

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号：14501

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05882

研究課題名（和文）J-Physics：多極子伝導系の物理の研究総括

研究課題名（英文）J-Physics: Physics of Conductive Multipole Systems

研究代表者

播磨 尚朝（HARIMA, Hisatomo）

神戸大学・理学研究科・教授

研究者番号：50211496

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 174,200,000円

研究成果の概要（和文）：本課題の活動として全体会議やトピカルミーティングを開催した。これにより、新学術領域の個々の研究項目や研究課題の研究協力や研究交流が深まり、より良い研究成果につながった。共用備品を活用することで、幅広い共同研究が可能になった。ものづくり学校により、物質開発の重要性と物質の対称性という新しい観点の重要性を研究者に広く浸透させることが出来た。若手の学校を開催して若手の研究を表彰することで、若手研究者が育った。領域外や国外への研究発信も国際会議や研究論文、ニュースレター、ホームページを通じて行うことが出来た。さらに様々なアウトリーチ活動を通じて研究活動を一般に広く紹介することが出来た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

物質の性質の多くは、量子力学によって記述される電子によって決まる。磁性や超伝導などの物性の理解は、多様な物質を創製して、多彩な物性を研究することで大きく進んでいる。これが機能的物質の開発につながり、豊かな現代社会をもたらしている。本課題は、強いスピン軌道結合や反転対称性の欠如に注目して、包括的な物質開発と物性探索を行ったものである。従来の個別の物質開発に対称性という共通の物差しを導入して、物性研究に新しい方向性を示し、物質機能に新たな展望を開いたことに重要な意義がある。

研究成果の概要（英文）：Many annual meetings and topical meetings were held so that research cooperation and research exchange of individual research items and research subjects in the Innovative areas were deepened, leading to better research outputs. By utilizing common equipment, a wide range of joint researches has been done. The "Monozukuri" school was able to spread the importance of material synthesis and the importance of a new perspective of symmetry to researchers. Young researchers were encouraged and grew up by attending schools for young generations and getting research awards. We were able to disseminate our researches to the public and abroad through international conferences, research papers, newsletters, and websites. Furthermore, we introduced research activities to the general public through various outreach activities.

研究分野：固体電子論

キーワード：J-Physics 多極子伝導系 スピン軌道結合 若手育成 共用備品

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 遷移金属や希土類元素を含む化合物には、電子間に働く強い相互作用により、種々の興味深い性質を示すものがある。このような電子系は、量子多体問題の舞台というだけでなく、将来の固体デバイス開発における微細化や省電力・高効率化の鍵を握るものとして大きな注目を集めている。とりわけ近年では、従来の常識を覆す強磁性と超伝導の共存現象、電気・磁気の非対角応答を示すマルチフェロイクス、量子ホール効果やスピンホール効果といった特異な量子伝導現象などの研究が盛んである。このような非従来型の電子系では、電子の持つスピンと軌道の結合が重要な役割を果たしていると考えられているが、ミクロな視点からの包括的な研究も新物質機能開拓も行われていないのが現状である。

原子レベルでは、電子自由度はスピンと軌道が結合して、全角運動量「 $J$ 」が良い量子数となるが、 $J$ による物性を理解するための鍵は「多極子」である。多極子は、電荷やスピンの空間分布の偏りを記述するミクロな自由度であり、固体中などでは  $J$  と局所構造により決定される。日本は、希土類化合物において、多様な多極子の秩序配列状態を見出すなどの先駆的な研究を行ってきた。近年では、多極子の揺らぎが鉄系超伝導体などで超伝導発現機構を担っている可能性が指摘されている。さらに先に述べた非従来型の電子系では、多極子が顕在化して物性を支配していると考えられる。したがって、従来の原子サイズの静的な局在多極子の概念を拡張して、多様な電子系へと適用することで、非従来型電子系の理解が格段に進むことが期待できる。

