

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：82110

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20H01864

研究課題名(和文)量子ビームの相補利用でみるf電子系のトポロジカル磁気秩序

研究課題名(英文) Probing topological order in f-electron system via complementary use of quantum beams

研究代表者

金子 耕士 (Kaneko, Koji)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 原子力科学研究所 物質科学研究センター・研究主幹

研究者番号：30370381

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,200,000円

研究成果の概要(和文)：本課題では、これまでd電子系を中心に研究されてきた、磁気スキルミオンを代表とするトポロジカル磁気秩序状態について、新たにf電子系に着目し、中性子、放射光、ミュオンの量子ビームプローブを相補的に駆使して、その本質に迫ることを目的とした。試料の正確な方位決めを可能とする環境、および外場下での中性子散乱実験環境の構築を進めた後、EuPtSiにおける磁場敏感な異方的スキルミオン相の検出およびそのダイナミクス、関連物質EuPtGeのスキルミオン相の検出に加え、新たなEu系磁気スキルミオン化合物EuAl4における多段磁気秩序の解明などの成果を挙げた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

次世代省電力デバイスの候補としても期待されるトポロジカル磁気秩序について、f電子系を対象として研究を行った結果、d電子系とは異なる、より単周期かつ磁場方向依存性の強い磁気スキルミオン格子の実現を明らかにした。この成果は、学術的には、d電子での交換およびDM相互作用の競合とは異なる、新たなメカニズムで磁気スキルミオンが生じることを示している。また応用面から、より単周期、高密度での磁気スキルミオンが可能であることを明らかに出来た点で有意義であると言える。本成果は、より一般的な化合物でも普遍的に磁気スキルミオンが実現していることを示唆するもので、物質探索においても有益な知見を提供することが出来た。

研究成果の概要(英文)：In this project, we focused on topological magnetic ordered states in f-electron systems, represented by magnetic skyrmions mostly found in d-electron systems. In order to get insights into its static structures and their dynamics, we employed complementary use of neutron, synchrotron and muon spectroscopies.

At first, we established an environment that allows precise orientation of the sample and a neutron scattering experiment under an external field. Then we revealed characteristics of magnetic skyrmions in f-electrons, such a magnetic field-sensitive anisotropic skyrmion phase in EuPtSi and their dynamics, another skyrmion phase in the isostructural EuPtGe with a peculiar ordering vector, as well as a multistep magnetic transitions in new Eu-based magnetic skyrmion compound EuAl4. Overall, this project succeeded to provide new form of topological magnetic order realized in f-electron compounds.

研究分野：強相関物性，中性子散乱，放射光X線

キーワード：トポロジカル磁気秩序 中性子散乱 放射光実験 muSR 磁気スキルミオン格子 Eu化合物 Gd化合物

1. 研究開始当初の背景

磁気スキルミオン格子に代表されるトポロジカル磁気秩序は、**MnSi** などの *d* 電子系を中心に研究されてきたが、最近、**EuPtSi** や **Gd** 化合物など *f* 電子系化合物でも実現することが応募者らにより発見された。*f* 電子系では短周期や異方性など、*d* 電子系にはない新奇な特徴を有し、単周期による巨大なトポロジカルホール効果などから、その特徴に注目が集まっていた。一方で物質例はまだ限られており、その秩序構造の多様性やその外場応答などの特性に加え、結晶対称性などの発現条件など、多くの謎が残されていた。また *d* 電子系と比べ、低温、強磁場などの極端条件が必要とされることに加え、正確な試料のアライメントが必要など、多くの実験的な困難も存在した。

2. 研究の目的

本課題では *f* 電子系で実現する磁気スキルミオンなどのトポロジカル磁気秩序に着目し、中性子などのビームプローブを用いて、その秩序の多様性や形成機構などの本質に迫ることを目的とした。合わせて、これらの実験を可能にするための試料方位調整機構や、低温強磁場下での実験環境の構築することを目指した。具体的な対象物質としては、カイラル磁性体 **EuPtSi**、および同じ結晶構造を持つ **EuPtGe**、より低対称の 2 元系化合物 **EuAl₄**、新たな候補物質として巨大なホール異常を示す希土類化合物を対象とし、静的には秩序構造や磁気異方性、軌道磁気モーメントの影響を系統的に明らかにするとともに、ダイナミクスの研究を行い、*f* 電子系におけるトポロジカル磁気秩序のより普遍的な理解を目指した。

