

身体部位のエージェント化による自己認識拡張と行動変容

Trial for Extending Self-awareness and Behavioral Change with Agentization of Human Body Parts

齋藤 利樹[†], 大澤 博隆[†]
Toshiki Saito, Hirotaka Osawa

[†] 筑波大学
Tsukuba University
jcoss@jcoss.gr.jp

Abstract

The purpose of this study is to analyze user's attentive intention and behavior to the user's body by anthropomorphizing the body part and making it as another agent. The author defines attentive behavior to the body as changing own behavior by attentive intention which is caring for the body made as another agent. The author created a device to prompt user's attentive intention and behavior by projecting eyes and mouth illustration based on face pain scale on the back of the hand by a small projector. This device makes the hand anthropomorphized by changing the emotion based on the position of the hand and progress of task. The author evaluated this approach by making a task to move an object. The author prepared three conditions which are anthropomorphized condition, and emotional condition, information only condition by projecting face, and bomb, gauge. Between three conditions the author compared differences in user intention and behavior. As a result, in anthropomorphized condition the user did not do attentive behavior to the body but attentive intention. And the impression on the user's body improved and it was shown to be effective as an information presentation method.

Keywords — Anthropomorphization, Human-agent interaction, Cognitive Science

1. はじめに

擬人化とは人間以外のものに人間性・有生性を付与する比喩表現の一種である[1]。鳥獣戯画や付喪神にあるように擬人化というものは古来より、対象を親しみやすく、また客観的に見る際に用いられてきた手法であり、社会との繋がりを欲する「社会的動機」と人間の尺度で行動を予測する「効力動機」の2動機から生じると言われている[2]。近年ではCMやビデオゲームにおいて擬人化されたキャラクターが用いられていることから、人々にとって擬人化という手法は受け入れやすいものであることがわかる。擬人化によって人間の感情に働きかけることで、ゲームの行動決定や嗜好の決定といった行動選択の誘導も可能である[3][4]。また、物体・機器を擬人化することへの研究も行われており、これにより親近感の増加や情報提示能力の向上に繋がるこ

とが示されている[5]。物体にとどまらず、自然や概念といった存在もまた擬人化の対象となっている[6]。

様々なものが擬人化されている中、身体の擬人化もまたその例外ではない。身体は本来自分のものであるが、身体を擬人化した場合に物体の擬人化と同じような作用がユーザーの行動や心理状態において見られるのではないかと考えられる。具体的にはユーザーが自身の身体を自分以外のものとして認識することや、それによってユーザーの行動に変化が見られること、また自身の身体への親近感の増加や身体情報をよりユーザーへ伝えやすくなることという効果が見込める。

身体の一部をエージェント化して物体の擬人化と同様の効果を生む提案はいくつか提案されている。尾形らは手に指輪型ロボットを装着することによってユーザーが自身の手を擬人化されたと感じることを示している[7]。また大澤らは手を擬人化した場合においてユーザーの身体動作が増加することを示している[8]。これらの関連研究から、身体の擬人化はユーザーの印象及び行動に対して効果的であるということが示されている。これらの研究における身体の擬人化では、擬人化の効果の1つとして考えられる行動誘導やユーザーの認知の変容に関しては十分に検証されていない。身体を擬人化することによってユーザーの行動を変化させることができると示されれば、例えば運動を共に行ったり、作業支援を身近で行ったりする親近感を与える存在としてユーザーに求められる行動を促す効果が見込める。

本研究では、身体の一部を擬人化して認知的に外在化することによって人間の身体に対する自己認識を拡張し、その結果としてユーザーの行動を変化させる手法を提案する。外在化とは一般的に問題や思考を自身の外部へ取り出すことであるが、本論文では身体を擬人化・他者化し自分以外のものと感じさせることという意味で用いている。外在化によってユーザーへ自身の身体の状態が他者として提示されることで身体への気遣いを増加させ、それによって行動を変化させること（これを気遣い行動と定義する）や自身の身体への印象の向上が見込める。また自己状態が視覚的にフィードバックされることでその自己状態をより向上させることが示されている[9]。身体情報に気を遣うことはユー

ザーの状態を良くする効果があると考えられ、外在化によりこれと同様の効果もまた期待できると言える。

本研究では身体の位置情報及びタスクの達成状況を表情という形で身体に投影し、身体の外在化を達成するデバイスを開発した。このデバイスによるユーザーの自身の身体への気遣い行動の促進及び印象の変化を観測することが本研究の目的である。実験は物体の移動タスクを行い、ユーザーの身体・タスクへの印象及び移動経路について評価した。

本論文の章構成は以下の通りである。2章で関連研究について示し、3章でデバイスの設計について、また4章でその実装について述べる。5章で今回行った実験について述べ、その評価結果を6章に述べた後7章で結果についての考察を行う。最後に8章で本研究についてのまとめを行う。

2. 関連研究

2.1. 擬人化の定義

擬人化とは人間以外のものに人間性を付与することである。その効果の1つに行動の誘導があり、擬人化されたものは人間の行動に影響を与えることが示されている。

擬人化、という用語はしばしば、我々と同じような身体構造を用いた絵画やアニメーションの表現技法として使われる。特に日本のサブカルチャーでは、事物に対し、その要素をモチーフとした意匠を取り入れ、細部まで描かれた人間を描き、事物の係合性をキャラクター同士の係合性として表す文化が近年存在している[10]。近年擬人化表現を有効に利用した例として、合成歌唱技術 VOCALOID に女性歌手の形状を与えたキャラクター「初音ミク」が挙げられる。初音ミクの意匠には年齢や性別とともに電子楽器がモチーフとして組み込まれており、ソフトウェアの用途を伝えると同時に、創作者にインスピレーションを与える。初音ミクが一種の「インタフェース」として働き、世界中のユーザに対し共有可能なイメージを与え、複数の創作者同士の結びつきを強めた点で有用である[11]。キャラクター文化と結びついた擬人化は、文化越境的な役目を持つ。

