

ディスプレイロボットを利用した物体の擬人化

Anthropomorphized object using displaying robot

大澤 博隆*¹ 向井 淳*² 今井 倫太*³
Osawa Hiroataka Mukai Jun Imai Michita

*¹慶應義塾大学理工学研究科

Graduate School of Science and Technology, Keio University

*^{2*3}慶應義塾大学理工学部

Faculty of Science and Technology, Keio University

This study proposes a model for anthropomorphizing an environmental object, named displaying robot. Displaying robots are attached to an object (electric devices or furniture) in the environment to change them as communication robots. We design a displaying robot using two eyes, named "Iris-board" which are attached to home appliances or furniture. We conducted an experiment to verify the effectiveness of a intrinsic body image with attaching Iris-board to a home appliance. The result indicated that there is significant difference between using anthropomorphized object and not anthropomorphized one.

1. はじめに

本研究では物体に人間の身体部品を取り付けて、物体の擬人化を行うディスプレイロボットを提案する。ディスプレイロボットの目標は、物体を擬人化することで、環境中に置かれた無線アドホックセンサや RFID などの外部情報取得デバイスから得られる情報を物体から見た相対的な情報に変換し、人間と環境中の物体との直観的なインタラクションを可能にすることである。Reeves らの Media Equation に関する研究 [1] では、人間は状況によって、物体自身をコミュニケーション対象とみなし、あたかも身体があるように行動することが示されている。ディスプレイロボットは身体部品を取り付けることで物体に内在する身体イメージを拡張し、物体に対して積極的に主体を持たせることができる。たとえば、洗濯機がディスプレイロボットによって擬人化されていれば、ユーザはその蓋を「口」として扱うことが出来るようになる。

物体に関する擬人化の研究では、従来図 1a のように、擬人的な CG エージェント [3] やロボットを利用した物体の擬人化が行われている。この手法では、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異なり、物体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でユーザの認識する対象が増え、認知的な負荷を与える可能性があると考えられる。よって、人間と物体との指示・インタラクションが自然に行われないと考えられる。

一方、ディスプレイロボットの手法では、図 1b 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、対話対象が減少する。また、従来手法と比較して、「頭」や「腹」などの身体イメージを使用した会話が出来るようになり、より直観的な指示・インタラクションが可能になると考えられる。

本研究では目の形を模したディスプレイロボット「Iris-board」を開発した。また、Iris-board を冷蔵庫に取り付け、擬人化した物体によって人間とのインタラクションがどう変化するか、及び Iris-board の人間への指示性能を検討する 2 つの実験を行った。その結果、Iris-board によって冷蔵庫の内在的な身体イメージの補強が行われ、ユーザがシステムの指示を理解しやすくなったこと、Iris-board によってユーザに対し大まかな向きの指示が行えることが示された。

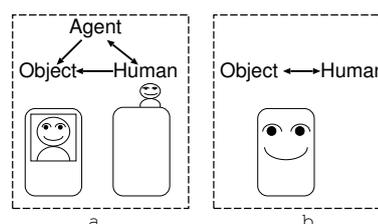


図 1: 擬人的なエージェントとディスプレイロボットの違い

2. Iris-board の設計

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いう役割を持つ [2]。本研究ではこの後者の機能に注目し、二つの目を持つディスプレイロボット Iris-board を設計した。

Iris-board は図 2 のような、瞳、虹彩、強膜などの人間の目の各部品を模した機器である。Iris-board では、強膜を白、瞳と虹彩を黒で表している。本論文では瞳と虹彩を合わせて「虹彩」と呼ぶ。Iris-board は図 3 のように、目にあたる二つの板から構成される。各虹彩の位置は、各板に取り付けられた位置センサから計算する。

虹彩の位置は図 4 のように求める。Iris-board の左右の板は仮想的な目玉と目の中心を持っている。物体の座標 x と仮想的な目の中心 c によって作られるベクトルおよび、板によって作られる平面 A との交点ベクトル p が虹彩の位置となる。ベクトル p を求めた後に、Iris-board は p を板の中心からのベクトル i に変換する。この処理は Iris-board の左右の板に対してそれぞれ行われる。

