

所 外 発 表 論 文 等 概 要

The Degree and the Mechanism of Skin Friction Reduction by Microbubbles

マイクロバブルによる摩擦抵抗低減の度合いとメカニズム

児玉良明、杉山和靖、北川石英、牧野雅彦、高橋孝仁、菱田公一、高木周

平成 15 年 6 月

Proceedings of TSFP-3, Third International Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena - 2003

水中に注入された微細な気泡であるマイクロバブルによる摩擦抵抗低減のメカニズムの解明に関する当所における最新の研究成果 2 種を紹介した。

1 つは実験的研究であり、摩擦抵抗の低減が発生している状態の、小型流路のチャンネル内を流れる気泡流にレーザシート光をあてることによって発生する、水中に添加したトレーサ粒子からの蛍光発光を TV カメラによって撮影し、その動きから気泡流の流体部分の瞬時の速度分布を計測した。また、同時に、LED による赤外線発光を気泡流に照射し、気泡の運動を計測した。流体部分の速度の変動成分は、流れ方向成分と流れに垂直成分の両成分共、気泡の存在によって増加した。しかし、両者の相関を表すレイノルズ応力成分は、気泡の存在によって減少した。レイノルズ応力成分は、摩擦抵抗の発生に直接関係する量であり、その減少が計測されたことは、マイクロバブルによる摩擦抵抗低減メカニズムの解明にとって大きな前進であると評価できる。

もう 1 つは数値シミュレーションを用いた研究であり、チャンネル内の気泡流がシミュレートされた。従来の計算では、上下流端で周期境界条件が用いられたが、本計算では、図に示すように、実験状態をより正確にシミュレートするため、周期境界条件を用いず、且つ上壁面からの気泡吹き出しをシミュレートした。その結果、従来は出来なかった、マイクロバブルによる摩擦抵抗低減がシミュレートできるようになった。

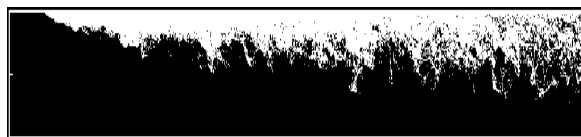


図 1 上面壁から注入された気泡の数値シミュレーション

On the Skin Friction Reduction Mechanism of Microbubbles

マイクロバブルの摩擦抵抗低減メカニズムについて

児玉良明

平成 15 年 7 月

Proceedings of FEDSM'03, 4TH ASME JSME Joint Fluids Engineering Conference

水中に注入された微細な気泡であるマイクロバブルの摩擦抵抗低減効果について、その大きさを特徴、更にメカニズムについて概説した。

まず、気泡吹き出しの直下流位置での摩擦抵抗低減効果は、非常に大きいこと、吹き出し空気量に応じて大きくなること、流速には依存しないことを示した。次に、吹き出し位置から数 10m 下流位置での低減効果は、長さ 40m 程度までは存在すること、高速ほど小さくなること、気泡吹き出し板として多孔質板を用いた場合の方が配列多孔板を用いたときよりも大きいことを示した。

また、平板を用いた実験では、高速ほど抵抗低減効果が小さいこと、平板の向きが垂直の場合には、水平下向きの場合よりも抵抗低減効果が小さくなることを示した。さらに、青雲丸を用いた実船実験では最大 5.5% の抵抗低減効果が得られたことを示した。一方、吹き出し空気量が少ないときや、平板を垂直に置いた場合に、摩擦抵抗がむしろ増える場合があることを示した。そして実船実験でも、摩擦抵抗がむしろ増える場合があったことを示した。

摩擦抵抗低減メカニズムに関する研究として、当研究所で行われた、PTV を用いた気泡流の乱流計測の結果を示した。流体部分の速度の変動成分は、流れ方向成分と流れに垂直成分の両成分共、気泡の存在によって増加した。しかし、両者の相関を表すレイノルズ応力成分は、気泡の存在によって減少した。レイノルズ応力成分は、摩擦抵抗の発生に直接関係する量であり、その減少が計測されたことは、マイクロバブルによる摩擦抵抗低減メカニズムの解明にとって大きな前進である。

最後に、沸騰現象を模擬した研究として、多孔質板を通して気泡を長い範囲で発生させた実験結果(図参照)を紹介した。そこでは、流れの速度と共に気泡の速度が計測され、気泡は水流よりもかなり遅く流れることが明らかにされた。

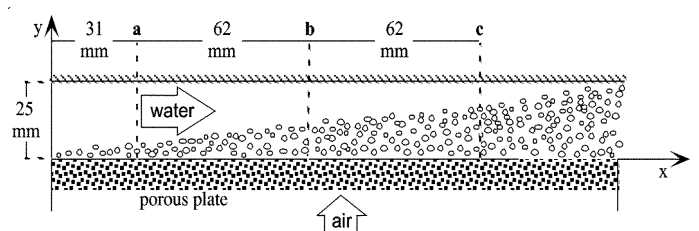


図 2 沸騰状態を模擬した多孔質板からの気泡吹き出し

The OACE (Ocean Abyssal Carbon Experiment) Research Project

OACE プロジェクトについて

小島隆志・綾威雄・山根健次・浪江貞広・中島康晴・城田英之(海上技術安全研究所) P. G. Brewer・E. T. Peltzer(モンテレー湾海洋研究所) R. G. J. Bellerby・P. M. Haugan・T. Johannessen(ベルゲン大学)

平成 15 年 10 月

The Proceeding of the 7th International Conference on Carbon Dioxide Utilization

二酸化炭素深海実験・OACE は、日、米、ノルウェー三国の共同小規模実海域実験による CO₂ 深海貯留法の総合的評価及び、実用化に向けた大規模実証試験実施を目的としている。今回、海技研の CO₂ 深海貯留研究グループは、米国モンテレー湾内の深度 700 ~ 800m で行われた OACE の CO₂ 貯留予備実験(2003 年 2 月 19 ~ 24 日)に参加し、本海域の流れ場に置かれた容器に溜められた CO₂ からの溶解速度や溶解に伴う海水の酸性度(pH)の変化を計測した。

この海域では潮汐変化に伴う大きな潮流(最大水平流速 0.5m/sec)が深海にも見られ、pH センサーが潮流の下流側に位置した時に、pH に大きな変化が見られた。pH センサーは、容器直下(センサー1)海底より 5cm 上の位置(センサー2)、アクリル容器から 2m の水平距離(センサー3, 4)にそれぞれ設置された。

センサー1 は大きな変化が記録されていないが、センサー2 は、潮流方向がアクリル容器と重なったときのみ変化が記録されている。センサー3 には 0.4、センサー4 には 0.7 の変化がそれぞれ記録されている。これは CO₂ 溶解海水が周囲の海水よりも密度が大きいため、アクリル容器から溶け出して流れに乗った CO₂ 溶解海水が、海底を這う様に広がっていったものと推測される。また、固定設置した pH センサーとは別に、ロボットアームで pH センサーを自由に移動させて、アクリル容器内やその周辺各位置での pH 変化量を記録した。その結果、アクリル容器内外のほとんどの位置で pH 変化が見られず、深海流れの下流でアクリル容器縁の一部にのみ 0.5 程度の pH 変化が見られた。これは、固定設置した pH データの結果と一致している。詳しい解析・検討が各国の分担によって現在進められている。

今後、OACE チームでは数 10 リットルの CO₂ を使った小規模実海域実験を数回行う。そして、CO₂ 貯留期間、海底沈殿物との相互作用や溶解 CO₂ の拡散過程、海水酸性化分布、第 2 回以降の溶解過程のシミュレーション解析、大型高圧タンクによる模擬実験(CO₂-sediments 相互作用実験)のパラメータ選定等、貯留サイト近傍における海洋環境影響を明らかにするための基礎データを取得する。更に深度の深い 3500m 級海域で同規模の実験が予定されており、大規模実証試験への橋渡しの役割が果たせた。

二酸化炭素深海貯留における溶解度の重要性

On the Importance of CO₂ Solubility for its Deep Ocean Storage

小島隆志・山根健次・綾威雄
平成 15 年 8 月

2003 年度機械学会年会講演論文集

二酸化炭素の深海貯留では、二酸化炭素と海水の界面にできるハイドレートが重要な役割を担っている。中でも、二酸化炭素の液泡の状態において、ハイドレート膜で覆われた液体二酸化炭素の溶解速度が、ハイドレート膜で覆われていない液体二酸化炭素の溶解度に比べて遅くなる現象が観察された。このことから、ハイドレートが生成する条件下において、二酸化炭素は液体二酸化炭素としての溶解度と、二酸化炭素ハイドレートとしての溶解度という、二つの溶解度を持っていることが示唆された。

さらに、2 前後の低温域では、後者が前者の 1/3 となることが明らかとなっている。その後、Makogon らの研究者グループによって、メタンハイドレートの場合についても、同様な二元的性質の出現が報告されている。

また、米国モンテレー湾内の深度 700 ~ 800m で行われた OACE の CO₂ 貯留予備実験(2003 年 2 月 19 ~ 24 日)では、表層水および実験深度の深海水とで、ハイドレート生成の差違を観察するハイドレート能力実験を実施したが、予想された結果と異なり、どちらもハイドレートが瞬時に生成した。この結果を元に、表層水を用いた陸上実験を実施し、同様な実験を行ったが、実海域の挙動と異なる結果が得られた。この原因の一端として、二酸化炭素溶解度が起因となることが考えられる。

このように、二酸化炭素海洋隔離法(溶解法、深海貯留法)を正確に評価するためには、二酸化炭素溶解度の二元性が明らかにされる必要がある。これまでのところ、どのような条件がいずれの溶解度を出現させるのか、という実海域における溶解度の決定条件や、二つの溶解度の空間的境界とその移動についてほとんどわかっていない。そのため、海洋隔離法における溶解度の二元性の問題は深海貯留法はもとより、直接的に溶解度が影響する溶解法にとっても極めて重要な問題となる。

このような溶解度の二元性と二酸化炭素海洋隔離との関わりについて、二酸化炭素の溶解度から評価が行われた。評価内容としては、次の通りである。

- (1) 溶解度の支配因子である液泡表面濃度が、種々の条件下において詳細に考察された。
- (2) ハイドレート膜が存在する場合と存在しない場合において、二酸化炭素液泡の溶解速度が、最新の実験データを用いて考察された。
- (3) 外部流動場中の二酸化炭素の物質移動が、動的形成と静的形成を用いて考察された。

Green Sea Loads on General Cargo Ship

中型貨物船に働く打ち込み荷重について

小川剛孝、南 真紀子、谷澤克治、
松波亮樹、熊野 厚、三宅竜二（日本海事協会）
荒井 誠（横浜国立大学）

平成 15 年 9 月

第 8 回船舶と海洋構造物に関する国際会議

(STAB2003)論文集

海水打ち込みは、その荷重による船体及び甲板上構造物の損傷だけでなく、作業性や復原性の低下も引き起こす。よって、海水打ち込みが船舶の安全性に及ぼす影響を評価するためには、甲板上水位分布や打ち込み荷重を合理的に推定する必要がある。しかしながら、打ち込み水の挙動は複雑であり、これまでに実施された殆どの研究は相対水位変動と船体との相対関係から打ち込み発生の有無を判別するものであった。

一方、IMO（国際海事機関）の復原性・満載喫水線・漁船(SLF)小委員会において満載喫水線条約の見直し作業が段階的に行われており、その一つとしてハッチカバー強度の見直しがある。英国、オランダ及び日本はそれぞれ模型実験を実施し、結果を IMO に逐次報告している。同じくバルクキャリアに関する基準の見直し作業が行われていた事もあり、これらの模型実験は、主にバルクキャリアを対象に行われた。しかしながら、船種や船長が異なれば船体運動、相対水位変動、ひいては海水打ち込みも違ってくると考えられるため、船種や船長にかかわらずバルクキャリアの検討結果を用いて同じ荷重を一律に適用するのは合理的とは言いがたい。本研究では、これらの事を背景に、打ち込み荷重の合理的な推定手法の開発と船種と打ち込み荷重の関係についての検討を行った。

