

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：14301

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2010～2014

課題番号：22103001

研究課題名（和文）対称性の破れた凝縮系におけるトポロジカル量子現象の総括

研究課題名（英文）Topological Quantum Phenomena in Condensed Matter with Broken Symmetries
(Administration)

研究代表者

前野 悦輝 (Maeno, Yoshiteru)

京都大学・理学研究科・教授

研究者番号：80181600

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 53,900,000円

研究成果の概要（和文）：対称性の破れた量子凝縮系でしばしば発現する、トポロジカルに特徴付けられる量子現象を分野横断的に研究することで、「トポロジカル量子現象」としての普遍概念の創出と新たな学術領域の形成に貢献した。超伝導体・絶縁体だけでなく、超流動体・冷却原子系も含めた世界的にも例を見ない分野横断・融合プロジェクトを、我が国が世界に先駆けて推進した。これら既存の専門分野を超えての、研究者間での活発な研究交流と概念クロスオーバーを加速するため、「総括班」は領域国際会議、集中連携研究会、若手国際会議、若手相互滞在プログラムなど様々な取組を組織的に行った。

研究成果の概要（英文）：This project contributed substantially to creating the emerging innovative research area of “Topological Quantum Phenomena (TQP)”, through the studies of a variety of condensed-matter systems with broken symmetries. This project was organized by bringing together researchers working in the fields of insulators and superconductors, as well as superfluids and cold atoms. To promote crossovers among conventional academic disciplines, special programs including the following were conducted: International Conferences (TQP2012 and TQP2014), Intensive-Interactive Workshops (held 17 times), Young Researchers’ International Workshops (organized and attended by young researchers only), and Short-stay research programs for young researchers.

研究分野：量子凝縮系物理学、低温物理学、超伝導、超流動、絶縁体、冷却原子

キーワード：トポロジカル量子現象 トポロジカル絶縁体 トポロジカル超伝導 空間反転対称性の破れた超伝導体
超流動ヘリウム 冷却原子 奇周波数ペアリング エッジ状態

1. 研究開始当初の背景

現在の物性物理学研究の顕著な潮流の一つは、量子状態の多重構造などトポロジカルに特徴づけられる状態が起源となり発現する新奇現象の発見・解明である。古くは超伝導体・超流動体の渦量子化、Aharonov-Bohm 効果に始まり、量子ホール効果、スピンホール効果など、トポロジーが物理の理解に根源的役割を果たす量子現象が、近年の物性物理学におけるひとつのフロンティアを拓いて来た。

この潮流に 2007 年以降、大きな新展開が生まれつつある。2 次元半導体でのトポロジカル現象の本質が、3 次元絶縁体にも「トポロジカル絶縁体」として拡張できることが提唱された。また、超伝導体・超流動体・絶縁体の界面での現象にもトポロジカル量子現象が認識され、またさらに新奇な現象の予測とそれを実証する機運が盛り上がっている。

これらのトポロジカル量子現象は「対称性の破れた量子凝縮系」でしばしば発現し、これまでに 2 種類の状態が認識されている。時間反転対称性の破れのために生じる「カイラル」状態と、空間反転対称性の破れで生じる「ヘリカル」状態である。電子系を例にとると、カイラル状態では角運動量が特定の方向を向き、ヘリカル状態では上下反対向きスピンの電子がそれぞれ左右反対向きに流れて純粋スピン流を生じる。カイラル状態は半導体での量子ホール効果として、またヘリカル状態は量子スピンホール効果またはトポロジカル絶縁体表面効果として実現する。超伝導体・超流動体にもその対応現象が存在すると考えられ、「半導体・絶縁体」と「超伝導体・超流動体」はトポロジカル量子現象の研究対象として相補的な舞台を提供する。

このような顕著な対応関係は、多体凝縮系におけるトポロジカル量子現象の背後に深い統一原理が存在することを示唆する。しかしながら、これまで個別の分野での興味深い発見にもかかわらず、物質系の違いを超えた統合的な研究は世界的にもほとんど始まっていなかった。

