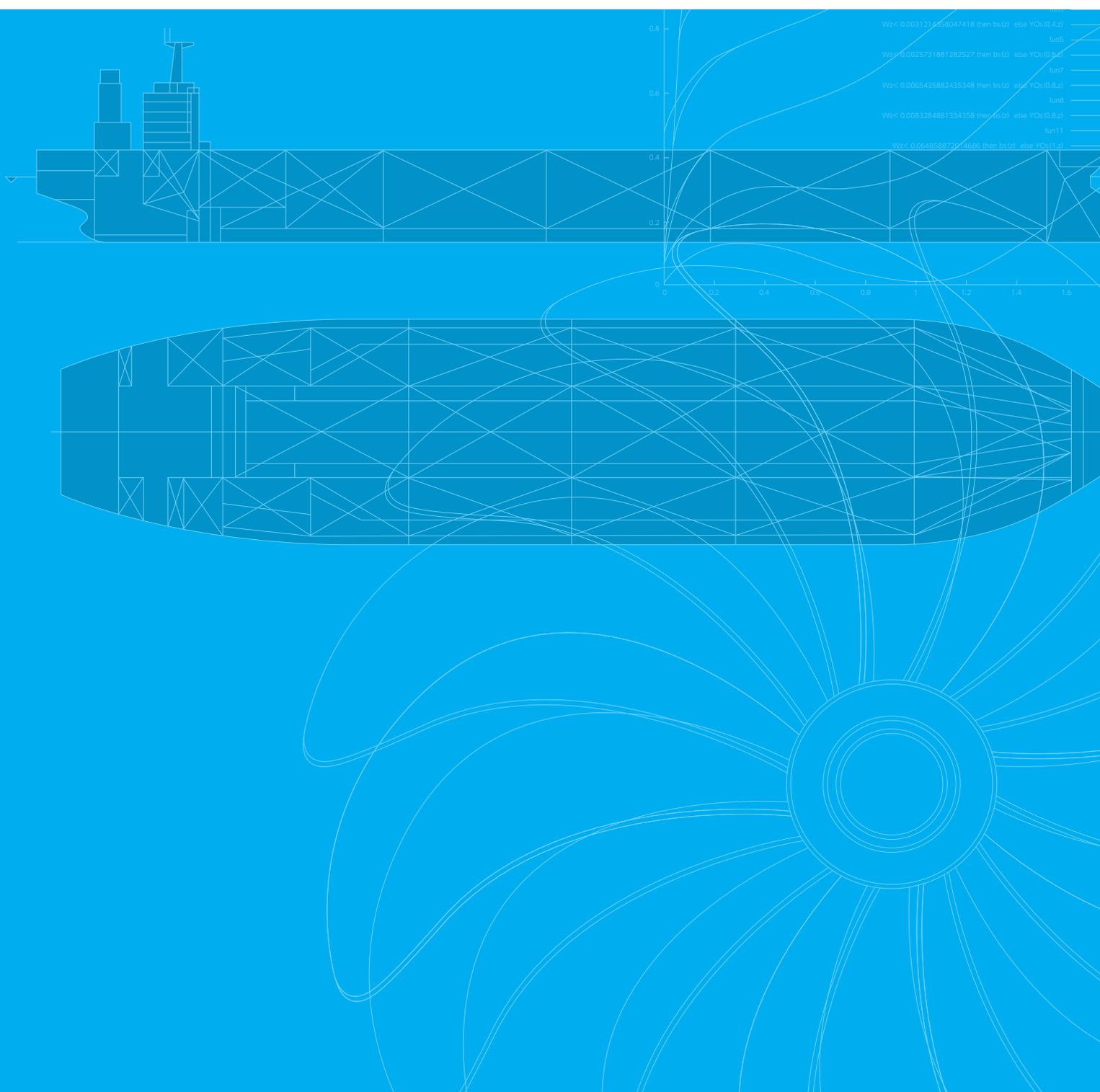


造船の最先端を見つめる技術情報誌

SRC NEWS

Shipbuilding Research Centre of Japan

No.101
DEC 2017



CONTENTS

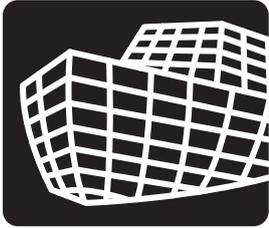
- | | | |
|---|--|----|
|  | 船型設計システム (SRC Tips) のバージョンアップ
— 性能推定用データベース更新 — | 3 |
|  | 造船設計ノート「高速艇の復原性と安定性」(1) | 5 |
|  | ノンバラスト船及びバラスト水低減船の初期船型計画について
(その2) | 9 |
|  | 堺市消防艇「茅海」代船について — 46トン型化学消防艇 — | 13 |
|  | パラグアイ川浚渫機材整備計画準備調査に係る現地状況報告 | 16 |
|  | 2017年度JICA「船舶安全Ship Safety」研修コースについて | 19 |
|  | 2017年度東京MOU
「ポートステートコントロール検査官一般研修(GTC7)」について | 20 |
|  | 造船業におけるレーザ・アークハイブリッド厚板溶接法に係る
共同研究について(その5) | 21 |
|  | Topics 一般財団法人 日本造船技術センター技術セミナーの開催 | 23 |



当センターは東日本大震災復興キャンペーンを応援しています。

一般財団法人 日本造船技術センター

〒180-0003 東京都武蔵野市吉祥寺南町1丁目6番1号 吉祥寺スバルビル3階 TEL 0422-40-2820 FAX 0422-40-2827



船型設計システム (SRC Tips) のバージョンアップ — 性能推定用データベース更新 —

1. SRC Tipsについて

SRC Tipsは造船技術センターがそのノウハウを生かして独自に開発し、平成21年から一般に供用を開始した初期船型決定支援ツールです。Tips Id(初期要目推定)、Tips Sp(推進性能推定/馬力計算)、Tips Op(船型最適化)、Tips Sk(線図創生)、Tips Ar(区画配置/貨物容量計算)の5つのアプリケーションで構成され、作業の進捗に応じて互いに組み合わせて利用出来るようになっていきます。(図-1)

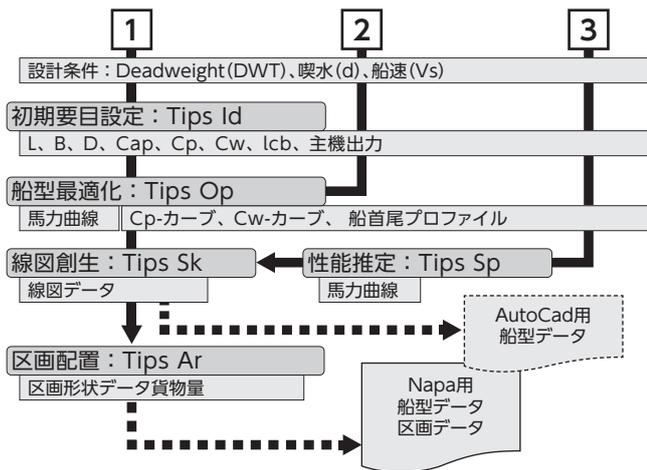


図-1 SRC Tipsの作業の流れ

SRC Tipsは定期的に機能向上やデータベースの更新といったバージョンアップを行っています。その一環として今年の9月に、システムの根幹である性能推定用のデータベースについて、共用開始以降2回目の更新を実施しましたのでその概要をご紹介します。

2. データベースの更新

SRC Tipsでは、SRCの抵抗自航試験結果をニューラルネットワークと呼ばれる手法で解析し、船型を表す要素から直接、形状影響係数、浸水表面積係数、造波抵抗係数、自航要素といった推進性能要素を推定して馬力計算やそれを用いた最適化計算を実施しています。推定の基になる船型要素としては、作業の進捗に応じて、

Code1(主要目: Tips Id/Sp)、Code2(Code1+Cpカーブ形状: Tips Sp/Op)、Code3(Code2+Cwカーブ形状: Tips Sp/Op)、Code4(Code3+船首尾形状: Tips Sp/Op)の4種類が用意されています。平成24年に更新した旧バージョンでは、模型試験データ約1,180状態を使用して解析しました。今回は、前回以降の約270状態に加え、これまで計測機器の違いから除外していた1978年以前の750状態についても、その違いを考慮した上で解析対象に追加しました(図-2)。

これについてはSRCニュース98号の「SRC Tipsのバージョンアップ(推進性能推定の精度向上)」で解説しています。

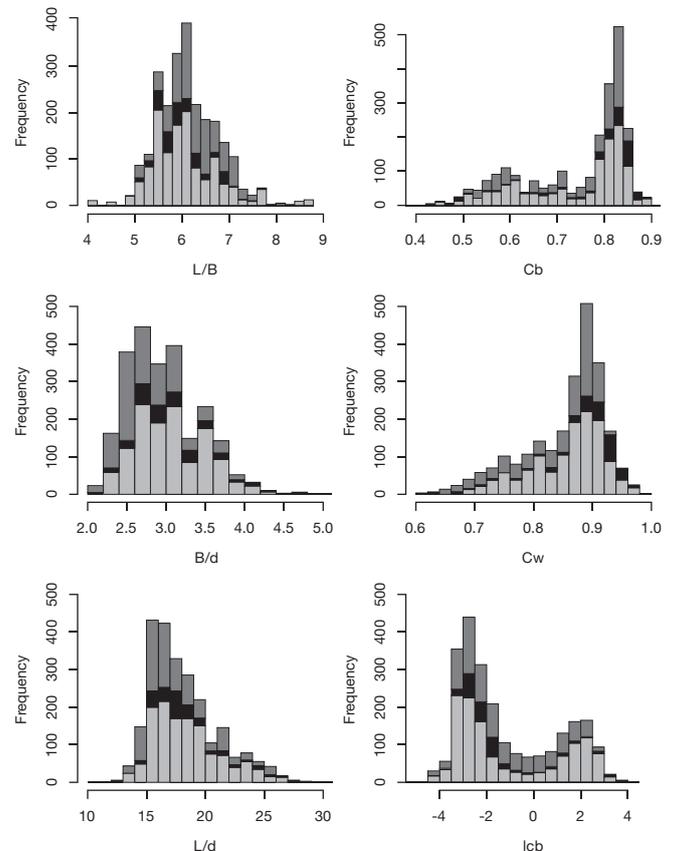


図-2 データベースの分布範囲

解析データが増えることによりTips Id / Tips Sp / Tips Opでの性能推定がより多くの船型に対応できるようになりました。

3. 推定結果

図-3に推定結果の例としてCode3(主要目+Cp/Cwカーブ形状)による形状影響係数(K)、浸水表面積係数($S_a/\nabla^{2/3}$)、造波抵抗係数(r_w)、推力減少係数(t)、伴流係数(w_m)、推進器効率比(e_r)の推定値と水槽試験結果を比較しました。図中の薄い白抜きマークは今回の解析に使用した全データを、黒いマークは誤差率:(推定値-試験値)/試験値の絶対値を小さい方から並べた全体の1/2までのデータを表します。自航要素、特に推力減少係数(t)と推進器効率比(e_r)の精度が悪く見えますが、グラフの目盛り範囲の関係で拡大されているだけです。誤差率の絶対値で平均は1-tが1.5%、 e_r は1%に過ぎません。

また造波抵抗係数: r_w のばらつきも大きいですが、航海速力近傍の値に限れば、誤差率の平均は8%程度に収まっています。

これらとschoenherrの摩擦抵抗係数 C_f および標準の粗度修正係数 ΔC_f から求めた有効馬力:EHPと模型船ベースの船殻効率:

$e_h=(1-t)/(1-w_m)$ および有効馬力を船殻効率: e_h と推進器効率比: e_r で割った馬力(プロペラ効率を除いたtank DHPに相当)を図-4に示します。馬力の誤差率の平均は全データで4%程度、誤差上位1/2のデータでは1%以下です。これらはニューラルネットワークの学習データでありこの精度は当然ですが、未学習データに対しても十分な精度で推定できるようニューラルネットワークのチューニングを行っています。

4. まとめ

今回のデータベースの更新ではデータ数がこれまでのほぼ倍となり、より広い範囲の船型に対して精度よく性能が推定できるようになりました。今後もSRC Tipsをより使いやすいものとするために機能拡張やデータ更新を行っていく予定です。

(技術開発部 山口信之)

