

# SRC News

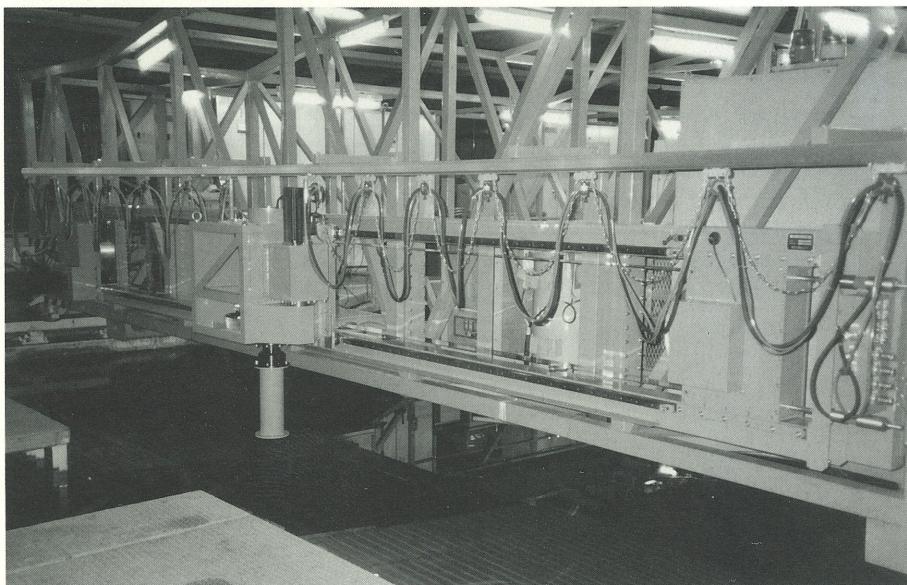
No.20 January '93

The Shipbuilding Research Centre of Japan

## ●目次●

目白水槽で使われてきた計測機器	Page 2
歴史の中の名船と推進性能	Page 4
プロペラの設計	Page 6
小型船舶の傾斜試験とその解析	Page 8
新造船と復原性	Page 10
小型船舶の復原性計算の概要	Page 11

## 曳航水槽における操縦性能試験 —PMM試験装置の整備—



曳引車に取り付けられたPMM (Planner Motion Mechanism) 試験装置

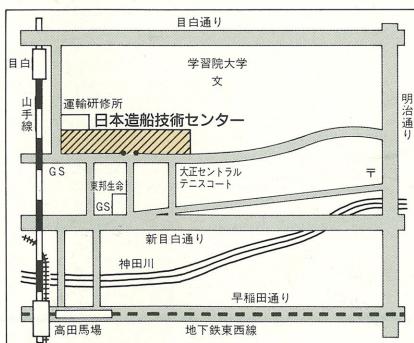
海難事故による環境汚染が、社会問題として取り上げられるようになり、船舶の安全性への社会的関心が高くなっている。

最近では、海難事故防止の観点から、操縦性能に関する評価の必要性が強調されており、IMOにおいては船舶操縦性能基準も提案され、造船所、関係機関での対応が急がれている。

当センターでは、曳航水槽での操縦性能試験の早期実施にむけ、PMM試験装置の導入を計画し、平成4年度当初より作業を行っていた。装置は、昨年末に搬入され、平成5年度4月の本格的稼働を目指し、現在、動作テスト・調整を行っている。

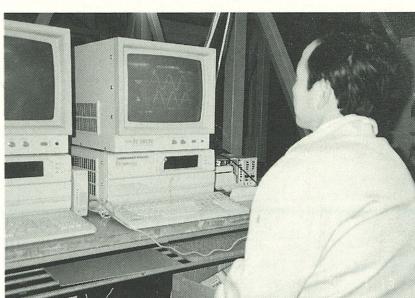
PMM試験は、模型船を拘束し強制的に運動させ、その時の船体からの反力を計測し、船体の運動力を求めていくものである。この結果から、操縦性能のシミュレーション計算に必要な各種係数を得ることができる。

PMM試験装置の導入により、従来からの平水中および波浪中の推進性能試験に続き操縦性能試験も実施可能となり、曳航水槽のより一層の多角的利用が進む。



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



# 自航水槽で使われてきた計測機器

## 自航動力計の今昔

力・モーメントを計る計測器の中で、技術的に最も難しいものの一つは、水槽・風胴で使われている多分力計であろう。昔の百分力計は、分力間の干渉を防ぐために、設計・工作に高度な技術を要し、調整・検定が面倒で、柄の大きい、プロ泣かせの計器だった。近年のものは、これに比べると精度・安定性共に優れたハイテク計器に進歩している。

プロペラの発生するスラスト・トルク・回転数を計測する自航動力計も、多分力計の一種で、試験水槽で最もよく使用されているが、技術的に考えると上記と類似な変遷を迎ってきた。自航水槽で使われてきた各種の自航動力計を思いだしてみると、その一つ一つに、この水槽が過ごしてきた色々な時代の技術が刻み込まれて懐かしい。

計測原理としては、力学的なバランスにより直接読みとる方式と、弾性体の変形を利用する方式に分けられるが、ここでは、当センターで使用してきた自航動力計を中心に紹介する。

### 天秤方式

この方式は、ゼロ点方式とも呼ばれており、プロペラのスラスト、トルクを天秤に導き、分銅でつり合わせ、微少部分はスプリング等の伸びを利用し値を求める。外力と分銅・スプリングの力は釣合っており、天秤は、常にその零点付近の定位置で計測するので、トルクとスラストの相互干渉が少なく、計測値は安定しやすい。

写真一は、ドイツ人ゲーバスが開発した天秤式の動力計で、通称ゲーバスと呼ばれている。古い外国の水槽試験の写真などでも見かけることがあり、自航水槽でも、戦前から当センター発足当時まで一貫して使用されていた。

写真に見られるように、メカニカルな構造とデータの読み取りを、モーターを利用することにより動的に記録させ、摩擦等による影響を少なくするアイデアな

ど、いかにもドイツの機械らしい。

写真二は、当センター発足時に導入したもので、通称三菱式動力計（三菱重工業株式）と呼んでいる。

これも、天秤を利用した動力計であるが、計測の自動化を考慮しており、専用のデータ収録装置と組み合わせて使用する。天秤の振れを調整するダンパー、自動分銅用のソレノイドなど、付属品が多く、重量は重い。

### 歪みゲージ方式

弾性体の変形を歪みゲージを使って検出する、歪みゲージ方式は、力を歪み・変位に変換する検出部の形状も多様性に富み、信号増幅器や素材の進歩などにより基本性能が安定しているため、現在では色々な計測器に利用されている。

写真一は、ケンブ・レンマー社（ドイツ）製のストレインゲージ式動力計である。小型・軽量で模型試験には最適であったが、導入当時、増幅器やA/D変換器は、現在に比べてまだ性能が悪く、計測システムを構成するうえで細心の注意が必要であった。

本体は、非常にシンプルで検出部も計測容量に対して適切な歪を生じるように加工してありトルク・スラストの干渉を避けるための力の伝達方式など、動力計としての完成度は高い。

