

触れ合いにおける内部状態表出と 感情解釈におけるモデル化の一検討

Modeling manners of physical contact expressing internal state

米澤朋子^{1*} 山添大丈²
Tomoko Yonezawa¹ Hirotake Yamazoe²

¹ 関西大学

¹ Kansai University

² 立命館大学

² Ritsumeikan University

Abstract: Our research aims at emotional bi-directional physical contact between human and robot. In this paper, we consider a model of robot's touching behavior in human-robot interaction using cycle duration and length of the touched place on a human user's arm. The robot is equipped with servomotors for controlling its left arm. The results of factor analysis showed four factors that are not only related to positive/negative or active/inactive but also related to conscience and rational nature. From the verification of linear regression analysis and analysis of variance (ANOVA), there were some candidates for improving our model for the robot's expression.

1 はじめに

近年の日本や諸外国の一部では、高齢化社会や核家族化が進むのに伴い、単独生活者が増えている。また、単独生活でなくても、生産年齢人口にあたる家族が外出している際に、生活シーンの多くが単独となる人もいる。他者、特に家族とのコミュニケーションにおけるふれあいの機会が減っていると考えられる。介護者やベビーシッターなどは、生産年齢の家族に代わり家庭内での役割家事や世話を果たす中で、対象者の理解を得ながら支援を進めるため、被介護者や被保育者に触れたり話しかけたりすることで、ふれあいを通じて安心感と社会的刺激をもたらしているといえる。介護者の人材不足により、理解を得ながら支援や世話をするプロセスに手間をかけられず、触れ合うようなコミュニケーションの機会を持つことは実際は難しい。

人間は生まれてから母子間のスキンシップや様々な他者との親密なコミュニケーションを経験し、子供の健全な発達にも重要な影響を及ぼすとされる[1, 2]。原始的な情動や感情を伴うコミュニケーションは、成長に伴い他の言語/非言語表現に代替されるが、もっとも親密な表現モダリティといえる[3]。

身体的な接触は関係性に依じて可触の身体領域がある[4]。他者の身体に対し握手やハイタッチなどを含む

社会的接触を意味する Social touch[5, 6] は、愛着など感情的感覚をもたらす[7, 8]。このような接触を通じ他者の感情をある程度理解しうることが示された[9]。

我々はこれまでに、ロボットやエージェント等の擬人化システム[10]を被介護者に寄り添う介護者のような存在とすることを目指し[11, 12, 13, 14, 15]、日常の視線コミュニケーションロボット[11]や、遠隔対話支援ロボット[13]や、案内板ロボット[12]、ユーザの上腕に抱きつくスキンシップロボット[14]を開発してきた。コミュニケーションのための様々なモダリティにおいて、視線や話しかける音声の影響や兼ね合い[15]だけでなく、触覚刺激にも焦点を当てて研究を進めてきた。さらに長期的および短期的なふれあいを想定し、通知的な触覚提示だけでなく、感情的な伝達を含む双方向の接触コミュニケーションについても検討を進めている[16]。

認知症介護におけるケア技法として、Humanitude[17]やValidation[18]が知られている。Humanitude[17]は、被介護者の人格を尊重した態度として(1)被介護者の視界に入り視線を合わせ、(2)被介護者の体に触れ、(3)被介護者に声を掛け、(4)被介護者を歩かせる、という段階的なプロセスを通じたケアであり、自立的行動への支援を目的とした手法として知られる。Validation[18]はさらに詳細なアプローチだが、基本的には相手への共感と尊重の態度に重きが置かれており、被介護者を引き付け、コンセンサスを得ながら対

*連絡先： 関西大学
569-1095 高槻市霊仙寺 2-1-1
E-mail: yone@kansai-u.ac.jp

話する手法と言える。中でも、接触を行うプロセスは、相手の気持ちを汲み取ったり、安心感を与えたりする上で、重要な役割を果たしている。

相互接触は、高齢者の介護や子供の世話を通じたコミュニケーションだけでなく、母子間における原始的なコミュニケーションから行われており、発達とともに徐々に代替モダリティに置き換わる [3]。つまり、触れ合いは人間同士のコミュニケーションにおける最も親密なモダリティであり、人間の社会性の入り口とも考えられる。よって、Humanitude や Validation の温かい共感的なコミュニケーション技法は、認知症患者だけでなく、子供や身体的・肉体的に外出しづらい人々を含む支援やコミュニケーションの機会が必要な様々な人々に対して有効だと考えられる [19]。そのため、相互的な接触 [20, 16] に着目した。ロボットが、介護者のように相手を押し量って相手のために触れたり、自身を表現するために触れたり、触れられたことから相手の内部状態を解釈するといった相互的な接触によるコミュニケーションを行うためには、ユーザによる触れ方を検知し、触れ方から感情などを推測する機能 [21, 22] だけでなく、触れ方による感情の再現を機械的制御で実現することが必要となる。

そこで本稿では、相互的な接触コミュニケーションを想定し、人間がロボットからの接触を受ける際にロボットのどのような内部状態を想定するかを検証するため、人間の上腕部に対するロボットの触れ方のモデル化を試みた。特に、撫でる、ポンポン叩く、抱きしめる、といった触れ方を包含するよう、反復する接触の速度や周期の時間長と、接触面積の重心の移動に焦点を当て、因子分析、分散分析、回帰分析を実施した。

