

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K03709

研究課題名(和文)非平衡定常/非定常系における磁気スキルミオンの駆動状態とダイナミクスの研究

研究課題名(英文) Moving state and its dynamics for the magnetic skyrmion at nonequilibrium steady and nonsteady states

研究代表者

奥山 大輔 (Okuyama, Daisuke)

東北大学・多元物質科学研究所・助教

研究者番号：30525390

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：カイラル磁性体MnSiで観測されている磁気スキルミオンは閾電流密度 1 MA/m² 以上の電流印加で駆動することが知られている。その駆動状態及び電流変動に対する過渡過程を明らかにすべく、交流電流下の中性子小角散乱を開始した。研究の結果、電流下で駆動する磁気スキルミオンは三角格子を保ちつつ試料の端付近では塑性変形を起こしながら駆動する塑性流動が観測されたが、塑性変形の発現には電流反転後数秒程度の緩和時間が必要であることが判明した。塑性変形で磁気スキルミオン格子中に発生する dislocation が磁気ドメイン壁を滑り、磁気ドメインの端まで動く時間が緩和時間と考えると解釈できることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電流下で駆動中の磁気スキルミオンは三角格子を保ち試料端付近で塑性変形を起こしながら駆動する塑性流動を起こすことがわかっていたが、今回得られた研究結果より塑性変形を引き起こすには数秒の緩和時間が必要であることが判明した。これは磁気スキルミオンを高速、短時間で動かしている分には試料端付近のピンギの影響が小さいことを意味しており、磁気スキルミオンを使った記憶媒体などを実現するために必要不可欠な新しい知見を示した。

研究成果の概要(英文)：In chiral magnet MnSi, it is known that the magnetic skyrmions start to move above the threshold current density $j_t \sim 1 \text{ MA/m}^2$. To elucidate the moving and transient states induced by the change of the electric current flow, we study a small angle neutron diffraction experiment under an alternative electric current flow. In our study, the moving magnetic skyrmions keep a triangular lattice state and the magnetic skyrmion lattices near the sample edges move with plastic deformation, plastic flow. Furthermore, we found that for the plastic deformation of the magnetic skyrmion lattice, the few second relaxation time is necessary. In the plastic flow model, the dislocation of the magnetic skyrmion lattice moves with sliding on the magnetic domain wall of the skyrmion lattice. It is considered that the relaxation time is the time when the moving dislocation reaches the edge of the domain boundary from the other skyrmion lattice domain.

研究分野：磁性、固体物理

キーワード：非平衡状態の物理 中性子散乱 磁気スキルミオン

1. 研究開始当初の背景

物質内を駆動する位相幾何学的な欠陥の駆動状態の研究は、第二種超伝導体の量子渦や三色超格子薄膜 Co-Fe-B 系等で観測される磁気スキルミオンで行われている。三色超格子薄膜では、単一磁気スキルミオンが電流によって駆動していく様子がX線や磁気光学効果で議論され、単一の磁気スキルミオンはスキルミオンホール効果由来の電流方向に垂直な駆動成分によって斜めに進んでいくこと、駆動している磁気スキルミオンが試料の端付近では停滞することなどが観測されている[1]。一方、第二種超伝導体の量子渦は最密構造である三角格子を形成し電流や磁場で様々な状態をとりながら駆動することが、小角中性子散乱や電圧ノイズ測定から明らかにされている[2]。最近、カイラル磁性体 MnSi において磁気スキルミオンが三角格子を形成することが発見され注目を集めていた[3]。更にカイラル磁性体 MnSi では、磁気スキルミオン格子に電流を加えると閾電流密度 $j_c \sim 1 \text{ MA/m}^2$ 程度の非常に小さな電流で磁気スキルミオンが駆動することが観測されていた[4]。我々のグループは MnSi 試料内の熱勾配を可能な限り抑制可能な特殊な試料セルの開発に成功し、純粋な電流下での磁気スキルミオン格子の駆動状態を中性子小角散乱実験で明らかにした。その結果、磁気スキルミオン格子は三角格子を保ったまま駆動した。更に試料の端付近では塑性変形を受けながら駆動する塑性流動が観測されたため、磁気スキルミオン格子の駆動状態は試料内で不均一であることを議論した[5]。先の研究では電流の反転により塑性変形の変形方向が変化することも観測されていた。電流の反転に対する応答は電流を印加して定常状態になった磁気スキルミオン格子を観測しているだけでは議論できず、反転直後からの磁気スキルミオン格子変形の過渡過程を明らかにすることが望まれていた。

