

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：12601

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2014～2018

課題番号：26103001

研究課題名(和文) スピン変換総括班

研究課題名(英文) Spin Conversion Steering Committee

研究代表者

大谷 義近(Otani, Yoshichika)

東京大学・物性研究所・教授

研究者番号：60245610

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 47,400,000円

研究成果の概要(和文)：総括班が主導する班内や班間の連携研究を通じて、スピン変換は、固体・固体界面に留まらず、固体・液体、固体・気体界面にもおよぶ角運動量保存則を基本原理とする普遍的でユニークな現象であることが示された。連携研究の成果は高く評価されており、文部科学大臣表彰若手科学者賞3名、文部科学大臣表彰科学技術賞研究部門4名をはじめとする87件の受賞、著名な国際会議での15件の基調講演、501件の招待講演に結び付いている。その他、3つの国際会議の開催を通じて研究分野の国際的な認知度を上げ、国際的なスピン変換連携研究に資する人材育成・研究拠点の形成に結実させた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本領域研究の成果がもたらした意義は次のとおりである。スピン変換関連研究は、もともと個々の研究者が独自に研究を遂行していた理学と工学の新興学際分野であったが、本領域発足を契機にこの分野に関わる研究者が集まり、情報交換しながら研究を進めたことで、本分野にパラダイムシフトをもたらし、次世代の諸学問の基本概念の構築に導いた。さらに新概念創出の起爆剤としてスピン変換(spin conversion)という言葉が国際的にも認知され、通常の国内外の会議でも使われる科学用語になり、融合研究の潮流を作ることができた。

研究成果の概要(英文)：The steering committee led collaborative research between 5 research groups.

We demonstrated that the spin conversion is a universal principle based on the conservation law of angular momentum, that extends to solid-liquid, solid-gas interfaces as well as solid-solid interfaces. We also showed that it is a ubiquitous phenomenon. This collaborative research project has been highly evaluated and resulted in 87 awards, including Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology Commendation, i.e., 3 Young Scientists and 4 Science and Technology Awards. The member principal researchers have given 15 plenary talks, and 501 invited talks at various international conferences on spintronics. Besides, we organized three international meetings to raise the international recognition of the research field for forming a base for developing an international spin conversion collaborative research. These achievements resulted in the initiative for human resource and research development.

研究分野：物性物理

キーワード：スピン変換 拠点形成

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

研究開始当時、角運動量の流れであるスピン流が物理概念として明確になり、実験的にも固体電子を媒介してスピン、光、熱と相互に変換することが分かってきた。これらの相互変換は総称してスピン変換と呼ばれ、磁性体、非磁性体、半導体、絶縁体等の異種物質の比較的単純な接合構造で発現する。このことは、スピン変換現象が優れた汎用性・応用性を持っており、様々な物質やそれらの接合を選択することで自由度の大きな機能設計が可能であること、またこうしたスピン変換現象の背後に、普遍的な学理があることを意味する。

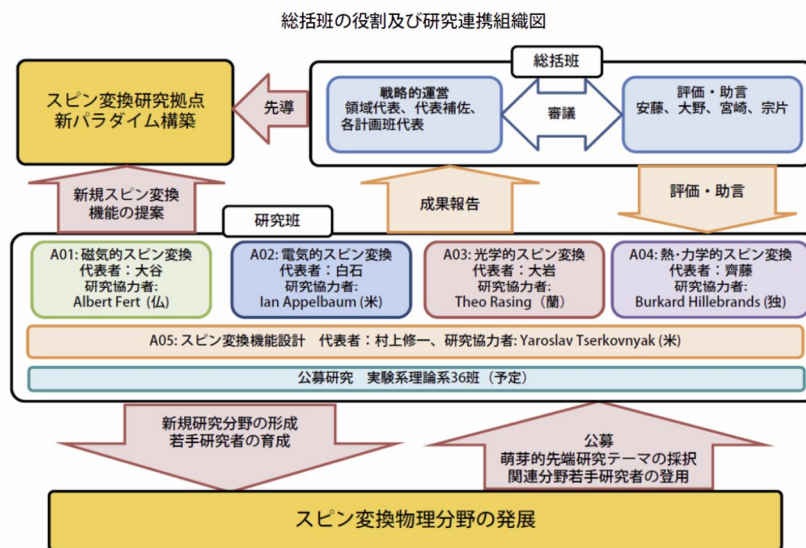
このため、スピン変換を統一的に理解し学問的に統合することができれば、新しい学術領域を創成するだけでなく、日本が得意とする磁性研究を基として世界を牽引してきたスピントロニクス領域を新たなステージに引き上げ、国際的な日本の学術的プレゼンスをより一層高めることができるかと期待されていた。このような状況を考慮して、本領域研究では、多彩なスピン変換機能を発現させるための基礎物性を、実験的には磁氣的、電氣的、光学的、熱・力学的スピン変換の4つの観点からその機構を解明し、理論班との連携研究からその基礎となる学理を構築すると共に機能設計の手法を確立することを目指した。

