

## 所外発表論文等概要

### 推進性能部

#### CFD入門(1)

#### - NS方程式の様々な形とモデル方程式 -

#### Introduction to CFD(1)

#### - Various Forms of NS Equations and Model Equations -

児玉良明

平成8年7月

日本造船学会誌第805号(平成8年7月号)

CFD(Computational Fluid Dynamics、計算流体力学)は、流体運動の支配方程式であるナビエ・ストークス(略称、NS)方程式を数値的に解くことによって、流体運動を計算機上でシミュレーションする手法である。本文は、船まわりの流れを主な計算対象としたCFDについて初歩から説明した連載の第1回目であり、NS方程式の導出、式の各項の数学的・物理学的性質について説明した。

NS方程式は流体運動における空間3方向の運動量の保存則と、質量(流量)の保存則からなり、空間中に或る微小な直方体を考え、その面を横切って流入・流出する運動量や質量が、足し合わせるとゼロになるという保存則の関係式を立てることによって導かれる。NS方程式は、代表長さ(船長)と代表速度(船速)で無次元化されると、慣性力と粘性力の比であるレイノルズ数 $R$ と、慣性力と重力の比であるフルード数 $F_r$ の2つの相似パラメータが導出される。

NS方程式の各項の働きを、簡単な1次元のモデル方程式を用いて説明した。線形移流方程式は1階微分の移流項をもち、波を形を変えずに伝播させる。拡散方程式は2階微分の拡散項をもち、波を伝播させずに減衰させる。分散方程式は3階微分の分散項をもち、高周波成分ほど速く伝播させる。散逸方程式は4階微分の散逸項をもち、高周波成分を選択的に減衰させる。線形Burgers方程式は移流項と拡散項をもち、波を伝播させると同時に減衰させる。この方程式は、NS方程式と同様に、拡散項の係数が小さいとき境界層を形成し、解析解が得られるので、NS方程式の数値計算スキームの検証に適している。

#### 壁面境界層中で生成される気泡の気泡径

#### The size of bubbles generated in the wall boundary layer

川島英幹

平成8年10月

日本航空宇宙学会 第28回流体力学講演会前刷集

微小気泡を用いた流体抵抗の低減法は大変効果的であることが、知られており、その船舶等への実用化が期待されている。

この微小気泡を用いた流体抵抗低減法では、境界層中に混入させる気泡の大きさが抵抗低減効果に影響を与えることが判っており、気泡径の制御が重要な問題となっている。

微小気泡生成法としては、多孔板から空気を吹き出す方法が一般的である。この方法では、小さな孔から吹き出された空気が壁面付近に存在する境界層の中で引きちぎられることにより、微小気泡が生成される。この気泡生成方法は、比較的簡便に行なえるため、実際に船舶等に実用される場合も同様の方法がとられると考えられる。そこで、壁面境界層中に吹き出された空気の挙動がどのようなパラメータに支配され、気泡径が決定されるのかについて実験による検討を行なった。

実験装置として、多孔板の孔の一つを模した単孔から、コンピュータで制御される注射器により、空気を精密に吹き出せる装置を用いた。実験パラメータは、多孔板の孔径、空気流量、外部流速とした。

実験の結果、孔径および外部流速が気泡径を決定する支配的なパラメータとなっており、孔径が小さくなるにつれ、気泡径も小さくなり、また外部流速が速くなっても気泡径が小さくなることが判った。

## ・構造強度部

アルミニウム合金構造の強度に関する研究  
(その1 座屈強度)

Strength of Aluminium Alloy Members  
for Hull Structures

1st Report - Buckling Strength

田中義照、松岡一祥、北村 茂、佐久間正明

平成8年11月

日本造船学会 平成8年秋季講演会論文集 第180号

近年、アルミニウム合金を使用した大型の軽構造高速船が数多く設計、建造されるようになってきた。我が国では、アルミニウム合金5052、5083、5086、5456、6061、6N01が船用材料として使用が認められている。これらの材料を用いた新形式船舶の設計においては、船体に作用する荷重および船体構造の強度を直接計算により求め、安全性を評価するDBA (Design by Analysis) 手法が採られる場合が多い。そのため、アルミニウム合金の材料強度および構造強度特性を十分に把握しておくことが合理的な設計を行うための鍵となる。

アルミニウム合金構造を溶接により組み立てる場合の強度低下要因には、鋼材において発生する初期不整(残留応力、初期撓み等)以外に、溶接熱影響部の軟化域の生成がある。このため、設計段階での座屈強度、あるいは降伏強度の評価においては、母材の0.2%耐力では危険側の安全性評価となるため、溶接軟化域の0.2%耐力を用いた設計強度が必要となる場合があり、種々の検討がなされてきた。一方、アルミニウム合金製船舶の外板構造は、A5083S-H112による押出防撓板(パイセクション)が一般的であるが、近年、軽量化を目的として、押出性の良い6N01S-T5による押出中空材、あるいは、A5083P-H321外板にA5083S-H112バルブプレートを溶接して出荷する防撓板(スカイアルミニウム社製プレリブ)なども用いられるようになってきている。これら押出防撓板(A5083S-H112)、押出中空材(A6N01S-T5)、および、溶接防撓板(A5083P-H321/S-H112)を用いた外板構造モデルを製作し、それらの強度と軽量化効果について検討しているが、本報では、それらのうちの座屈強度について報告する。

## ・機関動力部

エマルジョン燃料を用いた船用ディーゼル機関から  
排出されるパーティキュレートの測定

Masurement of Particulate Matters emitted from  
a marine diesel engine with emulsified fuel

中島康晴、石村恵以子、菊地正晃

桑原孫四郎、山谷周二、塩出敬二郎

平成8年10月

日本船用機関学会第57回学術講演会 講演予稿集

船舶からの排出ガスは地球環境における重大な問題の1つであり、国際的な規制案が国際海事機関(IMO)において審議されている。規制の主たる対象である窒素酸化物(NOx)に対する有力な低減技術として、燃料油と水を混合して得られるエマルジョン燃料が検討されている。しかし、エマルジョン燃料の使用が、別の大気汚染物質であるパーティキュレート(すすなどの粒子状浮遊物質)の排出量に影響を及ぼすという報告もある。そこで著者らは重油と水を混合してエマルジョン燃料を調製し、これを用いた場合のパーティキュレートの排出特性を検討した。

実験は、4-サイクル中速船用ディーゼル機関を用いて行った。機関負荷率は、船用特性および発電機特性に基づいて25%から100%までを25%間隔で変更した。実験には使用燃料による影響を調査するため、A重油、C重油、ブレンド油(A重油及びC重油の混合比は1:1)及びこれらを基材としたエマルジョン燃料を用いた。

まず、A重油およびA重油を基材としたエマルジョン燃料を用いた場合の船用特性におけるパーティキュレートの排出率を測定した。負荷率25%では加水率が高くなるにつれてパーティキュレートの排出率は増加したが、負荷率50%および75%では加水率に関わらず未乳化燃料の場合とほぼ同様になった。次に、A重油およびA重油を基材としたエマルジョン燃料を用いた場合の発電機特性におけるパーティキュレートの排出率を測定した。この場合も船用特性の場合と同様な排出傾向を示したが、同一条件下では船用特性よりも発電機特性の場合の方が高いパーティキュレート排出率を示した。さらに、使用燃料の影響を検討するためにA重油からブレンド油およびC重油へと変更すると、燃料油の性状悪化に伴って、負荷率全域でパーティキュレート排出率は増加した。

以上の結果から、4-サイクル中速ディーゼル機関へのエマルジョン燃料の適用は、燃料の種類及び負荷率に応じて適当な加水率を選択すれば、パーティキュレート発生率への影響は殆どなく、NOx低減効果を勘案すれば、大気汚染物質の抑制方法として極めて有用な方策になると思われる。