コミュニケーションにおける接触には、誰が (who) 誰に (whom) 触れたか、接触の主体のどこ (where) が被接触者のどこ (to where) に触れたか、という情報は、コミュニケーションの意図や意味をつかさどるといえる [4]。それと同時に重要なのがどのように触れたか (how) という触れ方の情報と考えられる。どのくらいの強さで触れたか、どのくらい長く触れたか、といった情報を手掛かりとして、意識的または無意識的な伝達がなされる。このような触れ方の情報について分析していくため、次節に述べるモデルを検討する。

2 接触における周期的なモデルとプロトタイプ

2.1 移動距離と周期

何らかの接触を随意的に行う際、触る側もその受け取り手も、どのような触れ方かをカテゴライズしていることが多い。例えば、誰かに抱きしめられた、とい

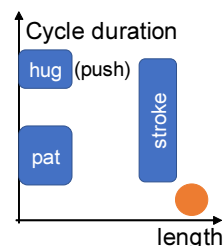


図 1: 周期の長さとの接触移動距離

う感覚は、他のどの触れ方とも違っていると捉えており、撫でられた、と同時に感じることはない。

なでる・さする、叩く、握る・つかむ・抱きしめる、つねる・つまむ、振る・ゆする、といった接触に関わる様々な表現がある。中でも、我々はこれまでに、人間のぬいぐるみロボットに対する、なでる、叩く (ポンポンする)、抱きしめる、の3種類の触れ方の接触圧力マップデータを取得し分析してきた [21, 22]。その結果、触れ方によって強さや繰り返し回数が異なるという傾向が示された。

ここで、様々な触れ方を連続的に表し、触れられた側の感覚を分析するキーとしてこの値を用いることを検討する。このように、触れ方をパラメトリックに扱うことで、内部状態の反映を伴う触れ方の再現にも寄与すると考えられる。

様々な接触の中でも、一方的ではなくコミュニケーション内での意図伝達に使われる、比較的長期的な接触として、なでる、ポンポンする、抱きしめる、を取り上げると、抱きしめる以外は周期性のある接触と言える。更に、抱きしめる、の表現の中でも、データ取得実験 [21, 22] における様子を見ると、ゆっくりとした周期で上半身を動かす (ゆする)、抱きしめる手の強さが強弱を繰り返す、抱きしめて離した抱きしめるといった、といったパターンも見受けられた。このことから、長時間の接触を周期性のある接触であると仮定した。

次に、接触には接触面積の広さや接触強度、接触回数や時間的な長さといった情報がある。この中で、接触面積の限られた手や指先などで相手に触れる時に、周期性 (速度) と移動距離を取り上げることとした。接触したまま移動するパターンとしては線状、弧状や楕円状が考えられるが、まずシンプルなモデルで検証に臨むため線状の移動を反復することとした。周期と移動距離を変化させることで、様々な接触が表せる。例えばなでる場合には移動距離がある程度長く周期があり、ポンポンする場合には移動距離をほぼゼロに近づける。また、抱きしめる (押す) を模するためには移動距離をゼロに近づけながら周期を長くする (図 1 参照)。

ここで、接触時に接触面を移動させることは摩擦を伴い、触る側の表現意図が見れると考えた。また、周

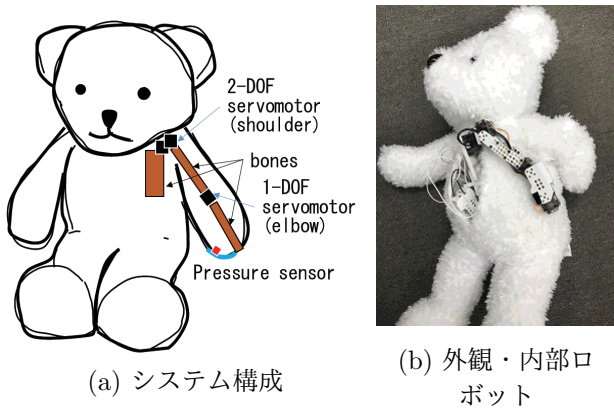


図 2: プロトタイプシステム

期が限りなく遅いと繰り返しの刺激として認識されずアクティブな意図を伝える目的を果たさなくなる可能性がある。よって、周期が早いほど、また、移動距離が長いほど、伝達性や表現強度が向上すると考え、下記を仮定した。

$$exp. = length \cdot a - duration \cdot b - length \cdot duration \cdot c + d$$

ただし a, b, c, d を正の実数とする。

2.2 プロトタイプシステム

本研究のために実装したプロトタイプシステムのシステム構成とその外観と内部のロボットを図2に示す。

プロトタイプシステムは、頭から臀部までの体長43cmのクマのぬいぐるみを外装としたぬいぐるみロボットである。左腕に3自由度(肩2自由度・肘1自由度)を持つように、サーボモータ3個(Robotis Dynamixel XL-320)を設置した。左腕の指先には、指先と人との接触状況を把握するための圧力センサ(株式会社アールティ PAW センサ)を搭載しているが、本研究の実験では用いていない。また、サーボモータやセンサの制御用にマイコン(Robotis OpenCM)を搭載している。Windows PC と USB 経由で接続されており、Windows PC から動作の指示を行うことができる。

