

エージェントの表出は共感を維持してタスクへのモチベーションを高める

Agent expression maintains human empathy and motivation for the task.

津村賢宏^{1,2 *} 山田誠二^{2,1}
Takahiro TSUMURA^{1,2} Seiji YAMADA^{2,1}

¹ 総合研究大学院大学

¹ The Graduate University for Advanced Studies, SOKENDAI

² 国立情報学研究所

² National Institute of Informatics

Abstract: 人間社会で利用されるエージェントは、人間と様々なタスクを分担するが、その協力によってはタスクのパフォーマンスが低下する可能性がある。人間とエージェントの関係を改善する方法として、人間がエージェントに共感することが考えられる。本研究では、人間が感じる共感を高める方法として、エージェントの表出が人間の共感を促進する可能性について実験的に検討する。実験はエージェントの表出（あり、なし）、タスク完了（成功、失敗）、共感度（タスク前、タスク後）の3要因混合計画で実施した。

1 はじめに

人間社会では、擬人化されたエージェントが活用されることが多い。これらは人間が使う道具の一種と考えることができ、歴史的には道具があたかも実際に感覚を持つかのように扱われることもあった。例えば、メディアの等式において、人間は人工物をあたかも人間であるかのように扱ってきた [1]。しかし、現在使われている人工物のすべてがこのように認識されているわけではない。現在、AIの実装が直面している主な問題は、信頼性と倫理的な使用に関するものがある。信頼、AI倫理、AIの擬人化に関する最近のある研究では、複雑な機械でさえ信頼できるものと見なすべきではなく、代わりに、AIを使用する組織とその組織内の個人が信頼できるものであることを人間が保証すべきであると論じている [2]。また、Hallamaa and Kalliokoskiの研究では、応用倫理の観点からAI倫理が深く議論された [3]。

人工物に対する共感とは、人間が人工物をあたかも生きているかのように扱うことで発生することがある。共感する人工物としては、掃除ロボットやペット型ロボット、ネットショッピングやヘルプデスクなどのサービスを提供する擬人化エージェントなどがある。これらの

エージェントの姿は用途や環境によって様々である。現在、様々なエージェントが人間と共に社会に貢献し、時には同僚のような関係性を築いている。これらのエージェントが人間と調和した関係を構築することは、今後の人間社会の発展にとって重要なことである。ロボットはすでに社会の中で利用され、ある程度は人間と共存しているが、このようなエージェントをどうしても受け入れられないという人もいる。今後、擬人化エージェントはさらに人間社会で活用されることが予想されるため、より多くの人に受け入れられるような特性を持たせることが重要である。

本研究では、人間がエージェントとの関係を改善するための支援に着目し、人間社会に受け入れられるためにエージェントが持つべき属性である「共感」を誘発する共感エージェントを開発した。共感することで、人はエージェントに対してより積極的に行動し、エージェントを受け入れやすくなるというのが我々のコンセプトである。そこで、タスクがエージェントに対する人間の共感に与える影響と、エージェントが人間の行動を変えるかどうかを調べるために実験を行った。

2 関連研究

心理学分野ではこれまで共感を注目し研究されてきた。Omdahl[4]は共感を大きく3種類に分類し、(1)

*連絡先：総合研究大学院大学
神奈川県三浦郡葉山町
E-mail: takahiro-gs@nii.ac.jp

他者の感情状態に対する感情的反応である感情的共感 (affective empathy) と (2) 他者の感情状態の認知的理解である認知的共感 (cognitive empathy) と (3) 上記の 2 つを含んだ共感と定義した。Preston と De Waal[5] は共感的な反応の中心には、観察者が対象の主観的な感情状態にアクセスできるようにするメカニズムが存在することを提案した。彼らによって Perception-Action Model (PAM) が定義されて、共感の相違点が統一された。彼らは共感を (a) 他人の感情状態を共有する、またはその影響を受ける、(b) 感情状態の理由を評価する、(c) 他者の視点を特定して取り入れる能力の計 3 種類として定義した。Olderbak ら [6] は、共感の感情特異性に関する理論的・実証的な支持を述べ、6 つの基本感情に対する感情的・認知的共感を評価する感情特有の共感アンケートを作成した。心理学分野では共感の尺度として様々なアンケートが使用されるが、最も広く使用されている 1 つのアンケートについて実験で使用することに決めた。Interpersonal Reactivity Index (IRI) は心理学の分野でよく利用されており、共感の特性を調査するために使用されている [7]。

