

ロボットハンド型寄り添いエージェントのための「握る」接触表現と感情伝達に関する検討

Gripping Expression of Robot Hand as Physical Contact Corresponding to Emotional Communication

孟 曉順[†] 吉田 直人[†] 米澤 朋子[†]

Xiaoshun Meng Naoto Yoshida Tomoko Yonezawa

1. はじめに

日本は超高齢化社会を迎え、2010 年の要介護高齢者は 360 万人と 2001 年より 111 万人増加している [1]。また、それに伴い寝たきり高齢者数は増加の一途を辿っている。「寝たきり」とは「病気（老衰を含む）、怪我などで日常生活のほとんどを寝たきりで過ごしている者」を指す [2]。認知症や寝たきりの高齢者とコミュニケーションを行うために、ユマニチュード [3] やバリデーショ療法 [4] などのコミュニケーション方法がある。この二つの療法については、細かい技法は違うが、いずれもアイコンタクトや接触を必要とした。認知症の人と共感を生み出すコミュニケーション手法である。また、接触のケアが人の心身に快の感情を与えることやリラックス効果があることも明らかになってきている [5]。そこで、我々は人間にとって最も重要かつ根源的な感覚である触覚 [6, 7] に注目した。

高齢者との接触が重要視されつつあるが、日本の非接触文化 [8] や病院の器械化 [9] などにより、触れるケアの機会が少なくなっている [10]。そのため、高齢者と接触インタラクションを行うロボットの研究が行われている。例えば、アザラシ型ロボット「パロ」[11] や、赤ちゃん人形型ロボット「babyloid」[12]、「AIBO」[13] などがある。これらのシステムでは、ロボットと人間との触れ合いを通じ、ロボットの身体動作や音声のイントネーションといった非言語情報を表現することで、コミュニケーションを取っている。その結果、認知症高齢者のストレスの軽減や脳機能の改善といったポジティブな効果が示唆されたが、ロボットからの接触に関するモダリティ研究は少ない。

接触に関係する器官として、人間は皮膚感覚から温度や材質などを感じられるだけではなく、触れた対象の感情も推測できる [14]。一方、人間の皮膚の状況は常に一貫しておらず、環境や感情の変化によって皮膚上の状況（鳥肌の隆起や発汗）も同時に変化している [15, 16]。そこから、触れられた対象の皮膚上表現の変化によって、触る側が推測した感情に影響を与えることが考えられる。しかし、これまでは、ロボットとの接触において、ロボットの感情の変化によって皮膚上に現れた変化をユーザに

伝達するという点はあまり注目されていない。

そこで、我々は人間とロボットとの接触インタラクションにおいて、ユーザからの接触時にロボットの皮膚上に現れる反応やロボットの握り返し方によりフィードバックを行うことに注目する。寝たきり患者などの言語コミュニケーションが困難な対象がロボットハンド型寄り添いエージェントと接触インタラクションを行うことで、彼らのストレス軽減や情緒安定などの効果を期待する。そのために、これまで我々はロボットハンド型寄り添いエージェントを用いた皮膚上の不随意表現について検討してきた [17, 18]。本稿では、ロボットハンドが感情伝達として、ユーザの手を握るという接触表現を行うことで、ロボットの表現に対する印象がどのように変化するかを検討する。

2. 関連研究

触覚を用いた身体的なコミュニケーションロボットについては、AIBO やパロなどのペットロボット以外に触覚機能を持つ日常対話型ロボットがある [19]。このようなロボットは触れ合いの重要性から人間の接触を受け入れる構造となっている。しかし、ロボットと人間の長期的に共存するために、人間側からのスイッチとしての接触ではなくロボットからの能動的接触能力を持つことが重要になっていくと考えられる。

また、中川ら [20] の研究はロボットとの接触により、ユーザのモチベーションが上昇することが示され、日永田ら [21] はロボットと子供が手を繋ぐことによって、子供とロボットの間関係性が良好になったことを示した。そこで、接触コミュニケーション能力を持つロボットは人間社会において、人間関係やモチベーション等の内部状態にポジティブな影響を与えることができると考えられる。

ロボットと人間のリアルな接触コミュニケーションの実現のためには、ロボットに人間らしい皮膚を備えることが必要だと述べた [22]。ここで、ロボットの皮膚に、人間らしい皮膚の感覚受容と人間らしい皮膚表現の双方を実現することが不可欠だと考えられる。

