

所 外 発 表 論 文 等 概 要

〈推進性能部〉

**Shape Optimization of Practical Ship Hull Forms
using Navier-Stokes Analysis**

ナビエ・ストークス解析を用いた実用船型の形状最適化

日野孝則

平成11年7月

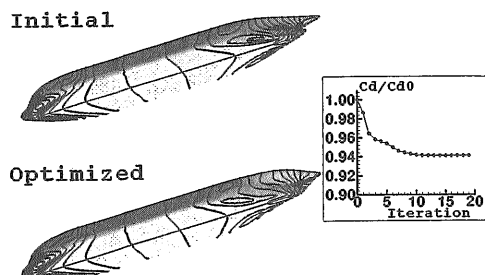
Proceedings of Seventh International Conference
on Numerical Ship Hydrodynamics

物体まわりの流れ場を計算するCFD（計算流体力学）手法と、SQP（逐次2次計画法）と呼ばれる非線形最適化手法を組み合わせ、実用船型を対象とする流体力学的形状最適化手法を開発した。

まず、実用船型のように複雑な形状を取り扱うために、形状の変化を原船型の半幅に重み関数を掛ける形で表し、重み関数のパラメータを設計変数とした。非線形最適化手法は、与えられた設計変数に従って船型を変更し、CFD手法によって流れ場および目的関数（抵抗などの流体力学的な性能）を求める。さらに、随伴変数法を用いて感度係数（設計変数に対する目的関数の勾配）を評価し、これらの情報を基に、流体力学的な性能が最適になる設計変数の組合せを自動的に探索する。

この手法を実用船型の抵抗最適化に対して応用し、排水量が初期船型より減少しないという制約条件、および機関設置のスペース確保のための幾何的制約条件の下で肥大船型の粘性抵抗を最小化する最適化問題を解析した。

図には、初期形状と最終形状のまわりに圧力分布を示す。この場合、19回の最適化反復によって粘性抵抗は約6%低減し、本手法が実用船型の形状最適化に対しても有効であることを確認した。



図：初期形状（上）と最終形状（下）のまわりの圧力分布と粘性抵抗の最適化履歴

船がつくる波を計算する

Computing Waves Generated by Ships

日野孝則、安東 潤

平成11年11月

日本造船学会

テクノマリン1999年11月号

船の波の計算法について概説した。

船の航跡が左右に約19度の角度で広がり、船がつくる波（ケルビン波）がほとんどこの範囲に限られる理由を素成波の重ね合わせを用いて説明した後、船がつくる波を計算で表現する方法について述べた。まず、速度ポテンシャルに基づくランキンソース法に関して、波の動力学的条件と運動学的条件の式の意味について述べ、これらを組み合わせ、線形自由表面条件式、さらに、ランキンソース法におけるDawsonの自由表面条件式を導いた。その後、数値計算の流れを説明し、さらに2次元円柱や船体まわりの造波など、いくつかの計算例を示した。

後半では計算流体力学（CFD）手法による波の計算について、自由表面条件の非線形な扱いについて述べた後、波面と計算格子の配置関係の相違からCFD手法は界面適合法と界面捕獲法に分けられることを示した。界面適合法は波面と計算格子を一致される手法で、計算精度が高い反面、波面の大きな変形には追従できない。一方、界面捕獲法では格子線と波面は一致しないので、計算精度の面ではやや劣るが、波面の大きな変形にも対応できる。それぞれの手法について、いくつかの計算例を示し、計算結果の検証の重要性を指摘した。

CFDによる船型最適化問題の現状

Present Status of Ship Hull Form Optimization
using CFD

日野孝則

平成11年12月

試験水槽委員会 (JTTC) シンポジウムテキスト

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を紹介して、最適化手法の現状および将来展望について述べる。