Human-Agent Interaction(HAI) や Human-robot Interaction(HRI) の分野では人間とエージェントやロボット間の共感を研究している。HRI の分野として以下のような研究がされてきた。浅田は認知発達ロボットの概念をベースに、より本物の人工的な共感を生み出す方法として「感情発達ロボティクス」を提案した [8]。ここでいう人工的な共感とは、感情を感知して共感的に反応することができる AI システムのことである。人工的な共感能力の設計は、ソーシャルロボティクスの最も重要な要素の一つであり、ロボットを社会に導入するためには、一般の人々との共感的な対話が必要である。

このような背景のもと、Fraume は所属集団 (内集団、外集団)、エージェントタイプ (人間、ロボット)、ロボット擬人化 (擬人化、機械化) により、人がどのようにモラルを持って行動し、プレイヤーを知覚するかを検討した [9]。その結果、人間に対する反応のパターンは、機械化ロボットよりも擬人化ロボットの方が好ましいことが示された。

また、HAI の分野では以下のような研究がされてきた。Richards ら [10] はユーザがさまざまな言葉による共感の表現にどのような状況で反応するかを理解することで、ユーザの感情や本質的な動機に影響を与えるインテリジェント仮想エージェントを設計するのに重要であると指摘した。Okanda ら [11] は外見に注目し、ロボットに対する友情と道徳性についての日本人の大人の信念が、彼らのアニミズムの傾向と共感に関連して、外観 (すなわち、人型、犬のような、卵形) が異なるかどうかを調査した。

Ruissen and de Bruijn によって、協調的タスクと競

争的タスクに関する研究が行われた [12]。この研究では、テトリスを使って協力的タスクと競争的タスクがテストされた。その結果、協力タスクは自己統合性を低下させないが、競争タスクは自己統合性を低下させることが確認された。また、人間とロボットの競争課題に関する研究として、Kshirsagar らの研究がある [13]。彼らは同じ課題を用いて人間とロボットの競争課題を行い、参加者は性能の高いロボットよりも性能の低いロボットを好むことを発見しました。Boucher らは、人間-ロボット協調課題を実施した [14]。その結果、ロボットが音声で指示を出すよりも、ロボットが人間への視線誘導を認識する方が早いことが分かった。

タスクの難易度に関する研究として、以下のようなものがある。Fuentes-García らは、難易度の異なるチェス問題解決課題を用い、難易度、ストレス、複雑さ、認知欲求の観点から参加者の心拍変動を調査した [15]。Cho は、インタラクティブシステムのユーザビリティや利用頻度を向上させるためには、タスクの難易度とメンタルワークロードが必要であると考え、人間のまばたきに注目してタスクの難易度を自動的に推定する新しいアプローチを提案した [16]。

津村と山田は、人間と擬人化エージェントとの関係を改善する方法の 1 つとして、共感を研究した [17]。彼らはエージェントと人間の間タスクに注目し、タスクの難易度とタスクの内容が人間の共感を促進するという仮説を実験的に検証した。その結果、タスクの内容要因には主効果がなかったが、タスクの難易度要因には有意な主効果があることが示された。Paiva はこれまでの HAI や HRI の研究で扱われているような共感エージェントと言われる人間と共感するエージェントとの関係を定義した。エージェントやロボットと人間間の共感の定義として、Paiva は共感エージェントを共感されるターゲットとする場合と共感するオブザーバーとする場合の 2 つの異なる方法で表した [18][19][20]。