平面の法線ベクトル a は、二つの板に取り付けたセンサから得られる位置座標を利用して求める。センサ情報から一意に法線ベクトルを求めるため、まず、Iris-board に対し、それぞれの板が地面に対して垂直で、2枚の相対的な角度ベクトル r があらかじめ決まっているという制約を設ける。これによって、2枚の位置座標から、Iris-board 全体の傾きが一意に求められる。図 5 は、2枚の板が平行 ($r = 0$) である時の法線ベクトル a の求め方を表している。もし角度ベクトル r が 0 では無いときには、Iris-board は計算した a に $\pm r/2$ を加え、それぞれの板の法線ベクトルを求める。

A: 大澤博隆, 慶應義塾大学理工学研究科, 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1, 045-560-1070, osawa@ayu.ics.keio.ac.jp

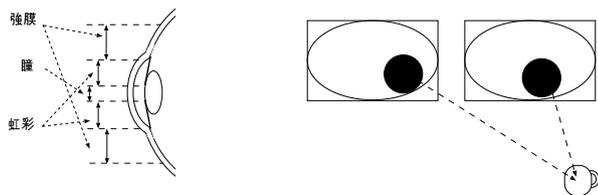


図 2: 人間の目

図 3: Iris-board

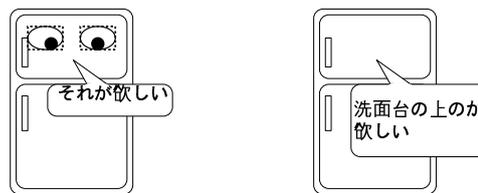


図 7: Iris-board を取り付け 図 8: 間接的な指示のみを行うた冷蔵庫 冷蔵庫

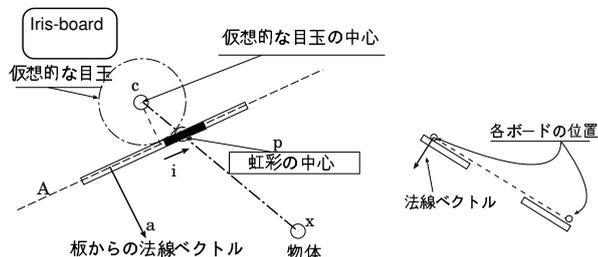


図 4: 虹彩位置の決定

図 5: Iris-board の角度の決定

図 6 にシステムの概要を示す．Iris-board は周囲の物体や人の座標を超音波 3D タグ [4] から受け取る．Iris-board は Iris-board サーバとともに動く．サーバは二つのモジュールを持つ．選択モジュールでは Iris-board の指し示す物体や人を選択する．そして物体や人の座標をセンサから受け取り，Iris-board からの相対的な座標を計算して虹彩の位置を決定する．表情モジュールでは，選択モジュールで作成された画像にサッカードやまばたきなどの表情を付け加える．

3. 実験

3.1 実験 1 の仮説

実験 1 では，冷蔵庫に Iris-board を取り付けた．そして，擬人化された冷蔵庫による物体への指示 (図 7) と擬人化されていない冷蔵庫による音声だけの物体指示 (図 8) を比較した．

実験 1 の仮説は以下の通りである．Iris-board を取り付けた冷蔵庫は，取り付けしていない冷蔵庫に比べて身体イメージを得やすくなると考えられる．そして，身体イメージを得ることで，冷蔵庫が主体を得ることが出来る．したがって，人間が，主体を必要とするシステムからの要求を理解しやすくなると考えられる．

3.2 実験 2 の目的

次の実験では，Iris-board による指示が，人間に対しどれほど拡がって見えるかを実験した．実験手順は以下の通りであ

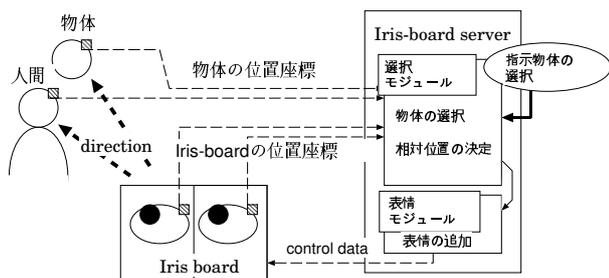


図 6: システム図

る．まず，冷蔵庫に取り付けられた Iris-board が，床，机，板のどれか一点を見つめる．次に，被験者が Iris-board の見ていると考える点にマークをつける．

