

# 実運航を考慮した船舶の基本性能評価に関する 最新動向の調査

正員 塚本 泰史\*

## 1. はじめに

このたび、平成17年度「若手技術者等の活性化事業にかかる海外派遣」により2005年11月28日～12月9日の日程でヨーロッパの研究機関・船級協会を訪問した。この事業は日本財団の助成のもと、若手研究者・技術者の育成および活性化を図ることを目的として実施されている。

本調査・研究は「実運航を考慮した船舶の基本性能評価に関する最新動向の調査」をテーマとして実施した。

## 2. 背景

船舶の基本性能には推進性能、操縦性能、耐航性能、復原性能等、様々な性能がある。例として推進性能について考えると、推進性能は海上試運転時の速力で保証されることが一般的であるが、この速力は風・潮流・波等の外乱影響を取り除いた平水中の速力であり、船の一生を通してそのような状況で航行することは皆無に等しく、船舶の実用上の性能を適切に表現しているとは言い難い。実際に実海域におけるシーマージンの不適切な評価により所要馬力の不足となる場合もある。

実海域での性能を評価することは設計者側だけでなく運航者側においてもきわめて重要となるが、実海域の海象は複雑であるため確立された評価手法は少ない。そこで筆者はこの海外派遣プログラムの機会を利用して、海外における最新動向を調査した。

## 3. 派遣スケジュール

11月28日に長崎を出発し、ドイツのHSVAを皮切りにノルウェー、オランダ、スウェーデンの研究機関および船級協会を訪問し調査を行った。詳細スケジュールを表1に示す。

表1 派遣スケジュール

11月28日	長崎→ハンブルグ
11月29日	HSVA 訪問
11月30日	ハンブルグ→トロンハイム
12月1日	MARINTEK 訪問 トロンハイム→オスロ
12月2日	DNV 本部訪問
12月4日	オスロ→アムステルダム
12月5日	MARIN 訪問
12月7日	アムステルダム→エーテボリ
12月8日	SSPA, Chalmers 大学訪問
12月9日	エーテボリ→長崎 (12月10日着)

## 4. 調査内容

### 4.1 HSVA

HSVAはハンブルグ空港から車で約15分の街中にある。Managing DirectorであるMr. FrieschおよびMr. Mewisと面談させていただいた。

HSVAでは氷海中における船舶の性能推定に力を入れていた。従来、天然ガス等の資源は中東や東南アジアで生産されていたが、需要の増大により、近年は水で覆われた地域から資源を運ぶプロジェクトが進んでいる。こういった背景から氷海中の性能推定のニーズが高まっている。

氷海中を航行する場合は一般的にice breakerに追従して氷の裂け目を通ることが考えられるが、LNG船等では本船よりもice breakerの幅が小さく、1隻だけでは十分な航路幅を確保できずに本船に氷を切り開くための抵抗が掛かってしまうため、2隻のice breakerで本船の幅×1.5～2.0の航路を作りその後を航行することが考えられており、その模型試験が実施されている。

氷海水槽試験では所要馬力および操縦性能が計測されているが、精度に10～20%程度の誤差を含んでいるとのことであった。しかし、実船のice breakerでアイス状態と氷海航行時の所要馬力を計測し、実

\* 三菱重工業(株) 長崎造船所

船と模型試験の相関を蓄積しているため、実船・模型試験のデータベースから、ある程度の精度で実海域での所要馬力が推定可能となっている。実船における馬力計測結果としては、ice breakerで5~10隻程度の実績があるが、今後も大型船を含め実船での計測結果を進め、データベースを拡充していくとのことであった。



HSVA

#### 4.2 MARINTEK

MARINTEKは、ノルウェー第三の都市トロンハイムにある。トロンハイムは北緯63度に位置しているがノルウェーの西岸にあるため北大西洋海流の影響により、到着した12月初旬の気温も-5℃程度と想像していた凄まじさはなく、九州育ちの筆者でも何とか耐えられる環境であった。MARINTEKは、ノルウェー最大の工科大学NTNU（ノルウェー科学技術大学）に隣接しており、研究・人的交流において密接に関係している。NTNUのProf. Faltinsenと面談させていただいた後、MARINTEKのMr. Jullumstroを紹介していただき面談させていただいた。

