

動的物体推定と RGB-D・IMU 制約の 密結合によるオドメトリ推定

SATテクノロジー・ショーケース2026

■ はじめに

ロボットは様々なセンサを用いて周囲の環境を正しく理解し、その上で自分がどこに位置しているのかを正確に、かつ継続的に知る必要がある。この技術はSimultaneous Localization and Mapping(SLAM)と呼ばれ、ロボット分野において近年広く普及している。しかしながら、多くのSLAM技術は周囲の環境が静的であると仮定するため、歩行者などの動的な物体が存在する環境では、正しく位置推定を行うことが困難となる。このような環境に対し、センサデータから動的な情報を取り除き、残った静的な情報のみを用いて位置推定を行う手法が提案されている。しかし、これらは周囲に動的物体が多数存在するような過度に動的な環境では、残される静的物体に関する情報が極めて少なくなるため、精度と頑健性が低下してしまう。本研究では、深度カメラとIMUセンサを用いた動的環境に頑健な自己位置推定手法を開発した。提案手法は、周囲に存在する物体を3次元楕円体として表現し、姿勢、形状、速度を推定することで動的物体の検出、追跡を行い、深度データから該当の領域を除去する。また、物体観測とその運動推定、静的な深度データのマッチング、IMUセンサ情報を同時に最適化することで、動的情報を単に除去するのではなく、位置推定の手がかりとして活用する。

■ 活動内容

1. システム概要

本システムは、深度カメラとIMUセンサを用いて得られるRGB画像、深度点群、慣性情報を入力として、センサと周囲物体の状態を同時に推定する。最適化により得られた物体情報は、地図データとして保持することで継続的に追跡する。本システムは、まずRGB画像に対しYOLOv11を用いて物体領域を検出し、深度点群と照合することで周囲物体の大まかな3次元位置、形状、画像特徴量を得る。これらを、地図データ中の物体情報と対応付け、一定以上の推定速度を持つ物体と対応付いた場合、その観測物体を動的と判定し、深度点群から当該領域を除去する。その後、物体観測制約、物体運動制約、深度点群のマッチング制約、慣性情報制約で構成される目的関数を最小化し、センサと周囲物体の状態を推定する。

2. 実験と評価

深度カメラとしてMicrosoft AzureKinectを用い、廊下、階段、室内の3種類の環境にて実験および評価を行った。特に廊下シーケンスでは、廊下を一周する間に2~4人の歩行者が常にセンサ視界に入り続ける。全長の異なる廊下

(hw1: 120m, hw2: 100m, hw3: 130m)で実験を行った。

図1に、廊下シーケンスhw1における推定軌跡の図を添付する。本研究では、最先端の3D LiDAR SLAM手法¹、物体情報をランドマークとするSLAM手法^{2,3}、動的環境に対処するSLAM手法^{4,5,6}との比較を行った。図より、比較手法に比べ、提案手法が高精度に自己位置を推定できていることがわかる。また、図2は、提案手法の物体推定と深度点群から動的領域を除去する様子である。前方の歩行者が静止している場合には物体除去は行われず、移動している際には適切に当該領域を除去していることから、提案手法が周囲物体速度を正しく推定し、動的物体の情報を除去できることが確認できた。



図 1 各手法における軌跡推定結果

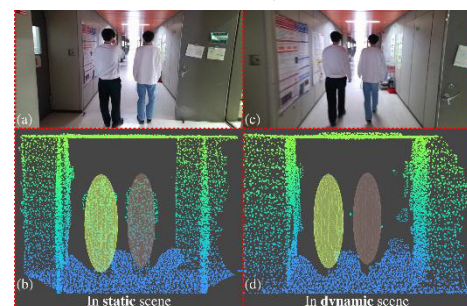


図 2 提案手法による物体推定および動的物体除去の様子

■ 関連情報等(特許関係、施設)

参考文献

- 1) K. Koide, et al., *Robotics and Autonomous Systems*, Vol.179, 2024
- 2) L. Nicholson, et al., *IEEE Robotics and Automation Letters*, Vol. 4, 2019
- 3) Y. Wang, et al., *IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, 2024
- 4) T. Dang, et al., *IEEE/RSJ IROS*, 2024
- 5) C. Yu, et al, *IEEE/RSJ IROS*, 2018
- 6) S. Song, et al., *IEEE Robotics and Automation Letters*, Vol .7, 2022

代表発表者 島田 豊蔵(しまだ とよぞう)
所 属 豊橋技術科学大学大学院 工学研究科
情報・知能工学専攻
産業技術総合研究所
インテリジェントシステム研究部門
スマートモビリティ研究グループ

問合せ先 〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町字雲雀ヶ丘 1-1
Email: toyozo.shimada@aist.go.jp

■キーワード: (1) 自律移動ロボット
(2) SLAM

■共同研究者: 小出 健司 (産業技術総合研究所)
高野 瀬碧輝 (産業技術総合研究所)
大石 修士 (産業技術総合研究所)
横塚 将志 (産業技術総合研究所)
三浦 純 (豊橋技術科学大学)