2. 研究の目的

本新学術領域の研究目的は、対称性の破れた量子凝縮系でしばしば発現する、トポロジカルに特徴付けられる量子現象を分野横断的に研究することで、「トポロジカル量子現象」としての普遍概念を創出し、新たな学術領域を形成することである。

「総括班」の目的は、領域全体の研究方針の

策定を行うとともに、計画研究同士、および計画研究と公募研究との間の連絡調整を行い、相互啓発と連携を促進することで、本新学術領域の研究目的を達成させることにある。

領域組織の主構成は、研究対象の物質系に即した 3 つの計画研究(A:時間反転対称性を破る超伝導体; B:スピン三重項超流動体; C:空間反転対称性を破る超伝導体・絶縁体)と、それらの普遍概念を統合する理論班(D:トポロジカル凝縮体の量子現象)からなる。そして公募研究として、各計画研究のテーマに沿って相補的な手法で活動する研究者と、計画研究には含まれないテーマでトポロジカル量子現象を開拓する研究者を取り込む。

3. 研究の方法 (運営の方法)

総括班は領域代表者を中心に、各計画研究の代表者、および副代表者格の研究分担者を連携研究者とする 10 名程度から組織し、以下の取り組みを通じて本新学術領域の研究目的の達成を図る。

(1) 総括班会議: 研究・運営の方針を協議

総括班メンバーは「総括班会議」を毎年 3 回程度、開催するとともに、電子メール等で、日常的に連絡を取り合う。

(2) 領域研究会・国際会議: 領域研究の公開年次報告会で、2 回は国際会議として開催

総括班の活動の軸として毎年の研究成果を報告する「領域研究会」を組織・運営する。特に H24、H26 年度には全体規模の「学際的国際会議」として開催する。

(3) 集中連携研究会: 複数の計画研究班にまたがるトポロジカル量子現象の最新成果を共有するためのテーマを絞った研究会

本新学術領域の形成を強力に推進するための重要な方策として、各計画研究内テーマ、あるいは計画研究間での分野横断的のテーマについて、毎年数回以上開催する。これには公募研究の関連メンバーにも参加を要請する。

(4) 若手国際会議: 若手研究者による国際会議

若手研究者が組織、運営する公開の国際会議で、2 回開催する。

(5) 若手相互滞在プログラム: 大学院生や若手研究者が 1 - 2 週間程度「国内留学」するプログラム

大学院生や若手研究者が、領域に属する他大学の研究室に 1 - 2 週間滞在し、その分野の研究の日常を体験して広い視野を養うとともに、共同研究への展開も目指す。

(6) ニュースレター: 領域の研究活動の広報誌

主に研究者コミュニティを対象にした広報誌

で、冊子体で年1回刊行する。

(7)領域ホームページ: 領域の研究成果だけでなく、市民向け情報も含めたWEBサイト

(8)公募研究: 前期(H23・24年度)と後期(H25・26年度)の採択者の領域研究の推進を図る

公募研究は実験系と理論系の両公募枠を設ける。理論系は研究項目 D01 を選ぶとともに、副研究項目(A01、B01、または C01)を明記する公募形式とする。公募研究を含めての領域活動を有機的に活性化させることを重視する。

(9)評価班: 研究内容や領域運営についての助言・評価をいただく

国際3名、国内3名のアドバイザー委嘱。

(10)事務局: 領域の事務運営組織

領域運営に関わる事務手続き、国際会議や研究会の登録事務、領域活動データの収集、ホームページの管理などを行う。

(11)その他: 海外のトポロジカル量子現象研究組織との連携推進活動

4. 研究成果

分野横断型・新分野開拓型の新領域創成研究活動を、総括班を中心に5年度にわたってたゆまず活発に行った。本領域が新しい言葉を導入して提唱した「トポロジカル量子現象」は、その内容の実体がこの5年間で世界的にも広く認知されるものとなり、さらなる展開に向けて世界で活発に研究されている。その中で、超伝導体・絶縁体だけでなく、超流動体・冷却原子系も含めた世界的にも例を見ないプロジェクトを、我が国が世界に先駆けて推進した。

