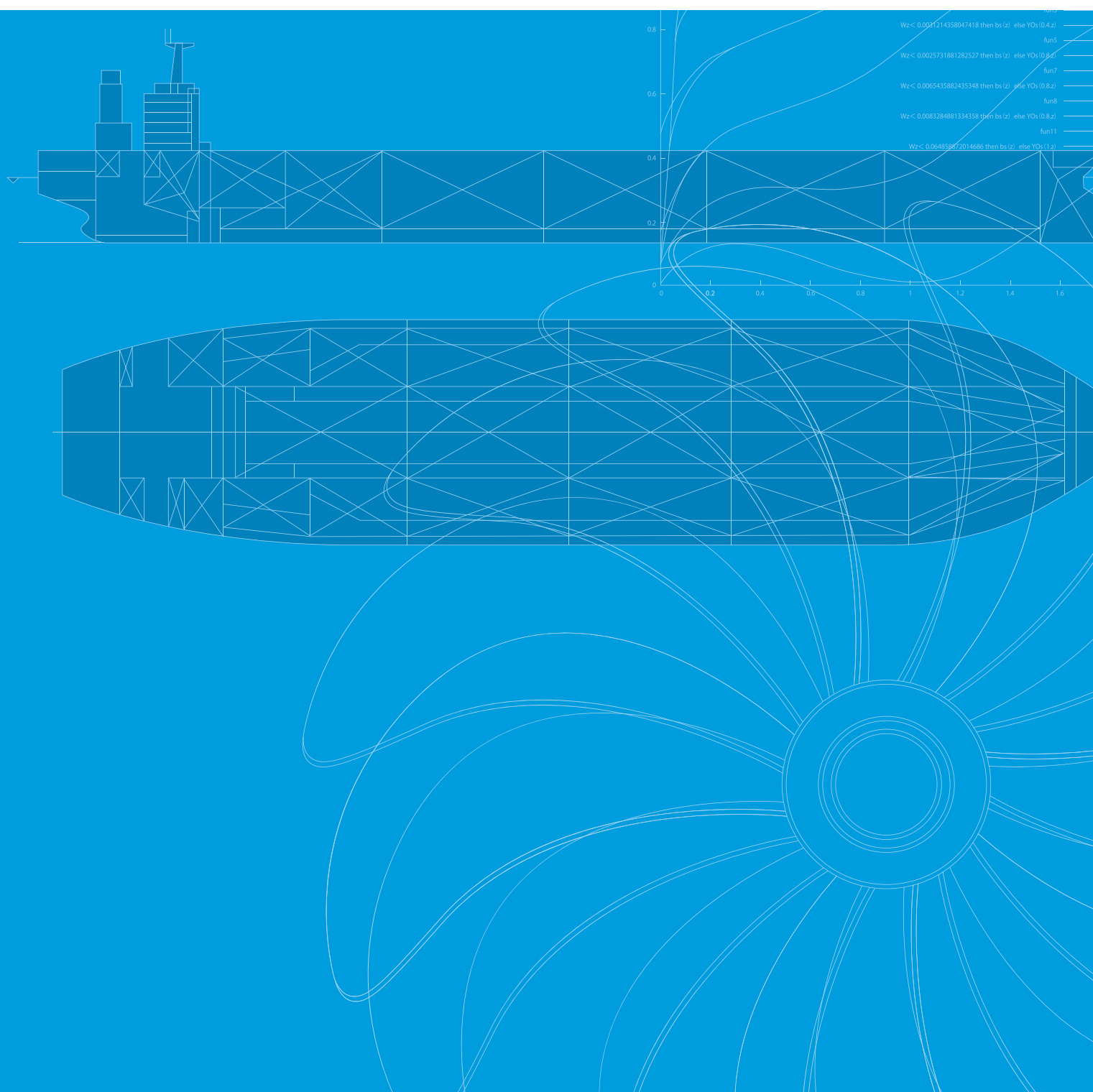


造船の最先端を見つめる技術情報誌

SRC NEWS

Shipbuilding Research Centre of Japan

No.108
JUNE 2021



CONTENTS



スパコンによる水槽試験の代替
造船技術センター・伊藤会長インタビュー

3



砕氷型流氷観光船
「ガリンコ号Ⅲ IMERU」就航

6



川崎市消防局消防艇「うみかぜ」
— 19総トン型小型消防艇 —

9



岩手県漁業取締船「岩鷲」が竣工
— 国内最速の漁業取締船 —

12



ストックプロペラの単独性能試験の繰り返し精度

14



SRCにおける波浪中CFD計算に対する取り組み

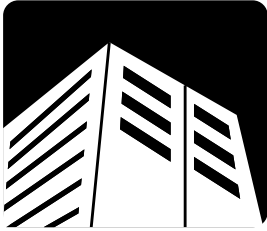
16



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



スパコンによる水槽試験の代替 造船技術センター・伊藤会長インタビュー

はじめに

2021年1月21日、22日の海事プレスに「スパコンによる水槽試験の代替」と題して、当センターの伊藤会長のインタビュー記事が連載されましたので、株式会社海事プレス社様の転載の承諾を得てご紹介させていただきます。

1. 富岳の大規模数値流体解析が最高峰賞候補

日本造船技術センター（SRC）と東京大学ら4者で行ったスーパーコンピュータ『富岳』を用いた大規模数値流体シミュレーションに関する共同研究が、世界のスパコン分野で最も権威があるとされる「ゴードン・ベル賞」の最終候補にノミネートされた。惜しくも受賞は逃したが、従来の水槽実験をコンピュータによる数値シミュレーションで完全に代替できる可能性が証明された。従来の曳航水槽試験と比べて時間短縮やコスト低減、情報量の多さなど数多くの利点もある。この20年でコンピュータの性能が飛躍的に向上する中、数値シミュレーションが主流となる時代が近づいている。同センターの伊藤茂会長に今回の共同研究や水槽試験の今後について聞いた。

■高精度・短時間化で代替実現へ

— 造船技術センターと東京大学、みずほ情報総研、理化学研究所の共同研究として行ったスーパーコンピュータ『富岳』による大規模数値流体シミュレーションがスパコン界（高性能計算分野）のノーベル賞とも称されるゴードン・ベル賞の最終候補に選出された。

「ゴードン・ベル賞はACM（アメリカ計算機学会）が授与するもので、単に計算速度といったスパコンの性能だけでなく、現実の課題解決のために高性能計算（HPC: High Performance Computing）が貢献できるかが評価される。昨年はファイナリスト（最終選考対象）となった6件の1つとして、SRCの技術開発部西川達雄課長のグループ論文『Large Eddy Simulationを使った数値曳航水槽の実現に向けて』が選出された」

— 論文はどのような点が評価されたのか。

「“数値シミュレーションによる水槽試験の置き換え”は従来のスーパーコンピュータの『京』では計算に時間がかかり過ぎて現実的ではなかったが、『富岳』による今回の研究では“実用

的に可能”と証明されたことになる。計算プログラムを改良（チューニング）して、精度の高い流体シミュレーション結果が短期間で得られるようになったことが評価された」

「研究では、まずスーパーコンピュータ『京』を使って数種類の船型に対して水槽試験と比較を行い、“数値シミュレーションによる水槽試験の置き換え”の点についてスーパーコンピュータによる数値流体シミュレーションが水槽試験と同精度の計算が可能であることを検証し、証明した。そのうえで、計算プログラムのチューニングと『京』から『富岳』への性能向上と合わせることで、『京』で2日かかっていた計算を『富岳』では1時間以内で完了することができるようになった。水槽試験では、1つの模型を作ると数十ケースの計測を行うので、『京』の時代では本当の意味での水槽試験の代替は現実的ではなかったが、『富岳』を使うと一連の計算を数日で完了することができるため、水槽試験の完全な代替が期待できる」

■コスト低減や圧倒的な情報量

— 大規模数値流体シミュレーションの研究に取り組んだ経緯は。

「SRCの主力事業は水槽試験で、国内では既存の試験水槽の老朽化が進む中、SRCでは近年のスーパーコンピュータの性能向上を見据えて、2011年度から東京大学生産技術研究所の加藤千幸教授と高精度数値シミュレーションによる曳航水槽試験の代替に関する技術研究を行ってきた」

— 数値シミュレーションによる利点は。

「数値シミュレーションによる水槽試験の代替はさまざまなメリットがある。(1) コスト・設計期間の削減、(2) 得られる情報が水槽試験に比べて圧倒的に多い、(3) 実際的水槽試験では不可能や労力のかかる思考実験もシミュレーションであれば簡単にできることなどだ。実際の模型船の製作も不要になる。試験を数値シミュレーションで代替できるということは、さまざまな工業分野のエンジニアにとっての夢だが、船舶分野ではこれまで実現できていなかった」

— 一般的な流体シミュレーションにはどのような手法が用いられており、今回の研究とはどのように異なるのか。

「これまでの流体シミュレーションの手法としてはReynolds-averaged Navier-Stokes (RANS) 法が主流だ。RANS法はある

程度の誤差があり、RANS法を使った数値シミュレーションによる水槽試験の置き換えはできなかった。これに対してわれわれの手法はLarge Eddy Simulation (LES) と呼ばれるものだ。膨大な計算量が必要だが、船体周りの水の流れが正確に表現でき、船体の抵抗や所要出力（馬力）などの数値が正確に得られる。ラインズがあれば直接入力できるが、6～8mの模型船周りのLESを行うためには数百億点から数千億点の計算格子点が必要で、処理能力の高いスーパーコンピュータが不可欠だ」

