

二種類の競合と低次元性によって現れる 特異磁性の研究

Study of unique magnetism caused by two magnetic frustrations and low dimensionality

利用者 黒江晴彦¹⁾、関根智幸¹⁾、長谷正司²⁾、松田雅昌³⁾、加倉井和久³⁾
H. KUROE¹⁾, M. HASE²⁾, T. SEKINE¹⁾, M. MATSUDA³⁾, K. KAKURAI³⁾

所属 1) 上智大学、2) 物質・材料研究機構、3) 日本原子力研究開発機構

キーワード Cu₃Mo₂O₉、反強磁性スピン鎖、反強磁性ダイマー、磁気励起、分散関係

1. 目的

Cu₃Mo₂O₉の磁性は特異である。T_N = 7.9 K以下で反強磁性秩序が起こり、合わせて、弱強磁性的な性質も示す[1]。ただし、磁化曲線から判断するに、少なくとも2.5 K以上のゼロ磁場では、弱強磁性秩序自体は安定化していない。磁場を印加することによって、弱強磁性秩序も安定化するようである。

図1に示すように、三種類のCuサイトが存在する[2]。図1(a)のような擬一次元四面体スピン鎖を推測している。J₄反強磁性交換相互作用がCu1の反強磁性スピン鎖を形成し、J₃反強磁性交換相互作用がCu2と3の反強磁性ダイマーを形成する。スピン鎖とダイマーはJ₁とJ₂相互作用で弱く結合することで、スピン系全体としては、磁気フラストレーション(競合)を含む。反強磁性スピン鎖内には、J₄相互作用と、ジャロシンスキー・守谷相互作用(DM相互作用)が競合し、弱強磁性的な性質が現れると推測している。DM相互作用を含む反強磁性スピン鎖だけのスピン系では(例えば、BaCu₂Ge₂O₇[3])、弱強磁性秩序はゼロ磁場で安定化する。よって、四面体的なスピン配置に起因した磁気フラストレーションの効果で、ゼロ磁場で弱強磁性秩序が現れないと、我々は考える。

我々のモデルの検証には、図1(b)のような四面体スピン鎖間の相互作用も含めた磁気相互作用の情報が必要で、中性子非弾性散乱による磁気励起の磁気励起を観測が不可欠である。そこで三軸分光計を用いて、中性子非弾性散乱の測定を行った。

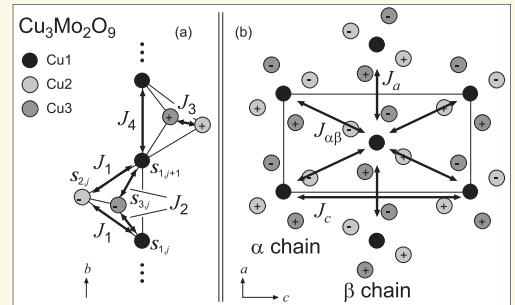


図1 一本の四面体スピン鎖内の交換相互作用(a)と四面体スピン鎖間の相互作用(b)。単位胞は二本の四面体スピン鎖(α, β鎖)を含む。非磁性的O²⁻イオンMo⁴⁺は省略した。

2. 方法

Cu₃Mo₂O₉の単結晶試料は赤外炉を用いて作製した。直径 5 mm、長さ 30 mmの単結晶試料を使った。JRR-3のLTASとTAS-2分光器を用いて実験した。⁴He冷凍機を用いて、4.4 Kから100 Kの間で温度を調整して測定を行った。測定は主としてconstant Q scanで行った。低エネルギー領域のconstant ω scanの結果は課題番号2010A-A54で発表する。

3. 実験結果

図2に典型的なI(ω)の結果を示す。LTASで測定したI(ω)では、一本のピークが、TAS-2で測定したI(ω)では、一または二本のピークが観測された。温度上昇に伴うピーク強度の減少から、磁気励起とであると判断した。磁気励起の分散関係をまとめたのが図3である[4, 5]。

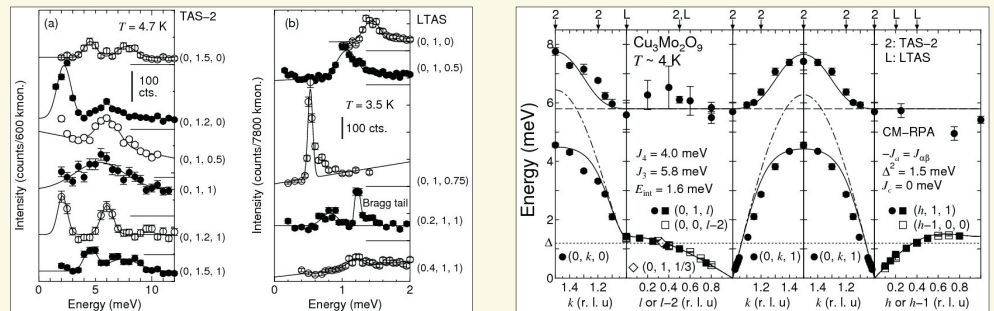


図2 Constant Q scan の典型的なスペクトル。図3 磁気励起の分散関係。図中の曲線は計算値。

4. まとめ

図3から二種類の励起の存在が判る。低エネルギー励起は、(h k l)=(0 1 1)のゼロエネルギー付近から、リニアに立ち上がるk方向に強い磁気分散を持つ。高エネルギー励起は、測定したすべての波数で、有限エネルギーに励起がある。反強磁性ダイマーのようなスピン・ギャップ系の磁気励起を意味する。図3の二本の実線は、J₄、J_α、J_βによる擬一次元反強磁性スピン鎖とJ₃による孤立ダイマーが波数に依存して結合する事を仮定して計算した磁気励起分散関係で、実験結果を良く再現する。各々のパラメータは以下のように求められた[4, 5]。

- 反強磁性スピン鎖 J₄ = 4.0 meV、マス・ギャップ・エネルギー1.2 meV、分散関係は図3の一点鎖線
- 孤立反強磁性ダイマー J₃ = 5.8 meV、分散関係は図3の点線
- 結合エネルギー E_{int} = 1.6 sin(πk) meV

5. 引用(参照)文献等(青は関連業績)

- [1] T. Hamasaki *et al.*, Phys. Rev B **77** (2008) 134419 1-7. [2] U. Steiner and W. Reichelt: Acta Crystallogr., Sect. C **53** (1997) 1371. [3] I. Tsukada *et al.*, Phys. Rev. B **62** (2000) R6061. [4] H. Kuroe *et al.*, J. Phys.: Conf. Ser. **200** (2010) 022028. [5] H. Kuroe *et al.*, submitted to Phys. Rev B.

ご協力ありがとうございます。岡邦彦、伊藤利充、永崎洋(産総研)、金子耕土、目時直人、(原子力機構)、寺田典樹(物材機構)