

国際試験水槽会議 (ITTC) 第 29 期活動報告

ITTC 試験水槽委員会

1. はじめに

ITTC (国際試験水槽会議) は水槽試験及び数値シミュレーションによって船舶及び海洋構造物の流体性能の予測を行うための推奨手法等を提案する国際的な組織である。ITTC の構成を図 1 に示す。



図 1 ITTC の構成

全ての加盟機関が参加する Full Conference (総会) が原則として 3 年に一回開催され、この間を一期として活動が展開される。第 29 期 ITTC は 2017 年に開始され、2020 年 9 月の総会開催をもって終了する予定であったが、コロナ禍の影響により、2021 年 6 月に Virtual で総会が開催された。総会では第 29 期活動が総括されるとともに、第 30 期の体制、実施方針等が審議された。

ITTC では様々な活動が行われているが、その中核は Technical Committee (技術委員会) 及びグループの活動にあり、成果は報告書及び Recommended Procedures and Guidelines (推奨手順及びガイドライン) として取りまとめられる。本報告では第 2 章で第 29 期技術委員会およびグループの活動報告を、関係する各委員から行って頂く。紙面の都合上、報告は概要に留まるが、詳細は ITTC のホームページに掲載されている。ご興味のある方は下記を参照していただきたい (<https://www.ittc.info/downloads/proceedings/29th-conference-2021-virtual/>)。

第 3 章で第 30 期 ITTC の体制を述べ、最後に第 4 章で ITTC の変革の方向性と我が国の関わりについて述べる。

2. 第 29 期技術委員会及びグループの活動

2.1 Resistance & Propulsion Committee

犬飼泰彦 (ジャパンマリンユナイテッド)

勝井辰博 (神戸大学)

本委員会は今期より Resistance と Propulsion の委員会が統合されて組織された。委員会は委員長の Dr. Richard Pattenden (UK)をはじめとする 13 名の委員で構成され、Gosport, 横浜, Copenhagen, Daejeon での 4 回の委員会合会を経て最終報告を取りまとめた。総会では Secretary を務めた Dr. Nikolaj Lemb Larsen から報告が行われた。13 の TOR から(1)船体とプロペラ標準粗度の変更の必要性調査ならびに新しい粗度修正法の提案について、(2)推進器試験におけるレイノルズ数影響、(3)馬力推定における新しい F_D の定義の影響調査の 3 つが取り上げられ、検討の概要が報告された。

(1)の粗度影響については、汚損や新しい低摩擦型塗料の効果を適切に評価出来る手法について調査が行われた。外板付着生物を模擬した平板試験による検討や、壁関数を修正した CFD による船体抵抗増加量の検討結果などが示された。CFD ではせん断応力の変化だけでなく、境界層の違いによる圧力抵抗や伴流係数の変化などを考慮することが出来る。摩擦抵抗が大半を占める一般商船において粗度が推進性能に及ぼす影響は多大であり、次期も調査を継続し、防汚塗料や生物付着による粗度影響を評価する新しい方法の開発、各種塗膜面の粗度関数の計測方法に対するガイドラインまたは推奨手順の開発を行うこととなった。

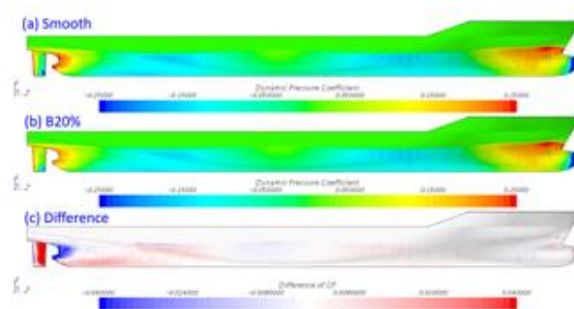


図 2 粗度影響による圧力抵抗の差異

総括として改訂された推奨手順に加えて以下の recommendation を示し、報告を締めくくった。(1)近年の防汚塗料や生物付着による粗度影響が船舶の流体力学的性能に与える影響を評価する新しい方法の開発、(2)各種塗膜面の粗度関数の計測方法に対するガイドラインまたは推奨手順の開発、(3)多軸船の実船データの収集の継続、(4)ポッド推進器の実船データの収集の継続、(5)準定常状態における推進器試験のガイドラインまたは推奨手順の開発、(6)リムドライブ推進器の試験法および性能推定法のガイドラインまたは推奨手順の開発、(7)次期 ITTC における推進器試験時の最小レイノルズについての推奨手順改定、(8)キャビテーションエロージョン推定法の開発状況のモニタリング継続、(9)CFD を用いたプロペラ性能のスケールリングに関するベンチマークスタディの実施、(10)CFD の V&V 法の手順について最新の実施例に基づいた検証と改訂、(11)高速船の試験法と数値解析による評価手法の必要性の調査、(12)CFD による実船性能推定と実船データによる検証、(13)砕波の計測および推定法のさらなる調査、(14)船体およびプロペラ模型製作法の進歩に関する調査、(15)低摩擦塗料や空気潤滑システムの模型試験法のガイドラインの開発

2.2 Manoeuvring Committee

岸本 隆 (三井造船昭島研究所)

本委員会は Dr. Guillaume Defortrie 委員長をはじめとする 8 名の委員で構成され、3 回の直接会合と 3 回のオンライン会議を経て、各種手順書の作成・改訂や操縦性関連の文献のレビューに取り組んだ。

まず、ITTC 参加機関を対象とし、拘束模型試験における乱流促進法や実船性能推定における尺度影響の考え方についてアンケート調査を実施し、20 機関から回答を得ることができた。一例として、尺度影響を考慮した実船の操縦性能を推定する上で、どの要素を修正しているかという質問に対するアンケート結果を図 3 に示す。

また、拘束模型試験をベースとした船の操縦性能推定において、試験装置の機構や取得データのフィルタリング処理が計測結果や解析結果に及ぼす影響を調査し、これに関連する推奨手順を更新した。

さらに、ITTC 参加機関の一部で導入されている昇降式水底(False Bottom)に着目し、水槽仕様に起因する流体力特性の不確かさについて文献の調査を行った。