1方程式乱流モデルの船周り流れへの適用

Application of One-equation Turbulence Models for
Ship Flows

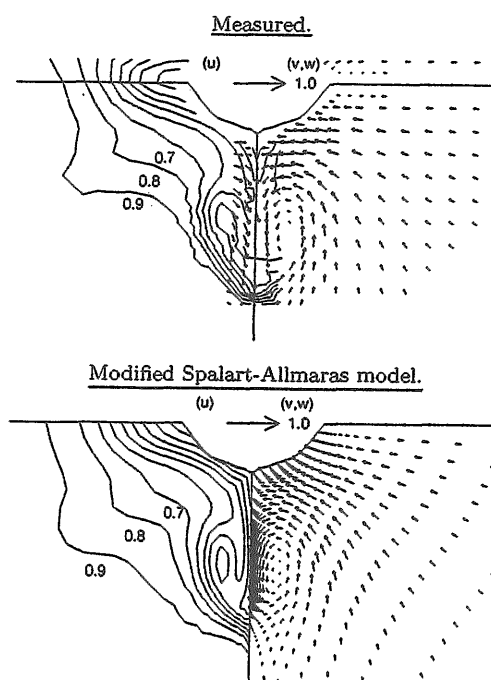
平田信行

平成11年12月

第13回数値流体力学シンポジウム前刷集ならびに
CD-ROM

船周りの流れにたいしてもCFDの進歩は著しく、抵抗に関して、実験値と数パーセント以内の相関を持つようになってきた。しかし、プロペラ性能を評価する上で極めて重要な肥大船の大きく歪んだwake分布の再現は大変難しい。これは、Baldwin-Lomax (BL) モデルに代表される低次の乱流モデルでは、船尾での渦動粘性係数を過大評価し、船体から剥離した縦渦が完全に発達しないためである。

本研究では、1方程式Spalart-Allmaras (SA) 乱流モデルの生成項を縦渦の核近傍で減衰させる修正を施し、2隻の肥大船に対して、従来のBLモデルによる数値計算結果や実験結果との比較を行った。なお、用いたNSソルバーは当所で開発したNEPTUNEコードである。結果は下図に示すように、今回提案した修正SA乱流モデルは、肥大船に特有なフック形状のくびれが再現できており、本修正モデルが有用であることがわかった。



図：SR196Aタンカー船型のプロペラ面におけるwake分布 (左側) と面ベクトル分布 (右側)

非構造格子による自由表面流れの計算
Computation of Free Surface Flows on
Unstructured Grid

日野孝則

平成11年12月

第13回数値流体力学シンポジウム前刷集ならびに
CD-ROM

計算流体力学(CFD)手法は種々の流体工学分野で実用的な設計ツールとして用いられるようになってきた。実験的な応用では複雑形状が問題になることが多く、格子生成技術と流れ解析技術の両者について複雑形状を扱う能力が求められている。非構造格子法は、そのためのアプローチの一つであり、格子の配置に規則性を要求しないことにより、形状取り扱いに関して高い自由度を持つ。また、船舶海洋工学においては自由表面流れが非常に重要であり、複雑形状まわりの自由表面流れの解析手法が望まれている。

ナビエ・ストークス・ソルバーを用いて自由表面を扱うための手法は2種類に大別できる。一つは界面適合(interface-fitting)法であり、自由表面形状は明確に定義され、追跡される。計算格子は自由表面形状に適合するように生成される。この方法は自由表面条件をその正確な位置で満足させるため、計算精度が高いという特徴がある。一方、自由表面の変形が大きくなると、計算格子の生成が著しく困難になるという欠点もある。もう一つの手法は界面捕獲(interface capturing)法である。この手法では、自由表面の形そのものは追跡されず、そのかわりに自由表面位置を表すスカラー量が用いられる。スカラー量として、例えばVOF (Volume of Fluid) 法ではセル内の流体の含有率が用いられ、level setでは、界面からの距離に符号をつけたものが用いられる。このアプローチの長所と短所は上の界面適合法の裏返しであり、自由表面形状が大きく変形しても対応できるが、計算精度の面では境界位置に格子点がないことから限界がある。

ここでは、非構造格子によるナビエ・ストークス・ソルバーを自由表面流れへと拡張する。非構造格子の利点である複雑形状への適合性を維持するためには、自由表面の変形に併せて格子を生成し直す必要がある。界面適合法よりも界面捕獲法の方が有利であるので、自由表面の扱いにはlevel set法を採用した。

計算結果から、自由表面近くに格子を集中させることで界面適合法と同程度の計算精度を達成できることが示された。非構造格子法の特長の一つである格子配置の自由度の高さを利用して、解適合格子法を併用することにより、複雑形状まわりの自由表面流れを効率良く計算する手法となることが期待される。

Statistical Analysis and Inference from the in-situ Data of the Sea of Japan with Reference to Abnormal and/or Freak Wave

