

ヒューマノイド型抱擁ロボットにおける手指動作の影響に関する 一検討

A Study on the Effects of Finger Movements on a Humanoid Hugging Robot

須原 大護^{1*} 米澤 朋子¹
Daigo Suhara¹ Tomoko Yonezawa¹

¹ 関西大学

¹ Kansai University

Abstract: 本研究では、抱擁ロボットにおける手指動作がユーザに与える影響を検討することを目的とし、手指動作の有無やパターンがユーザに与える心理的影響を実験的に検証した。その結果、手指動作の有無やパターンはロボットに求められている感覚に影響を与え、複数回動作や複数手指間の非同期動作がこれを高める傾向が示唆された。また、全ての手指の一斉動作や弱い抱擁は思いやりを感じやすい傾向を示した。一方、ロボットからの接触に対する抵抗感に差異は見られなかった。

1 はじめに

近年、ヒューマンロボットインタラクション (HRI) に関わる研究が進展し、ロボットが人間社会において果たす役割がますます多様化している [1, 2, 3]。これまでは主に産業分野において、作業の自動化や生産性向上を目的としたロボットの開発が進められてきた。しかし、技術の発展に伴い、ロボットは単なる作業補助の枠を超え、医療・福祉、教育、エンターテインメントのようなさまざまな分野において、人間と密接に関わる存在へと変化しつつある [4, 5, 6]。このような状況の中で、ロボットに求められる要件も変化しており、従来重視されてきた安全性や信頼性といった工学的な側面に加えて、ロボットと関わる人間の心理や感情に配慮した設計が求められるようになってきている [7]。特に、ロボットが人間と自然な形で受容されるコミュニケーションを取るためには、心理学的な視点からのアプローチが重要であると考えられる。

本研究では、ロボットが人間の心理に及ぼす影響を考察する上で、特に抱きしめるという行為に着目する。抱きしめるという行為は、単なる接触行動にとどまらず、心理的な安心感の向上やストレスの軽減に寄与することが示唆されており、社会問題の解決にも期待されている [8, 9]。先行研究では、人間同士の抱擁がオキシトシンの分泌を促進し、信頼感や親密感を高めることが報告されている [10]。また、Midas touch 効果の研究では、僅かな触れ合いが人間の行動や感情にポジ

ティブな影響を与える可能性があることが示されている [11]。これらの知見は、人間とロボットの相互作用においても応用できると考えられる。

これまでにも、人間とロボットの抱擁に関する研究が数多く行われており、ロボットの腕や胴体の動作に焦点を当てた抱擁ロボットの開発が行われてきた [12, 13, 14, 15]。これらの研究では、抱擁の強さや動きの柔らかさ、圧力の調整がユーザの心理状態に及ぼす影響が検討されている。しかしながら、これまでの研究の多くは、抱きしめる際の手指の動作には十分な注意を払ってこなかった。実際、人間同士の抱擁においては、手指の微細な動作が重要な働きを果たしており、優しく撫でる動作や握る動作が、相手に与える心理的影響を大きく左右するとされている。このような点を踏まえると、ロボットの抱擁においても、手指の動作がユーザの心理的な安心感やストレス軽減に与える影響を明らかにすることは今後のロボット設計において重要であると考えられる。

そこで本研究では、抱擁ロボットの手指の動作の違いがユーザに与える影響を実験的に検討することを目的とする。そのため、手指の独立動作が可能なロボットを実装し、異なる手指動作を伴う抱擁の評価実験を実施した。

*連絡先： 関西大学総合情報学部総合情報学科
〒 569-1095 大阪府 高槻市霊仙寺町 2-1-1
E-mail: k368213@kansai-u.ac.jp

2 関連研究

2.1 ロボットとの抱擁

人とロボットのインタラクションにおいて、身体的接触がもたらす影響に関する研究が進められている。特に、人間同士の接触が心理的・生理的にポジティブな影響を与えることが明らかになっていることから、その効果がロボットとの相互作用にも適用されるかどうかが目されている [16].

