

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 5 月 29 日現在

機関番号：15301

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：15H05886

研究課題名(和文) 強相関多極子物質の開発

研究課題名(英文) Development of strongly correlated multipole materials

研究代表者

野原 実 (NOHARA, Minoru)

岡山大学・異分野基礎科学研究所・教授

研究者番号：70272531

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 183,200,000円

研究成果の概要(和文)：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進め、以下の成果を得た。(1)空間反転対称性の破れと強いスピン軌道相互作用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)秩序八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。

研究成果の学術的意義や社会的意義

多極子や局所対称性、スピン軌道結合に注目して、広範囲に物質探索と物質開発を進めたことで、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が実験的に検証され、フェルミ面のスピン分裂や軌道交差が生じる典型物質が得られ、非従来型の超伝導や熱電現象が現れることが分かった。これよりj-フェルミオンという概念を創出し、遍歴する多極子研究の端緒を切り開いた。

研究成果の概要(英文)：We have developed model materials for observing novel phenomena caused by ordering, fluctuations, and delocalization of multipoles. The results include: (1) Development of new materials which exhibit large spin splitting of Fermi surfaces due to spatial inversion breaking and strong spin-orbit coupling. (2) Theoretical understanding of orbital crossing between spin split Fermi surfaces. (3) Synthesis of novel materials with conducting j-fermions. (4) Discovery of new materials with ordered honeycomb networks and observation of chiral superconductivity. (5) Experimental confirmation of single-site quadrupolar Kondo effect. (6) Discovery of superconductors which consist of Ir with a large SOC. (7) Discovery of Bi-based layered materials.

研究分野：固体物理学

キーワード：J-Physics 多極子伝導系 スピン軌道結合 物質開発 超伝導

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

化学の分野において、 $sp^2$  混成軌道などのパリティ混成軌道は分子の電子状態や化学結合を理解する上で重要な概念として幅広く受け入れられている。パリティ混成は孤立原子では起こらず、必ず隣接原子との化学結合の結果として現れる。例えば、C 原子の  $2s$  と  $2p$  原子軌道は  $C_2$  分子を作る時に強く混成し、その結果として  $2p\sigma$  と  $2p\pi$  分子軌道のエネルギーが逆転する。結晶中に拡がった電子においてもパリティ混成効果が重要な役割を果たす場合がある。例えば、化合物  $Y_2C_3$  において実現されているように、パリティが混成した分子軌道からなるバンドが半占有になる時、高い臨界温度 ( $T_c=18\text{ K}$ ) の超伝導が発現する。 $MgB_2$  では、ハニカム構造を形成する強くパリティ混成した  $sp^2\sigma$  軌道が伝導を担うことが、高い  $T_c (=39\text{ K})$  の起源となっている。このように  $sp$  軌道のパリティ混成は隣接原子との化学結合を通して起こるために強い電子格子相互作用をもたらす、高温超伝導の起源になる。

以上のように  $sp$  電子系においては顕著なパリティ混成効果が現れるが、 $d$  電子系や  $f$  電子系においても同様のパリティ混成効果が期待される。しかしながら、これまでそのような視点に立った研究が行われた例はなかった。 $sp$  パリティ混成系の特徴は強い電子格子相互作用にあるが、局在性の強い  $d$  および  $f$  電子系では電子間のクーロン相互作用に基づく電子相関効果が重要となる。さらに電子雲とスピンの結合をもたらすスピン軌道相互作用の効果も現れる。空間反転対称性を欠いた原子ではパリティが偶奇の電子波動関数が混成する。このパリティ混成状態が、スピン軌道相互作用を介してスピン自由度と強く結合し、通常は現れない奇パリティ多極子や特殊な電気磁気非対角応答などの起源になることが予想される。さらに、電子格子相互作用によらないエキゾチックな超伝導やより高い  $T_c$  をもつ超伝導が実現するかもしれない。このように  $d$ 、 $f$  電子系において、パリティ混成した多極子 (軌道とスピンの複合自由度) が遍歴性を獲得する過程で、どのようなエキゾチックな物性が発現するのか、これが本研究の出発点であった。

