

# コミュニケーションシステムの形成における意図せぬ模倣の役割 The Role of Unintended Imitation in Generating a Shared Communication System

森田 純哉<sup>1</sup>, 金野 武司<sup>2</sup>, 奥田 次郎<sup>3</sup>, 鮫島 和行<sup>4</sup>, 李 冠宏<sup>5</sup>, 藤原 正幸<sup>5</sup>, 橋本 敬<sup>5</sup>  
Junya Morita, Takeshi Konno, Jiro Okuda, Kazuyuki Samejima, Guanhong li, Masayuki  
Fujiwara, Takashi Hashimoto

<sup>1</sup> 静岡大学, <sup>2</sup> 金沢工業大学, <sup>3</sup> 京都産業大学, <sup>4</sup> 玉川大学, <sup>5</sup> 北陸先端科学技術大学院大学  
Shizuoka University, Kanazawa Institute of Technology, Kyoto Sangyo University, Tamagawa University,  
Japan Advanced Institute of Science and Technology,  
j-morita@inf.shizuoka.ac.jp

## Abstract

This paper presents a simulation study focusing on implicit memory in the formation of a new communication system. In the models presented here, two agents aim to achieve their common goal by exchanging messages composed of two figures whose meanings are not defined in advance. The effect of implicit memory was studied with two different symbolic processes implemented in ACT-R. The results indicate that the difference caused by the symbolic processes is reduced when the implicit memory are incorporated into the model. We also found the effect of implicit memory on the creation of an isomorphic communication system shared among the agents. These findings suggest some roles of implicit memory in the formation of a human communication system.

**Keywords** — Communication; imitation; implicit process; ACT-R

## 1. はじめに

人間は共通する言葉をもたない他者とでも、コミュニケーションを成立させることができる。共通のゴールに向けた相互作用を繰り返すことで、自己と他者で共通の記号システムが形成される。こういったコミュニケーションシステムは、どのような認知機能によって導かれるのだろうか。この問いに答えることは、人間の社会性や言語の成立に関する科学的理解に貢献し、さらには協調作業の支援やコミュニケーションの障害に関する臨床的な応用にも繋がる [1]。本発表では、記号コミュニケーションの成立に関わる実験データを再現するシミュレーションを行うことで、この問題を検討する。本研究での検討を示す前に、背景となる先行研究を示す。

## 2. 先行研究

### 2.1 実験データ

金野ら [2] が示した実験を対象とする。この実験で、参加者は二人がペアになり、それぞれが別のコンピュータ端末を介して参加した。各画面には縦 2 列、横 2 行に配置されたの 4 つの部屋が表示され、いずれかに自分が操作できる駒が配置された。一回のラウンドで、参加者は、メッセージの受信と送信、駒の移動を一度ずつ行なった。メッセージは、事前には意味が定まっていない 2 つの図形を組み合わせることで作成された。一方が送信したメッセージは直ちに他方の画面に表示され、後者は前者のメッセージを参照しつつ送信メッセージを決定した。メッセージ交換が終わったのちに、両者は駒を上下左右いずれかの方向へ一斉に動かした。移動の結果、位置が合えばポイントが加算され、合わなければ減算された。ポイントが一定の値に達するか、制限時間に至るまで課題が続けられた。

### 2.2 モデル

Morita ら [3] は、認知アーキテクチャである ACT-R [4] の上で上記の実験を再現し、2 体のエージェントが相互作用するモデルを構築した。エージェントは各ラウンドにおける行動（メッセージ作成、移動）を、事例ベースの意思決定に基づいておこなう。ここで事例ベースの意思決定は、過去に成功したラウンドで得た知識を宣言的記憶に蓄え、現在のラウンドの行動決定に利用することを意味する。本モデルでは、事例における自己の振る舞いをそのまま現在の状況に適用する方略、自己と他者の役割（メッセージ交換の先手後手）を入れ替えた状態で事例を利用する方略（役割反転模

倣 [5]) を, ACT-R の手続き知識に記述した. シミュレーションの条件として, 役割反転模倣を方略として用いることのできるモデル, 用いることのできないモデルを用意した. 金野らの結果と比較したところ, 前者においてより良いデータとのフィッティングが得られた.

