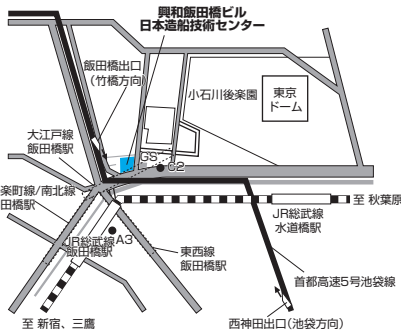


No. 68

●目 次●

船型設計システムの開発	page 1
トリマランの運動性能について	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2)	page 4
上島町フェリー型19総トン救急艇 「ゆうなぎ」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 ー第1報 基本コンセプトと予想発電量ー	page 8
ハイブリッド型推進装置搭載船の 水槽試験 (その2) ー試験計画と試験方法ー	page 10
日本造船技術センターにおける 研修の感想	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

船型設計システムの開発

船型設計の流れ

設計要件

最適初期要目設定

最適船型パラメータ導出

船体形状創生

設計ラインズ

造船所の設計システム

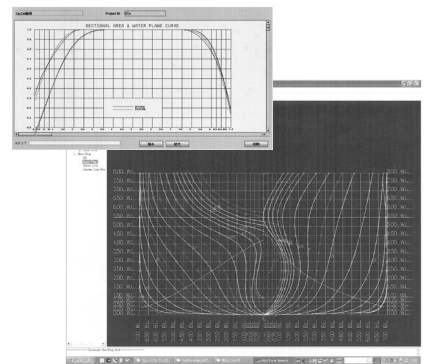
システム化で設計支援

日本造船技術センターでは、長年に涉り蓄積された試験結果を数値化された船型パラメータや性能要素データベースに整理し、その分析結果をもとに、脳の機能や遺伝メカニズムのシミュレート手法を適用した船型最適化手法を開発しています。

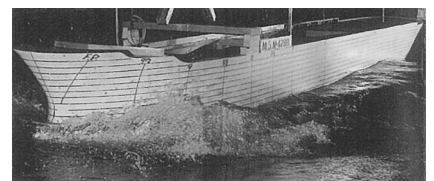
また、最適化で得られた船型パラメータから船体形状を創生し、線図に具現化する数学的手法も独自に考案し実用化を進めています。



開発作業風景



最適Cp/Cw曲線の導出と線図創生



性能推定・性能検証は水槽試験と連携

船型設計システムは、フローチャートに示すように、こうした新しい手法を組み込み推進性能に優れた船のラインズを短期間に提供することを目指すもので、現在開発に取り組んでいます。

右の写真は開発状況と最適結果の紹介ですが、水槽試験と連携した性能検証も当センターの特徴です。

実用に供すべく開発を進めてまいります。ご期待ください。

トリマランの運動性能について

1. はじめに

SRC News No.66、67で、トリマランの復原性能について紹介しました。細長型トリマランは、比較的小さな傾斜角で、片舷の副船体船底が空中に出てその部分の復原力を失い、全体復原力が急減して大傾斜する性質があり、その対策は、初期復原力増加、或いはペンタマランの様に別の副船体が着水して喪失復原力をカバーする等が考えられます。また、このような特性は波浪中の運動特性にも影響し、微小振動、微小波高を前提とする線形理論では予測出来ない現象の可能性にあります。縦或いは横傾斜により水面形状が動揺中に大きく変化する例は、通常船では最近のコンテナ船等に見られ、縦揺れが大傾斜横揺れを誘起する現象（パラメトリック横揺れ）等が話題となっています。これらの現象をシミュレートすることが可能なプログラムも開発されていますが、本稿では、現象を理解するために、簡単な問題に置き換えて検討してみます。

2. 船体運動の定式化

船体運動は、一般にx、y、z軸方向の変位と軸周り振りの6成分とそれらの1次及び2次の時間微分よりなる連立方程式で表されます。図-1に運動の座標系を、表-1に、運動方程式を示します。加速度、速度及び変位に関する高次影響を無視した線形関係に波強制力を加えた形となっており、船体対称性、細長体の仮定をして前後揺れ、上下揺れ、縦揺れが連成する組と左右揺れ、船首揺れ、横揺れが連成する組に分離します^[1]。波強制力以外の各係数は微小運動、微小波高の仮定から時間に無関係としています。深さ方向の形状変化が大きく、運動が大きい場合に見られるパラメトリック横揺れ或いは、トリマランの場合に懸念される現象の検討は困難です。何故ならば懸念される現象は大波高中の大振幅運

動中に船体形状の急激な変化、即ち、運動の高次影響と流体力係数の時間変化影響が重畳して生ずると考えられるからです。

本稿ではまず、このパラメトリック振動の理解を深めるために、パラメトリック振動の一例であるブランコの挙動を考察します。

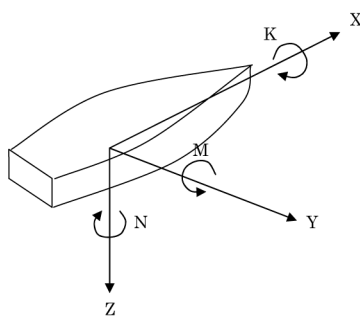


図-1 座標系

表-1 船体運動方程式

・ 前後揺れ

$$(m_0 + m_{11})\ddot{x}_1 + N_{11}\dot{x}_1 = \text{Re}[\zeta_A E_1 e^{i\alpha}]$$

・ 上下揺れ/縦揺れ

$$\begin{bmatrix} m_0 + m_{33} & m_{35} \\ m_{53} & I_{22} + m_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_3 \\ \ddot{x}_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} N_{33} & N_{35} \\ N_{53} & N_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}_3 \\ \dot{x}_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{33} & C_{35} \\ C_{53} & C_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_3 \\ x_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Re}[\zeta_A E_3 e^{i\alpha}] \\ \text{Re}[\zeta_A E_5 e^{i\alpha}] \end{bmatrix}$$

・ 左右揺れ/船首揺れ/横揺れ

$$\begin{bmatrix} m_0 + m_{22} & m_{24} - m_0 z_G & m_{26} \\ m_{42} - m_0 z_G & I_{11} + m_{44} & m_{46} \\ m_{62} & m_{64} & I_{33} + m_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_2 \\ \ddot{x}_4 \\ \ddot{x}_6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} N_{22} & N_{24} & N_{26} \\ N_{42} & N_{44} & N_{46} \\ N_{62} & N_{64} & N_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}_2 \\ \dot{x}_4 \\ \dot{x}_6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{22} & C_{24} & C_{26} \\ C_{42} & C_{44} & C_{46} \\ C_{62} & C_{64} & C_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_2 \\ x_4 \\ x_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Re}[\zeta_A E_2 e^{i\alpha}] \\ \text{Re}[\zeta_A E_4 e^{i\alpha}] \\ \text{Re}[\zeta_A E_6 e^{i\alpha}] \end{bmatrix}$$

