

# 地図情報を用いたPF法による 車輪型自律移動ロボットのナビゲーション

## The Navigation for Autonomous Mobile Robot by Potential Function Method Using Map Information

○皆藤 紘\*、大久保重範\*

○Hiroshi Kaito\*, Shigenori Okubo\*

\*山形大学

\*Yamagata University

キーワード： 自律移動ロボット (Autonomous Mobile Robot)、ナビゲーション(Navigation)、ポテンシャル関数法 (Potential Function Method)、地図作成 (Mapping)、パーティクルフィルタ (Particle Filter)

連絡先： 〒992-8510 山形県米沢市城南4-3-16 山形大学 工学部 機械システム工学科 大久保研究室  
大久保重範、Tel.: (0238)26-3245, E-mail: sokubo@yz.yamagata-u.ac.jp

### 1. はじめに

我々はポテンシャル関数法(以下、PF法)を用いて重ね合わせる手法を取り入れ、ロボットの自律化を行ってきた。

PF法とは全てのモジュールに状況に応じて8方向に対して優先度を設定する。そしてセンサの情報から優先度を重ね合わせるにより、優先度の高い方向へとロボットを進ませる行動決定法である。

この行動決定法や実際に使用するセンサの情報やマップ情報を設定したシミュレーション上でナビゲーションを行った結果現在のプログラムでも問題なくナビゲーションを行えることが確認できた。しかし、環境によっては問題のある行動となることもある。その一例として、通路が袋小路になっている場合が挙げ

られる。PF法での行動決定は近距離、短時間での情報から決定するため複雑な通路での行き止まりに入ると抜け出せなくなるのである。このことを改善するためにロボットが行動している間の距離センサなどの情報から、地図を作製していき後から参照して長距離におけるセンサ情報を考慮に入れた行動を取ることが可能になると考えられる。本研究では、ポテンシャル関数法によりロボットに基本的な行動を取らせながら地図を作製していき、地図のデータを用いて行動の修正をして回避行動の向上を考察する。

### 2. ポテンシャル関数法

PF法とは、自律型移動ロボットを目的地まで到達させる際の移動行動の決定を行うため

の手法である。ロボットが複数種の違う役割のあるセンサを持つとき、それぞれのセンサ（モジュール）で決定された行動が異なる場合、どのような行動を決定するべきかという問題が発生する。そのような異なる行動決定を調整してロボットにできるだけ最適な行動をとらせることで効率よく目的地まで到達させる。

PF法は、全てのモジュールで全方向にその状況下での優先度を設定させ、各モジュールの優先度の合計を算出し、優先度の高い方向へとロボットを進ませる行動決定をとる。

### 3. 問題点と改善案

現在のナビゲーションでは、Fig.1のような場所でも一度抜け出したとしても、下方向に目的地がある場合、再度同じ場所に入って同じ行動を繰り返してしまい、そこから抜け出せなくなるというような問題が起こることがある。この問題を地図データを用いることで解決できないかを考えた。例えば地形部分を記憶することができていれば、地図から経路を設計することで、Fig.2のようにこの地形から脱出するような行動を取らせることができる。

今まではその場での行動決定の繰り返して目的地まで進んでいたため、近距離の情報だけで行動を決定していたが、地図データを用いることで中・長距離の情報を扱うことができるようになる。

