

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 5 月 24 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03676

研究課題名(和文) 反転対称性が破れた電子系における非線形非相反応の理論

研究課題名(英文) Theory of nonlinear and nonreciprocal responses in noncentrosymmetric electronic systems

研究代表者

永長 直人 (Nagaosa, Naoto)

東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授

研究者番号：60164406

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,900,000円

研究成果の概要(和文)：固体電子の示す非相反非線形応答の学理を、金属、半導体、磁性体、超伝導体に対して発展させた。(i)磁性トポロジカル絶縁体の大きな非相反伝導の機構、(ii)スピクラスタースカatteringによる非相反伝導、(iii)スキルミオンストリングによる非線形電気抵抗、(iv)超伝導揺らぎによる非相反電気伝導、などを解明し、(v)超伝導ダイオード効果の提唱、を行った。  
光学応答ではシフトカレントに関して、(vi)マグノン励起やフォノン励起によるシフトカレント、(vii)アンダーソン絶縁体におけるシフトカレント、などの新現象を予言し、(viii)リーマン幾何学による非線形光学効果の一般論を構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

非相反非線形応答は、学術的には空間反転・時間反転などの対称性、量子散逸、電子相関、量子幾何学、などの基礎原理と密着に関連した重要問題である。固体電子について、これらの基礎原理がどのような形で非相反応答を決めているかの学理を構築したことは、「量子非線形性」という新しい分野を切り拓くとともに、その設計への道を拓く進歩である。  
また非相反応答は、ダイオードに代表されるように応用とも直結している。磁場で制御できるダイオードや、テラヘルツ領域で感度が増大する光検出器など、次世代のエレクトロニクスの重要テーマに基盤的に寄与する研究成果である。

研究成果の概要(英文)：We have developed theories of nonlinear non-reciprocal response of electrons for metals, semiconductors, magnetic materials, and superconductors. In electron transport phenomena, we have revealed (i) the mechanism of large nonreciprocal conduction in magnetic topological insulators, (ii) nonreciprocal conduction due to spin cluster scattering, (iii) nonlinear electrical resistance due to skyrmion strings, and (iv) nonreciprocity due to superconducting fluctuations, and proposed (v) the superconducting diode effect. As for the nonreciprocal optical response, we clarified the physical properties of the shift current and predicted new phenomena. We have predicted (vi) shift currents due to magnon and phonon excitations, (vii) shift current in Anderson insulators, and (viii) constructed a general theory of nonlinear optical effects based on Riemannian geometry.

研究分野：電子相関と量子幾何学・トポロジーの関連する輸送現象、光学応答、磁性、超伝導等の物性の理論的研究

キーワード：非線形光学 ダイオード効果 シフトカレント ベリー位相 量子散逸

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1)申請者は、2000年ごろから異常ホール効果の理論研究を行い、電流はバンド内行列要素とベリー位相に関係したバンド間行列要素に依存した2種類があり、量子ホール効果、強誘電性、異常ホール効果、などの非自明な効果はすべて後者によるカレントから生じていることが認識されていた。

(2)ベリー位相は、空間反転対称性と時間反転対称性の有無と深く関連しており、非相反現象を支配していることが予想されていた。

(3)光励起によるシフトカレントが太陽電池の機構の候補として提案されていた。

2. 研究の目的

反転対称性が破れた系における非線形非相反応答の統一理論を構築することを目的とした。バンド構造の幾何学と電子間相互作用の効果を取り入れた非線形応答の理論を構築することで、非線形応答の方向依存性という基本的な問いに対して理論的にアプローチし、固体電子の量子幾何学、電子相関、対称性の役割、と言った現代物性論の重要課題に迫る。

(1)時間反転対称性が破れた系の非線形非相反応答、(2)シフトカレントの物理的性質の研究、

(3)時間反転を持つ系の電子相関による非線形非相反応答、の3つのテーマに取り組む。

3. 研究の方法

(1)ゲージ不変なKeldysh非平衡グリーン関数法を多バンドモデルに適用し、電場中での電流とその揺らぎを計算することで、バンド間行列要素に起因する従来の輸送電流とは異なるカレントの非線形性を明らかにする。

(2)現象論的Ginzburg-Landau理論を、反転対称性を持たない超伝導体へ拡張し、その非相反応答を計算する。

4. 研究成果

固体電子の示す非相反非線形応答の学理を、金属、半導体、磁性体、超伝導体に対して発展させた。電子輸送現象では、(i)磁性トポロジカル絶縁体の大きな非相反伝導の機構、(ii)スピクラスタースカッターによる非相反伝導、(iii)スキルミオンストリングによる非線形電気抵抗、(iv)超伝導揺らぎによる非相反電気伝導、などを解明し、(v)超伝導ダイオード効果の提唱、を行った。非相反光学応答に関しては、シフトカレントの物理的性質の解明と新しい現象の予言を行った。(vi)マグノン励起やフォノン励起によるシフトカレント、(vii)アンダーソン絶縁体におけるシフトカレント、などを予言し、(viii)リーマン幾何学による非線形光学効果の一般論を構築した。以下では、これらの中で(ii),(v),(vi)について詳しく述べる。