しかし本来の擬人化はこうした表現にとどまらない。絵画における擬人化は、人間と関連のないものに対し人間の属性を与えて、対象の意図や振る舞いを連想させる手法を意味しており、類似させる対象は必ずしも「人間と類似の身体」だけでなく、形状や振る舞いといった多方面に及ぶ。我が国最古の「漫画」と称される鳥獣人物戯画は、動物など人間と違った生物に対し、人間と同じような「振る舞い」をさせ、当時の人間社会の様子をわかりやすく描き出す(図1)。このように人間と同じような仕草を与えることも、擬人化表現の一種である。

こうした絵画における擬人化表現の主な利点は、直接理解しづらい現象を理解させられる点である。例えば、「正義」という形而上学的な概念に対し、「正義の女神」という形で擬人化を行う、などの使用例がある。特に、風刺画や寓意画などにこのような表現が使われやすい。絵画の擬人化技法は、人間の擬人化傾向を触発し、そのままでは伝えづらい情

報を伝える手段と工学的には捉えられるだろう。

2.2. 擬人化とエージェント

哲学者の Dennett は、人間が環境中の出来事を観測し、理解するやり方を物理姿勢、設計姿勢、志向姿勢の3種類に分類した[12]。物理姿勢とは背後に法則を見る見方である。例えば物体が上から下に落ちるとき、我々はそれが重力の法則に従って落ちる、ということを知っている。また、重力の法則自体をしらなくても、経験知からそのように推測することが出来る。しかしながら、例えばアラーム時計がどのように動き、指定時間にベルを鳴らすか、物理法則に基づいて記述し、理解できる人は多くない。このように、物理姿勢で理解するのが難しい、ある程度複雑な人工システムの場合には、人は設計姿勢という見方で理解を行う。これは、特定時刻になったらアラームが鳴る、などのように、ある状態と機能を一対一で理解するやり方である。

これに対して、特定のシステムに対し、その背後に意図を感じ、その意図を推測しながら理解を行うやり方が、志向姿勢である。例えば、寝過ごしそうになって誰かが起こしに来てくれた時、その人間が特定時刻に起こす、という機能を持って働いた、とは考えないだろう。誰かが起こしに来てくれるのは、それは自分を心配しているからだ、という風に人間は考える。

人間が意図を発見する機能として、生物学や認知科学で主張されているのが、「心の理論」である[13]。心の理論は他者の意図を推定するための脳の仕組みである。Baron-Cohen は、心の理論を測るための有名な課題「サリーとアン課題」を提案した[14]。サリーがビー玉をかごの中に入れ、サリーが出て行った後にアンがビー玉を箱に移す。サリーが戻ってきた時に、どこを探るか、答えさせるという課題である。心の理論が発達した人間は、サリーがアンを認識していない、ということを理解できるため、サリーはかごを探すと答えるが、他のエージェントの認識範囲を理解できない場合、箱を探すと答える。いくつかの実験より、人間を含めた僅かな動物しかこの課題に正解できないこと、また、自閉症児がこの課題をうまく答えられないことがわかっている。アニメーションに関する心理学研究や、HAI 研究の結果より、心の理論は、人間以外の動物や、人工物にも適用されることがわかってきている。例えば、Heider らの実験では、三角や丸といった非常に単純な図形からも、人間が意図を読み取ることを示している[15]。

これらの研究成果は、人間は相手が人間かそうでないかにかかわらず、非常に少ない手がかりから意図を読み取り、擬人化してしまう性質を生得的に持っていることを示唆する。重要な事だが、擬人化への生得的傾向は文化に依存しない。例えば Sung らは、米国家庭を対象にした調査で、掃除機ロボットの Roomba に対して、話しかける・名前をつけるといった行為が行われていることを発見している[16]。

2.3. 擬人化による行動誘導

こうした擬人化表現の利点は、工学のプロダクトデザイ

ンにも応用されている。DiSalvo らは、プロダクトに人間と同じような意匠をいれて擬人化することで、人間と同じような形状が使用場面を想起させること、理解が難しい物について、人と同じ感情表現を用いて説明できること、製品の特徴をわかりやすく説明できることを挙げている[17]。特に人間的類似性を持つ構成要素はそれ単体で人間に強い印象を与える。人間の目は他の哺乳類と比べ、目の白膜と虹彩の間のコントラストが高い[18]。人間以外の哺乳類は、目線から他者に意図を推測されないため低いコントラストを保持していると考えられているが、人間は進化の過程で、他者に意図をわざと見せる、というコミュニケーションのメリットが、他者から意図を推測されるリスクを上回ったと考えられている。見られている、という視線はユーザに対し強い影響を与える。例えば人間の道徳的行動が目のイメージによって制御されることが複数の研究で指摘されている[19][20]。ただの眼の絵が飾ってあるだけでも、人間は社会的規範を守り、支払金額を上げる行動を見せる。

こうした擬人化の応用を行う分野としてヒューマンエージェントインタラクションが存在し、その中で擬人化エージェントを用いた行動誘導もいくつか検討されている[21]。湯浅らはゲームを共に行う擬人化エージェントを開発し、その非言語情報と協力行動を制御することでエージェントの印象及び行動選択に関して評価を行った[22]。これにより表情といった非言語情報によりユーザーの行動選択を誘導できる可能性を示した。Chartrand らは犬や猫といった家庭内ペットに関する印象調査及び選択タスクを行い、それぞれについて評価を行った[4]。これにより人間が人間以外のものにも人間の特性を当てはめて擬人化されたものとして解釈すること、また擬人化された対象が人間同様に参加者の行動選択を誘導できることが示された。

