

科学研究費助成事業「新学術領域研究（研究領域提案型）」 研究概要
〔令和2年度事後評価用〕

令和2年6月30日現在

機関番号：14501

領域設定期間：平成27年度～令和元年度

領域番号：2704

研究領域名（和文） J-Physics: 多極子伝導系の物理

研究領域名（英文） J-Physics: Physics of Conductive Multipole Systems

領域代表者

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（領域設定期間全体）：（直接経費）1,248,700,000円

研究成果の概要

磁気八極子由来の Mn_3Sn の異常ホール効果の発見とその発現機構の理論的な解明の研究や、 UNi_4B や Ce_3TiBi_5 における磁気トロイダル双極子秩序による電流磁気応答を発見した。これらの成果を含めて、拡張多極子の概念が広く浸透して、多極子が伝導現象に支配的な系の系統的な研究が進み、新規機能の開発につながっている。

$4f$ 電子系としては初めてとなるスキルミオン状態を $EuPtSi$ で発見し、その性質が $3d$ 電子系のものとは大きく異なることを示した。これは、スキルミオン状態が磁気的な相互作用の起源によらない普遍的な現象である一方で、多様な状態を持つことを示している。

30 テスラ以上の強磁場下でも超伝導を示す UTe_2 が多重超伝導相を示すことを発見した。多重超伝導相の報告は UPt_3 について30年ぶりの2例目である。多くのウラン超伝導体が、いわゆるジグザグ構造を示すが、そのなかで2次元ジグザグ構造の2つの物質が多重超伝導相を示すことがわかった。ジグザグ由来の多極子をもとに超伝導機構の解明が、今後大きく進展する。

以上のように、拡張多極子の概念を d, f 電子系を含む広い物質系に適用して、新規な伝導現象を開発・解明することで、多極子伝導の学理を構築して新物質機能を開拓した。これは、スピントロニクスやスキルミオンなど既存の研究分野に大きな波及効果をもたらす一方で、RKKY 相互作用のジャロシンスキー・守谷項やジグザグ構造と多重超伝導相の関係など、物性物理学の分野に新しい問題を提起している。

さらに、若手人材育成と国際的な共同研究ネットワークの形成にも大きく貢献した。

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、全角運動量

1. 研究開始当初の背景

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はなく、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・磁気的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いだ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

電気伝導などの物質の伝導現象は主に電子が担っている。孤立した電子は電荷とスピンという性質を持っており、電荷とスピンを運ぶことができる。しかしながら、電荷とスピンを持った電子が物質の伝導現象を担うという考えではわからない多彩な伝導現象が数多く知られている。

原子に束縛された電子が持つ軌道角運動量はスピン軌道結合によってスピンと結合して、全角運動量 \mathbf{J} という性質を持つ。この \mathbf{J} は固体中では周囲からの影響を受けて、多極子と呼ばれる性質を持つ。多極子はスピン軌道結合の大きさや固体内の環境によって多様な状態を取ることができる、固体での電子のミクロな自由度である。この様な多極子を考えることで、多彩な伝導現象を理解しようというのが、本領域の目的である。

多極子に関わる伝導現象は、多極子が秩序化する系から、電子が比較的自由に振る舞う系まで様々である。それぞれの系の専門の研究者が協力して包括した研究を行うことで、多極子伝導系の学理を創出し、さらに、新たな応用へとつながる物質機能を開拓する。並行して、物質科学の中核を担う人材強化と若手育成を行う。

