

所外発表論文等概要

Analysys of Localised Dose Distribution in Human Body by Monte Carlo Code System for Photon Irradiation

モンテカルロコードシステムを用いた光子照射時における局所被ばく線量分布の解析

大西世紀、小田野直光、成山照展、斎藤公明

平成15年10月

Radiation Protection Dosimetry, Vol. 111, No. 1

人体のような不規則かつ複雑な形状の体系では決定論的手法である多群輸送計算よりも確率論的手法であるモンテカルロ計算の方が有効であると考えられる。決定論的手法においては空間の離散化を行う必要があり、この離散化の空間的間隔は構造物(人体の骨、臓器等)の代表的長さ程度で行わなければならない。ところが実際にその程度の規模での離散化を行うと格子点の数が膨大になり計算時間が著しく増大する。不等間隔格子等を用いれば計算効率はある程度向上するが複雑な構造を持つ人体の場合それほど有効な手段とはならない。そのため、決定論的手法では人体形状の単純化や組成の均質化という近似を行う場合が多い。一方モンテカルロ法では仮想的な粒子を考えこれを仮想的な人体へ入射させ、粒子の位置とその粒子位置における物質の原子組成さえわかれば乱数を用いて粒子の輸送を計算できるため、多数の格子の生成やそれに伴う膨大な計算量の発生を避けることができる。しかしながら計算に膨大な時間を要さないものの、多様な組成と曲面からなる複雑な人体幾何形状データ、及びそれらへ照射する様々な線源データを入力するには時間と労力が必要とされる。

このような労力を低減し、多種多様な照射条件における被曝線量を簡単かつ迅速に計算できるようなシステムを開発した。計算コードとしてはSLAC で開発されX・ γ 線計算では実績のあるEGS4 を、数値ファントムは日本原子力研究所で開発されたGSF 形式に準拠のボクセルファントムを採用した。これに線源ルーチンを加え、結合処理するプリプロセッサ(UCBEAM)を開発し、様々な条件でのフォトン照射に対応できるようにした。以上を用いて様々な方向からの照射による局所依存性を持った被曝線量を計算した。

一方向全身照射された場合においても人体内の構造により吸収量に分布が生じる。さらに有限幅のビームを照射した場合、これに加えてビームの局所性により非常に偏りを持った分布が発生する。この局所的分布と臓器の位置関係により吸収線量は大きく変化する。このようなビームの位置と方向に依存した局所的被曝による線量分布および全被曝線量を定量的に求めた結果を報告する。

超大型浮体構造物の構造設計

Structural design of very large floating structures

遠藤久芳、日本造船学会海洋工学委員会構造部会

平成16年11月

成山堂書店

海洋工学委員会構造部会が超大型浮体の構造設計に関する教科書たることを目指して著した。構造部会の委員15 名が分担執筆したものであるが、以下に遠藤が執筆担当した分について概要を記す。

第4.2.2項浮体たわみ波による共振

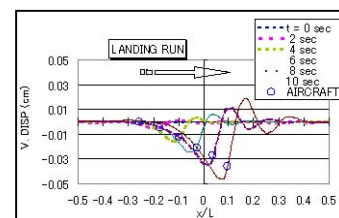
水波が浮体に入射すると、浮体上をたわみ波となって伝播する。このたわみ波は、浮体の曲げ剛性に応じて入射波よりも波長が大きくなったり、浮体端部で反射して入射波・反射波の干渉により定在波が発生するなどの特徴がある。定在波の腹の位置における撓み振幅は他の位置よりも大きくなるので、これを一種の共振とみなすことができる。浮体の大きさ、曲げ剛性及び入射波の波長をパラメータとして、この共振の発生メカニズム及び共振による振幅増大の程度について解析的に検討した結果を示した。

第5.1節 活荷重に対する応答

ボンツーン型浮体の上に作用する活荷重として、落下衝撃荷重及び飛行機の離発着荷重を採りあげて、過渡的応答特性についての検討結果を述べた。まず、この問題についてFEM シミュレーションを行うための運動方程式、時間領域解析法について説明した。

次に、落下衝撃問題についてこの解析法を適用して、海技研で実施された模型試験結果と比較検証した。解析結果は、周期0.1秒程度の衝撃荷重に対する応答を精度良く推定することが可能であることが確認された。

飛行機の離発着問題については、離陸時及び着陸時に飛行機から浮体に作用する荷重の時刻歴変化をモデル化して、浮体の過渡的流力弾性応答を解析した。飛行機が離発着時に浮体上に引き起こしたたわみ波により、飛行機の運動がどのような影響を受けるかについて解析例を示した。波浪(向かい波、及び、追い波)中にある浮体上で離発着する場合についてシミュレーション解析を行い、飛行機の荷重と波浪荷重の相互影響を比較した。解析結果によれば、波浪の影響の方がはるかに大きいと推定された。また、波浪が浮体中をたわみ波として伝播する場合には、その伝播速度は浮体の剛性の影響を受けて大きくなり、飛行機の離発着時最大速度に近いこと、追い波の場合には波乗り状態が現れることを計算例で示した。



Water Bulk Acceleration by Rapid Air Injection

高圧空気の急注入による水塊の加速
安達雅樹、稲坂富士夫、村田裕幸、綾威雄
平成16年8月

Proceeding of 2004 RELAP5/ATHENA
International Users Seminar

軽水炉における炉心の重大な損傷に至る事故すなわチシビアアクシデントの内、原子炉(圧力)容器外へ流出する熔融炉心を冷却する大気圧雰囲気のパール水中にて、熔融炉心と水との急激な接触による蒸気爆発の発生が指摘されている。さらにこれ以降の現象として、蒸気を含む気泡がパール水中で急成長し、気泡周囲の水塊を加速させる可能性がある。これが周囲の構造物に衝突することで水撃が生じるが、この規模は水塊運動のコヒーレント性に依存する。これは水塊を小水塊の集合体と想定すると、あたかも一体化したかのごとく挙動するつまりコヒーレント性が高いと荷重が著しく大きくなることを意味する。

現状ではこの水撃に対する軽水炉の安全性を評価するためのデータが不足していることから、本研究ではこの現象を検証する目的で実験と解析を実施した。

実験では蒸気爆発に伴う蒸気の発生を、加圧された空気の水張容器内への放出という形で模擬した。そしてタンクの初期圧及び水張容器内の初期水位に対する水塊運動のコヒーレント性の遷移、及びコヒーレント性最大で想定される最大水撃圧及び水撃荷重の規模を検証した。

また解析では二相流熱流体解析コードRELAP5-3D を使い、水張容器内の水塊加速を定性的・定量的に検証した。この結果、定性的には現象は模擬されたことを確認した一方で定量的評価において初期条件による差が現れた。実験で高初期圧・低初期水位の場合は短時間で水塊の加速が終了し空気が水面から吹き抜けるが、このときの水塊の加速状況と水張容器内に設置した模擬構造物への水塊の衝突による水撃圧の規模・発生時刻について相対誤差が大きかった。一方高初期水位の場合気泡の成長と連動して水塊が相対的に長時間加速されるが、この場合は定量的に近い結果が得られた。

水塊加速時の容器内過渡変化を考察した結果、水張容器の高さ方向及び径方向の、圧力差に依存しない空気の臨界流に対する気液間の界面摩擦力の評価が、気泡の成長と水撃荷重の定量的な評価に影響を与えることを明らかにした。界面摩擦力の評価についてRELAP5-3D では方向と流動様式に依存した手法を採っているが、臨界流に達する程の高速流に関してはこれにより水塊の加速状態が却って過小評価されていると考えられる。

Evaluation of Radiation Shielding Performance in Sea Transport of Radioactive Material by using Simple Calculation Method

簡易計算法による放射性物質の海上輸送時の
放射線遮蔽性能評価

小田野直光、大西世紀、澤村秀範、田中由美子、
西村和哉
平成16年9月

Proceedings of the 14th International Symposium on Packaging
and Transportation of Radioactive Materials

放射性物質の海上輸送時の放射線遮蔽評価として、輸送容器及び船体周囲での線量分布は、対象や要求される精度によって様々な計算方法が用いられている。広く使用されているモンテカルロ計算コードMCNP は、幾何形状のモデル化の誤差を排除することができるため、複雑な形状を対象とした計算で有効である。モンテカルロ法は統計的な手法であるので、大きな計算体系について十分精度のよい結果を得るには、時間を要する。一方、一次元、二次元の決定論的手法による計算コードは、モデル化の誤差を考慮する必要があるが、モンテカルロ法と比較して短時間で計算結果を得ることができることから、遮蔽構造の決定に際してのパラメトリックな遮蔽構造のサーベイ計算に有効である。さらに簡単な方法に基づくものとして、解析的な方法に基づく、点減衰核積分法も遮蔽評価に使用されている。点減衰核積分法に基づく計算コードは、計算時間が非常に短く、比較的複雑な形状にも適用できるという特徴を有している。点減衰核積分法の利点を考慮すると、万一放射性物質の海上輸送時の事故が発生した際に、遮蔽性能評価を迅速に行い、規制当局の緊急時対応を支援するのに適していると考えられる。そこで、本研究では、点減衰核積分コードを海上輸送時の放射線遮蔽性能の評価に使用するための改良を加えた計算コードシステムの開発を行い、その計算手法の精度の検証を行った。

事故時の放射線遮蔽性能の評価を正確に行うには、輸送容器及び船体の構造、線源項をできるだけ正確にモデル化する必要がある。そのため、幾何形状や線源項の情報としてモンテカルロ計算コードMCNP と同等の情報を使用し、計算するシステムの開発を目指した。そのため、計算コードシステムはMCNP をベースとして、簡易計算コードの計算機能を付加する方法で開発した。

開発システムの検証は、低レベル放射性廃棄物運搬船の船内での線量率分布を測定した結果と比較することで行った。開発した計算システムによる結果は、線源のモデル化のために安全側の評価結果となり、モンテカルロ計算コードMCNP による計算結果とほぼ同様の結果を得ることができた。計算に要する時間は、モンテカルロ計算コードMCNP の1/100 以下であった。以上の結果より、開発した計算コードシステムは、放射性物質の海上輸送時の事故対応支援において、迅速に十分な精度により計算結果を得ることのできる遮蔽性能評価手法として、十分な適用性を持っていることを明らかにした。

FRP製プレジャーボートのLCI分析
Life Cycle Inventory Analysis on FRP
Pleasure Boat

櫻井昭男、菅澤實、狼谷喜和

平成16年11月

49th FRP CON-EX 2004

近年のFRP廃船の不法投棄、放置艇の沈廃船化等社会的問題に対処し、循環型社会の構築や資源の有効活用等の社会的要請に応えるため、平成12～15年度において、国土交通省を主体として、FRP 廃船高度リサイクルシステム構築プロジェクトが実施された。その中で、ウレタン発泡構造による艇体をベースにし、長寿命で環境対応型のプレジャーボートとしてFRP 標準化船(通称：エコボート)が設計、建造された。

本研究では、FRP標準化船の環境負荷を評価するため、同船の全ライフサイクルを通じてインベントリ分析を実施し、同一形状寸法の従来型FRP 艇並びにアルミ合金艇との比較を行った。

その結果、使用電力量については、エコボート及び従来艇は概ねそれぞれの艇体重量と相関し、その内訳は約3割が工作機械、工場照明に費やされ、残りのほとんどは資材の製造に使用された。一方、軽合金艇についてはその建造に、エコボートの8倍以上の電力が使用されている。その9割はアルミ合金の製造であり、溶接電力は建造全体の約2%であった。

資源である石炭は鋼材の製造及び電力の製造に使用されるため、電力使用の多い軽合金艇での消費が大きい。また、原油、天然ガスについても、軽合金艇での使用が突出することが明らかになった。

CO₂排出については、エコボートの炭酸ガス排出量を基準として、従来艇のCO₂排出量は105%、軽合金艇は129%であった。また、建造工程だけで比較すると、従来艇は111%で概ね艇体重量比に近いが、軽合金艇では445%と飛躍的に増大する。廃船処理においては、FRP 廃材の回収、焼却を考慮したため、回収率の高いエコボートのCO₂排出量が大きくなっている。しかし全体として、エコボートの重量軽減の効果がはっきりと表れている。

スチレン排出についてはFRP製造の宿命であり、エコボート及び従来艇の建造工程において発生する。樹脂の使用量が少ないエコボートでの発生が少なくなっている。

固形廃棄物について、軽合金艇ではアルミ合金の製造過程で発生する固形廃棄物が大勢である。一方、エコボート及び従来艇については、廃船処理後のFRP廃材等の割合が高い。これらFRP艇では破碎分別後に回収できなかった廃材の重量がそのまま廃棄物量となるため、FRP 廃材を効率よく回収できるエコボートが全体の廃棄物量も少なくなっている。

気泡半径運動の熱的減衰効果に対する
次元縮約モデリング

Reduced-Order Modeling for Thermal Damping
Effect on Radial Motion of a Bubble

杉山和靖、高木周、松本洋一郎

平成16年11月

日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集

変動を伴う圧力場中における気泡半径運動はキャビテーションを伴う流体機械、超音波造影などで重要である。気泡半径運動は気泡内部の熱的効果に大きく依存することが知られているが、この効果を考慮するには温度の空間分布を解く必要があり、多数の気泡を扱う数値解析では、計算時間が莫大となる。本研究では、変動圧力場中の気泡半径運動の熱的減衰効果に関して、気泡内温度の空間分布を解く代わりに、時間のみに依存する関数で記述する次元縮約モデルを新たに提案した。具体的には、Preston ら(2002, *Proc. of ASME FEDSM*, FEDSM2002-31026) にならい、駆動圧力振幅が微小な条件での線形理論(Prosperetti, 1991, *J. Fluid Mech.*, 222, 587-616)から温度拡散の浸透厚さを評価し、気泡壁での温度勾配を定式化した。そして、気泡運動の弱非線形性摂動解析を行い、本モデルの数学的合理性を示した。さらに、気泡運動の非線形性が強い条件で数値シミュレーションを行い、本モデルの妥当性を検証した。計算例として単一気泡の径の時間変化を図1に示す。時刻 $t=0$ で、気泡周囲圧力 P_L を P_{L0} から P_{L1} へとステップ状に減圧し、気泡半径 R が極大となる時刻で P_{L0} に戻す。その後、気泡半径は自由減衰振動する。図の破線、実線、一点鎖線は、それぞれ、気泡内温度分布を直接解くfullモデル、本モデル、Preston らのモデルの計算結果に相当する。図より、full、本モデル両者の結果はよく一致することが確認できる。さらに、カオス状態に至る程度に非線形性が強い条件の数値計算を行ったところ、気泡半径変化の分岐について、full、本モデルの結果はよく一致することを確認した。本モデルの結果は、広範囲の条件でfullモデルの結果とよく一致し、高い汎用性があると考えられる。

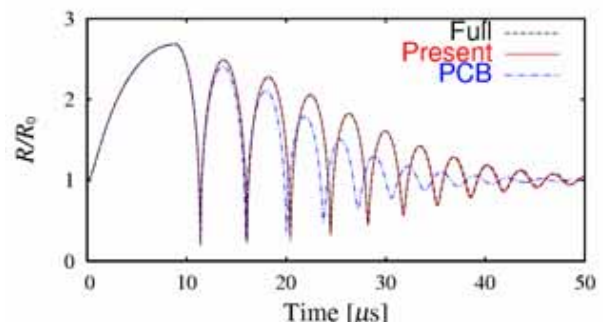


図1: Temporal evolution of R/R_0 ($R_0=10\mu\text{m}$, $P_{L0}=100(\text{kPa})$, $P_{L1}=10(\text{kPa})$)