2.4. 身体 の 擬人化に関する関連研究

身体 の 擬人化では、ユーザーに本来自身のものである身体に対して擬人化された他者と感じさせる必要がある。そのための簡易な表現として目や口といった表情を直接身体部位に装着する手法が使われている。これにより装着者に視覚的に身体が擬人化されたと感じさせることが可能となる。

尾形らは Pygmy という目や口といった顔の部位を表現した指輪型のロボットを手 に 装着させることで、手の擬人化に関して評価を行った[23]。これにより手が擬人化されたら装着者が感じる ことが示され、また、タスクへの印象も向上することが示されている。また我々は目を表示させた LED 液晶を手に取り付ける擬人化デバイス「語り手」を開発し、身体 の 擬人化による身体運動の促進に関して評価を行った[8]。これにより擬人化によってユーザーの与えられたタスクの運動量が増えることはなかったが、それ以外の無意識的な身体運動が増加することが示され、また身体への印象も向上した。

これらの研究により、身体を擬人化することによりユーザーは自身の身体への親近感を増加すること、また自身の

身体運動を増加することが示された。しかしユーザーの行動を誘導することについては検証されていない。本研究ではこれら関連研究によって得られた知見を元に、外在化によってユーザーの行動を変化させる手法を提案する。

3. 設計

関連研究より、身体に目や口といった表情を付与しその表情を変化させ、感情を持っているかのようにふるまうことでユーザーの感情に働きかけ、擬人化を達成できると示されている。本研究でも関連研究にならい、ユーザーの手に着目し、手に感情を付与するという形で外在化の実現を試みた。

本研究では、身体が感情を持っているようにユーザーに思わせ外在化を達成するふるまいをさせる。特に、擬人化された対象が情動を持つ可能用に振る舞う点を重視する。そのため、ポジティブ・ネガティブ表現を伝えることができる face pain scale[24]に基づいた顔のイラストを手の甲に表示する手法を提案する。face pain scale は医学分野で使用されている痛みの強さを表情によって表したスケールであり、数値や具体的な度合いとして痛みを判定することの困難な高齢者や小児に多く用いられるものである。一般的に 6・20 段階のものが用いられている。このスケールに沿って表情を変化させることで、感情を持っているかのようなふるまいを実現する。手の甲に表示された顔が感情的に変化するという形で、ユーザーは身体の情報外在化された形で受け取ることができる。具体的なふるまいとしては、ユーザーが何もしていない状態ではスケールの中間の表情をしたイラストを、ユーザーに行ってほしい・促進したい動作を取ったときに痛みの弱いときのスケール（笑顔）のイラストを、行ってほしくない・制限したい動作を取ったときに痛みの強いときのスケール（泣き顔）のイラストを表示させる。またイラストはその動作の度合いに応じて表情を変化させる。例えば行ってほしい動作の場合はその進捗と共に表情もまたより笑顔になっていく。ユーザーの動作状態に対応して手の甲の表情を変えることでユーザーに自身の手を外在化されたと感じさせるふるまいができると考える。またその表情を定期的に変化させることによって生命性を付与し、その効果を増すことができると考えられる。

4. デバイスの実装

3 章によって提案されたデバイスの実装を行った。「語り手」同様、腕時計型の腕に装着する形状を採用した[8]。これは取り付けが比較的楽に行えることや、今回の手法が手の甲に投影するという形式によるものである。また本実装以外にも VR による実装も考えられたが、VR には VR 環境と実環境との空間情報の矛盾から生じる酔いが起こることがあると言われているため今回は投影を採用した[25]。

4.1. デバイスの外観

本研究で開発したデバイスを図 1, 図 2 に示す.

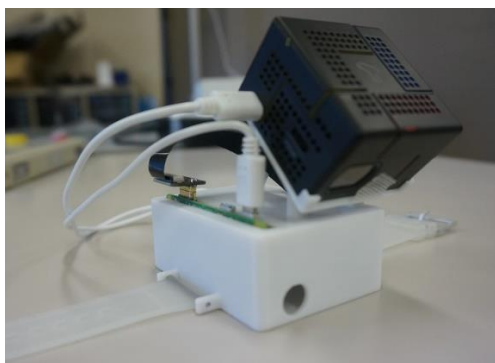


図 1 デバイスの前面



図 2 デバイスの後面

デバイスは 3D プリンタによって出力されたポリカーボネート製のケースから成る. 内部には小型シングルボードコンピュータ (Raspberry pi Zero W, 以下ラズパイ) を搭載し, ケース上部には小型のプロジェクター (Smart [Beam] Art) を固定している. なお小型プロジェクターは, 更なる小型化のために本来下部に取り付けられているバッテリー部を取り外した状態で固定されている. またケース後面には円形の穴が空いており, そこから円柱型のモバイルバッテリー (cheero Power Plus 3 stick) を差し込む形状になっている. なお図 1 から確認できるケース前面の小さな穴は使用していない. モバイルバッテリー差し込み式を採用した理由としては, 充電のしやすさ及びデバイス内の単純化の為である. モバイルバッテリーから他パーツへの給電を行い, ラズパイからの出力をプロジェクターが行う構成になっている. これらによって構成されたデバイスをベルトによって腕に取り付ける. 装着した状態の写真を図 3 に示す.



図 3 デバイスを装着した状態

4.2. システム構成

開発したシステムの構成は大きく分けてデバイス部と PC 部に分けることができる. 以下にそれぞれの構成を示す.

(a) PC 部

PC 部では取得データの解析及びデバイス部へのデータ送信, データの保存を行う.

本デバイスは手の位置によって外在化された身体が自身の状態を変化させることを目的としているので, 手の位置を取得することが前提となる. そこで本研究では手の位置取得のために Leap Motion 社の Leap Motion を使用した. Leap Motion は手指の座標を 3 次元的に細かい精度で取得することのできるデバイスであり, トラッキング速度も最低でも 60fps と申し分ないものである. また, 取得データは C 言語を始めとする様々な言語から呼び出すことができ, PC 部では C++ のプログラムからデータを取得している.

