東北大学 中性子散乱物性研究グループ 平成29年度 活動報告

ACTIVITY REPORT

Tohoku University Neutron Science Groups



#03

Z

中性子で見る物質の静



多元物質科学研究所 木村宏之研究室







金属材料研究所 藤田全基研究室

卷頭言

多元物質科学研究所 佐藤卓研究室

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 ・グループ活動報告 ……4 多様性と挑戦性 職場における(人種や性別の)多様性は各人の ストレスを増大させるが生産性は向上するとどこ かで読みました。新しい発見は若い時期、もしく は研究テーマを大きく変えて5年以内に起こること が多いともどこかで読みました。多様性を許容し 挑戦性(変化)を保ち続けることが日本の中性子 科学発展に重要ではないかと思う今日この頃です。 佐藤 卓

表紙絵 J-PARC MLFのBL23(POLANO)における入射中性子のビームプロファイル.中性子用 イメージングプレートにより,試料槽直上位置における入射ビーム強度の空間分布を調べました.

多元物質科学研究所 スピン量子物性研究分野

http://www.tagen.tohoku.ac.jp/labo/tj_sato/

◆ 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材して 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,PD1名,秘書: 1名, D3: 1名, D2: 1名, D1: 1名, M1: 3名, B4: 1名

◆ 研究成果

▶ 反転対称性の破れた磁性体においては準粒子 (素励起)の非相反な運動が予想されます. 2016年には我々は強磁性体のマグノン伝搬の非 相反性を報告しました.2017年には反強磁性体 a-Cu₂V₂O₇のマグノン分散に線形交差を伴う興味 深いマグノン分散分裂を見出しました.この分 散分裂はマグノン偏光の空間的な回転,すなわ ちマグノン旋光性の存在を意味します(Fig.1).





佐藤研究室の見学や共同研究をご希 望の方は, 下記までご連絡下さい。 mail: taku@tohoku.ac.jp

佐藤 卓 研究室

カイラル磁性体に現れるスキルミオンと呼ばれる位相 欠陥的スピンテクスチャーが興味を集めています. 我々は絶縁体カイラル磁性体である Cu₂OSeO₃ の精密中 性子小角散乱実験を行い,スキルミオン相の回転と温 度・磁場履歴の関係を調べました(Fig.2).この結果, Cu₂OSeO₃ では磁場中冷却、磁場中昇温の2過程で,30 度だけ回転角の異なるスキルミオン相が安定化される ことが判明しました.よく使用されるゼロ磁場冷却過 程では両者が共存します.これらのスキルミオン相は 一度安定化されると(30度回転した)もう一方のスキ ルミオン相に変化することはなく,熱的に(ほぼ)安 定な状態であることも判明しました.



Fig. 2: Cu₂OSeO₃ の小角中性子散乱パターン. (左)磁場 中冷却, (中)磁場中昇温, (右) ゼロ磁場冷却. T = 56.5 K, m₀H = 23 mT. Makino *et al.*, Phys. Rev. B **95**, 134412 (2017).

> Fig. 1: (左) a-Cu₂V₂O₇で観測された線 形交差を伴うマグノン分散分裂.磁気 構造は格子整合でありQ=(0,2,0)に磁気 ブラッグ散乱が現れている.(右)観測 されたマグノンの実空間模式図.直線 偏光の位相が空間的に回転している (旋光性). Gitgeatpong *et al.*, Phys. Rev. Lett. **119**, 047201 (2017).

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

藤田研究室は磁性研究において永い歴史を持つ金属材料研究所に属し、50年以上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 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,
技術補佐員: 1名, 名誉教授: 1名, D1: 1名

◆ 研究成果

> 電子ドープ型銅酸化物超伝導体の電荷秩序

銅酸化物高温超伝導体では最近になって電荷秩序 が普遍的に存在することが報告され,超伝導との関 連が盛んに議論されています.我々は電子ドープ型 銅酸化物超伝導体 $Nd_{2-x}Ce_xCuO_4$ に対して報告され ていた,波数Q ~ 1/4の電荷秩序は超伝導とは相関 していないことを放射光を使ったCu L₃端共鳴X線 散乱で明らかにしました.また同じ結晶を用いた角 度分解高電子分光によってフェルミ面の不安定性は Q ~ 1/4の秩序の起源ではないことを明らかにしま した.これらはホールドープ型とは異なる性質で, 銅酸化物系における単純な電荷秩序の普遍性に疑問 を投げかける結果です.

Fig. 5: (左)共鳴X線散乱プロファイル. 超伝導試料(左) でも非超伝導試料(右)でも同じ波数位置にピークが観測 されました. H. Jang *et al.*, Phys. Rev. X **7**, 041066 (2017).