このような背景のもと、塩見らは、ロボットが人を抱き返すことが人々の向社会的行動やロボットとのインタラクションに及ぼす影響について調査した [17]. 彼らはクマ型ロボット「Moffuly」を開発し、ロボットが抱擁に対して抱き返しを行う条件と、単に抱擁を受けるだけの条件を比較する実験を行った。その結果、ロボットに抱き返された被験者は、抱き返されなかった被験者に比べてより多くの募金を行う傾向を示した。また、抱き返しを受けた被験者は、ロボットとのインタラクションをより長く継続することが確認された。この結果は、人間同士の接触が向社会的行動を促進する Midas touch 効果 [11] が、ロボットとの接触にも適用される可能性を示唆している。

Midas touch 効果とは、身体的接触を受けた人々がより親しみを感じ、他者に対して利他的な行動をとる現象である [18, 19, 20]. 例えば、飲食店において店員が軽く肩に触れると、客がより多くのチップを支払う傾向があることが報告されている。塩見らはこのような効果がロボットとのインタラクションにも適用可能であることを示し、ロボットの身体的接触が社会的相互作用において重要な役割を果たす可能性を示唆している [21, 22].

また、遠隔コミュニケーションデバイス『ハグビー』を用いた研究 [23, 24, 25] が行われており、抱擁の効果による親密な遠隔コミュニケーションの実現性が示されており、抱擁ロボット分野の拡張性がより期待される。

さらに、Alexis らは「柔らかいこと」「暖かいこと」「人間と同じサイズであること」「ユーザーを視覚的に認識すること」「ユーザーのサイズと位置に合わせて抱擁を調整すること」「ユーザーがハグを終えたいと時に確実に離すこと」の6つの抱擁の戒めを提案しており、これらの原則に従うロボットはロボット全般に対するユーザとのインタラクションを改善することを示した [15].

2.2 人間同士の抱擁

人間同士の抱擁が安心感やストレス軽減に寄与することがこれまでの研究から示されている。抱擁は、親密さや信頼感を形成するだけでなく、ホルモン分泌や

自律神経系にも影響を及ぼすことが明らかになっている。たとえば、kosfeld は、抱きしめる行為によってオキシトシンが分泌され、他者への信頼感が高まることを示した [10]. オキシトシンは愛情ホルモンや絆ホルモンとも呼ばれ、人間関係の構築やストレス緩和に重要な役割を果たすとされている。また、Jakubiak は、抱擁がストレスの軽減や感情の安定に与える影響を実験的に検証し、パートナーとのハグが不安や緊張を低減し、心理的な安心感をもたらすことを明らかにした。さらに、Crusco による Midas touch 効果の研究では、軽い触れ合いが人間の行動や感情にポジティブな影響を与えることが示されている [11]. この研究では、レストランのウェイトレスが客にお釣りを渡す際に軽く触れることで、チップの額が増加するという結果が得られた。これは、触れ合いが無意識のうちに相手の心理状態や行動に影響を及ぼすことを示唆しており、人間関係の構築において触覚が重要な役割を果たしていることを示す一例である。Field も、人間同士のスキンシップがストレスホルモンであるコルチゾールの分泌を抑制し、リラックス状態を促進することを報告している [26]. また、Gallace は、触覚が社会的コミュニケーションにはたす役割について包括的なレビューを行い、触れ合いが信頼感や協調性を高めるだけでなく、心理的健康にも好影響を与えることを指摘している。

これらの研究から、抱擁は単なる物理的接触ではなく、心理的な安定やストレス軽減、信頼関係の構築に重要な役割を果たしていることがわかる。このような効果をロボットでも生み出すことができれば人々の幸福感を向上させることにつながると考えられる。

2.3 触覚インタラクション

身体接触は、人間関係の中で重要な場面であり、お互いへの影響力が大きいとされる [27]. 一方人と共存するロボットは、人の心へ影響を与えるため主観的評価を受ける機械とされており、ペット動物のように自由な意思を持った生物のように動作し、人と身体的にインタラクトするロボットが開発されている [28, 29].

棟方は、ロボットの外観や触覚がユーザとのインタラクションに与える影響を調査し、ロボットの外観よりも皮膚感覚によってユーザの愛着形成が促進されることを示した [30]. この知見は、ロボットの手指の動作が単なる物理的な接触にとどまらず、相手に与える心理的影響を左右する可能性を示唆している。

さらに、ロボットとの触覚インタラクションに関する研究も進んでおり、hoffman らは、ロボットによる非機能的なタッチが、人間がロボットと交流する際の行動や評価にどのような影響を与えるかを調査し、ロボットに対する主観的な評価の有意差は見られなかつ

たが、人間の感情状態と行動に肯定的な影響をもたらすことを明らかにした [31].

