

身体を這い回るパーソナルロボットによる social touch 効果の 検証と他者性の変化に関する考察

Creeping Robot on Human Body: Consideration about Social Touch Effects and Sense of Agency

佐賀圭美^{1*} 棟方渚¹ 小野哲雄¹
 Tamami Saga¹ Nagisa Munekata¹ Tetsuo Ono¹

¹ 北海道大学
¹ Hokkaido University

Abstract: There are lots of personal robots and opportunities to access them around us. On the other hand, as for wearable robots, the case of supports, implements and investigations are not very extensive yet. In this paper, we propose a new personal wearable robot that moves on human body surface so that give users information and other supports affectively. Furthermore, based on the user tests and experiments, we also discuss the social touch effects, transition of sense of unity and agency, and effects on another person looking the user.

1 はじめに

近年、家庭用の自動掃除ロボット Rommba や各種ペットロボットなど、パーソナルロボットの一般的な利用例が急速に増加してきている。また、Google glass や iWatch をはじめとした、ウェアラブルデバイスの台頭も非常に注目を受けている。

これに対し、ロボットの持つ身体性を活かした「ウェアラブルなロボット」の開発例は複数存在するものの、まだ未発展な部分が多く、その利用目的も支援内容も非常に限られている。更に、装着型のロボットが、サポートに際してその身体性を活かすために複雑かつある程度大きな機構にならざるを得ないのに対し、その装着位置が固定されているため、ユーザはロボットを装着している間、物理的な制約や負荷を受けやすい。結果として、これらのロボットを日常的に装着することはまだ難しく、ある特定の機能を利用する時だけユーザ自身が着脱を行う形になる。これはウェアラブルデバイスの持つ特性である恒常的な支援環境やシームレスさとは逆行していると言える。

我々の提案システムでは最終的に、この問題を解決し、“ロボットの身体性を活かした支援を行いつつユーザの行動を阻害しないように働くことで、より日常的な支援を行いやすいパーソナルロボット”の実現を目指す。具体的には、装着した小型パーソナルロボットが装着者の状態を判断して自律的にその位置を変えること



図 1: 将来的な利用イメージ図

で、必要なときだけ装着者の注意力を引いて情報提示したり、物理的な支援を行い、必要の無いときはユーザの注意から外れたり物理的な負荷の少ない場所に移動して、自身の存在による精神的・物理的異物感や行動障害を防ぐといったことが可能であると考えられる。このようなシステムが実現できれば、より日常的にユーザに寄り添うパーソナルロボットの実用化が期待できる。将来的な利用イメージを図 1 に示す。

本研究では、先に述べたようなシステムの実現に向けて、ベルト上のレールを用いて身体の上に身につける

*連絡先：北海道大学工学部情報エレクトロニクス学科
 〒 060-0814 北海道札幌市 北区北 14 条西 9 丁目
 E-mail: saga@complex.ist.hokudai.ac.jp

ことができ、更に必要に応じてその位置を変えることで、情報提示等の支援を効果的に行えるような新しいロボットを提案する。

また同時に、ロボットが身体上を自由に移動することで装着者に与えられる触覚的・視覚的变化によって利用者が受ける認識的な変化や、ロボットに対する愛着の変化を調べることで、新たに可能となる支援を検討し、システムの有用性を説くことを目的とする。

2 関連研究

既に提案されている、ウェアラブルロボットが行う装着者へのサポートとしては、テレグジスタンスによる遠隔地のユーザーとのコミュニケーションの支援 [1][2] が挙げられる。柏原ら [1] のシステムでは、装着者の肩に乗せたロボットの視線・表情・発声などの身体的な要素を遠隔地のユーザが操ることで、装着者が常に操作者と視線や注意を共有することができるという点において、ロボットの身体性が有効に用いられている。また、行われたケーススタディでは、操作されるロボットの挙動が視覚的に確認できることで、第三者とのコミュニケーションにおいても遠隔地のユーザがそこにいるかのような対話が認められた。これは、ロボットの持つ身体性により、装着者だけでなく周囲の他者にもそのエージェント性を認識させられることを示している。