Fundamental Research for Development of an Advanced Sail-assisted Ship

次世代型帆装船開発のための基礎研究
上野道雄、辻本勝、北村文俊、藤原敏文、

竹川正夫、中山一夫、一色洋、

藤田裕、廣岡秀昭

平成16年11月

Proceedings of OCEANS'04 / Techno-Oceans'04

かつての省エネ時代に開発された帆装船は、今日、地球温暖化ガス削減手段の一つとして船舶分野で新たな意義を持ちつつある。本報告は、地球環境保護の観点から進められた次世代型帆装船開発のための基礎研究について述べたものである。

まず、当所で実施してきたスラット・硬帆・軟帆からなる高揚力複合帆の風洞実験結果をもとにデッキクレーンを帆のブームとして使う新しい高揚力複合帆を設計し、風洞実験によってその性能を調べた。実験に当たっては、スラット角度や硬帆角度、ブーム角度、スラット軸・マスト間距離、マスト・ファーラー距離、スラット・スラット軸距離の6つの量をさまざまに変化させてより高い性能を得ることを目指した。その結果、クレーン兼用型の帆ではあっても、かつての省エネ帆装船に採用された矩形硬帆の値を超える最大揚力係数2.15という値を得た。

次に、当所で実施した類似の高揚力複合帆に関する帆と帆および帆と船体との干渉影響実験の結果から、上記クレーン兼用型高揚力複合帆をばら積み船に装備した場合の空力特性を検討した。そして、帆単独の性能から得られる複数帆の平行配列ではなく、船体上の複数帆が全体として最大推力を出すような傾斜配列を仮定して前後と左右の力および回頭モーメントと傾斜モーメントを推定する方法を示した。

次に、帆装船用のウェザールーティングシステムとして、航海時間一定という条件のもとで二酸化炭素排出量が最小となるような航路を計算するシステムを非線形計画法を用いて開発した。

おしまいに、クレーン兼用型高揚力複合帆を装備したばら積み船が北太平洋航路を往復航海する場合の航路計算をおこない、従来型ばら積み船に対する計算結果も比較検討の対象とした上で、二酸化炭素排出量を指標に次世代型帆装船の環境影響評価をおこなった。その結果、次世代型帆装ばら積み船は従来型ばら積み船より年間約17.4%の二酸化炭素排出量の削減が見込まれることが明らかとなった。

ここで報告した研究の一部は(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構の助成を受けた(社)日本造船研究協会「次世代型帆装船の研究開発」の一部として実施したものである。

Concept and Features of Natural Gas Hydrate Pellet Carriers

天然ガスハイドレートペレット輸送船の

概念と特徴

太田進、川野始、平井一司、亀井操

平成16年11月

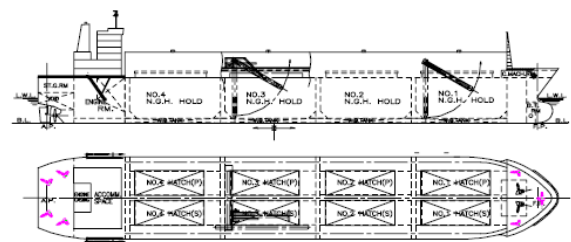
Proceedings of OCEANS'04 / Techno-Oceans'04

鉄道建設・運輸施設整備支援機構の「運輸分野における基礎的研究推進制度」の課題として平成13年度から三年計画で実施した「ガスハイドレートペレットによる天然ガス海上輸送に関する研究」では、天然ガスハイドレートペレット(NGHP)輸送船の安全対策を検討し、概念設計を行った。

安全対策としては、船の残存性要件を設定するとともに、防爆対策のあり方等を示した。

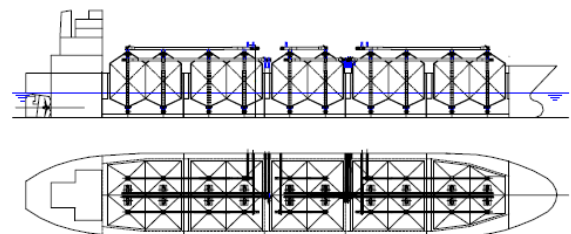
概念設計においては、LNG船で採用された例はないがNGHP輸送船には適用可能且つ経済的に有利と考えられる「内部防熱方式」を主として、船倉構造を検討した。また、多数の荷役方式を比較・検討した結果、機械式のコンベヤが有力であると考えられた。以上に基づき、NGHPの流動性が悪い場合と良い場合のそれぞれについて、載貨重量十万吨級のNGHP輸送船の概念設計を行った。

安全対策の検討及び概念設計を通じて、NGHP輸送船の荷役装置では、金属の接触によるスパークを完全に防止することは困難であることが分かった。よって、NGHP輸送船においては、貨物に関係する装置の気密性の確保が、安全上、また、環境保護の観点からも最も重要であると言える。



An Example of NGHP Carrier-1

(揚げ荷役：リクレーマー方式。船倉：4区画4タンク)



An Example of NGHP Carrier-2

(揚げ荷役：頂部払い出し方式。船倉：5区画20タンク)

CO₂貯留実海域実験の最近の進展
Recent Progress of Ocean Abyssal Carbon
Experiments

山根健次、綾威雄、小島隆志、中島康晴、城田英之、
 波江貞弘、Peter G.BREWER、
 Edward T.PELTZER、Peter M.HAUGAN、
 Truls JOHANNESSEN

平成16年11月

日本機械学会熱工学コンファレンス2004 講演論文集

当所は3,500m以深の深海底に貯留されたCO₂の長期安定性と周りへの環境影響を明らかにするため、モンテレー湾海洋研究所(米国)とベルゲン大学(ノルウェー)との国際共同実験OACE(Ocean Abyssal Carbon Experiment)sを実施している。OACEでは実海域におけるCO₂溶解海水ブルームとその拡散過程を実験的に明らかにし、深海貯留などによる海水酸性化の環境影響評価を主要な目的としている。本講演では、カリフォルニア州モンテレー沖で行われた、深度684mでのアップサイドダウン(上下逆転)型予備CO₂貯留実験(2003年2月)と、続いて行われた、深度3,942mでの小規模CO₂貯留実験(2003年10月)の観察結果について報告する。両方の実験で、貯留CO₂周辺の海水速度がそれほど速くない場合、CO₂を溶解した海水はブルーム状に下流側に流れていくが、流速が十分に速いとき、乱流流れによって引き剥がされた液体CO₂が小滴となって遠くに運ばれていく様子が観察された。深い方の貯留実験では、新しく表面に形成されたハイドレート被膜の上に、海中を雪が降る様に連続的に落ちてくるシースノー(沈殿物粒子)が含まれ、必ずしも平滑な面を保たない様子が観察された。一昼夜の連続観察において、溶解に伴う極めてゆっくりとした液面低下が見られた。また、ハイドレート膜は貯留実験容器(1.5m×0.4m×0.4m)の下流側端に吹き寄せられる形で一塊の氷状統合固体形成が観察された。

これらの、観察結果は、CO₂海洋隔離実現性の基礎資料として活用される。

鋼材-エポキシ接着端部強度測定新手法
A New Measuring Method of Steel-Epoxy
Resin Co-cured Edge's Shearing Strength
Considering Surface Roughness

千秋貞仁、津島聡、櫻井昭男

平成16年10月

第29回複合材料シンポジウム講演要旨集

鋼材と他の材料とを接着接合する場合に、接着表面研磨の状態が、接着層の靱性および接着端部のせん断強度に大きな影響を及ぼすことは広く知られている。一方、樹脂と金属の接着接合部に存在するき裂先端の応力場に与える水平方向性状が理論解析されている。鋼材の研磨面性状は、一般にRa、Ry、RMSQ等研磨面表面波形の垂直方向振幅のみを代表する指標や表面積の増加率を表すあらさ因子f、などにより表される。しかし、これらのパラメータには接着の本質であるぬれ性を考慮する情報が含まれておらず、接着強度を適切に表せているかどうか疑問である。著者らは、鋼材とエポキシ樹脂の直接接着接合面のせん断強度を対象に、鋼材研磨面性状が試験片端部からの初期き裂発生強度と静曲げ強度に与える影響を3点曲げ試験により確認した。鋼材研磨面波形をレーザ変位計により計測し、プロファイルの周波数分析データより表面性状を代表するパラメータRsを考案し、エメリーパー研磨表面性状とき裂発生強度、および静曲げ強度の関係を、新規パラメータで整理した。データ整理の結果を既存の表面性状パラメータによる整理結果と比較し、本研究で考案のパラメータの有効性を確認した。その結果、以下の知見が得られた。

(1)鋼材とエポキシ樹脂接合端部辺からの初期き裂発生強度と鋼材研磨表面性状との相関は、Ra、RMSQに比較して、考案の表面性状パラメータRsを用いると良い相関が得られる。

(2)曲げ強度との相関においては、今回の試験結果では、他のパラメータに較べて、Rsの明確な優位性は認められなかった。

繰返し荷重下の船用複合材の
弾性率予測

On Estimation of Young's Modulus of FRP
for Ship Structures under Cyclic Loading

千秋貞仁、大沢直樹

平成16年11月

2004 年度秋季造船三学会連合大会講演予稿集

船用複合材料としては、従来不飽和ポリエステル樹脂を母材とするガラス繊維強化複合材の積層板が用いられている。近年、従来材に加えて新しい複合材料が使用されつつある。新材料のうち、SMC(Sheet Molding Comp-ound)、ポリエチレン、ポリプロピレンなど量産船舶への使用が進んでいる材料については、日本小型船舶検査機構によって基本的材料特性の把握と、船殻材料として使用する場合の検査上の留意事項に関する調査研究が実施されている。また、小型バス釣りボートや折りたたみ式構造船に使用されるポリオレフィン(ポリエチレン、ポリプロピレンなど)についても、静的・動的機械的特性、温度・湿潤・紫外線等に対する耐環境性等の調査研究が行われている。また、航空・宇宙などの他分野では立体的繊維配向や伸展機能を有する三次元的組織・構造体に関する技術開発が行われている。これら先進材料を船体構造に応用した例はまだ無いが、編物材で強化した複合材について船体材料としての特性を調べる研究が開始されている。

本研究では、上述のような新しい複合材料が繰返し荷重を受けた場合の弾性率特性を数値予測することを目的として弾塑性数式モデルを導出し、定性的な傾向の確認を行い、座屈強度計算への応用を試みた。

Fig.は本研究で考案した簡易推定式を用いて予測計算した例であり、繰返し荷重の負荷による弾性率変化の定性的な傾向が表現出来ている。計算に用いた数値は、例えばCase3では応力振幅、 σ_a 、応力比、R、定数 α 、 β の順に100[MPa]、0、0.05、0.01とした。

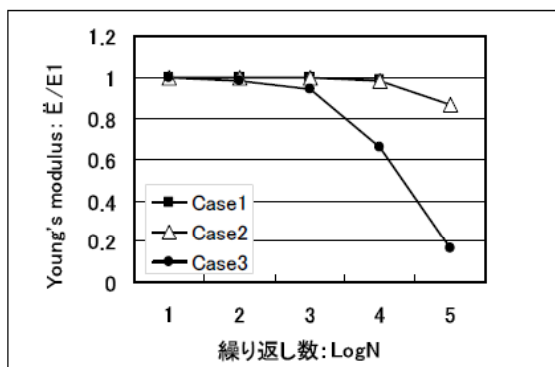


Fig. The estimated young's modulus transition

大型鍛鋼品用低合金鋼の靱性に及ぼす
NiおよびCrの影響

Effect of Ni and Cr content on toughness in
low alloy steel for large forgings

高橋千織、村上健児、深谷荘吾、藤綱宣之

平成16年9月

材料とプロセス Vol.17

大型鍛鋼品用低合金鋼として、DIN規格の34CrNiMoや42CrMo4などが広く使用されているが、近年、更なる高強度化、高靱性化が要求され始めている。一般に、靱性改善にはNi添加が有効であるが、Niは同時に旧オーステナイト結晶粒の粗大化を助長することが知られている。本研究では、強度と靱性のバランスが取れた大型鍛鋼品用低合金鋼開発のために、主要元素であるNiとCrの最適添加量を探索した。

母材組成は0.35C-0.25Si-1Mn-0.2Ni-2Cr-0.25Mo-0.15Vを基本組成とし、Ni、Cr量を変化させた(ただし、Steel Aのみ0.25Moで、その他の鋼種は0.45Moとなっている)。作製した鋼塊は1,230℃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580~620℃で施し、引張り、シャルピー衝撃試験に供した。また、鍛造方向に平行な面の組織観察および旧オーステナイト粒界の粒度測定を行った。

実験の結果、今回試作した鋼では全合金共にベイナイトを主体とする組織であった。合金の旧オーステナイト結晶粒のサイズはNi添加量の増加に伴って大きくなる傾向を示した。これはNi含有量の大きな鋼種で熱処理による細粒化の進行が抑制されるという従来の知見と一致している。これに対し、Ni添加量とシャルピー衝撃値の関係は、シャルピー衝撃値を引張強さ=1,000N/mm²で標準化した場合、1.6mass%Niの鋼種でピークを示した。これはNi添加量の増加に伴う結晶粒粗大化による靱性低下と母材そのものの靱性向上のバランスによる結果であると考えられた。

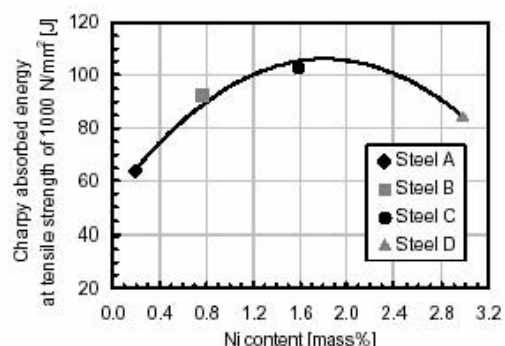


図 標準化したシャルピー衝撃値に及ぼすNi量の影響

水によるタンク内残液の気化による排出
に関する研究

Study on Discharge of Liquid Residue Vapor
from Tank by Using Water

上田浩一、間島隆博、山之内博、宮田修

平成16年10月

第72 回日本マリンエンジニアリング学術講演会

講演論文集

有害液体物質をNLS(Noxious Liquid Substances)Tanker で輸送し荷揚げ後タンク内を洗浄する場合、有害液体物質の有害性に応じて、その残液や洗浄廃水の排出は規制されている。現在の汚染分類Cの物質(例えばベンゼン)は残液量を1 タンク(百数十 m^3 のタンクが多い)当たり300 リットル以下にし、洗浄し12 海里以遠へ排出できる。2007 年以降建造される新船については新汚染分類のカテゴリーY とZの物質は75 リットル以下にすることが2003 年国際海事機関で合意されている。我が国のNLS Tanker はストリップング装置等の普及により、大部分は1 タンクの残液量は75 リットル以下である。1 部については特に配管系の残液量の低減が必要である。

