

令和 6 年 6 月 4 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K13854

研究課題名(和文)三次元磁性トポロジカル絶縁体による空間的表面状態制御

研究課題名(英文) Spatial Surface State Tuning by Three-Dimensional Magnetic Topological Insulators

研究代表者

矢野 力三 (Yano, Rikizo)

名古屋大学・工学研究科・助教

研究者番号：80830356

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：磁性ドーフトポロジカル絶縁体(TI)を初めとするトポロジカル物質は表面状態に特異で堅牢な電子状態の出現が期待されているが、本研究ではその表面状態を外磁場や物質が持つ磁性(磁化)によって制御することを当初目的とした。その表面状態を利用したスピントロニクスなど次世代量子デバイスへの展開が期待できる。その舞台の有力候補物質として磁性ドーブしたTIに着目し、表面状態の詳細な評価などを行ってきた。最終的に磁化による表面状態制御までは至らなかったが、今後それが行える可能性のある磁性TIの探索や、新たなトポロジカル半金属候補の発見、トポロジカル半金属での表面超伝導の発見などを本研究で確立することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では将来的に表面状態制御を立体的な3次元空間で行える可能性のある物質の開拓に複数成功した。トポロジカル物質の表面状態は高速応答デバイスや、無散逸電流による極消費電力デバイスなどの応用が期待される。一方で、その堅牢な表面状態の制御方法について多くの課題が残されている。本研究では一つの解決策として物質の持つ磁化を制御することに着目した。結果としてその制御まで至らなかったものの、新たなトポロジカル物質候補の発見、トポロジカル物質での表面超伝導の発見などに至り、該当分野の新たな基礎学理への確立へ導く可能性があるという意味で重要な成果を得たと考えている。

研究成果の概要(英文)：Topological materials are expected to have unique surface states, which can be applied to next-generation electronic devices, such as spintronics devices and future quantum computing. Although those surface states are topologically protected and robust against external fluctuation, they are potentially controlled by using magnetization. We focused on magnetically doped topological insulators (TIs) as a promising candidate material for this purpose and evaluated their surface state in detail. Although we did not reach the step of controlling the surface state by magnetization, we revealed detailed transport properties of the magnetic TI candidates and found other new candidates for magnetic topological semimetals, of which surface states may be controlled in the future. Furthermore, we found unconventional superconductivity on the surface of topological semimetals (nodal semimetal CaAg_{1-x}Pd_xP).

研究分野：物質科学

キーワード：磁性トポロジカル絶縁体 トポロジカル半金属 ワイル磁性半金属 ノーダルライン半金属 表面状態制御 表面超伝導 単結晶育成 超伝導接合

1. 研究開始当初の背景

トポロジカル絶縁体(Topological Insulator: TI)をはじめとしたトポロジカル物質の表面状態は、対称性などによって保護された結果外乱に強く堅牢でありながら、質量の軽く高移動度な電子の存在や無散逸電流が存在するなど、通常の固体中の電子では得られないような特殊な表面状態となっている。これらを活用した高感度計測センサーや極低消費電力デバイスなどへの応用が期待されている。さらに、これらの表面状態のうちある特定の条件を満たす電子状態と超伝導状態を組み合わせると、自身が反粒子と予言されたマヨラナ粒子と呼ばれる素粒子と同様な準粒子状態が出現すると期待されている。この粒子は、粒子の位置の交換操作(ブレーディング)を行うことで状態が変化するという通常の電子にはない非可換統計性を持つことから、これを利用した新たな量子コンピュータへの応用も期待されている。しかしながら、このマヨラナ粒子の出現が期待される場所は、特異な超伝導状態が出現しうるトポロジカル物質のエッジ界面、あるいは表面界面であり、強固な表面状態の制御をいかに制御して粒子の交換を行うかという課題が世界的に解決できていない重要な課題となっていた。

