

生物進化における適応放散のシミュレーション

菅田紘介 佐々木達哉 守田智 吉村仁 泰中啓一

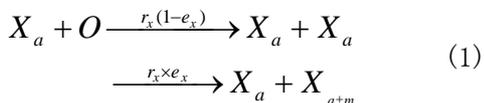
静岡大学工学部システム工学科

1. はじめに

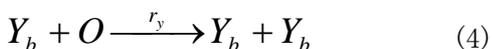
生物は進化することにより、多様性を保ちながら環境に適応していく。その進化のうち多様性を増大させながら、急激に進化するものを適応放散という。本研究では、格子モデルに用いて適応放散のシミュレーションを行い、多様性や出生率がどのように変化する傾向があるか、また捕食者の存在がどのような影響を与えるかを検証した。

2. モデル

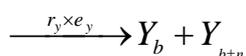
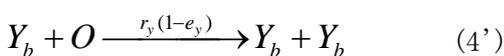
2次元格子空間上の被食者-捕食者モデルを用いる。たくさんの種から成る被食者 X_a と捕食者 Y_b を格子上に配置する。空地为 O 、出生時に進化種を X 、 X を捕食する種を Y として、以下のような3種類のモデルを考える。

(i) 被食者 X_a のみの場合

$$r_x = R_x(1+a) \quad (3)$$

(ii) 被食者 X_a と捕食者 Y_b (進化無し) の場合

$$r_y = R_y(\text{定数}) \quad (6)$$

(iii) 被食者 X_a と捕食者 Y_b (進化有り) の場合

$$r_y = R_y(1+b) \quad (6')$$

上記の式で、被食者 X_a のみの場合について、 a は適応度、 e_x は進化率、 m は進化レベル、 R_x を基本出生率とする。(1)式は被食者 X_a は出生と同時に進化していく過程を表現している。その際の出生率 r_x を(3)のように与える事により、適応度の値に応じて出生率が変化するようにしている。

まず基本モデルとして、被食者 X_a のみのシミュレーションを行う。次に進化しない捕食者 Y_b を加えた場合、進化する捕食者 Y_b を加えた場合のシミュレーションを行う。被食者 X_a と捕食者 Y_b (進化無し) の場合について、被食者 X_a の式については同様で、 Y について、 b は適応度、 R_y は基本捕食率とする。(4)式により捕食者 Y_b は捕食(出生)していく。その際の捕食率 r_y は一定となっている。被食者 X_a と捕食者 Y_b (進化有り) の場合について、被食者 X_a 、捕食者 Y の式は同様で、 e_y を進化率、捕食者 Y_b が捕食(出生)・進化するプロセスが式(4')、また基本捕食率 r_y を式(6')のように与えることにより、適応度の値に応じて実際の出生率が変化するようにしている。(2)、(5)式では死亡のプロセスを表している、被食者 X_a は死亡率 d_x 、捕食者 Y_b は死亡率 d_y で死亡する。

3. シミュレーション方法

100×100 の2次元格子空間を設定し、格子の端と端は繋がっているものとする。被食者 X_a のみの時、初期配置として、格子上に初期密度分 X をランダムに分布させる。次に格子から1点を選びその点が X ならば周囲4近傍のうち1点をランダムに選び(1)、(2)式を総格子数分(10000回)繰り返す。これを1stepとする。また被食者 X_a と捕食者 Y_b の2種の場合、同様に

