

SLAM 空間でのレーザ距離センサーと全方位カメラによる人検出の統合

東原 智幸[†] 河端 悟[†] 田中 英俊[†] 木村 孝広[‡] 渥美 雅保[†]

創価大学大学院工学研究科情報システム工学専攻[†] 創価大学工学部情報システム工学科[‡]

1. はじめに

ロボットが人のいる環境でサービスを提供するには、人の位置を知ることが必要である。また、複数のセンサーを用いることで、人物の検出率の向上、検出範囲の拡大が期待できる。

図 1 は、SLAM を用いた移動ロボットのシステム構成である。システムは、ロボットデータ管理、地図管理、全方位・レーザによる人検出、人検出統合、目的地・経路管理で構成される。

本論文では、SLAM(地図管理)から得られた環境地図とレーザ距離センサー、全方位カメラによる人物位置検出の統合手法について述べる。

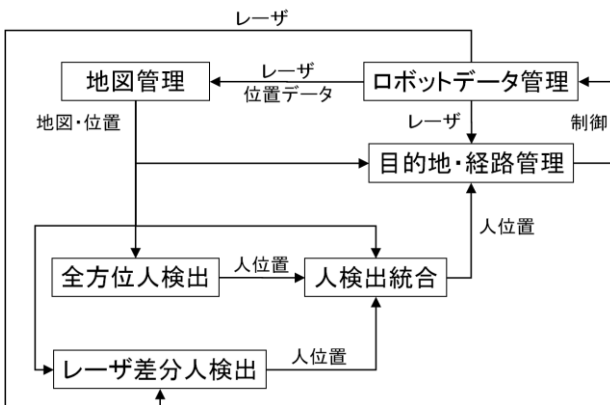


図 1 システム構成図

2. 人検出の統合

人検出は、各センサーにおける人検出、それぞれのセンサにて検出された結果を統合する人検出統合の2つの部分で構成される。センサは、レーザ距離センサーと全方位カメラを用い、各センサー毎に人検出を行う。検出結果には、人検出率を考慮した重みを付与する。

人検出統合では、レーザによる人位置データと全方位カメラ画像から検出した人位置データを利用し、パーティクルフィルタによって人の位置推定と追跡を行う。また、推定した人位置の信頼度は、各センサーによる人検出重み、推定位置と観測データの位置関係を利用して計算する。

2.1. レーザと地図情報を用いた移動体検出

実際のレーザ観測と占有格子地図から求めた観測の差分による移動体位置データを x -means 法

によりクラスタリングし、人の検出を行う。

人の位置から最も近い占有点までの距離を d_{occ} 、ロボット位置から観測点までの距離を d_{human} 、ロボット位置から最大観測点まで距離を d_{max} 、レーザにて人を検出可能な最大距離を d_{laser} とすると、重み w_{laser} は以下の式で計算する。

$$w_{laser} = \begin{cases} 0.1 & d_{occ} \leq 0.3 \\ 0.23 & d_{human} > d_{laser} \\ (d_{max} - d_{human})/5.9 & others \end{cases}$$

上記式では、ロボットの位置によって差分誤差の起こりやすい占有点付近は、重みを小さくすることで、人の誤検出を避ける。また、レーザ観測では、人が近くにいるほど、観測点が増えるので、人を検出しやすい。よって、ロボットと人位置の距離が近いほど重みを大きく設定する。

2.2. 全方位カメラによる人検出

全方位カメラによる人検出は、Real Adaboost を用いて行う [2]。パノラマ画像から占有格子地図上の座標への変換は、ピクセルと地図上の距離対応表を用いて行う。

検出結果への重みは、Real Adaboost の強識別器 $H(x) (= \sum h_m(x) - \theta) > 0$ の値を正規化した値を付与する。 θ は、識別器が人であると判断する閾値、 th はその最大値として、重み w_{omni} は、以下の式で計算される。

$$w_{omni} = \begin{cases} H(x)/th & H(x) \leq th \\ 1.0 & H(x) > th \end{cases}$$

上記式では、強識別器 $H(x)$ の値が閾値 th から正方向に離れているほど、人として検出されやすいことを示している。

2.3. 人検出統合

人検出統合では、パーティクルフィルタを用いて、各センサーにより観測された人位置を用いて以下の手順で人位置推定、追跡 [1] を行う。

- (1) 重み付き人位置観測データの取得
- (2) 動作モデルによるパーティクルの移動
- (3) 観測モデルによるパーティクルの重み更新
- (4) リサンプリング
- (5) 人 ID なしパーティクルのクラスタリング

人 ID の付与されておらず、重みが閾値以上パーティクルが、一定数以上のとき、クラスタリングを行い人 ID 付与する。

People Detection in a SLAM-based Mobile Robot using Laser Range Finder and Omni-directional Camera.

[†]Tomoyuki Higashihara, Satoru Kawabata, Hidetoshi Tanaka, Masayasu Atsumi @ Information Systems Science major, Graduate School of Engineering, Soka University. [‡]Takahiro Kimura @ Department of Information Systems Engineering, Faculty of Engineering, Soka University.

