

論文の要旨

題目 1 軸 1 舵船の離着岸性能に関する研究
(Study on berthing and unberthing performance of a single-propeller and single-rudder ship)

氏名 奥田 隆輔

船舶の無人化に向けた研究開発課題の一つとして、船舶の自動離着岸技術がある。船を自動化するには、その運動予測や制御を高精度で実施できる計算手法が必要になる。船の操縦運動の予測には、現在 MMG-model が広く用いられる。ただしある程度の前進速度を有し、船の斜航角や回頭角速度があまり大きくないことを前提とするので、港湾内のような斜航角が大きな低速運動時の予測には使用できない。そのため、通常運動(旋回, zig-zag 運動等)に加えて、低速運動を網羅する操縦運動モデルが必要となる。また港湾や運河など船が低速運動するような場面では、オープンシーと比べて水深が浅く、岸壁等の障害物が存在するため、それらによる影響を無視できない。

さらに、低速運動の代表例である離着岸操船に関して、実験的によりその運動性能を把握したり、シミュレーション計算による運動予測の検証を行った例は少ない。これらを踏まえ本論文では、フラップ舵とバウスラスタを有する 1 軸 1 舵船を対象とし、以下に示す 3 つに関して検討を行った。

1. 通常運動と低速運動の両方を網羅する新しい操縦運動モデルを策定する。その後、通常運動と低速運動に関する操縦運動シミュレーション計算を行う。計算結果は自由航走模型試験結果と比較することで、策定した操縦運動モデルの推定精度を検証する。
2. 浅水域における自由航走模型試験を行い、バウスラスタを有する 1 軸 1 舵船の離着岸性能を把握する。具体的には、離着岸性能に及ぼすフラップ舵の影響、水深影響、舵角影響を実験的に調査する。その後、項目 1 で提示した操縦運動モデルを用いて着岸シミュレーション計算を行い、横移動操船時における計算精度を検証する。
3. 離着岸する船に作用する岸壁影響を把握する為、浅水域水槽内に岸壁模型を設置し、拘束模型試験により離着岸時に船体に作用する流体力特性について計測する。また、水槽試験結果及び理論値を用いて岸壁影響を近似的に推定する手法を提案し、シミュレーション計算精度の向上を図る。

本論文は、8 章で構成される。

第 1 章は、本研究の研究背景と、低速運動時の操縦運動モデルに関する先行研究、離着岸シミュレーションに関する先行研究、岸壁影響に関する先行研究について記載した。さらに、これらを踏まえて本研究を遂行する目的について記載した。

第 2 章は、本研究で用いる対象船について記載した。具体的には、本研究で用いるフラップ舵をバウスラスタを有する内航型コンテナ船の主要目、バウスラスタの説明、フラップ舵の詳細に

について記載した。

第3章は、本研究で用いる座標系、運動方程式と使用する低速運動モデルの詳細について記載した。ここでは、使用するモデルの主船体、プロペラ、舵、バウスラストの流体力に関する取り扱いについて記載した。

第4章は、低速運動のシミュレーション計算を実施するにあたり使用する各種係数を導出するために実施した拘束模型試験結果に関して記載した。加えて、先行研究例を参考に策定した大斜航時におけるプロペラ、舵に関する流体力係数の取り扱いについて記載した。さらに、拘束模型試験では対象船のフラップ舵のフラップ角をゼロとした状態でも同様の試験を行い、フラップ角の有無が拘束模型試験結果に及ぼす影響について記載した。

第5章は、大斜航角を伴う船の操縦運動シミュレーション計算結果について記載した。計算結果は、自由航走模型試験結果と比較することでその計算精度を評価した。ここでは、船の通常運動(旋回・zig-zag運動)に加えて、低速運動(その場旋回、バウスラストによる旋回、プロペラ逆転停止運動)を行った。さらに、通常運動の計算結果はMMG-model, 低速運動は簡易 cross-flow drag model による計算結果と比較し、本研究で策定した操縦運動モデルと他の操縦運動モデルと比較した時の計算精度に関する評価を行った。その結果、本研究で策定した操縦運動モデルは、通常運動、低速運動の両方を実用上の精度で推定することができることを示した。

第6章は、バウスラストを有する1軸1舵船の離着岸性能について記載した。具体的には、まず対象船の離着岸時におけるフラップ舵の影響、舵角影響、水深影響について自由航走模型試験により調査した。その結果、1軸1舵船の離着岸時において、フラップ舵を用いることで離着岸性能が向上すること、最適な舵角を取ること効率の良い離着岸が可能になること、水深が特に浅い場合、横移動できなくなる場合があることを示した。次に、第3章で策定した操縦運動モデルにバウスラストインペラ回転数の制御を導入し、着岸運動シミュレーション計算を行い、計算精度と着岸性能を評価した。その結果、1軸1舵船の着岸シミュレーション自由航走模型試験の運動を捉えることができ、実用上の精度で推定できることを示した。ただし、シミュレーション計算では岸壁影響を考慮していない為、計算精度の向上に関して改善の余地があることを示した。

第7章は、対象船の離着岸時に生じる岸壁影響について記載した。具体的には、浅水域水槽内に岸壁模型を設置し、離着岸を模擬した拘束模型試験を実施することで、1軸1舵船の離着岸時に主船体に作用する流体力について実験的に調査した。また理論式を用いて岸壁近くを航行する船の主船体流体力を推定し、実験により計測された主船体流体力と比較することで岸壁影響について評価した。その結果、離着岸時に作用する流体力は、履歴影響による応答遅れが及ぼす影響が大きいことを示した。次に履歴影響による応答遅れを、1次遅れとむだ時間制御モデルを用いて近似的に推定した後、1次遅れ制御を離岸シミュレーション計算に導入し推定精度の向上を検討した。その結果、1次遅れを考慮することで計算精度は改善することを示した。ただし、あくまで近似的な手法であり、特に大斜航時の拘束模型試験結果に見られた複雑な流体力の変化までは推定することはできないことを示した。

第8章は、本論文のまとめと、今後の課題について記載した。