

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：11301

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B)）

研究期間：2019～2023

課題番号：19KK0069

研究課題名（和文）マルチアナライザー冷中性子分光による磁気準粒子の非相反性とトポロジカル保護の研究

研究課題名（英文）Study on nonreciprocity and topological protection of magnetic quasiparticles using multi-analyzer cold neutron spectroscopy

研究代表者

佐藤 卓（SATO, TAKU）

東北大学・多元物質科学研究所・教授

研究者番号：70354214

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,100,000円

研究成果の概要（和文）：近年マグノン・スピノン・トリプロン等に代表される磁気準粒子がスピン流運搬の観点から再び脚光を浴びている。本研究ではこれら磁気準粒子の分散関係の効率的な測定を可能にするため、米国ブルックヘブン国立研究所および米国オークリッジ国立研究所の研究者と共同で高効率マルチアナライザー分光法の原理検証を行い、その実証に成功した。また、実際に種々の磁性体の磁気励起等を測定することによりマグノンやスピノン励起における非対称磁気分散の起源解明や種々の新物質に対する磁気相互作用決定等に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の最も大きな成果は高効率マルチアナライザー分光法の原理実証に成功したことである。中性子非弾性散乱は磁性体の磁気励起分散のみならず、種々の凝縮系物質の性質解明に非常に重要なツールであるが、これまで世界的に見ても実験が限られた施設でしか行えず、また、これに関連してビームタイムが慢性的に不足している状況が続いており、研究進展への大きな制約となってきた。本研究で提案するマルチアナライザー分光法はこのような状況を改善すると考えられるためその意義は大きい。また、本研究で明らかになった種々の磁気準粒子分散はスピン流運搬の観点からは重要な情報であり将来の応用に向けた基礎的な知見としての意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：Recently, magnetic quasiparticles, such as magnons, spinons, and triplons, attracts renewed interest owing to its potential for the spin current transport. It is, hence, long desired to establish high efficiency neutron inelastic scattering method to accelerate magnetic quasiparticle research. In this study, we have succeeded in demonstrating the principle of high-efficiency multi-analyzer spectroscopy in collaboration with researchers at Brookhaven National Laboratory and Oak Ridge National Laboratory in the U.S., We have also succeeded in clarifying the origin of asymmetric dispersion relations of the magnon and spinon excitations and in determining magnetic interactions in various new materials by actually measuring their magnetic excitations.

研究分野：磁性・中性子散乱

キーワード：冷中性子分光 マルチアナライザー 磁気準粒子 非相反性 トポロジカル保護

1. 研究開始当初の背景

マグノン・スピノン・トリプロン等に代表される磁性体中の協力的(集团的)磁気励起(磁気準粒子)は古くから研究が続けられてきたが、近年それらがスピン量子を運搬するという事実が再認識され、新たな側面から注目を集めている。本研究を開始した2019年頃においては、我々を含む複数のグループがマグノンの非相反伝播やトポロジカルトリプロンの端状態形成等を報告するなど、マグノン・スピノン・トリプロン等によるスピン流運搬に関する基礎的な知見が蓄積され始めた時期であった。他方、実際にこれらの磁気準粒子のスピン流運搬利用を考えた場合、磁気準粒子伝播の制御や散逸からの保護を実現する必要があるが、これらに関して有効な手立てが模索されていた段階でもあった。磁気準粒子研究においては磁気励起の空間・時間(もしくは波数・エネルギー)構造を詳細に調べる必要がある。このような研究を可能にする唯一無二の実験手法が中性子非弾性散乱であるが、本手法においては世界的にみても実験可能な施設に限られること、また関連して実験機会(ビームタイム)が慢性的に不足しているという二つの大きな制限があった。このような制限のもと、より効率的に磁気準粒子研究を展開するためには広い波数・エネルギー空間中の励起モード分散を効率的に短時間で測定可能な新しい実験手法の開発が強く望まれていた。このような実験手法として、サンプルからの散乱中性子を多くのアナライザーおよび検出器で同時に検出する、いわゆるマルチアナライザー法が提案され、世界的にはいくつかの施設でマルチアナライザー分光法が実現されていた。しかしながら、従来のマルチアナライザー法には種々の問題点があり、さらなる研究開発の必要性が認識されていた。加えて、2019年頃においては国内の主要な中性子実験施設の一つである研究用原子炉 JRR-3 が東日本大震災に起因する停止を余儀なくされており、実験手法開発に関しては国際協力のもと海外研究者・施設と共同で開発研究を行うことが最良の方針であると考えられた。このような背景から、磁気準粒子研究および中性子非弾性散乱法開発研究をオークリッジ国立研究所(ORNL)およびブルックヘブン国立研究所(BNL)の研究者グループと共同で行う本研究計画を提案した。

2. 研究の目的

本研究の目的は新世代マルチアナライザー分光法の開発、および磁気準粒子の伝播制御の学理構築である。

新世代マルチアナライザー分光法開発に関しては、過去に実現されている MACS (Multi-Axis Crystal Spectrometer, 米国標準技術研究所) 法や CAMEA (Continuous Angle Multiple Energy Analysis; ポールシェラー研究所) 法、さらには本研究の共同研究者である Zaliznyak 博士(BNL)らの提唱する IRIS (Inverse Rowland Inelastic Spectrometer) 法等の原理検証と数値シミュレーションによる性能比較を行う。その上で、本研究の目的に最適と判断された分光法の試験機を製作し実際に性能評価を行うことで原理実証を行う。これにより将来の本格実用機製作に向けた技術基盤を確立する。

