



# ACTIVITY REPORT

## Tohoku University Neutron Science Groups



### 中性子で見る物質の静と動

#### 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

日本の中性子コミュニティにおける2021年のビッグニュースといえば JRR-3 の再稼働でしょう。JRR-3 炉室、ガイドホール、そして、開放研3Fに再び人が溢れる日が来るとは感無量です。一方で、しかし、そこはかたく同窓会的雰囲気を感じるのは私だけではないでしょう。新しい測定法・サイエンスの開拓、そして、そのための世代交代の重要性をひしひしと感じる今日この頃です。

佐藤 卓

◆ 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・高精度測定手法、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, M1: 1名, B4: 2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<sup>3</sup>He検出器を用いた中性子カメラ (右)。

◆ 研究成果

▶ ペロフスカイト型酸化物 $\text{CaMn}_{0.95}\text{Sb}_{0.05}\text{O}_3$ において、自発磁化の反転を熱的・可逆的にコントロールできることを見出しました。中性子磁気構造解析の結果、この現象の微視的起源が、G-typeからA-typeへの反強磁性構造の可逆的相転移と、その共存状態における弱強磁性の成分の分率変化によって起こることを明らかにしました。(H. Yamamoto *et al*, Appl. Phys. Lett. **117**, 112404 (2020).)

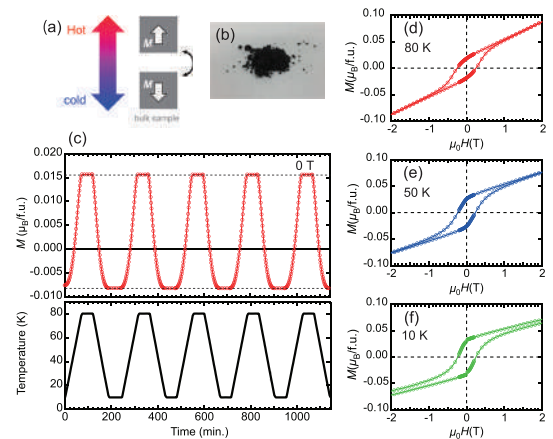


Fig. 2: 熱によって制御される可逆的な磁化反転過程。

◆ FONDERの中性子共同利用

令和3年度から研究用原子炉JRR-3が再稼働し、Fig. 1左写真の中性子単結晶構造解析装置が11年ぶりに全国共同利用になりました。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。

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, D3: 2名, D2: 5名, D1: 2名, M2: 4名, M1: 2名, 研究生: 2名 (2021年10月現在)

◆ 研究成果

▶ 銅酸化物高温超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  (LSCO)の超伝導相では、砂時計型スペクトルと呼ばれる特異な形状の磁気励起が共通して観測されています。私たちは、その起源の解明を目指し、これまでにない高品質な中性子非弾性散乱データを取得し、詳細な解析を行いました。その結果、格子整合成分(C)と格子非整合成分(IC)が逆格子空間内で共存するモデルで、広いエネルギーのスペクトルが再現できることを見出しました。また温度依存性から、低エネルギー領域のIC励起は、フェルミ面近傍のトポロジーを反映した電子-ホールペア励起だと推測できました。一方、高エネルギー領域の励起に連続的に続いているC成分は、温度変化が極めて微小で、母物質に存在する局在スピン間の相関が支配的な集団励起に近いと推測されます。従って、超伝導体LSCOでは、起源が異なる磁気励起がエネルギー階層構造を形成していると考えられます。

◆ 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標としています。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, D5: 1名, D3: 2名, M2: 1名, M1: 2名, B4: 1名

◆ 研究成果

➢ 1次元量子反強磁性体（鎖）においてはスピノンと呼ばれる $\Delta S = 1/2$ の準粒子が考えられています。中性子散乱は $\Delta S = 1$ の磁気励起を測定しますから、スピノン1つを測定することはできず、運動量とエネルギー保存則を満たす2スピノン連続励起として観測します。このスピノンですが、1次元鎖が弱く2次元的に結合すると、束縛対を形成することが予想されていました。我々はこのスピノン束縛対が $\text{Ca}_3\text{ReO}_5\text{Cl}_2$ において形成されていることを中性子非弾性散乱とRPAを用いた計算により明らかにいたしました (Fig. 3)。さらに興味深いことに、反転対称性の欠如に起因するスピノンバンドシフトも観測されました。

