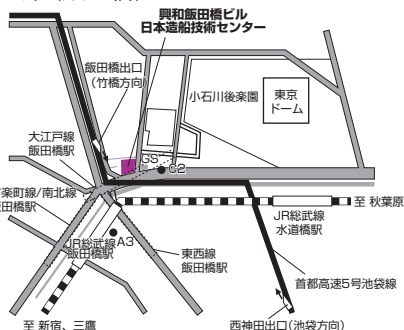


No. 69

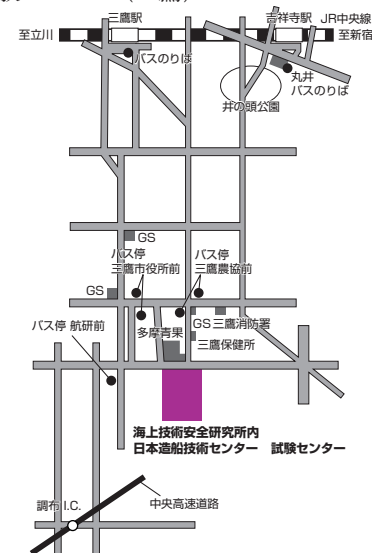
●目 次●

海外協力事業の現場	page 1
トリマランの運動性能について (その2)	page 2
日本造船技術センターにおける 具体的なCFD計算例 (その3)	page 4
タグボート型消防船 「青海2号」について	page 6
浮体式洋上風力発電プロジェクトについて —第2報 浮体形状と浮体搭載用 風車の検討—	page 8
バラスト水と船型計画	page 10
模型船の製作精度について	page 12

本 部 (飯田橋)



試験センター (三鷹)



財団法人 日本造船技術センター
〒112-0004 東京都文京区後楽2丁目1番2号
興和飯田橋ビル7階
TEL 03-3868-7122 FAX 03-3868-7135

試験センター

〒181-0004 東京都三鷹市新川6丁目38番1号
(独) 海上技術安全研究所2号館内
TEL 0422-24-3861 FAX 0422-24-3869

海外協力事業の現場 国際協力機構(JICA)支援について



(トランスガンビアで稼働中のジェームスアイランド号)



修復前の機関室 (浸水状態)



(修復後の機関室)

西アフリカのガンビア国は東西に約330 km、南北に約50 kmの幅しかない小国で、国の中央を東西にガンビア川が縦断しています。このため交通の要所ではフェリーボートが重要な役割を果たしています。写真は1985年に我が国の無償資金協力により供与された両頭形フェリーボート2隻の内の1隻ジェームスアイランド号で、(財) 海外造船協力センターがコンサルタントとして、設計、建造、監督を実施しました。その後、本フェリーは内陸部のトランスガンビアで使用されてきましたが、長年の酷使により、船体・機関共に故障、交換部品の欠如等により運休を余儀なくされました。このため

2004年から(独)国際協力機構(JICA)によるフォローアップ事業として、大規模な修繕を実施することとなり、主機関等の推進装置を中心に日本から機材を供与し、現地の造船所で(財)日本造船技術センターから派遣されたコンサルタント等の監督・指導の下、修復工事を実施しています。

日本造船技術センター海外協力室はコンサルタントとして、現地調査の上、修復事業範囲を決定し、事業費積算と工事計画の立案、更に適宜工事監督と指導を実施しており、本年9月末ごろ修復工事が終了する予定です。

トリマランの運動性能について（その2）

1. はじめに

前号では、広い船首尾フレアーをもつ瘦せ型船型に生じる、パラメトリック横揺れの数学的メカニズムを紹介しました。本稿では、同じ方法によりトリマランの運動性能を考察します。

2. トリマランのパラメトリック横揺れに関する考察（単胴船との比較）

正面規則波中のトリマランの運動を単胴船と比べて考察します。SRC NewsNo.66で用いた船型について激しい海象を想定し、波長 $\lambda/L=1.0$ 、波高 $Hw/\lambda=1/50$ として、ヒープ、ピッチはともに $\zeta/Hw=1.0$ （位相 0° ）、 $\phi/Hwk=1.0$ （位相 90° ）と仮定します。

単胴船：波が船側を過ぎる際に船首尾付近と中央付近とで水線形状が変化し、復原力が変化します。船首のフレアーが大きな船型などではパラメトリック横揺れを励起します。

トリマラン：主船体と副船体の寸法が近い場合、水線形状の変化は無視できますが、副船体の船長、喫水が主船体より大幅に小さい場合には、副船体位置で波谷の時に、副船体が水上に露出して復原力喪失が生じ、山の時に副船体と主船体との連結部が着水して復原力が増加しま

す。即ち、復原力が時間的に大きく変化し、パラメトリック横揺れを誘起する事が予測されます。なお、迎波中では復原力の変化が短時間内に繰り返されますが、追波中では復原力喪失状態が持続して大きな横傾斜が発生する可能性があります。図-1～図-3は単胴船、副船体が中央のトリマランA及び、副船体が船尾のトリマランBについて各出合波位相について横から見た姿勢と波面（上）と水線面形状（下）を示しました。 ξ/λ は船体中央が波のどの位置にいるかということを示し、0、1の時には谷、0.5の時に山にいることを示します。トリマランBは $\xi/\lambda=-0.02(0.98)\sim 0.33$ でクロスデッキが水面に浸かり、復原力変動が大きくなることが分かりました。

次章ではこの復原力変動が、どの程度パラメトリック横揺れを誘起するかを調べます。

3. トリマランのパラメトリック横揺れの数学的考察

船舶の横揺れを以下の簡単な減衰振動の方程式で表します。

$$I'_{\phi\phi}\ddot{\phi} + B_{\phi}\dot{\phi} + \Delta GM(t)\phi = 0 \quad (1)$$

さらに、(1)式中の $GM(t)$ が正弦関数で表現可能とし、

$$GM(t) = GM_m - GM_a \cos(\omega t) \quad (2)$$

と置きます。図-4にトリマランAとトリマランBの復原力変動を示します。ともに点線が計算値で、実線が正弦関数で表現したものです。

上述の(1)式はSRC NewsNo.68で紹介したMathieu方程式の一般形に帰着することができます。減衰項ありのMathieu方程式は以下のように表されます。

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \kappa \frac{dx}{dt} + (\alpha - \beta \cos(t))x = 0 \quad (3)$$

各係数と具体的な問題の係数との関係は以下のようになっています。

$$\kappa \propto B_{\phi}, \quad \alpha \propto GM_m, \quad \beta \propto GM_a$$

図-5に安定解の存在範囲を示すInce-Strutt Diagramを示します。図中U印は不安定解、S印は安定解が存在する範囲です。 β （復原力変動）が大きくなるにつれて不安定領域が増えていきます。また、 α （復原力の平均値）が増えていくにつれて安定領域が増えていきます。 β が比較的小さい領域（ $\beta \ll \alpha$ ）では固有振動数の2倍付近で不安定領域に入ります（ $\sqrt{\alpha} = n/2$ ）。さらに β が比較的小さい領域で、 κ （ダンピング）が増加するにつれて安定領域が増えていくことがわかります。