3 実験方法

3.1 実験目的と実験計画

本研究の目的は、タスクの成否とタスク中のエージェントの表出が、エージェントと人間の交互作用の結果として、より多くの人間の共感を引き出すかどうかを明らかにすることである。タイピングゲームをベースにタスクを設計し、共感エージェントがタスク中に参加者に自己表現することで交互作用する実験の参加者を募集した。その結果、以下の 2 つの仮説を導き出した。

H1: タスクの成功は失敗より共感への影響が小さい。

H2: タスクの成否に関わらず、共感エージェントが表出することで共感が促進される。

タスクの完了とエージェントの表出という2つの因子からなる参加者間実験を計画した。各因子の水準数は、タスク完了が2水準（成功、失敗）、エージェント表出が2水準（あり、なし）であった。エージェント表出はエージェントの外見以外の要因である。参加者内要因として、タスク前後の共感度の値を2水準とした。従属変数は参加者が感じた共感度である。

エージェントの表情に注目した理由は2つある。第1に、エージェントが直接タスクに関与していない場合でも、エージェントの表出が共感性に影響を与えるかどうかを調査するためである。以前の研究では、エージェントの表出（行動やコメント）は要因にならず、共通条件であったため、エージェントの表出の影響に関する統計的有意性は示されなかった。2つ目は、エージェントの表出が人間のタスクに対するモチベーションに影響を与えるかどうかを調査するためである。また、タスクが成功したか失敗したかによってエージェントの表出の影響が変わる可能性があるため、タスク完了に焦点を当てた。以前の研究ではタスク完了の結果に着目していなかったが、タスクの成否が人間の心理状態に影響を与える可能性は高いので、エージェントに対する人間の共感性に変化があった可能性がある。

3.2 実験内容

実験はPCを用いたオンラインで行った。本研究では、擬人化されたエージェントに対する人間の共感を促進することを第一の目的としているため、参加者がタスクを行う前にエージェントに対する共感を測定するためのアンケートを実施した。参加者は、エージェントがタスクを見守る役割であることを告げられた。

タスクはアルファベット150文字をランダムに入力するタイピングゲームである。本実験では、タスクの成否を左右する標準的なタイピング時間を求めることを目的とした。エージェントは、タイピングゲームの開始前と終了後に様々な表現を行った。具体的には、開始前には応援コメントやジェスチャーを、終了後にはタスクが成功した場合は褒めるコメントやジェスチャーを、タスクが失敗した場合は励ますコメントやジェスチャーを行った。エージェントはタイピングに影響を与えないよう、ゲーム中は身振りや表情を一切しなかった。タスク終了後、タスク前と同様のアンケートを実施し、共感的反応を調べるために、タスク継続のモチベーションについて参加者に質問した。アンケート終了後、参加者は自由回答式の質問に自主的に回答した。

3.3 参加者

参加者はヤフークラウドソーシングで募集し、32円を支払いました。参加者数は398名であったが、不適切な回答（課題前後の共感値の変化が全項目で同じ、または1項目のみ変化したなど）、タイピング速度が遅い（2秒で1文字以下）ためやる気がなさそうな35名を除外した。次に、残りの363名に対してCronbachの α 係数を適用し、アンケート回答の信頼性を調べたところ、全条件で0.8027~0.9025であった。各条件の68名を参加順に分析対象とした。このとき、分析対象者の性別は、条件による差がないように調整した。その結果、分析対象者は272名となった。

平均年齢は47.56歳（標準偏差10.76）、最低年齢は19歳、最高年齢は75歳であった。性別は男性136名、女性136名であった。

3.4 アンケート

参加者はタスクの前と後にアンケートに答えた。これはIRIを改変した12項目の質問紙である。IRIは人間の共感特性を調べるために設計されているため、共感エージェントに対する共感を調べるために修正した。タスクの前後で同じアンケートを実施し、表1に示すように5段階リッカート尺度（1：該当しない、5：該当する）で評価した。Q4、Q9、Q10は反転項目であるため、解析の際には点数を反転させた。

