

フラストレートした二等辺三角格子反強磁性体 CuMnO_2 の磁気励起

Magnetic excitation spectrum in frustrated isosceles triangular lattice antiferromagnet CuMnO_2

利用者 寺田典樹¹⁾、土屋佳則¹⁾、北澤英明¹⁾、長壁豊隆²⁾、目時直人²⁾、井川直樹²⁾、大山研司³⁾

N. TERADA¹⁾, Y. TSUCHIYA¹⁾, H. KITAZAWA¹⁾, T. OSAKABE²⁾, N. METOKI²⁾, N. IGAWA²⁾, K. OHYAMA³⁾

所属 1)物質・材料研究機構、2)日本原子力研究開発機構、3)東北大金研

キーワード CuMnO_2 、フラストレーション、二等辺三角格子、スピン波、非弾性散乱

1. 背景と目的

CuMnO_2 は Mn^{3+} のヤーンテラー歪みにより、その他の ABO_2 型三角格子系とは異なった歪んだ三角格子（二等辺三角格子）の層状構造を持つ。（図1[1]） CuMnO_2 の磁気的な性質は、図2に示したように室温から60Kまでは低次元的な振る舞いを、さらに低温では3次元秩序と弱強磁性を示すことが報告されていた。[2,3]さらに最近の研究によって、3次元秩序を示す温度において常磁性状態の単斜晶から三斜晶への構造相転移を伴っていることが明らかとなり、この系における磁気弾性効果の重要性が示唆された。[1]これまでの研究によって低温の磁気構造や結晶構造はわかっているが、磁気弾性効果が磁気励起に与える影響や $\text{Cu}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_2$ における化学的置換効果についてはわかっていなかった。本研究では、 CuMnO_2 の磁気弾性効果が磁気励起に与える影響を探查すること、 $\text{Cu}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_2$ における磁気構造、磁気相関を明らかにすること目的として中性子散乱実験を行った。

2. 方法

CuMnO_2 の粉末試料を固相反応法によって合成し、中性子非弾性散乱実験を3軸分光器TAS2を用いて行った。 $\text{Cu}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_2$ の粉末試料も固相反応法によって合成し、中性子回折実験をHRPD,およびMUSASIを用いて行った。

3. 実験結果

図4（左）に CuMnO_2 と $\text{Cu}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_2$ ($x=0.04$) の帯磁率の温度変化を示した。両試料ともに60K以上では低次元的なスピン揺らぎを反映したブロードピークを示した。しかしながら60K以下では、 $x=0.00$ の試料では弱強磁性が観測されたのに対して、 $x=0.04$ の試料では全く弱強磁性は観測されなかった。比熱測定の結果を図4（中）に示した。 $x=0.00$, $x=0.04$ ともに60K辺りに反強磁性転移に対応すると考えられるピークが観測されたが、 $x=0.00$ の弱強磁性が出現する45Kには比熱にピークが観測されなかった。 CuMnO_2 の低温比熱は T^2 に比例していることが図4（中）(b)から読み取れる。図4（右）に $x=0.00$, $x=0.04$ 中性子回折プロファイルを示した。 $x=0.00$ では、 $\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}$ という指数で磁気ブラッグ反射が表されるのに対し、 $x=0.04$ では $\frac{1}{2} \frac{1}{2} 0$ という指数で表されるという違いが観測された。磁気構造解析を行ってみるとスピンの方向はほぼ同一で、 c 軸方向の変調が平行 ($x=0.04$) か反平行 ($x=0.00$) であった。（図6を参照）

図5に CuMnO_2 の粉末試料における中性子非弾性散乱の強度マップの温度依存性を示した。室温から温度を下げていくと200Kあたりで $Q=1.2\text{Å}^{-1}$ あたりで準弾性散乱強度が増大するが（図5右の挿入を参照）、最低温度4Kではスピン波動起に7 meV程度のギャップが開き、明瞭なスピン波動起が観測された。しかしながら、4Kのスペクトルには明瞭なスピン波動起に加え準弾性散乱の励起も残存していることがわかった。このことは最低温度4Kにおいてもスピンの揺らぎが残っていることを示唆しており、低温において T^2 に比例する比熱の温度変化に深く関係していると考えられる。