今後さらに排出量を低減するには、ストローパイプの残液量を極減することが必要である。ストローパイプを用いた場合にはタンク内や配管内の残液量が1 リットル以下にできている場合もある。排出量を限りなく少なくするには、タンク内の壁面付着やガス化して存在する量も無視できなくなってくる。この残量による排出を把握するために、水試験により推定した。NLS Tanker の残液はベンチレーションにより除去し清浄化したり、水洗浄した後乾燥して清浄化する。そこで通風や除湿によりどの程度除去されるか実験的に調べた。模型タンクを使用し、タンク内を洗浄した後タンク内全面が濡れた状態から、どのように乾燥しているかについて、壁面の観察及び温度と湿度の計測を行って調べた。壁面の温度変化によって、タンク壁面が乾燥したり、タンク壁面に水滴が凝縮したりしている。また除湿機による水の回収量や湿度の計測から液体が蒸発により排出される量を推定した。

水噴流で水を十分に散布したタンク内の湿度は約95%であった。タンク内を乾燥する場合天候が良いとマンホールのオープンも、通風も、除湿も乾燥する早さはあまり変わらない。しかしながら、タンク内の清浄化を確実に良くするには、除湿機を用いる方法は壁面への凝縮がないため清浄を確保するためには良いと考えられる。水試験から実船の160 m^3 クラスのタンクでは付着で6 リットル、蒸気で4.4 リットル程度残留していると推定される。除湿機により壁面付着と蒸気で残留している量の93% 程度回収できる。

熱音響的能動制御による燃焼騒音及び
振動燃焼の抑制

Suppression of Combustion Noise and Combustion Oscillation by Thermo-acoustic Active

Control Using Secondary Flame

井亀優、岸武行、春海一佳、平岡克英、

岡秀行

平成16年10月

第32回ガスタービン定期講演会講演論文集

近年、地球環境保護のため低NO_x化と高効率化を同時に達成しうる、希薄予混合燃焼方式がガスタービンエンジンの燃焼方式として着目され、発電用ガスタービンエンジンでは実用化もされている。しかし、希薄予混合燃焼は逆火、吹き消え、燃焼騒音・振動燃焼等の不安定現象を生じやすいため、その運転範囲は限られる。これら不安定現象の中でも機器の損傷にまで至る可能性のある、燃焼騒音・振動燃焼の抑制において、本研究では、音を音で打ち消す能動騒音制御の手法に注目し、燃焼騒音・振動燃焼抑制のための二次音源として、発熱変動すなわち圧力変動を発生する二次火炎(拡散火炎)を利用することとした。当所の実験用希薄予混合燃焼装置に二次火炎用燃料ノズル、二次火炎用燃料流量を変動させるピエゾバルブ、及び燃焼騒音を検知するマイクロフォンを取り付けた。マイクロフォンからの音圧信号を、遅延回路、バンドパスフィルタ及びアンプにより遅延、濾波、増幅し、それをピエゾバルブの制御信号として二次火炎の燃料流量を変動させた。その結果生じた発熱変動により制御用音を燃焼器内に発生させ、音響的な干渉効果により燃焼騒音の低減を目指した。また、二次火炎の応答性を調べるため、矩形パルス信号をピエゾバルブに印加し、入力したパルス信号と音圧波形、及び二次火炎の自発光の輝度変化との関係を調べた。実験の結果、二次火炎の燃料流量変動の制御パラメータ(遅延時間、カットオフ周波数、ゲイン)を適切に設定することにより、燃焼器内の共鳴音を背景音レベルにまで低減できた。さらに、1)共鳴音の低減効果が遅延時間に対して周期性を示すこと、2)燃焼音が発散する遅延時間領域において正帰還/負帰還を切り替えることで低減効果が現れること、3)二次火炎の応答遅れと低減効果が最初に最大となる遅延時間との和が、共鳴モードの約1/2周期となることから、二次火炎を使った共鳴音の低減は単純な音響的干渉によって説明できることが確認された。

単一液滴による廃油の燃焼
 Combustion of Waste Oil by Single Droplet
 羽鳥和夫、上田浩一
 平成16年10月
 第72回日本マリンエンジニアリング学術講演会
 講演論文集

現在、ビルジ処理の根本的な問題の解決を図るため、機関室内のビルジ水の発生量自体を最小限にするとともに、これを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(IBTS)の概念が提案されており、関連する研究も行われている。このシステムでは、ビルジ水は濃縮され、エマルジョン化した廃油として焼却炉で焼却処理される。

ここでは、廃油を焼却処理をするための基礎研究として、単一液滴を用いた燃焼実験を行った。実験では廃油を焼却炉で用いられるA重油と混合し、大気圧下の高温静止空気中で着火させ、着火遅れおよび燃焼時間を調べた。

燃焼室は内径80mm、長さ200mmの炉心管を電気炉内に納めた構造である。懸垂棒は直径0.51mm±0.01mmの石英棒で、この先端に懸垂された液滴は炉を移動することにより燃焼室に入り燃焼する。着火遅れは液滴が燃焼室に入ってから火炎が検出されるまでの時間、燃焼時間は火炎が検出されている時間とした。

廃油の着火遅れと燃焼時間をA重油およびC重油と比較した結果、着火遅れはA,C重油に比べて大きい、燃焼時間はほぼ等しいことがわかった。この結果から、廃油の焼却処理では着火遅れを小さくすることが求められる。このため、廃油にA重油を混合して燃焼させた。

廃油にA重油を混合した場合、着火遅れはA重油の混合割合が増加するにつれて減少し、ある割合以上の範囲でほぼ一定値を示す。この範囲は空気温度が高くなると混合割合の小さい方に広がる。一方、燃焼時間はA重油を混合した範囲でA重油のみの場合より僅かに大きい。

まとめとして、廃油の焼却処理では着火遅れが大きいことが主な障害となる。廃油にA重油を混合して焼却する場合、着火遅れがA重油にほぼ等しい範囲内であればA重油とほぼ同等の噴霧火炎が保持でき、廃油の焼却処理が可能であると考えられる。

高分解能衛星画像を用いた船舶の観測
 Observation of Ship Images using High
 Resolution Photo Image Data
 池本義範
 平成16年10月
 日本航海学会 第111回講演会・研究会予稿

高分解能衛星画像データは、従来の衛星写真等では見分けられなかった船舶も観測できる可能性があり、今後、海事分野でも有効に利用されてゆくものと思われる。

本稿では、高分解能地球観測衛星IKONOSの可視光センサのデータを用い、波長ごとの可視光画像からカラー画像の作成を試み、さらに撮影されている幾つかの船種の画像について、その特徴について調べた。

まず、IKONOS衛星で観測された各可視光バンドの輝度値からカラー画像を合成し、次に衛星画像から船種の見分けがしやすい船舶の画像をできるだけ矩形領域に収まるように切り出した。さらに海面反射の成分を取り出すため、直近の海面の画像を取得した。取得した画像について調べたところ、次のような結果が得られた。

①各船種について輝度値によるヒストグラムを参照すると、甲板上に多数の色情報を持つコンテナ船と比べ、ばら積み船は比較的単色要素の強い傾向が見られた。

②海面はピーク値が顕著で標準偏差が小さいことから単色の要素で構成されることが明らかである。これを判別条件として海面－船舶の分離処理を試みた。この結果、Fig. の様に海面反射などのノイズが少ない場合には分離が可能ながことが分かった。

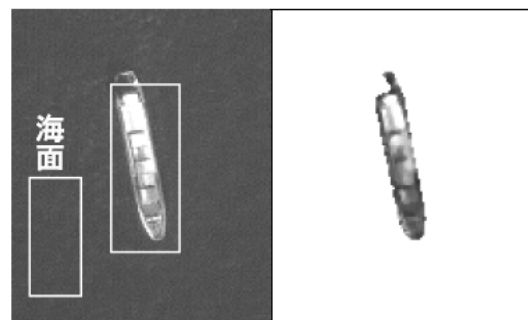


Fig. 対象船舶の海面からの抜き出し

これからの造船技術人材育成はどのような
—ぎょう鉄技能教育への取り組み—

How will the personnel training in the
shipbuilding technology become in the near
future? -Approach on the education for plate
forming skill-

松岡一祥、田中義照

平成16年10月

(社)日本溶接協会誌 溶接技術 第52巻第11号

近年、ものづくりにおける技能継承が様々な分野で危惧されているのは周知のとおりであり、我が国造船業においても高度な基盤技術を支えてきた世代の高齢化が進んでいる。特に、「ぎょう鉄」と呼ばれる造船業特有の厚鋼板の曲げ加工は、職人の「経験と勘」や「ノウハウ」といった因子が数多く含まれ、技能継承に多大な時間を要すると考えられてきた。

そこで、ぎょう鉄技能の継承問題に対するひとつの試みとして、当所は、(社)日本中小型造船工業会とともに、「ぎょう鉄作業の技能伝承マニュアル作成」および「技能伝承のためのぎょう鉄作業の高度化」に取り組んだ。

本論文では、これらの研究成果を紹介するとともに、成果の活用事例として、国および日本財団の支援のもと、(社)日本中小型造船工業会が今年度より開始している人材育成事業の概要、並びに、当所で行っている新しいぎょう鉄システムの開発について解説した。

ビデオマニュアルの効果については(下図参照)、マニュアルユーザ(●印)と非ユーザ(○印)では、アンケート調査を行った結果において、明らかな差が見て取れる(ただし、◎印はユーザであるが、高度熟練技能者の定年退職により、工数が激増したケースを示す)。このことから、上記人材育成事業においては、視覚的効果の高いビデオ教材を中心とした座学、並びに、プレスおよび線状加熱により緩曲面を加工する実技を組み合わせた「ぎょう鉄専門講座」を実施する。

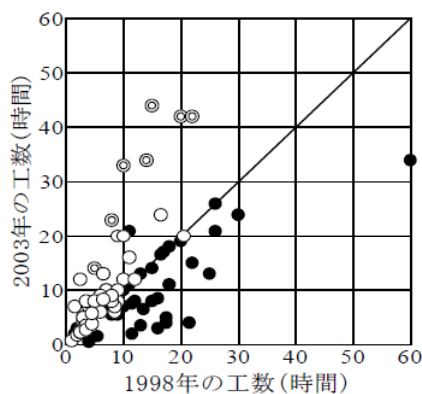


図 りょう鉄ビデオマニュアルのユーザと非ユーザ
における加工所要時間の変化(5年間)

Digital Maintenance Field Technology for the Maintenance of Nuclear Power Plant

原子力プラント保全のための保全情報場技術

佐藤知正、浅間一、喜多伸之、川端邦明

沼野正義、丹羽康之、劉峭、楊海園、

渡邊伸康

平成16年10月

Proceedings of 6th International Topical Meeting
on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics,
Operations and Safety (NUTHOS-6)

原子力基盤クロスオーバー研究のソフト系科学技術分野において、原子力プラント保全情報場技術の確立を目指して「人間共存型プラントのための知能化技術の開発」プロジェクトが実施された。このプロジェクトは、人間と共存する次世代のプラントの基盤技術として、オンラインメンテナンスの拡大、保守の高度化・省力化を達成することを目標とし、さらにはプラントの安全性の向上、長寿命化を図るものである。本論文はこのプロジェクトについて述べる。

原子力プラントの確実かつ頑健な保全活動が可能となるには、数多くの種類の情報が必要となる。本プロジェクトは「保全情報場」コンセプトを提案し、このコンセプトの三つの構成要素技術である情報場構築技術、情報場維持技術、情報場提示技術を開発した。情報場構築技術は移動ロボットによって保全情報を収集することを前提とし、プラントメンテナンスのための情報蓄積技術の確立を図った。情報場維持技術は構築した保全情報の時空間的な整合性を保つための維持技術の確立を図った。情報場提示技術は時空間的広がりを持つ大規模プラントの保全情報を運転員に的確に提示することを目的とし、大局及び直観的な情報提示技術の開発を図った。このように、プラント情報をデジタル化し、情報場として仮想空間に保持し、そして、プラント保全情報を欲しい時に、欲しい場所で、欲しい人に、欲しい内容を、欲しい形で人間とロボットに提供することを可能にした。さらに、「保全情報場」のプロトタイプシステムを構築し、このシステムによるプラントの異常兆候の早期発見及び異常個所の詳細検査の総合実験を行い、その有用性の確認を行った。

Large Eddy Simulation of Premixed Turbulent Combustion Using the Flamelet Model Based on the G-equation

G方程式を用いた予混合乱流燃焼場のLES
岡秀行

平成16年10月

THEORETICAL AND APPLIED MECHANICS, Vol.53

一般に工業的な実用スケールの燃焼場では、化学反応のスケールと乱流場のスケールがかけ離れているため、火炎は流れ場のスケールから見ると厚みを持たない面状の構造とみなすことが出来る。この仮定が成り立つ燃焼場をFast Chemistry の成り立つ燃焼場を呼び、この時乱流火炎は層流火炎の集合体であるとみなすことができる。この概念は laminar flamelet concept と呼ばれ、この概念を予混合火炎に適用したモデルの一つとしてG方程式モデルが挙げられる。G方程式モデルを用いた解析手法の利点は化学反応を取り扱わず、火炎面をスカラー量で表現し、流れ場のシミュレーションと火炎モデルを分離できることである。それゆえ、流れ場を特徴づける大きな渦のスケールを直接計算し、それ以下の微小スケールをモデル化する乱流解析手法であるLES(Large Eddy Simulation) に適した燃焼モデルとして期待されている。

G方程式を利用して予混合燃焼場を解析する場合、LES解析に向けたG方程式のモデル化が必要であるが、スカラー量Gを反応進行度とみなすアプローチが主に行われてきた。このモデルでは、サブグリッドスケールのスカラーフラックスを勾配拡散近似によりモデル化するため、火炎は厚みを持たない薄いシートとみなすflamelet concept に矛盾する。一方、自由境界面の運動を捉える手法として成功を収めているLevel Set Method をG方程式燃焼モデルへ応用する試みが最近行われているが、Reynolds 平均モデルでの解析が中心であり、LESでの解析例は非常に少ない。また、G方程式を用いたLES燃焼解析においては、方程式系を閉じるために乱流燃焼速度に関する構成方程式が必要となる。最近、LESに適用可能なモデルがいくつか提案されているものの、燃焼場に依存しない普遍性について検証された例は極めて少ない。

本研究では、LESに適用可能な乱流燃焼速度式を用いて、そこに含まれる経験定数を方程式の解として得られた情報から動的に決定するモデルとLevel Set Method を組み合わせることを提案するとともに、Gを反応進行度とみなすアプローチとLevel Set Method を応用するアプローチの違いが数値解析結果に及ぼす影響を調べることを目的としている。円柱形の予混合器と矩形の燃焼室から成るモデル燃焼器内の水素・空気予混合燃焼場を対象としたLESを実施したところ、Level Set Method をG方程式に応用した場合、方程式系の離散化により計算格子幅程度の火炎面の厚みは生じるものの、Gを反応進行度とみなした既存の研究結果と比べ、シャープな火炎面が維持される結果が得られた。

Experimental and numerical study of shipping water impact on running ship foredeck in regular head seas.