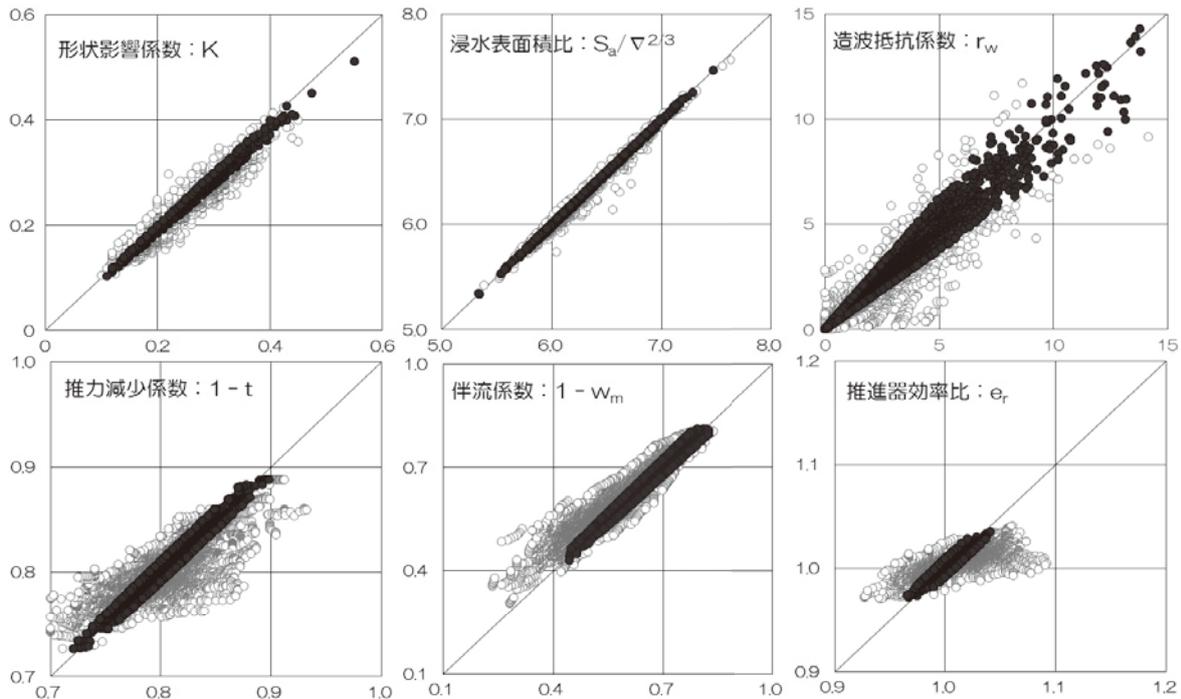


図-3 指定結果(各性能要素)

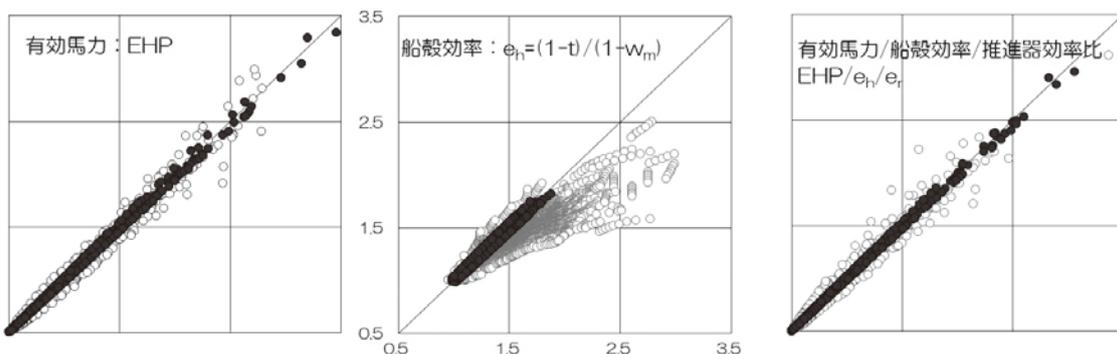


図-4 推定結果(馬力)



造船設計ノート

「高速艇の復原性と安定性」(1)

1. はじめに

当センターは今年創立50周年を迎えた。水槽試験を提供する公益法人としてのスタートであり、30年前から発行を続けているSRCニュースでは水槽試験の解説を幾度となく掲載して顧客や読者の理解のお役に立ててきたものと思っている。

しかし、最近の読者からの反応では、難し過ぎるとか、もっと平易で実用的な内容をとの声も聴くことがある。ベテランの退職と若手育成の遅れがそう言わせているのかもしれない。

国内各社の造船技術者の最近の実態を見聞きするに、各社それぞれに独立した対応をされており、総数を含め日本全体としての総力低下は否めず、採用、育成を含め将来への布石に対して心配が募っている。当センターは、この4月から総合コンサルティング事業室を発足させ、実効力のあるクラスターの形成を含め少しでもそのサポートができればと考えているが、もちろん各方面からのご協力なしにはできないものと自覚している。

個人的には造船に携わって既に半世紀を過ぎており、これまで設計、建造に携わってきた船種は数えてみれば30種にも及んでおり、それなりに設計の勘所を掴んできた積りではある。

最近の日本の造船業一般としては、生産と売上を重視するあまりか、開発研究には消極的で、小型、少規模、低採算の船種は遠ざけられて数少ない特定の船種だけが建造されてきたように感じる。それだけに、かつて先達たちが苦勞して築いてきた設計に関する基礎的ノウハウなどは後輩たちに十分に伝えられず、折角の経験が生かされずに、再び失敗を繰り返すのではないかと危惧するのは年寄りの冷や水か。すぐには役に立たないとしても教科書を見ても分からないような細かい覚書ノートも残しておいていざという時に役立つ仕組みを作っておきたいものである。私事ではあるが、かつて戦艦大和などの設計建造に携わった牧野茂、松本喜太郎、堀元美、丹羽誠一他の諸氏の晩年に接して、わずかではあるがその回顧談を聞く機会に恵まれて、それは今でも大きな心の糧として自分の中に生きている。

昨今の事象を見るにつけ友鶴事件や第四艦隊事件などの教訓は忘れられているのではないかと思うところ多々である。

日本では戦後、実務者向けの専門誌として「船の科学」や「船舶」などの雑誌が大いに役に立った。高速艇に関しては、丹羽氏が「高速艇工学」をまとめられてから、関連する文献を読み漁り、また海外の論文を手当たり次第に検索して設計資料として役に立ててきたが、今の若手はどう勉強しているのだろうか。

手元の公表可能な資料やデータに制限がある中で、旧聞にすぎるといってお叱りもあるかもしれないが、紙面を借りてわずかでも次世代の理解の参考として紹介しておきたいと思う。上記の船種の中で日本には特に参考文献が乏しく技術者の枯渇が心配される高速艇について取り上げたい。加えて読者のご意見次第では

今後の掲載内容を考え直していきたいと思っている。

2. 高速艇船型の一般的特徴

Fig.1に示す船型はいわゆる角型であり、ビルジ部分に鋭く尖ったハードチャインを有し、喫水は浅く、船底に大きなデッドライズ角を有しており、かつ大きなフリーボードを有していることが特徴である。高速艇船型は、その船型上の特性から、一般に初期GM値が大きくなるため停止時の復原性は十分余裕がある結果となることが多い。しかし、我が国で「旅客船」の資格を得る場合、停止時の波浪中動的復原力についてのクライテリアとしては、現行の「復原性規則」に拠らねばならず、大きな初期GM値を有していてもこの要求を満たすことは容易でなく、現実問題として高速艇では沿海区域を越える「旅客船」は殆ど存在しない結果となっている。

このことは直ちに高速艇船型がこの範囲を超えた航行区域では安定性に問題があるということを示すものではなく、「旅客船」の枠に縛られない、より小型の業務艇がさらに遠洋の海域で安全に航行している事実を鑑みて、現時点では唯一の復原性判定クライテリアである現行のルールによる判定方法自体に、高速艇船型に対しては不適當な部分があるものと考えられる。

即ち、前述のように、船の長さ(L)はせいぜい約50m程度までで、長さ/幅比(L/B)は大型になる程大きい、せいぜい5.5程度である。またチャイン幅/喫水比(Bc/d)は大きく、その殆どが4.0を越え、大きいものでは6.0に達する幅広浅喫水となっている。速力は、業務艇としては競艇のように完全滑走をするものではなく、殆どが半滑走艇の領域にある。すなわち長さベースのフルード数でいえば、その大半が1.0以下の領域にある。さらに肥せき係数(Cb)は、 $Cb = \nabla / L_{WL} B_{WL} d$ (∇ : 排水容積、 L_{WL} : 水線長さ、 B_{WL} : 水線幅) についていえば、その殆どが0.3~0.5の範囲に入っている。以下、このような船型要素をもつ高速艇船型を対象としてレビューしてみたい。

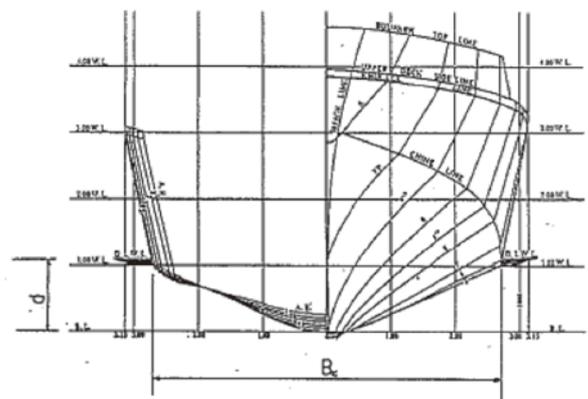


Fig.1 代表的な高速艇船型例

3. 高速艇船型の停止時の復原性

3.1 JG復原性規則の成り立ちについて

高速艇船型といえども復原性に関するルールとしては通常型船舶の船型を元に1956年(昭和31年)12月に制定された「船舶復原性規則」が存在するだけであり、その後の細部に渡る改正がなされた現在でも基本的な内容は変わっていない。ここでは、実用的な設計に生かす為にはまずはどうして数値が規定されてきたのかを振り返り、動復原力基準の成り立ちについてざっと復習してみたい。

1) 風波と動揺角の限界

低気圧風では中心域とその域外では状態が変化し、波も中心域では小さいがそこを外れると次第に成長して船に大きい動揺を起こすようになる。Fig.2に示すように基準として採用するに際しては、中心域と域外との中間地点が採用(風は恒常風より強いが動揺は規則波によるより小さい)された。

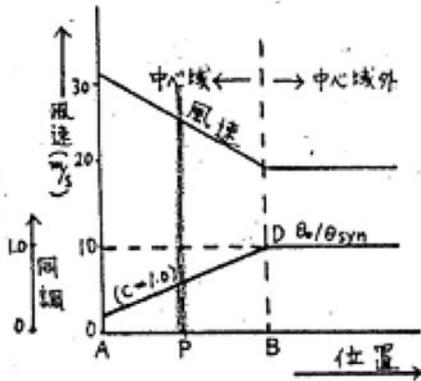


Fig.2 風速と動揺角

2) 風速基準

$$Mw = 1/2 \cdot \rho \cdot C_d \cdot AV^2H$$

Mw : 風圧による傾斜モーメント

$$C_d = 1.22$$

(従来のデータから実際の風圧中心を考慮して決定)

近海以上: 26m/s の定常風および突風

沿海: 19m/s 同上

限定沿海: 15m/s 同上

$$Dw = 0.76 \times 10^{-4} AV^2H/W$$

$$= kAH/W$$

Dw : 定常風による風圧傾斜モーメントのレバー

k : 風速によって定まる係数 (Fig.3)

A : 直立状態時の喫水線上船体縦断投影面積

H : A の中心から喫水線下の部分の中心までの垂直距離

W : 排水量

航行区域	標準風速 (m/s)	k	p	q
近海以上	26	0.0514	0.151	0.0072
沿海	19	0.0274	0.153	0.0100
限定沿海	15	0.0171	0.155	0.0130

Fig.3

3) 突風

Fig.4より、突風は平均として平均風速の1.23倍程度とみなして傾斜偶力矩の増加は、 $1.23^2 = 1.5$ とされた。すなわち、 $Dw' = 1.5Dw$

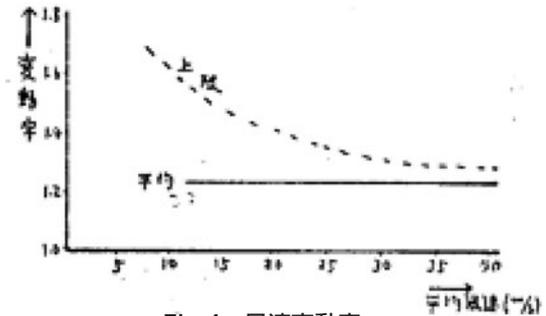


Fig.4 風速変動率

4) 風波

Fig.5に示すように、第2次大戦中に行なわれた米国のSverdrup-Munkによる研究結果を使用して計算に簡便なるべく規定された。

周期が長くなると岨度は著しく小さくなるし、船の横揺れ周期がある限度以上になると横波では同調しなくなるが実際には不規則波やうねりを考えて岨度に最低限度を決めるほうが妥当であり、波の岨度: s の最低限を $1/30 = 0.035$ とされた。(Fig.5)