写真一に、現在当センターで常用している日章電機製自航動力計および自航

試験で使用するモーター、プロペラ等を示す。また天秤式と大きさを比較するため写真一にも本動力計を示してある。

本動力計は、分力間の干渉補正に歪みゲージも利用しており、検出部の剛性も高い。

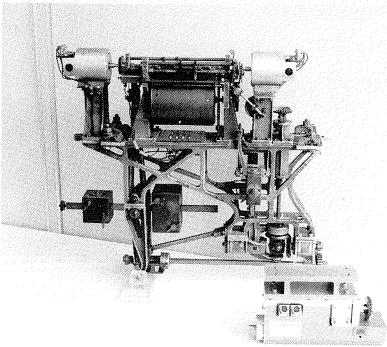
その他に、磁歪式自航動力計とハイドロノーティック社（アメリカ）製の可変リアクタンス式自航動力計（写真一五）も導入した。前者は、捻り磁歪効果を利用して力を電気信号に変換する。後者は、スラストおよびトルクによりギャップが変化する機構があり、ギャップの変化により生ずる磁気抵抗の変化を検出する。共に、無接触で信号を検出したり、容量が大きいなど特長を持つが、干渉が大きかったり、専用アンプが必要であるなどから、通常業務で使用するには至らなかった。

水槽における、トルク・スラスト計測は実船の馬力推定の基になるもので、その精度は厳密に維持されなければならない。そのため、水槽で使用される動力計は、一般的に使用されているトルク計などに比べより高い精度と安定性が要求されるので、その使用に際しても細心の注意が必要である。

当センターでは、日常的な較正は勿論、計測システム上のチェックも可能な動的較正装置（写真一六）によるチェックを行い、常時最良な状態での使用を維持している。

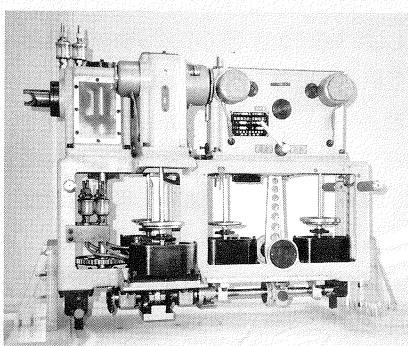
当センターの自航動力計の一覧表

方 式	容 量		回転数 (rpm)	重 量 (kg)
	スラスト(kg)	トルク(kg-m)		
天 秤	20	0.5	1800	約45
	10	0.2	1800	45
	6	0.15	3500	2.5
	10	0.4	3500	2.9
	40	1.5	3000	6.6
	15	0.4	3500	4.0
歪 ゲ ジ	30	1.0	3500	4.0
	20	0.4	3000	12.0
	8	0.07	3000	15.2
	25	1.0	3000	7.0
磁 歪				
リアクタンス				

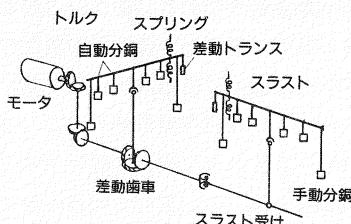


写真一 ゲーバス式動力計

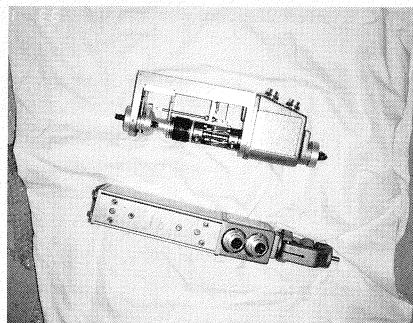
スラストは、スラスト受けで軸方向力を受けてスラスト天秤に導き、トルクは差動歯車の反力を利用してトルク天秤に導く。天秤は、分銅とスプリングでバランスさせるが、ゲーバスの特徴は天秤が口点付近にあるように、スプリングの伸びを調整する自動制御機構を持っていることである。



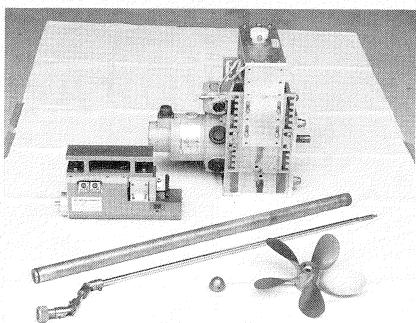
写真二 三菱製自航動力計



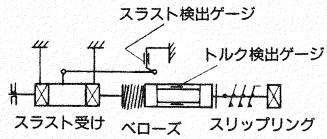
トルクは差動歯車の反力、スラストはスラスト受けに加わる力を、それぞれ天秤に導き計測する。計測容量の25%を自動分銅でバランスさせ、微小量(3%FS)に対するバネの伸びを差動トランスで読みとる。読み取りおよびバランスウェイトを電気的に処理する事により計測の自動化を可能としている。



写真三 ケンブ・レンマー社製自航動力計

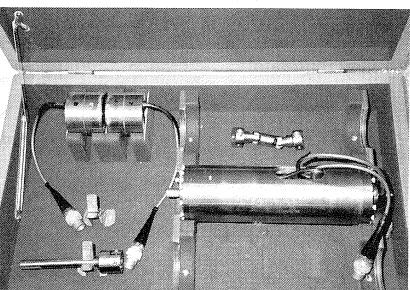


写真四 日章電機製自航動力計とモーター、シャフト、プロペラ

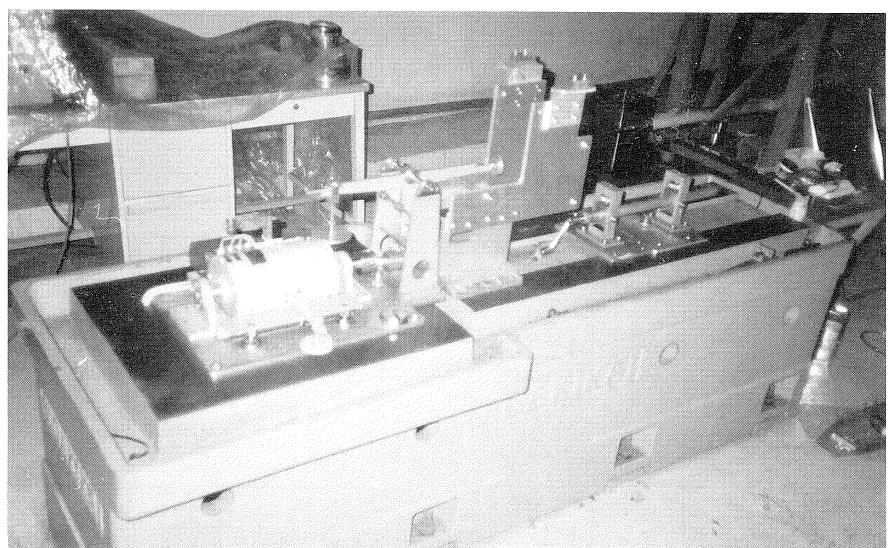


スラストは、スラスト受けから、他の力の影響を除くためレバーを介して検出部に導く。トルクは、軸の捻り方向にのみ反応しやすい検出部を持つ。S/N比を良くするため、歪が適当な値になるよう検出部を加工すると共に、トルク検出部の前に、スラストによる干渉を防ぐためのペローズをいれている。

