

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 13 日現在

機関番号：32674

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21560652

研究課題名（和文） 建築空間における生活共存型ロボットの三次元配置に関する研究

研究課題名（英文） Study of vertical position of robot in architectural space

研究代表者

渡邊 秀俊（WATANABE HIDETOSHI）

文化学園大学・造形学部・教授

研究者番号：80230986

研究成果の概要（和文）：本研究は、ロボットを空中に三次元配置した際の居住者の心理、行動を評価し、ロボットと共存するための建築空間の計画要件を求めることを目的としている。実物モデルと AR モデルを用いて実験した結果、①実物モデルと AR モデルの距離感の差異、②身体周りに三次元分布するロボットとの最適対話位置、②居室内に三次元分布するロボットとの最適対話距離などが明らかになった。また、研究成果を基にして「ロボットと共生する生活場面の問題点ならびに提案」をイラスト化して専門家による評価を行った。

研究成果の概要（英文）： The purpose of this study is to clarify the human perception of the robot is placed vertically in the space. The goal of this study is to know how to plan architectural space in order to coexist with the robot. Experimental results using a real model and AR model, sense of distance is different from each other, and there is an optimal position to interact with the robot. In addition, the illustration as a "living with the robot" based on the results of the study, were evaluated by experts.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科、細目：建築学、都市計画、建築計画

キーワード：計画論 ロボット 環境心理 環境行動

1. 研究開始当初の背景

近年、情報、機械系分野では、生活を補助する「生活共存型ロボット」の開発が進展している。特に高齢者の介助ロボットや見守りロボットなどは、その成果が著しい。これらの開発においては、ロボット単体の機能性の向上に始まって、ロボットと人間の対応性（コミュニケーション）の向上が研究対象となっているが、人間が生活する建築空間との

対応性まで含めた研究は少ない。

また、平成 19 年に経済産業省が取りまとめた『次世代ロボットの安全性確保ガイドライン』では、その適用範囲を「次世代ロボットの設計、製造、輸入、設置、管理（略）」として、設置や管理の項目をあげている。しかしガイドラインの中では、「次世代ロボットが使用される状況」については「ロボットの使用者が接近または接触している状況」と

しており、ロボットと人間の二者関係あげるのみで、建築を含めた周辺環境を考慮した記述はされていない。生活共存型ロボットを実際に住宅で使用する場合を考えると、移動するロボットが占有するスペースは、家族1名分あるいはペット1匹分に相当すると予測される。しかし、日本の住宅事情は厳しく、都心部の住宅の平均床面積は72㎡程度（1998年時点）であり、現有の家族の必要面積に加えてロボットの占有面積を確保することは、現実的には難しいと考えられる。

また、ロボットを家族共用で利用する場合、その居場所はリビング、ダイニングルームが想定される。しかし、現有のロボットは車輪や不安定な二足歩行など移動性能が低く、広い平滑な床面が求められる。また、一般的なリビング、ダイニングルームは、ソファ、ダイニングテーブル、カーペットラグなど床面及び上部空間にさまざまな物が配置され、ロボットの利用環境として十分であるとは言えない。

そこで、本研究では「ロボットを未利用空間である壁面、天井面、家具面に対して三次元的に配置する」ことで問題解決をはかることを提案するものである。

2. 研究の目的

本研究では、建築空間内にロボットを三次元空間配置する場合の居住者の心理生理および行動について評価、検証をすることで、ロボットと共存するための建築空間の計画要件を導出することを目的とした。

3. 研究の方法

研究期間中に以下の9つの実験を行った。

- (1) 垂直二次元配置された実物モデルとの最適対話位置
- (2) 垂直二次元配置されたARモデルとの最適対話位置
- (3) 三次元配置されたARモデルとの最適対話距離
- (4) 実物モデルとARモデルに対する距離感の差異
- (5) 実物モデルとARモデルに対する回避距離の差異
- (6) ARモデルの形状および提示位置による最適対話位置の差異
- (7) 壁面を移動する映像モデルが机上作業の集中度に与える影響
- (8) 居室内に三次元配置された実物モデルとの対話位置
- (9) 身体周りに三次元配置された実物モデルとの対話位置

なお、ここでいう「実物モデル」とは直視により認識されるロボットに見立てた立方体の物体、「映像モデル」とは直視により認

識されるロボットに見立てた壁面に投影された影、「ARモデル」とはAR（Augmented Reality、拡張現実感）技術を利用してヘッドマウントディスプレイにより認識される立体画像とした。

