

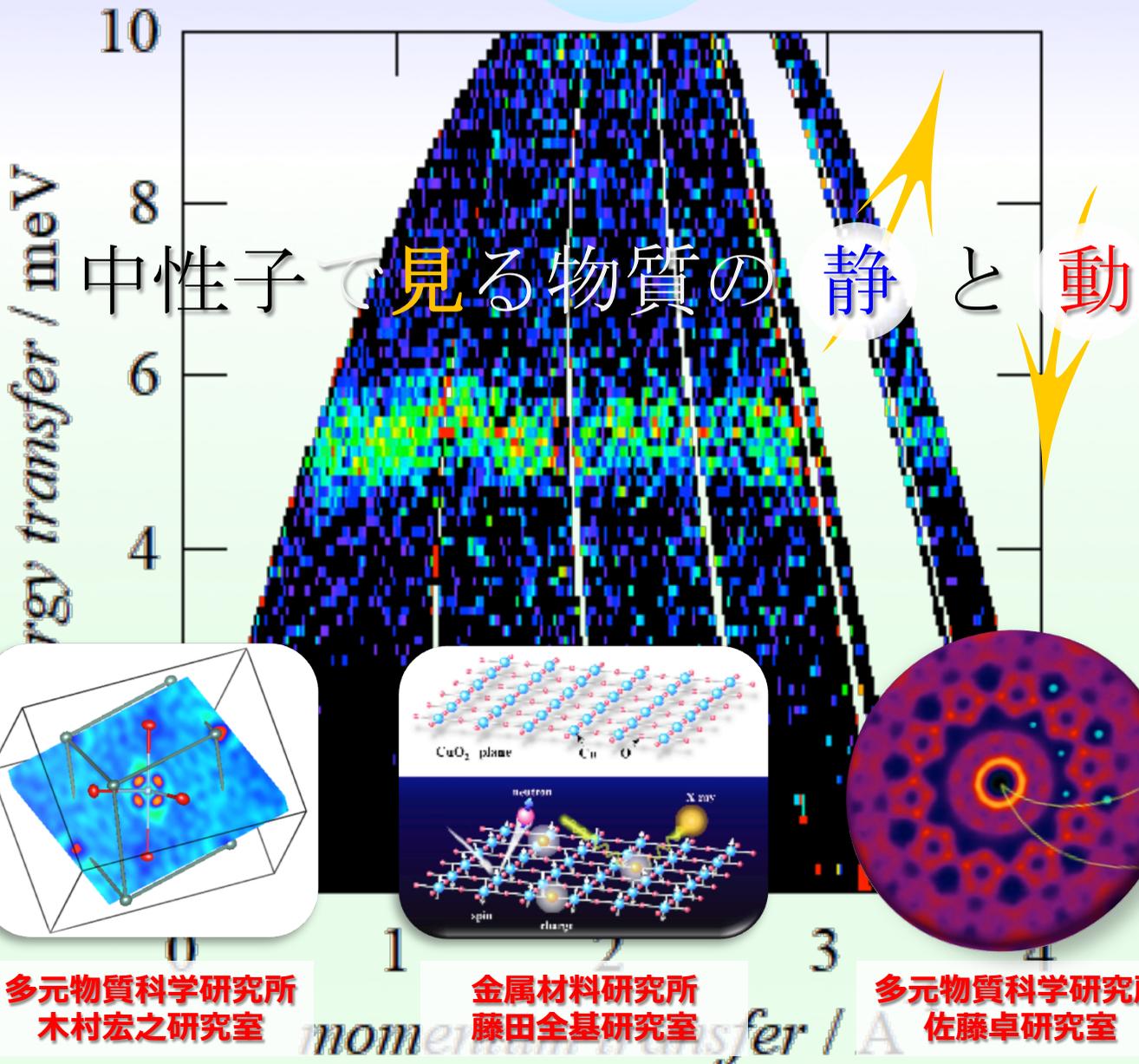
ACTIVITY REPORT

Tohoku University
Neutron Science Groups



#04

2019



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

グループ広報誌の第4号をお届けいたします。2020年度に予定されている研究用原子炉JRR-3の再稼働に向けて着々と装置の準備を進めています。仙台から東海まで頻繁に出張し、年に何度も入構作業を行っている中、原研の方々の再稼働に向けた意気込みが高まっていくのが感じられます。JRR-3とJ-PARC双方が利用できる時代が早く来れば良いなあと思うこの頃です。

