

平成21年 3月 31日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2008

課題番号：18560608

研究課題名（和文） ロボットと人間が共存するための建築空間の計画要件

研究課題名（英文） Study of architectural space for man to coexist with robot

研究代表者

渡邊 秀俊（WATANABE HIDETOSHI）

文化女子大学・造形学部・准教授

研究者番号：80230986

研究成果の概要：本研究は、実際の生活場面に相応しいロボット（自立移動が可能で、人との応答が可能な機械）の形状・動き方・設置位置、およびそれを可能にする建築空間の要件について実験的に求めたものである。実験の結果、①日常生活においてロボットと違和感なく共存できる生活場面とは何か、②ロボットを邪魔と感じない建築空間内の動作位置や待機位置とは何処か、③建築空間内を移動する誘導ロボットに追従する人間の歩行位置、その時の人のロボットへの注視特性について明らかにした。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,200,000	0	0
2007年度	500,000	150,000	650,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,200,000	300,000	1,300,000

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、人間型ロボットが次々に開発され、ロボットに一人暮らしの高齢者のコミュニケーション相手など、高次の精神活動の支援を期待する動きが機械工学分野においてみられる。一方、近未来、住宅やオフィスなどに自ら動き回るロボットが入り込んできた場合、そこには、従来型の機器・設備とは異なる緊張した人間－環境関係が生ずると想像される。技術的には発展途上であるが、自走式の掃除機ロボットや住宅用のコミュニケーションロボットなどが、日本国内でも家

庭用として発売されるなど、社会に進出しつつある。

一方で、人間とロボットの共存を目的とした研究が、機械工学、社会学、認知科学の分野で少しずつ始められている。しかし、これらの分野の研究には次の視点が欠けている。①「いかに人間に近い自然な動きや形を実現するか」という人間とロボットの関係のみに焦点を当て、これらが実際に活動する建築空間や生活場面を考慮していない。②ロボットの技術開発が先行しがちで、人間が生活場面で求めるニーズ開発が後追いになっている。

こうした状況を鑑みると、日常生活場面においてロボットと違和感なく共存するための建築計画知識は、この分野の新たな研究課題であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、建築空間内の各種生活場面に相応しいロボットの形状や動き方と、それに対峙する人間心理を考慮した建築空間の計画要件について明らかにすることを目的としている。

本研究グループでは、当該研究の開始に先立って次の4課題について予備的実験を実施してきた(平成15~17年度)。そこでは、①作業内容に適したロボットの形態・設置高さ・移動速度、②室空間規模に適したロボットの大きさ、③ロボットに対する会話距離や拒絶距離、④歩行時のロボットに対する人の回避距離、について検討し、その成果を発表した(平成16~18年度)。

そこで当該研究期間(平成18~20年度)では、①生活場面でのロボットの存在への違和感、②ロボットの動作位置・速度・待機場所、③誘導ロボット追従時の歩行特性・注視特性について実験を実施した。

なお、本研究で対象とするロボットとは、自律的な移動が可能で、かつ人間との応答が可能な機能を備えたものを想定している。

名称	人間型	戦士型	犬型	円盤型	球型	箱型	
形状							
CG 寸法 (mm)	小	H:630	H:630	H:315	φ:238	φ:175	H:300
	中	H:900	H:900	H:450	φ:340	φ:250	H:600
	大	H:1260	H:1260	H:630	φ:476	φ:350	H:900
実寸法(mm)	H:1200	H:560	H:266	φ:340	φ:250	H:600	

図1 CG実験に用いたロボット



図2 CGで作成した生活場面の例



球型ロボット	人型ロボット
	
H:220mm W:350mm	H:340mm W:205mm

図3 実物実験に用いたロボット

3. 研究の方法

(1) 生活場面でのロボットの存在の違和感

各種の生活場面においてロボットの存在に対する違和感を評価させ、その影響要因を明らかにすることを目的として以下の2つの実験を行った。

①CG実験:生活場面を実写した画像に各種のロボットを合成し、生活場面として違和感を評価させ、その要因を明らかにする。建築系・人間環境系の大学生・大学院生73名を対象に行った。10の生活場面の写真に、6種類のロボット(図1)をそれぞれ3種類の大きさで合成し、これらの画像(図2)を液晶プロジェクターでスクリーンにランダムに投影した。被験者には「映っているロボットとまわりの状況に違和感を感じますか」と問いかけ、各写真を3段階で評価させた。

