

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H01178

研究課題名（和文）奇パリティ多極子物質科学の創生に向けた理論研究：分類学・電磁応答・超伝導

研究課題名（英文）Theoretical study towards establishing odd-parity multiple materials science: classification, electromagnetic responses, superconductivity

研究代表者

柳瀬 陽一（Yanase, Youichi）

京都大学・理学研究科・教授

研究者番号：70332575

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題により、奇パリティ多極子秩序の群論的な分類学を完成した。また、奇パリティ磁気多極子物質を100以上同定し、磁気圧電効果など新奇な電磁応答を解明した。そして、結晶中の多極子モーメントを量子力学的に定式化した。これらの発展として、多極子超伝導という概念を提唱し、強誘電超伝導現象を予言した。さらに、磁性体や超伝導体の非線形光学応答や非相反輸送現象を分類し、秩序変数の対称性やブロッホ波動関数の量子幾何学がそれらと密接に関係することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、金属、半導体、絶縁体、さらには磁性体、誘電体、超伝導体を含む多様な物質群を対象とする奇パリティ多極子物質科学が拓かれた。特に、数多くの奇パリティ多極子物質相を分類すると同時に候補物質を同定したことにより、未知の電磁応答が解明された。また、非線形光学や超伝導体の研究に発展したことにより、光物性や超伝導科学との接点が生まれた。これにより分野融合的な研究が今後加速することが期待される。

研究成果の概要（英文）：With this research project, we have completed a group-theoretical classification of odd-parity multipole orders. We have also identified more than 100 odd-parity magnetic multipole materials and elucidated novel electromagnetic responses such as the magneto-piezoelectric effect. We also formulated the multipole moment in crystals in quantum mechanical theory. As an extension of these studies, we proposed the concept of multipole superconductivity and predicted the phenomenon of ferroelectric superconductivity. Furthermore, we classified the nonlinear optical responses and nonreciprocal transport phenomena in magnetic and superconducting materials, and clarified the close relationship with the symmetry of the order parameter and the quantum geometry of the Bloch wave function.

研究分野：物性理論

キーワード：奇パリティ多極子 エキゾチック超伝導 非相反応答 非線形応答 スピン軌道相互作用

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

「奇パリティ多極子秩序」の研究が勃興しつつあった。古典電磁気学の多極子展開に含まれる自由度が秩序化する基本的な現象だが、以前の研究は偶パリティ多極子に限定されていた。しかし、重い電子系、マルチフェロイクス、スピントロニクスなどの分野が融合した研究により、奇パリティ多極子秩序が普遍的な現象であると認識されつつあった。興味深いことに、空間反転対称性を自発的に破る奇パリティ多極子秩序は、スピン軌道相互作用を通じて新奇な電磁応答や超伝導を生み出す。しかし、具体的な物質を特定し新現象を発見するには至っていなかった。

2. 研究の目的

本研究では、奇パリティ多極子秩序相の分類学を完成し、数多くの多極子物質を系統的に整理・理解する。そして、その新機能探索により、強相関電子系、マルチフェロイクス、スピントロニクス、超伝導などの既存分野に新たな発展をもたらすことを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、奇パリティ多極子秩序の群論的分類学の完成、磁気点群の解析による候補物質の同定と分類、線形応答理論を用いた電磁応答の解明、第一原理計算による候補物質の比較研究、奇パリティ多極子秩序相における非線形応答現象の包括的解明、第一原理計算による多極子モーメントと電磁応答の評価、超伝導への発展、という手順で多角的な理論手法を採用し、多彩な奇パリティ多極子秩序相を包括的に解明する。

4. 研究成果

(1) 奇パリティ多極子秩序相の分類学：異常電磁応答と候補物質の同定

奇パリティ多極子秩序の群論的な分類学を完成した。分類結果の一部を下に示す(表1)。また、磁気点群の解析により奇パリティ磁気多極子物質を100以上同定した。さらに、群論と線形応答理論を組み合わせる奇パリティ多極子物質に特有の電磁応答を数多く解明した。特に、電気磁気効果、Edelstein効果、電流誘起多極子反転、磁気圧電効果の系統的な分類を行い、それらが起こり得る対称性と候補物質を同定した。その理論的予言に基づいて、実験グループと共同研究を行い、EuMnBi₂において磁気圧電効果を実験的に発見した。

