

ロボットが表出する情報と外見がユーザの態度推定に与える影響

小 松 孝 徳[†] 山 田 誠 二^{††}

人間とインタラクションをもつロボットなどのエージェントが持っている態度をいかに人間のユーザに伝達し、理解させるかは、HAIにとって重要な問題である。この問題に対し、エージェントの外見、表出する情報が大きく依存していると言われているが、それらの関係を実験的に調べた研究は残念ながら少ない。本研究では、外見を動物や人間に近づける方向ではなく、基本的な態度であれば、単純な情報をいかにも移動ロボットの外見をもつロボットから表出することで、動物の外見をもつロボットによるより複雑な情報の表出よりも、より効果的にユーザに態度伝達を実現できるという考えに基づき、実際にそのようなロボットの外見と表出情報を、Mindstorm とビープ音により設計し、ペットロボット AIBO との実験的比較により我々の考えの妥当性を検証する。

Influence of robot's appearance and information to user's attitude estimation

TAKANORI KOMATSU[†] and SEIJI YAMADA^{††}

This paper describes experimental investigation for relation between information expressed from an agent and appearance of an agent in attitude informing. It is very important issue to inform a user of agent's attitude in Human Agent Interaction. Though appearance of an agent, information from an agent influence the attitude informing, it has not been clarified the relation between of them. We propose the assumption that very simple information like beep sound enables a robot having mechanical appearance to inform its primitive attitudes to a user. We designed such a robot using Mindstorm, and conducted experiments with participants for verifying our assumption. Eventually the experimental results supported our assumption, and we believe these results contribute to design of a robot having effective interaction with human users.

1. はじめに

近年、私たちの日常生活の様々なタスク達成を支援するために、ユーザとインタラクティブに接することができるロボットや擬人化エージェントなどの種々のエージェントが開発されている^{1) 4) 12)}。それらのエージェントの多くは、AIBO¹⁾ や MicroSoft エージェント⁸⁾ に代表されるように、ユーザが違和感なくインタラクションを行えるように、ユーザにとって身近な存在である人間やペット動物などの外見 (appearance) をもっているのが一般的である。実際、そのようなエージェントと接したユーザの多くは、それらに対して親和性 (familiarity) を感じて好意的な印象を抱き、積極的にインタラクションをとろうとすることが知られ

ている。

一方、エージェントは、自分の気持や感情のような態度 (attitude) を持ち、それをユーザに表出して伝達することで、人間とより自然なインタラクションをもてることが知られている¹¹⁾。しかし、そのような態度の表出の際、どのような外見でどのような態度をどのような情報で表出するかについては十分に研究されていないため、エージェントやロボットに実装された機能と外見のバランスを考慮せずに、エージェントの外見を動物あるいは人間に近づけようとする研究や製品開発が散見される^{2) 3)}。しかしながら、エージェントの最も基本的な態度として考えられる「肯定などの『正』の態度」、「疑問などの『負』の態度」、「躊躇などの『中立』の態度」などを表出するために、動物や人間の外見をもつエージェントが、動物や人間のような複雑な行動や信号を表出することが効果的かどうかは一概には言えないし、また実験的にもわからていない。このように、エージェントが表出すべき態度とその表出される情報、エージェントの外見の関係を実験的に明らかにすることが本研究の目的である。

