

協調課題における相手の行動プロセスが 共同運動主体感に与える影響

Influence of a Partner's Behavioral Process on the Sense of Joint Agency During Collaborative Task

田村 恵¹ 城村 直寛¹ 佐藤 恵助¹ 植田 一博¹

Megumi Tamura¹, Naohiro Jomura¹, Keisuke Sato¹ and Kazuhiro Ueda¹

¹ 東京大学

¹The University of Tokyo

Abstract: 私たちは日常生活で他者とインタラクションを行い、その中で「共同運動主体感」— 共同で行動を行っているという感覚—を経験することがある。この共同運動主体感が相手の「人らしさ」に影響されることが示唆されている。本研究は、相手の人らしい行動プロセス、特に「適応」と「変動」が共同運動主体感を高めるという仮説を検証することを目的とした。このため、事前記録データと参加者のジョイスティック操作を合成し、カーソルが移動することで協調課題を演出する実験を実施した。分析の結果、参加者の操作割合を線形に増加させ、「適応」を模倣的に実現した「変化」は直接共同運動主体感を高め、参加者の操作割合にばらつきをもたせた「変動」は有意な影響を示さなかった。一方、人らしさは共同運動主体感を高める傾向を示し、仮説は部分的に支持された。さらに、外向性や愛着性が共同運動主体感や人らしさの知覚に影響を与えること、成績が悪い場合に共同運動主体感が高まることが明らかとなった。これらの知見は、共同運動主体感に影響を与える要因を解明する上で示唆を与えるものである。

1 はじめに

1.1 人-人工物間の共同運動主体感

運動主体感 (sense of agency; SoA) は、自分が自分自身の行動を制御しているという感覚を指す [1]。一方、共同運動主体感 (sense of joint agency; SoJA) は、共同作業で「私たちがそれを成し遂げた」と感じる感覚を指す [2]。特に人工物とのインタラクションにおいて、「人らしさ」が共同運動主体感を生起させる要因であることが先行研究から示唆されている。

たとえば、Sahai ら [3] は、ヒューマノイドロボットとのインタラクションがサーボモーターとのインタラクションに比べてより強い運動主体感を引き起こすことを示し、人らしい外観が運動主体感および共同運動主体感を高める可能性を指摘した。同様に、Navare ら [4] は、ヒューマノイドロボットが意図的な存在として提示された場合、意図性の帰属によって共同運動主体感が高まることを報告した。一方、Ciardo ら [5] は、人らしい間違いをするロボットがよ

り意図的であると認識されることを明らかにし、Martini ら [6] は、人らしい特徴をもつエージェントが心をもつ存在として認識されやすいことを示した。これらの研究は、意図性の帰属が「人らしさ」と密接に関連することを示している。以上の研究から、「人らしさ」およびそれに関連する意図性の帰属と共同運動主体感との関連性が示唆される。

1.2 人らしい行動プロセス

これまでの研究では、人らしい外観や意図性の帰属が共同運動主体感に与える影響が主に検討されてきたが、行動における人らしさが共同運動主体感にどのように影響するかは直接的には検討されていない。本研究では、特に行動プロセスにおける「適応」と「変動」という 2 つの要素が人らしさを感じさせ、それが共同運動主体感に与える影響を検討する。

人間は無意識のうちに他者に適応することが知られている [7]。Xu らの研究 [8] では、ジェスチャーを用いて相互に適応するペアの参加者を観察し、各個人が相手の行動に基づいて行動を調整する様子を明

