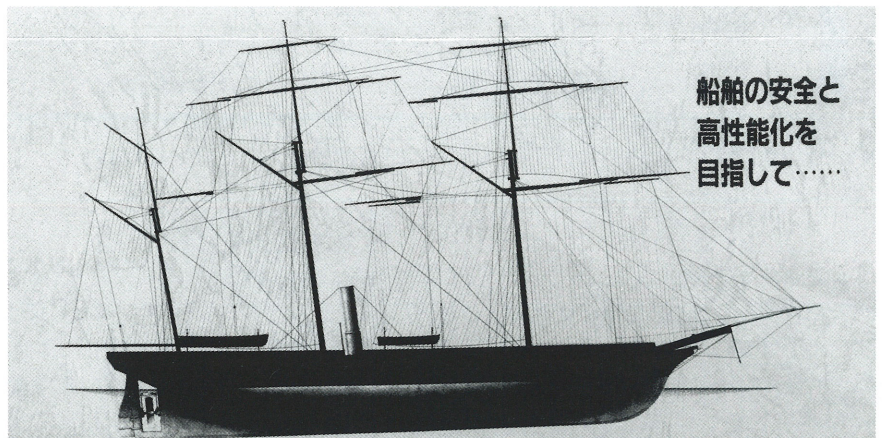


●目次●

造船技術センターの業務について	Page 2
造船技術センターにおける試験の紹介	Page 4
技術論文より見た造船技術センターの過去、現在、未来	Page 6
乱流の発生について	Page 8
翼面上圧力分布を考慮したプロペラ設計システム (PDプロペラ設計システム) の開発	Page 10
遺伝アルゴリズムの船型最適化への応用について一概念	Page 12
気候におよぶ海洋の役割について	Page 14
河川を利用する輸送について	Page 16
船舶は物流の優等生でよい	Page 18
船舶海洋技術関連のコンサルティング	Page 20
鳥羽市営定期船「第27鳥羽丸」について	Page 22

創立30周年に当たって



船舶の安全と
高性能化を
目指して……

このたび、(財)日本造船技術センターは創立30周年を迎え、さらに新しい時代に向けて業務を進めているところであります。

私どもはこの節目の時に当たり、新しい仕事の分野へ取組むことと、これまで蓄積したノウ・ハウを活用して依頼された方々にご満足いただけるまで徹底的にサービスをすることを目指しております。

例えば、水槽試験では、依頼者と協議させて頂いた一定の開発費の中で、流場計測を含めて何種類もの船型試験を行い最適船型を見出すという、これまでは無かったことも始めましたし、地方公共団体や各種の団体から委託をうけて行う多様な調査、コンサルタント業務も増加しております。われわれはこれまで築き上げた伝統と信頼を基に、また一方でそれに安住する事なく、人と物の双方から整備を進めて新しい社会のニーズに取り組んでまいります。

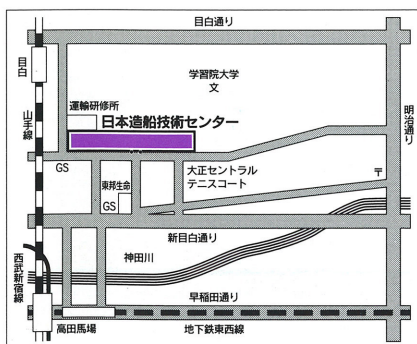
当センターが発足しましたのは国内的には所得倍増計画の最中、また石油危機以前の輸出船ブームの直前であり

ました。造船関係の仕事は増え続け、いくつかの仕事は別に設立された法人へ移管され、それでも水槽試験を中心とする業務は多忙を極めておりました。しかし、その後の造船界をめぐる変化はご高承のとおり大変厳しいもので、当センターもまた現在その厳しさを共有しながら努力をしているところであります。

国際競争にさらされている造船の分野では技術面での差別化が必須の要件であり、また、国内市場では特に小型船の分野で先進国と比較すればさらに洗練すべき技術も少なくなく、この中で当センターがお役に立てるところも多いと思います。

これまで、当センターに寄せられましたご高配に感謝申し上げますとともに、これからも皆様とともに歩んで、微力ながら社会に貢献して参る所存でございますので、引き続きご支援、ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

(財)日本造船技術センター
理事長 渡邊 幸生



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



造船技術センターの業務について

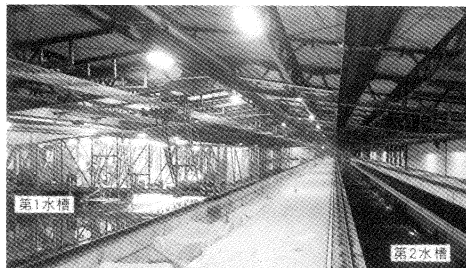
当センターの設立（昭和42年）後の業務や活動状況については、昭和45年から61年まで、16年間に涉って発行された52巻の日本造船技術センター情報と昭和63年（1988年）以後発行のSRC Newsに述べられております。すなわち、当センターは運輸省船舶技術研究所目白水槽を母体として設立された公益法人として、昭和2年の水槽建設以来の長い歴史と優秀な技術を継承し、近代化された施設と豊富に蓄積されたノウハウを基に、船舶の高性能化と安全及び広く造船技術の発展に貢献することを第一の使命としております。現在以下のような業務を行っておりますので、ご利用下さるようお願い致します。

(1) 船型試験

- 推進性能試験
- 耐航性能試験
- 操縦性能試験（PMM試験および小型模型船による自由航走試験）
- 船体まわり流場計測、および観察
- プロペラキャピテーション試験

(2) 船型およびプロペラに関する設計および技術計算

- プロペラ設計
- 操縦運動シミュレーション
- 船体運動計算
- 推進性能推定
- 船体まわりの流れの計算
- 復原性計算
- プロペラ性能推定（単独特性および起振力等）



技術計算については、この他に海洋関係のような新しい分野を拓くべく努めております。なお船型計画や試験結果の評価に際し、技術計算を併せて実施することをお勧めしております。

(3) 実船計測および解析

- 軸馬力計測
- 操縦運動計測
- 船体運動計測
- 船体振動騒音計測
- 船体歪み計測

以上を総合して、船型やプロペラ設計にあたってのご相談から、振動問題解決等の広い技術分野にわたって対応すべく努めております。

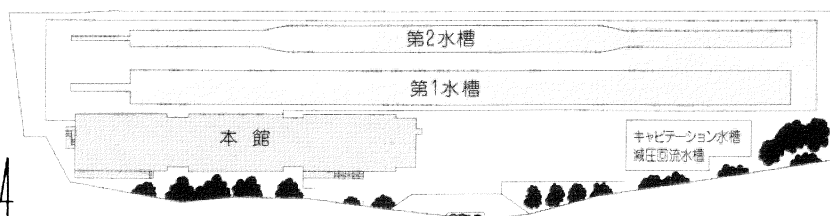
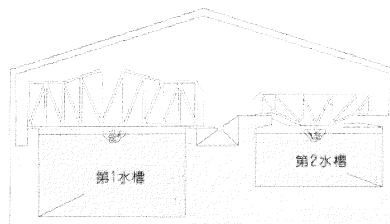
(4) 設計建造監理等

- 基本設計
- 建造監理
- 復原性計算

(5) 調査、研究、開発

- 石油備蓄システムに関する研究
- 事故調査
- 航路調査
- 市場調査

	第1水槽	第2水槽
長さ	207.0m	207.0m
幅	10.0m	8.0m
深さ	6.3m	4.15m
曳引車速度	0~5m/s	0~6m/s



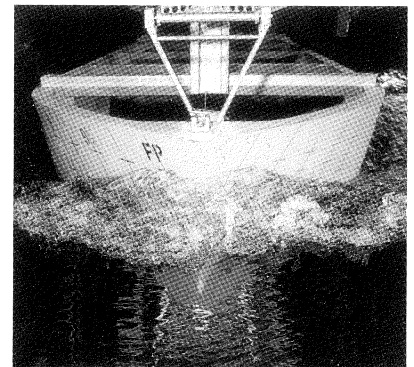
推進性能試験

■ 曳航水槽

船やプロペラの模型試験により推進性能、波浪中の耐航性能を、また、PMM試験装置を用いて操縦性能を把握し、船舶の性能向上のための開発・研究を行います。

曳航水槽では、コンピューター制御による自動運転（無人）で試験を行っています。

第1水槽東端の造波装置は、波長15m、波高40cmまでの波を起こすことができます。



耐航性能・操縦性能試験



波浪中横揺試験

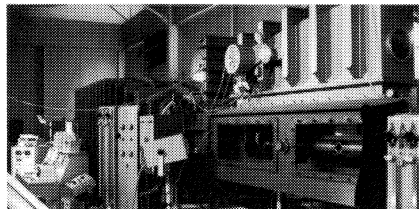


PMM試験装置による操縦性能試験

キャビテーション試験

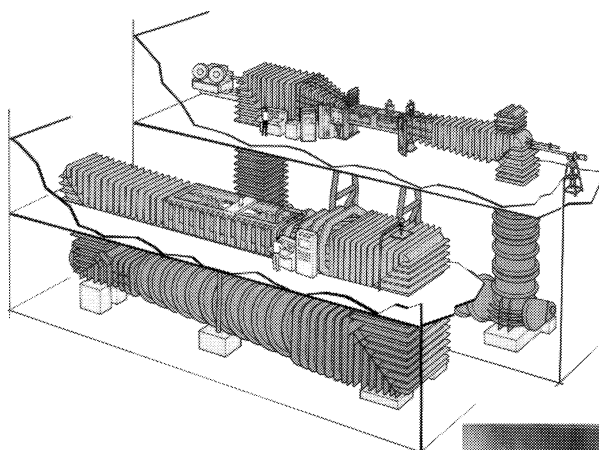
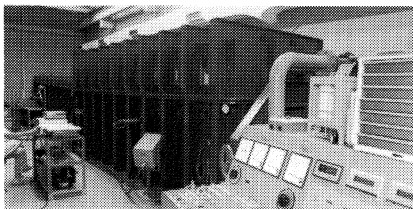
■キャビテーション水槽

プロペラの性能低下、振動・騒音や翼面のエロージョンの原因となるキャビテーションに関する試験を行います。



■自由表面付減圧回流水槽

国内唯一の、自由表面を持つ減圧可能な回流水槽では、空気吸い込み現象など自由表面の影響を受ける流れの現象の観察も行います。

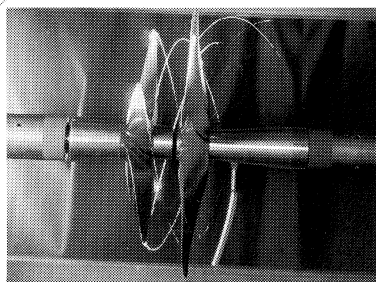


キャビテーション水槽

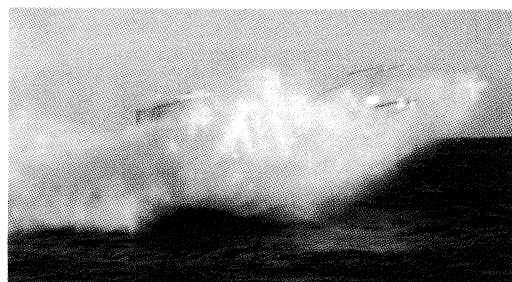
中心線間の長さ	12.7m
中心線間の高さ	7.0m
測定部断面	0.6m×0.6m
最高流速	12m/s
水槽内圧力	0.1～2気圧

減圧回流水槽

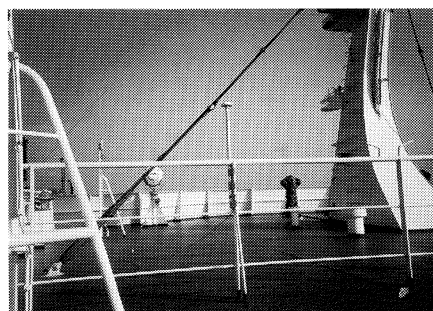
全長	16.18m
中心線間の高さ	3.0m
測定部の幅	1.4m
測定部の長さ	5.0m
測定部の水深	0.02m～0.84m
水槽内圧力	0.1～1気圧



ペーンプロペラのテスト

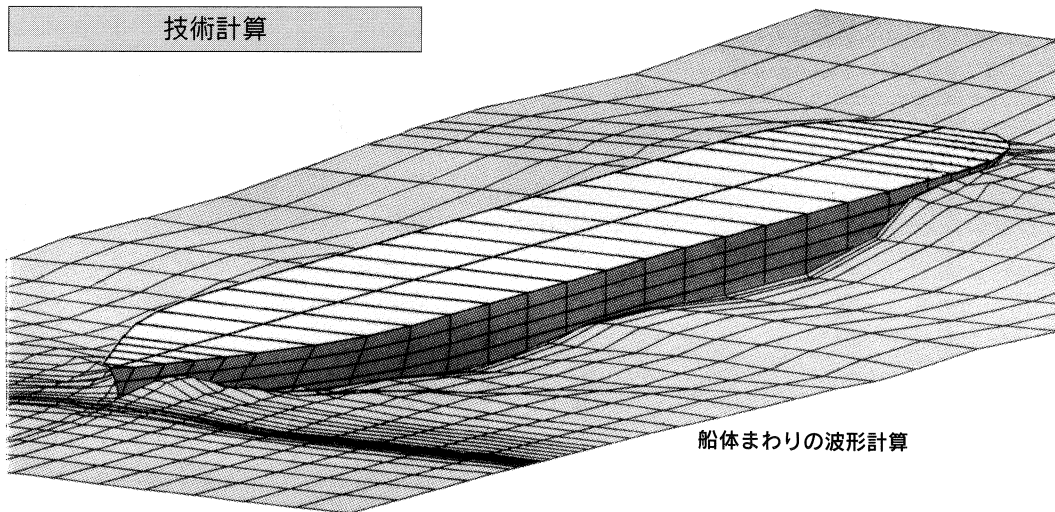


高速艇性能試験

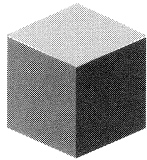


実船操縦運動計測装置

技術計算



船体まわりの波形計算



造船技術センターにおける試験の紹介

当センターにおける試験業務の殆どはお客様からの依頼試験ですので、守秘のために当センターのPRにはいろいろ気を使います。冒頭の理事長の挨拶に述べられているように、船の推進性能に関する試験業務が多いのは従来と同じですが、いろいろなお要望にフレキシブルに対応しております。本稿では、それらの中から、いくつかを紹介します。当センターの取組みについて、ご理解頂ければ幸いです。