多元物質科学研究所構造材料物性研究分野 理学研究科物理学専攻結晶構造物性グループ

木村 宏之 研究室

木村研究室の見学や、共同研究をご希望の 方は,気軽に下記までご連絡下さい。 mail: hiroyuki.kimura.b5@tohoku.ac.jp

♦ 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・高度化や、高精度・高確度測定学法、解析手法の確認を目指し、 日々研究を進めています T = 20 K ◆ メン ま 。 構成 教授: 1名, 助教: 1名 名誉教授: 1名, D2:22 标補值号331名 M1: 1名. B4: 1名, 留学告; 1名 SmMn₂O₅ A3 0.0.333 unit) Mn l



➢ Fig. 1室木村研究室が管理達をしている中 性子単結晶構造解相要置約の時席 66年 № 62 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SmMn₂O₅及びGdMn₂O₅において、酸素k吸収端近傍の共鳴磁気散乱実験により、酸素スピンが偏極して磁気モーメントを持つ事を発見した.強誘電転移と同時に生じることから、電気分極発生の新しいメカニズムの可能性があり、現在詳細な研究を進めている.更にµSRを用いて、これらの系の酸素サイトの磁気モーメントの情報を直接的に引き出す実験も行なっており、量子ビームを相補的に利用した研究を推進している.



Fig. 2: 放射光共鳴X線散乱実験による,(a) SmMn₂O₅と(c) GdMn₂O₅の酸素K吸収端近傍の共鳴磁気散乱スペクトル.Smで は非共鳴磁気散乱が非常に強く,一方でGdは酸素2pとMn3d間の 遷移に対応する共鳴シグナルが非常に強い.類似物質にもかかわ らず,このような大きな違いがスペクトルに現れることは非常に 興味深く,現在その起源を明らかにするべく,研究を進めている.

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://gblab.imr.tohoku.ac.jp





> 鉄系梯子型物質混晶系Ba_{1-x}Cs_xFe₂Se₃の圧力効果

二次元面上で発現する鉄系超伝導の機構の解明を目指し、次元性の異なる物質に注目し、一次元梯子型物質における超伝導機構の研究を推進しています。最近、BaFe₂S₃に圧力を印加することで超伝導誘起に成功しました。鉄系梯子型の母物質は常圧では絶縁体で、磁気構造が異な

るBaFe₂S₃とCsFe₂Se₃の混晶系に圧力を印加し,その 磁性と伝導性の変化を調べました.その結果,中間 濃度領域の物質に30 GPaまで圧力印加をすることで 絶縁体金属転移の誘起に成功しました.また,電気 抵抗の温度依存性から圧力印加に応じて電子相関の 次元性が変化することを突き止めました.



Fig. 6: ダイアモンドアンビルセルを用いて測定した Ba_{1-x}Cs_xFe₂Se₃の電気抵抗の温度依存性. T. Hawai *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **86**, 024701 (2017).

Neutron Science Groups | 03

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.2017年度は2回のセミナーを開きました.KEKの本田さんをお招きし,研究およびMLFのNOVAの紹介を行っていただきました.

#7 2017年4月25日 本田孝志(KEK 助教)

「強相関系物質における中性子回折と局所構造解析」

#8 2018年1月5日 那波和宏(佐藤研 助教) 「低次元フラストレート磁性体及びダイマー磁性体の磁気励起」

ワークショップ

2017年11月21-22日に、ワークショップ「中性子科学研究におけるJ-PARCとJRR-3の相補利用」を開催し、成果創出期を迎えたJ-PARCと再稼働が視野に入ったJRR-3の双方を基盤とする中性子科学研究の将来について議論しました.

また、ワークショップシリーズ第7回,第8回として「結晶対称 性の破れによる種々の物性と電子状態-理論と実験の協力を目指し て-」を12月19日-20日に,「高温超伝導体とその関連物質におけ る新奇な物理」を2018年1月31-2月1日にそれぞれ行いました.金 研と秋保温泉のホテルで行った第8回目のワークショップでは,学 生,若手研究者による活発な議論が夜遅く(明け方)まで続きました.

物理学のフロンティア

2018年2月から3月にかけて,東北大学理学部主催の「物理学の フロンティア」の一環として,学部一年生(4名)に対して,金属 材料研究所施設見学会を開催しました.合わせて、高温超伝導体 試料の作成と物性評価を行い,物性物理学研究の一端を体験して 頂きました.



J-PARC・MLFに、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、2017年に本格的なコミッショ ニングを開始しました。6月からはビームを用いた機器調整作業を 開始し、TO(高速中性子によるバックグラウンドを低減する チョッパー)、ディスクおよびフェルミ各種チョッパーの試運 転・性能評価や、位置敏感型検出器の較正作業を行いました。来 年度以降は、共用実験開始に向けて、機器調整を進めながら、試 料環境機器(冷凍機)や、偏極実験に必要となるSEOP型偏極デバ イスと磁場環境機器の導入を進めます。

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.2017年度は, 各装置の駆動試験を行い,健全性を確認しました.また,教育用 装置HERMES-Eを新たに立ち上げています.今後は,制御ソフト ウェアの更新や周辺機器の整備など,装置群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.









東北大学中性子散乱物性研究グループ活動報告第2号 2018年4月1日発行 編集:南部雄亮、池田陽一、鈴木謙介 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