

# 手書き地図の直線情報の対応関係を活用した 屋内向け SLAM

○鈴木龍紀（中央大学） 池勇勳（JAIST） 梅田和昇（中央大学）

## 1. 序論

現在、自律ロボットによる人間の業務補助及び代替に注目が集まっている。特にコロナウイルス流行によって、この動きは今後も拡大することが予想される。このようなロボットにおいて SLAM (simultaneous localization and mapping) は必要不可欠であり、ジャイロオドメトリなどを用いた手法が普及している[1]。しかしこれらの手法は累積誤差の問題が挙げられる。これに対応すべく、事前情報を活用した手法が以前から盛んに行われている。森らは形状がおおむね一致している簡易地図を事前情報として活用し自己位置推定を行った[2]。しかし、スケールを明示的に与えているため、スケール不明な事前地図には対応していない。町中らは GoogleMap から得られた電子地図から、ロボットの軌道地図を生成し、自己位置推定を行った[3]。しかし、この手法で用いる軌道地図は高い精度が必要不可欠であり、作成に手間がかかる。

一方、手書き地図の準備は容易に可能である。そこで本研究では、スケールの不明な手書き地図を事前情報として活用した測域センサを用いた屋内向け SLAM による地図生成システムを提案する。

## 2. 提案手法

### 2.1 概要

提案手法の全体的なプロセスを図1に示す。まず手書き地図から壁の直線情報を抽出しておく。次に、オドメトリによるロボットの予測位置から、ロボットの測域センサを用いて観測した点群も同様に直線抽出を行い、観測点群と事前地図の対応関係が求まった場合のみ、回転成分の自己位置推定を行う。これら直線抽出には RANSAC (random sample consensus) を用いる。その後、スキャンマッチングに基づく並進方向の自己位置推定を行う。

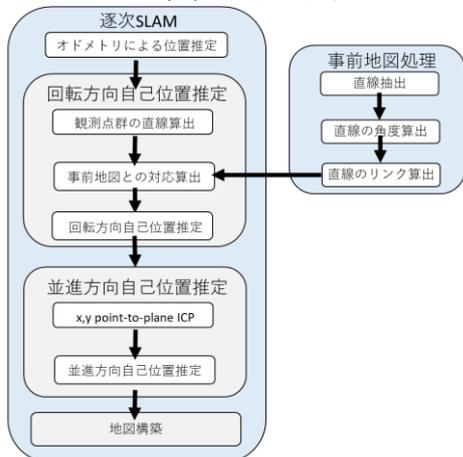


図1 手法概要

### 2.2 手書き地図と観測点群の対応算出

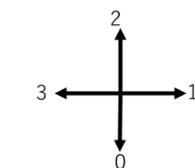
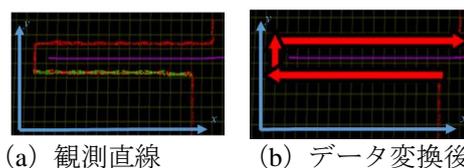
手書き地図と観測点群から抽出された直線は、それぞれ図2(c)のような数字でデータを管理する。観測点群から抽出された直線の中で、最も重心のy座標が小さい直線を始直線として、直線のリンク情報を基に観測直線すべてを図2(c)を用いて図2(b)に示す通り変換する。そして、次式のようなベクトルの差  $E$  を評価値として、対応を求める。

$$E = \sum_{i=1}^N (v_{s_i} - v_i) \quad (1)$$

$v$ : 直線データ番号

$N$ : 観測された直線の数

$s_i$ :  $i$  番目の観測直線との対応関係を探索される事前地図上の直線のインデックス



(c) データ管理方法

図2 対応関係の算出法

### 2.3 回転方向自己位置推定

次式のように、対応関係が求められた観測直線と手書き地図の角度の誤差を用いて回転方向の自己位置推定を行う。なお、本手法ではスケール不明な手書き地図を事前情報として活用し、事前情報から抽出する情報は、直線の傾きのみである。

$$\theta = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^M (\theta_{k_i} - \theta_i) \quad (2)$$

$\theta$ : 回転方向の修正量

$k_i$ :  $i$  番目の観測直線に対応する事前地図上の直線インデックス

$M$ : 対応が算出された直線の数

### 2.4 並進方向自己位置推定

回転方向の自己位置推定終了後、スキャンマッチングを用いて並進方向の自己位置推定を行う。本研究では point-to-plane ICP (iterative closest point) を用いる。この時、現在フレームでスキャンした点群 (以下、ソース点群) と

