

令和 4 年 5 月 24 日現在

機関番号：14401
研究種目：基盤研究(B)（一般）
研究期間：2018～2021
課題番号：18H01167
研究課題名（和文）SQUID-STM複合型顕微鏡の開発および新奇超伝導・磁性研究への応用

研究課題名（英文）Development and application of SQUID-STM system

研究代表者
下澤 雅明（Masaaki, Shimozawa）
大阪大学・基礎工学研究科・准教授

研究者番号：40736162
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、開発した磁気顕微鏡を用いて電流誘起磁化を観測することで、強トロイダル金属UNi4Bにトロイダルドメインが存在することを明らかにした。具体的には、電流誘起ホール効果の測定から期待されている周波数依存性が電流誘起磁化にも現れることを利用して、アンペールの法則で生じる磁場と明確に分離することに成功した。その上で、測定位置を変えると、周波数依存性の振る舞いや信号の符号が変化することも分かった。これは、トロイダルドメインの存在を示唆する結果である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「電場（電流）で生じる磁化」や、「磁場で生じる電気分極」といった電気磁気効果は、新規デバイスへ応用できる可能性を秘めており、盛んに研究が行われてきている。このような現象を示す物質はここ20年間で数多く発見されてきたが、電気を流せる金属の研究は非常に限定的だった。本研究では、強トロイダル金属UNi4Bで電気磁気効果が現れること、さらにトロイダルドメインが存在することなど、最も基本的で重要な現象を明らかにすることに成功した。本研究は、今後の金属に関する電気磁気効果の発展の礎になると考えている。

研究成果の概要（英文）：In this work, we have clarified the presence of toroidal domain in the ferrotoroidic metal UNi4B through the observation of current-induced magnetization using magnetic microscopy. Specifically, we have focused on the different frequency dependence of two components (namely, the current-induced magnetization and the magnetic field coming from Ampere's law) and then succeeded in separating each component from the mixture. In addition, we have found that the frequency dependence of current-induced magnetization shows the sample position dependence of its amplitude and sign, which indicates the presence of ferrotoroidic domain in UNi4B.

研究分野：低温物理

キーワード：走査型SQUID顕微鏡 走査型トンネル顕微鏡 磁気トロイダルドメイン 周波数依存性

1. 研究開始当初の背景

(1) 強相関電子系では、スピン自由度が電荷や軌道、格子などの自由度と織りなすことで、前例のない磁気状態が数多く実現している。例えば、ごく最近報告された強トロイダル金属の磁気状態では、電気磁気効果の出現が期待されており、基礎研究のみならず応用の観点から盛んに研究が行われている[1-3]。実際に、強トロイダル金属などを磁気メモリ素子や量子ビットなどとして利用するためには、記憶した磁気信号を容易に書き換えられる手段(外場)を見つけることが必要不可欠であり、そのためには、磁気信号を分かりやすく視覚的に捉え、その外場に対する挙動を明瞭化することが重要となる。

(2) 磁気信号を実空間上にマッピングして可視化できる手法として磁気顕微鏡は極めて有効である。これまでに我々は、独自に開発したホール素子顕微鏡を用いて試料の各場所における局所磁化を評価することで、超伝導体の下部臨界磁場の精密測定に成功している[4]。最近では、ホール素子顕微鏡を用いてベリー曲率に起因した遍歴軌道磁化が存在することを世界で初めて観測することにも成功した[5]。しかし、ホール素子顕微鏡を含むほぼ全ての磁気顕微鏡は、試料表面に垂直/平行な磁気成分のどちらかしか測定することができなかった。また、このような局所的な磁気測定法では、空間分解能を向上させると磁気分解能が失われることが多い。したがって、スキルミオンのように磁気信号の3軸成分(垂直および平行成分)が200 nm以下の短い長さスケールで変化している磁気状態を完全に可視化することは難しい。その上、これらの磁気状態が現れる温度域は物質ごとで大きく異なるため、幅広い温度範囲で統一的に測定できることが望ましい。