1. 模型製作

SRC News 32号に紹介しました模型船製作法の改良が、(社)日本造船研究協会のご推薦を受け、去る7月関東運輸局長より表彰されました。図-1は本プロジェクトを推進したメンバーの記念写真です。若くはありませんが、どっこい頑張っているという面構えをしています。

次に特殊模型船として、波浪荷重計測のための分割模型を紹介します。船型は高速艇で、図-2に示すように船体を7個のパーツに分割し、夫々に荷重計測用のセンサーを取り付けて、鋼製型材のビームに装着されています。パーツ間の間隙は0.5mm以下という高い精度を試験中に保持し続けねばなりません。重量軽減

や精度の管理等いろいろな難関を乗り越えて完成させました。

図-3に示しますのは、船体が損傷した際の浸水の状況と船の状態等を調べるための模型船です。実船の内部を縮尺して甲板や区画を設け、流入する水の量や挙動を調べるような装置が付いています。又、軽量化やなるべく実船相似の構造ということで、薄いFRP材で製作しております。

2. 曳航水槽

曳航水槽では波浪中性能向上のニーズに応えた波浪中試験が行われる例が増え

ております。図-4は、その1例として水中翼付双胴艇に関する試験状況を示します。又、規則波ばかりでなく不規則波中試験にも対応出来るようなシステムの検討を行っておりますが、その状況を図-5に示します。

曳航水層に取り付けたPMM試験装置は船の操縦性を調べるために、通常の抵抗・自航試験に続いて実施され、この結果をもとに操縦運動シミュレーションがなされておりますが、小さな模型船を用いて、問題となるZig-Zag試験のみを簡便に行う自走試験で操縦性能を評価する方法も対応可能です。

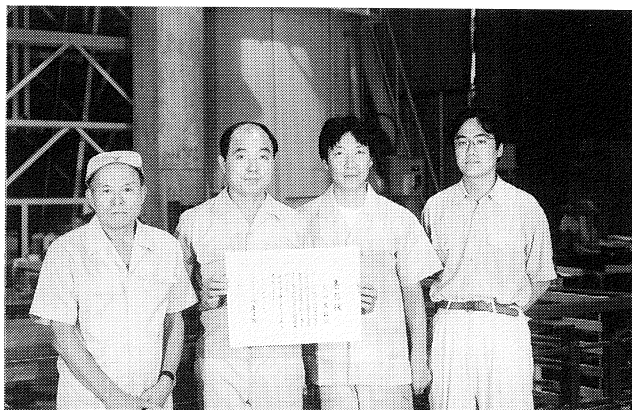


図-1 表彰状を手にする検討グループ

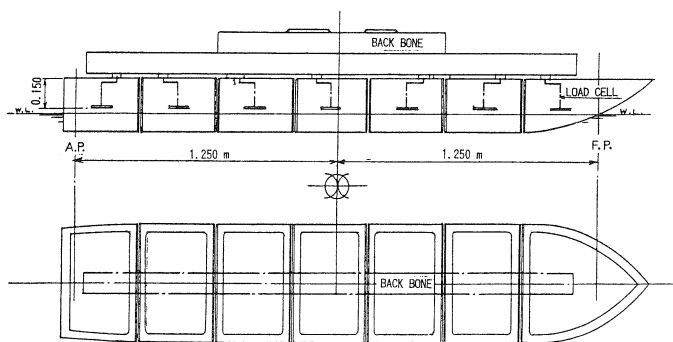


図-2 分割模型船

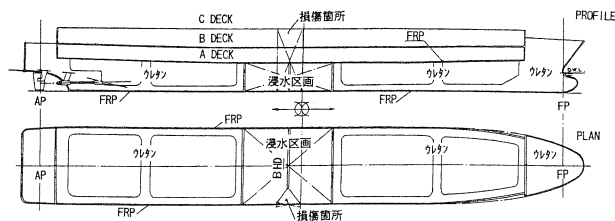


図-3 損傷試験用模型船製作要領



図-4 波浪中試験



図-5 不規則波発生状況

3. キャビテーション水槽

キャビテーション水槽では、PDプロペラの試験（図-6）、非常に厳しい流れの中で発生するプロペラのキャビテー

ションや圧力変動の調査が行われております。図-7にPHVの発生している状況を示します。

又、特殊試験として、2次元翼型のキャビテーション発生時の揚力、抗力計測

を行っております。その状況を図-8に示しますが、水中翼の高精度製作（機械加工）、装置の微妙な調整、流れの安定等、いろいろな課題がありました。

減圧回流水槽は自由表面をもつキャビテーション水槽という我国にも唯一の装置ですが、自由表面影響を考慮せねばならない水面貫通型のプロペラ（サーフェスピニングプロペラ）や小型艇のプロペラ特性試験を行っています。その状況を図-9に示します。

以上、当センターの活動の一端を紹介しましたが、今後共、いろいろなテーマに積極的に取り組んでいきますので、ご支援を宜しくお願い致します。

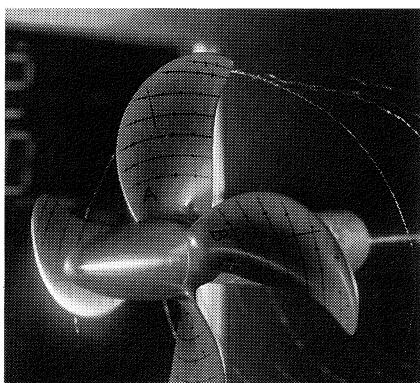


図-6 PDプロペラ空洞試験

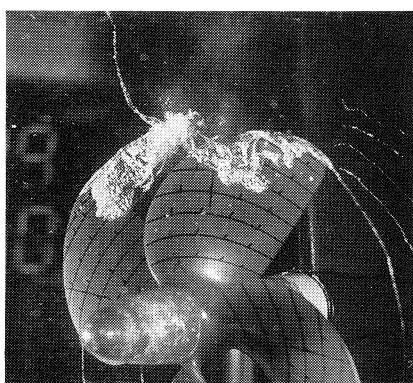


図-7 PHVの発生

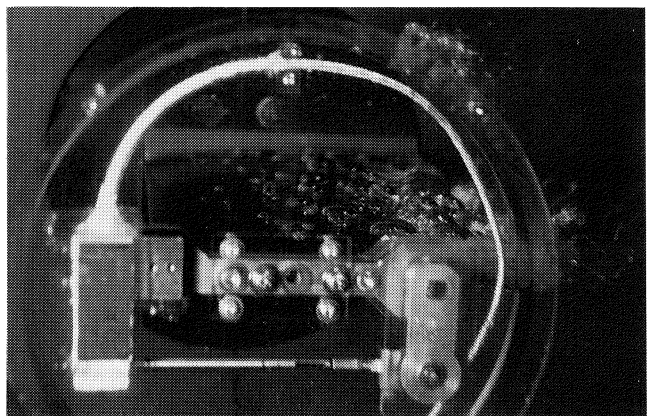


図-8 翼型のキャビテーション

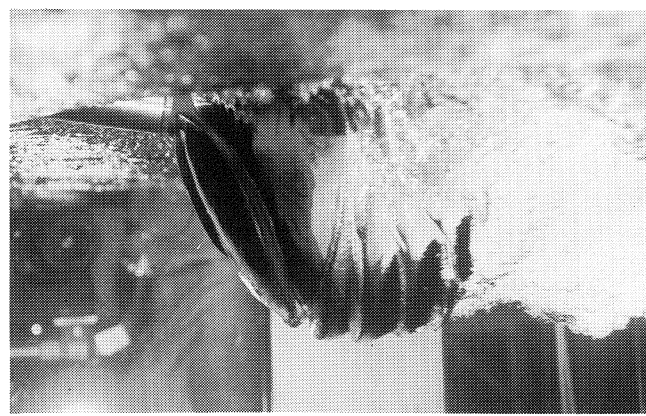


図-9 サーフェスピニングプロペラのテスト

技術論文より見た造船技術センターの過去、現在、未来

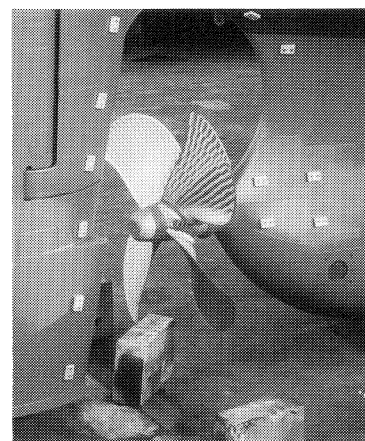
1. はじめに

当センターは昭和42年、目白の船舶技術研究所の設備を核として発足しました。当時の造船ブームの中で増加する船型試験の依頼に応えるとともに、広い造船の技術分野の振興への貢献を設立の目的としております。ここ目白の地に建設の槌音が鳴りひびいてから70年、造船技術センターとして発足してから30年の星霜をけみしたことになります。表-1にその間の消長を示します。設立以前の40年間の事跡については、既に良く知られておりますので説明は省略し、当センター設立以後の30年間の間に発行された「日本造船技術センター技報（S R C TECHNICAL NOTE）およびS R C Newsをもとに説明することにより、当センターの活動をご理解願うこととします。又、これをもとに将来への展望を述べることと致します。

2. 定期刊行物について

当センターの定期刊行物としては「日本造船技術センター技報（S R C TECHNICAL NOTE）とS R C Newsがあります。前者は昭和48年（1973年）の第1巻より昭和60年（1985年）の第13巻まで、設立以後の約1/2にあたる17年間の活動および成果を技術論文の体裁で報告しております。後者のS R C Newsは昭和63年（1988年）のNo.1に始まり、年間4巻の発行で、本号のNo.38までが発行されております。技術情報を主として、当センターの活動紹介に重点を置き、読み易くかつ理解し易い内容をめざしております。その他に、日本造船技術センター情報が、昭和45年8月より昭和61年10月

大正	10.12	通信省（管船局船用品検査所）が、学習院から目白
（1921年）		の敷地の一部を譲り受け、試験水槽の建設に着手
昭和	2.11	第1試験水槽竣工、船舶試験所と改称
	16.12	第2試験水槽竣工
	25.4	運輸省の所管になり、運輸技術研究所と改称
	38.4	船舶技術研究所と改称
	42.5	（財）日本造船技術センター設立
	47.9	船舶艤装品試験所完成（東村山）
	48.4	船舶艤装品試験所を（社）日本船舶品質管理協会へ移管
	49.4	海外造船技術協力本部設置
	49.7	キャピテーション水槽完成
	51.3	海外造船技術協力本部研修所完成（横浜）
	53.1	油濁防止水槽施設完成（筑波）
	53.6	減圧回流水槽完成
	55.6	海外造船技術協力本部を分離、
		新法人（財）海外造船技術協力センター設立
	55.7	海洋油濁防止研究所を（財）日本船舶振興財団
		（現、シブ・アンド・オーシャン財団）に移管
平成	3.5	P Dプロペラ設計システム完成
	5.3	第1水槽にP M M試験装置を装備



実船装備されたPDプロペラ

までNo.1からNo.52まで発行されており、主として業務内容を報告してまいりました。

3. 日本造船技術センター技報について

当センター設立以来の17年間は我国造船界にとり、誠に波乱に富んだ時代でありました。昭和40年代はタンカーやコンテナ船の大型化高速化に示される発展の時代であり、新船型開発の為の水槽試験が夜を日について実施されました。又、このようなニーズに対応するための設備の充実、試験法の構築を併行して実施しております。依頼試験の性格上、技報の中にそれらについての報告が殆ど無いことはいささか残念なところですが、報告は技術論文の体裁をとり、船型試験法や結果を専門的に記述する地味な内容となっています。以下主たるテーマについて述べます。

(1) 試験法に関するもの

曳航水槽の水の管理について1～13巻まで、自動給水装置の設置も含めて報告されていますが、これがまず試験の基本です。次に曳引車の速度制御、動力計や対水速度計という計測装置からコンピュータによる自動計測・解析システム構築に進んでいく状況が伺えます。なお、新たな問題となった肥大船の不安定現象についても独自の検討が行われております。

キャピテーション水槽に関連しては空気含有量計測法やプロペラ表面粗さとキャピテーションに関する試験法の調査があります。更に油の性質や試験法に関する報告もありますが、これは筑波に建設された流出油に関する設備関連で実施したものであり、最近のナホトカ号に代表される流出油対策等からも、重要な報告です。

試験法の中で模型船や模型プロペラの製作に関する業務は重要なテーマです。N C削成システムや精度管理に関する報告がのせられております。



以上のような検討を総合して、繰り返し試験精度 1 パーセント以下という要求精度を達成し、信頼性の高い試験を実施して来ております。

(2) 船型およびプロペラに関する試験

先に述べましたような大型化、高速化の進展は1973年の石油ショックで終わりを告げ、以後のほぼ10年間は省エネルギー船型の開発、内航カーフェリー等の新しい船への対応、振動騒音問題等、水槽の役割が多様化していった時代です。なお、この時期は長年の顧客であった大手造船各社の水槽設備が次々と稼働を始めており、技術的にも、又、経営的にも転換の時代でありました。

船型試験の紹介も、肥大船の推進性能向上につながる研究的な内容のものが主でありダクトプロペラの効果、造波抵抗と船首バルブ等がありますが、更に、船尾フィンによる流れの制御による推力、トルク変動低減に関する報告があります。又、プロペラについては翼応力とベアリングフォース、圧力変動やノイズ、プロペラ自身の撓みと特性等の関係に加えて、ダクトプロペラやオーバーラッププロペラに関する報告ものせられております。

(3) データベース

蓄積された船型試験データを統計的に解析して、推進性能推定手法を構築することが、当センター独自の研究として進められ、その成果が報告されております。

(4) 特殊船のデータ

箱型浮体の抵抗、船体中央部にウエルをもつ場合の抵抗、小型FRP漁船、トロール船等のデータが報告されており、特殊船の検討に有効に活用されています。その他に当センターの目玉商品である消防艇の基本設計にて実施した推進性能および耐航性能を総合した試験結果が報告されております。

