

を考える。マイクロ・クエンチ系の秩序状態を表わす指標を求めるために、非フラストレート格子におけるカステレイン-フォルツイン¹⁾のパーコレーション問題表示を参考にする。この表示の中に現われるオン・ボンドは単にライト・ボンドであるばかりではなく熱運動によって偶然ライト・ボンドとなった部分を除いたもので、これを FROZEN-RIGHT-BOND (FRB) と呼ぶことにする。この FRB の濃度を秩序状態の指標と考えることにする。ここでは、カステレイン-フォルツイン表示をフラストレート格子へ拡張した上で、その FRB 濃度を秩序の指標として採用する。

通常のクエンチ系はマイクロ・クエンチ系の一種であるが、そのボンド配置は高温極限のアニール系からサンプルされたものである。その準備として、有限温度 (T_A) のアニール系と熱平衡にあるボンド状態のクエンチ系、即ち T_A -クエンチ系を導入する。アニール系はマイクロ・クエンチ系を部分系としてもっているため、アニール系の FRB 濃度及び最尤部分系 (T_A -クエンチ系) のサンプリング温度 T_A 上での FRB 濃度を決定することができる。

この $T_A \rightarrow \infty$ の極限により、クエンチ系の温度無限大における FRB 濃度の漸近形を求めることができる。クエンチ系の任意の温度における FRB 濃度は厳密に求めることはできないが、 $0^\circ K$ の FRB 濃度と組合わせて近似的内挿公式を求めることができる。クエンチ系の FRB 濃度がパーコレーション閾値を越えた場合、この体系は準秩序状態にあると考えられる。何故ならば、FRB は基底状態のスピンの凍結を反映したものであるが、これが本当の秩序状態とならないのはフラストレーションの効果により、基底状態自身が不安定となっているものと考えられるからである。

1) P. W. Kasteleyn and C. M. Fortuin, J. Phys. Soc. Jpn Suppl. 26 (1969), 11.

平面格子土 J ボンドモデル系の基底状態

電機大・理工 小 畑 修 二

ハミルトニアンを

$$H = - \sum_{\langle i, j \rangle} J_{ij} S_i S_j - H \sum_i S_i \quad (1)$$

とする Ising スピン系を考える。 J_{ij} がランダムに $\pm J$ で配置された平面格子系についての研

究はいままでに数多くの報告がなされ、中でも Morgenstern と Binder (1980)¹⁾らのモンテカルロシミュレーション及厳密計算（小さな系）の結果により多くのことが明らかにされた。しかしながらスピングラス状態が $T=0$ でのみ存在するという表現は的確ではないように思われる。それでスピングラスの基底状態について詳しく調べてみることにした。モンテカルロ法では、 $T=0$ でのスピン状態の複雑な縮退のため、ロングボンドの数を減少させにくいので、Ergodic path²⁾（エネルギーを一定に保ったスピン配置の移動）とクーリング操作により基底状態を見い出す方法を用いる（図1）。

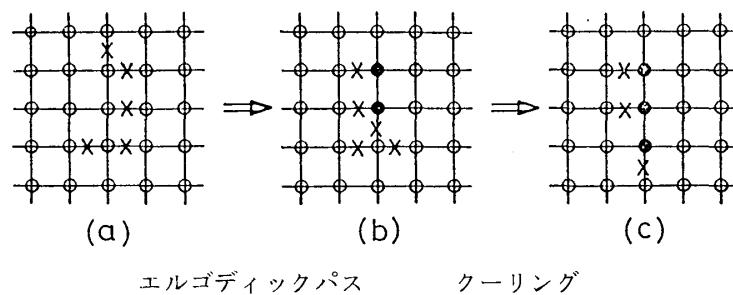


図1 エルゴディックパスとクーリング操作

○はランダムなスピン配置、—はランダムなボンド配置、—×—はロングボンドそして●はスピンが逆転したサイトを示している。(a)→(b)の変化はエネルギーを一定にしたスピン向とロングボンドの変化を示したものでエルゴディックパスである。(b)→(c)はロングボンドの数を減らすクーリング操作を示している。

$+J$ のボンド濃度 c 、初期スピン向（上向）の濃度 x 及びロングボンド濃度 p_w をいろいろに変えてクーリング操作を行ない縮退スピン状態でのエルゴディックパスの領域を計算機を用いて調べた。 $c=0.8$ 、 $x=1.0$ 、サイト数 $N=80 \times 80$ の例を（図2）に示す。

クーリング操作はクウエンチング過程と同じように考えられる。 $+J$ ボンド濃度が $c > 0.8$ では、初期スピン向を濃度 $x=0.5$ でランダム配置からクウエンチ（RSQ）した場合と上向スピン配置 $x=1.0$ からクウエンチ（USQ）した場合とで基底状態（準安定状態）に落ち着く様子が異なる。ロングボンド濃度 p_w 及磁化 m について調べてみると $c > 0.8$ では強磁性的状態が基底状態に有り（図3）、USQでは磁化が残る（図4）。

