

# SRC News

No.7 October '89

## The Shipbuilding Research Center of Japan

### ● 目 次 ●

省エネルギーのためのマリナー型 反動舵の研究開発	Page 2
中型高速船型の研究開発	Page 4
円弧状キールラインを持つ改良 コンテナ船型の研究開発	Page 6
水槽試験とその効用(最終回)	Page 8
歴史の中の名船と推進性能	Page 10
新造船と復原性	Page 12

### 高速艇用水槽試験法の開発

当センターでは、高速艇の水槽試験を能率よく実施するため新しい水槽試験法を開発している。

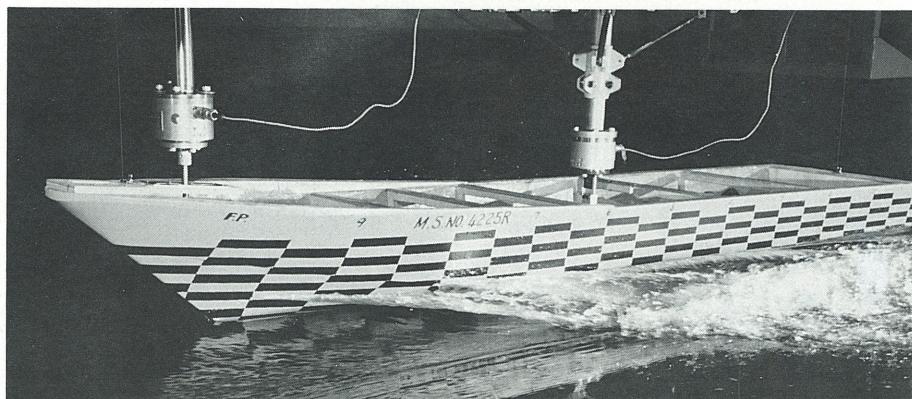
高速艇の水槽試験では、模型船と実船のフルード数を合わせるために模型の曳航速度を速くするか模型を小さくする必要がある。しかし、実際は曳引車の最高速度が限られているため模型船の大きさを小さくして試験を行なうことになるが、模型船を小さくすると排水量が小さくなり喫水を合わせられないことがある。特に、自航試験においてはモーター等搭載計測機器の重量により、模型船の重量が所定排水量を超てしまい試験が出来なくなることが多い。

また、曳航時の模型船は航走によって揚力が生じ、滑走または半滑走状態とな

る。そのため航走姿勢が変化しやすく、実船と相似状態を作るためには、模型船に余分な外力が加わらないように曳航方法に注意しなければならない。

今回、このような制限の多い高速艇の試験に対応するため、所定の排水量を超えた重量を1点にてつり上げて計測することが可能な新しい動力計を製作し、つり上げ力による航走姿勢および抵抗値に及ぼす影響を調査した。

船体は、ロール、ピッチ、等を拘束しないようジンバル機構を介し、動力計の上下変位が自由なロッドにセットされた1分力計に接続される。この機構を使用することにより、30kg程度のつり上げ力では抵抗値および航走姿勢ともに影響の無いことを確認した。本計測システムにより、従来不可能であった2m程度の模型船でも自航試験が可能となった。



高速艇の水槽試験

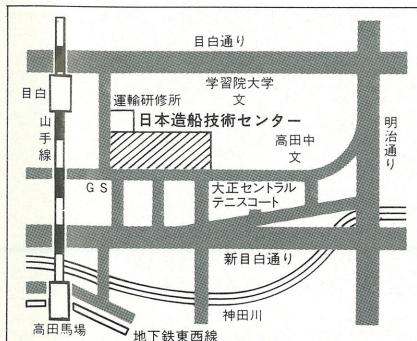
### 小型旅客船の波浪中試験

本試験は、瀬戸内海を航行する小型旅客船の乗り心地を左右する船体上下加速度、波の打ち込み等を調査するために常石造船株殿より依頼されたものである。

試験は、規則波中の水槽試験で波長、波高をそれぞれ変えて船体運動特性を調査した。



波浪中の模型船



## ◆昭和63年度技術開発基金による研究開発

# 省エネルギーのためのマリナー型反動舵の研究開発

常石造船株式会社

### はじめに

反動舵による推進性能の向上については良く知られている。しかし、近年推進性能の向上を目指し、低回転大直径プロペラの装備が多くなり舵の形状もマリナー型となってきた。そのため、舵形状やプロペラ後流なども変化してきている。それらの変化に対応した反動舵による省エネルギー効果および反動舵形状について推定・設計するにあたり詳細な資料がなかった。

昭和63年度において、財日本造船振興財団(会長 笹川良一氏)の技術開発基金による補助金を頂き、同財団と共同で反動舵に関する水槽試験を実施し、反動舵設計システムを開発した。併せて、供試船の反動舵を設計し曳航水槽試験により3%の省エネルギー効果を確認することができた。

### 水槽試験

対象船型として、2,000TEUコンテナ船を想定した。船の主要目を表-1に示す。使用した模型船は、Lpp 6.0mの木製模型である。

まず、図-1に示す反動舵のひねり量Hを変化させて3枚の舵模型を製作した。そして通常舵にくらべ反動舵がどの様な特性を示すか自航試験において次のことを調査した。尚、舵抗力も同時に計測した。

1. 反動舵ひねり量の影響
  2. 舵を船長方向に移動したときのプロペラとの干渉
  3. 当て舵( $\pm 3^\circ$ )の影響
- さらに、舵の無い状態で、舵近傍の流場を乱孔管を用いて計測した。
- また、実験考察の資料として、船尾後方に設置したタフトグリッドにより回転流の観察を行なった。

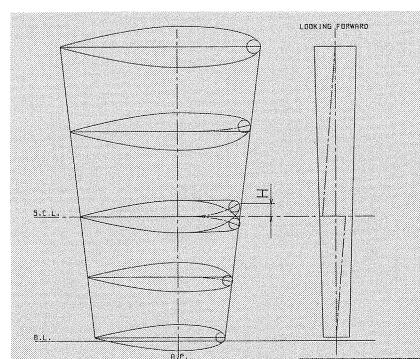


図-1 供試反動舵

表-1 供試船の主要目

L <sub>pp</sub> (m)	218.00
B (m)	32.20
d (m)	10.50
L <sub>pp</sub> /B	6.772
B/d	3.066
C <sub>b</sub>	0.644

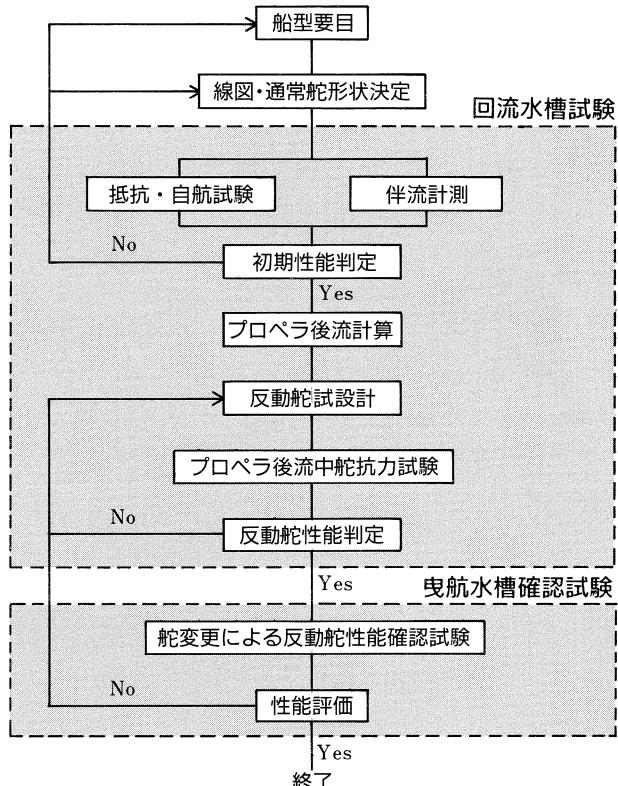


図-2 反動舵設計フロー

### 研究開発結果及び反動舵設計フロー

反動舵は、当て舵およびプロペラとの相対配置による影響は通常舵と大きく異なる事はなかった。そのため、反動舵の設計に当たり特にこれらの点に留意する必要はなく通常舵と同様に設計を行なえば良い事が判明した。これにより、反動舵の設計は、今までの通常舵の設計システムにより設計し、その後反動舵の設計を行なえば良い事となる。反動舵設計フローを図-2に示す。