また塩見らは、人間同士の関係性や状況がタッチインタラクションにどのように影響するかを調査し、ソーシャルロボットのタッチインタラクション設計においては、人間とロボットの関係性に応じてタッチの接触部位や接触方法を変える必要があると結論付けられている。例えば、日常のパートナーとしてのソーシャルロボットにはハグが、カウンセリングロボットには初対面では片手での接触、その後接触面積を増やすといったデザインが考えられる [32]. このように、人間同士の触れ合いに近い触覚インタラクションをロボットにも実現することで、ロボットが単なる道具としてではなく、より信頼できる存在として受け入れられる可能性が示唆されている。

3 提案システム

3.1 システム概要

本研究では、各3自由度の腕と独立駆動型の5本指ロボットハンドを搭載した抱擁ロボットを開発した。以下にシステムのハードウェア構成と制御ソフトウェアについて述べる。

3.2 ハードウェア構成

3.2.1 ロボット本体

抱擁ロボット本体の外観を図1に示す。ロボットは、セミヒューマノイド型で抱擁の再現に必要な部位に留め、不気味の谷現象 [33] を回避するため顔部分を持たない。

ハードウェアを構成する電子部品は、表1に示すとおり、制御用マイコン、各サーボモータのためのモータドライバ、腕部と手指部分の各サーボモータである。また、ロボットのフレームや外装などは3DCADで設計を行い、3Dプリンタで出力した。素材に関しては、フレーム部分と外装部分にはPLA Silkを使用し、負荷のかかりやすいサーボモータのブラケット部分には炭素繊維を配合したPLA-CFを使用することによって、金属性の加工部品よりも安価で、十分な耐久性を持たせた。

3.2.2 ロボットハンド

抱擁ロボットには5本指の独立駆動型ロボットハンドを搭載している。

ロボットハンドの構造は、実際の人間の手の構造を模倣した。人間の指の構造は、図2に示すようになっ

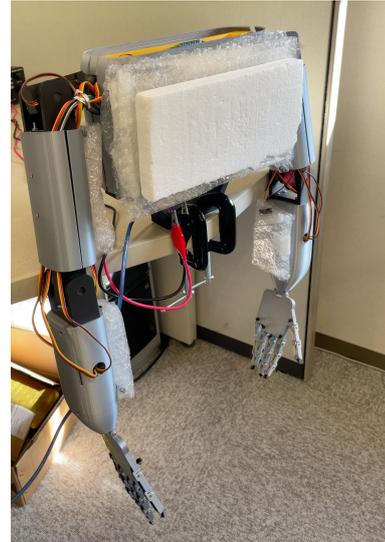


図 1: 抱擁ロボット本体

表 1: ハードウェア構成部品

分類	名称
マイコン	Arduino Mega
モータドライバ	pca9685
小型デジタルサーボ	sg92r
デジタルサーボ	ds3218

ている [34]. 親指を除く4本の指は、それぞれDIP関節(指先関節)、PIP関節(指中関節)、MCP関節(指根本関節)の3つの関節で構成されている。親指のみ、IP関節、MP関節から構成されており、付け根の部分にはCM関節があるが、制作したロボットハンドでは、CM関節のみ省略している。

実際に制作したロボットハンドの外観を図3に示す。また、図4に示すように手指動作の動力源となる小型サーボモータは前腕の内部に収まるように設計している。

3.3 ソフトウェア構成

ArduinoMegaにbottangoドライバをインストールし、ノートパソコンのbottangoソフトからモーションの作成とマイコンへの実行コードの書き込みを行った。bottangoソフト上で、モーション作成を行っている様子を図5に示す。

