

SRC News

No.32 Feburary '96

The Shipbuilding Research Centre of Japan

●目 次●

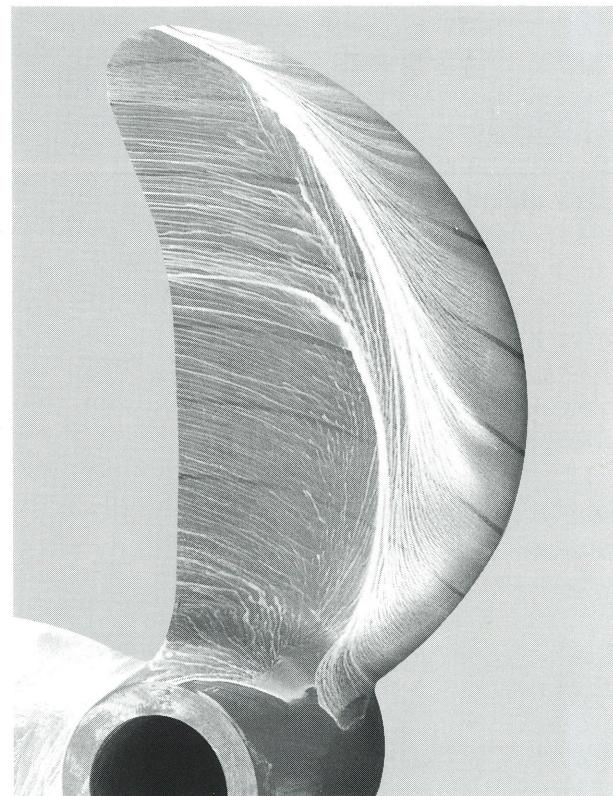
実船の性能推定	
模型・実船相関係数について	Page 2
細長型船型の抵抗性能について	Page 4
富山商船高等専門学校新練習船	
「若潮丸IV世」について	Page 6
空に浮かぶ船－気球－	
もう一つの浮力の世界	Page 8
パラフィン模型船製作法の改良	Page 10

流れの可視化と船の性能評価について プロペラ翼面上の流れの観察

模型試験結果をもとに実船の推進性能を推定する際に、船のまわりの流れへの尺度影響を考慮する必要がある。その中でプロペラの特性に及ぼす尺度影響は、重要なテーマであり、従来より研究が進められて来た。模型プロペラ翼面上の流れのパターンのペイント塗布による可視化の例を写真に示す。前縁から中央にかけて、プロペラのボス付近からチップの方向への流れが卓越し、中央付近のごく狭い範囲で急激に流れの方向が変化し、ほぼ、円周方向に沿って翼面の後縁に向って流れていることが判る。すなわち、少なくとも模型プロペラでは、翼

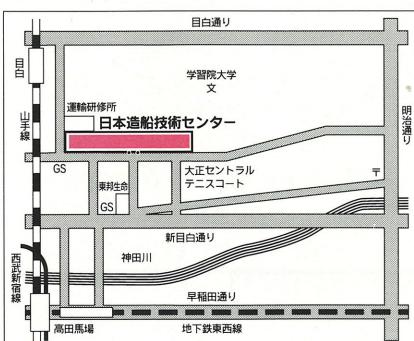
面上の流れは各半径位置で円周方向に沿っている訳ではない。写真に示す流れのパターンは、前縁から中央にかけては層流、中央付近より後方にかけては乱流、その中間の狭い範囲が遷移域である。

このような流れがプロペラの幾何形状や大きさによって変化する流力的メカニズムを理解することは、実船プロペラの



ペイント塗布によるプロペラ翼面上の流れの可視化

性能評価、更には、実船馬力推定における必要な要件である。造船技術センターにおいては、このような知見が新船型の開発等を支える基盤の1つとの理解のもとに、流れに関する基礎的なテーマへの取組みを進めている。



財団法人 日本造船技術センター
〒171 東京都豊島区目白1丁目3番8号
TEL 03(3971)0266 FAX 03(3971)0269

実船の性能推定 模型・実船相関係数について

1. はじめに

SRC NEWS 24から31にかけて、水槽試験の内容や精度保持等について紹介し、その中で実船の推進性能推定には、水槽試験データに加えて、合理的な模型・実船相関係数の必要なことを述べた。模型・実船相関係数は一般に実船の試運転で得られる速力、馬力とプロペラの回転数のデータを水槽試験結果と関連付けて求めるものであり、試験精度に加え、海上試運転における計測精度の保持と流れの尺度影響を合理的にとりいたる解析法という課題がある。我国で用いられて来ている分析的な推定法はSRC NEWS 24から31にて説明しているように、実船の摩擦抵抗係数を実船と同じ浸水面積をもつ平板の乱流状態の摩擦抵抗式より計算し、これに船体表面の粗度による抵抗増加分 (ΔC_F) を加えて求め、自航性能については、模型船の伴流係数 W_T を実船の伴流係数 W_S に修正する係数を導入して、模型プロペラの特性と組合わせて実船の馬力およびプロペラ回転数を求めている。すなわち、 ΔC_F 、 $1 - W_S / 1 - W_T$ が模型・実船相関係数である。欧洲の水槽では水槽試験によるトルクおよびプロペラ回転数をスケールアップして実船寸法の伝達馬力とプロペラ回転数を求め、 $(1 + X) * \text{伝達馬力} + K * \text{プロペラ回転数}$ を実船の主機馬力およびプロペラ回転数とするものであり、 $1 + X$ と K が模型・実船相関係数である。いずれの方法も背景に蓄積された実績を持っており、その良否を一概に決めつけることは難かしい。国際試験水槽会議 I T T C の推進性能部会 Powering Performance Committee の課題の一つは、以上の2つの方法の調整と統一的な手法の構築にあたったし、又、今後の課題もあると考えられる。

本稿においては、模型・実船相関係数の考え方や検討すべき課題について、造技センターの標準法をベースに現状の知見を紹介する。

2. 流体力学的観点

船体やプロペラの表面や周囲の流れの

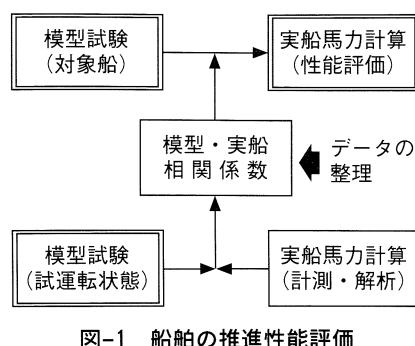


図-1 船舶の推進性能評価

現象の尺度影響をプロペラまわりの流れ(伴流)や船体表面の摩擦抵抗の修正として、係数 ΔC_F と $1 - W_S / 1 - W_T$ という係数であらわしている。また、造波抵抗係数あるいは剩余抵抗係数には、尺度影響は無いとしている。当センターでは摩擦抵抗の式として Schoenherr の式を用い、粘性による圧力変化分の抵抗(粘性圧力抵抗)は平板の摩擦抵抗の K 倍の形で表わし、係数 K (形状影響係数) は尺度による変化はないとしている。全抵抗係数 C_a は

$$C_a = C_w + (1 + K) C_F + \Delta C_F$$
 によって表される。但し、 C_w は造波抵抗係数、 C_F は平板の乱流摩擦抵抗係数、 ΔC_F は粗度影響係数で、それぞれが $1 / 2 \rho v^2 S$ で無次元化されている。 ρ は水の密度、 v は船の速力、 S は船の浸水面積である。