3.3 実験環境

実験には 21 人の被験者が参加した．21 人はいずれも，19 歳以上 25 歳以下の大学の生徒であり，18 人が男性，3 人が女性であった．各被験者は，Iris-board からの指示を受ける A 群 (男性 9 人，女性 2 人) と，音声による間接的な指示のみを受ける B 群 (男性 9 人，女性 2 人) の 2 つに，無作為に割り振られた．

2 つの実験はいずれも，大学の教室で行われた．実験環境は図 9 の通り，実験の光景は図 10 の通りである．Iris-board は，床から 1030mm 離され，冷蔵庫の扉に取り付けられた．実験環境の原点座標は，Iris-board の右の目の右側に取り付けられたセンサの位置とした．位置センサからのノイズによって，実験が妨げられるのを防ぐため，物体と被験者の座標は手動で入力した．

実験 1 には，A 群と B 群の全ての被験者が参加した．物体は図 9 の各番号の位置に設置され，Iris-board は冷蔵庫の扉に固定された．実験を始める前に，被験者には「目の前に装置が置いてあります」「何か聞こえてきます」という二つの指示を与えた．被験者は部屋に入ったのち，実験者は被験者に対し，Iris-board もしくは冷蔵庫裏に取り付けられたスピーカを使用して物体への指示を行った．

A 群，B 群における指示は次の通りである．A 群の場合には，Iris-board は被験者を見て，次に対象となる物体を見ながら (視線誘導)「それが欲しい」と音声を発した．B 群の場合には，冷蔵庫の背後のスピーカが「洗面台の上のが欲しい」のように，場所と「～が欲しい」という要求を続けて発声した．「欲しい」の音声は A 群と同じ物を使用した．被験者に対する指示は，どちらの場合でも，被験者が行動を起こすまで 3 回行われた．これらの指示が，9 つの物体に対して次々と行われた．

各指示間の間隔は 5 秒間であり，もし，この間隔の間に被験者の反応が無かった場合には，次の指示を開始した．全ての指示が終了したら，Iris-board もしくはスピーカは「僕のお腹の中に入れてね」と発声し，被験者の反応を待った．

実験 2 には，実験 1 に参加した A 群の被験者のうち，男性 8 人・女性 2 人の合わせて 10 人の被験者が参加した．実験環境は図 11 の通りであり，Iris-board は表 1 に示す座標の 4 点に対を次々と注視し，指示を行った．1 つめと 2 つめの点は床の上，3 つめの点は机の上，4 つめの点は机に置かれた垂直な板の上である．机の大きさは 900 mm x 400 mm であり，机の高さは床から 790 mm であった．また，机の上の板の大きさは 800 mm x 600 mm であった．

被験者に対する指示は次の通りである．実験 1 が終了した後，実験助手が実験室に入り，全ての物体と椅子を片付けた．その後，被験者に対し，3 つのマーカ物体を手渡した．本

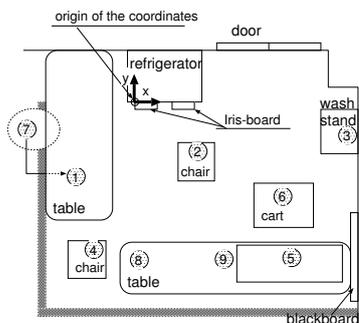


図 9: 実験 1 の環境

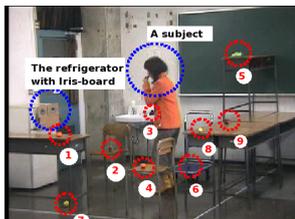


図 10: 実験 1 の光景

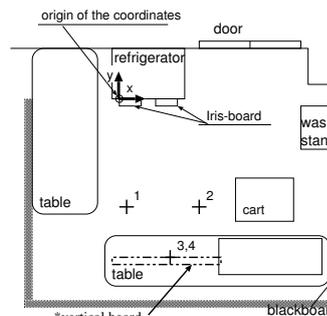


図 11: 実験 2 の環境

表 2: 各物体に対する A 群の被験者の行動

OBJ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SUC	8	10	10	5	9	10	8	10	10
FAIL	0	0	1	5	0	0	0	1	0
LOOK	2	1	0	1	1	0	0	0	0
NOT	1	0	0	0	0	0	0	0	1
SUM	11	11	11	11	10	10	8	11	11

