

# SRC News

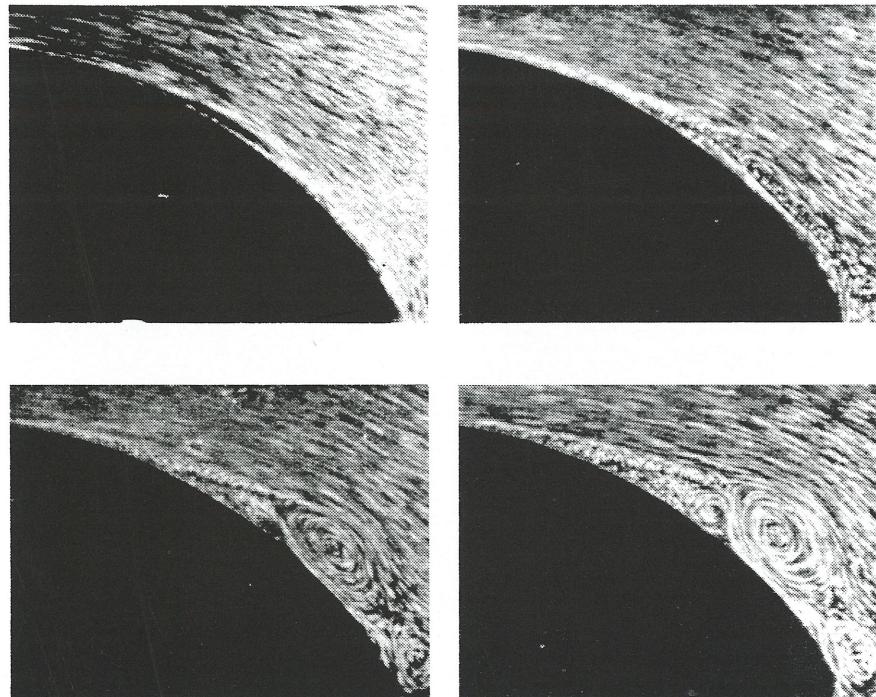
No.36 Februry '97

The Shipbuilding Research Centre of Japan

## ●目 次●

船体まわりの粘性流れについて 粘性の小さな流体の運動—境界層理論	Page 2
造船技術センターにおける技術計算 プログラムの現状について —プロペラ設計編—	Page 4
知っていますか ISO 9000	Page 6
和歌山県水産試験場所属 漁業調査船「きのくに」について	Page 8
高速艇の実船馬力推定について	Page 10

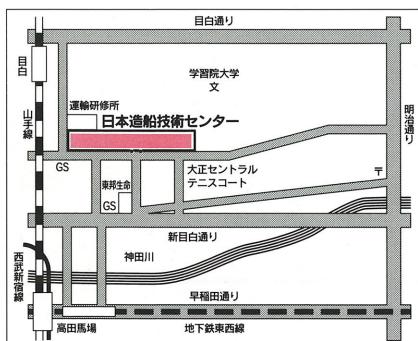
## 物体背面後部（圧力上昇部分） に沿う流れの中の渦の発生



物体表面に沿うごく薄い層の中で流速は0から薄い層の外側の流速まで急激に変化するが故に、流速変化と粘性係数の積である剪断応力は有意の値となる。粘性の影響が物体表面に沿う薄い層の中でのみ有意との仮定を許せば、難解なナビエ・ストークスの方程式は簡単になり解を求めることが出来る。今世紀における流体力学の発展、特に工学の分野への応用の基礎は以上に集約されている。しかし流れが物体の背面部にかかると、圧力上昇に伴って、薄い層の中の流れが止まってしまい、逆流が発生し、遂には物体表面から剥がれた渦となる。その結果、境界層の

外側の流れも含め、流れ全体が変わってしまう。上の写真はその経過を順を追つて示しているが、数十年前の写真とは見えない迫力がある。美しい流れのパタンも身近な事柄と深く結びついていることを知る時である。

このような渦の発生は、船にあっては推進性能や操縦性能から、更にはプロペラの起振力と関係しており、渦を発生させない、あるいは極力小さくすることが船型設計の主たるポイントである。なお、写真はプラントル・ティーチェンス共著の教科書より借用した。



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

# 船体まわりの粘性流れについて

## 粘性の小さな流体の運動—境界層理論

### 1. はじめに

前号SRC News No.35において粘性流れのごく基本的な部分、すなわち流れを支配する力の関係、粘性についてのニュートンの仮定、流れの相似則および層流と乱流等、19世紀までに達成された成果を駆け足で復習した。本稿では我々が日頃身近に接する船の性能をはじめ、周囲の工学のテーマのベースとなっている粘性の非常に小さい流れ、又は、レイノルズ数の大きな流れの運動を説明する境界層理論について紹介する。なお乱流については、前号で記したように、無秩序で目茶苦茶に見えてもナビエ・ストークスの方程式に示される力の関係に従っていることを述べ、詳しくは稿を改めて紹介したい。

### 2. 粘性の非常に小さな流体の運動

粘性流れの力の関係を示すナビエ・ストークスの方程式は非常に複雑であつて19世紀末にストークスやオゼーンにより、粘性の大きな流れ、又は、レイノルズ数の非常に小さな流れの場合のみ解が得られたに過ぎず、通常、我々の周囲に見られる粘性の小さな流れ、あるいはレイノルズ数の大きな流れについては手付かずの状態であった。レイノルズ数によって、流れの現象や抵抗がどのように変化するかを球のまわりの流れとその抗力係数を例にとって図-1および図-2に示す。すなわち、レイノルズ数の大小によって流れは互いに大きく異なり、ストークスやオゼーンによるレイノルズ数の小さな場合の解をレイノルズ数の大きな場合に適用出来ないことがお分かり頂けると思う。

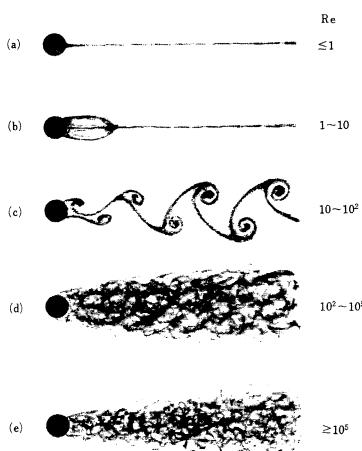


図-1 流れの模様のReynolds数による変化（概念図）。

### 2. 1 境界層理論

今世紀の始め、1904年、ドイツのハイデルベルクで開催された国際数学会において、1つの論文が講演された。それは「Über Flüssigkeitsbewegung bei sehr kleiner Reibung—粘性の非常に小さな流体の運動について」という題名でDr.L.Prandtl（プラントル）により、粘性の非常に小さい時に、流れはどのような性質を持つか、この性質によって、ナビエ・ストークスの方程式がどのように簡単になり、従つて近似解が得られるかが示された。

すなわち、物体のまわりの流れを観察すると、粘性が非常に小さい場合、流体の速度は物体表面のごく近くまで、ほぼ一様な流れの速度と同じ程度の大きさである。例えば、図-3のような物体のまわりでは、物体ごく近くまで粘性のない場合の流れに殆ど一致する。ところが物体の表面では、流れは物体に固着しており、物体のまわりの流れの速度に増速するのは、ごく薄い層の範囲内である。すなわち、判然とは区別しにくいが、2つの領域があり、物体のごく近くの、薄い層をなす領域（境界層）では、速度勾配 $\partial u / \partial y$ が非常に大きな値となり、粘性係数 $\mu$ がごく小さくとも、剪断応力 $\tau = \mu \partial u / \partial y$ は有意のオーダーとなる。一方、境界層の外側では速度勾配は小さく、したがつて粘性の影響は無視しうるようになる。又、この範囲の流れは圧力だけで決まる、いわゆるポテンシャル流れとなる。このような性質を考慮して薄い層の中の流れの式を簡易化する。図-4に示す平板上の流れを考慮し、ナビエ・ストークスの式を簡易化すると、

連続の式は $\partial u / \partial x + \partial v / \partial y = 0$

力の釣合の式は

$$\partial u / \partial t + u \partial u / \partial x + v \partial u / \partial y = 1 / \rho \cdot \frac{\partial p}{\partial x} + 1 / R \cdot \partial^2 u / \partial y^2$$

