から物理測定を開始する予定である。

### MUSIC

超伝導ソレノイド磁石を用いた新しいミュオン発生装置 (MUSIC) の検討を行った。グラファイト標的に大阪大学核物理研究センターの陽子ビームを入射し、生成したパイオンを超伝導ソレノイド磁石の強磁場 (最大 3.5 テスラ) で捕獲することで、世界最高強度のミュオンビームを得られることが分かった。また、パイオン捕獲部の後に接続されるミュオン輸送ソレノイド磁石に超伝導双曲磁石を組み込むことで、ミュオンの電荷や運動量を選別できることが分かった。超伝導コイルは液体ヘリウムを使わない GM 冷凍機のみで冷却される。標的を超伝導コイルで取り巻くため、大アクセプタンスでパイオンを捕獲できる反面、標的からの放射線によって超伝導コイルが発熱する。放射線を防ぐ方法を詳細に検討し、核発熱を GM 冷凍機で冷却可能な 1W 以下にまで抑えられるよう、放射線遮蔽材の形状を決定した。以上の結果を踏まえて、生成標的、超伝導ソレノイド磁石および陽子ビームラインの設計を行った。

### MICE

英国ラザフォードアップルトン研究所にて実験準備中の、ミュオンビームにおけるイオン化冷却法の実証実験である MICE (Muon Ionization Cooling Experiment) に参加している。2008 年度は、ようやく稼働を開始した MICE 専用新設ミュオンビームラインのチューニングを行った。



図 1.2: PRISM-FFAG リング

### 学術雑誌に出版された論文

#### Magnetic Field Measurement of Radial Sector FFAG Magnet for High-Brightness Muon Ring

Y. Arimoto<sup>s</sup>, T. Oki<sup>s</sup>, I. Hossain<sup>s</sup>, Y. Takubo<sup>s</sup>, M. Aoki<sup>s</sup>, Y. Kuriyama<sup>d</sup>, T. Itahashi<sup>s</sup>, A. Sato<sup>s</sup>, M. Yoshida<sup>s</sup>, N. Miyamoto<sup>m</sup>, Y. Kuno<sup>s</sup>  
IEEE Trans. Applied Supercond. **18**, (No.2, June) (2008) 330–333.

#### MeV $\gamma$ -ray generation from backward Compton scattering at SPring-8

K. Kawase, Y. Arimoto<sup>s</sup>, M. Fujiwara, S. Okajima, M. Shoji, S. Suzuki, K. Tamura, T. Yorita, and H. Ohkuma  
Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. A **592**, (No. 3, July) (2008) 154–161.

#### Solar neutrino measurements in Super-Kamiokande-II

J.P. Cravens, Y. Kuno<sup>s</sup>, M. Yoshida<sup>s</sup> *et al.* [The Super-Kamiokande Collaboration]  
Phys. Rev. D **78**, (No. 3, Aug.)(2008) 032002 1–11.

#### Measurement of single charged pion production in the charged-current interactions of neutrinos in a 1.3-GeV wide band beam

A. Rodriguez, Y. Kuno<sup>s</sup>, M. Yoshida<sup>s</sup> *et al.* [K2K Collaboration]  
Phys. Rev. D **78**, (No. 3, Aug.) (2008) 032003 1–16.

### 国際会議報告等

#### J-PARC ACCELERATOR SCHEME FOR MUON TO ELECTRON CONVERSION SEARCH

M. Tomizawa, M. Aoki<sup>s</sup> and T. Itahashi<sup>s,\*</sup>  
Proceedings of the 11th European Particle Accelerator Conference (EPAC08), JACoW (July 2008, 参加者数約 2000 名) MOPC128 367–369.

#### HIGH FIELD GRADIENT RF SYSTEM FOR BUNCH ROTATION IN PRISM-FFAG

C. Ohmori<sup>\*</sup>, A. Sato<sup>s</sup>, M. Aoki<sup>s</sup>, Y. Arimoto<sup>s</sup>, T. Itahashi<sup>s</sup>, Y. Kuno<sup>s</sup>, K. Kuriyama<sup>d</sup>, M. Yoshida<sup>s</sup> *et al.*  
Proceedings of the 11th European Particle Accelerator Conference (EPAC08), JACoW (July 2008, 参加者数約 2000 名) MOPP103 796–798.

#### Six-sector FFAG Ring to Demonstrate Bunch Rotation for PRISM

A. Sato<sup>s,\*</sup>, M. Aoki<sup>s</sup>, S. Araki<sup>m</sup>, Y. Arimoto<sup>s</sup>, Y. Eguchi<sup>m</sup>, K. Hirota<sup>b</sup>, T. Itahashi<sup>s</sup>, Y. Kuno<sup>s</sup>, Y. Nakanishi<sup>m</sup>, M. Yoshida<sup>s</sup> *et al.*



Proceedings of the 11th European Particle Accelerator Conference (EPAC08), JACoW (July 2008, 参加者数約 2000 名) THPP007 3389–3391.

### **Construction of Six-sector FFAG Ring for Muon Phase Rotation**

Y. Arimoto<sup>s,\*</sup>, M. Aoki<sup>s</sup>, S. Araki<sup>m</sup>, Y. Eguchi<sup>m</sup>, K. Hirota<sup>b</sup>, Md. I. Hossain<sup>s</sup>, T. Itahashi<sup>s</sup>, Y. Kuno<sup>s</sup>, Y. Kuriyama<sup>d</sup>, Y. Nakanishi<sup>m</sup>, A. Sato<sup>s</sup>, M. Yoshida<sup>s</sup> *et al.*

Proceedings of the 11th European Particle Accelerator Conference (EPAC08), JACoW (July 2008, 参加者数約 2000 名) THPP071 3524–3526.

### **Extinction Monitor by Using a Dissociation of Hydrogen Molecule to Atoms with High Energy Proton Beam**

T. Itahashi<sup>s,\*</sup>, A. Sato<sup>s</sup>, Y. Arimoto<sup>s</sup>, M. Yoshida<sup>s</sup>, M. Aoki<sup>s</sup> and Y. Kuno<sup>s</sup>

Proceedings of the 11th European Particle Accelerator Conference (EPAC08), JACoW (July 2008, 参加者数約 2000 名) THPP072 3527–3529.

### **Horn vs. Solenoid Options for Neutrino Factories**

Makoto Yoshida<sup>s,\*</sup>

Proceedings of the 10th International Workshop on Neutrino Factories, Superbeams and Betabeams (Nufact08), Published in Proceedings of Science (PoS) (at Valencia, Spain, 30 Jun - 5 Jul 2008. 参加者数約 160 名) PoS(Nufact08)075

### **Anti-hydrogen production with positron beam ion trap**

T. Itahashi<sup>s,\*</sup>

Proceedings of the Workshop on Cold Antimatter Plasmas and Application to Fundamental Physics, AIP Conf. Proc. Vol 1037 (Aug. 2008) 249–253.

## **国際会議における講演等**

### **J-PARC ACCELERATOR SCHEME FOR MUON TO ELECTRON CONVERSION SEARCH**

M. Tomizawa, M. Aoki<sup>s</sup> and T. Itahashi<sup>s,\*</sup>

Talk given at the 11th European Particle Accelerator Conference (EPAC08), (at Magazzini del cotone, Genoa, Italy, June 23–27, 2008, 参加者数約 1000 名 ).

### **HIGH FIELD GRADIENT RF SYSTEM FOR BUNCH ROTATION IN PRISM-FFAG**

C. Ohmori<sup>\*</sup>, A. Sato<sup>s</sup>, M. Aoki<sup>s</sup>, Y. Arimoto<sup>s</sup>, T. Itahashi<sup>s</sup>, Y. Kuno<sup>s</sup>, M. Yoshida<sup>s</sup> *et al.*

Talk given at the 11th European Particle Accelerator Conference (EPAC08), (at Magazzini del cotone, Genoa, Italy, June 23–27, 2008, 参加者数約 1000 名 ).

**Six-sector FFAG Ring to Demonstrate Bunch Rotation for PRISM**

A. Sato<sup>s,\*</sup>, M. Aoki<sup>s</sup>, S. Araki<sup>m</sup>, Y. Arimoto<sup>s</sup>, Y. Eguchi<sup>m</sup>, K. Hirota<sup>b</sup>, T. Itahashi<sup>s</sup>, Y. Kuno<sup>s</sup>, Y. Nakanishi<sup>m</sup>, M. Yoshida<sup>s</sup> *et al.*

Talk given at the 11th European Particle Accelerator Conference (EPAC08), (at Magazzini del cotone, Genoa, Italy, June 23–27, 2008, 参加者数約 1000 名 ).

**Construction of Six-sector FFAG Ring for Muon Phase Rotation**

Y. Arimoto<sup>s,\*</sup>, M. Aoki<sup>s</sup>, S. Araki<sup>m</sup>, Y. Eguchi<sup>m</sup>, K. Hirota<sup>b</sup>, Md. I. Hossain<sup>s</sup>, T. Itahashi<sup>s</sup>, Y. Kuno<sup>s</sup>, Y. Nakanishi<sup>m</sup>, A. Sato<sup>s</sup>, M. Yoshida<sup>s</sup> *et al.*

Talk given at the 11th European Particle Accelerator Conference (EPAC08), (at Magazzini del cotone, Genoa, Italy, June 23–27, 2008, 参加者数約 1000 名 ).

**Extinction Monitor by Using a Dissociation of Hydrogen Molecule to Atoms with High Energy Proton Beam**

T. Itahashi<sup>s,\*</sup>, A. Sato<sup>s</sup>, Y. Arimoto<sup>s</sup>, M. Yoshida<sup>s</sup>, M. Aoki<sup>s</sup> and Y. Kuno<sup>s</sup>

Talk given at the 11th European Particle Accelerator Conference (EPAC08), (at Magazzini del cotone, Genoa, Italy, June 23–27, 2008, 参加者数約 1000 名 ).

**Horn vs. Solenoid Options for Neutrino Factories**

Makoto Yoshida<sup>s,\*</sup>

Talk given at the 10th International workshop on Neutrino Factories, Super beams and Beta beams (Nufact08), (at Valencia, Spain, June 30–July 5, 2008. 参加者数約 150 名).

**Status of PRISM-FFAG Phase Rotator**

A. Sato<sup>s,\*</sup>

Talk given at the 10th International workshop on Neutrino Factories, Super beams and Beta beams (Nufact08), (at Valencia, Spain, June 30–July 5, 2008. 参加者数約 150 名).

**Lepton Flavor Violation - Muon to Electron Conversion, COMET and PRISM at J-PARC**

Y. Kuno<sup>s,\*</sup>

Talk given at the 10th International workshop on Neutrino Factories, Super beams and Beta beams (Nufact08), (at Valencia, Spain, June 30–July 5, 2008, 参加者数約 150 名 ).

**Development of Six-Cell PRISM FFAG**

Y. Arimoto<sup>s,\*</sup>

Talk given at FFAG'08 (at University of Manchester, UK, Sept. 1–5, 2008, 参加者数約 50 名 ).

**Lepton Flavor Violation of Charged Leptons**Y. Kuno<sup>s,\*</sup>

Talk given at NNN08 International Workshop on Next Nucleon decay and Neutrino detectors (at Paris 7 University Denis Diderot campus, France, Sept. 11–13, 2008, 参加者数約 100 名).

**Physics of Lepton Flavor Violation of Charged Leptons and Future Prospects**Y. Kuno<sup>s,\*</sup>

Talk given at Asia Science Seminar on Frontier Science at High-Intensity Proton Accelerators (at Beijing, China, Oct. 19–25, 2008).

**Experimental Overview of Muon Lepton Flavor Violation and Future Prospect**Y. Kuno<sup>s,\*</sup>

Talk given at Institute of Nuclear Theory (INT) Symposium on “Muon Physics in the LHC Era” (Oct. 28, 2008).

**日本物理学会，応用物理学会等における講演****ミューオン-電子転換過程探索実験のための Extinction Monitor 開発 (2)**

中堂園尚幸<sup>m,\*</sup>, 青木正治<sup>s</sup>, 伊藤尚祐<sup>m</sup>, 久野良孝<sup>s</sup>, 佐藤朗<sup>s</sup>, 谷口敬, 矢野孝臣, 他 COMET Collaboration

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於山形大学, 2008 年 9 月 20 日–9 月 23 日)

**ミューオン-電子転換過程探索実験のためのカロリメータ開発**

江口陽介<sup>m,\*</sup>, 佐藤朗<sup>s</sup>, 伊藤尚祐<sup>m</sup>, 中堂園尚幸<sup>m</sup>, 中西祥人<sup>m</sup>, 久野良孝<sup>s</sup>, 他 PRISM/COMET Collaboration

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於山形大学, 2008 年 9 月 20 日–9 月 23 日)

 **$\mu$ -e conversion 実験@J-PARC —COMET—**Masaharu Aoki<sup>s,\*</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於山形大学, 2008 年 9 月 20 日–9 月 23 日)

**PRISM-FFAG による位相空間回転実験 1**

有本靖<sup>s,\*</sup>, 青木正治<sup>s</sup>, 板橋隆久<sup>s</sup>, 久野良孝<sup>s</sup>, 佐藤朗<sup>s</sup>, 中西祥人<sup>m</sup>, 吉田誠<sup>s</sup>, 森義治, 大森千広, 岩下芳久, Ajit Kurup, 他 PRISM working group

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於山形大学, 2008 年 9 月 20 日–9 月 23 日)

**PRISM-FFAG による位相空間回転実験 2**

中西祥人<sup>m,\*</sup>, 青木正治<sup>s</sup>, 有本靖<sup>s</sup>, 板橋隆久<sup>s</sup>, 久野良孝<sup>s</sup>, 佐藤朗<sup>s</sup>, 吉田誠<sup>s</sup>, 森義治, 大森

千広, 岩下芳久, Ajit Kurup, 他 PRISM working group  
日本物理学会 2008 年秋季大会 (於山形大学, 2008 年 9 月 20 日-9 月 23 日)

### PRISM-FFAG による位相空間回転実験 3

佐藤朗<sup>s,\*</sup>, 青木正治<sup>s</sup>, 有本靖<sup>s</sup>, 板橋隆久<sup>s</sup>, 久野良孝<sup>s</sup>, 中西祥人<sup>m</sup>, 吉田誠<sup>s</sup>, 森義治, 大森千広, 岩下芳久, Ajit Kurup, 他 PRISM working group  
日本物理学会 2008 年秋季大会 (於山形大学, 2008 年 9 月 20 日-9 月 23 日)

### ミューオン-電子転換過程探索実験のための Extinction Monitor 開発

中堂園尚幸<sup>m,\*</sup>, 青木正治<sup>s</sup>, 久野良孝<sup>s</sup>, 佐藤朗<sup>s</sup>, 谷口敬, 他 COMET Collaboration  
日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学, 2009 年 3 月 27 日-3 月 30 日)

### $\pi^+ \rightarrow e^+ \nu_e$ 崩壊分岐比測定実験—実験開始に向けて 1—

伊藤尚祐<sup>m,\*</sup>, 青木正治<sup>s</sup>, 五十嵐洋一, 久野良孝<sup>s</sup>, 山田薫<sup>d</sup>, 吉田誠<sup>s</sup>, 他 PIENU Collaboration  
日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学, 2009 年 3 月 27 日-3 月 30 日)

### $\pi^+ \rightarrow e^+ \nu_e$ 崩壊分岐比測定実験—実験開始に向けて 2—

山田薫<sup>d,\*</sup>, 青木正治<sup>s</sup>, 五十嵐洋一, 伊藤尚祐<sup>m</sup>, 久野良孝<sup>s</sup>, 吉田誠<sup>s</sup>, 他 PIENU Collaboration  
日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学, 2009 年 3 月 27 日-3 月 30 日)

## 1.3 下田グループ

### 平成 20 年度の研究活動概要

#### 研究室メンバー

下田正（教授）、小田原厚子（准教授）、清水俊（助教、中野グループ@RCNP）、  
松尾由賀利（連携併任教授：理研）、田尻邦彦（M2）、倉健一朗（M2）、  
風戸正行（M1）、壽賀正城（M1）、高島杏奈（M1）、伊藤洋介（4年）、  
見目庸（4年）、菅原啓（4年）、山口杏子（4年）、今井延（秘書）

#### 1. 安定領域から遠く離れた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、中性子過剰になるにつれて魔法数ではなくなるのではないかとされていることを詳細な実験データによってはっきりさせようとするものである。中性子数 20 近くの非常に中性子が過剰な核の励起状態のエネルギーとスピン・パリティ、ベータ崩壊確率を実験的に明らかにすることによって、これら中性子過剰核内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。

2007 年度に、スピン偏極したナトリウム 28 核とナトリウム 29 核を停止させ、そのベータ崩壊の非対称度と引き続いて起こるガンマ崩壊を調べるという実験を行った。2008 年度はこの実験データの解析を行い、学会や国際会議等で発表し、議論を進めた。結果として、ナトリウム 28 核の崩壊様式を大きく更新した。新たに、娘核であるマグネシウム 28 核の 7 本のガンマ遷移と 2 本の準位を確定し、また、直接反応過程実験の結果として報告されていた 6 本のガンマ遷移と 7 本の準位を初めてナトリウム 28 核のベータ崩壊様式に組み込んだ。崩壊様式の全ての娘核マグネシウム 28 の準位のスピン・パリティを確定、もしくは、提案することができた。ナトリウム 29 核に関しては、新たに娘核であるマグネシウム 29 核の 2 本のガンマ遷移を確認し、直接反応過程実験で報告されていた 1 本のガンマ遷移と 2 本の準位をベータ崩壊様式に初めて組み込んだ。さらに、娘核マグネシウム 29 で、新たに 5 本の準位のスピン・パリティを確定、もしくは、提案した。この結果は、第 2 励起状態と第 3 励起状態は負パリティを持つという過去の議論を支持している。つまり、魔法数 20 の崩れが生じはじめた可能性があることを示唆している。

現在、核モデル計算と得られた実験結果を比較し、この 2 つの中性子過剰なマグネシウム 28 核とマグネシウム 29 核の構造の研究を進めている。

#### 2. 超流動ヘリウム中のレーザー分光

寿命が短く生成量の少ない不安定核を超流動ヘリウム中に閉じ込め、レーザー分光を行うことによって不安定核の基底状態の電磁気モーメントを測定する方法を開発している。安定核であるルビジウム 85 やルビジウム 87、セシウム 133 においてこれらの手法を適用して有用性は確認済みである。いよいよこの方法を不安定核に適用するため、理化学研究所

OROCHI 実験計画 (Optical Ri-atom Observation in Condensed Helium as Ion-catcher) として、共同 (理化学研究所、大阪大学理学研究科、東京農工大学、明治大学、東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター) で推進している。

2008年度は、AVF 加速器からの1核子当たり 9.1 MeV の重陽子ビームを用いて、加速器からのビームを正確にヘリウム中の目的の場所に制止させ、レーザー誘導放射光を測定できるかどうかのテスト実験を行った。2009年度は安定核ルビジウム 87 を AVF 加速器で加速し、液体ヘリウム中に制止させて、実際にモーメント測定が可能かどうか、実験を行う予定であり、現在、その準備を進めている。

### 3. 大阪大学核物理研究センター (RCNP) における高スピンアイソマー探査実験

RCNP の不安定核ビームラインである EN (Exotic Nucleus) コースを用いて、重イオン反応より原子核の高スピン状態を生成し、その構造をガンマ線核分光の手法で明らかにしようとしている。特に、高スピンのアイソマー状態 (周囲の状態と比較して、その構造が極端に異なるために崩壊できず、寿命を持った状態) に注目し、研究を行っている。例えば、原子核の形が球形からオブレート (みかん型) に大きく変化したために生じる高スピンのシェイプアイソマーに興味を持って研究を行ってきた。

2008年度は、安定核のビームとターゲットの組み合わせでは到達できない、新しい質量領域や高スピン状態を研究するために、不安定核ビームの核融合反応による実験の準備を進めた。2007年度に開発した低エネルギー (1核子あたり 4.3 MeV) の窒素 17 不安定核ビームをテルル 130 のターゲットに照射し、核融合反応より、プラセオジウム 142 の高スピン状態を生成する。毎秒 10 の 4 乗個という強度の小さいビームを用いたガンマ線核分光実験であるため、ガンマ線の全検出効率を大きくすることを目的として、14 台のゲルマニウム検出器と 6 台の BGO アンチコンプトンシールドを組み合わせたゲルマニウム検出器アレイを使用する。2009年4月にこの実験を実施予定である。

また、大きなスピンの差のために生じるスピンギャップアイソマーが 2 重閉核ニッケル 58 近傍の原子核で知られている。高検出効率のゲルマニウム検出器アレイを用いて、この領域のアイソマー探査を行い、陽子と中性子間に働く核力等の影響の解明を試みた。

### 学術雑誌に出版された論文

#### Discrete decay of the yrast superdeformed band in the $^{151}\text{Tb}$ nucleus

J. Robin, A. Odahara<sup>s</sup>, G. Duchene, F.A. Beck, P. Twin, Th. Byrski, D. Curien, *et al.*  
Phys. Rev. C **78** (No. 3, Sept.) (2008) 034319-1-6.

#### Low-lying proton intruder state in $^{13}\text{B}$

S. Ota, S. Shimoura, H. Iwasaki, M. Kurokawa, T. Fukuchi<sup>s</sup>, A. Odahara<sup>s</sup> *et al.*  
Phys. Lett. B **666** (No. 4, Sept.) (2008) 311-314.

#### Possible Shape Isomers at High-Spin States of $N = 83$ Isotones

A. Odahara<sup>s</sup>, Y. Gono, T. Fukuchi<sup>s</sup>, Y. Wakabayashi, H. Sagawa, N. Yoshida

J. Phys. Soc. Jpn **77** (No. 11, Jan.) (2008) 114201-1-4.

**Electric Multipole Transitions between High-Spin States with Different Shapes**

N. Yoshida, H. Sagawa, A. Odahara<sup>s</sup>, T. Suzuki

Prog. Theor. Phys. **121** (No. 1, Jan.) (2009) 85-95.

**Revised spin-parity assignment and a new interpretation of the high-spin isomer in <sup>151</sup>Er**

T. Fukuchi<sup>s</sup>, T. Hori<sup>m</sup>, T. Masue<sup>m</sup>, K. Tajiri<sup>m</sup>, A. Sato<sup>m</sup>, T. Furukawa<sup>d</sup>, A. Odahara<sup>s</sup>, T. Shimoda<sup>s</sup>, T. Suzuki<sup>c</sup> *et al.*

Eur. Phys. J. A **39** (No. 1, Jan.) (2009) 49-51.

**All-optical control and direct detection of ultrafast spin polarization in a multivalence-electron system**

T. Nakajima, Y. Matsuo<sup>s</sup>, and T. Kobayashi

Phys. Rev. A **77** (No. 6, June) (2008) 063404-1-4.

**Temporal pulsewidth and the wavelength dependences of the product ions obtained by laser ablation of solid C<sub>60</sub>**

T. Kobayashi, T. Kato, Y. Matsuo<sup>s</sup>, M. Kurata-Nishimura, Y. Hayashizaki, J. Kawai

Appl. Phys. A **92** (No. 4, Sept.) (2008) 777-780.

**Ion extraction from the surface ablated materials in electric fields using an intense femtosecond laser pulse**

T. Kato, M. Kurata-Nishimura, T. Kobayashi, Y. Okamura-Oho, Y. Matsuo<sup>s</sup> *et al.*

Appl. Phys. A **92** (No. 4, Sept.) (2008) 809-812.

**Observation of the matrix effect due to the electron transfer in laser ablation plasma**

T. Kobayashi, T. Kato, Y. Matsuo<sup>s</sup>, M. Kurata-Nishimura, Y. Hayashizaki, J. Kawai

Appl. Phys. A **92** (No. 4, Sept.) (2008) 817-819.

**Substrate dependence of ion motion in femtosecond laser ablation cloud observed by planar laser-induced fluorescence**

Y. Matsuo<sup>s</sup>, M. Kurata-Nishimura, T. Kobayashi, T. Kato, Y. Okamura-Oho *et al.*

Appl. Phys. A **92** (No. 4, Sept.) (2008) 993-997.

**Comparison of plume expansion in femtosecond laser ablation on oxidized and non-oxidized Sm surfaces**

M. Kurata-Nishimura, Y. Matsuo<sup>s</sup>, T. Kobayashi, T. Kato, Y. Hayashizaki, and J. Kawai

Appl. Phys. A **92** (No. 4, Sept.) (2008) 1047-1050.

### 国際会議報告等

#### **Nuclear Structure Studies through $\beta$ -Delayed Decay Spectroscopy of Polarized Radioactive Nuclei**

T. Shimoda<sup>s,\*</sup>, Y. Hirayama<sup>d</sup>, H. Izumi<sup>s</sup>, A. Hatakeyama, K.P. Jackson, C.D.P. Levy, M. Pearson, H. Miyatake, M. Yagi<sup>m</sup>, H. Yano<sup>m</sup>, A. Odahara<sup>s</sup>, T. Fukuchi<sup>s</sup>, T. Suzuki<sup>c</sup>, K. Tajiri<sup>m</sup>, K. Kura<sup>m</sup>, T. Hori<sup>m</sup>, T. Masue<sup>m</sup>

Proceedings of the Int. Nuclear Physics Conf. (INPC2007) Volume 2, (ed. by S. Nagamiya *et al.* Elsevier B. V., Aug. 1965, 参加者数約 760 名) 299 - 301.

#### **Study of High-Spin Shape Isomers**

A. Odahara<sup>s,\*</sup>, Y. Gono, Y. Wakabayashi, T. Fukuchi<sup>s</sup>, H. Sagawa, T. Shimoda<sup>s</sup>, A. Sato<sup>m</sup>, T. Hori<sup>m</sup>, T. Masue<sup>m</sup>, K. Tajiri<sup>m</sup>, K. Kura<sup>m</sup>

Proceedings of the Int. Nuclear Physics Conf. (INPC2007) Volume 2, (ed. by S. Nagamiya *et al.* Elsevier B. V., Aug. 1965, 参加者数約 760 名) 299 - 301.

### 国際会議における講演等

#### **Structure of neutron-rich Mg isotopes through $\beta$ -delayed $\gamma$ -decay of spin-polarized Na isotopes**

T. Shimoda<sup>s,\*</sup>, K. Tajiri<sup>m</sup>, K. Kura<sup>m</sup>, T. Fukuchi<sup>s</sup>, T. Hori<sup>m</sup>, Y. Hirayama, M. Kazato<sup>m</sup>, T. Masue<sup>m</sup>, A. Odahara<sup>s</sup>, M. Suga<sup>m</sup>, T. Suzuki<sup>c</sup>, A. Takashima<sup>m</sup>, N. Imai, H. Miyatake, K.P. Jackson, C.D.P. Levy and M.R. Pearson

Talk given at CNS-RIKEN Joint Int. Symp. on Frontier of Gamma-Ray Spectroscopy and Perspectives for Nuclear Structure Studies, (gamma08) (at RIKEN, Japan, Apr. 3-5, 2008, 参加者数約 80 名).

#### **Gamma-ray spectroscopy at Osaka**

A. Odahara<sup>s,\*</sup>, T. Hori<sup>m</sup>, T. Masue<sup>m</sup>, T. Shimoda<sup>s</sup>, K. Tajiri<sup>m</sup>, K. Kura<sup>m</sup>, T. Suzuki<sup>c</sup>, M. Kazato<sup>m</sup>, M. Suga<sup>m</sup>, A. Takashima<sup>m</sup>, T. Fukuchi<sup>s</sup>, Y. Wakabayashi, E. Ideguchi and Y. Gono

Talk given at CNS-RIKEN Joint Int. Symp. on Frontier of Gamma-Ray Spectroscopy and Perspectives for Nuclear Structure Studies, (gamma08) (at RIKEN, Japan, Apr. 3-5, 2008, 参加者数約 80 名).



### Structure of Neutron-Rich $^{28}\text{Mg}$ Isotopes Studied by Using the Beta-Decay of Polarized $^{28}\text{Na}$ at TRIUMF

K. Kura<sup>m,\*</sup>, K. Tajiri<sup>m</sup>, M. Kazato<sup>m</sup>, M. Suga<sup>m</sup>, A. Takashima<sup>m</sup>, T. Masue<sup>m</sup>, T. Hori<sup>m</sup>, T. Suzuki<sup>c</sup>, T. Fukuchi<sup>s</sup>, A. Odahara<sup>s</sup>, T. Shimoda<sup>s</sup>, Y. Hirayama, N. Imai, H. Miyatake, M. Pearson, C.D.P. Levy, K.P. Jackson

Talk given at the 7th CNS-EFES Summer School (CNS-EFES08), (at CNS, University of Tokyo, Aug. 26 - Spt. 1, 2008, 参加者数約 120 名).

### Structure of $^{29}\text{Mg}$ studied with polarized $^{29}\text{Na}$ beam at TRIUMF

K. Tajiri<sup>m,\*</sup>, K. Kura<sup>m</sup>, M. Kazato<sup>m</sup>, M. Suga<sup>m</sup>, A. Takashima<sup>m</sup>, T. Masue<sup>m</sup>, T. Hori<sup>m</sup>, T. Suzuki<sup>c</sup>, T. Fukuchi<sup>s</sup>, A. Odahara<sup>s</sup>, T. Shimoda<sup>s</sup>, Y. Hirayama, N. Imai, H. Miyatake, C.D.P. Levy, M. Pearson, K.P. Jackson

Talk given at the 7th CNS-EFES Summer School (CNS-EFES08), (at CNS, University of Tokyo, Aug. 26 - Spt. 1, 2008, 参加者数約 120 名).

日本物理学会，応用物理学会等における講演

#### RCNP における不安定核ビームラインの概要

下田正<sup>s,\*</sup>

RCNP 研究会「RCNP における不安定核の研究～RCNP ビームラインの可能性を探る～」(於大阪大学、2008年8月8-8月9日)

#### RCNP EN コースにおけるガンマ線核分光

小田原厚子<sup>s,\*</sup>、下田正<sup>s</sup>、堀稔一<sup>m</sup>、増江俊行<sup>m</sup>、倉健一朗<sup>m</sup>、田尻邦彦<sup>m</sup>、風戸正行<sup>m</sup>、壽賀正城<sup>m</sup>、高島杏奈<sup>m</sup>、鈴木智和<sup>c</sup>、福地知則<sup>s</sup>、郷農靖之、若林泰生、井手口栄治  
RCNP 研究会「RCNP における不安定核の研究～RCNP ビームラインの可能性を探る～」(於大阪大学、2008年8月8-8月9日)

#### TRIUMF における偏極した $^{28}\text{Na}$ の崩壊による $^{28}\text{Mg}$ の構造の研究

倉健一朗<sup>m,\*</sup>、田尻邦彦<sup>m</sup>、風戸正行<sup>m</sup>、壽賀正城<sup>m</sup>、高島杏奈<sup>m</sup>、増江俊行<sup>m</sup>、堀稔一<sup>m</sup>、鈴木智和<sup>c</sup>、福地知則<sup>s</sup>、小田原厚子<sup>s</sup>、下田正<sup>s</sup>、平山賀一、今井伸明、宮武宇也、M. Pearson, C.D.P. Levy, K.P. Jackson

RCNP 研究会「RCNP における不安定核の研究～RCNP ビームラインの可能性を探る～」(於大阪大学、2008年8月8-8月9日)

#### TRIUMF における偏極した $^{29}\text{Na}$ の崩壊による $^{29}\text{Mg}$ の構造の研究

田尻邦彦<sup>m,\*</sup>、倉健一朗<sup>m</sup>、風戸正行<sup>m</sup>、壽賀正城<sup>m</sup>、高島杏奈<sup>m</sup>、増江俊行<sup>m</sup>、堀稔一<sup>m</sup>、鈴木智和<sup>c</sup>、福地知則<sup>s</sup>、小田原厚子<sup>s</sup>、下田正<sup>s</sup>、平山賀一、今井伸明、宮武宇也、M. Pearson, C.D.P. Levy, K.P. Jackson

RCNP 研究会「RCNP における不安定核の研究～RCNP ビームラインの可能性を探る～」(於大阪大学、2008年8月8-8月9日)

放射線とは何だろう - 高校生に学んで欲しいこと -

下田正<sup>s,\*</sup>

高大連携 物理教育セミナー「極微の世界を探る - 研究の最前線から -」(於大阪大学、2008年8月11日 - 8月12日)

超流動ヘリウム中エキゾチック RI 原子の新奇なレーザー分光法 (OROCHI 法) : 不安定核 Rb 原子の超微細構造精密測定へ向けて

松尾由賀利<sup>s,\*</sup>, 古川武, 畠山温, 風戸正行<sup>m</sup>, 星野紗代, 佐々木彩子, 涌井崇志, 上野秀樹, 青井考, 吉見彰洋, 武智麻耶, 梅野泰宏, 小林徹, 和田道治, 園田哲, 高峰愛子, 藤掛浩太郎, 松浦佑一, 小田原厚子<sup>s</sup>, 下田正<sup>s</sup>, 篠塚勉, 本林透

東北大学・CYRIC 研究会「Fundamental Physics using Atoms」, (於東北大学、2008年8月18 - 8月19日)

TRIUMF における偏極した  $^{28}\text{Na}$  の崩壊による  $^{28}\text{Mg}$  の構造の研究

倉健一郎<sup>m,\*</sup>, 田尻邦彦<sup>m</sup>, 風戸正行<sup>m</sup>, 壽賀正城<sup>m</sup>, 高島杏奈<sup>m</sup>, 増江俊行<sup>m</sup>, 堀稔一<sup>m</sup>, 鈴木智和<sup>c</sup>, 福地知則<sup>s</sup>, 小田原厚子<sup>s</sup>, 下田正<sup>s</sup>, 平山賀一, 今井伸明, 宮武宇也, M. Pearson, C.D.P. Levy, K.P. Jackson

日本物理学会、秋季大会 (於山形大学、2008年9月20 - 9月23日)

TRIUMF における偏極した  $^{29}\text{Na}$  の崩壊による  $^{29}\text{Mg}$  の構造の研究

田尻邦彦<sup>m,\*</sup>, 倉健一郎<sup>m</sup>, 風戸正行<sup>m</sup>, 壽賀正城<sup>m</sup>, 高島杏奈<sup>m</sup>, 増江俊行<sup>m</sup>, 堀稔一<sup>m</sup>, 鈴木智和<sup>c</sup>, 福地知則<sup>s</sup>, 小田原厚子<sup>s</sup>, 下田正<sup>s</sup>, 平山賀一, 今井伸明, 宮武宇也, M. Pearson, C.D.P. Levy, K.P. Jackson

日本物理学会、秋季大会 (於山形大学、2008年9月20 - 9月23日)

RCNP におけるインビームガンマ核分光実験のための低エネルギー不安定核ビームの開発

高島杏奈<sup>m,\*</sup>, 風戸正行<sup>m</sup>, 壽賀正城<sup>m</sup>, 鈴木智和<sup>c</sup>, 倉健一郎<sup>m</sup>, 田尻邦彦<sup>m</sup>, 増江俊行<sup>m</sup>, 堀稔一<sup>m</sup>, 小田原厚子<sup>s</sup>, 下田正<sup>s</sup>, 若林泰生, 井手口栄治, 郷農靖之

日本物理学会、秋季大会 (於山形大学、2008年9月20 - 9月23日)

$\gamma$  線核分光実験におけるコンプトン散乱偽ピーク除去法の開発

壽賀正城<sup>m,\*</sup>, 風戸正行<sup>m</sup>, 高島杏奈<sup>m</sup>, 倉健一郎<sup>m</sup>, 田尻邦彦<sup>m</sup>, 増江俊行<sup>m</sup>, 堀稔一<sup>m</sup>, 鈴木智和<sup>c</sup>, 小田原厚子<sup>s</sup>, 下田正<sup>s</sup>

日本物理学会、秋季大会 (於山形大学、2008年9月20 - 9月23日)

大阪大学における低学年実験教育の現状と課題

下田正<sup>s,\*</sup>

東北大学特色GPシンポジウム「理科実験教育の将来像について」(於東北大学、2008年11月27日 - 11月28日)

### Beta-delayed Decay Spectroscopy of Highly Polarized Radioactive Nucleus

T. Shimoda<sup>s,\*</sup>

Nuclear Physics Seminar at Aizu University (於会津大学、2008年12月2日)

### Structure of Neutron-rich <sup>28</sup>Mg Studied by Using the $\beta$ -Decay of Polarized <sup>28</sup>Na at TRIUMF

K. Kura<sup>m,\*</sup>

Nuclear Physics Seminar at Aizu University (於会津大学、2008年12月2日)

### Structure of <sup>29</sup>Mg studied with spin-polarized <sup>29</sup>Na

K. Tajiri<sup>m,\*</sup>

Nuclear Physics Seminar at Aizu University (於会津大学、2008年12月2日)

### RCNPの不安定核ビームライン EN コース

下田正<sup>s,\*</sup>

第5回停止・低速不安定核ビームを用いた核分光研究会(於大阪大学、2008年12月24日 - 12月25日)

### RCNP EN コースでのガンマ線核分光実験

小田原厚子<sup>s,\*</sup>、下田正<sup>s</sup>、堀稔一<sup>m</sup>、増江俊行<sup>m</sup>、倉健一朗<sup>m</sup>、田尻邦彦<sup>m</sup>、風戸正行<sup>m</sup>、壽賀正城<sup>m</sup>、高島杏奈<sup>m</sup>、伊藤洋介<sup>b</sup>、見目庸<sup>b</sup>、菅原啓<sup>b</sup>、山口杏子<sup>b</sup>、鈴木智和<sup>c</sup>、福地知則<sup>s</sup>、郷農靖之、若林泰生、井手口栄治

第5回停止・低速不安定核ビームを用いた核分光研究会(於大阪大学、2008年12月24日 - 12月25日)

### 不安定核ビームを用いた 線核分光による高スピンアイソマーの研究

高島杏奈<sup>m,\*</sup>、風戸正行<sup>m</sup>、壽賀正城<sup>m</sup>、鈴木智和<sup>c</sup>、伊藤洋介<sup>d</sup>、見目庸<sup>d</sup>、菅原啓<sup>d</sup>、山口杏子<sup>d</sup>、倉健一朗<sup>m</sup>、田尻邦彦<sup>m</sup>、小田原厚子<sup>s</sup>、下田正<sup>s</sup>、若林泰生、井手口栄治、郷農靖之

第5回停止・低速不安定核ビームを用いた核分光研究会(於大阪大学、2008年12月24日 - 12月25日)

### TRIUMFにおける偏極した<sup>28</sup>Naの $\beta$ 崩壊による<sup>28</sup>Mgの構造の研究

倉健一朗<sup>m,\*</sup>、田尻邦彦<sup>m</sup>、風戸正行<sup>m</sup>、壽賀正城<sup>m</sup>、高島杏奈<sup>m</sup>、増江俊行<sup>m</sup>、堀稔一<sup>m</sup>、鈴木智和<sup>c</sup>、福地知則<sup>s</sup>、小田原厚子<sup>s</sup>、下田正<sup>s</sup>、平山賀一、今井伸明、宮武宇也、M. Pearson、C.D.P. Levy、K.P. Jackson

第5回停止・低速不安定核ビームを用いた核分光研究会(於大阪大学、2008年12月24日 -

12月25日)

**TRIUMF における偏極した  $^{29}\text{Na}$  の  $\beta$  崩壊による  $^{29}\text{Mg}$  の構造の研究**

田尻邦彦  $m,*$ , 倉健一郎  $m$ , 風戸正行  $m$ , 壽賀正城  $m$ , 高島杏奈  $m$ , 増江俊行  $m$ , 堀稔一  $m$ , 鈴木智和  $c$ , 福地知則  $s$ , 小田原厚子  $s$ , 下田正  $s$ , 平山賀一, 今井伸明, 宮武宇也, C.D.P. Levy, M. Pearson, K.P. Jackson

第5回停止・低速不安定核ビームを用いた核分光研究会 (於大阪大学、2008年12月24日 - 12月25日)

**超流動ヘリウムを用いたレーザー核分光実験 OROCHI” -第一回ビーム実験へ向けて-**

松尾由賀利  $s,*$ , 古川武, 畠山温, 風戸正行  $m$ , 山口杏子  $b$ , 星野紗代, 佐々木彩子, 涌井崇志, 上野秀樹, 青井考, 吉見彰洋, 武智麻耶, 梅野泰宏, 西村俊二, 小林徹, 和田道治, 園田哲, 高峰愛子, 藤掛浩太郎, 松浦佑一, 小田原厚子  $s$ , 下田正  $s$ , 篠塚勉, 本林透

第5回停止・低速不安定核ビームを用いた核分光研究会 (於大阪大学、2008年12月24日 - 12月25日)

**TRIUMF におけるスピン偏極した  $^{28,29}\text{Na}$  の  $\beta$  崩壊による  $^{28,29}\text{Mg}$  の構造の研究**

田尻邦彦  $m,*$ , 倉健一郎  $m$ , 風戸正行  $m$ , 壽賀正城  $m$ , 高島杏奈  $m$ , 増江俊行  $m$ , 堀稔一  $m$ , 鈴木智和  $c$ , 福地知則  $s$ , 小田原厚子  $s$ , 下田正  $s$ , 平山賀一, 今井伸明, 宮武宇也, C.D.P. Levy, M. Pearson, K.P. Jackson

日本物理学会、第64回年次大会 (於立教大学、2009年3月27日 - 3月30日)

**超流動ヘリウム中における RI ビーム停止位置の精密制御**

風戸正行  $m,*$ , 古川武, 山口杏子  $b$ , 梅野泰宏, 西村俊二, 佐々木彩子, 星野紗代, 涌井崇志, 畠山温, 藤掛浩太郎, 松浦佑一, 篠塚勉, 本林透, 小田原厚子  $s$ , 下田正  $s$ , 松尾由賀利  $s$

日本物理学会、第64回年次大会 (於立教大学、2009年3月27日 - 3月30日)

## 1.4 核物質学研究グループ

### 平成 20 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（附属原子核実験施設）を維持する他、核物理研究センターのリングサイクロトロン、理化学研究所の超伝導サイクロトロン施設である RI ビームファクトリーや放射線医学総合研究所の重イオンシンクロトロン HIMAC、アップルトン研究所のミュオン施設などを使用し、短寿命 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学際領域の研究を行っている。このため、中国原子能研究所（CIAE）やカナダの TRIUMF などとも研究協定を結び、共同研究を行っている。

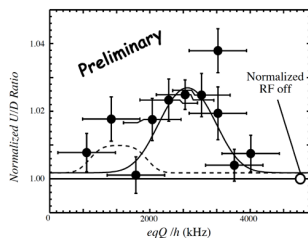


図 1.3:  $^{23}\text{Al}$  の NQR スペクトル

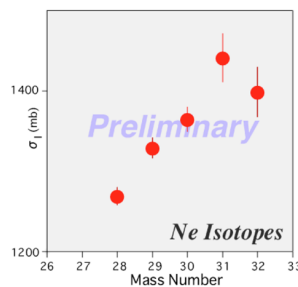


図 1.4: Ne 同位体の反応断面積

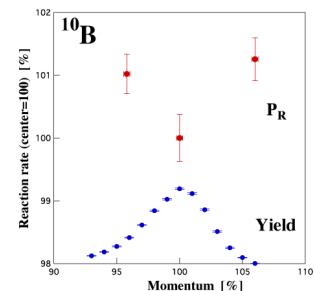


図 1.5: 変形核  $^{10}\text{B}$  の反応断面積の核スピン整列依存性

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、核構造の研究を行っている。20 年度、阪大 理研-筑波、埼玉、新潟大の共同研究で、安定線からはなれた不安定原子核  $^{23}\text{Al}$  の磁気モーメントを精密測定し、電気四重極モーメントの測定にも成功した。図 1.3 の NQR スペクトルから、 $^{23}\text{Al}$  の電気四重極モーメントが  $Q = 170(20)$  mb と決定された。この値は、シェルモデル計算値 166 mb で良く説明され、陽子過剰核におけるハロー構造に起因する電気四重極モーメントの有意な増加は見られなかった。放医研 HIMAC での核モーメント研究では、 $^{28}\text{P}$  の磁気モーメントの精密測定を完了し、電気四重極モーメントの測定に向けて、中国原子能研（CIAE）とも共同で  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  中の  $^{28}\text{P}$  の共鳴スペクトルの観測を始めた。また、新たな Xe, Sn 領域の核モーメント研究に向けて、 $^{136}\text{I}$  の生成テストを行い運動量分布を測定した。

不安定核ビームの種々のターゲット核との反応断面積や運動量分布から、核子密度分布のハロー構造等を詳細に調べている。20 年度はビーム加速を開始したばかりの理研 RI ビームファクトリーにおいて、Ne 同位体の反応断面積を測定し（図 1.4）、プレリナリーながらハロー構造の示唆される  $^{31}\text{Ne}$  核において反応断面積の有意な増加を見いだした。

核の核子密度分布については、以前から核の変形との関係に興味を持たれていたが、20 年度、大きくプロレート（正）変形した  $^{10}\text{B}$  の安定核二次ビームを用いて、変形の方すなわち核スピン整列との相関を、世界に先駆けて観測した。図 1.5 は  $^{10}\text{B}$  生成時の運動量分布と二次ターゲットとの反応断面積を示し、運動量分布の中心と端で、スピン整列状態に正負

の差が出る。図に示される様に、幾何学上の予想通り、反応断面積は正のスピンの整列状態で小さく、負で大きい事が明らかになった。

精密な  $\beta$  線角度分布の観測から、荷電空間での反転対称性 ( $G$ -パリティ) の破れを調べている。TRIUMF および筑波大学タンデム加速器センターで行った、 $A=20$  体系の鏡映核対  $^{20}\text{Na}$  と  $^{20}\text{F}$  の整列状態から放出される  $\beta$  線分布の整列相関項のデータ解析を完了した。図 1.6 に示す  $\beta-\gamma$  相関実験との同時  $\chi^2$  フィットから、2 次の禁止遷移核行列要素と弱磁気項並びに  $G$ -パリティを破る誘導テンソル項を分離して導いた。その結果、これまでの  $A=12$  体系や 8 体系と同じく、 $G$ -パリティの破れの程度は大きくない事が明らかになった。

核物理研究センターならびに KEK, 素核研の増田グループとの共同研究で、中性子の電気双極子モーメント (EDM) や  $\beta$  崩壊など、基礎相互作用の研究に向けて、UCN (超冷中性子) 源の開発を行っている。20 年度は UCN 貯蔵実験とエネルギースペクトルの測定を行った。図 1.7 に示す UCN のエネルギースペクトルは、統計分布からは少しずれ、低エネルギー側で抜け落ちている。この原因をシミュレーションにより解析中である。

物質科学の研究では、ワイドギャップ半導体  $\text{TiO}_2$  中の  $^{12}\text{N}$  不純物の  $\beta$ -NMR 研究を行っている。(図 1.8) また、 $\text{WO}_3$  中の  $\mu\text{SR}$  から、偏極緩和の観測も続けている。また、放医研 HIMAC において、Pt 中の  $^{28}\text{P}$  のスピン緩和時間を異なる温度領域で観測し電子構造の研究を行った。さらに、HIMAC において理研や国際基督教大学との共同で、新たなメスバウアー実験に向けた  $^{57}\text{Mn}$  ビームの開発を行った。

バンデグラフ加速器は 20 年度は 355 時間運転した。D ビームと  $^3\text{He}$  ビームが主だが、この他、学生実験 (オーナープログラム) のための微量元素分析実験 (PIXE) ならびに  $^{140}\text{Pr}$  の崩壊時間スペクトルにおける振動の検証実験を陽子ビームで行った。

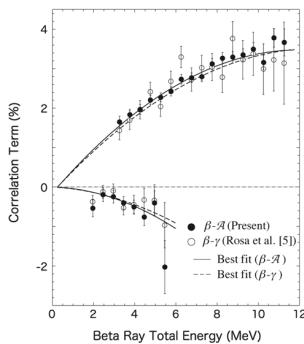


図 1.6:  $^{20}\text{Na}$  と  $^{20}\text{F}$  の  $\beta$  崩壊核スピン整列相関項

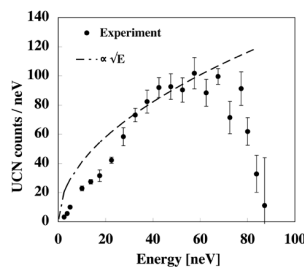


図 1.7: 超冷中性子のエネルギースペクトル

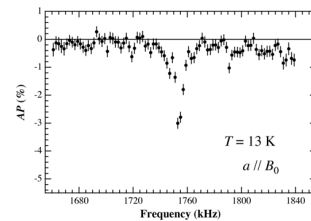


図 1.8:  $\text{TiO}_2$  中の  $^{12}\text{N}$  の NMR スペクトル

## 学術雑誌に出版された論文

### Magnetic Moment of Proton Halo Nucleus $^{28}\text{P}$

Dongmei Zhou, Yongnan Zheng, K. Matsuta<sup>s</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>, D. Nishimura<sup>d</sup>, J. Komurasaki, D. Ishikawa<sup>m</sup>, R. Matsumiya<sup>d</sup>, T. Nagatomo, T. Izumikawa, S. Takahashi, H. Hirano, T. Ohtsubo, S. Momota, Y. Nojiri, A. Kitagawa, M. Kanazawa, M. Torikoshi,

S. Sato, T. Minamisono, J.R. Alonso, G.F. Krebs, T.J.M. Symons, Daqing Yuan, Yi Zuo, Ping Fan, T. Suzuki, Xizhen Zhang and Shengyun Zhu  
Hyperfine Interactions **180** (2007) 37-42.

#### **Hyperfine Interaction of $^{25}\text{Al}$ in $\text{Al}_2\text{O}_3$ and Its Quadrupole Moment**

K. Matsuta<sup>s</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, T. Nagatomo, R. Matsumiya<sup>d</sup>, S. Momota, T. Ohtsubo, T. Izumikawa, H. Hirano, S. Takahashi, D. Nishimura<sup>d</sup>, J. Komurasaki, A. Kitagawa, M. Kanazawa, M. Torikoshi, S. Sato, M. Fukuda<sup>s</sup>, T. Minamisono, T. Sumikama, K. Tanaka, M. Takechi, D. Ishikawa<sup>m</sup>, S.A. Pahlavy, M. Nagao, Y. Nojiri, J.R. Alonso, G.F. Krebs and T.J.M. Symons  
Hyperfine Interactions **180** (2007) 65-69.

#### **Magnetic Moment of Short Lived $\beta$ -Emitter $^{24m}\text{Al}$**

D. Nishimura<sup>d</sup>, J. Komurasaki, K. Matsuta<sup>s</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, R. Matsumiya<sup>d</sup>, S. Momota, T. Ohtsubo, T. Izumikawa, H. Hirano, A. Kitagawa, M. Kanazawa, M. Torikoshi, S. Sato, M. Fukuda<sup>s</sup>, D. Ishikawa<sup>m</sup>, T. Minamisono, R. Watanabe, T. Kubo, Y. Nojiri, J.R. Alonso, G.F. Krebs and T.J.M. Symons  
Hyperfine Interactions **180** (2007) 71-74.

#### **Spin-Lattice Relaxation of $^{25}\text{Al}$ and $^{28}\text{P}$ in Pt**

M. Mihara<sup>s</sup>, K. Matsuta<sup>s</sup>, D. Nishimura<sup>d</sup>, T. Nagatomo, R. Matsumiya<sup>d</sup>, S. Momota, T. Ohtsubo, T. Izumikawa, D.M. Zhou, Y.N. Zheng, Y.Y. Zhu, H. Hirano, J. Komurasaki<sup>s</sup>, S. Takahashi, A. Kitagawa, M. Torikoshi, S. Sato, M. Fukuda<sup>s</sup>, D. Ishikawa<sup>m</sup>, T. Minamisono, R. Watanabe, T. Kubo, Y. Nojiri, T. Sumikama, J.R. Alonso, G.F. Krebs and T.J.M. Symons  
Hyperfine Interactions **178** (2007) 83-86 .

#### **Electric Field Gradient at $^{12}\text{N}$ Implanted into ZnO**

R. Matsumiya<sup>d</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, K. Matsuta<sup>s</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>, T. Izumikawa, and T. Minamisono  
Hyperfine Interactions **178** (2007) 63-67.

#### **Temperature Dependence of Knight Shifts for $^{12}\text{B}$ in Pt**

T. Minamisono, M. Mihara<sup>s</sup>, K. Matsuta<sup>s</sup>, S. Kumashiro, M. Fukuda<sup>s</sup>, S. Kosakai<sup>s</sup>, Y. Umemoto, M. Yoshikawa, M. Ogura<sup>s</sup> and H. Akai<sup>s</sup>  
Hyperfine Interactions **178** (2007) 73-77.

#### **Electronic Structure of Substitutional Nitrogen Impurity in $\text{TiO}_2$ Studied by the $\beta$ -NMR Method**

M. Mihara<sup>s</sup>, K. Matsuta<sup>s</sup>, R. Matsumiya, K. Kumashiro, M. Fukuda<sup>s</sup>, J. Komurasaki, D. Nishimura<sup>d</sup>, D. Ishikawa<sup>m</sup>, T. Izumikawa and T. Minamisono

Hyperfine Interactions **178** (2007) 69-72.

**Temperature Dependence of the Lattice Locations of Boron Implanted in Germanium**

T. Izumikawa, D. Shinojima, S. Takahashi, M. Mihara<sup>s</sup>, K. Matsuta<sup>s</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>, T. Ohtsubo, S. Ohya and T. Minamisono  
Hyperfine Interactions **178** (2007) 79-82.

**Beta-Ray Angular Distribution from Purely Nuclear Spin Aligned <sup>20</sup>F Nuclei**

T. Nagatomo, K. Matsuta<sup>s</sup>, K. Minamisono, T. Sumikama, M. Mihara<sup>s</sup>, A. Ozawa, Y. Tagishi, M. Ogura<sup>s</sup>, R. Matsumiya<sup>d</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>, M. Yamaguchi, T. Yasuno, H. Ohta, Y. Hashizume, H. Fujiwara, A. Chiba and T. Minamisono  
Hyperfine Interactions **180** (2007) 75-78.