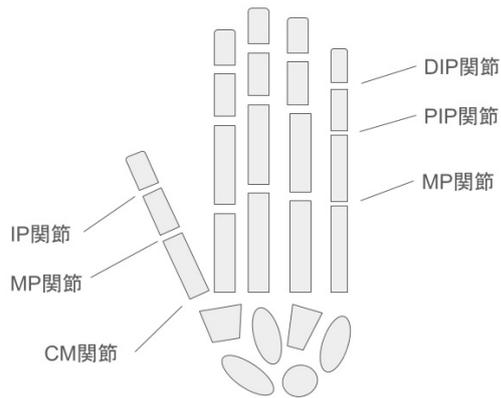


図 2: 手の骨格

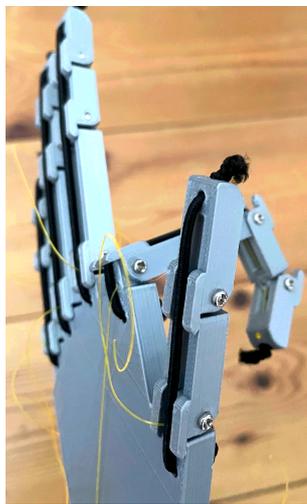


図 3: ロボットハンド

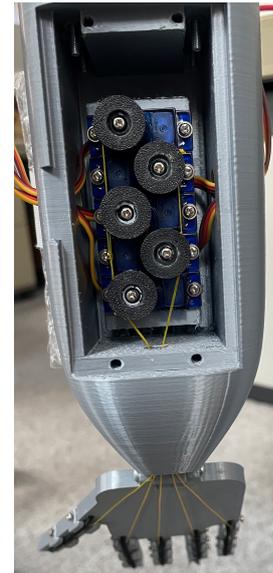


図 4: ロボットアーム内部

4 実験

4.1 実験概要

本研究では、ロボットとの抱擁時の手指動作があること、および動作パターンの違い、のそれぞれの影響を検証するため2種類の実験を行った。

4.2 実験共通の実験参加者

本実験には、20-27歳（平均年齢：22.05歳，標準偏差：1.356）の男性15名，女性5名の計20名が参加した。

4.3 実験共通の手順

本実験では、開発したロボットに向き合う形で実験参加者が座り、ロボットの肩がユーザの脇の高さとなり、ユーザが上から見る立ち位置で抱きしめられるよう設定した。そのため、評価は対面で実施し、前後のシナリオはなく、正面からのロボットの抱擁がどのような印象をもたらしたかについて、Google Formsを用いて各質問項目に対し7段階リッカート尺度での印象評価を求めた。

4.4 実験1：手指動作の有無

4.4.1 仮説

H1-1) 手指動作がないと、思いやりを感じる

H1-2) 手指動作があると、強く求められているように感じる

H2-1) 手指動作があると、ロボットに触れられることに抵抗を感じる

4.4.2 実験条件

要因 A 手指動作

A1 動作なし

A2 動作あり

の計1要因2条件の被験者内実験計画を実施した。

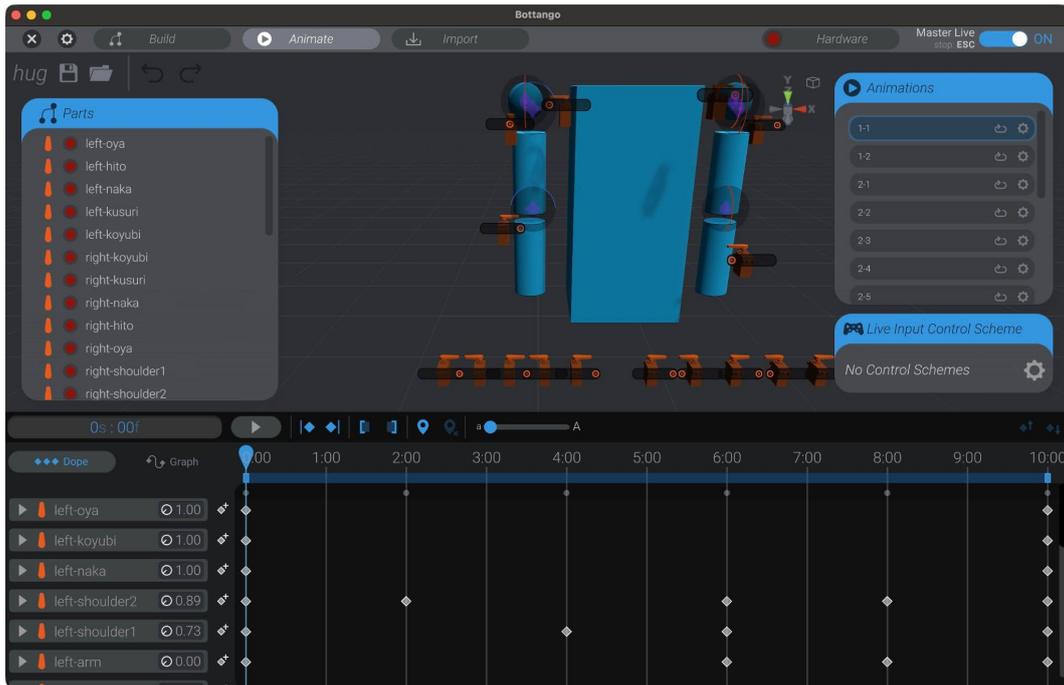


図 5: bottango の操作画面

4.4.3 評価項目

- Q1 ロボットからの思いやりを感じた (H1-1)
- Q2 ロボットから強く求められているように感じた (H1-2)
- Q3 ロボットに触れられることに抵抗を感じた (H2-1)

