

Title	Novel Magnetism and Superconductivity in Geometrically Frustrated Systems
Author(s)	藤本, 達也
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45035
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	藤本達也
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 18828 号
学位授与年月日	平成 16 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学位論文名	Novel Magnetism and Superconductivity in Geometrically Frustrated Systems (フラストレーション系の磁性と超伝導)
論文審査委員	(主査) 教授 北岡 良雄 (副査) 教授 三宅 和正 教授 那須 三郎

論文内容の要旨

フラストレートした結晶構造で起こる磁性と超伝導の解明を目指し、NMR/NQR の手法を用いて LiNiO_2 、 YbPtIn 、 $\text{Na}_{0.35}\text{CoO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ の電子物性を調べた。

LiNiO_2 に関しては、強磁性および反強磁性のスピン-スピン相互作用、反強磁性的な軌道-軌道相互作用をそれぞれ $J_{\text{FM}} \sim +30 \text{ K}$ 、 $J_{\text{AFM}} \sim -20 \text{ K}$ 、 $J^0 \sim -10 \text{ K}$ と求めた。この結果より、 $J^0 \gg J_{\text{FM}} \sim J_{\text{AFM}}$ として Kugel'-Khomsii ハミルトニアンを古典的に扱う $\text{SU}(2) \times \text{SU}(2)$ モデルというよりはむしろ、量子揺らぎも考慮に入れた $\text{SU}(4)$ モデルが妥当であることを示し、スピン自由度と軌道自由度が複合的に絡み合った共鳴原子価状態の可能性を提示した。

YbPtIn に関しては、核スピン格子緩和 (T_1) の測定より、この物質が典型的な局在スピン系として扱えることを示した。また NQR スペクトルの解析から、中間相の磁気状態に低エネルギーのスピン揺動が残っていること、基底状態での内部磁場配列が 120° 構造になっていることを明らかにした。このことから、幾何学的フラストレーションが YbPtIn の磁気物性に重要な役割を演じていることを示した。

$\text{Na}_{0.35}\text{CoO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ に関しては、ゼロ磁場下における T_1 測定より、超伝導ギャップがギャップレスの極性状態にあることを明らかにした。また、Knight シフトの測定から、Cooper 対が一重項を形成していることを示した。このことから、 $\text{Na}_{0.35}\text{CoO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ は d 波超伝導体であると結論付けた。

論文審査の結果の要旨

最近、わが国のグループ(物材機構)により、 $T_c = 5 \text{ K}$ の超伝導体 $\text{Na}_{0.35}\text{CoO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ が発見された。この物質は、Co を含む遷移金属酸化物としては初めての超伝導体であり、新しい超伝導メカニズムの探索を目指して、理論-実験の両面から精力的な研究が行われている。藤本君は、Co 核の NMR/NQR 手法を用いて、超伝導ギャップや超伝導電対の対称性を探るべく研究を進めた。零磁場で測定された核スピン-格子緩和率 ($1/T_1$) は、 T_c 以下にコーヒーレンスピークは示さず、べき乗の温度変化を示して急激に減少することを見出した。さらに低温ではコリンハ則に漸近

することがわかった。以上の結果は、 $\text{Na}_{0.35}\text{CoO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ の超伝導ギャップが線状に消失する異方的超伝導体であることを強く支持している。実際、この異方的超伝導モデルを使って $1/T_1$ を計算すると実測値をよく再現し、超伝導ギャップの大きさ $\Delta/k_B T_c = 3.0$ 、残留状態密度 $N_{\text{res}}/N_0 = 65\%$ と求めることができた。

一方、常伝導状態の $1/T_1$ は高温でコリンハ則を示すが、40 K 以下では磁気相関の発達に対応してキュリーワイス則に従うようになる。この振舞いは2次元性の強い遍歴反強磁性体に酷似しており、常伝導状態において2次元反強磁性揺らぎの発達を示唆しており、電子対形成の起源が磁気的なものであることを類推させる結果を得た。また、磁場中において Co 核の Knight シフトは T_c 以下で減少することを見だし、超伝導電子対が一重項を形成していることを結論した。 T_c 以下での温度依存性は、 $\Delta/k_B T_c = 2.7$ 、残留状態密度 $N_{\text{res}}/N_0 = 65\%$ を仮定すると d 波超伝導モデルで説明できることが結論される。 $1/T_1$ の結果と合わせると、新規の超伝導体 $\text{Na}_{0.35}\text{CoO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ が d 波超伝導であることを強く支持する世界初の成果であり、博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。