

所 外 発 表 論 文 等 概 要

〈特別研究官〉

小型高速艇の落下試験方法の検討

Study on the method of the drop test for small craft

宮本 武、平方 勝、加納敏幸、福島正朗

平成11年 6月

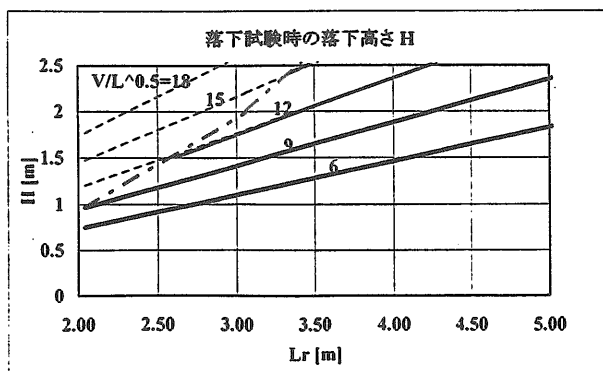
FRP漁船研究会誌第228号

小型FRP船体の構造強度を確認する方法の一つとして、日本小型船舶検査機構の落下試験基準がある。従来の基準では、落下高さは一律に2.5mと規定されており、船速や船の大きさ等を考慮した新たな落下試験基準が求められていた。

このような背景から、日本小型船舶検査機構「小型船舶の構造設計に関する検討委員会」において、平成9年度FRP複合艇（FRP製船体と舷側部がゴム製）及びアルミ合金艇を用いた波浪中実験及び落下実験を行い、長さ2mから5m程度の小型船を対象とした、船体の材質の違いによらずに、波浪中航走時に受ける最大衝撃荷重と等価な荷重を与える落下試験方法について検討を行った。

波浪中を航行する船舶の最大衝撃荷重をできるだけ合理的に推定するため、加速度に関して最大応答を示す波浪条件を設定し、そのような波浪条件の中で航行する船舶の運動から船底と水面との衝撃速度を推定し、波浪衝撃荷重を求める方法を検討した。

検討の結果、速長比をパラメータに船の長さに対する落下高さを図のように設定した新しい落下試験基準が平成10年12月にまとめられたのでここに報告する。



〈推進性能部〉

Preliminary experiments on microbubbles for drag reduction using a long flat plate ship

長尺平板模型船を用いた摩擦抵抗低減のための

マイクロバブル予備実験

児玉良明、角川 明、高橋孝仁

平成11年10月

1999 ONR WORKSHOP ON GAS BASED SURFACE SHIP DRAG REDUCTION

(oral presentation)

著者らは、マイクロバブルによる摩擦抵抗低減を実船に適用するため研究を行ってきた。マイクロバブル実験用の小型高速流路を製作して基礎実験を行い、壁面近傍の局所的ボイド率が摩擦抵抗低減率に最も影響することが分かった。

実船でのマイクロバブルによる摩擦抵抗低減率の推定のための第2ステップとして、長さ12mの平板模型船を製作し、曳航水槽においてマイクロバブル実験を実施した。本報告は、その予備的な結果を示す。模型船の幅は1mで、喫水は45mmであった。気泡は船首から3m下流位置に設けられた幅500mm、長さ100mmの多孔質板から注入された。

船の全抵抗を、船速5m/sec、7m/secにおいて、気泡注入量を変化させた状態で計測した。マイクロバブルによる抵抗低減量は、7m/secよりも5m/secの方が大きかった。抵抗低減が吹き出し板の下流の平板部においてのみ生じたと仮定すると、その部分のマイクロバブルによる摩擦抵抗低減量は最大で約50%に達した。

局所壁面摩擦応力を、Position 1、2、3において、流速5m/sec、7m/secで計測した。それらの位置は多孔質板の0.5m、1.8m、5.8m下流である。Position 1と2においては、これらの速度における摩擦抵抗低減率はほぼ等しかった。Position 3では、速度5m/secの方が7m/secよりも摩擦抵抗低減率が高かった。

境界層内の局所ボイド率を、吹き込み管を用いて、Position 1と3において、速度7m/secで計測した。Position 1におけるボイド率分布は、壁から10mm以内の領域で鋭いピークを示した。Position 3では、そのようなピークは存在せず、外側に向かって単調になら

かに減少した。

平板模型船の長さを、平行部を追加することにより28mに延長し、速度7 m/secにおいて予備走行を行ったが、計測は行われなかった。また、9月には、平行部をさらに追加することにより長さを50mに延長した実験を予定しており、もし間に合えば一部を発表する予定である。

マイクロバブルによる船の摩擦抵抗低減に向けて Toward Application of Microbubbles to Ships for Skin Friction Reduction