上記の他、今期は新たに水中航走体(Underwater Vehicles)の拘束模型試験法や実機試験法に関するガイドラインの作成に取り組み、外部有識者のご協力の下で初版を取りまとめた。第 30 期も継続して本ガイドラインの拡充を図る予定である。

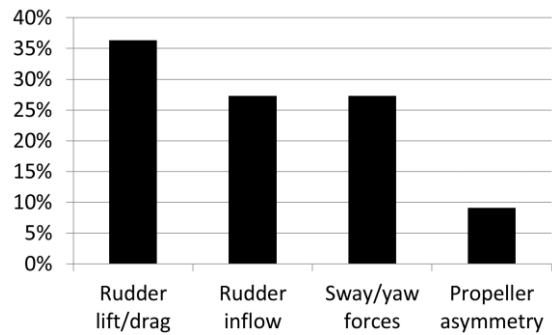


図 3 実船性能推定における尺度影響の修正要素

2.3 Seakeeping Committee

箕浦宗彦 (大阪大学)

片山 徹 (大阪府立大学)

オランダ MARIN の Dr. Pepijn de Jong を委員長とする 9 名の委員で構成され、4 年間の間に 3 回の対面会議と 10 回のオンライン会議を開催した。特に集中的に取り上げた話題は、波浪中抵抗増加の不確実性の問題、高速船模型実験のスケール影響、耐航性に関するベンチマークテストデータの整理に関することであった。

波浪中抵抗増加の不確実性の課題は、EEDI の f_w に関連のあることから前期でも検討され、今期は引き続き文献調査の結果に基づいて数値計算と実験の両面で議論が行われた。数値計算においてはランキンパネル法が計算コストと精度に関してバランスの良い結果を与え、波浪中抵抗増加に関しては波高の 2 乗則が適用できるが、波傾斜が大きい領域では、模型試験または CFD による検証が必要であるとの結論である。

高速船模型実験のスケール影響に関しては、課題の抽出・整理が行われた。フルード則を適用する場合、実験施設に関わる速度の制約から大型船舶に比べて模型サイズが一桁小さくなるため、搭載機器の小型・軽量化は必須であること、自航等制御を伴う場合は制御間隔や制御遅延時間もまたスケールに合わせる必要があること、流体力学的視点からはプロペラや舵の単独および干渉流体力、その他表面張力がスプレーや空気巻き込みに及ぼす影響や水中翼等の流体構造連成に関する課題などが整理された。

耐航性に関するベンチマークテストやそのデータ整理は定期的に行われているが、これまでのベンチマークテストを第 25 期 ITTC の定義に従って一覧表に整理した (Seakeeping Committee 報告書 Appendix B に掲載 <https://itc.info/media/9488/seakeeping-committee.pdf>)。最近実施された流力弾性試験も加えられている。実験目的、評価項目、実験条件などで整理されているので、利便性は高いと考える。

その他、耐航性能関連研究の State of the Art の調査、推奨手順の更新（微修正）、新設された試験水槽施設や最新の実験手法の調査、4th ITTC-ISSC Joint Workshop (global loads procedure) の実施協力・参加を行った。

2.4 Ocean Engineering Committee

二瓶泰範（大阪府立大学）

今期は(1)技術動向レビュー、(2)沖合養殖システムの先端技術調査、(3)海面近くにおけるケーブルパイプの挙動の模型試験の先端技術調査、(4)模型実験と数値計算とを組み合わせたハイブリッド試験法に関する先端技術調査、(5)4本柱に対する wave run-up ベンチマーク試験の継続、(6)2浮体干渉問題についてCFDベンチマーク試験の実施を行うこと、特に2浮体の間の海面上昇について粘性影響に着目すること、(7)大水深での掘削に対する大直径フレキシブルライザーの先端技術調査、(8)模型の製作手順について、材質、精度、製作手法、質のコントロール等について改めて検討することが行われた。以下、要点を纏める。

(1)については、石油生産だけでなく近年では洋上風力発電にも適用されている着床式の構造物、FPSO・セミサブ・TLP・スパー・FLNG・浮体式風車といった係留を必要とする浮体構造物、ダイナミックポジショニングを有する浮体構造物等についての最新技術動向調査が行われた。

(2)の沖合養殖システムについてであるが、オープンネットシステムと閉鎖システムとに分類して調査を行っている。オープンネットシステムとは、所謂、ネット内で養殖魚を育てる方法であり、閉鎖システムとは海水を浮体内に汲み入れる仕組みである。オープンネットシステムについては浮体構造が樹脂素材等を用いた柔構造、金属材料を用いた剛構造物に分けられ、またその浮体もセミサブ技術が用いられることもあり、多くの巨大な沖合養殖システムについて調査されている。

(4)で調査されたハイブリッド試験方法は、浮体式風車の試験において採用されるようになってきている。浮体式風車において風と波の中での試験では縮尺方法が異なるので、風車に作用する風圧力を模擬するためにこの手法が用いられてきており、いくつかの事例が調査された。尚、風車模型の代わりにダクトドファンを制御することが多いことも報告されている。(5)の4本柱に対する wave run-up ベンチマーク試験では、浮体近傍の波高が調べられた。この4本中では完全固定された試験である。波高は規則波、不規則波の中で調査されている。

(6)の2浮体問題では浮体は単純形状とし、2浮体間距離を数種変えた試験が行われた。波向きは正面向かい波の規則波としている。試験において、それぞれの浮体は前方2方向及び後方2方向からソフトスプリングを用い

て係留されている。2浮体間の波面計測、浮体動揺、波漂流力が調査された。CFD解析については韓国の5機関 (Samsung Heavey Industries, Korea Research Institute of Ships and Offshore Engineering, Pusan National University, Korea Shipbuilding and Offshore Engineering, Korea Maritime and Ocean University)が中心となり実施された。

(7)の大直径フレキシブルライザーについては、流体と鉱物の混合流体がライザーを通過する際の圧力低下について実験やシミュレーション事例が調査された。また、海底の掘削作業ビークルが移動する際のライザーの挙動についての事例についても調査された。

