

構造依存性を持った記号システムの形成過程を観察するための 実験課題の設計について

A design of experimental task for observation of forming symbol systems with structural dependency

金野 武司[†], 齊藤 優弥[‡]

Takeshi Konno, Yuya Saito

[†] 金沢工業大学 工学部 電気電子工学科, [‡] 金沢工業大学 工学部 電子情報通信工学科

Kanazawa Institute of Technology, College of Engineering, [†] Electrical and Electronic Engineering,

[‡] Electronics, Information and Communication Engineering

konno-tks@neptune.kanazawa-it.ac.jp, b1512436@planet.kanazawa-it.ac.jp

概要

人間の言語には、表現と意味の間を結ぶ関係に構造依存性と呼ばれる階層構造がある。本論では、記号的コミュニケーションにおいて、その構造依存性が生じる過程をメカニズム的に解明するための実験室実験を検討し、参加者が取り組む課題の構成要件を整理して、具体的にゲーム課題を考案・設計する。また、設計したゲーム課題に基づき、人間が扱う意味を多様化・複雑化させる際の原動力を議論する。

キーワード：構造依存性，実験記号論，解釈学的循環

1. はじめに

人の言語には構造依存性という特徴がある。橋本 [1] はこれを「最新日本語辞典」を例に説明する。表現は1つでも、その意味は少なくとも「最新の日本語辞典」であるのか、「最新日本語の辞典」であるのかという2通りに取ることができる。人はこのような言語表現に接したとき、表現の背後にある構造を推定し、状況や文脈に応じてその意味を特定することができる。こういった構造依存性を持った記号コミュニケーションのシステムが、人類史的な時間スケールにおいて生じたメカニズムは未だ不明確な部分が多い。

ある表現が構造依存性を持つ、すなわち同じ表現が異なる意味を持ち得るという状況では、そこに生じる曖昧さは何らかの仕組みによって部分的にでも解消できなければならない。我々はこれまで、単一の記号への意味付けを対象にした実験において、人がその記号に二重の意味（字義通りの意味と言外の意味）を込め、他者とやり取りする過程を観察してきた [2]。この実験において参加者は、ある記号（表現）が持つ字義通りの意味だけではなく、状況や文脈に応じて異なる意味（言外の意味）を伝え合う。一見して、記号の意味が状況や文脈に応じて変化するのは非常に曖昧性が高

いように見える。

しかし、計算モデルの構築とその計算機シミュレーション [3, 4] により、二重の意味を伝える方法は、二者間で共有する記号システムを非常に速く成立させることがわかってきた。その成立プロセスにおいては言外の意味がメタパラメータのようになり、コミュニケーションの初期段階ではそれが字義通りの意味を推定するための仮説として機能する。やがて具体的な記号と行動のやりとりを通じて字義通りの意味を定めることができれば仮説は定説となるが、それができなければ、仮説である言外の意味が見直されるというメカニズムがあると我々は推定している。これは、広い文脈においては解釈学的循環 [5, 6] と呼ばれる仕組みに相当する。また、その計算モデルを用いた人との記号コミュニケーション実験により、計算モデルが言外の意味とそれを推定する仕組みを持たなければ、適切な記号システムが形成されないことが明らかになりつつある [7]。これらの結果は、解釈学的循環を伴う二重の意味の伝達メカニズムが、記号システムの形成プロセスを支えているのではないかと示唆する。

以上のことから、構造依存性を持った記号システムの成立プロセスにおいても、そのメカニズムが曖昧性の解消に大きな役割を果たすのではないかと考えられる。ここでもし、通常であれば構造依存性を持った記号体系を生じさせるプロセスにおいて、記号をやりとりする主体から二重の意味を伝える仕組みを欠落させることができれば、そこで形成される記号システムを調べることで、そのメカニズムが持つ役割を解明することができるのではないかと考えられる。

我々がこれまでに取り組んできた、実験記号論 [8, 9] に基づく実験室実験という手法は、記号システムの形成過程の定量的な観察を可能にする。また、構築する計算モデルと人との認知実験という構成的アプロー