自航要素に関しては、推力減少率 t とプロペラの船後状態と一樣流中の効率の比 η_r はスケールの影響を受けないと仮定し、伴流係数 W_T は乱流境界層厚さがレイノルズ数の增加と共に相対的に薄くなることより、スケールの増加と共に減少するよう $1 - W_S / 1 - W_T$ という係数を用いている。

プロペラの特性に関しては、図-2及び図-3の翼面上の流れに示すように、粘性の影響を受けることから、レイノルズ数による修正を導入する必要があり、特性の修正方法も I T T C の場で提案されてもいる。しかしながら、プロペラ翼面上の粘性流れは多様で複雑であり、提案された修正式を実務に導入するに到っていない。なお、実験的には N S M B の B シリーズや船研の A U シリーズ等の模型プロペラにおいて、ある程度のレイノ

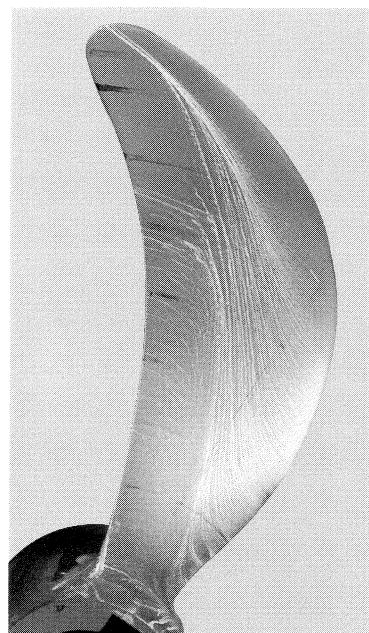


図-2 プロペラ翼面上の流れ (1)

ルズ数になるとプロペラ特性へのレイノルズ数による変化が僅かになる事が知られており、従って、試験可能な充分に高いレイノルズ数でのプロペラ単独試験により得られたプロペラ特性あるいはそれらのデータから推定したプロペラ特性を実船プロペラの特性としている。

3. 試運転データの観点

実船の性能を流体力学の理論のみによつて求めることは、船のまわりの流れを数値的に計算する CFD (Computational Fluid Dynamics) の課題ではあるが、力オース的な性質を含む非線型方程式の数値計算やコンピューターの能力等今後に期待することが多い。現実には実船の試運転時の計測(速力試験)データを解析して、先に述べた修正係数を求めて整理している。(図-1) なお、海上において水槽と同じ理想的な条件は期待出来ず、海上試運転によるデータには精度や信頼性の問題がついてまわることは避けられない。一般的に、外乱のうち、風と潮流について修正法が提案され、実用に供されているが、航走中に受ける波の影響や当舵や斜航の影響については、それに計算手法はあるが、速力試験で問題とされるレベルで評価できる精度はない。

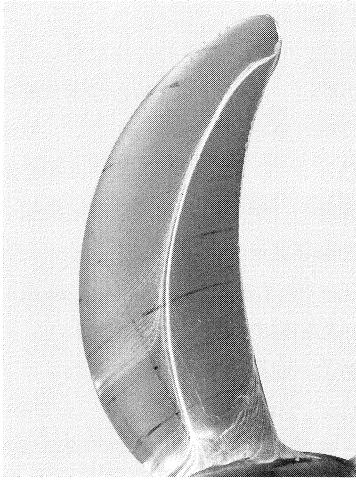


図-3 プロペラ翼面上の流れ (2)

馬力の計測においてプロペラ軸トルクの計測と主機の計測データによる馬力との関係等も從来からの課題である。更に季節によっては外板に汚損が発生したり、模型船にない付加物や開孔が実船には付いている事もある。プロペラの特性についても、製作許容範囲があり、設計時に想定している特性との若干の相違は止むを得ない。

なお歐州において採用される $1+X$ 法では高い精度の水槽試験を可能な限り実船と同じ条件の模型船やプロペラで行うという立場である。得られる実船データの精度への考え方が、我国と異なることに起因すると考えられる。 $1+X$ 法についてはITTC Reportに詳しい説明とデータがある。風、潮流修正については関西造船便覧等を参考されたい。

4. 水槽設備との関係

水槽試験データにはSRC NEWS 31に述べたように水槽設備の寸法、装置およびプラクチスによる独自の性格があり、模型・実船相関係数は水槽設備毎に特有のデータとなりうる。更に、上記の実船データの背景も含めれば各水槽に共通の値はないとも言える。以上の事情から来る混乱や誤解を避けるために、国際試験水槽会議に参加している各国水槽にあっては、共通の模型船の持ちまわり試験や設備資料の交換等を通して、共通の理解を得るよう努めて来ており、その

中で、ITTCの標準評価法等の成果が得られている。造船技術センターにおいては、以上のような国際協力と共に、独自の模型・実船相関係数を提示している。これは、 ΔC_F および $1 - W_S / 1 - W_T$ を簡単な式とグラフにまとめたものであり、創立以来長年にわたり蓄積されたデータや知見がベースとなっている。

5. おわりに

以上の知見は主として大型1軸船を対象に得られたものであり、2軸船の軸系副部や船体表面に装備されるソナードーム等の付加物、高速艇等高速航走体等についても模型・実船相関に関して検討すべきテーマがある。これらについては次号にて紹介したい。

$$\Delta C_F \times 10^3 = 0.018 \left(\frac{K_s}{L} \right) R_n^{0.75} + \frac{10}{L} + 0.03 \left(\frac{B}{d} \right) - 0.13 \quad (1)$$

K_s :表面粗度。原則として、ITTC標準の0.00015mとする。

L :計画喫水状態の水線長さ(m)

R_n :レイノルズ数(VL/v)

V :速力(m/s)

v :動粘性係数 1.187×10^{-6} (m^2/s)

