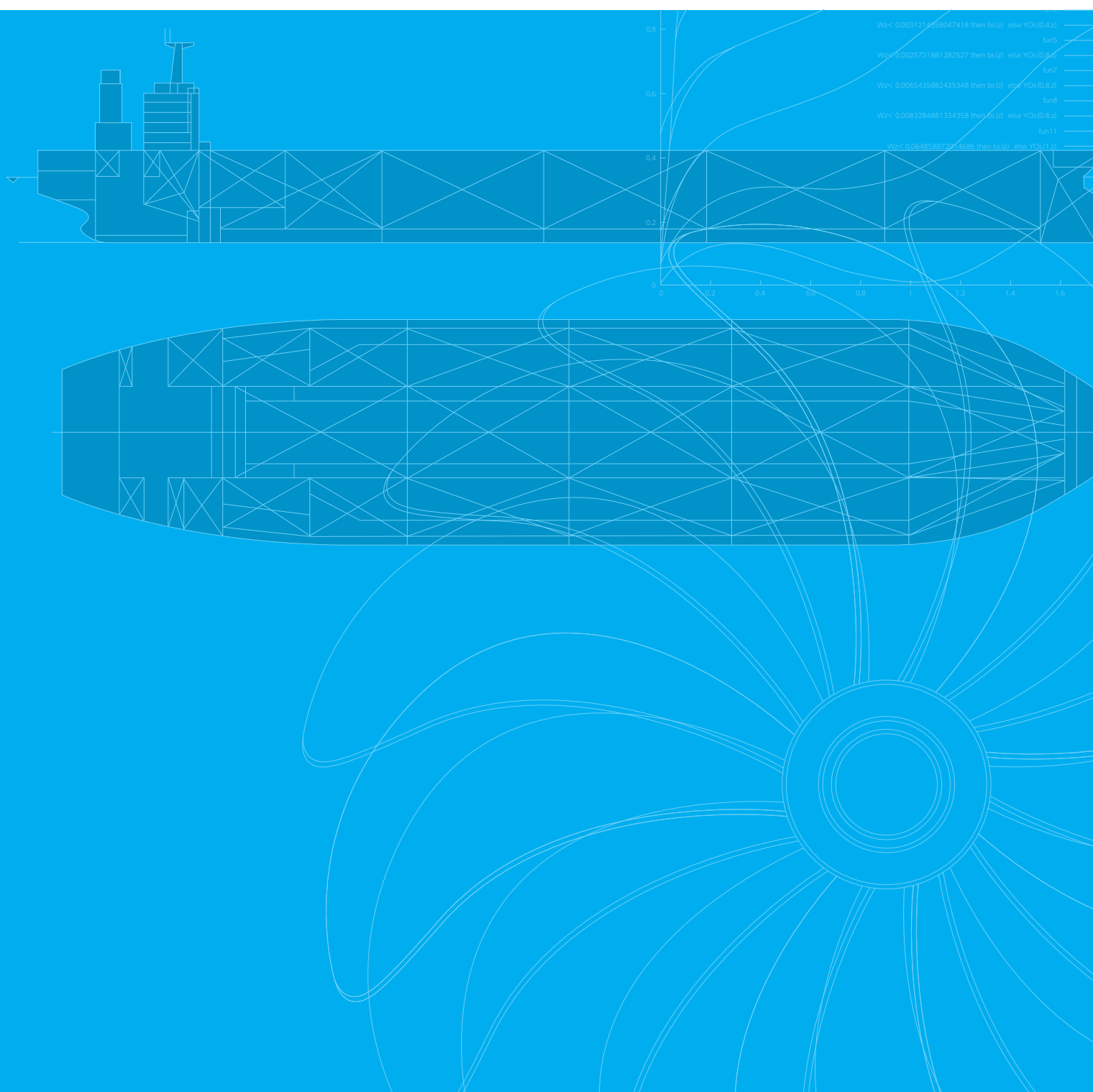


造船の最先端を見つめる技術情報誌

SRC NEWS

The Shipbuilding Research Centre of Japan

No.89
DEC 2011



CONTENTS



三鷹第3船舶試験水槽(中水槽)の活用

3



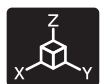
バラスト水低減船型(MIBS)の開発状況

6



愛媛県越智郡上島町 旅客フェリー「ゆげじま」
～島と島を結ぶ最新鋭フェリー～

8



CFDを用いたキャビテーション試験用
ワイヤーメッシュ作成支援ツールの開発

10



マレーシア国海上警察向け
テロ対策等治安無償資金協力

12



船型の数式表示について(9)

14



SRC資料室(9) 推進性能と相関(その2)

16



船の大きさ、速度と所要馬力

18



東京大学名誉教授 小山健夫氏講演会開催、委員会等

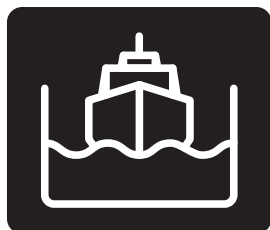
19



当センターは東日本大震災復興キャンペーンを応援しています。

財団法人 日本造船技術センター

〒180-0003 東京都武蔵野市吉祥寺南町1丁目6番1号 吉祥寺スバルビル3階 TEL 0422-40-2820 FAX 0422-40-2827



三鷹第3船舶試験水槽(中水槽)の活用

1. はじめに

日本造船技術センター(以下SRC)は海上技術安全研究所殿(以下NMRI)より、主として400m水槽と呼ばれる曳航水槽を借り受けて船舶に関わる種々の性能試験を実施している。近年、燃料費の高騰や環境負荷軽減の要求により、船型開発に対する造船所の意欲が非常に高くなっている。これに伴い水槽試験の需要も増え、400m水槽のみでは対応困難な状況となってきた。これに加え、今年の3月に起きた東日本大震災による400m水槽の被害とその復旧に伴う稼働停止は、代替水槽の必要性を切実なものとした。

本稿では400m水槽の代替水槽としての役割が期待されるNMRI所有の中水槽について、その活用を促進するためにSRCが行っている、400m水槽との比較試験について紹介する。

2. 中水槽の活用

中水槽と400m水槽の要目を比較し、表-1に示す。

表-1 中水槽と400m水槽

	400m水槽	中水槽
水槽幅(m)	18.00	7.50
水槽深さ(m)	8.00	3.50
水槽長さ(m)	400.00	150.00
曳引車最大速度(m/s)	15.00	5.00
造波装置	○	○
PMM試験装置	○	×
浅水域試験	×	○
循環装置	○	2011/8 導入
脱気装置	○	
水温計測装置	○	

400m水槽は、6m以上の長さを持った大型模型船による試験を目的に設計されており、水槽断面積、長さとも、日本最大、世界でも有数の規模の水槽である。中水槽は水位を変化させることが可能で、様々な水深での試験を行うことができる。水位を変化させる必要上、構造強度の面から水槽の主寸法は制限され、模型船長さは $L_{ppm} = 3 \sim 4m$ が想定されている。このような相違から、推進性能を精度よく評価する必要がある試験には400m水槽を、研究開発や浅水影響試験などの特殊な試験を、取り回しのよい小型模型で行う場合には中水槽を使用する、という使い分けを行ってきた。

しかし前章で述べたような情勢の変化により、

- 需要のピーク時に400m水槽に平行して試験を行うことを可能にする。
- 緊急時に400m水槽の代替水槽として使用可能とする。

という新たな中水槽活用の目的が浮上してきた。

このためには400m水槽と同じ模型船で試験を可能とし、かつ400m水槽と中水槽間の計測値の相関を明らかにする必要がある。また模型船寸法に限界はあるとはいえ、可能な限り400m水槽に近い精度で試験を行える環境を緊急に整える必要もある。

SRCはNMRI殿と協力し、以下の5点を計画、実施した。

- 1) 水槽水循環・脱気装置の導入
- 2) 400m水槽と同一仕様の試験装置の導入
- 3) 400m水槽との比較試験の実行
- 4) 水槽環境計測装置の導入
- 5) トリミングタンクの改造(大型模型対応)

1)、2)については8月末までにほぼ完了した。比較試験3)は、以上により中水槽での試験環境をできるだけ整えたあと、9月に実施した。

3. 抵抗・自航試験の比較

中水槽において400m水槽と同一の模型船を使用し、極力同一の計測器、同一の手順で抵抗・自航試験を行い、その結果を比較した。

表-2に供試模型船、試験日等を示す。

それぞれの水槽での計測結果をSRC標準の3次元解析法により解析し、Fnベースのフェアリング値を求めた。ただし中水槽の解析では、400m水槽と中水槽の断面積の影響を修正するため、(1)式によりBlockage Effectを考慮した対水流速の修正を施している。

$$\frac{\Delta v}{v} = 0.67 \frac{A_M}{A_T} \left(\frac{L_{ppm}}{H} \right)^{0.75} \quad (1)$$

A_M/A_T は表-2に示した船体中央横断面積と水槽断面積の比、 L_{ppm} は模型船垂線間長、 H は水槽幅を表す。

以上により求めた模型船の全抵抗係数(C_{TM})と推進効率(η)を図-1、図-2に示す。 C_{TM} は計測時期による水温差の影響を補正するため、水温を15℃として再計算した値を使用した。図-1、図-2は、400m水槽での計測値を横軸に、中水槽でのそれを縦軸とし、中水槽と400m水槽の計測値が等しければ、図の対角線(実線)にのるように構成している。図中には参考までに±1%の範囲を点線で示した。

C_{TM} はほとんどが±1%のラインの内側にプロットされており、ブロッケージ効果の修正により400m水槽と中水槽の抵抗値はほぼ一致することが分かる。推進効率 η も一部を除き±1%の範囲内にある。

表-2 抵抗・自航比較試験供試船型

M.S.No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Condition	DF	F0	B0	F1	B0	DF	LB	F1
船種	タンカー	コンテナ船	コンテナ船	B/C	B/C	B/C	B/C	B/C
模型船長さ(m)	6.5562	6.1320	6.1320	6.3850	6.3850	6.3220	6.3220	6.5000
AM/AT								
400m水槽	0.262%	0.191%	0.120%	0.262%	0.125%	0.229%	0.111%	0.238%
中水槽	1.440%	1.046%	0.657%	1.438%	0.685%	1.256%	0.606%	1.305%
試験日	2009/2/9	2010/11/19	2010/11/19	2010/10/20	2010/11/16	2010/4/4	2010/4/4	2011/5/6
水温	12.4	18.5	18.5	21.0	18.8	11.8	11.8	13.6
試験日	2010/12/8	2011/1/31	2011/2/1	2011/9/1	2011/9/2	2011/9/6	2011/9/5	2011/9/13
水温	15.0	8.8	8.7	21	20.9	20.8	20.8	20.5

*AM/AT 水槽断面積に対する船体中央横断面積の割合(%)

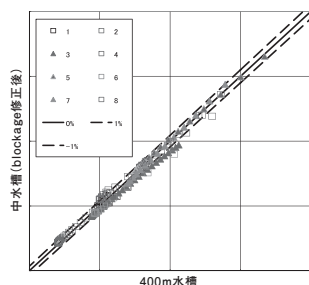


図-1 模型船全抵抗係数(C_{TM})の比較(水温15℃に補正)