次に、周期長と接触移動距離の変化を用いてロボットによる様々な触る動作を実現する際の実装デザインを説明する。周期運動の接触動作としては、直線の往復運動が挙げられ、ここで、始点と終点の速度が0で、真ん中で最高速となるようなデザインとして、 $\cos(2\pi t)$, ($t = 0, \dots, 1$) に基づく動作が考えられる。ただし、本研究では往復運動ではなく、上から下への接触運動に着目するため、接触時には $\cos(2\pi t)$, ($t = 0, \dots, 0.5$) に基づく直線運動で移動し、戻るときには半楕円上を移動するような動作とした。ここで、楕円上に腕先を移動させるのは困難であり、円周部分は接触部分でもないため、実際には、図3に示す動作により近似した。接触移動

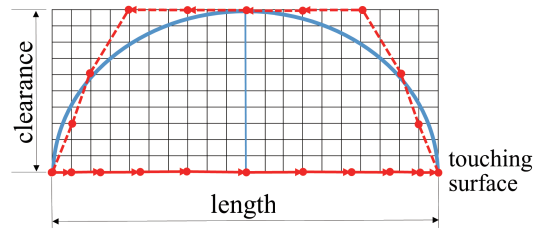


図 3: ロボット左腕の動作デザイン

距離 (length) は動作条件によって変化し、腕上げ量 (clearance) は接触移動距離の変化に関わらず一定としている。1周期中の接触時(径部分)と非接触時(円周部分)に要する時間は同じとしており、例えば1周期1秒の場合には0.5秒間接触することとなる。

3 実験

ぬいぐるみロボットの腕を使った接触における、振れ幅 (length), および時間長 (duration) の影響を解析するため、下記の実験を行った。

被験者: 20-29歳(平均22.9歳, 標準偏差2.32)の21名(男性10名女性9名)。

仮説: 1) ぬいぐるみからの接触における振れ幅 (length) と時間長 (duration) はぬいぐるみに対する印象に影響する。2) 印象に関わる因子分析の結果の各因子に対しても、length と duration は影響する。3) length と duration はぬいぐるみに対する印象において回帰式に当てはめられる。

実験条件: 接触の移動距離である length 要因(要因A)の3水準として0.5, 1, 4 [inch]の振れ幅 (a_1, a_2, a_3 水準), および接触時間の周期である duration 要因(要因B)の3水準として0.5, 1, 4 [sec]の周期 (b_1, b_2, b_3 水準)で、合計9条件により、ぬいぐるみロボットの腕を4秒間制御することとした。つまり周期4[sec]の試行では触れるのは1回となる。

手順: まず被験者は椅子に掛け、ぬいぐるみロボットをひざ上に抱いた。次に被験者の右上腕部にぬいぐるみロボットの腕の初期位置が当たるよう位置を決定した。この際、強く押し付けすぎるとモータのトルクが摩擦に負けるため、触れていることが服の上からわかる程度の位置に調整した(図4)。教示として、各セッションの前に触れられた感触が分かりやすいよう、目を閉じるよう指示した。つまり、ぬいぐるみを抱きかかえるところまではぬいぐるみを見ており、その後目を閉じた。

実験は9条件をカウンタバランスを取って繰り返し提示し、各条件において2試行を1秒間の休憩をはさみ提示した。その後、評価項目に対し5段階で回答させた。



図 4: 実験時の抱き方とぬいぐるみ左腕先の位置

評価項目: 実験後に回答する評価項目として、まず下記の Q1-Q11 の各評価項目に対する該当する度合いについて、5:非常にあてはまる, 4:あてはまる, 3:わからない, 2:あてはまらない, 1:全くあてはまらない, の 5 段階で評価を求めた。

- Q1 ぬいぐるみは何かを伝えようとしていた,
- Q2 ぬいぐるみはあなたを慰めようとしていた,
- Q3 ぬいぐるみはあなたの感情に寄り添った,
- Q4 ぬいぐるみは感情を持つ存在だった,
- Q5 ぬいぐるみの感情は強かった,
- Q6 落ち着きを与えられた
- Q7 興奮を与えられた,
- Q8 ぬいぐるみに対し好意的に感じた,
- Q9 ぬいぐるみの様子にイライラした,
- Q10 ぬいぐるみは興奮していた,
- Q11 ぬいぐるみは良い気分だったと思う

次に以降に述べる 27 形容詞対について、いずれに近いかについて 5 段階で評価を求めた。最後に、触り方についての感触の自由記述を求めた。

4 分析

本分析では、まず 27 形容詞対についての評価を基にした因子分析から因子の抽出と因子得点の算出を行い、接触の表現性について分析する。次に、評価項目 Q1-11 と上記各因子の因子得点を分散分析し、length と duration の影響を調べ、更に回帰分析によりモデル形成に向けたパラメタ検討を行う。

4.1 接触の印象に関する因子分析

まず、実験結果の 27 形容詞対について因子分析を実施した。固有値を 1 以上とする因子が 4 つあり、Promax 回転により算出された回転後因子負荷量を得た (表 1)。