本研究では、この皮膚表現 [17, 18] を伴う接触 [23] に注目した。従来の研究では皮膚表現を伴う接触ロボット

[†] 関西大学, Kansai University

の感情を伴う触覚的フィードバックの変化があまり議論されていない。

ユーザ自身の感情への様々な効果に関する検討についてはいくつかの興味深い研究がある。人間の皮膚と同様の触感（粗滑、乾湿、硬軟）をロボットに付与することで、人間と接触する時に親和感を高める効果 [24] があることが述べられている。また、田中ら [25] は、人間の皮膚上の表現（手の体温）を再現できるロボットハンドとの接触にユーザが介在して、遠隔の相手をより近く感じる感覚をもたらす可能性について述べた。人間の皮膚で感じた温度が変化することによって、気付かないうちにユーザの心に影響を与えることも示唆されている [26]。このように、ユーザがロボットに接触する時に、ロボットの触覚的フィードバックによってユーザの心身に快の感情をもたらすと考えられる。特に、寝たきり高齢者などのユーザにおいて、人間同士のようにロボットハンドと手を繋ぐことで、彼らとの接触上の共感を生み、ストレスを和らげ、精神安定など効果がある可能性に焦点を当てることとした。

我々はロボットと人間のリアルな接触コミュニケーションを実現するために、ロボットの皮膚上に現れる反応やロボットの握り返し方によりロボット自身の感情を直感的に表す触覚的フィードバックを行うことに注目する。ユーザはロボットから触られた身体部位により、異なる影響を与えると考えた上で、本研究では人間の触覚を感じる器官として手 [27] に注目した。

本稿では、皮膚上に不随意的な生理現象を表すロボットハンド [23] が、随意的な感情伝達としてユーザの手を握るという接触表現を示すことを検討し、ユーザのロボットに対する印象がどのように変化するかを評価する。

3. 実験

3.1 システム概要

本稿では、ロボットハンドの手指の動作から、ユーザが触覚的にロボットの感情を推測可能なデバイス機構を提案する。ロボットハンドとユーザが手を相互に握っている状況で、ロボットハンドがユーザの手を握る力や握る時間が変化することによって、異なる感情を表現する考えた。そこで、我々はロボットハンドに様々な握り方をさせるため、握る力と握る時間の変化を実現し、握り方の表現によるロボットの感情表現を実現する。

3.2 システム構成

ロボットハンドは市販品のおもちゃ「モンスターマジックハンド」(カワダ)を加工して作成した。ロボットハンドの親指を除く4本の指にはそれぞれ二つの関節があり、人差し指から小指までを同時に内側に曲げることができる。指付け根のプレートに腕側に引くことで4本の指

が曲がる構造である。このプレートに結ばれた糸 (HW-507, ポピンワイヤーテグス) をロボットハンドの腕部に設置したサーボモータ (GWS サーボ, S03T, 2bbMG, JR タイプ. スピード: 0.33 秒/60 度) で牽引することで、指を曲げる動作を制御した (図 1)。

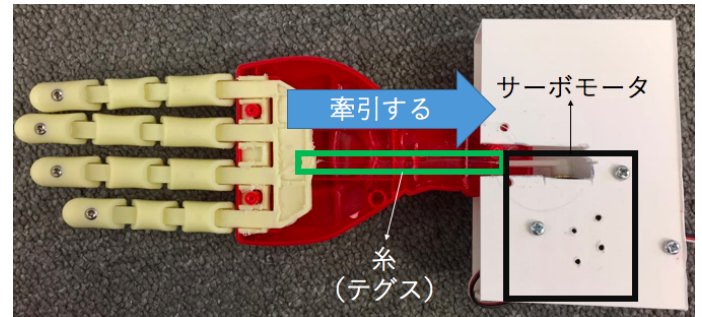


図 1: ロボットハンドの仕組み

3.3 実験方法

実験目的

ロボットハンドは自らの意図を接触を通して表現することで、ユーザに親しみの印象を与えたり、ロボットハンドの感情をユーザに理解させられるか評価した。

実験仮説

ロボットハンドがユーザの手を握る際の握力や時間の変化によって、ユーザに異なる印象を与えることができる。

被験者

被験者は 19 歳～25 歳の大学生 17 名 (男性 8 名, 女性 9 名, 平均年齢 22.11 歳, 標準偏差 1.89)

