

記号コミュニケーションシステムにおける リーダーシップの調整とその効果の検証

Study on effect of leadership adjustment in symbolic communication

大田 琉生, 橋本 雅生, 金野 武司

Ryusei Ota, Masaki Hashimoto, Takeshi Konno

金沢工業大学 工学部 電気電子工学科

Kanazawa Institute of Technology, College of Engineering,
Electrical and Electronic Engineering

{b1800630,b1806326}@planet.kanazawa-it.ac.jp, konno-tks@neptune.kanazawa-it.ac.jp

概要

人間が発する言葉には字義通りの意味と言外の意味の二重の意味が込められており、コミュニケーションはそれらの意味を理解することで成立する。しかし、そのメカニズムは未だ解明されていない部分が多い。本論では、このメカニズムを解明するために取り組まれた先行研究に基づき、そこで発生したと考えられた言葉の意味づけの不一致問題に取り組んだ。先行研究において、この二重の意味を学習する計算モデルは、人とのコミュニケーション課題に失敗した。その原因は、1つの記号に異なる意味が割り当てられた状態をその計算モデルが解決できなかったことにあると考えられている。ことばの意味づけが二者間で異なった時、先行研究で構築された計算モデルはその意味を必ず相手に合わせるように学習されていたが、我々はメッセージの送信タイミング、もしくは記号の使い方からどちらの意味を採用するか(=リーダーシップ)を調整する方法を考案した。計算機どうしのコンピュータシミュレーションでは、特にメッセージの送信タイミングに連動させた方法が高いパフォーマンスを発揮することが確認された。しかしこの方法は、人を相手にした場合にはうまく機能しないことが実験により確認された。

キーワード: Coordination game, Denotation and connotation, Symbolic communication, Implication mismatch, Leadership

1. 背景

近年、対話型の人工知能が携帯端末やヒューマンイドロボットなどに搭載され、日常的に触れる機会が多くなってきている。そんな人工知能との対話でうまく意図が伝わらなかった経験はないだろうか。例えば、音楽を聴いている時にそのアーティスト名が気にな

り、端末に向かって「誰?」と聞いたのにもかかわらず、端末が自分の名前を答えるような場合である。人間どうしであれば、状況や文脈からアーティストの名前が知りたいのだという意図を容易に理解できるだろう。しかし、人工知能は人間が「誰?」という表現が示す字義通りの意味と同時に、それを発した意図が言外の意味として含まれていることを理解することが困難である。このように、人間が発することばには字義通りの意味と言外の意味の二重の意味が込められており、言葉を受け取る側はその両者を理解することによってコミュニケーションは成り立つ。この字義通りの意味と言外の意味は解釈学的循環 [1] あるいは Grice の循環 [2] と呼ばれる相互依存関係を構成するが、そのメカニズムは未だ明らかになっていない点が多い。

柳田ら [3] は、このメカニズムを解明するために、字義通りの意味と言外の意味を明示的に扱い、解釈学的循環を構成する計算モデルを構築し、記号を介した二者間での調整課題(メッセージ付きコーディネーションゲーム)を用いて人-計算機での認知実験を行なった。ところが、構築された計算モデルは、人間どうしでそのゲームに取り組んだ場合の成功度合いを再現することができなかった。柳田らの先行研究では、計算機シミュレーションの分析によって、その原因は1つの記号に二者が異なる意味づけをしたとき、その意味づけの不一致をうまく解消できていないことにあることが提示されている。しかし、その意味づけの不一致を解消する方法は未だ明らかにされていない。そこで本研究では、ことばの意味づけの不一致が起こった際の解決方法を考案し、その方法の効果を計算機シミュレーションおよび人と計算モデルによる実験により検証することを目的とした。

