

単一記号への意味づけにおける解釈学的循環過程の 計算モデルと実験室実験による検証

Experimental verification of computational model with hermeneutic circle in meaning processes of symbols

柳田 知良^{1*} 齊藤 優弥¹ 金野 武司¹
Kazuyoshi Yanagida¹ Yuya Saito¹ Takeshi Konno¹

¹ 金沢工業大学

¹ Kanazawa Institute of Technology

Abstract: 人のことばには字義通りの意味と言外の意味があり、両者は相互依存関係を持ちながら解釈的な循環を構成する。我々は単一記号への意味づけ過程を観察することのできるメッセージ付きコーディネーションゲームにおいて、その循環過程を再現する計算モデルを構築し、人と計算モデルでの実験を実施した。結果、人どうしの課題パフォーマンスの再現には至らなかったが、計算機シミュレーションの分析により、その原因が二者で衝突した意味づけへの調整の失敗にある可能性を見出した。

1 はじめに

人間によることばのコミュニケーションでは、字義通りの意味に加え言外の意味が合わせて伝えられる。また受け手がそれらを推定し理解することでコミュニケーションが成り立つ [1]。字義通りの意味と言外の意味は相互依存関係の中で解釈的に循環する構造をもつ [1, 2]。この構造を持ったコミュニケーションは人間であれば誰もが自然に行なうが、そのメカニズムには未解明な部分が多く残されている。人とことばの意味を共有する人工知能が実現されない原因の1つはここにあるのではないかと考えられる。

この問題に対して、河上ら [3] は二者間で字義通りの意味と言外の意味を取り決める必要があるゲーム課題と計算モデルを構築し、人とのインタラクション実験を通してそのメカニズムを明らかにしようとしている。その先行研究において河上らは、言外の意味の推定とそれに応じて字義通りの意味を学習する計算モデルを構築し、それらのメカニズムが計算機シミュレーションにおいて人どうしの課題パフォーマンスと非常によく似た特性を示すことを報告した¹。

しかし、先行研究ではその計算モデルが、実際に人を相手にして、人どうしと同程度のパフォーマンスを発揮できるかどうかは検証されていない。そこで本研

究では、先行研究で構築された計算モデルを用いて人とのインタラクション実験を行うことでその機能的な妥当性を検証する。

2 実験課題

実験で参加者は計算モデルとペアを組み、情報端末を介してメッセージ付きコーディネーションゲームと呼ぶ課題に取り組んだ。端末の画面上には 2 × 2 で区切られた 4 つの部屋が表示され、そのうちいずれか 1 つの部屋に参加者が操作する駒が配置された。相手となる計算モデルが操作する駒も同様にいずれかの部屋に配置されるが、それぞれ互いの位置は分からないようになっていた (図 1)。

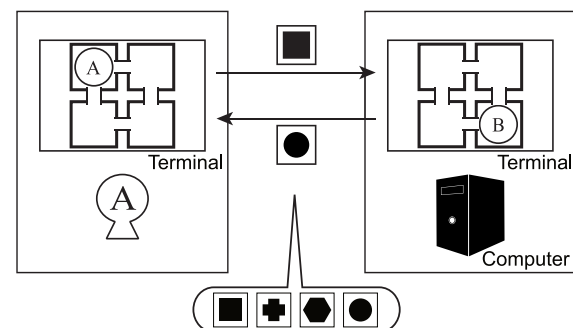


図 1: 実験課題

*連絡先: 金沢工業大学工学部電子情報通信工学科
〒 921-8501 石川県野々市市扇が丘 7-1

E-mail: b1706026@planet.kanazawa-it.ac.jp

¹人どうしの課題パフォーマンスとの類似性についての分析は齊藤ら [4] の研究に詳しい。

ゲームでは、参加者はあらかじめ意味の決められていない4つの記号(■, □, ●, ○)から1つを選び、メッセージとして互いに交換した。選択した記号はメッセージ送信のボタンを押すことで即座に送信されるため、参加者は先手後手を調整できた。メッセージの交換後、参加者は4つの部屋のうち隣り合う部屋への移動かもしくはその場に留まることで相手の駒と部屋を一致させることが求められた。互いが移動先を決定するとそれぞれの行動結果が表示され、部屋を一致させることが出来た場合は2点が加点され、一致させることが出来なかった場合は1点が減点された。記号を用いたメッセージのやり取りから行動結果の表示までを1ラウンドとし、次のラウンドへ移ると互いの駒は再度ランダムに配置された。実験ではこれを60ラウンド繰り返した。