②実物実験:実際の生活を模した生活場面を設定し、実物のロボットを実際に動かし、生活場面として違和感を評価させ、その要因を明らかにする。建築・インテリア系の大学生12名を対象に行った。5種類の生活場面(住宅リビング、オフィス室内、オフィス廊下、レストラン、公園ベンチ)を実際に設定し、2種類のロボット(図3)を実際に動かした。被験者には「ロボットはいずれも掃除ロボットであり、掃除を始める前の準備動作をしているところである」と教示し、「その場面でのロボットの存在の違和感」を4段階で評価させた。

(2) ロボットの動作位置・速度・待機場所

これまで静止している人間間のパーソナルスペースに関する研究は数多く行われてきたが、動作するオブジェクトと人間との適当な距離に関して明らかにしたものはない。そこで、人間が邪魔さ感を感じないロボットの動作位置や速度、またロボットが指示を待つ待機する適当な位置を明らかにすることを目的として以下の2つの実験を行った。被験者はいずれも20歳代建築系学生男女各6名、計12名である。



図4 ロボット作業時の実験風景



図5 ロボット待機実験に用いたロボット

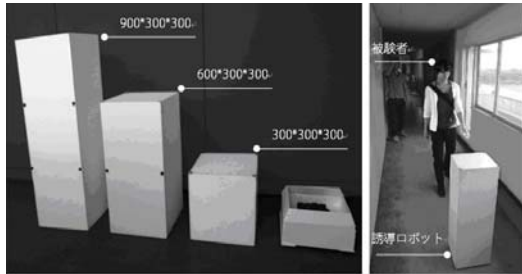


図6 注視特性解析実験に用いたロボット

①ロボット作業時実験：各辺 300mm の立方体の箱型ロボットを走行させ、ポイントに来るたびに邪魔さ感（わずらわしい感）を1～3までの3段階で回答させた。レーン方向（横、縦）、通過レーン（身体に近い～遠いまでの4レーン）、進行方向（向、離）の計16通りで、速度は2種類で行った（図4）。

②ロボット待機時実験：前、斜め前、横、斜め後ろ、後の計5方向において、二種類のロボット（図5）が各方向どの辺りで待機すれば良いかを尋ねた。

(3) 誘導ロボット追従時の歩行・注視特性

経路を誘導するロボットが誘導される側の人間の歩行行動に与える影響を、追従距離および注視特性の分析を通して検証し、実空間に誘導ロボットを導入する際の空間設計の指針を得ることを目的とした。

方法としては、誘導ロボットに対して被験者が追従歩行する場面において次の2つの実験を行った。

①追従距離測定実験：無限定空間での追従歩行実験をおこない、追従歩行時のロボットと人間との距離の変化を分析した。これによって追従歩行時に必要な空間寸法についての検証を行った。

②注視特性解析実験：視線追尾システムを用いた追従歩行実験を行った（図6）。これにより、誘導ロボットの大きさや速度が、追従歩行時の視覚的な情報探索、特に安全歩行を実現する上で必要な周囲環境への注視に与える影響を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 生活場面でのロボットの存在の違和感

CG実験の結果、屋外での生活場面では違和

感が高い結果となった。逆に平均して最も違和感が低いのは、喫茶室での談話の場面であった。一般的に住宅よりも不特定多数が利用する商業空間の方が、違和感が少ないことがわかった。また戦士型のロボットはいずれの大きさでも違和感が高かった。一方、小さめの円盤型、球型のように丸みを帯びた形状のロボットは、いずれの場面でも比較的違和感が低かった。

実物実験の結果、ロボット種別では、球型の方が人型ロボットより全体的に違和感が低かった。違和感が最も小さかったのは「レストランでの球型ロボット」であり、反対に違和感が最も高いのは「公園ベンチでの人型ロボット」「オフィス室内での人型ロボット」であった。一般的に住宅のリビングやオフィス室内などではロボットによる違和感が差が大きく、球型ロボットの違和感は低いが、人型ロボットの違和感が高いという結果であった。

(2) ロボットの動作位置・速度・待機場所

ロボット作業時実験の結果、男女ともに、離れていく方向の方が邪魔さ感は低く、縦および横方向間に顕著な違いは見られなかった。またロボットの通過レーンが離れるに従い邪魔さ感は低くなり、男性の方がその低減率が高くなる。

