

実運航性能シミュレータ VESTA の開発

実運航時の船舶から排出される温室効果ガスの削減が世界的な課題となっており、実運航時の船舶性能を評価することが一層重要になってきています。海上技術安全研究所では、実運航時の船舶性能を評価するツール「実運航性能シミュレータ VESTA」の開発を行っていますので、以下にご紹介します。



枋原 直人 SOGIHARA Naoto
流体設計系

船舶の実海域性能評価技術に関する研究に従事。2010年11月の日本船舶海洋工学会東部支部秋季講演会にて「若手優秀講演賞」を受賞。
sogihara@nmri.go.jp

1. はじめに

国際海事機関(IMO: International Maritime Organization)において、国際海運からの温室効果ガス(GHG: Greenhouse Gas)削減に向けた審議が行われ、2013年1月より、エネルギー効率設計指標(EEDI: Energy Efficiency Design Index)による規制及び船舶エネルギー効率マネジメントプラン(SEEMP: Ship Energy Efficiency Management Plan)の船上保持義務化が施行されることになりました。これにより、実海域性能の良い船の建造はもちろん、運航の観点からもGHG削減が求められます。

すなわち、船舶を建造する立場においては、新造船建造時に設計段階で実海域性能を精度よく推定する技術が必要となり、船舶を運航する立場においては、燃料を節約し且つ定時性を確保した航海計画の立案が求められることとなります。これらの要望を実現するには、船舶の実海域性能を精度よく評価する技術が必要不可欠であり、航行時に船体に作用する外力の推定や、主機作動特性を考慮した燃料消費量推定技術が求められます。

海上技術安全研究所では、「海の10モードプロジェクト」(2007～2010年)で構築した実海域性能評価技術の高度化を図り研究を進めてきました。その成果として、実海域における波風による外力を推定し、主機作動特性を考慮して燃料消費量を推定する計算モデル¹⁾を構築し、実運航時の船舶性能を評価するツール VESTA (Vessel Performance Evaluation Tool in Actual Seas)を開発しています。また、VESTAの実行に必要

な入力データを簡易作成するUNITAS (United Tool for Assessment for Ship)の開発も並行して実施しています。



図1 VESTA トップ画面

2. 実運航性能シミュレータ VESTA

2.1. 特徴

図1に VESTA のトップ画面を示します。VESTA は Microsoft 社の Excel をプラットフォームとして構築しており、データ操作や作図などの Excel の機能を利用することができます。

2.2. 計算項目

①外力の評価

実海域性能評価を行う上で重要なことは、波や風がある状況における馬力曲線を精度よく推定することです。VESTAでは、実海域における抵抗増加として波による抵抗増加、風による抵抗増加、斜航による抵抗増加、当舵による抵抗増加(以下、それぞれ波浪中抵抗増加、風圧抵抗、斜航抵抗、当舵抵抗)を想定し、これら4つの抵抗増加を船体情報に基づき計算します。

実海域における抵抗増加として最も支配的な成分の

一つが波浪中抵抗増加です。これを精度よく推定するために、VESTAでは、海の10モードプロジェクトで開発した実用的計算法²⁾をベースとして、これまでの向波から横波中での計算に加え、横波から追波までの計算へと拡張した手法を導入しています。この手法は、水槽試験実船計測によってその有効性が確認されています。

風圧抵抗、斜航抵抗、当舵抵抗については、船体要目をを用い回帰式により推定します。

②任意海象下での性能評価

実海域で船体が遭遇する風、風波、うねり、及びその時の主機回転数を入力すると、入力した海気象条件に応じて船体に作用する外力を評価し、主機作動特性を考慮した実海域性能、すなわち船速低下及び燃料消費量の評価を行います。

主機制御方法を出力一定制御、回転数一定制御から選択することができます。このとき、トルクリミットや過負荷防止リミットについても考慮します。

近年では燃料節約のために Fuel Index リミットと呼ばれるリミッターを備えた船舶も数多く運航しています。Fuel Index リミットとは、回転数毎の主機への燃料投入量の上限值であり、燃料の過剰消費を防ぐ役割を持っています。VESTA は、Fuel Index リミットを考慮した推定モデルを組み込んでおり、Fuel Index リミットによる実海域性能への影響を評価することができます。