[†] 公立はこだて未来大学 システム情報科学部 情報アーキテクチャ学科

Department of Media Architecture, Future University-Hakodate

^{††} 国立情報学研究所

National Institute of Informatics

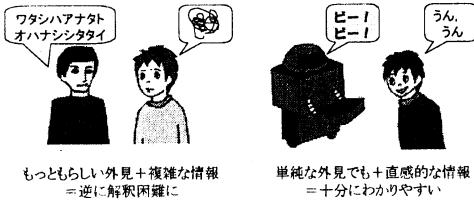


図 1 エージェントの態度、外見、情報の関係

エージェントの「態度」「情報」「外見」の関係に対する我々の一つの仮説は、基本的な態度の表出であれば、動物や人間に類似した外見と行動による表出を必要とせず、動物や人間の外見とはかけはなれたエージェントによる、単純な信号の表出で十分であり、むしろその方が効果的であるというものである（図1）。この仮説が成り立てば、無駄にエージェントの外見を動物や人間に近づけるために多大なコストをかけることなく、基本的な態度を人間のユーザに理解させることができると想定され、それによりエージェントと人間との自然なインタラクションを効率的かつ容易に実現できる。本論文では、このような考えに基づき、ビープ音という非常に単純な信号を移動ロボットが表出するだけで、大型ペットロボットが複雑な行動で態度を表出するよりも、より態度が効果的にユーザに伝わることを実験的に検証することで、我々の仮説が成り立つことを示し、その実験結果から得られる知見について議論する。

ミニマルデザイン⁶⁾は、人間が自律エージェントを認識するために必要な最小限のデザインをエージェントに施そうという考え方であり、ムーや Talking Eyeなどのエージェントの設計指針として実際に使われている。このミニマルデザインの考え方方は、基本的態度の伝達には、外見の親和性を高めることや複雑な情報の表出は必要ないという我々の考えに近い。ただし、ミニマルデザインは、エージェントの設計の抽象的かつ一般的な指針を示しているものであり、どのような態度の伝達には、どのような情報をどんな外見で表出するのが有効かという問題に対して、具体的に示唆を与えるものではない。それに対し、本研究は、その問題に対し具体的な結果を実験的に示している。

Media equation⁹⁾の考え方によると、人間は、親和性の高くない外見をもつ人工物に対してさえも、ある種の擬人化を行い、その人工物に対しあたかも人間や動物などに対するように、インタラクションをもどうとする傾向がある。このような考え方方は、ロボットの親和性を高めることを目指すヒューマンロボットインタラクションの一つの方向性を指示するものである。

しかし、残念ながら、Media equationは、ロボットやエージェントと対象として、具体的な設計指針を示すものとは言いたい。それに対し、本研究では、エージェントが人間に伝達すべき態度、表出すべき情報、そして、エージェントの外見の関係に対し、限られた実験の範囲内ではあるが、一つの設計指針を与えるものである。

2. 単純なビープ音による態度の表出

筆者の一人である小松らは、簡単な抑揚をつけただけのビープ音であっても、聞き手に対して情報発信者の基本的な態度（肯定、疑問、躊躇といった、肯定的・否定的・中立的な三つの態度）を推定させることを報告している⁵⁾。小松・長崎⁵⁾は、単純なビープ音でも、その情報の受け手となるユーザに対し特定の態度や感情のようなものを推定させることができると仮定した。そして、表示時間とその周波数を変化させたビープ音である計44種類の音声刺激を被験者に聞かせ、その音声を表出したコンピュータがどのような態度であったかを推測させる実験を行った。つまり、ビープ音のように明示的な言語情報を持たない単純な音声刺激に注目した。その結果、次のような結果を得ることができた。

- (1) 音声刺激が上昇調であれば、その合成音を表出したコンピュータの態度は「疑問・驚き」と推定される。
- (2) 基本周波数の変化幅が小さく、その表示時間が長ければ、「時間稼ぎ・躊躇」と推定される。
- (3) 下降調でかつその表示時間が短ければ、「同意・肯定」と推定される。

そこで我々はこの知見を利用し、一見すると実在する動物や人間との類似していないため、外見からの親和性がないエージェントやロボットであっても、単純なビープ音のような情報を表出することにより、エージェントの基本的な態度が直観的にユーザに理解させることができると考える。そのような場合、ユーザは、エージェントの基本的態度を理解できたことをきっかけとして親和性が高まり、状況に応じて自分なりの解釈でエージェントの態度を推定するようになると期待できる。そして、その親和性による思い込みによって、ユーザとエージェントは親密なインタラクションを実現できると期待される。また、このようなインタラクションでは、ユーザの抱く印象が、「つまらないようなロボット」という当初の否定的印象から「意外と使えるロボット」という肯定的印象に変化することで、ユーザに対して、当初の期待以上に良い印象を与えること