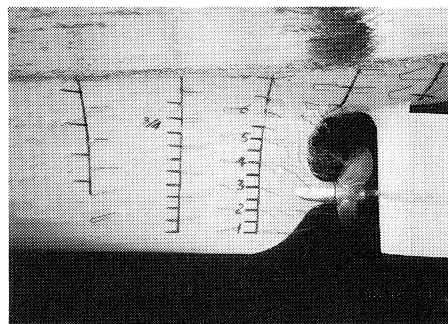


PDプロペラ第1号機装備の15万重量トン型バルクキャリア

4. SRC News

昭和63年（1988年）以後、現在までは当センターの活動状況はSRC Newsによって紹介されて来ております。造船界が急激な円高や韓国等近隣諸国との競合という厳しい試練に耐えつつ、コスト低減や新しい時代のニーズに応えようと努力を続けた時期であり、現在もその努力が続いていると言えます。当センターからみると、業務発注を頂く顧客ニーズは3.に述べた技報の時代と全く変わり、従ってその対応も、多様性とフレキシビリティを常に要求されるようになっておりますし、その傾向は今後益々強くなっていくと考えております。そのような時代にあつて当センターは設備のコンピュータ化や、品質や機能の向上した市販の機器を有効に利用して多様なニーズに対処すると共に、船型計画やプロペラ設計等のいわゆるソフトの分野を充実させて来ております。SRC Newsの目的は以上のような活動や成果を前半の時代よりも広い範囲の関係者にご理解頂くことにありますが、単なるPRに止まらず、技術的な内容を平易に述べることにしております。SRC Newsの記事の中で大きな部分を占めるのは小型高速艇で、その種類は遊漁船から比較的大型の水中翼付客艇と多様です。又、対象とする技術も推進性能、復原性、耐航性からプロペラキャビテーションと技術的にも広い範囲をカバーしています。なお、ソフトの分野ではプロペラ理論をベースとした総合的な設計システムであるPDプロペラ設計システム、ランキンソース法による造波抵抗計算、統計的手法をもとに推進性能を求めるSP82等を紹介しております。新しいニーズである操縦性能については曳航水槽曳引車に装備されたPMM試験装置を中

心に構築した操縦性試験・解析および操縦運動シミュレーションを総括するシステムの開発と実用化があります。従来からのニーズである船尾振動低減についてはPDシステムの開発やキャビテーション試験と共に船尾プロペラまわりの流れの評価や改良について、技術的な話題として紹介しております。すなわち、新しい時代にあつても、海上物流の基本である通常の肥大船やコンテナ船等について、総合的な評価を実験や計算等のいろいろな道具を使って多角的に行うようなシステムへと歩を進めて来ております。なお、設備の信頼性を保持することは重要で、ISO9000の動向も含めて当センターのoutputの質を保持するための地味な活動も続けていることを付記します。



船尾流場観察

5. 今後に向けて

船型試験水槽の主な役割は海上物流のインフラである船舶の性能と安全性を流体力学をベースとして支えることと考えます。その意味では通常の肥大船や貨物船を対象とする地味な取組みが今後も続くでしょう。冷戦の終了、アジア諸国の発展、気候温暖化対策の為にCO₂削減、国内のモーダルシフト等の動きは、個々の船の性能向上は勿論、新しいコンセプトを生み出すニーズにつながると考えられます。又、環境問題や資源問題に発する海洋調査や海洋空間利用も新しい検討課題を水槽に投げかけることでしょう。

当センターの設立に当りかけられた「水槽試験を柱に一造船技術の振興」を新しい時代に沿って多少読み変え「船型技術をベースに世界に貢献」をモットーにハイレベルの技術をもって、多様なニーズに応えるべく努める所存です。

乱流の発生について

SRC News 36および37において、乱流の構造について概略紹介しました。すなわち、流速や圧力を平均値と変動値の和として表わした時、粘性流体の運動を表わすナビエ・ストークスの方程式の中に現れるレイノルズ応力の項が乱流による成分を示し、この成分が消えると層流の方程式となることを紹介しました。又、レイノルズ応力の項の性質をもとに現象のスケールと乱流のエネルギーの関係すなわち巨大な渦から、より小さな渦へとエネルギーが受け渡され、遂には分子運動による熱となる迄の壮大な流体のエネルギーの転換という自然観について説明しました。

それでは乱流はどのようにして発生し、成長していくのでしょうか。本稿では流れの安定問題と称される研究分野について簡略に述べることに致します。

乱流は振動数の異なる無数の波動現象の集まりとみなし、フーリエ級数あるいは積分の形で表すことを前号で紹介しました。簡単な例として平行な壁に挟まれ2次元の流れ（2次元ポアズイユ流れ）を考えると流速の変動成分は、波動の振動数、現象のスケールを表すレイノルズ数、時間および場所の関数として表わされます。この関数が表わす振幅の部分がどのような条件によって増大し、あるいは減衰するかが、流れが乱流になるかあるいは層流のままでいるかに対応すると考えます。この方程式は

$\Psi(x, y, t) = \psi(y) \exp(\alpha x - \beta t) \exp(\beta_1 t)$ で表わせ、Tollmien-Schlichtingの波と称します。すなわち $Cr = \beta r / \alpha$ の波速で伝播する波長 $2\pi / \alpha$ の波動で、その振幅は $\psi(y) \exp(\beta_1 t)$ となります。従って $\beta_1 > 0$ ならば増幅し、 $\beta_1 < 0$ であれば減衰することになります。この検討には更に

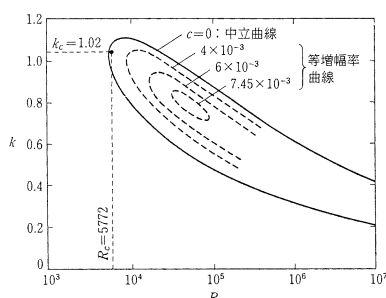


図-1 2次元ポアズイユ流れの安定特性

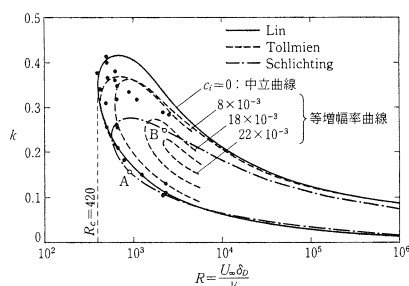


図-2 平板境界層の安定特性

Orr-Sommerfeldの方程式の固有値問題という難関が待っていますが、その部分は省略します。その結果を図-1に示します。この図において曲線に囲まれた $\beta_1 > 0$ の範囲では、 β_1 の値によって状況は異なるものの、流れは乱流となり、曲線の外側の $\beta_1 < 0$ では乱れは減衰して層流となります。同様の検討を平板境界層について行った結果を図-2に示します。境界層排除厚さ δ^* を長さとしたレイノルズ数 $R\delta$ で表すとき、 $R\delta < 420$ ではどのような外乱も減衰します。 $\delta^* = 1.73 \sqrt{\nu / U_\infty}$ という Blasius の層流境界層の解と組み合わせると $[U_\infty / \nu] = 5.9 \times 10^4$ 、すな

わち平板の先端からの距離 X を用いるレイノルズ数が 5.9×10^4 以下では乱流は発生しません。又、 $\alpha \delta^* = 0.42$ より不安定外乱波の最短波長は $\lambda = 18 \delta^*$ 、すなわち排除厚さの18倍となり、これ以上の波は乱流発生の原因となります。

以上のような数学的には美事としか言いようのない成果も、長い年月にわたって技術的な限界から実験的検証がなされずに居ましたが、1940年代、SchubauerとSkramstadによる安定した流れを得る風洞を用いた実験により検証されに至り、これを契機として乱流の研究はいろいろな分野で進められて来ております。図-2中の黒点は得られた実験点です。なお平板の前縁からの夫々の距離において発生する攪乱の状況を図-3に示します。模型船の先端付近に付けるピンは、船体表面の流れを人工的に乱して、出来るだけ早く流れを乱流状態にすることを意図しておりますが、基本はTollmienとSchlichtingに始まる乱流発生の研究成果を参考にしています。

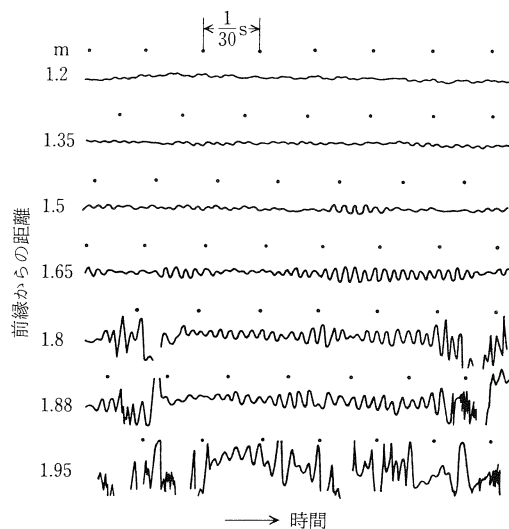


図-3 平板境界層内の正弦波攪乱 (Schubauer and Skramstad (1947))

以上のような数学による考究を実験によって証明するプロセスと共に、実験的に現象を把えて、逆に理論で追いかけるという自然科学における一般的な方法で乱流現象を究める行き方があります。層流から乱流への変化について実験的な研究成果の例を以下に示します。スタンフォード大学のKline等の研究グループは水槽中での壁面の乱流境界層の挙動を可視化法によって調べている時に、壁のごく近くから低速の流れが不規則に噴出し(Ejection)、更にその背後から高速の流れが吹き降ろし(Sweep)ている現象を発見しました。図-4に示すようにストリークと呼ばれる低速の流れの縞の発生とその後に続くスウィープと呼ばれる高速の流れの発生という一連の現象はバーストと呼ばれるようになりました。この現象のスケールは境界層厚さの1/10以下のごく小さな現象です。しかし、この小さな現象から生じる流速変化によってレイノルズ応力が得られることから、バースト現象が乱流の原因と考えられています。バースト現象が生じる時の速度変動と壁面に生じる応力の変動を実験的に求めた例を示します。熱線流速計に速度変動が負の側から正への急激な変化と、それに続く緩やかな減少がストリークの発生とスウィープへの変化を示しています。この現象は壁から離れるに従って大きくなります。又、この現象が壁面応力の変動と強く関係していることも判ります。バーストの構造については、速度変動成分の計測結果をもとに図-6のような断面構造モデルが提案されています。乱流現象は多様な自然現象の横綱です。次々と新しい知見が蓄積されていますが、今回は、それらのうちごく判り易い現象を紹介しました。

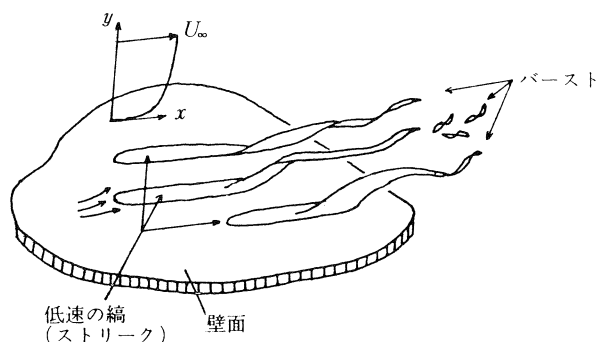


図-4 可視化によるバーストの挙動

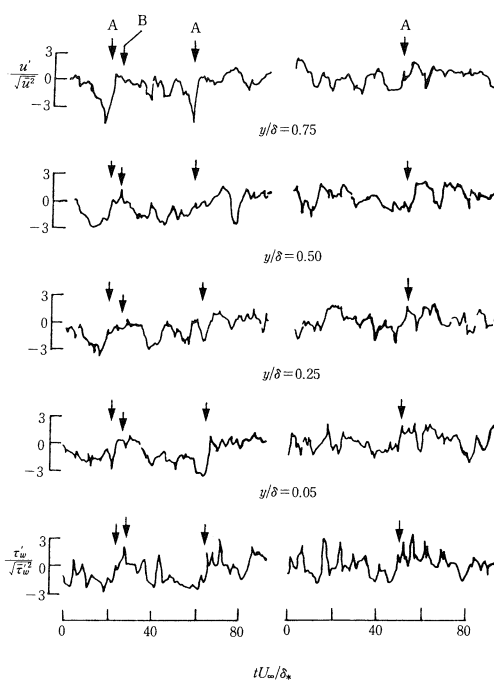
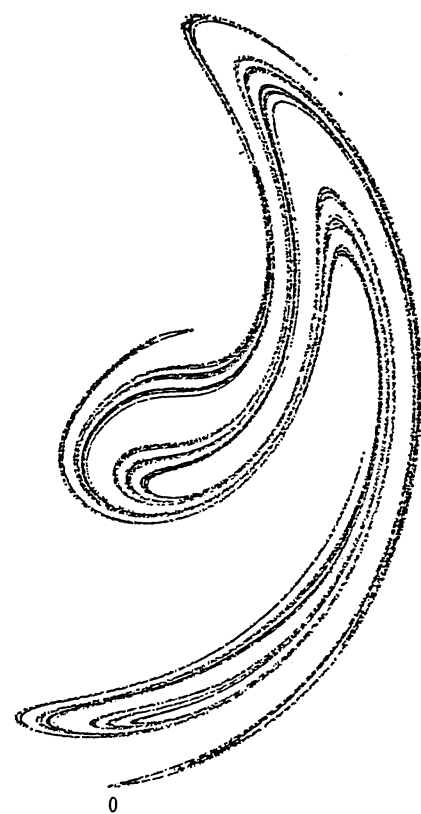


図-5 バースト発生時における速度と壁面応力の変動



カオスの風景スレンジアトラクター

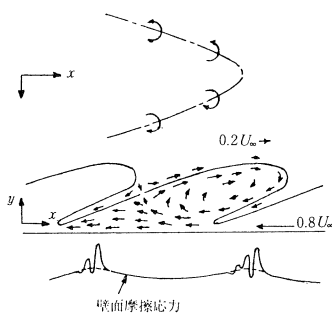


図-6 乱流境界層の構造モデル

翼面上圧力分布を考慮したプロペラ設計システム (PDプロペラ設計システム)の開発

MAU型プロペラは、我が国で舶用に広く使用されてきた優れたプロペラで、チャートを使用し電卓（昔は計算尺）程度の作業で設計できるようになっているが、近年の振動低減、効率向上に対する厳しい要求への対応が困難になっている。

