

所 外 発 表 論 文 等 概 要

マイクロバブルによる船舶の摩擦抵抗低減

児玉良明

平成13年8月

日本流体力学会誌「ながれ」2001年第4号

船舶の摩擦抵抗低減デバイスとしてのマイクロバブルを解説した。

マイクロバブルは最大約80%もの顕著な摩擦低減効果があり、タンカーなどの大型肥大船は、平らで広い船底をもち、マイクロバブルに適している。

マイクロバブル実験専用の小型回流水槽を作って実験し、壁近くに気泡が集中しているとき大きな摩擦低減効果があることが分かった。

マイクロバブルの実船への適用性を検討するため、長さ50m幅1mの平板船を作り、曳航水槽において実験を行った。速度5m/secでは全抵抗の最大15%、速度7m/secでは9%の低減効果が得られた。これらの低減量は、吹き出し下流部分の摩擦抵抗に対して36%、及び22%に相当する(図参照)。また、摩擦センサーを用いて計測した局所的な摩擦応力は、吹き出し直後で最大40%近く低減し、低減効果は下流にいくに従って減少したが、40m以上下流においても低減効果があることが確認された。

小型回流水槽や50m平板船の実験結果を基に、実験速度14ktで航走する長さ300mの大型タンカーにマイクロバブルを適用した場合の正味の抵抗低減効果を、気泡吹き出しに要する仕事を考慮して推定し、気泡吹き出しの有無による仕事率の比として求めた。正味の低減効果があるとき仕事率比は1.0より小さい。その結果、満載状態で水深20mから吹き出した場合には仕事率比が1.08と正味の低減効果が得られなかったが、バラスト状態(水深8m)では0.924が得られた。以上から、マイクロバブルは現状よりも低減効果を2倍程度にすると実用化が可能になると結論づけた。

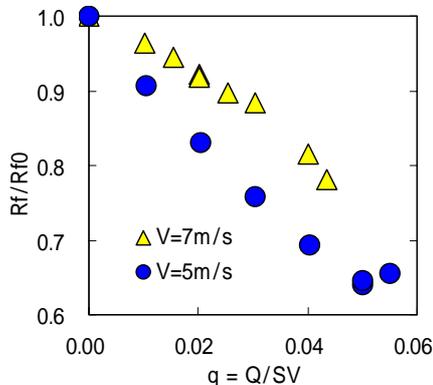


図 50m 平板船におけるマイクロバブルの抵抗低減効果(吹き出し下流部摩擦抵抗の低減)

Drag Reduction of Ships by Microbubbles

マイクロバブルによる船舶の抵抗低減

児玉良明、角川 明、高橋孝仁、長屋茂樹

川村隆文(東大)

平成13年11月

Report of 24th US-Japan Joint Meeting, Marine Facilities Panel of the U.S./Japan Cooperative Program in Natural Resources

船舶の摩擦抵抗低減デバイスとしてのマイクロバブルを解説した。

マイクロバブルは最大約80%もの顕著な摩擦低減効果があり、タンカーなどの大型肥大船は、平らで広い船底をもち、マイクロバブルに適している。

マイクロバブル実験専用の小型回流水槽を作って実験し、最大約30%の摩擦低減効果を計測し、流路断面内の気泡分布を計測することにより、壁近くに気泡が集中しているとき大きな摩擦低減効果があることが分かった。

マイクロバブルの実船への適用性を検討するため、長さ50m幅1mの平板船を作り、曳航水槽において実験を行った。速度5m/secでは全抵抗の最大15%、速度7m/secでは9%の低減効果が得られた。これらの低減量は、吹き出し下流部分の摩擦抵抗に対して36%、及び22%に相当する。また、摩擦センサーを用いて計測した局所的な摩擦応力は、吹き出し直後で最大40%近く低減し、低減効果は下流にいくに従って減少したが、40m以上下流においても低減効果があることが確認された(図参照)。

小型回流水槽や50m平板船の実験結果を基に、実験速度14ktで航走する長さ300mの大型タンカーにマイクロバブルを適用した場合の正味の抵抗低減効果を、気泡吹き出しに要する仕事を考慮して推定し、気泡吹き出しの有無による仕事率の比として求めた。仕事率比は、正味の低減効果があるとき1.0より小さくなる。その結果、満載状態で水深20mから吹き出した場合には仕事率比が1.08となり、正味の低減効果が得られなかったが、バラスト状態(水深8m)では0.924と正味の低減効果が得られた。また、マイクロバブルの摩擦低減効果を現状の2倍程度にすると満載状態でも仕事率比が0.952になり、実用化が可能になるとの結論が得られた。さらに、摩擦低減効果を高めるための要件について議論した。

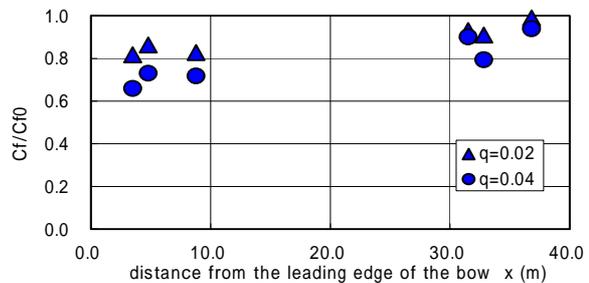


図 長さ50mの平板船における空気吹き出し位置からの距離と摩擦抵抗低減効果(速度5m/s)

高速域における三次元水面衝撃水圧簡易計算法の検証

Verification of a Simplified Method to estimate Three-dimensional Water Impact Pressure by High-speed Model Experiments
竹本博安、佐久間正明、岡 正義

平成 13 年 11 月
西部造船会会報第 103 号

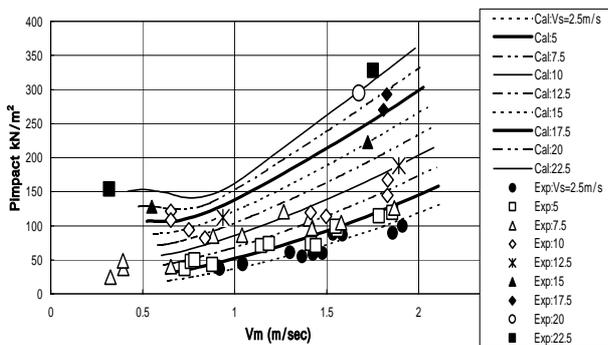
著者等が前報で提案した Wagner の理論に基づく三次元水面衝撃圧簡易推定法と Chuang の三次元模型実験との比較において、船速が大きくなると推定値と実験値の差が大きくなる傾向が見られ、その原因の究明はこの簡易推定法の適用性、あるいは別のメカニズムの存在の可能性などから問題となっていた。

この推定値と実験値の差異の原因を明らかにするため、模型にかかる荷重、加速度、実験方法、計測記録方法等について検討した。この過程で、模型にかかる荷重が高速域では非常に大きくなること、実験装置の模型支持ロッドが相対的に細いことが判明した。

その影響を調べるために、模型落下装置の模型支持ロッドの弾性を考慮に入れて水面衝撃実験の数値シミュレーションを実施した。本衝撃水圧推定法と同じく前進速度を考慮した計算法により衝撃荷重を与え、支持ロッドの弾性変形による模型の縦回転を考慮して、水圧センサーと水面の相対速度を求め、この速度を用いて衝撃水圧を推定した。シミュレーションの結果、次のことが明らかになった。

(1) Chuang の模型実験結果に用いられている垂直速度と衝撃圧発生時の実際のセンサー位置での垂直速度は等しくなく、(2) 両者の比は前進速度、落下高さにより影響が異なり、大きく変化する。(3) このシミュレーションにより求めたセンサー部の垂直速度を用いて求めた衝撃圧推定値は、Chuang の実験値と非常によく合うことが示された。

以上の結果により、著者等が提案した三次元水面衝撃圧簡易推定法と Chuang の三次元模型実験結果は非常によく合っていることが示され、この推定法が非常に高速な前進速度を有する条件下でも十分な精度で成り立つことが確認された。また、Chuang の実験式が低めに設定されている原因が明らかになった。



CFD による船型最適化 Ship Hull Form Optimization by CFD

日野孝則

平成 14 年 4 月
ながれ第 21 巻第 1 号

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。CFD 解析を機器の流体設計に対して用いる場合には、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ことが多い。一方、近年の高性能計算機の低コスト化により、並列計算機も容易に構成できるようになるなど、計算能力のコストパフォーマンスは飛躍的に向上しつつある。これに伴い、CFD を利用した形状最適化が実用ツールとして注目されている。形状最適化は流体力学的最適設計の観点から、CFD 計算と各種の最適化手法を組み合わせること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。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計算負荷がかなり大きく、このことが実用化への障害となっていた。しかし、計算環境の低コスト化が進み、形状最適化を設計ツールとして用いることが現実的になってきた。

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つつあり、さらに形状最適化の船型設計への応用に関する研究も近年活発に行な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実施してきた。

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、さらに船型最適化の事例として実用的なタンカー船型の船型改良例、簡単な形状を対象とした場合のヒューマンデザイナーによる設計と形状最適化プログラムによる設計の比較例を紹介する。

犠牲量モデルを用いた国内フェリー・RORO航路需要のネットワーク解析手法に関する研究

Analysis of demands of ferry or RORO-ship lines by sacrifice and networking model

久保 登、勝原光治郎、菅 直往、金 相賢
李 永雨

平成14年5月

日本造船学会論文集第191号

モーダルシフトの掛け声の下、フェリー・RORO物流の一層の活躍が期待されているが、必ずしも成功していない。新規航路の設置や既存航路の建て直しに際して需要予測の方法が得られる必要がある。本稿では、計算機上に国内物流経路ネットワークを設定し、犠牲量モデルと最短経路探索手法(ダイクストラ法)を用いた、各物流経路の需要量を推定するシミュレーション手法の構築について報告する。

本研究では、道路(高速道路・一般道など)・航路・鉄道をパスとする経路ネットワークを構成した。全国貨物の発着地(OD地点)を1都道府県に1点ずつ設定し(北海道のみ4点)このOD地点を含め道路の結節点や港湾など346ノードと、上記の502本のパスと組み合わせネットワークを作成した。

一般に運送事業者は運送経路を選択するとき、貨物の運送料金(収入)の多寡とは関係なく、コストや所要時間などの運送に伴う負担を最小にする選択を行う。このような負担を運送事業者の「犠牲量」としてとらえれば、荷主は犠牲量が最小となる運送経路を選ぶと考えられる。ネットワークを構成する各パスごとに、運送の際に発生する犠牲量を設定しておけば、ある1つの経路全体の犠牲量はそれを構成する各パスごとの犠牲量の和となる。

各パスの犠牲量をネットワークのパスの重みと考えれば、ある貨物の最小犠牲量経路の発見は、設定したネットワークについての「重みつき最短経路探索」に帰着する。本研究ではこの探索手法として、「ダイクストラ法(Dijkstra method)」を用いた。