このような背景を受けて、「 $J$ 」が産み出す「多極子」を切り口に非従来型電子系の諸問題を解決し、さらなる新物質機能の開拓を進めていくためには、日本 (Japan) が先導する局在多極子研究を伝導する多極子の研究へとパラダイムシフトすることが必要不可欠であるという着想に至った。この共通認識のもと、 $d$  電子系と  $f$  電子系の研究者を結集し、拡張された多極子の概念を新機軸とした多極子伝導の学理の構築と物質機能を開拓する研究領域「**J-Physics : 多極子伝導系の物理**」を提案した。さらにこの新しい学術領域の開拓を通じて、従来の研究組織の枠組みを越えた国際的な研究のネットワークを形成し、そこで活躍するグローバル若手人材を育成する。

### 2. 研究の目的

(1) 電子間に強い相互作用が働く遷移金属や希土類元素を含む化合物は、量子多体問題の興味のみならず、将来の固体デバイス開発の鍵を握るものとして注目を集めている。近年では、強磁性と超伝導の共存現象や電気・磁気の非対角応答といった特異な量子伝導現象などの研究が盛んである。このような非従来型の電子系では、ミクロな視点からの研究が不可欠であり、そこでは、スピンと軌道が結合した全角運動量「 $J$ 」が固体中で獲得する「多極子」という自由度が顕在化して物性を支配していると考えられている。したがって、従来の静的な局在多極子の概念を拡張して、多様な電子系へと適用することで、非従来型電子系の理解が格段に進むことが期待できる。

このような背景を受けて、「 $J$ 」が産み出す「多極子」を切り口に非従来型電子系の諸問題を解決し、さらなる新物質機能の開拓を進めていく研究領域「**J-Physics : 多極子伝導系の物理**」を提案した。本計画研究は研究領域が円滑に機能的に運営されて、最大限の成果を得るための総括班である。国際的な研究のネットワークを形成し、そこで活躍するグローバル若手人材を育成する責も負う。研究代表者は組織運営に十分な経験を有し、研究分担者と役割分担などを含めて数回の意見交換を重ねており、研究推進の準備は出来ている。社会・国民への研究成果の発信は、ホームページやニュースレターの他に、それぞれが所属する機関の広報活動なども効果的に利用して行う。

### 3. 研究の方法

(1) 本研究課題は領域を運営する総括班であり、ここには総括班としての活動計画を記載する。本領域の総括班は 9 名で構成し、領域全体の研究戦略の企画と立案などを領域代表と事務担当が統括し行う。そのほかに、それぞれ以下の担当業務を行う。「若手育成」はスクール形式の若手を中心とした研究会の開催だけでなく、若手研究者の研究成果の発表を積極的に支援する。

「国際会議・国際交流・国際企画」は主に 2 回の国際会議と研究交流などの企画と実施を主体的に行う。「共用備品」は 2 台の希釈冷凍機と 1 台の高磁場マグネットの管理・運用を行い、さらに取扱いに制限のあるウラン化合物の研究促進なども行う。このほか、ホームページの作成・管理・更新やニュースレターの企画・編集・発行は事務担当を中心として行う。

平成 27 年度は、領域ホームページを開設し、キックオフミーティングを開催する。さらにトピカルミーティングを企画・開催し、ニュースレターの編集体制を整え、第 1 号を発行する。3 台の大型機器を共用備品として購入する。

平成 28 年度以降は、キックオフミーティング (平成 28 年度と平成 30 年度)、成果報告会 (平成 29 年度と平成 31 年度)、国際シンポジウム (平成 29 年度と平成 31 年度)、スクール形式の研究会 (平成 28 年度と平成 30 年度 : この年は国際サマースクール) を開催する。このほかに、随時トピカルミーティングを開催する。ホームページは随時更新し、ニュースレターを年 2 回発行するなど、領域内外や国民に向けての情報発信に努める。また、共用備品の維持・運転経費を負担することで、多くの研究者に共用備品の利用を促進し、研究の推進につとめる。