「現在、RANS法は設計の初期段階で船型を絞るための利用に限定されており、最終的な性能確認には6～8mの模型試験を行っている。LESを併用すれば、設計初期段階から最終確認の模型試験まで全てが数値シミュレーションでできる。数値シミュレーションはCAE (computer aided engineering) なので、数値シミュレーションで統一できればデジタルツインとの親和性も高くなる」



船が作り出す波を再現した数値流体シミュレーション

2. 水槽試験を超えた船型開発の実現へ

■水流を可視化

— スーパーコンピュータを使った数値流体シミュレーションのこれまでの成果は。

「これまで『京』を使って数種類の船型に対して水槽試験と比較を行い、水槽試験と同精度の計算ができることを証明した。『京』を中核とするHPCI (ハイ・パフォーマンス・コンピューティング・インフラ: 国内の大学や研究機関の計算機システムやストレージを高速ネットワークで結んだ共用計算機環境基盤) システム利用研究の産業利用課題には5年連続で採択されており、取り組みがメディアに取り上げられたほか、国際学会で最優秀論文賞を受賞するなど学術的にも高い評価を得ている」

「SRCの依頼試験のうち9割が平水中における抵抗・自航試験だが、6m模型相当の抵抗試験や4m模型相当の自航試験に対応する『京』の計算は、水槽試験結果との差が試験の誤差の範囲に収まっており、結果に差がほとんどないことを確認している。『富岳』では今後、6～8m模型の抵抗・自航試験に対応する

実証計算を行う予定だ。このほかにも、プロペラのキャビテーション試験に対応した計算や操縦性能試験、波浪中試験などに対応した実証計算にも発展させていく予定だ」

— 受注して取り組んでいる研究案件もあるのか。

「スパコンを活用した流体数値シミュレーションは発展途上ではあるが、既に受注した研究受託案件もある。一例として、数値シミュレーションによる温室効果ガス (GHG) 削減のための省エネ付加物の開発に関連する研究を受託した。また、Large Eddy Simulation (LES) 技術を利用した水槽試験の高度化に関する研究受託実績もある。水槽試験では細かな水の流れの様子がわからないため、船体のどこに、どういった流れが作用して結果的にどのように推進性能が変化したか、そのメカニズムがよくわからないものがあったが、数値シミュレーションでは映像として現象を可視化できる。船型開発に数値シミュレーションを活用することで、より省エネ性能を高めることができる可能性もある」

■ “匠の格子切り” が必要

— 課題は。

「いくつかの課題がある。最大の課題は実用化、普及という観点でのLESの認知度が低いことだ。新たな方法に優れたポテンシャルがあるとわかっていても、造船所はこれまで実績のある手法から簡単には離れられない状況もある。数値シミュレーションのメリットを具体的に示すとともに、水槽試験から数値シミュレーションへのスムーズな移行方法を造船所と一緒に考えていくことがわれわれの課題と考えている」 「いわゆる『イノベーション創出過程におけるデスバレー』の克服も課題だ。ある程度の需要が見込まれなければ、スパコンの計算量あたりの費用が割高になる。膨大な量のデータハンドリングの効率化や計算格子生成の効率化も必要になる」

— 技術面での課題は。

「習熟、いわゆる匠の技能も求められ、計算格子について通常よりも品質の良い計算格子が必要になる。SRCでは、これらの効率的な生成法もノウハウとして蓄積されてきており、ノウハウを身に着けた人材養成に取り組んでいる」

「われわれの計算手法は高度な精度を求めているため、数値解法上の誤差を極限まで減らしている。数値シミュレーション結果と水槽試験結果との比較過程で、安定かつ高精度な計算ノウハウを蓄積してきた成果で、SRCの強みでもある。スパコンとLESという基本ソフトがあるだけで誰でも精度の高い結果が得られるというわけではなく、やはりノウハウや専門人材の養成が必要になる。これからLESによる解析に一から取り組むと

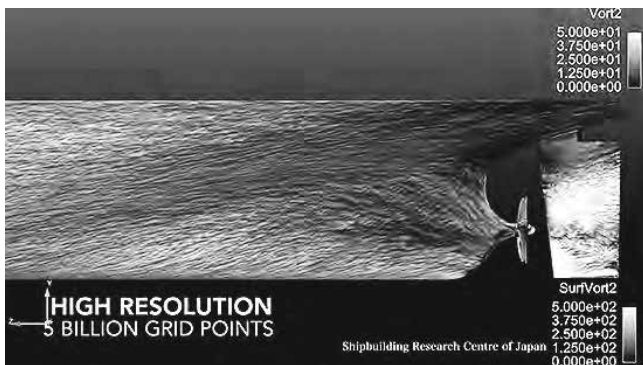
なればかなりの労力が必要になり、船型開発の片手間で取り組むのは不可能だろう」

■数値流体解析が主流の時代へ

—— 水槽試験と数値シミュレーションの今後の展開は。

「来年度から『富岳』の一般利用が開始される。『京』の時代では水槽試験を置き換えることを目標としてきたが、『富岳』以降の時代には数値シミュレーションのメリットを生かして水槽試験を超えた船型開発を目標にしたい。これまで水槽試験ではよくわからなかった細かな船体周りの流場情報を可視化することで、より性能の良い船型、効率の良い推進器の開発を考えている。また、水槽試験ベースの実船性能推定法とは異なる新しい実船性能推定法の研究開発にも着手している」

「現在ターボ機械協会の『流体性能の高精度予測と革新的流体設計分科会』で国内造船所数社、研究機関、商用CFDベンダー（汎用の流体シミュレーションソフトの開発・販売会社）などと研究を進めている。この活動を通じて水槽試験から数値シミュレーションへのスムーズな移行が行えるよう、皆で考えていきたい。また、スパコンによる数値シミュレーションが増えてくれば、将来的にはスパコンを整備することも検討事項の1つになるだろう。計算機的能力向上は10年で1000倍、20年で100万倍になっており、数値シミュレーションが主流になる時代がすぐそこまで来ている」（聞き手：松井弘樹氏）



船体とプロペラの干渉を調べるシミュレーション

3. ターボ機械協会での活動について

以上が掲載された記事の転載になりますが、記事にも紹介がありました、ターボ機械協会の分科会での活動を少し追加で紹介させていただきます。

一般社団法人ターボ機械協会では2020年度より4年計画で『流体性能の高精度予測と革新的流体設計分科会』を設置して活動を行なっております。この分科会では6つのWG（ワーキンググループ）に分かれて研究を進めています。WGでまとめた結果については分科会でも情報共有されます。以下に各WGのテーマを記します。

- ① 圧縮機サージの直接解析
- ② 多段遠心ポンプの流体性能の高精度予測と設計最適化
- ③ 数値曳航水槽の実現と省エネデバイスのメカニズム解明
- ④ ファンから発生する空力音源の解明・制御と設計最適化
- ⑤ キャビテーション予測モデルの高度化と非定常流動現象の予測・解明
- ⑥ 高性能計算機の利用促進

SRCはWG3の主査を担当しています。現在のところ、参加団体はシーメンスPLMソフトウェア・コンピューティショナル・ダイナミクス、ジャパン マリンユナイテッド、東京大学、名村造船所、日本シップヤード、みずほリサーチ&テクノロジーズ、三井造船昭島研究所とSRCの8団体であり、造工中手船型研究会（HRC:Hull Research Committee）とも連携して運営しております。

このWG3では大きくテーマを2つに分けています。最初のテーマの「数値曳航水槽の実現」では、複数の水槽で同じ模型を計測して、LES計算結果と比較します。これは文字通り「数値曳航水槽の実現」に関する研究ですが、「水槽試験を超える」ことを狙った研究も行います。大小相似形状の模型を使いレイノルズ数影響を実験的に調査し、LES計算結果とも比較します。この研究では実験的に得ることが難しい詳細な流れ場の情報をLES計算結果から抽出し、現状の実船性能推定法の改善を目指します。さらには、実船の直接シミュレーションを視野に入れたWall-modeled LESの開発&検証もスコープに入れています。

次のテーマの「省エネデバイスのメカニズム解明」では、実験的には解明が難しい省エネデバイス周りの流れをLESで再現し、その流れ場を詳しく見ることによって、省エネ効果の流体力学的メカニズムを把握することを目的としています。対象となるデバイスはプロペラの後方に配置されたものであり、複雑な流れを精緻に再現する必要があるものを選びました。また、このテーマではRANSの計算も行います。RANSは現在、設計現場で最もよく使われているCFD手法ですが、インタビュー記事の中にもあったようにRANS法はある程度の誤差を含んでいます。LES計算結果と比較することにより、流れ場の全領域で詳細に誤差を把握することができます。これにより、RANSを設計現場で使う時の注意点や、精度の上げ方などのノウハウが得られると考えています。本分科会への途中参加も受け付けておりますので、ご興味のある企業の方、大学、研究機関の方はお気軽にご連絡ください。

その他、昨年度より、船用プロペラのキャビテーション計算がようやく、我々の高精度LESでも計算できるようになってきました。この結果については次の機会にご紹介します。