3. 研究の方法

上記の目的を達成するため、広範な波数-エネルギー空間を網羅することを目的として、中性子、放射光、ミュオンの異なるビームプローブを相補的に駆使した。この内、中性子および放射光 X 線を用いて静的な側面、秩序構造やその外場依存性を詳細に調べた。また本研究の主たる対象である **Eu**、**Gd** は中性子の吸収体であるため、ダイナミクスの研究には、 μ SR を使用した。実験では、外場下での複雑な磁気構造の解明を実現するため、再稼働した定常中性子源 **JRR-3** に加え、同一敷地内に立地するパルス中性子源およびミュオン実験施設 **J-PARC MFL**、海外施設である **Oak Ridge** 国立研究所 **HFIR** など最先端の装置を駆使し、最適な条件での研究を進めた。

4. 研究成果

(1) トリリウム化合物 **EuPtSi** における磁気スキルミオン相の詳細

そもそも本研究課題は、カイラル構造をもつ **EuPtSi** における磁気スキルミオン格子の発見に端を発する。その際、中性子および放射光 X 線を用いた共鳴散乱実験により、特異な秩序波数をもつ短周期の磁気スキルミオン格子が実現していることを明らかにした。本研究課題においては、さらにその研究を進めた。

まず中性子小角散乱および単結晶中性子回折実験から、磁気スキルミオン相に当たる A 相(図 1 (a))について、その安定性を調べた。A 相における中性子小角散乱実験では、スキルミオン格子に起因した明瞭な信号の観測に成功した(図 1(b))。このピークに関して、温度履歴を確認したところ、ゼロ磁場冷却においては、1.2T 0.3 K においてピークは存在せず、報告の相図通り A 相は低温まで存在しないことを確認した。一方、磁場冷却をしたところ、ピークは 0.3 K まで存在すること、すなわち顕著な温度履歴が存在することを明らかにした。これは A 相が準安定状態であることを示している。この時の冷却は、クエンチではなく通常の冷却であり、**MnSi** などとは状況が異なることも明らかにした。

次に同様の小角散乱実験において、印加磁場方向を回転した測定を行った。その結果、観測されたピークが 10° マグネットを回転させることで消失することを確認した。この振る舞いは、磁場方向に追従するスキルミオン格子を持つ **MnSi** とは対象的な振る舞いで、報告された磁場異方性の相図と一致するものである。この対象的な振る舞いは、短周期により格子との結合がより強いことに起因した、*f* 電子系における特徴だと考えられる。

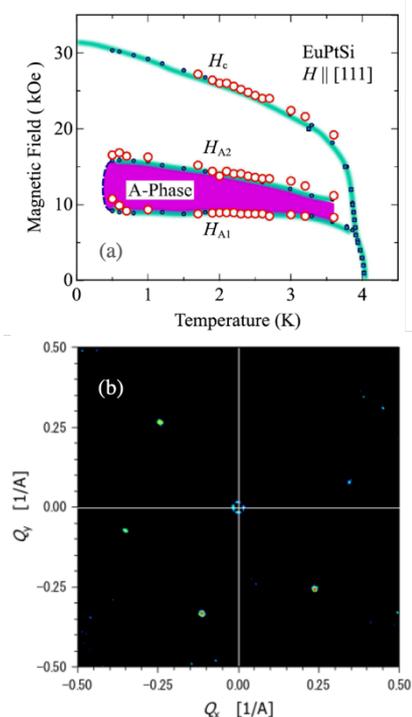


図1 (a) **EuPtSi** の $B \parallel [111]$ の磁気相図. (Kakihina *et al.* JPSJ.) (b) 1.2 T, 0.3 K における中性子小角散乱パターン.

また EuPtSi のダイナミクスについて調べることを目的として行った NMR および μ SR 実験では, Eu のスピン揺らぎの検出に成功した. その結果, 外場により, 顕著にスピン揺らぎが抑制されることを明らかにし, またこの系において顕著なフラストレーションが存在することを示唆する結果が得られた. EuPtSi の磁気スキルミオン形成メカニズムを理解する上で, 重要な指針が得られた.

