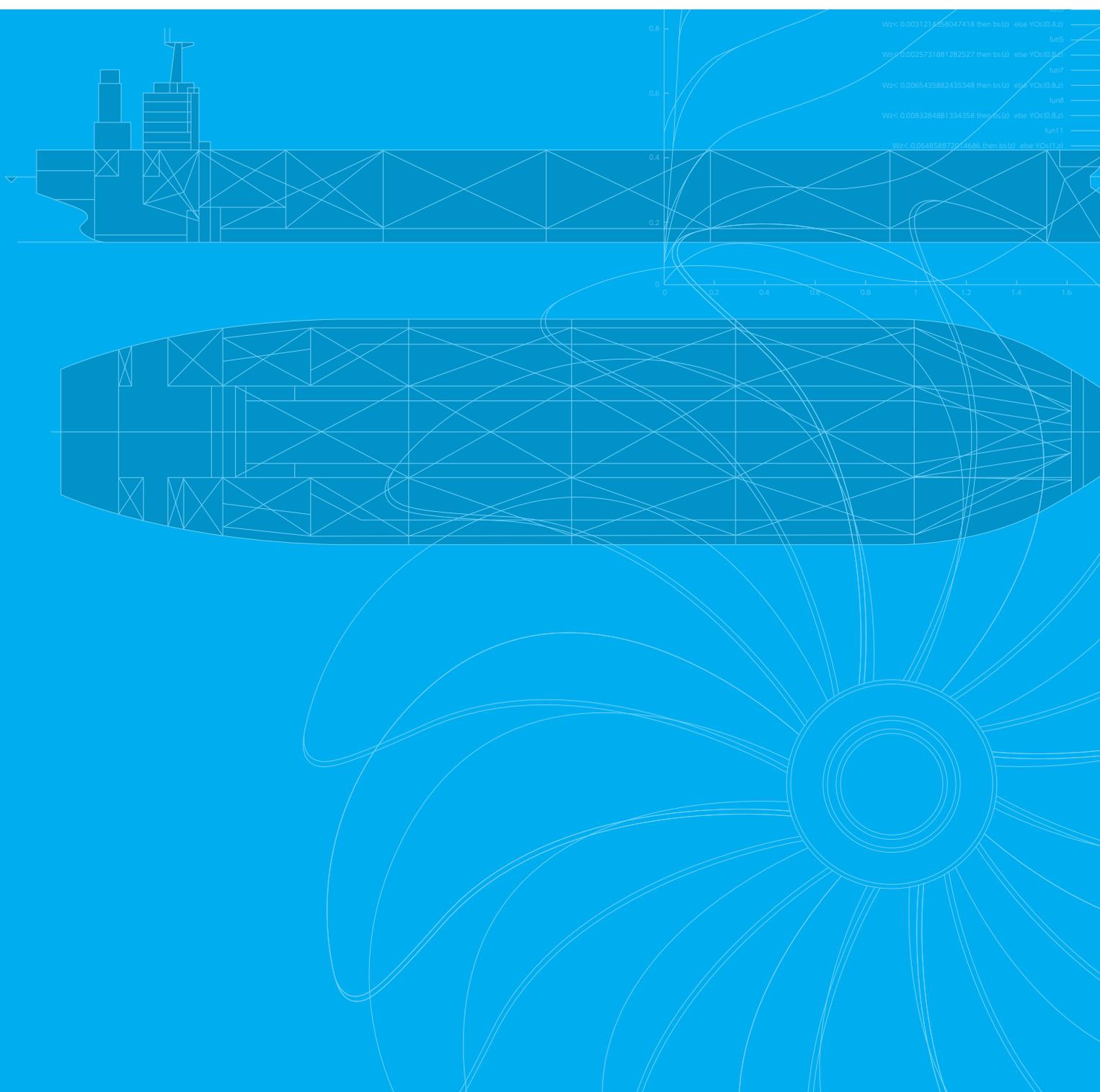


造船の最先端を見つめる技術情報誌

# SRC NEWS

Shipbuilding Research Centre of Japan

No.96  
JUN 2015



## CONTENTS



3Dプリンタの現状と未来

3



稼働中における防食寿命予測について

8



北海道漁業取締船「ほっかい」が就航  
—室蘭港に配属—

10



佐渡汽船殿5,750総トン型カーフェリー「あかね」  
直江津～小木航路に就航

12



ブラジルで造船マンを育成

13



SRC資料室(16) 最適船型(その7)

16

Topics

国際会議COMPITにて最優秀論文に選出

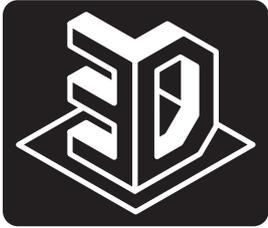
19



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



# 3Dプリンタの現状と未来

## 1. はじめに

ラピッドプロトタイピング(rapid prototyping)の1種として発展してきた3Dプリンタは、医療や建築、教育や先端研究等幅広い分野に普及し、最近では家庭用の安価な機種も普及しつつあります。日本造船技術センター(以下SRC)では、3Dプリンタを導入し水槽試験時に使用する省エネ付加物等の製作に活用しており、SRCニュース(No.93)でご紹介しております。

今回は、その後のSRCでの製作事例と共に水槽試験への更なる活用を目指し、大型模型製作への3Dプリンタ活用について検討した例をご紹介します。

## 2. 3Dプリンタとは

### 2.1 発展の経緯

従来の製品設計では、製品の外観や性能の評価を行うために粘土(クレイモデル)や木を用いた試作品製作が行われてきました(図1、図2)。しかしながら、これらの試作品製作には時間やコストがかかる点がネックとなっていました。

このような状況の中、試作品(prototype)を高速(rapid)に製作する技術としてラピッドプロトタイピングが発展してきました。かつては熟練者による手作業が中心だった試作品製作は、3次元の設計データから直接製作可能なラピッドプロトタイピング技術により、従来の数十分の1まで時間を短縮できるようになったとも言われています。今では試作品製作だけでなく、医療分野での術前検討用モデル(図3)や建築分野での建築模型(図4)、先端研究分野でのテストパーツや治具といった用途に幅広く使用されています。3Dプリンタとはラピッドプロトタイピングの中でも小型で且つ低価格の装置を対象とした呼称です。



図1 クレイモデル<sup>1)</sup>



図2 モックアップ<sup>2)</sup>



図3 術前検討用モデル<sup>3)</sup>



図4 建築模型<sup>4)</sup>

### 2.2 造型原理

ラピッドプロトタイピング(3Dプリンタ含)は別名、積層造形法と呼ばれます。積層造形法とは、製品の3次元CADデータを細かな断面間隔でスライスし、断面形状(薄板)を積み重ねることにより立体モデルを製作する手法です。使用する材料や積層方法によって、光造形方式、インクジェット方式、粉末焼結方式、熱溶解積層方式等様々な方式があります。代表的な方式の特徴を(1)~(4)に、造形原理のイメージ図を図5~8にまとめました。

#### (1) 光造形方式

- 紫外線レーザーで液体樹脂を1層ずつ硬化させ積層する。
- 歴史・実績ともに豊富な方法。
- 微細かつ高精度な造形が可能。
- 樹脂単価が高く、重量のある造形には不適。
- 耐候性が低い。特に太陽光に弱い。
- 樹脂槽が必要なため大型。専用の造形室や付帯設備が必要。

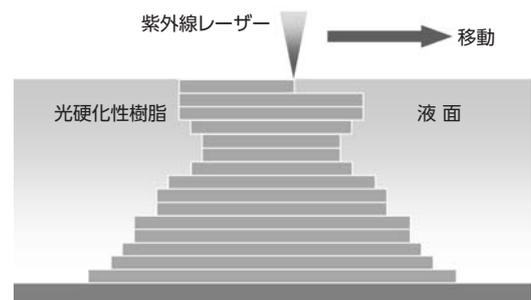


図5 光造形方式原理

(2) インクジェット方式

- プリンタヘッドから樹脂を噴射し直後に紫外線ランプで固める。
- 精度が高く、滑らかで微細な造形が可能。
- 他の方式に比べ、造形スピードが速い。
- 造形物が大きくなる場合、高さ方向の精度が相対的に低い。
- 耐久性、耐熱性が弱い

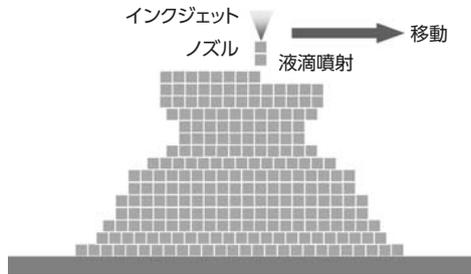


図6 インクジェット方式原理

(3) 粉末焼結方式

- 素材の粉末をレーザーで加熱し焼き固めて積層する。
- 金属粉末が使用可能であるため、造形物の耐久性が高い。
- 表面がざらざらした仕上がりになる。
- レーザー照射装置が必要であり、大型、高価。
- 専用の造形室や付帯設備が必要。

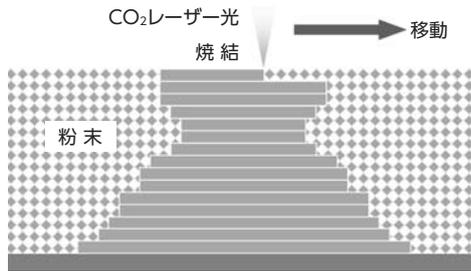


図7 粉末焼結方式原理

(4) 熱溶解積層方式

- ノズルから熱で溶解した樹脂を吐出し積層する。
- 強度のある材料が使用可能。材料選択の幅も広い。
- 経年劣化が少なく寸法も安定している。
- 基本特許が切れているため、廉価な普及機が登場している。
- 光造形等に比べると層間の段差が目立つ。
- 寸法精度が低い。
- 造形スピードが遅い。

