

所 外 発 表 論 文 等 概 要

Computational Design of Trans-Cavitating Propellers and Experimental Evaluation of Their Performance

トランス・キャビテーション・プロペラの
理論設計とそれらの実験的評価
右近良孝、工藤達郎、藤沢純一、佐々木紀幸
平成16年8月

Proceedings of 25th Symposium on Naval
Hydrodynamics

大型高速フェリーは浅吃水で高馬力船となるため、プロペラにキャビテーションが発生することが避けられず、推力低下を生じることがある。この様な状況で作動するプロペラを高効率プロペラとする方法にトランス・キャビテーション・プロペラ(TCP)の概念があり、本論文ではこの TCP の理論設計と実験による TCP の性能確認を行った結果について述べた。

この論文では、サブ・キャビテーションとスーパー・キャビテーションの間のトランス・キャビテーション状態で、作動するプロペラが必要な推力を発生する様に、計 10 個プロペラを設計した。30.6 ノットの船速に対しては在来型プロペラ(CP)の 3 個を含む 6 個のプロペラ(3 個の TCP)を、35.0 ノットについては 4 個の TCP を設計した。このうち、7 個の TCP については、当所が既に開発しているスーパー・キャビテーション・プロペラ(SCP)設計法を改良して開発した TCP の理論設計法を用いて、設計した。この TCP 設計法では、2 種類の翼型を用い、スーパー・キャビテーション用翼断面を翼端側に、ノン・キャビテーション用翼断面を翼根側に配置する。最高効率が発生する様に 2 組の高性能翼断面を組み合わせ、シート・キャビティを性能解析法(SC-VLM3)により理論的に制御してハイブリッド型プロペラとして設計した。

今回設計された 2 軸大型フェリー用プロペラについて、均一流中のみならず船後においてキャビテーション試験を行い、その推進性能を評価した。

均一流中でのキャビテーション試験での実験的評価では、35.0 ノットの場合、TCP の方が CP より高性能であった。次に、船後でトランス・キャビテーション状態で作動するプロペラの効率計測法の開発結果について紹介した。この試験法に基づき、船後キャビテーション試験を行い、推力、プロペラ効率、変動圧力及びエロージョンについての性能評価を厳密に実施した。

この結果、30.6 ノットの場合は CP の方がプロペラ効率及び船尾変動圧力とも TCP より同等か少し良い。35.0 ノットでは、TCP が最も優れた性能を示したが、キャンバーを最適制御した CP の 1 個も高いプロペラ効率と妥当な船尾変動圧力を与えた。

船用玉形弁の圧力損失低減方法 Techniques to Reduce the Pressure Loss of Marine Globe Valves

伊飼通明、畑中哲夫
平成17年7月
マリンエンジニアリング 第40巻第4号

船用玉形弁 10K-65A を用いて正逆流の圧力損失の比較実験を行った。この実験結果から、弁開度 100% の場合の正流の損失係数は 4.09 であるのに対し、逆流の損失係数は 4.56 である値が得られた。また、圧力損失は弁体と弁座の開口部の後方(2 次側)の弁内形状に左右されることが解り、圧力損失の低減方法として、2 次側の弁内形状(図 1 の矢印)を変更して圧力損失を低減できる形状を数値解析より求めた。数値流体解析から変更モデルで最も低減できたモデルの損失係数は原型の 6.02 に比較して 4.90 であった。一方、1 次側を球状に形状変更すると圧力損失が増加することも解り、1 次側での形状変更で圧力損失を低減させるには、図 2 に示す高圧弁のような形状にしなければならないことも解った。しかし、高圧弁の形状は質量増加につながり本研究の軽量化の趣旨に反するから採用できない。まとめとして、2 次側形状変更の圧力損失低減方法は、玉形弁が多数使用される船舶配管系での省力化につながると考える。