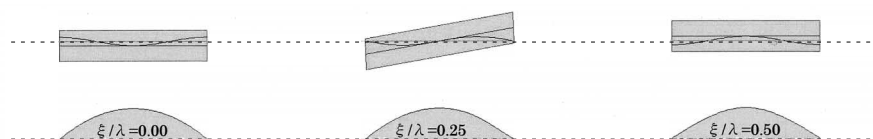


図-1 横から見た姿勢（上）と水線面形状（下）の変化（単胴船）

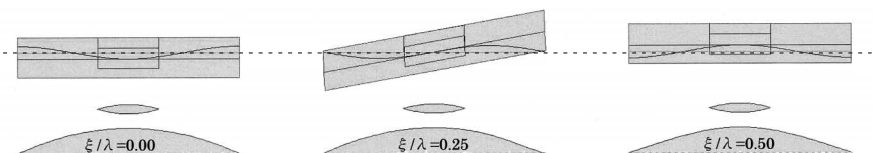


図-2 横から見た姿勢（上）と水線面形状（下）の変化（トリマランA）

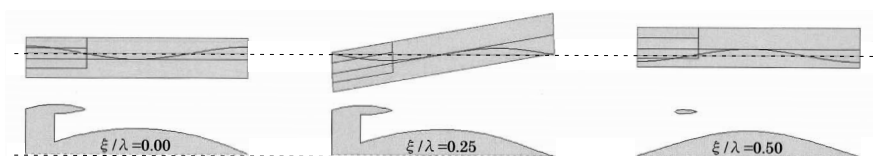


図-3 横から見た姿勢（上）と水線面形状（下）の変化（トリマランB）

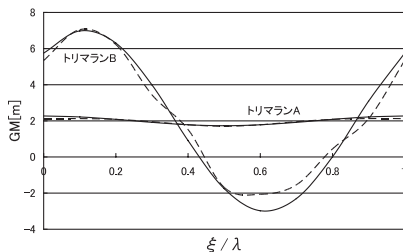


図-4 GMの変化

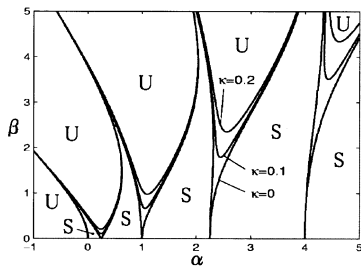


図-5 Ince-Strutt Diagram

一般的にトリマランの場合、相当モノハルよりダンピングが大きいことが多く、復原力変動が小さい場合には、より安全な傾向にあります。副船体が浮き上がったり、クロスデッキに浸るなど、復原力変動が大きくなるにつれ、急激に危険な状態に陥ります。図-6、7に図-4のトリマランAとトリマランBの $GM(t)$ を用いた時系列計算を示します。トリマランA ($\alpha=0.12$, $\beta=0.02$, $\kappa=0.02$) で安定だったものが、トリマランB ($\alpha=0.12$, $\beta=0.29$, $\kappa=0.12$) で発散することが分かります。

4. トリマランのパラメトリック横揺れに関する調査・研究の現状

トリマランのパラメトリック横揺れについては英国MODによるTriton建造の際、ロンドン大学の研究プロジェクトを中心に詳細な調査がなされ^[1]、又、同時期にオランダ海軍(RNLN)とMARINとDNVとがジョイントコーポレーションを組んで実験を行いました。このなかで、パラメトリック横揺れが起こらないかどうかの確認を行っています^[2]。図-8は $L_{pp}=165m$ のフリゲート艦の出会い波周期の等高線を実線で示していますが、太線が対象船の固有周期の2分の1に相当する出会い波周期を示します。ま

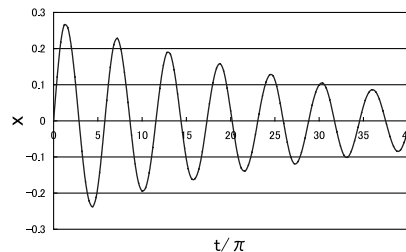


図-6 時系列 (トリマランA)

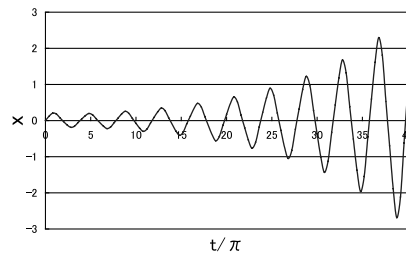


図-7 時系列 (トリマランB)

た、max pitchは波傾斜から決まるピッチが最も大きくなる波周期です ($\lambda/\lambda_L=1$ 近傍)。太線とmax pitchの領域が交差する危険領域が9~15ノットの間にある事が分かりました。その後、彼らはこの船速で水槽試験を行い、パラメトリック横揺れが起こらないことを確認しています。

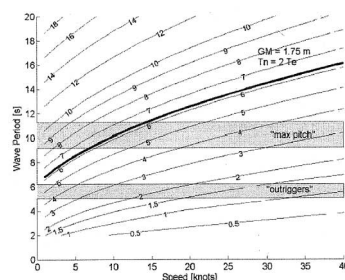


図-8 危険領域

我々の検討からも英国MODによるTritonのように副船体が船体中央付近に配置され、排水量分担率が大きいトリマランは安全な傾向にあることが分かりました。しかしながら、このようなトリマランは船速によっては推進性能が悪くなることが予想されます。実際、Tritonは計画速力にて副船体の抵抗が全抵抗の40%にも及んでいます。

一方、Nigel Geeが提案しているペンタマラン^[3]は抵抗の少ない、小さな排

水量分担率の副船体で大きな復原力を得ることを実現したコンセプトです。すなわち、このペンタマランでは平水中で前方の副船体が浮き上がっており、ピッチングや横揺れ時に復原力に寄与するため、常に水面に浸っている後方の副船体を自由に配置することができ、排水量も小さく抑えることができます。

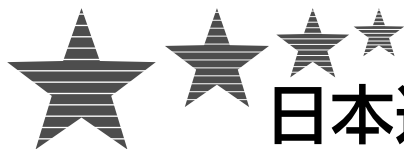
5. おわりに

以上の検討により、両舷の副船体が主船体に比べて小さなトリマランは副船体の配置によってはGMの時間変化が大きくなり、パラメトリック横揺れが誘起されることが分かりました。トリマランの優位性の一つに挙げられている耐航性能を損なわないためには、主副船体主要目や形態選定において、十分な初期復原力保持、副船体復原力喪失防止策や連結部着水時の過大なGM防止等の互いに相反する要件の整合が不可欠です。

なお、一般的にパラメトリック横揺れの起こる確率予測は難しいのですが、本稿では簡単な減衰振動方程式からある程度把握する方法を紹介しました。さらなる検討のため、船体運動計算ツールの整備と基本特性把握のための実験的研究が望まれます。