### 2. 研究の目的

本研究は、「パリティ混成」と「ジグザグ構造」をキーワードに、元素横断的な物質開発を進め、多極子の秩序化や量子揺らぎ、多極子の遍歴化に起因した新規物理現象の観測に最適なモデル物質の開発を行うことを目的とした。物性を支配する電子軌道を持つ原子の位置に空間反転対称性がなく、原子をつなぐ結合の中心に反転対称中心があるような構造を「ジグザグ構造」と呼ぶ。1次元のジグザグ構造や2次元のハニカム構造、3次元のダイヤモンド構造などの「ジグザグ構造」に重原子を配置したとき、強いパリティ混成効果とスピン軌道相互作用が協奏し、スピンと軌道の自由度が一体となったパリティ混成複合自由度 (強相関多極子) が生じると考えられる。このとき、特異な奇パリティ多極子形成やエキゾチックな超伝導を含む量子伝導、多極子秩序が示す新しい非対角応答が現れることが予想される。

### 3. 研究の方法

研究チームは、物質開発を行う野原実・鬼丸孝博・水口佳一・秋光純の実験グループと、第一原理計算を行う播磨尚朝の理論グループから構成される。物質合成は、遷移金属ニクタイトとカルコゲナイドを野原グループが、希土類化合物を鬼丸グループが、重金属化合物を水口グループが、 $5d$  遷移金属酸化物を秋光グループが中心となって行う。そこから生み出される新物質を用いて、電気輸送特性、磁氣的、熱的性質などの基本的な物性を明らかにする。播磨グループは、第一原理計算の手法により新しく合成された物質の電子状態やフェルミ面を明らかにし、多極子の次数を同定し、パリティ混成した強相関多極子の果たす役割の解明と新物性の予言を行う。

### 4. 研究成果

#### (1) パイライトおよびウルマナイト化合物におけるフェルミ面のスピン分裂

黄鉄鉱  $FeS_2$  に代表されるパイライト構造は、図 1(a) に示すように、遷移金属元素 T と陰イオン X からなる等核二原子分子  $X_2$  が岩塩構造に配列した立方晶の構造をとる。 $X_2$  を異核二原子分子 XY に置き換え、立方対称性と保つように XY 分子を配置すると、図 1(b) に示したウルマナイト構造が得られる。代表例が硫安ニッケル鉱  $NiSbS$  である。パイライト構造は空間反転対称性を有するが、ウルマナイト構造ではそれが破れている。本研究では、パイライトとウルマナイト化合物が、空間反転中心の有無に依存する物性を研究するための格好のモデル物質になることを明らかにした。スピン軌道相互作用によるバンドのスピン分裂である。播磨と大貫らは dHvA 効果の実験とバンド計算から、パイライト  $CoSe_2$ 、 $AuSb_2$  にはフェルミ面のスピン分裂が存在しないが、ウルマナイト  $NiSbS$ 、 $PdBiSe$  には存在すること、さらに  $PdBiSe$  のほうが  $NiSbS$  に比べてスピン分裂が大きく、これは主に Bi 6p と Sb 5p 軌道のスピン軌道結合の大きさの違いに起因することを明らかにした。 $\alpha$  面の分裂は  $NiSbS$  で 260 K 程度、 $PdBiSe$  で 1260 K 程度であった。

#### (2) 空間反転対称性の破れた金属における軌道交差

映進面やらせん軸などの部分並進対称性を含む非共型 (ノンシンモルフィック) 空間群に属する対称性を持つ系では、ブリルアンゾーンの特異点 (線) においてバンドの合体 (軌道交差) が起こる。このため、スピン分裂したバンド (フェルミ面) が特異点 (線) の上で交差する。この軌道交差が  $Yb_4Sb_3$  の dHvA 実験において観測され、播磨らの理論計算により説明された。例え