Q1~Q6は感情的共感、Q7~Q12は認知的共感を調べている。タスク後に実施する質問紙（表のBeQ）については、共感的反応を調べるための項目が1つ追加されている。

3.5 エージェントの表出

エージェントの表出は図1に示すように3種類用意した。なお、エージェントの外見には特に配慮しておらず、性別による印象を軽減するために、単純にロボットの外見にしている。

図1(a)に示すように、参加者がタイピングを始める前に、エージェントは励ましの声援を送る。タイピング後、参加者がタスクに成功すると、エージェントは図1(b)に示すように、喜んでいることを表出する。また、参加者が失敗した場合、エージェントは図1(c)のように慰める表出をする。

参加者がタイピングしている間、エージェントはタスクに集中してもらうため表出しない。このとき、エージェントは直立した状態で立っている。このとき、参加者はエージェントの表出に気づいたかどうか、また、タスクが終了できたかどうかを確認する。

表 1: 本実験で使用したアンケートのまとめ

<p>感情的共感</p> <p>個人的苦痛</p> <p>Q1: もしキャラクターに非常事態が起こった場合、不安で落ち着かなくなる。</p> <p>Q2: もしキャラクターが感情的になっていた場合、何をしたらいいかわからなくなる。</p> <p>Q3: もし差し迫った助けが必要なキャラクターを見た場合、混乱してどうしたらいいかわからなくなる。</p> <p>共感的関心</p> <p>Q4: もしキャラクターが困っているのを見た場合、気の毒に思わない。</p> <p>Q5: もしキャラクターが他人にいいように利用されているのを見た場合、その相手を守ってあげたいような気持ちになる。</p> <p>Q6: キャラクターの話や起こった出来事に心を強く動かされる。</p>
<p>認知的共感</p> <p>視点転換</p> <p>Q7: キャラクターの立場と人間の立場の両方に目を向ける。</p> <p>Q8: もしキャラクターのことをよく知ろうとした場合、相手からどのように物事がみえているか想像する。</p> <p>Q9: 自分が正しいと思った時に、キャラクターの言い分を聞かない。</p> <p>妄想</p> <p>Q10: キャラクターの話や起こった出来事に引き込まれることはなく、客観的である。</p> <p>Q11: キャラクターに起こった出来事が自分の身に起こったらどんな気持ちになるだろうと想像する。</p> <p>Q12: キャラクターの気持ちに深く入り込んでしまう。</p>
<p>共感的反応</p> <p>BeQ: これから先もキャラクターとタスクをこなしたいですか？</p>