(3) さらに多くの磁気顕微鏡では、磁気信号の「読み取り」は可能であるが、外場と組み合わせる「書き込み」に取り組んだ実践例は非常に限定的である。このことは、デバイス応用を目指す上で大きな障害となっている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、磁気感度の優れた3軸磁気センサーと高空間分解能の走査型トンネル顕微鏡(STM)を組み合わせた3D-SQUID-STM複合型顕微鏡を開発し、磁気信号の空間分布を視覚的に捉えられるようにすることである。さらに、この方法を用いて強トロイダル金属などの外場応答を解明することである。

3. 研究の方法

(1) SQUID・STM複合型磁気顕微鏡システムの開発

磁気感度の優れたSQUID素子と空間分解能の良いSTMを組み合わせることで、高い空間・磁気分解能の3D-SQUID-STM複合型顕微鏡の開発を目指す。

この手法で特徴的な点は、通常のSTMとは異なり、探針に透磁率の高い軟磁性体(パーマロイ)を用いることである。この軟磁性体の探針は、試料とSQUIDの間に置くことで、

図1のように試料表面の磁気信号をSQUIDに伝達する役割を果たすので、STM探針の先端を尖らせることで空間分解能を高めることができる。この方法なら、空間分解能が向上するためにSQUIDリングのサイズを小型化する必要がないので、磁気感度を失わない。また、このSQUID-STM複合型顕微鏡なら、SQUID素子を磁気信号の3軸成分全てを捉えられるように配置すること

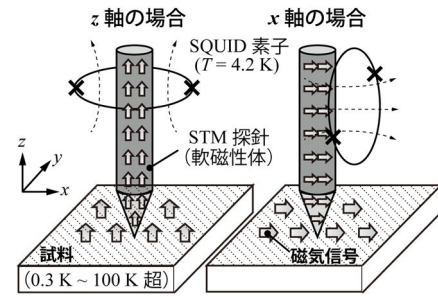


図1：SQUID-STMの原理

が容易なので、3次元ベクトルとして表される磁気信号を視覚的に捉えることが可能になる(図1参照)。さらに、従来のSQUID顕微鏡とは大きく異なり、SQUIDと試料が離れているので、SQUIDを液体ヘリウム温度に保ったまま、試料の温度を幅広く変化させて測定することが可能である。

またSTMの探針は、磁気トロイダル双極子の共役場である電流密度を、試料の微小領域に瞬時に印加できるので、磁気トロイダルドメインを高速かつ局所的に制御できる点も大きな魅力である。磁気トロイダル情報の「SQUIDによる読み取り/STMによる書き込み」を有するSQUID-STMの技術は、読み取りのみの従来型SQUID顕微鏡を凌駕しており、デバイス応用に向けても大きな力を発揮してくれると考えている。

このような特長を持つ3D-SQUID-STM複合型顕微鏡を用いれば、広い温度域で試料からの局所磁場を精密に、しかも3軸成分全てを評価することが可能になると共に、磁気トロイダルドメインの高速かつ局所的な操作も可能になり、磁気トロイダルデバイスの実現に繋がるはずである。

(2) 強トロイダル金属 UNi_4B 特有の電流誘起磁化の観測(トロイダルドメインの可視化)

スピンの渦を描く構造で定義できる「トロイダルモーメント(図2)」が一様に揃った「強トロイダル金属」は、強磁性や強誘電性などとは異なる新しいタイプのフェロイック状態として近年注目を集めている。従来のフェロイック状態では、ドメイン形成によって2つの状態(一般的な強磁性なら、スピンの上または下を向いた状態に対応)が共存しているが、その共有状態は外場(強磁性なら磁場に対応)によって自由自在に制御できることが知られているため、記憶媒体や量子ビットなどのIoTデバイスとして広く利用されてきた。一方で強トロイダル金属では、その発見から間もないこともあり、ドメインが存在することも、外場に対応する”電流”でドメインが制御できるかどうかははっきりしていない。

