

記号コミュニケーションにおいて途中変更する意図の 伝達の成否に過去の記憶が与える影響

An influence of past memory to success of conveying modified connotations in symbol communications

河上 章太郎[†], 金野 武司[‡]

Kawakami Shotaro, Konno Takeshi

[†] 金沢工業大学 工学研究科 電気電子工学専攻, [‡] 金沢工業大学 工学部 電気電子工学科

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

[†]b6800990@planet.kanazawa-it.ac.jp, [‡]konno-tks@neptune.kanazawa-it.ac.jp

概要

人の記号的なコミュニケーションでは、字義通りの意味だけではなく言外の意味が伝えられる。このため、同じ表現でも言外で異なる意味が伝えられることが頻繁に起こる。しかし人は、過去の意味（記憶）に縛られずにその変化に柔軟に対応できる。我々は記号のやりとりを伴う同調課題に取り組む計算モデルを構築し、その計算機シミュレーションを通じて、言外の意味が変更された場合に、過去の意味の記憶がその伝達の成否に与える影響を調べた。結果、過去の意味の記憶は悪影響を及ぼさないことが確認された。これを実現するメカニズムでは、失敗事例の学習や役割反転模倣が有効であることを議論する。

キーワード：実験記号論 (Experimental semiotics), 計算モデル (Computational model), Human computer interaction, Denotation and connotation

1. はじめに

人は記号を介して他者とコミュニケーションするとき、その記号には字義通りの意味だけではなく言外の意味が込められる。例えば、「郵便受けを見てきて」と言われれば、郵便受けを確認し中に手紙があればそれを持って来て欲しいと解釈し、郵便受けをただ見るということはしないだろう [1]。ところが、話し手の意図によっては、何らかの理由でただ単純に見てきて欲しいだけということもあり得る。こういった状況に対しても、人は柔軟にその意味を汲み取ることができる。つまり、同じ表現を受け取っても、相手の意図を推定し、その意図に応じた字義通りの意味と言外の意味を理解することができる。こういったコミュニケーションを運用するには、相手の意図を推定し、それがうまく伝わらない時には別の意図を選択するようなメタパ

ラメータ的な仕組みが必要になると考えられるが、その詳細な仕組みは未だ明らかではない。

この問題に対して我々は、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を用いて、人と計算モデルによる実験室実験を行ってきた [2, 3]。この実験を通じて我々は、相手の言外の意味を推定し、適宜これを修正しながら学習する仕組み（我々はこれを解釈学的循環 [4, 5] の仕組みと捉えている）がなければ、人との間で適切に機能する記号システムは形成されないことを示唆する結果を得ている [3]。

しかし、互いが相手の意図（どのような言外の意味を伝えようとしているか）を推定し合うならば、当然のことながら、それらの意図はゲームの途中で変更される可能性が生じることになる。我々の懸念は、それまでに学習された字義通りの意味が、その上位にあるメタパラメータ的な意図の変更によって無駄になるのみでなく、変更後の学習を阻害する要因になるのではないかということである。これを検証するため、本稿では計算機シミュレーションにおいてゲーム課題途中での意図の変更を行ない、その後の学習とパフォーマンスへの影響を調査した。

2. 実験課題

実験では二人がペアになり、情報端末を介して相手と簡単な調整課題（コーディネーションゲーム）に取り組む（図1）。二人は、あらかじめ意味の決まっていない4つの記号（図形：, , , ）から1つを選び、互いに交換する。選択した記号は、画面に表示された「メッセージを送信」のボタンを押すことで即座に相手に伝えられた。そのため、参加者はメッセージを送る順序によって先手・後手を調整（ターンテイク）できた。メッセージ交換後、参加者は画面に

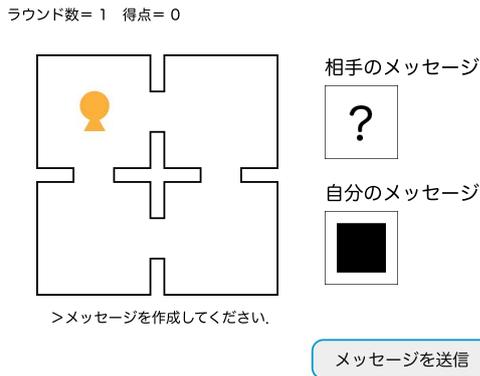


図1 端末に表示されるゲーム課題の画面

表示された4つの部屋のうち、ひとつにランダムに配置された自分の駒を、その場に留まらせるかもしくは隣り合う部屋へのみ移動させ、相手と同じ部屋に駒を移動させることが求められた。なお、それぞれがいる部屋は互いに分からないようになっていた。互いが移動先を決定すると、行動結果が表示されるようになっていた。部屋を一致させると2点が加算され、失敗すれば1点が減算された。メッセージのやり取りからここまでを1ラウンドとし、次のラウンドでは互いの駒は再度ランダムに配置された。参加者はこれを60ラウンド繰り返した。