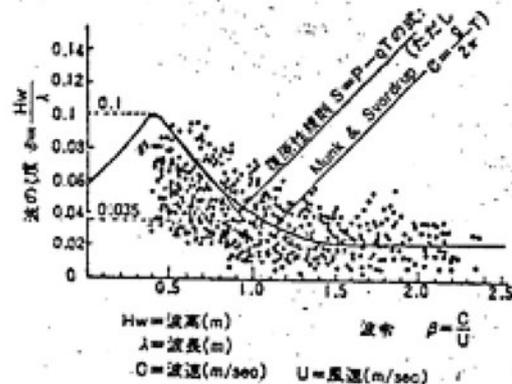


Fig.5 SverdrupとMunkの波の岨度と波令

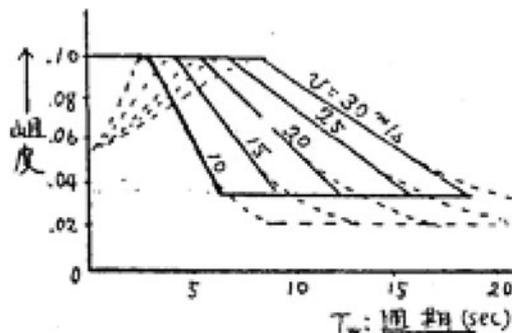


Fig.6 規則による規定

波の岨度: $s = p - qT$ (p および q はFig.3より)

$s > 0.1$ または、 $s < 0.035$ の時は

それぞれ $s = 0.1$ 、 $s = 0.035$ とする

T : 波の周期 = 同調時は船の横揺れ周期 (sec)

5) 波浪中横揺れ角と不規則波による修正

規則波中同調動揺角：

$$\theta a = \sqrt{\pi \gamma \Theta / 2N}$$

ここに、最大波傾斜角 Θ は、

$$\Theta = 360 \times H_w / 2 / L_w$$

不規則波中の最大動揺角を考えると、ここでは、船が最も風上に傾斜した時に丁度風圧変動が1.5倍になるような突風が船の周期の半分くらいの時間持続して吹くという場合であるから、確率は極めて小さいことを考えて20~50回の横揺れのうち、最大角度を考えれば、差し支えない。

この時、最大角度 θ_0 は有義波高の規則波中の動揺角度の7割となることから(Fig.7, 8)

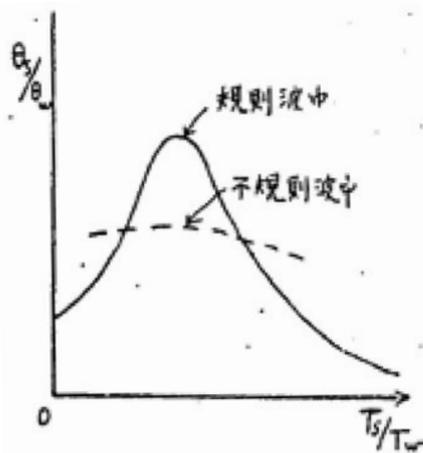


Fig.7 動揺角の変化

$$\theta_0 = 0.7\theta a$$

$$\theta a = \sqrt{138 \gamma s / N}$$

この妥当性は実船の実測値によって証明されている。

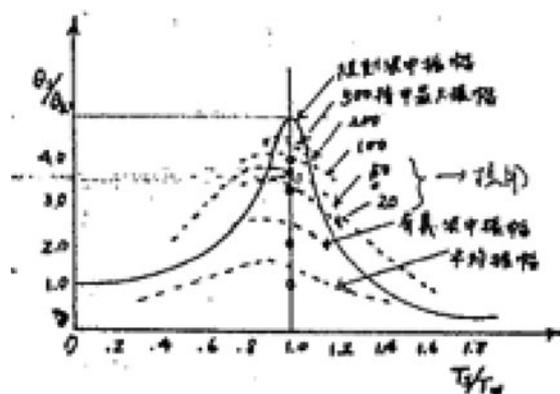


Fig.8 実船での割合

いる。輸出船は外国規則に縛られる。ISコードやHSCコードがあるが、国内規則を上回るようなものはない。またどの基準もJG復原性規則をベースとして決められており、これを特異な高速艇船型に無理やり適用することは不適當と考えられる部分がある。とりあえず実的に困ることがなければ少数意見として改正の機運は遠のき、それに対する予算もつかないまま現在に至っている。なお世界中に特異な高速艇が次々に出てきている現状で防衛省は構造基準を中心としていよいよ改正に取り組み始めていることを紹介しておく。

1) JG復原性基準

前項でその成り立ちを復習してみたが、ベースとする船型は通常の排水量型の船舶で高速艇船型の特性は考慮されていないが、現在もこの基準を適用せざるを得ない。重要なものは、通称乙基準と呼ばれるもので基本的には「旅客船」に対して適用される。「旅客船」とした場合、通常設計に於ける高速艇型旅客船は、一般に波浪中同調横揺れ角及び風圧側面積が大きく算定され過ぎ、「近海」はおろか「沿海」資格に合格することも難しいのが現状である。外国ではこの種の高速艇は多く建造されており、高速艇に対しては見直されていい状況にある。その特異性については次の号で紹介していきたい。

「旅客船」の資格を得る場合、停止時の波浪中動的復原力についてのクライテリアを満たす必要がある。

これは波浪中海面上にある船舶が波と同調横揺している状態に於いて定常風を受けて最も風上に傾斜した時、突風を受けても十分な復原力を確保できるかどうかを問題にしている。Fig.9に示すように、復原力曲線上で船が真横から受ける定常風によって一定傾斜した後、この点を中心に同調横揺し、風上に傾斜した瞬間に突風を受けて一気に風下に傾斜した場合を考え、このときの風による転覆エネルギーを上回る復原力を有することを判定の目安としたものである。

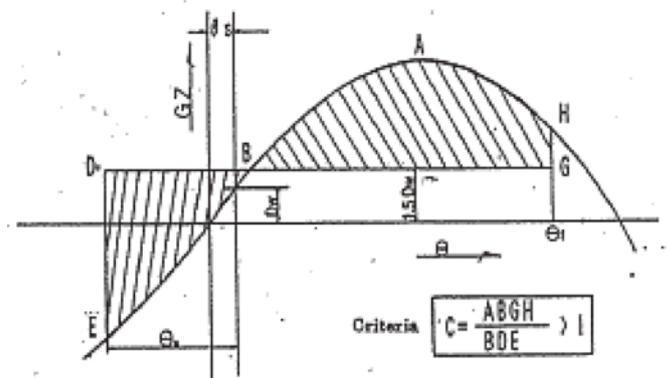


Fig.9 動的復原力カーブ

3.2 高速艇関連各種規則および判定基準

日本で設計建造される高速艇は、JG復原性規則、漁船規則、海上保安庁基準、防衛省設計基準、JCI規則などによって規制されて

このとき図中 $C = \text{面積}(ABGH) / \text{面積}(BDE) > 1$ が安定条件となる。

2) 動力漁船の性能の基準

(昭和57年7月農水省告示)があり、

① 乾舷

$$\text{乾舷 (m)} = D/15 + 0.20$$

D: 乾舷甲板までの船舶の深さ

② GM

$$\text{GM (m)} = B/25 + 0.54B/D - \beta$$

B: 幅

β : 乾舷と深さの比による係数

(0.881~1.095)

③ GZ

限界傾斜角(12度または舷端没入角)におけるGZは漁具操作により生じる傾斜偶力艇以上である事。

④ その他風圧側面積の著しく大きい漁船に対してはJG復原性規則と同様の要求あり。

3) 海上保安庁復原性基準

角型船の乙基準があり、JG復原性規則と同様の内容で、N値は試験によって求められた値の採用が可能(模型試験要領規定あり)。

4) 防衛省船舶設計基準

高速艇船体を対象にJG復原性規則と同様の内容の規定あり、横揺れ角度は類似艇から推定することになっている。

5) JCI規則

沿海以下(5GT以上の旅客船)、および近海以上はJG復原性規則を準用。

沿海船(5GT以上の旅客船を除く)、および平水船は、最大搭載人員によってそれぞれ乾舷に対する規定あり。

6) 参考となるその他の基準

6-1) 「復原性能の調査並びに資料作成報告書」

(昭和48年度)(財)舟艇協会

① 常時外洋で使用する条件:

$$Fm \geq 0.3B^{0.885}$$

$$GM \geq 1.5 \text{ OG}$$

Fm: 中央部乾舷高さ (m)

OG: 水線と重心の垂直距離 (m)

② 平穏な外洋で使用する条件:

$$Fm \geq 0.22B^{0.885}$$

$$GM \geq 1.5 \text{ OG}$$

または

$$Fm \geq 0.3B^{0.885}$$

$$GM \geq 1.25 \text{ OG}$$

Fm: 中央部乾舷高さ (m)

③ 平水で使用する条件:

$$Fm \geq 0.22B^{0.885}$$

$$GM \geq 1.25 \text{ OG}$$

または

$$0.3B^{0.885} > Fm \geq 0.255B^{0.885}$$

$$GM > 0$$

Fm: 中央部乾舷高さ (m)

6-2) 排水量と復原性の目安:(丹羽誠一)

$$GM \cdot Fm / OG \cdot \nabla^{1/3} > 0.95 / \nabla^{0.2}$$

7) 外国規則

一方、高速艇に対する国際法としては、1977年、当時のIMCO(政府間海事協議機関)が勧告の形で発行していたDSCコード(Code of Safety for Dynamically Supported Craft: A.373(X))が存在していたが、復原性に関しては詳細な規定はない。

HSCコード(High Speed Craft Code)がSOLAS条約(Safety of Life at Sea:海上における人命の安全のための国際条約)に加えられることになり、1996年1月1日にこの改正が発効した。このコードは、現在2000HSCコードとして発行されているが、その内容は構造関係だけに留まらず全方位的に網羅されているものの、精神論的な色彩が強く実際の適用に当たっては実行上の問題点が多く、具体的には各国の規則に委ねられている。さらに復原性についても高速艇の船型の特性を考慮した適正な内容は含まれていない。

しかし、欧米各国の規則も日本の研究成果をベースとして成立したものと考えられ、基本的な考え方は同じである。

従って現在、一般に高速艇を設計するに際して復原性を判定する場合には、実行上の問題として先に述べた現行のルールである「船舶復原性規則」に拠るしかないのが実状であり、しかもこのルールでは停止時における横安定性を判定することに止まっている。

次号では、設計を進める上で注意しておくべきこととして高速艇船型特有の復原性、および航走時の安定性について述べていきたい。

参考文献:

1. 国内各種規則

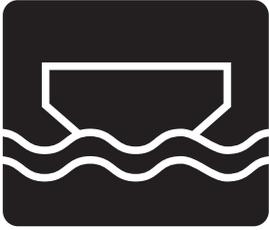
(JG復原性規則、動力漁船の性能の基準、海上保安庁復原性基準、防衛省船舶設計基準、JCI規則)

2. 2000HSCコード

3. 「復原性能の調査並びに資料作成報告書」

(昭和48年度)(財)舟艇協会

(技術顧問 兼総合コンサルティング事業室長 鷲尾祐秀)



ノンバラスト船及びバラスト水低減船の初期船型計画について(その2)

1. はじめに

肥大船では、空荷状態において、喫水が浅くなる事で生じる船首船底スラミングやプロペラレーシングを防止するため、海水(バラスト水)をバラスト水タンクに積載し、十分な喫水をとり安全性を確保している。一方、バラスト水を積載すると、船体重量が増加するので、推進性能は悪化し運航時のCO₂排出量は増加する。また、積み荷地で排出されるバラスト水に含まれる微生物等が現地の海洋生態系を破壊する事が問題視され、その排出前に、海洋生物の滅殺処理を義務化するバラスト水管理条約が2017年9月に発効した事は記憶に新しいところである。