- (6) 人 ID の取り消し
人 ID の付与されたパーティクルの分散がある閾値以上のとき、人 ID を取り消す。
- (7) 人位置信頼度の計算
人 ID の付与されたパーティクルの中心を求め人位置の推定値とする。推定位置から半径 r 以内にある観測集合の重み和を信頼度とし、重み閾値 w_{th} 以上のものを検出結果とする。
- (8) パーティクルの再散布
人 ID の付与されていないパーティクルの一部を再散布する。
- (9) 人位置推定結果の出力
信頼度がある閾値以上の人位置推定結果を出力する。

3. 実験

実験は、廊下(約 10m×2.5m)で行い、あらかじめ SLAM により作成した格子地図(図 2)を用いて人検出統合、各センサーでの人検出実験を行う。提案手法以外の、各センサーを用いた人検出では、パーティクル尤度の平均を求め、検出結果の重みとした。△は、ロボットの位置と方向を示し、図 2 では 90° 方向を向いている。

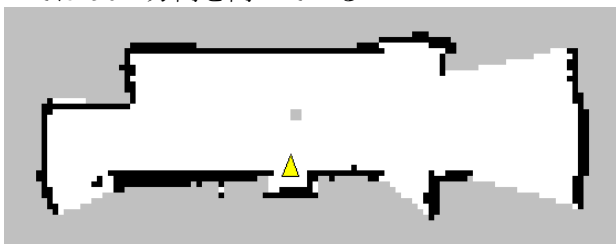


図 2 廊下地図

3.1. 実験 1

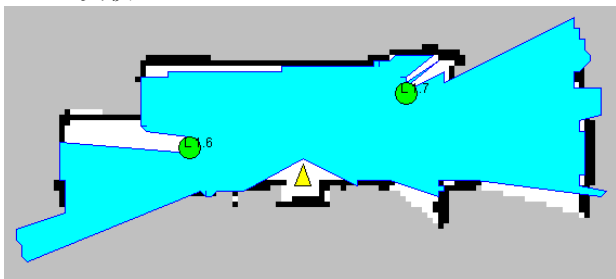


図 3 検出例

実験 1 では、ロボット位置を固定し、直立状態の 2 人の人検出を行った。図 3 は、人検出の様子を表しており、検出された人の位置が丸で示されている。

図 4 は、重み閾値 w_{th} を 0.1~0.7 まで 0.1 刻みで設定し、閾値以上の検出の中から人推定位置と実際の人の位置が半径 0.3m 以内を正解とした場合の精度 P と再現度 R のグラフである。この環境においては、提案手法とレーザ単体による検出が精度、再現度ともに高い結果が得られている。

3.2. 実験 2

実験 2 は、ロボットは固定のもとで 8 人の人物を 1m 程度距離をとって、廊下に配置し、実験 1 と同様に精度 P と再現度 R を求めた。この環境では、レーザ、提案手法ともに再現度が下がっている。区切られた空間の中に、人がたくさんいることで、観測が近くになってしまい 2 人いるのに 1 人として検出してしまうことが原因として上げられる。

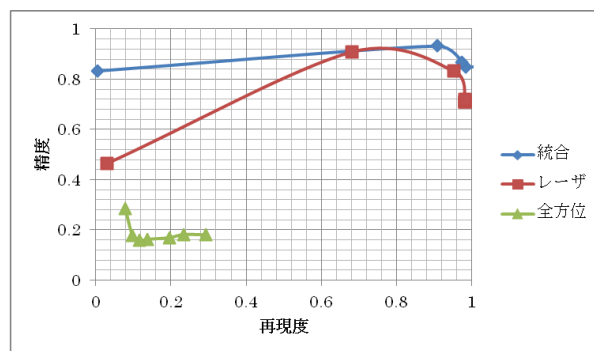


図 4 2人環境(正解半径を 0.3m 以内)

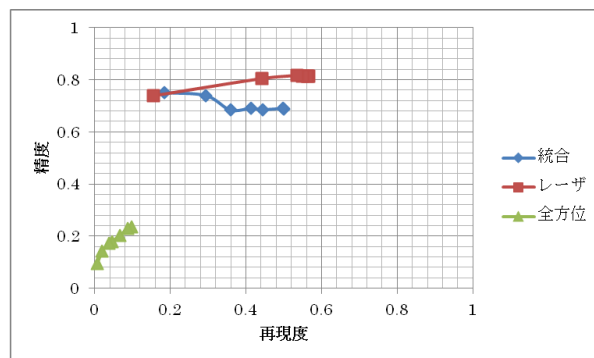


図 5 8人環境(正解半径を 0.3m 以内)

4. まとめ

2つのセンサーにより人検出を統合する手法を提案し、実験を行った。2人環境では、提案手法において、高い精度と再現度が得られた。全方位の検出では、検出率が2つの環境ともに著しく悪かった。今後の課題としては、検出した情報を利用し、全方位による検出速度、検出率の向上、ロボットを移動させた際の検出率の確認、全方位カメラによる検出向上があげられる。

参考文献

- [1] 河端, 東原, 渥美 : LRF 搭載ロボットのパーティクルフィルタに基づく複数人物位置推定, 1080-1083, SI2011.
- [2] 田中, 東原, 河端, 木村, 渥美 : SLAM 空間での全方位カメラ搭載ロボットによる人検出, 第 74 回全国大会, 2012.