につながると考えられる。

3. 仮説と検証方法

前節のような考え方から、本研究では、以下のような仮説をたてる。

仮説：基本的な「肯定」、「疑問」、「躊躇」のような態度を、エージェントが人間のユーザに伝達するためには、動物や人間に類似した外見と行動による表出が必要とせず、動物や人間の外見とはかけはなれたエージェントによる、単純な信号の表出で十分であり、むしろ後者の方が効果的である。

この仮説の検証方法について述べる。まず、エージェントとしてロボットと用いる。ロボットを選択した理由は、ロボットはソフトウェアで実現できる擬人化エージェントなどと比較して、その外見を動物や人間に近づけるように実装するには、多大なコストがかかるため、特にロボットにおいて、上記の仮説が成り立つては、そのようなコストが削減されるからである。

次に、単純な信号としてビープ音を用いる。これは、前節にあるように、既に単独でその態度伝達の有効性が示されており、そのビープ音をロボットに適用した場合も効果が期待できるからである。

そして、実際に用いる2つのロボットは、外見が動物（犬）であるロボットとして AIBO (ESR-7, SONY 製)¹⁾ を、外見が移動ロボットそのままのロボットとして Mindstorm (LEGO 製)⁷⁾ を用いる。AIBO は周知のように、大型ペットロボットとして普及しているものであり、動物の外見を持ったロボットとして最も適切なものと考えられる。一方、Mindstorm は、ブロックを組み立てることにより、様々な外見や機能をもった移動ロボットを構成することが容易にでき、また、その外見は基本的に動物や人間とは異なるいかにも移動ロボットというものであるため、AIBOとの比較対象である、親和性のない移動ロボットとして選択した。実際に用いたこれら2つのロボットの外見は、次節で示される。

基本的な態度について、AIBO には犬らしい複雑な行動でその態度を表出させ、一方、Mindstorm では、単純なビープ音によりその態度を表出させ、被験者による評価により、どちらの態度表出が有効かを実験的に検証する。それにより、Mindstorm の方が有効であることが、統計的に示されれば、我々の仮説は成り立つと判断する。

以降で、実際の被験者実験について、述べていく。

4. 実験

4.1 実験の設定

今回実験では、エージェントの態度として、最も基本的なものである「同意、肯定」「驚き、疑問」「時間稼ぎ、躊躇」の3つを用いる。これらは、先行研究⁵⁾でも用いられたものである。それぞれの意味を以下に示す。

- 同意、肯定：相手に対して「了解」「うん」と思って肯定したり、認めたりしている態度。
- 驚き、疑問：相手に対して驚いたり「ホントに？」と疑っている態度。
- 時間稼ぎ、躊躇：相手に対して答えようと思ってもすぐに判断できなかったり、言葉がでなかったりして、時間を稼いでいるような態度。

実験には、実験者の被験者募集に応じた大学4年生18人（男性12人、女性6人）が参加した。被験者の平均年齢は、21.7歳であった。

実際に被験者に対して情報を表出するロボットは、前述のように AIBO、Mindstorm をベースに組み立てたブロック型移動ロボットの二種類を用意した。そして、ロボットではないが統制条件として先行研究⁵⁾でビープ音を表出していたノートPC (Panasonic社、CF-W2DW6AXR、モニタ:XGA, 12.1 inch) を含めた計3種類の人工物が用意された。実際に用いた AIBO、Mindstorm の外見をそれぞれ図2、図3に、PCと合わせて3つを並べた写真を図4に示す。図2、図3からもわかるように、明らかに、AIBO は犬の外見、Mindstorm は移動ロボットの外見をもっている。また、図4からわかるように、AIBO、Mindstorm、PC は、ほぼ同程度の大きさになるように、Mindstorm を組み立てている。

そして、これらのロボットと人工物からは態度を表出する情報として、以下のものを用いた。

- AIBO の表出情報：AIBO Mind2 の付属ソフトウェア「AIBO エンターテインメントプレイヤー」には、「おはよう」「よろこぶ」などの様々な態度に関する基本モーション80種類が用意されている。そのモーションから、それぞれの態度に、できるだけ合致する以下のようなラベルをもつ6つのモーションを選択し、使用した。なお、公平な実験を行うために、これらのモーションを我々が AIBO に不利になるように選択しないように注意した。さらに、これらのモーションは、SONY により AIBO に組み込まれているものであり、その態度の伝達能力が高いものであることに注意した。