本新学術領域研究では当初の予想を超えて、以下のような様々な研究成果を通じて、トポロジカル量子現象の開拓と発展に寄与した。主な例を挙げると: 内部の絶縁性の高いトポロジカル絶縁体の開発とトポロジカル表面状態の存在・特性の実証・確立、トポロジカル結晶絶縁体の実証及びそれに基づく超伝導体の発見、トポロジカル超伝導体やトポロジカル超流動体の表面状態の実証、トポロジカル絶縁体に基づく超伝導体のトポロジカル超伝導性の実証、半整数磁束量子や奇周波数超伝導などトポロジカル超伝導・超流動に特有の新現象の発見や学理の深化、空間反転対称性の破れた超伝導体でのパリティ混合や電場誘起表面超伝導など関連現象の研究推進、結晶対称性を取り入れたトポロジカル物質の分類に関する理論展開と学理の深化、冷却原子系でのトポロジカル分類、などである。

これらの多くは、絶縁体、超伝導体、超流動体、冷却原子系などの専門分野を超えての、研

究者間での活発な研究交流と概念クロスオーバーからもたらされた。総括班はこのような新学術領域研究の推進を加速するため、次に述べるような様々な活動を組織的に行った。

なお、総括班メンバーは、研究会開催の運営などで分担金の配分が必要になる年度については、連携研究者ではなく研究分担者にした。

(1)総括班会議: 領域研究会・領域国際会議の開催時と日本物理学会(春・秋)の会期に合わせて、合計16回開催し、研究と運営の方針を協議した。うち5回は評価班メンバーの出席による「アドバイザー会議」との合同で行った。さらにその内2回は国際会議に合わせて、国際アドバイザーや海外からの招待講演者数名など、海外からの有識者同席の下で行った。また総括班会議の多くは、文科省学術調査官にも同席いただき、領域活動を知っていただくとともにアドバイスをいただいた。

(2)領域研究会・国際会議: 公開年次報告会をかねて行い、先端研究成果を発信・共有すると共に、今後の方向性に対する共通認識を深めた。また特に若手研究者のためにポスタープレビュー講演も行い、ポスター賞に加えて「ポスタープレビュー賞」も新たに設けた。

第1回: 2010年12月18-20日(京都大学)、参加者数149(口頭講演36、ポスター70)

第2回: 2011年12月17-19日(岡山大学)、参加者数109(口頭講演39、ポスター53)

第3回: 国際会議 TQP2012、2012年5月16-20日(名古屋大学)、参加者数163(海外14、口頭講演33、ポスター104)

第4回: 2014年12月19-21日(名古屋大学)、参加者数126(口頭講演35、ポスター98)

第5回: 国際会議 TQP2014、2014年12月16-20日(京都大学)、参加者数174(海外24、口頭講演33、ポスター104)

(3)集中連携研究会: トポロジカル量子現象の最新成果を共有するためのテーマを絞った戦略的研究会を合計17回開催した。その内8回はA-Dの各班内の連携に焦点を当てて研究戦略等を吟味した。2010年度は計画班メンバーだけで、また2013年度には対応する公募研究代表も含めて開催した。

残りの9回は班間連携を図る目的で、30-50人規模の参加者で行った。それらのテーマと開催時期は: 「スピン三重項超流体の秩序変数」(2011.7/1-2、大阪市)、「空間反転対称性の破れた超伝導体」(2011.7/25-26、大阪大学)、「奇周波数クーパー対」(2011.9/8-10、名古屋大学)、「冷却原子とトポロジー」(2012.6/4-5、東京大学本郷)、「異方的超

