

省エネバルブ・フィン舵の開発 ～舵効きと省エネ性能の両立～

商船三井テクノトレード株式会社
技術開発推進室 田中 良和 吉野 亥三郎 谷口 豪

1. はじめに

商船三井のグループ会社である商船三井テクノトレードは、商船三井、ジャパンハムワージ（以下 JHC と称す）、三井造船昭島研究所と共同で、プロペラ装着型省エネ装置 PBCF（プロペラボスキャップフィン、注1）と省エネバルブ・フィン舵に関する研究開発を行っています。

省エネバルブ・フィン舵の開発にあたっては、高揚力舵専門メーカー JHC と 30 年以上絶え間なく PBCF の開発を継続している他の 3 社の知見を活かし、シリング舵の舵効き性能を担保しつつ、操縦性能向上、及び、省エネ性能（馬力改善）を高めることを意図しました。内航船のみならず外航船での使用を想定し、また、将来の自律船への適用を視野に入れ、2021 年の市場投入を予定しています。現在さらなる性能向上に取り組んでいますが、省エネ性能の目安が付いたため、これまでの研究開発成果について以下に説明いたします。

2. 省エネバルブ・フィン舵の特徴

省エネバルブ・フィン舵の特徴は以下の通りです。

1) プロペラの旋回流を回収する為、リアクション形状を高推力翼型としラダーホーンも捻じっています。（舵前縁部は負圧が際立ち、推進力増加に寄与している）

2) 舵下の端板を小型にして抵抗を減らすとともに、プロペラ旋回流を塞ぎ止めています。

3) 中央の大型バルブの正面をフラットとして、プロペラ流入速度を抑えプロペラ効率を高めます。

3. 研究開発の概要

一般的な肥大船型として公開され、各種研究開発で広く用いられている JBC（Japan Bulk Carrier）船型、及び、痩せ型船としてオーバーパーナマックス自動車運搬船を対象に、CFD 計算及び水槽試験にて、最適な省エネバルブ・フィンを探るべく、4 章に示すようなパラメータスタディを実施しました。まずは、CFD 計算の様々なパラメータスタディにより、最適なパラメータの組み合わせを絞り込み、その結果を水槽試験で確認いたしました。

このような研究結果により、通常のリアクション舵では 4%以上の馬力改善は難しいところ、本開発品においては、CFD 計算によって通常舵比 5.7%、大型水槽による自航試験で 5.2%の馬力改善が確認できました。

痩せ型船型に対しても本開発品を適用して CFD 計算で 4.4%の省エネ効果が確認できました。

4. CFD 計算及び水槽試験

以下に CFD 計算及び水槽試験結果の一部を紹介いたします。

(注1) PBCF：プロペラ後方に発生するハブ渦の損失エネルギーを回収することでプロペラ効率を改善させる装置（非搭載船比の省エネ効果：3～5%減）

1) 肥大船の CFD 計算

下記のパラメータを組み合わせる様々な CFD 計算を行い、最適な舵バルブ・フィン舵を絞り込みました。

(舵バルブ・フィン舵検討パラメータ)

- ・PBCF 有無
- ・PBCF キャップ形状 (砲弾型/円筒型)
- ・通常舵/シリング舵
- ・シリング舵リアクション有無、角度
- ・シリング舵ラダーホーン後方スケグ有無
- ・シリング舵下端版長さ
- ・シリング舵上整流板有無
- ・舵バルブ径
- ・舵前縁形状
- ・フィン形状 (NACA 対称/非対称翼)
- ・フィン角度、長さ

図 1 に JBC 船型の CFD 計算による舵表面圧力分布を示します。左側が通常舵、右側が省エネバルブ・フィン舵の計算結果です。舵表面の圧力変化 (赤は正圧～青は負圧) は、プロペラが回転していることで生じ、舵上部には左舷から流入し、舵下部には右舷から流入しています。通常舵に比べ、省エネバルブ・フィン舵の圧力抵抗は小さく、前縁の負圧が際立っています。