(2) 関連物質 EuPtGe における磁気スキルミオン相の探索

EuPtSi における磁気スキルミオン格子の特徴の一つは, 基底状態および A 相における低対称の秩序波数 $\mathbf{q}_1=(0.2, 0.3, 0)$ および $\mathbf{q}_2=(0.09, 0.20, 0.28)$ である. EuPtSi における磁気スキルミオン相およびこの秩序波数の普遍性を明らかにする目的で, 同じ結晶構造をもつ EuPtGe を対象として, 磁場中中性子回折実験を行った.

EuPtGe も EuPtSi と同様の存在領域を持つ磁場誘起秩序相 (A' 相) が存在する. 今回, 基底状態および A' 相について単結晶中性子回折実験を行い, その結果, 基底状態のカイラル磁気相の秩序波数は, $\mathbf{q}_1=(0.2, 0.3, 0)$ と同一であることを確認した. 一方, 図 3 に示す磁場誘起相については, EuPtSi と同じく極めて対称性の低い非整合磁気秩序である一方, その値は異なることが確認された. すなわち, A 相の秩序波数は, 物質固有であることを示しており, その起源を明らかにする上で重要な手がかりが得られた.

(3) 2 元系化合物 EuAl₄ における磁気多段転移および磁気スキルミオン相の形成

カイラル構造をもつ EuPtSi に対し, よりシンプルな 2 元系である EuAl₄ は正方晶の単純な結晶構造を有する. EuAl₄ に対し同じ電子構造を有すると考えられる EuGa₄ が $T_N=16$ K の単純な磁気秩序を示す一方で, EuAl₄ は高温での CDW 秩序に加え, $T_N=16$ K 以下で 4 段もの多段磁気転移を示す. 加えて磁場下で複雑な磁場誘起相転移を示すことに加え, 輸送特性に異常が見られたことから, 磁気スキルミオン格子の形成が期待された.

まずゼロ磁場での多段磁気転移について明らかにするため, 飛行時間ラウエ法を用いた単結晶回折実験を行い, その詳細を調べた. その結果, 磁気秩序下では長周期構造を示し, 多段転移において $\mathbf{q}=(\delta, 0, 0)$ から $\mathbf{q}=(\delta, \delta, 0)$ へと複雑な変化を示すことを明らかにした. これは EuGa₄ で見られた $\mathbf{q}=(0, 0, 0)$ の単純な反強磁性とは対照的な結果であった. 加えて磁場中については, 共鳴 X 線回折実験から, 高次反射の観測に成功し, 磁気スキルミオン格子が形成されていることを明らかにした. 2 元系かつ, 低結晶対称性の下での磁気スキルミオン格子の発現は, これがより普遍的に存在することを示唆するものであり, その秩序形態についても多様性があることを期待させる重要な結果が得られた.

(4) 2 元系 Gd 化合物 GdCu₂ における反強磁性状態の検証

これまでに記した Eu 化合物に加え, 同じく軌道磁気モーメントを持たない Gd 化合物においても磁気スキルミオン格子の実現が期待され, 実際に報告も上がっている. これらの物質に共通する点の一つは, 基底状態がらせん構造を持つ点にある.

今回, らせん磁性をもつ GdCu₂ について, まずその基底状態の検証を行った. Gd は Eu 以上の中性子吸収体であり, 一般にはその吸収を抑制するため, 短波長の中性子を利用する. これにより十分な強度が得られる一方, 分解能が著しく低下するデメリットがある. 今回, 敢えて長波長の中性子を利用し, 特定の磁気反射について高分解能での回折実験を行った. その結果, 報告されていた整合波数でのらせん磁

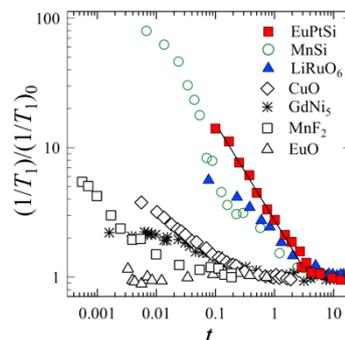


図 2 EuPtSi および関連物質の規格化緩和率の温度変化.