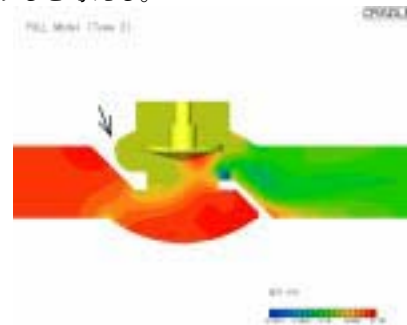


図1 2次側を形状変更した玉形弁

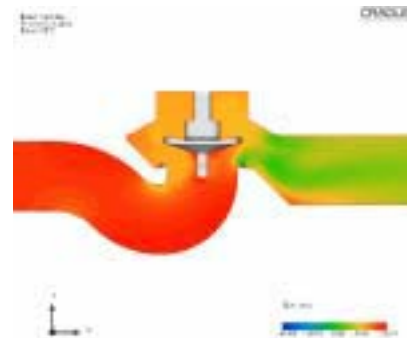


図2 1次側がパイプ状の高圧弁の流体解析結果

高分解能衛星画像を用いた船舶の観測
Observation of Ships Using High Resolution
Satellite Imagery
 池本義範
 平成 17 年 3 月
 日本航海学会論文集第 112 号

最近の高分解能地球観測衛星の一つであるIKONOS衛星では、パナクロマチック画像で1m、マルチスペクトル画像で3.3m程度の空間分解能が得られ、乗用車程度の物体が識別可能である。これらの画像を用いることで、レーダーネットワーク等で識別できない大きさの船舶を把握できる可能性がある。

船種を識別するためには、画像から得られる色彩情報・形状情報を利用して識別する必要がある。本研究では、衛星画像から船種ごとの識別を行うために、必要となる基礎データの蓄積を目的としている。

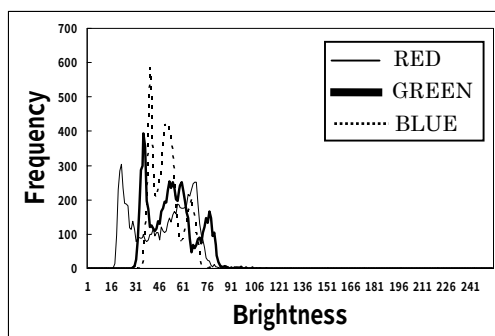
本稿では、高分解能衛星画像の例としてIKONOS衛星の画像を用い、衛星画像中の船舶の画像の特性をその色彩に注目して調べた。手順と結果を以下に示す。

- (1) 東京港、横浜港、神戸港のマルチスペクトル画像のデータを用いて、船種の見分けの付きやすい船舶の画像を切り出し、波長ごとのレベル値のヒストグラムと統計値を作成・整理した。これを降順に並べたところ、コンテナ船・ばら積み船については、波長ごとの標準偏差と平均値の序列に特徴が見られた。
- (2) 画像中の長さの基準となる対象物(ここでは、コンテナ)から、1画素当たりの長さを推定し、コンテナ船のおよその全長と最大幅を求めた。
- (3) 海面の反射成分を用いて、衛星画像から船舶の画像を抜き出すことが出来た。

以上から、高分解能衛星による画像からの船舶の判別手法の一つとして、色彩による判別が、利用できることを示した。



ばら積み船画像の例



ばら積み船の各波長輝度レベル
ヒストグラム例

マイクロ気泡流れの気泡分布計測と摩擦低減
Measurement of Bubble Distribution in
Microbubble Flow with Frictional Drag
Reduction

柴田将志、川村徳男、川島久宜、加藤洋治
 平成 17 年 3 月
 機械学会 関東学生会 第 44 回 学生員卒業研究発表会
 講演論文集

マイクロバブルにより摩擦低減効果が生じる要因として、気泡の大きさ、吹出し量、形状、分布などが考えられる。一般に、気泡含有率はボイド率(単位体積当たりの空気量)として評価されてきたが、マイクロバブル流れのように不均一に気泡が分散する系では、局所的なボイド率計測が必要であると考えられる。

そこで本研究では、局所ボイド率計測器の一つである光学式ボイド率計(図 1)を使用してボイド率分布計測を行う。また、この機器を使用するに当たり、小型流路を用いた可視化計測と同時に併用することで特性を明らかにする。