Leap Motion によって取得された手の座標データが予め指定しておいた特定の座標に近づいたとき, 近づいた距離に応じて顔の番号をデバイス部へ送信している. なお近づいていない状態 (以下平常状態) でも常に通信は行っており, 平常状態であることを知らせ続けている.

また, 作成した C++ のプログラム内ではデータの送信と同時に保存も行っている.

(b) デバイス部

デバイス部では PC 部から送られてきたデータに対応したイラストの投影を行う.

ラズパイには face pain scale に基づいた顔のイラストが保存されている. イラストの一覧を図 4 に示す. イラストの内訳は良い状態のイラストが 3 種類, 平常状態が 1 種類, 悪い状態が 4 種類であり, 更にそれぞれ少し変化をつけたイラストを 1 つずつ用意してある. 一定間隔でイラストを交互に出力することで生命性の付与を実現している.

プログラムは Python によって書かれており, 画像の出力には Open CV を用いている.



図 4 投影する顔のイラスト

5. 実験

開発したデバイスによって外在化がなされ、ユーザーの意識及び動作に変化が生じるかどうかを調べるために以下の実験を行った。

5.1. 実験環境

実験環境を以下図 5 に示す。



図 5 実験環境

横 440mm, 縦 290mm の電子基板を想定した作業エリアを用意した。エリアの四隅には左下から反時計回りで 0, 1, 2, 3 と番号が割り振られている。またエリア上には黄色い注意マークを四隅の経路の midpoint となるような位置に配置した。

Leap Motion は高さ 370mm で、エリア上端の真上にくるような位置に下向きになるように取り付けた。

5.2. 実験条件

本研究では、顔のイラストを投影した場合（以下外在化条件）の効果を確認するため、外在化条件に加えて以下の 2 条件を追加した。

- ・ ゲージ（メーター）によって手の位置の良し悪しの情報のみを投影してユーザーに提示する条件（以下単純条件）
- ・ 爆弾を投影して、ユーザーの感情に働きかける形で良し悪しの情報を提示する条件（以下感情条件）

以上 2 条件に使用したイラストを図 6 に、また全 3 条件でそれぞれがユーザーに与える情報を表 1 に示す。単純条件、感情条件ともに外在化条件と同等の条件にするため、外在化条件と同数のイラストを用意した上で、実験参加者に全条件でタスクを行ってもらった。単純条件においては安全色[26]を採用し、良い状態を緑、悪い状態を赤とした。感情条件においては火が消えた状態から

導火線が短くなった状態で良し悪しを表現した。なお、カウンターバランスを考慮し条件の順序は参加者で偏りのないように入れ替えた。

表 1 条件ごとの与える情報

外在化条件	情報 + 感情 + 表情
感情条件	情報 + 感情
単純条件	情報

5.3. タスク

参加者が行うタスクは、外在化以外の要因によって結果が変化してしまうことのないよう比較的単純でなおかつ手への投影物を見ることのできるものが好ましいと考え、本実験では物体の移動タスクを採用した。実験環境の俯瞰図を図 7 に、移動させる物体を図 8 に示す。移動させる物体は針金で持ち手を付けたペットボトルのキャップにネジを入れたものである。これは予備実験のときは容器内に水が入っておりそれを移動させるものであったが、難度が高く手の擬人化自体に集中できないことが懸念されたため、程よい緊張感となるようにネジを入れることになった。

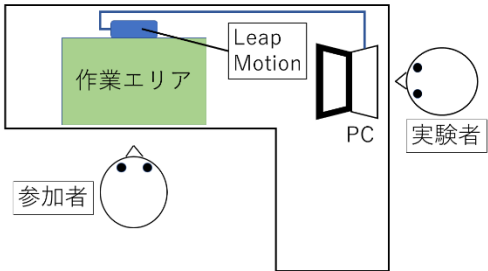


図 7 実験環境の俯瞰図

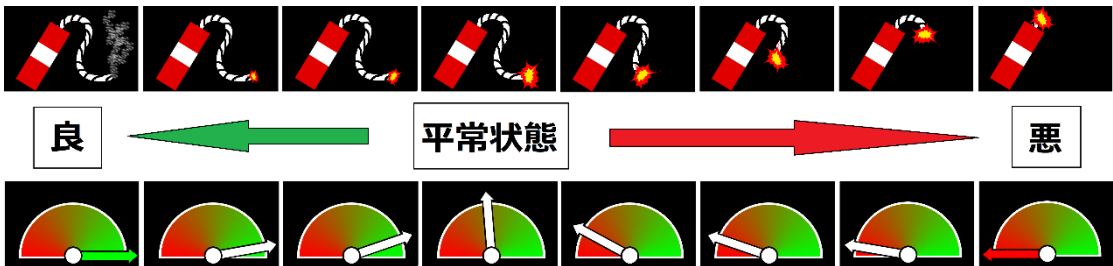


図 6 投影する爆弾及びゲージのイラスト



図 8 移動させる物体

図 7 に示したように、参加者は実験環境の前に座る。実験者は全体を見渡せる位置に座り、PC 画面を操作し、参加者に番号による指示を出す。参加者は条件ごとに 10 回、図 8 に示した物体を指示した番号の四隅へと移動するタスクを行った。なお、移動経路はどのタスクでも縦の移動が 4 回、横の移動が 3 回、斜めの移動が 3 回となるような組み合わせであり参加者はタスクごとに別の経路を移動した。実際のタスク中の様子を以下図 9 に示す。