4. まとめ

CuMnO_2 および $\text{Cu}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_2$ の粉末中性子回折実験、非弾性散乱実験を行った。その結果、 $x=0.00$ では $\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}$ という指数で磁気ブラッグ反射が表されるのに対し、 $x=0.04$ では $\frac{1}{2} \frac{1}{2} 0$ という指数で表されるという違いが観測された。 CuMnO_2 の磁気励起測定から、60K以下において3次元秩序に伴って明瞭なスピン波動起が観測されるが、準弾性散乱も同時に最低温度で観測された。この結果は比熱の T^2 の温度変化と密接に関係していると考えられる。

5. 引用（参照）文献等

[1] F. Damay et al. PRB 80 094410 (2009), [2] M. Trari et al. J. Solid State Chem. 178 2751 (2005), [3] H. Hiraga et al. APL 95 032109 (2009)

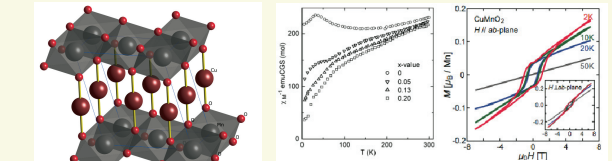


図2（左） $\text{Cu}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_2$ の帯磁率の温度依存性[2]、（右）磁化過程[3]

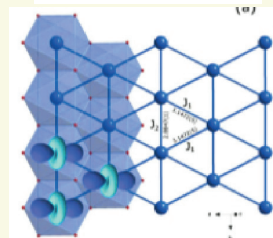


図3 格子定数の温度変化[1]

図1（上） CuMnO_2 の結晶構造、（下） Mn^{3+} が形成する二等辺三角格子

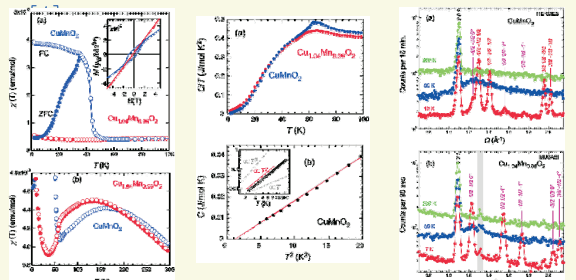


図4 CuMnO_2 および $\text{Cu}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_2$ ($x=0.04$) の（左）帯磁率（中）比熱（右）中性子回折プロファイル

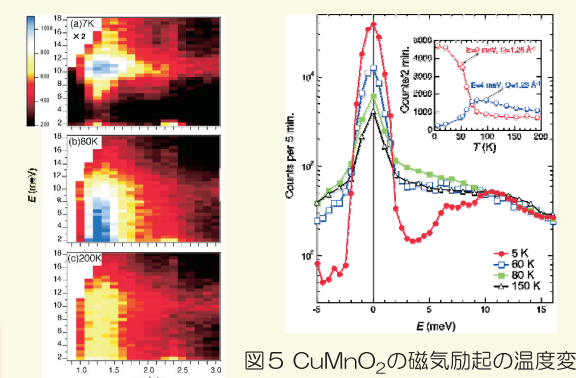


図5 CuMnO_2 の磁気励起の温度変化

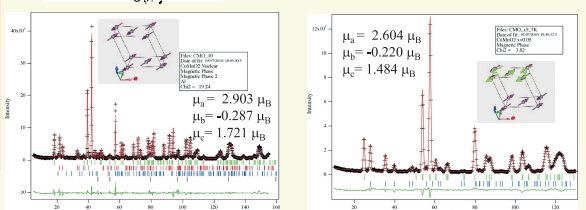


図6 $\text{Cu}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_2$ の粉末中性子回折プロファイルと磁気構造（左） CuMnO_2 、（右） $x=0.04$