

船舶に搭載した LiDAR による船速検出と幅寄せ 自動操船の実現

地球総合工学専攻 船舶海洋工学コース
船舶知能化領域 牧研究室 石丸 洸太郎

1. 緒言

船員の高齢化や人手不足を背景に、船舶海洋分野では自動運航船の研究開発が進められている。しかし、離着岸操船は低速域で外乱の影響を受けやすく、さらに位置や速度等の許容される誤差が小さいことから自動化が困難な工程とされている。特に着岸の最終段階では接岸速度が安全性を支配する重要な物理量となると考えられる。しかし、速度に着目した研究は少なく、従来研究では GNSS(Global Navigation Satellite System) や GPS(Global Positioning System) ドップラーに依存した位置・速度推定が主流であり、他センサによる推定や制御系まで含めた検討は限定的である。そこで本研究では LiDAR(Light Detection And Ranging) による自己位置推定を用いた速度算出手法を構築し、さらに速度を明示的に考慮した制御系を設計することで、観測から制御までを一貫して検討することが目的である。

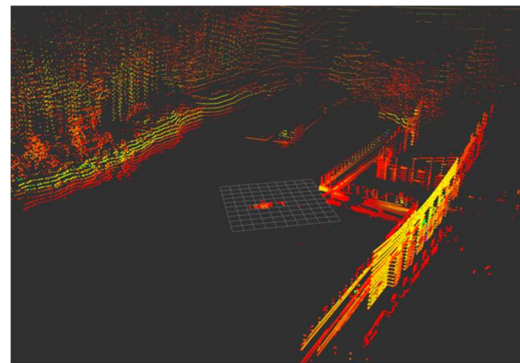


図1: LiDAR によって取得した大阪大学実験池における
点群データ

2. 速度の観測及び制御手法とその結果

LiDAR によって取得した点群データを自動運転のために開発されたオープンソースソフトウェアである Autoware というソフトウェアを用いて処理し、自己位置を推定する。その後、数値微分により速度を算出することが可能であるが、この方法ではノイズの大きいデータになってしまう。そ

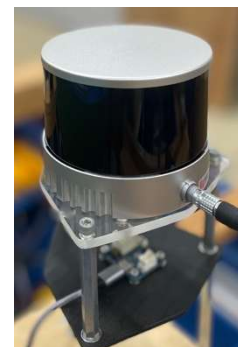


図2: LiDAR

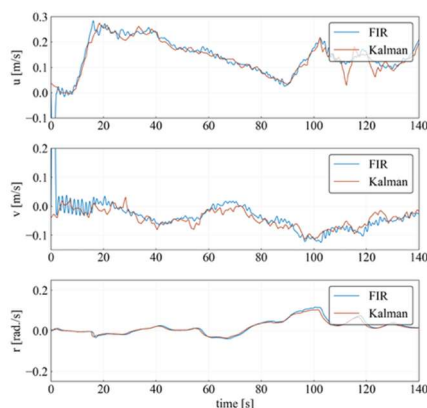


図3: 速度推定結果

こで本研究では、FIR (Finite Impulse Response) フィルタを用いたフィルタリングを行った。その結果を図3に示す。これより、GNSS をフィルタリングした値と同等の精度で観測が行えていることが確認できる。

また、制御則に関しては、先行研究ではPID制御が用いられていたが、これは位置に基づく制御であり、着岸においては十分ではないと考えられる。そこで本研究では、速度に基づく制御への拡張を行った。具体的には、速度型PID制御と呼ばれる手法を用いた。この手法では、偏差を速度として扱い、力の変化量を求め、それを過去の力に加算することで現在必要な力を算出することを特徴とする。これらのシステムを模型船に実装し実験を行った。その結果を図3に示す。

