

令和 3 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03685

研究課題名(和文) 磁気構造のトポロジー・対称性に由来した新しいマグノン・熱輸送現象の開拓

研究課題名(英文) Novel magnon transport phenomena under spin textures with nontrivial topology and symmetry

研究代表者

関 真一郎 (Seki, Shinichiro)

東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・准教授

研究者番号：70598599

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,200,000円

研究成果の概要(和文)：近年、絶縁体中における新しい情報・エネルギー伝送媒体として、局在電子スピンの集団振動であるスピン波(マグノン)が大きな注目を集めている。本研究では、特殊なトポロジー・対称性を持つ「磁気スキルミオン」と呼ばれる渦状スピン構造に着目し、新しいマグノン輸送現象の実験的な開拓を行った。その結果、(1)マグノンのダイオード効果の観測、(2)フォノン(格子振動)のダイオード効果の観測、(3)新機構に由来した世界最小の直径のスキルミオンを生じる新物質の発見、(4)マグノンのホール効果の観測、といった成果を得ることに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来のエレクトロニクスで用いられてきた金属中の伝導電子とは異なり、絶縁体中のマグノンには「ジュール発熱に伴うエネルギー損失を生じない」という利点があり、その積極的な活用は、情報処理の効率化に向けた切り札となる可能性を秘めている。また、マグノンやフォノンは絶縁体における熱流の主要な担い手としても知られており、今回発見されたマグノン・フォノンの非相反伝搬現象とその性能向上のための指針は、効率的な熱制御のための新しい基盤技術の開発につながる事が期待される。

研究成果の概要(英文)：Recently, spin wave (magnon) is attracting attention as a new carrier of information and energy in insulators. In this project, we focused on magnetic skyrmions (i.e. vortex-like swirling spin texture) characterized by nontrivial topology and symmetry, and explored their exotic magnon transport properties experimentally. As a results, we discovered (1) nonreciprocal magnon transport, (2) nonreciprocal phonon (quantized lattice vibration) transport, (3) a new material hosting extremely small skyrmion spin texture, and (4) magnon hall effect.

研究分野：物性物理

キーワード：スピントロニクス マグノン スキルミオン

1. 研究開始当初の背景

近年、絶縁体中における新しい情報・エネルギー伝送媒体として、局在電子スピンの集団振動であるスピン波(マグノン)が大きな注目を集めている。従来のエレクトロニクスで用いられてきた金属中の伝導電子とは異なり、絶縁体中のマグノンには「ジュール発熱に伴うエネルギー損失を生じない」という利点があり、その積極的な活用は、情報・熱処理の高効率化に向けた切り札となる可能性を秘めている。マグノンは、スピンを持った準粒子としてみなせるため、適切な環境下では、伝導電子と同じようにダイオード効果やホール効果といった特徴的な輸送現象を示すことが期待される。しかし、こうしたマグノン輸送にまつわる基本的な現象は、その重要性にも関わらず、実験的な観測は殆ど行われていなかった。

2. 研究の目的

こうした新規なマグノン輸送現象を実現できる可能性のある系として、非自明なトポロジ・対称性を持つ磁性体が挙げられる。特に、「磁気スキルミオン」と呼ばれる、トポロジカルに安定な粒子としての性質を伴ったナノサイズの渦状スピン構造は、伝導電子と相互作用する際に、ダイオード効果(非相反伝搬現象)や特殊なホール効果(トポロジカルホール効果)を示すことが知られており、同様の現象はマグノンを含む他の様々な準粒子流に対しても観測できることが期待される。上記の背景をふまえ、本研究では特に、

- (1)スキルミオンに由来したマグノンのダイオード効果・ホール効果の観測
 - (2)スキルミオンを生成するための新機構・新物質の開拓
- 2つを目的として研究を行った。