児玉良明

平成12年3月

(社)日本海洋開発産業協会機関誌
「海洋開発ニュース」平成12年3月号

地球温暖化対策として、船舶の排出ガス低減に貢献するため、船の抵抗の低減を目的とした研究を実施しており、マイクロバブルは、大型タンカーなどで抵抗の約8割を占める摩擦抵抗成分の低減を目的とするデバイスである。水の粘性によって発生する摩擦抵抗は、通常の流れの状態である乱流状態では層流状態よりも2桁程度大きくなるので、流れを乱流状態からいかに層流状態に近づけるかが、摩擦抵抗低減のポイントである。

マイクロバブルは最大約80%もの摩擦抵抗低減効果をもつ。この低減効果を解明するために実験を行い、気泡が壁近くに集まっているときに大きな低減効果が得られることが分かった。

マイクロバブルの船舶への実用化のためには、注入した気泡を出来るだけ長く船底に保持できるような船体形状と、気泡を船底に注入するために必要な仕事を考慮した正味の摩擦抵抗低減効果を考慮する必要がある。このことから、マイクロバブルに適した船は、平らで広い船底をもち、且つ高速な船であることが分かる。また、一度注入した気泡が下流方向にどれくらい長い間摩擦低減効果を保持するかも、重要な要素である。当所では長さ50mの平板船を用いて、大型タンカーの巡航速度に相当する毎秒7mの速度でマイクロバブル実験を行い、摩擦低減効果についての貴重な実験データを得ることができた。

シミュレーション援用船型設計 Hull Form Design Aided by Simulation

児玉良明

平成11年12月

「試験水槽委員会 (JTTC) シンポジウム
—船型設計と流力最適化問題—」講演集

まず、CFDが船型設計ツールとしてどこまで使えるかを調べた。伴流分布、船体表面圧力分布、自由表面波、船体抵抗値、推進性能、計算時間の短縮、計算結果の後処理、計算結果の信頼性について、計算結果を実験結果と比較することにより検討した。伴流分布・船体抵抗値では乱流モデルが、自由表面波では格子解像度が、計算時間の短縮ではマルチグリッド法などの収束加速法と計算機の発達、後処理では市販コードが、計算結果の信頼性では不確かさ解析が、重要であることを示した。

次に、CFDを用いた船型設計例として巡視船船型の試設計の例を示した。そこでは、プロペラチップ・クリアランスなどの設計条件や主要目が与えられ、Michell近似による造波抵抗計算を基にCpカーブ最適化が行われた。そしてフレームラインがCADにより決定され、CFDを用いた推進性能の推定によってフレームライン形状が改良され、最終的な船型が決定された。

そして、CFDをベースとした船型設計システムの型を、CFD部、CAD部、評価部、標準形式線図データ部、外部システム部 (CIM等) の集合体として示した。さらに、船型設計に適したCFDシステム像を、計算スキーム、非構造格子、自由表面波、乱流モデル、ライブラリー化、並列化、前後処理について説明した。最後に、シミュレーション援用船型設計は、まだいくつかの課題を残しているが、それぞれについて解決の見通しもあり、SBD (Simulation-Based Design) の一環として今後発展するであろうと述べた。

船型の形状最適化

Shape Optimization of Ship Hull Forms

日野孝則

平成12年7月

日本機械学会

「ここまでできる機械の最適化」講習会テキスト

ナビエ・ストークス方程式の数値解法であるCFD (計算流体力学) は種々の流体工学分野において、実用的な解析ツールとして用いられるようになってきた。船舶設計の現場においてもCFDによる流体解析は日常的に使用されている。この場合、CFD解析は与えられた形状のまわりの流れ場の情報を与えるツールとして用いられている。

最近では、高性能計算機ハードウェアの低コスト化により、CFDを利用した形状最適化が注目されるようになってきた。これは流体力学的最適設計の観点からCFD計算と非線形最適化手法によって最適物体形状を自動的に求める手法である。この場合のアウトプットは、与えられた形状のまわりの流れ場ではなく形状そのもの (およびそのまわりの流れ場) である。船型設計への応用も近年活発に行われるようになってきた。

当所においても、船体抵抗低減のためのアプローチの一つとして、CFDによる船型最適化の研究を進めている。CFD解析によれば船体のまわりの粘性流れをシミュレートすることができるので、船型最適化手法は強力な設計ツールとなることが期待される。しかし、この最適化問題は非線形問題であり、最適化過程においてCFD解析を繰り返すことから、最近の高性能計算機を用いたとしても依然として計算負荷がかなり大きい。したがって、船型最適化手法が実用的なツールとなるためには、効率的な計算アルゴリズムの構築が不可欠である。

ここでは、当所で開発した船型最適化システムを例にして、システムの構成、各要素の概要を述べ、実用的な最適化システムを構築するための要件を論ずる。後半では船型最適化の事例により、船舶設計における最適化手法の現状を紹介する。

Free-surface Flow Analysis around a Ship Hull using an Unstructured Grid Flow Solver

