

幼児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

○矢坂 亜美*1
渡邊 朗子*2

キーワード：ロボット、個体距離、姿勢、幼児

1. はじめに

現在ひとり親や共働きの家庭が増えている為、子供が一人でいる時間が多い家庭や仕事の間子供を預かり施設に預けている家庭が多くなっている。少子化は進んでいるが、保育所の入所希望者は増えており、待機児童の数は近年増加している。一方でロボット業界では、介護ロボットや見守りロボットが開発されている。既にお掃除ロボットやコミュニケーションロボットは我々の生活空間に入ってきており、そのようなロボットは社会的ニーズがある。例をあげると、受付ロボットや個人で使うペットロボット、お掃除ロボットなどが私達の家庭やオフィスに普及してきている。今後、より様々な場面で人間とロボットの共生が実現されていくだろう。このように、ロボットなどが生活空間に入ってくると緊急時の外部への連絡など様々なサポートが可能になり、親や幼児がより安心・安全な生活を送ることができるのではないかと考える。このように私たちの生活空間にロボットが組み込まれていくなか、人とロボットの共生する生活空間の設計要件が必要とされる。

2. 研究目的

本研究では、小型移動ロボットに着目し、静止した幼児に一定の速度で近づいてくる小型移動ロボットに対する「これ以上近づかれない」と感じる距離（ここでは接近限界距離と呼ぶ）を明らかにする。一昨年成年を被験者とした同様の実験を行った結果と比較し、今回の研究では成年男子と小型移動ロボットに対する個体距離の関係を明らかにする。影響を与えるファクターとして2つの姿勢「立位」「床座位」、角度、移動速度、ロボットの大きさと個体距離の関係を調査する。

3. 実験方法

3.1 実験概要

本実験では、2012年8月1日から9月28日までの計20日間にかけて行い、幼稚園の年中（4歳）、年長（5歳）を被験者とし、実験1、実験2それぞれ30人を実験した。（図1）神奈川県横浜市にある幼稚園の教室（6.0m×6.5m）で行った。（図2）

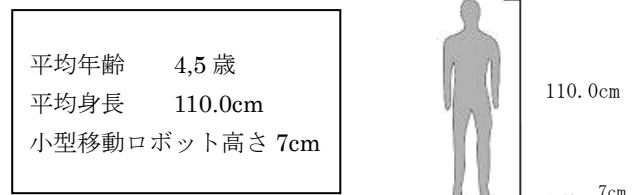


図1 被験者平均データ

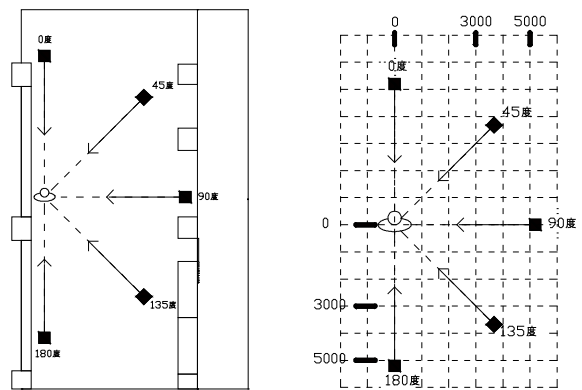


図2 実験場所



寸法
幅 120mm
奥行き 150mm
高さ 70mm
移動速度
0.08m/s, 0.24m/s

図3 実験用ロボット

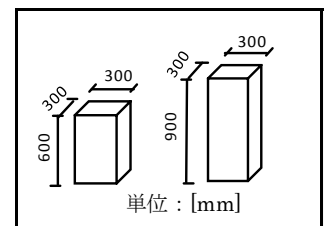


図4 実験2の大きさ

| | 角度 | 速度 | | 姿勢 | |
|------|------|---------|---------|----|-----|
| | | 0.08m/s | 0.24m/s | 立位 | 床座位 |
| 実験1 | 0度 | 0.08m/s | 0.24m/s | | |
| | 45度 | | | | |
| | 90度 | | | | |
| | 135度 | | | | |
| 180度 | | | | | |
| 実験2 | 0度 | 600mm | 900mm | | |
| | 45度 | | | | |
| | 90度 | | | | |
| | 135度 | | | | |
| 180度 | | | | | |

図5 実験1, 実験2の実験条件

実験は図4のように被験者の右側0度、45度、90度、135度、180度の5方向それぞれ5m離れた地点から小型移動ロボットを接近させ、被験者がこれ以上近づかれないと感じた距離で無線リモコンを用いてロボットを停止させる方法で行った。それぞれの距離の測定は、被験者の足底面中央から、小型移動ロボットの先端までを測定する。実験測定範囲は被験者からみて右側半分からの進入のみとした。これは既往研究から左右に優位な差は見られなかったことから、本実験では左右対称であることを前提として実験を行った。