3. パラメトリック振動

図-2に示すように、ブランコを漕いでいるときのことをイメージしてみましょう。この運動を言葉で表現すると「人間はしゃがんだり、立ち上がったたりという動作をブランコの揺れの半周期の間に1回行い、より大きな振幅の運動を得ている」と言えます。この運動を定式化し

てさらに考察を進めたいのですが、簡単のために、単振り子の問題に置き換えて「ブランコの回転中心から人間の質量中心までの距離を変化させている」と考えることにします。図-3に単振り子の座標系を示します。

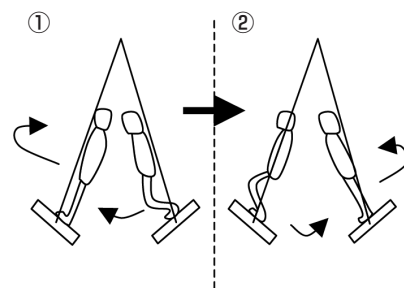


図-2 ブランコ

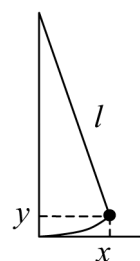


図-3 単振り子座標系

まず、エネルギー保存則から

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgy = E$$

が得られます。ここで、

$$v^2 = \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2$$

であります。また、幾何学的関係から $y \ll x$ を仮定すると、 $y \approx x^2/2l$ が得られます。

以上より、エネルギー保存則は

$$\frac{1}{2}m\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \frac{1}{2}mg\frac{x^2}{l} = E$$

と書き直すことができ、これを微分形式で表すと、

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{g}{l}x = 0$$

が得られます。パラメトリック振動とはこの糸の長さ l が含まれる、 x に掛かっている項（バネ振動系ではバネ定数に相当す

る)がパラメトリックに変動する運動系です^[2]。また、これらの系ではバネ乗数の変化がある特殊な条件のとき、解が発散することも知られており、パラメータ共鳴、パラメータ共振とも呼ばれています^[3]。このばね乗数が増加するというこは、船体運動では復原力が変化することに対応します。

これらの方程式系はMathieu方程式と呼ばれる方程式で記述され、その解も詳しく研究されていますので、次章でその特性について触れます。

4. Mathieu方程式

Mathieu方程式の一般形は以下のよう記述されます^{[4][5]}。

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

それでは α や β を変化させた挙動を見てみましょう。 $\beta=0.25$ 、 $\alpha=0.1177$ の場合には図-4に示すように解は不安定となり発散します。上の図は縦軸に dx/dt 、横軸に x をとった相空間を示した図で、下の図は時系列を示します。図-5は図-4の近傍でうなりのような準周期運動の安定解が得られる場合を示したものです。図-6は別の安定解が得られる例を示しました。

安定解の存在範囲を α 、 β で分類すると図-7に示すアーノルドの舌と呼ばれるような分布になります。パラメータ共鳴が生じる不安定領域は $\beta/\alpha \ll 1$ では固有振動数の2倍付近で起こります。すなわち、 $\sqrt{\alpha} = n/2$ (n は整数)の付近、 $\alpha=0.25, 1.0, 2.25 \dots$ で現れます(図中○印で示した所)。

5. まとめ

本稿ではパラメトリック振動の一例としてブランコの例を単振り子に置き換えて、振り子の系に相当するパラメータを変化させることによって励起される振動を解説しました。さらにMathieu方程式を使って解の挙動を紹介しました。

$\beta=0$ の場合には単純な周期運動となりますが、 α と β の値によっては安定な準周期解や、解が発散する不安定現象が見られました。船体運動に置き換えて考えると、ほんの少しの条件の違いによって安全な状態から非常に危険な状態に陥ることを示唆しています。

しかしながら、方程式を良く調べることにより、不安定領域と安定領域が交互に存在し、固有振動数の2倍程度の周波数で励起される振動が不安定領域の中心

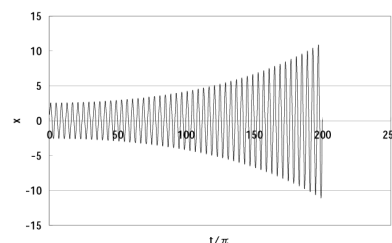
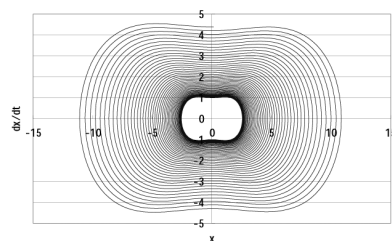


図-4 上：相空間；下：時系列
($\alpha=0.1177$ 、 $\beta=0.25$)

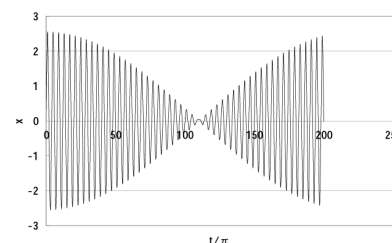
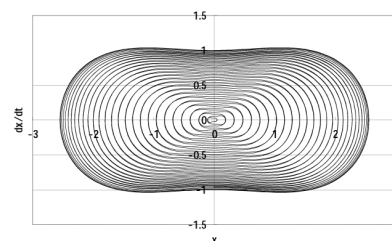


図-5 上：相空間；下：時系列
($\alpha=0.1176$ 、 $\beta=0.25$)

に来るなど、系の構造を知ることができ、実際の設計に生かすことができると考えられています。次稿以降ではトリマラン船型の船体運動を表現できる方程式を用いて考察を深める予定です。

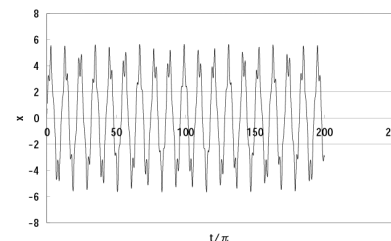
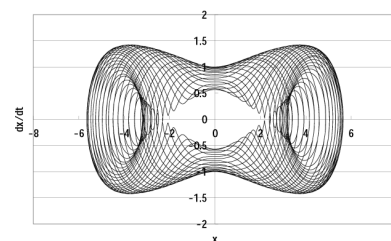


図-6 上：相空間；下：時系列
($\alpha=0.0$ 、 $\beta=0.25$)