非構造格子法による船体まわりの自由表面流れの解析

李 信亨、日野孝則

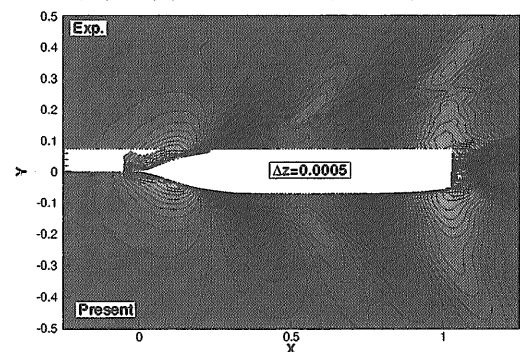
平成12年7月

日本流体力学会

第11回計算流体シンポジウム論文集

実用船型として非常に重要な高速コンテナ船のまわりの自由表面流れを数値シミュレーションによって解析した。このような複雑形状を扱うために非構造格子法によってレイノズル平均ナビエ・ストークス方程式を離散化し、非圧縮粘性流れをシミュレートする手法を用いた。本手法ではセル形状として六面体、四面体、三角柱、四角錐が使用できる。擬似圧縮性を導入した連続の式と運動方程式を、セル中心に変数を定義する有限体積法によって非構造格子上で離散化する。その際、流束差分法をベースにする風上差分を用いて対流項と圧力勾配項を評価し、中心差分によって粘性項を評価することによって空間2次精度を維持する。時間積分はオイラー陰解法による1次精度とし、効率的に定常解を求めるスキームとした。また、乱流モデルとしてSpalart-Allmarasの1方程式モデルを採用し、自由表面を扱うためにレベルセット関数による界面捕獲法を用いた。界面捕獲法では計算格子を空間に固定し、水面形状は各点で定義されたレベルセット関数の値を用いて追跡される。水面を扱う際の自由度が大きいので、複雑形状まわりの流れには特に適している。レベルセット関数は水面からの距離に対応するスカラー量であり、空中で負、水中で正の値をとり、値がゼロの当値面が水面に相当する。レベルセット関数は水面の運動学的条件と等価な移流方程式によって更新され、水面位置を定義する。

高速コンテナ船を対象として本法を適用し、当所などで実施された水槽試験による計測結果を用いて計算結果を検証した結果、コンテナ船のような複雑な実用船型についても、本計算法が自由表面流れの特性を合理的に予測できることが示された。下図はコンテナ船まわりの波紋に関する実験と計算の比較である。



コンテナ船型の波紋図 (上: 実験、下: 計算)

Numerical Simulation of Unsteady Flows around Ship Running With Forced Motion

強制動揺時の非定常船体周り流れの
数値シミュレーション

日夏宗彦
平成12年9月

Proceedings of The fourth Int.Cont.Hydrodynamics

近年、船舶の実海域における流体力学的諸性能を評価するための研究が盛んに行われつつある。波浪中の推進性能を調べるためには波浪中で船尾粘性流場がどのような挙動を示すかを調べる必要があり、このためにはポテンシャル理論では不十分であって、ナビエ・ストークス方程式を基礎とした数値解法に依らざるを得ない。本論文では、波浪中の船体周り流場を数値シミュレーションするための第一段階として、船体運動を考慮した非定常流場の計算法の開発を試みた。このため、船体運動を考慮した自由航走状態における船体周り流場及び強制運動状態の流場の数値シミュレーションを行い、実験結果と比較し、その結果に対する考察を報告したものである。

計算手法は、RANS (レイノズル方程式) を空間的に2次精度、時間的にはFractional Step法で離散化したものを数値的に解いた。計算に用いた船型は計算の単純化のため、Wigley船型とした。レイノズル数は計算の安定化のため100,000とした。まず、自由航走シミュレーションを行い、運動計算の妥当性を実験で検証した。その結果、ヒープについては実験結果とほぼ一致する結果が得られた。ピッチについては比較に用いた供試船の重心位置が不明であったため、この相違が結果のずれに影響しているものと思われる。これについては、模型船の慣動半径と重心位置を計測したうえで、静止状態から定常状態に至る実験データを取得し、計算結果と比較する必要がある。抵抗値については、実験結果からレイノズル数が100,000における値を推定した結果とあったので、計算コードには誤りはないと思われる。

次に強制ピッチ状態のシミュレーションを行い、運動モードにより流体力と伴流分布がどのように変化するか調べた。その結果、摩擦抵抗増加と伴流変化は同位相である、船首下げ状態で摩擦抵抗が増加するなど興味深い結果が得られた。