磁気準粒子の伝播制御学理構築に関しては、これまで研究代表者のグループで研究が進んできた非相反マグノン物質 $\alpha\text{-Cu}_2\text{V}_2\text{O}_7$ の電場下でのマグノン伝播制御や、量子磁性体におけるスピノン非相反伝播をもたらすスピノン分散形状の発見を目的とした。さらに磁気準粒子伝播制御により適した物質を探索する目的で、2次元量子反強磁性ダイマー系、強磁性籠目格子系等の新物質探索を行うことも目的とした。

3. 研究の方法

上述の第一の目的を達成するため、本研究では以下の手法を用いた。

- (1) マルチアナライザー分光法の数値シミュレーションによる性能評価と分光法決定
数値的な手法 (McStas を用いた中性子レイトレーシング等)を用いて種々のマルチアナライザー法の性能評価を行う。さらに、数値的に得られた効率化係数、工学成立性および中性子バックグラウンド等の経験的な見積もりより実証機製作における分光手法を決定する。
- (2) 実証機製作と性能評価
中性子非弾性散乱の性能向上に最も重要なアナライザーコンポーネントを中心とした実証機の製作を行う。さらに、実証機の性能を実際の中性子を用いて評価する。

上述の第二の目的を達成するため、本研究では以下の手法を用いた。

- (3) $\alpha\text{-Cu}_2\text{V}_2\text{O}_7$ および関連物質のマグノン分散測定と電場制御可能性探索
 β 型結晶構造を有する $\beta\text{-(Zn,Cu)V}_2\text{O}_7$ に関して中性子非弾性散乱を用いてマグノン分散をしらべる。また、単結晶 $\alpha\text{-Cu}_2\text{V}_2\text{O}_7$ 試料の交流電場誘起磁化の周波数依存性測定を行うことで磁気揺動と励起電場の関連を調べる。
- (4) 量子磁性体におけるスピノン分散シフト探索
スピノン励起が期待される $S = 1/2$ 異方的三角格子物質 $\text{Ca}_3\text{ReO}_5\text{Cl}_2$ の磁気励起を測定しスピノン分散を詳細に調べる。
- (5) 磁気準粒子伝播制御に適した新物質開発

種々の量子磁性体を合成し、その基礎物性測定と中性子非弾性散乱スペクトル測定から磁気準粒子分散制御可能性を明らかにする。

4. 研究成果

(1) マルチアナライザー分光法の数値シミュレーションによる性能評価と分光法決定

最初に McStas ソフトウェアを使用した中性子レイトレーシング法による分光法の性能評価を行った。シミュレーションは多岐にわたる幾何学的条件に対して行ったが、代表的な結果として本研究で採用した IRIS 法にたいして予想される検出強度およびエネルギー分解能の評価結果を図 1 に示す。シミュレーションは $E_f = 3.7 \text{ meV}$ の条件であり、アナライザーカバー角度範囲としては $45 \text{ 度} \sim 90 \text{ 度}$ を想定している。検出強度に関してはサンプル位置に仮想的な粉末試料を置き、そこからのブラッグ散乱の積分強度を散乱角度の関数として見積もった。他方、エネルギー分解能に関してはサンプル位置にバナジウム（非干渉性弾性散乱体）を置くことでエネルギー分解能の散乱角依存性を見積もった。詳細には立ち入らないが、これらの数値シミュレーション結果から IRIS 法に対して適当な分光器パラメータを決定することで過去のマルチアナライザー法と同等以上の効率、十分に低いバックグラウンド、さらに工学的に十分な製作可能性が達成できることが明らかとなった。そこで、本研究では IRIS 法を用いたマルチアナライザー法を研究の主軸と設定することを決定した。

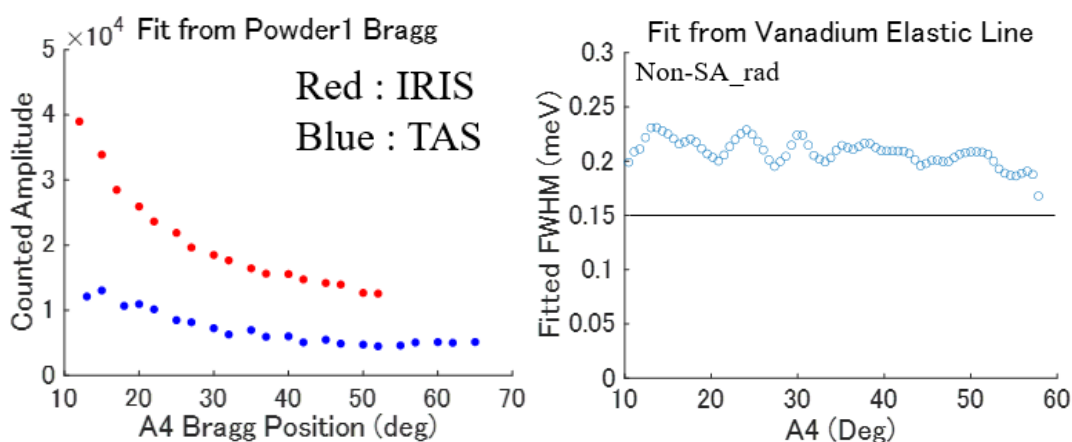


図 1: IRIS 法を仮定したマルチアナライザー分光法の数値シミュレーション結果。(左) 仮想粉末試料から想定されるブラッグ反射積分強度の散乱角度依存性。(右) 仮想バナジウム（非干渉性弾性散乱体）試料から想定されるエネルギー分解能の散乱角度依存性。