ばスピン分裂したフェルミ面  $\gamma$  が  $\Gamma$ -H 線上で交差し、磁場中でサイクロトロン運動する電子の軌道が一方のフェルミ面からもう一方へと切り替わることが可能になる。軌道交差が 4 カ所で起こるため dHvA で 5 つの極値断面積が観測される。軌道が切り替わる確率は、スピン分裂したフェルミ面上でロックされたスピンの方向により決まる。

### (3) $j$ -フェルミオン物質の開発：超伝導と熱電特性

非共型空間群を持つ系においては、前述したバンドの合体により、質量ゼロのカイラルフェルミオン ( $j=1/2$  Weyl fermion や  $j=3/2$  Rarita-Schwinger-Weyl fermion) が現れる可能性がある。伝導性を獲得した多極子である。これらの  $j$ -フェルミオンがクーパー対を形成し超伝導を示さないだろうか。野原らはウルマナイト構造を持つ  $\alpha$ -BaPtAs を開発した。バンド計算から  $j$ -フェルミオンが存在すると考えられるバンドの縮退点がフェルミ準位近傍に位置することが示唆された。残念ながら  $\alpha$ -BaPtAs は 0.1 K まで超伝導を示さなかった。一方で公募研究の岡本らは、同じ構造を持つ BaPtP が約 0.2 K で超伝導を示すことを明らかにした。

またウルマナイト構造をとる化合物など、点群 T 対称性を持つ系は、線型分散するバンドが  $\Gamma$  点において多重縮退することがある。野原らは多重縮退 (すなわち高エントロピー) フェルミオンが示す熱起電力の研究を進め、RhBiSe が金属的な電気伝導を示すにも関わらず、高温で  $-100 \mu\text{V/K}$  を超える巨大な熱起電力を示すことを明らかにした。

### (4) 秩序型ハニカム構造からなる超伝導体

局所的に空間反転対称性が破れた系として秩序ハニカム構造を持つ化合物の開発を進めた。野原らは、三元系 BaPtAs が、先述した立方晶ウルマナイト構造に加えて、合成条件を変化させることで、図 2 に示す六方晶構造  $\beta$ -BaPtAs と  $\gamma$ -BaPtAs を取り、それぞれ 2.8 K および 2.1–3.0 K で超伝導を示すことを発見した。さらに As を Sb に置換した BaPtSb が 1.64 K で超伝導を示すことを明らかにした。立方晶  $\alpha$ -BaPtAs は、PtAs<sub>3</sub> 平面三角形が頂点を共有しながら、いわゆる「延齢草」型の 3 次元ネットワークを形成するが、六方晶構造では PtAs<sub>3</sub> 平面三角形が頂点を共有しながら平面ネットワークを形成する。これが Pt と As (Sb) が交互に占有した秩序ハニカム層である。 $\beta$ -BaPtAs ではグローバルに空間反転対称性が破れており、(教科書通りに) スピン分裂したフェルミ面が存在する。一方でハニカム層の積層パターンが異なる  $\gamma$ -BaPtAs と SrPtAs は空間反転中心を有するが、単一の秩序ハニカム層における局所的な空間反転対称性の破れと、単位胞に複数の秩序ハニカム層が存在することに起因して、(教科書とは異なった形での) バンドのスピン分裂が生じる。C01 の御領らは、これらの系においてカイラル  $d$  波超伝導などのエキゾチック超伝導が現れることを理論的に指摘した。さらに  $\mu\text{SR}$  により超伝導状態における内部磁場の発達が観測され、実験的にカイラル超伝導が示唆された。

水口らはバククルした秩序ハニカム層 SnAs と SnP を含む新超伝導体 Na<sub>1+x</sub>Sn<sub>2</sub>As<sub>2</sub> と Na<sub>1-x</sub>Sn<sub>2</sub>P<sub>2</sub> を発見した。層間の化学結合は van der Waals 力によるもので、2 次元的な電子構造を持つ。