図 9 実際のタスク中の様子

5.4. 実験手順

実験の段階は (1) 事前説明, (2) 練習, (3) セットアップ, (4) 本番 の 4 段階である。各段階の詳細を以下に示す。

1) 事前説明

最初に実験者が、実験に関する以下の情報を参加者に伝える。

- ・ 基板を想定したエリア上での移動タスクを 3 度行ってもらふこと
- ・ 作業する手はテーブル上、しない方は手はテーブルの下にしておくこと
- ・ 注意マーク周辺は通ると基板がショートしてしまうデリケートな部分であるため、通らないように注意して慎重に作業を行うこと

2 つ目の情報は、Leap Motion が複数の手を認識している状態では取得したいほうの手を見失ったときの判定が難しいため 1 本のみで作業してもらうためである。3 つ目は予備実験を行った際に参加者の手の動きが早すぎたため、それを低減するために導入した。

2) セットアップ

次にセットアップ用のプログラムを用い、手で物体を持った状態の四隅及び注意マーク上での手の座標を記録する。これは人によって物体の持ち方が違うために、同一のデータを使ってしまうと距離の判定に誤差が生じてしまうのを防ぐためである。

3) 練習

次に参加者は事前練習を行った。参加者はデバイスを装着し、タスクを行った。映像の投影が行われない以外は本番と同じタスク条件であり、参加者は本番同様の移動を 17 回行った。参加者は本番のタスクでは 1 条件につき 10 回の移動を行ったが、それより多く練習を行った。これは、予備実験を行った際にタスクへの慣れからタスクごとの移動時間に大きな差が生まれてしまったため、少し多めに練習してもらうことで本番での回ごとの慣れによる差を減らす意図による。練習、本番ともに実験者が声で指示を行う旨もここで伝えた。

4) 本番

本番では、参加者は 3 条件を順番に行った。この際、実験者は参加者に対し、開始前に何が投影される条件であるかを条件ごとに説明した後、タスクを始めさせた。

全てのフェイズ終了後、参加者には実験に関して思ったことを自由に述べてもらい、また、実験者から何点か質問を行うインタビューを行い、実験終了とした。なお、質問項目を以下に示す。

- ・ デバイスは重かったかどうか
- ・ 手を気にした条件の順番と理由
- ・ ゲージの意図はわかったか

5.5. アンケート

各タスク終了後、参加者に対して投影物の印象及びタスクの印象についてアンケートを実施した。アンケートは質問に対して「極めてそう思った」「全くそう思わない」を 7 段階に分けた回答を用意した。項目は Godspeed Questionnaire[27] (以下 GQ) に基づいた 5 項目に加え、投影物の印象に関して 1 項目、タスクの印象に関して 4 項目を用意した計 10 項目であり、それらを以下に示す。(1-5 が GQ 項目)

・ 投影物の印象

1. 意思を持っていると感じた
2. 反応はよかった
3. 親しみやすかった
4. 知的だと感じた
5. 不安を感じた
6. 自分の意思と反していると感じた

・ タスクの印象

7. 部品を落とさないように心がけた
8. 注意部分を避けようとして心がけた
9. タスクはやりやすかった
10. 手に意識が向いていた

5.6. 実験参加者

事前に 2 名で予備実験を行った。その後の本実験では、18 名が実験に参加した。参加者はいずれも 22-25 歳の大学生及び大学院生であり、性別は男性である。

5.7. 仮説

デバイスによって手が外在化されることで、ユーザーの自身の手に対する好感度が上昇すると考えられ、結果としてアンケート項目の 1-4 において外在化条件が他の 2 条件と比較して有意な差が出ると考えられる。また、好感度が上昇したことによってユーザーの心理的負担が軽減され、タスクへの印象も良くなるとも考えられる。(仮説 1)

手が外在化されることにより、ユーザーの自身の手への注意が増加し、手への気配り行動が促進されることによって注意マーク周辺に近づく行動が軽減されることも考えられる。(仮説 2)

6. 評価結果

実験によって得られたデータのうち、アンケート及び手の移動データに関して分析を行った。得られた結果を以下に示す。

6.1. アンケート結果

参加者 18 名のアンケート結果をそれぞれ条件ごと各項目で SPSS の「一般線形モデル-反復測定」により比較を行った。この分析方法は対応のある t 検定を 3 条件以上で行う場合に用いる多重比較法であり、補正は Bonferroni 法を用いている。得られた結果を図 10 に示す。アンケート項目 1,3,4 において外在化条件と他の 2 条件に有意差 ($p < .05$)

が認められた。また項目 2 に関して外在化条件と感情条件に有意傾向 ($p < 0.1$) が、項目 5 に関して感情条件と他の 2 条件に有意差が、項目 10 に関して外在化条件と単純条件に有意差が認められた。

6.2. 移動分析結果

Leap Motion による手の座標データによる分析を行った。なお、使用したデータは手の座標データが Leap Motion が手を見失ったことで欠けてしまった 3 名のデータを除いた 15 名分である。分析方法はアンケートと同様のものを使用した。分析する項目を以下に示す。

- ・移動にかかった総時間
- ・移動中に禁止エリア内にいた割合
- ・移動中に禁止エリア中心に最も近づいた距離
- ・10 回の移動で禁止エリア中心に近づいた距離の平均

以上 4 項目について分析を行った。また同項目を 10 回の移動中に 3 回行う斜めの移動についてのみ分析を行った。斜めの移動はタスク中最長の移動経路であるため、これに着目した。各項目についてまとめたものを図 11-図 14 に示す。