(2) 実証機製作と性能評価

工学的な成立可能性も十分に確認されたため、実証機の製作を行った。本計画ではフルサイズのマルチアナライザー分光器を製作することは目標とせず、あくまで分光法の原理検証と有効性の実証するための実証機の製作が目標である。そこで、アナライザーコンポーネントの設計製作を中心に行い、これに既存の電子クスや検出系・遮蔽体等を組み合わせることで実証実験を行った。なお、本研究計画はコロナ感染症拡大の時期と全く重なってしまったため外国渡航の目処が立たない

状況で研究を進めざるを得なかった。そこで、BNL の Zaliznyak 博士とオンラインで連絡を取り合いながら設計製作評価を進めた（なお、コロナ禍終了後 Zaliznyak 博士とは日米双方で実際に共同研究を行った。）。図 2 にシミュレーションから提案されたフルサイズのマルチアナライザー分光器の概念設計図、および本研究計画で作成したアナライザーコンポーネントの一部を

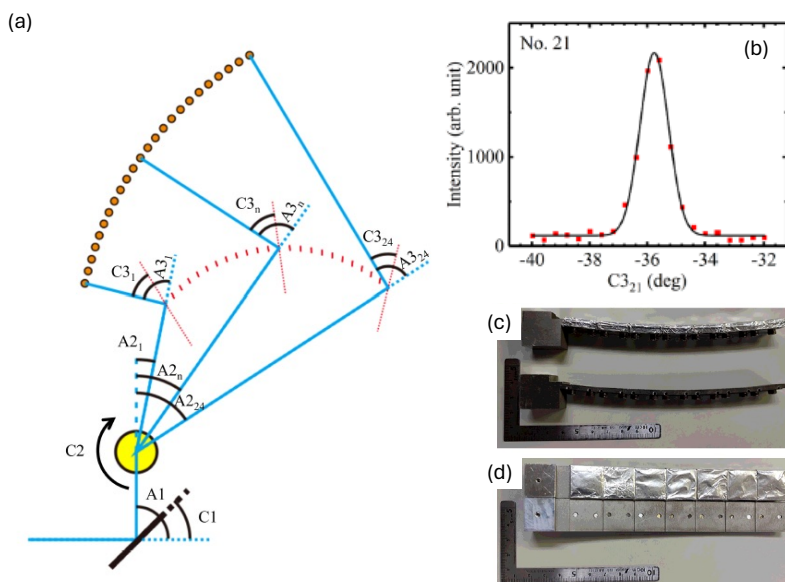


図 2: (a) IRIS 法を採用したマルチアナライザー分光法の概念図と (b-d) 本研究で作成したアナライザーコンポーネントの評価結果。

示す。アナライザーは中性子に対して高い反射率を有するパイロリティックグラファイトを縦方向に湾曲して配置することで高効率な縦集光配置とした。また、アナライザー結晶は逆ローランド配置とすることで IRIS 法の原理に忠実な設計となっている。図 2(b)には一つのアナライザーコンポーネントの評価結果であり、多数のパイロリティックグラファイト結晶を並べる設計ではあるものの十分に小さなモザイク角を実現していることがわかり、アナライザーコンポーネントの性能が確認された。このようなアナライザーコンポーネントを複数作成し、配置角度を変更しながら実際にエネルギースペクトルを測定することで、エネルギー分解能や散乱強度を評価した。図 3 に典型的なエネルギー分解能測定結果を示す。これらの結果から、IRIS 法によるマルチアナライザー分光法が高効率低エネルギー非弾性散乱分光法として非常に有効であることが確認された。