また、これらの研究成果から導かれた「ロボットと共生する生活場面の問題点ならびに提案」をイラストにまとめ、ロボットデザイナー等の専門家と意見交換を行った。

4. 研究の成果

(1) 垂直二次元配置された実物モデルとの最適対話位置^{学会発表①}：立位の被験者に対向する壁、天井に一辺120mmの白い立方体を一定間隔で設置して会話の適切さを評価させた。その結果、近距離で正面あるいは見下ろす角度が適していることが示唆された（図1）。



図1 実験風景(1)

(2) 垂直二次元配置されたARモデルとの最適対話位置：立位の被験者と並行に位置する壁面に一辺12cmの立方体のCGモデルを一定の高さ間隔で平行移動させ、会話に適切と感じる垂直範囲を求めた。CGモデルは、AR（Augmented Reality、拡張現実感）技術を利用してヘッドマウントディスプレイで見るとした。その結果、最適会話範囲の分布型には2つのタイプがあることが示唆された（図2）。



図2 実験風景(2)

(3) 三次元配置された AR モデルとの最適対話距離：立位、椅座位の被験者に、(2)の実験と同様の条件で CG モデルを一定間隔の位置に提示して会話の適切さを評価させた。その結果、立位、椅座位ともに会話に適した位置は目線の高さで 600mm の距離であることが示唆された (図 3)。



図 3 実験風景 (3)

(4) 実物モデルと AR モデルに対する距離感の差異^{学会発表②}：被験者正面の床上に一定間隔で AR マーカーを投影し、AR マーカーを目視した時の距離と CG モデルを AR で見た時の距離感を比較した。その結果、実空間よりも AR 空間の方がモデルを遠くに感じる事がわかった (図 4)。



図 4 実験風景 (4)

(5) 実物モデルと AR モデルに対する回避距離の差異^{学会発表③}：底面 275mm×275mm、高さ 800mm の白い直方体を、実物モデルを目視した時と CG モデルを AR で見た時の被験者の歩行回避行動を分析した。その結果、CG モデルの方が実物モデルよりも回避開始、回避終了ともに近距離で生じることが示唆された (図 5)。

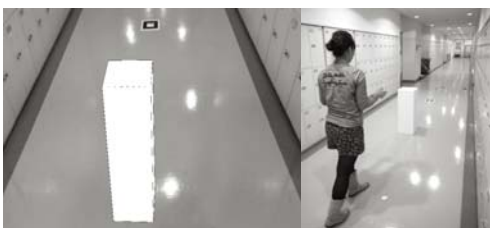


図 5 実験風景 (5)

(6) AR モデルの形状および提示位置による最適対話位置の差異^{学会発表④}：AR 表示によって提示されるアバター型のロボットを想定し、提示種類や位置に対する対話距離や印象評価との関係を明らかにするための実験を 3 種類実施した。その結果、命令的な対話内容や床上への提示に対する対話距離の増大、あるいは、VDT 作業時において好まれやすい表示位置が明らかになった (図 6)。



図 6 実験風景 (6)

(7) 壁面を移動する映像モデルが机上作業の集中度に与える影響：机上で作業をしている人間の前方壁面をロボットが三次元移動するとき、その動く位置や速度が、作業に対する作業成績に与える影響を明らかにするための実験を実施した。その結果、特に作業の難易度が高い条件で、ロボットが作業画面付近の高さに出現したとき、瞬間的に著しく作業成績が低下することが確認された (図 7)。



図 7 実験風景 (7)

(8)居室内に三次元配置された実物モデルとの対話位置：ダイニング椅子および寝椅子に着座した状態で、三次元分布するロボットとの対話に適した位置を計測した。その結果、視点前方の斜め上方に会話に適した位置が分布していることが明らかになった(図8)。



図8 実験風景(8)

(9)身体周りに三次元配置された実物モデルとの対話位置：「友人との会話」と「コンシェルジュ」の2場面において、立位と椅座位で会話しやすいロボットの位置を計測した。その結果、両者とも高さはやや下方で、「友人との会話」は正面、「コンシェルジュ」は斜め前方に会話に適した位置が分布していることが明らかになった(図9)。



図9 実験風景(9)

