

将来の問題点

- (1) 精度のよい Monte Carlo 法 臨界指数
- (2) 低温相で効率よいシミュレーション
- (3) 磁化過程
- (4) 動的な性質
- (5) くりこみ群の方法と組合せる。

実験の現状とこれから

お茶の水大 理 池 田 宏 信

最近、ランダムスピン系の相転移の問題について、さまざまな興味ある実験が行なわれている。この報告では、以下の3つの課題に関して最近なされた実験のレビューと今後の問題点について述べたい。

§ 1. 希釈系の相転移と excitations

1-1. 臨界現象

磁性イオンを非磁性イオンで希釈した系の相転移点近傍における臨界指数は、非磁性イオン濃度に relevant であるかどうか、の問題は以前から理論家・実験家の関心もたれていた。これまで、実験的にこの問題を真正面からとりあげる試みはなかった。最近、われわれのグループで2次元Ising性反強磁性体  $\text{Rb}_2\text{CoF}_4$  を、磁性イオン Mg で希釈した系の中性子散乱実験を行なった<sup>1)</sup>。ここに、部分格子磁化を弾性散乱法で測定し、 $T_N$  近傍の rounding を  $T_N$  のガウス分布によるとみなす基本的な仮定を行なう。種々の物理量は、このガウス分布関数の convolution として観測にかかるとして、スピン相関関数、staggered 磁化率を解析する。結果はつぎのとおりになった。2次元Ising系を非磁性イオンで希釈しても、系の臨界指数は不変であって Onsager solution に一致する。この実験は、同時に行なわれたくりこみ群の計算結果とも一致する<sup>2)</sup>。しかし、pure system の比熱の exponent  $\alpha$  が正あるいは負 (2次元Ising系は  $\alpha = 0$ ) の場合の希釈効果は定かでは

ない。

1-2. magnetic excitations

非磁性不純物イオンを混入したスピン系では、磁性イオンの周りの magnetic neighbors の数に分布を生じるため、その磁性イオンの Ising エネルギーは数ケの discrete な値をもつ。これは中性子非弾性散乱で測定される dynamic response function にある構造をもたらすことになる。この効果は、magnetic neighborの少ない低次元磁性体、かつ、一軸性異方性の大きい物質程顕著になると考え、 $\text{Rb}_2\text{Co}_C\text{Mg}_{1-C}\text{F}_4$  ( $C = 0.70, 0.89$ ) の実験を試みた<sup>3)</sup>。第1図に示すように $\text{Rb}_2\text{Co}_{0.7}\text{Mg}_{0.3}\text{F}_4$  の zone boundary magnon は、ほぼ完全に4つの excitations に分裂し、その強度分布は、local environments の確率計算と非常によく一致する。この4つの excitations は  $k = \text{zone center}$  でも明らかに観測され、その分散は第2図のようになる。各エネルギー分枝の分散が全くないことはこの希釈系の magnetic excitation は、ほぼ純粋な local excitations であることを示す。分散の温度依存性、濃度依存性等の実験も行なったが、あわせて、解析的理論も期待したい。

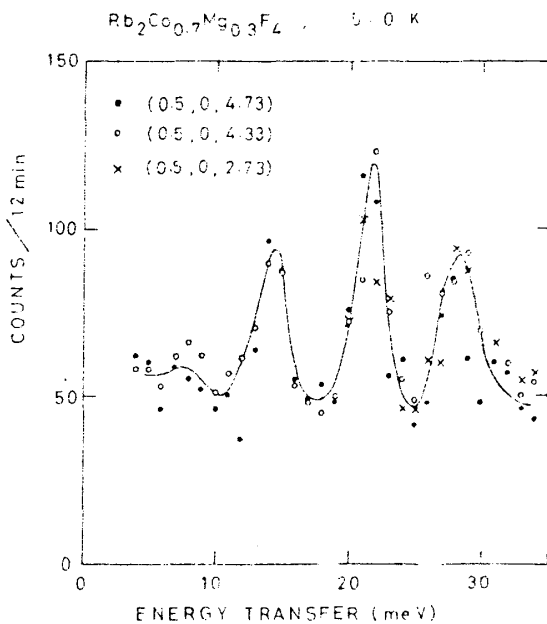


図1.  $\text{Rb}_2\text{Co}_{0.7}\text{Mg}_{0.3}\text{F}_4$  の zone-boundary excitations. (文献3)

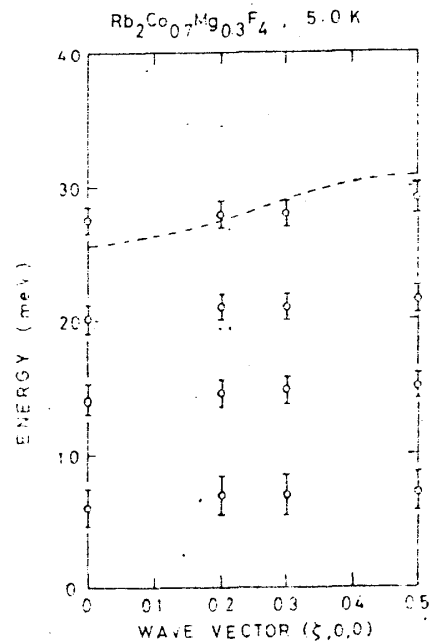


図2.  $\text{Rb}_2\text{Co}_{0.7}\text{Mg}_{0.3}\text{F}_4$  の magnetic excitations. (文献3) 点線は  $\text{Rb}_2\text{CoF}_4$  の spin-wave dispersion.

