

ロボットの位置及び動作が歩行者動作に与える影響

○田村雄介 浅間一 (東京大学)

Influence on Pedestrian Behavior by Position and Motion of a Robot

*Yusuke TAMURA and Hajime ASAMA (The University of Tokyo)

Abstract— Because of the high degree of freedom, it is difficult for robots to accurately predict human motion by passive observation. To solve this problem, in this study, we aim at the realization of a robot accurately predicting human motion by modestly controlling human behavior. In this paper, the influence on human behavior by position and motion of a robot is examined. The experimental results suggest the possibility of controlling human behavior.

Key Words: pedestrian, mobile robot

1. はじめに

人間に対して様々なサービスを行うロボットの実現が望まれている。このようなロボットのほとんどは、人間と同空間で共存することが求められる。人間と空間を共有するロボットには、作業の効率性だけでなく、人間に対する安全性も同時に求められる。ロボットが効率的かつ安全な動作を行うためには、周囲に存在する人間の動作を認識・予測し、それに基づいて適切な行動を選択する必要がある。

人間を移動する障害物として捉え、その移動障害物を回避するロボットに関する研究は盛んに行われている (例えば [1])。また、人間らしい回避動作を指向して、人間同士のすれ違い動作の解析に基づいたロボットの回避行動アルゴリズムも提案されている [2] が、この研究では、ロボットの動作が人間に与える影響について考慮されていない。Pacchierotti らは、ロボットの回避動作における人間との距離が人間に与える心理的影響について実験により検討している [3] が、ロボットの動作が人間の動作に与える影響については検討されていない。

一方、人間は単なる移動障害物とは異なり、周囲の環境を認識し、それに基づいた行動選択を行う。したがって、人間・ロボット共存環境においては、人間の動作に基づいてロボットの動作を設計するだけでなく、ロボットの動作が人間の動作に与える影響をも考慮する必要がある。遠田らは、建築計画への応用を目的とし、十分に広い空間においてロボットと交錯する際の人間の回避距離について調査している [4] が、実環境においては、壁などの障害物の存在が回避距離や回避の方法に影響を与えることが予想される。

また、人間の動作を計測し、それに対する回避を行うだけでは、ともすると本来のタスク遂行に対して非効率的な行動をとることになる。また、人間の動作は非常に自由度が高く、受動的な計測のみからその動作を予測することは容易ではない。

これに対して本研究では、ロボットの能動的な動作により人間の動作をある程度誘導することで、人間の動作の予測を容易にすることを目指す。本稿では、通路環境における人間とロボットのすれ違いにおいて、ロ

ボットの位置や動作が人間の動作に与える影響を実験により調査し、ロボットの動作による人間の誘導可能性について検討する。

2. 実験方法

通路環境において、ロボットの位置や動作が人間の歩行動作にどのような影響を与えるかを調べるため、3自由度独立駆動型全方向移動ロボット (ZEN[5], 図 1) を用いて、図 2 に示すような環境で実験を行った。実験には 20 代男性 4 名が参加した。



Fig.1 Overview of the omni-directional mobile robot ZEN (W430×D430×H335 (mm); 200 (mm/s))

実験において、被験者は合図が出たらスタート S (-5.0, 0) からゴール G (5.0, 0) まで歩行する。ロボットは合図と同時に $x = 0$ 上で移動または静止する。ロボットの初期位置及び目標位置は、(0, -0.2), (0, -0.1), (0, 0), (0, 0.1), (0, 0.2) の計 5 点の中から選択し、1 人の被験者につき各組み合わせについて 1 回ずつ計 25 回 (初期位置と目標位置が同じ場合は、ロボットは静止したまま) 計測した。ロボットの幅は 0.43 (m) なので、通路幅が 1.92 (m) であることを考慮すると、本実験において被験者はロボットの両側を通過することが可能

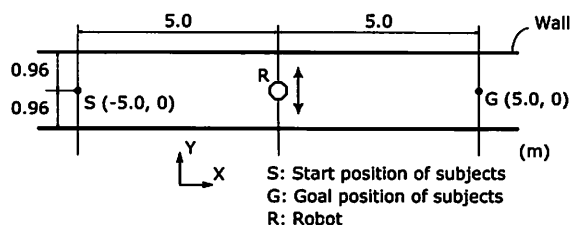


Fig.2 Experimental environment

である（最小で545 (mm), 最大で945 (mm)の幅が生じることになる）。

3. 実験結果と考察

ロボットが静止していた場合の、ロボット位置と被験者の回避方向との関係を表3.に示す。表には、どちらの側をどのくらいの割合で通過したかを示している。表中の「+」は、被験者がロボット位置よりも進行方向左側（図2の上側）を通過したことを意味し、「-」は進行方向右側を通過したことを意味する。