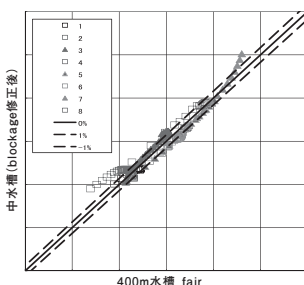


図-2 推進効率 η の比較

計画速力における全抵抗係数(r_{TS})とアドミラルティ係数(C_{adm})を図-3、図-4に示す。 r_{TS} 、 C_{adm} より計算される有効馬力、制動馬力の400m水槽との差を誤差率として(2)式で定義し、表-3に示した。

$$\text{誤差率} = \frac{\text{中水槽計測値} - \text{400M水槽計測値}}{\text{400M水槽計測値}} \quad (2)$$

計画速力付近では平均してEHPで-0.6%、BHPで-0.8%、中水槽が低いことが分かる。また船型によりEHPは±1%、BHPは±1.5%のバラツキがあり、中水槽で試験した船型を評価する上で考慮する必要がある。

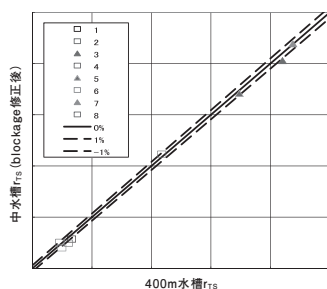


図-3 実船全抵抗係数(r_{TS})の比較

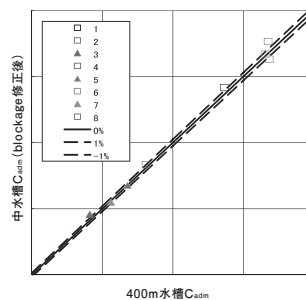


図-4 アドミラルティ係数(C_{adm})の比較

表-3 EHP、BHPの誤差率

M.S.No.	EHP	BHP
	計画速力での誤差率	
1	-0.0128	-0.0174
2	0.0071	-0.0108
3	-0.0143	-0.0233
4	0.0077	0.0166
5	-0.0066	0.0010
6	-0.0145	-0.0045
7	0.0008	0.0045
8	-0.0170	-0.0273
平均値	-0.0062	-0.0076
標準偏差	0.0101	0.0149

4. プロペラ単独性能の比較

抵抗・自航試験と同様な方法で、プロペラ単独性能試験の比較を行った。

供試プロペラを表-4に示した。最新の依頼プロペラ4枚を含む計9枚について比較している。P2280はSRCがPOTを行う時に必ず試験を行う標準プロペラであり、20年以上にわたる繰り返し試験の蓄積がある。

試験は400m水槽で使用しているPOT動力計を中水槽に持ち込み行った。

図5〜7に計画前進率付近(±0.1J)の同一のJにおける K_T 、 K_Q 、 η_o の比較結果を示す。 K_T は-0.6%、 K_Q は-0.5%、それぞれ400m水槽(大水槽)の結果より中水槽が小さい。 K_T 、 K_Q が同程度ずつ小さくなるため、 η_o は-0.1%と400m水槽とほぼ変わらない値が得られることとなる。

表-4 プロペラ単独性能試験供試プロペラ

M.P.No.	Dp	Z	備考
A	0.2500	6	依頼プロペラ
B	0.2500	5	
C	0.2500	4	
D	0.2418	4	
P0172	0.2500	5	SRC Stockプロペラ
P2255	0.2530	4	
P2258	0.2010	4	
P2259	0.1850	5	SRC標準
P2280	0.2000	5	

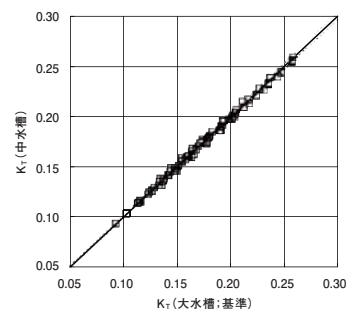


図-5 K_T の比較(Jベース)

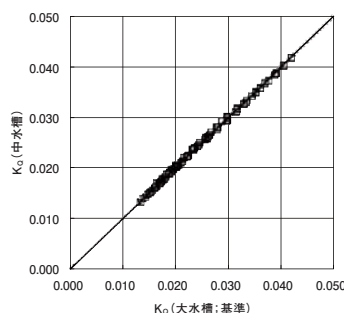


図-6 K_Q の比較(Jベース)

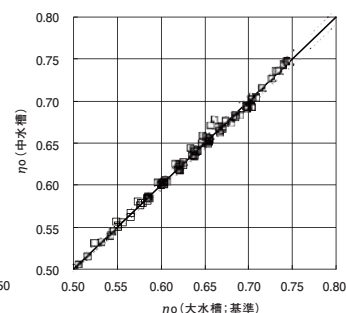


図-7 η_o の比較(Jベース)

η_o を K_T/J^2 ベースで整理し、計画前進率に対応した K_T/J^2 にお

ける η_o の値を中水槽、400m水槽を比較して図-8にプロットした。図-9は同様のとりまとめを400m水槽における繰り返し試験の結果に適用したものである。図-8、図-9を比較すると、両者とも計測値は±1%のラインの内側に入っているものの中水槽の結果のバラツキの方がやや大きい。図-8の平均誤差は-0.2%、標準偏差は±0.6%であり、図-9では0.2%、±0.4%であった。

以上より、中水槽のPOT試験結果は、バラツキはやや大きいものの400m水槽とほぼ同等の値が期待できることが分かった。

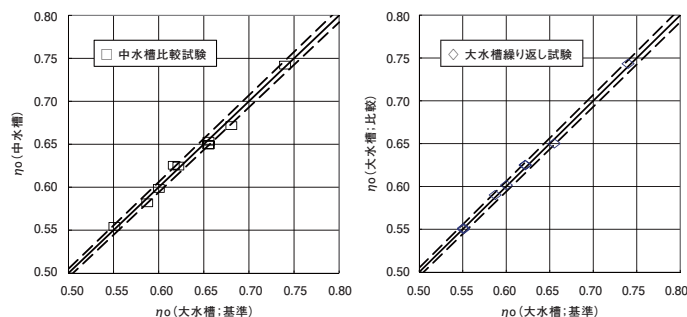


図-8 η_o の比較 (K_T/J^2 ベース) 図-9 η_o の比較 (K_T/J^2 ベース)

5. 波浪中試験の比較

波浪中試験の比較は、無限水深における正面向かい波規則波中の波浪中抵抗増加試験について行った。供試船型を表-5に示す。船型は全て肥大船である。

波浪中試験装置はそれぞれの水槽専用のものを使用した。基本的な構造は同一である。抵抗動力計は共通のものを使用した。計測範囲は、水槽の長さの差により、400m水槽では造波装置から200~100m、中水槽では100m~50mの範囲を使用した。この範囲内で計測されたデータより、10周期以上安定した波形が得られる区間を抽出し、解析に供した。

中水槽での計測値と400m水槽での計測値の差を λ/L ベースでプロットして図-10から図-12に示した。図-12の波浪中抵抗増加係数の差のみ縦軸が400m水槽の計測値に対する比率となっている。

船体運動は縦揺れ($\theta_A/K\zeta_A$)、上下揺れ(Z_A/ζ_A)とも、 $\lambda/L < 1.0$ の範囲ではほとんど差はない。 λ/L が大きくなると400m水槽との差は大きくなるが、それでも10%程度である。波浪中抵抗増加係数(σ_{AWB})の差も同傾向であるが、 $\lambda/L < 0.4$ での差も小さくなっている。しかしこの範囲は、波高も、計測される抵抗増加も小さく、400m水槽の計測値といえども、必ずしも信頼できるものではない。

図-12から $\lambda/L < 0.4$ 、 $\lambda/L > 1.5$ の範囲を除いたデータを用いて計算した、誤差の平均値と誤差の標準偏差は2.3%、±6.3%となる。この値は同一水槽での波浪中抵抗増加計測の繰り返し試験時に経験するバラツキから考えても決して大きいものではない。従って、中水槽の波浪中試験も400m水槽とほぼ同等の結果が得られるものと判断できる。

表-5 波浪中比較試験供試船型

M.S.No.	Lpp(m)	船 種	載貨状態
1	6.435	B/C	DF
2	6.407	B/C	DF
3	6.431	B/C	DF
4	6.385	B/C	F0

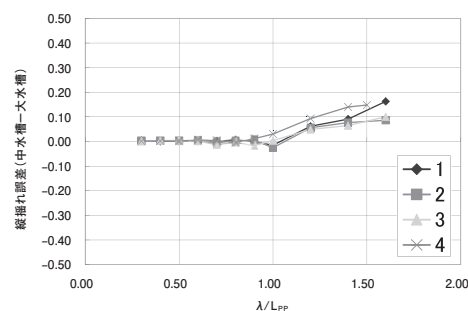


図-10 縦揺れの比較

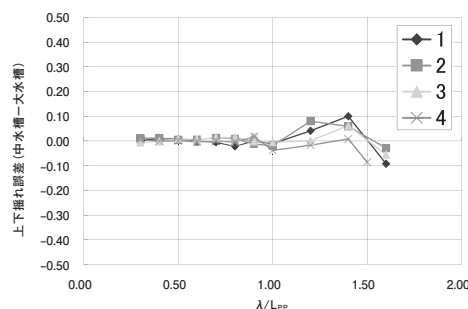


図-11 上下揺れの比較

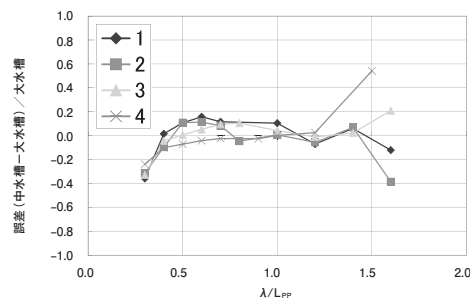


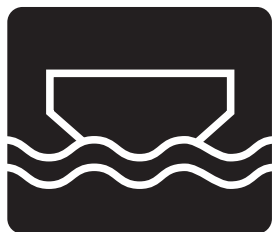
図-12 波浪中抵抗増加係数の比較

6. まとめ

NMRIと協力して進めてきた中水槽施設整備と、それに続いて行った中水槽-400m水槽間の比較試験により、中水槽と400m水槽の計測値の相関が徐々に明らかになってきた。これによって400m水槽で行われている試験を中水槽で実施するための基本的な準備が整ったものと考えている。

しかし現時点の比較試験結果では、中水槽で得られるEHPが平均して400m水槽よりやや低いこと(Blockage修正の問題?)、POT試験による η_o のバラツキが中水槽の方がやや大きいことなど、まだ課題も残されている。今後もさらに比較試験データを積み重ねることにより、中水槽の特性を明らかにし、中水槽での試験精度を400m水槽と比肩しうるレベルまで高めていくよう努力していきたい。

