

人間に伴走する移動ロボット ～二台のロボットを用いた基礎実験～

宗片 匠（筑波大） 大矢 晃久（科技団，さがけ研究21 / 筑波大）

Intelligent Escort Robot Moving with Human —Fundamental Experiment using Two Mobile Robots—

*Takumi Munekata (Univ. of Tsukuba) and Akihisa Ohya (PRESTO, JST/Univ. of Tsukuba)

Abstract—In this paper, we presented a method to achieve human accompanying behavior as a step toward the development of an intelligent escort robot moving along with a person. We proposed an algorithm to realize the accompanying behavior and verified its validity through fundamental experiments using two robots. The position of the target robot to accompany was sent to the accompanying robot by a wireless modem. The robot successfully accompanied the target robot which moved on various path patterns. Obstacle avoidance behavior was also considered and accomplished with very smooth movement.

Key Words: Mobile Robot, Escort Robot, Accompanying behavior, Obstacle Avoidance

1. はじめに

近年、移動ロボットの自律走行が実現されつつあり、いよいよその応用を考える段となってきた。本研究では「ロボットが移動すること自体で貢献ができること」を考え、人間が移動する際に人間と共に走行することにより、人間とのインタラクションを通じて生活支援するロボットの開発を目的とした。具体的な支援動作としては、道案内などの誘導や情報提供、伴走による散歩・警護などの精神的補助、重量物を運搬する追従による肉体的補助などが考えられる。そういった人間とインタラクションを取りながら走行する、インテリジェントエスコートロボットの実現を目的とし、人間に伴走可能なロボットの実現を目指した。本稿では、構築した伴走のためのアルゴリズムと、その検証のために二台のロボットを用いて行った基礎実験の結果について述べる。また、障害物が存在した場合についての行動についても考察し、実験的に検証した結果を示す。

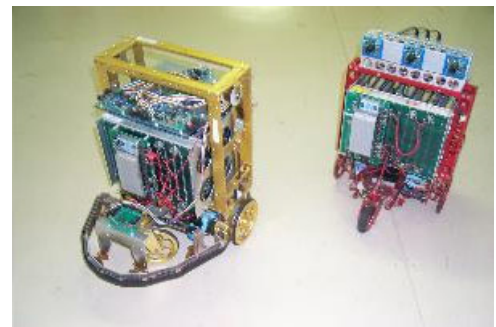


Fig.1 実験に用いた二台の移動ロボット

2. 伴走のためのロボットシステム

ロボットは人間の位置を知らなければ伴走することができない。位置を検出する方法は別途検討しているが [1]、今回はアルゴリズムの検証を主な目的とするために二台のロボット (Fig.1) を用い、そのうちの一台を人間に見立てて実験を行うことにした。ここでは、センサを用いて伴走すべき対象の位置を計測するかわりに、無線通信を用いてその位置を伝えることにした。以後、位置を送信する人間に見立てたロボットをリーダー、位置を受信する側のロボットをフォロワーと呼ぶことにする。

3. 伴走のアルゴリズム

3.1 通過点の記録

フォロワーはリーダーと同じ座標系を持ち、そこでのリーダーの (x, y) 座標を受け取る。フォロワーはリーダーの位置を記録して、その記録点から目標とする位置、速度を計算して走行する。このとき、最近の記録点とリーダーの現在位置との距離が一定距離以上になったときにその位置を記録する [1]。

3.2 位置を予測した伴走

リーダーに遅れずに走行するには、フォロワーはリーダーが次の時間にいる位置と走行速度を予測する必要がある。ここで、位置を予測するためには3つの記録点を用い、フォロワーは次のようなアルゴリズムで走行する。

1. 記録点 P_1 と P_2 を結んだ直線を L_1 、記録点 P_2 と P_3 を結ぶ直線を L_2 とおき、 L_1 と L_2 の角度の差を $d\theta$ としたとき、次の時間にリーダーは直線 L_1 から $d\theta$ ずれた直線上を走行すると考える [2]。次に、 P_3 を記録してから時間 T_e 後にリーダーがいるであろう位置 S を予測する。リーダーの走行速度を計測しておき、 P_3-P_2 間の速度 V_2 と、 P_2-P_1 間の速度 V_1 から、リーダーの走行速度 $V = 2 \times V_1 - V_2$ と予測すると、 P_1-S 間の距離は $V \times T_e$ となる。フォロワーは P_1-S の直線と平行に、一定距離 L 離れた直線を目標ラインとして追従する (Fig.2)。
2. フォロワーが目標とする位置は、リーダーの走行予測位置 S から目標ラインに下ろした垂線の足の位置とする。フォロワーは、 T_e 後に目標位置に到達するような速度で走行する。
3. フォロワーは目標位置に達したら停止する。フォロワーが目標位置よりも前方にいた場合は、その分だけ後進する。