(ii)スピクラスタースカッターによる非相反伝導

2重交換モデルにおいて、局在スピン揺らぎが伝導電子を散乱する過程を理論的に考察し、MnSiの非相反電気抵抗特性の実験結果を説明することに成功した。[1] MnSiは反転対称性を持たない磁性体であり、ジャロシンスキー・守谷相互作用と強磁性的交換相互作用の双方によって記述される。この模型でスピン揺らぎの相関が散乱確率の非対称部分にどのように寄与するかを調べ、それが局在スピンのベクトルスピカイラリティ $S_i \times S_j$ と伝導電子のスピン分極の積に依存することを見出した(図1中央)。スピカイラリティの期待値を自己無撞着平均場近似によって温度と磁場の関数として計算し、対応する非相反電気伝導をボルツマン方程式によって解析した。その結果は図1右に示すように、特徴的な温度・磁場依存性が得られ、それが実験とほぼ半定量的に一致していることが示された。

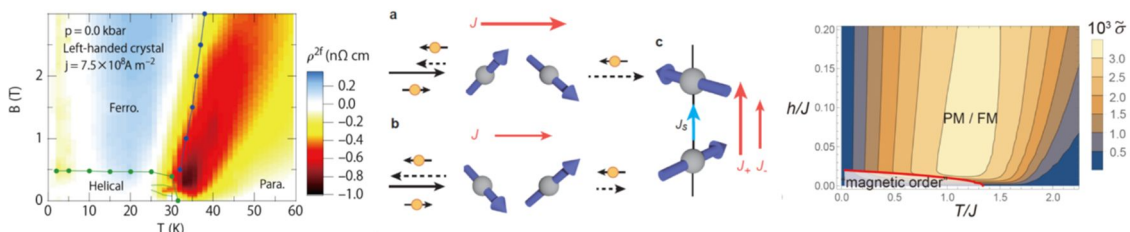


図1 MnSiにおける非相反電気抵抗の実験と理論。左：電流の2乗に比例する電圧降下に対応する非相反電気抵抗率 $\rho^{2f}$ の温度・磁場平面における contour-plot。(T. Yokouchi, et al., "Electrical magnetochiral effect induced by chiral spin fluctuations.", Nature Communications 8, 866 (2017)より転載) 中央：局在スピクラスタースカッターによる非対称散乱の概念図。右：非相反電気伝導との理論計算。ほぼ $\rho^{2f}$ のそれに対応し、実験と良い一致を示す。

(v)超伝導ダイオード効果の提唱

超伝導状態における電流 電圧特性において、電圧が発生する臨界電流値の非対称性、つまり超伝導ダイオード効果を現象論的Ginzburg-Landau理論を用いて定式化した[2]。(図2)物理的な機構は、有限の重心運動量を持ったクーパー対が誘起されることによる非対称性が起源であり、FFLO状態とも密接に関連している。具体的には、Rashba型のスピン軌道相互作用がある2次元超伝導体に外部磁場がかかった場合をモデル化し、超伝導電流下で超伝導秩序パラメータに関して自由エネルギーを最適化することで臨界電流が電流の向きに依存することを見出した。

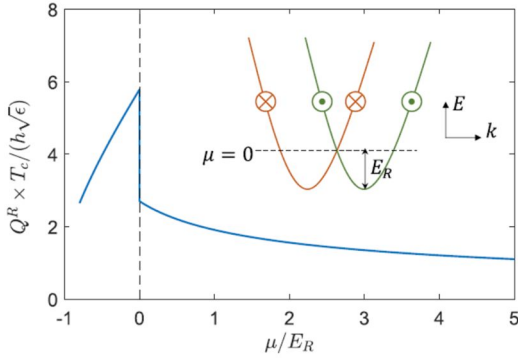


図2. Rashba超伝導体の磁場下における臨界電流の非対称性を特徴づけるQ値の化学ポテンシャル依存性。バンド交差点(m=0)で最大となる。

(vi)マグノン励起やフォノン励起によるシフトカレント

シフトカレントは、電子波動関数の位相が光電場によって変調されることで誘起される強誘電体の分極電流と類似の電流であり、電子のバンド間遷移を起こさずに直流電流を誘起出来る可能性がある。実際に、強誘電体BaTiO3において、テラヘルツ光でフォノンを励起することで確かに直流電流成分が誘起されることを発見した[3]。図3の左図が実験の配置で、バンドギャップよりも十分に低いテラヘルツ領域のパルス光を照射し、その結果中図に示すように光電流が観測された。その直流成分は有限であり、その符号は自発分極の向きによって反転している。フォトキャリアが存在しないことから、この電流はバイアス電圧にほとんど依存しないことも見出された。(図13右図)

