

ロボットとの選択の一致を伴うインタラクションにおける共感の構造モデル構築

Building a Structural Model of Empathy in Interactions with Robots Involving Matching Choices

中根千貴¹ 田和辻可昌² 松居辰則³

Kazuki Nakane¹ Yoshimasa Tawatsuji² Tatsunori Matsui³

¹ 早稲田大学人間科学部

¹ School of Human Sciences, Waseda University

² 早稲田大学データ科学センター

² Center for Data Science, Waseda University

³ 早稲田大学人間科学学術院

³ Faculty of Human Sciences, Waseda University

Abstract: We assumed that empathy emerges in interactions with the robot involving choice congruence. To create a structural model of this empathy, we conducted an experiment under a shopping situation. The results showed that when the participants' ability to imagine and understand the robot's thoughts was high, and when the percentage of agreement between the participants and the robot's choice of product was high, their impression towards the robot was more positive, and they provided more assistance to the robot. We developed a model based on the conclusion that this is the result of empathy generation.

1 研究の背景

近年の情報化の進展に伴い、ロボットは産業領域だけでなく、サービス領域や食品領域においても応用実例化されている [1]。特に、サービス分野におけるロボット市場は拡大すると予測されていた [2]。以上より、人ロボット間に良い関係性を築くことを目的にした研究の社会的意義が高まっていると考えた。

人間とロボットの間のインタラクションにおける共感の影響に関する研究は数多く行われてきた。その研究成果の一例として、中立的なインタラクションと共感的なインタラクションを行った場合、後者の方が人間にとってロボットに良い印象を与えると明らかになった [3]。以上のことから、本研究では人ロボット間に良い関係性を築く上で、人ロボット間のインタラクションにおける共感に着目した。

また、我々は予測しない一致から相手に対する共感を感じることを経験的に理解している。例として、偶然好みの漫画が一致したときや、偶然同じタイミングで同じ本を手を取るときが挙げられる。これらの事例はその後の関係性に大きな影響を与え、ひいては相手との共感にもつながりうると推測した。本研究ではこの一致を「独立した主体同士の自律的な選択における

意図していない一致」と呼称し、人間同士のインタラクションにおける共感生起の基盤となる要素の1つになると仮定する。

先行研究から、実験結果から人間とロボットエージェントの間におけるインタラクションも人間同士のインタラクションと同様に社会的である、また無自覚的な対人的反応がロボットエージェントに対しても表れることが明らかになっている [4]。これは人間同士における「独立した主体同士の自律的な選択における意図していない一致」により生じる社会的かつ共感的なインタラクションが、同様に人ロボット間においても生じうることを示唆していると考えた。

先行研究において、ロボットが人間側の選択に対しミラーリングを行った場合に、ミラーリングをしたロボットに対してある特定の割合で同意すると親しみやすさが向上すると報告された [5]。これは人ロボット間のある一致がインタラクションに良い影響を与えることを示している。

以上から、人とロボット間のインタラクションにおける「独立した主体同士の自律的な選択における意図していない一致」が共感の生起における重要な要素になると考えた。

2 研究の目的

本研究ではロボットとの一致を伴うインタラクション状況中における共感を独自に定義およびモデル化し、その妥当性を検証することを狙いとする。

共感を生起させる社会的な状況としては、商品購買状況下の人ロボット間のインタラクションを想定する。このインタラクションは、実験参加者が商品を選択し、その後にロボットが選択される可能性が高い商品を方略に基づき推薦するという形で行われる。選択される可能性が高い商品とは、実験参加者が最も長く注視していた商品である。この人が選択する商品と、ロボットが推薦する商品の一致を「独立した主体同士の自律的な選択における意図していない一致」とする。この一致が共感の生起において大きな役割を果たすと仮説を立て、共感のモデルを作成し、その妥当性を検証する。

3 実験における仮説

実験をする上で、インタラクションの基盤となる社会的状況、共感の定義、インタラクション中に見られる共感の仮説モデルの仮説を立てた。それらの詳細を以下の3サブセクションにわたって示す。

