

6 畳の限定空間におけるロボットの個体距離に関する研究

○青木 美優*¹
渡邊 朗子*² 遠田 敦*³

キーワード：小型移動ロボット 限定空間 個体距離

1. はじめに

現在、私たちの身の回りでは住宅内の掃除ロボットをはじめロボットは身近な存在として普及しつつある。こうしたロボットは室内の掃除をはじめ、高齢者の生活モニタリングなどの応用に期待されている。しかし、建築分野から人とロボットの関係性について研究はまだ少ない。このような背景から生活空間を想定した人とロボットの関係を明らかにすることが求められている。

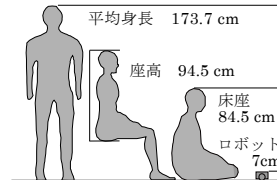
2. 研究目的

本研究では、ロボットと共生する生活空間の計画技術に向けた基礎研究を行う。これまで筆者らは『成年男子における立位と椅子座位の小型移動ロボットに対する個体距離に関する研究』¹⁾を行ってきた。関連の研究では住宅内におけるロボットの普及を視野に入れ、小型移動ロボットに着目した考察を行っている。本研究でも先の研究と同様に小型移動ロボットを使用した個体距離について調査を行うものとする。

今回の調査では、距離に影響を与える要因として「室空間の広さ」「正面方向の壁面までの距離」「姿勢」「人との距離」の基礎的な環境項目に着目して検証を行う。特にこれまで実験を行ってきた「5m 以上離れた距離（物理的要因の少ない空間）」から「6 畳の空間」と変更することで、個体距離にどのように影響を与えるのか明らかにする。これらから設定した要因は、被験者の「性別」「姿勢」とし、ロボットの設定条件を「移動速度」「接近角度」、実験空間を「6 畳空間」「正面方向の壁面までの距離」とした。

3. 実験方法

実験では、2012年10月9日-10日にかけて行い、22歳～24歳の男子大学生7人を被験者とした（図1）。今回の実験では、被験者の「性別：成年男子」「姿勢：立位・椅子座位・床座位」とし、ロボットの設定条件を「小型移動ロボット」「移動速度：0.08m/s（低速）」「接近角度：5方向（0度、45度、90度、135度、180度）」「機能なし」、実験空間を「6 畳（270cm×360cm）の空間」「正面方向の壁面までの距離（90cm、180cm、270、360cm）」とした（図2-3）。実験空間の設置については90cm×180cmの段ボールに白い紙を貼ったものを使用した。これによりそれぞれの距離の求め方について被験者はひとりあたり表1の計54パターン



平均年齢	23.7 歳
平均身長	173.7 cm
座高	94.5 cm
床座	84.5 cm
ロボット高さ	7cm
平均視力	0.6

図1 被験者の平均データと人間とロボットの高さ

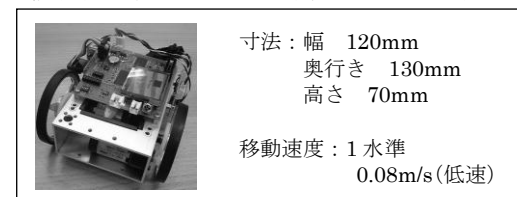
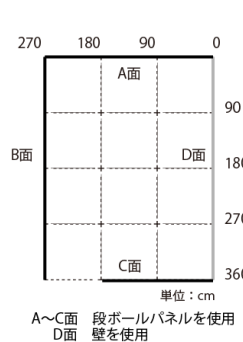


図2 実験使用ロボット画像



姿勢	正面距離			
	90cm	180cm	270cm	360cm
立位	0度	0度	0度	0度
	45度	45度	45度	45度
	90度	90度	90度	90度
	135度	135度	135度	
	180度	180度	180度	
椅子座位	0度	0度	0度	0度
	45度	45度	45度	45度
	90度	90度	90度	90度
	135度	135度	135度	
	180度	180度	180度	
床座位	0度	0度	0度	0度
	45度	45度	45度	45度
	90度	90度	90度	90度
	135度	135度	135度	
	180度	180度	180度	