尚、推奨手順 7.5-02-07-03.11 近接浮体の模型試験やガイドライン 7.5-02-07-03.13VIM(Vortex Induced Motion)試験については第30期においても引き続き検討を重ねることとなった。

2.5 Stability in Waves

松田秋彦（水産技術研究所）

波浪中船舶の復原性評価に関する包括的な最新技術のレビューを行い、実験や数値計算法に関する最新技術について調査するとともに、横揺れ減衰力係数に関する実験手法や理論の整理を行った。

新しい実験手法として4つの手法を紹介した。そのうち、横揺れ減衰力を精密に計測する手法と風による船体運動への影響を再現するための wind loads simulator (WiLS)は日本の技術であった。委員会において、日本の実験手法に対する評価は非常に高く、日本の実験ベースの論文を取り上げた議論が多くあった。

波浪中船舶の復原性の関係する推奨手順 7.5-02-07-04.1～7.5-02-07-04.5の内容を確認した。非損傷時の模型実験に関する推奨手順 7.5-02-07-04.1は無変更とした。本手順書は後述するIMOの第2世代復原性基準においても実験手法として参照されており、今後とも変更には細心の注意が必要である。パラメトリック横揺れに関する推奨手順 7.5-02-07-04.3は3段階のレベルを用いた予測手法へと改訂された。横揺れ減衰力に関する推奨手順 7.5-02-07-04.5については大阪府立大学の片山教授の協力を得て大幅に書き換えを行った。主な改訂点は下記の2つである。

(1)池田の簡易式を詳細化したものが池田の式のように読み取れる記載を、本来の池田の式を簡易化したものが池田の簡易式であることを明記した。(2)横揺れ減衰力を計測する手法として、Free roll decay test, forced rolling test と excited rolling test の3種類に分けて整理した。それぞれ、初期値として横傾斜角を与える方法、モーターなどで直接横傾斜させる方法、おもりなどを船内で左右に移動させて横揺れを発生させる方法である。

TORに従って、新しい推奨手順として 7.5-02-07-04.6 Extrapolation for Direct Stability Assessment in Waves と 7.5-

02-07-04.7 Inclining Tests を作成した。

IMO(国際海事機関)のSDC(船舶設計・建造小委員会)において議論されている第2世代復原性基準は電卓レベルの計算で復原性評価を行うレベル1, レベル1がクリアできない時はエクセルレベルの計算で復原性評価を行うレベル2, レベル2でも基準をクリアできない時には, 詳細な計算や模型実験による直接復原性評価を用いて復原性能の評価を行い, 基準をクリアした船舶は安全であるとしている。直接復原性評価法では模型実験も使用されるため, 推奨手順7.5-02-07-04.1の2008年度版を用いるよう, 明記されている。2008年度版と明記されているのは, ITTCが推奨手順を更新した際に自動的にIMOの基準が更新されることがないようにするためである。とはいえ, 7.5-02-07-04.1が更新された際には遅滞なくIMOの基準も更新される可能性が高いため, その更新には今後とも注意が必要である。

2.6 Ships in Operation at Sea

山本虎卓 (三井造船)

折原秀夫 (ジャパン マリンユナイテッド)

久米健一 (海上技術安全研究所)

国際海事機関(IMO)にて, 国際海運でのGHG削減のため義務化されたEEDI(エネルギー効率設計指標)の検討支援を最大のタスクとする実運航性能に関する専門家委員会が, 前期より名称を変更し(Performance of Ships in Service→Ships in Operation at Sea)設置された。委員数は10名であり, 委員会を4回開催した。なお, IMO審議の関係があるためAC議長が毎回参加した。

委員会では, EEDI, EEOIに関連する事項を取り扱い, 試運転実施・解析の推奨手順の改訂審議, および同手順に関連するガイドラインの作成, 実運航性能に関する最近の研究動向のレビューなどを行なった。

試運転実施・解析法については, 28期で改訂したITTC推奨手順に対して, 浅水修正法のRaven法への一本化, 波浪抵抗増加計算法としてSNNM法の追加, 各航走時の風の計測結果の利用(風の往復平均を使用しない)可能性の追記, 姉妹船の航走回数の規定の明確化等の改訂が行われた。また, 28期に認められたCFDによる風圧抵抗係数算定に関してはガイドラインが策定された一方, 波浪抵抗増加の算定にCFDを利用することは時期尚早とされた。その他, 模型実船相関係数のガイドラインの更新がなされた。

浅水修正法については, 28期PSSにおいて既存のLackenby法からRaven法への変更が決定されたものの, ACにてさらなる検証が必要とされ, Lackenby法との併記とされた経緯がある。今期, 実船による検証データの追加が期待されたが実現されず, CFDによる検証が追加され, 物理的妥当性の観点から一本化が再決議された。

新たに導入された波浪抵抗増加計算法のSNNM法(NTUA(ギリシャ)が開発, MARIC(中国)が改良に協力)は, 船体主要目等のみより全方位の規則波中抵抗増加を簡易推定する手法となっている。本修正法について, 本委員会メンバーの提供したタンカー, バルカー, コンテナ船等多様な船型を含む計29船型の水槽試験結果と比較検証し, 精度を確認した。

CFDによる風圧抵抗算定のためのガイドラインについては, 2船型を対象にベンチマーク計算を行い必要なガイドラインを新規に作成した。同ガイドラインに沿って実施された計算の検証結果の一例を図4に示したが, 実験値との良好な相関が得られ, 同ガイドラインの有効性が確認された。

本委員会は第30期は船舶の実船性能に関する常設委員会(Full-Scale Ship Performance Committee(委員長:折原氏(ジャパンマリンユナイテッド, 日本)))として11名の委員で活動を行い, 更なる試運転実施・解析法の検討の他, 第29期のEnergy Saving Methods Specialist Committeeの活動を引継いだ実船省エネ法に関する調査や, 自律船の性能評価・性能設計に関する技術的課題の検討等を行う。さらに, 実船性能に関する技術動向のレビューを行う。