ウェアラブルな情報提示端末としてのパーソナルロボットの研究には、手乗り型 [3] や抱きつくぬいぐるみ型 [4] などの先行研究がある。これらはロボットの動きを用いて装着者に感情表現を行うことでコンテンツ再生の臨場感を増したり、あるいは装着者に温度変化や圧力の変化を与えることでロボットからの愛情表現を行い、親しみやすさを向上させることを目的としている。実験結果から、これらの意図はある程度の実現を認められており、身体性を持つロボットが情報提示することの利点や、ロボットを身につけることの利点として捉えることができる。

以上のようなロボット以外にも、ユーザの手を擬似的にエージェント化する指輪型 [5] など、様々な形・装着部位のウェアラブルロボットが提案されている。一方で、これら先行研究に共通している点として、装着位置が固定されており、ロボットが独立的に身体の上を移動することができない点が挙げられる。これに対して本研究は、ロボットに身体の上を移動させることで、物理的制約によるユーザ負担の減少・利用の円滑化とともに、装着者が得る触覚的・視覚的变化に基づく新たな効果を期待するものである。

ロボットが身体に接触することに関する研究としては、ロボット・人間間の social touch に関する研究 [6] がある。これによれば、ロボットがユーザに接触してい



図 2: 実装概要図

る場合の方が、接触していない場合に比べて、ユーザのロボットに対する許容度が増すことがわかっている。このことから、人間はロボットを社会的な存在として認識し、ロボットとの接触に社会的な意味を見出す可能性が示唆される。一方で、ロボットの social touch に関する研究はまだ少なく、手に触る/触らないといった非常にシンプルな条件での結論しか得られていない。

本研究では、ロボットが身体を這い回ることで装着者にポジティブな感情を与えることができると仮定し、ロボットを装着している場合と、していない場合、あるいは装着したロボットが動く場合に、どのような違いがあるのかを検証する。

物体の表面に沿って移動する小型ロボットの例では、壁や消火栓を這い回り景色を撮影するもの [7] の他、壁を登るロボットの研究は少なくない [8][9]。しかし、身体のように起伏が大きく、形状が変化するものの表面を移動できる小型ロボットの研究は少なく、また個人のサポートを行う目的のものもあまりない。

そこで今回は、身体に敷いたレールの上を登ることができるプロトタイプを製作し、擬似的に身体を這い回るロボットを実現した。また個人のサポートとして這い回る機能を活かした情報提示を行うことを考え、その有効な方法について検討するため、ロボットの位置による装着者・対峙する第三者の認識の変化について議論する。

3 システム構成

今回作成したプロトタイプロボットの実装概要を図 2 に示す。また、実際に装着したときの様子を図 3 に示す。



図 3: ロボットを装着したときの様子

3.1 ハードウェアの実装

移動機構は、DC モーターにより駆動するスプロケットとラダーチェーンを組み合わせることで実現した(図 4)。人体の表面は非常に複雑で起伏が激しく、装着中に動く上に、部位によらず体勢次第で向きが変動する。従って、装着したロボットが逆さになったり横向きになる可能性がある。そのため、常に下向きに重力が働くことを前提としている、車のような移動機構や、平面に貼り付けて進むことを前提としている、磁石を用いた機構 [7] などでは実現が難しい。また、移動に必要なエネルギーや人体への負荷を考慮すると、複雑な機構を用いた場合、重さが問題となる。以上を考慮し、今回の実装ではラダーを登れるような機構を用いることで、擬似的に身体表面を這い回らせることとした。図 4 に示すように、駆動部分を 2 つのスプロケットで挟み込むことで、重力方向に関わらずチェーンを捉えられるようにしている。またチェーンの脱調を防ぐ工夫として、側部に 2 つのスプロケットを同期するチェーンを用意し、更にプラスチック製のガイドを取り付けた。ロボットの姿勢の安定性と装着性を増すため、ロボットの底部はベルト状のものを挟み込めるような構造とした。装着者はラダーチェーンと一体化したベルトを体に巻き付けることで、巻き付けた部分に沿ってロボットを移動させることができる。

情報提示機構には、目に模したライトと、耳に模した稼働部を採用した。目の部分にはフルカラーの LED ライトを用いており、調光の程度や色合いによって情報を提示したり、コミュニケーションを行うことが可能である。耳の部分にはマイクロサーボモーターを使用し、これによって耳を立てる・伏せる・揺らすなどの表現を用いることができる。

