

楽しさで育つ文法の探求：

人工コミュニケーションツールを用いた実験

Exploring the Emergence of Grammar:

An Analysis of a Purpose-Free Communication

宇野 良子[†], 鈴木 啓介[‡], 池上 高志^{*}

Ryoko Uno, Keisuke Suzuki, Takashi Ikegami

[†]東京農工大学, [‡]理化学研究所, ^{*}東京大学

Tokyo University of Agriculture and Technology, RIKEN Brain Science Institute, University of Tokyo
ryokouno@cc.tuat.ac.jp

Abstract

A new interactive "wall game" is proposed in which two human players alternatively configure a pattern to communicate. A pattern consists of 3x3 sites, on which a player can place one of three symbols. The two major findings in this paper are i) the subjects mainly communicated in two modes. Either the subjects changed the pattern by watching the pattern as it is (dynamical mode) or by having narrative reflection (metaphorical mode). ii) Subjects switched between these two modes. Most of the experiments in evolutionary linguistics are based on "task-oriented communication" and they observe the emergence of lexical items. In contrast, our experiment explores whether "communication without purpose" leads to the emergence of complex rules such as linguistic grammar. We argue that the switching between the two modes observed in our experiment can be seen as a grammatical process in the sense that it is a procedure to take an internal state outside using the media (i.e., patterns in the wall game). Under this hypothesis, the players' exploration of the media becomes a crucial step in the emergence of language and grammar.

Keywords — language, grammar, communication, purpose, tools

1. はじめに

自然言語はどのようなになっているのか、ということと言語学では通常研究している。一方、言語や文法はどうしてこんな風なのか、を問うならば、自然言語のデータの分析に加えて、何らかの工夫が必要となる。認知言語学が文法の認知的基盤を求める場合も同様である。

工夫の一つとして、数理モデルを用いて言語や認知を考えるような研究との連携がある。数理モデルなどを作ることで、対象を理解しようとする立場は「構成論的アプローチ」と呼ばれる。構成論的アプローチの一つである、人工生命という研究分野では、ロボットを作ったり、コンピュータシミュレーションを行ったりすることで、生命か

もしれないものが現れる様を観察する（池上, 2007などを参照）。そして、言語を分かるために、言語かもしれないものを立ち現れさせ、観るアプローチは、「進化言語学」とよばれる比較的新しい研究分野である

本稿は進化言語的アプローチをとる。私たちが作ったプロト言語に見立てたコミュニケーションツールを通じて、二人の被験者が相互作用を行うという実験を行った。そのプロト言語の使い方がどのような特徴があるかを観察する。

Galantucci (2005)のような心理学者や、Kirby (例えばKirby, Cornish and Smith [2008]) のような進化言語学者は、既に人間のコミュニケーションを通じた人工言語の進化について実験を行っている。(この分野の研究の総説はSteels [2006]やScott-Phillips & Kirby [2010]を参照のこと。)

これらの先行研究ではほとんどの場合、結果的に得られる「言語」は語彙的な要素である。これはほとんどの実験で被験者たちはお互いに協調してタスクを行うように指示されていることと関係しているのではないかと考えられる。

しかし、語彙だけでなく、文法も言語の重要な構成要素である。少なくともバラエティに富んだ結果を得るためにも、タスク指向なコミュニケーションに限らず実験が行われることは必要であると私たちは考えた。そして、「目的の無いコミュニケーション」が文法と語彙を備えたプロト言語の発生には大事なのではないかという仮説を立てた。

発達心理学の研究の中にはこの立場を根拠づけるものがある。例えば、幼児は二タイプのプロト

言語的コミュニケーションを行うことが知られている。一つは目的のあるコミュニケーションであり、タスク指向的なものである。もう一つは、目的のないコミュニケーション、すなわちコミュニケーションのために行われるコミュニケーションがある (Bates, 1976)。 Gómez, Sarria and Tamarit. (1993) はこの第二のタイプのコミュニケーションの重要性を指摘した。彼らは、このタスク指向ではないコミュニケーションこそが「心の理論」の先行指標であると論じたのである。幼児は「心の理論」を獲得すると自分の心とは異なる他者の心というものを推論できるようになるとされる。そしてこの能力の獲得は言語の文法の適切な使用には欠かせないとされている (Tager-Flusberg, 1993)。 Tomasello (2003) もまた注意の共有が発達において重要なことを指摘し、コミュニケーションしていること自体を共有するようなコミュニケーションが言語獲得において果たす役割を述べている。