日本海波浪データから見た異常波あるいはフリーク波の統計解析

富田 宏、川村隆文

平成12年5月

International Society of Offshore and Polar
Engineering Conference

ノルウェー沖合北海および北太平洋における実地波浪データより著者等によって示されたように、波浪の異常指標AIと海面における水位変動の統計的分布の尖り度(kurtosis)との間には良い相関が見られる。今回は日本海由良沖において1987年から1990年の間に当所によって取得された波浪データを統計解析することによって、ほぼ同様の傾向が確認された。

同所のデータに統計的処理を施して海洋表面水位変動、ゼロアップクロスならびにゼロダウンクロス波高、波極大値、波高と周期の結合等多くの短期統計分布を求めこれらを線形理論によるものと比較した。

次にAI (20分間のデータについての最高波高と有義波高の比) の長期統計を求め、線形理論による分布と比較し、かつKolmogorov-Smirnov検定を用いてその適合度の検定を行った。

有義波高、rms波高等代表的統計値と水位変動のエネルギーとの間の回帰分析を行って線形理論の妥当性を検証した結果、有名なForristalの実験式が成立しないなど、否定的な結果を得た。由良沖における海況は前回のノルウェー沖に比べて有義波高が1/2程度であり、荒天度が低いことからこれらの結果は波に対する水深比の小さいことからくる浅水効果であろうと推量された。

今回のデータで特徴的なことはAI値が2を超える波、いわゆるフリーク波が数多く発見されたことである。これはノルウェーでのデータにおいてフリーク波が皆無であったことと著しい対照をなすものである。さらに木村等によって定義され、ここで真性(genuine)のフリーク波と呼ばれている極めて特異な一発大波が当該海域では10例も取得された。この現象の真の原因については未だに解明されていないが、このような実海域での発見例を積み重ねることによって問題の核心に迫って行くことが出来るのではないかと考える。

〈運動性能部〉

**SIMPLE ESTIMATION METHOD ON SHIP MANOEUVRABILITY
BY MEANS OF MANOEUVRING PERFORMANCE DATABASE**

操縦性能データベースによる船舶の

操縦性能の簡易推定法

原口富博

平成12年5月

海事シミュレーションおよび船舶の操縦性能に関する
国際会議論文集

設計者が操縦性暫定基準を満足するような設計を求められた場合、初期設計段階で船舶の操縦性能を推定する必要がある。その際、簡単な推定法があれば便利である。そこで本論文では粗くても簡単な推定法を提案した。この方法では線形回帰方程式を用い、その係数は操縦性データベースにより決定する。回帰モデルは野本の式の指数から誘導され、そのパラメータは主に井上の式の線形流体微係数から構成されている。また、船尾フレームライン形状影響を表す係数として藤野、小瀬等によって既に提案されている σ も導入される。従って、初期設計段階で使用される主要目等で操縦性暫定基準の各指標を推定することができる。この提案された簡易推定法について、満載状態について精度が検討した。また、左右の操舵方向の違いを考慮できるほどデータ数が必ずしも十分でないので、左右の操舵方向の試験結果の平均値に対して推定精度の検討を行った。まず、この推定式の係数を求める際に用いた操縦性能データについて比較検討を行い、さらにこのデータに含まれない船舶についてその操縦性能の推定結果を比較検討した。その結果をまとめると次のようになる。

- (1) 操縦性能暫定基準の指標の中、アドバンス、タクチカルダイアミータおよび 20° Zのファーストオーバーシュート角については、本推定法で良く推定できる。
- (2) 10° Zのファーストオーバーシュート角については、ほとんどのデータは大略推定できている。しかし、一部のオーバーシュート角の値が大きいデータが推定できていない。これは、オーバーシュート角が大きいデータについては σ_a とオーバーシュート角の相関が他のデータと傾向が異なるためであり、精度を改善するにはパラメータの改良が必要である。
- (3) 10° Zのセカンドオーバーシュート角についても、ほとんどのデータは大略推定できている。しかし、一部残差が 10° を越えており精度の改善が必要である。

**CRITERIA FOR YAW-CHECKING AND COURSE-KEEPING
ABILITIES IN IMO'S INTERIM STANDARDS FOR SHIP
MANOEUVRABILITY**

IMOの操縦性暫定基準における回頭制動性能と針路

安定性能に対する基準

芳村康男、小瀬邦治、原口富博

平成12年5月

海事シミュレーションおよび船舶の操縦性能に関する
国際会議論文集

国際海事機関 (IMO) は、海難防止のため船舶操縦性暫定基準A. 751(18)を1993年に採択した。この基準は旋回性能、針路安定性能および回頭制動性能、および停止性能を含む典型的な操縦性能を包有している。しかし、この基準は十分な操縦性データをもとに決定されていないため、実際の経験に基づいて見直しが必要になってきている。このため運輸省では5年間にわたり多くのデータを集め、実際に実船に適用した場合に針路安定性、回頭制動性能および停止性能に問題があることを指摘している。