**Polarization of <sup>23</sup>Ne, <sup>24m,25</sup>Al and <sup>28</sup>P Produced through Single Nucleon Pickup and Charge-Exchange Reactions at 100A MeV**

T. Ohtsubo, M. Fukuda<sup>s</sup>, K. Matsuta<sup>s</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, T. Nagatomo, T. Izumikawa, S. Momota, S. Takahashi, H. Hirano, D. Nishimura<sup>d</sup>, J. Komurasaki, D. Ishikawa<sup>m</sup>, D.M. Zhou, Y.N. Zheng, S.Y. Zhu, A. Kitagawa, M. Kanazawa, M. Torikoshi, S. Sato, T. Minamisono, Y. Nojiri, R. Matsumiya<sup>d</sup>, T. Sumikama, K. Tanaka, K. Yamada, A. Ozawa, T. Suzuki, T. Yamaguchi, S. Nakajima, K. Yoshida, Y. Nakashima, H. Fujiwara, S. Kumashiro, M. Ota, D. Shinojima, H. Tanaka, T. Yasuno, K. Muranaka, T. Maemura, A. Chiba, S.A. Pahlovy, M. Nagao, R. Watanabe, T. Kubo, I. Tanihata, M. Takechi, K. Minamisono, J.R. Alonso, G.F. Krebs, and T.J.M. Symons  
Hyperfine Interactions **180** (2007) 85-89.

**Magnetic Moment of <sup>28</sup>P**

K. Matusta, M. Mihara<sup>s</sup>, D.M. Zhou, Y.N. Zheng, S.Y. Zhu, M. Fukuda<sup>s</sup>, T. Nagatomo, T. Izumikawa, S. Momota, S. Takahashi, H. Hirano, T. Ohtsubo, D. Nishimura<sup>d</sup>, J. Komurasaki, D. Ishikawa<sup>m</sup>, A. Kitagawa, M. Kanazawa, M. Torikoshi, S. Sato, T. Minamisono, Y. Nojiri, R. Matsumiya<sup>d</sup>, T. Sumikama, J.R. Alonso, G.F. Krebs, T.J.M. Symons  
Nucl. Phys. A **805** (2008) 359-361.

**Fast-Switching NMR System for Measurements of Ground-State Quadrupole Moments of Short-Lived Nuclei**

K. Minamisono, R.R. Weerasiri, H.L. Crawford, P.F. Mantica, K. Matsuta<sup>s</sup>, T. Minamisono, J.S. Pinter, J.B. Stoker  
Nucle. Instr. Meth. in Phys. Res. A **589** (2008) 185-192.



**Search for the G-Parity Irregular Term in Weak Nucleon Currents Extracted from Mirror Beta Decays in the Mass 8 System**

T. Sumikama, K. Matsuta<sup>s</sup>, T. Nagatomo, M. Ogura<sup>s</sup>, T. Iwakoshi, Y. Nakashima, H. Fujiwara, M. Fukuda<sup>s</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, K. Minamisono, T. Yamaguchi, T. Minamisono  
Phys. Lett. B **664**(2008) 235-240.

**Quadrupole Moments of Neutron-Deficient <sup>20,21</sup>Na**

K. Minamisono, K. Matsuta<sup>s</sup>, T. Minamisono, C.D. P. Levy, T. Nagatomo, M. Ogura<sup>s</sup>, T. Sumikama, J.A. Behra, K.P. Jackson, M. Mihara<sup>s</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>  
Phys. Lett. B **672** (2009) 120-125.

**Muon Spin Relaxation in Hydrogen Tungsten Bronze**

M. Mihara<sup>s</sup>, K. Shimomura, I. Watanabe, Y. Ishii, T. Suzuki, T. Kawamata, J. Komurasaki, D. Nishimura<sup>d</sup>, K. Nishiyama, R. Kadono, S. Takai, T. Nakano  
Physica B **404** (2009) 801-803.

**High Transverse Field  $\mu$ SR with  $\pi/2$ -RF Pulse Spin Control Technique**

R. Kadono, K.H. Satoh, A. Koda, K. Nishiyama, M. Mihara<sup>s</sup>  
Physica B **404** (2009) 996-998.

**Nuclear matter radii of neutron-deficient Kr isotopes**

T. Yamaguchi, T. Suzuki, T. Ohnishi, F. Becker, M. Fukuda<sup>s</sup>, H. Geissel, M. Hosoi, R. Janik, K. Kimura, T. Kuboki, S. Mandel, M. Matsuo, G. Munzenberg, S. Nakajima, T. Ohtsubo, A. Ozawa, A. Prochazka, M. Shindo, B. Sitar, P. Strmen, T. Suda, K. Summerer, K. Sugawara, I. Szarka, M. Takechi, A. Takisawa, K. Tanaka, M. Yamagami  
Physical Review C **77** (2008) 034315-6.

**Measurement of the reaction cross section of <sup>18</sup>C and observations of fragments from <sup>17</sup>C and <sup>18</sup>C at 80A MeV**

A. Ozawa, D. Q. Fang, M. Fukuda<sup>s</sup>, N. Iwasa, T. Izumikawa, H. Jeppesen, R. Kanungo, R. Koyama, T. Ohnishi, T. Ohtsubo, W. Shinozaki, T. Suda, T. Suzuki, M. Takahashi, I. Tanihata, C. Wu, Y. Yamaguchi  
Physical Review C **78** (2008) 054313-6.

**国際会議における講演等****Studies of Electronic Structure of Dilute Impurities in Pt through Knight Shifts and Spin-Lattice Relaxation Times**

K. Matsuta<sup>s,\*</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>, S. Kumashiro, T. Minamisono, S. Kosakai, Y.

Umemoto, M. Yoshikawa, R. Matsumiya<sup>d</sup>, D. Nishimura<sup>d</sup>, J. Komurasaki, D. Ishikawa<sup>m</sup>, M. Ogura<sup>s</sup>, H. Akai<sup>s</sup>, T. Nagatomo, S. Momota, T. Ohtsubo, H. Hirano, S. Takahashi, R. Watanabe, T. Kubo, T. Izumikawa, D. M. Zhou, Y. N. Zheng, S. Y. Zhu, A. Kitagawa, M. Kanazawa, M. Torikoshi, S. Sato, T. Sumikama, Y. Nojiri, J. R. Alonso, G. F. Krebs, T. J. M. Symons

International Workshop on Materials & Life Science using Nuclear Probes from High-Energy Accelerators, (at Wako, Japan, Apr. 1-3, 2008, 参加者数約 100 名 ).

### **Studies on dilute impurities in solids by $\beta$ -NMR spectroscopy**

M. Mihara<sup>s,\*</sup>

International Workshop on Materials & Life Science using Nuclear Probes from High-Energy Accelerators, (at Wako, Japan, Apr. 1-3, 2008, 参加者数約 100 名 ).

### **Development of the He-II spallation UCN cryostat and UCN Storage Experiment**

R. Matsumiya<sup>d,\*</sup>, Y. Masuda, S. Jeong, Y. Watanabe, K. Hatanaka, K. Matsuta<sup>s</sup>, H. Hano, Y. Hisamatsu, H. Oide, H. Otono, T. Suehiro, S. Yamashita, T. Yoshioka, A. Holly, E. Korobkina, G. Palmquist, R. Golub

16th International Seminar on International of Neutrons with Nuclei, (at Dubna, Russia, June 11-14, 2008, 参加者数約 200 名 ).

### **Muon Spin Relaxation in Hydrogen Tungsten Bronze**

M. Mihara<sup>s,\*</sup>, K. Shimomura, I. Watanabe, Y. Ishii, T. Suzuki, T. Kawamata, J. Komurasaki, D. Nishimura<sup>d</sup>, K. Nishiyama, R. Kadono, S. Takai<sup>s</sup>, T. Nakano

The 11th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation, and Resonance ( $\mu$ SR2008), (at Tsukuba, Japan, Jul. 21-25, 2008 , 参加者数約 300 名 ).

### **Density Distributions of Light Nuclei Studied with Reaction Cross Sections**

D. Nishimura<sup>d,\*</sup>

Seventh Summer School on Exotic Beam Physics, (at Argonne, U.S., August 4-9, 2008. 参加者数約 200 名 ).

### **Electromagnetic Moments of Short Lived $\beta$ Emitter $^{22}\text{F}$**

M. Mihara<sup>s,\*</sup>, K. Matsuta<sup>s</sup>, J. Komurasaki, H. Hirano, D. Nishimura<sup>d</sup>, S. Momota, T. Ohtsubo, T. Izumikawa, Y. Shimbara, T. Kubo, D. Kameda, D.M. Zhou, Y.N. Zheng, D.Q. Yuan, S.Y. Zhu, A. Kitagawa, M. Kanazawa, M. Torikoshi, S. Sato, T. Nagatomo, R. Matsumiya<sup>d</sup>, D. Ishikawa<sup>m</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>, T. Minamisono, Y. Nojiri, J.R. Alonso, G.F. Krebs, T.J.M. Symons

The 5th International Conference on EXOTIC NUCLEI and ATOMIC MASSES 2008 (ENAM'08), (at Ryn, Poland, Sep. 7-13, 2008 参加者数約 300 名 ).

### **Nuclear Density Distributions of Nuclei with Mass Number $A = 9$ Studied via Reaction Cross Sections**

D. Nishimura<sup>d,\*</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>, M. Takechi, M. Mihara<sup>s</sup>, D. Ishikawa<sup>m</sup>, J. Komurasaki, K. Matsuta<sup>s</sup>, R. Matsumiya<sup>d</sup>, T. Kuboki, M. Yoshitake, T. Suzuki, T. Yamaguchi, S. Nakajima, K. Saito, M. Miura, R. Watanabe, H. Hirano, T. Ohtsubo, Y. Shimbara, T. Izumikawa, K. Tanaka, T. Suda, T. Moriguchi, Y. Hashizume, T. Hoya, Y. Yasuda, A. Ozawa, S. Momota, S. Fukuda<sup>s</sup>, S. Sato, A. Kitagawa, and M. Kanazawa

The 5th International Conference on EXOTIC NUCLEI and ATOMIC MASSES 2008 (ENAM'08), (at Ryn, Poland, Sep. 7-13, 2008 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**

#### **Ultra Cold Neutron Storage Experiment**

R. Matsumiya<sup>d,\*</sup>, Y. Masuda, S. Jeong, Y. Watanabe, K. Hatanaka, K. Matsuta<sup>s</sup>, H. Hano, Y. Hisamatsu, H. Oide, H. Otono, T. Suehiro, S. Yamashita, T. Yoshioka

Annual Meeting of the Physical Society of Japan (於近畿大学, 2008年3月22日 - 26日)

#### **Radii of the $A=3$ System Studied through Reaction Cross Sections**

M. Yoshitake<sup>\*</sup>, T. Yamaguchi, T. Suzuki, K. Aiba, D. Ishikawa<sup>m</sup>, T. Izumikawa, T. Ohtsubo, A. Ozawa, M. Kanazawa, A. Kitagawa, T. Kuboki, K. Kobayashi, J. Komurasaki, K. Saito, S. Sato, Y. Shimbara, M. Takechi, K. Tanaka, D. Nishimura<sup>d</sup>, Y. Hashizume, H. Hirano, M. Fukuda<sup>s</sup>, A. Hoya, M. Miura, M. Mihara<sup>s</sup>, S. Momota, T. Moriguchi, Y. Yasuda, R. Yamada, and R. Watanabe

Annual Meeting of the Physical Society of Japan (於近畿大学, 2008年3月22日 - 26日)

#### **Reaction Cross Sections of the $A=9$ System and Nucleon Density Distributions**

D. Nishimura<sup>d,\*</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>, M. Takechi, D. Ishikawa<sup>m</sup>, J. Komurasaki, M. Mihara<sup>s</sup>, K. Matsuta<sup>s</sup>, R. Matsumiya<sup>d</sup>, T. Kuboki, M. Yoshitake, T. Suzuki, T. Yamaguchi, S. Nakajima, K. Saito, M. Miura, T. Ohtsubo, Y. Shimbara, H. Hirano, R. Watanabe, T. Izumikawa, K. Tanaka, T. Suda, A. Ozawa, Y. Yasuda, T. Moriguchi, Y. Hashidume, A. Hoya, S. Momota, S. Sato, A. Kitagawa, and M. Kanazawa

Annual Meeting of the Physical Society of Japan (於近畿大学, 2008年3月22日 - 26日)

#### **Measurement of Momentum Distributions of Unstable Projectile Fragments using $\Delta E - E$ Counter Telescope**

M. Takechi<sup>\*</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, D. Nishimura<sup>d</sup>, J. Komurasaki, D. Ishikawa<sup>m</sup>, R. Matsumiya<sup>d</sup>, K. Matsuta<sup>s</sup>, T. Minamisono, T. Izumikawa, T. Ohtsubo, H. Hirano, R. Watanabe, R. Yamada, S. Momota, T. Yamaguchi, S. Nakajima, T. Kuboki, M. Yoshitake,

K. Saito, M. Miura, T. Suzuki, K. Tanaka, T. Suda, A. Ozawa, Y. Yasuda, Y. Hashidume, T. Hoya, T. Moriguchi, A. Kitagawa, S. Sato, and M. Kanazawa  
Annual Meeting of the Physical Society of Japan (於近畿大学, 2008年3月22日 - 26日)

**Momentum Distribution Measurement of  $^{18}\text{C}$  Fragment Produced in the Break-Up of  $^{20}\text{C}$**

Y. Hashidume\*, K. Tanaka, A. Ozawa, T. Yamaguchi, T. Suzuki, T. Aiba, T. Aoi, T. Izumikawa, K. Inafuku, N. Iwasa, T. Ohtsubo, A. Kurokawa, K. Kobayashi, M. Komuro, Y. Kondo, R. Shinoda, M. Shinohara, H. Suzuki, S. Takeuchi, E. Takeshita, M. Takechi, Y. Togano, S. Nakajima, A. Nakabayashi, T. Baba, M. Fukuda<sup>s</sup>, T. Matsuyama, S. Michimasa, T. Yasuno, K. Yamada, M. Yoshitake, T. Kubo, T. Nakamura, H. Sakurai, and T. Motobayashi

Annual Meeting of the Physical Society of Japan (於近畿大学, 2008年3月22日 - 26日)

**Precise Measurement of Magnetic Moment of the Short-Lived Nucleus  $^{28}\text{P}$**

T. Ohtsubo\*, H. Hirano, S. Takahashi, T. Kubo, R. Yamada, Y. Shimbara, K. Matsuta<sup>s</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, D. Nishimura<sup>d</sup>, J. Komurasaki, M. Fukuda<sup>s</sup>, D. Zhou, Y. Zheng, D. Fan, S.Y. Zhu, T. Izumikawa, S. Momota, D. Kameda, A. Kitagawa, S. Sato, M. Kanazawa, M. Torikoshi, Y. Nojiri, T. Minamisono, R. Matsumiya<sup>d</sup>, D. Ishikawa<sup>m</sup>, T. Nagatomo, J.R. Alonso, G.F. Krebs, and T.J.M. Symons

Annual Meeting of the Physical Society of Japan (於近畿大学, 2008年3月22日 - 26日)

**Measurement of Electro-Magnetic Moments of  $^{22}\text{F}$**

M. Mihara<sup>s,\*</sup>, K. Matsuta<sup>s</sup>, J. Komurasaki, H. Hirano, D. Nishimura<sup>d</sup>, S. Momota, T. Ohtsubo, T. Izumikawa, Y. Shimbara, T. Kubo, D. Kameda, D. Zhou, Y. Zheng, S.Y. Zhu, A. Kitagawa, M. Kanazawa, M. Torikoshi, S. Sato, T. Nagatomo, R. Matsumiya<sup>d</sup>, D. Ishikawa<sup>m</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>, T. Minamisono, J.R. Alonso, G.F. Crebs, and T.J.M. Symonss

Annual Meeting of the Physical Society of Japan (於近畿大学, 2008年3月22日 - 26日)

**Precise Measurement of the  $\beta$ -Ray Angular Distribution from Nuclear Spin Aligned  $^{13}\text{B}$**

K. Matsuta<sup>s,\*</sup>, T. Nagatomo, M. Mihara<sup>s</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>, D. Nishimura<sup>d</sup>, J. Komurasaki, K. Minamisono, R. Matsumiya<sup>d</sup>, D. Ishikawa<sup>m</sup>, M. Takechi, T. Minamisono, H. Okamura, H. Majumdar

Annual Meeting of the Physical Society of Japan (於近畿大学, 2008年3月22日 - 26日)

**Development of a System to Maintain a Nuclear Spin Polarization for a Test of Time Reversal Symmetry**

K. Narita\*, J. Murata, H. Kawamura, K. Toyoda, K. Matsuta<sup>s</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, D. Nishimura<sup>d</sup>, J. Komurasaki, D. Ishikawa<sup>m</sup>, D. Kameda, and Y. Hirayama

Annual Meeting of the Physical Society of Japan (於近畿大学, 2008年3月22日 - 26日)

**Shallow Nitrogen Acceptor in Rutile TiO<sub>2</sub> Studied by Ultrasensitive NMR**

M. Mihara<sup>s,\*</sup>, R. Matsumiya<sup>d</sup>, K. Shimomura, K. Matsuta<sup>s</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>, D. Ishikawa<sup>m</sup>,  
J. Komurasaki, D. Nishimura<sup>d</sup>, T. Nagasawa, T. Izumikawa, T. Minamisono  
55th Annual Meeting of the Japan Society of Applied Physics (於日本大学, 2008年3月  
27日 - 30日)

**NMR Study on the Lattice Defects of Semiconductors by Using Radioactive Nuclei**

T. Izumikawa<sup>\*</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, K. Matsuta<sup>s</sup>, T. Ohtsubo, S. Ohya  
The 45th Annual Meeting on Radioisotope and Radiation Research, Tokyo, July 2-4, 2008

**Precise Alignment Correlation Term in Beta-Ray Angular Distribution from Aligned <sup>13</sup>B**

K. Matsuta<sup>s,\*</sup>, T. Nagatomo, K. Minamisono, M. Mihara<sup>s</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>, D. Nishimura<sup>d</sup>,  
J. Komurasaki, R. Matsumiya<sup>d</sup>, H. Okamura, D. Ishikawa<sup>m</sup>, M. Takechi, T. Minamisono,  
H. Majumdar  
Workshop on Studies of Unstable Nuclei at RCNP - Exploring New Possibilities of RCNP  
Beam Line -, Osaka, Aug. 8-9, 2008

**Study of Nuclear Moments and Solid State Physics by Means of  $\beta$ -NMR**

M. Mihara<sup>s,\*</sup>  
Workshop on Studies of Unstable Nuclei at RCNP - Exploring New Possibilities of RCNP  
Beam Line -, Osaka, Aug. 8-9, 2008

**Determination of Nucleon Density Distributions of Unstable Nuclei via Reaction Cross Sections**

M. Fukuda<sup>s,\*</sup>  
Workshop on Studies of Unstable Nuclei at RCNP - Exploring New Possibilities of RCNP  
Beam Line -, Osaka, Aug. 8-9, 2008

**Measurement of Energy Spectrum of UCN from He- II UCN Source**

R. Matsumiya<sup>d,\*</sup>, D. Nishimura<sup>d</sup>, K. Matsuta<sup>s</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, Y. Masuda, S. Jeong, Y.  
Watanabe, K. Hatanaka, H. Hano, Y. Hisamatsu, H. Oide, H. Otono, T. Suehiro, S.  
Yamashita, T. Yoshioka, A. Holley, G. Palmquist, R. Golub, E. Korobkina  
Autumn Division Meeting of the Physical Society of Japan (於山形大学, 2008年9月20  
日 - 23日)

**UCN Polarization Experiment for Ramsey Resonance**

K. Matsuta<sup>s,\*</sup>, Y. Masuda, R. Matsumiya<sup>d</sup>, S.C. Jeong, Y. Watanabe, K. Hatanaka, T. Yoshioka, D. Nishimura<sup>d</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, H. Hano, T. Suehiro, Y. Hisamatsu, S. Yamashita, A. Holley, G. Palmquist

Autumn Division Meeting of the Physical Society of Japan (於山形大学, 2008年9月20日 - 23日)

**Production of Spallation Ultra-Cold Neutrons using Superfluid He**

Y. Masuda<sup>\*</sup>, S.C. Jeong, Y. Watanabe, D. Nishimura<sup>d</sup>, R. Matsumiya<sup>d</sup>, K. Matsuta<sup>s</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, K. Hatanaka, A. Holley, and G. Palmquist

Autumn Division Meeting of the Physical Society of Japan (於山形大学, 2008年9月20日 - 23日)

**Symmetry of G-Transformation Studied by Precise Measurement of  $\beta$ -Ray Angular Distribution from the  $A=20$  Mirror Pair**

T. Nagatomo<sup>\*</sup>, K. Minamisono, K. Matsuta<sup>s</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, R. Matsumiya<sup>d</sup>, M. Ogura<sup>s</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>, A. Ozawa, Y. Tagishi, M. Yamaguchi, T. Yasuno, H. Ohta, Y. Hashidume, T. Sumikama, C.D.P. Levy, J.A. Behr, K.P. Jackson, and T. Minamisono

Autumn Division Meeting of the Physical Society of Japan (於山形大学, 2008年9月20日 - 23日)

**Beta NMR of  $^{12}\text{N}$  in  $\text{TiO}_2$** 

M. Mihara<sup>s</sup>, R. Matsumiya<sup>d</sup>, K. Shimomura, K. Matsuta<sup>s,\*</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>, D. Ishikawa<sup>m</sup>, J. Komurasaki, D. Nishimura<sup>d</sup>, T. Nagasawa, T. Izumikawa and T. Minamisono

Specialist Research Meeting on Uses of Short Lived Nuclear Probes and Nuclear Radiations in Solid State Physics Research, Kumatori, Nov. 20-21, 2008

**Behavior of Muon in Hydrogen Tungsten Bronze**

M. Mihara<sup>s,\*</sup>, K. Shimomura, I. Watanabe, Y. Ishii, T. Suzuki, T. Kawamata, J. Komurasaki, D. Nishimura<sup>d</sup>, S. Takai<sup>s</sup>, T. Nakano, R. Kadono, K. Nishiyama

Specialist Research Meeting on Uses of Short Lived Nuclear Probes and Nuclear Radiations in Solid State Physics Research, Kumatori, Nov. 20-21, 2008

**Spin Manipulation on  $^{13}\text{B}$  Implanted in The Rutile and  $\beta$ -Ray Angular Distribution**

T. Nagatomo<sup>\*</sup>, K. Matsuta<sup>s</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>, K. Minamisono, D. Nishimura<sup>d</sup>, J. Komurasaki, R. Matsumiya<sup>d</sup>, M. Takechi, D. Ishikawa<sup>m</sup>, H. Majumdar, H. Okamura and T. Minamisono

Specialist Research Meeting on Uses of Short Lived Nuclear Probes and Nuclear Radiations in Solid State Physics Research, Kumatori, Nov. 20-21, 2008

**Measurement of Electromagnetic Moments of  $^{22}\text{F}$   $\beta$ -Ray Angular Distribution**

D. Nishimura<sup>d,\*</sup>, M. Mihara<sup>s</sup>, K. Matsuta<sup>s</sup>, J. Komurasaki, H. Hirano, S. Momota, T. Ohtsubo, T. Izumikawa, Y. Shimbara, T. Kubo, D. Kameda, D.M. Zhou, Y.N. Zheng, D.Q. Yuan, S.Y. Zhu, A. Kitagawa, M. Kanazawa, M. Torikoshi, S. Sato, T. Nagatomo, R. Matsumiya<sup>d</sup>, D. Ishikawa<sup>m</sup>, M. Fukuda<sup>s</sup>, T. Minamisono, Y. Nojiri, J.R. Alonso, G.F. Crebs, and T.J.M. Symons

Specialist Research Meeting on Uses of Short Lived Nuclear Probes and Nuclear Radiations in Solid State Physics Research, Kumatori, Nov. 20-21, 2008

**Production of Polarized RI Beams using Nucleon Pickup Process at Intermediate Energies  $\beta$ -Ray Angular Distribution**

K. Matsuta<sup>s,\*</sup>, Osaka-Niigata-NIRS-CIAE-RIK-Kochi-Tsukuba-Saitama-Fukui-LBL Collaboration

Fifth Workshop on Nuclear Spectroscopy using Slow and Stopped RI, Osaka, Dec. 24-25, 2008

**Application of NMR using unstable nuclei to the study of nuclear moments and material science**

M. Mihara<sup>s,\*</sup>

Workshop on Interdisciplinary Research Developed by Ion Beam Science, University of Tsukuba, Mar. 16, 2009

**Dynamical Properties of Hydrogen Tungsten Bronze Probed by Muon/ Diffusion of Muon in Hydrogen Tungsten Bronze**

M. Mihara<sup>s,\*</sup>, K. Shimomura, I. Watanabe, Y. Ishii, T. Suzuki, T. Kawamata, J. Komurasaki, D. Nishimura<sup>d</sup>, W. Sato, S. Takai<sup>s</sup>, T. Nakano, R. Kadono, K. Nishiyama

Annual Users' Meeting for Announcing the Results on Muon Experiments, KEK, Mar. 24, 2009

## 1.5 山中(卓)グループ

### 平成 20 年度の研究活動概要

#### K 中間子実験

山中 卓研 K グループは、大強度陽子加速器 J-PARC を用いて  $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  崩壊の観測を目指す E14 実験の準備を進めている。この崩壊の分岐比は CP 非保存 (粒子・反粒子の対称性の破れ) のパラメータの 2 乗に比例しており、さらに標準理論を超える新しい物理に感度がある。

我々は主にガンマ線の位置とエネルギーを測定する電磁カロリメータとその読み出し回路を担当している。この電磁カロリメータは直径約 2m、奥行き 50cm (27 放射長) の大きさで、約 2700 本の CsI 結晶と光電子増倍管からなる。

まず、米国 Fermilab より、約 2800 本の CsI の結晶を日本に輸送した。このために 2008 年はほぼ毎月約 10 日間ずつ 3 名の学生が Fermilab に行き、測定器の解体、梱包などの作業を行った。また、電磁カロリメータに用いる約 2800 本の光電子増倍管の性能を試験する装置を組み立て、出力の非線形性を約 1% の精度で測定できるようになった。また、数十本の CsI の結晶について、その発光量の位置依存性を宇宙線を用いて調べた。実験のほぼ全ての測定器からの信号は、シカゴ大学で開発した FADC を用いて波形を記録する。この FADC によって得られる時間分解能がどういうメカニズムによって決まるかを調べ、シミュレーションで再現できることを示した。また、2009 年秋から始まるビームラインの性能試験に向け、電磁石とドリフトチェンバーを用いて  $K_L \rightarrow \pi^+ \pi^-$  崩壊を再構成するという方法を検討し、中性 K 中間子の量と運動量分布を精度よく測定できることを示した。

実験は 2009 年にビームラインを建設してその性能を測定し、2010 年に電磁カロリメータの建設を行う予定である。

#### ATLAS 実験

欧州原子核研究機構 (CERN) で、2009 年年末にデータ収集開始予定の陽子衝突型加速器 LHC 実験の一つ ATLAS 実験に、山中卓グループは参画している。実験開始当初に 7 TeV、最終的には 14 TeV という重心系エネルギーは、現在稼働中の米国フェルミ加速器研究所の Tevatron 加速器 (重心系エネルギー 2 TeV) を大きく凌ぎ、世界最高エネルギーを誇る。その高いエネルギーを利用し、存在が予言されながらもこれまで発見することができなかったヒッグス粒子、あるいは超対称性粒子の生成・観測を目指している。

山中卓グループでは、主に 2 つの物理テーマに取り組んでいる。1 つめは、 $pp \rightarrow q\bar{q}H (\rightarrow b\bar{b})$ 、 $pp \rightarrow WH (\rightarrow b\bar{b})$ 、あるいは  $pp \rightarrow b\bar{b}H (\rightarrow b\bar{b})$ 、という生成・崩壊モードを使つてのヒッグス粒子の探索及び、 $b$  クォークとヒッグス粒子との間の湯川結合定数の測定である。2 つめは、 $b$  クォークを終状態に含むトポロジーでの超対称性事象の探索である。いずれの場合も終状態に  $b$  クォークを含むため、信号に比べて莫大に大量にある背景事象の中から、信号を分離識別するためには  $b$  クォークを起源とするジェット ( $b$  ジェット) の同定 ( $b$ -tag) 性能が鍵を握る。



そこで、山中卓グループではモンテカルロシミュレーションに頼らず実データから  $b$ -tag アルゴリズムを較正するための手法、および、実データからの性能評価の手法を開発した。 $t\bar{t}$  事象を用い、 $b$ -tag をすることなしに純度の高い  $b$ -ジェットサンプルを集め、そのサンプルを使えば、実験開始当初1年以内の統計量でも10%以下の精度で  $b$ -tag の効率を測定できることがわかった。

$b$ -tag では、 $b$  ハドロンから崩壊する荷電粒子の飛跡を数  $10\mu\text{m}$  の精度で測定する必要があり、そのために SCT と呼ばれるシリコン半導体検出器を使用する。この SCT 検出器の性能をモニターし、その結果を自動的にデータベースに書き込み、また必要ならデータを読み出し SCT の性能評価を行うためのシステムの開発を前年度に引き続き行った。また、データ収集直後に全データの数%のデータを使い、SCT のノイズや検出効率等を測定、全データについて荷電粒子の飛跡再構成を行う前に calibration constant を確認するシステムの開発に取り組んだ。

ATLAS 実験とは独立に、高エネルギー加速器研究機構測定器開発室と共同して SOI と呼ばれる技術を用いた次世代シリコン検出器の開発を行った。山中卓グループは、検出器からの電気信号を読み出すための front-end ボード、firmware、および DAQ システムの構築を主導的に行い、可視光、赤外線、X 線の検出に成功した。さらに、および  $\beta$  線源からの粒子に対する検出器の反応も確認し、実用化に向けて大きく貢献した。

## B 中間子実験

2008 年度の山中研・Belle グループは、B 中間子系における「CP 対称性の破れ」の精密測定に必要な、現在使用されているシリコン崩壊点検出器の運営に従事した。また、これと共に 2013 年から実験開始を計画している Belle-II 実験のコンピューティングおよび解析・シミュレーションソフトの開発にも携わった。特に 2008 年後半からは、これらのコーディネーターとして Belle-II 実験全体を取りまとめる主導的な立場にある。

まず Belle-II 実験で用いる加速器は、現行 Belle 実験で用いられている KEKB 加速器より 40 倍高い瞬間ルミノシティー ( $=8 \times 10^{35} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) を最終的に作り出すことを目標としている。実験開始当初の目標としては、まず  $2 \times 10^{35} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  を 2015 年頃に達成し、その後徐々にルミノシティーを上げていく計画である。ここで、Belle-II 実験では TeV 領域での新しい CP 対称性の破れを発見し、その性質を詳しく調べるといった目的以外にも、 $\tau$  粒子の稀崩壊を用いた新物理の探索や Belle で発見された様々な粒子の性質の解明などを目的としている。これらの物理に起因する事象だけに着目しても、年間約  $2 \times 10^{10}$  事象を記録して行かなくてはならない。実際には予想される背景事象の影響で、さらに事象数は増えることになる。一方、Belle-II 実験では新たにピクセル型の崩壊点検出器や、wave form sampling を行う中央飛跡検出器、電磁カロリメータなどを採用する予定であるため、一事象あたりのサイズが 1MB を超えると予想されている(現行 Belle では 150kB/event である)。データ量としては CERN の LHC 実験を上回る量となる。

これらを滞りなく解析するためには、分散型計算機システムが必要不可欠である。山中研・Belle グループは、高エネルギー加速器研究機構、カールスルーエ大学およびマックス・プランク研究所(ドイツ)、メルボルン大学(オーストラリア)、KISTI(韓国)を始め、ポー

ランド、スロベニア、チェコ各国の大学・研究機関と協力し、この分散型計算機システムのデザインを行っている。また、クラウド技術を高エネルギー実験に導入する試みも始めており、この結果は国際会議 Lepton-Photon09 などでも取り上げられるなど、世界的に注目されている。

### 学術雑誌に出版された論文

#### Search for a Light Pseudoscalar Particle in the Decay $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0 X$

Y.C. Tung, E. Iwai<sup>d</sup>, K. Sakashita<sup>d</sup>, M. Yamaga<sup>t</sup>, T. Yamanaka<sup>s</sup> *et al.*.

Phys. Rev. Lett. **102** (Feb.) 051802 1-5 (2009)

#### Search for a Light Pseudoscalar Particle in the Decay $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0 X$

Y.C. Tung, E. Iwai<sup>d</sup>, K. Sakashita<sup>d</sup>, M. Yamaga<sup>t</sup>, T. Yamanaka<sup>s</sup> *et al.*.

Phys. Rev. Lett. **102**, (Feb.) 051802 1-5 (2009).

#### Barrel Photon Detector of the KEK $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ Experiment

Y. Tajima, Y. Ikemoto<sup>m</sup>, S. Komatsu<sup>m</sup>, N. Nishi<sup>m</sup>, K. Sakashita<sup>d</sup>, M. Yamaga<sup>t</sup>, T. Yamanaka<sup>s</sup> *et al.*.

Nucl. Inst. Meth. A **592**, (May) 261~272 (2008).

#### Search for the Decay $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$

J.K. Ahn, E. Iwai<sup>d</sup>, K. Sakashita<sup>d</sup>, M. Yamaga<sup>t</sup>, T. Yamanaka<sup>s</sup> *et al.*.

Phys. Rev. Lett. **100**, (May) 201802 1-5 (2008).

#### Determination of the Parity of the Neutral Pion via the Four-Electron Decay

E. Abouzaid, K. Kotera<sup>d</sup>, T. Yamanaka<sup>s</sup> *et al.*.

Phys. Rev. Lett. **100**, (May) 182001 1-5 (2008).

#### Search for Lepton Flavor Violating Decays of the Neutral Kaon

E. Abouzaid, K. Kotera<sup>d</sup>, T. Yamanaka<sup>s</sup> *et al.*.

Phys. Rev. Lett. **100**, (Apr.) 131803 1-5 (2008).

#### The integration and engineering of the ATLAS SemiConductor Tracker barrel

A. Abdesselam, K. Hanagaki<sup>s</sup> *et al.*, The ATLAS SCT Collaboration

JINST **3**, (No. 10, Oct.) 10006 (2008)

#### The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider

G. Aad, K. Hanagaki<sup>s</sup> *et al.* The ATLAS Collaboration

JINST **3**, (No. 8, Aug.) S08003 (2008)

**Improved measurement of time-dependent  $CP$  violation in  $B^0 \rightarrow J/\psi\pi^0$  decays**

S. E. Lee, K. Miyabayashi, T. Hara<sup>s</sup>, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
 Phys. Rev. D**77**, (Apr.) 071101(R) 1-6 (2008)

**Measurement of  $CP$  asymmetries and branching fractions in a time-dependent Dalitz analysis of  $B^0 \rightarrow (\rho\pi)^0$  and a constraint on the quark mixing angle  $\phi_2$** 

A. Kusaka, C. C. Wang, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
 Phys. Rev. D**77**, (Apr.) 072001 1-25 (2008)

**Observation of a resonance-like structure in the  $\pi^{+-}\psi'$  mass distribution in exclusive  $B \rightarrow K\pi^{+-}\psi'$  decays**

S. K. Choi, S. L. Olsen, T. Hara<sup>s</sup>, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
 Phys. Rev. Lett.**100**, (Apr.) 142001 1-6 (2008)

**Measurement of the ratio  $\mathcal{B}(D^0 \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0)/\mathcal{B}(D^0 \rightarrow K^-\pi^+\pi^0)$  and the time-integrated  $CP$  asymmetry in  $D^0 \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$** 

K. Arinstein, S. Eidelman, A. Kuzmin, (Y. Kuroki) *et al.*, the Belle Collaboration  
 Phys. Lett. B**662**, (Apr.) 102-110 (2008)

**Search for Resonant  $B \rightarrow Kh \rightarrow K\gamma\gamma$  at Belle**

J. Wicht, T. Hara<sup>s</sup>, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
 Phys. Lett. B**662**, (May) 323-329 (2008)

**Measurement of the branching fraction and charge asymmetry of the decay  $B^+ \rightarrow D^+\bar{D}^0$  and search for  $B^0 \rightarrow D^0\bar{D}^0$** 

I. Adachi, T. Hara<sup>s</sup>, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
 Phys. Rev. D**77**, (May) 091101(R) 1-5 (2008)

**Study of  $B \rightarrow D^{**}l\nu$  with full reconstruction tagging**

D. Liventsev, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
 Phys. Rev. D**77**, (May) 091503(R) 1-7 (2008)

**Measurements of time-dependent  $CP$  violation in  $B^0 \rightarrow \psi(2S)K_S$  decays**

H. Sahoo, T. E. Browder, K. Trabelsi, T. Hara<sup>s</sup>, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
 Phys. Rev. D**77**, (May) 091103(R) 1-6 (2008)

**Production of new charmonium like states in  $e^+e^- \rightarrow J/\psi D^{(*)}\bar{D}^{(*)}$  at  $\sqrt{s} \sim 10.6$  GeV**

P. Pakhlov, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration

Phys. Rev. Lett.**100**, (May) 202001 1-5 (2008)

**Search for lepton-flavor-violating  $\tau \rightarrow lV^0$  decays at Belle**

Y. Nishio, K. Inami, T. Ohshima, (Y. Kuroki) *et al.*, the Belle Collaboration  
Phys. Lett. **B664**, (June) 35-40 (2008)

**Improved search for  $D^0$  mixing using semileptonic decays at Belle**

U. Bitenc, T. Hara<sup>s</sup>, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
Phys. Rev. **D77**, (June) 112003 1-20 (2008)

**Measurement of  $\mathcal{B}(D_s \rightarrow \mu\nu)$**

L. Widhalm, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
Phys. Rev. Lett.**100**, (June) 241801 1-6 (2008)

**Observation of  $B^0 \rightarrow p\bar{p}K^{*0}$  with a large  $K^{*0}$  polarization**

J. H. Chen, M. Z. Wang, T. Hara<sup>s</sup>, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
Phys. Rev. Lett.**100**, (June) 251801 1-6 (2008)

**Measurement of masses of the  $\Xi_c(2645)$  and  $\Xi_c(2815)$  baryons and observation of  $\Xi_c(2980) \rightarrow \Xi_c(2645)\pi$**

T. Lesiak, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
Phys. Lett. **B665**, (July) 9-15 (2008)

**Search for  $B \rightarrow \pi l^+ l^-$  Decays at Belle**

J. T. Wei, K. F. Chen, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
Phys. Rev. **D78**, (July) 011101(R) 1-6 (2008)

**Search for  $B \rightarrow J/\psi\phi$  decays**

Y. Liu, K. Trabelsi, T. Hara<sup>s</sup>, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
Phys. Rev. **D78**, (July) 011106(R) 1-5 (2008)

**Search for  $B^+ \rightarrow D^{*+}\pi^0$  decay**

M. Iwabuchi, M. Nakao, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
Phys. Rev. Lett.**101**, (July) 041601 1-5 (2008)

**New Search for  $\tau \rightarrow \mu\gamma$  and  $\tau \rightarrow e\gamma$  decays at Belle**

K. Hayasaka, T. Hara<sup>s</sup>, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
Phys. Lett. **B666**, (Aug.) Pages 16-22 (2008)

**Measurement of Azimuthal Asymmetries in Inclusive Production of Hadron Pairs in  $e^+e^-$  Annihilation at  $\sqrt{s} = 10.58$  GeV**

R. Seidl, M. Grosse-Perdekamp, A. Ogawa, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
Phys. Rev. D**78**, (Aug) 032011 1-24 (2008)

**Measurement of the Moments of the Photon Energy Spectrum in  $B \rightarrow X_s \gamma$  Decays and Determination of  $|V_{cb}|$  and  $m_b$  at Belle**

C. Schwanda, P. Urquijo, E. Barberio, A. Limosani, T. Hara<sup>s</sup>, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
Phys. Rev. D**78**, (Aug) 032016 1-13 (2008)

**Observation of a near-threshold enhancement in the  $e^+e^- \rightarrow \Lambda_c^+ \Lambda_c^-$  cross section using initial-state radiation**

G. Pakhlova, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
Phys. Rev. Lett.**101**, (Oct.) 172001 1-6 (2008)

**Study of the Suppressed  $B$  meson Decay  $B^- \rightarrow DK^-$ ,  $D \rightarrow K^+ \pi^-$**

Y. Horii, H. Yamamoto, K. Trabelsi, T. Hara<sup>s</sup>, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
Phys. Rev. D**78**, (Oct.) 071901(R) 1-7 (2008)

**High-Statistics Study of the  $\tau^- \rightarrow \pi^- \pi^0 \nu_\tau$  Decay**

M. Fujikawa, H. Hayashii, S. Eidelman, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
Phys. Rev. D**78**, (Oct.) 072006 1-22 (2008)

**Study of intermediate two-body decays in  $\bar{B}^0 \rightarrow \Sigma_c(2455)^0 \bar{p} \pi^+$**

H. O. Kim, H. Kichimi, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
Phys. Lett. B**669**, (Nov.) 287-293 (2008)

**Measurement of  $B^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$  Decays and Search for  $B^0 \rightarrow \rho^0 \rho^0$**

C. C. Chiang, T. Hara<sup>s</sup>, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
Phys. Rev. D**78**, (Dec.) 111102(R) 1-7 (2008)

**Evidence for Neutral  $B$  Meson Decays to  $\omega K^{*0}$**

P. Goldenzweig, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
Phys. Rev. Lett.**101**, (Dec.) 231801 1-6 (2008)

**Measurement of the Time-dependent  $CP$  Asymmetries in  $B^0 \rightarrow K_S^0 \rho^0 \gamma$  Decays**

J. Li, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
Phys. Rev. Lett.**101**, (Dec.) 251601 1-6 (2008)

**Search for a  $CP$  asymmetry in Cabibbo-suppressed  $D^0$  decays**

M. Staric, T. Hara<sup>s</sup>, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
 Phys. Lett. B**670**, (Dec.) 190-195 (2008)

**Study of  $\Omega_c^0$  and  $\Omega_c^{*0}$  Baryons at Belle**

E. Solovieva, R. Chistov, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
 Phys. Lett B**672**, (Feb.) 1-5 (2008)

**Precise measurement of hadronic  $\tau$ -decays with an  $\eta$  meson**

K. Inami, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
 Phys. Lett B**672**, (Feb.) 209-218 (2009)

**Search for Lepton-Flavor-Violating  $\tau$  Decays into a Lepton and an  $f_0(980)$  Meson**

Y. Miyazaki, D. Heffernan<sup>d</sup> *et al.*, the Belle Collaboration  
 Phys. Lett. B**672**, (Mar.) 317-322 (2009)

**国際会議における講演等****Review on  $\epsilon'/\epsilon$** 

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

Talk given at FPCP08 - Flavor Physics & CP Violation, (Taipei, Taiwan, May 5-9, 2008, 参加者数約 110 名)

**Optimization of the New Vertex Detector for SuperBelle**

T. Hara<sup>s\*</sup> and the Belle SVD Group

Talk given at The 17th International Workshop on Vertex Detector (Vertex2008), (Uto Island, Sweden July 28-August 1, 2008, 参加者数約 50 名)

**Status of the GEANT4 Activity in SuperBelle**

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

Talk given at The 13th GEANT4 Collaboration Workshop, (Kobe, Japan October, 6-8, 2008, 参加者数約 70 名)

**Reconstruction Software**

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

Talk given at B-Physics Workshop, (Hakone, Japan November, 26-29, 2008, 参加者約 40 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

**J-Parc E14 KOTO 実験のための FADC の研究**

岩井瑛人<sup>d\*</sup>，山中 卓<sup>s</sup>，Y.W. Wah 他複数名 (J-PARC E14 Collaboration)  
日本物理学会 2008 年秋期大会 (於山形大学，2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**CsI カロリメーター上に作られるシャワー形状の差異による背景事象の識別**

佐藤和史<sup>d\*</sup>，山中 卓<sup>s</sup>，岩井瑛人<sup>d</sup>  
日本物理学会 2008 年秋期大会 (於山形大学，2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**CsI カロリメータの Uniformity 測定**

吉本寛貴<sup>m\*</sup>，山中 卓<sup>s</sup>，山鹿光裕<sup>s</sup>，岩井瑛人<sup>d</sup>，佐藤和史<sup>d</sup>，李宗垣<sup>m</sup>，柳田陽子<sup>m</sup>，  
中谷洋一<sup>m</sup>  
日本物理学会 2008 年秋期大会 (於山形大学，2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**J-PARC KOTO 実験 (E14) 用キャリブレーションシステム**

李宗垣<sup>m\*</sup>，山中 卓<sup>s</sup>，岩井瑛人<sup>d</sup>，佐藤和史<sup>d</sup>，吉本寛貴<sup>m</sup>  
日本物理学会 2008 年秋期大会 (於山形大学，2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**The Search for SUSY Higgs  $bbH/A \rightarrow b\bar{b}$**

内田桐日<sup>s\*</sup>，花垣和則<sup>s</sup>  
日本物理学会 2008 年秋期大会 (於山形大学，2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**SiTCP 技術を用いた SOI pixel 検出器読み出しシステムの開発**

廣瀬穰<sup>m\*</sup>，花垣和則<sup>s</sup>、他複数名  
日本物理学会 2008 年秋期大会 (於山形大学，2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**J-Parc E14 KOTO 実験のための FADC と波形読み出しの研究**

岩井瑛人<sup>d\*</sup>、山中 卓<sup>s</sup>、他複数名  
日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学，2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**磁石とドリフトチェンバーを用いた J-PARC KL 中間子ビームの性能測定**

佐藤和史<sup>d\*</sup>、岩井瑛人<sup>d</sup>、山中 卓<sup>s</sup>  
日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学，2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**KOTO 実験用キャリブレーションシステムを用いた PMT テスト**

李宗垣<sup>m\*</sup>，岩井瑛人<sup>d</sup>，佐藤和史<sup>d</sup>，柳田陽子<sup>m</sup>，山中卓<sup>s</sup>，吉元寛貴<sup>m</sup>  
日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学，2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**CsI キャリブレーションのためのファイバーを用いた光拡散**

柳田陽子<sup>m\*</sup>、山中 卓<sup>s</sup>、岩井瑛人<sup>d</sup>、佐藤和史<sup>d</sup>、李宗垣<sup>m</sup>、吉本寛貴<sup>m</sup>

日本物理学会第64回年次大会（於立教大学，2009年3月27日 - 3月30日）

SOI pixel 検出器用 DAQ システムの開発、及び性能評価

廣瀬穰 <sup>m\*</sup>、花垣和則 <sup>s</sup>、内田桐日 <sup>s</sup>、他複数名

日本物理学会第64回年次大会（於立教大学，2009年3月27日 - 3月30日）

ATLAS 実験における第三世代超対称性粒子  $\tilde{t}_1$  の解析

石川迪雄 <sup>m\*</sup>、花垣和則 <sup>s</sup>、内田桐日 <sup>s</sup>

日本物理学会第64回年次大会（於立教大学，2009年3月27日 - 3月30日）

ATLAS 実験における Higgs を含んだ SUSY 事象のシミュレーション解析

高木崇志 <sup>m\*</sup>、内田桐日 <sup>s</sup>、花垣和則 <sup>s</sup>

日本物理学会第64回年次大会（於立教大学，2009年3月27日 - 3月30日）

## 1.6 基礎原子核物理グループ（原子核実験施設）

原稿未着



## 1.7 大貫グループ

### 平成 20 年度の研究活動概要

結晶反転対称性の破れた  $\text{CeTSi}_3$  と  $\text{CeTGe}_3$  (T:遷移金属) の圧力下超伝導と 2 つに分裂したフェルミ面の性質、及び  $\text{RCu}_2\text{Si}_2$  (R:希土類) の磁性とフェルミ面の性質を明らかにした。特に  $\text{YbCu}_2\text{Si}_2$  と  $\text{YbCu}_2\text{Ge}_2$  の研究が進展した。その他、 $\text{CePd}_5\text{Al}_2$ 、 $\text{CePt}_3\text{Si}$ 、 $\text{Ce}_2\text{CuGe}_6$ 、 $\text{CeTIn}_5$  (T: Co, Rh, Ir)、 $\text{CeNiGe}_3$ 、 $\text{Lu}_2\text{Rh}_3\text{Ga}_9$ 、 $\text{LaFePO}$ 、 $\text{CeRu}_2\text{Si}_2$ 、 $\text{PrCu}_2$  の単結晶試料に関する研究結果が発表された。

大貫が紫綬褒章 (5 月) を受賞し、大貫と摂待が日本物理学会第 14 回論文賞 “Unconventional Heavy-Fermion Superconductivity of a New Transuranium Compound  $\text{NpPd}_5\text{Al}_2$ ”, D. Aoki, Y. Haga, T.D. Matsuda, N. Tateiwa, S. Ikeda, Y. Homma, H. Sakai, Y. Shiokawa, E. Yamamoto, A. Nakamura, R. Settai and Y. Onuki: J. Phys. Soc. Jpn., 76 (2007) 063701(1-4). を受賞した。

大貫は 3 件の国際会議で招待講演 (内基調講演 2 件)、2 件の国際ワークショップ、3 件の国内ワークショップで招待講演を行った。また摂待は、1 件の国際会議での招待講演、2 件の国内ワークショップでの招待講演と発表、杉山は 2 件の国内ワークショップでの招待講演と発表、本多は 1 件の国際会議での口頭発表と 1 件の国内ワークショップでの発表を行った。また、1 名の博士学位取得者が社会に巣立っていった。

#### 1. 結晶反転対称性の破れた $\text{CeIrSi}_3$ の異常に大きな超伝導上部臨界磁場 $H_{c2}$

結晶に反転対称性を持たない  $\text{CeTGe}_3$  と  $\text{CeTSi}_3$  (T:遷移金属) の純良単結晶を引き上げ法とフラックス法で育成し、その磁性と圧力誘起超伝導の研究をした。 $\text{CeIrSi}_3$  の各圧力下での上部臨界磁場  $H_{c2}$  の精密測定が終了し、J. Phys. Soc. Jpn. に掲載された。 $P_c^* = 2.6\text{GPa}$  の圧力で磁場を正方晶の [001] 方向に加えたとき、結晶反転対称性がないことを反映して [001] 方向で常磁性効果が働かない。その結果、図 1.9 に示すように  $H_{c2}$  は著しく大きくなることが分かった。本実験の解析が、最近京都大学の理論グループによってなされた。

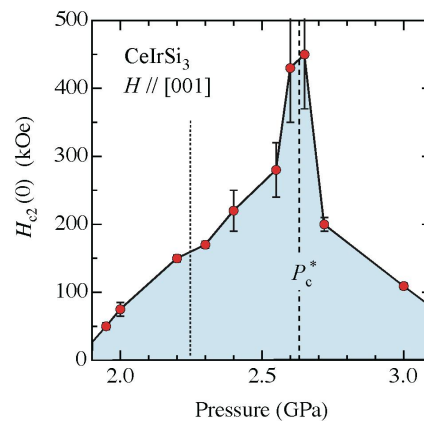


図 1.9:  $\text{CeIrSi}_3$  における  $H // [001]$  における超伝導上部臨界磁場  $H_{c2}$  の圧力依存性。

#### 2. $\text{TbCu}_2\text{Si}_2$ と $\text{YbCu}_2\text{Ge}_2$ のフェルミ面

$\text{YbCu}_2\text{Si}_2$  は  $4f$  電子が高温では局在しているが低温で過渡電子となることが磁化率等で期待されている。これを証明するためにドハース・ファンアルフェン (dHvA) 効果による実験を行った。また、磁気モーメ

ントを持たないパウリ常磁性の  $\text{YbCu}_2\text{Ge}_2$  と比較した (図 1.10 参照)。電子数は両者とも同じなのでフェルミ面は類似しているが、キャリアのサイクロトロン質量は著しく異なる。 $\text{YbCu}_2\text{Si}_2$  の主要フェルミ面は  $4f$  電子が担っているのでサイクロトロン質量は  $30\sim 40m_0$  と大きい。一方、 $4f$  電子が関与しない  $\text{YbCu}_2\text{Ge}_2$  では  $1\sim 2m_0$  である。播磨尚朝氏のバンド計算でも  $\text{YbCu}_2\text{Ge}_2$  では通常の LDA で良く実験結果が説明できるが、 $4f$  電子が遍歴電子となった  $\text{YbCu}_2\text{Si}_2$  では LDA+U の理論計算が必要であった。

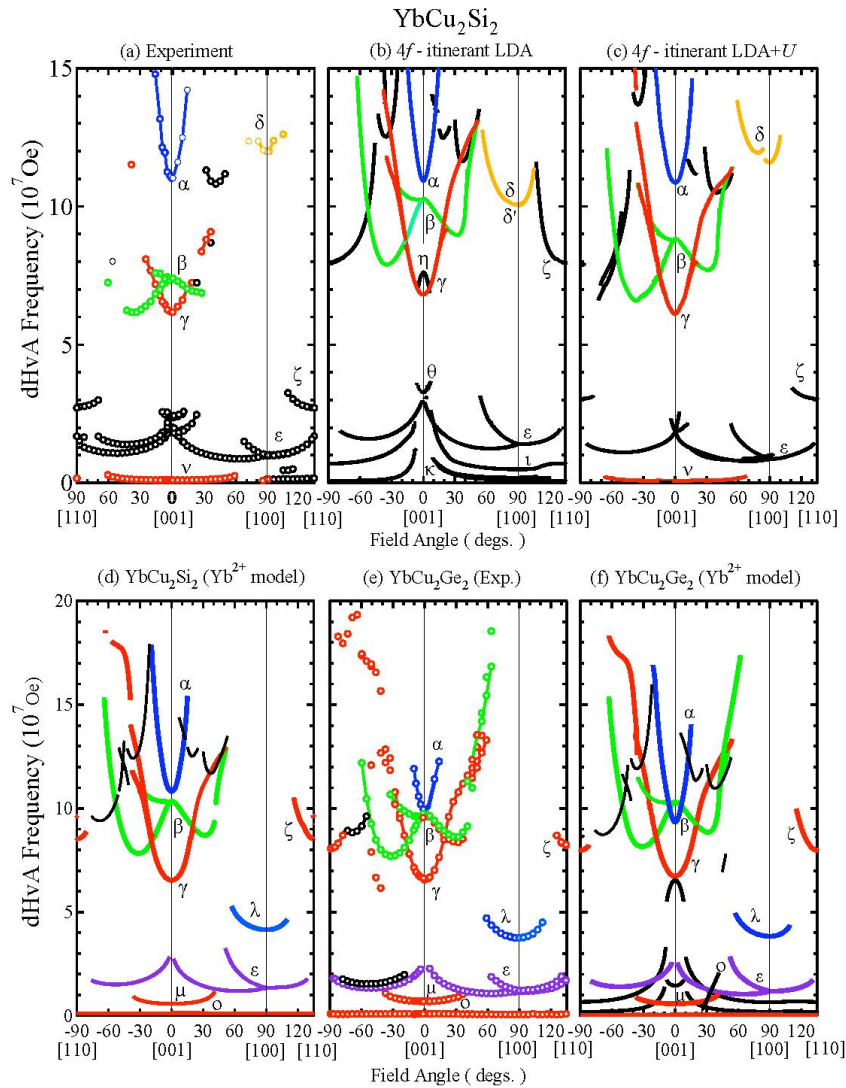


図 1.10:  $\text{YbCu}_2\text{Si}_2$  と  $\text{YbCu}_2\text{Ge}_2$  の dHvA 振動数の角度依存性。実験結果と播磨尚朝氏のバンド計算との対比。

## 学術雑誌に出版された論文

**Universal Scaling in the Optical Conductivity of Heavy Fermion Compounds**H. Okamura, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.Physica B **403** (Apr.) (2008) 761-763.**De Haas-van Alphen Effect in CeTl<sub>3</sub> under Pressure**R. Settai<sup>s</sup>, T. Endo<sup>m</sup>, T. Fujie<sup>m</sup>, Y. Ōnuki<sup>s</sup>, D. Aoki and I. SheikinPhysica B **403** (Apr.) (2008) 766-768.**High-field Magnetization of Single Crystals CeCu<sub>2</sub>X<sub>2</sub> (X=Si and Ge) and YbCu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>**K. Sugiyama<sup>s</sup>, T. Miyauchi<sup>m</sup>, Y. Ota<sup>m</sup>, T. Yamada<sup>m</sup>, Y. Oduchi<sup>m</sup>, N.D. Dung<sup>d</sup>, Y. Haga, T.D. Matsuda, M. Hagiwara, K. Kindo, T. Takeuchi, R. Settai<sup>s</sup> and Y. Ōnuki<sup>s</sup>Physica B **403** (Apr.) (2008) 769-771.**Single Crystal Growth and Pressure Effect of an Antiferromagnet Ce<sub>2</sub>CuGe<sub>6</sub>**M. Nakashima, T. Kawai<sup>d</sup>, T. Shimoda<sup>m</sup>, R. Settai<sup>s</sup>, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.Physica B **403** (Apr.) (2008) 789-791.**Local Magnetization Measurements of the First-order Transition of CeCoIn<sub>5</sub>**H. Shishido, R. Okazaki, T. Shibauchi, Y. Matsuda, M. Konczykowski, R. Settai<sup>s</sup> and Y. Ōnuki<sup>s</sup>Physica B **403** (Apr.) (2008) 871-873.**Pressure Effect on Paramagnet -US<sub>2</sub>**S. Ikeda, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.Physica B **403** (Apr.) (2008) 893-894.**Crystal Structure of Frustrated Antiferromagnet UNi<sub>4</sub>B**Y. Haga, A. Oyamada, T.D. Matsuda, S. Ikeda and Y. Ōnuki<sup>s</sup>Physica B **403** (Apr.) (2008) 900-902.**Unconventional Superconductivity and Antiferromagnetic Quantum Phase Transition in CeRhIn<sub>5</sub>: <sup>115</sup>In-NQR Study under Pressure**M. Yashima, S. Kawasaki, H. Mukuda, Y. Kitaoka, H. Shishido, R. Settai<sup>s</sup> and Y. Ōnuki<sup>s</sup>Physica B **403** (Apr.) (2008) 914-916.**de Haas-van Alphen Effect in PrOs<sub>4</sub>P<sub>12</sub>**H. Sugawara, D. Kikuchi, H. Sato, T. Endo<sup>m</sup>, R. Settai<sup>s</sup> and Y. Ōnuki<sup>s</sup>Physica B **403** (Apr.) (2008) 934-936.