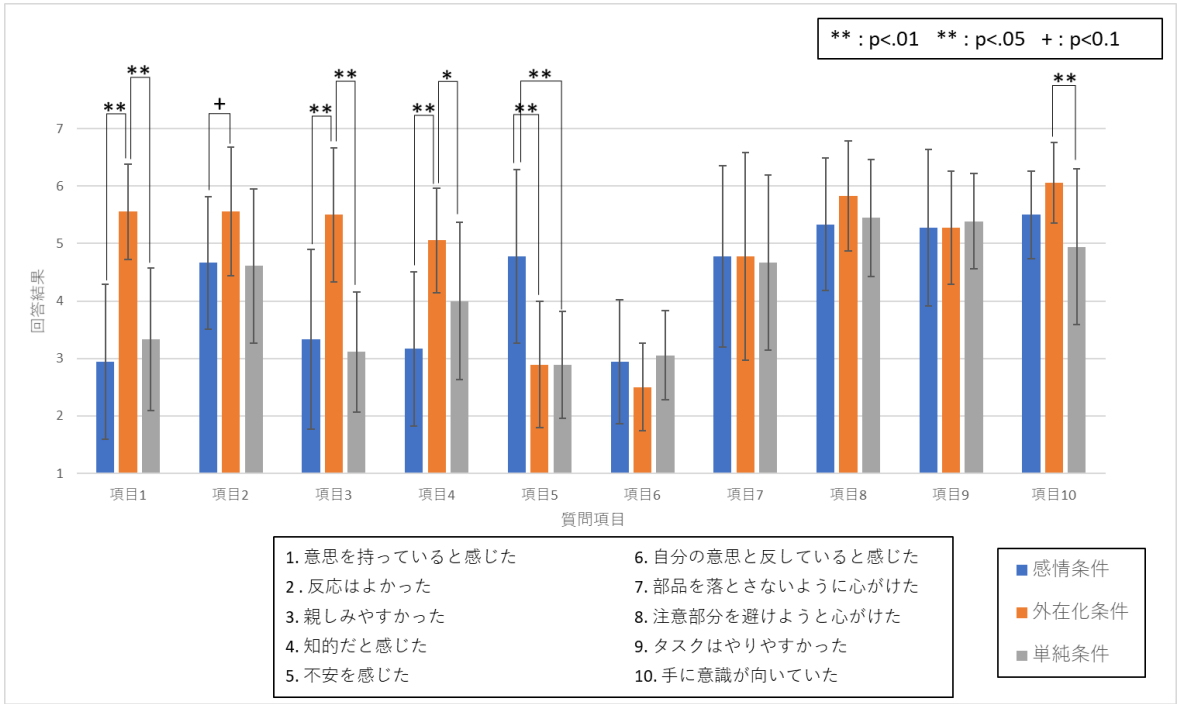


図 10 アンケート結果

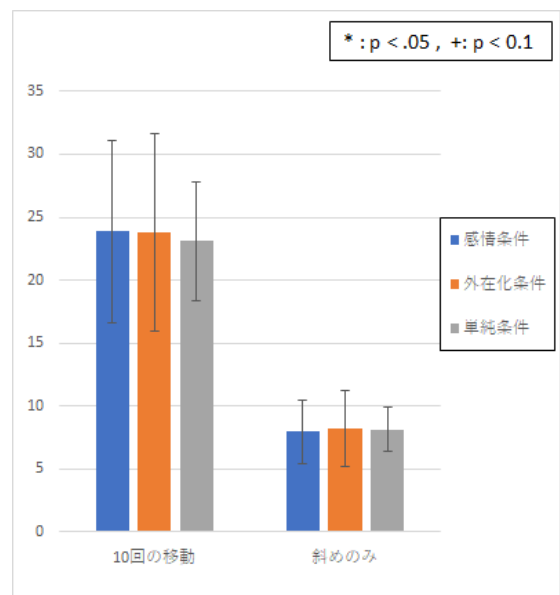


図 11 移動にかかった総時間

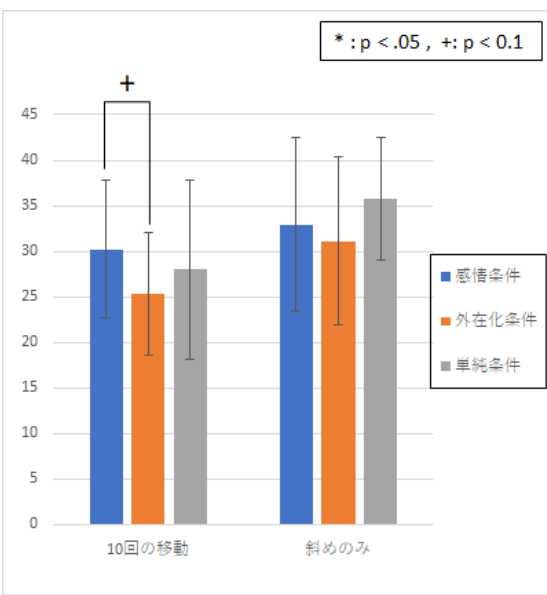


図 13 禁止エリア中心に最も近づいた距離

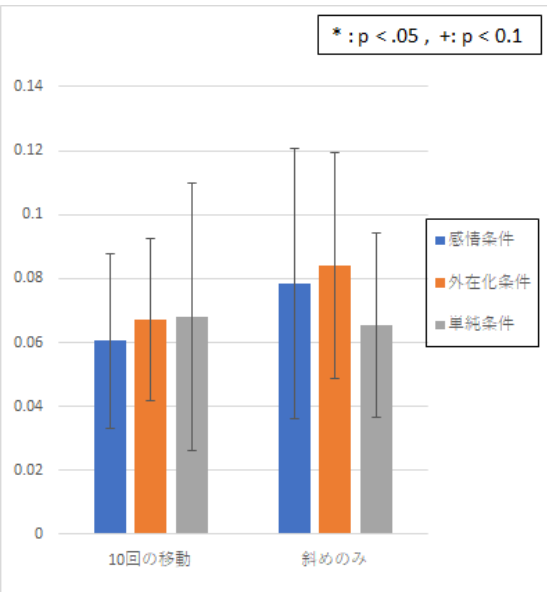


図 12 移動中に禁止エリアにいた割合

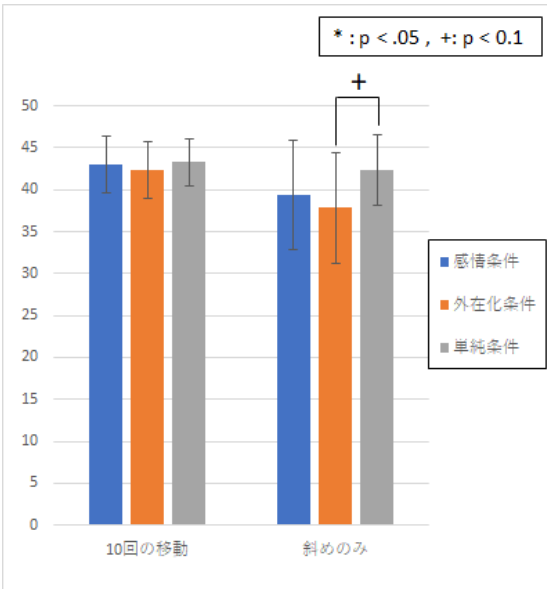


図 14 禁止エリア中心に近づいた距離の平均

図 13 より、10 回の移動で最も近づいた距離に関して外在化条件と感情条件における有意傾向が認められた。また、図 14 より斜めの移動において近づいた距離の平均に関して外在化条件と単純条件における有意傾向が認められた。図 7

7. 考察

7.1. 身体擬人化の効果

図 10 より、GQ 項目中の 3 つにおいて外在化条件が他の 2 条件に対して有意な差が見られることから、参加者が顔という投影物に対して生物性や好感を覚えていることがわかった。しかし、タスクへの印象に関しては有意差を認められなかったため、好感度によるタスクの印象への影響は認められず、仮説 1 は部分的に立証された。また、インタビュー

一において外在化条件を「相棒のように感じた」と答えた参加者もいた。これらのことから、手に顔のイラストを投影することによって外在化が行えるということが示唆された。

一方で、項目 5「不安を感じた」において感情条件と他の 2 条件に有意差を認められた。実験終了後のインタビューにおいても、「急かされている気がした」「やらされている感じがした」などネガティブな意見が認められた。

また、インタビューに際して、参加者にどの条件が一番手を見ていたかを質問したところ、外在化条件、感情条件、単純条件の順で多かった。これは図 10 より項目 10「手に意識が向いていた」において外在化条件と単純条件に有意差が見られていることから示されている。外在化条件と答えた人の意見としては「面白かった」「気を使った」「変化がわかりやすかった」などが挙げられる。感情条件と答えた人の意見は「怖かった」「爆発するか気になった」などが挙げられる。しかし、有意差が見られたにもかかわらず、図 14 より斜めの移動に関して外在化条件と単純条件に仮説とは逆の有意傾向が確認された。このことから、外在化条件によって参加者の手への注視行動を促進することはできたが、手の甲へ注意が向いた分だけ手先作業の精度が低下してしまったのではないかと推測できる。これにより仮説 2 は立証されなかったが、自身の手への注意が外在化条件において増大したことは明らかであり、身体の情報提示手法として有効であることが示唆された。