本論文では、現在の暫定基準で特に針路安定性能および回頭制動性能に対する基準を中心に操縦性基準を見直している。まず、これらの性能に対する指標を議論し、次いで多くの試運転データ、理論的研究、シミュレータスタディに基づく基準の評価を行い、最後に、操縦性暫定基準の見直しに対するいくつかの提案を行っている。

CFDによる操縦流体力の推定について
 Computation of Hydrodynamic Forces acting on a
 Ship in Manoeuvring Motion
 宮崎英樹、野中晃二、二村 正
 上野道雄、日野孝則、平田信行
 平成12年5月
 日本造船学会論文集 第187号

現在IMO (International Maritime Organization) の場で操縦性基準についての議論が行われており、今後は設計の段階でその船舶の操縦性能を精度良く推定することが必要となることが予想される。これまでは設計の段階で操縦性能を推定するためには模型試験による方式や、過去に建造された船舶の試運転結果のデータベースによる方法などが用いられてきた。しかし、コストや時間、精度などの面から、これからは近年飛躍的に発達しているCFD (Computational Fluid Dynamics) による方法が主流になると考えられる。

現在日本では、当所で開発されたNICEコードと東京大学で開発されたWISDAMの2つのNS (Navier-Stokes方程式) ソルバーを操縦流体力推定に用いている。この二つの方法は共に有限体積法で支配方程式を離散化するが、WISDAM法は非圧縮流体としてMAC法的に速度・圧力を求めていくのに対し、NICE法では擬似圧縮性を導入して定常解を求めている。しかし、両コードとも計算時間が膨大であり、より短時間で精度良く操縦流体力を推定できる計算コードの開発が望まれる。

本論文では新たに当所で開発された高効率なソルバーであるNEPTUNEコードを定常での操縦運動状態が計算可能になるように拡張し、実験値との比較を行うことで本計算コードの有効性について検討を行った。

NEPTUNEコードの離散化はNICE法と同じであるが、離散化した方程式を準Newton緩和法を用いて解き、計算効率向上のためにMG (Multi-Grid) 法や局所時間刻み法などを導入し、計算時間の短縮を実現している。

計算の結果、流体力についてはタンカー船型、コンテナ船型ともに十分な精度で推定できていることがわかった。船尾流場については若干の違いが見られるが積分値である循環値は良く一致しており、本計算コードの有効性が確認できた。

波漂流力に及ぼす水底段差の影響について
 Effects of a Sea Floor Step on Wave Drift Force
 谷澤克治、南真紀子、沢田博史
 平成12年5月
 日本造船学会論文集

特別研究「荒天下における航行不能船舶の漂流防止法等に関する研究」の一環として、大波高時の漂流運動の研究を実施した。本研究では、これまでに開発してきた時間領域における波浪中浮体運動の非線形数値計算法、通称数値造波水槽を活用するため、平成10年度には規則波中に置かれたルイスフォーム断面を有する2次元浮体を対象に、数値造波水槽で求めた波漂流力と線形理論による推定値ならびに実験計測値との比較検討を行い、数値造波水槽の精度を検証した。平成11年度には本非線形計算法をベースに非常に高速なシミュレーションが可能な線形計算コードを追加開発し、水底段差等の種々条件下での波漂流力のパラメータスタディーを実施するとともに、二次元水槽において対応する実験計測を行い、その妥当性を検討した。

本論文は以上の研究成果の概要について述べたものは、前半では数値造波水槽の概要 (線形・非線形) を簡単に紹介し、後半では数値計算結果と実験値との比較を紹介している。比較した項目は浅水域で水底段差が存在する場合の(1)自由動揺する浮体による波の反射透過係数、浮体の3自由度の動揺振幅、波漂流力等である。本論文ではこれらの項目について、浮体と段差との相対位置と入射波の波長をパラメータとして変化させた比較結果を示すことで、水底段差の波漂流力に及ぼす影響を明らかにするとともに、数値造波水槽が幅広い周波数帯で高精度に波漂流力を推定可能であることを検証している。