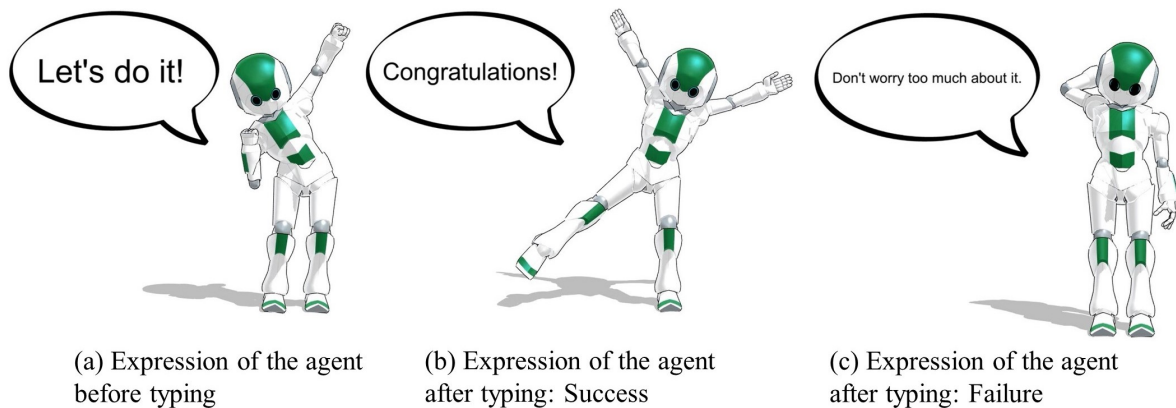


図 1: エージェントの 3 種類の表出

3.6 タスク完了

実験タスクは 150 文字のアルファベットをランダムに入力するタイピングゲームである。オンラインで行うため、制限時間があることを知ると実験を放棄する参加者が出てくる可能性があった。そこで、制限時間を表示せず、時間切れでタスクを終了させるだけで実験を行った。図 2 に実験中のエージェントとタイピングゲームのスクリーンショットを示す。

タスクを成功させるために必要な時間を決めるために、事前実験を行った。20 円で 50 人の参加者を募集した。平均年齢は 43.54 歳 (標準偏差 9.467)、最低 22 歳、最高 65 歳で、男性 46 名、女性 4 名であった。その結果、タイピング完了までの平均時間は 2 分 4 秒、標

準偏差は 50 秒であったため、標準偏差 ± 1 をタイピング成功として実験を行った。

3.7 分析方法

解析は 3 因子混合デザイン ANOVA で行った。参加者間因子は、エージェントの表出の 2 水準 (あり, なし) とタスク完了の 2 水準 (成功, 失敗) であった。参加者内要因はタスク前後の共感値の 2 水準で構成された。

参加者のアンケート回答結果を基に、人間の共感を引き出す要因として、エージェントの表出とタスク完了の影響を検討した。タスク前後の共感度の値を従属変数とした。ANOVA には R(ver.4.1.0) を使用した。

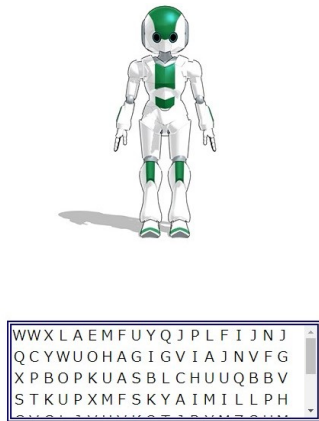


図 2: 実験中のエージェントとタイピングゲームのスクリーンショット

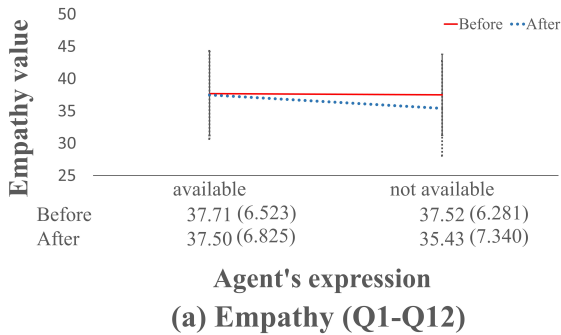


図 3: 交互作用の分析結果

4 実験結果

アンケート回答を ANOVA で分析した。多重比較には、Holm の多重比較検定を用い、有意差の有無を検討した。ANOVA の結果は表 2 の通りであり、エージェントの表出とタスク前後の 2 つの要因の間に交互作用があったことがわかる。交互作用の分析結果を図 3 に示す。

エージェントの表出とタスク完了の間に有意な交互作用は見られなかった。以下、エージェントの表出とタスク前後の間に交互作用が認められたので、単純主効果の分析結果を表 3 に示す。

共感 (Q1-Q12) の結果、エージェントの表出とタスク前後の要因の交互作用が認められた。また、タスク前後の主効果も統計的有意であったが、エージェントの表出とタスク前後の要因の交互作用が認められたため省略した。

多重比較により、図 4 に示すように、タスク後のエージェントの表出要因の単純主効果に有意差が認められた (あり: 平均値 37.50, S.D. 6.825, なし: 平均値 35.43, S.D. 7.340)。また、エージェントの表出なし条件では、

