

寄り添いぬいぐるみロボットによる擬人的触覚表現に関する検討

Investigation of a haptic communicative robot with anthropomorphic expressions

米澤朋子^{1*} 山添大丈² 安部伸治³
Tomoko Yonezawa¹ Hirotake Yamazoe² and Shinji Abe³

¹ 関西大学

¹ Kansai University

² 大阪大学

² Osaka University

³ 日本電信電話株式会社

³ Nippon Telegraph and Telephone Corporation.

Abstract: This paper proposes a portable/wearable robot which combines several haptic stimuli with the robot's anthropomorphic behaviors in order to express physical contacts based on its internal state. The aim of our research is building a care-giver-like medium. The system was designed for gentle and delicate communication between the user and the robot during user's outing. The haptic stimuli express warm/cold, tapping, and squeezed sensation. Experimental results shows that haptic communicative behaviors of the robot increase understandability to the robot's messages and familiarity to the robot.

1 はじめに

高齢化・核家族化の進行に伴い、一人暮らしの高齢者が増加している。また、医療の発達によるリハビリ段階の障がい者らの生活の中で、常に自宅にいないければならない状況の人もいれば、ある程度の症状で、外出が必要である状況の人もいる。一人での外出には不安があるものの、単独行動ができるレベルの人にとって、他人に頼るのは気が引ける・サポート代金が気になる、外出をサポートするボランティアの不足、といった事情から、結果的に家の中にひきこもってしまう、といった問題がある。

このような、単独の外出に不安を持ちつつも、外出が必要である、もしくは外出を望んでいる高齢者・障がい者に対し、適切なサポートサービスを提供するため、寄り添い、見守りながら、適切にメッセージを伝える「介助者」のような役割を果たすシステムが必要と考えられる。現在、様々な局地的情報サポートシステムやクラウドシステム、スマートフォンアプリケーションなどにより、人々の生活を支援している。しか

し、限定的なプッシュ型サービスであったり、ユーザ側から予定などを問い合わせなければならないシステムが多くを占めるため、このようなシステムにより、外出可能な高齢者・障がい者の外出に対する精神的障壁を取り除くことは難しい。

そこで、我々は、腕に抱き付く形の寄り添い型ウェアラブルロボットによって、スキンシップ表現を通じた様々なメッセージの伝達を実現し、実際の介助場面においてよく行われる介助者からのスキンシップ行動を参考に、あたかも介助者がそばにいたようなサポートの実現を目指している。本稿では、以上のコンセプトに基づき製作した、腕装着型の寄り添いぬいぐるみロボット [1] を用い、様々な触覚呈示とロボットの動作の連携による擬人的触覚表現の効果に関する被験者実験について述べる。実験により、寄り添いぬいぐるみロボットによる擬人的触覚表現を行うことで、ロボットからの情報伝達における分かりやすさを向上させるとともに、ロボットに対する親しみやすさが向上することが分かった。

2 関連研究

触覚呈示装置として、振動モータによる方向指示に関する研究 [2, 3, etc.] や、振動伝達デバイスに関する

*本稿は、ATR 知能ロボティクス研究所在籍時の研究成果に基づくものである。

連絡先：関西大学

〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1

E-mail: yone@kansai-u.ac.jp

研究 [4, etc.] など、人間の触覚のためのアクチュエータとして振動を扱う研究が多い。また一方で、皮膚触覚に引きずる感覚を与えたり [5]、牽引力を生み出すデバイスに関する研究 [6] など、応用性の高いアクチュエーションデバイスの研究が増えてきている。こうした触覚呈示デバイスの用途範囲や複合的な効果に関する検証 [7] に関しても注目が集まりつつある。これらは人に伝わりやすいプッシュ型の触覚通知をすることや、その通知自体がリアルに感じられることを目的としている。一方、本研究で狙いとするのは、触覚通知を擬人化し、報知表現に注意誘導力をもたせることである。