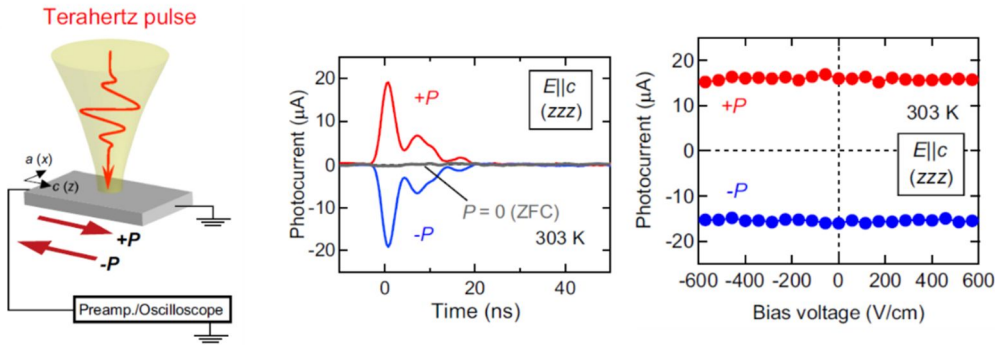


図3. 強誘電体BaTiO3におけるフォノン励起によるシフトカレント。左図：実験配置の模式図、中図：パルス励起後の光電流の時間変化。右図：光電流のバイアス電圧依存性。

[1] Hiroaki Ishizuka & Naoto Nagaosa, "Anomalous electrical magnetochiral effect by chiral spin-cluster scattering", Nature Communications **11**, 2986, pp.1-6 (2020)  
 [2] J.He, Y. Tanaka, and N.Nagaosa, "A phenomenological theory of superconductor diodes", New J. Phys. **24**, 053014 (2022).  
 [3] Yoshihiro Okamura, Takahiro Morimoto, Naoki Ogawaa, Yoshio Kaneko, Guang-Yu Guo, Masao Nakamura, Masashi Kawasaki, Naoto Nagaosa, Yoshinori Tokura, and Youtarou Takahashi, "Photovoltaic effect by soft phonon excitation", Proc. Nat. Acad. Sci. **119**, e2122313119 (2022)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計78件（うち査読付論文 76件 / うち国際共著 26件 / うちオープンアクセス 28件）