4.4.4 実験結果

実験により得られた各質問項目に対する回答データに対して、有意水準 $\alpha=0.05$ で t 検定を実施した。検定結果を表 2 に、平均値と標準偏差を図 6 にそれぞれ示す。まず Q1 においては、 $A2 > A1$ となる有意傾向が示唆された。また Q2 については、 $A2 > A1$ が示された。Q3 については A1, A2 の間に有意差は確認されなかった。

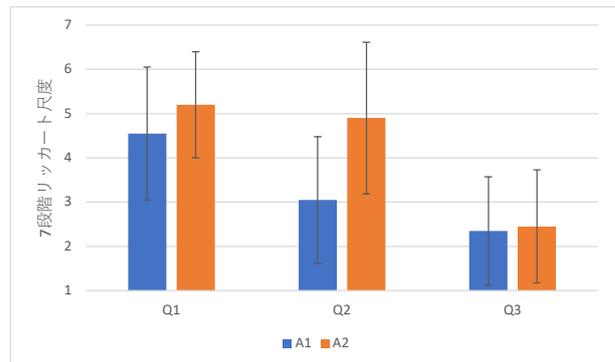


図 6: 平均値と標準偏差 (実験 1)

表 2: t 検定結果

	要因 A	
	t	p
Q1	-1.898	.073
Q2	-5.176	<.001*
Q3	-0.400	.694

4.5 実験 2: 手指動作の動きの違い

4.5.1 仮説

- H1-1) 各手指が非同期的に動作した場合に子供らしさを感じる
- H1-2) 各手指が一斉に動作した場合に安心感を感じる
- H2-1) 各手指が非同期的に動作した場合や、強い抱擁を受けた場合に抵抗を感じる
- H3-1) 強い抱擁かつ各手指が一斉に動作すると求められているように強く感じる

H3-2) 強い抱擁かつ各手指が非同期的に動作すると思
いやりを強く感じる

4.5.2 実験条件

要因 A 手指動作の同時性

A1 一斉動作

A2 非同期的動作

要因 B 手指動作の回数

B1 1回

B2 複数回

要因 C 抱擁強度

C1 弱い

C2 強い

の計 3 要因 8 条件の被験者内実験計画を実施した。

4.5.3 評価項目

Q1 ロボットに子供らしさを感じた (H1-1)

Q2 ロボットに安心感を感じた (H1-2)

Q3 ロボットに触れられることに抵抗を感じた (H2-1)

Q4 ロボットから強く求められているように感じた (H3-1)

Q5 ロボットからの思いやりを感じた (H3-2)

4.5.4 実験結果

実験により得られた各質問項目に対する回答データに対して、有意水準 $\alpha=0.05$ で三元配置分散分析を実施した。分散分析の結果を表 3、表 4、表 5 に、平均値と標準偏差を図 7 にそれぞれ示す。まず Q1 では $C2 > C1$ が示された。Q2、Q3 では各主要因においては有意差が確認されなかったが、Q2 では要因 AB 間において交互作用が確認された。Q4 では、要因 A において $A2 > A1$ 、要因 B において $B2 > B1$ が示された。また Q5 では、要因 A において $A1 > A2$ 、要因 C において $C1 > C2$ となる有意傾向が示唆された。

5 考察

5.1 手指動作の存在と抱擁の印象

実験 1 の結果は、手指動作の有無がロボットに対する受容者の心理的評価に有意な影響を及ぼすことを示している。特に手指動作を伴う場合に、ロボットから強く求められているという感覚が引き起こされた要因としては、手指動作がロボットの意図や情動を補完する非言語情報として機能し、ロボットを独自の意思を持つエージェントとして認識したことが考えられる。また、物理的な接触において手指動作は刺激の解像度を高め、身体的な密着感を強固にする役割を果たしたとも考えられる。これらの要因が作用することで、ロボットの抱擁動作が単なる物理現象ではなく、自身への配慮や思いやりを伴う能動的な働きかけとして解釈された可能性があり、手指という多自由度な部位が、ロボットとの情動的なインタラクションを深化させる上で重要な役割を持つことが示唆された。