および $d p / d y = 0$ となる。なお $R$ はレイノルズ数で $R = u \ell / v$ である。 $\ell$ は平

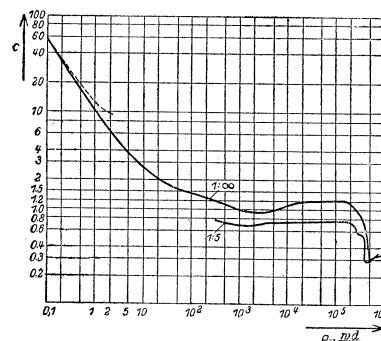


図-2 抗力係数のReynolds数による変化



図-3 翼型まわりの流れ

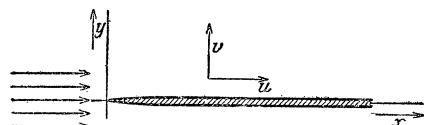


図-4 先端の尖った薄い平板に沿つての流れ。

板の長さ $\ell$ 、 $v$ は動粘性係数 $\mu / \rho$ である。以上の式では薄い層（境界層）の中の圧力は境界層外の流れの圧力と同じである。以上の簡易化された式によって容易に境界層内の流速を求めることが出来るようになった。

### 2. 2 境界層の厚さ

境界層の厚さは、整然とした型によって定義することは出来ないが、図-5、図-6に示すように、(1) 境界層外の流速の99%となる場所の厚さ、ハッチした範囲を同じとする等がある。図-6は排除厚さ $\delta^* = \int_0^\delta (\bar{u} - u) dy$ で定義される。

又、その他に運動量厚さ

$\theta = \int_0^\delta u (\bar{u} - u) dy$ 、およびエネルギー厚さ

$\theta_E = \int_0^\delta u (\bar{u}^2 - u^2) dy$ がある。

次に平板上の境界層厚さ $\delta$ を以下のように求める。図-7の調査面を通過する運動量変化 $\rho \delta u^2$ は長さ $\ell$ の壁に沿う摩擦力 $\mu \ell u / \delta$ と調査面上の圧力積分との和に等しい。但し、ここでは圧力変化は0であるから圧力積分の総和は0となり、厚さ $\delta$ は $\delta / \ell = C \sqrt{\mu / \rho \ell u} = C / \sqrt{R}$ の形となる。なおブラジウスによれば、平板に沿う境界層厚さは $\delta = 3 \cdot 4 \cdot \times / \sqrt{R}$ となる。

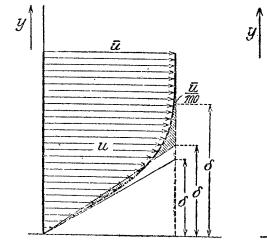


図-5 境界層の厚さの色々な定義  
図-6 排除層の厚さ

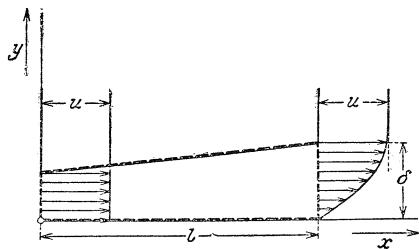


図-7 境界層の厚さを定める為に運動量定理を使う事（点線は調査面を表わす）

### 2.3 層流境界層の場合の摩擦抵抗

ブラジウスは、単位面積当たりの摩擦抵抗  $\tau_0 = \mu (\partial u / \partial y)_{y=0}$  として、境界層方程式とともに、長さ  $l$  の平板の摩擦係数  $C_f$  の式  $C_f = 1.328 / \sqrt{R}$  を得た。

### 2.4 湧発生一境界層内逆流

境界層外のポテンシャル流れの速度が減少するとベルヌイの式によって圧力が上昇する。境界層の中では摩擦作用による運動エネルギーの減少も加わって、更に流速が減少して静止してしまうようになる（図-8）。更に、その位置からは境界層外の圧力により、流れは逆流を始める。なお、この位置では  $y=0$  で、 $\partial u / \partial y = 0$  の条件が満たされる。又、逆流が始まると初めの流れの状態、従つて物体表面の圧力分布が全く変化してしまう。これが、表紙に紹介した境界層内の渦の発生の現象である。

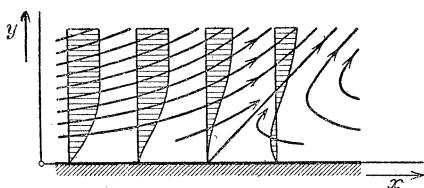


図-8 流れの方向に圧力上昇がある時の境界層内の流れ

### 2.5 乱流境界層の性質

境界層内の流れは、ある臨界レイノルズ数に達すると層流から乱流に変化する。乱流境界層の特徴は、壁の近くで流速が急激に増加している事であって（図-9）、層流境界層（図-10）とは本質的な相違がある。次に流速分布について、プラントルは、壁のごく近くでは、 $\mu$ 、 $\rho$  および剪断応力  $\tau_0$  のみにより決まり、又、その分布の形は流量を変えても相似であるとして、圧力降下と粘性に関するブラジウスの法則により、管内流れの乱流の流速分布は  $u = u_{\max} (y / \delta)^{1/7}$  となることを導いている（図-11）。なお、 $1/7$ 乗はブラジウスの法則の成り立つ範囲では正しいが、レイノルズ数の更に大きな場合は  $1/8$ 乗あるいは  $1/10$ 乗の方が実験と合って来る。

$(y / r)^{1/7}$  となることを導いている（図-11）。なお、 $1/7$ 乗はブラジウスの法則の成り立つ範囲では正しいが、レイノルズ数の更に大きな場合は  $1/8$ 乗あるいは  $1/10$ 乗の方が実験と合って来る。

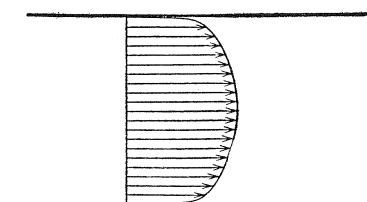


図-9 亂流速度分布

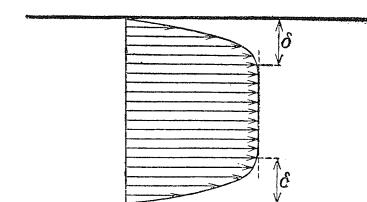


図-10 助走区間に於ける層流速度分布

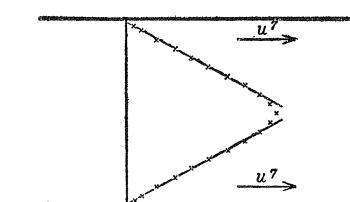


図-11 乱流の速度の  $7$  乗と壁からの距離との関係

### 2.6 乱流境界層の場合の摩擦抵抗

乱流境界層の厚さは、層流境界層にて用いた検査面を通る運動量の変化と摩擦による仕事の関係より

$\delta = 0.37 x^{1/7} \sqrt{u} x / \nu$  として求められる。すなわち層流が  $x^{1/2}$  で  $\delta$  が増加するのに対し、乱流は  $x^{4/5}$  で増加していく。

乱流境界層の場合の摩擦抵抗は、層流の場合のように剪断応力  $\tau_0 = 0.0288 \rho u^2 (\frac{\nu}{u})^{1/6} / \sqrt{R}$  を平板上で積分して得られる。摩擦抵抗係数を  $C_f$  とすると、 $C_f = 0.072 / \sqrt{R}$  が得られる。

### 2.7 乱流境界層内の層流境界層

乱流の変動成分は、壁の近くでも急には減少せず、時間平均で見ると剪断応力  $\tau_0$  は、 $\tau_0 = \mu (\partial u / \partial y)_{y=0}$  を満たしている。ここに、 $1/7$ 乗則を適用すると  $\partial u / \partial y$  は  $y=0$  で無限大となる。これは  $1/7$ 乗則は壁面そのものには適用出来ず、非常に薄い層一層流境界層一が存在しなければならない（図-12）。その厚さは、管の径  $r$  に対しての比  $y/r = 68.4/R^{7/8}$  のオーダーである。又、層流境界層厚さに相