1. 著者名 Misaki Kou, Nagaosa Naoto	4. 巻 103
2. 論文標題 Theory of the nonreciprocal Josephson effect	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 245302-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.103.245302	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 He James Jun, Tanaka Yukio, Nagaosa Naoto	4. 巻 126
2. 論文標題 Optical Responses of Chiral Majorana Edge States in Two-Dimensional Topological Superconductors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 237002-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.126.237002	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 He James Jun, Nagaosa Naoto	4. 巻 103
2. 論文標題 Local Raman spectroscopy of chiral Majorana edge modes in Kitaev spin liquids and topological superconductors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 L241109-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.103.L241109	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 Sotome M., Nakamura M., Morimoto T., Zhang Y., Guo G.-Y., Kawasaki M., Nagaosa N., Tokura Y., Ogawa N.	4. 巻 103
2. 論文標題 Terahertz emission spectroscopy of ultrafast exciton shift current in the noncentrosymmetric semiconductor CdS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 L241111-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.103.L241111	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 Hiroaki, Nagaosa Naoto	4. 巻 103
2. 論文標題 Large anomalous Hall effect and spin Hall effect by spin-cluster scattering in the strong-coupling limit	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 235148-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.103.235148	査読の有無 無
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 Kitaori Aki, Kanazawa Naoya, Yokouchi Tomoyuki, Kagawa Fumitaka, Nagaosa Naoto, Tokura Yoshinori	4. 巻 118
2. 論文標題 Emergent electromagnetic induction beyond room temperature	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.2105422118	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 Ahn Junyeong, Nagaosa Naoto	4. 巻 104
2. 論文標題 Superconductivity-induced spectral weight transfer due to quantum geometry	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 L100501-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.104.L100501	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 Zhang Xiao-Xiao, Manske Dirk, Nagaosa Naoto	4. 巻 104
2. 論文標題 Ultrafast excitation and topological soliton formation in incommensurate charge density wave states	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 125132-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.104.125132	査読の有無 無
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 Onishi Yugo, Isobe Hiroki, Nagaosa Naoto	4. 巻 104
2. 論文標題 Theory of Seebeck ratchet in a noncentrosymmetric electron-phonon coupled system	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 155419-1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.104.155419	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 Kurebayashi Daichi, Nagaosa Naoto	4. 巻 4
2. 論文標題 Electromagnetic response in spiral magnets and emergent inductance	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications Physics	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42005-021-00765-3	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 Ahn Junyeong, Guo Guang-Yu, Nagaosa Naoto, Vishwanath Ashvin	4. 巻 18
2. 論文標題 Riemannian geometry of resonant optical responses	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Physics	6. 最初と最後の頁 290-295
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41567-021-01465-z	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 Zhang Xiao-Xiao, Nagaosa Naoto	4. 巻 119
2. 論文標題 Nonequilibrium topological spin textures in momentum space	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.2116976119	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 Okamura Yoshihiro, Morimoto Takahiro, Ogawa Naoki, Kaneko Yoshio, Guo Guang-Yu, Nakamura Masao, Kawasaki Masashi, Nagaosa Naoto, Tokura Yoshinori, Takahashi Youtarou	4. 巻 119
2. 論文標題 Photovoltaic effect by soft phonon excitation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	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) 10.1073/pnas.2122313119	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 Zhang Xiao-Xiao, Nagaosa Naoto	4. 巻 22
2. 論文標題 Anisotropic Three-Dimensional Quantum Hall Effect and Magnetotransport in Mesoscopic Weyl Semimetals	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nano Letters	6. 最初と最後の頁 3033-3039
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.nanolett.2c00296	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 He James Jun, Tanaka Yukio, Nagaosa Naoto	4. 巻 24
2. 論文標題 A phenomenological theory of superconductor diodes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 New Journal of Physics	6. 最初と最後の頁 053014-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1367-2630/ac6766	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 Onishi Yugo, Morimoto Takahiro, Nagaosa Naoto	4. 巻 106
2. 論文標題 Theory of shift heat current and its application to electron-phonon coupled systems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 085202-1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.106.085202	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 Michishita Yoshihiro, Nagaosa Naoto	4. 巻 106
2. 論文標題 Dissipation and geometry in nonlinear quantum transports of multiband electronic systems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 125114-1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.106.125114	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 Zhang Cheng-Long, Liang Tian, Kaneko Yoshio, Nagaosa Naoto, Tokura Yoshinori	4. 巻 7
2. 論文標題 Giant Berry curvature dipole density in a ferroelectric Weyl semimetal	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 npj Quantum Materials	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41535-022-00512-z	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 Sato Takuro, Koshibae Wataru, Kikkawa Akiko, Taguchi Yasujiro, Nagaosa Naoto, Tokura Yoshinori, Kagawa Fumitaka	4. 巻 106
2. 論文標題 Nonthermal current-induced transition from skyrmion lattice to nontopological magnetic phase in spatially confined MnSi	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 144425-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.106.144425	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 Masuko Makoto, Kawamura Minoru, Yoshimi Ryutarō, Hirayama Motoaki, Ikeda Yuya, Watanabe Ryota, He James Jun, Maryenko Denis, Tsukazaki Atsushi, Takahashi Kei S., Kawasaki Masashi, Nagaosa Naoto, Tokura Yoshinori	4. 巻 7
2. 論文標題 Nonreciprocal charge transport in topological superconductor candidate Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> /PdTe <sub>2</sub> heterostructure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 npj Quantum Materials	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) 10.1038/s41535-022-00514-x	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 Isobe Hiroki, Nagaosa Naoto	4. 巻 129
