

自律制御を目的とした小型船舶の開発

Development of a small boat for the purpose of autonomous control

○栗林倫*, 三浦勇氣*, 沼倉彬雄*, 富澤武弥**, 金天海*

○Hitoshi Kuribayashi*, Yuki Miurai*, Akio Numakura*,
Takeya Tomizawa**, Chyon Hae kim*

* 岩手大学, ** 大船渡市役所

* Iwate University, ** Ofunato City Government

キーワード： 船舶制御 (boat control), 自律安定化 (autonomous stabilization),
オプティカルフロー (optical flow), 地磁気センサ (magnetic field sensor)

連絡先： 〒 020-8551 盛岡市上田 4 丁目 3-5 岩手大学 大学院工学研究科 博士前期課程 電気電子・情報システム工学専攻 金研究室

栗林倫, Tel.: 019-621-6430, E-mail: kuribayashi@kim.cis.iwate-u.ac.jp

1. はじめに

岩手県のアワビ, ウニの収穫量は全国 1,2 位である。これらの収穫には, 箱眼鏡を口で咥えながら船上から海中を覗き, 片方の手で船舶の推進機を操作して定位置に留まるように船体制御を行いながら, もう片方の手で, 収穫棒を使って収穫を行う漁が一般的である。この方法では, 身体的負担が大きいため効率的ではなく, 熟練には時間がかかるという問題がある。

この解決には漁を行う際に定位置に留まるような船体制御が有効と考えられる。沼倉らは力学系予測を用いた外乱推定法を提案している¹⁾。ただし, この研究で用いられている機体は小型であり, 実際の使用環境を十分に再現しているとは言い難い。そこで, 本研究では実際に海で使用できる船舶に, 自律安定化システムを導入することを想定し, 実際に漁に用いることのでき

る大きさの実験機の開発を行う。

2. 自律安定化システムの導入

自律安定化制御のシステムを図 1 に示す。自律制御が開始されると, 船体の水平成分の速度と鉛直成分の角速度を測定し, 外乱推定法より定位置に留まるような舵・推力の制御値を計算する。その制御値より, コンピュータ制御可能な推進機で船体を制御する。

自律制御外では, 手動で操作を行う。また, 船舶免許を所有していない人が実験に使用することを想定し, 免許不要な船舶とする必要がある。

自律制御システムを免許不要な小型船舶に導入するには以下の条件が必要となる。

条件 1 船長 3m 未満かつ推進機関の出力が 2 馬力以内。

条件 2 直ちにスクリューの回転を停止できる機構.

条件 3 船体水平速度の測定.

条件 4 船体鉛直回転角速度の測定.

条件 5 舵・推力のコンピュータ制御機構.

条件 6 手動操作も可能であること.

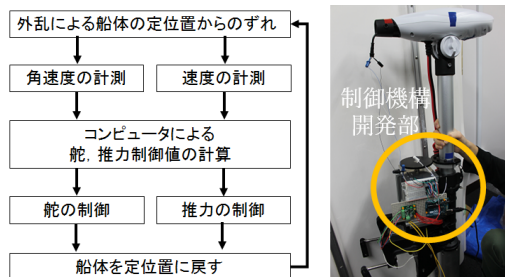


Fig. 1 自律安定化システム

Fig. 2 コンピュータ制御可能な2馬力推進機

3. 開発機の構成

本開発機では、2馬力で後進可能な推進機(図2)に、全長2.7m、全幅1.14m、全高0.46mの船体(図3)を組み合わせることで免許不要を実現した。

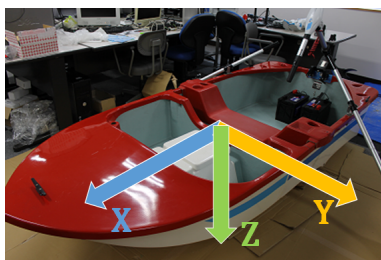


Fig. 3 小型船舶と軸

また、ウニ・アワビ漁の漁船と同じ1軸船とした。これにより条件1を満たした。緊急時に推進機の電源コードとバッテリーの端子の接続を直ちに外すことができる緊急停止スイッチ(図4)により、条件2を満たした。

条件3に関して、ウニ・アワビ漁を行っている間の船体は低速で移動することも想定され、加



Fig. 4 緊急停止スイッチ 右側のスイッチで左のバッテリー端子とコードを接続、緊急時に押すことで接続を断つ

速度センサではその測定が難しいため、船体に固定したカメラ(図5)で連続的に海底画像を取得し、オプティカルフローを用いて船体の速度を計算する²⁾。

条件4に関して、鉛直成分の回転角速度は、角速度と地磁気値を測定できるセンサ、USB出力9軸センサモジュール(以下:9軸センサ、図6)を使用した。

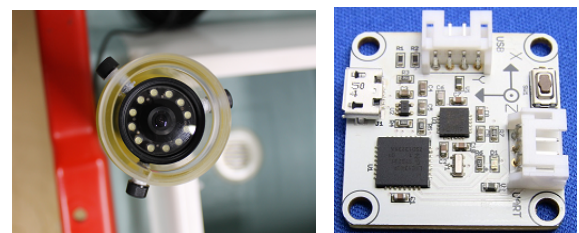


Fig. 5 水中カメラ

Fig. 6 USB出力9軸センサモジュール

条件5について、推進機はコンピュータ制御が行いやすいエレクトリックモータを採用した。推力制御機構に関しては、スロットル部分が可変抵抗となっているため、内部の制御信号線に流す電圧をデジタルポテンショメータを用いてコンピュータ制御することで行う。