3. 研究の方法

4つの研究項目を設け、それぞれについて計画研究と公募研究で研究を推進する。

A01:局在多極子と伝導電子の相関効果

- 局在性の強い多極子と遍歴性の強い伝導電子の相互作用によって産まれる新しい伝導現象の探索と解明を行う。

B01:遍歴多極子による新奇量子伝導相

- 遍歴的な性質を持つ多極子由来の超伝導などの新しい伝導現象や秩序状態の原因を解明し、さらに、新しい伝導現象の開拓を行う。

C01:拡張多極子による動的応答

- 複数の原子からなる拡張多極子を見だし、精密な物性測定により物質の新しい動的応答を開拓する。

D01:強相関多極子物質の開発

- 多極子自由度が伝導現象に重要な役割を果たす物質、特に高温超伝導体を含む新機能物質の開発を行う。

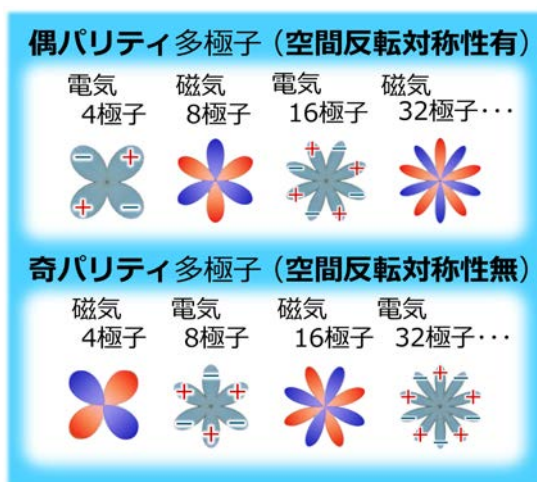
新物性や新機能には、空間反転対称性のない場合にのみ現われる奇パリティ多極子が

重要な役割を果たすと予想される。原子位置に反転中心の無いジグザグ構造やカイラル構造の物質開発を精力的に進め、奇パリティ多極子の役割と新物性の関係を明らかにする。

4. 研究の成果

研究項目 A01 局在多極子と伝導電子の相関効果

領域内及び他領域との緊密な協力関係により、原子に局在した多極子と伝導電子の相互作用による多彩な現象、価数の量子臨界現象、スピン軌道結合が本質的に重要なモット絶縁体など、領域発足時に掲げていた課題に関する理解を飛躍的に高めた。それだけではなく、新物質の発見を契機に、*f*電子スカーミオンの発見、ベリー曲率による新しい諸物性の発見、クラスター多極子による新規物性機能の発見など、当初予期していなかった成果も得られた。本研究を通じて、局在多極子と伝導電子の相関効果の基礎学理を確立し、新たな量子機能の発見に繋がった。原子サイトの多極子の概念を拡張したクラスター多極子の新概念は、磁気構造の理解を深め、物理現象の予言に有用であると同時に、第一原理計算の自動化にも貢献した。これらの新機能・新概念はスピントロニクスを始め様々な分野にも波及しており、次の飛躍への重要な一歩となることが期待される。



図：多極子の例。空間反転対称性が無い時のみ奇パリティ多極子が現われる。

研究項目 B01 遍歴多極子による新奇量子伝導相

多極子が遍歴性を獲得して引き起こす多彩な伝導現象や量子相の解明を目的に、多様な多極子自由度を有するウラン化合物を中心に実験研究及び理論的考察を展開した。重要な成果として、強磁性超伝導体や新奇スピン三重項超伝導体 UTe_2 の磁場誘起超伝導と多重超伝導の観測、これらの物質の NMR・熱伝導測定による超伝導対称性の決定、隠れた秩序物質 URu_2Si_2 の奇パリティ多極子及びハイブリッド多極子の観測、Sm あるいは p 電子を含む新物質開発、トポロジカル超伝導・多極子秩序の理論などが挙げられる。本研究を通じて、強磁性超伝導やスピン三重項超伝導で現れる磁場誘起現象や多重超伝導、超伝導対称性や「隠れた秩序」、トポロジカル超伝導など、これまで個別に理解されてきた興味ある物理現象が、遍歴多極子という概念で包括的に理解できることを示した。これにより、従来の枠にとられない分野横断的な視点からの研究を進展させることができた。このような研究の流れは、今後も継続することが期待され、将来に向けての新たな潮流を作ることができた。また、プレス発表やアウトリーチ活動を通じて成果を社会に還元する活動にも力を入れた。

研究項目 C01 拡張多極子による動的応答

1 原子上の電子が持つ電荷・スピン・軌道の結合自由度である電気・磁気多極子、さらに、これらが複数原子上に跨がって形成する電気・磁気クラスターや結合ボンドクラスターを含めた「拡張多極子 (Augmented Multipoles)」に基礎を置く固体物性研究を展開し、電荷・スピン・軌道の基本自由度を用いた従来の方法では記述が困難な種々の物性現象の理解を進展させるとともに、新たな機能性の予見も可能となることを理論、実験の両面から明らかにした。拡張多極子の新概念に基礎をおき、新たな物質観を構築するという目標を掲げてスタートした本計画研究は、当初の期待どおり、領域全体の目標でもある d 電子系分野と f 電子系分野の融合研究を生み出す土壌を育むことに成功した。理論、実験ともに基礎固めを主眼に研究が進められたが、幅広い物質系への理論展開や新規実験手法の開拓、新たな物質設計指針などの着実な萌芽がみられる。