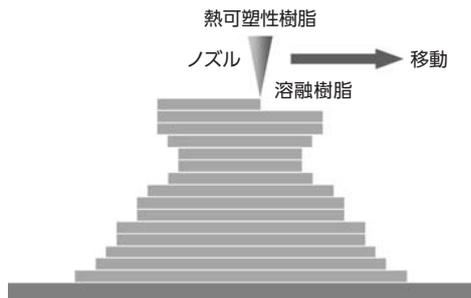
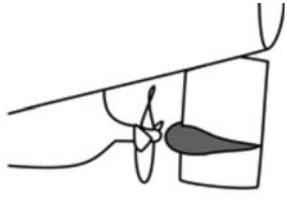
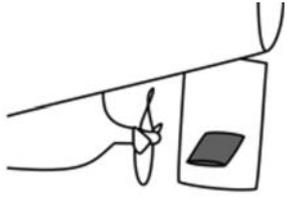
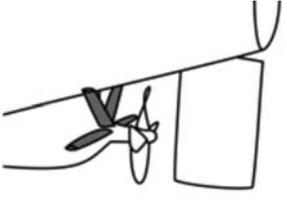
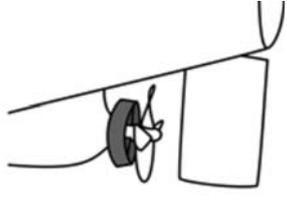
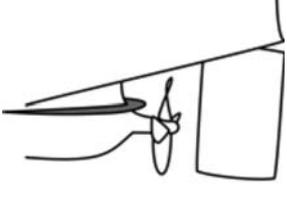


図8 熱溶解積層方式原理

3. SRCでの導入事例

近年の燃費高騰への対処もさることながら、環境問題への観点からも海運、造船業界では船舶からの温室効果ガス排出抑制に向けた様々な取組が始まっています。このような状況の中、水槽試験においても様々な省エネ付加物を装備した試験が多く行われてきています(表1)。省エネ付加物は、実船サイズでは数mの大きさですが、SRCで水槽試験を行う際には数十mm程度の大きさになります。形状も複雑化の傾向にあり、従来の方法では製作が間に合わない状況になりつつあります。

表1 省エネ付加物<sup>4)5)</sup>

バルブ型	
	舵のプロペラシャフトセンターラインの延長線上付近、またはその付近にバルブを取付け、プロペラ回転流やハブ渦による損失を回収して推進効率を向上させる。
舵フィン型	
	舵のプロペラシャフトセンターラインの延長線上付近に翼型のフィンを取付けたもの。プロペラ後方の回転流エネルギーを回収し、推力に変換する。
ステーター型	
	プロペラ前方の船尾に複数枚のフィン(翼)を放射状に取付けたもの。プロペラ回転方向と反対方向の回転流を与えることにより、プロペラ後流の回転エネルギー損失を減少させる。
ダクト型	
	円形またはそれに類した形状のダクトをプロペラ直前に取付け、船尾流場の整流化及びプロペラ前方から流入する流れを加速する。
船体フィン型	
	平板または楔形の細長状のフィンを船体外板に取付けたもの。主に伴流利得の改善を目的とする。

このような状況を打開するため、SRCでは2012年から3Dプリンタを導入し、現在は省エネ付加物の製作を中心に活用しています。導入からの製作実績を表2に示します。水槽試験では、省エネ付加物有り無しの試験を行う際、ステーター型やダクト型といった船体に取り付けるタイプの省エネ付加物では省エネ付加物を装備した後に裸殻に戻して試験を実施することがあります。このような場合、省エネ付加物を装備していない裸殻の船体ブロックを製作し、省エネ付加物のブロックと差替えることで対応しています。表2の“その他”には裸殻に戻すための船体ブロック等を分類しています。

表2 造形実績

省エネ付加物	実績数
バルブ型	31 (13)
舵フィン型	27 (16)
ステーター型	51 (19)
ダクト型	23 (7)
船体フィン型	16 (5)
試作品	15 (0)
その他	54 (21)
合計	217 (81)

※( )内は2014年度に製作したもの

また、SRCでは昨年度1500mm(長さ)×270.4mm(幅)×130.7mm(高さ)のMIBS船型模型を製作しました(図9)。これは展示用として製作したもので、船体を2分割で製作しています。



図9 展示用模型

## 4. 3Dプリンタ活用の展望

ここまで述べてきたように、水槽試験の中で3Dプリンタは、主に船尾付加物や舵付加物など比較的小型(100mm×100mm程度)な模型の製作に使われています。では将来的にはどのような発展が考えられるのでしょうか？

一つは大型化、もう一つは高強度化が考えられると思います。大型化することにより、模型船を高精度かつ迅速に製作できる可能性があります。また強度を増すことにより、キャビテーション試験等に使用する模型プロペラを製作することも可能かもしれません。

ここでは主として大型化に焦点を当て、SRCが標準として製作しているLppm=6.0~7.0m程度の模型船を3Dプリンタで製作する可能性について検討します。

### 4.1 3Dプリンタの造形精度

表3に各造形方式に対する造形精度をまとめました。造形精度に優れた造形方式は(1)の光造形方式および(2)のインクジェット方式であることが分かります。(4)の熱溶解積層方式は一度溶解した樹脂を造形直後に冷却する性質上、寸法収縮が発生しやすく、精度上の問題となるものと考えられます。(3)の粉末焼結方式は、使用する粉末の粒子径により造形物の精度限界が決定されてしまいます。

表3に示すとおり、光造形方式とインクジェット方式で6m模型を造形した場合の誤差は6~12mmとなります。これはITTCの模型船精度基準(0.05%Lpp以下)を上回り、現状の造形方式で6mの模型船を一体で造形することが可能だったとしても、精度に関し何らかの改善が必要なことが分かります。

表3 造形方式と造形精度

造形方式	誤差 (1in辺り)	誤差率	6m模型誤差
	mm	%	mm
(1) 光造形	0.025~0.060	0.1~0.2	5.9~11.8
(2) インクジェット			
(3) 粉末焼結	0.13	0.5	30.7
(4) 熱溶解積層	0.25	1	59.1

### 4.2 3Dプリンタで使用される材料

模型船に一般的に使用される材料は木またはパラフィンです。世界的に見ると木製模型が主流ですが、日本では加工性、リサイクルの容易さなどからパラフィンを主材料とした模型が標準となっています。SRCではパラフィンを木製合板の骨組みで強化した“パラ・ウッド”と称する構造で模型船を製作しています。

これに対し3Dプリンタで使用できる材料は、アクリル、エポキシ、ABS、PP(ポリプロピレン)、PLA(ポリ乳酸)など多岐にわたり、一部には金属粉末や、石膏、珪砂等を使用するものもあります。

表4に代表的な材料の物性値を示しました。現用の材料(合板、パラフィン)については強度に関わる資料が少ないため、杉材の値も参考に記しています。パラフィンの曲げ強度はSRCが過去に行なった曲げ強度試験によるものです<sup>7)</sup>。

#### (1) 比重

現在、模型船製作に使用している材料が全て水より軽いのに対し、3Dプリンタ用材料はPPを除き、水より重い材料が使われています。最も重いABSではパラフィンの1.3~1.8倍、SRCで現在使用しているアクリル系の材料でも1.3倍の比重となります。

## (2) 強度

表を見るまでも無く、パラフィンは他の材料に比べ強度的に劣ります。しかし、加工性が非常に高く、容易にリサイクルできるメリットがあるため、前述のとおり構造材として合板を組み合わせ、そのデメリットを補っています。従って水槽試験用の模型船の強度は木材の強度(合板または杉材)を目安とすることが適当でしょう。

3Dプリンタで使用される材料は、引っ張り、圧縮、曲げ、どの項目でも杉材や合板のそれを上回っており、十分な強度があると考えられます。

しかし前述のとおり現用の材料より比重が重く、かつ後述するコストの問題も有り、3Dプリンタ製模型船では重量を現状以下に抑える必要が出てきます。このため外板厚さを含め、3Dプリンタに適した模型船の構造を検討する必要があります。

## (3) 線膨張率

熱による材料の膨張を示す線膨張率は、杉材の場合では、繊維方向で0.3~0.6、それと垂直な方向で3.0~6.0とされています。合板では繊維の方向が種々組み合わされているため、線膨張率はこの中間程度を想定すれば間違いのないものと思われま

す。3Dプリンタ向け材料の線膨張率は全て杉材よりも大きい値を示しており、最大のPPでは $10.0 \times 10^{-5}/K$ となります。これを6m模型に換算すると0.6mm/°Cとなります。夏場には、製作時の気温と試験水槽の水温の間に10°C程度の差が生じることが考えられるため、前述のITTCの精度基準を考慮した場合、熱膨張に対し何らかの対策を行なう必要が生じます。

## (4) 耐水性(加水分解、吸水率、等々)

3Dプリンタ材料の加水分解について詳しく調べた資料はありません。しかしメーカーへの聞き取りの結果では、24時間程度では特に大きな問題は無いのではないか、という実際の経験に基づいた回答がありました。吸水率はABS、アクリルが0.2~0.6重量%(24h)とやや大きく、現在製作しているような小型の模型では特に問題は無いと考えられますが、模型船に使用する場合、慎重に検討する必要があると考えられます。

表4 3Dプリンタ材料の物性

	材料(3Dプリンタ)				材料(現用)			
	アクリル	エポキシ	ABS	PP	パラフィン	合板	杉	
比重	1.17-1.20	1.11-1.40	1.61-1.21	0.90-0.91	約0.9 <sup>*1</sup>	0.4-0.7	0.3-0.4	
引っ張り強さ	Mpa	48-73	27-89	23-55	31-41	—	—	51-75
圧縮強さ	Mpa	73-125	103-173	45-52	38-55	—	—	26-42
曲げ強さ	Mpa	73-131	89-145	66-96	41-55	2-3 <sup>*1</sup>	32-46	30-75
線膨張率	10 <sup>-5</sup> /K	5.0-9.0	4.5-6.5	6.5-9.5	8.1-10.0	約11 <sup>*1</sup>	—	0.3-0.6 <sup>*2</sup> 3.0-6.0 <sup>*3</sup>

※1:配合により変化 ※2:繊維方向 ※3:繊維と垂直方向

## 4.3 大型模型の製作コストと製作時間

ここでは現在販売されている3Dプリンタを使用して6mクラスの模型船を製作した場合のコスト(材料費)と製作時間を試算してみます。

表5には現在販売されている3Dプリンタの最大造形サイズ、使用材料を造形方式別にまとめています。最大の造形サイズは、3Dプリンタ(1)、光造形方式による1500×750×550mmです。模型船を製作するには幅、高さはほぼ満たされていますが、長さについては最低この4倍が必要です。

