

擬人化を利用した家電インタフェースの開発

大澤博隆[†] 野田誠人[†] 今井倫太^{††}

[†] 慶應義塾大学理工学研究科

^{††} 慶應義塾大学理工学部

E-mail: †{osawa,noda,michita}@ayu.ics.keio.ac.jp

あらまし 本研究では、目や腕などの取り付け可能な人体パーツを説明対象となる電気製品にとりつけ、対象そのものを擬人的なエージェントと化し、そこから情報提示を行う手法を提案する。提案の実現のため、本研究では無線化した目や腕パーツの開発、および、物体の側面に取り付けて物体平面への手入力を検知するデバイスの開発を行った。また、本デバイスを身近な電気製品に取り付け、機能説明を行い、ユーザからの評価を得た。
キーワード 擬人化、ヒューマンエージェントインタラクション、ヒューマンインタフェース

Development of interface for appliances using anthropomorphization

Hiroataka OSAWA[†], Masato NODA[†], and Michita IMAI^{††}

[†] Graduate School of Science and Technology, Keio University

^{††} Faculty of Science and Technology, Keio University

E-mail: †{osawa,noda,michita}@ayu.ics.keio.ac.jp

Abstract We proposes direct information giving method that directly anthropomorphize and object using human-like body parts. We explains our design and implementation of the device of human-like parts, especially difference between normal robot. We also attach these device to home shredder for evaluation.

Key words Anthropomorphization, Human-Agent Interaction, Human Interface

1. ま え が き

近年、ロボットやCGエージェントなど、擬人的なエージェントがオフィスや家庭のさまざまな場所で使用されるようになってきた [1]。これらの、エージェントを用いた情報提示技術は今後もさらに普及していくと思われる。

人間と人工物の間に擬人化エージェントを介在させ、人間へ情報提示を行う方法として代表的なのは、ヒューマノイドロボットや、エージェントロボット、CG エージェントなど、単独のエージェントを介した情報提示手法である。従来では、ヒューマノイド・非ヒューマノイドロボットのような擬人的なロボット [3] [5] や、擬人的なCG エージェント [9] が主に使用されてきた。

特に、ユビキタス環境下で実世界上の情報を扱うのに適しているのが、コミュニケーションロボットのような、実世界で動く擬人的なエージェントを間に介した情報提示手法である。篠沢らの研究によれば、CG エージェントに比べ、実世界上で動くロボットは実世界上の対象を指して情報提示を行うことに優れており [8]、実際に実世界上で活動するロボットが広く使用されている。よって、特に実世界上で機能する家電製品・機器を指し示しながら情報提示を行う際にも、ロボットを使用する

のが望ましいと考えられる。

しかしながら、単独のエージェントを用いて情報提示を行う手法は、図1上のように、エージェント自体の身体イメージと説明対象となる人工物のイメージが異なり、情報提示対象と別に擬人的なエージェントが存在する形になるため、物体とのインタラクション中に、ユーザの認識する対象が増えると考えられる。その結果、ユーザの興味対象が、説明対象よりも説明を行うエージェントに向かってしまい、滑なインタラクションが進まない可能性が考えられる。例えば、村川らの研究 [6] では、店頭での販売の際に、ロボットが人の足を止め、商品情報に注目させたことが述べられているが、売り上げの増加が見られなかったことが述べられている。また、神田らの研究 [7] でも、ロボットが単に商品の説明をする場合は売上が上がらず、ユーザに対応したコミュニケーションを行わなければ、ユーザの購買意欲に結び付かないことを挙げている。これらの失敗はいずれも、ロボットによる説明対象への情報提示が自然に行われることを無条件の前提としており、間に介したロボットが注目を集めてしまう可能性を過小評価したためと考えられる。CG エージェントに関して深山らは、CG エージェントを介した情報提示とエージェントを介さない情報提示を比較した結果、CG エージェント自体が注目を集めることで、かえってユーザの記