表 1: 回転後の因子負荷量と因子名

	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4
強気な-弱気な	0.883	-0.181	-0.001	-0.014
たくましい-弱々しい	0.830	0.053	-0.079	-0.135
活発な-不活発な	0.810	0.051	-0.010	0.131
はっきりした-ぼんやりした	0.755	0.007	-0.098	-0.061
熱心な-退屈な	0.732	-0.035	0.221	0.016
おしゃべりな-無口な	0.702	0.060	-0.099	0.088
にぎやかな-さびしい	0.649	0.164	-0.234	0.278
動的な-静的な	0.557	-0.005	-0.112	0.517
自由な-不自由な	0.540	0.359	0.133	0.069
敏感な-鈍感な	0.447	-0.131	0.307	0.323
硬い-やわらかい	0.211	-0.703	0.096	0.160
あたたかい-つめたい	0.019	0.879	-0.067	-0.140
気持ちの良い-気持ちの悪い	-0.090	0.787	-0.004	0.036
親しみやすい-親しみにくい	0.024	0.746	0.137	0.003
楽しい-苦しい	0.171	0.681	-0.087	0.174
幸福な-不幸な	0.166	0.678	0.118	0.047
親切な-不親切な	-0.046	0.547	0.385	-0.072
かわいらしい-にこらしい	-0.112	0.501	0.380	0.164
なめらかな-いびつな	0.309	0.413	0.295	-0.111
軽い-重い	0.115	0.183	-0.008	0.006
きちんとした-だらしない	0.120	-0.077	0.751	0.122
思いやりのある-わがままな	-0.083	0.075	0.741	-0.003
まじめな-不真面目な	-0.018	0.084	0.607	-0.085
素直な-強情な	-0.055	0.246	0.582	0.146
優しい-厳しい	-0.036	0.413	0.484	-0.042
落ち着いた-落ち着きのない	-0.301	0.139	0.476	-0.184
単純な-複雑な	0.269	0.173	0.302	0.135
因子名	活発性	温和性	誠実性	俊敏性
固有値	7.996	6.897	1.344	1.086
寄与率	29.61	25.54	4.977	4.021

この表の 0.5 を超える因子負荷量の形容詞対を見ると、第 1 因子は、強気、たくましさ、はっきりした、熱心な、といった元気な様子として活発性を表していると考えた。次に第 2 因子は、あたたかさ、やわらかさ、気持ちよさ、親しみやすさ、といった、柔和で温かい様子として温和性を表していると考えた。また第 3 因子は、きちんとした、思いやりのある、まじめ、といった、堅実で丁寧な様子として誠実性を表していると考えた。最後に第 4 因子は、第 1 因子と重複した部分も見受けられるが、動的で敏感な様子として俊敏性を表していると考えた。

活発性と温和性には感情円環 [23] のポジティブな態度を含む性質が含まれていると考えられる。また、活発性と俊敏性には感情円環のアクティブな態度を含む性質が含まれていると考えられる。誠実性に関してのみ、感情的な性質よりも慎重さや丁寧さのようなスタンスが含まれていると考えた。活発性と温和性は寄与率が高いのに対し、誠実性と俊敏性はさほど高くない。

4.2 接触の移動距離と周期に関する分散分析

次に、length と duration が主観評価に与える影響の有無を調べるため、2 要因の分散分析を行った。Q1-Q11 に対する評価の Mean opinion score (MOS) (図 5)、および、因子分析の結果抽出した各因子の因子得点 (図 6)、のそれぞれについて、分散分析を行った結果を表 2 に示す。

まず評価項目 Q1-11 に対する結果として、Q1, Q5, Q7, Q10 では要因 A(length) と要因 B(duration) の両方で有意差が見られた。この時要因 A の多重比較の結果は、 $a_3 > \{a_1, a_2\}$ であり、移動距離 length が 4[inch] で最も高い評価となったことが示された。また、それ以外の項目でも要因 B での有意差は見られ、更に Q2 では $\uparrow 1$, Q8 では $\uparrow 2$ の交互作用が見られた。要因 B の多重比較の結果は各項目によって異なる傾向であった。

多重比較の結果を含め、各評価項目の結果をまとめる。Q1 では周期 duration が 4 [sec] の時の値が低く、伝達の意味が弱いと解釈される可能性がある。Q2 では周期 0.5[sec] で有意に低い。また、交互作用の結果から、周期が短い時 (b1) には特に移動距離が長い (a3) と数値が下がり、移動距離が短くない時 (a2, a3) には周期が短い (b1) と低い値であることが示された。短時間で長い距離を動く接触で数値が低くなることから、慰めるといふ態度はある程度落ち着きのある速度が望ましいことが分かる。Q3 では周期 1[sec] の時に値が有意に高く、感情に寄り添われたという印象には適切な速度があることがうかがえる。Q4 では周期 4[sec] で値が有意に低く、感情の存在を感じ取るにはある程度の速度が望ましいことが示された。Q5 では周期 $0.5 > 1 > 4$ [sec] で有意差があり、周期が短くなるほど感情の強さの印象に影響することが示された。Q6 と Q7 は落ち着きと興奮に関する項目で、多重比較も反対の結果を示している。周期が 0.5 の時有意に落ち着きがなく興奮していると評価された。Q8 は周期 1[sec] で高い値となったほか、交互作用において短周期 (b1) の時移動距離が長い (a3) と低い評価となり、ネガティブな感情を引き起こしていた。また、移動距離が 1[inch] の時に周期が 1[sec] で値が有意に高く、移動距離が 4[inch] の時に周期 $0.5 < 1$ [sec] となり、移動距離が短くない時には周期 1[sec] 程度により好意的に捉えられる可能性がある。Q9 では周期 $0.5 > 1$ [sec] の結果から、短い周期でイライラする感覚をもたらすと考えられる。Q10 では周期 $0.5 > 1 > 4$ [sec] の結果から、興奮は早い周期で表される可能性が示された。Q11 は周期 4[sec] で有意に低く、遅い周期で気分の悪さを表す可能性がある。