本稿では、実験を通じて、タスクや目的のない、ただ楽しむだけのコミュニケーションを行ったときの人々の行動を観察する。被験者は私たちの作ったツールを通じてコミュニケーションを行った。このツールは「わたしの壁」と名付けられている。実験の結果として二通りのコミュニケーションのモードがあることが分かった。そして、コミュニケーションの結果として得られたのは、語彙的な要素ではなく、心の中の状態が外部にメッセージとして表現されるその様式であった。私たちはこれがプロト文法につながるものであると考える。

以下第 2 節では実験の方法を、第 3 節では実験結果を述べる。第 4 節ではまとめと展望をおこなう。

私たちはこの実験を通じて、言語が情報伝達だけではなく、共感やコミュニケーション楽しむために用いられる (宇野・池上、2003) ことが、どれだけ文法の形成に関わっているのかを考察する手がかりを得ることを目指す。

2. 実験方法

28人の被験者 (14組) には人工言語を使って、コミュニケーションをするように、と指示した。まず、被験者の一方が「メッセージ」をつくる。メッセージは、図1-Aにあるように、縦3、横3で合計9の位置に記号を # @ *の中から一つずつ選んだものである。

被験者は別々の部屋において、インターネットを通じてメッセージを作り、相手に送る。インターネットを介し、もう一方の被験者はメッセージを受け取る。そして、受け取ったメッセージの 9 個の記号のうちいくつでも、別の変えることができる。そして相手に送り返す。これを繰り返す。やりとりしたメッセージの履歴は全て画面上に表示されている。(図 1-B)

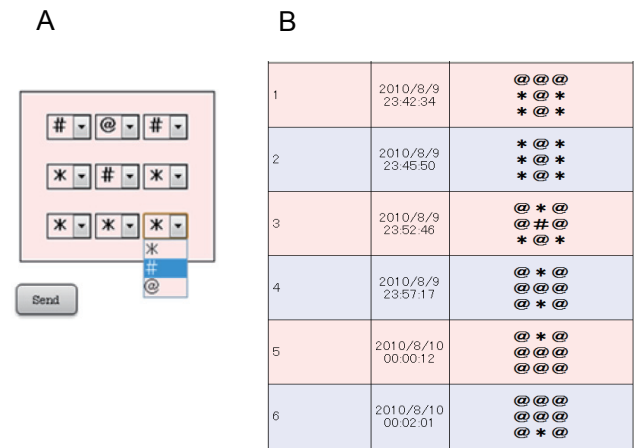


図 1 スクリーンショット
A : メッセージの入力画面
B : メッセージの履歴の表示

以下の表 1 にメッセージの実例を示す。A が送った (1) のメッセージへの被験者 B の応答が (2) である。(2) への A の返答が (3) で、B の更なる返答が (4) である。

(1)	(2)	(3)	(4)
A から	B から	A から	B から
B へ	A へ	B へ	A へ
@ @ @	@ @ @	# # #	# # #
@ * @	@ * #	# # #	# # @
@ @ @	@ @ @	# # #	# @ @

表 1 : メッセージ交換の例

これをグループ1から9は、8往復（16メッセージ）繰り返した。グループ10から13は30往復（60メッセージ）を2セット繰り返した。メッセージをやり取りしたあと、被験者には自分が発信したメッセージについては、どのような意図で送ったかを、受け取ったメッセージに関してはどのような意図を読み取ったかを（自然言語で）記述してもらった。これを「意図のレポート」と呼んでいる。

三つの条件下で実験を行った。以下に示す。

条件1：

メッセージは2人の間で交換する。意図のレポートは全てのメッセージを交換した後に書く。

（実験1, 2, 3で用いる。）

条件2：

メッセージは2人の間で交換する。意図のレポートはメッセージを交換する度に書く。（主に実験2で用いる。）

条件3：

被験者は一人でメッセージを送り続ける。意図のレポートは全てのメッセージを送った後に書く。（実験3で用いる。）

本稿では実験1のみについて紹介するので、関係してくるのは主に条件1だけだが、条件2についても3.3で必要があって触れる。それ以外の実験についてはUno, Suzuki, and Ikegami (to appear)を参照のこと。