**Fermi Surface Revolution in CeRhIn<sub>5</sub> and Non-centrosymmetric Superconductivity in CeIrSi<sub>3</sub>**

Y. Ōnuki<sup>s</sup>, H. Shishido, Y. Okuda<sup>d</sup>, Y. Miyauchi<sup>m</sup>, R. Settai<sup>s</sup>, T. Takeuchi, T.D. Matsuda, N. Tateiwa, Y. Haga and H. Harima  
Physica B **403** (Apr.) (2008) 963-967.

**Intimate Interplay between Superconductivity and Antiferromagnetism in CeNiGe<sub>3</sub>: A <sup>73</sup>Ge-NQR Study under Pressure**

A. Harada, H. Mukuda, Y. Kitaoka, A. Thamizhavel<sup>s</sup>, Y. Okuda<sup>d</sup>, R. Settai<sup>s</sup>, Y. Ōnuki<sup>s</sup>, K.M. Itoh, E.E. Haller and H. Harima  
Physica B **403** (Apr.) (2008) 1020-1022.

**Magnetism and Crystalline Electric Field in RRhIn<sub>5</sub> (R: rare earth)**

T. Takeuchi, N.V. Hieu<sup>d</sup>, C. Tonohiro<sup>m</sup>, T. Yamada<sup>m</sup>, K. Sugiyama<sup>s</sup>, R. Settai<sup>s</sup>, T.D. Matsuda, Y. Haga, M. Hagiwara, K. Kindo, S. Araki<sup>s</sup>, Y. Nozue<sup>s</sup> and Y. Ōnuki<sup>s</sup>  
Physica B **403** (Apr.) (2008) 1023-1025.

**AC Heat Capacity and Resistivity Measurements on the Pressure-induced Superconductor CeIrSi<sub>3</sub> without Inversion Center**

N. Tateiwa, Y. Haga, S. Ikeda, T.D. Matsuda, E. Yamamoto, Y. Okuda<sup>d</sup>, Y. Miyauchi<sup>m</sup>, R. Settai<sup>s</sup> and Y. Ōnuki<sup>s</sup>  
Physica B **403** (Apr.) (2008) 1156-1158.

**High-quality Single Crystal Growth and Fermi Surface Properties in f-electron Systems**

Y. Ōnuki<sup>s</sup>, R. Settai<sup>s</sup> et al.  
J. Cryst. Growth **310** (Apr.) (2008) 1859-1866.

**Pressure-induced Superconductivity in Antiferromagnet CePd<sub>5</sub>Al<sub>2</sub>**

F. Honda<sup>s</sup>, M.-A. Measson<sup>j</sup>, Y. Nakano<sup>m</sup>, N. Yoshitani<sup>m</sup>, E. Yamamoto, Y. Haga, T. Takeuchi, H. Yamagami, K. Shimizu, R. Settai<sup>s</sup> and Y. Ōnuki<sup>s</sup>  
J. Phys. Soc. Jpn. **77**(No.4, Apr.) (2008) 043701(1-4).

**Superconducting Properties of CePt<sub>3</sub>Si and CeIrSi<sub>3</sub> without Inversion Symmetry in the Crystal Structure**

Y. Ōnuki<sup>s</sup>, Y. Miyauchi<sup>m</sup>, M. Tsujino<sup>m</sup>, Y. Ida<sup>m</sup>, R. Settai<sup>s</sup>, T. Takeuchi, N. Tateiwa, T. D. Matsuda, Y. Haga, and H. Harima  
J. Phys. Soc. Jpn. **77** Suppl. A (May) (2008) 37-42.

**de Haas-van Alphen Study of the Pr-based Filled Skutterudite  $\text{PrOs}_4\text{P}_{12}$** H. Sugawara, T. Endo<sup>m</sup>, R. Settai<sup>s</sup>, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.J. Phys. Soc. Jpn. **77** Suppl. A (May) (2008) 108-113.**Heavy Fermion Superconductivity with the Strong Pauli Paramagnetic Effect on  $\text{NpPd}_5\text{Al}_2$** D. Aoki, R. Settai<sup>s</sup>, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.J. Phys. Soc. Jpn. **77** Suppl. A (May) (2008) 159-164. **$^{31}\text{P}$ -NMR Study of the Neptunium-based Filled-Skutterudite  $\text{NpFe}_4\text{P}_{12}$** Y. Tokunaga, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.J. Phys. Soc. Jpn. **77** Suppl. A (May) (2008) 211-213.**de Haas-van Alphen Effect in  $\text{LaOs}_4\text{P}_{12}$** Y. Iwahashi, R. Settai<sup>s</sup>, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.J. Phys. Soc. Jpn. **77** Suppl. A (May) (2008) 219-221.**de Haas-van Alphen Effect in  $\text{EuRu}_4\text{Sb}_{12}$** H. Sugawara, R. Settai<sup>s</sup> and Y. Ōnuki<sup>s</sup>J. Phys. Soc. Jpn. **77** Suppl. A (May) (2008) 297-299.**Effect of Pressure and Magnetic Field on the Superconducting State of a Heavy Fermion Superconductor  $\text{NpPd}_5\text{Al}_2$** F. Honda<sup>s</sup>, R. Settai<sup>s</sup>, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.J. Phys. Soc. Jpn. **77** Suppl. A (May) (2008) 339-341.**De Haas-van Alphen Effects Using a Micro-cantilever: Application to  $\text{LaFeGe}_3$** R. Settai<sup>s</sup>, T. Kawai<sup>d</sup>, T. Endo<sup>m</sup>, H. Muranaka<sup>m</sup>, Y. Doi<sup>m</sup>, Y. Ōnuki<sup>s</sup> and H. HarimaJ. Phys. Soc. Jpn. **77** Suppl. A (May) (2008) 345-347.**Electrical Properties and dHvA Experiments in Ferromagnet  $\text{Ce}_3\text{Al}_{11}$** C. S. Garde<sup>c</sup>, F. Honda<sup>s</sup>, R. Settai<sup>s</sup> and Y. Ōnuki<sup>s</sup>J. Phys. Soc. Jpn. **77** Suppl. A (May) (2008) 356-358.**Pressure Effect on Ferromagnet  $\text{UTeS}$** S. Ikeda, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.J. Phys. Soc. Jpn. **77** Suppl. A (May) (2008) 359-361.**Super Clean Sample of  $\text{URu}_2\text{Si}_2$** T. D. Matsuda, D. Aoki, S. Ikeda, E. Yamamoto, Y. Haga, H. Ohkuni, R. Settai<sup>s</sup> and Y.

Ōnuki<sup>s</sup>

J. Phys. Soc. Jpn. **77** Suppl. A (May) (2008) 362-364.

**Crystal Structure and Magnetic Properties of New Ternary Uranium Compound  $U_{2/3}Pd_2Al_5$**

Y. Haga, T. D. Matsuda, S. Ikeda, E. Yamamoto, N. D. Dung<sup>d</sup> and Y. Ōnuki<sup>s</sup>

J. Phys. Soc. Jpn. **77** Suppl. A (May) (2008) 365-367.

**De Haas-van Alphen Effect and Magnetization in Dodecaborides  $HoB_{12}$ ,  $ErB_{12}$  and  $TmB_{12}$**

V. Pluzhnikov, N. Shitsevalova, A. Dukhnenko, A. Czopnik, V. Nizhankovskii, R. Settai<sup>s</sup> and Y. Ōnuki<sup>s</sup>

J. Magn. Magn. Mater. **320** (May) (2008) 1597-1604.

**Magnetotransport Properties Governed by Antiferromagnetic Fluctuations in the Heavy-fermion Superconductor  $CeIrIn_5$**

Y. Nakajima, R. Settai<sup>s</sup>, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.

Phys. Rev. B **77** (June) (2008) 214504(1-7).

**Single Crystal Growth and de Haas-van Alphen Effect in  $Lu_2Rh_3Ga_9$  with Quasi-Two-Dimensional Electronic State**

N. D. Dung<sup>d</sup>, T. D. Matsuda, Y. Haga, S. Ikeda, E. Yamamoto, T. Endo<sup>m</sup>, R. Settai<sup>s</sup>, H. Harima, and Y. Ōnuki<sup>s</sup>

J. Phys. Soc. Jpn. **77** (No. 6, June) (2008) 064708(1-6).

**Magnetic and Superconducting Properties of  $CeTX_3$  (T: Transition Metal and X: Si and Ge) with Non-centrosymmetric Crystal Structure**

T. Kawai<sup>d</sup>, H. Muranaka<sup>m</sup>, M. -A. Measson<sup>j</sup>, T. Shimoda<sup>m</sup>, Y. Doi<sup>m</sup>, R. Settai<sup>s</sup>, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.

J. Phys. Soc. Jpn. **77** (No. 6, June) (2008) 064716(1-9).

**Split Fermi Surface Properties of  $LaTGe_3$  (T: Transition Metal) and  $PrCoGe_3$  with the Non-centrosymmetric Crystal Structure**

T. Kawai<sup>d</sup>, H. Muranaka<sup>m</sup>, T. Endo<sup>m</sup>, N. D. Dung<sup>d</sup>, Y. Doi<sup>m</sup>, S. Ikeda, T. D. Matsuda, Y. Haga, H. Harima, R. Settai<sup>s</sup> and Y. Ōnuki<sup>s</sup>

J. Phys. Soc. Jpn. **77** (No. 6, June) (2008) 064717(1-15).

**Fermi Surface Properties and Unconventional Superconductivity in Rare Earth, Uranium and Transuranium Compounds**

Y. Ōnuki<sup>s</sup>, R. Settai<sup>s</sup> et al.

Journal of Optoelectronics and Advanced Materials **10** (July) (2008) 1535-1563.

**Crystal Structure and Magnetic Properties of the New Ternary Actinide Compounds in An-Pd-Al System (An=U, Np)**

Y. Haga, N. D. Dung<sup>d</sup>, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.

Journal of Optoelectronics and Advanced Materials **10** (July) (2008) 1601-1606.

**Huge Upper Critical Field and Electronic Instability in Pressure-induced Superconductor CeIrSi<sub>3</sub> without Inversion Symmetry in the Crystal Structure**

R. Settai<sup>s</sup>, Y. Miyauchi<sup>m</sup>, T. Takeuchi, F. Lévy, I. Sheikin, and Y. Ōnuki<sup>s</sup>

J. Phys. Soc. Jpn. **77** (No. 7, July) (2008) 073705(1-4).

**Unconventional Superconductivity in f-electron Systems**

Y. Ōnuki<sup>s</sup>, R. Settai<sup>s</sup> et al.

J. Korean Phys. Soc. **53** (Aug.) (2008) 1034-1040.

**<sup>27</sup>Al NMR Evidence for the Strong-Coupling d-Wave Superconductivity in NpPd<sub>5</sub>Al<sub>2</sub>**

H. Chudo, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.

J. Phys. Soc. Jpn. **77** (No. 8, Aug.) (2008) 083702(1-6).

**Field-Induced Antiferromagnetism and Upper Critical Field in Pressure-Induced Superconductor CeRhIn<sub>5</sub>**

Y. Ida<sup>m</sup>, R. Settai<sup>s</sup>, Y. Ota<sup>m</sup>, F. Honda<sup>s</sup>, and Y. Ōnuki<sup>s</sup>

J. Phys. Soc. Jpn. **77** (No. 8, Aug.) (2008) 084708(1-6).

**The de Haas-van Alphen Oscillation and Fermi Surface Properties of YCu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>**

N. D. Dung<sup>d</sup>, T. D. Matsuda, S. Ikeda, E. Yamamoto, Y. Haga, Y. Takeda<sup>m</sup>, T. Endo<sup>m</sup>, Y. Doi<sup>m</sup>, R. Settai<sup>s</sup>, H. Harima and Y. Ōnuki<sup>s</sup>

J. Phys. Soc. Jpn. **77** (No. 9, Sept.) (2008) 094702(1-4).

**5d and 4f Electron Configuration of in CeB<sub>6</sub> at 340 K and 535 K**

R. Makita, K. Tanaka, and Y. Ōnuki<sup>s</sup>

Acta Crystallographica **B64** (Sept.) (2008) 534-549.

**Vortex Lattice Melting in the Heavy-fermion Superconductor URu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>**

R. Okazaki, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.

Physica C: Superconductivity **468** (Sept.) (2008) 1258-1261.

**Crystal Structure and Magnetic Properties of the New Ternary Actinide Compounds  $\text{AnPd}_5\text{Al}_2$  ( $\text{An} = \text{U}, \text{Np}$ )**

Y. Haga, N. D. Dung<sup>d</sup>, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.

J. Alloy. Comp. **464** (Sept.) (2008) 47-50.

**Evolution of an Unconventional Superconducting State inside the Antiferromagnetic Phase of  $\text{CeNiGe}_3$  under Pressure: A  $^{73}\text{Ge}$ -Nuclear-Quadrupole-Resonance Study**

A. Harada, H. Mukuda, Y. Kitaoka, A. Thamizhaveli<sup>s</sup>, Y. Okuda<sup>d</sup>, R. Settai<sup>s</sup>, Y. Ōnuki<sup>s</sup>, K. M. Itoh, E. E. Haller and H. Harima

J. Phys. Soc. Jpn. **77** (No. 10, Oct.) (2008) 103710(1-4).

**Calorimetric Study in Single Crystalline  $\text{RCu}_2\text{Si}_2$  (R: Rare Earth)**

Y. Takeda<sup>m</sup>, N. D. Dung<sup>d</sup>, Y. Nakano<sup>m</sup>, T. Ishikura<sup>m</sup>, S. Ikeda, T. D. Matsuda, E. Yamamoto, Y. Haga, T. Takeuchi, R. Settai<sup>s</sup> and Y. Ōnuki<sup>s</sup>

J. Phys. Soc. Jpn. **77** (No. 10, Oct.) (2008) 104710(1-12).

**Observation of 5f Electrons in the Itinerant Limit: Three-dimensional Electronic Structure of  $\text{UB}_2$** 

T. Ohkochi, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.

Phys. Rev. B **77** (Oct.) (2008) 165110(1-5).

**de Haas-van Alphen Effect in  $\text{LaFePO}$  with Two-Dimensional Cylindrical Fermi Surfaces**

H. Sugawara, R. Settai<sup>s</sup>, Y. Doi<sup>m</sup>, H. Muranaka<sup>m</sup>, K. Katayama<sup>m</sup>, H. Yamagami and Y. Ōnuki<sup>s</sup>

J. Phys. Soc. Jpn. **77** (No. 11, Nov.) (2008) 113711(1-4).

**Anomalous Electronic Behaviors in Ferromagnetic Kondo Lattice  $\text{SmFe}_4\text{P}_{12}$** 

D. Kikuchi, R. Settai<sup>s</sup>, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.

J. Phys. Soc. Jpn. **77** (No. 11, Nov.) (2008) 114705(1-7).

**Electrical and Magnetic Properties of  $\text{R}_3\text{Al}_{11}$  (R = La, Ce, Pr, and Nd)**

C. S. Garde<sup>c</sup>, T. Takeuchi, Y. Nakano<sup>m</sup>, Y. Takeda<sup>m</sup>, Y. Ota<sup>m</sup>, Y. Miyauchi<sup>m</sup>, K. Sugiyama, M. Hagiwara, K. Kindo, F. Honda<sup>s</sup>, R. Settai<sup>s</sup>, and Y. Ōnuki<sup>s</sup>

J. Phys. Soc. Jpn. **77** (No. 12, Dec.) (2008) 124704(1-12).

**Novel Quantum Criticality in  $\text{CeRu}_2\text{Si}_2$  near Absolute Zero Observed by Thermal Expansion and Magnetostriction**

J. Yoshida, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.



Phys. Rev. Lett. **101** (Dec.) (2008) 256402(1-4).

**Point-contact Study of the Heavy-fermion Superconductor CeCoIn<sub>5</sub>**

A. Sumiyama, R. Onuki, Y. Oda, H. Shishido, R. Settai<sup>s</sup> and Y. Ōnuki<sup>s</sup>

J. Phys. Chem. Solids **69** (Dec.) (2008) 3018-3021.

**Exotic Superconducting State Embedded in the Hidden Order of URu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>**

Y. Kasahara, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.

J. Phys. Chem. Solids **69** (Dec.) (2008) 3187-3190.

**Heat Capacity of CeIrSi<sub>3</sub> under Pressure**

F. Tomioka, M. Hedo, I. Umehara, Y. Uwatoko, Y. Takano, Y. Okuda<sup>d</sup>, R. Settai<sup>s</sup> and Y. Ōnuki<sup>s</sup>

J. Phys. Chem. Solids **69** (Dec.) (2008) 3199-3201.

**Local Magnetization Study of the First-order Superconducting Transition in CeCoIn<sub>5</sub>**

R. Okazaki, H. Shishido, T. Shibauchi, M. Konczykowski, R. Settai<sup>s</sup>, Y. Ōnuki<sup>s</sup> and Y. Matsuda

J. Phys. Chem. Solids **69** (Dec.) (2008) 3208-3210.

**Non-Fermi Liquid Behavior in the Magnetotransport of Quasi Two-dimensional Heavy Fermion Compounds CeMIn<sub>5</sub>**

Y. Nakajima, R. Settai<sup>s</sup>, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.

J. Phys. Chem. Solids **69** (Dec.) (2008) 3261-3264.

**Magnetic Properties of PrCu<sub>2</sub> at High Pressure**

A. Sacchetti, M. Weller, H. R. Ott and Y. Ōnuki<sup>s</sup>

European Physical Journal B **66** (Dec.) (2008) 307-313.

**Multiband Superconductivity in Heavy Fermion Compound CePt<sub>3</sub>Si without Inversion Symmetry: An NMR Study on a High-Quality Single Crystal**

H. Mukuda, M. Tsujino<sup>m</sup>, R. Settai<sup>s</sup>, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.

J. Phys. Soc. Jpn. **78** (No. 1, Jan.) (2009) 014705(1-9).

**Fermi Surface of the Pr-based Filled Skutterudite Compound PrOs<sub>4</sub>P<sub>12</sub>**

H. Sugawara, T. Endo<sup>m</sup>, R. Settai<sup>s</sup>, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.

Phys. Rev. B **79** (Jan.) (2009) 035104 (1-5).

**Magnetic Properties of Single Crystalline  $\text{RCu}_2\text{Si}_2$  (R: Rare Earth)**

N. D. Dung<sup>d</sup>, T. D. Matsuda, Y. Haga, S. Ikeda, E. Yamamoto, T. Ishikura<sup>m</sup>, T. Endo<sup>m</sup>, R. Settai<sup>s</sup>, H. Harima and Y. Ōnuki<sup>s</sup>

J. Phys. Soc. Jpn. **79** (No. 2, Feb.) (2009) 024712(1-16).

**Hyperfine Interactions in the Itinerant System  $\text{UFeGa}_5$** 

S. Kambe, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.

Journal of Nuclear Materials **385** (Mar.) (2009) 1-3.

**国際会議における講演等****Split Fermi Surface Properties of  $\text{LaTGe}_3$  (T: Transition Metal) and Huge Upper Critical Field in  $\text{CeIrSi}_3$  (invited)**

Y. Ōnuki<sup>s,\*</sup>

Workshop on Non-Centrosymmetric Superconductors (ETH-Zurich, Switzerland, May 30-31, 2008, 参加者数約 30 名)

**Recent Advances in the 5f-relevant Electronic States and Unconventional Superconductivity of Transuranium Compounds (invited)**

Y. Ōnuki<sup>s,\*</sup>, R. Settai<sup>s</sup>, F. Honda<sup>s</sup> et al.

Plutonium Futures "The Science" 2008 (Dijon Convention Center, Dijon, France, July 7-11, 2008, 参加者数約 300 名)

**Heavy Fermion State and Quantum Criticality (plenary)**

Y. Ōnuki<sup>s,\*</sup>

The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (SCES2008) (Rio de Janeiro, Brasil, Aug.17-22, 2008, 参加者数約 300 名)

**Superconducting and Fermi Surface Properties in  $\text{CeIrSi}_3$  and  $\text{CeCoGe}_3$  without Inversion Symmetry (invited)**

R. Settai<sup>s,\*</sup>, Y. Miyauchi<sup>m</sup>, T. Kawai<sup>d</sup>, H. Muranaka<sup>m</sup>, M.-A. Measson<sup>j</sup>, F. Honda<sup>s</sup>, F. Levy, I. Sheikin, H. Harima and Y. Ōnuki<sup>s</sup>

The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (SCES2008) (Rio de Janeiro, Brasil, Aug.17-22, 2008, 参加者数約 300 名)

**Superconducting Properties of Pressure - Induces Superconductor  $\text{CePd}_5\text{Al}_2$** 

F. Honda<sup>s,\*</sup>, M.A. Measson<sup>j</sup>, Y. Nakano<sup>m</sup>, E. Yamamoto, Y. Haga, T. Takeuchi, K. Shimizu, R. Settai<sup>s</sup>, and Y. Ōnuki<sup>s</sup>

The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (SCES2008) (Rio

de Janeiro, Brasil, Aug.17-22, 2008, 参加者数約 300 名)

#### **<sup>27</sup>Al NMR Studies of NpPd<sub>5</sub>Al<sub>2</sub>**

H. Chudo\*, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.

The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (SCES2008) (Rio de Janeiro, Brasil, Aug.17-22, 2008, 参加者数約 300 名)

#### **Heavy Fermion Superconductivity of Actinide Compounds**

D. Aoki\*, R. Settai<sup>s</sup>, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.

The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (SCES2008) (Rio de Janeiro, Brasil, Aug.17-22, 2008, 参加者数約 300 名)

#### **Anomalous Behavior below the Superconducting Transition of Noncentrosymmetric CePt<sub>3</sub>Si: Magnetic Penetration Depth and Stoichiometric Studies**

I. Bonalde\*, Y. Ōnuki<sup>s</sup> et al.

The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (SCES2008) (Rio de Janeiro, Brasil, Aug.17-22, 2008, 参加者数約 300 名)

#### **Split Fermi Surface Properties and Unconventional Superconductivity in Noncentrosymmetric Compound CeIrSi<sub>3</sub>**

Y. Ōnuki<sup>s,\*</sup>

10th German-Japanese Symposium“ Collective Quantum-Phenomena in Correlated Condensed Matter Systems ” (Ringberg Castle, Rottach-Egern, Germany, Sep. 28 - Oct. 1, 2008, 参加者数約 50 名)

#### **Superconductivity in Heavy Fermion Systems**

Y. Ōnuki<sup>s,\*</sup>, R. Settai<sup>s</sup>

21st International Symposium on Superconductivity (ISS2008) (Tsukuba, Japan, Oct. 27-29, 2008, 参加者数約 700 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

ウラン反強磁性化合物 U<sub>2</sub>Zn<sub>17</sub> の超高圧下電気抵抗測定

立岩尚之\*，池田修悟，芳賀芳範，松田達磨，山本悦嗣，大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会（於岩手大学上田キャンパス，2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日）

URu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> の強磁場・低温下輸送係数から見た隠れた秩序

宍戸寛明\*，大貫惇睦<sup>s</sup> 他 9 名

日本物理学会 2008 年秋季大会（於岩手大学上田キャンパス，2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日）

**URu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> の隠れた秩序下におけるサイクロトロン共鳴 (I)**橋本顕一郎<sup>\*</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 7 名

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**URu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> の隠れた秩序下におけるサイクロトロン共鳴 (II)**芝内孝禎<sup>\*</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 7 名

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**ネプツニウム化合物超伝導体 NpPd<sub>5</sub>Al<sub>2</sub> の <sup>27</sup>Al NMR による研究 III**中堂博之<sup>\*</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 13 名

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**NdOs<sub>4</sub>P<sub>12</sub> のドハース・ファンアルフェン効果**菅原仁<sup>\*</sup>, 戸田雅敏<sup>m</sup>, 片山敬亮<sup>m</sup>, 土井裕介<sup>m</sup>, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**空間反転対称性のない重い電子系超伝導体 CeIrSi<sub>3</sub> における圧力下 Si-NMR II**小原崇<sup>\*</sup>, 藤井拓, 椋田秀和, 原田淳之, 八島光晴, 北岡良雄, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**空間反転対称性のない重い電子系超伝導体 CeIrSi<sub>3</sub> の角度分解光電子分光**藤森伸一<sup>\*</sup>, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 6 名

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**空間反転対称性のない CePt<sub>3</sub>Si, LaPt<sub>3</sub>Si の超伝導性の比較**青木義弘<sup>\*</sup>, 住山昭彦, 本山岳, 小田祺景, 安田敬<sup>m</sup>, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**RPd<sub>5</sub>Al<sub>2</sub> (R=Ce, Pr, Y) の単結晶育成と電子状態**中野泰典<sup>m,\*</sup>, 吉谷尚久<sup>m</sup>, 本多史憲<sup>s</sup>, 杉山清寛<sup>s</sup>, 摂待力生<sup>s</sup>, 竹内徹也, 芳賀芳範, 山本悦嗣, 山上浩志, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**熱膨張, 磁歪測定による重い電子系 CeRu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> の量子臨界現象の研究**瀬川芳紀<sup>\*</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 7 名

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**CeRu<sub>2</sub>X<sub>2</sub> の軟 X 線角度分解及び硬 X 線内殻光電子分光**関山明<sup>\*</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 9 名

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

高圧下における  $\text{CePt}_2\text{Ge}_2$  の量子臨界現象

本多史憲<sup>s,\*</sup>, マリオド メアッソン<sup>j</sup>, 村中大志<sup>m</sup>, 戸田雅敏<sup>m</sup>, 摂待力生<sup>s</sup>, 清水克哉, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

正方晶  $\text{RCu}_2\text{Si}_2$  (R: 希土類) の強磁場磁化過程

太田有基<sup>m,\*</sup>, 宮内裕一郎<sup>m</sup>, 広瀬雄介<sup>m</sup>, 杉山清寛<sup>s</sup>, 竹内徹也, N. D. Dung<sup>d</sup>, 松田達磨, 芳賀芳範, 萩原政幸, 金道浩一, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

$\text{LaT}_2\text{P}_2$  の dHvA (T:Fe, Ru)

土井裕介<sup>m,\*</sup>, 村中大志<sup>m</sup>, 片山敬亮<sup>m</sup>, 松田達磨, 芳賀芳範, 竹内徹也, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

Ce 3d 4f 共鳴角度分解光電子分光による CeNi の電子構造

大河内拓雄<sup>\*</sup>, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 7 名

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

$\text{YbCu}_2\text{Si}_2$  と  $\text{YbCu}_2\text{Ge}_2$  の電子状態

石倉達朗<sup>m,\*</sup>, N. D. Dung<sup>d</sup>, 武田勇司<sup>m</sup>, 竹内徹也, 松田達磨, 芳賀芳範, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

$\text{UPd}_3$  における複合四極子秩序の NQR による研究

徳永陽<sup>\*</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 6 名

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

$\text{UPt}_3\text{B}$  系化合物の結晶育成と磁性

山本悦嗣<sup>\*</sup>, 芳賀芳範, 菅井孝志, 松田達磨, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

$\text{AFe}_4\text{P}_{12}$  (A=U, Np) の  $^{57}\text{Fe}$  メスバウアー分光

本間佳哉<sup>\*</sup>, 青木大, 芳賀芳範, 那須三郎, 中村彰夫, 山本悦嗣, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

$\text{PuPd}_5\text{Al}_2$  の探索と物性

芳賀芳範<sup>\*</sup>, 松田達磨, 中島邦久, 荒井康夫, 本間佳哉, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

ネプツニウム化合物超伝導体  $\text{NpPd}_5\text{Al}_2$  の輸送特性 II

松田達磨\*, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 6 名

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

$\text{NpNiGa}_5$  の  $\text{Np M}_{4,5}$  吸収端での X 線吸収磁気円二色性測定

岡根哲夫\*, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 9 名

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

極低温磁化測定用高圧セルの開発

清水悠晴\*, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 7 名

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

$\text{LaCrSb}_3$  の物性と圧力効果

中島美帆\*, 石倉達朗<sup>m</sup>, 本多史憲<sup>s</sup>, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 5 名

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

白色 X 線磁気回折実験による 4f 電子系化合物  $\text{CeRh}_3\text{B}_2$  の磁気構造解析

蓼沼樹\*, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 7 名

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

反強磁性ウラン化合物 UN の角度分解光電子分光

藤森伸一\*, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 8 名

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

空間反転対称性のない  $\text{RTX}_3$  (R: 希土類 T: 遷移金属 X: Si, Ge) の dHvA 効果

村中大志<sup>m,\*</sup>, 土井裕介<sup>m</sup>, 片山敬亮<sup>m</sup>, N. D. Dung<sup>d</sup>, 松田達磨, 芳賀芳範, 播磨尚朝, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

空間反転対称性の欠如した重い電子系圧力誘起超伝導体  $\text{CeIrSi}_3$  の量子臨界点近傍の dHvA 効果

摂待力生<sup>s,\*</sup>, 宮内裕一郎<sup>m</sup>, 播磨尚朝, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

圧力誘起超伝導体  $\text{CeRhIn}_5$  における磁場誘起反強磁性と上部臨界磁場

伊田勇輝<sup>m,\*</sup>, 摂待力生<sup>s</sup>, 本多史憲<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**CeRhIn<sub>5</sub> の磁気構造の圧力変化と超伝導の関係**八島光晴<sup>\*</sup>, 椋田秀和, 北岡良雄, 宍戸寛明, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**反強磁性体 CePd<sub>5</sub>Al<sub>2</sub> の核磁気共鳴による研究**酒井宏典<sup>\*</sup>, 中野泰典<sup>m</sup>, 本多史憲<sup>s</sup>, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 7 名

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**The Effect of Crystalline Electric Field on Magnetic Properties in RCu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> (R: Rare Earth)**N.D. Dung<sup>d,\*</sup>, Y. Takeda<sup>m</sup>, Y. Ota<sup>m</sup>, T. Endo<sup>m</sup>, K. Sugiyama<sup>s</sup>, R. Settai<sup>s</sup>, Y. Onuki<sup>s</sup>  
他 7 名

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**重い電子系超伝導体 CePt<sub>3</sub>Si の圧力下におけるマイスナー効果**青木義弘<sup>\*</sup>, 住山昭彦, 本山岳, 小田祺景, 安田敬<sup>m</sup>, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**CeTX<sub>3</sub> の圧力下熱容量測定 (T: Ir, Rh, Co X: Si, Ge)**片桐直也<sup>\*</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>, 摂待力生<sup>s</sup> 他 8 名

日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**空間反転対称性の欠如した重い電子系圧力誘起超伝導体 CeIrSi<sub>3</sub> の量子臨界点近傍の dHvA 効果 II**摂待力生<sup>s,\*</sup>, 片山敬亮<sup>m</sup>, 播磨尚朝, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**重い電子系化合物 CeRhIn<sub>5</sub> の超伝導に対する磁場効果**八島光晴<sup>\*</sup>, 椋田秀和, 北岡良雄, 宍戸寛明, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**重い電子系超伝導体 CeIrIn<sub>5</sub> の In-NMR**神戸振作<sup>\*</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 6 名

日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**Ce<sub>2</sub>MgSi<sub>2</sub> の単結晶育成と磁性**吉谷尚久<sup>m,\*</sup>, 武田勇司<sup>m</sup>, 中野泰典<sup>m</sup>, 太田有基<sup>m</sup>, 広瀬雄介<sup>m</sup>, 西村尚人<sup>m</sup>, 本多史憲<sup>s</sup>, 竹内徹也, 杉山清寛<sup>s</sup>, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**Ce<sub>2</sub>Ir<sub>3</sub>Ge<sub>5</sub> の量子臨界点近傍における電気抵抗測定**

米山琢也<sup>\*</sup>, 村中大志<sup>m</sup>, 石倉達朗<sup>m</sup>, 本多史憲<sup>s</sup>, 摺待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 7 名  
日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**強相関電子系超高压実験で使用される各種圧力媒体の (非) 静水圧性の評価**

立岩尚之<sup>\*</sup>, 芳賀芳範, 大貫惇睦<sup>s</sup>  
日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**新物質 Yb<sub>5</sub>Pt<sub>10</sub>Ge<sub>12</sub> の単結晶育成と磁性**

戸田雅敏<sup>m,\*</sup>, 中野泰典<sup>m</sup>, 石倉達朗<sup>m</sup>, 本多史憲<sup>s</sup>, 竹内徹也, 山本悦嗣, 芳賀芳範, 杉山清寛<sup>s</sup>, 摺待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>  
日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**放射光光電子分光によるウラン化合物の電子状態**

藤森伸一<sup>\*</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 10 名  
日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**遍歴強磁性体 U<sub>3</sub>P<sub>4</sub> の圧力効果**

眞鍋博紀<sup>\*</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 8 名  
日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**ウランカルコゲナイドの物性**

山本悦嗣<sup>\*</sup>, 目時直人, 池田修悟, 芳賀芳範, 立岩尚之, 松田達磨, 大貫惇睦<sup>s</sup>  
日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**超純良単結晶 URu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> の隠れた秩序相内の相転移**

宍戸寛明<sup>\*</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 11 名  
日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**US<sub>2</sub> の強磁場磁性**

杉山清寛<sup>s,\*</sup>, 太田有基<sup>m</sup>, 広瀬雄介<sup>m</sup>, 芳賀芳範, 池田修悟, 萩原政幸, 金道浩一, 摺待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>  
日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**UPd<sub>3</sub> の NQR**

徳永陽<sup>\*</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 6 名  
日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日)

**ウランカルコゲナイドにおける 5f 遍歴-局在クロスオーバーを伴う金属-非金属転移**

目時直人<sup>\*</sup>, 池田修悟, 酒井宏典, 芳賀芳範, 本間佳哉, 塩川佳伸, 大貫惇睦<sup>s</sup>



日本物理学会第 64 回年次大会（於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日）

空間反転対称性のない重い電子系超伝導体  $\text{CeIrSi}_3$  における圧力下 Si-NMR III

小原崇\*, 藤井拓也, 椋田秀和, 原田淳之, 北岡良雄, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会（於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日）

$\text{CeIr}(\text{In}_{1-x}\text{Cd}_x)_5$  の In-NQR による研究 II

谷口庄一\*, 八島光晴, 田上尚基, 椋田秀和, 北岡良雄, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会（於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日）

重い電子系超伝導体  $\text{URu}_2\text{Si}_2$  超純良単結晶の下部臨界磁場

下澤雅明\*, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 8 名

日本物理学会第 64 回年次大会（於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日）

超伝導体  $\text{NpPd}_5\text{Al}_2$  の輸送特性

松田達磨\*, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 6 名

日本物理学会第 64 回年次大会（於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日）

ネプツニウム化合物超伝導体  $\text{NpPd}_5\text{Al}_2$  の上部臨界磁場における 1 次転移 II

芳賀芳範\*, 本間佳哉, 松田達磨, 立岩尚之, 青木大, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会（於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日）

ネプツニウム化合物超伝導体  $\text{NpPd}_5\text{Al}_2$  の  $^{27}\text{Al}$  NMR による研究 IV

中堂博之\*, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他 10 名

日本物理学会第 64 回年次大会（於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日）

二次元電子系  $\text{CeRhGe}_2$  の単結晶育成と磁性

広瀬雄介<sup>m,\*</sup>, 太田有基<sup>m</sup>, 村中大志<sup>m</sup>, 中野泰典<sup>m</sup>, 吉谷尚久<sup>m</sup>, 山本悦嗣, 芳賀芳範, 竹内徹也, 本多史憲<sup>s</sup>, 杉山清寛<sup>s</sup>, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会（於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日）

反強磁性体  $\text{CeRhGe}_2$  と  $\text{CePt}_2\text{Ge}_2$  の高圧下物性

本多史憲<sup>s,\*</sup>, 村中大志<sup>m</sup>, 吉内伸吾<sup>m</sup>, 広瀬雄介<sup>m</sup>, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会（於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日）

遍歴電子強磁性を示す充填スクッテルダイト  $\text{LaFe}_4\text{As}_{12}$  のドハース・ファンアルフェン効果

並木孝洋\*, 龍岡翔, 武田賢樹, 佐藤英行, 渡辺慎, 青木勇二, 摂待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会（於立教大学池袋キャンパス, 2009 年 3 月 27 日 - 3 月 30 日）

**Rh<sub>17</sub>S<sub>15</sub> の単結晶育成と超伝導**片山敬亮<sup>m,\*</sup>, 村中大志<sup>m</sup>, Arumugam Thamizhavel, 撰待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会第64回年次大会(於立教大学池袋キャンパス, 2009年3月27日 - 3月30日)

**結晶の空間反転対称性が破れた CaPtSi<sub>3</sub> の単結晶育成と超伝導**竹内徹也<sup>\*</sup>, 村中大志<sup>m</sup>, 撰待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

日本物理学会第64回年次大会(於立教大学池袋キャンパス, 2009年3月27日 - 3月30日)

**超低温における重い電子系 CeRu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> の量子臨界現象**吉田潤<sup>\*</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup> 他7名

日本物理学会第64回年次大会(於立教大学池袋キャンパス, 2009年3月27日 - 3月30日)

**書籍等の出版, 日本語の解説記事****LnRhIn<sub>5</sub> (Ln: ランタノイド元素) の磁性と結晶場効果**竹内徹也<sup>\*</sup>, Nguyen Van Hieu, 撰待力生<sup>s</sup>, 杉山清寛<sup>s</sup>, 松田達磨, 芳賀芳範, 大貫惇睦<sup>s</sup>

固体物理 43 No. 6 (2008年6月) pp. 331-342.

**空間反転対称性を持たない反強磁性体 CeCoGe<sub>3</sub> の圧力誘起超伝導**河井友也<sup>d,\*</sup>, 撰待力生<sup>s</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

大阪大学低温センターだより 143 (2008年7月) pp. 8-16.

**量子臨界点にある CeIrSi<sub>5</sub> のスピンシングレットとスピントリプレットが混ざり合った超伝導**撰待力生<sup>s,\*</sup>, 河井友也<sup>d</sup>, 宮内裕一郎<sup>m</sup>, 奥田悠介<sup>d</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>, 竹内徹也, 立岩尚之, 松田達磨, 芳賀芳範, 播磨尚朝

固体物理 43 No. 8 (2008年8月) pp. 459-474.

**カンチレバーを用いたトルク法のドハース・ファンアルフェン効果**撰待力生<sup>s,\*</sup>, 片山敬亮<sup>m</sup>, 土井裕介<sup>m</sup>, 大貫惇睦<sup>s</sup>

固体物理 43 No. 8 (2008年8月) pp. 483-487.

**物性研究所創立50周年を祝して - 過去, 現在, 将来 -**大貫惇睦<sup>s,\*</sup>

日本物理学会誌 63 No. 12 (2008年12月) pp. 925-929.

## 1.8 田島グループ

### 平成 20 年度の研究活動概要

#### [1] 鉄ニクタイト系超伝導体における超伝導メカニズムの研究

高い超伝導転移温度を持つ FeAs 系超伝導体  $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$  の類似物質系、FeP 系超伝導体  $\text{LaFePO}_{1-x}\text{F}_x$  の研究を行い、鉄ニクタイト系超伝導体における超伝導機構の解明を試みた。 $\text{LaFePO}_{1-x}\text{F}_x$  は  $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$  と同じ結晶構造を持つ。輸送現象などから結論付けられる 2 つの系の電子状態も類似している。FeP 系の室温付近のホール係数はほとんど温度に依存せず、その値からは Fe サイトあたり電子が 0.1 個供給されていることを意味し、本系は少数キャリア系であることを示唆している。低温ではホール係数は温度に依存した振る舞いを示す。これはマルチキャリアの効果によるものと予想される。磁場中での電気抵抗率の測定からは、2 次元超伝導体特有の超伝導転移のブロードニングが観測され、また臨界磁場  $H_{c2}$  の温度依存性は本系が複数の超伝導ギャップを持つことを示唆している。これらの輸送現象の特徴は、FeAs 系とのそれと類似している。しかし、F 置換に対する FeP 系の電子物性の変化は、鉄砒素系における F 置換を行った場合に比べるとはるかに小さい。F 置換を行った際の格子定数には、FeAs 系では明確な変化が観測されるのに対し、FeP 系では 10 分の 1 程度の小さな変化しか観測されない。鉄ニクタイト系では、結晶構造と超伝導転移温度の間に相関があることが主張されている。また、結晶構造とその他の諸物性に相関があることも期待される。今回対象とした  $\text{LaFePO}$  では F 置換効果は結晶構造にはほとんど変化を与えず、純粋に Fe のバンドフィリングを変化させていると期待される。一方で、FeAs 系では F 置換効果は単純なバンドフィリングの変化を引き起こすだけでなく、結晶構造にも大きな影響を与えていると考えられる。これらのことは、Fe ニクタイトでは純粋な電子ドープが物性に与える影響は小さいことを示している。

#### [2] $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{BiO}_3$ におけるフォノンのソフト化

放射光光源を用いての非弾性 X 線散乱技術の進歩により、微小な試料でもフォノンの分散関係を研究することが可能となり、超伝導とそれと関係したフォノンのソフト化に関する研究が進んできた。例えば、 $\text{MgB}_2$  では超伝導と  $E_{2g}$  フォノンのソフト化に明確な関係が観測されている。また、銅酸化物超伝導体においても同様なフォノンのソフト化が観測されている。ただ、後者の銅酸化物超伝導体に関しては、フォノンのソフト化は金属-絶縁体転移に伴って生じているようにも見える。今回研究対象とした  $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{BiO}_3$  (BKBO) は、金属-絶縁体転移と超伝導の対形成機構の双方に、フォノンが重要な役割を示す典型的な系である。そこで、本系における金属-絶縁体転移と超伝導に対してフォノンがどのような役割を果たしているのか明らかにするために、SPRING8 において非弾性 X 線散乱の手法により、BKBO の母物質の絶縁体から金属までの組成におけるフォノン分散関係の測定を行った。BKBO の単結晶試料は電気化学法により作製した。絶縁体領域におけるフォノン分散関係には明確な組成変化は観測できなかった。しかし、金属-絶縁体転移近傍の金属領域の組成では、Bi-O のボンドストレッチングフォノンに明確なソフト化が観測された。今回観測されたフォノンのソフト化は、BKBO ではフォノンのソフト化は金属-絶縁体転移と明確に関係していることを示唆している。

### [3] 不純物置換 $\text{MgB}_2$ の圧力効果

$\text{MgB}_2$  は典型的な 2 ギャップ超伝導体として初めて認識された物質である。多バンド系では、2 種類のバンド (2 次元  $\sigma$  バンドと 3 次元  $\pi$  バンド) が各種物性パラメータへどのように影響を与えているかが重要な問題となる。そこで、Mg サイトへの Al 置換と、B サイトへの C 置換という 2 つの不純物置換試料に対して圧力を印加し、不純物置換サイトによる圧力効果の違いから、各バンドの電気抵抗率への寄与を検討した。圧力の印加に伴い超伝導転移温度  $T_c$  は低下し、その低下率は Al 置換でも C 置換でも大きな違いはなかった。しかし、電気抵抗率の温度依存性に対する圧力効果には違いが観測された。Al 置換試料では圧力印加と共に抵抗率は低下していく。これは不純物を置換しない  $\text{MgB}_2$  の振る舞いと同一であり、 $\sigma$  バンドの電子とフォノンとの相互作用  $\lambda_\sigma$  が減少したことが原因と考えられる。一方、C 置換試料では圧力印加によって  $T_c$  の低下が観測されるにもかかわらず、抵抗率の値は全く変化しなかった。この原因の一つとして、C 置換によって  $\sigma$  バンドのキャリアに散乱が導入され、相対的に  $\pi$  バンドの寄与が増大したことが考えられる。(  $\pi$  バンドとフォノンの相互作用はもともと小さいので、圧力効果も小さい。) しかし、単純な  $\sigma$  と  $\pi$  の並列回路モデルでは、僅かであっても圧力による抵抗率変化は観測されるべきであり、今回の観測結果のように全く変化がないという事実は説明できない。従って、上記モデルでは考慮しなかった“ バンド間散乱 ”が重要な役割を果たしている可能性が高い。以上のように、 $\text{MgB}_2$  のキャリア散乱機構を支配しているのは、主に  $\sigma$  バンドと格子との相互作用ではあるが、炭素置換した場合にはバンド間散乱の寄与を考慮する必要があることがわかった。

### [4] 反射型テラヘルツ時間領域分光装置の開発と高温超伝導体の低エネルギー電荷応答

銅酸化物高温超伝導体では分光測定で超伝導転移温度 ( $T_c$ ) 以下でも遠赤外領域に残留伝導度がみられるなど、低エネルギー領域の光学スペクトルに異常が観測されている。これらの異常を解明するため反射型テラヘルツ時間領域分光 (THz-TDS) 装置を立ち上げ、高温超伝導体の低エネルギー領域における光学スペクトルの測定に取り組んできた。これまで、高温超伝導体  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  (LSCO) の  $x=0.13$  の  $c$  軸偏光測定から、反射率スペクトルに明瞭なジョセフソンプラズマエッジを観測すると共に、光学伝導度に過去に報告されていない異常な振る舞いを報告してきた。今年度はそれらの振る舞いの起源を明らかにするために、 $x=0.10, 0.12, 0.15$  の試料を作成し、レーザー出力のモニタリング等により測定精度を向上させた上で THz-TDS 測定を行った。測定の結果、 $x=0.10, 0.12, 0.15$  のジョセフソンプラズマエッジ位置の温度・組成依存性とともに過去にフーリエ変換型赤外分光法を用いて行なわれた実験の結果と同様の傾向を示し、その温度依存性は 2 流体モデルで説明することが確認できた。これは現在の THz-TDS システムがジョセフソンプラズマエッジのような特徴的な構造をとらえる能力を十分に有することを示している。一方  $x=0.13$  の試料の反射率スペクトルにはプラズマエッジよりも高周波側にピーク構造があることが確認され、この構造に伴い伝導度スペクトルにもピーク構造が現われるが、これらの特徴は 2 流体モデルでは記述できなかった。代わりにマルチレイヤーモデルに基づいた解析を行なうことで光学スペクトルの定性的な振る舞いを再現することに成功した。

## 学術雑誌に出版された論文

**Mn substitution effect in two-gap superconductor MgB<sub>2</sub>**

T. Masui<sup>s</sup>, N. Suemitsu<sup>d</sup>, Y. Mikasa<sup>m</sup>, S. Lee, S. Tajima<sup>s</sup>  
J. Phys. Soc. Jpn. **77** (No. 7, Jul.) (2008) 074720 1-5.

**<sup>75</sup>As NQR studies on oxygen-deficient Iron-based oxypnictide superconductors  
LaFeAsO<sub>1-δ</sub> (δ=0, 0.25, 0.4) and NdFeAsO<sub>0.6</sub>**

H. Mukuda, S. Suzuki<sup>m</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup> et al.  
J. Phys. Soc. Jpn. **77** (No. 9, Sep.) (2008) 093704 1-4.

**Isotope Fingerprint of Electron-phonon Coupling in High-T<sub>c</sub> Cuprates**

H. Iwasawa, T. Masui<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup> et al.  
Phys. Rev. Lett. **101** (No. 15, Oct.) (2008) 157005 1-4.

**Temperature dependence of the bond-stretching phonon anomaly  
in YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>6.95</sub>**

D. Reznik, T. Masui<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup> et al.  
Phys. Rev. B **78** (No. 9, Sep.) (2008) 94507 1-7.

**Local-moment fluctuations in the optimally doped high-T<sub>c</sub> superconductor  
YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>6.95</sub>**

D. Reznik, T. Masui<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup> et al.  
Phys. Rev. B **78** (No. 13, May) (2008) 132503 1-4.

**Dopant-dependent impact of Mn-site doping on the critical-state manganites:  
R<sub>0.6</sub>Sr<sub>0.4</sub>MnO<sub>3</sub> (R=La, Nd, Sm, and Gd)**

H. Sakai, K. Ito, T. Nishiyama, X. Z. Yu, Y. Matsui, S. Miyasaka<sup>s</sup>, Y. Tokura  
J. Phys. Soc. Jpn. **77** (No. 12, Dec.) (2008) 124712 1-8.

**Orbital ordering in RVO<sub>3</sub> (R=Y, Tb) controlled by hydrostatic pressure**

D. Bizen, K. Nakatsuka, T. Murata, H. Nakao, Y. Murakami, S. Miyasaka<sup>s</sup>, Y. Tokura  
Phys. Rev. B. **78** (No. 22, Dec.) (2008) 224104 1-6.

**Doping variation of anisotropic charge and orbital dynamics in Y<sub>1-x</sub>Ca<sub>x</sub>VO<sub>3</sub> :  
Comparison with La<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>VO<sub>3</sub>**

J. Fujioka, S. Miyasaka<sup>s</sup>, Y. Tokura  
Phys. Rev. B **77** (No. 14, Apr.) (2008) 144402 1-10.

**Specific heat of the delafossite oxide CuCr<sub>1-x</sub>Mg<sub>x</sub>O<sub>2</sub> for 0 ≤ x ≤ 0.03**

T. Okuda, Y. Beppu, Y. Fujii, T. Onoe, N. Terada, S. Miyasaka<sup>s</sup>

Phys. Rev. B **77** (No. 13, Apr.) (2008) 134423 1-5.