MARINTEKでは、実海域での波抵抗推定に力を入れており、以下の実船での波浪中抵抗増加計測の実績がある。

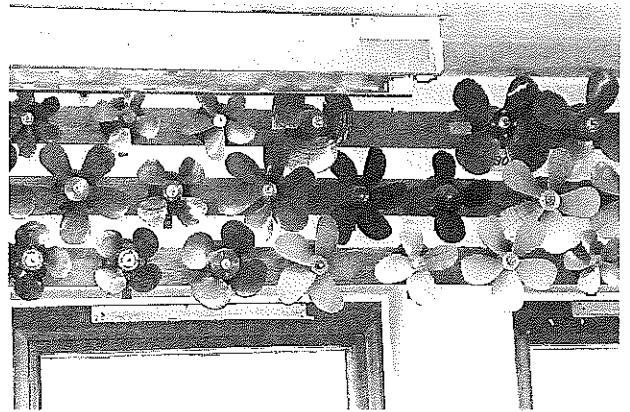
表2 MARINTEK 波浪中抵抗計測実績

客船	20~25隻
コンテナ船	10~15隻
フェリー	25~30隻

これらの結果から、波浪中抵抗増加模型試験との相関をとったデータベースを作成し、模型試験結果から実船の波浪中推進性能を推定しているとのことであった。なお、波浪中の抵抗増加は、周波数、ブ

ラントネス係数、bow形状で、実船計測値と模型試験結果の相関は違うため、様々なパラメーターを用いて相関を取っているとのことであった。実船の波計測では、radar式の波計測装置を用いて船舶の前方とbow直下の波の波高、波長、スペクトルが計測されている。なお、計測時には船体運動も同時に計測されており、bow直下の波データは船体運動により補正されている。

また、就航後の実船において、GPS船速、対水船速、主機出力、風向風速、舵角、波情報、船体運動などのデータを時々刻々計測し収集するシステム（モニタリングシステム）を用いて、就航後の推進性能や耐航性能を評価する試みも行われている。推進性能評価の際には、対水船速と対地船速の差から潮流速度を求め、潮流、風、波の影響の修正が織り込まれているとのことであった。



MARINTEKのストックベラ（壁に掛けてある）

#### 4.3 DNV本部

DNV本部は、オスロから電車で30分くらいのHovikという町にある。筆者が到着する1週間程前から急に気温が下がって雪が降り始めており、北緯60度とトロンハイムより南方に位置しているもののノルウェーの東側にあるため暖流の恩恵に与れず、トロンハイムと変わらないくらいの寒さであった。DNV本部ではMr. Austefjord, Ms. Hovem, Mr. Helmers, Mr. Brubakkの4名と面談させていただいた。

DNVではパネル法を用いた耐航性能計算法が開発されており、船体運動に関しては模型試験結果とかなり精度よく一致する所まで開発が進んでいた。このパネル法の耐航性計算結果を利用してAdvanced Decision Support System for Ship Design, Operation and Training (ADOPT)<sup>1)</sup>というシステ



DNV 本部



オスロの王宮 (Det Kongelige Slott)

ムを研究・開発中である。その概要は、船舶の前方海面の海象が、その時の船速で航行した場合にどの程度の危険度となるかを操船者に情報として与え、操船者はその情報を基に航路を選定できるといったシステムである。喫水、トリム、波高、波長を変えて事前に船体運動計算し、波浪中の船体運動のデータベースを作成する。そのデータベースを用いて航海中の船舶の前方に実際に存在する海域について危険度を判定する。危険度を判定するパラメーターとしては船体加速度や海水打ち込み、スラミングが考えられている。