はじめに、バルクキャリアに比べて相対的に小型で瘦せ型の中型貨物船による海水打ち込み実験を実施した。著者らが開発した打ち込み荷重の予測法を用いて短期予測計算を行ったところ、計算値と実験値は良く一致することが分かった。この事から予測法及び実験結果の妥当性を確認した。また、現行の規定及び著者らが別途実施したバルクキャリア模型の実験結果と本結果を比較したところ、相対的に厳しい実験条件にも関わらず、中型貨物船の打ち込み荷重はバルクキャリアの荷重に比べてかなり小さくなる事が分かった。これらのことから、打ち込み荷重を規定する際には船種の違いを考慮する必要性が明らかとなった。

また、甲板上水位分布の運動量変化を考慮する事で打ち込み荷重だけでなく船体運動も同時に計算できる推定法を開発した。実験結果と比較した結果、船首相対水位に波高の非線形影響を考慮する事で精度良く推定できる事及びこの相対水位を入力として計算する打ち込み荷重は実験値と良く一致する事が分かった。

Estimation method for probability density function of the water impact pressure of Post-Panamax container ship due to bow flare slamming

ポストパナマックスコンテナ船のバウフレアスラミングによる衝撃圧の確率密度関数推定法について

小川剛孝、南 真紀子、谷澤克治、
松波亮樹、熊野 厚、三宅竜二（日本海事協会）
荒井 誠（横浜国立大学）

平成 15 年 10 月

高速船舶と輸送に関する国際会議 (FAST2003) 論文集

コンテナ船の大型化が進んだことで、船幅がパナマ運河の幅を超えるポストパナマックスコンテナ船のような大型船が建造され、実用に供されている。船体強度の観点からは、とりわけコンテナ船で重要な検討事項となるフレアスラミングによる衝撃圧や捩りモーメントについて十分に検討する必要がある。

このうち、フレアスラミングによる衝撃圧に関しては、衝撃圧の取り扱いの難しさから損傷事例と整合性がとれた半実験式を設計式として用いている。よって、設計式を従来のコンテナ船に比べてフレア角が大きくなっている大型コンテナ船に適用する場合、衝撃圧の尺度影響だけでなく船体と波との相対関係及びこれらと衝撃圧の関係を定量的に検討する必要がある。また、模型試験から得られる衝撃圧を実船換算するとパネルの塑性崩壊水圧より小さい事が多いと言われている。この事も合理的な推定を困難にしている要因である。そのため、同様の検討が必要であると考えられる。

これらの背景から、ポストパナマックスコンテナ船のフレアスラミングによる衝撃圧データの取得を目的とした大波高中での自航試験を実施した。また、定常航走及び浸水面形状の時間変化による非線形性を考慮した船体運動及び船体表面の計算を実施し、相対速度、相対傾斜角及び衝撃圧の推定精度向上のための検討を行った。この結果、今回用いたポストパナマックスコンテナ船のようにスプレーの影響が大きい場合、定常航走及び浸水面形状の時間変化による非線形性を考慮することで船体運動及び衝撃圧を精度良く推定できることが分かった。また、長波頂波中では実験値及び計算値の両方で損傷パネルの塑性崩壊水圧より小さい衝撃圧となる事が分かった。

更に、ポストパナマックスコンテナ船だけでなく、船型や船種が異なる場合にも適用可能な衝撃圧の予測法を開発を行った。開発した予測法による衝撃圧の確率密度関数は、不規則波中での計測結果とよく一致しており、合理的な推定が可能である事が分かった。

メタンハイドレートの自己保存性に関する 一考察

Discussion on Mechanism of Self-preservation
Effect of Methane Hydrate

綾威雄、城田英之、中島康晴、浪江貞広

平成 15 年 8 月

2003 年度機械学会年会講演論文集

1992 年に、氷層に包まれたハイドレートは生成温度より高温においても分解が抑制されるという、自己保存性が発見され、中小のガス田からの天然ガスをハイドレート化して船舶輸送するアイデアが注目されるようになった。また Stern らは氷点下数 の限られた温度範囲において、自己保存性が顕著に現れることを報告している。しかし、人工生成のメタンハイドレート塊を使った海技研の実験では、低温になるほど分解速度が低下する結果が得られており、氷点下数 での自己保存性は確認されていない。

そこで、相矛盾するように見えるこれらの実験結果を合理的に説明できる、ハイドレート自己保存性モデルを検討した。その結果、自己保存性発現要件は以下の様に考えられる。

1. 自己保存性発現要件

- ・ 粒径サイズ：限界粒径より小さいことが必要。限界粒径以上の粒径が混在していると、自己保存効果が減少。
- ・ 温度：Stern らの発見した温度範囲($-7 \sim -3$)に保つこと。温度分布が大きいと、発現がばやける。

2. 自己保存状態

3 相平衡圧力より低圧中に置かれたハイドレート粒子は解離を始めるが、解離により生じた水分子から生じる氷層に取り囲まれ、内部圧力が増加する。その際、粒径に比して氷層が薄すぎて破壊されるか、氷層がガラス状でない限り、その温度に対応する平衡圧力に達する。内外圧差と氷層の強度に応じて、氷層のクリープ変形が進行する。このとき、水素結合の解離確率と氷点からのサブクールが有意な温度範囲では、結晶中の欠陥が修復されて強い氷層となり、クリープ速度が抑制され、顕著な自己保存性が発現する。この温度範囲から遠ざかるほど、氷層中の欠陥修復が進行せず、内外圧差に耐えるため、クリープ速度が増大し、自己保存性は小さくなる。そして、ハイドレート粒子内部圧力は 3 相平衡圧力が維持される。

以上のことから、ハイドレートの顕著な自己保存性について、氷の機械的性質と氷点近傍における水素結合の解離確率を導入したモデルを提案し、このモデルに基づく自己保存性の発現要件と自己保存状態を考察するとともに、従来の実験結果を説明した。

ドルフィン係留された超大型浮体式海洋構造物 の地震時挙動 (第 2 報)

Behaviors of a Very Large Floating Structure
Supported with Dolphins under Earthquake
Loading (The second report)

渡辺喜保

平成 15 年 7 月

日本造船学会論文集第 193 号

前報では、フェンダーとドルフィンの間の間隙をゼロとしてドルフィン係留された超大型浮体式海洋構造物に対し、地震波として正弦波形を使用し時刻歴応答解析を行い、浮体の面内弾性変形、地震波周期および地震波伝播速度がドルフィン係留された浮体式海洋構造物の地震に対する挙動に及ぼす影響を検討した。

本報では、地震波形として実地震波形を使用し、ドルフィン係留された超大型浮体式海洋構造物に対し、浮体の面内波形に関し弾性体として扱った場合および剛体として扱った場合について、地震波の周期および速度を変化させた時刻歴応答解析を行い、浮体、フェンダーおよびドルフィンの挙動を求め、浮体の面内弾性変形および地震波の周期と速度が浮体式海洋構造物の地震に対する挙動に及ぼす影響を調べた。また、フェンダーとドルフィン間に存在する間隙がドルフィン係留された超大型浮体式海洋構造物の地震応答におよぼす影響を調べた。その結果として、以下の結論を得た。

- (1) フェンダーとドルフィンの間の間隙がゼロの場合、浮体の長手方向に伝播する地震波から伝播方向に直角方向の力を受ける場合、浮体の横方向変位の応答は sway のモードと固有周期での振動、yaw のモードと固有周期での振動および地震波周期と等しい周期の弾性振動が重なったものであることを確認した。
- (2) フェンダーとドルフィンの間の間隙がゼロの場合、浮体が sway および yaw のモードで地震波に共振すると共に、浮体の面内変形に関し弾性体として扱った場合は、2 節弾性振動のモードで地震波に共振することを確認した。
- (3) フェンダーとドルフィンの間の間隙がゼロの場合、地盤およびドルフィンが地震波と共振する低周期領域において、地震波伝播速度の変化および浮体面内変形の扱いが違えばフェンダー反力およびドルフィン反力の大きさに影響を及ぼさないことを確認した。
- (4) 地震波の時刻歴における振幅が大きい数波の波成分の周期がドルフィンの固有周期に近い場合、ドルフィンが共振することを示した。
- (5) フェンダーとドルフィンの間に間隙を設けることにより、浮体の sway、yaw および 2 節弾性振動モードでの共振が発生しなくなり、フェンダー反力が大幅に低下することを示した。

Assessment of the Weather Criterion for a Large Passenger Ship

大型旅客船に対するウェザークライテリア の検討

小川剛孝、deKat, J.O.(MARIN)、石田茂資

平成 15 年 9 月

第 46 回国際海事機関 / 復原性、満載喫水線、漁船の
安全性に係る小委員提出文書 (SLF46/6/12)

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時、つまり停船した状態で横波横風中にさらされた時でも十分な復原性を確保するために規定されている。現行の WC は、従来船に物理的考察を加えて策定されている。近年、長い横揺れ周期と非常に大きな風圧側面積をもつ大型旅客船が建造されるようになった。この大型旅客船に WC を適用した場合、制約が大きくなり設計が困難になる。そこで、従来船への影響を十分に考慮しつつ、大型旅客船については合理的に見直す必要がある。この事を背景として、当所とオランダ MARIN の国際共同研究により大型旅客船に対する WC の適用について計算と実験の両方から物理的考察を加えた。

典型的な大型旅客船を用いて検討した。積み付け条件 (KG) の影響を調べるために、現行の WC を満足する KG とそうでない場合について検討を行った。

解析手法により導かれた転覆確率計算法を用いて各 KG での転覆確率を計算した。入力となる横揺れは MARIN の数値計算プログラムで計算した。その結果、(1) 長い横揺れ周期を持つ大型旅客船の転覆確率は KG に関わらず小さい。

(2) 非常に大きな風圧側面積をもつ大型旅客船の転覆確率は KG の影響を受けやすい。

(3) 横波だけ (風なし) の計算結果では、転覆確率はかなり小さくなる。このことから、大きな風圧側面積を持つ大型旅客船に及ぼす風の影響は非常に大きい。との知見を得た。

また、計算と同じ船を使って実施した横風横波中の水槽試験結果の速報についても示す。その結果、停船状態では横風横波で漂流する事及び長い横揺れ周期を持つ大型旅客船の横揺れは小さい事を確認した。このことから WC の物理モデルが妥当である事が分かる。

以上の結果から、委員会に対して日本、オランダ共同で以下の提案を行った。

WC は大型旅客船のみの規定ではないので、従来船への影響を十分に考慮しつつ、大型旅客船については合理的に見直す必要がある。その際には、風波共存の状態を想定する事が望ましい。

FRP 製救命艇のインベントリ分析と感度分析 の適用

Life Cycle Inventory Analysis and Application of Sensitivity Analysis on FRP Lifeboat

櫻井昭男、小野正夫、東 登

平成 15 年 10 月

第 28 回複合材料シンポジウム

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。また、摂動法を利用した感度分析を船舶に適用する手法を示し、救命艇建造モデルに対しての感度分析の実施を通じて、CO₂ の排出量を低減する最も効果的なプロセスの項目を明らかにした。

対象とした救命艇は、全長 5.4m、25 人乗りの全閉囲型救命艇である。

インベントリ分析の結果、救命艇の建造に関する CO₂ 排出量は 6,199kg であった。その内訳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。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製造等のエネルギー及び素材製造に関するプロセスから排出される結果となった。