当センターが主導して開発を行っている、肥大船のノンバラスト船(Non-Ballast water Ship ; NOBS)とバラスト水低減船(Minimal Ballast water Ship ; MIBS)は船体形状を工夫する事で、運航時の安全性を確保しながらバラスト水を低減できる船である。いくつかのプロジェクトを通じて、当センターと国、造船所、船級協会等と共同で開発したNOBS/MIBSは在来船型と比べて、バラスト水量の低減と推進性能の向上を達成し(バラスト水積載量を100%~60%削減、運航時のCO₂排出量を6%~14%削減)、優れた環境性能を備えている事を大型模型船による水槽試験により確認している¹⁾²⁾。

NOBS/MIBSは、このように優れた環境性能を持つので、様々な船種、航路について実現可能性の検討を行い、実船建造に繋がりたいと考えている。しかしながら、NOBS/MIBSの主要目の傾向は在来船型と異なるため、既存の初期船型計画法をそのまま用いる事が難しい部分があり、効率的な主要目等の初期検討を阻害する要因となっていた。

前回記事(SRC NEWS No.99掲載³⁾)でも述べたとおり、NOBS/MIBSの初期船型計画法についての詳細は、論文⁴⁾に纏めているが、SRC NEWSでは2回に分けて簡単な解説を行う事としている。前回記事では、NOBS/MIBSの船型的な特徴および主要寸法等の検討スパイラルについて解説を行った。今回記事では、初期船型計画段階におけるNOBS/MIBSの平水中推進性能の推定について解説を行う。前回記事と併せてNOBS/MIBSの船型に対する理解の一助となる事を期待している。

2. 平水中性推進能の簡易推定法

(1) 満載状態における推進性能の簡易推定

初期船型計画においては、運航側の要求仕様を考慮した上で、

推進性能に優れた主要目を速やかに選定する必要がある。そのため、船型データベース等を整備し、水槽試験等を実施しなくても主要目ベースで推進性能を推定できるツールを整備している造船所も多い。当センターでは、在来船型については、SRC船型設計システム(SRC Tips)を開発し、初期船型計画段階における主要目の選定を支援するツールとして、広く一般の造船所に供用している。これを用いる事で、効率的な主要目等の初期検討が可能になっている。

一方、SRC Tipsは在来船型の水槽試験結果をベースにしているため、SRC Tipsによる推定結果を修正なしでそのままNOBS/MIBSの推進性能推定に用いると、推定精度が悪化する⁴⁾。その問題を解決するために、SRC Tipsの結果をNOBS/MIBSに対応できるように修正する方法を考案した。まず、SRC Tipsによる推進性能推定法の概要を解説する。

SRC Tipsは初期要目設定、推進性能推定(満載状態のみ)、船型パラメータ最適化、線図創生、区画配置を行えるアプリケーション群で構成されている。推進性能の推定にはSRC Tipsの推進性能ツールである、Tips Spを使用する。Tips Splによる推進性能推定の流れは次のとおりである。

- ① ニューラルネットワーク法(NN)により、抵抗性能(K, rW)と自航要素を推定する。NNの結合荷重行列は、SRCが過去に実施した水槽試験結果と船型パラメータを学習させて構築したものである⁵⁾。
- ② その結果を用いてプロペラ設計条件からMAUプロペラを設計し、パワーカーブを得る。尺度影響については、 ΔCF としてはSRCの標準式を、有効伴流係数の修正としては矢崎チャートを適用する事で考慮する。

Tips Spで必要な入力パラメータと、得られる結果を以下に示す。

【必要なデータ】

・ 入力パラメータ(Tips Spコード1)

主要目; L_{pp} , B , d , C_B , C_M , C_W , l_{CB}

プロペラ設計条件; 設計主機出力、設計回転数等

【得られる結果】

・ 抵抗性能、自航要素推定結果

抵抗性能: K, r_w

自航要素: $1-t, 1-W_T, \eta_R$

・ MAUプロペラ設計結果、馬力計算結果

実船プロペラ要目: $D_P, \text{ピッチ比}, \text{展開面積比}$

実船プロペラ特性: K_T, K_Q, η_0

パワーカーブ: $V_s, EHP, DHP, BHP^*, C_{adm}$

※ $1/\eta_T=1.03$ とする。

先に述べたとおり、Tips SpにNOBS/MIBSの主要目等をそのまま入力すると推定精度が悪化してしまうので、NOBS/MIBSの推進性能に対応させるために、次の修正を行う。

最初にNOBS/MIBSの主要目のうち、 C_M のみ在来船型の群に含まれるように、大きな値を仮に与えた仮想在来船型 (Artificial Conventional Ship ; ACS) を設定する。主要寸法や C_P 等、 C_M 以外は変更しないので、仮想在来船型の排水量と C_B はNOBS/MIBSのそれらより大きくなる。次に、仮想在来船型の C_{adm} をTips Spにより推定する。この場合、仮想在来船型の C_M を含む主要目は、在来船型群に含まれるので、推進性能の推定精度は、在来船型を対象とする場合と同じである。最後に、仮想在来船型の C_{adm} に対し、NOBS/MIBSと C_M (排水量) が相違している影響を補正する。このイメージを図1に示す。以下、具体的な手順を述べる。

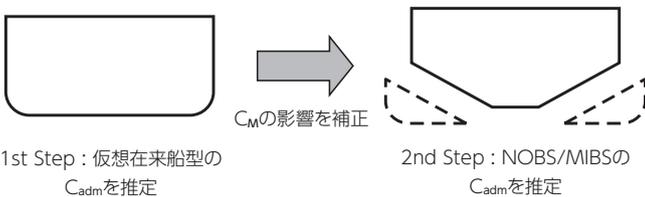


図1 C_M の影響を補正する C_{adm} の推定法の概要

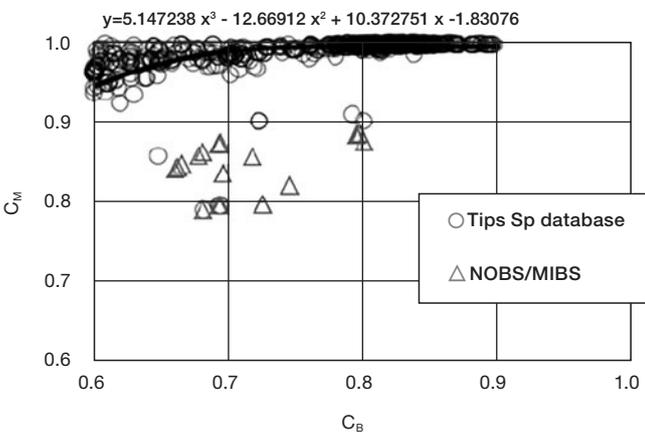


図2 仮想在来船型の C_M を与える多項式

水槽試験を実施した18船型のNOBS/MIBSについて、それぞれ仮想在来船型を設定して、Tips Spにより C_{adm} を推定する(図1の1st Step)。ここで、仮想在来船型のミッドシップ形状については、船型データベースの在来船型の C_B と C_M の関係(図2)から、(1)式に示す多項式により、NOBS/MIBSの C_B に対応する仮想在来船型の C_{M_ACS} を機械的に与えている。

$$C_{M_ACS} = 5.14738 \times C_B^3 - 12.66912 \times C_B^2 + 10.372751 \times C_B - 1.83076 \quad (1)$$

例えば、 $C_B=0.8$ のNOBS/MIBSの仮想在来船型を考えると、上式に $C_B=0.8$ を代入すると、 $C_{M_ACS}=0.995$ が得られる。一方、NOBS/MIBSの C_M は0.8~0.9程度なので、以下に示す方法で C_M の違いの影響を補正する。

C_{adm} 比について、仮想在来船型の C_{M_ACS} に対する、NOBS/MIBSの C_M の比(C_M/C_{M_ACS})と速力比の2次式である、(2)式による曲面フィッティングを行う。

$$\frac{C_{adm}}{C_{adm_ACS}} = a_1 \left(\frac{V_s}{V_{s_design}} \right)^2 + a_2 \left(\frac{C_M}{C_{M_ACS}} \right)^2 + a_3 \left(\frac{V_s}{V_{s_design}} \right) \left(\frac{C_M}{C_{M_ACS}} \right) + a_4 \left(\frac{V_s}{V_{s_design}} \right) + a_5 \left(\frac{C_M}{C_{M_ACS}} \right) + a_6 \quad (2)$$

係数 $a_1 \sim a_6$ は、最小二乗法により、次の値を得た。

$a_1 = -0.478881, a_2 = 0.694839, a_3 = -3.877112,$

$a_4 = 4.330274, a_5 = 1.476745, a_6 = -1.109696$

(2)式において C_{adm_ACS}, C_M と任意の速力比を与えれば、NOBS/MIBSの C_{adm} が推定できる。得られる推定値の妥当性を確認するため、水槽試験結果との相関を図3に示す。本手法により、在来船型と同程度の精度でNOBS/MIBSの満載状態における推進性能を推定する事が可能である。なお、NOBS/MIBSの実績値の範囲(C_P 値: 0.8~0.92、 C_M 比: 0.8~0.92、速力比: 0.9~1.2、計画Fn数: 0.14~0.16)を外れた範囲で本手法を用いる場合、フィッティングの外挿となり、推定精度が悪化するため注意が必要である。

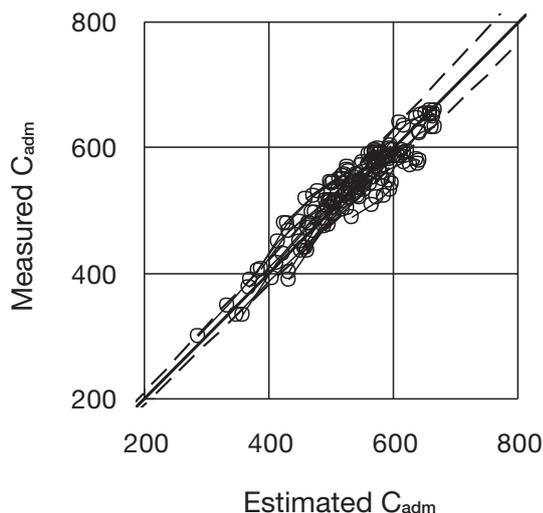


図3 満載状態における簡易推定法による C_{adm} の推定値と水槽試験結果との相関

(2) 空荷状態における推進性能の簡易推定

NOBS/MIBSの満載状態の推進性能から、空荷状態における推進性能を推定する非常に簡便な手法を考案した。以下、具体的な手順を示す。

水槽試験を実施した18隻のNOBS/MIBSの全26載貨状態について、満載状態のアドミラルティ係数に対する空荷状態のアドミラルティ係数の比($C_{adm_ballast}/C_{adm_full}$)を縦軸に、空荷状態における速力を満載状態の計画速力で無次元化した速力比($V_{sballast}/V_{Sdesign}$)を横軸としたグラフを、図4に示す。

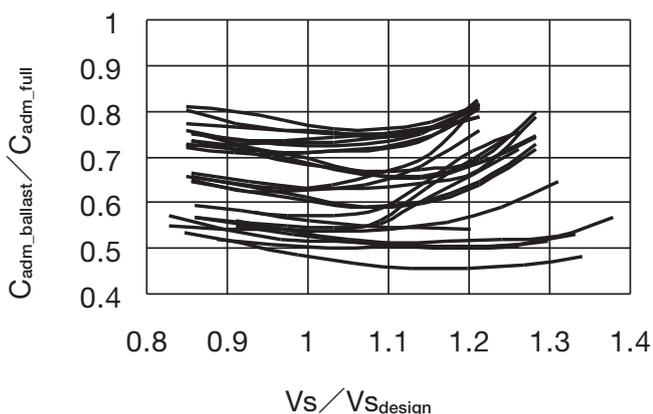


図4 水槽試験結果による $C_{adm_ballast}/C_{adm_full}$

これを見ると、 $C_{adm_ballast}/C_{adm_full}$ は、概ね0.5~0.8の範囲にあり、一般に、満載状態より空荷状態の C_{adm} の方が低くなるので妥当な結果である事が分かる。ここで、 $C_{adm_ballast}/C_{adm_full}$ を、

満載状態の排水量に対する空荷状態のそれとの比と、計画フルード数に対する、推定を行う空荷状態フルード数の比の2次式である、(3)式による曲面フィッティングを行う。

$$\frac{C_{adm_ballast}}{C_{adm_full}} = b_1 \left(\frac{V_{S_{ballast}}}{V_{S_{design}}} \right)^2 + b_2 \left(\frac{\Delta_{ballast}}{\Delta_{full}} \right)^2 + b_3 \left(\frac{V_{S_{ballast}}}{V_{S_{design}}} \right) \left(\frac{\Delta_{ballast}}{\Delta_{full}} \right) + b_4 \left(\frac{V_{S_{ballast}}}{V_{S_{design}}} \right) + b_5 \left(\frac{\Delta_{ballast}}{\Delta_{full}} \right) + b_6 \quad (3)$$