2. 論文標題 Quantum Transport and Magnetism of Dirac Electrons in Solids	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 216601-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.129.216601	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 Nagaosa Naoto	4. 巻 447
2. 論文標題 Nonlinear optical responses in noncentrosymmetric quantum materials	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Annals of Physics	6. 最初と最後の頁 169146-169146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.aop.2022.169146	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 Onishi Yugo, Watanabe Hikaru, Morimoto Takahiro, Nagaosa Naoto	4. 巻 106
2. 論文標題 Effects of relaxation on the photovoltaic effect and possibility for photocurrent within the transparent region	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 235110-1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.106.235110	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 Liu Yizhou, Watanabe Hikaru, Nagaosa Naoto	4. 巻 129
2. 論文標題 Emergent Magnetomultipoles and Nonlinear Responses of a Magnetic Hopfion	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 267201-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.129.267201	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 Kawamura Minoru, Mogi Masataka, Yoshimi Ryutaro, Morimoto Takahiro, Takahashi Kei S., Tsukazaki Atsushi, Nagaosa Naoto, Kawasaki Masashi, Tokura Yoshinori	4. 巻 19
2. 論文標題 Laughlin charge pumping in a quantum anomalous Hall insulator	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nature Physics	6. 最初と最後の頁 333-337
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41567-022-01888-2	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 Yang Xing, Gu Zhao-Long, Wang Huimin, Xian Jing-Jing, Meng Sheng, Nagaosa Naoto, Zhang Wen-Hao, Liu Hai-Wen, Ling Zi-Heng, Fan Kai, Zhang Zhi-Mo, Qin Le, Zhang Zhi-Hao, Liang Yan, Li Jian-Xin, Fu Ying-Shuang	4. 巻 10
2. 論文標題 Manipulating Hubbard-type Coulomb blockade effect of metallic wires embedded in an insulator	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 National Science Review	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) 10.1093/nsr/nwac210	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 Hiroaki, Levitov Leonid	4. 巻 24
2. 論文標題 Wide-range T2 resistivity and umklapp scattering in moire graphene	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 New Journal of Physics	6. 最初と最後の頁 052001-052001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1367-2630/ac688c	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 Kitamura Sota, Nagaosa Naoto, Morimoto Takahiro	4. 巻 3
2. 論文標題 Nonreciprocal Landau-Zener tunneling	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Communications Physics	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42005-020-0328-0	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 Park Sungjoon, Nagaosa Naoto, Yang Bohm-Jung	4. 巻 20
2. 論文標題 Thermal Hall Effect, Spin Nernst Effect, and Spin Density Induced by a Thermal Gradient in Collinear Ferrimagnets from Magnon-Phonon Interaction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nano Letters	6. 最初と最後の頁 2741-2746
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.nanolett.0c00363	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 Sekine Akihiko, Nagaosa Naoto	4. 巻 101
2. 論文標題 Quantum kinetic theory of thermoelectric and thermal transport in a magnetic field	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 155204-1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.155204	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 Bayogan Janice Ruth, Park Kidong, Siu Zhuo Bin, An Sung Jin, Tang Chiu-Chun, Zhang Xiao-Xiao, Song Man Suk, Park Jeunghye, Jalil Mansoor B A, Nagaosa Naoto, Hirakawa Kazuhiko, Sch?nenberger Christian, Seo Jungpil, Jung Minkyung	4. 巻 31
2. 論文標題 Controllable p-n junctions in three-dimensional Dirac semimetal Cd <sub>3</sub> As <sub>2</sub> nanowires	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 205001 ~ 205001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6528/ab6dfe	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 Yu X. Z., Morikawa D., Nakajima K., Shibata K., Kanazawa N., Arima T., Nagaosa N., Tokura Y.	4. 巻 6
2. 論文標題 Motion tracking of 80-nm-size skyrmions upon directional current injections	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.aaz9744	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 Hiroaki, Nagaosa Naoto	4. 巻 11
2. 論文標題 Anomalous electrical magnetochiral effect by chiral spin-cluster scattering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-16751-2	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 Nagaosa Naoto, Morimoto Takahiro, Tokura Yoshinori	4. 巻 5
2. 論文標題 Transport, magnetic and optical properties of Weyl materials	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Reviews Materials	6. 最初と最後の頁 621-636
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41578-020-0208-y	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 Yasuda Kenji, Morimoto Takahiro, Yoshimi Ryutaro, Mogi Masataka, Tsukazaki Atsushi, Kawamura Minoru, Takahashi Kei S., Kawasaki Masashi, Nagaosa Naoto, Tokura Yoshinori	4. 巻 15
2. 論文標題 Large non-reciprocal charge transport mediated by quantum anomalous Hall edge states	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 831-835
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41565-020-0733-2	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 Back C, Cros V, Ebert H, Everschor-Sitte K, Fert A, Garst M, Ma Tianping, Mankovsky S, Monchesky T L, Mostovoy M, Nagaosa N, Parkin S S P, Pflleiderer C, Reyren N, Rosch A, Taguchi Y, Tokura Y, von Bergmann K, Zang Jiadong	4. 巻 53
2. 論文標題 The 2020 skyrmionics roadmap	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics D: Applied Physics	6. 最初と最後の頁 363001-363001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6463/ab8418	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 Yang Xing, Xian Jing-Jing, Li Gang, Nagaosa Naoto, Zhang Wen-Hao, Qin Le, Zhang Zhi-Mo, L? Jing-Tao, Fu Ying-Shuang	4. 巻 10
2. 論文標題 Possible Phason-Polaron Effect on Purely One-Dimensional Charge Order of Mo6Se6 Nanowires	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review X	6. 最初と最後の頁 031061-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevX.10.031061	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 Misaki Kou, Nagaosa Naoto	4. 巻 102
2. 論文標題 Suppression of superfluidity by dissipation: An application to failed superconductors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 104515-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.104515	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 Maseil Jan, Yu Xiuzhen, Kanazawa Naoya, Tokura Yoshinori, Nagaosa Naoto	4. 巻 102