X , Y を格子状に分布させ, (1), (2), (4), (5) 式を総格子分同様に繰り返す。

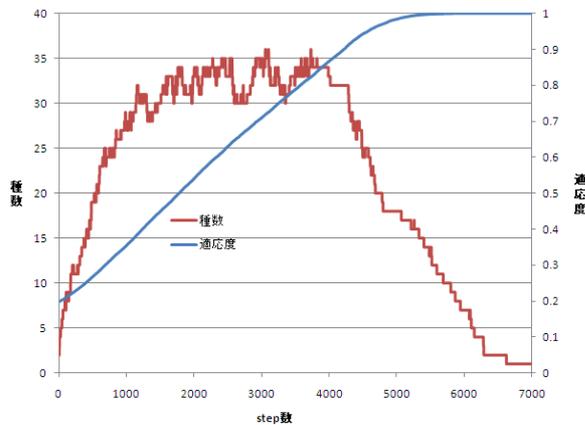


Fig.1 被食者 X_a の種数と適応度の時間変化。適応度は、常に単調増加する。

4. 結果

(i) 被食者 X_a のみの場合

シミュレーションの結果は上図のようになった。適応度は、単調増加するが、種数はピークを持つ。適応放散の途中で、多様性が異常に増加する。しかし、やがて、最適な種だけに収斂する。

(ii) 被食者 X_a と進化しない捕食者 Y_b の場合

結果は下図のようになった。Fig.1 と同様に、適応度は単調増加し、種数はピークを持つ。しかし、Fig.1 に比べて、適応度の進化が速くなっている。捕食者は進化を速める。

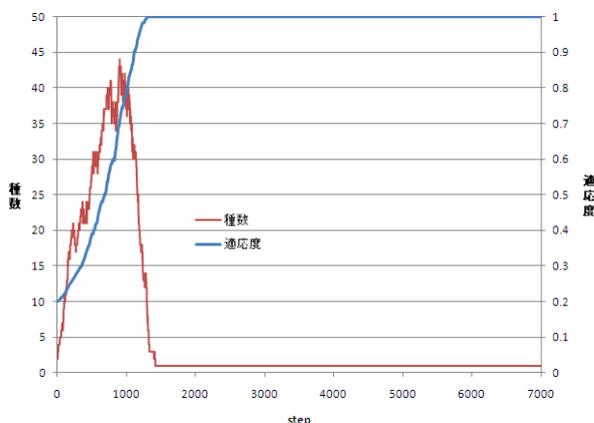


Fig.2 この図は Fig.1 と同じ。しかし、被食者 X_a と捕食者 Y_b (進化なし) の場合。

(iii) 被食者 X_a と進化する捕食者 Y_b の場合

結果は下図のようになった。Fig.1 や Fig.2 に比べて、さらに適応度の進化が速くなっている。捕食者の進化は、被食者の進化をさらに速める。

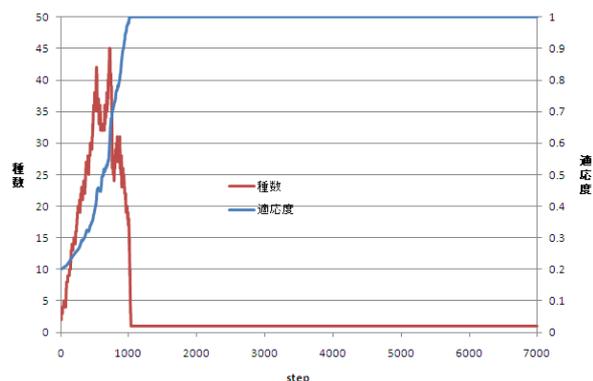


Fig.3 被食者 X_a の捕食者 Y_b (進化あり) の場合

5. 考察

Fig. 1 ~ 3 を比較すると捕食者がいる場合、適応度が収束するまでの時間が短い事が分かる。この事から、捕食者の存在が進化を促進している事が分かった。また、種数(多様性)の最大値も捕食者が存在した方が大きな値をとっている事が分かる。これにより捕食者の存在が多様性を増している事が分かった。以上から他者を積極的に捕食する捕食者の出現が適応放散につながると考えられる。

これまで生物の進化を考えてきた。このモデルは、他の多くの進化にも適用できるものと考ええる。技術の進歩にも適用できるものと考ええる。

Simulation of adaptive radiation in biological evolution †
 Kousuke SUGATA, Tatsuya SASAKI, Satoru MORITA, Jin YOSHIMURA, Keichi TAINAKA,
 ‡Department of Systems Engineering, Faculty of Engineering, Shizuoka University, 3-5-1 Johoku, Hamamatsu Shizuoka 432-8561, Japan