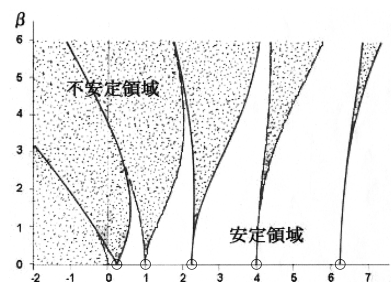
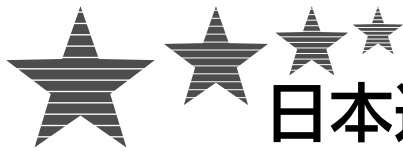


図-7 安定解の存在範囲

参考文献

- [1] 元良誠三等、“改訂版 船体と海洋構造物の運動学”、成山堂書店
- [2] A.P.フレンチ、“MIT物理 振動・波動”、培風館
- [3] ランダウ、リフシッツ、“力学”、東京図書株式会社
- [4] 高橋陽一郎、“微分方程式入門”、東京大学出版会
- [5] “岩波 数学辞典 第3版”、岩波書店



日本造船技術センターにおける 具体的なCFD計算例（その2）

○ 格子生成

前号ではCFDの理論的背景を簡単に述べた。

CFDでは、計算格子上で流体現象を記述する方程式を解いているが、計算格子の品質は計算精度や安定性に大きな影響を与える。

日本造船技術センターでは(独)海上技術安全研究所と(有)ACTが共同開発したHullDesという格子生成プログラムを用いて格子を生成している。今号では計算格子について簡単に説明した後、HullDesを用いた具体的な格子生成事例を紹介する。

○ 構造格子・非構造格子

計算格子には大きく分けて構造格子と非構造格子の2種類がある。構造格子とは図-1に示すように長手方向にX分割、上下方向にY分割のように格子の配置が規則的（構造的）な格子の事である。それぞれの格子は6面体で構成される。格子の形状として理想的なのは直方体であるが、実際に生成される格子は直方体ではなく歪みや振れを持つので、なるべく直方体に近づけるようなスムージング処理を数値的に行き、格子を生成している。

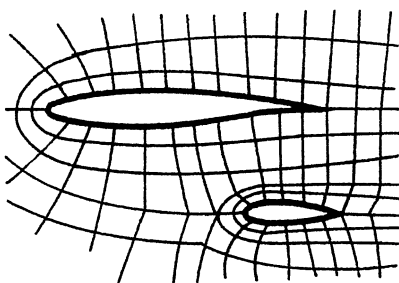


図-1 構造格子（2次元）

非構造格子とは、図-2に示すように格子が不規則に配置されるような格子であり、格子の形は6面体に限る必要はなく、4面体や5面体のような色々な多面

体で構成されている。

構造格子、非構造格子には一長一短があり、計算対象や内容に応じて適切に選択する事となる。構造格子は、格子の配列が規則的であるので数値計算の手間が少なく済むので、非構造格子と比べて計算時間が短いのが長所であるが、短所としては格子の形や配置の制約のため、複雑な形状（例えばフィンが付いたような船体）に対応する事が難しい。

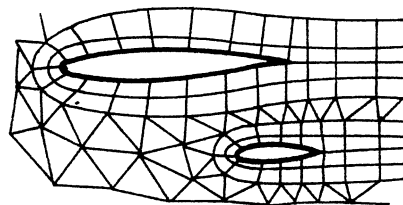


図-2 非構造格子（2次元）

非構造格子は格子の形や配置に制約がないので複雑な形状に対応するのが容易という点が長所であるが、格子の配列が規則的ではないので、数値計算の手間が多くなり、構造格子と比べて計算時間が長くなるというのが短所である。

尚、当センターで使用しているNSソルバーのうち、NICEとNEPTUNEは構造格子にのみ対応しており、SURFは構造格子と非構造格子の両方に対応しているが、格子生成ソフトのHullDesが非構造格子に対応していないため、構造格子についてのみ計算を行っている。非構造格子は今後の課題である。

○ 自由表面の取り扱い

船の周りの流体現象において、造波現象、つまり自由表面の存在は非常に大きな要素である。この自由表面の捉え方は大きく分けて2種類ある。1つは自由表面と格子を一致させる方法（図-3参照）で、もう1つは格子と自由表面を一致させず、格子の内部で自由表面を捕獲する方法（図-4参照）である。

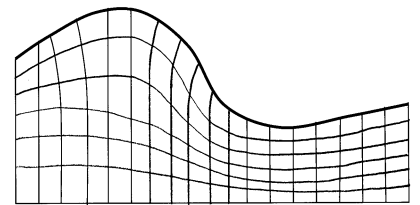


図-3 自由表面と格子を一致させる方法

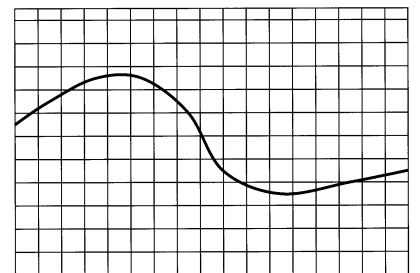


図-4 格子の内部で自由表面を捕獲する方法

これらの方法には一長一短があり、前者では、自由表面と格子が一致しているので、自由表面の形状が非常に精度良く表現されるが、巻き波など波面の変形が大きくなると、格子を追従させるのが非常に困難になるという欠点がある。後者は、巻き波など波面の変形が大きい場合でも格子の形を変えなくて良いので、計算が容易であるが、自由表面と格子が一致していないので、その分、精度が若干悪くなるのが欠点である。

尚、当センターが使用しているCFDプログラムの内、自由表面計算に対応しているのはSURFとNEPTUNEであるが、NEPTUNEは格子と自由表面を一致させる方法であり、SURFは格子と自由表面が一致していない方法である。

○ プロペラの取り扱い

プロペラについては、厳密に扱おうとすると、プロペラについても計算格子を生成し、そのプロペラを回転させて推力やトルクを推定する必要があるが、プロペラを含んだ計算格子の生成や非定常計算にする必要があるなど様々な困難があ

るため、SURF、NEPTUNEでは厳密には簡易的に、プロペラを無限翼数理論に基づいてスラスト、トルクが作動する円板として評価している。この円板が計算格子内に存在すると考え、流場の情報から円板（プロペラ）が発生するスラストとトルクを推定し、円板を含む計算格子に対して適切な体積力項を与える事でプロペラの影響を考慮している（図-5参照）。実際の計算では流場計算とプロペラの計算を数回程度繰り返して計算を収束させている。当センターではシップポイントで推力と抵抗がつりあうようにプロペラ回転数を変化させる計算を行っている。