(試験センター 技術部 金井健)



バラスト水低減船型(MIBS)の開発状況

1. 概要

現在、世界的な枠組みで地球環境を守る取り組みが進められており、海事分野でも国際海事機関(IMO)の海洋環境保護委員会(MEPC)において対策が議論され、国際条約の形で具体化しています。最近のIMOにおける地球環境を守るための取り組みの大きな成果として、バラスト水管理条約の採択(2004年)とエネルギー効率設計指標(EEDI)等を導入するためのMARPOL条約改正の承認(2011年)を挙げることができます。

バラスト水管理条約は、バラスト水に含まれる海洋生物の海域間移送による海洋環境汚染を防ぐための条約で、船舶がバラスト水を排出する際に滅殺処理を義務づけるものです。本条約は30カ国の批准およびその合計船腹量が35%を越えた日から12ヵ月後に発効することになっています。現在、30カ国がバラスト水管理条約に批准し、その合計船腹量は全世界の商船全体の26.44%であり(2011年10月1日時点)、発効条件を満たすまであと少しという状況となっています。

エネルギー効率設計指標(EEDI)および船舶エネルギー効率マネジメントプラン(SEEMP)を強化化するMARPOL条約の改正は、国際海運セクターから排出される温室効果ガス(Green House Gas, GHG)を削減するために行なわれました。この条約改正により、早ければ2013年1月以降に建造される船舶に対し、EEDI規制値のクリアおよびSEEMPの保持が強化される見通しとなっています。なお、船舶が排出するGHGの96%以上は、機関が排出する二酸化炭素(CO₂)であり、その排出を削減するためには、船舶のエネルギー効率の改善により、排出量そのものを減らすことが重要です。

ここで紹介するバラスト水低減船型(Minimal Ballast water Ship, 以下、MIBS)は、バラスト水の積載量を大幅に低減する船舶です。そのため、バラスト水処理装置を削減することが可能で、同管理条約への対応が容易になり、また、バラスト状態での燃費が大幅に良くなるので、満載状態とバラスト状態のトータルでのCO₂の排出量が削減できる船舶です。

一般に、船舶は、安全性を確保するためにバラスト水を積載します。タンカーやばら積み船等の肥大船では、空荷状態におけるスラミング防止、プロペラレーシング防止や荷重分散のため十分な喫水を確認する必要があり、コンテナ船等の痩せた船では、満載状態

における復原性を確保するためにバラスト水が必要です。

このように、通常の船舶ではバラスト水は必要不可欠なもののですが、船体形状を工夫することで、バラスト水を積まなくても、安全に航海できる船舶が実現可能です。そのことは、平成15年度から17年度にかけて国家プロジェクトの一環として行われたノンバラスト船(Non-Ballast water ship, 以下、NOBS)の研究開発の結果として明らかになりました。ちなみに、NOBSの船体形状の工夫は、船底を傾斜させ、V字形状にする事により、空荷状態においてバラスト水を積載しなくても、船首船尾喫水を十分に確保できるというものです。

NOBSの研究はバラスト水ゼロを達成できた事で内外の評価を受けましたが、開発した船型は在来船型に比べ、大きく幅広で、かつ、船底のキール幅が非常に狭いV字船底形状をしており、実用船建造に際しては、インフラ面での懸念が強かったことも事実です。それを踏まえ、MIBSは、NOBSで指摘されたインフラ面での問題を解決し、ただちに実用船建造へ踏み切れる船型として開発されています。

2. MIBSの船型コンセプト

MIBSの船体形状(中央断面形状)のコンセプトを図-1に示します。

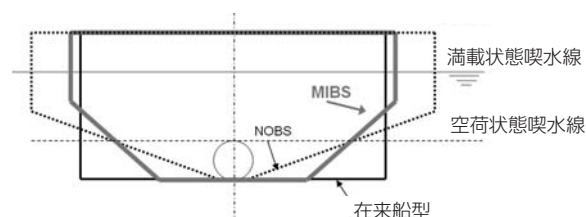


図-1 MIBSのコンセプト(船体中央の断面の違い)

これを見ると、空荷状態における排水量(点線より下の面積)は、NOBSが一番小さく(この時にバラスト水はゼロ)、そこからMIBS、在来船型の順にバラスト水を積載する必要がある事が分かります。また、満載状態の排水量(実線より下の面積)を見ると、MIBSやNOBSはそのままでは在来船型より排水量が小さく、載貨重量が減ってしまうので、載貨重量を在来船型と同じとするために、主寸法等(長さ、幅、喫水、肥大度)を調整することで対処しています。

なお、MIBSは肥大船、痩せ型船、どちらにも適用できますが、外航海運におけるCO₂排出量の約6割は肥大船が占めるので、より大きなCO₂排出削減効果が期待できる肥大船のMIBSの開発が国

等からの補助を受けて、造船所(株式会社 名村造船所殿および株式会社 大島造船所殿)により進められています。当センターは両造船所殿に対しMIBSの基本計画、船型設計への様々な助言、CFD計算および各種水槽試験の実施などの技術面での支援を行っています。

3. 開発状況

肥大船のMIBSは、VLCC(名村造船所殿担当)とバルカー(大島造船所殿担当)を対象に平成21年度より開発が進められており、平成23年度中に開発が完了する予定です。

そこでのMIBSの開発目標は、在来船型比でCO₂排出量を10%以上削減(満載状態とバラスト状態の平均)することにあります。昨年度までの開発状況はVLCC、バルカーともに第3船まで基本計画、船型設計、水槽試験による推進性能確認までを行ないました。そこで得られたMIBSの斜め下方からの俯瞰図を図-2に示します。模型試験の写真を図-3に示します。

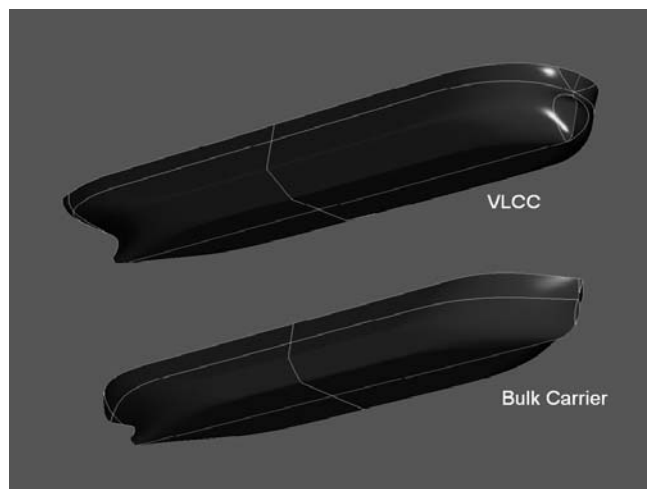


図-2 MIBSの俯瞰図

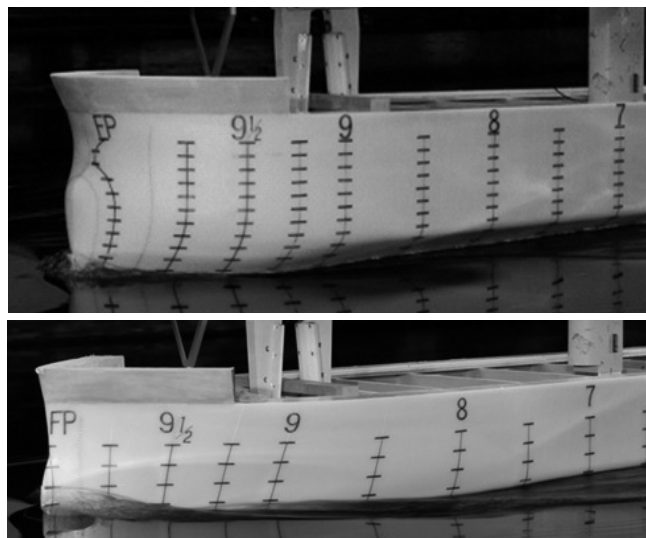


図-3 MIBSのバラスト状態における水槽試験の様子
(上;VLCC、下;バルカー)

また、船型設計に際しては、船型改良案に対しCFD計算を繰り返行ない、最良の船型となるように開発を進めています。図-4にCFD計算結果の一例を示します。

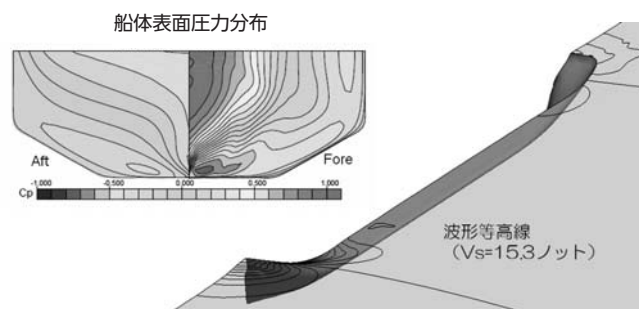


図-4 CFD計算結果の例(VLCC)

現在開発中のMIBSの主要目と水槽試験で確認されたCO₂削減率を表-1に示します。開発目標であるCO₂の10%以上削減を達成しています(D.W.は在来船と同じ)。また、バラスト水搭載量も在来船と比べて60%以上の削減を達成し、バラスト水処理装置を大幅に削減できることが確認されました。

表-1 MIBSの主要目とCO₂削減率

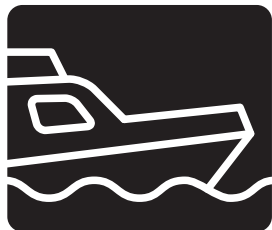
	VLCC			Bulk Carrier		
	在来船型	O1(MIBS)	O2(MIBS)	在来船型	B1(MIBS)	B2(MIBS)
L (m)		333.0			210.0	
B (m)		60.0		36.5	37.5	
D (m)	29.0	30.0	31.0	22.95	23.95	
d _{95%} (m)	20.5	21.5		9.8	10.8	
Deadweight (t)		300,000			49,000	
Water ballast weight (t)	85,000	31,000	28,000	25,000	8,200	9,600
CO ₂ 削減率 (Full load / Ballast Condi.)	-	1% / -16%	-4% / -20%	-	-3% / -26%	-5% / -24%
CO ₂ 削減率 (Total)	-	-8%	-12%	-	-14%	-15%

4. 今後の予定

今後の予定は、平成23年度中にMIBS第4船を設計し、水槽試験により平水中の推進性能確認をした上で、最終船型を選定し、詳細設計を行ない最終報告書を纏めることとなります。最終船型では、操縦性能(PMM試験)、波浪中性能(波浪中試験)等の各種性能の確認試験を行ないます。併せて、今回開発するVLCCとバルカーのMIBS設計コンセプトについて日本海事協会殿よりコンセプト承認を得る予定です。

今回のMIBS開発が実船建造に繋がるよう、名村造船所殿、大島造船所殿、日本海事協会殿と共同で開発成果のPRを積極的に進めていくつもりです。

(試験センター 技術部 新郷将司)