表5 造形方式と最大造形サイズ

造形方式	造形最大サイズ	材料	材料価格(千円/Kg)
(1) 光造形	1500×750×550	エポキシ系樹脂	20~30
(2) インクジェット	490×390×200	アクリル系樹脂	30~50
(3) 粉末焼精	550×550×750	金属・ナイロン	50~100
(4) 熱溶解積層	914×609×914	ACS・PLA	6~18

表5には材料価格も示しています。これより3Dプリンタ(1)により6mサイズの模型船を製作した場合の価格を試算します。船型は $C_B \approx 0.82$ の肥大船、 $L_{pp} \approx 6.2m$ です。材料は当該3Dプリンタ専用のエポキシ樹脂系の材料(比重;1.16、曲げ強度;62~72MPa、材料費;25000円/kg)を使用します。3Dプリンタ(1)では実際は1.5mまでしか造形できませんが、現状の仕様そのまま筐体の長さだけ大きくし、6.2mの出力が可能となると仮定して試算しました。なお、この模型船はパラウッドにより重量505kgで製作された実績があります。

パラウッド構造で作られた模型船の強度は、合板で作られた内型で支えられているものと仮定します。この合板製の内型の重量を従来の実績より180kgと仮定します。エポキシ樹脂の比重は合板の2.11倍、曲げ強度は1.72倍(表4より)とすると、エポキシ樹脂の合板に対する比強度は0.815となります。これらの数値より、3Dプリンタ製模型船の重量は221kg、平均外板厚は16.8mmと推定できます。この場合、材料費は約552万円で、パラウッド製模型船よりかなり高価なものとなりました。

一方造形時間については形状に左右される部分が多いため、簡単に推定することはできません。3Dプリンタ(1)は1時間の造形で100mm×100mm×8mmのパネルの造形が可能ということが分かっています。かなり乱暴な推定にはなりますが、これを利用してパネル状の部品を張り合わせるイメージで船体形状を造形するという仮定で試算してみました。対象模型船の表面積と平均外板厚みより試算すると、模型船1隻の造形時間は2266時間(=3.1ヶ月)となり、これも現実味の無い結果となっています。

## 5. 3Dプリンタによる 大型模型製作の可能性と課題

既存の3Dプリンタメーカーに5m以上の大型模型製作の可能性についてヒアリングを行なったところ、以下のような回答を得ました。

- 現状、6m級の大型模型を製作可能な3Dプリンタは存在しない。
- 3Dプリンタによる大型模型の製作は従来技術の延長として可能。
- 造形スペースの大型化、筐体の大型化が必要。

これらの回答と以上の検討結果を総合すると、大型模型製作用3Dプリンタの開発課題としては以下が挙げられます。

- 1) 大型模型製作に適した材料の開発
  - 大強度、軽量、低コスト
- 2) 大型模型製作を可能とする筐体の開発
  - 造形スペースの環境管理(温度、湿度等)
- 3) 高精度な造形を可能とする製造方法の開発
  - 環境による変形が少ない材料
  - ヘッドの複数化
- 4) 造形時間の短縮
  - ヘッドの複数化

この中でも特に“造形時間の短縮”と“低コスト材料の開発”は最重要の課題です。この2点について技術的なブレークスルーがなければ3Dプリンタによる大型模型の製作は実現しないと考えています。

## 6. まとめ

3Dプリンタ業界へのヒアリングを通して見えてきたことは、3Dプリンタで大型模型を製作しようという研究開発が低調であるということです。これは精度のよい大型模型を製作するというニーズが殆ど無いことに起因します。大型模型の需要があっても殆どがデザイン試作用であり、精度は必要ありません。1m程度の部品を分割して造形し、最後に組み立てれば事足ります。従って今後も大型模型用の3Dプリンタが市販される可能性は低いものと考えています。

一方、数少ないながらもまったく別のニーズから大型3Dプリンタの研究が行なわれています。南カリフォルニア大学では災害用や宇宙空間での住宅建設を3Dプリンタで行なう“Contour Crafting”というプロジェクト<sup>8)</sup>が進められています。このプロ

ジェクトの目標は230m<sup>2</sup>の家を20時間で建設するというもので、精度の問題を別にすれば模型船製作より高い要求仕様の研究です。

現段階では3Dプリンタによる大型模型の製作については否定的な結論になりましたが、ここで検討した課題、前述のプロジェクト等、最新の情報を引き続きフォローし、水槽試験用模型製作の効率化に取り組んでいきたいと考えています。

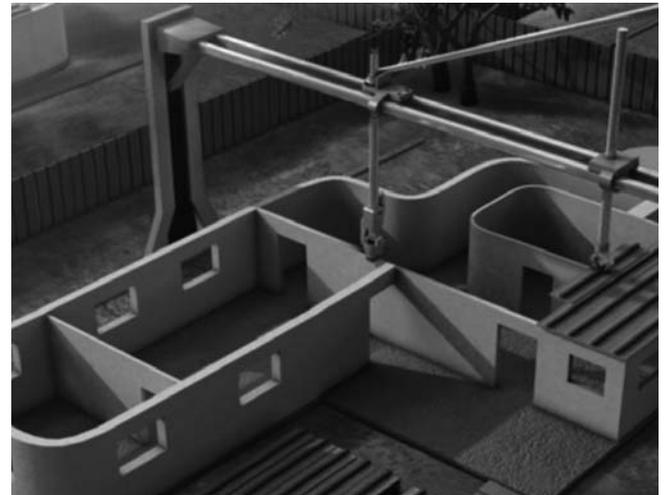


図10 Contour Craftingプロジェクト

### 参考資料

- 1) RESERCH DESIGN STUDIO HP  
<http://www.rds-design.jp/products/?id=1246348068-504395>
- 2) [http://blog.livedoor.jp/bow\\_field/archives/cat\\_122623.html?p=2](http://blog.livedoor.jp/bow_field/archives/cat_122623.html?p=2)
- 3) 株式会社 ファソテック HP  
<http://biotexture.com/gallery/item#5>
- 4) <http://ijet.dgblog.dreamgate.gr.jp/e106566.html>
- 5) KEYENCE株式会社、「国産高精細3Dプリンタ アジリスタ導入事例 vol.03」
- 6) 「船型性能改善のための省エネ装置(その1)」、SRC News No.91 p.16-18、2012
- 7) 吉成他、「模型船用パラフィン材の曲げ強度試験結果について」、日本造船技術センター技報第7号、P.4-13、1979/10
- 8) <http://www.contourcrafting.org>

( 試験センター技術部技術課 内田 麻木 )  
( 試験センター技術部 金井 健 )



# 稼働中における防食寿命予測について

## 1.はじめに

日本造船技術センター(以降:SRC)では、石油貯蔵船の長期保守管理に関する調査研究の一環として、バラスタンク内等の塗装と防食アノードによる複合防食状態を評価する防食劣化診断システムの構築を行ってきています。

この防食劣化診断システムの核となるのが防食寿命予測で、これまでに複数の防食寿命予測手法を提案、検討しプログラムの整備とともに、防食寿命予測に必要な基礎データ取得のための計測方法の開発、改良を行ってきました。表1にSRCで整備を行ってきた4種類の防食寿命予測手法とその手法に必要となる計測データを示します。

防食寿命予測に必要な基礎データは、定期検査等で水封タンク内がドライ状態で計測されるものと稼働時で水封タンク内がウェット状態で計測される2種類があります。長期保守管理において、稼働時で随時水封タンク内の複合防食劣化を把握できることは非常に有効的であると考えられます。本稿では、稼働中においても随時、防食寿命予測が可能である差分電位計測を用いたSRC-C法について、ご紹介します。

表1 防食寿命予測手法と計測データ

	基礎データ	計測データ			データ取得機会
		促進試験	アノード消費量	インピーダンス電流密度	
予測手法	SRC-A法	○	○		定期点検 (タンク内ドライ状態)
	SRC-AD法	○	○	○	定期点検 (タンク内ドライ状態)
	SRC-C法	○			稼働時 (タンク内ウェット状態)
	SRC-AC法	○	○		定期点検 (タンク内ドライ状態)

## 2.差分電位を用いた防食寿命予測手法

### 1) 差分電位による防食予測

SRC-C法では、はじめに差分電位計測で得られたデータ(タンク全体対象)からシミュレーションによりアノード発生電流を推定します。この推定値と劣化促進試験結果(電流密度-促進日数)から設定した劣化式を基に相当促進日数、促進倍率を計算します。次に得られた促進倍率を用いて実船の電流密度劣化式(タンク全体対象)を設定し、防食寿命予測計算を行います。図1にSRC-C法の予測手法のフローチャートを示します。

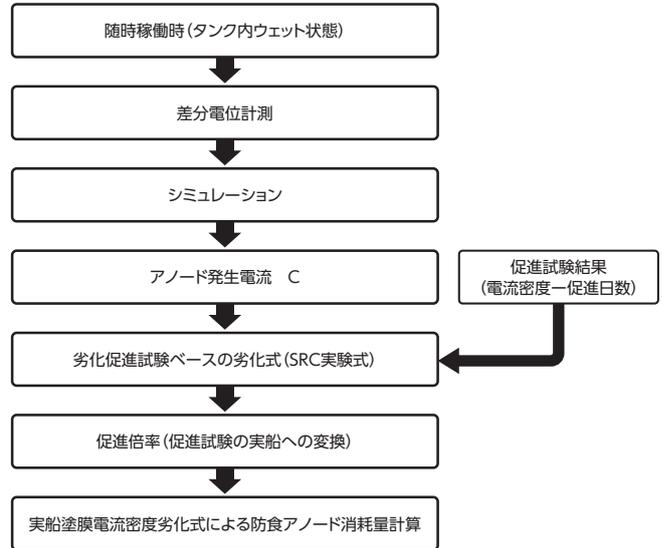


図1 SRC-C法による防食寿命予測手法

### 2) 差分電位計測装置

SRC-C法の差分電位計測では、東京工業大学天谷賢治教授による特許を用い、タンク内の差分電位を計測します。

複合防食におけるタンク内の電流は、現状では比較的塗膜状態が良好なため電流が小さく、劣化状態の特定は困難です。そこで、大きな電流を印加し、差分電位を増幅させるためにタンク内に銅電極を投入します。この追加銅電極を船体と接地させて電流を印加した状態で人工海水塩化銀照合電極(移動電極/固定電極)によって計測した電位(ON)と追加銅電極と船体との接地を切つて電流を印加しない状態で人工海水塩化銀照合電極(移動電極/

