

ACTIVITY REPORT

Tohoku University
Neutron Science Groups



#05

2020



目次

- ・研究組織紹介
- 木村研究室2
- 藤田研究室2
- 佐藤研究室3
- ・グループ活動報告4

巻頭言

第20回中性子科学会年会在オンライン開催になります。当初、仙台で行われる予定で、東北大中性子グループでは、新しい時代の年会を目指した取り組みを進めてきました。テーマは、互いに響き合うという意味で「シンフォニー」です。オンライン開催でも、中間子科学会との合同サイエンスセッションや再稼働するJRR-3のシンポジウムを行い、量子ビーム研究を盛り上げる機会にしたいと考えております。コロナ禍の影響で、皆様の活動にも不自由があると存じますが、自由参加セッションがございまして、ご覧頂ければ幸いです。 藤田全基

表紙絵 J-PARC MLFのBL23 (POLANO) での実験風景。2019Aより一般利用が開始されました。

◆ 概要

木村研究室では、放射光・X線・中性子・ミュオンを用いて、固体中の原子核や電子、スピンの配列・分布、そしてそれらの運動を調べ、物質が示すマクロな現象のメカニズムを微視的に解き明かす研究をしています。「今まで見えなかったものを観る」をキーワードに、強相関電子系物質や強誘電体、超伝導体、有機導体などの超精密な構造解析を行い、諸物性の起源解明を目指しています。

量子ビームのより高度な相補利用、X線回折装置や中性子回折装置の開発・高度化、高精度・高確度測定手法、解析手法の確立を目指し、日々研究を進めています。

◆ メンバー構成

教授: 1名, 助教: 2名, 技術補佐員: 1名,
名誉教授: 1名, D3: 1名, M2: 1名, M1: 2名,
B4: 1名



➢ Fig. 1: 木村研究室が管理運営している中性子単結晶構造解析装置FONDER (左) と、現在開発中の大面積中性子二次元³He検出器を用いた中性子カメラ (右)。

◆ 研究成果

- 希土類混晶系マルチフェロイック物質 $Tb_{1-x}Gd_xMn_2O_5$ において、結晶主軸のどの方向に磁場を印加しても電気分極が増大する、等方的電気磁気効果を発見しました。更に $x = 0.5$ においては、酸素K吸収端近傍の共鳴磁気散乱強度が、印加磁場増大とともに増加することを見出し、この系の電気分極と酸素サイトのスピン偏極が密接に関係していることを見出しました (Y. Ishii et al., Phys. Rev. B **100**, 104416 (2019).)