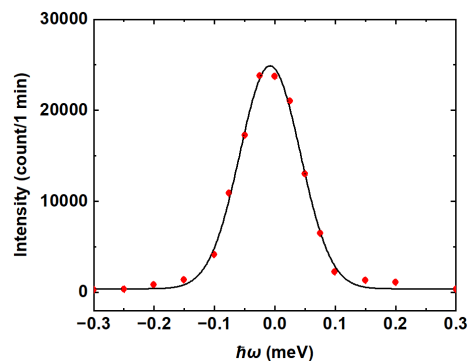


図 3: アナライザーコンポーネントの性能評価結果。エネルギー分解能の実測値。

(3) α - $\text{Cu}_2\text{V}_2\text{O}_7$ および関連物質のマグノン分散測定と電場制御可能性探索

我々のこれまでの研究により α - $\text{Cu}_2\text{V}_2\text{O}_7$ において興味深いマグノン分散が見出されている。そこで、関連する物質群のマグノン分散を測定することにより、さらなる物質例を見出すことを試みた。代表的な成果として、Zn をドーピングすることで β 型結晶構造となる β -(Zn,Cu) V_2O_7 のマグノン測定結果を図 4 に示す。本物質は α - $\text{Cu}_2\text{V}_2\text{O}_7$ とは対照的に空間反転対称性を有する物質であり、その観点から空間反転対称性を有さない α - $\text{Cu}_2\text{V}_2\text{O}_7$ との比較に興味を持たれた。図から非常に明瞭なマグノン分散が観測されていることがわかる。詳細な解析からこの物質が興味深い 2 次元スピネットワークを有することが明らかとなった。一方で、 α - $\text{Cu}_2\text{V}_2\text{O}_7$ におけるマグノン分散の大きな特徴であったゾーン中心からのシフトは β -(Zn,Cu) V_2O_7 では見られず、反転対称性の存在とマグノン分散シフトの関係が明確となった。また、 α - $\text{Cu}_2\text{V}_2\text{O}_7$ に関しては外部電場と磁性の関連をさらに詳細に理解するため、交流電場誘起磁化の精密測定を行ってきたが、図 3(b) に示す通り交流電場励起かで磁気転移温度 $T_N = 33.4$ K 近傍でのみ観測される非常に遅い磁気揺動を観測した。この遅い磁気揺動は電場で駆動される磁気ドメインの存在を示唆している可能性があり、興味深い結果であると考えている。

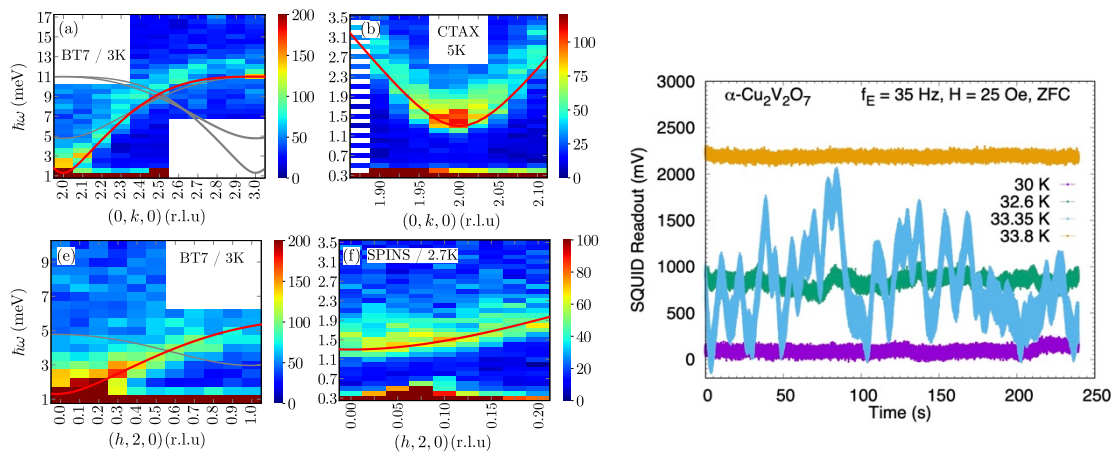


図 4: (左) β -(Zn,Cu) V_2O_7 のマグノン分散測定結果 [1]。 (右) 交流電場駆動下での磁化の揺らぎの実時間計測結果。

(4) 量子磁性体におけるスピノン分散シフト探索

スピン流運搬はマグノンに限らずスピノンやトリプルにも考えられる。本研究ではスピノン非相反伝播に関連する重要な機構として、空間反転対称性の破れによるスピノン分散のシフトの検出を試みた。物質系としては $S = 1/2$ 異方的三角格子量子磁性体である $\text{Ca}_3\text{ReO}_5\text{Cl}_2$ を選

折し、中性子非弾性散乱を駆使することでマグノン分散を詳細に調べた。なお本物質は結晶全体としては空間反転対称性を有するが、局所的に空間反転対称性が破れているため、磁性イオン間にジャロシンスキー・守谷相互作用が働く。図5に本物質の低エネルギー磁気励起スペクトルを示す。低エネルギー領域に分裂した連続モードが存在することがわかる。強度の波数依存性からはゾーン中心に対して非対称な強度分布が見られており、磁気励起が非対称にシフトしていることがわかる。この温度では本物質は磁気秩序を有するため観測されたモードはスピノンかそれとも通常のマグノンかには議論があるが、興味深いマグノンシフトが見られたことは注目される。

(5) 磁気準粒子伝播制御に適した新物質開発

本研究においては磁気準粒子伝播制御に適した新物質を見出すため多種多様な物質の合成とその基礎物性評価および中性子散乱研究を行った。代表的な成果としては鋸型格子を有する Fe_2SeO の磁気構造解析とそこから予想されるマグノン分散の検討 [3]、マルチフェロイック物質 $\text{Ba}_2\text{MnGe}_2\text{O}_7$ における磁気異方性の奇妙な温度依存性 [4]、新規マルチフェロイック物質 $\text{Cu}_2(\text{MoO}_4)(\text{SeO}_3)$ のマグノン分散の詳細な解析等が挙げられる。

