

類似画像検索とSLAMの同時利用による歩行者位置推定の頑健性向上

山崎 康平[†] 穴戸 英彦^{††} 北原 格[†] 亀田 能成[†]

[†] 筑波大学 大学院 システム情報工学研究科 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

^{††} 筑波大学 計算科学研究センター 〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

E-mail: [†]yamasaki.kohei@image.iit.tsukuba.ac.jp, ^{††}shishido@ccs.tsukuba.ac.jp,

^{†††}{kitahara,kameda}@iit.tsukuba.ac.jp

あらまし 歩行者へのナビゲーションには頑健な位置推定手法が必須である。特に視覚障がい者向けのナビゲーションにおいては、歩行したいと思う範囲において利用場所を問わずに利用できる頑健性の高い手法が求められる。我々は視覚障がい者の外出では経路を予め決めておくという前提 [1] を利用し、利用場所を問わない手法としてカメラを用いた位置推定に取り組んでいる。類似画像検索手法と SLAM 手法による自己位置推定手法の 2 手法を組み合わせることで、自己位置推定手法の頑健性の向上を目指す。本稿では、2 手法で頑健性の調査を行った結果を示し、2 手法を組み合わせることで頑健性の向上が見込めることを確かめた。

キーワード 自己位置推定, 視覚障がい者, ナビゲーション, RealSense, 経路

1. はじめに

歩行者へのナビゲーションシステムには利用者の頑健な位置推定手法が必須である。特に視覚障がい者向けのナビゲーションにおいては、歩行したいと思う範囲において利用場所を問わずに利用できる頑健性の高い手法が求められる。自己位置推定の手法として GPS が挙げられるが、地下や屋内などでは自己位置推定ができない。他にも RFID(Radio Frequency Identifier) タグを用いる手法、Wi-Fi の信号強度を用いる手法などが存在するが利用範囲に限られる。

我々は視覚障がい者の外出では経路を予め決めておくという前提 [1] を利用し、利用場所を問わない手法としてカメラを用いた位置推定に取り組んでいる。晴眼者が利用する一般的なナビゲーションシステムの場合、ナビゲーションの途中で利用者の位置推定情報に欠損があったり、それにより曲がり道で別の方向への誤誘導が発生したとしても、視覚情報などをもとに利用者自ら間違いに気づき修正することが可能である。しかし、視覚障がい者を対象としたナビゲーションの場合、提示情報から利用者自身で修正を行うことが難しいと考えられる。視覚障がい者を対象としたナビゲーションでは晴眼者を対象としたものに比べてより頑健性が求められる。頑健性を向上させるための一つの方法が、利用者の位置推定情報の欠損を少なくすることである。

本稿では、視覚障がい者が歩行したいと思う範囲において利用場所を問わず利用できる自己位置推定手法 2 つについて実験を行いそれぞれの手法の頑健性を調査する。本稿では、経路が既知であることを利用した事前撮影映像との類似画像検索による手法（以下、類似画像検索手法）と、SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) による手法（以下、SLAM 手法）

を用いる。2 手法について頑健性の調査を行い、2 手法を組み合わせることで頑健性の向上が見込めることを実験から確認する。

2. 関連研究

歩行者ナビゲーションにおいて自己位置推定は重要な基礎技術である。GPS を用いれば屋外ではある程度の精度で位置推定情報を取得できる。一方で、屋内では途切れ途切れになりうるし、地下ではそもそも位置推定情報が取得できないことがある。視覚障がい者の歩行したいと思う範囲として屋内での利用も考慮する必要があることから、GPS ベースの手法だけでは頑健性を確保できるとは言えない。

屋内で頑健性の高い自己位置推定が可能な手法として RFID を用いる手法 [2]、Wi-Fi の信号強度を用いる手法 [3] などがある。歩行したいと思う範囲すべてで利用可能にするためには、RFID タグをその範囲に設置して回る必要があり、コストが高くなる。Wi-Fi の信号強度を用いる手法では、ホットスポットやアクセスポイントから信号が届く範囲での利用に限られる。これらの手法は信号が届く範囲では高い頑健性を達成できるが範囲外では機能しないため、視覚障がい者が歩行したいと思う範囲すべてに適用できるとは言い難い。

屋内外を問わず利用できる手法として、我々がこれまで類似画像検索手法 [4] を提案してきた。この手法は、経路上で撮影した 1 枚の画像のみから、予め定めた経路内での位置を推定することができる。ただし、その位置推定精度は限定的である。