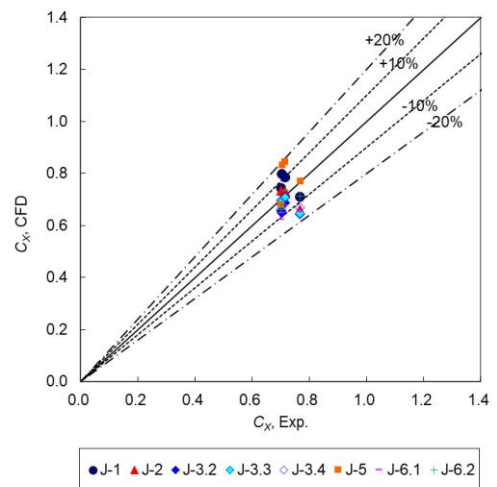


図4 風圧抵抗推定におけるCFDと実験結果の比較

2.7 Hydrodynamic Noise

佐藤 圭 (三菱重工業)

船舶から海中に放射される雑音について, 生物環境の観点から規制化の動きがあり, EUを中心に各種調査や技術開発が行われている。本委員会は, このような背景のもと前期から継続して設置されたものである。主な活動内容は, 特にプロペラからのキャビテーション雑音に注目した, 1)雑音基準や規制の動向調査, 2)模型試験法の調査, 3)数値予測法の調査, 4)ベンチマークケースの提案,

5)実船計測及び模型試験法のガイドライン改訂,であり,それぞれ次のような内容が議論,報告された.

1)基準や規制については,現状では船級基準を参考にした地域レベルでの優遇措置はあるものの,国際的な規制の具体化には到っていない.また,浅海域での実船計測法については引き続き ISO で標準化を検討中である.2)模型試験法については,翼端渦キャビテーションの尺度影響や気泡核計測,水槽設備の側壁影響等が議論され,これらの情報がガイドライン中に追記された.3)数値予測法は,特にFW-H (Ffowcs Williams & Hawkings)法について議論された.その他,データ分析法と理論式を組み合わせる手法等も検討されているが,現時点では十分に確立した予測法は得られていない.4)ベンチマークについては,研究船”Nawigator XXI”を選定するとともに,試験条件についても検討,整理した.本対象船は,一般商船を代表する事例では無いが,形状データや遠方場での雑音計測結果を入手可能な事例は限られおり,その中で比較的情報が揃うものとして選定された.5)ガイドライン改訂については,先述の模型試験法への追記の他,実船計測法については水面反射影響等が追記された.

船舶から水中放射雑音については,引き続き規制化の議論があり,技術的にも開発段階の内容が多いことから,今期と同様の動向調査とベンチマーク試験の実施が,次期 ITTC の”Specialist Committee on Cavitation and Noise”に引き継がれることとなった.



図5 ベンチマークに選定された” Nawigator XXI”

2.8 Hydrodynamic Modelling of Marine Renewable Energy Devices

宇都正太郎 (海上技術安全研究所:当時)

本委員会は海洋再生可能エネルギーデバイスの流体力学的なモデル化を扱う委員会である.委員長の Dr.Petter Andreas Berthelsen (SINTEF Ocean, Norway)をはじめとする 10名の委員で構成され,波力(Wave energy converters: WEC),海流潮流(Current turbines: CT)及び風力(Offshore wind turbines: OWT)エネルギーを扱う3つのフォーカスグループに分かれて活動した.なお本委員会には国内委員が参加していないため,総会での報告をもとに活動の概要を記載する.

本委員会のタスクは以下に示すように大きく4つに分けられる.

- 1) 実機インストールに関する調査
- 2) WEC: a.新たなコンセプト調査,実験及び数値モデリングに関するガイドライン作成, b. Array 配置のモデリング技術のレビュー, c.実験及び数値シミュレーションによる発電量予測のための PTO (Power Take-Off) モデリング技術の調査, d.耐久性に関する調査
- 3) CT: a.ベンチマーク試験のための仕様作成, b.模型実験における流入流場の乱れと非定常性の影響と再現性の調査, c. Array 配置のモデル化,特に後流の影響が発電効率に及ぼす影響の調査
- 4) OWT: a.最新の試験技術の調査, b.模型試験に関わる規制の調査, c.模型試験における Uncertainty Analysis ガイドライン作成

1) では WEC, CT 及び OWT について近年の実機インストールの状況が報告された.このうち CT に関しては多くの大規模装置が設置されているものの,短期間のデモンストレーションによって TRL の向上を目指す段階にあることが報告されている.

2) WEC の数値シミュレーション手法に対する新たなガイドライン (7.5-02-07-03.18 Practical Guidelines for Numerical Modelling of Wave Energy Converter)が作成された. WEC のコンセプトは多様であり,本調査の時点では各機関が独自のコンセプトに基づいて開発を進めている.このため一般的なガイドラインではなく,様々なソルバーの適用性を示す内容となっている.

3) CT が商業的に成立するためには, Array 配置による大規模化が求められるが, Local な環境への影響が無視できないレベルとなる可能性が報告されている.

4) OWT の水槽実験における主な技術課題として,水槽内における高品質な風の生成及び,フルード則とレイノルズ則を同時に満足することが困難である点が指摘されている.これらを解決するために Hybrid 試験法の開発が進められており,最新の技術開発動向が報告されている.

本委員会は第 30 期も名称を”Specialist Committee on Ocean Renewable Energy”に変更するものの存続し,タスクが引き継がれることになった.国内からも委員 1 名が参加する.

2.9 Ice

松沢孝俊 (海上技術安全研究所)

Specialist Committee on Ice は氷海水槽試験技術に関する推奨手順やガイドラインを検討する委員会である.第 29 期は前期に引き続き 10名の委員で活動した.委員のうち 9名は氷海水槽を有する機関を代表しており,つまり本委員会は世界の氷海水槽 (10 施設) のほぼ全体をカバーしていることになる.