甲板水が甲板上構造物に及ぼす水平荷重の推定法に関する研究

A Prediction Method for Horizontal Impact Pressure on Deck Structures due to Shipping Water

小川剛孝、石田茂資、田口晴邦
平成12年5月
日本造船学会論文集第187号

満載喫水線基準について、近年条約及び国内規則の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。合理的に基準を規定するためには、これらが担保している安全性を定量的に評価する必要があり、著者らは、現在行われている基準の見直し作業において、海水打ち込みの観点から検討を行っている。

海水打ち込みはよく知られているように、船体及び甲板上構造物への損傷や作業性の低下を引き起こす可能性があるため、海水打ち込みに関する安全性を評価するためには、甲板水位及び甲板荷重を定量的に求める必要があると考えられる。甲板荷重を考える場合、上下方向にはたらく荷重だけでなく打ち込んだ水塊が甲板上を流下し、甲板上構造物等に作用する水平方向の荷重についても検討する必要があると考えられる。過去に行われた甲板上水位分布及びWater breakerに作用する衝撃圧の計測の結果によると、衝撃荷重のピーク値は甲板上水位5倍以上の水頭となり、決して無視できないものであると言われている。しかし、現在までのところ水平方向の荷重を対象とした研究は少なく、これを推定する手法として確立されたものは存在しない。

そこで本研究は、内航貨物船を用いた波浪中実験を行い、水平方向の衝撃圧を計測した。この実験では母船型の他にフレア形状を変えた場合と船首高さを変えた場合について計測を行っており、このような船首部形状の違いが水平方向の衝撃圧に与える影響について検討を行った。また、水平方向の衝撃圧について実用的な推定手法を開発したので同じく報告する。これは著者らが既に開発した洪水流モデルによる甲板上水位分布の推定法とWagnerによる衝撃水圧の推定法を組み合わせたものである。これにより推定した衝撃圧と実験値を比較したところ良好な一致をみたのでそれらの結果についても報告する。

Estimation of Wave Drift by Numerical Wave Tank, 2nd Report

数値造波水槽による波漂流力の推定、第二報
谷澤克治、南真紀子、沢田博史、内藤 林
平成12年6月

第10回国際極地沿岸工学会議プロシーディング

特別研究「荒天下における航行不能船舶の漂流防止法等に関する研究」の一環として大波高時の漂流運動の研究を実施した。本研究ではこれまでに開発してきた時間領域における波浪中浮体運動の非線形数値計算法、通称数値造波水槽を活用するため、平成10年度には規則波中に置かれたルイスフォーム断面を有する2次元付浮体を対象に、数値造波水槽で求めた波漂流力と線形理論による推定値ならびに実験計測値との比較検討を行い、数値造波水槽の精度を検証した。平成11年度には本非線形計算法をベースに非常に高速なシミュレーションが可能な線形計算コードを追加開発し、水底段差等の種々条件下での波漂流力のパラメータスタディーを実施するとともに、二次元水槽において対応する実験計測を行い、その妥当性を検討した。

本論文は以上の研究成果の概要について述べたもので、前半では数値造波水槽の概要（線形・非線型）を簡単に紹介し、後半では数値計算結果と実験値との比較を紹介した。比較した項目は浅水域で水底段差が存在する場合の(1)自由動揺に浮体による波の反射透過係数、浮体の3自由度の動揺振幅、波漂流力等である。本論文ではこれらの項目について、浮体と段差との相対位置と入射波の波長をパラメータとして変化させた比較結果を示すことで、水底段差の波漂流力に及ぼす影響を明らかにするとともに、数値造波水槽が幅広い周波数帯で高精度に波漂流力を推定可能であることを検証した。

〈構造強度部〉

波浪中の構造安全性評価法
Ship Structural Safety Evaluation Method
in the Sea Way

河邊 寛、田中義照、福岡哲二

平成12年2月

日本造船学会誌、第847号

日本造船研究協会第228部会「波浪中の船体構造の安全性評価の研究」(1996-1999)において実施された研究の内、筆者らが担当した船体構造に作用する波浪荷重に関する部分の研究を紹介したものである。内容は以下の項目より構成している。

- 1 波浪中の構造安全性評価法の考え方
- 2 長期予測における最大荷重と想定海象との関係
- 3 長期分布と短期分布の関係
- 4 新しい設計波条件の検討
- 5 内圧推定法に関する検討