また、擬人的な表現として、ロボットによる擬人的な指示方法において、指さしや顔向きなどを用いながら情報を提示を行うことが有効であることも示されている [8, 9, etc.] が、スキンシップ表現として感情を伝えるために触覚呈示を行うものは少ない。むしろ、ペットロボットなどに代表されるような、ユーザが擬人的な存在に対するスキンシップを行うことで、適切なりアクションをするシステムに関する研究が注目されてきた。それに対し、本研究では、擬人的な動きに伴う触覚呈示を、「擬人的なスキンシップ表現」という統合的な表現と見なす。擬人的な方向指示や注意誘導の有効性を、本稿で提案する擬人的な触覚呈示により高めることで、外出時に情報伝達が即座に、分かりやすく行われることを期待する。接触表現だけではなく、温度・冷感といった温度の触覚を提示することで、内的な感情表現を表すことを狙いとした、ウェアラブルロボットを提案する。

擬人的な情報提示端末としてのウェアラブルロボットに関する研究として、手乗り型 [10] や携帯型コミュニケーション用ロボット [11] が提案されている。それに対し、本研究では、介助者のように腕に手を添えるような状況を模し、効果的な触覚呈示を実現すると同時に、ユーザとアイコンタクトを図るなどユーザのある程度の視界内で動作することを狙い、上腕部に抱きつく形での装着型とした。

3 システム構成

本節では、高齢者の外出時に寄り添いながら、常に見守りつつ擬人的触覚表現 (スキンシップ表現) により情報伝達できる腕抱きつき型の寄り添いぬいぐるみロボットのシステム構成について述べる。

3.1 スキンシップ表現をするロボットの構成

図 1 に示すのは、本稿で提案し検証する、擬人的触覚表現を行うウェアラブルロボットの構成である。ぬいぐるみロボットと、腕巻き型の圧力アクチュエータ、

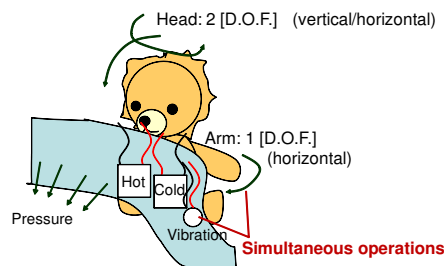


図 1: スキンシップロボットの構成

ペルチェ素子、振動モータ、スピーカからなる。腕巻き型の圧力アクチュエータは、血圧計に用いられるポンプ部とバルブ部から構成されている。腕巻き部分を包む布袋の外側には、ぬいぐるみロボットを備え付けられ、布袋の内側に、振動モータとペルチェ素子 2 個 (吸熱側と放熱側) を収納した。振動モータは、ぬいぐるみロボットの腕をユーザ側に (ユーザの腕に近づくように) 動かした際に、ロボットの手が当たる位置のちょうど裏側となるように装着した。また、ペルチェ素子は、ぬいぐるみロボットの腹部のちょうど裏側に当たる部位に 2 つ並べて装着した。これらは、放熱側 (温感部分) はユーザの前側、吸熱側 (冷感部分) はユーザの後側になるよう、並べてある。また、スピーカはロボットの頭部に内蔵される。

ぬいぐるみロボットはサーボモータ VS-S020 を 3 か所に用いている。頭部の仰角 (垂直方向) と方位角 (水平方向) の 2 自由度、および、ユーザの前側にある左腕の方位角 (水平方向) の 1 自由度を実現している。外観や触覚が親しみやすいことを考え、胴体に対する頭部のサイズが比較的大きなぬいぐるみによって、ロボット制御部を包んだ。本稿で紹介するシステムではライオン型のぬいぐるみを用いている。

これらのロボットやアクチュエータは、8-bit AVR マイクロコントローラ ATmega328 (ATMEL 社) を用いて制御される。また、現在の実装では、マイクロコントローラは、小型 PC (BRULE 社の villiv S5) とシリアル通信により接続されており、上記のアクチュエータ制御はが行われる (図 2 参照)。音声出力についても、現段階では小型 PC により制御し、ぬいぐるみ頭部に内蔵しているスピーカから声が聞こえるようにした。ただし、音声出力は、外出時のパーソナルなメッセージの伝達を想定しているため、アンプのない約 30mmφ のスピーカとした。また、電力供給は別途リチウムポリマー電池を用いた。これらの構成は、将来的に、PC を用いずにチップ制御によるモバイルシステムの実現を想定している。このロボットシステムを実際に装着している様子を図 3 に示す。装着部の重量は、ぬいぐるみ部分や・バッテリーを含め 250 グラム程度であり、チップ制御に移行した際のポータビリティが見込めるものである。