計測信号は、スリップリングを介して外部に取り出す。



写真五 ハイドロノーティック社製自航動力計



写真六 動的較正装置

# 歴史の中の名船と推進性能

## グレイハウンド号から始まる模型船製作の変遷

フルード (William Froude) がトーキイ (Torquay) に世界最初の水槽を完成して、グレイハウンド号の歴史的な実験を始めたのは1871年、61才の時である。

グレイハウンド号とは、1857年に建造されたプロペラ付きのスループ艦（砲艦、長さ25.5m、基準排水量1,161t、740ps、 $14\text{ kt}$ <sup>(1)</sup>）で、これを巡洋艦アクトゥイブに曳航させて実船抵抗を計測し、模型船抵抗と比較した結果が、その後、船の抵抗相似則の方向を定め、船型試験法の基礎となつたことは有名である。

この一連の研究成果ほどには目立たないが、フルードは、水槽模型船の作り方についても大きな足跡を残している。この研究は、単に簡単な模型船の作り方を普及させようとしただけでなく、船型試験水槽の性格を決定づける大きな意味があった。フルードは、この研究を1873年に機械学会で発表<sup>(2)</sup>しているが、この冒頭にある水槽模型のあり方についての記述は、水槽の将来を見据える彼の判断が確かにあったことを思わずせるものがある。

西欧の古い伝統のある海事博物館に行くと、工芸品とも言える質の高い模型船を多くみることが出来るが、これらが、本来は船の説明用の実用品であったことは、想像に難くない。例えば、ホーンブローウィーの伝記<sup>⑤</sup>の後半は、1830年代前後に帆装船が蒸気船に代った時代の技術的、

人間的な迷いが見えて面白いが、ここでも模型船が効用を示している。

しかし、フルードは、これらの積層型の木造模型船の作り方の欠点を指摘しながら、これからの大規模なシリーズ・性能試験に必要な大型模型は、コストのかからない改造容易な模型船で、この作り方を研究しなければならないと述べた。

この、一見当然と思える記述も、その頃までの試験用模型が積層模型（SRC News No.9参照）であったことを思うと、やはりフィロソフィーの転換であった。その上フルードが発表した模型船削成機を今日のものと比較すると、基本がすでに確立されていることに感心する一方で、小型電動モーターが使えなかつた時代に、蒸気力で動かした削成機のメカの卓抜な構想には、今では忘れかけている、巧妙なメカを考える面白さを思い出させてくれるものがある。

創業者アイデアの一つに、パラフィンを素材として船を作る発案がある。この説明は懇切を極め、「矩形の箱の中に軟らかい粘土 (plastic clay) を入れて外型とし、……木箱で内型とする……」またパラフィンが漏れないようにキャラコの布地を木箱に張り、柔らかい粘土を塗り付ける作業の話は、まさに少し前までの模型船工場の風景であった。

## 討論に答えてパラフィンの性質、ワッ

クスをませる効果等も述べているが、その中で“paraffin”とは当時の造語で“化学的親和力に欠けている”と言う英語の短縮語と説明（研究社、新英和大辞典参考）しているので、当時としては一般的でない材料だったようだ。

さて、試験水槽の知識があれば説明の要はないが、パラフィン模型は、上記のように粘土と木型で鋳物を作り、次に削成機 (shaping machine) と称する倣い削りの工作機にかけ、その後、表面を仕上げる。近年の削成機は、線図オフセット等をデータに用いる数値制御工作機であるが、旧型は工作台の上に water line (W.L.) を画いた模型船の線図をセットし、カーソルを使って目視で W.L. をトレースして、その動きを切子カッターに倣わせている。通常、模型船は船底を上にして台上に水平に置き、この台が船の長さ方向 (X) に移動し、切子を船幅方向 (Y) やび喫水方向 (Z) に移動させながら線図を倣う方式をとっている。

フルードと協力者たちは、この機構の基本をほぼ完成した。図一 $\bar{2}$ は削成機を前からみたところ、図一 $\bar{3}$ は横からみたところを示している。フルードの原文には、詳細な説明がついているが、ここではポイントのみ示すと、模型船の長さ方向(X)の移動は、Gのハンドルを動か

## *Sheer Drawing of H.M.S. "Greyhound."*

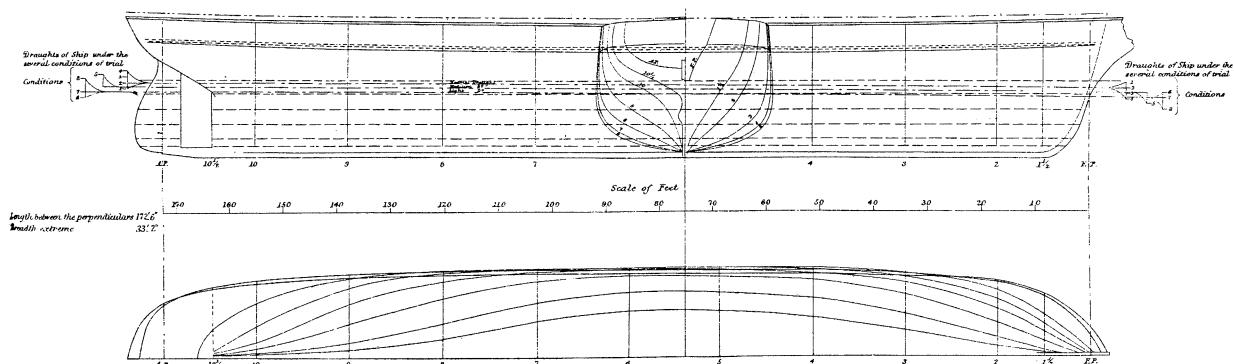
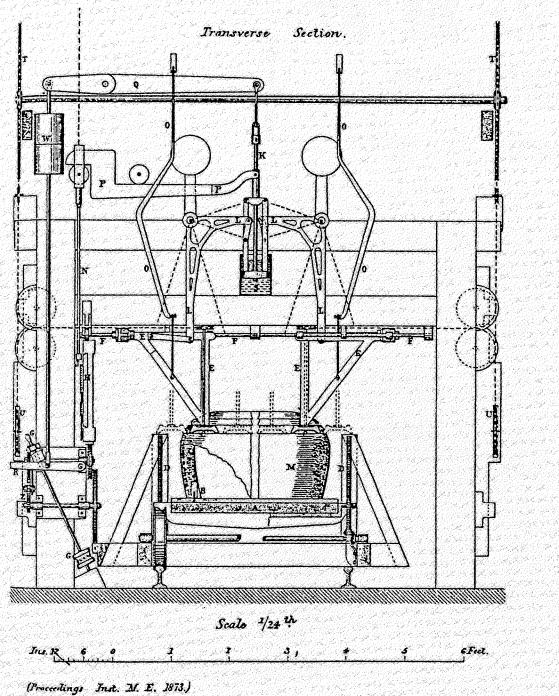
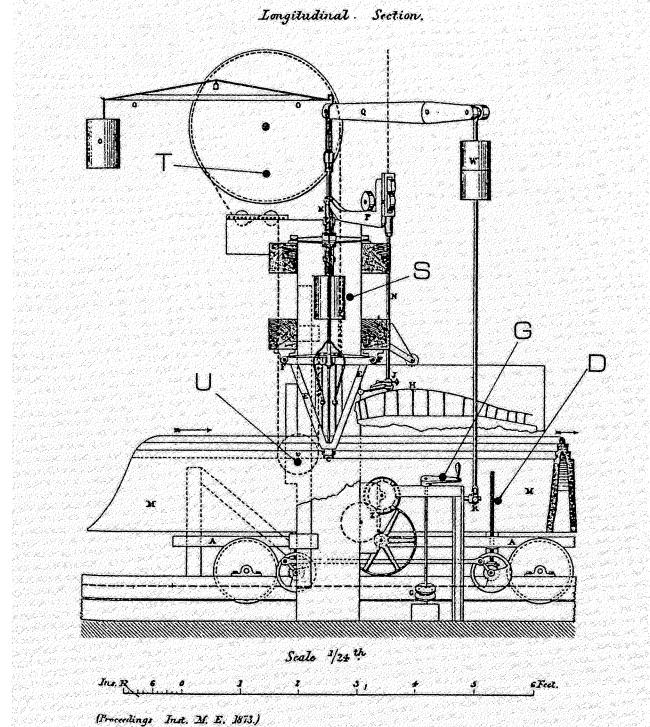