研究項目 D01 強相関多極子物質の開発

多極子の秩序化や量子ゆらぎ、多極子の遍歴化に起因した現象の観測に最適なモデル物質の開発を精力的に進め、(1) 空間反転対称性の破れと強いスピン軌道結合に起因したフェルミ面のスピン分裂を研究するための物質系の開発と理論的理解、(2) スピン分裂したフェルミ面における軌道交差現象の理論的理解、(3) 遍歴する j -フェルミオンを有する物質系の開発、(4) 秩序ハニカム構造をもつ超伝導物質群の発見とカイラル超伝導状態の観測、(5) Pr 系における希薄四極子近藤効果の観測、(6) イリジウムを含む超伝導物質群の発見、(7) 重元素 Bi を含む層状物質群の開発と物質設計指針の確立、などの成果を得た。特に、30 年以上前に理論的に予測されていた単サイトの四極子近藤効果の実験的検証に初めて成功したことや、フェルミ面のスピン分裂や軌道交差が生じる典型物質を開発し、非従来型の超伝導や熱電現象が生じることを明らかにしたことは、固体物性の普遍的原理の理解と構築に貢献する重要な成果といえる。本研究によって創出された新概念、 j -フェルミオンは、遍歴多極子研究の更なる発展を促すものと期待できる。

5. 主な発表論文等 (受賞等を含む)

<発表論文・書籍>

研究項目 A01 局在多極子と伝導電子の相関効果

計画研究 [代表・中辻 知] 計 118 件 (査読有 116 件、査読無 2 件)

1. “Fluctuation-Induced First-Order Transition and Tricritical Point in $EuPtSi$ ”, *T. Sakakibara, S. Nakamura, S. Kittaka, M. Kakihana, M. Hedo, T. Nakama, and Y. Ōnuki, J. Phys. Soc. Jpn., 査読有, **88**, 093701-1-5 (2019).
2. “Multipole expansion for magnetic structures: A generation scheme for symmetry-adapted orthonormal basis set in crystallographic point group”, *M.-T. Suzuki, T. Nomoto, R. Arita, Y. Yanagi, S. Hayami, H. Kusunose, Phys. Rev. B, 査読有, **99**, 174407-1-11 (2019) [Editors' Suggestion].
3. “Large magneto-optical Kerr effect and imaging of magnetic octupole domains in an antiferromagnetic metal”, T. Higo, H. Man, D.B. Gopman, L. Wu, T. Koretsune, O.M. J. van 't Erve, Y.P. Kabanov, D. Rees, Y. Li, M.-T. Suzuki, S. Patankar, M. Ikhlas, C.L. Chien, R. Arita, R. D. Shull, J. Orenstein, and *S. Nakatsuji, Nat. Photonics, 査読有, **12**, 73-78 (2018).
4. “Large anomalous Nernst effect at room temperature in a chiral antiferromagnet”, M. Ikhlas, T. Tomita, T. Koretsune, M.-T. Suzuki, D. Nishio-Hamane, R. Arita, Y. Otani, and *S. Nakatsuji, Nat. Phys., 査

読有, **13**, 1085-1090 (2017).

5. “Cluster multipole theory for anomalous Hall effect in antiferromagnets”, *M.-T. Suzuki, T. Koretsune, M. Ochi, R. Arita, Phys. Rev. B, 査読有, **95** 094406-1-11, (2017).
6. “Angle-resolved heat capacity of heavy fermion superconductors”, *T. Sakakibara, S. Kittaka, and K. Machida, Rep. Prog. Phys., 査読有, **79**, 094002-1-19 (2016).

公募研究 計 116 件 (査読有 116 件、査読無 0 件)

1. “Effect of Anisotropic Hybridization in YbAlB₄ Probed by Linear Dichroism in Core-Level Hard X-ray Photoemission Spectroscopy”, *K. Kuga, Y. Kanai, H. Fujiwara, K. Yamagami, S. Hamamoto, Y. Aoyama, A. Sekiyama, A. Higashiya, T. Kadono, S. Imada, A. Yamasaki, A. Tanaka, K. Tamasaku, M. Yabashi, T. Ishikawa, S. Nakatsuji, and T. Kiss, Phys. Rev. Lett., 査読有, **123**, 036404-1-5 (2019).
2. “Discovery of superconductivity in quasicrystal”, K. Kamiya, T. Takeuchi, N. Kabeya, N. Wada, T. Ishimasa, A. Ochiai, K. Deguchi, K. Imura, and *N. K. Sato, Nat. Commun., 査読有, **9**, 154-1-8 (2018).