3.2 小型移動ロボットの仕様

本実験で使用した小型移動ロボットは、独立2輪駆動方式、自律移動型ロボットで外形寸法120mm(W)×130mm(D)×70mm(H)である。(図2)ロボットの機能は、各速度に走行するのみである。リモコンによって5m離れた地点から停止と走行が可能である。

3.3 評価方法

動作速度は一昨年の結果より、高速(0.48m/s)を外し、実験1では低速(0.08m/s)、中速(0.24m/s)の2速度について評価を行い、実験2では2つの大きさ(600mm, 900mm)を低速(0.08m/s)で行った。実験にあたり被験者には、「身体の向きは変えず、回避しない。視線に対しては、小型移動ロボット本体に向けるようにする。」と教示した。

4. 実験結果

4.1 接近角度と速度に対する傾向

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距離を検討する。また、データには個人差があるので全体のばらつきを指標する標準偏差を求めた。しかしながら、幼児はロボットとの距離が0mという幼児が半数以上いた為、標準偏差の値が大きくなってしまった。

4.2 実験1による速度の変化

実験1での被験者への各姿勢での各接近角度に対する速度と各速度に対する個体距離の平均値を表に表わしたものが表1、2であり、図に表したものが図6である。グラフより、全体的に右下がりの傾向があり、立位では0度の地点で緩やかに距離が短くなっているが、床座位では立位に比べて急激に距離が短くなっていることがわかる。これらより、視界に入りやすい0度の時に距離を取る傾向があることがわかる。また、立位より床座位の場合の方が速度の変化が影響していることがわかる。

4.3 接近角度と速度の相互作用の検証

「4.1 接近角度と速度に対する傾向」の結果を受け、接近角度と速度が距離にどのように影響を及ぼすのかをより詳しく検証するために、二元配置の分散分析を行った被験者間の効果の検定表を表3,表4に示す。

表1 立位における各速度の個体距離の平均表

| 速度 | 角度 | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 45 | 90 | 135 | 180 |
| 0.08m/s | 39.4 | 41.5 | 39.7 | 38.5 | 36.0 |
| 0.24m/s | 43.6 | 39.2 | 39.3 | 34.4 | 27.8 |
| 平均 | 41.5 | 40.4 | 39.5 | 36.4 | 31.9 |
| 標準偏差 | 51.76 | 68.74 | 75.82 | 79.81 | 74.50 |

表2 床座位における各速度の個体距離の平均表

| 速度 | 角度 | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 45 | 90 | 135 | 180 |
| 0.08m/s | 43.68 | 41.94 | 36.31 | 34.68 | 35.02 |
| 0.24m/s | 41.10 | 34.50 | 28.78 | 31.17 | 27.92 |
| 平均 | 42.4 | 38.2 | 32.5 | 32.9 | 31.5 |
| 標準偏差 | 14.46 | 8.67 | 19.79 | 35.71 | 67.03 |

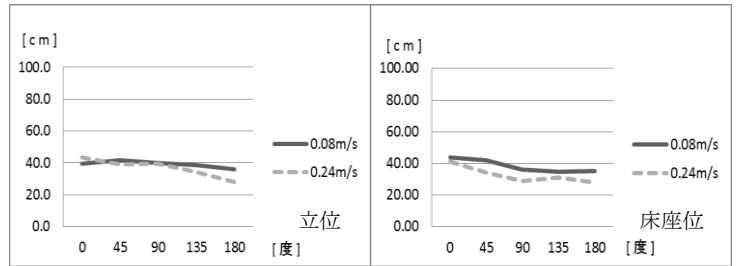


図6 各姿勢における各速度の個体距離の平均

表3 立位

被験者間効果の検定

従属変数: 距離

| ソース | タイプ III 平方和 | 自由度 | 平均平方 | F 値 | 有意確率 |
|---------|------------------------|-----|-----------|--------|------|
| 修正モデル | 20274.380 ^a | 9 | 2252.709 | .383 | .943 |
| 切片 | 47980.053 | 1 | 47980.053 | 81.486 | .000 |
| 速度 | 2912.837 | 1 | 2912.837 | .495 | .482 |
| 方向 | 11521.429 | 4 | 2880.357 | .489 | .744 |
| 速度 × 方向 | 5840.115 | 4 | 1460.029 | .248 | .911 |
| 誤差 | 1707135.707 | 290 | 5886.675 | | |
| 総和 | 2207090.140 | 300 | | | |
| 修正総和 | 1727410.087 | 299 | | | |

a. R2 乗 = .012 (調整済み R2 乗 = -.019)