## タービン内再熱水素燃焼ガスタービンの研究(第5報)

Internal Reheat Gas Turbine with  
Hydrogen Combustion (5th Report)春海一佳、菅 進、平岡克英、井亀 優、  
城田英之、千田哲也、森下輝夫

平成8年11月

日本ガスタービン学会

第11回ガスタービン秋期講演会(宮崎)講演論文集

タービン内で水素を燃焼させて再熱することで、作動ガスが加熱されながら膨張する過程が実現される。このガスタービンを著者らはタービン内再熱ガスタービンと名付け、その技術的可能性を検討するために単段の試験タービンを製作し、運転試験を行ってきた。

既に、再熱水素流量の広い範囲にわたって100%の水素燃焼効率が得られること、水素再熱によって発生するNO<sub>x</sub>の総量は変化しないものの、NO<sub>x</sub>全体に占めるNOの割合は非再熱時と比較して低下し、さらにその値は水素燃焼効率と明らかな関係があることを示した。さらに、再熱の出力への効果を確認するため出力計測を行い、水素再熱による出力上昇を確認した。また、再熱による運転時間が合計11時間35分(主燃焼器出口温度:最高970℃、水素再熱による温度上昇:最高約120℃)に達した試験タービン内部を、内視鏡を用いて観察した。観察の結果、ノズル翼エンドウォールに変色域が見られるものの、溶融といった深刻な損傷は認められなかった。

本報では、水素試験タービンの構造或いは材料への再熱の影響をより詳細に検討するため、試験タービンの分解・検査を行った結果について報告する。

水素燃焼による局所的な過熱が懸念されるノズル翼からロータ翼までの再熱部について、目視及びE PMAにより観察を行った。特に、内視鏡により観察されたノズル翼エンドウォールの変色域についてより詳細に検討し、この変色域が酸化によるものであること、又この酸化は材料強度的には特に問題とならない程度であることを確認した。

ビデオレート干渉CTによる燃焼場の四次元計測  
4 D Measurement of Combustion Fields  
by Video Rate Interferometric Tomography

佐藤誠四郎、熊倉孝尚

平成8年11月

日本燃焼学会 第34回燃焼シンポジウム講演論文集

燃焼のような非正常現象の解析には、二次元や三次元計測などのより多くの情報の取得が指向されている。近年、画像データを高速で処理できるコンピュータの発達により、いくつかの分野で三次元や四次元などの多次元画像や計測を用いた応用が試みられている。

本研究では、火炎の温度分布を火炎外側に生成される渦との関連などを明らかにするため、干渉CT法とビデオカメラを用い、火炎温度の三次元空間分布の時系列計測すなわち四次元計測法の可能性の検討を行った。干渉縞の撮影に直角二方向同時撮影光学系と実時間干渉法を用いて層流火炎の干渉縞のパターンを観察し、また二重露光法による火炎温度測定を行った。層流火炎の干渉像は5~6種類のパターンに分類できること、層流火炎でも火炎外側の渦の周期的な変動があることなどを明らかにした。

干渉CTを用いた時系列計測では、多方向の干渉像を同期して撮影する必要がある。本研究では、撮影カメラの台数を減らすことと、撮影の同期を確実にを行うため、直角二方向の干渉像を同時に1台のカメラで撮影できる光学系を用いた。干渉縞の解析には位相解析法の一つである空間キャリア位相シフト法を用いた。この解析法は他の位相解析法と比べ、判断を要する処理がなく適用が簡単であること、今後のハードウェア処理による自動化も容易な方法である。

ビデオカメラによる撮影結果は、時間分解能の不足から1コマ間の干渉縞パターンの変化が大きすぎ、詳細な変化が分からないため、限られたパターンが繰り返されることを利用して火炎外側の渦生成現象の変化順序を推定した。またビデオの干渉写真は、干渉縞が密な領域では縞次数が測定できないので、別に二重露光法による干渉写真を撮影し温度測定を行った。

CTの再構成計算では、実験データが2方向と少ないため、円周方向の連続性の仮定から中間方向のデータを平均により求め4方向のデータとし、さらにこれをくり返し、最終的には16方向のデータとして計算した。円周方向データ数の影響について調べ、8方向以上のデータがあれば概略の分布が得られることを明らかにした。

〈材料加工部〉

油潤滑式船尾管用ふっ素ゴム・リップシールの  
実態調査と耐久性向上に関する研究 (第1報)

Deterioration of long used Conventional  
Lip Seals and Durability Evaluation of inner  
Fabric Reinforced Neo-Lip Seals (1st Report)

前橋正雄、保田虎之助、吉澤總三郎

平成8年10月

(社)日本船舶機関学会

第57回学術講演会(平成8年秋期)予稿集

プロペラ軸船尾管部の長期間無解放の検査規則等に  
伴い、船尾管シールに於いても5~10年間問題なく使  
用出来る長寿命のリップシールの開発が望まれている。  
油潤滑式船尾管用ふっ素ゴムコンパウンド・リップシ  
ールの多くは、高温下で海水に触れて作動する場合、す  
べての物性が低下する結果、変形(クリープ)、しゅう  
動面幅の増加、潤滑状態の悪化、高温環境の助長、  
ゴムコンパウンドの硬化、ゴム弾性の低下等の悪循環  
を繰り返し、しゅう動面に損傷が生じたり、諸物性が  
劣化することが認識されている。実船に使用されたふっ  
素ゴムコンパウンド・リップシールの実態調査につい  
ては、メーカー等において実施されていると思われる  
が、公表されたものは少ない。一定期間実船に装備さ  
れたシールがどのような状態にあるかを知ることが、  
長寿命シールの開発、装備シールの管理改善等にとつ  
て有用であると考えられる。

まず、実態調査として、船主会社の支援を得て回収  
した2~5年間実船で使用された10隻のシールリング  
について、シールリング自体の変形状態(クリープ現  
象)・リップ背面のしゅう動幅の増加状態・しゅう動面  
の損傷状態について綿密に観察し、また、マイクロゴム  
硬度計等により、リップの硬化と硬さ分布を計測した。

また、長寿命シールとして、シール厚さの中心線に  
沿ってリップ中心のしゅう動部分まで、織布をはさん  
で強固な複合構造に同時加流する技術を共著者の会社  
が開発して、実船使用大のシールリングを製作した。  
このリップシールは、高温と喫水圧の長時間負荷に対  
してもリップしゅう動面幅が広がらずに済み、リップ  
しゅう動面近傍のゴム弾性の劣化を抑え、ライナーの  
摩耗減少を少なくするので、長寿命シールとして有望  
であると考えられる。そこで実船使用大(ライナー直  
径600mm)の試験装置により、かなり過酷な状態で回転  
試験を実施して、その耐久性を調べた。試験は350時  
間と600時間の2回実験し、試験条件は、ライナー周速  
7m/s、シール部の水圧294~343kPa、シール部の油  
圧34~39kPa、シール部の水温度54~61℃、シール部  
の油温度65~72℃とした。試験結果から、布入りリッ  
プシールの長寿命シールとしての有効性が確認出来た。

Dynamic Recrystallization during the Sliding Wear  
of Alumina at Elevated Temperatures

アルミナの高温すべり摩耗における動的再結晶

Hanning Xiao, Tetsuya Senda, Eiichi Yasuda

平成8年12月

The Journal of the American Ceramic Society

Vol. 78, No.12

アルミナの高温すべり摩耗試験の結果では、1000℃  
レベルの高温で摩耗がほとんどゼロになる現象が報告  
されている。このとき、摩擦面に粒径0.1μm程度の微  
細粒子からなる厚さ数μmの表面層が形成され、表面  
層の直下には高密度の転位のセル構造が観察されるこ  
とから、動的再結晶による結晶の微細化が起きて表面  
層を形成したものと推測されている。このことを検証  
するために、温度等の試験条件を変えて摩擦試験を行  
い、表面層粒子の粒径と表面層厚さを測定し、変形条  
件との関係を考察した。