今後の予定として、一般船型にも計算可能とすること、入射波の影響を考慮することがあげられる。

Unstructured Grid Flow Solver for Ship Flows

船体まわり流れのための非構造格子による流体解析法

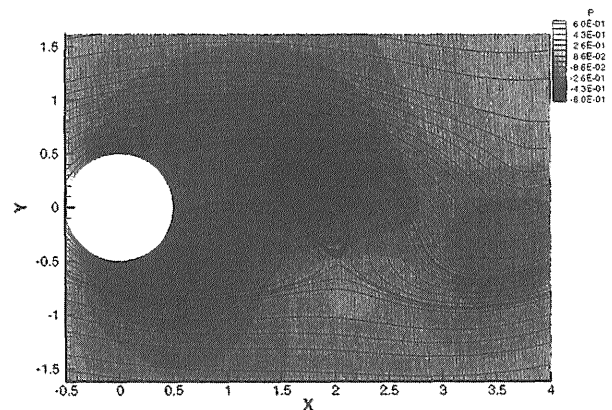
李 信亨、日野孝則

平成12年9月

Proceedings of Fourth International Conference on
Hydrodynamics

船舶流体力学における種々の問題に適用するために非構造格子による流体解析法を開発した。手法は、非圧縮粘性流れに関するレイノズル平均ナビエ・ストークス方程式を用い、擬似圧縮性を導入した連続の式と運動方程式を、セル中心に変数を定義する有限体積法によって非構造格子上で離散化するものであり、本手法ではセル形状として四面体、四面体、三角柱、四角錐が使用できる。乱流モデルとしてSpalart-Allmarasの1方程式モデルを採用し、自由表面を扱うためにレベルセット関数による界面捕獲法を用いた。また、近年その重要性が増している非定常流れを扱うために、時間微分の離散化には、2次精度の陰の後退差分を用い、1次精度で評価する擬似時間差分との組み合わせにより、各時間ステップで連続の条件を満たす計算法とした。

本手法を船体まわりの定常流れ解析や2次元非定常流れに適用した。図には円柱まわりの流れの計算例を示す。計算結果は他の実験結果や計算結果と良く一致しており、本手法による非定常流れ計算が有効であることが分かった。また、船体まわりの流れの計算結果も従来の手法とほぼ一致しており、複雑形状まわりの非定常流れを解析するための基礎を確立した。



円柱まわりの非定常流れの計算例

Unstructured Grid Flow Solver for Practical Ship Hulls

実用船型のための非構造格子による流体解析法

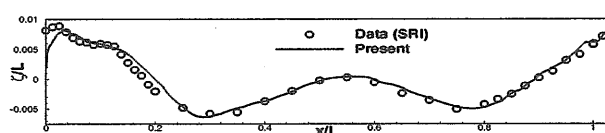
李 信亨、日野孝則

平成12年9月

Proceedings of Workshop on CFD in Ship Hydrodynamics

非構造格子による流体解析法を開発し、実用船型まわりの流れの数値シミュレーションに適用した。手法は、非圧縮粘性流れに関するレイノズル平均ナビエ・ストークス方程式を用い、疑似圧縮性を導入した連続の式と運動方程式を、セル中心に変数を定義する有限体積法によって非構造格子上で離散化するものであり、本手法ではセル形状として六面体、四面体、三角柱、四角錐が使用できる。この非構造格子法の特徴を活用するため、六面体と三角柱の組み合わせによるハイブリット格子により、船体から離れた領域の格子を粗くする手法を試みた。この手法により、計算セルに個数はオリジナルの格子の87.8%となり、CPU時間および記憶容量もそれぞれ12%および15%低減した。乱流モデルとしてSpalart-Allmarasの1方程式モデルおよびその改良モデルを採用し、船尾伴流への計算精度への影響を調べた。また、自由表面を扱うためにレベルセット関数による界面捕獲法を用いた。

計算結果はベンチマークとなる実験結果とよく一致しており、本計算手法の有効性が確認された。図はコンテナ船型の船側波形の計算値であり、当所の400m水槽で計測された実験値と良く一致していることがわかる。



コンテナ船型の船側波形の比較

Measurements of Surface Pressure and Local Velocity Field around a KCS Model and Uncertainty Analysis

KCS模型の流場計測および船体表面圧力計測と不確かさ解析

久米健一、右近良孝、竹子春弥

平成12年9月

船舶流体力学におけるCFDに関するワークショップ前刷集

2000年9月に開催される「船舶流体力学におけるCFDに関するワークショップ」では、各国CFD技術の精度評価が行われる。当所ではこの評価に用いるための検証実験データを供与した。本論文では、KRISO(korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering)Container Shipの模型を用いた、船体表面圧力計測および伴流計測の結果を報告する。また、伴流計測結果については、計測値の信頼性を示す「不確かさ」を計算した。

船体表面圧力計測は、左舷のS.S.3からS.S.1/2までと右舷のS.S.2からS.S.1までの範囲において、プロペラ無し曳航状態および自航状態で実施した。一方、伴流計測は、プロペラ面の後方0.25D (Dはプロペラ直径)の位置において曳航状態および自航状態について行った。これは、単にバルバスバウやスターンバルブが付いた実用的な船型の流場データを得ただけでなく、プロペラ直後の詳細な流れの様子を計測したことで、CFD計算の精度評価に大きく寄与するものと考えられる。不確かさ解析はAmerican National Standards Institute(ANSI)and American Society of Mechanical Engineers(ASME)が提案したstandard on measurement uncertaintyとAmerican Institute of Aeronautics and Astronauts standardに基づくThe uncertainty assessment methodologyに従っている。この不確かさ解析の目的は、実験結果が持つ不確かさを明示し、また減少させることであり、これはCFD研究者が計算コードの正当性を確認する上で大変有益な情報となる。