### (5) Pr 系における希薄四極子近藤効果

鬼丸らは、PrIr<sub>2</sub>Zn<sub>20</sub> が  $4f^2$  電子配置の Pr<sup>3+</sup> に起因する反強四極子秩序を 0.11 K で示し、さらに低温 0.05 K で超伝導と共存することを明らかにしていた。本研究では、その希薄系 Y<sub>1-x</sub>Pr<sub>x</sub>Ir<sub>2</sub>Zn<sub>20</sub> において希薄四極子近藤効果が現れ、そこでの非フェルミ液体挙動が約 30 年前に理論的に予測されていた単サイトの電気四極子による 2 チャンネル近藤効果により説明できることを明らかにした。また、新物質の単結晶育成にも取り組み、PrMgNi<sub>4</sub> において四極子の凍結 (ガラス状態) を見出した。この化合物では、立方晶ラーベス相の A サイトを Pr と Mg が秩序占有することで空間反転対称性の破れが生じている。

### (6) 重い遷移金属元素イリジウムを含む超伝導体の開発

野原らは秩序型ラーベス相化合物 Li<sub>2</sub>IrSi<sub>3</sub> および Mg<sub>2</sub>Ir<sub>3</sub>Si を見出した。超伝導転移温度はそれぞれ 3.8 K および 7 K であった。前者は空間反転対称性が失われた極性構造を持つ。秋光らは Li<sub>2</sub>IrSi<sub>2</sub> を発見した。超伝導転移温度は 3.3 K であった。また秋光らは立方晶ラーベス相 SrIr<sub>2</sub> が 5.8 K で超伝導を示すことを発見した。

秋光らは  $5d$  遷移金属酸化物 Sr<sub>2</sub>IrO<sub>4</sub> の超伝導化に取り組んだ。Sr<sub>2</sub>IrO<sub>4</sub> は銅酸化物高温超伝導体と類似した結晶構造を持ち、Ir  $5d$  軌道の強いスピン軌道結合に由来する  $j=1/2$  フェルミオンが強い電子相関により局在化した反強磁性モット絶縁体である。電子注入による超伝導化は本計画研究のハイライトの一つであったが、8%を超えるドーピングが出来ないという問題があった。試行錯誤の結果、メカニカルアロイ法によりドーピング限界を 15%まで引き上げることができた。光電子分光により、銅酸化物高温超伝導体と同様のギャップ内状態の成長が観測され、この系の金属化 (さらには超伝導化) が目前であることが確認された。またドーピングによって反強磁性の長距離秩序が抑制され、グリフィス相と呼ばれる反強磁性の短距離秩序が現れることが明らかになった。

### (7) BiS<sub>2</sub> 系超伝導体の展開

2012 年に水口らが発見した BiS<sub>2</sub> 系超伝導体について、ブロック層の概念に立脚した物質開発を展開し、12 を超える新しい基本構造を開発した。LaOBiS<sub>2</sub> は BiS<sub>2</sub> 超伝導層と LaO ブロック層

が交互に積層した構造をとる。この LaO 層を別のブロック層で置き換えることで、SrFBiS<sub>2</sub> や Eu<sub>3</sub>F<sub>4</sub>Bi<sub>2</sub>S<sub>4</sub> などの新物質を開発した。さらに BiS<sub>2</sub> 超伝導層を多層化した LaOBiPbS<sub>3</sub> や La<sub>2</sub>O<sub>2</sub>Bi<sub>3</sub>AgS<sub>6</sub> を開発した。これらの物質において、超伝導発現条件や熱電特性、電荷密度波の発現などが明らかになった。

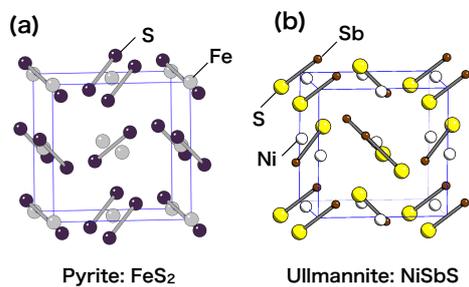


図 1. (a)パイライトおよび (b)ウルマナイトの結晶構造

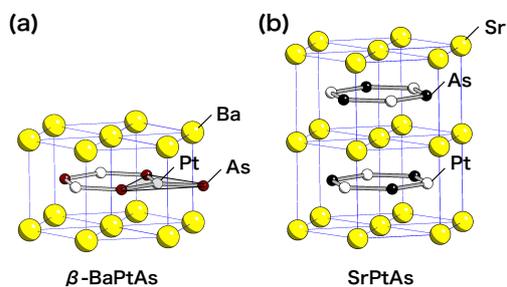


図 2. (a)六方晶 $\beta$ -BaPtAs と(b) SrPtAs の結晶構造

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計177件（うち査読付論文 176件 / うち国際共著 46件 / うちオープンアクセス 49件）