向波中を航走する船舶の甲板打込水の可視化実験
ならびに数値解析の研究

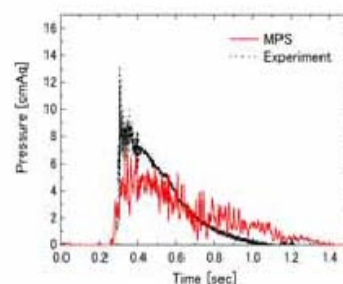
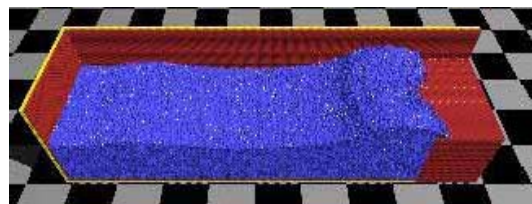
谷澤克治、沢田博史、辻本勝、越塚誠一

平成16年11月

Proceedings of ICHD-2004

甲板打込水による衝撃荷重は、スラミングやスロッシングによる衝撃荷重と並んで船舶にとって危険な荷重であるが、その推定法としてはダム崩壊モデルや洪水流モデル等の簡単な理論モデルの適用に止まっており、非常に研究が遅れている。これは打込水の挙動が極めて複雑であるため、理論解析では歯が立たないからである。また数値解析を行うにしても、打込水は分裂や合体を伴う激しい流れとなって甲板上を下るため、通常のCFD 技術では計算も困難である。しかし、近年、粒子法等のロバストな数値計算手法が研究開発され、分裂や合体を伴う激しい流体現象についても安定した数値シミュレーションが可能になって来た。造船分野においてもこれらの新しい計算手法を応用する試みがなされ、成果を上げつつあるが、計算精度の検証はまだ不十分であり、精度検証に使える実験データも整備されていない。そこで実験面においてもより詳細なデータ取得を行い、甲板打ち込み現象等をもっと正確に理解することが求められている。

以上を背景に、著者らは甲板冠水現象をターゲットに、粒子法による波浪衝撃解析手法の開発と水槽実験による甲板冠水の可視化計測を共同で実施している。本論文では前半で当所で実施している甲板打込水の可視化実験について概要を紹介すると共に、撮影した画像のPIV/PTV 解析の結果について報告している。また、後半では粒子法による甲板打込水の数値シミュレーションの結果について、現状を報告している。



打込水による甲板上衝撃圧の計算値と計測値との比較

粒子法コード検証のための甲板冠水の可視化実験
—第2報—

Visualization of the shipping water for validation
of numerical simulation by particle methods, 2nd
Report

谷澤克治、沢田博史、星野邦弘、辻本勝、

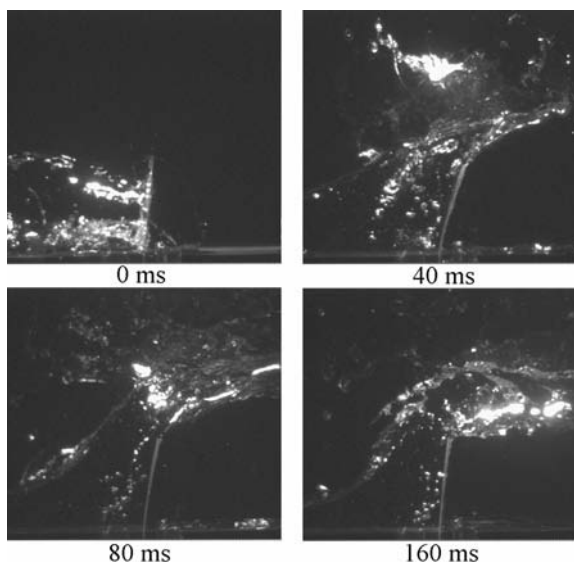
Nicolas Leconte

平成16年11月

日本造船学会講演会論文集、第4号

近年、粒子法等のロバストな数値計算手法が研究開発され、分裂や合体を伴う激しい流体现象についても安定した数値シミュレーションが可能になって来た。造船分野においても、これまで数値計算が困難であった甲板打込、スラミング、スロッシング等の激しい流体现象の解析にこれらの新しい計算手法を応用する試みがなされ、成果を上げつつある。しかし、計算精度の検証はまだ不十分であり、精度検証に使える実験データも整備されていない。

著者らは昨年の秋季講演会において、粒子法等の数値解析コードの検証を目的とした甲板打込水の可視化実験の概要について報告した。前報の可視化実験では甲板上に構造物は存在せず、打込水は船首部から船尾方向に流下する3次元の流れであった。しかし、実際の船舶では甲板上には構造物が存在し、打込水の挙動は構造物に遮られてより複雑になる。そこで今年度は甲板上に構造物が存在する場合の打込水の挙動を観察することを目的とした可視化実験を実施した。構造物としてハッチ、船橋、遮波板の3種類を選んだ。本報ではこれらの可視化実験の概要について報告する。



甲板打込水による遮波板の流力弾性応答

向波中のパラメトリック横揺れについて

—第1報 規則波中模型実験—

Parametric Rolling of a Ship in Head and
Bow Seas

Part 1. A Model Experiment
in Regular Waves

田口晴邦、石田茂資、沢田博史、南真紀子

平成16年11月

日本造船学会講演会論文集第4号

国際海事機関において非損傷時復原性コードの改正が検討されているが、その背景の一つに、米国のC11級ポストパナマックスコンテナ船が、北太平洋上において向波中で大振幅のパラメトリック横揺れを起こし、その結果多数のコンテナを流出した事故があげられている。

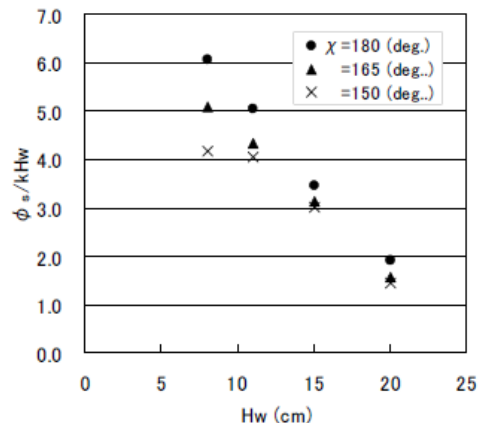
向波中のパラメトリック横揺れは、最近注目されるようになった現象であり、公表された調査研究事例が少なく、その発生状況等について明確になっていないのが現状である。

そこで、向波中のパラメトリック横揺れの発生状況(現象及び発生限界)の把握を主な目的として、平成15年度及び平成16年度、当所80m 角水槽において、ポストパナマックスコンテナ船模型を用いた波浪中自由航走実験を行った。

その結果、以下のことが明らかになった。

- (1)パラメトリック横揺れは、波長、船速及び出会角で決まる出会周期と横揺れ固有周期の比(T_e/T_ϕ)が1/2となる状態を中心に、比較的広範囲の出会周期で発生する。
- (2)同じ波長の波では、パラメトリック横揺れは、斜め向波状態に比べて、正面向波状態の方が発生しやすい。
- (3)波高が大きくなるに従って、パラメトリック横揺れ振幅の波傾斜に対する無次元値は小さくなる傾向が見られる(下図)。
- (4)同じ波長、波高の波では、パラメトリック横揺れの振幅は、斜め向波状態に比べて、正面向波状態の方が大きくなる。

本論文では、この規則波中模型実験の概要を報告する。



パラメトリック横揺れ振幅に対する波高影響
(波長船長比 $\lambda/L=1.2$, $T_e/T_\phi=0.45$)

Methodology for the rational revision of the
load line convention from the technical point
of view

技術的観点での合理的な満載喫水線条約の
見直し方法

小川剛孝、高橋俊次郎、石田茂資

平成16年10月

Proceedings of 2nd International Maritime Conference on
Design for Safety

国際海事機関(IMO)において行われている満載喫水線条約(ICLL)の見直しは、乾舷表の見直しを中心に作業が行われる予定である。著者らは、この見直し作業に関する技術的検討を行っている。ここでは、現行ICLL策定時の検討を振り返りながらICLLが保証すべき安全性を検討した。これらをもとに、海水打ち込みの観点からの乾舷の規定方法と損傷時復原性要件のあり方について提案した。

ICLLで規定しているのは乾舷であり、乾舷が主に保証する安全性は海水打ち込みの防止である。乾舷を規定する際に、全く打ち込みが発生しないような安全レベルを設定するのは非現実的である。よって、ある程度の確率の海水打ち込みは許した上で、浸水防止、船員保護、甲板上機器保護のための要件を設けることにより整合性の取れた基準とすべきである。このようにして、A型、減少B型、B型の異なる乾舷で同じ安全レベルを維持することが適切な乾舷の規定方法である。

また、復原性は乾舷だけで保証する事はできないのでICLLで直接扱う要件ではない。現行ICLL策定時の検討でも同様の結論が得られており、IMOではICLLは乾舷(喫水)に限定、SOLAS条約は構造、設備、運航について広く扱うと明確に定義されている。しかし実際には、異なる乾舷で同じ安全レベルを保つための要件としてA型、減少B型乾舷に損傷時復原性要件が適用されている。更に、同様の要件がSOLASやMARPOL条約でも規定されているため、バルクキャリアとタンカーにはこれらが2重に課されている。よって、乾舷の違いは、浸水防止、船員保護、甲板上機器の保護のための要件で保証して、損傷時復原性要件はICLLでなくSOLASやMARPOL条約で統一する必要がある。

この際、海水打ち込みの発生確率を指標として乾舷の持つ安全性を評価する必要がある。著者らが海水打ち込みの発生確率を計算した結果、標準舷弧は必ずしも海水打ち込み発生確率と整合性が無いことや、舷弧修正の乾舷でも適切に海水打ち込みを抑制できていることを明らかとなった。これらの結果から、標準舷弧は廃止して、舷弧無しの船を基準にした乾舷表を設定する方法が考えられる。

アルミナペースト塗布による疲労き裂進展の
自動抑制および目視検出

Automatic Restraint and Visual Detection
of Fatigue Crack Growth by Applying
an Alumina Paste

高橋一比古、牛嶋通雄、高橋千織、

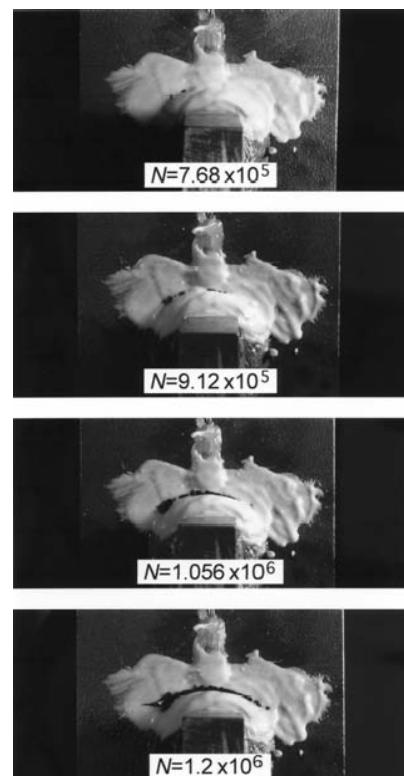
植松進、古谷典子

平成16年11月

溶接学会論文集 第22巻 第4号

平均粒径 $15.2\ \mu\text{m}$ のアルミナ(Al_2O_3)微細粒をシリコングリースとオイルに混合したペーストを調整し、SM490A鋼の平板試験片、K32A鋼の角回し溶接継手試験片およびSM400B鋼の横リブ溶接継手試験片にそれぞれ塗布して疲労試験を行い、試験中の「その場観察」や種々の破面解析と併せ、き裂進展の自動抑制効果について検証した。その結果、定期的にペーストの再塗布を行った平板試験片では破断寿命が約4.4倍に、再塗布を行わなかった溶接継手では破断寿命が約2.2~2.8倍以上に伸び、「その場観察」結果を基にした破壊力学的考察や、SEM・EPMA等の分析機器を駆使した種々の破面解析結果と併せ、アルミナ微細粒のくさび効果によるき裂進展抑制効果が確認された。

一方、アルミナペーストを塗布した場合、疲労き裂が発生・伝播した箇所においては白色のペースト中に鋼母材の研削微粉による明瞭な黒色の発色が認められ、目視によるき裂検出を容易にする顕著な効果を持つ事が判明した。



角回し溶接止端部に生じたき裂による発色

Possibility of Fire Risk Analysis of Large
Passenger Ships by Application of a Zone
Model Program — A Proposal of Simulation-
based Risk Estimation —

ゾーンモデルプログラムの応用による大型旅客船
の火災リスク解析の可能性について
—シミュレーションによるリスク評価の提案—
金湖富士夫、吉田公一、岡秀行、今里元信
平成16年10月

Proceedings of 2nd International Maritime Conference on
Design for Safety

IMO(International Maritime Organization) においてFSA(Formal Safety Assessment) による基準提案が活発化しているが、主に専門家判断によるリスク評価がなされているため信頼性が低いという問題がある。この問題を解決するため、シミュレーションを用いた包括的なリスク評価手続き、およびシミュレーションプログラムから構成されるリスク評価システム(MSES: Marine Safety Evaluation System) を開発した。また、火災リスク評価において、シミュレーションの回数を削減しシミュレーションに基づくリスク評価を現実的なものにするための手続きを開発した。さらに、火災進展解析における二層ゾーンモデルの応用可能性について検討した。

シミュレーション回数を削減するためには、火災進展のイベントツリーの各ヘッダーのイベントの成功までの時間の確率密度関数を求め、それらの上下限の間を数等分して得られる時間で火災シミュレーションを実施することにより、リスクの上下限を求めることができる。

これら開発した手続きおよびシステムの有効性を検討するため、小型旅客船の居室火災リスクを求めた。その結果、火災リスクの上限と下限との比は約2倍であり、原子炉等のリスク評価の不確実性の幅(約2桁)に比べるとかなり不確実性が減少することが判明した。この例題の評価では、二層ゾーンモデルプログラムを使用した。二層ゾーンモデルプログラムは簡易な火災進展の予測モデルであるため、その適用に当っては予測値の検証が必要である。このため、中型旅客船の火災進展予測を火災の予測コードとして広く活用されているFDS(Fire Dynamics Simulator) と二層ゾーンモデルプログラム(BRI2002)を用いて実施し、結果を比較した。その結果、二層ゾーンモデルによる予測値からFDSによる予測値の上限と下限を推定することが可能であることが示された。このことは、二層ゾーンモデルプログラムを用い、かつ開発されたリスク評価手続きにより大型旅客船の火災リスクをかなりの精度で推定することが可能であることを意味している。

さらにCFD(Computational Fluid Dynamics) プログラムFLUENTを用いて火源の形状が火災進展に及ぼす影響の調査も行い、火源の扱いが二層ゾーンモデルプログラムの目標値となるべきCFDの火災予測コードによる火災進展の予測結果に影響を与えることを示した。

Safety Levels of Japan Flagged Ships
Evaluated by Risk Assessment

日本籍船舶の安全レベルについて
金湖富士夫、宮崎英樹、安藤昇、河合崇
平成16年10月

Proceedings of 2nd International Maritime Conference on
Design for Safety

これまで20年間船舶の事故は漸減し、現在の年間事故隻数は20年前の1/2以下となっている。しかしながら貨物船、漁船は同じ時期に大幅に減少しており、事故の減少が船舶の安全性の向上を意味すると確言できないところがある。安全性を表す指標としてリスクがあり、年間1隻当たりの死者数を意味する。本研究は日本籍船舶の安全性をリスクで評価したものである。そのために、日本船舶のリスクと外国船舶(ロイド統計船舶)、他交通モード、労働災害、病死・自然死、自然災害のリスクとの比較を実施した。また、得られた結果より、今後さらに安全対策を実施すべき分野につき検討した。調査期間は1983年から2002年の20年間である。