図-1 グレイハウンド号の線図



図一2 前から見た模型船削成機



図一3 横から見た模型船削成機

して行う。つまり手動で、模型船と線図の送りが連動する。喫水方向（Z）は模型船台の4隅に設けたネジ棒口を手動で回転させ、模型船の高さを調節する。

フルードの削成機は、最大長さ16フィート（常用模型船、長さ10フィート）の模型船を削り、模型の仕上げ精度は、排水量で1/5000である。船型の情報は、図一4に示すようなスチール・リボンでW. L.を表し、トレーサーがリボンの上を滑って行く動きを切子に伝えた。切子（直径3インチ）は、蒸気機関からの動力で毎分1500で回転しながら、Y軸上を移動する。動力は、ドラムT（図一3）に伝わり、切子の位置に追従して上下する遊びリールUを介してベルトで切子に伝わる。このほか振動除去ダンパーS、切子の水平移動の機構、メカを吊上げるバランサー等がついていて、原文を理解するのは、かなり頭の体操になる。

このようにして、フルードは、模型船の製作法にも相当のエネルギーをつぎ込んで、今日のパターンを完成した。しかし詳細に考えると、先に述べたフルードの論文の冒頭の思想が常に受け入れられていた訳ではなく、その100年間の変遷はむしろ船型試験水槽の運命の写像であった。

トキイ水槽が完成されて30年後、米国海軍は、現在のテラー水槽の前身の水槽を完成したが、ここでは長さ20フィートの模型を木製で作ることを常用とした。最高レベルの試験は、模型船の質にも最高のものを要求したからである。パラフィン模型では強度が不十分であった。

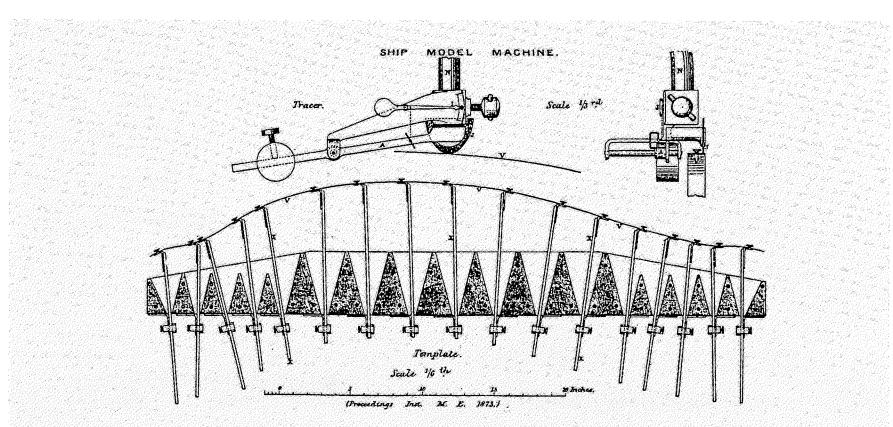
第2次大戦後、高度成長時代に多量の模型船が必要になったときには、模型製作者の分散が必要で、木製模型船の使用が常識となった時代もあったが、やがて良質木材の入手が困難となって、世界的にプラスチック模型が利用されるようになった。

しかし現代の歴史は、否応なく地球環境の保全と経済の安定成長へと向かいつつある。大量の産業廃棄物を出すプラス

チック模型は、次第に嫌われ、大水槽では再びパラフィン模型中心へと回帰してきた。当センターでは、木を強度材として内型に使用するパラフィン模型船を用いており、これをパラウッドと呼んでいる。

#### 参考文献

- (1) 吉岡 勲、ウイリアム・フルード伝、株船舶技術協会
- (2) Froude, W., Ship Model Machine Proc. of the Inst. of Mechanical Eng. (1873)
- (3) C. N. Parkinson ホレショ・ホーンブロワーの生涯とその時代（出光宏 訳）、至誠堂新書



図一4 スチールリボンで表したW. L.とトレーサー



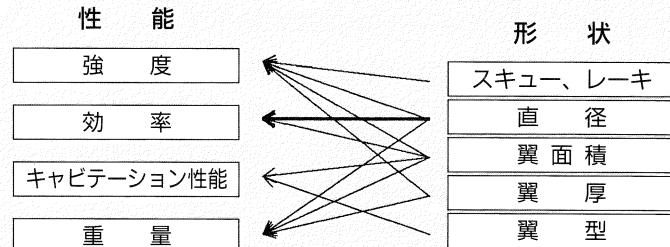
# プロペラの設計

## —最適直径、最適回転数—

プロペラは船舶の重要な構成部品の一つである。プロペラ設計をプロペラメーカーに委ねている造船所も多いが、プロペラ設計に直接的に携わらない人にとっても、プロペラ設計の基本的な部分に関して理解を深めておくことは有益であろう。

プロペラ設計を「性能が良いプロペラ形状を決める」と狭く定義した場合でも、性能としては、強度、効率、キャビテーション性能等がある。プロペラ重量や、主機関の馬力と回転数の関係にマッチングさせることも重要である。また、一口にプロペラ形状と言っても、それを表すパラメーターは、直径、翼面積、肉厚、ボス径等々たくさん有る。図一に、各性能に重要な影響を及ぼすパラメーターを示すが、実際には「すべてが関連している」と言っても過言ではない。図一には示していないが、主機関からプロペラに伝達される馬力やプロペラ回転数もプロペラ性能に大きく影響する。

ここでは、これらのなかから、プロペラの直径、回転数と効率に関連したプロペラ設計の問題について記述する。



図一 プロペラ形状とプロペラ性能の関係

### プロペラ単独性能曲線

図一乙は、プロペラ単独時の性能曲線である。横軸はプロペラ前進係数で、プロペラが前進する速度、プロペラ直径、プロペラ回転数によって決まる。実線、点線はスラスト係数、トルク係数でスラスト、トルクを水の密度、回転数、直径を用いて無次元化した係数である。破線はプロペラ効率で、プロペラが出すスラスト馬力の、プロペラに伝達された馬力に対する比である。1点鎖線、△等については後述する。