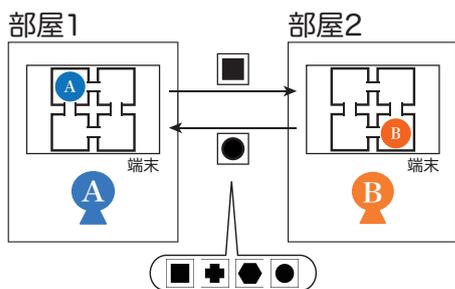


図1 メッセージ付きコーディネーションゲーム

2. 研究方法

先行研究 [3] で用いられたメッセージ付きコーディネーションゲームは、別々の部屋に配置された2人のプレイヤーの駒を同じ部屋に移動させることを目指すゲームである(図1)。相手プレイヤーの配置場所は両プレイヤーともに把握できないようになっている。また、1回のラウンドでプレイヤーは自分の駒を元いた部屋に留まらせるか隣接する部屋にしか移動させることができなかつた。つまり、対角の部屋には移動させることができなかつた。ここで参加者には、予め意味の決められていない4つの図形が用意され、互いにそのうちの1つを交換することができた。この図形を用いて、先手が今いる部屋の位置を、後手が二人が落ち合える部屋の位置を伝えることができれば、このゲームはどの配置であっても、安定して駒を同じ部屋に移動させることができるようになっていた。

このゲームでは、部屋と記号の対応関係が字義通りの意味に対応し、その記号が今いる部屋の意味なのか、それとも行き先の部屋の意味なのか言外の意味に対応する。先行研究で構築された計算モデルは、相手との記号のやり取りおよび部屋の移動結果から、字義通りの意味を学習しながら、相手の言外の意味を推定する。相手の言外の意味を推定し、それに基づく字義通りの意味の学習メカニズムを持っていたにもかかわらず、その計算モデルは人間とのゲームに成功できなかった。その理由は前節でも触れたように、1つの記号に対して割り当てた意味が二人で異なったときに、相手の記号の使い方を採用するのか、あるいは自分の記号の使い方を採用するのかを調整できないことにあることが指摘されている [3] (お互いが自分の使い方を維持したり、相手の使い方を採用すると、再びその記号を使ったコミュニケーションに失敗する)。また、我々のデータ分析からは、その字義通りの意味の不一致が、言外の意味の解釈変更に至ってしまうと、大きな失敗につながっていくことが確認されている。

この意味づけの不一致を解消する直感的な方法とし

て、相手との間で意味を変えない役(リーダー) / 変える役(フォロワー)を暗黙的に取り決める方法が考えられる。我々は、そのリーダー・フォロワーのタイプを決める方法として「記号の送信タイミングとタイプを対応づける方法」(手番連動法)と「記号の使い方から相手のタイプを判定する方法」(タイプ判定法)の二つを考案・検討した。前者は、記号を相手に送る先手・後手のタイミングと、リーダー・フォロワーを対応づける方法である。先手であればリーダータイプ、後手であればフォロワータイプと相手を判定すると共に、自身も先手・後手に従ってリーダー・フォロワーになるようにした。この方法は論理的に正しいわけではないが、随伴するイベントとして対応づけることが、人間においては十分にあり得るのではないかと考えた。また、仕組み自体は非常にシンプルに実現できる。また、後者は意味づけの不一致が生じた時の状態を記録しておき、以後のラウンドで自分や相手が記録にある記号を使った際に、記号の使い方を変えていなければリーダータイプ、自分に合わせて変更してきたならフォロワータイプと相手を判定する方法である。

2.1 実験手続きと参加者

まず、計算機どうしでのエージェントシミュレーションを実施した。ここではそれぞれの方法を持つエージェントどうしによる100回のゲームを実施した。また、手番連動法については、人を相手にした実験室実験を実施した。その実験には金沢工業大学の学生12名が参加した(男性7名、女性5名、平均25.3歳、 $SD=9.6$)。参加者は別室にいる人間がゲームの相手であることが伝えられ¹、タブレット端末を用いて簡単な練習を行なった後で、そのまま60ラウンド(部屋を移動して結果が開示されるまでを1ラウンド)のゲームに取り組んだ。

3. 実験結果

計算機シミュレーションを実施した場合の、移動する部屋の一致率の推移を図2に示す。このグラフには、柳田ら [3] の研究において、意味づけの不一致が起こった際にそれを常に解消できる / できないようにした場合の結果を併せて示した。ただし、不一致を解消できない方は正確には常に不一致が解消できないわけではなく、その時のエージェントが互いに持つ記号の選択確率によって一致できる場合もあった。この確率

