



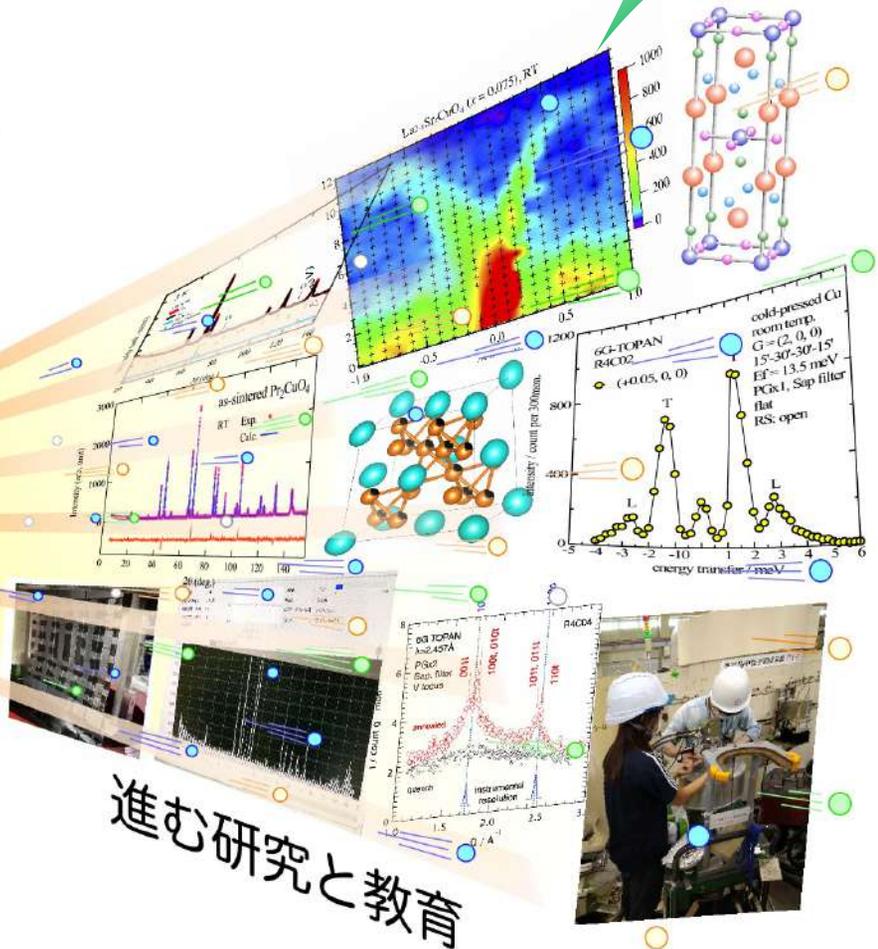
ACTIVITY REPORT

Tohoku University
Neutron Science Groups

中性子で見る物質の静と動



動き出したJRR-3



進む研究と教育

目次

・ 研究組織紹介

- 佐藤研究室2
- 藤田研究室2
- 木村研究室3
- ・ グループ活動4

巻頭言

2021年にJRR-3が再稼働して2年が経とうとしています。各装置担当者は、10数年ぶりに稼働する装置の再立ち上げ、再整備に追われていたことと思います。そんな中でも、研究成果が順調に出てきていることは、特筆に値します。一方で、人材不足・疲弊、新しいサイエンスの開拓など、課題は山積しています。中性子コミュニティーの皆が幸せになれるよう、短期的・中長期的視野で、中性子利用のあり方を模索していきたいですね。

木村 宏之

◆ 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題材としています。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線構造解析等のパ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: 1名, PD: 1名, 秘書: 1名, D4: 2名, M2: 2名, M1: 1名

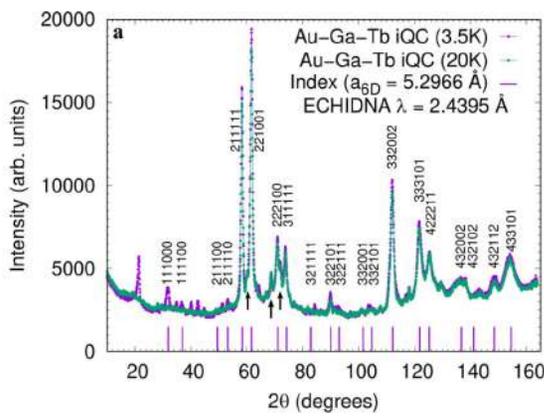


Fig. 1: Au-Ga-Tb 磁性準結晶の粉末中性子回折測定結果。最低温($T = 3.5 \text{ K} < T_c$) で多くの磁気ピークが観測されたが、そのうち半数程度には6次元磁気指数がアサインされ準結晶起源であることがわかる。(R. Tamura et al., JACS 143, 19938 (2021).)

