

ファジースピン系の緩和現象

京大総合人間 川崎辰夫
京大人間・環境学 宮下精二

ランダムスピンの1種であるファジースピン系における遅い緩和現象を調べた。スピンの大きさがサイト毎に異なるイジングモデルを考えている。大きさの分布は区間 $[0, S]$ で一様ランダムにとる。この系は論文 (Prog.Theor.Phys.84(1990), 213) で調べられたように、フラストレーションを内蔵しないにもかかわらず、準安定状態が豊富で多重に存在するため、異常に緩やかな緩和を示す。また、ランダム系における現象は取り扱う系のサイズに敏感に依存するので、ここではその依存性を調べた。

系を、十分高温より転移温度以下へ急冷したときの過程を調べる。絶対0度まで急冷したときにはスピン配列が十分成長しないうちに、一つの準安定状態に落ちいってしまい、全磁化が0のまま安定してしまう。有限温度への場合には、図1に示すように、長時間緩和が段階的に行われる。この階段はドメインのフリップにともなうものである。このような比較的小さい格子でも、ランダム系の緩和時間は通常の系に比べた違いに長い。

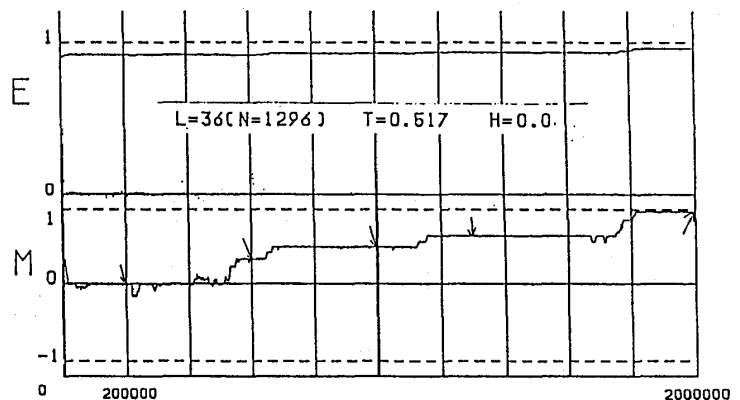


Fig. 1

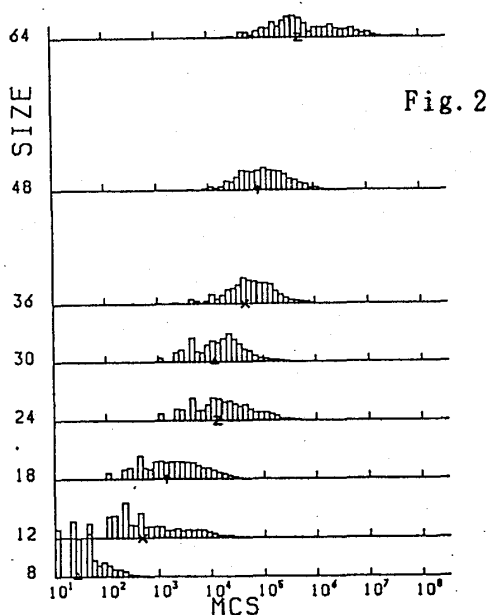


Fig. 2

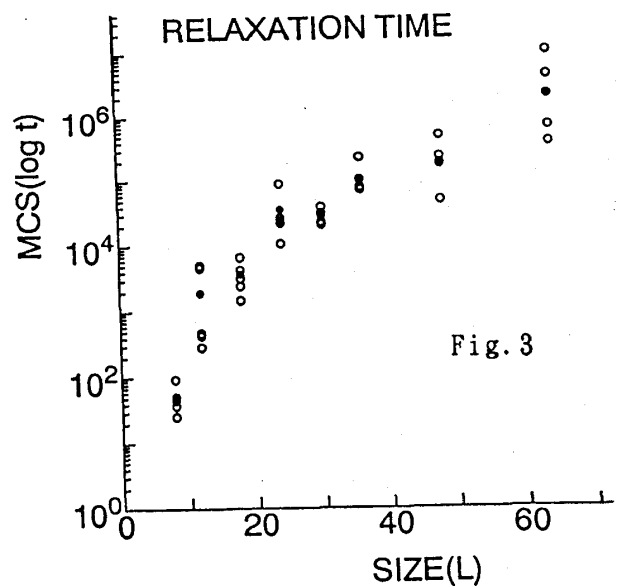


Fig. 3

温度 $T = 0.8T_c$ へ急冷した場合の緩和時間分布の格子サイズへの依存性を図 2 に示す。格子が小さい間は緩和時間は急激に増加するが、やがて成長は頭打ちとなる。これは 5 つの異なるモデルについての全体の分布である。各モデル毎にその平均値をプロットしたものが図 3 である。格子サイズが 20 ~ 30 程度のところにサイズ依存性に変化が見られる。これは、ドメインのフリップには影響しない程度の弱い磁場を加えたときの図 4 に顕著に見られる。