#### 4. 研究成果

##### (1) 総論

本課題の活動として、全体会議やトピカルミーティングを開催した。これにより、新学術領域の個々の研究項目や研究課題の研究協力や研究交流が深まり、より良い研究成果につながった。共用備品を活用することで、幅広い共同研究が可能になった。ものづくり学校により、物質育成の重要性と対称性という新しい観点の重要性を研究者に広く浸透させることが出来た。若手の学校を開催して若手の研究を表彰することで、大学院生を中心として若手研究者の成長が見られた。領域外や国外への研究発信も国際会議や研究論文、ニュースレター、ホームページを通じて行うことが出来た。さらに様々なアウトリーチ活動を通じて研究活動を広く一般に紹介することが出来た。

運営した会合としては、全体研究会 5 回（計 570 名参加）、国際会議 3 回（計 381 名内外国人 61 名）、ものづくり学校 4 回（内 1 回は国際：計 253 名参加）、夏の学校 1 回（82 名参加）、トピカルミーティング 16 回（内 3 回は国際：計 479 名参加）、国際会議共催 2 回、日本物理学会共催シンポジウム 1 回、領域横断会議 5 回を行った。ニュースレターは半年ごとに計 9 回を発行し、ページ数は 20 ページ、60 ページ、40 ページ、72 ページ、80 ページ、118 ページ、106 ページ、102 ページ、112 ページの合計 710 ページ（平均 79 ページ）であり、研究成果の発信や研究交流に大きな貢献をした。ニュースレターの発行については、編集委員会を組織して、毎号の担当編集員が責任を持って編集発行を行った。トピカルミーティングの回数の多さとニュースレターのページ数の多さが、研究活動の活発さを反映している。全体の活動を計画立案するために、総括班会議は計 12 回開催した。



##### (2) 共用備品

平成 27 年度までに以下の共用機器を購入して、共同利用の規約を定めて領域活動の共同研究のために活用している。それぞれ web による予約管理システムを用いて、効率的な運用につとめている。

角度分解機能付希釈冷凍機システム：神戸大学

無冷媒希釈冷凍機：東北大学

16/18T 超伝導マグネットシステム：東京大学

##### (3) 若手人財育成

若手研究者を対象とした講義形式の「J-Physics 若手夏の学校」（5 日間）を 1 回、「サマース

クール」を2回(ものづくり学校として2回3日、国際会議の前に1回1日)、「ものづくり学校」を4回(1回は前出のサマースクールと同時)開催し、参加者に修了証を発行した。「J-Physics 若手夏の学校」では、216ページの講義録を発行して、後々の学修の便に供した。全体研究会などでは、若手研究者の研究発表を「研究内容のインパクト」「説明のわかりやすさ」「ポスターのまとめ方の見やすさ」の観点から審査して、優秀な発表について表彰した。計7回の会合で、優秀ポスター賞として延べ31名を表彰した。ポスター賞受賞者には、ニュースレターの記事で自身の研究紹介をして貰っている。領域として雇用した博士研究員や国際活動支援班で海外に派遣した若手研究者の中には、パーマネントのアカデミック職を得た者も多い。博士課程の学生は学位取得後もほとんどが研究を続けている。また、領域研究に参画した学生の博士後期課程への進学希望者も多いと聞いている。

領域で主催した国際会議を3回開催したこともあり、若い学生に国際的な感覚が身に付いてきている。着実にグローバル若手人財が育成されていると言える。

#### (4) アウトリーチ活動

領域活動ばかりでなく、研究の重要性を一般に発信することは重要である。アウトリーチ活動は個々に行っているものも多いが、領域として特徴のあるアウトリーチ活動も必要である。ここでは、領域として特徴のあるアウトリーチ活動について記す。

物質・材料研究機構の広報室長である小林隆司氏によるアウトリーチセミナー「考えたこともなかった「伝える技術」～テレビが使うあの手とこの手～」を開催した。また、学生のキャリアパス育成のために、学位取得後に企業で活躍されている2名の方を全体会議にお招きして、「物性若手のためのキャリアデザイン—企業で活躍する先輩からのメッセージ」という講演をしていただいた。学生からの活発な質問もあった。