流体でのトポロジカル量子渦」(2012.9/1, 大阪市立大)、「トポロジカル超伝導・超流動」(10/12.12/13-14, 大阪大学産研)、「 Sr_2RuO_4 の超伝導対称性とトポロジカル超伝導」(2013.6/8, 京都大学)、「トポロジカル量子現象」(2014.6/14-16, 下呂温泉)、「トポロジカル絶縁体」(2013.7/22-23, 大阪大学産研)。これらの中ででは、プロジェクトの最終年度の早い時期に、領域活動の総括と最終年度の実効的研究計画について認識を共有するための合宿形式での集中討論を行った。

(4)若手国際会議：若手研究者による組織委員会が運営し、参加者も国内外の若手の公開の国際会議で、以下の2回開催した。

第1回：2011年11月1-5日(ラフォーレ琵琶湖)、参加者数 67(海外 10、口頭講演 30、ポスター35)

第2回：2013年10月22-26日(沖縄カルチャーリゾート・フェストーン)、参加者数 87(海外 12、口頭講演 28、ポスター55)

(5)若手相互滞在プログラム：大学院生や若手研究者が1-2週間程度「国内留学」するプログラムで、合計18件行った。短期間の滞在ではあるが、たとえば論文のような大きな研究成果を生んだ例もある。

(6)ニュースレター：各年度界の合計5回刊行した。印刷部数は約400で、領域メンバーはもちろん、領域研究会への参加者や、関連分野の研究者に送付した。その内容は領域ホームページにも掲載した。

(7)領域ホームページ：発表論文や招待講演などの情報、研究会のアナウンスや参加登録、そして報告記事、若手相互滞在プログラム等の報告記事などを掲載した。アクセス数は約8万1千回、英語版のサイトも約1万6千回(2015年6月現在)に上った。

(8)公募研究：前期(H23・24年度)は20件、後期(H25・26年度)は21件が採択された。領域研究会での研究発表に加えて、総括班会議の開催に合わせた成果発表会も行った。

(9)評価班：研究内容や領域運営についての助言・評価をいただく国際アドバイザー3名、国内アドバイザー3名を委嘱。

(10)事務局：領域運営に関わる事務手続き、国際会議や研究会のWEB登録事務、領域活動データの収集、ホームページの管理・運営、ニュースレターの編集などを行った。

(11)その他：若手研究者育成の成果として、日本物理学会若手奨励賞を8名の関係者が受賞した。また、領域で雇用した博士研究員9名のうち、1名は大学講師、3名が大学助教、1名は学振外国人特別研究員、3名が他のプロジ

エクトの博士研究員、1名が企業就職している。

海外のトポロジカル量子現象研究組織との連携推進活動として、カナダ高等研究機構(CIFAR)の量子物質プログラムの研究会にメンバー及び大学院生を派遣した。H25年5月の研究会には大学院生2名を含む6名が出席、H26年5月の研究会にも5名の大学院生を含む6名が出席して、当新学術領域の成果を発表した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計451件)*すべて査読あり、領域成果の総数

"Crossed surface flat bands of Weyl semimetal superconductors", Bo Lu, K. Yada, M. Sato, and Y. Tanaka, Phys. Rev. Lett., **114**, 096804_1-4 (Mar. 2015), DOI: 10.1103/PhysRevLett.114.096804

"Ferromagnetic SrRuO_3 thin-film deposition on a spin-triplet superconductor Sr_2RuO_4 with a highly conducting interface", M. S. Anwar, Y. J. Shin, S. R. Lee, S. J. Kang, Y. Sugimoto, S. Yonezawa, T. W. Noh, Y. Maeno, Applied Physics Express **8**, 015502-1-5 (Dec. 2014), DOI: 10.7567/APEX.8.015502

"Topology of crystalline insulators and superconductors", K. Shiozaki and M. Sato, Phys. Rev. B **90**, 165114 (Oct. 2014), DOI: 10.1103/PhysRevB.90.165114

"Topology of crystalline insulators and superconductors", K. Shiozaki and M. Sato, Phys. Rev. B **90**, 165114 (Oct. 2014), DOI: 10.1103/PhysRevB.90.165114