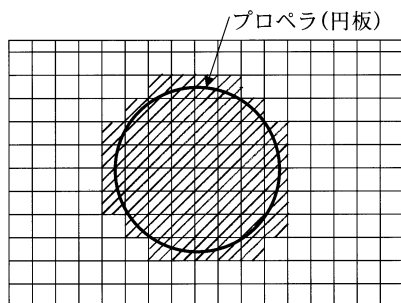
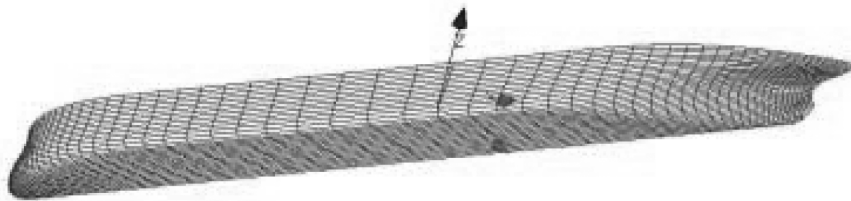


図-5 格子に含まれる円板の面積、位置に応じて体積力が与えられる

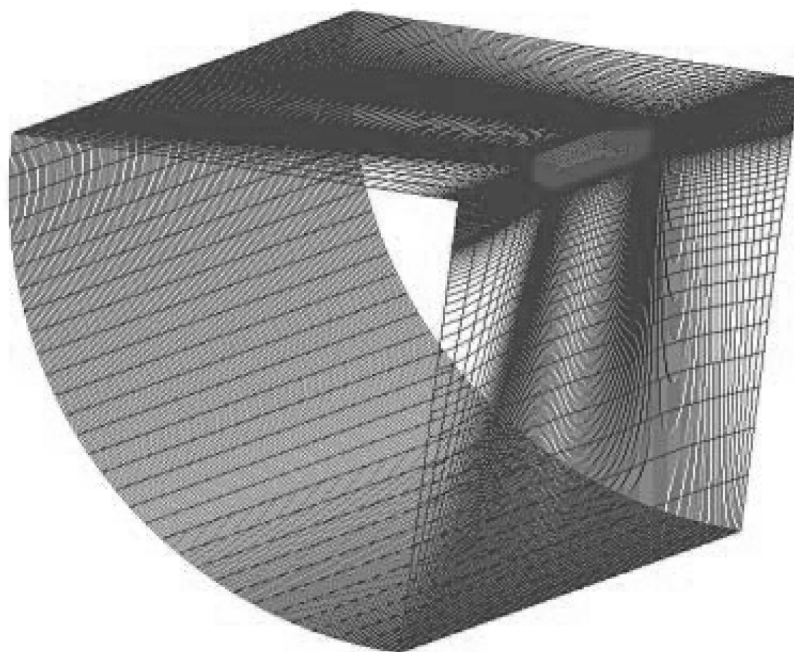
○ 格子生成の具体例

Hulldesにおける格子生成の手順は、最初に計算対象の①船体表面格子を生成し（必要に応じて舵の格子も）、次に②境界面格子を生成し、最後に③空間全体の格子を生成する。右に各段階における格子生成例を紹介する。空間格子については、全ての格子をプロットすると何も見えなくなるので、空間内の一部の格子を描画することとした。実際は空間内に密に格子は分布している。

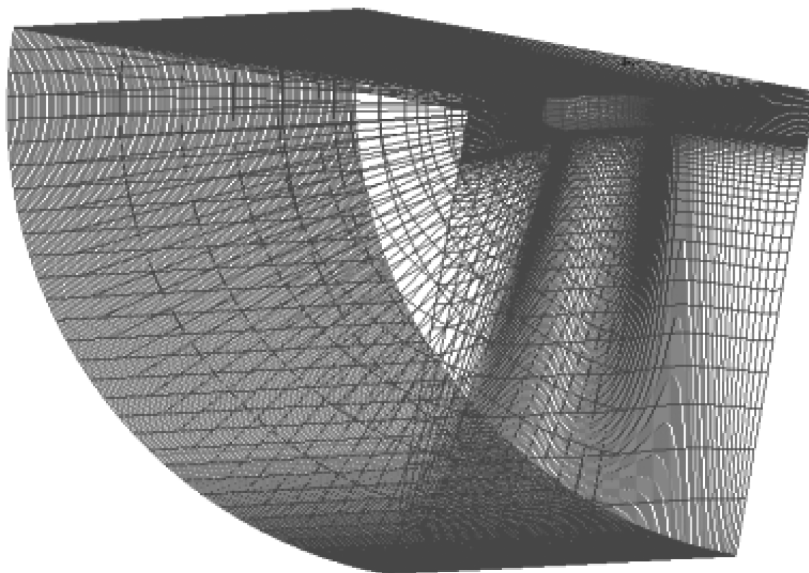
①船体表面格子



②境界面格子



③空間格子



上島町フェリー型19総トン救急艇 「ゆうなぎ」について



1. はじめに

愛媛県越智郡上島町は平成16年10月1日に弓削町、岩城村、生名村、魚島村が町村合併して誕生した。

行政区域は瀬戸内海の平水区域内の島々であるため、民間のフェリーの運航時間に左右されずに救急車等の行政車両を移送できる機動性に優れた救急艇が必要不可欠となった。

本艇は日本造船技術センターにおいて平成17年1月～3月に基本設計を行い、平成17年9月に（株）木曽造船で起工、平成18年2月に竣工した。

本艇の建造に伴い建造監理も実施したので、概要を紹介する。

2. 建造目的

当町の行政区域内には総合庁舎及び消防署のある弓削島の他に、各支所のある生名島、岩城島、魚島があり、その他にも佐島、赤穂根島、豊島、高井神島などがある。これらの島より必要に応じて因島、尾道、今治に救急患者等を機動的に搬送する。

本艇は以下の目的に従事する。

- (1) 島しょ部における救急搬送活動及び行政連絡活動
- (2) 海上における救急救助活動
- (3) 災害時等の物資及び車両輸送
- (4) その他

3. 基本コンセプト

- (1) 本艇はイニシャルコスト及びメンテナンスコストの低減が期待できる19総トンのJCI船とする。
- (2) 救急車等の行政車両を積載できる平甲板船とする。
- (3) 車両を積載しない場合は平水区域を航行するが、積載した場合は5海里以内とする。
- (4) 車両を搭載し機動的な運用を行うため、船速を常備状態、主機関90%出力で25ノット、最軽荷状態試運転最大28ノット以上を達成する。
- (5) 航続時間を船速25ノットで7時間以上とする。