2. 研究の目的

本研究では磁気スキルミオン格子に電流を加えた時の格子変形の状態変化の過渡現象を観測し、その駆動状態の変化を明らかにすることが目的である。これまでの研究で構築した電流中の試料からのジュール熱から生じる熱勾配を可能な限り抑えながら中性子小角散乱実験が可能な試料セルを用い、更に交流電流を印加して非平衡かつ非定常状態における磁気スキルミオンの変形挙動を明らかにすることで本研究課題の目的は達成されると考える。

3. 研究の方法

磁気スキルミオン格子とその変形挙動が観測可能な中性子小角散乱を用いて研究を行なった。MnSi の磁気スキルミオン格子は三角格子を形成しているため回折線は六回対称で観測され、この六回対称の回折線を磁気スキルミオン反射と呼ぶ。試料内の熱勾配を可能な限り抑えて電流中での磁気スキルミオン格子の変形挙動を観測するために、これまでの研究で開発した中性子小角散乱実験用の試料セルを用いた。また、MnSi 試料に交流電流を印加するため Function generator で作成した波形を低リップルノイズかつスルーレートの高いバイポーラ電源に入力して増幅した。実験中は対象物質である MnSi 試料に最大 3 Ampere 程度の電流を印加している。また、2~3 Ampere の電流下でも試料内の熱勾配は 0.03 K/mm 以下程度であった。入力波形に正弦波を選択した場合、1 Hz 以下の周波数では交流電流の Amplitude の変動に MnSi 試料の発熱が追従して温度も変動していることが観測されたため、入力する波形を矩形波にして測定した。また、10 Hz 以上の周波数では正弦波の入力波形でも測定し、同様な結果が得られることも確認している。中性子実験はこれまで共同研究を行ってきた米国 NIST に装置を持ち込んで行った。

4. 研究成果

低温で交流電流を印加して MnSi 試料の磁気スキルミオン格子の変形挙動を探るべく中性子小角散乱実験を行った。磁気スキルミオン格子の変形を観測すべく図1のように MnSi 試料の左端と右端から 0.2 mm 程度の領域のみに入射中性子を照射し、それぞれの磁気スキルミオン反射を観測した。実験の結果、直流電流下ではこれまでの実験と同様に、閾電流密度 $j_c \sim 1 \text{ MA/m}^2$ 以上の電流密