表4 床座位

被験者間効果の検定

従属変数: 距離

| ソース | タイプ III 平方和 | 自由度 | 平均平方 | F 値 | 有意確率 |
|---------|-----------------------|-----|------------|--------|------|
| 修正モデル | 7909.056 ^a | 9 | 878.784 | .224 | .991 |
| 切片 | 378309.336 | 1 | 378309.336 | 96.543 | .000 |
| 速度 | 2379.520 | 1 | 2379.520 | .607 | .436 |
| 方向 | 5187.192 | 4 | 1296.798 | .331 | .857 |
| 速度 × 方向 | 342.344 | 4 | 85.586 | .022 | .999 |
| 誤差 | 1138385.738 | 290 | 3918.572 | | |
| 総和 | 1522804.130 | 300 | | | |
| 修正総和 | 1144294.794 | 299 | | | |

a. R2 乗 = .007 (調整済み R2 乗 = -.024)

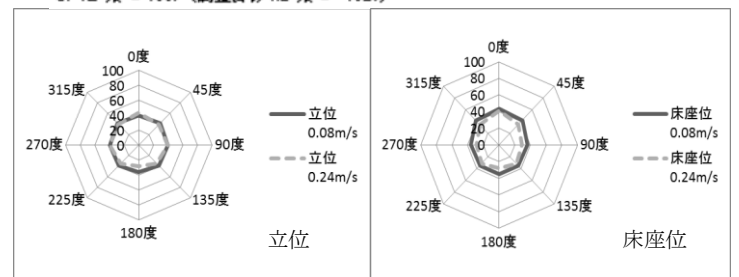


図7 各姿勢におけるロボットに対する個体距離

各主効果を見ると、速度の主効果は $F(1, 290)=0.495$ であり、有意確率 0.482 である。接近角度の主効果は $F(4, 290)=0.489$ であり、有意確率 0.744 である。有意水準 5% で検定を行ったところ、速度、接近角度共に有意確率が 0.05 以上であることから有意がない。

これより、立位における小型移動ロボットが人に近づいてくる場合に特別な有意差がないことがわかった。同様に床座位の場合も、速度の主効果は $F(1, 290)=0.607$ であり、有意確率 0.438 である。接近角度の主効果 $F(4, 290)=0.431$ であり、有意確率 0.867 であるので有意がない。

4.4 実験 2 による大きさの変化

実験 2 での被験者への各姿勢での各接近角度に対する速度と各速度に対する個体距離の平均値を表に表わしたものが表 5、6 であり、図に表したものが図 8 である。グラフより、全体的に右下がりの傾向があり、立位では 45 度と 135 度の 2 点で距離が長くなっていて、緩やかな M 字状のグラフになっている。一方、床座位の場合は実験 1 と同様に緩やかな右下がりのグラフになっている。しかしながら、実験 2 では全体的に距離が長くなっていることがわかる。これは、ロボットの大きさが距離に影響している事がわかる。

4.5 接近角度と速度の相互作用の検証

実験 1 と同様に接近角度と速度が距離にどのように影響を及ぼすのかをより詳しく検証するために、二元配置の分散分析を行った被験者間の効果の検定表を表 3, 表 4 に示す。各主効果を見ると、速度の主効果は $F(1, 290)=1.270$ であり、有意確率 0.261 である。接近角度の主効果は $F(4, 290)=0.921$ であり、有意確率 0.452 である。よって、有意がない。

これより、立位における小型移動ロボットが人に近づいてくる場合に特別な有意差がないことがわかった。同様に床座位の場合も、速度の主効果は $F(1, 290)=2.093$ であり、有意確率 0.149 である。接近角度の主効果 $F(4, 290)=1.295$ であり、有意確率 0.272 であるので有意がない。

5. 実験考察

5.1 個体距離について

実験 1 では「4.3 接近角度と速度の相互作用の検証」より、「接近角度」「速度」は個体距離にあまり影響がないことがわかる。(図 7) しかし、実験 1 よりも実験 2 の距離が長い事より、幼児は「速度」よりも「大きさ」が個体距離に関係していることが推測される。実験 1 と実験 2 より後方向に距離を短くする傾向はあるが、全体的に個体距離に著しい差がなく、円形に近い形になることがわかった。

また同様に小型移動ロボットに対する高齢者や成年と小型移動ロボットとの個体距離の実験^{1) 2)}と比較してみると、幼児の個体距離は高齢者や成年と小型移動ロボットと

