

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 10 日現在

機関番号：34406

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26870723

研究課題名(和文) ロボットアバタを用いた生活支援ロボットの親和性向上に関する研究

研究課題名(英文) Improvement of user familiarity using robot avatar for the daily life support robot

研究代表者

廣井 富 (Hiroi, Yutaka)

大阪工業大学・工学部・准教授

研究者番号：80405927

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、恐怖感を低減する手法と親しみやすいロボットの開発を行った。まず、拡張現実感(AR)を用いて移動ロボットの上に搭載した小型のロボット(ロボットアバタ)の外観について評価した。次に、ロボットアバタの「見やすさ」、「親近感」、「信頼性」について実験参加者について尋ねた。比較するために、様々な体の色と目の色と3種類のロボットの大きさを用意した。結果として、体の色が黒で目の色が黄色、3種類の中で一番小さなサイズのロボットが好まれた。最後に、ロボットアバタを用いた動作予告手法を日常生活支援ロボットに実装し、実験を行い評価した。

研究成果の概要(英文)：In this project, I developed psychological threat reduction method and user friendly robots. First, I evaluated the appearance of a small robot (robot avatar) mounted on a mobile robot using the augmented reality (AR). Then I asked the participants to evaluate visibility, friendliness and reliability of the robot avatar. Combination of various body color, eye color and three kinds of robot size were prepared for comparison. As a result, the preferred color combination was black body with yellow eyes, and the smallest robot was most preferred. Finally, I developed preliminary announcement methods for a daily-life-support robot using a robot avatar, and conducted evaluation experiments.

研究分野：ヒューマン・ロボットインタラクション

キーワード：ヒューマン・ロボットインタラクション、ロボットデザイン、拡張現実感、動作予告、ロボットアバタ、移動ロボット、ロボカップ@ホーム、生活支援ロボット

1. 研究開始当初の背景

生活支援ロボットの開発が盛んに行われている。我々も日常生活支援移動ロボット ASAHI の開発を行っている。このような生活支援ロボットは、単に機能が高いだけでは十分ではなく、そのデザインも重要である。このデザインとは、外観だけではなく、ロボットの動作も含むものである(ロボットデザインと記す)。しかし、通常はデザイナーが主観に基づいてロボットを設計し、実際のロボットを製作した後で実地テストによりデザインの不具合を洗い出すという方法が一般的であろう。しかし我々は、主観評価実験などの証拠に基づいたロボットデザインが重要だと考えている。そのような一例として、我々はロボットが人間の方へ接近する場面を想定した実験を行った。その結果に基づき、人間が違和感や恐怖感を覚えることなく接近を許容する距離とロボットの大きさの関係を明らかにした。しかし、実ロボットで実験するためには、その全ての要因についてロボットを用意しなければならず、製作コストや製作時間が問題になる。そこで我々は、拡張現実感 (Augmented Reality, 以後 AR とする) を用いてロボットデザインを評価することを提案した。また、AR と実機の評価結果とを比較することで、実機と同様な評価が AR によっても可能であることを示した。

2. 研究の目的

前述したように、生活支援ロボットは単に性能が良いだけでは一般ユーザに受け入れられない。本研究の目的は、恐怖感をユーザに与えない、親しみやすいロボットの開発である。このようなロボットが開発されると、病院等へのロボットの普及が急速に高まる効果が期待される。そこで、下記2点を行う。
 (1)生活支援ロボットが人間に接近してくる際にその状態を提示する小型のコミュニケーションロボットの開発
 (2)開発したロボットを実装し、生活支援ロボットが人間に接近してくる際に人間が受ける恐怖感を低減する手法を開発する

3. 研究の方法

まず、(1)「生活支援ロボットが人間に接近してくる際にその状態を提示する小型のコミュニケーションロボットの開発」を行った。このロボットを廣井は、ロボットアバタと名付けている。このロボットアバタの大きさと色を選定した。これに先に述べた拡張現実感(AR)という技術を用いた。カメラが付いたヘッドマウントディスプレイを装着することであたかもそこにロボットが存在するかの様に見える。図1に、大きさの検証に用いたCGを示し、図2に、色の検証に用いたCGを示す。