次に、因子得点 F1-F4 に対する分散分析の結果として、F1 (活発性) は要因 A 要因 B の両方で有意差が見られた。F2 (温和性) と F3 (誠実性) では要因 B の有意差が確認された。F4 (俊敏性) では要因 B の有意

傾向にとどまった。

多重比較の結果を含め、各項について述べる。F1 では、移動幅が 4[inch] だと数値が高く、周期は 0.5, 1, 4[sec] と数値が低くなっており、短周期で広範囲の移動を伴う接触が活発性に影響を与える可能性が示唆された。F2 では、周期が 1[sec] の時に高い値であったことから、中程度の周期であることが温和性に寄与する可能性が示された。F3 では、周期が 0.5[sec] の時に低い値になることが示され、短周期であると誠実性が低くなる可能性が示された。

4.3 接触の周期と移動距離に関する回帰分析

最後に、分散分析に用いた評価項目の MOS 値と因子得点に対し、移動距離 (length) と周期 (duration) による回帰分析を実施した結果を表 3 に示す。

回帰式の p 値は Q3, Q8, Q9, F3 は有意でなく、Q2 と F2 では有意傾向にとどまったが、それ以外はすべて有意な結果となった。R² 値を見ると F1 が突出して高く、Q10, Q7, Q1 と続く。各項の p 値は、 $b_2 < \{b_1, b_3\}$ といった線形近似できないような結果だった場合には低い値になっている。

回帰式の傾向を以下に述べる。Q1 より、length が長く duration が短いほど、伝達の意味を感じさせやすかった。Q2 より、length が短いほど、また、duration が長い場合には length が長いほど、慰めようとする態度を表した。Q3 より、length が短く duration が短いほど、また、duration が長い場合には length が長いほど、寄り添ったと捉えられた。Q4 より、duration が短いほど感情を持つ存在と捉えられた。Q5 より、length が長く duration が短いほど、ぬいぐるみの感情が強いと捉えられた。Q6 より、length が短いほど落ち着きを与えた。Q7 より、length が長く duration が短いほど、興奮を与えた。Q8 より、length が短く duration が短いほど、ぬいぐるみに対して好意的に感じさせた。Q10 より、duration が短いほどぬいぐるみが興奮していたと感じさせた。Q11 より、duration が短いほどぬいぐるみが良い気分だったと感じさせた。F1 より、length が長く duration が短いほど活発性を感じさせた。F2 より、duration が短いほど温和性を感じさせた。

回帰式の傾向と分散分析の傾向の間には整合性がない部分があるが、回帰式が曲線回帰ではないことが影響していると考えられる。

5 考察

まず因子分析の結果から、第 1 因子の活発性 (F1) にはアクティブさのほかにポジティブさも若干含まれる。第 2 因子の温和性 (F2) にはポジティブさのみが含まれ