表 3: 各物体に対する B 群の被験者の行動

OBJ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SUC	6	6	6	6	2	6	6	6	3
FAIL	0	0	0	0	4	0	0	0	0
LOOK	3	4	4	4	4	4	4	3	2
NOT	1	0	0	0	0	0	0	1	2
SUM	10	10	10	10	10	10	10	10	7

実験では実験助手が Iris-board を制御し、被験者は実験助手からの指示にしたがって、Iris-board が見えていると思われる場所にマーカー物体を置いた。次に、実験助手は机の上に板を置き、Iris-board を制御して、被験者に対し、Iris-board が見えていると思われる位置を指さすよう指示した。

4. 実験結果

4.1 実験 1

実験 1 での被験者の反応はさまざまであった。本研究ではこれらの反応を、SUCCEED(正しい物体に触ることができた者)・FAILED(間違っただけの物体に触ってしまった者)・LOOK AT(正しい物体を見ただけの者)・NOTHING(何もしなかった者)の 4 種類に分類した。もし間違っただけの物体が被験者によって取り除かれてしまった場合、その物体に対する指示は飛ばして実験が続けられ、結果にも記録しなかった。このように分類した結果を、表 2 および表 3 に示す。

また、一つでも物体に触った被験者と、まったく触らなかった被験者(全ての行動が LOOK AT か NOTHING に分類された被験者)に分けて分類した結果を、表 4 と図 12 に示す。

さらに、「僕のお腹に入れてね」という発声の後の、各被験者の反応を表 5 と図 12 にまとめた。A 群の全ての被験者と、B 群の 6 人の被験者は、発話を聞いて、物体を冷蔵庫に入れ、既に冷蔵庫に入っていた物は、冷蔵庫の開け閉めなどを行った。それに対し、B 群の 4 人の被験者は、冷蔵庫の発声に対して、何も反応を行わなかった。

表 1: 注視される点の座標

注視点	座標 (mm)
1 番目の点 (床の上)	(500, -1500, 20)
2 番目の点 (床の上)	(0, -1500, 20)
3 番目の点 (机の上)	(400, -2100, 790)
4 番目の点 (板の上)	(400, -2100, 1200)

表 4: 物体に触った被験者

SUBJECT	A 群	B 群
物体に触った (SUCCEED+FAILED)	11	6
一切触らなかった (LOOK AT+NOTHING)	0	4

表 5: 冷蔵庫に物を入れた被験者

SUBJECT	A 群	B 群
冷蔵庫に物を入れた	11	6
何もしなかった	0	4

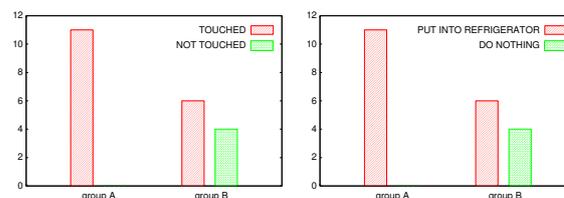


図 12: 各物体に触った被験者 図 13: 冷蔵庫に物を入れた被験者

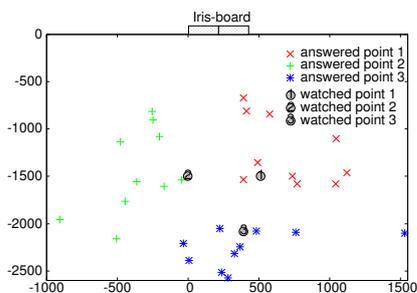


図 14: 床と机の上の点の拡がり

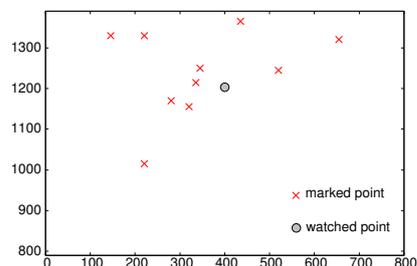


図 15: 板上の点の拡がり

4.2 実験 2

実験 2 の結果を図 14 と図 15 に示す。図 14 は床上の 2 点と机上の 1 点に対する、被験者の認識した注視点の拡がりを示しており、図 15 は板上の 1 点に対する被験者の認識した注視点の拡がりを示している。