"Paramagnetic instability of small topological superconductors", S. Suzuki, Y. Asano, Physical Review B **89**, 184508-1-7 (May. 2014), DOI: 10.1103/PhysRevB.89.184508

"Strong Increase of T_c of Sr_2RuO_4 Under Both Tensile and Compressive Strain", C. W. Hicks, D. O. Brodsky, E. A. Yelland, A. S. Gibbs, J. A. N. Bruin, M. E. Barber, S. D. Edkins, K. Nishimura, S. Yonezawa, Y. Maeno, Andrew P. Mackenzie, Science **344**, 283-1-4 (Apr. 2014), DOI: 10.1126/science.1248292

"Top gating of epitaxial $(\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x)_2\text{Te}_3$ topological insulator thin films", F. Yang, A.A.Taskin, S.Sasaki, K.Segawa, Y. Ohno, K. Matsumoto and Y. Ando, Appl. Phys. Lett. **104** (Apr. 2014), 161614, DOI: 10.1063/1.4873397

"Tunneling spectroscopy of topological superconductors", S. Kashiwaya, H.Kashiwaya, K. Saitoh, Y. Mawatari, Y.Tanaka, Physica E **55**, 25-29 (Jan. 2014), DOI: 10.1016/j.physe.2013.07.016

"Manipulating textures of rotating superfluid $^3\text{He-A}$ phase in a single narrow cylinder", T. Kunimatsu, H. Nema, R. Ishiguro, M. Kubota, T. Takagi, Y. Sasaki, and O. Ishikawa, Physical Review B **90**, 214525-1-6 (2014), DOI: 10.1103/PhysRevB.90.214525

"Unusual nature of fully gapped superconductivity in In-doped SnTe ", M. Novak, S. Sasaki, M. Kriener, K. Segawa, Y. Ando, Phys. Rev. B **88**, 140502-1-5, (Oct. 2013), DOI: 10.1103/PhysRevB.88.140502

"Topological Insulator Materials", Y. Ando, Journal of the Physical Society of Japan **82** (Sep.2013) 102001-1-32, DOI: 10.7566/JPSJ.82.102001

"Anomalous switching in Nb/Ru/ Sr_2RuO_4 topological junctions by chiral domain wall motion", M. S. Anwar, T. Nakamura, S. Yonezawa, M. Yakabe, R. Ishiguro, H. Takayanagi, & Y. Maeno, Scientific Reports **3**, 2480/1/6 (Aug. 2013), DOI: 0.1038/srep02480

"First-Order Superconducting Transition of Sr_2RuO_4 ", S. Yonezawa, T. Kajikawa, Y. Maeno, Physical Review Letters **110**, 077003-1-5 (Feb. 2013), DOI: 10.1103/PhysRevLett.110.077003

"Enhancement of magnetization in liquid ^3He at aerogel interface", A. Fukui, K. Kondo, C. Kato, K. Obara, H. Yano, O. Ishikawa and T. Hata, J. Low Temp. Phys. **171**, 245-250 (Jun. 2013), DOI: 10.1007/s10909-012-0838-6

"Evaluation of Spin-Triplet Superconductivity in Sr_2RuO_4 ", Y. Maeno, S. Kittaka, T. Nomura, S. Yonezawa, K. Ishida, Journal of the Physical Society of Japan **81**, 011009-1-29 (Jan. 2012), DOI: 10.1143/JPSJ.81.011009

"Symmetry and Topology in Superconductors –Odd-Frequency Pairing and Edge States", Y. Tanaka, M. Sato, N. Nagaosa, J. Phys. Soc. Jpn. **81**, 011013_1-34 (2012) DOI: 10.1143/JPSJ.81.011013

"Abrupt enhancement of noncentrosymmetry and appearance of a spin-triplet superconducting state in $\text{Li}_2(\text{Pd}_{1-x}\text{Pt}_x)_3\text{B}$ beyond $x=0.8$ ", S. Harada, J. J. Zhou, Y. G. Yao, Y. Inada, G.-q. Zheng, Phys. Rev. B **86**, 220502(R)-1-5 (Dec. 2012), DOI: 10.1103/PhysRevB.86.220502