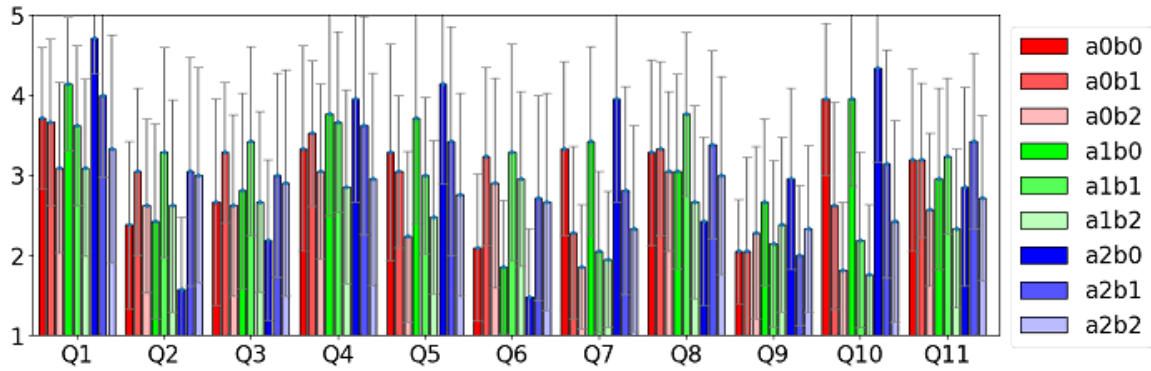


図 5: MOS の各条件平均

表 2: ANOVA results

	length(A)			duration(B)			Intr.
	F	p	multi	F	p	multi	
Q1	6.430	<.01*	a3>{a1,a2}	12.96	<.01*	b3<{b1,b2}	
Q2	0.486	0.619		8.738	<.01*	b1<{b2,b3}	†1
Q3	0.959	0.392		6.402	<.01*	b2>{b1,b3}	-
Q4	1.218	0.307		11.17	<.01*	b3<{b1,b2}	-
Q5	6.076	<.01*	a3>{a1,a2}	17.21	<.01*	b1>b2>b3	-
Q6	2.121	0.1332		24.88	<.01*	b1<{b2,b3}	-
Q7	6.904	<.01*	a3>{a1,a2}	26.8	<.01*	b1>{b2,b3}	-
Q8	1.613	0.212		4.155	0.023*	b2>{b1,b3}	†2
Q9	1.689	0.198		4.315	0.02*	b1>b2	-
Q10	6.480	<.01*	a3>{a1,a2}	55.65	<.01*	b1>b2>b3	-
Q11	0.639	0.533		6.789	<.01*	b3<{b1,b2}	-
F1	15.3	<.01*	a3>{a1,a2}	106.1	<.01*	b1>b2>b3	-
F2	0.376	0.689		5.970	<.01*	b2>{b1,b3}	-
F3	1.691	0.197		7.457	<.01*	b1<{b2,b3}	-
F4	1.108	0.340		3.058	0.058+		-

†1 A(b1):{a1,a2}>a3, B(a2):b1<b2, B(a3): {b2,b3}>b1

†2 A(b1):{a1,a2}>a3, B(a2):{b2>b1,b3}, B(a3):{b1<b2}

multi: multiple comparisons, Intr: interaction, *: <.05, +: <.10

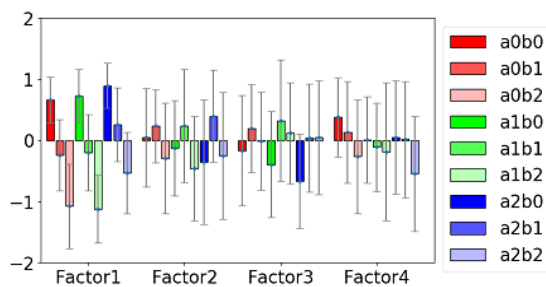


図 6: 因子得点の各条件平均

ており、自身のポジティブさというよりは相手により受け入れられやすい性質を含むといえる。第3因子の誠実性(F3)には、感情的な態度を抑制する理性的な側面が含まれると考えられる。第4因子の俊敏性(F4)は、アクティブさと考えられが、活発性の因子に多少包含

されるところもある。寄与率はF1とF2が高く、感情円環のアクティブさとポジティブさの軸が接触により影響を受けることが示唆された。F3とF4の寄与率はさほど高くなく、F4はF1のアクティブさと重複するところがある。ここで、F3に関してはやや特殊な傾向として、感情的表現と異なり、相手に対し誠実であるといったスタンスが表れた。接触により受ける印象には、感情的なポジティブ・アクティブさへの影響が大きいものの、それだけでなく理性的なスタンスも表現される可能性が示された。このことから、接触という行為が、自己の満足のために求めるコミュニケーションに限らず、相手の気持ちに寄り添う態度を示す手段であることがうかがえる。よって、接触の効果のパラメタとして感情以外の要素について広く検証する必要が示された。

次に分散分析と回帰分析について述べる。まず分散

表 3: Results for Regression Analysis

y	切片			length			duration			len×dur			回帰式の評価		
	係数	t-val	p	係数	t-val	p	係数	t-value	p	係数	t-val	p	R ² value	F	p
Q1	3.79	20.9	<.01*	0.212	2.811	<.01*	-0.188	-2.492	.0136*	-0.038	-1.192	0.235	0.170	12.67	<.01*
Q2	0.0355	12.96	<.01*	-0.209	-2.23	0.027*	-0.084	-0.896	0.371	0.085	2.158	0.032*	0.036	2.276	0.081+
Q3	3.22	15.0	<.01*	-0.182	-2.037	0.043*	-0.148	-1.65	0.10+	0.066	0.037	0.078+	0.024	1.491	0.219
Q4	3.616	16.73	<.01*	0.101	1.118	0.265	-0.158	-1.758	0.080+	-0.029	-0.771	0.442	0.073	4.845	<.01*
Q5	3.354	15.8	<.01*	0.178	2.01	0.046*	-0.280	-0.28	<.01*	-0.013	-0.364	0.716	0.162	11.9	<.01*
Q6	2.61	11.9	<.01*	-0.180	-1.965	0.051+	0.118	1.287	0.200	0.026	0.662	0.509	0.067	4.433	<.01*
Q7	2.91	13.83	<.01*	0.191	2.180	0.031*	-0.296	-3.379	<.01*	-0.014	-0.389	0.698	0.182	13.74	<.01*
Q8	3.57	17.22	<.01*	-0.182	-2.106	0.037*	-0.174	-2.016	0.045*	0.056	1.559	0.121	0.032	2.025	0.112
Q9	2.113	11.27	<.01*	0.121	1.551	0.123	0.051	0.659	0.511	-0.034	-1.029	0.305	0.013	0.835	0.476
Q10	3.48	15.9	<.01*	0.149	1.630	0.105	-0.486	-5.319	<.01*	0.013	0.331	0.741	0.276	23.5	<.01*
Q11	3.31	17.34	<.01*	-0.029	-0.360	0.719	-0.222	-2.794	<.01*	0.027	0.822	0.412	0.062	4.046	<.01*
F1	0.52	4.87	<.01*	0.085	1.876	0.062+	-0.451	-9.985	<.01*	0.022	1.189	0.236	0.541	72.78	<.01*
F2	0.222	1.411	0.160	-0.049	-0.744	0.458	-0.149	-2.261	0.025*	0.023	0.822	0.412	0.037	2.376	0.072+
F3	0.034	0.216	0.829	-0.119	-1.814	0.071+	0.012	0.187	0.852	0.031	1.143	0.255	0.032	2.048	0.109
F4	0.217	1.387	0.167	-0.022	-0.330	0.742	-0.098	-1.496	0.136	-0.017	-0.624	0.534	0.058	3.774	0.012*

