

非 GNSS 環境における LiDAR-SLAM 退化に対応する船舶軌跡補正 Trajectory Rectification of Water-borne LiDAR-SLAM Degeneration in Non-GNSS Environment

木邨直人 中川雅史 清水悦郎 久保信明
Naoto Kimura¹ Masafumi Nakagawa¹ Etsuro Shimizu² Nobuaki Kubo²

芝浦工業大学 東京海洋大学
¹ Shibaura institute of technology ² Tokyo University of Marine Science and Technology

1. はじめに

自律航行型船舶の研究事例として多い上空視界の良い海上での自律航行や、港湾での自動着桟などにおいては、良好な衛星測位データを取得でき、計測精度は衛星測位精度に大きく依存する。一方で、都市の中小河川では構造物が密集しており、衛星測位環境が劣悪なため、安定的に自己位置姿勢を推定することが容易ではない。また非衛星測位において水上航行する場合は、ホイールオドメトリなどの位置姿勢を補完するセンサが利用できない。そのため、マルチパス対応などの衛星測位機能向上のほか、屋内外シームレス測位技術も加えた、衛星測位環境に冗長な移動軌跡推定手法が必要である。そこで Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) に着目し、PPP-RTK 測位と LiDAR-SLAM の組み合わせを主とする手法を検討してきている。この検討の中で、PPP-RTK 測位と LiDAR-SLAM 間の測位モード切替えの有効性を確認しているとともに、非衛星測位区間における蓄積誤差の解消方法を課題として整理している。また逐次 SLAM の蓄積誤差を調整する一般的な手法として、ループ閉じこみによる方法が挙げられる。一方で、河川計測においては、都内河川でループ形成ができるところが数 km 以上の路線長となるため、処理時間が増大する課題がある。また、形成したループ内で SLAM 退化が生じた場合は、点群全体の歪みの修正が不十分となる。そこで本研究では、非衛星測位区間における、ループ閉じこみに依存しない逐次 SLAM の蓄積誤差調整方法に着眼し、特に SLAM 退化に対応するポーズ調整法を提案する。

2. 手法

基本処理となる屋内外シームレス測位は、衛星測位と LiDAR-SLAM の組み合わせとし、衛星測位による測位モード判定、スキャンマッチング、測位結果出力で構成される。本研究の提案処理は、スキャンマッチングと測位結果出力（最終軌跡推定）の間にある機能である（図 1）。

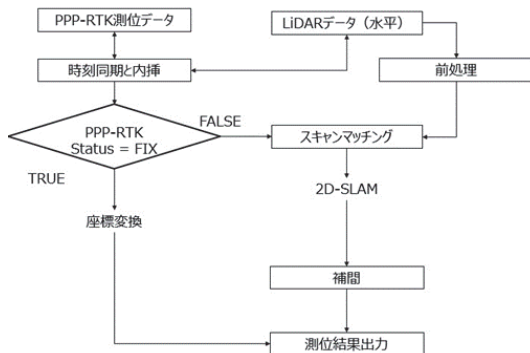


図 1. 提案手法

3. 実験

日本橋川を実験対象区間とし、豊海橋から、日本橋、水道橋を往復する経路を設定した（図 2）。2022 年 11 月 14 日に計測実施した。電池推進船らいちよう I に、水平スキャンのための LiDAR (VLP32C, Velodyne) と、斜めスキャンの LiDAR (VLP16, Velodyne)、および、PPP-RTK 測位装置 (AsteRx4, CORE) を機装した。実験対象区間を 0.4~4km で航行し、計測データをラップトップ PC で記録し、処理には MATLAB (Intel Core-i7-1255U, 1.7GHz) を使用した。



図 2. 計測経路

4. 結果

本研究では、非衛星測位区間における、ループ閉じこみに依存しない逐次 SLAM の蓄積誤差調整方法に着眼し、特に SLAM 退化に対応するポーズ調整法を提案した。SLAM 退化で生じたマッチングエラーの解消において、任意の区間での航行をおおよその等速運動とみなす制約条件のもとで、実際の航行速度から推定した測位間隔を LiDAR-SLAM の推定結果と照合する手法により、SLAM 退化が生じている箇所の抽出とその解消を同時に行う処理の有効性を確認した（図 3）。



図 3. 統合点群結果