③エネルギー効率の計算

EEDI 規制は平水中船速を基に算定される値であり、必ずしも実海域性能を表現した指標とは言えません。この点について、IMO の場で日本が代表海象での船速低下係数 f_w を提案し、導入が合意されました。VESTA では、 f_w を用いて計算される $EEDI_{weather}$ を算定できます。

また、エネルギー効率運航指標 (EEOI: Energy Efficiency Operation Indicator) について、設計段階での航海時間の影響を反映させた推定値 $EEOI_{des}$ を算定し、出力します。

2.3. 計算例

船長 300m の外航大型コンテナ船を対象として、主機出力一定、回転数一定 (Fuel Index リミットなし)、回転数一定 (Fuel Index リミットあり: Fuel Index リミットにかかると回転数低下) の各条件下で船速低下、1日当たり

の燃料消費量を VESTA により計算した結果をそれぞれ図2、図3に示します。横軸は有義波高です。

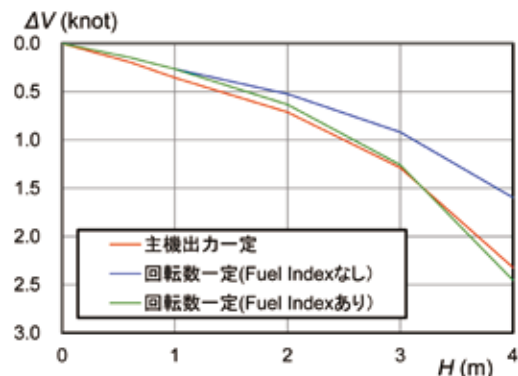


図2 VESTA計算結果(船速低下)

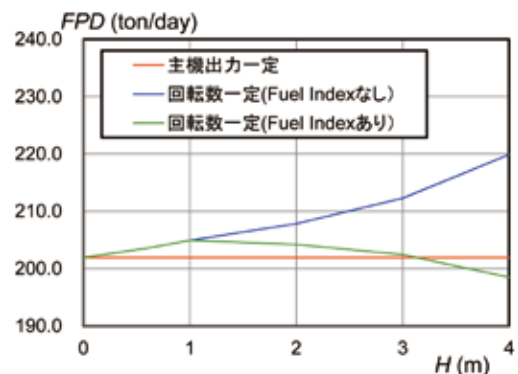


図3 VESTA 計算結果(1日あたりの燃料消費量)

図3、図4より、主機制御方法の違いにより船速低下、燃料消費量の傾向が異なることが分かります。回転数一定制御を行うと、Fuel Index リミットを設定しない場合には、有義波高が大きくなるとトルクが増加し回転数を維持するため、船速低下は比較的小さく、燃料消費量は増加します。今回の場合、Fuel Index リミットを設定すると、有義波高 1.0m を超えたところで Fuel Index リミットにかかり、回転数を維持できず低下することから、船速も大きく低下していることが分かります。ただし、回転数が低下するため、燃料消費量も低下していることが分かります。

2.4. 実船計測による検証

VESTA の計算結果の精度確認のために実船計測データとの比較を行い、検証を行っています³⁾。上記コンテナ船とは異なる大型外航コンテナ船の実船計測データと、VESTA による計算値を比較した結果を図4、図5に示します。緑色のプロットは VESTA の計算結果、赤の実線は実船計測データです。VESTA の推定結果は実船計測の結果と良好な一致を示していることが分かります。

