

# コミュニケーション・システムにおける 語彙の進化に関する検討

3N-6

有田 隆也

名古屋大学情報文化学部

小山 祐司

名古屋大学大学院人間情報学研究科

## 1. はじめに

言語がどのように成立し進化してきたかというテーマに関しては、古くから研究されてきたが、依然として未解明な点が多い。我々は人工生命、あるいは複雑系的アプローチを採用し、言語それ自体を創発システムとみなす立場に基づいた研究を行っている<sup>2)3)4)</sup>。我々のアプローチは自然言語の起源や進化の直接的解明を目指すものではなく、脳の言語機能をターゲットとしてエージェント集団を構成し、エージェント間の相互作用や適応進化の圧力によって生じる創発性に着目し、言語に関わる普遍的現象のメカニズムや原理を探求すると同時にその応用を狙うものである。本稿では、その一環として語彙の多様性の起源と進化を対象としたモデルに関して述べる。

## 2. モデル

ベルベット・モンキーを対象としたSeyfarthとCheneyの研究成果<sup>1)</sup>に見られるように、動物も、遭遇した個体が捕食者や食物の種類に応じた叫びを発し、受信側がそれに応じた行動をとるというコミュニケーション・システムをもっていることが明らかにされてきた。これは人間の言語の原初的な形態の有力候補と考えられる。このようなコミュニケーション・システムがどのように成立し、どのような進化圧が加わっていくか、そのダイナミクスを解析するためにモデルを設定する。

エージェント数を $N_{pop}$ とする。各個体は、遭遇する状況、或いは知覚する事物 $M_i$  (以下では単に意味と呼ぶ)すべて対応して言葉 $W_i$  (あるいは挙動)を一つずつ持つ。この対応表は遺伝的操作により子孫に伝

えられる。言葉は重複して出現することができる。初期集団において各個体の対応表をランダムに生成した後、以下の操作を行う。個体をランダムに一つ選んで言葉の送信者とし、言葉を受信する個体を集団の中から $N_{rec}$ 個ランダムに選ぶ。この受信者の反応は次の3つに分けられる。1)受信した言葉を対応表に持っており、しかも意味が送信者側と一致する、2)その言葉を持つが、その意味が送信者側と異なる、3)その言葉を対応表に持たない。同音異義で複数の意味を持つ場合はランダムに決めるとする。さらに1)に属する個体数が一定数 $N_{res}$ を超えた場合、 $N_{res}$ に属する個体a)と属さない個体b)に無作為に振り分ける。よって、一回の会話ごとに個体は、発語個体、上記1-a), 1-b), 2), 3), 不参加個体の6つに分けられるが、それに応じて持ち点がそれぞれ $X_{from}$ ,  $X_{to}$ ,  $X_{over}$ ,  $X_{wrong}$ ,  $X_{through}$ ,  $X_{out}$ 増加するものとする。このような会話を $C_{com}$ 回行った後、得点(最小値が10になるようにスケーリング)に基づいたルーレット選択で親を2個体選び、意味/言葉の対応表に関する一点交叉(図1)を行い、さらに表中の言葉に対し確率 $P_{mut}$ で突然変異を施し別の言葉に置き換える手順を繰り返して $N_{pop}$ 個の子供を作る。

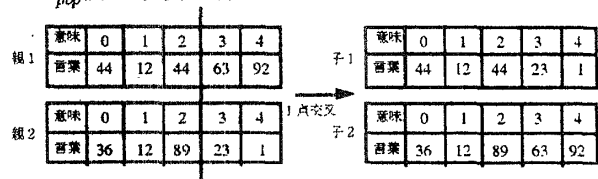


図1 対応表での一点交叉

## 3 実験

会話時の報酬を次のように設定した。資源量を $R$ とし、分類1-a)に属する個体数を $n$ として、 $X_{from} = X_{to} = R/(n+1)$ とする。他個体の増分は負またはゼロとする( $X_{over} = X_{wrong} = -2$ ,  $X_{through} = -1$ ,  $X_{out} = 0$ )。また、 $N_{pop} = 64$ ,  $R = 20$ ,  $N_{rec} = 20$ ,  $N_{res} = 4$ ,  $C_{com} = 500$ とする。言葉は0