屋内外を問わず利用できる別の手法として、カメラを用いて自己位置推定と地図作成を同時に行う Visual SLAM についての研究がすすめられている。SLAM ベースの手法の位置推定精度は、歩行者の位置推定に十分であることが多い。例とし

て複数のマップを用いた ORB SLAM の研究がある [5]。ORB SLAM では、位置推定情報が一度欠損した場合、新しいマップの作成を行いループクロージャが発生した時点で複数のマップをマージして位置推定能力を回復する。このとき、回復までに多少時間がかかることになる。我々は位置推定情報の欠損を少なくし頑健性を保つことを目的としていることから、このように位置推定情報が欠損してしまうことは問題となる。

事前撮影映像を用いることでナビゲーションを行っている研究の一つに Visual SLAM を用いて視覚障がい者向けの支援ロボットの自己位置推定を行う研究がある [6]。こうした手法が、歩行時に撮影した映像に適用可能かどうか、特に屋内外の実験的な経路での性能評価が待たれているところである。

3. 自己位置推定手法

本稿では、類似画像検索手法と、SLAM 手法のそれぞれで同じ経路の撮影を行い自己位置推定の頑健性の検証を行う。

3.1 類似画像検索手法

事前撮影映像を用いた類似画像検索による自己位置推定手法は釜坂らの手法 [4] を用いる。この手法では事前撮影された映像を数フレームごとに分割し画像集合からデータベースを作成する。事前撮影映像と同じ経路を辿り、実時間で撮影されている映像フレームの SIFT キーとデータベースに保存されている画像の SIFT キーとの一致率を利用しデータベースから参照画像を選択することで位置推定を行う。この手法では映像フレームから取得できる SIFT キー数が少ないフレームでは位置推定情報が欠損しやすい。

3.2 SLAM 手法

カメラを用いる Visual SLAM は撮影された映像をもとに画像の特徴量などの情報を求めることでカメラの位置推定と撮影環境の 3 次元地図の作成を同時に行う手法である。本稿での実験ではカメラデバイスとして Intel®RealSense™Camera ZR300 [7] を用いる。ZR300 には RGB カメラ、魚眼カメラ、加速度計、ジャイロスコップ、およびデプスカメラが搭載されている。利用する SLAM には ZR300 が利用できる RealSense SLAM を用いる。RealSense SLAM ではセンサ情報を利用することで視覚慣性 SLAM を実現している。我々の予備調査によれば、実際に提供されているライブラリによる実装では、太陽光の影響を受けやすく、輝度変化が激しくなる場面の周辺フレームで位置推定情報が欠損しやすい。

4. 実験

経路の事前撮影を行い、釜坂らの手法 [4] を用いて類似画像検索を行うためのデータベースを作成する。別日に事前撮影と同じ経路の撮影を行う。撮影結果から SLAM による位置推定と釜坂らの手法 [4] による位置推定の結果を算出し、2 手法の組み合わせることの有効性を検証する。

検証は筑波大学敷地内で行い、実際の外出を想定して屋内外両方の移動を含む経路を撮影した。撮影映像の一部を図 1 に示す。実験には 3.2 節で述べた Intel®RealSense™Camera

表 1: 位置情報取得フレーム

	類似画像検索手法	SLAM 手法	2 手法の組み合わせ
位置情報取得フレーム数	8717	10113	10341
位置情報欠損フレーム数	1649	254	26
総フレーム数	10367	10367	10367
位置情報取得率	0.841	0.976	0.99749