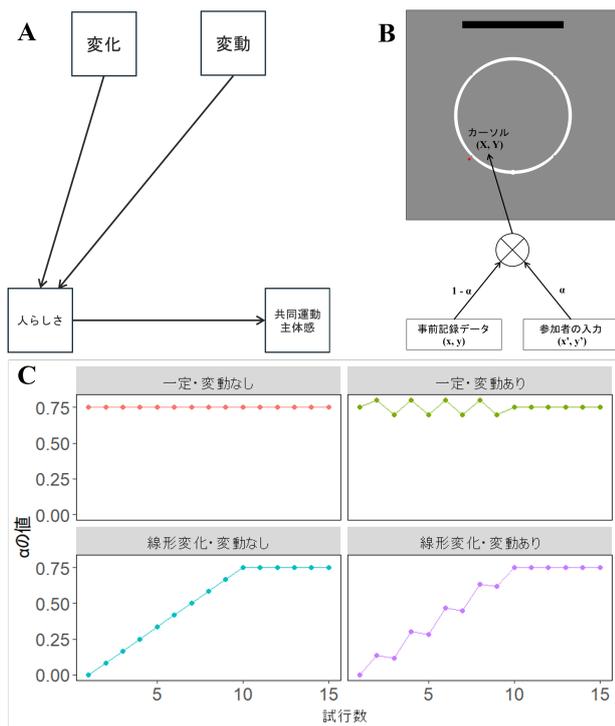


図 1 (A) 本研究の仮説を示した図, (B) 実験課題の画面, (C) 4 条件における α の時間変化

らかにした。一方、行動における変動も人らしさを示す指標だと考えられる。Ciardo ら[9]は、反応時間のばらつきに基づいて参加者が人間とプログラムを区別できることを示し、変動性が人らしさの知覚において重要な役割を果たしていることを主張した。

1.3 本研究の目的

これらの知見をふまえ、本研究では、行動プロセスにおける「適応」と「変動」が共同運動主体感に与える影響を検討することを目的とする。参加者には、協調課題を演出したカーソル操作課題を実施してもらった。この課題では、参加者の入力と事前に記録されたデータを合成することでカーソルの動きが決定された。実際には相手がいない状況で、相手と共同で作業しているように演出した。

適応は、「変化」という要因を操作することで模擬的に実現した。この要因では、参加者の操作がカーソルに反映される割合 (α) を線形に増加させ、相手が参加者の行動に合わせているという印象を与えることを目的とした。一方、変動は試行ごとに α をわずかに増減させることで導入し、相手の行動にばらつきがあるようにみせた。

本研究では、適応 (変化) および変動を示す相手がより人らしく感じられ、それが共同運動主体感を

高めるといふ仮説をたてた。この仮説は図 1A に示されている。仮説の検証にあたって、線形混合効果モデルを用いて変化と変動が共同運動主体感に与える影響を分析し、人らしさを媒介とした効果をパス解析によって検討した。

2 方法

2.1 参加者

参加者は、キャンパス内のポスターおよびオンラインの募集サイトを通じて募集した。最終的に、36 名 (男性 23 名, 女性 13 名, 平均年齢 23.4 歳, 標準偏差 5.3 歳, うち 2 名は年齢未回答) が実験に参加した。必要なサンプルサイズは、G*Power 3.1[10]を用いて計算した。効果量 0.20, 有意水準 0.05, 検出力 0.80 の条件下で、2 要因反復測定分散分析による効果を検出するための最小サイズを求めたところ、36 名の参加者が必要であるとされた。なお、効果量が未知であったため、Cohen の基準[11]に基づき、小から中程度の効果量を採用した。

実験前に、参加者に研究の目的、方法、データ取り扱い手順について説明を行い、書面による同意を取得した。本研究は、東京大学大学院総合文化研究科倫理委員会の承認を受けて実施した。

2.2 実験課題

本研究の課題は、Ohata ら[12]を基にした。同研究では、ランダムに設定された α を用いて運動主体感を調査した。本研究ではこの研究を応用し、 α の時間変化を操作することで、4 条件を導入した。

参加者は、ジョイスティックを使用してカーソルを操作し、画面に表示された円をなぞる課題を行った。この課題におけるカーソルの座標は、以下の式によって計算された：

$$(X, Y) = (x, y) \times (1 - \alpha) + (x', y') \times \alpha$$

ここで、 (X, Y) はカーソルの座標、 (x, y) は事前記録データの座標、 (x', y') は参加者のジョイスティック入力の座標、 α はカーソルに参加者の操作が反映される割合を表す。事前記録データは、著者がジョイスティックを操作して生成したもので、約 9.85 秒をかけて円を描いた軌跡である。

本実験は、2 つの参加者内要因に基づく 4 条件で構成された。各条件における α の時間変化は図 1C に示されている。各条件は 15 試行で構成されており、最後の 5 試行は α を 0.75 に固定した。これは、各実験条件が共同運動主体感に与える最終的な影響を評価するためのものである。