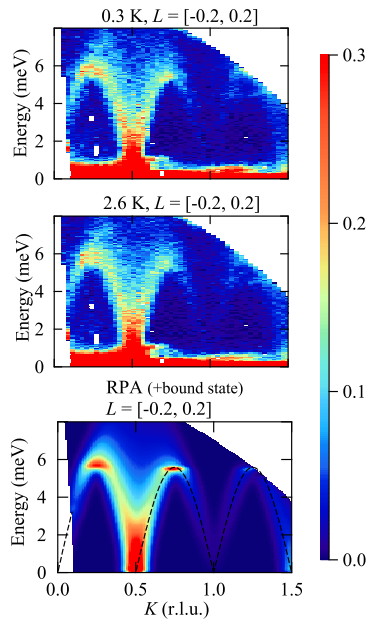


Fig. 3:  $\text{Ca}_3\text{ReO}_5\text{Cl}_2$  における励起スペクトル。J-PARC AMATERAS で測定。明瞭なスピノン励起、および  $(0.25, \pm 1)$ ,  $(0.75, 0)$  での束縛対形成による強度増強が確認された。Nawa et al., Phys. Rev. Res. 2, 043121 (2020).

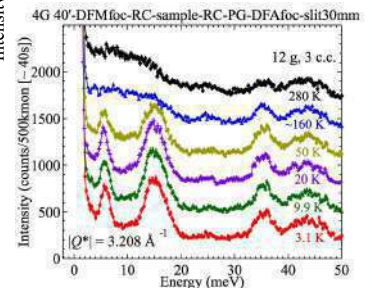


Fig. 4: Pr化合物の結晶場励起。4G-GPTAS 完全集光モードで測定。40秒で十分なカウントが得られている。

➢ 4G-GPTAS を用いた共同利用: JRR-3が再稼働を果たし4G-GPTASが復活いたしました。震災直前に導入した中性子集光系が威力を発揮し、(サンプルにもよりますが)従来の10倍以上の速度で非弾性散乱が測定可能です (Fig. 4)。最初のユーザーからは「非弾性散乱がまるで弾性散乱のようだ」と好評を頂いております。詳しい情報は以下をご参照ください。  
<https://gptas.tagen.tohoku.ac.jp>

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生活の紹介は、オンラインでも行っています。  
mail: [fujita@imr.tohoku.ac.jp](mailto:fujita@imr.tohoku.ac.jp), HP: <http://qblab.imr.tohoku.ac.jp>

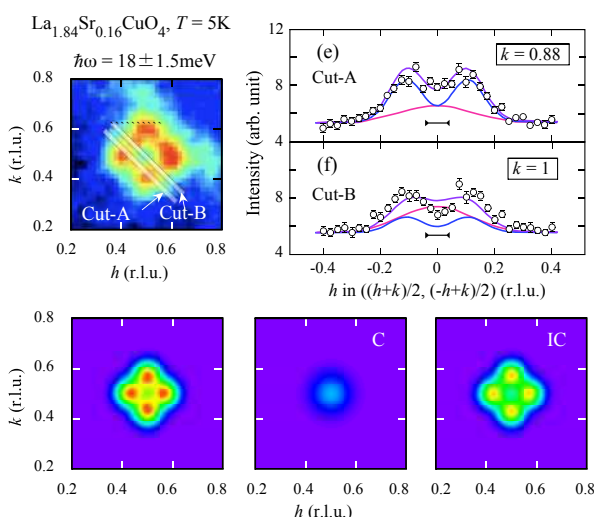


Fig. 5: ホールドープ型超伝導体 $\text{La}_{1.84}\text{Sr}_{0.16}\text{CuO}_4$ における磁気励起スペクトル。観測結果とモデル解析の結果を示しています。卒業学生の成果です。K. Sato et al., J. Phys. Soc. Jpn. 89, 114703 (2020).