自己位置を推定するためのセンサには、モーターの回転数を計測するフォトインタラプタと、9 軸のセンサモジュール MPU-9150 を搭載した。フォトインタラプタ

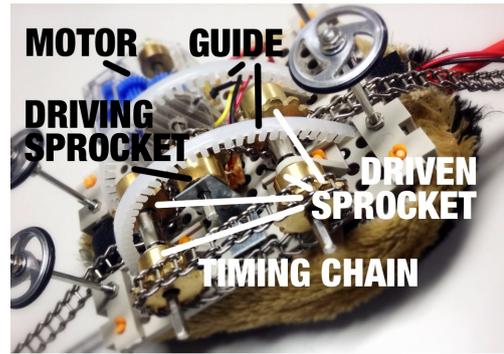


図 4: 移動機構の図

は、スプロケットと連動して回転する円盤のスリットが通過した回数を波形出力するため、このデータからスプロケットの回転数を割り出すことが可能である。今回、移動機構にはラダーチェーンを用いているため、移動距離を算出する際に摩擦の程度によるずれを考慮する必要は無い。従って、カメラなどの別機構を用いることなく移動距離や速度の算出が可能である。9 軸センサモジュールは i^2c 通信によって加速度、ジャイロ、地磁気 の値を出力可能であり、これを用いてロボット(装着部位)の向きや、加速度の変化を検出することができる。

これらの機構はすべて、内部に搭載されたマイコンボード IOIO-OTG に接続されている。PWM 値の変更によって、サーボモーターと、モータードライバを介した DC モーターの制御を行うことができ、また i^2c 通信によって 9 軸センサとの通信を行うこともできるため、移動機構・情報提示機構の操作とセンサからの入力をすべて同時に制御することが可能である。マイコンボードは尾の部分に接続した Bluetooth ドングルを介して Android 端末と無線通信が可能であり、Android 端末からの入力で各種の制御信号を入力することができる。またセンサから得られた情報も同様に、Android 端末側で処理することができる。

ロボットの外装は、人とのコミュニケーションを円滑にし、ユーザの愛着を増すため、一般的にペットとして飼育されている小動物のようなデザインを採用し、上面をフェイクファーで被覆した。

ロボットの重量は 150g 程度で、一般的なスマートフォンなどの携帯端末の重量と同程度である。電源は現在、外部から有線で供給する必要があるが、一般家庭電源またはポケット等に入れた電池・バッテリー類を用いる仕様となっている。将来的にはリチウムポリマーバッテリーなどの小型軽量のバッテリーを搭載する予定である。

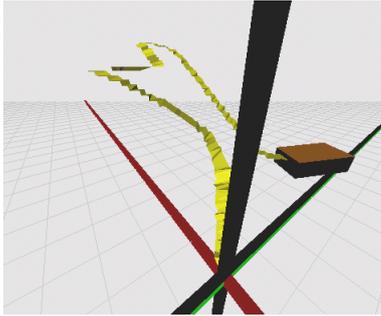


図 5: 形状推測結果の表示例

3.2 ソフトウェアの実装

マイコンボード IOIO-OTG は Bluetooth を用いて Android 端末と通信が可能であるため、ソフトウェアは Android プログラムで実装した。スマートフォンやタブレットは既に一般的に普及しているため、これは実際にロボットを装着して生活すると仮定したときにも無理がない実装方法であると言える。

操作プログラムではロボットの各部位の制御を行うことができ、前進・後退・停止・速度調整、目の調光、耳の動きなどを自由に制御可能である。画面上には自律制御と手動制御を切り替えるボタンがあり、手動制御を選択している間は画面上の UI によってロボットを操作することができる。現在は、加速度の大幅な変化を感じたときに位置を変えるなどの簡単な自律制御プログラムを実装しており、自律制御を選択している間は、ロボットは自由に動く。