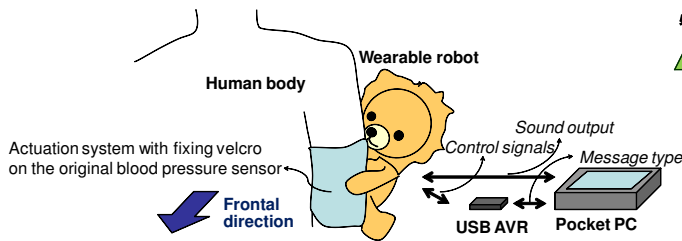


図 2: システム構成



図 3: システム装着図

3.2 擬人的なスキンシップ表現のデザイン

高齢者・障がい者の外出において、介助者は、スケジュール・外部からのメッセージといった伝達事項のみでなく、危険回避などの緊急事項、安心してもらったり雑談をするなどの愛着表現などを使い分けながら、快適さをもたらそうと努力している。もし、これらの情報を既存端末に無差別的に提示した場合、かえってユーザの混乱を招きかねない。

そこで、擬人的なスキンシップ表現と組み合わせながら、メッセージの伝達内容や状況に応じ、様々な情報伝達手法を実現するため、擬人的スキンシップ表現による情報伝達モデルを検討した。図 4 に本システムにおける擬人的スキンシップ表現の段階や種類を示す。情報伝達の段階は、大きく分けて、初期報知表現、確認表現、最終表現、の 3 段階である。また、情報の緊急性や重要性に応じ、Alert、Notice、Recommendation、Conversation、Affection の 5 段階に応じて、異なる表現手法を提案する。

高齢者の外出をさりげなく支援するためには、例えばトイレのタイミングなどは、いきなり音声を発さず、抱きつく・たたくなど、あらかじめユーザの注意を引き付けてから、こっそりさりげなく伝えることが望ましい。しかし、緊急情報の伝達では、情報自体を伝えるスピードや強さが必要であるため、音声とスキンシップ表現が同時に行われることがのぞましい。一方、愛着を示す表現は、ユーザを安心させたり、ユーザとの信頼関係を築く際に何気なく示され、情報の内容自体には重要性を持たせないこととした。

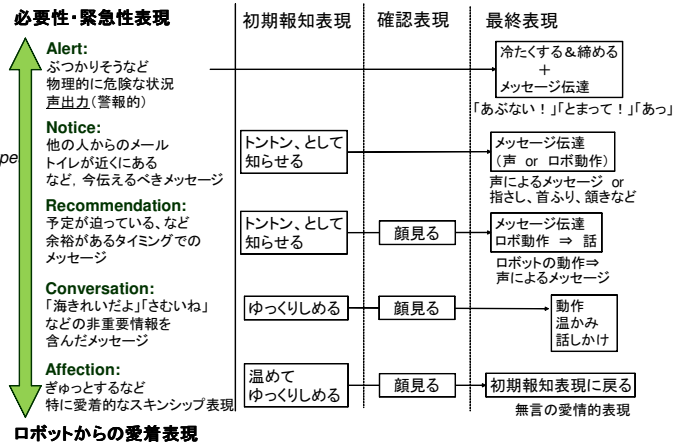


図 4: 擬人的スキンシップ表現による情報伝達モデル

3.3 具体的なアクチュエーション例

圧力アクチュエータや振動モータの強度や時間を制御すると同時に、ぬいぐるみロボットの頭部と腕の動作を制御する。これにより、あたかも、ぬいぐるみがユーザの腕に抱きついたり、腕にタップしたりしてこっそりと情報を伝えようとしているかのように感じさせる。また、温かみを与えて安心感や愛情の表現を伝えたり、冷やっとする感覚により怖い・危ないなどの感情を伝え、情報を効果的に感じさせることを狙いとし、ペルチェ素子による温感提示(放熱部)と冷感提示(吸熱部)を制御対象としている。

これらのアクチュエーション制御と音声によるメッセージ伝達を、擬人的スキンシップ表現による情報伝達モデル(図 4)における、初期報知表現、確認表現、最終表現にあてはめた。

初期報知表現は、意味のある情報を伝える際には、ユーザの腕をタップする動作として、200[msec] かけてロボット左腕をユーザの腕に近づけ、100[msec] 停留した後、200[msec] かけて離す、という動きを 2 回行う。それと同時に、ロボット左腕が最もユーザの腕に近づいた瞬間から 200[msec] の間、振動モータを作動させる。それ以外の初期報知表現は、腕を握るロボットの動作と圧力アクチュエータの同期により行う。