上記のような構成でシミュレーションプログラムを作成し、国内長距離フェリー約30航路について需要予測を行ったところ、航路の所要時間や運賃を変化させることで、需要量変化を再現することができた。また、荷物を取り合う競合航路や、モーダルシフト現象なども計算機上で再現できた。

本研究で、平成7年度物流センサス(全国貨物純流動調査)時点の国内長距離フェリー航路需要を再現し、既存航路のみならず、新規航路においても、種々の設定をした国内物流需要量の予測がおおむね妥当に行えることがわかった。

Issues on the Practical Application of Microbubbles to Full-scale Ships for Skin Friction Reduction

摩擦抵抗低減のためのマイクロバブルの実船への適用の問題点

児玉良明、角川 明、高橋孝仁、長屋茂樹
平成14年7月

Proceeding of ETC9 (9th European Turbulence Conference)

マイクロバブル、すなわち船底に注入した微細な気泡は顕著な摩擦抵抗低減効果をもっている。本論文ではマイクロバブルの実船への適用性を議論した。

まず、マイクロバブルを実船に適用した場合の正味の省エネルギー効果を表す式を、摩擦抵抗低減効果及び気泡を注入するために必要なエネルギーを考慮することにより導出した。摩擦抵抗低減効果を表す式においては、浸水表面積、船体抵抗、船速、船長、などを考慮した。また、気泡を注入するために必要なエネルギーの推定においては、気泡吹き出し位置の静水圧のみを考慮した。

次に、その式に現れるパラメータを用いて、マイクロバブルを実船に適用した場合の注意点を議論した。主な注意点は、船体表面が気泡によって効率的に覆われるようにすること、平らで広い船底をもつこと、気泡が流入することによるプロペラの性能低下を避けることなどである。

そして最後に、既存の実験データと適用想定船型の仕様から、正味の省エネルギー効果の値を推定した。実験データとしては長さ50mの平板船を用いた実験によるものを用いて、長さ100mのタンカー船型に適用する場合を想定し、正味5%の省エネルギー効果があることが推定された。

Microbubbles: Drag Reduction Mechanism and Applicability to Ships

マイクロバブル：摩擦抵抗低減メカニズムと船舶への適用性

児玉良明、角川 明、高橋孝仁、長屋茂樹、杉山和靖

平成 14 年 7 月

Proceedings of the 24th Symposium on Naval Hydrodynamics

マイクロバブル、すなわち船底に注入した微細な気泡は顕著な摩擦抵抗低減効果をもっており、船舶に適した摩擦抵抗低減デバイスであると言われている。本論文では、マイクロバブルによる摩擦抵抗低減量とそのメカニズム、そして実船への適用性を議論した。

まず、著者を含む多くの研究者によって、回流水槽を用いて得られたマイクロバブルに関する実験結果を統一的に比較した。そして、実験に用いられる流路の寸法が低減効果に与える影響、壁影響の補正方法の有効性、気泡発生方法が低減効果に与える影響などを議論し、マイクロバブルがどの程度の摩擦抵抗低減効果をもっているのかを検証した。

次に、曳航水槽において長尺平板船を用いて行われた、大きなスケールにおける摩擦抵抗低減効果の実験結果を検証し、その尺度影響を議論した。

さらに、既存の実験データと適用想定船型の仕様から、正味の省エネルギー効果の値を推定した。実験データとしては長さ 50m の平板船を用いた実験によるものを用いて、長さ 100m のタンカー船型に適用する場合を想定し、正味 5% の省エネルギー効果があることが推定された。

最後に、青雲丸を用いた実船実験の概要を紹介し、長さ 100m の実船においてマイクロバブルによる摩擦抵抗低減効果が確認されたことを示した。

青雲丸を用いたマイクロバブルの摩擦抵抗低減実船実験

- 後編: 実船実験 -

A Full-scale Experiment on Microbubbles for Skin Friction Reduction Using "SEIUN MARU"

Part 2 : The Full-scale Experiment

永松哲郎、児玉良明、角川 明、高井通雄、村上恭二、石川 暁、上入佐光、荻原誠功、吉田有希、鈴木敏夫、戸田保幸、加藤洋治、池本晶彦、山谷周二、芋生秀作、山下和春

平成 14 年 11 月

日本造船学会 H14 年秋季講演会

本報告は日本造船研究協会 SR239 研究部会で行われたマイクロバブルに関する研究の後編であり、航海訓練所の長さ 116m の練習船「青雲丸」を用いて行った実船実験について述べたものである。

前編に述べられている準備研究の結果と数値計算を用いて、速度 14 ノットにおける青雲丸の正味のエネルギー低減率は 2% と推定された。実船実験において、気泡の軌跡が水中テレビカメラによって観測され、予測よりも上方にずれていた。局所せん断力が船体表面上の数カ所で計測され、気泡によって低減する場合と増加する場合の両方が見られた。局所ボイド率分布が、船体表面上の 1 箇所のみで計測され、気泡が船体表面よりわずかに離れて流れることが分かった。プロペラを一定回転数で回した状態で、気泡吹き出しによる船速と軸馬力の変化が計測され、一定速力状態における主機馬力の増減に換算された。気泡吹き出しによって、実験の大部分の場合に船速が低下した。これは気泡が作動プロペラに流入しプロペラ効率を低下させたためと推定された。しかし、3 箇所あった気泡吹き出し位置の 1 つだけから気泡を吹き出すことによって、気泡のプロペラ流入を防ぐことができ、速力 14 ノットにおいて 3% の馬力低減を得た。この状態で、気泡を水圧に抗して吹き出すための馬力を考慮することにより、2% の正味の馬力低減を得た。このようにして、マイクロバブルによる摩擦抵抗低減効果と正味の馬力低減効果を、大型実船において世界で初めて計測することができた。

青雲丸を用いたマイクロバブルの摩擦抵抗低減実 船実験

- 前編: 準備研究 -

A Full-scale Experiment on Microbubbles for
Skin Friction Reduction Using "SEIUN
MARU"

Part 1 : The Preparatory Study

児玉良明、角川 明、高橋孝仁、石川 暁、
川北千春、金井 健、戸田保幸、加藤洋治、
池本晶彦、山下和春、永松哲郎

平成14年11月

日本造船学会 H14 年秋季講演会

本報告は日本造船研究協会 SR239 研究部会で行われたマイクロバブルに関する研究の前編であり、長さ116mの船を用いて行った実船実験のための準備研究について述べたものである。

本報告では、先ず、マイクロバブルによる摩擦抵抗低減効果に及ぼす様々な影響、すなわち気泡吹き出しのための配列多孔板の使用、流れ方向圧力勾配の影響、物体表面曲率の影響、鉛直平板の影響、海水影響などについて述べた。次に、実船用気泡発生装置を設計し、気泡発生性能について予備実験を行い、気泡が均一に発生されるように吹き出し孔を調整した。マイクロバブル実船実験のための新しい計測機器として、局所せん断力計と局所ボイド率計の2種類を開発した。長さ400mの曳航水槽において、長さ50mの平板船を用いてマイクロバブル実験を行い、摩擦抵抗低減効果の尺度影響に関する実験データを得ると共に、実船実験用計測機器の性能を確認した。接着剤を用いた各種計測機器と配線の実船船体表面への固定方法を開発した。最後に、長さ約20mの小実船を用いてマイクロバブルの予備実験を行い、気泡の挙動を観測した。

長尺平板船を用いたマイクロバブルの尺度影響 に関する研究

Experimental Study on Scale Effect of Drag
Reduction by Microbubbles Using Very Large
Flat Plate Ships

高橋孝仁、角川 明、牧野雅彦、児玉良明

平成14年11月

関西造船協会論文集第239号

マイクロバブルは、水流中にある固体表面近くに生ずる境界層と呼ばれる領域に、直径1mm程度の微小な気泡を混入し、摩擦抵抗を低減させる摩擦抵抗低減デバイスである。摩擦抵抗低減率も80%と顕著な抵抗低減効果が確認されており、船舶へ適用できれば大きな省エネ効果あるいはCO₂削減効果を期待できる。マイクロバブルは、空気を吹き出し気泡成長を生成するためのエネルギーが別途必要で、実質的な馬力低減を実現するためには試算によると、現在確認されている抵抗低減効果をさらに高める必要がある。そのために抵抗低減効果のメカニズム解明が、乱流にかかわる現象解明にもとづき、現在活発になされている。同時に船舶への実現化のためには、対象物をスケールアップした場合の摩擦抵抗低減効果、すなわちマイクロバブルの尺度影響の調査が重要である。これまで行われた大スケールにおける尺度影響の報告例は、1、2列にすぎず、また吹き出し方法も多孔質板のみしか試されておらず、実船における抵抗低減効果を推定するには、データの数も信頼性も不足している。

本稿では、マイクロバブル法の実船での摩擦抵抗低減効果を推定するために、最長50m長尺平板船を用いてマイクロバブルの尺度影響調査を行った。摩擦抵抗低減効果が吹き出し部から船尾までどの程度持続するかを調べた。また、長さ、曳航速度、吹き出し方法、吹き出し位置の摩擦抵抗低減効果に対する影響も調べ、結果について他水槽の実験データと比較するなどデータの信頼性について確認を行い、以下の結果を得た。

摩擦抵抗は、曳航速度7m/sの場合、最大約22%と大きな低減効果が得られ、実船スケールでの実用化へ大きく前進した。また局所せん断力センサにより直接計測された局所摩擦抵抗の分布から、船首端より40m下流でも約2%の抵抗低減効果が持続していることが確認された。空気吹き出しデバイスは、多孔質板の方が配列多孔板よりも同じ空気流量で高い低減効果が得られた。空気吹き出し位置を変更して計測した結果、摩擦抵抗低減効果への境界層厚さの影響はほとんど見られなかった。小型高速流路と同様に、長尺平板船の曳航実験でも船底近傍でのボイド率と摩擦抵抗低減効果に強い相関を確認した。

2 種純チタン船殻構造の座屈強度

Buckling Strength of CP Grade 2

Titanium Hull Structure

岩田知明、安藤孝弘、田中義照、松岡一祥

平成 14 年 11 月

日本チタン協会創立 50 周年記念大会展示会

高強度で海洋環境における優れた耐食性を持つチタンは、船体構造材料に適した材料である。しかし、漁船の構造部材としては既に使用されているが、認証基準の厳しい公用船や商船への適用はない。新形式船舶の設計・建造を行う場合には、安全性評価のため船体構造強度を直接計算により求める DBA (Design by Analysis) が主流である。そのため、使用する材料強度・構造強度特性を十分に把握しておくことが合理的な設計を行う上で重要となる。本研究では、座屈実験、有限要素法解析、簡易計算法および残留応力計測により座屈強度について検討を行い、アルミニウム合金の座屈強度と比較し、チタンの優位性を示した。