南部雄亮

表紙絵 J-PARC MLFのBL23 (POLANO) で得られた中性子非弾性散乱スペクトル。非偏極中性子を用いた標準的な非弾性散乱実験が可能となりました。2019Aより一般利用が開始されます！

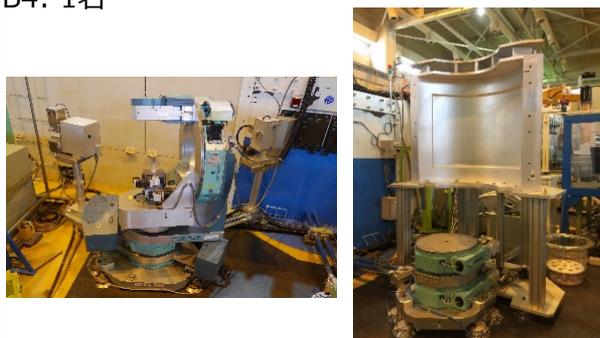
◆ 概要

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: 2名, M2: 1名, M1: 1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検出器を用いた中性子カメラ (右)。

◆ 研究成果

➤ マルチフェロイック物質 SmMn_2O_5 及び YMn_2O_5 において、酸素K吸収端近傍の共鳴磁気散乱実験を行い、Mn行い、Mn-O (Sm-O) 間の共有結合により、強誘電相において、酸素サイトに磁気モーメントが誘起されることを見いだしました (Y. Ishii *et al.*, *Phys. Rev. B* **98**, 174428 (2018).). 更にこれらの物質について μSR 実験を行い、ミュオン捕獲サイトの同定に成功し、酸素サイトに誘起された磁気モーメントの配列を明らかにしました。放射光とミュオンの高度な相補利用により、酸素サイトの磁気モーメント検出が、マルチフェロイック系におけるイオン・電子分極を検出する良いプローブになることが示されました。

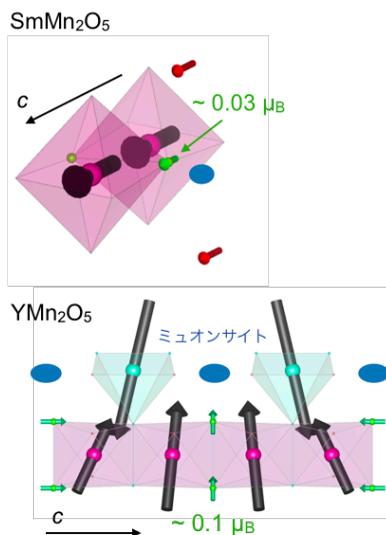


Fig. 2: μSR 実験により決定された、 SmMn_2O_5 と YMn_2O_5 におけるミュオン捕獲サイト (青丸)と、酸素サイトの誘起磁気モーメント (緑矢印)

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、高温超伝導体やフラストレート磁性体、スピントロニクス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

教授: 1名, 准教授: 1名, 助教: 2名, 秘書: 1名,
D2: 1名, M1: 3名, 研究生: 1名

◆ 研究成果

➤ T'構造銅酸化物における電子状態の還元アニール効果

T'構造銅酸化物における超伝導発現は、Ce置換による電子ドーピングに加えて、還元アニールを施すことで発現します。しかし、アニールによる電子状

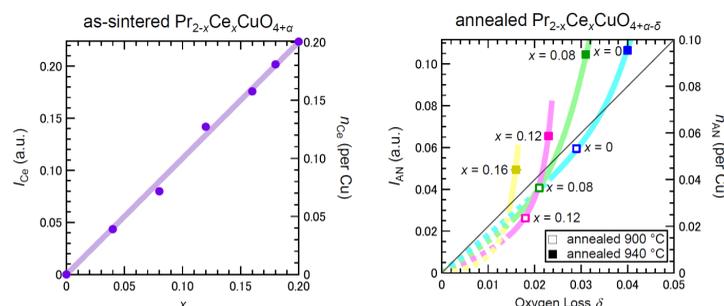


Fig. 4: (左)T'構造 $\text{Pr}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_{4+\delta}$ における電子量のCe置換量 x 依存性と(右)酸素欠損量 δ 依存性. S. Asano *et al.*, *J. Phys. Soc. Jpn.* **87**, 094710 (2018).