リスク評価において主に用いられる指標として、個人リスク及び社会リスクがある。個人リスクは、個人が交通機関を利用している、工場で作業している等のように考慮対象の危険に暴露されている期間中の死傷の頻度を示す指標である。一方、社会リスクとは、あるグループの人間が考慮対象の死傷の頻度を示す指標である。人間のグループとして、ある種類の交通機関に乗っている人々、ある工場に勤めている人々等がある。ある集団の社会リスクはその集団に属する個人リスクに集団の大きさをかけたものである。また、1回で多数の死者を出す事故ほど許容し難くなるため、この観点を反映するものとしてFN曲線(人命損失数と事故発生頻度をグラフ化したもの)を用いて分析を行う。

貨物船、タンカー、旅客船においては外国船舶に比べて調査期間の前後半とも日本船舶がはるかに安全である。特にロイド統計船舶では旅客船のリスクが一番高いが、日本船舶では旅客船のリスクが一番低い。その他船舶、漁船は日本船舶とロイド統計船舶の安全レベルが同程度である。特に漁船は、前半10年は日本船舶の方がロイド統計船舶より統計的に有意とは言えないまでも低かったが、後半10年では、逆に日本船舶の方が統計的に有意とは言えないまでもロイド統計船舶より高くなっている。また、国内の他の交通モードと日本船舶の個人リスクを比較したところ、内航旅客船は航空機や自動車に比べてリスクが低く、内航貨物船も自動車に比べてリスクが低いことから、交通モード間の比較でも日本船舶の安全性は高く、モーダルシフトが進めば、この点でも社会的メリットがあるといえる。さらに、労働災害、病死・自然死、自然災害のリスクとの比較も考慮すると、日本船舶の安全性は、相対的には概ね社会的に許容できる水準にあることが判明した。

Effectiveness of Separation Scheme for Prevention of Collision by Diminishing Ships' Encounter Probability

分離航行の遭遇確率低減による衝突防止効果について

金湖富士夫

平成16年10月

Proceedings of 3rd ICCGS 2004

衝突は、他船との危険な遭遇が生じ、回避に失敗することにより発生する。したがって危険な遭遇の発生頻度を減少させるか、危険な遭遇の発生時に衝突回避操船の成功確率を上げることにより衝突を防止することができる。前者の方法として、分離航路がある。日本でも昭和48年に海上交通安全法の適用とともに、主要輻輳海域において分離航路が設定された。本論文では、航行速度、方向、船舶密度より他船との遭遇頻度を求めるための解析の方法を開発し、シミュレーションによりその方法の有効性を確認するとともに、その方法により求めた浦賀航路における遭遇頻度および衝突回数の時系列より分離航路の有効性を指摘している。

藤井等により、2つの交通流が交差する場合の危険な遭遇の発生頻度の解析の定式化は実施されてきたが、航行方向がランダムな場合の遭遇頻度は求められておらず、さらに、他船との遭遇の確率分布がポアソン分布になることの合理的説明が不十分であった。ここで開発された方法はそれらを解決する一般的な方法である。

浦賀航路の設定前後で衝突回数は7分の1に減少している。これを説明するため、浦賀航路航行船舶数の観測値の時系列、航行船舶数の日内変動、大きさおよび速度の分布の観測値を用いて、開発された船舶の遭遇頻度推定法により浦賀航路内の遭遇回数の変化を求めるとともに、同航、反航の際の衝突回避失敗確率を推定した。その結果、得られた同航、反航の際の衝突回避失敗確率は定説となっている同航および反航の衝突回避失敗確率の取り得る範囲内に入っており、本手法による遭遇頻度推定方法が妥当であることが確認された。(下表参照)

表 浦賀航路における同航および反航の衝突回避失敗確率推定値

	Collision Avoidance Failure Probability	P2/P1	P4/P3
Co-directional (P1)	8.525×10^{-5}	2.66	
Opposite Directional (P2)	2.268×10^{-4}		
Separation Scheme (P3=P1)	8.525×10^{-5}		2.38
Without Separation Scheme (P4)	2.031×10^{-4}		

Evaluation of Occurrence Frequencies of Marine Accidents in The FSA Framework

総合的安全評価法にもとづく海難事故発生頻度の評価

松岡猛

平成16年10月

Proceedings of 2nd International Maritime Conference on Design for Safety

本報告では当所で実施した海難事故発生頻度評価のための手順概要を述べ、それに沿って評価実施内容の紹介を行った。

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(総合的安全評価法)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。この様な動きのなか、当所では、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。

解析においては、まず海難事故の発生状況を海難審判庁の報告書、審判裁決録等を参照して検討し事故を引き起こす要因を調べ上げた。この結果をもとに、衝突事故、乗り揚げ・座礁事故、転覆・浸水事故発生に至る一般化したシナリオを示した。衝突事故の場合は見合い関係発生から衝突までにいたるシナリオをモデル化した。

次に、これらのシナリオからイベントツリー(ET)を作成するステップとなるが、ETの一例として転覆・浸水にいたる例を示した。ET中に現れる事象の発生確率を算定するためにはフォールト・ツリー(FT)を用いる方法があることを述べ、FTを構成する基本事象の発生確率の推定には、船舶信頼性データベース(当所で管理しているデータベースSRIC)を用いる方法、人間信頼性解析手法(原子力分野で開発された手法THERP)を用いる方法があること示した。

さらに、ヒューマンファクターに関する事象発生確率は適切なデータがないため、船長等の航行経験者にアンケート調査を3回実施し1,000件程の回答を得て、ETの定量解析のための貴重なデータを取得した。集計結果の一例として「相手船の意図の誤判断」のグラフによる表現を示した。

また、海難事故特有な事象の発生頻度の推定には海事分野のデータ、解析手法を用いており、その一例として波浪打ち込み確率、大波遭遇確率、東京湾における座礁確率の推定方法を示した。

評価結果と事故統計データとの比較、リスクコントロールオプション(有効な安全対策)の検討についても述べ、まとめとして、今後合理的な規則制定においてFSAは重要な役割を果たすべきであると述べた。

船舶材料トレーサビリティシステムの提案 Research on the Ship Material Traceability System

成瀬健、松岡一祥、林慎也、砂川祐一

平成16年11月

日本造船学会講演会論文集第4号

船舶解撤は、先進国では人件費が高いこと、リサイクル物資の市場価値が低いこと等から産業として成立しにくく、その多くが発展途上国で行われている。近年、これら解撤地域の安全衛生および環境問題が国際社会で取り上げられ、IMO(国際海事機関)、パゼル条約事務局およびILO(国際労働機関)の三機関がそれぞれ非強制的ガイドラインを策定した。

中でも、IMO ガイドラインは、船舶を一元的に所管する立場から作成されており、その内容には、船舶に使用される有害物質の所在および量を示す一覧表等から構成される“グリーンパスポート”を本船に携帯すべきことが記述されている。また、本ガイドラインには、新造船の建造において、有害物質を最小化すべきことが記述されるとともに、積極的な代替物質の導入を勧めている。

このような状況を背景に、当所は、国土交通省海事局からの委託を受けて、船舶解撤に関する調査研究を実施しており、グリーンパスポート作成を支援するとともに新造船の建造における有害物質の最小化に寄与することを目的としたシステム(船舶材料トレーサビリティシステム)を提案した。その一環として、共通電子データフォームにより、実船一隻分のすべての機器・材料に含まれる有害物質の調査を試行する実験を実施するとともに、建造後に新たに特定される有害物質に対応できるデータベースシステムのプロトタイプを開発している。

このようなシステムを確立できれば、船主、造船所、機器メーカー等がグリーンパスポートの準備に要する時間とコストを節約できるとともに、船舶に使用される有害物質最小化を促す効果が期待できる。しかしながら、実用化までには多くの解決すべき課題が見られ、実現のためには、海事産業全体の協力体制が必要である。

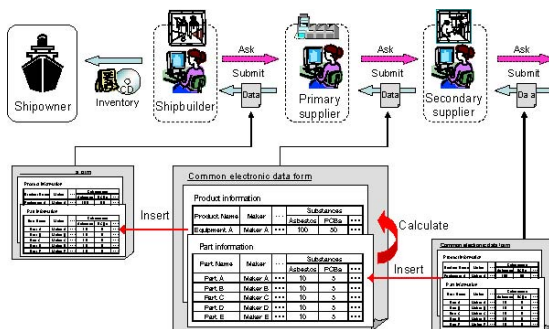


図 共通電子データフォームによる化学物質調査のイメージ

渦セル流れ中の気泡・粒子の並進運動に対する 履歴力の影響 Effect of the History Force on the Translational Motion of Bubbles and Particles in Cellular Flow

杉山和靖、高木周、松本洋一郎

平成16年11月

日本機械学会論文集, B 編, 70 巻, 699 号

分散混相乱流は多くの工業プロセス中で存在する流れである。粒子分散や乱流変調を高精度に予測するには、粒子が渦のどのような領域を選択的に通過して運動するのを知ることが重要である。従来、渦中の粒子運動の数値解析の多くは履歴力が無視されているが、理論上、実際の履歴力は無視できない場合が多い。本研究では、著者らの履歴力を無視して行った解析(杉山ら, 2003, 機論B, 69 巻, 680 号)と同様に、渦セル流れ中の粒子運動を対象として履歴力を考慮した計算を行い、履歴力が粒子運動に及ぼす影響を調べた。

まず、履歴力の時間積分法を定式化し、その計算法が妥当であることを確認した。そして、密度比、ストークス数 St 、静止流体中での粒子の沈降・上昇速度 $\dot{W}$ をパラメータとして、渦セル流れ中の気泡・粒子の並進運動を one-way coupling 法によって数値計算し、(1) $\dot{W}$ が大きい場合には粒子の存在する位置は分岐しないこと、(2) $\dot{W}$ が小さい気泡は渦中心に集積しドリフト運動しないことを明らかにした。(1)(2)の結果は履歴力を無視した場合と同じ傾向である。また、(3) $\dot{W}$ が小さく、 $St=O(1)$ で、周囲流体に比べてやや重い粒子は、履歴力の導入により渦構造に対する粒子の選択的集積の傾向が顕著に強くなり、粒子分布の分岐挙動は履歴力の有無による違いが大きいことを示した(図参照)。

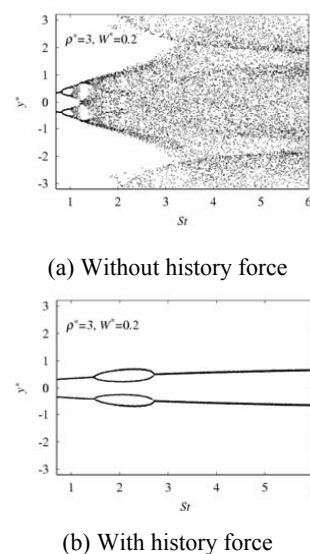


図 Branching diagram of particle y -position vs. Stokes number (St) in the region of $x \in [0.475\pi, 0.525\pi]$. ($\rho=3$, $W=0.2$)

音場中の球形気泡が放出する第2高調波音
の摂動解析

Perturbation Analysis of a Second Harmonic
Sound Emitted from a Spherical Bubble in an
Acoustic Field

杉山和靖、高木周、松本洋一郎

平成16年11月

日本機械学会論文集, B 編, 70 巻, 699 号

音場中の気泡は非線形体積振動し、基本波成分の音波だけではなく高調波成分も放出する。この非線形性は、超音波造影やソノケミストリーなどで問題となる。音響エネルギーの分散特性などの理解には、気泡放出音圧の高調波成分に関する知見が有用である。本研究では、音場中の単一気泡が放出する音圧の第2 高調波を代数的に記述できる相関式を理論解析により求めた。解析は、気泡周囲の圧力振幅が微小であるとの仮定の下で、摂動法により行った。基礎方程式は、気泡内部の熱的效果を考慮して高次に展開し、非線形効果を考慮した。次に、気泡に作用する圧力振幅が小さい条件で数値シミュレーションを行い、本理論解の妥当性を検証した。その結果、気泡半径の振幅や気泡放出音圧に関して、等温変化や断熱変化を仮定した解に比べて、本理論解と数値計算結果がよく一致することを確認した(図参照)。また、気泡内部の熱的效果のモデルとして、しばしば、使われてきた有効ポリトロップ指数・有効粘性係数を用いるモデルによる解析では、駆動圧力振動数が気泡固有振動数の2 倍程度の条件で、気泡放出音圧を過小評価するのに対して、本理論解は過小評価しないことを確認した。さらに、理論の適用限界に関連して、圧力振幅が大きくなる際の気泡放出音圧の第2 高調波について、そのパワー成分の相対誤差を調べた。その結果、圧力振幅が気泡周囲圧力よりも十分に小さい条件下での相対誤差は、圧力振幅の2 乗に比例すると見積もられることを示した。

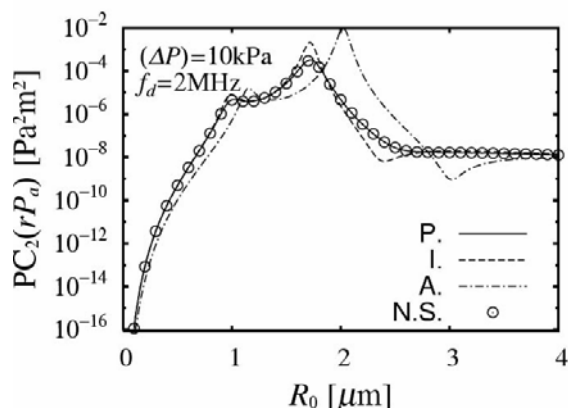


図 Power component of scaled second harmonic pressure emitted from a spherical bubble vs. initial bubble radius R_0 (Driving pressure amplitude (ΔP_L)=10 (kPa) and its frequency f_d =2 (MHz)) (—: Present; - -: Isothermal; - · -: Adiabatic; ○: Numerical simulation)

Fatigue Strength of CP Grade 2 Titanium
Fillet Welded Joint for Ship Structure

船体構造用2種純チタンすみ肉溶接継手の疲労強度

岩田知明、松岡一祥

平成16年10月

Welding in the World vol.48 No.7-8

チタンは海洋環境における高い耐食性や高速化のための軽量化要求に対応可能な高比強度のため、船体構造材料として適している。日本では、商業用純チタン板は既に漁船の構造部材として使われ始めているが、溶接組立からなるチタン薄板構造の適切な規則や推奨がないため、認可基準の厳しい商船・公用船の構造部材には適用されていない。また、船体構造に不可欠なチタンすみ肉溶接継手の疲労強度に関する研究はほとんどない。そこで、本研究ではチタン船開発を促進するためのデータ整備の一環として、突合せ溶接継手・横すみ肉溶接継手・縦すみ肉溶接継手の疲労試験を実施した。その結果を基に、チタン溶接継手の安全性評価におけるスチール疲労強度設計基準の有効性を調査した。