愛媛県越智郡上島町 旅客フェリー「ゆげじま」 ～島と島を結ぶ最新鋭フェリー～



航走写真

1. はじめに

愛媛県上島町では、弓削島～佐島～生名島の連絡が生名橋の開通に伴い飛躍的に向上することとなり、利便性が向上する反面、民間フェリーにて車両及び旅客を運ぶ下弓削～長崎航路は規模縮小・事業転換の恐れが出てくることを鑑み、通勤・通学・通院等の生活航路としての存続の見地より、既存航路者へ新たな船舶を貸与することを決定されました。この新鋭の旅客フェリーの建造に携わる建造所の選定に当たっては、新型船建造にふさわしい各種アイデアを公募するため、複数の建造所に設計コンペを公示し、その中から最優秀に選定された船型を選択致しました。

当センターでは平成22年の5月から6月に本船の設計コンペ支援業務を、7月から平成22年11月まで建造監理を行いました。

以下に本船の概要と性能を紹介致します。

2. 本船の概要

設計コンペの結果、尾道市の株式会社木曽造船が最優秀の

デザインと選定され、提案のあった船型を設計展開後、建造工事を実施しました。本船は、搭載車両1台(含:救急車)を搬送できる快適な乗り心地を備えた高張力鋼製のフェリーとして建造されました。

① 一般配置

一般配置は、前部よりランプを経て車両甲板(露天)とし、その後部に客室を配置しております。上甲板後部はアルミ製の椅子を設けたデッキとしております。

上部構造の第2層には操舵室を配し、その後部はアルミ製椅子を設けた展望デッキとしております。

客室内の右舷後部には多目的トイレ(バリアフリートイレ)を配し、左舷後部にはバリアフリー席を設けています。

上甲板下は前より、船首倉庫、空所(燃料タンク区画)、機関室、舵機室の4区画としており、機関室には、大馬力主機関2基、発電機1基及び配電盤等を効率よく配置し、騒音、振動にも配慮した構造としております。

2 主要目

船 質	上甲板下:高張力鋼 上部構造:軽合金
全 長	21.40 m
登録長さ	16.90 m
幅(型)	5.20 m
深さ(型)	1.64 m
計画満載喫水	0.89 m
総トン数	19 トン
資 格	J C I
航行区域	平 水
試運転最大速力	18.7 ノット
航海速力	14 ノット
航続距離	215 マイル
最大搭載人員	乗 員 2 名 旅 客 80 名 合 計 82 名

3 主要装備

主機関	281kW 2 基
主発電機	12kW 1 基
変圧器	2.5kVA 1 基
操舵装置	1 式
航海計器(複合型)	1 式
レーダーセンサー	
GPS受信機	
マルチファンクションディスプレイ	
監視カメラ装置	4台

3. 特 徴

1 高速化

本船は各港に接岸、離岸を繰り返すため、運航ダイヤを守るためには十分な速力の余裕を持つ必要があります。このため、本船は航海速力14ノット以上の高速化が達成されています。

2 快適性

客室の椅子は全て肘付であり、快適な座り心地を確保しております。椅子間のピッチは十分に取り、かつ左右の客席間の通路もゆたかりと取っております。

振動、騒音は、客席下に施工した制振材の効果により低く抑えられております。

3 ランプ

本船前部に設けた油圧式の車両及び乗客用乗り込みランプは、大型乗用車の車両重量に耐える十分な強度を持っております。

また乗降用通路としてはバリアフリー規則をクリアーしたものでなっており、展張・揚収時間も短く、迅速な乗下船を可能としています。

4. 本船主要機器写真

本船の主要部の写真を以下に示します。



操舵室



客室



バリアフリー席



後部デッキ



船橋甲板旅客スペース



機関室

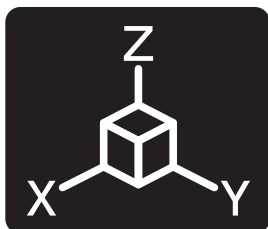


車両甲板

5. おわりに

本船の設計コンペ、建造監理を通して船主である上島町殿には終始適切なお支援を戴き、運航者である弓削汽船株式会社殿には、建造段階にてご支援を戴きました。心よりお礼申し上げます。また、建造に当たられた株式会社木曾造船殿には高度な造船技術と各種アイデアを駆使して19トン型としては最大級の本船建造に尽力されましたことを付記致します。

(海洋技術部 石井哲郎)



CFDを用いたキャビテーション試験用ワイヤーメッシュ作成支援ツールの開発

1. はじめに

日本造船技術センターでは造船会社等の依頼を受けてプロペラキャビテーション試験を行っています。この試験は減圧可能な回流水槽内でプロペラのキャビテーションを再現し、実船プロペラの設計に必要な情報、すなわち、プロペラの振動、騒音、性能低下、翼面のエロージョンなどを検証します。

この試験では船後後流、特にプロペラ面での伴流分布を水槽内で精度良く再現することが重要です。一般的にその再現方法として、主流方向だけを再現するワイヤーメッシュ（金網）スクリーン法（図-1参照）と、3次元流場を再現するために模型船を計測胴に入れる方法があります。

前者はメッシュの堰き止め効果を利用します。メッシュの作成は、再現すべき伴流分布をにらみながら、試行錯誤でメッシュを切り張りしてキャビテーション水槽で流速計測を行います。この方法は後者に比べてやや前時代的な印象を受けますが、後者では前者より大きな計測胴が必要となること、模型船以外にもフローライナーという制限水路影響を軽減させる道具を用いますが、その調整が難しいなど、一長一短と言えます。

当センターでは後者の試験が行える水槽で試験を行っていますが、精度の面や工数面でも前者が優れているとの判断よりワイヤーメッシュスクリーン法を主流としています。このワイヤーメッシュスクリーン法を用いたキャビテーション試験を、CFDを用いて効率化させようとするのが本研究開発の目的です。

2. 開発の概要

当センターではワイヤーメッシュを使ったキャビテーション試験を行う場合、メッシュの作成にキャビテーション水槽使用時間の60%以上を費やしていました。本研究開発ではメッシュ作成中に行われる試行錯誤をCFDを用いて計算機上でバーチャルに行うことにより、水槽の占有時間を短縮させ、同時に作業者の工数も削減できるような開発を行いました。

計算は水槽試験を行う作業者が行うことを想定しました。そのため、一般的に高度なスキルを要するCFD計算に関する一連の作業をブラックボックス化する必要がありました。すなわち、格子生成、計算条件設定などの前準備から計算実行、計算結果の評価、表示などの後処理までをパッケージ化し、作業者にとって煩わしいファ

イル編集などを簡単な操作で行えるシステムが必要でした。

特に、メッシュの形状入力とはPC上で行うときには困難を極めます。従来の方法では、紙に描いたメッシュ形状に習って金網を切り、ベースとなる金網に固定するのですが、新しい方法ではPCに数値データとして入力する必要があります。これはCFDを用いることによって新たに発生するデメリットの一つです。実際にメッシュ形状を紙等には描き、スキャナーで読み込み、汎用ツールを使ってPC上で数値化し、これを3角形ポリゴンに分割し、入力ファイル形式に成形したところ、1ケースあたり数時間以上を必要としました。

本開発ではこのようなデメリットをできるだけブラックボックス化し、メリットを最大限に生かせるような設計を行いました。図-2に本ツールの外観を示します。右側の入力に関する画面で、メッシュの形状をマウスで描きます。計算実行は出力画面の上のボタンで行い、その下の画面で計算結果と目標値や計測結果と比較することができます（計算条件の変更等は別画面で行います）。すべての動作をほぼマウスクリックのみでできるユーザーフレンドリーなシステムが完成しました。

3. 計算手法及び使用方法

計算モデルは図-3に示すような計測胴を模擬した円筒形モデルを使用しています。計算手法は海上技術安全研究所で開発されたSURFを改良した非圧縮性レイノルズ平均ナビエ・ストークス方程式法に基づくコードを用いています。ワイヤーメッシュの効果を考慮するためには主流方向流速の2乗に比例して得られる体積力モデルを使用しました。

流入速度は3.86m/sで流路直径が0.75mとして、レイノルズ数は 1×10^6 で計算を行いました。乱流モデルはSpalart-Allmarasモデルを用いています。

計算格子は非構造格子で約16万格子と約8万格子の2種類を用いました（流路壁面の検査面への影響が少ないため、壁面をフリースリップとして扱っても良いことが分かり、この場合、計算時間短縮のため、後者の格子を用いました）。また、メッシュの後流は全面で乱流が発達していると考えられますが、試行の結果、メッシュ後流は乱流として扱わないほうが適切な伴流分布が得られることが分かりました。

上述の体積力を求めるとき使う比例係数（体積力係数）は、数十ケースの検証計算結果と実験結果を比較し、検討を行いました。

その結果、伴流分布の傾向（例えば痩せ型船、肥大船）によって最適な係数のセットを使い分けられたほうが良いことも分かりました。

計算は初期流場を工夫して1000～2000ステップで収束するようにしました。8コアの計算サーバーで約15分、シングルコアのPCで1時間半で一回の計算が終了します。

実際の作業では作業者が目標の伴流分布をにらみながらメッシュ形状を変更するCFDによる試行錯誤を行い、その後、水槽で確認して、概ね良ければ、出来上がった金網の上にさらに細い針金を張り、最終調整を行います。

4. 導入効果と将来展望

これまでのキャビテーション試験では作業員2人で、準備から試験、後片付けまでで1ケースあたり7日間かかっていましたが、導入後は水槽使用日数を3～5日に短縮できる効果が得られました。

CFDを使った机上検討は熟練者（CFDの専門家ではない、キャビテーション試験の熟練者）が目標の伴流分布をにらみながら、

CFDによる試行錯誤を行うわけですが、これを1人の作業員で概ね半日から1日程度でできることが分かりました。水槽使用日数は約60%、人件費は約65%に削減できました。将来的には経験の浅い作業者の教育用に活用することも検討しています。

また、改良についてですが、現在は、上述の最終調整用の細い針金や図-1に示す2次元プレート、J型動力計をモデル化していないため、これらを使った試験では計算精度が落ちます。これらを考慮した計算を行うためには、もちろんそれぞれに対応したハード、ソフト面での投資が必要です。他に、最適化による自動化機能の追加も改良項目として考えられます。投資の大きさは針金が最も大きく、次に最適化、その次に2次元プレート、J形動力計が同等だと思われます。業務量を考慮して効果を検討しているところです。