また、図一乙は、プロペラのピッチ比以外のパラメーターの値を一定に保った

ときの、ピッチ比シリーズの図である。ピッチ比が 0.8、1.2、1.6 の3個のプロペラの性能が示されているが、通常は、もう少し多くのプロペラのデータが必要である。また、実際の設計では、翼面積等を変えたときのプロペラ性能も必要であるが、ここでは触れない。

### プロペラ回転数が与えられたときの設計

プロペラの設計条件として、主機関から伝達される馬力、プロペラ回転数、プロペラの前進速度が与えられている場合を考える。プロペラ直径、ピッチ比は設

### プロペラ設計に必要な諸係数

$$\text{プロペラ前進係数 } J = V_A / n D_P$$

$$\text{プロペラ単独効率 } \eta_o = T_{VA} / 2\pi n Q$$

	プロペラ直径が与えられたとき	プロペラ回転数が与えられたとき
スラスト係数 $K_T = T / \rho n^2 D_P^4$	$K_T = \frac{(T_{VA})}{J^2 \rho V_A^3 D_P^2}$	$K_T = \frac{(T_{VA}) n^2}{J^4 \rho V_A^5}$
トルク係数 $K_Q = Q / \rho n^2 D_P^5$	$K_Q = \frac{2\pi K_Q}{J^3 \rho V_A^3 D_P^2}$	$K_Q = \frac{2\pi K_Q (2\pi n Q) n^2}{J^5 \rho V_A^5}$
$\eta_o = \frac{J \cdot K_T}{2\pi K_Q} = \frac{K_T / J^2}{2\pi K_Q / J^3} = \frac{K_T / J^4}{2\pi K_Q / J^5}$		

$K_T / J^2$ ベースの最適プロペラと  $K_Q / J^5$ ベースの最適プロペラは、共にプロペラ直径を指定して設計するので、同じプロペ

T	プロペラのスラスト
Q	プロペラのトルク
$\rho$	水の密度
$V_A$	プロペラの前進速度
n	プロペラの回転数
$D_P$	プロペラ直径
$T_{VA}$	スラスト馬力
$2\pi n Q$	伝達馬力

$$K_Q / J^5 = (\sqrt{B_P})^4 / 1135.2$$

$$J = 30.86 / \delta$$

ラが設計される。 $K_T / J^4$ ベースと  $K_Q / J^5$ ベースの場合も、同じプロペラが設計される。

計の結果として求まる。

この場合のプロペラ設計としては、図一<sup>2</sup>は不便で、図一<sup>3</sup>を使用する。実線はプロペラ効率、点線はプロペラ前進係数の等高線である。これは、「B<sub>p</sub> チャート」ないし「B<sub>p</sub>-δ 形式の設計図表」と呼ばれている図と同じもので、図一<sup>2</sup>と同じ情報を含み互いに変換可能である。

図一<sup>3</sup>の横軸は、馬力、回転数、前進速度で構成される無次元係数で、すべて設計条件として与えられる値である。即ち、設計条件から、横座標が定まるので、そこで横軸に垂直な線（破線）を引くことができる。この破線上で、プロペラ効率が一番大きい点は、この線とプロペラ効率の等高線が接する点▲である。この点は、プロペラ効率の等高線の右端の点になっている。つまり、設計条件から横座標が定まった場合、プロペラ効率が最高になるのは、プロペラ効率の等高線の右端の点を結んだ線——二点鎖線——である。この線を最適曲線という。▲の点のピッチ比（縦座標）、プロペラ前進係数（点線）を最適ピッチ比、最適プロペラ前進係数という。最適プロペラ前進係数 J<sub>o</sub>から、D<sub>p</sub>=V<sub>A</sub>/nJ<sub>o</sub>によって最適直径が求まる。

▲、△、▲はピッチ比が0.8、1.2、1.6の点である。この図の二点鎖線、▲、△、△に対応する線、点は、図一<sup>2</sup>、図一<sup>4</sup>（後述）にも示してある。

## プロペラ直径が与えられたときの設計

プロペラの設計条件として、プロペラ回転数の替わりに、直径が与えられている場合を考える。プロペラ回転数、ピッチ比は設計の結果として求まる。

従来は、通常、プロペラ回転数と主機関の回転数は同じものであり、プロペラ回転数を自由に選択することはできなかった。しかし、近年の高性能な減速機の開発により、プロペラ回転数に関する自由度が増えている。効率向上のためのプロペラの大直径化もあり、プロペラ回転

数ではなく直径が予め決められる設計も多くなってきている。

図一<sup>4</sup>はこの場合の設計チャートである。横軸は、馬力、直径、前進速度で構成される無次元係数で、すべて設計条件として与えられる値である。他は図一<sup>3</sup>の場合と同じで、一点鎖線が最適曲線である。本図も図一<sup>2</sup>、<sup>3</sup>と同じ情報を含み互いに変換可能である。

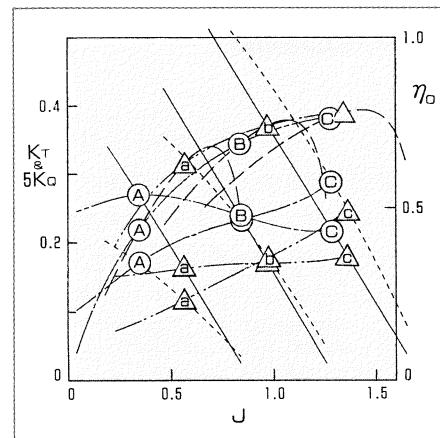
Ⓐ、Ⓑ、Ⓒはピッチ比が0.8、1.2、1.6の点である。この図の一点鎖線、Ⓐ、Ⓑ、Ⓒに対応する線、点は、図一<sup>2</sup>、図一<sup>3</sup>にも示してある。

## 二つの最適曲線

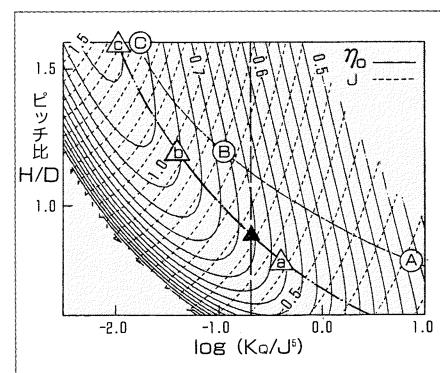
図一<sup>2</sup>～<sup>4</sup>を見て判るように、一点鎖線と二点鎖線は一致しない。すなわち、設計条件としてプロペラ回転数が与えられたときの最適プロペラと、直径が与えられたときの最適プロペラとは一致しない。

このことは図一<sup>5</sup>を見るとよく判る。本図は、プロペラに伝達される馬力とプロペラの前進速度を一定にして、プロペラ回転数と直径を変えたときのプロペラ効率（実線）、ピッチ比（点線）、プロペラ前進係数（破線）の変化を表している。一点鎖線は、プロペラ効率の等高線の下端の点を結んだ線で、図一<sup>2</sup>～<sup>4</sup>の一点鎖線に対応している。同様に、二点鎖線は、プロペラ効率の等高線の右端の点を結んだ線で、図一<sup>2</sup>～<sup>4</sup>の二点鎖線に対応している。

