

身体的なインタラクションを通じたコミュニケーション欲求に基づく 他者モデルの構築過程

Process of Agency Identification Based on the Desire to Communicate in Embodied Interaction

坂本 孝丈, 竹内 勇剛

Takafumi Sakamoto, Yugo Takeuchi

静岡大学創造科学技術大学院

Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

dgs14010@s.inf.shizuoka.ac.jp

Abstract

Humans can communicate because they adapt and adjust their behavior to each other. We hypothesize that developing a relationship with others requires coordinating the desire to communicate and that this coordination is related to agency identification. To model this initial phase of communication, we created an experimental environment to observe the interaction between a human and an abstract-shaped robot whose behavior, moving on the floor and rotating, was mapped by another human. The participants were required to verbalize what they were thinking or feeling while interacting with the robot. At present, we do not have a sufficient number of participants, and experiments and data analysis are ongoing. We must verify the effects of interaction patterns and inspect what type of action and reaction are regarded as signals that enhance interpersonal interaction.

Keywords — Interaction, Agency, Communication relationship

1. はじめに

他者とのコミュニケーションは、相手が心を持っていることを前提とし行われる。このような人-人インタラクションにおいては、相手の内的状態に基づく行動モデルである他者モデルの構築が重要である。一方で対象が人であるからといって必ずしも他者モデルが必要になるとは限らない。例えば、交差点の人混みでは相手の心を想定することなく、ただすれ違えることができる。このような場合、対象が人であるにもかかわらず人-物インタラクションが行われていると見做すことができる。また、人がコンピュータに対して対人的な反応を示すメディアイクエーション [1] は、物に対する人-人インタラクションであるといえる。これ

らのことから、他者モデルを構築すべき対象か否かはインタラクションを通して判断されると考えられる。

社会性の認知においてインタラクションを重視するアプローチとして、心の理論における Interaction Theory [2] や社会性認知のエナクティブアプローチ [3] が挙げられる。さらに、ミニマムな身体表現を用いたインタラクションを用いた成人間のインタラクションからコミュニケーションが成立する過程を明らかにする研究が行われている [4, 5]。これらの研究から、たとえ外観から得られる情報がなくともインタラクションのみから対象を他者と見做すことが可能であることが示されている。しかし、インタラクションを方向づけるような課題を設けない状態でのインタラクションを観察するような研究はほとんど行われていない。課題が設けられている状況では、対象と関わりたいという自身のコミュニケーション欲求がない状態や、対象のコミュニケーション欲求の有無を判断する過程が含まれていない。そこで本研究では、インタラクションを行う前提がない状態である未知の対象と人がどのようなインタラクションを行い、その対象に他者性を認知し得るのかという点に注目する。そこから、対象が自身と関わろうとしていると見做し、他者モデルを構築する過程を明らかにすることを旨とする。

2. 背景

2.1 他者性認知過程

図 1 にインタラクションを行う前提がない状態を始点とした他者性認知過程のモデルを示す。インタラクションを行う前提がない状態であっても同じ環境内に物理的な身体を有する対象が存在する場合、身体レベルでのインタラクションは常に成立している状態である見做すことができる。例えば、双方が全く動かなかったとしても「相手と関わるつもりがない」という

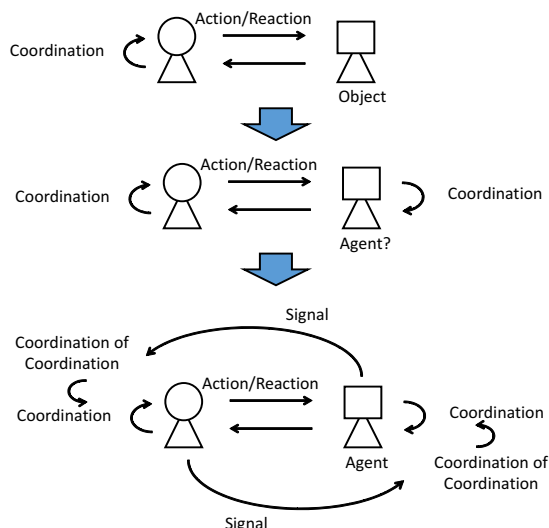


図1 他者性認知過程

均衡が維持された関係性におけるインタラクションであるといえる。この状態から、身体レベルでのほとんど意識的でないインタラクションを通して対象が自身と関係を構築し得る存在であることに気付く。そこから、その可能性を検証する段階に移行すると考えられる。本研究では、この他者性認知過程のモデルの妥当性を検討する。また、他者性を認知する方向に段階が進むきっかけとなるようなインタラクションの要因を特定し、その振る舞いをモデル化することを目指す。