図3 実験会場の設営

表1 条件設定

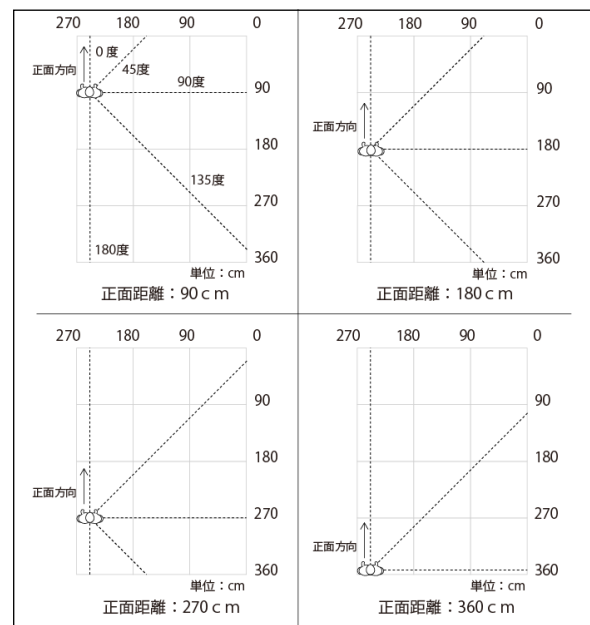


図4 実験会場の条件設定

ンの条件（表 1）をランダムに設定して計測を行った。詳しい測定方法はこれまでの研究と同様で「近接限界距離：これ以上近づかれない距離」とし、計測では被験者の足底面中央を計測位置とし、身体の回転は腰から上体とした。尚、被験者の中に歩行や回避に差し支える障害や外傷、視力を持つものはいなかった。

4. 実験結果

実験より得られたデータから、人と小型移動ロボットとの個体距離を検討する。被験者の正面距離と各接近角度に対する個体距離、姿勢に対する平均表を表にしたものが表 2 である。平均表には各被験者による個体距離のばらつきを示す標準偏差も求めた。

4-1. 室の広さの変化による個体距離の影響

表 2 の実験結果から室の広さの変化による個体距離の比較を行う。比較内容は「物理的要因の少ない体育館（5m 以上離れた地点）」と図 4 の「6 畳の実験空間」である。また、これまでの実験条件であったロボットの「大きさ：小型移動ロボット」「移動速度：0.08m/s（低速）」「設定機能：なし」、被験者の「性別：成年男子」「姿勢：立位、椅子座位」に変更はない。

今回の実験結果とこれまで測定した個体距離との比較を行ったものが表 3 と図 5 である。表より各姿勢によるそれぞれの個体距離の差は、立位では 0 度：46.7cm、45 度：59.5cm、90 度：56.1cm、135 度：67.2 cm、180 度：74.6 cm であり、椅子座位では 0 度：67.8cm、45 度：61.3cm、90 度：50.2cm、135 度：59.5cm、180 度：60.4cm であった。個体距離の変化は最小で 46.7cm（立位 0 度）、最大で 74.6cm（立位 180 度）あり、角度ごとすべてに共通して 40cm 以上の距離が近づくことが求められた。これにより、図 6 から人とロボットの個体距離では室の広さが影響を与えることが求められた。

4-2. 各正面距離の個体距離の比較

正面の壁面からの距離が個体距離にどのように影響を与えるか検討するために、表 2 の実験結果から姿勢ごとに分類し、各正面距離の傾向を図に表わしたものが図 7 である。このグラフでは、各接近角度（0 度、45 度、90 度、135 度、180 度）と正面の壁からの距離（壁から 90cm、180cm、270cm、360cm）で比較を行った。立位と床座位に共通して、正面の壁面までの距離が 0 度と 45 度では壁から 90cm→180cm→270cm→360cm の順で個体距離が増加し、逆に 135 度と 180 度では壁から 270cm→180cm→90cm の順で個体距離が減少することが求められた。これにより立位と床座位では壁面からの距離が個体距離に影響を与えると考えられる。