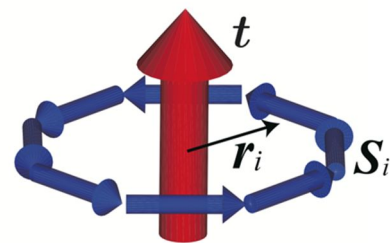


図2：磁気トロイダルモーメント t (赤矢印) の模式図。スピン S_i (青矢印) が渦を描いており、磁気トロイダルモーメントは、 $t \sim \sum_i (r_i \times S_i)$ で定義される (r_i は中心からの位置座標を示す)。

本研究では、磁気顕微鏡を用いて、強トロイダル金属 UNi_4B 特有の電流誘起磁化を観測することで、トロイダルドメインが存在する可能性を明らかにする。電流誘起磁化はトロイダルモーメントと電流の外積で決まるので、トロイダルモーメントが反転すると電流誘起磁化も反転する。それゆえ、トロイダルドメインが存在する場合には、電流誘起磁化にも空間分布が現れることが期待される。本研究を通して、トロイダル物理の基礎学理構築・応用展開を目指す。

4. 研究成果

(1) SQUID・STM 複合型磁気顕微鏡システムの開発

走査型 SQUID 顕微鏡と STM を組み合わせた SQUID・STM 複合型磁気顕微鏡システムの開発に取り組んだ。このシステムは、従来の走査型 SQUID 顕微鏡と同等の磁気感度を有するにも関わらず、空間分解能は 2 桁ほど良い特長を持つ。本システムを構築する上で、主に 高磁気感度の SQUID 素子、超精密な走査システム、STM のヘッドおよび軟磁性体の針を用意する必要がある。新型コロナウイルスの影響で、
、
の開発がかなり遅れていたが、現在、金沢工業大学との共同研究を行うまで状況は好転し、あと 3～4 ヶ月ほどで完了できるところまで来ている(実際に大学院生を派遣し、それぞれのパーツを作製中である)。
に関しては、位置精度・ノイズレベルの問題から、従来の SQUID 顕微鏡の走査システムを流用することはできないので、新たに用意する必要があったが、こちらに関しては既に準備済みである。これら 4 つの部品が揃い次第、SQUID・STM 複合型顕微鏡システムの構築を引き続き進めていく。

(2) 強トロイダル金属 UNi₄B 特有の電流誘起磁化の観測(トロイダルドメインの可視化)

新型コロナウイルスの影響で、上記(1)の開発が大幅に遅れてしまった。代替手段として、従来型の SQUID 顕微鏡を用いて強トロイダル金属 UNi₄B の局所磁化測定を行ったところ、図 3 のようにトロイダルドメインの境界で現れる磁化の符号反転を観測することに成功した。ドメイン 1 つあたりの磁化の大きさは 300 μT 程度と見積れるので、通常のアンペールの法則(電流によって期待される磁化は 4 μT 程度)では説明できないことが分かった。

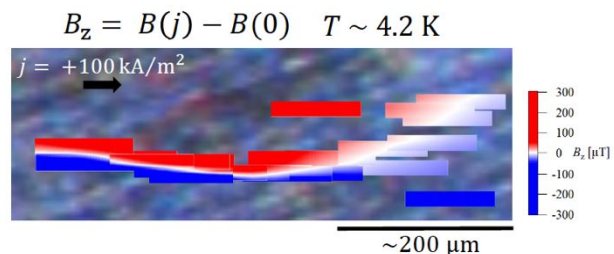


図 3 : 電流印加時 (100 kA/m²) の試料表面の磁場分布。試料の写真の上に、実験データを貼り付けている。磁化の符号反転箇所(白)がトロイダルドメイン境界である。

ところが再現性の確認のために行なった 2 度目の測定では、同じような大きさの電流誘起磁化を観測することができず、アンペールとの相違を明確に区別することができなかった。最近の報告から、UNi₄B の電流誘起ホール効果が特徴的な周波数依存性を示すことが分かっているので、その起源である電流誘起磁化の周波数依存性を測定すれば、アンペールによる磁化を完全に排除できるのではないかと考え、追加で試料各場所における局所磁化の周波数依存性を行った。その結果、電流誘起ホール効果の測定から期待されている周波数依存性を電流誘起磁化でも観測することに成功した。その実部成分は、周波数の増大に伴って減少し、1000 Hz を超える領域ではアンペールによる磁化が支配的になっていることが分かる。虚部成分においても、強磁性/強誘電の AC 磁化率/誘電率測定で観測されている振る舞いと類似した結果が得られた。また、測定位置を変えると、周波数依存性の振る舞いや信号の符号が変化することも分かった。現在、本結果をまとめており、近日中に執筆・投稿予定である。

