

二次元希釈系 $\text{Rb}_2\text{Co}_c\text{Mg}_{1-c}\text{F}_4$ の臨界現象

お茶の水大 理 池 田 宏 信

鈴 木 正 継

典型的二次元Ising型反強磁性体として知られている Rb_2CoF_4 に非磁性イオン (Mg^{2+}) を混入した系 ($\text{Rb}_2\text{Co}_c\text{Mg}_{1-c}\text{F}_4$) の臨界現象に関する実験結果について報告する。この系は二次元 (正方格子) quenched site-random Ising 型反強磁性体の典型例を与えるので、以下の実験の対象として格好のモデルシステムとなる。我々は種々の異なるイオン濃度をもつ $\text{Rb}_2\text{Co}_c\text{Mg}_{1-c}\text{F}_4$ 単結晶についての磁気比熱、中性子弾性・準弾性散乱実験から、(i) ネール温度 T_N の c -依存性、(ii) 臨界指数 β , γ , ν , η が不純物濃度に relevant であるか、の2点について調べた。(i) T_N の c -依存性。図1は T_N の c -依存性である。 T_N は磁気比熱のピーク ($c \geq 0.85$)、磁気散漫散乱強度のピークに対応する温度である。

$$d(T_N(c)/T_N(1)) = 1.95 \pm 0.05 \quad (1)$$

(ii) 臨界指数の決定。希釈系の臨界指数を決定する際の一つの困難な点は、単結晶内で非磁性イオンの空間的非一様性により T_N が smearing することである。このため図2の如く M^2 は T_N で zero とはならず高温側に tail をひく事になる。我々は各濃度での β を導出するため、次の2つの仮定を行った。① T_N が結晶内で Gauss 分布をなすとする。② $\beta = \beta(c)$ は c のゆっくり変化する関数で Δc を結晶内でのゆらぎとすると、 $c_0 - \Delta c < c < c_0 + \Delta c$ (但し $\Delta c \leq 10^{-2}$) で一定値 $\beta(c_0)$ をとる。このとき M^2 が次式で近似できると考え、各濃度での β , σ (T_N のバラツキ) を求めた。

$$M^2 \propto \int_T^\infty \left(\frac{T_N - T}{T_N} \right)^{2\beta} \exp \left[- \frac{(T_N - \langle T_N \rangle)^2}{2\sigma^2} \right] dT_N \quad (2)$$

σ の値が図1に縦線で示されている。表1に各濃度での β , $\langle T_N \rangle$, σ , Δc の値を示す。ここで $\Delta c = \sigma / 1.95 \cdot T_N(1)$ 。 $c \geq 0.82$ では $\Delta c \lesssim 10^{-2}$ となり仮定②が満され

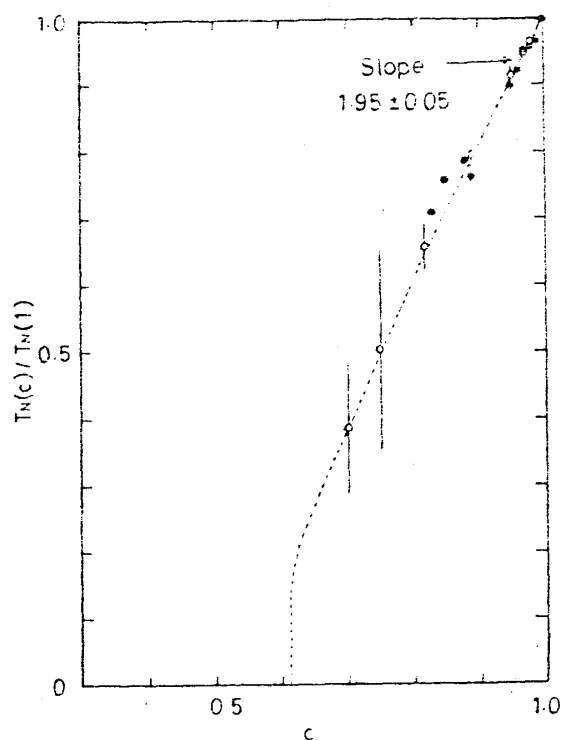


図 1.