実験条件

2 要因被験者内実験計画として、以下の 2 要因各 3 水準の計 9 条件とした。

要因 A: ロボットハンドがユーザの手を握る強さ (A): 弱い (40 度), 普通 (60 度), 強い (80 度)

要因 B: ロボットハンドがユーザの手を握る継続時間 (B): 短い (0.8 秒), 普通 (2.5 秒), 長い (4.5 秒)

実験環境

図 2 に示すように、実験用のデスクの上に、熊のぬいぐるみとロボットハンドを設置した。熊とロボットハンドの間の距離が 50cm で、被験者はロボットハンドに手が届く距離内の、デスクの正面に着席する。

実験手順

まず、被験者に目の前の熊のぬいぐるみとロボットの手は今回の実験に用いるものであることを説明した。そして、実験ではロボットを「あーちゃん」と呼ぶことを教示した。次に、被験者に「あーちゃん」の手を移動させたり、持ち上げたりはしないように伝えた上で、図 3 のように「あーちゃん」の手を力を入れず握るように指

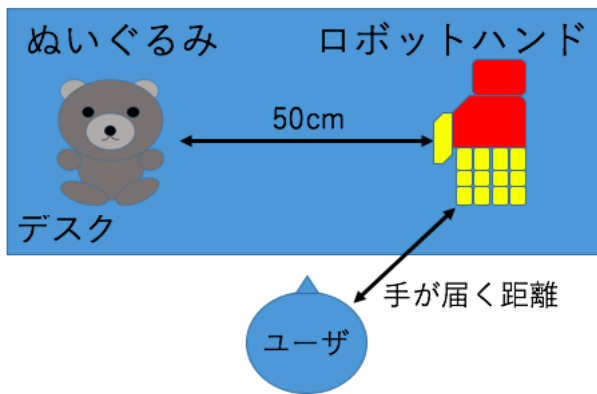


図 2: 実験の環境

示した。実験者は被験者の握り方を確認した後、被験者に「あーちゃん」の手を放すように伝えた。その後、被験者は手の握り方の練習を行った。また、被験者に実験開始の合図から、「あーちゃんの手を放してください」という終了の合図まで、手を握り続けておくように指示した。実験本番では、被験者が「あーちゃん」の手を握ったことを確認した後、熊と「あーちゃん」の対話が行われた。対話の内容は以下になる。

熊：「ねえねえねえ、あーちゃん見える？」

あーちゃん：「なにが？」

熊：「あなたの後ろ、おにがいる。」

対話が終わった後、「あーちゃん」は設定した実験条件じ被験者の手を握り、時間が経過後に被験者の手を放す。対話が終わってから5秒後、被験者に終了の合図を流す。被験者は「あーちゃん」の手を放してアンケートに回答する。以上の作業を全条件が終了するまで行った。実験条件は順序交差を考慮して提示した。

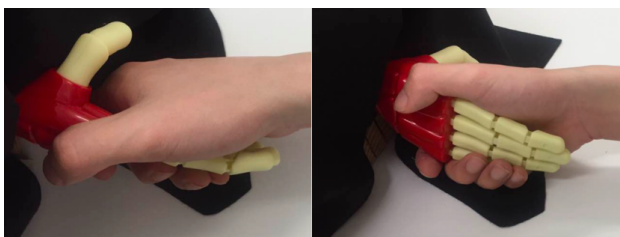


図 3: ロボットハンドの握り方

評価方法

因子分析に向けた印象評定として SD 法を用いた形容詞対の 5 評価を求めた。

3.4 実験結果

SD 法による印象評価の結果を表 1 に示す。ネガティブな形容詞（表 1 の左側の形容詞）を 1、ポジティブな形容詞を 5 とした点数の平均及び分散となっている。この印象評価値を元に因子分析を行った。はじめに固有値

の下限を 1 とし、反復主因子法により因子を抽出した。スクリープロットに基づいて 5 因子解を適当と判断した。再度 5 因子解を仮定した反復主因子法を実行した結果、累積説明率は 68.3 % となった。バリマックス回転後の各項目の共通性と因子負荷量、また、各因子の分散の説明率を表 2 に示す。因子負荷量が絶対値 0.50 以上の項目（表中太字）を元に各因子を解釈した。