係数 $b_1 \sim b_6$ は、最小二乗法により、次の値を得た。

$$b_1 = 1.021574, b_2 = -3.614474, b_3 = 0.684770, b_4 = -2.317056, b_5 = 2.352580, b_6 = 1.400837$$

(3)式においてNOBS/MIBSの C_{adm_full} 、排水量比と任意の速力比を与えれば、NOBS/MIBSの空荷状態における C_{adm} が推定できる。得られる推定値の妥当性を確認するため、実績値との相関を図5に示す。

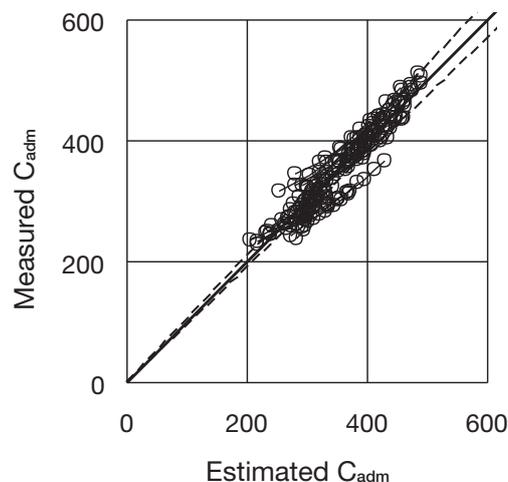


図5 $C_{adm_ballast}$ の推定値と水槽試験結果との相関

図5によると、本手法によるNOBS/MIBSの空荷状態における推進性能の推定精度は、満載状態におけるそれと同程度となる事が分かる。なお、NOBS/MIBSの実績値の範囲(排水量比:0.15~0.50、速力比:0.9~1.25、計画Fn数:0.14~0.16)を外れた範囲で本手法を用いる場合、フィッティングの外挿となり、推定精度が悪化するため注意が必要である。

以上が、満載状態と空荷状態における平水中推進性能の簡易推定法である。この手法により、主要目のみからでもNOBS/MIBSの推進性能を概略推定する事が可能となっている。

3. 平水中推進性能のCFDによる推定

前回記事で述べた主要寸法等の検討スパイラルと前述の簡易推定法により、主要目や推進性能の目途をある程度つける事ができる。その次の段階として、実際にNOBS/MIBSの船型設計を行い、配置等の検討を行う。その際には、同時並行的にCFD計算を行いながらフレームラインの改良作業を行う事が一般的である。ここでNOBS/MIBSを対象にCFD計算を行った結果を解説する。

CFD計算には海上技術安全研究所が開発し、一般に利用可能なCFD計算システムであるNMRI CFD 2008(格子生成機能)とNMRI CFD 2013R1(RaNSソルバー機能)を用いた。船体表面格子の生成にはSURFG Ver.6.01を、空間格子生成にはO-Oタイプ格子生成プログラムBFC Ver.1.0を使用した。RaNSソルバーとしてはNeptune Ver.6.41⁹⁾を使用した。計算条件等については、論文⁴⁾を参照していただくとして、ここでは結果のみ示す。なお、水槽試験結果に対して、CFD計算結果はばらつきと偏りを持つが、偏りについては、性能要素毎に回帰直線を求めて補正している。

在来船型及びNOBS/MIBSのそれぞれ18隻を対象としたCFD計算結果による C_{adm} と、大型模型船による水槽試験結果による C_{adm} の相関を図6に示す。これを見ると、前述の補正により偏りのない結果が得られている事、在来船型とNOBS/MIBSでは同程度の推定精度となる事が分かる。また、簡易推定法よりもばらつきの少ない結果が得られている事が分かる。

以上から、CFDによるNOBS/MIBSの推進性能の推定結果は、在来船型と同程度の推定精度で得られている事が確認できた。

4. 最後に

前回と今回の記事により、NOBS/MIBSの初期船型計画について簡単に解説した。ここで述べた一連の手法は、非常に実用的なものなので、実際に検討を試みていただき、実船建造につながる事を期待している。

- 1) 日本船舶技術研究協会：ノンバラスト船の研究開発 研究成果概要報告書、2006.
- 2) 日本造船技術センター：バラスト水低減船型 (MIBS) の開発状況, SRC NEWS, No.89, 2011.
- 3) 日本造船技術センター：ノンバラスト船及びバラスト水低減船の初期船型計画について(その1), SRC NEWS, No.99, 2016.
- 4) 新郷将司：ノンバラスト船及びバラスト水低減船の初期船型計画, 横浜国立大学工学府博士論文, 2015.
- 5) 金井健：ニューラルネットワークによる船舶の推進性能推定とその船型最適化への応用, 西部造船会会報, 第99号, pp.1-11, 2000.
- 6) Hirata, N and Hino, T. : An Efficient Algorithm for Simulating Free-Surface Turbulent Flows around an Advancing Ship, J. of the Soc. Naval Archit. Japan, Vol.185, pp.1-8, 2000.

※本稿で示した図表はすべて文献4)から抜粋したものである

(試験センター技術部 新郷 将司)

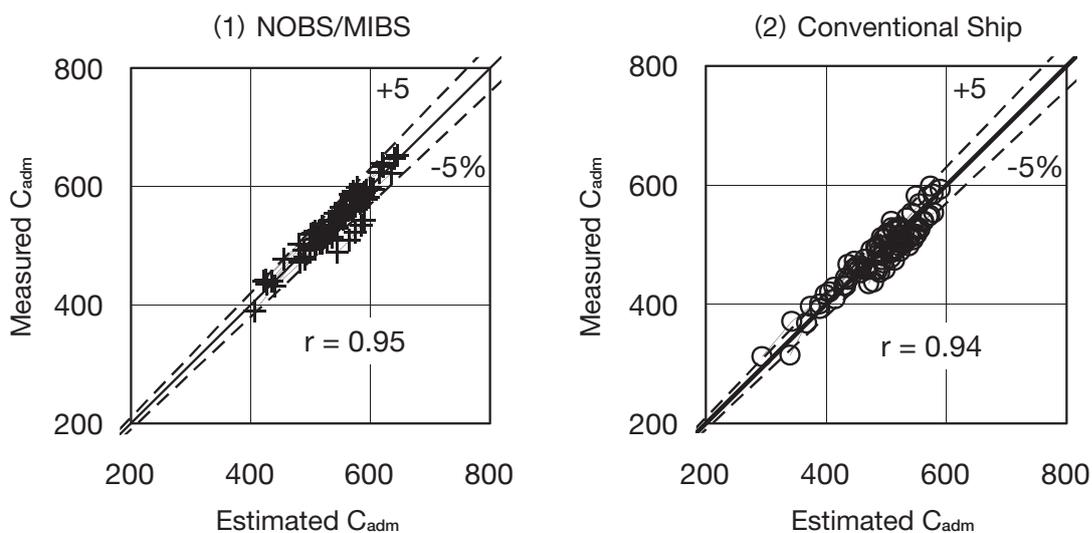
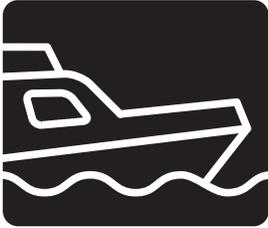


図6 C_{adm} についてCFD計算結果と水槽試験結果との相関



堺市消防艇「茅海」代船について

—46トン型化学消防艇—



航走写真

1. まえがき

堺市消防局に所属し、同局西消防署臨海分署が運用する消防艇「茅海(BOUKAI)」は、初代の「茅海丸」から数えて3代目となる消防艇である。船名の「茅海」は、大阪湾の古名である「茅渚(ちぬ)の海」に由来したもので、広く市民に親しまれるものとなっている。本船は、本邦有数の工業地帯である堺泉北臨海工業地帯にあって、臨海部の火災への対応のみならず、海難救助あるいは、近傍地域を含めた広域での大規模災害対応も考慮した消防艇として計画、建造された最新鋭の消防艇であって、その性能を活かして、初代、2代目に続き、市民の安全、安心を守るという重大な任務を全うすると期待されている。

2. 基本設計及び工程

基本設計及び建造監理	(一財)日本造船技術センター
建造	瀬戸内クラフト株式会社
起工	平成29年2月25日

進水	平成29年9月 7日
竣工	平成29年9月27日

3. 本船の基本コンセプト

本船の建造に当たっては、大阪湾における対応のみならず、状況に応じて、広く近傍地方自治体への応援・派遣等を考慮して、沿海区域の構造及び旅客船の復原性基準を満足させたうえで、以下の災害等に対応できる装備を搭載することとした。

また、消防活動時の良好な操船性能を確保するため、放水反力補償機能を有する特殊操船装置を装備した。

- (1) 係留されたタンカー等の火災、沿岸危険物施設、建造物等の火災に対する迅速な消防活動
- (2) 陸上火災の消防活動にあたる遠距離送放水システムへの送水活動
- (3) 災害時における物資等の搬送
- (4) 浸水船等の排水及び曳航作業
- (5) 流出油等の海面処理作業

4. 本船の概要

(1) 一般配置

一般配置は、上甲板下に前部から船首倉庫、バウスラスター室、隊員室、機関室及び舵機室の5区画を設けた。機関室には、主機関及び主機関駆動の消防ポンプ2基、発電機2基、泡原液タンク、伸縮放水塔基部及び配電盤等を配置した。上甲板には前部に操舵室が一体となった甲板室を設け、エンジンケーシング上に救助艇と伸縮式クレーンを搭載した。また、消防関連装置としては、船体中央部に伸縮放水塔を設けて放水砲1基を設置した他、操舵室天蓋上に2基、船首甲板に1基の放水砲を設置し、エンジンケーシング上に陸上送水口付放水集合管及び救難吸水装置を設置した。

(2) 主要目等

① 船質及び航行区域

船 質	耐食性アルミニウム合金
航行区域	平水
船 型	V型
救命設備	JG・第4種船

② 主要寸法等

長さ(全長)	23.91m
幅 (型)	5.60m
深さ(型)	2.25m
計画満載喫水	1.25m
総トン数	46トン

③ 速力及び航続時間

常備状態速力	20.0ノット
試運転状態速力	23.4ノット
航続時間	10時間以上

④ 最大搭載人員

船員	7人
その他の乗船者	12人(航行予定時間:24時間未満)

⑤ 主機関及び補機関

主機関	4サイクルV型高速ディーゼル機関×2基	連続最大出力	1,218kW×2,373min ⁻¹
発電機関	4サイクル高速ディーゼル機関×2基	定格出力	54.4kW×1,800min ⁻¹

⑥ 推進器(4翼スキュー付可変ピッチプロペラ)×2基

⑦ バウスラスター(4翼可変ピッチプロペラ) ×1基

推力6.9kN×782min⁻¹ 直径610mm

⑧ 舵及び操舵装置

SUS製単板フラップ舵	2基
電動油圧操舵装置	2基

⑨ 消防装置

消防ポンプ×2台

12,000ℓ/min×140m

放水砲(泡水兼用)

電動遠隔操作型(5,000ℓ/min)×3基
(伸縮放水塔×1、操舵室天蓋×2)

油圧駆動遠隔操作型(7,000ℓ/min)×1基
(船首上甲板×1)

放水集合管

65A×6個×2組

100A×2個×2組(陸上送水用)

救難用吸水装置

100A×2個×2組

自衛噴霧装置

15Aノズル(120ℓ/min)×10基

伸縮放水塔装置

油圧ウインチ昇降式(ストローク4m)×1基

泡原液タンク(SUS316L製)

1,500ℓ×2個

(3) 主要装備

① 特殊操船装置(遠隔操作装置付)×1式

② 救助艇(複合型) 1隻

長さ 4.8m

船外機 36.8kW×1基

③ 伸縮式クレーン(無線式リモートコントロール付)

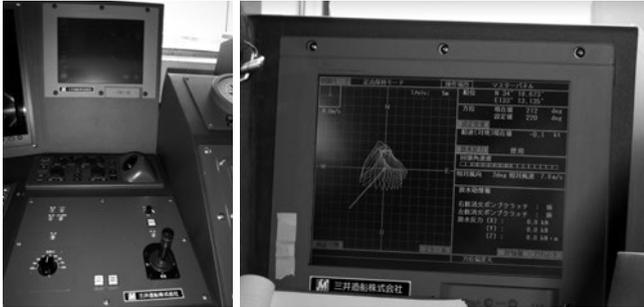
0.96t×5.7m×1基

3. 本船の特徴

(1) 操船性能(特殊操船装置)