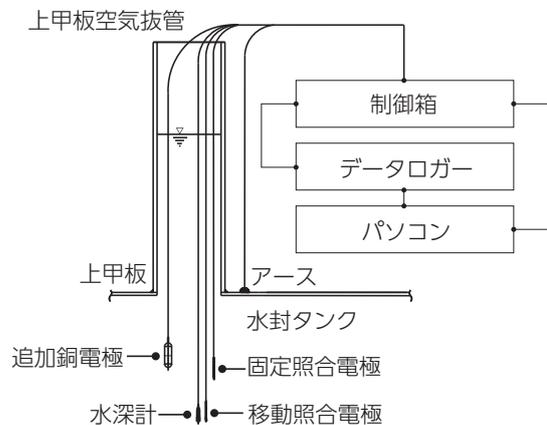


図2 差分電位計測装置の構成

固定電極)によって計測した電位 (OFF)とを計測し、その差分を差分データとします。図2に差分電位計測装置の構成を示します。

### 3) 数値解析(シミュレーション)

得られた差分電位データをもとに、タンクの幾何学形状と防食アノード配置、隔壁の開口部等の情報を基に作成した境界要素法シミュレーションモデルを用いて差分電位データに適合する状態のシミュレーションを実施し、アノードの発生電流を数値解析します。図3に解析で用いる水封タンク内の追加銅電極と電位計測の測定モデルを示します。

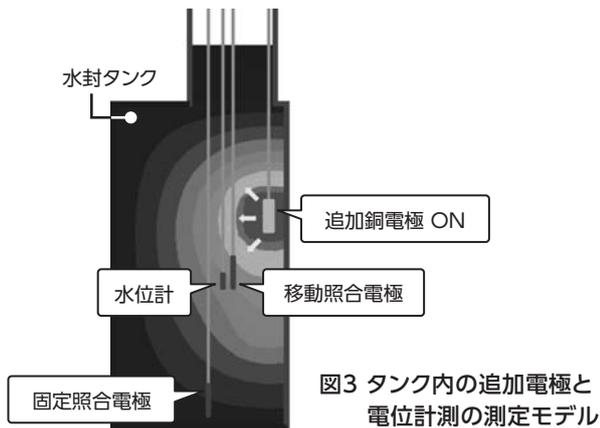


図3 タンク内の追加電極と電位計測の測定モデル

### 4) 促進試験結果

一般に劣化促進試験とは、時間を加速させて、塗装鋼板における塗装系の膨れ、はがれ、錆を発生させる試験方法です。防食劣化診断システムでは、劣化促進試験方法の一種の促進液を用いたMHI法を使用し、試験片を促進液に浸漬させて塗膜外観観察、付着力測定、インピーダンス測定、電流密度測定の種類4の劣化データの取得を行っています。図4に劣化促進試験片の一例、図5に促進日数と電流密度について示します。

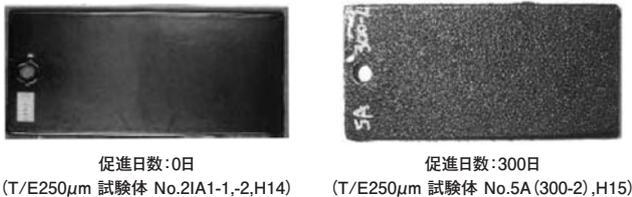


図4 促進試験片(促進日数:0日、300日)

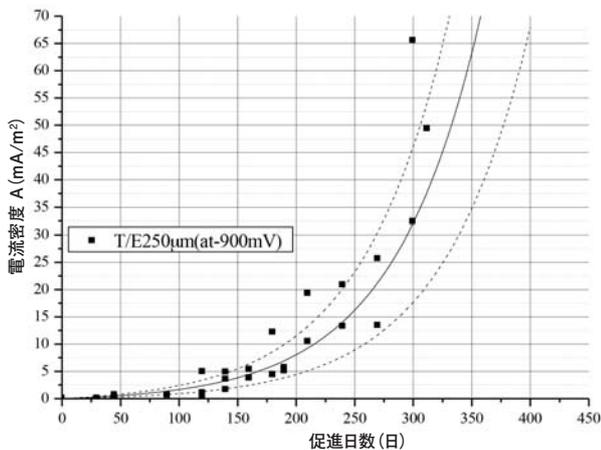


図5 促進日数-電流密度

### 5) 防食アノード消耗量の推定

実船電流密度劣化式によるアノード消耗量の推定結果の一例を図6に示します。

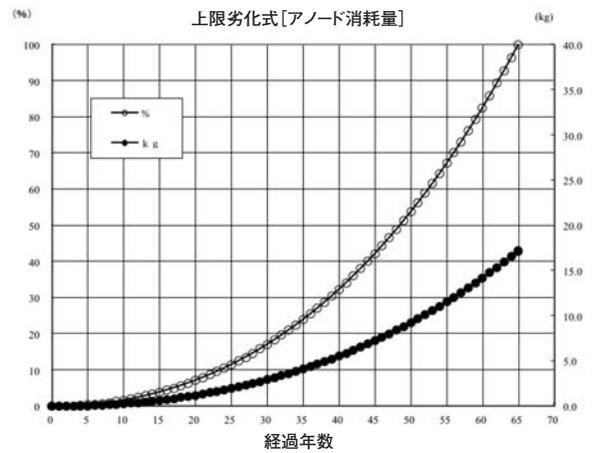


図6 アノード消耗量の推定結果

### 6) 防食寿命予測結果

図7に差分電位計測/解析結果に基づく各水封タンク区画における防食寿命予測の計算結果の一例を示します。

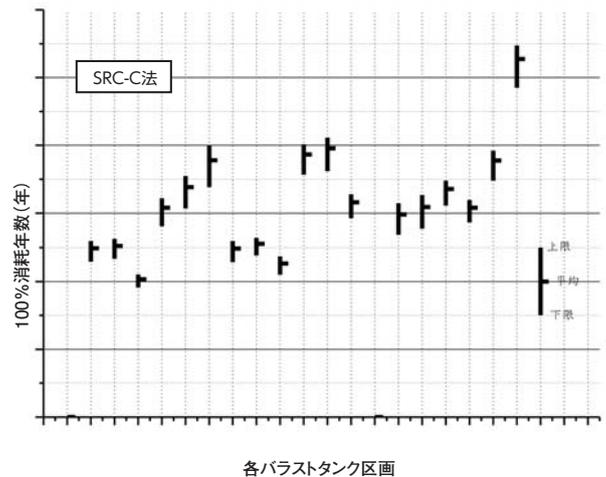
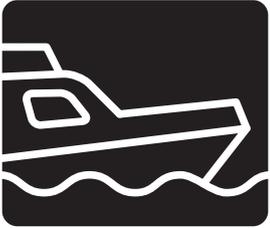


図7 防食寿命予測の推定結果

## 3.防食寿命予測の今後の活用

タンカーなどの船舶においては、定期検査の際にバラストタンク内をドライ状態とし塗膜状態の評価が行われますが、洋上石油備蓄基地や非移動型FPSO(浮体式生産貯蔵積出設備)などは、一般の船舶と違い長期使用及び入渠を前提としない保守体制がとられており、稼働時にバラストタンク内の複合防食劣化を把握する必要があります。本稿でご紹介した差分電位計測及び数値解析をもとにした防食劣化診断システムは、随時稼働中での複合防食状態の評価が可能であり、海洋石油・ガス開発で必要となってくるFPSO等の浮体式海洋構造物への活用が考えられます。

(技術開発部 西村 洋佑)



# 北海道漁業取締船「ほっかい」が就航 —室蘭港に配属—



## 1. はじめに

太平洋、オホーツク海、日本海の3つの海に囲まれた北海道(以下「道」という。)は、北方領土等を含めて約4,400kmに及ぶ海岸線を有しています。周囲には好漁場を擁しており、平成25年の漁業生産高は、数量で124万トン、金額で2,900億円と全国の約四分の一を占めています。

この豊かな水産資源を保護すると共に漁業秩序を維持するため、道では「北王丸」、「海王丸」、「ほくと」及び「ほっかい」の4隻体制で取締業務を実施してきました。

室蘭港を定係港として取締業務に従事していた「ほっかい」の老朽化が進んでいたことから、道は代船建造計画を策定し、平成25年度に基本設計を実施しました。平成26年度に行われた入札の結果、道東地域の厚岸町にある運上船舶工業(有)が落札し、建造が進められてきましたが、平成27年3月20日に完成引渡され同26日に竣工しました。

当センターは、道からの委託で新「ほっかい」(以下「本船」という。)の基本設計及び建造監理業務を実施しましたので、以下に本船の概要を紹介します。

## 2. 基本コンセプト

本船は、太平洋襟裳以西海域の沿岸海域を中心に各種漁業の違反防止指導取締、各種漁業間の紛争防止指導及び各種漁業の集団操業指導及び海難防止指導を主たる業務としており、以下に示す基本コンセプトに基づき基本設計・建造監理を実施しました。

- 総トン数は50トン型とする。
- 航海速力16ノット以上を確保する。
- 船質は軽合金製とする。
- 夜間航行を可能とする。
- 漁港(他港)での停泊を可能とする。
- 取調室の設置(定係港外での取調)
- 居住区を設ける。

## 3. 船舶の概要

### (1) 主要目等

船 質	軽合金製	計画満載喫水(型)	1.03 m
全 長	26.57m	総トン数	59トン
幅(型)	5.60m	最大速力	22ノット
深さ(型)	2.62m	航海速力	17ノット
従業区域	丙区域(沿海)		

最大搭載人員11名(船員:8名、その他3名)

### (2) 主要装備

キャブスタン	2台	海上監視カメラ装置	2台
アンカーダビット	1式	船舶用情報表示装置	2式
操舵装置(AP付)	1式	温水ボイラー(油焚)	1台
主機関(809kW)	2基	発電機(40kVA)	2基
プロペラ(固定ピッチ)	2基	暖機装置	1式
油水分離機	1台	データロガ	1式
延長警報盤	1式	GPSコンパス	2台