表 5 立位における各速度の個体距離の平均表

| 大きさ | 角度 | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0度 | 45度 | 90度 | 135度 | 180度 |
| 600mm | 75.0 | 77.0 | 66.6 | 69.8 | 68.8 |
| 900mm | 72.9 | 78.4 | 68.7 | 67.7 | 61.3 |
| 平均 | 73.9 | 77.7 | 67.6 | 68.7 | 65.0 |
| 標準偏差 | 68.37 | 70.63 | 59.92 | 61.64 | 80.12 |

表 6 床座位における各速度の個体距離の平均表

| 大きさ | 角度 | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0度 | 45度 | 90度 | 135度 | 180度 |
| 600mm | 74.3 | 67.2 | 65.2 | 61.3 | 57.5 |
| 900mm | 87.6 | 78.8 | 76.2 | 72.2 | 62.2 |
| 平均 | 81.0 | 73.0 | 70.7 | 66.8 | 59.9 |
| 標準偏差 | 65.79 | 55.72 | 49.74 | 55.68 | 52.00 |

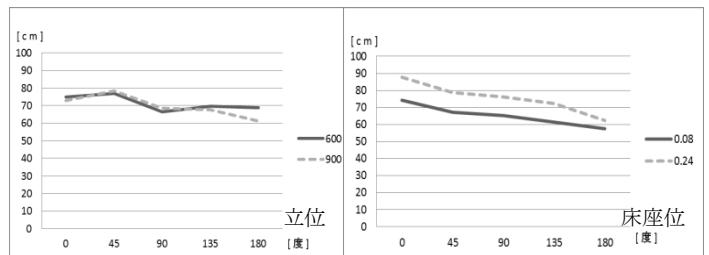


図 8 各姿勢における各速度の個体距離の平均表

表 7 立位 被験者間効果の検定

従属変数: 距離

| ソース | タイプ III 平方和 | 自由度 | 平均平方 | F 値 | 有意確率 |
|---------|-------------------------|-----|------------|--------|------|
| 修正モデル | 158843.022 ^a | 9 | 17404.780 | .788 | .647 |
| 切片 | 189940.888 | 1 | 189940.888 | 83.794 | .000 |
| 速度 | 28798.282 | 1 | 28798.282 | 1.270 | .261 |
| 方向 | 83527.283 | 4 | 20881.818 | .921 | .452 |
| 速度 * 方向 | 44317.478 | 4 | 11079.369 | .489 | .744 |
| 総差 | 857544.580 | 290 | 2923.947 | | |
| 総和 | 8832028.270 | 300 | | | |
| 修正総和 | 8732087.802 | 299 | | | |

a. R2 乗 = .023 (調整済み R2 乗 = -.007)

表 8 床座位 被験者間効果の検定

従属変数: 距離

| ソース | タイプ III 平方和 | 自由度 | 平均平方 | F 値 | 有意確率 |
|---------|-------------------------|-----|-------------|---------|------|
| 修正モデル | 140297.067 ^a | 9 | 15588.562 | 1.070 | .386 |
| 切片 | 1898241.291 | 1 | 1898241.291 | 118.427 | .000 |
| 速度 | 30485.952 | 1 | 30485.952 | 2.093 | .149 |
| 方向 | 75450.317 | 4 | 18862.579 | 1.295 | .272 |
| 速度 * 方向 | 34380.789 | 4 | 8590.197 | .590 | .670 |
| 総差 | 4225037.812 | 290 | 14569.095 | | |
| 総和 | 8081575.980 | 300 | | | |
| 修正総和 | 4385334.889 | 299 | | | |

a. R2 乗 = .032 (調整済み R2 乗 = .002)

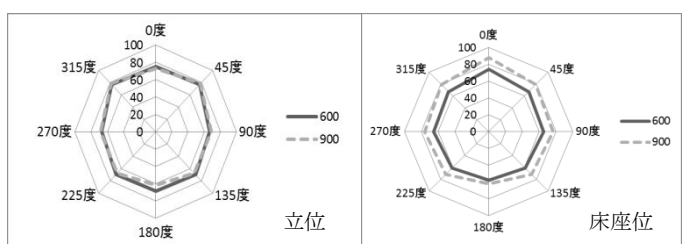


図 9 各姿勢におけるロボットに対する個体距離

の実験の結果(図7、8)よりもより個体距離が短くなっている事がわかる。(図10)また「高齢者、成年の立位における各速度の個体距離の平均グラフ」(表9)では、高齢者は右下がり而后方になるに従い距離が短くなるが、成年は左上がり而后方になるに従い距離が長くなるという違いがある。したがって、幼児は成人よりも高齢者と近い距離感覚があるのではないかと推測される。