さらに本研究では、上記で観測された UNi₄B のトロイダルドメインを外部パラメータで制御可能かどうか明らかにするために、電流と磁場の双方が電流誘起 Hall 効果に与える影響を調べた。強トロイダル絶縁体の場合、「電場」と「磁場」を同時に印加することでトロイダルモーメントの向きが反転するので、電流の流れる金属でも電流と磁場を同時に印加す

ることで電流誘起 Hall 効果の符号変化が予想される。実際に磁場を印加して電流誘起 Hall 効果を調べたところ、ゼロ磁場では見られなかった Hall 成分が現れ、それが電流と磁場の奇関数であることが分かった。この結果は、トロイダルモーメントを電流と磁場でコントロールできる可能性を示しており、現在論文を執筆中である。今後、電流と磁場でトロイダルドメインを制御可能である確固たる証拠を掴むために、磁場中での局所磁化測定を行う予定である。また、トロイダルドメインのドメイン境界で生じている新しい物理を解明するために、SQUID-STM を用いた実験にも取り組む予定である。

< 参考文献 >

- [1] S. Hayami *et al.*, PRB **90**, 024432 (2014).
- [2] H. Saito *et al.*, JPSJ **87**, 033702 (2018).
- [3] K. Ota, M. Shimosawa *et al.*, arXiv: arXiv:2205.05555.
- [4] R. Okazaki, M. Shimosawa, *et al.*, JPSJ **79**, 084705 (2010).
- [5] M. Shimosawa *et al.*, in preparation.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Masatoshi Akazawa, Masaaki Shimozawa, Shunichiro Kittaka, Toshiro Sakakibara, Ryutaro Okuma, Zenji Hiroi, Hyun-Yong Lee, Naoki Kawashima, Jung Hoon Han, and Minoru Yamashita	4. 巻 10
2. 論文標題 Thermal Hall Effects of Spins and Phonons in Kagome Antiferromagnet Cd-Kapellasite	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. X	6. 最初と最後の頁 41059
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevX.10.041059	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 M. Yamashita, M. Tashiro, K. Saiki, S. Yamada, M. Akazawa, M. Shimozawa, T. Taniguchi, H. Takeda, M. Takigawa, and H. Shishido	4. 巻 102
2. 論文標題 Ultralow temperature NMR of CeCoIn5	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 165154
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.165154	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 Minoru Yamashita, Masatoshi Akazawa, Masaaki Shimozawa, Takasada Shibauchi, Yuji Matsuda, Hajime Ishikawa, Takeshi Yajima, Zenji Hiroi, Migaku Oda, Hiroyuki Yoshida, Hyun-Yong Lee, Jung Hoon Han and Naoki Kawashima	4. 巻 32
2. 論文標題 Thermal-transport studies of kagome antiferromagnets	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Phys.: Condens. Matter	6. 最初と最後の頁 74001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/ab50e9	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. Doki, M. Akazawa, H.-Y. Lee, J. H. Han, K. Sugii, M. Shimozawa, N. Kawashima, M. Oda, H. Yoshida, and M. Yamashita	4. 巻 121
2. 論文標題 Spin thermal Hall conductivity of a Kagome antiferromagnet	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Lett.	6. 最初と最後の頁 97203
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.121.097203	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 Y. Kasahara, K. Sugii, T. Ohnishi, M. Shimozawa, M. Yamashita, N. Kurita, H. Tanaka, J. Nasu, Y. Motome, T. Shibauchi, and Y. Matsuda	4. 巻 120