本研究ではその表面状態の制御を物質が持つ“磁化”の向きなどの制御を行うことで実現できないかと着想した。そのための物質として当初着目したのが磁性ドープトポロジカル絶縁体(磁性 TI)である。磁性 TI の表面状態は、磁化に対して垂直な面では表面のエネルギー状態にギャップが生じ、マヨラナ粒子などが存在できなくなる面にできると期待できる(図 1(a))。これを利用することで、将来的なマヨラナ粒子の交換へと応用可能であると考えたこのような操作を行うためには、3 次元的に表面状態が利用できるバルク単結晶の磁性トポロジカル絶縁体が不可欠であるが、このような表面制御が可能な磁性トポロジカル絶縁体は薄膜でしか得られておらず、理想的な物質(中身は高絶縁体で表面状態が支配的な物質)の開発が不可欠であった。

さらに、実際にどのような特性がトポロジカルな電子状態に起因し、どれが磁性に起因する特性なのかを実験的にみわけることが困難であった。そこで、極力同一結晶構造かつ同一構成原子からなる物質でトポロジカル性の有無と、磁性の有無の組み合わせをもつ比較可能な物質を開拓ができれば、実験的にトポロジカル現象の検証が可能になると考えた。

2. 研究の目的

前項の着想の元、本研究では主に 2 つの段階的研究目的を立てた。(1)磁性/トポロジカル性の有無を持つトポロジカル絶縁体の開発、および表面状態制御が可能なトポロジカル物質の開発。(2)それらを用いた表面状態制御を磁化(外磁場)の制御によって検証をする。しかしながら実際に研究を行って見たところ、当初特に有望と着目した磁性ドープトポロジカル絶縁体 Fe-doped (Bi,Sb)Te₂Se(Fe-BSTS)の磁化が当初想定していたほど大きくなくあらたな表面状態制御が行えうる舞台の開発を行った。

本研究で実際に新たに探索・開拓した舞台として、①反強磁性(相殺型フェリ磁性)磁性半金属における磁性ワイル半金属候補の探索、②表面超伝導を示すトポロジカル物質の確立を行った。

3. 研究の方法

(1)磁性ドープトポロジカル絶縁体の最有力候補として着目した Fe-BSTS の表面状態の評価を、ゲート電圧印加下の輸送特性の評価によるマクロな特性評価と、Scanning Tunnel Spectroscopy (STS)を用いたミクロな特性評価の両面から評価する。さらに、表面伝導が支配的になるように、結晶の微小片化を行い、微小片の輸送特性評価を行った。

(2)実際に Fe-BSTS に対して超伝導電極を用いて特異な超伝導状態が出現するかどうかの検証を行った。

新規物質開拓①として、超伝導体と相性の悪い強磁性体ではなく正味の磁化の小さい反強磁性体あるいは相殺型フェリ磁性体においてトポロジカルな性質を持つ物質の新規開拓、および既存物質を用いてトポロジカル性の新たな制御手法の開拓を行った。後者として Mn₃Sn に着目し、針状 Mn₃Sn の自然劣化層としてできる磁化をもつ表面劣化層に応じた磁気輸送特性の変化を評価した。

新物質探索②として、ノーダルディラック半金属候補 CaAg_{1-x}Pd_xP において表面超伝導が実現している可能性に着目し、輸送特性と超伝導接合を用いた表面超伝導性の評価を行った。

4. 研究成果

(1) Fe-BSTS の表面状態評価を図のようなイオン液体(IL)を通じたゲート電圧によるキャリア制御下での輸送特性の評価を行った。その結果、表面キャリア量の変化に伴ってホール効果が非線形に変化し、磁気抵抗にも変化が表れた。その詳細な解析の結果、イオン液体を載せていない生の結晶の状態(No-IL)の Fe-BSTS は表面状態を観察するのに適したフェルミ準位(キャリア量)を持っていることが分かった。共同研究によって STS 測定を行ったところ、低温と 77 K の間に表面状態にギャップ構造を形成するような結果を得た。このギャップ構造は垂直磁性が存在することによって生じる表面の磁気ギャップ構造ではないかと現在考えている。これらの成果は文献[1]にまとめて報告した。