## 2.3 先行研究のモデルの問題点

上記モデルにおける行動の決定は, 純粹に記号処理的なプロセスとして記述される. このようなプロセスの問題は, 決定に関与するルール (手続き知識) が複雑化することである. パートナーからメッセージを受け取っていない時の決定, パートナーからメッセージを受け取った後の決定, 両者のメッセージがそろった後の決定のそれぞれに必要なルールが異なる. さらに, 過去の事例と現在の状況でどのようなマッチングを利用すれば良いか, 場面ごとにルール化せねばならない (現在位置だけが一致する事例を検索するか, 位置に加えて自分のメッセージが一致する事例を検索するか, 自分のメッセージだけでなくパートナーのメッセージが一致する事例を検索するか). 模倣を入れた場合, マッチングのルールはさらに複雑化する. これらの状況を網羅するルールを構築し, 優先順位を決めた上で適用することで, モデルのパフォーマンスは向上する. ただし, このようなモデリングを, 記号の数も決まっていない, 会話のターン数も決まっていない現実のコミュニケーション課題に適用することは困難である.

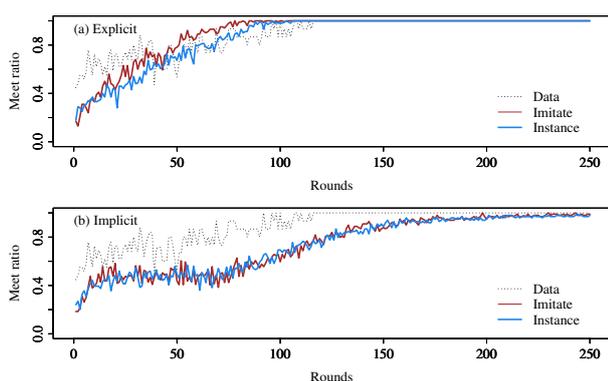


図1 成功率の推移

## 3. 提案モデル

本研究では上記の先行研究の問題を踏まえ, コミュニケーションシステムの形成に関与する別のプロセス

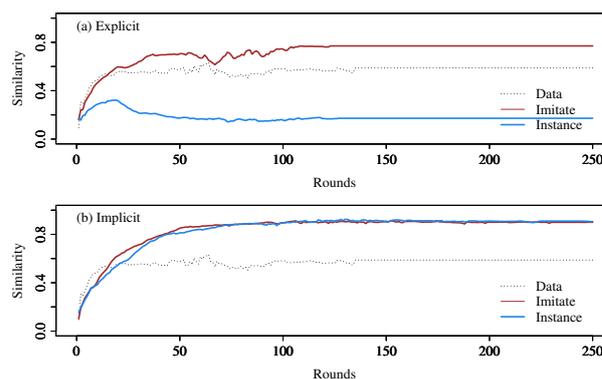


図2 ペア内でのメッセージ共有度の推移

を検討する. ここで検討するプロセスは「意図せぬ模倣」である. 人間は意識せずとも他者の考えに影響され, 結果として他者と同じ振る舞いをしてしまうことがある. こういった自他の記憶の混在は, 精神病理学的には, ソースモニタリングエラーの一種と捉えられ, 種々の精神疾患との関係が指摘されている [6].

こういった意図せぬ模倣, すなわち暗黙的な記憶によって生じる模倣のプロセスは, ACT-R に実装される活性化拡散と呼ばれる機能を用いることでシミュレーションできる可能性がある. 活性化拡散とは, 宣言的記憶に保持される事例に対し, 現在のワーキングメモリ (ゴールバッファ) から活性値を伝播するプロセスである. 活性の伝播において, 構造的・関係的な情報は無視され, 頻度のみが考慮される. 本研究の課題でいえば, 誰がどの場面で用いたのかに関わらず, 同じ部屋あるいは同じ図形 (記号) が情報に含まれる事例が検索されやすくなる. こういった活性化拡散のプロセスによって, 自他の記憶の混在が生じ, 模倣と同様の効果が得られる可能性がある. 同時に, 単純な頻度ベースのマッチングによって, 2.3 で掲げた複雑化の問題も軽減できる.