3.1 インタラクションの基盤となる社会的状況

本研究では「独立した主体同士の自律的な選択における意図していない一致」を伴うインタラクションにおいて生起する共感概念の精査を目的としている。ゆえに、本研究では共感を生起させる状況を、それ自体が強く共感を引き起こす他者の苦痛の観察などといった状況ではなく、卑近でありそれ自体が共感を強く催起させるものではない商品選択状況とした。

3.2 本研究における共感の定義

本研究における共感を定義する上で、国内外の様々な文献を参考とした [3][6][7][8]。それらの文献において共感とは認知的な側面と情動的な側面が含まれること、他者の理解という結果をもたらすこと、複雑な構成概念であることが概ね共通していた。それゆえに、共感を「認知と情動の両側面を含む、他者の心的状態の推定と理解または共有を伴う構成概念」と定義した。

3.3 インタラクションにおける共感の仮説モデル

本研究における共感概念の定義はしたが、この定義だけでは実験で想定するインタラクションにおける共感にどのような概念が関係するのか明確ではない。そのため、インタラクションにおいて生じる共感に関係する4概念とそれらの関係性の仮説を立案し、組織的にモデル化した。そのモデルを図1に示す。

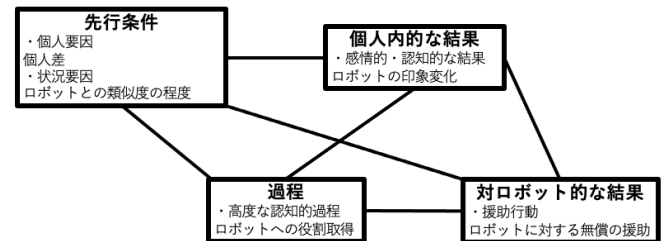


図1: インタラクションで生起される共感の仮説モデル

共感研究のアプローチは様々であり、その一例として共感を構成概念として捉え組織的にモデル化した事例がある [7]。これを参考として、共感とは「先行条件」、「過程」、「個人内的な結果」、「対ロボットの反応」という4概念から構成されていると仮定した。

先行研究から人間が行った行動に対して、ロボットが共感的なインタラクションを行うと、ロボットに良い印象を与えるとわかっている [3]。ゆえに、本実験におけるインタラクションから共感が生じた場合には、ロボットに対する印象評定が肯定的に変化するのではないかと推測した。また、援助行動の表出の程度はインタラクションにおける共感の程度を測る指標となる [9]。以上より「対人的な結果」と「対ロボットの結果」を共感生起の指標とした。つまり、ロボットに対する共感が強く生起すればするほど、ロボットに対する印象は肯定的になり、かつ援助行動が多く表出すると仮定した。

4 実験の目的

社会的な状況であり、かつ強く共感を想起させるものではない商品購買状況を想定したインタラクション中における「独立した主体同士の自律的な選択における意図していない一致」が共感を生起するという仮説を立て、それに関連する概念を全て含めたモデルを作成した。そのモデルの妥当性を検証することを目的に実験を行った。

5 ロボットとのインタラクション実験の実施

実験参加者は12名であった。内訳としては、早稲田大学人間科学部に所属する学生が8名であり、うち男性4名、女性4名であった。また、早稲田大学人間科学研究科に所属する学生が4名であり、うち男性3名、女性1名であった。インタラクション実験全体の流れは、図2のように4段階で表せる。以降それぞれの段階について説明する。

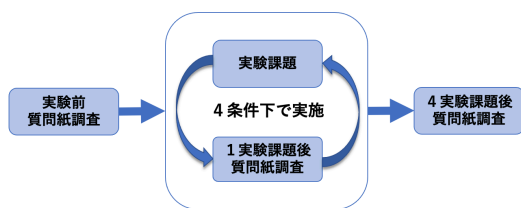


図 2: インタラクション実験全体の流れ

5.1 実験前質問紙調査

実験前質問紙調査では、日本語版対人反応性指標 [10] を用いた人に対する共感能力の評定、対ロボット反応性指標の利用によるロボットに対する共感能力の評定、実験前におけるロボットの印象評定を実施した。対ロボット反応性指標は、対人反応性指標の人に関連する項目をロボットに関連するように書き換え、適宜内容を修正するという形で作成した¹。ロボットの印象評定には、擬人化、生命性、好ましさ、知性の知覚、知覚された安全性の5尺度から印象を評価する Godspeed Questionnaire を採用した [11]。

