

希薄ホールドーピング系 $(\text{La}_{0.97}\text{Sr}_{0.03})\text{CoO}_3$ の 中性子散乱研究

Neutron scattering study of lightly hole doped $(\text{La}_{0.97}\text{Sr}_{0.03})\text{CoO}_3$

利用者 富安 啓輔¹⁾、小山 俊一¹⁾、久保田 祐貴¹⁾、金子 耕士²⁾
Keisuke TOMIYASU, Syunichi KOYAMA, Yuuki KUBOTA, and Kouji KANEKO

所属 1)東北大院理、2)原子力機構

概要

スピン状態自由度を持つ代表的な候補物質 $(\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x)\text{CoO}_3$ の低濃度領域の研究の一環として、 $x=0.03$ の単結晶中性子散乱実験を行なった。観測された磁気散乱の運動量依存性とエネルギー依存性は、 $x \geq 0.05$ の格子非整合相の報告と良く一致した。よって、本組成は依然同相にあり、 $x=0.002$ で発見されたスピン多量体相との相境界はより低濃度にあることが明らかとなった。

キーワード スピン状態、格子非整合、局在と遍歴

1. 目的

磁性体や強相関電子系は、スピン・電荷・軌道・格子の 4 自由度に加え、特に Co や Fe 系において高・中間・低スピン状態という第 5 の自由度を持ちうるということが知られている。中でも、単イオン近似では高・低スピン状態だけしか許されないはずであるため、中間スピン状態の実在や起源には今なお論争が続いている。

最近、スピン状態自由度を持つ代表的な候補物質 $(\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x)\text{CoO}_3$ ($x=0.002$) において、粉末中性子非弾性散乱と ESR により、約 $15 \mu_B/\text{hole}$ もの巨大磁気モーメントが中間スピン状態由来の強磁性局在スピンア量体として発現することが示唆された¹⁾。一方、 $x \geq 0.05$ においては、主たる格子整合な強磁性的なスピン短距離秩序と格子非整合なスピン短距離秩序が共存し、その格子非整合度が x と共に増加する²⁾。これは、強磁性短距離秩序内でホールが遍歴的であること（ネ스팅ング描像）を示唆し、 $x=0.18$ で起こる絶縁体金属転移の局所的な前駆体と提案された²⁾。

我々は、この二つの報告を合わせ、中間スピン状態は局在と遍歴の狭間に深く関係するのではないかと予想しており、局在スピン系的な多量体相と遍歴スピン系的な格子非整合相の境界付近を探る一連の研究を行なっている。本実験では、その一環として、 $x=0.03$ の単結晶中性子散乱実験を行なった。

2. 方法

実験は JRR-3 の三軸分光器 LTAS にて行なった。水平コリメーションは G-80-rad-B に、検出中性子のエネルギー E_f は弾性散乱では 4.1 meV 、Const-Q スキャンでは 3.5 meV に設定した。高調波成分は Be フィルターにより除去した。FZ 法で育成した約 7 g の $(\text{La}_{0.97}\text{Sr}_{0.03})\text{CoO}_3$ 単結晶を ^4He 熱交換ガスと共にアルミ缶に封入し、 ^4He 循環型冷凍機内に設置した。

3. 研究成果

図 1 は、3K から 50K のデータを引くことにより抽出した磁気弾性散乱データを示す。左図に示すように、001 を中心に $[111]$ と $[11-1]$ 方向にやや裾を引いているように見える散漫散乱模様を観測される。これは、右図に示すように、中心の格子整合成分と左右の格子非整合成分で構成されている。3ローレンチアンフィットにより、前者の半値全幅は 0.15 rlu と見積もられる。後者の格子非整合度と半値全幅はそれぞれ 0.20 rlu と 0.22 rlu と見積もられ、これらは $x \geq 0.05$ の延長線上に良く乗る¹⁾。なお、実空間の相関長（半値全幅）に換算すると、それぞれ 6.5 \AA と 4.5 \AA ($[111]$ 方向の格子面間隔の 3 倍と 2 倍) である。

図 2 は、3K で測定した 000.9 における Constant-Q スキャンの結果を示す。有意な励起状態は観測されていない。スピン多量体は約 0.8 meV の励起状態を生成し¹⁾、格子非整合成分を伴う強磁性短距離秩序は弾性散乱として観測されるので²⁾、本結果も後者と一致する。

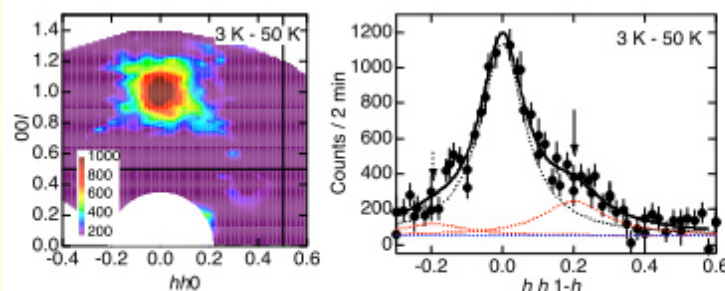


図 1: 左は $h-h'$ ゾーンにおける磁気弾性散乱強度模様、右は 001 を通るように $[11-1]$ 方向にスキャンした結果を示す。

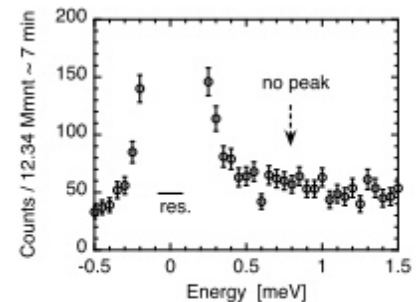


図 2: 3K で測定された 000.9 における Constant-Q スキャンの結果。

4. 結果・考察

以上より、 $x=0.03$ 組成は依然として格子非整合相にあることが示された。スピン多量体相との相境界はより低濃度領域に存在すると考えられる。現在、さらに低濃度領域の研究を進めている。

5. 引用(参照)文献等

- 1) A. Podlesnyak *et al.*, Phys. Rev. Lett. **101**, 247603 (2008).
- 2) D. Phelan *et al.*, Phys. Rev. Lett. **97**, 235501 (2006).