磁気コンパス(予備含む) …2台	汽笛(電子ホーン) …………… 1台
オートパイロット …………… 1式	音響測深機 …………… 1台
NO.1レーダー(25kW) …… 1台	画像データ蓄積装置 …………… 1台
NO.2レーダー(10kW) …… 1台	気象観測装置 …………… 1式
GPS航法装置 …………… 2台	ワイパー …………… 5式
電子海図表示装置 …………… 1台	監視カメラ装置 …………… 5台
航海情報表示装置 …………… 4台	テレビ・ラジオ共視聴装置 1式
AIS受信機 …………… 1台	船内ネットワーク …………… 1式
国際VHF無線電話装置 …… 1台	超短波受信機 …………… 1台
MF/HF無線装置 …………… 1台	広帯域全波受信機 …………… 1台
SSB無線装置 …………… 1台	衛星利用船舶電話 …………… 1式
27MHzDSB無線装置 …… 1台	陸上(岸壁)電話装置 …… 1式
150MHzDSB無線装置 …… 1台	船上通信装置 …………… 3台
全波受信機 …………… 1台	気象FAX受信機 …………… 1台
レーダートランスポンダ …… 1台	双方向VHF無線電話 …… 1台
日本語ナビテックス受信機 1台	EPIRB …………… 1台

## 4. 本船の特徴

### (1) 主要寸法等

総トン数を50トン型に抑えるために測度長を24m未満として計画し、取調室の設置などを考慮して出来るだけ甲板室容積を確保する方向で検討しました。また、操舵室後部に無線区画を設けたことによる風圧側面積増大に伴う復原性能の低下が懸念されたことから、総トン数制約の範囲内で可能な限り幅を広げると共に、スケグ内に固定バラストを搭載しました。

### (2) 横揺れ軽減の検討

本船は取締業務や漁港での停泊を前提としていることから、停泊時の動揺軽減が検討課題でありました。また、漁港に停泊することによるプロペラへのロープ巻き込み対策を講ずる必要があったことから、船尾をツインスケグ形状として両課題の解決を図ることとしました。



航海コンソール

### (3) 諸室配置の検討

#### ①取締室

基本コンセプトでも述べたとおり、漁港を拠点とした取締りを

行うことから、取調室の設置が条件でありましたが、独立した取締室を設けることは総トン数の増加になるため、食堂と兼用して使用できるよう配置しました。

#### ②無線室

GMDSS設備はA1・A2水域として計画し、総トン数の範囲内に収まるよう操舵室後部にコンパクトな無線区画を配置して各種無線装置を装備しました。

#### ③船員室

夜間航行や漁港を拠点とした取締業務に対応可能とするため上甲板下に船員室を設け、船長室及び機関長室は個室、その他の船員については相部屋として必要な寝台を設置しました。



船員室

#### (4) 臨検及び取締装備

臨検及び取締装備として、NO.1海上監視カメラ装置(CCD/遠赤外線)、NO.2海上監視カメラ装置(高感度CCD方式)及び他船への情報連絡用として、航海船橋甲板手摺両舷に6文字、5か国語表示が可能な船舶用情報表示装置を装備しました。



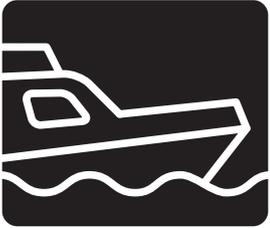
機関室

## 5. おわりに

「ほっかい」の基本設計から建造工事施工管理業務を進めるにあたり、常に積極的なご支援とご高配を賜りました北海道庁殿、漁業取締船乗組員の方々に対し厚くお礼申し上げます。

また、建造に当たられた運上船舶工業有限公司殿が、豊富な経験に基づき誠意をもって尽力されたことを付記します。

(海洋技術部 太田 悟)



# 佐渡汽船殿5,750総トン型 カーフェリー「あかね」 直江津～小木航路に就航



## 1. はじめに

佐渡市や上越市の皆様そして新潟県の方々の期待を背負って、佐渡汽船殿発注カーフェリー「あかね」が、4月21日に就航しました。

「あかね」は、日本から南に遠く離れたオーストラリアのタスマニア州都ホバートに所在するINCAT造船所で建造され、はるばる赤道を越えて4月6日に直江津港に到着しました。到着後、佐渡汽船殿の皆様的高速船訓練や北陸信越運輸局の船舶検査を無事終了して、皆様が安心して乗船していただける高速フェリーとして就航したものです。

当センターでは、「あかね」就航までの建造監理業務を含む佐渡汽船殿への船舶検査に係るご支援を実施いたしましたので、「あかね」の概要を紹介いたします。

## 2. 期待される「あかね」

「あかね」は、その高速性能と乗り心地のよさで、直江津～小木航路を快適な船旅にします。まず航走性能では、現在就航している「こがね丸」が2時間40分要していた航走時間が「あかね」では1時間40分と1時間も短縮されます。乗り心地のよさでは、「あかね」は波浪貫通型高速双胴船という特殊な船型をしています。二つの細長い船体が、波を突き切って進むイメージを思い浮かべて下さい。船体に取り付けられたピッチングやローリングを低減して乗り心地を改善する装置の働きも海上試運転で確認されました。また、「あかね」に設けられた設備（椅子や売店等）も、皆様の船旅を楽しいものにするでしょう。

「あかね」就航は、北陸新幹線の開通とともに佐渡市や上越市の地域振興に役立つでしょう。「あかね」の素晴らしい性能を、皆様ぜひ乗船して確認して下さい。

## 3. 船舶の概要

船 型	波浪貫通型 高速双胴船	深さ(型)	7.07 m
		計画満載喫水(型)	3.24 m
船 質	軽合金製	総トン数	5,702トン
全 長	89.70 m	載貨重量	460.2トン
水線間長	80.34 m	航行区域	限定沿海区域
幅(型)	26.14 m	資 格	JG(第二種船)、DNV 認 証
			高速船国際(HSC)コード2000に準拠 海上試運転最大速力

(計画満載状態、100%MCR、0%シーマージン) 37.3ノット

旅客(含、乗組員) 692名(含、乗組員20名)

搭載車両 乗用車のみ 152台または乗用車 91台 + 大型車7台

主機関等 主機 : Caterpillar 280-16

ディーゼルエンジン5650kw× 4基

ウォータージェット : Wartsila Lips LJX 1100SR × 4基

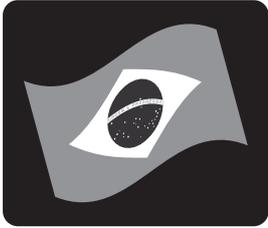
特殊設備 〓 MES(海上退船システム)、CBGシステム(軽量防火構造)、

油圧式トリムタブ、T-foil、

メザニン可動甲板(固定及び可動甲板)、船尾ランプ扉、

バリアフリー設備(点字表示等)、LED照明

(海洋技術部 青柳 徹)



# ブラジルで造船マンを育成

昨年のワールドカップ、来年のリオデジャネイロオリンピックとブラジルは今マスコミで一番注目されている国の1つですが、実は産業分野でも注目されている国です。

その中でもブラジル南東部の沖合で発見されたプレサルと呼ばれる海底油田は埋蔵量がここ数十年でも最大級と言われ、ブラジル政府は国家プロジェクトとして開発を進めています。しかしこの海底油田は陸から250km〜と遠く、しかも水深2000mの海底から更に地下4000mという非常に厳しい条件の場所に埋蔵しているため開発には現地に長期配備できる大規模な掘削設備と貯蔵設備が必要となり更に採取した原油の輸送、陸からの機材と要員の輸送など大量の船舶を必要とします。ブラジルはかつて日本の造船会社も進出するなど造船業の盛んな国でしたが、1970年のオイルショック以降は不況の煽りを受けて一旦は衰退していました。

しかし、この海底油田の発見で2000年以降再び造船業を復活させようとしています。そのためブラジル政府は造船業における技術協力を日本政府に要請しました。これを受けて日本の国際協力機構(JICA)は「ブラジル国造船業及びオフショア開発人材育成プロジェクト(以下“本プロジェクト”)」を採択し、実施に向けた活動を開始しました。

当センターはこの度、JICA殿より本プロジェクトの技術協力コンサルタント業務を受託しました。期間は4年間で予定しています。造船技術は裾野の広い総合技術ですが、本プロジェクトではまず現場の生産性を向上させることが優先課題という認識で、現場の技能者を中心とした人材育成計画を提案しています。しかし現在はまだ打合せの段階で、成果を報告できるまでには進んでいません。そこで本プロジェクトの紹介は次の機会に譲り、今回は打合せで訪問した遠くて近い国ブラジルのお国ぶりを紹介したいと思います。

## 【国名/首都】

ブラジルの正式名称は「ブラジル連邦共和国」で国土面積は日本の約22.5倍、世界第5位の広さがあります。

首都は1960年までは南東部沿岸の都市リオデジャネイロでしたが現在は内陸部の都市ブラジリアです。

## 【地理/気候】

ブラジルは日本と比べて丁度地球の反対側にあるので、夏と

冬が逆(1、2月が夏)、北と南の概念が逆(北が温かい)、昼と夜が逆(時差12時間)と全てが逆のため日本と往復すると、体調がおかしくなります。国土が広いので北と南では気候が違いますが全体的に低緯度(北部は赤道直下)で、尚且つ海流等の影響もあり気候は温暖です。おまけに台風と地震がないので自然環境には大変恵まれています。そのせいかこの国の人々は全般的にのんびりしています。



ブラジルの地図と主要都市

## 【歴史】

ブラジルがポルトガルに発見される以前の記録は殆どなく、発見以後の主要年表は以下のとおりです。

- 1500年 ポルトガルにより発見、植民地となる。  
(当時の首都はバイア州サルヴァドル)
- 1763年 首都をリオデジャネイロに移す。
- 1822年 ポルトガルから独立。
- 1888年 奴隷制廃止。
- 1946年 新憲法制定。
- 1960年 リオデジャネイロからブラジリア遷都。
- 1967年 現在の「ブラジル連邦共和国」に改称。

## 【言語】

ブラジルの公用語はポルトガル語です。ただし本国ポルトガルのポルトガル語とは多少異なっているようでブラジル・ポルトガル語と区別して表現します。筆者も本プロジェクトが始まるまで知らなかったのですが、日本はポルトガル語圏諸国の中ではブラジルとの交流関係が圧倒的に多いため、日本国内の大学や語学書でポルトガル語というのはブラジル・ポルトガル語のことをさしています。この国ではビジネスの世界ではポルトガル語以外に英語も使われますが、街の商店街などでは殆ど英語が通じません。看板も空港以外は殆ど英語併記もなく、最初はかなり戸惑いました。