B :型幅(m)

d :当該載貨状態における船体中央の喫水。

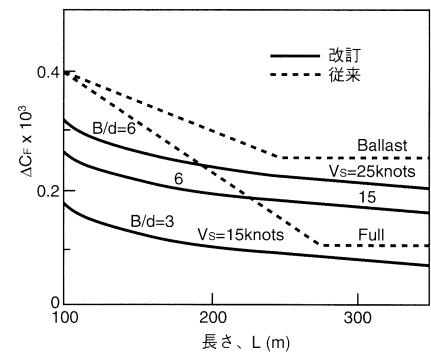


図-4 $\Delta C_F \times 10^3$

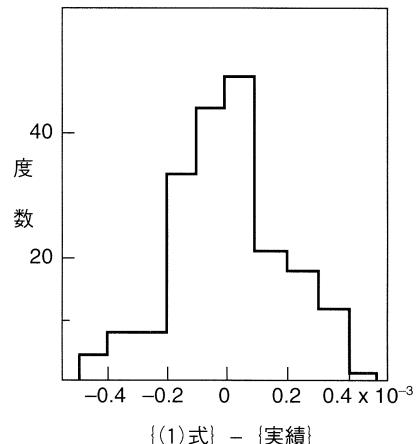


図-5 (1)式と実績との違い

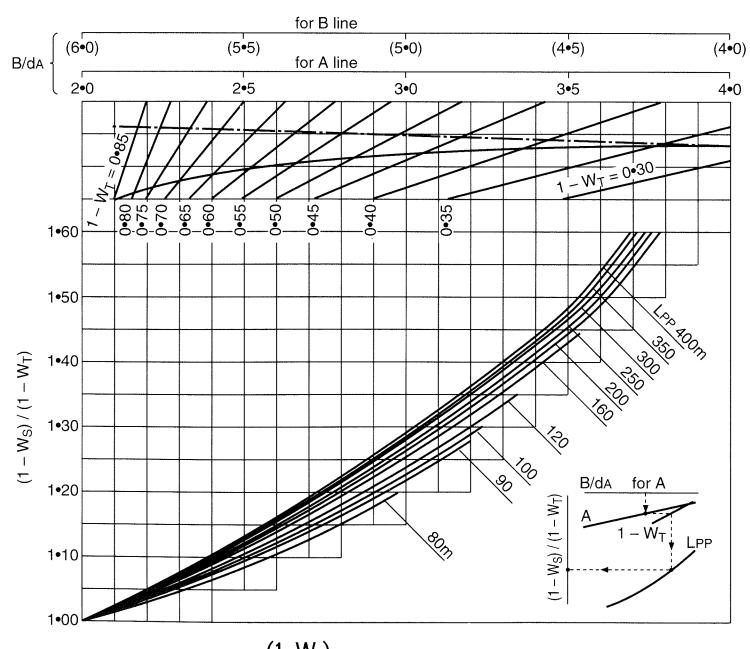


図-6 $\frac{(1 - W_S)}{(1 - W_T)}$ 推定図表 (1軸船)

細長型船型の抵抗性能について

シリーズ64船型データによる評価

1. はじめに

国内輸送のモーダルシフトやそれに伴う船の高速化等に関連して、新型式高速船艇が提案され、実現している例もある。これらの船体はアルミニウム軽合金製の従来にない細長い形状が採用されており、流体力学の面から見れば、重量を減らし、肥満度や排水量長比を下げて、造波抵抗を小さくするという単純かつ確実な方法を押し進めた結果と考えられる。このような極端に細長い形状で、フルード数の高い船型の性能評価において、商船や高速艇を対象するチャートのようなまとまった例は少ない。

本稿では米国テイラーウィンドウにて実施された長さ／幅比が8.5から18.3、排水量長比 $\Delta/\text{L}^3 \times 10^2$ にて0.04～0.2という細長型の高速船型に関する試験結果について紹介する。詳しくは、資料(1)を参照されたい。

2. テイラーウィンドウシリーズ64について

本シリーズは高速艦艇を対象とする船体形状で、長さ／幅比(L'/B)、方形肥満度(C_b)および排水量長比($\Delta'/(0.01L')^3$)および幅／喫水比(B/d)を変えたシリーズ船型を計画し、長さ10フィートの模型船による抵抗試験を行っている。それぞれの

数値については表-1を参照されたい。なお、横切面積係数(C_p)は一定としている。

3. 剰余抵抗係数について

参考資料においては、剰余抵抗(R_r)をSchoenherrの摩擦式を用いて求め、模型船の排水量(Δ)との比(R_r/Δ)を速度長比($V_s/\sqrt{L'}$)との関係で示している。なお、 V_s はノット、 L' はフィートで表わされている。又、剰余抵抗係数($C_r = R_r / (\frac{1}{2} \rho S v^2)$)を求めて整理している。

データの中から、 $B/d=2$ および4の場合について、排水容積(Δ)の $2/3$ 乗を用いて求めた剰余抵抗係数($C_r = R_r / (\frac{1}{2} \rho \Delta^{2/3})$)を速度長比ベースにプロットし整理した。図-1および2を参照。

4. 検討および例題

剰余抵抗係数と排水量長比の関係を調べるために、図-1および図-2より、フルード数が0.6、0.8、1.0、1.2における剰余抵抗係数の値を読みとり、

排水量長比ベースにプロットした。図-3参照。方形肥満度の異なる船のデータの間に、バラツキはあるが剰余抵抗係数は排水量長比に比例しており、フルード数が0.6～0.8の範囲ではその影響が大きい。例えば、船長90mの船の35～40ノットの速力は、フルード数で0.6～0.7であり、軽量化と細長型の瘠せた船型の採用が推進性能向上に効果がある。船長35m程度で速力40ノットの速力はフルード数で1.1であり、排水量長比減少の効果は若干減る傾向となる。

次に以上のデータを用いて、最近公表されている大型高速客船(単胴艇及び双胴艇)について、必要な馬力を推定し、それそれに搭載されている主機の合計出力と比較した。表-2及び図-5参照。なお、全ケースについて $C_b = 0.4$ と仮定し、ケースにより、 $C_b = 0.5$ とした計算も行っている。推定馬力は単胴艇で深さ(D)が4.2mから5.6m、表-2の中の深さの小さなケースでは、実船搭載主機出力と良く合うが、深さが9m程度の単胴艇及び双胴艇では $C_b =$

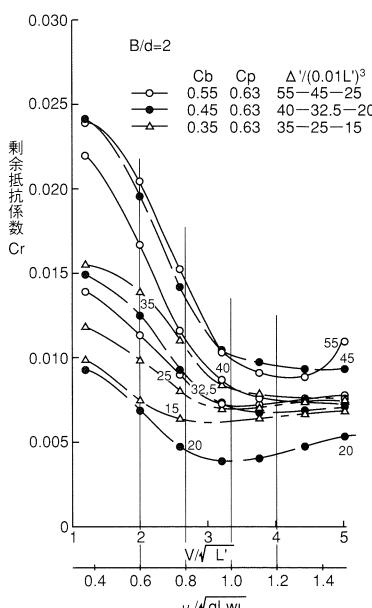


図-1 剰余抵抗係数曲線(1)

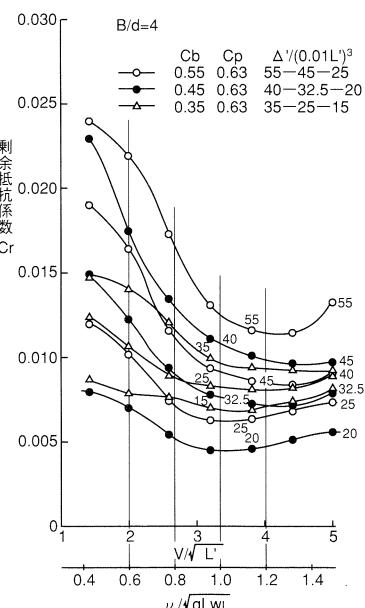


図-2 剰余抵抗係数曲線(2)

