

# 移動ロボットの衝突回避のための人間の移動予測アルゴリズム

## Prediction of Human Movement for Collision Avoidance of Mobile Robot

○ 濱崎 峻資 (東京大)      田村 雄介 (東京大)  
正 浅間 一 (東京大)

Shunsuke HAMASAKI, The University of Tokyo  
Yusuke TAMURA, The University of Tokyo  
Hajime ASAMA, The University of Tokyo

It is necessary to balance the safety and efficiency for operating mobile robots that can coexist with human. In this paper, we present a predictive algorithm of human movement locus. The algorithm predicts when and where human will be existing, based on the data about human movement until observation and the environmental data which observed by environmental sensors. We conducted the prediction experiment with real observed data, and proved that suggested algorithm can contribute to the balancing safety and efficiency of operating mobile robots.

**Key Words:** Mobile robot, Prediction of human movement, Collision Avoidance

### 1. 序論

人間と共存する環境におけるロボットの運用について、安全性と効率性の両立を実現するシステムが求められている。ロボットに搭載されたセンサのみで衝突回避を行うとすると<sup>1)</sup>、オクルージョンが発生する可能性がある全ての領域において、ロボットは安全を重視して動かなくてはならない。また、環境センサなどを用いて観測時点での障害物の情報を得ることで、オクルージョンによって生じた情報の欠落を補う手法も存在する<sup>2)</sup>。しかし、観測時点での情報だけで安全性と効率性を両立させることは難しい。ロボットが前もって将来の危険の有無を知ることができれば、危険の有無によって安全を重視した動きと効率を重視した動きを選択することができ、安全かつ効率的なロボットの運用につながると考えられる。そこで、本研究では安全かつ効率的なロボットの運用のための、人間の軌跡予測アルゴリズムの提案を目的とする。

### 2. 予測アルゴリズム

#### 2.1 予測アルゴリズムの前提

提案アルゴリズムにおいては、2つの前提を元に予測を行った。

前提1：観測データには誤差が存在する

前提2：人間の移動ベクトルは、短時間で大きく変化しない

#### 2.2 予測アルゴリズムの詳細

提案アルゴリズムの流れを図1に示す。

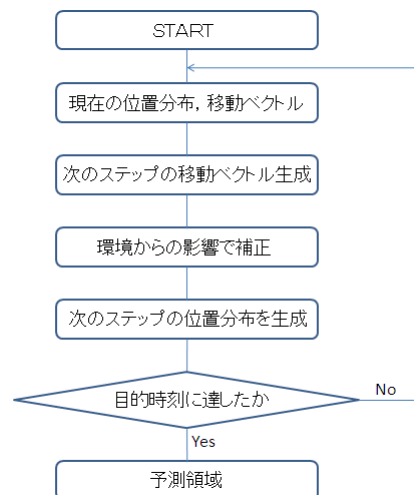


Fig1. Algorithm flowchart

まず、前提1に基づき測定誤差を考慮に入れるため、観測された値から人間の観測時点の推定位置としてパーティクルの分布を生成し、観測時点の移動ベクトルを抽出する。

さらに前提2より、ステップ  $m$  における移動ベクトルを、ステップ  $m-1$  での移動ベクトルを平均とした正規分布にしたがって生成する。ここでの1ステップとは環境センサの測定間隔とする。

また、環境からの影響を考慮に入れるため、パーティクルに対する壁からの斥力を想定する。パーティクルの周囲  $360^\circ$  を  $n$  領域に分割し、それぞれの方向について閾値  $d_0$  [m] 以内に存在する壁からの斥力  $F$  を受けるとする (図2)。この時、前方と後方の壁では影響が異なると考え、後方の壁からの力には定数  $s$  を積算する (前方では  $s=1$ )。

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^n F_i(x, y) = \sum_{i=1}^n \frac{\rho S}{d_i(x, y)} e_i \quad (1)$$

環境からの影響による補正を加えた移動ベクトルをステップ  $m$  での移動ベクトルとしてパーティクルを進行させる。これを目的時刻まで繰り返す、得られた予測パーティクルを中心に円を描き、予測される人間の存在領域（以下、予測領域）とする。人間の肩幅などを考慮に入れ、円の半径は 0.5[m] とした。