また感度分析の結果、CO₂ の排出量への影響に関して次のことが明らかになった。

- (1) ガラス繊維製造過程の環境影響の改善もしくは低環境負荷のガラス繊維を選択することが救命艇製造の CO₂ 排出量を減らす最も有効な方法である。
- (2) 鋼材、電力、樹脂の選択も重要である。
- (3) 艀装品の中では鋼材の使用量が多い主機関、甲板、換気装置の製造に伴う CO₂ の排出の影響が高く、4 ~ 5% 程度であった。

以上のように、感度分析の適用により環境負荷へ影響を与えるプロセスの影響を入出力の項目単位で定量的に求めることができた。今後、感度分析を行うことで、収集すべきプロセスデータの精度を考慮することができ、データ収集を効率的に実施することができる。

Flow Computations around a Ship with Appendages by an Unstructured Grid Based NS Solver

非構造格子NS ソルバーによる付加物付き船体
まわりの流れ計算

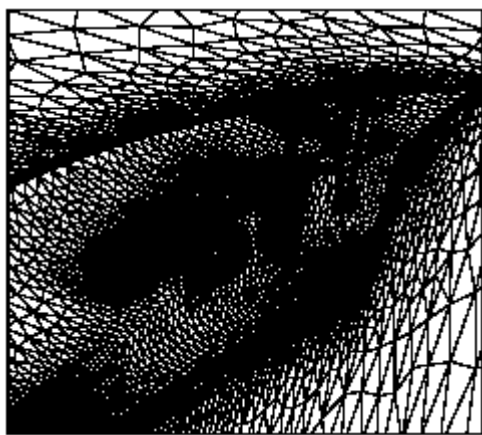
日野孝則、大橋訓英、右近良孝

平成15 年9 月21-25 日

Proceedings of 8th International Conference on
Numerical Ship Hydrodynamics

船首バルブやトランザム船尾を備えた実用船型は、主船体のみでも十分に複雑な形状であるが、舵および推進器やその他の付加物を考慮すると、その複雑さはさらに増加する。したがって、実用的な船型設計ツールにはそのような複雑形状を扱う能力が求められる。非構造格子法は、複雑形状に対する適応性の高さから、船型設計のためのCFD(計算流体力学) 手法として期待されている。また、実用性の観点からは、曳航状態の抵抗の算定のみではなく、自航状態の性能解析ができることが望ましい。そのためには推進器の影響をモデル化する必要がある。

本論文では、非構造格子を用いたナビエ・ストークス・ソルバーに、プロペラ影響を表す体積力モデルを組み込み、付加物の付いた船体まわりの流れ解析に適用した。シャフトブラケット付きの2軸高速フェリー(下図に格子を示す) とボッド型推進器を装備した貨物船について、曳航状態と自航状態の計算を行い実験結果と比較した。その結果、更なる計算精度の向上が必要ではあるが、本計算手法の実用性が確認された。



シャフトブラケット付きの船体まわりの計算格子

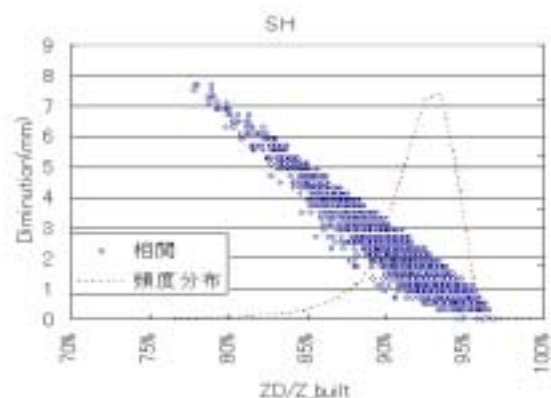
衰耗の進行によるタンカー縦強度の低下について Degradation of Tanker Longitudinal Strength due to Corrosion Progress

川野 始、平方 勝、岡正 義

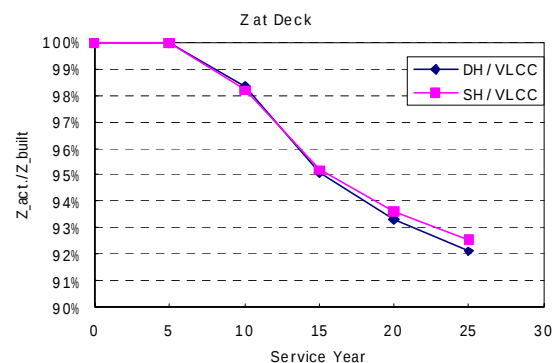
平成 15 年 11 月

日本造船学会講演会論文集第 2 号

タンカー折損に伴う大規模油流出事故を未然防止する観点から、腐食衰耗の進行に伴うタンカー縦強度低下挙動を調査し、船体検査で押さえるべき構造劣化について検討した。即ち、船体検査における厚さ衰耗計測データから導かれた衰耗進行モデルを用いて、タンカーの経年変化に伴う全体強度(縦強度)低下傾向を確率論アプローチに従ってシミュレートする(添付例を参照)。更に折損事故へのトリガー現象として重要と考えられる甲板下ロンジの剥離に着目し、甲板/ロンジの固着度低下ならびに甲板構造の圧縮強度低下に伴う折損シナリオについても検討する。また、甲板下ロンジの剥離に関して、現状の非破壊検査手法であって確実に検出できる手法は見出されていないが、甲板/ロンジの固着度が著しく劣化したケースを現場的に判断する検査アプローチについて考察した結果にも触れる。これらにより、折損防止の視点から、船体検査で厳格に押さえるべき衰耗劣化について議論する。



縦強度の経年変化(船体中央の甲板断面係数)



甲板断面係数と甲板衰耗量の相関シミュレーション
(シングルハル VLCC、船齢 25 年)

A CAD/CFD Integration System for Ship Hull Form Design

船型設計のためのCAD/CFD 統合システム

日野孝則、平田信行

平成15 年10 月17-20 日

Proceedings of World Maritime Technology
Conference

船型設計において、CFD(計算流体力学) は流体力学的性能を予測するための重要なツールとして用いられている。また、種々の最適化手法とCFD を組み合わせた研究が進められており、このアプローチによる自動形状最適化は新たな設計技法として期待されている。

船型設計は、通常CAD ソフトウェアを用いて行なわれている。現状では、このCAD とCFD は独立したプログラムであり、CFD に不可欠の前処理である格子生成のためのソフトウェアの多くは、CAD データ入力のためのインターフェースを備えてはいるものの、CADとCFD の連携にはかなりの人手と労力を要している。設計プロセスの中でCFD を有効に活用するためには、CAD、CFD そして最適化ツールが一つのシステムに統合される必要がある。

本論文では、CAD/CFD 統合システムのプロトタイプを示し、各システムコンポーネントの機能とインターフェースについて述べた。さらにこの概念設計を元にして設計システムのプロトタイプを構築した。プロトタイプには、簡略化したCAD 機能と格子生成機能を組み込み、流体性能解析のためのCFD ソルバーと最適化手法を用いて、設計者の意志決定を支援するシステムとした。簡単な設計事例によってシステムの適合性を吟味するとともに、将来の開発課題について検討した。



CAD/CFD 統合設計システムのコンセプト

海水によるワイヤロープの腐食劣化の研究

その5. まとめ

Study on Corrosion Degradation of Wire R
ope in Sea Water

山川賢次、原正一、守谷敏之、村上卓也、早崎
清志、鯖江俊彦、岡畑成樹、井上新也、神戸良
三

平成15年9月

資源・素材関係学協会合同秋季大会

ワイヤロープの腐食劣化に関する資料を得るために、実験室内における実海水による浸漬試験を1994年10月から1999年12月までの5年2ヶ月間、実海域における暴露試験を1997年1月から12月までの11ヶ月間実施した。この二つの実験では、それぞれの実験期間中のワイヤロープの強度特性の変化とワイヤロープを構成する各層素線の特性値の変化を測定した。またロープの外観と各層素線の断面(めっき層)の変化を観察・記録した。

供試ロープの構成は、37本の素線を撚ったストランド6本を撚り合わせた6×37の繊維心ロープ、IWR C 6×WS(36)の鋼心ロープおよび1×127、1×61、1×19等のスパイラルロープの3種類である。室内浸漬試験では、ロープ径は各構成について60φ、30φ、16φの3種類、実海域暴露試験では30φと16φの2種類とめっきの異なる2φの鋼線3種類、繊維心の30φでは亜鉛めっきの付着量、16φでは亜鉛めっきと亜鉛・アルミ合金めっき、亜鉛めっきとアルミめっき(実海域)を試料として用いた。室内での海水浸漬試験、実海域暴露試験ともに同一ロットから6セットの試料を作製して、各1セットから新品時の特性値(初期値)を求め、室内浸漬試験では5セット、実海域暴露試験では4セットを試料として期間をおいて順次引きあげて特性値を測定した。実海域の試料1セットは室内浸漬試験のタンクに浸漬して比較資料を採った。

測定した特性値は、ロープの径、破断荷重、破断時の伸び、素線の径、引張強さ、破断までのねじり回数、めっき付着量である。特性値の変化は、初期値を切片とする一次関数で近似して室内浸漬試験では5年間、実海域暴露試験では12ヶ月間の残存率を求めてそれぞれの評価値とし、各層素線間の比較、構成や規格の異なる試料を統一的に比較した。

室内浸漬試験より実海域暴露試験での腐食劣化が2倍ほど速く、めっきのない裸ロープの破断荷重の評価値が0.3に低下するまでの期間が約28ヶ月である。室内浸漬試験では、海水交換直後から亜鉛濃度が上昇して、ある値から下降する現象が見られることやめっき試料の表面に腐食性生物が付着してコーティングとなっていることが腐食の進行を遅くしているのではないかと考えられる。

この研究は、当所とワイヤロープメーカー4社との共同研究で実施したものである。詳細については、海上技術安全研究所報告第3巻第3号にまとめた。

ワイヤロープ及び繊維ロープの摩耗による強度低下について

Wear Degradation of Wire Rope and Synthetic Fiber Rope

首藤洋一、徳永祐二、守谷敏之、鹿兒山隆、
原正一、山川賢次
平成15年9月

資源・素材関係学協会合同秋季大会

曳航索の接触部による強度の低下および摩耗対策に関する基礎資料を得るために、エッジ引張試験、小径曲げ(D/d)引張試験および摩耗試験を行った。

繊維ロープの試料は、つぎの2種類を母材とした。
1)ダイニーマトエルロープ(12打ロープ)は高強度で伸びが小さく、ワイヤロープに近い特性をもっている。2)ハイゼックスエイトロープ(8打ロープ)は、強度が低く伸びが大きい特性をもっている。

供試ロープは、試料 : 1)に保護対策を施さないもの、試料 : 1)にポリエステルベルト(B25mm×t 3.8mm)を編みこんだもの、試料 : 1)にワイヤ外装被覆を施したもの、試料 : 2)に保護対策を施さないもの、試料 : 2)にポリエステルベルトを編みこんだもの、試料 : ワイヤロープ(6×37 めっき無し)で、径はいずれも22φとした。

試験はつぎの5種類を実施した。1) 静的引張試験(エッジおよび小径曲試験の基本データ)、2) エッジ引張試験(90°のエッジを介して破断荷重を求める)、3) D/d引張試験(小径曲試験、試料径dの×1、×5、×10)、4) エッジによる軸方向摩耗試験、5) D/d=1による軸方向摩耗試験。

エッジ引張試験の結果は、試料 (49.1%) 試料 (54.1%)、試料 (70.5%)、試料 (75.6%)、試料 (82.1%)、試料 (104.4%)の順で低下している。小径曲げ試験の結果は約10%の範囲で試料 (56.7%)、試料 (64.1%)、試料 (64.2%)、試料 (72.4%)、試料 (77.0%)、試料 (96.7%)の順で低下している。D/d>5では試料 が100%を超え、他の試料は70~90%である。