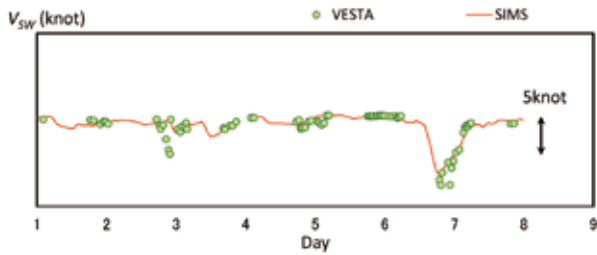


図4 船速時系列

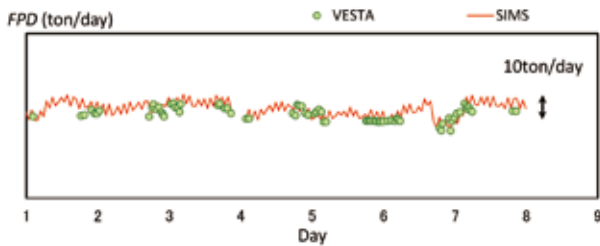


図5 1日あたりの燃料消費量時系列

3. VESTA 入力データ簡易作成ツール UNITAS

VESTA の実行に当たっては、プロペラ単独性能や各 Square Station (S.S.) での断面情報が必要となります。UNITAS は VESTA の計算に必要な入力データを簡易式等を用い作成するプログラムで、VESTA と同様に Microsoft 社の Excel をプラットフォームとして構築しています。図6に UNITAS のトップ画面を、表1に UNITAS の計算項目をそれぞれ示します。

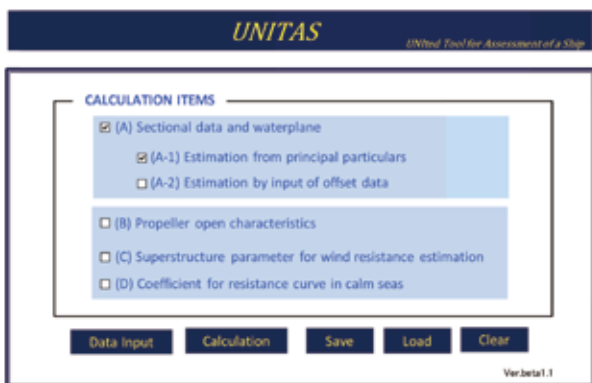


図6 UNITAS トップ画面

表1 UNITAS 計算項目

計算項目	使用用途
各 S.S. での断面情報	波浪中抵抗増加計算
プロペラ単独性能	実海域性能計算
平水中性能	
船体上部構造物パラメータ	風圧抵抗計算

4. VESTA の活用例

VESTA は設計・運航の両段階への活用が期待できます。設計段階では、波浪中抵抗増加の少ない船体形状の検討や、風圧抵抗の小さい上部構造物の検討に援用できます。

運航面においては、航海計画立案時に燃料消費量に関するシミュレーションが可能です。想定した航路における海気象予報値と組み合わせると、船体に作用する外力を評価し、当該航路での燃料消費量や、航海時間、航海距離を計算する、いわゆるウェザールーティングのためのツールとして利用できます。

近年では、積荷の状況に応じて燃費最適化のためにトリム状態を調整する、「最適トリム運航」に注目が集まっています。VESTA の開発に当たっては、実海域における最適トリム運航についても視野に入れ、開発を進めています。

5. おわりに

地球温暖化問題に端を発した温室効果ガス排出量削減の気運は海運業界にも浸透しており、環境負荷の低い船舶を建造すること、少ない燃料で効率よく運航することの重要性が盛んに叫ばれています。

ウェザールーティングや最適トリム運航、Fuel Index リミットによる機関制御は、船長や機関長の経験・判断に大きく依存しているのが現状です。VESTA はこのような経験的に決められてきたものに対し、外力評価・主機作動特性に基づく合理的な判断を与えるツールを提供します。

今後は省エネ付加物の効果や、生物汚損・経年劣化の影響を組み込むとともに、実船計測データの比較により検証を行っていく予定です。

参考文献

- 辻本勝他：実海域での燃費評価について、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第13号、2011
- M Tsujimoto, K Shibata, M Kuroda, K Takagi: A Practical Correction Method for Added Resistance in Waves, Journal of the Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineering, Vol.8, pp.141-146
- 枘原直人他：大型コンテナ船乗船計測による実海域での主機燃費推定について、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第14号、2012