**Anomalous Nernst effects in pyrochlore molybdates with spin chirality**

N. Hanasaki, S. Miyasaka<sup>s</sup> et al.

Phys. Rev. Lett. **100** (No. 10, Mar.) (2008) 106601 1-4.

**Crossover between magnetic vortex attraction and repulsion in thin films of layered superconductors**

A.I. Buzdin, T. Masui<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>, H. Tadatomo<sup>m</sup> et al.

Phys. Rev. B **79** (No. 9, Mar.) (2009) 094510 1-5.

**Electronic crossover in the overdoped high-temperature (Y,Ca)Ba<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub> superconductor by Raman scattering**

T. Masui<sup>s</sup>, T. Hiramachi<sup>m</sup>, K. Nagasao<sup>m</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>

Phys. Rev. B **79** (No. 1, Jan.) (2009) 014511 1-6.

**Energy Gaps in the Failed High-T<sub>c</sub> Superconductor La<sub>1.875</sub>Ba<sub>0.125</sub>CuO<sub>4</sub>**

Rui-Hua He, K. Tanaka<sup>s</sup> et al.

Nature Physics **5** (No. 2, Feb.) (2009) 119-123.

**$\mu$ SR studies of RE(O,F)FeAs (RE = La, Nd, Ce) and LaOFeP systems : possible incommensurate / stripe magnetism and superfluid density**

J.P. Carlo, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Suzuki<sup>m</sup>, S. Tajima<sup>s</sup> et al.

Phys. Rev. Lett. **102** (No. 8, Feb.) (2009) 087001 1-4.

**Superconducting gap of overdoped Tl<sub>2</sub>Ba<sub>2</sub>CuO<sub>6+ $\delta$</sub>  observed by Raman scattering**

K. Nishikawa<sup>m</sup>, T. Masui<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>, H. Eisaki, H. Kito, A. Iyo

J. Phys. Chem. Solids **69** (No. 12, Dec.) (2008) 3074-3077.

**Momentum-resolved charge excitations in high-T<sub>c</sub> cuprates studied by resonant inelastic X-ray scattering**

K. Ishii, T. Masui<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup> et al.

J. Phys. Chem. Solids **69** (No. 12, Dec.) (2008) 3118-3124.

**First study of the B<sub>1g</sub> buckling phonon mode in optimally doped, detwinned, YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7- $\delta$</sub>  by inelastic X-ray scattering**

A.Q.R. Baron, T. Masui<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup> et al.

J. Phys. Chem. Solids **69** (No. 12, Dec.) (2008) 3100-3102.

**Rapid change of electronic anisotropy in overdoped (Y,Ca)Ba<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-δ</sub>**

K. Nagasao<sup>m</sup>, T. Masui<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>  
Physica C **468** (No. 15-20, Sep.) (2008) 1188-1191.

**<sup>75</sup>As-NQR study on iron-based oxypnictide superconductor LaFeAsO<sub>0.6</sub>**

N. Terasaki, S. Suzuki<sup>m</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup> et al.  
J. Phys. Soc. Jpn. **77** (Suppl. C, Nov.) (2008) 140-141.

**Orbital ordered states in RVO<sub>3</sub> (R = Y, Tb) studied by a resonant x-ray scattering**

D. Bisen, S. Miyasaka<sup>s</sup> et al.  
Journal of Phys.: Conf. Ser. **150** (No. 4, Mar.) (2009) 042010 1-4.

**The change of anisotropy by Zn or Ca substitution in YBCO single crystals**

T. Masui<sup>s</sup>, Y. Uraike<sup>d</sup>, K. Nagasao<sup>m</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>  
Journal of Phys.: Conf. Ser. **150** (No. 5, Mar.) (2009) 052152 1-4.

**Overdoping effect on pair breaking energy in the electronic Raman spectra of high-T<sub>c</sub> cuprates superconductors**

T. Masui<sup>s</sup>, K. Nishikawa<sup>m</sup>, T. Hiramachi<sup>m</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>, H. Eisaki, H. Kito, A. Iyo  
Journal of Phys.: Conf. Ser. **150** (No. 5, Mar.) (2009) 052153 1-4.

**Resistivity, magnetic susceptibility and specific heat studies in superconductor LaFePO<sub>1-x</sub>F<sub>x</sub>**

S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Suzuki<sup>m</sup>, S. Saijo<sup>m</sup>, Y. Mikasa<sup>m</sup>, T. Masui<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>  
Journal of Phys.: Conf. Ser. **150** (No. 5, Mar.) (2009) 052164 1-4.

**国際会議における講演等****Proposal from optical spectroscopy**

S. Tajima<sup>s,\*</sup>  
Talk given at the RIKEN/SPRING-8 Center NanoDynamics Beamline Workshop, (Harima, May 2008 参加者数約 100 名).

**Effect of pseudogap disappearance on electronic state in high-T<sub>c</sub> cuprates**

S. Tajima<sup>s,\*</sup>  
Talk given at the 6th Int. Conf. of the Stripes, (Erice, Italy, July 2008 参加者数約 100 名).

**Resistivity, magnetic susceptibility and specific heat studies in superconductor  $\text{LaFePO}_{1-x}\text{F}_x$**

S. Miyasaka<sup>s,\*</sup>, S. Suzuki<sup>m</sup>, S. Saijo<sup>m</sup>, Y. Mikasa<sup>m</sup>, T. Masui<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>

Talk given at the 25th International Conference on Low Temperature Physics (LT25), (Amsterdam, Nederland, August 2008 参加者数約 2000 名).

**The change of anisotropy by Zn or Ca substitution in YBCO single crystals**

T. Masui<sup>s,\*</sup>, Y. Uraike<sup>d</sup>, K. Nagasao<sup>m</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>

Poster at the 25th International Conference on Low Temperature Physics (LT25), (Amsterdam, Nederland, August 2008 参加者数約 2000 名)

**Overdoping effect on pair breaking peak energy in the electronic Raman spectra of high- $T_c$  cuprate superconductors**

T. Masui<sup>s,\*</sup>, K. Nishikawa<sup>m</sup>, T. Hiramachi<sup>m</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>, H. Eisaki, H. Kito, A. Iyo

Poster at the 25th International Conference on Low Temperature Physics (LT25), (Amsterdam, Nederland, August 2008 参加者数約 2000 名)

**ARPES study of pseudogap in high- $T_c$  superconductors**

K. Tanaka<sup>s,\*</sup> et al.

Talk given at the 21st International Symposium on Superconductivity (ISS2008), (Tsukuba, October 2008 参加者数約 500 名)

**Effect of Zn substitution on out-of-plane resistivity in  $\text{YBa}_2(\text{Cu,Zn})_3\text{O}_y$**

Y. Uraike<sup>d,\*</sup>, T. Masui<sup>s</sup> and S. Tajima<sup>s</sup>

Poster at the 21st International Symposium on Superconductivity (ISS2008), (Tsukuba, October 2008 参加者数約 500 名)

**Superconductivity in iron-based oxypnictides**

S. Suzuki<sup>m,\*</sup>, S. Saijo<sup>m</sup>, Y. Mikasa<sup>m</sup>, T. Masui<sup>s</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>

Poster at the 21st International Symposium on Superconductivity (ISS2008), (Tsukuba, October 2008 参加者数約 500 名)

**Terahertz Time-Domain Reflection Spectroscopy for High- $T_c$  Superconducting Cuprates**

T. Matsuoka<sup>m,\*</sup>, T. Fujimoto<sup>m</sup>, K. Tanaka<sup>s</sup>, S. Miyasaka<sup>s</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>, K. Fujii<sup>s</sup>, M. Suzuki, M. Tonouchi

Poster at the 21st International Symposium on Superconductivity (ISS2008), (Tsukuba, October 2008 参加者数約 500 名)



**Optical studies on high temperature superconductors**S. Tajima<sup>s,\*</sup>

Talk given at the University of Tokyo GCOE Workshop on High Temperature Superconductors, (Tokyo, January 2009 参加者数約 100 名)

**Superconductivity in iron-based oxypnictides with layered structure**S. Miyasaka<sup>s,\*</sup>, S. Suzuki<sup>m</sup>, S. Tajima<sup>s</sup>

Talk given at the International Symposium on Inhomogeneous and Strongly Correlated Functional Materials (ISCFM) - Study of Matter at Extreme Conditions (SMEC2009), (Miami, USA, March 2009 参加者数約 200 名)

**日本物理学会，応用物理学会等における講演****鉄系オキシプニクタイト化合物の超伝導特性**鈴木真之佑<sup>m,\*</sup>，西城理志<sup>m</sup>，三笠雄司<sup>m</sup>，増井孝彦<sup>s</sup>，宮坂茂樹<sup>s</sup>，田島節子<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス、2008 年 9 月 20 日 - 23 日)

**反射型時間領域分光でみる  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  のミリ波領域光学スペクトル**松岡哲平<sup>m,\*</sup>，藤本貴士<sup>m</sup>，田中清尚<sup>s</sup>，宮坂茂樹<sup>s</sup>，田島節子<sup>s</sup>，藤井研一<sup>s</sup>，鈴木正人，斗内政吉

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス、2008 年 9 月 20 日 - 23 日)

**磁性不純物散乱でみる超伝導体  $\text{MgB}_2$  のマルチバンド効果**三笠雄司<sup>m,\*</sup>，末光直樹<sup>d</sup>，増井孝彦<sup>s</sup>，Sergey Lee，田島節子<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス、2008 年 9 月 20 日 - 23 日)

**単結晶  $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{BiO}_3$  における超伝導とフォノンの分散関係**小林順一<sup>m,\*</sup>，H.Khosroabadi<sup>j</sup>，宮坂茂樹<sup>s</sup>，内山裕士，Alfred Q.R. Baron，田島節子<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス、2008 年 9 月 20 日 - 23 日)

**不純物置換  $\text{MgB}_2$  における圧力下での電気抵抗測定**三笠雄司<sup>m,\*</sup>，増井孝彦<sup>s</sup>，Sergey Lee，田島節子<sup>s</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学、2009 年 3 月 27 日 - 30 日)

**反射型テラヘルツ時間領域分光でみる  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  の光学スペクトルの組成依存性**松岡哲平<sup>m,\*</sup>，藤本貴士<sup>m</sup>，田中清尚<sup>s</sup>，宮坂茂樹<sup>s</sup>，田島節子<sup>s</sup>，藤井研一<sup>s</sup>，鈴木正人，斗内政吉

日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学、2009 年 3 月 27 日 - 30 日)

角度分解光電子分光でみる Bi2212 の擬ギャップの温度依存性

田中清尚<sup>s,\*</sup>, W.S. Lee, 笹川崇男, R. Moore, D.H. Lu, Z. Hussain, Z.-X. Shen

日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教大学、2009 年 3 月 27 日 - 30 日)

Superconducting and normal state properties of  $\text{LaFePO}_{1-x}\text{F}_x$

宮坂茂樹<sup>s,\*</sup>

2009 年 1 月、 東京大学駒場 II キャンパス、特定領域研究「異常量子物質の創製－新しい物理を生む新物質－」2008 年度 成果報告会

## 1.9 質量分析グループ

### 平成 20 年度の研究活動概要

#### はじめに

質量分析グループでは、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ます。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計算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、9 重収束条件を満足するように設計されている。現在、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ている。

1. 惑星探査用次世代超高感度極微量質量分析システムの開発（平成 16-20 年度 科学研究費補助金 学術創成研究費）  
集束イオンビーム（FIB）とフェムト秒レーザーによるポストイオン化とマルチターン飛行時間型質量分析計を組み合わせた高感度表面分析装置を開発。
2. 世界最高性能を誇るタンデムマルチターン飛行時間型質量分析計の開発（平成 16-18 年度 科学研究費補助金 若手研究 (A)、科学教育機器リノベーションセンター 革新的研究教育基盤機器開発整備事業プロジェクト）  
マルチターン飛行時間型質量分析計と quadratic field ion mirror を組み合わせたタンデム飛行時間型質量分析計の開発と、この装置の特徴を活かしたリン酸化ペプチドやリン脂質や天然物に関する応用研究を行っている。
3. 高性能小型のマルチターン飛行時間型質量分析計の開発（平成 19-20 年度 JST 独創的シーズ展開事業 大学発ベンチャー創出推進）  
小型マルチターン飛行時間型質量分析計「MULTUM-S」を基に、製品化を目指した装置開発を行ない、大阪大学発ベンチャー MSI.TOKYO(株) を起業した。
4. 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（CREST 物質現象の解明と応用に資する新しい計測・分析基盤技術）  
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を開発。

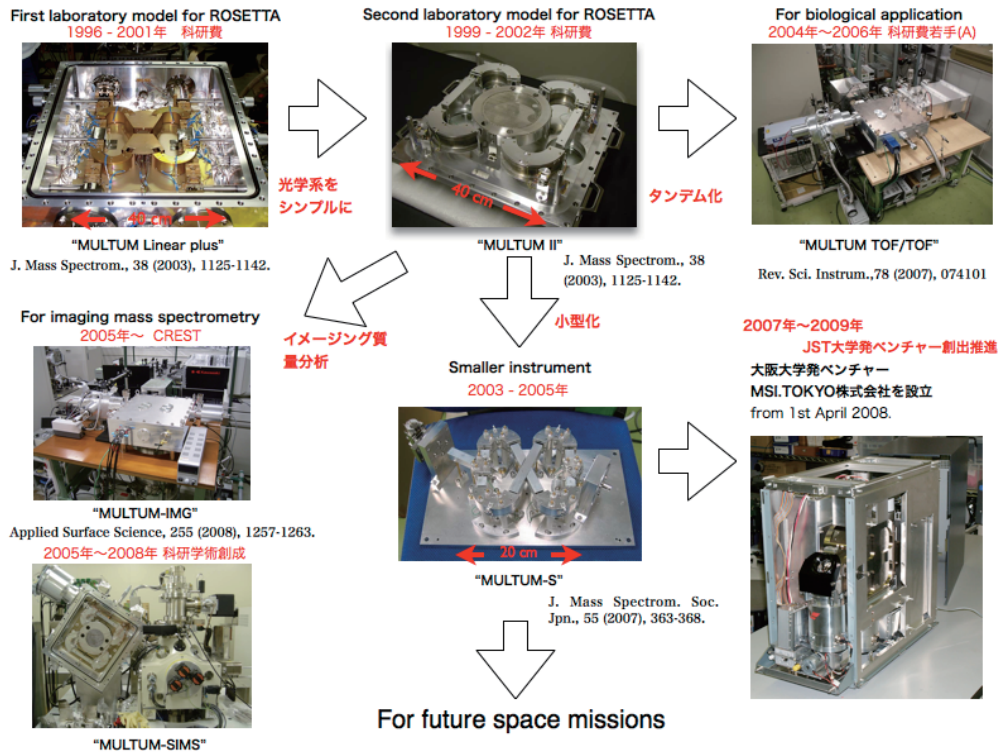


図 1.11: マルチターン飛行時間型質量分析計の開発歴史

## イオン光学

質量分析計の設計/評価に不可欠なイオン軌道シミュレーション手法の開発を行っている。本年は、分子動力学シミュレーション専用高速計算機 (MDGRAPE-3) を用いた高速・高精度イオン軌道シミュレーション手法を確立した。

## 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)
2. イオントラップを用いたイオン分子反応の研究 (大阪府立大学)
3. スパイラル飛行時間型質量分析計 Spiral-TOF/TOF を用いた応用研究 (日本電子)
4. イオン非破壊検出および多重周回質量分析法に関する研究 (島津製作所)
5. イオン光学系特性計算プログラム TRIO に関する研究 (島津製作所)

## 学術雑誌に出版された論文

**High-energy collision-induced dissociation of phosphopeptides using a multi-turn tandem time-of-flight mass spectrometer “ MULTUM-TOF/TOF ”**

S. Shimma, H. Nagao, A. E. Giannakopoulos, S. Hayakawa, K. Awazu and M. Toyoda<sup>s</sup>  
J. Mass Spectrom. **43** (No. 4, Apr.) (2008) 535-537.

**Comparison of mass spectra of peptides in different matrices using matrix-assisted laser desorption/ionization and a multi-turn time-of-flight mass spectrometer, MULTUM-IMG**

H. Hazama, H. Nagao, R. Suzuki, M. Toyoda<sup>s</sup>, K. Masuda, Y. Naito and K. Awazu  
Rapid Commun. Mass Spectrom. **22** (No. 10, Apr.) (2008) 1461-1466.

**Construction of a Novel Stigmatic MALDI Imaging Mass Spectrometer**

H. Hazama, J. Aoki<sup>s</sup>, H. Nagao, R. Suzuki, T. Tashima, K. Fujii, K. Masuda, K. Awazu, M. Toyoda<sup>s</sup>, Y. Naito Appl. Surf. Sci. **255** (No. 4, Dec.) (2008) 1257-1263.

**Simulation of Ion Trajectories using the Surface-Charge Method on a Special Purpose Computer**

J. Aoki<sup>s</sup>, A. Kubo<sup>m</sup>, M. Ishihara<sup>s</sup>, M. Toyoda<sup>s</sup> Nucl. Instr. and Meth. A **600** (No. 2, Mar) (2009) 466-470.

## 国際会議報告等

**Development of a tandem time-of-flight mass spectrometer “ MULTUM-TOF/TOF ” at Osaka University: Combination of a multi-turn time-of-flight mass spectrometer and a quadratic-field ion mirror**

M. Toyoda<sup>\*,s</sup>, A. E. Giannakopoulos, A. W. Colburn, P. J. Derrick  
Proceedings of the Seventh International Conference on Charged Particle Optics (CPO-7), Physics Procedia **1** (No. 1, Aug.) (2008) 401-411. (ed. by Elsevier, July. 2007, 参加者数約100名).

**Computer program TRIO 2.0 for calculation and visualization of ion trajectories**

M. Nishiguchi<sup>\*</sup>, M. Toyoda<sup>s</sup>  
Proceedings of the Seventh International Conference on Charged Particle Optics (CPO-7), Physics Procedia **1** (No. 1, Aug.) (2008) 325-332. (ed. by Elsevier, July. 2007, 参加者数約100名).

**High-energy electron transfer dissociation (HE-ETD) on collision with alkali metal**S. Hayakawa\*, M. Hashimoto, H. Nagao, M. Toyoda<sup>s</sup>

Proceedings of the 56th ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics (ed. by ASMS, Jun. 2008, 参加者数約 3000 名) TPC078.

**Design of a new multi-turn ion optical system for high-performance time-of-flight mass spectrometer**M. Nishiguchi\*, Y. Ueno, O. Furuhashi, M. Toyoda<sup>s</sup>, M. Setou

Proceedings of the 56th ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics (ed. by ASMS, Jun. 2008, 参加者数約 3000 名) WPA012.

**N-C backbone cleavage without loss of a phosphate group in a charge reduced phosphopeptide using an alkali metal target**H. Nagao\*, S. Hayakawa, M. Toyoda<sup>s</sup>, M. Hashimoto, K. Awazu

Proceedings of the 56th ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics (ed. by ASMS, Jun. 2008, 参加者数約 3000 名) WPMM344.

**Development of a stigmatic mass microscope using a multi-turn time-of-flight mass spectrometer, MULTUM-IMG**H. Hazama\*, J. Aoki<sup>s</sup>, H. Nagao, R. Suzuki, Y. Naito, M. Toyoda<sup>s</sup>, K. Masuda, K. Fujii, T. Tashima, K. Awazu

Proceedings of the 56th ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics (ed. by ASMS, Jun. 2008, 参加者数約 3000 名) WPA014.

**Ion trajectory simulation of multi-turn TOF using surface charge method accelerated by a special purpose computer**J. Aoki<sup>\*,s</sup>, M. Toyoda<sup>s</sup>, H. Hazama, K. Awazu, Y. Naito

Proceedings of the 56th ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics (ed. by ASMS, Jun. 2008, 参加者数約 3000 名) WPA015.

**Post-ionization characteristics by a femto-second laser combined with TOF-SIMS**R. Mibuka\*, R. Todokoro<sup>m</sup>, S. Hassaballa;, K. Kumondai<sup>s</sup>, M. Ishihara<sup>s</sup>, H. Yurimoto, K. Uchino

Proceedings of the 56th ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics (ed. by ASMS, Jun. 2008, 参加者数約 3000 名) WPA015.

## 国際会議における講演等

**High-energy electron transfer dissociation (HE-ETD) on collision with alkali metal**S. Hayakawa\*, M. Hashimoto, H. Nagao, M. Toyoda<sup>s</sup>

Talk given at the 56th ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics (at Colorado Convention Center in Denver, Colorado, Jun. 1-5, 2008, 参加者数約 3000 名).

**Design of a new multi-turn ion optical system for high-performance time-of-flight mass spectrometer**M. Nishiguchi\*, Y. Ueno, O. Furuhashi, M. Toyoda<sup>s</sup>, M. Setou

Talk given at the 56th ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics (at Colorado Convention Center in Denver, Colorado, Jun. 1-5, 2008, 参加者数約 3000 名).

**N-C backbone cleavage without loss of a phosphate group in a charge reduced phosphopeptide using an alkali metal target**H. Nagao\*, S. Hayakawa, M. Toyoda<sup>s</sup>, M. Hashimoto, K. Awazu

Talk given at the 56th ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics (at Colorado Convention Center in Denver, Colorado, Jun. 1-5, 2008, 参加者数約 3000 名).

**Development of a stigmatic mass microscope using a multi-turn time-of-flight mass spectrometer, MULTUM-IMG**H. Hazama\*, J. Aoki<sup>s</sup>, H. Nagao, R. Suzuki, Y. Naito, M. Toyoda<sup>s</sup>, K. Masuda, K. Fujii, T. Tashima, K. Awazu

Talk given at the 56th ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics (at Colorado Convention Center in Denver, Colorado, Jun. 1-5, 2008, 参加者数約 3000 名).

**Ion trajectory simulation of multi-turn TOF using surface charge method accelerated by a special purpose computer**J. Aoki<sup>\*,s</sup>, M. Toyoda<sup>s</sup>, H. Hazama, K. Awazu, Y. Naito

Talk given at the 56th ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics (at Colorado Convention Center in Denver, Colorado, Jun. 1-5, 2008, 参加者数約 3000 名).

**Post-ionization characteristics by a femto-second laser combined with TOF-SIMS**R. Mibuka\*, R. Todokoro<sup>m</sup>, S. Hassaballa;, K. Kumondai<sup>s</sup>, M. Ishihara<sup>s</sup>, H. Yurimoto, K. Uchino

Talk given at the 56th ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics (at Colorado Convention Center in Denver, Colorado, Jun. 1-5, 2008, 参加者数約 3000 名).

**Stigmatic-mode MALDI imaging mass spectrometer using multi-turn time-of-flight ion optics: Its features and progress of development**

Y.Naito\*, H.Hazama, J.Aoki<sup>s</sup>, H.Nagao, R.Suzuki, T.Tashima, K.Fujii, K.Masuda, K.A-wazu, M.Toyoda<sup>s</sup>

Talk given at The 10th International Symposium on SIMS and Related Techniques Based on Ion-Solid Interactions at Seikei University (SISS-10) (at Seikei University, July. 17, 2008, 参加者数約 100 名).

**Development of novel laser post-ionization mass spectrometer with ultra-high sensitivity and ultra-trace sampling**

M. Ishihara\*,<sup>s</sup>, K.Kumondai<sup>s</sup>, R.Mibuka, K.Uchino and H.Yurimoto

Talk given at The 4th International Conference on Laser Probing (at Noyori Conference Hall, Nagoya University Nagoya Japan, October 6-10, 2008, 参加者数約 200 名).

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

タンパク質分布解析に向けた高空間分解イメージング質量分析装置の開発

間久直\*, 長尾博文, 鈴木れん, 青木順<sup>s</sup>, 豊田岐聡<sup>s</sup>, 益田勝吉, 藤井研一, 内藤康秀, 栗津邦男  
第 47 回日本生体医工学会大会 (於神戸国際会議場, 2008 年 5 月 8 日 - 5 月 10 日)

He 同位体比測定用質量分析計の開発とその性能評価

馬上謙一\*, 角野浩史, 岡崎隆司, 大澤崇人, 豊田岐聡<sup>s</sup>, 石原盛男<sup>s</sup>, 交久瀬五雄, 長尾敬介, 野津憲治

第 56 回質量分析総合討論会 (於つくば国際会議場エポカル, 2008 年 5 月 14 日 - 5 月 16 日)

高性能マルチターン飛行時間型質量分析装置の開発

古橋治\*, 竹下建悟, 出水秀明, 原田高宏, 西口克, 榮 欧樹, 上野良弘, 山口真一, 小河 潔, 吉田佳一, 豊田岐聡<sup>s</sup>, 瀬藤光利

第 56 回質量分析総合討論会 (於つくば国際会議場エポカル, 2008 年 5 月 14 日 - 5 月 16 日)

イオン間クーロン相互作用を考慮した FT-ICR 質量分析装置

村上大地<sup>m</sup>, 豊田岐聡<sup>s</sup>, 川崎博之, 石原盛男<sup>\*,s</sup>

第 56 回質量分析総合討論会 (於つくば国際会議場エポカル, 2008 年 5 月 14 日 - 5 月 16 日)

質量決定精度向上を目指した quadratic-field ion mirror の性能評価

久保歩<sup>\*,m</sup>, 長尾博文, 青木順<sup>s</sup>, 豊田岐聡<sup>s</sup>

第 56 回質量分析総合討論会 (於つくば国際会議場エポカル, 2008 年 5 月 14 日 - 5 月 16 日)



マルチターン、タンデム飛行時間型質量分析計“ MULTUM-TOF/TOF ”を用いたリン酸化ペプチドの高エネルギー衝突誘起解離

長尾博文\*, 新間秀一, 早川滋雄, 豊田岐聡<sup>s</sup>, 粟津邦男

第56回質量分析総合討論会(於つくば国際会議場エポカル, 2008年5月14日 - 5月16日)

夢の投影型イメージング質量分析計

内藤康秀\*, 間久直, 長尾博文, 鈴木れん, 粟津邦男, 益田勝吉, 青木順<sup>s</sup>, 田嶋敏男, 藤井研一, 豊田岐聡<sup>s</sup>

第56回質量分析総合討論会(於つくば国際会議場エポカル, 2008年5月14日 - 5月16日)

質量分析基礎用語, IUPAC 新勧告のポイント

内藤康秀\*, 瀧浪欣彦, 竹内孝江, 豊田岐聡<sup>s</sup>, 益田勝吉, 吉野健一

第56回質量分析総合討論会(於つくば国際会議場エポカル, 2008年5月14日 - 5月16日)

質量分析基礎用語, 要議論用語

吉野健一\*, 内藤康秀, 竹内孝江, 瀧浪欣彦, 豊田岐聡<sup>s</sup>, 益田勝吉

第56回質量分析総合討論会(於つくば国際会議場エポカル, 2008年5月14日 - 5月16日)

電子移動解離を用いる翻訳後修飾ペプチドの構造解析

橋本雅美\*, 早川滋雄, 長尾博文, 豊田岐聡<sup>s</sup>, 茂里康, 和田芳直

第56回質量分析総合討論会(於つくば国際会議場エポカル, 2008年5月14日 - 5月16日)

イオントラップを用いたペニングイオン化

岩本賢一\*, 豊田岐聡<sup>s</sup>

第56回質量分析総合討論会(於つくば国際会議場エポカル, 2008年5月14日 - 5月16日)

マルチターン、タンデム飛行時間型質量分析計を用いたポストソース分解の寿命測定

新間秀一\*, 豊田岐聡<sup>s</sup>

第56回質量分析総合討論会(於つくば国際会議場エポカル, 2008年5月14日 - 5月16日)

アルカリ金属ターゲットを用いた銀クラスター ( $\text{Ag}_n, \text{Ag}_{n+}; n=2 \sim 9$ ) の解離チャネル

川村和哉<sup>\*,m</sup>, 長尾博文, 曾我之泰<sup>s</sup>, 早川滋雄, 豊田岐聡<sup>s</sup>

第56回質量分析総合討論会(於つくば国際会議場エポカル, 2008年5月14日 - 5月16日)

超高分解能高速イメージング質量分析技術の評価に向けたポリメタクリル酸メチルのレーザー脱離イオン

鈴木れん\*, 間久直, 長尾博文, 内藤康秀, 青木順<sup>s</sup>, 豊田岐聡<sup>s</sup>, 藤井研一, 益田勝吉, 粟津邦男

第56回質量分析総合討論会(於つくば国際会議場エポカル, 2008年5月14日 - 5月16日)

## 質量分析イメージングのためのイオン軌道計算による光学系の評価

青木順<sup>\*,s</sup>, 豊田岐聡<sup>s</sup>, 間久直, 粟津邦男, 益田勝吉, 藤井研一, 内藤康秀

第56回質量分析総合討論会(於つくば国際会議場エポカル, 2008年5月14日 - 5月16日)

## 多重周回飛行時間型質量分析計を用いた投影型質量分析顕微鏡の開発

間久直<sup>\*</sup>, 青木順<sup>s</sup>, 長尾博文, 鈴木れん, 田嶋敏男, 豊田岐聡<sup>s</sup>, 益田勝吉, 藤井研一, 内藤康秀, 粟津邦男

第56回質量分析総合討論会(於つくば国際会議場エポカル, 2008年5月14日 - 5月16日)

## 多重周回飛行時間型質量分析計のための誘導電荷検出器の開発

香月恒介<sup>\*,m</sup>, 公文代康祐<sup>s</sup>, 石原盛男<sup>s</sup>, 西口克, 上野良弘

第56回質量分析総合討論会(於つくば国際会議場エポカル, 2008年5月14日 - 5月16日)

## 飛行時間型質量分析計のデータ取得に使用するアナログスイッチ回路の開発

岸原範明<sup>\*,m</sup>, 公文代康祐<sup>s</sup>, 石原盛男<sup>s</sup>

第56回質量分析総合討論会(於つくば国際会議場エポカル, 2008年5月14日 - 5月16日)

## 飛行時間型質量分析計のデータ取得に使用するアナログスイッチ回路の開発

石原盛男<sup>\*,s</sup>, 公文代康祐<sup>s</sup>, 身深亮, 内野喜一郎, 塚本尚義

第56回質量分析総合討論会(於つくば国際会議場エポカル, 2008年5月14日 - 5月16日)

## 投影型イメージング質量分析に向けたマトリックスフリーレーザー脱離イオン化法の開発

鈴木れん<sup>\*</sup>, 間久直, 長尾博文, 内藤康秀, 青木順<sup>s</sup>, 豊田岐聡<sup>s</sup>, 藤井研一, 益田勝吉, 粟津邦男  
レーザー学会学術講演会第29回年次大会(於徳島大学工学部, 2009年1月10日 - 1月12日)

## 書籍等の出版, 日本語の解説記事

「なぜリフレクトロンモードやマルチターンによって質量分解能が向上されるのか」

田中耕一, 吉野健一, 内藤康秀, 豊田岐聡

J. Mass Spectrom. Soc. Jpn. **56** (No. 2, Apr.) (2008) 49-54.

「質量分析の将来展望」

豊田岐聡

The TRC News **105** (No. 2, Oct.) (2008) 30-34.

## 1.10 ナノ構造物性 (野末) グループ

### 平成 20 年度の研究活動概要

スタッフは野末泰夫, 鷹岡貞夫, 中野岳仁, 荒木新吾の 4 名である。

ゼオライト結晶の配列したナノ空間を用いて新しいナノ構造物質を作成し, 種々の物性測定を行っている。網目構造をもつアルミノケイ酸塩の一種であるゼオライトの A や X やソーダライトでは,  $\beta$  ケージと呼ばれる内径約 7 Å の細孔がそれぞれ単純立方構造 (LTA), ダイヤモンド構造 (FAU), 体心立方構造 (SOD) で規則正しく配列している。さらに, ゼオライト A や X では,  $\beta$  ケージの間にそれぞれ内径約 11 Å や 13 Å のスーパーケージが配列している。このような 3 次元的に配列したナノ空間にゲスト物質を導入してナノクラスターが配列した物質系を作成し, クラスターの新しい電子状態とその間の相互作用によって発現する新奇な電子物性を研究している。

それらの中でゼオライト A のスーパーケージに作成したカリウムクラスターでは  $\mu$ SR による明確な結果が得られた。この系では, クラスター当たりの  $s$  電子が 2 個を超えるとクラスターの  $1p$  量子準位を  $s$  電子が占有するようになる。すると, 突然, 自発磁化が観測される。その機構として, クラスターのスピンの反強磁性配列し, それが反対称交換相互作用 (DM 相互作用) によってキャントする機構を提案してきた。この反対称交換相互作用は  $1p$  軌道の縮退によって飛躍的に増大することが理論的に示されている。この磁性の詳細を調べるためにこれまで  $\mu$ SR によるミクロな磁場のダイナミクスを研究してきた。これまでのパルスミュオンを用いた測定では, 初期アシンメトリーの低下が観測されている。しかし, パルス法では速い初期緩和成分を解析することができないため, DC ミュオンによる  $\mu$ SR 測定をスイスにある PSI にて行った。その結果, 自発磁化を発生する約 7 K 以下の温度で 0.1  $\mu$ s 程度の非常に速い緩和成分が観測された。一方, 弱い磁場による遅い緩和も同時に観測された。そのふたつの緩和率の成分  $\lambda_1$  と  $\lambda_2$  の温度依存性を図示した。比較のために磁化  $M$  の温度依存性も示した。このうち, 速い緩和成分は磁場換算で最大約 200 Oe 程度の強い磁場に相当する。しかし, この値はクラスターの磁気モーメントによる双極子磁場では説明できない。

これらの結果から, ミュオンが静止するサイトには少なくとも 2 種類あり, それぞれ大きく異なる磁場を受けていることがわかる。遅い緩和成分は, 通常の大極子磁場によるものと考えられる。一方, 速い緩和成分は大きな有効磁場による緩和でありながら, 縦磁場効果が顕著であり, 有効磁場よりもはるかに小さな 10 Oe 程度の縦磁場でデカップリングすることが見いだされた。このことから, 速い緩和成分のデカップリングは直接外部磁場によるものではないことがわかる。外部磁場は直接ミュオンに縦磁場として作用するのではなく, 自発磁化を与える配列スピンと相互作用し, その配向したスピンをもつ電子とミュオンがフェルミコンタクトを起こすと考えた。また, この系は非常にソフトな磁性であり, 10 Oe 程度の弱い外部磁場でスピンの配向する。ふたつの緩和成分は磁化  $M$  の温度依存性と良い相関を示している。これらの結果をもとにして, 配列カリウムクラスターの磁性のより詳細な描像が見えてきた。

その他に, KEK の中性子科学研究系 (KENS) においてスピン配列を中性子回折により直接観測することを試みた。試料はゼオライト A 中のカリウムクラスターを用いた。試料は

大気に触れることができないため、バナジウムセル中に密封した。磁気測定では磁気秩序の形成による自発磁化が明確に観測されている。しかし、中性子回折では、装置性能の限界まで挑戦したが、有意な信号としては観測できなかった。原因としては、スピン配列による回折線が核散乱による回折線に隠れてしまうことと、他の系と比較してこの系のスピン密度が低いことなどが関係している。なお、同様の実験を  $\beta$  ケージが体心立方構造で配列したソーダライト中のナトリウムクラスターで行ったところ、スピン散乱による回折線の検出に成功し、現在、その解析を進めているところである。これは  $s$  電子系での最初の磁気散乱による回折線の検出である。

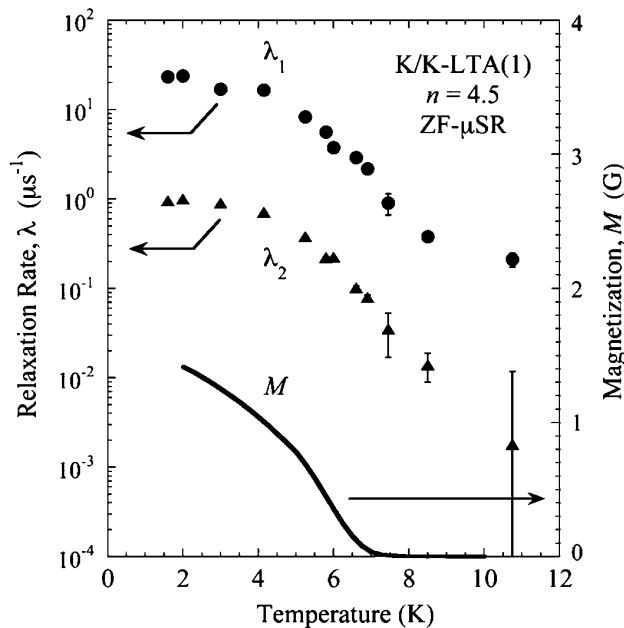


図 1.12: 強磁性を示すゼオライト A 中のカリウムクラスターにおいて測定した DC ミュオンによる  $\mu$ SR の緩和率の速い成分  $\lambda_1$  と遅い成分  $\lambda_2$  の温度依存性。比較のために磁化  $M$  の温度依存性を示した。

#### 学術雑誌に出版された論文

##### Neutron magnetic scattering studies on ferromagnetism in potassium nanoclusters arrayed in zeolite A - Trial experiments

T. Nakano<sup>s</sup>, T. Takase<sup>m</sup>, S. Araki<sup>s</sup>, T. Kamiyama, Y. Nozue<sup>s</sup>, S. Ikeda  
Nucl. Instr. and Meth. A **600** (2009) 240-242.

##### Magnetism and crystalline electric field in $RRhIn_5$ (R: rare earth)

T. Takeuchi<sup>s</sup>, N.V. Hieu, H. Shishido, C. Tonohiro, T. Yamada, K. Sugiyama<sup>s</sup>, R. Settai<sup>s</sup>,  
T.D. Matsuda, Y. Haga, M. Hagiwara<sup>s</sup>, K. Kindo, S. Araki<sup>s</sup>, Y. Nozue<sup>s</sup>, Y. Onuki<sup>s</sup>  
Physica B **403** (2008) 1023-1025.

## 国際会議報告等

**Novel Properties of Correlated Electrons in Alkali-Metal Nanoclusters Incorporated in Regular Nanospace of Zeolites**Y. Nozue<sup>s</sup>

Proc. 6th Scientific Conference, November 14, 2008, University of Science, VNU Hochiminh city, Vietnam

## 国際会議における講演等

**Correlated Electrons in Alkali-Metal Clusters Incorporated in Regular Nanospace of Zeolite Crystals**Y. Nozue<sup>s\*</sup>

10th German-Japanese Symposium " Collective Quantum-Phenomena in Correlated Condensed Matter Systems "( Ringberg Castle, Rottach-Egern, Germany, Sep. 28, 2008, 参加者数約 60 名 )

**Electron Correlation in Alkali-Metal Clusters Incorporated in Regular Nanospace of Zeolite Crystals**Y. Nozue<sup>s\*</sup>

France-Tohoku Workshop ( Sendai, Japan, Dec. 12th, 2008, 参加者数約 50 名 )

**Novel Properties of Correlated Electrons in Alkali-Metal Nanoclusters Incorporated in Reregular Nanospace of Zeolites**Y. Nozue<sup>s\*</sup>

6th Scientific Conference ( VNU Hochiminh city, Vietnam, Nov. 14, 2008, 参加者数約 300 名 )

**Ferromagnetic Properties of Alkali-Metal Clusters Arrayed in Zeolite Crystals**Y. Nozue<sup>s\*</sup>

The Second International Symposium on Interdisciplinary Materials Science (ISIMS-2009) ( Tsukuba, JAPAN, Mar. 9-10, 2009, 参加者数約 100 名 )

**Fast muon spin relaxation in ferromagnetism of potassium clusters in zeolite A**Takehito Nakano<sup>s\*</sup>, Jun Matsumoto, Truong Cong Duan<sup>s</sup>, Isao Watanabe<sup>s</sup>, Takao Suzuki, Takayuki Kawamata, Alex Amato, Francis L. Pratt and Yasuo Nozue<sup>s</sup>

11th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation and Resonance ( Tsukuba, Japan, July 21-25, 2008, 参加者数約 300 名 )

### MuSR study on ferromagnetic properties of Rb clusters incorporated into zeolite A

Truong Cong Duan<sup>s\*</sup>, Takehito Nakano<sup>s</sup>, Jun Matsumoto<sup>m</sup>, Ryuichi Suehiro<sup>m</sup>, Isao Watanabe<sup>s</sup>, Takao Suzuki, Takayuki Kawamata, Alex Amato, Francis L. Pratt and Yasuo Nozue<sup>s</sup>

11th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation and Resonance (Tsukuba, Japan, July 21-25, 2008, 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

#### $\mu$ SR で見たソーダライト中のアルカリ金属クラスターの反強磁性秩序

中野岳仁<sup>s\*</sup>，末廣龍一<sup>m</sup>，花澤宏文<sup>m</sup>，渡邊功雄，鈴木栄男，川股隆行，A. Amato，F.L. Pratt，野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会（立教大学，2009 年 3 月 27 日-30 日）

#### アルカリ金属を吸着したソーダライトの NMR(II)

五十嵐睦夫，中野岳仁<sup>s</sup>，後藤敦，端健二郎，清水禎，野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会（立教大学，2009 年 3 月 27 日-30 日）

#### ゼオライト LSX 中の Na-K クラスターのフェリ磁性 VI

Duong Thi Hanh<sup>d</sup>，中野岳仁<sup>s</sup>，野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会（立教大学，2009 年 3 月 27 日-30 日）

#### ゼオライト LSX 中の Na-K クラスターのフェリ磁性強磁場磁化過程

中野岳仁<sup>s\*</sup>，松本淳<sup>m</sup>，松尾晶，金道浩一，野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会（立教大学，2009 年 3 月 27 日-30 日）

#### カリウムを吸蔵したゼオライト LSX の電気伝導特性 (II)

荒木新吾<sup>s</sup>，大脇章弘<sup>m</sup>，Nguyen Hoang Nam<sup>s</sup>，野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会（立教大学，2009 年 3 月 27 日-30 日）

#### アルカリ金属を吸蔵したゼオライト A の電気伝導度

Nguyen Hoang Nam<sup>m</sup>，久保洋輔<sup>b</sup>，大脇章弘<sup>m</sup>，Truong Cong Duan<sup>s</sup>，荒木新吾<sup>s</sup>，野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会（立教大学，2009 年 3 月 27 日-30 日）

#### 圧力ドーピング法によって作成したゼオライト中のアルカリ金属クラスターの磁気秩序

荒木 新吾<sup>s</sup>

G-COE 若手秋の学校「多元環境下の量子物質相の研究」(休暇村 讃岐五色台，2008 年 11

月 13 日-15 日)

ゼオライト LSX 中の Na クラスターの光学的磁氣的性質

水金貴裕 <sup>m</sup>

G-COE 若手秋の学校「多元環境下の量子物質相の研究」(休暇村 讃岐五色台, 2008 年 11 月 13 日-15 日)

New Ferrimagnetism of Na-K Alloy Clusters Incorporated in LSX Zeolite

Duong Thi Hanh <sup>d</sup>

G-COE 若手秋の学校「多元環境下の量子物質相の研究」(休暇村 讃岐五色台, 2008 年 11 月 13 日-15 日)

$\mu$  SR で見たソーダライト中のアルカリ金属クラスターの反強磁性秩序

中野岳仁 <sup>s</sup>

G-COE 若手秋の学校「多元環境下の量子物質相の研究」(休暇村 讃岐五色台, 2008 年 11 月 13 日-15 日)

ゼオライト A 中の K-Rb クラスター強磁性と光学的性質

山崎 祐 <sup>m</sup>

G-COE 若手秋の学校「多元環境下の量子物質相の研究」(休暇村 讃岐五色台, 2008 年 11 月 13 日-15 日)

カリウムを吸蔵させたゼオライト LSX の電気伝導度特性

大脇章弘 <sup>m</sup>

G-COE 若手秋の学校「多元環境下の量子物質相の研究」(休暇村 讃岐五色台, 2008 年 11 月 13 日-15 日)

ゼオライト A 中の遷移金属クラスターの磁性

松野泰英 <sup>m</sup>

G-COE 若手秋の学校「多元環境下の量子物質相の研究」(休暇村 讃岐五色台, 2008 年 11 月 13 日-15 日)

ソーダライト中のアルカリ金属クラスターの反強磁性共鳴

花澤宏文 <sup>m</sup>

G-COE 若手秋の学校「多元環境下の量子物質相の研究」(休暇村 讃岐五色台, 2008 年 11 月 13 日-15 日)

圧力ドーピング法によって作成したゼオライト LSX 中の Na-K クラスターの磁性

荒木崇志 <sup>m</sup>

G-COE 若手秋の学校「多元環境下の量子物質相の研究」(休暇村 讃岐五色台, 2008 年 11

月13日-15日)

ゼオライト A に圧入されるアルカリ金属量測定法の開発

田中邦明<sup>m</sup>

G-COE 若手秋の学校「多元環境下の量子物質相の研究」(休暇村 讃岐五色台, 2008年11月13日-15日)

Ferrimagnetism of Na-K clusters in zeolite LSX (part V)

ズオン・ティ・ハン<sup>d</sup>, 中野岳仁<sup>s</sup>, 野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会 2008年秋季大会(岩手大学, 2008年9月20日-23日)

アルカリ金属を吸着したソダライトの NMR

五十嵐睦夫, 中野岳仁<sup>s</sup>, 後藤敦, 端健二郎, 清水禎, 野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会 2008年秋季大会(岩手大学, 2008年9月20日-23日)

ソダライト中のアルカリ金属クラスターの反強磁性共鳴

中野岳仁<sup>s</sup>, 花澤宏文<sup>m</sup>, 柏木隆成<sup>d</sup>, 萩原政幸<sup>s</sup>, 野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会 2008年秋季大会(岩手大学, 2008年9月20日-23日)

圧力ドーピング法によるゼオライト LSX 中の Na-K クラスターの磁性

荒木新吾<sup>s</sup>, 荒木崇志<sup>m</sup>, Nguyen Hoang Nam<sup>s</sup>, 野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会 2008年秋季大会(岩手大学, 2008年9月20日-23日)

Rb を吸蔵したゼオライト A の電気伝導度

Nguyen Hoang Nam<sup>s</sup>, 大脇章弘<sup>m</sup>, Truong Cong Duan<sup>s</sup>, 荒木新吾<sup>s</sup>, 野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会 2008年秋季大会(岩手大学, 2008年9月20日-23日)

ゼオライト A 中の Rb クラスターの  $\mu$  SR(II)

T.C. Duan<sup>s</sup>, 中野岳仁<sup>s</sup>, 末廣龍一<sup>m</sup>, 渡邊功雄<sup>s</sup>, 鈴木栄男, 川股隆行, A. Amato, F.L. Pratt, 野末泰夫<sup>s</sup>

日本物理学会 2008年秋季大会(岩手大学, 2008年9月20日-23日)



## 1.11 竹田グループ

### 平成 20 年度の研究活動概要

スタッフ 竹田精治 (教授)、香山正憲 (招へい教授)、河野日出夫 (准教授)、吉田秀人 (特任研究員)

活動概要 我々は、様々な電子顕微鏡法に立脚して、半導体などの自己形成ナノ構造や格子欠陥の生成メカニズム、構造、性質を研究している。平成 20 年度の研究成果のいくつかを以下に示す。

**金属ナノ粒子の触媒メカニズムの解明** 金属ナノ粒子は、触媒科学、燃料電池などのエネルギー・環境技術、ナノテクノロジーに関わる分野において、最も重要な材料の一つである。金属ナノ粒子による気体分子の化学反応の促進やナノワイヤーの生成は、既に応用・実用化させている。しかし、それらのメカニズムは未解明である。環境制御型・高分解能透過型電子顕微鏡観察に加えて、触媒化学的測定及び第一原理計算により、触媒メカニズムを原子構造的・電子構造的に解明することを目指している。(科学研究費、特別推進研究「金属ナノ触媒粒子の気体反応メカニズムの原子構造的・電子構造的解析」H19-H23)

**カーボンナノチューブ生成その場観察** カーボンナノチューブの生成メカニズムについては不明な点が多く、構造と特性の揃ったナノチューブを合成する方法も分かっていない。我々は、鉄触媒から成長するカーボンナノチューブを、新規に開発した環境制御型・高分解能透過型電子顕微鏡を利用して、世界に先駆けて、原子スケールで直接観察することに成功した(図 1.13)。これまでの常識を覆し、鉄触媒は原料となるカーボンを大量に吸い込んだカーバイド結晶であり、カーボンナノチューブが成長し始めると、その原子配列は時間と共にゆらいていることが明らかとなった。生成メカニズムの本質に迫る発見であり、今後、特性の揃ったカーボンナノチューブを作り分ける合成方法の確立につながると期待している。

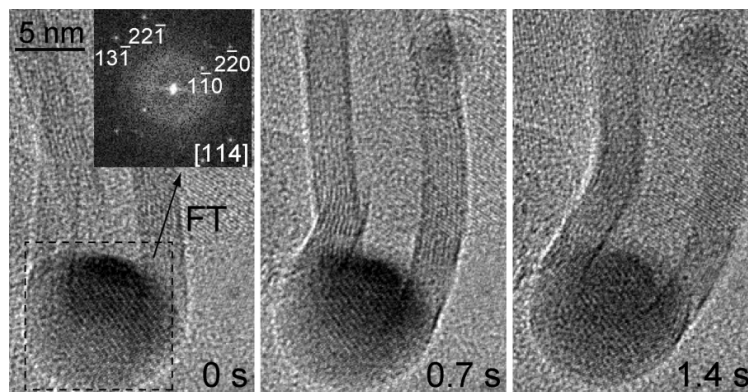


図 1.13: カーボンナノチューブ成長のその場観察

環境制御型・高分解能透過型電子顕微鏡の開発 ナノ物質ができる過程や、触媒反応の過程を原子スケールで観察できる、環境制御型・高分解能透過型電子顕微鏡の開発を行っている。

カーボンナノチューブのフッ素プラズマ処理による構造変化 カーボンナノチューブにフッ素プラズマ処理を施し、その構造変化を透過型電子顕微鏡法、ラマン分光法、XPS により調べた。

シリコンカーバイド金平糖 MOCVD 法により、金平糖型のシリコンカーバイドマイクロ粒子を生成した。表面形状評価、弾道堆積クラスター的なポーラスな内部構造の観察、電子線トモグラフィーによる3次元構造評価を行った。表面形状、内部構造共に、成長時のゆらぎに支配されていることが明らかとなった。

シリコンカーバイドナノワイヤ中の積層乱れの統計的解析 自己形成したシリコンカーバイドナノワイヤ中に生成した積層乱れを、高分解能透過型電子顕微鏡法により読み取り、その統計的な性質の解析を行った。多重アフィン性やべき分布などの興味深い性質が観測された。

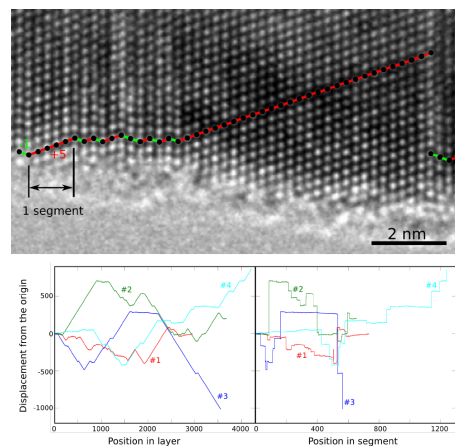


図 1.14: SiC ナノワイヤ中における積層シーケンスランダムウォーク

共同研究 以下の研究機関と共同研究を行った。

- 首都大学東京
- 産業技術総合研究所関西センター
- 東京理科大学
- 東北大学金属材料研究所
- 大阪大学ナノサイエンス・ナノテクノロジー研究推進機構
- 大阪大学超高压電子顕微鏡センター

## 学術雑誌に出版された論文

**Structural transformation of grains and grain boundaries with introducing boron atoms into CoPtCr magnetic layer investigated by ultrasoft pseudopotential calculation and transmission electron microscopy analysis**

Kaoru Shoda<sup>d</sup> and Seiji Takeda<sup>s</sup>

J. Appl. Phys. **105** (2009) 063530 1-8.

**Statistical and stochastic properties of stacking sequences in SiC nanowires**

Hideo Kohno<sup>s</sup>, Hideto Yoshida<sup>s</sup>, Satoshi Ichikawa, and Seiji Takeda<sup>s</sup>

J. Phys. Soc. Jpn. **78** (2009) 044601 1-5.

**Formation of SiC particles with projections and a complex inner substructure at the end stage of nanowire growth**

Shuhei Takao<sup>m</sup>, Tatsuyuki Eguchi, Hirohide Yata, Kaoru Shoda<sup>d</sup>, Satoshi Ichikawa, and Hideo Kohno<sup>s</sup>

J. Phys. Soc. Jpn. **78** (2009) 034802 1-5.

**Feasibility study for sidewall fluorination of SWCNTs in CF<sub>4</sub> plasma**

K. Shoda<sup>d</sup>, H. Kohno<sup>s</sup>, Y. Kobayashi, D. Takagi and S. Takeda<sup>s</sup>

J. Appl. Phys. **104** (2008) 113529 1-6.

**Atomic-scale in-situ observation of carbon nanotube growth from solid state iron carbide nanoparticles**

Hideto Yoshida<sup>s</sup>, Seiji Takeda<sup>s</sup>, Tetsuya Uchiyama<sup>d</sup>, Hideo Kohno<sup>s</sup>, and Yoshikazu Homma

Nano Letters **8** (2008) 2082-2086.

**Direct Observation of Carbon Nanotube Growth by Environmental Transmission Electron Microscopy**

Hideto Yoshida<sup>s</sup>, Tetsuya Uchiyama<sup>d</sup>, and Seiji Takeda<sup>s</sup>

Springer Proc. Phys. **120** (2008) 209-212.