プロペラ後流の計算は、山崎一中武の方法<sup>1)</sup>による。A.P.におけるプロペラ後流の水平面内の斜流について計算と実験の結果の比較を図-3に示す。座標系を図-4に示す。計算値は実験結果と良く一致している。

実験により得られたひねり量に関する抵抗特性は、2次元翼の抗力および揚力係数<sup>2)</sup>から計算したものと良い一致を示した。しかし、2次元翼の結果を重視して設計すると、上下方向に変化が大きい部分やシャフト高さの不連続部分等、3次元影響と思われる剥離が起り抗力が増大し通常舵より推進性能が劣る場合がある。そのため、舵の上下方向の滑らかな連続性を考慮し試設計を行なう。

試設計された舵模型を、直径200mm前後のプロペラの後流中

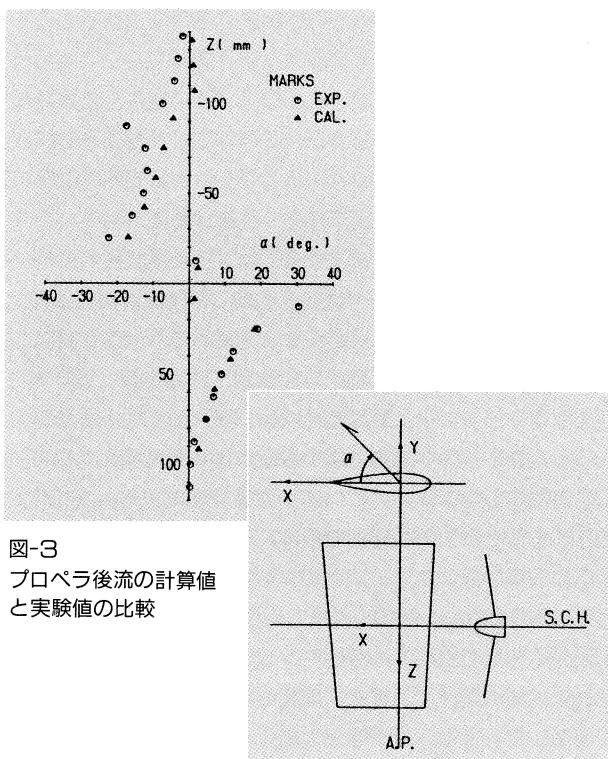


図-3  
プロペラ後流の計算値  
と実験値の比較

図-4 プロペラ後流の座標系

に設置し、舵抗力の計測や流れの可視化を実施し性能を確認する。弊社回流水槽で実施された舵抗力の比較をプロペラ回転数を横軸に図-5に示す。プロペラ回転数が増加すると共に反動舵の舵抗力が減少し、反動舵によりプロペラ後流の回転流が回収されている事が分る。

以上の設計フローに従い供試船の反動舵が設計された。設計された反動舵と初期の通常舵の比較試験を曳航水槽にて実施した。満載状態の自航要素および舵抗力の比較を図-6に示す。通常舵にくらべ反動舵は、舵抗力が減少しほぼそれに対応した推力減少係数 $\tau$ の減少を得た。しかし、反動舵としたことにより排除効果が減少したと思われ、伴流係数 $W$ および推進器効率比 $\eta_R$ の減少となった。全体効率としては通常舵にくらべ反動舵は、満載状態において3%、軽荷状態にて2%の省エネ効果が確認された。

本研究の成果である反動舵の設計システムを、建造計画中のコンテナ船に適用したところ同様な省エネ効果が曳航水槽にて確認され、実船への採用を決定し現在建造中である。今後更に実績を蓄積し、省エネ効果の向上、設計システムの精度向上および簡易化を図ってゆきたいと考えている。

## わが社の紹介

大正7年、塩浜造船所として創業。昭和17年常石造船株式会社と改称。昭和33年、初めて小型鋼船(361総トン)を建造して以来、貨物船、タンカー、自動車専用船、コンテナ船等に加えて、独自に開発した撒

積貨物船など、多種多様の建造実績を有している。

建造部門は80,900総トンのビルディングドックと49,000総トンの船台を各1基有し、また修繕部門においては、最大116,000総ト

本研究は財日本船舶振興会のモーターボート競走公益資金による財日本造船振興財団(会長笹川良一氏)の技術開発基金による補助金を賜り、同財団と共同で実施したものであります。

財日本船舶振興会をはじめ、本研究の実施に関しご指導ご協力をいただきました関係各位に対し厚くお礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 中武一明;「自航推進性能の計算法」、船型設計のための抵抗・推進理論シンポジウム(1979)
- 2) 「2次元翼の性能」関西造船設計便覧 第4版
- 3) 乾崇夫外;「舵の総合性能の最適化に関する研究」、日本造船学会論文集144号昭和53年12月

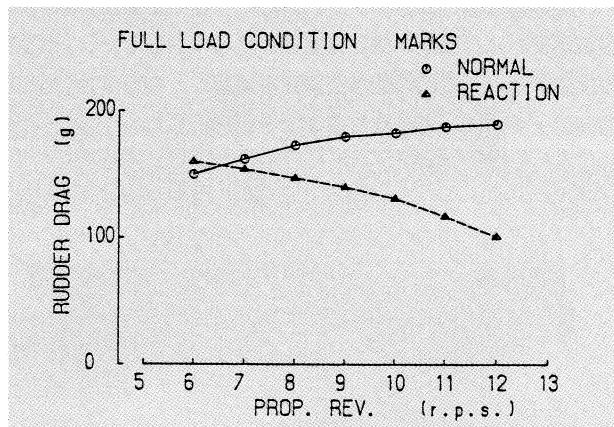


図-5 プロペラ回転数による舵抗力への影響

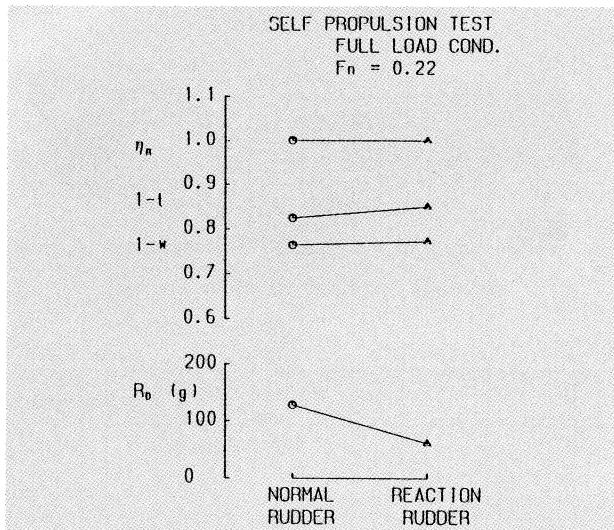


図-6 自航要素および舵抗力の通常舵と反動舵による違い

ンのドックを有している。

従来から、造船関連の多角経営の中核であり、最近はバイオの研究や、レジャーの開発等、非造船部門へも力を注いでいる。

## 中型高速船型の研究開発

今治造船株式会社

### まえがき

従来、線形理論による造波抵抗計算には種々の制約があり、船型設計に十分に活用される例は少なかった。一方、先頃船型改良の一手法として、(社)中型造船工業会でプログラムが開発されたランキンソース法は、実際の数値計算例では多少数値計算上のテクニックも必要であるとされているが、比較的制約が少なく、船型そのものを直接扱えるなどの多くの長所を持つものである。

今回の研究は、ランキンソース法を中型高速船型に適用し、回流水槽および曳航水槽での実験と比較検討しながら、船型改良の手法としての可能性と限界を確認し、中型高速船型の開発の一手法として確立することを目的とした。