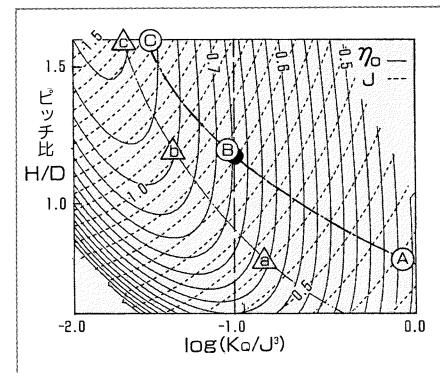
設計条件としてプロペラ回転数が与えられたときは、その値の横軸に垂直な線と二点鎖線との交点▲（対応する点は図一<sup>3</sup>）が、（効率=最高）の最適プロペラである。他方、設計条件としてプロペラ直径が与えられたときは、その値の縦軸に垂直な線と一点鎖線との交点●（対応する点は図一<sup>4</sup>）が、（効率=最高）の最適プロペラである。逆の使用法はいけない。最適プロペラという場合、何を一定にして何を変えたときの最適であるかが重要である。



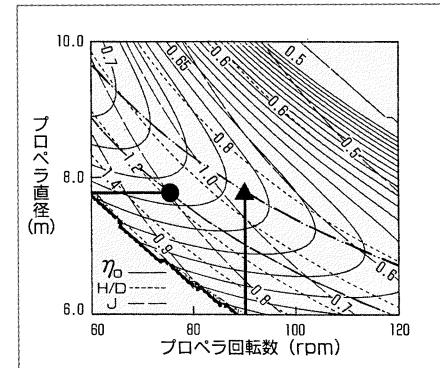
図一<sup>2</sup> プロペラ単独性能



図一<sup>3</sup> プロペラ回転数が与えられたときの設計チャート



図一<sup>4</sup> プロペラ直径が与えられたときの設計チャート



図一<sup>5</sup> プロペラ回転数、プロペラ直径を変えたときのプロペラ特性

# 小型船舶の傾斜試験とその解析 (最終回)



## 誤差の混入とその影響

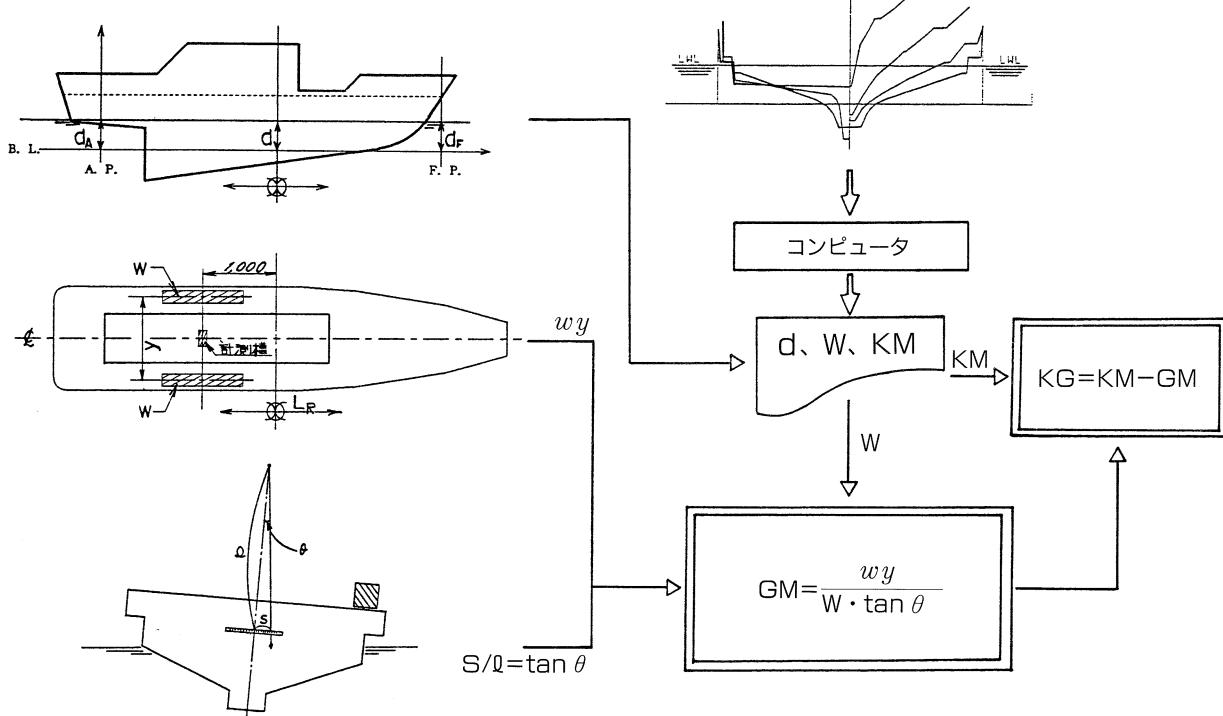


図-1 重心高さ算定の流れ

一般に行われる傾斜試験では

- A：試験環境や状態に関する値
- B：重心位置算定の基本となる値
- C：軽荷状態を算出する値
- などが主に計測されます。

この内、AとCについては別の機会にゆすることとし、Bの基本的な計測データに誤差が混入するとすれば、それはどの計測値で、どの程度の誤差が、重心高さにどの程度影響するのであろうか。こんな点にスポットを当て、若干の調査と簡単な試計算を含む検討を行ってみた。

### 重心高さ算定の流れ

傾斜試験より得られる基本的な計測値

から、試験時の船の重心高さが算定される流れを図-1に示します。この試験時の重心高さが算定されれば、軽荷状態の重心高さは一連の計算により簡単に求められます。

ここで取り扱われる計測値は大別して次の三種で、一連の解析計算を経て、傾斜試験時の重心高さ(KG)が定まります。

- ① 試験時の状態における喫水  
正確に計測された喫水と船型データから計算された排水量等テーブルより、船の排水量 (W) や基線上メタセンタ高さ (KM) が算出される。

- ② 移動重量物に関する値  
船に微小な横傾斜を与える移動重量物 (w) で、その移動距離 (y) とのモー

メント ( $wy$ ) として作用する。

#### ③ 船の横傾斜量

②の傾斜モーメントを与えた場合に生ずる横傾斜量で、下げ振りによる場合は、その長さ ( $\ell$ ) と振れ幅 ( $s$ ) として計測される。

一方、概略検討にさきがけ、比較的新しい小型遊漁船の傾斜試験時のデータなどを参考に、計測誤差検討用の値を設定し表-1に示します。

#### 重心高さが10cmも変わ る計測誤差とは？

傾斜試験における基本的な計測値に誤差が混入し、重心高さ (KG) が約10cm程度変化する場合を仮定し、表-1に示

す設定値を用いて検討してみましょう。ここでは問題を簡単にするため、それぞれの計測値を単独に取り扱って調べることとし、このケースでは10cmに相当する量として横メタセンタ高さ (GM) が約8%変化することを目安とします。