◆ 研究成果

- ▶ 準結晶とは回折斑点がデルタ関数的であるにもかかわらず、3次元空間中の並進対称性とは相入れない回転対称性を有する固体物質群です。準周期構造が並進対称性をあらわには持たないことから、固体物理の基礎概念(例えばブロッホの定理)の適用外であることはすぐに分かります。このため準結晶の物性は大きな興味を持って研究されてきました。準結晶の磁性もその一つです。
- ▶ 理論的には数々の興味深い磁性現象の提案があるものの、実験的には磁性準結晶はランダム磁性体と同様なスピングラス的振る舞いを示していました。このため準周期性が長距離磁気秩序を阻害する可能性が議論されていました。
- ▶ 最近我々は東京理科大学田村グループと共同で準結晶磁性体の長距離磁気秩序を世界で初めて確認しました(Fig. 1)。この実験的発見は準周期構造中にも長距離磁気秩序が形成しうることを実験的に示した大きな進展だと考えられます。
- ▶ 準周期構造中の磁気構造解析法はまだ誰も手をつけていない問題です。また、準周期磁性体の秩序化に際する臨界現象も興味深い問題です。このように新しい課題が続々考えられます。
- ▶ 4G-GPTAS を用いた共同利用: 熱中性子3軸分光機 4G-GPTASは好調に運転を続けております。最近では、古い制御システムの抜本的改善に取り組むべく EPICS を用いた制御システムへの移行を段階的に開始しました。また、科研費基盤Aの採択に伴い回折検出器の導入も視野に入れております。今後も GPTASのご利用をどうぞよろしくお願いいたします。 <https://gptas.tagen.tohoku.ac.jp>

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

金属材料研究所に属する藤田研究室は、同所の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、重い電子系物質で発現する量子現象の起源の解明を目指しています。

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 (24名)

教授: 1名, 准教授: 1名, 助教: 2名, 特任助教: 2名, 秘書: 2名, D3: 4名, D2: 4名, D1: 1名, M2: 3名, M1: 3名, 研究生: 1名 (2022年9月現在)

◆ 研究成果

- ▶ 層状銅酸化物は、伝導面である CuO_2 面周辺の局所構造が物性に影響を与えます。頂点酸素がないT'構造と呼ばれる銅酸化物では、元素置換を施していない R_2CuO_4 (Rは希土類元素)でも超伝導が発現するとされ、その機構が注目されています。T'構造の $\text{La}_{1.8}\text{Eu}_{0.2}\text{CuO}_4$ と Pr_2CuO_4 の焼成直後 (as-sintered) 試料は、ともに超伝導を示しませんが、還元アニール処理により前者は超伝導化します。一方、後者はアニール後も非超伝導体のままで、この違いが含有する酸素量の違いによるものか、それとも本質的に違う物性を有することを反映しているのか、決着していません。その解決には、結晶構造中の各酸素サイトの情報が必要です。我々は両物質に対して中性子回折実験を行い、結晶構造を解析しました。その結果、両物質のas-sintered試料を比べると、各酸素サイトの占有率がほぼ同じであること、またアニールによる酸素の変化も同程度であること

◆ 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, M2: 1名, B4: 1名



Fig. 2: 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

- 遷移金属酸化物において、*d*電子間のクーロン相互作用や電子状態の不安定性により、新たな化学結合が形成されることがあり、近年、相関電子の自己組織化現象として注目を集めています。超高压合成法を用いて得られるイルメナイト型酸化物MgVO₃において、隣接するV⁴⁺イオン同士が近づき、V-V二量体が形成される現象を発見しました。放射光X線回折と物性測定の結果、この現象の微視的起源が、V⁴⁺の3*d*軌道間に形成される新たな分子軌道によることを明らかにしました。(H. Yamamoto *et al*, J. Am. Chem. Soc. **144**, 3, 1082 (2022).)

V 3*d*軌道 (V-V二量体)

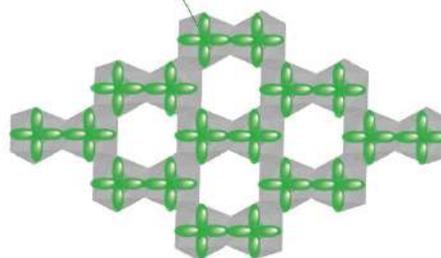


Fig. 3: イルメナイト型酸化物MgVO₃の結晶構造中で形成されるV-V二量体。

◆ FONDERの中性子共同利用

令和3年度から再稼働した、Fig. 1左写真の中性子単結晶構造解析装置は順調に全国共同利用として運用されています。この装置を利用した共同研究を随時募集しております。装置に関する詳しい情報は、<http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/lab/kimura/fonder>に記載されています。