当するところの流速は  $u/\bar{u} = 2.26/\sqrt{R}$  である。

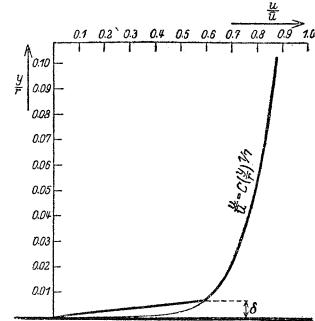


図-12 管の中の乱流に於ける壁の直ぐでの層流境界層。

### 3. おわりに

境界層理論の成り立ち、境界層の基本的な性質について簡単に述べた。式は極力少なくして現象を理解して頂くことに重点を置いた。止むを得ずして示した式も簡単な検討に用いられるものに限っている。大方の読者は表紙の写真や文中のイラストによって、先人の研鑽の跡をたどって欲しい。境界層理論は20世紀の産業の重要な知的基盤の一つでありその具体的な貢献は日々我々の知るところである。

# 造船技術センターにおける技術計算プログラムの現状について

## —プロペラ設計編—

### 1. はじめに

7月号の船体性能関連のプログラム群に続いて、プロペラ性能に関わるプログラムを紹介する。

我が国で広く使われているMAU型プロペラが、約30年前に当センターの前身である運研自白水槽では開発されたことは周知の事実だろう。その後も当センターでは高性能プロペラの開発は連綿として続けられ、近年その成果は「PDプロペラ設計システム」として実を結んでいる。

今回紹介するプログラムの多くは、そうした研究の過程で開発、使用されてきたものである。

### 2. プロペラ設計、性能推定プログラム

当センターで現在利用されているプロペラ設計、性能推定に関わる主なプログラムを表1に示した。表1にはそれぞれのプログラムの機能を簡略に示した。

プロペラの設計に関してはSRC Newsでも何度か紹介しており、またPDプロペラ設計システムに関しては本誌や造船学会誌などで紹介してきているため、ここでは、プロペラ性能の推定に絞りプログラムを紹介したい。紹介するプログラムは表1より選んだ以下の3種である。

- (1) プロペラ性能解析プログラム
- (2) プロペラ翼応力解析プログラム
- (3) Surface Force 簡易推定プログラム

(1) 揚力面理論によるプロペラ性能解析プログラム（表1-3）

任意のレイノルズ数において作動するプロペラのスラスト係数( $K_t$ )、トルク係数( $K_q$ )、翼面上圧力分布、キャビテーションパターン、キャビティー長さ等を計算するプログラムで、均一流中はもちろん、伴流中のプロペラ性能の計算も可能で

表1 造船技術センターに整備されている技術計算プログラム（2） プロペラ設計編

No.	プログラム	機能
1	MAUプロペラの概略設計	MAU型系統的模型試験結果を利用したプロペラを設計するプログラム
2	PDプロペラ設計システム	プロペラ翼面上に発生する圧力分布を指定することにより、効率が良くかつキャビテーション性能の優れたプロペラを設計するプログラム。利用者のレベルに応じ、必要最低限のデータ入力で設計を可能にする「簡便な利用」と、より詳細な設計条件を指定できる「きめ細かな設計」の両方が可能である。
3	揚力面理論によるプロペラ性能解析	小山、菅井の揚力面理論により、均一流中または伴流中でのプロペラ性能を計算する。翼面上圧力分布、キャビテーションパターン、ベアリングフォース等の計算も可能。
4	プロペラ荷重変動の計算	小山、菅井の揚力面理論により、伴流中で作動するプロペラの一回転中荷重変動を計算する。プロペラ翼応力計算プログラムの入力としても使用できる。
5	プロペラ翼応力の解析	有限要素法によりプロペラ翼に一回転中に発生する応力を計算する。均一流中の翼応力／撓み、伴流中の平均／変動応力を出力する。
6	Surface Force簡易推定プログラム	過去に発表されたSurface Forceの簡易推定式を集め、簡便に利用できるようにシステム化したプログラム。プロペラの初期計画時に有効。

\* 本表中のソフトウェアは、計算サービスを行うと共にソフトウェア販売サービスも行っています。  
詳細はエンジニアリング部流体工学グループ（03-3971-0266）まで

ある。

計算は小山または菅井の揚力面理論に基づいて進められ、プロペラ翼面上の揚力分布が計算され、それに基づいて上記の値が計算される。プロペラの翼厚は無視されているため、圧力分布は相当2次元翼面上圧力分布を積分型の2次元境界層計算を行うことにより求める。

計算されたプロペラ特性と対応する試験結果を図-1に示す。また、計算されたキャビテーションパターンを図-2に、ベアリングフォースの計算例を図-3に示す。

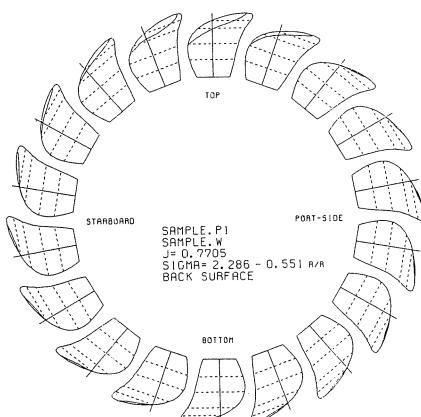


図-2 伴流中キャビティパターン

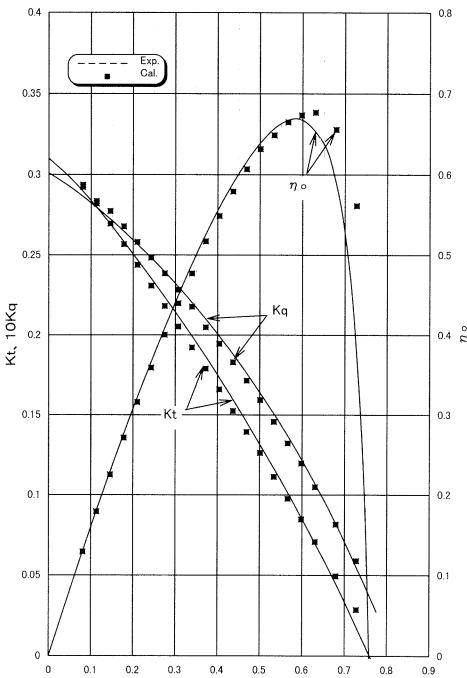


図-1

#### (2) プロペラ翼応力解析プログラム

プロペラ設計の要所要所で、作動中のプロペラに発生する翼応力の解析を行ない、その結果をプロペラ設計条件にフィードバックすることにより、信頼性の高いプロペラを設計することができる。もちろん船級協会のルールを満足していればそれでよしとする考え方もあるが、軽くかつ信頼性の高い（折損等の事故のない）プロペラの設計を心掛けるのであれ

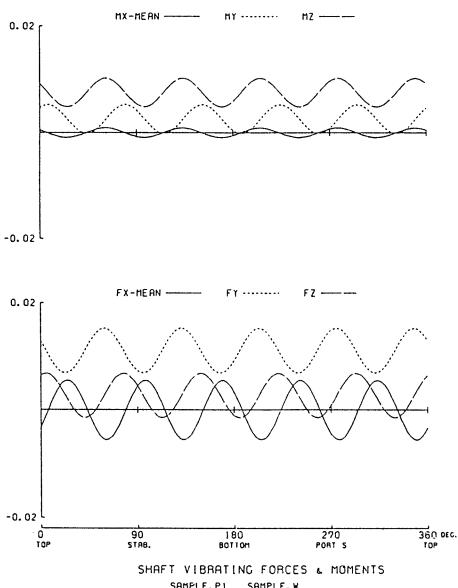


図-3 Shaft Vibrating Forces

ば、常に翼に発生する応力はチェックしておくべきであろう。

本プログラムは、有限要素法を用いて伴流中で作動するプロペラの平均応力・変動応力を計算する（均一流中の計算も可能）。外力は(1)のプログラムと同様の手法で計算する専用の荷重変動計算プログラムにより与える。