ロボット待機時実験の結果、待機に適する位置は、ロボット間、また性別間でも違いはなかった。待機するのに適する位置は、人間のパーソナルスペースと同様、前半分は前方に広く横に狭い卵形で、後半分は円形に近い形状で、方向は、いずれのロボットも横、斜め前であった。

(3) 誘導ロボット追従時の歩行・注視特性

追従距離測定実験の結果、誘導ロボットに追従して歩くと、ほとんどの被験者がロボットの真後ろに位置しながら追うように歩行した。また、被験者とロボットとの間の距離は、最も接近する場合でもおおむね800（mm）程度であり、800～1200（mm）の距離を保ちながら追従することがわかった。

注視特性解析実験の結果、高さ300mmと高さ900mmの誘導ロボットを比較すると、ロボットの走行速度が比較的遅い（0.34m/s）ときには、高さ300mmのロボットの方が被験者から注視される時間の割合が大きかった。また、高さ300mmと高さ600mmの誘導ロボットを比較すると、走行速度の高低にかかわらず、高さ300mmのロボットの方が、被験者から注視される時間の割合が大きかった。以上のことから、高さ300mm程度の背の低いロボットが経路を誘導するときには、ロボットに対する注視時間が増えてしまい、それよりも背の高いロボットに比

べ周辺環境に対して十分な注意がいきわたらない危険な状況になっていることが考えられる。

(4)まとめ

本研究の結果、次のことが明らかになった。

①ロボットの存在に対する違和感は、住宅よりも不特定多数が利用する商業空間の方が少なく、人間型よりも小さめで抽象的かつ丸みを帯びたロボットの方が少ない。

②ロボットの邪魔さ感は、接近時よりも遠ざかる方向の方が少ない

③ロボットが待機するのに適した位置は、人の横または斜め前である。

④誘導ロボットに追従歩行する人の位置はロボットの真後ろが多い。

⑤誘導ロボットに追従歩行する人のロボットへの注視時間は、ロボットが小型である方が増加する。

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 3 件)

①渡辺秀俊、『建築と社会』研究の風景 (ロボット研究の紹介を含む)、日本建築協会、p. 6-7 (2008)、査読無

②渡辺秀俊、『空間生命化と都市・建築の未来』ロボットと暮らす生活場面、日本建築学会大会研究懇談会資料、p. 50-51 (2007)、査読無

③渡辺秀俊、『しつらい』ロボットと暮らす生活場面を考える、文化・住環境学研究所報 Vol. 1、p. 15-19 (2006)、査読無

[学会発表] (計 5 件)

①渡辺秀俊ほか6名、生活場面におけるロボットの存在に対する違和感 ロボットと人間の相互交流に関する試行実験 その7、日本インテリア学会大会、2007. 10. 7、博物館明治村

②林田和人ほか6名、住宅におけるロボットの人間に対する適正な位置に関する研究 ロボットと人間の相互交流に関する試行実験 その8、日本インテリア学会大会、博物館明治村

③渡辺秀俊ほか5名、ロボットと暮らす生活場面に対する違和感 生活場面におけるロボットの印象評価に関する研究 その4、日本建築学会大会、2007. 9. 18、福岡大学

④吉岡陽介ほか5名、誘導ロボットに対する注視歩行の分析、日本ロボット学会、2008. 9. 11、神戸大学

⑤遠田敦ほか5名、誘導ロボットに対する追従歩行の分析、日本ロボット学会、2008. 9. 11、神戸大学

[その他]

①文化女子大学造形学部 HP : Vol. 003 ロボットと暮らす風景—彼らの行動規範を考える研究—

<http://www.bunka-zokei.jp/community/column/detail.html?id=2>

②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)

文化女子大学・造形学部・准教授

研究者番号：80230986

(2) 連携研究者

林田 和人 (HAYASHIDA KAZUTO)

早稲田大学・理工学術院・准教授

研究者番号：10277759

佐野 友紀 (SANO TOMONORI)

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)

文化女子大学・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)

早稲田大学・理工学術院・助手

研究者番号：90468851

(3) 研究協力者

高柳 英明 (TAKAYANAGI HIDEAKI)

滋賀県立大学・環境科学部・准教授

田中 眞二 (TANAKA SHINJI)

積水ハウス株式会社総合住宅研究所・課長