

船型改良業務の紹介

1. まえがき

当センターでは、永年蓄積してきた船型試験の経験を造船業界に還元するため、独自に開発した船型初期設計システムである SRC Tips (Tools for Initial Planning System) や CFD 等の研究成果を利用した船型開発業務¹⁾を総合コンサルティング事業室(総コン室)を窓口にして行っております。

ここでは、主力業務である水槽試験を利用した船型改良業務の一連の流れを事例を用いて紹介していきます。

2. 船型開発に用いる手法

船型改良では主に、SRC Tips と海上技術安全研究所により開発された RANS 法による CFD ソルバー (NEPTUNE、SURF、NAGISA) を使用しています。

SRC Tips で船型改良に主に使うのは、Sp (Ship Performance) および Op (Optimize) という二つのツールです。

Sp はニューラルネットワークを使用して船体パラメータと推進性能の関係を結び付けたツールで、主要目、 C_p 、 C_w カーブなどのパラメータを利用して、精度よくかつ効率的に船舶の推進性能を推定することが可能です。

Op は Sp で使用されている性能推定法を用い、遺伝的アルゴリズムにより馬力が最小となるように船型パラメータを最適化するツールです。

CFD の利用については、豊富な水槽試験結果とソルバーの計算結果を比較した経験から、標準的な格子分割法、計算手法を定め、それに基づいて計算された結果と水槽試験結果の相関関係を用いて、より正確に推進性能を推定できるシステムを構築しています。

3. 船型改良

3.1 船型改良の流れ

SRC Tips 及び CFD ソルバーを利用した船型改良の流れを Fig.1 に示します。この図の中で破線枠の部分が SRC Tips と CFD を表します。

SRC における船型改良では、初期計画での推進性能を Sp で推定し、Op で最適化を行いながら最適な C_p 、 C_w カーブを検討していきます。その後、最適な C_p 、 C_w カーブに沿う線図を作成します。

その後、作成した線図の性能を CFD により推定します。CFD 計算により得られる推進性能と配置、その他の制限条件等を確認しながら後述のような線図の変更と CFD 計算を複数回繰り返し、最良の船型を決定します。

決定した船型で水槽試験を行い、実船での性能を推定し、要求性能を満たしているかを確認するとともに、EEDI を計算するための必要データを得ます。

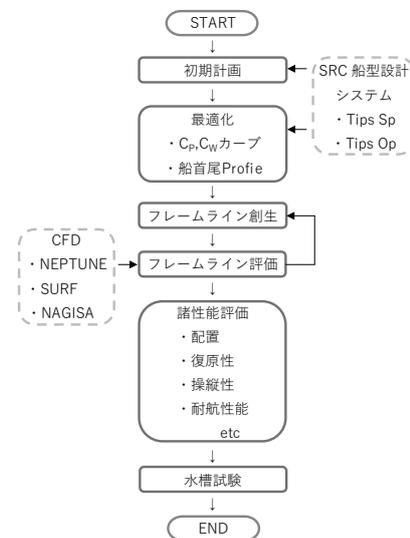


Fig.1 船型開発の流れ

3.2 初期計画

依頼者より、Type Ship となる船型 (以下、原船型と記す) の情報 (主要目、GA、線図、現状性能等) を入手し、同時に開発船型の制約条件、目標性能等をご提供いただきます。

今回ご紹介する原船型の主要目比等を Fig.2 に示します。本船型は中程度の肥大度を持つ船型です。

L/B	約 5.5
B/d	約 3.2
DW	約 48,000ton
設計 FN	約 0.175

Fig.2 概略主要目

原船型の主要目より、Sp で推定計算を行い、概略の馬力推定を行います (Fig.3)。この結果得られた計画速度における制動馬力を計画主機出力で除算した値は 1.03 となりました。

この場合、原船型では推定値が 1.0 を超えており、普通の船型設計では計画速度の達成が難しく、計画速度の達成には 3% 程度の馬力低減が必要であることが分かります。

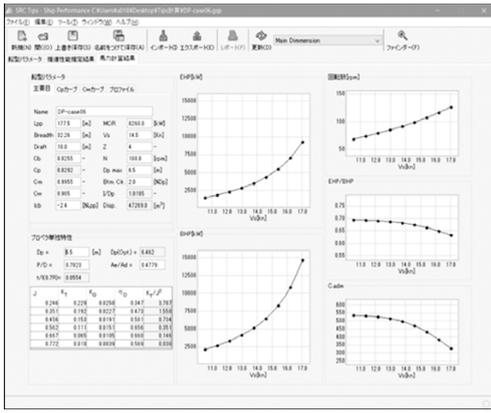


Fig.3 Tips Spによる馬力推定

3.3 最適化と船型設計

以上の結果を受け、船型改良を C_p 、 C_w カーブの最適化、フレームラインの改良の順で行います。

原船型より Op で最適化を行います。原船型の主要目と Op での標準 C_p カーブを基準として、 C_p 、 C_w カーブのパラメータおよび船首尾プロファイルのパラメータの探索範囲を指定し、最適化を開始します。

