

所 外 発 表 論 文 等 概 要

<推進性能部>

Scope of CFD for Computing Ship Flows

船体まわり流れ計算のためのCFDの展望

児玉良明

平成10年5月

Proceedings of Third Osaka Colloquium on Advanced
CFD Applications to Ship Flow
and Hull Form Design

船体まわり流れのためのCFD(計算流体力学)の現状を、伴流分布、船体抵抗、操縦性能、プロペラ・船体・舵干渉、実船状態、自由表面流、多相流、計算効率についてレビューする。

伴流分布については、乱流モデルが支配的な影響力をもっており、修正Baldwin-Lomax乱流モデル、レイノルズ応力モデルの2種類のモデルが、肥大船のhook型の伴流分布をシミュレートすることができるが、十分な推定精度をもつためには、更に研究が必要である。

船体抵抗については現状でもかなりの推定精度があり、数10隻の船型による計算と実験の比較では、誤差±2%の相関が得られた。ただし、船尾縦渦が強い肥大船では、乱流モデルのさらなる改良が必要である。

操縦性能については、斜航・旋回状態に船体に働く横力やモーメントがCFDによって高い精度で推定され、また、船型の差も表現することができる。今後は、Z試験など実験の操縦運動のシミュレートを可能にすべきである。

プロペラ・船体・舵干渉では、プロペラを体積力で表す方法が用いられているが、舵に働く抗力を過大に評価するという問題点がある。

実船流れでは、実船相当の流れを直接推定できるのがCFDの大きな特長であり、高い精度が期待されるが、計算結果と比較検討すべき実船データが少なく、十分な検討ができない。

自由表面流では、波型・造波抵抗ともに高い精度で推定可能である。しかし、スプレーや碎波などトポロジー的变化を伴う場合は計算が困難であり、今後は多相流的取り扱いを進展させる必要がある。計算効率の点では、マルチグリッド法が効果的であり、計算時間を従来よりの数分の1にすることができる。

以上、船体まわり流れのためのCFDは着実に発達しており、今後もさらに発展が期待できる。

Effect of Microbubbles Distribution on Skin Friction Reduction

摩擦抵抗低減に及ぼすマイクロバブル分布の影響

児玉良明

平成10年7月

Proceedings of the International Symposium on
Seawater Drag Reduction

船底に沿って発達する境界層中に微小な気泡を注入して摩擦抵抗を減少させるマイクロバブルは、船の抵抗低減デバイスとして注目されている。本報告では、当研究所において行われているマイクロバブルに関する実験的研究の概要を紹介した。

マイクロバブルの基礎実験を行うため、専用の小型高速流路を製作した。それはダンプ・タンクをもち、気泡を注入した状態で連続実験ができる。気泡は微細な多数の孔をもつ焼結金属板を通して水中に注入される。計測部での気泡状態の観測は、YAGレーザを光源としたハイビジョン・カメラ撮影によって行われる。壁面摩擦係数は、摩擦応力計を用いて計測される。摩擦の低減率を、流速・注入空気量・注入位置から下流への距離をパラメータとして計測した。計測された低減率は最高で40%で、下流に行くに従って減少したが、変化の様子は、流速、注入空気量によって異なった。

ボイド率分布を吸入管と写真撮影の2つの手段によって計測した。速度 $U = 7 \text{ m/sec}$ では両者の値はよく一致したが、 $U = 10 \text{ m/sec}$ では一致しなかった。これは、吸入管の吸い込み負圧が不足したためと考えられる。壁面に最も近い位置での局所的なボイド率が高いと、摩擦低減率が高いことが分かった。

今後は、吸い込み負圧を制御して計測結果の精度を高め、さらに、注入気泡分布の制御を行い、マイクロバブルによる摩擦抵抗低減の効率化をはかる予定である。

<運動性能部>

A Prediction Method for the Shipping Water Height and its Load on Deck

海水打ち込みによる甲板上水位及び甲板荷重の推定法
について

小川剛孝、田口晴邦、石田茂資

平成10年9月

Proceedings of the 7th International Symposium on
Practical Design of Ships and Mobile Units