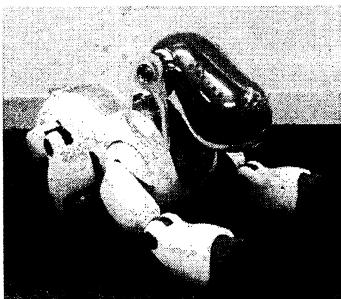


図 2 AIBO の外見

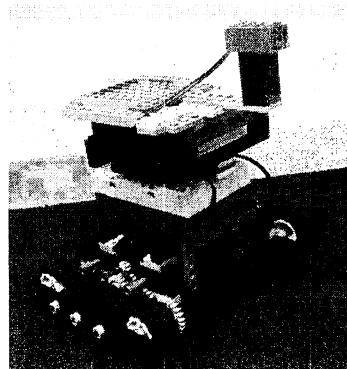


図 3 Mindstorm の外見

- 同意・肯定：うれしい 1, うれしい 3.
- 疑問・驚き：怒る 1, 悲しい 1.
- 時間稼ぎ・躊躇：首をかしげる, 不思議がる.
- Mindstorm と PC の表出情報：小松らの研究⁵⁾において、それぞれ 3 つの態度と認識された確率の高い下記の 6 つのものを用いた。
 - 疑問・驚き：上昇調のビープ音（表示時間 189 ms: 周波数が 125 Hz 上昇, 表示時間 819 ms: 周波数が 125Hz 上昇の 2 種類）.
 - 同意・肯定：下降調のビープ音（表示時間 189 ms: 周波数が 125 Hz 下降, 表示時間 418 ms: 周波数が 125 Hz 下降の 2 種類）.
 - 時間稼ぎ・躊躇：フラットなビープ音（表示時間 639ms, 表示時間 819ms の 2 種類）.

これらのビープ音は音声合成ソフトウェア Cool Edit 2000 で作成された三角波であり、その平均基本周波数は 131 Hz に設定してある。

なお、AIBO がモーションを実行する直前には、実験者が「いきます」と声をかけ、Mindstorm からビープ音を表出する直前には、5cm ほど後退しすぐに 5cm ほど前進する動作を行い、また PC から表出される前には、画面が一瞬白くフラッシュする動作を行った。これらの動作によって、被験者に対してキーをだすことになり、いきなり態度を推定させる情報を与えられることのないように配慮した。

これらの AIBO, Mindstorm, PC から、上記の情報が被験者に表出し、その情報に込められた態度を正しく推定できたのか、またそれらのエージェントに対してどのような印象を持ったのかを調査した。

4.2 実験手順

まず、被験者は、この実験は 3 種類の人工物をアンケートによって評価するモニター実験であることを実験者から説明された。そして、これら 3 種類の人工物から、被験者に向かってなんらかの態度を含んだ情報が表出され、その態度をどう感じたかを回答すること、

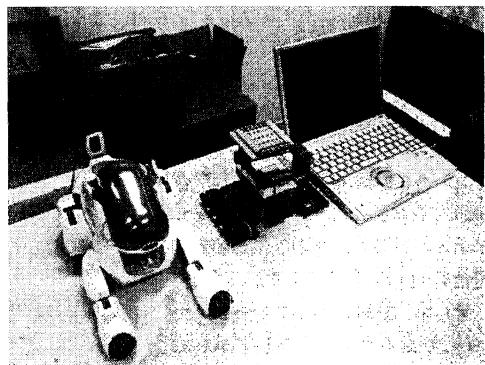


図 4 AIBO, Mindstorm, PC を並べた様子

そしてそれらの人工物の印象に関するアンケートに答えることが具体的なタスクであると説明した。まず人工物の態度については、「同意・肯定」「疑問・驚き」「時間稼ぎ・躊躇」の 3 つの態度のいずれかが、表出されることを被験者に説明した。