この調整課題は、先手が記号を現在位置の意味で送り、後手が二人の落ち合うことのできる位置（簡単には行き先）を送ることができれば、安定的に得点を得ることができる。このとき、記号は単に部屋に対応付けた字義通りの意味を取りきめれば良いのではなく、先手・後手の文脈に応じて、その部屋に「いる」のか「行く」のかという言外の意味を取り決める必要がある。人どうしの実験において [6]、記号には他にも様々な意味付けが行なわれる様子が観察されているが（例えば「右回り」や「左回り」、あるいは「現在地に留まる」など）、本稿では字義通りの意味は部屋の位置との対応関係であり、言外の意味は先手・後手の文脈に対応する「現在地」及び「行き先」とする。

また、先手・後手でそれぞれに「現在地」及び「行き先」への意味付けがあるとすると、計4パターンの組み合わせがあるが、本稿ではその組み合わせの1つずつを「意図」と呼び、選択される「意図」を「メタパラメータ」と呼ぶ。これは、字義通りの意味を取り決める際の学習のための上位パラメータとなるためである。以上の用語の関係を図2にまとめる。

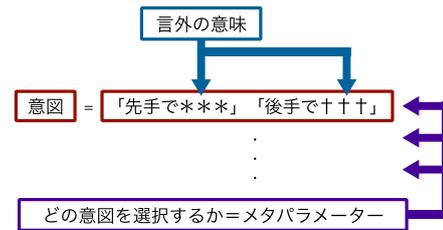


図2 言外の意味、意図、メタパラメータの関係

3. 計算モデル

前節で説明したコーディネーションゲームにおいて、記号のコミュニケーションシステムを形成するためには、メッセージの送信タイミング、メッセージ、そして部屋の位置の3つを決める必要がある。そのため、我々が構築する計算モデルには、メッセージの送信タイミングを決めるテーブル（ 4×100 ：現在地 \times 送信時刻）、部屋の位置とメッセージの対応関係を学習するメッセージテーブル（ 4×4 ：部屋の位置 \times 記号）、そして移動前の部屋の位置と相手メッセージの組み合わせに対する移動先の関係を学習する行動テーブル（ $4 \times 4 \times 4$ ：現在地 \times 記号 \times 行き先）の3つが備わる。

それぞれのテーブルの初期値は0から1の実数乱数とした。このテーブルを使用して確率分布を構成することにより、メッセージの送信タイミング、送信するメッセージ、そして移動する部屋の位置をそれぞれ決定する。また、計算モデルはメッセージテーブルを利用して、相手の記号に対応する部屋の位置（字義通りの意味）と、自身が持つメタパラメータから言外の意味（その位置にいる／行く）を推定する。そして、その意味に応じた事前の行動シミュレーションを実行し、自身の移動先に対する確率分布を修正する（これは先行研究 [7] において「先行的行動価値修正」と呼んだメカニズムである）。

互いの駒が移動した部屋を一致させることができたとき、該当するテーブル要素に1をセットし、残りの要素全てを0にする。これが計算モデルの学習である。この方法により、計算モデルは成功事例を次回以降100%の確率で再現する。また、本稿の計算モデルでは、移動する部屋が一致しなかった場合にも、メッセージテーブルに関しては学習する。この仕組みを導入した計算モデルは先行研究 [2] で失敗学習モデルと呼んだモデルである。このモデルを本稿での計算機シミュレーションに用いる理由は、人-計算機あるいは計算機どうしの実験で最も良いパフォーマンスを示したからである。