"Topological Superconductivity in $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ ", S. Sasaki, M. Kriener, K. Segawa, K. Yada, Y. Tanaka, M. Sato, Y. Ando, Phys. Rev. Lett. **107**, 217001-1-5 (Nov. 2011), DOI: 10.1103/PhysRevLett.107.217001

"Abe homotopy classification of topological excitations under the topological influence of vortices", S. Kobayashi, M. Kobayashi, Y. Kawaguchi, M. Nitta, M. Ueda, Nucl. Phys. B **856**, 577-606 (Nov. 2011), DOI: 10.1016/j.nuclphysb.2011.11.003

"Edge States of Sr_2RuO_4 Detected by In-Plane Tunneling Spectroscopy", S. Kashiwaya, H. Kashiwaya, H. Kambara, T. Furuta, H. Yaguchi, Y. Tanaka, Y. Maeno, Physical Review Letters **107**, 077003-1-4 (Aug. 2011), DOI: 10.1103/PhysRevLett.107.077003

"Observation of half-height magnetization steps in Sr_2RuO_4 ", J. Jang, D.G. Ferguson, V. Vakaryuk, R. Budakian, S.B. Chung, P.M. Goldbart, Y. Maeno, Science **311**, 186-188 (Jan. 2011), DOI: 10.1126/science.1193839

〔学会発表〕(計 242 件)*すべて招待講演、領域成果の総数

Y. Maeno, 「トポロジカル量子現象の視点とポロジカル超伝導」, 第 62 回応用物理学会春季学術講演会 シンポジウム講演, 2015 年 3 月 12 日, 東海大学湘南キャンパス(神奈川県・平塚市)

Y. Maeno, "Overview of Current Issues in Sr_2RuO_4 ", Joint CIFAR & Max Planck Institute for Solid State Research Workshop, 2014/Oct/17, Stuttgart (Germany)

Y. Maeno, 「超伝導の夢 —発見からトポロジカル量子現象へ—」, 第 42 回日本磁気共鳴医学会大会, 2014 年 9 月 18 日, ホテルグランヴィア京都(京都府・京都市)

R. Nomura, "Magnetic field effects on surface Majorana fermions of superfluid $^3\text{He-B}$ ", 27th International Conference on Low Temperature Physics (LT27), 2014/Aug/12, Buenos Aires (Argentina)

Y. Tanaka, "Theory of superconducting topological insulator", The Royal Society, Theo Murphy International Scientific meeting, 2014/March/27-28, Chicheley Hall, Chicheley (England)

Y. Maeno, "Superconductivity of Sr_2RuO_4 : Current Developments and Key Issues", American Physical Society, March Meeting, 2014/Mar/5, Denver (USA)

Y. Maeno, 「トポロジカル量子現象及びトポロジカル超伝導体」, 日本応用物理学会東海支部 上田記念講演会「みらいデバイス創生のフロンティア」, 2014 年 1 月 9 日, 名古屋ガーデンパレス(愛知県・名古屋市)

G.-q. Zheng, "NMR investigations of correlated and topological superconductors", Superconductivity: the Second Century, 2013/Aug/5-30, Stockholm (Sweden)

R. Nomura, "Surface Majorana cone of the topological superfluid $^3\text{He B}$ phase", American Physics Society March Meeting, Invited Session: Superfluids under Nanoscale Confinement, 2013/March/18-22, Baltimore (USA)

Y. Asano, "Majorana fermions and Odd-frequency Cooper Pairs", 9th International Conference on New Theories, Discoveries and Applications of