4. 基本計画概要

目的及び基本コンセプトより、本艇の基本計画の概要を以下のように設定した。

- (1) 業務上高速力を要求されることや廃船処理等を考慮して船体材質を船舶用耐食アルミニウム合金とし、船体の軽量化を図る。
- (2) 船型は高速艇に適した単胴チャイン船型とするが、車両の出入に際して、船首の沈下が極力少なくなるように船首付近の計画喫水線に十分なボリュームを持たせる。
- (3) 本艇は、安全性を第一とし、車両搭載時の復原性能を事前に十分な計算を行い確認すると共に、建造に当っては極力船体の重心位置の低下に努める。
- (4) 一般法令の他に小型カーフェリー特殊基準を適用し設計する。
- (5) ランプ扉の材質はアルミニウム合金製とし、各港のポンツーンに接舷し、車両の移送がスムーズに行われる長さ及び強度を確保する。各港のポンツーン乾舷は車止め縁石高さ10cmを加味して90～120cmの高さとする。
- (6) 主機関は所定の船速を満足する軽量高出力の4サイクルディーゼル機

関を2基搭載する。

主機関はメンテナンスの容易な水平配置とし、防振ゴム上に設置し、船体振動の低減を図る。なお、ポンツーン接岸時の操船用として減速機は電子コントロール付とする。

(7)発電機は防振装置を施した高速ディーゼル機関駆動1基を同一架台上に設置し、船内の機器に十分な電力を供給する。

(8)航走トリム対策として、トランスムの左右に固定式のトリムタブを装備する。

(9)4翼一体型で25°程度のスキュー付プロペラを装備し、プロペラチップと直上の船体との距離を0.3Dp以上とり、プロペラキャビテーションによる振動騒音を減少する。

5. 完成主要目等

本艇の基本設計は平成17年1月下旬から3月下旬までの短納期のため、上島町担当者と精力的に打合せ及び検討を行い、以下の主要寸法等を決定した。

(1)船体主要目等

- ①全長 : 20.80m
- ②測度長 : 16.00m
- ③型幅 : 5.00m
- ④型深さ : 1.90m
- ⑤船首高さ : 約2.4m
- ⑥計画満載喫水 : 約0.8m
- ⑦船員 : 4名
- ⑧旅客 : 12名
- ⑨航行区域 : 平水

(車両未搭載時)

- ⑩車載条件 : 5海里以内
 - a. 4トン (車両1台)
 - b. カローラクラス+軽トラック

⑪燃料 : 2,200L

⑫清水 : 300L

⑬常備状態船速 :

救急車搭載、80%積荷

主機関90%出力 25kt

⑭最軽荷状態・試運転最大

主機関110%出力 28kt

⑮航続時間 : 7時間以上(25kt)

(2)主機関等

①主機関出力 : S6B5-MTK2S

537kW(730PS)×2基

②発電機出力 : CAT-C1.5

14.5kW×1800rpm

(3)無線及び航海計器等

①消防無線

②第3種汽笛兼船内指令装置

TT-30

③磁気コンパス SD-21

時差修正装置付ドーム型

④磁気方位センサ

PG-1000

⑤15型船舶用カラーレーダー

FR-1525 M3

⑥12型GPSプロッタ

GP-280 (DGPS)

⑦真風向風速計

FW-250

⑧衛星EPIRB

REB-23-01

⑨キセノン電動リモコン探照灯

HRX-300

⑩ハロゲン角型フラッドライト

200W×AC100V・DC24V



⑪トランシーバー

耳骨マイク式 UBZ-LJ20

(4)海上公試運転結果

①車両搭載時速力

排水量 約30トン時

85%出力 : 25ノット

100%出力 : 27ノット

110%出力 : 29ノット

②航続時間 9時間 (25ノット)

③騒音測定

主機関 3/4出力時

操舵室 : 71dB

客室 : 75dB



6. あとがき

船速条件を満たすため、極力軽量化を進めることにより、試運転時には常備状態速力を満足することが出来た。

「ゆうなぎ」の竣工により上島町は19総トン救急艇「かみじま」と2隻体制となり、患者等の状況に応じて対応できる状態となった。

最後に本艇の建造にあたっては長年培われた経験と技術を十分に発揮した(株)木曾造船並びに関連メーカーに感謝いたします。

浮体式洋上風力発電プロジェクトについて —第1報 基本コンセプトと予想発電量—

日本造船技術センターでは、(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)」を実施しました。日本近海で洋上ウィンド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1報では、基本コンセプトと日本近海での浮体式洋上風力発電による予想発電量について説明します。

1. 基本コンセプト

洋上では陸上のように周辺に障害物が無いため、乱れの少ない安定した風力エネルギーを得ることが可能であり、風力発電ファームの建造に適した場所であるといわれています。実際、ヨーロッパでは遠浅の海上に固定式大型風車を大量に並べた洋上風力発電ファームが見られます。しかしながら、日本近海では遠浅の海域が少ないので、着定式の風車を並べる洋上風力発電ファームは構築できません。そこで、日本近海でも適用できるように、係留された浮体上に風車を設置して発電を行う「浮体式洋上風力発電システム」についての検討を行いました。

陸地から数10km離れた洋上に大規模発電ファームを構成する洋上風力発電では、発電した電力を海底ケーブルで直接陸上へ供給することが困難であることが考えられます。そのため、浮体上で発電した電力を用いて、水素やメタン等の代替燃料を製造し、それを陸上に輸送する代替燃料輸送システムの構築も必要となります。将来的には、燃焼時に温暖化ガスを発生しない水素燃料への変換を目標としますが、現状では社会的に水素インフラの整備が十分でないことからCO₂回

収も考慮に入れて、輸送用代替燃料としてメタン燃料への転換を検討しました。もちろん、陸地から近い発電浮体からは海底ケーブルを用いて、直接電力を供給します。

図-1に、風力発電浮体上における輸送用代替燃料製造の概念図を示します。浮体上に、海水から電気分解で水素を製造する水素製造プラント、水素とCO₂からメタンを製造するメタン製造プラントを搭載して、各プラントで使用する電力エネルギーは、風車で発電します。原料となるCO₂の搬入や製造メタンの搬出は、船舶またはパイプラインで行います。

今回の研究で提案された発電浮体を用いた洋上風力発電ファームのイメージ図を、図-2に示します。風車は、現存する最大規模である5MW風車（ロータ直径120m、タワー高さ80m）を、干渉を避けるためにロータ直径の1.5倍（180m）離して2基搭載しています。浮体は、鋼材節約のために無駄な浮力を省いて、格子型浮体としました。浮体の係留は、軽量・高強度の合成繊維ロープによるトート係留としました。

2. 浮体式洋上風力発電ファームによる発電量の予測

風力発電浮体設置可能海域の調査では、日本近海の風況データと沿岸100kmまでの等深線図を基に、以下の条件で浮体設置候補海域を選定しました。

- ①発電に適した風力エネルギーが得られること：年平均風速8m/s以上
- ②浮体設置に適した水深であること：水深100～200m程度

また、発電量を評価するために、年間平均風速を風力発電の設備利用率に置き換えて推定しました。設備利用率とは、風力発電システムの定格出力に対する利用率を表す指標の1つで、次式で算定できます。

$$\text{年間設備利用率(\%)} = \frac{\text{年間発生電力量}}{\text{定格出力} \times 8760 \text{時間}} \times 100$$