$f_n = 0.280$

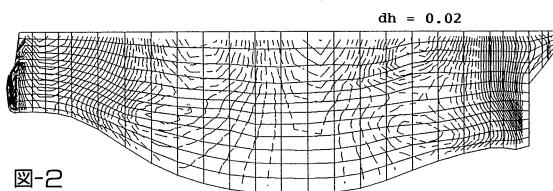


図-2

$f_n = 0.280$

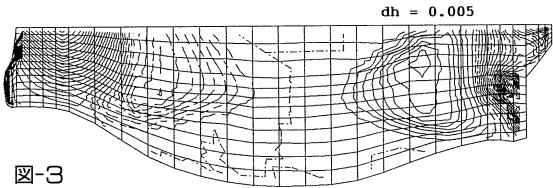


図-3

### 研究内容

研究対象の中型高速船の要目を、 $L/B=5.5$ 、 $B/d=2.5$ 、 $C_b=0.65$ とし、航海速力は回流水槽での波高計測の不安定さを考慮しこの要目では少し高めと思われる $F_n=0.28$ に設定した。実験内容は、抵抗・自航試験、波高計測とし、当社回流水槽で5隻の小型模型船( $L_{pp}=2m$ )による船型改良を行った後、その中で最もよい成績を示した船型について財日本造船技術センターにおいて大型模型船( $L_{pp}=6m$ )で確認することとした。船型改良は、理論計算結果と実験結果、さらに理論計算におけるパネル分割等の比較検討を行いつつ、船体前半部について実施した。

尚、本研究で使用するランキンソース法、ヘス&スミス法はともに(社)中型造船工業会で開発されたものを一部手直しして使用した。また、膨大な出力結果を視覚的に判断できるようなグラフィック関係のプログラムは今回の研究のために新規開発したものである。

### 研究結果

計算例を図-1から図-6に示す。これらの等高線図では、正值を実線、負値を破線、□を一点鎖線としている。(波高について云えば正值が山、負値が谷となる)図-1から図-3までは今回の研究の原型とした船型、図-4から図-6が最終的に得られた船型についてのものである。

波高を図-1と図-4に示す。上半分が計算値、下半分が当社回流水槽での計測値である。両者を比較すると、図-1、図-4とも理論計算では船首船尾の波頂線が表現できていない、船体中心線より遠いところで波が後方へ流れない、第1の山が小さく、船尾の山が大きい等、細部において今後改良すべき点はあるが、全体としての波の傾向は表現できているように思われる。

また、2船型間での波の相対的な変化も計測値と計算値間で近いことから本計算法が船型改良に有効であると判断している。

図-2と図-5は圧力分布を外板展開図的に等高線処理したものである。図-3と図-6は圧力の船長方向成分の分布図であり、この積分値が造波抵抗となる。これらの図において、改良船型の方が水面付近の圧力変動が少ないことがわかる。

船型の評価を造波抵抗の大小で見る場合、造波抵抗係数を比較す

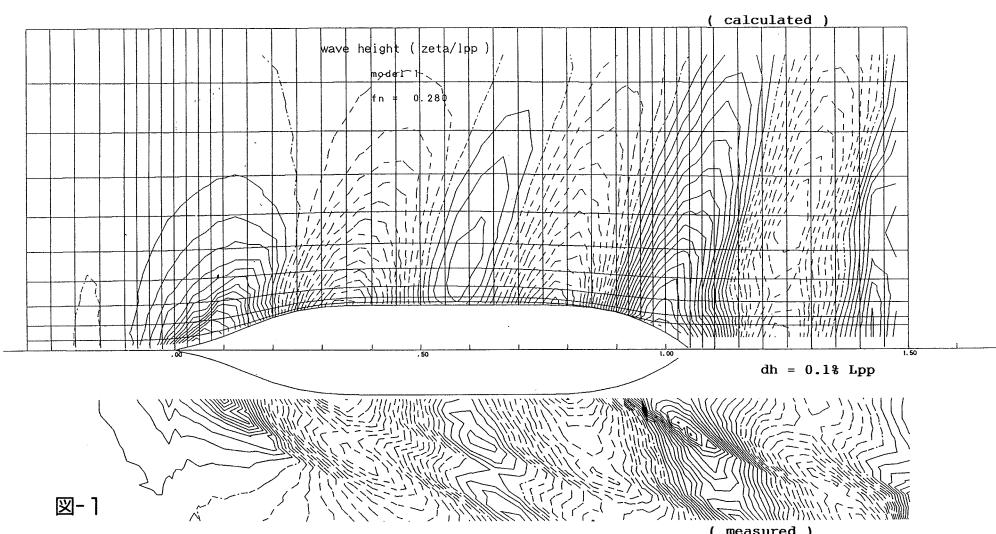


図-1

ることが最も直接的な方法であるが、ランキンソース法から得られる造波抵抗係数は、各船体パネルの圧力の船長方向成分を積分して求めているため、ある種の不安定さがあり、パネルの分割法に非常に敏感である。それに比較して、波高は局部的には変化しても全体に及ぼす影響は少なく、安定している。従って、船型の微妙な優劣を評価する際に、造波抵抗係数だけで比較することは、パネル分割の微妙な差が混入する可能性が高いと推察される。なお、今回の要目に限っての現象かも知れぬが、第2の山の大小が造波抵抗に強い相関があることがわかったので、最終の船型を計画するときには、それを評価することで優劣を判断することとし、その結果得られたのが上述の改良船型である。同船は、原型に比べ造波抵抗が  $F_n = 0.28$  で 29%、この要目での実用上の上限と思われる  $F_n = 0.26$  でも 27% の減少となった。LPP を 133m に仮定した制動馬力ベースでも、それぞれ 18%、9% のパワーセービングに相当する。

本研究では、理論計算で最もよい船型が、実験でも最もよい成績を示すことを確認した。また、簡便な船型の評価法を得たが、これらはある一つの要目に限っての事であり、他の広範な要目に対応するかどうかは今後の問題として残されている。今後も、ランキンソース法を多くの船型について検討し、設計手順の一つに組み込むことができるよう努力をして行きたいと考えている。

計算にはエンジニアリングワークステーション SUN3-60M を使用し、船体パネルを 343 分割、水面パネルを 450 分割したときの計算時間は、ヘススミスが 40 分、ランキンソース法が 4 速度で約 4 時間であった。

本研究は、財日本船舶振興会のモーター ボート競走公益資金による財日本造船振興財団（会長 笹川良一氏）の技術開発基金による補助金を賜り、同財団と共同で実施したものであります。