氷海関連のトピックとしては、海氷勢力の弱化傾向に伴い、耐氷型 LNG 輸送船／砕氷型極域研究船等の建造活発化、耐氷型商船の大型化、氷海域開発に関する R&D の積極的な推進等がある。そのため氷海水槽試験の需要は世界的に高まっており、本委員会ではこうした状況を踏まえ、修正すべきあるいは今後整備すべきガイドラインの内容について検討が行われた。

まず、既存の推奨手順及びガイドラインについては見直しが行われ、7.5-02-04-02 Test Methods for Model Ice Properties の数式の誤記や文言が修正された。前期で新設された 7.5-02-07-01.3 Guidelines for Modelling of Complex Ice Environments は、氷海水槽試験と不可分であるという認識のもと、7.5-02-07-01 Environmental Modelling から 7.5-02-04 Ice Testing 下に移設することとした。

7.5-02-04-02.3 Manoeuvring Test in Ice については、AC より開水中の操縦性試験 (PMM 等) との整合を求められていた。しかし、氷海船の Manoeuvring Test は砕氷を含む転回や脱出等の実務的な観点で行われ、開水中とは目的が異なる。例えば、図 6 に示すような水路脱出オペレーションを模型試験で検証することがある。推奨手順では、このように顧客が実際に要求する試験を例示したが、標準化までは踏み込まなかった。

7.5-02-04-02.5 Experimental Uncertainty Analysis for Ship Resistance in Ice Tank Testing は、前回の改訂が 2005 年で、AC より再検討が求められていた。現行の推奨手順は抵抗値といったデータに関する不確かさを扱っていたが、実際には試験に供する模型氷の氷質のばらつきがより根源的である。そこで、氷質試験のデータを解析して影響の評価を試行したが、水槽によって製氷事情も異なっているため、統一的な見解をまとめるのは時期尚早であり、このタスクは次期に引き継ぐこととなった。

現行の 7.5-02-07-01.3 Guidelines for Modelling of Complex Ice Environments は、上述の通り章が変更されるが、同時に他の氷況についても追記することとした。対象としたのは、Compressive Ice と Snow-Covered Ice である。Compressive Ice は氷野が圧縮されている状態で、この中では船体抵抗が増加する。氷海水槽での再現は以前より行われていたが、再現手法案が新たに追加された。また、氷上の Snow-Cover も船体抵抗の増加に寄与するが、雪の形態も多様なため再現は技術的に困難であり、対応する解析手法も確立していない。ともあれ今期は、経験的に受け入れられている評価手法や、実験的な再現手法のリファレンス等が追記された。

海洋構造物、例えば Piled Structure は氷海域での Wind Turbine 検討にとり重要な解析対象であるが、現行ガイドラインは構造物を基本的にカバーしていない。そこで今期は、将来的なガイドライン化を念頭に、氷海域での海洋構造物に関する氷海水槽試験や解析法を調査し、レポ

ートを提出した。この中では、構造物に働く氷荷重の計算法が示されるとともに、氷起因の振動やアイスジャム等の独特な問題に関するリファレンスが紹介され、さらに将来的なガイドラインのアウトラインが提案されている。

上述のように、氷海水槽試験の推奨手順及びガイドラインについては、Uncertainty をはじめ今後も継続検討すべき事項がある。また、本委員会では 7.5-04-03-01 Ship Trials in Ice も改訂が必要と提言しており、結果的に本委員会は第 30 期も継続して設置されることとなった。総会では氷中航行時の水中騒音への対応要望もあり、次期はさらにアクティブな対応が望まれていると言える。

なお、第 29 期委員の任にあたり、ジャパン・マリン・ユナイテッド (株) の氷海技術研究グループの皆様には多大なご助力をいただいた。この場を借りて御礼申し上げます。

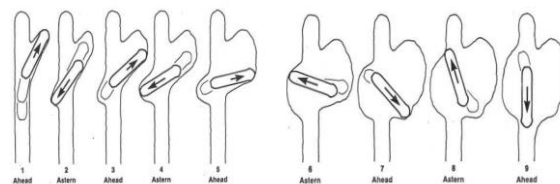


図 6 水路脱出オペレーションの概要 (Quinton, 2006)

2.10 Energy Saving Methods

日夏宗彦 (大阪大学：当時)

Specialist Committee on Energy Saving Methods(以下 SC-ESM と略記)に対するタスク(TOR)は、1.継続的な系統的調査、EEDI 表示式に及ぼす影響を考慮した省エネ手法の調査、EEDI で用いる喫水と海上公試の違いによる省エネデバイス(以下 ESD と略記)の性能差、2.新しく提案された ESD の物理的メカニズムの調査、3.表面処理も加味した空気潤滑法による摩擦抵抗低減法の調査、4.風力エネルギーを利用した省エネ技術に関する調査、5.ESD に対する CFD 手法、ESD の模型試験法、尺度影響に対するガイドラインの作成、6.実船スケールの ESD に対する性能評価についての調査、7.次期 ITTC への ESD に対する提案事項である。

総会では SC-ESM chairman の Prof. Inwon Lee により簡潔に報告がなされた。文献調査に関しては、前期に引き続き 2017 年から 2020 年末までに開催された国際会議等のプロシーディングスやジャーナル論文を調査した。今期は新型コロナウイルス蔓延のため定期総会の開催が 9 か月ほど延期されたため、文献調査もそれに応じて調査対象期間を延長した。発表後の討論の一部でも触れられたが、喫水差による ESD の性能の違いに関しては、そもそも ESD は設計条件下でもっとも省エネ効果が発揮できる

ように設計されているので、喫水の違いによる性能差の評価はなじみにくい面があり、報告ではこれに関しては特に触れなかった。新しく提案された ESD としては”gate rudder”および”ducted contra-rotating propeller”を追加し、レビューした。

摩擦抵抗試験法については別途関係機関にアンケートを取りその結果をまとめた。風力エネルギーに関する調査も実施し、報告書の第3章にまとめた。ESD の CFD 手法に対するガイドラインは、Hino 他の論文があったが、ダクトに限られていること、幅広い ESD に対する CFD ガイドライン作成に十分な研究事例が少ないこと等から今回は作成を見送った。尺度影響に関するガイドラインは、Kim らの研究をベースにまとめ、“Scaling Method for ship wake fraction with pre-swirl devices”として提案した。

