

空間の規模によるロボットへの個体距離の変化に関する研究

－側方距離を対象とした実験－

○青木 美優*¹
渡邊 朗子*²

キーワード：小型移動ロボット 限定空間 個体距離 側方向距離

1. はじめに

近年、私たちの身近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、カメラや呼びかけ機能を利用した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、こうした人とロボットの関係性については建築空間を想定した研究はまだ少ない。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. 既往の研究

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⁾『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』²⁾を行ってきた。これらの研究では、人とロボットが共生する生活空間を想定し、小型移動ロボットを使用した人対ロボットの個体距離について調査を行っている。特に『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』では、住宅内におけるロボットの普及を視野に入れた研究を行い、室の広さによる個体距離への影響を検証した。これにより、個体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」「人とロボットとの距離」の基礎的な環境項目に着目して検証を行った。

この研究では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畳の限定空間」に変更することで、個体距離にどのように影響を与えるのか明らかにした。この結果、室の広さの比較からこれまでの体育館で行った5m 以上離れた地点と前回の6畳の実験空間内では、3つの影響が明らかになった。(1) これまでの体育館で行った5m 以上離れた地点と6畳の実験空間内では個体距離が各接近角度ともに30cm 以上小さくなること。(2) 正面方向の壁面までの距離が大きくなることで人と小型移動ロボットとの個体距離も大きくなること。(3) 姿勢では立位が最も個体距離が小さいことが明らかになった。また、正面方向では椅子座位より床座位の個体距離が小さくなる。これは、椅子座位では身体の下肢動作を意識したことが理由と考えられる。



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

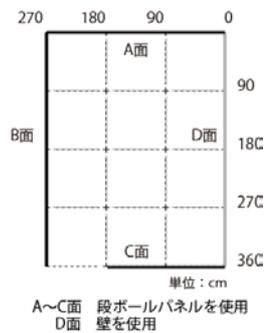


図3 実験会場の設営



図4 実験会場の写真

姿勢	側方向の壁面からの距離			
	90cm			
	正面方向の壁面からの距離			
	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	135度
	180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	135度
	180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	135度
	180度	180度	180度	180度

表1 条件設定

3. 研究目的

本研究では、先の実験に引き続き6畳の限定空間における人とロボットの個体距離について調査を行う。特に、これまで行った正面方向の距離から側方向の距離に着目した実験を行うことで、X軸Y軸方向の空間の広がりとした個体距離の影響を明らかにする。なお、本実験で設定した要因は、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「限定空間」「正面方向の壁面までの距離」「側方向の壁面までの距離」とした。

4. 実験方法

実験では、2013年10月9日-10日にかけて行い、24歳の男子大学生2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：0.08[m/s]」「接近角度：5方向(0度,45度,90度,135度,180度)」「機能なし(被験者にはロボットは移動する物体と認識するよう指示)」、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)」「側方向の壁面までの距離(90cm)」とした(表1と図5)。また、ここでの姿勢の設定は、住居内の日常生活行為を想定して立位・椅子座位・床座位と設定した³⁾⁴⁾。測定位置については6畳の空間寸法から尺貫法での計測位置とした。

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と図5の計54パターンの条件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。

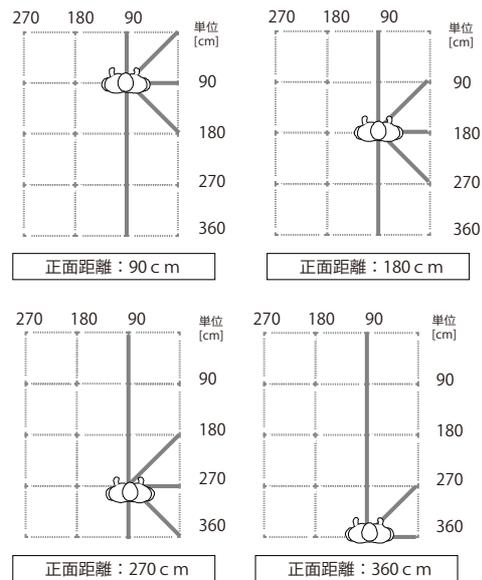


図5 実験会場の条件設定

		側方向の壁面からの距離 90cm			
姿勢	接近角度	正面方向の壁面からの距離			
		90cm	180cm	270cm	360cm
立位	0度	46.3	59.3	70.4	91.7
	45度	53.5	50.3	51.6	53.1
	90度	48.2	45.3	42.4	43.9
	135度	72.5	52.6	50.0	
	180度	64.2	67.6	50.7	
椅子座位	0度	56.1	82.1	105.0	121.3
	45度	70.8	69.1	64.9	68.4
	90度	53.0	53.6	53.1	54.9
	135度	80.0	75.6	75.0	
	180度	97.8	96.5	71.4	
床座位	0度	60.6	86.2	92.6	123.6
	45度	62.0	60.9	66.3	63.9
	90度	50.2	45.8	47.2	51.7
	135度	76.8	72.2	64.3	
	180度	94.0	79.7	57.0	
標準偏差		20.6	17.8	21.2	34.7