AIBO から情報を表出する際には、仕切りの向こう側にいる実験者が、手元の PC のソフトウェア (AIBO エンターテイメントプレイヤー) で前述のモーションを選択し実行することで、無線 LAN で接続された AIBO から情報が被験者に向けて表出された。Mindstorm から情報を表出する際には、実験者の手元の PC で再生された音声 (ビープ音) を FM トランスマッタによって発信し、Mindstorm に搭載した小型の FM ラジオから被験者に向けて音声が表出されるようにした。PC から情報を表出する際には、実験者が被験者の目の前にある PC を Real VNC によって遠隔操作をすることで、被験者に音声を表示することとした (図 5)。実験風景を図 6 に示す。

そして、人工物がある情報を表出すると同時に、人工物の脇に置いてある液晶ディスプレイに、「表出した

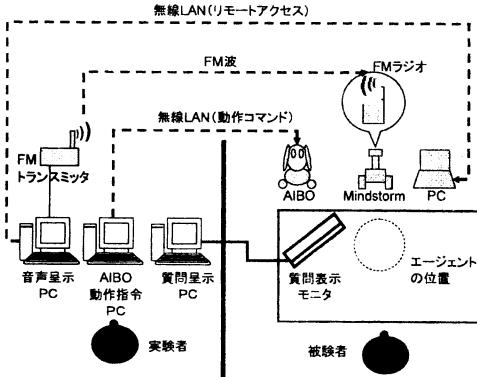


図 5 実験環境

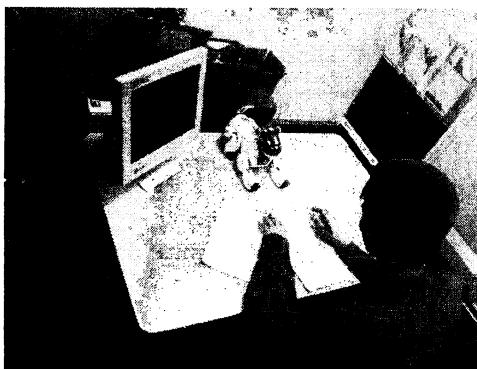


図 6 実験風景

情報から「*」を感じましたか?」という質問が表示される。この質問文の「*」の部分にはこの実験で使用した三つの態度のうちのいずれかが表示され、被験者はその質問に対して YES/NO のいずれかを選択するように指示された。人工物から表出される情報とその質問の組み合わせはランダムに配置され、さらに被験者間でカウンタバランスが取れているように配慮した。被験者は一つの人工物から計 18 回 (6 情報 × 3 態度) の情報を呈示され、その都度表示される質問に YES か NO を手元のアンケート用紙に記入した。

それが終わるとその人工物に対する印象についてのアンケート（表 1 のような質問に対して、1~6 点の評定をつけるもの）を記入した。このアンケートが終了すると、次の人工物とのセッションにうつり、最終的に 3 つのエージェントとのセッションが終了した後、表 2 に示すように、人工物に順位をつけ相対評価を採取した。なお、実験ではエージェントが登場する順番についても、被験者間においてカウンタバランスが取れているように配慮した。

表 1 印象についての相対評価のアンケート

- | |
|---------------------------------|
| Q1 : 人工物の態度を理解できましたか. |
| Q2 : 人工物の態度はわかりやすかったですか. |
| Q3 : 人工物が表出した情報で楽しめましたか. |
| Q4 : このような人工物は日常生活に浸透できると思いますか. |
| Q5 : このロボットに感情があるように思いましたか. |
| Q6 : このロボットと意思疎通ができるように思いましたか. |

表 2 相対的印象評価

- | |
|--------------------------------|
| Q1 : 好きな人工物の順に番号をつけてください. |
| Q2 : 態度がわかりやすかった順に番号をつけてください. |
| Q3 : 態度を直観的に理解できた順に番号をつけてください. |
| Q4 : 役にたちそうな順に番号をつけてください. |