1. 著者名 K. Kudo, H. Hiiragi, T. Honda, K. Fujimura, H. Idei, M. Nohara	4. 巻 89
2. 論文標題 Superconductivity in Mg <sub>2</sub> Ir <sub>3</sub> Si: A Fully Ordered Laves Phase	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 013701/1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.013701	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 Y. Kusanose, T. Onimaru, G. B. Park, Y. Yamane, K. Umeo, T. Takabatake, N. Kawata, T. Mizuta	4. 巻 88
2. 論文標題 Hindered Quadrupole Order in PrMgNi <sub>4</sub> with a Nonmagnetic Doublet Ground State	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 083703/1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.083703	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. Tsunoda, K. Horigane, H. Okabe, K. Machida, M. Akimitsu, K. Kawashima, R. Horie, K. Kobayashi, A. Koda, R. Kadono, J. Akimitsu	4. 巻 30
2. 論文標題 $\mu$ SR Study of the Magnetic State in Hole and Electron Doped Sr <sub>2</sub> IrO <sub>4</sub>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 011145/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.30.011145	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 H. Funashima, Y. Kuramoto, H. Harima	4. 巻 89
2. 論文標題 Electronic Structure and p-f Hybridization Toward Orbital Kondo Effect	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 044712/1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.044712	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 K. Kudo, T. Takeuchi, H. Ota, Y. Saito, S. Ayukawa, K. Fujimura, M. Nohara	4. 巻 87
2. 論文標題 Superconductivity in Hexagonal BaPtAs: SrPtSb- and YPtAs-type Structures with Ordered Honeycomb Network	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 073708/1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.87.073708	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 Y. Goto, A. Miura, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, T. D. Matsuda, Y. Aoki, Y. Mizuguchi	4. 巻 8
2. 論文標題 Na <sub>1-x</sub> Sn <sub>2</sub> P <sub>2</sub> as a new member of van der Waals-type layered tin pnictide superconductors	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 12852/1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-31295-8	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 -

1. 著者名 Y. Yamane, T. Onimaru, K. Wakiya, K. T. Matsumoto, K. Umeo, and T. Takabatake	4. 巻 121
2. 論文標題 Single-Site Non-Fermi-Liquid Behaviors in a Diluted 4f <sub>2</sub> System Y <sub>1-x</sub> Pr <sub>x</sub> Ir <sub>2</sub> Zn <sub>20</sub>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 077206/1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.121.077206	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 Y. Mizuguchi	4. 巻 88
2. 論文標題 Material Development and Physical Properties of BiS <sub>2</sub> -Based Layered Compounds	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 041001/1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.041001	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 -

1. 著者名 N. Kimura, H. Sano, M. Shirakawa, A. Ochiai, H. Funashima, H. Harima	4. 巻 87
2. 論文標題 Orbital Crossing on Split Fermi Surfaces in Noncentrosymmetric Yb4Sb3	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 114708/1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.87.114708	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 Y. Goto, A. Yamada, T.D. Matsuda, Y. Aoki, and Y. Mizuguchi	4. 巻 86
2. 論文標題 SnAs-Based Layered Superconductor NaSn2As2	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 123701/1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.86.123701	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 -

1. 著者名 K. Horigane, M. Fujii, H. Okabe, K. Kobayashi, R. Horie, H. Ishii, Y. F. Liao, Y. Kubozono, A. Koda, R. Kadono, and J. Akimitsu	4. 巻 97
2. 論文標題 Magnetic phase diagram of Sr <sub>2-x</sub> LaxIrO <sub>4</sub> synthesized by mechanical alloying	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 064425/1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.97.064425	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455件 (うち招待講演 91件 / うち国際学会 167件)

