

# 言語的多様性に関する人工生命モデルにおける進化ダイナミクス

有田隆也 小山祐司  
 名古屋大学 大学院 人間情報学研究科  
 ari@info.human.nagoya-u.ac.jp

1 T-4

## 1. はじめに

言語システムの多様性の解明とその応用を目指し、コミュニケーション・システムにおける語彙の進化を人工生命手法<sup>1)</sup>を用いて検討している<sup>2)3)</sup>。すでに、動物のフードコールに見られるようなコミュニケーション・システムを念頭においた語彙の進化モデルを構築し、その進化的振舞いを実験により観察した。また、このコミュニケーション・システムのロボティクスなどへの応用を想定し、エージェント群による餌集め問題において、語彙の進化が協調作業の効率化に役立つことを示した。本稿では、言葉の共有状態の進化が突然変異率に応じて4クラスに分かれる実験結果を示し、特に複数の言葉の共存状態と1個の言葉の寡占状態を行き来する興味深いクラスに関して進化的ダイナミクスを解析する。

## 2. 語彙の多様性進化モデル

集団を構成する各個体は言葉と意味を関連づける語彙表を先天的に持つ（図1）。会話時（図2）には、ランダムに選ばれた個体がランダムに選ばれた意味に対応する言葉を発し、一定数の個体がこの言葉を聞くとする。語彙表の内容に応じて、聞き手は次の3種類に分かれる。1) 正しい聞き手：聞いた言葉を表中に持ち、しかも意味が一致、2) 誤解した聞き手：聞いた言葉を表中に持つが、意味が不一致。3) 無知な聞き手：聞いた言葉を表中に持たない。ここで、1)をさらに、成功した聞き手と失敗した聞き手に分ける。フードコールの例では、食物の奪い合いに失敗するものが生じるように、さまざまな制約を考慮するためである。結局、会話ごとに、

言葉の発信者、成功した聞き手、失敗した聞き手、誤解した聞き手、無知な聞き手、会話に参加の個体という6つに分類される。それぞれに応じて、得点（＝適応度の増加）を各個体に与える。この得点設定によって、さまざまな状況を想定することが可能である。語彙表の情報は、遺伝的操作（得点に応じた選択、語彙表間の交叉、単語に関する突然変異）によって、子孫に伝えられる。

Meaning	0	1	2	3	4
Word	87	12	34	60	12

図1 語彙表

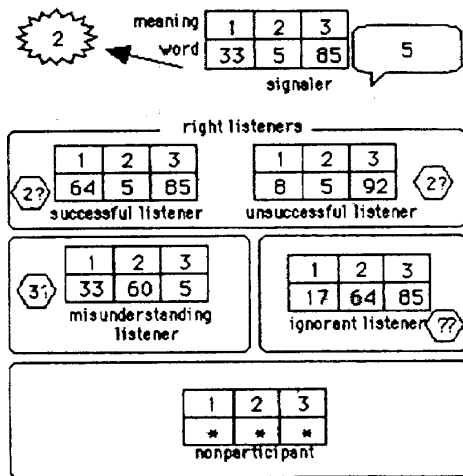


図2 会話の例

フードコールを想定し、正しい聞き手は発信者と資源（得点）を分かち合うが、正しい聞き手の数がある一定以上の場合、失敗した聞き手を正しい聞き手の中からランダムに選び、選ばれた個体は、奪い合いや無駄足によるコストという意味で、マイナスの得点を与える設定とした。計算機実験の結果、語彙の共有状態の進化は突然変異の大小に応じて、4クラスに分類できることがわかった（図3）。同図は、ある意味につけられた言葉の分布の進化を表しており、同じ濃淡の部分は同じ言葉が割り当てら

Evolutionary Dynamics in a Model of Linguistic Diversity Based on Artificial Life Techniques  
 Takaya Arita and Yuhji Koyama  
 Nagoya University  
 Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8601, Japan  
<http://www2.create.human.nagoya-u.ac.jp/~ari/>