最適化の途中経過を Fig.4 に示します。ここでは C_b 、 C_w を一定として、 l_{CB} は自由となるような制約条件の下で BHP の最適化を行っています。図では遺伝的アルゴリズムを用いて初期世代を変更した 50 世代の最適化を 10 回繰り返す際の途中経過が示されています。右側の 3 つの散布図は、上から C_b 、 C_w 、 l_{CB} と馬力の関係をそれぞれ示しています。個々の点はそれぞれの世代での最適な個体を表しており、クリックして選択することにより、対応した C_p カーブが左下の図に表示されます。

制動馬力の最適化を行っているため、 C_b 一定の制約条件を課しているにもかかわらず、制動馬力を小さくするために C_b が小さくなってしまった個体もありますが、この中から C_b 、 l_{CB} が適切な範囲内にあり、かつ制動馬力が小さい個体を選択する事が出来ます。

遺伝的アルゴリズムによって最適化された C_p カーブの中から、採用する C_p カーブを決定します。

C_p カーブの決定後、同様の方法で C_w カーブの最適化も行い、制動馬力が最小となる C_p 、 C_w カーブを決めます。

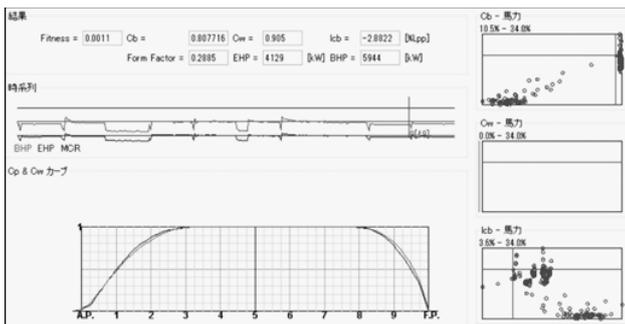


Fig.4 Tips OpによるCpカーブの最適化

3.4 最適船型の線図作成

原船型と 3.3 で決定した最適 C_p カーブよりラフラインを作成し、最適 C_w カーブを目標にしながら線図を作成します。

3.5 線図評価

CFD を用いて線図の評価を行います。CFD 計算結果より得られる推進性能 (抵抗係数、自航要素、制動馬力) と、同時に得られる船体表面圧力や船尾限界流線などの流場情報を参考に、船型改良のポイントと方向を把握します。それに基づいて船型変更を進め、再度 CFD 計算を行います。この過程を数回繰り返し、目標性能を達成する船型を作成します。

3.6 水槽試験

3.5 で得られた船型を依頼者殿に提供し、機関室、Tank や Hold の配置、容積等をチェックいただき、必要があれば 3.5 に戻り、調整のうえで最終船型を決定し、水槽試験を行います。

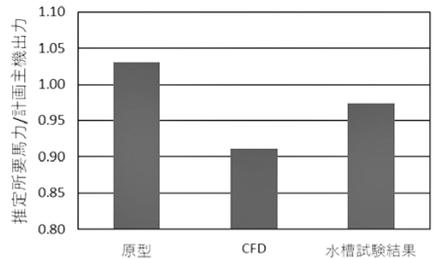


Fig.5 馬力推定結果

原船型と CFD 計算の馬力推定結果を Fig.5 に示します。Fig.5 には水槽試験結果より得られた制動馬力も併せて示しています。図を見ても分かるように、計画速度における水槽試験供試船型の制動馬力は、原船型より 6% 低減されています。また計画主機出力での速度は計画値に対し +0.1kt を達成しました。

4. 付加物による推進性能改善

船型改良による推進性能の改善と合わせて、付加物の提案も行っています²⁾。主な付加物としては舵バルブ (舵のプロペラシャフトセンターラインの延長線上、またはその付近にバルブを取付ける) と船尾水平フィン (プロペラに流入する流れを改善して推進性能を改善させることを目的とした細長平板状のフィン) 等があり、いずれも 2~3% の性能改善効果があります。

5. まとめ

SRC で行っている船型改良業務を紹介しました。今回は平水中での船型改良を紹介しましたが、今後は波浪中性能の改善なども取り入れ、より実海域での運航条件に近い状態での船型改良を進めていきたいと考えています。

参考文献

- 1) SRC ニュース No.103, 2018/12
- 2) SRC ニュース No.91, 2012/12

(試験センター技術部計測課 橋本 尚樹)