Table 1 Relationship between position of the robot and avoiding direction while the robot was stationary

	Position of the robot y (m)				
	-0.2	-0.1	0	0.1	0.2
+	1	1	0.25	0	0
-	0	0	0.75	1	1

この表から、ロボットが静止している場合は、被験者は空間が広く空いている側を通過しているということがわかる。

人間同士のすれ違いにおいて回避を開始する距離は、2-3 (m)程度と言われている [2]。したがって、本実験においては歩き始めて数秒経過した後に回避方向を決定していると考えられる。

図3に、実験開始からの経過時間毎のロボット位置と被験者の回避方向との関係を示す。図の縦軸は、ある時刻において広く開いている側を、最終的に被験者が通過した割合を表している。被験者が、回避方向を決定する瞬間に広く開いている側を選択しているのであれば、この値は1となる。すなわち、この値が1に近くなったあたりで回避方向を決定していると理解できる。

この図からは、被験者は実験開始から1.0秒程度の段階で回避方向を決定していることが示唆される。

一方、実験開始から1.0秒後にロボットのY座標が0になる実験条件に着目すると、24試行中20試行で、それまでのロボットの移動方向とは逆の方向に回避行動をとっていた。このことから、歩行者の回避方向決定には、その瞬間のロボットの位置だけではなく、ロボットの動作方向が影響していることが示唆される。

これらのことから、人間が回避方向を決定するタイミングでのロボットの位置や動作方向をコントロール

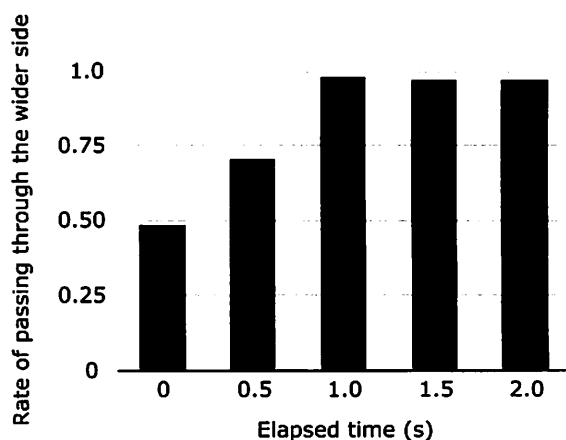


Fig.3 Rate of passing through the wider side at each moment

することによって、人間を所望の方向に回避させることが出来ると考えられる。

4. おわりに

本研究では、ロボットの能動的な動作により人間の動作を誘導することを目指し、通路環境において、ロボットの位置や動作が人間の動作に与える影響を実験により調査した。

本稿で示した実験結果は、「歩行者は、ロボットとすれ違う瞬間において広く開いていると予想される側を回避方向として選択している」と考えると説明ができる。

今後は、上記仮説の検証を行うとともに、人間の動作を誘導するようなロボット動作の設計を行う予定である。

謝辞

本研究は、次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト（独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）における「ロボタストに作業を実行するための作業知能モジュール群の開発」の成果の一部である。

- [1] 山本健次郎, 柄川素, 一野瀬亮子, 玉本淳一, 細田祐司, 李在勲, 坪内孝司, 油田信一, “人間共生ロボット“EMIEW”の衝突回避ナビゲーション”, 第24回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, 1L23, 2006.
- [2] M. Yoda and Y. Shiota, “The Mobile Robot Which Passes a Man,” *Proceedings of the IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication*, pp.112-117, 1997.
- [3] E. Pacchierotti, H.I. Christensen and P. Jensfelt, “Evaluation of Passing Distance for Social Robots,” *Proceedings of the IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp.315-320, 2006.
- [4] 遠田敦, 渡辺秀俊, 佐野友紀, 高橋正樹, 林田和人, “ロボットに対する人間の回避距離”, 日本建築学会計画論文集, No.601, pp.81-85, 2006.
- [5] 浅間一, 佐藤雅俊, 嘉悦早人, 尾崎功一, 松元明弘, 遠藤勲, “3自由度独立駆動型全方向移動ロボットの開発”, 日本ロボット学会誌, Vol.14, No.2, pp.249-254, 1996.