Flow Computation around a Tanker Hull Using Modified Spalart-Allmaras Model

改良Spalart-Allmarasモデルによる
タンカーまわりの流れ計算

日野孝則、平田信行

平成12年9月

Proceedings of Workshop on CFD in ship
Hydrodynamics

CFD技術の発展により、進行する船体まわりの定常流れのシミュレーションによって模型船スケールの抵抗は正確に計算できるようになってきたが、肥大船の後方に生じる大きく変形した伴流分布の再現は依然として困難な課題である。その原因は主として乱流モデルの不備にある。これまでに開発された実用的な乱流モデルの中で、SR222修正 Baldwin-Lomax モデルは非常にシンプルな修正でありながら、良好な性能を持っている。このモデルは、剪断応力と縦渦の3次元的な関係を考慮することによって、オリジナルの Baldwin-Lomax の渦粘性係数を低減させ、実験に近い伴流分布を実現している。しかしながら、このモデルは混合長さを代数的に決定する必要があるため、複雑形状を扱うための方法として有力な、非構造格子法や複合格子法への適用が難しい。

本論分では、非構造格子／複合格子へも適用可能で実用的かつ有効な乱流モデルとして、1方程式乱流モデルの一つである Spalart-Allmarasモデルを改良し、縦渦のある流れに対応させることを試みた。肥大船流れとして、KVLCC2タンカー船型を対象として二重模型流れの計算を行った。格子密度の異なるいくつかの格子による計算結果を実験結果と比較した結果、モデルパラメータCを適切に選ぶことで、下図に示すように実験で見られるフック型の伴流分布を従来よりよく再現できることが分かった。しかし、パラメータの決定方法についてはさらに検討する必要がある。

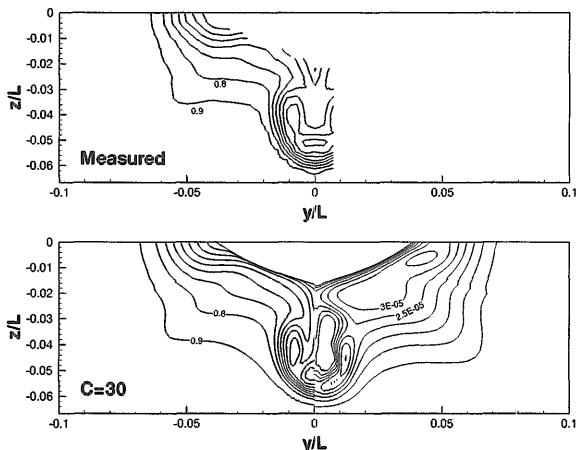


図 プロペラ面における伴流分布の比較

Numerical Simulation for Investigation of Influence of Ship Motion on Ship Wake

船体運動が伴流分布に及ぼす影響評価のための
数値シミュレーション

日夏宗彦

平成12年10月

Proceedings of Fourth Osaka Colloquium on Seakeeping
Performance of Ships

波浪中の船舶の推進性能を評価するためには、波浪中を非定常運動しながら航走する船体周りの流れを知る必要がある。このためには、粘性流場の解析が可能なCFD技術を波浪中の問題も扱えるよう拡張する必要がある。船体運動を精度よく解くこと、船体運動を伴う非定常流場の計算が精度よく実行できること、入射波の影響を考慮することなど多くの課題があり、これらの問題を解決するため、船体強制運動時の粘性流場の計算法を開発した。

本論ではそれを用いて、船体運動が船尾伴流にどのような影響を与えるかを調べることに焦点を当てた。規則波中を航走する船体の船尾伴流が増速されることは実験で知られているが、どのような運動モードが伴流にどのような影響を及ぼすのかを詳細に検討した研究は少ない。そこで、船体を強制ピッチ、強制ヒープ、強制サージさせた状態をCFDにより解析した。

得られた結果を用いて、各運動モードと摩擦抵抗、圧力抵抗、伴流分布、船速波形の変化について、すなわち運動との位相関係について考察した。また船尾伴流分布についても、各運動モードにおける船尾における平均流速の極小、極大値をとる状態の流速分布を例示した。その結果、強制運動により、伴流係数 $(1-W)$ が平水中のそれより増加することが示された。とくに強制サージ運動の場合、その増加が著しいことが明らかになった。伴流分布からは、強制ピッチ運動、強制ヒープ運動は、 $(1-W)$ が最大値になる時、船底部分の伴流分布が船体中央部に向かって収縮することを得た。一方、強制サージ運動では、 $(1-W)$ が最大値になる時、伴流分布全体は船体中心面に平行に収縮することがわかり、これが大きな平均流速の増加を与えるものと考えられるなど、興味深い結果が得られた。