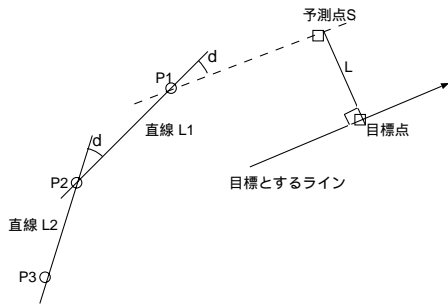


Fig.2 目標ラインと目標点の導出

3.3 アルゴリズム検証実験

フォロウは、速度 20cm/s で S 字走行するリーダに伴走する。リーダは自己位置を 1 秒毎に送信する。結果は Fig.3 の通りである。縦軸に X 座標、横軸に Y 座標をとり、×印がリーダの座標、□印がフォロウの座標を記録した点である。図を見ると、S 字の後半、リーダが左に曲がっていくところでは、フォロウがリーダを追い越したため、フォロウが一度バックしている。全体としては、フォロウがリーダにあまり遅れることなく伴走できていることがわかる。

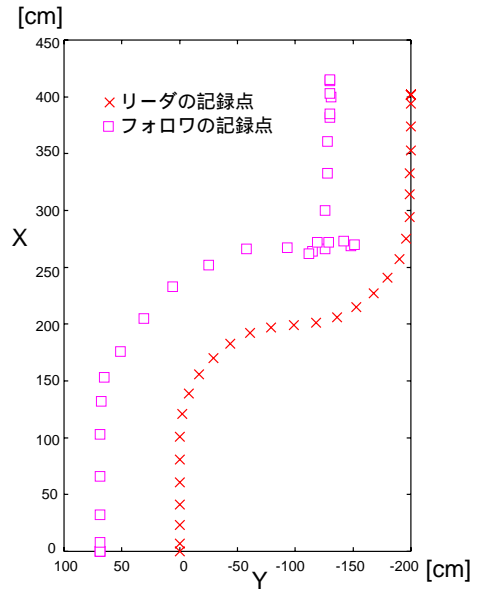


Fig.3 S 字走行するリーダに伴走したときの走行軌跡

4. 障害物回避

4.1 障害物への対処の仕方

フォロウにとって環境は未知であるので、フォロウの前方に障害物がある場合、フォロウはリーダの方向へ障害物を回避するのが良い。仮にリーダのいない方へと障害物を回避したとする。障害物を回避した先で両者が合流できればよいが、フォロウが回避した先が行き止まりであったり、道が分かれているかもしれないため、この戦略はあまりよくない。また、フォロウが障害物を回避しようとして、リーダとの距離を狭める方向に移動すれば、障害物を回避しようという意思も伝えられる。

フォロウが幅寄せするのに合わせてリーダが走行すれば、スムーズに障害物を回避することができる。しかし、フォロウが距離を狭めているにもかかわらず、リーダが走行経路を変更しないこともある。そのときは、そのままではフォロウは障害物を回避することができないため、フォロウは一旦停止してリーダが先行するのを待ってから、その後を追って走行することにする。

4.2 障害物回避実験

フォロウの前方に仮想的な障害物を設定し、障害物回避を行わせる実験を行った。そのときの結果が Fig.4 であり、○印が障害物を表している。左の図では、フォロウが幅寄せしてもリーダが直進し続けたため、フォロウは障害物を回避することができずに停止して、リーダの後ろを追従した。右の図では、フォロウが幅寄せするのに合わせてリーダが走行したので、スムーズに障害物回避が行えている。

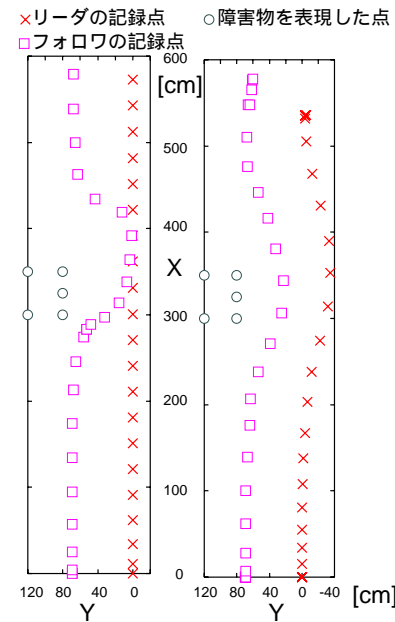


Fig.4 障害物回避時のリーダとフォロウの走行軌跡

状況に応じた走行を行うことで障害物の回避を実現できた。今後は、人間の位置計測が可能なシステムを用いて人間への伴走実験を行う予定である。

参考文献

5. まとめ

本研究では、ロボットを人間に伴走させる第一段階として、二台のロボットによる伴走を実現した。伴走のアルゴリズムとしては、フォロウがリーダの走行速度と位置を予測し、それらから走行する目標ラインと目標位置を導出する方法を考案した。また、環境中に障害物が存在するときの回避手法についても考察した。フォロウがリーダに幅寄せしたり、追従するなどして

- 1) 南雲陽介, 大矢晃久: “発光器をガイドとした自立移動ロボットの人間追従”, ロボティクス・メカトロニクス講演会'01 講演論文集, 2P1-H6
- 2) 青木雅幸, 對馬一憲: “移動障害物の軌道の変化を考慮した移動障害物の位置の予測”, ロボティクス・メカトロニクス講演会'01 講演論文集, 1A1-B3