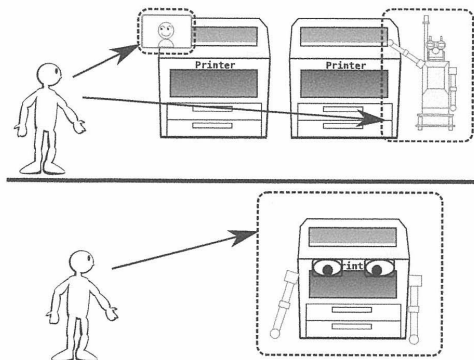


図1 擬人のエージェントとディスプレイロボットの違い

Fig.1 Difference between anthropomorphic agent and display robot

憶を阻害してしまう危険性があることを指摘している [9]。深山らは、擬人的な CG エージェントを画面中央に置いた場合と置かない場合を比較し、擬人的な CG エージェントを置いて説明を行った場合に、ユーザの記憶が阻害される傾向を発見した。

これに対し、擬人的な目や腕を対象に取り付けて情報提示を行うディスプレイロボットの手法では、図 1 下のように物体が直接擬人化される。これにより、エージェント自体の身体イメージと物体の身体イメージが統一され、ユーザの注意が他にそらされることがなくなると考えられる。また、従来手法と比較して、上や下、外や中といった方向表現に代えて、頭や腹などの身体表現を使うことも可能になる。これらの表現を使うことで、ユーザは対象物体・対象領域名などの事前知識無しに指示対象を理解することが可能となる。また、人間にとって発話主体と受け取られる物体が複数存在する場合には、目立たない発話主体を目立たせることができると考えられる。

本研究では、ディスプレイロボットとして実際に擬人化を行う腕パーツ・目パーツを開発した。また本研究では、対象の側面に取り付ける形の皮膚センサデバイスを開発した。そして、これらのデバイスを実際に家電機器に取り付け、ユーザとのインタラクションを行った。

2. 背景

2.1 理論的背景

ディスプレイロボットは人間が人間以外の機器に対して、無意識のうちに主体性を感じて振る舞う傾向があること、および人間が人間を模した構造に対して、無意識のうちに影響を受けてしまうことの 2 つを仮定している。以下の 2 つの研究は、これらの仮定を支持している。主体性を持たないはず物体を、人間が擬人的に扱う傾向については、Reeves らが The Media Equation という書籍にまとめている [10]。The Media Equation では、人間は状況によって、情報を伝える媒体であるメディア自身をコミュニケーション対象とみなし、あたかもメディアに主体があるように行動することが示されている。そして実験により、ディスプレイとキーボードを備えただけの単

純なコンピュータが人間に対し情報を提示した際、提示方法の違いによってコンピュータに親近感を抱いたり、同族意識を抱いたり、敬意を払ったりすることが確認されている。

また、実際に身体部品を物体に取り付け、擬人化表現を用いることで、人間の行動の制御を行った研究として Bateson らの正直箱 (Honesty Box) を用いた研究 [2] が挙げられる。彼らは、食事代金に対し、ユーザが任意で支払いを行う正直箱 (Honesty Box) が数年置いてある大学構内のカフェのドリンクバーを実験に利用し、飲物の値段表に花の絵を貼ったものと、人の目の絵を貼ったものを用意した。そのうえで、上記 2 条件の場合の、正直箱に入れられた代金/消費された牛乳の量を比較した。その結果、人の目を貼った場合に、正直箱の収入が平均して 2.76 倍に上がることが確認された。これは、目をメニューに貼って擬人化を行うことで、システム全体の主体性を増し、ユーザに対して見張られているような感覚を与えることが出来たからだと考えられる。この研究結果は、身体部品の一部を模したデバイスが人間に与える影響力を示している。

ディスプレイロボットでは The Media Equation で述べられている、人間の非人間に対する擬人化傾向を拡張して利用し、ユーザへの情報提示を行う。具体的には、身体部品の一部を物体に取り付けることで空間に内在する身体のイメージを拡張し、空間に対して積極的に主体を持たせる。これにより、空間からの情報提示を、擬人的表現を交えることで、さらにユーザに理解され易くできると考えられる。たとえば空間の下の場所を指示する際には「この下の部分を見てね」と指示を行う代わりに「僕のお腹を見てね」と発話を行うことが可能となる。これによって、ユーザに対しより直観的な指示が行えるとともに、ユーザの物体に対する親近感を増すことが出来ると考えられる。