（技術開発部 技術企画課 西川 達雄）



砕氷型流氷観光船 「ガリンコ号Ⅲ IMERU」就航



紋別市（オホーツクガリンコタワー株式会社）

1. はじめに

北海道を代表する砕氷型流氷観光船の3代目「ガリンコ号Ⅲ IMERU」が就航しました。

紋別市（運航：オホーツクガリンコタワー株式会社）が建造したガリンコ号Ⅲ IMERUは、これまでのガリンコ号Ⅱに比べ、操船性、乗り心地、流氷観光設備等が格段に向上した流氷観光船です。

年々後退している流氷域に対し、できるだけ多くの人々に流氷を体験して欲しいというガリンコ号関係者の切なる思いを達成するため、速力を大幅に上げ、流氷域での操船性を向上させるため、前例のないアジマス推進器2軸を採用しました。

また、流氷観光の目玉でガリンコ号、ガリンコ号Ⅱで採用されてきたアルキメディアンスクリューは踏襲する一方で、乗り心地を改善するため角型に近い中央断面とした上で、ビルジキールも設備して横揺れ抵抗を大きくしています。

この結果、揺れの少ない非常に乗り心地もよく、晴れた日の航海ではブリッジの前の特等席で流氷観光を楽しめます。現在はコロナ禍ですが、今後、活躍が期待されます。

2. 建造工程

起工年月日 令和2年 5月19日
進水年月日 令和2年 7月29日
竣工年月日 令和2年10月30日

3. ガリンコ号Ⅲの要求性能

オホーツク・ガリンコタワー株式会社と日本造船技術センターとでまとめた本船の要求性能（基本コンセプト）は以下のとおりとしました。

（1）流氷域までの到達距離を広げる速力（目標：最大速力16ノット以上）を上げる。

また、流氷域での操船性を向上させると共に離着岸時の時間短縮を図る。

- （2）アルキメディアンスクリューは既に出来上がった技術として新規開発は行わず、ガリンコ号Ⅱと同じ設計のものを採用する。
- （3）耐氷構造はガリンコ号Ⅱと同程度とするが、NK規則の改正も含め、構造強度及び運航方式を見直す。
- （4）旅客設備、特に流氷を直接観察できる場所を確保し、流氷観光設備の大幅な改善を図ると共に砕氷船特有の動揺に対する軽減策を図る。
- （5）冬季の北海道特のオホーツク海域における低温を考慮した凍結防止対策を徹底する。

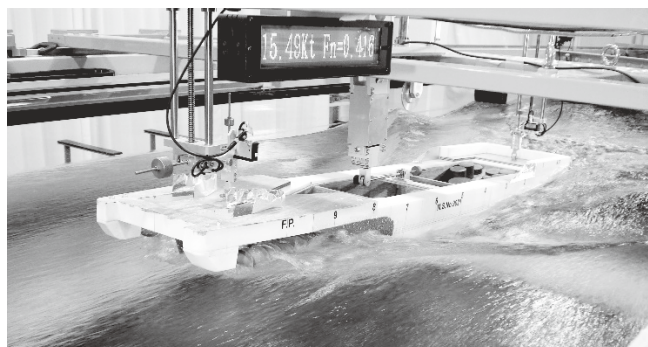
4. 課題と対応

上記の要求性能を達成させるための課題と対応は以下のとおりです。

（1）船型

本船は砕氷船構造（重構造）と16ノット以上という高速を両立させると共に、操船性能を向上させるという技術的な課題に対して、NK鋼船規則の耐氷規則IB相当を確保しつつ、大馬力中速ディーゼル機関とアジマス推進器を採用するという相反する設計に挑戦することにしましたが、このため、新たな船型開発が必要でした。

船首は鋭角として氷に乗り上げ易くし、船尾はアジマス推進器に合わせバドックフローとスケグの組合せといった、最近の海洋調査船の船型に近い、他に例のない船型を開発することになりました。これによって、ガリンコ号Ⅲ IMERUはアルキメディアンスクリューによる砕氷だけでなく、船型を利用した砕氷も可能となるよう致しました。



（2）中央断面

砕氷船は砕氷の氷を船側に押し出し、氷による損傷を避けるため船型は丸型とし、ビルジキールを装備しないのが一般的です。このため、一旦揺れ出すと周期の長い特有の動揺をするので旅

客にとっては船酔いし易くなります。ガリンコ号Ⅲでは、この対策として、本船では角型船型を採用し、氷が船底に滞留しないように船底外板のラインの延長となる形状のビルジキールも採用しました。



(3) アルキメディアンスクリュー

アルキメディアンスクリューは初代ガリンコ号から受け継がれてきた装置ですが、既に開発した造船所も技術者がいなくなっていたので、ガリンコ号Ⅱの図面を元に全く同じものの製作してもらう予定でしたが、ローダーの駆動装置の製造メーカーがなくなっていたので、新たにメーカー探しから始め、海外メーカーで設計のし直しを行いました。



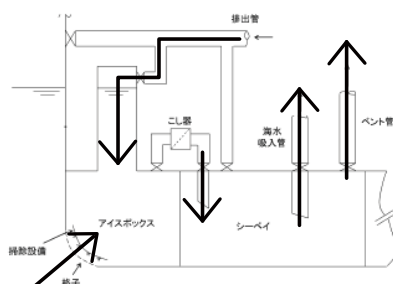
(4) 耐氷構造と寒冷地対策

砕氷型観光船としての耐氷構造は基本的にはガリンコ号Ⅱと同程度の能力とし、NK鋼船規則Ⅰ編（極地氷海船等）耐氷船階級IDを参考とし、船首尾はⅠB級の相当する氷圧に耐える構造としています。

また、流氷中を砕氷して航海するという特殊運航をするためJGのご指導により、「設計方針書」及び「運航マニュアル」を作成し、ご承認頂いています。

本船の設計・建造の中で非常に難しい問題が寒冷地対策です。防熱材の施工範囲、配管系統の防熱及びドレン抜きを徹底して行いました。特に主機関等の冷却海水の取入れは2段階（シーチェストからアイスボックスを介してシーベイに一旦取込み、シーベイから冷却水ポンプで汲上げ）とし、海氷の吸込みを防ぐ構造としています。このシステムは当初グリスアイス（泥氷）という難敵に遭いましたが、当初計画の主機関等の冷却排水を利用することで運航しております。

海水取入設備



(5) 推進システム

砕氷船への採用のため、NK規則のIce Class 1Bに準拠するようにアイストルク、プロペラ羽損傷荷重の見直しを製造メーカーにお願いしました。合わせて、メーカーには速力を確保す

るための最適ピッチの設計をお願いしました。メーカーはこの相反する要求に対する期待に十分答えてくれました。

なお、本船では念のためプロペラ後流にアイスホーンを装備しましたが、アジマス推進器を採用しているため、流氷の中で後進を使用することはあまりないと考えられます。



5. 船舶の概要

(1) 主要目等

船 質	鋼	航行区域	限定沿海区域
全 長	45.55m	型 幅	8.50m
型深さ	3.80m	計画満載喫水	2.70m
総トン数	366トン	速力	16.05ノット
最大搭載人員	245名（船員10名、旅客235名）		

(2) 機関設備

主推進機関	ディーゼル	1,618kW	2基
主推進器	アジマス推進器4翼固定ピッチ		
発電機関	ディーゼル	90kW	2基
アルキメディアンスクリュー			
同上油圧駆動原動機		400kW	1基

(3) 電気設備

発電機	AC225V×100kVA×1200min ⁻¹	2台
主配電盤(220V、100V)、分電盤等		1式
蓄電池	DC24V×200AH	2組
変圧器	225V/105V×60Hz×15kVA	2台
充放電盤	入力AC220V、出力DC22V～35V	1面
動力装置、照明装置等		1式

(4) 航海設備

操船コンソール等	1式
航海灯及び航海灯表示盤	1式
操船指令装置、船内指令装置	各1式



レーダー	19インチ×AC100V	1台
GPS 航法装置	DC24V	1式
監視カメラ（氷上監視、ローター監視等）		1式

6. 旅客室

本船のデザインテーマは“Delightful Cruise/楽しさの再発見”です。甲板ごとにデザインモチーフを変え印象の異なる船内空間としています。

(1) 特等席

本船では船長はじめ乗組員の希望で特等席ともいえる操舵室前のスペースが旅客の流氷見学のために提供されました。晴れた日はこのスペースは旅客で鈴なりです。この粋な図らいにガリンコ号へのリピーターがますます増えることでしょう。



(2) 流氷見学室（3階）

流氷見学室はゆったりとしたソファ 38人分があり、広い窓から流氷をみることができます。外が吹雪いているような時はここから流氷見学を楽しむように計画されています。



(3) 旅客室（2階）

この甲板は58名分のハイバック椅子が用意されているほか、案内所、バリアフリー対応のトイレや設備が装備されている。



また、椅子席前方展望スペースには大きな窓があり、ここでも船の進行方向や砕氷の様子が見学できます。

(4) 旅客室（1階）

この区画には139名分の椅子が用意されているほか、前方中央の椅子・テーブルは取外し可能とし、ミニコンサートなどが企画できるように計画されています。



（案内所）



(5) その他設備

本船は、流氷観光の期間以外でも遊覧クルーズやフィッシングクルーズなどの運航を行っているほか、北見工業大学が行っている地域をフィールドとして活用した実践的教育プログラム「オホーツク地域と環境」の中で「ガリンコ号Ⅱ 紋別沖海洋調査実習入門」の生物サンプリングなどを行ってききましたが、ガリンコ号Ⅲは船尾にある広い作業甲板を有しており、Aフレームからピストンコアラを使った採泥調査を行うことができます。