3. 実験1:二つのモード

3.1 言語学的分析

まず、「意図のレポート」を言語学的に分析するところからはじめた。私たちはレポートを三種類に分類した。「動的レポート(dynamical report)」、「比喩的レポート(metaphorical report)」そして「その他」である。

「動的レポート」とはパターンの字義的な描写のことである。例えば、以下である。

(D1) 全種類の記号をつかった。

(D2) 左から右へスクロールした。

(D1)	(D2)	(M1)	(M2)	(O1)	(O2)
#@	@#	@@@	@@@	@*@	@##
#@	@#	@*@	@*#	*@*	##*
#@	@#	@@@	@@@	###	***

これらのレポートではパターンはあるがままに表現されている。これらのレポートによって説明されている「メッセージ」は以下の表2に示した。

一方で、「比喩的レポート」では、被験者がパターンの中の記号を使って物語をつくる。従ってパターンそのものの記述とはなっていない。比喩的な記述(cf. Lakoff and Johnson, 1980)であると言える。

つまり記号や記号の集まりを他の何かに譬えているのである。例を見てみよう。

(M1) ウサギが小屋の中にいます。

(M2) ウサギが小屋に穴を開けて逃げました。

この例では被験者は「*」をウサギに、「@」の連なりを小屋の壁に、「#」を穴に見立てている。

この実験ではどうやってもある被験者の作った物語はメッセージを交換する相手には伝わりようがない。例えば、被験者Aは(M1)のメッセージでウサギのついて述べているつもりだが、そのメッセージを受け取った被験者Bは次のような全く異なる意図のレポートを行った。

(D3) *は@に囲まれている。

最後に「その他」のカテゴリーではレポートとメッセージのパターンはあまり関係がない。例えば(O1)のような交感的な表現であったり、(O2)のようなパターンには無関係な被験者の感情だったりする。

(O1) こんにちは。

(O2) この実験難しいね。

以下の表2に示されているのが以上のレポートに対応するメッセージである。

表 2：レポートに対応するメッセージ

それぞれのペアにおけるレポートのタイプの使用のされ方は以下の図 2 に示されている。ほとんどのレポートが比喩的か動的であることがこの図からは分かる。

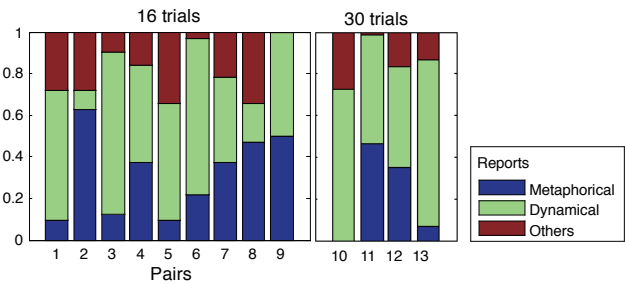


図 2：レポートのタイプ毎の使用率

3.2 数理的分析 1

以上で二種類のレポートのモードがあることが分かった。次にそれぞれのレポートのモードに対応したメッセージのパターンに特徴があるかどうかを見るために、数理的分析を行った。数理的分析として、ここでは連続する二つのパターン間のハミング距離を計算した。ハミング距離は一つの記号列を次の記号列と同一にするために必要な変更の回数として定義される。そのために、「メッセージ」を一次の記号列とみなした（例：表 2 の (D1) は「*#@*#@」とした。）。一組のパターン間のハミング距離が大きければ大きいほどそれらはより似ていないことを意味する。「意図のレポート」を数理的分析で扱えるように、二つのカテゴリーには指標をつけた。（例 比喩的指標は両方が比喩的レポートをした場合には 2、一方だけが比喩的に解釈した際には 1、どちらもそう解釈しなかった場合には 0 をつけた。）私たちはハミング距離と比喩的指標、あるいは動的指標との相関係数を測った。図 3 に示すように、結果として、連続するパターンのハミング距離が小さくなると被験者は比喩的レポートをすることが示された。一方で、ハミング距離が大きくなると動的レポートをすることが示された。