#### ① 噫水計測に混入した誤差

小型船舶における嚙水計測では、基準点が不明確な上、海象等の影響を受けやすく、誤差が生じやすい。今、嚙水が平均的に1cm深く計測されたと仮定すると、排水量の増加に伴うGM値の減少とKM値の減少量が近似（約3%）し、KG値には直接影響しにくいことが分かりました。しかし、軽荷状態の諸数値の算定に影響することはもとより、船の前後での嚙水計測で逆方向に誤差が生じるような場合は、トリムによる比較的大きな影響（SRC News No.17参照）を受ける可能性があるので注意を要する。

#### ② 移動重量関係に混入した誤差

移動モーメント ( $wy$ ) に8%の増減が生じる場合を仮定し、その計測誤差が移動重量にのみあるとすれば約17kg相当となり、10個の樹脂缶であれば、1缶当たり1.7kgに相当する。一方、移動距離のみにあっては約28cmに相当し、距離が計測しにくいか中心線に平行に配置できない場合などは注意を要するが、慎重な計測

を心がければ誤差の混入を排除できる。

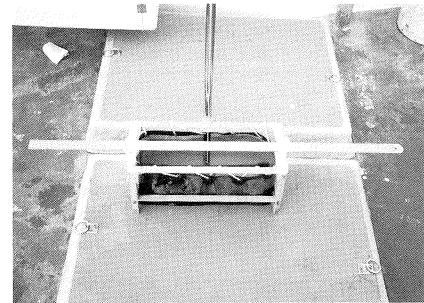
#### ③ 横傾斜量に混入した誤差

船の横傾斜量の計測には、下げ振りにスケールをあてての振れ幅や水管式の傾斜計の目視計測が多く用いられている。今、下げ振りによる計測を想定し、傾斜量 ( $\tan \theta$ ) に8%の増減が生じる場合を仮定すると、下げ振り長さ ( $l$ ) のみに計測誤差が生じるとすれば約11cmに相当し、注意すれば避けられる誤差と言える。一方、下げ振りの振れ幅 ( $s$ ) にのみ計測誤差が生じるとすれば約5~6mmに相当する。海象やその他外乱の影響を受けやすい小型船舶にとって、計測精度や重心高さへの影響度の面からみても、計測時の状況によっては誤差が入りやすくなり慎重な計測が求められる。

これら一連の調査・検討では、従来から行われている傾斜試験の基礎的な計測データを設定し、重心高さの算定に影響を及ぼす可能性のある計測誤差などについて試計算を行いました。中には、十分な注意を払って計測することにより、誤差の混入が減少できそうな内容と、気象・海象などの試験時の状況によっては、現在多く行われている計測方法では、誤差が混入しがちな内容とのあることがわかりました。また、計測条件によっては、混入誤差の影響がより厳しく現れること

も予想されます。

これまでの4回にわたる報告内容より、小型船舶の重心高さをより精度良く算定する上で今後の課題を取りまとめる、小型船舶の傾斜試験に関する具体的なマニュアルの整備、測定器の開発を含む新しい計測法の検討、複雑な船体形状に対処できる解析法の研究などが挙げられます。小型船舶のより一層の安全を期する上でも、この種の課題に取り組む調査研究が急がれるように思われます。



写真一-1 横傾斜量計測用の下げ振り



写真一-2 左舷に移された重量物



写真一-3 船首嚙水の計測

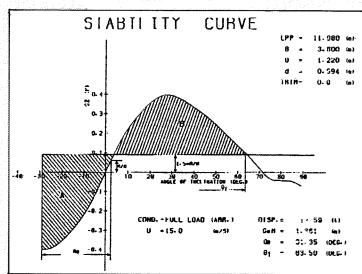
表一 計測誤差検討用の設定値

分類	データ項目	設定値	分類	データ項目	設定値
状態	平均嚙水 (m)	0.600	移動重量	重量 (トン)	0.220
	トリム (m)	0.050		距離 (m)	3.500
排水量等	排水量 (トン)	12.50	下げる振り	移動モーメント (トン・m)	0.770
	TPC (トン)	0.400		長さ (m)	1.450
△KM*	KM (m)	2.300		振れ幅 (mm)	70
	△KM* (m)	-0.060		横傾斜量 ( $\tan \theta$ )	0.0483

\* 1cm当りのKM変化量

算定GM値=1.275m、算定KG値=1.025m

# 新造船と復原性



DAIKOKUの復原力曲線と判定図

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漁兼用船。本船は、この種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40cm程度あり、復原てこの有効範囲も広く確保され、比較的安定した性能を示している。

船名 DAIKOKU

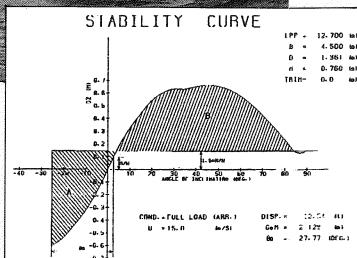
用途	遊漁兼用
船主	黒田史定
造船所	片岡造船所
竣工	平成4年12月
総トン数	10トン
航行区域	限定沿海
主要寸法(m)	長さ × 幅 × 深さ 11.98 3.80 1.20
主機	連続最大出力 420PS 回転数 2,400rpm
基數	1基
最大速力	27ノット
旅客定員	32名

船名 みきまる

用途	小型遊漁船
船主	斎田助一
造船所	有及川造船所
竣工	平成4年12月
総トン数	17トン
航行区域	限定沿海
主要寸法(m)	長さ × 幅 × 深さ 11.97 4.49 1.50
主機	連続最大出力 650PS 回転数 2,100rpm
基數	1基
最大速力	28ノット
旅客定員	30名



神奈川県横浜市を母港とし、東京湾や湾口部の浦賀水道近辺を主漁場とする小型遊漁船。本船は、幅が4.5mと比較的広くとられ、客室廻りの通路兼腰掛部は主船体と一体化され、復原てこの大きさや範囲においても、若干余裕のある性能を示している。



みきまるの復原力曲線と判定図

# 小型船舶の復原性計算の概要

復原性規則の第11条第1項には、限界傾斜角における復原てこが傾斜偶力てこ以上であること、横メタセンタ高さが正であること、という二つの基準が定められている。このうち前者は俗に甲基準と呼ばれ、船が標準の定常風を横方向に受け、かつ、旅客が横方向に移動しても安全であるためのものである。また後者は、船の基本性能として、水に浮かぶ際の安定した釣り合いが得られるよう(図-2)求めている。

## 横傾斜の基準（甲基準）

この基準では、図-2に示すように、船が風速15m/sの定常風を横方向に受け ( $M_w$ )、かつ、旅客がある条件で片舷に横移動する ( $M_p$ ) ことによる傾斜偶力の合計 ( $M_w + M_p$ ) による横傾斜が想定されている。

一方、船が許容しうる最大の横傾斜は、波などの影響も考慮し、乾舷の80%までとすることから導かれ、これを限界傾斜角 ( $\alpha$  アルファ) と呼んでいる。規則の中では、この定義に基づく船の直立状態から舷端が水面に達するまでの横傾斜角に加え、過度の横傾斜を防ぎ、有効な傾斜範囲を示すために、20度と海水流入角とも比較し、最も小さい値を ( $\beta$  ベータ) として  $\tan \alpha = 0.8 \tan \beta$  より限界傾斜角を定めることとされている。