3. 研究の方法

本研究の主題であるマグノンの伝搬特性は、図 2(b)右に示すような一対のマイクロ波アンテナとネットワークアナライザを利用することで、実験的に直接評価することが可能である。まず、片方のマイクロ波アンテナに振動電流を注入すると、周囲に振動磁場が励起され、隣接する磁性体中に磁気共鳴を介したマグノンが生じる(励起されるマグノンの中心波長は、アンテナの線幅によって決定される)。伝搬したマグノンがもう一方のマイクロ波アンテナに到達すると、逆のプロセスを経て、アンテナ中に振動電場が誘起される。このため、2つのアンテナの間の相互インダクタンスの複素スペクトルをネットワークアナライザで測定することで、特定の波数におけるマグノンの固有振動数・群速度を直接評価することができる(スピン波分光法)。また、上記の電気的な検出手法に加えて、パルスレーザを利用したポンプ・プローブ分光法と磁気光学 Kerr 効果(反射光の偏光が局所磁化に比例した角度だけ回転する現象)を組み合わせた時間分解 Kerr 顕微鏡を利用することで、光学的なアプローチによってスピン波の空間伝搬特性を評価することも可能である。

本研究では、上記の電気的・光学的な測定手法を併用することで、非自明なトポロジ・対称性の磁気秩序下におけるマグノンの伝搬特性を詳細に調べた。

4. 研究成果

(1) スキルミオンストリングの振動モードが示すマグノンの非相反現象の発見

2次元系におけるスキルミオンは粒子としての性質を持つのに対し、バルク結晶のような3次元系では、スキルミオンは「ひも」状の構造を持つことが知られている。スキルミオンは、時間反転対称性と空間反転対称性が同時に破れた磁気構造を伴っており、波数 k に対して非対称な(偶関数では無い)マグノン分散を示すことが理論的に予測されている。これは、順方向(波数 $+k$)と逆方向(波数 $-k$)に伝搬するマグノンが、異なる固有振動数・群速度を持つことを意味する。

本研究では、キラル絶縁体 Cu_2OSeO_3 で生じるスキルミオン相におけるスピン励起の伝搬特性を評価することにより、スキルミオンストリングが異なる伝搬特性・分散関係を伴う3つの伝搬励起モードを持つこと、またこの励起モードが「ひも」の直径の1000倍以上の極めて長い距離を伝搬できること、さらに非対称な分散関係に由来したマグノンの非相反伝搬現象を示すことを明らかにした。観測された各モードの非相反性の大きさ・固有振動数・群速度は、理論的に予測される分散関係と極めて良い一致を見せることがわかった(図1)。

スキルミオンストリングは、超伝導体・超流動体における渦糸や、宇宙論の分野で議論されている宇宙紐と類似した性質を持ち、トポロジカルな保護に由来して自由に曲げることができるほか、その励起モードは曲がった「ひも」に沿って伝搬することが理論的に予測されている。上記の結果は、スキルミオンストリングをフレキシブルで強靱な、指向性のある情報伝送ラインとして利用できる可能性を示している[1]。