財日本船舶振興会を始め、本研究の実施に関しご指導ご協力をいただきました関係各位に対し厚くお礼申し上げます。

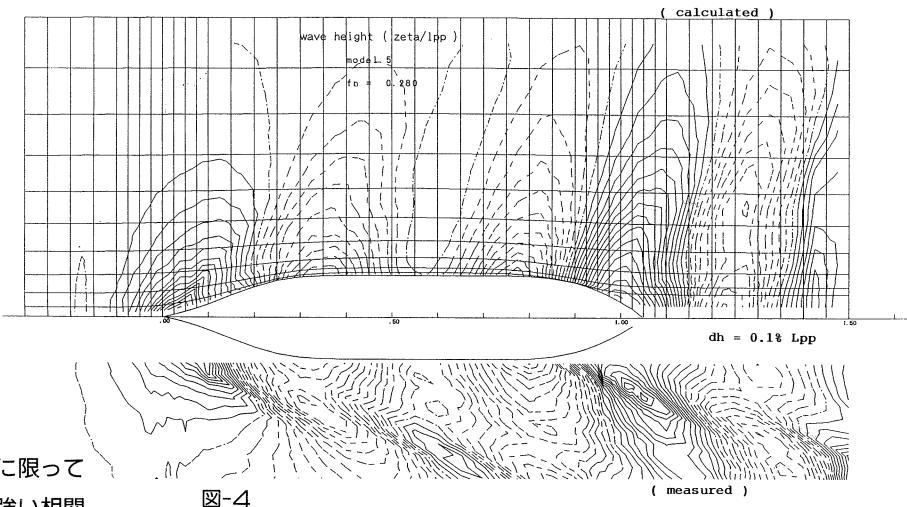


図-4

$f_n = 0.280$

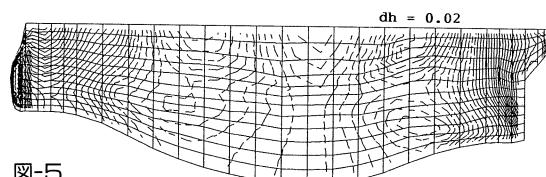


図-5

$f_n = 0.280$

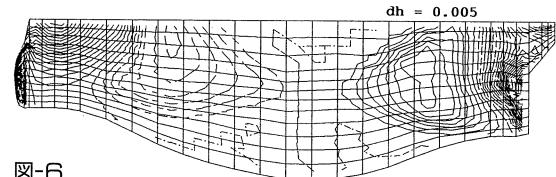


図-6

#### 参考文献等

- 1) (社)日本中型造船工業会 船型改良開発分科会内部資料
- 2) 萩原誠功; Rankine source による船体まわりの近似計算法  
 , 関西造船協会誌、第190号 (1983)
- 3) Mori K., Nishimoto H.; Prediction of Flow Fields  
 around ships by Modified Rankine  
 Source Method  
 , Journal of S.N.A. Japan Vol. 150 (1977)
- 4) 船舶数値流体力学フォーラム (1987)
- 5) Dawson C.W.; Proc. of 2nd Inter. Conf. on N.S.H., Berkeley

## わが社の紹介

当社は愛媛県今治市と香川県丸亀市に工場を有し、10万DWTまでの各種船舶の建造並びに15万DWTまでの改造・修繕を行っており、昭和30年以来建造した船は700隻を数えている。

新しい海洋時代へ向かう中で、当社は造船の責任を認識しより良い船をより早く提

供することへの取り組みを開始しており、設計、生産全てにわたり各種基礎技術の確立、CAE、CAD、CAMの導入、工作機械の自動化等により品質の高度化、生産の合理化を目指し、客先窓口から設計・現場までの当社独自の統合化されたシステムの構築を目指している。技術開発の中心は

主力工場である丸亀事業本部にあり、回流水槽もここに置かれている。

今後も当社の全技術力を結集して海運と船からの要求に応えるべく「造船」の可能性の追求に取り組んで行きたい。

◆昭和63年度技術開発基金による研究開発

## 円弧状キールラインを持つ改良コンテナ船型の研究開発

### 株式会社サノヤス

#### 研究開発の目的

従来、船体のキールラインは建造上もしくは入渠を考慮して、フラットにするのが慣行とされてきた。この制約により、推進性能上かなりのエネルギーロスが生じているものと考えられる。従って、船体のキールラインをフラットとせず、前後にゆくにつれて切り上った、いわゆる円弧状キールラインを有する船型は、造波抵抗及び粘性抵抗の減少に大きく寄与することは明らかである。

一方推進効率は、伴流利得の減少により、その低下が考えられるが、これにはスタンバルブを下方に取付けること、さらにこれを非対称船尾とすることにより、その低下をある程度抑え込むことが可能と考えられる。

本研究は、上述の円弧状キールラインを有する船型を、従来の船型改良の方法ではこれ以上の改善を期待するのが困難となっているコンテナ船型に適用し、水槽試験を行なって最適船型を見出すことを目的とした。

#### 設計及び水槽試験

対象船型として、昭和62年度補助研究<sup>1)</sup>と同じく、2500TEU積コンテナ船を想定した(表-1)。まず母型と同一の船尾部を有し、船首部のキールラインを円弧状とした3隻の船型(F1～F3)を設計し、水槽試験により最良船首形状(F1船型)を見出すことができた。F1～F3船型の概要を図-1に示す。

次に、この船首形状に対し、船尾部キールラインを円弧状とした3隻の船型(A1～A3)を設計した。その内、A3船型はS字型非対称船尾(昭和62年度補助研究の成果<sup>1)</sup>)形状とした。A1～A3船型の概要を図-2に示す。この3隻について水槽試験を実施し、最適船型(A1船型)を見出すことができた。

なお、全船型について横載面積曲線は船首尾とも極力同じになるように設計したが、これは、日本造船技術センターの多賀野法<sup>2)</sup>による最適曲線計算ともほぼ合っており、試験結果もかなり小さな造波抵抗となっている。

水槽試験は、各船型とも、満載・バラストの2状態について、抵抗・自航試験、A2、A3船型については伴流分布計

表-1 船体要目

Condition	FULL LOAD	BALLAST
L <sub>pp</sub> (m)	230.0	
B (m)	32.2	
d <sub>m</sub> (m)	10.97	7.30
Trim (m)	0.0	3.20
C <sub>b</sub>	0.606	
L <sub>pp</sub> /B	7.14	
B/d	2.94	

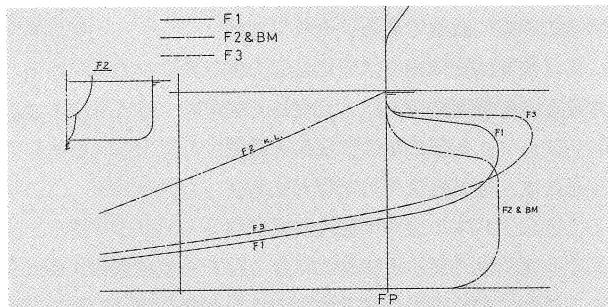


図-1 F1～F3船型(船首シリーズ)の概要

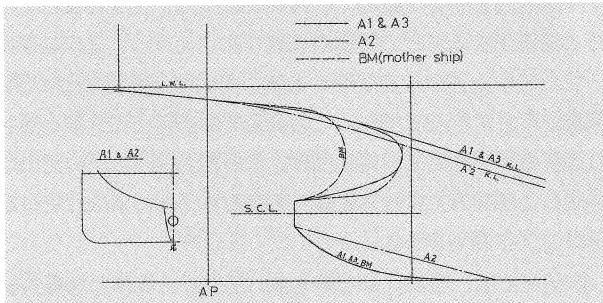


図-2 A1～A3船型(船尾シリーズ)の概要

測を実施した。

A3船型以外の船型については、特殊なキールラインを採用しているが、基本的には対称船型であるので、従来船型と同様の抵抗・自航試験解析法及び実船換算法が使用できるが、A3船型は非対称船型を採用しているので、昭和62年度補助研究<sup>1)</sup>で得られた新しい自航試験解析法及び実船換算法を適用した。

この様にして求まった最適船型(A1)をもとに、2500TEU積コンテナ船の基本設計を行ない、一般配置図を作成、復原性計算・構造計算を行なった。

#### 研究開発結果

本研究の成果として次のことが挙げられる。

##### (1) 抵抗の大削減

母船型は現時点でもかなり良い船型と考えられるが、このような船型に対して円弧状キールラインを適用した結果、満載状態において平均2%、最大4.6%の改善が見られ、バラスト状態で平均4.5%、最大6%の抵抗減少が達成できた(表-2)。船底部フラットの制限をはずし、フレームライン形状を同心円状に近づけることによって船体表面上圧力分布が改善される結果、圧力抵抗が減少することがポテンシャル計算<sup>3)</sup>からも予測することができるが、今回の結果を見ても形状抵抗、造波抵抗とも減少の傾向であり、更に浸水表面積の減少も加わって、大幅な改善が達成できたものと考えられる。