Evaluation of Ship Propulsive Performance by analyzing Full-scale data and Time history of ship motion on actual sea

実船のデータ及び時系列データの解析による推進性能の評価について

南 佳成 塚田吉昭、日夏宗彦、辻本 勝
矢吹英雄、斉藤重信、野田英夫

平成12年10月

Proceeding of Fourth Osaka Colloquim on Seakeeping
Performance of Ships

船舶の推進性能は平水中での模型試験、試運転成績で評価される場合が多いが、実際に運航する実海域の状態でも評価しておく必要がある。実海域の推進性能を評価するためには、推進諸性能データ以外に航海中の海象状況も計測する必要がある。平成9年度に建造された航海訓練所の練習船青雲丸(2世)は気象、海象情報や主機馬力等のデータを船内に装備された各種センサーから船内LANを通じて自動的に時系列データとして計測することができる。

著者らは、青雲丸の世界一周航海時に得られたデータを用い、実船データ解析から実海域の推進性能評価法の検討を行った。また、この特定区間で向波と横波の2つの状態について1HZのサンプリング周期で馬力、船体運動、舵角、風、波浪の時系列データを同時に計測し、これらのデータをもとにエンジン馬力(以下、BHPという)の変動と船体運動、操舵、風及び波との関係についても調べた。

得られた主な結果を以下に記す。

- 1) 実船の計測データから水温補正及び移動平均処理を行ったデータを用いてアドミラリティ係数(以下Cadmとする)を求め、外乱と推進性能の関係を明らかにすることができた。
- 2) 外乱として相対風速、有義波高及び波向が推進性能に及ぼす影響を実船データ解析から評価した。相対風速はCadmの変化に大きな影響を与え、追波状態でも波高が大きい海象ではCadmが低下した。
- 3) 様々な外乱条件に対する推進性能(Cadm)の変化を評価するため、波については耐航性理論から波浪中抵抗増加を、風については模型船の実験データから風圧抵抗成分を推定し、外乱による推進性能(Cadm)の変化を推定した。実海域で計測したCadmと同じ外乱条件で上記手法で推定したCadmを比較した結果は定性的によく合っており、理論計算及び実験結果による推進性能推定法が実船の推進性能評価に対して妥当であることが確認できた。
- 4) 向波と横波の2つの状態において計測された推

進諸性能、船体運動、操舵、外乱の時系列データから各データの相関関係を調べた。特にBHPに関して、時系列データの変動成分は周波数解析から向波では相対風速の影響が大きく、横波では操舵の影響もかなり大きいことが分かった。

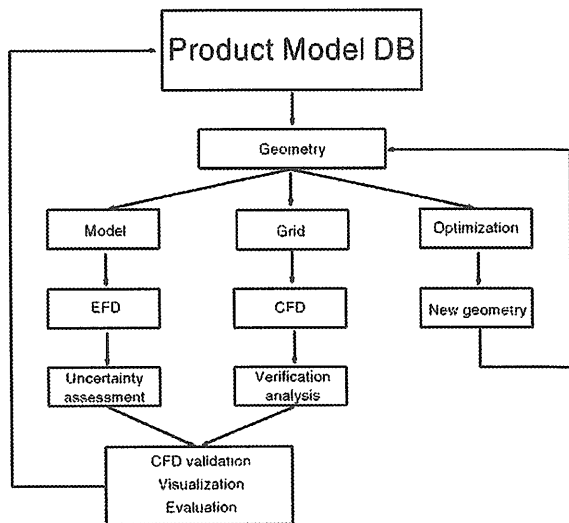
今後、さらに詳細に航海データを収集を行い、推進性能と各データの相関関係を明らかにし、実海域での推進性能評価法の検討を進めていく。

Concurrent and Complementary Experimental and Computational Investigations for Hydrodynamic Design System of a Surface Ship

同時的かつ相補的な実験と計算の統合による水上船舶の流体力学的設計システムに関する研究
 李 信亨、日野孝則、平田信行、児玉良明
 久米健一、竹子春弥、右近良孝
 平成12年11月

Proceedings of the International Mechanical Engineering Congress and Exposition

本論文では、船舶流体力学における実験と計算の統合的研究の結果を示した。当所で開発中の流体力学統合設計システムの基本概念および方法論、さらに船舶の基本的な流体力学的性能を論ずる上で必要な模型実験のデータおよびCFD（数値流体力学）計算結果が示されている。また、CFD計算を相補する実験データおよび計算結果／実験結果の不確かさ解析によってこれらの情報は総合的なものとなっている。この実験／計算の統合的研究によって、その構築が強く望まれている系統的な流体力学統合設計システムは、現在実用可能な技術を統合することで実現できる見通しが得られた。今後必要となる、実験流体力学と数値流体力学の改善および船体形状最適化技術の組み込み、仮想環境を可視化できるグラフィックユーザーインターフェイス（GUI）を用いたシミュレーション援用設計システムの構築である。