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。研究室や学生からの研究生活の紹介は、オンラインでも行っています。
mail: fujita@tohoku.ac.jp, HP: <http://qblab.imr.tohoku.ac.jp>



ことがわかりました。従って、アニール後の電子状態の違いは、酸素量の違いではなく、両物質に固有の性質であると考えられます。

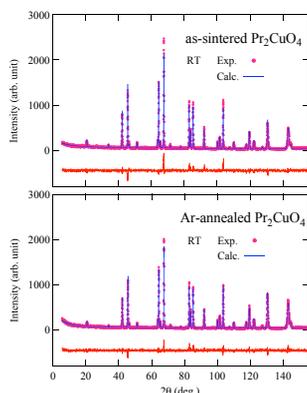
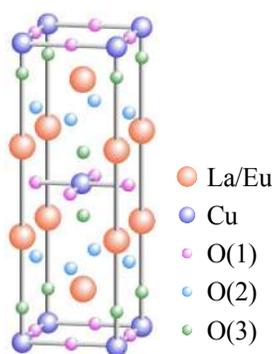


Fig. 4: T'構造銅酸化物の結晶構造 (左)とHERMESで得たPr₂CuO₄の中性子粉末回折パターン (右)。M. Fujita *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **90**, 105002 (2021).

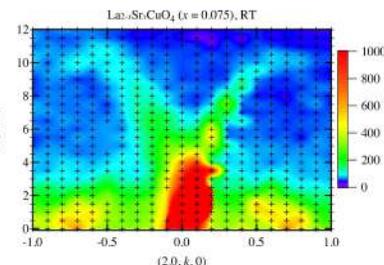


Fig. 6: 藤田研究室が管理している中性子三軸分光器AKANEの写真(左)とAKANEで測定した銅酸化物高温超伝導体のフォノン分散(右)。

- T1-2 AKANEでは、2022年度に標準的な非弾性散乱実験が行えるようになりました。制御用のソフトウェアも一新し、最先端の研究が可能です。また、10年前と様変わりした6G TOPANおよびT1-3 HERMESでも装置の調整が進んでおり、多数の実験が実施されています。



セミナー・ワークショップ

- 第19回セミナー 2021年12月10日(金)
【講師】 Muhammad Zafur (NIMS, 北海道大学 D3)
【題目】 Theoretical implications for spin and bond-charge excitations in electron-doped cuprates
- 第20回セミナー 2021年12月23日(金)
【講師】 鈴木慎太郎 (東京理科大学マテリアル創成工学科 助教)
【題目】 超伝導を示すTsai型準結晶関連物質の探索
- 第16回中性子ワークショップ/IMRワークショップ (オンライン開催) 2022年2月15日(火), 16日(水)
【題名】 二大中性子源 (J-PARC, JRR-3) を活用する偏極中性子スピン科学の推進



Students Workshop

博士学生を中心とした学生4名が、国際ワークショップ "Spintronics with Quantum Beams" を主催しました。(開催日: 2022年10月5日) ポスターセッション, オーラルセッションともに活発な議論がありました。また、東北大学の材料科学国際拠点シンポジウム (開催日: 2022年10月25日-28日) では、D1のPang Xiaoqiさん (スピン構造物性グループ) が学生セッションを開き、取りまとめ役を務めました。



国際ワークショップを進行する学生



粉末回折測定合同研修会

放射光, 中性子ビームの双方による構造解析を通じて, 連携的量子ビーム利用の一助とすることを目的に, 総合科学研究機構, 高輝度光科学研究センター (JASRI), 東北大金属材料研究所が協力して, 施設横断合同研修会を開催しました。放射光回折実験はSpring-8にて, 中性子回折実験は10年振りに運転が再開したJRR-3のHERMESにて, 2022年11月17日に行いました。6名のご参加を頂き, 好評を得ました。



合同研修会参加者



施設インターンシップ

M2の川又雅広君とD2の梅本好日古君 (いずれもスピン構造物性グループ) が, CROSS研究生としてMLFの中性子小角・広角散乱装置「大観」で活動しました。大石一城さんのご指導の下, CROSS開発課題の「偏極解析によるカイラル磁性体の探索」及び「中性子準弾性小角散乱実験手法の開発」に一年間, 参加するとともに, それぞれの一般課題も実施しました。



インターンシップに参加した学生の実習風景

JRR-3装置群

利用者を迎えて実験を進めています。2023年度の利用について公募がございますので (11月30日締切), ふるってご応募下さい。 <https://sites.google.com/view/issp-nsf/> 金属材料研究所ではGIMRTによる支援プログラムもご活用頂けます。 <http://gimrt.www.imr.tohoku.ac.jp>



東北大学中性子散乱物性研究グループ 活動報告 第7号
2022年11月1日 発行
編集: 藤田全基, 金野友紀
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: 022-215-2037/2036