参考文献

- [1] Grafton, Tom "Roll Damping of Trimaran Warships" SMI Conference 2003
- [2] W Pastoor, R van 't Veer, E Harmsen, "Seakeeping Behaviour of a Frigate-Type Trimaran". RINA Conference, Design & Operation of Trimaran Ships, 29-30 April 2004
- [3] Nigel Gee, Ed Duson and J.M. Gonzales, "The IZAR Pentamaran. Tank Testing, Speed Loss and Parametric Rolling" RINA Conference, High Speed Craft Technology and Operation. 11-12 Nov-2002



日本造船技術センターにおける 具体的なCFD計算例（その3）

前号までにCFDの理論的背景と格子生成について簡単に説明した。今号ではCFDの船型開発への応用例を紹介する。

○ CFDを用いた船型開発の流れ

現在は1)～5)に示すような流れで作業を行っている。

- 1) 要目、CP曲線、CW曲線の検討
- 2) 線図創生（フレームラインの検討）
- 3) CFD計算実行
- 4) CFD計算結果を分析
- 5) 分析結果のフィードバック（1に戻る）

なお、平行して一般配置等の検討を適宜行っている。ここで紹介する例では上記プロセスを7回ほど繰り返した。

○ 作業内容

与えられた主要目、排水量等の設計条件のもとで、ニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズムによる最適化手法により最適なCPを求め、機関室配置等を考慮しながらフレームラインの傾向を定め、初期線図を創生した。

CFD計算は検討の段階ではNICEコードによる二重模型流れの抵抗計算のみを行い、母船型と最終船型については二重模型流れ計算に加えてNEPTUNEによる造波計算を行った。

なお、CFDによるフィードバック作業としては、NICEの計算結果から限界流線を可視化して、フレームラインやCP、CW曲線の改良を行った。

○ 限界流線による船型改良指針

船型改良の過程で得られた1+Kと母船型の1+Kの比を図-1に示す。改良が進むにつれて概ね減少方向に推移し、最終の7番船型では母船型より5%以上形状抵抗係数が減少している事が分かる。

船型改良の指針を得るために、まず母船型の限界流線を可視化した。ここで略

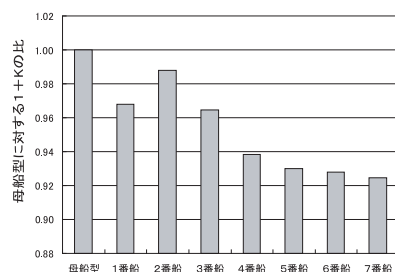


図-1 1+Kの結果計算（BLモデル）

3つの流れに着目することとした（図-2に示す）。喫水線近傍の流れA、船底に近い船側から船尾オーバーハング下方、プロペラ直上に抜ける流れBと船底からプロペラの中心に向う流れCで、それぞれの流れをよりスムーズにする事で、推

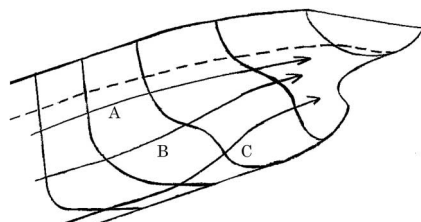


図-2 流れA,B,Cの概略

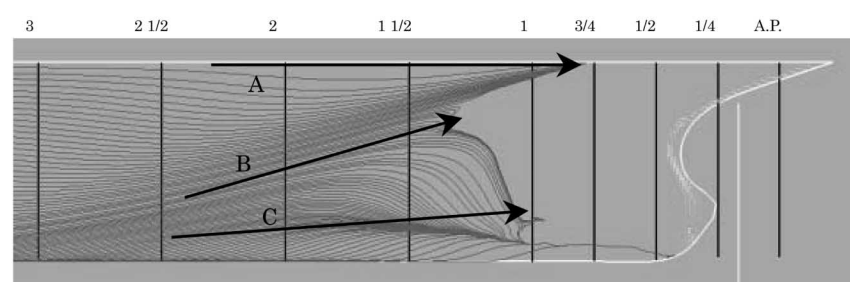


図-3 限界流線側面図（母船型、MBLモデル）

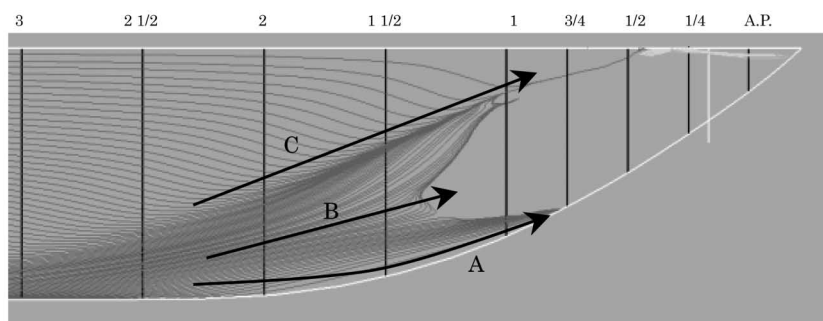


図-4 限界流線底面図（母船型、MBLモデル）

進性能の改善が期待される。具体的には限界流線が剥離する位置をより船尾側にずらす事ができれば流れがスムーズになったと判断し、限界流線図-3, 4を確認しながらCP、CW曲線やフレームラインの改良を行った結果、最終的に図-5, 6に示す限界流線を持つ船型となった。これを見ると、A、B、C全ての流れで剥離位置が船尾側にずれており、よりスムーズな流れになっている事が分かる。