PDプロペラ設計システムは、このような近年の厳しい状況に対応すべく当センターで数年前に開発されたプロペラの翼面上圧力分布を考慮してプロペラを設計するシステムである。

1. プロペラキャビテーションと翼面上圧力分布

プロペラは、船舶の主要な振動源の一つである。プロペラの起振力には、ベアリングフォースとサーフェスフォースがある。

ベアリングフォースはプロペラが船体後方の不均一な伴流中で作動するために生ずる荷重変動がプロペラ軸を介して船体を加振するものである。サーフェスフォースは、プロペラ翼が水中を移動する際に生じる圧力変動が、プロペラ付近の船体を加振するもので、プロペラ翼が不均一な伴流中を移動するときの荷重変動およびその際に生じるプロペラ翼面上のキャビティの大きさの変化が主要因である。なお、このキャビティの変化は、キャビテーションエロージョンの原因にもなっている。又、通常、ベアリングフォースに比べてサーフェスフォースの方が格段と大きい。

サーフェスフォースの低減にはプロペラ翼面上に発生するキャビティを小さく、かつ変化を穏やかにすることであり、その方法としては、次の三つがあげられる。

- 1) 船体を作る伴流の均一化
- 2) 翼の断面形状（翼型）やピッチ分布等の改良
- 3) ハイスキューの採用

なお、1)、3)は、ベアリングフォースの軽減にも効果がある。

最近では、プロペラのスキューを大きくした highly skewed propeller の採用が多くなっており、20°程度のスキューでは、

highly skewed propeller と呼ばれなくなってきた。一方スキューを大きくするとプロペラ翼強度上の問題も大きくなり、プロペラ起振力の軽減対策としてスキューだけに頼るわけにはいかない。プロペラ設計という点から見たサーフェスフォース軽減対策としては、2)の翼型等の改良が本筋である。

プロペラ翼面上のキャビテーションは、翼前縁付近で流速が大きくなり、圧力が低下するために発生する一種の水の沸騰現象である。したがって、キャビティの形や大きさを決める重要な要因は翼面上の圧力分布である。翼面上の圧力分布は、キャビテーション性能のみならず、プロペラは効率にも影響する。

2. PDプロペラ設計システムの特徴

PDプロペラ設計システムは、以下に示す四つの主な特徴がある。

(1) プロペラに流入する流れの不均一度を考慮した設計

舶用プロペラは、船体を作る不均一な伴流の中で回転するので、各翼素に入ってくる流れの大きさや向きが1回転中に変化する。変化の度合いは、船型によって異なる。プロペラに入ってくる流れが異なると、それに適したプロペラ形状（翼型等）も異なる。

伴流分布に適合したプロペラは、従来から wake adapted propeller と呼ばれて、幾つかの設計法が実用化されているが、PDプロペラ設計システムにおいても、伴流分布のプロペラ半径方向、回転方向の不均一性を考慮して設計している。原型となるあるプロペラ形状があり、伴流分布の違いによってその形状を修正する、という方法ではなく、プロペラ設計の根幹の部分で伴流分布を設計条件としている。また、従来の wake adapted propeller は、伴流分布によってピッチの半径方向分布を変えるのが普通であるが、PDプロペラ設計システムにおいては、翼型も変えて伴流分布に適合させている。

(2) プロペラ直径やピッチを決める過程と翼面積を決める過程を一体化した設計

従来の方法、例えばMAU型プロペラ

を設計しようとする場合、MAU型プロペラ用の設計チャートを使用して直径やピッチを決める。他方、翼面積は、キャビテーション性能に関する別途チャートを使用して決める。このチャートは、MAU型プロペラ専用のチャートとという訳でもなく、伴流分布の違いも考慮されていない。

PDプロペラ設計システムでは、これら二つの過程を不可分のものとして一体化している。

(3) 翼型を固定せず設計条件によって変える設計

MAU型プロペラ等の従来のプロペラ設計法においては、翼型（翼の断面形状）は予め決まっている。すなわちプロペラ設計とは、基本的に、プロペラ直径、ピッチ、翼面積および翼厚を決めることである。翼型については、予め決められた翼型を縦横に伸縮するだけである。タンカー用プロペラにもコンテナ船用プロペラにも、基本的には同じ翼型が使用される。

一つの翼型で各種船舶の最近の厳しい設計条件を満足させることは難しい。PDプロペラ設計システムにおいては、翼型を固定せず、伴流分布等の設計条件によって変えている。

(4) 翼面上圧力分布によって翼型を決める設計

プロペラの翼面上圧力分布は、サーフェスフォースやキャビテーションエロージョンのキャビテーション性能のみならず、プロペラ効率にも影響する重要なファクターである。

PDプロペラ設計システムでは、基本的な設計条件として翼面上圧力分布を指定する。すなわち、「初めに翼面上圧力分布ありき」で、翼型は計算結果としてきまる。

PDプロペラ設計システムは、以上の特徴を有する新しいプロペラ設計システムであり、各種の設計条件を考慮できる柔軟な設計法となっている。また、設計条件として入力する翼面上圧力分布、伴流の不均一度等については、当センターの長年の研究成果等に基づく標準値が内蔵されており、この標準値を使用した簡便な設計も可能である。

3. 設計例

P D プロペラ設計システムを使用したコンテナ船用プロペラの設計例を二つ示す。一つは、プロペラに流入する流れの不均一度を3種変えた場合の最適直径を採用した設計例で、図-1に設計結果を示す。プロペラに流入する流れの不均一度以外の設計条件は共通である。なお図-1の翼型は、実際の翼型に対し縦横比を5倍にして描いてある。

図-1を見ると、不均一度によって、直径、ピッチ比は余り変わらないが、翼面積は6~7%変化していることが分かる。

また、他の設計条件が同じでも、伴流分布の不均一度が異なると、それに適合して翼型が異なることがわかる。すなわち伴流の不均一度が大きくなるに伴い、背面の最大位置が後縁側に移動している。また、前縁付近の肉厚が薄くなっている。

図-2は、直径を制限してプロペラ設計した場合の例である。

本図の点線は、図-1の点線と同じプロペラである。実線のプロペラは、他の設計条件を変えずに設計プロペラ回転数を90rpmから80rpmに下げ、かつ、プロペラ直径を90rpmの場合の最適直径と同じ7.9mに制限したプロペラである。

このように直径を制限すると、その分だけ、ピッチ比が大きくなり、スリップ比が大きくなる。プロペラをスリップ比が大きい作動点で使用すると、翼型に流入する流れの迎角が大きくなるため、正面キャビテーションに対する余裕は増加するが、背面のキャビティが大きくなり、高振動の原因となる。

伴流不均一度	小さい	普通	大きい
プロペラ直径	7.90m	7.90m	7.90m
ピッチ比 (0.7R)	1.004	1.006	1.007
展開面積比	0.672	0.715	0.764
設計点のスリップ比	0.232	0.234	0.234

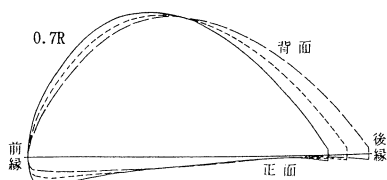


図-1 伴流の不均一度が異なる場合の設計例
コンテナ船 34,000ps×90rpm

設計プロペラ回転数 プロペラ直径	90rpm 7.90m (制限)	80rpm 7.90m (最適)
ピッチ比 (0.7R)	1.006	1.158
展開面積比	0.715	0.679
設計点のスリップ比	0.234	0.252

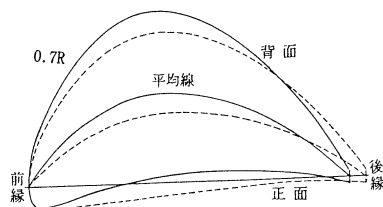


図-2 直径制限された場合の設計例

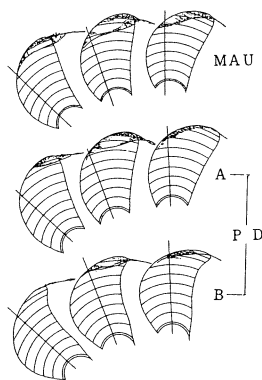


図-3 背面のキャビテーションパターン

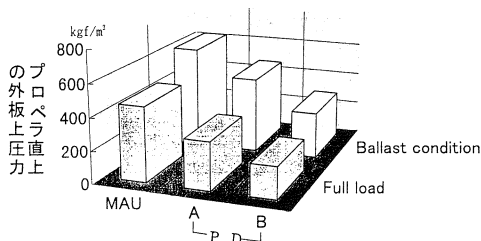


図-4 サーフェスフォース

図-2を見ると、直径制限されたプロペラの迎角の増加に対して翼型の平均線（キャンバー）の増加でキャビティの増加をおさえていることが分かる。

4. 模型試験による性能比較

従来型プロペラであるMAUプロペラとP D プロペラシステムで設計したプロペラの、模型試験による性能比較を図-3および4に示す。

図中のプロペラA、BはP D プロペラ設計システムで設計したプロペラである

プロペラAは、翼面上圧力分布としてP D プロペラ設計システムに内蔵されている標準値を用いて設計したプロペラで、プロペラ効率もキャビテーション性能も程々の性能が得られるプロペラである。

プロペラBは、効率向上よりもプロペラ起振力低減を狙って設計したプロペラである。

図-3は、プロペラ翼面上（背面）のキャビティのスケッチであるが、MAUプロペラに比べてプロペラA、Bのキャビティが小さくなっていることが分かる。

図-4は、サーフェスフォース（サーフェスフォースを直接計測することは困難なので、プロペラ直上の外板上の圧力を計測した）の比較であるが、MAUプロペラに比べて、プロペラAで2/3~3/4に、プロペラBで半分以下に減少している。

なお、プロペラA、Bのプロペラ効率は、MAUプロペラのそれに比べて、各々1.6%、0.7%の増加であった。

このように、翼面上圧力分布を考慮したプロペラ設計法により、プロペラ効率、キャビテーション性能が共に優れたプロペラを設計できるだけでなく、柔軟な設計システムとなっているので、効率重視の設計、キャビテーション性能重視の設計を選択することも可能となる。

P D プロペラ設計システムは現在、ナカシマプロペラ株式会社殿、かもめプロペラ株式会社殿、および川崎重工業株式会社殿で導入していただいている。また、本システムを使用して当センターで設計したプロペラも、計画中のものを含めて、30個を超えている。

本システムの開発と実用化の功績により、情報化月間（1993年10月1~31日）の政府式典にて運輸大臣表彰を又（社）日本造船研究協会のご推薦を受け、平成9年7月の海の日において、海事関係事業発表への貢献により、関東運輸局長表彰を受けました。

P D プロペラ設計システムの開発には、準備段階を含めて9年を要したが、本格的な開発の段階では、（財）日本船舶振興会（日本財団）の補助事業により、研究委員会（委員長；東京大学加藤洋治教授）の指導のもとに開発された。あらためて、ここに謝意を称します。



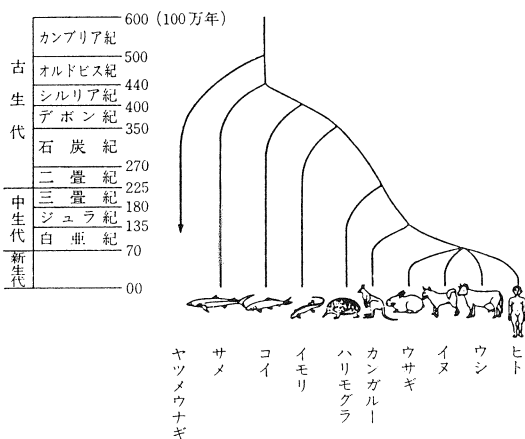
遺伝アルゴリズムの船型最適化への応用について—概念

1. はじめに

火星にかつて生物が居たのではないが、遠い火星から送られて来る映像をかたずを呑んで見られた方々が多いと思います。さて、地球上の生命は約30億年前の太古の海の中に生まれ、偶然の繰返しによって、まわりの環境への適合（最適化）を気の遠くなるような世代にわたって蓄積し、遂に現在の人類（自らを考える輩と称する）、迄にたどりつきました。

これは、地球上に居る生物の細胞の中の遺伝子構造がごく簡単な生物から複雑な動物迄共通であることから認められていることです。しかしながら、どのようにして生物は進化するのは、ダーウィン以来の大きなテーマだそうです。

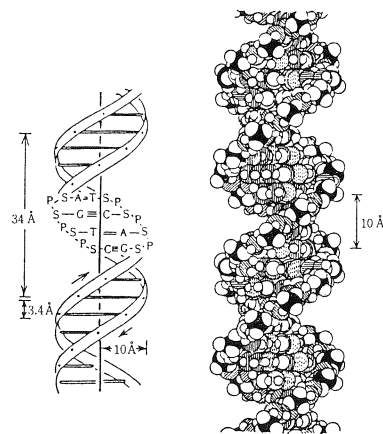
長い年月をかけ、世代を積重ねることによって生じる進化の道程をコンピュータによってシミュレートすることによって理解しようという研究が進められておりますが、このアルゴリズムをいろいろな最適化問題に応用する試みが行われています。本稿では、この手法、Genetic Algorithmを船型の最適化に応用した例を紹介いたします。



図一 生物進化の系統樹（木村資生，1982より）

2. 遺伝アルゴリズムについて

「子が親に似るとはどういうことか。」読者の皆さんはメンデルの法則をご存です



図二 ワトソン・クリックのDNAの二重らせん構造のモデル。左側の図で回っているリボンは糖—リン酸の骨格を示し、横棒は塩基間の水素結合、縦棒は二重らせんの縦軸を示す。右側の図は分子模型（Wilkins 1956, Feughelmanら1955より）

ね。優性因子 A A と劣性因子 a a をもつ両親から、A A, A a, a A, a a の組合わせをもつ子供が生まれ、外観的には A 因子の形質をもつ子と a 因子の形質をもつ子が 3 : 1 の比で生じます。近年の生物学の発展は個々の細胞の中の更にその核の中にある二重らせん形態になってつながる分子の長い鎖（染色体）の上に