エッジ引張試験およびD/d引張試験結果では伸びの小さいダイニーマトエルロープおよびワイヤロープの強度低下率が大きく、伸びの大きいハイゼックスエイトロープの強度低下率が小さい。しかし、強度の絶対値で比較するとダイニーマトエルロープおよびワイヤロープの破断荷重が高い。また保護材を施した試料の強度がD/d=1で良好である。

軸方向摩耗試験結果ではダイニーマトエルロープの耐摩耗性が良好である。またポリエステルベルトによる保護が擦れ止として有効である。曳航索の摩耗は軸方向のみならず横方向の耐摩耗性も考慮する必要がある。

機関室ビルジ水の処理対策

Treatment of Engine-room Bilge-Water

上田浩一、山之内博、山根健次、羽鳥和夫、吉田紘二郎、綾威雄、阪根靖彦

平成15年10月

日本マリンエンジニアリング学会 第70回マリンエンジニアリング学術講演会

船舶の通常運航時に機関室で発生する油を含むビルジ水は、油による海洋汚染防止のため油水分離装置を通して油分濃度を 15ppm 以下に処理して船外に排出することが義務づけられている。ところがこのビルジ水に潤滑油や洗剤に含まれる界面活性剤が混入した場合、油が微粒化され、微粒化された油は処理され難くなる。そのため IMO において、船の機関室ビルジ水の油分による海洋汚染防止装置の指針及び仕様の見直しが行われているところである。この見直しにより、油水分離器の型式承認試験において使用する試験液に、実際のビルジの成分に近くかつ油水分離の困難な液(水中油型エマルジョン)を使用することとなるため、新たな油水分離装置の開発をする必要がある。また我が国は、既存の油水分離装置の根本的な問題の解決を図るべく、機関室内のビルジ水の発生量自体を最小限にすることで、より効果的に処理することができる統合ビルジ水処理システムの概念を提案している。

そこで、現在のビルジ水の発生状況について、内航フェリーと練習船でのビルジ水の発生状況について調査した。これを、過去 1979 年及び 1999 年のビルジ水に関する調査結果と比べるとビルジ水の発生量は減少しているが、燃料や潤滑油の清浄機からスラッジに混じった油水が発生していることがわかった。

今後の対策として漏油や漏水を発生しないようにし、結露によるような比較的クリーンなビルジ水はクリーンビルジ水として廃油系と別配管としビルジ水の発生量を少なくする。F.O.やL.O.の清浄機の性能向上により、含油廃水の発生量を少なくする。含油水を濃縮する場合濃縮率の向上を図り、燃焼し易いようにする必要がある。

吸着による後処理装置や生物処理の方法が開発されているが、これらについて新基準案や界面活性剤の影響の確認が必要である。発生量低減による油水分離器の負担軽減と同時に微細油粒に関して 15ppm 以下を維持できる処理装置の開発が必要である。

単一液滴を用いた船用燃料油試験法
 Test Method of Marine Fuel Oils by Single
 Droplet
 羽鳥和夫
 平成 13 年 10 月
 第 70 回マリンエンジニアリング学術講演会
 講演論文集

船用機関では燃料油に起因すると考えられるシリンダのスcaffingや熱交換機への灰付着等の障害が発生している。この原因として、特に、燃焼後期に発生した煤は未燃のまま残り、これがシリンダ内面に付着したり、シリンダ内から排出された後で熱交換器に付着すると考える。

ここでは、障害を防止するためには燃料油の積み込み時に試験を行うことが有効であると考え、単一液滴を用いた簡易的な燃料油試験法を提案する。この試験法は単一液滴を大気圧下の高温静止空気中で着火・燃焼させ、燃焼時間および懸垂棒に付着した煤の量から燃料油の判定を行う。

液滴の燃焼では着火時の液滴量が燃焼時間に影響を及ぼす。この対応として液滴定量装置を考案した。定量装置はねじ式の送り装置でマイクロシリンジのプランジャを押す構造で、粘度の異なる燃料でも正確に定量出来る。また、燃焼室内の温度は着火時まで液滴量を減少させないために 1100K とした。さらに、測定の簡易化のために火炎検出装置を考案した。同装置は火炎光のみを検出して燃焼時間を測定するもので、微小火炎の測定も可能である。

本実験では国内で供給された燃料油を障害が発生しない標準燃料とした。

対象とした燃料油について、煤が懸垂棒に大量に付着すること、及び標準燃料に比べて燃焼時間が長いことを障害発生の要因と考え、両者を測定した。

この結果、明確にスcaffingが発生した燃料油は多量の煤が付着し、さらに燃焼時間が長くなることが明らかになった。

上記の結果より、本試験方法は障害発生燃料油の予測が可能であることを示す。また、火炎検出装置と液滴定量装置により、測定の簡易化が実現できた。

船舶信頼性調査と
GO-FLOW手法による船舶の信頼性評価
 Investigation of Ship Equipment Reliability and
 Reliability Estimation on Ship
 by using GO-FLOW Methodology
 桐谷伸夫
 平成15年10月
 日本マリンエンジニアリング学会シンポジウム

実利的な信頼性解析を実施する場合、合理的な数値データを導入することは重要な要件のひとつである。船舶信頼性情報データベースによって得られる信頼性数値データは、14 万件を超える船用機器の故障や警報発生に関わるフィールドデータの集積を背景としていることから、船舶を対象とした定量的な信頼性評価において大きな役割を果たすものであり、その重要性は明らかである。加えて、確率論的信頼性評価の観点より GO-FLOW 手法を用いた信頼性評価を行うならば、対象とする船舶をひとつの大規模システム、あるいはひとつの巨大プラントとして捉えることで定量的なシステム信頼性評価のための有用な解析が実現されるものである。

機器の故障とは、一義的にはその機器個々の機能喪失を意味するものであるが、その機器の機能目的と故障の状況によってはシステム全体の機能喪失さえも引き起こすこともある。すなわち、機器の故障を起因とするシステムの異常発生、機能喪失である。ここで船舶を解析対象システムとするならば、その機能喪失は安全運航機能の喪失と考えることができる。そして、このような状況の評価するためには、解析に導入する信頼性データによって対応することが可能である。すなわち、機能喪失によってシステム全体の安全を阻害する機器故障に関する信頼性データを求めることである。船舶信頼性情報データベースでは、このような機器故障を重故障（発生により主機の自動・手動停止あるいは減速をもたらす故障）として信頼性数値データが得られることから、システムの安全評価の実施を担保するものとなっている。

これまでの研究成果として、基本的な船舶の GO-FLOW 手法による実用モデルは構築されているが、本解析においては更新された船舶信頼性 GO-FLOW 標準モデル（Ver. 2.0）を提案し、解析に供した。このモデルは、複数のサブシステムの集合として船舶をモデル化したものであり、汎用性の高いモデルである。船舶は独立したプラントとしての要素もあることから、例えば陸上の施設や設備のモデルとして転用することも可能なものとなっている。

GO-FLOW 解析を実施した結果、搭載機器の故障発生により主機の自動・手動停止あるいは減速が生じて船舶の安全運航が直接的に阻害される確率は運転 1400 [h] において 0.99858 であり、また確率 0.5 の運転時間は約 156 [h] であることが明らかとなった。このような定量的なシステム安全評価の結果は重要な指針となるものではあるが、更に検討を進めて例えば、安全水準をある一定水準に止めるための保全実施の費用対効果を明らかにすることなどを次の段階の課題として考えている。

Estimation of thrust of swimmer's hand using CFD

CFDによる競泳選手の手の推進力推定法

佐藤 陽平、日野 孝則

平成15年9月

第2回アクア・バイオメカニズム シンポジウム

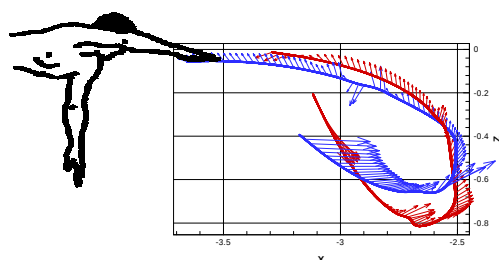
CFD研究開発センターでは、複雑形状周りの粘性流体解析ソフトSURFの開発を進めている。本論文では、「複雑形状周り」および「非定常現象」の応用例として、競泳選手の手による推進力の推定を行った。

本シミュレーションでは、5本の指を含む競泳選手の手の周りの空間を非構造格子で分割し、その手を、実際に泳いでいる選手を画像解析した結果得られる3次元の軌跡に合わせて動かし、流体力を推定する。

計算格子数は約6万個、手の表面の格子分割数は約3700個、手の表面での境界層方向における格子間隔は平均0.7mm、非定常計算の時間刻みは0.0005秒とした。クロールのストロークは1秒間であったので、2000ステップの非定常計算を行った。

今回、解析の対象は、200mおよび100m自由形の世界記録保持者の2選手とした。本シミュレーションにより、手に加わる流体力が算出され、流体力のうち進行方向成分が推進力となる。競泳選手を横から見た手の軌跡と手に加わる力を下図に示す。

2選手を比較すると、軌跡および手の角度の違いにより、手に加わる流体力が大きく異なり、「推進力」および「手に加わる流体力に占める推進力の割合」に差があることが分かった。また、ストローク後半の後半に着目すると、速いスピードで泳いでいる選手の方は、手に加わる流体力の殆ど全てを推進力として利用できている、すなわち効率が低いことが解明された。これにより、SURFは最適泳法の探索に有用であることが分かった。



図：手の軌跡（太線）と手に加わる力（ベクトル）
ストロークの軌跡が浅い選手の方が速く泳いでいる。

Unsteady Flow Simulation around a Moving Body by an Unstructured Navier-Stokes Solver

非構造格子法による運動する物体周りの
非定常流れのシミュレーション

佐藤 陽平、日野 孝則、日夏 宗彦

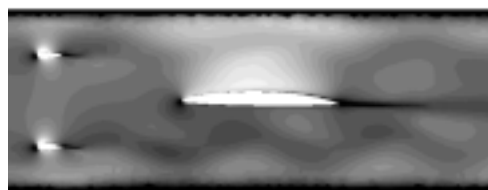
平成15年9月

数値曳航水槽シンポジウム(NuTTS'03)

船体、プロペラおよび舵周りの流れをCFDで解くことは、それらの相互干渉のメカニズム解明、船尾変動圧、自航性能および操縦性能の推定のために必要である。これら船舶流体力性能の推定法の開発を最終目的として、非構造格子法による運動する物体周りの非定常流れの計算法を開発した。本研究の主目的は非定常流れのシミュレーション法を開発することであるが、検証として格子依存性を確認した。

粘性流体解析ソフトSURFを基に、非定常流れに対応した計算コードの開発を行った。計算条件を簡潔に説明する。回流水槽に上流側にピッチングする翼を2個、下流側に固定された翼を1個設置し、ピッチ角を最大6度で2個の翼を同じ位相でピッチングさせる。水槽実験では固定翼面上の圧力、固定翼近傍の速度および圧力を測定している。

全体として、本手法は流れの状況を高い精度で予測できていた。速度の絶対値の計算結果を下図に示す。ピッチング翼により生成された速度変動が下流側に伝播している状況がわかる。速度変動の位相が、水槽実験とずれていたが、これは今後の課題の一つである。格子依存性については、速度、圧力ともに格子密度が高い計算結果の方が、実験結果とより一致しており、特にSuction SideのTrailing edge側の剥離している領域で顕著であった。従って、今後、舵やプロペラ周りの格子を作成する際も、物体近傍の格子数は多めにとる必要があると考えられる。