試験体はパネル、防撓材 (アングル材またはフラットバー) および横部材から構成され、実船の上甲板または船底外板を模擬している。パネル板厚は 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 mm である。フラットバーを用いた試験体は防撓材が横倒れ座屈したが、アングル材を用いた試験体はオイラーモードの座屈に移行した。これは、アングル材の捩り剛性がパネルの曲げ剛性と比べて極端に高すぎたため、非効率な応力分布となっていることを現している。0.2% 耐力から計算される理想最大荷重と実験値との比は、フラットバーを用いたものが、0.886 であるのに対し、アングル材を用いたものは、0.641 ~ 0.698 であった。

有限要素法解析・簡易計算法により計算された有効応力を実験結果と比較すると、残留応力の影響を考慮した有限要素法解析が、実験結果と良好な相関が得られた。比較的早い荷重段階でオイラー座屈モードに移行した板厚の最も薄い 3.0mm の試験体では、簡易計算法は適用できないことがわかった。また、母材の機械的性質がほぼ同等の基準値を持つアルミニウム合金とチタンの最終強度を比較すると、アルミニウム合金は 123 ~ 132MPa であるのに対して、チタンの場合は 190 ~ 204MPa であった。

以下に本研究により得られた結論を要約する。

- (1) 機械的性質がほぼ同等の規準値を持つアルミニウム合金材料と比較して、オイラー座屈モードに移行する場合の座屈・最終強度に対するチタン材料の有効性を確認した。
- (2) パネル中央部の圧縮残留応力はパネルの弾性座屈強度を低下させるが、比較的早い荷重段階でオイラー座屈モードに移行する場合、溶接残留応力が最終強度に及ぼす影響はほとんどない。
- (3) 適正な設計を行うため、使用材料の機械的性質を考慮した最適なパネル及び防撓材の板厚比、防撓材間隔の検討が必要である。

(448)

Use of Hydrate for Natural Gas Transportation

--- Introduction of Research Project ---

天然ガス輸送を目的としたハイドレートの利用

--- 研究プロジェクトの紹介 ---

城田英之、疋田賢次郎、中島康晴、太田 進、

高沖達也、岩崎 徹、大垣一成

平成 14 年 7 月

Proceedings of Pacific Congress on Marine

Science and Technology (PACON 2002)

現在、日本で消費される天然ガスのほとんどは-150 以下の低温で液化され、LNG キャリアによって貯蔵・輸送されているが、天然ガスの液化プロセスでは大量のエネルギーを消費する。もしガスハイドレートの高密度ガス包蔵性やその「自己保存性」を効果的に利用することができれば、従来の LNG 方式よりも高温・低圧で天然ガスを輸送できる可能性がある。(例えば、メタンハイドレートが大気圧下で安定的に存在する温度は-80 より低いとされているが、実際はそれよりかなり高い温度 (-5 程度) でも準安定的に存在することが報告されており、この性質は「自己保存性」と呼ばれている。)

著者らは、ハイドレートの特質及び荷役形態等について予備検討を行い、ペレット状の天然ガスハイドレートが天然ガス海上輸送の媒体になり得るという面白い見通しを得た。このフィージビリティスタディの結果をもとに、海技研は 2001 年から 3 ヶ年計画で三井造船及び大阪大学とプロジェクト研究を実施している。本論文ではこの概要について紹介する。

また、研究成果の一例として、メタンハイドレートペレットの自己保存性に関する簡易実験の結果を紹介する。大気圧・温度-5 の実験条件では、基準時刻から約 3 日でペレット包蔵ガスのほとんどすべてが抜ける結果となったのに対し、大気圧・温度-20 の実験条件では、ペレットの分解挙動も緩やかであり (自己保存性) 基準時刻から約 3 週間経過したペレットであっても、包蔵ガス量の 90% 以上が残っていた。

以上の実験結果は、船舶輸送を考慮した時間規模 (3 週間) においても、メタンハイドレートペレットの自己保存性が維持されることを示しており、天然ガスハイドレートペレットの海上輸送の可能性を示唆しているものと考えられる。

Quantification of shrinkage deformation on line-heating

線状加熱における収縮変形の定量化

岩田知明、松岡一祥

平成15年5月

Marine Technology V

船殻の曲げ加工は、一般にガス加熱を用いた線状加熱によって行われているが、線状加熱技術は熟練者の経験と勘に基づいている。この暗黙知が新人への効率的な技術教育・伝承に困難を引き起こしているため、技術習得を容易にするために線状加熱技術の定量化が期待されている。また、線状加熱の定量化解析は、更に生産性を高めるための建造工程のシステム化・コンピュータ化に不可欠である。これらの理由から1990年代に線状加熱の定量化解析に関する多くの研究がなされた。しかし、過去の研究は角変形のみ焦点を当てていたため変形予測精度が不十分であった。線状加熱においては、角変形だけではなく収縮変形も重要であるが、収縮変形に関するデータは不十分である。そこで、本研究では収縮変形のデータベースを構築するため、2種類（アセチレン・プロパン）を用いて線状加熱の基礎実験を行った。加熱速度・ガス流量・板厚をパラメータとして、72条件のデータを習得し、入熱量と角変形量・横収縮量・縦収縮力の定量関係が決定された。実験結果から、横収縮量と縦収縮力はガス種に無関係に次の統一式で表される。 $F_t = D_t T E = 200Q$ 。ここで、 F_t は縦収縮力、 D_t は横収縮量、 T は板厚、 E はヤング率、 Q は入熱量である。本式は溶接分野の研究で用いられるホワイトの式と同じである。加えて、本式の精度を確かめるため確認試験を行った。

Fatigue behaviour of a box-welded joint under biaxial cyclic loading: Effects of biaxial load range ratio and cyclic compressive loads in the lateral direction.

2軸繰り返し荷重下における角回し溶接継手の疲労挙動: 2軸荷重レンジ比および横方向繰り返し圧縮荷重の影響

高橋一比古、高田篤志、牛嶋通雄、秋山 繁

平成15年5月

Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures, Vol. 26, No. 5

船体構造には、重力、波浪外力、慣性力等、様々な外力が様々な方向から複合的に作用する。また、板骨構造の取合部等、応力状態が3次的になる部位も数多く存在する。従って、船体構造部材の疲労強度や疲労寿命を論じる場合、これら複合荷重条件や多軸応力状態の影響を明らかにしておく必要がある。

前報では、位相差の2軸繰り返し引張荷重を受ける角回し溶接継手の疲労挙動について検討し、横方向の繰り返し引張荷重はポアソン効果により止端部の応力レンジを増大させ、疲労被害度を増大させること、また、その度合いは1軸試験における応力レンジの増大がもたらすものとほぼ同等であることを報告した。

今回は、2軸荷重レンジ比及び横方向繰り返し圧縮荷重の影響について検討し、得られた結果について報告した。供試材は溶接構造用鋼 SM400B (板厚 12mm) で、試験体は主板の中央部・表裏面にスティフナーを2枚、角回し溶接により接合したものである。疲労試験には複合荷重試験装置を用い、中央点不動制御の2軸疲労試験を実施した。まず、位相差の2軸引張繰り返し荷重試験において、2軸荷重レンジ比 R_{xy} が 0.56 を下回る荷重条件では、リブ長手方向中央における隅肉溶接止端部の y-方向応力レンジが角回し溶接止端部の x-方向応力レンジを上回り、試験体は x-方向き裂により破断した。そこで、き裂伝播方向と直角方向の応力レンジを参照応力レンジ $\Delta\sigma_5$ として破断寿命を整理したところ、x-方向き裂により破断した2軸データは、y-方向き裂により破断した1軸及び2軸データよりも短寿命側となった。これは、リブ長手方向では角回し部よりも溶接線が長く、引張残留応力や応力集中係数の大きい領域が広いこと、き裂伝播が加速されたためであると考えられる。一方、x-方向繰り返し引張荷重と同位相の y-方向繰り返し圧縮荷重は、ポアソン効果により角回し溶接止端部の x-方向応力レンジ $\Delta\sigma_5$ を増大させ、疲労被害度を増大させた。またこの時、疲労被害度が増大する度合いは、1軸試験における $\Delta\sigma_5$ の増大がもたらすものとほぼ同等であった。最後に、FEM解析と1軸データから2軸疲労寿命を推定したところ、荷重条件によらず、妥当な評価が得られた。但し、2軸試験では、荷重レンジ比 R_{xy} の値によって破壊形態が変わるので、参照応力及び1軸データの選び方に注意する必要がある。

太平洋定期船航路の自動編成のための 基礎的事項の検討

Fundamentals for automatic planning
of the Pacific liners

久保 登、勝原光治郎

小林 充、松倉洋史

平成 14 年 12 月

日本機械学会 第 11 回交通・物流部門大会

太平洋定期船航路は過去 10 年間で著しい需要増加を見せて、運航船社を取り巻く環境、たとえば船社数、船社連合(アライアンス)の再編、航路編成、寄港地、船型、運賃なども激変している。これらの要素の中で、寄港地やルート、寄港日時、運賃などを設定する航路編成作業は、自社業績や荷主・荷受け人に大きな影響を与えるだけでなく、自社アライアンス内他社や他アライアンス船社の動向、ひいては、当該地域の海運秩序や経済発展までも左右する、極めて重要な意味を持つ。

本稿では、そのような航路編成作業の意義を説明し、これまで専ら勘と経験でなされてきた作業について、自動化を含む「技術化」の可能性について触れ、船社収益と荷主のサービス度から航路編成を評価する方法とその基本的な前提・制約条件を示す。

また、この評価方法を用いた基本的な自動航路編成手法の例として、自船社(あるいは自社が所属するアライアンス)と他船社・アライアンスによる寄港地での積み込みコンテナの取り合いを計算機上で再現し、自社が獲得するコンテナ輸送収益を最大化することを評価関数とする「自動航路編成」プログラムの構成を示す。

このプログラムでは、計算機によって自動的に航路編成の候補を生成する。実際の太平洋定期船航路の運航スケジュールを基に、生成された各航路のコンテナ船がコンテナ積み込み港に寄港し、ハフ(Huff)モデルと呼ばれる交通配分モデルにしたがって、コンテナを積み込む。航路編成の候補は、自社が輸送したコンテナによる収益の総和で評価され、評価の高いものを GA(遺伝的アルゴリズム)手法で抽出する。

このような手法を用いれば、季節変動や特定港の荷動きの変化、収益の変化、他社航路のスケジュールの変更などに自社航路編成を適応させる場合の検討が容易になる。

満載喫水線条約の見直しに係る運動性能研究に ついて

Current Research of Ship Dynamics on
Revision of Load Line Convention

小川剛孝、高橋俊次郎(日本海事協会)、

石田茂資

平成 15 年 5 月

日本造船学会講演会論文集第 1 号

波浪中の船舶の安全基準の一つである満載喫水線条約は、その改正手続きの難しさから、1966 年に策定されて以降は部分的な改正が行われただけであった。しかし、1988 年に条約改正手続きが変更された事を契機に、現行の運航実態を考慮した合理的な根拠に基づく基準値の設定作業が進められる事となった。条約で取り扱われている内容は多岐にわたる事から、作業は順次進められている。現在、第 1 次改正案が IMO(国際海事機関)においてまとめられたところである。日本はこの場において単なるデータの提供だけでなく、技術的検討を中心となって行っている。