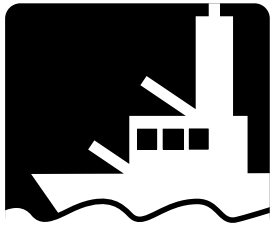
7. おわりに

ガリンコ号Ⅲ IMERUの基本設計から建造監理を進めるのあたり、運航に関する貴重な経験をご助言頂き、また、積極的なご支援を賜りました紋別市、オホーツクガリンコタワー株式会社の方々に厚く御礼申し上げます。

また、大分運輸支局及び北海運輸局による砕氷型旅客船等の規則に関するご指導、並びに建造に当たった株式会社三浦造船所及びMHI 下関エンジニアリングの方々の豊富な経験と努力によって、数々の困難を乗り越えて完成に至ったことを付記します。まさに多くの方々の思いの結晶です。

船名に付された「IMERU」という言葉はアイヌ語で「光」を意味するそうです。紋別市長も「コロナ禍の中、勇気を与えてくれる名称」と市の選定委員会に感謝したそうです。本船がオホーツク地域のみならず、日本の全体に「希望の光」を与えてくれると信じています。

（海洋技術部 藤里 宜丸）



川崎市消防局消防艇「うみかぜ」 — 19 総トン型小型消防艇 —



航走写真

1. はじめに

川崎市消防局殿は、川崎港内の消防、救命活動に対応する消防艇を2隻保有していますが、このうち「第6川崎丸」について、平成28年に代替船の建造を決定されました。基本設計は平成31年度に実施された後、建造は令和2年度に行われました。本船は令和3年4月30日に引渡され、現在臨港消防署千鳥町出張所を基地に、消防救命活動に活躍しております。当センターでは平成31年4月から平成31年9月まで、本船の基本設計業務を行いました。入札の結果、広島県尾道市のツネイシクラフト&ファシリティーズ(株)が、建造造船所として選定され、新船舶建造工事が実施されました。当センターでは令和2年4月から令和3年4月まで、新船舶の建造監理を行いました。

以下に本船の概要と性能を紹介致します。

2. 本船の基本コンセプト

川崎市消防局殿は、令和2年3月に配備された109総トン型大型消防艇「かわさき」との2艇体制について、2艇体制の在り

方、組合せについて検討し、大型艇と小型艇の特性(大型艇と小型艇の2艇選択出場体制)を活かした運用体制について、新たにかかる財源及び大型艇、小型艇のそれぞれの機能を活用した運用について、川崎臨海部の現状と想定すべき各種災害への対応に必要な機能(4項目)と、2艇体制の組合せに機能分担の詳細な検討を行った結果、19総トン型小型消防艇との検討結果が得られた。

本船の建造に当たり、川崎市消防局殿が決定された要求事項は以下のとおりです。

- (1) 本艇は20総トン未満の日本小型船舶検査機構(以下JCIという)による検査を受ける船舶とするが、安全性を配慮しながら極力大型化する。また、航行区域は平水とするが、構造・復原性は沿海を適用する。
- (2) 本艇は常備状態で約25ノットの船速を確保するため、単胴のV型船型とし、主船体、甲板及び上部構造を耐食性アルミニウム製とし、船体の軽量化と復原性の向上を図る。
- (3) 救急救助活動においては業務上高速力を要求されることから極力軽量で強靱な構造とし、搭載物は極力小型軽量高品

質な製品を選び、重量の軽減を図る。

- (4) 本艇は、WJ推進装置を搭載するため後部浮力が大きく、各状態を通じて、船首トリム（バイザヘッド）やトリムが過大とならないよう設計建造をする。またヒール（横傾斜）に関しては、計算書で事前に確認をし、ヒールが発生しないよう左右の機器等の配置を考慮する。
- (5) 船体各部の振動が最少になるように留意するとともに、騒音を極力軽減する。
- (6) 本艇は消防機器の搭載により通常船舶に比べ重心位置の上昇が考えられることから、復原性に関しては、事前に十分な計算を行い建造する。

3. 本船の概要

(1) 一般配置

一般配置は、上甲板下に前部より船首倉庫、タンク室、機関室の3区画としており、機関室には、主機関2基、発電機1基、原動機付消防ポンプ1基及び配電盤等を効率よく配置し、騒音、振動にも配慮した構造としております。上部構造物は、操舵室及び待機室が配置され、海面監視能力を向上させる目的で、前面に大型窓を配置しています。船体形状の特徴は、上甲板の作業性を考慮し、エンジンケーシング等の突起部のない全通フルフラットデッキを採用しています。後部甲板には、油圧クレーン及びダイバー用梯子を設ける等、潜水救難活動のスペースを確保しています。



油圧クレーン ダイバー用梯子



クロスファイヤー放水銃

消防装置の特徴としては、大型船舶、石油コンビナート火災に対応するための大量放水能力を可能とするため、主機関から独立したディーゼル機関駆動の大型消防ポンプ1基と、船首に、クロスファイヤー放水銃2門と、船橋上部に大口径放水砲2門を装備しております。

(2) 主要目

用途	消防艇
船質	主船体:耐食性アルミ合金 甲板及び上部構造:耐食性アルミ合金
船型	単胴V型
資格	JCI・第4種船
主要寸法	全長 18.50m 登録長 16.21m

水線長	16.92m
型幅	4.16m
型深さ	2.05m
速力	27.3ノット（常備状態） 30.2ノット（試運転状態）
総トン数	19総トン
航行区域	平水区域
最大搭載人員	船員 6名 旅客 6名（24時間未満） その他乗船員 6人（1.5時間未満）

(3) 主要装備

主機関:高速ディーゼル機関（720kW）	2基
推進器:ウォータージェット推進装置	2基
主発電機 ディーゼル機関駆動（30kVA）	1基
消防ポンプ ディーゼル機関駆動（515kW）	1基
マウスボード操船及び定点保持システム	1式
船用油圧クレーン（0.96ton）	1式
監視カメラ装置（赤外線サーマルカメラ）	1式
ヘリコプター画像受信装置（ヘリテレ）	1式

4. 本船の特徴

(1) 機動性

本船は、推進機関の総出力は、720kWの高速ディーゼル機関2基を搭載し、川崎港の水深等を考慮し、ウォータージェット推進装置を各々の主機に組み合わせた2機2軸として、航海速力27.3ノット（常備状態）最大速力30.2ノット（試運転状態）の速力を達成しています。



主機関

(2) 操船性能（定点保持・離着桟）

本船は、ウォータージェット推進装置2軸船であり、横移動等操船性能が高く、かつ、海面待機時の位置保持や、港内での

離着機の操船性の向上など、操船を補助する機能であるマウスボード操船及び定点保持システムを装備しています。

(3) 消防能力

19t小型消防艇としては、最大の独立ディーゼル機関駆動の大容量消防ポンプ（16,000L/min）1基装備しています。



原動機付消防ポンプ

大口径5,000L/min放水砲を船橋甲板上前部に2門、上甲板船首部に、3,000L/minクロスファイヤー放水銃を2門、合計16,000L/minの放水能力を有しております。



全門放水及び自衛噴霧

陸上送水口兼集合放水管（2口）を両舷に各1基、自衛噴霧ノズルを配置しております。石油タンク等の油火災に備え、泡原液タンク（500Lポリタンク）4個を、後部甲板に仮設で搭載し、泡原液混合装置により、泡消火も対応可能となっています。

(4) 船体塗装

船体塗装は、大型消防艇「かわさき」と、同様の仕様で、主船体は赤色。上部構造物は白色の塗装となっています。本船塗装の特徴として、川崎市消防局の「KAWASAKI CITY F.D.」のローマ字ロゴと、アクセントとして「川の字マーク」の三本線を施しています。

(5) 救急救命装備

本船は、待機室を設けることにより、消防救急救難の準備作

業が屋内で出来る空間が確保されています。また後部上甲板と待機室の間の閉鎖装置は、機材等搬入搬出のための安全性を考慮し、スライド式扉を採用しております。また、待機室には、緊急時ベットとして使用可能なソファが1床配置されています。なおこのスペースは、緊急時以外は、乗船者スペースとして活用されます。



待機室 ソファ兼ベット



スライド式扉

(6) 船内設備

操舵室には、前面のコンソールに、操舵装置、主機関操縦装置、通信航海装置、消防装置等が機能的に組み込まれています。また操舵室後部には、カーテンにより仕切られた待機室が設けられ、救急スペースが確保されています。

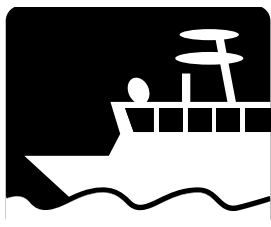


操舵室

5. おわりに

本船の建造監理を通して、船主である川崎市消防局殿には終始適切にご支援を戴きました。心よりお礼申し上げます。また、建造に当たられたツネイシクラフト&ファシリティーズ（株）殿には、高度な造船技術とセンス溢れるアイデアを駆使して本船建造に尽力されたことを付記致します。本船の就航により、大型消防艇「かわさき」と相まって、川崎港、多摩川及び東京湾の海上における消防活動・潜水救難活動・沿岸陸上火災への送水活動等々、さらなる海上の安全と災害防止が図られることを期待しております。