A Model for the Evolution of Vocabulary in a Communication System

Takaya Arita and Yuhji Koyama

Nagoya University

Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-01, Japan

から99までの範囲の整数とし、突然変異率 $P_{mut}$ は0.015とする。意味を一つだけとした時の語彙の複雑な進化の様子を図2に示す。同図で横方向は時間経過(世代)を示す。同図(上)において、縦方向は言葉の各個体への割当ての分布を表しており、同じ濃度で表されている部分は同じ言葉が割当てられていることを示す。主に複数(3, 4個程度)の言葉が共存している状態とほぼ一つの言葉に統一された状態の間の遷移を繰り返すことが示された。統一された状態は突然変異によって作られた新しい言葉をもった個体(群)の出現によって崩される。これは、他個体の言葉が理解できない不利益を上回る利益が資源独占(独占的な危険回避)によって得られたためであると解釈できる。理解したのに定員からあふれたり、誤解した場合のペナルティ( $X_{over}$ ,  $X_{wrong}$ )を小さくすると、3, 4個の言葉が長続きする状態が固定してくる。また、同音異義語をもつ個体や同じ言葉で他の個体と違う意味を持つ個体が排除されやすくなる傾向も見られる。一方、突然変異率 $P_{mut}$ を大きくすると語彙の共有状態の変動が大きくなり統一がとれなくなる。複数の言葉の共存状態は、突然変異率を大きくすることと資源を共有しない時のペナルティを大きくすることにより生まれる。両者によっても

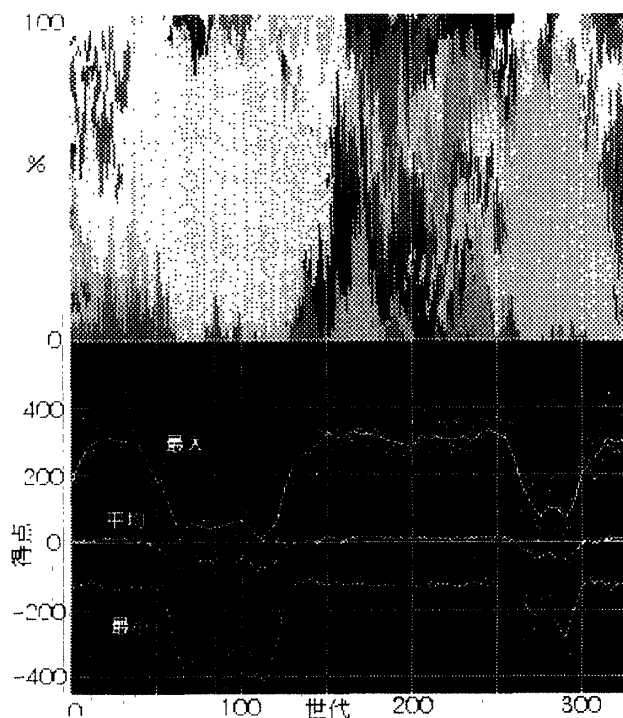


図2 言葉の共有分布(上)と得点(下)の推移

たらされた状態は、新しい語彙が生まれ続ける(前者)か否(後者)かに差がある。同図(下)は個体の得点の平均、最大、最小の遷移を示す。言葉の統一状態では得点が低くなっている点が興味深い。資源にありつけない個体の徒労を増加させたことが主原因と考えられる。それにも関わらず、進化的平衡状態に準ずる状態が実現されていると推測される。

#### 4. まとめ

本稿では、言語を創発システムとみなすアプローチの一環として、エージェント間で語彙を進化させるモデルに基づいて、語彙の進化と多様性に関して検討した。ある生物個体が遭遇した食物や捕食者の種類に応じて発語し、それを正しく理解できた個体のうち、規定数の個体のみが等しく恩恵に授かり、他の個体は恩恵を受けないという状況は比較的自然的な設定であると思われる。実験により、突然変異によって新たな言葉を使う個体が資源を独り占め(危険を独占的に回避)して、その結果、その言葉をとる個体数が増えていく傾向が繰り返されることが観察された。最初の個体のこの挙動は原初的な形態の「欺き」も解釈できると思われる。本モデル設定はたとえば自律ロボット群における「言語」の進化<sup>4)</sup>を考えた場合でも生じうる状況である。言語の多様性の起源に関する知見を探るという見地からさらに検討を進めていく予定である。

#### 文献

- 1) Seyfarth, R., Cheney, D. L. & Marler, P., "Monkey Responses to Three Different Alarm Calls: Evidence of Predator Classification and Semantic Communication", *Science*, 210, pp. 801-803 (1980).
- 2) 有田 隆也, 海野 敬一, 川口 喜三男, "自己組織系集団による通信の進化の試み", *情報処理学会論文誌*, 36 (4), pp. 859-867 (1995).
- 3) Arita, T., Unno, K. & Kawaguchi, K., "A Primitive Model for Language Generation by Evolution and Learning", *Proc. of the International Workshop on Biologically Inspired Evolutionary Systems*, pp. 181-186 (1995).
- 4) Arita, T. & Taylor, C. E., "A Simple Model for the Evolution of Communication", *Proc. of the 5th Annual Conf. On Evolutionary Programming*, pp. 405-409 (1996).