表2 個体距離の平均表 (cm)

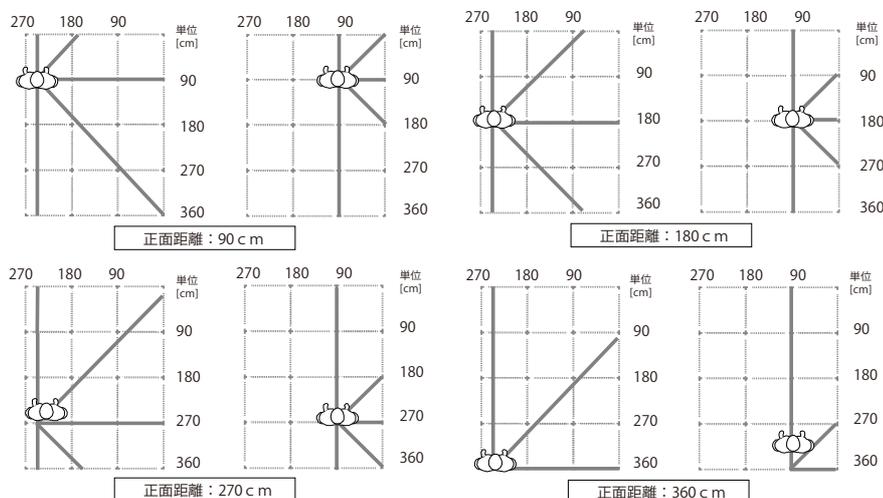


図6 個体距離の比較条件 (cm)

5. 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。被験者の設定距離と各接近角度に対する個体距離、姿勢に対する平均値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。

5-1. 側方距離による個体距離の影響

表2の実験結果から側方距離の変化による個体距離の比較を行う。今回の比較では図6に示したこれまで行った右側面から90cmの地点と270cmの地点と比較する。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：0.08[m/s]」「ロボットの設定機能：なし」、被験者の「性別：成年男子」「姿勢：立位、椅子座位、床座位」に変更はない。これにより、図7から正面距離90cmと正面距離180cmではすべての側方距離90cmで個体距離が近いことが明らかになった。一方で正面距離270cmと正面距離360cmでは接近角度によって個体距離が近づく条件が異なることが明らかになった。

5-2. 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の実験結果から各姿勢で個体距離の比較を行ったものが図8である。この結果から側方距離90cmの場合では、すべての正面距離に共通して、「椅子座位→床座位→立位」の順で個体距離が近づくことが明らかになった。つまり「立位」は他の姿勢に比べてロボットに近づくことが明らかになった。(p<0.05で有意であった。)

6. 考察

実験結果より側方向の距離が個体距離に影響を与えることがわかった。距離の変化では、側方距離90cmがよりロボットに近づくことが明らかになった(図9)。

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46.3[cm](立位/側方距離90cm/正面距離90cm/接近角度0度)、最大値123.6[cm](床座位/正面距離360cm/接近角度0度)であった。これにより、人とロボットとの個体距離では室の広さが影響を与えることが明らかになった。この得られた実験結果を図10に示す。

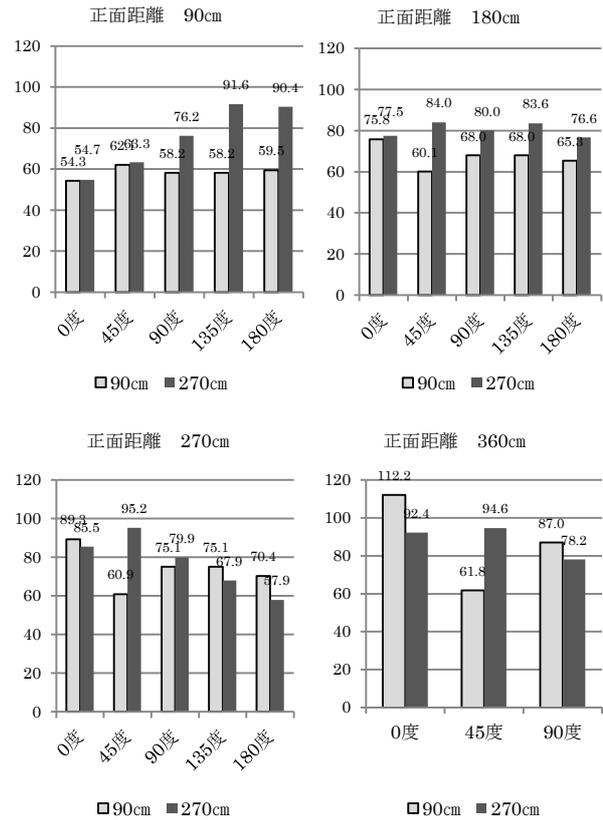


図7 個体距離の比較条件 (cm)