(a) 700 フレーム



(b) 3600 フレーム



(c) 6000 フレーム



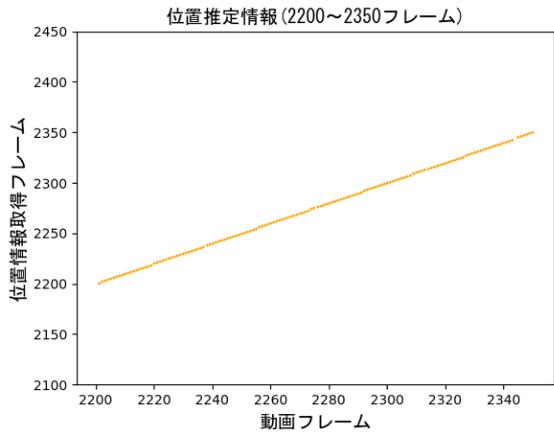
(d) 9000 フレーム

図 1: 撮影映像

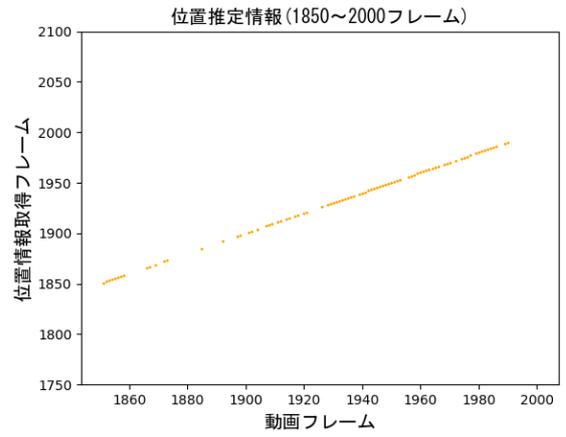
ZR300 を用いた。釜坂らの手法 [4] に用いる動画は搭載されている RGB カメラで 30fps、動画サイズ 640x480 で撮影を行った。撮影に使用した PC は iiyama STYLE, OS:Ubuntu 16.04 LTS, CPU:Corei7-8550U, RAM:16GB である。

4.1 実験結果

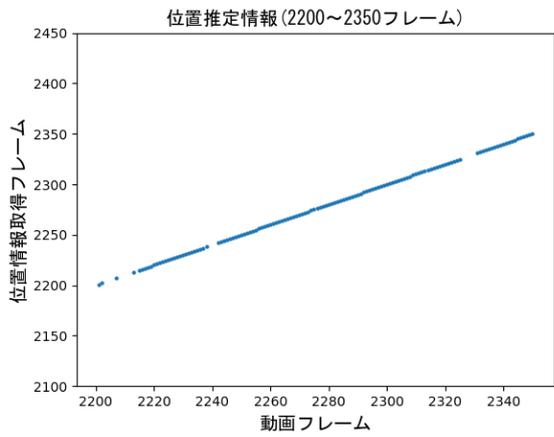
実際に位置推定に用いた動画の総フレーム数、類似画像検索手法 (3.1 節の手法)、SLAM 手法 (3.2 節の手法) で実際に位置推定情報が取得できたフレーム数を表 1 に示す。動画の合計時間は 10367 フレーム (約 345.57 秒) であった。結果からわかるように SLAM 手法で大半のフレームにおいて位置推定情報を取得することができた。しかし、位置情報欠損フレーム数が 254 フレーム (約 8.47 秒) 存在している。欠損しているフレームが連続数百フレーム中に 1,2 フレームほどであればそれほど問題はないと考えられるが、位置情報欠損フレームが連続する状況が今回の実験で確認された。一例として 2200~2350 フレームの位置推定情報を図 2(b) に示す。ここでは 2200~2240 フレームにおいて SLAM 手法で位置情報の欠損が見られている。同一区間において、類似画像検索手法では図 2(a) に示すように位置情報が取得できている。2 手法を組み合わせることで、図 2(c) に示すように SLAM 手法で位置情報の欠損があるフレームについて、類似検索画像手法がその欠損を補うことができている。