5.2 実験課題

実験試行の一連の流れを図3に示す。1実験課題は、12実験試行で構成される。

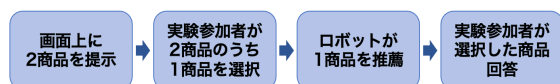


図 3: 1実験試行の流れ

あらかじめ実験課題の前に、実験参加者らにはロボットは店舗において勤務する店員として働いており、実

¹対ロボット反応性指標の作成するにあたり、野村理朗先生のご指導を賜りました。厚く感謝を申し上げます。

験中に再現するのは商品を選択する社会的な状況であるという教示が与えられた。

実験参加者は画面の中央を2秒間注視したのちに、2つの商品画像を提示された。そして、2つの商品のうちどちらか1つを選択するように指示された。商品選択時間は実験参加者が望むだけ与えられた。選択が終わり次第、ロボットがどちらかの商品を推薦するように、実験者はロボットを操作した。ロボットが外部的に操作されて商品を選択する際、特定の動作をした。まずロボットはまずディスプレイ上に表示されている2刺激を交互に見るような動作を2回した。次に実験参加者の方向を向き、選択する刺激に応じて「左(右)の商品がおすすめです」と発声し、手でディスプレイを指し示すようにジェスチャーをした。この操作は全ての試行で同じであった。ロボット側の選択が終了したら、実験参加者は質問紙調査上に自身が選択した刺激を回答した。この一連の流れを1試行とした。

実験試行の様子を図4に示す。実験参加者の前に商品画像を提示するディスプレイ、実験参加者の右横にロボットが配置されている。実験者は実験参加者から見えない位置に座り、商品刺激の提示やロボットに推薦させる商品を判断するために tobii X3-120 を用いた視線情報の取得、ロボットの操作を行った。

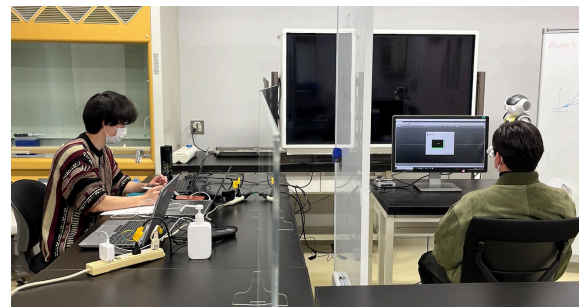


図 4: 実験試行の様子

ロボットが実験参加者に商品を推薦する際に、実験参加者が長く注視していた商品を推薦するという方略をあらかじめ設定した。これは、二者択一の刺激を選択する場合、総注視時間が長い刺激が選ばれる傾向にあるという知見が基盤となっている [12]。この方略に従い、ロボットが推薦する商品と実験参加者が実際に選択した商品を一致させることを試みた。この方略に基づいて期待される一致の割合を、方略一致率と呼称する。

1実験課題は12実験試行から構成される。0%、50%、83%、100%と異なる4つの方略一致率の条件下で実験課題は実施された。例えば、方略一致率が50%であれば総注視時間が長い刺激を6回、逆に総注視時間が短い刺激を6回ランダムに推薦した。実験参加者は商品

選択の方略については伝えられていなかった。

5.3 1 実験課題後質問紙調査

1 実験課題後質問紙調査では、独自に作成した項目に対する実験参加者による主観的なロボットへの一致の割合の評定、ロボットへの役割取得の程度の評定、実験課題後のロボットの印象評定を実施した。ロボットの一致の割合を評定する質問項目で回答された値を、実験参加者が主観的にロボットとの選択が一致していると考えられる割合である主観的一致率と定義した。役割取得は他人の視点を想像することでその他人を理解しようとする事と定義されており、視点取得と同一の概念とされている [7]。これに基づき、インタラクションを行ったロボットに対する役割取得の度合いを評定する 8 つの質問項目を作成した。なお、ロボットの印象評定項目は、実験課題前質問紙調査と同様に Godspeed Questionnaire を用いた。