## 4. シミュレーション実験

暗黙的な記憶のプロセスは, 人間のコミュニケーションシステムの形成にどのような役割を果たすか. また, 先行研究で観察された明示的な模倣の効果は, 暗黙的な記憶のプロセスによって, どのように変化するか. これらの問いを検討するために, 暗黙的な記憶の有無 (Explicit 条件 vs. Implicit 条件) と模倣の有無 (Instance モデル vs. Imitate モデル) を独立に操作するシミュレーション実験を実施した. Explicit 条件における Instance モデルと Imitate モデルは, 基本的に

は先行研究のモデルと同様である<sup>1</sup>。Implicit 条件はその両モデルに対して、活性化拡散のプロセスを加えている。

図1は金野らのデータ(グレーの点線)を基準としつつ、各シミュレーション条件における各モデルのラウンドごとの成功率(同じ部屋に移動できた割合)を示している。データ数は14、モデルの実行数はそれぞれ100であった。いずれの条件においても、成功に至ったペアのみを分析の対象としている。Explicit 条件の両モデルは人間よりも早く成功率が最大に達しているのに対し、Implicit モデルの成功率は人間よりも遅く最大に達している。さらに注目すべきこととして、Explicit 条件において、Imitate モデルは Instance モデルよりも各ラウンドにおいて高い成功率を示しているのに対し、Implicit 条件において、その差は観察されない。

図2はメッセージの共有度(2者間で利用した記号の共有度)を示している。メッセージに利用した図形の頻度ベクトルを構築し、ペア内での内積を20ラウンドのウィンドウ幅で計算している。この値が高ければ、実験に参加した両者で均質なコミュニケーションシステムが構築されていたことになる<sup>2</sup>。逆にこの値が低い場合は、両者で異なる言語を用いたコミュニケーションが行われている状況に相当することになる。人間のデータをみれば、コミュニケーションの繰り返しによって、一定の程度まで共有度が向上することが示される。Explicit 条件の場合、共有度の向上を再現できたのは Imitate モデルのみであった。それに対して、Implicit 条件の場合、Imitate と Instance に差は観察されず、両者ともに共有度が高い位置まで向上することが示される。

## 5. まとめ

シミュレーション結果として注目すべきは、Implicit 条件において、二つのモデル間で行動の差が観察されなかったことである。Explicit 条件と Implicit 条件で保持される記号的プロセスに、本質的な差はない。それに関わらず、Implicit 条件においては明示的な模倣の効果が消失する。このことは意図的な模倣をせずとも、自他の経験が混在し、結果として両者で均質なコミュニケーションシステムが構築されると解釈される。

このように暗黙的な記憶の導入により、模倣の効果を一部で代替する結果が得られた。ただし、暗黙的な記憶を導入することで、人間のデータとの対応が低下しているようにもみえる。成功率においては人間よりも低い値となり、メッセージの共有度としては人間よりも高い値となった。この理由を探り、人間のコミュニケーションシステムの形成における暗黙的な模倣の役割を追求するためには、個人差も含むより詳細な行動データの分析が必要になる。

将来的な研究においては、自閉症傾向などのコミュニケーションと関連した個人特性を実験時に取得し、コミュニケーションシステムの形成プロセスとの関連を検討していく。自閉症児において、自他の境界の認識が曖昧さなどの特徴も指摘されており[7]、本研究で示された暗黙的な模倣との関連を指摘できる可能性がある。

## 参考文献

- [1] Galantucci, B., & Garrod, S. (2011). Experimental Semiotics: A Review. *Frontiers in Human Neuroscience*.
- [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] Morita, Konno, Hashimoto (2012). The Role of Imitation in Generating a Shared Communication System, *Proceedings of the 34th Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, pp. 779-784.
- [4] Anderson, J. R. (2007). *How Can the Human Mind Occur in the Physical Universe*. Oxford University Press.
- [5] Tomasello, M. (1999). *The Cultural Origins of Human Cognition*. Harvard University Press.
- [6] Baron-Cohen, S. (1985). *Social Cognition and Pretend Play in Autism*. Doctoral thesis, University of London.
- [7] Johnson, M. K., Hashtroudi, S., & Lindsay, D. (1993). Source Monitoring. *Psychological Bulletin*, 114(1), 3-28.

<sup>1</sup>先行研究において操作されたルールの強化学習に関わるパラメータはオフにしている。

<sup>2</sup>金野らの実験では、図形と部屋の対応などが、コミュニケーションシステムとして構築される。たとえば「上の部屋は 示す」などのルールが構築される。