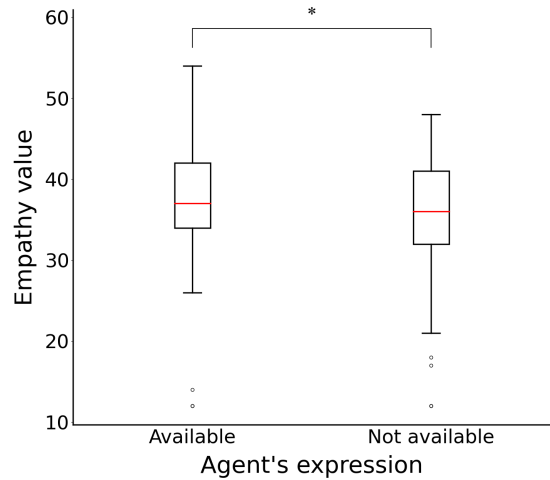


図 4: 箱ひげ図によるタスク後の共感の多重比較の結果。赤線は中央値、丸印は外れ値。

タスク前後の要因の単純主効果に有意差が見られた。これらの結果から、エージェントの表出があるタスクでは共感が維持され、エージェントの表出がないタスクでは共感が抑制されることが示唆された。また、事後分析の結果、エージェントの表出は共感の維持に有効であることが示された。

また、エージェントへの共感を調査するだけでは、共感の効果を総合的に判断することができないため、共感的反応についても調査を行った。その結果、共感的反応の結果には、エージェントの表出とタスク完了の間に交互作用はなく、タスクの完了の主効果も認められなかった。

しかし、図 5 に示すようにエージェントの表出の主効果は有意であり (あり: 平均値 3.368, S.D. 0.8472; なし: 平均値 2.993, S.D. 0.8952), エージェントの表出がタスクに対する参加者の意欲を高めることが示唆された。この結果は、エージェントへの共感とタスクへのモチベーションの関係を繋ぐ意味で重要である。

5 議論

我々は、人間が擬人化エージェントに共感するために必要な条件を明らかにするために実験を行った。特に、タスク中に人間とエージェントが交互作用する際に、エージェントの表出やタスク完了によって、人間がエージェントに対して抱く共感が影響を受ける可能性を検討した。2 つの仮説を提案し、実験から得られたデータを分析することで、その仮説が支持されるかどうかを確認した。

表 2: ANOVA の結果

要因		F	p	η_p^2
共感 (Q1-12)	エージェントの表出	2.111	0.1474 <i>ns</i>	0.0078
	タスク完了	2.695	0.1019 <i>ns</i>	0.0100
	タスク前後	22.99	0.0000 ***	0.0790
	エージェントの表出 × タスク完了	1.820	0.1785 <i>ns</i>	0.0067
	エージェントの表出 × タスク前後	15.28	0.0001 ***	0.0539
	タスク完了 × タスク前後	0.4515	0.5022 <i>ns</i>	0.0017
	エージェントの表出 × タスク完了 × タスク前後	0.0233	0.8787 <i>ns</i>	0.0001
	共感的 反応 (BeQ)	エージェントの表出	12.52	0.0005 ***
	タスク完了	1.738	0.1885 <i>ns</i>	0.0064
	エージェントの表出 × タスク完了	0.8136	0.3679 <i>ns</i>	0.0030

p : * p <0.05 ** p <0.01 *** p <0.001

表 3: 単純主効果の結果

要因		F	p	η_p^2
共感 (Q1-12)	タスク前のエージェントの表出	0.0613	0.8046 <i>ns</i>	0.0002
	タスク後のエージェントの表出	5.849	0.0163 *	0.0214
	エージェントの表出ありのタスク前後	0.5485	0.4602 <i>ns</i>	0.0041
	エージェントの表出なしのタスク前後	29.48	0.0000 ***	0.1803