年間発生電力量は、対象海域で予想される風速の出現頻度と5MW風車の発電出力カーブから推定しました。図-3に、日本近海における洋上風力発電の年間設備利用率の分布を示します。

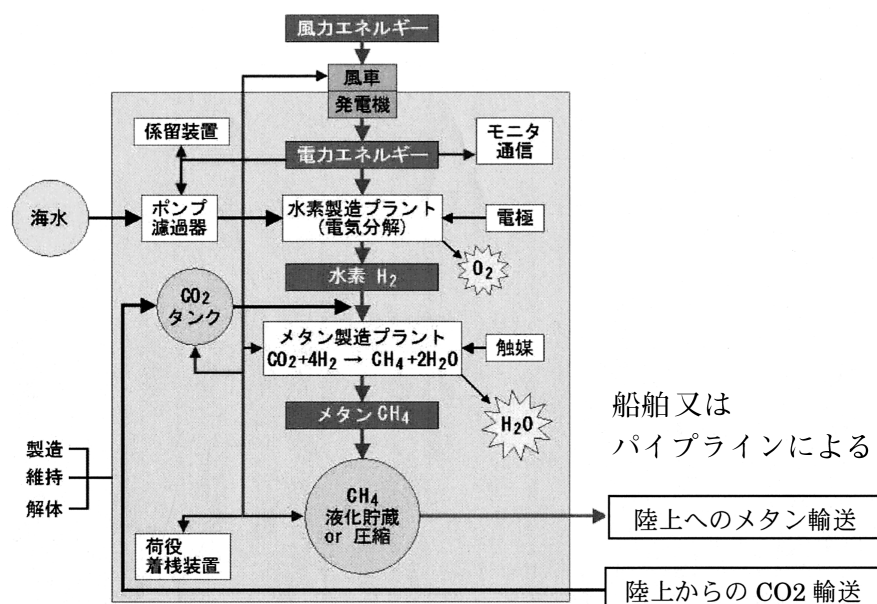


図-1 浮体式洋上風力発電における輸送用代替燃料製造の概念図

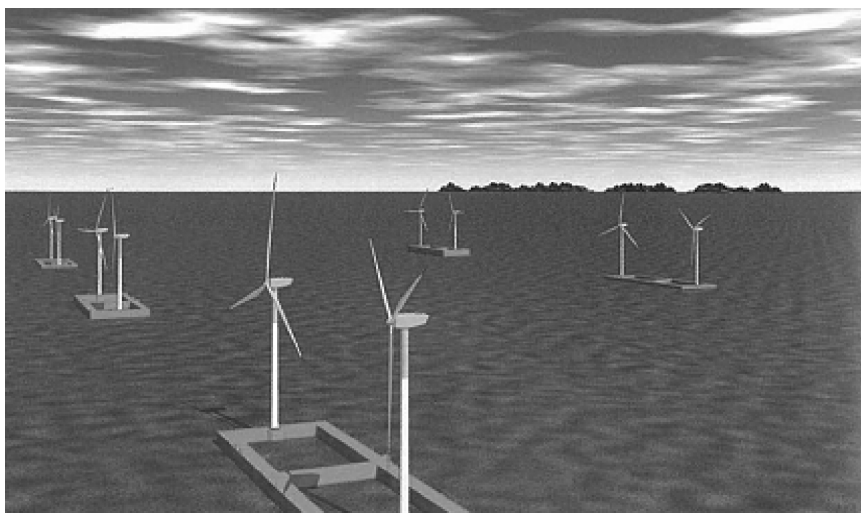


図-2 格子型浮体を用いた洋上風力発電ファームのイメージ図

年間設備利用率40%以上が期待できる好候補地の海域に、図-2で示した浮体式洋上風力発電装置（10MW/1浮体）を1.2km（ロータ直径の10倍）おきに配置した場合の発電量を予測しました。例えば、北海道西岸沖、東北・日本海沖、房総沖、伊豆沖の4海域を選定すると、上記の好候補地の海域面積は約15,000km²と推定でき、この海域に浮体式洋上風力発電ファームを展開した場合、総設備量（発電量）はNEDOの風力発電ロードマップに示された導入目標値、“2010年までに3,000MW”の約35倍に相当し、総発電量は2004年度国内総発電電力量（約924TWh/年）の約44%にも達することがわかりました。ただし、種々の要因により、現実には設備利用率が高い海域すべてに発電浮体を展開することは不可能ですので、設備利用率40%以上が期待できる海域面積の5%を洋上風力発電ファームに利用するとして、発電量の推定を行いました。この場合でも、洋上風力発電ファームの総発電量は上記国内総発電電力量の約2%に達することがわかりました。

3. おわりに

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いました。本報では、発電浮体で発電した電力を用いて水素又はメタンという代替燃料を製造し陸地に輸送するという基本コンセプトと、日本近海で浮体式洋上発電ファームを展開した場合に予測される発電電力量を示しました。この結果を受けて、浮体式洋上風力発電システムの技術的検討を行いました。

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。

（第2報につづく）

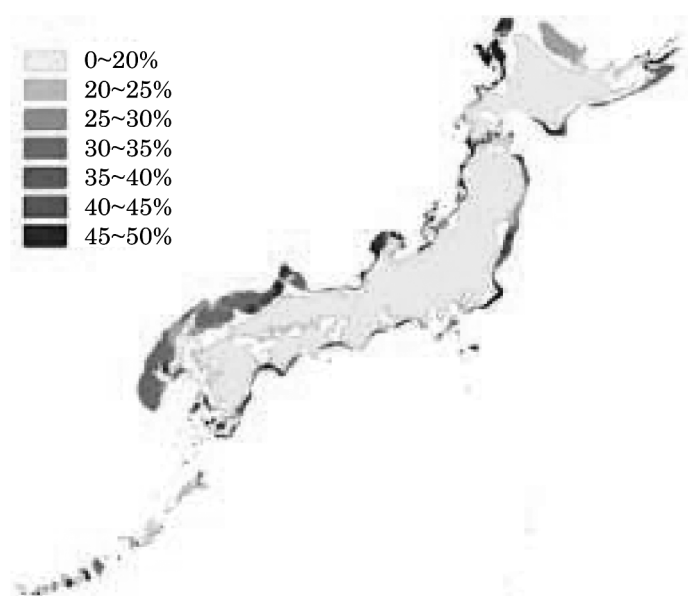


図-3 洋上風力発電の設備利用率の予測



ハイブリッド型推進装置搭載船の水槽試験(その2)