### 2. 研究の目的

本領域の最終目的は、スピン、光、熱の相互角運動量変換であるスピン変換に関わる分野で先導的な成果を上げている研究者を結集して、実験と理論の両面からスピン変換を統一的に理解し、基礎となるスピン変換の学理を構築することである。さらに得られた知見を基に実用素子の要求に耐えうる新規スピン変換機能の構築に結実させることも目的の一つとする。また、スピン変換に関わる研究領域全体の有機的な連携を活性化させることで、本研究領域を世界的に先導して行く体制を整えることを視野に置く。さらに、当該分野における我が国の優位性や競争力を保つためには、若手人材の育成と確保は最重要事項である。以上の要請を受けて、領域を支援・統括するために本総括班を設置した。

### 3. 研究の方法

総括班メンバーは、領域代表、各計画研究代表者と特定領域研究代表経験者の連携研究者および研究協力者で構成される。本研究領域スピン変換では、上述の状況を踏まえ当該分野で活躍



する異なる組織の研究者を結集し、戦略的に連携研究を推進した。総括班の役割と研究連携組

織図に示すように、総括班の第一の役割は、研究組織の基盤となる「スピン変換機能設計」班と「磁気，電気，光，熱・力学」の4つの計画研究班の有機的な連携を図ることにある。当該学術領域は比較的新しい分野として急速に成長している。今後さらなる飛躍的進歩を実現するためには研究者層のすそ野を広げる事が不可欠であり、これが総括班の第二の役割である。この観点から、2期（研究期間：2年）に亘って公募研究を募集し、若手研究者の育成の一助とする。計画研究全体については平成27年度末には中間評価を行い、その結果に応じて一部計画の見直しを行う。以上の役割を遂行するため、総括班には計画研究班の代表者に加え、当該分野の経験豊富な連携研究者（高梨弘毅、前川禎通）と外部からの研究者（安藤功兒、大野英男、宮崎照宣、宗片比呂夫）に評価委員として参加して頂いた。また、領域代表者の迅速な決断を可能にするために領域代表補佐（齊藤英治）を置いた。

総括班の重要な役割の一つに、研究成果を社会・国民に発信する広報活動がある。毎年2回和文と英文のニュースレターを発行する他、ホームページを活用して領域内外に研究成果を発信した。また、国際的な研究成果の情報発信を強化するために、成果のプレス発表や発表論文のオープンアクセス化を総括班として推進した。

#### 4．研究成果

以下に、総括班の活動実績について年度ごとに纏める。

初年平成26年度は当初の計画通りキックオフミーティングを9月26日に開催した。関連分野の大学及び研究機関の研究者に広く通知し、100名に達する参加者を得た。会議ではスピン変換研究の関連コミュニティに対して、有機的に連携して研究を進めている5つの計画研究班の研究計画および公募研究に対して本領域が期待することなどを含めた研究領域全体の運営方針を説明し広報活動の一助とした。また、総括班会議を期間中に開催し、評価委員や学術審議官を交えて今後の公募研究の採択方針を確認した。その他、27年度東大物性研ISSP国際シンポジウムと夏の研究会を共催することや年次報告会の開催計画を策定した。11月21日、22日には、大阪大学で開催された物性科学領域横断研究会に参加し領域間のシナジー効果を高める事に貢献した。平成27年3月3日、4日には京都大学桂キャンパスに於いて本年度の報告会を開催し、研究進捗状況の確認を行った。

並行して、新学術領域研究「ナノスピン変換科学」のホームページを立ち上げ、研究活動情報の配信が迅速に行える環境を整えた。広報活動としてニュースレター第1号を発行した。その他、国内外の関連研究者や異分野の研究者、企業関係者などへの情報発信に資するメーリングリストなども構築した。