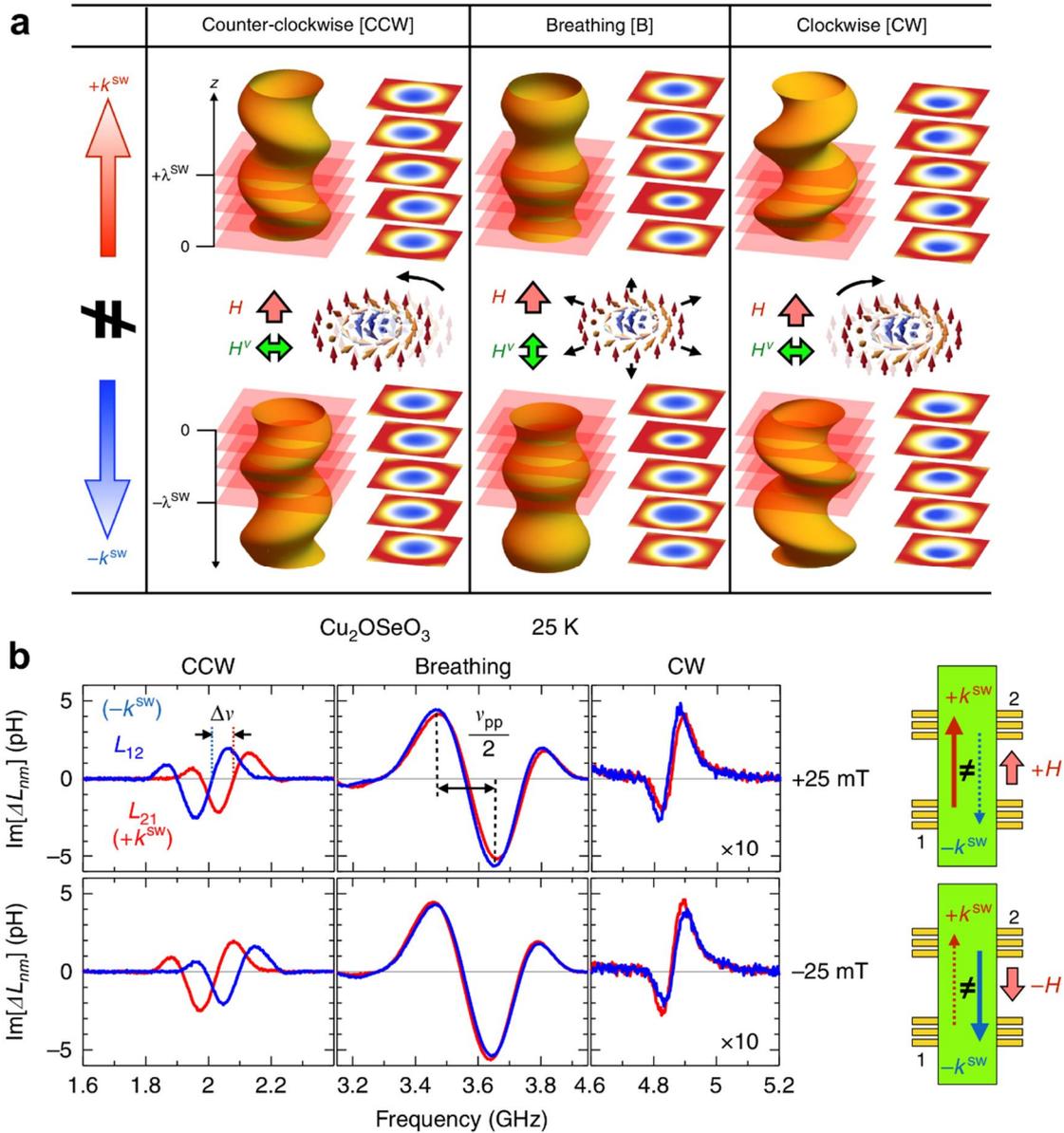


図 1 : (a) スキルミオンストリング上における 3 つの固有振動モードの模式図。(b) キラル磁性体 Cu_2OSeO_3 におけるスキルミオンストリング上の 3 つの振動モードを介した、マグノンの伝搬特性の測定結果 (右に示したデバイスにおける 2 つのアンテナ間の相互インダクタンススペクトル)。赤と青のデータが、それぞれ波数 $+k$ と $-k$ に対応しており、順方向と逆方向のマグノン伝搬を表している[1]。

(2) マグノンとの混成を介した、フォノンの非相反伝搬現象の発見

マグノンが波数に対して非対称な分散関係を持っている場合には、マグノンとフォノンの混成を解して、フォノン (格子振動) も非相反な伝搬現象を示すことが期待される。本研究では、ドレスデン強磁場研究所の野村肇宏博士と協力し、圧電素子を磁性体試料に接触させて、前述のキラル磁性体 Cu_2OSeO_3 における GHz 帯域の音波の伝搬特性を評価することで、フォノンの非相反伝搬現象を実験的に観測することに成功した。

こうしたキラルな磁性体における準粒子流の非相反伝搬現象は「磁気カイラル効果」と呼ばれ、フォノンに対して磁気カイラル効果を観測したのは本研究が初めてである。さらに、フォノンの励起周波数をマグノン・フォノン分散の混成点に近づけることで、劇的に非相反効果が増強される振る舞いが観測されており、適切な物質設計を行うことで、理論的には効率 100% の音波ダイオードが実現できることも期待できる。マグノンやフォノンは、絶縁体における熱流の主要な担い手としても知られており、上記の発見は効率的な熱制御のための新しい基盤技術の開発につながることを期待される[2]。

