

LiDAR スキャンマッチングエラーを利用した周囲の航行船舶の検出

Motion Detection of Closed Boats using LiDAR Scan Matching Errors

大平和輝 木邨直人 中川雅史 久保信明 清水悦郎
Kazuki Ohira Naoto Kimura Masafumi Nakagawa Nobuaki Kubo Etsuro Shimizu

芝浦工業大学 東京海洋大学
Shibaura Institute of Technology Tokyo University of Marine Science and Technology

1. 背景・目的

船舶同士の衝突回避策として、GNSS で取得した自船位置情報を AIS により周囲の他船と共有するというものがあるが、必ずしも全ての船舶に GNSS 受信機が搭載されていない点や、非 GNSS 測位環境を含む都市河川においては GNSS に依存した衝突回避手法は課題がある。この課題に対して本研究では、自己位置推定手法の一つである LiDAR スキャンマッチングを動体認識に応用することで、航行船舶を検出する手法を提案する。

2. 手法

提案手法の流れを図 1 に示す。提案手法は大きく分けて、航行船舶の検出タスクおよび追跡タスクで構成される。

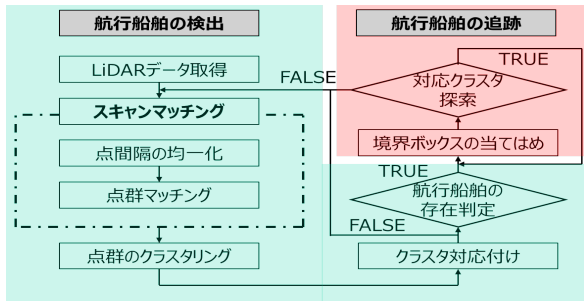


図 1. 提案手法

2.1. スキャンマッチング

スキャンマッチングでは、各スキャン内の点間隔のばらつきが位置合わせの精度に影響を与えるため、前処理としてスキャン点間隔の均一化を行う。また、処理高速化のため、現在スキャン上の任意点に対応する参照スキャン上の点の探索は、任意の範囲内で行うこととする。スキャンマッチングで用いるコスト関数を式 1 (友納, 2018) に示す。

$$G(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \|n_i \cdot (Rp_i + t - q_i)\| \quad (\text{式 1})$$

2.2. 航行船舶の検出・追跡

スキャンマッチングにおいて、二つの点群が完全に合致するのは静体のみで動体は合致することはない。この特徴を利用して航行船舶を検出する。スキャン内に航行船舶が検出された場合に、追跡タスクを実行する。クラスタ中心が最も近い 1 時刻後のクラスタを探索することで航行船舶を追跡している。

3. 実験

神田川及び日本橋川を実験対象区間とし、浅草橋から水道橋、神田橋、永代橋の経路を設定した。2023 年 10 月に

電池推進船らいちょう I での水上計測を実施し、レーザスキャナ (VLP32, Velodyne) を使用して点群を取得した。

4. 結果

実験対象区間内で六つの航行船舶を確認できた。航行船舶の検出成功例・追跡結果を図 2 に示す。六つの航行船舶の検出率を表 1 に示す。検出率は以下の式 2 で求めた。

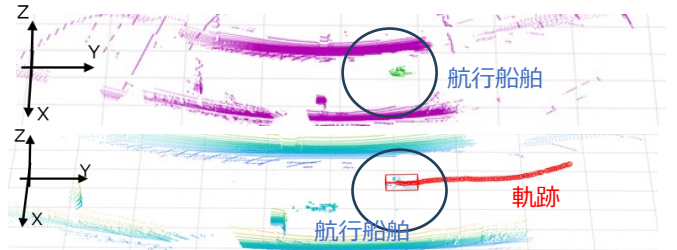


図 2. 航行船舶の検出成功例 (上図)・追跡結果 (下図)

$$\text{検出率} = \frac{\text{航行船舶を正しく検出できたフレーム数}}{\text{航行船舶が写っている総フレーム数}} \quad (\text{式 2})$$

表 1 航行船舶の検出率

	Ship1	Ship2	Ship3	Ship4	Ship5	Ship6
Detection Rate[%]	53.84	77.27	89.66	50.00	48.65	66.67
Total Frames	26	22	29	20	37	48

5. 考察

スキャンマッチングの失敗例 (失敗スキャン) を図 3 に示す。失敗スキャンの特徴を目視判読したところ、自船が旋回運動をしているという共通点があることが分かった。これにより、コスト関数における回転行列の最適化が機能していないことが分かった。

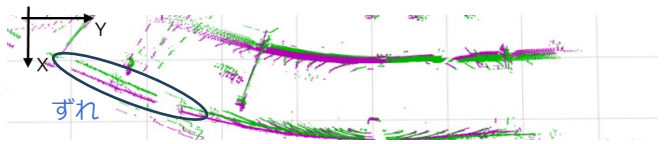


図 3. スキャンマッチングの失敗例

6. まとめ

本研究では、LiDAR データから自船周囲を航行する船舶を検出・追跡する手法を提案した。今後は対向船舶の検出精度を向上させるとともに、対向船舶の進路予測を行う。