¹参加者には、実験終了後に相手が実は計算機であったことが伝えられた。

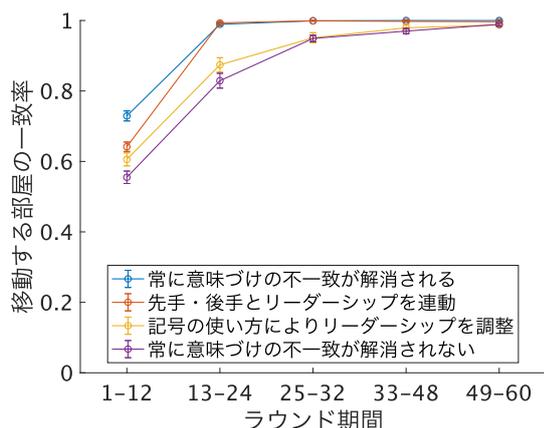


図2 計算機シミュレーションでの成功率の推移

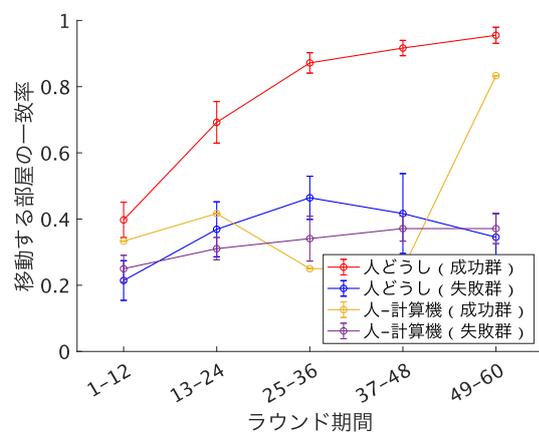


図3 人間と計算機による実験での成功率の推移

は総じて1/2程度であったことが予想される。結果的に我々が考案した二つの方法は、柳田ら[3]の研究において示された二つの結果の中間に位置するパフォーマンスを示すことが確認された。特に、手番連動法は記号の取り決めを常に解決できる場合とほぼ同じパフォーマンスを実現できることが確認できた。このことから、我々はこの方法での人間との実験室実験に臨んだ。

その実験室実験の結果を図3に示す。このグラフには金野ら[4]が実施した、人どうし20ペア40人での実験の結果を併せて示した。それぞれの結果は、最終12ラウンドの一致率が0.664より高ければ成功群、低ければ失敗群とした²。

結果、人どうしでの実験の成功群が20ペア中13ペア(65.0%)だったのに対して、今回の我々の実験での成功群は計算機とペアを組んだ12名中1名(8.33%)

²メッセージ付きコーディネーションゲームは、記号の交換がなければ移動する部屋が一致する期待値は1/2である。そして0.667という閾値は、その1/2を5%の有意水準で上回る数値である。従って、この閾値を超えるペアは、ゲームにおいて記号に有意な意味づけを行なっていることを意味する。

と、ほぼ全員がゲームに失敗する結果となった。グラフを見ると、その1名も一致率の推移パターンはどちらかと言えば失敗群のパターンに類似していた。これらの結果は、我々が提案した計算モデルのメカニズムが、人間相手にはうまく機能しなかったことを示している。

4. 議論

計算機シミュレーションでは、我々が考案した二つの方法は、柳田ら[3]の研究において示された二つの結果の中間に位置するパフォーマンスを示した。手番連動法は非常に早い段階からゲームに成功することが確認できたが、この方法においては、先手・後手が決まれば(そしてそれは必ず決まる)リーダー・フォロワーが決まるため当然の結果と言えるだろう。従って、人間を相手にした実験での失敗から示唆されるのは、人間の場合には先手・後手の手番とリーダー・フォロワーの役が連動しているわけではないということである。

実験後にどのようなルールを取り決めたかを参加者に尋ねたアンケートを分析してみると、参加者12名のうち4名は、記号を部屋の位置に対応づけず、方向や、特定の部屋に「行ける/行けない」といった意味に対応づけることを試みたことが報告されている。また、5名は記号を1つか2つの部屋へ対応づけるに留め、他はよく移動する部屋などといった暗黙的な行動傾向による対応を試みたようだった。これらは、記号と部屋の位置を対応づけるという計算モデルの前提から外れた失敗や提案機構が直接の原因ではない失敗だと思われる。ただし、後者は手法の間接的な影響で意味の不一致の解決に失敗し、部屋と記号を全て対応させることが出来なかったが故に、暗黙的な行動傾向により一致率を上げようとした可能性は残るのではないかと考えられる。