平成27年度は、前年度の計画に基づき、東大物性研と新学術ナノスピン変換科学共催のISSP国際シンポジウム“New Perspectives in Spintronic and Mesoscopic Physics”を開催した。この会議を通じて、300名の参加者にナノスピン変換科学の国際的な広報活動ができた他、スピン変換に関わる研究者とメゾスコピック系の物理に関わる研究者が一堂に会し議論することができた。シンポジウム開催の前日には第1期として採択された公募研究計画の計画代表者招き「ナノスピン変換科学」公募研究計画発表会を開催した。

当研究領域において運営する若手研究者の育成とネットワーク形成のためのスピン物性科学未踏開拓支援制度が有効に機能し、平成27年9月24日、25日の二日にわたり、若手研究者が主導で、若手向けスクール「スピントロニクスとスピン流」を開催した。

11月13日～15日には、東大本郷で物性科学領域横断研究会を当番領域として他領域と共同

開催し、本研究領域の認知度とともに領域間のシナジー効果を高めることに貢献した。平成 28 年 1 月 7 日、8 日には東北大学原子分子材料科学高等研究機構 (WPI-AIMR) 本館 2 階セミナー室において平成 27 年度年次成果報告会を開催した。1 日平均 100 名に上る多くの関連分野や異分野の研究者の参加があった。この年次報告会に合わせて総括班会議も開催し、次年度の中間評価に向けた今後の運営方針の確認を行った。その他、研究計画班と公募研究班との連携を目的として各班内のインフォーマル討論会が開催された。Newsletter 第 2 号および英文 Research Highlights Vol.1 を発行した。

平成 28 年度は、異分野融合・発展を目的とした国際ワークショップ“International Workshop on Spin Conversion Science and Quantum Spin Dynamics”を総括班主導のもと理化学研究所創発物性科学研究センターと共催で開催した。開催期間中の合計で 200 名を超える参加者を得て大変好評であった。これにより世界的な研究動向の情報収集をすることが出来ただけでなく、いくつかの研究は議論を通じて国際的な共同研究に発展した。さらに、この会議では実験から理論までを含む様々なバックグラウンドを持つ国内外の一流の研究者が一堂に会するため、スピン変換科学に創発物性科学の観点を取り込むことによる更なる研究展開の可能性を模索する最良の機会となった。

平成 29 年度は、2 期目の公募班の採択課題について研究計画発表会を 4 月に本新学術領域と公益財団法人新世代研究所のスピン트로ニクス研究会と共催で開催し、各計画研究班との連携の芽を育てる場を提供した。また、若手育成のために若手スクールやインターンシップを企画・運営した他、計画班研究者と公募班研究者間の共同研究や連携研究の芽を育むために、個別あるいは合同計画班会議を 2 度開催した。

さらに、領域内の情報交換と研究成果を共有するために計画通り、9 月 11 日と 12 日の二日間大阪大学基礎工学部にて領域主催のスピン変換研究会を開催した。この研究会では、未発表データを中心に発表し、真の意味での情報開示を行い、幅広く研究を発展させる機会とした。

年度末の 3 月 12、13 日に年次報告会を京都 (京都大学) で開催した。最終年度に向けて、公募班の若手研究者と計画研究参加者の連携をより一層活性化するために、全ての公募班の研究成果発表を口頭発表としてプログラムを組んだ。これにより、公募班若手研究者のこれまでの成果と研究計画を領域内で共有した。この報告会を利用して領域全体の領域全体の連絡調整を行うとともに研究戦略に基づいて領域内の連携体制を強化した。特に注目すべき試みとして、本年次報告会では、5 人の計画研究班班長をパネリストとしてパネルディスカッションを行い、本領域が最終年度を迎えるにあたってのスピン変換研究の今後の研究戦略や将来的な若手の育成に関して参加者全体で議論した。また、総括班会議も開催し、最終年度の計画の見直しと確認を行った。

平成 30 年度は、最終年度として総括班が中心となり研究計画班で得られた新奇なスピン変換現象やそれらの発現機構に関する知見を集約し、スピン変換現象の理解につなげる努力を重ねた。また、これらの成果を国内外に発信するためにヨーロッパのスピン트로ニクス研究者と 2018 年 11 月 22 日 One-Day Symposium on Spintronic Properties of Graphene and Related 2D Materials および東大物性研究所と共同企画した国際会議 Topological Phases and Functionality of Correlated Electron Systems 2019 (TPFC 2019) を共催して、本新学術領域で得られた研究成果の世界的な情報発信を行った。