構造上、ロボットの進行方向は移動前後のロボットの向きとほぼ一致するため、各時点でのロボットの向きと移動速度を得ることで、ロボットは移動経路の形状を認識できる。また、ロボットの向きはレール表面の向きと一致するため、移動経路から装着部分の形状をおおまかに認識することができる。本システムでは、移動距離と速度はスプロケットの回転数から、向きは 9 軸センサのデータから計算することが可能である。このためロボットは、レールに沿って移動することで、移動した体表の形状と、その中で自己位置を推定することができる。移動経路の推定結果を画面上に図示している様子を、図 5 に示す。

3.3 制限

現在の実装では、形状検出中に装着者が装着部分を動かした場合、経路取得は正しく行われない。しかし、一度装着したベルトは位置を変更しないと考えられるため、装着者が規定の姿勢で静止した状態で形状の把握を行えば、基本的にそれ以上形状取得を行う必要はない。将来的には、取得した表面形状から身体上の位置を割り

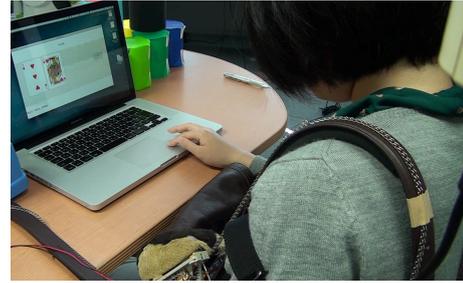


図 6: ユーザスタディの様子

出し、ベルトの位置と身体上の位置を対応づけておくことで、その後体が動かされても対応することができると思われる。

4 ユーザスタディ

ロボットの身体上の移動が social touch の効果をもたらすことがわかれば、提案するシステムの有用性を強化することができる。そこで、ロボットが実際に身体表面を移動することによって、装着者が受ける印象やロボットに対する認識が変化するかどうかを考察するため、作成したプロトタイプを使用したユーザスタディを行った。

4.1 概要

次の 3 条件のもと、3 人の被験者に簡単なコンピュータゲーム（ハイ・ローゲーム：2 枚のカードのうち、表示されたカードより伏せられたカードが大きい小さいかを当てるゲーム）をプレイしてもらった。

1. ロボットがテーブルに乗っている状態
2. ロボットが左腕に装着されている状態
3. ロボットが左腕に装着されていて、情報提示時にランダムで前後に動く状態

実験の様子を図 6 に示す。

ロボットはゲームの正解を知っており、目の色（赤: High, 青: Low）によって被験者に正解を教えることができるが、ミスをして間違った答えを教えることもあるとした。実際には、20%程度の確率で間違った答えを提示した。ロボットの制御は、Wizard of Oz 法を用いて行った。26 回のゲームを 1 セットとして、各条件で 1 セットのゲームを行い、その度にロボットに対する印象を 7 点法で評価してもらった。

また、全てのゲームの終了後、条件 3 でのゲームにおける、ロボットの移動に対する感想と、3 回のゲームでのロボットへの印象の違いをコメントしてもらった。

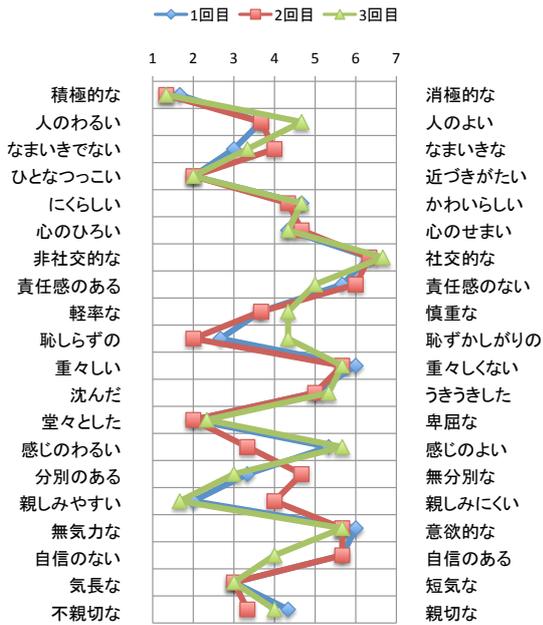


図 7: 印象評価結果 (平均)