表-1 シリーズ64 船型パラメータ

C_b	0.35	0.45	0.55	
$B/d=2$	$\Delta'/(0.01L')^3$	35	45	55
		25	32.5	40
		15	20	25
$B/d=3$	$\Delta'/(0.01L')^3$	35	45	55
		25	32.5	40
		15	20	25
$B/d=4$	$\Delta'/(0.01L')^3$	35	45	55
		25	32.5	40
		15	20	25

注 (1) $\Delta'/(0.01L')^3 \times 34.977 \times 10^6 = \Delta/L^3$

(2) $C_p = 0.63$

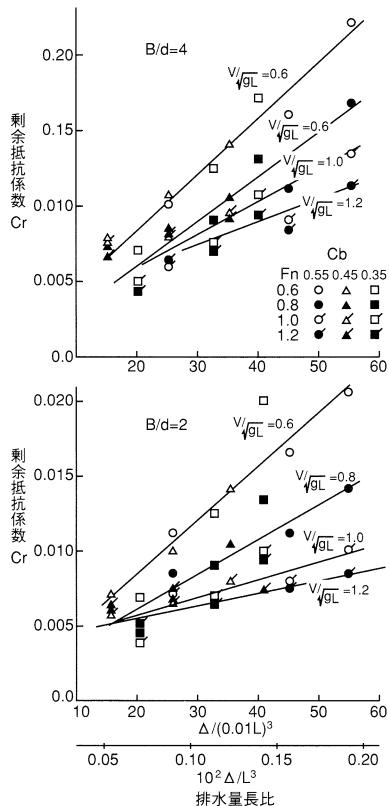


図-3 剰余抵抗係数と排水量

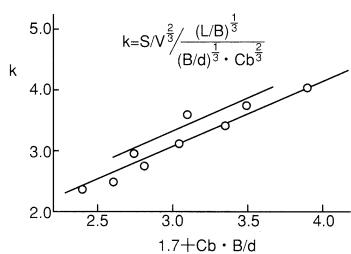


図-4 浸水面積推定図

0.45あるいは0.5とすると合いが良くなる傾向が見られる。なお、浸水面積はシルーズ64船型データを整理した図-4により、剰余抵抗係数は図-3中 $B/d = 4$ のケースより、また、摩擦抵抗はSchoenherrの式を用い $\Delta Cf = 0.0$ と

して求めている。双胴艇においては、単胴同志の干渉は考慮していない。全体の推進効率は $EHP/BHP = 0.65$ としているが、比較的効率の良いウォータージェットの効率と同程度と考えている。重量関係のデータが加わると検討の精度も上ると考えられるが、上記程度の数値をもとに大略の推進馬力を評価する上で有用と考えられる。

5. おわりに

本データは、高速艇の性能に関する人々には衆知のものであり、有効に活用されていると考えられるが、細長型船をベースとする新型式船が1つの分野を切り開きつつある現在において、約30年前の論文を見直す事は意義あるものと考え、ここに掲載した次第である。

文献

Hugh Y.H.Yei; Series 64 Resistance Experiments on High-Speed Displacements Forms, Marine Technology Vol.2, No.3, 1965

表-2 大型高速船の性能評価

船	単胴船					
	A	B	C	D	E	F
L (m)	101.8	96.2	66.4	112.0	94.0	102.0
B (m)	14.5	14.5	10.9	15.0	16.5	15.0
D (m)	9.5	8.9	4.2	5.6	4.6	5.2
d (m)	2.1	2.1	2.0	3.0	2.7	2.4
速力 (knots)	43	35	32	35	36	40
馬力 (PS)	38000	29360	12160	28000	32640	32640
Cb	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
△ (t)	1271	1209	593	2066	1717	1506
推定馬力 (PS)	32263	19129	10135	27457	31642	31610
Cb	0.50	0.50	—	—	—	—
△ (t)	1589	1512	—	—	—	—
推定馬力 (PS)	42174	24728	—	—	—	—

- (1) 摩擦抵抗式 Schönherの式
- (2) $\Delta Cf=0.0$
- (3) 推進効率 $\eta_a=0.65$
- (4) 双胴船 各単胴船間の干渉を無視
- (5) $b=B/3$

船	a	b	c
L (m)	78.6	76.6	59.9
B (m)	23.0	21.15	17.5
b (m)	8.0	7.0	6.0
D (m)		7.2	5.5
d (m)	2.4	3.0	2.0
速力 (knots)	36	36	37
馬力 (PS)	29530	31020	17687
Cb	0.40	0.40	0.40
△ (t)	1237	1319	589
推定馬力 (PS)	23819	25561	15145
Cb	0.50	0.50	0.50
△ (t)	1547	1649	736
推定馬力 (PS)	32080	32936	19140

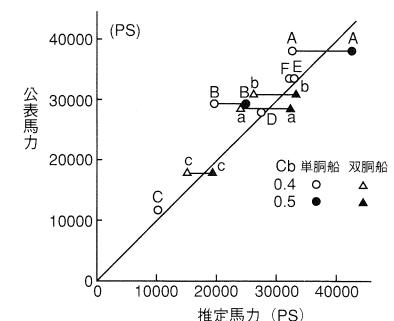


図-5 推定馬力と公表馬力の比





富山商船高等専門学校新練習船

「若潮丸IV世」について

はじめに

富山商船高等専門学校練習船「若潮丸」は、平成7年9月、静岡県の(株)三保造船所において建造された。

本船は、運航技術教育のための最新運航システム等最先端技術を導入して調査・研究、および国内の海事思想普及や国際交流を目指す洋上スクールとして活用される最新鋭船である。

各部の概要

近年、船舶における技術革新に目覚ましいものがあり、中でも船舶運航への自動制御方式の導入は安全性向上、乗組員の労働環境の大幅改善に大きく反映されている。更に超自動・高知能化船へむけて今後の操船システムは大きな変革が予想されている。

本船は、こうした海運界の近代化船への動きに対応出来る機能と装備を持ち、運航技術教育及び調査・研究等に充分力を発揮出来るものとして計画された。

以下に主要目や装備を示す。

① 主要目等

全長	53.59m
垂線間長	46.00m
幅 (型)	10.00m
深さ (型)	5.40／3.40m
計画満載喫水	3.20m
登録総トン数	231t
主機関	新潟鉄工所製 一機一軸 低速ディーゼル 6M28BET 1,300PS × 390rpm × 1基
推進器	4翼羽付可変ピッチプロペラ × 1基
試運転最大速力	14.13ノット
航海速力 (85% MCR)	12.50ノット
船型	船橋樓付二層甲板船
航行区域	近海区域 (第4種船)
航続距離	約2,180海里
定員	近海 56名 平水(6時間未満) 99名
発電機関	ヤマ-ディーゼル製 6LAAL-DTN 330PS × 2基
発電機	大洋電機製 275KVA 225V 60HZ × 2台