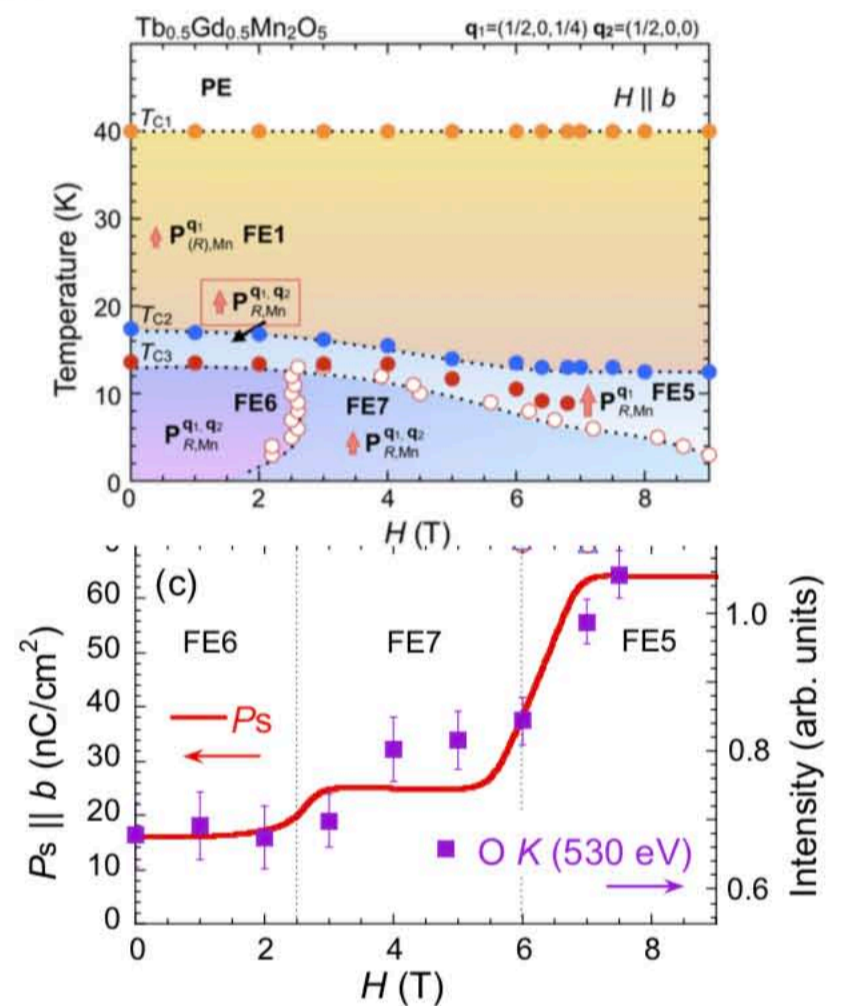


Fig. 2: $x = 0.5$ において決定された誘電磁気相図と、酸素K吸収端の共鳴磁気散乱強度と電気分極の磁場依存性。

金属材料研究所 量子ビーム金属物理学研究部門
理学研究科物理学専攻 スピン構造物性グループ

◆ 概要

藤田研究室は物質科学研究に長い歴史を持つ金属材料研究所に所属し、60年に渡る中性子散乱研究を受け継いでいます。充実したスタッフ体制で、中性子の他にミュオンや放射光X線などの量子ビームを相補的に利用し、「うごき」(ダイナミクス)と「はたらき」(物性・機能)をキーワードに研究を展開しています。特に、スピンや格子の揺らぎの情報をもとに、高温超伝導体やスピントロニクス物質、フラストレート磁性体を対象としています。

当研究室では単結晶合成にも精力的に取り組んでいます。また試料合成の専門家からも純良試料を頂き、試料と量子ビーム実験を架け橋として国内外の多くの研究グループと共同研究をさせて頂いております。

◆ メンバー構成

教授: 1名, 准教授: 1名, 助教: 2名, 秘書: 1名,
D3: 1名, D1: 1名, M2: 3名, M1: 2名, B4: 2名,
研究生: 1名

◆ 研究成果

➢ T*型銅酸化物の新奇超伝導

214系銅酸化物高温超伝導体には三種類の構造異性体が存在します。すべての異性体で、反強磁性モット絶縁体である母物質に、電子またはホールをドーピングして超伝導が発現されると考えられています。しかし、T*型と呼ばれる構造の銅酸化物では、合成の困難さからキャリア量に対する系統的な研究がありませんでした。

最近、我々はT*型 $La_{1-x/2}Eu_{1-x/2}Sr_xCuO_4$ の合成に成功し、ホール濃度が低い領域でも高い超伝導転移を示す徴候を見いだしました。Fig. 5は酸素高圧アニールした試料の電気抵抗と磁化率を表しています。現在は、ドーピング量がほぼゼロである試料の物性を調べています。

➢ Weyl半金属状態実現に向けた新奇磁性体開発

電子のバンド構造がトポロジカルな性質を

◆ 概要

佐藤卓研究室では電子スピンの多体相関に基づく新奇な量子相の探索とその解明を目的としています。最近では反転対称性の欠如の素励起への影響や特殊な対称性に起因する非自明な秩序変数の相関発達等にも興味を持って研究を進めています。主な実験手段は中性子非弾性散乱です。他にも帯磁率、電気抵抗、X線構造解析等のバルク測定および構造評価手法を総合的に用いて研究を推進しています。

◆ メンバー構成

教授: 1名, 助教: 2名, 秘書: 1名,
D5: 1名, D2: 1名, D1: 2名, M1: 2名, B4: 1名

◆ 研究成果

- ある種の絶縁体においてギャップ上下の電子バンドのトポロジーの違いにより表面に無散逸伝導層が形成されることがあり、トポロジカル絶縁体と呼ばれ積極的に研究が進められてきました。このようなトポロジカルなギャップ形成は電子だけでなく種々の素励起（準粒子）にも予想されます。我々は量子反強磁性ダイマー系 $\text{Bi}_2\text{CuSi}_2\text{O}_6\text{Cl}_{12}$ におけるトリブロン励起に対してトポロジカルギャップを発見しました。トリブロンに対する有効ハミルトニアンは2次元的に結合した Su-Schrieffer-Heegerモデルとなることが示され、電子系のトポロジカル絶縁体との類似性が明らかになりました。
- 電流印加状態での単一スキルミオンの運動は多くの手法で調べられていますが、格子を形成し