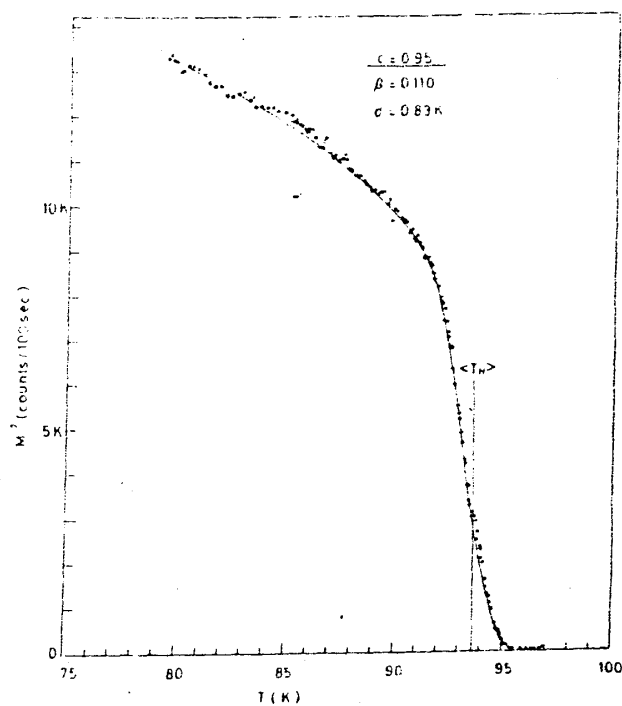


図 2.

表 1.

c	β	γ	ν	η	$\langle T_N(K) \rangle$	$\sigma(K)$	Δc
1.00	0.115 ± 0.016	1.67 ± 0.09	0.99 ± 0.04	0.2 ± 0.1	102.06	0.12	6.03×10^{-4}
0.98	0.118 ± 0.050				99.49	0.40	2.01×10^{-3}
0.95	0.117 ± 0.043	1.64 ± 0.12	1.04 ± 0.05	0.2 ± 0.1	97.61	0.60	3.01×10^{-3}
0.95	0.110 ± 0.046				93.63	0.84	4.22×10^{-3}
0.85	0.108 ± 0.06	1.67 ± 1.05	1.05 ± 0.05	0.2 ± 0.1	80.78	1.96	9.05×10^{-3}
0.82	0.110 ± 0.210				68.15	3.85	1.19×10^{-2}

ている。一旦 σ が求まると、この σ を用いて ν , η , γ が求まる(表1)。以上のことから(i) β , γ , ν , η は少なくとも $c \geq 0.82$ でイオン濃度に irrelevant であること, (ii)これらの値がOnsagerの厳密解 $\beta = 0.125$, $\gamma = 1.75$, $\nu = 1.0$, $\eta = 0.25$ に近い値をとることがわかる。Mg イオンで希釈した時の磁気散漫散乱の強度($\chi(q)$)が q_c 軸方向に

依存しないことから、 $\text{Rb}_2\text{Co}_c\text{Mg}_{1-c}\text{F}_4$ の臨界揺動は、純粋系 Rb_2CoF_4 と同じく、完全に二次元揺動であることが分る。本実験は、希釈された二次元 Ising 系の静的磁気臨界揺動は非磁性イオン濃度に依存しないことを、はじめて実験的に明らかにできた。

繰り込み群による二次元磁性体の研究

お茶の水大 理 柴 田 文 明
麻 生 素 子

非磁性物質で希釈された磁性体の臨界温度、臨界指数を研究するために、繰り込み群の手法を系統的に用いる。二次元、Ising-quenched 系、site-random の正方格子、三角格子を取り扱う。

初めに外部磁場の 0 の場合を考え (Hamiltonian は exchange interaction K, L, M を含む) 臨界温度 T_c 、臨界指数 ν の変化を調べる。Van-Leeuwen Niemeyer の方法を Impurity を含む場合に拡張し、2-cell cluster 展開、一次及び二次の cumulant 展開を行なう。その結果、二次の cumulant 展開がよい近似になっていることがわかり、 T_c に関して、実験結果、数値計算の結果とよく一致する。 ν について特徴的なことは、磁性体の濃度 p が臨界濃度 p_c ($T_c = 0$ となる濃度) になるまではほとんど変化せず、二次元での値を保ち、 p が p_c になるところで急激に発散することである。この事は $p = 1 \sim 0.89$ での実験結果とも一致している。

次に磁氣的臨界指数を求めるために、外部磁場 h を含む場合を扱う。二次の cumulant 展開がよい近似になっていることがわかったので、この方法を用いる。 h は繰り込む際の cell 内 Hamiltonian に入ってくるが、小さいとみなして、一次まで展開する。この一次まで展開することにより、 h の繰り込みの式と、 K, L, M の繰り込みの式が分離し、 T_c, ν に関しては $h = 0$ の場合と同じ結果になる。計算の中で 3 体力が現われるが、これは無視する。 r の計算結果 (まだ三角格子だけ) は ν と全く同じ傾向を持ち、 $p = p_c$ になるまではほとんど変化せず、 $p = p_c$ で激しい変化を示す。