### 4. 地図データの作成

地図はグリッドマップ形式とし各ピクセルに通路・壁・未検出の情報で地図データを表現する。

例えば、超音波センサを用いた例ではFig.3のようにセンサから計測された距離で円弧の

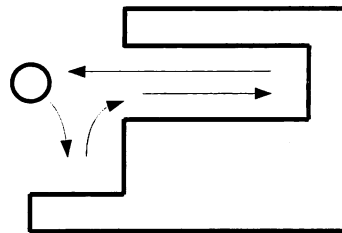


Fig. 1 抜け出せない通路

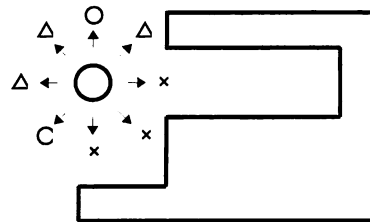


Fig. 2 地図データによる回避

三角形の部分が地図として更新される。超音波センサは検出角度を持っており、図の黒い部分のどこかに壁があるということになる。

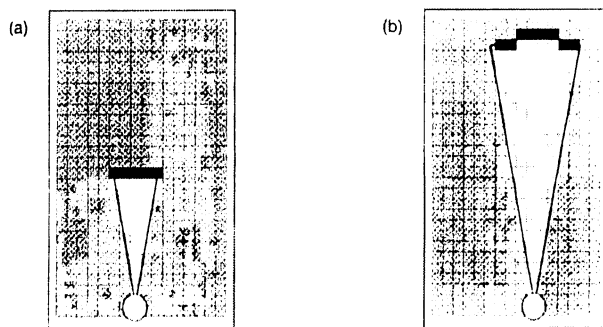


Fig. 3 超音波センサ測定結果

地図データの更新は、Fig4のように移動ごとにセンサによる計測データを追加していく。(e)では2つめの計測結果から重複部分が通路であると解釈されて更新されている。このような更新を繰り返していくと、Fig.5に示すような地図データが得られる。

地図内でのロボットの移動位置は、車輪の回転量から計算すると求められるが、車輪が滑ると正しい移動距離が求められず、位置を把握できなくなる。これでは地図を更新するたびに障害物が毎回違う位置に記録されてし

まうので、この位置の補正は、パーティクルフィルタというアルゴリズムを用いて解決しようと考えた。

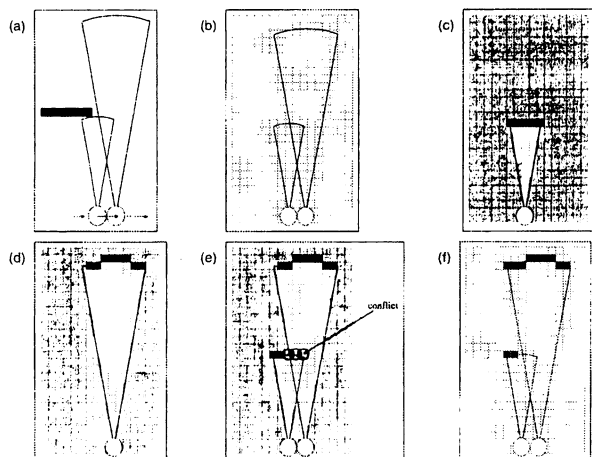


Fig. 4 地図データ更新

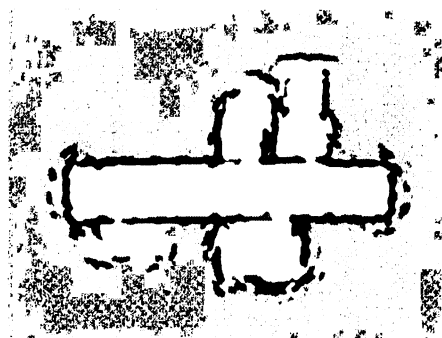


Fig. 5 地図データ作成

## 5. パーティクルフィルタ

### 5.1 アルゴリズム

パーティクルフィルタは、パーティクルと呼ばれる重要度つきの点 $X^{(i)}(i = 1, 2, \dots, N)$ を空間に散布し、その空間中の確率分布を近似する手法である。センサデータと比較したときに重要度の高いパーティクルは生き残り分裂し、重要度の低いパーティクルは消滅、を繰り返すことで、確率の高い空間にパーティクルが集まる。