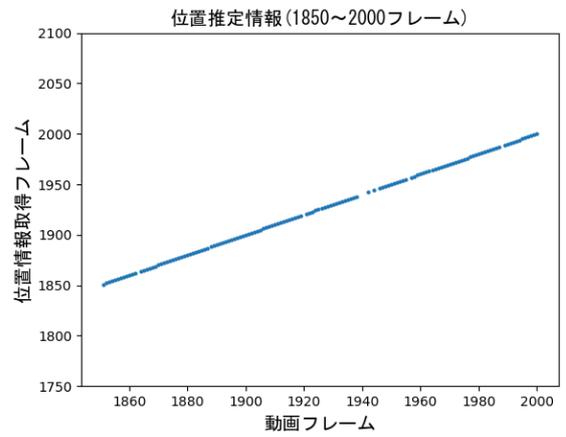
(a) 類似画像検索手法



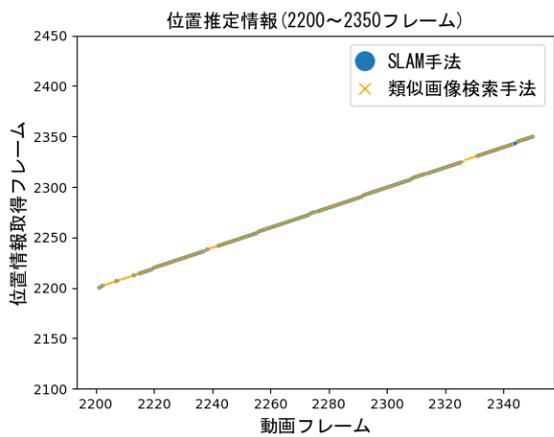
(a) 類似画像検索手法



(b) SLAM 手法

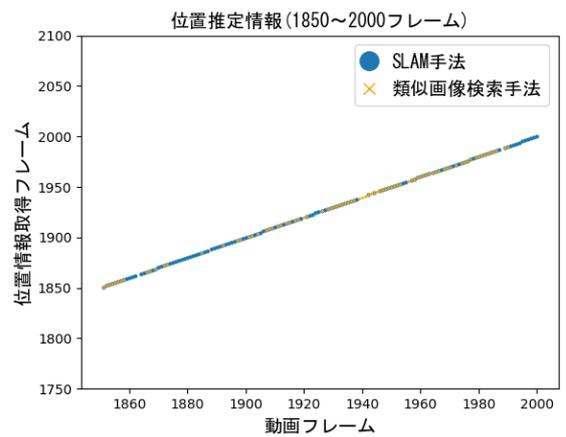


(b) SLAM 手法



(c) 2 手法の組み合わせ

図 2: SLAM 手法の欠損フレームの補間可能性



(c) 2 手法の組み合わせ

図 3: 類似画像検索手法の欠損フレームの補間可能性



図 4: 位置情報が欠損しているパターンのフレームの一部

また、類似画像検索手法で位置情報が欠損している例を図 3 に示す。特に 1850~1930 フレームにおいて位置情報の欠損がみられるが、同フレームにおいて SLAM 手法では位置情報が取得できているため図 3(c) に示すように補間が可能である。

先に示した 2 手法の位置情報が欠損している状況のうち、2204 フレームと 1860 フレームの画像を図 4(a), (b) に示す。今回の実験において位置情報の欠損が連続するフレームが発生しやすい状況として、SLAM 手法では屋内から屋外、屋外から屋内の移動時があげられる (図 4(c))。また、図 4(a) にも示したような屋内でも太陽光が差し込むような渡り廊下、屋外においても建物の影のような暗い場所から太陽光が差し込む場所 (図 4(d)) への移動時も位置情報が欠損しやすい。これは輝度の変化が激しいことが要因であると考えられ、特に天候が晴れの場合などでは顕著に現れやすい。類似画像検索手法では大学内の廊下、図 4(b) に示したように特に白壁が続く場所や自動ドアの付近 (図 4(e), (f)) において位置情報の欠損が連続して発生しやすい傾向があった。これは SIFT 特徴量の取得数が少なくなりやすい状況であることが要因であると考えられる。

5. おわりに

本稿では、SLAM 手法と類似画像検索手法という 2 つの自己位置推定について頑健性の調査を行い、この 2 手法を組み合わせることで頑健性の向上が見込めることを実験から確認した。

今後は、提案する手法を組み合わせることで実際に位置推定を行っていくときには、2 手法で同時に位置推定情報が得られたときの精度の良い統合方法を考えていく必要がある。実際に 2 手法を実時間で実行できるような機構を作成し、この問題に取り組んでいく予定である。

本研究の一部は科研費 17H01773 の助成を受けた。ここに謝意を表す。

文 献

- [1] 本間昭信, “日常的な生活空間における視覚障がい者の空間認知”, 地理学評論 Ser. A, vol. 73, no. 11, pp.802-816, 2000.
- [2] Hahnel D., Burgard W., Fox D., Fishkin K., Philipose M., “Mapping and Localization with RFID Technology”, IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.1015-1020, 2004.
- [3] Biswas J., Veloso M. M., “WiFi Localization and Navigation for Autonomous Indoor Mobile Robots”, IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.4379-4384, 2010
- [4] 釜坂一步, 北原格, 亀田能成, 大田友一, “経路上の歩行者位置推定に適した事前撮影映像からのデータベース生成”, 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 115, no. 494, pp.19-24, 2016.
- [5] Daoud H. A., Sabri A. Q. M., Loo C. K., Mansoor A. M., “SLAMM: Visual monocular SLAM with Continuous Mapping Using Multiple Maps”, PLOS ONE: accelerating the publication of peer-reviewed science, April 27, 2018., <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0195878> (最終閲覧日: 平成 30 年 12 月 13 日)
- [6] Nguyen Q., Vu H., Nguyen Q., Hamme D. V., Veelaert P., Philips W., “A Visual SLAM System on Mobile Robot Supporting Localization Services to Visually Impaired People”, European Conference on Computer Vision, pp.716-729, September 6, 2014.
- [7] “Intel®RealSense™Camera ZR300 | Intel®Software”, Intel®Software Developer Zone, <https://software.intel.com/en-us/realsense/zr300>