A_{1u}^- $M_{20}, \mathbf{r} \cdot \mathbf{s},$ M_{40}	$2z\hat{z} - x\hat{x} - y\hat{y}, x\hat{x} + y\hat{y} + z\hat{z}$	$k_x k_y k_z (3k_x^4 - 10k_x^2 k_y^2 + 3k_y^4)$
A_{2u}^- T_z, M_{66}^-	$x\hat{y} - y\hat{x}$	k_z
B_{1u}^- M_{43}^-	$y(3x^2 - y^2)\hat{z}, z(x^2 - y^2)\hat{y} + 2xyz\hat{x}$	$k_x(k_x^2 - 3k_y^2)$
B_{2u}^- M_{43}^+	$x(x^2 - 3y^2)\hat{z}, z(x^2 - y^2)\hat{x} - 2xyz\hat{y}$	$k_y(3k_x^2 - k_y^2)$
E_{1u}^- $\{M_{21}^-, M_{21}^+\}, \{T_x, T_y\},$ $\{M_{41}^-, M_{41}^+\}$	$\{y\hat{z} + z\hat{y}, z\hat{x} + x\hat{z}\}, \{y\hat{z} - z\hat{y}, z\hat{x} - x\hat{z}\},$	$\{k_x, k_y\}$
E_{2u}^- $\{M_{22}^-, M_{22}^+\},$ $\{M_{42}^-, M_{42}^+\}, \{M_{44}^-, M_{44}^+\}$	$\{x\hat{y} + y\hat{x}, x\hat{x} - y\hat{y}\}$	$\{k_z(k_x^2 - k_y^2), k_x k_y k_z\}$

表1：奇パリティ磁気多極子秩序相の分類の一例。点群 D4h の例

(2) 結晶における多極子モーメント：ゲージ不変な表式の発見

周期結晶中の多極子モーメントを定義することは容易でない。古典電磁気学に従って定義すると、例えば磁気・電気四極子モーメントは座標演算子を含む形式になるが、座標演算子が結晶の周期性を満たさないためゲージ不変な定式化ができない。電気分極に関して同様の問題が古くから知られているが、そこでは断熱変形の方法によるベリー位相公式が成功を収めた。同様の手法を高次の多極子モーメントに適用する試みも行われたが、ゲージ不変な定式化には成功していない。

そこで、私達は局所熱力学を用い、結晶中の磁気単極子・四極子・トロイダル双極子モーメント

トを定式化することに成功した。ここで定義された熱力学的多極子モーメントはゲージ不変であり、電気磁気感受率との間に熱力学的関係式を満たす。また、温度勾配が磁化を誘起する重力電気磁気効果にも直接的に影響することを示した。

また、上の手法を拡張して電気四極子モーメントの量子力学公式を導出した。これにより、ネマティック秩序変数の理論モデルや物質によらない一般的な表式が得られた。この公式を第一原理計算と組み合わせて、鉄系超伝導体および銅酸化物高温超伝導体の電気四極子モーメントを評価した。電気四極子モーメントの量子力学公式は、幾何学的な項とフェルミ面由来の項に分解することができるが、鉄系超伝導体では幾何学的な項が主要であるのに対し、銅酸化物高温超伝導体ではフェルミ面由来の項が重要である。このように両者の間で電気四極子モーメントの主な起源が異なることが示された。

(3) 磁性体の非線形光学応答、非相反輸送現象

奇パリティ磁気多極子相の特有の非線形電気伝導および光線形光学応答を解明した。まず、時間反転対称性と時空間反転対称性 (PT 対称性) を用いて、バンド理論の範囲内で現れうる非線形伝導度、非線形ホール伝導度、2 次の光電流を完全に分類した (表 2)。その結果に基づいて、奇パリティ磁気多極子相では巨大な非線形ホール効果や磁場誘起の非線形縦伝導が起こることを示した。光電流に関しては、シフト電流や注入電流といった既知のものに加えて、旋回電流と名付けた新たな光電流が存在することを突き止めた。さらに、トポロジカルな反強磁性体において旋回電流が著しく増大することも示した。具体例として CuMnAs を選び、この物質の低エネルギー状態を記述するタイトバインディングモデルを解析し、これらの結果を実証した。