アルゴリズムを以下に示す。また、アルゴリズムの概略図をFig.6に示す。

#### (i) 初期分布

各パーティクル $x_{0|0}^{(i)}(i = 1, \dots, N)$ について、初期値を設定する。

#### (ii) 予測

制御データ $v_t$ を用いて時刻 $t-1$ のときに、時刻 $t$ の各パーティクルの位置を予測する。

$$x_{t|t-1}^{(i)} = F(x_{t-1|t-1}^{(i)}, v_t) \quad (1)$$

#### (iii) 尤度計算

計測データ $y_t$ を用いて重要度 $w_t^{(i)}$ を計算する。

$$w_t^{(i)} = R(y_t | x_{t|t-1}^{(i)}) \quad (2)$$

#### (iv) リサンプリング

まず、重要度の総和 $W_t$ を計算しておく。

$$W_t = \sum_{i=1}^N w_t^{(i)} \quad (3)$$

$X_{t|t-1} = \{x_{t|t-1}^{(1)}, \dots, x_{t|t-1}^{(N)}\}$ の中から、 $N$ 個の $x_{t|t-1}^{(i)}$ を $\tilde{w}_t^{(i)} = \frac{w_t^{(i)}}{W_t}$ に比例する確率で重複構わず抽出し、新たに $X_{t|t} = \{x_{t|t}^{(1)}, \dots, x_{t|t}^{(N)}\}$ を生成する。

そして、各パーティクルの重要度を $w_t^{(i)} = 1$ で正規化する。

(ii)~(iv)を繰り返すことでパーティクルの更新を行なう。

### 5.2 パーティクルフィルタの効果

今回のPF法の行動を補正するためのシミュレーション実験では無いが、ある決まった地図のどこにいるかわからない状態から、移動しながら壁面までの距離を計測し続け、自己位置を推定するという問題において、以下のような条件でシミュレーションによる実験を

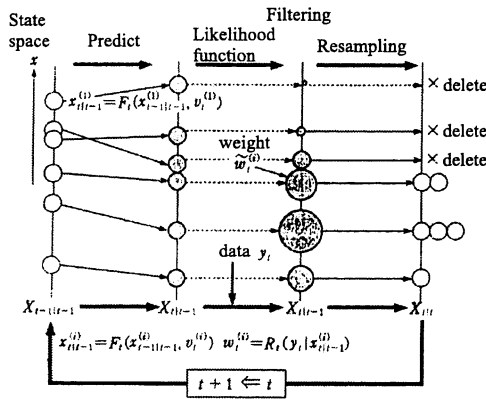


Fig. 6 パーティクルフィルタアルゴリズムの概略図

行い正しい自己位置を調べることができた。

- ・グリッドマップは640×360ピクセル
- ・パーティクルの初期値は重要度がある程度高い点をランダムに選択
- ・走行経路はプログラム側から操作
- ・パーティクル数は3000個

Fig.7のグラフは、分散するパーティクルの平均値と実際のロボットの位置との差を示している。ロボットの位置が一点に定まると、ロボットに追従して概ね正しい位置を把握することができていた。

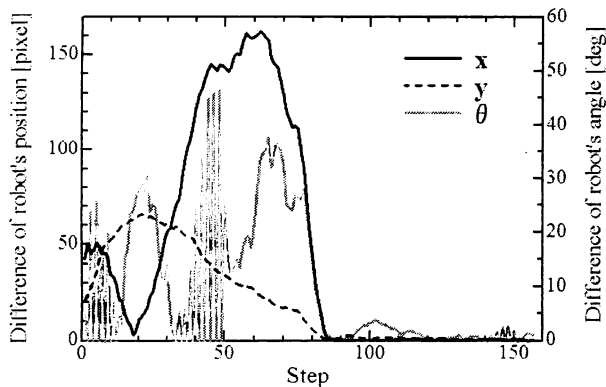


Fig. 7 パーティクル平均値と実際のロボット位置との差

## 6. 地図データからの行動決定

地図を作ったら、その地図データ内で経路を割り出して全方向に優先度を割り振り、PF法の1つのモジュールとして行動決定を補助するという形を考えている。

移動経路の作成については、考察中である。

## 7. おわりに

これらの地図作成、経路決定をシミュレーションで動作を確認し、その後、実機への適用を考えている。

## 参考文献

- 1) 及川一美, 土谷武士, 大久保重範: サブサンプリング・アーキテクチャのオブジェクト指向設計, 日本ロボット学会誌, Vol.23, No.6, pp.697-705, 2005.
- 2) 津崎亮一 and 吉田和夫: ファジィポテンシャル法に基づく全方位視覚を用いた自律移動ロボットの行動制御法, 21(6):656-662, 2003 Journal of Robotics and Mechatronics Vol.19 No.3, pp.298-307, 2007.
- 3) Sebastian Thrun, Wolfram Burgard, and Dieter Fox: 確率ロボティクス, 毎日コミュニケーションズ, 2007.