2.2 関連研究との違い

擬人的なエージェントを介した場合と介さない場合の被験者の記憶の変化を検討した実験として、深山らの研究 [9] があげられる。深山らは、擬人的な CG エージェントを画面中央に置いた場合と置かない場合を比較し、擬人的な CG エージェントを置いて説明を行った場合に、ユーザの記憶が阻害される傾向を発見した。

しかしながらこの研究では、あくまで擬人的なエージェントを介した場合と介していない場合しか比較しておらず、対象を直接擬人化した際にユーザの記憶が阻害されなくなるかどうかまで、検討を行っていない。

本研究では説明対象を直接擬人化することで、このような擬人的なエージェントによる記憶阻害が回避できるか、ディスプレイロボットを用いた擬人化と擬人的なエージェントを介した説明を実験で比較し、検討する。

3. 設計

ディスプレイロボットの行う表現は、一般的なコミュニケーションロボットと同じように、擬人的な表現を使いながら、情報提示を行う。いわば、コミュニケーションロボットのエッセンスのみを取り出し、これを実装する必要がある。そのため、ディスプレイロボットの目パーツ・手パーツは、コミュニケー

ションロボットと同じように、ジェスチャ表現が十分行える設計でなければならない。

しかしながら、その作成方針は、一般的なロボットと異なる。コミュニケーションロボットは単独で動き、いくつかのタスクをまとめて処理する事を期待されており、また、物体の操作や移動など、外界の操作に関わる作業も行う事が期待されている。一方で、物体に取り付け擬人化を行うディスプレイロボットは、そのタスクが取り付け対象に依存している。従って、ディスプレイロボットが複数のタスクをいっぺんに行う必要はなく、ユーザが取り付け対象の物体が行うと期待するタスクに関連する情報提示のみを行えば良い。また、ディスプレイロボットはあくまで情報提示のために特化されており、外界の操作は必要とされていない。

ディスプレイロボットに必要な要素を具体的に検討すると、以下の通りとなる。

- 軽量であること

一般的なロボットパーツは、ロボットに接続され同時に移動する。これに対し、擬人化パーツは対象となる物体に後から接続される。よって、本研究で提案する擬人化パーツを作成する際には、擬人化対象である物体に対し容易に取り付けられる部品を作成する必要がある

- 無線化されていること

一般的なロボットパーツは、ロボットに接続され同時に移動することが前提となる。したがって、電力や制御信号は接続されたロボットから有線で送られることが前提となる。これに対し、擬人化パーツは取り付けられる位置が不定である。したがって、取り付け対象から電力が供給されたり、制御信号が送られたりすることを仮定できないため、パーツ単独で電源を持つ必要がある。

- 容易に接続可能であること

一般的なロボットパーツと異なり、擬人化パーツは取り付けられる対象、取り付けられる部位が不定である。よって、対象物体に影響を与えず、容易に接続できる必要がある。

また、一般的なロボットパーツと異なり、以下のようにディスプレイロボットにとって必要の無い要素も存在する。

- 正確性を要しない

擬人化パーツは対象の擬人化表現のために使用される。従って、周辺物体を操作することが前提である一般のロボットと異なり、精密な動作は必要なく、感情ジェスチャおよび周辺物体のポインティングが可能なほどの制御精度であれば良い。ただし、ユーザが擬人化表現を適切に受け取れるほどには正確に動く必要があるため、ロボット部品のノイズ・振動などは極力抑える必要がある。

- 堅牢さを要しない

擬人化パーツが動くことによって行うジェスチャは、あくまで表現のためであり、腕パーツは外部物体を操作するためのものではない。従って、ロボットパーツは一般的なロボットよりも、衝撃に弱い設計で作ることが可能である。また、ロボット部品の堅牢さを抑えることは、ユーザ自体にロボットが衝突する際の危険性を減らすという利点も生む。