実験中は、被験者のロボットに対する振る舞いを定性的に調べるため、ビデオを撮影した。

4.2 印象評価の結果

印象評価には特性形容詞尺度 (林, 1978) を用いた。それぞれの被験者の評価と、その平均を図 7 に示す。

結果は被験者ごとによりばらつきがあり、共通する傾向を見つけることは難しい。ただし、恥知らずの-恥ずかしがりの、といった項目では、条件 3 での印象が肯定的である傾向にある。また、親しみやすい-親みにくい、といった項目では、どの被験者においても条件 2 での印象が最も悪い。これは、一定の位置に留まるだけのロボットの存在は装着されていないときよりも違和感を感じたり、煩わしく感じるものの、ロボットが動くことで緩和される、などの可能性を示唆している。

4.3 利用者のコメント

ロボットが移動しながら情報提示したことに対する利用者のコメントには、次のようなものが寄せられた。

肯定的コメント

- モルモットがじゃれてきているようで、かわいい。間違っても嫌な気持ちにならなかった。
- かわいらしいので、間違った答えを教えられても、許してしまう。
- 判断に困る局面ではロボットの指示を見ることが多かった。当たると親近感がわく。

否定的コメント

- かゆいと感じた。支障が出るほどではない。
- 考えている間にロボットが動くときちらに注目するが、明らかに間違っている答えを提示されたとき (A に対して High の指示など) には困惑した。

また、3 回のロボットの挙動・位置の違いによるコメントとしては、次のようなものが寄せられた。

- 離れた位置にいるときは、他人事感があつたが、自分に近づくにつれて愛着がわいた。
- 腕に装着したとき、キーンという音が聞こえて、緊張した。
- ロボットが移動で注意を引くときの方が、指示があたりであればずれであれ、参考にしてしまうことが多かったし、印象にも残った。
- 最初はロボットの目の色を気にして選んでいたが、徐々に自分の考えを優先するようになった。

音が不必要に緊張を呼ぶという点は、ウェアラブル・ロボットを考える際の重要な課題であり、今後実用化する際には改善する必要がある。

徐々にロボットの意見を参考にしなくなったという意見については、ロボットが一定確率で間違いをすることや、被験者がゲームのコツをつかんでいったことに起因するとも考えられ、一概に原因を断定することはできない。しかし、ユーザが必要を感じないときにロボットを無視することができるという点は、むしろ利点であると考えられる。これは、先コメントにもあったように、ロボットは必要ならば移動などによって装着者の注意を引くことができるため、必要のないときには不用意に装着者の注意を引きすぎない方がよいと言えるためである。

4.4 観察結果

被験者はロボットの目の色を判断基準にする場合もあれば、そうしない場合もあった。2 や A など、答えが



(a) 腕に装着した図

(b) 肩に装着した図

(c) 背中に装着した図

図 8: 提示したイラスト

はっきり分かっている問題のときはロボットの判断は仰がない傾向にあり、そもそも視線を向けないことが多かった。ただし、ロボットが情報提示中に動くと、2 や A などの問題でも、そちらを見ることが多かった。

被験者 B と C は、1 回目のゲーム終了から 2 回目のゲーム開始までの待機時間中にはロボットに触れることはなかったが、2 回目のゲーム終了から 3 回目のゲーム開始までと、3 回目のゲーム終了後の待機時間中には、ロボットの背中をなでるような仕草を複数回行った。被験者 A は一度もロボットを撫でることはなかった。

5 質問紙を用いた実験

ウェアラブルなロボットが、その装着位置によって周囲にもたらす認識を変化させることができるとすれば、更なる情報提示の可能性や支援内容の幅が広がる。そこで実験では、ロボットの装着位置の違いによって、装着者を見ている第三者がロボットに対して推定する存在意義がどう変化するかを調べた。

5.1 概要

被験者には、図 8 に示す 3 つのイラストそれぞれに対し、ロボットが何をしているように見えるかを選択してもらい（問 1）、その他に読み取った事柄や感想について自由に記述してもらった（問 2）。被験者は 20 歳から 60 歳の男女 20 名で、文学部・人間生活学部・工学部・理学部などの大学生、または、社会人であった。