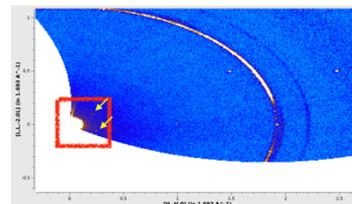


図 3 EuPtGe の A 相における中性子回折パターン.

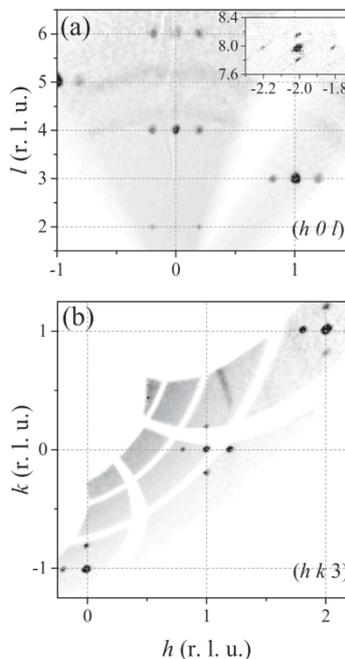


図 4 EuAl₄ の磁気秩序相における中性子回折パターン.

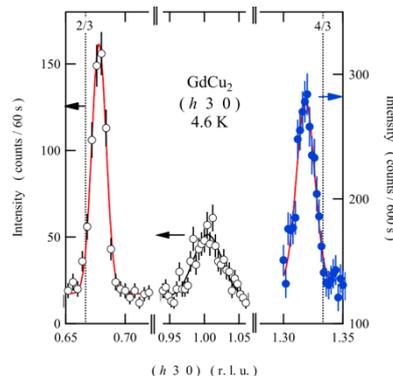


図 5 GdCu₂ で観測された非整合磁気反射

性ではなく、 GdCu_2 のらせん磁性が非整合であることを明らかにした。これに続くスキルミオン格子の研究においては、正確な秩序波数を知ることは、その起源を考える上で重要であるため、目的に応じて長波長での中性子散乱が有効であることを示すことが出来た。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 19件／うち国際共著 10件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Do Seung-Hwan, Kaneko Koji, Kajimoto Ryoichi, Kamazawa Kazuya, Stone Matthew B., Lin Jiao Y., Itoh Shinichi, Masuda Takatsugu, Samolyuk German D., Dagotto Elbio, Meier William R., Sales Brian C., Miao Hu, Christianson Andrew D.	4. 巻 105
2. 論文標題 Damped Dirac magnon in the metallic kagome antiferromagnet FeSn	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 L180403-1 ~ 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.105.L180403	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 Do Seung-Hwan, Paddison Joseph A. M., Sala Gabriele, Williams Travis J., Kaneko Koji, Kuwahara Keitaro, May Andrew F., Yan Jiaqiang, McGuire Michael A., Stone Matthew B., Lumsden Mark D., Christianson Andrew D.	4. 巻 106
2. 論文標題 Gaps in topological magnon spectra: Intrinsic versus extrinsic effects	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 L060408-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.106.L060408	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 Gruner T., Lucas S., Geibel C., Kaneko K., Tsutsui S., Schmalzl K., Stockert O.	4. 巻 106
2. 論文標題 Phonon softening in Lu(Pt _{1-x} Pdx) ₂ In close to a zero-temperature structural instability	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 115142-1 ~ 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.106.115142	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 Matsumura Takeshi, Tsukagoshi Mitsuru, Ueda Yoshihisa, Higa Nonoka, Nakao Akiko, Kaneko Koji, Kakahana Masashi, Hedo Masato, Nakama Takao, Onuki Yoshichika	4. 巻 91
2. 論文標題 Cycloidal Magnetic Ordering in Noncentrosymmetric EuIrGe ₃	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 073703-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.073703	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 Higemoto Wataru, Satoh Kazuhiko, Ito Takashi U., Ohishi Kazuki, Saiga Yuta, Kosaka Masashi, Matsubayashi Kazuyuki, Uwatoko Yoshiya	4. 巻 2462
2. 論文標題 Magnetic ground state of YbCo ₂ Zn ₂₀ probed by muon spin relaxation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012039 ~ 012039
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/2462/1/012039	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 Higemoto Wataru, Yokoyama Makoto, Ito Takashi U., Suzuki Taiga, Raymond Stephane, Yanase Youichi	4. 巻 119