## 【政治】

ブラジルは大統領を元首とする連邦共和制国家です。大統領および副大統領の任期は4年で、一回だけ再選が認められています。現在の大統領は、同国初の女性大統領であるジルマ・メルセフ(労働者党)で、昨年再選されました。

政治に関してはまだ勉強不足なので以上です。

## 【治安】

ブラジルの治安は残念ながら世界でも非常に悪い国です。特に大都市では悪く、日本人も時々被害に遭うと聞きます。この国では単なる一般犯罪でもほとんどは銃が使用され、殺人事件に発展することも多く人口10万人あたりの犯罪発生率は、2012年の統計では殺人は日本の34倍、強盗は約315倍となっています。

ブラジル渡航時の安全注意事項としては①夜決して一人歩きをしないうこと、②華美な服装は避けること、③大金を持ち歩かないこと、などが強調されています。日本のビジネスマンはお金持ちに見られるらしく、都心で信号待ちをしている車が襲われることもあり、多くの車が防弾仕様に改造されています。

## 【日本との関係】

1908年より日本政府の後援による集団移民が始まり、1950年代に停止されるまでにブラジルに渡った日本人移民の総数は13万人と言われ、その子孫は現在5世、6世の世代になります。かつてサンパウロには世界最大級の日本人街「リベルダーヂ」があり、ここを中心にブラジル全土に浸透していきました。

また日本からの技術支援、農業指導などでも多くの実績があり日本に対する信頼の厚い親日国です。

## 【食文化】

日本人にとって海外で最も関心を持つのがその国の食べ物ですが、ブラジルの都市部は日本と同様に世界中の料理が集まってきているので、よほどの日本食偏重の人でない限りあまりストレスを感じずに過ごせます。

ブラジルの有名な料理としては、最近では日本でも見かけるようになったシュラスコ(現地の発音は“シュハスコ”)があります。この料理のルーツは牧童の肉料理であったそうですが、日本で言えば食べ放題の焼肉屋といったところですが、焼肉屋は自分で焼きますがシュラスコはボーイが焼いた肉の塊を長い串に刺して各テーブルを回り客の要望により切り分けてくれる方式です。色々な肉が次から次へと回ってくるので、慣れないとチョイスするのが難しく、直ぐにお腹いっぱいになってしまいます。

ブラジルの食習慣でもう1つ興味をひくものに“ポルキーロ”と呼ばれる計り売り方式の食堂が多くあります。これはずらりと並んだ料理の中から好きなものを個人用の大皿に取ってきてテーブルで食べる言わば“カフェテリア”方式のレストランと同じですが、特徴的なことはその精算のやりかたで、食べる前に皿ごと重さをはかり、皿の重さを引いて、料理の重さで精算されることです。つまりステーキもポテトフライもライスも全て重さの単価は同じということで、さすが牛肉の生産が多い国だということを実感します。

和食はたいへん人気があります。特に寿司はもはやブラジル料理の一部となっていて上記のポルキーロにも寿司コーナーがある店もあります。しかし見た目は日本の鮨と似ていますが、食べてみると別の料理という印象です。日本人(もしくは日系人)経営の本格的な日本料理店もありますが値段も非常に高く、現地の富裕層もしくは日系企業が接待などで利用しています。

出張者が多く利用する大型のホテルでは朝食付きのところが多くあります。大抵はホテルのレストランを使ったセルフサービス方式で、パン、乳製品、ハム類等が豊富に揃っている反面、なぜかどのホテルも朝食には生野菜が出ません。その代りパパイヤ、マンゴー、パイナップルなどのフルーツが豊富に並んでおり、ここでも食文化の違いを感じます。

ブラジルにはバイア地方のムケカなど伝統的料理も多数あるようですが、そちらはもう少し滞在経験が豊富になってから報告したいと思います。



計り売りレストラン(ポルキーロ)

## 【首都ブラジリア】

ブラジルの首都ブラジリアは本プロジェクトのブラジル側のカウンターパートの本部があることから、筆者らも何度か訪問しています。今回はこの都市についてもう少し詳しく紹介します（本プロジェクトでは他の沿岸の主要都市も関係があるので、今後、順次紹介したいと思います）。

ブラジルは独立の頃からサンパウロやリオデジャネイロといった大西洋に面した都市に人口が集中してきました。

しかしブラジルは広大な内陸部を有する国ですので内陸との格差の是正が長年の課題でした。そして1956年に就任したジュセリーノ・クビチェック大統領によって遷都が決定され、1960年にリオデジャネイロからブラジリアに遷都されました。

ブラジリアは沿岸部から1000km以上も内陸部にある標高1100mの未開の高原地帯に全く人工的に作られた計画都市です。その中心部は空から見ると大きな鳥（ジェット機？）が翼を広げた形をしており、その頭の部分（コックピット？）に大統領執務室や国会議事堂などの中枢施設があり、その後ろに官庁地区が配置されるという明快な発想の元で建設された都市です。また翼の部分には各国の大使館や中高層の住宅があります。これらの周辺には人造の湖が設けられている上、建物と建物の間には広い緑地を設けるなど大変ゆとりのある設計になっています。



ブラジリアの国会議事堂

ブラジリアは1987年には建設されてわずか30年程度しかたっていないにもかかわらず世界遺産に登録されました。

上記のようにブラジリアは意図的に政治の中枢を内陸に移したため、政府の機関は集中していますが他には大きな産業はありません。これはブラジリアが沿岸部の都市と離れているため、企業の本社などは未だにサンパウロやリオデジャネイロにあることが多くサンパウロが人口1千万人以上の大都市なのに対し、人口は250万人弱に留まっています。同様に他の大都市との交通の便は悪く航空機と長距離バスが主な交通手段となっています。ブラジリアには国際空港がありますが、広大なブラジルの中心に位置しているため国内線のハブ空港としての役割が大きく、国際便に関してはブラジリア自身に大きな産業もないことから直行便は他の大都市に比べ少ないそうです。



ブラジリアの官庁地区と隣接する緑地

日本からは地球の裏側にあたるので無着陸の直行便はありませんが、最近、仏の航空会社(AF)がパリからの直行便を就航させたので、東京～パリ便と合わせると途中の荷物の授受なしで東京～ブラジリアを移動することができます。とは言っても乗り継ぎ時間を入れると30時間近くを要し「日本から最も遠い国」を実感します。



本プロジェクト関連機関の入るオフィス地区

## 【最後に】

今回はブラジルのお国ぶりを紹介しましたが、自然環境も、文化もビジネス環境も異なるこの国の造船マン育成のために“違い”を楽しみながら長丁場に亘る本プロジェクトに取り組んでまいりたいと思います。

(海外協力部 島宗誠一)



## 最適船型(その7)

### 6.9 最適肩張り度、最適浮心前後位置のフルード数、方形係数等による変化

最適肩張り度、最適浮心前後位置に関する検討の最後として、本項では、馬力係数が最小となる船体前半部肩張り度、浮心前後位置がフルード数、方形係数、長さ幅比、幅喫水比、船体後半部肩張り度によってどのように変化するかを示します。

#### (1) 馬力係数が最小となるフルード数、方形係数

図-48には馬力係数(伝達馬力の無次元係数)が最小となる船体前半部肩張り度 $C_{SF}$ を示します。前号までに示した様々な船型の馬力係数が最小となる船体前半部肩張り度をフルード数 $Fn$ 、方形係数 $C_B$ 、長さ幅比 $L_{PP}/B$ 、幅喫水比 $B/d$ 、船体後半部肩張り度 $C_{SA}$ の多項式で近似した結果です。上段の図はフルード数、方形係数を横軸、縦軸とした船体前半部肩張り度の等高線です。中段、下段の

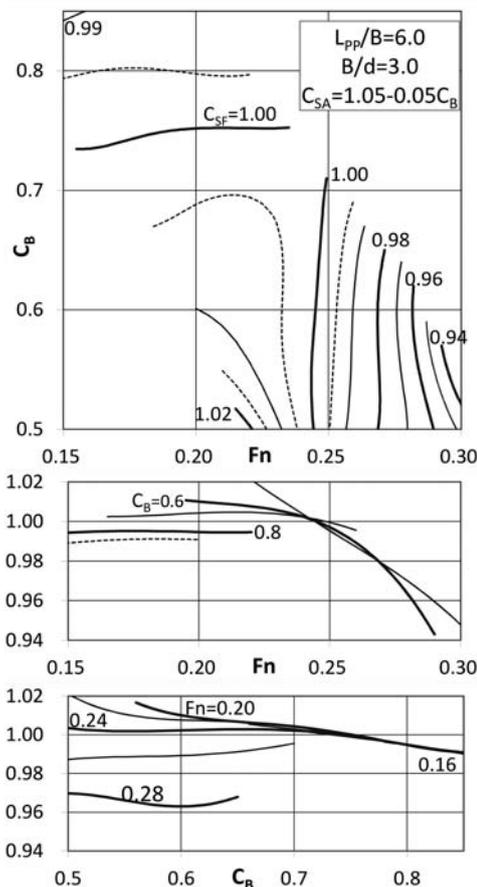


図-48 馬力係数が最小となる船体前半部肩張り度

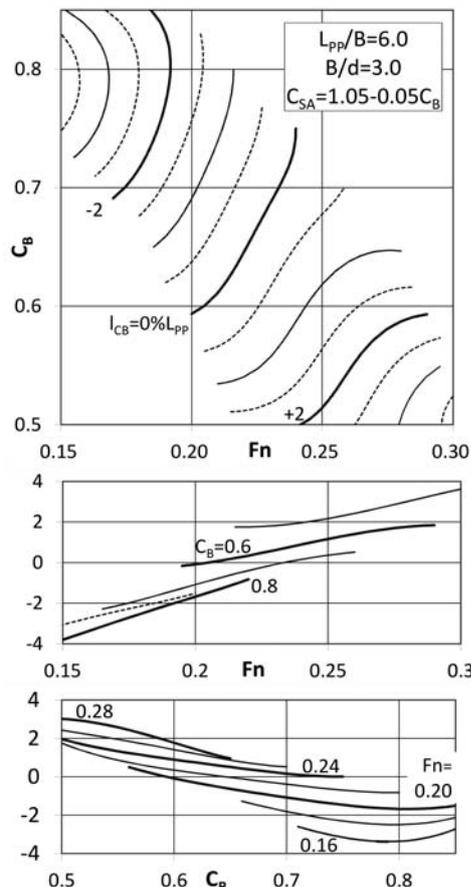


図-49 馬力係数が最小となる浮心前後位置

図はフルード数、方形係数を横軸とした図で、代表的な方形係数、フルード数についての船体前半部肩張り度を示してあります。船の長さ幅比は $L_{PP}/B=6.0$ 、幅喫水比は $B/d=3.0$ です。また、船体後半部肩張り度は実績の平均的な値( $C_{SA}=1.05-0.05C_B$ )としました。