確認表現では、表現の内容にかかわらず、ユーザとのアイコンタクトが起こるようロボットの顔向きをユーザの頭側に向けることとした。通常の装着状態では、ロボットはユーザの正面方向を向くように設置してある(図 3)が、600[msec] かけてユーザの顔を見るよう首を曲げる。なお、メッセージ内容が終了するまで顔向きは変更しない。

最終表現では、音声による具体的なメッセージの内容やスキンシップによる愛着表現を伝える。

これらにより、例えば危険が迫っているときは緊急性が高く、初期報知表現や確認表現の重要性は下がる

ため、腕に強く抱きつき冷感を与えると同時に、「危ない」などの音声により伝達する。一方、意味のない愛着的な表現では、愛着表現としてのスキンシップ表現に焦点を当てるため、言葉のないスキンシップ表現も取り入れる。例えば、腕に優しく抱きつき温感を与え、ユーザの顔を見るという確認表現をするのみに留まるものも採用した。

4 システム利用者の感想の考察

ATR オープンハウス 2010 における展示や、システム利用者等から様々な意見を得た。図 1 に、目立った感想や改善点についての意見などを記す。まず、装着感について、現状では肩掛け小型 PC がついているものの、ロボットやスキンシップ表現部分の重量に関しては、重さを感じないという意見が多く、重さが気になる体験者には今回は出会わなかった。次に、装着している様子を傍から見て、ぬいぐるみを付けていることで他人の目が気になるという男性もいた。その一方、抵抗なく生活に取り入れたいという体験者もいた。これらは、ロボット部分の概観や大きさなどが影響すると思われる。また、最終表現としての報知音声がかであることに對し、初期報知表現により耳を傾けられるので、他人の目が気にならないという意見と、いきなり声がすると気が付きにくいという意見をいただいた。全体的に、ロボットに触られるという感覚を得た・また使用したい、という体験者が多かった。一方、体験者からの改善点の指摘として、ぬいぐるみからの温度が感じにくいなど、季節や着ている服などによる調整が必要であるという点に気づかされるものもあった。

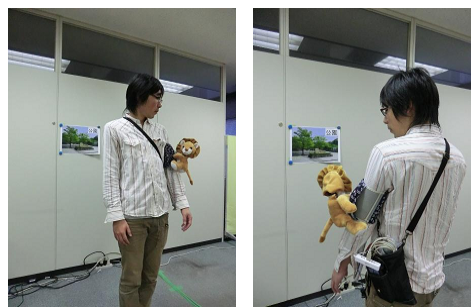
その他にも、スキンシップ表現のデザイン上偶然に、圧力アクチュエータと温感／冷感提示を行っていた。しかし、展示において、圧力アクチュエータの出力が故障した際に、温度が伝わりにくくなったことから、温感／冷感提示の強度と圧力アクチュエータの強度を統合的にデザインする必要があることが示された。また、ロボットの動きに注意がそれるため、通常の触覚呈示装置とは異なり、触覚が強調されるケースと、気づきにくくなるケースがあることがわかったため、擬人的スキンシップ表現の組み合わせに関する検討が必要だと考えられる。このように、体験展示におけるコメントや感想から、評価対象を新たに見出した。

5 実験

擬人的触覚表現の擬人性の効果の中でも、特に、段階的情報伝達における初期報知表現の分かりやすさや、擬人的媒体の愛着表現における親しみやすさを検証するため、ぬいぐるみロボットの動きと触覚提示を被験

表 1: 展示会における感想と意見の傾向

肯定的コメント	意外と軽いので装着が負担でない 高齢者等だけでなく自分も利用したい (20 代～30 代) 傍で見るより装着したほうが共感する 声が静かで他人の目が気にならない 早く使い慣れて馴染んでおきたい (60 代女性)
否定的コメント	いきなり声がしても小さめで聞こえ辛い ぬいぐるみに躊躇する (40 代～50 代男性) ぬいぐるみからの温度がわかりにくい (11 月の実施でセーターなどを着用)



反対側を向いた状態 正面を向いた状態
(初期報知表現の検証) (愛着表現の検証)

図 5: 実験状況

者が意識的に感じ取り印象評定する実験を、以下の手順で行った。

実験仮説: ぬいぐるみロボットの擬人的触覚表現における動きと触覚刺激提示は、分かりやすさや親しみやすさなどの評価に影響しない。

被験者: 19 歳～25 歳の 26 名 (男性 13 名, 女性 13 名)