(10) ロボットと共生する生活シーンの提案

本研究から得られた知見を、「導入(現在の生活ならびにロボットとの共存の問題点)」「研究成果(解決の手掛かりとなる本研究の知見)」「展望(ロボット共存する生活のあるべき姿)」について平易な文章とイラスト16枚にまとめた。図10、図11は、その一部である。

上記の「導入」と「展望」として描いたロボットと居る生活シーンのイラスト(住宅、高齢者施設、病院、店舗、学校、公園、電車、駅、商店街)を、専門家(建築計画研究者、ロボット開発者など)に提示し、評価と意見交換を行った。このほか、2期6年間にわたる研究成果を日本建築学会の空間研究会で発表し、専門家との意見交換をした。



図10 モノやヒトであふれた床を動き回る迷惑なロボット

患者や医療機器で狭くなった病院の廊下で太った案内ロボットが動きまわっています。邪魔だし、危険だし、怖いですね。案内ロボットは、別に床にいる必要はないのではないかな？



図11 空中から優しく語りかけるロボット

病院の待合スペースで気球型の案内ロボットが「診察の順番がきましたよ～」と空中から優しく語りかけています。普段は天井の隅っこで待っているの、邪魔にならないし安全ですね。天井の近くはモノもなくて空いているのでロボットも伸び伸びと動けますね。

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2件)

- ① 吉岡陽介、高橋正樹、渡辺秀俊、遠田敦、佐野友紀、林田和人、誘導ロボットに対する人間の追従行動、日本建築学会計画系論文集、査読有、NO. 652 2010、pp. 1399~1405
- ② 林田和人、遠田敦、吉岡陽介、高橋正樹、佐野友紀、渡辺秀俊、自律移動するロボットの人間に対して邪魔さ感を与えない距離、日本建築学会計画系論文集、査読有、NO. 651、2010、pp. 1133~1405

[学会発表] (計5件)

- ① 遠田敦、研究者の視点から 第73回 空間研究会「ロボットとくらす」空間とは？ 日本建築学会、2011.10.14、日本建築会館
- ② 西山有沙、室内壁面に設置された物体との対話位置 ロボットと人間の相互交流に関する試行実験 (その9)、日本インテリア学会大会、2010.10.24、大阪樟蔭女子大学 (東大阪市)
- ③ 林田和人、拡張現実により表現された空間における距離感 AR技術を用いて表現した三次元ロボットに対する行動特性に関する基礎的検討 その1、日本建築学会大会、2010.9.9~11、富山大学 (富山市)
- ④ 吉岡陽介、AR技術を用いて表現した三次元CGモデルに対する回避距離 AR技術を用いて表現した三次元ロボットに対する行動特性に関する基礎的検討 その2、日本建築学会大会、2010.9.9~11、富山大学 (富山市)
- ⑤ 遠田敦、AR技術を用いて表現した三次元CGモデルに対する対話位置 AR技術を用いて表現した三次元ロボットに対する行動特性に関する基礎的検討 その3、日本建築学会大会、2010.9.9~11、富山大学 (富山市)

[図書] (計2件)

- ① 渡邊秀俊、ハウジング、トリビューン 新、住まい学：ロボットと住まい【後編】、創樹社、Vol.408、2011.4.22、pp.50~51
- ② 渡邊秀俊、ハウジング、トリビューン 新、住まい学：ロボットと住まい【前編】、創樹社、Vol.407、2011.4.8、pp.36-37

[その他]

ホームページ等

- ① 日本建築学会大会学術講演梗概集：検索サービス

<http://www.aij.or.jp/scripts/annual/annual.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡辺 秀俊 (WATANABE HIDETOSHI)
文化学園大学、造形学部、教授
研究者番号：80230986

(2) 連携研究者

林田 和人 (HAYASHIDA KAZUTO)
早稲田大学、理工学総合研究センター、客員准教授
研究者番号：10277759
佐野 友紀 (SANO TMONORI)
早稲田大学、人間科学学術院、准教授
研究者番号：70305556
高橋 正樹 (TAKAHASHI MASAKI)
文化学園大学、造形学部、准教授
研究者番号：10282451
吉岡 陽介 (YOSHIOKA YOUSUKE)
千葉大学大学院、工学研究科、助教
研究者番号：00361444
遠田 敦 (ENTA ATSUSHI)
東京理科大学、理工学部、助教
研究者番号：90468851