図：速度の絶対値の分布図

左側が流入境界、右側が流出境界で、左側の翼2個をピッチングさせる。

A Study on Minimum Time Course Changing Ability

最短時間変針性能に関する研究

大津皓平, 岡崎忠胤, 正司公一

平成15年8月

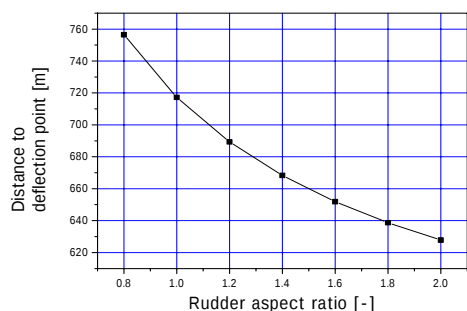
Proceedings of International Congress
on Marine Simulation and Ship Maneuverability '03

Searoom が狭い状況において操船者は、船舶の操縦性能を最大限に利用することが求められる。熟練された操船者は、過去の経験にもとづき巧みに操船し、船舶の操縦性能を最大限に利用できるが、経験の浅い操船者には困難な作業となる。そこで、経験の浅い操船者は操船シミュレータによる訓練を行う。しかし、操船シミュレータの訓練から得られる操船スキルと熟練者の操船方法との間には隔たりがある。一方で、船舶の運動特性を詳細に再現した操縦運動モデルから数値的に導出した最短時間操船方法は、合理的な操船方法であり、船舶の操縦性能を最大限利用した操船方法である。

本研究では、最短時間操船法の有効性を確認するために以下の実船実験を行った。まず、最短時間操船法は、SCGR法(Sequential Conjugate Gradient-Restoration)を用いてMMGモデルより数値的に導出した。そして数値的に導出した最短時間操船法を目標値とした自動制御システムを構築した。同制御システムを小型練習船に搭載し実海域で実験を行った結果、同操船方法はフィードバック機構を含めることで実船に対しても有効であることが確認できた。

本手法のもう一つの可能性として、造船設計時のパラメータ変更による限界操船への影響を明確に導出できることが考えられる。そこで、舵のアスペクトを変更した場合の最短時間変針操船方法を例に検討を行った。計算では船長20.2mのコンテナ船を対象に、舵のアスペクトを0.8から2.0まで0.2毎に変更して最短時間変針操船法を導出した。計算の結果、変針点までの限界距離と舵アスペクトは図のように定量的に導かれた。

以上より、MMGモデルから最短時間操船法を導出する本手法は、操船者へ操船限界を示すと共に、造船設計時のパラメータの変更が限界操船にどのように影響するかを定量的に知るためにも有効であると考えられる。



図：舵アスペクトと変針点までの限界距離

イベントツリー手法による事故発生頻度の評価 (転覆・沈没・浸水事故)

Evaluation of Accident Occurrence Frequency
by Event Tree Analysis (Capsizing, Sinking

and Flooding Accident)

松岡 猛

平成15年10月

「海上防災」第119号

船舶分野の確率論的安全評価としてはIMO・MSC (Maritime Safety Committee)においてFSAという名称のもとに討議されてガイドライン草案が作成されている。これはIMOの規則作成過程において使用する事を目的としている。このような動きのなか、海上技術安全研究所では、日本造船研究協会との共同研究を通じてFSA関連の研究を進めてきている。

著者らが実施した転覆・沈没・浸水事故発生頻度評価は以下の手順に沿って行った。まず、転覆・沈没・浸水事故の発生状況を海難審判庁の報告書を参照して検討し、転覆・沈没・浸水事故を引き起こす要因を調べ上げた。この結果をもとに転覆・沈没・浸水事故発生に至る筋道を一般化してモデル化し、イベント・ツリー（以下ETと表現）形式で表現した。転覆・沈没・浸水事故の場合は、発生の様態毎に6種類のシーケンスを同定し、それらを一枚のETにまとめた。

ETの定量解析において、本海難事象では海水打ち込み確率および大波遭遇確率が必要になる。これらの値は波浪データベースを用いて長期予測計算の手順に従って算出した。ヒューマンファクターに関する事象発生確率は船長等の航行経験者にアンケート調査を実施し推定した。さらに復元性の程度、ビルジ排水ポンプの故障、海水系からの多量漏洩、海水打ち込みによるハッチ破損、圧流による岸壁との接触、荷崩れ発生確率については設計データ、故障率データ、工学的判断等を用い推定した。

ETの定量解析の結果、荒天時航行中のリスクが最大であるが、停泊中のリスクも荒天・静穏時とも静穏時航行中に比較して大きかった。

今後は、既の実施した各種事故についての解析をもとにET、データベース整備をすすめ、船舶分野における標準的な確率論的安全評価方法実施手順としてまとめていく予定である。

造船用鋼の長寿命域腐食疲労

Long Term Corrosion Fatigue of Ship Structural Steel in Seawater

小林佑規、田中義久、後藤英信、丹羽敏男
平成 15 年 11 月

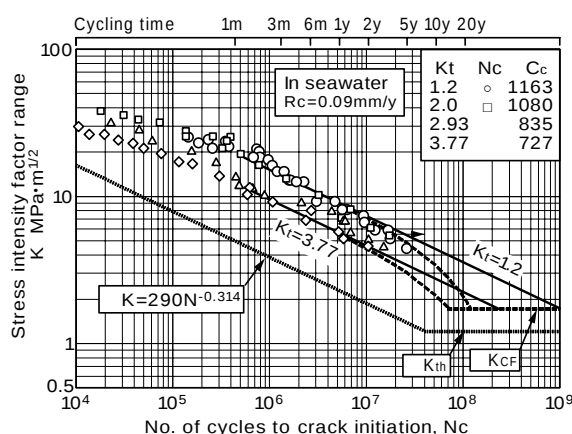
日本造船学会講演論文集 第2号

著者らは、ここ数年、海水環境、希硫酸環境、タンカー原油タンク上甲板裏の腐食環境を模擬する K32A の切欠き材による腐食疲労試験を実施してきたが、いずれの試験時間も 1 年半以下の短寿命であった。

本稿では、海水環境下における 2 年から 5 年間にわたる長期間（0.17Hz で $1 \times 10^7 \sim 2.5 \times 10^7$ 回）の腐食疲労試験結果について、既報の短寿命結果と併せて報告した。腐食疲労試験結果は、公称応力範囲、切欠き底の最大応力に基づく MIL-HDBK-5 法の等価応力および切欠き底の疲労き裂発生時の応力拡大係数範囲とき裂発生寿命との関係をまとめた。

長寿命域の海水腐食疲労データをまとめた結果、主な結論を次に示す。

- (1) 切欠き材の腐食疲労において、負荷が公称応力範囲 60~40MPa 程度の低応力下では、き裂発生寿命に及ぼす K_t の影響がなくなる。
- (2) Seq-Nc 関係は、 K_t に依存せず、環境毎に傾斜の等しい直線で示すことができる。溶接継手の腐食疲労寿命は、0.17Hz で 9×10^6 回(約 2 年)を超えると、母材の寿命に等しくなる。
- (3) 長寿命腐食疲労では、腐食衰耗の割合が影響する。この腐食衰耗による短寿命化は、 ΔK -Nc 関係で表すことができる。



AK-Nc 関係

黒物ケミカル製品輸送を対象とした 逐次型配船手法の研究

Study on Ship Allocation Method for Transport of Coal Tar and its Related Products

松倉洋史、勝原光治郎、久保 登、小林 充
平成15年11月

日本造船学会講演会論文集第2号

内航不定期船事業における配船計画はほとんどが人手により勘と経験に基づいて作成されている。コンピュータを利用して優れた配船計画を作成することが出来れば、作成作業を省力化出来るだけでなく、燃料消費量の抑制、使用船舶数の削減、供給安定性の向上等を通じ競争力の向上及び環境負荷の低減に役立つ。

本報告では上記の例題として黒物ケミカル製品の輸送を取り上げた。黒物ケミカル輸送とは、コールトール及びそれを主原料とする各種関連製品の輸送をいう。

まず、黒物ケミカル製品輸送の調査を行い、それをもとに配船アルゴリズム検討のためのシミュレーション環境、すなわち黒物ケミカル製品の海上輸送をコンピュータ上に再現したシミュレータを開発した。その際、調査対象企業から入手した配船実績をシミュレータで再生し、調整及び検証を行って必要な精度を確保した。次に、作成したシミュレータを用いて逐次型の配船アルゴリズムを開発した。最後に、作成した配船アルゴリズムを用いて例題を解いて適用性を確認し、計算結果をエキスパートの作成した実際の配船例と比較して考察を行った。

上記の結果、配船作業のコンピュータ利用により、配船の省力化・高速化は可能であることを確認できた。しかし、エキスパートの作成した配船の方が航行距離の点で効率的であり、配船アルゴリズムの更なる性能向上が必要であることが分かった。

今後、配船アルゴリズムの性能を向上させ、また、より実用的な配船計画作成システムとするため、適切な荷役時期まで沖待ち等をしながら待機する機能や複数製品の混載機能等を付加すると共に、シミュレータで再現する輸送環境の詳細度の向上等の改良を行う予定である。

内航タンカーのシリーズテストに対する CFD の検証

Verification of CFD code for series
of domestic tanker

菅井信夫、平田信行

平成 15 年 11 月

関西造船協会講演概要集

2003 年度秋期造船三学会連合大会

近年、CFD による船体まわり流場の計算は各所で実施され、船型改良にも利用されてきている。しかしながら、類型船の僅かな船型変化に対する CFD 計算の感度を系統的に調べた論文はあまり見受けられない。本論文では、当所で開発した NEPTUNE コードを用いて、999GT 型と 699GT 型の内航タンカーのシリーズ模型について計 12 隻の計算を行い、計算値と水槽試験値の相関を調査した。

その結果、波なし状態で計算した形状影響係数 $1+K$ は大部分の船型が実験値の $\pm 1.2\%$ の範囲に収まった。ただし、実験値の $1+K$ が小さい船型では大きめに評価された。自由表面ありの状態の計画速力での全抵抗係数の計算値は実験値より若干低めに求められたが、実験値の -2% から $+1.5\%$ の範囲に収まった。下図に全抵抗係数の実験値との比較を船型改良の経過を横軸として示しているが、計算値は実験値の傾向を良く捉え、改良の効果をよく示している。

造波について計算と実験の関係を調査した結果、船型改良による造波の様子の変化を波高分布で確認でき、更に造波抵抗も高精度で検証することができた。これらの結果により CFD 計算はシリーズ船型の僅かな形状変化に対しても抵抗値を精度良くシミュレーションできることがわかり、CFD 計算の有用性を示すことができた。

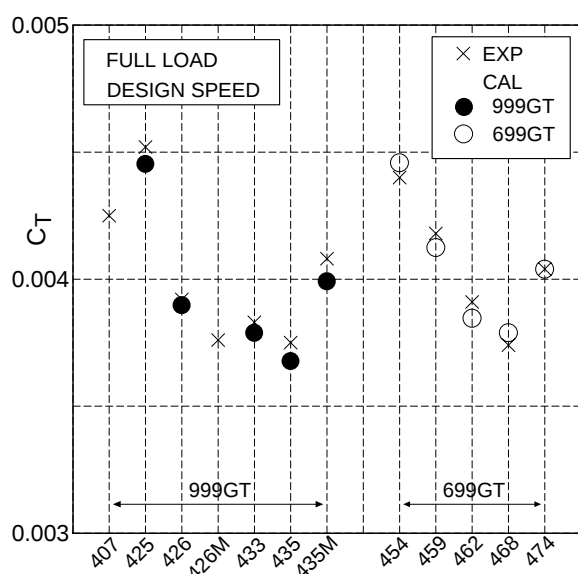


図 計画速度における全抵抗係数 C_T の
計算値と実験値の比較

底びき網漁船の操業中安全性評価についての試み

A New Approach to Assessing Safety
of Offshore Trawlers in Operation

田口 晴邦、石田 茂資

平成 15 年 11 月

日本造船学会講演会論文集第2号

2000 年 9 月に発生した底びき網漁船「第五龍寶丸」転覆事故を契機に、出港から帰港までの実際の操船及び漁労作業をモデル化し、操業状態に即した安全性を評価する考え方が出された。