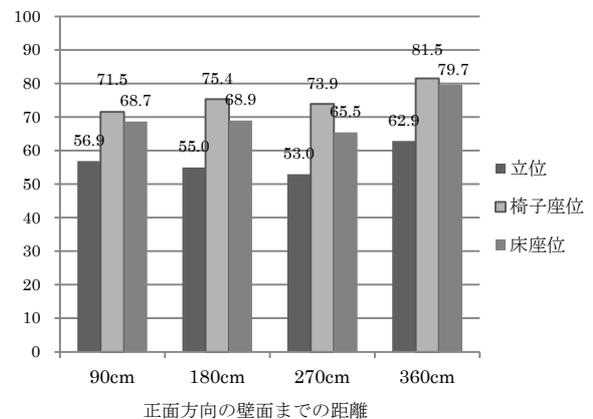


図8 姿勢による個体距離の比較 (cm)

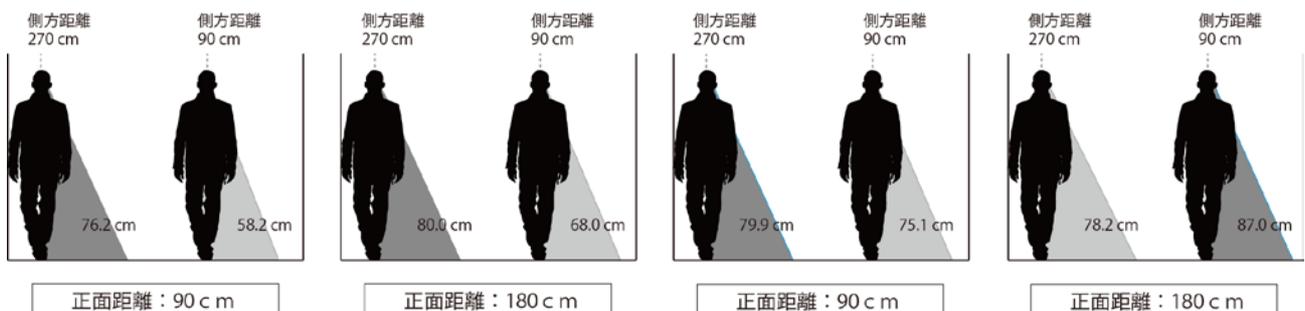


図9 姿勢による個体距離の比較 (cm)

さらに、今回導きだした人のロボットに対する個体距離はエドワード・ホール『かくれた次元』⁵⁾より「密接距離」の遠方相(15~45cm)の「頭や腰、脚が簡単に触れ合うことはないが、手で相手に触れるくらいの距離」から、「個体距離」の近接相(45~75cm)の「両方が手を伸ばせば指先が触れあうことができる距離」に分類されている。これにより、6畳の限定空間では会話の距離よりも人体の動作や接触を意識していると考えられる。

姿勢について「立位」が他の姿勢に比べて個体距離が近いのは、他の姿勢に比べて視線が高く、手足の自由度が高いため比較的すぐに下肢を動かせるからと考えられる。

7. まとめ

本研究により、側方距離を対象とした空間の規模による個体距離の変化に関して以下のことが求められた。

- 1) 側方向距離による個体距離の影響では、側方距離が小さくなることで人とロボットの個体距離も小さくなる傾向にある。
- 2) 姿勢による個体距離の比較から、側方距離90cmでは「椅子座位→床座位→立位」の順で個体距離が近くなる傾向にある。

8. 今後の展望

今後はさらに被験者を増やし実験を進める予定である。さらには、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考慮した実験も行ってきたと考えている。

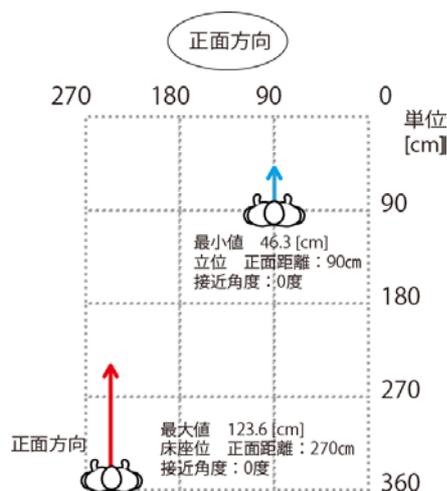


図 10 6畳の実験空間における個体距離の最大値・最小値

[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) 青木美優, 渡邊朗子, 遠田敦: 室の広さがロボットへの個体距離に及ぼす影響に関する研究, 日本建築学会大会梗概集, No. 5293, pp. 609-610, 2013. 10
- 3) 建築計画教科書研究会: 建築計画教科書, 彰国社, 1989
- 4) 日本建築学会編: 設計資料集成 人間編, 丸善出版, 2003
- 5) 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

* 本研究は、平成 23-25 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 研究生
 *2 東京電機大学未来科学部建築学科 准教授 博士(学術)