

事前マップを用いた屋内位置推定の 前後センサ画像比較による精度向上

高橋 和太郎[†] 高橋 淳二[‡] 戸辺 義人[†]

青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科[†]

鹿児島大学大学院理工学研究科機械工学専攻[‡]

1. はじめに

近年、スマートフォンを始めとしたモバイル型コンピュータが多く開発され広く普及してきている。それと同時にこれらの端末を用いた自己位置を利用したサービスが多く提供されている。多く利用されているものとして GPS (Global Positioning System) があるが、これは屋内では電波が届かず正確な位置推定ができない。屋内位置推定では Wi-Fi Fingerprint を用いた手法や SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) があるが、これらはインフラや高価なセンサを用いているので設置や作成コストが多くかかる。これらの問題を解決するために我々はすでに Universal Map (UMap) という画像を用いた低演算低コストの位置推定インフラを開発した[1]。しかし UMap の問題として類似度の高い構造環境では全く違う位置推定がなされてしまうことがある。そこで本論文では、前後センサ画像比較することにより時間的整合性の取れた位置推定手法を提案する。本論文では、システムの設計、実装、評価結果について述べる。

2. 関連研究

位置推定において推定結果が異なるという問題はあり、それを解決する研究は行われてきた。

和田らはレーザレンジスキャナと Wi-Fi Fingerprint を用いた位置推定手法を提案しており、従来の Wi-Fi Fingerprint の位置推定手法よりも精度向上を実現した[2]。

また Grisetti らはロボットのオドメトリなどのセンサ情報を用いてロボットの存在位置を確率的に絞り込み位置推定をする Graph-Based SLAM という手法を提案している[3]。本研究では Graph-Based SLAM の理論を参考にし、時間的整合性の取れた位置推定を可能にする。

3. 設計

3.1 Universal Map (UMap)

UMap とは線分をランドマークとした事前マップを用いた位置推定インフラであり、類似度計

算ベースのマップ画像郡データベース探索手法を取っている。事前マップを用いているため SLAM のような地図構築を行わないので低演算と言える。またこれはサーバクライアント方式であり、処理はすべてサーバで行なっており、クライアントはカメラ撮影のみを行なっているため、低コストとなる。

3.2 提案手法の概要

UMap では時間的考慮の位置推定を行うことができず、類似度の高い構造環境では違った位置推定をすることがある。そこで UMap で使われていた入力センサ画像の特徴点比較をすることにより確率的に存在位置を絞り込む。その後、もっとも誤差の小さい推定箇所から前後に位置推定範囲を限定し、再度位置推定を行い、時間的整合性の取れた位置推定を行う。

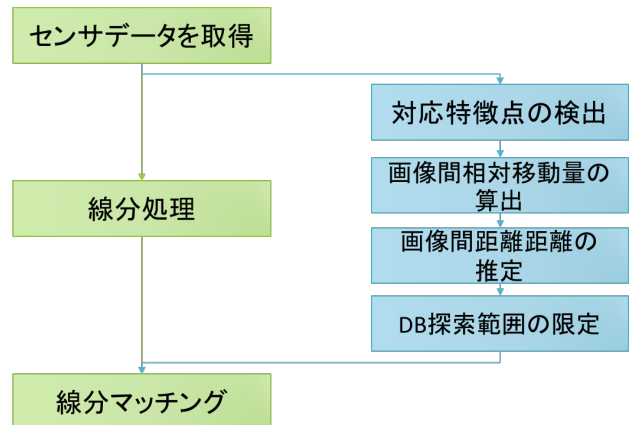


図 1. 本提案手法の処理

3.3 移動距離の推定

移動距離の推定にはセンサ画像とレーザ距離計で測定したカメラと壁までの距離を用いる。推定手法を図 2 に示した。図 2 の太線が壁、壁にある点が共通の特徴点、 θ は壁からの回転方向である。連続したセンサ画像には互いに共通して写る特徴点が存在する。その特徴点がカメラ中心からどのくらい移動したかによってロボットの相対移動量を算出する。また壁までの距離が