2. 論文標題 Combing the helical phase of chiral magnets with electric currents	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 180402-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.180402	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 Zhang Enze, Xu Xian, Zou Yi-Chao, Ai Linfeng, Dong Xiang, Huang Ce, Leng Pengliang, Liu Shanshan, Zhang Yuda, Jia Zehao, Peng Xinyue, Zhao Minhao, Yang Yunkun, Li Zihan, Guo Hangwen, Haigh Sarah J., Nagaosa Naoto, Shen Jian, Xiu Faxian	4. 巻 11
2. 論文標題 Nonreciprocal superconducting NbSe2 antenna	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	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) 10.1038/s41467-020-19459-5	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 Koshibae Wataru, Nagaosa Naoto	4. 巻 10
2. 論文標題 Bulk and surface topological indices for a skyrmion string: current-driven dynamics of skyrmion string in stepped samples	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-76469-5	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 Ahn Junyeong, Guo Guang-Yu, Nagaosa Naoto	4. 巻 10
2. 論文標題 Low-Frequency Divergence and Quantum Geometry of the Bulk Photovoltaic Effect in Topological Semimetals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review X	6. 最初と最後の頁 041041-1-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevX.10.041041	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 Morimoto Takahiro, Nagaosa Naoto	4. 巻 102
2. 論文標題 Photocurrent of exciton polaritons	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 235139-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.235139	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 Kitamura Sota, Nagaosa Naoto, Morimoto Takahiro	4. 巻 102
2. 論文標題 Current response of nonequilibrium steady states in the Landau-Zener problem: Nonequilibrium Green's function approach	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 245141-1-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.245141	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 Zhang Xiao-Xiao、Nagaosa Naoto	4. 巻 102
2. 論文標題 Dissipative Berry phase effect in quantum tunneling	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 245426-1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.245426	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 Hiroaki、Nagaosa Naoto	4. 巻 118
2. 論文標題 Theory of bulk photovoltaic effect in Anderson insulator	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	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) 10.1073/pnas.2023642118	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 Ahn Junyeong、Nagaosa Naoto	4. 巻 12
2. 論文標題 Theory of optical responses in clean multi-band superconductors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-021-21905-x	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 Ishizuka Hiroaki、Sato Masahiro	4. 巻 129
2. 論文標題 Large Photogalvanic Spin Current by Magnetic Resonance in Bilayer Cr Trihalides	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 107201-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.129.107201	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 Nomura T., Zhang X.-X., Zherlitsyn S., Wosnitza J., Tokura Y., Nagaosa N., Seki S.	4. 巻 122
2. 論文標題 Phonon Magnetochiral Effect	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 145901-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.122.145901	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 Sotome M., Nakamura M., Fujioka J., Ogino M., Kaneko Y., Morimoto T., Zhang Y., Kawasaki M., Nagaosa N., Tokura Y., Ogawa N.	4. 巻 114
2. 論文標題 Ultrafast spectroscopy of shift-current in ferroelectric semiconductor Sn <sub>2</sub> P <sub>2</sub> S <sub>6</sub>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 151101-1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5087960	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 Bolens Adrien, Nagaosa Naoto	4. 巻 99
2. 論文標題 Topological states on the breathing kagome lattice	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 165141-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.165141	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 NAGAOSA Naoto	4. 巻 95
2. 論文標題 Emergent electromagnetism in condensed matter	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the Japan Academy, Series B	6. 最初と最後の頁 278-289
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2183/pjab.95.019	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 Yasuda Kenji, Yasuda Hironori, Liang Tian, Yoshimi Ryutaro, Tsukazaki Atsushi, Takahashi Kei S., Nagaosa Naoto, Kawasaki Masashi, Tokura Yoshinori	4. 巻 10
2. 論文標題 Nonreciprocal charge transport at topological insulator/superconductor interface	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 2734-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-10658-3	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 Okuyama D., Bleuel M., White J. S., Ye Q., Krzywon J., Nagy G., Im Z. Q., ?ivkovi? I., Bartkowiak M., R?nnow H. M., Hoshino S., Iwasaki J., Nagaosa N., Kikkawa A., Taguchi Y., Tokura Y., Higashi D., Reim J. D., Nambu Y., Sato T. J.	4. 巻 2
2. 論文標題 Deformation of the moving magnetic skyrmion lattice in MnSi under electric current flow	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Communications Physics	6. 最初と最後の頁 79-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42005-019-0175-z	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 Avishai Yshai, Totsuka Keisuke, Nagaosa Naoto	4. 巻 88
2. 論文標題 Non-Abelian Aharonov-Casher Phase Factor in Mesoscopic Systems	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 084705-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.084705	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 Zhang Yang, Holder Tobias, Ishizuka Hiroaki, de Juan Fernando, Nagaosa Naoto, Felser Claudia, Yan Binghai	4. 巻 10
2. 論文標題 Switchable magnetic bulk photovoltaic effect in the two-dimensional magnet CrI3	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 3783-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-11832-3	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 Zhao Kun, Lin Haicheng, Xiao Xiao, Huang Wantong, Yao Wei, Yan Mingzhe, Xing Ying, Zhang Qinghua, Li Zi-Xiang, Hoshino Shintaro, Wang Jian, Zhou Shuyun, Gu Lin, Bahramy Mohammad Saeed, Yao Hong, Nagaosa Naoto, Xue Qi-Kun, Law Kam Tuen, Chen Xi, Ji Shuai-Hua	4. 巻 15
2. 論文標題 Disorder-induced multifractal superconductivity in monolayer niobium dichalcogenides	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Physics	6. 最初と最後の頁 904-910
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41567-019-0570-0	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 Kurebayashi Daichi, Nagaosa Naoto	4. 巻 100