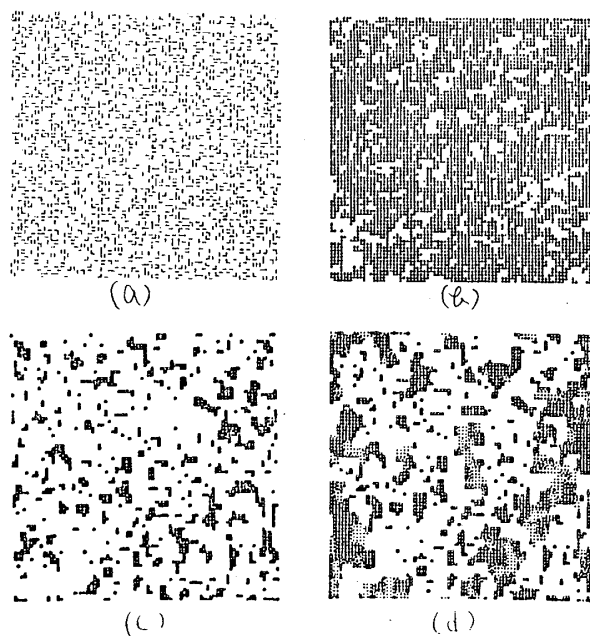


図2 $N=80 \times 80$ の基底状態。($+J$ ボンド濃度 $c=0.8$) (a)はロングボンドの配置 ($p_w=0.1438$) を示し (b)は基底状態の $\uparrow$ スピンの配置 ($m=0.564$) で (c)は基底状態でのエルゴディックパスを生ずる領域 ($e=0.1938$) である。この状態は初期スピン向を総て上向にした状態からクーリングを行ないクウェンチして得られたものである。(d)は(a)のロングボンド配置に $p=0.0111$ のロングボンドを追加して $p_w=0.1549$ とした時のエルゴディックパスを生ずる領域 ($e=0.413$)を示したものである。この後再びクーリングを行なって基底状態に戻した時、 $m=0.431$ $p_w=0.1426$ で $e=0.222$ となった。なお (d) 図はエルゴディックパス操作は20ステップのものである。黒ぼい部分は後半の移動部分、薄い部分は前半の移動部分で、白い部分はスピン配置が固定されている部分である。これによるとロングボンドの濃度が濃くなった部分(良く動く部分)がアメーバのように移動している様子が分る。

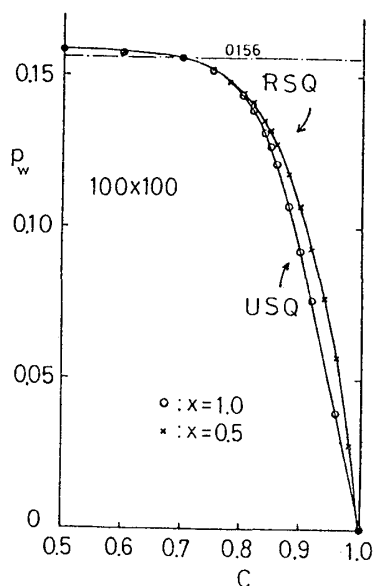


図3 準安定状態のロングボンド濃度 $N=100 \times 100$ サイトにおける結果で $c=0.5$ で $p_w=0.159$ となった。 $c > 0.8$ で RSQ と USQ との準安定状態に差が見られる。

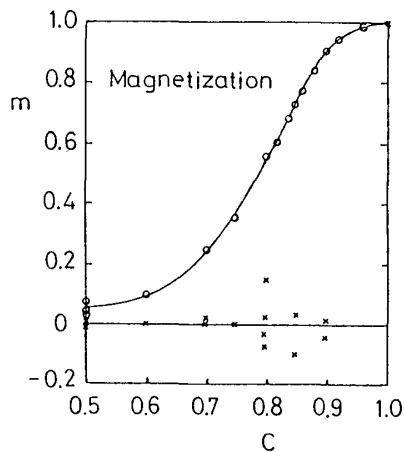


図4 準安定状態の磁化
RSQ($\times$) USQ($\circ$)での磁化。図3
の結果での磁化を調べたものである。

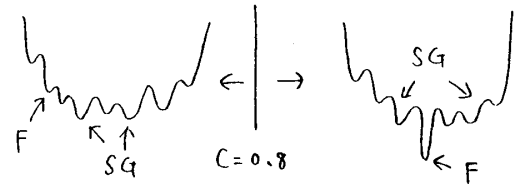


図5 スピン配置とポテンシャルの模式図
 $c > 0.8$ で強磁性的状態が基底状態
となる。FはFerro, SGは Spin
Glassesの準安定状態を示す。

図3で0.156は宮下・鈴木³⁾によるロングボンドの臨界濃度である。図2の結果では(d)がその近傍を示しているもので、臨界的状態を表わしており良い一致が得られているものと思われる。しかし $N = 100 \times 100$ での結果では $p_w = 0.159$ で $c = 0.234$ が得られており、 p_w を少し増してもスピンの凍結が有るように思われる。これはサイズ効果も考慮しなければならないので速断はできないが、 $p_{w,c}$ の2%程度の濃度差での問題で結論は今の所難しい。守田・堀口⁴⁾による結果で $c < 0.707$ で強磁性が無いという結果とは良い一致が得られた。

以上の結果からポテンシャルとスピン配置との関係を模式図で表わすと $c = 0.8$ で違いが見られ図5のようになることが分った。

文 献

- 1) I. Morgenstern and K. Binder, Physical Review **B22** (1980) 288.
- 2) M. Suzuki, Prog. Theor. Phys. Supplement, No. 80 (1984) 195.
- 3) S. Miyashita and M. Suzuki, J. Phys. Soc. Jpn. **50** (1981) 1840.
- 4) T. Horiguchi and T. Morita, J. Phys. A: Math. Gen **14** (1981) 2715.
T. Horiguchi and T. Morita, J. Phys. A: Math. Gen **15** (1982) L-75.
T. Morita, J. Phys. C: SSP, **16** (1983) 181.