人同士のコミュニケーションでは、互いの距離間や視線のやり取りなどを介して相手との関係性を調整しながら行われており、このような調整はあまり意識されずに行われている [6, 7, 8]。例えばエレベータに他者と乗り合わせた場合、できるだけお互いの距離が近づかないような位置に留まり、止むを得ず距離が近づく際にはできるだけ視線を逸らすだろう。このようなやり取りは「親密さを近づけるつもりがない」というメタメッセージを送り合っていると解釈することができる。一方で、対物的なインタラクションは人と物との関係性は固定されているか、人が一方的に関係性を決定している状態である。対象の振る舞いに相互の関係性を記述するメタメッセージが含まれていることに気付くことが他者性認知に必要なと考えられる。関係性を構築するために最初に交わされるやり取りは「関わりを持ちたい」というコミュニケーション欲求のやり取りであると考えられる (図2)。このやり取りがどのような身体的インタラクションとして現れるのかを観察し、モデル化する必要がある。

対象との関係性がほとんど意識されていない段階が

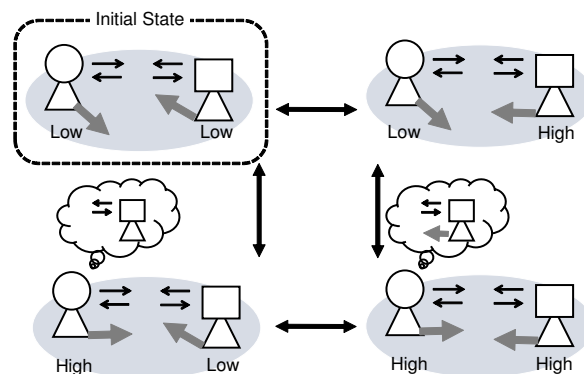


図2 自身と対象のコミュニケーション欲求の遷移

ら対象との関係を構築しようとする段階への変化を検討するためには、インタラクション最中の当事者の内的状態の変化を捉える必要がある。そこで、本研究ではインタラクションを行っている当事者に自身の内部状態を逐一報告させる Think-aloud 法 [9, 10] を用いる。これにより、インタラクション最中の人の内的状態の変化を捉え、その変化のきっかけとなるような身体レベルのインタラクションについて検討を行う。

2.2 これまでの研究成果

先行研究では、未知の対象として床面を移動する機能のみを有する抽象的な形状のロボットを用いて実験を行った [11]。結果として、人とロボットの動きのタイミングが同期することが対象に他者性を認知するきっかけとなっている可能性が示唆された (図3)。しかし、具体的にインタラクションのパターンがどのように変化していたかについて定量的に示すことはできていない。床面の2次元座標のみでは、参加者とロボットの距離や移動速度の変化などの要素から動きの同期が偶然なのか、社会的なインタラクションとして生じたものなのかを判断することが難しい。また、対象への接近や回避がコミュニケーション欲求に基づく行動なのか、接近-回避という関係の構築によるものなのかを切り分けることが困難であった。そこで本研究では、床面の2次元移動に回転方向の動きを加えることにより、身体位置と身体方向によるインタラクションを観察する実験を行う。これにより、人とロボットの間のインタラクションを距離、移動速度、移動方向、身体方向などの要素で分類し、その変化から関係性が対人的なものへ発展するきっかけを捉える。



図3 コミュニケーション欲求が低い状態から始まるインタラクションの変化の分析

3. 実験

本実験では、インタラクションを行う前提がない対象との身体的なインタラクションを通して、対象が自身と関係を構築し得る存在であると認知する過程を明らかにすることを目的とする。そこで、床面を移動、回転する機能のみを有するロボットを介した人同士のインタラクションを観察する。ロボットの動作を別室の他者の動きに対応させることで、対象に他者性を認知していない状態でありながら対人的な関係が成立し得るインタラクションの観察を行うことができる。また、Think-aloud法を用いることによりインタラクション最中の人々の内的状態と振る舞いとの関係性について分析を行う。