2. 論文標題 Direct measurement of the evolution of magnetism and superconductivity toward the quantum critical point	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 e2209549119-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.2209549119	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 Q. Sheng, T. Kaneko, K. Yamakawa, Z. Guguchia, Z. Gong, G. Zhao, G. Dai, C. Jin, S. Guo, L. Fu, Y. Gu, F. Ning, Y. Cai, K. M. Kojima, J. Beare, G. M. Luke, S. Miyasaka, M. Matsuura, S.-i. Shamoto, T. U. Ito, W. Higemoto, A. Gauzzi, Y. Klein, Y. J. Uemura	4. 巻 4
2. 論文標題 Two-step Mott transition in Ni(S,Se) ₂ : μ SR studies and charge-spin percolation model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 033172-1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.4.033172	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 Ito Takashi U.	4. 巻 20
2. 論文標題 Hydrogen-Ti ³⁺ Complex as a Possible Origin of Localized Electron Behavior in Hydrogen-Irradiated SrTiO ₃	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 e-Journal of Surface Science and Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 128 ~ 134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1380/ejssnt.2022-021	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 Kaneko Koji, Kawasaki Takuro, Nakamura Ai, Munakata Koji, Nakao Akiko, Hanashima Takayasu, Kiyonagi Ryoji, Ohhara Takashi, Hedo Masato, Nakama Takao, Onuki Yoshichika	4. 巻 90
2. 論文標題 Charge-Density-Wave Order and Multiple Magnetic Transitions in Divalent Europium Compound EuAl4	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 064704 ~ 064704
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.064704	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 Higa N., Ito T. U., Yogi M., Hattori T., Sakai H., Kambe S., Guguchia Z., Higemoto W., Nakashima M., Homma Y., Nakamura A., Honda F., Shimizu Y., Aoki D., Kakihana M., Hedo M., Nakama T., Onuki Y., Tokunaga Y.	4. 巻 104
2. 論文標題 Critical slowing-down and field-dependent paramagnetic fluctuations in the skyrmion host EuPtSi: μ SR and NMR studies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 045145 ~ 045145
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.104.045145	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 Dolezal Petr, Cejpek Petr, Tsutsui Satoshi, Kaneko Koji, Legut Dominik, Carva Karel, Javorsky Pavel	4. 巻 11
2. 論文標題 Lattice dynamics in CePd2Al2 and LaPd2Al2	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 20878 ~ 20878
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-99904-7	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 該当する