温度範囲を800℃から1200℃の範囲で変えると、温  
度の上昇とともに粒径は0.06μmから0.30μmまで増加  
し、表面層厚さは7.5μmから1.0μmに減少した。接触  
面圧を0.4MPaから1.2MPaの範囲で変えると粒径は  
0.10μmから0.16μmまで高圧ほど大きくなり、すべり  
速度を0.002m/sから0.2m/sの範囲で変えると粒径は  
0.08μmから0.14μmまで高速ほど大きくなった。表面  
層厚さは、概ね、面圧とすべり速度が高いほど厚かつ  
た。

動的再結晶現象は、温度補償されたひずみ速度とし  
て定義される因子Z (Zener-Hollomon parameter,  
 $Z = \dot{\epsilon} \exp [Q/RT]$ 、 $\dot{\epsilon}$ はひずみ速度、Qは変形の活  
性化エネルギー、Rはガス定数、Tは絶対温度)に支  
配され、粒径dは、 $d = k Z^{-m}$  (k、mは定数、  
 $m > 0$ )という関係があるとされる(dはZが大きい  
ほど小さくなる)。摩擦面近傍の実際のひずみ速度と  
温度を測定することは困難であるため、1次元熱伝導  
方程式による真実接触部の局所的な発熱を考慮した熱  
伝導計算(Lim and Ashbyの方法)を行って摩擦面  
の温度を推定し、それぞれの摩擦条件に対応するZの  
値を求めた。ひずみ速度としては、すべり速度の1/2  
を計測された表面層厚さで除した値を用いた。粒径と  
Zの関係を両対数プロットすると、負の勾配をもつ直  
線関係にあることがわかった。直線の傾きから求めら  
れる指数(d-Z関係式のm値)は4.8であり、金属  
の動的再結晶組織に対して得られている2.4から13と  
いう値と同レベルにあり、アルミナの高温摩擦面の微  
構造が動的再結晶組織の特徴を有することが示された。

・ 装備部 ・

新方式防振内装船室の  
上部弾性支持部の防振効果について  
Vibration Isolation Efficiency of Supporting  
Point for Rolling Motion in A New Floating  
Lining System for Cabin  
原野勝博  
平成8年9月  
(社)日本騒音制御工学会  
平成8年度研究発表会講演論文集

前報で、浮床上に設置した内装船室の振動実験を行い、従来の防振内装方式に比べ内装壁、天井の振動レベルを大幅に低減できることを報告した。しかし、この方式は内装壁が浮床上に片持ち梁のように立っているだけなので、船体の動揺により内装船室の上部が大きく変位する恐れがある。それを防ぐために、船室の上部コーナーを鋼板構造部と防振ゴムで連結した防振支持部（仮にローリングストッパーと呼ぶ）を設ける必要があると思われるが、それによる内装面の振動レベルの増大をどの程度に抑えられるかが、この新方式防振内装法実用化のための大きなポイントである。今回は、試作したローリングストッパーを取り付けた場合の、内装面の振動レベルに及ぼす影響を実験的に調べ、以下の結果を得た。

- (1) バネ定数、取付金具の剛性、防振ゴムの取付位置をよく考慮すれば、内装面の振動レベルを殆ど増大せずに、船室上部防振支持部（ローリングストッパー）を取り付けられる見通しが得られた。
- (2) 上部鋼板部と内装天井面を連結する防振ゴムの取付位置は、それぞれコーナーぎりぎりに採ることが有利で、取り付け金具の質量はそれほど重要でないことがわかった。

Oil Outflow from  
Damaged Double Hull Model Tanks  
損傷二重船殻構造モデルタンクよりの油流出  
山口勝治、山之内 博  
平成8年11月  
The Chinese Society of Naval Architects  
and Marine Engineers Proceedings of  
3rd International Marine Engineering Conference

多発するタンカー事故のうち、大型タンカー事故に伴う油流出による環境汚染の占める割合は非常に大きい。このため、大型タンカーに対しては環境汚染の低減を主目的として、貨物倉を船体外板で保護する二重船殻構造等船舶構造の変更が義務付けられた。しかし、大型ダブルハルタンカーが、激しく座礁したり衝突したりして、船体外板、貨物倉の破損が起これると、貨物である原油は完全には保護されず、油流出が起これるものと考えられている。従って、本格的なダブルハルタンカー時代を迎えつつある現在、事故時でのダブルハルタンカーのより一層の環境適合性の向上が求められており、事故時での漏油防止性能や、より漏油の少ないダブルハルタンカー構造、積み荷条件等を把握しておくことが必要である。更に、流出油の環境影響を予測し、影響緩和、原状回復等のための適切な防除措置を講ずるためには、流出時の規模に基づいた対応が必要となる。しかし現在、精度の良いダブルハルタンカーの流出規模評価法や油流出防止性能評価法はなく、広い条件をカバーする油流出量予測手法の開発が求められている。

本研究では、実船での複雑な実状況に対応する油流出量予測手法の開発に先立ち、これまでの一連の研究と同様、衝突および座礁事故時の流出現象や機構の解明がより容易に行える縮小モデルタンクによる、単純化、モデル化された状態における実験に加えて新たに、試験油の物性値を変えて、各種影響因子の流出油量に及ぼす影響を明らかにすることとし、油流出量及びタンク内に流入する水量を測定した。観察された油流出の挙動は用いた試験油の範囲で変化はなかった。そこで、前報での油流出のモデル化に基づく流出油量予測式を用いて、貨物の物性を変えた試験を含む一連の実験により得られた油流出量の実験値との比較を行った。予測された油流出量の実験値と良く一致した。

本研究の結果、貨物倉の大きさ、ダブルハルの構造・寸法、貨物の積載条件、貨物の性質の違いに対して適用できる油流出量予測手法が確立され、漏油防止評価に対する有力な手段が得られたものと思われる。

Reduction of Vibration Level in a Cabin  
with a New Floating Lining System  
新方式防振内装法による船室の振動レベルの低減  
原野勝博  
平成8年12月  
第3回日米音響学会合同研究発表会講演論文集

防振内装法は、船室の騒音レベルを低減するために施行されることがあるが、その低減効果は10dB (A)程度であった。筆者等は、従来の防振内装法の欠点を指摘し、新方式の防振内装法の設計概念を提案した。その方式は、内装壁と天井を箱形に組立て浮床上に設置し、内装面と鋼板面とはできるだけ連結部を有しない構造である。その方式の実用化を図るため実物の約1/2の構造モデルを使って、床鋼板上に防振効果の高いロックウール式の浮床を造り、次にその上に合板構造の船室を構築した。合板の壁・天井の平均振動レベルは、浮床面に比べて全周波数域で約10dB増加したが、内装面の振動減衰力を増加することで、振動レベルを大きく低減できる事がわかった。市販の制振シートを内装全面に貼付ることにより、壁・天井の振動レベルは、浮床面と同レベルまで低下した。制振シートの効果が高い理由は、本方式の構造的特長によるものである。次のステップとして、内装天井部を鋼板面と防振ゴムで連結した場合の天井面の振動レベルの増加がどの程度におさえられるかの検討を行った。これは、浮床上で立っている内装箱体が船体動揺時に大きく相対運動することを防ぐために設けるものである。実験のパラメータは、防振ゴムのバネ定数、ゴム取付部の内装側取付金具の剛性、及び防振ゴムの取付場所である。実験の結果、防振ゴムのバネをなるべく小さくすること、取付金具の剛性よりも、ゴムを取り付ける位置での剛性（ポイントインピーダンス）が重要であること、ゴム取付位置をポイントインピーダンスの高いコーナー部を選び、ゴムが極端に硬くなければ殆ど天井面の振動を増加させずに動揺時のストッパーが設置できる事がわかった。この一連の実験的検討により、新方式の防振内装法は実用化の目途がたった。