チ [10] に基づく方法は、計算モデルが持つメカニズムの改変によって、二重の意味を伝える仕組みが欠落した状態での記号システムの形成プロセスを観察可能にする。あとは、その実験室実験の枠組みにおいて、構造依存性が生じるプロセスを観察できる枠組みがあればよい。そこで我々は、構造依存性が生じるプロセスを観察するための実験課題を設計する。特に本論では、実験参加者が取り組む課題が持つべき要件を整理し、具体的なゲームを提示する。その上で、この課題において検証する仮説と、予想される結果について述べる。

2. 実験課題の構成要件と基本構成

実験においては、基本的に二者間で記号を介したメッセージのやりとりが行なえるようにする必要がある。また、そのメッセージが構造依存性を持てるようにするために、メッセージは3つ以上の記号の組み合わせで構成されなければならない。問題は、記号の組み合わせによって相手に伝える意味をどのように用意するかであり、与えられたコミュニケーション課題の中で、参加者が次々に伝えるべき意味が生じることが重要となる。ただし、Naming game [11] に代表されるような単語と対象を結びつける課題では、実験者によって外から名付けるべき対象がいくら与えられても、単語と対象が1対1に結びついた語彙表が形成されるだけで表現が複雑化する過程を観察することはできないだろう。

これに対して Kirby ら [12] は、対象の「形・色・動き」に3種類ずつの違いを設け、これにアルファベットを組み合わせた単語を割り当てる課題を実施し、意味の構造が単語を組み合わせた合成的表現となって現れることを確認した。ところが、実験者による外的操作のない状態では、対象の全ての特徴(3×3=9通り)を区別するような記号体系(語彙表)は形成されなかった。また、表現のバリエーションの増加には、実験者によって重複する表現を取り除く介入が必要であった。これらの結果は、自然な状態では表現は簡素化される方向に変化し、複雑化をもたらすには何らかの仕掛けが必要になることを示唆している。

Galantucci[13] は、二人が協力的に取り組む課題を段階的に難しくする(移動する部屋のマップが大きくなったり、敵が出現したりする)ことで、二者間で共有される記号的メッセージがどのように生成され変化するかを観察した。この結果、表現のバリエーションが増える事例が確認されている。しかし、実験者が複雑化する要因を与え続けることは難しい。理想的

には、参加者間どうしのやりとりを通じて自律的に複雑化する要因が生じることが望ましい。これを実現する1つの方法として、我々は囲碁に注目する。囲碁は白と黒の石を盤面上に置き合い、囲んだ陣地の広さを競うゲームである。非常に高い自由度の中で、プレイヤーは盤面から様々な意味を見出す。囲碁は非常に抽象度が高く難しいゲームであるため、実験に用いるには単純化が必要だが、それ以前に、ゲームでは対戦相手と競合関係にあるため、明示的な記号のやりとりが行なえないという問題がある。そこで我々は、2対2のチーム対戦とすることで、競合と協力を同居させる方法を考案する。

以上、実験課題の基本構成をまとめると、以下の3つになる。

- 構造依存性を持った記号表現が生じるようにするために、メッセージは3つ以上の記号の組み合わせで構成する。
- やりとりされる意味の増加が自律的に生じるようにするために、囲碁を模した他者との競合関係のゲーム枠組みを導入する。
- 協力関係による意味の伝達が行なわれるようにするため、競合関係の中に協力関係を埋め込んだ課題にする。

3. ゲーム課題とその特徴

前節でまとめた構成要件に従って設計した実験課題を説明する。実験では、一度のゲームに4人が参加する。4人はそれぞれにタブレット端末を持ち、他者とは顔を合わせない。2人がチームになり、相手チームと囲碁を模した白と黒の石置きゲームに取り組む。石置きゲームは、10×10のマス目が用意され、その中央にはオセロと同様の白黒2つずつが対角に配置された状態から始まる(図1)。石は、同じ色の石に隣接する場所(上下左右)にしか置くことができない。これは、ゲームの初期段階で意味付ける必要のある状態を限定するための措置である。そして、石はチーム内の二人が同じ場所に石を置くことのできた場合のみ配置される。つまり、チーム内であっても、まずは一人で石を置く場所を決め、それがチーム内で一致した場合にのみその指定する場所に石が配置される。ここで、石を置く場所を決める前に、チーム内でメッセージを1度だけ交換する。プレイヤーはあらかじめ用意された数種類の図形(例えば、, , , )などを画面の三角ボタンで変更を3つ組み合わせてメッセージを構成し、その送信タイミング(送信ボタンを押すタイミング)に応じて先手・後手を調整