まず、疲労強度評価に必要とされる、応力集中係数および溶接残留応力を計測した。応力集中係数は、引張試験により、溶接部付近に貼り付けたひずみゲージを用いて応力分布を計測して求めた。溶接残留応力は、一般的な手法である、ひずみゲージによる応力解放により求めた。続いて、応力比0、周波数5Hz の条件で疲労試験を実施し、最大負荷応力と破断寿命の関係を計測した。これらのデータを修正MIL ハンドブック第5 法により解析し、疲労亀裂が溶接止端部から発生した試験結果における等価応力と破断寿命の関係および97.5%以上の確率で試験片が破断しないと判断できる生存確率線を得た。

その結果、以下の結論を得た。

- 1) 修正MIL ハンドブック第5 法による等価応力を用いると、疲労亀裂が溶接止端部から発生した船体構造主要三継手の疲労試験結果においてよい相関が得られた。
- 2) 疲労亀裂が母材部から発生した疲労試験結果も同様の相関が得られた。よって、疲労亀裂が溶接止端部から発生した試験結果における等価応力と破断寿命の関係は母材の疲労強度も評価可能である。
- 3) 修正MIL ハンドブック第5 法による等価応力に基づく、長寿命側において、商業用純チタン溶接継手の疲労強度は、スチール溶接継手の疲労強度よりも高いことが判明した。ただし、両材料で溶接方法が異なっていることには注意を払う必要がある(スチール: ミグ溶接、チタン: ティグ溶接)。
- 4) 10mm 板厚の横すみ肉溶接継手のみ相関しておらず、今回の解析では理由が判明しなかったため、今後の課題となった。ただし、十分な安全側の評価は得られるので、実用上は問題ない。

よって、商業用純チタン溶接船体構造の疲労強度の基準や評価をスチールの基準や評価より厳しいものに変更する必要はないことが明らかになった。

Application of and Consideration to the IMO Guidelines for Evacuation Analysis for Passenger Ships

IMO旅客船避難解析ガイドラインの適用と考察
宮崎恵子、勝原光治郎、太田進、吉田公一、
佐藤功、佐々木裕一
平成16年10月

Proceedings of 2nd International Maritime Conference on
Design for Safety

SOLAS 条約において、国際航海に従事するRO/RO旅客船については、設計の初期の段階で避難解析を実施し、実行可能な限り混雑が排除されていること及び避難経路配置には十分な柔軟性が確保されていることを示すことが義務づけられた。さらに、RO/RO 旅客船に限らず、旅客船の設計段階で避難解析を実施することは安全上望ましいとの考えに基づき、IMO にて、MSC/Circ.1033「新造及び現存旅客船のための暫定避難解析指針」(Interim Guidelines for Evacuation Analysis for New and Existing Passenger Ships) が採択された。

一方、当所では、旅客船の避難シミュレーションプログラムを開発している。これは、マルチエージェントシミュレーションであり、一人一人の、歩行速度や避難開始時間を個々に設定でき、かつ、避難経路の通行制限や不通箇所といったローカルな条件を変えることができる。また、全ての避難が完了する総避難時間、避難者の個々の避難時間、避難者が使用した避難経路、個々の避難者が混雑箇所で待つ時間(滞留時間)等を求める機能を有している。

このシミュレーションプログラムを用いて、わが国で建造された世界最大級のクルーズ船(避難対象者数4,000人以上)を対象に、MSC/Circ.1033 に示された避難解析指針の詳細解析方法にしたがって避難解析を実施した。本稿では、その結果を示すとともに、避難解析指針についても考察した。

避難解析指針の詳細解析方法には、昼間と夜間の避難を想定したシナリオと、非常時に昼夜それぞれで階段機能が制限された場合の避難を想定した、計4つのシナリオが用意されている。避難解析を実施した結果、総避難時間が避難解析指針の規定する時間を十分に満足することが確認できた。

一方、避難解析指針には、局所的な混雑を表す明確な指標がない。著者らは、避難解析においては、総避難時間だけでなく、局所的な混雑箇所を見つけ、それを排除することが、避難経路の検討において重要であると考えている。そこで、局所的な混雑を示す滞留時間の指標を考案し、滞留時間の検討もおこなった。現在開発している避難シミュレーションプログラムでは、考案した指標の全てを求めることはできていないが、求められた指標の滞留時間により、対象船では、局所的な滞留が発生していないことを示した。さらに、局所的な滞留の評価には、避難解析指針に盛り込まれている反応時間についても検討が必要なることを述べた。

Collapse Strength of Bulbous Bow Structure in Oblique Collision

斜め衝突時のバルバスバウ構造の圧壊強度
について

山田安平、遠藤久芳
平成16年10月

Proceedings of 3rd ICCGS 2004

当所では、衝突によるタンカーからの油流出防止を目的として緩衝型船首構造の研究開発に関する研究を行ってきた。これまで、船舶衝突に関する様々な研究が行われてきたが、殆どの研究は真横90度衝突を仮定している。しかし、実際の衝突現象は斜め衝突する確率の方が遙かに高く、軸力に加えて曲げモーメントが作用することにより、90度衝突の時の軸圧壊モードとは全く異なる崩壊モードで圧壊することが予想され、このような場合にも緩衝型船首構造の効果を確認することが重要である。そこで、本研究では、外形状が等しく防撓方式の異なる2種類(標準型/緩衝型)の大型船首バルブ模型を用いて、衝突角度72度における大規模模型実験及びLS-DYNA によるシミュレーション解析を実施し、斜め衝突時のバルブ圧壊メカニズム及び圧壊強度について検討を行った。その結果、以下のような結論が得られた。

- (1)今回用いた模型においては、角度72度では、防撓方式に関わらず、バルブ根本部の曲げ崩壊モードによって崩壊した。
- (2)緩衝型船首構造にすることにより、最大反力が40%低下した。実際の衝突においては、最大反力が低い構造物が一方的に圧壊することから、緩衝型船首構造が斜め衝突時にも非常に有効であることがわかった。
- (3)曲げ崩壊についてもFEM シミュレーションを用いて概ね妥当な精度で予測可能なことが確認された。
- (4)FEMシミュレーションでは、実験と異なる逐次壊モードで圧壊が生じたが、溶接残留応力を考慮した計算により、実験に相当する崩壊モードが再現できた。
- (5)FEMシミュレーションにより、今時解析の範囲においては、平均反力及び吸収エネルギーが崩壊モードに依存しないことが推定された。
- (6)FEMシミュレーションでは、船首圧壊を若干ではあるが過大評価することがわかった。



図 圧壊FEMシミュレーション結果の例

Development of Three-dimensional Shape Measurement Method of the Object in Water

水中物体の3次元形状計測法の開発

星野邦弘、田村兼吉

平成16年11月

Proceedings of OCEANS'04 / Techno-Oceans'04

沈没船、海洋構造物、港湾施設などの水中損傷状況の計測では、海水の性質上、電磁波である光の伝播損失が大きいため一般的に光に変わり音波を用いた計測が行われている。しかしながら、沈没船の事故原因の解析や沈船の引き揚げ時の詳細な検討を行うには、音響画像に比べてより精密な3次元形状情報を得ることを要求される。海上技術安全研究所では、水中物体の詳細3次元形状計測法として、水中で減衰の少ないグリーンレーザー光を物体表面に照射し、この位置を三角測量の原理により計測するシステムの開発に着手している。

本論では、まず使用予定のグリーンレーザー光の海中での懸濁物質による減衰影響を実験的に調査した。実験は、標準懸濁物質としてカオリン(白色陶土)を用いてカオリンの懸濁量と透過距離を指標にグリーンレーザーの消散係数を求めた。

次に開発するシステムの概要を紹介した。計測システムとして次の異なる2種類の方式について検討を行った。

- (1) レーザードットマトリックスパターン投影法
- (2) 組合せラインCCD 法

レーザードットマトリックスパターン投影法は、物体表面に多数のドットマトリックスパターンをアクティブに投影し、一度に広い領域の3次元計測を行う方法である。開発したドットマトリックスパターン投影装置、画像入力装置、解析システムを紹介し、空気中で3次元計測を行った結果を示した。組合せラインCCD法は、物体表面を高速レーザースキャニング装置を使って走査して、レーザースポット点の位置座標を高解像度でかつ時間分解能の良いラインCCDセンサーとセミシリンドリカルレンズを組合せた複数台のシステムで取り込み解析する方式である。計測原理と計測システムの構成例について紹介すると共に、基礎的な検討結果について報告した。

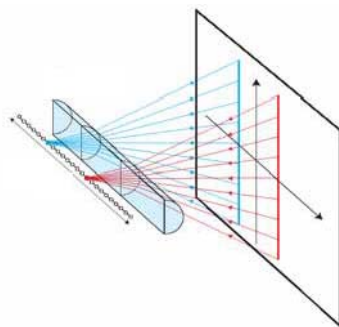


図 ラインCCDセンサーとセミシリンドリカルレンズによる空間計測原理

三次元音響映像装置Echoscope1600 による水中漏洩油と気泡のリアルタイム計測

Real time measurements of air bubble and oil leakage in water using the 3D acoustic imaging instrument Echoscope1600

星野邦弘、原正一、樋富和夫、亀山道弘、

山之内博、桐谷伸夫、篠野雅彦、堀利文、

疋田賢次郎、新井田直樹、武居昌宏、渡部英昭

平成16年11月

第16回海洋調査技術学会講演要旨集

日本近海から南太平洋海域には、戦争により沈んだタンカー、油槽船、貨物船、戦艦など数千隻の船が沈没したままになっている。また、その他に日本近海には海難事故により沈没したまま放置されている多数の沈船が存在している。沈船の中には船内に貨物としての油、有害化学物質、燃料油等を積載したままに放置されているものも少なくない。最近では、老朽化した沈船から徐々に油等が漏れ出たり、突発的に大量の油が噴出したりして、これらが汚染源となる事故が世界各地で発生している。

本論では、沈没船からの油漏れの監視技術として音響ホログラフィの原理を用いたリアルタイム監視技術の適用可能性を、既存の三次元音響映像装置を用いて水槽実験により実験的に検証した。

検証実験では、気泡、灯油およびC重油を水槽底から噴出させて計測した。その結果、水との密度差が小さく音響インピーダンスの差も小さいため計測が困難と思われたC重油についても非常に良く認識できることが判った。

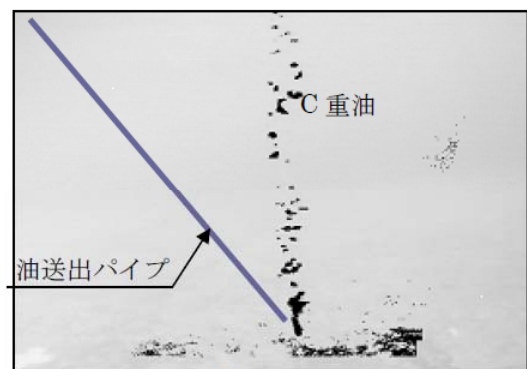


写真1 重油噴出実験の可視画像

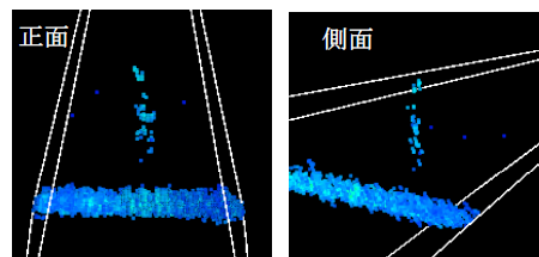


写真2 重油噴出実験の超音波画像

低VOC塗料の開発

Development of VOC-free paints

松岡一祥、勝又健一、林慎也、小島隆志、小島靖、
立岡正吉、吉川榮一

平成16年11月

日本造船学会講演論文集 第4号

揮発性有機物質(VOC:Volatile Organic Compound)を含む塗料は、平成14年4月から、排出移動登録制度(PRTR:Pollutant Release and Transfer Resister)で量的管理が義務化されている。また、VOC排出量30%減を目標とする、改正「大気汚染防止法」が平成16年5月の国会で可決され、平成18年に施行の予定である。

造船業では防食及び防汚のため、大量の塗料を用いる。例えばVLCCでは建造時の塗装で、400トンものVOCを排出していると考えられる。そのため、VOC排出規制の造船所に与える影響は大きい。

このVOC規制の動きに対応するために、日本造船研究協会では、日本財団の助成のもとで、平成15年4月から3ヶ年計画でVOC 極少型塗料の開発研究を行っている。本報は、この研究の目標、現在までの達成状況について概説している。

先ず、塗料に含まれるVOCの現状について、分析、測定結果等を示し、開発目標を設定している。具体的には、現行最小量の1/2程度を目標に、防食塗料についてはEPA(米環境保護局)の方法で50g/L、防汚塗料については有機溶剤量200g/L以下としている。

次に、防食及び防汚塗料の開発の現状について述べている。

防食塗料については、エポキシ樹脂を特殊変成剤で変成して基礎樹脂とし、塗料化を行い、VOC量50g/L以下の塗料の開発に成功している。

防汚塗料については、溶剤型ハイソリッド樹脂と水系樹脂を基礎樹脂として塗料化を検討し、水系樹脂でVOC量200g/L以下の塗料の製品化の可能性を確認している。

今後の方針として、防食塗料についてはその耐久性の確認が必要であること、また防汚塗料については、耐水性等の改良と防汚効果の確認が今後の課題であり、更に基礎樹脂の開発も視野に入れた検討の必要があるかも知れないとしている。

また、VOCは塗装機の洗浄過程でも大気に放出されること、VOC極少型塗料は既存の塗装機を使用できない可能性があることなども考慮して塗装機についての検討も必要であるとしている。

FRP船劣化診断のための実用機開発

Development of a Diagnostic Tool for

Deteriorated FRP Boat

勝又健一、松岡一祥、田中義照

平成16年11月

強化プラスチック協会49th FRP CON-EX2004講演集

小型漁船、プレジャーボート等のFRP船は船体が腐食しない等の理由で目視のような外観検査のみで管理されている。漁船では年1~2回ペンドック入りして付着物の除去あるいは化粧直しを行う。衝突した痕跡があれば、修理が行われる。

FRP劣化診断装置は、当所において平成14年度にプロトタイプが開発され、15年度には実用機が開発された。プロトタイプは剥離を検出評価するアルゴリズムが組み込まれ、ラボ内及び実際の現場においても劣化診断の機能が働くことが確認できた。ただし、重量及び大きさから、実用には不向きであった。実用機は小型軽量化が進み、実際の現場における実証実験からその有効性が確認できた。開発したFRP劣化診断の実証実験は、ペンドック時に行った。

劣化診断のアルゴリズムには、損傷材の実験から得られた波形パターンの特徴、剥離試験片の詳細な実験から求めた減衰係数等の値及び剥離を定量化した理論式等が含まれている。FRP劣化診断装置による検査は2MHzあるいは4MHzの超音波センサーを使用し、FRP外面から超音波を入射させて、条件設定を行った後に測定していく。測定は、ワンタッチで可能となっており、良否の結果が自動表示される。測定データ及びアルゴリズムから装置が判定するので、客観性がある。

自動判定は、次のような根拠から導いている。

- ・1測定点の検査面積における健全面積率は設定値及び測定値から装置内で演算する。
- ・得られた健全面積率がしきい値より大きい場合は健全(○)と表示する。
- ・健全面積率がしきい値より小さい場合が剥離(×)と表示する。
- ・しきい値は予め決めておく。通常は50~60%であるが、ユーザーと協議する。