表 2 各姿勢と正面距離による個体距離の平均表（cm）

正面距離	接近角度	姿勢			平均	標準偏差
		立位	椅子座位	床座位		
90 cm	0度	57.9	75.0	63.4	65.4	15.6
	45度	68.6	94.1	75.5	79.4	24.7
	90度	80.9	70.8	88.4	80.0	26.4
	135度	86.8	96.0	98.7	93.9	24.3
	180度	91.6	89.6	100.5	93.9	28.5
180 cm	0度	75.8	93.8	84.6	84.7	21.6
	45度	86.2	103.1	84.8	91.4	27.2
	90度	86.5	87.3	94.0	89.3	20.1
	135度	86.5	92.6	89.3	89.5	19.7
	180度	82.5	83.6	81.2	82.4	20.7
270 cm	0度	77.3	96.4	85.3	86.4	22.8
	45度	94.0	97.4	90.8	94.0	23.3
	90度	88.6	80.5	86.7	85.3	20.1
	135度	80.6	81.4	83.3	81.8	21.9
	180度	64.3	70.5	69.0	67.9	12.5
360 cm	0度	89.6	95.4	99.3	94.8	21.9
	45度	95.7	107.5	91.7	98.3	21.8
	90度	81.3	78.9	85.0	81.7	12.8

表 3 室の広さによる個体距離の平均表の比較（cm）

姿勢	空間	接近角度				
		0度	45度	90度	135度	180度
立位	体育館	122.4	145.7	142.6	153.7	157.0
	6畳	75.8	86.2	86.5	86.5	82.5
椅子座位	体育館	161.6	164.4	137.5	152.1	144.0
	6畳	93.8	103.1	87.3	92.6	83.6