印された信号（遺伝子）が、いろいろと組合わさって、生物独自の形質を顕わすことになることも明らかにしました。すなわち、両親の染色体が組合わさり、子供の染色体が出来上がってきます。組み合わせ方は、交叉、逆位、乗換え等とよばれるいろいろな形態があり、更にこれに突然変異が加わって、次の世代の染色体が出来上がりますが、周囲の環境へ適応しやすい形質が生き残り、次の世代を再生産するというものです。この過程を繰り返すことにより、環境に適合した優れた形質（遺伝子の組み合わせ）をもつ生物が生まれて来る。これが進化と理解される現象です。

これをコンピュータでシミュレートすることが遺伝アルゴリズムといわれる最

適化手法です。

まず、遺伝子は生物の場合 A とか a で表わしますが、これを 0 と 1 とし、遺伝子型 A A, A a 等は 0 0 0, 0 0 1, 0 1 0 等で表します。これが遺伝子コードです。遺伝子が集って特定の形質、例えば背の高低等が表れますが、コンピュータでは、0 0 0, 0 0 1 等で表される G 型の遺伝子コードを変換して、P 型の表現とします。次に、どの形質が生残り易いかに対応するために、目的関数を定めて評価することとします。以上をもとに、突然変異、逆位、交叉等を発現頻度を与えて、世代の再生産を繰り返して、適合度の大きいものを生残るような操作をして、優秀な子孫、あるいは解を求めて行きます。

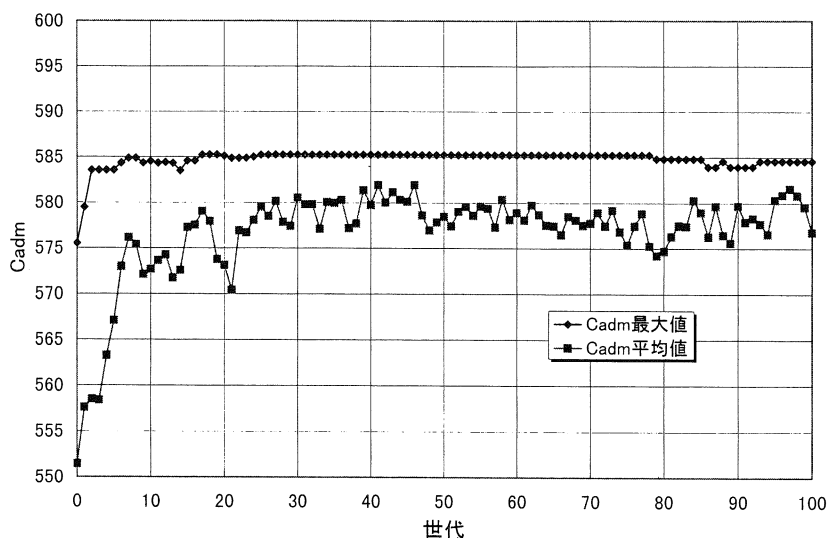
3. 船型設計への応用について

上述のように GA を実際の問題に応用する場合、ある固体を特徴づける数値（遺伝子）の列（染色体）と、その固体を評価するための関数（目的関数）を予め決めておく必要があります。船型設計の場合、遺伝子としては 1) 主要目、2) Cp, Cw カーブ、3) 船体オフセット等が考えられ、また、目的関数としては、抵抗、自航性能、耐航性能、操縦性能等が考えられますが、もちろん外観の美しさ、居住性などを目的関数として設定することも可能でしょう。

ここでは、最も基礎的な例として主要目の選定に G A を応用した例を紹介いたします。

対象とした船型は L/B=6.0, CB=0.80 の B/C で、この船型について最適な B/d, 1cb, Cw を選定することを考えます。評価はアドミラルティ係数 (Cadm) で行うこととします。従って主要目より Cadm を推定するなんらかの手法が目的関数となりますが、これには当センターで開発した SP82（船舶の標準推進性能計算システム）を利用しました。

第 0 世代として、当センターの船型データベースより選んだ 40 隻を与え、この集団に交叉、突然変異等の遺伝子操作を



図－3 遺伝アルゴリズムによる主要目の選定例

加え100世代までの計算を行った例を図－3に示します。横軸が世代を、縦軸がCadmを示しています。Cadmは16世代目でほぼ収束し、第0世代中のCadmの最大値より約2%向上しています。また、各世代での平均のCadmも確実に上昇し、世代を重ねるごとに集団全体としても進化していく様子がわかります。平均のCadmは最終的には6%の向上を示しました。

図－4はGAオペレータを種々変更して収束の様子を比較した例で、図－3と同様に各世代の平均値と最大値をプロットして示しています。Case 04はCase 01にエリート戦略を加味したものです。到達する最適要目には差はみとめられませんが、収束の状態にはGAオペレータによりかなり明確な違いが認められます。交叉の手法を変えることにより、最適解が得られる世代は5割程度早くなり、また、確実に良い解を得るために、一つの世代中で一定の割合の良い固体を遺伝子操作を加えず次世代に残す、いわゆるエリート戦略を採用すると、遺伝子の多様化が防げられるためか、収束が緩慢になり、最適解もやや小さくなりました。

ここで示す結果は、集団中の固体数が限られていること、交叉・突然変異等に関わるパラメータスタディが十分ではないこと等のためGAオペレータに関する

一般的な傾向を表わしているとは限りませんが、主要目の選択にGAを適用することで確実に良い主要目がえられており、GAを船型設計に適用することの有用性がしめされたと考えます。なお、この計算はノートPC（Pentium75Mhz、16MBメモリー）で行われ、100世代の計算に約2分を要しました。

4. 今後の課題

以上のように主要目を遺伝子とした比較的単純なケースについての試みを紹介しましたが、更にCp, Cwカーブやオフセットを遺伝子とする場合には、数十から

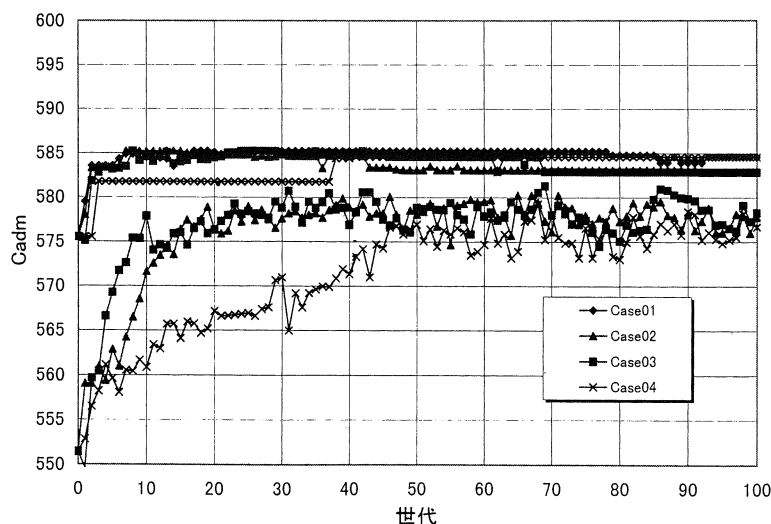
数百個の遺伝子を扱うことになり、また目的関数としてCFDを採用するとすれば与えた固体数だけのCFD計算を繰り返す必要があるため、固体の評価だけでも膨大な計算が必要になり、実用上不可能です。

従って、今後は

- ①より効率の良い目的関数の開発
- ②船型設計に適したGAオペレータとその組み合わせの検討
- ③より効率の良いGAアルゴリズムの開発といった基本的な検討が必要と考えます。GAの特徴は経験のない人間では全く手もつけられないようなデータの山から、最適解を構築できることにあります。

この点は、同様に生物から学んだ推論法であるニューラルネットワークに似ており、両者とも生物が長い進化の過程で体内に蓄積した経験をアルゴリズム化したものです。造船学は経験工学という観点に立てば、こうした生物学的な考え方は、数学、物理学の定理から理詰めで構築される設計ツールを補完し、より実用的なものにブラッシュアップするため有効な手法となり得るのではないのでしょうか。

勉強を始めたばかりで、このようなことを述べるのは恐縮するところですが、新しいテーマとして検討を進めてみようと考えております。



図－4 GAオペレーターによる収束状況の相違

気候におよぼす海洋の役割について

1. はじめに

前号SRC News 37において、海流によって、ヨーロッパのような北国の気候が温暖になっていることや、地球上の熱の南北方向への輸送にふれ、大西洋では低温の南極地方から高温の赤道の方向へ熱が運ばれるという妙な事になっていることを紹介しました。本稿では海洋の熱輸送について更に話を進めます。

2. 海洋が担う熱の南北輸送

そこで登場するのが、深層の循環です。世界で海の深層・底層の水が作られている場所は非常に限られていて、北大西洋の北部の北極海の部分と、南極周辺ウエッテル海に限られています。深層の水の循環の模式図を図-1に示しますが、大ざっぱに言いますと北極海から北大西洋の深層へと沈み込んだ冷たい深層の水は全体として南に向かい、赤道を越えて南極環海に達します。そこでウエッテル海から沈み込んだ深層水を加え、南極環海を巡りながら大西洋・インド洋に深層水を送り込みます。深層水が湧昇する特別な場所はなく、全世界の海洋でほぼ一様に、徐々に表層へと戻っていきと考えられます。さて、この深層循環では冷たい深層水は北大西洋では高緯度から低緯度へ、南大西洋では低緯度から高緯度へ向かっています。これを補うために、それに見合うだけの暖かい表層の水が逆方向に流れなければなりません。その方向は南北大西洋共に北向きですから、両大西洋共に熱を北に運びます。北大西洋では表層海流も深層循環も熱を北へ運びますが、南大西洋では互いに逆です。深層循環の運ぶ熱量のほうが、表層海流によるものよりも大きいので全体としては北へ、すなわち寒い南極域から暑い赤道域へ熱が運ばれるという結果になるのです。

深層循環が運ぶ熱量が大きいのですが、深層水の流れる幅（ほぼ大洋に跨る）や厚さ（数百mの表層を除いて数千mの

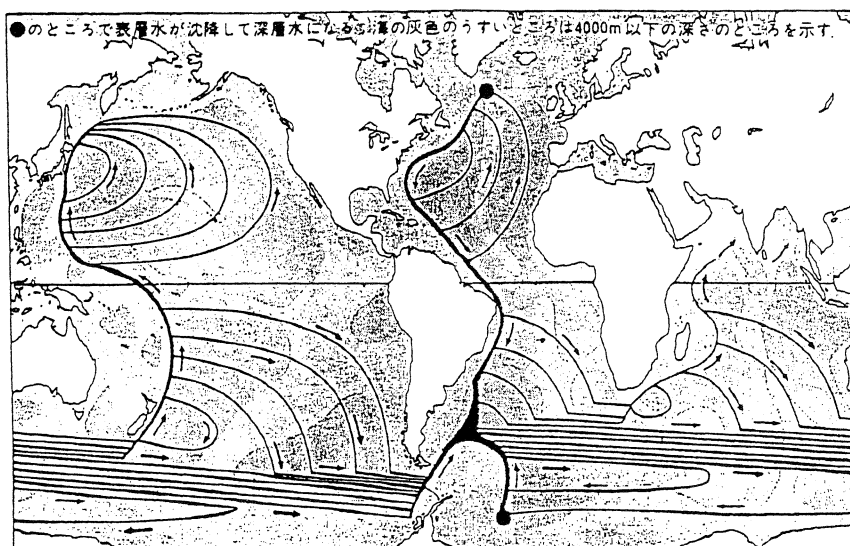


図-1 深層水の循環

海底まで）が大きいため、流速値そのものは小さくて高々1cm/sで直接に流速計で測るのが難しい程度でしかありません。（これに対し黒潮の流軸での流速は100cm/sから200cm/sに達します。）しかも、中期模倣と言われる海洋中の大きな渦は海底近くまで及んでいて、それによって変動するノイズ成分は数十cm/sにも達し、その水平のスケールは100km程度で、変動の周期は1年と非常に長いのです。時間があればこのことにも詳しく触れますが、このことは、流れの直接測定を難しくしているだけでなく、この渦まで表現しようとすると、世界の海洋の数値シミュレーションをするに要する時間は、全球大気のそれより1万倍くらい多く必要として、現在利用できる最大の計算機を専用に使っても実際上不可能なのです。さらに、過去の海洋の観測は黒潮や沿岸湧昇域や赤道域といった面白い海洋現象のある場所に集中しており、広大な海洋の中心部や中・深層のデータはほんの少ししかなかったのです。WOC Eの計画策定にあたって、「気候変動の解明を目指すための海洋研究など現状では不可能だ」という反対意見が強かったのは、このような背景があったのです。しかし、気候問題の研究は人類の将来の

ために緊急です。WOC E計画では、直接「気候変動の予測をする」ということは一切言っていません。超大型の計算機が利用できるようになる、来世紀初頭までに気候変動予測に使える海洋モデルを開発し、あわせてそれを使った数値実験を走らせその結果を検討するための海洋データ・セットを揃えるのを目的としています。私を含め計画策定にあたった科学者が、ある会議で「WOC E計画の成果が上がって、面白い結果を出すころには、ここにいる全員はみんな引退している」と大笑いしました。自分の研究には全然役に立たない（間に合わない）研究計画の策定にやっきになるというのは、科学史上でも初めてに近いと思います。気候問題とはそういうものです。

3. 海洋の世界気候システムに果たす役割

やや話が専門的になり過ぎたかも知れませんが、総合的な話に戻しましょう。海洋が果たす主要な役割としては次の3つが上げられます。

- (1) 海はその巨大な熱容量により、気温の変化を和らげる。
- (2) 海は地球上の熱の南北輸送で、大気に匹敵する働きをしている。

(3) 海水は二酸化炭素を始めとする温室効果ガスをよく吸収する性質を持つ。

(2)については前章で説明してきましたが、(1)については皆様も良くご存じだと思います。海水の熱容量が大気全体の約1,200倍もあることだけを言っておきましょう。(3)についてですが、化石燃料の燃焼や熱帯雨林の減少から年間7.0ギガトンの割合で二酸化炭素が大気中に放出されていますが(表-1)、この内海洋が約2.0ギガトン吸収し、大気中に蓄積され大気中の濃度を年々増加させている量が3.3ギガトン、残りの1.7ギガトンがどこへ行っているのかよく分かりませんが、森林等に吸収されていると考えられます。(しかし、この表の値は正確かどうか検討を要します。海洋の吸収量にしても、これよりずっと少なく殆ど吸収していないと言う研究者もいますが、私はこの値より大きいのではないかと考えています。それは海洋の吸収と言っても、液体を暖めると溶けている気体が一般に放出されます。そのため、赤道域では常に、中高緯度でも夏には海洋は二酸化炭素を放出しています。冬の寒帯・亜寒帯の海洋が主として二酸化炭素を吸収しているのですが、この海域の冬に利用できる観測資料が殆ど無いのが実状です。)このギガトンという単位は、 10^9 トンのことです。二酸化炭素は深海の高圧下ではシャーベット状で漂っていることがあるそうで、二酸化炭素を海洋中に投棄しこのようなシャーベット状にして溜めて