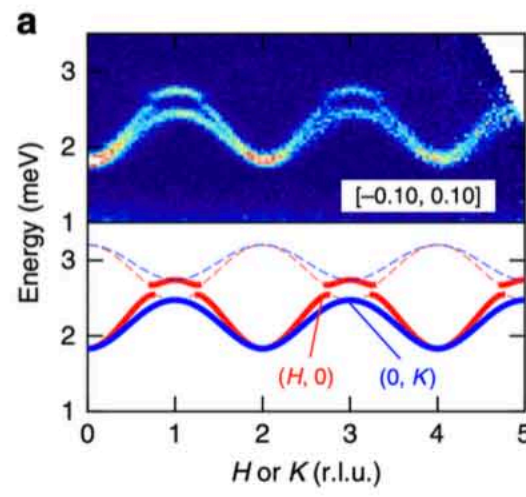


Fig. 3: $\text{Bi}_2\text{CuSi}_2\text{O}_6\text{Cl}_{12}$ のトリブロン分散関係の測定結果。J-PARC AMATERAS分光器で測定。hw = 2.6 meV に明瞭なギャップが観測された。K. Nawa et al., Nature Commun. **10**, 2096 (2019).

たスキルミオン集団の運動はこれまで調べられていない新しい話題です。我々はスキルミオン格子物質である MnSi の電流印加中性子小角散乱測定を行うことにより、スキルミオン格子の変形挙動を詳細に調べました。その結果、ミリメートルサイズという大きなサイズにもかかわらずサンプル中心からサンプル端に向かって塑性変形を示すことが判明しました。この研究はスキルミオン格子の非平衡定常状態という意味で大きな興味を持たれます。

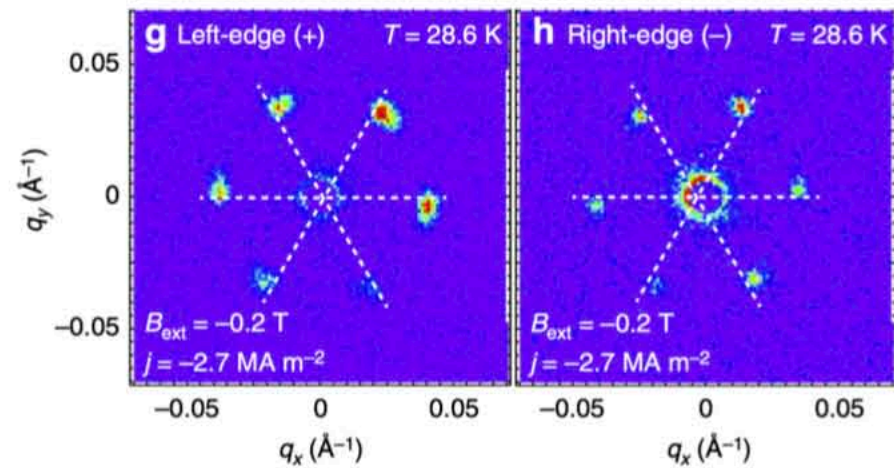


Fig. 4: 電流下MnSiのスキルミオン格子からの小角散乱パターン。サンプルの左端および右端で逆回転が観測された。D. Okuyama et al., Commun. Phys. **2**, 79 (2019).