実験環境: 被験者は左上腕に提案するぬいぐるみロボットを装着し、公園の風景の写真 (A3) の貼ってある壁に向かうことで「公園前にいる」という状況を仮想的に作る。ぬいぐるみロボットの制御部分も被験者に装着してあることで、被験者は自由に動くことができる。実験状況を図 5 に示す。

実験手法: 被験者は公園の風景の写真が貼ってある壁から 1.2m の位置に立ち、ぬいぐるみロボットを見ながら各回の刺激を待つよう教示されている。

分かりやすさを検証する実験 (実験 A) では、被験者は壁と反対側を向いて立つ。ロボットの初期報知表現の後、ロボットのスピーカから「後ろに、公園があるよ。」という音声流れる。被験者は、報知表現に対して反応することを教示されていない。実験後 3 秒間おいて、評価項目に対し点数をつけるようあらかじめ教示した。

親しみやすさを検証する実験 (実験 B) では、被験者は壁に向かって立つ。ロボットの愛着表現と同時に、ロボットのスピーカから「公園だね、うれしい。」という音声流れる。被験者はあらかじめ、実験後に評価を行うことを教示されている。

実験条件: めいぐるみロボットの動きの有無 (要因 motion MO/mo) と、触覚刺激提示の有無 (要因 touch TC/tc) による 4 条件の刺激 (MO-TC, mo-TC, MO-tc, mo-tc) を準備した。

分かりやすさの検証では、初期報知表現 (被験者の腕をたたく動作と振動の組み合わせ) を検証の対象とする。ロボットの腕の動作が有る条件を MO とし、触覚提示有り条件 (TC) では 200[ms] の振動を二回与えた。

親しみやすさの検証では、愛着表現 (被験者の顔を見る動作と被験者の腕を握る圧力刺激の組み合わせ) を検証の対象とする。ロボットがユーザの顔を見る動作が有る条件を MO とし、触覚提示は圧力アクチュエータの刺激が有る条件を TC とした。

評価項目: 被験者は実験後に 5:非常に当てはまる, 4:当てはまる, 3:わからない, 2:当てはまらない, 1:全く当てはまらないの 5 段階として、各評価項目に対する該当する度合いを評価する。

分かりやすさの検証では、以下の評価項目を準備した。

- Qa1: めいぐるみの表現はわかりやすい
- Qa2: めいぐるみの表現は伝わりやすい
- Qa3: めいぐるみの表現は好ましい
- Qa4: このような表現をするめいぐるみを使いたい

親しみやすさの検証では、以下の評価項目を準備した。

- Qb1: めいぐるみの表現を愛情表現だと感じた
- Qb2: めいぐるみの表現は心地よい
- Qb3: めいぐるみの表現は好ましい
- Qb4: このような表現をするめいぐるみを使いたい

実験結果 (分かりやすさ): 図 6 に結果を示し、有意水準を $\alpha = .05$ とした二要因分散分析の結果を表 2 に記す。下線部が有意差を示す。

Qa1 から Qa4 までの全ての評価項目において、MO-TC の MOS 値 (mean opinion score) が高かった。印象評定の結果は、初期報知表現として動きと振動の両者がある時高い評価がなされると推測される。

要因ごとの有意差の分析に関しては、動きの有無と触覚提示の有無の両者が有意差があるとされたのは Qa1 と Qa3 の分析結果であった。このことより、表現の分かりやすさや、好ましさは、ロボットの初期報知表現の動きと振動が共に効果的であることが示唆される。

その一方で、Qa2 の結果は振動の有無のみ有意差が示され、Qa4 では動きの有無のみ有意差があった。つまり、伝達されやすいと感じるのは振動がある方がよいが、システムへの好感は生じない。また、めいぐるみの動きは伝達されやすさには効果がないが、システムへの好感を生じさせることがわかった。