この基準の判定は、限界傾斜角における復原てこ ( $GZ \alpha$ ) が、傾斜偶力てこ ( $(M_w + M_p) / W$ ) 以上であることとされており、復原てこ曲線に基づいて図-3の関係より算定される。

これら一連の計算には、復原性基準3号書式が用意されている。また、ここで設定されている傾斜偶力てこは、喫水線

上の船体側面の投影面積やその面積中心などから求められる定常風によるものと、客室の形状や面積と定員などから、一定の条件での片舷への横移動によるものとの合計より計算することとされている。ここで用いる傾斜偶力の準備計算には、風圧側面積計算と旅客搭載明細の各書式が用意されている。

また、平水区域の船で管海官庁がさしつかないと認めたときは、この基準の考え方を基に、限界傾斜角における復原てこを  $GM \cdot \tan \alpha$  とし、傾斜偶力てこの関係から  $GM$  の必要最小値を定めて判定する方式が用いられている。

GとMの関係	釣り合いの状態	GM値
GがMより下	安定な釣り合い	正
GとMが一致	中立な釣り合い	0
GがMより上	不安定な釣り合い	負

G : 重心  
B : 浮心  
M : メタセンタ

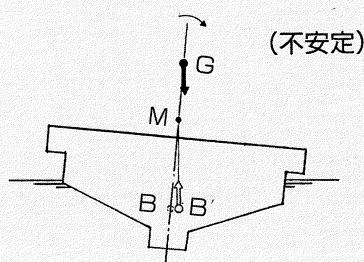
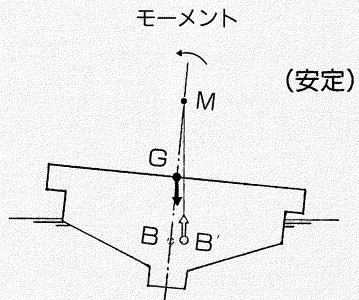


図-2 船の釣合

$M_w$  : 風速15m/sの定常風による傾斜モーメント  
 $M_p$  : 旅客が一度に片舷に集まつたときの傾斜モーメント

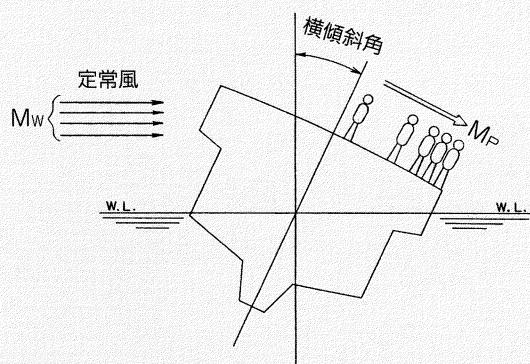


図-3 旅客移動と定常風による横傾斜

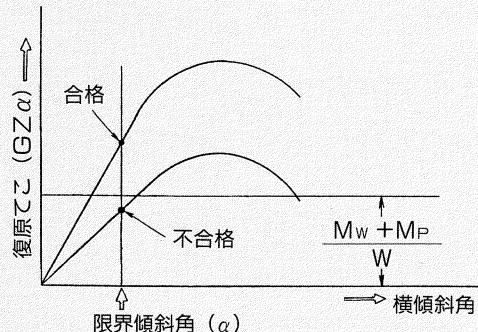


図-4 限界傾斜角における復原てこ

## HRC委員会（造工中手船型研究会）

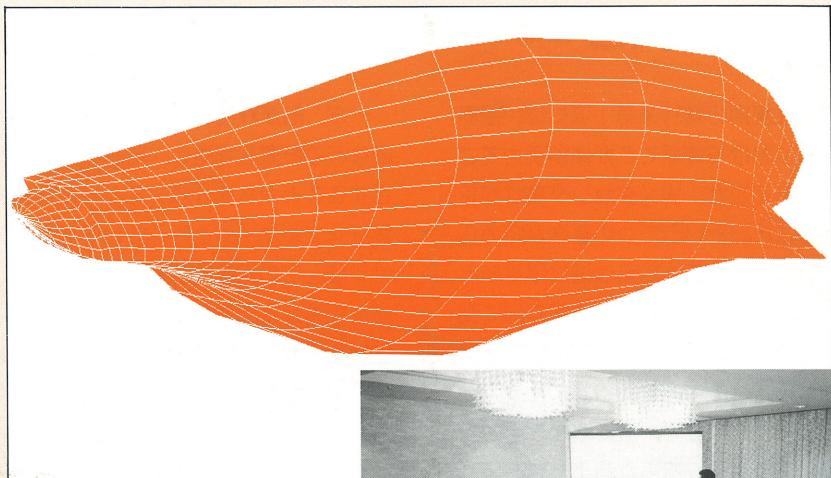
### ——特別講習会——

造工中手船型研究会（HRC）では、ランキン・ソース法の理論計算を利用した船型設計法についての特別講習会を平成4年12月11日(金)に広島センチュリーシティホテルで実施した。

講師には、茂里一紘教授（広島大学工学部第4類船舶・海洋教室）をお願いし、理論計算に含まれる仮定・誤差の発生、数値計算法、パネル分割などについて講義をしていただいた。

#### 参加者（順不同）

今治造船㈱、尾道造船㈱、㈱大島造船所、㈱サノヤス・ヒシノ明昌、㈱新来島どくく、常石造船㈱、㈱名村造船所、造技センター 計17名



## 石油貯蔵船の泊地内検査システムの開発委員会

石油貯蔵船の泊地内検査システムの開発委員会（石油公団委託事業、委員長 吉田宏一郎 東京大学工学部船舶海洋工学科教授）の平成4年度第2回委員会が10月29日、石油公団大會議室において開催され、船体外部水中検査システム、上五島石油貯蔵船5号の入渠時調査結果等について審議が行われた。

## 見学会

運輸省船舶検査官（24名）による、当センターの見学会が、平成4年10月14日に行われた。本見学会は、運輸省船舶検査官（上級）研修の一環として行われたもので、海運・造船における試験水槽の役割等についての説明の後、当センターで行っている推進性能試験および試験施設の見学が行なわれた。

## ►トピックス

### 安藤元理事長 勲三等瑞宝章を受章

平成4年度秋の叙勲において、当センター元理事長安藤文隆氏が、長年にわたる造船界への貢献に対し勲三等瑞宝章を受章した。

### 新常務理事の就任

運輸省より日本原子力研究所に出向していた峰 康之氏が、平成4年10月8日付けで当センター常務理事に選任され、同日就任した。当センターは、昭和63年より常務1人体制であったが、これで従来の常務2人体制に復帰した。

当センター企画室兼試験課 課長 佐藤和範氏は『翼面上圧力分布を考慮したプロペラ設計法に関する研究』により、工学博士号を授与された。

## 編集後記

◆ 皇太子さまのお妃が決まりました。皇太子さまは、目白水槽には、学習院時代に何回かおみえになっており、幼稚園児の時には模型船用のパラフィンを差し上げたこともあるとのこと、皇太子さまと目白水槽は何かとご縁が有るような気がします。

★ ★ ★

◆ イギリスでタンカーの座礁事故による油流出が起きた。環境・公害問題では、よく言われることですが、事故後の復元には莫大な費用が必要となる。やはり予防に十分な投資が必要ではないかと思われます。

S. A