システム技術部  
船用機関の運転監視・保全システムのための  
故障に関する知識の表現法  
Representaion of Knowledge about Failure Cause  
and Propagation for Integrated  
Operation System of Marine Diesel Engine  
沼野正義、石村恵以子  
平成8年2月  
(社)日本船用機関学会 第40回特別基金講演会予稿集

船舶の運航における少人数化や混乗化によって、機関部門も非専門家化が進みつつある。このような状況下で、運航の安全性や高効率性を維持するためには、船用機関の設計、製造、運転および保守の各局面における専門家の知識を集大成し、実時間で動作する運転監視システムと結台するとともに、適切なマン・マシン・インターフェイスを開発して、容易に機関の運転や保守を行うことが必要である。また、小型の内航船においてもこのような高度な支援が有効と考えられるので、小型、軽量、堅牢かつ安価なシステムの開発も重要な課題である。

小型、軽量、堅牢かつ安価なシステムの開発のために、高度な運転監視・保全支援機能をパソコン上に構築することを念頭において、機関の運転や故障の発生および進展に関する知識の表現法を検討した。個々の機関の機能および構造に関する知識は、設計、製造時の情報を取り込むものとし、機関に共通する一般的な知識は、化学、物理の原理や法則等を用いる。監視項目と異常や故障の同定法および保全計画等の機関の運用に関する知識は、機関の運転、保守の専門家の知識を基に工学的な考察を加えて取り込む。

このような知識をパソコンで駆動するために、オブジェクト指向の考えを用いて、機関を適当な規模の要素に分解し、運転監視・保全に必要な状態量を各要素の属性として持たせる。さらに、運転監視・保全に関する知識は要素の属性間の関係として定義する。要素や関係の数は膨大となるが、容量的にはパソコンのメモリーの範囲に収まると考えられる。しかし、パソコンの計算能力ではこれらの全ての知識を、実時間で適用することは不可能である。要素や知識に優先順位をつけ常時監視する項目や関係と、一定時間毎に監視するものとのいくつかのクラスに分類することによって、パソコンのレベルでも動作するシステムの構築が可能である。逆に、パソコンのインターフェイスは、非常に優れているため、非専門家でも容易に扱えるシステムの構築が可能と考えられる。

輻輳海域における高速船の安全な航行方法  
(高・低2船間の見合い関係における  
衝突の危険回避モデル化)

Safety Navigation of High Speed Craft  
at Congested Sea Area

伊藤泰義、村山雄二郎、沼野正義、室原陽二  
平成8年5月

(社)日本航海学会 第94回春季講演会予稿集

一般船が既に形成している海上交通の世界に、高速船が参入し、受け入れてもらうためには、高速船が、これと遭遇する一般船に脅威を与えないような航行形態をとることが重要である。

一般船に脅威を与えないような安全な高速船の航行方法を求めるため、高速船との見合い実船実験や、事前に行ったシミュレータ実験における一般船の操船者とのインタビュー等を通して、高速船が一般船に与える脅威の構造を考察してモデル化し、実船実験結果とを照らし合わせ、同モデルの検証を行った。同モデルの目的は、実船実験で得られる主観的な数値から、より客観的な考え方を求め、実船実験ではできなかったケースや、対象船舶が異なってもその高速航行の評価が得られるように、一般化した手法を求めることにある。

ここで、高速船に対して、常に先行避航や船員の常務による諸動作を求めて、一般船には避航に関する動作を求めない事を前提とした場合に一般船が抱く許容できる脅威の範囲にある高速船との見合い関係および航過を考える。見合い関係は、次のように考えられる。

[高速船との許容できる見合い関係] =

[一般船が独自に余裕を持って衝突コースから回避できる]

または

[高速船が独自に余裕を持って衝突コースから回避できる。]

この項目は、各船舶の操縦性能で表すことができる。一般船について述べると、

・ [一般船が独自に余裕を持って衝突コースから回避できる] は、 [一般船の最大縦距と操船作業に要する時間およびその不確かさを吸収する時間に相当する距離の和が衝突予定地点までの距離より短いこと] である。この両船の距離 (許容できる避航開始距離) を測定する実船実験を通常海域及び輻輳海域で遭遇する程度の脅威のレベルを想定して実施した。

最大縦距と安全を見込んだ時間 (実験で得られた飛翔の避航開始を確認した最大時間15秒+不確かさの吸収時間15秒) に相当する距離から計算した輻輳海域での許容できる避航開始距離を示し、輻輳海域での安全な航行方法について提案する。

操船シミュレータ上の灯火の表現方法とその評価  
Representation Technique of Light Aids to Navigation  
and Assessment in Ship Handling Simulator

田中邦彦、宮崎恵子、沼野正義、宮崎信昭、  
福住克安、有田彰男、池田重樹

平成8年5月

The Proceedings of the 94th Conference  
of the Japan Institute of Navigation

関門海峡における夜間航行では、航路帯を示すブイがその背景である陸上の光 (背景光) に紛れてしまい、操船者が航路を把握することが困難になることがある。また、水深が十分でないため、現在の航路帯は、できればまっすぐにとりたい箇所も曲がっている。そこで、この関門海峡を浚渫し、安全に航行できるように新航路を設置する計画が進んでいる。

船舶技術研究所では、海上保安庁と共同研究を実施し、新航路設定工事の前に、船舶技術研究所にある操船シミュレータを用い、新航路がその認識の容易さにおいて効果があることを確認するための作業を行っている。すなわち、航路帯を示すブイの認識の容易さをシミュレータ上で確認する必要がある。このためには、操船シミュレータのコンピュータグラフィックスによる景観画像が、ブイなどの航路標識灯火とそれらの見え方を妨げる背景光の両方を、評価するのに十分なまでに表現できなければならない。

著者らは、操船シミュレータ上で、このような灯火を表現する手法を検討し、関門海峡の灯火表現に適用して、有効であることを確認した。

実際の世界では、光の輝度はたいへん広く分布している。一方、コンピュータグラフィックスでは狭い範囲でしか輝度を表現できない。そこで、操船シミュレータの景観画像が示されるスクリーン上で、プロジェクターが表示する色の輝度を測定し、基準とする航路標識灯火の適切なカラーパレットの明るさとポリゴン (灯火を表す多角形) のサイズを求めた。コンピュータグラフィックスでは絶対的な輝度を表現することは不可能であるため、航路標識灯火間の輝度の違いが相対的に正しく表現できるようにそれらのカラーパレットの明るさとポリゴンサイズを決定した。さらに、Level-of-Detailの手法を組み合わせて、遠方から近づくに従って、ポリゴンサイズを小さく、カラーパレットの明るさの値を大きくして、スクリーン上での灯火の光度を一定に保つことを実現し、シミュレータの景観画像の中で、灯火の振る舞いを適切に表現することができた。この他、標識灯火の灯質 (点滅の長さと同隔) をタイマーを用いて実現した。背景光はバックグラウンドが透明の面に光点をちりばめた絵を用いて表現した。

このようなシミュレータ上の灯火表現手法は、広く一般の灯火の評価に応用できるものである。

実験参与船員の意見に見られる  
 T S L 飛翔の安全な航行方法  
 Safety Navigation of TSL Hisho Based  
 on Participant Mariners' Views  
 宮崎恵子、室原陽二、磯崎道利、吉本誠義  
 光原健一、古荘雅生、岡村米作  
 平成8年10月  
 (社)日本航海学会 第95回講演会講演予稿集