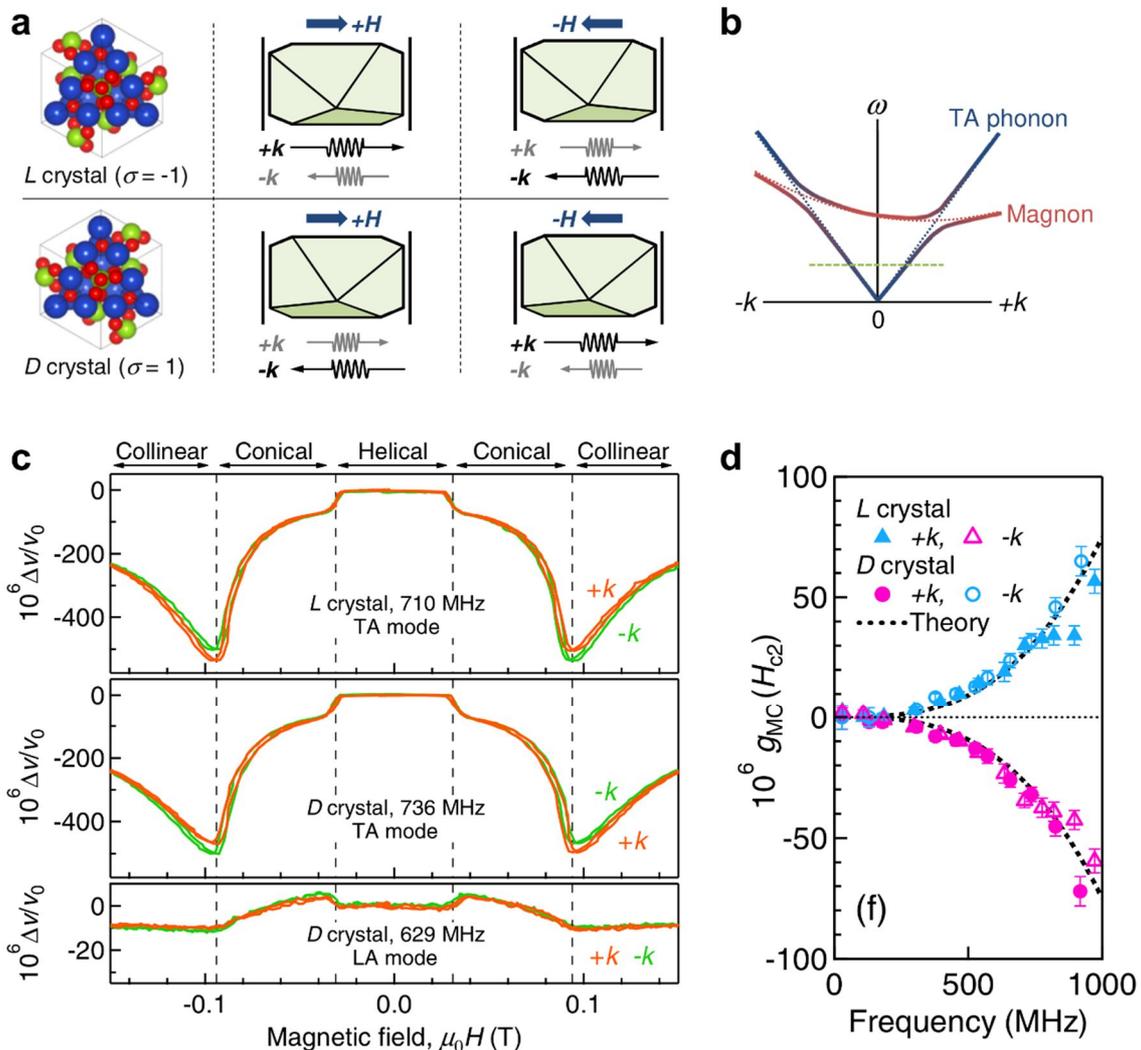


図2：(1)右手系と左手系のキラル結晶におけるフォノンの磁気カイラル効果の模式図。(2)キラル磁性体におけるフォノンとマグノンの分散関係。(c)キラル磁性体 Cu_2OSeO_3 における音波の位相速度の磁場依存性。緑とオレンジのデータが、それぞれ波数 $+k$ と $-k$ に対応しており、順方向と逆方向のフォノン伝搬を表している。(d)フォノン伝搬の磁気カイラル効果の絶対値の周波数依存性[3]。