実験課題の前後において、Godspeed Questionnaire を用いた質問紙調査からロボットに対する印象変化を定量化した。それぞれの尺度の印象得点を正規化した上で実験前後における得点差を導出し、その得点差をロボットに対する印象変化の指標とした。また、実験参加者が回答した実際に選んだ商品と、ロボットが推薦した商品の一致の程度を実際的一致率として導出した。

5.4 4 実験課題後質問紙調査

異なる実験条件で用いられたロボットに対して、無償の援助行動がどの程度表出するのか測定する質問紙を作成した。この援助行動であるが、ある先行研究を参考として燃料分配課題を採用した [9]。それぞれのロボットに対して、ロボット側が要求する燃料をどのような割合で分配するか回答させた。その際に燃料が配分される量をそのまま共感の程度を示す指標にした。

6 実験結果

実験を通じて得られたデータに対し、実験参加者全体、視点取得能力が高い群である高視点取得群、視点取得能力が低い群である低視点取得群を対象として分析を行った。それぞれの群における共感を構成する 1 概念の傾向および 2 概念の関係性を精査するために、有意性検定や相関係数の導出を実施した。

共感生起に関する重要な結果のみをここに述べる。高視点取得群において主観的一致率、方略一致率、実際的一致率とロボットの好ましさの印象変化、すなわち肯定的な印象変化得点との相関係数を導出したところ、表 1 のような結果が得られた。ロボットに対する肯定

的な印象変化と、主観的一致率および実際的一致率との間で有意な中程度の正の相関が得られた (主観的一致率: $r = .51, p < .05$, 実際的一致率: $r = .54, p < .01$)。

表 1: 高視点取得群におけるロボットの印象変化と一致率の相関関係

尺度名	好ましさ
主観的一致率	.51**
方略一致率	.31
実際的一致率	.54***

注釈:*** $p < .01$, ** $p < .05$, * $p < .10$

また、3 つの一致率とロボットに対する援助行動表出の指標である燃料配分量との相関係数を導出すると、表 2 のような結果が得られた。燃料配分量と主観的一致率および実際的一致率との間に中程度の正の相関が得られた (主観的一致率: $r = .44, p < .05$, 実際的一致率: $r = .41, p < .05$)。

表 2: 高視点取得群におけるロボットへの燃料配分と一致率の相関関係

尺度名	燃料配分
主観的一致率	.44**
方略一致率	.13
実際的一致率	.41**

注釈:*** $p < .01$, ** $p < .05$, * $p < .10$

高視点取得群において、一致率が異なる実験課題別に、ロボットの肯定的な印象変化得点に有意差があるのかどうか検討した。まず 4 実験条件下で用いたロボットへの肯定的な印象変化得点を、主観的一致率が高い順番に並び替えた。そして、主観的一致率が高い 4 水準別に印象変化得点の平均値を導出した。それぞれの水準別の主観的一致率の平均値も導出した。方略一致率、実際的一致率に対しても同様の手続きにより水準別的一致率および肯定的な印象変化得点の平均値を導出した。主観的一致率におけるそれぞれの値を表 3、方略一致率は表 4、実際的一致率は表 5 に示す。

表 3: 高視点取得群における主観的一致率水準別の肯定的な印象変化得点の平均値

主観的一致率	印象変化得点
水準 A(87%)	0.0333
水準 B(73%)	0.0400
水準 C(47%)	0.0267
水準 D(29%)	-0.0533

表 4: 高視点取得群における方略一致率水準別の肯定的な印象変化得点の平均値

方略一致率	印象変化得点
水準 A(100%)	0.0400
水準 B(83%)	0.0333
水準 C(50%)	-0.0200
水準 D(0%)	-0.0467

表 5: 高視点取得群における実際の一致率水準別の肯定的な印象変化得点の平均値

実際の一致率	印象変化得点
水準 A(84%)	0.0400
水準 B(72%)	0.0333
水準 C(58%)	0.0200
水準 D(29%)	-0.0533