5.2 手指動作のパターンと抱擁強度

実験 2 の結果は、手指動作のパターンや抱擁の強度が、ロボットに対する心理的受容の質を変容させることを示している。まず、複数回の手指動作が、ロボットから強く求められているという感覚を高めた要因としては、単発の動作よりも一度緩めてから再度握るといった継続的な変化が、名残惜しさや対象への執着を表すサインとして機能したためと考えられる。動作の同時性において、非同期的な動作が強く求められているという感覚を高める一方で、同時動作が思いやりとして受容された点は、非同期的な動作が時制の利かない要求を、同時動作が抑制の効いた配慮をそれぞれ想起させた可能性が考えられる。また、抱擁の強度が子供らしさや思いやりという対称的な属性に寄与したことは、力の制御の未熟さ(愛情の表出)、あるいは受容者への負荷低減(配慮)として解釈されたことが考えられる。さらに、安心感の評価において、手指動作の同時性と回数間に有意な交互作用が確認されたことは、ロボットによる接触刺激において、動作の頻度と時間的整合性が複合的に影響を及ぼすことを示唆している。特に、手指動作を複数回行う条件下において、同時的な動作が非同期的な動作よりも有意に高い安心感をもたらした要因としては、動作の予測可能性と知覚的バイアスが考えられる。複数回の非同期的な動作は、受容者にとって刺激のタイミングが不規則に感じられやすく、ロボットの挙動に対する予期せぬ変化として警戒心や違和感を引き起こした可能性がある。対症的に、複数回の同時的な動作は、一定のリズムを伴う対症的

表 3: 分散分析結果

	要因 A		要因 B		要因 C	
	F	p	F	p	F	p
Q1	1.748	.202	0.025	.875	5.373	.032*
Q2	2.423	.136	0.017	.869	1.443	.244
Q3	0.079	.781	2.789	.111	0.226	.640
Q4	5.318	.033*	4.498	.047*	0.293	.595
Q5	3.581	.074	2.436	.135	4.061	.058

表 4: 分散分析結果 (2 要因間交互作用)

	AB			AC			BC		
	F	p	単純主効果	F	p	単純主効果	F	p	単純主効果
Q1	0.172	.683		0.207	.654		0.117	.736	
Q2	12.459	.002*	A(b2), B(a1)	0.145	.708		1.223	.283	
Q3	0.835	.372		0.000	1.000		0.068	.797	
Q4	0.151	.702		0.345	.564		1.275	.273	B(c1)
Q5	3.209	.089		1.498	.236	A(c2), C(a2)	1.115	.304	B(c1), C(b1)

な刺激として受容され抱擁における安定感を強化したと考えられる。

6 おわりに

本研究では、抱擁ロボットにおける手指動作の有無やパターンがユーザに及ぼす心理的影響を明らかにするため、ロボットを構成し検証した。その結果、手指動作の有無やパターンの違いはロボットから求められているという感覚影響を与え、抱擁の強度によって子供らしさや思いやりの感覚に影響があった。一方、ロボットの接触に対する不快感には、これらの違いによる影響は見られなかった。今後は、視線もユーザ入力として受け付けることや、ユーザの拒絶に対する反応を含めた抱擁インタラクションの検討、および睡眠障害などの課題解決に向けた抱擁接触表現 [35] の応用にも取り組んでいきたい。

謝辞

本研究は一部 JSPS 科研費 23K11278, 22K19792, 24K02977 の助成を受けた。

参考文献

[1] 小野哲雄, 今井倫太, 石黒浩, 中津良平: 身体表現を用いた人とロボットの共創対話, 情報処理学会論文誌, Vol. 42, No. 6, pp. 1348-1358 (2001).

[2] 横山真男, 青山一美, 菊池英明, 帆足啓一郎, 白井克彦: 人間型ロボットの対話インタフェースにおける発話交替時の非言語情報の制御, 情報処理学会論文誌, Vol. 40, No. 2, pp. 487-496 (1999).

[3] 畑野相子: 在宅一人暮らし高齢者の日常生活における人形ロボットの役割, *Core Ethics*, Vol. 14, p. 211-222 (2018).

[4] 谷崎悠平, ジメネスフェリックス, 吉川大弘, 古橋武: 教育支援ロボットの表情変化と身体動作による共感表出法に関する印象実験, 知能と情報, Vol. 30, No. 5, pp. 700-708 (2018).

[5] 加納政芳, 清水太郎: なにもできないロボット Babyloid の開発, 日本ロボット学会誌, Vol. 29, No. 3, pp. 298-305 (2011).

[6] 中基久和巨, 李昇姫, 北島宗雄, 星野准一: KINJIRO: 音読学習支援アニマトロニクス, 芸術科学会論文誌, Vol. 17, No. 1, pp. 31-40 (2018).

[7] 橋本周司: 人間と共生するロボットの実現へ向けて, 映像情報メディア学会誌, Vol. 1, No. 57, pp. 29-31 (2003).

[8] 森川治, 橋本佐由理, 前迫孝憲: ME203 子育てストレス軽減のための抱擁を取り入れた遠隔カウンセリング支援, 福祉工学シンポジウム講演論文集, Vol. 2007, pp. 125-126 (2007).