—試験計画と試験方法—

1. はじめに

前稿ではハイブリッド型推進装置を搭載した船舶の水槽試験の概要とそれに使用される計測機器について紹介しました。今回は具体的な試験計画と試験方法、特にハイブリッド型推進装置搭載船固有の問題を中心に紹介します。

2. 試験の計画

水槽試験では、模型船と模型プロペラの縮尺の決定が重要課題です。通常は実船プロペラの要目、特に直径を重視し、水槽常備の模型プロペラ群から要目の近いものを選び、その縮率を模型船の縮率とします。ハイブリッド型推進装置の試験では、以上に加え後方プロペラ直径、ポッド動力計の大きさ等も考慮しなければなりません。

まず日本造船技術センター保有の模型プロペラ群の中から、実船の前方プロペラと後方プロペラの直径比に近い右回り、左回りプロペラの組み合わせを捜します。捜したプロペラの組み合わせの中からさらにピッチ比、展開面積比等が実船採用予定に近い組み合わせを選び、それを代用プロペラとします。

表-1は代用プロペラがうまく見つかった場合のPOD動力計と実船採用のPOD推進器との関係をチェックしたものです。実際は、直径比、回転方向の段階でさうまい組み合わせを見つけることは難しく、ピッチ比、展開面積比等については妥協せざるをえないことが殆どです。

ケース1は模型船スケールのポッド推進器の長さ、直径ともPOD動力計のそれより大きく、実船POD推進器と相似な形状を作成することが可能ですが、模型船の大きさが8m以上となるため製作、計測の両面で困難が生じます。この場合はPOD動力計の長さが模型スケールPOD長さより大きくなることに目を瞑

ってもケース2を選択することが現実的と言えます。またケース3は一回り小さいポッド動力計を使用した例です。この動力計はサイズが小さい上にプロペラ自体のスラスト・トルクの計測機構は内蔵していないため、ポッド全体を推進装置として扱う試験・解析が求められますが巻末に示すような問題があります。

以上のようにハイブリッド型推進装置を有する船型の水槽試験計画では前後の実船プロペラと代用プロペラ、実船POD推進器とPOD動力計の関係を満たして縮率を決定することが重要なポイントとなります。

3. プロペラ特性上からの推進装置の取り扱い

推進器の特性の面からハイブリッド型推進装置を有する船型の試験法を整理してみると以下ようになります。

- (1) 前後の通常型プロペラがそれぞれ異なる流れの中で作動すると見なす場合
- (2) 前方の通常型プロペラ、後方のポッドプロペラがそれぞれ異なる流れの中で作動すると見なす場合
- (3) 二重反転プロペラ (CRP) が船体とポッド推進器に挟まれた流れで作動すると見なす場合
- (4) 通常プロペラとポッドプロペラが二重反転プロペラを構成すると見なす場合

図-1に以上の概念を示します。

(1)の場合、前方プロペラ、後方プロペラをそれぞれ通常プロペラとして扱っており、抵抗試験はポッド付きで行い、プロペラ単独特性は前後とも通常型プロペラに対するものを使用プロペラベースの解析法により自航要素を求めます。

(2)は後方プロペラをポッドを含む推進器と考えます。ポッドを装備しない船

体で抵抗試験を行い、プロペラ単独特性は前方プロペラには通常型プロペラのプロペラ単独特性を、後方プロペラはポッド推進器の単独特性 (ポッド単独特性) を使用します。

(3)では前方プロペラと後方プロペラを合わせて一つの二重反転プロペラと考えます。従って抵抗試験はポッドを装備して行い、自航試験時に使用するプロペラ単独特性は二重反転プロペラとしての特性を使用します。

最後の(4)は、前方プロペラと後方プロペラおよびポッド全体を一つの推進器と見なしており、ポッド無しの船体で抵抗試験を行い、プロペラ単独特性は前方プロペラ+後方ポッド推進器という状態で計測したものを使用します。

(1)は従来からある多軸船の推進性能試験の延長上にある手法であり、(2)はポッド推進器の単独特性能試験法に課題はあるものの、基本的に対応可能です。(3)も二重反転プロペラに対する単独特性能試験が必要ですが、これは従来の技術で対応可能となります。しかし(4)については前方プロペラ+後方ポッド推進器という状態でプロペラ単独特試験を行う必要があり、研究課題も多く、対応には検討を要します。

日本造船技術センターでは(1)、(2)、(3)の試験法についてそれぞれによる性能が実用上ほぼ問題なく一致することを確認した上で従来の推進性能に関する知見や資料の活用に支障が無く、前後異速等異なる条件に柔軟に対応が可能なことから(1)の方法を主体として試験解析を進めることとしています。

4. 終わりに

ポッド推進器への関心の高まりとともに、推進性能に関連する研究が世界的に進められています。しかし本稿で述べたように検討課題も多く、試験法に関しては国際的合意にもいたっていないのが実