2019年は「国際周期表年」であった。本課題は、物質開発に重点的に取り組んでいることもあり、周期表は関連が深い。そこで国際周期表年の活動に協賛して、周期表に関するメッセージを発信し講演会とパネル展を開催した。講演会には8歳から74歳までの幅広い年齢層の方々の参加があった。

2018年度は特に神戸市内の高校に2回の実験を含む5回連続の特別講義を行った。希望者のみの参加であったが、通常の単発のアウトリーチ活動では難しい試料育成と超伝導の検証を学ぶ機会を与えることが出来た。この取り組みを受けて、2019年度は「物理トレセン兵庫」の特別講義の依頼を受けた。さらにニュースレターの記事がきっかけで、愛知県内の高校において文理融合の特別講義「日本語からはじめよう」を行った。これは理系高校生に向けて、研究の多様性や論理的な日本語の重要性について理解してもらうための新しい試みであった。領域の研究紹介にも興味を示す高校生が多数いた。「日本語からはじめよう」については、その後、他の高校からも講演依頼を受けている。

#### (5) 物性科学領域横断研究会

物性科学に関連した新学術領域が合同で開催する研究会に毎年参加して、領域の紹介と研究発表と領域間の研究交流を行った。ポスター発表では、優秀な若手の研究を表彰した。

#### (6) 発表論文など

本課題の成果による論文は、4編(2015年)、16編(2016年)、28編(2017年)、46編(2018年)、46編(2019年)、49編(2020年5月まで)と着実に増加しており、本課題の取り組みの成果が現れている。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計189件（うち査読付論文 189件 / うち国際共著 77件 / うちオープンアクセス 50件）