1-3. 他の現象

希釈の効果は、スピンの特性時間を永くしたり、あるいは、特殊な方向の磁気相互作用

ランダムスピン系の相転移

用を弱める。たとえば、ESRのline shapeの問題<sup>4)</sup>、2次元磁氣的 long-range order の発見<sup>5)</sup> (第3図)、また  $\text{Mn}_C(\text{Mg}, \text{Zn})_{1-C}(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  の異常な相転移<sup>6)</sup> 等、これからの問題も含まれている。

## § 2. 2種の磁性イオンの混合系の相転移

### 2-1. 反強磁性イオンと反強磁性イオンの混合系

まず、Oguchiらによって予測されたオグリク構造の検証は、化合物混晶系を用いた実験が本研究会においていくつか報告されている<sup>7)</sup>。帯磁率、比熱の実験とともに、マイクロスコピックな実験 (NMR, Mössbauer, 中性子回析等) が望まれる。この混合系の臨界現象は、最近、 $\text{Rb}_2\text{Mn}_C\text{Ni}_{1-C}\text{F}_4$  で詳細に調べられた<sup>8)</sup>。

予想どおり、スピンのランダムな分布という short range な性質は臨界指数に何らの effect をもたらさないことが実験的に示されている。

### 2-2. 反強磁性イオンと強磁性イオンの混合系

この系は、いわゆる ROP という新しい秩序状態<sup>9)</sup> を具現する可能性があるので今後の実験対象として興味深い。われわれのグループで2次元容易面型強・反強磁性体を用いて実験を行ないつつあるが、その magnetic excitation は特に興味がある。いわゆる super lattice point がない場合の excitation は spin-glass 理論とも関係が深い。また ROP 相転移近傍の臨界現象も、比熱、帯磁率、中性子散乱の実験によって明らかにできると思う。

## § 3. Percolation effect

percolation point は一種の tricritical point として相転移の研究対象として、もっと実験が行なわれることが期待される。しかし、thermal phase transition と geometrical phase transition が協同しているので、現象の解析は慎重を要する。わが国では、ESR<sup>4)</sup>、

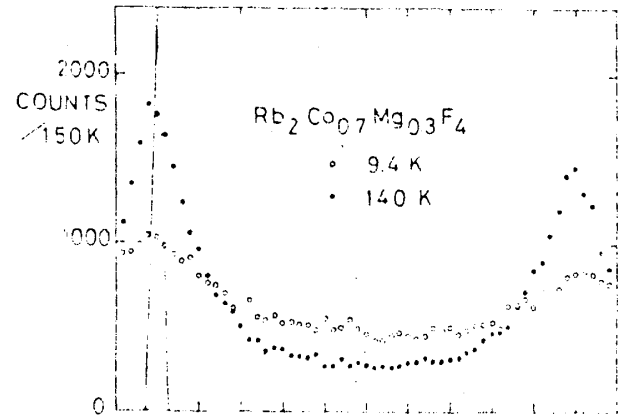


図3. 磁気弾性散乱の  $q_C$  方向の強度分布。(文献5) 3次元磁気秩序の場合は、 $q_C = 0, 1.0$  に  $\delta$  関数的なピークがでる。これは、 $\text{Rb}_2\text{Co}_{0.7}\text{Mg}_{0.3}\text{F}_4$  の磁気秩序がほぼ完全に2次元であることを示している。○と●では、試料の熱処理の仕方が異なっている。

比熱<sup>10)</sup>の実験が行なわれたところだが、典型的物質を用いての詳細な実験が望まれる。

### 参 考 文 献

- 1) Ikeda and Suzuki: 本研究会報告, to be published.
- 2) Shibata and Asou: 本研究会報告, to be published.
- 3) Ikeda and Shirane: to be published.
- 4) Takano and Tokozawa: J. Phys. Soc. Japan 42 (1977) 1059.
- 5) Ikeda, Hutchings and Suzuki: J. Phys. C 11 (1978) L359.
- 6) Matsuura: 本研究会報告.
- 7) Katsumata and Kobayashi および Kimishima et al.: 本研究会報告.
- 8) Als-Nielsen et al.: Phys. Rev. B 12 (1975) 4963.
- 9) Oguchi: 本研究会報告.
- 10) Nagata and Watanabe: J. Phys. Soc. Japan 37 (1974) 645.

### 「実験の現状とこれから」コメント

阪大 基礎工 長谷田泰一郎

ランダム系において①ミクロな不均一性を越えて協力的な sharp な相転移が存在するものなのか、②あるいは転移点の分布が不可避であって測定量によっては broad な転移に見えるのが本質的なのか、③そもそも long range order というものはランダム系の中でどのように定義できるのか、等のランダム系の興味の支柱に対して実験として白黒をつけたいわけであるが仲々に難しい。

試料中のランダムさについて必要な記述は何であるのか。

濃度だけでは全く不十分であることは明らかである。我々は  $\text{Mn}(\text{Mg or Zn})\text{F} \cdot 2\text{H}$  について約 100 g の溶質をとかした液 1 ℓ から析出する結晶を数 mg ずつ分析して試料中の濃度分布の上限を確認した。最小限試料中の濃度巾 ( の上限 ) 試料寸