本図によると、方形係数の小さい船型領域では、馬力係数が最小となる船体前半部肩張り度はほぼフルード数によって決まること、そしてフルード数が高い船型では船体前半部肩張り度を小さくする(肩落ちにする)必要があることが分かります。他方、方形係数が大きい船型領域では、馬力係数が最小となる船体前半部肩張り度はほぼ方形係数によって決まり、フルード数に依る違いの小さいことが分かります。

次に、馬力係数が最小となる浮心前後位置を図-49に示します。船体前半部肩張り度と同じ手順で求めました。図の形式も図-48と同じです。本図によると、全体としては、フルード数の影響と方形係

数の影響が同程度であることが分かります。方形係数を小さくした船型、あるいは設計フルード数の高い船型では浮心前後位置をプラス側(船尾側)に移動する必要があります。ただし、方形係数の大きい船型領域では、フルード数の影響が顕著で、設計フルード数の低い船型では浮心前後位置をマイナス側(船首側)に移動する必要があります。ただし、 $C_B=0.80$ 付近で浮心前後位置が最小となり、それより大きい方形係数の船型では、逆に浮心前後位置をプラス側(船尾側)に移動する必要があります。これは、前号の6.7で記述したように、方形係数の大きい船型領域では、低フルード数とは言いども、船体前半部方形係数の増加に伴う造波抵抗増が著しく、方形係数を増加させる際、ある程度は船体後半部方形係数の増加で負担せざるを得ないことを示しています。

(2) 造波抵抗係数ベース、全抵抗係数ベース

前項では、馬力係数が最小となる船体前半部肩張り度、浮心前後位置を示しましたが、ここでは、造波抵抗係数や全抵抗係数が最小となる船体前半部肩張り度、浮心前後位置と比較します。

図-50に、3種の船体前半部肩張り度に関する等高線を示します。点線は造波抵抗係数が最小となる船体前半部肩張り度、一点鎖線は全抵抗係数が最小となる船体前半部肩張り度の等高線です。実線は図-48に示した馬力係数の等高線です。上段には二重線(方形係数と設計フルード数の平均的關係)上の船体前半部肩張り度もフルード数ベースで示しました。

本図によると、通常的设计フルード数付近では、造波抵抗を最小とする船体前半部肩張り度、全抵抗を最小とする船体前半部肩張り度、伝達馬力を最小とする船体前半部肩張り度には大差無いことが分かります。それより離れたフルード数では差が大きくなりますが、その差は僅かです。これは、造波抵抗が主に船体前半部の $c_p$ カーブで決まり、かつ、船体前半部の $c_p$ カーブが形状影響係数や自航要素に及ぼす影響が小さいので、造波抵抗の優劣が全抵抗や伝達馬力にも引き継がれることを示していると考えられます。

図-51には3種の浮心前後位置に関する等高線を示します。形式は図-50と同じです(以下、同様)。

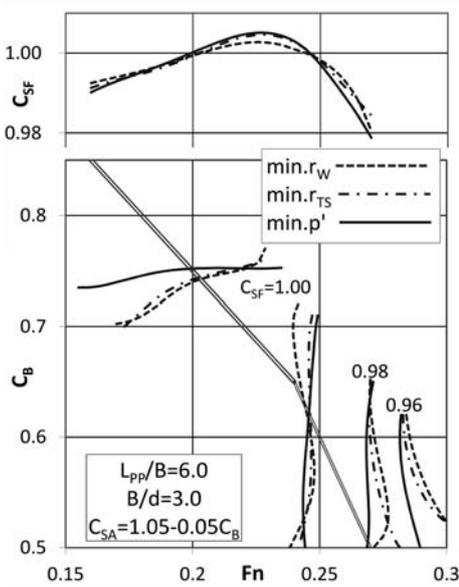


図-50 造波抵抗係数、全抵抗係数、馬力係数が最小となる船体前半部肩張り度の比較

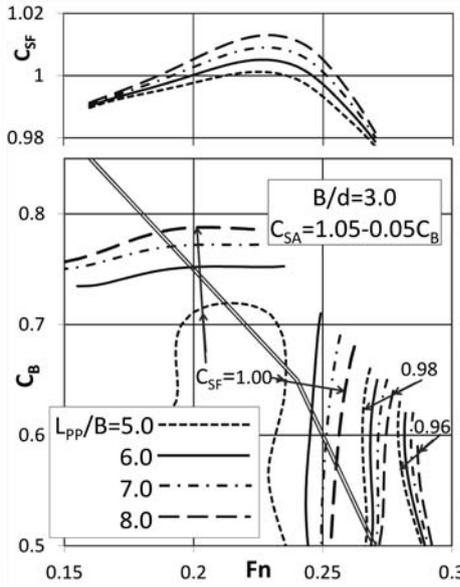


図-52 馬力係数が最小となる船体前半部肩張り度への長さ幅比の影響

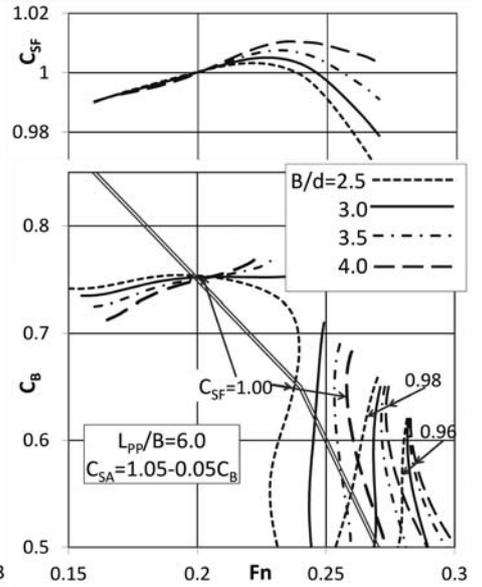


図-54 馬力係数が最小となる船体前半部肩張り度への幅喫水比の影響

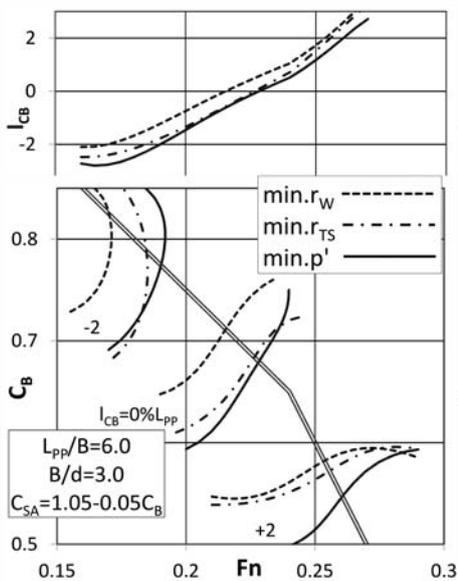


図-51 造波抵抗係数、全抵抗係数、馬力係数が最小となる浮心前後位置の比較

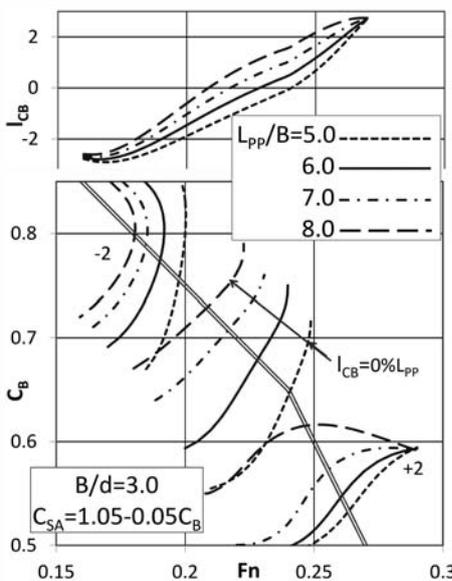


図-53 馬力係数が最小となる浮心前後位置への長さ幅比の影響

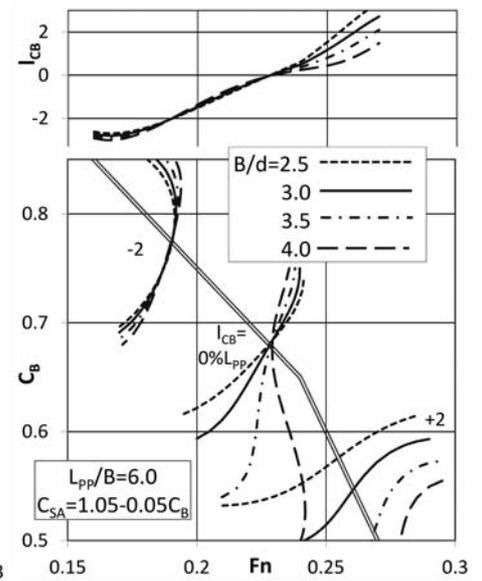


図-55 馬力係数が最小となる浮心前後位置への幅喫水比の影響

本図によると、造波抵抗係数を最小とする浮心前後位置と馬力係数を最小とする浮心前後位置とはほぼ一定の違いがあります。前者については、極小造波抵抗理論等で従来から研究されてきましたが、伝達馬力を最小とする浮心前後位置は、造波抵抗を最小とする浮心前後位置に対して、0.5% $L_{pp}$ 程度船首側に移動する必要があります。これは、浮心前後位置を船首側に移動すると馬力係数を構成する形状影響係数や自航要素が改善されることに因ります。

### (3) 長さ幅比、幅喫水比の違い

図-52に船の長さ幅比を変えた場合の船体前半部肩張り度の変化を示します。船の長さ幅比を4種( $L_{pp}/B=5.0, 6.0, 7.0, 8.0$ )変えていますが、長さ幅比を大きくする場合、船体前半部肩張り度を大きく(肩張りに)する必要のあることが分かります。その量は、中程度のフルード数、方形係数で大きくなっています。図-53は、浮心前後位置の変化ですが、長さ幅比を大きくする場合、浮心前後位置をプラス側(船尾側)に移動する必要のあることが分かります。この場合も、その量は、中程度のフルード数、方形係数で大きくなっています。