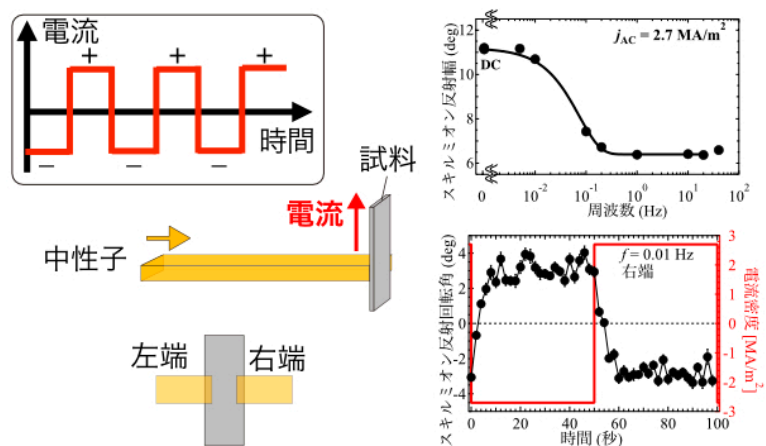


図1：(左)交流電流下で試料の左端と右端を測定するための中性子実験のセッティング。図中の黄色の四角は入射中性子の照射領域を表し、灰色はMnSi試料を表す。(右)上図は閾電流密度以上の交流電流下で試料両端に中性子照射時に得られた磁気スキルミオン反射の周波数依存性。下図は閾電流密度以上かつ 0.01 Hz の交流電流下で観測された磁気スキルミオン反射の回転。1 Hz 以下では明瞭な磁気スキルミオン反射の幅増大及び回転が観測され、電流の反転に応答している様子が観測される。

度で磁気スキルミオン格子が塑性流動を起こしたことを示す、試料端での磁気スキルミオン反射の回転が観測された。交流電流下における磁気スキルミオン反射の応答には図1右上のように明瞭な周波数変化が観測された。図1右下のように1 Hz 以下の周波数では直流電流と同様に磁気スキルミオン反射の回転が観測された。一方、約 1 Hz 以上の周波数では磁気スキルミオン反射の回転は観測されなかった。磁気スキルミオン格子の変形は周波数 1 Hz あたりを境に電流反転に追従できないようである。低周波数側で観測される磁気スキルミオン反射の回転は、試料端付近で発生する摩擦のような力を受け塑性変形を起こしていると考えている[5]。図2の黒丸で示されるように塑性変形時に発生する磁気スキルミオン格子の dislocation は、2つの異なる磁気スキルミオン格子が作るドメイン壁を滑りながら駆動していくと考えている。おそらく周波数による変化は dislocation が隣接する他のドメイン壁に到達する時に発生していると考えられる。これは、デバイスとして磁気スキルミオンを使用する時に必要不可欠な情報であり、本研究の成果の波及効果は大きいと考えている。

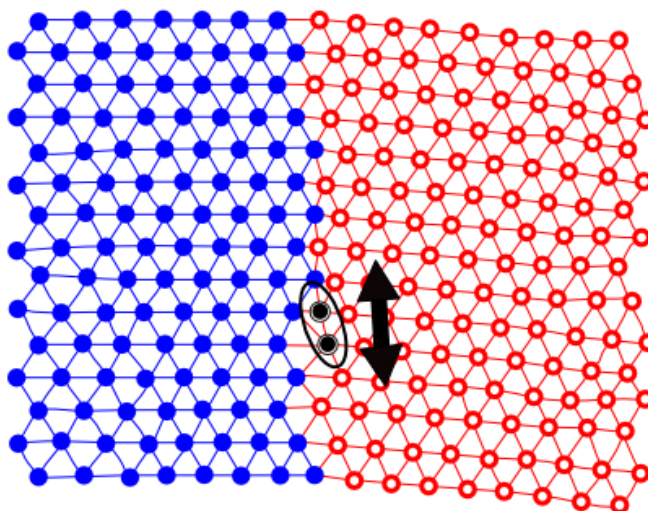


図2：電流下で駆動する磁気スキルミオン格子のモデル図。青丸と赤丸は異なるドメインの磁気スキルミオンを表している。閾電流密度を超えると磁気スキルミオン格子の駆動に伴い黒丸で表した磁気スキルミオン格子の dislocation が磁気ドメイン壁を滑っていく塑性流動が起きると考えている。交流電流中の周波数が高い領域では dislocation は滑らかに運動するが、低周波数では移動距離が伸びて他のドメイン壁に到達すると考えられる。