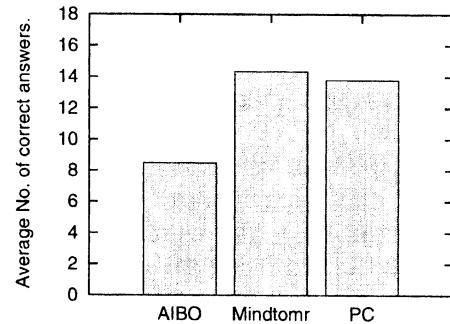


図 7 態度の正答率

5. 実験結果

5.1 態度の正答数

まず、18人の被験者が、各人工物から18回呈示された情報から、その態度を正しく推定することができたのかその正答数を調査した。その結果、AIBO は 18 呈示中 8.50 回、Mindstorm ロボットでは 14.33 回、そして PC では 13.78 回という平均正答数であった。図 7 にその結果を示す。

1要因3水準(要因: 正答数, 水準: AIBO, Mindstorm, PC のエージェントごとの条件)の分散分析の結果、条件の効果は有意であった ($F(2, 51) = 39.71$, $p < .01$ (**))。また、LSD 法を用いた多重比較によれば、AIBO 条件と Mindstorm 条件、AIBO 条件と PC 条件との間に、それぞれ有意差が観察された ($MSe = 4.6987$, 5% 水準)。しかし、Mindstorm 条件の方が PC 条件よりも高い値を示しているものの、これらの間の差は有意ではなかった。

よってここから、AIBO のモーションよりも、Mindstorm や PC の表出したビープ音の方が、その態度の

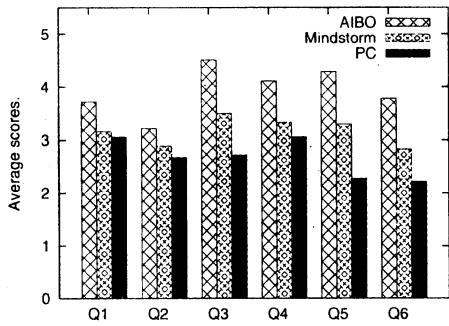


図 8 印象評価の結果

推定においてはユーザにとって効果的であったと言える。すなわち、この実験設定においては、3における我々の仮説は成立していることがわかる。

5.2 インタラクション直後の印象評価

次に、情報を表出していた人工物について、被験者がどのような印象をもっていたのかを調査した。具体的には、表1にある6つの質問に対して、被験者が1~6点の間で割り振った点数についてそれぞれの質問ごとに一要因三水準の分散分析を行った（要因：各質問、水準：各エージェント）。各質問に対する平均スコアを図8に示す。これら印象評価は、あるエージェントから18回の情報呈示が終了した直後に採取されたものである。

その分析結果によって、以下に示すような4種類の関係が、これらのエージェント間に観察された。

関係 A: AIBO が Mindstorm, PC よりも好印象の場合

この関係は、Q3「人工物が表出した情報で楽しめましたか」、Q4「このような人工物は日常生活に浸透できると思いますか」において観察され、具体的には、AIBOとPCとの間、AIBOとMindstormの間に有意差が観察されたケースである（Q3: $F(2, 51) = 10.33, p < .01(**), MSe = 1.3845, 5\% \text{ 水準}$ ； Q4: $F(2, 51) = 4.38, p < .05(*), MSe = 1.2298, 5\% \text{ 水準}$ ）。この結果から、これらの質問において、AIBOが他の二つのエージェントよりも高い評価を得ていたことが理解できる。この結果は、AIBOがエンターテイメントロボットとしてすでに高い認知度を持っていることに大きく起因しているとも考えられる。

関係 B: AIBO, Mindstorm が PC よりも好印象の場合

この関係は、Q1「人工物の態度を理解できましたか」において観察され、具体的には、AIBOとPCと

の間にのみ有意傾向があるケースである ($F(2, 51) = 3.16, p < .10(+), MSe = 0.7265, 5\% \text{ 水準}$)。この結果からは、この質問に関しては、PCが他の二つのエージェントよりも低い評価であったことが理解できる。実際には、PCの態度正答数はAIBOのそれよりも多く、Mindstormと同じ程度であったにもかかわらず、このような印象を被験者に与えていたことは興味深い現象である。