◆ 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, PD: 1名, 秘書: 1名, D4: 1名, D3: 1名, D2: 1名, M2: 3名, M1: 1名, B4: 1名

◆ 研究成果

希土類元素であるPr³⁺イオンを含む立方晶化合物ではPr³⁺の結晶場基底状態が非磁性二重項G₃状態を取ることがあります。この状態は磁気双極子自由度は持ちませんが電気四極子自由度を持つためその秩序化や伝導電子との多体効果に興味を持たれています。このような系の一つであるPrTr₂Al₂₀ (Tr = Ti, V)に対して精密X線構造解析を行いその結晶構造と結晶場分裂の関連を詳細に調べました。得られた結晶構造からPr周りおよびTr周りのAl元素の配置を描いたものを図に示します(Fig. 3)。Tr = Tiに対してTr = Vの系ではPr周りのAlが球対称からさらに歪むことがわかりました。この情報を元にPrV₂Al₂₀の結晶場解析を行うことで、これまで未解明であったPrV₂Al₂₀の中性子非弾性散乱スペクトルの理解が進むと期待しています。

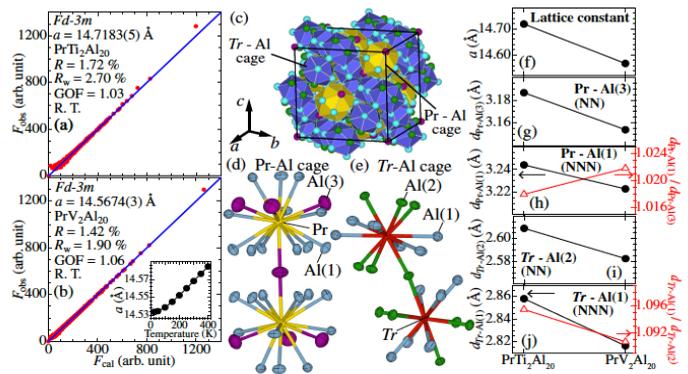


Fig. 3: (a, b) PrTr₂Al₂₀ (Tr = Ti, V) の構造因子。(c) PrTr₂Al₂₀ の結晶構造 (d, e) 本研究で決定されたPr-Al 籠および Tr-Al 籠上のAl原子の異方的原子変位エリプソイドの模式図。(f-j) それぞれ、格子定数、Pr-Al(3)距離、Pr-Al(1)距離、Tr-Al(2)距離、Tr-Al(1)距離のTr依存性。これらは今回決定された構造パラメータから算出された。D. Okuyama et al., J. Phys. Soc. Jpn. **88**, 015001 (2019).

➤ 中性子回折実験データを用いた磁気構造解析には長い歴史がありますが、簡単に使用することができる解析ツールがない(少ない)こともまた事実です。特に、既約表現を用いた磁気構造推定や磁気空間群等はどうも敷居が高いようです。そこで、既約表現や磁気空間群によって指定される磁気構造をWeb上で簡単に描画するツールを作成しました。磁気構造解析のための一助になれば幸いです。

http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/lab/sato_tj/magnetic-representations-and-magnetic-space-groups/

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>



態の変化と超伝導発現の関係性は未だ明らかになっていません。本研究では、Cu k端X線吸収端近傍微細構造解析により、銅サイトの電子状態に対するCe置換と還元アニール効果を調べました。Ce置換、及び、還元アニールによる電子キャリアの増加量 n_{Ce} と n_{AN} をCe置換量 x とアニールによる酸素欠損量 δ に対して詳細に評価した結果をFig. 4に示します。 n_{Ce} は x と等しいと理解できる一方で、 n_{AN} は 2δ と一致しませんでした。この結果から、アニールにより高酸素除去した試料では電子とホールとの2キャリアが生成される可能性を見出しました。

➤ 銅酸化物超伝導体の母物質での異常磁性

銅酸化物高温超伝導は母物質の反強磁性モット絶縁体に電子またはホールをドーピングすることで発現します。母物質の物性は高温超伝導を理解するうえで基盤となるものです。最近、我々