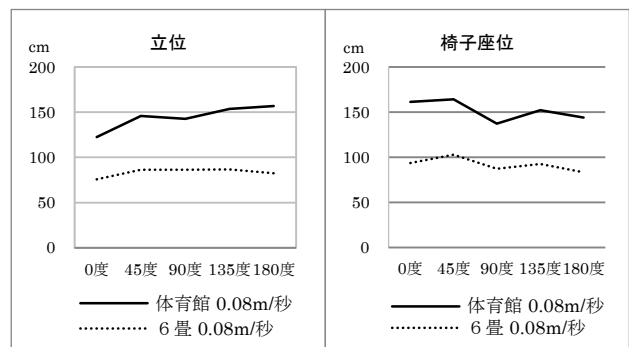


図 5 室の広さによる個体距離の比較（cm）

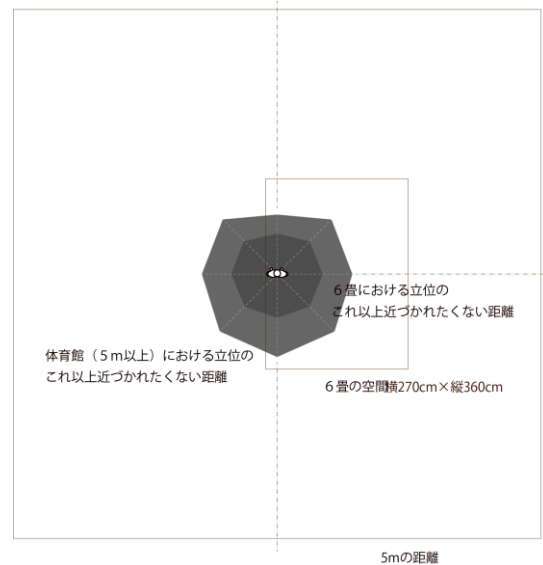


図 6 立位における個体距離の比較（cm）

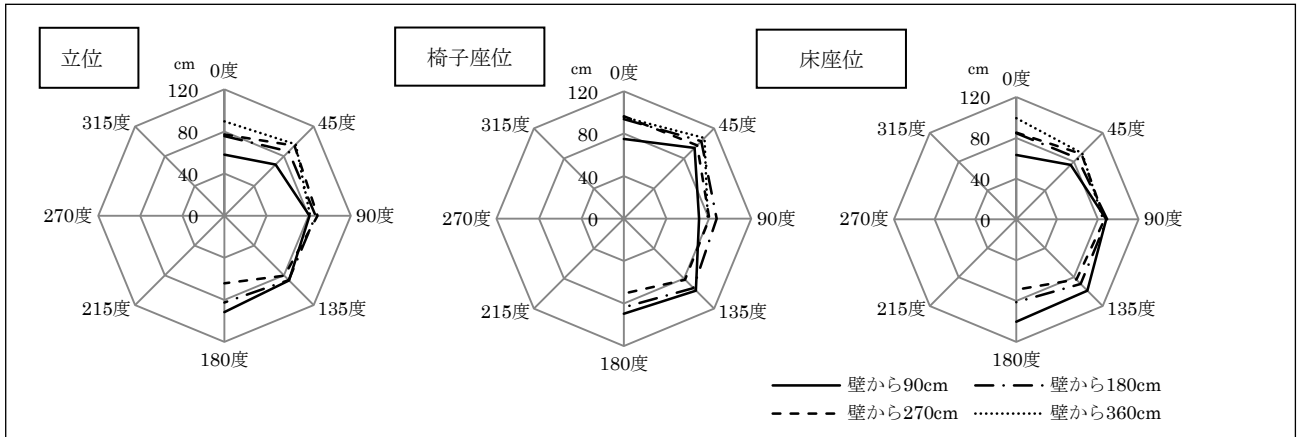


図7 正面距離ごとの個体距離の比較 (cm)

4-3. 姿勢による個体距離の比較

姿勢によって個体距離にどのような影響を与えるか検討するために、表2の実験結果から接近角度と壁面までの正面距離ごとに分類し、各姿勢で個体距離の比較を行ったものが図8-9である。この結果から分類した18パターンのうち、最も姿勢の傾向が多かったのは「立位→床座位→椅子座位」の6つであり、つづいて「立位→椅子座位→床座位」が4つ、「床座位→立位→椅子座位」が4つであった。また、角度ごとでは0度(正面方向)で90cm~270cmにかけて姿勢「立位→床座位→椅子座位」、45度で180cm~360cmにかけて姿勢「床座位→立位→椅子座位」の距離が長くなる傾向が求められた。

5. 考察

実験結果より空間の広さが個体距離に影響を与えることがわかった。距離の変化は、これまでの体育館で行った5m以上離れた地点と今回の6畳の実験空間内では各接近角度ともに40cm以上距離がロボットに近づくことが求められた。また、今回の導きだした小型移動ロボットに対する個体距離は、最小値57.9(立位/正面距離90cm/接近角度0度)、最大値107.5(椅子座位/正面距離360cm/接近角度45度)であった。さらに、この距離そのものはエドワード・ホール『かくれた次元』³⁾より「個体距離」に分類され、近接相「筋の感覚に近い。他人に何かを仕掛けることができる」から遠方相「腕の長さを超える距離、身体的支配の限界」とされている。

正面方向の壁面からの距離による影響では、立位と床座位で個体距離に影響を与えることがわかり、2姿勢に共通して、正面の壁面までの距離が0度と45度では90cm→180cm→270cm→360cmの順で個体距離が増加し、逆に135度と180度では270cm→180cm→90cmの順で個体距離が減少することが明らかになった。つまり立位と床座位では身体から壁面までの距離が近くなるにつれて、成年男子の小型移動ロボットに対する「これ以上近づかれたくない距離」は近くなることが求められた。