**MOCVD growth of various SiC nanostructures**

Shuhei Takao<sup>m</sup>, Hideo Kohno<sup>s</sup>, Satoshi Ichikawa, and Seiji Takeda<sup>s</sup>

Appl. Surf. Sci. **254** (2008) 7630-7632.

**Environmental transmission electron microscopy observations of the growth of carbon nanotubes under nanotube-nanotube and nanotube-substrate interactions**

Hideto Yoshida<sup>s</sup>, Tetsuya Uchiyama<sup>d</sup>, Hideo Kohno<sup>s</sup>, and Seiji Takeda<sup>s</sup>

Appl. Surf. Sci. **254** (2008) 7586-7590.

**Stability of the tunneling current across Si nanochain network**

Hideo Kohno<sup>s</sup> and Seiji Takeda<sup>s</sup>

Appl. Surf. Sci. **254** (2008) 7573-7575.

**Formation of multiple nanoscale twin boundaries that emit intense monochromatic light in indirect-gap AlGaAs epilayers**

Y. Ohno, K. Shoda<sup>d</sup>, T. Taishi, I. Yonenaga, and S. Takeda<sup>s</sup>

Appl. Surf. Sci. **254** (2008) 7633-7637.

**Atomistic structure of Si atoms agglomerated nearby a stacking fault in a commercial GaAs:Si**

Y. Ohno, T. Taishi, I. Yonenaga, and S. Takeda<sup>s</sup>

Phys. Stat. Sol. (c) **5** (2008) 2944-2946.

**国際会議における講演等**

**In situ observation of nucleation and growth of carbon nanotubes from iron carbide nanoparticles**

Hideto Yoshida<sup>s</sup>, Tetsuya Uchiyama<sup>d</sup>, Hideo Kohno<sup>s</sup>, and Seiji Takeda<sup>s</sup>

MRS 2008 Fall Meeting, Boston, USA, December 2008

**Formation of SiC konpeito-like microparticles at the end stage of nanowire growth**

S. Takao<sup>m</sup>, H. Kohno<sup>s</sup>, T. Eguchi, H. Yata, K. Shoda, S. Ichikawa, and S. Takeda<sup>s</sup>

4th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Osaka University, Japan, October-November, 2008.

**Atomic-scale In-situ Observation of Nucleation and Growth of Carbon Nanotubes from Iron Carbide Nanoparticles**

H. Yoshida<sup>s</sup>, S. Takeda<sup>s</sup>, T. Uchiyama<sup>d</sup>, H. Kohno<sup>s</sup>, Y. Homma

4th Handa Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Osaka, Japan, September, 2008.

**MOCVD growth of SiC particles covered with projections**

S. Takao<sup>m</sup>, H. Kohno<sup>s</sup>, T. Eguchi, H. Yata, K. Shoda, S. Ichikawa, and S. Takeda<sup>s</sup>

International Symposium on Surface Science and Nanotechnology, November 9-13, 2008, International Conference Center, Waseda University, Tokyo, Japan

**Electric breakdown of individual Si nanochains**

Takafumi Nnogami<sup>m</sup>, Hideo Kohno<sup>s</sup>, Yutaka Ohno, Satoshi Ichikawa, Ichiro Yonenaga, and Seiji Takeda<sup>s</sup>

International Symposium on Surface Science and Nanotechnology, November 9-13, 2008, International Conference Center, Waseda University, Tokyo, Japan

**Statistical analysis of stacking sequences in SiC nanowires**

Hideo Kohno<sup>s</sup>, Hideto Yoshida<sup>s</sup>, Satoshi Ichikawa, and Seiji Takeda<sup>s</sup>

International Symposium on Surface Science and Nanotechnology, November 9-13, 2008, International Conference Center, Waseda University, Tokyo, Japan

## 日本物理学会，応用物理学会等における講演

**Au/CeO<sub>2</sub> 触媒の CO/Air ガス中高分解能環境 TEM 観察**

内山徹也<sup>d</sup>、吉田秀人<sup>s</sup>、秋田知樹、河野日出夫<sup>s</sup>、竹田精治<sup>s</sup>

第 69 回応用物理学関係連合講演会、中部大学、2008 年 9 月

**CO 雰囲気下での Au/TiO<sub>2</sub> 触媒の高分解能その場環境 TEM 観察**

桑内康文<sup>m</sup>、内山徹也<sup>d</sup>、吉田秀人<sup>s</sup>、秋田知樹、河野日出夫<sup>s</sup>、竹田精治<sup>s</sup>

第 69 回応用物理学関係連合講演会、中部大学、2008 年 9 月

**SiC ナノワイヤにおける積層シーケンスの統計的性質**

河野日出夫<sup>s</sup>、吉田秀人<sup>s</sup>、市川聡、竹田精治<sup>s</sup>

日本物理学会第 63 回年次大会、岩手大学、2008 年 9 月

**Direct observation of nucleation and growth of carbon nanotubes from iron carbide nanoparticles**

吉田秀人<sup>s</sup>、内山徹也<sup>d</sup>、河野日出夫<sup>s</sup>、竹田精治<sup>s</sup>、本間芳和

第 35 回記念フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、東京工業大学、2008 年 8 月

**炭化鉄微粒子からのカーボンナノチューブ成長の原子スケール環境 TEM 観察**

吉田秀人<sup>s</sup>、内山徹也<sup>d</sup>、種本裕介<sup>m</sup>、河野日出夫<sup>s</sup>、竹田精治<sup>s</sup>

2008 年秋季 第 69 回応用物理学学会学術講演会、中部大学、2008 年 9 月

**Au/CeO<sub>2</sub> 触媒の反応ガス中高分解能・環境 TEM 観察**

内山徹也<sup>d</sup>、吉田秀人<sup>s</sup>、秋田知樹、河野日出夫<sup>s</sup>、竹田精治<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会、岩手大学、2008 年 9 月

## 金属ナノ触媒からのカーボンナノチューブ成長の高分解能環境 TEM その場観察

吉田秀人<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会、岩手大学、2008 年 9 月

CO 雰囲気下での Au/TiO<sub>2</sub> 触媒の高分解能その場環境 TEM 観察桑内康文<sup>m</sup>、吉田秀人<sup>s</sup>、内山徹也<sup>d</sup>、河野日出夫<sup>s</sup>、竹田精治<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会、岩手大学、2008 年 9 月

## 高分解能・環境 TEM によるカーボンナノチューブの触媒 CVD 成長その場観察

吉田秀人<sup>s</sup>、内山徹也<sup>d</sup>、種本裕介<sup>m</sup>、河野日出夫<sup>s</sup>、竹田精治<sup>s</sup>

日本顕微鏡学会第 64 回学術講演会、国立京都国際会館、2008 年 5 月

## コンペイトウ型 SiC 粒子の生成：ナノワイヤ成長からの遷移

高尾修平<sup>m</sup>、河野日出夫<sup>s</sup>、市川聡、竹田精治<sup>s</sup>

日本物理学会、2008 年秋季大会、岩手大学、2008 年 9 月

## 個々のナノチェーンの電気的ブレイクダウン

野上隆文<sup>m</sup>、河野日出夫<sup>s</sup>、大野裕、竹田精治<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会、岩手大学、2008 年 9 月

Pt/CeO<sub>2</sub> 触媒のガス中高分解能環境 TEM 観察吉田秀人<sup>s</sup>、河野日出夫<sup>s</sup>、秋田知樹、香山正憲<sup>s</sup>、春田正毅、竹田精治<sup>s</sup>

2009 年春季第 56 回応用物理学関係連合講演会、筑波大学、2009 年 3 月

## Fe 触媒微粒子形成とカーボンナノチューブ成長のその場環境 TEM 観察

大藤和人<sup>m</sup>、吉田秀人<sup>s</sup>、河野日出夫<sup>s</sup>、竹田精治<sup>s</sup>、本間芳和

2009 年春季第 56 回応用物理学関係連合講演会、筑波大学、2009 年 3 月

## SiC ナノワイヤにおける積層シーケンスの統計的性質

河野日出夫<sup>s</sup>、吉田秀人<sup>s</sup>、市川聡、竹田精治<sup>s</sup>

2009 年春季第 56 回応用物理学関係連合講演会、筑波大学、2009 年 3 月

## コンペイトウ型 SiC 微粒子の形成

高尾修平<sup>m</sup>、河野日出夫<sup>s</sup>、市川聡、江口竜将、矢田博英、正田薫、竹田精治<sup>s</sup>

2009 年春季第 56 回応用物理学関係連合講演会、筑波大学、2009 年 3 月

## 個々のシリコンナノチェーンの電気的ブレイクダウン

野上隆文<sup>m</sup>、河野日出夫<sup>s</sup>、市川聡、大野裕、米永一郎、竹田精治<sup>s</sup>

2009 年春季第 56 回応用物理学関係連合講演会、筑波大学、2009 年 3 月

書籍等の出版 , 日本語の解説記事

**Self-Organized Nanowire Formation of Si-Based Materials**

Hideo Kohno<sup>s</sup>

A book chapter in "One-Dimensional Nanostructures", Lecture Notes in Nanoscale Science and Technology , Vol. 3, Wang, Zhiming M. (Ed.) Springer New York, 2008. pp.61-78.

## 1.12 素粒子理論グループ

### 平成20年度の研究活動概要

#### ゲージ・ヒッグス統合理論

標準理論で唯一見つかっていないのがヒッグス粒子である。このヒッグス粒子は2009年秋より再開されるLHCの実験で発見されると予想される。標準理論では、電弱対称性を破るためにヒッグス場が導入され、曖昧性、任意性が残る。細谷は1983年余剰次元が単連結でない時空上でのゲージ理論では、余剰次元におけるアハロノフ・ボーム (AB) 位相の量子効果によりゲージ対称性が自発的に破れうることを示した。これは細谷メカニズムと呼ばれる。

近年、この細谷メカニズムを電弱統合理論に適用する試みがなされている。現実的なモデルとして、5次元Randall-Sundrum(RS)ワープ空間で $SO(5) \times U(1)$ ゲージ理論を考える。4次元ヒッグス場は、5次元ゲージ場 $A_M$ の5次元目の成分の中にふくまれる。ゲージ場とヒッグス場の相互作用については、2006年から2007年にかけて明らかにされてきたが、クォーク・レプトンの部分は不明であった。

そこで、細谷、尾田、大沼、阪村は、クォークが入った現実的な $SO(5) \times U(1)$ モデルを構築した。クォークは $SO(5)$ 群の5表現として導入される。RS空間のPlanck brane上で、brane fermionも導入され、低エネルギーで標準理論で観測される粒子だけが現れるようになる。驚くべきことに、トップ・クォークの寄与が重要になり、細谷メカニズムにより、電弱対称性が自発的に破れることが示された。余剰次元でのAB位相 $\theta_H$ がちょうど $\frac{1}{2}\pi$ でeffective potential  $V_{\text{eff}}$ が最小になる。(図1.15参照)このモデルではヒッグス粒子の質量は $m_H \sim 50 \text{ GeV}$ と预言される。 $ZZH$  ( $H$ は4次元ヒッグス場)の結合定数は、 $\theta_H = \pm\frac{1}{2}\pi$ で零になり、LEP2実験から来る制限とは矛盾しない。

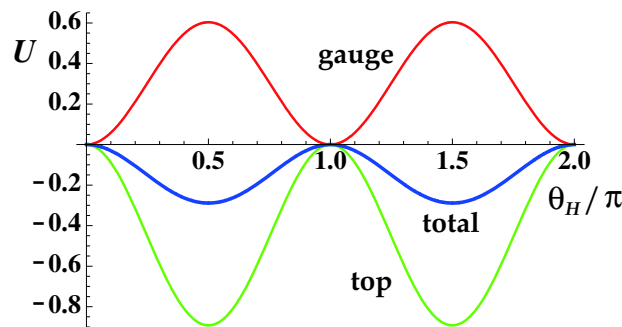


図 1.15: Effective potential  $V_{\text{eff}}(\theta_H)$ .

細谷と小林は、このモデルでのクォークの波動関数を厳密に決め、ヒッグス場との結合について詳細にしらべた。トップ・ボトム・クォークの質量は細谷メカニズムにより正しく再現されるが、それらの湯川結合は標準理論から大きくずれる。トップ・クォークの湯川結合を $\theta_H$ の関数として図1.16に図示してある。 $\theta_H = \pm\frac{1}{2}\pi$ で湯川結合は厳密に零になる。これ



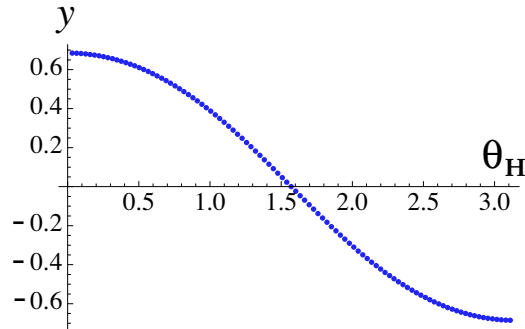


図 1.16: トップ・クォークの湯川結合.

らのことは、将来 LHC で検証できる。4 次元ヒッグス場  $H$  と  $W, Z$  ボソン、フェルミオンの低エネルギーでの有効相互作用は、 $\hat{\theta}_H = \theta_H + (H/f_H)$  ( $f_H = 246$  GeV) を使って

$$\mathcal{L}_{\text{eff}} = -V_{\text{eff}}(\hat{\theta}_H) - m_W(\hat{\theta}_H)^2 W_\mu^\dagger W^\mu - \frac{1}{2}m_Z(\hat{\theta}_H)^2 Z_\mu Z^\mu - \sum_f m_f(\hat{\theta}_H)\bar{\psi}_f\psi_f$$

と表されることも示された。ここで  $V_{\text{eff}}(\hat{\theta}_H)$  etc. は  $\hat{\theta}_H$  の周期関数である。

### Two-Higgs doublet model における輻射補正の研究

最近の Tevatron のデータ解析の update では、top quark の質量は 172.6 GeV と報告されている。この事実と W-boson の質量 (80.403 GeV)、ならびに標準模型での Higgs boson の質量の下限 (114.4 GeV) が、輻射補正を考慮した場合に許容範囲なのかどうか、現在多くの人々が注目している。窪田は、標準模型では、これらデータの相互無矛盾性がすでに厳しくなっていることから、福来正孝 (東大宇宙線研究所) と共同で標準模型を拡張した two-Higgs doublet model (THDM) での輻射補正を調べた (arXiv:0807.1968 [hep-ph])。現在の実験データと矛盾しない THDM のパラメータ領域に、特徴的なパターンがあることを指摘した。

### 荷電レプトンの質量公式を手がかりとする物質基本粒子の質量の起源

平成 20 年度は、科学研究費補助金による研究「荷電レプトンの質量公式を手がかりとする物質基本粒子の質量の起源」(代表：小出義夫)の最終年度にあたり、それにふさわしい研究の大きな進展があった。標準模型では、物質の究極基本粒子であるクォークとレプトンの質量スペクトルと混合は、湯川結合定数  $Y_f$  ( $f = u, d, e, \nu$ ) に起因する。 $Y_f$  は 3 行 3 列の行列で表示されるので、1 つの  $Y_f$  は、複素数とすると、18 個の数値によって記述される。単純計算では、標準理論には  $18 \times 4 = 72$  個の基本定数が含まれていることになる。基本理論にこんなに沢山の基本定数が含まれているとは考えがたい。小出は、この湯川結合定数は、実は「定数」ではなく、あるスカラー粒子の真空期待値に起因するという考えに基づ

いて、一連の研究を進めてきた。(この研究の過程において、ニュートリノ混合とアップ・クォーク質量行列とのある種の関連を見いだしたことは特筆に値する。)  $Y_f$  を真空期待値と見なすこのアイデアは、10月には、そのスカラー粒子を「ユカワオン」と名付け、「ユカワオン模型」として定式化されることに成功した。すなわち、 $Y_f$  はもはや基礎理論における「定数」ではなく、原理的には、力学的に計算可能な量として、定式化されることとなった(この模型は、「ユカワオン模型の構築と TeV 領域物理での探求」という新たな研究課題(代表: 小出義夫)として、平成 21 年度からの科学研究費補助金に採択された。) また、小出はユカワオン模型にこだわらない一般的立場でのニュートリノ質量行列についての研究をも平行して行って来た。

### 線分上の新しい5次元大統一理論

波場は、余剰次元理論において、線分上の新しい5次元大統一理論の構成をし調査しました。一例として、超対称性  $SO(10)$  模型を分析しました。ここでは、ゲージ多重項が5次元パルクに広がり、 $SO(10)$  ゲージ群は境界状態を通して直接スタンダード・モデルゲージ対称性に落ちます。この機構は、今まで知られたオービフォールド・コンパクト化では不可能でした。そして、ヒッグズ場の余剰次元での配位に依存して、現象論的に4つのシナリオが可能です。また、このセットアップで、現象論的解析(ゲージカップリングの統一可能性やトッパーボトム・タウ湯川相互作用の統一の可能性、そして、陽子崩壊の可能性)を行いました。次に、超対称性の破れに関して、超重力理論の枠組みで、Intriligator – Seiberg – Shih によって提案された超対称性の破れのモデルを解析しました。この研究は、超重力理論においては宇宙項を小さくする条件を課すと R 対称性対称が破れることに注目したもので、余分な相互作用を要求しない、簡単で自然なセットアップにおいて、超対称性が好ましい条件で破れることが分かりました。予言として、フェルミオンの超対称性粒子は、ゲージボソンの超対称性粒子よりも重くなることが挙げられます。また、これらの粒子の質量の比が決まると、ゲージ相互作用がどのくらい高エネルギーで強結合に成るかも決定されることが分かりました。

### フレーバー物理，宇宙初期のニュートリノ，ゲージ・Higgs 統一模型

田中は素粒子物理の理論的な研究を行っています。素粒子の標準模型を越える新しい物理を実験家達と協力して実証的に確立することが研究の目的です。本年度は主に、B 中間子を中心としたフレーバー物理，宇宙初期のニュートリノ，ゲージ・Higgs 統一模型について研究を行ないました。

フレーバー物理に関しては、 $B_s$  混合などから示唆される新しい物理の可能性についてしらべました。さらに、現在の B ファクトリーのアップグレードとして考えられているスーパー B ファクトリーで、どのような物理が可能であるか検討しました。

宇宙初期のニュートリノについては、ニュートリノがフレーバーに依存した化学ポテンシャルを持つ場合に、ニュートリノの密度行列の時間発展を記述する方程式に対する非線

形・非局所な寄与を有限温度の場の理論を用いて導きました．図 1.17 にこの寄与を表すファインマン図を示します．

また，ゲージ・Higgs 統一模型では，Higgs 粒子が安定になり，宇宙の暗黒物質となる可能性について調べました．

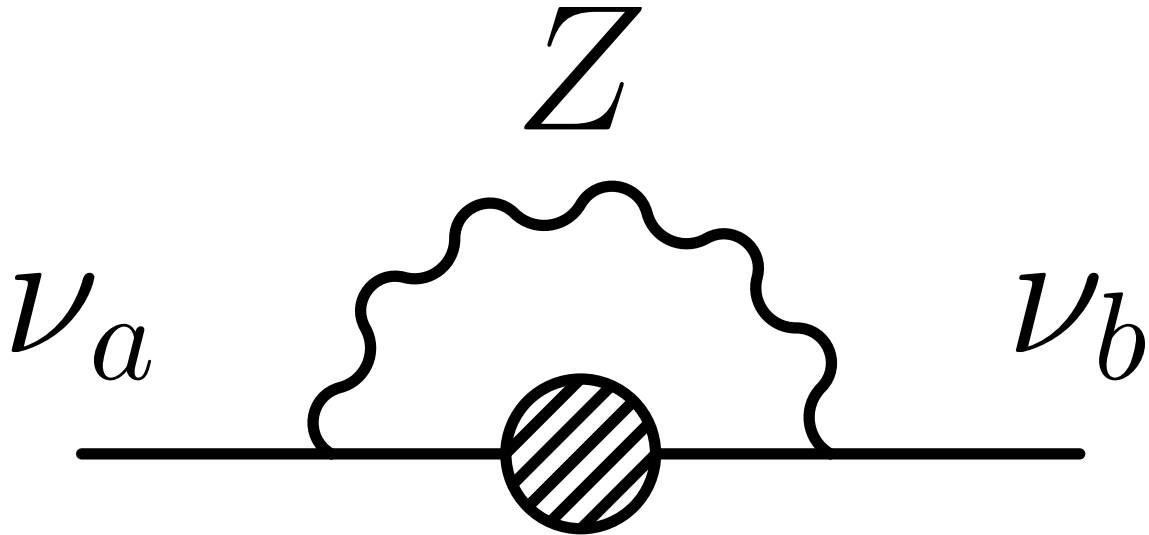


図 1.17: ファインマン図

### ゲージ理論や弦理論など無限自由度の量子系が持つ数理的構造

中津は素粒子物理学に現れるゲージ理論や弦理論など無限自由度の量子系が持つ数理的構造を，ヤング図形 (整数の分割) などの組合せ論的な対象と KdV 方程式や戸田格子に代表されるソリトン・可積分系の手法を用いて調べている． $\mathcal{N} = 2$  超対称ゲージ理論のサイバーク・ウィッテン厳密解の背後にランダム平面分割と呼ばれる組合せ論のモデルが存在することが明らかになりつつある．ヤング図形を用いて整数の分割が視覚化できるのと同様，平面分割は立体ヤング図形を用いて視覚化できる．このモデルをランダム立体ヤング図形とみなすと，3次元結晶溶解のモデル化である．実際，非負整数の2次元的な配列

$$\pi = \begin{pmatrix} \pi_{11} & \pi_{12} & \cdots \\ \pi_{21} & \pi_{22} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \ddots \end{pmatrix}$$

であって，任意に1つの列もしくは段を固定したとき，そこに現れる配列が分割となるものが平面分割である．平面分割  $\pi$  に対応する立体ヤング図形は配列の  $\pi_{ij}$  の場所に  $\pi_{ij}$  個の単位立方体を垂直方向に重ねて置いたものである．ランダム平面分割の熱力学極限は  $\mathbb{R}^4 \times S^1$  上の超対称ゲージ理論の厳密解を再現し，特に，厳密解のプレポテンシャルは熱平均した立体ヤング図形の体積に他ならない． $S^1$  の半径を0とする極限でサイバーク・ウィッテン厳密

解が得られる。熱力学極限で現れるサイバーク・ウィッテン曲線に付随するアメーバとその超離散化 ( $S^1$  の半径を無限大にする極限に相当) を用いるゲージ理論と3次元カラビ・ヤウ多様体のトーリック幾何の間の対応の構成。また、ランダム平面分割の隠れた対称性が非可換トーラスのリー代数であることを示し、ランダム平面分割が戸田格子の可積分構造を持つことを明らかにした。

### ブラックホール・ワープ空間の物理

尾田は、木下、向山、中村と共に強結合  $\mathcal{N} = 4$  超対称ヤンミルズ理論のプラズマのビョルケン流れのホログラフィック双対を提唱した。双対な幾何においてエディントン・フィンケルシュタイン型の座標を採用し、後時間展開を提唱した。

また、須山、横井と共に、5次元重力作用に外場を入れた拡張を提案し、ランドール・サンドラム模型の負の張力のブレーンを勝手になめらかにできるようにした。この作用が重力に結合した微分4形式補助場の模型から導けることを示した。さらに我々の模型の、タキオン凝縮との関係におけるさらなる一般化を示した。

また、松尾と共に、二つの軽い弦の超高エネルギー散乱からの、有限の角運動量を持つ非常に励起された弦の生成断面積を求めた。我々は、断面積が角運動量と衝突径数のパラメタ空間のある領域で幾何的なふるまいを示すことを発見した。

### tri-bimaximal 世代混合

高橋は、近年提案された Friedberg-Lee (FL) 対称性の枠組みにおいて tri-bimaximal 世代混合の実現について議論した。

この対称性は、フェルミオン場に対するある種の並進対称性である。ニュートリノ場の各世代に対する均一な並進の対称性は、tri-bimaximal 世代混合を導くためのニュートリノ質量行列を部分的に実現することができるが、実験的に許されるニュートリノ質量スペクトルを実現するためには、それらは改善されなければならない。本研究において、第一に、その均一性の破れは、導かれるニュートリノ質量行列の構造に対して重要であることを指摘した。そして、その FL 対称性を  $\mu - \tau$  対称な構造を導くもの (“twisted FL 対称性”) へと再構成した。

この twisted FL 対称性に基づき、実験と無矛盾なニュートリノ質量スペクトル、tri-bimaximal 世代混合の実現に向け、2つの可能なスキームを提案した。第一のスキームは、FL 対称性の均一性を twisted FL 対称性を保ちつつ破るものである。第二のスキームでは、 $S_3$  対称性に基づき、twisted FL 対称な項が  $S_3$  対称性を破る効果として導入された。また、それぞれのスキームにおける実現可能な幾つかの模型が議論された。

### コレクティブ対称性の破れに対する UV コンプリーションの演算子について

二次発散の問題は素粒子の標準模型に於ける基本的な問題の一つである。量子ループ補正の構造はスカラーとフェルミオンとで異なる。フェルミオンの自己エネルギーはフェルミオ

ンの質量に比例し、次元勘定から 1 ループで対数発散だけがある。フェルミオンが二次発散をせずに済むのはカイラル対称性の為である。スカラー場は標準模型でその様な対称性を持たない。従って対称性の原理をスカラー場に応用することは標準模型を超える物理を理解するための一つの手掛かりである。対称性の原理を持って二次発散をなくすには何もスカラーと違うスピンを持つ場の対称性に頼る必然性はない。スカラー場が破られる大域的対称性の南部ゴールドストーンボゾンだったなら、それは質量ゼロで、これがリトルヒッグスのシナリオに結びついている。このシナリオでコレクティブ対称性の破れという性質が二次発散を妨げる。

最近リトルヒッグスシナリオに対する弱結合理論による UV コンプリーションが提案されて、その模型で幾つかの有効相互作用項が顕わに与えられている。二次発散が起らない高エネルギー理論の可能性を追求するなら、相互作用項は徹底的に調べられるべきである。植草は、コレクティブ対称性の破れが働く模型の UV コンプリーションの候補としての高いエネルギーのゲージ理論でスカラー場とゲージ場の有効相互作用項を全て求めた。それによりヒッグス場の質量にゲージ場の 1 ループで二次発散がでないことを確かめた。また、ゲージ対称性の破れのパターンが余剰次元に関する境界条件に因るとして、それが高次元ゲージ変換の性質と矛盾なく定義できることも見つけた。

### $R \times S^3$ 上の $\mathcal{N} = 4$ 超対称 Yang-Mills 理論の行列正則化

$R \times S^3$  上の  $\mathcal{N} = 4$  超対称 Yang-Mills 理論は AdS/CFT 対応における典型的なゲージ理論である。AdS/CFT 対応を証明するためにはゲージ理論の強結合領域の解析が必要であるが、行列正則化は数値計算などによってそれを可能にするかもしれない。

ゲージ/重力対応は、弦理論の新たな定式化を与える手法として注目されている。 $\mathcal{N} = 4$  Super Yang-Mills (SYM) 理論は、この対応を通じて、 $AdS_5 \times S^5$  上の IIB 型超弦理論を記述していると期待されている。しかしながら、この対応の一般的な証明を与えるためには、 $\mathcal{N} = 4$  SYM 理論の強結合領域の解析が必要であり、これは非常に困難である。格子正則化は、場の理論の強結合領域を解析するための有力な手段の一つであるが、 $\mathcal{N} = 4$  SYM 理論の持つ多くの超対称性を保つような格子理論は、現在までところ構成されていない。

そこで石井、伊敷、島崎は土屋と共にラージ  $N$  リダクションの概念に注目した。これは「 $U(N)$  Yang-Mills 理論は、ラージ  $N$  極限において、その次元簡約によって得られる行列模型によって記述される」という、ゲージ理論と行列模型の間の等価性である。この等価性に基づき、plane wave 行列模型 (PWMM) を用いた、 $R \times S^3$  上の planar  $\mathcal{N} = 4$  SYM 理論の正則化を提唱した。この正則化においては、PWMM の行列のサイズが  $S^3$  上の運動量のカットオフを与えるが、カットオフを導入しているにもかかわらず、ゲージ対称性と  $SU(2|4)$  対称性 (16 個の超対称性を含む) という高い対称性を保つことができる。

ラージ  $N$  リダクションの  $S^3$  への拡張を用いて  $R \times S^3$  上の  $\mathcal{N} = 4$  超対称 Yang-Mills 理論が plane wave matrix model のある background 周りの理論で記述できることを主張し、摂動論の範囲ではあるが、その妥当性を確認した。plane wave matrix model は massive な理論であること、また、多くの超対称性を保つということは従来の格子正則化とは大きく異なり、この方法が非常に優れている点である。

この方法を用いて、有限温度、弱結合領域での  $R \times S^3$  上の planar  $\mathcal{N} = 4$  SYM 理論の解析を行った。この理論にはラージ  $N$  極限において 1 次相転移が存在することが知られている。我々はこの相転移を、PWMM を用いて完全に再現した。この結果は、我々の方法の有効性を示しており、今後、 $\mathcal{N} = 4$  SYM 理論の強結合領域の解析において、この方法の応用が期待される。

伊敷と島崎は、太田、土屋との共同研究で、 $S^3$  上の Chern-Simons 理論から次元還元によって得られる行列模型について研究した。特に、その行列模型の分配関数のあるセクターが  $S^2$  上の Yang-Mills 理論の分配関数を再現することを示した。我々は以前の研究で、ラージ  $N$  リダクションの観点から、これら 3 つの理論が関係していることを作用レベルで示したが、今回はその関係の一部を分配関数レベルで示したことになる。 $S^3$  上の Chern-Simons 理論や  $S^2$  上の Yang-Mills 理論は topological な理論として知られており、このような理論へのラージ  $N$  リダクションの適用は初めてである。さまざまなトポロジカルな不変量がラージ  $N$  リダクションを通して行列模型で見ることができるとは非常に興味深く、これからの課題の一つである。

### 3 次元ブラックホール解と Kerr/CFT 対応

堀田は、最近の「Kerr/CFT 対応」の議論を拡張して、bulk の extremal ブラックホール時空とその境界上の 2 次元の場の理論についての「ゲージ/重力対応」があることを直接的に示した。具体例である M5 系 (D0-D4 系) は、5 次元超重力理論を介して有効的に 3 次元の理論と見なせるが、そこでの Hamilton-Jacobi 方程式が境界上の 2 次元理論のくりこみ群の式と解釈できることを確認した。またその式が、重力理論で知られた「アトラクター方程式」と等価であることも明らかとなった。

堀田、百武、窪田、西中、谷田は、スカラー場と結合した 3 次元重力理論において、無限遠とホライズンでのみ AdS3 時空を実現する、新しいブラックホール解を構成した。実際 Brown-Henneaux の正準形式を用いて、それぞれの境界上に Virasoro 代数を満たす 2 次元 CFT が存在するを示し、また de Boer-Verlinde-Verlinde による Hamilton-Jacobi の手法により、それらをつなぐくりこみ群の flow を重力側から定義することに成功した。これは弦理論や超対称性によらず、ゲージ/重力対応が成り立つことの直接の証明であると言える。

3 次元重力理論には Brown-Henneaux が示したように、その境界には Virasoro 代数を満たす 2 次元 CFT が存在する。堀田、百武、窪田、谷田は彼らの正準形式による手法を拡張し、重力 Chern-Simons 項を含む全ての高階微分項を考慮した 3 次元重力理論において、やはり境界に Virasoro 代数が存在することを直接的に確かめた。ただしその central charge は重力 Chern-Simons 項のために left-right でずれる結果となった。またそこから導かれる CFT のエントロピーとブラックホールのエントロピーが高階微分の補正も含めて厳密に一致することを、M5 系 (D0-D4 系) の例などをあげて示した。

### 学術雑誌に出版された論文

All orders analysis of three dimensional CP\*\*(N-1) model in 1/N-expansion.  
Kiyoshi Higashijima, Takahiro Nishinaka (Osaka U.)<sup>s</sup>

e-Print: arXiv:0804.3506 [hep-th] (April,2008)

**Brown-Henneaux's Canonical Approach to Topologically Massive Gravity.**

Kyosuke Hotta, Yoshifumi Hyakutake, Takahiro Kubota, Hiroaki Tanida (Osaka U.)<sup>s</sup>  
JHEP 0807:066 (May,2008) 066-094

**Dynamical Electroweak Symmetry Breaking in  $SO(5) \times U(1)$  Gauge-Higgs Unification with Top and Bottom Quarks.**

Y. Hosotani, K. Oda, T. Ohnuma (Osaka U.) , Y. Sakamura (Wako, RIKEN)<sup>s, c</sup>  
Phys.Rev.D78:096002-1-16 (Jun.2008)

**$N=4$  Super Yang-Mills from the Plane Wave Matrix Model.**

Takaaki Ishii (Osaka U.) , Goro Ishiki (Osaka U. and KEK,Tsukuba) , Shinji Shimasaki (Osaka U.) , Asato Tsuchiya (Shizuoka U., Ohya)<sup>s</sup>  
Phys.Rev.D78 (July,2008)106001-1-39

**A Holographic Dual of Bjorken Flow.**

Shunichiro Kinoshita (Tokyo U.) , Shinji Mukohyama (Tokyo U.,Tokyo U. and IPMU) , Shin Nakamura (CQUeST, Seoul) , Kin-ya Oda (Osaka U.)<sup>s</sup>  
Prog.Theor.Phys(2009)121-164

**Geometric cross sections of rotating strings and black holes.**

Toshihiro Matsuo (Tsukuba U.,GSPAS and Tsukuba U.) , Kin-ya Oda (Japan Research Inst.,Osaka U.)<sup>s</sup>  
Phys.Rev.D79(2009)026003-1-11

**Deconfinement phase transition in  $N=4$  super Yang-Mills theory on  $R \times S^{*3}$  from supersymmetric matrix quantum mechanics.**

Goro Ishiki (Osaka U. and KEK,Tsukuba) , Sang-Woo Kim (CQUeST, Seoul) , Jun Nishimura (KEK, Tsukuba and Tsukuba,Graduate U. Adv.Studies) , Asato Tsuchiya (Shizuoka U., Ohya)<sup>s</sup>  
Phys.Rev.Lett.102(2009)111601-1-4

**Smoothing out Negative Tension Brane.**

Kin-ya Oda (Osaka U.) , Takao Suyama (Seoul Natl. U.) , Naoto Yokoi (Tokyo U.)<sup>s</sup>  
Phys.Lett.B675(2009)455-459

**Operators in ultraviolet completions for collective symmetry breaking.**

Nobuhiro Uekusa (Osaka U.)<sup>s</sup>  
Phys.Rev.D79(2009)085010-1-13

**Tri-Bimaximal Mixing from Twisted Friedberg-Lee Symmetry.**

Takeshi Araki (Taiwan, Natl. Tsing Hua U.) , Ryo Takahashi (Osaka U.)<sup>s</sup>  
e-Print: arXiv:0811.0905 [hep-ph](Nov.2008)

**The CFT-interpolating Black Hole in Three Dimensions.**

Kyosuke Hotta, Yoshifumi Hyakutake, Takahiro Kubota, Takahiro Nishinaka, Hiroaki Tanida (Osaka U.)<sup>s</sup>  
JHEP 2009(No.01,2009)010-031

**Two-Dimensional Gauge Theory and Matrix Model.**

Goro Ishiki (Osaka U.,KEK, Tsukuba) , Kazutoshi Ohta (Tohoku U.) , Shinji Shimasaki (Osaka U.) , Asato Tsuchiya (Shizuoka U., Ohya)<sup>s</sup>  
Phys.Lett.B672(2009)289-293

**Yukawa Couplings and Effective Interactions in Gauge-Higgs Unification.**

Yutaka Hosotani, Yoshikazu Kobayashi (Osaka U.)<sup>s</sup>  
Phys.Lett.B674(2009)192-196

**Observable Seesaw and its Collider Signatures.**

Naoyuki Haba (Osaka U.) , Shigeki Matsumoto (Toyama U.) , Koichi Yoshioka (Kyoto U.)<sup>s</sup>  
Phys.Lett.B677(2009)291-295

**Holographic RG flow dual to attractor flow in extremal black holes.**

Kyosuke Hotta (Osaka U.)<sup>s</sup>  
Phys.Rev.D79(2009)104018-104028

**Tri-bimaximal Mixing from Cascades**

Naoyuki Haba,R.Takahashi(Osaka U.),M. Tanimoto(Niigata U.)<sup>s</sup>  
Phys.Rev.D78(2008)113002-1-12

**Dynamical Rearrangement of Theta Parameter in Presence of Mixed Chern-Simons Term**

Naoyuki Haba(Osaka U.),Y.Kawamura(Shinshu U),K.Oda(Osaka U.)<sup>s</sup>  
Phys.Rev.D78(2008)085021-1-7

**Effective Potential of Higgs Field in Warped Gauge-Higgs Unification**

Naoyuki Haba(Osaka U.),S. Matsumoto(Toyama U), N. Okada(KEK), T. Yamashita(Nagoya U.)<sup>s</sup>



Prog.Theor.Phys.120(2008)77-98

**Meta-stable SUSY Breaking Model in Supergravity**

Naoyuki Haba(Osaka U.)<sup>s</sup>

JHEP 0803(2008),059-1-13

**F-term Induced Flavor Mass Spectrum**

Naoyuki Haba,Y.Koide(Osaka U.)<sup>s</sup>

JHEP 0806(2008),023-1-12

**New Origin of a Bilinear Mass Matrix Form**

Naoyuki Haba,Y.Koide(Osaka U.)<sup>s</sup>

Phys.Lett.B659(2008),260-264

**Vanishing dimension five proton decay operators in the SU(5) SUSY GUT**

Naoyuki Haba(Osaka U.),T. Ota(Wurzburg) U<sup>s</sup>

Acta Phys.Polon.B39(2008),1901-1912

**New contribution to dimension five operators on proton decay in anomaly mediation scenario**

Naoyuki Haba(Osaka U.),N. Okada(KEK),Y.Sakamura(Wako, RIKEN), T.Yamashita(Nagoya U)<sup>s</sup>

Europhys.Lett.82(2008)61001-1-5

**iGUT: Grand Unified Theory on Interval**

Naoyuki Haba(Osaka U.),Y.Sakamura(Wako, RIKEN), T.Yamashita(Nagoya U)<sup>s</sup>

JHEP 0806(2008),044-1-34

**Decoupling supersymmetry / Higgs without fine-tuning**

Naoyuki Haba(Osaka U.),N.Okada(KEK)<sup>s</sup>

Acta Phys.Polon.B39(2008),2921-2930

**国際会議報告等**

**Electroweak Gauge-Higgs Unification Scenario.**

Yutaka Hosotani(Osaka U.)<sup>s,\*</sup>

AIP Conf.Proc.1078:150-155, 2009. The 16th International Conference on Supersymmetry and the Unification of Fundamental Interactions(SUSY08), Seoul, Korea,16-21 Jun,2008

**Tri-bimaximal mixing from cascades**Ryo Takahashi(Osaka U.)<sup>s,\*</sup>

AIP Conf.Proc.1078:382-384, 2009. The 16th International Conference on Supersymmetry and the Unification of Fundamental Interactions(SUSY08), Seoul, Korea,16-21 Jun,2008.

**Dynamical Electroweak Symmetry Breaking in  $S0(5) \times U(1)$  Gauge-Higgs Unification in the Randall-Sundrum Warped Space.**Yutaka Hosotani(Osaka U.)<sup>s,\*</sup>

Proceedings of the 18th Particles and Nuclei International Conference (PANIC 08), Eilat, Israel, 9-14 Nov., 2008 (ed.I.Tserruya,A.Gal,D.Ashery) p.880-882.

**国際会議における講演等****Empirical Neutrino Mass Matrix Related to Up-Quark Masses**Y.Koide<sup>s,\*</sup>

Talk given at the The XXIII International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics (at Christchurch,New Zealand, May 25-31,2008).

**Electroweak Gauge-Higgs Unification Scenario**Yutaka Hosotani<sup>s</sup>

Talk given at the 16th International Conference on Supersymmetry and the Unification of Fundamental Interactions(SUSY2008) (Seoul, Korea, June 16-21,2008) 2003, 参加者数約 250 名).

**Tri-bimaximal mixing from cascades**Ryo Takahashi<sup>s</sup>

Talk given at the 16th International Conference on Supersymmetry and the Unification of Fundamental Interactions(SUSY2008) (Seoul, Korea, June 16-21,2008, 参加者数約 250 名).

**A nonperturbative definition of N=4 SYM by the plane wave matrix model**Shinji Shimasaki<sup>s</sup>

Talk given at the 16th International Conference on Supersymmetry and the Unification of Fundamental Interactions(SUSY2008) (Seoul, Korea, June 16-21,2008, 参加者数約 250 名).

**Empirically Consistent Electroweak Radiative Corrections with the two-Higgs Doublet Model**

Masataka Fukugita(Tokyo U.,ICRR and Tokyo U.),Takahiro Kubota(Osaka U. and KEK,

Tsukuba<sup>s</sup>

July,2008

**Brown-Henneaux 's Canonical Approach to Topologically Massive Gravity**

Yoshifumi Hyakutake<sup>s</sup>

Talk given at the FocusWeek on Quantum Black Holes (IPMU Tokyo U., Japan, Sep. 12-16, 2008, 参加者数約 80 名).

**Dynamical Electroweak Symmetry Breaking in  $SO(5) \times U(1)$  Gauge-Higgs Unification in the Randall-Sundrum Warped Space**

Yutaka Hosotani<sup>s</sup>

Talk given at PANIC08: International Conference on Particles And Nuclei (Eilat, Israel, Nov. 9-14, 2008, 参加者数約 300 名).

**Neutrino Mass Matrix Related to Up-Quark Masses and Nearly Tribimaximal Mixing – Based on a Yukawaon model**

Yoshio Koide<sup>s</sup>

Talk given at Particle Physics, Astrophysics and Quantum Field Theory: 75 Years Since Solvay (Nanyang Executive Center, Singapore, Nov.27-29,2008, 参加者数約 500 名).

**The lightest Higgs boson mass in effective field theory with bulk and brane SUSY breaking**

Nobuhiro Uekusa<sup>s</sup>

Talk given at The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics Workshop "Signaling the Arrival of the LHC Era", (Trieste, Italy, Dec.8-13, 2008, 参加者数約 100 名).

**Aharonov-Bohm Effect and Gauge-Higgs Unification**

Yutaka Hosotani<sup>s</sup>

Talk given at Sapporo Winter School 2009 (Hokkaido,Japan,Jan.8-9,2009, 参加者数約 100 名).

**Bulk Scalar with Brane Potential**

Ryo Takahashi<sup>s</sup>

Talk given at the Progress in Particles Physics 2008(Kyoto,Japan,Feb.16-19,2009, 参加者数約 70 名).

日本物理学会，応用物理学会等における講演

ゲージ・ヒッグス統合理論 基礎と現状

細谷 裕<sup>s,\*</sup>

第36回 北陸信越地区素粒子論グループ合宿研究会（立山, 富山, 2008年5月23日 - 5月25日）

5次元ブラックホールによる4次元クォーク・グルーオン・プラズマ（流体）の物理

尾田 欣也<sup>s,\*</sup>

第36回 北陸信越地区素粒子論グループ合宿研究会（立山, 富山, 2008年5月23日 - 5月25日）

ニュートリノ質量模型：これまでとこれから

小出義夫<sup>s,\*</sup>

第22回「宇宙ニュートリノ」研究会（於東京大学宇宙線研究所, 2008年6月27日）

All orders analysis of three dimensional  $CP^{N-1}$  model in  $1/N$ -expansion

西中崇博<sup>s,\*</sup>

2008年度関西地域セミナー（於神戸大学, 2008年6月21日）

Brown-Henneaux's Canonical Approach to Topologically Massive Gravity

堀田暁介<sup>s,\*</sup>

基研研究会「量子場理論と弦理論の発展」（於京都大学基礎物理学研究所, 2008年7月28日-8月1日）

A nonperturbative definition of  $N=4$  super Yang-Mills in terms of the plane wave matrix model

島崎信二<sup>s,\*</sup>

基研研究会「量子場理論と弦理論の発展」（於京都大学基礎物理学研究所, 2008年7月28日-8月1日）

$AdS_3/CFT_2$  and Monstrous Moonshine

西中崇博<sup>s,\*</sup>

原子核三者若手夏の学校2008（於国立オリンピック記念青少年総合センター, 2008年8月19日-8月24日）

Flavor Symmetry and VEVs of Scalars

小出義夫<sup>s,\*</sup>

日本物理学会 2008年秋季大会（於山形大学, 2008年9月20日-23日）

**LHC でのブラックホール生成の可能性**尾田欣也 <sup>s,\*</sup>

素粒子実験領域合同シンポジウム「標準模型を超えた新物理学模型と加速器実験」日本物理学会 2008 年秋季大会（於山形大学,2008 年 9 月 20 日-23 日）

***AdS<sub>3</sub>/CFT<sub>2</sub> correspondence with scalar potential***堀田暁介 <sup>s,\*</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会（於山形大学,2008 年 9 月 20 日-23 日）

**All orders analysis of three dimensional  $CP^{N-1}$  model in  $1/N$ -expansion**西中崇博 <sup>s,\*</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会（於山形大学,2008 年 9 月 20 日-23 日）

 **$N = 1^*$  行列模型による 2 次元 BF 理論と 3 次元 Chern-Simons 理論の記述について**島崎信二 <sup>s,\*</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会（於山形大学,2008 年 9 月 20 日-23 日）

**Effective Higgs Interactions in Gauge-Higgs Unification and LHC Physics**細谷 裕 <sup>s,\*</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会（於立教大学,2009 年 3 月 27 日-30 日）

**GHU scenario on R-S spacetime with top and bottom quarks**小林由和 <sup>s,\*</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会（於立教大学,2009 年 3 月 27 日-30 日）

**南部先生のノーベル賞受賞業績について**細谷 裕 <sup>s,\*</sup>

「南部陽一郎氏ノーベル物理学賞受賞記念シンポジウム」日本物理学会第 64 回年次大会（於立教大学,2009 年 3 月 27 日-30 日）

**Top Yukawa Deviaion in Extra Dimension**高橋 亮 <sup>s,\*</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会（於立教大学,2009 年 3 月 27 日-30 日）

**Operators in UV completions for Electroweak collective symmetry breaking**植草宣弘 <sup>s,\*</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会（於立教大学,2009 年 3 月 27 日-30 日）

**Holographic RG flow of extremal black holes**堀田暁介 <sup>s,\*</sup>

日本物理学会第64回年次大会（於立教大学,2009年3月27日-30日）

**Holographic Renormalization Group with Gravitational Chern-Simons Term**

西中崇博<sup>s,\*</sup>

日本物理学会第64回年次大会（於立教大学,2009年3月27日-30日）

**書籍等の出版，日本語の解説記事**

「ゲージ理論の美しさからのヒント」

細谷 裕<sup>s</sup>

サイエンス社（2008年7月号）18-23

「物理のための リー群とリー代数」

窪田高弘<sup>s</sup>

サイエンス社（2008年9月25日出版 全192頁）

## 1.13 原子核理論グループ

### 平成 20 年度の研究活動概要

QCD 相転移はゼロバリオン化学ポテンシャルにおいてはクロスオーバーであり、有限化学ポテンシャルにおいて臨界点が存在すると考えられている。そして、その相転移の存在を実験的に確認することは、現在の高エネルギー原子核衝突実験における中心的課題の一つとなっている。そのために揺らぎの観測量は古くから重要な手段と考えられて来たが、揺らぎの観測量を用いた実験量の提案は多くは臨界点が二次相転移であるという事実を利用したものであり、高エネルギー原子核衝突における有限時間性や終状態相互作用の効果などを無視した議論に基づいてきた。我々は、バリオン数感受率や電荷感受率などの微分が相転移線を境に符号を変え、それらがバリオン数や電荷などの揺らぎの三次のモーメントの符号の変化として観測できるということを見出し、新たな相転移の観測手段として提案した。

量子色力学 (QCD) の基本自由度であるクォークとグルオンは、真空においては核子の内部に閉じ込められており単独で観測されることはない。その一方で、宇宙初期など高温の世界ではこれらの自由度が核子への閉じ込めから解放され、自由に動き回る状態が実現していたことが知られている。北沢は、このような高温状態におけるクォークの動的性質を格子 QCD によるモンテカルロシミュレーションを用いて解析した。この解析により、QCD の摂動論が破綻する比較的低温の世界においてもクォークが崩壊幅の小さい準粒子的な励起として振る舞うことが示されたほか、非摂動領域においてクォークが媒質効果により獲得する質量 (熱質量) の大きさを初めて定量的に予測した。

池田、佐藤は  $\bar{K}pp$  共鳴が存在する可能性を Faddeev 方程式を用いた解析により示した。 $\bar{K}pp$  共鳴のエネルギーは  $Y^*$  共鳴の模型に大きく依存するため、 $\bar{K}pp$  系の研究は  $\Lambda(1405)$  の構造を調べるツールともなることを示した。またその際、 $KNN - \pi YN$  のチャンネル結合を含めた 3 体問題解析の重要性と、従来の有効ポテンシャル近似の問題点が明かにされた。

$N^*$ ,  $\Delta$  などの核子共鳴は低エネルギーハドロン物理の理解に重要な役割を果たしてきた。最近の電子線、光子による高精度な実験データは遷移形状因子などの核子共鳴の構造に関する情報を与えようとしている。鈴木、佐藤は JLab Excited Baryon Analysis Center (EBAC) と協力して、 $W \sim 2\text{GeV}$  付近までの  $\pi N$ ,  $\gamma N \rightarrow \pi N$ ,  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$ ,  $\eta N$  を統一的に記述する模型を構築し、解析接続の方法により、共鳴極、共鳴の分岐比等共鳴パラメタを抽出する方法を開発した。この結果  $P_{11}(\text{Roper})$  共鳴は実は異なるエネルギーシートに属する 2 つの極により成り立っていることを明らかにした。

低エネルギー弱過程の精密測定は標準模型をこえる物理の兆候をとらえる重要なツールである。なかでも中性子のベータ崩壊による高精度の実験的研究がさまざまな実験施設で始まろうとしている。山中、佐藤、窪田は最小超対称性模型を用いて中性子ベータ崩壊の角度相関量をしらべ、最近の実験データから R パリティ非保存相互作用に対する制限が得られることを示した。

若松は、カイラル・クォーク・ソリトン模型の枠組みで、最も基本的な非偏極横方向運動量 ( $k_T$ ) 依存パートン分布に対する予言を与えた。Dirac の海クォークの非摂動論的な取り扱いにより、クォーク分布だけでなく、反クォーク分布に対しても信頼度の高い予言が与えられた。予言された平均 2 乗横運動量は、Bjorken 変数  $x$  に強く依存しており、解析の簡単化の

ためにしばしば使われる  $k_T$  分布と  $x$  分布への因子化の仮定は正当化されないことがわかった。また、反クォークに対する平均 2 乗横方向運動量の方が、クォークに対するそれよりも大きいという意外な結論も得られた。これらのユニークな予言は、近い将来の Drell-Yan 過程の観測などを通じて検証可能なはずである。

「核子スピンの謎」は未だ解かれていないハドロン物理最大の謎の一つである。若松は、一般化パートン分布に対する  $J_i$  の角運動量和則に基づき、核子中の  $u$ 、 $d$  クォークの軌道角運動量  $L^u$ 、 $L^d$  に対する模型に依存しない予言を与えた。解析の結果は、改良版 cloudy bag 模型に基づく Thomas の解析の結果とは著しく異なり、非摂動的 QCD の領域である低エネルギー・スケールでも、 $L^u - L^d$  が大きな負の量であることを示唆している。cloudy bag 模型を含む大方の標準的クォーク模型の予言とは全く相容れないこの事実は、「もう一つの核子スピンの謎」とでも言える不思議な謎を提出するものであり、それはゲージ理論の枠組みで、クォークの軌道角運動量を如何に定義するかという根元的な問題と関係している可能性が指摘された。

#### 学術雑誌に出版された論文

##### Transverse Velocity Dependence of the Proton-Antiproton Ratio as a Signature of the QCD Critical Point

M. Asakawa<sup>s</sup>, S.A. Bass, and B. Müller

Phys. Rev. Lett **101** (No. 12, September) (2008) 122302 1-4.

##### Dynamical coupled-channel model of pion photoproduction

B. Julia-Diaz, T. -S. H. Lee, A. Matsuyama, T. Sato<sup>s</sup> and L. C. Smith

Phys. Rev. C **77** (2008) 045205 1-9.

##### Coupled-channels study of the $\pi^- p \rightarrow \eta n$ process

J. Durand, B. Julia-Diaz, T. -S. H. Lee, B. Saghai and T. Sato<sup>s</sup>

Phys. Rev. C **78** (2008) 025204 1-12.

##### Phenomenological analysis of the nucleon spin contents and their scale dependence

M. Wakamatsu<sup>s</sup> and Y. Nakakoji<sup>d</sup>

Phys. Rev. D **77** (2008) 074011/1-15.

##### On the physics behind the form factor ratio $\mu_p G_E^p(Q^2)/G_M^p(Q^2)$

M. Wakamatsu<sup>s</sup> and Y. Nakakoji<sup>d</sup>

J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. **35** (2008) 125003.



**Chiral-odd generalized parton distributions, transversity decomposition of angular momentum, and tensor charges of the nucleon**

M. Wakamatsu

Phys. Rev. D79 (2009) 014033/1-14.