伴流中で作動するプロペラの変動応力計算例を、図-4に示す。横軸が変動応力の振幅、縦軸が変動応力の平均値である。この曲線群の包絡線で囲まれた部分が許容値（図中に破線で表示）の内にあって変動の小さいプロペラほど、強度的に優れたプロペラとなる。また、最大応力の分布図（図-5）も出力される。

### (3) Surface Force 簡易推定プログラム

プロペラを起振源とする振動はベアリングフォース（プロペラ軸を通して伝わる振動）とサーフェースフォース（プロペラの周りの流体を媒体としてプロペラ近傍の船体に伝わる振動）の二つに分ける。このうちベアリングフォースは、前述のように非定常揚力面理論計算等に

より比較的精度よく求めることができる。しかしサーフェースフォースはプロペラ翼面上に発生するキャビテーション体積の変動に起因する複雑な現象のため、いまだ満足のいく推定は行われていないのが現状である。

ここで紹介するプログラムは、現在までに提案されているサーフェースフォースの簡易推定法を集め、簡便に利用できるようにプログラム化したものである。組み込まれている推定手法には、現在以下のようなものがある。

- ① 谷口の方法
- ② 高橋の方法
- ③ Holdenの方法
- ④ Johnsonの方法
- ⑤ SSPAの方法

入力項目は簡易推定法により様々であるが、最低限エンジン馬力、回転数、プロペラ直径、チップクリアランスの4項目を入力すれば計算できる。また、指定

可能な全項目を入力しなくとも、入力された項目により計算可能な方法を自動的に選択し計算する機能も持つ。

実験結果に基づいた簡易推定法なので計算結果の精度には問題があるが、パソコンで数秒で計算できるため、プロペラ要目の検討段階でサーフェースフォースのオーダーをチェックするには有効なソフトウェアである。

### 3. おわりに

半没水プロペラ(Surfaceプロペラ)、スーパー・キャビテーションプロペラ、WaterJetなど、従来型のプロペラの設計法では対応できない新しいプロパルサーが、近年続々登場している。また今後、振動・騒音が今まで以上にプロペラ設計の重要な視点となっていくだろう。

SRCでは、これらの問題に対応すべく現在も技術開発を進めている。

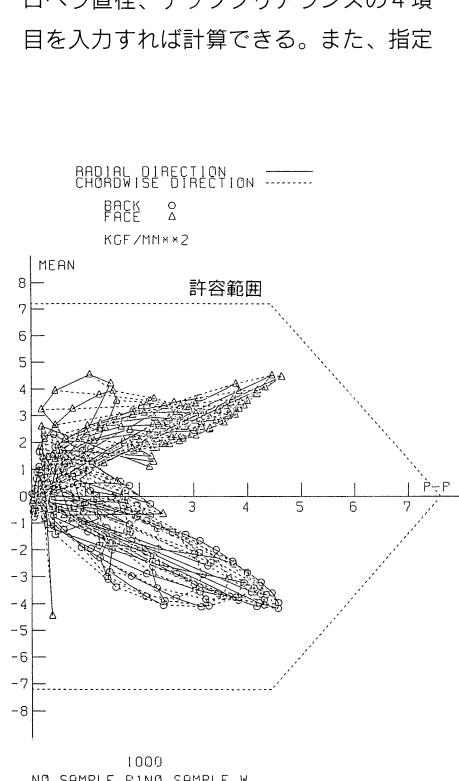


図-4 応力の平均値と変動幅

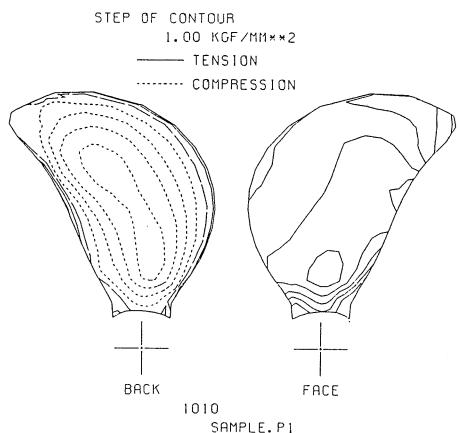


図-5 応力分布図

# 知っていますか ISO 9000

## 1 はじめに

1950～80年代にかけて、アメリカと当時のソ連はロケット開発の分野で激しい競争を繰り広げたが、当初は常にソ連がアメリカをリードするという状況であった。

経済・軍事大国のアメリカが発展途上国とのソ連に立ち遅れた要因にはいろいろあるようだが、その一つにメートル法を採用していたソ連とヤード・ポンド法を採用していたアメリカの違いがあるといふ。なにしろヤード・ポンド法は12進法であるため、一寸した計算も難しく、計算機が今日程発達していなかった当時は技術開発の大きな妨げになっていたそうである。

このため、1960年代のアポロ計画（有人月旅行計画）では、全ての部品についてではないにせよ世界的に主流の規格であったメートル法が採用され、その結果寸法に纏わるトラブルは激減したといふ。

我が国でも第2次大戦中は海軍の製造規格と陸軍の製造規格が一致せず、製造者は無駄な出費を強いられ、作業効率の低下要因にもなっていたと言われている。

ISO (*International Organization for Standardization*、国際標準化機構) は自然科学上の単位や記号、工業規格のみならず、製品の品質管理までも国際化する作業を進めており、我が国ではJIS (日本工業規格) がISOの基本思想を探り入れてきている。世界の情報が瞬時に伝わり、自由貿易が益々盛んになりつつある今日では、分かり易く、扱い易い、統一された記号や規格を採用することは世界の人々が同じ土俵で考え、無駄なく製造できることを意味し、人類に大きな福音をもたらすものと思われるが、ここではISO 9000 シリーズはどんなものか以下に概要を述べてみたい。

## 2 ISO 9000が生まれた背景

ヨーロッパにとってEC諸国（現在のEU）を経済的・政治的に統合することはお互いの利益が大きいため、長年の悲願であり、93年11月には紆余曲折を経て経済統合に関する条約が発行されたが、なにしろ歴史的には隣国同志は常に対立

し、征服と被征服が繰り返えされ、言語、習慣、貨幣も違い、経済格差もかなり大きいケースもあり、真の統合がいかに困難かは想像に難くない。ヨーロッパの各國が何の準備もなくいきなり門戸を開放すれば混乱あるのみである。

工業製品も然りで、市場が統合されたとしても一定の基準で製造されたものでなければ例え同じ規格のものでも採用できないという声が出て来るのは当然であった。このような背景から同制度はEU統合議論が盛んになった1980年代前半にオランダや英国で自国の産業や製品等の競争力を強化する観点から、第三者による品質システムの審査登録が導入され、その後、EU域内の市場統合を契機にして、製品の円滑な域内の自由流通を図る手段の一つとして、1990年前後から欧州各国に急速に普及していった（日本では、経団連が母体となった「(財)日本適合性認定協会 TEL03-5561-0360」が設立されており、ここが「品質システム審査登録機関と同・審査員の認定を実施している」。

審査登録を受けることは、顧客に対して自社の製品に信頼感を与え、又企業のPRにも寄与する面があるが、EUではこれを域外の企業がEU域内に輸出する場合にも義務付けるようになるにつれ、この制度をより国際的なものにしようという機運が高まり、ISO規格の中に取り入れられることとなつた。現在ではISO 9000をEU内の産業防衛の戦略を見る意見もある。

WTO (*World Trade Organization*、世界貿易機関) の貿易の技術的障害に関する協定 (TBT協定, *Agreement on Technical Barriers to Trade*) でも、「製品の適合制の評価手続きに関するISOによって発表されている指針・勧告の尊重義務」及び「他国の適合評価の手続きの受け入れ義務及び相互認証協議の推奨」が合意されており、これが国際的審査登録制度の動きに繋がって世界的に普及している。

ISO 9000で非常に重要なことは、同システムは「あくまでも品質管理を一定の基準の下で実施しようというもので、これによって一定の品質の製品、又はサービスが消費者に提供できる蓋然性がある」ものの「ISO 9000によって管理され

て製造又は提供された個々のものが良いか悪いかといった質を問うものではない」ということである。いってみれば、ISO9000は日本でいう、どのような方法で品質を管理しているかということだけを問うQC (Quality Control、品質管理) であつて、品質そのものの良否を問うQA (Quality Assurance、品質保証) ではないということである。