*: <.05, +: <.10

分析では全体的に length より duration の効果が表れることが多く、接触の印象をより大きく変化させるのは周期の違いであることがうかがえる。次に、分散分析と回帰分析の結果について比較すると、回帰分析では length の p 値が有意または有意傾向のものが増え、duration はその逆となった。分散分析の多重比較を考慮すると、duration では線形近似が上手く働かず、逆に length では分散分析の有意差という形には表れなかったが比較的線形に近い効果があることがうかがえる。これに関して、将来的には水準を増やし回帰式の次数も含め再検討する必要がある。

現段階の推測では、length は触覚的に移動した距離 = 知覚量となり、様々な評価が線形近似されたが、duration は周期であるため、角速度 ω を考慮することで、近似精度が向上する可能性があると考えられ、例えば、

$$\omega = \frac{2\pi}{duration}$$

$$exp. = length \cdot a - duration \cdot b + length \cdot \omega \cdot c + d$$

という式で回帰すべきだとも考えられる。単位時間当たりの移動量を考慮する際には length も関わってくることとなり、実数 c に反映されると考えられる。一方で、気ぜわしさといった印象には単位時間当たりの移動距離だけでなく周期の時間的影響が推測される。そのため、duration の項は残す一定の効果は期待される。

次に、評価項目や因子毎に考察する。

接触に関わる 4 つの因子の中で、回帰分析で最も R² 値が高く因子分析での寄与率も高かった F1 に関して、duration は有意な係数、length も有意傾向のある係数であった。活発性にはいずれも影響している可能性があるが、len*dur の項は有意な係数ではなかった。分散分析の結果と照合すると length 要因の結果は線形回帰では不十分と考えられる。因子分析での寄与率が高いが回帰分析の R² 値は高くなかった F2 は、duration の

係数は有意だが、分散分析の結果から 1[sec] の時が最も高い数値となることから、2 次項を検討すべきと考えられる。F3 は分散分析では duration 要因のみ有意差が見られたが、回帰分析の結果では length の係数に有意傾向が見られ、誠実性というスタンスに関わる因子が length によっても影響を受ける可能性が示唆された。F4 は分散分析では duration 要因に有意傾向は見られたが、回帰分析ではいずれの要因も有意な係数ではなかった。このように因子毎の回帰式の中でも F1 は、事前に想定したモデルに比較的近いと言える。

以下に各評価項目に関して取り上げる。分散分析において length 要因と duration 要因の両方で有意差があった Q1,5,7,10 はぬいぐるみ自身の表現の強さに関する項目だった。これらは因子 1 に共通する結果と言える。回帰分析の結果も同様になっており、想定したモデルを肯定する結果といえる。交互作用の見られた Q2 は単位時間当たりの速度が速いことで低い評価になっていることがわかるため、相手を慰めるという意味での接触はゆっくりとした動作が望ましいと考えられる。同じく交互作用の見られた Q8 の結果から、接触主への好感をもたらす速度や周期があると考えられる。Q2-3 はぬいぐるみロボット自身の内部状態を表すよりもユーザの感情に寄り添う態度の評価と考えられるが、分散分析と回帰分析の結果から、length が短い、duration が長い時には length も長いことで、相手に寄り添う態度を示す可能性がある。これは F3 の結果にも類似する。

以上より、自身の内部状態を表現する手段としての接触は周期が短く移動距離が長く、誠実性や相手を慰めるような共感や親切な態度は周期が長いことから、落ち着いて相手を尊重するスタンスは自身の表現を抑制するかのように見える。一方、ぬいぐるみの気分について感情円環の各軸を表すと想定した Q10,11 は、分散分析では異なる傾向を示しつつも直交していない可能

性が高い。因子分析の結果からも、接触の表現性は感情円環の2軸に含まれる表現だけではなく、誠実性のような他者を意識し尊重する態度を含むことが示唆されており、今後は、評価項目間の関連性や回帰分析の結果を用いて、触れられる側と触れる側の内部に生ずる変化をモデル化すべきだと考えられる。