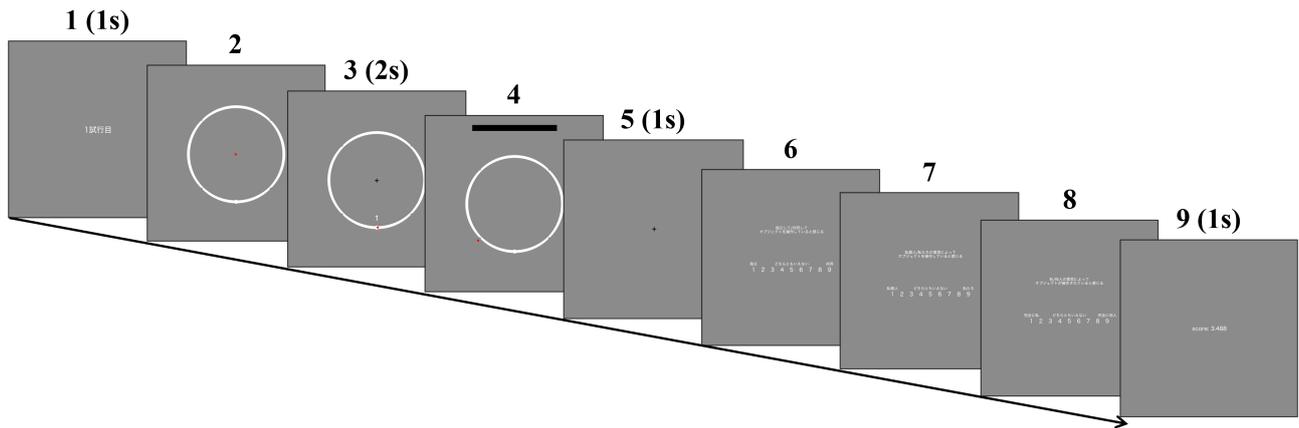


図 2 1 試行の流れ（各画面の表示時間は括弧内に記載）

1 つ目の要因は「変化」であり、一定条件と線形変化条件に分かれている。一定条件では、全試行を通じて α が 0.75 に固定された。一方、線形変化条件では、試行が進むにつれて α が 0.0 から 0.75 まで線形に増加した。この操作は、相手が参加者の行動に適応しているという印象を与えることを目的とした。

2 つ目の要因は「変動」であり、変動なし条件と変動あり条件に分かれている。変動あり条件では、偶数試行で α に 0.05 を加算し、奇数試行で α から 0.05 を減算した。この操作により、相手の行動がばらつきを示しているようにみせた。

参加者には「パートナー」と協力して円をなぞるように指示したが、パートナーが人間かプログラムかについての情報は与えなかった。これにより、バイアスを排除することを意図した。課題中、円の上には黒いバーが表示され、試行が進むにつれて徐々に短くなった。このバーは事前記録データの約 9.85 秒の回転時間と一致しており、参加者はバーが消失するタイミングに合わせて円を 1 周なぞるよう指示された。

2.3 手続き

試行の流れは図 2 に示されている。各試行は、試行番号が 1 秒間表示される段階 (1) から始まった。その後、白い円とその中心に赤い点が表示される初期画面に移行し (2)、参加者は赤い点を円の下部にある開始点まで移動させるように求められた。開始点に到達すると、2 秒間のカウントダウンが開始された (3)。その後、バーと合わせながらカーソルで円をなぞる操作が始まり、この操作は約 10 秒間続いた (4)。操作完了後には 1 秒間注視点が表示され (5)、次に共同運動主体感 (6, 7) および運動主体感 (8) を評価する質問紙が表示された。最後に、カーソル

の軌跡と円の差分を示す誤差が 1 秒間表示され (9)、1 試行が終了した。

主体感に関する質問は以下の 9 件法で評価された。

1. 「独立して/共同してオブジェクトを操作していると感じた」(1: 独立して-5: どちらでもない-9: 共同して) [13] (今後「SoJA1」と表記)
2. 「私個人/私たちの意思によってオブジェクトを操作していると感じた」(1: 私個人-5: どちらでもない-9: 私たち) [13] (今後「SoJA2」と表記)
3. 「私/他人の意思によってオブジェクトが操作されていると感じた」(1: 私-5: どちらでもない-9: 他人) [12] (今後「SoA」と表記)

SoJA1 および SoJA2 は、共同運動主体感を評価するために 2 種類の異なる質問形式で作成されたものである。また、運動主体感を測定することは、システム受容性[14]やユーザーエクスペリエンス[15]との関連性から重要だと考えられる。ただし、本研究の主な焦点は共同運動主体感であり、運動主体感に関する結果については言及しない。