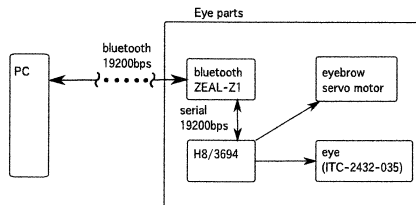


図2 目パーツのシステム図
Fig.2 System design of skin device

ディスプレイロボットの作成の際には、これらの要件を考慮する必要がある。

3.1 各デバイスの設計

以下の項では、前章で検討した必須要素、必須でない要素を元に、各デバイスそれぞれに必要な要件を考え、各デバイスを設計した。

3.1.1 目パーツの設計

取り付ける目パーツには、特に以下のような特徴が望まれる。まず、ユーザが感情を受け取れる程、擬人的表現が豊かに行える事。また、目によるポインティング情報がユーザに受け取れる程、表示領域が大きい事である。

さらに、目表現における表示では、なるべく虹彩にあたる部分と白膜にあたる部分のコントラスト差が大きい方が望ましい。人間の目は、外部の物体を見るという役割の他に、他の人間に対して、自分が見ているものを伝えると言う役割を持つ [4]。本研究では特に、目の持つこの後者の機能に注目する。

本研究ではこのため、TFT 液晶を基本にした擬人化目パーツを設計した。液晶を使用する事で、目パーツ全体を薄くする事ができる。これにより、物体に対し目が埋め込まれているかのような感覚を与える事が可能である。液晶を使用するデメリットとして、ユーザの受け取る実感が減少する、という問題が考えられるが、擬人的表現の幅を特に大きく取るためには、液晶による実装がより望ましいと考えた。

目パーツのシステム構成を図2に示す。

3.1.2 腕パーツの設計

取り付ける腕パーツには、特に以下のような特徴が望まれる。まず、ユーザが感情を受け取れる程、擬人的表現、特にジェスチャ表現が豊かに行える事。また、腕によるポインティング情報がユーザに受け取れる程、腕の自由度が大きく、動作が正確である事。

今回は、行えるモーションが豊富であること、実際に実世界で物が動くという存在感を目指し、サーボモータでの腕の設計を行った。

腕パーツのシステム構成を図3に示す。

3.1.3 皮膚センサデバイスの設計

コミュニケーションロボットが人間とインタラクションを行う際には、入出力のどちらも重要となる。コミュニケーションロボットと同様に、インタラクションを通じて情報を提示するディスプレイロボットにとっても、入力デバイスは出力デバ

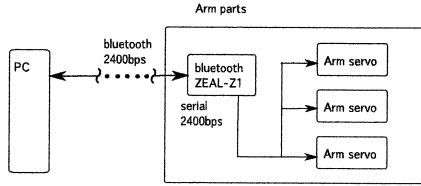


図3 目パーツのシステム図
Fig. 3 System design of arm device

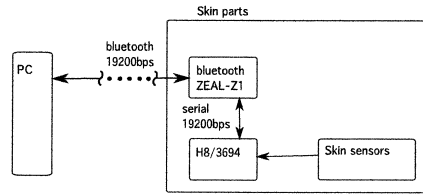


図4 皮膚センサのシステム図
Fig. 4 System design of skin device

イスと同様に重要である。

今回は、特にディスプレイロボットに特徴的な入力デバイスとして、物体に直接接触することで、インタラクションを進める、接触型インタラクションを開発した。通常のロボットと異なり、既に存在する機器は、あらかじめユーザに触れられて操作が行われることが多い。このような接触情報をディスプレイロボットの入力とし、会話を開始する事で、より実在感のあるインタラクションが可能になると考えられる。

人間の指示した場所を検知するために利用できる技術としては、圧力を検知する接触センサ [12] やタッチパネルなどに使われている抵抗膜の技術がある。また、ホワイトボードに超音波、赤外線受信のユニットを取り付けることで、ホワイトボード上のペンの位置を検知し、描いた文字や図形をパソコンに取り込むことのできる電子黒板 [13] の技術がある。