5.2 実験結果と考察

問 1 の選択肢と、結果のグラフを図 9 に示す。(a) で

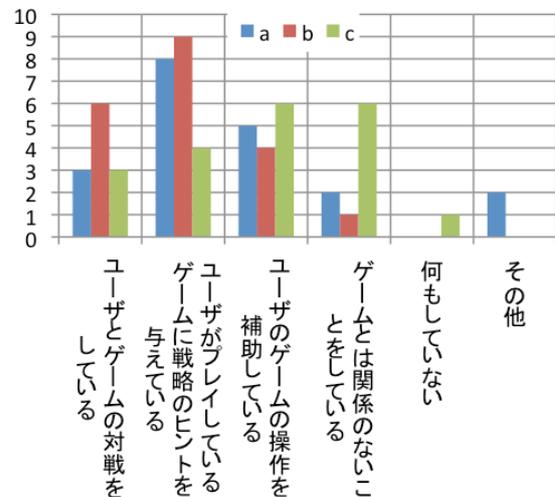


図 9: 実験問 1 の結果グラフ

の回答に「その他」が2つあったが、その内容は「ペットのようにそばにいる」「応援している」という内容だった。

(a), (b) ともに、最も多い回答は「ユーザがプレイしているゲームに戦略のヒントを与えている」というものであった。その他の回答数についても、(a) と (b) には似たような傾向が見られることが分かる。(「対戦している」という回答についての考察は後述する。)

これに対して、(a) と (b) の回答の相似性と比較すると、(c) についての回答には他2つの条件との違いが見られる。特に、「ゲームとは関係のないことをしている」と回答した人数は、(a), (b) と比較して明らかに多い。これはロボットがユーザの挙動やデバイスに背を向ける形になっており、これらを視界に入れていないことから、ロボットの注意・関心がゲームにないことが感じられたためと考えられる。

「ユーザのゲームの操作を補助している」という回答については、(a), (b) と同程度ではあるが、(c) にも多い。今回、この選択肢の意図としては「ユーザのデバイスへの入力の仲介」のような意味合いが強かったが、この回答をした被験者のコメントによれば、「思考の補助をしている」「筋肉の補助をしている」など、「操作の補助」を様々な意味で捉えた回答があったことが分かった。つまり、デバイス-ロボット間の通信なしでのユーザ自身に対する補助という意見もこの回答に含まれている。そのために、ロボットがどの位置にいる場合でも一定数、この回答が得られた可能性があり、また同一の回答であっても、その性質はそれぞれ異なることが考えられる。

(a) と (b) の間では、回答結果の違いはあまり見られないが、記述してもらったコメントを見ると、ある程度の傾向の違いを見ることができる。(a) に対するコメントでは、

- ペットのよう。
- 応援してくれている。

といったコメントがあったのに対して、(b) に対するコメントでは、

- 仲間のような感じ。
- ロボットが生意気。
- 一緒に何かをしている感じ。

というものが見られた。「ペット」「仲間」という表現の違いから、(a) の位置よりも、(b) の位置の方がより人間に近く、社会的な存在として認識される可能性があるという見方ができる。また「生意気」という表現にも見られるように、(a) より (b) の方がより人間に対等な存在として認識されやすい可能性も示唆していると言

える。(a) の「応援している」に対して (b) に「一緒に何かをしている」というコメントが寄せられたことも興味深く、(a) より (b) の方がより自分に近く、価値や利益を共有する存在と見ることもできる。

(c) に対するコメントでは、「1人で遊んでいる」「呼ばれていないので暇をしている」「ペットのよう」などで、装着者とは独立した思考で働いていると見る意見が多かった。

また、その他に特筆すべき点としては、選択肢として用意していなかったにもかかわらず、「ロボットによって支配されている」、「ロボットに操られている」という意見が複数見受けられたことが挙げられる。特に、(a) と (c) では「ロボットに支配されている」「体全体を操られている」「人間の思考の補助をしている」など、装着者全体の制御に働きかけるように感じるというコメントがというコメントがあったのに対し、(b) では「腕だけ操られているように見える」というコメントが寄せられた。