**国際会議報告等****A novel quasi-particle picture of massless and massive quarks coupled with a massive boson at finite temperature and its effect on the dilepton production rate**K. Mitsutani\*, M. Kitazawa<sup>s</sup>, T. Kunihiro, and Y. NemotoProg. Theor. Phys. Suppl. **174** (Proceedings of the YITP International Workshop/Symposium on Fundamental Problems in Hot and/or Dense Matter, Mar. 2008, 参加者数約 80 名), 262-265.**国際会議における講演等****QCD Critical Point and its Effects on Physical Observables — Schematic Consideration**M. Asakawa<sup>s,\*</sup>

Talk given at Hydrodynamics in Heavy Ion Collisions and QCD Equation of State (RBRC Workshop) (at Brookhaven National Laboratory, Upton, U.S.A., April 21-22, 2008, 参加者数約 80 名 ).

**Spectral Functions of One, Two, and Three Quark Operators in the Quark-Gluon Plasma**M. Asakawa<sup>s,\*</sup>

Talk given at Understanding QGP through Spectral Functions and Euclidean Correlators (RBRC Workshop) (at Brookhaven National Laboratory, Upton, U.S.A., April 23-25, 2008, 参加者数約 80 名 ).

**Baryonic Spectral Functions above the Deconfinement Phase Transition**M. Asakawa<sup>s,\*</sup>

Talk given at Lattice 2008 (at The College of William and Mary, Williamsburg, U.S.A., July 14-19, 2008, 参加者数約 300 名 ).

**Baryonic Spectral Functions at Finite Temperature**M. Asakawa<sup>s,\*</sup>

XQCD2008 (at North Carolina State University, Raleigh, U.S.A., July 21-23, 2008, 参加者数約 50 名).

### **QCD Critical Point and its Effect on Physical Observables**

M. Asakawa<sup>s,\*</sup>

Talk given at The QCD Critical Point (at Institute for Nuclear Theory, University of Washington, Seattle, U.S.A., July 28 - August 22, 2008, 参加者数約 100 名).

### **Fluctuation Probes and the Critical End Point**

M. Asakawa<sup>s,\*</sup>

Talk given at Initial Conditions in Heavy-Ion Collisions: QCD at high parton densities (at Goa, India, September 1-19, 2008, 参加者数約 60 名).

### **QCD Critical Point and Experimental Observables**

M. Asakawa<sup>s,\*</sup>

Talk given at International Conference on Strangeness in Quark Matter 2008 (at Tsinghua University, Beijing, China October 6-10, 2008, 参加者数約 200 名).

### **Lattice QCD — RHIC and LHC**

M. Asakawa<sup>s,\*</sup>

Talk given at Tamura Symposium “Heavy Ion Physics” (at the University of Texas at Austin, Austin, U.S.A., November 20 - November 22, 2008, 参加者数約 30 名).

### **Quark-(anti)quark Correlations above the Confinement-Deconfinement Phase Transition**

M. Asakawa<sup>s,\*</sup>

Talk given at Nagoya Mini-Workshop “Photons and Leptons in Hot/Dense QCD” (at Nagoya University, Nagoya, Japan, March 2 - March 4, 2009, 参加者数約 30 名).

### **strongly-coupled Quark Matter**

M. Kitazawa<sup>s,\*</sup>

Talk given at Second Asian Triangle Heavy-Ion Conference (ATHIC) (at University of Tsukuba, October 13-15, 2008, 参加者数約 100 名).

### **Diquark Excitations in Dense and Hot Quark Matter**

M. Kitazawa<sup>s,\*</sup>

Talk given at EMMI workshop, Quark-Gluon Plasma meets Cold Atoms (QGPMCA2008) (at GSI, Darmstadt, Germany, September 25-27, 2008, 参加者数約 40 名).

**Lattice QCD and Hot Quarks**M. Kitazawa<sup>s,\*</sup>

Talk given at Hot Quarks 2008 Workshop for Young scientists on the physics of ultrarelativistic nucleus-nucleus collisions (at Aspen Lodge, Estes Park, Colorado, USA, August 18-23, 2008, 参加者数約 100 名).

**Nucleon resonance and dynamical model of meson production reaction**T. Sato<sup>s</sup>

Talk given at workshop on Hadron Electromagnetic Form Factors (at ECT\*, Trento, Italy, May 12-23, 2008, 参加者数約 60 名).

 **$\bar{K}NN$  resonance and  $\bar{K}NN - \pi Y \Sigma$  coupled channel Faddeev equation**T. Sato<sup>s</sup>

Talk given at the Asia-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics (at Depok, Indonesia, August 19-23, 2008, 参加者数約 100 名).

**Extraction of resonance parameters from meson production reactions**T. Sato<sup>s</sup>

Talk given at Electromagnetic N-N\* Transition Form Factors Workshop (at Jefferson Lab, Newport News, USA, October 13-15, 2008, 参加者数約 50 名).

**Chiral-odd generalized parton distributions**M. Wakamatsu<sup>s</sup>

PKU-RBRC Workshop on Transverse Spin Physics, (at Beijing Univ., China, June 30 - July 4, 2008, 参加者約 80 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

**Pre-critical Phenomena of Color Superconductivity**北沢正清<sup>s,\*</sup>

日本物理学会第 63 回年次大会 (於近畿大学、2008 年 3 月 22 日 - 26 日)

ストレンジ・ダイバリオンの質量・崩壊幅の研究

池田陽一<sup>d</sup>、佐藤透<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於山形大学、2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

中間子生成反応における  $N^*$  電磁形状因子の研究

鈴木信彦<sup>d</sup>、佐藤透<sup>s</sup>、T.-S. H. Lee

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於山形大学、2008 年 9 月 20 日 - 9 月 23 日)

**On the two poles in the  $\bar{K}N - \pi\Sigma$  System**池田陽一<sup>d</sup>、鎌野寛之、佐藤透<sup>s</sup>

日本物理学会第64回年次大会（於立教大学，2009年3月27日 - 3月30日）

**D-parameter of the neutron beta decay within MSSM**山中長閑<sup>d</sup>、佐藤透<sup>s</sup>、窪田高弘<sup>s</sup>

日本物理学会第64回年次大会（於立教大学，2009年3月27日 - 3月30日）

**Electromagnetic form factor of nucleon resonance from meson production**鈴木信彦<sup>d</sup>、B. Julia-Diaz、鎌野寛之、T. -S. H. Lee、松山晶彦、佐藤透<sup>s</sup>

日本物理学会第64回年次大会（於立教大学，2009年3月27日 - 3月30日）

**陽子の電気・磁気形状因子比の  $Q^2$  依存性の物理的起源**中小路義彦<sup>d</sup>、若松正志<sup>s</sup>

日本物理学会第64回年次大会（於立教大学，2009年3月27日 - 3月30日）

**The nucleon spin contents and their scale dependence**中小路義彦<sup>d</sup>

KEK 研究会「核子の構造関数の新展開 2009」（KEK，2009年1月10日）

**Chiral-odd GPDs, transversity decomposition of angular momentum, and tensor charges of the nucleon**若松正志<sup>s</sup>

KEK 研究会「核子の構造関数の新展開 2009」（KEK，2009年1月10日）

**書籍等の出版，日本語の解説記事**

「高密度クォーク物質の強結合性とカラー超伝導」

北沢正清<sup>s</sup>

原子核研究 53, 50 (2009年発行).

## 1.14 赤井グループ

### 平成 20 年度の研究活動概要

#### 計算機マテリアルデザイン

第一原理に基づき電子の多体問題を高精度で解くことによって、物質とその構造が織りなす物性・機能を演繹することを量子シミュレーションと呼んでいる。量子シミュレーションを高度に使いこなすことによって、その逆問題である量子デザインを行うこともできる。量子シミュレーション・量子デザインの手法を開発するとともにこれらの手法を用いて、物質の個別性の起源を明らかにするとともに、新しい物質・構造をデザインすることを研究テーマの一つにしている。

1. ハーフメタリック反強磁性体の探索 .
2. 金属・半導体の光学伝導度の第一原理計算 .
3. ハーフメタリック反強磁性体を用いた GMR 構造の電気伝導 .
4.  $\text{Ni}(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_2$  の金属絶縁体転移近傍の電子状態と反強磁性 .
5. カーボンナノチューブの電子状態 .
6. 永久磁石  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_3$  への不純物添加効果の第一原理計算 .
7.  $\text{YMn}_2$  の電子状態と磁性 .

#### 第一原理計算手法の開発

KKR グリーン関数法は第一原理電子状態計算のための強力手法の一つである。グリーン関数が第一原理の基づいて直接計算できるための、種々の応用が開けている。この手法を利用した以下の計算手法の開発を進めた。

1. 遮蔽グリーン関数法による伝導率計算 .
2. オーダー N フルポテンシャル KKR 法の開発 .
3. KKR 法と久保・Greenwood 公式を組み合わせた輸送現象の計算手法 .
4. KKR-Green 関数法による光学伝導の第一原理計算手法の開発 .
5. 最適化有効ポテンシャル法による厳密交換項と RPA 計算 .

## アンダーソン局在

In a strongly disordered system, the nature of the electronic states can be quite different from that in a crystal or weakly disordered system. If the disorder is sufficiently strong, the electronic states become localised and can no longer support a DC electric current at zero temperature. This phenomenon is called Anderson localisation and the transition between the insulating and conducting states is called the Anderson transition. Traditional theoretical analysis of disordered systems is difficult because they do not have the translational and rotational symmetry of crystals. In recent years we have made considerable progress in our understanding of Anderson localisation and the Anderson transition by performing large scale high precision numerical simulations and carefully analysing the numerical data using the finite size scaling method. In our current work we are focusing on the numerical simulation of network models of disordered systems that are especially relevant for the study of localisation phenomena in two dimensional systems (such as those used in measurement of the quantum Hall effect). These models capture the essential physics of the localisation phenomenon but are especially well suited to numerical simulation.

## 表面吸着・再構成

秩序と外部駆動力が競合する表面吸着系の種々の条件下での振る舞いを微視的視点から明らかにする研究の一環として、特に強い外部駆動力の下で起こる温度とともに吸着子の流量とエネルギーが減少し短距離秩序が発達する一見特異な現象を重点的に調べた。

## 表面反応

Surfaces serve as Playgrounds for Physicists, providing us with a stage to study the dynamics of complex systems. One of the ultimate goals of surface science is to be able to design and control reactions as they progress on surfaces. This entails an atomic-level understanding of the fundamental principles (elementary processes) underlying the bond-making and bond-breaking at surfaces. Our current understanding has gained significantly from systematic experimental and theoretical studies on such benchmark systems as the interaction of hydrogen with metal surfaces. We are currently at the stage where, not only able to explain physical phenomena, but also predict surface science phenomena, and (to a certain level) carry-out surface-science and computation based-surface reaction design. Some notable application related examples are the design of carbon-based materials for hydrogen storage, design of carbon-based materials for nano-spintronics applications, understanding of the underlying mechanism behind the conductance switching of transition metal oxides (potential RRAM applications), identifying the gases necessary for effectively reactive ion etching (RIE) of transition metal oxide surfaces (for RRAM applications), conductance through an exotic quantum material, energetics of hydrogen adsorption and absorption into metals, and obtaining a real-space image of the Kondo

Effect (Yosida-Kondo Resonance) and the RKKY interaction for magnetic dimers on a metal surface.

#### 学術雑誌に出版された論文

##### **Ab initio simulations of diluted magnetic semiconductors: cobalt-doped zinc oxide**

S. K. Nayak, M. Ogura<sup>s</sup>, A. Hucht, S. Buschmann, H. Akai<sup>s</sup>, and P. Entel  
Phys. Stat. Solidi a, **205**, 1839–1846 (2008).

##### **Monte Carlo study of the influence of antiferromagnetic exchange interactions on the phase transitions of ferromagnetic Ni-Mn-X alloys (X=In, Sn, Sb)**

V.D. Buchelnikov, P. Entel, S.V. Taskaev, V.V. Sokolovskiy, A. Hucht, M. Ogura<sup>s</sup>, H. Akai<sup>s</sup>, M. Gruner and S.K. Nayak  
Phys. Rev. B **78**, 184427 1–11 (2008).

##### **Ab initio modeling of martensitic transformations (MT) in magnetic shape memory alloys**

P. Entel, M.E. Gruner, W.A. Adegbo, V.-J. Eklund, A.T. Zayak, H. Akai<sup>s</sup> and M. Acet  
J. Magn. Magn. Mater. **310**, 2761–2763 (2007).

##### **Seebeck coefficient calculated by Kubo-Greenwood formula on the basis of density functional theory**

M. Oshita<sup>m</sup>, S. Yotsuhashi, H. Adachi, and H. Akai<sup>s</sup>  
J. Phys. Soc. Jpn **78**, 024708 1–5 (2009).

##### **New type of half-metallic antiferromagnets: Transition metal pnictides**

N H Long<sup>d</sup>, M Ogura<sup>s</sup>, and H Akai<sup>s</sup>  
J. Phys.: Condensed Matter, **21**, 064241 1–6 (2009).

##### **A relativistic optimized potential method for solids implemented within the multiple scattering KKR method**

D. Koedderitzsch, H. Ebert, H. Akai<sup>s</sup>, and E. Engel  
J. Phys.: Condensed Matter, **21**, 064208 1–4 (2009).

##### **Monte Carlo simulations of diluted magnetic semiconductors using ab initio exchange parameters**

S.K. Nayak, M. Ogura<sup>s</sup>, A. Fucht, H. Akai<sup>s</sup>, and P. Entel  
J. Phys.: Condensed Matter, **21**, 064238 1–6 (2009).

**Search for the  $G$ -parity irregular term in weak nucleon currents extracted from mirror beta decays in the mass 8 system**

T. Sumikama, K. Matsuta, T. Nagatomo, M. Ogura<sup>s</sup>, T. Iwakoshi, Y. Nakashima, H. Fujiwara, M. Fukuda, M. Mihara, K. Minamisono, T. Yamaguchi, T. Minamisono  
Phys. Lett. B, **664**, 235–240 (2008).

**Quadrupole moments of neutron-deficient  $^{20,21}\text{Na}$** 

K. Minamisono, K. Matsuta, T. Minamisono, C.D. P. Levy, T. Nagatomo, M. Ogura<sup>s</sup>, T. Sumikama, J.A. Behr, K.P. Jackson, M. Mihara, M. Fukuda  
Phys. Lett. B, **672**, 120–125 (2009).

**Theoretical analysis of the importance of recycling in measurements of protein turnover by constant infusion of a labelled amino acid**

K. Slevin<sup>s</sup> and J. Waterlow  
Journal of Theoretical Biology, **253**, 215–219 (2008).

**Transport properties in network models with perfectly conducting channels**

K. Kobayashi, K. Hirose, H. Obuse, T. Ohtsuki, and K. Slevin<sup>s</sup>  
Journal of Physics: Conference Series, **150**, 022041 (2000).

**First Principles Based Investigation of Materials for Resistive RAM**

H. Kishi, T. Kishi, W.A. Diño,<sup>s</sup> E. Minamitani, H. Akinaga, H. Nakanishi, H. Kasai  
J. Comput. Theor. Nanosci. **5**, 1976-1979 (2008).

**Density functional theory based evaluations of the reactive ion etching process model for  $\text{TiO}_2$ (anatase) thin film**

H. Kishi, N. Ozawa, M.Y. David, T.A. Roman, N.B. Arboleda Jr., W.A. Diño,<sup>s</sup> H. Nakanishi, H. Kasai, F. Takano, H. Shima, H. Akinaga  
J. Vac. Soc. Jpn. **51**, 63-66 (2008).

**Effect of change in number of conduction electrons on the spin configuration in transition metal oxides**

E. Minamitani, Robert Roleda, W.A. Diño,<sup>s</sup> T. Kishi, H. Nakanishi, H. Kasai  
Surf. Interface Anal. **40**, 1078-1081 (2008).

**First principles calculations-based model for the reactive ion etching of metal oxide surfaces**

M. David, R. Muhida, T. Roman, H. Nakanishi, W.A. Diño,<sup>s</sup> H. Kasai, F. Takano, H. Shima, H. Akinaga  
VACUUM **83**, 599-601 (2009).



**Observation of two impurity Kondo effect in Scanning Tunneling Spectroscopy**E. Minamitani, H. Nakanishi, W.A. Diño,<sup>s</sup> H. KasaiJ. Phys.:Conf. Ser. **150** 042125 (2009).**Effect of RKKY Interaction on the Scanning Tunneling Spectra of a Classic Kondo System -Two Magnetic Atoms Adsorbed on a Metal Surface**E. Minamitani, H. Nakanishi, W.A. Diño,<sup>s</sup> H. KasaiJ. Phys. Soc. Jpn. **78**, 084705 (2009).**Spectroscopic profiles of a magnetic dimer on a metal surface**E. Minamitani, H. Nakanishi, W.A. Diño,<sup>s</sup> H. KasaiSolid State Commun. **149**, 1241-1243 (2009).**国際会議における講演等****Theory of electronic structure and hyperfine interactions**H. Akai<sup>\*,s</sup> and M. Ogura<sup>s</sup>

Talk given at Sakura-Workshop (Riken, Wako, April 1–3, 2008, 参加者数約 100 名).

**Manipulation of Nuclear Spins in Interfaces of Diluted Magnetic Semiconductors**M. Ogura<sup>\*,s</sup> and H. Akai<sup>s</sup>

Talk given at Sakura-Workshop (Riken, Wako, April 1–3, 2008, 参加者数約 100 名).

**Design of new type of half-metallic antiferromagnets**N.H. Long<sup>\*,d</sup>, M Ogura<sup>s</sup>, and H Akai<sup>s</sup>

Poster presentation given at International Conference on Quantum Simulators and Design 2008 (Tokyo, May 31–June 3, 2008, 参加者数約 200 名).

**Design of new type of half-metallic antiferromagnets**N.H. Long<sup>\*,d</sup>, M Ogura<sup>s</sup>, and H Akai<sup>s</sup>

Poster presentation given at International Conference on Quantum Simulators and Design 2008 (Tokyo, May 31–June 3, 2008, 参加者数約 200 名).

**Charge and spin transports in GMR structures**M. Ogura<sup>\*,s</sup> and H. Akai<sup>s</sup>

Talk given at International Conference on Quantum Simulators and Design 2008 (Tokyo, May 31–June 3, 2008, 参加者数約 200 名).

**Full potential screened KKR method**M Ogura<sup>\*,s</sup> and H Akai<sup>s</sup>

Poster presentation given at International Conference on Quantum Simulators and Design 2008 (Tokyo, May 31–June 3, 2008, 参加者数約 200 名).

**A relativistic optimized potential method for solids implemented within the multiple scattering KKR method**H. Ebert, D. Koedderitzsch, and H. Akai<sup>s</sup>

Poster presentation given at International Conference on Quantum Simulators and Design 2008 (Tokyo, May 31–June 3, 2008, 参加者数約 200 名).

**An effective approximate method of determining optimized effective potentials for extended systems**T. Fukazawa<sup>\*,m</sup> and H. Akai<sup>s</sup>

Poster presentation given at International Conference on Quantum Simulators and Design 2008 (Tokyo, May 31–June 3, 2008, 参加者数約 200 名).

**Monte Carlo simulations of diluted magnetic semiconductors using ab initio exchange parameters**A. Hucht, S.K. Nayak, M. Ogura<sup>s</sup>, H. Akai<sup>s</sup> and P. Entel

Poster presentation given at International Conference on Quantum Simulators and Design 2008 (Tokyo, May 31–June 3, 2008, 参加者数約 200 名).

**Application of order- $N$  KKR method to metal/semiconductor interfaces**M. Ogura<sup>\*,s</sup> and H. Akai<sup>s</sup>

Poster presentation given at 1st International Conference of The Grand Challenge to Next-Generation Integrated Nanoscience (Tokyo, June 3–7, 2008, 参加者数約 150 名).

**Magnetic and transport properties of  $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$** M. Ogura<sup>s</sup> and H. Akai<sup>\*,s</sup>

Poster presentation given at 1st International Conference of The Grand Challenge to Next-Generation Integrated Nanoscience (Tokyo, June 3–7, 2008, 参加者数約 200 名).

**Calculation of spin transport using the KKR Kubo-Greenwood formula**H. Akai<sup>\*,s</sup> and M. Ogura<sup>s</sup>

Talk given at KKR workshop (Canterbury, England, July 4–6, 2008, 参加者数約 60 名).

**Application of the full potential screened KKR method to metal/semiconductor interfaces**

M. Ogura<sup>\*,s</sup> and H. Akai<sup>s</sup>

Poster presentation given at KKR workshop (Canterbury, England, July 4–6, 2008, 参加者数約 60 名).

#### **Development of quantum simulators**

H. Akai<sup>\*,s</sup>

Talk given at Asia CMD Workshop (Bandung, Indonesia, August 6–8, 2008, 参加者数約 100 名).

#### **Development of Quantum Simulators**

H. Akai<sup>\*,s</sup>

Talk given at 1st Asia CMD Workshop and DLSU-OU Workshop (Manila, Philippine, September 1–5, 2008, 参加者数約 100 名).

#### **Charge and spin transports**

H. Akai<sup>\*,s</sup> and M. Ogura<sup>s</sup>

Talk given at KKR workshop (Lucca, Italy, September 13–17, 2008, 参加者数約 40 名).

#### **First-principles calculation of spin transport**

M. Ogura<sup>\*,s</sup> and H. Akai<sup>s</sup>

Talk given at 4th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium (Osaka, September 29–October 1, 2008, 参加者数約 150 名).

#### **Computational materials design**

H. Akai<sup>\*,s</sup> and M. Ogura<sup>s</sup>

Talk given at 18th International Symposium on Fine Chemistry and Functional Polymers & 4th IUPAC International Symposium on Novel Materials and their Synthesis (FCFP-XVIII & NMS-IV) (Zhenjiang, China, September 15–18, 2008, 参加者数約 300 名).

#### **First-Principles Calculation of Spin Transport**

H. Akai<sup>\*,s</sup> and M. Ogura<sup>s</sup>

Talk given at 23rd Nishinomiya-Yukawa Memorial International Workshop (Spin Transport in Condensed Matter) (Kyoto, October 27–November 28, 2008, 参加者数約 60 名).

#### **Computational nano-materials design and its application to spintronics**

H. Akai<sup>\*,s</sup> and M. Ogura<sup>s</sup>

Talk given at Japan-Germany Joint Workshop 2009 Nanoelectronics (Kyoto, January 21–23, 2009, 参加者数約 70 名).

#### **Order-N full-potential KKR method and its application to layered systems**

H. Akai<sup>\*,s</sup> and M. Ogura<sup>s</sup>

Talk given at Supercomputing in Solid State Physics (SciSSP) 2009 (Kashiwa, February 16–19, 2009, 参加者数約 100 名).

### **Finite Size Scaling and Application to disordered Systems**

K. Slevin<sup>\*,s</sup>

Talk given at Network Models in Quantum Physics (Bremen, Germany, 22 July 2008, 参加者数約 150 名).

### **Corrections to Scaling and Critical Exponents in the 2D Anderson Transition**

K. Slevin<sup>\*,s</sup>

Talk given at Network Models in Quantum Physics (Bremen, Germany, 23 July 2008, 参加者数約 150 名).

### **Localization: the Scaling Theory**

K. Slevin<sup>\*,s</sup>

Talk given at 6th International workshop on disordered systems (La Falda, Argentina, 9 Sep. 2008, 参加者数約 150 名).

### **Scaling Theory: Latest Results**

K. Slevin<sup>\*,s</sup>

Talk given at 6th International workshop on disordered systems (La Falda, Argentina, 11 Sep. 2008, 参加者数約 150 名).

### **Recent Developments and Open Questions in Anderson Localisation**

K. Slevin<sup>\*,s</sup>

Talk given at Fest for John Pendry (London, UK, 29 Sep. 2008, 参加者数約 200 名).

### **Numerical estimates of critical exponents of the Anderson transition**

K. Slevin<sup>\*,s</sup>

Talk given at Delocalization Transition and Multifractality (Gregynog, Wales, 4 Nov. 2008, 参加者数約 150 名).

### **What do physicists think they know about Anderson localization?**

K. Slevin<sup>\*,s</sup>

Talk given at ランダム作用素のスペクトルと関連する話題 (京都大学, 11 Nov. 2008, 参加者数約 50 名).

### **Observing the Kondo Effect using low temperature STM- Numerical Renormalization Group Studies**

E. Minamitani, H. Nakanishi, W.A. Diño,<sup>s</sup> H. Kasai

Poster presentation given at International Conference on Quantum Simulators and Design (QSD2008) (Tokyo, Japan, 31 May–4 June 2008, 参加者数約 100 名).

**The competition between Kondo effects and localized spin-spin interaction effects on scanning tunneling spectroscopy**

E. Minamitani, H. Nakanishi, W.A. Diño,<sup>s</sup> H. Kasai.

Poster presentation given at the 25th International Conference on Low Temperature Physics (LT25) (Amsterdam, The Netherlands, 6–13 Aug 2008, 参加者数約 900 名).

**The Real Space Imaging of Double Impurity Kondo System**

E. Minamitani, H. Nakanishi, W.A. Diño,<sup>s</sup> H. Kasai.

Poster presentation given at 4th Vacuum and Surface Sciences Conference of Asia and Australia (VASSCAA-4), (Matsue, Japan, 28-31 Oct 2008, 参加者数約 200 名).

**Dynamics of H<sub>2</sub>(D<sub>2</sub>) Desorption from Solid Surfaces - Kinetic Energy Dependence of the Desorption Angle Distribution**

W.A. Diño<sup>\*,s</sup>

Talk given at 4th Vacuum and Surface Sciences Conference of Asia and Australia (VASSCAA-4), (Matsue, Japan, 28-31 Oct 2008, 参加者数約 200 名).

**The Two Impurity Kondo Effect on Metal Surface Systems**

E. Minamitani, H. Nakanishi, W.A. Diño,<sup>s</sup> H. Kasai.

Poster presentation given at GCOE International Workshop on Quantum Simulations for Materials Design, Center for Advanced Science and Innovation, Osaka University, (Osaka, Japan, 24 Feb 2009, 参加者数約 100 名).

**Surface as a Playground for Observing Many Body Effects and Realizing Novel Phenomena**

W.A. Diño<sup>\*,s</sup>

Talk given at GCOE International Workshop on Quantum Simulations for Materials Design, Center for Advanced Science and Innovation, (Osaka, Japan, 24 Feb 2009, 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

YMn<sub>2</sub> 及び Y<sub>0.96</sub>Lu<sub>0.04</sub>Mn<sub>2</sub> の共鳴 X 線発光分光

山岡人志，辻井直人，赤井久純<sup>s</sup>，Ignace Jarrige，高橋慶紀，大橋浩史，野本大介，半田克己，井出純子，熱田英紀，栃尾達紀，伊藤嘉，吉川英樹

日本物理学会 2008 年分科会（於岩手大学，2008 年 9 月 21 日）

**order-N KKR 法による磁性薄膜の第一原理シミュレーション**小倉昌子 <sup>\*,s</sup>

日本物理学会 2008 年分科会 (於岩手大学, 2008 年 9 月 22 日)

**永久磁石  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_3$  への不純物添加効果の第一原理計算**増山綾香 <sup>\*,m</sup>, 小倉昌子 <sup>s</sup>, 赤井久純 <sup>s</sup>

日本物理学会 2009 年会 (於立教大学, 2009 年 3 月 27 日)

 **$\text{Ni}(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_2$  の金属絶縁体転移近傍の電子状態と反強磁性**赤井久純 <sup>\*,s</sup>, 小倉昌子 <sup>s</sup>

日本物理学会 2009 年会 (於立教大学, 2009 年 3 月 27 日)

**KKR-Green 関数法による光学伝導度の第一原理計算**齋藤涼介 <sup>\*,m</sup>, 小倉昌子 <sup>s</sup>, 赤井久純 <sup>s</sup>

日本物理学会 2009 年会 (於立教大学, 2009 年 3 月 28 日)

**遮蔽グリーン関数法による伝導率計算**永田徹哉 <sup>\*,m</sup>, 四橋聡史, 赤井久純 <sup>s</sup>

日本物理学会 2009 年会 (於立教大学, 2009 年 3 月 28 日)

**遷移金属合金の結晶磁気異方性の第一原理計算**小倉昌子 <sup>\*,s</sup>, 赤井久純 <sup>s</sup>

日本物理学会 2009 年会 (於立教大学, 2009 年 3 月 28 日)

 **$(\text{Y}_{1-x}\text{Lu}_x)\text{Mn}_2$  ( $x=0-0.05$ ) の電子状態と磁性**岩崎将 <sup>\*,m</sup>, 深澤太郎 <sup>d</sup>, 赤井久純 <sup>s</sup>

日本物理学会 2009 年会 (於立教大学, 2009 年 3 月 28 日)

**Au(111) 表面上における Mn 合金の低温走査トンネル分光測定**三島良太, 高田正基, Wilson Agerico Dino<sup>s</sup>, 夢田博一, 赤井久純 <sup>s</sup>

日本物理学会 2009 年会 (於立教大学, 2009 年 3 月 30 日)

**大学が取り組む国際共同研究と計算機シミュレーションによる実証例の現状と課題**堀口明子, 岸浩史, 国方伸一, 中西寛, 笠井秀明, Wilson Agerico Diño<sup>s</sup>

日本知財学会 第 6 回年次学術研究発表会 (於日本大学, 2008 年 6 月)

**固体高分子型燃料電池カソード触媒上での酸素分子の量子ダイナミクス**藤尾孝郎, Tanglaw Roman, Mary Clare Sison Escaño, Wilson Agerico Diño,<sup>s</sup> 中西寛, 笠井秀明

2008 年秋季 第 69 回応用物理学会学術講演会（於中部大学、2008 年 9 月）

走査トンネル顕微鏡による 2 不純物近藤効果観察

南谷英美, 中西寛, Wilson Agerico Diño,<sup>s</sup> 笠井秀明

日本物理学会 2008 年秋季大会シンポジウム（於岩手大学上田キャンパス、2008 年 9 月）

STM で観る磁性原子ダイマー吸着系のクロスオーバー現象

南谷英美, 中西寛, Wilson Agerico Diño,<sup>s</sup> 笠井秀明

日本物理学会第 64 回年次大会（於立教大学、2009 年 3 月）

## 1.15 小川グループ

### 平成 20 年度の研究活動概要

平成 20 年度の小川グループは、以下の研究テーマの理論的研究を推進した。我々の理論的研究は、2つの方向性・目標をもって推進している。一方は、物理学の基礎的立場から低次元半導体を見直し、新しい理論手法を導入・開発しながら、従来の光物性物理学では見過ごされてきた重要な現象や新効果・新パラダイム発見の可能性を探索する方向性である。他方は、応用に展開可能な理論的研究を心がけながら、複雑な現象を整理することができる半現象論的・半微視的な近似理論を駆使し、光学過程の定量的な考察と理解を目指す方向性である。

**拡張動的平均場理論による長距離クーロン相互作用の励起子モット転移への影響の解明** 電子-正孔系における励起子モット転移や凝縮転移を記述する DMFT 理論を構築した。これらの研究では、電子-正孔系を 2 バンドハバード模型により記述し、動的平均場理論 (DMFT) を適用することにより、電子相関効果を正しく取り入れた解析を行った。しかし、ハバード模型においては、on-site のクーロン相互作用のみが取り入れられているため、励起粒子が低密度の場合に重要となると考えられる、クーロン相互作用の長距離性が相転移にどのような影響を与えるかという問題は未解明であり、かつ重要な問題である。そこで、ハバード模型を出発点とし、長距離クーロン力の効果について調べるため、サイト間相互作用を含む拡張ハバード模型を用い、拡張 DMFT による解析を行った。サイト間の電子-電子・正孔-正孔斥力  $v$  と電子-正孔引力  $v'$  が等しい場合は金属相を安定化する傾向があり、逆に、 $v$  と  $v'$  が異なる場合には絶縁相を安定化することを明らかにした。上述の DMFT 解析により、空間次元の大きい系においては、電子-正孔プラズマ状態から、ほぼ局在した励起子状態へと転移することが明らかにされている。このような金属-絶縁体転移の近傍において  $v = v'$  が導入されると、この相互作用は励起子を空間的に広げる働きをするため、on-site の相互作用のみを取り入れた場合と比較して、電子-正孔プラズマ状態を安定化する。一方、 $v \neq v'$  は、on-site の引力相互作用と協力し、励起子の密度波的揺らぎを誘起するため、純粋な DMFT 解析による励起子メカニズムとは異なった絶縁相を安定化することが明らかとなった。

**動的平均場理論の連続模型への拡張** 励起子モット転移を含む金属-絶縁体転移の理論的研究に幅広く活用されている動的平均場理論は、空間座標を離散化した「格子模型」にしか適用できなかった。しかし、低密度領域の電子正孔系では、格子模型よりも、空間座標を連続座標とする連続模型の方が適している。そこで、低密度領域の記述にも使うことができるように、動的平均場理論を連続空間モデルに適用できるような拡張を試みた。

**励起子気体の自己無撞着理論** 電子正孔数密度が小さな低密度領域の電子正孔系では、電子と正孔一つずつがクーロン引力により束縛状態(励起子)を形成し、励起子気体状態になっている。このような状況において、バンドギャップエネルギーや励起子エネルギーを粒子数密度の関数として計算する手法として、励起子気体の自己無撞着理論を開発した。従来の半導体ブロッホ方程式 (SBE) 理論では、励起子が解離した「電子正孔プラズマ」を出発点と



していたのに対して、本理論では、励起子気体の背景の中の励起子問題を自己無撞着に決定する形式になっている。よって、より低密度領域で正しい記述になっている。本年度は、1次元電子正孔系に対する自己無撞着励起子気体理論を構築した。SBE理論ではバンドギャップエネルギーの減少（バンドギャップ繰り込み）を過大評価しているが、自己無撞着励起子気体理論では、バンドギャップエネルギーが粒子数密度にほとんど依存しない。これは実験結果とよく合う。

遮蔽ハートリー-フォック理論による電子ドーブした半導体量子細線の光学特異性の研究 電子ドーブした量子細線や量子ドット列は、光学特異性の間の関係やクロスオーバーを研究するのに有用な対象である。その3種類の特異性とは、励起子(X)ピーク、状態密度に起因するバンド端(BE)ピーク、フェルミ端特異性(FES)ピークである。そこで、吸収係数は、半導体プロッホ方程式(SBE)に基づいてバンド間分極の虚部を計算することにより評価し、発光(ルミネッセンス)強度は、非平衡グリーン関数(NEGF)法により計算した。

吸収スペクトルには、3種類のピークが出現する。(1)低密度では、シャープで対称なピーク、(2)中間密度では、二重ピーク構造。ドーピング密度を上げると、低エネルギー側のピークはレッドシフトし、高エネルギー側のピークはブルーシフトを示す。(3)高密度では、単一の非対称なピークで、ブルーシフトを示す。低密度領域(1)と高密度領域(3)のピークは、励起子とFESによるものであることは直ちに分かる。低エネルギー側の非対称BEピークは、1次元状態密度のバンホーベ特異性と励起子共鳴の両方からの寄与から生じるクーロン相関ピークであることである。他方、高エネルギー側の第2のピークは、フェルミ端での吸収で、そのブルーシフトはBGRの補正を受けたBurstein-Mossシフトである。励起子ピーク、バンド端ピーク、フェルミ端ピークのクロスオーバーは、温度上昇によっても見ることができる。電子ドーブした量子細線の系統的研究は、理論と実験結果の良い一致を示している。

#### 学術雑誌に出版された論文

##### Optical spectra and exciton Mott transition in correlated electron-hole systems

T. Ogawa<sup>s</sup> and Y. Tomio

J. Lumin. **128** (2008) 1022-1024.

##### Optical spectra and excitonic BEC-BCS crossover in coherent electron-hole pair condensation

Y. Tomio and T. Ogawa<sup>s</sup>

J. Lumin. **128**, (2008) 1032-1034.

##### Phase diagram of two-dimensional electron-hole Hubbard model

K. Asano<sup>s</sup> and T. Ogawa<sup>s</sup>

Physica E **40**, (2008) 1249-1251.

**Linear optical responses of one-dimensional electron systems: Comparison of theories with experiments**

T. Ogawa<sup>s</sup>, Ping Huai, M. Takagiwa, K. Asano<sup>s</sup>, T. Ihara, M. Yoshita, and H. Akiyama  
*Physica E* **40**, (2008) 1288-1291.

**Self-consistent theory for optical spectra of exciton gas in quasi-one dimension**

T. Hanamiya<sup>d</sup>, K. Asano<sup>s</sup>, and T. Ogawa<sup>s</sup>  
*Physica E* **40**, (2008) 1401-1403.

**Exciton-biexciton-plasma crossover and formation of optical gain in quantum wires**

H. Akiyama, M. Yoshita, Y. Hayamizu, S. Liu, M. Okano, L. N. Pfeiffer, K. W. West, P. Huai, K. Asano<sup>s</sup>, T. Ogawa<sup>s</sup>, and C. Z. Ning  
*Physica E* **40**, (2008) 1726-1728.

**Carrier-density-dependent increase and suppression of optical gain in T-shaped quantum-wire lasers**

M. Yoshita, M. Okano, T. Ihara, H. Akiyama, P. Huai, T. Ogawa<sup>s</sup>, L. N. Pfeiffer, and K. W. West  
*phys. stat. sol. (c)* **5**, (2008) 2841-2843.

**Effects of inter-site interaction on the exciton Mott transition in the extended attractive Hubbard model**

T. Ohashim<sup>s</sup>, Y. Tomio, and T. Ogawa<sup>s</sup>  
*phys. stat. sol. (b)* **245**, (2008) 2727-2728.

**Cluster perturbation study of 1D electron-hole Hubbard model**

K. Asano<sup>s</sup>, T. Nishida, and T. Ogawa<sup>s</sup>  
*phys. stat. sol. (b)* **245**, (2008) 2729-2732.

**国際会議における講演等****Exciton Mott transition and quantum condensation in electron-hole systems**

T. Ogawa<sup>s,\*</sup>

Talk given at 2008 International Conference on Excitonic Processes in Condensed Matter (EXCON'08) (Kyoto University, Kyoto, Japan, 22-27 June 2008, 参加者数約 200 名).

**Effects of long-range Coulomb interaction on the exciton Mott transition**T. Ohashi<sup>s,\*</sup>, Y. Tomio, and T. Ogawa<sup>s</sup>

Talk given at 2008 International Conference on Excitonic Processes in Condensed Matter (EXCON'08) (Kyoto University, Kyoto, Japan, 22-27 June 2008, 参加者数約 200 名).

**Cluster perturbation study of 1D electron-hole Hubbard model**K. Asano<sup>s,\*</sup>, T. Nishida<sup>m</sup>, and T. Ogawa<sup>s</sup>

Talk given at 2008 International Conference on Excitonic Processes in Condensed Matter (EXCON'08) (Kyoto University, Kyoto, Japan, 22-27 June 2008, 参加者数約 200 名).

**Auger recombination process of biexciton in semiconducting carbon nanotubes**K. Watanabe<sup>d,\*</sup>, K. Asano<sup>s</sup>, and T. Ogawa<sup>s</sup>

Talk given at 2008 International Conference on Excitonic Processes in Condensed Matter (EXCON'08) (Kyoto University, Kyoto, Japan, 22-27 June 2008, 参加者数約 200 名).

**Phase diagram of electron-hole systems: Interplay between exciton Mott transition and quantum pair condensation**T. Ogawa<sup>s,\*</sup> and Y. Tomio

Talk given at the 15th International Conference on Luminescence and Optical Spectroscopy of Condensed Matter (ICL'08) (Universite de Lyon, Lyon, France, 7-11 July 2008, 参加者数約 250 名).

**Cooperative phenomena in photoexcited many-body systems: Photoinduced structural and electronic phase transitions**T. Ogawa<sup>s,\*</sup>

Talk given at the 1st Asian Computational Materials Design Workshop (CMD ASIA 2008) (De La Salle University, Manila, Philippines, 1-4 September 2008, 参加者数約 100 名).

**Exciton Mott transition and quantum pair condensation in electron-hole systems: Dynamical mean-field theory**T. Ogawa<sup>s,\*</sup>

Talk given at the 4th International Conference on Spontaneous Coherence in Excitonic Systems (ICSCE4) (Cambridge, United Kingdom, 8-12 September 2008, 参加者数約 100 名).

**Auger recombination of biexciton in semiconducting carbon nanotubes**K. Watanabe<sup>d,\*</sup>, K. Asano<sup>s</sup>, and T. Ogawa<sup>s</sup>

Talk given at the 4th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium (Osaka University, Osaka, Japan, 29 September-1 October 2008, 参加者数約 100 名).

**Exciton Mott transition and pair condensation in the electron hole system**T. Ohashi<sup>s,\*</sup>, T. Ueda<sup>d</sup>, K. Asano<sup>s</sup>, and T. Ogawa<sup>s</sup>

Talk given at the Yamada Conference LXIII, The 3rd International Conference on Photo-induced Phase Transitions and Cooperative Phenomena (PIPT 2008) (Osaka City University, Osaka, Japan, 11-15 November 2008, 参加者数約 150 名).

**Exciton Mott transition in electron-hole systems: Dynamical mean-field theory for the continuous-space model**T. Ueda<sup>d,\*</sup>, T. Ohashi<sup>s</sup>, T. Ueda<sup>d</sup>, K. Asano<sup>s</sup>, and T. Ogawa<sup>s</sup>

Talk given at the Yamada Conference LXIII, The 3rd International Conference on Photo-induced Phase Transitions and Cooperative Phenomena (PIPT 2008) (Osaka City University, Osaka, Japan, 11-15 November 2008, 参加者数約 150 名).

**Multi-excitonic effects on optical spectra of semiconducting carbon nanotubes**K. Watanabe<sup>d,\*</sup>, K. Asano<sup>s</sup>, and T. Ogawa<sup>s</sup>

Talk given at the Yamada Conference LXIII, The 3rd International Conference on Photo-induced Phase Transitions and Cooperative Phenomena (PIPT 2008) (Osaka City University, Osaka, Japan, 11-15 November 2008, 参加者数約 150 名).

**Quantum cooperative phenomena in photoexcited insulators: Electron-hole plasma and exciton gas**T. Ogawa<sup>s,\*</sup>

Talk given at International Workshop on Warm Dense Matter (WDM2009) (Hakone, Japan, 16-19 March 2009, 参加者数約 150 名).

**日本物理学会，応用物理学会等における講演****半導体カーボンナノチューブの二光子吸収スペクトル**渡辺耕太<sup>d,\*</sup>，浅野建一<sup>s</sup>，小川哲生<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会（於岩手大学上田キャンパス，2008 年 9 月 22 日）

**低次元半導体の光学応答におけるフェルミ端特異性の効果**中田喜之<sup>m,\*</sup>，小川哲生<sup>s</sup>，高際睦起，浅野建一<sup>s</sup>，大橋琢磨<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会（於岩手大学上田キャンパス，2008 年 9 月 22 日）

**電子-正孔系における光学応答と凝縮転移の動的平均場理論**大橋琢磨<sup>s,\*</sup>，上田倫也<sup>d</sup>，浅野建一<sup>s</sup>，小川哲生<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会（於岩手大学上田キャンパス，2008 年 9 月 22 日）

連続空間動的平均場理論による電子-正孔系の解析

上田倫也<sup>d,\*</sup>, 大橋琢磨<sup>s</sup>, 浅野建一<sup>s</sup>, 小川哲生<sup>s</sup>

日本物理学会 2008 年秋季大会 (於岩手大学上田キャンパス, 2008 年 9 月 22 日)

連続模型に対する動的平均場理論を用いた電子-正孔系の解析

上田倫也<sup>d,\*</sup>, 大橋琢磨<sup>s</sup>, 浅野建一<sup>s</sup>, 小川哲生<sup>s</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教学院池袋キャンパス, 2009 年 3 月 28 日)

長距離クーロン相互作用を持つ電子-正孔系のスレーブボゾン平均場理論

大橋琢磨<sup>s,\*</sup>, 浅野建一<sup>s</sup>, 小川哲生<sup>s</sup>

日本物理学会第 64 回年次大会 (於立教学院池袋キャンパス, 2009 年 3 月 28 日)

## 1.16 阿久津グループ

原稿未着



## 第2章 受賞と知的財産

平成 20 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。

### (1) 素粒子理論グループ: 南部陽一郎氏 (招へい教授)

2008年ノーベル物理学賞

業績: “for the discovery of the mechanism of spontaneous broken symmetry in subatomic physics”

Citation: As early as 1960, Yoichiro Nambu formulated his mathematical description of spontaneous broken symmetry in elementary particle physics. Spontaneous broken symmetry conceals nature’s order under an apparently jumbled surface. It has proved to be extremely useful, and Nambu’s theories permeate the Standard Model of elementary particle physics. The Model unifies the smallest building blocks of all matter and three of nature’s four forces in one single theory.

### (2) 大貫グループ

日本物理学会第 14 回論文賞および JPSJ 注目論文 (Papers of Editor’s choice)

“Unconventional Heavy-Fermion Superconductivity of a New Transuranium Compound  $\text{NpPd}_5\text{Al}_2$ ,” D. Aoki, Y. Haga, T.D. Matsuda, N. Tateiwa, S. Ikeda, Y. Homma, H. Sakai, Y. Shiokawa, E. Yamamoto, A. Nakamura, R. Settai and Y. Ōnuki, J. Phys. Soc. Jpn., **76** (2007) 063701(1-4).

授賞理由: 希土類やアクチナイド化合物の強相関  $f$  電子系で実現する“重い電子系”物質群は、新奇な超伝導現象を研究する上で有力かつ多様な可能性を秘めた舞台である。こうした中で、 $\text{NpPd}_5\text{Al}_2$  単結晶試料の合成に成功し、ネプツニウム化合物として初めて超伝導を実現したのが本論文である。

### (3) 大貫惇睦氏

平成 20 年春の紫綬褒章

これまでの「物性物理学研究」に対する業績が評価された。

## (4) 竹田グループ: 大藤和人氏 (大学院生)

グローバル COE プログラム「物質の量子機能解明と未来型機能材料創成」若手秋の  
学校ポスター賞

2008年11月

## (5) 竹田グループ: Shuhei Takao 氏 (大学院生)

The 4th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium Young  
best poster awards

2008年10月

## (6) 質量分析グループ

2008年度 日本質量分析学会論文賞 受賞 (2008年5月15日)

対象論文: Development of a Miniature Double Focusing Mass Spectrograph Using  
a Focal Plane Detector, Masaru NISHIGUCHI, Michisato TOYODA, Morio ISHI-  
HARA, Makiko OHTAKE, Takamitsu SUGIHARA, and Itsuo KATAKUSE, J. Mass  
Spectrom. Soc. Jpn., 54, pp1-9

## (7) 質量分析グループ

特許名称: イオン源、およびそれを備える質量分析装置

発明者: 豊田岐聡, 青木順, 三木伸一

特許出願人: 大阪大学、MSI.TOKYO 株式会社

出願番号: 特願 2009 - 080001

出願日: 2009年3月27日



## 第3章 学位論文

### 3.1 修士論文

学生氏名	指導教員	論文題名
池田泰大 石川大貴	斎藤直 岡村弘之	Fe 置換 $\text{Li}_2\text{MnO}_3$ の $^{57}\text{Fe}$ メスバウアー分光 $^{12}\text{C}(\text{d}, ^2\text{He})^{12}\text{B}$ 逆運動学反応による $\text{B}(\text{GT}^+)$ の 測定可能性の検証
石川迪雄	花垣和則	シミュレーションによる ATLAS 実験における第三世代 超対称性粒子の解析
石倉達朗 岩崎将	大貫惇睦 赤井久純	$\text{YbCu}_2\text{Ge}_2$ の純良単結晶育成とフェルミ面の性質 $\text{Y}_{1-x}\text{Lu}_x\text{Mn}_2$ の電子状態計算
江口陽介 遠藤雅明	久野良孝 岸本忠史	ミュオン電子転換過程探索のためのカロリメータ開発 J-PARC K1.8 ビームラインで用いる高計数率対応飛跡 検出器の開発
大浦健志 太田有基 大伴紗世 大脇章弘 香月恒介	菊池誠 大貫惇睦 萩原政幸 野末泰夫 石原盛男	多体相互作用を持つレプリケータ方程式について $\text{CeAu}_2\text{Si}_2$ の単結晶育成と電子状態 擬二次元三角格子反強磁性体 $\text{CuCrO}_2$ 強磁場多周波 ESR ゼオライト LSX 中の Na-K 合金クラスターの電気伝導特性 多重周回飛行時間型質量分析計のための誘導電荷検出器の 開発
金丸真也 亀岡恒志 河股秀典 川村和哉	能町正治 朝日一 畑中吉治 豊田岐聡	$\text{BiPo}_2$ プロトタイプ検出器の性能評価 Gd をドーブした GaN ナノロッドの作製と評価 永久磁石型 2.45GHz ECR 陽子源の開発 質量分析法を用いた銀 / 臭化銀クラスターの解離に関する 研究
久保歩	豊田岐聡	らせん状のイオン軌道を利用したタンデム飛行時間型 質量分析計 "MALDI Spiral TOP/TOP" の性能評価および リン脂質の構造解析
倉健一朗	下田正	スピン偏極した $^{28}\text{Na}$ の 崩壊に測定による $^{28}\text{Mg}$ の核構造の 研究
河野泰宏	浅川正之	格子ゲージ理論による非平衡定常状態のシミュレーションと 粘性係数の解析

小林順一	田島節子	非弾性X線散乱による $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{BiO}_3$ のフォノンの分散関係
小林由和	細谷裕	Yukawa coupling in $\text{SO}(5) \times \text{U}(1)$ GHU with top and bottom quarks
斎藤涼介	赤井久純	KKR-Green 関数法による光学伝導度の第一原理計算
椎田順大	窪田高弘	Lie 3-algebra and Multiple M2-branes
清水拓真	竹田精治	カーボンナノチューブの生成における Fe-Mo-C 三元系触媒の構造
高尾修平	竹田精治	金平糖型 SiC 微粒子の生成
田尻邦彦	下田正	スピン偏極した $^{29}\text{Na}$ の崩壊の測定による $^{29}\text{Mg}$ の構造の研究
田中裕輔	朝日一	InP 上に MBE 成長した $\text{TlInGaAsN}$ の構造及び光学評価
種本裕介	竹田精治	環境制御型透過電子顕微鏡法によるカーボンナノチューブ生成のその場観察
土井裕介	大貫惇睦	2次元電子系 $\text{LaFePO}$ と $\text{LaRuPO}$ のドハース・ファンアルフェン効果とフェルミ面の性質
徳田克彦	朝日一	Cr ドープ III 族窒化物希薄磁性半導体の結晶成長とその物性
仲井孝行	東島清	一般化された交換関係の下での相互作用のある場の量子論
永田徹哉	赤井久純	Screened-KKR 法を用いた伝導率計算
中田喜之	小川哲生	低次元半導体の光学応答におけるフェルミ端特異性
中西祥人	久野良孝	ミュオン・電子転換過程探索実験のための PRISM-FFAG リングの開発
中野泰典	大貫惇睦	$\text{RPt}_2\text{Ge}_2$ (R: 希土類) と $\text{RPd}_5\text{Al}_2$ の単結晶育成と電子状態の研究
野上隆文	竹田精治	通電によるナノチェーン/ナノチューブ変換の電子顕微鏡その場観察
原嶋庸介	Keith Slevin	Curvature of Groundstate Energy in Disordered System with Density Functional Theory (基底状態エネルギーの曲率と不規則系の密度汎関数理論を用いた研究)
廣瀬穰	花垣和則	SOI 技術を用いた一体型 Pixel 検出器用読み出しシステムの開発、及び積分型 Pixel 検出器の性能評価
藤井将	森川良忠	格子間 Li の同時ドーピングによる高温強磁性半導体のマテリアルデザイン
古川篤史	保坂淳	Schwinger-Dyson 方程式による QGP 相における質量を持ったクォークのスペクトル関数の解析
本多裕也	朝日一	GaN 上の Fe ドット形成とその I-V 特性
増山綾香	赤井久純	永久磁石 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_3$ の第一原理計算
松岡哲平	田島節子	反射型テラヘルツ時間領域分光でみる $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ の光学スペクトル

松田健翔	岸本忠史	ハイパー核の弱崩壊測定に用いる Range Counter の波長変換ファイバーによる光読み出しの最適化
松永崇弘	萩原政幸	高圧下強磁場磁気測定装置の開発と Co 酸化物の物性研究 — ペロブスカイト型 Co 酸化物 $\text{Sr}_{0.78}\text{Y}_{0.22}\text{CoO}_{3-x}$ の高圧下強磁場磁性 — —パルス強磁場環境に組み合わせる圧力装置の開発—
松野泰英	野末泰夫	ゼオライト A 中の Mn クラスターの物性
三笠雄司	田島節子	マルチバンド超伝導体 $\text{MgB}_2$ の不純物置換効果と圧力効果
水金貴裕	野末泰夫	ゼオライト LSX 中の Na クラスターの光学的磁氣的性質
村中大志	大貫惇睦	結晶反転対称性を持たない $\text{RCoGe}_3$ (R: 希土類) の純良単結晶育成と電子状態の研究
持山智浩	疇地宏	高速点火核融合実験における全反射ミラーを用いた X線画像計測
森尾豊	磯山悟朗	Lバンド電子ライナックの加速用パルス RF の速い位相・振幅制御とそれによる電子ビームの高輝度化
森崎知治	與曾井優	LEPS 実験のための偏極 HD 標的開発と NMR による偏極度測定
山崎祐	野末泰夫	ゼオライト A 中の Rb-K 合金クラスターの強磁性
山下和男	小川哲生	密度不均衡のある電子正孔系における量子凝縮
山中長閑	浅川正之	D-parameter of the Neutron beta decay within MSSM
山本将史	田島節子	高温超伝導体 $\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ の過剰ドーブ領域における電荷応答
吉元寛貴	山中卓	KOTO 実験で用いる CsI 結晶の uniformity 測定
和田真理子	岸本忠史	低温での $\text{CaF}_2$ 結晶を用いての Dark Matter Search 手法の開発
LEE JONG -WON	山中卓	E14(KOTO) 実験の CsI カロリメータ PMT テストシステムの開発
加納雄嗣	高杉英一	初期宇宙におけるニュートリノの混合

