

河川環境で取得した時系列 LiDAR 点群からの航行船舶の抽出 Extraction of Moving Boat from Temporal Point Clouds Acquired by Waterborne LiDAR

大平和輝¹ 山口哲¹ 久保信明² 清水悦郎² 中川雅史¹
Kazuki Ohira¹ Tetsu Yamaguchi¹ Nobuaki Kubo² Etsuro Shimizu² Masafumi Nakagawa¹

芝浦工業大学¹ 東京海洋大学²

Shibaura Institute of Technology¹ Tokyo University of Marine Science and Technology²

1. 背景・目的

近年、ICT やセンサー技術を活用した自律航行船舶の研究開発が世界的に盛んだが、小型船舶における衝突事故は依然として多い。大型船舶に比べ、小型船舶の多くは操船者の目視航法への依存度が高いためである。また、小型船舶が多く通行する都市河川では、水路が狭いことや、障害物が多いことが技術的課題として挙げられる。そのため、他の船舶や護岸、橋脚などの障害物を回避するための物体認識機能が必要となる。船舶同士の衝突回避策には、GNSS による位置情報共有があるが、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 測定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。そこで本研究では、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。

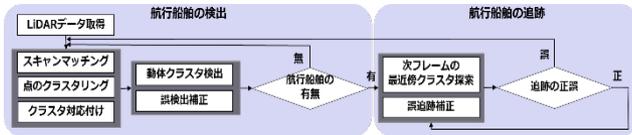


図 1. 提案手法

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。また、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 スキャン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) を使用して時系列点群を取得した。

4. 結果

実験対象区間内で 6 件の航行船舶を確認できた。航行船舶の検出成功率・追跡結果を図 2 に示す。6 件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。

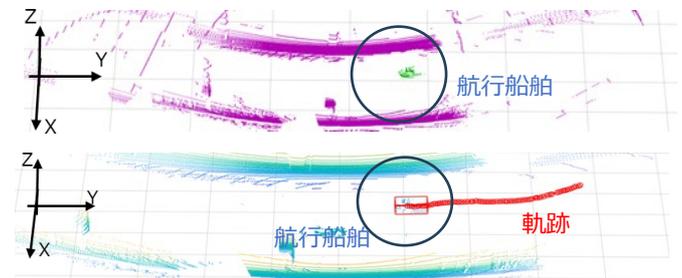


図 2. 航行船舶の検出成功例 (上図) ・追跡結果 (下図)

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

表 1 航行船舶の検出率

	Boat1	Boat2	Boat3	Boat4	Boat5	Boat6
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。

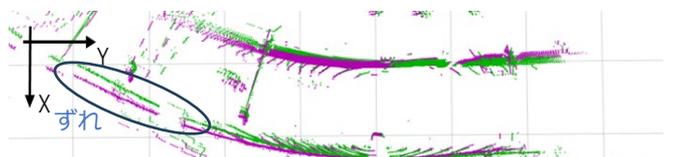


図 3. スキャンマッチングの失敗例

6. まとめ

本研究では、LiDAR を用いたスキャンマッチングに基づく動体認識手法を船舶の検出と追跡に適用した。また、LiDAR を搭載した船舶が旋回すると、スキャンマッチングの失敗が頻発することを確認した。そこで、今後の課題として、ボート検出とスキャンマッチングを改善する手法を提案する。