また、今回の実験後に行ったアンケート調査結果(図10)では小型移動ロボットに対して距離をとった理由について質問を行った。小型移動ロボットに対して身体の接触を意識した回答が、立位では「A. 人体に接触する」「B. 動作(手を動かしたり、足を前に出したり)するとき、接触しそうである」と回答した被験者がそれぞれ7人中1人と2人であった。椅子座位では「A. 人体に接触する」「B. 動作(手を動かしたり、足を前に出したり)するとき、接触しそうである」と回答した被験者がそれぞれ7人中1人と3人、床座位では「A. 人体に接触する」「B. 動作(手を動かしたり、足を前に出したり)するとき、接触しそうである」と回答した被験者がそれぞれ7人中3人と3人であった。これにより人のロボットに対する個体距離は姿勢が低くなるにつれて身体の接触に対する意識が高まっていることがわかった。また、成年男子にとって小型移動ロボットとの個体距離は、動作を意識した空間寸法であることが求められた。

6. まとめ

本研究により、6畳の限定空間における人の小型移動ロボットに対して以下のことが求められた。

- 1) 室の広さによって個体距離に影響を与えることが求められた。これまでの体育館で行った5m以上離れた地点と今回の6畳の実験空間内では各接近角度ともに40cm以上距離がロボットに近づくことがわかった。
- 2) 正面の壁面からの距離との比較では、立位と床座位で身体の壁面に対する距離が近くなるにつれて、人と小型移動ロボットとの個体距離が近くなることがわかった。
- 3) 姿勢による比較では、18パターンの中で個体距離の増加が最も傾向が多かったのは「立位→床座位→椅子座位」であった。
- 4) アンケート結果から成年男子はロボットに対する個体距離は姿勢が低くなるにつれて身体の接触に対する意識が高まっていることがわかった。