次に大きさの検証と色の検証に分けて説明する。まず、大きさの検証のために、移動ロボットの開発を行った。実験に用いるロボ

ットの要求仕様は、背景で述べた先行研究と同様の大きさ、速度条件を満たし、さらに各種 AR 表現を利用できるように低床とした。

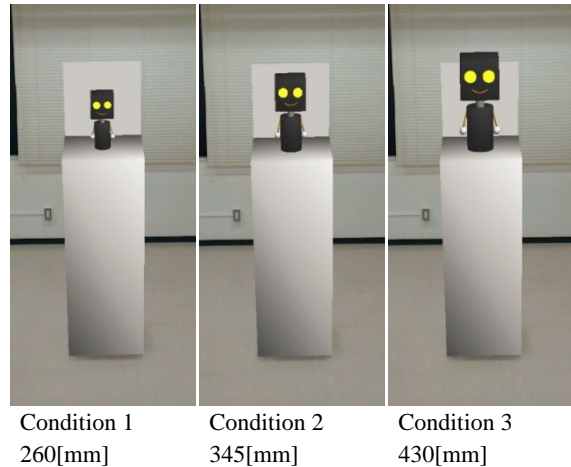


図1 ロボットの大きさ

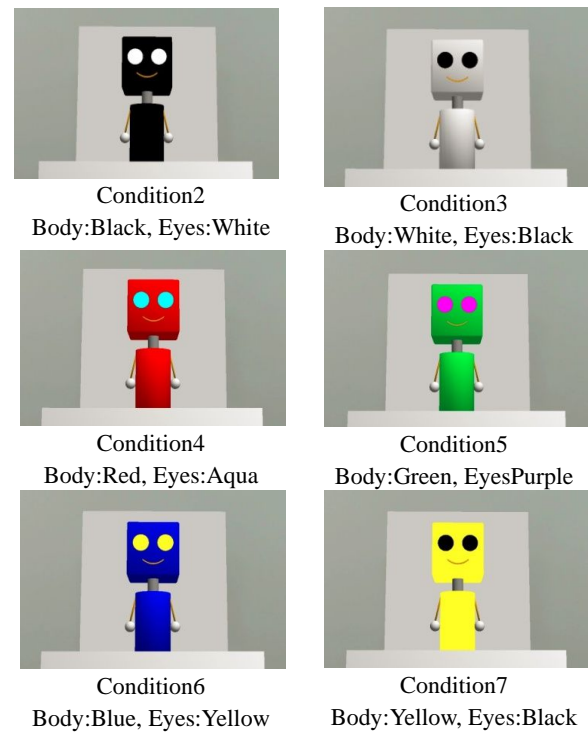


図2 ロボットの色

具体的には、図3に示すように、幅420[mm]、奥行380[mm]、高さ103[mm]とし、床面からマーカまでの高さは1400[mm]に設定した。質量は、4.2kg(本体のみ)である。最高速度は、4.0[m/s]である。対向2輪型移動ロボットであり、モータは、EC-i 40 50Watt (maxson)、減速比は、14:1である。モータの制御は、EPOS 2 24/5 (maxson)を用いてラップトップPCからコマンドを送り制御する。次にこれを用い、実験参加者から3[m]離れた地点から移動ロボットが人に向かって接近し、参加者がその印象を評価する実験を行った。その際の接近速度は、0.4[m/s]であった。なお、3[m]程度離れた位置から人の近傍までAR表現を可能にするために、マーカを工夫する必要がある。

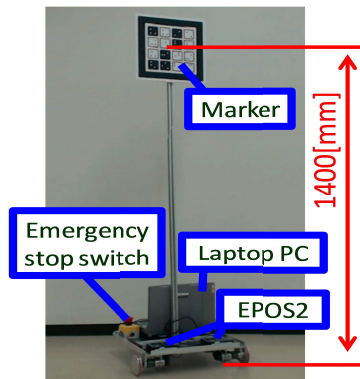


図3 実験のために開発したロボット

そこで、距離変化に強い入れ子型マーカに着目した。階層を2段階とし、構造を簡略化することによって、ロボットの距離変化に対応する。この時のロボットアバタの大きさは、図1に示した3条件である。

次にロボットアバタの色の検証について述べる。まず、ロボットアバタの大きさは先に述べた図1の条件1(260[mm])が実験結果より選択された。この実験で用いられたロボットアバタは、体が黒色、目が黄色であった。生活支援ロボットには、「親和性」が高いロボットデザインが求められるだけでなく、見やすさも考慮すべきである。例えば、病院等で使用する際に多くの場合は、壁が白いが、白い壁に対して、ロボットの外観も白いと、その存在に気づかれにくい。用途にもよるが、例えば道案内ロボットであれば、存在を人にわかってもらわなければ、意味をなさない。しかし、その存在がわかったとしても、親しみ感が低いものでは、ロボットに近寄り難い。そこで、「体の色が黒で目の色が黄色」をベースとして、その反転色である「体の色が白で目が黒」、また、補色の関係となる色を設定し、ロボットの色に関する評価実験を行った。大きさの検証実験とは異なり、実験参加者から3[m]でロボットは静止している。この時のロボットアバタの色は、図2に示した6種類にロボットの体の色が黒、目の色が黄色を加えた7条件である。結果として、「ロボットの体の色が黒、目の色が黄色」が好まれた。