## 3.2 博士論文

平成20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．

中谷 正俊 (指導教員 小川 哲生 教授)

Relaxation Dynamics of Quantum Composite Systems: Validity of Markovian Master Equation Approach

(量子複合系の緩和ダイナミクス: マルコフ型マスター方程式の有効性)

爲重 雄司 (指導教員 畑中 吉治 教授)

Study of the  $dp$  three nucleon system at  $E_d = 196$  MeV

(重陽子エネルギー 196 MeV における重陽子-陽子 三核子系に関する研究)

栗山 靖敏 (指導教員 久野 良孝 教授)

Development of a New Method To Evaluate Performance of Accelerator Magnets by Transporting Alpha Particles

(加速器電磁石のためのアルファ線を用いた性能評価手法の開発)

平野 祥之 (指導教員 岸本 忠史 教授)

CANDLES Detector for the study of Double Beta Decay of  $^{48}\text{Ca}$

( $^{48}\text{Ca}$  による二重ベータ崩壊の研究のための CANDLES 検出器に関する研究)

下山 紘充 (指導教員 菊池 誠 教授)

Coarse-Graining of Coarse-Grained Protein Models toward Study of Biological Nano-Machines

(生体ナノマシンの研究を目的とした粗視化モデルの粗視化)

Vo Hong Hai (指導教員 能町 正治 教授)

Energy Resolution of Plastic Scintillation Detector for Neutrinoless Double Beta Decay Experiments

(ニュートリノを伴わないダブルベータ崩壊実験のためのプラスチックシンチレーターのエネルギー分解能)

橋本 尚信 (指導教員 岡村 弘之 教授)

Direct proton decay from the isoscalar giant dipole resonance in  $^{58}\text{Ni}$  studied via the  $(\alpha, \alpha', p)$  coincidence measurement

(粒子の非弾性散乱同時測定を用いたアイソスカラー型巨大双極子共鳴からの直接陽子崩壊の研究)

陳 華星 (指導教員 土岐 博 教授)

Exotic hadrons in the QCD sum rule

(QCD 和則によるエキゾチックハドロン)

池田 陽一 (指導教員 浅川 正之 教授)

Interaction and Three-body Resonances with Coupled-Channel Chiral Dynamics  
(カイラル・ダイナミクスに基づく反 K 中間子 - 核子相互作用と三体共鳴状態)

伊敷 吾郎 (指導教員 細谷 裕 教授)

Curved Space-time in Matrix Models  
(行列模型における曲がった時空の実現)

Nguyen Hoang Long (指導教員 赤井 久純 教授)

First-principles investigation of electronic structures and transport properties of new half-metallic materials  
(新規ハーフメタルの電子状態と輸送現象の第一原理計算に基づく研究)

島崎 信二 (指導教員 細谷 裕 教授)

Description of curved spacetime by matrix models  
(曲がった時空の行列模型による記述について)

中川 義之 (指導教員 土岐 博 教授)

Lattice study of color confinement mechanism in Coulomb gauge QCD  
(格子 QCD シミュレーションを用いたクーロンゲージ量子色力学における閉じ込め機構の研究)

吉野 好美 (指導教員 時田 恵一郎 准教授、主査は 菊池 誠 教授)

Statistical Mechanics of Diversity in Ecosystems  
(生態系における多様性の統計力学)

NGUYEN DUC DUNG (指導教員 大貫 惇睦 教授)

Magnetic and Fermi Surface Properties in  $RCu_2Si_2$  (R: Rare Earth),  $Ce_2Pd_3Si_5$  and  $Lu_2Rh_3Ga_9$   
( $RCu_2Si_2$  (R:希土類),  $Ce_2Pd_3Si_5$ ,  $Lu_2Rh_3Ga_9$  の磁性とフェルミ面の性質)

渡利 威士 (指導教員 嘯地 宏 教授)

Suppression of hydrodynamic instability and development of plasma diagnostics to demonstrate impact fast ignition scheme  
(衝撃点火方式の実証へ向けた流体不安定性抑制に関する研究とプラズマ診断法開発)



## 第4章 教育活動

平成20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	浅川正之	*
物性理論序説（開講せず）	2		*
原子核理論序説	2	土岐博・保坂淳	*
散乱理論（開講せず）	2		
一般相対性理論	2	高原文郎	*

注) \*は学部と共通科目である。

[専門科目]

授業科目	単位数	担当教員	備考
素粒子物理学 II	2	波場直之	
場の理論 I	2	窪田高弘	
場の理論 II	2	東島清	
原子核理論	2	浅川正之	
物性理論 I（開講せず）	2	浅野建一	ナノ教育プログラム
物性理論 II	2	Keith Slevin	ナノ教育プログラム
固体電子論 I	2	赤井久純	ナノ教育プログラム
固体電子論 II	2	吉田博・森川良忠	ナノ教育プログラム
量子多体系の物理（開講せず）	2	小川哲生	ナノ教育プログラム

## [トピック]

授業科目	単位数	担当教員	備考
素粒子物理学特論 I (開講せず)	2	細谷裕・波場直之	
素粒子物理学特論 II (開講せず)	2	東島清・窪田高弘	
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	阿久津泰弘	
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	高杉英一・窪田高弘・田中実	
場の理論半期セミナー I	4.5	東島清・中津了勇	
場の理論半期セミナー II	4.5	細谷裕・波場直之・南部陽一郎 土屋麻人・尾田欣也	
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	土岐博・保坂淳	
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・時田恵一郎	
物性理論半期セミナー I	4.5	赤井久純・Keith Slevin 坂本好史・小倉昌子 Wilson Agerico Tan Diño	
物性理論半期セミナー II	4.5	白井光雲・森川良忠・佐藤和則	
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	
プラズマ計算物理半期セミナー	4.5	高部英明・佐野孝好	

注) は各教員がそれぞれのセミナーを開講する。



(後期課程)

[トピック]

授業科目	単位数	担当教員	備考
特別講義 A I 「格子ゲージ理論」	1	橋本省二(高工ネ研)	集中
特別講義 A II 「位相的ゲージ/弦理論の最近の進展」	1	菅野浩明(名大・院・多元数理)	集中
特別講義 A III 「変形核」	1	松柳研一(京大・院・理)	集中
特別講義 A IV 「スピントロニクス理論の基礎」	1	多々良源(首都大・都市教養)	集中
特別講義 A V 「グラフェンおよびカーボンナノチューブにおける量子輸送現象」	1	鈴浦秀勝(北大・院・工)	集中

[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・波場直之・南部陽一郎 土屋麻人・尾田欣也	
場の数理特別セミナー	9	東島清・中津了勇	
素粒子論特別セミナー	9	高杉英一・窪田高弘・田中実	
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	土岐博・保坂淳	
物性理論特別セミナー I	9	赤井久純・Keith Slevin 坂本好史・小倉昌子 Wilson Agerico Tan Diño	
物性理論特別セミナー II	9	白井光雲・森川良忠・佐藤和則	
統計物理学特別セミナー	9	阿久津泰弘・菊池誠・時田恵一郎	
数理物理学特別セミナー	9	小川哲生・浅野建一・大橋琢磨	
プラズマ宇宙物理特別セミナー	9	高部英明・佐野孝好	

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	窪田高弘	*
素粒子物理学序論B	2	花垣和則	*
原子核物理学序論	2	小田原厚子	*

注）\*は学部と共通科目である。

## 〔専門科目〕

授業科目	単位数	担当教員	備考
高エネルギー物理学I	2	山中卓	
高エネルギー物理学II	2	青木正治	
素粒子・核分光学（開講せず）	2		
原子核反応学	2	岡村弘之	
原子核構造学	2	松多健策・藤田佳孝	
加速器物理学	2	畑中吉治	
放射線計測学	2	下田正	

## 〔トピックス〕

授業科目	単位数	担当教員	備考
高エネルギー物理学特論I	2	能町正治	
高エネルギー物理学特論II	2	久野良孝	
素粒子・核分光学特論	2	岸本忠史	
原子核物理学特論I	2	野海博之	
原子核物理学特論II（開講せず）	2	中野貴志	
ハドロン多体系物理学特論（開講せず）	2		

## [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・原隆宣	
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	
クオ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・村松憲仁・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	岡村弘之・民井淳・藤原守 嶋達志・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・小川泉	
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 池田稔治・柏木茂	

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 「宇宙暗黒物質と暗黒エネルギー」	1	伊藤好孝(名大・ 太陽地球環境研)	集中
特別講義 B II 「不安定核の物理」	1	櫻井博儀(理化学研・ 仁科加速器研)	集中
特別講義 B III 「素粒子物理学の基礎と国際 リニアコライダーを踏まえた 今後の展望」	1	駒宮幸男(東大・院・理)	集中

[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・原隆宣	
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・小川泉	
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・村松憲仁・味村周平	
原子核反応特別セミナー	9	岡村弘之・民井淳・藤原守 嶋達志・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 池田稔治・柏木茂	

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	田島節子	*
固体物理学概論 2	2	野末泰夫・廣田和馬	*
固体物理学概論 3	2	大貫惇睦	*
放射光物理学	2	磯山悟朗	* ナノ教育プログラム
極限光物理学	2	疇地宏	*

注) \* は学部と共通科目である。

## [専門科目]

授業科目	単位数	担当教員	備考
磁気分光学 (開講せず)	2	鷹岡貞夫	
光物性物理学	2	田島節子・宮坂茂樹	
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	大貫惇睦・摂待力生	
量子分光学	2	木下修一	ナノ教育プログラム
荷電粒子光学概論 (開講せず)	2	石原盛男	ナノ教育プログラム
質量分析学概論	2	豊田岐聡	ナノ教育プログラム

## [トピック]

授業科目	単位数	担当教員	備考
強磁場物理学	2	萩原政幸	
レーザー物性学 (開講せず)	2		ナノ教育プログラム
ナノ構造物性物理学	2	野末泰夫	ナノ教育プログラム
強相関係物理学	2	大貫惇睦・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
極微構造物理学 (開講せず)	2	竹田精治	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
強相関半期セミナー	4.5	大貫惇睦・撰待力生・杉山清寛 本多史憲	
質量分析物理半期セミナー	4.5	石原盛男・豊田岐聡	
超伝導半期セミナー	4.5	田島節子・宮坂茂樹・増井孝彦	
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 荒木新吾	
半導体半期セミナー	4.5	朝日一・長谷川繁彦・江村修一 周逸凱	
格子欠陥半期セミナー	4.5	竹田精治・河野日出夫	
レーザー分光半期セミナー	4.5	木下修一・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・木村尚次郎	
放射線応用物理半期セミナー	4.5	斎藤直・清水喜久雄	

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 「 $\mu$ SR:素粒子ミュオンを用いた物性科学研究」	1	渡邊功雄	集中
特別講義 C II 「凝縮系における光学過程と緩和現象」	1	相原正樹(奈良先端大・物質創成)	集中
特別講義 C III 「第3世代放射光源による構造科学」	1	高田昌樹(理化学研・播磨研)	集中

## [ セ ミ ナ ー ]

授業科目	単位数	担当教員	備考
強相関特別セミナー	9	大貫惇睦・撰待力生・杉山清寛 本多史憲	
強磁場物理特別セミナー	9	萩原政幸・木村尚次郎	
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 荒木新吾	
半導体特別セミナー	9	朝日一・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・増井孝彦	
質量分析物理特別セミナー	9	石原盛男・豊田岐聡	
格子欠陥特別セミナー	9	竹田精治・河野日出夫	
複雑系物理学特別セミナー	9	木下修一・渡辺純二・吉岡伸也	
放射線科学特別セミナー	9	斎藤直・清水喜久雄	

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	
複雑系物理学 (開講せず)	2	渡辺純二	
相転移論 (開講せず)	2	阿久津泰弘	
ニュートリノ物理学 (開講せず)	2	久野良孝	
非線形物理学	2	時田恵一郎	
素粒子物理学 I	2	高杉英一	

## 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
防災概論	集中 15	1	渡會仁・谷篤史・能町正治・ 深瀬浩一・山本仁・高木慎吾・ 横山正
力学1	2	2	浅野建一
力学1 演義	2	2	浅野建一・尾田欣也
物理数学1	2	2	佐藤透
物理数学1 演義	2	2	佐藤透・小倉昌子
電磁気学1	2	2	赤井久純
電磁気学1 演義	2	2	赤井久純・釣部通
電磁気学2	2	2	藤田裕
電磁気学2 演義	2	2	藤田裕・北澤正清
統計物理学1	2	2	川村光
統計物理学1 演義	2	2	川村光・小倉昌子
量子力学1	2	2	細谷裕
量子力学1 演義	2	2	細谷裕・大橋琢磨
量子力学2	2	2	若松正志
量子力学2 演義	2	2	若松正志・田越秀行
統計物理学2	2	2	時田恵一郎
統計物理学2 演義	2	2	時田恵一郎・坂本好史
物理学実験	16+12	8	竹田精治・福田光順・山中千博・ 荒木新吾・中野岳仁・小川泉・ 境家達弘・阪口篤志・佐藤朗・ 菅谷頼仁・原隆宣・清水俊・ 三原基嗣・宮田恵美・橋爪光・ 桂誠・久富修・谷篤史・ 竹内徹也・山中卓・後藤達志・ 増井孝彦・田中清尚・本多史憲
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
物理学セミナー1	2	2	物理学科各教員
物理学セミナー2	2	2	物理学科各教員
力学2	2	2	キース スレヴィン
物理数学2	2	2	阿久津康弘
物理数学2 演義	2	2	吉野元・大橋琢磨
地球科学概論	2	2	近藤忠
電気力学	2	2	久野良孝



授業科目名	毎週授業時間数	単位数	担当教員
物理数学 3	2	2	キース スレヴィン
惑星科学概論	2	2	松田准一
物性物理学 1	2	2	田島節子
結晶物理学	2	2	竹田精治
連続体力学	2	2	湯川諭
量子力学 3	2	2	波場直之
光物理学	2	2	小川哲生
解析力学	2	2	田越秀行
応用電磁気学	2	2	松多健策
プラズマ物理学	2	2	高部英明
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	阪口篤志
物性物理学 2	2	2	野末泰夫・廣田和馬
統計物理学 3	2	2	菊池誠
物理学・宇宙地球科学輪講	2 + 2	4	物理学科各教員
宇宙地球科学野外実習 1	集中 45	1	廣野哲朗・土'山明・ 中嶋悟・佐伯和人・ 横山正
宇宙地球科学野外実習 2	集中 45	1	廣野哲朗・土'山明・ 中嶋悟・佐伯和人・ 横山正
相対論	2	2	高原文郎
素粒子物理学 1	2	2	窪田高弘
原子核物理学 2	2	2	小田原厚子
原子核理論序説	2	2	土岐博・保坂淳
物性物理学 3	2	2	大貫惇睦
宇宙物理学	2	2	常深博
地球惑星物質学	2	2	土'山明
極限光物理学	2	2	疇地宏
放射光物理学	2	2	磯山悟朗
数値計算法	2	2	林田清
相対論的量子力学	2	2	浅川正之
素粒子物理学 2	2	2	花垣和則
物理オナーセミナー 1	2	1	東島清
物理オナーセミナー 2	2	1	東島清
物理オナーセミナー 3	2	1	東島清
物理オナーセミナー 4	2	1	東島清
科学技術論 B	2	2	北山辰樹

授業科目名	毎週授業時間数	単位数	担当教員
理学への招待	2	1	土居伸一・土山明・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覧

## 専門基礎教育科目（理系）担当教員

授業科目名	担当教員	配当学部	学期	曜日時限
物理学概論 I	木下修一・渡辺純二 河野日出夫 田中慎一郎	医(医) 医(放)・歯 医(検)・薬	I	月 3
物理学 1	下田正 久野良孝 谷口年史	理 理 理	I	月 3
物理学入門 I	吉野元	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	保坂淳	理	II	火 1
現代物理学入門	保坂淳	理	IV	火 1
物理学概論 II	渡辺純二・木下修一 松岡伸行 朝日一	医(医) 医(放・検)・歯 1 薬・歯 2	II	火 2 水 2
物理学 2	東島 清 菊池 誠 森川良忠	理 理 理	II	金 4
物理学序論 2	摂待力生	理	II	金 4
物理学入門 II	大貫惇睦	医(放・検)・歯・薬	II	水 2
熱学・ 統計力学要論	小川哲生 松岡伸行 杉山清寛	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	長友英夫 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	土屋麻人 鷹岡貞夫	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 近藤 忠 西浦宏幸 能町正治 高原文郎 北澤正清	基(化) 基(情) 基(シ1~90) 基(シ91~) 基(電1) 基(電2)	I	金 4
力学 I	豊田岐聡 尾田欣也 林田 清	工(電子情報)1-80 工(電子情報)81- 工(環境・エネ)	I	金 4
力学 I	田島節子 櫻木弘之 百武慶文 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	波場直之 宮坂茂樹 西浦宏幸  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	浅川正之 櫻木弘之  福田光順	工(地球総合) 工(理1~95) 工(理96~190) 工(理191~)	II	火 1
力学 II	野末泰夫 坂本好史 谷口年史	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	中津了勇 竹田精治 植田千秋	基(化) 基(シ1~130) 基(シ131~・情)	II	月 1
電磁気学 I	釣部通 吉田博 山中卓	工(然1~85) 工(然86~170) 工(然171~)	II	火 3
電磁気学 I	中津了勇 萩原政幸 石原盛男	工(理1~95) 工(理96~190) 工(理191~)	II	月 2
電磁気学 II	田中実 湯川諭	基(シ・情) 基(化)	III	月 3
電磁気学 II	浜口智志・吉村智 松岡伸行 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	河崎善一郎 村田勲 ・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	河崎善一郎 宮丸広幸 ・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	青木正治	理	I	月 4
基礎教養 2	下田正 藤田佳孝 土'山明 中嶋悟 小出義夫		I	水 2
基礎教養 3 基礎教養 3	東島清 阿久津泰弘 山中千博 窪田高弘 松田准一		I	月 2 月 4
物理学実験	下田正 宮坂茂樹 河野日出夫 佐藤朗 菅谷頼仁 菊池武士 森浩亮	工（電子情報、環境・エネ）	I	火 3 ~ 5
物理学実験	窪田高弘 藤田佳孝 小田原厚子 東島清 森永英二 宮丸広幸 御堂義博	工（然）	I	木 3 ~ 5
物理学実験	石原盛男 荒木新吾 増井孝彦 花垣和則 大貫惇睦 福重真一 土井祐介	工（理）	II	火 3 ~ 5

授業科目名	担当教員	配当学部	学期	曜日時限
物理学実験	青木正治 松多健策 久野良孝 半沢弘昌 長谷陽子 土谷博昭 平雅文	基(電・化・情)	II	木3～5
物理学実験	豊田岐聡 清水俊  田島節子 毎田修 三好崇夫	工(地球総合)	II	金3～5
物理学実験	杉山清寛 三原基嗣 原隆宣 中野岳仁 長原一 小林康 飯島一博	医(放・検)・基(シ)	III	金3～5
自然科学実験1	鷹岡貞夫 鷹岡貞夫 撰待力生 宮坂茂樹 石原盛男 藤田佳孝 撰待力生 松多健策 杉山清寛 花垣和則 吉岡伸也	理	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 吉岡伸也 青木正治 小川泉 福田光順	理	III III III III III III	水3-5

## 4.4 物理学セミナー

物理学科1年生の皆さんに なるべく早く研究室の雰囲気を知ってもらうための物理学セミナーが平成20年度は木曜日3限に企画された。

物理学専攻からは、核物質学グループ(松多)、岸本グループ(阪口、小川)、赤井グループ(廣岡)、田島グループ(田島、宮坂)、下田グループ(下田、小田原、倉)、素粒子理論グループ(尾田)、竹田グループ(河野)、原子核理論グループ(若松)、素粒子理論グループ(窪田、田中)、山中(卓)グループ(山中)の各グループが担当した。





## 第5章 物理談話会

平成 20 年度に行なわれた教室談話会（物理学輪講）の日程，講師，講演題目を以下に列挙する．

2008.04.11	野末 泰夫	スーパーアトムと強磁性
2008.04.18	諸井 健夫	宇宙と素粒子
2008.04.25	吉野 元	ガラス系の物理 — メソスケールでの間欠性
2008.05.09	松多 健策	スピんで探る原子核の構造
2008.05.16	中村 智樹	地球外物質からわかる初期太陽系進化
2008.05.23	重森 啓介	高強度レーザーを用いた高エネルギー密度科学
2008.05.30	宮坂 茂樹	強相関電子系の多彩な物性と制御
2008.06.06	小倉 昌子	電子状態計算と量子デザイン
2008.06.13	伊藤 好孝	宇宙の暗黒物質
2008.06.20	多々良 源	スピントロニクス of 物理と応用
2008.06.27	櫻井 博儀	地球上で再現する、宇宙の錬金術
2008.07.04	大橋 隆哉	X線で探る宇宙：その現状と将来
2008.07.11	中嶋 悟	地球表層環境と生命の進化
2008.07.18	撰待 力生	重い電子系の物理の新展開
2008.07.25	細谷 裕	ゲージ理論と素粒子統一理論
2008.10.03	石原 盛男	質量分析に関する最近の話題
2008.10.10	芝井 広	赤外線観測による太陽系外惑星形成過程の研究
2008.10.17	駒宮 幸男	素粒子実験で解明する宇宙の謎

2008.10.24	鍵 裕之	中性子で地球・惑星内部の水を見る
2008.11.07	高原 文郎	相対論的ジェットの運動学
2008.11.14	浅野 建一	電子-正孔系の物理
2008.11.21	杉本 茂樹	弦と素粒子 — 究極の物質像をめぐって —
2008.11.28	鈴浦 秀勝	グラフェンおよびカーボンナノチューブにおける 量子輸送現象
2008.12.05	高部 英明	新領域、レーザー宇宙物理学の開拓
2008.12.12	久富 修	生体ナノマシンの機能と進化
2008.12.19	渡辺 純二	光散乱に現れるゆらぎの量子性・古典性
2009.01.09	植田 千秋	微小重力環境で通常の反磁性結晶に誘起される 磁氣的運動
2009.01.23	北沢 正清	クォークの性質を探る
2009.01.30	河野 日出夫	シリコン系ナノワイヤ・ナノ構造

## 第6章 学生の進路状況

平成20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）	55名
大阪大学進学（他研究科）	3名
他大学大学院進学	8名
民間企業就職	9名
内訳：	アクセンチュア・テクノロジー ・ソリューションズ（東京） オーシャナイズ（東京） 京セラ（京都） 全日本空輸（東京） 大和証券（東京） 日本生命（大阪） 日本電気（東京） ピーエスジー（栃木県） 三井住友銀行（東京）
高校教員	2名
内訳：	三重県立桑名高等学校・理科教員（非常勤） 私立大阪桐蔭高等学校・理科教員（常勤）
中学教員	1名
	富山県高岡市立南星中学校教諭（常勤）
阪大理研究生	1名
合計	81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）	13名
大阪大学博士後期課程進学（他研究科）	1名
民間企業就職	42名
国家公務員	1名
自営業	1名
未定	1名
その他	1名
合 計	60名

博士前期課程修了者の進路の内訳（人数未記入はすべて1名）

旭化成（株）	
ウシオ電機（株）	
カシオ計算機（株）	
（株）金沢村田製作所	
キヤノン（株）	2名
（株）神戸製鋼所	
三洋電機（株）	
シャープ（株）	2名
住友電気工業（株）	
第一生命保険相互会社	
T I S（株）	
T D K（株）	
東京エレクトロン（株）	
（株）東芝	2名
（株）東陽テクニカ	
（株）豊田自動織機	
（株）日本総合研究所	
日本電気（株）	
日本電気航空宇宙システム（株）	
日本電子（株）	

パナソニック（株）	
日置電機（株）	
日立アプライアンス（株）	
（株）日立製作所	
富士ゼロックス（株）	
富士通（株）	
富士通テン（株）	
フューチャーアーキテクト（株）	
（株）ブリヂストン	
古野電気（株）	
プロメティック・ソフトウェア（株）	
三菱電機（株）	2名
（株）村田製作所	
（株）ユーアイ	
（株）読売新聞大阪本社	
（株）リコー	
（株）りそな銀行	
（株）ルネサステクノロジ	
経済産業省特許庁	

## 6.3 博士後期課程修了者の進路

日本学術振興会・特別研究員	2名
独立行政法人研究員	3名
大阪大学・研究員	2名
他大学・研究員	4名
国立研究機関・研究員	1名
他大学・講師	2名
他大学進学	1名
未定	1名
合計	16名

博士後期課程修了者の進路の内訳（人数未記入はすべて1名）

京都大学大学院理学研究科・学振特別研究員  
広島大学情報メディア教育研究センター・学振特別研究員  
（独）放射線医学総合研究所・博士研究員（非常勤）  
（独）理化学研究所・新学術領域研究員  
（独）高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・研究員  
大阪大学蛋白研究所・情報科学研究科・研究員  
大阪大学・レーザエネルギー学センター・博士研究員  
東京医科歯科大学教養部大学・特任助教  
京都大学原子炉実験所・原子力環境整備・研究員  
東京大学・情報理工学系研究科・数理情報学専攻・博士研究員  
東京大学物性研究所・特任研究員  
国立循環器病センター・先端医工学センター放射線医学部・非常勤研究員  
HCM city University of Natural Sciences・講師  
ベトナム国立大学ハノイ校・講師  
北京大学 博士課程進学

## 第7章 グローバルCOEの活動

### 7.1 拠点形成計画の概要

平成20年度に、グローバルCOE「物質の量子機能解明と未来型機能材料創出」は基礎工学研究科物質創成専攻を中核として、理学研究科物理学専攻等に所属する研究者で協同した拠点として採択された。なお、本拠点は次の2つの研究グループにて、形成されている。(1) 多元環境下の量子物質相研究グループでは、量子物質創製、新量子相探索、理論解析の3つのサブテーマで研究を展開する。理化学研究所や高輝度光科学研究センター (SPring-8) との緊密な協力の下に、次世代に花開く未踏の量子相制御による電子技術の可能性を秘めている強く相互作用する電子集団「強相関電子系」を中心として、新しい量子物質の創製、革新的な実験手法を用いた予測を超えた新しい物理現象の発見や機構解明、共通する物理概念の深化を通して「物質科学における未踏の学理」を確立する。(2) 量子機能の制御とデザインによる未来型機能材料創出研究グループでは、先端量子デバイスおよび量子情報処理デバイス構築に向けた基本原理の導出、オプトロニクス開拓、量子情報処理デバイス、量子機能デザインの4つのサブグループで研究を展開する。さらに、産業技術総合研究所や情報通信研究機構との連携事業を実施し、電子・分子・スピン・光に関わる量子機能の制御とデザインを通して「未来型機能材料の創出」を目指す。

### 7.2 拠点形成の目的

量子力学に立脚した物性物理学は、半導体、磁性体、超伝導体、レーザーといった先端科学技術に必須となっている機能材料の発見やその機能を生み出す原理を次々と解明してきた。ここ数年で、従来の無機物から有機物、および生体物質に到るまで広くカバーできることが明らかにされ、この分野は大きく学際融合的に発展しようとしている。21世紀の増大するエネルギー需要に応えるため省資源で人と環境にやさしい次世代先端科学技術の開発や高効率創エネルギーが全人類的な重要課題となっている。本拠点では、(1) これまでは独立の物理現象としてとらえられていた典型的な物質の量子機能である超伝導、磁性、強誘電性などの協奏効果および競合効果によって出現する新しい量子物質の創製、および多元環境下の革新的な実験技術と理論解析との融合による物質の新しい量子機能の解明とデザインを通して「物質科学における未踏の学理の確立」を目指す基礎研究と、(2) 高度情報社会では必須となる分子、原子サイズ、さらにフェムト秒にいたる超高密度、超高速記録・読み出し、高度セキュリティに耐えられる次世代先端量子デバイス構築に向けた基本原理の導出を目指す、分子エレクトロニクス、スピントロニクス、オプトロニクス、量子情報処理に関わるクォントロニクスなど次世代先端科学技術分野を開拓する研究活動のな

かで、

(3) 物質の基礎科学の素養を十分に積み、未踏の科学・技術を創成開拓していく独創性あふれる知恵と能力をもち、副専攻として必修化する人材育成プログラム、海外切磋琢磨（外国人研究者と切磋琢磨し、国際性と幅広い視野を身につける）、異分野経験（異分野・他研究機関との共同研究に従事し、専門以外の知識を蓄積する）、企業インターンシップ（企業等の研究現場や技術開発に従事する実践経験）を通じて、広い視野をもち発想力に溢れた研究者・技術者、課題設定・解決能力のある、打たれてもへこたれない「出る杭人材」を育成することを目的とする。

### 7.3 教育研究拠点形成実績の概要

本年度は、RA32名（うち物理学専攻大学院生9名）を採用し、最先端の研究に従事させるとともに、人材育成プログラムとして、(1) RAの研究計画ヒアリング、(2) 実践英語プレゼンテーションセミナー（週1回計9回）を開催し、英語のスキルアップの向上を図ると共に、RAの相互交流の推進、(3) 萌芽的研究補助5件を支援（物理学専攻2件採択）、(4) 学外活動として、海外はトロント大学（カナダ）、カリフォルニア大学リバーサイド校（アメリカ）、グルノーブル原子力庁（フランス）の3件、長期外部研究機関派遣は、統計数理研究所、産業技術総合研究所の3件、国際会議・ワークショップへの派遣（国内開催：10件、海外開催：20件）、(5) 外国人招聘（ドイツ2人、アメリカ1人、オランダ2人、韓国1人）、(6) 国内外シンポジウム（4件）の開催や国際共同研究の実施などを通じて大学院生を含む若手研究者の幅広い国際交流（相互交流）事業を進めた。さらにグローバルCOEセミナーの開催（17件、うち外国人14件）、若手秋の学校の開催を通じて、研究者や若手大学院生の交流を促進した。年度末には、英語によるRA研究活動ヒアリングを実施し、RA活動の評価を行い、優れた評価を受けた4名（うち物理学専攻大学院生1名）をRA優秀者として研究奨励補助を実施することにした。また、本プログラムの支援を得て研究は格段に進んだ。国内外学会を代表する諸雑誌に197編の原著論文発表、国際会議での計72件の招待講演、特許出願2件、受賞11件、学会誌等や新聞等での誌上での紹介記事19件。以上のように、教育研究拠点形成は順調に進展している。

### 7.4 「若手秋の学校」

秋の学校 - 物質の量子機能解明と未来型機能材料創出 -

休暇村讃岐五色台（香川県）において、平成20年11月13～15日に開催された。口頭発表19件、ポスター発表86件で、参加者111名（うち物理学専攻大学院生52名、教職員14名）であった。

平成20年11月13日（木）

13:30～13:40 開会式 挨拶：田島節子（理学研究科物理学専攻）

13:40～14:05 廣田和馬（理学研究科宇宙地球科学専攻）

「中性子散乱による強相関電子物性の研究 - 電荷・スピン・軌道の時間・空間構造 - 」



- 14:05 ~ 14:25 木村健太 (基礎工学研究科物質創成専攻)  
「三角格子反強磁性体  $\text{CuCrO}_2$  における磁気特性と強誘電特性の相関現象」
- 14:25 ~ 14:45 山口博則 (理学研究科物理学専攻)  
「二次元三角格子磁性体  $\text{NiGa}_2\text{S}_4$  の強磁場磁性」
- 14:45 ~ 15:05 北島顕正 (理学研究科物理学専攻)  
「マルチカノニカル法で探る力学系の小さな周期軌道」
- 15:25 ~ 15:50 豊田岐聡 (理学研究科物理学専攻)  
「高性能小型マルチターン飛行時間型質量分析計の開発とその応用」
- 15:50 ~ 16:10 斉藤稔 (理学研究科物理学専攻)  
「拡張アンサンブル法によるランダム行列の最大固有値分布」
- 16:10 ~ 16:30 深澤太郎 (理学研究科物理学専攻)  
「最適化有効ポテンシャル法を用いた第一原理電子状態計算手法の開発」
- 16:30 ~ 16:55 吉田秀人 (理学研究科物理学専攻)  
「カーボンナノチューブ成長の高分解能環境制御型透過電子顕微鏡その場観察」
- 16:55 ~ 18:30 ポスター発表 I

平成 20 年 11 月 14 日 (金)

- 9:00 ~ 9:50 特別講演 三宅和正 (基礎工学研究科物質創成専攻)  
「重い電子系物質の臨界価数ゆらぎの物理」
- 9:50 ~ 10:10 Dao Xuan Viet (理学研究科宇宙地球科学専攻)  
「Numerical evidence of the spin-chirality decoupling in the three-dimensional Heisenberg spin glass」
- 10:10 ~ 10:35 小倉昌子 (理学研究科物理学専攻)  
「オーダー N KKR グリーン関数法による電子状態計算」
- 10:55 ~ 11:45 特別講演 竹延大志 (東北大学金属材料研究所)  
「有機単結晶発光トランジスタ」
- 11:45 ~ 12:05 内山徹也 (理学研究科物理学専攻)  
「Au/CeO<sub>2</sub> 触媒の CO/Air ガス中高分解能環境 TEM 観察」
- 16:30 ~ 18:00 ポスター発表 II
- 20:00 ~ ナイトセッション  
安岡弘志 (日本原子力研究開発機構・客員研究員 [東京大学名誉教授]) 「局在と遍歴」  
Wilson Agerico Tan Diño (理学研究科物理学専攻) 「古今東西よもやま話」

平成 20 年 11 月 15 日 (土)

- 9:00 ~ 9:50 特別講演 佐藤英行 (首都大学東京)  
「充填スクッテルライト構造が可能にした量子多電子状態」
- 9:50 ~ 10:10 金武史弥 (基礎工学研究科物質創成専攻)  
「NMR と第一原理計算による Ge-cage clathrate  $\text{Ba}_{24}\text{Ge}_{100}$  のラットリングと超伝導」
- 10:10 ~ 10:35 吉野元 (理学研究科宇宙地球科学専攻)  
「フラストレートしたジョセフソン接合配列におけるジャミング転移」

10:35 ~ 12:00 ポスター発表 III

13:00 ~ 13:50 特別講演 足立匡 (東北大学大学院工学研究科)

「酸化物高温超伝導体における電子的不均一性とストライプ相関」

13:50 ~ 14:10 浦池勇太 (理学研究科物理学専攻)

「 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x)_3\text{O}_y$  の面間電気伝導に及ぼす Zn 置換効果」

14:10 ~ 14:35 木村尚次郎 (極限量子科学研究センター)

「擬一次元コバルト化合物  $\text{BaCo}_2\text{V}_2\text{O}_8$  の強磁場磁性」

14:35 ~ 14:50 閉会式 挨拶: 清水克哉 (極限量子科学研究センター)

## 第8章 教育GPの活動

### 8.1 「質の高い大学教育推進プログラム」への応募の背景

平成20年度に募集があった文部科学省「質の高い大学教育推進プログラム」に、大阪大学理学部として「知的能動性をはぐくむ理学教育プログラム」を申請し、採択された。申請にあたっては、事業推進責任者を化学専攻の篠原厚教授とし、全専攻から実施委員が集まって、プログラムのコンセプトをはじめ、さまざまな計画について協議した。

理学部では、これまで特色GP「進化する理学教育」で理学ミニマムカリキュラムを推進してきた。これは、より多くの学生のレベルを高めることを目的としており、一部の非常に意欲の高い学生達には、若干物足りないものであった。それを補うために、成績上位者を対象とした「理数オーナープログラム」が前年度からスタートしている。これら二つでカバーできていないものは何か、実施委員会で議論した結果、マジョリティーである成績中間層の学生の、共通教育を終えて専門教育に入る段階での意識の飛躍である、との認識で一致した。それが、本プログラムの根底にあるコンセプトである。

目標を実現するために何が必要かは、学科ごとに検討された。物理学科では、(1)自然科学実験と専門の物理学実験をつなぐようなステップアップの実験科目の新設、(2)学生が主体的に企画する「学年縦断合宿」(3)理学への招待の拡張、などを提案し、実施することとなった。

全学科共通の事項としては、(1)授業へ学生の意見を反映させる「理学教育カリキュラム反省会」を行うこと、(2)将来像を具体的にイメージさせ、より能動的に勉学に励むよう促す「将来展望ワークショップ」を実施すること、がある。

### 8.2 平成20年度活動概要

初年度である平成20年度は、11月からプログラムが始まったため、部分的な実施となった。物理学専攻が関係して具体的に実施した内容は、以下の通り。

- 1) キックオフシンポジウムの開催（平成20年12月4日）理学部教員及び学生対象
- 2) 将来展望ワークショップの開催（平成21年2月16日）
- 3) 2年生後期の科目「物理実験基礎」の設計・準備
- 4) 宇宙地球科学フィールドワークの拡充
- 5) 「理学への招待」を将来展望ワークショップの一部として実施

- 6) 学年縦断合宿を実施（平成21年2月）

## 第9章 理数オナープログラム

### 9.1 理数オナープログラムについて

大阪大学理学部では平成19年度より理数オナープログラムを開始した。平成20年度に行われた中間評価の報告書の一部を年次報告書に掲載し、物理学科構成員はじめ関係者に周知することにした。

大阪大学理学部でこれまでに行ってきた特色ある理学教育としては、1年生の間に数学、物理学、化学、生物学、地学のすべてを学ばせる「理学部コアカリキュラム」をあげることができる。これは、理学における新たな知見は幅広い理学の素養から生まれるという信念から実施しているもので、平成16年度の特徴GPに採択され理学教育の一つのモデルケースとなっている。文部科学省の支援は平成19年度に終了したが、理学研究科の財源で実施する「基礎科学研究者養成プロジェクト」の一部として理学部コアカリキュラムを位置づけ、継続的に実施している。

本プロジェクト「理数オナープログラム」は、この理学部コアカリキュラムの欠点を補うために平成19年度から開始された。幅広い理学の素養を身につけることを目指す教育は、どうしても広く浅くに陥りやすい。飛躍知を見いだすためには、広いだけでなく、より深く追求する必要がある。そのためにすべての学生を対象にするのではなく、特に意欲的な学生の才能を更に伸ばすための特別コースを用意することにした。そこで、平成19年2月15日と平成19年3月30日(金)に理学部教務関係者が集まって、理数オナープログラム準備委員会を開催し、プログラム実施計画の大枠を議論した。

理数オナープログラムでは、トップランナーおよびニューフロンティアの開拓者育成を目指す。理数オナープログラムでは、トップランナーを育てるために、強い意欲を持つ学生を対象とするオナーカリキュラムを設け、標準より高いハードルを課す。更に、課題設定能力と創造力を育てるために、徹底した少人数対話型授業(オナーセミナー)をおこなう。学生はこのセミナーに参加する中で、自分の課題を見だし自主研究に参加し、自主研究発表会において研究発表を行う。ニューフロンティア開拓者育成に関しては、平成20年度から新設される生物科学科生命理学コースの学生を対象に、生物 数学、生物 物理、生物 化学のいずれかを選び、2つの専門分野を身につけさせる(生命理学カリキュラム)。この生命理学コースは、2つの専門分野を身につけさせ、大学院において、新しい境界領域を切り開く研究者に育てることを目指している。境界分野の課題設定能力と創造力を身につけさせるために、複数の分野の教員と大学院生がチューターとして参加し、徹底した少人数対話型授業(オナーセミナー)を実施する。

### 理数オーナープログラム実施委員会の設置

理学部における教育に責任を持つ学務委員会を平成19年6月22日(金)に開催し、正式に「理数オーナープログラム実施委員会」設置を決定し、実施体制を整えた。数学、物理、化学、生物科学科からなる理学部全体として理数オーナープログラムを推進するため、各学科のオーナープログラムの責任者をもって構成し、当時の理学部学務委員長の東島が実施委員会の責任者を務めることになった。開催状況は以下の通り：

#### 理数オーナープログラム実施委員会

- 第1回 日時：平成19年7月24日(火)午後6:00 - 7:30  
 場所：物理系総合研究棟 H416  
 議題：各学科の試行計画と国外調査
- 第2回 日時：平成19年11月2日(金)午後1:00 - 3:00  
 議題：諸外国におけるオーナープログラムの出張調査担当者  
 平成19年度の実施状況と平成20年度の試行および実施計画について
- 第3回 日時：平成20年6月11日(水)午後1:00 - 3:00  
 議題：平成19年度の実施報告および平成20年度の実施状況  
 平成21年度の各学科オーナーカリキュラムとオーナーセミナー
- 第4回 日時：平成20年7月25日(金)午後5:00 - 7:00  
 議題：前期の自主研究について  
 後期実施のオーナーセミナーについて  
 各学科オーナープログラム修了要件(案)
- 第5回 日時：平成20年10月15日(水)午前10:30 - 12:00  
 議題：前期オーナーセミナー発表会および後期の登録状況について  
 各学科の理数オーナープログラム修了要件について
- 第6回 日時：平成21年1月22日(木)午前10:30 - 12:15  
 議題：学生便覧記載事項について

#### 専任事務補佐員の配置

平成19年度10月1日に専任の事務補佐員が着任し、理数オーナープログラム関係の企画や事務一般および理数オーナープログラムに参加する学生との個別連絡を担当するようになり、教員の事務負担を飛躍的に軽減する事ができた。また、理数オーナーセミナーには大学院生をTAとして配置して、セミナーの補助および学生が行う自主研究に関する相談・指導を担当している。数学科では博士号を取得した特任研究員がその役を担当している。

#### 米国におけるオーナーセミナーの調査

実施内容の所で詳しく触れるが、アメリカにおけるオーナープログラムのやり方はかなりの程度、担当教員に任されており、非常に参考になった。

- (1) 普通の学生には与えないような難しい問題を解かせる(教員の負担は少ない)
- (2) 教員が課題を与えて、学生が議論して課題を解決しレポートをまとめて発表する(課題追求型)
- (3) 学生に自分の好きなことを研究させてレポートをまとめ発表させる(学生主導型。教員の負担は大きいが熱心な教員は楽しんでいる)
- (4) 学生による自主的な研究。これは学生と教員の話し合いによって教員が指導を引き受ける場合に可能になる。毎週教員による個別指導を受けることができる。

オーナープログラムのような科目を長続きさせるには、教員の負担を余り重くしないようにしなければならない。(1)が教員の負担が一番少なく、普通学生向けと優等生向けの科目を別々に開講しなくても、講義は同じにしておいて良くできる学生により難しい課題を与えるだけでよい。この方法を使えば、数多くのオーナー科目を提供することができる。生物学科はこのオプションを取るようになった。他の学科は(2)と(3)を採用しているが、学生にとってもっともハードルが高いのが(4)の方法で、学生はあらかじめ自分でテーマを見つけて教員を説得して研究をさせて貰うことになる。物理学科では、平成20年度の後期にオーナーセミナーSとして、教員を説得して引き受けて貰えたら、正式科目として認定し単位を貰える仕組みを試行している。今年度はこの課題に挑戦した学生はたった2名だけである。

#### 大学教育と大学院教育の連携

近年、高校教育と大学教育の連携の一環として、意欲的で優秀な高校生に大学の授業を受講させ、科目等履修生として単位を与え、大学進学後に大学における履修単位として認定する制度が広がってきている。

大学においても学生の多様化に伴い学力や意欲に個人差が目立ち始めており、大学教育と大学院教育の連携を考える時期にさしかかっている。多様な学生に基礎学力を身につけさせ大学教育の質を保証するとともに、優秀な学生の能力を更に伸ばすための工夫が必要になってきた。その一つの試みとして、意欲的で優秀な学生に大学院教育を受講させることも有効である。大学院設置基準では、科目等履修生として単位を与え、大学院進学後に大学院における履修単位として認定することが可能になっている。この際、学生に過度の経済的負担を強いることは避けなければならない。そのためには、特に優秀な学部学生が大学院科目等履修生として大学院科目を履修する時に、授業料を2重に徴収しないという申し合わせをする必要がある。

理学研究科ではこの制度を導入し、意欲的で優秀なオーナープログラム参加学生にチャレンジな教育の機会を提供する事にした。具体的には次のような手続きをとる：

- (1) 正規の学部学生が大学院科目の履修を希望する場合、成績など履修状況を考慮して特に優秀と認められれば、大学院科目等履修生として履修を認める。この場合、大学院の科目等履修生としての入学料・検定料・授業料は徴収しない。
- (2) 科目等履修生の単位を習得した学生が、大学院に進学した場合には、10単位を上限として大学院における履修単位に認定する。

理学研究科では、今後の研究型大学における学部教育を更に魅力的なものにするために、上のような学部教育と大学院教育の連携を実施することを大学本部に認めさせ、平成21年度から実施できることになった。これまでも、特別に優秀な学生には3年次終了後に大学院に進学する『飛び級』制度が作られているが、大学院途中で病気などにより退学すれば高校卒業になってしまう危険性があった。今回の制度を用いれば、大学院修士課程を1年で修了することが可能になる。化学科のオーナープログラムではこの制度を平成21年度から採用することになった。

理数オーナープログラムでは、参加希望者は意欲さえあれば参加を拒まず、参加学生に高度な課題を課すことによって、最後まで残った学生が結果的に選別されるという方法をとっている。これは、このプログラムの目的が、課題解決力よりも、課題発見能力と創造性という日本の若者に欠けていると言われる能力を引き出すことを狙っているためである。

## 9.2 実施内容・実施状況

理数オーナーセミナーに参加した学生:

H19 年後期オーナーセミナー（物理学科で試行）

参加者数 19 名（1 年生 4 名、2 年生 6 名、3 年生 9 名）

H20 年前期オーナーセミナー（物理学科は正式科目、他学科は試行）

参加者総数 36 名

物理オーナーセミナー 22 名（1 年生 1 名、2 年生 12 名、3 年生 9 名）

生物オーナーセミナー 3 名（2 年生 2 名、3 年生 1 名）

数学オーナーセミナー 11 名（3 年生 10 名、4 年生 1 名）

H20 年後期オーナーセミナー

参加者総数 55 名

物理オーナーセミナー 12 名（1 年生 1 名、2 年生 6 名、3 年生 3 名、4 年生 2 名）

生物オーナーセミナー 18 名（1 年生 2 名、2 年生 3 名、3 年生 6 名、4 年生 7 名）

化学オーナーセミナー 14 名（1 年生 0 名、2 年生 12 名、3 年生 1 名、4 年生 1 名）

数学オーナーセミナー 11 名（3 年生 10 名、4 年生 1 名）

途中で脱落する学生は各セミナーとも 1～2 名程度で、ほとんどの学生は自主研究も行った。

### 新たな入学試験

理学部では平成20年度から次の新たな試みを行っている。

#### (1) 物理オリンピック入試

これは国際物理オリンピックの日本代表として出場した高校生は、無条件で大阪大学理学部物理学科に入学させるという制度で、平成20年度には2名が合格したが、実際には金メダルを受賞した学生1名が入学した。この学生は1年生の時から理数オーナープログラムに参



加している。

### (2) 生命理学コース

平成20年度より生物科学科の中に新たに生命理学コース(定員30名)を設け、入学試験では物理と化学を必修として課している。数学、物理、化学に強い生命学者や、生命科学に強い関心を抱く数学者、物理学者、化学者を育成するための試みであるが、平成20年度には126名が志願し27名が入学した。

### 各学科の理数オナープログラムと修了要件

各学科のオナープログラム実施小委員会においてオナーカリキュラムを開発するとともに、オナープログラム修了要件を定めた。専攻する物理学科においては既に実施しているが、他学科では平成21年度から実施する。普通、新カリキュラムは入学年度により学年進行で実施するが、理数オナープログラムに参加することは何の不利にもならない付加価値であるので、在学生についても修了要件を満たせば理数オナープログラム修了証を発行する。

### 物理学科の理数オナープログラム修了要件

次の単位を取得し、専門教育科目の平均成績(GPA)が3.0以上であれば、卒業時に理数オナープログラム修了証を授与する。GPAは5段階評価の成績を単位数の重みを付けて平均したものです(S=4, A=3, B=2, C=1, F=0)。

#### (1) 物理オナーセミナーを2科目2単位以上

物理オナーセミナー1(1単位:2年生対象)

物理オナーセミナー2(1単位:2年生対象)

物理オナーセミナー3(1単位:3年生対象)

物理オナーセミナー4(1単位:3年生対象)

#### (2) 次の必修および選択の演義9科目のアドバンストコース(18単位)

力学1演義(アドバンスト)

電磁気学1演義(アドバンスト)、電磁気学2演義(アドバンスト)

物理数学1演義(アドバンスト)、物理数学2演義(アドバンスト)

量子力学1演義(アドバンスト)、量子力学2演義(アドバンスト)

統計物理学1演義(アドバンスト) 統計物理学2演義(アドバンスト)

#### (3) 次の選択11科目の中から5科目10単位以上

相対論的量子力学、物性物理学1、物性物理学2、物性物理学3、原子核理論序説、相対論、素粒子物理学1、素粒子物理学2、原子核物理学2、地球惑星物質学、放射光物理学、極限光物理学

### 数学科の理数オナープログラム修了要件

下記の単位を取得し、専門教育科目の単位数の重みをつけた平均成績（GPA）が3.0以上であれば、卒業時に理数オナープログラム修了証を授与します（S=4,A=3, B=2,C=1,F=0）

- (1) 数学オナーセミナーを2科目2単位以上
  - 数学オナーセミナー1（1単位：2年生対象）
  - 数学オナーセミナー2（1単位：2年生対象）
  - 数学オナーセミナー3（1単位：3年生対象）
  - 数学オナーセミナー4（1単位：3年生対象）
- (2) 2年、3年生向けに開講される必修、選択科目の中から、次の3セットのうち少なくとも1セット（（講義+演義）×3=6科目12単位）を含む10科目20単位以上。
  - 1) 代数「代数学序論、同演義」、「代数学1、同演義」、「代数学2、同演義」
  - 2) 幾何「幾何学序論、同演義」、「幾何学1、同演義」、「幾何学2、同演義」
  - 3) 解析「解析学序論1または2」、同演義、「解析学1、同演義」、「解析学2、同演義」
- (3) 次の科目の中から3科目6単位以上。（ただし年度によっては開講されない科目もあります。）
  - 代数学3-10、幾何学3-10、解析学3-10、応用数理学1-10、大域数理学1-5

### 化学科の理数オナープログラム修了要件

以下の単位を取得し（2）の選択必修科目B群6科目の成績はSまたはAであり、かつ専門教育科目および専門基礎教育科目の平均成績が3.0以上であれば、卒業時に理数オナープログラム修了証を発行します（S=4,A=3,B=2,C=1,F=0）。

- (1) 化学オナーセミナーを2科目2単位以上。
  - 化学オナーセミナー1（1単位：2年生対象）
  - 化学オナーセミナー2（1単位：2年生対象）
  - 化学オナーセミナー3（1単位：3年生対象）
- (2) 選択必修科目B群の演習6科目（6単位）
  - 量子力学演習，有機化学演習1，高分子科学演習，無機放射化学演習，有機化学演習2，統計熱力学演習
- (3) 大学院理学研究科化学専攻あるいは高分子科学専攻配当科目4科目（8単位）
 

4年生の段階で、（1）の化学オナーセミナー2単位を取得し、（2）の選択必修科目B群6単位を全てSまたはAの成績で取得しており、かつ3年生終了時点での専門教育科目の平均成績が3.0以上であれば、大学院科目等履修生として、大学院理学研究科化学専攻あるいは高分子科学専攻配当の科目を履修することを許可します（S=4, A=3, B=2, C=1, F=0）。大学院のどの講義をとるかについては、化学

科教務委員との相談によって決定します。なお、この単位は理学部化学科の卒業要件の単位とはなりません。

### 生物科学科の理数オナープログラム修了要件

(生物科学コース、生命理学コース共通)

以下の単位を取得し、専門教育科目の平均成績が3.0以上であれば、卒業時に理数オナープログラム修了証を授与します。(S=4、A=3、B=2、C=1、F=0)

#### 生物科学コース

(1) 生物科学オナーセミナー1-6(1単位:2-4年生対象)を2科目2単位以上履修。

(2) 生物科学コースオナー講義科目

2-3年生対象の生物科学科の専門科目のうち、講義名の末尾にH(honor)が付いた講義科目は生物科学コースオナー講義として登録することができます。生物科学コースオナー講義を5科目10単位以上履修すること。オナー講義では通常の課題に加え特別に設定されたオナー課題が与えられます。

#### 生命理学コース

(1) 生物科学オナーセミナー、数学オナーセミナー、化学オナーセミナー、物理オナーセミナーのいずれかを2科目2単位以上履修すること。

(2) 生物科学コースオナー講義科目または数学推奨科目、物理学推奨科目、化学推奨科目のいずれか一つの科目群から5科目10単位以上を履修すること。

### オナーセミナーの実施状況

【H19年後期オナーセミナー】(試行)

参加者数19名(1年生4名、2年生6名、3年生9名)

#### 物理オナーセミナー

A「あなたも量子力学を発見してみませんか?朝永の量子力学を読む?」

担当 東島 清 受講生:5名(1年生2名、2年生3名)

B「単位系を超えられるか? - 物理計測を考える -」

担当 桂 誠 受講生:7名(2年生2名、3年生5名)

C「加速器を自由に使って分析しようー身の回りの謎への挑戦ー」

担当 福田 光順 受講生:3名(1年生2名、2年生1名)

D「素粒子と宇宙について考えようー人類は宇宙の謎をどれくらい理解したかー」

担当 長島 順清、久野 良孝 受講生:4名(3年生4名)

## 【H20年前期オナーセミナー】

参加者総数 36名

物理オナーセミナー（正式科目）

- A「力学？幾何学？（一般相対性理論入門）」  
担当 東島 清 受講生：8名（2年生7名、3年生1名）
- B「環境計測器を作る」  
担当 桂 誠 受講生：2名（1年生1名、2年生1名）
- C「加速器を使って分析しよう -身の回りの謎への挑戦-」  
担当 福田 光順、藤田 佳孝 受講生：5名（2年生2名、3年生3名）
- D「素粒子と宇宙について考えようー人類は宇宙の謎をどれくらい理解したかー」  
担当 長島 順清、久野 佳孝 受講生4名（3年生4名）
- E「実験室で宇宙の研究をしよう」  
担当 板橋 隆久 受講生3名（2年生2名、3年生1名）

生物オナーセミナー（試行）

- A「タンパク質の巧妙な「からくり」について考えてみよう」  
担当 倉光 成紀、増井 良治 受講生3名（2年生2名、3年生1名）

数学オナーセミナー（試行、すべて通年）

- A「モース理論に向けて」  
担当 榎一郎 受講生：1名（3年生1名）
- B「アーベルの定理とモノドロミー」  
担当 川中 宣明 受講生：3名（3年生3名）
- C「代数学から見た数学の発展」  
担当 今野 一宏 受講生：2名（3年生2名）
- D「カオス理論」  
担当 角 大輝 受講生：2名（3年生1名、4年生1名）

## 【H20年後期オナーセミナー】

参加者総数 55名

物理オナーセミナー（正式科目）

- A「自然の扉を開けてみよう」  
担当 杉山 清寛 受講生：2名（2年生2名）
- B「環境計測器を作る」  
担当 桂 誠 受講生：1名（2年生1名）
- C「加速器を使って分析しよう -身の回りの謎への挑戦-」  
担当 福田 光順、藤田 佳孝 受講生：2名（3年生2名）

D「素粒子と宇宙について考えようー人類は宇宙の謎をどれくらい理解したかー」

担当 長島 順清、久野 佳孝 受講生：3名(3年生1名、4年生2名)

E「実験室で宇宙の研究をしよう」

担当 板橋 隆久 受講生：4名(1年生1名、2年生3名)

#### 生物オナーセミナー(試行)

A「タンパク質の巧妙な「からくり」について考えてみよう」

担当 倉光 成紀、増井 良治 受講生：2名(1年生2名)

B「地球環境に於ける植物の役割を考察し、自由に遺伝子操作植物を作る」

担当 柿本 辰男、高田 忍 受講生：5名(2年生2名、3年生3名)

C「数学を通して見る生命現象」

担当 滝澤 温彦 受講生：11名(2年生1名、3年生3名、4年生7名(うち数学科3名))

#### 化学オナーセミナー(試行)

A「分子機械としてのタンパク質を考える」

担当 水谷 泰久、奥村 光隆、川上貴資、北河 康隆、水野 操 受講生：7名(2年生6名、4年生1名)

B「化学のちからで金属、半導体、超伝導体をつくる」

担当 中澤 康浩、久保 孝史 受講生：6名(2年生6名)

C「DNAはなぜらせんを巻くのか? 生体高分子の研究」

担当 佐藤 尚弘 受講生：1名(3年生1名)

#### 数学オナーセミナー(試行、通年の後期、脱落者ゼロ)

A「モース理論に向けて」

担当 榎一郎 受講生：1名(3年生1名)

B「アーベルの定理とモノドロミー」

担当 川中 宣明 受講生：3名(3年生3名)

C「代数学から見た数学の発展」(通年)

担当 今野 一宏 受講生：2名(3年生2名)

D「カオス理論」(通年)

担当 角 大輝 受講生：2名(3年生1名、4年生1名)

#### 学生が企画する自主研究および自主研究発表会

大阪大学理学部 H701 大セミナー室にて

持ち時間 15分/1人 質疑応答 5分 スライド形式 powerpoint 等

課題設定能力を更に伸ばし課題探求能力を育て、自ら研究する喜びを体験させるために、オナーセミナーで学生自ら設定した研究課題について、自主研究を行うとともに自主研究発表会において研究発表を行った。

**【平成 19 年後期】**

平成 20 年 4 月 3 日 (木)13:00-18:30

演題数 15 演題 発表者 18 名 (物理学科) 会場参加者 33 名

題目

**A 東島 班 【朝永の量子力学を読む】**

- 1 "波動性"とは何か
- 2 光電効果の実験
- 3 電磁場の量子力学
- 4 浮遊ゴマの磁場の解析
- 5 Mathematica による量子力学の可視化

**B 桂 班 【単位系を超えられるか? 物理計測を考える】**

- 6 異種形状混合粉体の混合実験 (共同研究) 松本 徹 3 回生
- 7 流星の構成物質を観測するための魚眼レンズを用いた光学系の考察
- 8 口腔の内部の形状と音声の関係
- 9 反響音の特性
- 10 人間の感覚と物理計測

**C 福田 班 【加速器を使って分析しよう】**

- 11 横山 輪 1 回生 PIXE 法による食品中の微量元素に関する研究 (共同研究)

**D 久野・長島班 【素粒子と宇宙について】**

- 12 ダークマターの N 体シミュレーション
- 13 場と粒子
- 14 構成的場の理論
- 15 An Introduction to String Theory

**【平成 20 年前期】**

平成 20 年 9 月 30 日 (火)9:00-18:00

演題数 22 演題 発表者 26 名 (物理学科、生物科学科、化学科、数学科)

会場参加者 56 名 千葉大学から安藤先生、兼田先生が参加

- ・原子時計 -真の一秒を求めて-
- ・タイムトラベルの可能性
- ・ブラックホールは「蒸発」するのか?

