

# 移動ロボットのオドメトリ情報を利用した路面環境推定

ヒューマンメカトロニクスシステム学域 知的システム制御分野  
11889530 橋本敏広 (児島研究室)

## 1. はじめに

移動ロボットが自律的に作業をおこなうためには作業環境の地図を持っていることが望ましい。しかし、移動ロボットが事前に環境地図を持っていることは稀であり、通常、ロボット自身で認識する必要がある<sup>1),(2)</sup>

本研究では、路面環境に起因する系統的誤差に着目し、周囲の環境情報だけでなく走行路面の情報を地図に付加し、その地図を参照することで自己位置推定の精度向上などに有用な地図生成を目的とする。

## 2. 自己位置推定

本研究では、ICP(Iterative Closest Point)とオドメトリを併用して路面情報を取得する。オドメトリとは、車輪の回転量から初期位置に対して相対的に自己位置を推定する手法である。移動ロボットの左右の車輪速を  $v_r, v_l$ 、トレッド(車輪間隔)を  $d$  とする。移動ロボットの初期値を  $(x, y, \mu) = (0, 0, 0)$  とし、移動ロボットの位置を  $(x_{k+1}, y_{k+1}, \mu_{k+1})$  とすると、移動ロボットの自己位置・姿勢の変化は以下の式で表わせる。

### オドメトリ

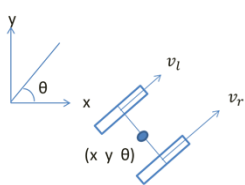


Fig. 1: 運動モデル

$$x_{k+1} = x_k + \frac{v_r + v_l}{2} \Delta t \cdot \cos \theta_k$$

$$y_{k+1} = y_k + \frac{v_r + v_l}{2} \Delta t \cdot \sin \theta_k$$

$$\theta_{k+1} = \theta_k + \frac{v_r - v_l}{d} \Delta t$$

移動ロボットの自己位置修正法としてICPアルゴリズムがある<sup>(3)</sup>。ICPアルゴリズムとは、外界センサに基づく自己位置修正法の一つであり、複数の距離画像間で重複して計測された部分を利用して、繰り返し計算により誤差関数を最小化する解を求める手法である。この手法では、通常、レーザースensaから取得されたデータに対し、ICPアルゴリズムを定式化し、DNQ (DualNumber Quaternions) 法により解くことで自己位置修正を行う。

### ICPのアルゴリズム

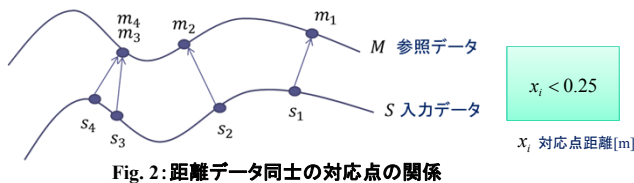


Fig. 2: 距離データ同士の対応点の関係

1. 最近傍探索を行い、対応点を探る。
2. 二つの点群間の動きである回転行列、平行移動ベクトルを計算する。
3. 入力データに対して回転・移動を適用する。
4. i - iii を繰り返し、収束した時点で計算を終了。

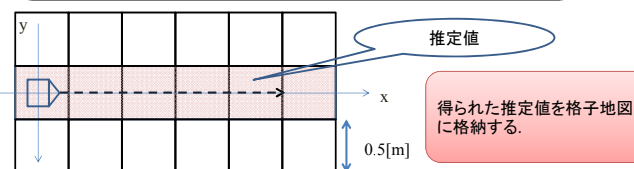
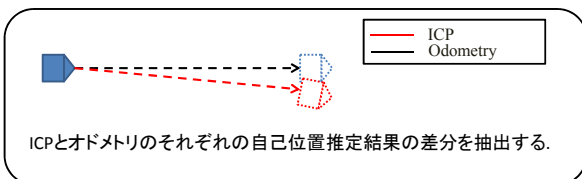
$$E(R, t) = \frac{1}{N_s} \sum_{i=1}^{N_s} \|R s_i + t - m_i\|^2$$