これらの結果から、ロボットの大きさは260[mm]とし、ロボットの色は、「体の色が黒、目の色は黄色」とした。これを基に実機を作製した。

(2)「開発したロボットを実装し、生活支援ロボットが人間に接近してくる際に人間が受ける恐怖感を低減する手法を開発する」を実現するために、先ほどと同様に、拡張現実感でロボットを表現し、実験を行う。アイデアは、図4に示すようにロボットアバタの動きで恐怖感を低減しようとするものである。実験から動作予告の効果(ロボットの意図がわかる)はわかった。そこで、実機で検証することにした。

動作予告は、大きく二つの種類に分類できると言われている。一つは、「これから先のある時点の状態を予告表示する」、もう一つは「現在からある時点まで連続的に予告表示する」方法である。前者は、例えば車のウィンカーのようなもので、これから右や左に曲がることを他者に伝える予告表示である。後者は、プロジェクタで床面に次にロボットが進む方向を連続的に提示するような予告表示である。そこで、これに沿った動作予告をロボットアバタを用いて実現する。

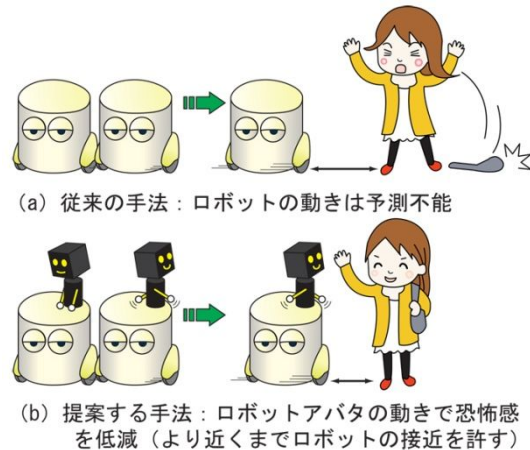


図4 動作予告のアイデア

具体的には、次に示す4つの方法を検討した。まず、「これから先のある時点の状態を予告表示」に相当する二種類の方法について述べる。第1の方法では、ロボットアバタが一度人の1000[mm]先を見てから、正面を向き直し、その1.5秒後に接近を開始する(条件名:1m)。第2の方法では、同様にロボットアバタが一度人の250[mm]先を見てから、正面を向き直し1.5秒後に移動する(条件名:停止予告)。この250[mm]は実験の際に移動ロボットが停止する位置を示す。なお、これらの方法は、ロボットアバタが床面を見ることによって、移動ロボットが止まる位置を人に伝えることができるか、とその位置の差を人が知覚することができるかを検証するための条件である。

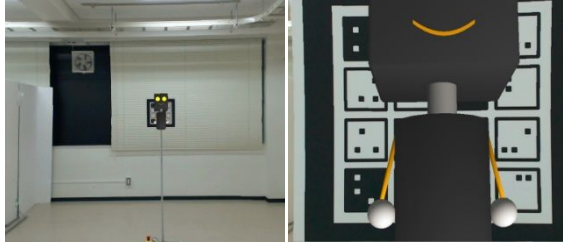
次に、「現在からある時点まで連続的に予告表示」に相当する二種類の方法について述べる。一つは、停止位置条件と同様の移動ロボットの停止位置(250[mm])を常に見る方法(条件名:停止)である。もうひとつは、人の顔の方を常に向く制御をする方法(条件名:顔)である。これらを実現するためには、人の位置に応じてロボットアバタの動作を動的に変更しなくてはならない。そこで、これを実現するためにLaser Range Finderを用いた人の位置の検出手法の開発および人の移動量の計測手法を開発した。また、人の指差し、ロボットの指差し、顔の向き等についての影響について実験を行った。

ロボットの実験参加者への接近条件は、速度0.8[m/s]であり、ロボットの停止位置は

250[mm]とした。

4. 研究成果

まず、(1)「生活支援ロボットが人間に接近してくる際にその状態を提示する小型のコミュニケーションロボットの開発」についての成果について述べる。研究の方法で述べた独自 AR 用マーカにより、図 5 に示すように、3000[mm]から 100[mm]まで距離が変化しても、ロボストに CG が表示されるシステムを実現した。