- ・多次元空間を調べる
- ・真空中の誘電率の測定
- ・Mie 散乱を用いたエアロゾルの粒径測定装置
- ・花崗岩から出る放射線について
- ・微量元素に着目した、枝豆と土壌の関係と、産地特定のための考察
- ・実験室で太陽を研究する?実験条件の考察?
- ・チェレンコフ放射と遷移放射
- ・布の光透過特性と日焼け
- ・スピンと統計性との関係
- ・相対論的量子力学
- ・高度好熱菌 Cold Shock タンパク質の安定性の解析
- ・高度好熱菌ヒストン様タンパク質の安定性の解析
- ・自然数を2つの平方数で表す問題
- ・カオスの定義とその例
- ・シャルコフスキーの定理

#### 【平成 20 年後期】

第1回 平成 21 年 3 月 25 日 (水)13:00-19:00

演題数 17 演題 参加予定者 21 名 (物理学科、生物科学科、数学科)

第2回 平成 21 年 3 月 31 日 (火)9:30-18:00

演題数 17 演題 参加予定者 21 名 (化学科、生物科学科)

#### 先端研究施設研修

オーナーセミナー参加者がセミナーを通して得た知識をさらに深めるために、国内の最先端の研修施設や研究機関を訪問し、自分の進めたい研究を実際に行っている現場に接し、その経験を自主研究に取り入れた。

平成 20 年 8 月 4 日 自然科学研究機構 核融合科学研究所 (岐阜県土岐市)

物理オーナーセミナー 担当 板橋隆久 TA1 名 学生 3 名

平成 20 年 8 月 6 日-7 日 東京大学宇宙線研究所神岡宇宙素粒子研究施設 (岐阜県飛騨市)

物理オーナーセミナー 担当 長島順清、TA1 名、学生 4 名

平成 20 年 9 月 12 日-15 日 Spring-8 (兵庫県佐用郡)

「高度好熱菌丸ごと一匹プロジェクト第 7 回連携研究会」へ参加、発表

生物オーナーセミナー 担当 倉光 成紀、増田 良治 学生 3 名

平成 20 年 12 月 24 日-25 日 東海大学工学部電気電子工学科 広瀬洋一研究室を訪問。

物理オーナーセミナー 担当 杉山 清寛 TA1 名 学生 2 名

平成 21 年 1 月 16 日-17 日 静岡大学理学部数学科 依岡輝幸先生を訪問

数学オーナーセミナー (角グループ) 学生 1 名 単独で訪問

平成 21 年 2 月 17 日-18 日 電気通信大学 レーザー新世代研究センター、高エネルギー  
 加速器研究機構  
 物理オーナーセミナー 担当 板橋 隆久 TA1 名 学生 4 名

#### その他

理数オーナープログラムに参加する物理学科、数学科の学生が自発的に交流会を持つよ  
 うになり、平成 20 年 11 月には討論会、12 月及び、3 月は懇親会を開き、学科を超え  
 た交流を始めた。

#### 理数オーナープログラム説明会

平成 19 年度 (H19.9.13)(H20.3.31)、平成 20 年度 (H21.2.23)、次年度に新しくセミナー  
 を開講する教員に対し、オーナープログラムの趣旨とオーナーセミナーの説明を行った。またす  
 でにオーナーセミナーを行った教員から、通常授業と異なる点などを披露してもらい、少人数  
 制セミナーで個々の学生の学力と潜在的能力を有する学生の意欲を引き出す方法について意  
 見交換を行った。

#### ホームページの開設

平成 19 年 8 月 9 日に理数オーナープログラムのホームページを開設し、理数オーナープログ  
 ラムを学生に周知させたり、自主研究発表会の予定、研究費申請、自主研究報告書の公開な  
 どに活用している。URL は  
<http://www-het.phys.sci.osaka-u.ac.jp/~higashij/honor/index.htm>

#### 海外におけるオーナーディグリーの現状調査

海外におけるオーナープログラムおよびオーナーディグリーについて調査するために各学科か  
 ら 1 ~ 2 名を派遣した。

#### 平成 19 年度

化学 笠井俊夫 米国ハーバード大学、キューバ共和国ハバナ大学  
 物理学 細谷裕 米国ミネソタ州立大学、カールトン大学  
 東島清 米国カリフォルニア大学ロスアンジェルス校  
 生物学 荻原哲、熊野岳 米国カリフォルニア大学バークレー校、サンタバーバラ校、  
 リバーサイド校、アーバイン校  
 数学 カリフォルニア大学バークレー校の小林昭七教授を招聘して  
 オナープログラムに関する講演会を開催し、また、現地での  
 オナープログラムの解説を受けた。

#### 平成 20 年度

物理学 東島清 ドイツ ハイデルベルグ大学



アメリカ合衆国では、進学率の向上により大学生の質が多様化するに従い、1980年頃からオナープログラム (Honors Program) が全国的に整備・拡大されてきた。現在では全米大学オナー協会 (NCHC, National Collegiate Honors Council) のもとに、約800の大学や短大が参加して様々なオナープログラムを提供している。学生数が少ない有名私立大学ではきめ細かな教育がなされているので、GPA (5段階評価の成績でAを4、Bを3、Cを2、Dを1、Fを0として単位数で重みを付けて平均したもの) に基づく優等賞的なものが主流のようだが、多様な学生を抱える州立大学では、意欲的な学生の能力を更に伸ばすための様々な試みが行われている。また、優秀な学生を集めるための大学間の競争に打ち勝つ手段ともなっている。大学のレベル、サイズ等によりそれぞれ個性的なオナープログラムが組み立てられているようだが、今回は州立大学の代表として UCLA (University of California, Los Angeles) の例について述べる。

アメリカ合衆国の州立大学は学生数3万人を超えるところが多い。UCLAも学部生27,000人、大学院生12,000人を抱えており、教員数は約4,000名である。これを東京大学の学部生14,000名、大学院生14,000名、教員3,800名と比べると、学部生を非常に多く抱えていることが分かる (大阪外国語大学と統合後の大阪大学では、学部生16,000名、大学院生8,000名、教員数2,800名)。教員数はそれほど多くないので、学部教育に関しては、大教室を用いた講義と多数のTAを用いた少人数の演習を組み合わせ、効率的な授業が実施されているということができよう。UCLAでは4学期制を取っているので、普通の学生は秋、冬、春の3学期を受講する。学部 (College) と学科 (Department) それぞれのオナープログラムがあるが、今回は文理学部 (College of Letters and Science、理学部と人文学部・社会科学部を合わせたような学部) と物理天文学科のオナープログラムについて聞き取り調査を行った。

### 1. 文理学部のオナープログラム

UCLAのオナープログラムは、様々な優れた能力を持つ学生を特別の教育環境の中で育てることにより、学業はもちろんのこと社会性・感性・知性の面でもその能力を引き出すこと目的としている。そのために、少人数教育、教員との交流、研究指向の教育、教員による個別指導、critical thinkingの重視、学際分野の特別講義、オナー奨学金、インターンシップや海外研修など、1年生から4年生に至るまで様々なオナープログラムが用意されており、教員のみならず専従職員が学生に対する履修相談にのっている。オナープログラムに参加するには、新入生は高校におけるGPAや大学進学適性試験 (SAT) で一定以上の成績をおさめている必要がある。一定の条件を満たし、GPA 3.5以上の成績をあげると、卒業証書 (diploma) と成績証明 (transcript) にオナープログラムを終了したことが記載される。オナープログラム参加者は特別の奨学金を受けられるなどの特典もあるが、主として名誉などの心理的な面が強調される。オナープログラム修了者のリストは公表される他、招待された両親の前で特別のリボンを付けたガウンを纏って卒業式に臨むことができる。オナープログラムを終了しなくても何も支障はなく、叱るよりも褒めることを心がけているようだ。オナープログラム修了者には3種類あり、全学生の約10%がオナープログラム修了している。

- |     |             |                |               |
|-----|-------------|----------------|---------------|
| (ア) | GPA 3.85 以上 | Highest Honors | 全学生の2~3%      |
| (イ) | GPA 3.72 以上 | High Honors    | 全学生の5% (アを含む) |

(ウ) GPA 3.52 以上 Honors 全学生の 10% (アイを含む)

学部のオナープログラムの具体例を幾つかの例を挙げると次のようなものがある。

低学年教育の基礎的科目に関して、普通の学生向けの授業とは別にオナープログラム参加者向けに作られた特別な授業。普通の学生が履修する科目に比べると高度な内容の教材が用いられる。

同じく低学年向けの基礎的科目だが、普通の学生が履修するのと同じ授業に、特別のオナーセミナー (Discussion session) を付加してオナープログラムとしたもので、別のクラスを開講するのと違い、大きな教室を使えば教員の数は増やさなくても良い。例えば、普通の学生に対しては、毎週 50 分の講義を 3 回と実験を 1 回受ける 4 単位の科目であるが、オナープログラム参加者には更に週一回のオナーセミナーを受講させ 5 単位の科目としている。このオナーセミナーのやり方は担当教員に任されており、次のようなものがある。

- ・普通の学生には与えないような難しい問題を解かせる (教員の負担は少ない)
- ・教員が課題を与えて、学生が議論して課題を解決しレポートをまとめて発表する (課題追求型)
- ・学生に自分の好きなことを研究させてレポートをまとめ発表させる (学生主導型。教員の負担は大きいが熱心な教員は楽しんでいる)

学生による自主的な研究。これは学生と教員の話し合いによって教員が指導を引き受ける場合に可能になる。毎週教員による個別指導を受けることができる。

研究室における研究。これも教員との個別交渉が必要。多くは 3, 4 年生に対して提供され、学科の卒業研究につながる。

オナーカレッジウム (Honor Collegium) 学生と議論のリーダーと教員からなる少人数グループで、各人の考えをぶつけ合いながら、対話を中心に一つのテーマに関する学習を進める。学際的な題材をテーマにする事が多い。

## 2. 物理天文学科のオナープログラム

物理天文学科のオナープログラムは 3 年生以上に対して提供されており、その参加資格は

- A) 卒業に必要な 180 単位の内、3 年生までに 90 単位以上取得していること
- B) 大学における全科目の GPA が 3.0 以上であること
- C) 専門科目の GPA が 3.5 以上であること

となっており、希望者は研究分野と指導教員を選び、3 年生の第 1 学期に申請書を提出する。オナープログラムを続けるには、毎学期に進歩の状況を書いた報告書を提出して指導教員の許可を得る必要がある。

物理天文学科のオナープログラムを修了するには、次のいずれかの条件を満たさなければならない。

数学重視コース：物理のコア科目 9 科目、物理選択科目を 9 科目中 4 科目、実験を 6 科目中 2 科目、数学の必修を 1 科目と選択科目 17 科目中 2 科目

実験コース：物理のコア科目 9 科目、物理選択科目を 9 科目中 3 科目、実験を 6 科目中 2 科目、卒業研究（2 学期分） 数学を 11 科目中 1 科目

理論物理コース：物理のコア科目 9 科目、物理選択科目を 9 科目中 3 科目、実験を 6 科目中 2 科目、卒業研究（2 学期分） 数学の必修 1 科目と選択科目 10 科目中 2 科目

このいずれかの条件を満たす学生はオナープログラム修了の資格を有するが、更に専門科目と数学の GPA により卒業証書は異なる。

- (ア) GPA 3.75 以上 Graduation with highest honors in Physics
- (イ) GPA 3.5 以上 Graduation with honors in Physics

これまでに文理学部と物理天文学科のオナープログラムについて述べてきたが、日本の学生に比べると GPA が異常に高いことに気がつく。その理由を尋ねると、GPA 4 にあたる A の成績を 22~25%の学生に与えるように指導しているとのことだった。大阪大学の場合 90 点以上を GPA 4 に換算しているのので、90 点以上を多く出すように取り決めるか換算方法を変えない限り、アメリカとの比較は難しい。また、オナープログラムを日本において実施する場合には、大学毎に学生や教員、教育方法は異なるので、それぞれの大学にあったオナープログラムを工夫してゆく必要がある。

### 先端研究施設研修

最先端の研究施設を体験させて、更に興味を高めさせるために、理数オナーセミナー参加者をスーパーカミオカンデなどの先端研究施設に研修のために連れて行った。

#### 教員が引率

##### 平成 19 年度

- ・東京大学宇宙線研究所（神岡）久野良孝、長島順清、学生 4 名 (TA1 人 学部生 3 名)
- ・放射線医学総合研究所（千葉） 理化学研究所（和光）福田光順、学部学生 3 名
- ・高エネルギー加速器研究機構（つくば市） 東京大学ビッグバン宇宙国際研究センター（文京区）長島順清、学生 5 名 (TA1 人 学部生 4 名)

##### 平成 20 年度

- ・東京大学宇宙線研究所（神岡） 長島順清、学生 5 名 (TA1 人 学部生 4 名)
- ・核融合科学研究所（土岐）板橋隆久、学生 4 名 (TA1 人 学部生 3 名)
- ・東海大学工学部電気電子工学科 杉山清寛 学生 3 名 (TA1 人 学部生 2 名)

学生が単独で出張先を見つけて出かけていった

## 平成 19 年度

- ・北海道大学理学部数学科新井研究室訪問
- ・国立天文台三鷹キャンパス N 体シミュレーション大寒の学校参加

## 平成 20 年度

- ・静岡大学理学部数学科 依岡先生訪問

## 学会、研究会参加

生物学科 倉光研究室 「高度好熱菌丸ごと 1 匹プロジェクト第 7 回連携研究会」(兵庫県佐用郡、SPring8 にて) にオーナー学生 3 名が参加、発表を行った。

## 交流会

千葉大学と平成 20 年 1 月 9 日 18:00-20:00 大阪大学理学部 H709 室にて交流会を行った。千葉大学 教員 2 名 園芸学部学生 7 名 大阪大学 教員 2 名 学生 10 名参加。

物理学科オーナー学生、数学科オーナー学生の間でお互いの研究分野をより深く知ろうという目的で自発的に交流会を立ち上げた。2 回開催。

## 高大連携

大阪府立北野高等学校のスーパーサイエンスコースのサイエンスアドバイザーとして、東島が高校生の課題研究発表会に参加している (H20.2.2、H20.9.18、H21.2.14)。また、大阪大学と関西地区の高校教員で毎年開催する「高大連携セミナー」において、理数オーナーセミナーの紹介を行った (平成 20 年 8 月 1 日)。

## 広報活動

『文部科学時報』2007 年 10 月号の事例紹介 (基盤政策課) の中で理数オーナープログラムを紹介

『大学の物理教育』(日本物理学会)、Vol.14-1(2008 年 3 月) に「理数オーナープログラムについて - 飛躍知の苗床育成を目指して - 」を執筆。

Open Campus (外部の高校生向けの大阪大学理学部の説明会)

H20.8/7 でオーナープログラムの紹介をした。参加者 1500 名強。ビラ 1500 枚配布

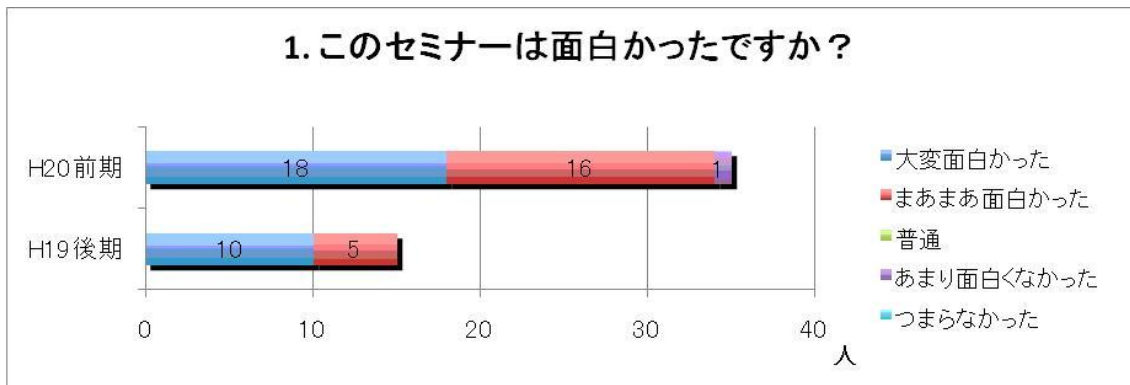
SSH 生徒研究発表会 (横浜市) で理数オーナープログラムのビラ 200 部とポスタ- 掲示

読売新聞 国立大学理学系学部 PR 特集で大阪大学理学部で「理数オーナープログラム」を紹介。

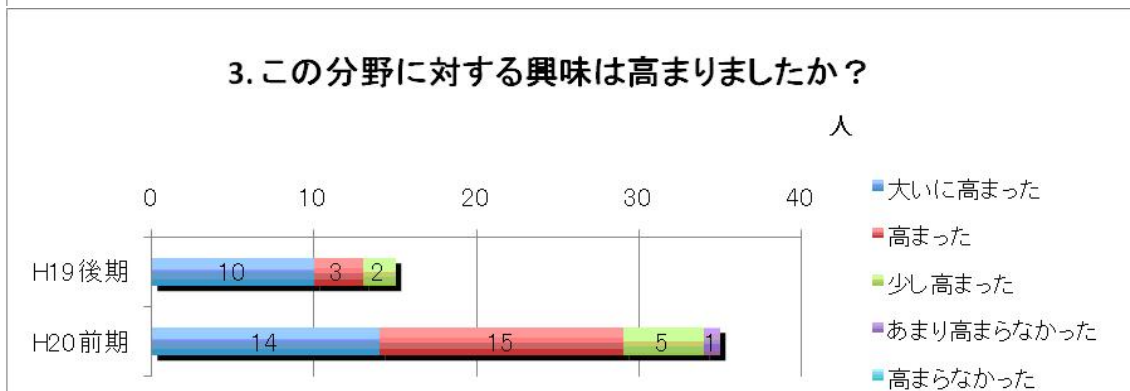
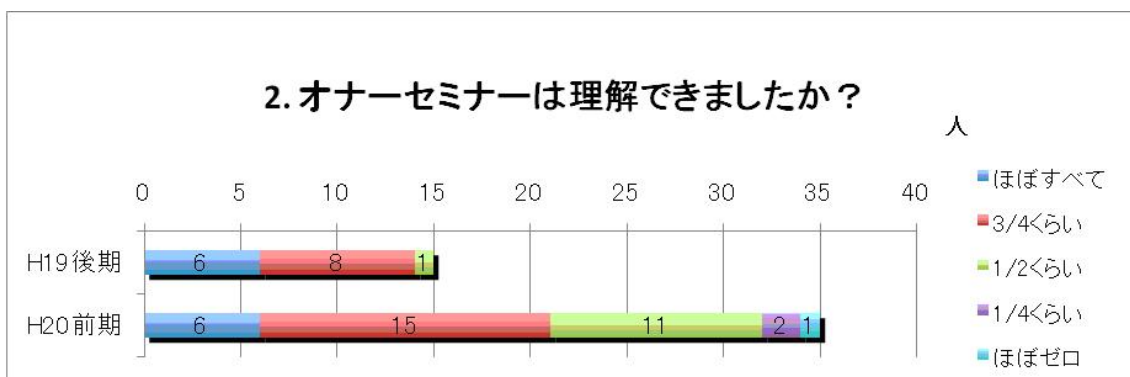
## 9.3 実績・成果

### 参加学生へのアンケート結果の集計

オーナー学生にむけて、セミナーや自主研究のアンケートを行った。また、セミナーをサポートした大学院生のTAにも協力を仰いだ。回答率 100 %

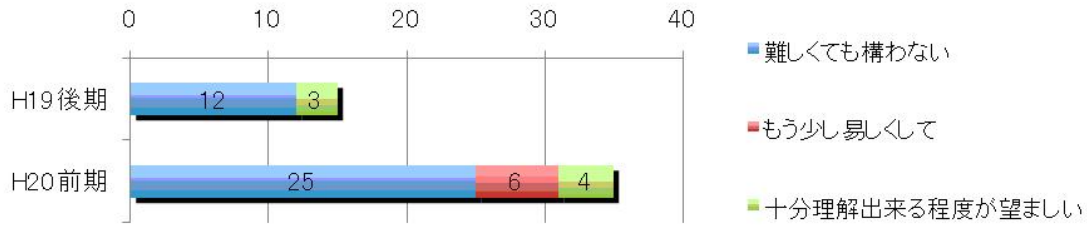


普通の授業では「普通」と答える学生がほとんどだが、「普通」と答える学生がほとんどいないのは大きな違いとすることができる。



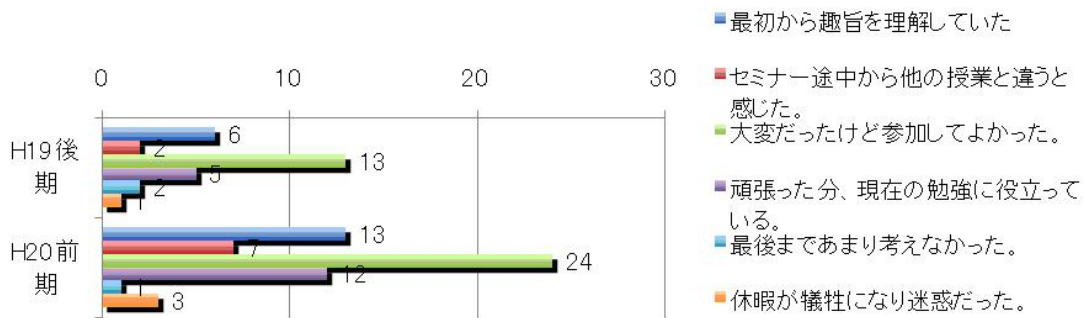
理解度と興味が増したと答える学生が多いのも特徴的。

#### 4. 一般に新しいことを学ぶのは難しいと思いますが、この点についてどう思われますか？



普通はもっと分かるように教えて欲しいという学生が多いが、仕方なく入っている人が一人もいないのでこういう結果が出るのだろう。

#### 5. オナーセミナーはやる気のある皆さんを応援するセミナーでしたが、私たちの意図は伝わりましたか？(複数回答あり)



自主研究発表会の前は皆必死になって頑張っていた。その達成感を持っているようだ。

単なる統計データよりも、学生の生の声を聞いていただきたいので、オナーセミナーに参加して研究計画提案、研究費申請、研究発表、報告書提出を行った学生に対するアンケート結果を引用する：

- ・ まず、研究費の申請等、研究の道具や設備の準備（のまねごと？）が体験できたところ。今まで与えられたものをこなすという形であったので、そうではなく、自分で用意する所から学べたのはとても役に立っている。理数オーナーセミナーを通して、将来、“研究者”の道を行っていきたいと本気で思えるようになった。（H19,3年生）
- ・ 少人数のため、先生やTAの方達と意見を交換しあえる機会が多く、ふだんの授業では得られない様々な知識を持つことができた。自分で研究テーマを見つけることは難しかったが、セミナー終了時は達成感が大きかった。（H19,3年生）

- ・ 自主研究が出来て、しかもそれを発表できる場が提供されていることが素晴らしいと思いました。普段自分で勉強している時は、あまり先が見えませんが、力不足とは言え、目の前の目標に向かって勉強していけるというのは他ではあまり感じないため、最後はとても充実していきました。施設研修もとても楽しかったです。このセミナーは阪大理学部物理学科（他の学科）において主力な授業としてあるべきだと思うので、これを武器にしてどんどんHPなどで売り込んでいくべきだと思います。（H19,3年生）
- ・ 他学年の先輩方と意見を交えながら授業を進められたのは大変有意義でした。発表会では、様々な課題とそのアプローチを見て、自分の知らない物理の世界を知る事が出来ましたし、今後の目標設定に大いに参考となりました。集中講義をしていただいたので、短期間で理論のつながりがよく見えて非常にためになった。長期休みも使って自由に課題に取り組むことができ、思ったよりも結果を出す（まとめる）のは大変でしたが、満足いく結果を得られてよかったと思います。（H19,1年生）
- ・ 自分でテーマを決めて取り組めたところ。他の実験や講義ではありえないオーナーセミナーならではの面白さがありました。興味をもつ 調べる 考える、というテーマ設定までのサイクル。テーマを決めてから、それを実現させるための能力を身につける 調べる 試してみる 改良、是正、という試行錯誤の繰り返し。実験系のセミナーだったからかもしれませんが、その繰り返しがとても充実したものでした。学年や既習、未習の区分を超えて「セミナー参加者」として、幅広い数式や理論に触れたのもよかったです。他の講義や授業とは決定的に違う点として、「勉強をさせられているのではない」という印象を受けました。「では何か」と問われても困るのですが、「他人によって決められたことを学ぶ」のではなく、「自分に必要なことを取り入れる」という感じです。新しいことを覚えて、考えて、それを自分が「何に活用するのか」という明確なイメージの有無がその差なのかもしれません。そんな感じで過ごしたセミナーが本当に楽しく、ためになったと思います。（H20,2年生）
- ・ 研究者を目指す者として、生の研究に触れられたのが嬉しくて、ありがたかったです。又、それによって、机上の理論と研究室での生の実情の違いがどんなものかを感じられ、それが貴重な体験となりました。セミナー受講の目的は実験室での生の活動に触れ、自分の予想像を修正することでしたので、その意味では半ば達成されましたし、この授業以外ではそれは果たし得ませんでした。（H20,2年生）
- ・ 一つのテーマに夏休みの2ヶ月ほどを使って研究したことがなかったので、研究することの楽しみやつらさを初めて知る事が出来ました。要望としては学科の枠にとらわれないような分野（生物物理など）をもっと開講してもらえたらと思います。（H20,2年生）
- ・ 非常に貴重な経験ができた。特に、研究室での研究は、学部生のような生徒としての勉強ではなく、院生の方にはもはや仕事の域になりつつあるようで、こちら身が引き締まった。疑似院生としての生活をする事で、学部生の目線から将来を見ることは逆に、院生の目線から、学部生の自分を見直せた気もする。指導教官の丁寧なご指導ありがとうございました。また、連携研究会への参加は、この機会でなければ経験で

きなかったと思います。パワーポイントの作成の仕方、論文の解読法など、以後の研究生生活に役立つような手法の伝授をしていただいたのも、ありがたいです。(H20,2年生)

#### 理数オーナープログラム修了要件のGPAについて

理数オーナープログラムでは、意欲ある学生は誰でも参加できるが、修了証を受けるためには専門科目のGPAが3.0いじょうであることを要求している。その根拠としては、優等賞である「楠本賞」(各学科1名)と「理学部賞」(7名)の平成18年度受賞者の専門科目GPAがおおむね3.0以上であることが挙げられる。

優等賞(楠本賞、理学部賞)受賞者11名のGPA:

3.0, 3.2, 3.2, 3.3, 3.3, 3.4, 3.4, 3.5, 3.5, 3.6, 3.8

### 9.4 得られた知見

#### 参加者の選抜について

はじめは特別に優秀な学生を選抜することも考えていたが、意欲だけで理数オーナープログラムに参加させてみて良かったと考える教員が多くなってきた。「面白くない」授業の成績は余り良くななくても、興味を持って集中的に学ぶときの能力は異なるからだ。従って、敢えて選抜は行わない学科が多い。

#### 理数オーナープログラム修了者数の予想について

当初、理数オーナープログラム修了者数を、全学生の10~20%と予想していたが、米国における調査でも修了者は10%であったこと、GPAが3.0以上の条件を満たすことができる学生数は10%に満たないことなどから、実際には5~10%程度になるのではないかと予想される。

対話によって試行錯誤をしながら、自分のテーマを見つけるまでにかかなりの時間を費やすので、15回という普通の授業回数で自主研究まで行き着くのは難しい。発表会を普通の授業終了時に行うのは不可能で、夏休みや春休みにかかなり集中的に研究することになるので、発表会は長期休暇の最後になってしまい学生にも負担が大きい。また、発表会に出ることを義務づけているが、正式科目としては問題かも知れない。

### 9.5 自己分析

#### 波及効果

理数オーナープログラム参加者の自主研究発表会は広く一般に公開して行っているが、この自主研究発表会を聞きに来てくれた教員たちは、1年生や2年生が自主研究を遂行した上で



立派に発表している姿を見て、自主的に学習することの大切さを改めて認識した。黙ってノートを取る学生の学習態度を変えさせ、主体的な学習態度に替えようという『知的能動性を育む理学教育』が新たに大阪大学理学部から提案され「質の高い大学教育推進プログラム」に採択された。この教育 GP がすべての学生を主体的にさせようとするのに対し、理数オーナープログラムは既に意欲的な学生を対象とするので、対象とする学生は異なっているが、改めて能動性の重要性を認識させたのは理数オーナープログラムの波及効果である。

研究発表会では参加する教員が学生の発表を聞き、その評価結果を理数オーナーセミナーの成績に取り入れている。しかし、今年度までは、敢えて優秀賞を出すなどのコンペティション的なことは行わなかった。全学科の理数オーナープログラムが正式科目となる平成 21 年度には、表彰者以外の学生を落胆させないように配慮しながらコンペティションを行いたい。

学生の質が多様化しているアメリカの州立大学では、すべての学生が卒業研究を行う訳でなく、オーナープログラム参加者だけの特典としているところが多い。大阪大学では、外国からの留学生を研究室配属させるという条件で、アメリカのオーナープログラム参加者を短期留学生として受け入れるために、frontierlab@OsakaUniversity というプログラムを立ち上げた。これは生物のオーナープログラムを視察にいった荻原教授の発案で始まったものであり、一つの波及効果と言うことができる。

## 9.6 他大学への波及性

米国を視察して分かったのは、オーナープログラムを優秀な学生勧誘の手段として使っていることだった。例えば、UC の中ではトップクラスの学生は Berkeley を目指すが、2 番目に位置する UCLA 等は優れたオーナープログラムを提供して、カリフォルニア北部まで回って優秀な学生を集めている。我々の理数オーナープログラムが定着した折には、パンフレットなどを作成して高校に配布すれば興味を持つ向光性も出てくるであろう。そうなれば、オーナープログラムのニーズも高くなるだろう。

学生の質の多様化は何処の大学にも共通した減少であり、大部分の学生には分かりやすい授業を提供し、意欲的な学生にはレベルの高い教育を行うという我々が採用している方法は、遅かれ早かれどの大学も採用することになると思われる。

我々の広報活動はまだホームページに限られており、もう少し宣伝することも必要だろう。



## 第10章 湯川記念室

### 10.1 平成20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、1976年、本部に直属する組織として設立された。2008年10月より、大阪大学総合学術博物館に属する事になった。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/>

### 10.2 第24回湯川記念講演会

2008年10月5日(日)、大阪大学中之島センターで開催した。湯川記念室が主催、日本物理学会大阪支部が共催した。

場所：大阪大学中之島センター 佐治敬三メモリアルホール

演題：「地球温暖化問題の現状と今後の課題」

住 明正(東京大学サステイナビリティ学連携研究機構  
イニシアティブ統括ディレクター・教授)

「X線でみる宇宙」

林田 清(大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻准教授)

ホームページ： <http://www-yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/sympo/sympo24.html>

### 10.3 最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2008

日時：2008年10月18日、25日、11月1日、8日、15日、22日(土)3時 6時

ホームページ： <http://www-yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/SAP/>

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 2008」が大阪大学湯川記念室の主催、大阪大学理学研究科、工学研究科、基礎工学研究科、大学教育実践センター、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共催で、10月18日から11月22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大講義室と吹田キャンパス工学部で開催された。毎回、高校生、一般を含め、平均174人が出席した。184人は4回以上出席した。出席者220人のうち87人が女性であった。2006年度からの再参加者が1人あった。

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され実現されているかなど、未来への展望も含めてわかりやすく解説された。11月1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、小泉副学長名の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。物理学専攻からは、細谷裕、藤田佳孝、佐藤透、市原敏雄、豊田岐聡、福田光順、松多健策、阪口篤志、古木良一、尾西克之らが中心的に運営に携わった。



## 10.4 その他

いちょう祭（5月2日，5月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・朝永生誕100年に因み湯川博士、朝永博士のビデオ上映を行った。



## 第11章 社会活動

### 11.1 物理学科出張講義の記録

平成20年度の物理学科出張講義は以下の10件を実施した。

学校名	住所	日時	講師	対象
智辯学園奈良カレッジ	香芝市	5月10日(土)	芝井広	中学部2年生の 102名
土佐塾中学・高等学校	高知市	6月14日(土)	野末泰夫	高校1年~3年, 保護者および 教職員
福井県立高志高等学校	福井市	7月10日(木)	山中千博	高校3年生(理 数系)50名
私立開智中学校 ・高等学校	和歌山市	7月19日(土)	下田正	中等部5年生 ・高校2年生
兵庫県立 姫路東高等学校	姫路市	8月25日(月)	田島節子	2年理系の 約40名
大阪府立箕面高等学校	箕面市	8月30日(土) 11月12日(水) 11月22日(土)	能町正治	1・2・3年生 30人程度
西宮市立 西宮東高等学校	西宮市	10月3日(金)	杉山清寛	高校1,2年生 のうち30名 程度
三重県立 四日市高等学校	四日市市	11月5日(水)	藤田佳孝	高校生約40名
大阪府立北野高等学校	大阪市	11月19日(水)	藤田佳孝	2年生58名
西宮市立西宮高等学校	西宮市	1月16日(金)	野末泰夫	グローバル サイエンス科 2年生40名

## 11.2 サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト ( S P P )

滋賀県立虎姫高等学校の2・3年生20名が教諭4名と共に、平成20年8月4日－6日の2泊3日の日程で、科学技術振興機構のサイエンス・パートナーシップ・プロジェクト ( S P P ) の連携講座「物理科学の基礎と最前線」に参加した。

8月4日(月) 10:00-16:30

高校生のための物理学科一日体験入学に参加し、廣田和馬教授による「Physics of Waves 音楽と色彩と量子力学」と題して行われた講演に参加した。

8月5日(火) 9:00-17:00

「屈折率の測定：虹はなぜ見える」と題して、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。実験結果を整理してまとめ、翌朝の発表会にて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発表する準備を行った。

8月6日(水) 9:00-16:30

9:00-10:30 前日に行った「屈折率の測定：虹はなぜ見える」とその発展課題の成果を各グループごとに自由に発表した。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進めた。

10:40-12:00 「光の不思議：光はなぜ曲がる、なぜ反射する、金の反射光はなぜ金色」と題して野末泰夫教授による講義を行った。空気中には分子がたくさんあっても、光はどこまでも進んで行く。また、ガラスにはいると屈折したり反射したりする理由を理解し、また、反射光に色が付く現象として、金色の秘密を理解し、その中に量子力学が隠されていることを予感させた。また、原子が多数並んでいる金属中を電子が自由に進むことについても理解することをめざした。

14:00-16:30 「レーザー核融合の物理」と題して、レーザーエネルギー学研究中心において、白神宏之准教授による講義とレーザー核融合施設の見学及び説明を受けた。



### 11.3 高校生のための物理学科一日体験入学

高校生と予備校生を対象とした一日体験入学が、平成 20 年度も開催された。その内容は以下の通りであった。

開催日時：2008 年 8 月 4 日（月） 10:30–16:30

開催場所：大阪大学理学部・理学研究科（豊中キャンパス）

内容： 講義（午前）と研究室訪問（午後）

プログラム：

10:00 受付開始 H棟 7F 大セミナー室前

10:30 開校 物理学科長（小川哲生教授）による物理学科紹介

10:40 講義「Physics of Waves - 音楽と色彩と量子力学」廣田和馬教授

11:30 研究室訪問（昼食は食堂で各研究室メンバーと一緒にとる）

次の 2 コースに分かれる。

体験型コース（一つの研究室を訪問し、研究内容等についてじっくり体験）

見学型コース（二つの研究室をまわり、様々な研究の様子に触れる。

組み合わせはなるべく異なる分野の研究室）

16:00 H棟 7F 大セミナー室に戻り、アンケート記入

16:30 閉校

### 11.4 「いちよう祭」「まちかね祭」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。

公開施設名	公開時間	利用状況	利用者の構成
バンデグラフ 加速器施設			一般・大学生・高校生 ・中学生・小学生
理学部 H 棟 7 階 大セミナー室		ビデオ上映	一般・大学生・高校生 ・中学生・小学生

公開施設名	公開時間	利用状況	利用者の構成
理学部 H 棟 H003 地下実験室	10:00-16:00		一般市民・高校生
理学部 H 棟 H005 地下実験室	10:00-16:00		一般
理学部 H 棟 H009 地下実験室	10:00-16:00		一般
理学部 H 棟 H114 実験室	10:00-16:00		一般
理学部 H 棟 H127 実験室	9:00-16:00		一般
理学部 H 棟 H222 実験室	13:00-16:00		一般
理学部 H 棟 1 階 コミュニケーション スペース	10:00-17:00		一般
原子核実験施設 レプトン核分光 実験室	10:00-16:00		一般・大学生・高校生 ・小学生

「まちかね祭」における施設の一般公開の状況は以下の通りであった。

公開施設名	公開時間	利用状況	利用者の構成
バンデグラフ 加速器施設			一般・大学生・高校生 ・中学生・小学生
原子核実験施設 レプトン核分光 実験室	10:00-16:00		一般・大学生・高校生 ・小学生
理学部 H 棟 7 階 大セミナー室		ビデオ上映	一般・大学生・高校生 ・中学生・小学生

## 第12章 大学説明会

平成20年8月7日(木曜日)に平成20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」というものである。理学部での参加者は1540人と大幅に増えたが、このうち物理学科は270人が522人とほぼ倍の人が学科説明会に参加した。日程は以下の通りであった。

1. 学科説明会	12:30-14:00	D301、D303、D401、D403
<p>東島 清理学部長、篠原 厚教授のビデオ映像 小川哲生専攻長、窪田高弘教授、下田 正教授、 常深 博宇宙・地球科学専攻専攻長の説明</p> <p>注: 物理学科の学科説明会を希望した参加者の数が 予想を大幅に上回ったため、4箇所での開催と なった</p>		
2. 研究室訪問	14:00-15:30	各研究室
<p>見学希望研究室を自由に見学してまわった 一部の研究室では17:00まで研究室を公開した</p>		



## 第13章 平成20年度の年間活動カレンダー

4月1日	入学式
4月2日	新入生学部別指導
4月7日	第1学期授業開始
4月17日	物理学専攻教室会議(第199回)
4月25-26日	新入生研修旅行
5月1日	大阪大学記念日
5月2-3日	いちょう祭
5月15日	物理学専攻教室会議(第200回)
6月19日	物理学専攻教室会議(第201回)
6月21日	大学院入試説明会(東京)
6月28日	大学院入試説明会(大阪)
7月17日	物理学専攻教室会議(第202回)
8月4日	夏季休業(8/4 - 9/30)
8月4日	物理学科一日体験入学
8月7日	大学説明会, 合同ビアパーティ
8月25日	大学院合同入試ならびに東京入試筆記試験
8月26日	大学院合同入試面接試験
8月27日	大学院合同入試面接試験
8月27日	大学院東京入試面接試験
9月18日	物理学専攻教室会議(第203回)
10月1日	第2学期授業開始
10月16日	物理学専攻教室会議(第204回)
11月1-3日	大学祭
11月20日	物理学専攻教室会議(第205回)
12月12日	忘年会
12月18日	物理学専攻教室会議(第206回)
12月24日	冬季休業(12/24 - 1/4)
1月17-18日	センター入試
1月29日	物理学専攻教室会議(第207回)
2月2-4日	博士論文公聴会
2月9-10日	修士論文発表会
2月10日	物理学専攻教室会議(第208回)
2月23日	物理学専攻教室会議(第209回)

2月25日	入学試験（前期日程）
3月12日	入学試験（後期日程）
3月19日	物理学専攻教室会議（第210回）
3月24日	卒業式

## 第14章 物理学専攻における役割分担

	平成20年度 担当者
専攻長（物理）	小川
副専攻長	野末，細谷
議長団	河野，花垣，福田
物理学科長	小川
専攻長（宇宙地球）	[常深]
< 理学研究科・理学部 >	
研究科長・学部長	東島
副研究科長	下田
企画調整会議	東島，下田
学務委員会	
学生生活委員会	福田
専門教育教務委員	田島，浅野
大学院教育教務委員	山中*
低学年教育教務委員	窪田，杉山
学務評価委員	鷹岡
入試検討委員	小川
学部入試委員	東島*，小川（専攻長・学科長）
大学院入試委員	東島*，小川（専攻長），山中
大学院入試実施委員	窪田（入試実施），山中卓*（教育教務）
広報委員	小川
学務委員	下田*，山中
財務委員	
中期目標・中期計画案策定	東島*，下田，久野，野末
ネットワークシステム委員	能町*，豊田，田中
情報ネットワークシステム委員	能町*，小川
Web情報委員	小川，小倉
情報資料室運営（図書）委員	細谷，浅野，阿久津
施設マネジメント委員	大貫，能町（施設）
産学官連携問題委員	東島*，小川
研究推進委員	東島*，下田，小川
ナノサイエンス・ナノテクノロジー 教育研究小委員会	赤井*，竹田

安全衛生管理委員会	能町, 野末, 石原, 杉山
喫煙対策委員	中野
防災委員	東島*, 下田, 小川, 大貫, 松多, 岸本
防災班員(第2班)	小川(班長), 浅川, 野末
情報倫理委員	東島*, 下田, 能町
理学懇話会運営委員	岸本, 小川
放射線安全委員	東島*, 松多
放射線障害防止委員	本多, 三原
レクリエーション委員	小倉
P C B 管理委員	福田
S H 部局対策委員	小田原
S H 部局相談員	田島
組織運営検討	
なんでも相談室	阿久津*
学生相談員	福田
研究公正委員	東島*, 下田
メンタルヘルスケア委員	
いちょう祭実行委員	河野*
高大連携連絡委員	野末
国際交流委員	久野, Diño
将来構想委員	野末, 久野, 下田
技術部運営委員	岸本, 野末, 能町(施設)
技術部各室連絡会議委員	
情報ネットワーク室	能町*, 豊田
研究支援室	岸本*, 大貫
教育支援室	野末*
分析測定室	下田
理学部留学生担当講師	Diño
大学院提携欧州視察旅行	山中, Diño
産学官連携問題委員	小川
評価委員	小川
外部評価委員	東島, 野末
原子核実験施設運営委員	能町*
動物実験委員	
エックス線・放射線専門委員	摂待, 松多
高圧ガス専門委員	野末, 杉山
危険物貯蔵所管理委員	杉山
有機廃液処理実施委員	河野



<b>&lt; 物理学専攻 &gt;</b>	
大学院入試実施委員会	窪田* , 山中, [廣田]
大学院入試実施委員会 (東京)	赤井* , 阪口, 小川
大学院入試説明会	田島* , 小川, 久野, 岸本, 窪田, 小川
年次報告書作成	赤井
ODINS	田中*
専攻WEB管理作成	阪口
学術交流	久野
大型プリンター担当	杉山
教職員代表委員	野末, 北澤
薬品管理支援システム	荒木
<b>&lt; 物理学科 &gt;</b>	
学年担任 (1年)	下田, 青木, [中嶋]
(2年)	窪田, [近藤]
(3年)	赤井, [常深]
(4年)	田島, [松田]
カリキュラム委員会	浅川* , 岸本, 宮坂, 摂待, スレヴィン 福田, 杉山, 鷹岡
物理・宇宙地球科学輪講 (物理談話会)	宮坂
3年次物理学生実験	竹田* , 福田, 本多
オナープログラム実施委員会	東島* , 田島
質の高い大学教育プログラム運営委員会	田島
生命理学コース運営・教務委員会	野末, [中嶋]
生命理学コースカリキュラム委員会	野末, [中嶋]
研修旅行	青木*
大学説明会	窪田, 杉山
理科と情報数理の教育セミナー	杉山
就職担当	[松田]
TA担当	野末 (理) , 松多 (共通教育)
一日体験入学	阪口, 石原, 宮坂
物理系同窓会	赤井, 大貫, 能町, 岸本, 松多, 小川
<b>&lt; 大学教育実践センター &gt;</b>	
兼任教員	窪田
ガイダンス室担当	
教科担当代表	
大学教育実践センター連絡会議	
共通教育カリキュラム委員	
共通教育主題別委員	
共通教育物理学実験	下田* , 杉山
自然科学実験	下田* , 鷹岡

< 全学 >	
評議員	渡會
評価広報室	
教育情報室	
留学生委員会	
留学生センター教授会	竹田
教育課程委員	下田
入試委員会委員	
評価委員	
人権問題委員	
S H相談室全学相談員	田島
大阪大学出版会委員	大貫
安全衛生管理委員	岸本
研究公正委員	大貫
学術研究機構会議	岸本
女性研究者キャリア・デザインラボ	田島(室長)
多様な人材活用推進委員	田島
図書館運営委員	細谷
中之島講座運営委員	能町
湯川記念室運営委員	細谷*, 窪田, 佐藤
適塾管理運営委員	細谷
総合学術博物館運営委員	下田, 野末
総合学術博物館サイエンスカフェ	藤田, 松多
コミュニケーションデザインセンター	
低温センター運営委員	大貫, 田島, 野末
科学教育機器リノベーションセンター運営委員	
先端科学イノベーションセンター運営委員	
極限量子科学研究センター運営委員	大貫
レーザーエネルギー学研究センター運営協議会委員	岸本, 野末
レーザーエネルギー学研究センター共同研究専門委員	久野
核物理研究センター研究計画検討専門委員	小田原
核物理研究センター運営委員	
核物理研究センター放射線安全委員	
核物理研究センターネットワーク運用管理委員	能町
自由電子レーザー研究施設運営委員	野末
産業科学研究所運営委員	赤井
産研附属産業科学ナノテクノロジーセンター	野末
オープンラボラトリー利用専門委員	
ナノサイエンス・テクノロジー	赤井, 竹田
研究推進機構企画推進室推進員	

超高圧電子顕微鏡センター運営委員	野末
基礎工学研究科プラズマ CVD 研究棟運営委員	竹田，河野
サイバーメディアセンター高性能計算機システム委員	佐藤（透）
R Iセンター専門委員	
原子力研究・安全委員	能町
放射線研究安全委員	
高圧ガス管理検討ワーキング委員	杉山
みどり会	野末*
理工学研究戦略ワーキング委員	

（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15章 グループ研究計画表(2008年度)

グループ	正メンバー	準メンバー	大学院DC学生	研究テーマ
素粒子理論 (細谷)	細谷, 波場 尾田 南部	高橋	津田, 堀内, 野田 伊敷, 島崎, 石井 Shahedul (大沼)	素粒子論, 場の理論 統一理論, 弦理論
素粒子理論 (旧高杉)	(兼)高杉 窪田, 田中	小出, 百武	堀, 谷田	素粒子の統一理論と ニュートリノ
素粒子理論 (東島)	東島, 中津		堀田, 西中	場の理論及び 素粒子の統一理論
原子核理論	浅川, 佐藤 若松, 北澤	一瀬	辻本, 池田 中小路, 鈴木	ハドロン物理学
岸 本	岸本, 阪口 小川	松岡, 清水, 梅原	岸本, 市原, 伊藤 保田	素粒子・核分光学
山 中	山中, 花垣 原	内田	Heffernan, 岩井 佐藤	高エネルギー物理学 (素粒子実験物理学)
久 野	久野, 青木 佐藤 石田	有本, 板橋, 吉田	坂本, 堀越 山田, 松村, 矢野	素粒子実験物理学
下 田	下田, 小田原 清水 松尾	鈴木		不安定な原子核の構造 原子核の高スピン状態
核物質学	松多, 福田 三原		松宮	実験核物理学 核物性
赤 井	赤井, Slevin Diño, 坂本 小倉	下司, 平井, 赤井	Long, 深澤	物性理論
阿久津	阿久津			物性理論
小 川	小川, 浅野 大橋	秋山, 稲垣, 田村 富尾, Huai	西山, 中谷, 花宮 上田, 渡邊	物性理論 (多体電子論・非平衡 統計力学・量子光学)
大 貫	大貫, 摂待 杉山, 本多	Thamizhavel 中島, 松田, 池田 山本, 芳賀, 菅原	Dung	重い電子系の物理
田 島	田島, 宮坂 増井, 田中	Khosroabadi	浦池	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
竹 田	竹田, 河野 香山	吉田, 高田, 武藤 田中, 吉川, 山崎 尾崎	内山	量子ナノストラクチュ アと格子欠陥の物理

グループ	正メンバー	準メンバー	大学院 D C 学生	研究テーマ
ナノ構造物性 (野末グループ)	野末, 鷹岡 中野, 荒木 渡邊	Duan, Nam	東川, Hanh	ナノ構造物質における 量子物性
質量分析 (野末グループ)	石原, 豊田	公文代, 青木, 新間 岩本, 早川	笹井	極微量物質 (宇宙物質も 含む) の分析とそれを 可能にする質量分析法 の開発

【注】 招へい教員、( ) 受託学生