Computational Investigation of 3D Turbulent Flow Separation around a Spheroid using an Unstructured Grid Method

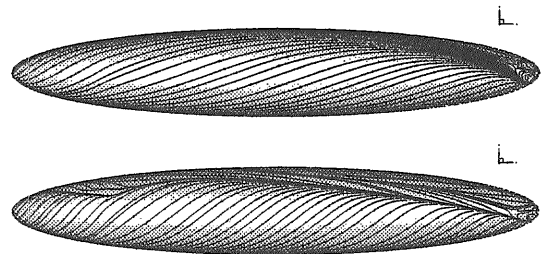
非構造格子法による回転楕円体まわりの3次元乱流剥離の計算
 李 信亨、日野孝則
 平成12年11月
 日本造船学会論文集第188号

非構造格子による非圧縮NSソルバーを用いて6：1回転楕円体まわりの剥離流れを解析した。層流と乱流の両者について迎え角を変えていくつかのシミュレーションを行い、流体力やモーメント、限界流線および速度場を実験結果と比較した。

層流流れの計算結果は、本計算法が迎え角の増加に伴う剥離領域の成長の様子をシミュレートしており、流体力やモーメントと剥離域との関係もよく捉えていることを示している。層流剥離では流れが非定常になる場合があることから、非定常流れの計算手法を適用した。

乱流剥離の場合には、層流剥離に比べて、剥離線が下流後方へ移動し、渦の領域が小さくなるという差が見られる。流れ場は計測結果とある程度一致しており、本計算法が3次元物体の後方の乱流剥離の予測に適用可能であることが分かった。

また、乱流剥離流れに対する乱流モデルの影響を検討するため、使用した1方程式Spalart-Allmarasモデルに修正を加えて流れ場を比較し、渦の核部分での渦動粘性係数の大きさが流れに大きな影響を持つことが確認され、3次元剥離流れのシミュレーションのためには、より高度な乱流モデルが必要であることが明らかになった。



図：物体表面上の限界流線、抑え角10°（上）および迎え角20°（下）

(運動性能部)

実船データ解析による実海域推進性能推定法の検証
Investigation on Ship Propulsive Performance in Actual
Seas Based on Probabilistic Method

辻本 勝、日夏宗彦、塚田吉昭、南 佳成

矢吹英雄、斎藤重信、野田英夫

平成12年5月

関西造船協会誌

船舶の総合的な性能の推定、評価を行うためには、船舶の基本性能としての平水中性能だけでなく、実海域での船舶性能の推定、評価を行う必要がある。前報(塚田等：実船データ解析による推進性能評価法の検討、関西造船協会誌第233号)では航海実績の時系列データを用いて実海域推進性能の推定、評価について検討を行ったが、瞬時値として得られる推定値の集合をどのように評価するかという点について更に検討が必要であった。一方、実海域を航行する船舶の性能推定法として確率論を基にした手法が開発されているが、その検証は船舶が遭遇した海象の計測精度の問題や、航海実績が公表されない等のため十分実施されていない。

本論文では船内LANを持ち、自動的に航海データを収集するシステムを備えている運輸省航海訓練所練習船青雲丸(2世)航海データを用いて、船速、燃料消費量、主機馬力の変化について確率論を基にした理論推定を実施した。これらの航海データは10分に1度自動収集されたものであり、1998年及び1999年の世界一周航海並びに1998年4月から1999年12月の間の4時期に日本海を航海して得られたデータの3種類に分類して解析を行った。そして船速、燃料消費量、主機馬力の変化について理論推定して得られる確率密度関数との比較を行い、理論推定手法の検証を行った結果、両者が良く一致することから、確率論を基にした理論性の有効性が確認できた。

さらに船速、燃料消費量の確率密度関数から、定時性及び運航経済性に係る指標として航海時間、総燃料消費量を求め、実海域推進性能を評価する手法について提案を行った。そして一例としてシーマージンを0%、15%、30%とした3つの場合について計算結果を示し、船舶建造や運航の計画時点で評価を行えることを示した。

On the Revised Integrated Green's Function Method
for the 3D Unsteady Flow around an Advancing Ship
非定常流中を前進する船舶に働く流体力を計算する改
訂積分グリーン関数法について

渡辺 巖、辻本 勝

平成12年10月

Proceedings of the 4th Osaka Colloquium on Seakeeping
Performance of Ships

航走する船体周りの非定常流場の3次元計算法について著者らは、先に、特異点を分布させるパネル面上の空間積分を行った後にフーリエ逆交換を行う方法(積分グリーン関数法)を提案し、被積分関数が原理的に問題なく計算できることを示した。しかし、パネルが自由表面に近い場合振動が残り、計算精度及び計算時間に影響を及ぼすため、実用的な手法であるためには大きな問題であることが分かった。

