

(Fe·Mn)TiO₃ 系におけるエントラント
 スピングラスとその磁場依存性

お茶の水大・理 有賀浩子, 伊藤厚子
 東大・物性研 後藤恒昭, 吉沢英樹

短距離・イジング型混晶 Fe_xMn_{1-x}TiO₃ におけるリエントラント転移の機構を調べるために、磁化測定、Mössbauer 分光、中性子散乱の実験を行なった。

1. 磁化測定

系の磁場に対するマクロな応答を調べるために行なった磁化測定から、以下のような結果が得られた(測定磁場は c 軸に平行)。

- ① 弱磁場 (10 Oe) 中で、 $x = 0.60, 0.65$ の試料は、反強磁性体 (AF) への転移に続いて、低温で、スピングラス (SG) へとリエントラント転移をする。しかし、AF 転移を示すピークは、AF である $x = 0.75$ の試料のそれよりなまっている。そのなまり方は $x = 0.60$ の試料の方が顕著であり、この系のフラストレーションがより大きいことを示している。
- ② 測定磁場に対して、系が非常に敏感に依存している (図 1)。
- ③ χ_{ZFC} と χ_{FC} との間に差が生じる温度 T_g は、磁場を増加させると、いったん上昇してから、低温側に移動する。一方、AF 転移を示すピークの温度 T_N は、磁場の増加と共に低温側に移るが、1.0 T 以上の磁場中では消失してしまう (図 2)。

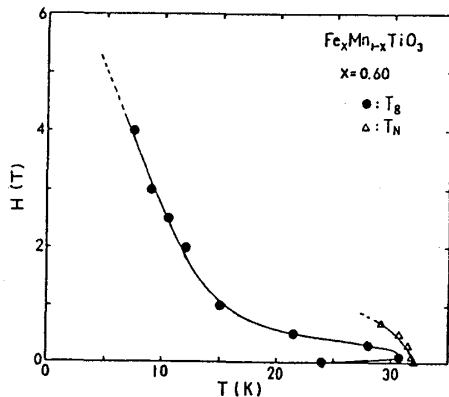


図 2

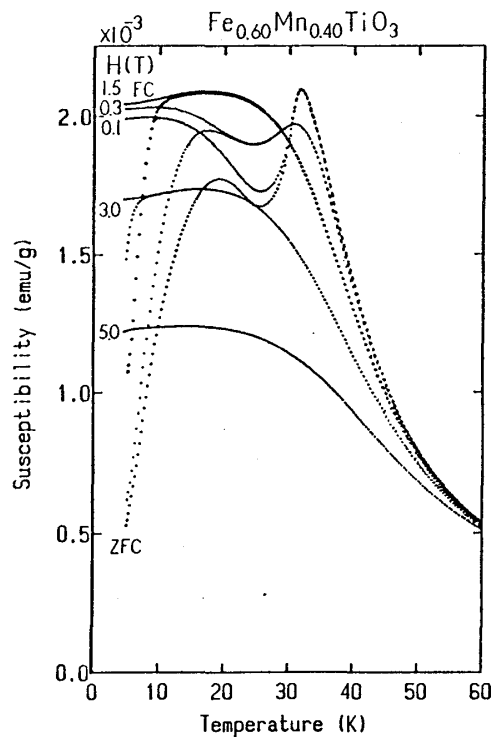


図 1

2. Mössbauer 分光

常磁性状態から直接 SG へ転移する $x = 0.50$ の試料については、すでに Mössbauer 分光を用いた研究の結果から、1. スピンの方向は結晶軸の c 軸から大きく傾いている。2. 内部磁場の大きさやスピンの方向に分布がある。と考えられているが、リエントラント転移を示す試料の SG 相も同様の振舞いを示している。温度を上昇させていくと、転移温度に近づくとつれて磁気分裂が小さくなり、見掛け上は2本のスペクトルになる。その2本のスペクトルのうち、右側のスペクトルの半値幅 $\Gamma_{1/2}$ の温度変化の様子を図3に示す。Fe の濃度が増加するほど転移温度は高温側へ移り $\Gamma_{1/2}$ の立ち上がり方も鋭くなっている。この転移温度近傍の立ち上がりの様子を、 T_g 、 T_N で規格化して比較すると(図4)、リエントラント転移を示す試料におけるAF転移には低温でのSG相の影響が強く残っており、系のフラストレーションが大きくて T_N が T_g に近い試料ほど、よりその影響を強く受けていることがわかる。