関係 C: AIBO, Mindstorm, PC の順に好印象の場合

この関係は、Q5「このロボットに感情があるように思いましたか」、Q6「このロボットと意思疎通ができるように思いましたか」において観察されており、各条件において有意差を観察することができた（Q5: $F(2, 51) = 23.64, p < .01(**), MSe = 0.7614, 5\% \text{ 水準}$ ； Q6: $F(2, 51) = 14.56, p < .01(**), MSe = 0.7592, 5\% \text{ 水準}$ ）。この結果より、AIBOは関係Aのときと同様に二つのエージェントと比べて高い評価をユーザに与えていることが理解できる。しかし、その中でもMindstormもPCに対してこれらの質問に対して高い印象を与えていたことが理解できた。

関係 D: AIBO, Mindstorm, PC の間に差が無い場合

この関係は、Q2「人工物の態度はわかりやすかったですか」において観察された（ $F(2, 51) = 1.04, n.s.$ ）。ここから、被験者に対してこれまでの質問において高い評価を与えていたAIBOであっても、その情報は特にわかりやすかったわけではないと考えられた。

5.3 実験終了後の相対的印象評価

続いて、3種類の人工物から情報を表出した後に、表2にあるような4つの質問に対して、それぞれのエージェントのつけた順位を調査する。順位1位には3点、2位には2点、3位には1点が与えられ、その点数に関して統計的分析を行った。分析方法は、各質問ごとに一要因三水準の分散分析を行った。このような評価方法を用いることで、被験者の相対的な印象（どのエージェントがよかったです）を把握することができるため、エージェントに対する評価が際立つと考えられる。

その結果、これら4つの質問において、先の印象評価の際に用いた4つの関係のうち、関係A, C, Dの3つの関係が観察された。

関係 A

この関係は、Q2「態度がわかりやすかった順に番号をつけてください」、Q4「役にたちそうな順に番号をつけてください」において観察され、具体的には、AIBO

と Mindstorm 間, AIBO と PC 間において有意差が観察された (Q2: $F(2, 51) = 7.81, p < .01(**), MSe = 0.5403$, 5% 水準; Q4: $F(2, 51) = 5.91, p < .01(**), MSe = 0.5729$, 5% 水準). Q2 は, 先の印象評価においては全条件間に有意差は観察されなかったものの, この相対変化においては AIBO への評価が上昇していたといった. その理由としては, 各エージェントに順位をつけるなどの相対的な比較をした場合において, もともと高い印象を与えていた AIBO への評価が際立ったからだと考えられる. また Q4 でも AIBO の評価が高かったのは, 先に述べたように AIBO がすでに一般的に認知されているからだと考えられる.

関係 C

この関係は, Q1 の「好きな人工物の順に番号をつけてください」において観察された ($F(2, 51) = 17.76, p < .01(**), MSe = 0.4161$, 5% 水準). この結果から, AIBO への評価が高いことは今までの傾向からも予想はされるが, Mindstorm の方が PC よりも高い評価を受けていたということが理解できた.

関係 D

この関係は, Q3 の「態度を直観的に理解できた順に番号をつけてください」において観察された ($F(2, 51) = 1.59, n.s.$). この結果, AIBO の情報は, Mindstorm, PC の表出したビープ音と比較しても, 直観的に理解されているわけではないと考えられた.

6. 考 察

6.1 ロボットの身体の効果

7 節の実験結果において, Mindstorm の平均正答数が, ノート PC を上回ったものの, 有意差はなかった. ロボットとしての身体, 外見をもつ Mindstorm の方が, ノート PC よりもより, エージェントとしての親和性が高く, 注意を引き付けると考えられるが, その効果が少なくとも今回の態度伝達における正答数では十分な差がでなかつた.

ユーザからの擬人化をより促進することで, 態度の推定精度を向上させることができるものかもしれない. また, 身体をもつ単なるロボットであることが重要ではなく, ユーザとの関係を構築することにより, ユーザの態度推定を向上することも考えられる??.

6.2 インタラクションを通じての態度表出

本論文における実験は, ロボットや PC の表する情報を人間が受取り, その態度の推定を行っている.しかし, 実際は, これらの人工物は, 人間と継続的にインタラクションを持つことが目的であり, そのような場合のエージェントの態度推定を調査することが重

要である.