藤田 全基 研究室

藤田研究室の見学や、研究に関するご相談は、下記までお問い合わせ下さい。
mail: qblab@imr.tohoku.ac.jp

<http://qblab.imr.tohoku.ac.jp>

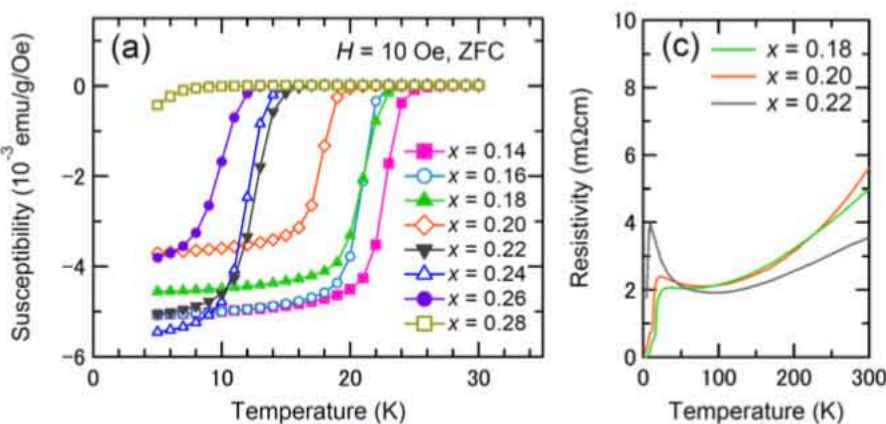


Fig. 5: T*型銅酸化物高温超伝導体 $\text{La}_{1-x/2}\text{Eu}_{1-x/2}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ における (a) 磁化率と (b) 電気抵抗の温度依存性。S. Asano et al., J. Phys. Soc. Jpn. **88**, 084709 (2019).

持つ物質群が注目を集めています。中でもWeyl半金属はトポロジーからI型・II型に分類されることが知られていますが、II型については時間反転対称性を破った例はこれまで存在しませんでした。我々は候補物質として MnSb_2Te_4 を新たに合成

し、結晶・磁気構造同定、バルク物性測定、第一原理計算を組み合わせその磁性を調べました。

その結果、 MnSb_2Te_4 はフェリ磁性を示し、MnとSbに入れ替わりがあることがわかりました。入れ替わりが完全に抑えられると、理想的なII型Weyl半金属になることが計算で示唆(Fig. 6)されており、現在、入れ替わりを抑制した物質の合成を進めています。

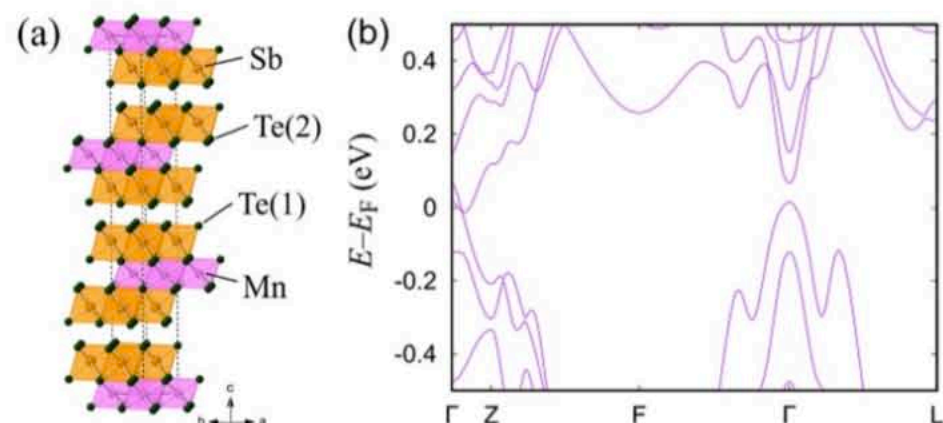


Fig. 6: (a) MnSb_2Te_4 の結晶構造と (b) スピン軌道相互作用を取り込んだ第一原理計算によるバンド構造。T. Murakami et al., Phys. Rev. B **100**, 195103 (2019).

グループ活動報告

中性子セミナー

東北大学中性子散乱物性研究グループでは定期的に合同セミナーを行い、研究室間の研究の理解を深めています。今年度は4回のセミナーを開きました。

- #12 2019年5月15日 新井正敏 (ESS)
「ESS and expected performance」
- #13 2019年5月17日 Prof. Raivo Stern (NICPB, Estonia)
「NMR studies of 2D quantum magnets」
- #14 2019年7月5日 谷口貴紀 (東北大金研)
「NMRと磁化測定から観測したPrTi₂Al₂O₇が示す強四極子秩序変数のスイッチング」
- #15 2019年8月2日 Prof. Seung-Hun Lee (Univ. Virginia)
「Role of Organic Molecules in the Physics of Organic-Inorganic Lead Iodide Perovskites」