またインタビューにおいて明らかになった事実として、イラストが移動後に良い状態へ変化することには全員が気づいたものの、移動中のイラストの変化には気づけなかった参加者が多く存在していたことが挙げられる。これは移動距離が短く、すぐに移動作業が終わってしまうために気づくことができなかったのではないかと理由と、予め注意部分避けるように指示をしていたために、イラストが大きく変化することが少なく、参加者に変化を提示できる機会が少なかったのではないかと理由の 2 つが考えられる。

7.2. デバイスの改善点

以上の結果を受け、今回実装したデバイスは本研究において一部有効であったと考えることができる。しかし、様々な問題及び改善点が見つかった。

まずデバイスの実装に関してだが、インタビューにおいて「プロジェクターが邪魔で見づらい」「デバイスが重い」という意見を頂いた。これは開発時点で問題になっていた部分ではあったのだが、今回の実装をするにあたってプロジェクターは外すことのできない部分であるため、そのような意見を覚悟して実装をした。しかし今後改善していき点であると考えられ、その場合は薄いフレキシブルディスプレイなどによる実装が考えられる。デバイスの重さに関してはプロジェクターのみではなく、モバイルバッテリーの重量が関わってきている問題であるが、電力を多く使用するプロジェクターが別の提示手法に代われば解決できる問題である。

次に実験に関してだが、6.1 で前述したとおりデバイスの

意図が掴めなかった参加者が何人か確認できた。今回実験に採用した移動タスクでは、事前に注意マークを避けるように指示を受けていること、移動距離が短いことから状態の変化を確認できないという問題が見受けられた。後者の問題はデバイスによって手が影になってしまうと、Leap Motion が手を見失ってしまうことによって実験範囲が限定されてしまったことが原因の 1 つとして挙げられ、これもプロジェクターに代わるものの導入によってデバイスが小型化されれば改善できると思われる。しかし前者の問題はタスク自体の改善によってのみ解決できるものと思われる。例えば迷路をペン状のものでなぞるような、より手を動かす速度を遅くし、変化に気づきやすくなるタスクを採用すべきである。

8. まとめ

本研究では、身体を外在化したことによるユーザーの行動の誘導について身体の外在化を行うデバイスを開発し実験及び評価を行った。結果として外在化条件におけるユーザーの身体への気遣い行動は見られず、また作業精度の低下が観測されたがこれは手への注意が増大したことによる。先行研究と同様に手への親近感が増加したことも示され、また本研究の手法によって手への注意が増加したことは明らかであり、情報提示手法として擬人化・外在化という手法が有効であることが示された。今後の改善点として 7.2 で述べたように、デバイスの更なる小型化は身体擬人化の効果を測る上で避けることのできない課題である。小型化、タスクの改善を行い、行動誘導について再検証をしていきたい。