[9] 森川 治, 橋本佐由理, 前迫孝憲: 仮想的な抱擁を取り入れた遠隔カウンセリングシステム (「安

表 5: 分散分析結果 (3 要因間交互作用)

	ABC		単純・単純交互作用
	F	p	
Q1	0.173	.682	
Q2	0.383	.543	A(c2 b2)
Q3	0.043	.837	
Q4	0.068	.798	B(a2 c1)
Q5	1.629	.217	B(a2 c2)

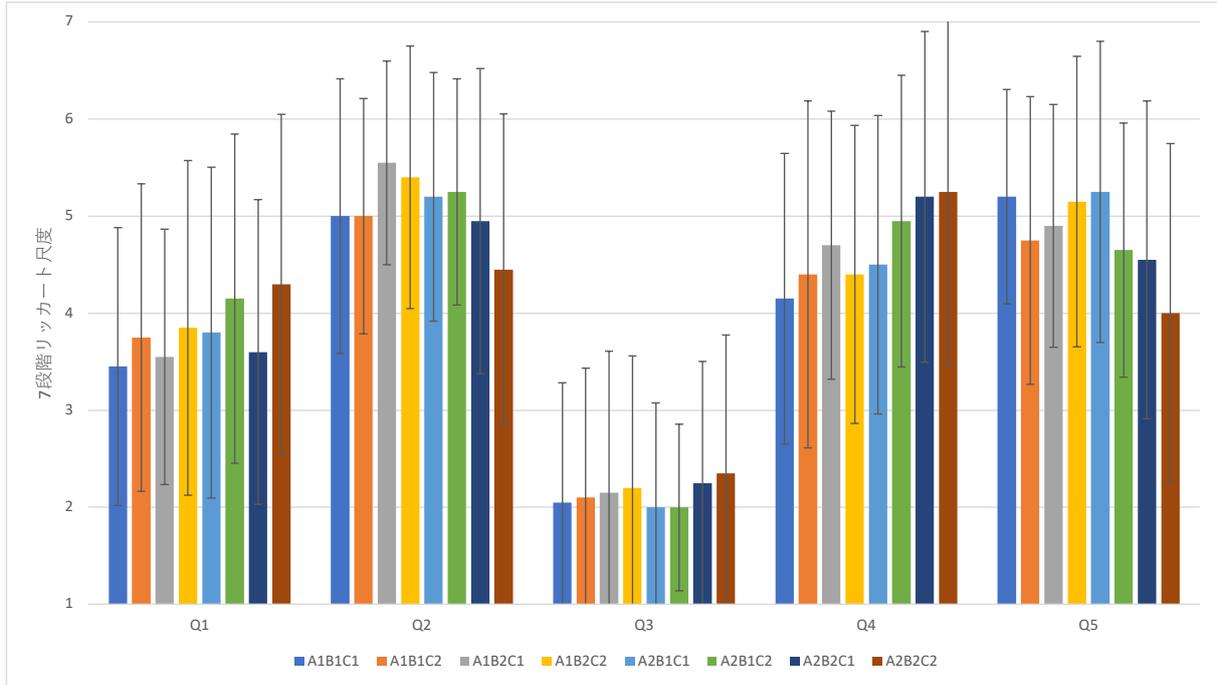


図 7: 平均値と標準偏差 (実験 2)

全・安心 VR」特集), 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 14, No. 1, pp. 3–10 (2009).

- [10] Kosfeld, M., Heinrichs, M., Zak, P. J., Fischbacher, U. and Fehr, E.: Oxytocin increases trust in humans, *nature*, Vol. 435, No. 2, pp. 673–676 (2005).
- [11] H., A., Crusco, C. G. and Wetzel: The midas touch the effects of interpersonal touch on restaurant tipping, *Personality and Social Psychology Bulletin*, Vol. 10, No. 4, pp. 512–517 (1984).
- [12] 中田彩, 塩見昌裕, 神原誠之, 萩田紀博: ロボットとの身体的接触は自己開示を促すか, *The 31st Annual Conference of the Japanese Society for Artificial intelligence*, pp. 1–2 (2017).

- [13] Stiehl, W. D., Lieberman, J., Breazeal, C., Basel, L., Cooper, R., Knight, H., Lalla, L., Maymin, A. and Purchase, S.: The Haggable: A Therapeutic Robotic Companion for Relational, Affective Touch, *2006 3rd IEEE Consumer Communications and Networking Conference*, Vol. 2 (2006).
- [14] Stiehl, W. D. and Breazeal, C.: Affective Touch for Robotic Companions, *presented at First International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction* (2005).
- [15] Goris, K., Saldien, J., Vanderborght, B. and Lefeber, D.: Probo, an Intelligent Huggable Robot for HRI Studies with Children, *Human-Robot Interaction*, pp. 33–42 (online), 10.5772/8129 (2010).