1では現状の船体構造設計の構造安全評価のための波浪荷重の手順を整理し、波浪荷重と海象との関係を明確にすることの重要性を指摘した。2および3では波浪荷重の推定の基礎となる長期予測法を検討し、長期予測における超過確率が 10^{-8} 付近の波浪荷重の最大値は長期分布を構成する短期分布の中で短期パラメータが最大となる短期分布(最悪短期海象と称した)が支配的であることを導き、SR217の実船計測値およびバルクキャリアの試解析計算によってその妥当性を検証した。4ではその結果を用いて最悪短期海象を船体構造設計のための設計海象とする方法を提案し、具体的な事例を示した。5では液状貨物および石炭などの粒状貨物を積載した時に船体運動により船倉内に作用する荷重について検討し、特に今まで十分な資料が無かった粒状貨物による内圧推定に実験と理論計算による考察が加えられた。

波浪荷重の長期分布と遭遇海象との関係
(第2報 疲労被害度と想定海象)

Contribution of Supposed Wave Condition on Long-term Distribution of Wave Induced Load (2nd report Relation Between Fatigue Damage Ratio and Supposed Wave Condition)

河邊 寛、田中洋志、柴崎公太

平成12年5月

日本造船学会論文集、第187号

船体構造部材の疲労強度評価には、生涯にわたり船体に作用する波浪荷重の負荷履歴が必要となる。しかし、そのような荷重履歴を個々の船舶について予測する技術は現在のところ未解決であるので、波浪荷重の長期分布とSN線図を用いてマイナー則をベースとした線形疲労被害度によって疲労強度を評価している。船舶の航行する海域の想定海象と波浪荷重の長期分布および疲労被害度との関係は、例えば、日本-PG航路、北大西洋航路などの海象統計に基づく疲労被害度の数値の大小関係について検討した報告は多数あるが、船体の波浪に対する応答特性あるいは想定海象の統計的性質などの要素がどのように疲労被害度と関係があるのか詳細に検討した例はほとんど無い。

本研究は疲労強度評価のための波浪荷重の長期分布の分布形状と想定海象の関係を調べることを目的に、修正マイナー則をベースにした線形疲労被害度を想定海象の有義波高、平均波周期および波との相対角の寄与率から検討する方法を導き検討した。それによって、疲労被害度には特定の平均波周期および波との相対角が顕著に影響を与えることを明らかにした。この疲労被害度に大きく寄与する海象は、第1報で示した最悪短期海象の平均波周期及び波との相対角と一致し、最悪短期海象から疲労被害度を計算する方法を導いた。この方法は、長期分布の最大荷重のみならず分布形の全体像も精度よく推定可能で、座屈・大変形および疲労被害度の検討のための統一的な波浪荷重の長期分布の計算法として提案している。

〈機関動力部〉

交通・物流武門 船舶（概況と話題）

Transportation and Logistics Division (Ship)

城田英之

平成11年 8月

日本機会学会誌1999年 8月号

日本における1998年の船舶の建造・受注実績、船舶及び造船所にまつわる1998年の話題について、以下のように概説した。

1. 概況

1998年に世界で建造された100総トン以上の新造船建造量は2359万総トン（前年比6.5%減）であった。日本の建造量は990万総トン（前年比0.4%増）で、韓国（681万総トン）を抑えて引き続き世界一の座を堅持した。

また、我が国の新造船受注実績は、運輸省建造許可ベース（2500総トン以上、または長さ90m以上の船舶）で331隻、1068万総トンである。1997年に比べて隻数で19.2%の減少、総トン数で17.8%の減少となった。

2. 話題

企業が社会経済的ニーズとのバランスの中で環境保全を進める姿勢がますます求められてきおり、造船所でも国際規格ISO14000シリーズ（環境マネジメントシステム）を取得する動きが徐々に活発化してきている。

新造船船では、SSTH（超細長双胴船）船型を初めてカーフェリーに採用した70メートル級高速カーフェリー「オーシャンアロー」が熊本一島原間に就航した。また、1998年冬、カリブ海に就航したクルーズ客船「パラダイス」が、客船としては世界で初めて全船禁煙としたことで話題を呼んだ。

新時代への展開（3）近未来の技術「太陽水素メタノールエネルギーシステム」

Development for New Era, (3), Near Future Technology, "A Solar-Hydrogen-Methanol Energy System"