まず、因子 1 は「敏感な」「速いな」「はっきり」などから明感性とした。因子 2 は「人間的な」「自然な」「親しみやすい」「近づきやすい」などから親近性とした。因子 3 は「陽気な」「愉快的な」「暖かい」などから快活性とした。因子 4 は「おだやかな」「落ち着いた」から安穏性とした。因子 5 は「複雑な」から複雑性とした。

さらに、ロボットハンドの握るという動作の触覚をどのように捉えたか各条件の印象を比較するため、因子分析の結果から得られた標準因子得点に基づいて分散分析を行った（図 3）。その結果、明感性と親近性で有意差が得られた。つまり、ロボットハンドの握るという動作は快活性、安穏性や複雑性に関わる印象を被験者に与える可能性があるが、手を握る強さや握る時間による印象の変化は明感性と親近性のみ影響を与えることが示唆された。これにより、仮説の一部が検証できたと考える。

因子 1 明感性の分散分析の結果、ロボットハンドの握る強さにより明感性の因子得点の差が有意であるが、握る時間とその交互作用では有意差が得られなかった。図 4 に多重比較の有意差を示す。ロボットハンドが握る力が強い場合に被験者は明感性を感じやすくなり、普通と弱い握り方の場合に明感性が低下した。反射スピードとして握る力が強いほうが変化が大きいと、や感情伝達が明確な印象が強まったと考える。

そして、因子 2 親近性の分散分析の結果、ロボットハンドの握る強さと握る時間の違いにおいて因子得点の差が有意であるが、交互作用では有意差が得られなかった。図 5, 6 に多重比較の有意差を示す。ロボットハンドの握る力がある程度以上の強度（今回の実験装置ではサーボモータが 60 度以上の回転）を感じると、親近性の印象が高まったと考えられる。また、ロボットハンドの握る時間長が長いほど親近性が向上すると考えられる。

4. 考察

本研究では、ユーザとロボットハンドが手を繋いで意思疎通することを目指し、ロボットハンドの感情を手の握り方により表すことを狙った。特にユーザに親しみを与え、ロボットの感情を伝達できるかについて調べた。

実験の結果、握る動作を表現するロボットハンドと手を繋ぐことで、明感性、親近性、快活性、安穏性や複雑性という 5 つの因子がユーザに与える印象の因子として

表 1: 因子分析の形容詞対及び平均値と分散

1—形容詞対—5	平均値	標準偏差
親しみにくい 親しみやすい	3.18	1.07
危険な 安全な	3.32	0.88
つまらない 面白い	3.16	1.10
冷たい 暖かい	3.00	0.93
近づきにくい 近づきやすい	3.01	1.06
機械的な 人間的な	2.74	1.25
不自然な 自然な	2.84	1.11
不愉快な 愉快的な	2.93	0.76
嫌いな 好きな	3.04	0.82
陰気な 陽気な	3.03	0.70
感じの悪い 感じの良い	3.23	0.82
鈍感な 敏感な	3.24	0.98
空虚ば 充実した	2.84	0.86
愚かな 賢い	3.25	0.80
暗い 明るい	2.93	0.75
遅い 速い	3.14	0.99
抑圧された 開放された	2.95	0.79
いらいらした 落ち着いた	3.23	0.84
不正直な 正直な	3.59	0.71
ぼんやり はっきり	3.31	1.04
わかりにくい わかりやすい	3.39	1.07
退屈な 興味深い	3.39	1.07
激しい おだやかな	3.39	0.89
単純な 複雑な	2.54	0.86

表 2: 因子行列 (パリマックス回転)