計算モデルが持つメタパラメータは2節の終わりに

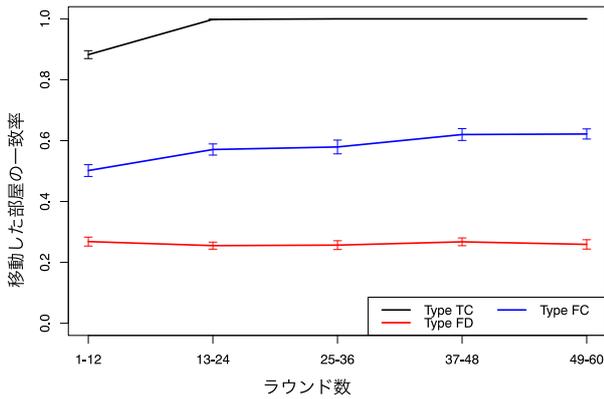


図3 各メタパラメータでの移動する部屋の一致率の推移。エラーバーは標準誤差。

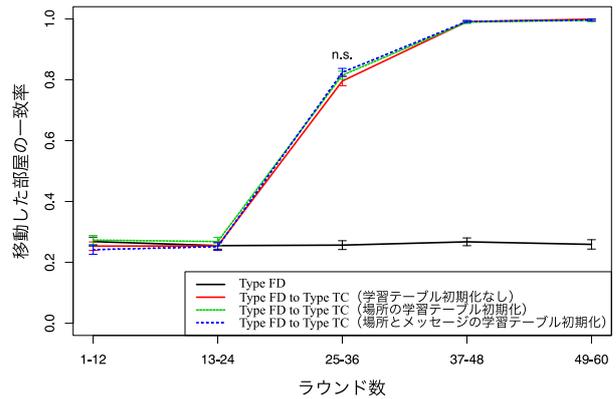


図4 学習テーブルの初期化の有無を比較した一致率の推移

述べたように、先手・後手でそれぞれに「現在地」と「行き先」への意味づけで計4パターンあるが、本稿では、メタパラメータを単純にするために、必ず異なる言外の意味を持つことを仮定して、2パターンのみを扱うことにする。このゲームはペアで行うため、エージェントそれぞれが持つ2つのメタパラメータの組み合わせで計4つの状態がある(表1)。ただし、互いのメタパラメータが不一致の場合(Type FD)はエージェントの入れ替えで対称なため、状態は3つである。

表1 用意したメタパラメータとそのタイプの名称

		Agent A	
Agent B		先手「現在地」 後手「行き先」	先手「行き先」 後手「現在地」
	先手「現在地」 後手「行き先」	Type TC 正解意図一致	Type FD 意図不一致
	先手「行き先」 後手「現在地」	Type FD 意図不一致	Type FC 不正解意図一致

メタパラメータがゲーム中に変化しなかった場合の移動する部屋の一致率の推移を図3に示す。グラフから分かるとおり、互いに先手で現在地、後手で行き先を送るメタパラメータの組み合わせ(ゲームに成功する組み合わせで、かつ互いに意図が一致しているため、これを「正解意図一致」状態: Type TC と呼ぶ)では非常に早い段階で移動する部屋の一致率は1に到達する。また、互いに先手で行き先、後手で現在地を送るメタパラメータの組み合わせ(ゲームに成功する組み合わせではないが、意図が一致しているため、これを「不正解意図一致」状態: Type FC と呼ぶ)であっても、60%程度の一致率には到達できることがわかる。このゲームで一致率が最も低くなるのは、互いの意図が一致しない(これを「意図不一致」状態: Type FD)ときである。

4. 結果

まず、成功体験のほとんどない状態からの影響をみる。図3で示したとおり Type FD はチャンスレベルであるので、その Type FD から Type TC へメタパラメータを変化させ、各学習テーブルの初期化の有無による条件での比較を行った。その結果を図4に示す。ただし、学習テーブルの初期化は、学習テーブルの確率をランダムに振り直すことを指す。また、黒の実線は比較のためのメタパラメータを変化させないモデルである。学習テーブルをそのままにしたモデル(実線赤)と場所の学習テーブルを初期化したモデル(実線緑)は同じレベルで一致率が推移し、変更してからはじめの25-36ラウンドにおいて一要因参加者間計画による分散分析の結果、有意差はなかった($F(1, 198) = 0.89, MSE = 0.018, p = 0.347, \eta^2 = 0.004$)。同様に、場所とメッセージの学習テーブルを初期化したモデルとの有意差はなかった($F(1, 198) = 1.94, MSE = 0.040, p = 0.165, \eta^2 = 0.010$)。この結果から、成功体験のほとんどない状態では、メタパラメータを変化させたとき過去の成功体験による影響はないといえる。