研究項目 B01 遍歴多極子による新奇量子伝導相

計画研究 [代表・青木 大] 計 203 件 (査読有 199 件、査読無 4 件)

1. “Unconventional Superconductivity in Heavy Fermion UTe₂”, *D. Aoki, A. Nakamura, F. Honda, D. Li, Y. Homma, Y. Shimizu, Yoshiki J Sato, G. Knebel, J.-P. Brison, A. Pourret, D. Braithwaite, G. Lapertot, Q. Niu, M. Vališka, H. Harima, and J. Flouquet, J. Phys. Soc. Jpn., 査読有, **88**, 043702-1-5 (2019) [Editors’ Choice].
2. “Superconducting Properties of Heavy Fermion UTe₂ Revealed by ¹²⁵Te-nuclear Magnetic Resonance”, *G. Nakamine, S. Kitagawa, K. Ishida, Y. Tokunaga, H. Sakai, S. Kambe, A. Nakamura, Y. Shimizu, Y. Homma, D. Li, F. Honda, and D. Aoki, J. Phys. Soc. Jpn., 査読有, **88**, 113703-1-4 (2019) [Editors’ Choice].
3. “Observation of Magnetopiezoelectric Effect in Antiferromagnetic Metal EuMnBi₂”, *Y. Shiomi, H. Watanabe, H. Masuda, H. Takahashi, Y. Yanase, and S. Ishiwata, Phys. Rev. Lett., 査読有, **122**, 127207-1-5 (2019).
4. “Pairing mechanism in the ferromagnetic superconductor UCoGe”, B. Wu, G. Bastien, M. Taupin, C. Paulsen, L. Howald, D. Aoki, and *J.-P. Brison, Nat. Commun., 査読有, **8**, 14480-1-9 (2017).
5. “Anisotropic B–T Phase Diagram of Non-Kramers System PrRh₂Zn₂₀”, *T. Yoshida, Y. Machida, K. Izawa, Y. Shimada, N. Nagasawa, T. Onimaru, T. Takabatake, A. Gourgout, A. Pourret, G. Knebel, and J.-P. Brison, J. Phys. Soc. Jpn., 査読有, **86**, 044711-1-10 (2017) [Editors’ Choice].
6. “Magnetic hexadecapole order and magnetopiezoelectric metal state in Ba_{1-x}K_xMn₂As₂”, *H. Watanabe, and Y. Yanase, Phys. Rev. B, 査読有, **96**, 064432-1-18 (2017) [Editors’ Suggestion].
7. “No detectable change in in-plane ²⁹Si Knight shift in the superconducting state of URu₂Si₂”, *T. Hattori, H. Sakai, Y. Tokunaga, S. Kambe, T. D. Matsuda and Y. Haga: J. Phys. Soc. Jpn. 査読有, **85**, 073711-1-4 (2016) [Editors’ Choice].

公募研究 計 106 件 (査読有 106 件、査読無 0 件)

1. “Unique Helical Magnetic Order and Field-Induced Phase in Trillium Lattice Antiferromagnet EuPtSi”, *K. Kaneko, M. D. Frontzek, M. Matsuda, A. Nakao, K. Munakata, T. Ohhara, M. Kakihana, Y. Haga, M. Hedo, T. Nakama, and Y. Ōnuki, J. Phys. Soc. Jpn., 査読有, **88**, 013702-1-5 (2019) [Editors’ Choice].
2. “Field-induced spin-density wave beyond hidden order in URu₂Si₂”, *W. Knafo, F. Duc, F. Bourdarot, K. Kuwahara, H. Nojiri, D. Aoki, J. Billette, P. Frings, X. Tonon, E. Lelievre-Berna, J. Flouquet, and L. P. Regnault, Nat. Commun., 査読有, **7**, 13075-1-7 (2016).