表-1 二酸化炭素の年間放出吸収量

(単位: Gt)

〈放出〉	
化石燃料燃焼	5.5
熱帯林破壊	1.5 (1~2)
計	7.0
〈吸収および残留〉	
大気中に残留	3.3
海洋中へ溶け込み	2.0 (1.0~2.5)
陸上生態系の吸収	1.7?
計	7.0

おこうという計画があります。その場合比重がほぼ1になるわけですが、それでも1ギガトンは容積に直すと1km立方になります。とにかく大変な量です。

しかし、もしも表層の海水が、深層・中層に沈降していくことがなければ、海洋のこの3つの働きは極端に弱くなります。すなわち、

(1) 気候変動にともなう海水温の変化はごく表層に限

られ、実質的な海洋の熱容量は非常に小さくなってしまふ。

(2) 前章で述べたように深層循環は熱の南北輸送に大きな役割をしている。もし深層水の生成がなければ、海洋の運ぶ熱量は半減してしまふ。

(3) 表層の水の沈み込みがなければ、表層の水は二酸化炭素等の温室効果ガスに対してすぐに飽和の状態になり、海洋の吸収効率は激減してしまうのです。(表層の二酸化炭素を減少させる機構として、炭酸同化作用による植物プランクトンによる二酸化炭素の消費があります。しかし、植物プランクトンは小さく軽いのでそのままでは殆ど沈降せず、死滅後分解して二酸化炭素に戻ります。ただ、動物プランクトンや魚がそれを食べて出すふんが、十分に大きく沈降していきます。この二酸化炭素の深層への輸送を生物ポンプと呼んでいます。これは、表層水の沈降と直接は関係しませんが、深層水の沈降が無くなると、深層循環の一環として起こっている深層水の表層への湧昇が止まり、栄養に富んだ水が深層から表層に戻されなくなり、生物活性も低下してしまうでしょう。)

表層の水の沈み込みが、地球温暖化をどのように緩和するかを、1つの数値シミュレーションの結果から見てみましょう。現在大気中の二酸化炭素の割合が今後も続くとして、地表の気温がどう変化していくかを緯度別に計算して示した

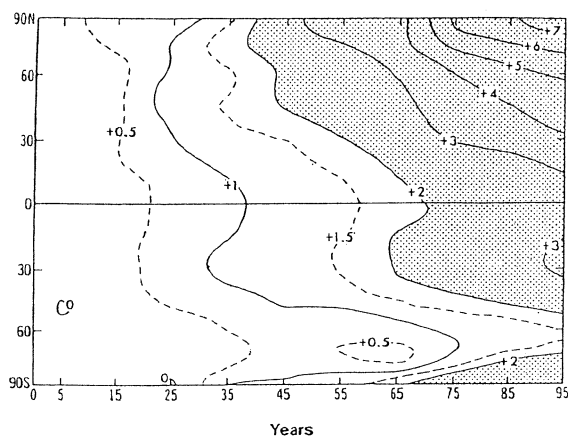


図-2 各緯度での平均気温の変化

ものが図-2です。北半球の中緯度では65年後には約3℃の気温上昇が予想されていますが、南半球の亜寒帯域の気温上昇は0.5℃程度であるとされています。図-3にこのモデルで予測された65年後の海水温の鉛直分布を示しますが、南極海の部分で等温層が深く深層にまで延びており、このモデルでも深層水の生成と沈殿が起こっているのが分かります。すなわち、気温の上昇の効果が海面近くでのみに留まらず、深層にまで及ぶために、海面近くでの温度上昇が非常に弱められているのです。気候変動の予測には、大気だけではなく海洋を含めなければならぬことが良く分かると思います。いや、数力月から数千年先の気候を決定する主役は大気ではなく海洋なのです。

(次号に続く)

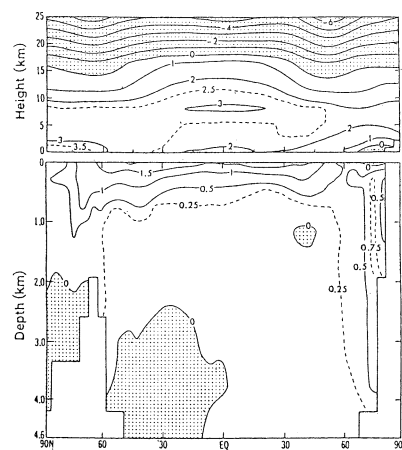
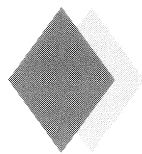


図-3 65年後の水温上昇分布予測



河川を利用する輸送について

1. はじめに

関東平野の奥は東北地方と境界をなす山並が迫り、これら山地に発する清冽な流れが蛇行し、雑木林と低い丘陵が南に向って続く典型的な風景が展開します。これらの河川のうち那珂川に沿った、かつての奥州街道に沿ってひなびた町並が一筋続いています。この古い町は鉄道や道路の幹線からはずれ、取残され、忘れ去られたものの安らぎと憩いと静けさのみがあります。かつてこの町が奥州街道の宿場として、又、町に沿って流れる那珂川の舟運のターミナルとして栄え、松尾芭蕉により後世に紹介された時代がありました。明治以後の鉄道や道路のルートからはずされて、詩情のみの町となっていました。このように、かつては河川舟運により栄え、今はひなびた町という風景は全国津々浦々に見られます。このように河川を利用する物流はかつて経済の大動脈の1つでしたが、近代化と共に廃れてしまいました。しかしながら、世界的に見ると河川利用舟運が物流の柱である国々は多いのです。お隣の中国やロシアは勿論の事、北米のアメリカやカナダも主要な産業地域はミシシッピやサンローランという大河沿いにありますし、ヨーロッパのライン河やドナウ河は有名です。アマゾン河、ラブラタ河等の南米の河川は幹線道路そのものです。これらの河川沿いのターミナルへは河口から、大きなコンテナ船やバルクキャリアが入って行きますから、貿易立国である我国としても決して河川航行に無縁ではありません。なお、欧米の船型試験水槽には必ずと言って良い位に、ドイツには河川用の船に関する専門の研究所があります。河川舟運は国内的には物流の主役とはなりませんが、最近では観光、近距離交通あるいはモーダルシフトの観点から見直されているようです。以下、我国の舟運の歴史を関東平野の場合について又、最近の舟運の例として水

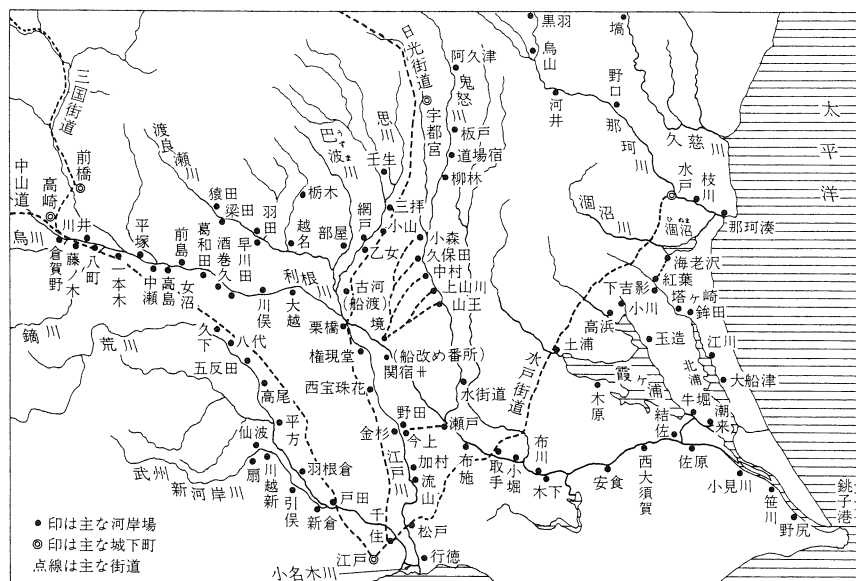


図-1 関東河川交通図

上バスについて紹介します。なお、舟運の流体力学として、浅水域や狭水路航行に伴う船体まわりの流れの現象について簡単に付記します。

2. 関東平野の河川利用輸送について

関東平野は平野部の少ない我国において数少ない広い平野であり、冒頭に述べたようにそれを囲む山岳地域に発する水量豊富な河川に恵まれ、さらにその南端に大消費地である江戸（現在の東京）がある事が、舟運の発展を促しました。図-1に関東平野の舟運ルートを示します。北から、那珂川、鬼怒川、渡瀬川、利根川、荒川およびそれにつらなる河川ルートがあります。これに東北地方と結ぶ沿岸航路が那珂川および利根川河口の那珂湊や銚子湊に結びついており、更に、東北内陸の会津地方が那珂川上流の黒羽と結びつく等、江戸を要とした一大物流ネットワークが出来上っていたことが判ります。ここに就航していた船の概略図を図-2に示します。利根川下流に就航していた最大級のものは $L=26.96\text{m}$ 、 $B=5.1\text{m}$ 、積載量 $1200\sim 1500$ 俵程度で、1俵 60kg として90トン程度の荷物を運んだことが記録されています。利根川や渡

瀬川中流域では、400~500俵程度、鬼怒川や那珂川の上流から中流にかけては100俵積以下の軽い構造の船が使われており、川の条件に合わせていろいろな工夫が凝らされておりました。共通の特徴は喫水が浅く、船底が偏平で、面積の大きな舵が船尾に付いております。これらの船は舟子（船頭、水夫）が3~6人程度で動かしており、その運賃は寛政4年の上利根筋14河岸組合の協定運賃で、航路160kmの江戸までが、米一駄（2俵）あたり200文程度です。一方陸路は現柏市から現流山市の間12kmで米一駄160文、すなわち、水路1.25文/km、陸路13.3

表-1 物質内容

下利根川水運

米、大豆、煙草、材木、海産物、肥料、鮮魚

鬼怒川水運

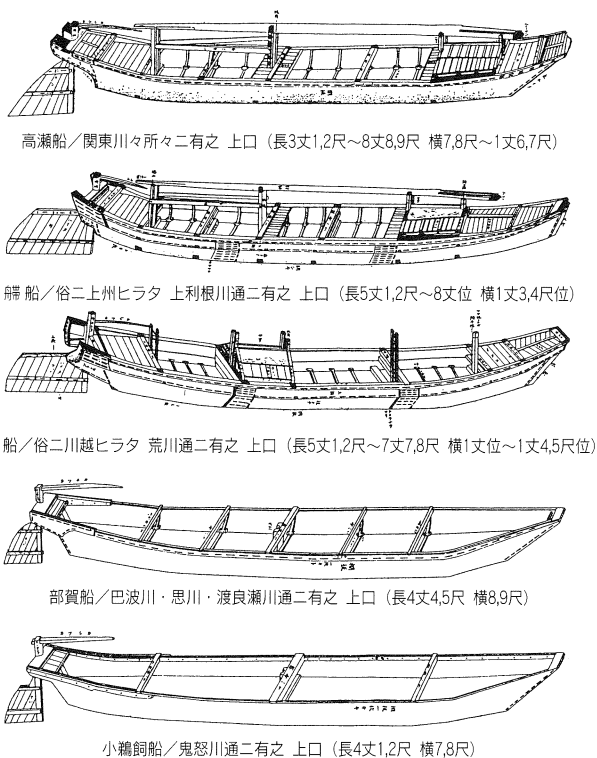
米、大豆、青そ、紅花、紙、煙草、蠟、木綿、醤油、酒、石灰、塩、糖、干鰯、酢、油、反物

上利根川水運

米、大麦、大豆、麻、煙草、板、砥石、塩、干鰯、茶、織物、小間物

荒川水運

木材、木炭、酒、紅花、野菜、下肥



図一 2 利根川・荒川の川船図 (『府治類纂』舟車ノ部、東京都公文書館蔵)

文/kmであり、陸路に比べ大量の物資を低廉な運賃を運んでいたことが判ります。運ばれていた物資は、表一 1 に示すとおりで、舟運によって内陸深く商品経済が浸透していったことが判ります。

3. 水上バスの課題

東京や大阪は河口に堆積した平野に発展した町で、河や水路が縦横に走る水の町です。水路を使つての交通あるいは観光は陸上交通の発達した現在においても

重要なテーマとなっています。ここに 1 つの例として、東京都内の水路を利用した交通、水上バスの設計について紹介しますが、ニーズである事業計画に盛られた利用目的、就航航路、採算等を検討する訳ですが、まず必要なのは就航する水路の条件です。水路の幅、水深および水路上の架橋の高さ、更には水路の曲り具合等は船の要目を決定する絶対条件です。更に水路中を一定の速力で安全に航行する

ために付与されるべき性能は必要です。これらを考慮して、船の主要寸法、主機出力と速力が決定し、旅客数あるいは使い方を考慮して、客室寸法や船としての全体像が決めます。船の形状としては喫水が浅く、幅の広い、又、水面から船体甲板までの低い、かつての代表的な河川用の船と似たものとなります。図一 3 に東京都向けに当センターが基本設計を行った水上バスの航行状況を紹介します。図一 2 に示す江戸時代の船と比

べると大きな変化が見られますが、主要目の値はよく似ており、底の平らな喫水の浅い、大きな舵を付けるという特徴は依然として変わっておりません。なお、このような形態とならざるを得ない理由は、水路の諸条件や後述する流体力学的制約から来るものです。現代の輸送のトレンドは高速化ですが、これに対応するコンセプトの創出も今後の課題ではないでしょうか。