テクノスーパーライナー技術研究組合が実施する実海域実験船(以下、T S L 飛翔という)を用いた総合実験が平成7年に実施され、その一環として、船舶技術研究所は、操船シミュレータおよび実海域において、T S L 飛翔と一般船との見合い実験を行い、安全な航行方法の検討等を行い、これについてはすでに報告を行った。T S L 飛翔と一般船間の安全な航行方法の検討をさらに深めるために、実験参与船員の安全な航行に関する意見、主観的評価の考察と、シミュレータ実験と実船実験の比較結果について報告する。実船実験においては、船橋に配置された複数の船員に、アンケートを実施することができた。一般船の大きさクラス別に、船長クラス、航海士クラスに分け、意見を集約、比較した結果と、T S L 飛翔側の意見集約を簡単に述べると、①5000トンクラス、500トンクラスそれぞれの船長クラス間に意見の相違は見られない。500トンクラスの船長も5000トンクラスの経験者であることを示している。②船長と航海士クラス間では、両者間での矛盾などは見られない。ただ、航海士クラスの方が、意見数が多く、船長クラスでは言わずもがなで割愛し、航海士クラスはより具体的な面にまで踏み込んで指摘しているものと見られる。③T S L 飛翔側では、高速船が一般船の航行フィールドに参入するという意識が強く、(1)絶対に衝突させてはならない。(2)そのためには、早めの航法措置を要する。との基本理念的な趣旨が見られる。

実験に参加した一般船(北斗丸、汐路丸、銀河丸、深江丸)とT S L 飛翔では、船長がシミュレータと実船の両実験に参加した。そこで、実験の際実施したアンケートの回答をもとにシミュレータ実験と実船実験の比較を行い、一般船の船長の感じた、各遭遇における最大の脅威のランクと避航開始距離の相関を調べた。シミュレータ実験と実船実験では、操船者の感じる、各遭遇における最大の脅威のランクは、あまり差が見られないが、実船実験の方が脅威を厳しく評価している傾向にある。また、避航開始距離1海里を境に、それ以下でランクの評価値の傾きが急になり、それ以上では、3海里までほぼ一定と評価している。これにより、避航開始距離1海里が脅威を判断する特異点であり、それ以上少なくとも3海里までは、緊張した状態であることがわかる。これは、シミュレータと実船実験の両方における特徴であり、シミュレータ実験でもそのような、操船者の特徴を抽出することができることがわかった。

(326)

アルミナ溶射粒子の溶融挙動に及ぼす作動ガスの影響  
 Plasma-Alumina Particle Interactions  
 in Ar+He Ar+H<sub>2</sub> Plasma Spraying  
 植松 進、千田哲也、高橋千織  
 平成8年11月  
 日本機械学会  
 第4回機械材料・材料加工技術講演会論文集

プラズマ溶射では、使用する溶射粒子に応じて種々の溶射パラメータ、すなわちアーク電流、溶射粒子の径、プラズマ作動ガス組成・流量、溶射距離などを最適にするようにしているが、実験で溶射中の現象を明らかにすることは溶射粒子のプラズマ中での加熱および冷却、基板上での扁平、凝固過程が $10^{-5}$ 秒台の非常に短時間であることと、これらが $1\sim 100\mu\text{m}$ 程度の非常にマイクロな現象であるため、これらを直接観察する方法はいまのところ見いだされていない。

本研究では基板上に衝突し扁平・凝固した溶射粒子および扁平させずに途中で捕獲した溶射粒子の形態を走査電子顕微鏡(SEM)で詳細に観測し、飛行中の加熱・溶融・冷却と基板上での扁平・凝固のメカニズムを検討した。

これまで、皮膜構造は、プラズマジェット中に導入された材料粒子が基板衝突までにどの程度加熱されるかによって決まり、皮膜形成には基板温度と衝突後のスプラッシュ状態が重要であると考えられてきたことがこれ以外にも、セラミック材料では、粒子の加熱・溶融状態は金属材料とかなり異なり、粒子が未溶融、あるいは半溶融状態で基板に衝突するケースや、飛行中に粒子の分離・合体が生じるようになり、これが皮膜品質に大きな影響を与えることが溶融粒子の詳細なSEM観察により、明らかになった。



〔原子力技術部〕

ガスハイドレートによるCO<sub>2</sub>の深海貯留CO<sub>2</sub> Sequestration in the Deep Ocean

with Gas Hydrate

綾 威雄

平成8年10月

資源・素材学会 資源・素材'96(仙台)「資源と環境」

CO<sub>2</sub>の海洋処理は、CO<sub>2</sub>問題の特徴である大量処理に適しており、広く薄く溶解させる「溶解法」と、できるだけ一定場所に溜めておく「貯留法」とに分類できる。溶解法は、さらに、500m以浅の「気体溶解法」と3000m以浅の「液体溶解法」に細分できる。溶解法は、回りの海水より重いCO<sub>2</sub>溶解海水の重力沈降と拡散が、気泡や液泡群の上昇により誘起される上昇流によりどのような影響を受けるかが成否のポイントとなる。

貯留法は、処理原理から、CO<sub>2</sub>がハイドレートより重くなる6000m以深の海溝のみに適用される「完全閉じこめ型」、深海底のアルカリ土類塩類との中和反応に期待した「中和反応型」、深海底の窪地の途中まで溜め、上方の密度成層を通過するCO<sub>2</sub>フラックスを分子拡散程度に抑制する「窪地貯留型」、メタンハイドレートとCO<sub>2</sub>ハイドレートを入れ替える「置換型」、ハイドレートとして貯留する「ハイドレート型」、の5種類に細分できる。実際の貯留法では、それぞれの長所を生かし、幾つかの併用が考えられる。

上記の他、ドライアイスとして処理する「ドライアイス法」もあるが、海洋から見れば、溶解法と貯留法が混在したもので、影響評価が困難となる。しかし、輸送のための高圧容器が不要となるなど、処理コストの面で優れている。

CO<sub>2</sub>は高圧・低温下(4.5MPa以上、8.3℃以下)で海水と反応してハイドレートとなる。そのため、CO<sub>2</sub>海洋処理、特に深海貯留法の技術的成否や海洋環境への影響評価に当たっては、その性質の解明が不可欠であるが、従来、そのデータはほとんどなかったため、CO<sub>2</sub>海洋処理研究が実質的に始まった7~8年前から、主として実験的にデータの蓄積が進められた。その結果、ハイドレート生成域におけるCO<sub>2</sub>溶解度、CO<sub>2</sub>ハイドレートの溶解速度や密度がある程度明らかにされた。しかしながら、CO<sub>2</sub>-海水の界面に生成するハイドレート膜の機械的特性や膜厚については、一部計測の試みがあるのみであり、早急なデータの整備が望まれる。

ハイドレートの存在はCO<sub>2</sub>溶解水のpHに余り影響を与えないが、CO<sub>2</sub>溶解濃度が5wt%程度となる貯留サイト近傍では、pHが4程度にまで下がる可能性がある。

## Systematic Evaluation of

## Neutron Shielding Effects for Materials

各種材料に対する中性子遮蔽効果の系統的評価

植木紘太郎、大橋厚人、成山展照

永山 哲、藤田 忠、服部清男、穴山義正

平成8年11月

Nuclear Science and Engineering American

Nuclear Society Vol.124, No3 1996

材料の中性子遮蔽効果を系統的に評価するためにカルフォルニウム-252中性子源を用いた3タイプの実験を提案する。タイプ1は遮蔽材そのものだけを扱ったもので、タイプ2は遮蔽材と構造材との組み合わせであり、タイプ3はタイプ2の実験で用いた2種類の材料を使って最適遮蔽を構築する実験である。