System	\mathcal{T} -symmetric systems		\mathcal{PT} -symmetric systems	
Metal	Berry curvature dipole (118)	○	Drude term (119)	↕
Metal and insulator	Electric injection current (101)	○	Magnetic injection current (120)	↕
	Shift current (100, 101)	↕	Gyration current (121, 122)	○
Superconductor	Berry curvature derivative (123)	○	Nonreciprocal superfluid density (123)	↕
			Drude derivative (123)	○

表 2 : 非線形光学応答の 1 種、光電流の分類

(4) エキゾチック超伝導体

SrTiO₃ における「強誘電超伝導」を示した。特に、低密度領域では超伝導が強誘電秩序を引き起こすことを示し、「超伝導マルチフェロイス」を提案した。また、非従来型のスピン運動量ロッキングを示し、さらにはワイル超伝導を実現することを明らかにした。さらに、候補物質 SrTiO₃ において強誘電超伝導が誘起する奇周波数クーパ対の分類を行い、この物質の第一原理計算に基づいて構成された多軌道モデルの解析によりその大きさを評価した。また、その実験的観測法も提案した。

局所的な空間反転対称性がない結晶における超伝導において、超伝導相のパリティが偶から奇に相転移するパリティ転移が起こることを研究代表者の柳瀬は 2012 年に予言した。その予

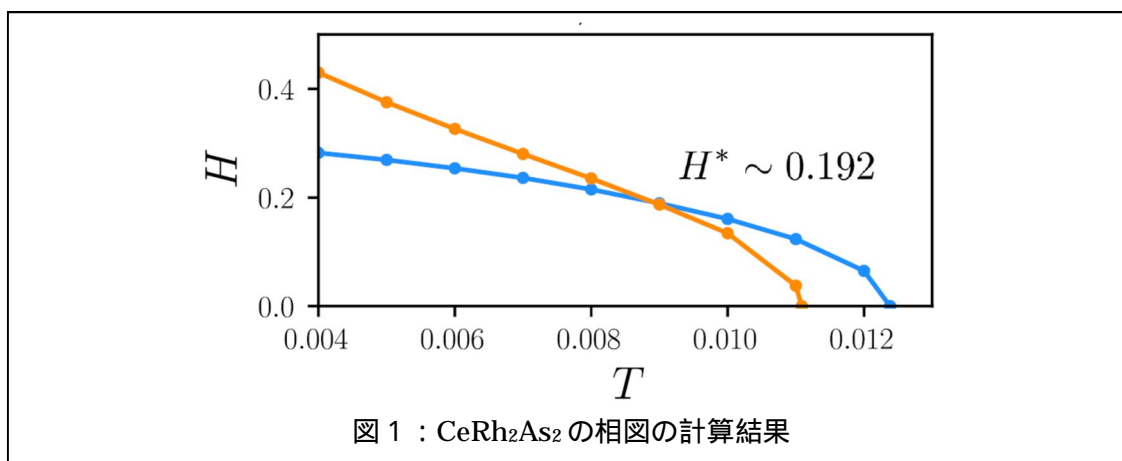


図 1 : CeRh₂As₂ の相図の計算結果

想に沿う多重超伝導相が CeRh₂As₂ において実験的に発見されたことを受けて、この物質の超伝

導相を解明する理論研究を行った。まず、奇パリティ超伝導相が非共型対称性に保護されたトポロジカル結晶超伝導相であることを示した。次に、反強磁性量子臨界揺らぎの効果を取り入れた多体超伝導理論により、温度磁場相図の計算を行った。その結果(図1)がCeRh₂As₂の実験結果と定量的にも一致したことから、この物質でパリティ転移が起きていることが裏付けられた。

これらのほか、強相関ラッシュバ超伝導体におけるパリティ混成型超伝導相の研究や2層遷移金属ダイカルコゲナイドにおけるトポロジカルスピン三重項超伝導の研究などを行った。また、実験グループとの共同研究により、超伝導体におけるダイオード効果を発見した。