最後になりましたが、本研究開発に対するご助言、特にCFDコードの改良等について独立行政法人 海上技術安全研究所にご協力頂きました。ここに深謝いたします。

（技術開発部 西川達雄）

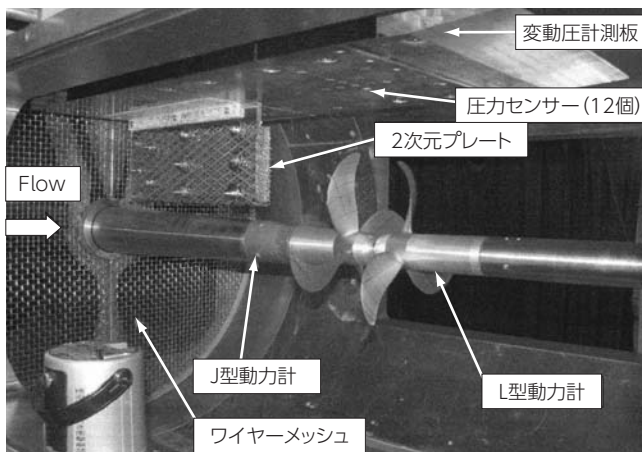


図-1 ワイヤーメッシュスクリーン法による試験の様子

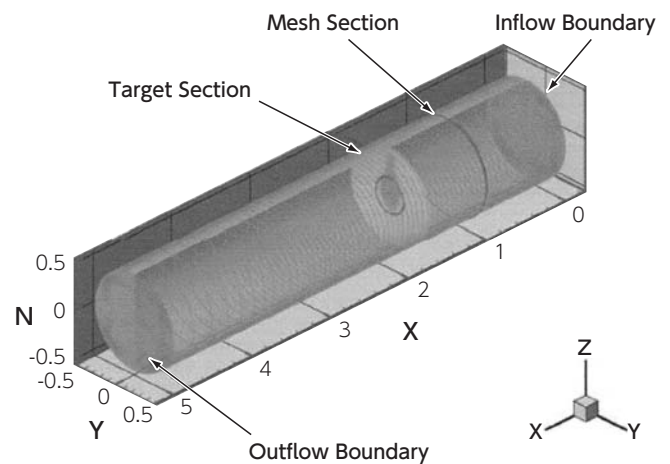


図-3 CFD計算領域の概要

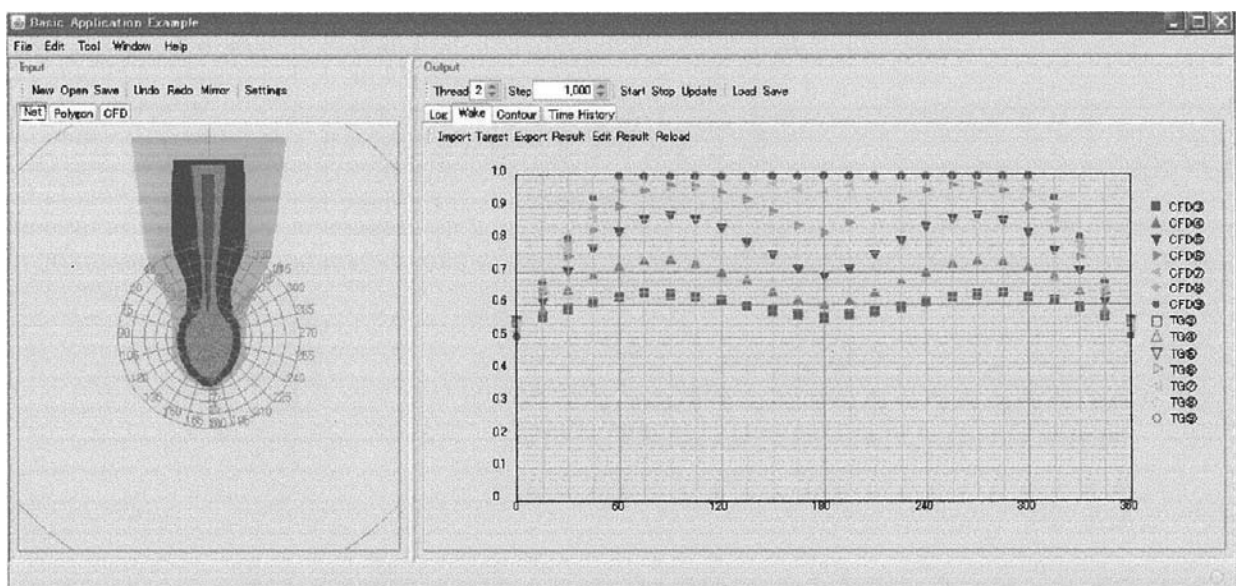


図-2 ワイヤーメッシュ作成支援ツールの概要



マレーシア国海上警察向け テロ対策等治安無償資金協力

1. はじめに

マレーシア国(以下「マ」国という)海上警察へのテロ対策等治安無償資金協力に関し、当センターは国際協力機構(JICA)の「海上警備強化機材整備計画(2/2期)」プロジェクトに参加し、複合型高速艇他海上警備強化機材の調達についての事業化調査業務及び実施設計/調達監理に関するコンサルタント業務を行いました。2011年3月に無事業務を完了しましたので、その概要を報告します。



「マ」国半島側地図

また、クアラトレンガヌ、ジョホールバルにある類似の複合艇を製作している造船所を訪問し、各種技術資料入手、製作状況調査、類似艇への乗船等を行い、本プロジェクトで要請されているような複合艇は「マ」国でも十分製作可能なことを確認しました。

これらの情報をもとに要請内容を検討した結果、複合艇と携帯無線機に変更はあるものの上記要請内容は基本的に妥当なものと結論に達しました。



ペナン基地栈橋

1 複合艇

海上警察では2008年現在で複合艇を含め長さ約5m～約40mの取締艇を約200隻保有しています。今回のプロジェクトでは、当初長さ8.5m船外機付きで船速55ノットという容積フルード数からすると安定性の面で、かなり厳しい要請がありましたが、事業化調査では、船速は多少犠牲にしても10m以上の大型にしてほしいとの変更要請がありました。そこで、本艇の稼働海域、運用方法、さらに現有艇で安定的に稼働している複合艇の容積フルード数等考慮した結果、長さ10mで船速は満載で50ノットが妥当との結論を得ました。

材質については、要請ではFRP又はアルミとなっていました。海上警察現有艇の殆どがFRP製であること及びこの程度のサイズでは一般的にFRPの方が経済的であることからFRPに絞りました。

船外機の容量については、積算用仕様書では艇体概略サイズを指定し、満載で50ノット達成できるようメーカーに決めさせることにしました。またメーカーについては、この種の業務用高速複合艇は特殊機種のため実績の多い、「マ」国及び欧米製を主な調達先の候補としました。



複合型高速艇

2. 事業化調査

事業化調査に先立ち実施された基本設計調査段階では下記の調達要請が出されました。

- ① 複合型高速艇 : 4 隻
- ② 夜間暗視装置 : 40台
- ③ レンジファインダー : 40台 (暗視装置付)
- ④ 携帯無線機 : 60台

2008年9月事業化現地調査が行われ、当センターから業務主任を含め3名が参加し、クアラルンプールにある海上警察本部、マラッカ海峡ほぼ中央にある海上警察ポートクラン基地及び複合型高速艇(以下複合艇という)が配備されるペナン基地、ルムツ基地及びタンポイ基地(ジョホールバル)を訪問し要請内容の確認、各基地の取締りの実態、保有船・施設の現状及びメンテナンスを行う近隣の造船所の調査を実施しました。

2. ゴーグル型夜間暗視装置

操船者が夜間ハンズフリーの状態で操船できるよう頭部に装着して使用できるようゴーグル型が必要と判断しました。また、暗視装置は電気工学機器分野において高い技術水準を有する国以外では製造されておらず、欧米・カナダのメーカを調達先候補と考えました。



ゴーグル型
夜間暗視装置

3. 双眼鏡型レンジファインダー

暗視装置は上記同様欧米・カナダ製が候補です。ただ、レンジファインダーに装着するタイプとなるとさらに絞られますが、メーカは複数あることを確認しました。

また、要求性能はその用途からして妥当なものと判断しました。



レンジファインダー/暗視装置

4. デジタル型携帯無線機

秘話方式を「マ」国家警察で使用されているアルゴリズムと合致させた最新の型番に変更しました。

デジタル携帯無線機



3. 実施設計と調達監視

事業化調査の結果をもとに、技術仕様書及び図面を作成し、事前資格審査及び入札を実施した結果日本の商社が落札しました。応札のベースは複合艇はグラック社製（「マ」国）、夜間暗視装置及びレンジファインダーはニューコン社製（カナダ）、携帯無線機はモトローラ社（米国）（製作は「マ」国）でした。

図面承認については、複合艇以外はカタログ製品のため、仕様書と比較し型番・数量・数値のチェックのみでしたが、複合艇については、約30種類の承認申請図を審査しました。

複合艇は、全船ジョホールバルにあるグラック社の室内工場で製作されました。

4. 試運転・初期操作指導・完成検査・引渡し立会い

2010年9月当センターから2名「マ」国へ出張し、複合艇4隻の試運転に立会いました。試運転はジョホールバルコーズウェーで2日に亘り行われ4隻とも仕様書どおり満載で50ノット以上達成することが確認されました。

その後2日に亘りグラック社及び機装品メーカにより海上警察乗組員（約20名/日）を対象に行われた初期操作指導に立会いました。

また、全艇の完成検査、予備品、インベントリー及び完成図書の確認等を行いました。

暗視装置及びレンジファインダーはカナダのニューコン社で製作されましたが、当センターは、契約上船積前機材照合検査を第三者機関に委託実施する義務があり、2010年8月フランス船級協会に委託、カナダにて検査を実施しました。最終的には上記出張中にペナン基地及びタンポイ基地にてそれぞれ半数ずつ受領確認しました。同時にそれぞれの基地にて各約20名の乗組員に対し行われた初期操作指導にも立会いました。

携帯無線機については、モトローラ社「マ」国工場で製作されたため、船積前検査はなく、上記機材と同時にペナン、タンポイ基地にてそれぞれ半数ずつ受領を確認しました。

以上のとおり、引渡し条件は全て整ったため2010年9月24日ジョホールバルにて海上警察長官と調達業者により引渡し関係書類に署名し、さらに、当センターは長官署名のコンサルタント業務完了証書を取得しました。

5. 引渡式典

当初、「マ」国側主催の引渡し式典は、2010年9月の引渡し直後に実施される予定でしたが、「マ」国側及び日本側要人のスケジュール調整付かず延期になっていたところ、2011年3月17日ポートクラン海上警察基地にて大使、JICAなど日本側関係者や自国内に紹介する目的で「マ」国関係者が招かれ盛大な式典が催されました。



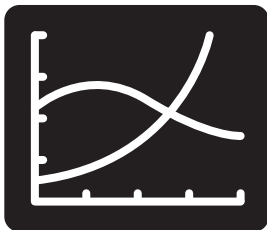
引渡式典

6. おわりに

今回の調査・コンサルタント業務はほぼカタログ製品の調達が主体で、設計/建造監視中心のこれまでの業務とはかなり異なるものでしたが、「マ」国側要請に沿った機材を予定どおり調達できたことで、当センターのコンサルタント業務に対し「マ」国側から謝意表明がありました。

なお、2011年9月23日保証期間が終了しましたが、特段の保証工事もなく順調に稼働しているとの報告を受けています。

（技術顧問 友井武人）



船型の数式表示について (9)