各セット後、参加者は 7 件法で以下の 4 つの質問に回答した。

1. 「相手が自分の行動を考慮していると感じた」 [16]
2. 「相手が人であると感じた/プログラムであると感じた」(この質問は仮説の「人らしさ」を評価するために重要であり、今後「プログラムらしさ」と表記する)
3. 「オブジェクトの操作は快適だった」 [17]
4. 「自分はオブジェクト操作においてリーダーであると感じた/フォロワーであると感じた」

また、実験終了後、参加者は外向性および愛着性に関する各 10 項目の質問紙[18]に 5 件法で回答した。

先行研究では、外向性や調和性、認知的共感性が高い人ほど「統一された主体感 (united agency)」を経験しやすいことが示されている[19]。したがって、外向性および愛着性が共同運動主体感に与える影響を考慮して、これらの質問項目を加えた。

2.4 データ解析の方法

本研究では、制限つき最尤法 (REML) を用いた線形混合効果モデル (LMM) を適用し、変化と変動が主体感に及ぼす影響を検討した。本モデルの目的は、これらの要因の主効果および交互作用を評価し、同時に試行の成績や人らしさの影響を統制することである。このモデルは、データの階層構造に対応し、個人差や条件実施順序を考慮するために選択された。

使用したデータは、各条件における最後 5 試行 (α が 0.75 に固定されている部分) から抽出された。このデータは、そのままモデルに組み込まれた。従属変数として SoJA1, SoJA2, SoA を設定し、固定効果として変化, 変動, 変化と変動の交互作用, 操作における誤差, およびプログラムらしさを含めた。個人差および実施順序の影響を考慮するため、実施順序にネストされた参加者番号をランダム効果として設定した。

パス解析では、最尤推定法 (MLE) を用いて、変化および変動と主体感の間の構造的関係を、人らしさを媒介変数として検討した。本解析の目的は、実験条件が主体感に及ぼす直接的および間接的な影響を、媒介変数を通じて明らかにすることである。

LMM と同様に、パス解析でも各条件における最後 5 試行のデータを使用した。従属変数として SoJA1, SoJA2, SoA を設定し、外生変数として変化, 変動, 外向性, 愛着性を含めた。また、媒介変数として操作における誤差とプログラムらしさを設定した。本モデルでは、変化と変動が誤差およびプログラムらしさを通じて主体感に及ぼす直接的および間接的な影響を仮定している。さらに、外向性と愛着性が主体感およびプログラムらしさに影響を与えることも仮定された。これらの変数間の共分散も組み込むことで、各要因の相互依存性を考慮した。

3 結果

3.1 線形混合効果モデルの分析結果

表 1 に LMM の結果を示す。以下に、各従属変数における主な結果を述べる。

表 1 LLM の結果

Predictor	SoJA1			
	β	SE	t-value	p-value
(Intercept)	5.29	0.44	11.90	< .001 ***
変化	0.65	0.29	2.24	.027 *
変動	0.12	0.29	0.42	.675
誤差	-0.0068	0.019	-0.36	.718
プログラムらしさ	-0.18	0.072	-2.46	.015 *
変化*変動	-0.089	0.41	-0.22	.830
Predictor	SoJA2			
	β	SE	t-value	p-value
(Intercept)	3.96	0.45	8.86	< .001 ***
変化	0.47	0.30	1.56	.121
変動	0.46	0.30	1.53	.130
誤差	0.13	0.019	6.72	< .001 ***
プログラムらしさ	-0.16	0.073	-2.15	.033 *
変化*変動	-0.89	0.43	-2.09	.039 *

*** $p < .001$, * $p < .05$

SoJA1 では、変化の主効果が有意であった ($\beta = 0.65, p = .027$)。これは、参加者の操作がカーソルに反映される割合 (α) が線形に増加する条件で共同運動主体感が高まることを示している。一方で、変動の主効果および変化と変動の交互作用は有意ではなく、 α の変動が SoJA1 に与える影響はみられなかった。また、プログラムらしさの主効果は有意で ($\beta = -0.18, p = .015$)、相手を人らしいと感じるほど共同運動主体感が高まる傾向を示している。

SoJA2 では、変化と変動の交互作用が有意であった ($\beta = -0.89, p = .038$)。この結果は、 α の変化と変動の組み合わせが SoJA2 に影響を与えることを示している。SoJA1 と同様に、プログラムらしさは有意な負の影響を示し ($\beta = -0.16, p = .033$)、相手を人らしく感じるほど共同運動主体感が高まることを再確認した。また、誤差も有意な正の影響を示し ($\beta = 0.13; p < .001$)、誤差が大きい (成績が悪い) ほど共同運動主体感が高まることを示している。