(5) 超伝導体における非線形光学応答

超伝導体における非線形光学応答の研究を行った。空間反転対称性が破れた超伝導状態における光電流や二次高調波発生などの二次非線形光学応答を定式化し、そのミクロな分類を行った。その結果、超伝導体に特有の非線形応答が存在し、それが伝導度微分項と非相反超流動密度項として数学的に表現できることを示した。また、時間反転対称性が保たれた系において超伝導非線形応答が起こるミクロな条件を検証し、ここではスピン三重項クーパ対が存在する必要があることを示した(図2)。この結果により、非線形光学応答によってスピン三重項クーパ対を検出することが可能であることがわかり、将来的な展望が拓かれた。

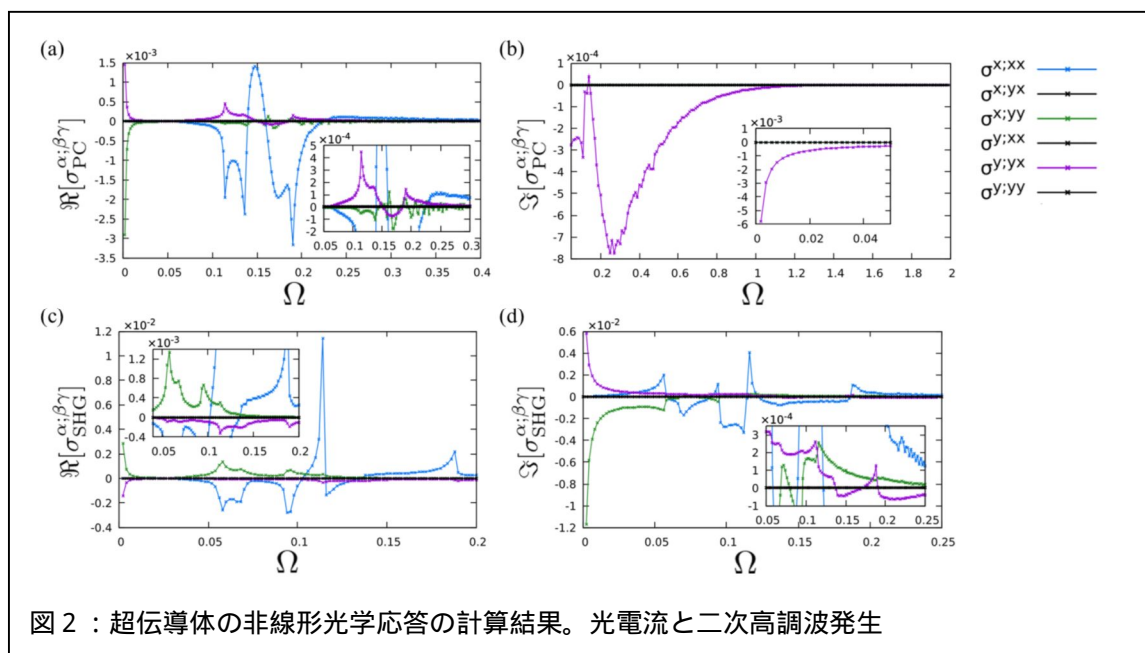


図2：超伝導体の非線形光学応答の計算結果。光電流と二次高調波発生

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計28件（うち査読付論文 28件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Masutomi Ryuichi, Okamoto Tohru, Yanase Youichi	4. 巻 101
2. 論文標題 Unconventional superconducting phases in multilayer films with layer-dependent Rashba spin-orbit interactions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.184502	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 Sumita Shuntaro, Yanase Youichi	4. 巻 2
2. 論文標題 Superconductivity induced by fluctuations of momentum-based multipoles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.2.033225	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 Kanasugi Shota, Yanase Youichi	4. 巻 102
2. 論文標題 Multiple odd-parity superconducting phases in bilayer transition metal dichalcogenides	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.094507	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 Ikeda Yuhei, Yanase Youichi	4. 巻 102
2. 論文標題 Giant surface Edelstein effect in d-wave superconductors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.214510	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 Nogaki Kosuke, Yanase Youichi	4. 巻 102
2. 論文標題 Strongly parity-mixed superconductivity in the Rashba-Hubbard model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.165114	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 Watanabe Hikaru, Yanase Youichi	4. 巻 11
2. 論文標題 Chiral Photocurrent in Parity-Violating Magnet and Enhanced Response in Topological Antiferromagnet	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review X	6. 最初と最後の頁 1-30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevX.11.011001	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 Kanasugi Shota, Kuzmanovski Dushko, Balatsky Alexander V., Yanase Youichi	4. 巻 102
2. 論文標題 Ferroelectricity-induced multiorbital odd-frequency superconductivity in SrTiO ₃	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.184506	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 Chono Hiroomi, Takasan Kazuaki, Yanase Youichi	4. 巻 102
2. 論文標題 Laser-induced topological s-wave superconductivity in bilayer transition metal dichalcogenides	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.174508	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 Ishizuka Jun, Yanase Youichi	4. 巻 103
2. 論文標題 Periodic Anderson model for magnetism and superconductivity in UTe ₂	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.103.094504	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 Murayama H., Ishida K., Kurihara R., Ono T., Sato Y., Kasahara Y., Watanabe H., Yanase Y., Cao G., Mizukami Y., Shibauchi T., Matsuda Y., Kasahara S.	4. 巻 11
2. 論文標題 Bond Directional Anapole Order in a Spin-Orbit Coupled Mott Insulator Sr ₂ (Ir _{1-x} Rh _x)O ₄	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review X	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevX.11.011021	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 Ando Fuyuki, Miyasaka Yuta, Li Tian, Ishizuka Jun, Arakawa Tomonori, Shiota Yoichi, Moriyama Takahiro, Yanase Youichi, Ono Teruo	4. 巻 584
2. 論文標題 Observation of superconducting diode effect	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 373 ~ 376
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-020-2590-4	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 Watanabe Hikaru, Yanase Youichi	4. 巻 2
2. 論文標題 Nonlinear electric transport in odd-parity magnetic multipole systems: Application to Mn-based compounds	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.2.043081	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 Daido Akito, Shitade Atsuo, Yanase Youichi	4. 巻 102
2. 論文標題 Thermodynamic approach to electric quadrupole moments	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.235149	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 Sumita Shuntaro, Nomoto Takuya, Shiozaki Ken, Yanase Youichi	4. 巻 99
2. 論文標題 Classification of topological crystalline superconducting nodes on high-symmetry lines: Point nodes, line nodes, and Bogoliubov Fermi surfaces	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 134513/1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.134513	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 Hitomi Takanori, Yanase Youichi	4. 巻 88