なお、現在のところ実験と分析を行っている最中であるため、本稿では実験方法と分析方法について述べる。

3.1 実験方法

3.1.1 実験環境

実験環境の概要を図4に示す。実験は、同様の装置で構成された2つの部屋を用い、参加者2名1組で行う。各部屋の床はテープにより直径3メートルの円形で区切られており、円形内が参加者とロボットがインタラクションを行うフィールドとなる。参加者の位置はレーザーレンジファインダー（北陽電気社、URG-04LX）で測定される。この位置座標はPCのソケット通信により、両部屋間で相互に送受信される。また、身体の向きはNexus 5Xの地磁気センサーにより取得され、無線LANを経由し別室のPCへとソケット通信により送信される。各部屋のロボットの位置と向きは別室の参加者の位置座標と身体方向に一致

するように制御される。これによりそれぞれの部屋の参加者の移動が別室のロボットの移動に対応することになる。ロボットは方向転換せずに全方位移動可能なロボット（Nexus Automation Limited, 3WD 100mm Omni Wheel Mobile Robot）を用いる（図5）。ロボットは、BluetoothによりPCとの通信を行い制御する。また、ロボットの位置は各車輪のエンコーダから求め、Webカメラの映像から画像処理により位置の補正を行う。参加者の発話内容はヘッドセットに接続されたヴォイスレコーダにより録音する。

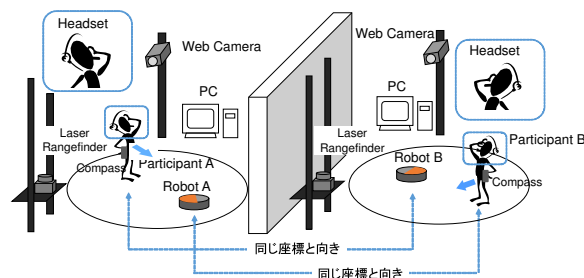


図4 実験環境

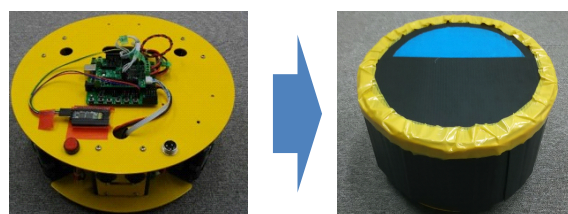


図5 ロボットの外観

3.1.2 実験条件

実験条件はロボットの動きが別室の参加者のものであることを教示する条件（教示あり条件）と、ロボットの動きに関する教示を行わない条件（教示なし条件）である（図6）。教示あり条件では、ロボットの振る舞いは別室の他者のものであると見做されるため、相互の関係性の調整を伴うインタラクションが実験開始直後から観察される。一方で教示なし条件では、ロボットに対して他者性を認知していない状態からインタラクションが開始される。この2つの条件におけるロボットとの距離や向きに応じた参加者の振る舞いの特徴を比較することで、コミュニケーション欲求の調整や他者性認知がどのような過程に基づいているのかを明らかにする。