1. 著者名 Knafo W., Knebel G., Steffens P., Kaneko K., Rosuel A., Brison J.-P., Flouquet J., Aoki D., Lapertot G., Raymond S.	4. 巻 104
2. 論文標題 Low-dimensional antiferromagnetic fluctuations in the heavy-fermion paramagnetic ladder compound UTe2	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 L100409 ~ L100409
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.104.L100409	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 Raymond Stephane, Knafo William, Knebel Georg, Kaneko Koji, Brison Jean-Pascal, Flouquet Jacques, Aoki Dai, Lapertot Gerard	4. 巻 90
2. 論文標題 Feedback of Superconductivity on the Magnetic Excitation Spectrum of UTe ₂	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 113706 ~ 113706
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.113706	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 Tsutsui Satoshi, Higashinaka Ryuji, Nakamura Raito, Fujiwara Kosuke, Nakamura Jin, Kobayashi Yoshio, Ito Takashi U., Yoda Yoshitaka, Kato Kazuo, Nitta Kiyofumi, Kawamura Naomi, Mizumaki Masaichiro, Matsuda Tatsuma D., Aoki Yuji	4. 巻 242
2. 論文標題 Sm valence determination of Sm-based Intermetallics using ¹⁴⁹ Sm Moessbauer and Sm LIII-edge X-ray absorption spectroscopies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Hyperfine Interactions	6. 最初と最後の頁 32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10751-021-01759-x	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 Takagi Rina, Matsuyama Naofumi, Ukleev Victor, Yu Le, White Jonathan S., Francoual Sonia, Mardegan Jose R. L., Hayami Satoru, Saito Hiraku, Kaneko Koji, Ohishi Kazuki, Onuki Yoshichika, Arima Taka-hisa, Tokura Yoshinori, Nakajima Taro, Seki Shinichiro	4. 巻 13
2. 論文標題 Square and rhombic lattices of magnetic skyrmions in a centrosymmetric binary compound	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 1472
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-022-29131-9	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 Nakamura Naoki, Higashinaka Ryuji, Fushiya Kengo, Tsubota Ryo, Ito Takashi U., Higemoto Wataru, Nakao Akiko, Kiyonagi Ryoji, Ohara Takashi, Kaneko Koji, Matsuda Tatsuma D., Aoki Yuji	4. 巻 29
2. 論文標題 μ SR and Neutron Scattering Studied on Possible Partially-Disordered Magnetic State Coexisting with Heavy Quasiparticles in SmPt ₂ Si ₂	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 12009
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJP.29.012009	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 Kaneko Koji, Cheung Yiu Wing, Hu Yajian, Imai Masaki, Tanioku Yasuaki, Kanagawa Hibiki, Murakawa Joichi, Moriyama Kodai, Zhang Wei, Lai Kwing To, Matsuda Masaaki, Yoshimura Kazuyoshi, Tsutsui Satoshi, Goh Swee Kuan	4. 巻 30
2. 論文標題 Nature of Structural Instabilities in Superconducting Sr3Ir4Sn13	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 11032
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.30.011032	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 Kaneko Koji, Tabata Chihiro, Hagihara Masato, Yamauchi Hiroki, Kubota Masato, Osakabe Toyotaka, Onuki Yoshichika	4. 巻 92
2. 論文標題 Incommensurate Nature of the Antiferromagnetic Order in GdCu2	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 85001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.92.085001	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 Matsumura Takeshi, Tabata Chihiro, Kaneko Koji, Nakao Hironori, Kakihana Masashi, Hedo Masato, Nakama Takao, Onuki Yoshichika	4. 巻 109
2. 論文標題 Single helicity of the triple-q triangular skyrmion lattice state in the cubic chiral helimagnet EuPtSi	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 174437
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.109.174437	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24件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 K. Kaneko, C. Tabata, T. Takeuchi, M. D. Frontzek, M. Matsuda, K. Ohishi, T. U. Ito, K. Munakata, R. Kiyonagi, M. Kakihana, M. Hedo, T. Nakama and Y. Onuki
2. 発表標題 Magnetic Skyrmion Lattice in Eu-based Trillium Lattice Compound EuPtX (X=Si, Ge)
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 K. Kaneko
2. 発表標題 Updates on Facility and Sample Environment from JRR-3
3. 学会等名 10th International Workshop on Sample Environment (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Kaneko, M. Hagihala, H. Yamauchi, Y. Oba, T. Kumada, M. Kubota, C. Tabata, Y. Kojima, Y. Shimojo, K. Kodama, T. Osakabe