はじめに

前号SRC News No.88まで、数式表示法と曲面幾何学特性の関連を主題に紹介して来ましたが、船型設計との関連を論じる段階となりました。主要目や排水量の設定、横切面積曲線の決定、選定した母型に似た船体形状の創出に至るプロセスの中で、各種の表示式やパラメータ関数のデータ整備、曲面変形法等、色々な課題がありますが、本稿では、排水容積や横切面積曲線表示式、母船型選定のデータとなるパラメータ関数を線図オフセットから求める方法について紹介します。

1. 排水容積 - 柱形肥瘠係数

船体形状〔半幅 $y(x,z)$ 〕の式を以下に示します。座標 (x,y,z) は、船首或いは船尾端を原点に、船首尾長さ $(L_e, \text{ or } L_r)$ 、半幅 $(B/2)$ 、計画喫水 (d) による無次元値、 $Ao(Xo(x,z))$ 、---, $A5(Xo(x,z))$ は、曲面の長さ方向変化を表す基本的な特性関数、 $w(z)$, $f(z)$, $t(z)$, $\alpha(z)$, $\beta(z)$ はパラメータ関数です。曲面部は、変化する端部を持ち $(x=g(z))$ 、side flat end line $(s(z))$ に沿って、平坦面に滑らかに接合します。 $y(x,z)$ は中央断面幅 $b(z)$ と $yo(x,z)$ の積で、 $x=g(z) \sim s(z)$ の曲面域は、

$$yo(x,z) = Ao(Xo) + A1(Xo)w(z) + A2(Xo)f(z) + A3(Xo)t(z) + A4(Xo)\alpha(z) + A5(Xo)\beta(z)$$

$$Xo(x,z) = (x-g(z))/(s(z)-g(z))$$

平坦域 $x = s(z) \sim 1$ は、 $yo(x,z) = 1$ です。

柱形肥瘠係数 w_p^* は、 $\int\int yo(x,z) dx dz$ の x に関する積分から曲面域と平坦面域の容積の和に対応する式が得られます。

$$w_p^* = \int w(z)(s(z)-g(z)) dz + \int (1-s(z)) dz$$

船首、平行部、船尾部を合わせた柱形肥瘠係数 Cpl は、船首、船尾の柱形肥瘠係数 wep^* , wrp^* との以下の関係式から求める事が出来ます。

$$L/B(1-Cp) = Le/B(1-wep^*) + Lr/B(1-wrp^*)$$

2. 横切面積曲線を描く

船首尾部の横切面積係数曲線 $Cp(x) = \int yo(x,z) dz$ は、曲面部と平坦部の分けや Xo が、 z だけの関数ではなく図-1に示す様な曲面の為に解析解は勿論演算も面倒ですので、検討に便利な近似式を提案します。

$$Cp(x) = Ao(xx) + A1(xx)w_p^*/(1-xm) + A2(xx)f_p^* + A3(xx)t_p^* + A4(xx)\alpha_p^* + A5(xx)\beta_p^*$$

w_p^* は左記の式、 $f_p^* = \int f(z) dz$,

$$t_p^* = \int (t(z)/(s(z)-g(z))) dz,$$

$$\alpha_p^* = \int (\alpha(z)/(s(z)-g(z))^2) dz,$$

$$\beta_p^* = \int (\beta(z)/(s(z)-g(z))^2) dz$$

$$xm = (x-xm)/(1-xm), \quad xm = \int g(z) dz$$

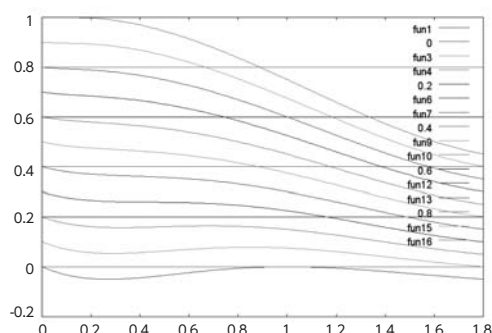


図-1 $Xo(x,z)$ 一定の x,z 曲線

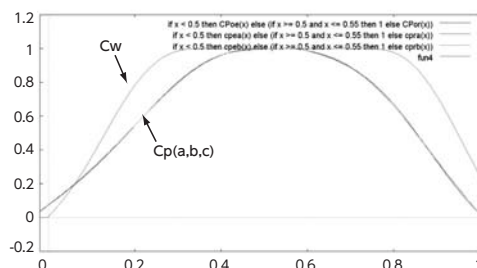


図-2 Cp & Cw 曲線 $Cb=0.65$

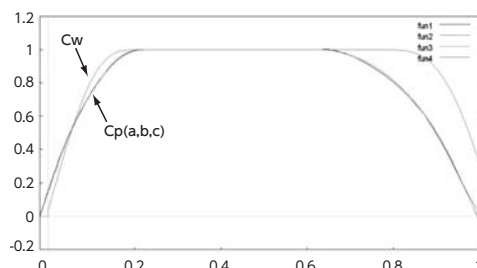


図-3 Cp & Cw 曲線 $Cb=0.82$

上式は、Side flat end lineと船首尾形状による変形影響を考慮しています。

図-2、図-3に近似式による計算結果 (a) と断面毎の数値計算結果 (b) をSS.Noベースの曲線で示します。更に、 tp^* , α_p^* , β_p^* に xm の更なる修正を加えた近似式による結果 (c) も併記していますが、3者は良く合っており、検討に必要な精度をもつと考えられます。

なお、図では0がF.P.、1がA.P.を表しています。また、 $z=1$ へのパラメータ値により得られる水線曲線Cwも併記しています。

3. 浮心の近似式

Cp(x)の式から、モーメント(mt)、図心(Xc)、全体の浮心(Lcb)の式を導きます。

$$mt = 3/28 + (wp^*/2)/(1-xm) - 3fp^*/28$$

$$-tp^*/84 + 3(\alpha p^* - \beta p^*)/5040$$

$$Xc = xm + mt(1-xm)^2/wp^*$$

$$Lcb(\%) = ((wep^*le^2 Xce + (1-le-lr)(1-lr+le)/2 + wrp^*lr(1-lr Xcr)) / Cp - 0.5) * 100$$

ここで、le, wep*, Xme, lr, wrp*, は、船首entrance, 船尾runの数値、Cpは、船首、平行部、船尾の合計値、LcbはMid-shipの後方が+, 前方が-です。

4. パラメータ関数の解析

オフセットの数値、即ち、深さz毎のSS.N0.における半幅や船首尾プロファイルに船首尾長、半幅、喫水の無次元値に直し、数式表示法の座標に整理します。次に、長さxi, 深さzjでの半幅y(xi, zj)の関係式を基に深さzjでのパラメータ関数の値、w(zj), f(zj), t(zj), $\alpha(zj)$, $\beta(zj)$ を最小二乗法により求めます。

$$Ao(Xoij) + A1(Xoij)w(zj) + A2(Xij)f(zj) + A3(Xoij)t(zj)$$

$$+ A4(xoij)\alpha(zj) + A5(Xoij)\beta(zj) = y(xi, zj)/b(zj)$$

$$Xoij = (xi - g(zj)) / (s(zj) - g(zj))$$

L/B=7, B/d=3, Cb=0.7の船型のオフセットから船首部曲面のパラメータ関数を解析した結果を紹介します。

(1) Side Flat End Line s(z)

Side Flat End Line長と船首部長の比を深さベースにプロットして図-4に示します。若干のパラツキはありますが、肩部船底付近で船側垂直線に接しており、両者の交叉に起因する曲面の局所的な不連続性の発現を防ぐ配慮が見られます。

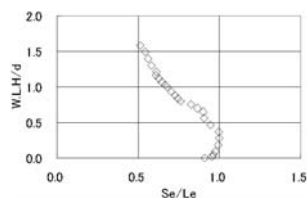


図-4 Side Flat End Line S(zj)

(2) パラメータ関数 w(z)

図-5に深さ方向の水線面積係数分布を表すw(z)を示します。若干のパラツキはありますが、船底 $z=0$ で接し、喫水線、更に上方へと増加する傾向は、フレームライン形状に対応しています。

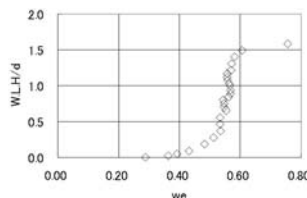


図-5 パラメータ関数 w(z)

(3) パラメータ関数 f(z)

図-6に船首端、即ちプロファイルに沿う幅分布に対応するf(z)を示します。 $z=0$ で接し、船首バルブ断面形状に対応して変化する傾向が見られます。

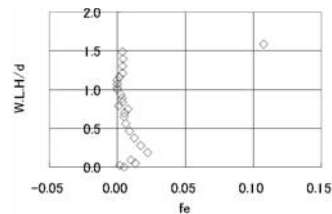


図-6 パラメータ関数 f(z)

(4) パラメータ関数 t(z)

図-7に船首端に沿う長さ方向勾配に対応するt(z)を示します。 $z=0$ で接し、f(z)と同様に船首バルブ断面形状に対応して変化する傾向が見られます。

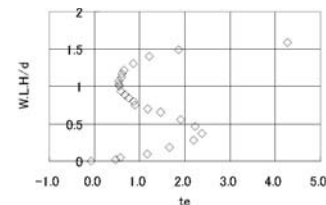


図-7 パラメータ関数 t(z)

(5) パラメータ関数 $\alpha(z)$

図-8に肩部の曲率に対応する $\alpha(z)$ を示します。 $z=0$ で接し、喫水線に向けてマイナスの値から0へと変化します。喫水線付近から船底方向に水線の肩落ち傾向が強まる事を意味します。

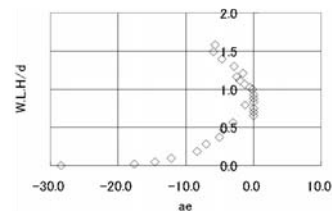


図-8 パラメータ関数 $\alpha(z)$

(6) パラメータ関数 $\beta(z)$

図-9に船首端曲率に対応する $\beta(z)$ を示します。 $z=0$ で接し、喫水の間付近に極値をもつ分布が得られました。極値深さの水線を中心に先端付近で丸みを帯び肩付近が膨らむ事を意味し過度の、肩落ち傾向の局所的補正と考えられます。

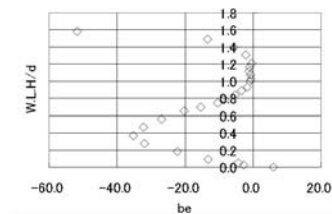


図-9 パラメータ関数 $\beta(z)$

(7) 船体曲面の再現

以上データから各パラメータの表示式を回帰分析により設定し曲面の再現を試みました。

船首バルブやフレームラインの傾向等、原船型の特性がかなり忠実に再現されたと評価されます。先人のノーハウをパラメータ関数に置き換える数式表示法の目標に一步近づいた思いがします。

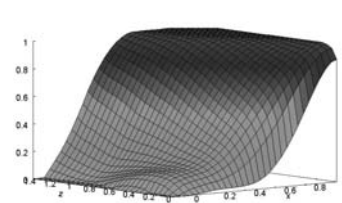


図-10 再現された曲面

(技術顧問 武隈克義)



