

PS-5 舵効き船速修正法の実験的検証

流体性能評価系 * 鈴木 良介、塚田 吉昭、上野 道雄

1. はじめに

レイノルズ数の違いにより、同フルード数でも一般に自由航走模型船と実船のプロペラ荷重度は異なるため、両者の操縦運動は相似にならない。これを解決するために、著者らは自由航走模型船のプロペラ荷重度の自由な変更を可能とする補助推力装置¹⁾を用いて、その操縦運動を実船と相似にする方法(舵効き船速修正(RSC))²⁾を過去に提案した。本方法の妥当性は平水中操縦性能試験ならびに波浪中保針試験の数値計算にて検証され、本方法を適用した模型船の操縦運動は実船推定値と相似になることを明らかにした²⁾³⁾。

本研究では、RSCの適用性を模型試験で直接検証するために、本方法を適用した自由航走模型船を用いて平水中操縦性能試験を実施した。これにより、補助推力を与えない場合や摩擦修正量(SFC)を与えた場合と比較して、RSCを適用した模型船の操縦運動の違いは数値計算で得られるこれらの傾向の違いと定性的に同じになることがわかった。これによりRSCの適用性を実験的に検証することができた。

2. 自由航走模型試験の方法と模型船

2.1 試験方法

自由航走模型試験は海上技術安全研究所の実海域再現水槽(長さ80m, 幅40m, 水深4.5m)で実施した。試験項目は平水中の±35度旋回試験および±20/20度Z試験である。

図1に示す模型船船尾に設置された補助推力装置¹⁾によって模型船長手方向に補助推力が与えられる。補助推力量 T_A は本装置の下部に設置された検力計の出力値を用いてフィードバック制御(比例微分制御)される。この出力値は、本装置付近に設置された加速度計を用いて船体動揺により検出される装置の自重の補正がされている。

RSCでは、想定した任意の実船プロペラ回転数 N_{PS} と船速 V_S において、模型船舵有効流入速度の前後成分および見かけの前後方向の力が実船と相似になるように模型船プロペラ回転数 N_{PM} と補助推力量 T_A が模型船船速 V_M に応じて制御される²⁾。

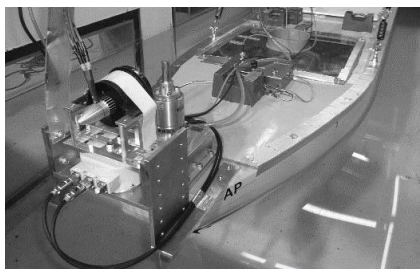


図1 模型船に設置された補助推力装置

本試験では、補助推力を与えない模型船の自航点(NC)および補助推力量として摩擦修正量(SFC)、舵効き修正量(REC)⁴⁾、舵効き船速修正量(RSC)をそれぞれ与えた計4条件で操縦性能試験を行い、それらの応答を比較した。

2.2 模型船

対象船は垂線間長2.91m、縮尺1/110の満載状態のタンカー-KVLCC1とした。操舵速度はSOLAS条約で定められる下限値65deg/28sを模型尺度に換算した値にした。

文献2)に従い計算されたRSCで与える模型船プロペラ回転数を図2(a)に示す。計算に必要な自航要素等は過去に当所で実施した実験結果を用いた。この計算では、実船は平水中で設計速力7.97m/sを得るプロペラ回転数一定で航行している状態を想定した。併せて本図には速力試験で求めたその他補助推力状態での模型船プロペラ回転数を示す。本図より模型船の操縦運動を任意の船速で実船と相似にするためには、実船がプロペラ回転数一定を想定している場合でも模型船の回転数は船速の減少に応じて低下させる必要があることがわかる。各補助推力状態における補助推力量を図2(b)示す。RECとRSCの補助推力量は同程度であり、SFCに対して約1/2となることがわかる。

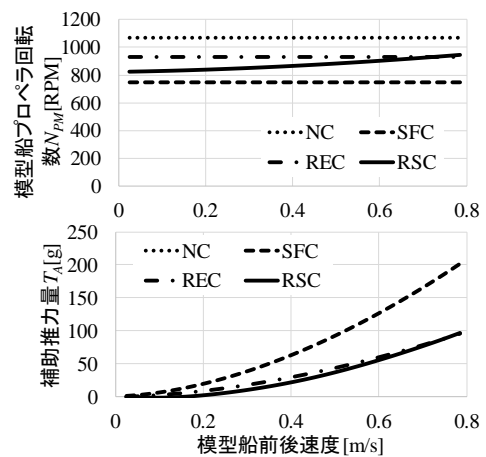


図2 各補助推力状態のプロペラ回転数(上:(a))と補助推力量(下:(b))

3. 平水中操縦性能試験結果

RSCを適用した模型船の平水中+35度旋回試験における重心の航跡を他の補助推力条件と比較して図3に示す。また、縦距、横距、旋回圏(以降旋回性能指標と呼ぶ)を図4に示す。本図より旋回性能指標は全てNC、REC、RSC、SFCの順で大きくなることが確認できる。また、RECとRSCとでこれら指標および航跡はNCやSFCの結果と比べて差が小さい。補助推力の違いによる+35度旋回試験での無次元

舵直圧力の時系列を比較して図 5 に示す。本図より、旋回時の模型船プロペラ回転数 N_{PM} の大きさの違いにより生じた舵直圧力の差が航跡に影響を与えていることがわかる。