なお、喫水変更や浮心位置の変更なども適宜フィードバックしながら船型改良作業は進められた。

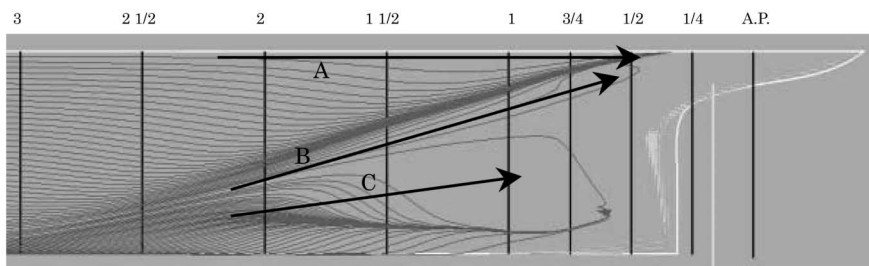


図-5 限界流線底面図（7番船型、MBLモデル）

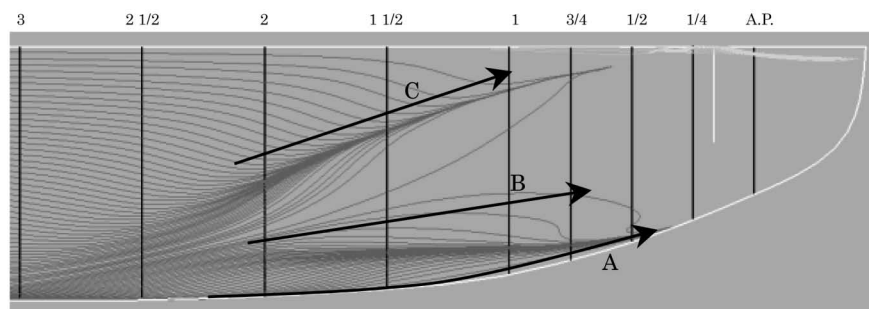


図-6 限界流線底面図（7番船型、MBLモデル）

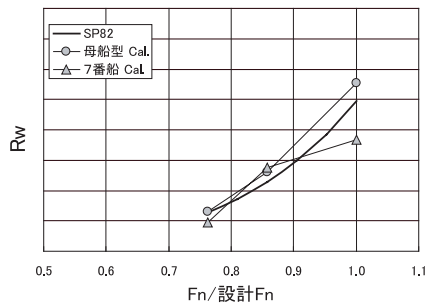


図-7 造波抵抗係数計算結果

○ NEPTUNEによる造波計算

母船型と7番船型のNEPTUNEによる造波抵抗係数を図-7に示す。尚、SP82は（財）日本造船技術センターの実験データベースの統計解析による推定値である。図-8,9に船首の波形を示す。

造波抵抗係数について設計フルード数で最適になるようにニューラルネットと遺伝的アルゴリズムを用いたCpカーブを作成したが、図-7に示すように、設計点付近で抵抗が減少している事がわかる。また、図-8、9に示したように7番船型では肩付近で波高が減少している事がわかる。

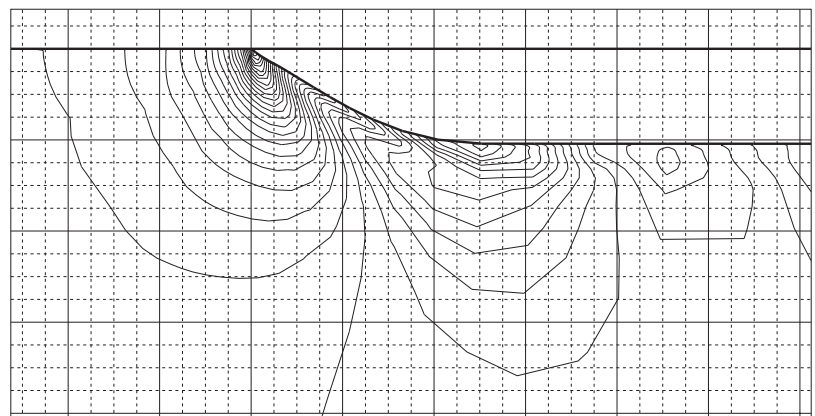


図-8 母船型船首部波形（Fn／設計Fn=1.0）

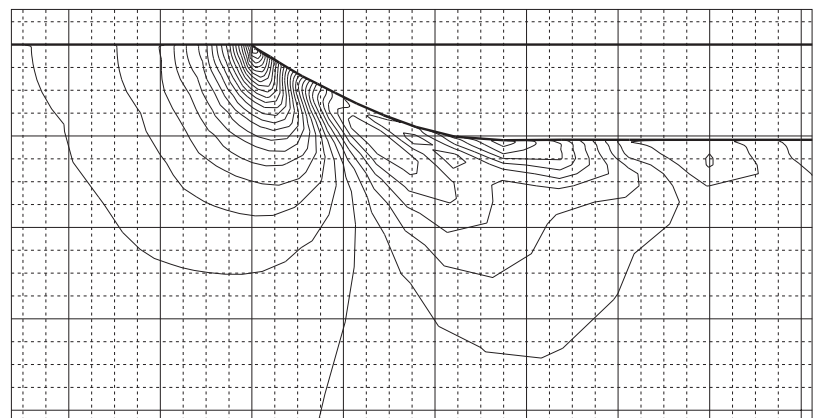


図-9 7番船型船首部波形（Fn／設計Fn=1.0）

タグボート型消防船 「青海2号」について



1 はじめに

平成18年8月東燃ゼネラル石油（株）川崎工場の石油コンビナートの消防船「青海2号」が就航しました。

川崎市の臨海部は、陸上並びに海上輸送の便に恵まれ、かつ大消費地である首都圏を背後にひかえた京浜工業地帯の中心となっています。

東燃ゼネラル石油（株）川崎工場はここに立地した効率の高い生産体制を実現している近代的な製油所です。

青海2号は、当社原油シーバースにおけるタンカーの着栈荷役中の監視及び火災発生時の消防船業務、あるいは東京湾における危険物積載船航行中の火災発生時の消防船業務を主目的とし、また、万一、シーバースに他の漂流船等が接近した場合には、タグボートとして排除活動、さらには陸上消火設備への送水活動等多種の業務を兼ね備え、危険地帯と言える臨海部コンビナートの防災対策の強化・拡充の重要な一翼を担うことになります。

（財）日本造船技術センターでは、「青

海2号」の建造にあたって基本設計から建造監理まで携わってきましたので、その概要をご紹介します。

2 本船の基本設計

船主殿との打合せに基づき、以下に示すような基本設計が纏められました。

本船は、船体及び上部構造物を鋼製とした中央機関型のタグボート型とする。

主機関は2基2軸とし、推進装置は全旋回式推進装置（ZDP）を装備し、これにより消防放水時の定点保持や船体運動を円滑に行う。

常備状態において、主機関出力85%で約12ノット程度の船速を確保する。

消防ポンプは独立の機関を装備する。

消防ポンプの能力は、一斉放水を考慮し吐出量を2400ℓ/minとする。

大型タンカーの消火活動を行うため、毎分8000ℓ型の放水銃を海面上約15.5～22.5m程度に伸縮する放水塔上に1基、4000ℓ型の放水銃を放水塔中段に2基、操舵室頂部に2基、合計5基