実船スケールに対する ESD の性能評価については、EU プロジェクトである GRIP の成果が参考となった。さらに実船伴流を Multi-Layered Doppler Sonar (MLDS)で計測した例を紹介した。実船試験は多大なコストがかかるため、特定の一機関では実施が困難な面があるが、近年は複数の機関によるプロジェクトとして精力的に実施されつつあり、今後の発展が期待される。

なお、討論で ESD によりプロペラキャビテーションやその初生が変化し、これらがプロペラ性能に影響を及ぼすのではないかと指摘があった。今回の SC ではこの観点からの調査は行わなかったが、重要な課題の一つであろう。SC-ESM は今期を含めた 2 期で終了するが、ESM は今後とも重要なテーマであり、継続的な研究及び調査活動が望まれる。

2.11 Modelling of Environmental Conditions

藤原敏文(海上技術安全研究所)

本委員会は実海域を模擬した環境下での水槽試験を行うために、波、風、流れをどのように発生させ、また組み合わせるか、計測結果をどのように解析・評価するか等の調査・検討することを目的としている。第28期では、試験環境に関する最新の研究動向について調査し、報告書に取りまとめた。また、波のガイドライン案の作成も行った。本委員会が対象とする風・流れのガイドライン作成が未完であったことや波のガイドラインに関してもまだ改善の余地があったため、第29期では2期目として作業を継続し、対応を行うこととした。

委員は昨期で退任した者もいたが、新たに3名のメンバーが加わることで9名で取り組んだ。メンバーは、Alessandro Iafrazi (CNR-INM, Italy, Chairman), Hyun Joe Kim (Samsung Heavy Industries, Korea), Yuxiang Ma (Dalian University of Technology, China), Jule Scharnke (MARIN, Netherlands), Solomon C. Yim (Oregon State University, USA), Pedro Cardozo de Mello (University of Sao Paolo,

Brazil), Xinshu Zhang (Shanghai Jiao Tong University, China), Marcin Drzewiecki (Ship Design and Research Centre (CTO S.A.), Portugal), および小職である。

委員会は2018年にCNR-INSEAN、2019年に海技研、英国グラスゴーでのOMAE2019開催時に、2020年はポーランドCTO S.A.で実施した。また、複数回、Web会議を行い、進捗状況、タスクの確認・明確化を行った。具体的には、TORに基づき最新の研究動向について調査し、報告書に取りまとめた。また、集めた情報等を元にガイドライン7.5-02-07-01.2 Laboratory Modelling of Waves (改訂版)、7.5-02-07-01.5 Laboratory Modelling of Wind、7.5-02-07-01.6 Laboratory Modelling of Currentsを取りまとめた。風(Wind)、流れ(Current)のガイドラインでは、当然ではあるが試験模型に影響を与えるエリアに対して目標試験環境であることが求められている。また、特異な指定状況以外の試験環境精度に関しても推奨値として加えられた。守秘等にも関わり試験環境に関する情報がなかなか入手できず、内容としては試験実施内容の情報提供の色合いが強い。また、ガイドライン間の横通しの対応も十分ではなく反省することが多いが、最大として認められている2期作業を続けたことからひとまず専門委員会を終了する。

第28期も通じて本委員会へ情報提供頂いた国内の関係各位に御礼を申し上げるとともに、3つの試験環境ガイドラインが水槽試験を行う上で何某かのお役に立てれば幸いです。

2.12 Combined CFD/EFD Methods

日野孝則(横浜国立大学)

ITTCの関連分野において、CFDの役割は増大し、水槽試験(EFD)を補完するツールとして不可欠となっている。しかし、商用あるいは法的な目的の性能予測においてはCFDのみによる予測の信頼性は十分ではない。一方、EFDにも尺度影響などの不可避の不確かさ要因があることから、CFDとEFDを連携させることにより、より正確な性能予測が可能になることが期待される。この委員会の目的は、CFD予測の信頼性を向上させて、ITTCの推奨手順のなかにCFD/EFD連携手法を取り込むための検討を開始することである。

まず、水槽試験による性能予測の問題点をレビューし、CFDとの連携によって改善が見込まれる項目をリストアップした。実船スケールでの性能予測の精度向上にフォーカスすることが求められていたことから、実船スケールCFDの現状をレビューした。さらに、既に行われているEFD/CFD連携を、a)スケールアップ過程における経験則の検証(Friction lineや粗度影響など)、b)スケールアップにおける要素(形状影響係数など)のCFDによる評価、c)CFD

による流体现象の理解、d)CFD 援用による実験計画立案に分類した。

これらを踏まえ、CFD と水槽試験の連携によって現状の ITTC 推奨手順の改良につながるものとして、CFD による形状影響係数評価を選定した。Resistance and Propulsion Committee との共同作業により、CFD による形状影響評価に関するベンチマークスタディを実施し、水槽試験を補完するものとして有効であるという結論を得て、7.5-03-02-04 Practical Guidelines for Ship Resistance CFD 及び 7.5-02-03-01.4 1978 ITTC Performance Prediction Method に CFD による形状影響係数評価に関する記載を追加する改訂を提案した。また、この共同研究の成果は論文として公表された(<https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.108451>)。

同時に、CFD による性能予測に対して水槽試験と同様の精度保証を可能にするための方策が検討され、現状の不確かさ解析法のレビューなどを経て、試験水槽などで実施可能な実用的方法として、各機関で定めた CFD 解析の Best Practice Guidelines をベースとする精度保証法を、7.5-03-01-02 Quality Assurance in CFD Ship Applications として提案した。

その他、CFD/EFD 連携のために ITTC の各技術委員会ですらに検討を進めることが勧告され、CFD/EFD 連携に関する研究課題のリストなどが提示された。委員会での検討結果は、委員会報告とは別にステークホルダーに周知するために外部発表することが求められており、その準備を進めている。

なお、本委員会は次期 ITTC においても継続することになっている。

2.13 Manoeuvring in Waves

安川宏紀 (広島大学)