2. 論文標題 Theory of current-driven dynamics of spin textures on the surface of a topological insulator	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 134407-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.134407	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 Okamoto Satoshi, Egami Takeshi, Nagaosa Naoto	4. 巻 123
2. 論文標題 Critical Spin Fluctuation Mechanism for the Spin Hall Effect	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 196603-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.123.196603	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 Park Takamori, Ishizuka Hiroaki, Nagaosa Naoto	4. 巻 100
2. 論文標題 Nonreciprocal transport of a super-Ohmic quantum ratchet	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 224301-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.224301	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 Mori Shigeo, Ishizuka Hiroaki, Cheong Sang-Wook, Nagaosa Naoto, Yamada Yasusada	4. 巻 88
2. 論文標題 A New Aspect of the Charged Domain Wall in Hexagonal RMnO3 Systems (R: Y, In)	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 124603-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.124603	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 Saito Takuma, Misaki Kou, Ishizuka Hiroaki, Nagaosa Naoto	4. 巻 123
2. 論文標題 Berry Phase of Phonons and Thermal Hall Effect in Nonmagnetic Insulators	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 255901-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.123.255901	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 Morimoto Takahiro, Nagaosa Naoto	4. 巻 100
2. 論文標題 Shift current from electromagnon excitations in multiferroics	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 235138-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.235138	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 Sekine Akihiko, Nagaosa Naoto	4. 巻 101
2. 論文標題 Tunable charged domain wall from topological confinement in nodal-line semimetals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 081102-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.081102	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 Takahashi Kei S., Ishizuka Hiroaki, Murata Tomoki, Wang Qing Y., Tokura Yoshinori, Nagaosa Naoto, Kawasaki Masashi	4. 巻 4
2. 論文標題 Anomalous Hall effect derived from multiple Weyl nodes in high-mobility EuTiO films 3	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eaar7880-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.aar7880	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 Wakatsuki Ryohei, Nagaosa Naoto	4. 巻 121
2. 論文標題 Nonreciprocal Current in Noncentrosymmetric Rashba Superconductors	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 026601-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.121.026601	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 Hama Yusuke, Nagaosa Naoto	4. 巻 98
2. 論文標題 Electromagnon on the surface of a magnetic topological insulator	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 045423-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.98.045423	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 Yokouchi Tomoyuki, Hoshino Shintaro, Kanazawa Naoya, Kikkawa Akiko, Morikawa Daisuke, Shibata Kiyou, Arima Taka-hisa, Taguchi Yasujiro, Kagawa Fumitaka, Nagaosa Naoto, Tokura Yoshinori	4. 巻 4
2. 論文標題 Current-induced dynamics of skyrmion strings	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eaat1115-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.aat1115	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 Hoshino Shintaro, Wakatsuki Ryohei, Hamamoto Keita, Nagaosa Naoto	4. 巻 98
2. 論文標題 Nonreciprocal charge transport in two-dimensional noncentrosymmetric superconductors	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 054510-1-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.98.054510	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 Misaki Kou, Nagaosa Naoto	4. 巻 98
2. 論文標題 Capture and chaotic scattering of a charged particle by a magnetic monopole under a uniform electric field	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 052225-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.98.052225	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 Yu X. Z., Koshibae W., Tokunaga Y., Shibata K., Taguchi Y., Nagaosa N., Tokura Y.	4. 巻 564
2. 論文標題 Transformation between meron and skyrmion topological spin textures in a chiral magnet	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 95-98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-018-0745-3	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 Hiroaki, Nagaosa Naoto	4. 巻 20
2. 論文標題 Impurity-induced vector spin chirality and anomalous Hall effect in ferromagnetic metals	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 New Journal of Physics	6. 最初と最後の頁 123027-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1367-2630/aaf510	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 Morimoto Takahiro, Nakamura Masao, Kawasaki Masashi, Nagaosa Naoto	4. 巻 121
2. 論文標題 Current-Voltage Characteristic and Shot Noise of Shift Current Photovoltaics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 267401-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.121.267401	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 Sotome M., Nakamura M., Fujioka J., Ogino M., Kaneko Y., Morimoto T., Zhang Y., Kawasaki M., Nagaosa N., Tokura Y., Ogawa N.	4. 巻 116
2. 論文標題 Spectral dynamics of shift current in ferroelectric semiconductor SbSI	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 1929-1933
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.1802427116	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 Nakai Ryota, Nagaosa Naoto	4. 巻 99
2. 論文標題 Nonreciprocal thermal and thermoelectric transport of electrons in noncentrosymmetric crystals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 115201-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.115201	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 Koshibae Wataru, Nagaosa Naoto	4. 巻 9
2. 論文標題 Dynamics of skyrmion in disordered chiral magnet of thin film form	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 5111-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-41441-5	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 Ishizuka Hiroaki、Nagaosa Naoto	4. 巻 99
2. 論文標題 Robustness of anomaly-related magnetoresistance in doped Weyl semimetals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 115205-1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.115205	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 Hiroaki、Nagaosa Naoto	4. 巻 9
2. 論文標題 Tilting dependence and anisotropy of anomaly-related magnetoconductance in type-II Weyl semimetals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 16149-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-51846-x	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 -