（海洋技術部 神澤 雅彦）



岩手県漁業取締船「岩鷲」が竣工

— 国内最速の漁業取締船 —



岩 鷲

1. はじめに

本州北東部に位置する岩手県は、宮古市の北方に隆起海岸の特徴でもある海食崖や海岸段丘が、また南方には多くの入り江があるリアス式海岸が連なり、美しく変化に富んだ景観を見せています。その海岸線の長さは約708kmにもおよび、水産物の生育に適した岩礁に恵まれており、岩手県の資料によると平成27年度の漁業生産額は、アワビ類及びわかめ類が全国1位、さけ類が全国2位となっております。しかし、沿岸域におけるアワビ等の密漁による不法行為も多数報告されているとのこと。この豊かな水産資源を守ると共に漁業秩序を維持するため、県では漁業取締船「はやちね」と「岩鷲」の二隻体制で取締業務を実施してきました。しかし、「岩鷲」は竣工後20年以上が経過して老朽化が進んでいたため県は代船を建造することとし、平成31年度に基本設計を実施しました。令和元年度に行われた入札の結果、三菱造船株式会社が落札して建造が進められてきましたが、令和3年1月15日に釜石市(平田港)において、完成・引渡が行われました。

当センターは、岩手県からの委託で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. 工 程

起 工 令和2年 7月15日

進 水 令和2年11月19日

引 渡 令和3年 1月15日

3. 基本設計コンセプト

岩手県では、漁業取締船の役割を「漁業秩序を維持し、漁業経営の安定化を図るため、アワビ等磯根資源の密漁や違反操業の取締体制を強化する。」としております。これらの業務を十分発揮できるよう、以下に示すコンセプトで基本設計を行い、それらを具現化させるための建造監理を実施しました。

- 総トン数は60～70トン程度
- 試運転最大速力47ノット以上を確保
- 船体重量の軽量化
- ウォータージェット推進方式の採用
- 木原式ステップバウ付ディープV船型の採用
- 監視・取締装置の充実
- 業務の利便性を配慮した上甲板室内導線配置
- 十分な視界確保

4. 船舶の概要

(1) 主要目等

船 質	軽合金製	深さ(型)	2.75m
資 格	JG第三種漁船	計画満載喫水(型)	1.00m
全 長	28.60m	総トン数	66トン

登録長さ 24.10m 最高速力 48ノット
 幅(型) 5.50m 航海速力 35ノット
 最大搭載人員12名(船員:8名、その他乗船者4名)



航海コンソール

(2) 主要装備

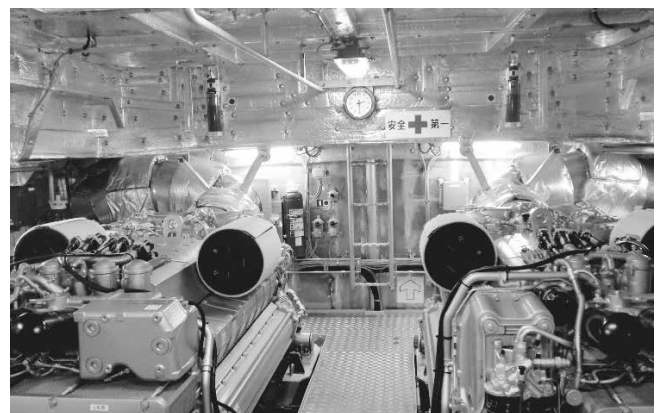
海上監視カメラ装置 5軸安定制御装置	1台
コントロールユニット	1台
ハイビジョン対応モニター 22吋モニター	1台
収録用装置	1式
映像分配器	1式
像安定双眼鏡	2台
パソコン	3台
A4インクジェット複合機 ファックス付	1台
WORM対応デジタル一眼レフ	1台
WORMコンパクトデジタルカメラ	1台



監視卓

主機関(高速ディーゼル機関) 1,763kW	2台
減速逆転機 縦異芯型、遊転ポンプ付	2台
推進器(ジェット・インレットダクト一体型) 電子制御方式	2式
オートパイロット 船位変更指示可能型	1式

発電機関	4サイクル高速ディーゼル機関	1台
発電機	60kVA	1台
キセノン探照灯	電動遠隔操作型、2kW	1台
LED探照灯	電動遠隔操作型、80W相当	2台
電子ホーン	第三種汽笛	1式
音響測深機	2周波、15インチカラー	1式
潮流計	ドブラー式	1式
GPSコンパス		1台
NO.1、2レーダー	25kW、19吋カラー液晶	各1台
GPS航法装置		1台
カラープロッター	19吋	1台
真風向風速計		1式
マルチディスプレイ		4台



機関室

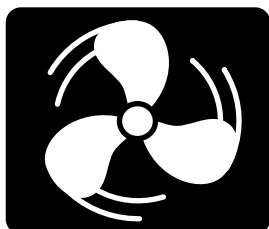
データ蓄積装置	1式
AIS受信機	1台
双方向VHF無線電話装置	1台
日本語ナブテックス受信機	1台
EPIRB	1台
レーダートランスポンダ	1台
27MHz DSB無線装置	1台
75WSSB無線装置	1台
全波受信機	1台
国際VHF無線電話装置	1台
衛星利用船舶電話	1台
ファックス	1台

5. おわりに

「岩鷲」の基本設計及び建造監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岩手県農林水産部殿、岩手県漁業取締事務所の方々に対し厚くお礼申し上げます。

また、建造に当たられた三菱造船株式会社殿が、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)



ストックプロペラの単独性能試験の繰り返し精度

1. まえがき

プロペラ単独性能試験 (Propeller Open water Test, POT) は、船体に取り付けた状態ではなく、プロペラ単独で計測を行う (図1参照) が、その目的は2つある。

- 自航試験解析を行うため
- 実船プロペラ特性を推定するため

この2つの目的の試験で機器の配置や計測項目は変わらないが、試験を行うプロペラ回転数は異なる。国際試験水槽会議の定めた推奨手法 (ITTC RP) では、自航試験解析のためのPOTは、自航試験時のプロペラ回転数に近い回転数で行い、実船プロペラ特性を推定するためのPOTは可能な限り高いプロペラ回転数で行う事とされている。

POT自体についての解説記事は、SRC News No.26¹⁾ と No.27²⁾ に掲載されている。また、POTで使用する計測装置であるプロペラ単独試験用動力計についてはSRC News No.75³⁾ で紹介しているので、必要に応じて参照していただきたい。

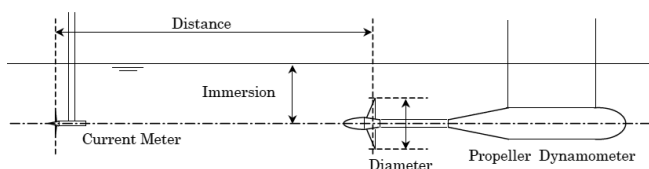


図1 POTの概略配置 (出典:ITTC RP 7.5-02-03-02.1)

今回は、ストックプロペラの単独性能試験の繰り返し精度について述べる。自航試験の際に使用する模型プロペラ形状を選ぶ方法には、実機プロペラの縮尺模型を使用する方法と、実機プロペラの要目 (ピッチ比 (H/D)、展開面積比 (a_E)、翼数 (Z)) に近い既存プロペラを代用する方法がある。当センターでは、後者の方法を採用しており、いわゆるストックプロペラから適当なプロペラを選んで自航試験を行っている (ストックしてある既存の代用プロペラという意味でストックプロペラと呼ばれる)。

1つ目の目的のPOTにより得られるストックプロペラの単独性能 (Propeller Open Characteristics, POC) は、自航試験解析を行う際に必要であり、 $1-w_T$ と η_R の結果に影響を与える。ストックプロペラは、ブロンズ合金またはアルミ合金製であり、接触等による破損がなければ、長期間にわたって使用される。当センターではストックプロペラのPOCの有効期限として

1年間を設定し、最近のPOTが1年以上前となるストックプロペラを使用して自航試験を行う場合は、その前にPOTを実施して、そこで得たPOCを自航試験解析に使用している。

POTを繰り返し行った場合にも、全く同一の結果が得られる事が理想であるが、実際には多少異なる結果が得られる事になる。SRCにおける水槽試験の精度については、SRC News No.85⁴⁾ で紹介されており、繰り返し精度に関しても、標準プロペラの結果が記されている。POTの際には、当該プロペラの試験の前に必ず標準プロペラの計測を行い、以前の結果と比較して異常がない事を確認した後、当該プロペラの計測を行う事としている。SRC News No.85では1988年から2009年の間に繰り返し行われた標準プロペラのPOT結果に基づく繰り返し精度として、前進係数 (J) ベースにおける K_T 、 K_Q が、それぞれ $\pm 0.6\%$ 程度の範囲内にある事が示されている。

今回は、標準プロペラ以外のストックプロペラについて、繰り返し精度を報告する。

2. 供試プロペラと調査方法

今回、調査の対象としたストックプロペラは12枚で、主要目等を表1に示す。直径は0.18m ~ 0.25m、H/Dは0.65 ~ 0.90、 a_E は0.45 ~ 0.65、Zは4と5である。POTを繰り返した数は各プロペラ3 ~ 6回で全体で54ケースである。集計期間 (集計対象とした一番古いPOTと最新のPOTの期間) は4.2年 ~ 8.6年である。また、POTを実施した時の水温の差は最大で10℃程度である。