接触センサのような手法では、検知したい領域にセンサを直接貼り付ける必要があり、取り付ける対象によっては実装が困難な場合がある。例えば貼り付ける領域が平面でない、取り付ける領域に空洞がある、もしくは広い面積をカバーする必要があるという場合に、このような機能を新たに設けるのは難しい。また取り付け、取り外しも困難である。電子黒板の場合、超音波と赤外線を発するマウスペンのような特殊な装置が検知のために必要となり、手をそのまま検知することができない問題がある。

前者の問題に関しては、直接指示区画の検知を行う装置に触れなくとも検知を行うことができれば解決できる。後者は装置の構造が単純で、広い面積をカバーしやすい構造であれば実装は簡単に行うことができる。

そこで本研究では、焦電センサを使い検知したい領域の上部に付けるだけで二次元平面上の手の位置の検知が可能になる皮膚センサデバイスを開発した。これは直接指示区画の検知を行う領域に張り付けずに検知が可能で、焦電センサを用いることで、人間の手そのものを検知できる。また、上部に取り付けるため、接触対象となる物体のデザインを崩す事無く取り付ける事が可能である。

皮膚センサデバイスのシステム構成を図4に示す。

4. 実装

前章での設計を元に、ディスプレイロボットの各パーツを実装した。各パーツの構成は以下のとおりである。

表1 目パーツの仕様

Table 1 Specification of eye parts

幅	120mm × 長さ 160mm × 奥行き 50mm
重量	180g 程度
液晶基板	ITC-2432-035
無線モジュール	Bluetooth module ZEAL-Z1(19200bps)
制御基板	Renesas H8/3694
物体との接続	ベルクロテープ
パーツ外装	プラスチックケース
幅	120mm × 長さ 160mm × 奥行き 50mm



図5 目パーツの外見
Fig. 5 Photo of eye parts

4.1 目パーツの実装

薄くて取り付けが容易であること、表情を豊富に出せること、コントラストが高いことを条件として、カラーの TFT 液晶を使用している。また、軽量化のため、リチウム電池を電力源として使用した。目パーツの仕様を表1、目パーツの外見を図5に示す。

4.2 腕パーツの実装

モーションが豊富であること、存在感を目指し、実際に稼働するサーボモータでの実装を行った。初期のものは片腕6軸の自作ロボットデバイスだったが、軽量化のため、現在はホビーロボットとして有名な i-Sobot の腕を流用している。腕パーツの仕様を表2、腕パーツの外見を図6に示す。

4.3 皮膚センサの実装

皮膚センサの実装のため、本研究では焦電センサ(焦電型 MP モーションセンサ NaPiOn)を使用した。本研究で実装する皮膚センサは、焦電センサを横一列に等間隔で配置するという構造になっている。焦電センサを横一列に5つ配し、それぞれの

表 2 腕パーツの仕様
Table 2 Specification of arm parts

寸法	幅 50mm × 長さ 50mm × 奥行き 40mm
重量	100g
モータ軸	片腕 3 軸
腕	TAKARA-TOMY i-Sobot 腕部品
無線モジュール	Bluetooth module ZEAL-Z1(2400bps)
物体との接続	ベルクロテープ



図 6 腕パーツの外見
Fig. 6 Photo of arm parts

表 3 皮膚センサパーツの仕様
Table 3 Specification of skin sensor

寸法	幅 30mm × 長さ 500mm × 奥行き 30mm
重量	50g
制御基板	HS/3694
無線モジュール	Bluetooth ZEAL-Z1(19200bps)
物体との接続	ベルクロテープ

検知領域を示したものを図 7 に示す。検知領域が二次元平面上に広がるように、焦電センサの検出ゾーン部分の半分を塞ぐことで検知領域を制限している。図中で示される C1~C15 に区分された領域が検知可能な領域になる。