当初、韓国人 2 名、中国人 2 名、ブルガリア人 1 名、ドイツ人 1 名、ベルギー人 1 名、日本人 1 名の 8 名でスタートしたが、その後ドイツ人が一身上の都合で離れ、計 7 人で活動を行った。7 名のうち、日本、中国、韓国で 5 人を占め、しかもチェアマンは日本人という、アジア偏重の構成となった。会議は 4 回行われたものの、コロナ感染の広がりの中、最終的には、メール等のやり取りによって、報告書の作成が行われた。

主なタスクは、

1. 波浪中操縦運動に関わるガイドラインの作成
 2. 波浪中操縦運動に関するレビュー
 3. 最低主機出力の動向調査
- の 3 つである。

1 については、波浪中における拘束模型試験と自由航走模型試験に関する推奨手順として取りまとめたが、今欲しいのは推奨手順ではなく、あくまでガイドラインだ

そうで、その公開は見送られた。

2 については、波浪中操縦運動に関する理論計算法と水槽試験を中心にとりまとめた。近年、波浪中操縦運動に関する研究論文が多く見られるようになった。その理由の一つに、非線形な波の問題、船体剥離流、船体・プロペラ・舵の干渉など、古典的な方法では歯が立たなかった問題が CFD で取り扱えるようになってきたことが挙げられる。また、two-time scale 法の出現により、比較的簡単に、波浪中操縦運動の計算ができるようになってきたことも要因の一つであろう。水槽試験技術についていえば、日本で使用されているトータルステーションシステムが、完全非接触型の運動計測技術として、世界でも使われ始めていることを挙げておきたい。

3 は最低主機出力に関するものであり、最近 MEPC76 で 1 つの結論が出たものの、そこに至るまでの流れや問題点の整理を行っている。最低主機出力の問題は、波浪中操縦運動の知見が造船分野へ実際に貢献できるものである。

造船の立場から、波浪中操縦運動の分野を眺めると、今後どうなるのであろうか。ある人によると、「次は、波浪中における操縦運動の基準作り」という。ITTC では、その性質上、水槽試験のニーズが高まるような動きに出てくることがある。波浪中操縦運動の水槽試験は、不規則波中での旋回運動に代表されるように、操縦運動と波浪動揺の両方を精度良く捉えなくてはならない。そのためには、角水槽の革新が必要であるようにも思われるが、その方向への具体的な議論はほとんど行われていない。

2.14 Quality System Group

北澤大輔 (東京大学)

Quality Systems Group は ITTC の Technical Committee や Specialist Committee と並んで設けられている活動グループで、ITTC Quality Manual や ITTC 推奨手順及びガイドラインの作成・改訂・更新・確認を行っている。第 29 期は、ジェノヴァ大学の Marco Ferrando 教授を委員長として、計 10 名の委員で主に以下事項について取り組んできた。

まず、各委員会と連携して推奨手順及びガイドラインの修正や再編集を行った。9 つの推奨手順を削除し、13 個の新しい推奨手順とガイドラインを承認、また 62 個の推奨手順を更新した。また、84 個の推奨手順とガイドラインに新しい Word の数式フォーマットを適用した。次に、ITTC に関連する ISO の基準を注視し、ISO/TC008 (“Ships and marine technology”)の 11 個の文書、ISO/TC043 (“Acoustics”)の 1 つの文書、ISO/TC188 (“Small craft”)の 3 つの文書をリストアップした。ITTC Symbols and Terminology List に関して、70 個の文書をチェックし、このリストに含まれていない変数が多く使用されていることを確

認した。いくつかの変数の修正，追加や左手座標系の廃止などの修正が行われた。ITTC Dictionary of Hydromechanics では，石油・ガス開発を中心とした海洋工学の節を新たに作成した。UA(Uncertainty Analysis)に関して，Stability in Waves Committee, Maneuvering Committee, Ocean Engineering Committee の支援を行った。ISO での UA に関する基準，計量理論や UA の進展を調べて，SI 単位系に関する BIPM（国際度量衡局）の新たな基準，新しい SI 単位系の定義，BIPM の JCGM（計量関連国際ガイド合同委員会）の測定不確かさの表現への取り組み，ASME(American Society of Mechanical Engineers)の UA に関する基準，UA の計算ツール等を整理した。ITTC wiki については，技術的な問題が多く，情報共有は ITTC website で行えるため，廃止することが提案された。その他，ベンチマークデータの充実に向けた議論がなされた。

第 30 期に向けた提言としては，引き続き ISO 基準の改訂等を注視しつつ，ITTC 推奨手順及びガイドライン，ITTC symbols and terminology list, ITTC dictionary of hydro-mechanics 等を更新する必要がある。ITTC dictionary については，CFD(Computational Fluid Dynamics)や MASS(Maritime Acoustic Scoring and Simulation System)等の導入も検討する。国際的な他機関(BIPM/JCGM)での UA に関する取り組みをフォローしつつ，UA や確率過程に関する取り扱いについて各委員会を支援し，自律船の機械学習アルゴリズムにおけるデータの異常等も含めた新たな UA についても検討するとともに，ITTC symbols and terminology list に UA の項を設ける。ベンチマークデータについては，各委員会にアンケート調査を行ってデータの定義やフォーマットを整理し，データの収集及びアップロードを行う。

2.15 Working group on parameters for full scale power predictions

犬飼泰彦（ジャパン マリンユナイテッド）

本 WG は 2020 年に発足し，議長 Sofia Werner(SSPA)をはじめとする 7 名の委員と 2 名のオブザーバーで構成される。速力試運転が出来ない満載状態の性能を推定するために適切な模型—実船相関係数設定ガイドラインを作成することを目的として，2022 年までの 2 年間活動を行う。

背景として，精度検証が十分されていない満載状態の性能推定値は推定機関間に大きな乖離があることがある，ことが挙げられる。実船馬力を推定する機関が各自の手法の妥当性を第三者に証明するため，具体的には次の 2 つの方法が検討されている。一つは，テンプレートとなる模型/実船データセットを WG で用意し各機関が独自の手法を用いてそのサンプル船の馬力が適切に推定出来ていることを示す方法，もう一つは，テンプレートとなる