平岡克英

平成11年10月

日本造船学会 造船設計・技術研究委員会
第4回造船設計シンポジウムテキスト

標題の太陽水素メタノールエネルギーシステムは海外の砂漠上に設置した太陽光発電設備によって得られる電力で水を電気分解して水素を製造し、これと日本の発電所で回収したCO₂とでメタノールを合成し、さらに日本へ輸送して自動車用の石油代替燃料として供給するエネルギーシステムの概念であり、種々ある自然エネルギーを利用する水素エネルギーシステム概念の中の一つである。

本稿では太陽水素メタノールエネルギーシステムの概念の背景となる地球温暖化・エネルギー資源問題および水素エネルギーシステム研究開発の現状を概観するとともに本エネルギーシステムの概念設計、本システムによって化石エネルギー消費量とエネルギー起源CO₂排出量がどの程度低減されるのか、その試算結果について述べている。

地球温暖化対策としてのエネルギー起因CO₂排出量低減は国際的な政治課題であり、日本はCOP3において1990年比6%削減のコミットメントをしている。また、現在は石油の需給は楽観視されているが近未来の世界的なエネルギー需要の増大にたいして石油代替エネルギーの開発はエネルギー安全保障として非常に重要である。特に運輸部門はそのエネルギー供給源のほとんどを石油に依存しており、その必要性が高い。そこでそれ自身からはCO₂を排出しない太陽エネルギーを利用して水素を製造し、火力発電所の排気ガスから回収したCO₂とでメタノールを合成して自動車部門に供給する太陽水素メタノールエネルギーシステムを提案している。

本システムは1996年に自動車部門が消費した石油エネルギーと発熱量で等価なメタノールを供給するためには太陽電池モジュール面積は8,450km²、海上輸送には24万DW石油タンカー級のメタノールタンカー59隻と液化CO₂タンカー131隻を必要とする。システム製造時には1996年の自動車部門の燃料消費量の約5.3倍の投入エネルギーを必要とする。システムの寿命を20年とするとライフサイクルでは省化石エネルギーとCO₂排出低減が可能であり、1996年の運輸部門と火力発電部門のCO₂排出量を約20%低減してCOP3の目標年である1990年レベルまで下げることがで

きる。しかし、非常に大きなシステムであり構築には材料のリサイクルも含めた長期的な視点が必要である。

船用ディーゼル機関から排出される揮発性有機化合物(VOC)の計測

Measurement of Volatile Organic Compound (VOC) from Marine Diesel Engines

中島康晴、高杉喜雄、菊地正晃、桑原孫四郎
西尾澄人、石村恵以子、張 潔、西川和美

平成11年12月

日本機械学会第8回交通・物流部門大会講演論文集

船用ディーゼル機関から排出される揮発性有機化合物(VOC)の排出特性を検討した。実験には、中速及び高速ディーゼル機関ならびに3種類の燃料を使用し、VOC成分としてはメタン、エタン、エチレン、プロパン、プロピレン、ベンゼン、トルエン及びホルムアルデヒドを計測した。

実験の結果、全般的な傾向として、いずれの機関及び燃料を用いた場合においても、計測対象物質のうち、メタン、エチレン、プロピレン及びベンゼンの排出量が多く、同じC2及びC3炭化水素であっても、飽和炭化水素であるエタン及びプロパンの排出量は不飽和炭化水素であるエチレン及びプロピレンと比較してきわめて少ない。また、芳香族炭化水素ではトルエンよりもベンゼンの排出量が多い。さらに、機関の種類による比較では、高速機関では中速機関よりもホルムアルデヒドの排出量が多く、さらに、乳化燃料の使用によりその排出量は基材燃料使用時の約1.5倍に増大している。また、メタンを除く全ての計測物質の排出濃度は環境大気中の濃度を大きく上回った。

次に、各機関ごとにVOC成分の排出特性を検討すると、高速機関ではエチレンの排出量が突出して多く、プロピレン、メタン及びベンゼンがそれに続く。また、燃料を軽油から乳化燃料に交換した場合、特にメタンの排出増大が著しく、排出濃度は約7倍に増加した。さらに、エタン及びプロパンも乳化燃料の使用に伴い5~7倍に増大した。一方、中速機関では全般的にメタン及びエチレンの排出量が多く、プロピレン及びベンゼンがこれに次いでいる。燃料をA重油からC重油に交換したことによる変化は、メタン及びベンゼンでは顕著ではないが、エチレン及びプロピレンでは排出濃度の低下をもたらした。

