

2L - 05 リカレントネットワークによる言語の発生モデル

木村 友海

名古屋大学情報文化学部 4年

有田 隆也

名古屋大学大学院人間情報学研究科

1. 概要

言語の発生と進化という未解明の問題に関して、我々は言語それ自体を創発システムと見做し、様々な複雑系的アプローチによって挑んでいる[1]。本稿では、語彙と属性の研究[2]について、シンプルなエルマンネットワークを持ったエージェント群の相互作用によって言語が発生するという Batali のメカニズム[3]を用い、シミュレーションを行っている。その結果、様々なパターンに対応した語彙、そして文法的な規則性が生まれた。

2. モデルの設定

2.a 属性パターンと事物パターン

人間が外界の事物を認識するとき、脳では事物の持つ属性に応じた興奮パターンが発生する。共通する属性は各事物にまたがって共有されると考えられる。従って、ある事物に対応した脳内の興奮パターンは、属性に対応したパターンの組み合わせによって表現できると考えられる。

この実験においては、ある「意味」を示す bit 列のバイナリパターンを上位 10bit、下位 20bit に分けている。上位 bit は 10 の属性パターンからランダムに 2 つを選択し、重ねあわせて事物パターンを作る。下位 bit は 10 パターンからランダムに選択した 1 つをそのまま事物パターンとする。ここで仮に、下位 bit を主語、上位 bit を述語と呼ぶ。

表 1 上位 bit の構成方法

属性 1	0	1	0	0	1	1	0	0	0
属性 2	1	1	0	1	0	0	0	0	1
事物 (1+2)	1	1	0	1	1	1	0	0	1

Emergence of language with re-current networks
Tomomi Kimura and Takaya Arita, Nagoya Univ.

2.b エージェントの設計

各エージェントはエルマンネットワークと呼ばれるニューラルネットワーク[4]を持つ。図 1 はシミュレーションで使用しているネットワークの構成である。

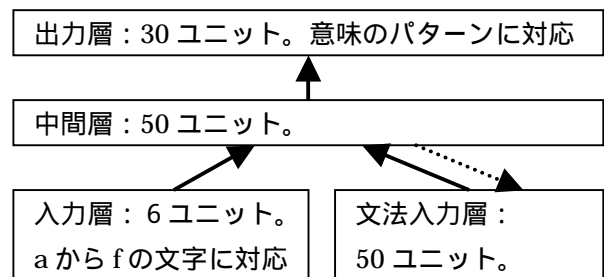


図 1・各エージェントのニューラルネットワーク

エージェントが言葉を発する時は、ネットワークの入力層に一文字ずつ文字を入れて処理し、表現すべき意味のパターンと出力層の状態を比較して、最も適した文字を選択し、聞き手に送る。聞き手はその文字をネットワークで処理し、意味パターンを教師としてバックプロパゲーションによる学習を行う。

話し手は、出力層の状態が完全に意味パターンと一致するまで、聞き手に文字を送り続ける。また、文字数が 20 文字に達した場合、その発言は失敗となり、発言は中止される。話し手が完全に意味を表現でき、聞き手が時系列に従って送られてくる文字列を理解(出力層と意味パターンが一致)した場合、会話は成功である。

2.c 実行

シミュレーション実行時には、まず聞き手となるエージェントを全体からランダムに選ぶ。次に、伝達すべき意味のパターンを生成し、話し手となるエージェントを選択する。話し手は意味パターンに応じた文字列を送り、聞き手はそれを解釈し、学習す