<引用文献>

- [1] G. Gitgeatpong, Y. Zhao, J. A. Fernandez-Baca, T. Hong, T. J. Sato, P. Piyawongwatthana, K. Nawa, P. Sacaun, and K. Matan, *Phys. Rev. B* 106, 214438 (2022).
- [2] K. Nawa, D. Hirai, M. Kofu, K. Nakajima, R. Murasaki, S. Kogane, M. Kimata, H. Nojiri, Z. Hiroi and T. J. Sato, *Phys. Rev. Res.* 2, 043121 (2020).
- [3] K. Nawa, M. Avdeev, P. Berdonosov, A. Sobolev, I. Presnlakov, A. Aslandukova, E. Kozlyakova, A. Vasiliev, I. Shchetinin, T. J. Sato, *Sci. Rep.* 11, 24049 (2021).
- [4] S. Hasegawa, S. Hayashida, S. Asai, M. Matsuura, I. Zaliznyak, and T. Masuda, *Phys. Rev. Res.* 3, 1032023 (2021).

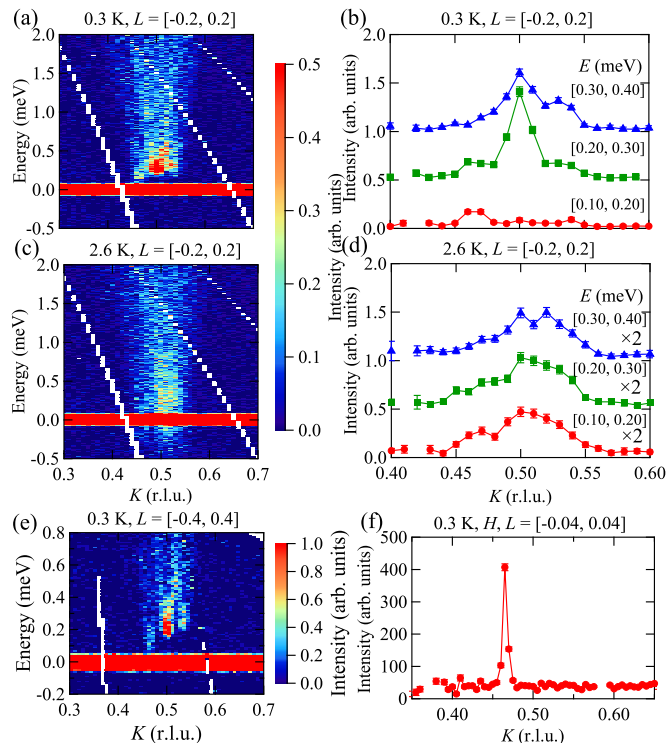


図5: $\text{Ca}_3\text{ReO}_5\text{Cl}_2$ の中性子非弾性散乱測定結果 [2]。

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 5件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Gitgeatpong G., Zhao Y., Fernandez-Baca J. A., Hong T., Sato T. J., Piyawongwatthana P., Nawa K., Saeun P., Matan K.	4. 巻 106
2. 論文標題 Magnetic structure and spin dynamics of the quasi-two-dimensional antiferromagnet Zn-doped copper pyrovanadate	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 214438-1~10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.106.214438	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 Liu Zheyuan, Araki Yusuke, Arima Taka-hisa, Itoh Shinichi, Asai Shinichiro, Masuda Takatsugu	4. 巻 107
2. 論文標題 Spin excitation in the coupled honeycomb lattice compound Ni ₂ InSbO ₆	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 064428-1~8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.107.064428	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 Do Seung-Hwan, Kaneko Koji, Kajimoto Ryoichi, Kamazawa Kazuya, Stone Matthew B., Lin Jiao Y. 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 -1~8
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 Nawa Kazuhiro, Avdeev Maxim, Berdonosov Peter, Sobolev Alexey, Presniakov Igor, Aslandukova Alena, Kozlyakova Ekaterina, Vasiliev Alexander, Shchetinin Igor, Sato Taku J.	4. 巻 11
2. 論文標題 Magnetic structure study of the sawtooth chain antiferromagnet Fe ₂ Se ₂ O	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 24049(1-9)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-021-03058-5	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 Hasegawa Shunsuke, Hayashida Shohei, Asai Shinichiro, Matsuura Masato, Igor Zaliznyak, Masuda Takatsugu	4. 巻 3
2. 論文標題 Nontrivial temperature dependence of magnetic anisotropy in multiferroic Ba ₂ MnGe ₂ O	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 L032023(1-5)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.3.L032023	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 Kazuhiro Nawa, Daigorou Hirai, Maiko Kofu, Kenji Nakajima, Ryo Murasaki, Satoshi Kogane, Motoi Kimata, Hiroyuki Nojiri, Zenji Hiroi, Taku J. Sato	4. 巻 2
2. 論文標題 Bound spinon excitations in the spin-12 anisotropic triangular antiferromagnet Ca ₃ ReO ₅ Cl ₂	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 043121-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevresearch.2.043121	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 Minoru Soda, Shinichi Itoh, Tetsuya Yokoo, Georg Ehlers, Hazuki Kawano-Furukawa, and Takatsugu Masuda	4. 巻 101
2. 論文標題 Magnetic correlations in YBaCo ₄ O ₇ on kagome and triangular lattices	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 214444-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.214444	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62件 (うち招待講演 18件 / うち国際学会 22件)

