

# 都市河川における非 GNSS 測位区間の移動軌跡推定 Trajectory Estimation at Non-GNSS Positioning Sections in Urban Rivers

木邨直人 中川 雅史 久保 信明 清水悦郎  
Naoto Kimura<sup>1</sup> Masafumi Nakagawa<sup>1</sup> Nobuaki Kubo<sup>2</sup> Etsuro Shimizu<sup>2</sup>

芝浦工業大学<sup>1</sup> 東京海洋大学<sup>2</sup>  
Shibaura Institute of Technology<sup>1</sup>, and Tokyo University of Marine Science and Technology<sup>2</sup>

## 1. はじめに

上空視界の良い海上での航行などは、良好な GNSS 測位データを取得できる。一方で構造物に囲まれた都市河川では、GNSS 測位環境が劣悪なため、GNSS 測位と IMU の組み合わせでも安定的に自己位置姿勢を推定することは容易ではない。そのため、都市河川内において計測が有効な LiDAR を利用する 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いる。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。一方で河川のような路線長が数 km の計測には処理時間増加などの問題がある。そこで本研究では、非 GNSS 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。本手法では、幾何徳亮を考慮したマッチングおよび、PPP-RTK による測位状態による位置推定の切り替え機能を検証する。

## 2. 手法

基本処理とする GNSS 測位と LiDAR-SLAM の組み合わせを主とする屋内外シームレス測位手法は、GNSS 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の間にある機能である。PPP-RTK の測位状態を利用し、FIX 測位解が得られた地点では、GNSS 測位結果を自己位置とし、FLOAT 解以下の測位解を得られた地点では、LiDAR-SLAM による自己位置推定を適用する。入力する LiDAR 点群の前処理として、マンハッタンワールド仮説による LiDAR の水平補正を適用する。次にスキャンマッチングから並進移動量と回転量を推定しポーズグラフを作成する。ポーズグラフには退化で生じたマッチングエラーが含まれている。そこで任意の区間での航行をおおよその等速運動とみなし、実際の航行速度から推定した測位間隔を、SLAM の推定結果と照合することで、退化箇所の抽出とその解消を同時に行う処理を適用することで、SLAM 退化で生じたマッチングエラーを解消する。

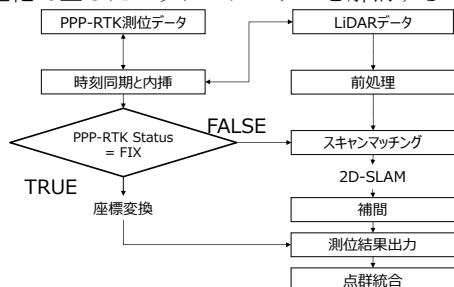


図 1, 提案手法

## 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。経路は首都高によって上空が遮られている。2022年11月14日に計測実施した。電池推進船らいちょうIに、水平スキャンングのための LiDAR (VLP32C, Velodyne) と、斜めスキャンングをするための LiDAR (VLP16, Velodyne) (表 1), および、PPP-RTK 測位装置 (AsteRx4, CORE) を搭載した (図 5)。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, 実験装置

## 4. 結果

本研究では、非 GNSS 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、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。

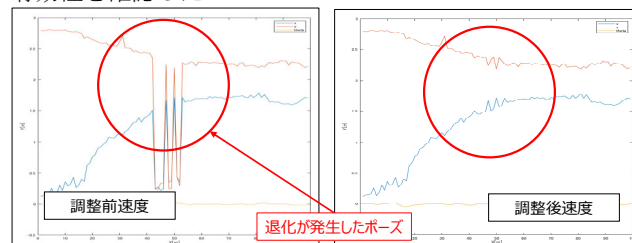


図 3, 調整前後の並進量

## 謝辞

本研究は、文部科学省「宇宙航空科学技術推進委託費」に関する研究の一部です。