本論文では、第 1 次改正案とそれに係る技術的検討について述べる。また、関連した運動性能研究の進展と第 2 次改正のための技術課題について論じている。

第 1 次改正案では、主に船首乾舷式、ハッチカバー強度及び船首部予備浮力の見直しが行われた。技術的な検討は、現行の条約策定後に大きな発展を遂げた耐航性理論を用いて合理的に進められた。

この作業において日本は、著者らが実施した長期予測計算にもとづき、従来以上に船型要素を考慮した船首乾舷式を設定した。また、現行条約の設定荷重より大きな打ち込み荷重が計測されたバルクキャリアの水槽実験結果を IMO に提出した。これにより、IMO では荷重の値だけではなく強度の観点から全体を見直す必要性が認識された。また、船種が打ち込み荷重に及ぼす影響についても、著者らが実施した中型貨物船の模型実験結果及び理論的考察を加えた結果を同様に IMO に提出し、荷重値を設定する際に船種を考慮する必要がある事を示した。これらの結果は改正案にも反映されている。

また、今後の見直し作業についても、日本は検討を開始した。主な作業としては、乾舷表及びそれに係る諸修正の定量的評価と見直し、損傷時(浸水時)の動的な影響も考慮した復原性及び構造強度の評価と基準値の設定が求められている。これらの中には、技術的にかなり難しい課題が多く含まれている。しかしながら、近年の安全性強化、特に B-60 及び B-100 型船といった船舶に対する基準強化への機運の高まりも考慮し、一定の期間のうちに合理的な改正案を設定する必要がある事を述べている。

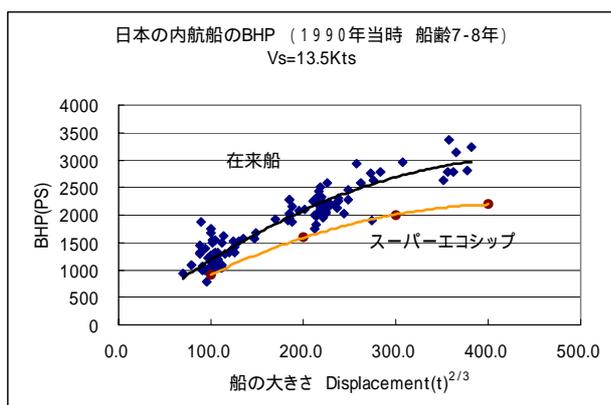
スーパーエコシップの研究開発について
 Research & Development of Super Eco-Ship

不破 健、日野孝則、加納敏幸、沼野正義、
 原口富博、川島英幹、辻本 勝
 平成15年3月14日
 2003年関西造船協会シンポジウム
 海洋環境と船舶・海洋構造物

次世代内航船(スーパーエコシップ)プロジェクトでは、高効率の船用ガスタービンエンジン(SMGT)、電気推進式二重反転プロペラ型ポッド推進器、CFD(Computational Fluid Dynamics)手法を用いた船型開発等の革新的技術を取り入れることにより、海上輸送モードにおける環境負荷の低減を実現するとともに、輸送コストの削減、効率的な輸送を可能とするスーパーエコシップの開発を行っている。

ここでは実施済みの内航船主・荷主等に対する市場調査、海外の技術開発動向調査、市場ニーズに基づく仕様選定、SMGT・二重反転プロペラ型ポッド推進器の開発、新しい船型開発手法、操船制御法の開発、概念設計(白油タンカー、コールドール油槽船、フェリー)について説明している。

これまでの検討結果より、環境負荷の低減、経済性の向上について、プロジェクトの目標値(1990年当時に比べCO₂の25%削減など)の達成に向け、新船型開発及び二重反転プロペラ効果等により25%のBHP低減が実現可能な範囲であること、貨物積載量の増大についても、船種により異なるが、フェリーでは22%の増大となることを示した。さらにポッド推進器により操船性能が格段に向上することから狭隘な港湾においても操船が容易で、出入港に要する時間の短縮効果も大きいことが分かった。



スーパーエコシップの性能目標値

保全共同作業支援インフラストラクチャの構築
 Development of Infrastructure for Cooperative Maintenance Works

丹羽康之、沼野正義、松岡 猛、福戸淳司
 宮崎恵子、田中邦彦、三友信夫、岡崎忠胤
 伊藤博子
 平成15年3月

日本原子力学会 2003年春の年会要旨集

原子力プラントの運転・保全では、常時多くのセンサ値を監視して保全計画の策定と実施が行われている。その知能化・安全化を目指す原子力基盤クロスオーバー研究では、保全場の状態を情報空間にモデリングすることで、運転員に対して異常箇所候補を提示し、環境適応型の保全ロボットによる点検作業を行う保全システムを構築している。

原子力プラントは大規模複雑系であるため、その運転・保全においてはセンサ、制御系、自律ロボット群と人間がそれぞれ得意の役割を分担して、共同して作業に当たることが有効である。しかし、これらの作業局面が一定でないため、状況に応じ作業計画の変更が対応できる柔軟な支援ツールが重要である。この支援ツールを実現するため、分散するエージェント間で、作業計画、ノウハウ、実施状況に関する情報を共有するとともに、エージェント間の情報交換を支援するインフラストラクチャを設計、開発した。本環境においては、各エージェントはネットワーク接続されたPC相当のインタフェースをもつものとし、作業対象のVR空間情報を共有することを基本として、作業計画とその中での自らの役割を受動的ならびに能動的に得ることができる。

共同作業計画の記述と実行として、保全共同作業をエージェントにミッションを与え、完了報告をトリガとして行程を進めるシーケンシャル・ファンクション・チャートを用いたスケジュールを採用し、分解・組立・点検といったスケジュールを階層的かつ並列的に組み合わせることにより原子力プラントの保全のような複雑な作業計画に対応することとした。

人間と自律保全ロボットや情報支援エージェントとの共同作業として適切な保全作業を実施していくためのインフラストラクチャを設計、構築し、保全作業シナリオ例を対象とした計画の記述と、その計画に沿った作業工程の実行を通じて、同インフラストラクチャの有効性を確認した。今後は、状況の変化に対応したインタラクティブな計画の変更や、蓄積された作業履歴から抽出したノウハウを必要な場面で提供する技術について検討を進める。

Radiation Safety of Inboard Environment and Handling of Transport Casks in Sea Transport of Radioactive Material in Japan

日本における放射性物質海上輸送時の船内及び荷役における放射線安全確保

植木紘太郎、小田野直光、柳 博之、秋山秀夫
平成 15 年 7 月

Proceedings of International Conference on the Safety of Transport of Radioactive Material

日本における核燃料サイクルにおいて、放射性物質の海上輸送は非常に重要な役割を果たしている。近年では、原子力の研究、開発及び利用の拡大に伴い、放射性物質の輸送量の増加と輸送形態の多様化が進んでおり、放射性物質の海上輸送時の安全確保は重要な課題のひとつである。本論文では、日本における放射性物質の海上輸送に係る放射線安全性の確保について、輸送作業従事者の被曝線量実績データと放射性物質運搬船上での線量率分布測定データに基づき議論した。

放射性物質の海上輸送時の放射線防護について議論するにあたり、輸送する放射性物質の放射エネルギー及び輸送実績を考慮し、対象とする輸送物は、日本国内で各原子力発電所から六ヶ所村の施設へ搬入される使用済燃料及び低レベル廃棄物とした。

個人被曝線量の実績という観点からは、むつ小川原港における海上輸送作業のうち荷役作業に従事した作業員（輸送会社社員、荷役作業員、放射線管理作業員）の被曝線量を整理した。集計の対象とし輸送物は、使用済燃料、低レベル廃棄物、ガラス固化体、六フッ化ウランである。また、被曝線量調査の結果を輸送物の種類によって整理し、海上輸送作業従事者の年度毎の総線量と各年度に輸送された輸送物の全輸送指数から、輸送指数当たりの集団線量を算出した。以上の調査より、海上輸送作業従事者の被曝線量は非常に低くなっていることが明らかとなった。

放射性物質運搬船の船内での線量率分布については、低レベル放射性廃棄物運搬船及び使用済核燃料運搬船において、海技研が過去に実施した実船実験によるデータを整理した。その結果、船内の線量率は、日本の輸送規則で定める基準と比較して十分低くなっていることが明らかとなった。

以上より、日本における放射性物質海上輸送時の船内及び荷役における放射線安全が十分に確保されていることは明らかである。

FRP製救命艇のCO₂排出に関するLCI分析

Life Cycle Inventory Analysis on CO₂

Emission from FRP Lifeboat

櫻井昭男、小野正夫、東 登

平成 15 年 6 月

強化プラスチック 第 49 巻第 6 号

近年、地球環境への関心が高まるにつれ、FRP 製品の廃棄やリサイクル性に対する問題がクローズアップされている。救命艇においても主要構造材に FRP を多用していることからその例外ではなく、全ライフサイクルを通じた環境負荷を評価し、改善することが求められている。本研究ではその手がかりとして、FRP 製の救命艇の製造における環境負荷の概略を把握するために、現在製造が続けられている救命艇の製造の実績値に基づいてインベントリ分析を実施した。

対象とした救命艇は、全長 5.4m、25 人乗りのもので、全閉型救命艇(TR 艇)と耐火救命艇(FR 艇)である。

救命艇のライフサイクルには FRP 資材、主機関の部品及び電力、燃料等のエネルギーの生産に加え、救命艇の製造、使用及び解体並びにリサイクル等のステージが含まれる。しかし、本解析では救命艇の製造のみを解析の対象とし、救命艇の使用、解体及びリサイクルはシステムの対象外とした。解析の対象とした環境負荷項目は CO₂ である。また参考として、石炭、原油、天然ガス、水、原木、鉄鉱石、ガラス原料等の消費資源の消費及びスチレンモノマー、固形廃棄物、鉄スクラップ、アルミスクラップ等の排出物を考慮する。解析は製造のプロセスフローに基づいてプロセス行列を作成し、行列法により実施した。

その結果、救命艇の建造に関する CO₂ 排出量は TR 艇が 6,199(kg)、FR 艇が 7,132(kg)であった。TR 艇では、ガラス繊維の生産に係わる CO₂ 排出量が全体の約 30(%)、工場での建造作業(重油の燃焼)と電力の製造が約 15(%)、鋼材及び樹脂の製造が約 14(%)を占めた。また FR 艇では、ガラス繊維の生産に係わる CO₂ 排出量が全体の約 26(%)、工場での建造作業(重油の燃焼)と電力及び鋼材の製造が 16~17(%)、樹脂の製造が約 11(%)を占めた。なお、部品の製造プロセスを素材の重量のみ考慮したため、CO₂ 排出は主として電力の製造等のエネルギー及び素材の製造に関するプロセスから排出される結果となっている。