研究項目 C01 拡張多極子による動的応答

計画研究 [代表・網塚 浩] 計 99 件 (査読有件 98、査読無 1 件)

1. 「スピンと軌道の電子論」*楠瀬博明, 2019年8月31日, 講談社 (ISBN-13:978-4065169971).
2. “Electric Toroidal Quadrupoles in Spin-Orbit Coupled Metal Cd₂Re₂O₇”, *S. Hayami, Y. Yanagi, H. Kusunose, Y. Motome, Phys. Rev. Lett., 査読有, **122**, 147602-1-6 (2019) [Cover Image].
3. “Order and disorder in the magnetization of the chiral crystal CrNb₃S₆”, *G. W. Paterson, T. Koyama, M. Shinozaki, Y. Masaki, F. J. T. Goncalves, Y. Shimamoto, T. Sogo, M. Nord, Y. Kousaka, Y. Kato, S. McVitie, and Y. Togawa, Phys. Rev. B, 査読有, **99**, 224429-1-11 (2019) [Editors’ Suggestion].
4. “Quasilinear quantum magnetoresistance in pressure-induced nonsymmorphic superconductor CrAs”, *M. Naka, S. Hayami, H. Kusunose, Y. Yanagi, Y. Motome, and H. Seo, Nat. Commun., 査読有, **10**, 4305-1-8 (2019).
5. “Evidence of a New Magnetoelectric Effect of Current-Induced Magnetization in a Toroidal Magnetic Ordered State of UNi₄B”, *H. Saito, K. Uenishi, N. Miura, C. Tabata, H. Hidaka, T. Yanagisawa, and H. Amitsuka, J. Phys. Soc. Jpn. 査読有, **87**, 033702-1-5 (2018). [Editors’ Choice]
6. “Classification of atomic-scale multipoles under crystallographic point groups and application to linear response tensors”, *S. Hayami, M. Yatsushiro, Y. Yanagi, and H. Kusunose, Phys. Rev. B, 査読有, **98**, 165110-1-35 (2018) [Editors’ Suggestion].
7. “Quasilinear quantum magnetoresistance in pressure-induced nonsymmorphic superconductor CrAs”, *Q. Niu, W. C. Yu, K. Y. Yip, Z. L. Lim, H. Kotegawa, E. Matsuoka, H. Sugawara, H. Tou, Y. Yanase,

Swee K. Goh, Nat. Commun., 査読有, **8**, 15358-1-8, (2017).

公募研究 計 116 件 (査読有 116 件、査読無 0 件)

1. “Magnetolectric Effect in the Antiferromagnetic Ordered State of Ce_3TiBi_5 with Ce Zig-Zag Chains”, *M. Shinozaki, G. Motoyama, M. Tsubouchi, M. Sezaki, J. Gouchi, S. Nishigori, T. Mutou, A. Yamaguchi, K. Fujiwara, K. Miyoshi, and Y. Uwatoko, J. Phys. Soc. Jpn., 査読有, **89**, 033703-1-5 (2020).
2. “Magnetic phase diagram enriched by chemical substitution in a noncentrosymmetric helimagnet”, *T. Sato, Y. Araki, A. Miyake, A. Nakao, N. Abe, M. Tokunaga, S. Kimura, Y. Tokunaga, and T. Arima, Phys. Rev. B, 査読有, **101**, 054414-1-6 (2020) [Editor’s Suggestion].
3. “Evidence for the Single-Site Quadrupolar Kondo Effect in the Dilute non-Kramers System $Y_{1-x}Pr_xIr_2Zn_{20}$ ”, *T. Yanagisawa, H. Hidaka, H. Amitsuka, S. Zherlitsyn, J. Wosnitza, Y. Yamane, and T. Onimaru, Phys. Rev. Lett., 査読有, **123**, 165110-1-6 (2019).
4. “Classification of atomic-scale multipoles under crystallographic point groups and application to linear response tensors”, *S. Hayami, M. Yatsushiro, Y. Yanagi, and H. Kusunose, Phys. Rev. B, 査読有, **98**, 165110-1-35 (2018) [Editor’s Suggestion].