1. 著者名 Kakahana Masashi, Aoki Dai, Nakamura Ai, Honda Fuminori, Nakashima Miho, Amako Yasushi, Takeuchi Tetsuya, Harima Hisatomo, Hedo Masato, Nakama Takao, Onuki Yoshichika	4. 巻 88
2. 論文標題 Unique Magnetic Phases in the Skyrmion Lattice and Fermi Surface Properties in Cubic Chiral Antiferromagnet EuPtSi	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 094705-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.094705	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Aoki Dai, Honda Fuminori, Knebel Georg, Braithwaite Daniel, Nakamura Ai, Li DeXin, Homma Yoshiya, Shimizu Yusei, Sato Yoshiki J., Brison Jean-Pascal, Flouquet Jacques	4. 巻 89
2. 論文標題 Multiple Superconducting Phases and Unusual Enhancement of the Upper Critical Field in UTe2	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 053705-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.053705	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Sakai Akito, Mizuta Yo Pierre, Nugroho Agustinus Agung, Sihombing Rombang, Koretsune Takashi, Suzuki Michi-To, Takemori Nayuta, Ishii Rieko, Nishio-Hamane Daisuke, Arita Ryotaro, Goswami Pallab, Nakatsuji Satoru	4. 巻 14
2. 論文標題 Giant anomalous Nernst effect and quantum-critical scaling in a ferromagnetic semimetal	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Physics	6. 最初と最後の頁 1119 ~ 1124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41567-018-0225-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Kimata Motoi, Chen Hua, Kondou Kouta, Sugimoto Satoshi, Muduli Prasanta K., Ikhlas Muhammad, Omori Yasutomo, Tomita Takahiro, MacDonald Allan. H., Nakatsuji Satoru, Otani Yoshichika	4. 巻 565
2. 論文標題 Magnetic and magnetic inverse spin Hall effects in a non-collinear antiferromagnet	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 627 ~ 630
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-018-0853-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Aoki Dai, Ishida Kenji, Flouquet Jacques	4. 巻 88
2. 論文標題 Review of U-based Ferromagnetic Superconductors: Comparison between UGe <sub>2</sub> , URhGe, and UCoGe	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 022001-1-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.022001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Aoki Dai, Nakamura Ai, Honda Fuminori, Li DeXin, Homma Yoshiya, Shimizu Yusei, Sato Yoshiki J., Knebel Georg, Brison Jean-Pascal, Pourret Alexandre, Braithwaite Daniel, Lapertot Gerard, Niu Qun, Valiska Michal, Harima Hisatomo, Flouquet Jacques	4. 巻 88
2. 論文標題 Unconventional Superconductivity in Heavy Fermion UTe <sub>2</sub>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 043702-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.043702	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ikhlas Muhammad, Tomita Takahiro, Koretsune Takashi, Suzuki Michi-To, Nishio-Hamane Daisuke, Arita Ryotaro, Otani Yoshichika, Nakatsuji Satoru	4. 巻 13
2. 論文標題 Large anomalous Nernst effect at room temperature in a chiral antiferromagnet	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nature Physics	6. 最初と最後の頁 1085 ~ 1090
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/nphys4181	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kuroda K., Tomita T., Suzuki M.-T., Bareille C., Nugroho A.A., Goswami P., Ochi M., Ikhlas M., Nakayama M., Akebi S., Noguchi R., Ishii R., Inami N., Ono K., Kumigashira H., Varykhalov A., Muro T., Koretsune T., Arita R., Shin S., Kondo Takeshi, Nakatsuji S.	4. 巻 16
2. 論文標題 Evidence for magnetic Weyl fermions in a correlated metal	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nature Materials	6. 最初と最後の頁 1090 ~ 1095
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/nmat4987	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Higo Tomoya, Man Huiyuan, Gopman Daniel B., Wu Liang, Koretsune Takashi, van 't Erve Olaf M. J., Kabanov Yury P., Rees Dylan, Li Yufan, Suzuki Michi-To, Patankar Shreyas, Ikhlas Muhammad, Chien C. L., Arita Ryotaro, Shull Robert D., Orenstein Joseph, Nakatsuji Satoru	4. 巻 12
2. 論文標題 Large magneto-optical Kerr effect and imaging of magnetic octupole domains in an antiferromagnetic metal	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Photonics	6. 最初と最後の頁 73~78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41566-017-0086-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 J. -J. Wen, S. M. Koohpayeh, K. A. Ross, B. A. Trump, T. M. McQueen, K. Kimura, S. Nakatsuji, Y. Qiu, D. M. Pajerowski, J. R. D. Copley and C. L. Broholm,	4. 巻 118
2. 論文標題 Disordered Route to the Coulomb Quantum Spin Liquid: Random Transverse Fields on Spin Ice in Pr <sub>2</sub> Zr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Lett.	6. 最初と最後の頁 107206-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.118.107206	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 M. Nakayama, Takeshi Kondo, Z. Tian, -J. Ishikawa, M. Halim, C. Bareille, W. Malaeb, K. Kuroda, T. Tomita, S. Ideta, K. Tanaka, M. Matsunami, S. Kimura, N. Inami, K. Ono, H. Kumigashira, L. Balents, S. Nakatsuji, and S. Shin	4. 巻 117