	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5	共通性
敏感な	0.813	0.154	0.170	0.013	0.025	0.715
速い	0.779	0.141	0.135	-0.126	-0.101	0.671
はっきり	0.768	0.202	0.221	-0.198	0.083	0.726
正直な	0.642	0.050	0.035	0.034	-0.310	0.513
面白い	0.631	0.301	0.202	0.221	0.380	0.724
賢い	0.620	0.017	0.436	0.230	0.276	0.704
興味深い	0.614	0.327	0.328	0.234	0.313	0.758
わかりやすい	0.602	0.394	0.396	-0.100	0.021	0.685
開放された	0.541	0.440	0.039	0.342	0.013	0.604
充実した	0.516	0.443	0.229	0.358	0.265	0.713
明るい	0.430	0.328	0.373	0.357	-0.036	0.559
人間的な	0.168	0.842	0.125	0.025	0.213	0.798
自然な	0.301	0.765	0.192	0.092	0.244	0.780
親しみやすい	0.286	0.761	0.349	0.080	-0.045	0.790
近づきやすい	0.160	0.730	0.349	0.221	-0.141	0.749
好きな	0.177	0.559	0.510	0.149	0.046	0.628
安全な	-0.014	0.471	0.421	0.140	-0.385	0.568
陽気な	0.253	0.123	0.720	-0.045	0.147	0.621
愉快的な	0.187	0.298	0.718	0.150	-0.025	0.662
暖かい	0.219	0.336	0.632	0.175	0.040	0.593
感じの良い	0.230	0.417	0.523	0.402	0.171	0.692
おだやかな	-0.286	0.021	0.003	0.763	-0.205	0.707
落ち着いた	0.151	0.262	0.288	0.719	-0.057	0.695
複雑な	0.067	-0.199	-0.121	0.217	0.800	0.746
因子名	明感性	親近性	快活性	安穏性	複雑性	
分散の説明率	21.255	18.287	13.849	8.608	6.339	

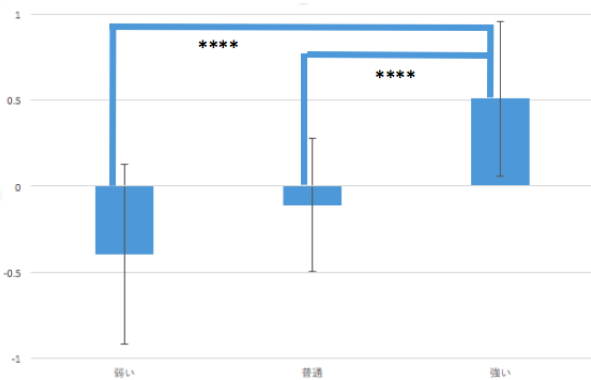


図 4: 明感性において、握る強さにおける多重比較

表 3: 標準因子得点に基づいた分散分析

因子	A (握る力)		B (握る時間)		AB	
	f	p	f	p	f	p
明感性	17.820	<0.001	0.822	0.449	0.777	0.544
親近性	8.808	<0.001	4.660	0.017	2.341	0.064
快活性	2.150	0.133	1.075	0.353	0.320	0.864
安穏性	1.060	0.358	2.637	0.087	0.996	0.417
複雑性	1.402	0.261	2.906	0.069	0.959	0.436

* p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001

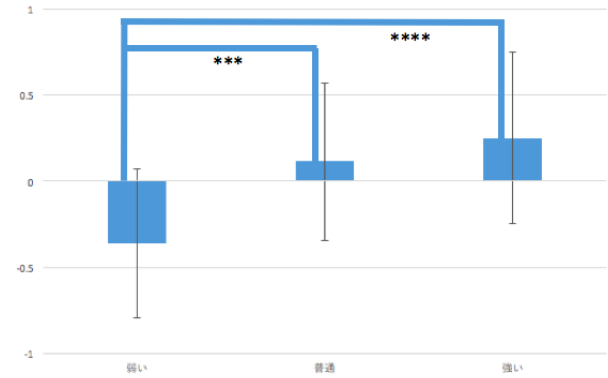


図 5: 親近性において、握る強さにおける多重比較

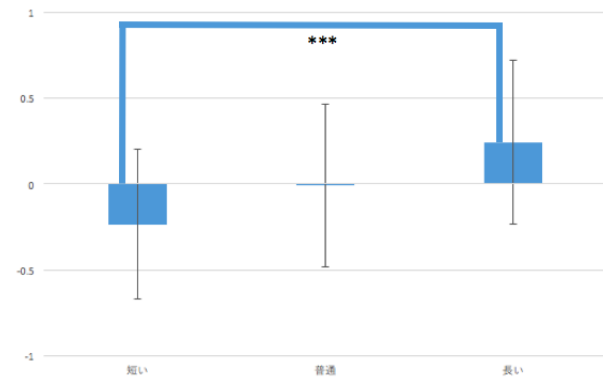


図 6: 親近性において、握る時間差における多重比較

示唆された。さらにロボットハンドに対する印象を標準因子得点を用い因子ごとに比較した結果、握る力の違いが明感性や親近性に影響し、握る時間長の違いが親近性に影響することが示された。