<引用文献>

- [1] W. Jiang, X. Zhang, G. Yu, W. Zhang, X. Wang, M. B. Jungfleisch, J. E. Pearson, X. Cheng, O. Heinonen, K. L. Wang, Y. Zhou, A. Hoffmann, S. G. E. te Velthuis, Nat. Phys. **13**, 162 (2017).
- [2] U. Yaron, U. et al., Nature **376**, 753 (1995).; 大熊哲, 固体物理 **44**, 1 (2009).
- [3] S. Muhlbauer, B. Binz, F. Jonietz, C. Pfleiderer, A. Rosch, A. Neubauer, R. Georgii, P. Boni, Skyrmion Lattice in a Chiral Magnet., Science **323**, 915 (2009).
- [4] F. Jonietz, S. Muhlbauer, C. Pfleiderer, A. Neubauer, W. Munzer, A. Bauer, T. Adams, R. Georgii, P. Boni, R. A. Duine, K. Everschor, M. Garst, A. Rosch, Spin Transfer Torques in MnSi at Ultralow Current Densities., Science **330**, 1648 (2010).; T. Schulz, R. Ritz, A. Bauer, M. Halder, M. Wagner, C. Franz, C. Pfleiderer, K. Everschor, M. Garst, and A. Rosch, Emergent electrodynamics of skyrmions in a chiral magnet., Nature Physics **8**, 301 (2012).
- [5] D. Okuyama, M. Bleuel, J.S. White, Q. Ye, J. Krzywon, G. Nagy, Z.Q. Im, I. Zivkovic, M. Bartkowiak, H.M. Ronnow, S. Hoshino, J. Iwasaki, N. Nagaosa, A. Kikkawa, Y. Taguchi, Y. Tokura, D. Higashi, J.D. Reim, Y. Nambu, T.J. Sato, Deformation of the moving magnetic skyrmion lattice in MnSi under electric current flow., Communications Physics **2**, 79 (2019).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Okuyama D., Yamauchi K., Sakai H., Taguchi Y., Tokura Y., Sugimoto K., Sato T. J., Oguchi T.	4. 巻 2
2. 論文標題 Ferroelectric atomic displacement in multiferroic tetragonal perovskite Sr1/2Ba1/2MnO3	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 033038-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevresearch.2.033038	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 Labib Farid, Okuyama Daisuke, Fujita Nobuhisa, Yamada Tsunetomo, Ohhashi Satoshi, Sato Taku J, Tsai An-Pang	4. 巻 32
2. 論文標題 Magnetic properties of icosahedral quasicrystals and their cubic approximants in the Cd-Mg-RE (RE = Gd, Tb, Dy, Ho, Er, and Tm) systems	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 415801 ~ 415801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648x/ab9343	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 Labib Farid, Okuyama Daisuke, Fujita Nobuhisa, Yamada Tsunetomo, Ohhashi Satoshi, Morikawa Daisuke, Tsuda Kenji, Sato Taku J, Tsai An-Pang	4. 巻 32
2. 論文標題 Structural-transition-driven antiferromagnetic to spin-glass transition in Cd-Mg-Tb 1/1 approximants	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 485801 ~ 485801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648x/aba921	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 Piyawongwatthana Pharit, Okuyama Daisuke, Nawa Kazuhiro, Matan Kittiwit, Sato Taku J.	4. 巻 90