(3) 新機構に由来した過去最小の直径のスキルミオンを生じる新物質の発見

従来、スキルミオンの安定化には、空間反転対称性の破れた特殊な結晶構造の下で生じる DM 相互作用が必須であるとされ、この場合には数十~数百ナノメートル程度の直径のスキルミオンが実現することが知られていた。一方で、最近では全く異なるアプローチによってもスキルミオンを安定化できることが予言されており、特に動き回る遍歴電子が媒介する RKKY・多体相互作用が高対称な結晶格子に存在しているとき、従来よりも 1 桁小さなスキルミオンを実現できることが理論的に提案されている[Hayami *et al.*, Phys. Rev. B **95**, 224424(2017)]。本研究では、遍歴電子を利用した全く新しいスキルミオン生成機構に基づく物質開拓を行うことで、空間反転対称性の保たれた単純な結晶構造を持つ新物質 GdRu_2Si_2 において、既知の物質としては過去最小となる直径 1.9 ナノメートルのスキルミオンを発見することに成功した。

上記の結果は、高い対称性の結晶構造を持つ希土類合金が、普遍的に極小サイズのスキルミオンを実現する可能性を強く示唆しており、情報担体としての利用が期待されるスキルミオン粒子のさらなる情報密度の向上のための画期的な新指針を与えていると考えられる[3,4]。

(4) スキルミオン相におけるマグノンのホール効果

スキルミオン上を通過する準粒子は、そのトポロジーに由来した量子ベリー位相によって仮想磁場を感じるにより、進行方向がねじ曲げられてホール運動を示すことが理論的に予測されている。これは、マグノンの場合にも同様であり、たとえばマグノンの波長がスキルミオンの大きさと同程度の場合には、巨大なマグノンホール効果の発現が予言されている(トポロジカ

ルマグノンホール効果)。前述のスキルミオンを伴うキラル磁性体 Cu_2OSeO_3 を Y 字型に加工し、マグノンの伝搬強度の評価を行った結果、Y 字の分岐の上側と下側で明確な強度差が観測され、マグノンホール効果の発現を示唆する結果を得ることができた。今後、励起されるマグノンの波長にマグノンホール角がどのように依存するかを明らかにし、理論的なモデルと比較することで、その微視的な起源の解明にも取り組む予定である。

[引用文献]