2) 肥大船の水槽試験

JBC 船型を用いて、三井造船昭島研究所の曳航水槽で抵抗・自航試験及び SPIV (Stereo Particle Image Velocimetry) による船尾の流速計測を実施しました。舵については、普通

舵を含め、CFD 計算で絞り込んだ各種省エネバルブ・フィン舵を採用しました。水槽試験で得られた省エネバルブ・フィン舵の省エネ効果は、CFD 計算結果と概ね一致しました。

省エネバルブ・フィン舵模型の一例を図 2 に示します。



図 2. 省エネバルブ・フィン舵模型

また、性能改善メカニズムの把握と CFD 計算の検証を兼ねて、SPIV 計測試験を行いました。SPIV 計測装置を図 3、試験時の写真を図 4、流速計測結果を図 5 に示します。図 5 に省エネバルブ・フィン舵の流速分布を示しますが、この結果を流場レベルで CFD 計算と比較・検証することで、さらなる性能改善の知見と CFD による性能予測・検証の精度向上が期待出来ます。

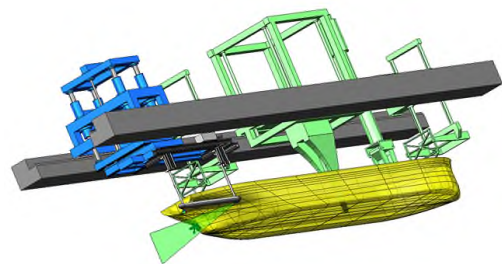


図 3. SPIV 計測装置

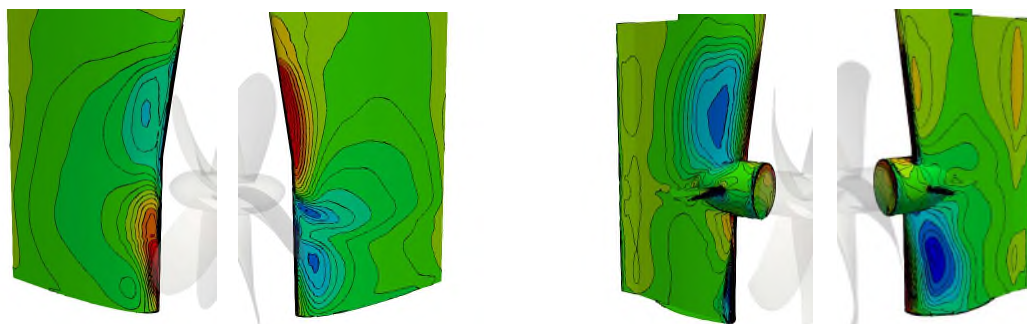


図 1. JBC 船型の CFD による舵表面圧力分布 (赤色は正圧、青色は負圧領域)

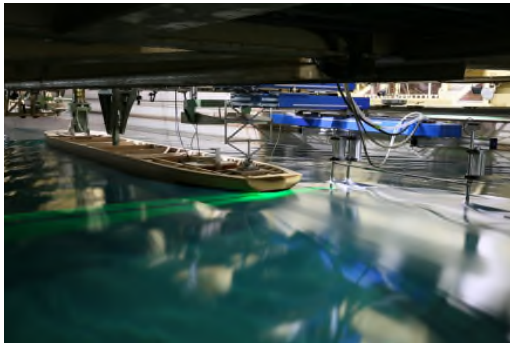


図4. SPIV 計測時の写真

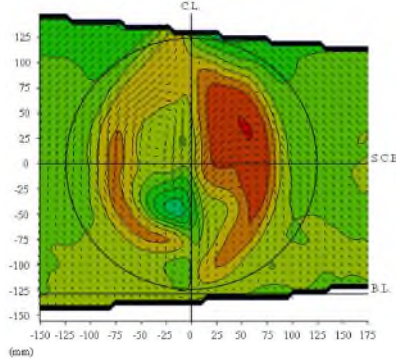


図5. 流速計測結果 (省エネバルブ・フィン)
(赤色は高速、緑色は低速領域)