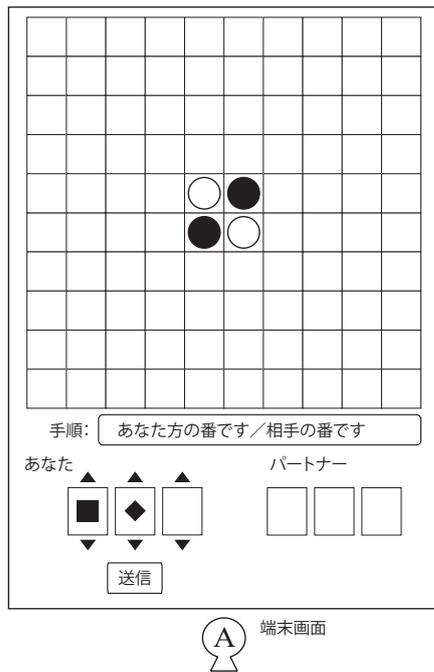


図1 実験参加者の端末画面

することができる。上記ルールの中で、チームどうしは互いに配置することができた石の数を競う。

ゲームにおいて、石は隣接する場所にしか置くことができないため、相手チームによって隣接する場所をすべて塞がれてしまうと、自チームの石の数を増やすことができなくなる。このゲームを1対1の対戦として計算機シミュレーションを行なうと、石の割合は平均50%を境にしながらも毎回偏りが生じることが確認された ($SD = 0.035$)。これは、計算機に組み込んだアルゴリズムが、配置可能な場所にランダムに石を配置するようにしたためである。人の場合には、石を置ける場所が塞がれそうになったとき、それを防ぐ方法を取ることが容易に想像できるため、人どうしの1対1の対戦では、基本的には毎回引き分けになることが予想される。しかし、2対2の対戦では、石の配置に失敗するケースが生じる。この過程で、チーム内では少なくとも、配置できる場所のどこに石を配置するかという情報に加えて、相手チームとの競合的駆け引きにおいて、自分が戦況をどのように把握しているかをチーム内で共有する必要があるが生じる。我々はここに、新しい意味を次々に生成する必要が生じると考えている。

4. 検証する仮説と予想される結果

この課題においてチーム内で交わされるメッセージに構造依存性を持った記号システムが生じるかどうかを確認する。構造依存性が生じるためには、二者間で

やりとりされる意味が増え、かつその意味が複雑化する要因を持たなければならない。我々は相手チームとの競合関係において、意味の多様化・複雑化が起こると予想しているが、これが思うように進まない可能性も考えられる。そういった状況への対処として興味深い仕組みに敵対的模倣 [14] がある。敵対的模倣では、相手の行動系列を模倣しながらも、自分の行動系列は相手に模倣されないようにする、という学習を同時に行なうと、生成される行動系列が複雑化することが示されている。これは、例えば若い世代で局所的に流通する話し言葉が、言語基盤は共通でありながらも、他の世代からは理解できないような表現になっている現象に類似している。我々が設計する課題においても、自チームで交わされるメッセージを相手に見えるようにすれば、この敵対的模倣による表現の複雑化が生じる可能性があるのではないかと考えられる。

意味を複雑化させる仕組みについても一つ検討しなければならないことがある。それは、人の表現は課題解決の場面においてのみ複雑化してきたわけではないということである。むしろ、人は遊びのような高い自由度の中で、楽しさや面白さに駆動されて表現を創出してきた側面を持っている。宇野ら [15] は実験記号論において文法の複雑化を観察するために、上記を従来の実験課題の問題点として指摘しながら、特定の達成目標を持たない二者間でのインタラクション実験をデザインしている。実験において、意味の多様化と表現の複雑化が明示的に示されてはいないが、検討を進めるべき重要な要素であることは間違いないだろう。

設計した課題においてやりとりされる意味が複雑化し、それが構造依存性を伴ってメッセージに表出した場合、次に我々が取り組むのは、チーム内の一方を計算機にすることである。計算機に実装する計算モデルがメッセージの言外の意味を推定し行動を調整するメカニズムを持つ場合と持たない場合で、構造依存性の発生頻度がどのように変化するかを調査することで、構造依存性を持った記号コミュニケーションのシステムが生じるメカニズムの一端を解明することができるのではないかと考えている。