る。話し手と意味パターンを変えながら、聞き手は10回文字列の解釈をする。以上を1試行とする。

3. 実験

今回の実験では、エージェント数35、バックプロパゲーションでの学習率0.01とした。図2に会話の成功率の推移を示す。

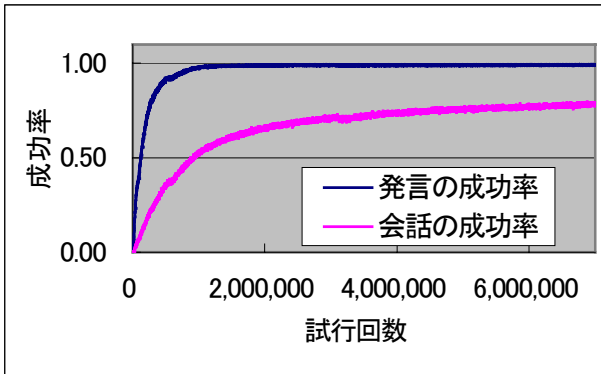


図2 結果の推移

シミュレーションの初期段階では、同じ文字が連続している場合が多く、また異なる意味のパターンに対して同じ言葉が使われる様もしばしば見られる。それがエージェント間の会話という相互作用によって、最終的には意味パターンごとに利用される語彙が分かれ、かつ語順に規則性が見られるようになる。6,000,000 試行後に生成された語彙群の代表的な部分を表2に示す。

表2 最終的な語彙表の一部

述語\主語	0	2	3	4	6	7	8
0+1	db	de	bd	ed	dc	daa	dfaa
0+6	fba	fea	befb	efbd	fcfb	faab	ffab
1+3	dbec	deec	bde	ede	dce	abde	afec
1+6	fbd	fed	bff	efd	ffbd	fad	ffad
2+7	aeb	ae	bae	eae	aec	aba	afcb
3+7	fbaba	febe	be	ee	fc	abbe	afbe
4+5	dbaa	deaa	baa	eaa	dcaa	aaa	afaa
5+7	cbba	ceba	bba	eebb	cfbba	abba	afbb
6+9	cbf	cef	bf	effc	cfbf	caf	cfaf
8+9	cb	ce	bbf	ec	cfb	ca	cfacd

4. 結果の検討

表2を見るに、主語パターン3に属する語彙には、全て接頭のbが使われており、同様に主語4にはe

が使われている。そして他の主語では、接頭部にb、eは一切使われていない。また、主語2には接頭部にde、ce、feが使われ、これらも他の主語には出現しない。このように主語に対してユニークな接頭辞が使われる例が、全体の約64%を占めている。

また一方で、主語と接頭辞が対応していない場合もある。例えば主語2のaeは主語0、6などにも出現している。そのような言葉の意味パターンを解析すると、接頭辞によって述語部分を固定し、以降の文字で主語に対応している。これは属性パターンの組み合わせで出来る述語の、出現頻度の偏りによると考えられる。

今回のモデルでは、ネットワークに時系列に従った入力をする事で、例えば入力aaとaaaでパターン表現を変化させることが出来る。また、聞き手が一文字ごとに学習を行うことで、常に語彙を短くしようとする圧が働いている。結果としてエージェントは、接頭部でパターンを大まかに分類し、以降の文字で細部の違いを埋めるようにしている。

初期段階では意味に対応して発せられる言葉はバラバラだが、エージェント群の相互作用(会話)によって取捨選択され、妥当な形に分類されていく。そして、最終的には語彙間にある程度の規則性が成立する。この規則性を一種の文法と見るならば、インタラクションによって文法、言語システムが創発したと言えよう。

参考文献

- [1] 有田隆也, “言語の起源/進化に対する創発システム論的アプローチ”, 第24回知能システムシンポジウム, 1997.
- [2] T. Arita and C.E. Taylor, “A simple Model for the Evolution of Communication” Fifth annual Conference on Evolutionary Programming, 1996.
- [3] J. Batali, “Computational Simulations of the Emergence of Grammar”, Approaches to the Evolution of Language (J.R.Hurford, et al. eds), Cambridge University Press, pp. 405-426, 1998.
- [4] J.L. Elman, “Finding Structure in Time”, Cognitive Science, 14, pp.179-211, 1990.