海水打ち込みにより船体及び甲板上構造物への損傷が発生する可能性があることはよく知られている。この海水打ち込み現象に関しては、従来から数多くの研究が行われており、相対水位変動と乾舷の大小の関係により海水打ち込みの有無を判別できること等が明らかにされている。しかしながら、打ち込み水による甲板上水量及びその荷重並びにそれらの大きさと船体運動との関係についての研究は少なく、設計者などが利用できる実用的な推定法が確立されているとは言い難い。

本論文では、内航タンカー模型を使用して向波及び斜め向波中で、船体運動、船首相対水位変動、甲板水位分布及び甲板荷重等を計測し、それらの定量的な関係をもとに開発した甲板水位分布及び甲板荷重の推定法について述べている。

推定法は、甲板水位等を既知として甲板荷重(水圧)を推定する部分と船首の相対水位変動等を既知として甲板水位を推定する部分から構成されている。これらは各々以下に示すような改良を施している。

1) 模型実験で計測した甲板荷重と甲板水位のデータの比較から、甲板荷重をそのピーク値も含めて精度良く推定するためには甲板水の自重成分だけでなく甲板水位の時間変化に伴う運動量変化の成分が重要であることが明らかになった。そこで、甲板水の運動量変化を考慮した甲板荷重(水圧)の推定法を示した。

2) 甲板水位の運動量変化を精度よく推定するためには、甲板水位の時間変化を精度よく推定する必要がある。甲板水位の計測結果から、従来用いられてきたダムの崩壊モデルでは急激に船首から流入する打ち込み水をうまく表現できないことが明らかになった。そこで、船速の影響を考慮できる洪水流モデルを用いて甲板水位の時間変化を精度よく推定できるようにした。

種々の波高波長比や船速の実験結果と本推定法による計算結果の比較から本手法の有効性を確認できた。本手法は入力データがstrip法で推定可能な船首部の相対水位変動、上下速度と縦揺れ角であるので、設計者などが実際に利用できる推定法となっている。

**損傷したRO-RO客船の横波中転覆に関する模型実験
Model Experiment on Capsizing of Damaged RO-RO**

Passenger Ship in Beam Seas

原口富博、石田茂資、村重淳

平成10年11月

日本造船学会論文集 (第184号)

近年の北欧におけるRO-RO客船エストニア号の転覆海難事故(1994)を契機に、国際海事機関(IMO)でRO-RO客船の安全性を高める対策が検討され、1995年11月に海上人命安全条約(SOLAS)が改正された。この後も、英国を中心に衝突等で損傷したRO-RO客船の安全性を高めるための提案がなされ、IMOで検討が行われた。現在では、なお研究の余地があるとして直接IMOでの検討は行われていないが、各国での研究は活発に行われている。これは、RO-RO客船の様に広範な車両甲板を有する船舶が、衝突等で損傷し車両甲板上への浸水を生じた場合重大な結果に繋がる危険があるためであり、浸水した海水が大量に滞留しない方法や浸水時に必要な復原性能の研究が行われている。著者の一部によって行われた研究では、IMOにおける基準改正の動きに対応するための実験が行われているが、時間的な制約から既存の木製模型船を改造し使用したため、板厚が厚くなりサイドケーシング付のRO-RO客船を模擬した模型となっている。このため、船内滞留水の移動幅がある程度制限されること、また同じく改造上の問題から完全に転覆させにくい面があり、転覆に至る運動の時系列を最後まで計測できなかったといった実験上必ずしも十分でない点があった。さらに、日本のRO-RO客船は欧州のものとはL/Bなどに違いがあるため、この船の特徴を反映した模型船で試験を行う必要がある。そこで、これらの点を考慮して新たにRO-RO客船の模型を製作し、波上側に損傷口を向け横波中で船が転覆する限界有義波高を求める転覆実験を行った。実験は、船の車両甲板の高さおよび初期傾斜角を変え、また波のスペクトラムのピーク周期を変えて行った。この結果、この船では初期傾斜が無い場合転覆しにくいこと、初期傾斜があれば有義波高によっては転覆すること、および波のスペクトラムのピーク周期が長くなれば、転覆限界有義波高が高くなることが明らかになった。また、IMOのSLF40に提案された基準案についても考察した。