そして、これらの燃料配分の値の差が有意であるかどうか検討するため、3つの一致率ごとに実験参加者内1要因4水準の対応のあるタイプ3分散分析を実施した。なお、球面性の仮定が実際の一致率における分析では成り立たなかったため、自由度に Greenhouse-Geisser の ϵ による調整を加えた。その結果、全ての一致率において有意な結果が得られた (主観的一致率: $F(3, 15) = 5.16, p < .05, \eta^2_G = 0.1270$ 、方略一致率: $F(3, 15) = 3.64, p < .05, \eta^2_G = 0.1053$ 、実際的一致率: $F(1.23, 6.14) = 5.17, p < .10, \eta^2_G = 0.1251$)。一方で、ロボットに対する燃料配分においても同様の有意性検定を行ったが、有意な結果は得られなかった。

低視点取得群においても同様の分析を行ったが、高視点取得群で得られたような傾向および関係性は認められなかった。なお、実験参加者全体に対する分析では、高視点取得群と低視点取得群の結果が混合したような結果が得られた。

相関係数の値や有意性検定の結果から、高視点取得群において、主観的一致率または実際的一致率が高い場合にロボットの印象がより肯定的になり、援助行動が多く表出することがわかった。ゆえに、人間とロボットの間で意図していない一致を伴うインタラクションを行うと、視点取得能力が高い場合に、「独立した主体同士の自律的な選択における意図していない一致」および実験参加者による主観的なロボットに対する一致率である一致率が高いと共感が生起すると結論づけた。また、一致率と燃料配分との関連性より、一致率と肯定的な印象変化との関連性が強いと考えた。

7 総合考察

人とロボットの間の一貫性を伴うインタラクションにおいて生起する共感の構造モデルを図5に示す。実験データの分析により導出した相関係数の値や、検定の有意性に応じて概念間の関係性の強さを相対的に3段階にして表した。そして、その関係性の強さをモデル中の線の太さとして反映した。

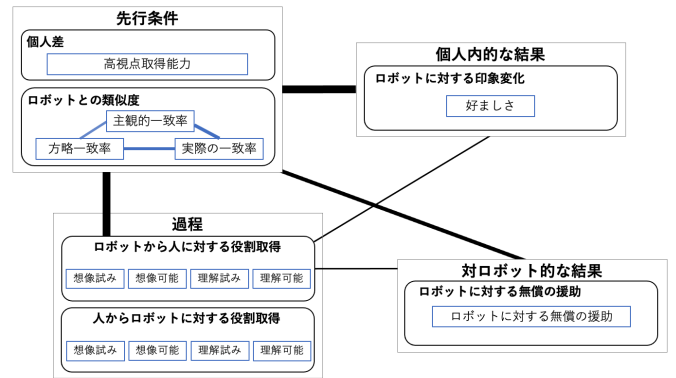


図 5: ロボットとの一致を伴うインタラクションにおける共感モデル

共感を構成する「過程」、「個人内的な結果」、「対ロボットの結果」の3概念におけるお互いの関係性も確認したが、「先行条件」とそれら3概念の関係性と比較すると弱かった。このことから、「先行条件」が共感の正規に最も関連すると思った。

共感構成概念の1つである「過程」は、質問項目の内容から「人からロボットに対する役割取得」「ロボットから人に対する役割取得」の2つを想定してモデルを作成した。「過程」と他の共感構成概念との関連については、後者の「ロボットから人に対する役割取得」のみが関連すると結論づけた。

本研究では実験参加者の視点取得能力と、ロボットに対し視点取得したのかあるいはされたのかどうかを別々にしてモデルを作成した。結果から、視点取得能力が高い場合に、ロボットから実験参加者に視点取得されることと共感生起にわずかな関連があるのみであることがわかった。視点取得能力が低い場合にはこのような結果は得られなかった。このことは、共感における視点取得能力の重要性を示唆していると考えた。

特に「個人内的な結果」と「対ロボットの結果」に至ってはその関係性は非常に弱かった。単純にその2概念の関係がなかったのか、あるいはロボットに対する印象変化と燃料配分はどちらも共感により生じた結果というわけではなく、別々の要因で起こっている可能性があると考えた。

ロボット側の方略に基づく方略一致率は共感の生起に影響しなかった。これはロボット側の方略ではなく、実験参加者が主観的にどの程度ロボットと一致すると考えていたのか、および実験参加者側がロボットと実際にどの程度一致していたのかが共感に関わる重要な要素であることを表していると考えた。