推進性能と相関(その2)

前号では、

1. 船型要素のレベルとの相関
2. 性能要素間の相関
3. 馬力係数との相関

について紹介しましたが、本号はその続きです。

4. 馬力係数に対する寄与

推進性能は馬力係数の大小によって評価されます。前号では、性能要素と馬力係数との相関係数を紹介しましたが、ここでは、見方を変えて、「馬力係数を構成する個々の基本的性能要素(造波抵抗係数、形状影響係数または粘性抵抗係数、船後プロペラ効率比、スラスト減少係数、有効伴流係数)が馬力係数にどの程度の寄与をしているか」についてのデータを紹介します。

図-8は各性能要素の馬力係数との共分散を積み重ねた図です。馬力係数の表式に従い、船後プロペラ効率比とスラスト減少係数の場合は符号を変えた上で積み重ねています。また、プロペラ単独効率比、基本的性能要素によってほぼ決まる従属的性能なので、プロペラ単独効率からの寄与は、造波抵抗係数等の個々の性能要素の寄与に含めています。

図-8で、レベル0(下段図)とは、実験結果の平均値を推定値とした場合の残差の共分散です。レベル2(上段図)とはレベル2(前号の表-1参照)の船型要素による回帰式の推定残差の共分散です。各共分散を馬力係数の分散で割っていますので、残差が小さくその高次成分が無視できる場合は、各縦棒の(最大値+最小値)は

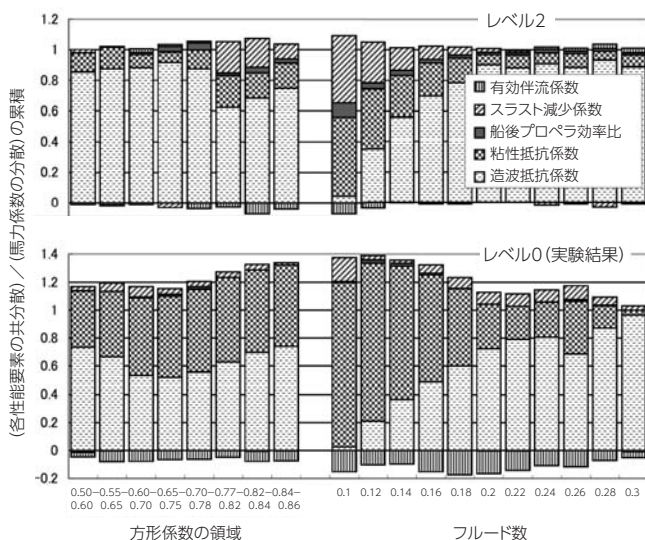


図-8 各性能要素の馬力係数に対する寄与

1.0となります。よって1.0との違いが残差の大きさを表します。

左側の図は、計画満載状態の方形係数によって領域に分け、その各領域で共分散を求めた場合の図です。各載貨状態の計画フルード数における推進性能を用いました。右側の図は各フルード数で求めた共分散の積み上げです。この場合は、計画フルード数に限定せず、水槽試験を実施した全てのデータを使用して計算しました。

左下の図を見ますと、馬力係数に対する寄与は、粘性抵抗係数の寄与に比べて造波抵抗係数の寄与が少し大きいようですが、その計である抵抗係数からの寄与が圧倒的です。船後プロペラ効率比の寄与は僅かです。有効伴流係数の寄与がマイナスになっていますが、これは、前号の図-7でも示しましたように、馬力係数の表式からは有効伴流係数が小さいと馬力係数も小さくなりますが、粘性抵抗増加やスラスト減少係数の減少を伴うことが多く、馬力係数が大きくなってしまふことの方が多くなることに因ります。

左上の図を見ますと、粘性抵抗係数の寄与が減少しています。これは、粘性抵抗係数の大小は、レベルが2以下の船型要素によってほぼ決まり、レベル3以上の船型要素の寄与が小さいことを示しています。船後プロペラ効率比の寄与が少し増えています。方形係数が大きい船型ではスラスト減少係数の寄与も増えています。

右側の図を見ますと、低フルード数では、造波抵抗の寄与が小さく、その分を粘性抵抗が寄与しています。これは、低フルード数では造波抵抗そのものが小さいので当然のことです。低フルード数ではスラスト減少係数の寄与も大きくなっています。有効伴流係数の寄与は、レベル0では全フルード数でマイナスとなっています。レベル2ではほとんど0で、これは、「レベル3以上の船型要素の違いにより有効伴流係数が変化しても、それに伴う粘性抵抗係数、スラスト減少係数等の変化により打ち消され、馬力係数はほとんど変化しない」ということを示しています。

図-8は日本造船技術センターが実施してきた水槽試験結果から作成しましたので、その対象となった船型に左右されます。また、寄与が小さい性能要素を軽視して良いということではなく、船型設計関係者は全ての性能要素を少しでも良くするために四苦八苦している、というのが最近の状況です。

5. 載貨状態と推進性能

計画満載状態で優れた性能を有する船型は、バラスト状態等の他の載貨状態でも優れているのでしょうか？

図-9は、計画満載状態の馬力係数をベースに計画満載状態に対する排水量比が0.45～0.55、0.70～0.80の載貨状態の馬力係数を示した図です。この場合も、レベル0(実験結果そのもの)とレベル2の残差を示してあります。図中には相関係数も示してありますが、レベル0ではかなりの相関があります。これは、主寸法的に計画満載状態の馬力係数が大きい船型では、その他の載貨状態の馬力係数も大きいのですから当然です。レベル2の残差は、主寸法、排水量比、トリム、プロペラ直径を考慮した回帰式による推定値の残差ですから、レベル3以上の船型要素(浮心前後位置、CP&CWカーブ、フレームライン等)の影響を示しますが、相関係数が小さくなっています。

相関係数が1.0の場合は、他の載貨状態の性能は計画満載状態の性能と同じように変わり、計画満載状態の性能向上を図ると、バラスト状態等の性能も自動的に良くなります。相関係数が-1.0の場合は、計画満載状態の性能向上を図ると、バラスト状態等の性能が悪くなり、船種によっては無駄な努力となります。

相関係数が0の場合は、計画満載状態の推進性能と他の載貨状態の性能は無関係であり、計画満載状態の性能向上を図ってもバラスト状態の性能も良くなるとは限りません。言い換えると、両載貨状態で優れた船型を開発し得ることになります。

図-9に示した相関係数を他の載貨状態の領域でも同様の方法で求めた結果を図-10に示します。多少の凹凸はありますが、排水量比が1.0から離れるに伴い相関係数が小さくなっています。載貨状態が満載状態から遠くなるに伴い少しずつ関係が薄れる、ということです。排水量比が0.4～0.5付近(タンカー等のバラスト状態に対応)の相関係数はレベル0の場合で約0.7、レベル2の場合で0.3程度です。

馬力係数は基本的性能要素の組み合わせで得られますので、それを構成する性能要素の相関係数が排水量比によってどのように変化するかを示したのが図-11です。左側の図はレベル0の場合の

相関係数、右側の図はレベル2の場合の相関係数です。造波抵抗係数や形状影響係数の相関係数が小さく、自航要素の相関係数が大きくなっています。特に、レベル2の場合の造波抵抗係数の相関係数は排水量比が0.4～0.5付近で0.2程度となっています。自航要素の相関係数は0.6～0.8の程度です。馬力係数の相関係数はこれら各性能要素の相関係数の平均的値となっています。つまり、「計画満載状態の造波抵抗係数とバラスト状態の造波抵抗係数との相関係数(0.2)は小さいが、自航要素では相関係数(0.6～0.8)が比較的大きいので、馬力係数の相関係数は0.3程度となる」といえます。

0.3という相関係数は満載状態でもバラスト状態でも優れた船型を開発することが出来ることを示しています。

(技術顧問 佐藤和範)

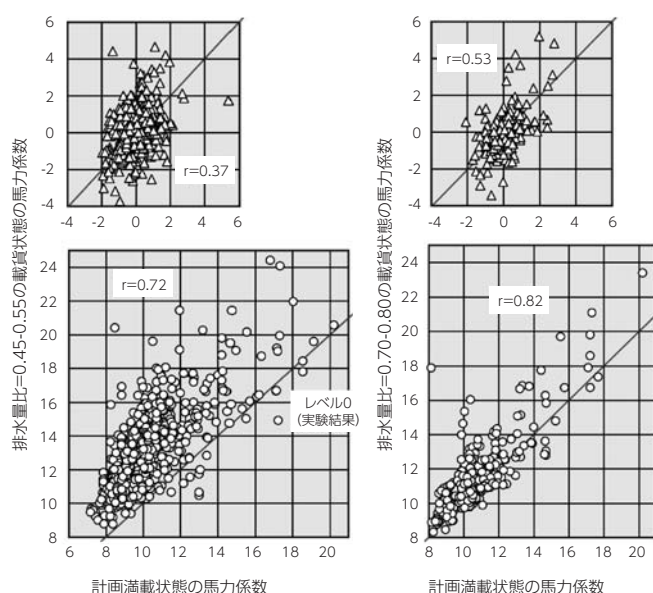


図-9 計画満載状態の馬力係数と軽い載貨状態の馬力係数($p' \times 10^3$)

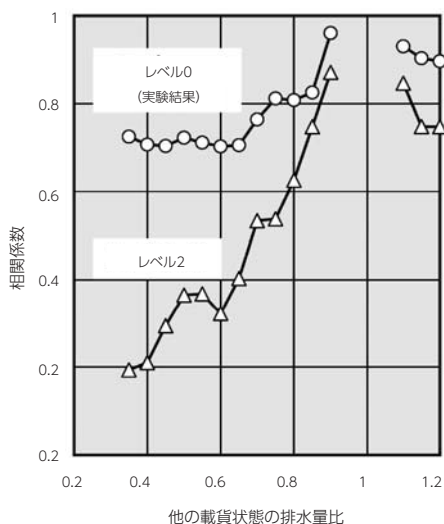


図-10 計画満載状態の馬力係数と
その他の載貨状態の馬力係数との相関係数

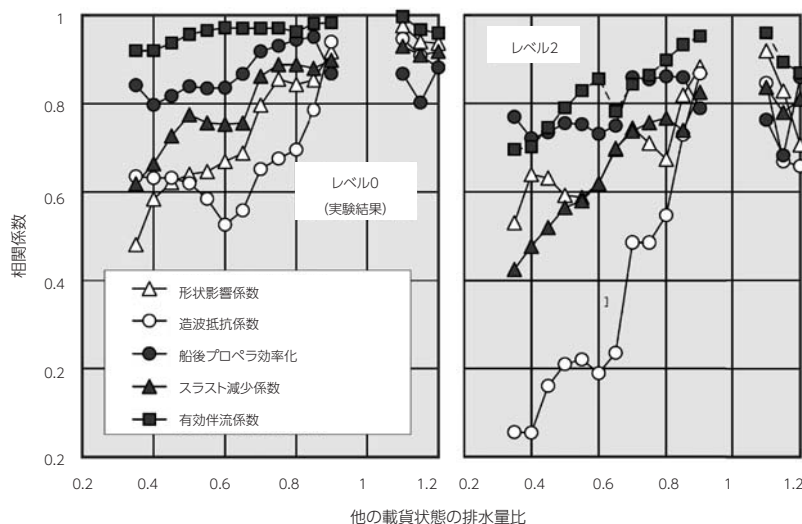


図-11 各性能要素の相関係数

船の大きさ、速度と所要馬力

船の長さ幅比、幅喫水比、方形係数を同一にして相似形状を保ちつつ、船の大きさを変えた場合の抵抗係数、馬力等の例を付図に示します。船の排水量が100トンから1,000,000トンまで10倍毎に示しました。方形係数が0.80の比較的肥えた船型としました。同じタンカーでも内航の比較的小さいタンカーでは0.80より小さい方形係数、大型船型では0.80より大きい方形係数が採用されますが、ここでは平均的な値としました。