ちなみにしきい値50%とは、その測定点における面積、超音波センサー素子の面積において、剥離が半分占めることを意味する。FRPの板厚が6~20mmに適用する2MHz超音波センサーの1点の測定面積は、直径15mmの円形である。

Rationalization in the Probabilistic Method Estimating the Mean Oil Outflow for Side Damage

船側破損の場合に適用する確率論的平均油流出量推
定方法の合理化

遠藤久芳

平成16年10月

Proceedings of 3rd ICCGS 2004

MARPOL 73/78 ANNEX I の衝突・座礁事故による損傷を想定した確率論的油流出推定法に関して、今般BLG8 (IMO 第8 回ばら積み液体・ガス小委員会)で改訂案がとりまとめられ、2007 年に発効する事が決定した。この推定法では、衝突による船側損傷深さの確率的取り扱いに問題がある事を指摘し、その改善方法を提案した。

BLG 改訂案によれば、衝突による船側の確率的損傷深さは船長方向の位置に関係無く与えられている。この結果、二重船側間のスペースの配置は、船首から船尾までどのタンクでも一様となるか、船首や船尾で大きめに設計される場合が多い。

一方、実際の衝突事故では、船体中央部(重心付近)で損傷が最も大きくなり、重心からはずれるに従って損傷が小さくなるという傾向がある。本論文では、船側損傷程度を船長方向位置の関数として推定し、この関数から損傷深さを確率的に表す重み関数を導出した。また、この重み関数をBLG 改訂案における各タンクの油流出量推定式の乗数として用いることを提案した。

実船タンカーのスペース配置を例として、BLG 改訂案そのままと、この新たな提案式を適用した場合について比較検証した。この結果、船体中央付近においてよりスペースを大きく、船首・船尾では小さく配置する設計が油流出量低減のために有効であること、及び、この有効性が提案式を用いることにより、より明確に評価されることを示した。

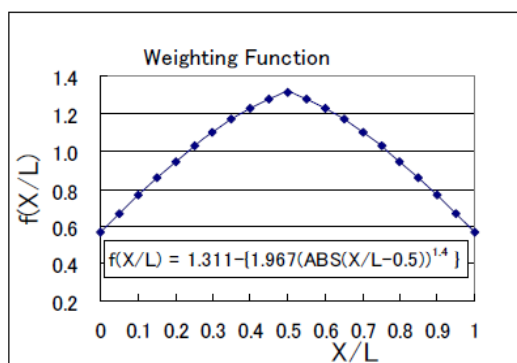


Fig. Weighting function for side damage extent

Verification on the Effectiveness of Buffer Bow Structure through FEM Simulation

FEMシミュレーションによる緩衝型船首構造の
効果の検証

遠藤久芳、山田安平、川野始

平成16年10月

Proceedings of 3rd ICCGS 2004

衝突によるダブルハルタンカーからの油流出事故防止対策として、緩衝型船首構造の採用が有効と考えられるようになってきた。本研究では、VLCCがVLCCに衝突する場合を例として取りあげて、大規模詳細FEM シミュレーション解析を行い、緩衝型船首構造の効果を検証した。効果の指標として、真横90度衝突における限界衝突速度及び斜め衝突における限界衝突角度を提案した。様々な設計パラメータの中から、①バルブの外形状、②防撓方式、③バルブ外板板厚に焦点を当て、緩衝型船首構造の効果に与える影響を検討した。その結果、以下のような結論が得られた。

(1)標準船首構造では、内殻破断が生じたが、緩衝型船首構造を採用した場合全ての解析ケースで内殻破断に至らなかった。

(2)標準船首を採用した場合においても、内殻破断が生じたのは、真横90度衝突の場合のみであった。

(3)バルブの外形状の影響は、外板破断に与える影響が大きい事が確認された。

(4)尖鋭形状船首の場合、緩衝型構造を採用することにより限界衝突速度が5.2ktから18.5kt に向上了。

(5)緩衝型設計法の内でも、バルブ外板板厚を薄くすることが最も効果の高い方法であることが確認できた。

(6)斜め衝突の場合に、16ktで衝突する標準船首では衝突角度65～115度で外板破断を発生させるが、緩衝型船首はどの角度でも外板破断を発生させないと推定された。

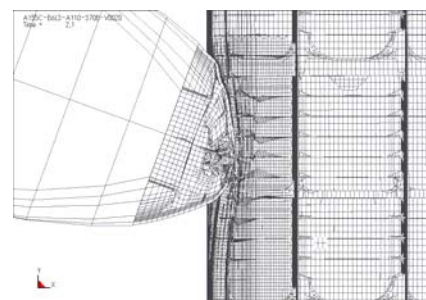


図 衝突部付近の変形($\theta=110^\circ$)

Some Aspects of Fishing Vessel Stability Safety in Japan

日本における漁船の復原性に関する取り組み
馬寧、田口晴邦、梅田直哉、平山次清
松田秋彦、天下井清、石田茂資
平成16年10月

Proceedings of 2nd International Maritime Conference on
Design for Safety

近年、わが国の漁船及び漁船乗組員の数は減少しているにもかかわらず、漁船の事故及びそれに伴う死者の数はほとんど変化していない。特に、復原性に関係する転覆・沈没事故では、2000年9月に発生した第五龍寶丸事故のように一度に数多くの死者、行方不明者が発生している。

このような状況に対応するため、国土交通省及び水産庁の主導のもと、漁船の復原性や乾舷に関する調査研究が2件（漁船の乾舷の合理的な設定方法に関する調査研究、漁船の転覆事故防止対策に関する調査研究）が進められている。

本論文では、わが国において実施されているこれらの調査研究について概要を紹介するとともに、これまで得られた知見をまとめて報告している。

漁船の乾舷の合理的な設定方法に関する調査研究では、九州西部海域で操業している80GT型のまき網漁船を対象として、乾舷の大きさが復原性に及ぼす影響を評価した他、実際の操業海域における風と波の統計データを使用して転覆確率や海水打ち込み確率を計算し、また、波浪中の旋回運動のシミュレーションも実施し、乾舷の大きさが操業時の安全性に及ぼす影響を評価した。その結果、乾舷が大傾斜角の復原性に大きな影響を及ぼすこと、重心高さが変化しないとすると、転覆確率は乾舷の増加とともに急激に減少することなどが明らかになった。

また、漁船の転覆事故防止対策に関する調査研究では、操業時における安全性確保の観点から、沖合底びき網漁船を対象に、操業実態に関する聞き取り調査が行なわれた他、実船の傾斜試験、旋回運動中の横傾斜角の計測なども行なわれた。そして、これらの調査結果を基に、安全な操業方法を示したパンフレットやビデオが作られ、関係者に配布された。更に、現存船の復原力改善索としてバルジを付加することを検討し、31GT型の底びき網漁船を対象に旋回運動中の横傾斜角を比較するなどして、その効果を検証した。

これらの調査研究の目的は、漁船の安全操業のための指針を示すことと、現行の復原性基準を将来的に改正することの妥当性を検証することであり、引き続き検討が進められている。

Aspects on an Information Display System for Efficient Collision Risk Assessment in Congested Waterways

輻輳海域における衝突回避行動を有効に支援するための情報表示システムについて
Egil Pedersen、劉峭
平成16年10月

Proceedings of 3rd ICCGS 2004

海上における船舶同士の衝突事故は、人命や経済の損失及び自然環境に深刻な影響を及ぼすものである。安全運航の責任者は船橋当直者なので、衝突回避は船橋当直者の主なタスクである。近年、技術の向上によって、大量の交通流データ、環境情報、自船及び他船情報が自動衝突予防援助装置(ARPA)、電子海図表示装置(ECDIS)、船舶自動識別装置(AIS)により船上に表示され、安全且つ快適な運航ができると期待されたが、複雑且つ輻輳している海域における操船はまだ運航者に大きな負荷をかけている。

人間の行動は情報の獲得、情報の分析、意思決定及び行動の実行で構成される。輻輳海域に大量の船舶が有る場合、運航者の情報分析、処理作業は高負荷であり、認知能力の限界に達していることも考えられる。本論文は輻輳海域における衝突回避行動を有効に支援するために、著者らが開発した情報表示システムを紹介する。このシステムの特徴は衝突危険線CDL(Collision Danger Line)及び衝突危険区CDS(Collision Danger Sector)をインタフェース表示することである。CDLとCDSの表示によって、航海士の衝突危険判断及び避航操船行動が速やかに進行できる。

シミュレーション実験により、このシステムの評価を行い、長所と短所が指摘された。また、CDLとCDSの表示アルゴリズムは過度の情報表示を避けられるようになっており、これについて紹介した。正しく情報を表示するため、AISからのデータを主な情報源とし、ARPAからのデータは補助の情報源として使う方式をとっている。現在、この情報表示システムはすでに電子海図上に実装されており、さらに実験によって、システムの有効性を検証する。

Experimental and Numerical Studies on Roll Motion of a Damaged Large Passenger Ship in Intermediate Stages of Flooding

損傷した大型客船の浸水中間段階における横揺れ運動の実験的・数値的研究

池田良穂、石田茂資、片山徹、武内祐二

平成16年11月

第7回船舶復原性に関する国際ワークショップ

海上人命安全条約(SOLAS条約)第II-1章等の損傷時復原性基準では、損傷口から浸水して十分時間が経過した後の最終平衡状態について規定されている。一方、大型旅客船については、多数の乗員・乗客の安全な避難・救助を勘案し、損傷浸水後の経時変化(time-to-flood)を考慮して安全性を評価することが国際海事機関(IMO) で検討されている。しかし、経時変化には基準で規定されていない内部の仕切り等が関係し、また水密扉の開閉等オペレーションの影響も大きいため、その評価手法は確立していない。そこで、(社)日本造船研究協会の協力のもと、大阪府立大学が模型実験を行い、当所が開発したシミュレーションプログラムによる計算結果との比較を行った。

模型船は、縮尺を考慮して船体中央部付近だけを模擬した二次元模型とし、透明な材料で製作した。ただし、浸水時のトリム変化を相似にするため、浮力体を端部に取り付けている。船内は3層の甲板に分かれ、4ヶ所の横隔壁があり、客室区画には約50の部屋がある。この模型船に様々な損傷口を開け、平水中での姿勢変化を計測した。

その結果、転覆には至らないが、浸水の中間段階で17度以上まで傾斜する現象が確認された。その原因は上部の区画に損傷を受けた場合の自由水影響であり、損傷口が余り大きくない場合に発生することや、静的な復原性計算で最大傾斜角をある程度説明できることがわかった。また、下図に示すように、傾斜角の経時変化もシミュレーション計算で概ね推定可能であることがわかった。

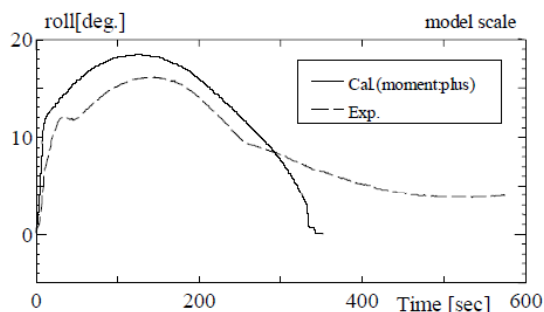


図 損傷後の傾斜角の経時変化の比較
(計測結果：破線、計算結果：実線)

On a collision avoidance support system for one person bridge operation

1名当直のための衝突回避支援システムについて

樫野純、福岡淳司、今津隼馬、五十嵐和幸

平成16年10月

Proceedings of 3rd ICCGS 2004

陸上輸送から海上輸送へのモーダルシフトが望まれている昨今、内航海運業界における乗組員の減少と高年齢化の問題は深刻化の一途を辿っている。このような時代背景から、可能な限り少ない人員当直による安全運航システムの確立が期待されている。そこで本研究では、通常航行中における当直人員の省人化に的をしぼり、1名当直でも安全な運航が遂行できる支援システムの開発を考え、次の2つの支援システムを提案する。

I) 避航航路立案支援システム

通常航行中における当直航海士の主たる現場作業として挙げられるのが避航操船である。この作業はかなりの頻度で行われており、時々刻々変化する目標の動きに対応して、安全で効率低下の少ない行動を決めるプロセスが繰り返されている。特に、狭水道および幅狭海域の航行時には、短時間で大量の情報整理と的確な判断を求められる場合があり、当直者の精神的負担は多大なものとなる。そこで、このプロセスを自動化することにより、1名当直でも安全航行が遂行でき、当直者への負担を軽減できる避航支援システムを考える。

II) 自動衝突回避システム

海上法規では、衝突事故に至るまでのプロセスとして①衝突の恐れが無い時、②衝突の恐れがある時、③衝突の危険が発生した場合と3段階に分けて考えており、各々の段階で具体的な航法が規定されている。しかし、段階間のボーダーラインの判断については、船乗りの慣行によるものとされており、特に②と③のボーダーラインの判断ミスが衝突事故に至る大きな要因となっている。そこで、実際の運用データから操縦運動モデルの同定を行い、そのモデルをもとに②と③のボーダーラインを算出し操船者に提示する、さらに③の段階になった際には自動的に回避行動を実施する衝突回避システムを考える。このシステムは、I) のフェイルセーフの役割を果たすとともに、ユーザーがI) のシステムを採用しなかった場合にも有効であると考えられる。

本研究の特徴として、I) では東京海洋大学の今津が提案したOZT(Obstacle Zone by Target) を用いる事によって、効率的で船乗りに受け入れられ易い避航航路の提示が可能であること、II) では運用中の航海データをもとに船の操縦モデルの同定を行う事から、汎用性が非常に高い事が言える。今回、これらのシステムの有効性を確認するためにシミュレーションと実船実験を行った結果、安全かつ効率的である事が確認できた。

本論文では、提案するシステムの概要、およびシミュレーションと実船実験の結果を報告する。

群遅延を用いた分散性媒質下を伝搬する
超音波パルスの解析について
Analysis of the Propagation of Ultrasonic
Pulses in Dispersive Media Using Group
Delay Concept

菅澤忍

平成16年10月

第25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

材料の特性評価や非破壊評価にあたって、超音波を用いた計測技術がしばしば用いられる。そのときの基礎となるのが材料が持っている音響的な分散である。通常の計測においては、分散が無視できるものとして取り扱っているが、材料の正確な弾性的な性質を評価するにあたっては、分散を考慮入れて解析を行わねばならない。超音波パルスが分散性媒質内を伝搬するとき、その振る舞いは媒質の分散によって決定されるが、逆に超音波パルスの伝搬の仕方を調べることによって、分散について知ることができる。今までに、超音波パルスを用いた様々な分散解析法が提案されてきたが、ほとんどの手法はパルスの位相遅延としての伝搬時間の周波数依存性を測定することを基本原理としている。一方、群遅延は群速度の逆数に比例し、群速度はエネルギーの伝搬速度に等しいため、群遅延に着目した解析によって今まで得られなかったまたは見過ごされていた材料の情報が得られる可能性がある。