しかも、基本は契約社会の思想がベースであり「いつ、誰が、何に基づき、どのような方法とフォーマットで、どんな権限をもつて、どのように承認し、それを誰が、どのような方法で、どのように独立した権限の者が確認したのかといったことを各工程毎に詳細に延々と文書化すること」だという。従つて臨機応変に動き、場合によっては兼務も可能という日本の習慣には非常に馴染みにくいという意見が出てくるのも当然といえるかも知れない。

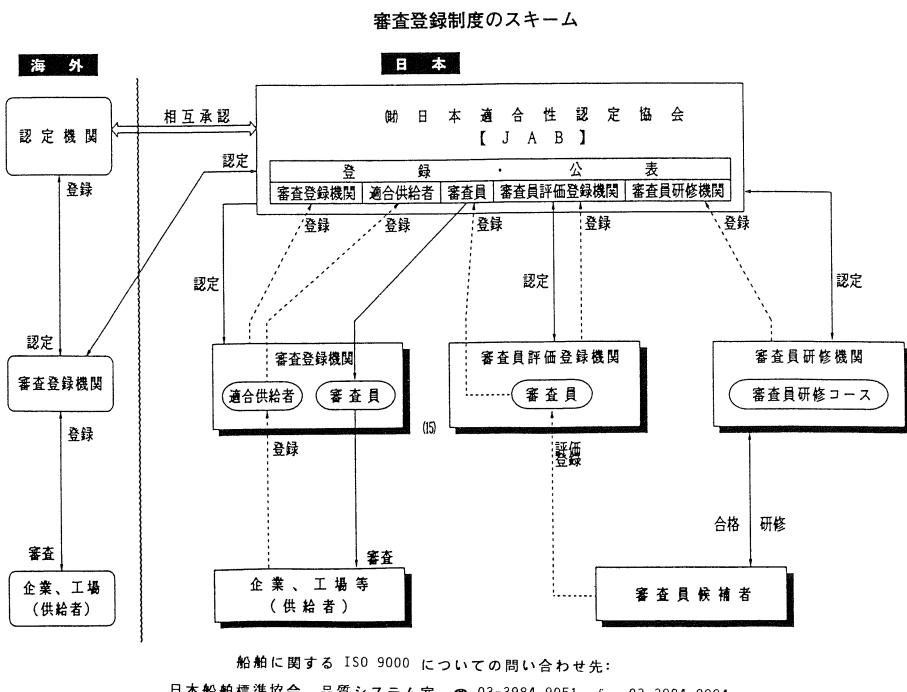
しかし、現在ではISO 9000を取得することが世界の趨勢になってきており日本では、1997年1月末現在、大手企業を中心に2012の事業所（工場数）が取得済である。

日本の産業が輸出依存型であることを考えれば、多くの企業が自社の製品を売るための手段の一つとして取り入れていかざるを得ないものと思われる。ISO 9000が日本人に馴染みにくいのは習慣の違いや品質管理の歴史に根ざしたものである。

## 3 習慣と品質管理の歴史の違い

日本で生活用品を購入した場合、一応名の通ったメーカーのものであればそれが欠陥品だったということは余り例がないし、例え欠陥品であっても購入先の店にいけば、大抵はお詫びの言葉とともに即交換に応じてくれる。そして消費者はそうした習慣が当然だと思っている。

しかし、外国（特に先進ヨーロッパ）に行くとこの常識が通じず、買った直後に欠陥品だと分かって交換してくれるよう申し出ても、一度レジを打つてしまうと販売店は頑として交換には応じてくれない。そうしたことに何度も出くわすと日本製品の欠陥の少なさや、消費者は王様という習慣を有り難く思うものであ



る。しかし、こうした国の人々から見ると「同じ人間同志なのに、日本の製造者や商人は言うべきことも言わずに何故客に媚を売ったり、ペコペコ頭を下げたりするのだろう。これは土農工商という悪習慣の名残ではないか」と映るようである。

また、「日本の会社や官庁に採用されても細かい契約書にサインをさせられるといったことはないし、仕事をする場合にもいちいち契約書にあるないを問わなければ部下に仕事を頼むことは難しいということもない」日本では何事も暗黙の了解のうちに「そんなこと言わなくてもわかってるだろ、適当にやれの一言で、よく言えば臨機応変に」事が済んでしまう風土がある。

さて、日本の製品の品質が世界に抜き出て優れており、アフターサービスもよく、このことが輸出競争力の原動力になっていることは疑いないが、戦後間もなくの日本製品は「安かろう悪かろう」ということで定評があり、当時の日本人は品質の良い舶来品に憧れたものである。

これが今日のようになった背景には戦後日本に統計学による品質管理手法を教えてくれた米国人のディミング博士や、これを日本の文化と融合させた日本の製造者の努力があった。今日でも、メーカ

ーではタイミング賞を受けることが大変名誉なこととされ、最近ではタイミング法にPL法（製造者責任法）の手法を取り入れた優れたものになっている。

にも拘わらず、ISO 9000に関心が高いのは前述したとおりである。

#### 4 ISO 9000の現状と将来

それではISO 9000はどのようなものかというと図のとおりであり、なかなか分かりにくいかとも知れないが、認定機関（原則として一国に一つ、日本では（財）日本適合性認定協会）が認定した審査登録機関（船舶部門では日本海事協会等）の認定された審査員がISO 9000を取得したいという企業等の審査を行い、この審査官によってISO 9000の基準を満たしていると認められて始めて認定機関に「ISO 9000に合致した企業であると登録される」ようになっている。

ISO 9000には9000～9004までの（実行上は9001～9003）の種類があり、どれを取得するかは、当該企業の業種やサービス内容によって異なっている。

さて、9000の思想は外国との相互承認にあり、本来はいずれの国の認定機関で登録されてもその効力は世界に通用するはずであるが、現状では他国で登録され

た企業でも自国の審査を受けなければ認めないとする状況（特に英国）である。

現在は輸出するため、あるいは船主の要求で止むなく取得する企業が多いと聞くが、将来、各國が相互承認するようになればその効果は大きいものと期待される。

ISO 9000を取得した中小企業のなかには、「ISO 9000を取得することによって自社のQAの欠陥がわかった」、「顧客の信用を得た」、「いろいろな面で勉強になる」という声の反面「膨大な紙を消費する恐ろしく非効率なシステム」との声も出ていると聞く。

いずれにしても、今後、現在のISO 9000の持つ欠点が序々に改善され、PL法（Product Liability、製造者責任法）とリンクするようになれば多くの企業等が登録を希望することになり、世界の企業の製品の品質やサービスは向上し、貿易はよりスマートになるものと思われる。

なお、ISO 9000に対しては次のような意見もあると聞いているので、今後導入を検討する場合は参考になるかも知れない。

- ① 作業量が膨大でコンピュータ化が難しい。
- ② それが独立した権限を持ち、組織上も明確に分離しなければならないので兼務ができなくなつた。
- ③ 今までの自社のQAに欠陥のあることが分かった。ただし、これをまとめてやればコストアップ間違いなし。コストアップに比べ効果は少ないが仕方ない。
- ④ こんな煩雑なシステムは見直されるべきだ。ISO 9000は今のところ互換性（各國が相互承認すること）がない。一つ取得するのも大変なのに各國のものを取得することなど不可能だ。ヨーロッパの自国産業保護戦略だ。
- ⑤ このシステムを取り入れるのはやぶさかではないが、取り入れた場合は、従来のJISが軽減されるとか、国の検査が軽減されるとかを検討して欲しい。

以上



# 和歌山県水産試験場所属 漁業調査船「きのくに」について

## はじめに

平成8年11月22日、漁業調査船「きのくに」が完工した。

本船は、昭和53年に就役した「わかやま」の代船として建造された新鋭船である。近年における漁業を取りまく情勢、すなわち資源管理型漁業や漁獲可数量制度の導入等ますます科学的知見に基づく漁業振興の必要なことより、調査機器能力の大幅な向上と海底地形探索装置や計量魚群探知機等を装備している。