タイプ2のステンレススチール+ポリエチレン遮蔽体系ではステンレススチールを線源側に置くことにより、ポリエチレンの10分の1価層(線量当量率を1/10にする遮蔽材の厚さ)が、ポリエチレンを単独で使用した場合よりもおよそ半分になった。これはステンレススチールによる高揚効果である。タイプ3の実験ではステンレススチール+ポリエチレンの合計した厚さを40cm、またステンレススチールおよびポリエチレンそれぞれの合計厚さをそれぞれ25cmと15cmにした体系を設定した。この体系では、中性子+2次ガンマ線の合計した線量当量率は、ステンレススチールの20cm後方にポリエチレンを配した、20cm厚ステンレススチール+15cm厚ポリエチレン+5cm厚ステンレススチールという体系において最小値が観測され、最大線量当量率と最小線量当量率の比は2.5であった。本実験から最適遮蔽は遮蔽特性の異なった材料を組み合わせることによって構築できることが分かった。

上記3タイプの実験は次期面交差評価子(next event surface crossing estimator)を用いた連続エネルギーモンテカルロコードMCNP4Aによって優れた再現性が得られた。

・海洋開発工学部・

浅喫水浮体式構造物の弾性応答について  
On Hydroelastic Responses of a Flexible  
Floating Structure with Shallow Draft

矢後清和、遠藤久芳、千秋貞仁、  
関田欣治、大久保 寛

平成 8 年10月

(社)国際海洋科学技術協会 テクノ・オーシャン'96  
国際シンポジウム プロシーディングス

近年、長さが数千mにもおよぶ超大型浮体式構造物の技術検討が盛んに行われている。これまでも、関西国際空港の第1期工事に関連して日本造船工業会が半潜水式浮体式方式の海上空港構想を提案し、広範にわたるフィジビリティスタディーが実施された例がある。1994年になり、関西国際空港の2期工事を想定した浮体工法案がマリフフロート推進機構より提案されている。この案では、単純箱形構造の浮体構造物を浮かべる方式が採用されている。浮体規模は、長さ4000m×幅1250m×型深さ4.5mである。昨年3月には、こうした超大型浮体式構造物の設計施工技術の確立を目指し、メガフロート技術研究組合が発足し実海域実証実験を含めた広範囲のテーマについての研究がスタートした。船舶技術研究所では、これまで半潜水式超大型浮体式構造物の研究を継続的に実施しており、これらの成果をもとに箱形構造の超大型浮体式構造物の研究に取り組む事とした。本研究では波浪による浮体の挙動の応答特性を推定する事を目的とする。5000m級の浮体構造物ともなると数値シミュレーション、水槽実験を行う上で多々困難な問題が考えられる。よって、今回はいきなり数千m規模の浮体を扱うのではなく、現時点で精度良い評価を行えると考えられる規模の浮体を対象とする事にした。対象浮体はメガフロート技術研究組合が建造している実海域実証実験用浮体(長さ300m×幅60m×型深さ2m)とした。シミュレーション計算法として直接法を用いる事にした。直接法は浮体を有限個の要素浮体に分割し各要素間の流体力学的相互影響を求め、これと構造物の剛性を考慮した運動方程式から弾性挙動を求める方法であり、構造の一部の剛性が異なる場合やユニット浮体の洋上接合時の応答など幅広い解析が可能という利点がある。計算精度の検証のため水槽実験を実施した。モデルは対象実機浮体の約1/30で長さは約10mあり、構造部材にアルミハニカム板を用い剛性を実機と相似にした。水槽試験結果と計算結果を比較した結果、高い精度で一致しており計算法の有効性が確認できた。この計算法は精度が高い反面計算量も多く、直ちに5000m規模の浮体に適用する事は難しく、現状では大型の計算機を用いたとしても2000m程度の規模の浮体までが限度と思われる。計算量の軽減策をはかってゆくことが今後の課題となる。

(328)

浅喫水箱形浮体の波浪中弾性応答について  
(大型模型による水槽試験)

On the Hydroelastic Response of Box-Shaped  
Floating Structure with Shallow Draft  
(Tank Test with Large Scale model)

矢後清和、遠藤久芳

平成 8 年11月

日本造船学会 秋季講演会論文集

海上空港を想定した長さ4千mにもおよぶ超大型浮体式構造物の構想が1994年にマリフフロート推進機構から提案された。これまでも、関西国際空港の第1期工事に関連して日本造船工業会が半潜水式浮体式方式の海上空港構想を提案した例があるが、新しい構想では、単純箱形構造の浮体構造物が用いられ、波の影響を軽減するため周囲を防波堤で囲む方式が採用されている。規模は、長さ4000m×幅1250m×型深さ4.5mである。こうした超大型浮体構想の高まりを背景として1995年3月に超大型浮体式構造物の設計施工技術の確立を目的として、メガフロート技術研究組合が発足し実海域実証実験を含めた広範囲のテーマについての研究がスタートした。実海域実証実験用浮体は長さ300m×幅60mである。まず、300m浮体の基本性能を精度良く推定する技術を確認し、4000m規模の浮体の建造技術に生かしてゆく事になる。そのためには、実海域実験の他に、水槽実験および数値シミュレーションによる基本特性の調査が不可欠となる。本研究では、メガフロート技術研究組合の実海域実証実験用浮体を対象にして、水槽試験と数値シミュレーションを実施し、波浪中における浮体の弾性応答特性を調査した。今回の水槽試験および数値シミュレーションは出来るだけ高い精度を目指す事にし、水槽試験模型には約10m(縮尺約1/30)の大型模型を用い、浮体剛性を相似にするために構造部材として継ぎ目のないアルミハニカム板を採用した。シミュレーション計算法には直接法を用いる事にした。直接法は浮体を有限個の要素浮体に分割し各要素間の流体力学的相互影響を求め、これと構造物の剛性を考慮した運動方程式から弾性挙動を求める方法である。モード重畳法などに比べ数値計算上の仮定が少なく、運動力学的、流体力学的な理解がしやすく、構造の一部を変化させるといった境界条件を考慮しやすいなどの利点があるが、反面、浮体が大きくなると計算量も膨大になる。計算結果は、実験結果と高い精度の対応を示し、本計算法の有効性が確認できた。計算量の軽減策をはかり、数千m規模の浮体へ適用する事が今後の課題となる。

Ringing Response of a Tension Leg Platform  
 - Theoretical and experimental analyses  
 of Third-order Force on TLP -