これは、上記事故要因を検討した際に、復原性規則において想定された以外の使用状態での危険性が認識された結果を受けたものであり、既にその一部は、「揚網状態」についてもメタセンタ高さ (GM) 基準で安全性が確認されるようになったことで、実現されたと考えられる。

漁船については、操船方法、作業方法 (以下、合わせて操業方法) が、安全性に及ぼす影響が大きいことから、漁獲物等重量物の取り扱い、揚網時の操船等について、安全な方法をとるための情報を記載した操業マニュアル作成の必要性が、上記事故対策として指摘された。

これを受けて、出港から帰港までの操業状態をモデル化した「モデル操業」を設定し、その状態での安全性を転覆確率で評価しようとする考え方が提案されるようになった。これは、漁船の安全レベルを実際の操業状態に則して総合的に評価しようとする考え方に基づいている。

ここで、モデル操業は、船主等へのヒアリングにより、実態にできるだけ近いものを想定した上で、過去の実難事故状況をも考慮して設定するとされている。また、評価結果は、従来の復原性資料、海上試運転結果とともに、漁業者にとって分かりやすい操業マニュアルを作成する際に利用することが考えられている。

次に、操業中安全性評価の具体例として、160GT 型の底びき網漁船の日帰り操業を想定し、操業開始から操業中間までのモデル状態として設定した4つのケースについて、傾斜方向のエネルギーと動復原力を比較する、C係数基準的な安全性評価を行なった。

その結果、今回設定したモデル操業状態では、いずれのケースとも C 係数は 1 以上となり、本船は転覆しないと評価された。しかしながら、復原性資料に記載される「揚網状態」も含めた各使用状態の C 係数と比較すると、最も状態の悪い「揚網状態」より、モデル操業状態の C 係数の値は小さくなっており、実際の操業ではより安全性に余裕のない状態となっていることが分かった。

なお、今回は C 係数基準を援用した決定論的な安全性評価を行なったが、本来は確率論的手法による総合的な評価を目指しており、今後、種々の検討を経て、通常の操業状況での安全性を担保する仕組みが具体化されていくと考えられる。

本論文では、以上の操業中安全性評価の概要について報告した。

低合金鋼の強度に及ぼす固溶Nとその強化に及ぼす合金成分の影響

Effect of soluble Nitrogen on tensile strength of low alloy steel and effect of alloy element

s

on its strengthening

高橋千織、村上健児、千田哲也、香川恭徳、
深谷荘吾、藤綱宣之

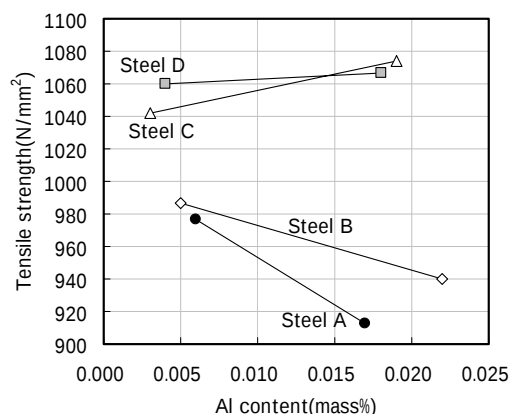
平成15年10月

材料とプロセス Vol.16, No.6

耐熱鋼のクリープ強さや初析フェライトを主体とする低炭素鋼の常温強度についてNによる強化作用は一般的であるが、初析フェライトの存在しない低合金鋼におけるNの強化作用はこれまでにあまり報告されていない。本研究では船用の鋳鍛造製品として用いられる低合金鋼において、鋼中のN量（固溶N量）と引張強度の関係を実験的に明らかにし、母材組成を種々変化させたときに引張強さに及ぼす固溶Nの影響を他の微量添加元素との相互作用も含めて検討した。

母材組成は0.4C-0.25Si-1Mn-1.50Ni-2Cr-0.25Mo-0.05Vを基本組成とし、Mn, Cr, Mo, Vを変化させた。また、鋼中の固溶N量のコントロールはNと親和力の強いAlの添加有無によって行った。Alを添加することにより母材中に固溶したNはAlNとして析出し、固溶N量は減少する。作製した鋼塊は1230 に加熱後、鍛錬比7Sの鍛造を加え室温に放冷した。鍛造材は切断後に焼入れ（焼入れ温度 870 ）、焼戻し処理を施し引張、シャルビ衝撃試験に供した。また、旧オーステナイト粒界の粒径測定を行うとともに抽出残渣分析による固溶N、化合物型Vの定量、抽出レプリカサンプルを用いてのTEM観察を実施した。

実験の結果、今回試作した鋼ではAl添加により、すなわち固溶N量により、引張強さが大きく変化するグループと変化しないグループのあることがわかった。同じグループに含まれる鋼種間では光学顕微鏡観察及びTEM観察の結果より、析出物の組成や形態なども含めて組織に大きな差がないことが確認された。



マイクロバブル流れの粒子画像複合計測

北川 石英、菱田 公一、児玉 良明

平成15年10月

第7回オーガナイズド混相流フォーラム

現在、大型タンカーなどの船舶が水から受ける抵抗は、その大部分が摩擦抵抗であるため、摩擦抵抗の低減はそのまま船舶の輸送効率の向上へとつながる。しかしながら、従来までのLEBUなどの抵抗低減デバイスでは高い軽減率は望めず、また生物付着による汚損などの問題が生じるため適用が困難である。このため、最近では、マイクロバブル（微小気泡）を乱流境界層に吹き込むことによって摩擦抵抗を低減する技術に注目が集まっている。中でも、Madavan(1985)らは、この技術を適用することによって約80%に至る摩擦抵抗の低減効果を報告しており、この技術に対する期待度は非常に大きい。さらに、このマイクロバブルを用いた技術では、船舶の省エネルギー化のみならず、地球温暖化をもたらす排気ガスの削減を可能とするため、環境問題にも貢献している。しかしながら、非常に多くの気泡を含んだ系に対する計測の困難さゆえ、現在までのところ、この技術による摩擦抵抗低減メカニズムの包括的な解明がなされていない。

本研究では、マイクロバブルによる摩擦抵抗低減メカニズムを明らかにするために、水平チャネル内気泡流に対する粒子画像複合計測を行った。その結果、気液同時計測システムを構築し、両相の速度ベクトルを良好に得ることに成功した。また、液相場の乱れ度分布・レイノルズ応力分布を算出した結果、気泡の混入に伴い、レイノルズ応力が低下することを示した（図1参照）。さらに、レイノルズ応力の低下の原因が、気泡による液相場の運動量交換の遮断効果であることを示唆した。

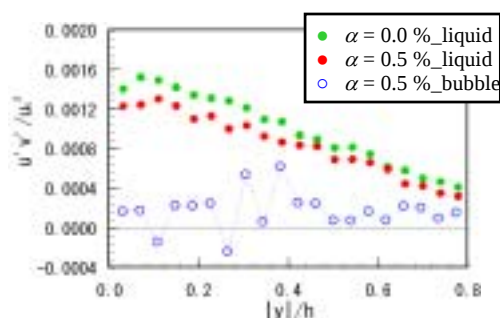


図1．液相レイノルズ応力および気泡変動速度の相関

CO₂深海貯留の陸上模擬実験におけるpHの計測

Measurement of pH in Simulating Experiments

of CO₂ Ocean Storage

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11月

熱工学コンファレンス2003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。

CO₂液滴を高圧水中に貯留するとき、液滴がCO₂ハイドレート膜に被覆されていない場合は、CO₂が直接水中へと溶出する。これに対して、液滴がCO₂ハイドレート膜に被覆されている場合は、一旦生成した表面のCO₂ハイドレートが溶解することによりCO₂が溶出する。このため、CO₂ハイドレート膜に被覆された液滴からのCO₂の溶出速度は、CO₂ハイドレートの溶解度及び周囲への物質移動により支配される。CO₂ハイドレートの溶解度は温度の低下とともに減少するため、物質移動が同様であれば、CO₂ハイドレート膜に被覆された液滴からのCO₂の溶出速度は温度の低下により減少し、それに伴うpHの変化も小さくなると予想される。

そこで、海技研が所有する大型高圧タンクを用いて少量の液体CO₂を貯留する陸上模擬実験を実施し、CO₂液滴からのCO₂の溶出によるpHの変化を検討した。実験に使用した大型高圧タンクは、内径1.1m、深さ3.0mの円筒型高圧容器であり、高圧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、まず圧力30MPa、温度6～10 の温度域において、CO₂液滴の表面にCO₂ハイドレート膜が生成することを確認した。次に、圧力30MPa、温度3～6 及び8～12 の温度域において約2kgの液体CO₂を2日間にわたって清水中に静置し、液滴の周辺におけるpHの変化を計測した。pHセンサは、タンクの底から270mm上方の壁面付近に設置した。実験の結果、いずれの温度域においてもpHは低下したが、3～6 の温度域におけるpHの変化は、8～12 の温度域における変化よりも小さく、CO₂ハイドレートの溶解度における温度依存性と定性的に一致した。

バルクの超音波パルスを用いた溶射皮膜の弾性的性質の測定

Measurements of Elastic Properties of Plasma
Spray Coating Using Ultrasonic Pulses in
Bulk

菅澤 忍

平成 15 年 11 月

第 24 回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に
関するシンポジウム講演予稿集

金属材料の耐熱性・耐摩耗性等を向上させる方法の一つとして、プラズマ溶射により金属表面上にセラミックス皮膜を形成させることが挙げられる。このとき、作製した皮膜を評価することが必要になるが、皮膜中の音速などの弾性的性質は重要なものの一つである。

発生・検出が容易にできるバルクの超音波パルスを用いて直接測定する方法は、皮膜の薄さのため今まで技術的に困難であった。この理由として、皮膜中で生じるパルスの多重反射が、皮膜中での伝搬距離が短いため分離することが難しくなることが挙げられる。このため、これまでは、弾性表面波を用いてバルクの音速を間接的に求める方法が主流であった。しかし、溶射皮膜のように皮膜の膜面方向と厚さ方向では異方性が存在する場合には、手法の有効性に疑問が生じる。それゆえ、バルク中の音速を直接求める方法が必要とされてきた。

本報告では、皮膜がある場合の反射波とない場合の反射波との間の群遅延時間の周波数依存性を求めることによって、皮膜の音速および密度を求めることが可能であることを示した。なお、密度は、溶射皮膜の場合には、気孔率と密接に関係するので、皮膜を評価するとき重要なパラメーターとなっている。

実験は、SUS304 上にアルミナ粒子をプラズマ溶射することによって行った。溶射条件を一定にして、皮膜の厚さを、0.16mm づつ 3 段階で変えた場合の音速と密度を群遅延時間の周波数依存性から求めた。また、超音波センサーは、中心周波数 6MHz をもつ縦波超音波パルスを用いた。解析によって得られた音速は、皮膜の厚さを変えても、ほぼ同じ値が得られた。一方、密度は膜厚が大きくなると、直接測定した値より大きくなる傾向を示した。これは、解析に用いた薄膜中の多重反射の理論において、皮膜の薄さのため皮膜中を伝搬する波動のエネルギーの減衰は無視できるという仮定に修正が必要であることを示唆していると考えられる。

水泳プールにおける浅水影響の確認

深町得三、河瀬哲夫（ヤマハ発動機）、塚田吉昭

平成15年11月

第7回日本水泳科学研究会

世界水泳選手権福岡2001大会では、競泳種目で多くの新記録が生まれた。この大会で使用したプールの水深は、通常の2mより深い3mであった。従来から深いプールでは、自己記録の更新がしやすいという競泳関係者の間で「定説」のようなものがある。一方、船舶の分野では、一般に浅い水深を航走すると船の抵抗が増加し、この現象は「浅水影響」として知られている。