舵制御機構はギアを取り付けたステッピングモータを用意し、推進機のシャフト部分に取り付けたギアを噛ませることで舵を回転させる。Arduinoから信号を送りL6470モータドライバを使用することで、可動域は180度、ギア比は1:1、1ステップ1.8度ずつの制御が可能である(図7)。

条件6に関しては、コンピュータのキーボードから推進機を操作することができるため、手

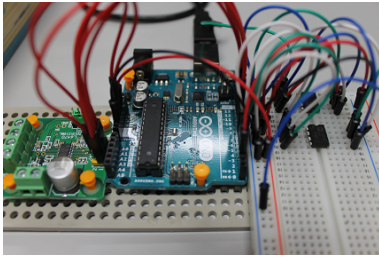


Fig. 7 制御回路（試作） Arduino（中）とL6470ドライバ（左）、デジタルポテンショメータ（右）を接続した回路

動操作も可能である。

以上より、本開発機は実地環境での自律制御を行うための必要条件を満たした。開発した実験機のシステムを図8に示す。

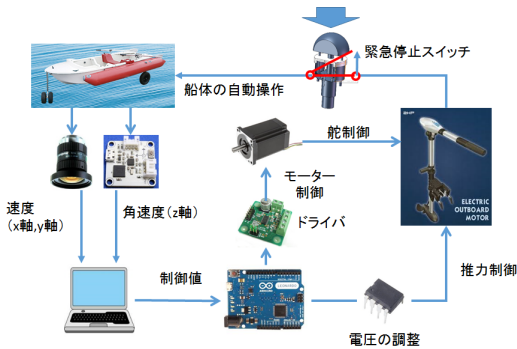


Fig. 8 開発した実験機のシステム図

4. 性能評価

オプティカルフローを用いた速度計測と、9軸センサによる角速度と地磁気値を用いた角度の計測の性能評価を行った。モーションキャプチャ（VENUS3D:株式会社ノビテック）を用いて、カメラまたはセンサを動かした際の位置データを取得した。位置データを微分することで速度を求め、オプティカルフローより求めた速度の比較を行った。また、センサ初期位置を0度とした角度を、センサ中心軸ベクトルの内積と外積から求め、微分することで角速度も求めた。これを9軸センサで測定した角速度、地磁気より求めた角度と比較を行った。

図9はモーションキャプチャとオプティカルフローを用いて計測した水平成分の速度（ x 軸、

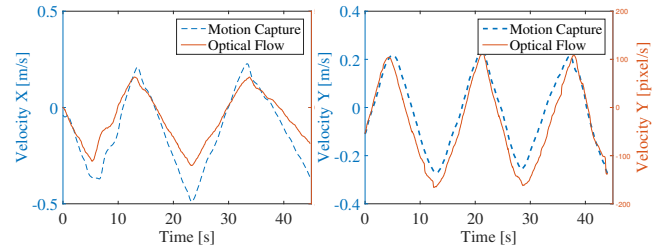


Fig. 9 速度（ x 軸、 y 軸）の計測結果

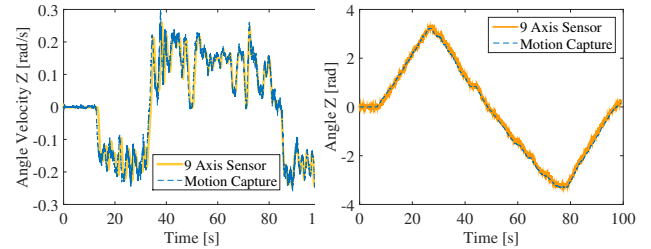


Fig. 10 角速度・角度（ z 軸）の計測結果

y 軸）の比較、図10はモーションキャプチャと9軸センサで計測した鉛直成分の角速度・角度（ z 軸）の比較結果である。加速度については単位が異なる（モーションキャプチャは $[m/s]$ 、オプティカルフローは $[pixel/s]$ ）ので正確な比較は難しいが、値の変化はとれているのが確認できる。

角速度・角度ともに測定できている。

5. まとめ

本研究では、小型船舶へ自律安定化システムを導入するための船舶の制御機構を開発した。今後は小型船舶に全システムを統合し、海で動作実験を行いたい。

参考文献

- 1) Akio Numakura, Shigenobu Kato, Kazuyuki Sato, Takeya Tomisawa, Tasuku Miyoshi, Takuya Akashi and Chyon Hae Kim: "FAD learning: Separate Learning for Three Accelerations -Learning for Dynamics of Boat through Motor Babbling-," IEEE Inter. Conf. on Robotics and Automation, (2016). In Press
- 2) 加藤 成将, 沼倉 彬雄, 佐藤 和幸, 三好 扶, 金 天海, 明石, 卓也: "海底画像を用いたオプティカルフローによる小型船舶の移動ベクトル推定," 第21回画像センシングシンポジウム SSII2015, IS1-02, (2015.6).