前のフレームでの既存スキャン点群 (以下, ターゲット点群) をマッチングする. なお, 本手法では並進成分ベクトルのみ point-to-plane ICP を用いて算出する.

$$E = \min \sum_{i=1}^R \left\| n^T (y_{u_i} - (x_i + t)) \right\|^2$$

$E$ : 距離の二乗和 (評価値)

$n$ : 法線ベクトル

$y$ : ソース点群の点

$x$ : ターゲット点群の点

$R$ : ソース点群の点の数 (繰り返し計算の試行回数)

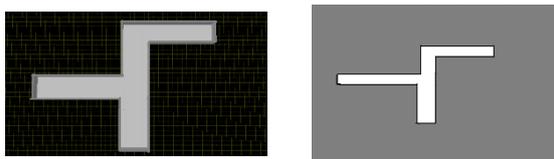
$u_i$ : ソース点群中の  $i$  番目の点に対応する参照スキャンデータ点

$t$ : 変換行列の並進成分ベクトル

### 3. 実験

本手法の検証のため図 3(a)に示すシミュレーション環境にて実験を行った. 手書き地図は, windows10 内蔵ソフト「ペイント」を使用して簡単に作成した. 本実験にて使用した手書き地図は図 3(b)に示す. センサは最大測定距離 30[m]の仮想 2 次元測域センサと仮想エンコーダを用いた. 仮想エンコーダの誤差は正規分布の乱数を用いて定義した. 実験では, 提案手法による SLAM の精度を, オドメトリと ICP による SLAM と比較して評価した.

図 4 と表 1 に示す結果より, 提案手法を用いた場合はロボット位置の誤差が低下している. また, 図 5 と表 2 に示す結果より, 手書き地図を事前地図として活用することで地図の点群の散らばりが減少していることが分かる.

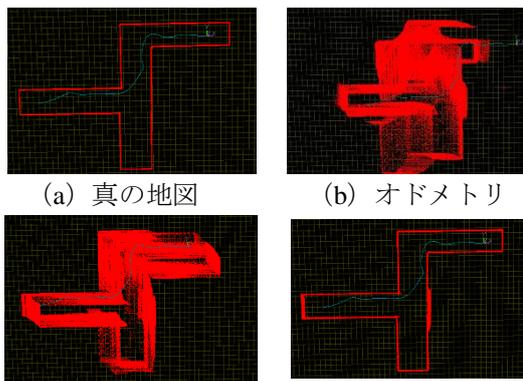


(a) シミュレーション環境 (b) 手書き地図

図 3 実験概要



図 4 各手法のロボット位置の誤差



(a) 真の地図 (b) オドメトリ  
(c) ICP (d) 提案手法  
図 5 各手法により生成された地図

表 1 各手法の地図の誤差[m]

手法	誤差 [m]
オドメトリ	6.157
ICP	2.72
提案手法	0.407

表 2 実験終了時の各手法のロボット誤差[m]

手法	誤差 [m]
オドメトリ	12.25
ICP	2.172
提案手法	0.437

### 4. 結論

本研究では, 事前地図の直線と観測直線の対応関係を算出し, 対応する事前地図直線の傾きを自己位置推定に用いる高精度な屋内向け SLAM を提案した. 現状では, 幾何学的に対応を求められない環境では本手法は活用できない. よって, 今後は事前地図に部屋番号などの追加情報を追加し, 観測情報との対応算出に応用することで, 手法の汎用性を広げる.

#### 参考文献

- [1] Nasser Houshangi, and Farouk Azizi: “Mobile Robot Position Determination Using Data Integration of Odometry and Gyroscope”, IEEE Automation Congress, pp. 24-26, 2006.
- [2] 森武俊, 栗原誠, 黒田藍子, 野口博史, 田中雅行, 福井類, 下坂正倫, 佐藤知正: “パーソナルモビリティのための簡易マップを手がかりとする自己位置同定と詳細マップの生成 (移動ロボットの自己位置推定と地図構築)”, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2011, 2011.
- [3] 町中希彰, 深橋遼太, 細田佑樹, 金馬誠郎, 黒田洋司: “ノード・エッジグラフに基づいた内界センサのみによる自己位置推定”, 第 23 回ロボティクスシンポジウム講演論文集, pp. 139-144, 2018.