表-1 供試プロペラの主要目等

M.P.No.	Dpm[m]	H/D	a_E	Z	集計数	集計期間(年)	最低水温(℃)	最高水温(℃)	水温差(℃)
A	0.1800	0.7000	0.6500	5	5	4.7	16.7	21.2	4.5
B	0.1920	0.7800	0.6500	5	3	4.6	13.3	17.6	4.3
C	0.1950	0.7100	0.5500	4	4	5.1	16.7	20.1	3.4
D	0.2457	0.8941	0.4573	5	3	8.6	11.5	21.6	10.1
E	0.2250	0.7000	0.5500	4	5	6.3	12.9	21.4	8.5
F	0.2400	0.7400	0.5500	4	6	6.1	13.1	21.6	8.5
G	0.2180	0.7000	0.5500	4	5	6.2	11.3	15.3	4
H	0.2100	0.6500	0.4500	4	3	6.7	11.3	19.2	7.9
I	0.2100	0.7100	0.5500	4	5	5.2	12.4	14.2	1.8
J	0.2150	0.8000	0.5500	4	4	4.9	17.5	21.4	3.9
K	0.2030	0.7500	0.5000	5	6	4.8	11.7	14.5	2.8
L	0.2050	0.7000	0.5000	4	5	5.1	13.6	21.2	7.6

繰り返し試験におけるばらつきの調査方法として、複数回実施したPOT試験結果 (フェアリング後) について、Jベースで平均値を計算し、その平均値に対する各POT結果の差分をばらつきの大きさとして評価する。差分については、絶対量ではなく設計点のJにおける値に対する相対量 (%) で評価する。具体的な手順を以下に示す。

- i) 複数回実施したPOT試験結果（フェアリング後）について、同一のJにおける K_T 、 K_Q の平均値（ K_{T_ave} 、 K_{Q_ave} ）を求める。
- ii) 上記で求めた K_T 、 K_Q の平均値に対して、各計測における K_T 、 K_Q の差分を取り、設計点のJ（ J_d ）における K_{T_d} 、 K_{Q_d} で次式により無次元化する。

$$\delta K_T = 100 \times (K_T - K_{T_ave}) / K_{T_d} \quad (\%) \quad \cdots (1)$$

$$\delta K_Q = 100 \times (K_Q - K_{Q_ave}) / K_{Q_d} \quad (\%) \quad \cdots (2)$$

なお、ストックプロペラには設計点のJがないので、ここでは、これまでに実施したPOTにおける設計点のJと実船プロペラのピッチ比の関係の実績を参考に、代用プロペラの設計点のJを定める。ここで図2に実船プロペラにおけるピッチ比と設計点のJの関係を示す。設計点のJはピッチ比から0.3程度低い値として得られる事が分かる。

3. 調査結果

自航要素解析において重要な K_T と K_Q の繰り返し試験におけるばらつきの大きさを、 δK_T と δK_Q で評価する。図3と図4に δK_T と δK_Q の最大と最小を示す。これらを見ると、ストックプロペラにおいても、繰り返し精度は、概ね標準プロペラと同程度の繰り返し精度の範囲内（ $\pm 0.6\%$ 程度）である事が分かる。

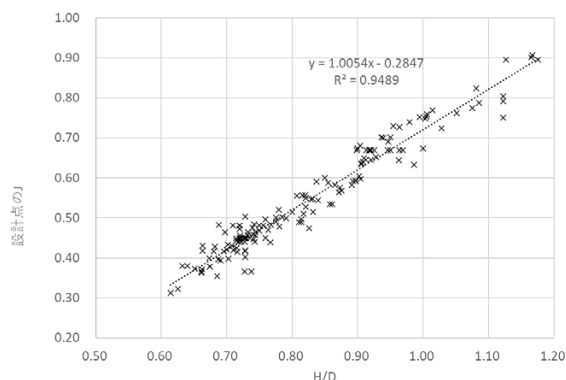


図2 実船プロペラにおけるピッチ比と設計点のJの関係

ただし、いくつかのプロペラで差分が大きい結果が得られているので、ここでは特に差分が大きいプロペラFの結果について、詳細に調べる事とする。図5にプロペラFの6回分のPOTにおける K_T の差分を示す（ K_Q の差分は K_T のそれと同じ傾向であるため、紙面の都合上、図を省く）。これを見ると、2019/11/15に実施した1回を除いて、差分の小さい結果が得られている事が分かる。2019/11/15のPOTにおける標準プロペラの結果は、通常の差分の範囲内にあり、当日行われた計測には異常はないものと判断している（プロペラFの計測結果はすべて再検証したが、解析ミス等は発見されず、有効な結果である）。

以上により、ストックプロペラの繰り返し精度標準プロペラと同程度である事が確認できた。ただし、通常のばらつきを越える結果になる場合がある事も分かった。そのため、POT実施には標準プロペラと当該プロペラの過去のデータと比較しなが

ら、慎重に結果を判断するべきである。

なお、POTの結果については、ばらつきの大きさだけでなく、経年変化と水温影響についても調査しており、いずれにおいても有意な傾向は見られない事を確認している。

（試験センター技術部 新郷 将司）

参考文献

- 1) SRCニュースNo.26,1994/11
- 2) SRCニュースNo.27,1995/1
- 3) SRCニュースNo.75,2008/4
- 4) SRCニュースNo.85,2010/10

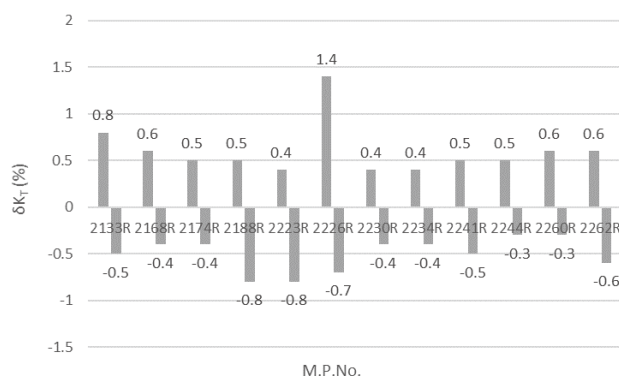


図3 K_T の繰り返し精度（差分の最大と最小）

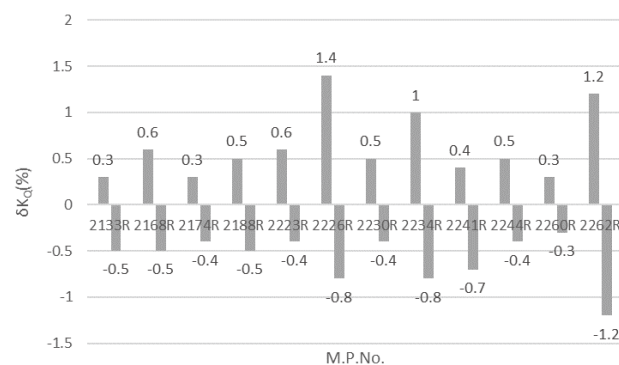


図4 K_Q の繰り返し精度（差分の最大と最小）

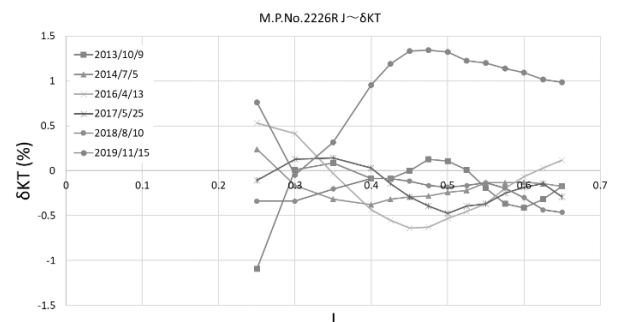
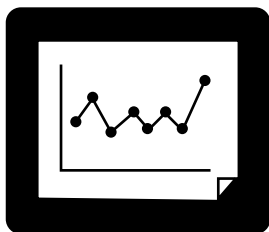


図5 K_T の繰り返し精度（M.P.No.2226R, J ベース）



SRCにおける 波浪中CFD計算に対する取り組み

1. はじめに

船舶流体力学の分野において、数値流体力学(CFD: Computational Fluid Dynamics)は広く普及し、研究開発だけでなく船型設計においても、基幹的なツールとして活用されています¹⁾。静的な現象を捉える平水中性能推定に対して、CFD計算は既に広く活用されており、SRCが船型開発に携わった事例でも不可欠なツールとして活用しています。これに加え、近年の計算技術の向上およびPC性能の向上によって、動的な現象を捉える耐航性能・操縦性能の分野でも、その利用が行われています²⁾。また、実海域実船性能評価プロジェクト(OCTARVIAプロジェクト)のように、船舶の性能を実海域で評価する動きも現実化し³⁾、その成果のひとつとして、波浪中抵抗増加計算における計算条件の設定方法が示されました⁴⁾。

SRCでは、造工中手造船所を主体としたSPCG (Ship Performance Calculation Group) 委員会および造工中手船型研究委員会 (HRC: Hull Research Committee) にて、船舶の波浪中性能推定および波浪中性能改善を目的として、文献⁴⁾で示された計算条件を用い、向波中の波浪中CFD計算の検証に取り組んできました。そこで本項では、最近の活動と成果として、波浪中試験結果・波浪中船体表面圧力計測結果と波浪中CFD計算を比較した結果をご紹介します。

2. 数値計算法

数値計算には、国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所、海上技術安全研究所で開発されているナビエ・ストークスソルバー、NAGISAを用います。NAGISAの計算法の詳細は文献⁵⁾をご覧ください。ここでは概略を記します。