② 船体

本船は、総トン数230トンの制約の中で、教育実習、調査・研究設備等の充実を計っている。また、学生の教育においては、慣海性と自然採光に留意し、教室及び居住区を上甲板上に配置し、船内実習の教育効果と安全性を向上させるため、実習空間を大きくすることが課題である。これらの諸要件と就航海域の気象・海象に留意して、可能な範囲での船体の大型化が望まれた。

これら条件を満足させるために船橋樓付二層甲板船が採用された。なお、二層甲板船は、一層甲板船に比べ船を大きくすることが可能となり、前述した幾つかの課題も解決することができる。

船体型状についても、安全性・凌波性、泡切れ等を留意しながら、計画速力を確保できるよう、当センターの水槽における抵抗・自航試験等を実施し、最終船体型状を決定した。(詳細については、SRC News No.31 を参照のこと。)

船体構造として、上方より船橋甲板、上甲板、第二甲板の三層型とし、各甲板上の主要な配置として、船橋甲板に、操舵室、実験・実習室、および電気機器室等を、上甲板上には、教室、調理室、食

堂、教官及び乗組員居室、学生居室、シャワー兼浴室、便所を、第二甲板には、各種艤庫類、機関工作室、機関室、舵機室、第二甲板下には、空調機室、機関制御室、機関室及び減揺タンクを始めとする各種タンク類を配置している。

その他、国際航海にも対応するための防火構造基準適合型とした。

また、船全体の防音・防振対策として、IMO基準同等条件にて建造された。その結果、客船並の静謐な船内環境にすることが出来た。

③ 機関

主機関は4サイクル過給機付低速ディーゼル機関とし、防振ゴム採用による防振対策を施し、更に、脱硝装置を商船高等専門学校練習船として、初めて装備した。特に機関部教育実習環境について、安全で広くゆったりとした機関室と、静かで充実した機能を有する機関制御室を設けた。

④ 船橋

本船も船橋機器配置に対し、近代化に対応でき、合わせて航海実習及び調査・研究が容易に実施可能な配置とした。主

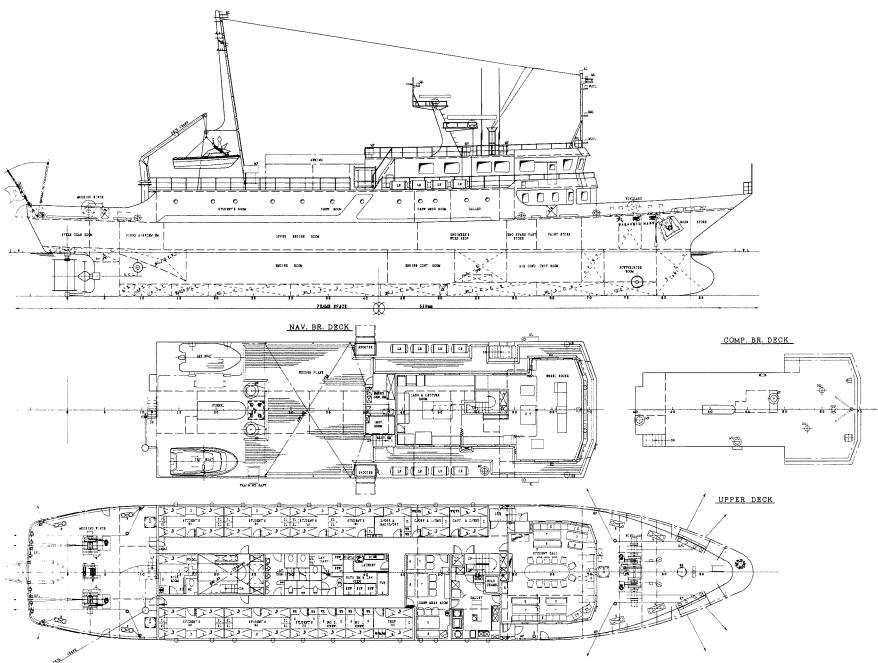


図-1 一般配置図

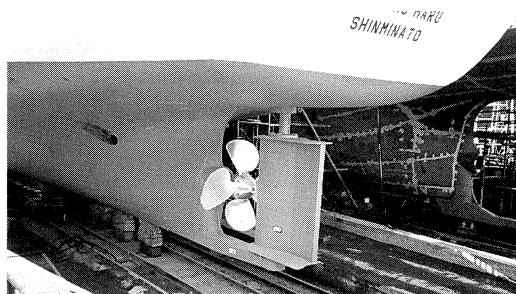
な操船機器として、航法支援装置（ECDIS）、電波航法装置、機関制御兼監視盤、ジョイスティック操船装置、その他操船機器等をコンパクトにまとめた統合船橋コンソールとした。

また、無線装置としても、平成11年より完全実施されるGMDSSを、装備している。

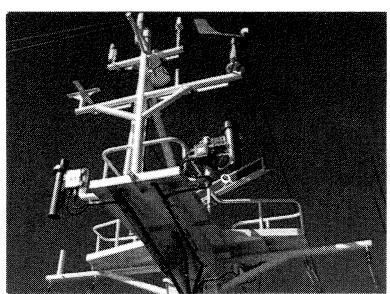
⑤ 調査・研究設備

各調査・研究システムは、本船の頭脳ともいえるデータ処理システムにより、制御解析及び情報収集管理が統括されている。制御解析については、船舶を運航するに必要なシステムと調査・研究のシステムを完全分離している。又、航海情報、船体運動情報、気象海象情報、機関情報等の運航諸元に関する全てのデータを収集・表示・出力することが出来る。

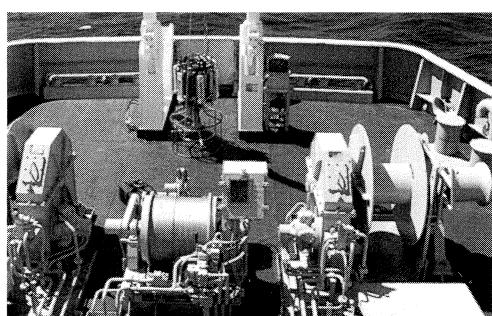
各種調査・研究システムには①データ処理システム、②船体運動計測システム、③低速航路保持システム、④海上交通量観測システム、⑤海洋観測システム、⑥機関計測・解析システム、⑦操船シミュレータシステムなどが装備され、運航技術教育を初め、海洋全般を課題とする調査・研究活動に幅広く利用できる設備となっている。



