



第5章 自律移動に欠かせない 船舶ロボットの多軸制御

舵なしで自在に 向きを変える制御の研究

古澤 洋将 / 松岡 知洋 Yosuke Furusawa / Tomohiro Matsuoka

本章では、先に紹介した外輪船ロボットのように、舵をもたないシンプルな2軸0舵船の向きの制御について解説します。

2軸0舵船は、船体に取り付けた2つの推進器(船外機)の出力差を利用して舵の代わりに進行方向を決めるという構造(skid-steer)をもちます。地上を走行するクローラ車両とは異なり、水面を移動する船体は思うように曲がってくれません。本章ではシミュレーションによって2軸0舵船の旋回性能を明らかにし、写真1の船舶ロボットで実機確認します。

説明をシンプル化するために、波浪や水流などが無い静かな水面の条件に限定して解説します。

舵なし(2軸0舵)船の構造とパラメータ

舵のない2軸0舵船を上から見たときの外形や制御の検討に必要なパラメータ、船体に固定した座標系を図1に示します。z軸は紙面に対して垂直で、その方向は紙面の表側から裏側へ向かう方向とします。z軸の回転方向は、時計回り方向を正とします。

図1の記号を用いて、船外機の生み出す推力を示します。船外機 F_1, F_2 に対して、船外機角 δ を用いると、前後方向の力 F_x 、左右方向の力 F_y 、重心周りのモーメント N は、式(1)で表せます。式(1)では、船外機の



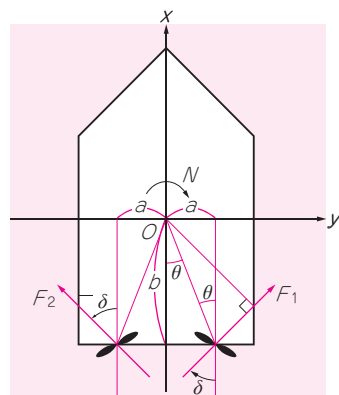
写真1 舵なし向き制御実験を行った船舶ロボット
2軸0舵船(skid-steer)

出力や性能が等しくても、船外機の取り付け方(スクリュウの向き)によっては直進しない、または船舶の曲がり方(回転半径)への影響を推測できます。

$$\left. \begin{aligned} F_x &= (F_1 + F_2) \cos \delta & F_y &= (F_1 - F_2) \sin \delta \\ N &= -\sqrt{a^2 + b^2} \sin(\theta + \delta) F_1 \\ &\quad + \sqrt{a^2 + b^2} \sin(\theta + \delta) F_2 \\ &= -(F_1 - F_2) \sqrt{a^2 + b^2} \sin(\theta + \delta) \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

2軸制御船の旋回シミュレーション

船外機角 δ の違いによる旋回性能を調べるために、式(1)を用いてシミュレーションを行いました。そのほかに、シミュレーションに必要な項目として、質量 M 、慣性モーメント J_z によって生じる項⁽²⁾および、船の速度によって決まる抵抗力 R_x, R_y を加えました。さらに、図1の座標系は、船体に固定した系であるた



- O: 船体に固定された座標系の原点。船体の重心と一致するものとする
- x, y: それぞれ船体に固定された座標系のx軸, y軸を表す
- a: 船体の重心から船外機までのy軸方向の距離
- b: 船体の重心から船外機までのx軸方向の距離
- θ : 船体の重心からスクリュウを見たときの、軸からの角度
- δ : 船外機角。船外機の、x軸からみた取り付け角
- F_1, F_2 : 船外機。または船外機の発生する出力
- N: 船外機の出力による、重心に関するz軸回りの力のモーメント、またはその大きさ

図1 舵がなく推進器が2つ付いた2軸0舵船の構造

◆参考文献◆

- (1) 阿部 翔太, 松岡 知洋: 「多軸0舵における運動制御最適化の紹介」, 炎重工技報, Vol.3, 2019.