結果を総括すると、変化は SoJA1 を有意に高めることが確認されたが、変動は有意な影響を与えなかった。一方、SoJA2 では変化と変動の交互作用が評価に影響を与えた。また、プログラムらしさは SoJA1 と SoJA2 の両方で一貫して負の影響を示し、誤差は SoJA2 においてのみ正の影響を示した。

3.2 パス解析の分析結果

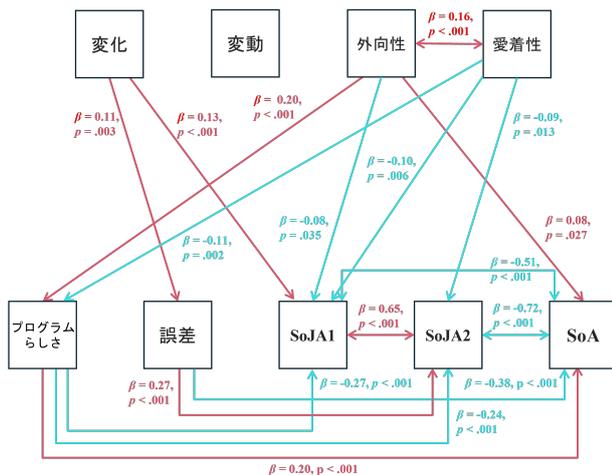


図 3 パス解析の結果を示した図
 有意なパスのみが描画されている。標準化係数が正のパスは赤色で、負のパスは青色で示されている。

図 3 にパス解析の結果を要約する。ここから以下の知見が得られた。変化は SoJA1 に有意な正の影響を与えた ($\beta = 0.133, p < .001$)。これは、 α が線形に増加することで共同運動主体感が高まることを示している。一方、SoJA2 に対する変化の影響は有意ではなかった。変動は SoJA1 および SoJA2 のいずれにも有意な影響を与えず、 α のばらつきによる効果はみられなかった。

プログラムらしさは SoJA1 ($\beta = -0.27, p < .001$) および SoJA2 ($\beta = -0.24, p < .001$) の双方に負の影響を示し、相手を人らしく感じるほど共同運動主体感が高まることを示された。誤差は SoJA1 には有意な影響を示さなかったが、SoJA2 には有意な正の影響を与えた ($\beta = 0.27, p < .001$)。これは、成績が悪い場合に共同運動主体感が高まる傾向を示している。

また、外向性および愛着性といった個人特性も結果に影響を与えた。外向性はプログラムらしさに対して正の影響を示し ($\beta = 0.20, p < .001$)、愛着性は負の影響を示した ($\beta = -0.11, p = .002$)。これは、外向性が高い参加者ほど相手をプログラムらしいと感じ、愛着性が高い参加者ほど相手を人らしいと感じる傾向があることを示している。

さらに、外向性 ($\beta = -0.077, p = .035$) および愛着性 ($\beta = -0.099, p = .006$) は SoJA1 に負の影響を与えた。すなわち、これらの特性が低いほど共同運動主体感が高まることになった。愛着性は SoJA2 にも負の影響を与えた ($\beta = -0.087, p = .013$)。

結果を総括すると、変化は SoJA1 を有意に高めた一方で、SoJA2 には影響を与えなかった。変動はいずれの指標にも影響を与えなかった。プログラムらしさは一貫して共同運動主体感を低下させ、悪い成

績 (大きい誤差) は SoJA2 を高める傾向が確認された。さらに、個人特性は、外向性は相手をプログラムらしく、愛着性は人らしく感じさせる傾向があった。これらの個人特性は SoJA1 を低下させ、特に愛着性は SoJA2 にも負の影響を与えた。

4 考察

4.1 仮説の検証

本研究では、共同運動主体感に対する変化と変動の影響をまず検討した。LMM およびパス解析の結果、変化は SoJA1 に有意な正の影響を与えることが確認された。線形変化条件では、一定条件に比べて共同運動主体感が有意に高まることが示された。一方、変動は有意な影響を示さなかった。

さらに、パス解析の結果、変化は相手を人らしいと感じる程度には影響を与えないことが示された。この結果は、変化が人らしさを介さずに共同運動主体感を直接高めたことを示しており、人らしさを媒介要因とする仮説と矛盾するものである。同様に、変動も人らしさに影響を与えず、仮説と異なる結果であった。