多重比較の結果から、握る力が強い場合に、明感性や親近性が与えられやすいと示された。この原因として、瞬間に強い力で意思表示をすることで明感性が高まり、人間同士の力強い握手における好意や熱意のように親近性も高まったと言える。逆に、弱い力での握手は、明感性や親近性が下がることから相手に悪印象を与える [28] とも言える。よって、ロボットハンドは人間と同じように、握る力を強くすることによって、相手に親しみを与えやすいと考えられる。

また、握る時間長は長いほど親近性を与えやすいこと

が示された。それ以外の印象の差はなかった。握る時間の差を大きくしなければ親近性の印象はあまり変わらないとも言える。実験で設定した握る時間の差やその条件の水準数が重要な影響を与えたとも考えられるため、この実験設定内の一定の時間長範囲では、握る時間が長いほど親近性を与えやすいと言える。

一方、因子分析の結果より、ロボットハンドに対する印象として、快活性、安穏性や複雑性もあったが、握る力や時間長が変化しても、その印象への影響がなかった。手を握るという表現の中に含まれるその他の要素として、ロボットハンドがユーザの手を握る際の方向や握る力の減衰および増幅などの変化速度等にも関係すると考えられる。

最後に、本実験におけるいくつかの問題点について述べる。設定した握る時間長や握る力で3段階のみで検証したが、数値の範囲を広げ、最適な数値を探索する必要がある。例えば、握る時間長の上限を広げることで、ある程度明敏性や親近性が高まった後、強すぎることで、限界を超え逆効果が発生する可能性もある。

5. おわりに

本研究は寝たきり患者などのユーザにロボットとの触覚インタラクションを提供することによって、ユーザの孤独を和らげ精神を安定させることを狙いとし、人間の能動的・受動的接触器官として手に着目した。人間同士の手の接触を再現するため、これまでの皮膚上の生理現象表現 [23] (汗・鳥肌・温度・震え) に組み合わせるための手指の動きによる感情表現を伴うロボットハンドを提案した。本稿では、ロボットハンドがユーザの手を握るという接触表現による印象の変化を検討するため、ロボットハンドの握り方における時間長と強度における表現性を検討した。その結果、因子分析の結果より明敏性・親近性・快活性・安穏性・複雑性という因子が抽出された。また、標準因子得点の分散分析の結果より、握る力が強いほど明敏性や親近性が高まるとともに握る時間が長いほど親近性が高くなることが示された。

今後、リアリティの高い接触インタラクションを実現するために、皮膚上の生理現象と指の動きを組み合わせたロボットハンドを検証し、感情の共感的体験が発生するかを調べるとともに、長期的なユーザのストレス軽減や情緒安定効果を検証したい。

6. 謝辞

本研究は科研費 25700021 および科研費 15H01698 の助成の一部を受け実施したものである。

参考文献

- [1] 平成 28 年版高齢社会白書 (高齢者の健康・福祉). http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2016/zenbun/pdf/1s2s_3_2.pdf
- [2] 青木信雄, 橋本美智子:「寝たきり」老人はつくられる—寝たきり大国からの“脱”処方箋. 中央法規出版, 1991.
- [3] 本田 美和子, ロゼット マレスコッティ, イヴ ジネスト:ユマニチュード入門. 医学書院, 2014.
- [4] Naomi Feil and Vicki de Klarl-Rubin. The Validation Breakthrough :Simple Techniques for Communicating with People with Alzheimers and Other Dementias. Health Professions Press, 3 edition, 2012.
- [5] 山本裕子:触れるケアの効果. 千里金蘭大学紀要, Vol. 11, pp:77-85, 2014.
- [6] McGlone, Wessberg, and Olausson:Discriminative and affective touch: sensing and feeling. Neuron, Vol.82, pp:737-755, 2014.
- [7] 仲谷正史:皮膚科学というフロンティア皮膚感覚のメカニズムに迫る, その工学的アプローチ. Kagaku, vol,76, pp:1251-1255,2006.
- [8] 高田みなみ, 長江美代子:非接触文化である日本の看護臨床場面においてタッチングが有効に働く要因: 統合的文献研究. 日本赤十字豊田看護大学紀要, Vol.7, No.1, pp:121-131, 2012.
- [9] 守屋博:病院の機械化について. 順天堂医学, Vol.13, No.3, pp:400-402, 1967.
- [10] 浅見京子, 大田博:タッチングの有効性に関する研究-自身の看護実践場面を分析して-. 看護実践の科学, Vol.35, No.3, 2010.
- [11] 柴田崇徳:アザラシ型ロボット・パロと人との相互作用に関する研究. 日本ロボット学会誌, Vol.29, pp:31-34, 2011.
- [12] 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, pp:76-83, 2011.
- [13] 藤田雅博:エンタテインメントロボット:ALBO. 映情学誌, Vol.54, pp.657-661, 2000.