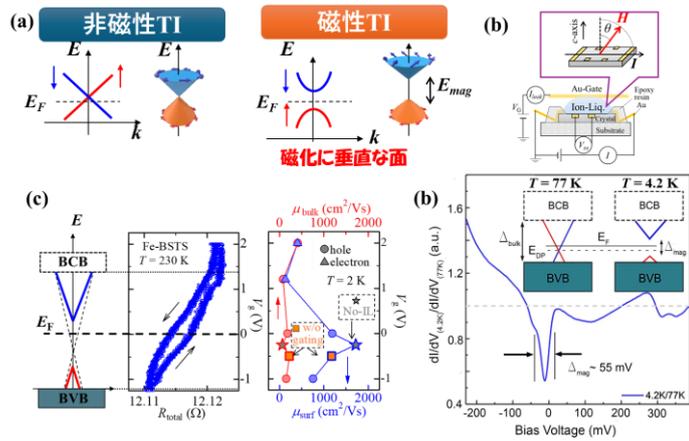


図 1: (a) Fe-BSTS で期待する表面状態. (b) のセットアップでの輸送特性. (c). (d) STS 測定結果

(2) Fe-BSTS/SC 接合の輸送特性

実際に Fe-BSTS と超伝導電極として Nb を用いた接合において微分コンダクタンス測定を行った。通常の超伝導状態では、超伝導ギャップを反映したディップ構造あるいは井戸型の形をしたスペクトル形状が得られるが、本接合では特異な 3 本ピーク構造を示した。この接合に磁場を印加すると、この 3 本ピーク構造が徐々に減衰し、ある磁場の値付近からピーク分裂をするようになり、さらに磁場を印加するとピーク位置の移動も観測された。このようなピークの分裂および移動は通常の超伝導状態で生じることはないため、この磁性 TI 接合特有のものと考えている。この結果はまさに磁場印加で磁性 TI の磁化状態が変化することに伴った超伝導状態の変化と期待している。

一方で、Fe-BSTS 単結晶をへき開し微小片にした結晶そのものの評価も同時に行った。こちらの結果からは、磁場を印加したときに有限のヒステリシスを持った磁気輸送現象の発現を期待していたが、現在のところそのような結果が得られていない。これは仮にこの Fe-BSTS が磁化を持っていたとしても、当初期待していたようなゼロ磁場で磁化の方向が維持できるような硬磁性を持っておらず、軟磁性となってしまうことを意味していると考えられる。これらの成果については改めて精査し論文投稿準備をしている。これら結果を踏まえ、新たな表面制御が可能な舞台の開拓に着手することとなった。

新規物質開拓①

将来的な超伝導接合の作製を考慮したとき、超伝導状態を破壊する可能性のある強磁性体は超伝導接合との相性が良くないと考えられる。そこで初めに着目したのが、反強磁性でありながら磁気ヒステリシスをもつ異常ホール効果を発現することで知られるワイル半金属 Mn_3Sn である。この物質は非鏡面的でフラストレーションをもつスピンによって有限のベリー曲率(物質内部を動く電子が感じる仮想的な磁場)をもつトポロジカル磁性半金属である。この Mn_3Sn の磁化は室温付近では有限のベリー曲率を示す磁気構造(逆三角格子型:IT 型)をもつが、結晶の純良性が良くなると低温ではこの磁気構造が不安定になり、らせん型の磁気構造へと変化することが知られている。本研究では、このらせん型の磁気構造をもつ時であっても、針状単結晶の周りに自然に形成される磁性劣化層の存在によって磁気構造が変調され、ヒステリシスを持たない異常ホール効果の発現を発見した(文献[2])。この発見はトポロジカル磁性半金属の磁化状態および電子状態を外部の別の磁性体によって制御できる可能性を示唆している。