4. 河川航行の流体力学

3. に述べたように河川航行における課題は航行する水路の条件とこの中で生じる船のまわりの流れに起因する性能の変化にあります。紙面の関係で多くを述べられませんが、(1)抵抗の増加と自航性能の変化による推進性能の低下、(2)操縦性能の低下あるいは舵効きの劣化、(3)船体沈下の増加、(4)振動レベルの増加、(これにはプロペラのキャビテーション現象が激しくなることによるプロペラ変動圧力の増加と船体の振動応答特性のうち、付加質量による部分の変化によるものがあります。)等が主要なものです。これらは速力が十分に遅い限りはそれほど目立ったものではありませんが、ほぼ速力の 2~3 乗に伴って大きくなり、航行時に問題となって来ます。原因は水深が浅くなることによって生じる船のまわりの流れの変化(いわゆる浅水影響)によるものです。水路の狭い場合は狭水路影響、更に水底が傾斜している場合に受ける力をバンク効果等と称します。これについては別報にて紹介致します。

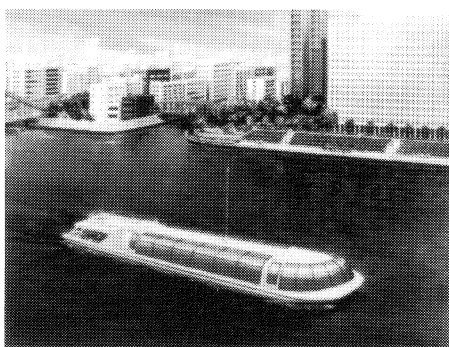
5. おわりに

河川航行は世界的に見れば物流の柱です。特にお隣の発展著しい中国や東南アジアの国々、更には北のお隣りのロシア等では内水舟運は経済の要であり、又、その他の国々においても事情は同じです。

我国においても舟運の役割が再認識される状況にあり、造船技術の面からも注目すべきではないでしょうか。

表一 2 航路上の障害物と必要な余裕

船舶の主要要目	考慮すべき障害等
船舶の長さ	水門水域の長さと形状 棧橋長さ
船舶の幅	橋桁幅 水門幅
船舶の喫水	水路水深
船舶の水面上の 高さ	橋脚高さ 水門扉高さ



図一 3 水上バスの設計・建造監理

船舶は物流の優等生でよいのか

世界の、大きな文明は大河流域で発展したというのは常識である。その理由は河が上流から運んでくる肥沃な泥土によってもたらされる農業と河を利用した物資の輸送である。

物資の輸送に河を使うという発想は、火を使う歴史と同じ位古いらしい。船舶のように大量の物資を効率よく運べる輸送手段はおそらく今後とも出現しないであろうことは断言できる。勿論、「効率よく」と言っても常にではなく、比較的遅い速度で移動するときの話だが面倒な話は止めよう。

将来、重力を遮断する方法が発見されれば、船舶以上に効率のよい輸送手段が発明されるはずだという人もいる。しかし、残念なことに重力を遮断する方法が見つかったとしてもエネルギーの投入なしに実現できないことは熱力学第二法則を持ち出すまでもなく不可能なことだ。

原子核の回りを回る電子は、エネルギーの供給なしに永久に回り続けるのだから、これと同じことがマクロな世界でも現実できる筈だと考えている人もいるらしいが、このようなことを考える人は、ミクロな世界を理解するために考えたされた原子模型を、つまり抽象化した自然の姿を現実の姿と混同しているのだろう。

何はともあれ、我々の生活する世界では物を動かさねば必ずエネルギーを消費するし、エントロピーは増大するのである。くどくど述べたが、要するに船舶は速度がゆっくりしていれば特に効率の良い輸送手段であるということを述べたまでである。

乱暴な見方だが、船舶、トラック、航空機の輸送コストは1:10:100だという。船舶は安く運べる代わりにスピードの遅いのは我慢しなければならない。将来、石油や鉄鋼石が航空機で運ばれるようになるとは思わないし、船舶に変わるようなエネルギー効率のいい大

量輸送機械が出現するとは思わないが、オイル価格が安定し、業界間の競争が激しいこともあって航空運賃は年々低下しているのも事実である。

ところで、海洋国家日本の経済は貿易によって支えられていることは、今更いうまでもない。

それでは、毎年の貿易量はどれ位だろうか。貿易量というと一般には金額と重量を指すが、おおよその金額を答えられる人はいても、重量でどれ位かを答えられる人はそれ程多くいるとは思われない。まして、航空機と船舶の比率がどうなっているかといった統計にはお目にかかったことがない。

その理由は、国内での貿易に関する統計は大蔵省の統計だけであり、船舶と航空機の重量と金額および貿易額が別々に集計されているため、いちいち計算をしないと船舶で運ばれる重量とその金額がわからないからである。

ここに記載した船舶と航空機による貿易統計は、いちいち計算したものなので

貴重な？統計と考えて欲しい。

数値の話しよう。96年の統計によれば航空機による輸入物資の重量（輸入重量）は90万トン、輸出物資の重量（輸出重量）は130万トン、合計220万トンというのがその貿易重量である。220万トンというと非常に大きな値に感ずるかも知れないが、船舶による貿易重量8億トンに比べれば実に微々たる値である。

図-1、図-2 参照。

日本には原油や原材料を中心に毎年7億トン以上、45兆円の物資が輸入され、工業製品を中心に1億トン以上、38兆円の物資が輸出されているが、輸入重量の99.8%以上が、また輸出重量の99.2%近くが船舶によるものである。航空機による貿易重量が微々たるものであるといったが、金額の面でみると侮れないどころではなく、航空機による貿易は輸出が11兆円、輸入が10兆円で貿易額全体の26%強を占めているのである。図-3、図-4 参照。

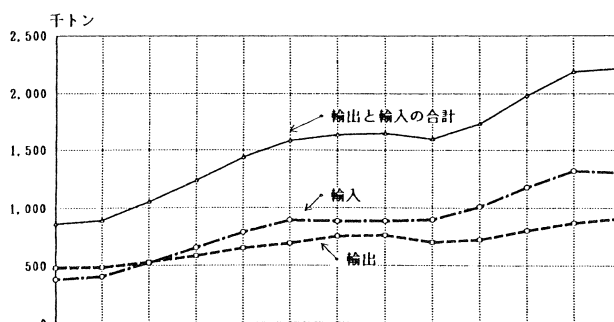


図-1 航空機による貿易重量の推移

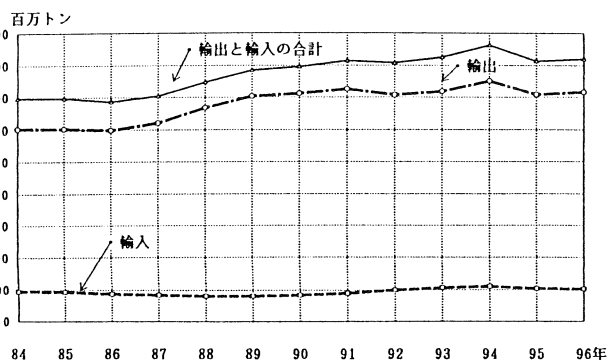
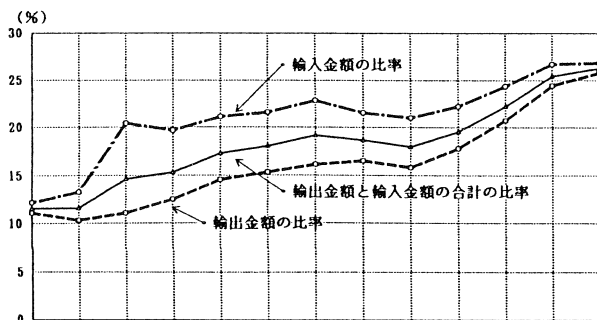
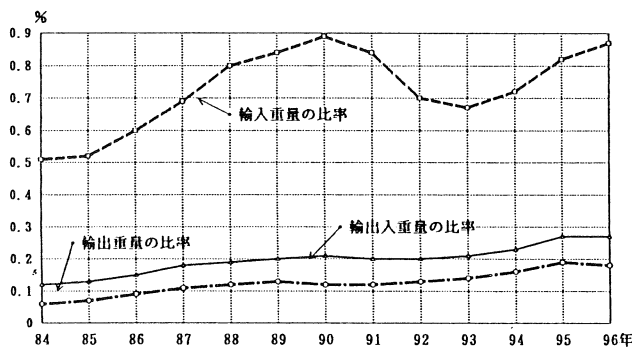


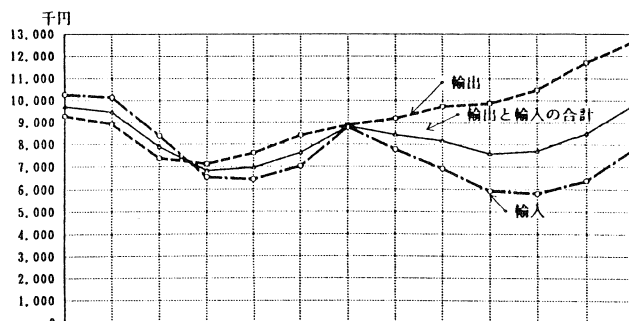
図-2 船舶による貿易重量の推移



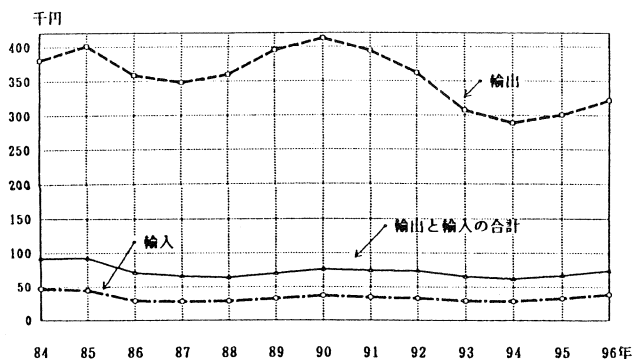
図－3 船舶と航空機による貿易金額のうち
航空機が占める比率



図－4 船舶と航空機による貿易重量のうち
航空機が占める比率



図－5 航空機による貿易の1トン当たりの
金額の推移



図－6 船舶による貿易の1トン当たりの
金額の推移

ここで、船舶と航空機の特徴が出て来る。すなわち、船舶は速力は遅くても大量の物資を効率よく輸送できるのであり、航空機は船舶の十倍から数十倍速くても高価のもの以外は運べないのである。因みに、航空機による輸出貨資の価格はトン当たり（輸出単価）約1千3百万円、輸入は8百万円なのに対し、船舶による輸出貨資の価格はトン当たり（輸出入単価）約32万円、輸入は4万円弱と、どちらも40倍以上の差がある。図－5、図－6参照。

以上のように航空機の役割は年々高まりつつあるものの恒常的に原材料まで運ぶ時代が来ることは考えられない。船舶なくして日本の貿易はあり得ず、現在の世界の経済が成り立つこともあり得ない。

日本の船舶の全売上高は2兆円弱、今や中堅家電メーカー1社の売上にも届かず、娯楽機器メーカーの代表であるSONY1社の売上高5兆6千億円にも遠く及ばないものの、良質安価な船舶を建造する我が国の造船メーカーは現代の世界経済を背負っているのである。

最近では国際化という言葉がよく聞こえ、かつ目にすることが多いが、造船産業は国際化の先兵として、厳しい競走に耐えて、世界の建造量のシェアについてトップの位置を続けている。このような努力と以上のような世界経済への貢献の結果が近年の低船価であり、過当競争であるとすれば考え込まざるを得ない。新しい世紀を迎えるにあたり、船舶に関する仕事が経済的にも夢をもてるようなものとするにはどうすれば良いか、技術開発も含め基本的な大きなテーマであると考ええる。

船舶海洋技術関連のコンサルティング

当センターの中心となる水槽試験関連の業務以外に、船舶海洋技術に関連したコンサルティング業務が有り、船舶や海洋構造物などを対象とした調査・研究、官公庁や地方自治体から受託する設計・建造監理、中小造船所から受ける個別設計や計算サービスなどを実施しており、30年にわたる実績は1,000件を越えるものとなっている。

□調査・研究

主な調査・研究の内容は、船舶や海洋構造物などが対象で、大別すると技術や経済性などの調査・評価、客船航路の需要予測を含むフィジビリティスタディー、新しい規則や検査システムの調査・開発研究、設計調査や市場調査ほかとなる。これら当センターが行った調査・研究の主なものは50数件となっている。

□設計・建造監理

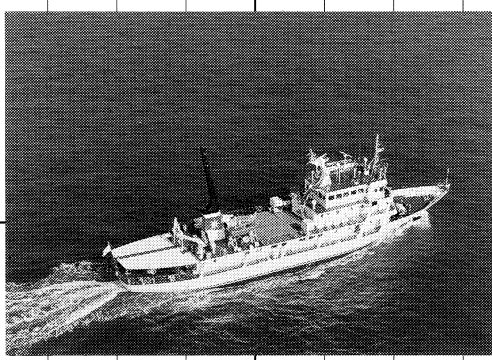
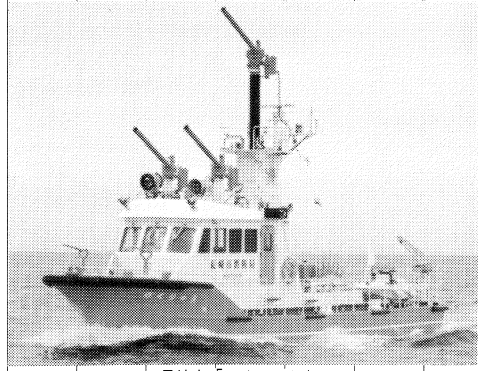
設計・建造監理の内容は、大別すると旅客船、観測・練習船、漁業調査船、取締・警備艇、消防・救急艇、その他の船となり、このほか乗降用浮き桟橋や渡り橋が挙げられる。このうち、船関係の設計や建造監理の概要を年表の形で表に示す。表中の写真は、比較的新しいものの中から代表的な船種をデザイン的に示したものである。これら当センターが設計や建造監理を行った主な船舶は、1,000余隻にのぼる。

□個別設計や計算サービス等

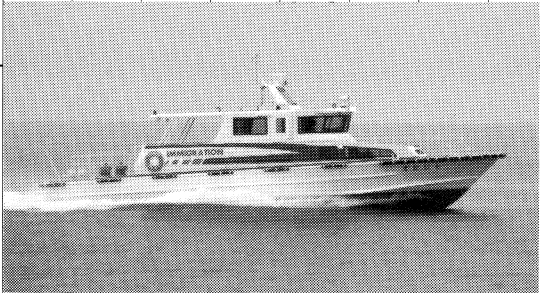
中小型船舶を対象とした船型と関連性能計算、プロペラ設計、復原性計算などを行ってきており、その数は概ね700件を越える実績を有している。また、設立後約15年間にわたって行った中小造船業向け技術研修や技術指導などの業務は、延べ150数名の技術者の輩出を含む約150件に達している。

