

希薄ホールドーブ系 $(\text{La}_{0.97}\text{Sr}_{0.03})\text{CoO}_3$ の中性子散乱研究

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

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

¹⁾東北大院理 ²⁾原子力機構

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、中間スピン状態の存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7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(ネスティング描像)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7g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、3 Kから50 K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[1-1]方向にやや裾を引いているように見える散漫散乱模様が観測される。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ローレンティ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 Åと4.5 Å([111]方向の格子面間隔の3倍と2倍)である。

図2は、3 K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。

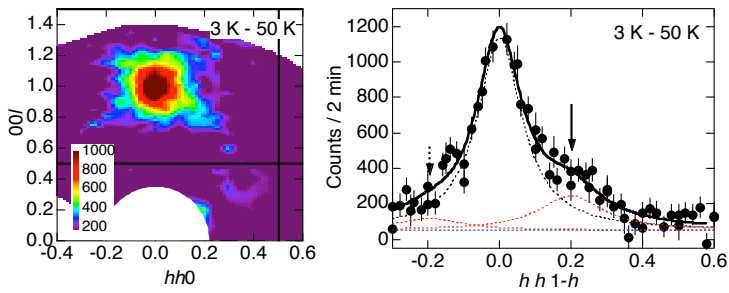


図 1: 左は $hh0$ ゾーンにおける磁気弾性散乱強度模様、右は 001 を通るように $[11-1]$ 方向にスキャンした結果を示す。

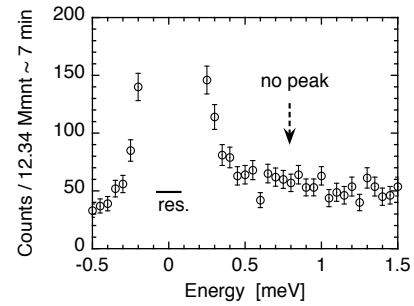


図 2: 3 K で測定された 000.9 における Constant- Q スキャンの結果。

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).