5. おわりに

我々は、人間の言語が構造依存性を持つ点に着目し、これが生じるメカニズムを解明するための実験課題を実験記号論 [8] に基づき考案した。構造依存性は人間が扱う意味を増やす過程で生じたと考えられることから、実験室実験で実施するコミュニケーション課題でも、扱う意味の増加・多様化が起こることが必須とな

る。我々は課題を2対2のチーム対戦とすることで、協力関係による記号的コミュニケーションと競合関係による意味の多様化を同居させることを狙う。また、意味づける個別の対象は実験者が与えるのではなく、対戦チームとのやりとりを通じて生じるようにするために、囲碁を模した石置きゲームを設計した。この課題に基づき我々は、人間が扱う意味を多様化・複雑化させてきた原動力として、敵対的な関係と、遊びの中での面白さの2つがあることを議論した。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費基盤研究 (A) 「意図共有と意味創造を伴うコミュニケーション創発の進化的構成論による研究」/課題番号 26240037, JSPS 科研費基盤研究 (C) 「人工言語の共創課題を用いたことばへの気づきの獲得と言語学習効果の検証」/課題番号 16K00205, 及び MEXT/JSPS 科研費 「共創言語進化」 #4903, JP17H06383 の助成を受けた。ここに記し謝意を表します。

文献

- [1] 橋本敬 (2015): コミュニケーションの3つのレベルにおける接地・脱接地, 日本認知科学会第32回大会予稿集, pp.716-725.
- [2] 金野 武司, 森田 純哉, 橋本 敬 (2014): 言語的コミュニケーションシステムの創発に関する実験的アプローチ, 計測と制御, Vol. 53, No. 9, pp. 801-807.
- [3] 金野 武司, 森田 純哉, 橋本 敬 (2014): 記号コミュニケーションシステムにおいて言外の意味を成立させるメカニズムの計算モデルによる検討, 計測自動制御学会システム・情報部門 学術講演会 2014 (SSI2014), pp.401-406.
- [4] 金野 武司, 橋本 敬, 李 冠宏, 奥田次郎 (2015): 記号コミュニケーションにおける言外の意味の推論に基づく先行的行動価値修正メカニズムの役割, 日本認知科学会第32回大会予稿集, pp.477-486.
- [5] 津田 一郎 (2002): ダイナミックな脳ーカオスの解釈, 岩波書店.
- [6] Carston, R. (2002): *Thoughts and Utterances: The Pragmatics of Explicit Communication*, Blackwell.
- [7] 河上 章太郎, 金野 武司 (2017): 記号コミュニケーションにおいて言外の意味を推定する計算モデルの人への効果, 日本認知科学会第34回大会予稿集, pp.1209-1213.
- [8] Galantucci, B. (2009): *Experimental semiotics: A new approach for studying communication as a form of joint action*, *Topics in Cognitive Science*, Vol. 1, No. 2, pp. 393-410.
- [9] Scott-Phillips, T. and Kirby, S. (2010): *Language evolution in the laboratory*, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 14, No. 9, pp. 411-417.
- [10] Kaneko, K. and Tsuda, I. (1994): *Constructive complexity and artificial reality: an introduction*, *Physica D: Nonlinear Phenomena*, Vol. 75, No. 1-3, pp.1-10.
- [11] Baronchelli, A., Felici, M., Loreto, V., Caglioti, E. and Steels, L. (2006): *Sharp transition towards shared vocabularies in multi-agent systems*, *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, Vol.2006, No.6, P06014.
- [12] 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*, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 105, No.31, pp.10681-10686.
- [13] Galantucci, B. (2005): *An experimental study of the emergence of human communication systems*, *Cognitive science*, Vol.29, No.5, pp.737-767.
- [14] Suzuki, J. and Kaneko, K. (1994): *Imitation Games*, *Physica*, 75D, pp.328-342.
- [15] 宇野 良子, 鈴木 啓介 (2014): 認知文法をつくる実験記号論: コミュニケーションの質感の探索から生まれるプロト言語とその理論を求めて, 計測と制御, Vol.53, No.9, pp.828-834.