この結果を踏まえ、さらに新たな磁性トポロジカル半金属の探索を行った。そこで着目したのが、正味の磁化が打ち消されるようにスピンの配列するフェリ磁性体で、今後の応用も考慮して大気中でも安定に存在するカルコゲン化合物である。その物質として AB_2X_4 ($A, B = 3d$ 遷移金属, $X = S, Se, Te$) という組成の物質群に着目したが、この物質群はこれまでほぼ結晶構造と一部磁気特性の評価のみが行われただけで、多結晶の輸送特性もわかっておらず単結晶の作製報告もなかった。本研究ではこれらの単結晶育成の確立から行った。実際に本研究では複数の組成での単結晶育成に成功した。

新規物質開拓②

これまで超伝導体とトポロジカル物質を使用した超伝導接合においてマヨラナ粒子を発現しうる特異な超伝導状態の発現および制御を目指してきた。一方で、これまで特異な超伝導状態をもつと期待される超伝導体がいくつか報告されている。物質そのものが特異な超伝導状態を持ち、その超伝導状態が表面近傍で発現されていれば、外部磁化や小さな外磁場でその超伝導状態

を制御できる可能性がある。

前項のような物質は候補物質すらとても例が少ない状況であるが、本研究ではPdをドーブしたCaAgP (Pd-CaAgP)というノードルDirac半金属候補に着目した。この物質は六方晶の結晶構造を反映して六角柱型の単結晶が得られる。ノードルDirac半金属は物質の内部(バルク)も線形バンド分散をもつため高易動度な電子(ホール)状態をもち、それに加えてドラムヘッド型と呼ばれる表面状態をもつと期待されている物質である。先行研究ではこの物質には由来の不明な高易動度の電子とホールが存在することが分かっていた[Phys. Rev. B **102**, 115101 (2020)]。

本研究ではこの高易動度の電子が表面状態に起因し、その表面状態が超伝導を示しているのではないかと考え、成果(1)で確立したILを使用した表面キャリア制御下での輸送特性で評価を行った。Fe-BSTSと同様に図2(a)内相図のようなILを載せた状態でのゲート制御を行った。Fe-BSTSとは異なり、Pd-CaAgPはキャリア量の多い金属であるため、印加した電界は電気遮蔽によって表面近傍のみに集中する。

ゲート制御下での磁気抵抗率測定の結果、磁場の印加でただちに飽和に達するような特徴的な磁気抵抗がえられ、2キャリアを仮定した磁気抵抗の式でこの磁気抵抗をFittingすると図2(b)および(c)のような易動度とキャリア密度を得られた。ゲート電圧に応じて変化しているのは電子キャリア密度のみであることから、Pd-CaAgPの表面状態には高易動度の電子が存在することを明らかにした。さらに、ソフトポイント点接触法[図2(d)]を用いたトンネルスペクトル測定を行った。この手法は超伝導の準粒子状態を測定する手法であり、通常の(BCS的)超伝導であれば(e)のような形状の井戸型スペクトル(あるいはディップ)構造が得られる。本物質での結果は(f)のようなドーブ型の形状が得られ、p波超伝導状態を仮定したときのスペクトル形状と類似たものが得られた。この手法は物質の界面近傍の超伝導状態が得られることから、この物質では特異な超伝導状態の表面超伝導が実現している可能性が極めて高いことを明らかにした。つまり本物質は例の少ない非従来型超伝導状態が実現している可能性が高いことを意味している。これはこの物質の表面超伝導状態を利用したマヨラナ粒子の探索等への今後の展開が大いに期待できる結果となった。本研究結果は文献[3]にて成果報告をしている。