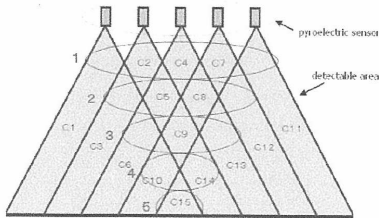


図 7 焦電センサの配置図
Fig. 7 Alignment of pyroelectric sensor

また、皮膚センサデバイスの仕様を表 3 に示す。

4.4 無線モジュール

無線通信用プロトコルとして、bluetooth を使用した。通信プロトコルを bluetooth とすることで、10m~100m の空間で

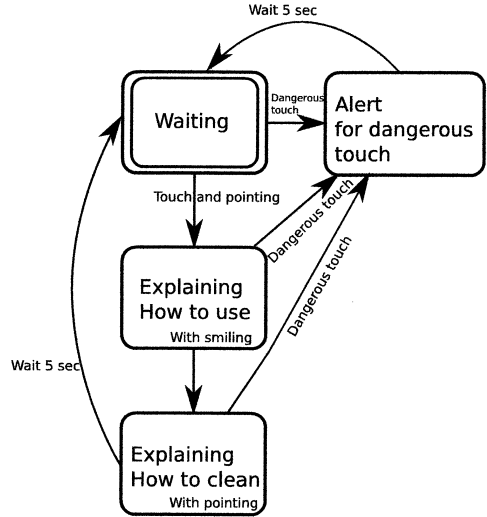


図 8 インタラクションシナリオ
Fig. 8 Interaction scenario

の無線通信が可能となる。これにより、一般的な部屋の大きさであれば、部屋のどこかに置いた制御機器から部屋のあらゆる擬人化パーツを動かすことが可能となる。

5. 評価手順

以上の実装を元に、家電製品であるシュレッターにディスプレイロボットを取り付け、ユーザに対しシュレッターの機能説明を行うインタラクションを行った。目パーツはシュレッターの前面上、腕パーツはシュレッターの側面にそれぞれ一つずつ、皮膚センサはシュレッターの前面上、およびシュレッターの口に取り付けられた。インタラクション評価は、3月5日および3月6日に行われたインタラクション2008での3月6日のインタラクションデモにて行われた。

インタラクション用のシナリオを図 8 に示す。また、インタラクションの様子を図 9 に示す。インタラクションは待機状態から始まり、ユーザに触れると図 9 上のように、そちらの方を向く、という動作を行って、擬人的な反応を返す。そして、一定時間触られると、ユーザが対象に興味があるとみなし、説明のスク립トを開始する。説明後にユーザが、さらに接触を開始した場合、ディスプレイロボットはさらに追加の説明を行う。説明後、5秒以上の間が空くと、最初の待機状態に戻る。

また、シュレッターの口に人間の手が入った場合、現在の状態に関わらず、内部状態が警告状態へと移る。この際は、ディスプレイロボットは図 9 下のように、嫌悪の表情を示し、ユーザに触ってはいけないことを直感的に伝える。

6. 結果と考察

本インタラクションは 50 人以上の来場者によって評価された。本研究で実装を行なった擬人的デバイスと擬人的インタラ

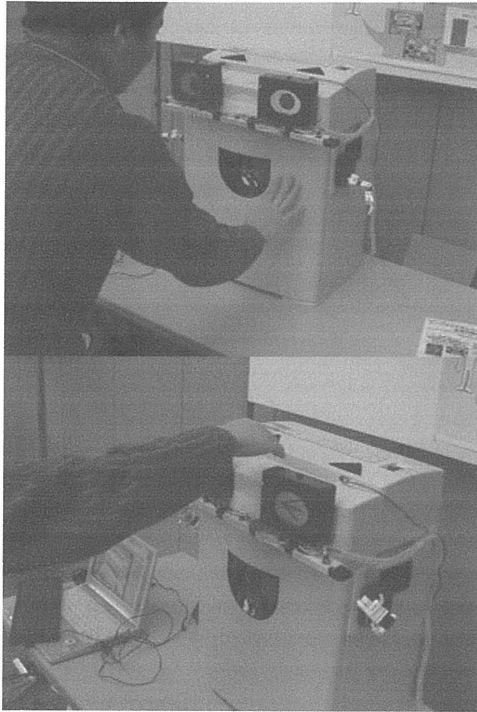


図9 インタラクションの様子

Fig.9 Interaction behaviour of display robot

クションのシナリオは、おおむね意図通りに正しく動作した。擬人的なインタラクションに対するユーザの反応は、おおむね好評価であった。

ただし、今回の実装では、腕パーツに対する指の実装を行わなかった。これにより、ボタンなど、ポインティングした場所がユーザに対し適切に伝わらない状況が発生した。さらに、腕の大きさが取り付け対象に対し小さすぎ、アンバランスである、という指摘がなされた。このような問題に対処するためには、取り付け対象に対し適切なデバイスの大きさを検討するとともに、指パーツを追加で実装する必要があると考えられる。