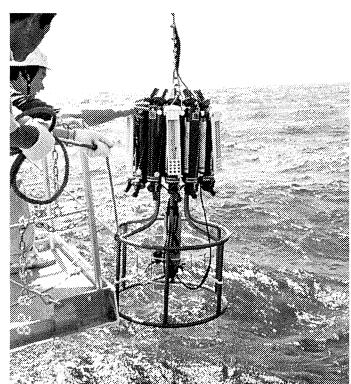
▲ プロペラと舵



▲ 海上気象観測装置



▲ 観測用ウィンチ



塩分水温水深計及び採水器



おわりに

本船の基本設計および建造監理を進めるにあたり、常に積極的なご支援とご高配を賜った関係者各位に対し厚くお礼申し上げます。また、建造にあたっては(株)三保造船所をはじめとし、関係メーカー各位が高度な技術と誠意をもって努力されたことを付記します。

広く、静かな教室

空に浮かぶ船 — 気球 — もう一つの浮力の世界

1. はじめに — 空に浮かぶ一

アルキメデスの原理が発見されるずっと以前から、人類は浮力を利用して移動し荷物を運んできた。数千年の間、船は浮力を利用した唯一の交通機関であった。20世紀に入り、動的浮力（揚力）を利用した航空機が現れたが、現在でも船すなわち浮力が、大量輸送の主役であることに変わりはない。

しかし18世紀半ばから今世紀前半にかけてもう一つの浮力を用いた交通機関があった。それは空気より密度の低い気体により浮力を得る、気球・飛行船に代表されるLTA航空機（Lighter Than Air）である。人類初めてのモンゴルフィエ兄弟の熱気球、わずか10日の差で人類初の栄誉を逃したシャルル教授のガス気球、そしてアンリ・ジファール、ツェッペリンとたどる飛行船の系譜。そしてヒンデンブルグ号を最後に、LTA航空機は空の表舞台に登場しなくなった。しかし飛行船は現在でも広告や遊覧などの手段として利用されている。さらに地球環境観測用の成層圏プラットフォーム計画、第2大陸間航空路計画など、飛行船を利用したプロジェクトも検討されている。その中で、気球、特に熱気球は軽く丈夫な素材（ナイロン、テトロン等）、熱量の高い熱源（プロパンガス）などの登場により手軽で安全なスカイスポーツとして甦っている。

海に浮かぶ船、空に浮かぶ気球・飛行船。外見的にはまったく違うのに、その実兄弟のような二つの乗物。日頃“水”



と付き合っている造船技術者の方々に、ここでは空と付き合う技術を熱気球を通じてご紹介したいと思う。

2. 気球の理論

図1に熱気球で使用する座標系を示した。球体内外の空気の密度を ρ_{in} 、 ρ_{out} とする。このとき球体内の熱気の持つ単位体積あたりの浮力Fは、

$$F = (\rho_{out} - \rho_{in}) g \quad (1)$$

で表せ、この浮力により球皮にかかる圧力Fは、

$$F(z) = (\rho_{out} - \rho_{in}) g z \quad (2)$$

となる。ただし、ここでは簡単のため球体内の温度分布は一様と仮定している。球体内温度を80°C、外気温を20°Cとすれば、 $F = 0.2055 \text{ kg/m}^3$ これにより球体天頂部に発生する圧力は4.110 kg/m^2 ($z = 20 \text{ m}$ と仮定) となる。熱気球はこれらの力と搭載物重量および球皮自体の重量などがバランスし、常に安定した形状を保てるよう設計する。

熱気球表面の微小球皮片について、力のバランスを考えてみよう。図2にこの微小球皮片に加わる力を示した。TとUはそれぞれ経線方向・緯線方向の張力（単位長さあたり）、R_t、R_uは同じくそれぞれの方向の曲率半径を表す。Mはこの微小球皮片の重量で、球皮の面密度γにより決定される。またμは、この微小球皮片の鉛直軸に対する角度である。以上より圧力方向（法線方向）の力のつもりあいを考えると、次式のようになる

$$\frac{T}{R_t} + \frac{U}{R_u} + \gamma g \sin \mu = P \quad (3)$$

Tは球体下端にかかる搭載物の荷重と、微小球皮片より下の球皮重量の和として表される。Pも球体内外の温度が分かれていればzによる関数として既知である。γは球皮の材質を決定した時点で分かれている。従って残りのU/R_uが分かれれば、熱気球の形状を求めることができる気になる。

(3)式をよくみると、圧力がなるべく小さいままで（つまり球体内外の温度差が小さいままで）浮上するためには、未知の項であるU/R_uはなるべく小さくなければならぬことが分かる。これは球皮片に大きな剪断力が働くことを意味し、安全面を考えても都合がよい。このための最も簡単な方法はT/R_tを大きくし、U/R_u = 0としてしまうことである。これが“自然型”と言われる熱気球の設計思想である。

ただし以上の議論は熱気球の設計思想



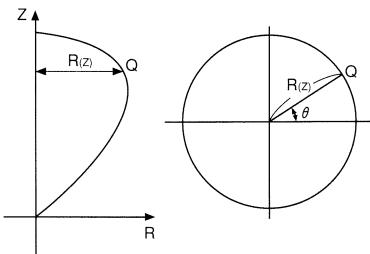


図-1 座標

を理解していただくための多少乱暴なものであり、実際設計の際に用いられるものと手順も式も若干異なる。手順だけを簡略に述べるなら以下のようになる。

- ① (3) 式に加え、接線方向の力のバランスを検討する。
- ② ①で導出される 2 つの式を利用し、 $U=0$ の条件で T を消去する。その過程で変分法を利用し、2 階の微分方程式を導く。
- ③ ②で求めた 2 階微分方程式を、数値計算（ルンゲクッタ法等）により解き形状を決定する。

図 3 に以上のように従って設計した熱気球形状を示す。この形は力学的には非常に安定した形状ではあるが、多少ずんぐりしていて、必ずしも設計者の美意識を満足させてくれるものではない。せっかく自分で作って空を飛ぶのであるから、もう少し美しい形が欲しい。そこで実際熱気球を設計する場合は、n 次曲線や橢円など適当な曲線を組み合わせ、予め形状を決定し、その形状に対し緯線方向・経線方向の張力計算を行い、張力が使用する材料の許容応力範囲内に治まっているか、負になる（球皮が弛んでしまう）ような範囲は無いかなどを確かめ、形状を決定する。そのようにして決定した形状を、図 3 に併せて示した。自然型に比べるとよりスリムで優美な曲線になっていることが分かるだろう。

3. 热气球の製作

熱気球をつくるには、特別な設備は要らない。必要なのはミシンと鋸、マチ針、ボール紙、マジックなど、どこの家庭にあるものばかりだ。ただし作業量は半端ではない。ミシンで縫う距離だけでも数キロに達し、家庭用ミシンでは数台は

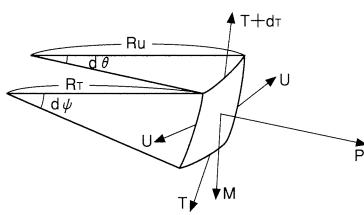


図-2 力の釣合い

使いつぶしてしまう程だ。作業場も小学校の教室程度の広さは必要である。

球体製作作業を順を追って見てみよう。

① 気球形状の展開

前章で求めた気球形状をいくつかの紡錘型（ゴアと呼ぶ）に近似し、展開する。この紡錘型をさらにナイロン布の幅に合わせ分割しパネルをつくる。設計にもよるが、ゴアは大体 12 ~ 24 枚、パネルは 20 枚程度が一般的である。

