

8. 異方的スピングラス ZnMn, CdMn の磁性

横澤 宏一

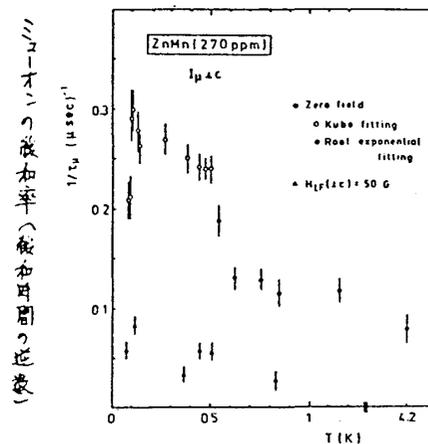
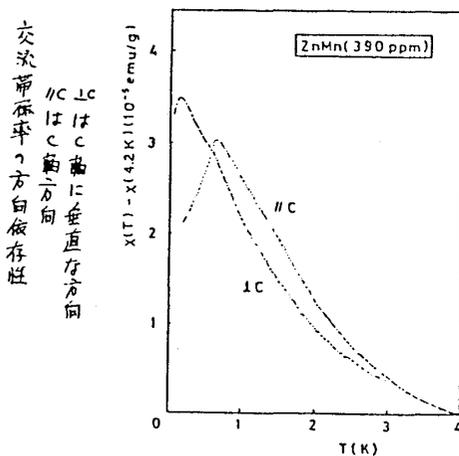
非磁性母金属に Fe, Mn などの磁性不純物を数%加えた磁性希薄合金は、低温でスピングラスランダムな方向に凍結し、スピングラスと呼ばれている。このような磁性希薄合金では、磁性不純物間に伝導電子を媒介とする RKKY 相互作用が存在し、磁性不純物間の距離により、強磁性的、あるいは反強磁性相互作用になる。このため磁性不純物のもつスピン間の相互作用 J_{ij} が競合した系になっている。このようなランダムスピン系の相転移は従来の規則格子系の相転移と異なり、新しい物理学を開拓しつつある。強磁性体は交換相互作用の空間平均 \bar{J}_{ij} で決まる温度で相転移するが、スピングラスは $\bar{J}_{ij} = 0$ の場合も含め、 $\sqrt{J_{ij}^2}$ に相当した温度 T_g で相転移する。最近このような交換相互作用

$$\sum_{i>j} J_{ij} \vec{S}_i \vec{S}_j \quad (i, j \text{ は磁性原子の格子点を表わしランダム分布している})$$

の他に結晶の異方性により生ずる結晶場の存在する系のスピングラス凍結が二段階逐次相転移をする例として興味もたれている。

最初 $(\text{Ti}_{1-x}\text{V}_x)_2\text{O}_3$ 、その他 ZnMn 等の六方晶系の単結晶で実験され、その結果について理論的に検討された。しかし、これまで二段階逐次相転移は確認されていなかった。今回我々は二段階逐次相転移が

$$D/J \quad (D \text{ は結晶場定数, } J = \sqrt{J_{ij}^2})$$



の比較的狭い範囲でのみ生じうると考え、種々の Mn 濃度の $\underline{\text{ZnMn}}$, $\underline{\text{CdMn}}$ 単結晶を製作し、交流帯磁率、 μ^+ 中間子スピン緩和 (μSR) の測定を行い、 $\underline{\text{ZnMn}}$ について二段階逐次相転移の観測に成功した。 $\underline{\text{ZnMn}}$, $\underline{\text{CdMn}}$ は結晶の c 軸に 3 回の対称軸のある異方的な結晶構造を有する。 $\underline{\text{ZnMn}}$ の場合は結晶場定数 D の符号は正であり Ising 型の異方性を持つが、 $\underline{\text{CdMn}}$ の場合には D の符号は負であり、いわゆる XY 型の異方性を持つ。結晶場定数は 1 イオン型の異方性であり、Mn 濃度によらないが、交換相互作用の分布の幅 $J = \sqrt{J_{ij}^2}$ は Mn 濃度に依存する。従って D/J の値は Mn 濃度を変えることにより、適当に決まることに注目して研究を行った。

試料は $\underline{\text{ZnMn}}$ (Mn 濃度 150 ppm, 270 ppm, 390 ppm) と $\underline{\text{CdMn}}$ (Mn 濃度 488 ppm) であり各々のスピングラス転移温度は 1 K 以下であるため ^3He - ^4He 希釈冷凍機を使用して実験した。 c 軸方向を z 軸にとると、 $\underline{\text{ZnMn}}$ (270 ppm) の場合、スピングラス転移に特徴的な交流帯磁率のカスポが、 c 軸方向では $T_g^c \sim 0.53\text{K}$ で発生し、 c 軸方向のスピン成分 S_z の T_g^c 以下での凍結が観測された。また c 軸に垂直な方向の交流帯磁率ではカスポが $T_g^\perp \sim 0.09\text{K}$ で発生し、 c 軸に垂直なスピン成分 S_x, S_y の T_g^\perp は、 $T_g^c \sim 0.64\text{K}$, $T_g^\perp \sim 0.18\text{K}$ の二段階逐次転移を観測している。これに T_g^c のみ出現した $\underline{\text{ZnMn}}$ (150 ppm) ($T_g^c \sim 0.28\text{K}$) の結果を合せて T_g^c, T_g^\perp の濃度依存性を調べ、 T_g^\perp のみの出現した $\underline{\text{CdMn}}$ (488 ppm) ($T_g^\perp \sim 0.88\text{K}$) の結果と合せて、異方性強度 (D/J) - 転移温度 (T/J) の磁気相図を作成して理論と比較検討を行い、スピングラスの平均場理論と定性的によい一致を得た。交流帯磁率測定では、外場 (静磁場) 依存性も測定し、交流磁場方向の外場下では、スピングラス転移に特徴的な T_g 付近での帯磁率の顕著なつぶれを、 c 軸方向の外場下では平均場理論で指摘されている転移温度の下降と思われる帯磁率のピークの温度の下降を観測した。

また μ^+ 中間子のスピンが磁性体中で磁性原子のスピンのゆらぎを反映した緩和を示す事を利用し、 $\underline{\text{ZnMn}}$ (270 ppm) スピングラスについて動的性質の研究を行った。 T_g^c 及び T_g^\perp で μ^+ 中間子のスピン緩和に臨界緩和現象を観測した。

以上、単結晶における二段階相転移と T_g での臨界緩和はスピングラスにおいて今回初めて観測に成功したものである。