次に、成功体験が多く蓄積された状態からの影響をみる。成功体験が蓄積されやすいのは、図3から Type FC の状態であるので、Type FC から Type TC の状態に遷移するときの過程をみる。同じタイミングで切り替わったとき、そのまま一致率が上昇していくことが確認できる。しかし、現実においてペアの2人が同時に意図を変えることは限りなく低い確率でしか起きないと考え、一方が先に意図を変えてもう一方が遅れて変えたときの状態を確認した。そのときの一致率を図5に示す。エージェントAおよびエージェントBが25ラウンド(同じタイミング)で正しいメタパラメータへ切り替わったときを青の破線で示す。また、

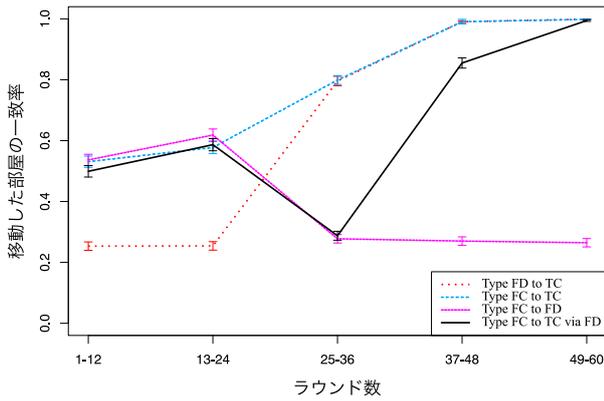


図5 Type TC への過程をみる一致率の推移

エージェント A が 25 ラウンドで正しいメタパラメータに切り替え、エージェント B が遅れて 37 ラウンドで正しいメタパラメータで切り替えたときを黒の実線で示す。どちらの結果も、60 ラウンドにおいて一致率がほぼ 1 となっており、意図が異なるときの成功体験があったとしてもその影響はないといえる。

5. 議論

計算機シミュレーションにおいて、メタパラメータが異なる状態のときに学習した成功体験は正解意図一致どうしの状態になったときのスコアに影響を与えることはなかった。しかし、意図を伝えあうコミュニケーションにおいて、その感覚に反するものである。例えば、人どうしでこのゲームを行う際、自分の意図の使い方が正しくないことに気づき、その意図を変えようとしたとき、いきなり変えたことによって相手を誤解与えてしまうのではないかと考えるだろう。失敗時の学習がその影響を与えているのではないかと考え、意味推定モデル [2] を用いて追加実験を行った。それぞれの計算モデルは Type FC で始まり、成功体験を 24 ラウンド分経たあとに 25 から 36 ラウンドの間 Type FD となり、Type TC になる条件を用いた。その結果を図 6 に示す。24 ラウンドまでの成功体験について差はない。一方、Type TC に切り替わった 37-48 ラウンドにおいて、有意差が生じた ($F(1, 198) = 4.18, MSE = 0.138, p = 0.042, \eta^2 = 0.020$)。意味推定モデルは失敗学習モデルに比べて、一致率の推移は低い。当初我々はこの差は成功体験が影響したことによって生じているのだと考えていた。しかし、失敗学習モデルは初期の一致率を改善することを目的に作成されたモデルである [3]。つまり、常に記号表を学習していることが、意味推定モデルとの差を生じさせているだけであることは否定できない。一方で、失敗学習のメカニズムが Type FD の