② 型紙の作成

パネル形状に縫い代を付加し、球皮裁断用の型紙をつくる。

③ パネルの裁断

型紙に合わせナイロン布を裁断する。

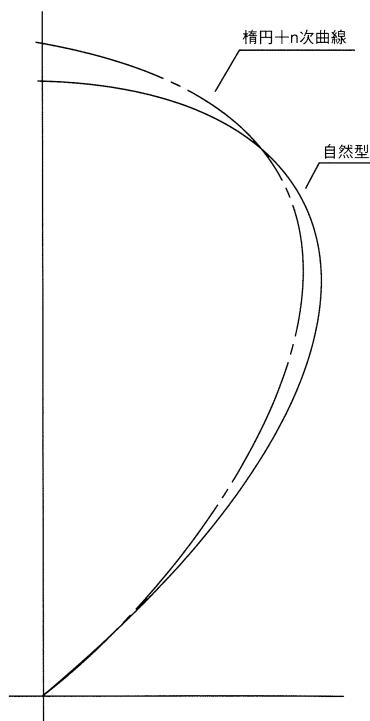


図-3 热气球の形状

裁断したパネルはナンバを打ち整理しておく。

④ パネルの縫製（ゴアの作成）

パネルを縫い合わせ紡錘型にする。

⑤ ゴアの縫製（球体の作成）

ゴアを縫い合わせ球体にする。

⑥ ロードテープの取付

荷重を支えるためのロードテープを経線方向に縫い付ける。

⑦ 艤装品の取付

航行弁、耐熱布、ロードワイヤー等の艤装品を取り付ける。

④ 程度までは特に問題なく作業は進む。しかし⑤⑥の頃には、ミシンの前後左右は全て球皮の山となっている。縫おうにも一人では球皮が動いてくれない。またこの頃には、球皮にロードテープが加わり所によって縫い目の厚みが 20 m m 近くなるため、ミシンの針が通らなくなる。

4. 空とのつきあい

気球の製作には大体 1 ヶ月から半年近くかかる。設計を含めれば、2 年近くかかる場合もある。それだけに自分の手による熱気球が空に浮かんだとき、それに乗って自分が飛び上がったとき、墜落の恐怖すら忘れる強烈な感動がある。また、わけも分からず定理を覚えていた微分方程式によって、命を預けて空を飛べるようなものができるのだ、という別種の感動を覚えたことも記憶している。

空気と共に浮遊する熱気球の設計には、船のような推進性能も耐航性能も関係無い。あるのはただ力のバランスだけである。しかしその中には、技術者だけがその原点で味わえる感動があるような気がする。

水槽試験の近代化 パラフィン模型船製作法の改良

1. はじめに

水槽試験のプロセスの中で模型船製作は、最も工数を多く要する合理化の必要なプロセスである。当センターにおいては、製作後の変形やクラックを防ぐための木製内型と、パラフィンとの組合せ、材質やパラフィン溶解工程の改善、更には削成整形工程における N C 削成方式の導入等を比較的早期に進めて来ているが、基本的に品質の向上に重点が置かれて来た。

工数低減あるいは経験の不必要的作業への転換は時代のニーズであり、当センターは図面作業への C A D 導入に続いて模型船製作プロセスの合理化に積極的に取組んでいる。図-1に模型船製作プロセスを示す。この中で、パラフィンを木製内型に溶着して削成前のパラウッド鋳物を作るプロセスの中での模型船外型工法の改良について紹介する。

2. 外型工作について

パラフィン鋳物用の箱の中に、模型船表面に近い形状を木材によって製作し取付け、別途製作された内型との間のすき間に溶解パラフィンを注入して、内型に溶着させて、削成用パラフィン鋳物を作成する。外型は船体表面に近い形状をした型であり、現状では、模型船毎に、図面より木材を切出し組立てるという熟練を要する木工作業で、長年にわたる工夫、改善もあって抜本的な工数低減に限界がある。

外型工作法改良の要点として、(1) 熟練作業の排除、(2) 高価な木材を使わず、消耗材はごく安価で安全な材料を使用、(3) パラフィンの冷却を早めて工程を短縮、をかけて、以下のような工法を設計・試作した。

新旧工法を写真に示す。

新しい工法では、鋼製チャンネル材で組

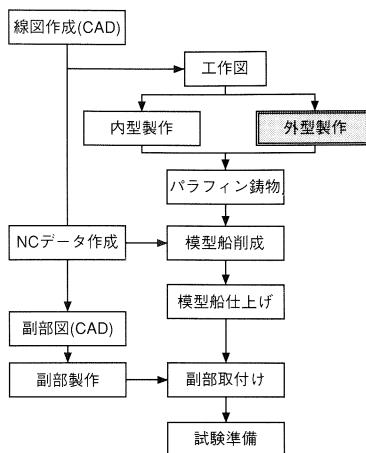


図-1 模型船製作プロセス

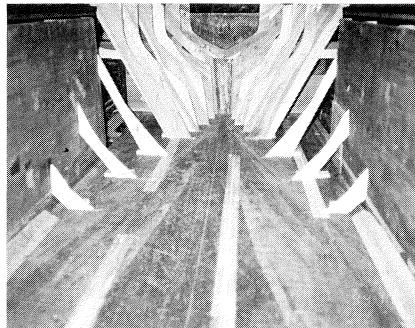


図-2 旧式外型上作法

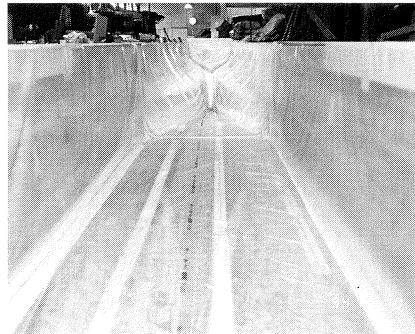


図-3 新型外型上作法

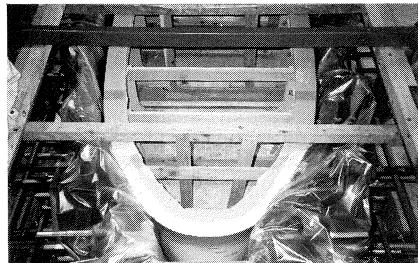


図-4 パラフィン鋳物

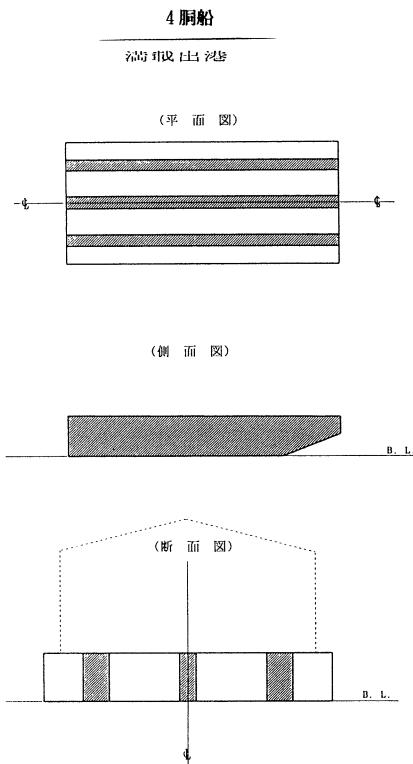
3. あとがき

模型船製作は近代工業の中でも比較的クラシックな形態を残す作業であるが、新しい技術の導入やいろいろな工夫により、工数低減や品質の保持と共に近代的な装いを付けて再生することが必要と考える。断えざる工夫・改善を継続して行く所存である。