3000[mm] 100[mm]
図 5 AR マーカの評価 (予備実験)

次に、ロボットアバタの大きさの検証結果について述べる。ロボットの「見やすさ」と「恐怖感」に関して 7 段階評価でアンケートに回答してもらった。7 が見やすい、恐怖感を感じる。4 がどちらでもない。1 が見にくい、恐怖感を感じないであった。図 6 に結果を示す。横軸がロボットのサイズを示し、縦軸がアンケート評価の平均 (n=8) である。得られた知見は、ロボットの大きさは大きい方が恐怖感が大きい、見やすさについては、違いがない (どの条件も見やすい) ことである。よって、ロボットアバタのサイズは、260[mm]を採用することとした。

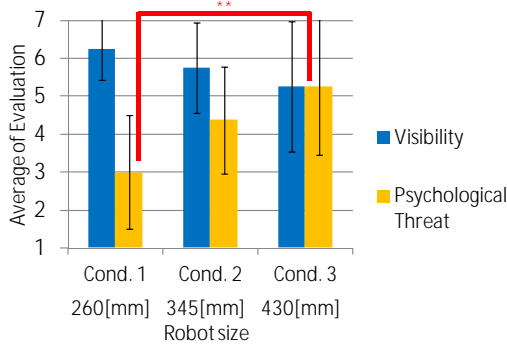


図 6 ロボットのサイズに関する評価結果 (n=8)

次に、ロボットアバタの色の検証結果について述べる。ロボットの「見やすさ」、「親しみ」、「信頼性」に関して 7 段階評価でアンケートに回答してもらった。7 が見やすい、親しみを持って、信頼できる。4 がどちらでもない。1 が見にくい、親しみを持ってない、信頼できないであった。図 7 に結果を示す。横軸が、条件 (色の違い) を示し、縦軸がアンケート評価の平均 (n=8) である。得られた知

見は、ロボットの色の組み合わせによって、「親近感」と「信頼性」に差があることが示唆されたことである。結果として、すべての項目で評価の高かったロボットの「体の色が黒、目の色が黄色 (条件 1)」を採用する。

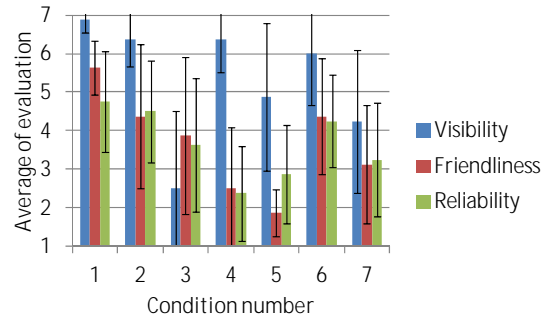


図 7 ロボットの色に関する評価結果 (n=8)

次に(2)「開発したロボットを実装し、生活支援ロボットが人間に接近してくる際に人間が受ける恐怖感を低減する手法を開発する」についての成果について述べる。まずロボットアバタを用いた動作予告の効果について拡張現実感を用いて調査した結果を述べる。ロボットの「意図がわかる」と「恐怖感」に関して 7 段階評価でアンケートに回答してもらった。図 8 に結果を示す。横軸が条件 (ロボットの向きと動作予告あり) を示し、縦軸がアンケート評価の平均 (n=18) である。得られた知見は、動作予告がある方がロボットの意図が伝わることとロボットが接近する際は、正面を向いていることが望ましいということである。

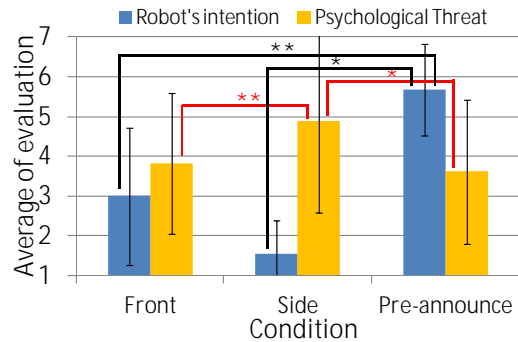


図 8 拡張現実感を用いた動作予告の評価結果 (n=18), **: p<0.01, *: p<0.05

次に実機を用いて、動作予告を行った結果について述べる。研究の方法で述べた通り「これから先のある時点の状態を予告表示」と「現在からある時点まで連続的に予告表示」についてそれぞれ 2 種類、計 4 種類の動作予告を設定した。アンケートは、「恐怖感」に関して 7 段階評価で回答してもらった。図 9 に結果を示す。横軸が条件 (動作予告の種類、Face 条件は、動作予告はなしでロボットアバタが正面を向いたまま接近) 縦軸がアンケー