1. 発表者名 那波和宏, 高橋満, 奥山大輔, Tao Hong, 佐藤卓
2. 発表標題 擬スピン1/2ブリージングカゴメ格子磁性体Yb ₃ Ni ₁₁ Ge ₄ .63の中性子非弾性散乱
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会 (オンライン)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kazuhiro Nawa, Ryo Murasaki, Clarina Dera Cluz, Shinichi Itoh, Hiraku Saito, Hiroyuki Nojiri, Daisuke Okuyama, Masahiro Yoshida, Daichi Ueta, Hideki Yoshizawa, Taku J. Sato
2. 発表標題 Magnetism of pseudospin-1/2 pyrochlore antiferromagnet $\text{Na}_3\text{Co}(\text{CO}_3)_2\text{Cl}$
3. 学会等名 US-Japan workshop "Neutron Scattering on continuous sources - future developments" (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Taku J Sato
2. 発表標題 Magnetism research with continuous neutron sources; Magnetic skyrmion and quasicrystalline magnets
3. 学会等名 US-Japan workshop "Neutron Scattering on continuous sources - future developments" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松坂信之介, 那波和宏, H.C.Wu, 奥山大輔, 佐藤卓
2. 発表標題 量子三角格子磁性体 $\text{Ba}_3\text{Yb}(\text{BO}_3)_3$ の中性子非弾性散乱
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会 (東京工業大学)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 那波和宏, 柴田将弥, 佐藤卓
2. 発表標題 J1-J2フラストレート正方格子磁性体 $2\text{V}_0\text{S}_04 \cdot \text{D}_2\text{S}_04 \cdot n\text{D}_20$ の磁気相互作用制御
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会 (東京工業大学)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平岡巧, 那波和宏, 谷口貴紀, 佐藤卓
2. 発表標題 粉末中性子回折による八ニカム格子様化合物 $Pb_6Co_9(TeO_6)_5$ の磁気構造研究
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会 (東京工業大学)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Taku J Sato, Asuka Ishikawa, Shintaro Suzuki, Tsunetomo Yamada, Chin-Wei Wang, Maxim Avdeev, Kazuhiro Nawa, Daisuke Okuyama, Ryuji Tamura
2. 発表標題 Observation of magnetic long-range order in quasicrystals
3. 学会等名 International Conference on Neutron Scattering (ICNS) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuhiro Nawa, Takumi Hiraoka, Yoshinori Imai, Ryo Murasaki, Pharit Piyawongwatthana, Maiko Kofu, Richard Mole, Wakana Yamada, Hideyuki Fujihara, Ryotaro Takahashi, Masato Hagihala, Shuki Torii, Hirotsada Gotou, Kenya Ohgushi, Taku J Sato
2. 発表標題 Magnetic structure and excitations of the Kitaev model candidate $RuBr_3$
3. 学会等名 International Conference on Neutron Scattering (ICNS) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤卓
2. 発表標題 4G-GPTASの現状と再稼働後のサイエンス
3. 学会等名 中性子散乱研究会-海外実験支援プログラムの成果報告と、再稼働したJRR-3の現在地- (オンライン)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 益田隆嗣
2. 発表標題 C1-1装置講演「冷中性子三軸分光器HERの現状」
3. 学会等名 物性研短期研究会 中性子散乱研究会 - 海外実験支援プログラムの成果報告と再稼働したJRR-3の現在地
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S. Hasegawa, S. Asai, M. Matsumoto, T. Hong, B. Winn, T. Masuda
2. 発表標題 Inelastic Neutron Scattering on Triangular Antiferromagnet RbFeCl ₃ under Magnetic Field
3. 学会等名 “ Trends in Quantum Magnetism ” International Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takatsugu Masuda
2. 発表標題 Inelastic Neutron Scattering Spectrometers in JRR-3
3. 学会等名 QENS/WINS 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takatsugu Masuda
2. 発表標題 Magnon avoiding decay in two-magnon continuum in triangular quantum antiferromagnet RbFeCl ₃
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 益田隆嗣
2. 発表標題 三角格子反強磁性体RbFeCl ₃ のマグノン崩壊とその回避現象
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 Takatsugu Masuda
2. 発表標題 Inelastic Neutron Scattering Spectrometers in JRR-3
3. 学会等名 Neutron Scattering on continuous sources - future developments. US-Japan workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 益田隆嗣
2. 発表標題 中性子で観る磁性体の世界
3. 学会等名 艦船磁気・水中電界研究会令和4年度秋季講演会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 益田隆嗣
2. 発表標題 量子磁性体におけるマグノン寿命の磁場制御
3. 学会等名 HRC研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 益田隆嗣
2. 発表標題 中性子非弾性散乱
3. 学会等名 磁性材料研究会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 浅井晋一郎
2. 発表標題 凸凹ハニカム格子反強磁性体Ba ₂ NiTeO ₆ のストライプ磁気秩序
3. 学会等名 物性研短期研究会 中性子散乱研究会 - 海外実験支援プログラムの成果報告と再稼働したJRR-3の現在地 -
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浅井晋一郎、原口裕哉、香取浩子、池田陽一、益田隆嗣
