

## 2Q-7

## 環境の段階的差異を考慮した生態の分化モデル

若林紗代<sup>†</sup> 梶田友貴<sup>‡</sup> 鈴木輝彦<sup>‡</sup> 延澤志保<sup>†</sup> 太原育夫<sup>†</sup>  
 東京理科大学理工学部情報科学科<sup>†</sup> 東京理科大学大学院理工学研究科情報科学専攻<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

人工生命の研究分野は社会の起源の進化モデルなど、幅広い分野に及んでいる [1]。その中に自然界での生態系をモデル化し、シミュレーションを用いて、ある環境に適した行動や特徴を進化によって獲得させる研究が行われている [3], [4]。

自然界における生態系の複雑性には、空間的多様性が重要であると考えられている [2]。

そこで本稿では生態系の複雑性を取り扱うために、環境の段階的差異を考慮した生態の分化モデルを提案する。

## 2. 環境の段階的差異を考慮したモデル

沢田ら [3] は気温変動を有する二つの島での鳥の進化シミュレーションの研究を行った。生命体における身体的特徴の多様性と、おのおのの身体的特徴に着目したものである。実験の結果、鳥エージェントの皮膚の厚さの2極化と、行動戦略の環境順応進化により留鳥と渡り鳥へと生態を分化させ共存する現象が観察された。

しかし、この実験においては2つの環境しかなかった。そのため生態の分化も2極化にとどまったのではないのかと考えられる。そこで今回は環境の段階的差異を表現したモデルを提案する。

本モデルでは、個体はマス目上のフィールドで行動する。また個体はそれぞれ向きを持っている。

## 2.1 フィールド

マス目にはそれぞれ高さというパラメータを割り当て、これによって環境の段階的差異を表現する。今回は高さ  $h_i$  によって5段階で表現する。

高い高さのマス目ほど棲みにくい環境とする。具体的には  $h_i$  が大きいマス目にいる個体ほど、活動するときに消費するエネルギーも大きい。また高さの異なるマス目間での行動は、同じ高さのマス目間での行動よりも困難とする。つまり行動すつときに、消費するエネルギーが大きくなる。

食糧は高さにかかわらず、どこでも一定の確率で出現する。そして個体は向いている目の前のマスの食糧を食べることができる。

個体には人間と同様に、向いている方向へピラミッド型で視界を与える。

## 2.2 行動戦略による行動の決定

## 2.2.1 行動戦略

行動戦略は内部状態と知覚情報を元に行動を決定するものである。また行動戦略は、多出力二分決定グラフ [3],[4] で表わされる。

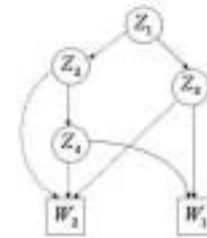


図 1: 多出力二分決定グラフ

## 2.2.2 知覚情報と行動

個体の知覚情報と行動パターンを表 1 と表 2 に示す。

表 1: 知覚情報

| Eu <i>i</i>  | エネルギーが $10 \times i$ 以下である ( $i=1\dots10$ ) |
|--------------|---------------------------------------------|
| isF          | 目の前に食糧がある                                   |
| FinS         | 視界に食糧がある                                    |
| isA          | 目の前に別の個体がいる                                 |
| AinS         | 視界に別の個体がいる                                  |
| His <i>j</i> | 目の前と自分の高さの差 ( $j=-4\dots4$ )                |

表 2: 行動 (*act*)

|    |        |
|----|--------|
| N  | 何もしない  |
| Tr | 右を向く   |
| Tl | 左を向く   |
| Tb | 後ろを向く  |
| M  | 前に進む   |
| E  | 食糧を食べる |
| C  | 複製を行う  |

## 2.3 個体のエネルギー

個体はそれぞれエネルギーを持っており、0 になるとその個体は死滅する。エネルギーは食糧を食べることによってのみ増大し、それ以外の行動を起こすと減少する。また一定時間ごとに、個体のエネルギーは減少する。減少の割合は、年齢に比例し大きくなる。これによって寿命を表現した。

個体の内部エネルギー  $en_i$  は以下のように変動する。

$$\begin{cases} en_i(t+1) = en_i(t) + d(act) + f(h_i, t) \\ en_i(0) = D_0 \end{cases} \quad (1)$$

A Model of Diversification of Life-style on the Ground of Environmental Step-wise variation

<sup>†</sup>Sayo Wakabayashi, Shiho Nobesawa, T Department of Information Sciences, Tokyo University of Science.