図-54に船の幅喫水比を4種( $B/d=2.5, 3.0, 3.5, 4.0$ )変えた場合の船体前半部肩張り度の変化を示します。本図から、設計フルード数が低く方形係数の大きい船型領域では幅喫水比の影響は比較的小さいのですが、設計フルード数が高く方形係数の小さい船型領域では幅喫水比を大きくする場合、船体前半部肩張り度を大きく(肩張りに)する必要のあることが分かります。図-54は、浮心前後位置の変化ですが、船体前半部肩張り度の場合と同様、低フルード数の方形係数の大きい船型領域では幅喫水比の影響は比較的小さいのですが、高フルード数の方形係数の小さい船型

領域では幅喫水比を大きくする場合、浮心前後位置をマイナス側(船首側)に移動する必要のあることが分かります。

### (4) 船体後半部肩張り度の違い

船体後半部肩張り度を変更した場合の馬力係数が最小となる浮心前後位置の変化を図-56に示します。なお、船体前半部肩張り度に関しては、船体後半部肩張り度の影響が小さいので省略します。

本図によると、船体後半部肩張り度を大きく(肩張りに)した場合、馬力係数を最小にするためには、浮心前後位置をマイナス側(船首側)に移動する必要のあることが分かります。

### (5) 回帰式の残差

以上、馬力係数等が最小となる船体前半部肩張り度、浮心前後位置がフルード数、方形係数、長さ幅比、幅喫水比、船体後半部肩張り度によってどのように変化するかを示しましたが、その船体前半部肩張り度等はフルード数や方形係数等の主要寸法だけで決まる訳ではありません。より微細な $c_p$ カーブの形状、フレームライン形状、船首バルブ形状等によっても変わります。

参考のため、図-57に図-48以下の図の作成に使用した船体前半部肩張り度を推定するための多項式(回帰式)による推定値と基になった船体前半部肩張り度との比較を示します。図-58は浮心前後位置に関する比較です。これらの図の縦軸の値と横軸の値との違いには、各船型の各推進性能要素の推定誤差、馬力係数等が最小となる船体前半部肩張り度等を求める際の誤差、それらを多項式で近似する際の誤差が含まれていますが、馬力係数等が最小となる船体前半部肩張り度等をフルード数と主要寸法比の多項式で表すことによる誤差も大きいと考えられます。何れにしても、図-48~56に示した最適肩張り度、最適浮心前後位置には図-57、図-58に示した誤差(標準偏差は船体前半部肩張り度では0.011、浮心前後位置では0.69% $L_{pp}$ )が含まれています。

(技術顧問 佐藤 和範)

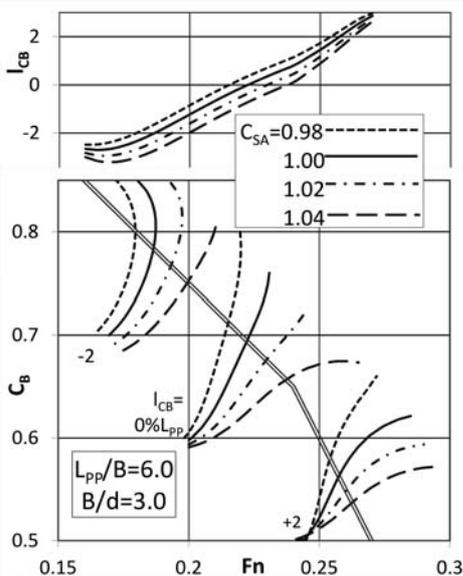


図-56 馬力係数が最小となる浮心前後位置への船体後半部肩張り度の影響

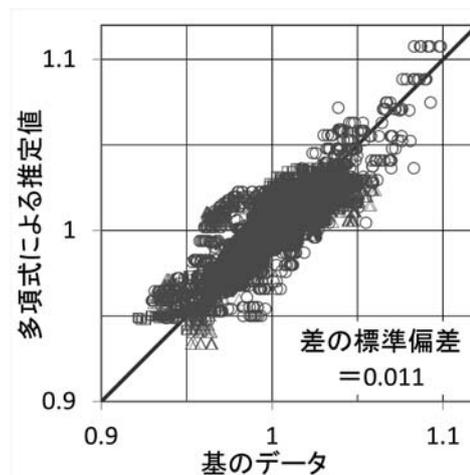


図-57 馬力係数が最小となる船体前半部肩張り度の基のデータと多項式による推定値の比較

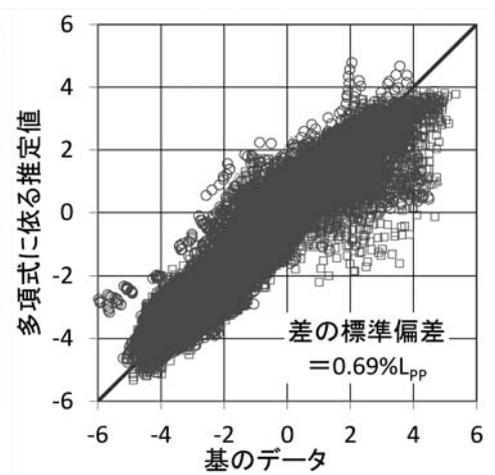


図-58 馬力係数が最小となる浮心前後位置の基のデータと多項式による推定値の比較

## 国際会議COMPITにて最優秀論文に選出

本年5月11日～13日にドイツで行われた国際会議COMPITにて当センターの技術開発部設計システム開発課長西川達雄の論文が最優秀論文に選ばれました。

COMPITはComputer Applications and Information Technology in the Maritime Industriesの略で2000年からヨーロッパで実施されている国際会議で、今年は3次元船体モデル、シミュレーション・ベース・デザイン、バーチャリアリティ、自律航行船、ビッグデータ、実船計測などの分野から50本の論文が出ました。授賞対象論文の内容は日本造船技術センターが東京大学と共同で実施している「スーパーコンピュータを用いた超高精度CFDの船舶への

適用」の一部で、今回は自航試験に対応する計算が出来るようになったという速報でした。

昨年に引き続きメインスポンサーとなったDNV GLのホームページに記載された本論文への評価は「大規模計算のパイオニアとして将来のCFDの姿を見せた」というものでした。実施者としては、だれもが不可能だと思っていたことを、正面から正攻法でぶつかったところ、京コンピュータを利用する機会を得て今回の成功に繋がったと感じています。今回は定性的な議論しか出来ませんでした。現在定量的な検証を進めており、将来的には船舶設計へ貢献できる技術へと完成させる予定です。



▶ <https://www.dnvgl.com/news/with-great-computing-power-comes-great-insight-tatsuo-nishikawa-wins-dnv-gl-compit-award-for-2015-24223>

### 委員会等

●第3回 SPCG委員会(平成26年度)

平成27年1月30日  
日本造船技術センター大会議室

●第128回 HRC委員会

平成27年1月30日  
日本造船技術センター大会議室

●第8回 理事会

平成27年3月6日  
日本造船技術センター役員会議室

●第4回 SPCG委員会(平成26年度)

平成27年3月24日  
日本造船技術センター大会議室

●第129回 HRC委員会

平成27年3月24日  
日本造船技術センター大会議室

●第6回 評議員会

平成27年3月27日  
日本造船技術センター役員会議室

●第4回 役員候補者選出委員会

平成27年4月15日  
日本造船技術センター役員会議室

### 編集後記

ドライブ中に「道の駅」という看板を見つけ、その土地の特産物を食べたりお土産を買ったりした経験をお持ちの方は多いと思います。2015年4月に新たに19駅が登録され、全国の「道の駅」の数は1059か所となったそうです。我が家では近くの「道の駅」を農産物の直売所的な利用をしていますが、観光、産業、防災等地域振興の拠点となるような大規模な「道の駅」も多数あり、ドライブ旅行の観光スポットとして「道の駅」への立ち寄りを計画する人も多いようです。

このように、「道の駅」は多くの人に認知され、利用されているようですが、「海の駅」というのがあるのを皆さんはご存知でしょうか。ポートで遊んでいて景色の良いところを見つけても、近くでポートを着けられるところを探すのは結構難しいものです。「海の駅」は、このような時にポートの利用者が「いつでも、誰でも、気軽に、安全に、安心して立ち寄れる港」として全国各地に設置されたレジャー拠点で、北海道から沖縄まで全国で148か所が登録されています(2015年4月1日現在)。

「海の駅」では、ポートユーザー向けのビジター用係留施設、給油・給水・応急修理等の舟艇関連サービスの提供に加え、一般の人にも楽しめるようクルージング、フィッシング、マリンスポーツ、海鮮市場などそれぞれの特色を生かしたサービスの提供やイベントも行われています。

例えば、以前訪れた千葉県にある「海の駅」では漁港という特性を利用した「漁師料理」を提供することにより、ポートばかりでなく車で来る利用者が多く大変な混雑となっていました。

海に関連した仕事に携わる者の一人として、「海の駅」も「道の駅」並みに我々の生活に身近な存在になって欲しいと思っています。とりえず、海鮮市場やフィッシングなど手軽にできそうなものからお近くの「海の駅」を経験してみませんか？ (M.T)

(海の駅H.P.: <http://www.umi-eki.jp/index.html>)

### 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。

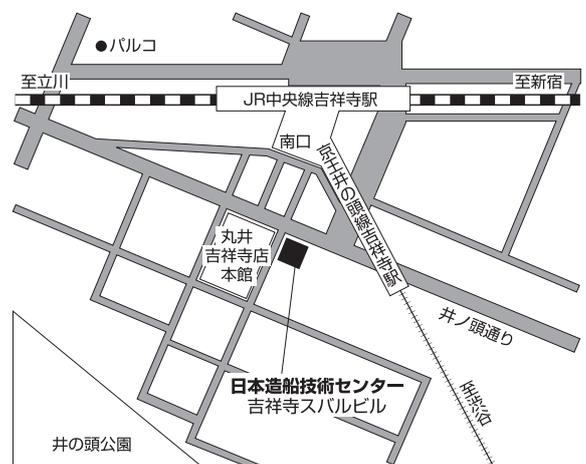
〒180-0003

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>