<材料加工部>

自動MAG溶接における施工条件と計測システム
Measurement System and Quality Control in Automatic
Metal Active Gas Welding植松進、松岡一祥、吉井徳治、牛嶋通雄、前中浩
平成10年10月溶接学会平成10年度秋季全国大会講演概要論文集
第63集

マグ(MAG)溶接はその優れた溶接操作性、溶接性、能率性の高さから、造船をはじめとした種々の産業で広く用いられている。しかしながら、その優れた特性も取扱いをまちがえると溶接欠陥を生むことになり、ひいては構造物の寿命を大幅に低下させる原因にもなってしまう。本研究では溶接中の位置、姿勢、速度、軌跡精度の高い再現性を確保するため、6軸型ロボット付きマグ(MAG)溶接装置により隅肉溶接試験、角回し溶接試験を行うとともに、これらと連動させ、ロボットの各姿勢と溶接電流、電圧、ワイヤ送給速度を溶接開始から終了まで84msecごとに記録して計測するシステムを開発し溶接施工条件が溶接結果に与える影響について検討した。教示した角回し溶接部のビード形状は、直線部分と角回し部分ともほぼ同じようなビード形状であり、溶接結果の外観からはほとんど違いはわからない。しかし本溶接システムにより採取した溶接施工状態及びロボットの姿勢データを詳細に解析してみるとトーチ姿勢が直線から角回し部分に移る部分で溶接トーチ先端が振れており、この姿勢変化とアーク電圧のドロップ位置が一致していることが明らかになった。この他にもビード外観に段差等は見られないが出发点と終了点のトーチ位置座標がわずかにずれている様子なども記録から読みとることができた。以上から溶接ロボットは溶接部の再現性が高く、溶接現象の把握、溶接欠陥発生原因を調査する上で、有効な手段であるが、これに溶接中の施工条件を同時に記録するシステムを組合せることにより、さらに適切な判断ができるようになると考えられる。

<原子力技術部>

低エネルギー光子照射における高Z物質からの後方
散乱電子スペクトルの解析Analysis of backscattered electron spectra from high-Z
materials irradiated with low energy photons

成山展照

平成10年8月

第7回EGS4研究会

人体組織あるいは線量計の背後が高原子番号物質に接している状態において光子照射された場合、後方散乱される2次電子によりその境界で高い線量を受ける。特に、光子が低エネルギーの場合、光電効果が主となり、従来のCo-60等のエネルギー領域とは挙動が異なる。そこで、線量に影響を及ぼす電子の挙動を調べるため、銀、金に20~200keV光子が入射した場合に後方散乱される2次電子の全エネルギーとスペクトルをモンテカルロ輸送計算コードITSを用いて計算した。

ITSコードは、K殻からN殻までの電子軌道を考慮しているが、M、N殻の結合エネルギーについては平均値を用いている。オージェ電子の輸送も模擬される。計算は、銀、金の厚さを飽和厚さ、すなわちCSDA(連続減速近似)電子飛程の各々35、30%に取って行った。ここで、計算した2次電子のエネルギー反射を、厚さ0.38mmのLiFTLD素子中に光子によって直接与えられるエネルギーと比較したところ、同TLDの場合、入射光子エネルギー80keV付近で最も銀、金からの2次電子の影響を強く受けることがわかった。一方、スペクトル計算の結果においては、K、L吸収端より上のエネルギーをもつ光子を照射しても、M、N軌道からの光電子が無視できない割合で含まれることが明らかになった。そこで、M、N軌道からの光電子の輸送をプログラムの中で無視したところ、金の200keVで14%、40keVでは45%、電子のエネルギー反射が減少する結果が得られた。なお、オージェ電子の影響についてはほとんど無視できることが示された。

