

複雑系での形成パターンと個体間相互作用の相関に関するシミュレーション解析

(熊本大院自然科学) ○松尾昭昌・杉本 学

sugimoto@kumamoto-u.ac.jp

**1.緒言** 自然界での秩序構造に見られるように、多くの構成要素からなる複雑系では興味深いパターンが形成される。電子分布も多くの相互作用の中で形成されるパターンである。この複雑系の研究では要素還元的アプローチがなされるが、近年、適当なモデルに基づく計算機実験によって人為的に特徴的パターンを再現し、その特徴や形成メカニズムを解析する研究がなされている。本研究では、局所的相互作用のみを考慮したパターン形成シミュレーションである“コンウェイのライフゲーム”に注目し、そのアルゴリズムによって形成される時空パターンを定量的に解析した。

**2.計算機実験** シミュレーションは2次元空間を50×50個のセルに分割して行なった。各セルの状態は生命体が存在する場合(on状態)、または存在しない場合(off状態)をとるとした。シミュレーションでは、まず空間に生命体を均等かつランダムに発生させた。生命体の分布の経時変化はコンウェイのアルゴリズムに従って計算した。得られる空間パターンが周期的になれば平衡状態に到達したとみなし、それに至るステップ数やその時の空間パターンを解析した。結果の初期状態依存性を除去するため、初期の生命体の割合( $R_0$ )が等しい計算を300回行い、統計平均をとった。

**3.結果と考察**  $R_0$  が50%の場合のスナップショットを Fig.1 に示す。ステップ数と共に様々なパターンが形成されることが分かる。Fig.1 で形成されるパターンは、ステップ数が700付近から周期的に変動する平衡状態に到達した。 $R_0$  の値を変えてシミュレートした場合でも同様に平衡状態に到達した。平衡状態に至る平均ステップ数( $T_{eq}$ )、及び平衡状態での生命体の平均の数( $N_{eq}$ )と  $R_0$  の関係を Fig.2 に示す。この結果から  $R_0$  が0%、または100%に近いほど  $T_{eq}$ 、 $N_{eq}$  は小さい。これは過疎、過密状態では生命体の数を維持できないことを意味する。一方、 $R_0$  が20-60%付近になると  $T_{eq}$ 、 $N_{eq}$  は初期状態の違いにも拘わらずほぼ一定となった。状態を識別する別の指標として次式で計算される化学

$$\mu_{eq} = \frac{\text{(平衡状態における隣接した生命体の対の総和)}}{N_{eq}}$$

ポテンシャル( $\mu_{eq}$ )を評価した(Table1)。Fig.2 と同様、 $\mu_{eq}$  についても  $R_0$  が10-80%の場合にほぼ一定となった。この時の  $\mu_{eq}$  は約1.1であった。これは平衡状態において生命体が集団化していることを意味する。以上のことから、検討した複雑系では形成される時空パターンの特徴が初期状態の違いに依存しない場合があることが分かった。

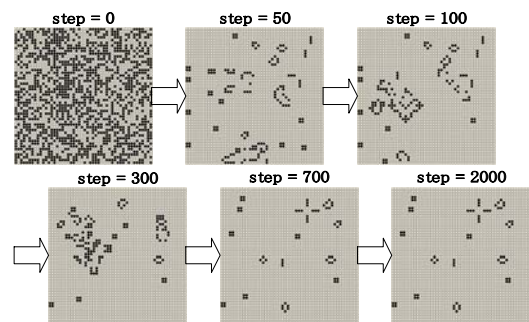


Fig. 1  $R_0 = 50\%$ でのパターン形成の例(ステップ数:2000).

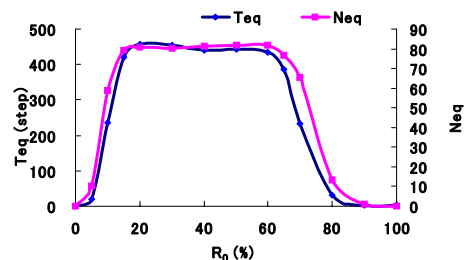


Fig.2 平衡状態に至るまでの平均ステップ数( $T_{eq}$ )及び平衡状態での生命体の数の平均値( $N_{eq}$ )と  $R_0$  の関係。

Table 1 平衡状態での化学ポテンシャル( $\mu_{eq}$ )の  $R_0$  依存性。

$R_0$ (%)	$\mu_{eq}$
0	0.00
5	0.99
10	1.11
20	1.12
30	1.13
40	1.14
50	1.12
60	1.14
70	1.13
80	1.18
90	0.39
100	0.00