2. 論文標題 Unusual thermal Hall effect in a Kitaev spin liquid candidate -RuCl ₃	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Lett.	6. 最初と最後の頁 217205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.120.217205	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. Shishido, S. Yamada, K. Sugii, M. Shimozawa, Y. Yanase, and M. Yamashita	4. 巻 120
2. 論文標題 Anomalous suppression in the de Haas-van Alphen oscillations of CeCoIn ₅ at ultra-low temperatures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Lett.	6. 最初と最後の頁 177201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.120.177201	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 Shinya Uji, Taichi Terashima, Shiori Sugiura, Satoshi Iguchi, Takahiko Sasaki, Kenichiro Hashimoto, Masaaki Shimozawa, Naoki Yoneyama, and Reizo Kato	4. 巻 90
2. 論文標題 Magnetic Torque due to Anisotropic Diamagnetism in Neutral BEDT-TTF Crystals	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 JPSJ	6. 最初と最後の頁 113708
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.113708	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34件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 宮本大輝, 室谷拓海, 多田勝哉, 下澤雅明, 細井優, 井澤公一, 仲村愛, 本間佳哉, 本多史憲, 青木大, 小山大介, 河端美樹, 河合淳
2. 発表標題 走査型磁気顕微鏡を用いたUNi ₄ Bのトロイダルドメイン構造の観察
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 多田勝哉, 室谷拓海, 宮本大輝, 細井優, 下澤雅明, 井澤公一, 仲村愛, 本間佳哉, 本多史憲, 青木大
2. 発表標題 強トロイダル秩序候補金属Uni4Bにおける電流誘起Hall効果に対する磁場応答
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 室谷拓海, 多田勝哉, 宮本大輝, 細井優, 下澤雅明, 井澤公一, 仲村愛, 本間佳哉, 本多史憲, 青木大
2. 発表標題 強トロイダル秩序候補金属Uni4Bにおける電流誘起Hall効果の周波数特性
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 足立涼, 佐賀範彰, 細井優, 下澤雅明, 井澤公一, 町田洋, 広瀬雄介, 土塔寛, 河野琢馬, 摂待力生
2. 発表標題 電気輸送係数からみる非クラマース系PrTr2Cd20(Tr=Pt, Rh)の温度磁場相図
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中川翔太, 今西優人, 細井優, 多田勝哉, 下澤雅明, 井澤公一, 仲村愛, 本間佳哉, 本多史憲, 青木大
2. 発表標題 輸送測定による重い電子系超伝導体UTe2の電子状態の研究
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 今西優人, 中川翔太, 細井優, 多田勝哉, 下澤雅明, 井澤公一, 仲村愛, 本間佳哉, 本多史憲, 青木大
2. 発表標題 熱伝導率の磁場角度依存性から探る新奇ウラン系超伝導体UTe ₂ の超伝導ギャップ構造の研究
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 赤澤仁寿, 下澤雅明, 山下穰, 高阪勇輔, 秋光純, 土屋直人, 井上克也, J. Zaccaro, I. Gautier-Luneau, D. Luneau
2. 発表標題 キラル反強磁性体CsCuCl ₃ のc軸熱輸送測定II
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 櫻木俊輔, 佐々木秀, 明石遼介, 坂上良介, 黒田健太, C. Bareille, 橋本嵩広, 長島椿, 木下雄斗, 平田靖透, 下澤雅明, 浅井晋一郎, 土居抄太郎, 辻本直人, 國定聡, 野口亮, 黒川輝風, 東伸彦, 平田昂輝, T. K. Kim, C. Cacho, 益田隆嗣, 徳永将史, 和達大樹, 岡崎浩三, 幸埴, 神原陽一, 山下穰, 近藤猛
2. 発表標題 バルク層状磁性体に生じる非従来型異方的超伝導
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 斉木克祥, 山下穰, 下澤雅明, 武田晃, 瀧川仁, 宍戸寛明