交互作用はどれも有意差や有意傾向もなく、動きと振動を組み合わせることでの独特の効果があるのでは

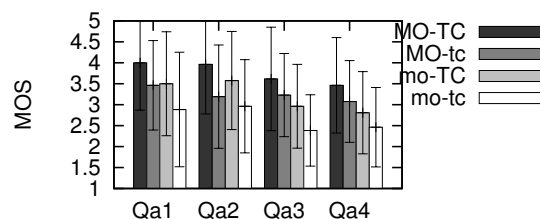


図 6: 分かりやすさに関する評価の MOS 値

表 2: 分かりやすさに関する評価の二要因分散分析

	MO vs mo		TC vs tc		interaction	
	$F_{(1,25)}$	p	$F_{(1,25)}$	p	$F_{(1,25)}$	p
Qa1	5.18	.025	5.94	.017	.026	.871
Qa2	1.78	.185	9.019	<.01	.11	.739
Qa3	13.8	<.01	5.68	.019	.227	.635
Qa4	10.2	<.01	3.38	.069	0.01	.92

表 3: 親しみやすさに関する評価の二要因分散分析

	MO vs mo		TC vs tc		interaction	
	$F_{(1,25)}$	p	$F_{(1,25)}$	p	$F_{(1,25)}$	p
Qb1	121.8	<.01	5.84	.017	3.19	.077
Qb2	74.1	<.01	.49	.487	.054	.817
Qb3	111	<.01	4.03	.047	.014	.906
Qb4	44.1	<.01	7.06	<.01	0.00	—

なく、それぞれの効果の和が MO-TC における MOS 値の高さに現れたといえる。

このように、分かりやすさ等において異なる印象評定が得られたことで、初期報知表現における実験仮説は棄却された。

実験結果 (親しみやすさ): 図 7 に結果を示し、有意水準を $\alpha = .05$ とした二要因分散分析の結果を表 3 に記す。下線部が有意差を示す。

Qb1 から Qb4 までの全ての評価項目において、MO-TC の MOS 値が高かったことから、印象評定の全般的な結果は、愛着表現としての動きと圧力の両者がある時高い評価がなされると推測される。

要因ごとの有意差の分析において、Qb1, Qb3, Qb4 の分析結果では、動きの有無と触覚提示の有無の両者が有意差がある。このことより、めいぐるみからの愛情表現として、めいぐるみロボットの顔の動きと圧力が肯定的に受け止められると同時に、めいぐるみに対する被験者の肯定的な感情が高まることが示唆される。

Qb2 において TC と tc の間に有意差がなかった。よって、めいぐるみの触覚表現が必ずしも心地よさをもたらすとは限らないことがわかる。Qb1 の交互作用の結果が有意傾向 (0.077) であったことを考慮すると、愛情表現であるという感覚をもたらすのは、めいぐるみの顔向きが被験者に向くという動作であり、触覚的刺激はそれを補う要素にすぎない可能性もある。

このように、親しみやすさ等において印象評定に有意差が見られたことで、愛着表現における実験仮説は棄却された。

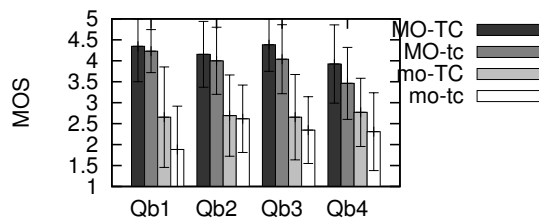


図 7: 親しみやすさに関する評価の MOS 値

6 考察

本稿では、寄り添いぬいぐるみロボットの擬人的触覚表現に関して、人間が付き添う場合でも行うスキンシップ表現として、初期報知表現や愛着表現に着目し、それらを組み合わせた段階的な触覚提示手法を提案している。

実験の分析から、触覚提示と擬人的な動きにより、分かりやすさと親しみやすさをより強く感じさせることができる可能性が示唆された。

今回の被験者実験で取り上げたのは、システムの様々な側面のうちの、個別の表現の捉えられ方の評価である。特に、実際の利用シーンでは、ぬいぐるみロボットを見たままであることは難しいため、動作の見た目の影響は低くなることが予想される。また、今回の実験では、被験者が立ったまま意識的に刺激を感じており、歩きながらの状況や、外部の騒音環境などがある場合は、刺激に対する感じ方が異なる可能性が高い。今後は、歩きながらシステムを体感し評定するなどの実験を行う必要があると考えられる。

また、今回の実験は若年層で実施し、感覚が比較的敏感な世代での検証であった。付き添う・介助するという目的においては、対象となるユーザは高齢者であるため、年齢層を変えて実験する必要がある。