Superconductors and Related Materials,
2012/Sep/17, Roma (Italy)
Y. Ando, Experiments Toward Identifying a
Topological Superconductor - Y. Ando,
International Conference on Materials and
Mechanism of Superconductivity (M2S 2012),
2012/Aug/1, Washington DC (USA)
G.-q. Zheng, "NMR study of spin-triplet
superconductivity in non-centrosymmetric
superconductors", International Conference on
Materials and Mechanism of
Superconductivity (M2S 2012), 2012/Aug/3,
Washington DC (USA)
Y. Maeno, "Topological Aspects of
Superconductivity in Sr_2RuO_4 ", Gordon
Research Conference, 2012/June/25, South
Hadley (USA)
Y. Maeno, 「超伝導発見から 100 年」, 仁科
記念講演, 2011 月 11 月 30 日, 東北大学(宮
城県・仙台市)
M. Ueda, "Topological Aspects in Ultracold
Atoms",
34th International Workshop on Condensed
Matter Theories (CMT34), 2011/Nov/7-11,
Pohang (Korea)
Y. Maeno, "Topological Aspects of
Superconductivity in Sr_2RuO_4 ", The 2011
Conference on Strongly Correlated Electron
Systems (SCES 2011), 2011/Aug/30,
Cambridge (UK) 【基調講演】
O. Ishikawa, "Proximity effect at the interface
between 3He-B and aerogel of 97.5%
porosity", 26th International Conference on
Low Temperature Physics (LT26),
2011/Aug/10-17, Beijing (China)
Y. Maeno, "Spin-Triplet Superconductivity",
100th Anniversary of Superconductivity: Hot
Topics and Future Directions, 2011/Apr/5,
Leiden (the Netherlands)
M. Ueda, "Topological aspects of spinor Bose
gases", Quantum Magnetism in Ultracold
Atoms, 2011/May/15-19, Haifa (Israel)
Y. Tanaka, "Interplay between
superconductivity and ferromagnetism on a
topological insulator",
Superconductivity and Magnetism: Hybrid
proximity nanostructures and intrinsic
phenomena, 2010/Sep/5-11, Paestum (Italy)

〔図書〕(計 10 件)

"トポロジカル絶縁体入門", 安藤陽一, 講談
社, 2014, 242 頁
"物性物理学ハンドブック", 前野悦輝,
朝倉書店, 2012, 676 頁, 担当 15 頁
"100 Years of Superconductivity", Y. Maeno,
CRC Press, Taylor & Francis Group, 2011,
830 頁, 担当 6 頁
"Fundamentals and New Frontiers of
Bose-Einstein Condensation", M. Ueda, World
Scientific Pub. Co. July 2010, 368 pages

〔その他〕
ホームページ等
新学術「トポロジカル量子」ホームページ
日本語版
<http://www.topological-qp.jp/index.html>
英語版
<http://www.topological-qp.jp/english/index.html>
市民とサイエンス
http://www.topological-qp.jp/event_public/index.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

前野 悦輝 (MAENO, Yoshiteru)
京都大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号: 80181600

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

田仲 由喜夫 (TANAKA, Yukio)
(H23・24 年度は研究分担者)
名古屋大学・工学研究科・教授
研究者番号: 40212039

石川 修六 (ISHIKAWA, Osamu)
大阪市市立大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号: 90184473

鄭 国慶 (ZHENG, Guo-qing)
岡山大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号: 50231444

柏谷 聡 (KASHIWAYA, Satoshi)
独立行政法人産業技術総合研究所・電子光
技術研究部門・首席研究員
研究者番号: 40356770

浅野 泰寛 (ASANO, Yasuhiro)
(H24 年度は研究分担者)
北海道大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号: 20271637

野村 竜司 (NOMURA, Ryuji)
(H25 年度は研究分担者)
東京工業大学・理工学研究科・助教
研究者番号: 00323783

安藤 陽一 (ANDO, Yoichi)
大阪大学・産業科学研究所・教授
研究者番号: 90371286

佐藤 昌利 (SATO, Masatoshi) [H26]
(H25 年度は研究分担者)
名古屋大学・工学研究科・准教授
研究者番号: 30313117

上田 正仁 (UEDA, Masahito)
(H24 年度は研究分担者)
東京大学・理学系研究科・教授
研究者番号: 70271070