そこで、通常の競泳用プールの水深で、競泳選手の泳速度域に浅水影響があるのか、また、どの位の水深から浅水影響が表れるかを、船舶試験水槽で調査することにした。当初実際の人体を曳航することも検討したが、安全衛生面およびデータの再現性を優先させる理由から、等身大の人体模型（マネキン）を用いた。

実験は、水槽の水深を1m、2m、および3.5mに変化させ、検力計で固定した蹴伸び姿勢のマネキンに泳速度に近い速度で曳航し、マネキンに働く流体力（抵抗、揚力、モーメント）を計測した。

その結果、水深2mと3.5mでは流体力にほとんど差がなかったのに対し、水深1mでは流体力に変化が見られた。抵抗に関しては、曳航速度2m/sec付近で他の深さと比較し、約4%の抵抗増加が計測された。

結果をまとめると、

1. 水深1mではマネキンに働く流体力の変化が確認された。これは浅水影響による可能性が考えられる。
2. 水深2mと水深3.5mの間には、流体力の有意な差は無かった。したがって、この水深範囲では浅水影響は無視できると考えられる。
3. 上記2点から、水深1mの近辺から、有意な浅水影響が表れることが考えられるが、今後より詳細な計測が必要である。また、今回の計測はマネキンという拘束された固体で行われたが、実際は競泳者が泳いでおり、最終的には推進力に及ぼす浅水影響として評価する必要がある。

代替エネルギー創出を目的とした浮体式風力発電装置に関する研究

Study of Floating Wind Power System
for Alternative Energy Production

矢後清和、大川豊

平成15年11月

日本造船学会講演会論文集 第2号

欧州での大規模な風力発電の成功なども手伝って、風力発電を積極的に導入しようとする機運が我が国においても高まりを見せている。我が国の風力発電導入目標は2010年までに300万kWとされているが、陸上の適地は限界と見られており、洋上への展開を余儀なくされると見られている。欧州では、既に広大な遠浅海域を利用して、着底基礎工法による洋上大型風力発電の開発が始まっているが、我が国沿岸は急激に水深が深くなる海域が多く、港湾区域に設置する計画でも7万kW程度の導入目標に止まっている。このため、我が国では浮体式の適用が現実的と考えられ始めており、本研究では、コンセプトの1例を提案し、技術的および経済性の面から成立性について検討した。

コンセプトとして、動揺特性を海象に応じて最適設計しやすい平面格子構造を持つ大型浮体を採用し、その上に5MW級風車3基を搭載したシステムを提案することにした。

技術的検討では、提案構造物について、流、風などによる静的傾斜性能、波による動揺性能を計算により調査し、風車運転上の機能性限界などから成立性を評価した。

傾斜、動揺とも十分に許容範囲に収まる事が確認された。

風力発電の短所の1つは発電出力の不安定である。これを解消するためエネルギーの蓄積が考えられるが、ここでは、得られた電力で海水を電気分解し水素を生成し、さらに陸上で排出されたCO₂と反応させメタンを製造する装置を浮体内部に収納することを考える。製造システムの代替エネルギー製造能力を試算するとともに、CO₂処理能力についても概略評価した。

提案システムの経済性評価を行った。既存の陸上発電の発電コストは8～11円/kW・hであるが、本システムは7.6～11.6円/kW・hと、既存発電に対抗できる経済性を有することがわかった。

なお、本研究は運輸施設整備事業団（現、鉄道建設・運輸施設整備支援機構）の「平成15年度運輸分野における基礎的研究推進制度」において採択いただき、15年7月より開始したプロジェクト研究の一環として実施たものである。

浮体式風力発電による代替エネルギー 創出システムの検討

Study of Alternative Energy Production
by Floating Wind Power System

矢後清和、大川豊、佐藤千昭、鈴木英之
関田欣治、日根野元裕
平成15年11月
第25回風力エネルギー利用シンポジウム

地球温暖化など環境問題の顕在化にともない、化石燃料を主体にした社会構造から再生可能エネルギーを中心にした循環型社会への移行を目指す動きがある。本論文では、再生可能エネルギーの中でも経済性に優れ実現性が高いと考えられる風力発電に着目し、得られた電力から水素、メタンなどの代替燃料を創出するシステムの可能性について論じる。

風力発電装置は、現在開発が進められている洋上用5MW風車3基を搭載した浮体式のコンセプトを提案する。支床浮体には動揺特性に優れる平面格子構造を有した大型浮体を用いる。事前検討の結果、最大静的傾斜、発電時動揺傾斜角の有義値とも 2° 以内に納まることを、数値計算により確認した。

化学燃料製造には、電解による水素製造と触媒によるメタン製造に関する研究の現状を調査し、現在最も実現性が高いシステムを用いた場合の製造能力、耐動揺性、浮体収納性などについて検討した。試算では、非制御では発電エネルギーの40%、制御による高効率化を図った場合70%程度を化学燃料に転換貯蔵が可能という結果が得られている。

また、経済性評価を行った結果では、既存の火力発電と同等の発電コストが得られ、水素製造コストも概略現状の1.5倍程度に収まることが示されている。

なお、本研究は運輸施設整備事業団（現、鉄道建設・運輸施設整備支援機構）の「平成15年度運輸分野における基礎的研究推進制度」において採択いただき、15年7月より開始したプロジェクト研究である。

衝突・座礁のCAE

CAE for the Damage Analysis
in Collision and Grounding
遠藤久芳、山田安平

平成15年11月

TECHNO MARINE（日本造船学会誌）11月号

最初に、衝突・座礁事故による船体の損傷を解析するためのツールとして用いられるFEMプログラムの開発状況及びその需要について近況を概観した。次に、この目的に資するためのFEMプログラムの不可欠な性能について詳説した。最後に、このプログラムを適用した解析例を示し、今後の見通しについて述べた。

自動車や軽量電気製品の分野では、非線形衝撃問題をFEMでシミュレーション解析する需要が急増している。一方、造船の分野では、耐衝突・座礁性能が陽に設計条件として課せられることがほとんど無いことから、それ程の需要は無かった。しかし、最近の計算機の発達、時間や費用の面でネックとなっていたCAE環境を大きく変えつつある。タンカーのダブルハルの性能評価や、メガフロート上への落下衝撃解析等に関して解析経験を有する造船所は増えつつある。

衝突・座礁事故における船体挙動及び構造損傷をシミュレーション解析するためには、(1)非線形動的問題、(2)構造部材の塑性変形や破断、(3)流体と構造との連成問題、の3種類の問題に対応する機能が不可欠である。(1)、(2)の問題を解析するためのソルバーとして、最近陽解法が盛んに利用されるようになってきた。船体のように大規模な構造に対しては、陰解法に比べて陽解法が断然有利であること、また、陽解法の機能を有するプログラムの現状について述べた。(3)の問題については、商用で供されているプログラムでは、LS-DYNAやMSC-DYTRANがFEMベースで一体モデルとして対応することが可能である。しかし、構造と流体の双方を詳細メッシュでモデル化して解析するのは大変煩雑であり、現段階では実用レベルに達しているとはいえない。流体メッシュの代わりに、船体を1質点6自由度の剛体と仮定して、構造破壊解析と連成させる手法が開発された。この手法の有効性について述べた。

解析例として、当研究所で実施した船首模型圧潰実験、及び、Aframax級タンカーがVLCCに衝突した場合を想定したシミュレーション結果を示した。

衝突・座礁事故における損傷解析にCAEを適用するためには、膨大な入力データを作成しなければならないこと、構造部材の破断の定量化に関しては計算精度に問題があることを今後の課題とした。

反応性プラズマ溶射による皮膜創製と その特性評価

Plasma spray synthesis of SrTiO₃

植松 進、

石崎祥希（（株）東芝）、

大森 明（大阪大学接合科学研究所）

平成15年11月

（社）高温学会 第12回溶射総合討論会講演概要集

プラズマの持つ化学的に高活性な雰囲気を利用した高機能材料を短時間に創製することを目指し、スプレー造粒法にて作製したSrCO₃とTiO₂の微細複合粉末（以下溶射粉末ST）を、プラズマフレーム中で反応させて、活性度の高いSrTiO₃皮膜あるいは反応した粒子を得るための実験を行った。さらにプラズマ溶射中にSrCO₃とTiO₂とLa₂O₃の3種類の微細粒子（以下溶射粉末STL）を反応させて皮膜を形成した。

皮膜形成はAr-Heプラズマで、溶射電流を800A一定として大気中で行い、溶射距離を50、100、150mmと変化させた。実験では、プラズマ中での反応と皮膜形成後の反応を分けるため、基材を使用しない粒子捕集も試みた。溶射皮膜および捕集粒子の構造解析および結晶構造解析をそれぞれSEM、XRDで行った。また、電気的特性評価は、抵抗率ならびに比誘電率により評価した。

これまで数ミクロンサイズの原料粉末を用いても、プラズマ溶射ジェット中で反応させることは滞留時間が短すぎて非常に難しかった。今回、希土類酸化物であるLa₂O₃の添加したサブミクロンサイズの超微細原料粉を適切な方法で造粒することにより、プラズマ中で完全に反応生成物が生じ、材料粒子はトーチ出口から50～100mmの間でSrCO₃ + TiO₂ → SrTiO₃ + CO₂反応が完了し、SrTiO₃皮膜が生成することを明らかにした。ST皮膜、STL皮膜ともに溶射距離を短くするにつれて抵抗率が低下する傾向を示した。これは溶射距離を短くするにつれて、飛翔粒子温度および速度が増大するため、皮膜が緻密化したことと、還元雰囲気になり酸素欠陥が生じたためであると推察した。また、STL皮膜ではストロンチウムの一部がランタン元素に置き換わっているものと考えられ、比誘電率は、すべての溶射距離においてSTL皮膜の方がST皮膜のおよそ2倍になっていた。

Sound Emission from Laminar Diffusion Flame with Controlled Oscillatory Fuel Flow

燃料流量が脈動する層流拡散火炎からの音発生

春海一佳、平岡克英、井亀 優、岸 武行

岡 秀行

平成15年11月

Proceedings of the International Gas Turbine

Congress

2003 Tokyo

近年、地球環境保護を目的として NO_x 等の大気汚染物質の削減、あるいは二酸化炭素に代表される温室効果ガスの削減が広く求められている。ガスタービンにおいても、さらなる低 NO_x 化が求められている。高温化に伴う NO_x 排出を最小限に押さえるための低環境負荷燃焼技術として希薄予混合燃焼があげられる。しかし、希薄予混合燃焼は吹き消え、燃焼騒音・振動といった燃焼不安定を生じやすく、運転範囲が限られる。特に燃焼騒音・振動は機器の損傷にまで至る可能性があるため、その抑制が望まれる。最近、燃焼騒音・振動抑制を制御により実現しようという試みが見られる。この中で燃焼器内に主火炎とは別途設けた2次火炎を変動させ制御する手法がある。しかし、同手法は、主火炎と2次火炎の流体力学的干渉等による燃焼騒音・振動の抑制なのか、あるいは能動騒音制御（ANC）で行われているような騒音発生源とは別に設けた2次音源（スピーカーや2次火炎から発生する圧力変動）の音響的な干渉による音の低減なのか必ずしも明確ではない。これらの現象理解、あるいは制御における現象のモデル化を目的として、火炎とそのダイナミクスに関する研究が広く行われている。

本研究では、ANCの手法による燃焼騒音低減を想定し、微小拡散火炎において燃料流量を変動させることで発熱変動を発生させ、それにより生じる圧力変動を騒音抑制のための2次音源とすることを考えた。そのため火炎変動を発生するデバイスとして、圧電セラミックス素子を用いたバルブを選択し、その性能を評価することを目的として実験を行った。実験では、同バルブによりほぼ正弦波状の燃料流量変動を生じさせ、その拡散火炎からの発熱変動により発生する音を計測し、以下の知見を得た。