謝辞

本研究は科研費 JSPS 科研費 JP26118006 および JP16K12484 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] S. Guthrie, *Faces in the clouds: a new theory of religion*. Oxford University Press, 1993.
- [2] 関沢英彦, “父さんは犬: 広告における擬人化 (林龍二教授退任記念号),” コミュニケーション科学, no. 35, pp. 19–47, 2012.
- [3] 湯浅将英 and 武川直樹, “ユーザ行動を誘導するための擬人化エージェントの対人印象操作・非言語行動表出モデル,” 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム = *IEICE Trans. Inf. Syst.* (Japanese Ed., vol. 94, no. 1, pp. 124–137, 2011.
- [4] T. L. Chartrand and G. M. F. G. J. Fitzsimons, “Automatic Effects of Anthropomorphized Objects on Behavior,” *Soc. Cogn.*, vol. 26, pp. 198–209, 2008.
- [5] 大澤博隆, “ヒューマンエージェントインタラクシ

- ョンから見る人工物・人工システムのエージェンシー,” 日本ロボット学会誌, vol. 31, no. 9, pp. 40–45, 2013.
- [6] K.-P. Tam, S.-L. Lee, and M. M. Chao, “Saving Mr. Nature: Anthropomorphism enhances connectedness to and protectiveness toward nature,” *J. Exp. Soc. Psychol.*, vol. 49, no. 3, pp. 514–521, May 2013.
- [7] M. Ogata, Y. Sugiura, H. Osawa, and M. Imai, “Pygmy: A Ring-shaped Robotic Device that Promotes the Presence of an Agent on Human Hand,” in *Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction*, 2012, pp. 85–92.
- [8] 大澤博隆 and 中原大介, “語り手: 手部位の擬人化による身体運動の促進,” 情報処理学会 インタラクシオン, pp. 879–880, 2017.
- [9] 中川博文, 北村純一, 近藤徹, 飯沼和三, and 高橋賞, “光弾性手法を援用した視覚によるバイオフィードバック装置の開発: 脳卒中片麻痺患者の立位訓練への応用,” *日本機械学会論文集 A編*, vol. 61, no. 582, pp. 466–471, 1995.
- [10] 擬人化たん白書製作委員会, 擬人化たん白書. アスペクト, 2006.
- [11] H. Itoh, “Hatsune Miku’ as an Interface,” in *International Conference on Human-Agent Interaction*, 2013, p. <http://hai-conference.net/ihai2013/program/#talk2>.
- [12] D. C. Dennett, *The Intentional Stance*. A Bradford Book, 1989.
- [13] N. C. Rabinowitz, F. Perbet, H. F. Song, C. Zhang, S. M. A. Eslami, and M. Botvinick, “Machine Theory of Mind,” 2018.
- [14] S. Baron-Cohen, a M. Leslie, and U. Frith, “Does the autistic child have a ‘theory of mind’?,” *Cognition*, vol. 21, no. 1, pp. 37–46, Oct. 1985.
- [15] F. Heider and M. Simmel, “An experimental study of apparent behavior,” *Am. J. Psychol.*, vol. 57, pp. 243–259, 1944.
- [16] J.-Y. Sung, R. E. Grinter, H. I. Christensen, and L. Guo, “Housewives or technophiles?,” in *International Conference on Human robot Interaction*, 2008, p. 129.
- [17] C. DiSalvo and F. Gemperle, “From seduction to fulfillment,” in *International conference on Designing pleasurable products and interfaces*, 2003, pp. 67–72.
- [18] H. Kobayashi and S. Kohshima, “Unique morphology of the human eye and its adaptive meaning: comparative studies on external morphology of the primate eye,” *J. Hum. Evol.*, vol. 40, no. 5, pp. 419–435, 2001.
- [19] M. Bateson, D. Nettle, and G. Roberts, “Cues of being watched enhance cooperation in a real-world setting,” *Biol. Lett.*, vol. 2, no. 3, pp. 412–414, 2006.
- [20] P. Bourrat, N. Baumard, and R. McKay, “Surveillance cues enhance moral condemnation,” *Evol. Psychol.*, vol. 9, no. 2, pp. 193–199, 2011.
- [21] 大澤博隆, “ヒューマンエージェントインタラクシオンの研究動向,” 人工知能学会誌, vol. 28, no. 3, pp. 405–411, 2013.
- [22] 湯浅将英 and 武川直樹, “ユーザ行動を誘導するための擬人化エージェントの対人印象操作・非言語行動表出モデル(ヴァーバル・ノンヴァーバル・コミュニケーション,<特集>ヒューマンコミュニケーション〜人間中心の情報環境構築のための要素技術〜論文),” 電子情報通信学会論文誌, vol. J94-D, no. 1, pp. 124–137, Jan. 2011.
- [23] H. I. O. Sawa, “Pygmy: 指輪型擬人化デバイス Pygmy: Anthropomorphic Ring Device.”
- [24] C. L. Hicks, C. L. Von Baeyer, P. A. Spafford, I. Van Korlaar, and B. Goodenough, “The Faces Pain Scale ± Revised: toward a common metric in pediatric pain measurement,” *Pain*, vol. 93, pp. 173–183, 2001.
- [25] 田中信壽, “VR酔い対策の設計に求められる知見の現状,” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol. 10, no. 1, pp. 129–138, 2005.
- [26] 落合信寿 and 齋藤美穂, “日本人学生における安全色のリスク認知,” 日本色彩学会誌, vol. 29, no. 4, pp. 303–311, 2005.
- [27] C. Bartneck, D. Kulić, E. Croft, and S. Zoghbi, “Measurement Instruments for the Anthropomorphism, Animacy, Likeability, Perceived Intelligence, and Perceived Safety of Robots,” *Int. J. Soc. Robot.*, vol. 1, no. 1, pp. 71–81, Nov. 2008.