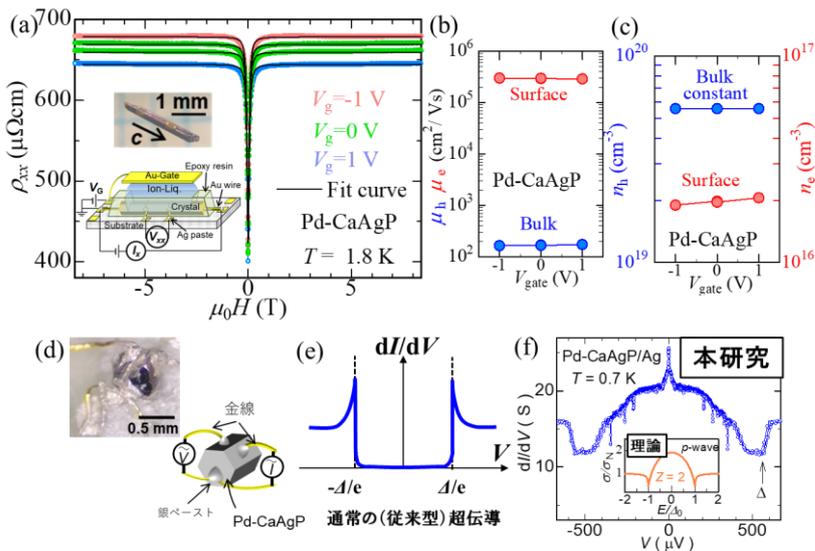


図2 (a)Pd-CaAgPでの磁気抵抗率とそのFit結果から得られた電子とホールの易動度 (b)とキャリア密度 (c)。 (d)ソフト点接触法の接合。通常の超伝導状態で得られる典型的トンネルスペクトル(e)と本研究での結果(f)。内挿図はp波超伝導状態を仮定したときの理論スペクトル。

[本研究の主要な成果文献]

[1] **Rikizo Yano**, Andrei Kudriashov, Hishiro T. Hirose, Taiki Tsuda, Hiromi Kashiwaya, Takao Sasagawa, Alexander A. Golubov, Vasily S. Stolyarov, and Satoshi Kashiwaya, "Magnetic Gap of Fe-Doped BiSbTe₂Se Bulk Single Crystals Detected by Tunneling Spectroscopy and Gate-Controlled Transports", The Journal of Physical Chemistry Letters, **12**, 4180-4186 (2021).

[2] **Rikizo Yano**, Shunya Kihara, Masayasu Yoneda, Huyen Thi Ngoc Vu, Hiroyuki Suto, Naoyuki Katayama, Takeo Yamaguchi, Makoto Kuwahara, Michi-To Suzuki, Koh Saitoh, and Satoshi Kashiwaya, "Giant impurity effect on anomalous Hall effect of Mn₃Sn", J. Chem. Phys. **160**, 184708 (2024). <https://doi.org/10.1063/5.0195211>

[3] **Rikizo Yano**, Shota Nagasaka, Naoki Matsubara, Kazushige Saigusa, Tsuyoshi Tanda, Seiichiro Ito, Ai Yamakage, Yoshihiko Okamoto, Koshi Takenaka and Satoshi Kashiwaya, "Evidence of unconventional superconductivity on the surface of the nodal semimetal CaAg_{1-x}Pd_xP", Nature Communications, **14**, 6817 (2023). doi.org/10.1038/s41467-023-42535-5