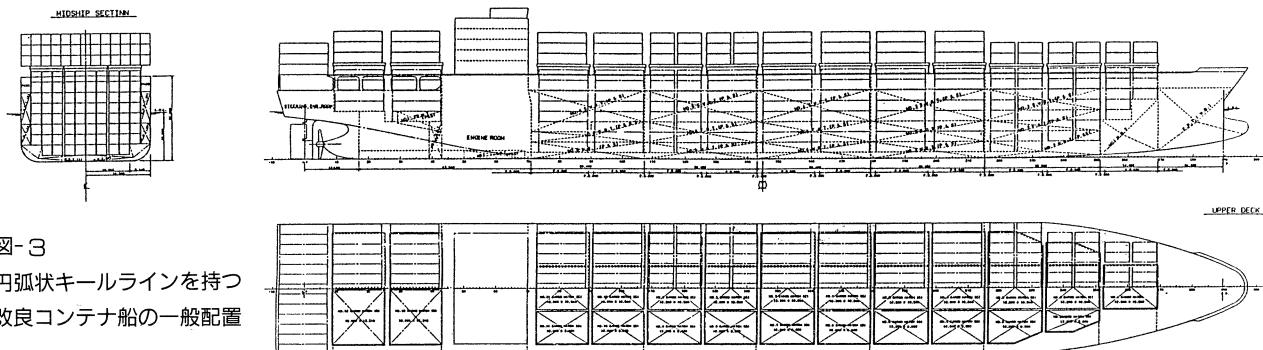


図-3  
円弧状キールラインを持つ  
改良コンテナ船の一般配置

## (2) 自航要素の問題

低抵抗船は一般的に伴流が小さいので、自航要素が低下する。本船型においても、スタンバルブを大きくし、できるだけ下方に取付けるようにして伴流の有効利用を図ったが、自航要素の若干の低下を生じ、推進効率の面で問題が残った。今後自航要素の改善を含めた船型の最適化が課題となる。各船型の実船馬力推定の結果を表-3に示す。

## (3) やせ型船における非対称船尾の効果

昭和62年度補助研究<sup>1)</sup>において、やせ型船については非対称船尾の効果があまり大きくなかったが、本研究においても改善効果を得ることができなかった。ただ、本研究においては、1隻だけの試験であり、更に研究をすすめる必要があると考えられる。

表-2 有効馬力(EHP)の比較

M.S.No.	FULL LOAD		EHP Increase	BALLAST		EHP Increase
	Vs(kn)	EHP(ps)		Vs(kn)	EHP(ps)	
B M	22	19,145.5	—	24	21,552.5	—
F 1	22	18,787.3	-2.0 %	24	20,611.1	-4.4 %
F 2	22	19,445.2	+1.6 %	24	21,047.8	-2.3 %
F 3	22	18,861.6	-1.5 %	24	20,257.0	-6.0 %
A 1	22	18,511.4	-3.3 %	24	20,545.6	-4.7 %
A'2	22	18,274.2	-4.6 %	24	20,416.0	-5.3 %
A 3	22	18,671.3	-2.5 %	24	20,690.3	-4.0 %

BM ; Mother Ship (tested in 1987)  
F1~F3 ; Aft body is same to BM ship  
A1~A3; Fore body is same to F1 ship  
A3 ; Applied with "S" type asymmetric stern

表-3 プロペラ設計及び実船馬力推定結果

M.S.No.	Propeller (%)	Design		Full Load		Power Increase	Ballast		Power Increase	
		Dia.	N/D	e	RPM		Vs(kn)	BHP(ps)		
B M	7.92	1.051	0.646	92.1	22	25,517.8	—	24	28,689.1	—
F 1	7.92	1.050	0.644	92.1	22	25,664.2	+0.6 %	24	—	—
F 2	7.92	1.045	0.646	92.1	22	26,271.7	+3.0 %	24	—	—
F 3	7.92	1.051	0.644	92.1	22	25,905.5	+1.5 %	24	27,379.5	-4.6 %
A 1	7.88	1.073	0.637	92.1	22	25,416.9	-0.4 %	24	27,723.3	-3.4 %
A 2	7.85	1.093	0.630	92.1	22	25,738.8	+0.9 %	24	28,519.2	-0.6 %
A 3(R)	7.81	1.070	0.670	94.5	22	25,725.7	+0.8 %	24	28,078.2	-2.2 %

Main Engine Output MCR; 34,100ps×89rpm, R; Right turning

## (4) 設計上の問題点

A 1船型をベースとした基本設計の結果、本船型のキールラインの切上げ程度では、基本的には従来の設計法が使用できることがわかった。建造時や入渠時の盤木配置も、スケグ形状を工夫することによって大きな困難は生じないことがわかった。本船の一般配置図を図-3に示す。

今後の課題としては

- ① 自航要素が低下しない船型（特に船尾形状）の開発及びプロペラ・舵形状の改善
- ② 円弧状キールライン船型に合致した横載面積曲線を含む理論的船型設計法の確立。
- ③ 波浪中推進性能を含む波浪中特性の検討。

を行ない、高性能船舶の開発を進めてゆく所存である。

おわりに、本研究は財日本船舶振興会のモーターボート競走公益資金による財日本造船振興財団（会長笹川良一氏）の技術開発基金による補助金を賜り、同財団と共同で実施したものであります。

（財）日本船舶振興会をはじめ、本研究の実施に関しご指導ご協力をいただきました関係各位に対し厚くお礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) (株)サノヤス；特殊船尾形状を応用した省エネ大型船の開発研究、財日本造船振興財団昭和62年度技術開発基金による研究開発報告書、昭和63年4月
- 2) 多賀野寛；統計解析による実用船型の造波抵抗推定法に関する研究、関西造船協会誌第147号、昭和48年3月。
- 3) Hess J. L. and Smith A. M. O. ; Calculation of Non lifting Potential Flow about Arbitrary Three Dimensional Bodies, J.S.R., Vol.8, No.2, 1968

## わが社の紹介

当社の概要については、本誌第3号において既にご紹介しておりますが、現在新造船の受注が活況を呈している中、さらに経営の安定を期して、サノヤスグループ一丸となってリストラクチャリングにまい進しております。特に立体駐車装置関連の伸び

が著しい状況です。

さらに、高性能船舶の開発と並んで、本業の合理化、効率化を目指し、CIM構築へ向け、設計・生産・管理全般の業務の見直しとシステム化をスタートさせております。その中核として、本年5月より技術開

発本部を設け、関連会社のサノテックと協力してシステムの開発に全力を注いでいるところです。

当社は1991年に創立80周年を迎えます。明日のサノヤスにご期待下さい。

# 水槽試験とその効用

(最終回)

前回まで4回にわたって、船舶の推進性能を推定するために試験水槽で行われている抵抗・自航試験について紹介してきた。試験水槽では、これらの試験以外にもこれらをサポートし、より高性能な船型を設計するために、様々な試験が行われている。今回はそうした試験の中から、日常よく行われる伴流計測とプロペラ単独試験について紹介する。

## 1. プロペラ単独試験

自航試験結果の解析では、模型プロペラのプロペラ単獨性を知っておく必要がある。また、実船プロペラを設計する場合、設計点で所定の性能が得られるかどうか確認しておかねばならない。これらの目的のために、プロペラ単獨での性能を求めるのがプロペラ単獨試験 (POT) である。

POTとは簡単に言えば、前方に船体が無い状態での自航試験と考えればよい。図-1にPOTの概略図を示す。POTではプロペラの回転数( $n$ )を一定に保ち、前進速度( $V_A$ )を変え、それぞれの前進速度でプロペラが発生するスラスト( $T$ )、トルク( $Q$ )をプロペラ動力計によって計測する。計測する速度範囲は、通常 $V_A = 0$ のボラードブルの状態からスラストが0となる速度までである。

この試験で特徴的なことは、図-1でもわかるようにプロペラを先にして前進することである。これはプロペラを均一な流れの中で作動させるための配慮である。同様な理由でプロペラとプロペラ動力計本体も十分な距離が取れるような構造になっている。

プロペラ動力計は、曳引車に固定され、プロペラを所定の没水深度まで沈める支持部と、動力計、駆動用モーター、軸系等を納めた水密構造のケースよりなる。プロペラ動力計の計測原理は自航動力計と同じで、スラスト、トルクを歪ゲージを介して電気信号に変換するものである。

このようにして計測された $T$ ,  $Q$ ,  $n$ ,  $V_A$ は次のような式で無次元化される。

$$K_T = T / \rho n^2 D^4 \quad \text{スラスト係数}$$

$$K_Q = Q / \rho n^2 D^5 \quad \text{トルク係数}$$

$$J = V_A / nD \quad \text{プロペラ前進率}$$

$\rho$  : 流体密度 ( $\text{kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$ )

$D$  : プロペラ直径 (m)