本船建造にあたって、最重要項目として挙げられたのが、消火活動時における操船性能の向上であった。現「茅海」では、消火活動時の船位保持、移動等は中央主機関に備えられた可変ピッチプロペラ(以下CPPという)1基によって行っており、放水反力を補償しながら操船を行うのが非常に困難であった。これを克服するため、本船では2機2軸とした上で、推進器をCPPとし、バウスラスター、左右が個別作動のフラップ舵を装備し、これらを統合制御する「特殊操船装置」を装備した。従来、この種装置は総トン数100トン以上の消防艇に装備されていたが、今回、関連するメーカー及び造船所の協力を得て、総トン数46トンの本船に搭載することが可能となった。本装置には1)JOYモード、2)方位保持モード、3)風上方位保持モード、4)風下方位保持モード、5)定点保持モードの5種のモードがあり、このうち、2)3)4)5)の4つのモードで放水反力補償機能が使用できる。また、従来品では、設定された主機関回転数(消防モード)でのみ制御が可能であったが、本船では、主

機関回転数1,400min⁻¹から、消火活動時の定格回転数である2,360min⁻¹まで、連続した制御が可能となったほか、風上、風下方位保持モードにおける船体の横又は斜め移動ができるよう改善されている。これらの機能を使用することにより、消火活動が長時間に及ぶ場合でも操船者の負担を大幅に軽減できるうえに、操船に関わっていた職員が、消火活動に専念できることが期待されている。



特殊操船装置外観及びマスター表示パネル

(3) 消防能力

消防能力を強化するため、主機関により駆動する12,000ℓ/minの消防ポンプ2台を装備しており、旧「茅海」の総放水量22,000ℓ/minを上回る24,000ℓ/minの総放水量を確保している。また、放水砲は旧「茅海」の5,000ℓ/min×3基+3,000ℓ/min×1基に対し、5,000ℓ/min×3基+7,000ℓ/min×1基に強化した。5,000ℓ/min放水砲のうち1基を伸縮放水塔頂部に設置し、海面上12.8mの位置から放水可能としている。また、被災地への泡原液補給を考慮して、泡原液を陸揚げ可能な移送ポンプを備えている。なお、海面上に可燃性ガスが浮流した状態での消防活動を安全に行うため、海面上3mに防爆ラインを設定し、防爆対策を施している。



全放水砲からの放水

(4) 可倒式ハンドレール

船尾甲板両舷に簡単に外舷側に倒れる構造のハンドレールを装備している。これは、堺市消防局殿考案の装置で、漂流者救助、

救助艇への乗降等に使用できるほか、基部にローラーが取り付けられているので、物件の揚収にも使用される。

(5) 船体塗装(航走写真参照)

船体デザインは、堺市消防局殿の手によるもので、赤を基調としながらも、船首部に斜めの帯を配する等、今までの消防艇に比べ、斬新なものとなっている。また、外国籍船舶も多数航行する海域なので「FIRE RESCUE」の英文表記もされている。



可倒式ハンドレール



諸表示

(7) 操舵室コンソール

操舵室前面のコンソールには、中央に操舵装置を配し、右舷側に主機関関連機器、消防装置等を組み込み、左舷側に特殊操船装置、航海計器等が組み込まれている。



5. あとがき

本船の設計、建造監理を進めるにあたり、船主である堺市消防局殿には終始適切なお支援を戴きました。また、建造に当られた瀬戸内クラフト株式会社殿はじめ、関係メーカー各位は高度な造船技術を持って本船建造に尽力されました。厚く御礼申し上げます。

(海洋技術部 小川明彦)



パラグアイ川浚渫機材整備計画 準備調査に係る現地状況報告

1. はじめに

今回国際協力機構(JICA)のODA案件で、パラグアイ川浚渫機材整備計画の準備調査が行われ、当センターがコンサルタント業務を受注し、現地調査に参画したので興味を引いた海運・造船の現地状況を報告する。

2. プロジェクトの概要

パラグアイ国は南米大陸の中央部に位置する内陸国でアルゼンチン、ブラジル、ボリビアと国境を接している。海外との大量輸送はパラグアイ川の中央を流れるパラグアイ川の河川輸送に頼っている。パラグアイ川はブラジルのマットグロッソ州に水源を発し、世界最大級の熱帯性湿地と言われるパンタナル自然保護地域を通過して流量を増し、ブラジル国境沿いにボリビアとパラグアイに接して南下、パラグアイの中央を貫いて、首都アスンシオンから今度はアルゼンチンとの国境に沿い、パラグアイ南部でパラナ川と合流し、パラナ川と名を変えてアルゼンチンを流れ、河口付近でウルグアイ川と合流し、ラプラタ川と名をかえて大西洋に注ぐ。実際には、ラプラタ川とは長さ約300km、幅約230kmの三角形の入り江を指している。水源から河口のブエノスアイレスまで全長約3,440kmの大河で国際航路(航路幅は80m)となっている。



パラグアイ国と河川

年間平均毎秒12,000m³に及ぶ豊富な水量を誇るパラナ川に比べ、4分の1程度の水量のパラグアイ川は、通常の川幅は500m~800mくらいだが、水深が極端に浅く、さらに渇水期と増水時の水量の差が大きいため、航路確保のために年間を通じて3m以上の水深が必要であるとされている。年々の土砂の堆積に対しては現状の浚渫機材では追いつかないのが現状であり、パラグアイ国営航行港湾公社(ANNP)が新規に浚渫船を含む浚渫機材を整備するための無償資金協力を我が国に要請してきたものである。

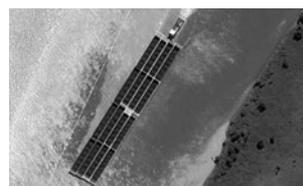
無償資金協力の原則からいえば、日本国内で建造し、完成品を

現地へ輸送することが望ましい。しかしながら今回のプロジェクトのサイトは日本から言えば地球の裏側であり、かつ最終到着地へは内陸の河川を航行しての輸送となり、ブエノスアイレスでの積み替えを考えると完成品での輸送コストは膨大なものとなる。そこで、コストや納期の比較のため、現地での建造能力も調査対象に加えた。浚渫機材の調達手続きは2017年度末以降に開始予定であることから、詳細は触れないが、島嶼国日本では見ることのできない大規模な河川輸送の現状と造船、船舶について調査する機会を得られたので概要を紹介する。

3. 河川輸送の現状

水深の浅い河川の輸送ということで、輸出貨物はバージ船団で運ばれて大西洋に面した港湾であるアルゼンチンのブエノスアイレス港、あるいはウルグアイのモンテビデオ港で外航船に積み替えられる。輸入はその逆となる。一般の貨物船の場合、積み荷を減らし、喫水を浅くして河川を航行することもある。輸出品は大豆、トウモロコシ、小麦、食肉などの農産物だが、上流のボリビアやブラジルからは鉄鉱石、マンガンなどの鉱産品も運ばれる。貨物によりバラ積みバージ、冷凍コンテナバージが使われる。輸入品は燃料油、肥料・除草剤、機械類等工業製品などがあり、荷種によりタンクバージ、コンテナバージが使われる。

主要輸出品である穀物輸送に使われるばら積みバージは60m×15mのバージを最大4隻×4列(240m×60m)のコンボイとし、1隻の押し船で輸送している。



河川を行くコンボイ



バルクバージのたまり場



コンテナバージ輸送



タンクバージ



ヘアピンカーブの難所をゆったりと通過するコンボイ

4. 現地造船業の現状

パラグアイ川を航行する船舶の船籍の9割以上はパラグアイ国籍である。バージや押し船等は米国ミシシッピ川など海外で使われた中古船が多く、河川のため船体腐食も少なく40年以上の老朽船も珍しくないため修繕需要が主体である一方、近年農業をはじめ同国の好調な経済により貨物量の増加とともに新造船の建造需要も増えつつある。

主立った会社はATP、チャコ、ラ・バルカ、アグアペの4社である。新造される船舶はパラグアイ川での輸送の用途に用いられるため、喫水が浅く乾舷の低い事が特徴で、船種は各種バージ(バルク、タンカー、コンテナ用フラットバージ)、およびコンボイ推進用のプッシャー(殆どが押し船で、曳船はほとんど無い)が主体である。



広い敷地を利用した造船所(ATP)



ラ・バルカ造船所



チャコ造船所

但し、これらの造船所には基本設計から完成までの一貫通貫で製作できる能力はなく、よそから図書、図面を購入し、設計コンサルタントの支援を仰ぎながら建造をこなしている状況である。しかし、工作に関しては、建造中および完成直後の各種船舶を視察した限りでは、我が国の造船所の製品に比べてそん色がないと判断された。なお、現地には本邦造船所が出資する造船所もある。このほか、修繕専門の事業所がアスンシオン近郊のパラグアイ川沿岸にいくつも見られる。

現地造船所は日本国内の造船所とは異なり、固定の乾ドックは、海軍工廠に小規模なものが1つあるだけで、もっぱらパラグアイ川岸の緩やかな傾斜を利用したスリップウェイ方式の船台での建造である。ラ・バルカでは、船台にレールを使わずエアバッグ式の進水方法を採用している。増水期、渇水期の水面差の変動が非常に大きいためこの方式が向いているようである。なお、浮ドックは複数社が保有しており、修繕作業に使われている。



海軍工廠の乾ドック



修繕専用の浮きドック

どの造船所も3,000トン積みバルクバージ(長さ60m×15m程度)の建造や大型押し船(プッシャー)の建造、修理などで活況を呈している。

そのほか地方都市では手作りで鋼船を作っている造船所も視察した。クレーンを使わずカッティングした鋼板を人力で運んで溶接しているという。また船台のスロープウェイも木製で、一同物珍しく見学した。



コンセプション市で見た手作り方式の造船所

5. 特徴ある船舶

海や湖沼と異なり、河川という流水域を航行する目的として特徴のある船舶をいくつか紹介したい。

〈川水直接冷却〉

通常エンジンなどは熱交換機を通して海水冷却されるが、川水で腐食の心配が無く、熱交換機の代わりに直接シーチェストへ冷却管(コイル)を入れるのが普通に行われている。(写真右)



川水直接冷却

〈タンクバージ〉

可燃性液体を運ぶタンクバージはデッキ上にディーゼルエンジン付きのディープ・ウエル・ポンプを備え、独立に荷役できるように考慮されている。



タンクバージのポンプ

〈浅喫水大馬力船〉

浅い喫水で、大馬力が要求されるプッシャー(押し船)では、直径の小さいプロペラを数多く取り付ける手法が採用されている。併せて、狭い水路における操舵性や、座礁対策も考慮して、コルトノズルの採用や前後に舵板を設置するなど、河川輸送特有の苦勞がしのばれる設計コンセプトにお目にかかる。



1500馬力×4軸、3舵/軸



2000馬力×3軸、4舵/軸



超扁平舵

〈横2隻連結のバージ〉

ラ・バルカでは2隻のバージを横並びで接合してコンテナ専用自航バージを建造していた。中国建造の同型バルク自航バージ2隻を、半年かけて外洋航行用タグボートでけん引して現地に運び船台に並べ、精密に位置決めをして接合したという。進水はエアバッグ方式。



横2隻連結のバージ

6. 現地河川調査

パラグアイ川における国際航路の浚渫ニーズの実態を把握すべく、ANNPのスタッフらとともに、実際に浚渫を要する難所の実態調査を行った。アスンシオンから上流529kmにあるバジェミと、下流382kmにあるピラールの間、トータル911kmを現地の遊覧船をチャーターし、16日をかけて往復した。チャーター船は都合よく小型ボート2隻を搭載しており、各難所でボートをおろし、浚渫土砂を採取し、水温や流速の計測を行った。



チャーター船



サンプル採取

ANNPのスタッフから現場で実地に情報共有できたことから、往復1,800km余りの河川調査の結果、浚渫船の最適な仕様と運用計画について十分な確認ができたことは極めて有意義であった。

例えば、ANNPとの打合せ時に、低水位となる渇水期に浚渫作業を開始する理由として、「浮き草の影響を防ぐため」と聞いていたが、折よく河川調査中に大雨に遭遇し水かさが増激に上昇し、水草が大量に流れ出しその光景を目の当たりにした。



大量の浮き草

7. パラグアイのトピックス

〈一般情報〉

日本からパラグアイへ直行便のフライトはなく、米国のニューヨーク経由か、欧州のフランクフルト経由、あるいは中東のカタール経由でサンパウロまで行き、そこから2時間でアスンシオンに着けるが、乗り継ぎの時間をいれると所要時間は30時間に及び。パラグアイへの入国には90日以内の滞在ならビザ(査証)は不要。日本との時差はマイナス13時間。10月初めから3月終りのサマータイム期間中は時差がマイナス12時間、つまり日本と昼夜が真逆となる。