装備する。

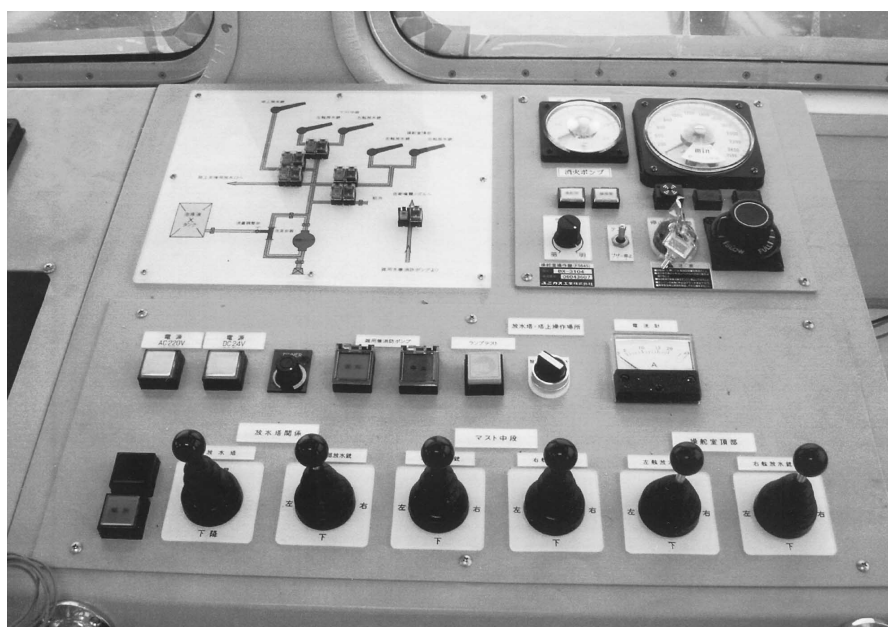
各放水銃は、操舵室より遠隔操縦をする。

毎分65ℓ型の自衛噴霧ノズルを12個装備し、そのうち6個は下向き噴霧とする。

操船及び消火活動を少人数で行うため、各機器は省力化を図る。

本船は、平水区域を航行区域とする船だが、沿海相当の構造とする。





航海速度（試運転最大）	12.8ノット
最大搭載人員	
船員	4名
その他の乗船者	12名
計	16名

主機関及び補機関	
主機関	736KW(1000PS)×2基
発電機	50KVA×2台
消防装置	
消防ポンプ	2400ℓ/min
放水銃	
	8000ℓ/min×1基
	4000ℓ/min×4基

4 おわりに

「青海2号」は、平成18年8月に東燃ゼネラル（株）に引き渡され、川崎、し
いては首都圏防災の重要な任務に就きま
した。

おわりに、金川造船（株）の皆様が
「青海2号」の建造に当って、多数のタ
グボート建造のノウハウを遺憾なく注ぎ
こまれ、誠意をもってご尽力いただいた
ことに感謝しております。

3 建造

入札により、建造造船所は神戸の金川造船株式会社に決定しました。

金川造船所株式会社は、毎年、年間13隻ものタグボート、作業船を建造する実績を誇る造船所です。

基本設計に基づいて詳細設計が開始され、鋼材NC切断、各部ブロック建造、艤装工事と工場の作業手順もスムーズな中で工事が順次順調に進みました。

今年6月13日に無事進水、8月1日2日には海上試運転が実施されました。

速力は仕様書要求の12ノットを満足し、船内騒音も低く、放水中の射程距離はレーダー計測で122mを測定しました。その他の試験項目も良好で、青海2号の優秀な性能を確認することが出来ました。

「青海2号」の主要目を下記に示します。

航行区域	平水区域
資 格	JG（第4種船）
総トン数	173トン
登録長さ	28.80m

登録幅	9.00m
登録深さ	3.79m
船舶番号	140355
船名符号	JD2284
船質	鋼



浮体式洋上風力発電プロジェクトについて

—第2報 浮体形状と浮体搭載用風車の検討—

(財)日本造船技術センター（SRC）では、(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構（JRTT）からの委託研究として、平成15年度～17年度にかけて「浮体式洋上風力発電による輸送代替燃料創出に資する研究（基本コンセプトの確立および浮体搭載用風車の開発）」を実施しました。日本近海で洋上windファームを展開する場合の候補海域や予想発電量、洋上風力発電浮体の形状や係留方式、浮体搭載用風車の検討を行いましたので、その成果について紹介します。第2報では、風力発電浮体の形状と浮体搭載用風車の検討について説明します。

1. 浮体形状

風力発電用浮体では搭載する風車間の干渉を避けるために、風車支柱間距離をロータ直径（120m）の1.5倍（180m）としました。また、高さ80mの搭載風車の傾斜を規定値以下に抑えるために、浮体幅は60mとしました。浮体を単純なバージ形状とすると搭載重量に対して浮力が過大となってしまうので、鋼材節約のために、浮体形状は中を抜いた格子型浮体としました。研究初期に概念設計された格子型浮体は、システムの効率化を図るために、浮体サイズを造船所で建造可能な最大サイズとして、3基の風車を搭載する構造としました。浮体の全長は約400mとなりましたが、設計波の波長に近いため、図-1に示すように両端の自由端と中央部に逆向きの大きな荷重が作用する三点曲げの状態が発生して、強度的に厳しいことがわかりました。そこで、改良型浮体では、搭載風車を2基として全長を短くすることで、この問題を解決しました。表-1に格子型発電浮体の主要目を示します。図-2に一般配置平面図を示します。水素・メタン製造プラントや各タンクは浮体内に格納します。

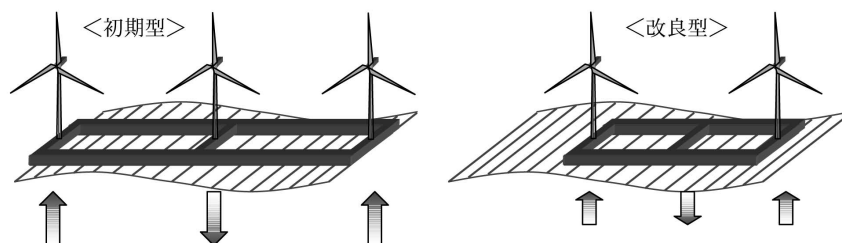


図-1 浮体形式と波浪荷重の関係

表-1 格子型浮体の主要目

	初期型	改良型
長さ (m)	367.0	187.0
幅 (m)	60.0	60.0
型深さ(m)	14.0	14.0
喫水 (m)	4.0	4.0
風車搭載数	3	2

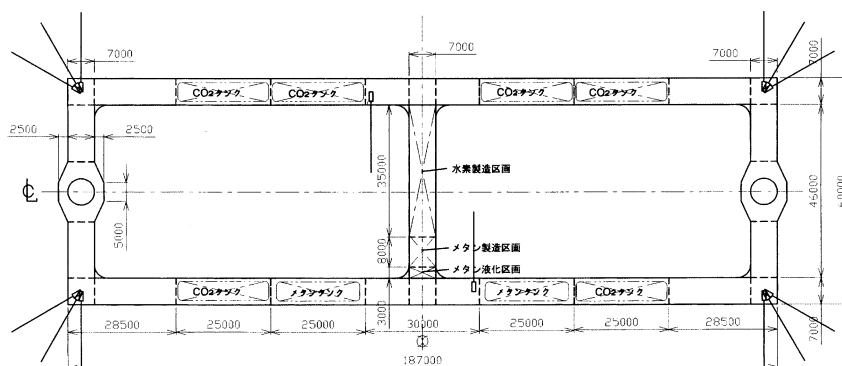


図-2 格子型発電浮体の一般配置平面図

2. 浮体搭載用風車の検討

通常の風力発電用風車では、発電機や増速機がロータ直後のナセルに内蔵されているため、タワー上部の構造が重くなります。浮体搭載風車は固定式風車と異なり、浮体動揺による繰り返し傾斜（慣性力も）を受けまでするので、タワー上部が重いとタワーの曲げモーメントが厳しくなると共に、重心が上がるため浮体の安定性も低下します。今回の研究では、ロータの回転とトルクを、油圧機構を介してタワー下部に伝達する油圧風車を検討しました。その結果、発電機と高速軸系