次に、人らしさが共同運動主体感に与える影響を検討した。LMM およびパス解析の双方で、相手を人らしいと感じるほど SoJA1 および SoJA2 の値が大きくなり、共同運動主体感が高まることが示された。この結果は、仮説を支持するとともに、人らしい外観や意図性の帰属が共同運動主体感を強化することを示した先行研究[3][4]の結果と整合的である。特に、本研究では、人らしさを質問紙で定量化し、共同運動主体感との関係を明確にした点が特徴的である。

以上をまとめると、仮説は部分的に支持されたといえる。人らしさが共同運動主体感を高めることは確認された一方で、変化が人らしさを介さずに共同運動主体感を高めた点や、変動が有意な影響を示さなかった点は、仮説と異なる結果であった。

変化が人らしさを介さず直接的に共同運動主体感に影響を与えた点については、いくつかの要因が考えられる。その一つとして、変化がある場合 (線形変化条件) では、参加者が一定条件と比較して相手に対してより多くの調整を行う必要があったことがあげられる。Bolt ら [20]によると、協調課題中にペア内で行動を調整する役割を多く担う人の方が、高い共同運動主体感を感じる事が報告されている。本研究の結果もこの知見と一致すると考えられる。

4.2 個人特性が共同運動主体感に与える

影響

結果から、外向性や愛着性といった個人特性が共同運動主体感に負の影響を与えることが明らかになった。この結果は、先行研究の知見と対照的である。パス解析の結果、外向性および愛着性が低い参加者ほど共同運動主体感が高い傾向を示した。一方で、Trần ら[19]は、外向性や調和性、認知的共感性が高い個人ほど「統一された主体感」を経験しやすいことを報告している。

「統一された主体感」とは、音楽演奏やダンス、チームスポーツなどの活動中に「他者と一体となっている」と感じる感覚を指し、自己と他者の主体感の境界があいまいになることが関連している[2]。一方、本研究で検討した共同運動主体感は、共同行為者間でコントロールが分散し、自己と他者の役割が区別される感覚を指す[2]。

これらの知見は、「統一された主体感」と本研究で定義された共同運動主体感の概念的な違いが、結果の相違をもたらした可能性を示唆している。本研究は、個人特性と共同運動主体感との関係性に関する新たな知見を提供しているといえる。

4.3 個人特性が人らしさに与える影響

本研究では、外向性および愛着性が人らしさの知覚に有意な影響を与えることが確認された。外向性が高い参加者ほど相手をプログラムらしいと感じ、愛着性が高い参加者ほど相手を人らしいと感じる傾向が明らかになった。

藤島ら[18]によると、外向性は支配、群居、注意獲得といった要素特性をもち、愛着性は協調、共感、他者尊重といった要素特性をもち、これらの特性の違いが、観察された傾向を説明する可能性がある。外向性が高い人は、相手を支配しようとする傾向をもつため、相手を制御可能なプログラムとして認識しやすいと考えられる。一方で、愛着性が高い人は、相手に共感し尊重する傾向があるため、相手をより人らしい存在として認識する可能性がある。

これらの結果は、個人特性が人らしさの知覚に与える影響を示しており、研究分野における新しい知見を与えるものである。

4.4 成績が共同運動主体感に与える影響

結果から、カーソルの軌跡と円の差分を示す誤差は SoJA1 には影響を与えなかったが、SoJA2 には有意な正の影響を与えることが確認された。これは、成績が悪い場合に SoJA2 の共同運動主体感が高まる

ことを示している。

この2つの指標間の差異は、バイアスへの感受性の違いに起因する可能性がある。SoJA1 は、操作が「独立している」か「共有している」かを評価するため、比較的客観的な判断を必要とする。一方、SoJA2 は、操作が「私」または「私たち」によって行われたかを評価し、より主観的な要素を含んでいる。先行研究によれば、運動主体感は課題の成績に影響され、成功した試行では運動主体感が高まり、不成功の場合には低下することが知られている[21][22]。

本研究では、参加者が主体感を評価した後に誤差のフィードバックが表示されたため、試行中のカーソル操作に対する印象が主体感の判断に影響を与えたと考えられる。SoJA2 の主観的な性質は、このようなバイアスに対してより感受性が高かったと考えられる。参加者は、課題の失敗を自分だけではなく、相手にも責任があると判断し、この責任の共有感が、SoJA2 の評価を高めた可能性がある。