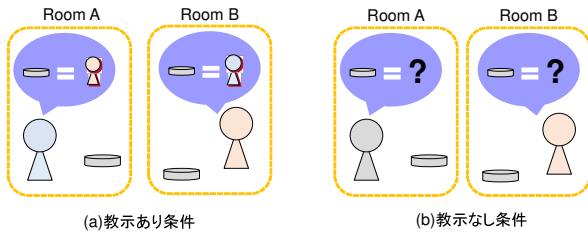


図 6 実験条件

3.1.3 実験手順

実験手順を図 7 に示す．実験は実験参加者 2 名 1 組で行う．双方の参加者はお互いに相手の存在を知られない状態で別々の部屋に案内される．参加者に「実験課題は思ったことや考えたことをすべて声に出して発話する課題である」と教示し，発話の練習としてタングラム課題を行わせる．タングラム課題終了後，ロボットとのインタラクションを行う段階に移る．参加者には練習と同様に思ったことや考えたことを発話するように教示を行う．ただし，課題時間中は円形のフィールド内から出ないようにし指示する．教示なし条件の参加者にはロボットの振る舞いに関する教示を与えず，自由にできるように教示を行う．教示あり条件の参加者にはロボットの振る舞いが別室の参加者の動きに対応していることを説明し，自由にできるように教示を行う．その後，参加者を部屋で一人にし，開始の合図とともに，互いの部屋のロボットが他方の部屋の参加者の位置に対応し動作する（図 8）．課題終了後，アンケートの回答を行わせる．

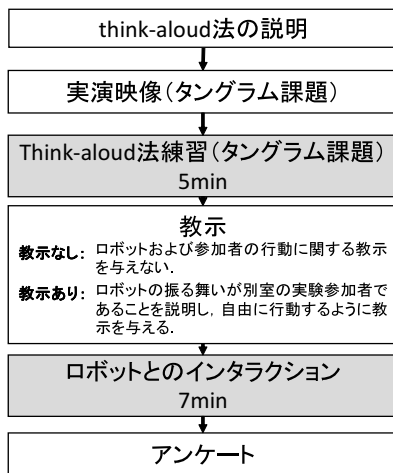


図 7 実験手順

3.1.4 観察項目

- 実験協力者の位置座標のログデータ（125ms 毎）

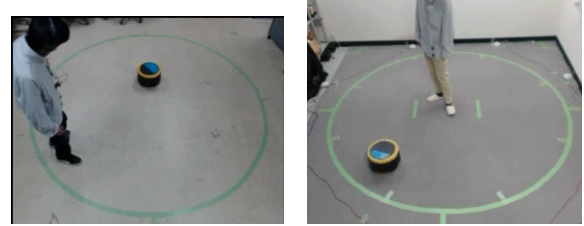


図 8 インタラクションの様子

- ロボットの位置座標のログデータ（125ms 毎）
- 実験協力者の身体方向ログデータ（125ms 毎）
- ロボットの方向のログデータ（125ms 毎）
- 実験協力者の発話データ（125ms 毎）
- ビデオカメラにより撮影した実験協力者の行動
- 実験後のアンケート

3.2 分析方法

図 2 で示したコミュニケーション欲求の状態によって生じるインタラクションの特徴が異なると考えられる．双方のコミュニケーション欲求が低い状態におけるインタラクションでは，無意識的なインタラクションとして動作のタイミングの同期や身体方向の変化のタイミングが同期すると考えられる．これらの同期が生じたタイミングは

- 移動速度の相互相関関数

$$f(k) = \frac{Cov(A_t, B_{t+k})}{\sigma_{A_t} \sigma_{B_{t+k}}} \quad (1)$$

- 身体方向の相関係数

$$\rho_{cc} = \frac{\sum_i \sin(\alpha_i - \bar{\alpha}) \sin(\beta_i - \bar{\beta})}{\sqrt{\sum_i \sin(\alpha_i - \bar{\alpha})^2 \sum_i \sin(\beta_i - \bar{\beta})^2}} \quad (2)$$

から求めることできる．

相互のコミュニケーション欲求が高まるにつれて，参加者とロボットの振る舞いがそれ以前の相手の振る舞いから受ける影響が大きくなると考えられる．このことを検証するために，まず参加者とロボットの振る舞いを，図 9 に示すような，静止・回転・移動，方向転換の 4 つの状態に分類する．分類の方法として，ある区間内（n フレーム分）の移動速度の合計，身体方向の変化量，移動方向の分散を用いる．分類後，それぞれの状態から別の状態への遷移の頻度や，遷移の要因を検証する．例えば，参加者が静止の状態から移動の状態へ移行した個所について，その直前（k 秒前）

のロボットの状態が移動となる頻度を示すことができる。さらに、そのような状況における移動方向や身体方向などの要素の分布を求めることで、参加者とロボット間の振る舞いの関係性を求めることが可能である。相互の振る舞いの定量的な記述ができれば、発話データと対応付け、コミュニケーション欲求の変化や他者性認知過程をモデル化できると考えられる。