はミュオンスピン回転法から電子ドーピング型銅酸化物超伝導体の母物質Eu₂CuO₄とNd₂CuO₄において、低いエネルギーの磁気揺らぎによって特徴づけられる磁気状態が270 K以下の広い温度範囲に存在し、完全に静的な磁気秩序が形成されるのは110 K以下という逐次的な転移を示すことを見出しました (Fig. 5)。

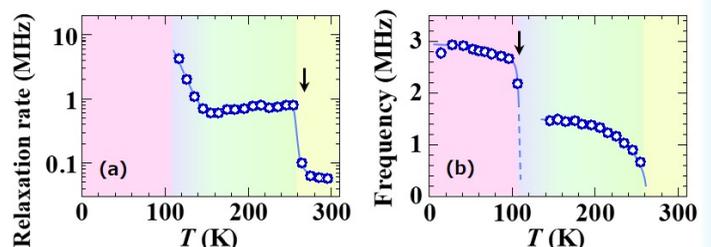


Fig. 5: Eu₂CuO₄における (a)ミュオンスピン偏極の緩和率と(b) 歳差運動の周波数の温度依存性。矢印は定義した磁気転移温度。K. M. Suzuki et al., arXiv:1901.11233.

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3回のセミナーを開きました。

- #9 2018年5月28日 山本孟（木村研 助教）
「正方晶ペロブスカイト型バナジウム酸化物の化学と物理、その応用」
- #10 2018年7月20日 中島多朗（理研 研究員）
「中性子散乱を用いた磁気スキルミオン研究」
- #11 2019年2月5日 寺田典樹（NIMS 研究員）
「ハイブリッドアンビル高圧カセルを用いた偏極・非偏極中性子回折によるマルチフェロイクス研究」

ワークショップ

2018年7月20日に「中性子回折装置の現状と将来」と題する討論会を開催しました。また、2018年12月11日に「東北大中性子物性グループ談話会（みちのく中性子談話会）」、2019年3月5日-6日に藤田研D2の浅野君が主催する若手研究会「超伝導体とその周辺物質に対する量子ビーム研究の新展開」を開催しました。談話会では我々の活動と今後の活動方針案、およびサイエンスの発表がなされ、今後グループが目指すべき内容を議論しました。参加者からは様々な提言、激励がなされ、談話会を継続的に発展させていくことを確認しました。

物理学のフロンティア

2019年3月4-7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（3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成と低温実験を行い、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、検出器やソフトウェアの不具合の解消や、各種機器の性能評価を進め、標準的な非弾性散乱実験が可能になりました。それを受けて、非偏極中性子実験に限られてはいますが、2019Aから一般利用が開始される予定です。来年度以降は、機器調整を進めながら、試料環境機器（冷凍機）や、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を進め、偏極実験のコミッショニングを進めます。

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。2018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については大型部品がほぼ完成し、各パーツ間の配線および制御ソフトウェアとの接続を行いました。今後は、全体制御ソフトウェアの作成や周辺機器の整備など、各装置の利便性の向上を推進し、2020年度の研究炉再稼働に備えていきます。

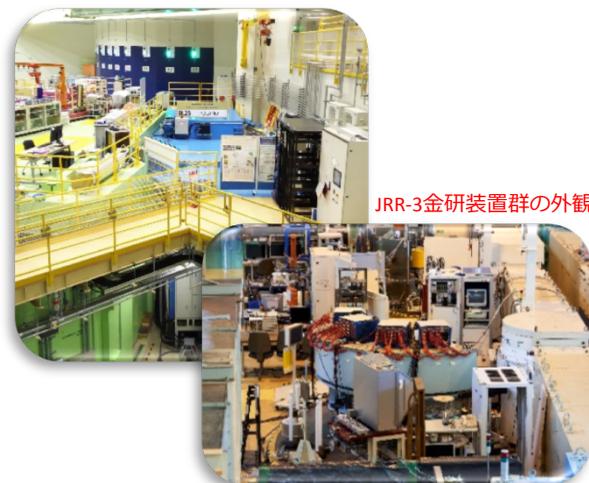


東北大中性子物性グループ談話会(みちのく中性子談話会)



物理学のフロンティア '19, Mar. 4-7

POLANOの外観



JRR-3金研装置群の外観



JRR-3装置群の駆動試験と見学会

東北大学中性子散乱物性研究グループ 活動報告 第4号
2019年4月1日 発行
編集：南部雄亮、池田陽一
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