情のようです。日本造船技術センターでは今後の研究成果や実績などの情報を考慮し、ハイブリッド推進方式の試験法をより合理的な手法へと改善していく所存です。

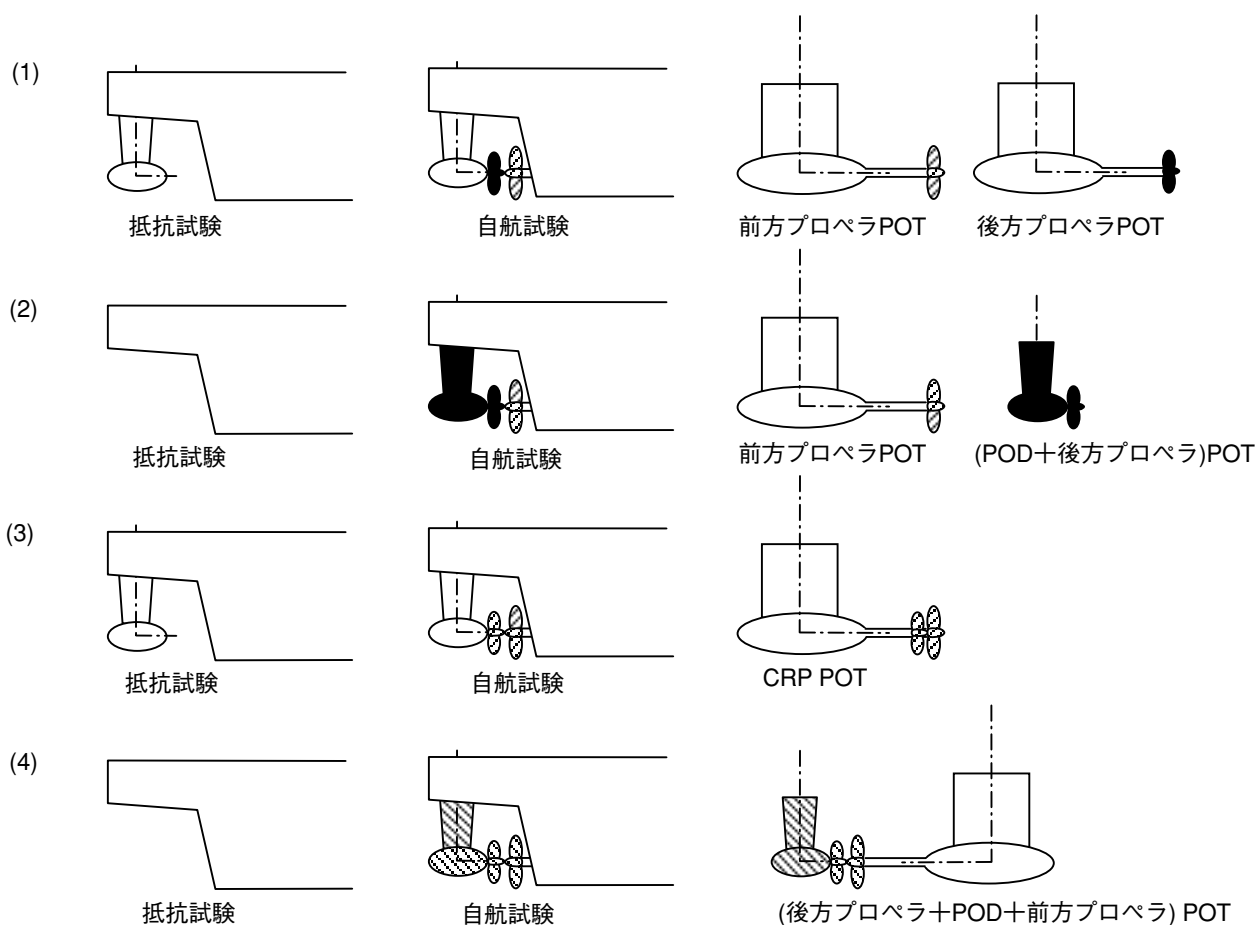
表ー1 ハイブリッド型推進装置搭載船の試験計画

☆ POD動力計ケース3について

小型模型船の操縦性能試験用装置は、3分力によるポッドへの流体力と駆動モーターの反力を直接計測（トルクメータ）してトルクを求める方式である。

ポッド全体を推進装置とする解析においても、精度の良いトルクを得るために、プロペラ軸トルクとトルクメータとの較正が必要である。

			ケース 1	ケース 2	ケース 3
実船	垂線間長	Lpps (m)	87.00		
	前プロペラ直径	Dpsf (m)	2.80		
	後プロペラ直径	Dpsa (m)	2.40		
	POD長さ	Lpods (m)	3.00		
	POD直径	ϕ pods (m)	1.00		
縮率		α	11.00	12.60	15.00
模型船	垂線間長	Lppm (m)	7.91	6.90	5.80
	前プロペラ直径	Dpmf (m)	0.2545	0.2222	0.1867
	後プロペラ直径	Dpma (m)	0.2182	0.1905	0.1600
	POD長さ	Lpodm (m)	0.2727	0.2381	0.2000
	POD直径	ϕ podm (m)	0.0909	0.0794	0.0667
動力計	POD長さ	Lpod (m)	0.2600		0.1820
	POD直径	ϕ pod (m)	0.0760		0.0608



図ー1 ハイブリッド型推進装置搭載船の水槽試験の概念

日本造船技術センターにおける研修の感想

大阪府立大学院博士前期過程 田原研究室

前田 直俊

私は今年の春に大学院に進学し、今は計算流体力学を用いた船体周りの流場解析について勉強しています。しかし船体の形状改良について勉強しているにも関わらず、実際に行われている、船の性能を求める実験に関する知識が乏しいと感じていました。今回の研修では計測試験がどのように行われているのか学ぶことができ、貴重な経験ができたと思います。

東京に着いた次の日から本格的に研修が始まり、ほとんどの時間を計測試験が行われる曳航水槽で過ごしました。曳航水槽は幅18m、長さ400mもあり、入り口からは奥の方が見えませんでした。大学にも曳航水槽はありますが、これほど大きくはありません。泳げるかなと思っていたら、絶対に水槽に落ちるなよと

注意されました。十分な長さがあるので、一度に2回分の計測が可能で、またスタート地点まで戻る間に結果を解析でき、効率的に計測を行えるそうです。

曳航水槽では、自航試験や伴流試験などが行われます。有効馬力や推進効率など学校で学んだ計算式が解析に使われているのを見て、普段の勉強している内容が学問であると同時に実用的なものだと思ふようになりました。

見学してきたのは計測試験だけではありません。模型船やプロペラを作る工程について、実物を見ながら教えていただきました。より正確な試験を行うために、今も製作技術が進歩し続けていることを知りました。また、ご好意により、日本造船技術センター、(独)海洋技術安全

研究所内の様々な水槽設備等を見ることができました。氷を張ることができる氷海水槽など、どの水槽も目的に応じて寸法や特徴が全く異なり、それらははじめて見るものばかりでした。

今回の研修では、プロの方の仕事を間近で見ることができて、本当に勉強になりました。改めて計測試験の重要性と奥深さを認識しました。計測試験以外にも、造船業界のことや、SRCが目白にあった時の話など知らないことを聞くことができ大変有意義でした。最後になりましたが、金井課長をはじめSRC、海技研の皆さんには、ご多忙中にもかかわらず多くのことを教えていただきまして、心より御礼申し上げます。

編集後記

「理学は問題の扉の前で立ち止まり、工学は扉を押し開ける」現実的回答を要求される技術者の心構えの端的な表現です。しかし、扉を開けるには、理学に裏付けられた専門知識や豊富な経験、適切な解を探し当てる洞察力が不可欠ですが、近年は高いモラルも条件に加える必

要がありそうです。

伝統的製品分野において色々な課題が指摘される背景に、厳しい経済競争のある事は否定しませんが、製品が成り立つ条件の理解が不十分なこと、極限すれば本当の事が分かっていない為と思います。課題が提示される度に新しい知見や経験、理学的な理解が積み上げられて来ましたが、これらの伝承は容易な事ではなく、先輩の徹を踏みながら、それを少

しでも越えて行くのが現実のようです。その意味で、計算結果が試され、実体化する実験や工作の分野に、理論や数値計算に劣らぬ関心が払われる必要を感じます。最近読んだある大学工学部の先生の語りに、計算結果を疑わない、或いは疑いを持つ機会を持たなかった学生の教育がありました。「扉を開けられる技術者」への道は険しいですが、若い人々の努力に期待します。(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