以上の係数を使用してプロペラ単獨効率 ( $\eta_0$ ) を計算する。

$$\eta_0 = (J \cdot K_T) / (2 \pi K_Q)$$

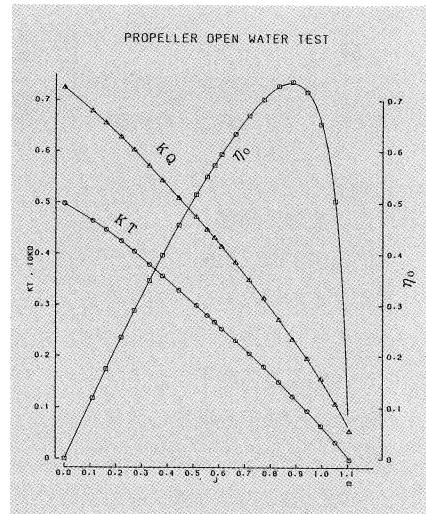


図-2 プロペラ単獨性能曲線

そして、 $K_T$ ,  $K_Q$ ,  $\eta_0$ はプロペラ前進率( $J$ )をベースに、図-2のような曲線群にまとめられる。この図をプロペラ単獨性能曲線といい、プロペラの特性を表す重要な曲線である。

## 2. 伴流計測試験

プロペラ面内に流れ込む船尾流場の情報は、現代のプロペラ設計に欠かすことのできないものである。それだけでなく、船尾流場は推進性能と船型の関係を論ずるうえでも、きわめて有用な情報を与えてくれる。このため伴流計測試験の依頼件数は徐々に増加しており、抵抗・自航試験と共に船型設計上の標準的な試験の一部となつた感がある。

計測は図-3a, 図-3bのようなシステムを使用して行われる。抵抗・自航試験に使用したのと同じ模型船を使用し(ただし舵は取り外す)、プロペラ位置で船尾流場を計測する。計測は

- ① プロペラ軸を中心としたある計測円に計測プローブを固定する。
- ② 順次角度を変更し、全円または半円の流速をはかる。
- ③ この操作をいくつかの計測円について繰り返す。

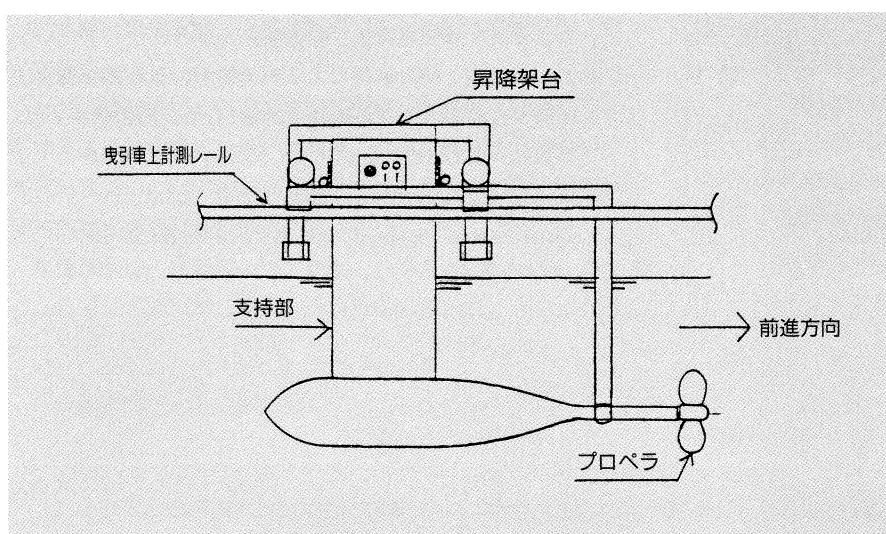


図-1 POT試験用計測装置概略図

といった方法で行われる。

プローブは2種類あり、1つはピトー管(図-3a)、もう1つは5孔管(図-3b)である。

ピトー管は船体の軸方向の流速成分しか計測することができないが数本(標準日本)を櫛形に組み合わせて使うことにより一度に多点の計測を行うことができる。

他方、5孔管はプローブの先端に開いた5個の孔それぞれの圧力をを利用して、3次元の流速成分を計測することができる。前者に比べより高精度な計測を行うことができるが、5個の圧力孔の圧力を読みねばならず、多数の5孔管を組み合わせて使用することが困難なため、ピトー管による計測の数倍の時間を要する。このため半導体圧力変換器を利用し、計測の効率化と精度の向上を図っている。

計測結果は、図-4のような流れで解析が行われ、最終的にプロペラ面内の伴流率の平均値を表す公称伴流率が計算される。これらの結果はプロペラの設計やプロペラ起振力の推定などに利用される。

### 3. 終わりに

模型船の水槽試験によって実船の推進性能を推定しようとする試みが始まっていますから、既に100年以上の時が過ぎ去った。このあいだ幾多の先人の努力によって、これまで述べてきたような水槽試験の技術が確立され、膨大な量のデータが蓄積された。その結果、現在ではこれらの試験を行えばほぼ正確に実船の推進性能を予測することができるようになった。しかし試験水槽が解決すべき課題は依然多く存在する。