p : * p <0.05 ** p <0.01 *** p <0.001

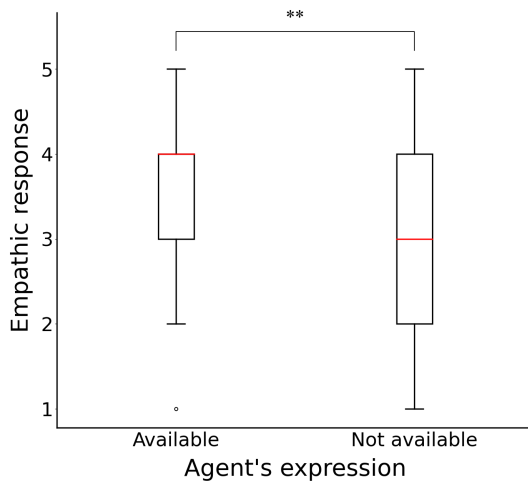


図 5: 箱ひげ図によるタスク後の共感的反応の多重比較の結果. 赤線は中央値, 丸印は外れ値.

その結果, H1「タスクの成功は失敗より共感への影響が小さい」は, 実験結果から人間への共感への影響を示さなかったため, 支持されなかった. タスクの成功・失敗は重要な要素であり, その結果によって参加者のエージェントに対する共感が異なる可能性を予測したが, 有意差は認められなかった. この理由として考えられるのは, 参加者が制限時間を知らずに実験課題を行ったことである. そのため, 突然のタスク終了により共感できなかった可能性がある.

一方, H2「タスクの成否に関わらず, 共感エージェントが表出することで共感が促進される」は支持された. エージェントはタイピング中に特別なことはしていないが, その前後の表出によりタスクの結果に関わらず, 人間の共感が維持される結果となった. この結果はエージェントの表出がタスクの結果に関わらず, 人間の共感を維持する効果があったことを示した.

この研究の主な制限事項として, 参加者が制限時間を知らないことである. この条件を設定した理由はオンライン実験環境での不正行為を避けるためである. 実世界で実際にタスクを実行する場合, 完了期限はほとんどの場合知らされる. そのため, 制限時間を知ることがタスクの完了に影響する可能性がある.

他にも, 本研究ではエージェントの表出として, テ

キストコメントとジェスチャーを用い、音声は含まなかった。オンライン環境では音声を制御することができないため無音とした。今後、音声も合わせたエージェントの表出が共感により影響を与えるかを調査する必要がある。

最後に、共感的反応としてのタスクに対する参加者のモチベーションを調査したところ、エージェントの表出があるとモチベーションが上がることを示されたが、実際に継続的な関係が成立しているかどうかは長期間の実験がないと分からない。したがって、長期的な実験を想定した追加的な実験を行う必要がある。

6 まとめ

擬人化エージェントが人間に受け入れられ、社会に溶け込むためには、人間がエージェントに共感することが不可欠である。本研究は、人間がエージェントに対して共感するための要因に焦点を当てた研究である。そこで、タスクがエージェントに対する人間の共感に影響を与えるかどうかを調べるために研究を行った。研究の結果、タスク完了要因に主効果は認められず、エージェントの表出があると共感が維持された。また、エージェントの表出はタスクに対する参加者のモチベーションに影響を与えた。本研究は、人間の共感の変化が人間とエージェントの関係において有効であることを示す有益な例である。単純なタスクの場合、エージェントの表出がないと人間の共感は低下し、表出があると人間の共感は維持される。このように、エージェントの表出がタスクに対するモチベーションに影響を与えることが示された。今後の研究では、特定の共感要素を強めたり弱めたりすることで、様々な状況における共感エージェントを開発できるように調査を行う。