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Tanda, R. Yano, H.T. Hirose, T. Sasagawa, and S. Kashiwaya	4. 巻 38
2. 論文標題 Transport Properties of Magnetically doped Topological Insulator Fe-BiSbTe ₂ Se	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 11180
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7566/JPSCP.38.011180	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 H. Teshima, K. Donguhn, T. Sakamori, R. Yano, Y. Hiramatsu, S. Tamura, K. Yada, Y. Tanaka, T. Sasagawa, and S. Kashiwaya	4. 巻 38
2. 論文標題 Andreev Bound States and Doppler Shift in La _{1.85} Sr _{0.15} Cu ₀₄ /Au Junctions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 11041
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7566/JPSCP.38.011041	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. Matsubara, S. Nagasaka, R. Yano, K. Saigusa, Y. Shinoda, Y. Okamoto, K. Takenaka, and S. Kashiwaya	4. 巻 38
2. 論文標題 Two-Band Model and Point Contact Spectroscopy of Nodal-Line Semimetal CaAg _{0.9} Pd _{0.1} P	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 11028
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7566/JPSCP.38.011028	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 M. Teshigawara, Y. Mawatari, H. Yamamori, R. Yano, and S. Kashiwaya	4. 巻 38
2. 論文標題 Evaluation of Magnetic Field Induced by Time-Reversal Symmetry Broken Superconductors	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 11069
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7566/JPSCP.38.011069	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 T. Sakamori, S. Kashiwaya, R. Yano, Y. Tanaka, T. Hatano and K. Yada	4. 巻 36
2. 論文標題 Theory of Josephson current on a lattice model of grain boundary in d-wave superconductors	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Supercond. Sci. Technol.	6. 最初と最後の頁 85011
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6668/acdeaf	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 R. Yano, S. Nagasaka, N. Matsubara, K. Saigusa, T. Tanda, S. Ito, A. Yamakage, Y. Okamoto, K. Takenaka and S. Kashiwaya	4. 巻 14
2. 論文標題 Evidence of unconventional superconductivity on the surface of the nodal semimetal CaAg _{1-x} Pd _x P	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nat. Commu.	6. 最初と最後の頁 6817
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-023-42535-5	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 Rikizo Yano, Shunya Kihara, Masayasu Yoneda, Huyen Thi Ngoc Vu, Hiroyuki Suto, Naoyuki Katayama, Takeo Yamaguchi, Makoto Kuwahara, Michi-To Suzuki, Koh Saitoh, and Satoshi Kashiwaya	4. 巻 160
2. 論文標題 Giant impurity effect on anomalous Hall effect of Mn ₃ Sn	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 J. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 184708
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0195211	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 R. Yano, A. Kudriashov, H.T. Hirose, T. Tsuda, H. Kashiwaya, T. Sasagawa, A.A. Golubov, V.S. Stolyarov, and S. Kashiwaya	4. 巻 12
2. 論文標題 Magnetic Gap of Fe-Doped BiSbTe ₂ Se Bulk Single Crystals Detected by Tunneling Spectroscopy and Gate-Controlled Transports	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. Lett.	6. 最初と最後の頁 4180-4186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.1c00869	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36件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 10件）