また、実船における計測も実施されており、波状態、船体運動、縦強度等を計測し、模型試験結果や計算結果との相関を取っているとのことであるが、実船での波計測の精度が不十分で、厳密に相関を取るには、波計測機器の精度向上が必要とのことであった。

#### 4.4 MARIN

MARIN はアムステルダムから電車で1時間程南東に行ったワーゲニンゲンにある。MARIN では Mr. Rijsbergen に取りまとめいただき、推進性能、操縦性能、耐航性能のそれぞれの専門家である Mr. Grin, Mr. Jurgens, Mr. Dallinga, Mr. Mouhandiz, Mr. Boom の6名と面談させていただいた。

MARIN では STA-JIP (Sea Trial Analysis, Joint Industry Project) というプロジェクトが進められていた。このプロジェクトは、より厳密な速力試験解析法を開発し標準化することを目的とし、MARIN の他、船主や造船所等の15社程度が参加している。以下に STA-JIP 速力解析方法の特徴を示す。

- ・ ISO15016 の方法がベース
- ・ 波修正は、正面および斜め前方の波のみ修正
- ・ ホギングの修正がある 等

プロジェクトではソフトウェアの開発後、実際に海上試運転等で試用を行い、最終的には ITTC の承認を取得する予定で、2~3年後には内容を一般公開する予定とのことであった。

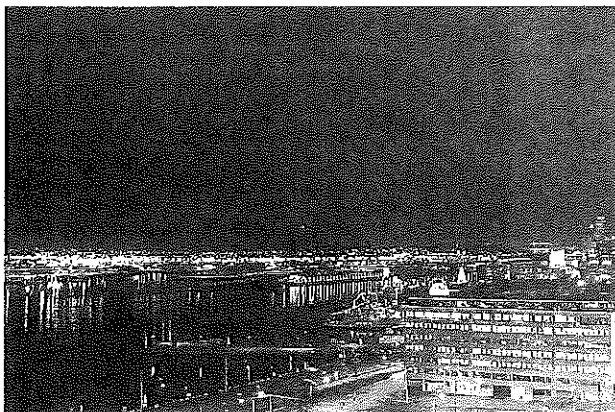
また、MARIN では SCENARIO SIMULATION と称するシステムが開発されていた。SCENARIO SIMULATION は運航計画を立てることを目的としたツールで、航行する海域の海象を input し、その時の速力低下や船体運動、スラミング、縦強度等を求める。スラミングや船体運動、縦強度が基準値を超える場合は故意に船速を落とし、運航スケジュールから遅れている場合は遅れを取り戻すべく船速を上げる。船体運動は time domain のストリップ法で計算されており、input としての海象のデータベースには風向風速、潮流方向・速度、短波頂の波スペクトル(周波数、方向)のそれぞれの時系列データが入っている。例として見せていただいた simulation は3時間毎に計算を行い、計5年間の simulation を実施したのとなっていた。MARIN の Trial & Monitoring チームには15名が専従しており、推進性能、操縦性能、耐航性能、縦強度等の実船計測が実施されており、これらの実船計測結果と模型試験や計算結果の相関をシステムに考慮して、より高精度の simulation も可能とのことであった。

#### 4.5 SSPA, Charmers 大学

SSPA は The Charmers Foundtion が出資する営利団体であり、Charmers 大学の敷地内の SSPA 棟にある。SSPA・Charmers 大では Prof. Bark, Mr. Lundstrom, Mr. Ottosson の3名と面談させていただいた。SSPA では DNV の ADOPT や MARIN の SCENARIO SIMULATION に似た研究が実施されていた。ここでも time domain のストリップ

法で船体運動計算を行いデータベースが作成されており、船舶前方の実海域の海象を波浪計測器や風向風速計で計測し、その海域に対してデータベースから速力低下や船体運動、スラミング等を求め、燃費、スピード等を考慮して航路選定するものである。航路選定は5,000~10,000通りの航路に対して計算を行い、最適な航路を選定することであるが、その航路判断モジュールは船舶および人身の安全面が絡んでくるため開発と調整が重要となる。