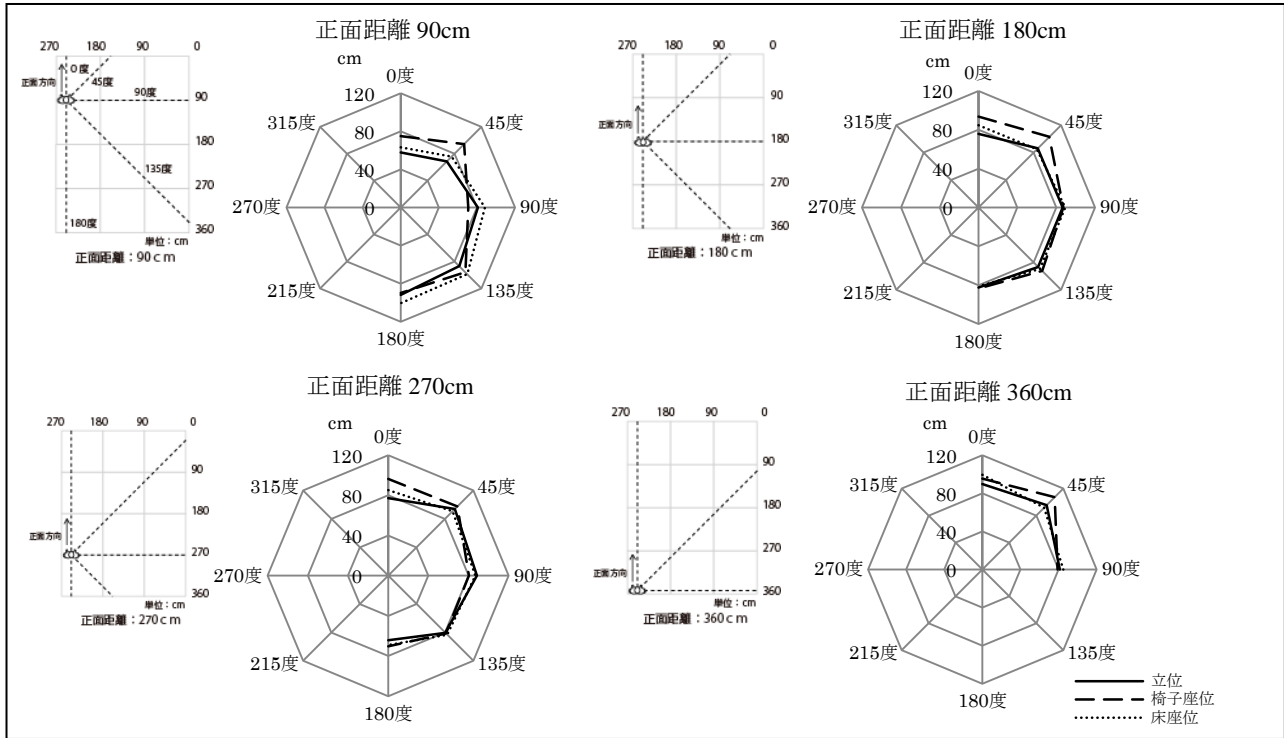


図8 姿勢による個体距離の比較 (cm)

正面方向から壁面までの距離	接近角度				
	0度	45度	90度	135度	180度
90cm	立→床→椅子	立→床→椅子	椅子→立→床	立→椅子→床	椅子→立→床
180cm	立→床→椅子	床→立→椅子	立→椅子→床	立→床→椅子	床→立→椅子
270cm	立→床→椅子	床→立→椅子	椅子→床→立	立→椅子→床	立→床→椅子
360cm	立→椅子→床	床→立→椅子	椅子→立→床	立→床→椅子	立→床→椅子

凡例
左から順に姿勢によって個体距離が近いものを並べた
立→床→椅子

図9 姿勢による個体距離の分類

姿勢ごとのロボットに対して距離をとる理由

- A 身体に接触する
- B 動作をするときに接触しそう
- C ロボットを見下げやすい
- D その他

立位	1	2	2	2
椅子座位	1	3	1	2
床座位		3	3	0 1

図10 実験後の姿勢についてアンケート結果

7. 今後の展望

今後は今回の調査結果をもとに側方の壁との距離を変数に入れた実験も行う予定である。さらには、ロボットと共生する生活空間の計画技術の構築を目指して、高齢者の集合住宅を視野に入れ、被験者の対象を変えた実験や集合住宅の居間空間を想定した実験、ロボットの役割や生活空間内の什器との関係を変更した実験も行ってきたと考えている。

【参考文献】

- 1) 青木美優, 渡邊朗子: 成年男子における立位と椅子座位の小型移動ロボットに対する個体距離に関する研究 ロボットと共生する生活空間の計画技術に関する研究1, 日本建築学会計画論文集, No. 664, 1093-1100, 2011-06
- 2) 中島早織, 渡邊朗子: 成年男子における小型移動ロボットに対する個体距離に関する研究 ケーススタディ: 姿勢 [しやがみ・床座位・仰臥位] およびロボットのデザインを対象として, 日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1, pp. 665-667, 2012
- 3) エドワード・ホール, 日高敏隆, 佐藤信行 (訳): かくれた次元, みすず書房, 2000
- 4) 建築計画教科書研究会: 建築計画教科書, 彰国社, 1989
- 5) 日本建築学会編: 設計資料集成 人間編, 丸善出版, 2003

* 本研究は、平成23年度科学研究費助成事業基盤研究(C)「ロボットと共生する生活空間デザインの研究」の一環として行っているものです。

*1 東京電機大学大学院未来科学研究科 建築学専攻

*2 東京電機大学未来科学部建築学科 准教授 博士(学術)

*3 東京理科大学理工学部 助教・博士(建築学)