ベストシーズンは5月～8月の冬季(日本では夏季)で降水量が少なく、気温も温暖な時期だが、朝晩の寒暖の差は大きく内陸性気候。電源は220V、50Hzで、パラナ川のイタイプとヤシレタにある2つの巨大水力発電所のおかげで、火力発電所は皆無。言葉はスペイン語と先住民族のグアラニー語の2つで、英語は殆ど通じない。先住のグアラニー族とスペイン人の混血が大半で、モンゴリアンの顔立ちをした人も多く、街を歩いても居心地がよい。ドイツなど欧州からの移民が多いが、日系移民も1万人近く(子孫を含むと2万人)おり、各分野で活躍している。

〈ピラニア〉

南米パラグアイ川にもピラニアが生息している。調査の合間にピラニアの捕獲を試みた。エサは1cm角程度の肉塊で上がったのは20～25cmのサイズであった。チャーター船の調理人に頼んで料理してもらった。現地では魚はスープにするか唐揚げにするらしく、唐揚げで味見した。特に印象のない味であった。(写真は上がピラニア、下がアルマド)。



〈マンゴー〉

パラグアイの街路にはあちこちでマンゴーの木が植わっている。ちょうど実りの時期でたわわに実がついており、根元には熟したマンゴーが転がっている。繊維筋が多く食べづらいが、味は問題ない。街路の掃除に手を焼いているというから、もったいない話だ。



〈星座について〉

夜空にオリオン座が見えたが何か形状が変である。日本の裏側にあたるため、逆立ちをして星空を見ていることになる。南半球では星座は上下反対だし、手洗いの水も右回りの渦で排水される。

8. おわりに

前述の通りパラグアイ川は、イグアスの滝のあるパラナ川ほど流量はないが、広大な平原地帯をゆったり流れる。見渡す限り山が見えず、青空に白い雲がゆっくり流れる。首都アスンシオンは小高い丘に街ができていて、アスンシオン港の海拔はなんと43mだという。なのに、河口のプエノスアイレスからアスンシオン港まで約1,600kmもの距離がある。平均傾斜角度にすればおよそ0.002度となる勘定だ。それでも2ノット程度の速度で悠々と流れている。

アスンシオンの街をはじめ、田園地帯ものんびりしている。そしてなによりもラテンアメリカ特有の人当たりがよく、物腰が柔らかい人々の気質。時間の観念が大らかだが、かつてボリビアと領土争いをしたチャコ戦争では青年男性の人口が同世代の女性の4分の1になるまで勇猛果敢に戦った民族でもある。今回人口の男女多を密かに期待して行ってみたら「それは40年前の話」と一蹴された。

こうした自然、社会、気質など環境のギャップをゆったりと理解し受け入れつつ、同国の経済の大動脈であるパラグアイ川の円滑な航路維持を果たせるよう、本件事業を通じて貢献したい。

(海外協力部 小川、山田)



2017年度JICA 「船舶安全 Ship Safety」研修コース について

「船舶バラスト水規制管理条約」が2017年9月8日に発効しました。通常、貨物船は、空船時、十分な喫水を確保し安定性を保つため、「おもし」として、海水タンクにバラストと呼ばれる海水を注水して積荷港に向かいます。

その後、積荷港に到着し、貨物を積載する際、不要となったバラスト水を排出します。そのため、揚荷港で、バラスト水に取り入れられた生物が、本来の生息地ではない場所で排出され、生態系の破壊等の環境問題が顕在化しました。

本条約の目的は、船舶にバラスト水処理設備の設置を義務付け、生物数・細菌数が基準値を超えるバラスト水の船舶からの排出を禁止し、生物が、船舶のバラスト水を介して本来の生息地ではない海域に移入・繁殖することによる海洋環境の悪化を防止するものです。

当センターでは、我が国が実施する政府開発援助（ODA）の一環として、発展途上国における船舶の建造と保守に必要な安全（環境関連を含む）検査に関わる人的育成を支援するため、JICAから「海事国際条約及び船舶安全検査」研修コースの実施を委託され、2000年から2004年までの第1期コース、2005年から2009年までの第2期コース、2010年から2012年までの第3期コース、2013年から2015年までの第4期コース、そして、2016年度からはコース名を「船舶安全 Ship Safety」と改め、今年度も同様に開講されました。

本研修は、国土交通省によるご指導のもと、海上保安庁、横浜市などの行政機関のみならず、多くの事業者の方々のご協力を頂き、実施されております。この場を借りて、ご支援頂いた関係の皆さまに改めてお礼申し上げます。

2017年度コースでは、ASEAN加盟国のインドネシア（2）、フィリピン、ミャンマー、ASEANオブザーバーの東ティモール、南太平洋島嶼国のトンガ、サモア、バヌアツ、アフリカのジブチから合計9名の研修員を受け入れました。研修期間は、6月5日から8月2日の間で、座学6週間、実習1週間、初日のカントリーレポート（自国の検査制度等の紹介）と最終日のアクションプラン（帰国後、当研修で学んだ知見を活かしての行動計画）の発表および造船所等の関連施設の視察に1週間、合計2か月間です。

各研修員の出身国の背景は様々ですが、研修員は各国からの

期待を背負って派遣されており、日々の研修でも、その熱意が伝わります。

座学では、主に海上人命安全条約、海洋汚染防止条約、満載喫水線条約、バラスト水管理条約等の海事国際条約と、これらの基準に基づいた新造船及び現存船の安全検査要領（旗国検査）、外国船舶に対する検査（ポートステートコントロール：PSC*）の要領と、条約の適用のない内航船の安全を確保するための諸制度（第4期コースから追加）についても、講義を行っています。また、本研修はIMOとの共催となっており、ロンドンのIMO本部とJICA横浜とをTV会議システムで結んで講義も行います。IMOが取組む課題や最近のホットなトピックにつき、IMO本部職員が直接、講義を行ない、講義後は質疑応答やディスカッションにより相互交流を深める良い機会になっています。



研修員と関係者の皆さん

これらの講義の大半は当センター内部講師が担当していますが、国土交通省海事局、関東運輸局、東京MOU事務局、日本海事協会、日本海事検定協会等の専門家にもお願いしています。

本研修では、講義の理解度を深めるため実習も実施しています。今年度は、船舶の安全検査の実習を今治市の造船所2か所（山中造船所、矢野造船所）において、また、内燃機関の製造過程、運転、解放検査の実習をヤンマーエンジニアリング尼崎工場で行いました。

なお、これらの技術研修に加え、日本の文化にも可能な限り触れることを目的に、広島平和記念公園、大阪城と道頓堀も訪問しました。

また、PSC関連では関東運輸局の外国船舶監督官が実施するPSC検査に同行して船上実習を行ない、内航船プログラムでは同局船舶検査官とともに海技教育機構所属練習船「大成丸」にて、機器の取扱いや検査要領の説明を行いました。

さらに、かもめプロペラ（プロペラ製造：横浜市）、信貴造船所（救命艇製造：堺市）、マリン・インターナショナル（救命いかだ整備：横浜市）、兵神機械工業（油水分離器製造：兵庫県加古郡）等、本研修に深く関わりのある事業所や、独立行政法人海上技術安全研究所、東京湾海上交通センター（海上保安庁）、国立研究開発法人海洋研究開発機構への見学も行いました。

当センターの実施する本研修の履修者は、IMO本部を始め各国の海事当局においてさまざまな分野で活躍されており、本研修は各方面から高い評価を受けています。今後も、研修を受講した研修員が学んだ知識と経験を活かし、海上安全の促進に貢献されることを願っています。

* ポートステートコントロール：PSC

寄港国が自国に入港した外国船舶に対し、人命の安全や環境の保全を目的とした立入検査により基準適合性を確認する制度で、重大な欠陥が確認された場合には出港前にこれを是正させるなど旗国政府の機能を補完するもの。

（研修・技術支援室 能田卓二）



2017年度東京MOU 「ポートステートコントロール検査官 一般研修(GTC7)」について

当センターでは、東京MOU事務局*からの委託を受け、PSC検査官の一般研修(General Training Course)を実施しています。本研修は、PSC検査官の能力向上や検査手順の調和を図るため、PSC職員が最低限有するべき知識に関する座学および実船訓練を内容とし、4週間、実施するものです。この度は、8月14日から9月8日までの間、東京MOU域内の10か国（フィジー、インドネシア、マレーシア、ニュージーランド、パナマ、ペルー、フィリピン、タイ、トンガ及びベトナム）と、IMOの技術協力プログラム等を通じて世界中のMOUから派遣された7か国（セネガル、グルジア、スリナム、セーシェル、モザンビーク、トルコ、ブラジル）のPSC検査官、合計17名が参加しました。

前半の2週間は、横浜にてPSC関連の各条約の規定や検査実施の手順について、国土交通省の外国船舶監督官、東京MOU事務局および当センター内部講師による講義と救命いかだ整備事業場のマリン・インターナショナル（横浜市）での技術視察および本研修への経済的支援を頂く（公財）日本財団への表敬訪問、そして、後半の2週間は各地方運輸局に移動し、現地の外国船舶監督官が実施するPSC検査に同行する形で現場実習を行いました。

また、研修最終日には、研修員より各地方局で実施した現場実習のプレゼンテーションを行うとともに、地方運輸局の外国船舶監督官も交えて、確認した欠陥の内容や是正の方法等について、ディスカッションを行いました。

海上における安全と環境保全のため、サブスタンダード船の撲滅



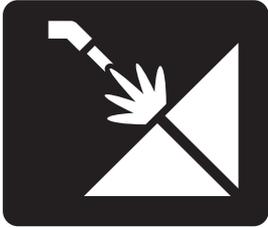
乗船実習中の研修員

を目的とするPSCの社会的意義は益々高まっており、今後も、当センターは東京MOU事務局及び国土交通省とともに効果的なPSC検査官の研修を実施して行きたいと考えています。本研修を受講したPSC検査官の益々の活躍が期待されます。

* 東京MOU事務局

PSCの実施は地域的に取り組むことが有効であることから、IMOにおいて1991年に「PSCに関する地域協力の促進に関する総会決議」が採択され、これを踏まえ、1993年12月、東京にて、アジア太平洋地域におけるPSCの地域協力に関する合意（東京MOU）がなされ、事務局は東京に置かれている。

（研修・技術支援室 能田卓二）



造船業における レーザ・アークハイブリッド厚板溶接法に 係る共同研究について(その5)

1. はじめに

レーザ・アークハイブリッド溶接法の実用化に向けた課題を解決することを目的とした本研究は、造船現場の溶接工数を削減するための方策として有効であり、当センターの総合コンサルティング事業を通じて業界に裨益するものとして当センターは積極的に取り組んでいますが、国交省の推進する「海事産業の生産革命(i-Shipping)による造船の輸出拡大と地方創生のための推進すべき取り組みについて」(平成28年4月5日答申)が目指す方向にも合致しています。

当センターでは、平成26年度より、一般財団法人日本船舶技術研究協会、国立大学法人九州大学、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所、一般財団法人日本海事協会、愛知産業株式会社、ジャパンマリユニテッド株式会社、住友重機械マリンエンジニアリング株式会社、株式会社名村造船所、三井造船株式会社、三菱重工業株式会社とともに共同研究を実施してきました。本研究は、平成26年及び平成27年においてその基礎的技術に関する研究は終了し、一定の成果を得たところですが。当センターにおいては、実用化の段階に一層近い研究を平成28年～29年度の2か年に渡り、前記の参加者に加えてJFEスチール株式会社、前田工業株式会社、今治造船株式会社、常石造船株式会社の参加も得て実施しています。本号では、平成29年度の研究実施状況について概要を報告します。

2. 研究実施状況

(1) レーザ・アークハイブリッド溶接装置の改造

現在、九州大学で実験に使用しているレーザ・アークハイブリッド溶接装置は、図1に示すような門型の走行台車を用いるタイプであり、基礎試験レベルの溶接施工が想定されていたこともありパソコンにより制御されています。アーク溶接に使用されている装置は欧州のFronius製です。これらを、より一層の汎用性かつ国内造船所に導入する際の利便性に加え、任意姿勢での溶接施工を可能とすることも念頭に、門型の走行台車を「走行スライダ機構+6軸マニピュレータ(ロボットアーム型)」に、制御系をプログラマブル・ロジック・コントローラ(PLC)制御系に、アーク溶接機をダイヘン社製のデジタル溶接機に変更します。これらの改良により、同溶接システムを造船所がハイブリッド溶接を導入する際のプロトタイプとして位置づけることができる上に、種々の溶接パラメータ(アーク電流、電圧など)の取得も容易となることから、溶接施工に対するIoT技術の導入に関する研究への利用も可能となります。