8 今後の展望

本研究ではロボットに対する共感の構造を、人間に対する共感の構造と同一と仮定した。本研究ではこの仮定を自明のものとして扱っており、予備調査などを実施しなかった。それが真に質的に同一なものであるかどうか十分に検討すべき事項であったといえる。

対ロボット反応性指標は、日本語版対人反応性指標作成者のグループの1人である野村教授との議論を通じ、人間を対象として作成された項目をロボットに置換するという方法に基づき作成した。ゆえに、厳密な方法を用いて対ロボット反応性指標における項目の調査を行ったわけではない。対ロボット反応性指標の質問項目の妥当性は疑われるべきである。

共感の生起をロボットに対する肯定的な印象の変化、およびロボットに対する無償の援助行動の表出により評価した。しかしながら、前者の肯定的な印象の変化は、共感的なインタラクション以外の様々な要因から生じうることは容易に推測できる。本研究においても、それが本当に共感によるものなのかどうか疑われる結果が生じていた。厳密に共感を扱う場合には、さらに正確な指標が必要になると考えられる。

また、本研究では主観的一致率と実際の一致率のどちらかが共感に影響しているといえる段階にまで踏み込めたものの、どちらの一致率に関わるのか正確に絞りきれしていない。今後は手法を工夫し、どの一致率が共感の生起に関係するのか正確に追及する必要があると推測する。

以上が本研究の今後の課題と展望である。これらの課題を解決することで、より正確に共感の構造を追究できるようになると考える。

参考文献

- [1] 経済産業省: ロボットを取り巻く環境変化, retrieved from https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/robot_shakaihenkaku/pdf/001_03.00.pdf (2019)
- [2] 総務省: 平成 27 年度版情報通信白書, retrieved from <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h27/pdf/27honpen.pdf> (2015)
- [3] Leite, I., Pereira, A., Mascarenhas, S., Martinho, C., Prada, R., & Paiva, A.: The influence of empathy in human-robot relations, *International journal of human-computer studies.*, Vol. 73, No. 3, pp. 250-260 (2013)
- [4] 竹内 勇剛, 片桐 恭弘: ユーザの社会性に基づくエージェントに対する同調反応の誘発, *情報処理学会論文誌*, Vol. 41, No. 5, pp. 1257-1266 (2000)
- [5] Shinohara, Y., Kubo, K., Nozawa, M., Yoshizaki, M., Takahashi, T., Hayakawa, H., ... & Oka, N.: The optimum rate of mimicry in human-agent interaction, *In Proceedings of the Fourth International Conference on Human Agent Interaction*, pp. 367-370 (2016)
- [6] 長谷川 寿一: 共感性研究の意義と課題, *心理学評論*, Vol. 58, No. 3, pp. 411-420 (2015)
- [7] Davis, M. H.: Empathy: A social psychological approach. Colorado: Westview Press, 菊池 章夫 (編), 共感の社会心理学, 川島書店 (1994)
- [8] Schurz, M., Radua, J., Tholen, M. G., Maliske, L., Margulies, D. S., Mars, R. B., Sallet, J., Kanske, P.: Toward a Hierarchical Model of Social Cognition: A Neuroimaging Meta-Analysis and Integrative Review of Empathy and Theory of Mind, *American Psychological Association*, Vol. 147, No. 3, pp. 293-327 (2020)
- [9] 熊崎 周作, 竹内 勇剛: 人の共感的反応を誘発する状況に依存した人工物の振る舞い, *電子情報通信学会論文誌 A*, Vol. 100, No. 1, pp. 24-33 (2017)
- [10] 日道 俊之, 小山内 秀和, 後藤 崇志, 藤田 弥世, 河村 悠太, Davis, M. H., 野村 理朗: 日本語版対人反応性指標の作成, *心理学研究*, Vol. 88, No. 1, pp. 61-71 (2017)
- [11] Bartneck, C., Kulić, D., Croft, E., & Zoghbi, S.: Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots, *International journal of social robotics*, Vol. 1, No. 1, pp. 71-81 (2009)
- [12] Krajbich, I., Armel, C., & Rangel, A.: Visual fixations and the computation and comparison of value in simple choice, *Nature neuroscience*, Vol. 13, No. 10, pp. 1292-1298 (2010)