研究項目 D01 強相関多極子物質の開発

計画研究 [代表・野原 実] 計 150 件、(査読有 149 件、査読無 1 件)

1. “Superconductivity of Carbides”, *K. Kobayashi, K. Horigane, R. Horie, and J. Akimitsu, 2019 年 3 月 27 日, *Physics and Chemistry of Carbon-Based Materials* (Ed. Y. Kubozono), Chapter 6, 149-209, Springer Singapore (ISBN-13: 9789811334160).
2. “Single-site non-Fermi liquid behaviors in a diluted $4f^2$ system $Y_{1-x}Pr_xIr_2Zn_{20}$ ”, *Y. Yamane, T. Onimaru, K. Wakiya, K. T. Matsumoto, K. Umeo, and T. Takabatake, Phys. Rev. Lett., 査読有, **121**, 077206-1-5 (2018).
3. “SnAs-Based Layered Superconductor $NaSn_2As_2$ ”, *Y. Goto, A. Yamada, T.D. Matsuda, Y. Aoki, Y. Mizuguchi, J. Phys. Soc. Jpn., 査読有, **86**, 123701-1-4 (2017) [Editors’ Choice].
4. “Orbital Crossing on Split Fermi Surfaces in Noncentrosymmetric Yb_4Sb_3 ”, *N. Kimura, H. Sano, M. Shirakawa, A. Ochiai, H. Funashima, H. Harima, J. Phys. Soc. Jpn., 査読有, **87**, 114708-1-7 (2018) [Editors’ Choice].
5. “Strong-Coupling Superconductivity in $BaPd_2As_2$ Induced by Soft Phonons in the $ThCr_2Si_2$ -Type Polymorph”, *K. Kudo, Y. Yamada, T. Takeuchi, T. Kimura, S. Ioka, G. Matsuo, Y. Kitahama, and *M. Nohara, J. Phys. Soc. Jpn., 査読有, **86**, 86063704-1-4 (2017).
6. “Evolution of Eu valence and superconductivity in layered $Eu_{0.5}La_{0.5}FBiS_{2-x}Se_x$ system”, *Y. Mizuguchi, E. Paris, T. Wakita, G. Jinno, A. Puri, K. Terashima, B. Joseph, O. Miura, T. Yokoya, and N. L. Saini, Phys. Rev. B, 査読有, **95**, 064515-1-6 (2017).
7. “Exotic Quadrupolar Phenomena in Non-Kramers Doublet Systems – A Case of PrT_2Zn_{20} ($T = Ir, Rh$) and PrT_2Al_{20} ($T = V, Ti$) –”, *T. Onimaru, and *H. Kusunose, J. Phys. Soc. Jpn., 査読有, **85**, 082002-1-22 (2016).

公募研究 計 31 件 (査読有 31 件、査読無 0 件)

1. “Itinerant antiferromagnetic $BaMn_2Pn_2$ s showing both negative and positive magnetoresistances”, *K-K. Huynh, T. Ogasawara, K. Kitahara, Y. Tanabe, S. Y. Matsushita, T. Tahara, T. Kida, M. Hagiwara, D. Arçon, and K. Tanigaki, Phys. Rev. B, 査読有, **99**, 195111-1-9 (2019).
2. “ π -electron $S = 1/2$ quantum-spin-liquid state in an ionic polyaromatic hydrocarbon”, *Yasuhiro Takabayashi, Melita Menelaou, Hiroyuki Tamura, Nayuta Takemori, Takashi Koretsune, Aleš Štefančič, Gyöngyi Klupp, A. Johan C. Buurma, Yusuke Nomura, Ryotaro Arita, Denis Arçon, Matthew J. Rosseinsky, and *Kosmas Prassides, Nat. Chem., 査読有, **9**, 635-643 (2017).

<国際学会発表>

1. “Fermi surfaces of cubic chiral ullmannite-type compounds”, H. Harima, V International Workshop Dzyaloshinskii-Moriya Interaction and Exotic Spin Structures (DMI2019), July 8-12, 2019, Petrozavodsk, Russia (招待講演)
2. “Topological Weyl Semimetal: from multipole to room temperature functions”, S. Nakatsuji, 21st International Conference on Magnetism (ICM 2018), July 16-20, 2018, San Francisco, USA (基調講演)
3. “Tests for Magnetolectric Effects on Antiferromagnetic Metals”, H. Amitsuka, 21st International Conference on Magnetism (ICM 2018), July 16-20, 2018, San Francisco, USA (招待講演)
4. “Fermi surface instabilities and field induced phenomena in ferromagnetic superconductors”, D. Aoki, 28th International Conference on Low-Temperature Physics (LT28), August 9-16, 2017, Gothenburg, Sweden (招待講演)
5. “Strategy for new superconductors”, M. Nohara, Lorentz Center Workshop “Common Threads in the Electronic Phase Diagram of Unconventional Superconductors”, Feb. 27-Mar. 3. 2017, Leiden, The Netherlands (招待講演)

<ホームページ等>

<http://www.jphysics.jp>