をタワー下に移すことが可能となり、ロータを含むタワー上部構造の質量を約20%低減できることがわかりました。ナセル構造の質量比較を図-3に示します。高さ80mのタワー頂部構造の軽量化ができたので、この油圧風車（軽量風車）を用いて浮体動揺による慣性力の影響も考慮した浮体搭載用風車の試設計を行いました。タワーの質量も通常風車を用いた場合の約半分になりました。

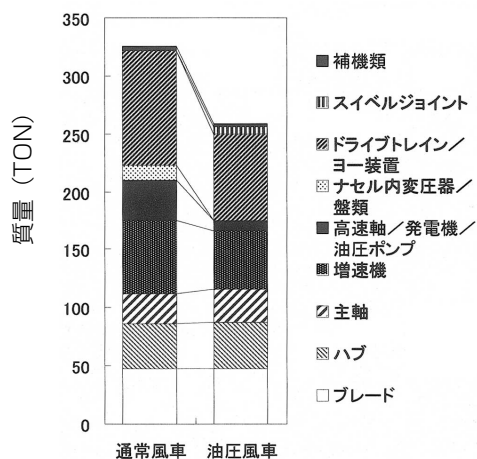


図-3 ナセル軽量化効果

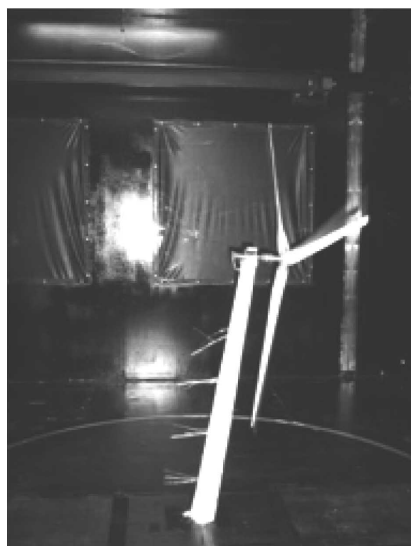


図-4 風洞実験状態

3. 風洞実験による浮体搭載風車諸特性の確認

浮体搭載風車の諸特性を確認するために、風洞実験を行いました。実験は、(独)海上技術安全研究所の変動風水洞実験施設で行い、1/100スケールの風車模型を用いた強制動揺(前後傾斜)実験を実施しました。ロータはモータを用いて強制的に定速回転を行うように設定し、一様風中での規則動揺を行いました。実験の状況を図-4に示します。

本実験の結果、タワー基部の曲げモーメントに風車軽量化の効果が明確に現れました。また、一様風中で風車が前後傾斜を繰り返した時のロータの負荷変動を、モータの電流変化から確認することができました。図-5にロータを定速で回転させるモータの電流変動を示します。これは動揺する浮体に搭載された風車固有の現象で、固定式風車ではこのような大きな変動は発生しません。

4. おわりに

第1報に続き、遠浅な海岸が少なく固定式洋上風車の展開が難しい日本近海で、洋上風力発電ファームを構成するための浮体式洋上風力発電システムの検討を行なった結果を紹介しました。本報では、洋上風力発電用浮体として5MW風車を2基搭載した格子型浮体の形状を検討した結果と、浮体搭載用風車の軽量化を検討した結果を示しました。SRCが担当した研究では、この他にもLCAによる環境影響評価や洋上風力発電ファーム建造のコスト試算等も実施しました。なお、本報告は、(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構(JRTT)からの委託研究として行った「浮体式洋上風力発電による輸送用代替燃料創出に資する研究(基本コンセプトの確立および浮体搭載用風車の開発)」の1部をまとめたものです。

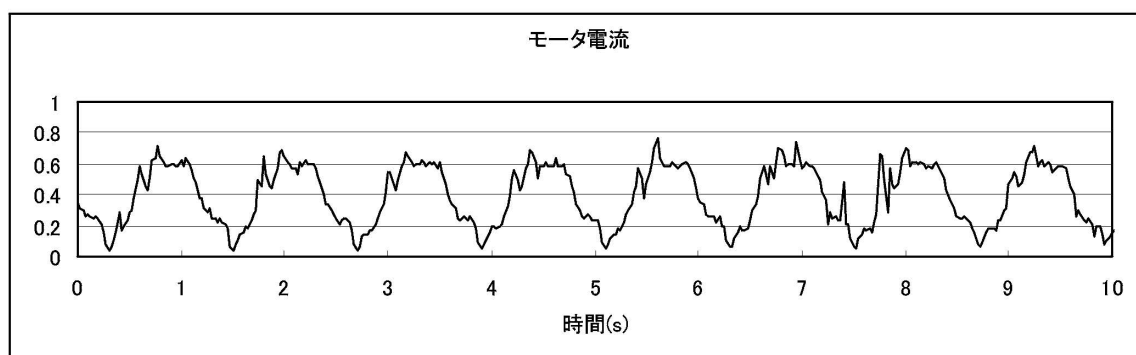


図-5 風車を強制動揺した場合のモータの電流変化
(風速: 2.5m/s、ロータ回転数: 3.3rps、動揺周期: 1.2s、動揺角度振幅: 10deg)

バラスト水と船型について

はじめに

バラスト水問題は大型タンカーのオイルタンクとバラストタンクの共用に起因する海洋汚染に始まり、最近ではバラスト水と共に運ばれて来た外来微生物が投棄水域の在来種を駆逐して元の生態系を変える、所謂、生態系破壊が世界的な問題とされています。バラスト水中微生物の殺滅装置開発も進展している様ですが、数万トンのバラスト水に住む微生物を短時間内に全滅処理する船載装置には開発課題が多いと考えられますので、視点を変え、バラスト水の搭載なし、あるいは、非常に少ないバラスト水で状態の調整や復原性確保が可能な船型を考えてみます。

往航は空荷、復航は満載の運航が常態のタンカーやバルクキャリアーでは、空荷状態で航海する際の船首船底波浪衝撃や船尾のプロペラ空中露出発生を防ぐ為に大量のバラスト水を搭載して、船首尾を沈めます。

満載状態での重心が高いコンテナ船や自動車運搬船等では、重心を下げる為に、又、客船等では乗り心地の関点から動揺周期を増す為の重心上昇を目的にバラスト水搭載が行われます。

比重の大きな貨物が限られた範囲に集中的に搭載されて縦曲げモーメントが増す場合は、荷重分布調整の為バラスト水が搭載される場合もあります。本稿では、片航が空荷状態で、バラスト水搭載が常態の大型タンカーと、満載常態でバラスト水搭載が常態のパナマ運河可航型コンテナ船を想定した船型について考察します。

片航空荷状態での運航の場合

満載状態と空荷状態の排水量を Δf 、 Δb 、中央断面面積を A_f 、 A_b 、喫水を df 、 db 、満載状態中央断面面積係数を C_m とすると、 $A_f = B \times df \times C_m$ 、ウォールサイドなら $A_b = A_f - B(df - db)$ ですから、 $A_b/A_f = \Delta b/\Delta f$ と仮定すれば、喫水