<sup>‡</sup>Department of Information Sciences, Graduate School of Science and Technology, Tokyo University of Science.

ここで  $f(h_i, t)$  はその個体の年齢  $t$  と、いる高さ  $h_i$  によって決定される関数である．

$$f(h_i, t) = -|(h_i + t) \times s| \quad (s > 0, h_i = 1 \dots 5) \quad (2)$$

また  $d(act)$  は、固体が行動  $act$  を行ったときに増減するエネルギーである．

$d(act)$  は以下の式に従う．

$$d(N) = 0 \quad (3)$$

$$d(E) = |D_1| - m(|k|) \quad (4)$$

$$d(C) = -\frac{1}{2} |en(t)| - n(|k|) \quad (5)$$

$$d(M) = -|D_2 + l(|k|)| \quad (6)$$

$$d(T_r) = d(T_l) = d(T_b) = -|D_3| \quad (7)$$

ここで  $|k|$  は、自分がいる高さとの目の前のマスとの高さの差の絶対値である．また  $m(|k|), n(|k|), l(|k|)$  とは、 $|k|$  が大きければ大きいほど、返り値も大きくなる関数である．

$$m(|k|) = |j \times x| \quad (x > 0, j = -4 \dots 4,) \quad (8)$$

$$n(|k|) = |j \times y| \quad (y > 0, j = -4 \dots 4,) \quad (9)$$

$$l(|k|) = |j \times z| \quad (z > 0, j = -4 \dots 4,) \quad (10)$$

## 2.4 行動の失敗

個体の行動の失敗は次の3つの場合に起こるとする．

- 自分の目の前のマスにほかの個体がいるにもかかわらず移動をしようとした場合
- 自分の目の前のマスにほかの個体がいるにもかかわらず複製を行おうとした場合
- 自分の目の前のマスに食糧がないにもかかわらず食糧を食べようとした場合

行動が失敗したときは、何も起こらない．またエネルギーも、何もなかったときと同じ様に減少する．これ以外の場合には行動は必ず成功する．

## 2.5 進化

個体は複製によって、自分の行動戦略を受け継ぐ個体を作ることができる．

複製を行うと、自分自身のエネルギーは  $1/2$  となる．エネルギーの  $1/3$  は新しくできた個体に受け継がれ、それが新しい個体の初期エネルギー  $D_0$  となる．また新しい個体は、親である個体に向いているマス目上に複製される．

進化は以下のように行われる．変化させたい木節点をランダムにひとつ選び、以下のどちらかの処理を行う．

- ランダムな節点と交換する
- ランダムな木を作成しその木を選んだ節点に挿入する

このような変化を複製の際に一定の確率で起こることにより、行動戦略を進化させていく．

## 3. 実験条件

実験はすべて同一の行動戦略と初期エネルギーを持った100体の個体を、ランダムに  $100 \times 100$  フィールド上に配置してシミュレーションを開始した．

初期エネルギーは50とした．フィールドは中央にいればいくほど高くなる山のようなフィールドとした．

## 4. 実験結果

やはり高さが高くなるほど、生存個体数は減る傾向が見られた．

また低いところでは、多くを占める行動戦略はあまり現れなかった．棲みやすい環境なので、生き残りやすかったためと考えられる．

高いところでは個体数が少ないこともあり、多くを占める行動戦略が現れやすかった．その特徴としては、

- エネルギーが  $X$  以下になったら複製を行うという部分がないこと
- 食糧が存在するかどうかの確認を行ってから食べるという行動を行う
- 何もしないという行動が少ない

などがあげられる．

つまり無駄な高い場所になればなるほど、行動を起こす個体は生き残りにくいと思われる．

## 5. おわりに

今回環境の段階的差異を表現したモデルの提案を行った．そしてそのモデルを用い、実験考察を行った．棲みにくい環境では無駄な行動を起こさない個体のほうが、生き残りやすいという結果が得られた．

## 参考文献

- [1] 有田隆也, 人工生命, 医学出版, 2002.
- [2] 片野修, 新動物生態学入門, 中公新書, 1995.
- [3] 沢田高政, 佐藤敦子, 加藤昇平, 伊藤英則“環境順応進化における生態の分化モデルの一提案,”第16回人工知能学会全国大会,2002.
- [4] 沢田高政, 加藤昇平, 佐藤敦子, 伊藤英則“大域的環境変動に順応して進化する人工生命対のモデルとその解析,”第18回人工知能学会全国大会,2004.