2. 論文標題 Formation of Single Polar Domain in -Cu2V2O7	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 025003 ~ 025003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/jpsj.90.025003	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 D. Okuyama, M. Bleuel, J.S. White, Q. Ye, J. Krzywon, G. Nagy, Z.Q. Im, I. Zivkovic, M. Bartkowiak, H.M. Ronnow, S. Hoshino, J. Iwasaki, N. Nagaosa, A. Kikkawa, Y. Taguchi, Y. Tokura, D. Higashi, J.D. Reim, Y. Nambu, T.J. Sato	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 Aji Seno, Ishida Hidesato, Okuyama Daisuke, Nawa Kazuhiro, Hong Tao, Sato Taku J.	4. 巻 3
2. 論文標題 Effect of Ge substitution on magnetic properties in the itinerant chiral magnet MnSi	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 104408-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.3.104408	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 奥山大輔, 東大樹, 南部雄亮, 佐藤卓	4. 巻 29
2. 論文標題 電流下における磁気スキルミオン格子の塑性変形	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 波紋	6. 最初と最後の頁 171-175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Tsukuda Ryota, Kojima Takayuki, Okuyama Daisuke, Kameoka Satoshi, Nishimura Chikashi, Tsai An-Pang	4. 巻 45
2. 論文標題 Hydrogenation of acetylene and propyne over hydrogen storage ErNi5-Al alloys and the role of absorbed hydrogen	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Hydrogen Energy	6. 最初と最後の頁 19226 ~ 19236
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijhydene.2020.05.062	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 Mitsuru, Nawa Kazuhiro, Okuyama Daisuke, Nojiri Hiroyuki, Frontzek Matthias D., Avdeev Maxim, Yoshida Masahiro, Ueta Daichi, Yoshizawa Hideki, Sato Taku J.	4. 巻 89
2. 論文標題 Crystal Structure and Magnetic Properties of the Breathing Kagome Ising Antiferromagnet $\text{Yb}_{3}\text{Ni}_{11}\text{Ge}_{4.63}$	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 094704 ~ 094704
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/jpsj.89.094704	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 Tamura Ryuji, Ishikawa Asuka, Suzuki Shintaro, Kotajima Takahiro, Tanaka Yujiro, Seki Takehito, Shibata Naoya, Yamada Tsunetomo, Fujii Takenori, Wang Chin-Wei, Avdeev Maxim, Nawa Kazuhiro, Okuyama Daisuke, Sato Taku J.	4. 巻 143
2. 論文標題 Experimental Observation of Long-Range Magnetic Order in Icosahedral Quasicrystals	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 19938 ~ 19944
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c09954	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 Imai Yoshinori, Nawa Kazuhiro, Shimizu Yasuhiro, Yamada Wakana, Fujihara Hideyuki, Aoyama Takuya, Takahashi Ryotaro, Okuyama Daisuke, Ohashi Takamasa, Hagihala Masato, Torii Shuki, Morikawa Daisuke, Terauchi Masami, Kawamata Takayuki, Kato Masatsune, Gotou Hirotsada, Itoh Masayuki, Sato Taku J., Ohgushi Kenya	4. 巻 105