また、成績が悪い場合に共同運動主体感が高まるという結果は、タッピング課題を用いた Loehr の研究[23]で示された「成績がよいほど共同運動主体感が高まる」という結果と矛盾している。この違いは、課題設計の違いに起因する可能性がある。本研究では参加者の操作と事前記録データの入力が合成されて画面に表示されたため、参加者が自身の貢献と相手の貢献を明確に区別することが難しかったと考えられる。この区別の難しさが、成績に関するバイアスに対する感受性を高めた可能性がある。

総じて、SoJA1 と比較して SoJA2 が試行の成績に影響を受けやすい理由は、質問形式の性質による主観的バイアスの感受性にあると考えられる。また、成績が悪い場合に共同運動主体感が高まるという結果は、先行研究と異なる傾向を示しており、これは参加者が自身の貢献と相手の貢献を区別することが難しかったことに起因する可能性がある。この結果は、成績の悪さと共同運動主体感の高まりとの関係を示す新たな知見を提供するものである。

4.5 今後の展望

本研究で用いた変化と変動の要因は、人らしさに影響を与えず、仮説のメインの部分は支持されなかった。この結果は、変化と変動の操作が「適応」や人らしい「変動」という仮説上の概念を十分に実現できていなかった可能性を示している。あるいは、「適応」や「変動」自体が人らしさに対して影響を与えない要因である可能性も考えられる。

今後の研究では、「適応」や人らしい「変動」をより直接的に表現する実験条件を設定することが求め

られる。それにより、本研究で完全に仮説通りの結果が得られなかった理由が、これらの要因の操作方法に起因するものなのか、あるいはそれらが本質的に人らしさに影響を及ぼさない要因であるのかを明確にすることが可能だと考えられる。

5 結論

本研究では、協調課題における相手の行動プロセスが共同運動主体感に与える影響を、人らしさを媒介要因として検討した。事前記録データと参加者のジョイスティック操作を合成し、カーソルが移動することで協調課題を演出する実験課題を作成した。本研究では、適応および変動を示す相手がより人らしく感じられ、共同運動主体感を高めるという仮説を検証するため、線形混合効果モデルおよびパス解析を用いて、直接の効果および媒介効果を評価した。

変化の要因は、参加者の操作がカーソルに反映される割合 (α) を線形に増加させることで適応を模擬したものであり、人らしさを介さずに共同運動主体感に直接的な正の影響を与えることが確認された。一方、変動の要因は、試行ごとに α をわずかに変動させることで行動の変動を模擬したものであったが、人らしさおよび共同運動主体感のいずれにも有意な影響を与えなかった。一方、人らしさが共同運動主体感を高める傾向は確認された。これらの結果は仮説を部分的に支持するものであった。

仮説に含まれない結果として、外向性および愛着性が低い人ほど、高い共同運動主体感を報告する傾向がみられた。また、外向性が高い人は相手をプログラムらしいと感じ、愛着性が高い人は相手を人らしいと感じる傾向が明らかになった。さらに、成績が悪い場合に共同運動主体感が高まるという結果が得られた。これらの発見は、本研究における新規な成果といえる。

まとめると、共同運動主体感は、人らしさ、外向性、愛着性、および成績によって影響を受けることが示された。本研究の結果は、共同運動主体感を形成する要因に関する知見を提供するものである。

謝辞

本研究は、東大-JT 共同研究「人-デバイスインタラクション研究」の助成を受けて実施された。ここに謝意を記す。

参考文献

[1] Gallagher, S.: Philosophical conceptions of the self:

- implications for cognitive science, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 4, No. 1, pp. 14-21, (2000)
- [2] Pacherie, E.: The phenomenology of joint action: Self-agency versus joint agency, (2012)
- [3] Sahaï, A., Caspar, E., De Beir, A., Grynszpan, O., Pacherie, E., & Berberian, B.: Modulations of one's sense of agency during human-machine interactions: a behavioural study using a full humanoid robot, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, Vol. 76, No. 3, pp. 606-620, (2023)
- [4] Navare, U. P., Ciardo, F., Kompatsiari, K., De Tommaso, D., & Wykowska, A.: When performing actions with robots, attribution of intentionality affects the sense of joint agency, *Science Robotics*, Vol. 9, No. 91, pp. eadj3665, (2024)
- [5] Ciardo, F., De Tommaso, D., & Wykowska, A.: Effects of erring behavior in a human-robot joint musical task on adopting Intentional Stance toward the iCub robot, In 2021 30th IEEE International Conference on Robot & Human Interactive Communication (RO-MAN), pp. 698-703, IEEE, (2021)
- [6] Martini, M. C., Gonzalez, C. A., & Wiese, E.: Seeing minds in others—Can agents with robotic appearance have human-like preferences?, *PloS One*, Vol. 11, No. 1, pp. e0146310, (2016)
- [7] Xu, Y., Ohmoto, Y., Okada, S., Ueda, K., Komatsu, T., Okadome, T., ... & Nishida, T.: Formation conditions of mutual adaptation in human-agent collaborative interaction, *Applied Intelligence*, Vol. 36, pp. 208-228, (2012)
- [8] Xu, Y., Ueda, K., Komatsu, T., Okadome, T., Hattori, T., Sumi, Y., & Nishida, T.: WOZ experiments for understanding mutual adaptation, *AI & Society*, Vol. 23, pp. 201-212, (2009)
- [9] Ciardo, F., De Tommaso, D., & Wykowska, A.: Human-like behavioral variability blurs the distinction between a human and a machine in a nonverbal Turing test, *Science Robotics*, Vol. 7, No. 68, pp. eabo1241, (2022)
- [10] Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A.: G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences, *Behavior Research Methods*, Vol. 39, No. 2, pp. 175-191, (2007)
- [11] Cohen, J.: Quantitative methods in psychology: A power primer, *Psychological Bulletin*, Vol. 112, pp. 1155-1159, (1992)
- [12] Ohata, R., Asai, T., Kadota, H., Shigemasa, H., Ogawa, K., & Imamizu, H.: Sense of agency beyond sensorimotor process: decoding self-other action attribution in the

human brain, *Cerebral Cortex*, Vol. 30, No. 7, pp. 4076-4091, (2020)

- [13] Shiraishi, M., & Shimada, S.: Inter-brain synchronization during a cooperative task reflects the sense of joint agency, *Neuropsychologia*, Vol. 154, pp. 107770, (2021)
- [14] Vantrepotte, Q., Berberian, B., Pagliari, M., & Chambon, V.: Leveraging human agency to improve confidence and acceptability in human-machine interactions, *Cognition*, Vol. 222, pp. 105020, (2022)
- [15] Bergström, J., Knibbe, J., Pohl, H., & Hornbæk, K.: Sense of agency and user experience: Is there a link?, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, Vol. 29, No. 4, pp. 1-22, (2022)
- [16] Osawa, H., Kawagoe, A., Sato, E., & Kato, T.: Emergence of Cooperative Impression With Self-Estimation, Thinking Time, and Concordance of Risk Sensitivity in Playing Hanabi, *Frontiers in Robotics and AI*, Vol. 8, pp. 658348, (2021)
- [17] Matsumoto, M.: Fragile robot: the fragility of robots induces user attachment to robots, *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, Vol. 10, No. 10, pp. 536-541, (2021)
- [18] 藤島寛, 山田尚子, & 辻平治郎: 5 因子性格検査短縮版 (FFPQ-50) の作成, *パーソナリティ研究*, Vol. 13, No. 2, pp. 231-241, (2005)
- [19] Trần, H. A., Cummings, J. A., & Loehr, J. D.: United agency in joint action: A survey study of its prevalence, facilitating factors, and social and emotional effects, *Acta Psychologica*, Vol. 250, pp. 104484, (2024)
- [20] Bolt, N. K., Poncelet, E. M., Schultz, B. G., and Loehr, J. D.: Mutual coordination strengthens the sense of joint agency in cooperative joint action, *Consciousness and Cognition*, Vol. 46, pp. 173-187, (2016)
- [21] Sato, A., & Yasuda, A.: Illusion of sense of self-agency: discrepancy between the predicted and actual sensory consequences of actions modulates the sense of self-agency, but not the sense of self-ownership, *Cognition*, Vol. 94, No. 3, pp. 241-255, (2005)
- [22] Wen, W., Yamashita, A., & Asama, H.: The sense of agency during continuous action: performance is more important than action-feedback association, *PloS One*, Vol. 10, No. 4, pp. e0125226, (2015)
- [23] Loehr, J. D.: Shared credit for shared success: Successful joint performance strengthens the sense of joint agency, *Consciousness and Cognition*, Vol. 66, pp. 79-90, (2018)