付図の(1)～(3)は、フルード数、レイノルズ数、速力をベースとした全抵抗係数 C_T です。(3)～(7)は速力ベースの抵抗係数、抵抗、有効馬力、伝達馬力、エネルギー効率です。エネルギー効率はトン・マイル当りの所要エネルギーを表す無次元係数です。この数値が大きい船型はエネルギー効率の悪い船型です。図中の○印等は速力が12ノットに対応する点です。

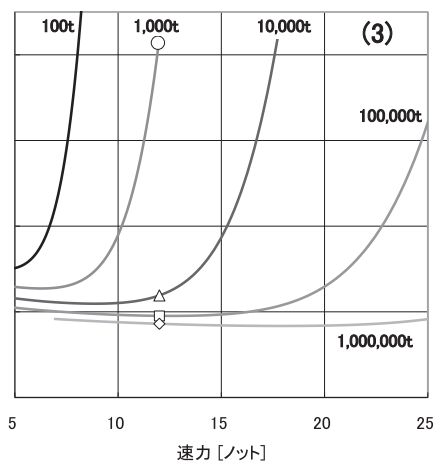
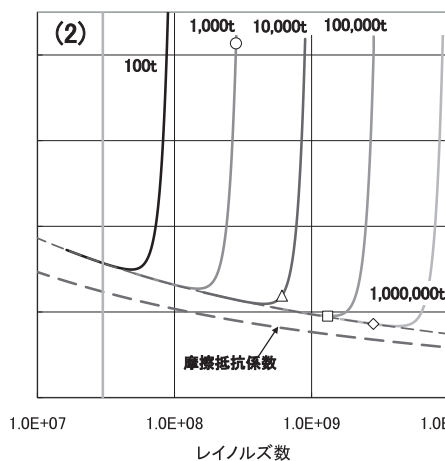
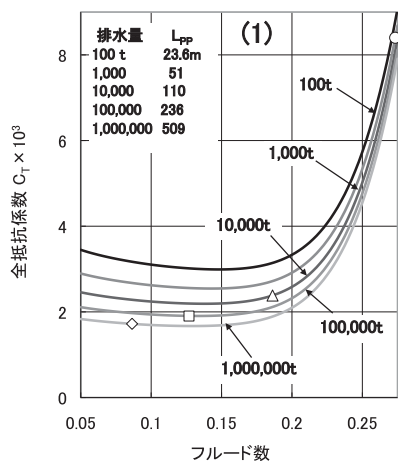
(1)に示すように、この船型では、フルード数が増加して0.2を越えるようになると抵抗係数が急増します。これは、造波抵抗の急増に起因します。排水量1千トンの船型では、12ノットに対応するフルード数が0.27程度になり、全抵抗係数は1万トン以上の船型に比べて、4倍程度となっています。造波抵抗からみると、12ノットという速力は、1万トン以上の船型では低速域ですが、1千トンの船型では高速域です。そのため、付図の(4)～(6)に示すように、12ノットの場合、1千トンの船型の抵抗や所要馬力は1万トンの船型と同程度になってしまいます。また(7)に示したエネルギー効率では、1万トンの船型の10倍程度になっています。

1千トンの船型の速力を11ノットに下げると所要馬力は半減します。また、方形係数を小さくして排水量を900トンにする場合も所要馬力は半減しますが、この場合は、載貨重量が15%程度減少してしまいます。

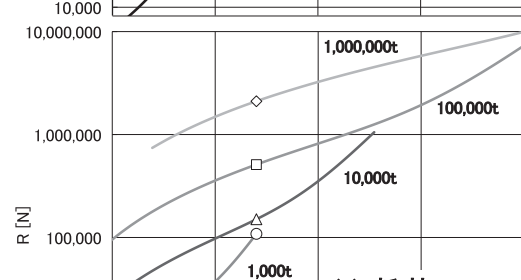
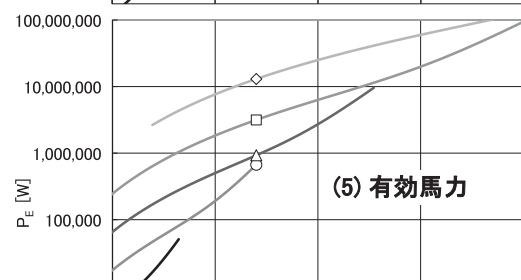
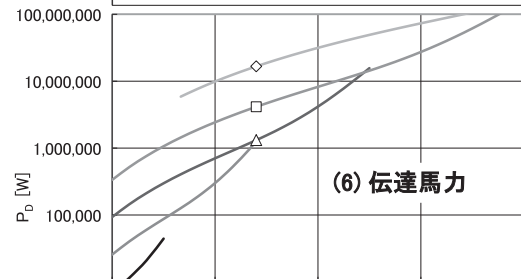
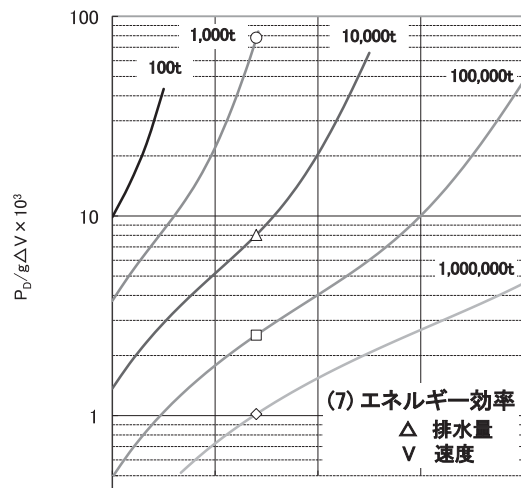
ここで示した数万トンの船型では15ノット程度で運行されますが、それは造波抵抗が小さい速度域ですので、船の排水量を100倍にするとエネルギー効率は1/10程度となります。

また、同一の船型では、速力が大きくなるに伴い、抵抗、所要馬力が大きくなります。排水量10万トンの船型を例にとると、10ノットのエネルギー効率は1.8、15ノットでは4.0、20ノットでは10.0で、5ノット毎に2倍強で増加しています。

よく言われるように、エネルギー効率の面からは、大きな船をゆっくり航走させるのが良い、ということになります。



($L_{pp}/B=6.0$ $B/d=3.0$ $C_B=0.80$ 抵抗係数では $\Delta C_F=0$)



東京大学名誉教授 小山健夫氏講演会開催

東京大学名誉教授 小山健夫氏による講演会が当センター大会議室で開催されています。

講演は以下の6テーマについて6回に分けて行われ、今年12月までに第4回まで実施しました。

- 第1回「船型開発と試験水槽」
- 第2回「実海域性能について」
- 第3回「船舶の技術課題 制御理論と決定理論」
- 第4回「フリート輸送サービスについて」
- 第5回「SDモデルとCIMS」
- 第6回「海上輸送とGHG削減」



委員会等

第160回理事会

平成23年7月1日(金)
(財)日本造船技術センター役員会議室

平成23年度第2回SPCG委員会

平成23年9月28日(水)
(財)日本造船技術センター大会議室

第116回HRC委員会

平成23年9月28日(水)
(財)日本造船技術センター大会議室

第161回理事会

平成23年9月29日(木)
(財)日本造船技術センター役員会議室

編集後記

日頃、皆様にはSRC Newsをご愛読頂き有難うございます。

SRC Newsは、当センターの技術情報誌として毎年4回季刊で発行し、国内の主要造船所を始めとする海事関連企業、国・地方自治体の船舶関連部署、海事関係学科を有する大学、商船高専、工業高校等に配布し、ご利用いただいております。

内容的には、当センターの業務に密着した以下のような情報について、主に何回かのシリーズに分けて掲載しています。

①EEDI(温室効果ガス排出規制関連)、シップリサイクルなど造船に関係した新たな国際的な規制の動向 ②水槽試験技術の改良、新たな模型船製作など水槽試験に係る技術情報の概要 ③自治体・JICA等の依頼で設計・建造監理の支援を行った船舶の基本計画・仕様等の概要 ④NOBS(ノンバラスト船)、船型設計システム(SRC Tips)など研究開発成果の概要

また、利用方法としては、一般に企業内での供覧、学校の図書館等における閲覧等に供されている他、造船所の研修用教材・海事関係学校の教育用教材の一部としての活用、漁業取締船・消防艇等自治体等が船舶を建造する際の参照情報としての活用なども行われていると聞いております。このように皆様にご利用いただいているSRC Newsですが、この度、より効率的な発行方法で、より密度の濃い内容の発信を行うため、発行頻度を年2回(12月及び6月)とすると同時に1回当たりの情報量の拡大を図ることとしました。新たな発行方法は今回のSRC News(No.89)から採用することと致しますが、引き続きご愛読くださいますようお願いいたします。

申し込みの受付

試験等の申し込み、問い合わせは
下記までご連絡をお願いいたします。

〒180-0003

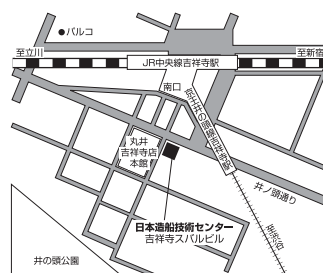
東京都武蔵野市吉祥寺南町1丁目6番1号

吉祥寺スバルビル3階

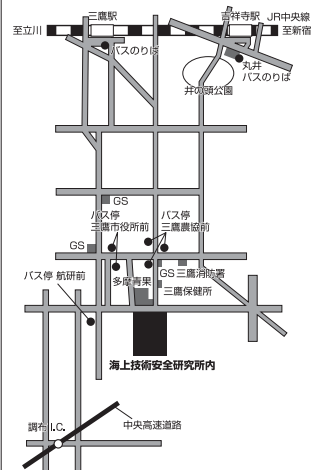
TEL 0422-40-2820 TEL 0422-24-3861(三鷹)

地図

本部(吉祥寺)



試験水槽





The Shipbuilding Research Centre of Japan
財団法人 日本造船技術センター

<http://www.srcj.or.jp>