2. 論文標題 Zigzag magnetic order in the Kitaev spin-liquid candidate material RuBr_3 with a honeycomb lattice	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 L041112-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevb.105.1041112	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41件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 奥山大輔
2. 発表標題 定常中性子源を使った磁気スキルミオン格子とその駆動状態の研究
3. 学会等名 物性研短期研究会 中性子散乱研究の現状とJRR-3再稼働後の展望（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 奥山大輔, 牧野晃也, 佐賀山基, 佐藤卓
2. 発表標題 反転対称性の破れたCe5Ru3Al2の高温の構造相転移と低温磁性
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 那波和宏, 柴田将弥, 奥山大輔, 佐藤卓
2. 発表標題 正方格子J1-J2フラストレート磁性体の物質探索
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 今井良宗, 山田和奏, 藤原秀行, 青山拓也, 高橋遼太郎, 那波和宏, 萩原雅人, 奥山大輔, 鳥居周輝, 川股隆行, 後藤弘匡, 加藤雅恒, 佐藤卓, 大串研也
2. 発表標題 Kitaevスピン液体候補物質ルテニウムハライドの高圧合成
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋遼太郎, 那波和宏, 萩原雅人, 奥山大輔, 鳥居周輝, 今井良宗, 山田和奏, 藤原秀行, 青山拓也, 後藤弘匡, 大串研也, 佐藤卓
2. 発表標題 Kitaev模型候補物質ルテニウムハライドの結晶構造と磁気構造
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柴田 将弥, 那波 和宏, 奥山 大輔, 佐藤 卓
2. 発表標題 低次元フラストレート強磁性体候補物質の探索
3. 学会等名 日本中性子科学会第20回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松坂 信之介, 村崎 遼, 奥山 大輔, 佐藤 卓
2. 発表標題 モンテカルロ法によるスカーミオン格子相の磁場中シミュレーション
3. 学会等名 日本中性子科学会第20回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 奥山 大輔, 牧野 晃也, Gilbert E. P, Booth N, 大石 一城, 佐藤 卓
2. 発表標題 立方晶カイラル磁性体 Pr ₅ Ru ₃ Al ₁₂ 単結晶の中性子小角散乱
3. 学会等名 日本中性子科学会第20回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Pharit Piyawongwatthana, Kazuhiro Nawa, Stuart A Calder, Daisuke Okuyama, Taku J Sato
2. 発表標題 Magnetic structure of a quasi one-dimensional material Cu ₂ (MoO ₄)(SeO ₃)
3. 学会等名 日本中性子科学会第20回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋遼太郎, 那波和宏, 萩原雅人, 奥山大輔, 鳥居周輝, 今井良宗, 山田和奏, 藤原秀行, 青山拓也, 後藤弘匡, 大串研也, 佐藤卓
2. 発表標題 Kitaev模型候補物質RuBr ₃ の結晶構造と磁気構造
3. 学会等名 日本中性子科学会第20回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 海老名慧一, 那波和宏, 奥山大輔, 石川明日香, 田村隆治, 佐藤卓
2. 発表標題 Au ₇₁ Al ₁₉ Tb ₁₀ 1/1 近似結晶の磁性
3. 学会等名 第20回東北大学多元物質科学研究所研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柴田 将弥, 那波 和宏, 奥山 大輔, 佐藤 卓
2. 発表標題 低次元フラストレート強磁性体候補物質の探索
3. 学会等名 第20回東北大学多元物質科学研究所研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柴田将弥, 那波和宏, 奥山大輔, 佐藤卓
2. 発表標題 フラストレート強磁性体候補物質の構造
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 海老名慧一, 那波和宏, 奥山大輔, 石川明日香, 田村隆治, 佐藤卓
2. 発表標題 Au70Al16Tb14 1/1近似結晶における精密磁気測定
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 那波和宏, 今井良宗, 藤原秀行, 高橋遼太郎, 萩原雅人, 鳥居周輝, 奥山大輔, 平岡巧, 山田和奏, 青山拓也, 後藤弘匡, 大串研也, 佐藤卓
2. 発表標題 層状八二カム構造を有する半金属RuI3の結晶構造と物性
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 藤原秀行, 今井良宗, 山田和奏, 平岡巧, 青山拓也, 高橋遼太郎, 那波和宏, 萩原雅人, 奥山大輔, 鳥居周輝, 川股隆行, 後藤弘匡, 加藤雅恒, 佐藤卓, 大串研也
2. 発表標題 Kitaevスピン液体候補物質RuX ₃ (X = Cl, Br, I)の配位子置換効果
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 奥山大輔
2. 発表標題 電流中の磁気スキルミオン格子のダイナミクス