- [1] “Propagation dynamics of spin excitations along skyrmion strings”
S. Seki, M. Garst, J. Waizner, R. Takagi, N. D. Khanh, Y. Okamura, K. Kondou, F. Kagawa, Y. Otani, Y. Tokura
Nature Communications **11**, 256 (2020).
- [2] “Phonon Magnetochiral Effect”
T. Nomura, X.-X. Zhang, S. Zherlitsyn, J. Wosnitza, Y. Tokura, N. Nagaosa, S. Seki
Phys. Rev. Lett. **122**, 145901 (2019). [Editor’s Suggestion]
- [3] “Nanometric square skyrmion lattice in a centrosymmetric tetragonal magnet”
N. D. Khanh, T. Nakajima, X. Z. Yu, S. Gao, K. Shibata, M. Hirschberger, Y. Yamasaki, H. Sagayama, H. Nakao, L. C. Peng, K. Nakajima, R. Takagi, T. Arima, Y. Tokura, S. Seki
Nature Nanotechnology **15**, 444 (2020).
- [4] “Imaging the coupling between itinerant electrons and localised moments in the centrosymmetric skyrmion magnet GdRu_2Si_2 ”
Y. Yasui, C. Butler, N. D. Khanh, S. Hayami, T. Nomoto, T. Hanaguri, Y. Motome, R. Arita, T. Arima, Y. Tokura, S. Seki
Nature Communications **11**, 5925 (2020).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 15件／うち国際共著 9件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Ogawa N., Kähler L., Garst M., Toyoda S., Seki S., Tokura Y.	4. 巻 118
2. 論文標題 Nonreciprocity of spin waves in the conical helix state	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 2022927118
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1073/pnas.2022927118	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 Yasui Yuuki, Butler Christopher J., Khanh Nguyen Duy, Hayami Satoru, Nomoto Takuya, Hanaguri Tetsuo, Motome Yukitoshi, Arita Ryotaro, Arima Taka-hisa, Tokura Yoshinori, Seki Shinichiro	4. 巻 11
2. 論文標題 Imaging the coupling between itinerant electrons and localised moments in the centrosymmetric skyrmion magnet GdRu2Si2	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 5925
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41467-020-19751-4	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 Takagi R., Yamasaki Y., Yokouchi T., Ukleev V., Yokoyama Y., Nakao H., Arima T., Tokura Y., Seki S.	4. 巻 11
2. 論文標題 Particle-size dependent structural transformation of skyrmion lattice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 5685
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41467-020-19480-8	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 Nishibori E., Karatsu S., Terakura C., Takeshita N., Kinoshita M., Ishiwata S., Tokura Y., Seki S.	4. 巻 102
2. 論文標題 Structural analysis of high-pressure phase for skyrmion-hosting multiferroic Cu20SeO3	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 201106
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.102.201106	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 Yasin Fehmi S., Peng Licong, Takagi Rina, Kanazawa Naoya, Seki Shinichiro, Tokura Yoshinori, Yu Xiuzhen	4. 巻 32
2. 論文標題 Bloch Lines Constituting Antiskyrmions Captured via Differential Phase Contrast	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 2004206
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.202004206	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 Khanh Nguyen Duy, Nakajima Taro, Yu Xiuzhen, Gao Shang, Shibata Kiyou, Hirschberger Max, Yamasaki Yuichi, Sagayama Hajime, Nakao Hironori, Peng Licong, Nakajima Kiyomi, Takagi Rina, Arima Taka-hisa, Tokura Yoshinori, Seki Shinichiro	4. 巻 15
2. 論文標題 Nanometric square skyrmion lattice in a centrosymmetric tetragonal magnet	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 444 ~ 449
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41565-020-0684-7	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 Ishiwata S., Nakajima T., Kim J.-H., Inosov D. S., Kanazawa N., White J. S., Gavilano J. L., Georgii R., Seemann K. M., Brandl G., Manuel P., Khalyavin D. D., Seki S., Tokunaga Y., Kinoshita M., Long Y. W., Kaneko Y., Taguchi Y., Arima T., Keimer B., Tokura Y.	4. 巻 101
2. 論文標題 Emergent topological spin structures in the centrosymmetric cubic perovskite SrFeO ₃	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 134406
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.134406	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 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
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 Birch M. T., Takagi R., Seki S., Wilson M. N., Kagawa F., ?tefan?i? A., Balakrishnan G., Fan R., Steadman P., Ottley C. J., Crisanti M., Cubitt R., Lancaster T., Tokura Y., Hatton P. D.	4. 巻 100
2. 論文標題 Increased lifetime of metastable skyrmions by controlled doping	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 14425
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.014425	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 Seki S., Garst M., Waizner J., Takagi R., Khanh N. D., Okamura Y., Kondou K., Kagawa F., Otani Y., Tokura Y.	4. 巻 11
2. 論文標題 Propagation dynamics of spin excitations along skyrmion strings	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 256
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-14095-0	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 該当する

