

# 人間と共に移動する生活支援ロボット —動作モードとインタラクション機能—

科技団, さきがけ研究 21 / 筑波大学 大矢晃久  
筑波大学 南雲陽介, 宗片 匠

## Intelligent Escort Robot Moving together with Human —Behavior Modes and Functions for Interaction—

PRESTO, JST / University of Tsukuba, Akihisa Ohya  
University of Tsukuba, Yousuke Nagumo and Takumi Munekata

**Abstract:** We are aiming to develop a robot supporting our daily life through its movement together with human. In this study, we pursue the true nature of intelligence needed for robots to interact with human. We describe three action modes (following, accompanying and guidance) of the robot and report on the functions for interaction with human in each mode.

### 1 はじめに

本研究では、人間と共に移動しながら人間の生活支援を行うロボットの開発を通して、人間の生活空間で働くロボットが人間とインタラクションする際に必要な賢さ（知能）について探求することを目的としている<sup>1)</sup>。ロボットが人間と共に移動するためには、第一に対象とする人間の位置を認識することが必要であり、これまでにそのための方法をいくつか開発してきた<sup>2)3)4)</sup>。第二に必要なことは、人間と共に移動するための走行アルゴリズムの開発である。ロボットが人間と共に移動する形態としては、追従、伴走、誘導という三つの動作モードが考えられる。本稿では、これら三つの動作モードにおける行動アルゴリズムと、人間とのインタラクションに関する機能の開発状況について報告する。

### 2 追従モード

ロボットは、障害物等との衝突を未然に防ぐためにも、人間の通った軌跡上を追従走行することが望ましい<sup>5)</sup>。この考え方に基づく手法として、ロボットの追従行動には筆者らによる先行ロボットへの追従動作法<sup>6)</sup>を用いている。ロボットは、人間の通過した位置を一定距離間隔で履歴として記録する。この通過履歴を順次読み込み、その点を通過するように経路を決定する（図1）。また、ロボットの現在位置と人間の間にある通過履歴の数により、ロボットの速度を決定する。このようにして、ロボットは人間の通った軌跡とほぼ同じ経路上を、人間との間隔を一定に保つように走行し、結果として追従動作が実現される<sup>2)</sup>。人間の位置検出法として赤外線発光標識を用いた方式を利用し、屋内で人間追従実験を行ったときの様子を図2に示す。

追従走行の実験を繰り返し行った結果、先行する人間

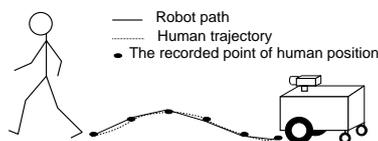


Fig. 1: Determination of the path for human following.



Fig. 2: Experiment on the human following behavior.

にとって、ロボットが正しく追従してきているかどうか非常に不安になることがわかった。そこで、追従走行時における人間とロボットのインタラクションとして、ロボットが人間の位置を認識し、追従走行しているかどうかを人間に知らせることについて検討した。ここでは、ロボットによる人間の位置認識状態を、音を用いて伝えることとした。音を用いたのは、先行する人間が後ろを振り返らずに認知可能であることと、音の大きさがロボットまでの大まかな距離も認識可能であることが理由である。ただし、音を利用した場合、状況によってはうっとうしく感じられる可能性もあるため、必要最小限で、しかも十分効果のある情報伝達を行わなければならない。そこで、ここでは以下の4種類の場合を比較検討することとした。

1. 音を出さない
2. 人間の位置を検出できているときに音を出す
3. 人間を見失ったときに音を出す
4. その両方のときにそれぞれ異なる音を出す

現在、これについて実験により検証中である。一方で、ロボットに繋げた紐を手を持って歩くと、非常に安心であるという実験結果も得られている。これは、紐がたるんでいる状態であれば、ロボットが正しくついてきていることを認識可能であるためと思われる。今後、これと音による方法との比較も行っていく予定である。

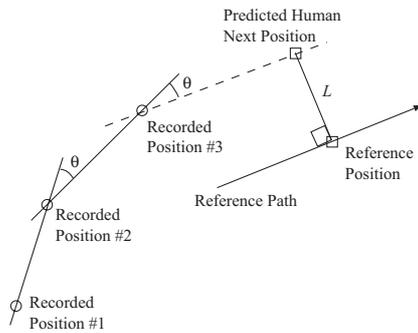


Fig. 3: Prediction of the human next position and calculation of the reference path for the accompanying behavior.



Fig. 4: Experiment on the accompanying behavior.