2. 発表標題 CeCoIn ₅ における超低温下NMR測定 IV
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中川翔太, 細井優, 今西優人, 多田勝哉, 下澤雅明, 井澤公一, 仲村愛, 本間佳哉, 本多史憲, 青木大
2. 発表標題 熱伝導率の磁場方向依存性からみたUTe ₂ の超伝導状態
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 足立涼, 佐賀範彰, 細井優, 下澤雅明, 井澤公一, 町田洋, 広瀬雄介, 土塔寛, 河野琢馬, 摂待力生
2. 発表標題 PrTr ₂ Cd ₂₀ (Tr=Pt, Rh)の電気輸送特性と温度磁場相図
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小江悠達, 細井優, 野村尚也, 下澤雅明, 井澤公一, 星和久, 後藤陽介, 水口佳一
2. 発表標題 BiCh ₂ 系超伝導体La _{0.5} F _{0.5} BiSSeにおける弾性抵抗測定
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Oe, S. Hosoi, N. Nomura, M. Shimosawa, K. Izawa, K. Hoshi, Y. Goto, Y. Mizuguchi
2. 発表標題 Uniaxial strain effect on the BiCh ₂ -based superconductor La _{0.5} F _{0.5} BiSSe
3. 学会等名 J-Physics Annual Meeting FY2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Nakagawa, S. Hosoi, Y. Imanishi, K. Ota, M. Shimozawa, K. Izawa, A. Nakamura, Y. Homma, F. Honda, D. Aoki
2. 発表標題 Study of angle dependence of thermal conductivity in the heavy fermion superconductor UTe ₂
3. 学会等名 J-Physics Annual Meeting FY2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Adachi, N. Saga, S. Hosoi, M. Shimozawa, K. Izawa, Y. Machida, Y. Hirose, H. Doto, R. Settai
2. 発表標題 Magnetic-field-temperature phase diagram of PrPt ₂ Cd ₂₀ by magnetoresistance and Hall resistivity
3. 学会等名 J-Physics Annual Meeting FY2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 細井優, 中川翔太, 今西優人, 多田勝哉, 下澤雅明, 井澤公一, 仲村愛, 本間佳哉, 本多史憲, 青木大
2. 発表標題 熱伝導率測定から見たUTe ₂ の超伝導状態
3. 学会等名 第19回琉球物性研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Matsuura, M. Akazawa, M. Shimozawa, S. Fujii, M. Qiu, T. Ueno, T. Takahashi, Y. Mizukami, K. Hashimoto, T. Shibauchi, J. Gouchi, M. Yamashita, Y. Uwatoko, K. Kobayashi
2. 発表標題 A non-linear Hall effect in a chiral nonmagnetic compound at zero field
3. 学会等名 TopoMat2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤澤仁寿, 土岐勇人, 杉井かおり, 下澤雅明, 山下穰, Hyun-Yong Lee, 川島直輝, 大熊隆太郎, 広井善二, Jung Hoon Han
2. 発表標題 カゴメ反強磁性体Cd-Kapellasiteの熱輸送特性
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山下穰, 田代光輝, 下澤雅明, 杉井かおり, 谷口貴紀, 武田晃, 瀧川仁, 宍戸寛明
2. 発表標題 CeCoIn5における超低温下NMR測定 III
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 馬斯嘯, 笠原裕一, 大西隆史, 水上雄太, 田中桜平, 杉井かおり, 下澤雅明, 山下穰, 栗田伸之, 田中秀数, 那須謙治, 求幸年, 芝内孝禎, 松田祐司
2. 発表標題 -RuCl3におけるマヨラナ量子化条件の検証
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 赤澤仁寿, 土岐勇人, 杉井かおり, 下澤雅明, 山下穰, 高阪勇輔, 秋光純, 井上克也, J. Zaccaro, I. Gautier-Luneau, D. Luneau
2. 発表標題 キラル反強磁性体CsCuCl3のc軸熱輸送特性
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 山下穰, 杉井かおり, 下澤雅明, 上田顕, 森初果, Natalia Drichko, 杉浦菜理, 寺嶋太一, 宇治進也, Elena I. Zhilyaeva, Svetlana A. Torunova, Rimma N. Lyubovskaya