2. 論文標題 Slater to Mott Crossover in the Metal to Insulator Transition of Nd <sub>2</sub> Ir <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Lett.	6. 最初と最後の頁 056403-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.117.056403	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 N. Kiyohara, T. Tomita and S. Nakatsuji	4. 巻 5
2. 論文標題 Giant Anomalous Hall Effect in the Chiral Antiferromagnet Mn <sub>3</sub> Ge	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Applied	6. 最初と最後の頁 064009-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevApplied.5.064009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 S. Kasahara, T. Yamashita, A. Shi, R. Kobayashi, Y. Shimoyama, T. Watashige, K. Ishida, T. Terashima, T Wolf, F. Hardy, C. Meingast, H. v. Lohneysen, A. Levchenko, T. Shibauchi and Y. Matsuda	4. 巻 7
2. 論文標題 Giant superconducting fluctuations in the compensated semimetal FeSe at the BCS-BEC crossover	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 12843
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/ncomms12843	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Nakatsuji, Satoru; Kiyohara, Naoki; Higo, Tomoya	4. 巻 527
2. 論文標題 Large anomalous Hall effect in a non-collinear antiferromagnet at room temperature	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 NATURE	6. 最初と最後の頁 212-215
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/nature15723	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Quadratic Fermi node in a 3D strongly correlated semimetal	4. 巻 6
2. 論文標題 Takeshi Kondo, M. Nakayama, R. Chen, J. J. Ishikawa, E.-G. Moon, T. Yamamoto, Y. Ota, W. Malaeb, H. Kanai, Y. Nakashima, Y. Ishida, R. Yoshida, H. Yamamoto, M. Matsunami, S. Kimura, N. Inami, K. Ono, H. Kumigashira, S. Nakatsuji, L. Balents & S. Shin	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 10042-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/ncomms10042	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Zhaoming Tian, Yoshimitsu Kohama, Takahiro Tomita, Hiroaki Ishizuka, Timothy H. Hsieh, Jun J. Ishikawa, Koichi Kindo, Leon Balents & Satoru Nakatsuji	4. 巻 12
2. 論文標題 Field-induced quantum metal-insulator transition in the pyrochlore iridate Nd <sub>2</sub> Ir <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Nature Physics	6. 最初と最後の頁 134-138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/nphys3567	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計33件（うち招待講演 7件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 播磨尚朝
2. 発表標題 空間反転対称性の破れをもたらす新しい電子状態
3. 学会等名 2019年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会特別講演（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hisatomo HARIMA
2. 発表標題 The Spin-Orbit Coupling and the Parity Violation Splitting in Solid
3. 学会等名 CEA-Seminar（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hisatomo HARIMA
2. 発表標題 Electronic band structure calculations of Kondo insulators and the related materials
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Tou
2. 発表標題 Possible spin-triplet superconductivity in UBe13 from angle-dependent $^9\text{Be}$ Knight shift
3. 学会等名 Seminar in MPI-CPfS（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Hisatomo Harima
2. 発表標題 The origin of band splitting due to the lack of space inversion symmetry
3. 学会等名 Toyota RIKEN International Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Hisatomo Harima
2. 発表標題 Split Fermi surfaces in chiral cubic ullmannite-type compounds
3. 学会等名 Asia Pacific Workshop(APW) - CEMS Joint Workshop on "Highlights of modern condensed matter physics" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Shinsaku Kambe (Editor-in-Chief)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 The Physical Society of Japan	5. 総ページ数 -
3. 書名 Proceedings of J-Physics 2019: International Conference on Multipole Physics and Related Phenomena	

〔産業財産権〕

〔その他〕

J-Physics:多極子伝導系の物理 <a href="https://www.jphysics.jp">https://www.jphysics.jp</a>
--

## 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	網塚 浩 (AMITSUKA Hiroshi) (40212576)	北海道大学・理学研究院・教授  (10101)	
研究分担者	中辻 知 (NAKATSUJI Satoru) (70362431)	東京大学・物性研究所・教授  (12601)	
研究分担者	青木 大 (AOKI Dai) (30359541)	東北大学・金属材料研究所・教授  (11301)	
研究分担者	野原 実 (NOHARA Minoru) (70272531)	岡山大学・異分野基礎科学研究所・教授  (15301)	
研究分担者	藤 秀樹 (TOU Hideki) (60295467)	神戸大学・理学研究科・教授  (14501)	
研究分担者	石田 憲二 (ISHIDA Kenji) (90243196)	京都大学・理学研究科・教授  (14301)	
連携研究者	秋光 純 (AKIMITSU Jun) (80013522)	岡山大学・異分野基礎科学研究所・特任教授  (15301)	
連携研究者	鈴木 博之 (SUZUKI Hiroyuki) (60354370)	東京大学・物性研究所・高度学術専門職員  (12601)	