ワークショップ

2019年8月22-23日にCROSS-IMR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」を開催しました。ワークショップではCROSSと金研の共同研究の推進、偏極中性子に特化した中性子科学研究の深化、若手育成を大きな目的とし、ポスター発表やCROSSのインターンシップ紹介などを通して、活発な議論が行われました。

物理学のフロンティア

2020年2月17-20日に東北大学理学部主催の「物理学のフロンティア@藤田研」を開催しました。本年度は学部一年生（4名）が参加し、金属材料研究所の施設見学会と合わせて、銅酸化物高温超伝導体の試料の作製と低温実験を行い、物性物理学研究の一端を体験して頂きました。



高エネルギー加速器研究機構と共同で建設開発中の偏極中性子散乱装置POLANOは、非偏極中性子実験に限られてはいますが、標準的な非弾性散乱実験が可能になり、2019A期から一般利用が開始されました。来年度以降も、機器調整を進めながら、偏極実験に必要なSEOP型偏極デバイスと磁場環境機器の導入が進められ、その後、偏極実験のコミッショニングが予定されています。

JRR-3中性子散乱装置群

東北大学はJRR-3に複数の装置を設置しています。2019年度も引き続き各装置の駆動試験を行い、健全性確認を行いました。教育用装置HERMES-Eについてはビームシャッターの設置を行い、モノクロメータ回転機構の駆動・動作確認を行いました。今後は、コミッショニングに備えて制御系を整え、各装置についても利便性の向上を図ることで来年度の研究炉再稼働に備えていきます。

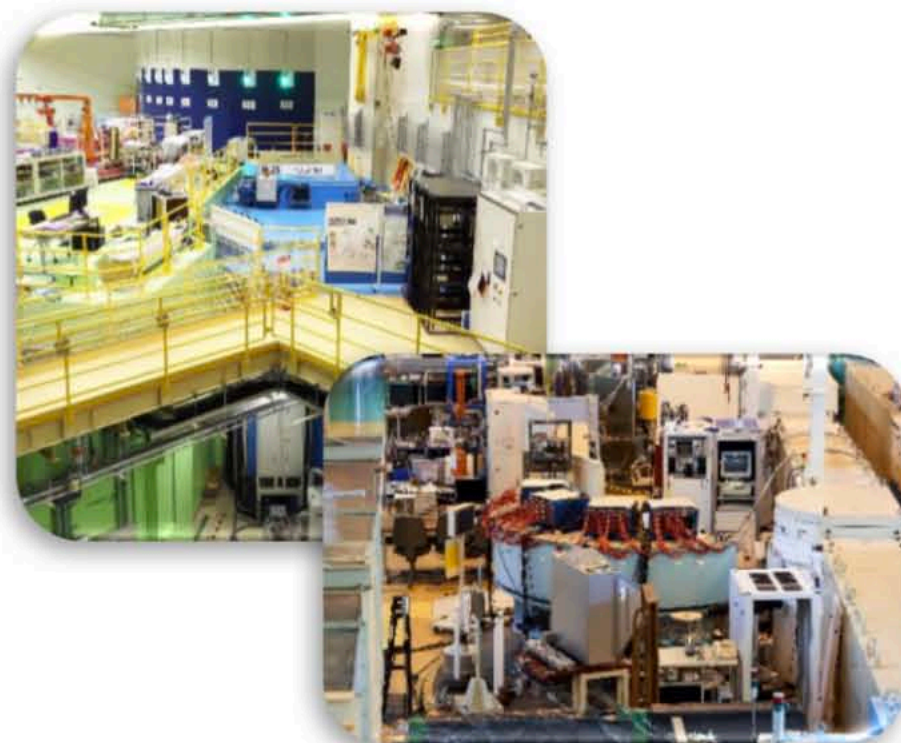
CROSS-IMRワークショップ



物理学のフロンティア '20, Feb. 17-20



POLANOの外観



JRR-3金研装置群の外観

東北大学中性子散乱物性研究グループ 活動報告 第4号
2020年8月1日 発行
編集：南部雄亮、池田陽一、谷口貴紀
発行：東北大学中性子散乱物性研究グループ
〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2-1-1
東北大学 金属材料研究所
TEL/FAX：022-215-2039/2036