実船馬力推定法を WG で用意し，独自の手法で推定した馬力がテンプレート手法を用いた推定値と大差ないことを示す方法である。

総会では，参加者に対して次のアンケートが取られた。初めに，満載状態の推定精度が悪いことは船業界に悪影響を及ぼすかという問いかけがあり，Yes と Somewhat という回答が 90%以上を占め，WG と問題意識が共有されていることが示された。次に，どのようにこの問題を解決すべきかという問いかけがあった。全水槽で同じ相関係数を用いるべきであるという案への賛成票は全体の 3%であったのに対し，各水槽は独自の試験手法および推定手法を保持するが，満載状態と試運転状態の推定差を検証できる手法は開発されるべきだという案への賛成票が 93%を占めた。以上から WG 活動をサポートする意見が大多数を占めることが確認された。

相関係数に関するガイドライン作成には，まず実船計測結果(研究的に満載試運転をしたものか就航後のデータ)を入手する必要があるが，十分な品質のデータが集まるのか，という点が最も難しい点であり，総会では議長より実船計測データ提供の呼び掛けがあった。

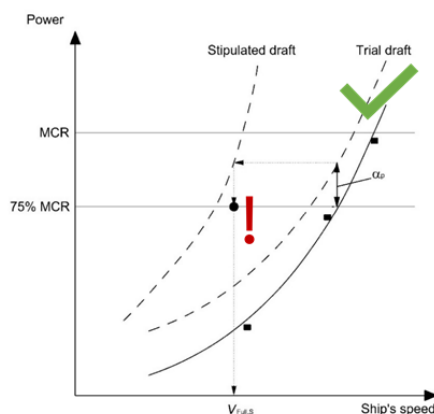


図 7 満載状態（計画喫水 or EEDI 状態）と試運転状態のパワーカーブの違い

3. 第 30 期 ITTC の体制

第 30 期 ITTC 技術委員会及びグループの構成と国内委員を表 1 に示す。このうちジャパン マリンユナイテッド折原氏は Full Scale Ship Performance Committee の議長を務める。

太平洋島嶼地区理事は第 30 期から大阪府立大学の片山徹教授が就任する。北澤大輔（東京大学），辻本勝（海上技術安全研究所），毛利隆之（艦艇装備研究所），松本大輔（三菱重工業），折原秀夫（ジャパン マリンユナイテッド）及び三上隆（三井造船昭島研究所）の各氏が第 29 期から引き続き Advisory Council（諮問委員会）に

参加する。また ISSC（国際船舶海洋構造会議）との連携を担う ITTC-ISSC Joint Committee は早稲田卓爾教授（東京大学）が ITTC 側委員として引き続き活動する。本編ではこれらの活動報告は省略したが、各氏が ITTC の重要な活動を担われていることを付記する。

表 1 第 30 期 ITTC 技術委員会・グループ及び国内委員（敬称略）

◇ 常設委員会 (General Committees)	
委員会名	日本からの委員
Resistance & Propulsion	犬飼泰彦 勝井辰博
Manoeuvring	岸本 隆
Seakeeping	箕浦宗彦
Ocean Engineering	二瓶泰範
Stability in Waves	松田秋彦
Full Scale Ship Performance	折原秀夫 黒田麻利子
◇ 専門家委員会 (Specialist Committees)	
Cavitation and Noise	佐藤 圭
Ice	松沢孝俊
Combined CFD/EFD Methods	新郷将司
Ocean Renewable Energy	村井基彦
Performance of Wind Powered and Wind Assisted Ships	久米健一
◇ グループ (Group)	
Quality Systems	北澤大輔
Future of ITTC	北澤大輔
Parameters for full scale power predictions	犬飼泰彦

4. 終わりに

ITTC は変革期にあり、法人化に移行するとともに様々な改革が進行中である。第 28 期に理事会の下に Future of ITTC WG が設けられ、その提言に基づいて、第 29 期中に法人格を有する ITTC.A が発足した。また第 29 期 WG でも様々な提言が行われ、総会での議決を経て実装された。主要な項目を以下に示す。

- ① ITTC 加盟資格の変更：従来は試験水槽を有することが加盟資格の一つであったが、数値シミュレーション技術を有する機関にも対象を拡大した。ITTC の生き残りをかけた重大な方針変更である。
- ② 地域バランスの是正：従来、ヨーロッパ 3、アメリカ 1、東アジア 1 及び太平洋島嶼地域 1 の 6 地域代表が理事会に加わっていた。第 30 期から東アジアが北及び西アジア（中国を含む）と南及び東アジア（韓国を含む）に分割され 7 地域となった。その結果、今

後は中国と韓国から 1 名ずつ地域代表が理事会に参加することになった。

- ③ 技術委員会の一化：常設委員会と専門家委員会の 2 つのカテゴリー（図 1）を一本化し、ホットなトピックスに、より柔軟に対応できる体制とした。第 31 期から実装される。

ITTC 法人化の目的の一つは IMO（国際海事機関）との連携強化にある。ITTC が作成する海上試運転実施法・解析法の推奨手順書が EEDI 規制の一部として位置付けられ、実質的に国際標準の性格を有することになった。ヨーロッパ及び中国は R&D 成果の出口に本手順書を位置付け、戦略的な活動を展開してきた。我が国においても第 29 期において同様の取り組みは行われているが、ITTC をより戦略的に活用するという観点があってもよい。一方で、IMO に直結する議論が行われる技術委員会においても、新たな手法を導入する際にはデータに基づいた検証作業が行われる。このような議論に耐えうる質の高い研究成果を出し続けることが我が国にとって最も重要であると考えている。

末筆ながら第 29 期 ITTC 活動に参加された皆様、その活動をサポートしていただいた所属機関の皆様にご心から御礼申し上げます。

第 29 期国際試験水槽会議 太平洋島嶼地区理事
宇都正太郎（海上技術安全研究所：当時）