当センターは、本船の基本設計及び建造監理を担当したので、その概要を照会する。

## 計画の概要

本船は、和歌山県沿岸及び沖合海域において、各種の海洋・漁場の調査を実施する第3種漁船である。

調査機器等の充実化を図るとともに、操船性及び耐航性の向上、振動騒音の低減、居住環境の改善、省力化等に加え災害救援のための能力増強、例えば造水能力増加等が考慮されている。

### (1) 主要目等

全長	33.20m
登録長	28.20m
幅(型)	6.50m
深さ(型)	2.80m
計画満載喫水	2.40m
総トン数	98トン
航海速力	12.9ノット
航行区域	12.0ノット
最大搭載人員	11名

### (2) 主機関等

主機関  
ヤンマーディーゼルM220-EN2(防振仕様)  
1200ps×800rpm×1基

発電機関  
ヤンマーディーゼル6HAL-HTN(防振仕様)  
180ps×1200rpm×2基

発電機  
150KVA×AC225V×1台  
推進器  
4翼ハイスクュード可変ピッチプロペラ

### パウスラスター

油圧駆動式可変ピッチプロペラ 1t

### セントラルクーリングシステム

### 機関監視装置(データロガ)

### 造水装置

### (3) 調査・観測機器等

#### カラー魚群探知機

#### 記録式魚群探知機

#### 海底地形探索装置

#### 計量魚群探知機

#### CTDシステム

#### ドップラー多層流向流速計

#### 表層生物環境モニタリングシステム

#### XCTDシステム

#### 位置情報伝送システム

#### カラーハードコピー

#### ボンゴネット

#### 調査用ウインチ、ダビット

#### ラインホーラー

### (4) 航海計器等

#### レーダー(Xバンド、Sバンド)

#### 航海情報表示装置

#### オートパイロット

#### ジョイステイツクコントロールシステム

#### 超音波式水中速度計

## 本船の特徴

### (1) 船型等

本船は、船首樓、上甲板及び船橋甲板上甲板室を有する一層甲板船である。

漁業調査船の場合、振動騒音及び船底に装備された各種超音波機器への泡の流入に対する対策が非常に重要である。このため、船尾バルブの採用による船尾回りの流場の改善、ハイスクュードプロペラの採用によるプロペラ起振力の軽減を図るとともに、船首バルブにより船首波を低くするよう配慮されている。

また、本船は各種の海洋・漁場調査が主目的であるが、県内の児童を対象にした体験航海の実施も可能としている。そのため、船体重量の軽減と重心降下には特に配慮し、バラストキールの採用、船橋甲板上甲板室・レーダーマスト・機関室天窓及び煙突をアルミ構造とするなどの対策を行い、良好な復原性能を確保した。

### (2) 一般配置

上甲板下は、船首より船首槽、錨鎖庫、パウスラスター室、燃料油槽、居住区、機関室、清水槽及び舵機室の順に配置した。

船首樓内は甲板長倉庫とし、油圧ポンプ及びカロリーファイヤー等を設置し、上甲板上には第1及び第2調査室、食堂、



賄室、浴室及び便所等を配置してある。

特に船員室は個室とするなど、居住環境の改善には十分配慮がなされている。

また、船橋甲板上に操舵室及び機器室を設け、航海情報表示装置やデータロガ等を装備し、操船しながら機関情報の把握ができるなどの省力化が図られている。

### (3) 主機関及び制御・監視装置

主機関は中速ディーゼルで、減速機を介してプロペラを駆動するとともに、主機関前端に弾性継手を介し増速機を設け、バウスラスター及び甲板機械用の油圧ポンプを駆動している。

冷却システムはセントラルクーリングシステムを採用し海水腐食等に配慮しているほか、主機関及び発電機関は防振支持により十分な振動騒音対策がなされている。

また、遠隔操縦装置や機関監視装置を装備するとともに、オートパイロット、ジョイステイックコントロールシステム、自動船速制御装置（A S C）及び自動負荷制御装置（A L C）等の最新設備を備え省力化を図っている。

### (4) 観測設備等

漁業及びそれを取りまく状況の変化、また調査船に対する漁業者の期待と要請も様々に変化してきている。

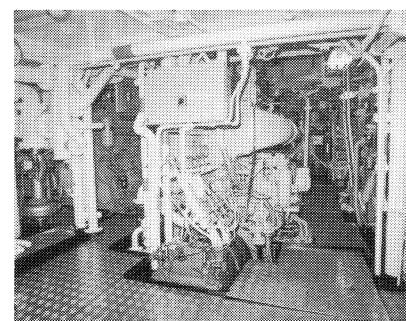
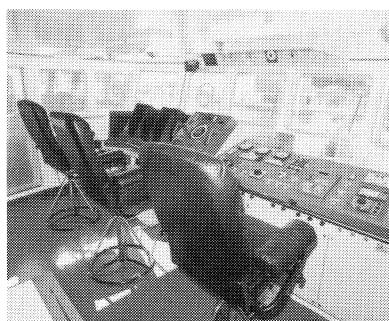
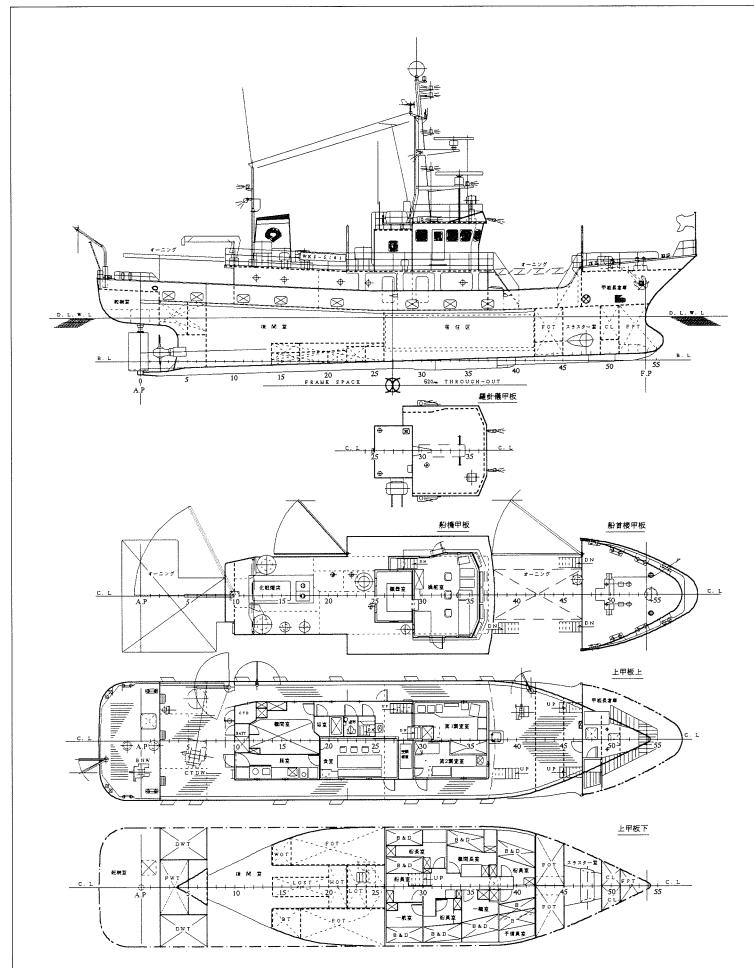
このような情勢の変化に応えるべく、従来から装備されている調査機器の性能を大幅に向上了せたほか、新たに海底地形探索装置、計量魚群探知機等を装備することにより、最新鋭の漁業調査船となっている。

## おわりに

本船は、平成8年10月24日に引渡しのあと、同11月22日、和歌浦港において竣工式が行われた。

最新鋭の漁業調査船「きのくに」は就航後無事に任務につき、各種の海洋・漁場調査に活躍中と聞く。本船の基本設計及び建造を進めるにあたり、積極的なご支援とご高配を賜った和歌山県及び和歌山県水産試験場をはじめ、関係各位に対し厚くお礼申しあげます。