- 船型設計に直接役立つ具体的な情報の提供できる技術の開発。
- 流体力学理論の検証と問題提起
- 精度の向上

特に将来の造船技術の発達を考えると、上記のような問題の解決が今まで以上に重要性を増してくるだろう。

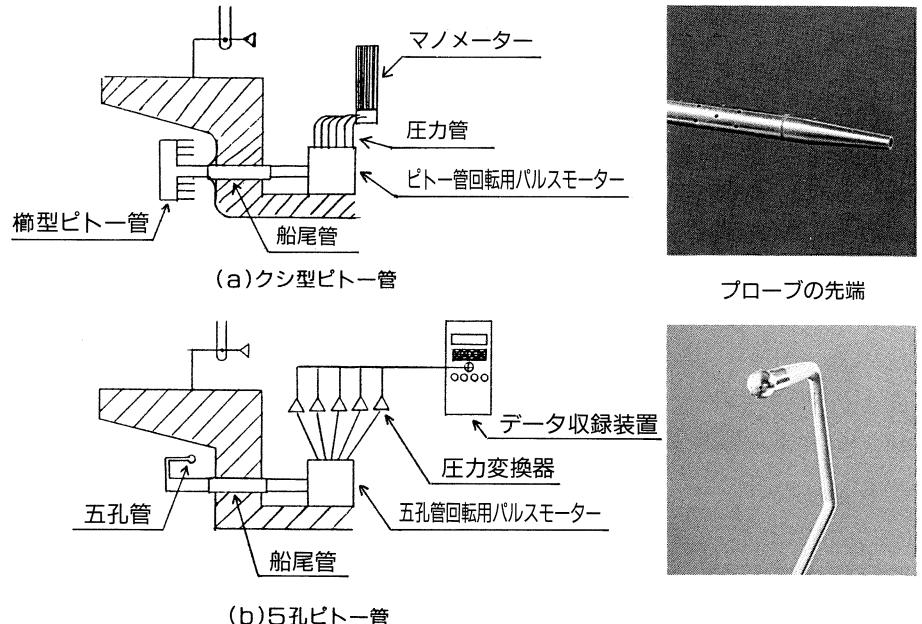


図-3 伴流計測装置概略図

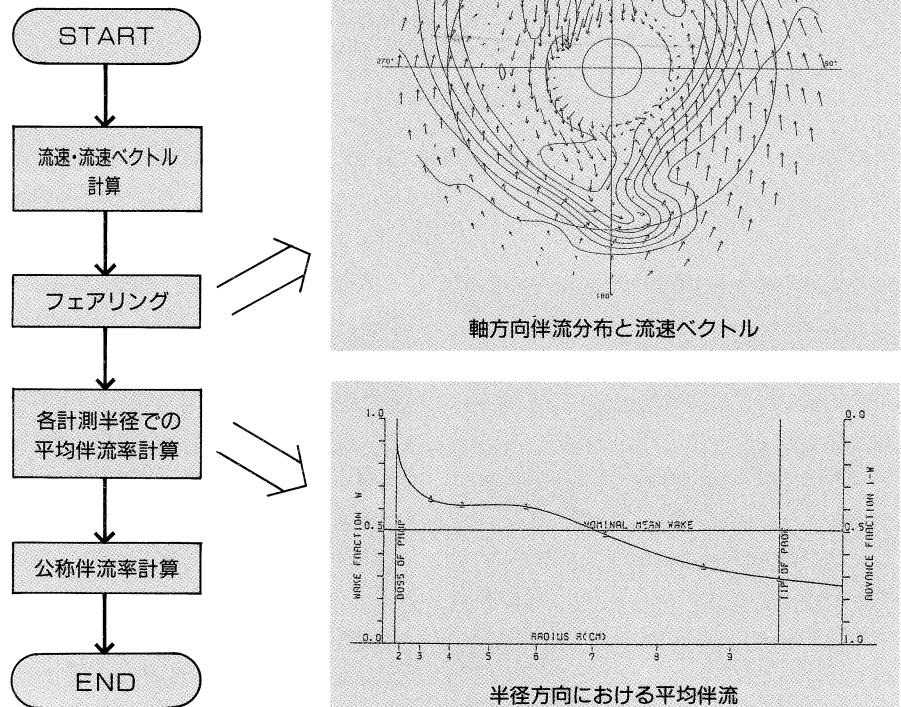


図-4 伴流試験解析の流れ

# 歴史の中の名船と推進性能

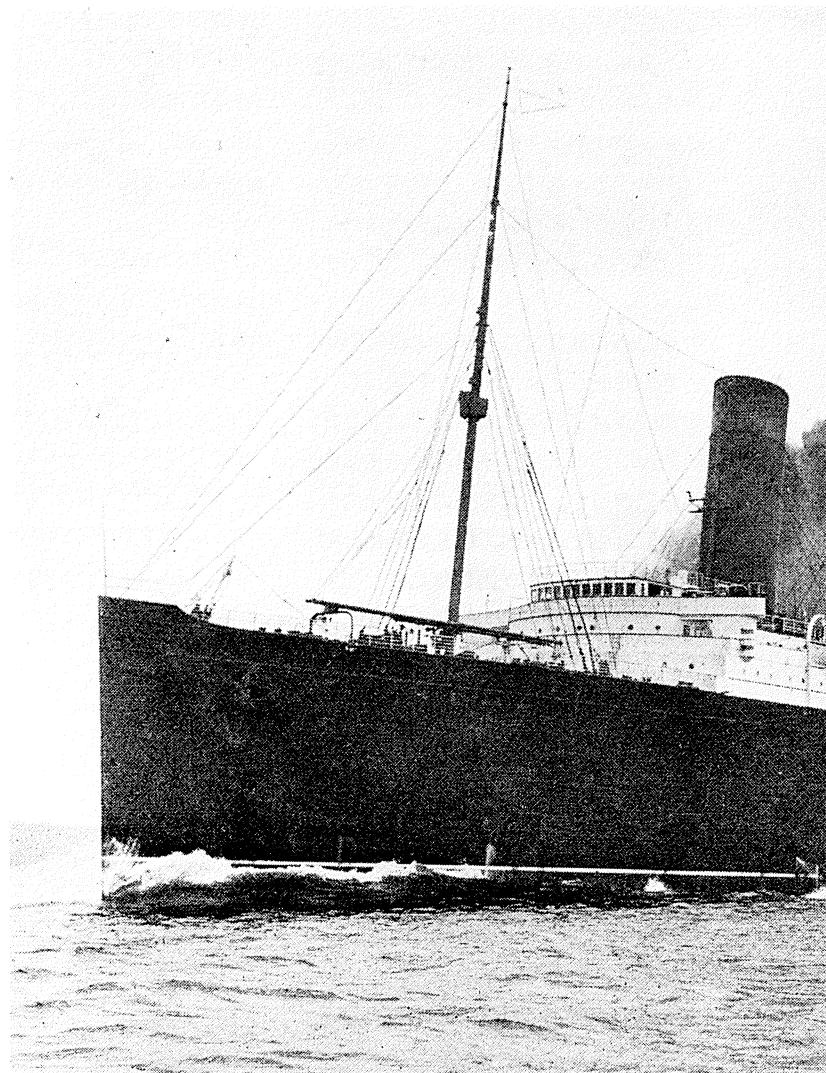
## (その1) ルーシタニア級大西洋豪華客船

世の景気が悪いときには、船は経済にほんろう(翻弄)される小さな存在に見えるが、船は遠くから眺めるとき常に美しく、また歴史の中に見るときはその本質が文化であると痛感することができる。

技術は文化のエレメントに過ぎない、だから技術者が期待するほど造船の主役は、造船技術者ではないかもしれない。しかし逆に考えると、船はそれほどに大きな存在であり、われわれの日常は船の一面しか見ていないのかもしれない。

ここでしばらく船の多面的な姿をかえり見たいと思う。本誌の性格上、歴史の中に埋れた名船の性能などを紹介しつつ、各船の諸事情を断片的に思いやることで、“文化としての造船技術”の意味を理解して頂ければ幸である。

石油危機以来、世評は船の価値を矮少化し、業界も萎縮して遠慮がちにしかものを言わなかつたけれども、船は本来、もっと偉大で永遠の命をもつ存在ではなかつたろうか。



写-1 キューナード客船、ルーシタニアの偉容

19世紀の後半、大西洋客船はあらゆる技術史の中でも最も華麗と言える一時期を過したが、この中で英國Cunard社所有の客船は、Cunarderと呼ばれて最高の品質を誇っていた。20世紀に入ると現在の船の骨格が完成して、1907年に建造されたCunarderの姉妹船Lusitania(写真-1)とMauretaniaはその頂点に立つものとなった。今から82年前、航空機がまだライト兄弟の試験飛行(1903)に過ぎなかった頃、すでに今日の巨船を思わせる主要目(表-1)の客船が建造されている。

大西洋客船は、線図や性能の詳細が公表されることは珍しいが、Lusitania級については、かなりのデータを見ることができる。この客船は、写真-2に見られるように4軸1舵で、現在では余り見られない船型をしている。マイル・ポストによる速力試運転結果が発表されていて、図-1に示すように、最高速度25.62KT, 76,000ps, 194.3rpmで推進効率は約47%と読める。

興味ある資料の一つとして、すでに模型試験の苦労話も報告されている。船型および主要目の決定にはHaslarの英國

海軍水槽が用いられ、多数の naked modelの抵抗試験が行われた。問題の一つは、自航試験にあって、fineな船型の4軸プロペラ船の自航試験は現在でも容易と言えない。駆動モータを4台(電池)、自航動力計、記録器に計測要員まで乗せて、実船の1/16模型(長さ14.5m)を作った。この大きさの模型は、近年では50万トンタンカーが開発中だった時代に、各社が作った長大模型に匹敵する。