これらのVOC成分の排出が大気環境に及ぼす影響は、各成分の環境中での成分・消滅機構が異なるため、さらなる検討が必要であるが、本研究の成果は船用ディーゼル機関からの排出実態解明の端緒となるものと期待される。

コンテナ固縛評価手法の研究

Development of Method for Evaluating Securing Arrangements of Containers on Deck

中村朋広、安部浩二、坂本宗彦、太田 進

平成12年3月

日本航海学会論文集 (第102号)

コンテナ船の甲板上コンテナの流出事故を契機として、IMOは船舶に貨物固縛マニュアルの搭載を義務付けた。貨物の固縛評価手法は多くの船級協会により示されているが、国際的に統一された手法は未だ開発されておらず、以下の問題がある。

- ① 固縛評価手法の内容は船級協会毎に異なり、同一の条件であっても、評価結果が異なる。
- ② 各船級協会の固縛評価手法は、基礎となる考え方が示されておらず、近年の大型船で採用されているラッキングブリッジを用いた固縛方式への適用の可否が明らかでない。

これらの問題点を解決するため、「物理的に可能な限り明確な根拠に基づき」、「様々な固縛方式に適用可能な」貨物の固縛評価手法を開発することを目的として、日本造船研究協会に第234研究部会が設置され、日本財団の支援のもと、当所と共同で、平成9～11年の三カ年計画で研究を実施している。本研究は同部会の研究の一環であり、所与の加速度条件下におけるコンテナ各部及び固縛ロッドに作用する種々の力の評価方法（コンテナ固縛計算モデル）の開発を目的としている。本研究では、二次元の線形計算である固縛計算モデルを開発するとともに、その検証を目的として、計算の入力となるコンテナのラッキング剛性及び固縛ロッドの剛性を計測し、陸上の動揺台において二段積みコンテナを用いて傾斜試験を実施するとともに、冬季北太平洋航路において約三ヶ月間の実船試験を実施した。その結果、以下の結論を得た。

- ① 固縛ロッドは十分な張力を有する範囲では線形なバネとして扱える。また、コンテナのラッキング変形も線形なバネとして扱える。
- ② 片方の固縛ロッドの強力が零に近い場合を除いて、本固縛計算モデルは妥当であり、今後、固縛計算モデルを開発する際の基礎として用いることができる。

燃料噴射系の電子制御化による船用ディーゼル機関の排ガ斯特性の改善

その1 A重油使用の場合

Exhaust Emission Characteristics of a Marine Diesel Engine with an Electronically Controlled Fuel Injection System

Part1 On the Case of Marine Diesel Fuel

張 潔、高杉喜雄、桑原孫四郎、菊地正晃

西尾澄人、石村恵以子、中島康晴、菅 進

平成12年5月

日本船用機関学会64回学術講演会 講演予稿集

ディーゼル機関の排ガ斯特性の改善を目的として、実験用中速4サイクルディーゼル機関の燃料噴射系を電子制御化する試みを行った。燃料噴射ポンプは電気信号を受けて油圧で駆動される。

今回は、燃料としてA重油を使用し、船用負荷特性で試験を行った結果について報告する。

- (1)燃料噴射系を電子制御油圧駆動化することによって、カム駆動式に比べて低負荷域でのPM排出量を大幅に低減させることができた。これは油圧駆動によって低回転数域での燃料ポンプの作動速度が相対的に高まり燃料噴霧特性が改善されたことによる効果が大いと考えられる。
- (2)燃料着火タイミングを変えて機関運転実験を行い、NO_xとPM排出特性および燃料消費率を総合的に最適化する着火タイミングについての検討を行った。最適着火タイミングを選定することにより、特に低負荷域ではNO_x排出量の低減の低域と同時にPM排出量および燃料消費率の改善が得られた(図)。最適着火タイミングは機関負荷条件によって異なるため、電子制御による最適化制御は排ガ斯特性の改善に有効である。
- (3)油圧作動圧力を高めることにより、燃焼特性はさらに改善される傾向が認められた。しかし、本装置で作動圧力を高くすると燃料配管の振動や着火タイミングのぶれが生じ、機関運転が不安定になるなどを経験した。装置の小型化、取り扱いの容易さなど改善すべき課題も多く、本装置の一層の改良が必要である。