平水中+20/20度 Z 試験での方位角と舵角を比較して図 6 に示す。また、第一と第二行きすぎ角およびそれらの時間遅れを図 7 に示す。行きすぎ角の時間遅れは、転舵をして舵角がゼロクロスする時刻と行きすぎ角をむかえる時間の差で定義した。本図より、第一と第二行きすぎ角およびそれらの時間遅れは旋回性能指標同様に NC、REC、RSC、SFC の順で大きくなる事が確認できる。

文献 2) の数値計算結果と比較すると、自由航走模型試験で得られた旋回性能指標や行きすぎ角の補助推力による定性的な変化傾向は数値計算結果と一致することがわかる。また、数値計算で確認された REC と RSC の操縦運動の僅かな差を模型試験でも再現できている。

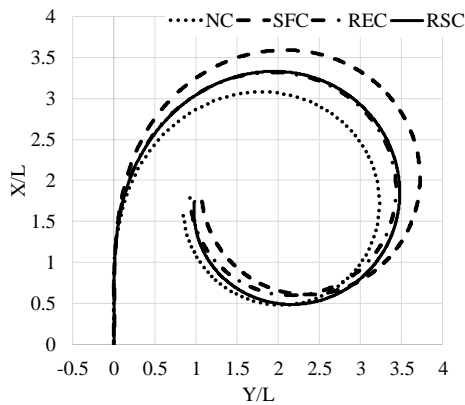


図 3 +35度旋回試験の航跡

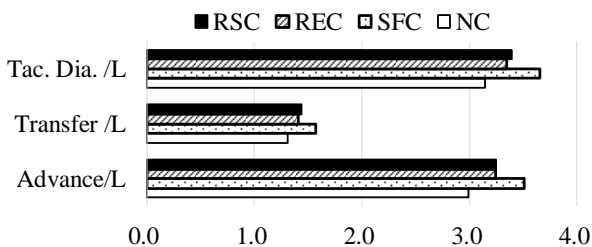


図 4 +35度旋回試験の縦距、横距、旋回圏

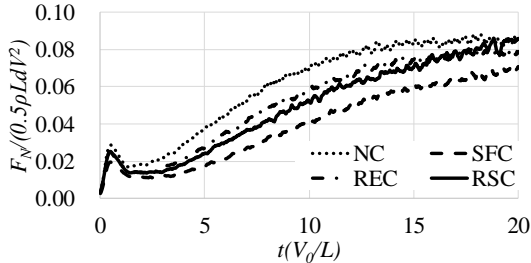


図 5 +35度旋回試験の舵直圧力

4. まとめ

舵効き船速修正(RSC)を適用したタンカー模型を用いて平水中操縦性能試験を実施し、補助推力なし(NC)ならびに補助推力による摩擦修正(SFC)と舵効き修正(REC)の結果

と比較した。その結果、補助推力の違いがおよぼす旋回性能指標等の定性的な変化傾向は数値計算結果と一致することがわかった。このことから、RSCを適用した自由航走模型船で直接実船の操縦運動を推定できる可能性があることが明らかとなった。

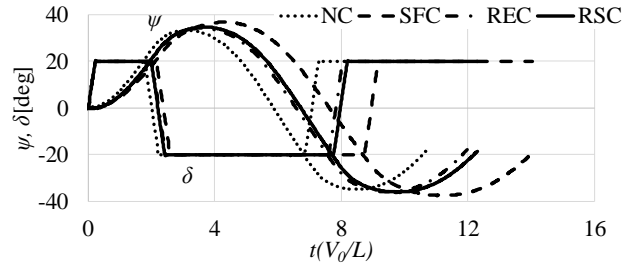


図 6 +20/20度 Z 試験の方位角と舵角

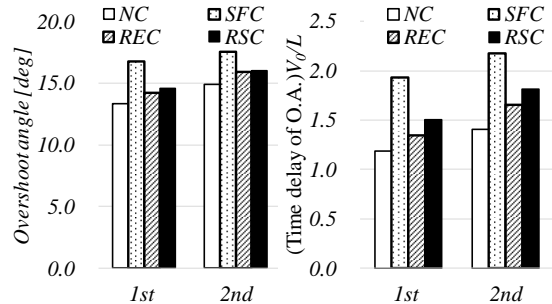


図 7 +20/20度 Z 試験の行きすぎ角とその時間遅れ

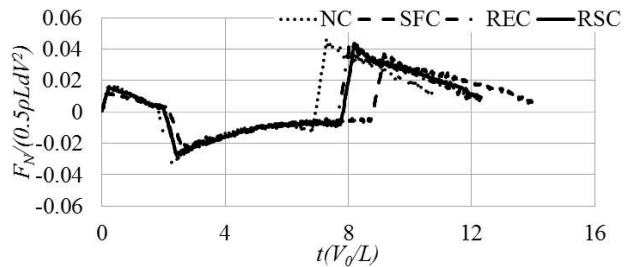


図 8 +20/20度 Z 試験の舵直圧力

謝辞

本研究は科研費(15H04219)の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 塚田吉昭ほか：自由航走模型試験のための補助推力装置の開発、日本船舶海洋工学会講演会論文集 第16号 pp.327-328, 2013.
- 2) M. Ueno *et. al.*: Rudder effectiveness and speed correction for scale model ship testing, Ocean Engineering vol. 109 pp495-506, 2015.
- 3) R. Suzuki *et. al.*: A Numerical Study on Maneuverability under Steady Equilibrium Condition in Waves for Free-running Model Ship, Proceedings of the 14th ISSW pp.167-173, 2014.
- 4) M. Ueno *et. al.*: Rudder effectiveness correction for scale model ship testing, Ocean Engineering vol. 92 pp267-284, 2014.