自航試験は、Northumberland Dock(水深7.3m、幅30.5m)を借りておこなわれ、自航動力計はいわゆるGe-

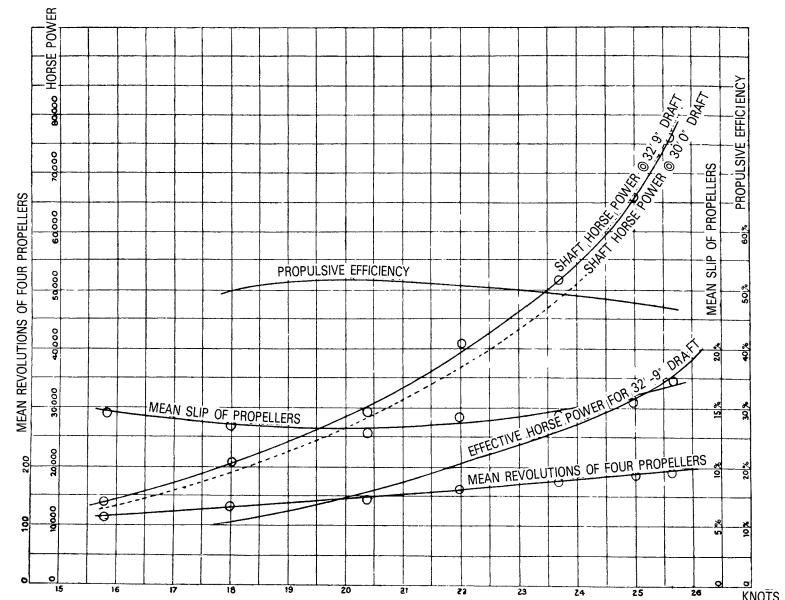
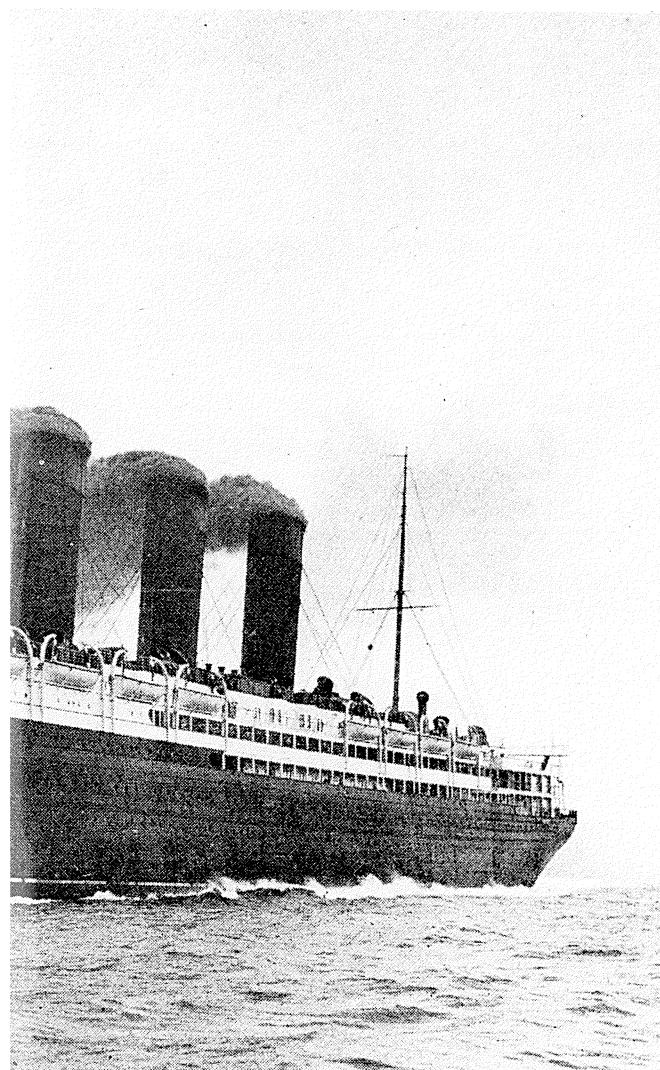


図-1 試運転結果(1907年6月27日、 Skelmorlie沖)

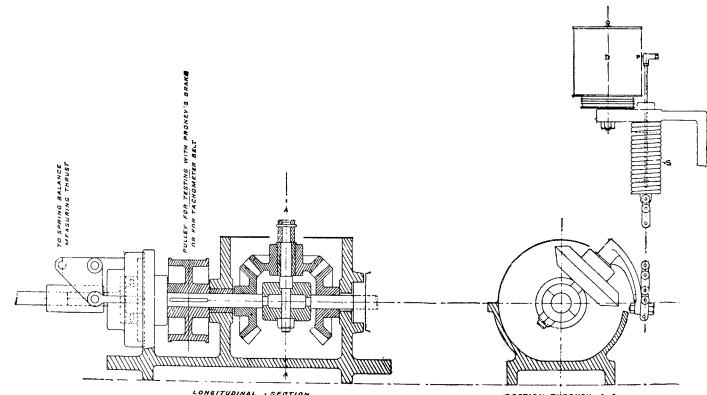


図-2 自航動力計(トルク・推力計測原理)

bers型の原理のものがすでに使われている(図-2)。模型試験は約2年間かけて行われ、そのテーマは4軸プロペラの回転方向と効率の問題、上部構造の風圧抵抗を減少する問題など、今日に通じるところが多い。そして船側波形を示して船首尾波高を小さくしたこと、船体周りの流れを詳細に計測したことにもふれています。

Lusitania, Mauretaniaが後世に名を残す名船であった理由は、一に英国文化の高さ、二に後世に恥ない研究開発があったことが思われる。

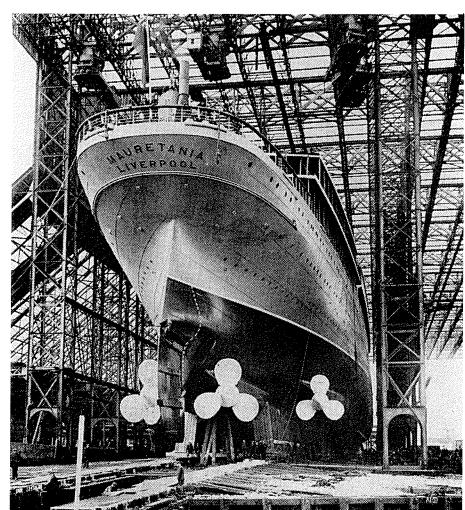
表-1 船体主要目

長さ 760' (231.71m)	30,822 GT
幅 88' ( 26.83m)	70,000 IHP
深さ 60' ( 18.29m)	(4 軸タービン)
排水量 44060 Tons	26.0 KT

#### Trial conditions

喫水 32' 9" (9.985m)	$L/B = 8.636$
排水量 37,080tons	$B/d = 2.687$
	$C_B = 0.597$
	76,000SHP、25.62KT( $F_n = 0.277$ )

Lusitania (1907~1915), Cunard 社所有  
Clydebank Works 社 建造

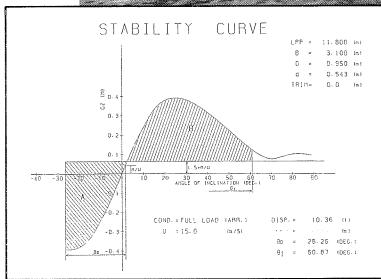


写-2 ルーシタニアの船尾形状

# 新造船と復原性



船名 海幸丸



海幸丸の復原力曲線と判定図

三重県磯部町渡鹿野を母港とし、伊勢志摩国立公園の中核地域である的矢湾周辺を漁場とする小型遊漁船。このクラスの船としては型幅が狭く、復原力が小さく成りがちであるが、重心を下げて旅客定員ともバランスさせ、平均的な復原力を有する船となっている。

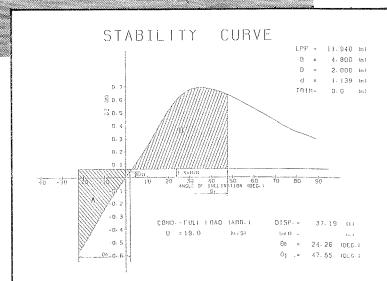
用途	遊漁船
船主	大島陽郎
造船所	筒井ボート(有)
設計者	筒井隆介
竣工	昭和63年8月
総トン数	6.6トン
航行区域	限定沿海
主要寸法(m)	長さ × 幅 × 深さ 11.90×3.50×0.95
主機	連続最大出力 460PS
	回転数 2,300 rpm
基數	1
速力	最大速力 25ノット
旅客定員	25名



船名 第一大輝丸

用途	曳船
船主	北東海運
造船所	船形船舶工業株
設計者	船形船舶工業株
竣工	昭和63年4月
総トン数	19トン
航行区域	沿海
主要寸法(m)	長さ × 幅 × 深さ 11.99 4.80 2.00
主機	連続最大出力 700PS
	基數 1
速力	最大速力 9.7ノット
旅客定員	ナシ

北海道北部の、沿海を航行区域とする小型の鋼製曳船。最大速力9.7ノットの本船は、復原性資料等を作成し、細則に規定する要件を満足している。本船は、復原てこが比較的大きく、甲板室等が小さくまとめられており、横風を受けた場合の復原性にとって有利な状況を与えている。



第一大輝丸の復原力曲線と判定図