ディーゼル機関の電子制御化の動向と将来 Technical Trend and Future Outlook of Electronic Control System for Diesel Engines

西尾澄人

平成15年5月～9月

海技通信5月号～9月号

近年、酸性雨問題や地球温暖化問題が世界的に取り組まなければならない重大な課題となっている。このため1990年頃より国際海事機関(IMO)において船舶からの大気汚染防止に関する検討が行われ、1997年9月に開催された海洋汚染防止条約締約国会議において、その規制内容が決定した(窒素酸化物(NO_x)、硫黄酸化物(SO_x)が対象)。2002年10月において、批准国は、バハマ、リベリア、マーシャル諸島、ノルウェー、シンガポール、スウェーデンの6カ国のみであったが、2003年中には、その規制の発効要件が整う見込みであり(ベルギー、サイプラス、デンマーク、フィンランド、独逸、ギリシャ、ルクセンブルグ、オランダ、パナマ、スペインが批准予定)その1年後から規制が発効される予定となる。また、今後、船用ディーゼル機関のパーティキュレート(PM)も重大な問題となってくるものと考えられる。このため窒素酸化物(NO_x)、二酸化炭素(CO_2)及びパーティキュレート(PM)を考慮した環境技術の開発が重要になってくる。これらを可能にする技術の一つにディーゼル機関の電子制御化技術がある。ディーゼル機関の燃料噴射系及び吸排気弁系の電子制御化を通して、燃料噴射圧力、燃料噴射時期、吸排気弁開閉速度、吸排気弁開閉時期を制御し、排出される大気汚染物質を総合的に抑制するものである。

自動車用機関においては有害排出物質の低減、燃費の低減及び運転性の向上(乗り心地、振動・騒音対策)のため電子制御化技術(メカトロニクス技術)が多く実用化されてきている。船用ディーゼル機関においても、実用化されたもの、現在研究中のものがあり、電子制御噴射システムは実用化され始めようとしてきているところである。今後はますます環境問題が重大になると考えられるため、このような電子制御技術がますます重要になってくると思われる。本稿は、ディーゼル機関の燃料噴射系及び吸排気弁系の電子制御化の例を含め、その動向と将来について記す。

今後の課題としては、油圧制御用の高速電磁弁の信頼等が考えられる。10ms以下での作動バラツキを低減することや長寿命化(10年間=約7万時間台)が課題であろう。また、噴射量の制御をノズルの噴口面積で制御できるようなものが開発されれば、さらに環境対策に有効になってくると思われる。

小型高速流路を用いたマイクロバブルに関する 実験的研究

Experimental Study on Microbubbles
Using a Small High Speed Water Tunnel

高橋孝仁、児玉良明、角川 明、牧野雅彦、

川島英幹

平成15年5月

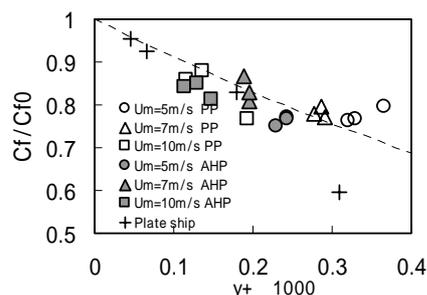
関西造船協会論文集第240号

マイクロバブルは、水流中の固体表面近くに生ずる境界層に、直径1mm程度の微小な気泡を混入し、摩擦抵抗を低減させる摩擦抵抗低減デバイスである。船舶への実用化のためには抵抗低減効果のメカニズム解明が必要である。現状では壁近傍流体のボイド率(気泡含有率)を高めるほど摩擦抵抗が低減することが確認されている程度であり、メカニズム解明のためには精度の高い計測値が要求される。これまで小型の流路を中心に数多くのマイクロバブルの実験が行われているが、気泡が混入した場合の摩擦力計測やボイド率計測は、困難で計測精度も不確かな面がある。また狭い管路途中から空気を注入すると流速も増加し、摩擦低減率は流速一定の状態でも求めたいがそのためには大幅な補正を必要とするなどデータ解析上の問題もある。

本研究では、これまでの小型流路を用いたマイクロバブル実験結果について、計測結果の検証と補正方法についての再検討、データの誤差(偶然誤差)評価を行った上で、壁近傍ボイド率と摩擦抵抗低減効果の定量的な関係を求めた。また、多孔質板あるいは配列多孔板について気泡生成方法の相違による影響を調べた。さらに、海水影響を調べるため、海水中と真水中で摩擦抵抗低減率および気泡状態の相違について詳しく調べた。

その結果、以下の結論を得た。

- ・摩擦抵抗計測の補正方法について、従来の方法の問題点を示唆した。誤差評価を行ったデータをもとに、壁近傍のボイド率と摩擦抵抗低減率の定量的な関係を求めた。(下図参照)
- ・吹き出し方法による摩擦抵抗低減効果の差について、多孔質板は、配列多孔板より若干効果が高い程度で、その差は明瞭ではなかった。
- ・海水中と真水中のマイクロバブル実験結果を比較した。気泡径および流れ方向の気泡径変化において両方で相違はみられるものの、摩擦抵抗低減効果は大差なく、気泡径0.3mm～1.2mmの相違は、摩擦抵抗低減効果に影響を与えないことがわかった。



**COSMOS (二酸化炭素深海送込み法) と
OACE(二酸化炭素深海実験)プロジェクトの進展**
Progress of COSMOS (CO₂ Sending Method
for Ocean Storage) and OACE (Ocean Abyssal
Carbon Experiment)

綾 威雄、山根健次、小島隆志、波江貞弘、
中島康晴、城田英之、P. G. Brewer, E. T. Peltzer, III,
P. M. Haugan, T. Johannessen, B. Kvamme,
R. G. J. Bellerby

平成 15 年 6 月 10~12 日

第 22 回海洋構造物極地工学国際会議講演論文集

革新的温暖化対策技術の一つである CO₂ 深海貯留法は、2000 年以上が期待できるなどの大きな利点がある一方、処理深度が 3500m と深いことが技術上とコスト面での問題点と考えられてきた。しかし、タンカー輸送される低温 CO₂ は浅海でも海水より十分重くなるという性質を利用すれば、浅海放出により低温 CO₂ を深海底まで自由沈降させることができる。当所は、新エネルギー・産業技術開発総合機構(NEDO)の助成の下、1999 年から低温 CO₂ 実海域放出実験を米国・モンテレー湾海洋研究所(MBARI)と、低温 CO₂ 塊の挙動解明をノルウェー・ベルゲン大学(UoB)とそれぞれ共同で行なった。

3 年間の共同研究の結果、当初もくろんでいた低温 CO₂ 大液泡の放出は、理論的には可能だが技術的には必ずしも容易でないことが判明した。そこで、より大きな冷熱が利用できる、スラリー(ドライアイスと低温液体 CO₂ の混合物)放出を、陸上実験及び実海域実験で詳細に調べ、その実現性が有望であることを確認した。この方法を新 COSMOS として提案するとともに、新たな特許として申請した。新 COSMOS 法は、CO₂ 放出径を当初の COSMOS の 1/2 以下にできること他、放出深度を CO₂ タンカーの長さより浅い 200m 程度にでき、船上での作業を大幅に簡素化できる等の大きな利点がある。

2002 年度からは、NEDO 助成の下に新たな国際共同研究として、貯留 CO₂ の安定性と周囲の海洋環境への影響を評価するための基礎資料を充実させることを目的とした実海域実験 OACE(Ocean Abyssal Carbon Experiment)を開始した。2003 年 2 月には、予備実験として、モンテレー湾の深度 648m で、約 20 リットルの CO₂ の溶解実験を行ない、潮流の他、CO₂ 溶解に伴う pH と海水の電気伝導度の変化を詳細に計測した。これらのデータや蓄積された実験技術は、2003 年秋以降に予定されている 3500m 以深の本格的な CO₂ 貯留実験を具体化させる際に活用される。また、予備実験で得られた CO₂ 溶解速度は、数値シミュレーションモデルの改良にも活用される。さらに、CO₂ ハイドレート生成のメモリー効果を明らかにするための陸上実験と実海域実験を行なった。

(454)

**石油タンカー輸送データベース (APEX) による
タンカー利用状況の解析**

Analysis of oil transportation by oil tanker
transportation database (APEX)

小林 充、勝原光治郎、久保 登、松倉洋史
平成 15 年 5 月

平成 15 年度日本造船学会春季講演会予稿集

日本海運の競争力に翳りが生じ、日本造船業も韓国中国の急迫の中で呻吟している。その原因の一つに、日本の海運造船産業が将来を市況予測する先見力を失ってきていることがあると考えられる。この一連の研究は、最終的には世界の運航船舶の動静と海上荷動き量を把握し、海運市場の需給関係を基に将来の海運市況を予測するシミュレータを開発し、これに様々なシナリオを想定してシミュレーションを繰り返し行う作業を組み込み、次世代海運造船人の先見力を涵養するシステムを開発することを目標にしている。

今回著者たちは、英 Lloyd's 社の海事情報部門から石油タンカー輸送データベース (Analysis of Petroleum Exports : APEX) を入手した。APEX は、世界における 1 万 DWT 以上のタンカーによる石油の移動について、出発および到着の港名・日付、船名、積載量、荷主及び船主などの情報が非集計の形式で記録されている。これをさまざまな側面から解析することによって、タンカーによる世界の石油の荷動きを鳥瞰することができる。ただし、このデータベースには航路に関する記述がないため、著者らは世界の港を連結するノード・パスデータベースを構築し、Dijkstra 法に基づき通過航路を推測した。

このデータベースを船型別に分類すると、比較的小型のタンカーは欧州・メキシコ湾岸に多く用いられ、特に石油製品の輸送に用いられる。また、航路が年間を通して一定していないことが多い。逆に、DWT が 30 万トン近い大型のタンカーはそのほとんどが中東～東アジアの往復輸送に用いられ、専ら原油の輸送を行っていることが明らかになった。

また、原油輸送において最も危険なチョークポイントのひとつであるマラッカ海峡を迂回するため、タイの Kra 地峡に運河を建造する計画があるが、これをタンカーが通過できるようになった場合の燃料削減量等を試算した。これによると、DWT として 26 万～31 万トンのレベルのタンカーが最も通過需要があり、32 万 DWT のタンカーが通過できる規模の運河を建造した場合で約 35 万トンの燃料節約と約 105 万トンの CO₂ 削減ができることがわかった。

Calculation and Experiment on

Descending Motion of a Deep-sea Robot

深海底ロボットの降下運動に関する計算と実験

上野道雄、二村 正、安藤裕友、前田克弥、

田村兼吉、久松勝久、佐伯延博

平成15年9月

Proceedings of 6th Conference on Manoeuvring
and Control of Marine Crafts, 2003

AUVとROVの両者の特徴を併せ持つ深海モニター用小型ロボットシステムの実現に必要な要素技術の開発を目標として、当所と東京大学生産技術研究所の共同研究が進められている。