そこで、本論文では、今まで注目されることが少なかった群遅延を用いて材料中に存在する分散を解析する可能性を検討した。そのために、まず、位相を経由せずに直接波形のフーリエ変換から群遅延が求められることを示した。このとき、公式中に現れる微分を数値微分で近似するのではなくフーリエ変換を用いて求める方法について議論した。さらに、本解析法の応用として、相関法と組み合わせることによって、パルスエコー法の改良を試みた。パルスエコー法では接触媒質が存在することによって、伝搬時間測定における誤差が生じることが一つの問題点であった。もし、同じ材質の違った厚さの試験体を用いれば、群遅延と相関法を組み合わせた解析法を用いることによって、接触媒質の存在に依存しない材料中の正味の伝搬時間が得られることを理論的に示した。また、実際に厚さの違う合成石英ガラスを用いて、1MHz～25MHz の範囲での群遅延時間の周波数依存性を求めた。

最短時間制御解を学習したニューラルネットワーク
による着岸操船についての一考察

A Study on Ship Berthing Using Neural
Network Controller which Studied Minimum
Time Control Solutions

岡崎忠胤, 水野直樹, 大津皓平

平成16年10月

第21回誘導制御シンポジウム資料

近年、内航船員の高齢化や船員不足が問題となっているが、経験豊富な船員が退職することによる運航技術の低下も懸念される。特に着岸操船は、船舶の操縦性能を最大限利用することが要求される操船局面であり、運航者の経験によるところが大きく、今後、自動制御を含む着岸操船支援システムの必要性がでてくると考えられる。船舶の操縦性能に基づいた客観的判断基準となる着岸操船法の1 つとして、船舶の操縦性能を最大限利用した最短時間着岸操船方法を、船舶の運動を詳細に表現した操縦運動モデルより数値的に導出することが可能である。しかしながら、船舶の運動を詳細に表現した操縦運動モデルを作成するには、運航者には入手困難な、造船設計時の水槽試験による詳細な船体データを必要とする。

そこで本研究では、運航者が簡単に利用できる形での最短時間着岸操船支援システムの開発を目指し、運航者が簡単に知り得る船舶の主要目などの情報から、船舶の簡易操縦運動モデルを推定し、そのモデルから最短時間着岸操船法を導出することを試みた。しかしながら、この簡易操縦運動モデルは、詳細な船体データを利用しない分、多くのモデル誤差を含むと推測され、導出される最短時間着岸操船法にも誤差が含まれると予測できる。そこでさらに、ニューラルネットワーク(NN)の汎化能力に着目し、簡易操縦運動モデルから数値的に導出した最短時間制御解をNNに学習させ、結果としてモデル誤差を修正した準最短時間着岸操船法を得る手法の開発を試みた。開発した手法を実装したシステムを使用した実船実験の結果の航跡と状態変数の時系列を図に示す。この結果より、外乱影響が小さければ、最短時間制御解を学習したNNから、モデル誤差を修正した準最短時間着岸操船法を得ることが可能であることが明らかとなった。

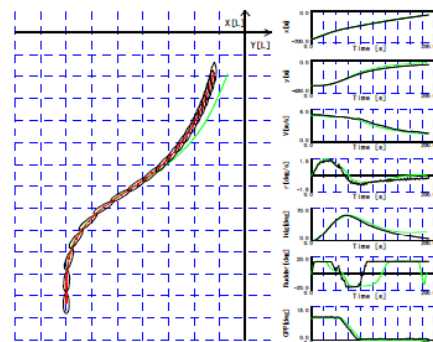


図 実船実験の結果

(718)

Abrasion Degradation of Wire Rope
and Synthetic Fiber Ropeワイヤロープ及び繊維ロープの摩耗による
強度低下について首藤洋一、原正一、山川賢次、徳永祐二、
守谷敏之、鹿児島山隆
平成16年11月

Proceedings of OCEANS'04 / Techno-Oceans'04

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、1)ダイニーマトエルロープと2)ハイゼックスエイトロープの2種類を母材とし、供試ロープは、試料①:1)に保護対策を施さないもの、試料②:1)にポリエステルベルト(B25mm×t3.8mm)を編みこんだもの、試料③:1)にワイヤ外装被覆を施したもの、試料④:2)に保護対策を施さないもの、試料⑤:2)にポリエステルベルトを編みこんだもの、試料⑥:ワイヤロープ(6×37 めっき無し)で、径はいずれも22φとした。

試験は次の5種類を実施した。1) 静的引張試験、2) エッジ引張試験、3) D/d引張試験、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①(49.1%) 試料⑥(54.1%) 試料③(70.5%)、試料④(75.6%)、試料②(82.1%)、試料⑤(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①(56.7%) 試料⑥(64.1%) 試料③(64.2%)、試料②(72.4%)、試料④(77.0%)、試料⑤(96.7%)の順で低下している。D/d>5では試料④、⑤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引張試験から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。

軸方向摩耗試験から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。



エッジ試験後状況(試料⑤)

An Extension of m-SHEL Model for Analysis
of Human Factors at Ship Operation船舶運航におけるヒューマンファクター分析の
ためのm-SHELモデルの拡張について伊藤博子、三友信夫、松岡猛、室原陽二
平成16年10月

Proceedings of 3rd ICCGS 2004

困難な局面における操船者の行動を理解するためには、操船者の知識や属性と周囲の要素の及ぼす影響の関係を整理し、理解していく必要がある。周囲の要素とは、航行支援機器、関係する規則、周辺環境の状態、航行に関わる人間等、操船者と接点をもつ物理的、非物理的なもの全てを対象とする。ヒューマンファクターの観点からは、これらの要素と操船者との境界を適切な状態に保持することが重要である。従って、与えられた操船局面で各要素がどのような影響力を持ち、それぞれの状態が適切かどうかといった状況を表現し、評価するためのモデルが必要である。

本論文では、一般的なヒューマンファクターのモデルとして用いられているm-SHELモデルを、船舶運航における操船者のヒューマンファクターの分類に適用するための拡張を提案している。m-SHELで定義されている各インターフェース、すなわち人間(Liveware)自身、および人間とソフトウェア(Software)、ハードウェア(Hardware)、環境(Environment)、別の人間(Liveware)、マネジメント(management)との境界において、衝突回避と乗揚回避の局面を想定した場合に存在しうる接点を考慮して分類項目を定義している。分類項目としては、m-SHELのインターフェースをレベル1とした上で、「操船者としての基本的資質」、「労務環境」といった13の項目をレベル2として定義し、さらに38の詳細な項目をレベル3として定義した。

次に、船舶運航におけるヒューマンファクターの特徴を捉えるために、衝突や座礁に関わる状況について、アンケート調査から得られた操船者の意識に関するデータを分類し、比較、考察を行った。次に、衝突回避について詳細に検討するため、操船者の認識を年代別、船種別にプロファイルとして作成して現れる特徴を分析した。その結果、操船者の属性によって同様の状況に対しても異なる意識を持っていることが判明したので、それらの意識の由来について論じた。以上の分析、考察を通して、得られたプロファイルが操船者の感覚を良く表現していることが確認された。

今後、さらに他の種類の危険等を考慮してモデルの整備を行っていく必要がある。

防汚物質の環境リスク評価手法
Environmental Risk Assessment of
Antifouling Agents

柴田清

平成17年1月

日本マリンエンジニアリング学会誌 40巻1号

化学物質は毒物劇物法や化学物質審査法、農薬取締法などにに基づき安全を確保する努力がなされている。しかし、完全な安全性の保証は不可能であり、中には多少の危険を承知でもそれらの物質を使わざるを得ない場合もある。その危険性をできるだけ定量的で客観性のある情報で評価するためにリスクで評価・管理する方法が用いられる。

化学物質の有害性・安全性の評価は、摂取量と有害性の関係が基本となるが、発がん性の有無で異なる。一般的な化学物質の用量と作用関係においてはある程度摂取しても生体に影響の出ない量があり、これを最大無作用量(NOAE)という。最大無作用量以上を摂取すると悪影響が現れ、その程度は摂取量とともに深刻となる。ここで、最大無作用量に安全係数を乗じて一日許容摂取量(ADI)とし、実際の摂取量と比較して、リスクをハザード比(HQ)として評価する。一方、発がん性物質はその分子が1個でもあればそれがDNAを攻撃してガンを発症させる可能性がある。そこで、閾値がないとみなされている。そこで、動物実験などから発ガン率と暴露量の関係を求め、目標とする発ガン率に対する暴露量と、現実の暴露量と比較することによって、発ガンに対する安全余裕度(MOE)を求め、リスクを評価する。

環境(生態)リスクの評価方法としては、環境中の生物に対して望ましくない出来事を引き起こす因子を特定し、その影響が無視できる濃度を算出し、実際のあるいは予測される環境中濃度をハザード比として比較する方法が一般的である。

環境濃度の予測にはまず汚染発生源の特定に続き、対象物質の環境媒体への放出量、環境媒体中での拡散と反応による消失、環境媒体間の移動を数値的に表現する必要がある。防汚塗料の場合、船舶からの溶出量を見積もる必要がある。溶出速度は塗膜の性状の他に外部因子として流速、温度、pH、塩分濃度などによって影響されることが予想される。溶出後は海水の流れによる移動と濃度差拡散のほか、海水中での加水分解、光分解、生物分解過程の速度、さらには底泥への吸着が防汚物質の濃度分布を決定する。今後、防汚塗料中の防汚物質の環境リスク評価を行おうとすれば、溶出や分解などの速度の影響因子の明確化と定量的評価に基づく環境濃度分布の予測手法、および極低濃度で存在する防汚物質の定量分析・モニタリング手法の開発が必要となる。

CO₂ハイドレート膜に被覆されたCO₂液滴の溶解
Dissolution of CO₂ Drops Covered with CO₂
Hydrate Films

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16年11月

日本機械学会熱工学コンファレンス2004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3,500m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、当所において研究を行っている。低温・高圧条件下で貯留されるCO₂液滴の表面にはCO₂ハイドレート膜が生成し、CO₂液滴の溶解が抑制されるが、CO₂液滴の溶解が海洋環境に与える影響については未だ十分には検討されていない。このため、著者らは大型高圧実験装置を用いた深海貯留の陸上模擬実験を行い、CO₂液滴の溶解が海洋環境に与える影響について検討を行っている。本稿では、CO₂ハイドレート膜に被覆されたCO₂液滴の溶解速度について報告する。

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。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、タンク内に清水を満たし、温度・圧力を所定の条件に調整した後、約2kgのCO₂液滴を2日間にわたって静置した。タンク内の温度は278~280K、圧力は30MPaとした。CO₂液滴の溶解速度は、タンクの底に5cm×5cmのメッシュを切ったシートを敷き、その上に静置した液滴の径の変化を映像で観察することにより求めた。さらに、タンク内におけるCO₂濃度の分布を検討するため、鉛直方向に沿ってpHの測定を行った。

測定したCO₂液滴径の変化を、完全に流れのない状態における理論式から計算した値と比較した。その結果、CO₂溶解速度の測定値は計算値よりも大きく、液滴周囲において温度差等により発生した擾乱により溶解が促進されることが観察された。そこで、流れ場中における溶解速度を推定するための代表的な式の1つであるRanz-Marshallの式を用いて溶解速度を計算し、測定値と比較したところ、わずかな流速であっても相当な溶解速度が与えられることが示された。

また、pH測定から、CO₂液滴付近におけるpHの変化は非常に大きいことが示された。鉛直方向に距離をおくにつれて急激に小さくなることが示された。液滴の周辺にCO₂濃度の高い水塊が生じることにより、液滴の溶解が抑制されると期待される。

A Cognitive Approach to Visualizing Collision-related Information for Safe Marine Navigation

人間の認知特性に基づく安全運航のための衝突危険
情報の可視化について

劉峭、Egil Pedersen

平成16年11月

Proceedings of CAST Conference of
Young Scientists 2004

海難の発生は尊い人命や貴重な財産が失われるだけではなく、油の流失による海洋汚染をもたらし、自然環境に深刻な影響を及ぼすものである。海難事故の中で、船舶同士の衝突事故は最も割合が高い。そこで、安全な海上運航の実現のために船舶同士の衝突を回避しなければならない。

本論文は既に船上に搭載した自動衝突予防援助装置(ARPA)に着目し、人間の認知特性に基づいて運航者の操船衝突危険回避行動を分析し、ARPA情報表示の問題点を指摘した。その上で新たな情報表示方法を紹介し、また、この情報表示方法の今後の改良についても述べた。

Normanの人間行動モデルによって、操船者の衝突危険回避行動は(1) 交通状況の知覚 (2) 状況の解釈、分析 (3) 状況の評価 (4) 目標の形成 (5) 意図の形成 (6) 操船行動の詳細化 (7) 操船行動の実行の7段階に構成される。現在のARPAでは、他船の針路、速度、位置などの情報は自動的に収集され、インタフェースに表示される。操船者の情報収集作業負担が減る一方、状況の解釈、分析は依然として人間の認知能力に依存する。輻輳海域に多数の衝突危険船舶がある場合は、この認知負担がさらに大きくなる。また、現在のARPA情報表示も人間の意思決定支援と避航操船行動支援において不十分である。そこで、著者らは船舶の運動モデル分析により見出された衝突危険区CDS(Collision Danger Sector) をインタフェースに表示することを提案している。これにより、人間の状況認識、意思決定及び避航操船を有効に支援できる。

現在、このCDS 表示プログラムは既に当所のSEATRASシミュレータにインストールされており、主観評価実験を行い、この表示が有効であるとの結果を得た。また、本論文ではこの表示システムの改良についても述べている。

船舶流体力学におけるCFD CFD in Ship Hydrodynamics

日野孝則

平成16年11月

CAE/CFD Revolution 2004 Autumn セミナー

船舶設計における流体性能解析ツールとしての船舶CFDについて、その特徴と現状、および当所における技術開発の概要を紹介する。

本講演では、まず船舶流体力学の特徴を述べたあと、水槽試験による性能推定を補完するツールとしてのCFDの意義を説明する。続いて、海技研におけるCFDに関する研究活動をレビューし、開発中のナビエ・ストークス・ソルバーの概要を紹介する。構造格子によるソルバーNEPTUNEと非構造格子によるSURFについてそれぞれの解法の概要を説明する。

後半部では船舶流体力学におけるCFD技術の適用分野を紹介する。抵抗推定、伴流予測、プロペラ影響、自由表面流れ、操縦性および耐航性、設計最適化などについて、CFDの適用例を述べる。下図は、コンテナ船型のまわりの波形の計算例であり、上が計測、下が計算を示している。

最後に今後の研究開発の展望について述べる。

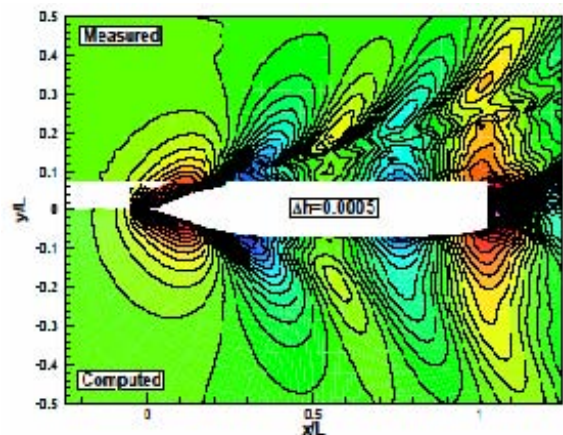


図 CFD によるコンテナ船型の波形($Fn=0.26$)、
上：計測、下：計算