また, 今回の実験結果により, AIBO に対しては, 印象評価や相対評価は大変高いものの, 正答率は低かったことがわかった. 一見これは, AIBO のエージェントとしての優位性を示したように見えるが, これはインタラクションにおける影響ではなく, 第一印象で AIBO から得られた結果であり, ここには, 見た目の印象のよさとその機能との間に, 大きなギャップが潜んでいると考えられる.もし, このままインタラクションを継続していった場合, ユーザはそのギャップに気づいてしまい, 大変失望してしまい, 結果として印象が低くなってしまうとも考えられる.

それに対して, Mindstorm などの最初の印象はそれほど高くないものの, 正答率が高い=機能が高いものは, インタラクションを継続することで, 人間からの適応により Mindstorm の機能のモデリングが適切に行われ, 徐々にその印象が高くなっていくことが考えられる.

今回の実験結果を出発点として, この様なエージェントとユーザとがインタラクションを継続し, その印象がどのように変化していくのかを観察する実験を行うことで, 我々の仮説がさらに有効的に実証されると考えている. 具体的には, ボードパズルをしている人間にアドバイスを与えるロボットの実験設定を考え, 継続的なインタラクションにおける, エージェントの態度, 外見, 表出される情報の関係を実験的に調査する予定である.

7. ま と め

人間とインタラクションをもつエージェント, ロボットが普及しつつある現在, そのようなエージェントが自分の態度をどのようにユーザに効果的に伝達するかは, 人間とエージェントとの円滑なコミュニケーションや協調タスクの達成のために非常に重要な課題である. この問題に対し, エージェントの外見, 表出する情報が大きく依存していると言われているが, それらの関係を実験的に調べた研究は十分になされてはいないため, いたずらにロボットやエージェントの外見を実在する動物や人間に近づける研究が行われている. 本研究では, そのような外見を実装する方向ではなく, 基本的な態度であれば, 単純な情報をいかにも移動ロボットの外見をもつロボットから表出することで, より効果的にユーザに態度伝達を実現できるという考えに基づき, 実際にそのようなロボットの外見と表出情報を, Mindstorm とビープ音により設計した. そして, ペットロボット AIBO との実験的比較により我々

の考えの妥当性を検証し、我々の方向性を指示する結果を得た。

参考文献

- 1) AIBO Web site:
<http://www.sony.net/Products/aibo/>.
- 2) Breazeal, C. and Velasquez, J.: Toward Teaching a Robot 'Infant' using Emotive Communication Acts, *Proceedings of 1998 Simulation of Adaptive Behavior, Workshop on Socially Situated Intelligence*, pp.25–40 (1998).
- 3) 石黒 浩: アンドロイドサイエンス, システム/制御/情報, pp.47–52 (2005).
- 4) 石塚 満: マルチモーダル擬人化エージェントシステム, システム/制御/情報, Vol.44, No.3, pp.128–135 (2000).
- 5) 小松孝徳, 長崎康子: ビープ音からコンピュータの態度が推定できるのか?—韻律情報の変動が情報発信者の態度推定に与える影響, ヒューマンインターフェース学会論文誌, Vol.7, No.1, pp.19–26 (2005).
- 6) Matsumoto, N., Fujii, H., Goan, M. and Okada, M.: Minimal Design Strategy for Embodied Communication Agents, *The 14th IEEE International Workshop on Robot-Human Interaction*, pp.335–340 (2005).
- 7) MINDSTORM:
<http://mindstorms.lego.com/>.
- 8) MS agent Web site:
<http://msdn.microsoft.com/msagent/>.
- 9) Reeves, B. and Nass, C.: *The Media Equation*, CSLI Publications (1998).
- 10) WORLD ROBOTICS 2004:
http://www.unece.org/press/pr2004/04robots_index.htm.
- 11) 山田誠二, 角所 考: IDEA:適応のためのインタラクション設計, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.17, No.3, pp.279–288 (2005).
- 12) 山田誠二, 角所 考, 新田克己:特集:HAI ヒューマンエージェントインタラクション, 人工知能学会誌, Vol.17, No.6 (2002).