〔学会発表〕 計23件 (うち招待講演 18件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 Hiroaki Ishizuka
2. 発表標題 Skew scattering by magnetic monopoles and anomalous Hall effect in spin orbit coupled systems
3. 学会等名 物性研究所ワークショップ カイラル物質科学の新展開
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroaki Ishizuka
2. 発表標題 Purcell like enhancement of interactions and wide range $T^2$ resistivity in moire graphene
3. 学会等名 Asia Pacific Physics Conference (APPC15) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroaki Ishizuka
2. 発表標題 Wide range $T^2$ resistivity and umklapp scattering in moire graphene
3. 学会等名 29th International Conference on Low Temperature Physics (LT29) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Naoto Nagaosa
2. 発表標題 Applied physics of high- $T_c$ theories
3. 学会等名 CENTER OF MATHEMATICAL SCIENCES AND APPLICATIONS STRONGLY CORRELATED QUANTUM MATERIALS AND HIGH-TEMPERATURE SUPERCONDUCTORS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoto Nagaosa
2. 発表標題 Geometric Picture of Electronic Systems in Solids
3. 学会等名 Physical Review Workshop on Quantum Materials for Modern Magnetism & Spintronics (Q3MS) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoto Nagaosa
2. 発表標題 Geometry in optical responses of quantum materials
3. 学会等名 NEW WG Seminar (iTHEMS) (招待講演)
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 Naoto Nagaosa
2. 発表標題 Geometric nature of nonlinear responses in quantum materials
3. 学会等名 Quantum Matter and Beyond 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoto Nagaosa
2. 発表標題 Geometry and topology in optical responses of quantum materials
3. 学会等名 NTML(BRL)-APCTP Seminar Series (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Naoto Nagaosa
2. 発表標題 Theory of superconductor diodes
3. 学会等名 Superconducting diode effects (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Naoto Nagaosa
2. 発表標題 Emergent electromagnetism in quantum materials
3. 学会等名 The 2nd Inter Academy Workshop “Quantum Materials” (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Naoto Nagaosa
2. 発表標題 Emergent electromagnetism and nonlinear/nonreciprocal responses of quantum materials
3. 学会等名 Colloquium of the research center "Control and dynamics of quantum materials" (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 2020
2. 発表標題 Emergent electromagnetism and nonlinear/nonreciprocal responses of quantum materials
3. 学会等名 Lecture for ACPTP (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Naoto Nagaosa
2. 発表標題 Boundary effects on spin textures
3. 学会等名 Skyrmion workshop (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Naoto Nagaosa
2. 発表標題 Structures and Dynamics of Spin Textures with Boundaries
3. 学会等名 2020 Virtual MRS Spring/Fall Meeting (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Naoto Nagaosa
2. 発表標題 Quantum Nonlinearity and Nonreciprocity
3. 学会等名 APCTP-KIAS Quantum Materials Symposium 2021 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Naoto Nagaosa
2. 発表標題 Chiral dynamics in quantum materials
3. 学会等名 FSP2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤 巧真
2. 発表標題 Berry curvature induced phonon Hall effect in magnetic/nonmagnetic insulators
3. 学会等名 第64回夏の学校
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoto Nagaosa
2. 発表標題 Correlated Weyl fermions in Oxides
3. 学会等名 SCES2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永長直人
2. 発表標題 Edelstein effect and super spincurrent in noncentrosymmetric superconductors
3. 学会等名 TMS2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齊藤巧真
2. 発表標題 フォノンのBerry曲率と非磁性体における熱ホール効果
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoto Nagaosa
2. 発表標題 Emergent Electromagnetism of Weyl Fermions
3. 学会等名 GRC"Topological and Correlated Matter" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoto Nagaosa
2. 発表標題 Quantum Nonlinearity and Nonreciprocity
3. 学会等名 Max Planck-New York Center for Nonequilibrium Quantum Phenomena: Signing Ceremony, Symposium and Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoto Nagaosa
2. 発表標題 Spin cluster scattering
3. 学会等名 APW2019 & TSINGHUA-RIKEN-KITS JOINT WORKSHOP (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〕

-

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	石塚 大晃 (Ishizuka Hiroaki) (00786014)	東京工業大学・理学院・准教授  (12608)	
研究分担者	江澤 雅彦 (Ezawa Motohiko) (10504805)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・講師  (12601)	

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			
米国	ハーバード大学	MIT		
ドイツ	マックスプランク			
中国	中国科学院	華中科技大学	南京大学	
台湾	国立台湾大学			
米国	ハーバード大学			

共同研究相手国	相手方研究機関			
韓国	ソウル大学			
台湾	国立台湾大学			
ドイツ	Max Planck Institute	Hochfeld-Magnetlabor Dresden		
ドイツ	Max Planck Institute	Hochfeld-Magnetlabor Dresden (HLD-EMFL)		
米国	University of Delaware			