- 1) 燃焼による音圧レベルの上昇は、燃料流量変動の周波数が低い側で顕著であり、周波数の上昇とともにその効果は低下しはじめる。
- 2) 燃焼による音圧レベルの上昇効果が低減し始める周波数は燃料に依存し、それは流量変動に対する火炎の応答性に起因する。
- 3) 複数の微小火炎を音源として配置する場合、音圧レベルの上昇は配置に依存し、最適配置の検討が必要である。

砕氷巡視船「てしお」に作用する氷荷重について

Evaluation of Ice Load exerted on the Hull
of the Icebreaker “TESHIO”

宇都正太郎、岡修二、金田成雄、瀧本忠教

平成15年11月

寒地技術論文・報告集 vol.19

サハリン沖の油ガス開発が進展し、早ければサハリン プロジェクトでは2005年から原油を、またサハリン では2007年から原油及び液化天然ガスを通年で輸出する予定である。これらの輸送には耐氷構造を有する船舶が用いられる。一般に耐氷船舶の構造設計は、耐氷構造規則に則って行われるが、オホーツク海における合理的な耐氷構造規則は未だ確立されていない。このためには当該海域を航行する船舶に作用する氷荷重のレベルを把握することが必要不可欠である。

そこで本研究では海上保安庁の砕氷巡視船「てしお」の実船実験結果を用いて氷荷重の推定を試みた。すなわち船首部のフレーム4本を対象とし、各フレームの上下2カ所で剪断歪みを計測した。その差から有限要素法を用いて各フレームに作用する氷荷重を推定した。全25ケースについて各フレームに作用する氷荷重の最大値を推定した。結果をFig.10に示す。本研究で得られた主要な結論は以下の通りである。

1) 氷荷重の最大値は約750kN/mであった。厚さ0.49m、積雪0.10mの氷盤を平均船速6.5ノットで連続砕氷航行中に計測された。

2) Finnish-Swedish Ice Class Rulesの1ASuper級を想定した設計氷荷重は約550kN/mである。従って最大荷重は設計荷重を上回る。

3) ただし本実験の総計測時間は48分程度に過ぎず、上記の計測最大値が統計上どの程度有意であるかを見極めることは困難である。今後、長期の実船実験データを取得、解析することが、南部オホーツク海における氷荷重レベルを推定する上で必要不可欠であろう。

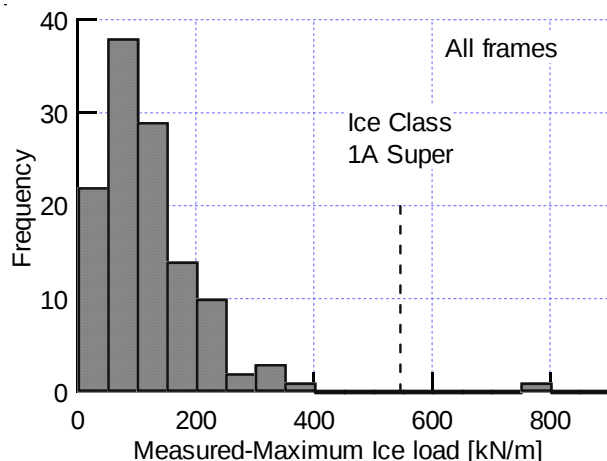


Fig.10 氷荷重の最大値のヒストグラム

波浪域における巡視船の曳航実験

Towing Experiment in Waves Using Patrol Boats

原正一、星野邦弘、湯川和浩、山川賢次

平成15年11月

関西造船協会論文集第24号

荒天下において遭難した船舶等を曳航する際、曳航索には曳船と被曳船の相対運動により動的な張力がかかり、索が切断して2次災害を引き起こす事故が多々発生している。曳航索張力を正確に推定するためには、曳航時の被曳船におこる不安定挙動（ふれまわり運動）を正確に予測する必要がある。そこで、著者らはこれまで船舶等の曳航時における索張力を計測するための模型実験、実機実験を実施し、数値解析との比較検討を行ってきた。

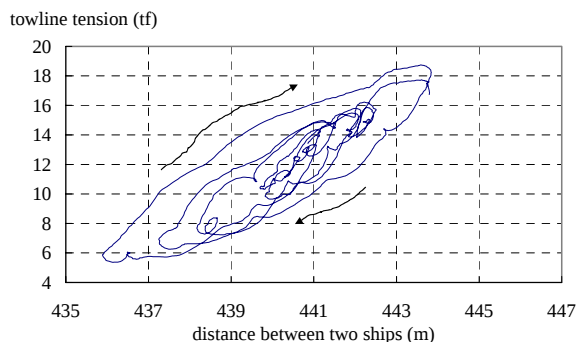
著者らは、過去に海上保安大学校の協力により、訓練船による曳航実験を実施した。実験海域が瀬戸内海であったために、海象は比較的穏やかな状態であった。今回、冬期の相模湾において巡視船を使用して、ムービングキネマティック GPS システムにより曳船と被曳船の距離を精度良く計測し、曳航索張力と比較した。この他、曳航時の船体運動も同時に計測した。また、曳航索張力の数値計算と計測値を比較した。

索張力に関する静的な数値計算も行い、計測値と比較した。その結果、次の結論を得た。

(1) 波浪中における曳航時の曳航索のばね定数は、静水時のそれよりも4.6倍大きい値となる。

(2) 曳航索張力の曳航時の変動周期は、2自由度系の固有振動周期により求めることができる。

さらに、本研究では曳航実験と同時に巡視船の漂流試験を行い、漂流速度、漂流方向および船首方向を計測して、数値計算結果と比較し比較的良好一致を示した。



索張力と索の両端間距離の関係

解析信号の相互相関関数を応用した バルク超音波による薄膜の解析について

Analysis of thin films using bulk ultrasonic pulses
by applying analytic cross-correlation function
method

菅澤 忍

平成 15 年 11 月

超音波 TECHNO 2003 年 11-12 月号

基材上に薄膜を形成することによって、材料に新しい機能を持たせることができる。このとき基材を評価するためのパラメータとして、弾性定数は基本的なものの一つであり、これを求めるための様々な方法が開発されている。例えば、薄膜中のバルク超音波の音速がわかれば、力学的方法を用いた場合よりも迅速に評価できる。しかし、薄膜中のバルク波の音速を直接求めることは膜厚が小さい場合には困難であった。本稿では、膜厚が小さい場合でも適用可能な方法として、解析信号の相互相関関数を用いて、薄膜中のバルク波の伝搬を解析する方法について解説した。

まず、基材側から薄膜に向けて垂直に超音波が入射した場合の反射波について論じた。薄膜中では多重反射が生じるため反射波は大きく歪められる。このとき薄膜がある場合の反射波とない場合の反射波との間の群遅延時間の周波数依存性について理論的に求めた。この結果以下のことを示した。(1)群遅延時間の極大値の間の周波数の差を Δf としたとき、膜内の波動の往復時間 $\Delta \tau$ は $1/\Delta f$ と表すことができ、これと膜厚 d を用いれば、音速は、 $v=2d/\Delta \tau$ によって求めることができる。(2)基材と薄膜の音響インピーダンスをそれぞれ Z_1, Z_2 とすると、 $Z_1 > Z_2$ の時の群遅延時間の最大値は、 $Z_1 \Delta \tau / Z_2$ 、 $Z_1 < Z_2$ の時は、 $Z_2 \Delta \tau / Z_1$ となる。このことより、基材の音響インピーダンスがわかれば、薄膜の密度を導出できることを示した。

次に、群遅延時間の周波数依存性を解析信号の相互相関関数によって求める方法について述べた。相互スペクトルに、周波数帯域を適当に制限した窓関数を乗じてから、逆フーリエ変換を行う方法について論じた。また、シミュレーションを用いて、解析方法の有効性について検証を行った。特に雑音がある場合は、雑音の平均振幅が波動の振幅の10%程度ある場合でも、最大値の現れる周波数およびその値とも10%以内の精度で求められることを示した。このような高雑音下では、単に位相の傾きから群遅延時間を求める方法は誤差が大きくなるため、解析信号を用いる方法が有効であることがいえる。

遭遇波浪のリアルタイム把握法と最新の成果

Real-Time Detection Method of Encountering
Ocean Waves and Recent Results

平山次清（横浜国立大学） 井関俊夫（東京海洋
大学） 石田茂資

平成 15 年 12 月

実海域における船舶性能に関するシンポジウム
第一部第6章

船舶の長期性能の向上および長期性能保証の実現のためにまず必要なことは、遭遇波浪の信頼できる把握手法の開発である。入力としての遭遇波浪の正確な情報が無ければ波浪中性能の評価はできない。しかも波浪情報を安全操船、安全運航といった目的にも使用するためには、遭遇している波浪のリアルタイム把握が必要である。このような局所的な遭遇波浪の把握は、船載型のシステムでなければ不可能に近い。このような観点から、本論では遭遇波浪把握のための船用レーダー、船体運動データおよびビデオ画像の活用手法について、それぞれ上記著者が分担して解説する。

このうちビデオ画像処理手法は、運輸施設整備事業団（研究当時）の「運輸分野における基礎的研究推進制度」により、海上技術安全研究所が日本大学、東京海洋大学と共同で研究したものである。ビデオカメラを用いて船側を撮影し、画像処理によって複数点の相対水位変動を求め、これと加速度データを合わせて船が遭遇する波浪場を推定する方式である。本論では、特に実船が遭遇する様々な条件下において画像処理を精度良く行う手法について解説する。

ファジィ推論則自動生成手法を用いた構造物の最適化設計

Optimum design of shell structure using automated tuning of fuzzy inference rules

多賀謙治

平成 15 年 11 月

日本機械学会第 16 回計算力学講演会論文集

船体などの構造最適化問題を、有限要素法などと直接法を用いた発見的探索法を組み合わせで行おうとすると、構造解析を多数回繰り返す必要があることから非常に多くの計算時間を要す。この問題に対し、構造物の構成要素にファジィ推論による自律的な判断機能を与えることで計算時間の減少が期待できる。ファジィ推論は制御をはじめ様々な分野に応用されてきたが、ルール数が多くなるに従いメンバーシップ関数や推論ルールのチューニング問題が存在し、入出力数が多いシステムになるとその知識獲得も困難になる。

本論文では遺伝アルゴリズムによる機械学習を行うことにより if-then ルールを自動生成、修正する手法をとりいれた。対象は大型 FRP 船の中央部分を想定し、底板、甲板には縦方向に、側板には横方向に補強部材が付くモデルとした。板部材、補強部材には異なるしきい値を与え、各構成要素にファジィ推論を適用していわゆる等応力設計とする最適化問題とした。多目的問題にするとルール数が膨大になり、それに伴い遺伝アルゴリズムにおける個体数も増加する。このため一目的問題とし、ルールの前件部は少しラフに、後件部はやや細かく設定し、遺伝アルゴリズムではルールの獲得のみにした。設計変数は底板、甲板、側板については各 1、および補強材については大きさと取り付け位置の 3 個とし、乱数により最大 13 個の補強部材を取り付けるモデルとした。また底板、側板へは面荷重、端面へは曲げモーメントを与えた条件下で検討した。

対象性を考慮し底板、甲板、および側板にそれぞれ 3、1、1 の補強部材を取り付けたモデルでは、目標値に対し速い求解速度の個体では目標値に対し 4 % の範囲内での解を得た。遺伝アルゴリズムにより各世代毎に推論ルールを決定したのち推論ルールを適用し解を求めたが、設計変数である板部、補強部材の変更をファジィ推論による並列的な探索を行うことで効率的な探索が出来るものと考えられる。