また、皮膚センサの反応が遅く、結果として、シュレッダーの口に手が入ってしまったから注意が行なわれるなど、インタラクションが意図通り円滑に行われない状況がしばしば発生した。このため、アルゴリズムの改良を行ない、皮膚センサの反応速度をより高める必要があると考えられる。

7. 結 論

本研究ではロボットを用いた情報伝達手法として、物体に人間の身体部品を取り付けて、物体自体を擬人的なエージェントへと変化させて、そこからユーザに対し自己呈示型の情報提示を行うディスプレイロボットを提案した。本研究では擬人化のための目デバイスと腕デバイスの開発を行った。

今後は、開発した擬人化パーツの精度を高めるとともに、入

出力両方の擬人化手法として、どのようなパーツが他に使用可能であるか検討を行う。また、接触から開始する擬人化を用いたインタラクションが、対象物体に対するユーザの印象をどのように変化させるか、被験者実験を用いて評価していく予定である。

8. 謝 辞

本研究は独立行政法人日本学術振興会科学研究費補助金の助成を受け行われました。

文 献

- [1] 山田誠二監修・著、人とロボットの「間」をデザインする、東京電機大学出版局、2007
- [2] M. Bateson, D. Nettle, and G. Roberts, "Cues of being watched enhance cooperation in a real-world setting" *Biology Letters*, Vol. 2, 2006, pp. 412-414.
- [3] T. Kanda, H. Ishiguro, T. Ono, M. Imai, and R. Nakatsu, "Development and evaluation of an interactive humanoid robot "Robovie."," in *Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2002)*, Washington, DC, USA, May 2002, pp. 4166-4173.
- [4] H. Kobayashi and S. Kohshima, "Unique morphology of the human eye and its adaptive meaning: comparative studies on external morphology of the primate eye," *Journal of human evolution.*, vol. 40, no. 5, pp. 419-435, 2001.
- [5] H. Kozima, C. Nakagawa, and H. Yano, "Attention coupling as a prerequisite for social interaction," in *IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication*, San Francisco, CA, USA, Oct. 2003, pp. 109-114.
- [6] 村川 賀彦 and 十時 伸. サービスロボットによる「ふるまい」の評価：商業施設での試験運用 (実証実験, hri). *情報処理学会研究報告. ICS, [知能と複雑系]*, 2006(131):31-36, 20061213.
- [7] 宮下 善太 and 神田 崇行 and 塩見 昌裕 and 石黒 浩 and 萩田 紀博. 来客と顔見知りになる案内ロボットインタラクション 2008, 2008.
- [8] Kazuhiko Shinozawa, Futoshi Naya, Junji Yamato, and Kiyoshi Kogure. Differences in effect of robot and screen agent recommendations on human decision-making. *International Journal of Human-Computer Studies*, 62(2):267-279, 20050201.
- [9] N. Mukawa, A. Fukayama, T. Ohno, M. Sawaki, and N. Hagita, "Gaze Communication between Human and Anthropomorphic Agent," in *Proceedings of IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, Bordeaux-Paris, France, Sept. 2001, pp. 366-370.
- [10] B. Reeves and C. Nass, *The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media Like Real People and Places*. Univ. of Chicago Press, 1996.
- [11] EPSON レーザプリンタ LP-9200 <http://www.epson.jp/products/back/hyou/printer/lp9200cpl.htm>
- [12] KINOTEX センサ 光ファイバ触覚センサ: http://www.nitta.co.jp/product/mechasesen/sensor/kinotex_top.html
- [13] インタラクティブユニット eB-3 : http://www.uchida.co.jp/osyohin/inter_unit/index.html