また、実船計測はCar ferry, Ro/Ro船で実績があり、海象のデータとして風向風速と波（波高、波周期）が、船体運動としてピッチ、ロール、3方向の加速度等が計測されている。実船と計算結果の相関に関しては実海域の波方向を風向と同一と仮定するなど精度に不安があり、厳密には評価できていないことであった。



エーテボリの港

## 5. おわりに

今回の派遣で調査した中には、海象から船体運動を計算させて燃費やタイムスケジュールを算出したり航路を選択するシステムを開発している機関が多数あった。船級協会や研究機関によって、目的・視点はやや異なるものの、同一の方向を目指した研究であった。これらのシステムを実用化するためには波浪計測機器（システム）の精度向上が不可欠であり、また、計算精度向上および計算結果と実船との相関を如何に取るかに大きな課題が残っていると感じた。

就航後モニタリングに関しても多くの機関で精力的に手掛けられており、今後益々発展する分野であるが、収集されたデータを解析・評価する方法が不十分であると感じた。それらを補うための一つの手法として、MARINで実施されているSTA-JIPのプロジェクトは有用な研究であると考えている。

今回の派遣で種々の実海域性能の評価方法を調査できたが、操縦性能の評価手法に関する技術は聴取できなかった。今般、国際的に操縦性能基準が整備されており、今後、開発が進められるべき分野であると考えている。

今回の派遣を通して技術的な情報だけでなく、海外の技術者との人脈を築けたことは大きな収穫であった。今回得られた知見と人脈を今後の業務に生かせるよう努力して行きたい。最後にこの貴重な機会を与えていただいた日本船舶海洋工学会および日本財団の関係者の皆様に深く感謝いたします。

### 参考 URL

- 1) <http://adopt.rtdproject.net>



塚本 泰史 (つかもと ひろふみ)

三菱重工業(株) 長崎造船所 造船設計部 計画課  
船舶流体力学  
hirofumi\_tsukamoto@mhi.co.jp

2005 年度若手研究者・技術者海外派遣

派遣者氏名	塚本 泰史
派遣者所属	三菱重工業 長崎造船所 造船設計部 計画課
調査テーマ	実運航を考慮した船舶の基本性能評価に関する最新動向の調査
訪問国	ドイツ、ノルウェー、オランダ、スウェーデン
派遣期間	2005 年 11 月 28 日～12 月 9 日
紹介者	
1. Mr.Mewis	HSVA Head of Resistance & Propulsion Department
2. Prof.Faltinsen	MARINTEK Faculty of Engineering Science and Technology
3. Mr.Austefjord	DNV Hydrodynamics, Structure and Stability
4. Mr.Rijsbergen	MARIN Project manager Ships-Powering
5. Prof.Bark	SSPA Shipping and Marine Technology
訪問先面談者 所属	
a. Mr.Mewis	HSVA Head of Resistance & Propulsion Department
b. Mr.Jullumstro	MARINTEK Senior research engineer Ship and Ocean Laboratory
c. Mr.Austefjord	DNV Hydrodynamics, Structure and Stability
d. Mr.Helmers	DNV Hydrodynamics, Structure and Stability
e. Mr.Brubbakk	DNV Head of section Noise and Vibration
f. Mr.Jurgens	MARIN Project manager Ships-Manoeuvring
g. Mr.Boom	MARIN Manager Trials & Monitoring
h. Mr.Grin	MARIN Project manager Ships-seakeeping
i. Mr.Ottosson	SSPA Project manager Maritime operations
調査内容(1)	実海域での性能評価法の調査 (HSVA)
<p>HSVA では、実海域での推進性能評価手法である速力解析方法については BSRA 法をベースに HSVA 独自の方法で解析している。実海域での操縦性能、耐航性能の評価に関しては、ほとんど実施していないが、模型試験の実績は多くある。推進性能や耐航性能の実船計測については HSVA では実施していないが、GL で実施されている内容を聴取した。その他、氷海中での実海域性能に力を入れており、模型と実船において所要馬力、操縦性能を計測している。今後、氷海中の性能推定のニーズが高まると見ており、データベースを拡充して性能推定・評価の精度を向上させていくとの事。</p>	
調査内容(2)	実海域での性能評価法の調査 (MARINTEK)
<p>実海域での推進性能評価手法である速力解析方法については、ITTC 法ベースの MARINTEK 独自の方法で解析している。推進性能や耐航性能の実船計測について精力的に実施しており、海象や船速、馬力、船の状態をモニタリングし、推進性能評価、耐航性能評価を実施している。実船での波抵抗計測を数十隻で実施しているが、波計測の精度不足が否めない。試験水槽と実験設備を見学・案内していただいた。</p>	
調査内容(3)	船体運動推定技術の調査 (DNV)
<p>パネル法(WAJIM)の船体運動計算結果を紹介していただいた。計算には 20 台の PC を並列稼働させて 2～3 日を要するとの事。計算結果は、模型試験結果とよく合っているとの事だが、実船</p>	