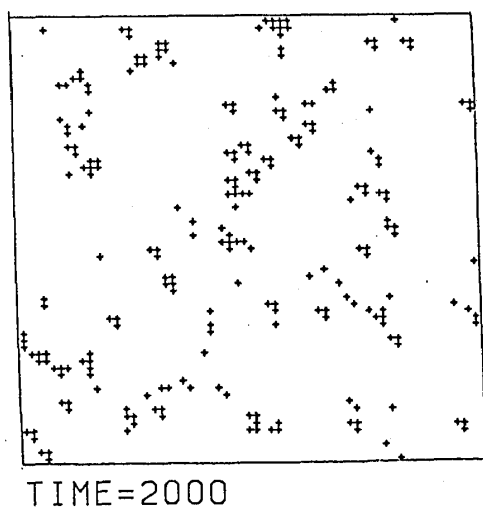
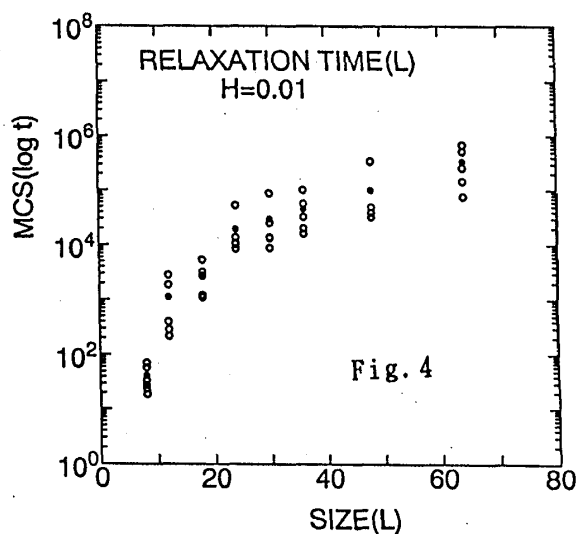


Fig. 5

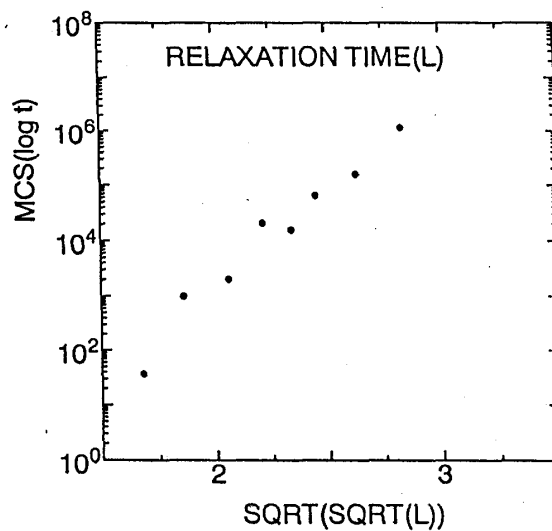


Fig. 6

緩和時間のこのような変化は次のような理解が考えられる。このモデルでは小さいスピンのある一定の割合で含まれているので、これらがドメインの境界を形作る可能性がある。図 5

はその1例である。+印は、与えられたMCSの間にその95%の時間スピンフリップのために符号が変化し続けているボンドである。フラストレーションはないので、このボンドの両側が小さいスピンの構成されている場合が多い。これがドメインをやや独立させる働きをしている。このサイズまで成長する段階が初期の依存性をしめすものであろう。サイズが小さい間はドメインはほとんど1つである。その中の成長の段階では、さらに大きなスピンのフリップに付随する小さなスピンの集団の反転がくりかえされる。これが2次元イジングモデルのドメイン反転時間 $\tau \propto \exp L$ に類似の依存性を示すのであろう。さらに大きな格子への成長段階には、希薄磁性体における磁化ドメインの成長過程が参考になる。すなわち、弱く結合したドメイン同士が徐々に整列して行く過程としてとらえることが出来る。弱い磁場を加えたとき、大きな格子の場合にのみ影響が現れるのは、まさしくこのためである。ドメイン境界の弱い結合を強化するために、緩和時間が必然的に短くできるというメカニズムが考えられる。すると、依存性は $\tau \propto \exp L^{1/4}$ となるはずである。これを示したのが、図6である。この程度のデータでは断定は出来ないが、かなりもっともらしいと考えられる。

以下 参考資料

緩和時間分布の温度変化

緩和時間の分布