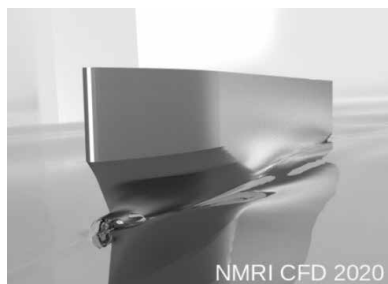


図1 NMRI CFD 2020、NAGISA BOARD より

- 3次元非圧縮レイノルズ平均ナビエ・ストークス方程式を支配方程式とするRANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes) ソルバー

であり、擬似圧縮性により圧力と速度をカップリングする。

- 重合格子に対応したマルチブロックソルバーであり、変数をセル中心に配置した有限体積法を適用し、構造格子で空間を離散化する。
- 支配方程式を離散化、線形化して得られる連立方程式はガウスザイデル法で解き、マルチグリッド法により収束加速する。
- 実時間微分は2次精度、擬似時間微分は1次精度の後退差分で近似する。擬似時間は局所時間刻みにより収束加速する。

向波中のCFD計算は文献に倣い、造波領域を兼ねた計算領域全体を包括する矩形格子 (Rect) と船体周りの格子 (Hull) を用いて行います。計算格子の外観を図2に示します。その他CFD計算の条件は紙面の都合上省略しますので、文献⁴⁾をご参照ください。

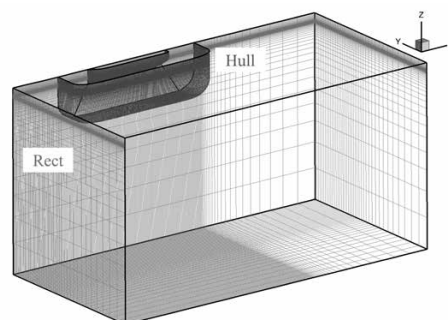


図2 波浪中CFD計算格子外観

3. 計算結果

CFD計算では、船体表面圧力分布、船側波形、波紋図等の詳細な流場情報を得ることが可能で(図3)、これらから船型改良に役立つ情報を得ることが出来ます。

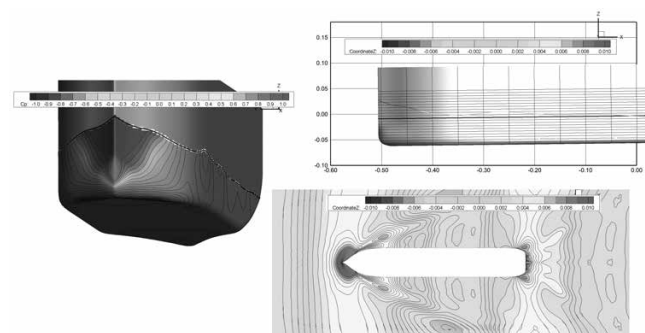
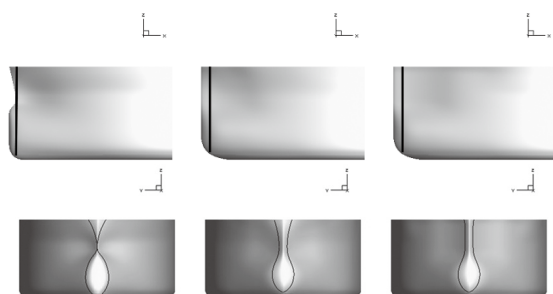


図3 CFD計算可視化図の例

SPCG/HRC委員会では、2018年頃より波浪中CFD計算の実行と試験結果との比較を行ってきましたので、次項以下にその結果をご紹介します。

3.1 波浪中試験結果との比較

肥大船型の計算では、排水量と平水中性能を維持したまま波浪中性能を改善する船型を、文献⁶⁾を参考に設計しました(図4)。CFD計算にて各船型の波浪中性能を確認し、計算では $A < B < C$ 船型の順で、波浪中性能が優れている結果になりました。CFD計算後に水槽試験を行い、水槽試験でも波浪中性能が $A < B < C$ 船型の順であることを確認しました。また、CFD計算結果のピッチ/ヒーブの各運動の応答関数と波浪中抵抗増加係数についても、水槽試験結果と定性的に一致しました。



A:オリジナル B:バルブレス C:B+ フレア小

図4 船首形状の比較^{7), 8)}

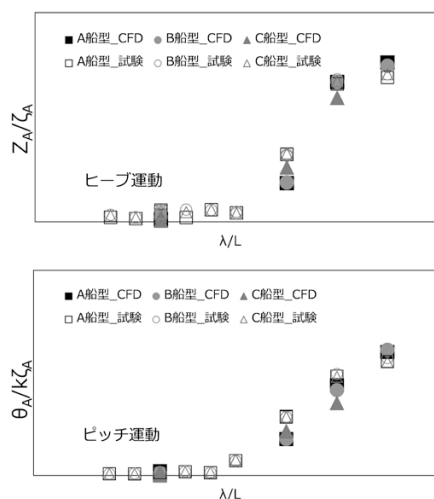


図5 船体運動の応答関数⁸⁾

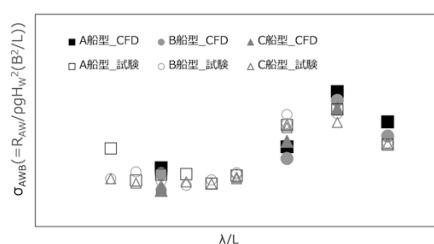


図6 波浪中抵抗増加係数⁸⁾

肥大船型の計算だけではなく、痩せ型船型の検証も行いました。CFD計算結果の図は省略しますが、肥大船型の結果と同様に、CFD計算結果は水槽試験結果と定性的に一致しました。図7に可視化図を示します。図7は船体運動が大きくなる波浪条件のものであり、左が船首沈み込み最小、右が沈み込み最大の状態です。船体運動により波が船首フレアに当たる様子も、CFD計算結果を可視化することで確認出来ます。

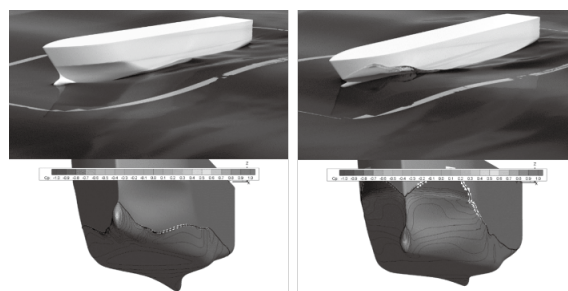


図7 痩せ型船型波浪中CFD計算可視化図

3.2 船体表面圧力計測結果との比較

SRCでは、株式会社シミウスと共同でFBG圧力センサの開発を進めており、平水中試験の船体表面圧力計測結果、平水中試験の付加物周りの船体表面圧力計測結果と、CFD計算結果を比較してきました^{9), 10)}。2018年には、広島大学の岩下教授が以前より取り組んでいる^{11), 12)}、FBG圧力センサを用いた波浪中の圧力計測試験を見学させていただきました。以降、SRCでも波浪中での船体表面圧力計測を開始しています。

波浪中船体表面圧力計測結果と波浪中CFD計算結果の比較について、図8に圧力の時系列を、図9と図10に波浪中船体表面圧力分布を示します。図8の時系列データでは、振幅も位相もよく一致していることが分かります。図8の下2つのデータは、圧力の時系列が連続ではなく鋸歯状波です。これは計測位置が水中と空気中の間を繰り返し出入りしていることを示しています。このような位置においても、CFD計算の圧力の振幅と位相は試験結果とよく一致しました。これは、CFD計算は波浪中計算でも精度よく解いており、波浪中における船体形状の性能評価が可能であることを示しています。

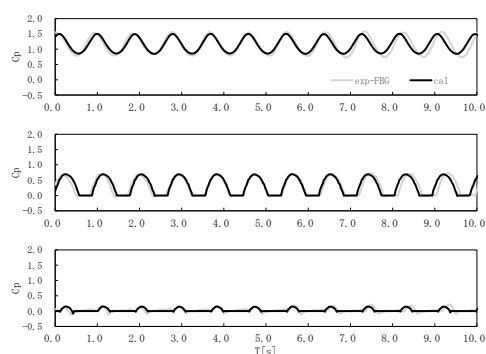


図8 波浪中の圧力計測点、時系列データ¹³⁾

図9は、圧力の時刻歴のうち正の最大値のひとつをとる時刻(図8、 $T = 5.5[s]$)、図10は負の最大値のひとつをとる時刻(図8、 $T = 6.1[s]$)です。図9の船首の正圧が大きい領域の $x/LPP = -0.40$ 付近に見られる負圧領域とこの周囲の圧力分布の傾向など、試験結果で見られる船体表面圧力分布の特徴はCFD計算結果でも確認出来、船体表面圧力分布について、CFD計算結果は試験結果と概ね一致しました(試験による船側の圧力分布が滑らかでない理由は、 $-0.4 \leq x/LPP$ の範囲でFBG圧力センサの設置密度が小さいことによります)。また、波浪中の結果と平水中の結果とで差分を取ることや、その差分の長手方向成分(抵抗成分)を抽出することで、船型のどの箇所が波浪中性能に影響を与えるかを検討することも可能となります。

4. おわりに

SRCで取り組んでいる波浪中CFD計算について、最近の活動と成果をご紹介しました。これらの計算の一部は、SPCG / HRC両委員会において実行されたものです。CFD計算の実行にあたっては海上技術安全研究所、流体性能評価系CFD研究グループの皆様にご支援いただきました。FBG圧力センサを用いた水槽試験には、広島大学の岩下教授、大阪大学の柏木教授、株式会社シミウス若原氏にご支援いただきました。皆様に厚く御礼申し上げます。

