

ランダム磁場中の 3 次元イジングモデルの モンテカルロシミュレーション

東北大・理 岡部 豊, 菊池 誠

1. はじめに

モンテカルロシミュレーションは、豊富な数値的情報を与える手法として多くの分野で用いられてきている。ベクトルコンピュータの登場により計算の高速化、大型化が進み、より複雑な現実的なモデルの計算機実験が可能となってきた。臨界現象に関しては、くりこみ群と組合わせた、モンテカルロくりこみ群 (MCRG) の方法を用いて、精密な研究が進んできている。ここで、簡単な MCRG の方法を提唱すると同時に、ランダム磁場中の 3 次元イジングモデルへの応用を紹介する。

2. モンテカルロくりこみ群 (MCRG)

従来、有限サイズスケーリングの考え方をを用いた現象論的 MCRG と呼ばれる Binder や Barber & Selke の方法と、ブロックスピン変換を用いて相互作用パラメータの変換性を議論した Swendsen の方法が、幅広く用いられてきた。両者には一長一短があるが、我々は両者の中間的な簡単な方法を提案する。ブロックスピン変換による物理量 (磁化, 帯磁率等) の変換性を調べる。磁場のない 3 次元イジングモデルについて 2^3 のサイトに対してブロックスピン変換を逐次に行ない、帯磁率の比を $K (= J/K_B T)$

に対してプロットしたのが図 1 である。図中, $[n, m]$ はブロックスピン変換の回数を表わす。固定点に近づけば、すべての曲線は 1 点で交わり、横軸が K_c , 縦軸が臨界指数 r/ν を与える。この図から評価すると, $K_c = 0.2213$, $r/\nu = 1.95$ が得られる。これは、精密な計算で得られている値と, K_c は 0.1%, r/ν は 1% の精度で一致している。我々の方法は、同じ系からブロックスピン変換によって得られた帯磁率等の比を問題としているので、帯磁率自身よりも精度がよいこと、有限サイズの効果が高次で打消し合うために小さ

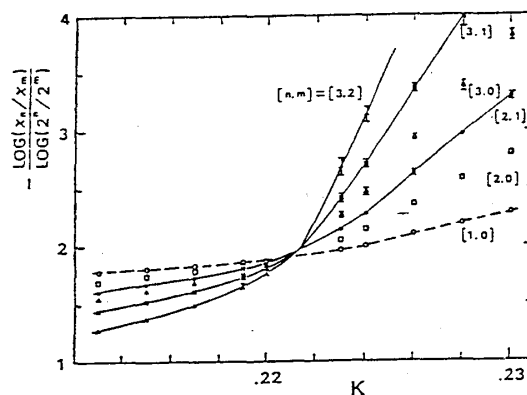


図 1

いことなど、多くの利点がある。

3. 3次元 $\pm H$ イジングモデル

ランダム磁場が秩序を破壊する傾向を持つことはよく知られている。イジングモデルについては、有限温度で秩序がなくなる臨界次元は、 $d_c = 2$ であると考えられるようになってきたが、3次元の場合、とりわけ臨界現象にランダム磁場がどのような効果を及ぼすかよくわかっていない。我々は $32 \times 32 \times 32$ のイジングモデルに $\pm H$ のランダム磁場をかけ、我々の提唱したMCRGを適用して考察した。ランダム磁場としては、サイトクエンチの場合と、時間的に揺動する場合を考え、磁場の大きさとして H/J

$= 0.4$ と 0.8 を取扱った。磁化の温度依存性を図2に示す。磁場を増すと T_c が下がること、クエンチの場合の方が T_c の低下が大きいことなどがわかる。研究会当日報告した、MCRGを用いた臨界現象の解析結果には、数値的に誤りがあった。図1と同様の解析を行なうと、時間揺動の $H/J = 0.4$ と 0.8 の場合と、クエンチの $H/J = 0.4$ の場合は、臨界指数 r/ν が純粋系の場合とほとんど差が見られない。クエンチの $H/J = 0.8$ の場合は、明らかに異なった固定点に移動しているが、3回の変換では、十分に固定点に近づいていない。移動の方向としては、 r/ν の値が純粋系より増加する方向に移動している。

最近、Young & Nouenbergsが直接的なモンテカルロシミュレーションの解析で、実効的な臨界指数が2次元イジングモデルの値になることを主張しているが、我々の結果とは異なる。また彼らは1次転移の可能性を示唆しているが、今後一層の精密な研究が望まれる。

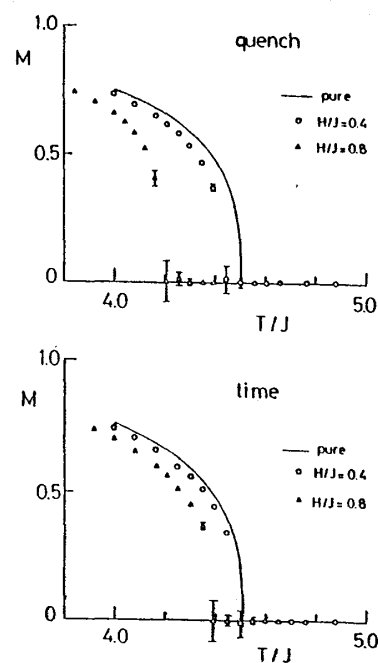


図 2