年度末の3月18,19日に最終報告会を東北大学で開催した。すべての計画班の本スピン変換研究で設定した3つの目標に対する各計画班の試みと成果をスピン変換の統一的理解の観点から代表者と分担者が成果のまとめ講演を行った。また、二日目の会議では、午前中は計画班ごとの個別会議を開き、これまでの計画班の取り組みに対する反省点や未完成部分を洗い出し、午後に本領域第2回目のパネルディスカッションを5人の計画研究班班長をパネリストとして行った。本領域の成果取りまとめを行うにあたってのスピン変換研究の今後の研究戦略や将来的な若手の育成に関して参加者全体で議論した。また、総括班会議も開催し、次期新学術領域研究の立ち上げと確認を行なった。

一方で、2018年IEEE Distinguished Lecturerとして、領域代表が本スピン変換科学研究の国際的な啓蒙を通じた拠点形成に尽力した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計40件（うち招待講演 40件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 大谷 義近
2. 発表標題 科学研究費補助金 新学術領域「ナノスピン変換科学」で目指すもの
3. 学会等名 日本磁気学会 第203回研究会 大型プロジェクトによる磁気・スピン新機能デバイス研究開発の最前線（招待講演）
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Winter School 2018（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 Research Seminar, National University of Singapore（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin charge interconversion at surfaces of the topological insulator Bi-Sb-Te and the weyl antiferromagnet Mn <sub>3</sub> Sn
3. 学会等名 APS March Meeting（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetics Distinguished Lecturer 2018, University of Manitoba (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetics Distinguished Lecturer 2018, University of Cambridge (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetics Distinguished Lecturer 2018, National Physical Laboratory (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetics Distinguished Lecturer 2018, University of Leeds (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetism Distinguished Lecturer 2018, University of York (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetism Distinguished Lecturer 2018, University of Bristol (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 Magnetism 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetism Distinguished Lecturer 2018, Institute of Physics (招待講演)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetism Distinguished Lecturer 2018, Tsinghua University (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetism Distinguished Lecturer 2018, Institute of Semiconductors (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetism Distinguished Lecturer 2018, Beijing Normal University (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetism Distinguished Lecturer 2018, Beihang University (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetics Distinguished Lecturer 2018, Peking University (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetics Society Summer School (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetics Distinguished Lecturer 2018, Unite Mixte de Physique CNRS/Thales (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetics Distinguished Lecturer 2018, Technische Universitat Kaiserslautern (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetics Distinguished Lecturer 2018, SLAC NATIONAL ACCELERATOR LABORATORY Stanford University (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetics Distinguished Lecturer 2018, Western Digital Corporation (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetics Distinguished Lecturer 2018, Institute of Physics Academia Sinica (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetics Distinguished Lecturer 2018, National Taiwan University (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetism Distinguished Lecturer 2018, National Tsing Hua University (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetism Distinguished Lecturer 2018, National Chung Hsing University (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetism Distinguished Lecturer 2018, National Cheng Kung University (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 2nd International Conference of Magnetism and Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetics Distinguished Lecturer 2018, MILANO POLITECNICO (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetics Distinguished Lecturer 2018, University of Perugia (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetics Distinguished Lecturer 2018, Nanyang Technological University (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetics Distinguished Lecturer 2018, Beihang University (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y.Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetics Distinguished Lecturer 2018, Beihang University (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetics Distinguished Lecturer 2018, Institute of Physics Chinese Academy of Sciences (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetics Distinguished Lecturer 2018, Colorado State University (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetics Distinguished Lecturer 2018, NIST (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetism Distinguished Lecturer 2018, MINT Center University of Alabama (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetism Distinguished Lecturer 2018, Fudan University (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin conversion phenomena in spintronics
3. 学会等名 IEEE Magnetism Distinguished Lecturer 2018, Nanjing University (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otani
2. 発表標題 Spin currents and spin conversion phenomena
3. 学会等名 International Conference on Complex and Functional Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	大岩 顕  (Oiwa Akira)  (10321902)	大阪大学・産業科学研究所・教授   (14401)	
研究分担者	村上 修一  (Murakami Shuichi)  (30282685)	東京工業大学・理学院・教授   (12608)	
研究分担者	白石 誠司  (Shiraishi Masashi)  (30397682)	京都大学・工学研究科・教授   (14301)	
研究分担者	齊藤 英治  (Saitoh Eiji)  (80338251)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授   (12601)	