3) 肥大船の水槽試験 (PBCF 単体)

図6のPBCF単体のSPIV計測において、「PBCF有り」の場合、「PBCF無し」でみられるキャップ後流の旋回流が回収され、確認されなくなったことが解ります。

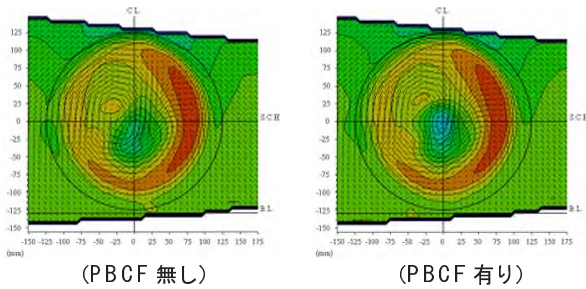


図6. 流速計測結果 (PBCF 単体)
(赤色は高速、青色は低速領域)

4) 自動車船のCFD 計算

肥大船の検討で得られた知見を基に、CFD 計

算で痩せ型船の舵バルブ・フィン舵の最適化について同様のパラメータスタディを行いました。

図7に曳航状態のプロペラ位置流速分布及び舵表面圧力分布を示します。赤色は高速/高圧、青色は低速/低圧領域を示します。

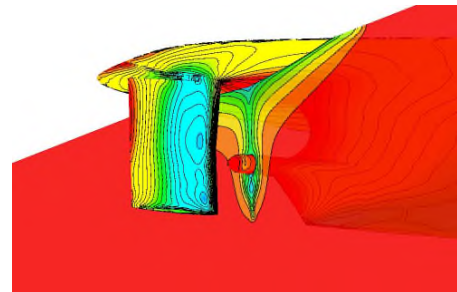


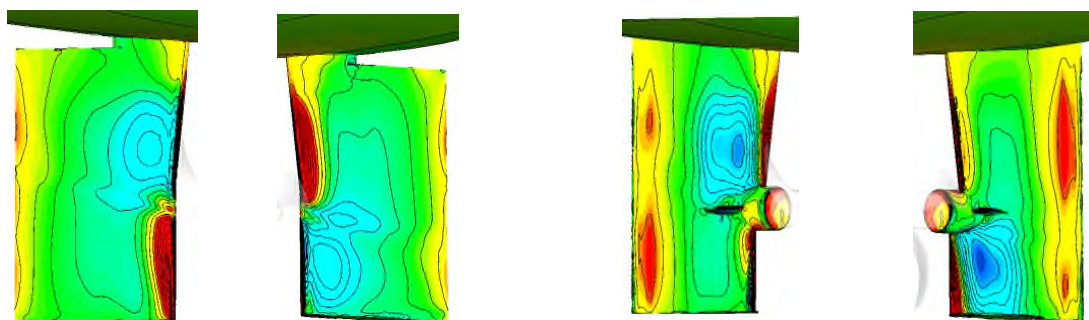
図7. プロペラ位置流速分布及び舵表面圧力分布

また、図8にCFD計算による舵表面圧力分布を示します。左側が通常舵、右側が省エネバルブ・フィン舵の計算結果です。通常舵に比べ、省エネバルブ・フィン舵は、舵前面の正圧域が減少し、負圧域が増加して推力増加に貢献しています。

5. まとめ

シリング舵の改良として、舵効き性能を担保しつつ、操縦性能向上、及び、省エネ性能(馬力改善)を高める舵バルブ・フィン舵を開発しており、今後の実船搭載に向け、PBCFとの相乗効果のみならず、ダクトやプレ・スワールフィンとの相乗効果も確認していきます。なお、この省エネバルブ・フィン舵は特許を取得しています。

最後に、本研究開発の共同研究パートナーである商船三井、JHC 及び三井造船昭島研究所の関係各位に心より感謝申し上げます。



(右舷) 通常舵 (左舷) (右舷) 省エネバルブ・フィン舵 (左舷)
図8. 自動車船のCFDによる舵表面圧力分布 (赤色は正圧、青色は負圧領域)