### 3 伴走モード

ロボットが人間に伴走するとき、人間に遅れずに走行するには人間の将来行動を予測する必要がある。そこで、ロボットは人間位置を順次記録し、その情報から人間が次の時間にいる位置と速度を推定する<sup>7)</sup>。人間が現在と同じ加速度、角速度で歩くと仮定すると、次の時間における人間の位置は図3に示すように近似計算が可能である。人間の将来位置を推定したら、ロボットが次の時間にいるべき参照位置と経路を計算する。走行経路は、推定した人間の経路と平行で一定距離 $L$ だけ離れた直線とし、走行速度はロボットが次の時間までに参照位置に到達できるように設定する。この処理を繰り返すことにより、ロボットは人間の横を並んで走行可能となる。屋内で人間との伴走実験を行ったときの様子を図4に示す。

障害物が存在する場合には、人間とロボットのインタラクティブな行動が必要となる。ロボットにとって環境は未知であるので、ロボットの前方に障害物がある場合、ロボットは人間のいる方向へ回避するのが良い。仮に人間のいない方へと回避したとすると、回避した先が行き止まりであったり、道が分かれたまま離れていくかもしれない。障害物を回避した先で両者が合流できない可能性がある。また、ロボットが障害物を回避しようとして、人間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。ロボットが幅寄せするのに合わせて人間が走行すれば、スムーズに障害物を回避することができる。しかし、ロボットが距離を狭めているにもかかわらず、人間が走行経路を変更しないこともある。そのときは、そのままではロボットは障害物を回避することができないため、一旦停止して人間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。

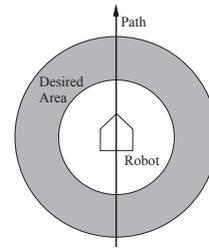


Fig. 5: Desired area of human for the guidance behavior.

### 4 誘導モード

人間を誘導する場合、ロボットは目的地までの自律ナビゲーションを行えばよい。ただし、人間が正しくついてきているかどうかのチェックを行い、それに応じて走行速度を変更する必要がある。人間を案内するロボットはこれまでも研究されているが<sup>8)</sup>、本研究では動作レベルでの人間とロボットのインタラクションを検討する。まず、誘導時に人間が存在して欲しい位置の領域を設定する。ここでは、ロボットからの距離がある範囲にあるようなドーナツ状の領域とした(図5)。この領域よりも人間が近くに存在する場合、ロボットは人間から離れる方向に回避する。人間が後方にいれば加速、前方にいれば減速し、左右にいる場合には人間と逆方向に走行経路を変更する。この領域よりも人間が遠くに存在する場合は、人間に近づくように走行する。人間が後方にいれば減速、前方なら加速、左右にいるなら人間に近づく方向に経路を変更する。今後考えるべき人間とのインタラクションとしては、以下のようなものが考えられる。

- 上記の走行で対応できない場合に人間に行動を依頼
- 待っても人間がついてきてくれない場合への対応
- 人間が経路をそれてしまった場合への対応
- 人間ごとに適した走行速度への自動的な適応

### 5 おわりに

本稿では、人間と共に移動するロボットの追従、伴走、誘導という三つの動作モードと、それぞれのモードにおける人間とのインタラクションに関係する機能の開発状況について報告するとともに、今後の展開について述べた。

#### 参考文献

- 1) 大矢: "人間と共に移動する生活支援ロボット", 計測自動制御学会学術講演会, 109A-2 (2001)
- 2) 南雲, 大矢: "発光器をガイドとした自律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, 2P1-H6 (2001)
- 3) 高畑, 大矢: "超音波トランスポンダによる特定目標物の位置検出", ロボティクスシンポジウム, 22A2, pp.275-278 (2002)
- 4) 宜保, 大矢: "全方位視覚センサとレーザ距離センサによる人間の位置トラッキング", 電気学会電子・情報・システム部門大会, MC3-22P2-I07, pp. 578-579 (2002)
- 5) M. Sato, K. Kosuge: "Handling of Object by Mobile Manipulator in Cooperation with Human Using Object Trajectory Following Method", IROS, pp.541-546 (2000)
- 6) 松本, 大矢, 油田: "GPSによる相対位置計測にもとづく複数自立移動体の屋外ナビゲーション", ロボティクス・メカトロニクス講演会, 1P2-40-049 (1999)
- 7) 宗片, 大矢: "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 -", ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2P1-K05 (2002)
- 8) S.Thurn, et al.: "MINERVA: A Second-Generation Museum Tour-Guide Robot", ICRA, pp.1999-2005 (1999)