残り3名が失敗した原因を調べると、提案機構を原因とする2つの失敗の要因があることがわかった。1つは、人間が先手で意図したものと異なる記号を誤送信した場合に、意味の変更をしたつもりがなくても、後手の計算モデルがフォロワーとしてその記号の使い方をルールの変更として学習してしまうことである。これにより生じる認識の不一致により、部屋と記号の意味づけに失敗したと思われる。ただし、この調整は人間であっても難しく、これが提案機構の欠陥であるとは直ちには言えないと思われる。もう1つは、人間が先手でフォロワー、あるいは後手でリーダーとなることで、互いにリーダー、もしくはフォロワーと

なってしまう場合である。この時、記号の意味の不一致が解消されなくなる。このように、手番連動法において我々の想定とは異なる方略（先手でフォロワーとなり、後手でリーダーとなる）をとったと思われる参加者は12名中2名だった。これは、提案機構が機能不全に陥るケースが少なからず生じることを示したもののだが、ほぼ全員が失敗したことの説明要因としては部分的な影響に留まるように思われる。しかし、本研究のようにリーダーシップを調整することとは別の方法が試された先行研究 [5] では、20名中9名（45%）がゲームに成功することができた。この結果を踏まえると、手番連動法においてほぼ全員が失敗したことの原因は、直接ではないにせよ、何らかの間接的な原因を抱えているのかもしれない。この分析は今後の課題である。

他方、タイプ判定法については、シミュレーションの段階で、意味づけの不一致が解消されない場合がある条件よりも若干成功率が高い程度に留まる結果となった。これはリーダーシップの調整がうまくいかないケースが多く残っていたことを表している。我々が用意したメカニズムでは、相手の役割が明確ではない状態でも、タイプの判定に従って、相手の記号の使い方か、もしくは自身の記号の使い方のどちらを採用するかを確率1で決定するようになっていた。我々はこの仕組みが、成功度を大きく改善させなかった原因ではないかと考えている。このメカニズムの具体的な検討も今後の課題である。

5. 結論

本研究では字義通りの意味と言外の意味を共有するメカニズムを解明するために取り組まれた先行研究に基づき、そこで生じていると考えられたことばの意味づけの不一致の問題に取り組んだ。我々はこの意味づけの不一致を解消する直感的な方法として、相手との間で意味を変えない役/変える役を取り決めるための二つの方法を考案した。具体的には、記号の送信タイミングとタイプを対応づけた手番連動法と、記号の使い方から相手のタイプを判定するタイプ判定法である。それらのメカニズムを導入した計算モデルをそれぞれ用意し、同じメカニズムの計算モデルどうして計算機シミュレーションを行なった結果、どちらも十分に成功できることが確認できた。しかし、特に成功度の高かった手番連動法について人間との実験室実験を行なったところ、結果は我々の予想に反してほぼ全員が課題に失敗することになった。この結果は、相手との記号の意味の不一致が起こった際に、どちらの意味

（記号の使い方）を採用するか調整を、人間は先手・後手という随伴するイベントに必ず連動させているわけではない（100%連動させた状態にするとうまくいかない）ことを示唆している。

謝辞

本研究は、MEXT/JSPS 科研費「共創言語進化」#4903, JP17H06383, 及び JSPS 科研費基盤研究(C)「ことばへの意味づけ過程に見られる解釈的循環メカニズムの脳科学・計算論的解明」/課題番号 22K12756 の助成を受けた。ここに記し謝意を表します。

文献

- [1] Tsuda, I.(1984). A Hermeneutic Process of the Brain. Progress of Theoretical Physics Supplement, 79, pp.241-259.
- [2] Carston, R. (2002). Thoughts and utterances: The pragmatics of explicit communication, John Wiley & Sons.
- [3] 柳田 知良, 齊藤 優弥, 金野 武司 (2021). 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. HAI シンポジウム 2021 予稿集, 4 pages.
- [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. In 日本認知科学会第 32 回大会予稿集, pp.477-486.
- [5] 大田 琉生, 中野 稜介, 金野 武司 (2022). 記号コミュニケーションシステムの形成過程において起こる意味の重複の解消方法とその効果の検証, 2022 年度日本認知科学会 39 回大会予稿集, P1-008, pp.216-218.