6 おわりに

本稿では、ユーザとロボットの相互の触れ合いによる感情的なふれあいを実現することを動機として、ロボットの接触行為を、周期の時間長と移動距離を用いてモデル化し、ロボットの意図や感情の解釈が、触り方によってどのように変化するかを検証した。その結果、感情円環の2軸に関連すると考えられる活発性・温和性・俊敏性の因子の他に、誠実性というスタンスに関する因子が抽出され、ロボット自身の表現だけでなくロボットの相手であるユーザへの気遣いも触り方によって押し量られる可能性が示された。また、評価項目には length 要因も duration 要因も有意差が示されたものの、回帰分析で十分な R^2 値は見られなかった。

今後は、2次項を取り入れるべき項目を検討し、水準数を増やして各評価項目に合わせたモデルの精緻化をする必要がある。また、接触の周期と移動距離を線形近似するだけでなく、周期に代わり角速度と移動距離の乗算項を刺激量として検討する。

謝辞

本研究は科研費 25700021 および 18K11383 の助成の一部を受けて実施した。

参考文献

- [1] Egeland, B., & Farber, E. A. (1984). Infant-mother attachment: Factors related to its development and changes over time. *Child development*, 753–771.
- [2] Field, T. M. (1998). Massage therapy effects. *American Psychologist*, 53(12), 1270.
- [3] マジヨリー・F. ヴァーガス 著, 石丸正 翻訳. 非言語 (ノンバーバル) コミュニケーション, 新潮社, 255 ページ, 1987.
- [4] Suvilehto, J. T., Glerean, E., Dunbar, R. I., Hari, R., & Nummenmaa, L. (2015). Topography of social touching depends on emotional bonds between humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(45), 13811–13816.
- [5] Thayer, S. (1982) *Social touching. Tactual perception: A sourcebook*, 263-304. Schiff W, Foulke E (eds) Cambridge University Press
- [6] Thayer, S. (1986) History and strategies of research on social touch. *Journal of Nonverbal Behavior* Volume 10, Issue 1, pp. 12–28. <https://doi.org/10.1007/BF00987202>
- [7] Schiff, W., & Foulke, E. (Eds.). (1982). *Tactual perception: a sourcebook*. Cambridge University Press.
- [8] Mark Paterson. (2007) *The Senses of Touch: Haptics, Affects and Technologies*. Berg Publishers.
- [9] Hertenstein, M. J., Keltner, D., App, B., Buleit, B. A., & Jaskolka, A. R. (2006). Touch communicates distinct emotions. *Emotion*, 6(3), 528.
- [10] B.R. Duffy. Anthropomorphism and the social robot. *Robotics and autonomous systems*, 42(3), pp. 177-190. 2003.
- [11] T. Yonezawa, H. Yamazoe, A. Utsumi, S. Abe. Gaze-communicative Behavior of Stuffed-toy Robot with Joint Attention and Eye Contact based on Ambient Gaze-tracking. *ACM ICMI2007*, pp. 140–145, 2007.
- [12] T. Yonezawa, H. Yamazoe, A. Utsumi, and S. Abe. GazeRoboard: Gaze-communicative guide system in daily life on stuffed-toy robot with interactive display board. *IEEE/RSJ IROS 2008*, pp. 1204-1209, 2008.
- [13] T. Yonezawa, Y. Koyama, H. Yamazoe, S. Abe, and K. Mase. Improving video communication for elderly or disabled by coordination of robot's active listening behaviors and media controls. *IEEE/RSJ IROS 2010*, pp. 1476–1481, 2010.
- [14] T. Yonezawa and H. Yamazoe. Wearable partner agent with anthropomorphic physical contact with awareness of user's clothing and posture. In *Proceedings of the 2013 International Symposium on Wearable Computers*, pp. 77–80, 2013.
- [15] T. Yonezawa, H. Yamazoe, A. Utsumi, and S. Abe. Evaluating crossmodal awareness of daily-partner robot to user's behaviors with gaze and

utterance detection. ACM International Workshop on Context-Awareness for Self-Managing Systems, pp. 1–8, 2009.

- [16] 米澤朋子, 山添大丈. 触れ合いとふれあい～相互接触へ向けた接触方法による感情生成. HI シンポジウム 2017, 5T-d3-11, 2017.
- [17] Y. Gineste and J. Pellissier. Humanitude: Comprendre la vieillesse, prendre soin des Hommes vieux (think old age, caregiving for old men), Armand Colin, 2007. (in French)
- [18] N. Feil. Validation therapy. *Geriatr. Nurs.* 13(3), pp. 129–133, 1992.
- [19] Kaminski, M., Pellino, T., & Wish, J. (2002). Play and pets: The physical and emotional impact of child-life and pet therapy on hospitalized children. *Children’s health care*, 31(4), 321-335.
- [20] T. Yonezawa and H. Yamazoe, Haptic interaction design for physical contact between a wearable robot and the user, *HCI2017*, pp.476–490, 2017.
- [21] 米澤朋子, 山添大丈, むいぐるみへの接触パターン分類に向けた布センサデータの分析, *信学技報*, vol. 117, no. 177, HCS2017-53, pp. 35-40, 2017.
- [22] Tomoko Yonezawa, Hirotake Yamazoe, Analyses of Textile Pressure-map Sensor Data of a Stuffed Toy for Understanding Human Emotional Physical Contact, 6th International Conference on Human-Agent Interaction, pp.191–198, 2018.
- [23] J. Russell. A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology.* 39: 1161–1178. 1980.