5. 考察

5.1 実験 1

表 4 と表 5 中の 40%以上の要素が 5 以下であったため、Fisher の正確確率検定を使用し、A 群と B 群を比較した。その結果、どちらの結果でも $p = 0.03509 < 0.05$ が示された。よって、A 群と B 群の被験者の反応に、有意差が認められた。

各群に対する有意差の原因として、以下の二点は排除できる。まず、A 群と B 群での「欲しい」の発音は同じであるため、発音の聞き取り易さによる理解の差は無いと考えられる。また、物体に対して一度も触ることが無かった、B 群の 4 人の被験者も、物体のある場所を見ていたことから、指示が指し示す位置に関しては、両群で等しく理解されていたと考えられる。

我々は、身体イメージの差によって、主体的な指示に対する被験者の理解に違いが生じたため、この有意差が発生したと考える。4 人の被験者は冷蔵庫に対し、主体性を感じることが出来なかったため「欲しい」や「僕のお腹」といった表現が判別できなかったと考えられる。4 人の被験者のうち 1 人は、最後の指示の後に物体を自らのお腹に当てた。この判断の失敗は、冷蔵庫自体の身体イメージを判別できなかったからだと考えられる。よってこの結果から、Iris-board によって、身体イメージが強化され、その結果、人間の理解に違いが生じるという仮説が指示された。

また表 2 より、A 群では 4 番目の物体 (小さな柿) に対する被験者の判別率が他の物体と比較して特に低いことが分かる。これは、1 番目・7 番目・8 番目が近くにあったため、これらの物体を 4 番目と間違えたためである。この結果より、Iris-board によって隣接した物体をユーザに対して指示するには、物体の

色や形状などの情報を、ユーザに追加で与える必要があると考えられる。さらに表 3 より、B 群では 5 番目の物体 (マスカット) に対知る判別率が他と比較して特に低いことが分かる。これは、「机の上の高いの」という指示を「机の上の赤いの」と間違えたことが原因であると、実験後のアンケート結果から示されている。この結果より、音声による間接的な指示を行う際には、類似した発音の言葉に注意を払う必要があることが示唆されている。

5.2 実験 2

被験者によって示された点は、図 14 と図 15 に広範囲に広がっている。図 14 より、1 番目の点と 2 番目の点に対する被験者の判別点は分かれていることがわかる。従って Iris-board は、少なくともユーザに対し、指示方向が右であるか左であるかは、伝えることができると考えられる。また、本結果より、実験 1 と比較して、Iris-board は何も無い場所での指示性能が低いことが示されている。従って、Iris-board を使って正確に場所を示したい場合には、示す先になんらかの対象がある方が望ましいと考えられる。将来的には、擬人化を行うディスプレイロボットとして目だけでなく腕を使ったものも考えられるが、腕による指示が目だけの指示に比べてどれだけ正確であるかは、さらなる実験が必要である。

6. 結論

本研究では、物体を擬人化し、物体の主体性を強化するディスプレイロボットを提案し、人間の目を模したディスプレイロボット Iris-board を実装して実験による擬人化の評価を行った。その結果、Iris-board を物体に取り付けることで、ユーザがより物体の要求を理解しやすくなること、また、Iris-board によって、左右の向きの指示が可能であることが示された。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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 (RO-MAN 2001)*, Bordeaux-Paris, France, Sept. 2001, pp. 366–370.
- [4] Y. Nishida, H. Aizawa, T. Hori, N. Hoffman, T. Kanade, and M. Kakikura, "3d ultrasonic tagging system for observing human activity," in *Proceedings of IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2003)*, Las Vegas, USA, Oct. 2003, pp. 785–791.