漁業調査船「きのくに」一般配置図



▲第一調査室 改訂地形探索装置及び計量魚群探知器



# 高速艇の実船馬力推定について

## 1. はじめに

船体は航走時に生じる船体表面の流速分布による圧力によって、静止浮上時の姿勢と違った姿勢をとつて航走する。低速で航行する排水量型の船型や高速でも半滑走状態にあるような高速艇にあっては、水槽試験の解析や実船馬力の推定には静止浮上時の浸水面積を使う場合と、航走時の浸水面積を使う場合とで、その相違は無視しうるオーダーである。しかしながら、高速で滑走状態にある高速艇では、上記の浸水面積の相違が実船馬力推定の上で無視出来ないオーダーとなつて来る。又、プロペラを推進装置とする高速艇では、プロペラシャフト、それを支えるブレケット、更に舵等の副部が付いており、水槽試験において副部付の状態でテストすれば良いが、副部の付かない裸殻状態での抵抗試験結果をもとに、副部付の状態の性能を評価することが求められる場合もある。以上について、造船技術センターではケースバイケースで対応しているが、その基本的考え方について以下に示す。

## 2. 航走時姿勢の変化による影響

静止時の浸水面積を $S_0$ 、水線長を $L_0$ とし、航走時のそれらを、夫々 $S_1$ 、 $L_1$ とするとき、模型試験により求められる剩余抵抗係数は次のような条件を満たすことになる。

$$C_{R1} - C_{R0} = C_{f0m} \times S_{0m} / \nabla_m^{2/3} - C_{f1m} \times S_{1m} / \nabla_m^{2/3} \quad (1)$$

速力100ノット、200ノットというような航走時の浸水面積が殆ど0に近い場合は、

$$C_{R1} = C_{R0} + C_{f0m} \times S_{0m} / \nabla_m^{2/3} - C_t \quad (2)$$

すなわち、航走時の剩余抵抗すなわち全抵抗となり、当然ながら流れの尺度影響はなく、 $\epsilon = R_t / \Delta$ という一種の揚抗比によつて抵抗の値を評価する方法が適用される。滑走状態と云つてもかなりの範囲が水に浸つている場合は $L_1 < L_0$ であるが、対応する摩擦抵抗係数は $C_{f1m} \approx C_{f0m}$ とみなせるので、(1) 式は

$$C_{R1} - C_{R0} = C_{f0m} (S_{0m} / \nabla_m^{2/3} - S_{1m} / \nabla_m^{2/3}) \quad (3)$$

となり、 $S_{0m} > S_{1m}$ であるから $C_{R1} > C_{R0}$ である。次に夫々の剩余抵抗係数を使って実船の全抵抗係数

$$C_{t1s}、C_{t0s} の差は C_{t1s} - C_{t0s} = (C_{f0m} - C_{f0s}) (S_{0s} / \nabla_s^{2/3} - S_{1s} / \nabla_s^{2/3}) \quad (4)$$

なお、 $C_{t1s}$ 、 $C_{t0s}$ は $R_t$ 、 $R_{t0}$ を $1/2 \rho_s v_s^2 / \nabla_s^{2/3}$ で無次元化した係数、 $C_{f0m}$ 、 $C_{f0s}$ は相当平板の摩擦抵抗の式より求めた模型船および実船スケールの摩擦抵抗係数で $\Delta C_t$ は滑面と考えて0としている。静止時の浸水面積を用いて剩余抵抗係数を求め、更に実船馬力を求めるという方法によると、姿勢変化の大きくなる高速域において、性能が急に予想より悪くなるという現象も生じうる。

例えば実船長25m、速力40ノットで、模型船縮尺比1/10で、 $S_{0m} / \nabla_m^{2/3} = 7$ に対し、浸水面積が約70%少くなり $C_{f0m} S_{0m} / \nabla_m^{2/3} = 4.9$ とすると、 $C_{f0m} = 2.72 \times 10^{-3}$ 、 $C_{f0s} = 1.70 \times 10^{-3}$ となり、 $C_{t1s} - C_{t0s} = 2.1 \times 10^{-3}$ となる。 $C_{t0s}$ の値は大略0.02のオーダーであるから、10%程度、静止時の浸水面積を用いた解析結果を用いて推定する実船馬力よりも高目にでることとなる。図-1に例を示す。

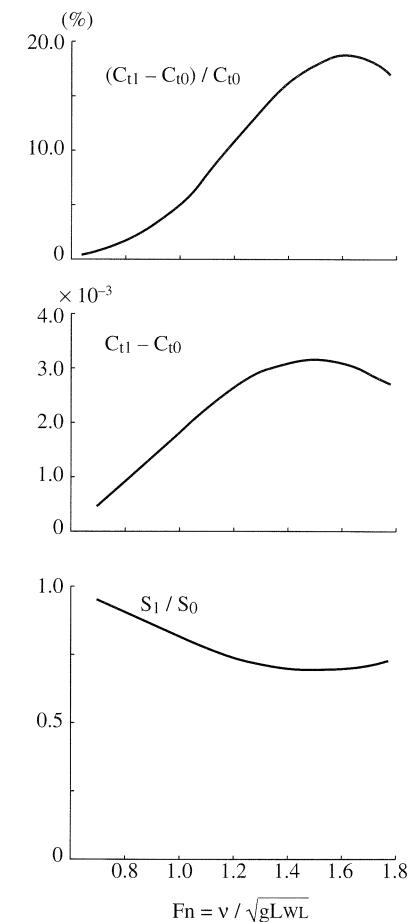


図1 解析に用いる浸水面積の相違による影響例

## 3. 副部付状態の実船有効馬力の評価

裸殻状態での抵抗試験により得られた剩余抵抗係数 ( $C_{Rn} = R_{Rn} / 1/2 \rho v_m^2 \nabla_m^{2/3}$ ) と浸水面積 ( $S_n$ )、排水容積 ( $\nabla_n$ ) を用い、副部付状態の浸水面積および排水容積の裸殻状態の夫々との比 ( $S_a / S_n, \nabla_a / \nabla_n$ ) に関する既存船のデータとを考慮して、実船の全抵抗を求めることとする。その際に、副部による抵抗増加を粗度影響係数の形 ( $\Delta C_A$ ) で表すと以下のような式となる。

$$1/2 \rho v^2 \nabla_a^{2/3} (C_{ra} + C_{f0s} S_a / \nabla_a^{2/3}) = 1/2 \rho v^2 \nabla_n^{2/3} (C_{rn} + (C_{f0s} + \Delta C_A) \times S_n / \nabla_n^{2/3}) \quad (5)$$

$$\Delta C_A = C_{f0s} (S_a / S_n - 1) + \nabla_n^{2/3} / S_n \cdot \{(\nabla_a^{2/3} / \nabla_n^{2/3}) C_{ra} - C_{rn}\} \quad (6)$$

(6) 式において、例えば $S_a / S_n = 1.10, \nabla_a / \nabla_n = 1.02 (\nabla_a / \nabla_n)^{2/3} C_{ra} - C_{rn} = 0.004$ とする。前節での $S_n / \nabla_n^{2/3}$ および $C_{f0s}$ の値を用いると

$$\Delta C_A = 1.70 \times 10^{-3} \times 0.10 + 1/7 \times 0.004 = 0.74 \times 10^{-3}$$

が得られる

## 4. おわりに

高速艇の推進性能推定の際に、問題とされることの多いテーマについて考えついたことをまとめてみた。流体現象まで含めると、以上のような単純な式で解決するようなものではないことは承知しているが、簡素な実験をもとに、実艇の性能の評価を期待されるケースに対処するための1つの方法と理解して頂ければ幸いである。

高速艇模型の船尾付近船底近くの流速を計測したことがある。船底近くで、前進速度に近い値が得られるものと期待していたが、ピトー管を予定の深さを越えて船底から離しても、中々期待通りにはいかず、遂に模型船の喫水以上も離して前進速度と同じ程度の値が計測された。このような事例も珍しいので、まず、長年勉強してきたCFDを試そうということになり、EWSを一晩動かして、模型船まわりの粘性流れを求めてみたところ、実験結果に対応するよう一様流速よりも遅い流速の範囲が船尾付近の深いところまで広がっているという結果を得た。図-1に計測位置のS.S.No 1/2における速度分布を示す。次に計測の精度をチェックするために、乱流境界層理論に基づかれている境界層内の流速分布を支配する1/7乗則とどの程度合うかを調べてみた。平板の乱流境界層厚さに相当するところが、境界層外縁として、1/7乗則により求めた流速分布と計測結果より得た流速分布の比較を図-2に示す。計測は船体表面から僅かに0.5mmの位置まで試みているが、このようなところまで、1/7乗則と実験結果は驚くような良い対応を示している。この計測装置は当センター職員が、境界層内を計測するという今回の実験のために、安価で簡便で精度良くを条件に、工夫をこらし、自作したものである。図-3に装置を模型に取り付けた状況を示す。