1. 発表者名 反田剛、矢野力三、谷口晴香、林時温、中河西翔、廣瀬陽代、笹川崇男、柏谷聡
2. 発表標題 トポロジカル絶縁体FeドーブBiSbTe ₂ Seの磁場中輸送特性と表面電子状態
3. 学会等名 日本物理学会第78回年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 矢野力三、高橋智紀、奥田大貴、谷口晴香、笹川崇男、柏谷聡
2. 発表標題 擬一次元構造を持つ遷移金属カルコゲナイドの単結晶育成と物性評価
3. 学会等名 日本物理学会第78回年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松原直生、長坂翔太、矢野力三、三枝一茂、岡本佳比古、竹中康司、柏谷聡
2. 発表標題 超伝導ノーダルライン半金属PdドーブCaAgPへのトンネル分光
3. 学会等名 日本物理学会第78回年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岩瀬 勝彦、田口 勝久、柏谷 聡、矢野 力三
2. 発表標題 Co ₂ MnGaの異常ホール効果の結晶作製条件依存性
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 勅使河原 充洋、大野 誠、山森 弘毅、馬渡 康德、矢野 力三、柏谷 聡
2. 発表標題 超伝導体における時間反転対称性の決定に向けたSQUID測定系の構築
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 矢野力三
2. 発表標題 磁性体単結晶に着目した新奇電子機能の開拓
3. 学会等名 2023年度NFRW・応用物理学会東海地区若手チャプタージョイントWS（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 千足勇介、中村飛鳥、下志万貴博、古賀淳平、矢野力三、笹川崇男、石坂香子
2. 発表標題 超高速時間分解電子回折とシミュレーションによる超イオン導電体AgCrSe ₂ の散漫散乱の研究
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 反田剛、矢野力三、廣瀬陽代、笹川崇男、柏谷聡
2. 発表標題 電界効果トランジスタ用いたキャリア注入による磁性トポロジカル絶縁体Fe-BiSbTe ₂ Seの表面状態の探索
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松原直生, 長坂翔太, 矢野力三, 三枝一茂, 岡本佳比古, 竹中康司, 柏谷聡
2. 発表標題 ノーダルライン半金属CaAg _{0.9} Pd _{0.1} Pの超伝導へのポイントコンタクト
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 酒森貴史, 畑野敬史, 矢野力三, 田仲由喜夫, 柏谷聡, 矢田圭司
2. 発表標題 波超伝導体の結晶粒界接合におけるジョセフソン電流の計算
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 勅使河原 充洋、馬渡 康德、山森 弘毅、矢野 力三、柏谷 聡
2. 発表標題 時間反転対称性の破れた超伝導から発生する磁場の空間分布
3. 学会等名 022年第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tsuyoshi Tanda, Rikizo Yano, Hishiro T. Hirose, Takao Sasagawa, and Satoshi Kashiwaya
2. 発表標題 Ionic-Liquid Gating of Magnetically doped Topological Insulator Fe-Doped BiSbTe ₂ Se
3. 学会等名 Conference on Low Temperature Physics (LT29) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 Rikizo Yano, K.Tsumura, H. T. Hirose, T. Sasagawa, and S. Kashiwaya
2 . 発表標題 Magnetically Doped Topological Insulator with High Bulk insulation and its Superconducting Proximity Effects
3 . 学会等名 Conference on Low Temperature Physics (LT29) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Hironori Teshima, Kang Donguhn, Takashi Sakamori, Rikizo Yano, Yuya Hiramatsu, Shun Tamura, Keiji Yada, Yukio Tanaka, Takao Sasagawa, Satoshi Kashiwaya
2 . 発表標題 Andreev bound states and Doppler shift in La _{1.85} Sr _{0.15} CuO ₄ /Au junctions
3 . 学会等名 Conference on Low Temperature Physics (LT29) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Naoki Matsubara, Shota Nagasaka, Rikizo Yano, Kazushige Saigusa, Yusaku Shinoda, Yoshihiko Okamoto, Koshi Takenaka, and Satoshi Kashiwaya
2 . 発表標題 Point contact spectroscopy of superconducting nodal line semimetal CaAg _{0.9} Pd _{0.1} P
3 . 学会等名 Conference on Low Temperature Physics (LT29) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 R. Yano, V. S. Stolyarov, H. T. Hirose, K. Tsumura, M. Yamamoto, Y. Tanaka, H. Kashiwaya, Y. Asano, T. Sasagawa, S. Kashiwaya,
2 . 発表標題 Magnetically Doped Three Dimensional Topological Insulator and its Superconducting Proximity Effects
3 . 学会等名 The 12th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-12) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 Taiga Nagai, Hitoshi Nakahara, Rikizo Yano, Takao Sasagawa, and Satoshi Kashiwaya
2. 発表標題 Field Emission from Topological Insulator BiSbTeSe ₂
3. 学会等名 The 12th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-12) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tsuyoshi Tanda, Rikizo Yano, Hishiro T. Hirose, Takao Sasagawa, and Satoshi Kashiwaya
