

SLAM空間での全方位カメラ搭載ロボットによる人位置推定

田中 英俊[†] 東原 智幸[†] 河端 悟[†] 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

移動ロボットが人にサービスを提供するためには、与えられた空間内でのサービス対象の人の位置が分かっている必要がある。

本論文では SLAM[1]により得られた環境地図のもとで全方位カメラからの画像により人の位置を推定する問題を取り扱う。

人検出に使用する特徴に HOG 特徴[2]を使用し検出のための学習を RealAdaBoost[3]によって行う。与えられた環境地図と自己位置を用いることで、全方位カメラで撮影した画像からの人物の検出範囲を制限することにより、地図上でのより正確な人物の位置を推定する。

全方位カメラを固定して検出を行った場合と、移動ロボットに搭載して検出を行った場合での精度を確認することを通じて提案手法の有用性を確かめる。

2 システム構成

システム構成を図1に示す。

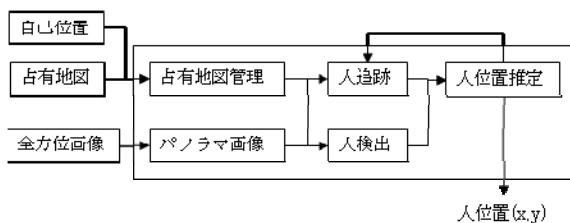


図1：システムモデル

占有地図管理では、自己位置から各角度方向の占有状態の計算を行う。このため、自己位置からの各角度方向への各距離の点とパノラマ画像のピクセルとの対応表を利用する。そして、この対応表を用いて、自己位置からの最も近い占有点をパノラマ画像上で求める。

人検出では、パノラマ画像から人物を囲む矩形を抽出し、その矩形の下辺の中心の地点を求め、その地点がロボットから最も近い占有点より近いか遠いかの判断を行い、占有点より近いものを人

検出の結果とする。

人追跡では、前の入力フレームの検出領域の周辺で人検出を行う。

人位置推定では、人検出と人追跡の結果から地図上での人の位置を求める。

3 パノラマ画像と占有地図との対応付け

ロボットの移動する環境の地図は SLAM により作成する。この作成された地図を本システムでは占有地図として用いる。この地図と推定されたロボットの自己位置を受け取り、カメラの位置を中心として全方位 360 度をパノラマ画像の横幅に合わせて 480 の方向に分割したパノラマ画像上の点 (r, θ) を、式(1)、(2)により占有地図上の点 (X, Y) に対応付ける。

$$X = x_R + r * \cos(\theta_R - \theta) \quad (1)$$

$$Y = y_R + r * \sin(\theta_R - \theta) \quad (2)$$

ここで、 (r, θ) はパノラマ画像上の点の対応表から求める距離と角度、 (x_R, y_R, θ_R) は自己位置である。座標 (X, Y) が占有点であるか否かによりパノラマ画像に占有地図の占有状態に対応付ける。

4 人物検出・追跡に基づく人位置推定

4.1 人検出

パノラマ画像上に写っている人物を検出するために HOG 特徴を用いた RealAdaBoost により人物画像特徴の学習を行い、人検出器を作成する。

検出は、画像フレームを複数の大きさの矩形でスキャンし、矩形の下辺の中心の地点がロボットから最も近い占有点より近い場合に、その矩形内の特徴を計算し、RealAdaBoost 人検出器で人か否かを判定することにより行う。人検出器の出力が閾値を超えた場合にその矩形に人物の全身が写っていると判断し、その矩形領域を検出結果として保存する。カメラに近い人物ほど画像内の領域を大きく占有し画像の下側に写ることから、指定した矩形の縦幅の倍になるまで画像の上から検索する。

4.2 人追跡

前の画像で検出された対象を再び検出するために、検出した人物領域の地図上の位置から現在の地図上の位置を推定し、そしてそれを用いてパノラマ画像上の位置を求めて、その地点を

People Localization in a SLAM-based Mobile Robot with Omni-directional Camera.

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

[‡]Takahiro Kimura @ Department of Information Systems Engineering, Faculty of Engineering, Soka University.