との比較は波計測の精度不足により厳密に評価できていないとの事。パネル法での船体運動計算を流用した ADOPT を説明していただいた。(ADOPT とは、実海域の波高や波方向、スペクトルを計測し、船舶の前方の海域の危険度情報を操船者に与えるシステム)。	
調査内容(4)	実海域での速力解析法の開発状況調査 (MARIN)
より厳密で確立された速力解析法の開発を目的とした STA-JIP のプロジェクト内容を調査した。造船会社や船社など総勢 15 社程度で開発中で、ソフト開発・試用を経て、最終的には ITTC の承認取得を目指している。解析方法の特徴は以下の通り。ISO15016 法がベース、波修正は正面および斜め前方からの波のみ修正、hogging の修正有、その他波計測方法(計測機器と計測方法)も規定されている。	
調査内容(5)	実海域運航 simulation 技術の調査 (MARIN)
運航計画するためのツール scenario simulation(船体運動を time domain のストリップ法で計算、実海域を仮想して運航状況を simulation するもの)を開発中でその内容を聴取した。実海域における実船計測(推進性能、耐航性能)を 15 名の専属チームが行っており、実船とストリップ法計算結果の相関から更なる精度向上を目指しているとの事。水槽や実験設備を見学した。	
調査内容(6)	実海域での性能評価法の調査 (SSPA)
速力解析法は ITTC 法をベースとした独自の方法を採用している。操縦性能に関しては、特殊な試みは行っていない。耐航性能では、time domain の strip 法を用いた航路選定システムを考案中。フェリーと Ro/Ro 船で各 1 隻ずつ実践計測し、船体運動の実船と模型船・計算結果とを比較したが、波計測の精度不足で厳密な評価は出来ていない。その後、水槽や実験設備を見学した。	

#### 特記事項

今回欧州の船級協会・研究機関における実海域性能評価に関する技術を調査し、各機関でどのような開発に力を入れているか、どういった方向に進もうとしているのかを調査することが出来た。また、各機関で実施されている同一の研究、例えば、実海象から実船船体運動を推定する研究等は、今後更に発展していく分野であり、日本の造船業界も研究の成り行きに注目しておくべき研究である。

MARIN で実施されている STA-JIP に関しては、実海域での推進性能を評価する有用なデバイスになり得るが、一方でその結論が適切なものであるのか造船所のみならず船社を含めて日本造船業界全体で検証する必要がある、今後要注目のプロジェクトであると考える。

各研究機関で、水槽設備・実験設備を見学し、各々特色のある実験が実施されていた。具体的には以下の通り。

HSVA・・・氷海試験、船体モデルを用いたキャビテーション試験

MARINTEK・・・スロッシングの試験、スプリングを利用して船体剛性を実船と相関させた耐航性能試験

MARIN・・・専用水槽にて offshore の試験

SSPA・・・offshore の試験、船体モデルを用いたキャビテーション試験

その他、各機関ともに POD 推進器を使用した推進システムの試験・開発を実施していた。