と排水量の近似式が得られます。

$$db/df = \{(1-C_m) + C_m(\Delta b/\Delta f)\} k$$

これにより、修正係数を1.0として C_m と db/df の変化を求めます。

C_m	$\Delta b/\Delta f$	0.45	0.35	0.25	0.15
1.0	db/df	0.450	0.350	0.250	0.150
0.9		0.505	0.415	0.325	0.235
0.8		0.560	0.480	0.400	0.325
0.7		0.615	0.545	0.475	0.405

現存船は、略 $C_m=1$ ですから、空荷排水量/満載排水量比は、空荷喫水/満載喫水比と同じです。 C_m を下げると、空荷喫水/満載喫水比が増加、即ち、現存船より軽い排水量でも深い喫水が可能な事が分かります。一方、満載排水量を保持するには、 C_m 減による船底付近の容積減少を、長さ、幅、喫水、或いは、 C_p 等の増加によりカバーせねばなりません。又、船首尾喫水閾値は船首船底衝撃やプロペラレーシング発生頻度等を考慮して決められていますが、閾値を低く出来ればバラスト水減少に有効です。中央断面はライズオブフロアの大きな単純な形状が無難ですが、船体全般の形状設計

には基本的性能を変えない工夫が必要です。前号に紹介したNOBS船型では、長さ喫水を現存船と同じとし、幅と C_p を増し、船首喫水の許容閾値を下げる対策により、 $\Delta b/\Delta f$ 比が15%で、バラスト水のない空荷状態でバラスト水を搭載する現存船の空荷状態($\Delta b/\Delta f=50\%$ 程度)と同等の安全運航が可能で、推進性能、操縦性能の良好な船型が得られました。但し、船種や設計条件により多様な可能性が有り得ます。図-1に代表的なアイデアを紹介します。

満載状態の復原性確保

復原力向上には幅を増して KM を大きくするのが有効ですが、幅も喫水も規制される場合は、バラスト水を搭載し重心を下げる方法が採用されます。パナマ運河可航型コンテナ船では積付け次第ですが、満載排水量の20%を越えるバラスト水を搭載するケースもあるそうです。ここで、復原性と船体形状を関係付ける簡便式は、船長 L 、幅 B 、深さ D 、喫水 d 、排水容積 ∇ 、方形肥瘠係数 C_b 、水線面

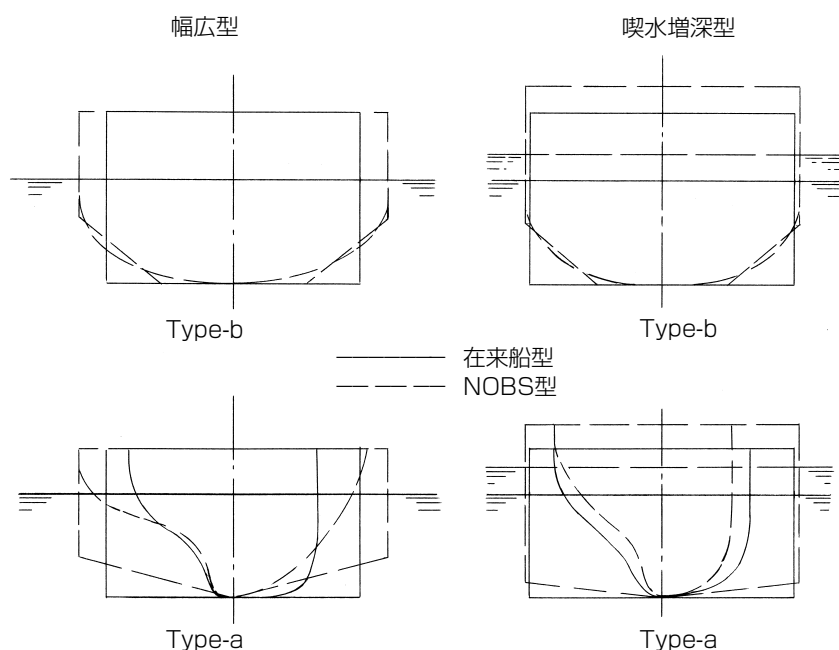


図-1 空荷状態喫水増加対策

積係数 C_w 、実験係数 k_1 、 k_2 、浮心高さ KB 、水線面2次モーメント I により以下の様に表せます。

$$KB/B = k_1 / ((B/d) \times (1 + (C_b/C_w))),$$

$$BM = I / \nabla$$

$$BM/B = k_2 \times F(C_w) \times (B/d) / (12 C_b)$$

$$KM = KB + BM, GM = KM - KG$$

$F(C_w)$ には以下の近似式が使えます。

$$F(C_w) = 6m^3 / ((m+1)^2 m + 1)(3m+1)$$

$$C_w = m / (m+1)$$

重心高さ KG は $KG/D = 0.55 - 0.65$ 程度です。ここで L, B, d を変えず、バラスト水減少分相当に C_b が小さくなり、復原性低下分を C_w 増加でカバーするとします。

$$KB = KB_o \times$$

$$(1 + C_{bo}/C_{wo}) / (1 + C_b/C_w)$$

$$BM = BM_o \times (F(C_w)/F(C_{wo}))$$

$$\times (C_{bo}/C_b)$$

重心高さ KG は船体形状変化に対応する分とバラスト水を抜く事による重心上昇により決まります。

$$KG = KG_o (C_{bo}/C_b) D / D_o$$

$$+ ((C_{bo}/C_b) - 1) H_b$$

ここで、 H_b はバラスト水の重心高さです。 C_b, C_w を変えることによるメタセンター高さ変化をケーススタディにより調べます。原船型は $L=281m$ 、 $B=32.2m$ 、 $D=22m$ 、 $d=12m$ ですが、バラスト水減少により原型の $C_{bo}=0.68$ から $C_b=0.58$ とし、復原性対策として $C_{wo}=0.833$ を $C_w=0.89$ とします。

C_p を同じとし、ライズオブフロア増加を考慮して深さを $23.5m$ とし、平均高さ $H_b=5m$ に搭載されていた C_b 差 0.01 に相当する $11130ton$ のバラスト水を抜いたと仮定します。

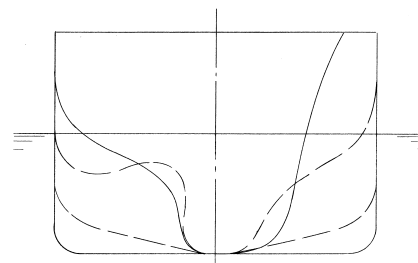
重心の高さは $KG_o/D_o=0.65$ 、 $KG_o=14.3m$ とし、復原性変化を求めます。 $C_{wo}=0.833$ 、 $m_o=5$ から $C_w=0.889$ 、 $m=8$ 、 $F(C_{wo})=0.7102$ から $F(C_w)=0.8031$ となり、 $KB/KB_o=1.099$ 、 $BM/BM_o=1.325$

$$KG/KG_o = 1.099D/D_o + 0.1724H_b / KG_o$$

$$= 1.234 \text{ となります。ここで}$$

$K_1=1.0$ 、 $k_2=1.1$ としますと、原船型は $KB_o=6.61m$ 、 $BM_o=8.27$ 、 $KM_o=14.88m$ 、 $KG_o=14.30m$ 、 $GM_o=0.58m$ となり、新船は $KB=7.26m$ 、 $BM=10.96m$ 、 $KM=18.22m$ 、 $KG=17.65m$ 、 $GM=0.57m$ となります。