このロボットシステムはブーイを内部に格納した状態で中継機が海上から海底の目標地点まで重力によって降下していく。その際、舵のみの制御によってできるだけ海底の目標地点まで正確に近付くことが必要となる。これは音響通信によって遠隔操縦されるブーイの活動範囲が音響通信の届く範囲に限られるからである。

本報告は、中継機の降下運動特性を明らかにするために実施した理論計算結果と模型実験結果について述べたものである。中継機本体は軸対称の細長い形状をしており、後部に2対の舵と前部に2対のひれを持っている。

理論計算は著者らが実施した曳航模型実験結果をもとに構築した理論計算モデルに従っておこなった。浮心位置は長さの中間点であると仮定し、重心位置が変化した場合の影響について調べた。その結果、重心位置によって傾斜角や水平方向速度が大きく変化し、全く水平方向に移動できない状態や逆方向に移動する状態があることが明らかとなった。また、舵角の影響についても調べた。これらの結果、ある程度重心と浮心との距離が大きい場合には、ひれ無し状態の方がひれ付き状態よりも効果的に水平方向移動ができることが示された。また、ひれ無し状態では舵角に対する降下運動特性の変化も大きく舵の効果はひれ付き状態よりも期待できることが示された。

模型実験は水深35mの深海水槽でおこなった。中継機模型の降下運動は光学式の運動計測装置によって計測した。実験では舵角や重心と浮心の距離、中継機前部のひれの有無が降下運動におよぼす影響について調べた。実験計測は2対の舵のうち1対の舵の舵角を変化させることによっておこなった。水深が大きくなると模型がわずかに変形することによって水中重量が大きくなることが確認されたため、解析に当たってはいずれの計測も水深10mから15mの範囲を定常運動とみなして解析することとした。解析項目は降下中の傾斜角と水平方向速度、鉛直方向速度である。

実験結果は理論計算結果に示された傾向とほぼ一致する傾向を示し、理論計算の方法が正しいことが示された。実験状態対応の計算結果も実験値とおおむね良い一致を示し、理論計算の手法とともに実験方法の妥当性も確認できた。

PMM Test Analysis for Added Mass

Coefficients of Asymmetric Bodies

非対称物体の付加質量係数に関する

PMM試験解析法について

上野道雄、湯川和浩、二村 正、

浅沼貴之(日本大学)、大松重雄、高井隆三

平成15年9月

Proceedings of 6th Conference on Manoeuvring
and Control of Marine Crafts, 2003

FPSO模型を対象としたPMM試験を実施した。このFPSO模型はタンカー船型の片舷側にライザー管が装着されているため左右非対称の形状をしている。PMM試験では、前進速度がある場合と前進速度が0の場合のPure Sway試験と前進速度が0のPure Surge試験を実施した。

PMM試験結果からは一般に付加質量係数と粘性流体力係数を求めることができる。この場合、付加質量係数には前後と左右、船首揺れの連成係数も含む。通常の船は左右対称であり、また前後も対称と仮定して解析法が確立されている。この解析法では付加質量係数と粘性流体力係数が関係する項が直交関係になる。しかし、非対称物体を対象とした場合はこの直交関係が崩れるため従来の船に対する解析法をそのまま適用することはできない。

本報告は、非対称物体を対象としたPMM試験結果から非対称物体の付加質量係数を合理的に求める解析手法を提案するものである。

Pure Sway試験とPure Surge試験を対象として提案する解析法の概要は次のようなものである。まず、非対称船模型の斜航試験を実施して粘性流体力に関する非対称影響を含んだ情報を取得しておく。PMM試験結果の粘性流体力項を斜航試験結果から時々刻々推定し、この成分を計測された流体力の計測値から差し引くことによって付加質量と粘性流体力両者が混在する情報から粘性流体力の成分を除去する。残りの成分は付加質量の影響に基づくもののみとなるからこれを解析して付加質量係数を求める。

上記の方法は斜航試験結果を用いるため周波数依存性を無視したものとなっている。そのため、実用的には操縦運動等の運動の周波数が0に近い状態に用いられる付加質量の推定に適している。

本報告で提案した解析手法は周波数に関する仮定の下で合理的と考えられる。実際の有効性は求められた付加質量係数を用いて運動の推定をおこなった結果で判断されるべきと考えられるが、解析結果の例は、船速の影響が現れる項とそうでない項が明らかとなるなど、良くまとまった傾向を示したものとなっていることから、本解析手法の有効性が期待される。

水噴流の走査によるタンク洗浄水量の低減 Minimization of Tank Washings with Water Jet Scanning

上田浩一、山之内博

平成 15 年 6 月

日本機械学会 第 13 回環境工学総合シンポジウム 2003

ケミカルタンカーのタンク洗浄排水は海洋汚染防止のためにケミカル物質の有害性に依りて、その排出方法が規制されている。船上で常に化学物質の濃度を計測することは困難なため、予め定められた方法に従ってタンク洗浄を行い、その後タンク内へ入れられた水は船外に定められた条件下で排出できる。有害性の高い物質は陸揚げし処理する必要があるため、できる限り少量で洗浄排水中の有害物質の濃度を下げる必要がある。

水噴流でタンク内を洗浄する場合、洗浄機のノズルの口径を細くすることにより、使用水量に対して排水中の濃度の低下割合が大きくなり、洗浄水量が低減できることが、これまでの研究からわかっていた。さらに洗浄を効率的に行うため、洗浄時のノズルの速度と水圧が洗浄水量と排水中の濃度の関係に与える影響を調べ、洗浄水低減の条件を実験的に求める。ノズルの口径を細くしすぎると水噴流の到達距離が短くなるため、ノズル口径 2.5mm の洗浄機を製作して実験を行った。

この実験ではステンレス製の模型タンク 2m × 2m × 4m の中央に、直径 2.5mm のノズルを設置し、ノズルの走査速度及びノズルへの付加圧力を変えて実験を行った。ノズルの駆動はタンクの上のモーターで軸を駆動した。モーターの回転速度を変えてノズルの角速度を変えた。ノズルの水平軸の主軸に対する減速比は 1/64 で、ノズルの主軸一回転で水平軸が 5.6 度のピッチ角で回転する。最初にノズルを真上に向けた状態から洗浄を開始し、一定時間毎にタンク底のウエル部のドレンからサンプルを採り分析した。実験開始直前に、タンク内面に付着した残留液として食紅で着色したエチレングリコールを刷毛でタンク内全面に塗った。洗浄中の濃度分析は分光光度計を用いて 650nm ~ 400nm の波長で透過率 (%) を計測して求めた。

洗浄初期から洗浄排水中の濃度が 0.1% (0.001) 近くまでは濃度が減少するが、それ以後の濃度低下の割合はゆるやかになる。今回はノズルの角速度及び水圧の影響について実験的に調べた。排水中の濃度が 0.1% まで洗浄するのに必要な洗浄水量は水圧が 0.22MPa で角速度が 1.4rad/sec の時が最も少なかった。水圧を上げても、角速度を上げても濃度の低下の割合は小さくなった。今回の実験ではピッチを 5.6 度としたが、タンク上面の端の方では半サイクルでは少し付着液が液滴状で残っているのが観察された。そのため後半の洗浄中に洗浄排水中の濃度が少し高くなると考えられる。洗浄排水中の濃度が 0.1% 程度までは、濃度の減少の割合は洗浄水とタンク内の残液が均一混合しているとした計算結果に近い値が得られた。

(456)

Response of the MEGA-FLOAT Equipped with Novel Wave Energy Absorber

新形式波エネルギー吸収装置を装備した
メガフロートの弾性応答

正信聡太郎・加藤俊司・難波康広・前田克弥

平成 15 年 6 月

Proceeding of The 22nd International Conference
on Offshore Mechanics & Arctic Engineering

メガフロートの流力弾性挙動は、構造設計の観点から重要であり、何らかの方法でこの流力弾性挙動を低減できれば、メガフロートの安定性を増すことが出来る。

垂直消波板をメガフロートの波上側側面に設置することも、流力弾性応答を容易に減衰させる方法のうちの 1 つである。

しかしながら、流力弾性挙動を低減するために垂直消波板を設置した場合、メガフロートに作用する波漂流力は、通常増加する。

本研究で著者らは、流力弾性挙動および波漂流力の両方の減少に有効となるように、消波板の形状等を工夫した。具体的には、水槽実験において模型波上側端部に様々なタイプの垂直消波板を取り付け、浮体動揺と波漂流力を計測し、垂直消波板の選定を行った。図-1 に実験結果の一例をしめす。

さらに著者らは、垂直消波板を装備したメガフロートの応答を評価する数値計算プログラムを開発し、水槽実験及び実海域実験で検証した。

その結果著者らは、垂直消波板の有効性および開発した数値計算プログラムの有効性の両方を確認した。

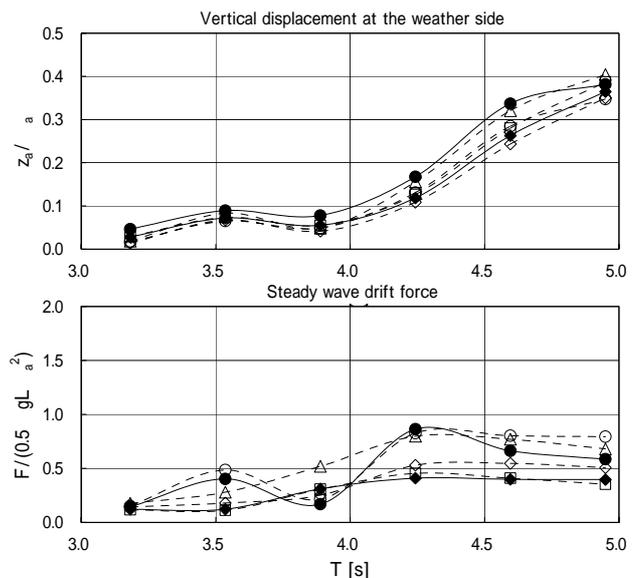


図-1 様々なタイプの垂直消波板を取り付けたときの
実験模型の応答及び漂流力

平成14年度若手活性化事業にかかる海外派遣事業の派遣報告 - CFDの研究開発の動向調査 -

佐藤陽平

平成15年5月

日本造船学会 平成15年春季講演会

日本造船学会の若手研究者・技術者活性化事業にかかわる海外派遣により、平成15年1月11日から同年1月26日まで、アメリカ合衆国に渡航したので報告する。

本渡航の目的は、船舶関係のCFD研究開発の動向を調査することである。調査先として、マサチューセッツ工科大学(以下、MIT)とジョージメイソン大学(以下、GMU)を選んだ。MITでは、船体周りの流れをLarge Eddy Simulationで計算しているの、その計算の詳細を調べることを、GMUでは、非構造格子を用いた船体周りの流れの計算や船型最適化設計を行っているの、格子生成を含めた計算手法の詳細を調べることを、それぞれ大学での調査目的とした。また、各大学で研究者と積極的にコミュニケーションをして、研究情報の交換をすると共に、今後の研究活動において役立つ人脈を形成することも目的とした。