わかることによりロボットの実際の移動距離 m_N , m_{N+1} を推定することができる。

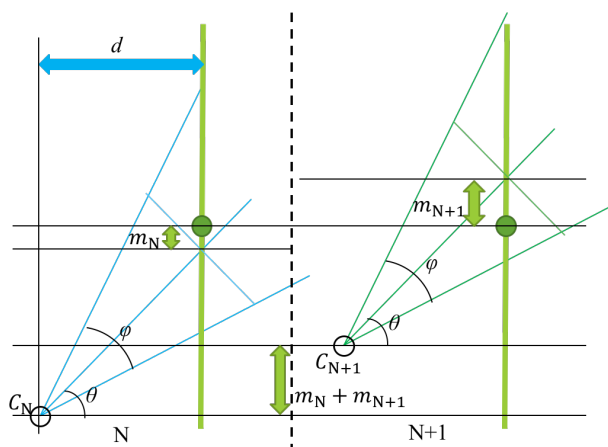


図 2. 移動距離の推定

3.4 位置推定範囲の絞り込み

位置推定範囲の絞り込みは前後センサ画像比較によって得られた推定移動距離に推定誤差を考慮した値を用いる。また再度行う位置推定の基準の位置の選択には UMap における自己評価関数(1)を用いる。A()は非ゼロピクセル数, DB_i は i 番目のデータベース画像, SEN は入力線分画像, LC は DB_i と SEN の論理積を表している。

$$A(LC)/(A(DB_i) + A(SEN) - A(LC)) \quad (1)$$

4. 評価実験

4.1 実験環境

青山学院大学相模原キャンパス O 棟 5 階廊下にて実験を行なった。データベースとして O 棟 5 階の CAD データから二次元画像を生成した。生成範囲は、東側廊下端を原点とおく。 $0.0 < x < 90.0$ m, $-1.5 < y < 4$ m, $z = 1.14$ m とし, x 軸方向は 0.10 m 刻み, y 軸方向は 0.20 m 刻み, z 軸方向は固定とした。また各視点座標において, 注視点の水平方向を $45 < \theta < 315$ deg の範囲で 90 deg ずつ回転させた画像を生成し, 全 36032 枚のデータベースを用いた。入力データセット作成では, キャスターの上に三脚でスマートフォンを固定し, 移動しながら 50 枚撮影した。また撮影の際レーザー距離計を用いて撮影位置の真値を測定した。スマートフォンは Xperia X Performance を使い, 画像のファイルフォーマットは JPG とし画像サイズは 1200×720 px, 画角は 72×48 deg である。

4.2 結果

従来手法では最大で 76.11 m の誤差となった。これは実験環境が UMap の問題であげた類似度の

高い構造環境であるためと考えられる。一方で提案手法では最大でも 1.42 m の誤差まで小さくすることができた。これにより提案手法により従来手法よりも位置推定精度が向上したことが示された。また 図 3 が従来手法と提案手法における誤差の累積確率分布を見ても精度が上がったことがわかる。

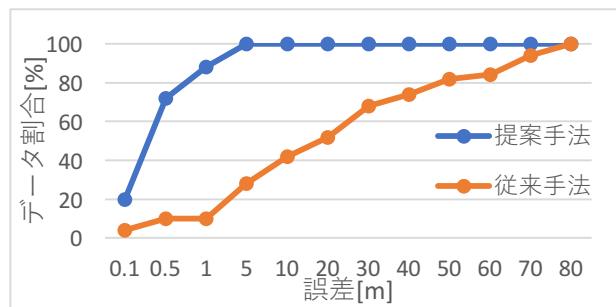


図 3. 従来手法と提案手法の誤差の比較

5. むすび

本論文では、前後センサ画像比較によってロボットの移動距離を推定することで位置推定範囲を限定し、位置推定を行うシステムを提案した。本システムを用いることで従来よりも位置推定精度が向上したことが示された。しかし、1.5 m の誤差というのは決して小さい誤差ではない。この誤差の原因として位置の絞り込みの際に共通する対応点がうまく取れていない、廊下の掲示物によって実際の壁までの距離が正しく推定できていなかったことが考えられる。またその誤差を持ちつつ次の推定をしていたので誤差が蓄積していったことも考えられる。この解決案として再度位置推定する際の基準となる位置を複数に分けることが1つ挙げられる。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 16K21339 とセコム科学技術振興財団の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 徳永悠希,高橋淳二,兼子朋也,花見唯,戸辺義人: 線分マッチングに基づく位置推定アルゴリズム GPU 並列演算による高速化, 研究報告モバイルコンピューティングとパーベイシブシステム(MBL), vol. 21 no. 2017-MBL-82, pp.1-8, 2017.
- 2) 和田悠佑,山口 弘純,東野輝夫:レーザーレンジスキャナと Wi-Fi Fingerprint を併用した歩行者の位置推定手法の提案,モバイルコンピューティングとコビキタス通信研究会 2013.
- 3) G. Grisetti, R. Kümmerle, C. Stachniss and W. Burgard:A Tutorial on Graph-Based SLAM, Vol. 2, No. 4, pp. 31–43 2010.