《復原性計算の現場から》

復原性計算業務については、既にSRC NEWSに何度か紹介しているが、19GT以下の小型船を主な対象として全国に跨る顧客に広く対応している。業務のプロセスは、先ず、電話による打合せに始まり、郵送されて来た設計資料をもとに計算を進めるが、不明な点は電話やファックスで確かめ、又、必要な場合は現場に出掛けて直接船体寸法を計測して、計算のための資料を作ることもある。対象船の多くは小型遊漁兼用船であるが、旅客船をはじめゴムボートや折畳み式ボートのようなレジャー・ボート、湖沼で使う特殊形状の釣船等があり、それぞれの形状に応じて計算法も工夫を要する。例えば水中展望船やグラスボート、及び水中部が特殊な形状となる図に示すポンツーンの場合は損傷時の復原性計算法を用いて復原性を求めている。

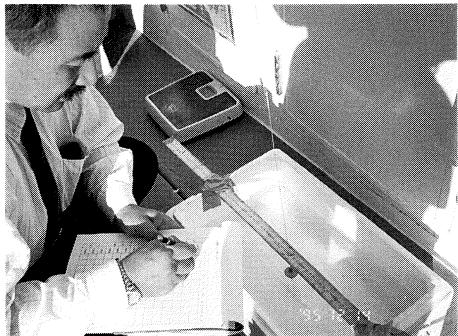
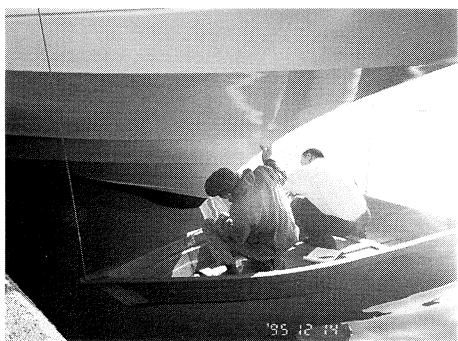
以上のプロセスを約3~5日で済ませて復原性を評価し、報告をまとめて発送する。復原性良好との判定が出ると建造が進められ、完工すると、復原性試験による確認の段階となる。現地の造船所において、造船所関係者の協力のもとに一連の計測と評価計算を行い、結果を報告する。顧客の方々とのお付合いの貴重なチャンスであり、氷雪の中で、ひっそりと春を待つ北の漁港、松林に覆われた小山を背景とした小さな工場、青葉若葉や紅葉の映える湖水や河川等々、大きな造船所とは違う世界や、人々の生活のあることを知る時もある。船の安全性を、ひいては関係者の生命・財産を守るシステムの一環を荷なっているという事を肝に銘じ、確実でスピーディな業務を進め、顧客の方々の要望に応える所存である。



委員会

平成8年度第3回石油貯蔵船の泊地内検査・点検・補修システムの開発委員会
期日：平成8年1月30日（火）
場所：霞山会館

第56回HRC（造工中手船型研究会）
期日：平成8年1月18日（木）
場所：広島シティホテル会議室



編集後記

模型・実船相関は流体力学における基本的な課題であると共に計測精度や解析手法の問題でもあります。このような見方もいれて模型・実船相関について書いてみました。また、新しい船型も30年前の基準で評価するとどうかとの興味から、シリーズ64をとりあげてみました。大略の傾向、あるいは値を素早く知るためにには、従来のデータの上手な使い方は必要であり、有用と考えます。気球については、足の下の水ばかり眺めるだけではなく、時には空を見上げてみたいと考え、ごく初步的な事を紹介しました。平成8年も既に2月が過ぎようとしております。多事、多難な年となりそうですが造船技術センター全員頑張りますので、宜しくお願ひ致します。

新造船と復原性

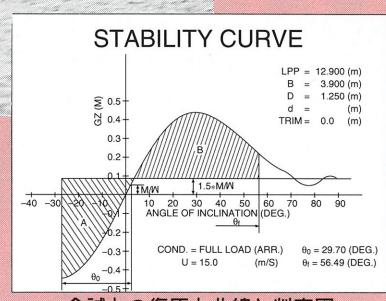
船名 金誠丸

用途	遊漁兼用船
船主	金子 誠
造船所	片岡造船所
竣工	平成 7年11月
総トン数	12トン
航行区域	限定沿海
主要寸法(m)	長さ × 幅 × 深さ 12.90 × 3.90 × 1.25
主機	連続最大出力 400PS 回転数 2,700rpm
	基數 2基
最大速力	37.7ノット
旅客定員	34名

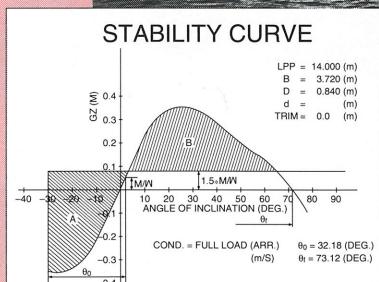


高知県宿毛市を母港とし、足摺宇和海国立公園の中央部に位置する宿毛湾周辺部を主漁場とする小型遊魚兼用船。

本船はこの種の船舶としては平均的な主要寸法を有し、最大復原てこが約44cm程度あり、比較的安定した性能を示している。



金誠丸の復原力曲線と判定図



明栄丸の復原力曲線と判定図

船名 明栄丸

用途	小型遊漁兼用船
船主	吉野 明
造船所	椎木造船所
竣工	平成 6年10月
総トン数	9.7トン
航行区域	限定沿海
主要寸法(m)	長さ × 幅 × 深さ 14.00 × 3.72 × 0.84
主機	連続最大出力 460PS 回転数 2,480rpm
	基數 1基
最大速力	22ノット
旅客定員	23名

千葉県御宿町岩和田港を母港とし、南房総国定公園の北東部海岸線に面する御宿町沖合を主漁場とする小型遊魚兼用船。本船はこの地方で多く運航されていた今までの小型遊魚船に比べ、比較的縦長の船型を有し、復原てこの有効範囲も広く保たれ、安定した性能を示している。

申込みの受付

試験等の申込み、問合せは当センター企画室までお願いします。

〒171 東京都豊島区目白1-3-8
TEL 03-3971-0266 FAX 03-3971-0269

財団法人 日本造船技術センター(SRC)