<海洋開発工学部>

Towing Experiment of an Unit Model of Floating Structures

浮体構造物ユニット模型の曳航実験
 國分健太郎、原正一、山川賢次、岩井勝美
 平成10年7月

Proceedings of

17th International Conference on Offshore Mechanics
 and Arctic Engineering

海に浮かぶ大型の構造物は、構成ユニット毎に造船所で作製され、運用海域まで海上を曳航された後、洋上で接合されて完成する。この超大型浮体式構造物の実用に向けた研究が、日本では盛んに行われているが、その多くは運用中の波浪中流体力学問題を取り扱っており、施工時のユニットの波浪中曳航問題を取り扱っている論文は数少ない。そこでこの論文では、模型を用いて波浪中を曳航しているユニットの弾性応答、索張力変化等を実験的に求め、数値計算結果との比較、検討を行っている。

ユニット模型は直方体であり、長さ、幅、深さはそれぞれ5 m、1 m、0.075mであり、実機の1/60のスケールとなっている。計測項目は、ユニット甲板中心線上の歪と加速度、曳航索張力、ユニットのヒープとスウェイであり、波浪条件、曳航速度を変化させて実験を行った。

喫水変化が波浪中の曲げモーメント、ユニットの弾性運動、曳航索張力等へ及ぼす影響が、この論文では詳しく述べられている。また、ユニット前面の付加物が曳航抗力の低減化におよぼす影響も論じられている。付加物はカットアップ型、前方板型の2種類である。前方板型とは、名前のおりユニットの前方に板を張り出したものであり、板の位置および面積を適当に決めることにより、ユニット前部の流れが擬似フェアリングを形成して、ユニット前面に働く抵抗を軽減させることができる。カットアップ型、前方板型共に曳航抵抗の軽減に大きく寄与することが示されている。

実験によって求められた波浪中曲げモーメントおよび変位の応答関数は、圧力分布法に基づいた数値計算結果と比較、検討されている。また、実験によるサージ運動の応答関数は、ストリップ法に基づく数値計算結果と比較、検討されている。また、索張力変化より求められた波浪中の抵抗増加は、ユニットを剛体と仮定して求められた数値計算結果と比較、検討されている。

<大阪支所>

**ポリプロピレン複合材の氷海環境における耐久性
 Durability of Polypropylene Composites at Frozen Sea**

櫻井昭男、前田利雄

平成10年10月

第2回日中複合材料交流会講演論文集

ポリプロピレンをマトリックスとするガラス繊維強化複合材は機械的強度、耐摩耗性に優れているため、氷海構造物用材料への適用が注目されている。しかしながら、寒冷海域で使用される構造材料は吸水とともに凍結融解を繰り返しており、吸水による膨潤、凍結膨張による内部応力の増大が材質を劣化させると考えられる。また、海流、風、潮汐等により絶えず移動する海水との摩擦による損耗についても検討を加える必要がある。そこで本報告では、ポリプロピレン複合材の凍結融解の繰り返しによる強度特性の変化と、氷による摩耗特性を調べ、耐久性の評価を行った。

凍結融解試験の結果、元来吸水率の少ない樹脂単体は凍結融解を100サイクル行っても初期の吸水率とほぼ同じ値を示している。これに対してガラス繊維を含んだ複合材は、繊維-樹脂界面に侵入した水分が凍結膨張して空隙を拡げ、これが融解収縮してできた空間に新たに吸水するというパターンを繰り返して、吸水率が若干大きくなる傾向が認められた。また、引張強度については凍結融解サイクルの影響はそれほど顕著でなかったが、負荷方向に対して45°方向の繊維層がある複合材は、せん断応力が生じる繊維-樹脂界面が凍結融解の繰り返しで卓越的に損傷するため、強度の低下が顕著であった。曲げ試験では繊維の破断は生じず、圧縮側が座屈変形した。

摩耗試験は塗膜の耐久性試験に使用される平板回転式摩耗試験機を用いて行った。ガラス繊維を含んだ供試材は摩耗距離にほぼ比例して摩耗が進行したが、樹脂単体は3000mを過ぎてから急激に摩耗が進んだ。これはガラス繊維を含んだ複合材がプレス成形で冷却速度が小さいのに対して、樹脂単体は射出成形されていることから成形時の冷却速度が大きい。このため、結晶性高分子であるポリプロピレンの球晶組織が表面からの深さに依存し、表面層がいわゆる焼き入れ状態で硬くなる。その層が摩耗した後、徐々に柔らかくなるため、このような挙動を示したものと考えられる。