3 計算モデル

実験には河上ら [3] が構築した循環収束モデルと呼ぶ計算モデルを用いた。この計算モデルは、字義通りの意味と言外の意味が相互依存関係を持った状態で循環的に学習する仕組みを持つ²。ここで、字義通りの意味の実体は部屋と記号の対応関係であり、言外の意味の実体は、その記号と移動前の部屋(現在位置)もしくは移動後の部屋(行き先)のどちらと対応づけるかを決定する変数である。

この循環収束モデルと対比するための計算モデルとして、我々は循環固定モデルを用意した。このモデルでは、言外の意味をゲームに成功できる理想状態³にあらかじめ固定した。河上ら [5] は、計算機シミュレーションにおいては循環固定モデルでも十分に課題に成功するが、人を相手にした場合にはうまくいかないことを確認した。このことから我々は、循環固定モデルは人との課題に失敗し、循環収束モデルは成功することを予想した。

4 実験手続きと参加者

はじめに参加者は、別室にいるパートナーと実験課題(ゲーム)に取り組む旨と端末操作の説明を受けた。その後、操作に慣れるため実験課題とは別の練習モードを3ラウンド実施した後に本番の実験課題に取り組んだ。実験課題終了後、参加者はゲームについてのアンケートでメッセージの作成ルールや課題達成に失敗

²基本的な学習の枠組みは、強化学習におけるモデルベース学習と同じである。

³先手という状況に、その部屋に「いる」という現在位置の意味を対応づけ、後手という状況に、その部屋に「行く」という行き先の意味を対応づけると、このゲームは二人が移動させる駒を安定して同じ部屋に移動させることができるようになる。

した際の理由について回答した。全参加者の実験が終了した後にデブリーフィングの時間を設け、相手は必ず計算機であったことが伝えられた。

実験には、循環固定モデルとペアを組む12名、循環収束モデルとペアを組む12名の合計24名(平均年齢21.3歳, $SD = 0.96$, 男性23名, 女性1名)が参加した。実験に参加したのは全員金沢工業大学の学生で、実験は同大学内の研究室にて実施された。

5 結果

循環固定および循環収束モデルを相手にした場合の、移動する部屋の一致率の12ラウンドごとの推移を図2に示した。この図には、金野ら [6] によって行なわれた人どうしでの結果(20ペア40名)も併せて示した。課題の成否は、終わり12ラウンドでの一致率が0.67を超えたか否かで判断した。このゲームは記号によるメッセージ交換がない状態でも、同じ部屋に移動することを取り決めることができれば1/2の一致率を実現することができる。従って、成功群とした閾値は、メッセージを有効に使うことができたことを意味する。

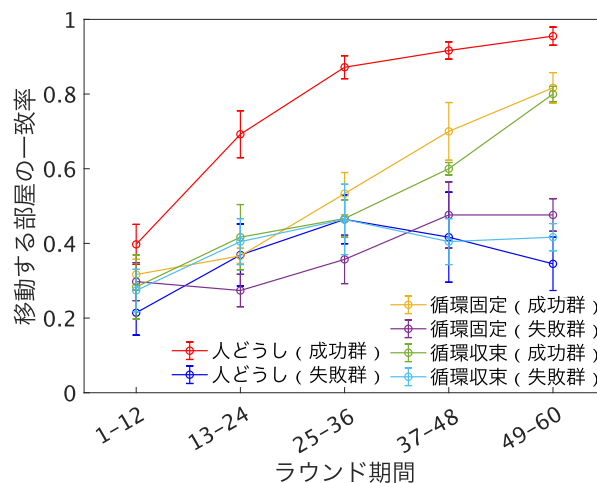


図 2: 移動する部屋の一致率の推移

グラフを見ると、いずれの計算モデルも、人どうしの成功群の一致率の推移を再現できていないことがわかる。成功したペアと失敗したペアの数を比較しても、先行研究 [6] における人どうし成功群は14ペアで、失敗ペアは6ペアだったが、いずれの計算モデルでも成功群は5ペア、失敗群は7ペアという結果だった。

計算モデルでは、循環固定モデルの失敗群を除いて、36ラウンドまでは成功群も失敗群も同じ傾向で推移し、その後で一致率を上昇させるペアと下降させるペアに分かれたようである。これらの推移を見ると、循環収

