

【構成員】

教授: 山田和芳(2007.10~ WIP 兼務) / 准教授: 大山 研司 / 助教: 平賀 晴弘、藤田 全基 / 研究支援者[2名]
事務補佐員[1名] / 技術補佐員[1名] / 大学院生[4名]

【研究成果】

当研究室では、遷移金属酸化物を中心に、さらに硫化物や希土類化合物などでの特異な物性を示す系を含めた物質群でのスピンと格子の挙動に注目し、中性子散乱、放射光 X 線、ミュオンといった量子ビームを駆使した多面的な視点での研究を進めている。特にスピンの空間相関とダイナミクス、スピンと格子の相関、およびスピンと伝導現象との交差により得られる多彩な電子物性相図の解明を行うすすめている。また平行して、中性子化学専門研究グループとして国際的競争力強化をめざし、中性子散乱測定技術の先鋭化のための開発研究を進めている。特に平成 20 年度から JAEA, KEK と連携して偏極中性子を用いた物性測定技術開発、高輝度・波長選択型モノクロメーターの実用化を行った。

1) 単層銅酸化物高温超伝導体 $\text{Bi}_{2+x}\text{Sr}_{2-x}\text{CuO}_{6+\delta}$ の大型単結晶の作成に成功し、この系に対する中性子散乱実験で、磁気揺らぎの存在を初めて示すことに成功した。超伝導組成で磁気揺らぎは 100meV を越えて存在すること、および、10meV 以下の低エネルギー領域では、格子非整合磁気揺らぎの非整合度がドーピングによって変化することを見いだした。

2) $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ の全超伝導組成において、Cu サイトのわずか 1% を Fe で置換することで格子非整合相関を持った磁気秩序が誘起されることを見いだした。このことは、非整合秩序状態が組成によらず超伝導状態の背後に存在することを示している。

3) 前年度に発見した、幾何学的フラストレーション系の磁気秩序状態で発見した動的磁気分子の出現と磁気秩序の種類との関係を中性子散乱で明らかにした。

4) 日本原子力科学研究所東海研に設置されている三軸型中性子分光器 AKANE と粉末中性子回折装置 HERMES の高性能化を進めた。具体的には、(i) Ge モノクロメータ結晶を熱処理し最適化を行うことで、ビーム集光による高輝度化と波長選択モノクロメータの実用化、(ii) Cu モノクロメータ用大型高品質単結晶の合成と熱処理による、高エネルギー中性子実験の実用化を行った。更に、(iii) ^3He スピンフィルターを上記の金研中性子散乱装置に導入し、高輝度偏極中性子実験の下準備を行った。

5) 典型的四極子秩序物質である希土類ホウ化物 DyB_2C_2 での磁場中性子実験を行い、磁場による磁気構造の変化を詳細に追跡することで、四極子相互作用と磁気相互作用の競合の影響を解明した。

Ref. 1 M. Fujita, M. Matsuda, S.-H. Lee, M. Nakagawa, and K. Yamada
Low-Energy Spin Fluctuations in the Ground States of Electron-Doped
 $\text{Pr}_{1-x}\text{La}_x\text{Ce}_x\text{CuO}_{4+d}$ Cuprate Superconductors

Phys. Rev. Lett. 101 (2008), 107003(1)- 107003(4)

Ref. 2 M. Matsuda, M. Fujita, S. Wakimoto, J. A. Fernandez-Baca, J. M. Tranquada and K. Yamada

Magnetic Dispersion of the Diagonal Incommensurate Phase in Lightly Doped $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$

Phys. Rev. Lett. 101 (2008), 197001(1)-197001(4)

Ref. 3 K. Tomiyasu, H. Suzuki, M. Toki, S. Itoh, M. Matsuura, N. Aso and K. Yamada
Molecular Spin Resonance in the Geometrically Frustrated Magnet MgCr_2O_4 by Inelastic Neutron Scattering

Phys. Rev. Lett. 101 (2008), 177401(1)-177401(4)

Ref. 4 H. Hiraka, D. Matsumura, Y. Nishihata, J. Mizuki, K. Yamada
Dual Nature of a Ni Dopant in the Hole-Type $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ Cuprate Superconductor.

Phys. Rev. Lett. 102 (2009), 037002(1)- 037002(4)

Ref. 5 K. Ohoyama, K. Indoh, H. Yamauchi, A. Tobo, E. Matsuoka, M. Sato, S. Katano, and H. Onodera

Field-Induced Magnetic Structures in Antiferroquadrupolar Ordering Compound DyB_2C_2

J. Phys. Soc. Jpn. 77 (2008) 114703(1)-(6).

【研究計画】

2009年以降は以下のように研究を進める。

遷移金属酸化物系

ドーピングされたモット絶縁体の磁気相関・電子相関を電子ドーピング型およびホールドーピング型の双方で調べ、超伝導をはじめとする量子物性との普遍的関係を明らかにする（長期計画）。

1) 電子ドーピングされた反強磁性秩序相での磁気励起スペクトルを広いエネルギー・運動量空間で調べ、超伝導発現にいたるドーピングの過程で磁気相関に起こる変化を明らかにする。

2) 純良微小単結晶に対する高輝度パルス中性子散乱実験に取り組む。高温超伝導体では、これまで実験が困難であった $\text{Bi}2201$ 系の磁気励起スペクトルの全体像についてドーピング依存性を明らかにし、 $\text{La}214$ 系の結果との比較から磁気相関の普遍性に関する情報を引き出す。

3) 新規鉄系超伝導体の磁気相関の特徴を圧力・磁場の外部パラメータを制御した中性子散乱実験で調べる。

4) Co 酸化物 $\text{La}_{2-x}\text{Ca}_x\text{CoO}_4$ の磁気相関に対する顕著な不純物置換効果を調べ、 Co 中間スピン状態の有無と磁気相関・電荷・軌道・構造への効果を明らかにする。

5) 磁気フラストレーション系の動的磁気分子を、さらに広いエネルギー領域についてパルス中性子で系統的に調べると共に、磁気分子の形状と格子振動の関連を明らかにする。

水素化物

水素貯蔵材料として着目されている水素化物について中性子散乱を用いて研究を遂行する。特に水素放出過程における結晶構造（平均構造及び局所構造）、原子振動を詳細に調べることで、水素貯蔵・放出メカニズムを明らかにする。

希土類化合物

希土類四極子化合物 RB_2C_2 、 RB_4 系での磁気形状因子測定、温度因子の異常の探査をおこない、四極子秩序、磁気秩序状態での多極子モーメントの振るまいを解明する。またスピン格子ダイナミクスの詳細観測をおこない、四極子秩序が格子系に与える影響を解明する。

中性子散乱の応用研究

実際に使用されている工業材料での溶接部など、応用上重要な状況での材料の局所構造観測を走査型中性子回折実験により行い、材料中でのマイクロ構造変化、局所歪みを解明し、接合技術向上、金属疲労評価につなげる。

新しい中性子散乱分光技術開発

より高度な研究を遂行するため、金研所有の中性子散乱装置 AKANE, HERMES の高性能化を進め、高輝度偏極中性子実験、湾曲結晶モノクロメータを使った超高輝度点集光ビーム実験、パルス強磁場発生装置による世界最高磁場での中性子実験、結晶モノクロメータ切替え機構による広いエネルギーレンジ研究への柔軟な対応など、競争力の高い新しい中性子散乱分光技術を確立する。更に、ブロードバンド ^3He スピンフィルターをパルス中性子散乱装置へ導入することを念頭に、 ^3He スピンフィルターの基礎性能調査とその向上を目指す。