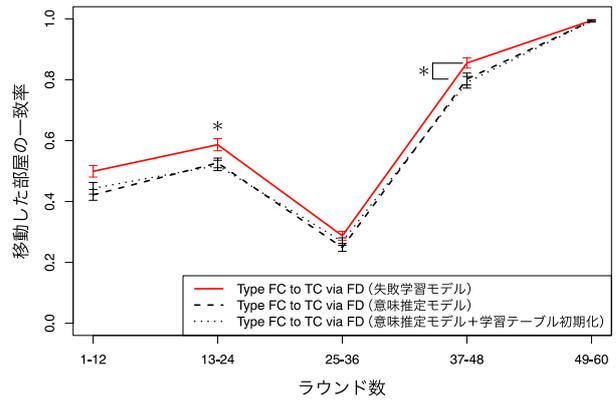


図6 失敗学習モデルと意味推定モデルを比較した一致率の推移

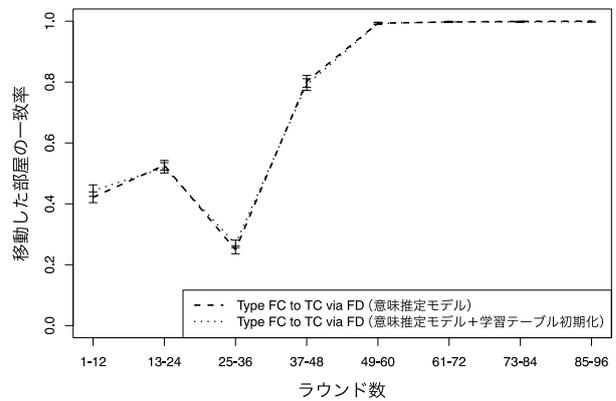


図7 失敗学習モデルと意味推定モデルを比較した一致率の推移

状態を経由してもこのゲームにおいて有効であることが確認できた。

この追加実験から、もう 1 つの疑問が生じた。49-60 ラウンドにおいて、意味推定モデルでは一致率が 1 まで達していないことが分かる。このゲームをさらに続けていくと、一致率が 1 以下のどこかで頭打ちの状態と、一致率が上昇し続けて 1 となる状態、どちらになるのだろうか。もし、一致率がどこかで頭打ちになるのであれば、過去の成功体験が学習に影響を与えているといえるだろう。そこで、意味推定モデルとその学習テーブルの初期化 (場所とメッセージの学習テーブル) するモデルにおいて、96 ラウンド (場所の全配置が 12 パターンであるため) までの一致率の推移を確認した。その結果を図 7 に示す。60 ラウンド以降、一致率は 1 に近づいている。つまり、意味推定モデルであっても、成功体験による影響はないといえる。

では、なぜ成功体験が影響しなかったのだろうか。12 ラウンドごとに計算モデルがどのように学習していったか過程を調べた。計算モデルは、自分の成功体

験を100%学習するようになっていた。計算モデルにあるメカニズムのひとつである役割反転模倣 [8] による学習 [9, 10] によって、その成功体験を上書きすることが可能となっていたことが確認された。この役割反転模倣とは、移動した部屋が一致した際に相手の送った記号とその部屋と記号の対応関係を学習するメカニズムであり、乳幼児の発達過程においてその重要性が指摘されている。今回の実験において、成功体験が影響を与えなかったのはこの役割反転模倣が寄与していた事が考えられる。

6. 結論

本研究では、コーディネーションゲームを用いて記号コミュニケーションにおける言外の意味の変更によって、変更後の意味の伝達の成否に過去の記憶が与える影響を計算機シミュレーションによって調べた。計算モデルは記号の意味を推定し、失敗時でも記号の使い方を学習する失敗学習モデルを用いた。我々は、意図が変わったことを直接伝えることができないとき、過去の成功体験がのちのコミュニケーションに悪影響を与えたと考えた。

計算機シミュレーションの結果、過去の成功体験による悪影響はみられなかった。また、失敗時の学習をしない意味推定モデルとの比較を行なった。この比較から、失敗学習のメカニズムが意図が変化したときの学習にも有効であることが確認された。しかし、意味推定モデルであっても学習に悪影響はみられなかった。その理由として、計算モデルのメカニズムとして導入されていた役割反転模倣の仕組みが寄与したと考えられる。

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] Frith, U.(1989) "AUTISM", Explaining the Enigma, Blackwell.
- [2] 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.

- [3] 河上 章太郎, 金野 武司 (2017): "失敗事例を含む語彙表形成の仕組みが二者間での記号システムの成立に与える効果", HAI シンポジウム 2017 プロシーディングス, P-39.
- [4] 津田 一郎 (2002): ダイナミックな脳 -カオスの解釈, 岩波書店.
- [5] Carston, R. (2002): *Thoughts and Utterances: The Pragmatics of Explicit Communication*, Blackwell.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] Tomasello, M. (2003): "Constructing a Language, A Usage-Based Theory of Language Acquisition", Harvard University Press.
- [9] 金野 武司, 森田 純哉, 橋本 敬 (2013): "人工言語の共創実験: 使用する記号の類似性が導く言外の意味の成立", 日本認知科学会第 30 回大会予稿集, pp. 18-24.
- [10] 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.