参考文献

- [1] Byron Reeves and Clifford Nass. *The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media like Real People and Places*. Cambridge University Press, USA, 1996.
- [2] Mark Ryan. In ai we trust: Ethics, artificial intelligence, and reliability. *Science and Engineering Ethics*, 26(5):2749–2767, Oct 2020.
- [3] Jaana Hallamaa and Taina Kalliokoski. Ai ethics as applied ethics. *Frontiers in Computer Science*, 4, 2022.
- [4] B. L. Omdahl. *Cognitive appraisal, emotion, and empathy*. Lecture Notes in Computer Science. Psychology Press, New York, 1 edition, 1995.
- [5] Stephanie D. Preston and Frans B. M. de Waal. Empathy: Its ultimate and proximate bases. *Behavioral and Brain Sciences*, 25(1):1–20, 2002.
- [6] Sally Olderbak, Claudia Sassenrath, Johannes Keller, and Oliver Wilhelm. An emotion-differentiated perspective on empathy with the emotion specific empathy questionnaire. *Frontiers in Psychology*, 5:653, 2014.
- [7] Mark H. Davis and Mark H. Davis. A multi-dimensional approach to individual difference in empathy. In *JSAS Catalog of Selected Documents in Psychology*, page 85, 1980.
- [8] Minoru Asada. Towards artificial empathy. *International Journal of Social Robotics*, 7(1):19–33, Feb 2015.
- [9] Marlena R. Fraune. Our robots, our team: Robot anthropomorphism moderates group effects in human–robot teams. *Frontiers in Psychology*, 11, 2020.
- [10] Deborah Richards, Ayse Aysin Bilgin, and Hedieh Ranjbarbar. Users’ perceptions of empathic dialogue cues: A data-driven approach to provide tailored empathy. In *Proceedings of the 18th International Conference on Intelligent Virtual Agents, IVA ’18*, page 35–42, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.
- [11] Mako Okanda, Kosuke Taniguchi, and Shoji Itakura. The role of animism tendencies and empathy in adult evaluations of robot. In *Proceedings of the 7th International Conference on Human-Agent Interaction, HAI ’19*, page 51–58, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [12] Margit I. Ruissen and Ellen R. A. de Bruijn. Competitive game play attenuates self-other integration during joint task performance. *Frontiers in Psychology*, 7, 2016.
- [13] Alap Kshirsagar, Bnaya Dreyfuss, Guy Ishai, Ori Heffetz, and Guy Hoffman. Monetary-incentive competition between humans and robots: Experimental results. In *Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, HRI ’19*, page 95–103. IEEE Press, 2019.

- [14] Jean-David Boucher, Ugo Pattacini, Amelie Lelong, Gerard Bailly, Frederic Elisei, Sascha Fagel, Peter Dominey, and Jocelyne Ventre-Dominey. I reach faster when i see you look: Gaze effects in human–human and human–robot face-to-face cooperation. *Frontiers in Neurorobotics*, 6, 2012.
- [15] Juan P. Fuentes-García, Santos Villafaina, Daniel Collado-Mateo, Ricardo de la Vega, Pedro R. Olivares, and Vicente Javier Clemente-Suárez. Differences between high vs. low performance chess players in heart rate variability during chess problems. *Frontiers in Psychology*, 10, 2019.
- [16] Youngjun Cho. Rethinking eye-blink: Assessing task difficulty through physiological representation of spontaneous blinking. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '21, New York, NY, USA, 2021. Association for Computing Machinery.
- [17] Takahiro Tsumura and Seiji Yamada. Agents facilitate one category of human empathy through task difficulty. In *2022 31st IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, pages 22–28, 2022.
- [18] Ana Paiva, João Dias, Daniel Sobral, Ruth Aylett, Polly Sobreperéz, Sarah Woods, Carsten Zoll, and Lynne Hall. Caring for agents and agents that care: Building empathic relations with synthetic agents. *Autonomous Agents and Multiagent Systems, International Joint Conference on*, 2:194–201, 01 2004.
- [19] Ana Paiva. Empathy in social agents. *International Journal of Virtual Reality*, 10(1):1–4, Jan. 2011.
- [20] Ana Paiva, Iolanda Leite, Hana Boukricha, and Ipke Wachsmuth. Empathy in virtual agents and robots: A survey. *ACM Trans. Interact. Intell. Syst.*, 7(3), September 2017.