れていることを示す。同図より、突然変異率が小さいと言葉の統一に向かうこと、クラス B では、言葉の統一状態と複数の言葉の共存状態が交互に現れることがわかる。

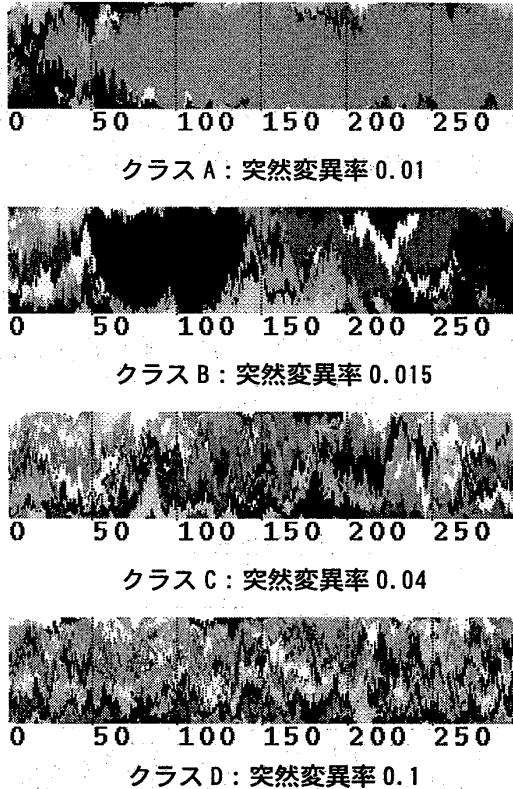


図3 語彙の共有状態の進化 (横軸: 世代)

### 3. 動的平衡状態を実現するメカニズム

図4は、上から順に、クラス B での語彙の共有状態、言葉のエントロピー、個体の平均得点、4個体以上に共有された言葉数を示す。注目すべきは、言葉の統一状態のほうが複数の言葉の共存状態より得点が低い点である。クラス B、または突然変異率が低い時、適応度の低い統一状態に向かう原因は、適応度関数が個体の属する言葉の共有グループの大きさのみで決まり、それが、ピークを一つ持つ (しかも、ピークの右側のほうがなだらかな) 関数であることに関連する。適応度の高い (= 適度の大きさの) グループは選択によりグループサイズが大きくなり、その結果、得点が下がるわけである。一方、突然変異は大きなグループのメンバーを引き抜くので、突然変異率が高いと (クラス C、D のように) 逆にグループを大きくすることを妨げる働きを持つ。クラス B は適応度関数がある特定の形の場合に特

定の突然変異率の近辺で起こる特殊な動的平衡状態と考えられる。条件が揃うと統一状態に移行するが、グループが大きくなりすぎ、かつ、ある程度以上の大きさを持つグループが遺伝的操作で生じた場合、そのグループの適応度が寡占的な言葉をもつグループの適応度を上回り侵入可能となり、複数の言葉の共存状態に戻るということを繰り返すと考えられる。

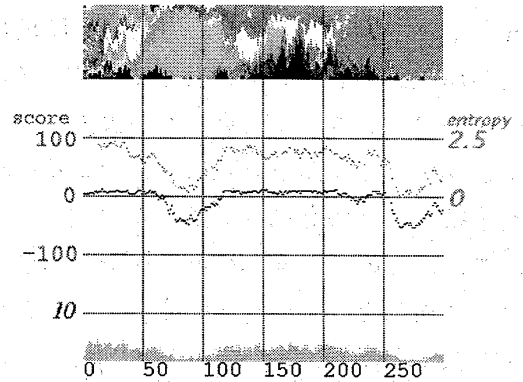


図4 クラス B のダイナミクスの解析

### 4. 終わりに

言語システムに備わる多様性に対するもっとも素直な説明は空間的な広がりをもつもの<sup>4)</sup>であるが、本研究では、空間的な分散がなくても、言語システム固有の性質により言語的多様性が進化的に生じるモデルを構築した。そして、計算機実験で得られたデータを基にして、語彙の共有状態の進化ダイナミクス、特に、興味深い動的平衡状態を生み出すメカニズムに関して解析を行なった。フードゴール以外の設定、学習の導入、発語における利他性、実際の言語現象との関連、ロボティクスへの応用などを検討中である。

### 参考文献

- 1) 有田隆也、「人工生命」、科学技術出版、1998 (印刷中)。
- 2) T. Arita and Y. Koyama, "Evolution of Linguistic Diversity in a Simple Communication System", Proc. of Artificial Life VI, pp. 9-17, 1998.
- 3) T. Arita and Y. Koyama, "Evolution of Linguistic Diversity in a Simple Communication System", Artificial Life, MIT Press, Vol. 4, No. 1, 1998 (in press).
- 4) T. Arita and C. E. Taylor, "A Simple Model for the Evolution of Communication", Evolutionary Programming V, pp. 405-409, MIT Press, 1996.