CFD計算、特に波浪中CFD計算は、実海域性能の評価、EEXI規制、ゼロエミッション船プロジェクトなどに対応出来る重要なツールであると考えておりますので、今後も活用を行っていきます。

またSRCでは、CFDの委託計算も受け付けております。お問い合わせいただければ幸いです。

(技術開発部 研究開発課 廣田 匡俊)

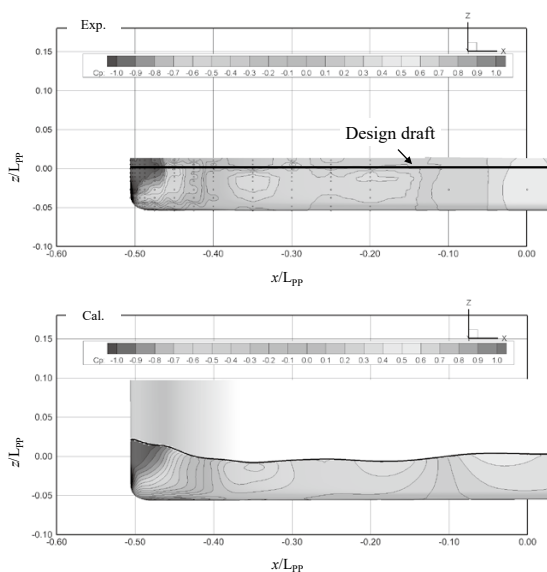


図9 船体表面圧力分布 $T = 5.5[s]$ (上:試験、下:CFD) ¹³⁾

参考文献

- 1) 日野孝則:第1回CFDの今(<連載>船舶CFDの最前線)、日本船舶海洋工学会誌KANRIN(咸臨)第60号、(2015)、pp. 48-51
- 2) 折原秀夫:第5回耐航性シミュレーション(<連載>船舶CFDの最前線)、日本船舶海洋工学会誌KANRIN(咸臨)第64号、(2015)、pp. 29-34
- 3) 辻本勝他:実海域実船性能評価プロジェクトの取り組み、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第30号、(2020)
- 4) 小林寛他:向波中の波浪中抵抗増加CFD計算における計算条件の設定について-RANS計算のパラメトリックスタディ-、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第29号、(2019)
- 5) Ohashi K. et al.: Development of a structured overset Navier-Stokes solver with a moving grid and full multigrid method、Journal of Marine Science and Technology、(2018)
- 6) 黒田麻利子他:波浪中抵抗増加と船首水面上フレア形状の関係について、日本船舶海洋工学会論文集、第11号、(2010)
- 7) 大橋訓英他:船舶の総合性能評価にむけたCFD技術開発、海上技術安全研究所第20回研究発表会講演集、(2020)
- 8) 廣田匡俊:CFDを用いた船首形状が異なる船型の波浪中性能推定、第14回船舶用CFDセミナー(海上技術安全研究所)、(2020)
- 9) 福島寛司他:FBGを用いた表面貼付型多点圧力センサによる船体表面圧力計測、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第21号、(2015)
- 10) 福島寛司他:改良型FBG圧力センサの性能確認とその活用、日本船舶海洋工学会論文集、第25号、(2017)
- 11) 岩下英嗣他:波浪中を航行する船の非定常圧力分布計測、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第22号、(2016)
- 12) K. T. Waskito et al: Prediction of nonlinear vertical bending moment using measured pressure distribution on ship hull、Applied Ocean Research 101、(2020)
- 13) 廣田匡俊他:肥大船に対する向波中CFD計算と波浪中船体表面圧力計測、第34回数値流体力学シンポジウム、(2020)

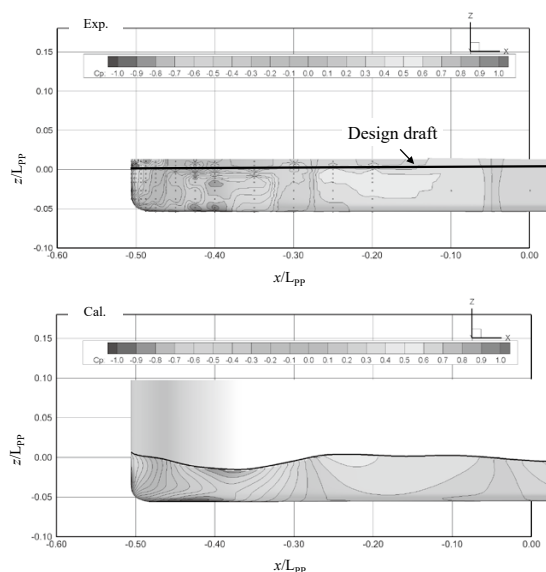


図10 船体表面圧力分布 $T = 6.1[s]$ (上:試験、下:CFD) ¹³⁾

リモート立ち合いの検討とテスト版のご提供 ～SRCの新型コロナウイルス感染症への対策～

2019年の末から流行が始まった新型コロナウイルス感染症は日本国内でも蔓延し、3度の緊急事態宣言を経た2021年5月半ば現在（執筆時）でも、終息の兆しは見えませんが、SRCの水槽試験では依頼者殿の立ち合いを受け入れておりますが、新型コロナウイルス感染症の日本国内での蔓延が始まった2020年の始め頃から、依頼者殿の東京への出張制限や1度目の緊急事態宣言の発令により、依頼者殿が立ち合えないまま水槽試験を行う件数が増えてきました。

一方SRCの内部では、1度目の緊急事態宣言の際に在宅勤務の仕組みを整え、同時にネットワーク回線を見直し通信セキュリティ／性能の向上を行いました。これと並行し、“リモート立ち合い”として、水槽試験の様子と試験結果をオンラインで中継して依頼者殿に提供出来ないか検討を行いました。その検討の進捗と成果をご紹介します。

リモート立ち合いは、依頼者殿が水槽試験の様子をオンラインで確認出来る仕組みです。2021年5月現在、テスト版を公開しています。リモート立ち合いでご提供している内容は、①航走時の波形動画、②航走速度、③抵抗値や自航要素の数値・グラフ、の3点です。この3点はリアルタイムで更新され、試験点の追加や依頼者殿が気になる事項は、チャットや通話でSRC側と即時にやり取りすることが可能です。リモート立ち合いのツールには、SRCがweb会議システム等にも導入しているMicrosoft Teamsを使用します。

なおSRCが使用するPC等のネットワーク機器には全て、ウイルス対策ソフトを導入し、常に最新の状態としています。ネットワーク通信は暗号化されており、インターネットへの接続は提供元によって24時間365日の有人監視が行われています。

図1に曳引車上配置を、図2に画面の一例を示します。現在のテスト版では、カメラ1台で船側全体を映しています。航走中の動画では船側波形を鮮明に確認することが可能です。テスト版は既に依頼者殿に利用いただき、ご好評をいただいております。

新型コロナウイルス感染症による未曾有の非常事態の中、試験現場の立ち合いに近い状況をご提供する取り組みをご紹介します。テスト版に対していただいたコメントを反映したリリース版は現在検討中で、2021年6月頃に公開を予定しています。リリース版では波形動画の数が増え、カメラは船首・船側・船尾を映す3台となる予定です。

（技術開発部 研究開発課（当時、試験センター） 廣田 匡俊）

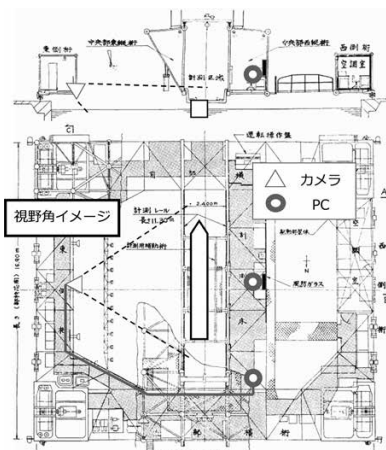


図1 リモート立ち合い配置図*

※横尾幸一他、“三鷹第2船舶試験水槽の建設について”，日本造船学会秋季講演会，（1968）．400m水槽曳引車配置図より作図

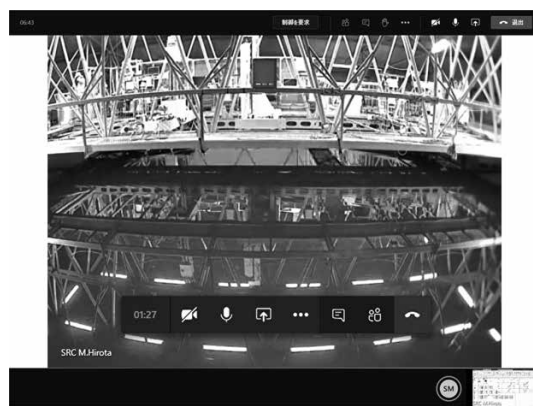


図2 画面の一例（波形動画）

委員会等

2020年度第3回SPCG	2021年1月28日（Web会議）
第152回HRC	2021年1月28日（Web会議）
第26回理事会（書面）	2021年3月12日
第17回評議員会（書面）	2021年3月26日
2020年度第4回SPCG	2021年3月26日（Web会議）
第153回HRC	2021年3月26日（Web会議）
第154回HRC	2021年5月28日（Web会議）

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。

申し込みの受付

☎ 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
☎ 0422-40-2820





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>