1. 著者名 Peng Licong, Takagi Rina, Koshibae Wataru, Shibata Kiyou, Nakajima Kiyomi, Arima Taka-hisa, Nagaosa Naoto, Seki Shinichiro, Yu Xiuzhen, Tokura Yoshinori	4. 巻 15
2. 論文標題 Controlled transformation of skyrmions and antiskyrmions in a non-centrosymmetric magnet	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 181 ~ 186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41565-019-0616-6	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, Sugimoto Satoshi, Rana Bivas, Seki Shinichiro, Ogawa Naoki, Kasai Shinya, Otani Yoshichika	4. 巻 15
2. 論文標題 Creation of magnetic skyrmions by surface acoustic waves	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 361 ~ 366
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41565-020-0661-1	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 R. Takagi, J. S. White, S. Hayami, R. Arita, D. Honecker, H. M. Ronnow, Y. Tokura, S. Seki	4. 巻 4
2. 論文標題 Multiple-q non-collinear magnetism in an itinerant hexagonal magnet	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 3402
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.aau3402	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 Y. Okamura, S. Seki, S. Bordacs, A. Butykai, V. Tsurkan, I. Kezsmarki, and Y. Tokura	4. 巻 122
2. 論文標題 Microwave Directional Dichroism Resonant with Spin Excitations in the Polar Ferromagnet GaV4S8	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Lett.	6. 最初と最後の頁 57202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.122.057202	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 L. V. Abdurakhimov, S. Khan, N. A. Panjwani, J. D. Breeze, M. Mochizuki, S. Seki, Y. Tokura, J. J. L. Morton, and H. Kurebayashi	4. 巻 99
2. 論文標題 Magnon-photon coupling in a noncollinear magnetic insulator Cu20Se03	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 140401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.140401	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 T. Nakajima, V. Ukleev, K. Ohishi, H. Oike, F. Kagawa, S. Seki, K. Kakurai, Y. Tokura, T. Arima	4. 巻 87
2. 論文標題 Uniaxial-stress Effects on Helimagnetic Orders and Skyrmion Lattice in Cu20Se03	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 94709
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.87.094709	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15件（うち招待講演 15件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 S. Seki
2. 発表標題 Skyrmions in Centrosymmetric Magnets
3. 学会等名 Materials Research Society (MRS) Fall Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 関 真一郎
2. 発表標題 磁気スキルミオンの物質設計と三次元ダイナミクス
3. 学会等名 ISSPワークショップ「量子物質研究の最近の進展と今後の展望」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Seki
2. 発表標題 Coherent signal transfer along skyrmion strings
3. 学会等名 British-German WE-Heraeus-Seminar "Skyrmions in Magnetic Materials" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Seki
2. 発表標題 Propagating spin excitations along skyrmion strings
3. 学会等名 Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Seki
2. 発表標題 Coherent signal transfer along skyrmion strings
3. 学会等名 The Future of Topological Materials, Princeton (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Seki
2. 発表標題 Coherent propagation of spin excitations along skyrmion strings
3. 学会等名 Magnonics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Seki
2. 発表標題 Coherent signal transfer along skyrmion strings
3. 学会等名 第43回日本磁気学会学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 関 真一郎
2. 発表標題 磁気スキルミオンの物質設計
3. 学会等名 第4回固体化学フォーラム研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Seki
2. 発表標題 Coherent signal transfer along skyrmion strings
3. 学会等名 Kavli ITS-APW-Tsinghua-RIKEN Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Seki
2. 発表標題 Skyrmions in Chiral Multiferroic Insulators
3. 学会等名 International Conference on Magnetism (ICM) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Seki
2. 発表標題 Coherent signal transfer through skyrmion strings
3. 学会等名 Sol-Skymag (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 関 真一郎
2. 発表標題 スキルミオンひもを用いた情報伝送
3. 学会等名 新学術領域研究「トポロジーが紡ぐ物質科学のフロンティア」第4回領域研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Seki
2. 発表標題 Coherent signal transfer through skyrmion strings
3. 学会等名 International School on Spintronics and Korea-Japan Spintronics Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 関 真一郎
2. 発表標題 Magnetic skyrmions: Particles and Strings
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 関 真一郎
2. 発表標題 スキルミオンストリングを使った情報伝送
3. 学会等名 日本物理学会2019年春季大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東京大学 大学院工学系研究科 物理工学専攻 / 総合研究機構 関研究室 http://seki lab.net</p> <p>磁気渦の新しい生成機構を発見 - 磁気渦を情報担体とする磁気記憶素子の実現に期待 - http://www.riken.jp/pr/press/2018/20181117_1/</p> <p>「スキルミオンひも」を用いた信号伝達に成功 - フレキシブルで超低消費電力な新しい情報伝送路の実現に期待- https://www.t.u-tokyo.ac.jp/soe/press/setnws_202001151043359119734981.html</p> <p>新機構が生み出す過去最小の磁気渦粒子を発見 - 超高密度な次世代情報担体としての活用に期待- https://www.t.u-tokyo.ac.jp/soe/press/setnws_202005190901563548026362.html</p> <p>微小な磁気渦の内部変形が引き起こす渦の配列変化 https://www.t.u-tokyo.ac.jp/soe/press/setnws_202011111556129198531571.html</p> <p>伝導電子に浮かび上がる磁気構造 - ナノスケールの磁気渦構造をなす新機構への手がかり - https://www.t.u-tokyo.ac.jp/foe/press/setnws_202011241121263381510926.html</p>
--

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