ト評価の平均 (n=9) である。結果, 接近時に人の顔の方を常に向く制御を行うと恐怖感の低減に効果があると示唆されたが, 確証を得ることには至らなかった。原因は, ロボットの接近速度に対して, 動作予告を行うために十分な距離がなかったと考える。つまり, 動作予告に気付く前にロボットが停止した可能性がある。これについては, 今後, 距離を十分取り, 実験を行いたい。

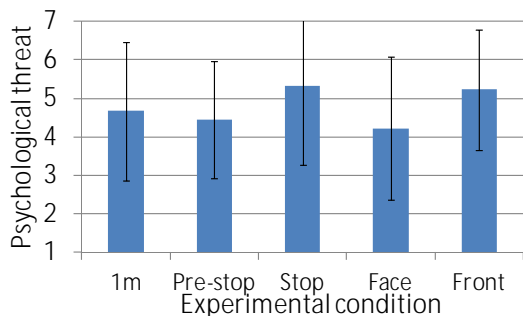


図9 動作予告の評価結果 (n=9)

最後に今回の実験により定められたサイズと色を用いて製作したロボットアバタを日常生活支援移動ロボット ASAHI に実装した。このロボットで生活支援の技術を競技形式で競うロボカップ@ホームリーグ (ロボカップジャパンオープン 2015) に出場し, 優勝した。



図10 ロボカップ@ホーム競技の様子

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

廣井 富, 伊藤 彰則, 指差しによる人間への位置提示精度調査とその精度向上手法, 査読有, 情報処理学会論文誌, Vol. 56, No. 8, pp. 1634-1645, 2015.

〔学会発表〕(計 8 件)

Keisuke Sakai, Yutaka Hiroi, Akinori Ito, "Playing with a Robot: Realization of "Red Light, Green Light" using a Laser Range Finder", Proc. of 2015 Third International Conference on Robot, Vision and Signal Processing, pp. 1-4, Nov. 19, 2015, Kaohsiung, Taiwan (**Best Paper Award**)
Yuma Fujiwara, Yutaka Hiroi, Yuki Tanaka and Akinori Ito, "Development of a Mobile Robot Moving on a Handrail Control for Preceding a Person Keeping a Distance", Proc. of the 24th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, RO-MAN 2015, pp. 413-418, Sep. 2, 2015. Kobe, Japan.

廣井 富, 前田 彰大, 田中 佑季, 伊藤 彰則, "拡張現実感を用いた恐怖感低減手法に関する検討", ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016 講演論文集 DVD-ROM, 2P1-11b1, 2016 年 6 月 10 日, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市

廣井 富, 前田 彰大, 田中 佑季, 松丸 隆文, 伊藤 彰則, "移動ロボット接近時における動作予告を用いた恐怖感低減に関する検討", ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016 講演論文集 DVD-ROM, 2P1-11b2, 2016 年 6 月 10 日, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市

廣井 富, 森 奨平, 藤原 祐磨, 伊藤 彰則, "拡張現実感を用いた生活支援ロボットの恐怖感低減手法の評価-ロボットサイズに関する実験-", ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015 講演論文集 DVD-ROM, 2A2-H03, 2015 年 5 月 19 日 京都市勧業館「みやこめっせ」, 京都府京都市

廣井 富, 森 奨平, 藤原 祐磨, 伊藤 彰則, "拡張現実感を用いた生活支援ロボットの恐怖感低減手法の評価-ロボットの色に関する実験-", ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015 講演論文集 DVD-ROM, 2A2-H04, 2015 年 5 月 19 日 京都市勧業館「みやこめっせ」, 京都府京都市

廣井 富, 坂井 奎亮, 立田 裕記, 伊藤 彰則, "ロボットとの「だるまさんがころんだ」の提案", ロボティクス・メカトロニクス

講演会 2015 講演論文集 DVD-ROM,
2A2-H05, 2015年5月19日 京都市勧業
館「みやこめっせ」, 京都府京都市
坂井奎亮, 廣井富, 伊藤克明, 伊藤彰則,
"荷物の運搬支援のための台車の開発-台
車の自走を可能にする着脱式駆動ユニッ
ト-", ロボティクス・メカトロニクス講
演会 2015 講演論文集 DVD-ROM, 1P2-R04,
2015年5月18日 京都市勧業館「みや
こめっせ」, 京都府京都市

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

廣井 富 (HIROI, Yutaka)

大阪工業大学・工学部・准教授

研究者番号: 80405927