3. 学会等名 東北大金研-CROSSワークショップ「J-PARCとJRR-3の相補利用による偏極中性子科学の新展開」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥山大輔
2. 発表標題 カイラル磁性体Pr5Ru3Al2の中性子小角散乱
3. 学会等名 東北大金研-CROSSワークショップ「J-PARCとJRR-3の相補利用による偏極中性子科学の新展開」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥山大輔
2. 発表標題 量子ビームによる反転対称性が破れた磁性体の磁氣的・電氣的特性発現機構の解明
3. 学会等名 物質・デバイス領域共同研究拠点第9回活動報告会/平成30年度ダイナミック・アライアンス成果（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥山大輔, 山内邦彦, 小口多美夫, 佐藤卓
2. 発表標題 カイラル磁性体の電流効果に関する研究
3. 学会等名 物質・デバイス領域共同研究拠点第9回活動報告会/平成30年度ダイナミック・アライアンス成果報告会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥山大輔, 那波和宏, 佐藤卓
2. 発表標題 中性子散乱によるトポロジカル磁性の研究
3. 学会等名 物質・デバイス領域共同研究拠点第9回活動報告会/平成30年度ダイナミック・アライアンス成果報告会
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 D. Okuyama, M. Bleuel, J.S. White, Q. Ye, J. Krzywon, G. Nagy, Z.Q. Im, I. Zivkovic, M. Bartkowiak, H.M. Ronnow, S. Hoshino, J. Iwasaki, N. Nagaosa, A. Kikkawa, Y. Taguchi, Y. Tokura, D. Higashi, J.D. Reim, Y. Nambu, T.J. Sato
2 . 発表標題 Spatial Inhomogeneous Deformation of the Moving Magnetic Skyrmion Lattice in MnSi under Electric Current Flow
3 . 学会等名 International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 S. Aji, H. Ishida, D. Okuyama, K. Nawa, T. Hong, S. Yano, T. J Sato
2 . 発表標題 Magnetic properties in the itinerant chiral magnet MnSi _{1-x} Gex
3 . 学会等名 International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 奥山大輔, 山内邦彦, 小口多美夫, 佐藤卓
2 . 発表標題 中性子回折による磁気スキルミオン格子の電流駆動観測
3 . 学会等名 第7回アライアンス若手研究交流会プログラム
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 D. Okuyama, M. Bleuel, J.S. White, Q. Ye, J. Krzywon, G. Nagy, Z.Q. Im, I. Zivkovic, M. Bartkowiak, H. M. Ronnow, S. Hoshino, J. Iwasaki, N. Nagaosa, A. Kikkawa, Y. Taguchi, Y. Tokura, D. Higashi, J. D. Reim, Y. Nambu, T. J. Sato
2 . 発表標題 Plastic deformation of the moving magnetic skyrmion lattice in MnSi under electric current flow
3 . 学会等名 The 3rd Asia-Oceania Conference on Neutron Scattering 2019 (AOCNS 2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 奥山大輔, 東大樹, 南部雄亮, 佐藤卓
2. 発表標題 中性子回折による電流下の磁気スキルミオン格子の非平衡定常/非定常状態
3. 学会等名 第19回東北大学多元物質科学研究所研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Pharit Piyawongwatthana, Daisuke Okuyama, Kazuhiro Nawa, Kittiwit Matan, Taku J Sato
2. 発表標題 Absolute structure of $\text{Cu}_2\text{V}_2\text{O}_7$
3. 学会等名 日本物理学会2019秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥山大輔, 牧野晃也, J. D. Reim, E. P. Gilbert, N. Booth, 大石一城, 山内邦彦, 小口多美夫, 佐藤卓
2. 発表標題 カイラル磁性体 $\text{Pr}_5\text{Ru}_3\text{Al}_{12}$ 単結晶の磁気相図及び中性子小角散乱
3. 学会等名 日本物理学会2019秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥山大輔
2. 発表標題 電流下における磁気スキルミオン格子の動力学
3. 学会等名 展開共同研究 B 及び小口中村研合同研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥山大輔, 山内邦彦, 酒井英明, 田口康二郎, 十倉好紀, 杉本邦久, 佐藤卓, 小口多美夫
2. 発表標題 マルチフェロイック正方晶ペロブスカイトSr1/2Ba1/2MnO3の強誘電原子変位の観測
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥山大輔, 牧野晃也, 佐賀山基, 佐藤卓