緊張係留構造物 (TLP) のリングング応答  
 - 3次波力の解析 -

加藤俊司、タンビン、安藤裕友

平成8年11月

日本造船学会論文集 第180号

大波高時の波浪の統計的性質について

- その2 波群 -

On Statistical Properties of  
 Wave Amplitudes in Stormy Sea

- 2nd Report Wave Groups -

吉元博文

平成8年11月

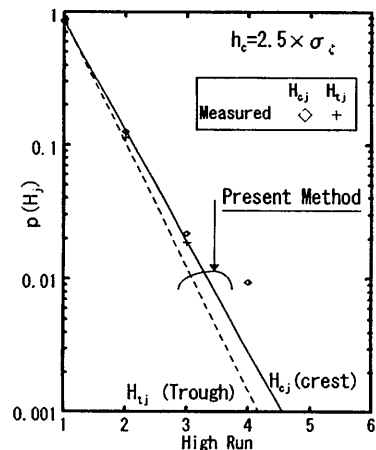
日本造船学会論文集179号

緊張係留構造物 (TLP) は、テンドンと呼ばれる鋼管で海底から緊張状態で係留された構造物である。現在までに世界で5基稼働している。日本においては現存しないが、緊張係留技術は、上下動を他の浮体構造物に比べて極端に小さくできるため、浮体式海上空港のような超大型浮体構造物の半固定係留技術として最近注目されている。一方で、その特殊な係留方式ゆえにライン等の弛緩係留構造物では特に問題とならなかった現象 (スプリング リング) が設計及び構造物の安全性を左右する重要な要因になる可能性がある。スプリング現象とは波と浮体との2次オーダーの非線形干渉によって生じる2次波力の和の周波数成分力によって起こされる上下方向の倍調波振動現象であり、リングング現象とはバースト現象を伴うそれよりもっと高次の振動現象である。本研究では、リングング振動の原因と思われる3次波力の周波数及び時間領域特性を実験的及び理論的に調査した。実験的調査では、3次汎関数多項式モデルを仮定する解析法 (クロストライスペクトル解析法) を開発し、それを用いてTLPに働く3次波力の周波数特性を実験的に調べた。また、理論的調査では、単独鉛直円柱に働く3次波力の近似理論 (Faltinsen-Newman-Vinjeの長波-細長体近似理論とそれを時間領域に拡張したNewman理論) とポテンシャル流を仮定する3次diffraction理論 (Molin-Malenicaの理論) をベースにコラム間距離の位相差のみを考慮する近似理論を構築し、それに基づく数値計算法を開発した。さらに、本計算法の結果と実験結果との比較を周波数領域だけでなく時間領域でも行った。その結果、TLPに働く3次波力の周波数特性が世界で初めて実験解析から示され、さらに高次波力の観測時系列と3次波力の近似理論に基づく波力時系列の推定結果の比較から、リングング現象の起振力はTLPの構成要素 (コラム) に作用する3次波力であることが判明した。しかしながら、定量的には、近似理論は入射波の波長とコラム間隔が等しい波周波数近傍でかなり過少評価するため、コラム間の流体力学非線形相互干渉影響を考慮した理論に改良しなければならない。

本論文では、海洋波の非線形性が無視できない場合の確率論的予測法の開発を目的とするものであり、日本造船学会論文集178号 (平成8年) で発表した論文の続報である。前報は、海洋波の方向分散性並びに2次の非線形性が、海洋波の振幅の極値分布にどのような影響を及ぼすかを明らかにすることを主眼とした論文であったが、本論文は、高波の連続出現頻度などのような極値の出現特性、即ち波群について検討したものである。

波群の予測理論としては、木村らの理論が知られているが、これらの理論は、海洋波を線形不規則波としてモデル化したものであり、海洋波の非線形性が無視できないような状態に対しては、理論的な制約が存在することになる。例えば、大波高の波が発生するような厳しい海象状態では、海洋波の非線形性により、水位変動は正規分布からのずれを示し、山側では大きな振幅の発生確率が高く谷側では小さくなる。これにより、山側では、谷側に比べて、大きな振幅の連続出現頻度が高くなり、結果的に山側と谷側では波群の統計的性質が異なることになる。木村らの波群の予測理論には、こうした非線形影響は考慮されていない。そこで、非線形性を考慮した理論の開発が試みられているが、その予測法は確立しているとは言い難い。

本論は、海洋波が非線形性を有する場合の統計的予測法の開発を目的とし、海洋波の振幅を1次の自己回帰モデルで表現することによって、非線形影響を考慮した隣り合う振幅間の結合確率密度関数を求める手法について述べている。波群の統計予測では、隣り合う振幅間の結合確率密度関数が重要であり、結合確率密度関数が求められれば、それより波群の各種統計量を推定することができる。本論では、実海域で計測された大波高時の波浪データとの比較を行うことにより、本予測法の妥当性を検証するとともに、海洋波の非線形性が波群の統計量に及ぼす影響について言及している。



Threshold Level  $2.5 \sigma_c$  での連長の発生確率  
 ( $\sigma_c$ : 水位変動の標準偏差)

〈水海技術部〉

### Tank Washing of Chemical Tanker

ケミカルタンカーのタンク洗浄

上田浩一、山之内 博

平成8年11月

中国船用機関学会

3rd International Marine Engineering  
Conference 1996

ケミカルタンカーで液体バラ積み貨物を輸送後、次に異なった物質を輸送する場合、タンク洗浄が行われる。この洗浄廃水の海洋への排出は海洋汚染防止のため規制している。有害性の高い物質は洗浄排水中の残液濃度が規定濃度以下になるまで陸上に揚げて処理し、その濃度以下の洗浄廃水については定められた条件下で海洋への排出が認められている。そこで実船により洗浄排水中の残液濃度と洗浄水量の関係及びタンク・配管内の残液について調査した。この結果と、国際海事機関（IMO）の推定式による必要洗浄水量と比較検討し、その算定式より少量で洗浄できることを明らかにした。洗浄水と残液が均一に混合しているとしたモデルを、実船実験結果から得た係数を用いて修正し、タンクの大きさ毎の必要洗浄水量を推定し、IMOの推定式と比較した。日本の内航ケミカルタンカーには数個のタンクがあり、ポンプ配管が2系統ある場合、同じ配管系統で、配管内が洗浄された後の2番目以後のタンク洗浄と最初のタンク洗浄の場合を分けて考えた。さらにタンク洗浄水量を減らすために、各タンクを独立ポンプ・配管にした場合の必要洗浄水量の推定、及び洗浄機のノズル口径を細くした少量型の洗浄機にした場合の必要洗浄量について検討した。

内航ケミカルタンカーではタンク内残液量が低減されており、残液濃度が0.1%まで洗浄するのにIMOの推定式より少ない水量で洗浄できており、同じ配管を使用して洗浄する場合、最初のタンクと2番目以後のタンクでは30%程度水量が低減できる。枝管やストレーナー等の淀み域をなくする独立ポンプ配管方式及びノズル口径を $\phi 4\text{mm}$ および $\phi 2.5\text{mm}$ にすることによりさらに洗浄水量が低減できることを示した。

また洗浄機のノズルの洗浄の走査線についても検討し、通常使用されている走査線の例で、洗浄機の真上及び真下付近に走査線が多く、天井面の隅の走査線が粗くなっており、この走査線についても最適化を図り洗浄水量を低減していく必要があることを指摘した。

〈大坂支所〉

### CFRPの圧縮試験方法の検討

Investigation of The Testing Methods  
for Compressive Properties of CFRP

吹上紀夫、津島 聡、小野正夫

平成8年9月

(社)強化プラスチック協会 41st FRP CON-EX '96

ガラス繊維で強化したGFRPや金属は一般に引張強度よりも圧縮強度の方が大きいので、設計値として引張強度が用いられている。一方、カーボン繊維やアラミド繊維で強化したCFRPやAFRPは引張強度よりも圧縮強度の方が低いので、設計値として圧縮強度を用いるのが望ましい。しかし、JISやASTMなどに示されている圧縮試験方法は使いづらいところが多い。例えば、ダンベル加工やタブの取り付けが必要であるなど試験片の製作に手間がかかり、試験片と治具との着脱にも手間がかかるなど（JISB法等）改善を必要とするものが多い。また、弾性係数やポアソン比を求める場合に必要な歪ゲージの貼付も困難である。

このような理由から、これまでの圧縮試験方法を見直し、簡便な圧縮試験方法を考案すると共に、圧縮試験が難しいといわれているCFRPの一方方向積層材等について試験を行い、治具等の実用性を確認した。

考案した圧縮試験法は試験片の両端をそれぞれ独立した治具で固定して圧縮する方法で、BEF（Both End Fixed）法と名付けた。BEF法は、平行にカットした試験片が使用でき、厚さと長さを自由に定めることができる。また、試験片の両端部は治具の中に入れて固定するため荷重を受ける端部の加工精度を上げる必要がなく、タブやダンベル加工も不要で、歪ゲージの貼付も可能である。なお、両端部の固定治具はガイドレールを使って取り付けのため、荷重を受ける両端面は平行に固定できるようになっている。