2. 発表標題 新規キタエフ模型候補物質CaCo ₂ TeO ₆ の中性子回折
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 浅井晋一郎、原口裕哉、香取浩子、池田陽一、益田隆嗣
2. 発表標題 新規キタエフ模型候補物質CaCo ₂ TeO ₆ の磁気構造
3. 学会等名 第22回日本中性子学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浅井晋一郎、菊地帆高、益田隆嗣
2. 発表標題 冷中性子三軸分光器HERの現状と展望
3. 学会等名 第22回日本中性子学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浅井晋一郎、藤原美幸、山神光平、黒田健太、近藤猛、岡田佳憲、伊藤晋一、Matthias Frontzek、益田隆嗣
2. 発表標題 Neutron Scattering Study on van der Waals ferromagnet Fe ₅ -xGeTe ₂
3. 学会等名 ICNS2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菊地帆高、真中浩貴、浅井晋一郎、萩原雅人、伊藤晋一、益田隆嗣
2. 発表標題 Inelastic Neutron Scattering in Kagome-Triangular Lattice CsCrF ₄
3. 学会等名 ICNS2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菊地帆高、真中浩貴、浅井晋一郎、萩原雅人、伊藤晋一、益田隆嗣
2. 発表標題 Inelastic Neutron Scattering in Kagome-Triangular Lattice CsCrF ₄
3. 学会等名 Neutron Scattering on continuous sources - future developments. US-Japan workshop (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菊地帆高、浅井晋一郎、Igor Z aliznyak, Leland Harriger、中島多朗、佐藤卓、益田隆嗣
2. 発表標題 高効率三軸分光器IRISの現状
3. 学会等名 第22回日本中性子科学年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菊地帆高、浅井晋一郎、浅見俊夫、Igor Z aliznyak, Leland Harriger、中島多朗、佐藤卓、益田隆嗣
2. 発表標題 高効率三軸分光器HODACAの現状
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 三宅 岳志, 益田 隆嗣
2. 発表標題 励起子絶縁体候補物質Pr _{0.5} Ca _{0.5} CoO ₃ の中性子非弾性散乱研究
3. 学会等名 第22回日本中性子科学年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三宅岳志, 浅井晋一郎, 伊藤晋一, 益田隆嗣
2. 発表標題 励起子絶縁体候補物質Pr _{0.5} Ca _{0.5} CoO ₃ の中性子非弾性散乱研究
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 三宅岳志, 浅井晋一郎, 伊藤晋一, 益田隆嗣
2. 発表標題 励起子絶縁体候補物質Pr _{0.5} Ca _{0.5} CoO ₃ の中性子非弾性散乱研究
3. 学会等名 量子ビームサイエンスフェスタFY2022
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Zheyuan Liu, 井出竜鳳, 有馬孝尚, 益田隆嗣
2. 発表標題 スキルミオンホスト化合物GaV ₄ Se ₈ の中性子非弾性散乱研究
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 Zheyuan Liu, 荒木勇介, 有馬孝尚, 伊藤晋一, 益田隆嗣
2. 発表標題 へり磁性体Ni ₂ InSbO ₆ の中性子非弾性散乱研究
3. 学会等名 第22回日本中性子科学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Zheyuan Liu, 井出竜鳳, 有馬孝尚, 益田隆嗣
2. 発表標題 スキルミオンホスト化合物GaV ₄ Se ₈ の中性子非弾性散乱研究
3. 学会等名 第22回日本中性子科学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Zheyuan Liu, 荒木勇介, 有馬孝尚, 伊藤晋一, 益田隆嗣
2. 発表標題 ヘリ磁性体Ni ₂ InSbO ₆ の中性子非弾性散乱研究
3. 学会等名 TSQS2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Zheyuan Liu, 井出竜鳳, 有馬孝尚, 伊藤晋一, 益田隆嗣
2. 発表標題 スキルミオンホスト化合物GaV ₄ Se ₈ の中性子非弾性散乱研究
3. 学会等名 量子ビームサイエンスフェスタFY2022
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 植田大地, 岩田由規, 小林理気, 桑原慶太郎, 益田隆嗣, 伊藤晋一
2. 発表標題 スピンドイマー形成化合物Ce ₅ Si ₃ の中性子実験による磁気励起の研究
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 諸見里真人, 木村健太, 益田隆嗣, 三宅岳志, 木村剛
2. 発表標題 擬一次元反強磁性体BaCu ₂ Si ₂ O ₇ における反強磁性ドメインの観測
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 奥山大輔
2. 発表標題 固体物質内での外力により形成される非平衡状態への構造物性研究
3. 学会等名 第44回物構研コロキウム (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 奥山大輔
2. 発表標題 2 ビーム利用の検討状況・回折散乱グループ
3. 学会等名 PF研究会「開発研究多機能ビームラインの建設と利用」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 奥山大輔
2. 発表標題 カイラル磁性体MnSiで形成される磁気スキルミオン格子の電流下ダイナミクス
3. 学会等名 第28回渦糸物理ワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Taku J Sato
2. 発表標題 Nonreciprocal and topological magnetic excitations
3. 学会等名 PACIFICHEM 2021 (招待講演) (国際学会)
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 菊地帆高, 浅井晋一郎, 浅見俊夫, Igor Zaliznyak, Lela Harriger, 中島多朗, 佐藤卓, 益田隆嗣
2. 発表標題 高効率三軸分光器IRISの開発
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 那波和宏, 村崎遼, 伊藤晋一, 齋藤開, Clarina R Dela Cruz, 佐藤卓
2. 発表標題 パイロクロア格子反強磁性体 $\text{Na}_3\text{Co}(\text{CO}_3)_2\text{Cl}$ の結晶場励起
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 Pharit Piyawongwatthana, Kazuhiro Nawa, Stuart A Calder, Daisuke Okuyama, Taku J Sato
2. 発表標題 Magnetic properties and magnetic structure of the quasi one-dimensional antiferromagnet $\text{Cu}_2(\text{MoO}_4)(\text{SeO}_3)$
3. 学会等名 XXV General Assembly and Congress of the International Union of Crystallography (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 卓
2. 発表標題 Topological magnetic textures and topological magnetic excitations