2. 論文標題 Magnetoelectric Response in Electric Octupole State: Possible Hidden Order in Cuprate Superconductors	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 054712/1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.054712	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 Daido Akito, Yoshida Tsuneya, Yanase Youichi	4. 巻 122
2. 論文標題 Z4 Topological Superconductivity in UCoGe	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 227001/1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.122.227001	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 Yoshida Tsuneya, Daido Akito, Kawakami Norio, Yanase Youichi	4. 巻 99
2. 論文標題 Efficient method to compute Z4 indices with glide symmetry and applications to the M2bius materials CeNiSn and UCoGe	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 235105/1-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.235105	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 Ono Seishiro, Yanase Youichi, Watanabe Haruki	4. 巻 1
2. 論文標題 Symmetry indicators for topological superconductors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 013012/1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.1.013012	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 Daido Akito, Yanase Youichi	4. 巻 100
2. 論文標題 Chirality polarizations and spectral bulk-boundary correspondence	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 174512/1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.174512	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 Kanasugi Shota, Yanase Youichi	4. 巻 100
2. 論文標題 Multiorbital ferroelectric superconductivity in doped SrTiO3	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 094504/1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.094504	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 Shitade Atsuo, Yanase Youichi	4. 巻 100
2. 論文標題 Magnon gravitomagnetolectric effect in noncentrosymmetric antiferromagnetic insulators	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 224416/1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.224416	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 Ishizuka Jun, Sumita Shuntaro, Daido Akito, Yanase Youichi	4. 巻 123
2. 論文標題 Insulator-Metal Transition and Topological Superconductivity in UTe ₂ from a First-Principles Calculation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 217001/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.123.217001	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 Hu Y. J., Yu W. C., Lai Kwing To, Sun D., Balakirev F. F., Zhang W., Xie J. Y., Yip K. Y., Aulestia E. I. Paredes, Jha Rajveer, Higashinaka Ryuji, Matsuda Tatsuma D., Yanase Y., Aoki Yuji, Goh Swee K.	4. 巻 124
2. 論文標題 Detection of Hole Pockets in the Candidate Type-II Weyl Semimetal MoTe ₂ from Shubnikov-de Haas Quantum Oscillations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 076402/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.124.076402	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 Watanabe Hikaru, Yanase Youichi	4. 巻 98
2. 論文標題 Group-theoretical classification of multipole order: Emergent responses and candidate materials	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 245129/1-24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.98.245129	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 Watanabe Hikaru, Yanase Youichi	4. 巻 98
2. 論文標題 Symmetry analysis of current-induced switching of antiferromagnets	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 220412(R)/1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.98.220412	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 Watanabe Hikaru, Daido Akito, Yanase Youichi	4. 巻 105
2. 論文標題 Nonreciprocal optical response in parity-breaking superconductors	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 024308/1-27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.105.024308	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 Watanabe Hikaru, Daido Akito, Yanase Youichi	4. 巻 105
2. 論文標題 Nonreciprocal Meissner response in parity-mixed superconductors	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 L100504/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.105.L100504	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 Tanaka Hiroto, Watanabe Hikaru, Yanase Youichi	4. 巻 107
2. 論文標題 Nonlinear optical responses in noncentrosymmetric superconductors	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 024513/1-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.107.024513	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 -