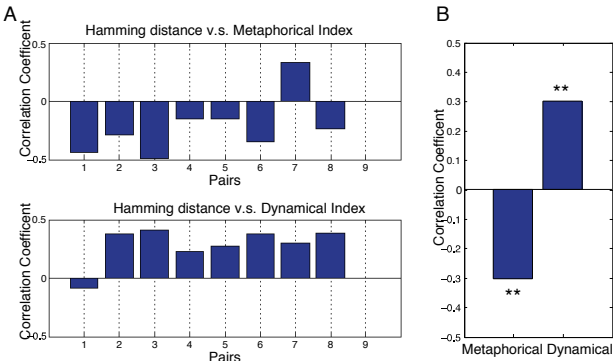


図 3：A：各ペアのハミング距離と二つのレポートの相関係数 B：前ペアのハミング距離と二つのレポートの相関係数。ハミング距離は動的レポートとは正の相関 ($p < 0.01$) を比喩的レポートとは負の相関 ($p < 0.01$) を見せる。

3.3 数理的分析 2

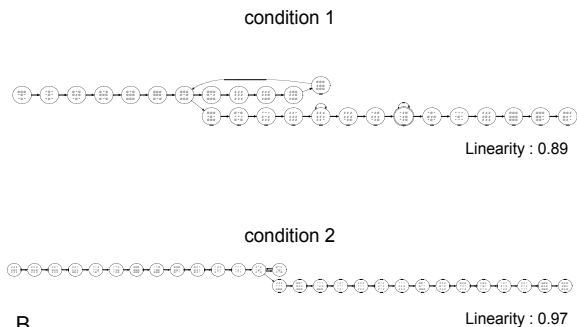
次に、状態遷移グラフをつくりパターンを分析した。パターンの状態遷移を分析するために、16 のメッセージは十分ではなかったので、30 のメッセージを交換したペア 10 から 13 のデータのみを用いた。これらのグループは二つの異なる条件下で 30 のメッセージの交換を二度行っている。（第 2 節で説明した条件 1 と条件 2 である。）条件 2 を用いた実験の結果についてはここでは詳しくは述べないが、本稿に關係する重要な点は条件 2 では条件 1 に比べ比喩的レポートが増え、動的レポートが減るということである。（詳しくは Uno, Suzuki and Ikegami [to appear].）

遷移グラフを描くために、メッセージのやりとりで用いられたパターンをそのペアが用いたシンボルの数によってグループ化した。まず、パターンを 3 列に分け、そして各列を用いられた記号の構成比だけでグループ化した。（例 「*#@*」は「210」に分類され、「###」は「003」に分類した。そして、各列をグループ化した 10 グループのうちの一つを 0 から 9 の数字で表した。（0 は「012」を、（略）9 は「210」を。）次に私たちは、3 列なからなるパターンの各グループに 3 ケタの番号をあたえた。（例「091」は「##*#@*#@#@」を表す）。最後にゲームで用いられた全てのパターンを数値化し、それらの間の遷移を計算

した。

図 4-A はペア 11 の状態遷移グラフを計算したものを表す。遷移グラフのリニアリティは「ノードの数をグラフのエッジの数で割ったもの」として定義した。主に動的モードでメッセージを交換した条件 1 では、リニアリティは 0.89 であった。そして、主に比喩的モードでメッセージを交換した条件 2 では 0.97 であった。このペアの分析からは比喩的モードの方がよりリニアリティが低いことが示唆される。図 4-B はリニアリティと 4 組全ての相関係数を示す。ここで示されるのは動的モードでは同じタイプの遷移が繰り返し用いられるが、比喩的モードではそうでない、ということである。