3. 学会等名 The 20th Korea-Taiwan-Japan Symposium on Strongly Correlated Electron Systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 那波和宏, 平井大悟郎, 古府麻衣子, 河村聖子, 廣井善二, 佐藤卓
2. 発表標題 異方の三角格子反強磁性体Ba ₃ ReO ₅ Cl ₂ における中性子非弾性散乱
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会 (2020), 名古屋
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Pharit Piyawongwatthana, Kazuhiro Nawa, Stuart 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 日本物理学会2020年秋季大会 (オンライン開催)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤卓
2. 発表標題 JRR-3の固体物理分野における展開と装置の将来計画
3. 学会等名 拡大装置担当者会議 (東京大学物性研究所 (柏)) (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤卓
2. 発表標題 4G-GPTASを用いた物性研究の今後の展望
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」(オンライン開催)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Taku J Sato
2. 発表標題 Recent Aspects of Incommensurate/Noncoplanar Magnetic Order
3. 学会等名 International Research Network: IRN-APERIODIC Open Space Between Aperiodic Order and Physics & Chemistry of Materials Kick off Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 益田隆嗣
2. 発表標題 冷中性子三軸分光器とTOF分光器の相補利用
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」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 益田隆嗣
2. 発表標題 Novel excitations near quantum criticality in the geometrically frustrated antiferromagnet CsFeCl ₃
3. 学会等名 The 2nd international workshop on "Theoretical developments and experimental progresses in quantum matter - emergent phenomena" (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 益田隆嗣
2. 発表標題 「磁性・強相関分野における中性子散乱の新展開 - JRR-3再稼働にむけて - 」
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会（オンライン開催）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浅井晋一郎、木村晃典、山本貴史、中埜彰俊、谷口博基、寺崎一郎、益田隆嗣
2. 発表標題 S=3/2ダイマー反強磁性体Ba ₃ Ca _{1-x} Zn _x Ru ₂ O ₉ の磁気励起
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会（オンライン開催）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 菊地 帆高, 浅井 晋一郎, 浅見 俊夫, Igor Zaliznyak, Leland Harriger , 益田 隆嗣
2. 発表標題 三軸分光器IRISの設計
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会（オンライン開催）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuhiro Nawa, Kimihiko Tanaka, Nobuyuki Kurita, Taku J Sato, Haruki Sugiyama, Hidehiro Uekusa, Seiko Ohira-Kawamura, Kenji Nakajima, Hidekazu Tanaka
2. 発表標題 Triplon band splitting and topologically protected edge states in the dimerized antiferromagnet
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 佐藤 卓
2. 発表標題 Topological magnetic textures and topological magnetic excitations
3. 学会等名 The 20th Korea-Taiwan-Japan Symposium on Strongly Correlated Electron Systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤 卓
2. 発表標題 Nonreciprocal magnons in noncentrosymmetric magnets
3. 学会等名 3rd Asia-Oceania Conference on Neutron Scattering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤 卓
2. 発表標題 Topological Magnetic Textures and Excitations
3. 学会等名 INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED MATERIAL TECHNOLOGY IN CONJUNCTION WITH INTERNATIONAL CONFERENCE OF MULTIDISCIPLINARY RESEARCH 2019 (ICAMT-ICMR 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 那波和宏, 平井大悟郎, 古府麻衣子, 河村聖子, 廣井善二, 佐藤卓
2. 発表標題 異方の三角格子反強磁性体Ba ₃ ReO ₅ C ₁₂ における中性子非弾性散乱
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会 (2020年), 名古屋
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takatsugu Masuda, Shohei Hayashida, Masashige Matsumoto, Masato Hagihara, Nobuyuki Kurita, Hidekazu Tanaka, Shinichi Itoh, Tao Hong, Minoru Soda, Yoshiya Uwatoko
2. 発表標題 Novel Excitations near Quantum Criticality in Geometrically Frustrated Antiferromagnet CsFeCl3
3. 学会等名 The 2020 APS March Meeting (発表は決定していたが新型コロナウイルス感染症のため中止) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020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	浅井 晋一郎 (Asai Shinichiro) (00748410)	東京大学・物性研究所・助教 (12601)	
研究分担者	奥山 大輔 (Okuyama Daisuke) (30525390)	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・准教授 (82118)	
研究分担者	益田 隆嗣 (Masuda Takatsugu) (90313014)	東京大学・物性研究所・准教授 (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		
米国	ブルックヘブン国立研究所	オークリッジ国立研究所	
タイ	マヒドン大学		