□おわりに

今後この種業務については、これまで以上に経済や社会情勢の変化を的確に捕らえ、課題を抱える行政や船主ニーズを把握し、当センターの特徴とこれまでのノウハウを活かし積極的に取り組んでいきますので、宜しくお願いします。

	1967	'68	'69	'70	1971	'72	'73	'74	'75	'76	'77	'78
旅客船		◆津久見市 (95トン型)				◆波崎町「第11波崎丸」						
観測・練習船		◆鳥羽商船高専「鳥羽丸」 ◆富山商船高専「若潮丸Ⅲ」										
漁業調査船										◆千葉県「千葉丸」		◇東京都「たくなん」 ◆宮崎県「たちばな」
取警締備・艇					◆福岡県「しんぶう」 ◆山口県「黒潮丸」							
消防・救急艇					◆川崎市「第三川崎」							
その他						◆外務省 [690GT貨物船] ◆外務省 [330GT曳船] ◆外務省 [790GT貨物船]						

設計や建造監理を行った船舶の概要

'79	'80	1981	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	1991	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99
								◇富山県「こしのかた」、「海竜」		◆四日市市「いなば」						◇四日市市「いなば2」				
								◇東京都「さくら」、「あじさい」						・足立区「水上バス」		◇塩竈市「みしお」・名古屋港（設計中）	◇鳥羽市「第二七鳥羽丸」	◇釜石市「はまゆり」		
						◇東京商船大「汐路丸」							◇気象庁「凌風丸」	◇海洋科学技術センター「みらい」						
												◇大島商船高専「大島丸」	◇富山商船高専「若潮丸」	◇広島商船高専「広島丸」						
													◇運輸省海員学校「かざはや」、「わかしお」、「はりうす」	「望洋丸」、「あさかぜ」、「口洋丸」、「くるしま」、「月山」						
															◇和歌山県「きのくに」	・大分県（設計中）	◇広島県「あき」	◇福岡県（建造中）		
																◇法務省「ふじかぜ」、「あしかぜ」				
◇川崎市「第四川崎丸」	◇横浜市「よこはま」			和歌山県「きのくに」					◇北九州市「ひまわり」	◇川崎市「第五川崎丸」										
			◇千葉市「まつかぜ」		◇横浜市「あけぼの」	◇倉敷市「みずしま」	◇名古屋市「金 竜」			◇大阪市「たかつ」	◇東京都「みやこどり」	◇日立市「ひたち」								
							◇那智勝浦市「はくりゅう」	◇富山市「神 通」	◇福岡市「飛 龍」	◇横浜市「まもり」		◇堺市・高石市「茅 海」	◇名古屋市「銀 竜」	◇新潟市「にほんかい」	◇川崎市「第六川崎丸」	◇越智群島部「し ま」	◇長崎市「かくりゅう」	◇越智群島部「かみじま」	◇広島市（建造中）	
																	◇東京都「えど」集油船	◇東京都（建造中）給水船	◇支援委員会（建造中）自航艇	
						東京都「えど」														

鳥羽市営定期船「第27鳥羽丸」について

はじめに

「第27鳥羽丸」は、伊勢湾口、志摩半島の東端に浮かぶ、三島由紀夫の小説「潮騒」の舞台で有名になった。神島をはじめ、答志島、香島、坂手島などの島嶼間と鳥羽をむすぶ定期航路に就航する鳥羽市営定期船として、平成9年3月10日、伊勢市のニュージャパン・マリン株式会社において建造され引き渡された。

一般計画

本定期航路は、在来船7隻（予備船1隻を含む）で運行しており各船の速力は10ノット～13ノット、定員は200人～300人で、船型は一軸船で、生活物資の輸送も必要なため全船とも貨客船型である。新造船は冷暖房を完備し、船型を二軸船にして快適性とスピード化を図られ、優美な外観を備えることとして計画された。

(1) 主要目等

全 長	24.60m
垂線間長	22.90m
幅 (型)	6.00m
深さ (型)	2.40m
計画満載喫水	1.24m
総トン数	74トン
航海速力	17ノット
航行区域	平水区域
最大搭載人員	254 名

(2) 主機関等

ヤンマー6LAHK-ST1 × 2 基
620PS × 1900rpm
発電用機関
ヤンマー4PHL-TN
50PS × 1800rpm
発電機
40kVA, AC225V, 3φ, 60Hz
DC24V, 35A

(3) 航海計器

レーダー 12インチ、デイトライト
GPS 航走装置 10インチ、カラー

概略形状

船体および上甲板構造物は FRP製で、船首は傾斜型、船尾はトランサム型として、2基のスクリュウプロペラ、ディーゼル機関を備えた角形単胴船である。

上甲板下は、4枚の横置水密隔壁により区画され、船尾に舵取機室、船尾部空所、中央部に機関室、空調機室及び空所、船首部に倉庫を設けている。

船 体

本船は強化プラスチック船特殊基準及び高速艇としての構造を考慮して横肋骨構造方式を採用し、軽量で十分強固な構造とし、防振に充分留意した設計となっている。

舵及びシャフト・ブラケット

単板吊り下げ舵2枚で、推進軸に対するシャフト・ブラケット形状は2本足のY型とし、ボス下端にはプロペラガードを取り付けている。

客 室

上甲板上中央部に乗降口を兼ねた立席客室を、前部及び後部に椅子席客室を、遊歩甲板上に立席を備えている。遊歩甲板上への人力による荷物の揚げ降ろしを考慮して、遊歩甲板の前後部に舷門を設け、甲板高さも低くしている。

防熱・防音工事

操舵室、客室の暴露部直下、側壁及び機関室の天井及び周囲壁に防熱及び防音工事を施行している。

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、建造に当たってはニュージャパン・マリン株式会社をはじめ、関連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。



近年、産業革命以後の2酸化炭素(CO₂)の増加と、その温室効果による気温の上昇、その結果として、陸上の氷が融けて海面のレベルが上昇することや、地球規模で気候の変化することが懸念されております。又、悪質な燃料を大量に燃やすことによる酸性雨が、森林を枯らすことや産業廃棄物問題等が日々のニュースとなっております。船の損傷に伴う流出油による被害についてはナホトカ号事故に示されたとおりです。船の損傷防止や排煙の中のSO_x, NO_xについては、規則やガイダンスが出され、それに対処する技術開発も進められております。CO₂低減については、エンジンの効率向上は勿論ですが、船の推進性能向上は有効な対策です。現在は、推進性能は経済性との関連で評価されており、その観点から船の運航形態やそれに適した船型が選定されています。地球環境問題からの要求が具体的にどのような形で出てくるか、例えばCO₂排出量に応じた税金とすれば、額に応じて、船型も変化することでしょう。現在の経済性評価では採用の難しい船型や装置の実用化の可能性も出て来るのではないのでしょうか。なによりも、船の性能向上の為に基礎となる船の周りの流れの研究や、その成果をベースとする性能向上の為に開発研究が加速されるのではないのでしょうか。塗装やその

メンテナンス、実海面での性能評価が、更に具体的な形で実行されと考えられます。試験水槽は其中で重要な役割を果たすことを要求されると思います。新しい時代のニーズに対応するには、相応の革新が必要です。21世紀の水槽はどうあるべきかを議論しています。



標語について

会社や組織には夫々の目標があり、それを簡潔な言葉で標語として掲げています。9月11日当センターへアメリカ海軍研究所から、お客様が訪れ、設備を見学した後、いろいろと懇談しました。アメリカ海軍研究所の先端的な技術開発は勿論興味深いものですが、その中で、Mission, Vision, Guiding Principles, Goalときちんと研究所としての位置付けを表明しているのはさすがです。PrincipleとしてTo provide the best science and technology, at the least cost, for defence systems needed to support National Security and promote economic competitiveness. とあります。少しきざであるが、____線のところを書き直せば、当センターの進むべき道を示す標語になります。それに少しでも近づくべく、30周年の節目に思いを新たに致しました。

編集後記

造船技術センターが設立されてから30年が過ぎました。水槽の裏側の学習院大学の森は変わらずに、季節の変化を観せてくれますが、造船技術センターは大きく変わりました。造船技術センター情報や技術報告を読むと、今昔の感を強くします。

30周年の節目ですので、理事長の挨拶、造船技術センターの活動状況や設備の紹介に重点を置き、併せて、技術的な話題を載せております。

乱流については、C.F.D.を使いこなすベースとなる知識ですので、今後共続けて掲載します。内水面舟運は我国のような狭い島国では不要ですが、世界を相手とする場合は忘れてはならないテーマです。故郷の山河に想をはせた書出しで、場違いな感じを受けるかもしれませんがご容赦下さい。遺伝アルゴリズムはご理解頂けたでしょうか。生物のもつ能力を工学の分野に応用する試みの中で、このテーマは興味深くもあり、次の時代の有力な最適化手法の1つと考えています。造船技術センターの目玉技術と出来るか否か今後の研鑽に待つところ大です。(K. T)

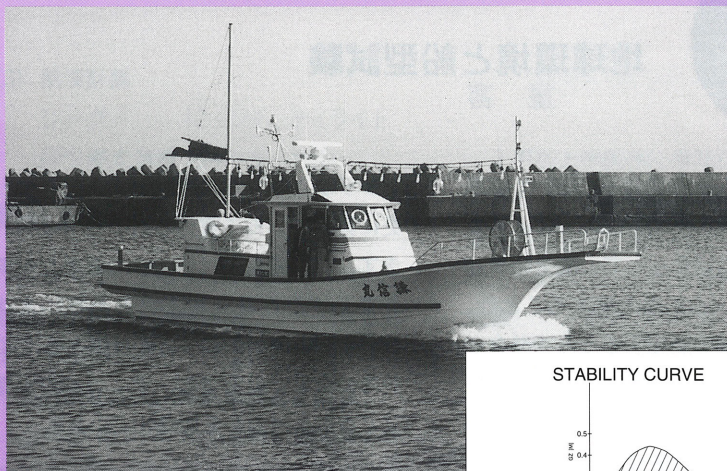
電話機のダイヤルイン方式導入についてのご案内

● 役員及び総務部	03-3971-0266
● 水槽業務部長	03-3971-1074
● 水槽業務部 流体工学	03-3971-0259
● 水槽業務部 渉外担当及び試験課	03-3971-0268
● 水槽業務部 技術課	03-3971-0296
● エンジニアリング部 船舶海洋技術	03-3971-0267
なお、ファックス番号(03-3971-0269)は従来どおりです。	

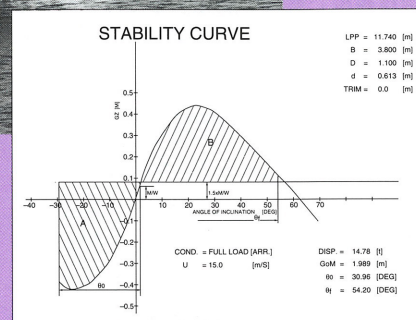
新造船と復原性

船名 謙信丸

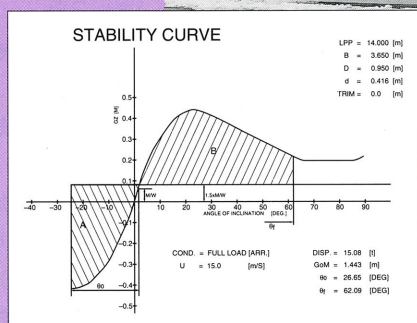
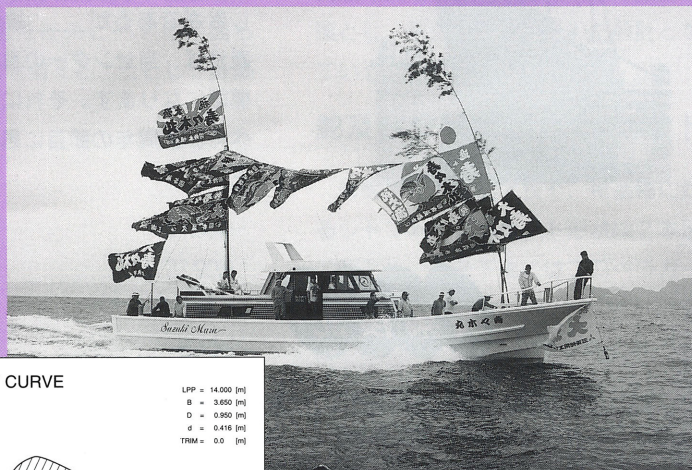
用 途	小型遊魚兼用船		
造船所	北日本 F R P 工業株式会社		
設計者	北日本 F R P 工業株式会社		
竣 工	平成9年3月		
総トン数	9.7トン		
航行区域	限定沿海		
主要寸法(m)	長さ	× 型幅	× 型深さ
	11.74	3.80	1.10
主 機	連続最大出力	550PS	
	回転数	2,000rpm	
	基 数	1基	
旅客定員	30名		



新潟県直江津港を母港とし、上越市沖合の日本海を主漁場とする小型遊漁兼用船である。この種の船としては比較的小型の部類に属すが、主機の取付けに重心降下の工夫をし、最大復原てこ約42cmと安定した性能を示している。



謙信丸の復元力曲線と判定図



寿々木丸の復元力曲線と判定図

船名 寿々木丸

用 途	小型遊漁兼用船		
造船所	有限会社	西川造船所	
設計者	有限会社	西川造船所	
竣 工	平成9年7月		
総トン数	9.7トン		
航行区域	限定沿海		
主要寸法(m)	長さ	× 型幅	× 型深さ
	14.00	3.65	0.95
主 機	連続最大出力	500PS	
	回転数	2,100rpm	
	基 数	1基	
旅客定員	24名		

千葉県小湊漁港を母港とし、勝浦市から鴨川市にかけての沖合を主漁場とする小型遊漁兼用船である。この種の船としては幅も若干狭く比較的小型の部類に属すが、主機の取付けに重心降下の工夫をし、最大復原てこ約45cmと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)