A



B

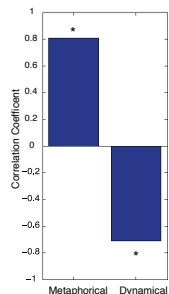


図 4 : A: ペア 11 の状態遷移図

B: リニアリティと 2 種類のレポート数との相関係数

4. まとめと展望

以上本稿ではタスクの無いコミュニケーションにおいて、「動的」と「比喩的」の二つのモードで人はコミュニケーションをするのだということを、言語学的・数理的に示した。

この実験では、メッセージを特にコミュニケーションの目的のために交換しているのではない。そのため、お互いに「飽きない」「楽しい」コミュニケ

ーションでありつづける必要がある。一番簡単なメッセージの作り方は、相手がやったことを真似することである（例えば、相手が一つ変えたら自分も一つ変える）。しかし、それをやり続けると飽きてしまう。そのような退屈な状態を回避するための二つの手法が二つのパターンに対応しているのではないか、と私たちは考える。動的モードでは、視覚的に変化の大きい、特徴的なパターンを見せることが変化につながり、比喩的モードでは、パターンそのものより、そこに見出したストーリーに基づき、新規のメッセージを送ることになる。これが、本稿で示した、ハミング距離や遷移状態の分析結果とつながっていると考えられる。今後は、このような二つのモードの存在がどのような役割を担いつつ、言語的な規則の生成に結びついていくのか見ていきたい。そのために、現在はインターネットを使ったツールばかりでなく、図 5 に示したように様々なタイプの実際に触れるコミュニケーションツールを作り、ツールの特性とコミュニケーションのモードとの関係を分析している。

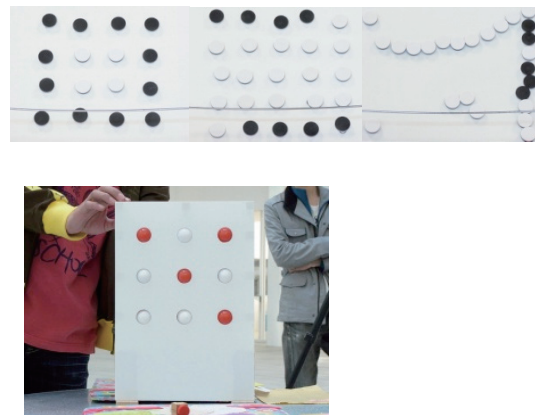


図 5: 実験で用いているコミュニケーションツール。記号の数や特性とやりとりされるメッセージに相関があるかを分析している。

(デザイン: 石山星亜良)

参考文献

- [1] Bates, E. (1976). "Language and Context: the Acquisition of Pragmatics", New York: Academic Press.

- [2] Galantucci, B. (2005) “An experimental study of the emergence of human communication systems”, *Cognitive Science* Vol. 29, pp. 737–767.
- [3] Gómez, J. C., Sarria, E., and Tamarit J. (1993) “A comparative approach to early theories of mind: ontogeny”, phylogeny and pathology, Baron-Cohen, S. Tager-Flusberg, H. and Cohen, D. J. editors. *Understanding Others Minds: Perspectives from Autism*. Oxford: Oxford University Press. pp. 195-207
- [4] 池上高志 (2007) ”動きが生命をつくる”, 青土社
- [5] Kirby, S., Cornish, H. and Smith, K. (2008) “Cumulative cultural evolution in the laboratory: An experimental approach to the origins of structure in human language”, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* Vol. 105, pp. 10681-10686.
- [6] Lakoff, G. and Johnson M. (1980) “Metaphors We Live By”, Chicago: University of Chicago Press.
- [7] Langacker, Ronald W. (2000). “A dynamic-based model”, In *Usage-based models of language*, ed. Michael Barlow and Suzanne Kemmer, pp. 1-63. Stanford: CSLI Publications.
- [8] Scott-Phillips, T. C., and Kirby, S. (2010) “Language evolution in the laboratory”, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol.14, No. 9, pp. 411-417.
- [9] Steels, L. (2006). “Experiments on the emergence of human communication”, *Trends in Cognitive Sciences*. Vol. 10, No. 8, pp. 347-349.
- [10] Tager-Flusberg, H. (2000) “Language and understanding minds: connections in autism”, Baron-Cohen, S. Tager-Flusberg, H. and Cohen, D. J. editors. *Understanding Others Minds: Perspectives from Autism*. Oxford: Oxford University Press. pp.124-149.
- [11] Tomasello, M. (2003) “*Constructing a Language: A Usage-Based Theory of Language Acquisition*”, MA: Harvard University Press.
- [12] 宇野良子・池上高志 (2003) “ジョイント・アテンション／予測と言語—志向性を揃えるメカニズム—”, 山梨正明 (編) 『認知言語学論考2』 ひつじ書房, pp. 231-274.
- [13] Uno, R., Suzuki, K. and Ikegami, T. (to appear) “An interactive wall game as an evolution of proto language”, To appear in *ECAL 2011 Proceedings*.