- [16] K, B., Jakubiak, C., B. and Feeney: Keep in touch: The effects of imagined touch support on stress and exploration, *Journal of Experimental Social Psychology*, Vol. 65, No. 1, pp. 59–67 (2016).
- [17] 中田彩, 塩見昌裕, 神原誠之, 萩田紀博: ロボットからの抱き返しは向社会的行動と相互作用を促進するか, 情報処理学会インタラクシオン, pp. 45–52 (2016).
- [18] Takemura, K.: The effect of interpersonal sentiments on behavioral intention of helping behavior among Japanese students, *The Journal of Social Psychology*, Vol. 133, No. 5, pp. 675–681 (1993).
- [19] Jeffrey D. Fisher, Marvin Rytting, R. H.: Hands touching hands: Affective and Evaluative Effect, *Sociometry*, Vol. 39, No. 4, pp. 416–421 (1976).
- [20] Gueguen, N.: awareness of touch, and compliance with a request, *Perceptual and Motor Skills*, Vol. 95, No. 2, pp. 355–360 (2002).
- [21] 大西裕也, 住岡英信, 塩見昌裕: ユーザの接触に合わせて抱き返す抱擁ロボットの開発, 情報処理学会インタラクシオン, pp. 265–266 (2023).
- [22] 大西裕也, 住岡英信, 塩見昌裕: ユーザの状況に適した抱擁時の撫で, 叩き動作の探索, 情報処理学会インタラクシオン, pp. 325–326 (2022).
- [23] 桑村海光, 境くりま, 港隆史, 西尾修一, 石黒浩: 遠隔コミュニケーションにおける抱擁の効果, HAI シンポジウム, pp. 1B–3 (2012).
- [24] 森田貴美子, 住岡英信: 抱擁型コミュニケーションメディアによる人への効果およびさらなる触感向上を目指した取り組み, 維新製品消費科学, Vol. 58, No. 8, pp. 664–669 (2017).
- [25] 小川浩平, 住岡英信, 石黒浩: 感情でつなげるロボット対話システム, 人工知能, Vol. 31, No. 5, pp. 650–655 (2016).
- [26] Field, T.: Touch for socioemotional and physical well-being: A review, *Developmental Review*, Vol. 30, No. 4, pp. 367–383 (2010).
- [27] 鈴木晶夫: 非言語行動を手がかりとした人間関係研究—身体接触を中心に—, 心身健康科学, Vol. 1, No. 10, pp. 5–9 (2014).
- [28] 瀬島吉裕, 佐藤洋一郎, 渡辺富夫: 親近感向上のための身体接触駆動型瞳孔反応ペットロボットの評価, 年次大会, p. S12101 (オンライン), 10.1299/jsmemecj.2019.S12101 (2019).
- [29] 瀬島吉裕, 川本宙輝, 佐藤洋一郎, 渡辺富夫: 瞳孔反応ペットロボットにおける身体接触に同調した瞳孔拡大表現の効果, 設計工学・システム部門講演会講演論文集, p. 1411 (オンライン), 10.1299/jsmesds.2019.29.1411 (2019).
- [30] 棟方渚: ロボットに対する愛着行動の解析, 日本ロボット学会誌, Vol. 32, No. 8, pp. 696–699 (2014).
- [31] Hoffmann, L. and Kramer, N.: The persuasive power of robot touch. Behavioral and evaluative consequences of non-functional touch from a robot, *PLoS ONE*, p. e0249554 (online), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249554> (2021).
- [32] Onishi, Y., Sumioka, H. and Shiomi, M.: Increasing Torso Contact: Comparing Human-Human Relationships and Situations, *Social Robotics(ICSR 2021)*, pp. 616–625 (2021).
- [33] Mori, M.: The Uncanny Valley, *IEEE ROBOTICS & AUTOMATION MAGAZINE*, Vol. 19, No. 2, pp. 98–100 (2012).
- [34] 岡田徳次: 指の運動と手作業の分析, *Society of Biomechanisms Japan*, pp. 134–144 (2010).
- [35] Zhang, Y., Wan, X. and Yonezawa, T.: Elderly sleep support agent using physical contact presence by visual and tactile presentation, *HCI2021 Human Aspects of IT for the Aged Population. Supporting Everyday Life Activities*, pp. 348–362 (2021).