2. 発表標題 反転対称性の破れたCe5Ru3Al2の構造相転移と磁性
3. 学会等名 2020年度量子ビームサイエンスフェスタ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 D. Okuyama, K. Yamauchi, H. Sakai, Y. Taguchi, Y. Tokura, K. Sugimoto, T. J. Sato, T. Oguchi
2. 発表標題 Suppression mechanism of the ferroelectric polarization in multiferroic tetragonal perovskite Sr1/2Ba1/2MnO3
3. 学会等名 25th Congress and General Assembly of the International Union of Crystallography (IUCr2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Daisuke Okuyama
2. 発表標題 Moving state of magnetic-swirling textures in a solid-state material observed by neutron diffraction
3. 学会等名 2021 MIRA12.0 Workshop in Materials Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 奥山大輔, 那波和宏, 佐藤卓
2. 発表標題 GPTAS分光器を使った立方晶カイラル磁性体Pr ₅ Ru ₃ Al ₂ の結晶場研究
3. 学会等名 日本中性子科学会第21回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. C. Wu, D. Okuyama, K. Nawa, A. Nakamura, D. Aoki, T. J. Sato
2. 発表標題 Neutron diffraction study for the magnetic ordering in YbNiSn single crystal
3. 学会等名 日本中性子科学会第21回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Pharit Piyawongwatthana, Maiko Kofu, Kazuhiro Nawa, Daisuke Okuyama, Taku J Sato
2. 発表標題 Study on the magnetic excitation of Cu ₂ (MoO ₄)(SeO ₃)
3. 学会等名 日本中性子科学会第21回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松坂信之介, 那波和宏, 奥山大輔, 佐藤卓
2. 発表標題 量子三角格子磁性体Ba ₃ Yb(BO ₃) ₃ の単結晶育成および結晶場
3. 学会等名 日本中性子科学会第21回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 那波和宏, 奥山大輔, 海老名慧一, 村崎遼, Maxim Avdeev, Chin-Wei Wang, 高倉洋礼, 石川明日香, 田村隆治, 佐藤卓
2. 発表標題 近似結晶Au65Ga21Tb14及びAu70Al16Tb14の磁性
3. 学会等名 日本中性子科学会第21回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤卓, 奥山大輔, 那波和宏, Hung-Cheng Wu, 村崎遼, Pharit Piyawongwatthana, 柴田将弥, 松坂信之介, 平岡巧
2. 発表標題 強くなって帰ってきた4G-GPTAS
3. 学会等名 日本中性子科学会第21回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 那波和宏, 柴田将弥, 奥山大輔, Maxim Avdeev, Ross Piltz, 佐藤卓
2. 発表標題 J1-J2フラストレート正方格子磁性体2V0S04・D2S04・nD20の磁気秩序
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松坂信之介, 那波和宏, 奥山大輔, 佐藤卓
2. 発表標題 量子三角格子磁性体Ba3Yb(B03)3の結晶場励起
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

流動中の磁気スルミオン格子の変形挙動観測に成功
http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/lab/news_press/20190712/
若手研究者のタイトなつながりが、斬新な成果を生み出す
http://five-star.tagen.tohoku.ac.jp/talk/talk_01.html

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
研究協力者	佐藤 卓 (Sato Taku)	東北大学・多元物質科学研究所・教授 (11301)	
研究協力者	那波 和宏 (Nawa Kazuhiro)	東北大学・多元物質科学研究所・助教 (11301)	
研究協力者	南部 雄亮 (Nambu Yusuke)	東北大学・金属材料研究所・准教授 (11301)	
研究協力者	東 大樹 (Higashi Daiki)	東北大学・多元物質科学研究所・大学院生 (11301)	
研究協力者	ブルーエル マーティン (Bleuel Martin)	N I S T・NIST Center for Neutron Research・Instrumental scientist	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	田口 康二郎 (Taguchi Yasujiro)	理化学研究所・創発物性科学研究センター・グループディレクター (82401)	

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	NIST	ORNL	