1. 発表者名 M. Nohara
2. 発表標題 Polymorphism and Superconductivity in BaPtAs and BaPtSb
3. 学会等名 14th Asia-Pacific Physics Conference, APPC 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 水口佳一
2. 発表標題 BiS2系層状化合物の新物質開発と超伝導発現条件
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Tsunoda, K. Horigane, H. Okabe, K. Machida, M. Akimitsu, K. Kawashima, R. Horie, K. Kobayashi, A. Koda, R. Kadono, J. Akimitsu
2. 発表標題 $\mu$ SR study of the magnetic state in hole and electron doped Sr2IrO4
3. 学会等名 International Conference on Strongly Correlated Electron System 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Harima
2. 発表標題 Fermi surfaces of cubic chiral ullmannite-type compounds
3. 学会等名 V International Workshop Dzyaloshinskii-Moriya Interaction and Exotic Spin Structures (DMI2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nohara
2. 発表標題 Exploration of new materials with conducting j-fermions
3. 学会等名 International Workshop on j-fermion Physics and Materials (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Mizuguchi, R. Sogabe
2. 発表標題 Superconductivity in BiS <sub>2</sub> -based layered compound RE <sub>0.5</sub> FO <sub>0.5</sub> BiS <sub>2</sub> with high-entropy-alloy-type (HEA-type) blocking layers
3. 学会等名 APS March Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Onimaru
2. 発表標題 Non-Fermi liquid behaviors due to possible two-channel Kondo effect in non-Kramers doublet system
3. 学会等名 International workshop “Novel Phenomena in Quantum Materials driven by Multipoles and Topology” (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鬼丸孝博
2. 発表標題 非クラマース縮退が誘起する強相関 4f <sup>2</sup> 電子系の多彩な物性
3. 学会等名 J-Physics トピカルミーティングものづくりシリーズ第3回「物質探索最前線」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Harima
2. 発表標題 Electric odd parity multipole ordering indicated for URu <sub>2</sub> Si <sub>2</sub>
3. 学会等名 Frustration, Orbital Fluctuations, and Topology in Kondo Lattices and their relatives (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jun Akimitsu
2. 発表標題 Quo Vadis Superconductivity? Where is the "Room Temperature Superconductor?"
3. 学会等名 BIT's 6th Annual World Congress of Nano Science & Technology - 2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>岡山大学異分野基礎科学研究所 (野原研究室)  <a href="http://www.physics.okayama-u.ac.jp/nohara_homepage/index.html">http://www.physics.okayama-u.ac.jp/nohara_homepage/index.html</a>          広島大学先端磁性物理学研究室 鬼丸  <a href="https://home.hiroshima-u.ac.jp/adsmmag/">https://home.hiroshima-u.ac.jp/adsmmag/</a>          首都大学東京 超伝導物質研究室 (水口研究室)  <a href="http://www.comp.tmu.ac.jp/eesuper/mizuguchilab/activities.html">http://www.comp.tmu.ac.jp/eesuper/mizuguchilab/activities.html</a>          岡山大学異分野基礎科学研究所 (秋光研究室)  <a href="http://www.okayama-u.ac.jp/user/akimitsu/top.html">http://www.okayama-u.ac.jp/user/akimitsu/top.html</a>          神戸大学 播磨尚朝  <a href="http://www2.kobe-u.ac.jp/~hh/J-Physics">http://www2.kobe-u.ac.jp/~hh/J-Physics</a> : 多極子伝導系の物理  <a href="http://www.jphysics.jp">http://www.jphysics.jp</a></p>
--

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	鬼丸 孝博  (ONIMARU Takahiro)  (50444708)	広島大学・先端物質科学研究科・教授    (15401)	
研究分担者	水口 佳一  (MIZUGUCHI Yoshikazu)  (50609865)	首都大学東京・理学研究科・准教授    (22604)	
研究分担者	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)	