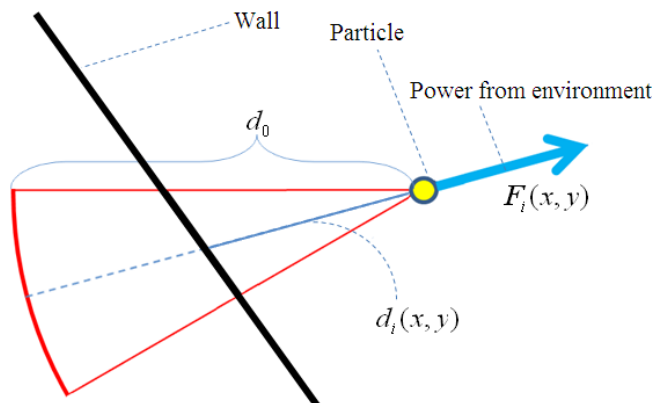


Fig2. Effect from environment

### 3. 検証実験

図3のようなT字路にて、2名の被験者について、測定間隔 0.025 秒のレーザレンジファインダを用いて左折 10 パターン 右折 10 パターン計 20 パターンの歩行データを得た。T字路に進入した時点をも  $t=0$  とし、 $t=2$  時点までの計測データから  $t=3, 4, 5, 6, 7$  時点の人間の位置を予測した。

まず、安全性について評価するため、的中率を評価した。図4に予測の的中率を示す。 $t=6$  の時点までは高い中率となっている。交差点に進入した時刻は平均して  $t=4.336$  であり、最も重要である交差点付近までは十分な精度で予測できていると評価できる。

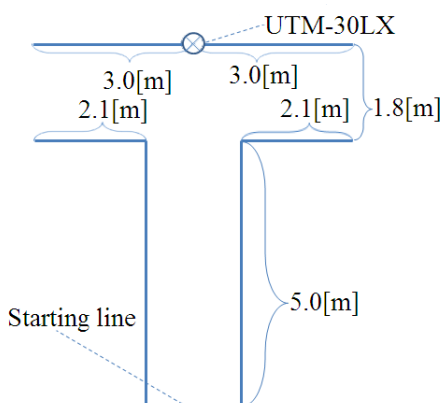


Fig3. Experiment environment

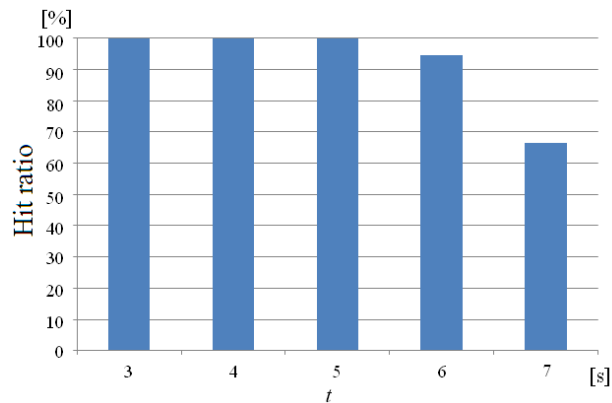


Fig4. Hit ratio

次に、効率性について評価するため、予測領域の面積について考察した。予測領域が狭いほど、将来ロボットが自由に動くことができる領域を広く把握することができる。比較対象として、人間の平均歩行速度に従って円を広げ、円の中を予測領域とする単純なモデルを考える。

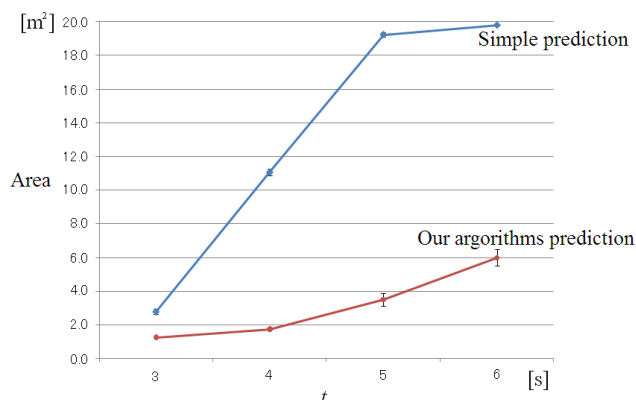


Fig5. Area comparison

図5により、提案アルゴリズムによる予測において予測領域は狭くなっており、ロボットが将来自由に動ける領域を広く確保できていることがわかる。このことから、本アルゴリズムはロボットの効率的な運用に寄与できているといえる。

### 4. 結論

環境センサによる観測データから人間の将来の軌跡を予測するアルゴリズムを提案し、ロボットの安全で効率的な運用につながることを示した。

#### 参考文献

- 1) 酒井龍雄 他, "病院内搬送用自律移動ロボットシステム". 松下電工技報, Vol.53, No.2, 2005, pp.63-67.
- 2) T.Sogo etc, "Mobile Robot Navigation by a Distributed Vision System", New Generation Computing, Vol.19, No.2, 2001, pp121-137.