流れの現象を知る方法として、流体力学の理論をもとにするCFDは今後の重要な

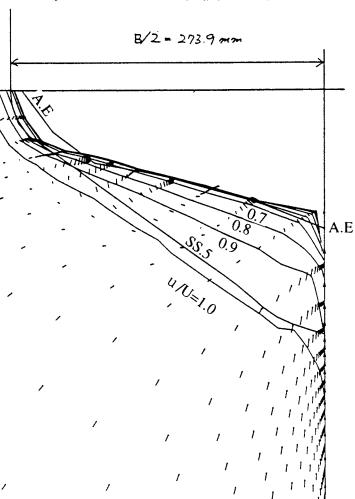


図-1 CFDによる計算

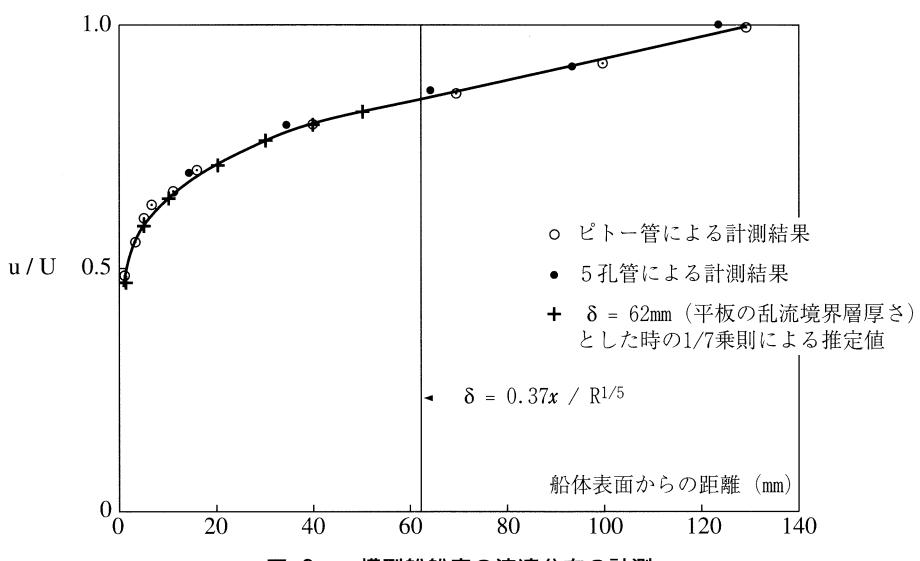


図-2 模型船船底の流速分布の計測

ツールであるとともに、計算の精度を確認し、更なる改良のためには流れの微細な構造を実験的に計測し、現象を理解するための精度の良い流れの計測装置が必要とされる筈である。当センターは以上の考えに沿って積極的にというような軽はずみな事は言えるような状況にはないが、自分たちに

出来る所から、着実に、かつ地道に、次の時代への転換を進めつつあるという事は述べておきたい。

なお、以上の計算や計測、特にソフトの構築、計測装置のアイデアや製作は当センターの将来を支える若手職員によるものであることを申し述べておく。

## 編集後記

新しい年になってから1ヶ月が過ぎようとしております。境界層理論は日頃

から流体力学に関係のある人にとっては、当たり前のことはかりでしょうが、そうでない読者の方々にとっては何でしたでしょうか。造技センターのソフトの紹介も前々号に続いて掲載しましたが、ご利用頂ければ幸いです。ISO9000のことをご存じですか。いろいろな背景や課題をまとめたので、参考にして下さい。今年は海に関すると言えば、まず日本海の重油汚損問題があります。遠いヨーロッパやアラスカで起きた事故は、私達も決して無縁では有り得ないことを教えられました。関係の方々のご苦労に敬意を表すると共に、当センターとしても、波に強いフェンスや回収装置等の開発にお手伝い出来るものと考えております。

(K. T)

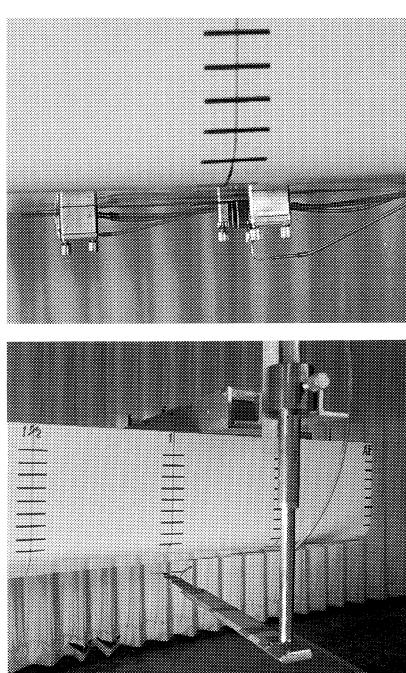
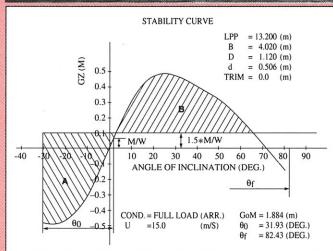
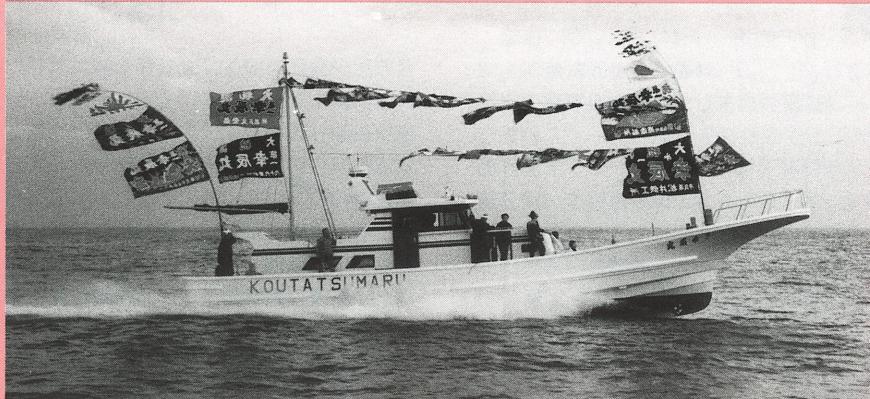


図-3 ピトー管取付状況

# 新造船と復原性



千葉県片貝漁港を母港とし、九十九里浜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平均的な寸法を有し、最大復原てこも約50cmあり、安定した復原性能を示している。

## 船名 第一幸辰丸

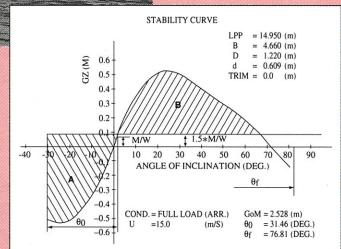
用途	小型遊漁兼用船	
船主	糸日谷 清治	
造船所	原 造船所	
設計者		
竣工	平成8年12月	
総トン数	12トン	
航行区域	限定沿海	
主要寸法(m)	長さ × 型幅 × 型深さ 13.200 4.020 1.120	
主機	連続最大出力 740PS 回転数 2,200rpm 基數 1基	
最大速力	27ノット	
旅客定員	30名	

## 船名 第三松新丸

用途	小型遊漁兼用船	
船主	松下 茂男	
造船所	(有) 鈴木造船所	
設計者		
竣工	平成8年3月	
総トン数	19トン	
航行区域	限定沿海	
主要寸法(m)	長さ × 型幅 × 型深さ 14.950 4.660 1.220	
主機	連続最大出力 760PS 回転数 2,200rpm 基數 1基	
最大速力	28.3ノット	
旅客定員	45名	



愛知県知多半島突端の師崎港を母港とし、遠州灘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型幅が広く、比較的大型船に属し、最大復原てこも50cmを越え、安定した復原性能を示している。



## 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)