- [14] Matthew J. Hertenstein, Rachel Holmes, Margaret McCullough, and Dacher Keltner: The Communication of Emotion via Touch. *Emotion*, Vol.9, pp:566-573, 2009.
- [15] Oliver Grewe, Frederik Nagel, Reinhard Kopiez, and Eckart Altenmoller: Listening to music as a recreative process: Physiological, Psychological, and Psychoacoustical Correlaters of Chills and strong emotions. *Music Perception*, Vol.24, pp:297-314, 2007.
- [16] 河崎雅人, 高島征助, 坂口正雄: 精神性発汗反応を用いた情動反応の生理学的評価方法. *医機学*, Vol.78, 2008.
- [17] Tomoko Yonezawa, Xiaoshun Meng, Naoto Yoshida, and Yukari Nakatani. Involuntary expression of embodied robot adopting goose bumps. In *Proceedings of the 2014 ACM/IEEE International Conference on Human-robot Interaction, HRI '14*, pp:322-323, ACM, 2014.
- [18] Xiaoshun Meng, Naoto Yoshida, Tomoko Yonezawa: Evaluations of Involuntary Crossmodal Expressions on the Skin of a Communication Robot. *URAI*, pp:347-352, 2015.
- [19] 光永法明, 宮下善太, 宮下敬宏, 石黒浩, 萩田紀博: コミュニケーションロボット Robovie-IV の開発とオフィス環境での日常対話. *日本ロボット学会誌*, Vol.25, No. 6, pp:822-833, 2007.
- [20] 中川佳弥子, 塩見昌裕, 篠沢一彦, 松村礼央, 石黒浩, 萩田紀博: ロボットの能動的接触は人間のモチベーションを上げるか. *電子情報通信学会論文誌*, Vol.J95-A, No.1, 2012.
- [21] 日永田智絵, 阿部香澄, 長井隆行, 下斗米貴之, 大森隆司: ロボット-子ども間の関係構築における手つなぎの影響. *HAI シンポジウム*, pp:206-213, 2013
- [22] 篠田裕之: 器用な手の皮膚と触覚. *日本ロボット学会誌*, Vol.18, No.6, pp:767-771, 2000.
- [23] 孟曉順, 吉田直人, 上野楓, 米澤朋子: 皮膚上マルチモーダル生理現象を伴う手繋ぎ型ロボットハンドエージェント. *HAI シンポジウム*, 2016.
- [24] 白土寛和, 野々村美宗, 前野隆司: 肌質感を呈する人工皮膚の開発 (皮膚の表面凹凸パターンと弾性構造の模倣に基づく肌質感の実現と評価). *日本機械学会論文集 (C編)*, Vol.73, No.726, 2007.
- [25] 田中一晶, 和田侑也, 中西英之: 遠隔握手: ビデオ会議と触覚提示デバイスの一体化によるソーシャルテレプレゼンスの強化. *情報処理学会論文誌*, Vol.56, No.4, pp:1228-1236, 2015.
- [26] 山口創: 身体接触によるこころの癒し. *全日本鍼灸学会雑誌*, Vol.64, No.3, 2014.
- [27] 田中由浩, 佐野明人: 触知覚メカニズムと指・皮膚構造. *バイオメカニズム学会誌*, Vol.38, No.1, 2014.
- [28] 内藤誼人: 「打たれ強くなる」心理学「図太い神経」をつくる本. イースト・プレス, 2011.