2. 発表標題 ダイマーマット絶縁体 $-(BEDT-TTF)_2Hg(SCN)_2X$, ($X = Br, Cl$)における磁化率・磁気トルク測定
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 藤井桜子, 下澤雅明, 近藤潤, 杉井かおり, 山下穰, 上田顕, 森初果, 杉浦菜理, 寺嶋太一, 宇治進也, 橋本顕一郎, 井口敏, 佐々木孝彦
2. 発表標題 水素結合型モット絶縁体Cat-EDT系における量子常誘電・常磁性状態
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 馬斯嘯, 笠原裕一, 大西隆史, 水上雄太, 田中桜平, 杉井かおり, 下澤雅明, 山下穰, 栗田伸之, 田中秀数, 那須讓治, 求幸年, 芝内孝禎, 松田祐司
2. 発表標題 $-RuCl_3$ における熱ホール効果の磁場角度依存性
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 Masatoshi Akazawa, Hayato Doki, Kaori Sugii, Masaaki Shimozawa, Minoru Yamashita, Hyun-Yong Lee, Naoki Kawashima, Ryutaro Okuma, Zenji Hiroi, Jung Hoon Han
2. 発表標題 Thermal transport properties of $S = 1/2$ Cd-kapellasite
3. 学会等名 APS March Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Shimosawa, K. Hashimoto, A. Ueda, Y. Suzuki, K. Sugii, S. Yamada, Y. Imai, R. Kobayashi, K. Itoh, S. Iguchi, M. Naka, S. Ishihara, H. Mori, T. Sasaki, and M. Yamashita
2. 発表標題 Quantum Disordered State of Magnetic and Electric Dipoles in Hydrogen-Bonded Organic Mott Insulator -H3(Cat-EDT-TTF)2
3. 学会等名 ICSM2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 多田勝哉, 室谷拓海, 細井優, 下澤雅明, 井澤公一, 仲村愛, 本間佳哉, 本多史憲, 青木大
2. 発表標題 強トロイダル秩序候補物質UNi4Bにおける電気磁気効果由来のゼロ磁場Hall効果
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 多田勝哉, 室谷拓海, 宮本大輝, 細井優, 下澤雅明, 井澤公一, 仲村愛, 本間佳哉, 本多忠憲, 青木大
2. 発表標題 強トロイダル金属UNi4Bにおける電流誘起Hall効果
3. 学会等名 電流駆動現象が拓く新しい物質科学
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 下澤雅明, 多田勝哉, 室谷拓海, 宮本大輝, 細井優, 井澤公一, 仲村愛, 本間佳哉, 本多忠憲, 青木大
2. 発表標題 強トロイダル金属UNi4Bの異常電気輸送特性
3. 学会等名 電流駆動現象が拓く新しい物質科学
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野村尚矢, 小林寅弘, 足立涼, 細井優, 下澤雅明, 井澤公一, 広瀬雄介, 土塔寛, 河野琢馬, 摺待力生
2. 発表標題 非クラマース系 PrRh ₂ Cd ₂₀ における電気輸送特性と温度磁場相図の異方性
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 多田勝哉, 室谷拓海, 宮本大輝, 細井優, 下澤雅明, 井澤公一, 仲村愛, 本間佳哉, 本多史憲, 青木大
2. 発表標題 強トロイダル金属UNi ₄ B における非相反伝導
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橘風夢, 細井優, 下澤雅明, 木下雄斗, 徳永将史, 伏屋雄紀, 井澤公一
2. 発表標題 半金属ピスマスにおける電気抵抗率の歪み応答
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 細井優, 橘風夢, 下澤雅明, 木下雄斗, 徳永将史, 伏屋雄紀, 井澤公一
2. 発表標題 半金属ピスマスにおける弾性抵抗率の磁場応答
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松本碧, 今西優人, 小林祐也, 細井優, 下澤雅明, 仲村愛, 青木大, 井澤公一
2. 発表標題 多重相超伝導物質CeRh ₂ As ₂ におけるゼーベック係数の特異な磁場依存性
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会
4. 発表年 2022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	芝内 孝禎 (SHIBAUCHI TAKASADA) (00251356)	東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授 (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
---------	---------