6. アンケート調査結果

今回の実験では、実験後に口頭のアンケート調査を行った。(図11、12、13、14)アンケートの内容は、これ以上近づかれないと感じた要因、各実験でのロボットの印象、速度や大きさの印象について答えてもらった。

口頭のアンケートでの属性調査では、被験者30名中「ひとり親」8名、「共働き」17名、「片方の親が働いている」5名であった。また、「日常生活で一番多い姿勢」を聞くと、「立座」9名「床座位」14名「椅子座位」7名という結果になり、中でも「幼稚園では椅子座位が多いが、家では床座位が多い」と答える被験者が多かった。次に、ロボットの印象に関する質問では、まず「ロボットが好きですか?」という質問に対して、被験者30名中「はい」11名、「いいえ」3名、「わからない」16名であった。ロボットに対して好意的な人が多く、中にはお掃除ロボットが家にあると答えた幼児も居た。一方でロボットに触れたことや見たことがないためにわからないと答えた人が多かった。また「実際にロボットと接した事がありますか?」という質問では、被験者30名中「はい」4名、「いいえ」26名とほとんどの幼児がロボットと接した事がなかった。

7. まとめ

4歳～5歳の幼児30名を対象とした本研究により、立位における人のロボットに対する接近限界距離に対して、成年や高齢者との比較も含め以下のことがわかった。

- 1) 接近限界距離では、速度に対する影響よりも角度や大きさに対する影響が大きい。
- 2) 個体距離は全体的に著しい差がなく、円形に近い形になる。
- 3) 幼児の個体距離では、成年よりも距離を短くとり、高齢者の個体距離の取り方に近い。

8. 今後の展望

今後はロボットと共生する生活空間の設計指針を目標とし、幼児とロボットの関わり方を考えていく。幼児への簡単な口頭アンケートだけでなく大人からの要望、また幼児に描いてもらった「一緒に暮らしたいロボットの実寸大の絵」などを参考にして考えていく。これにより、建築空間における幼児に対するロボットの機能や適切な大きさ、形状を導き出していこうと考えている。

表9 高齢者、成年、幼児の立位における各速度の個体距離の平均グラフ

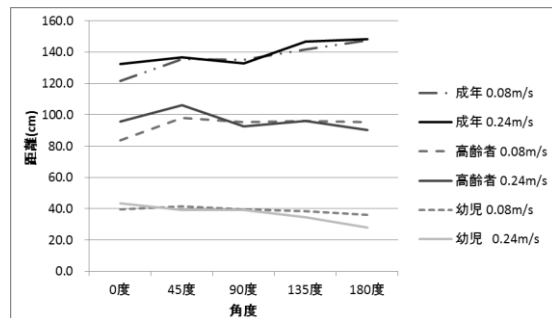
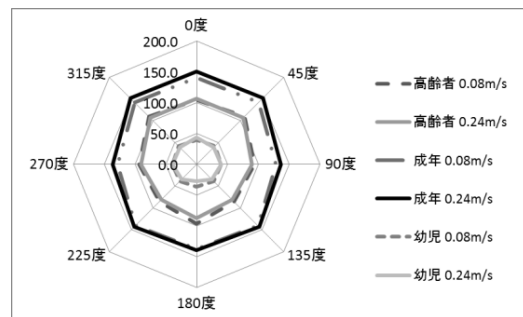


図10 高齢者、成年、幼児の立位における個体距離

図11 属性調査

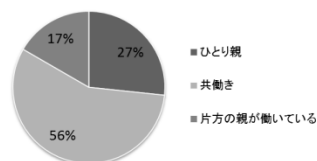


図12 日常生活で一番多い姿勢

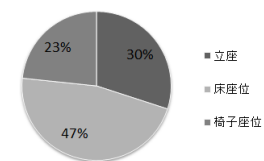


図13 ロボットが好きですか?

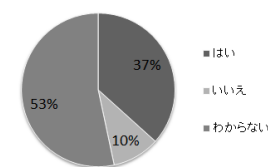
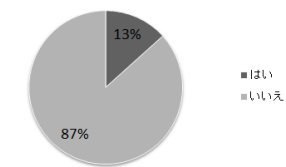


図14

実際にロボットに接した事があるか?



[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, 日本建築学会計画系論文集, No. 664, pp. 1093-1100, 2011年6月
 - 2) 酒井雅子, 渡邊朗子: 高齢者における移動ロボットに対する個体距離に関する研究, 日本建築学会大会梗概集, No. 5311, pp. 663-664, 2012年9月
- *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 未来科学部建築学科

*2 東京電機大学 未来科学部建築学科 准教授