復原性向上型



—— 在来線型 ——— NOBS型

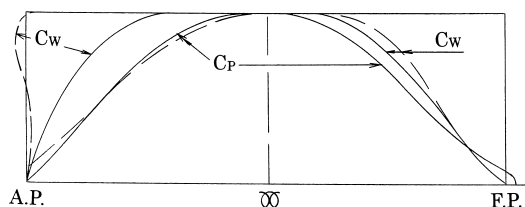


図-2 船型と復原性

即ち、原型と同程度の GM になります。このような船型の形状が次の課題ですが、一万トンを超えるバラスト水を搭載せずとも同等の復原性確保可能な船型は存在し得る事が分かります。なお、過大な GM を下げる形状は、逆に水線面積を絞り、船底付近の容積を増す半没水船になります。図-2、図-3に概念を示します。

おわりに

船体形状の幾何学的特性を考慮してバラスト水を搭載せずとも空荷の喫水を増し、或いは十分な復原性を確保可能な船体形状は現存船と異なり、運航経済性や建造コストなどの課題が多いと推察されますが、生物・化学的課題と異なり、造船技術の範囲内で対応が可能な課題です。バラスト水問題への対処策として検討に値すると考えられます。

—— 在来線型
- - - 横揺れ周期増型

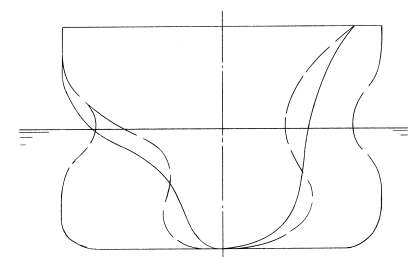


図-3 横揺れ周期増型

模型船の製作精度について

水槽試験に供される模型船の製作では外形寸法の精度が非常に重要です。SRCの模型船は殆どの部分を最新のN/C切削機（写真-1）で加工し、表面の微妙な仕上げのみを人力によって行っています。従って外形寸法に誤差が発生するとすればNCデータの入力ミスや、仕上げ職の技量といった人的要素が主と考えられます。また、温度と湿度の変化による素材の伸縮もわずかにあります。

SRCではこれらの精度を検証する為、年に数隻代表的な模型船を選び3次元計測装置（写真-2）を使用して、完成寸法を詳細に計測しています。結果は船種により多少の差異はありますが、ITTCで示されている精度基準を十分にクリアしています。

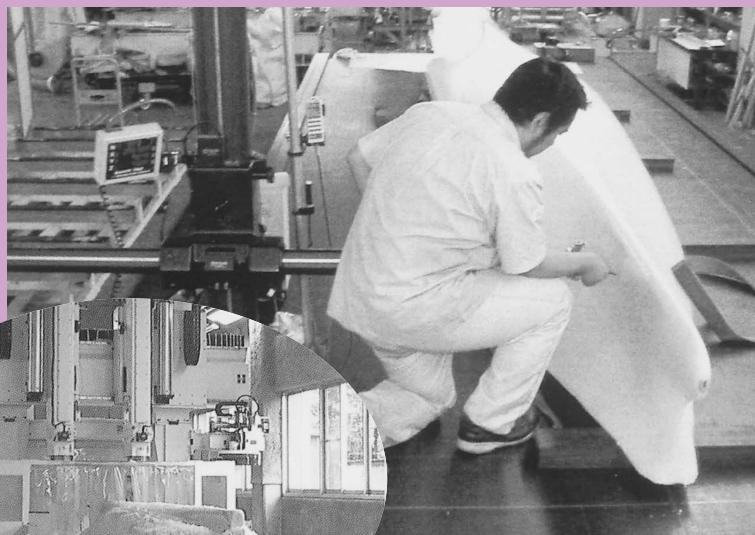


写真-2

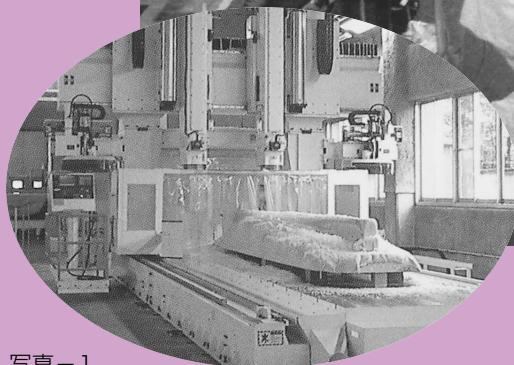


写真-1

委員会等

第20回評議委員会

平成18年6月19日（月）

（財）日本造船技術センター役員会議室

第143回理事会

平成18年6月26日（月）

（財）日本造船技術センター役員会議室

第95回HRC委員会

平成18年6月29日（木）

（財）日本造船技術センター本部会議室

第2回SPCG委員会

平成18年6月30日（金）

（財）日本造船技術センター本部会議室

第21回評議委員会

平成18年9月6日（水）

（財）日本造船技術センター役員会議室

第144回理事会

平成18年9月7日（木）

（財）日本造船技術センター役員会議室

編集後記

8月23日の朝刊に、数学の応用に對する最高の賞「ガウス賞」の受賞者に京大伊藤名誉教授が選ばれた事が報じられました。64年前に発表した「確率微分方程式」の広い分野への応用が受賞理由との事です。

ところで、造船所での線図作成は製図台上での弾性定規（バテン）による（フェアリング）作業から、コンピュータディスプレイ上の曲線や曲面の曲率や反射光の濃淡等を見ながら、滑らかな曲面を生成するフェアリング作業となっており、コンピュータを動かすソフトが影の主役となっています。

ソフトの基本は150年前に基礎が築

かれた曲面幾何学です。60年以前の論文への受賞の記事を読み、150年前の曲面論に劣らぬ影の主役が日本に居た事を心強く思いました。（K.T）

申し込みの受付

試験等の申し込み、問い合わせは右表の担当までご連絡をお願いいたします。

〒112-0004 東京都文京区後楽2丁目1番2号

興和飯田橋ビル7階

〒181-0004 東京都三鷹市新川6丁目38番1号

（独）海上技術安全研究所2号館内



Shipbuilding Research Centre of Japan

財団法人 日本造船技術センター

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

本部（飯田橋）

役員・代表	03-3868-7122
総務部	03-3868-7124
ファックス	03-3868-7135
海洋技術部	03-3868-7125
海外協力室（OSCC）	03-3868-7127
技術開発部	03-3868-7126

試験センター（三鷹）

センター長・総務室	0422-24-3861
ファックス	0422-24-3869
技術顧問	0422-24-3863
技術部	0422-24-3862
試験部	0422-24-3867
設計システム開発課	0422-24-3870