本派遣のスケジュールを表1に示す。各大学に1週間づつ滞在することにより、シンポジウムや学会等で会話だけでは分からない、CFD研究開発の現状や将来の展望等について、詳細な情報を得ることができた。また、研究者と積極的にコミュニケーションを行い、友好的な人脈を形成することができた(図1)。今後の研究活動において、この人脈を充分活かしたいと考える。

表1: 派遣のスケジュール

1/11	移動 (成田 ポスト)
1/13~18	マサチューセッツ工科大学 Dick K.P.Yue教授の研究室で調査
1/19	移動 (ポストン ワシントンD.C.)
1/20	祝日
1/21~22	ジョージメイソン大学 Rainald Lohner教授の研究室で調査
1/23	デビットテイラー 水槽見学
1/24	ジョージメイソン大学にて調査
1/25~26	移動 (ワシントンD.C. 成田)



図1: ジョージメイソン大学 Lohner教授の研究室にて前列左側が著者、後列左から4番目、5番目がLohner教授とYang助教授。

4波長蛍光画像による海洋汚染物質の検知について

Detection of Spilled Chemical Substance Using Four Kinds of Wavelength Fluorescence Images

樋富和夫、山之内博、田口昇、山岸進

平成15年6月

第22回レーザセンシングシンポジウム予稿集

タンカーによる流出事故は大規模な汚染に発展する恐れがあり、流出した化学物質は環境への重大な脅威となる。1997年の「ナホトカ」号や1999年の「エリカ」号による大規模汚染は長期にわたり環境に与えた影響は甚大であった。また、2000年11月、仏国沖で沈没したイタリア船籍「イエボリ・サン」号には毒性の強いスチレンモノマーが積載されており、大規模汚染への発展が懸念され、国際的に有害危険物質による汚染が注目されるようになった。大規模汚染に発展する要因として、1)国際基準を満足しない船舶(サブスタンダード船)による海難事故、2)目視、特に夜間における流出物質の発見・監視の困難性及び3)荒天時防除の困難性、がある。

防除法の決定には、流出物質の種類、性状変化、漂流位置等に関するリアルタイム情報が不可欠である。

このような背景と課題をもとに、昼夜を問わず、流出油の種類・性状や漂流位置が観測できるシステムの開発研究に着手し、2002年3月までにプロトタイプを開発した。2002年4月から3年計画で、環境省地球環境保全費「有害液体物質流出時の環境汚染モニタリングに関する研究」に着手し、有害液体物質の最適検知法の明確化、検知システムの識別性能の高度化を図っている。ここでは、プロトタイプの開発概要、更に高性能化を目指した新しい4波長受光システムの概要と性能検証結果及び有害液体物質の蛍光特性について示す。

4波長受光システムの性能検証を行うため、各種の実験を行ったが、改良を伴うような問題点はなく、以下の結果が得られた。

高所作業車や船舶による性能検証実験により、水のラマン光や蛍光スポットのみをゲート操作で得られることが確認された。更に、蛍光スポット(水のラマン)とその周辺(流出面を想定)の画像も同時に取得されることも確認された。一連の実験では、観測距離(20m以内)が短いため、レーザの出力やイメージインテンシファイヤの感度に対する強さは控えめな設定であり、ヘリコプタによる実海域観測(観測距離:100~500m)への見通しが得られた。

また、有害液体物質の蛍光特性を把握するため、分光蛍光光度計によりレーザの励起波長と蛍光スペクトルの関係が得られた。その結果から有害液体物質に関する検知方法が明らかになった。

Collapse Mechanism of the Buffer Bow Structure on Axial Crusing

緩衝型船首構造の軸圧潰時の崩壊メカニズム
について

山田安平、遠藤久芳、川野 始、平方 勝
平成 15 年 5 月

Proceeding of International Society of Offshore and
Polar Engineering

ダブルハル構造のタンカーにおいても、大型かつ高速の船舶が衝突した場合には、船側に大きな損傷を受け、荷油の漏洩により甚大な海洋環境汚染を引き起こす恐れがあり、その防止対策が必要である。衝突によるタンカーからの油流出防止策として、被衝突船の船側構造の工夫（構造様式及び構造材質）のみで図るアプローチは、効率上一定の限界がある事が分かってきた。そこで、被衝突船のみでなく衝突船においても変形による衝突エネルギーを吸収する「緩衝型船首構造」というアイデアが提起され、実用化を目指した研究・開発を行っている。

本研究では、船首バルブ構造の基本的潰メカニズムを明らかにすることを目的として、防撓方式の異なる 3 種類の大型船首バルブ模型を用いた準静的軸圧潰実験を行った。また、解析検証として、陽解法に基づく FEM シミュレーション解析を行うとともに、著者らが開発した平均反力の簡易推定手法の精度を確認した。本研究で得られた結論は次の通り。

- (1) 緩衝型船首バルブは、軸方向荷重により船首先端から逐次崩壊するモードで圧潰する。
- (2) FEM 及び簡易推定手法により、緩衝型船構造の圧潰性能を精度良く推定できることが確認された。
- (3) 船首バルブ外板は、横肋骨間で 2 回の座屈及びハル Folding を生じた。ほとんどの場合、1 つ目の座屈方向は外側で、2 つ目の座屈が内側であった。
- (4) 十字型 WEB 断面を有する BC-G 模型の実験及び FEM 解析結果により、リングフレームを挟んで、2 段階の Folding が生じていることが分かった。
- (5) 反力の分担割合を検討した結果、圧潰反力のほとんどは、外板が受け持っており、外板の反力推定及び圧潰メカニズムの解明が推定精度向上のために重要であることが分かった。

高速度カメラを用いた甲板上打ち込み水挙動の PIV 計測

Measurement of Shipping Water Flow by High-Speed Camera and Image Analysis based on PIV and PTV

沢田博史、星野邦弘、谷澤克治
平成 15 年 7 月

可視化情報学会第 31 回可視化情報シンポジウム
講演論文集

船舶が荒天中を航走すると、甲板上への打ち込み水により大きな衝撃荷重を受け、時にはハッチカバー等の甲板上構造物が大きなダメージを被ることがある。そこで、打ち込み水による衝撃現象を可視化計測するため、2 次元水槽内に設置した打ち込み台に打ち込む入射波の様子を、高速度ビデオカメラと同期が可能なシート状ストロボ光源を使用して撮影した。また、撮影画像の PIV 計測を行い、高速でかつ非定常な打ち込み水の速度ベクトルを求めた。本計測では可視化画像の他に船首部甲板上への打ち込み水による水圧分布等についても同時に計測した。造波時間およびカメラ開始とデータ計測は、全てパソコンで同期をとり再現性を確保した。

下図は 2 台のカメラ使用したステレオ撮影画像の 3 次元 PTV 解析により求めたストロボ光厚さの流体軌跡を示す。左図は側面図、右図は入射波に向かって打ち込み台後方から前方を見たものである。これらは流体の打ち込む様子や打ち込み水の 3 次元性を良くとらえている。なお、矢印は参考のために流体の移動方向を書き込んだものである。

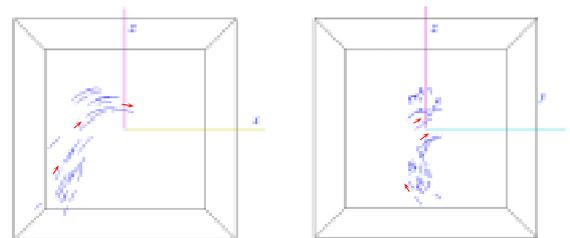


図 3 次元 PTV 解析による流体軌跡 (40ms 間)

高压タンクを用いた液体二酸化炭素の投入実験Injection Experiments of Liquid Carbon
Dioxide in High-pressure Tank中島康晴、城田英之、小島隆志、山根健次、
綾 威雄、波江貞弘

平成15年8月

日本機械学会 2003年度年次大会講演論文集

化石燃料から排出される二酸化炭素(CO₂)を排ガス中から分離・回収し、水深3500m以深の深海底に貯留するCO₂深海貯留は、地球温暖化を抑制する革新的技術の一つとして注目され、海技研において研究を行っている。これまでの研究から、貯留したCO₂の溶出による周辺海水のpHの低下、及びそれによる海洋環境への影響を評価する必要性が認識されたため、2002年から海技研は米国及びノルウェーの研究機関とともに海洋環境影響評価を目的とする国際共同研究を実施している。本報では、国際共同研究の一環として実施した高压タンクを用いた液体CO₂投入実験について、CO₂液滴の挙動、CO₂ハイドレート膜の生成及び周辺水のpH変化を報告する。

実験に使用した高压タンクは、内径1.1m、深さ3.0mの円筒型高压容器であり、高压ガスを使用する場合の最大耐圧は40MPaである。この装置には、液体CO₂投入装置、加圧装置、温度調節装置、回流発生装置等が付属している。また、内部には熱電対、pHセンサ、モニターカメラ等が設置され、圧力、温度、pH、内部映像等のデータを収集、記録することが可能である。実験では、高压タンクに清水を充填し、温度・圧力を調整した後液体CO₂を投入し、CO₂液滴の挙動及びCO₂ハイドレート膜の生成状況を観察した。さらに、タンク内にCO₂を貯留し、周囲のpH変化を計測した。

まず、温度8.0、圧力29.0MPaにおいて、CO₂液滴の沈降挙動を観察した。この温度・圧力条件では、液体CO₂の密度は水の密度よりもわずかに高いため、CO₂液滴は球形に近い形状を維持しながら、ゆっくりと沈降する。CO₂液滴の終端速度を、同一の密度を有する剛体球を仮定することにより近似的に解析した。実験中に液体CO₂の密度がわずかながら上昇するため、これを無次元化したパラメータを用いて終端速度を計算し、実測値と概ね一致する結果を得た。さらに、温度を変えてCO₂液滴表面におけるCO₂ハイドレート膜の生成を観察し、過冷却度の増大によりCO₂ハイドレート膜の生成が促進されることを確認した。

次に、約2kgのCO₂をタンク内に貯留し、周辺におけるpHの変化を検討した。pHは初め急速に低下した後しばらく一定となり、その後再びゆっくりと低下し、2日間で8.4から7.0へと変化した。その後、回流発生装置により内部の水を攪拌したところ、pHは7.0から5.6へと低下した。貯留したCO₂の溶解速度は、CO₂液滴付近の流れの状態により大きく影響されると考えられる。

**メタンハイドレートペレットの
分解挙動の温度依存性**Influence of Temperature upon Dissociation
Rate of Methane Hydrate Pellets

城田英之、中島康晴、疋田賢次郎

太田 進、波江貞弘、岩崎 徹

平成15年8月

日本機械学会 2003年度年次大会(徳島)