束モデルは、人どうしの失敗群のパターンを再現しているのではないと思われる。

6 議論

我々の予想は、循環収束モデルが人どうしの場合と同等の一致率の推移を示すことだった。ところが、循環収束モデルの一致率の推移は、どちらかと言えば人どうしの失敗群の推移を再現しているように見える。

この原因を突き止めるため、我々は再度計算モデルでの失敗ケースの詳細な分析を行なった。すると、循環収束モデルにおける失敗は、二人が1つの意味を異なる記号で表現してしまった時に、採用する記号を1つに定められなかった場合（互いに自分が使った記号を使い続けるか、互いに相手が使った記号を学習した場合）に引き起こされていることがわかった。計算機シミュレーションにおいて、1つの意味に対して二人が異なる記号を使った場合に、一方に自分の記号を使い続ける役を、他方に相手の記号を学習する役を割り当てた結果、それまで5%程度の割合で生じていた失敗ケースが全く生じなくなることが確認された。

このことから、計算モデルがその状況を察知したときに、自分と相手どちらの記号を採用するかを適切に調整することができれば、一致率の推移は人どうしの成功群と同じ水準に向上する可能性がある。その状況の察知はどのように行なえば良いだろうか。この問題は、人どうしにおいても解決は難しい問題であり、その方法を突き止めることは今後の重要な課題の1つである。

循環固定と循環収束の成功群が同じような一致率のパターンになったのはなぜだろうか。その原因は、成功群に属したペアが、恐らくこのゲームに成功するための言外の意味の内容（先手が現在位置を、そして後手が行き先を伝える）に互いが至ったことにあるのではないと思われる。ただし、循環固定モデルの場合にだけ失敗群の一致率がラウンド序盤で低下してしまった結果を見ると、循環固定モデルを相手にした場合には、やはり早い段階から言外の意味がゲームに成功する内容になっている必要があるのだと思われる。この結果は、循環収束モデルが序盤の失敗を回避させていたことを示唆している。

最後に、循環収束モデルにおいて、中盤で成功する場合と失敗する場合に分かれてしまった結果について検討する。中盤まで成功に向かっていたものが、なぜ中盤から終盤にかけて一致率を低下させることになってしまったのだろうか。我々はこの原因が、先述の記号の使い方の衝突や、単純なミスが生じたときの、計算モデルの早すぎる学習内容の変更にあるのではないかと考えている。計算モデルは移動する部屋が一致し

なかった時に、相手の記号を無条件に学習するようになっている。これは、ゲームの序盤で素早く記号と部屋の対応関係を構築することに貢献する一方で、うまくいっていた対応関係も、一度の失敗でその関係を変更してしまうことを意味する。解釈学的循環において、言外の意味と字義通りの意味の学習は時間スケールの言外の意味の方が長い（字義通りの意味の学習の方が短い時間で修正される）と考えられている [2]。そのような仕組みについても計算モデルは取り込む必要があるだろう。

7 結論

本研究では、字義通りの意味と言外の意味が相互依存関係の中で循環的に意味を収束させる仕組みが、ことばによるコミュニケーションの本質的なメカニズムであると考え、そのメカニズムを備えた計算モデルが、人とことばを作るゲーム課題を成功に導くことを予想した。しかし、実験の結果、構築された計算モデルは人どうしの成功ケースを再現できないことが確認された。この原因は、二人が1つの意味を異なる記号で表現してしまった時に、採用する記号を二人の間で一意に定められないことにあることを計算機シミュレーションの結果から提示した。しかし、その真偽に関しては実験による検証が必要である。

謝辞

本研究は、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。

参考文献

- [1] Carston, R. (2002). *Thoughts and utterances: The pragmatics of explicit communication*. Blackwell.
- [2] 津田 一郎: *ダイナミックな脳—カオス的解釈*, 岩波書店 (2002).
- [3] 河上 章太郎, 金野 武司 (2020). ことばの言外の意味の修正過程における字義通りの意味の解釈破棄の効果—実験室実験と計算機シミュレーションによる検証—. In HAI シンポジウム 2020 オンライン予稿集, P-35.
- [4] 齊藤 優弥, 金野 武司 (2020). 記号コミュニケーションシステムの形成過程を再現する解釈学的

循環の計算モデル, 第 37 回日本認知科学学会大会 (JCSS2020) 予稿集, P-72, pp.486-490.

- [5] 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. In 日本認知科学学会第 34 回大会予稿集, pp.756-760.
- [6] 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. In 日本認知科学学会第 32 回大会予稿集, pp.477-486.