2. 発表標題 Surface Transport Properties of Magnetically-Doped Three-Dimensional Topological Insulator Fe-BiSbTe ₂ Se
3. 学会等名 The 12th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-12) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiromi Goto, Rikizo Yano, Takao Sasagawa, and Satoshi Kashiwaya
2. 発表標題 Anomalous Magnetic Transport Properties of AgCrSe ₂ Single Crystals
3. 学会等名 The 12th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-12) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 R. Yano, M. Yamamoto, K. Tsumura, H. T. Hirose, S. Tamura, H. Kashiwaya, V. S. Stolyarov, Y. Tanaka, T. Sasagawa, S. Kashiwaya
2. 発表標題 Unusual Proximity Effect on a Magnetic Topological Insulator Tuned by Magnetization
3. 学会等名 Bound states in hybrid superconductor nanostructures: CMD 29 online series (Jointly organized by the IOP and EPS) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名	R. Yano, V. S. Stolyarov, H. T. Hirose, K. Tsumura, M. Yamamoto, H. Kashiwaya, T. Sasagawa, S. Kashiwaya
2. 発表標題	Magnetically Doped Topological Insulator and its Superconducting Proximity Effects
3. 学会等名	International Conference on Materials and Systems for Sustainability (ICMaSS2021) (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	矢野力三, 廣瀬陽代, V. Stolyarov, 前野悦輝, 岡本佳比古, 竹中康司, 田仲由喜夫, 笹川崇男, 柏谷聡
2. 発表標題	トポロジカル物質における新奇超伝導状態実現への取り組み
3. 学会等名	東海 NFRW・東海地区若手チャプタージョイントワークショップ
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	矢野力三
2. 発表標題	磁性トポロジカル絶縁体における新奇な超伝導近接効果
3. 学会等名	2021年度フロンティア材料研究所学術賞受賞記念講演会(研究奨励賞部門)(招待講演)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	矢野力三
2. 発表標題	物質材料研究から次の“常識”の創出へ～古くて新しい半導体材料からトポロジカル物質、超伝導材料まで～
3. 学会等名	NF Tech フォーラム 2022冬 Online (招待講演)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名 山田貴弘, 矢野力三, 米澤進吾, Shahbaz Anwar, 前野悦輝, 柏谷聡
2. 発表標題 Sr ₂ RuO ₄ /Nb ジョセフソン接合の作製
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 矢野力三, 津村公平, 廣瀬陽代, Stolyarov Vasily, 柏谷裕美, 田仲由喜夫, 笹川崇男, 柏谷聡
2. 発表標題 磁性トポロジカル絶縁体接合における近接効果の磁気トラップを利用した制御
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 反田剛, 矢野力三, 廣瀬陽代, 笹川崇男, 柏谷聡
2. 発表標題 磁性ドーブ三次元トポロジカル絶縁体Fe-BiSbTe ₂ Seの表面輸送特性
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 後藤大望, 矢野力三, 笹川崇男, 柏谷聡
2. 発表標題 AgCrSe ₂ 単結晶における異常な磁気輸送特性
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長坂翔太, 矢野力三, 三枝一茂, 篠田祐作, 岡本佳比古, 竹中康司, 柏谷聡
2. 発表標題 Pd置換したノーダルライン半金属CaAgPにおける表面キャリア密度と超伝導
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永井 大賀、中原 仁、矢野 力三、笹川 崇男、柏谷 聡
2. 発表標題 トポロジカル絶縁体 (BiSbTeSe ₂) からの電界放出
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 矢野力三, 廣瀬陽代, V. Stolyarov, 前野悦輝, 岡本佳比古, 竹中康司, 田仲由喜夫, 笹川崇男, 柏谷聡
2. 発表標題 トポロジカル物質における新奇超伝導状態実現への取り組み
3. 学会等名 東海 NFRW・東海地区若手チャプタージョイントワークショップ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 矢野力三, 津村公平, 廣瀬陽代, Stolyarov Vasily, 田仲由喜夫, 笹川崇男, 柏谷聡
2. 発表標題 トポロジカル絶縁体表面を介した超伝導近接効果の磁場応答
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 反田剛, 矢野力三, 廣瀬陽代, 笹川崇男, 柏谷聡
2. 発表標題 イオンゲートを用いた磁性トポロジカル絶縁体FeドーブBiSbTe ₂ Seの表面状態の制御
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長坂翔太, 矢野力三, 三枝一茂, 篠田祐作, 岡本佳比古, 竹中康司, 柏谷聡
2. 発表標題 ノードルライン半金属CaAgPにおけるPdドーブの効果と表面キャリア制御
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 勅使河原充洋, 山森弘毅, 矢野力三, 柏谷聡
2. 発表標題 マイクロスケール領域の磁気測定に向けたSQUID装置の開発
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田貴弘, 矢野力三, 米澤進吾, Shahbaz Anwar, 前野悦輝, 柏谷聡
2. 発表標題 3K相を介したジョセフソン接合によるSr ₂ RuO ₄ の超伝導特性評価
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2021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
--	---------------------------	-----------------------	----

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			
オランダ	トゥウェンテ大学			