$m$  参照データ     $R$  回転行列     $N_s$  参照データ個数  
 $s$  入力データ     $t$  平行移動ベクトル

上記の最小二乗問題をDNQ法を用いて解くことにより、回転行列、平行移動ベクトルを求め、入力データに適用することでマッチングを行う。得られた回転行列と平行移動ベクトルにより自己位置を推定する。

## 3. 路面環境推定

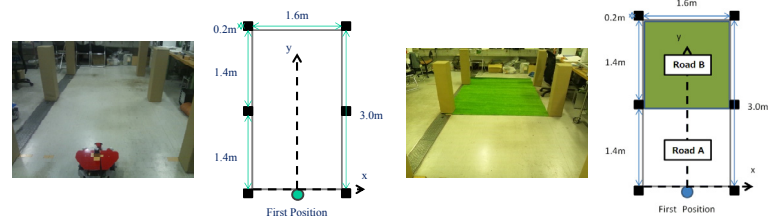
### 学習走行



### 学習走行手順

- 手順1. 初期位置から走行し、一定間隔毎に、ICPとオドメトリの自己位置推定の姿勢値の差分を抽出。
- 手順2. ICPにより得られた姿勢値を用いてオドメトリを再計算する。
- 手順3. 再計算したオドメトリとICPのx方向y方向成分の差分を抽出。

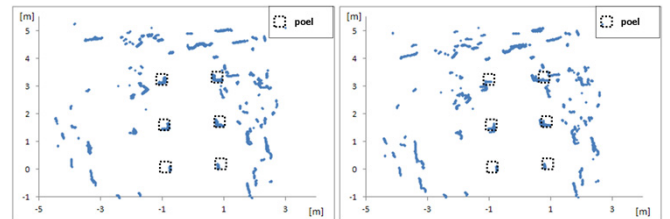
上記の実験手順にて、以下のレイアウトにおいて実験を行い、提案手法の有効性を検証する。



Case(a) 一樣な路面

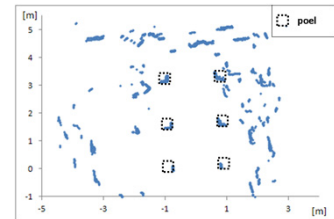
Case(b) 一樣な路面と芝生路面

Fig.3: 実験レイアウト



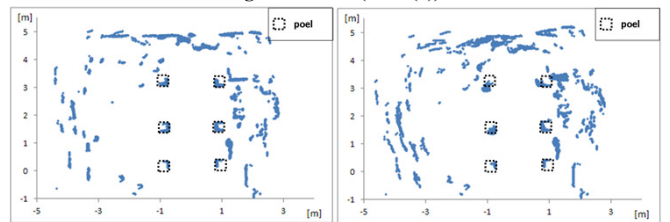
ICPによる点群地図Case(a)

オドメトリによる点群地図Case(a)



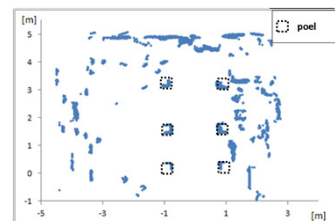
校正したオドメトリによる点群地図Case(a)

Fig.4: 実験結果(Case a)



ICPによる点群地図Case(b)

オドメトリによる点群地図Case(b)



校正したオドメトリによる点群地図Case(b)

Fig.5: 実験結果(Case (b))

## 4. おわりに

今後は、突発的誤差を考慮した路面環境推定手法の構築や、旋回時なども考慮した路面環境推定手法も検討していく予定である。

### 参考文献

- [1] 加賀美: ステレオカメラからのオンライン三次元SLAM, 日本ロボット学会誌, Vol.26, No.4, pp.310-313 (2008)
- [2] 三浦: 移動ロボットの環境認識と行動生成, 日本ロボット学会誌, Vol.26, No.4, pp.322-325 (2008)
- [3] M. W. Walker, L. Shao, and R. A. Volz: Estimating 3-D location parameters using dual number quaternions, CVGIP: Image Understanding, Vol.54, pp.358-367 (1991)