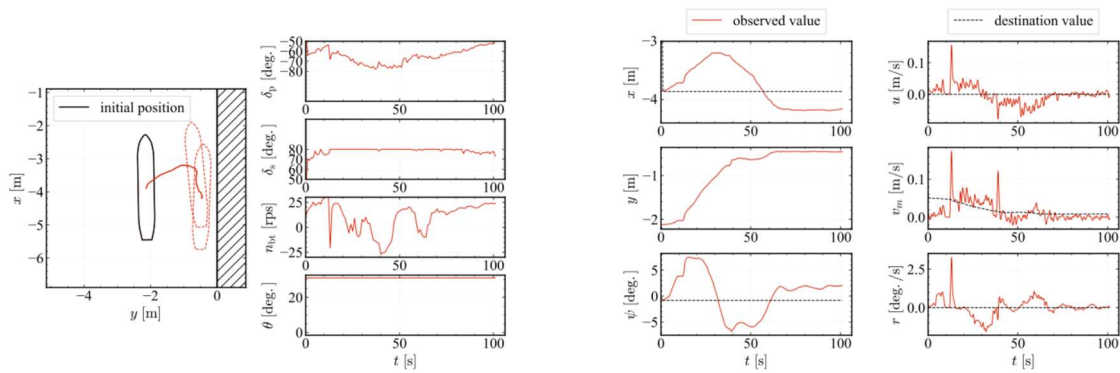


図4：模型船実験の軌跡・アクチュエータ・状態量の時系列プロット

3. 考察

速度を追従するような制御が概ね行われていることが確認できる。しかしながら、観測された速度が指示速度を上回る場合も見られた。この要因としては、PID制御のゲイン設定が十分に最適化されていない可能性が考えられる。また、速度を制約条件として明示的に扱うモデル予測制御を導入することも、有効な解決策の一つであると考え。さらに、速度が大きく上昇する外れ値が2回観測された。2回目の外れ値については、模型船が岸壁に衝突した際に値が急激に変化したことによる可能性が高い。一方で、1回目の外れ値は岸壁から離れた位置で発生しており、その発生要因は明らかではない。この点について今後の課題として原因の解明を行う必要がある。

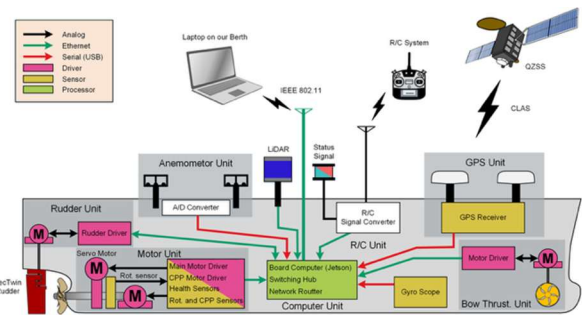


図5：模型船のシステム図



図6：使用模型船

4. 結言

本研究では、自動運航船の社会実装における重要課題である自動離着岸、特に最終段階における速度計測および制御手法について検討した。LiDARを用いた自己位置推定に基づく速度計測システムを構築し、数値微分とFIRフィルタを組み合わせることで、GNSSに依存しない高精度かつ安定した速度等が観測可能であることを示した。さらに、先行研究で提案されている制御則に速度制約を明示的に導入し、接岸時の

安全性向上に有効であることを模型船実験により確認した。

以上の結果から、本手法は港湾環境における高精度な速度計測と速度を考慮した制御を実現するものであり、自動離着岸システムの冗長性向上に寄与するものと結論づけられる。

参考文献

- 1) R. Sawada, K. Hirata: Mapping and localization for autonomous ship using lidar slam on the sea, Journal of Marine Science and Technology, Vol. 28, No. 2, pp. 410-421, 2023.
- 2) D. M. Rachman, Y. Aoki, Y. Miyauchi, N. Umeda, A. Maki: Experimental low-speed positioning system with vectwin rudder for automatic docking (berthing), Journal of Marine Science and Technology, Vol. 28, No. 3, pp. 689-703, 2023.