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 15件 / うち国際学会 11件）

1. 発表者名 柳瀬 陽一
2. 発表標題 UTe2における金属絶縁体転移とバンド構造、トポロジカル超伝導
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yanase Youichi
2. 発表標題 Spin-orbit-coupled ferroelectric superconductivity and multiorbital effects in SrTiO ₃
3. 学会等名 Microscopics of Superconductivity in Perovskite Oxides: Challenges, Hurdles and Enigmas (MISPOCHE-2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yanase Youichi
2. 発表標題 Symmetry and topology of superconducting CeCoIn ₅ heterostructures
3. 学会等名 20 years of the 115's: past, present, and future (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yanase Youichi
2. 発表標題 Emergent linear and nonlinear responses in parity-violating antiferromagnet
3. 学会等名 Seoul National University, CCES regular seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yanase Youichi
2. 発表標題 Overview of spin-triplet superconductivity in condensed matter physics
3. 学会等名 CNS seminar (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柳瀬 陽一
2. 発表標題 パリティを破る磁性体の光電流応答
3. 学会等名 日本学術振興会光電相互変換第125委員会 第253回研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yanase Youichi
2. 発表標題 Topological superconductivity in two-dimensional heterostructures
3. 学会等名 International Symposium on Creation of Advanced Photonic and Electronic Devices 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柳瀬 陽一
2. 発表標題 Noncentrosymmetric superconductivity in atomic-layer materials
3. 学会等名 SPRING-8ユーザー協同体 顕微ナノ材料科学研究会 日本表面真空学会 放射光表面科学研究部会 プローブ顕微鏡研究部会 合同シンポジウム (Nanospec 2021) (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yanase Youichi
2. 発表標題 A Theory from First-principles on Magnetism and Superconductivity in UTe ₂
3. 学会等名 APS March meeting 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Youichi Yanase
2. 発表標題 Exotic superconductivity in multipole systems
3. 学会等名 The international conference on Spectroscopies in Novel Superconductors (SNS2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Youichi Yanase
2. 発表標題 Z ₄ topological superconductivity in UCoGe
3. 学会等名 Conferences on Condensed Matter Physics (CCMP) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Youichi Yanase
2. 発表標題 Electromagnetic responses, dynamics, and superconductivity emerging from multipole order
3. 学会等名 META 19 "Chirality, magnetism, and magnetoelectricity: Separate phenomena and joint effects in metamaterial structures" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Youichi Yanase
2. 発表標題 Topological superconductivity in UCoGe and UTe ₂
3. 学会等名 EPIQS-TMS 3rd Alliance Workshop on Topological Materials Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Youichi Yanase
2. 発表標題 Möbius topological superconductivity in UCoGe
3. 学会等名 International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2019 (SCES2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Youichi Yanase
2. 発表標題 Classification theory of magnetoelectric multipole and candidate materials
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

柳瀬陽一のホームページ http://cond.sophys.kyoto-u.ac.jp/~yanase/

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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
スウェーデン	北欧理論物理学研究所			
米国	カルフォルニア州立大学バークレー校			
中国	香港中文大学			