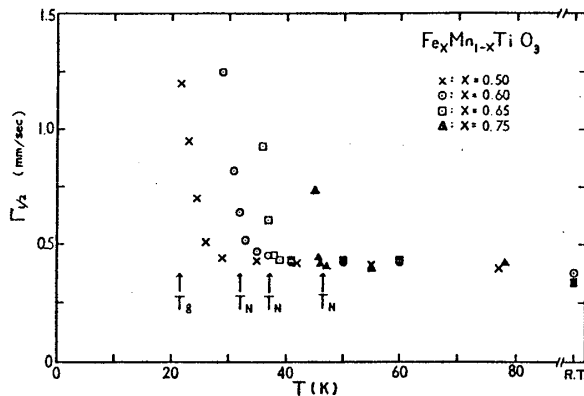


図 3

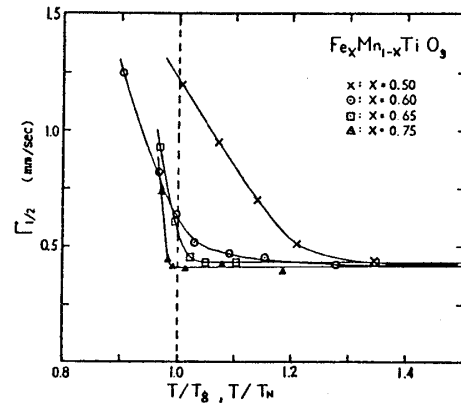


図 4

3. 中性子散乱

さらに、 $x = 0.60$ の試料については、単結晶試料を用いた中性子散乱の測定から、次の結果が得られた。

- ① T_N 以下で、 FeTiO_3 の磁気逆格子点と同じ逆格子点にのみ磁気散乱が存在する。従って、 FeTiO_3 型の磁気構造をもつ反強磁性秩序が形成されていることになる。
- ② 装置の分解能幅の磁気ブラック散乱が T_g 以下でも存在する。しかし、その強度は T_g 以下で減少している(図5)。
- ③ ブラック点のまわりには、散乱強度 $I(q)$ が

$$I(q) = \frac{A}{\kappa^2 + q^2}$$

なるローレンツ型をした散漫散乱が存在する。スピン相関距離の逆数 κ と振幅 A は、図6のような温度変化を示す。

以上の結果から、次のようなスピンの振舞いが予想される： T_N でスピン間の相関が無限に広がり、長距離秩序が形成される。しかし、 T_g に近づくにつれて、一旦おさまりかけていたスピン間の相関が再び 100 \AA 程度まで広がって長距離秩序の一部を壊し、短距離のSG状態が形成される。SG相では、長距離秩序とSG状態とが共存している。

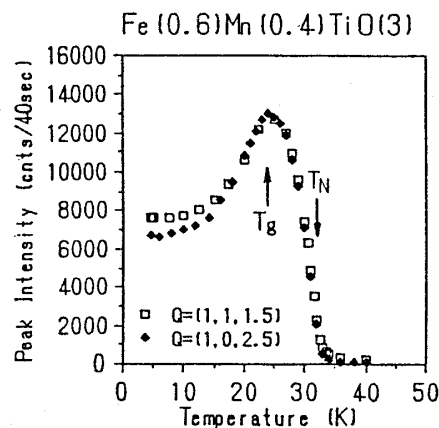


図 5

準2次元XYスピングラス

理研 勝 又 紘 一

Villain¹⁾ により指摘されたように2次元(2d) XY ランダム磁性体においてはフラストレーションのためにスピンの canting が生じる。同じエネルギーをもつ canting の仕方は二通りあり、これを+、-のカイラリティーなる量に対応させる。川村達²⁾はこの系の計算機実験を行い、正負相互作用ボンド数が同じ

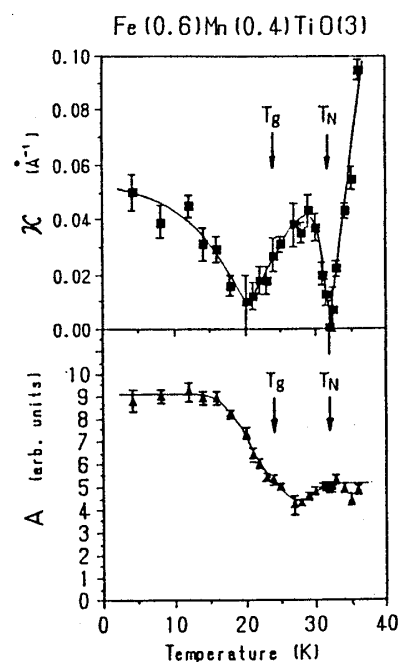


図 6

ときには常磁性からカイラルスピングラスへの転移が、また強磁性相互作用が強い領域ではリントラントスピングラス(RSG)転移が生じることを示した。実験的にRSG転移は強磁性相からスピングラスへ転移する際に急激な磁化の減少として観測されるが、川村達によると2d XY ランダム系ではこの磁化の小さい状態は非平衡状態であり、低温での平衡状態は強磁性状態と殆んど変わらないものであるらしい。すなわち、系を常磁性状態から急冷してシミュレーションを行うと、+と+(−と−)のカイラリティーが隣合って発生する場所があり、そこで周囲のスピンの大きくなり乱れて渦構造を作り系の磁化が減少することになる。このように2dXYスピングラスは大変興味ある系であるが、現実の物質でこの性質をもつものがなかったためこれまで理論的研究が主であった。