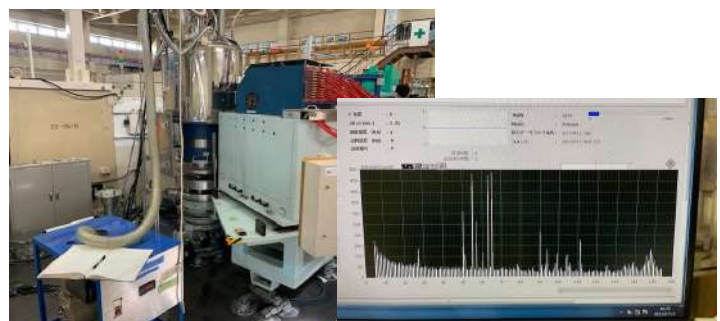


Fig. 6: HERMESにおける実験の様子。

➢ T1-3 HERMESでは二波長( $\lambda = 2.20 \text{ \AA}$  Ge(331)と  $1.34 \text{ \AA}$  Ge(551))の中性子が利用が可能となりました。オプションも含め、概ね順調に利用者の実験が進んでいます。詳細は[sites.google.com/view/t1-3hermes](https://sites.google.com/view/t1-3hermes)をご覧ください。また、10年前と様変わりした6G TOPANおよびT1-2 AKANEでもビームの取り出しに成功し、分光器下流軸の調整を鋭意行っています。



## 日本中性子科学会第20回年会

我々グループが中心となり、20回目の節目となる年會を世話大学としてオンライン開催しました。本年会では、「共に響く」という意味で「シンフォニー」をテーマに設定しました。このテーマの下、海外研究者による基調講演や中性子・中間子両学会の主催による合同サイエンスセッション、JRR-3運転再開シンポジウムなど、これまでにない催しを企画しました。また学生参加費を無料として、施設利用紹介セッションで学生が一同に介する時間も持ちました。全体で600名を超える参加登録あり、例年を遙かに超える70名以上の学生に参加を頂きました。



年会後に行った実行委員会「振り返りの会」での集合写真



## 大学・施設連携セミナー

ウィズコロナ、ポストコロナにおける大学と大型実験施設の研究協力と研究コミュニティでの人材交流を目的に、CROSSおよびJAEAと連携セミナーをオンライン開催しました。午前には施設研究者による学生向けのチュートリアル講演と大学院生による研究紹介を行い、午後からはスピントロニクスと量子ビームに関するセミナーを行いました。発表した学生は施設の研究生や実習生として施設の方々と協働させて頂くことになりました。



セミナーで発表した4名の学生



## 学生×若手研究者座談会

新型コロナウイルス感染症の影響で学外実験や学会などが軒並み中止になった機会に、学生と若手研究者による座談会を行いました。テーマは「博士進学とその先」。博士進学や就職に対する不安や疑問へのアドバイスを交えて、それぞれの将来を熱く語りました。対談は金研広報班にサポートを頂き、内容の一部を金研HPに掲載しております。是非、ご覧下さい。（開催は2020年3月末。）  
<http://www.imr.tohoku.ac.jp/kinken-mapping/talk-talk/03/>



座談会に参加した学部生から博士課程までの学生と助教



## 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。また、グループメンバーが装置の管理・運営に携わっています。2021年2月に、JRR-3が約10年ぶりの運転再開を果たしたことを受け、我々も共同利用で利用者を迎えるために、各装置の駆動試験や様々な調整を進めました。現在、主装置は順調に稼働し、利用者の研究に供されています。また、JRR-3の運転再開を目前にした2020年度には、中性子科学会年会時に行った上記のシンポジウム以外に多数の関連研究会がありました。本グループからも、装置運用やサイエンスの展望について講演し、コミュニティにおいて広く議論しました。（物性研短期研究会、JAEAの第1075回金曜セミナー、中性子科学将来ビジョン討論会などで講演させて頂きました。）



東北大学中性子散乱物性研究グループ 活動報告 第6号  
2021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：022-215-2039/2036