中心として矩形を移動させ検出を行う。ロボットの移動に伴い人物までの距離が変化していることを想定して、検出の矩形の大きさを前時点の検出時の矩形パターンから小さく 2 パターン、大きく 2 パターンの合計 5 パターンに変化させて検出を行う。

人検出・追跡で複数の矩形が重なる場合には、パノラマ画像上の人物は重なって存在しないもしくは最も手前の人物のみを検出することを想定しているため、それら矩形を統合して 1 つの矩形とする。

4.3 人位置推定

人検出・追跡の結果から人が存在すると思われる地図上の地点を推定する。検出された矩形の下辺の中心の地点をその人物の足と床の設置地点とし、その地点から対応表を用いて地図上の座標を求める。

5 実験

SLAM により作成した占有地図の制約のもとの全方位カメラ画像からの人検出性能の評価のために、次の 3 つの実験を行った：

- (1) 全方位カメラ画像から抽出した人物と背景の画像を用いて学習した人物検出器の性能評価実験、
- (2) 全方位カメラを固定して検出を行った場合の占有地図を用いることの人検出性能への効果の評価実験、
- (3) 全方位カメラを移動ロボットに搭載して検出を行った場合の人検出性能評価実験、

5.1 人検出器の評価結果

人検出器の評価を行うために、人物が映った全方位動画から全身人画像と背景画像をほぼ同数、合計およそ 24,000 枚抽出し、それらの半分を用いて人検出器を学習し残りの半分を用いて評価を行う 2 分割交差実験を行った。

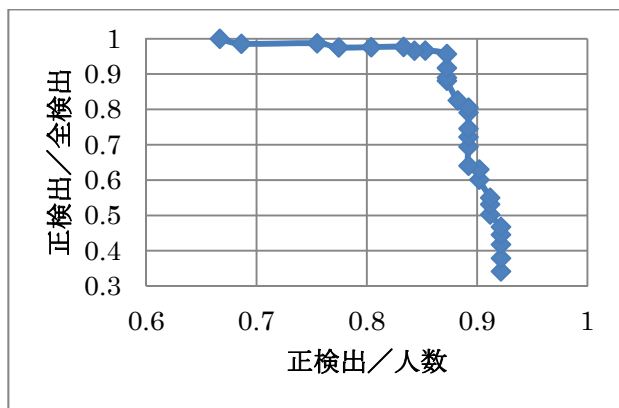


図 2：人検出器の性能評価

図 2 に RealAdaBoost の閾値を変えたときの精

度 (Precision) と再現度 (Recall) を示す。閾値が 22 のときに最も良い性能が得られることが確かめられた。

5.2 占有地図を用いることの評価結果

SLAM により学習した占有地図空間の 1 点に全方位カメラを固定して、実験 5.1 で作成した人検出器を用いて、人は移動しないという制約のもとで人検出を行った実験結果を表 1 に示す。ただし、ここでは人検出器の閾値を 20 に設定した。

	精度	再現度
占有地図あり	0.820	0.686
占有地図なし	0.766	0.686

表 1：人検出における占有地図ありなしの比較

占有地図の利用により全方位カメラから最も近い障害物までの距離の間に存在する足が床についている人物領域を検出することが可能になる。この結果から、占有地図を用いることの精度における効果が確かめられた。

5.3 移動ロボット搭載全方位カメラの評価結果

SLAM により学習した占有地図空間を自己位置推定しながら移動する移動ロボットに搭載した全方位カメラを用いた人検出の実験結果を表 3 に示す。移動に伴う性能の低下が確認された。

	精度	再現度
移動カメラ	0.640	0.630
固定カメラ	0.820	0.686

表 2：移動カメラと固定カメラの性能の比較

6 むすび

移動ロボットが、SLAM により作成した環境地図のもとで、自己位置推定をしながら搭載した全方位カメラで人物位置推定をする方法について提案し、実験により現状におけるその性能を評価した。今後、人検出器の性能向上、及びロボットが移動を行っている際の性能の向上が課題である。

参考文献

- [1]木村, 他: レーザレンジデータおよびデプスデータを用いたパーティクルフィルタによる3次元 SLAM, 情報処理学会第74回全国大会, 2012.
- [2] N.Dalal and B.Triggs: Histograms of Oriented Gradients for Human Detection, IEEE Computer Vision and Pattern Recognition, 886-893, 2005.
- [3] R. E. Schapire and Y. Singer: Improved Boosting Algorithms Using Confidence-rated Predictions, Machine Learning, No. 37, pp. 297-336, 1999.