

# 捕食関係を利用したパターン進化システムの制御手法の提案

5K-8

小鹿明德

有田隆也

名古屋大学

## 1. はじめに

自然界には蝶の羽の様に様々な模様（パターン）が存在する。それらのパターンには生存競争に勝ち残るため進化してきたという面があると考えられる。また一方で、自然界の模様やそれによって構成される風景は、我々に美しいと感じさせる側面を持つ。そこで、我々は人工生命的手法を用い、パターンを生成、進化させるシステムを構築し<sup>1),2)</sup>、人工物への応用の可能性を検討した<sup>3)</sup>。

本システムの応用一つとして、人の注目を集めたり、あるいは自然の美しさを持つ様なパターンの自動生成が考えられるが、より効率的に作成するためにはシステムの挙動をある程度制御する必要がある。

一般に、人工生命システムでは、システムの仕様からは結果が予測できない、パラメータの数が多く調整が大変であるなどの特徴があるためシステムそのものを操作することで制御するのは非常に困難である。また、システムを操作することで「創発により複雑な挙動をしめす」という人工生命の最大の特徴がなくなる可能性も考えられる。そこで、本稿では、創発現象を残しつつ容易にシステムの挙動を制御するための手法として、システムの構成要素の1部を人間が代行する手法を提案し、パターン進化システムへ適用する。

## 2. パターン進化システム概要

図1に本システムの概要を示す。

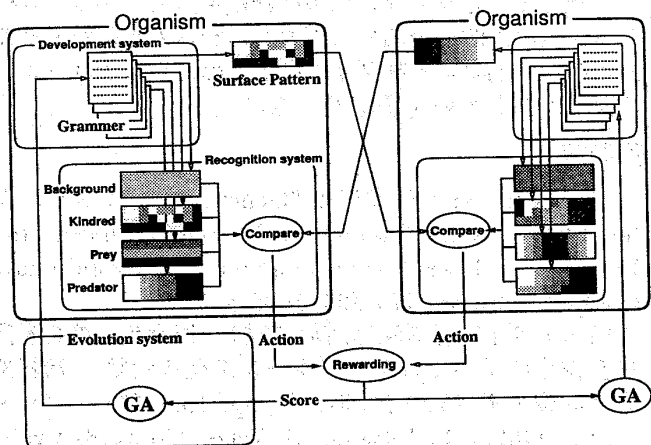


図1 パターン進化モデル概要

環境内には、捕食者被食者の関係を持った複数種の仮想生物群が存在する。各生物は体表パターンを持っており、それを基に互いに認識を行う。認識は各個体が持っている捕食者、被食者、同種、背景の代表的パターン（認識用パターン）と相手体表パターンとを比較し、最も似

ているもので相手を認識する。相手を正確に認識した場合、他種に間違った認識をさせた場合に高い得点が得られる。高い得点を持つ個体に遺伝的操作を行ない次世代へ残す。

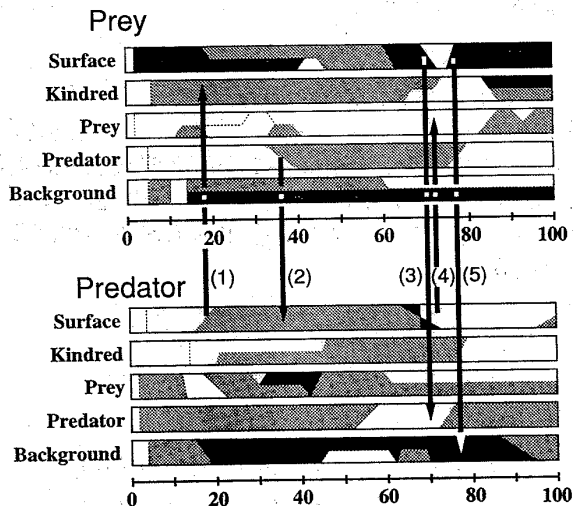


図2 パターン変化の例

図2に本システムによって得られた各種のパターン変化の様子を示す。横軸は世代を表し、各世代における代表的なパターンを濃淡の違いで表している。同図より、認識用パターンは相手の体表パターンを正しく認識するように変化しているのがわかる(図2(2)矢印)。また、体表パターンもただランダムに変わるのではなく他種にとって不利な認識を起こすようなパターンに変化しているのがわかる(図2(1)(3)(4)(5)矢印)。

## 3. 人間のシステムへの参加

我々は、人工生命システムを制御する手法として、システムを構成している下位要素を人間が代行する手法を提案する。本システムにおける構成要素とは環境内に存在する仮想生物である。まず、人間に仮想生物1体の処理を完全に代行させることで人間の参加を実現する場合を考える。この時、人間の作業は、相手体表パターンから相手が何であるのかを判断する事である(図3)。

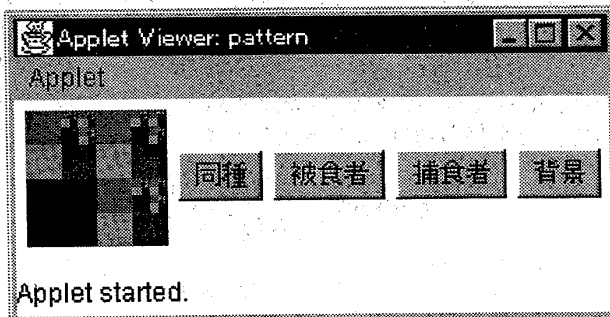


図3 相手パターン認識画面

\*A Control Method of the Color Pattern Evolution System Based on the Interactions between Predators and Prey  
Akinori OJIKAWA Takaya ARITA  
Nagoya University