2. 発表標題 New Standard for Low Temperature Sample Environment at JAEA/JRR-3
3. 学会等名 10th International Workshop on Sample Environment (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 荒木新吾, 岩本凱成, 秋葉和人, 小林達生, 宗像孝司, 長壁豊隆, 金子耕士
2. 発表標題 -Mnの圧力誘起磁気秩序相 の磁気構造
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 松村武, 上田祥央, 塚越舜, 比嘉野々花, 中尾朗子, 金子耕士, 垣花将司, 辺土正人, 仲間隆男, 大貫惇睦
2. 発表標題 反転心を持たない磁性体EuIrGeにおけるサイクロイド型磁気構造
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 東中隆二, 北川紘章, 金子耕土, 伊藤孝, 大原高志, 田端千紘, 鬼柳亮嗣, 萩原雅人, 中尾朗子, 神戸振作, 松田達磨, 青木勇二
2. 発表標題 SmAu ₃ Al ₁₇ が示す重い電子状態と共存した部分無秩序相における磁気構造
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 荒木新吾, 多田龍輝, 秋葉和人, 小林達生, 田端千紘, 金子耕土, 長壁豊隆
2. 発表標題 -Mnの常圧反強磁性相の磁気構造
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 太田玖吾, 渡部悠貴, 松本裕司, 田端千紘, 金子耕土, 芳賀芳範
2. 発表標題 反強磁性体U ₂ Pt ₆ Al ₁₅ の中性子散乱
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Chihiro Tabata
2. 発表標題 Magnetic Order in Honeycomb Layered U ₂ Pt ₆ Ga ₁₅ Studied by Resonant X-ray Scattering
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 Chihiro Tabata
2. 発表標題 Resonant X-ray Scattering Study of 5f-electrons in uranium intermetallics
3. 学会等名 International workshop on Microscopic Properties of Quantum Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田端千紘
2. 発表標題 放射光・中性子の相補利用によるアシンメトリ量子観測
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Koji Kaneko
2. 発表標題 Magnetic skyrmion lattice in 4f-based chiral magnet EuPtX
3. 学会等名 ORNL Workshop "Polarized Neutrons for Diffraction and Inelastic Scattering" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Kaneko, C. Tabata, T. Takeuchi, M. D. Frontzek, M. Matsuda, K. Ohishi, T. U. Ito, K. Munakata, R. Kiyonagi, M. Kakihana, Y. Onuki
2. 発表標題 Magnetic skyrmion lattice in cubic f-electron magnet EuPtX
3. 学会等名 IOP CRIM 2021: Magnetic skyrmions (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金子耕士
2. 発表標題 JRR-3 3軸分光器における偏極中性子散乱の展望
3. 学会等名 東北大学金属材料研究所ワークショップ「二大中性子源を活用する偏極中性子スピン科学の推進」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takashi U. Ito
2. 発表標題 μ +SR as a Potential Tool for Depth-resolved Detection of Oxygen Vacancies in Perovskite Oxides
3. 学会等名 Material Research Meeting 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takashi U. Ito
2. 発表標題 Positive Muons in SrTiO ₃ : Electronic Structure of the Hydrogen-Like Defects and Their Potential Use in Depth-Resolved Detection of Oxygen Vacancies
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science (ISSS-9) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田端千紘, 今布咲子, 日比野瑠央, 中尾裕則, 清水悠晴, 本間佳哉, 青木大, 網塚浩
2. 発表標題 擬力ゴメ格子磁性体URhSnの共鳴X線散乱
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 今布咲子, 三浦紘大, 日比野瑠央, 日高宏之, 柳澤達也, 田端千紘, 中尾裕則, 網塚浩
2. 発表標題 共鳴X線散乱によるUPt ₂ Si ₂ の電荷密度波および反強磁性秩序状態の観測
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 金子耕士
2. 発表標題 EuPtXにおける磁気スキルミオン相と磁場応答
3. 学会等名 科研費新学術領域「J-Physics:多極子伝導系の物理」最終成果報告会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Kaneko, C. Tabata, T. Takeuchi, M. D. Frontzek, M. Matsuda, K. Ohishi, T. U. Ito, K. Munakata, R. Kiyonagi, M. Kakihana, Y. Onuki
2. 発表標題 News from JRR-3
3. 学会等名 Virtual International Sample Environment Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金子耕士
2. 発表標題 原子力機構装置群を活用したJRR-3再稼働後の強相関電子系研究: J-PARCとの相補利用
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 金子耕士
2. 発表標題 JAEA装置群の高度化とサイエンスの展開
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 金子 耕士, 山内 宏樹, 樹神 克明, 佐々木 未来, 下条 豊, 長壁 豊隆
2. 発表標題 JRR-3におけるJAEA試料環境の再構築
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 田端千紘, 芳賀芳範, 今布咲子, 村田怜也, 網塚浩, 中尾裕則, 松本裕司, 山村朝雄
2. 発表標題 共鳴X線散乱によるU2Pt6Ga15の磁気構造の研究
3. 学会等名 日本物理学会第76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
研究 分担者	伊藤 孝 (Ito Takashi U) (10455280)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究 部門 原子力科学研究所 先端基礎研究センター・研究副主 幹 (82110)	

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 分 担 者	田端 千紘 (Tabata Chihiro) (60783496)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究 部門 原子力科学研究所 物質科学研究センター・研究職 (82110)	

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	Oak Ridge National Laboratory	University of Tennessee		
フランス	CEA Grenoble	CNRS	Institut Laue Langevin	
ドイツ	MPI-CPFS	University of Frankfurt		
スイス	Paul Scherrer Institut			
中国	Chinese University of Hong Kong			
チェコ	Charles University			