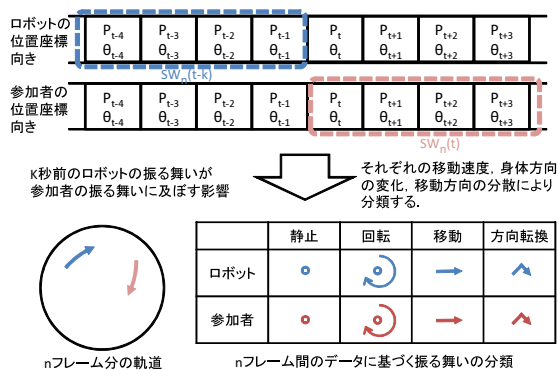


図9 ロボットおよび参加者の振る舞いの分類方法

4. まとめ

本研究では、人が未知の対象に対して自身と関係を構築し得る存在である可能性に気付く過程を含んだ他者性認知過程をモデル化することを目的としている。これまでの研究結果から、対象との動き出しのタイミングの同期が対象が自身と関係を構築し得る存在である可能性に気付くきっかけとして機能していることが示唆されている。しかし、対象とのインタラクションがどのように変化したのかを対象との距離や身体方向などの要素から具体的に記述する段階には至っていない。そこで本研究では、床面を回転・移動するだけの抽象的な形状の未知のロボットを介した人同士のインタラクションを観察する実験を行う。インタラクション最中の参加者の内的状態を Think-aloud 法により取得することで、参加者がロボットとの関係性をどのように捉えていたかを分析し、参加者の行動データからインタラクションのパターンの変化を捉える。現段階では実験および分析を行っている最中であるが、本研究の発展により他者性認知過程をモデル化できれば、人-人工物のファーストコンタクトにおける人工物の振る舞いをデザインすることが可能となる。例えば、人の振る舞いからその人が人工物とのインタラクションを求めているか否かを判断することができ、必要に応じてインタラクションを開始するためのきっかけとなるアクションを人工物側からしかけることができると考えられる。これにより、ロボットなどの自律

的に振る舞う人工物が社会に迎合されることが期待される。

謝辞

本研究は、MEXT 科研費 26118001 の援助を受けたものである。

参考文献

- [1] Reeves, B. and Nass, C. (1996), "The Media Equation", Cambridge University Press.
- [2] Gallagher, S. (2001) "The practice of mind: Theory, simulation, or primary interaction?", Journal of Consciousness Studies, Vol.8, pp.83-108.
- [3] De jaegher, H., Di Paolo, E. (2007) "Participatory Sense-Making: An enactive approach to social cognition", Phenomenology and the Cognitive Science, Vol.6, pp.485-507.
- [4] 飯塚博幸, 安藤英由樹, 前田太郎 (2012) "身体的相互作用におけるコミュニケーションとターンテイキングの創発", 電子情報通信学会論文誌.A, 基礎・境界, J95-A(1), pp.165-174.
- [5] Auvray, M., Lenay, C., Stewart, J (2008) "Perceptual interactions in a minimalist virtual environment", New Ideas in Psychology, Vol.27, pp.32-47.
- [6] Hall, E.T. (1966) "Hidden Dimension", Doubleday Company. (日高敏隆, 佐藤信行 (訳) 『かくれた次元』・みすず書房, 1970)
- [7] Argyle, M. and Dean, J. (1965). "Eye-contact, distance and affiliation". Sociometry, Vol.28, pp.289-304.
- [8] Burgoon, J. K., Stern, L. A., Dillman, L. (2007). "Interpersonal adaptation: Dyadic interaction patterns", Cambridge University Press.
- [9] Ericsson, K.A. and Simon, H. A., (1980) "Verbal reports as data", Psychological Review, Vol. 87, pp. 215-251.
- [10] Ericsson, K.A. and Simon, H. A., (1993), "Protocol Analysis: Verbal Reports as Data (Rev. Ed.)", MIT Press, 1993.
- [11] Sakamoto, T. and Takeuchi, Y. (2015) "Model of Agency Identification through Subconscious Embodied Interaction", Proceedings of the 3rd International Conference on Human-Agent Interaction (HAI 2015), Proceedings of HAI2015, pp.79-83.