「ユーザとゲームの対戦をしている」という回答について、(c) においてこの回答を選択した被験者のコメントに、「人間とデバイスが視界から外れているため、対戦しているように感じた」というものがあつた。今回提示したイラストではゲーム内容にカードゲームを用いたが、カードゲームでは手札を明かさなことが前提である場合が多く、従ってロボットがデバイスの画面を見ている = 装着者の手札を見ているという状況では、対戦という概念は成立しないと解釈することができてしまう。このため、ゲーム内容について深く考えた被験者は、ロボットがデバイスを見ていない場合に対戦していると捉え、逆にゲームの内容については深く考えなかった被験者は、(a) や (b) の場合でも対戦をしている可能性を考えていた可能性がある。今回の実験では、(a) や (b) においてこの回答を選択した被験者も多かったため、ある程度の傾向を得ることはできるが、先のように考えた被験者がどの程度いたか分からない。従って今回の実験設定はあまり適切ではなく、本来ならば格闘ゲームのような、情報の有無が関係しないゲームを設定すべきだった。

また、ロボットの視線に着目したコメントがあることから分かるように、同じ位置でもロボットの向いている方向によって解釈が変わってくる可能性が高い。この点についても議論の余地がある。

6 考察と議論

6.1 Social Touch の効果について

ユーザスタディにおける利用者のコメントから、ロボットが身体上を移動することによって、装着者の口

ロボットに対する親近感、愛着、失敗への許容度などが増加したことが分かる。これは、ロボットが身体上を移動することで、装着者に社会的な存在としての認識を強めさせ、好感を持たせることができる可能性を示唆している。さらに、移動によって聴覚・触覚的な刺激を与えることで、被験者に訴えかける力強さや、説得力が増している様子も認められる。

また、観察結果から、ロボットが腕に装着されてからの方が、被験者からロボットへの積極的な接触が行われやすい傾向があったことがわかる。これは、単純にテーブルと左腕の右手との距離の差から生まれる撫でやすさの違いが理由である可能性や、ゲームを重ねることでロボットへの親近感が増したことが理由である可能性も考えられ、要因を断定することはできない。しかし、ロボットが身体に装着されることによって、装着者からロボットへの愛情が増し、スキンシップを図りやすくなった可能性も十分に考慮することができる。

これらのことから、ロボットが身体上を移動することで装着者 - ロボット間の social touch の効果がもたらされる可能性が示唆されたと言える。

6.2 第三者への影響について

実験の結果から、ロボットを装着している第三者から見た場合、その装着位置や姿勢によって、ロボットの行動の意図や支援内容、装着者とロボットとの関係の解釈などに違いが生まれる可能性が示唆された。

しかし、同じ装着位置でも様々な解釈をする被験者がおり、その傾向について一概に一般化するのには困難であることが分かる。

今回はロボットに対する認識の変化に着目してアンケートを行ったが、ロボットの位置・姿勢の変化による、装着者自信の行動に対する認識の変化についても考察議論の余地がある。このような変化が認められた場合、身体を動き回るロボットはその身体性を生かして人間の状態を周囲に知らせることができるということになり、より多くの内容を、より広範囲の対象へ情報提示できる可能性が高くなる。

6.3 他者性の変化について

選択結果とコメントの内容から、背中などの装着者の意識外にロボットがいる場合、ロボットの思考や行動は装着者の行動内容とは独立しているものと見る傾向が認められる。

また、実験に寄せられたコメントにおいて、(a) より (b) の方がより社会的・人間に対等な存在として認識されやすい可能性、より装着者と利益や価値を共有しているように感じる可能性が示唆されたことから、人間の

末端部分にロボットがいるときよりも、中枢に近い部分にいて視線（意識）を共有しているときの方が、ロボットに対して感じる親近感・自己同一性のようなものが強まる可能性が考えられる。ユーザースタディにおけるコメントに、「離れた位置にいるときは、他人事感があつたが、自分に近づくにつれて愛着がわいた」というものがあつたことから、この傾向は伺える。ただし、ユーザースタディではロボットは被験者と視線は共有していないことから、単純に体に近づくことで親近感を増すことができると考えることもできる。

一方で、他者がパーソナルスペースへ入ってくることに対して感じる図々しさのようなものを感じている被験者がいることも考慮する必要がある。ロボットへ感じる図々しさは (b) への「生意気」といったコメントなどに見ることができるが、これは肩の上という非常に自分の中枢に近い部分にいるロボットに対しても、それを自己同一的に見ていない立場からの意見と言える。