そこで積分をもう一歩進めて、標点となるパネル面上についても積分を行う方法(改訂積分グリーン関数法)を考案した。この手法は積分型の平均化を行うことで数学的特異性及び振動を解析的に処理するもので、特異点を分布させるパネルと標点となるパネルが水面にある場合でも精度良く積分が行われることを確認した。

この改訂積分グリーン関数法を用いて、前進する没水楕円体周りの非定常流場を計算し、本手法の有効性について検討した結果を報告している。

合理的な乾舷設定法について

Rational Method for Assigning Freeboard

小川剛孝

平成12年10月

電子情報通信学会技術研究報告平成12年11月号

船舶が必要とする最小の乾舷及び船首高さは、満載喫水線条約及び国内規則である満載喫水線規則で規定されている。これらの基準は主として経験則に基づいていること、制定後30年以上が経過していることから、見直し作業が行われつつあり、工学的手法を用いた合理的な基準の策定が望まれている。

近年、内航船の便宜を図るための新たな海域として限定近海という区分が設けられた。現行の満載喫水線規則では、沿海を航行する船舶及び遠洋・近海を航行する船舶について各々規則が定められているが、これらの中間に位置する限定近海の満載喫水線については現時点で規定は整備されていない。そのため、国内基準の見直し作業の一つとして、限定近海を航行する船舶の乾舷及び最小船首高さを新たに設定する必要がある。

そのため、当所では平成9年度より指定研究として合理的な乾舷設定法に関する研究を開始し、乾舷及び船首高さの評価手法の検討等を行ってきた。これまでの検討結果をもとに、現在運航されている代表的な内航船が、沿海、限定近海及び近海を航行した場合の海水打ち込み確率及び甲板荷重の発生率について長期予測計算を行い、海域の違いがこれらに及ぼす影響について検討を行った。また、その結果をもとに限定近海船の乾舷限定及び沿海船の最小船首高さの推定、乾舷の指定条件の検討を行った。

その結果、限定近海船に関して、海水打ち込みの観点から下記のような乾舷及び最小船首高さの設定が合理的に行えることが分かった。

乾舷に関して、船長にかかわらず沿海船の基本乾舷に修正係数として1.06を乗ずることで設定できることがわかった。また、最小船首高さは、近海船の最小船首高さに、以下に示す船長の関数で表わされる修正係数を乗じることで設定できることがわかった。

修正係数：

○Lpp100m未満の船舶 $1.0-0.0022 \times Lpp$ (Lppは垂線間長)

○Lpp100m以上の船舶 0.78

停止時の船に働く定常波力に関する模型実験

Model Experiment on Steady Wave Forces and Moment

Acting on a Ship at Rest

上野道雄、二村 正、宮崎英樹、野中晃二、原口富博

平成12年11月

関西造船協会講演論文集

関西造船協会誌235号

定常波力は一般に船速の影響を受けると考えられるが、操縦運動を推定する際には近似的に停止時の定常波力を用いることができることが報告されている。また、機関故障などで船が航行不能に陥った際の波による漂流運動を考える場合も、漂流速度は小さいと考えられることから、定常波力は停止時の値を近似値として用いることができると考えられる。このように、停止時の定常波力は船の操縦運動を推定する際の重要な外力の一つであると考えられる。

本報告では停止時の船に働く定常波力をVLCC模型を対象として模型実験によって計測した。また、3次元パネル法とストリップ法によって船体運動の計算をおこない、それぞれの計算結果をもとにNewmanの方法とSalvesenの方法によって定常波力の計算をおこなった。船体運動の振幅が2種類の計算値とよく一致していることから、本計測装置の移動部重量の悪影響が心配された前後揺れや左右揺れについても計測結果には大きな問題点はないと考えられ、ほぼ問題なく船体が6自由度で運動をおこなった状態で定常波力の計測ができたと考えられる。定常波力に関する検討では、Salvesenの方法による計算結果よりもNewmanの方法による計算結果の方が全般的に実験結果とよく対応していることがわかった。このことは理論的成り立ちから考えて妥当と考えられるが、それでも回頭モーメントについては前後力や左右力に比べて計算値と実験値の差が大きいことも明らかとなった。

今回の模型実験に際しては、定トルクモーターに前後、左右と船首揺れに対する復原力と反定常波力を発生させる機構をもった装置を用いて模型船に6自由度の運動をさせながら定常波力を計測した。前後と左右の移動部重量の問題やコギングの問題等改善すべき点はあるものの、上記のように本装置はほぼ満足すべき性能を有していることが確認できた。本装置は停止時よりさらに計測が困難と考えられる波浪中前進速度のある場合の船体運動と定常波力の計測にも利用できると考えられる。さらに、波浪中で前進速度のある場合の中でも直進時だけでなく斜航や旋回といった波浪中操縦運動時の船体運動と定常波力の計測も本装置を使って実施できるものと期待される。