この場合、次のような問題点が発生する。

- 作業が単調かつ多量。  
(1世代につき50回の相手認識)
- 世代交代による作業個体数の増加
- システム動作中は常になんらかの操作が要求される。

上記の問題を解決するために、本稿では人間が個体を定義しそれをシステム内に投入することで人間のシステムへの参加を実現する。

### 3.1. 個体の生成

仮想生物1体に必要な情報(遺伝子)は、体表パターンおよび認識パターン4つ分のパターン生成規則である。しかし、パターン1つ生成するのに必要な生成規則は平均で50項目あり(図4)、1個体では平均250項目の情報が必要となるため、それを全て入力するのでは非常に手間がかかる。

$$\begin{aligned} \Sigma &= \{s_1, s_2, \dots, s_n\} \\ C &= \{color_1, color_2, \dots, color_m\} \\ \\ P &= \{1: a_1 \Rightarrow (b_{11}, b_{12}, b_{13}, b_{14}) \\ &\quad 2: a_2 \Rightarrow (b_{21}, b_{22}, b_{23}, b_{24}) \\ &\quad \vdots \\ &\quad k: a_k \Rightarrow (b_{k1}, b_{k2}, b_{k3}, b_{k4})\} \\ L &= (s_1, s_2, \dots, s_n) \rightarrow (c_1, c_2, \dots, c_n) \\ a_i, b_{ij}, \omega &\in \Sigma \quad (i=1, \dots, k)(j=1, \dots, 4) \\ c_i &\in C \quad (i=1, \dots, n) \end{aligned}$$

図4 パターン生成規則

そこで、パターンからそのパターンの特徴を表す特徴ベクトルを抽出し、認識用パターンに付いてはその特徴ベクトルを入力する事で、入力項目を削減する。

### 3.2. 特徴ベクトル

パターンの特徴として、次のようなものが挙げられる。どの色がどのくらいの割合でパターン内に存在しているのか。それぞれの色は全体に広がっているのか、集中しているのか。

これらを表す指標をそれぞれ、色ベクトルC、分布ベクトルVとする。色ベクトルはパターン内に存在する色の面積比を要素とするベクトルである。分布ベクトルは、それぞれの色の分布係数を要素とするベクトルである。分布係数は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} \text{分布係数} &= \frac{\sum_s h(i(s))}{N(\sum_s i(s))} \\ h(x) &= \begin{cases} 0 & (x=0, 4) \\ 2 & (x=1, 3) \\ 3 & (x=2) \end{cases} \end{aligned}$$

ここで、 $s$ は2次元格子を $2 \times 2$ マスの格子で分割した各領域とし、 $i(s)$ は領域 $s$ 内の特定の点の数、関数 $N(x)$ は全領域内に $x$ 個の点をランダムに配置した場合の分子の値とする。

分布係数は2次元格子上の特定の点が集中していれば小さく、全体に分散していれば大きくなる特徴を持つ。

これによって、パターン1つを表すのに必要な情報は、4色のパターンで8項目となる。

## 4. 議論

人工生命システムにおいて創発現象の制御を人間が行なう手法は、模擬育種法<sup>4)</sup>としてアートの分野では研究されている。また、システム内の環境を変更する事でシステムの挙動を制御する研究も行なわれている<sup>5)</sup>。これらの手法の場合、前者では基本的に世代毎に何らかの人為選択の処理が必要であり、後者ではシステム全体の原理を理解し修正を加えなければならないと言う問題点がある。本稿では捕食者被食者の関係を利用してパターンの生成・進化を行うシステムを例にとって工学的な人工生命システムの進化や創発の方向性を人間が制御するための手法として、システム内の1個体を人間が定義し参加させる手法を提案した。この手法には、人為的操作は個体定義時のみでそれ以外は自動で処理ができる、人間は個体の動作原理のみ理解すれば良くシステムの介入が比較的用意であるなどの特徴が挙げられる。また、システム全体を操作するわけではないため創発性が失われる事なくシステムが制御可能である事が期待される。加えて、本システムにおいて個体定義の際に問題となる、個体生成時のパラメータの多さを2つの特徴ベクトルを用いて減少させる事で、システムへの参加がより容易にする事が可能となった。

本稿で示したシステムは現在ほぼ完成しており、今後システムに人間が参加する事でシステムの挙動がどう変わるのか、効率よく制御するにはどのようにすればよいのかを検討していく予定である。

## 参考文献

- 1) T. Arita and A. Ojika, "Generation of Color Patterns Based on the Interactions between Predators and Prey", IEEE International Conference on Evolutionary Computation, pp. 291-294, 1996-5.
- 2) 小鹿明徳, 有田隆也, 横井茂樹, "捕食者・被食者間相互作用に基づくカラーパターン進化の解析", 情報処理学会論文誌, 第38巻, 第8号, pp. 1509-1516, 1997-8.
- 3) A. Ojika, T. Arita and S. Yokoi, "Towards Evolvable Exterior: Color Pattern Evolution Based on the Predator-Prey Interactions", Proceedings of International Symposium on System Life, pp. 133-138, 1997-7.
- 4) 畝見達夫, "遺伝的アルゴリズムとコンピュータグラフィックスアート", 人工知能学会誌, Vol. 9, No. 4, pp. 42-47, 1994.
- 5) Jari Vaario, Naoko Ogata, "Synthesis of Environment Directed and Genetic Growth", Artificial Life V, pp. 244-251, 1997.