現在、日本で消費される天然ガスのほとんどは-150の低温で液化され、液化天然ガス(LNG)キャリアによって貯蔵・輸送されているが、こうした方式は液化によるエネルギー損失が非常に大きい。ガスハイドレートの自己保存効果や高密度ガス包蔵性を効果的に利用することができれば、従来のLNG方式よりも高温・低圧で天然ガスを輸送できる可能性がある。以上の観点から筆者らは、未開発の中小ガス田を対象とし、天然ガスハイドレート(NGH)をペレットに加工して海上輸送するための研究を実施している。

筆者らはこれまでに、NGHペレットの代わりにメタンハイドレートペレット(MHP)の自己保存性と温度の関係について、浮力差を用いた簡易実験を実施し、この結果を報告している。本論文は、MHPの温度と自己保存性の関係についてさらに詳細なデータを得るため、高い精度でペレットの温度を制御することが可能な自己保存性実験装置を製作し、MHPの分解ガスを直接的に計測した結果を報告したものである。

本実験では、簡易実験よりも高い精度(温度変動:簡易実験 ± 1 、本実験 ± 0.1)でMHPの温度管理を行った。また、試料数を簡易試験の約10倍とし、個々のMHPの製造ばらつきを除去した「バルク状態」の分解挙動を評価した。なお、設定温度は-5及び-20とした。

試料の初期包蔵ガス量を、浮力差を用いた計測法(簡易実験と同一)及び発生ガス直接計測法の2通りの方法で推算したところ、両者の乖離は3~5%であり、定量的にほぼ良好な一致を示した。この結果は、簡易実験及び本実験の方法が妥当であったことを示している。

試料のハイドレート化率の低下率は、-20及び-5の場合で全く異なる変化を示した。即ち、設定温度の低下に伴って試料の分解速度が極端に遅くなった。MHPの分解挙動の温度依存性についても、簡易実験の結果と定性的に良い一致を示した。

REVIEW OF THE INTACT STABILITY CODE Direct Estimation of Coefficients in the Weather Criterion

非損傷時復原性コードの見直し

ウェザークライテリアにおける係数の直接評価

石田茂資、梅田直哉（大阪大学）、田口晴邦

平成 15 年 9 月

第 46 回国際海事機関 / 復原性・満載喫水線・漁船安全小委員提出文書 (SLF46/6/14)

ウェザークライテリア（以下 WC）は荒天中で操船不能になった場合を想定し、停船した状態で横波横風を受けても十分な復原性を確保するよう規定されている。その諸係数は制定当時の就航船舶の実態が基礎となっているが、近年長い横揺れ周期と大きな風圧側面積を持つ大型旅客船等が出現し、これら船舶に対する WC の適用性に疑問が呈されるようになった。

新形式船舶は今後も出現するため、このような問題を根本的に解決する方法は個船毎の直接評価であり、WC に限らず他の基準についても IMO で検討事項となっている。本文書では、数値計算による評価は精度上の問題があること述べるとともに、模型実験の標準的手法を定める必要性を指摘している。また、その例として、ウェザークライテリアで重要な要素となる横風による傾斜角を求める標準試験法を提案している。

横風による傾斜角を正確に求めるには、水面上の部分に作用する風圧力とその着力点、水面下の部分に作用する漂流力とその着力点を、それぞれ傾斜角の関数として求める必要がある。特に漂流力の見掛け上の着力点は、通常仮定される喫水の中央位置ではなく、船底より下や水面より上になる場合があることが知られている。

本文書では、風洞実験と水槽実験を組み合わせるこれらの量を正確に求める方法を示すとともに、送風機を備えた水槽で簡易に評価する方法についても提案を行っている。

ポテンシャル理論による浮体運動の非線形 シミュレーション法

Nonlinear Simulation Method of Floating Body
Motions based on Potential Theory

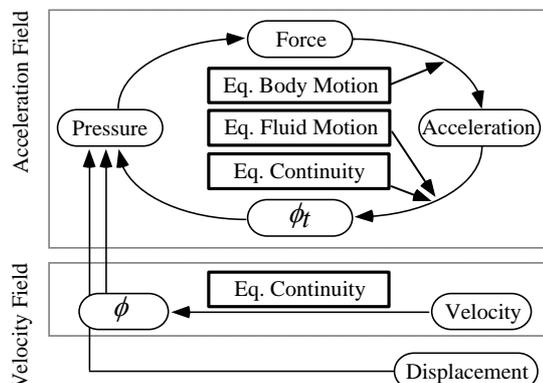
谷澤克治

平成 15 年 7 月

第 28 回海洋開発シンポジウム講演集

本報ではポテンシャル理論にもとづく波浪中浮体運動の時間領域非線形シミュレーション法について解説した。このシミュレーション法は数値造波水槽 (Numerical Wave Tank : NWT) と呼ばれ、水波の非線形相互作用の研究や浮体の水波に対する非線形応答の研究に用いられている。NWT のキーポイントは流体と浮体との連成運動方程式を時間領域で線形の仮定を外して構築する点にあり、これには速度場だけでなく加速度場を解く必要がある。下図に速度場と加速度場の関係を示す。周期運動を仮定しない時間領域の計算法では、速度場の解は質量保存を満たすのみで、運動量保存を満たす解は加速度場に構築した浮体と流体との連成運動方程式を解いて得られる。加速度場の合理的な解法は 1980 年頃から研究され始め、現在では (1) モード分解による方法、(2) 陰境界条件を用いる方法、(3) 繰り返し計算による方法等が知られている。モード分解による方法では加速度場を 6 自由度の単位加速度運動に対応する 6 モードと速度場から生じる求心加速度等の加速度の都合 7 モードに分解し、各モードについて境界値問題を解き、その解と浮体の運動方程式を連立させて浮体加速度を計算する。陰境界条件を用いる方法は著者が開発した方法で、浮体の運動方程式を用いて加速度場における浮体表面の幾何学的境界条件式から浮体加速度を消去した陰境界条件式を用い、加速度場をモード分解せずに解くことができる。繰り返し計算による方法は加速度場のループを収束するまで繰り返し計算で解く最もシンプルな方法である。

本報では、最初に NWT の基礎として加速度場の解法を概説し、ついで 2 次元問題と 3 次元問題への NWT の適用例をいくつか紹介し、最後に NWT の適用限界、問題点、今後の研究の方向等を示してまとめた。



LC/MSにおけるジंकピリチオン分析 Zinc pyrithione analysis by LC/MS

熊倉 陽、山口良隆、高橋千織、菅澤 忍、
柴田俊明、張野宏也、山田康洋、柴田 清、
千田哲也

平成15年9月

日本分析化学会第52回年会講演要旨集

船底防汚物質としてTBT代替品やふけ止め剤として使用されている Bis(1-hydroxy-2(1H)-pyridinethionato) zinc, 通称 Zinc pyrithione (以下ZnPT)は、光分解性がありかつ中心金属が置換されやすいために高速液体クロマトグラフ(HPLC)や高速液体クロマトグラフ質量分析計(LC/MS)で直接分析することは難しいとされてきた。そこで今までのHPLC分析では、比較的安定なCopper pyrithioneへの置換や、移動相に亜鉛を添加するなどの手法が取られてきた。しかしこれらの方法では、金属の影響で再結合などが起こる可能性があり、環境中でのZnPT量や分解を含めた挙動を追跡するためには問題がある。そのために直接ZnPTを分析する方法が求められる。そこで本研究ではLC/MSによるZnPT直接分析法について検討した。

ZnPT粉末を超純水に溶解し、0.45 μmメンブランフィルターで濾過した溶液300 mLをDichloromethane 30 mLで1回抽出を行った。その有機相をエバポレーターで約2.0 mLまで濃縮し、測定用サンプルとした。分析装置はAgilent1100シリーズLC/MSD SLを用いた。分析条件を次に示す。カラム：Imtakt製Unison UK-Phenyl 2.0×50 mm、移動相：A= 20 mmol/L CH₃CO₂NH₄ 500 mL + 3% NH₃ 1 mL (pH8.4) B= CH₃OH A : B = 50 : 50, 3.0 mL/min、カラム温度：20、注入量3.0 μL、イオン化法：大気圧下化学イオン化 Positiveモード、ペーパーライザー温度：300、フラグメント電圧：100 V、乾燥ガス(N₂)温度：300

実験に使用したZnPT水溶液のZn濃度を原子吸光度計で測定し水溶液濃度を算出したところ2.5 mg/Lであった。ZnPT水溶液を前処理し、LC/MS測定したところ、リテンションタイム4.34 minに左右対称なクロマトピークが得られた。その時のマススペクトルがZnPTのもの一致し、今回の手法でZnPTが検出できた。この結果が得られた理由として、LC側についてはPhenylカラムを用い、さらに移動相のアンモニウムイオン濃度を上げたことで、カラム中で起こるZnPTの分解が抑えられたと考えられる。次にMS側ではペーパーライザー温度と乾燥ガス温度を下げたためMS装置内での分解が抑えられたと考えている。

A Study on Factors Related to the Capsizing Accident of a Fishing Vessel "Ryuhō Maru No.5"

漁船「第五龍寶丸」転覆事故要因に関する一考察
田口晴邦、石田茂資、渡邊 巖、沢田博史、
辻本 勝、山越康行、馬 寧

平成15年9月

Proceedings of the Eighth International Conference
on Stability of Ships and Ocean Vehicles

平成12年9月、北海道襟裳岬沖で底びき網漁船「第五龍寶丸」が転覆し、乗組員18名中14名が行方不明となる事故が発生した。本論文では、この転覆事故について、事故状況の検証及び事故要因の分析評価を行った結果を報告する。

事故状況の検証では、まず、生存者の証言等に基づき、事故シナリオを想定した。次に、海難審判で明らかになった事故発生時の状況から復原力及び傾斜モーメントを推定し、その値を使って転覆方向の横揺れ運動エネルギーと動復原力を事故シナリオに沿って評価、比較することで、事故状況の定量的検証を行った。

その結果、第五龍寶丸転覆事故は、

多量の漁獲物の入ったコッドの引揚げ
急激な操船による内方傾斜・外方傾斜
袖網等コッド以外の搭載物の移動
漁獲物の入ったコッドの移動

の4つの要因が複合して発生したと考えられることが明らかになった。

更に、有効な再発防止対策を策定するため、各事故要因を分析するとともに、その大きさを変化させて復原力や傾斜モーメントの比較計算を行い、各要因がどの程度転覆に寄与するか影響度の評価を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 多量の漁獲物の入ったコッドの引揚げは、復原力を大幅に減少させるだけでなく、コッドが移動した場合の傾斜モーメントや外方傾斜モーメントの増加につながるため、転覆に対する影響は非常に大きい。そのため、多量の漁獲があった場合には、コッドを一気に甲板上に引揚げないようにすることが、転覆防止のために肝要である。
- (2) 旋回運動によって発生する外方傾斜モーメントは、コッドの移動によるものに比べて大きさは小さいが、転覆発生まで持続的に作用するため、転覆に与える影響は大きい。このモーメントは船速の自乗に比例するので、船速を落として旋回することが転覆事故の発生防止に有効である。