実験に使用した試験片はカーボン繊維のプリプレグ材（成形厚さ約0.15mm）を使い、加熱加圧成形したCFRPである。積層方向は一方方向及び直角二方向とし、積層数は8層、16層、32層と板厚を変化させたもの及び積層数を16層とし、繊維容積含有率を25、40、60%と変化させたものを製作した。試験片の形状は、長さ（治具間）を板厚の4、6、8及び10倍とし、固定治具の影響、座屈現象等を求めた。

試験結果から、板厚の6倍から8倍程度（治具間の長さ）であれば、端部に取り付けられた治具の影響や座屈現象がなく、一定の強度値がえられること、板厚が1~4.5mmまでのCFRPに対して有効であることなどが確認できた。また、JIS法も実施し、JISとこれらの結果とを比較し、同等であることも確認した。

新規格船用玉形弁の流体抵抗試験

Experiments on the Fluid Resistance  
of New Standard Marine Globe Valves  
伊飼通明、綾 威雄、猪野義隆、佐藤博美、  
田郷幸雄、三輪英雄、大塚元治郎  
平成8年10月  
日本船用機関学会 第57回講演会前刷集

船用ダクタイトル鑄鉄製玉形弁は、JISF規格が未決定であることから、船舶業界から規格化の要望が出された。そこで、JISF規格化の基礎資料を得るために、規格化に際してISO規格適合の可否と軽量化を考慮した2種類のダクタイトル鑄鉄製玉形弁を試作し、流体抵抗試験を行い、その結果をまとめた。

試験に供した玉形弁は、従来弁であるJISF7305弁(FC200)、新JISF規格を念頭に軽量化を図った弁(以下、JISF改造弁と称す)、及びISOに対応させるべく軽量化を図った弁(ISO適合弁)の3種類である。JISF改造弁とISO適合弁の主な差異は、玉形部曲率半径Rと弁座内径である。曲率Rについては、JISF改造弁ではJISF規格の160mmとしたが、ISO適合弁では136mmとした。

3種類の玉形弁について、流量特性と流量制御性能を調べるため、玉形弁1台の場合と2台連結の場合について、それぞれ流体抵抗試験を行った。試験により、以下の結果を得た。

- ①リフト高さ $h$ とRe数との関係で、最適流量制御性能を示すリフト高さは、JISF改造弁では4～8mm、JISF7305弁では1.5～11mm、ISO適合弁では2.3～9mmであった。JISF改造弁に比較してISO適合弁の方が若干制御範囲が広いが、中間開度で使用される頻度の高い玉形弁の流量制御性能としては、現在使用されているJISF7305弁が最も優れており、従来弁の制御性能の高さが確認された結果となった。一方、各弁ともリフト高さ約10mm以上は流量制御性能がほとんど期待できない範囲と言える。
- ②狭い船舶内では、バルブが連結して設置される場合があるため、連結された場合について、曲率Rが小さくなった影響を調べておく必要がある。試験条件として弁間距離の選定が問題であるが、今回は、一つの目安として弁の1台分の長さ280mmを選んだ。ISO適合弁では、2台の抵抗係数の値が1台のときのおおよそ2倍になっている。これに対してJISF7305弁は、リフト高さ10mm以下では開口面積の減少とともに急激に抵抗係数が大きくなっており、ISO適合弁2台連結の場合よりも大きくなった。このことから、今回採用した弁間距離280mmは、JISF7305弁にとって十分な長さではなかったと言える。

退船用シューター使用時における衝撃について  
Impact Force on the Marine Evacuation System

樋富和夫、吉田紘二郎、山根健次、板垣恒男  
平成8年10月  
日本航海学会第95回講演会論文集第96号

本研究は退船用シューターに関するIMO審議補足資料を得ることを目的として(株)日本造船研究協会との共同研究として実施した。検討事項は、1)降下時の安全性と迅速性の再確認、2)降下時に作用する加速度の許容値と評価法の明確化、並びに、3)加速度の評価を行う対象(被験者または人体型ダミー)の選定である。これらの事項を検討するため、現存する全ての型式(滑り台式、スパイラル式、ジグザグ式)を対象として、被験者(3～6名)及びダミー(1体)によるシューター降下試験を実施した。

シューターは降下路とプラットホームで構成され、退船方法は脱出甲板から降下路を降下し、プラットホームへ降り、膨脹式救命筏へ移乗する。シューターの安全性と迅速性を満足させるためには、退船者が降下から静止するまでの間、怪我なく耐えられる衝撃内であることが確認されなければならない。降下速度の増加とともに衝撃加速度は大きくなるが、足部に20G程度の加速度を受け、かつ、8回に及び連続降下試験においても、怪我なく耐えられる衝撃内であることが確認された。

衝撃加速度と作用時間で評価する許容値にはEinbandの耐性値がある。許容値としては頭から足へ向かう加速度が最も厳しいが、試験結果はそれ以下であり、現行の国内評価法である最大加速度時間積法の基準 $0.35g \cdot sec$ を全て満足していることが分かった。

足部に受けた衝撃を加振源として頭部又は腰部の加速度応答から被験者とダミーの相関性について検討した結果、被験者は降下姿勢、ブレーキの掛け方、関節の曲げ方、身体特性(身長、肥瘦等)が異なるため、計測値はばらつくこと、ダミーは身体構成材料や降下姿勢を含めた形態が定められるため、計測値としては、ほぼ一定の値が得られ、被験者に対する平均的な値を示していることが分かった。

船用玉形弁の内圧及びハンドルトルクが  
弁箱胴に作用する応力  
Stress on Valve Body by Applying Pressure  
and Handle Torque for a Marine Globe Valve  
伊飼通明、綾 威雄、猪野義隆、佐藤博美、  
田郷幸雄、三輪英雄、大塚元治郎  
平成8年11月  
(社)日本バルブ工業会  
「バルブ技報」第11巻2号(96年)

船用ダクタイル鋳鉄製玉形弁について、玉形部曲率Rの違いによる弁箱胴に生じる応力への影響を調べるため、強度試験を行った。強度試験は、弁体全開時の内圧が作用する時と、弁体閉止時の一次側内圧及びハンドルトルクが作用する時について行った。一方、強度試験を行うと同時に内壁側の応力を調べるために数値解析も行った。試験に用いた玉形弁は、従来弁であるJISF7305弁(FC200)を基本とし、新JISF規格を念頭に軽量化を図った弁(R160mm、以下、JISF改造弁と称す)とISOに対応させるべく軽量化を図った弁(R136mm、以下、ISO適合弁と称す)の2種類である。両弁ともダクタイル鋳鉄(FCD400)製で、呼び径は80mmである。

今回、強度試験等における内圧及びハンドルトルクが弁箱胴に与える影響についてまとめ、玉形部曲率Rが小さくなった影響として、以下のことが分かった。

①弁体全開時の内圧が作用する時

強度試験結果から、JISF改造弁(R160mm)の場合、円筒部と弁箱胴との外壁側接合部分に大きな応力が発生している。JISF改造弁に比較してISO適合弁(R136mm)の方が強度的に優れているが、数値解析よりISO適合弁の弁箱胴内壁側の棚の下側に応力が集中する部分があることが分かった。

②弁体閉止時の一次側内圧及びハンドルトルクが作用する時

強度試験結果から、JISF改造弁、ISO適合弁ともにハンドルトルクのみを作用させた時では、Rの違いによる差異は見られなかった。一次側に内圧を作用させた時、JISF改造弁では、明確に応力分布が見られたが、ISO適合弁ではRが小さくなったことと棚の影響によるものと思われるが明確な応力分布が見られなかった。数値解析による内壁側応力については、やはりISO適合弁の棚の下側で応力集中が見られた。