7 おわりに

7.1 まとめ

本研究では、身体の上に身につけることができ、更に必要に応じてその位置を変えることで、情報提示等の支援を効果的に行えるような新しいロボットを提案し、そのプロトタイプを実装した。更に、制作したプロトタイプを用いたユーザーテストを行い、ロボットが身体上を移動することによって利用者が感じるロボットへの愛着の変化や認識的な変化を調べた。その結果、ロボットが身体上を移動することによって、装着者がよりロボットへの愛着を感じやすくなる、失敗への許容度が上がるなどの可能性が示唆された。更に質問紙を用いた実験によって、ロボットの装着位置による認識の違いを調査したところ、位置の違いにより、第三者から見たロボットの支援内容の認識や、装着者との関係の解釈に違いが生まれることが分かった。

7.2 今後の課題

現在の実装では、ラダーを巻き込む形になっているためチェーンの両端しか固定することができず、安定性に欠けている。また底部の大きさが原因で、カーブの大きな肩の部分等を越えることができない。このため小型化、軽量化、移動機構の改良によってより多くの部位での移動に対応する必要がある。更に、情報提示に用いる機構や、ユーザからの入力を可能にするセンサ等を追加することによって、ユーザとのコミュニケーションを可能にすることで、より多くの支援が可能となり、円滑なインタラクションを実現できると考えられる。

ソフトウェアの面では、先のコミュニケーションに関する実装に加えて、認識した表面形状と人体部位との関連づけを実装する予定である。これにより、形状認識を支援内容に活かすことが可能となると考えられる。例えば、この情報をもとに姿勢推定を行い、ユーザの行動を阻害しない位置に自動的に移動する、コンテキストの認識によってユーザにとって好ましい行動を選択する、などの発展が考えられる。

これらの機能の実装が実用可能な程度に至ったら、情報提示端末としての評価実験や自律制御による装着者負荷軽減の評価実験を行う予定である。

また、今回は十分な内容・被験者数での実験ができなかったため、引き続き、ユーザへ与える心理的・認知的影響を調査する実験を行う必要がある。特に、装着者-ロボット-対峙する第三者の3者対話における、ロボットを装着していない第三者への影響や、ロボットの位置の違いによる自己性・他者性の変化について、更に実験を行い、考察していく予定である。

参考文献

- [1] Tadakazu Kashiwabara, Hirotaka Osawa, Kazuhiko Shinozawa, Michita Imai, TEROOS: A Wearable Avatar to Enhance Joint Activities, *CHI 2012, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in 524 Computing Systems*, pp. 2001–2004 (2012)
- [2] Y. Tsumaki, F. Ono, T. Tsukuda, "The 20-DOF Miniature Humanoid MH-2 for a Wearable Communication System," *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 3930–3935 (2012)
- [3] 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)
- [4] 米澤朋子, 山添大丈, 安部伸治, "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," *HAIシンポジウム 2011*, II-1B-3 (2011)
- [5] Masa Ogata, Yuta Sugiura, Hirotaka Osawa, Michita Imai, "Pygmy: A Ring-shaped Robotic Device for Storytelling ", *IJICIC* (2013)
- [6] 福田玄明, 塩見昌裕, 中川佳弥子, 植田一博, "ヒューマンロボットインタラクションにおける social touch," *HAIシンポジウム 2012*, 3-C-1 (2012)
- [7] Stacey Kuznetsov, Eric Paulos, Mark D. Gross, "WallBots: interactive wall-crawling robots in the hands of public artists and political activists." *Conference on Designing Interactive Systems 2010*, pp 208–217 (2010)
- [8] Murphy, M. P., Tso, W., Tanzini, M. and Sitti, M. , "Waalbot: An agile small-scale wall climbing robot utilizing pressure sensitive adhesives," *Proc. of the 2006 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intel. Robots and Systems* pp. 3411–3416 (2006)
- [9] Krahn, J., Liu, Y., Sadeghi, A., and Menon, C, "A tailless timing belt climbing platform utilizing dry adhesives with mushroom caps," *Smart Materials and Structures*, 20:1–11 (2011)