7 おわりに

本稿では、高齢者や障がい者の外出に付き添う介助者のように寄り添う、スキンシップ表現をするぬいぐるみロボットシステムを提案した。スケジュール／外部メッセージ伝達などの補助的情報や、危険回避信号などの緊急情報とともに、ロボット自身の愛着表現ををさりげなくそっと提供するため、ユーザの上腕に装着された擬人的な小型ロボットの動きと、腕を握る圧力や、温感・冷感、振動などの触覚呈示を組み合わせることで、スキンシップ表現を実現した。

今後の展望として、スキンシップ表現の効果、妥当緊急性と伝達手法についての検証を行うとともに、実際の外出支援アプリケーション（トイレスケジュール支援 [12]・トイレ場所への誘導案内 [13]）との合体サー

ビスを検討する。また、今回の実装では、スキンシップの表現に焦点を当てたが、互いの接触コミュニケーションを検討するため、ロボットをなでる等のユーザ行動におけるスキンシップインタラクション設計も導入する予定である。

謝辞

本研究は総務省の研究委託により実施したものである。研究の機会を与えてくださった ATR 知能ロボティクス研究所の萩田紀博所長、および議論や実験に参加して下さった皆様に深く感謝する。

参考文献

- [1] 米澤朋子, 山添大丈, 安部伸治, “高齢者の外出に寄り添いスキンシップ表現を行う腕抱きつき型ボーダブルロボット,” ヒューマンインタフェース学会第 71 回研究会, SIG-DE-05, pp.49–52, 2011.
- [2] Hiroyuki Kajimoto, Yonezo Kanno, and Susumu Tachi, “Forehead Electro-tactile Display for Vision Substitution,” EuroHaptics 2006, Paris, 2006.
- [3] Hiroyuki Kajimoto, “Electro-tactile Display with Real-Time Impedance Feedback,” Haptics: Generating and Perceiving Tangible Sensations, Volume 6191/2010, pp. 285–291, 2010.
- [4] 丹羽真隆, 伊藤雄一, 岸野文郎, 野間春生, 柳田康幸, 保坂憲一, 久米祐一郎, “振動触覚を用いた情報提示のための仮現運動と刺激条件,” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 14, No. 2, 2009.
- [5] 吉江将之, 矢野博明, 岩田洋夫, “ジャイロモーメントを用いた力覚呈示装置,” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.7, No.3, pp.329–337, 2002.
- [6] 雨宮智浩, 安藤英由樹, 前田太郎, “非接地型力覚提示装置を中空で把持したときの効果的な牽引力錯覚の生起手法,” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 11, No. 4, pp. 545–556, 2006.
- [7] K. Bark, J.W. Wheeler, S. Premakumar, M.R. Cutkosky, “Comparison of Skin Stretch and Vibrotactile Stimulation for Feedback of Proprioceptive Information,” Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, pp.71–78, 2008.
- [8] M. Imai, T. Ono, and H. Ishiguro. Physical relation and expression: Joint attention for human-robot interaction. In *IEEE Int. Workshop on Robot and Human Communication*, pp. 512–517, 2001.
- [9] Hideki Kozima, “Infanoid: A babybot that explores the social environment,” K. Dautenhahn, A. H. Bond, L. Canamero, B. Edmonds (eds.), *Socially Intelligent Agents: Creating Relationships with Computers and Robots*, Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, pp.157–164 (2002).
- [10] 大隅俊宏, 藤本健太, 桑山裕基, 野田誠人, 大澤博隆, 篠沢一彦, 今井倫太, “ブログからロボットの動作コンテンツを生成するシステム TENORI の提案,” 人工知能学会全国大会, 1B2-3, 2009.
- [11] 石黒 浩 他, “人の存在を伝達する携帯型遠隔操作アンドロイドの研究開発,” 戦略的創造研究推進事業「強制社会に向けた人間調和型情報技術の構築」, 平成 22 年採用.
- [12] 辻愛里, 米澤朋子, 山添大丈, 安部伸治, “高齢者や障害者の外出時不安を取り除くための生活行動スケジュール支援～トイレタイミングの補助管理システム～,” HI 学会第 71 回研究会 SIG-DE-05, pp.21–24, 2011.
- [13] 山添大丈, 米澤朋子, 安部伸治, “ウェアラブルカメラによる自動トイレマップ生成,” HI 学会第 71 回研究会 SIG-DE-05, pp.25–29, 2011.