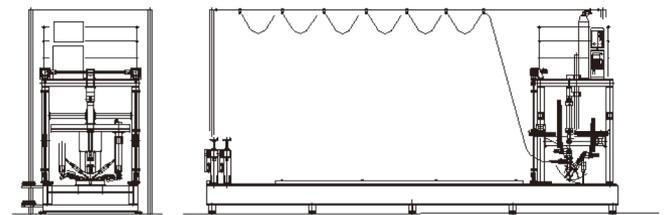


図1 改造前のハイブリッド溶接装置

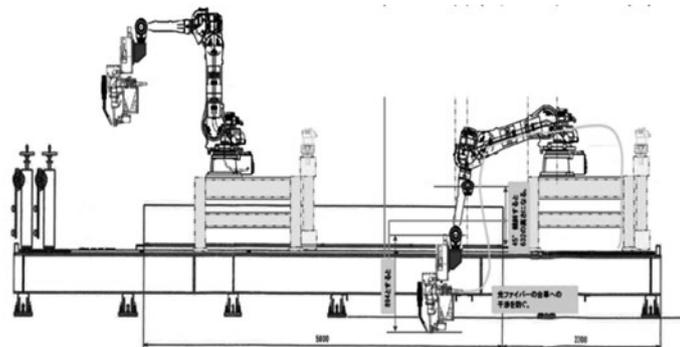


図2 改造後のハイブリッド溶接装置

**(2) 突合せ継手における切断面性状が
溶接品質に及ぼす影響に関する検討**

昨年度までの研究では、プラズマ切断やガス切断を適用して開先加工した場合、レーザー切断による開先加工した継手と比較して切断面粗度の影響で、ビード外観、断面マクロ観察および断面のビッカース硬さも、船体建造に適用可能なレベルには至りませんでした。ビッカース硬さの悪化原因の一因である急熱・急冷を改善することを目的として、従来の溶接速度を25%低減(1600→1200mm/min)、かつ速度低減により予想された約33%の溶接金属量の増加に対応するためのワイヤ供給速度の調整を行ったところ、良好な結果が得られました。ただし、溶接時のスパッタ(※)量については若干の改善に留まったため、溶接条件の最適化を目指して研究を継続しています。

(※) 溶接中に飛散するスラグや金属粒の汚れ

(3) J-STAR溶接のハイブリッド溶接適用に向けた検討

昨年度の実験で課題となっていたスパッタの低減に関し、今年度では、アーク溶接についてアーク安定剤として適量のREM(Rare Earth Metal)が添加されたワイヤを用い、電極の正負を入れ替えた極低スパッタCO₂アーク溶接技術(J-STAR® Welding(※))を利用したところ、大幅なスパッタ低減効果が得られることが確認されました。上記(2)の項目との兼ね合いも考慮しつつ、より良好な溶接条件の探索実験を継続しています。

(※) <http://www.jfe-steel.co.jp/research/giho/018/09.html>

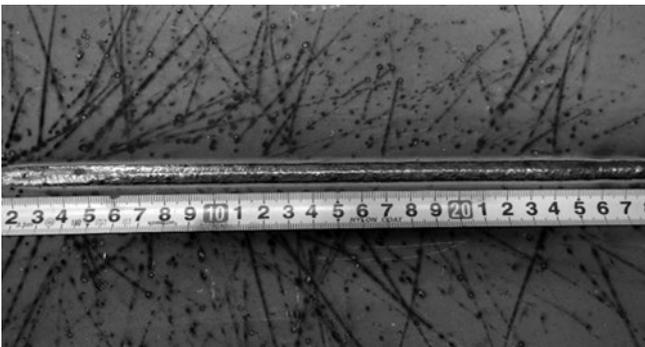


図4 従来の方式による溶接結果

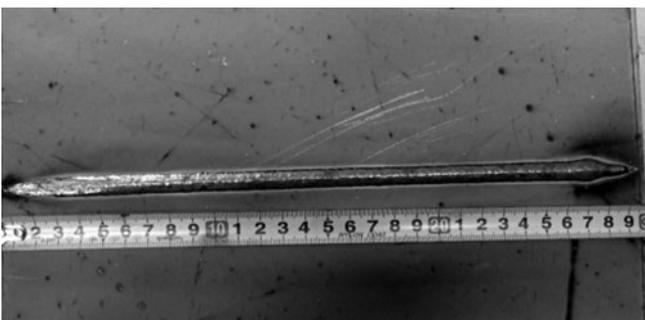


図5 J-STAR® Weldingを利用した溶接結果

3. 今後の展開

当初計画では、本年7月頃に現状のハイブリッド溶接装置にトラッキング装置を取付けて総合実証実験装置を完成させ、これを用いて長尺(～5m程度)の実証実験を行う予定でしたが、九大の溶接装置を前記のような本格的な実験装置に改造することになったため、総合実証実験装置の完成が12月の予定となりました。最終的な実証実験であるトラッキング付きの長尺継手の溶接実験の実施期間が短くなるので、現状のハイブリッド溶接装置を用いた予備試験を十分に実施して課題を解決しておくことが重要となります。これらを考慮した大まかな今後のスケジュールは以下のとおりです。

① 現状のハイブリッド溶接装置を用いる予備試験

2017年11月までに、現状のハイブリッド溶接装置を用い、トラッキング用データベース作成のための溶接実験、継手ギャップを精密に管理した長尺継手(溶接長2.5mおよび5m)の施工試験を実施する。

② 改造後のハイブリッド溶接装置を用いる実証実験

2018年1～2月に、トラッキング装置付きの改造後のハイブリッド溶接システムを用いて、溶接長5mの片側完全溶込みT継手と突合せ継手の施工実証を実施する。

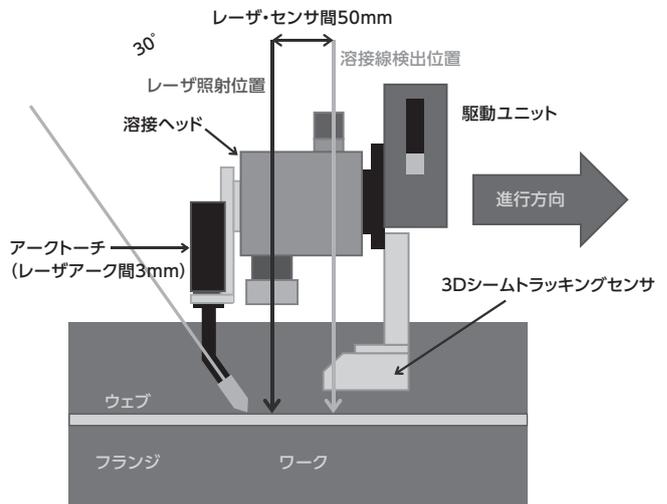


図3 溶接試験の各機器の配置
(上方から見た図)

本研究は実用化を目指して総仕上げの段階に入りますので今後ともご期待を頂き、結果についてはまた皆様にご報告したいと思います。

(企画室 小橋 素己)

Topics

一般財団法人 日本造船技術センター 技術セミナーの開催

一般財団法人日本造船技術センターは、10月23日(月)広島市内において、平成29年度一般財団法人日本造船技術センター 技術セミナーを開催し、造船会社、船用機器メーカーなどから、台風により交通機関が影響を受けるなか130人を超える方々の参加を頂きました。

本年のセミナーでは、当センターからは、SRCの最新の水槽試験技術とコンサルティングの状況についてご紹介しました。また、外部講師の方々以下におりご講演を頂きました。

- (1) IMOの海洋環境規制の動向
国際海事機関(IMO)海洋環境保護委員会(MEPC)議長
国土交通省海事局 斎藤船舶産業課長
- (2) 一般海域でのSOx規制で想定される燃料油の選択肢と課題
石油連盟 三浦技術環境安全部長
- (3) 内航海運における省エネルギー対策事業の実施状況
国土交通省海洋環境政策課 河合課長補佐

- (4) 自律船の開発動向と技術課題
(国研)海上・港湾・航空技術研究所海洋リスク評価系 福根系長
- (5) 内航船の騒音対策とJRTTの取組み
(独法)鉄道建設・運輸施設整備支援機構共有船舶建造支援部 阿部担当課長
- (6) レーザ・アークハイブリッド溶接技術の船体建造工程導入に向けて
九州大学大学院工学研究院海洋システム工学部門 後藤教授
会場はほぼ満席となり、参加者の皆様には講演に熱心に耳を傾け、積極的に質疑にも参加頂き、盛況裡にセミナーを終了することができましたこと感謝申し上げます。更に、本セミナーの開催にあたり、ご多忙にもかかわらず、ご講演を頂きました講師の皆様方、そして、ご協力を賜りました中国運輸局殿に心より感謝申し上げます。

(企画室 小橋素己)



委員会等

- **第1回 SPCG委員会(平成29年度)**
平成29年6月8日 日本造船技術センター大会議室
- **第138回 HRC委員会**
平成29年6月8日 日本造船技術センター大会議室
- **第16回 理事会(通常)**
平成29年6月6日 日本造船技術センター役員会議室
- **第11回 評議会(定時)**
平成29年6月30日 日本造船技術センター役員会議室
- **第17回 理事会(臨時)**
平成29年6月30日 日本造船技術センター役員会議室
- **第2回 SPCG委員会(平成29年度)**
平成29年10月5日 日本造船技術センター大会議室
- **第139回 HRC委員会**
平成29年10月5日 日本造船技術センター大会議室
- **第18回 理事会(書面)**
平成29年10月12日

編集後記

お気づきの方もいたと思いますが、今回のSRCニュースは第101号です。

今年5月にSRCは創立50周年を迎えました。その時に発行したものが記念すべき第100号のSRCニュースとなりました。「継続は力なり。」と言います。次の節目である第200号を目指し、編集者一同気分を引き締め、新たな気持ちで紙面づくりに取り組んでゆきたいと考えていますので、宜しくお祈りします。

さて、この第101号の編集を行っている間に衆議院の解散がありました。そして超大型台風21号が日本列島の上を通過するという最悪の天候の下、新たな日本の舵取りを担う政権に期待を寄せつつ皆さん投票所まで足を運ばれたのではないかと思います。結果については改めて言うまでもありませんが、現政権支持というのが国民の声であったというところでしょうか。

SRCではODAに基づく海外援助のコンサルタントの仕事にも力をいれています。そのため、発展途上国を訪れる機会も多くあります。そうした国々を訪れた時に、社会が安定していると感じる国では人々の顔が明るいように思われます。そして、今後発展してゆくのではないかと、その国の将来に対する期待を抱くことができるような気がします。

我が国と途上国とを比較することには無理があるかと思いますが、先の「継続は力なり。」という格言とあわせ、継続することが可能となる環境が存在しているということは実は大変ありがたことではないのかと思う次第です。

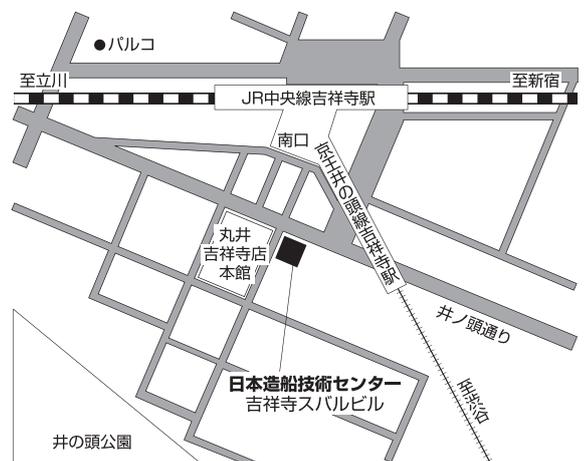
最後に、SRCでは6月に会長の交替があり「伊藤 茂」新会長が就任しました。職員一同、「継続は力なり。」ということを胸に刻んで、新会長の下これまで以上に皆様のお役に立つために頑張ってくださいと願っております。

申し込みの受付

試験等の申し込み、問い合わせは
下記までご連絡をお願いいたします。

〒180-0003
東京都武蔵野市吉祥寺南町1丁目6番1号
吉祥寺スバルビル3階
TEL 0422-40-2820

地図





Shipbuilding Research Centre of Japan
一般財団法人 日本造船技術センター

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