可視化実験と比較すると、光学式ボイド率計の出力は、計測原理に基づいた条件では、高精度に計測できることがわかった。また、従来問題となっていた不明確な出力信号の原因は、センサ部を通過する気泡が、センサ部に衝突し、通過しない為であることがわかった。さらに、本計測器の出力信号を用いて気泡径の推定を行い、同時撮影を行った可視化画像と比較を行った。その結果、気泡が完全にセンサ部を通過する場合に推定される気泡径は可視化による計測結果を概ね推定できることを示した(図 2)。さらに、本計測によって得られた知見をもとに、長尺模型船を用いた摩擦抵抗低減効果試験でボイド率計測を行った。



図 1 光学式ボイド率計測器先端部

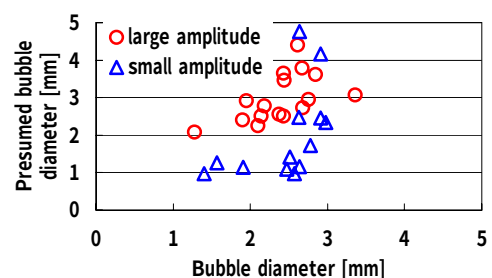


図 2 光学式ボイド率計を用いた推定気泡径と
可視化結果との比較

気泡半径運動に対する熱的減衰効果の新たな次元縮約モデル(第1報: 摂動解析)

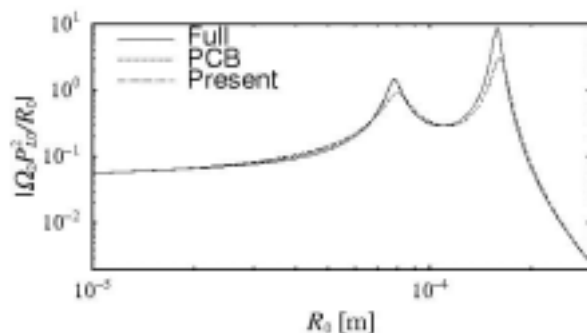
A New Reduced-Order Model for the Thermal Damping Effect on Radial Motion of a Bubble
(1st Report, Perturbation Analysis)

杉山和靖、高木周、松本洋一郎

平成17年4月

日本機械学会論文集 B編 71巻

変動を伴う圧力場中における気泡の運動は、キャビテーションを伴う流体機械、超音波造影などで問題となる。これらの解析には気泡の半径方向の運動、すなわち、気泡の膨張・収縮運動の予測が重要である。気泡半径運動は気泡内部の熱的効果に大きく依存するが、気泡内部の熱的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、気泡内温度の空間分布を解く代わりに、気泡半径運動に対する熱的減衰効果を時間のみに依存する関数として定式化し、次元を縮約するモデルを開発している。本論文では、気泡内平均温度と温度拡散の浸透厚さを利用して気泡壁温度勾配をモデル化する方法を提案した。さらに、弱非線形理論が成り立つ駆動圧力振幅が十分に小さい条件下で、音場中の気泡半径運動の摂動解析を行い、気泡内温度の空間分布を陽に考慮した摂動解と比較することで、本モデルの数学的な合理性を詳細に議論した。これらの結果、熱的効果を物性値として扱うモデルや、既存の浸透厚さを用いるモデルよりも、本モデルの方が大局的に優れていることを明らかにした(下図参照)。



図：気泡半径振幅の第二高調波成分と初期気泡径 R_0 の関係(駆動周波数=20kHz。—: 気泡内温度を考慮したモデル; - -: 従来の次元縮約モデル (Preston *et al.*, 2002, *Proc. of ASME FEDSM*, FEDSM2002-31026); ···: 本モデル)

気泡半径運動に対する熱的減衰効果の新たな次元縮約モデル(第2報: 数値シミュレーションによるモデルの検証)

A New Reduced-Order Model for the Thermal Damping Effect on Radial Motion of a Bubble

(2nd Report, Validation of the Model by

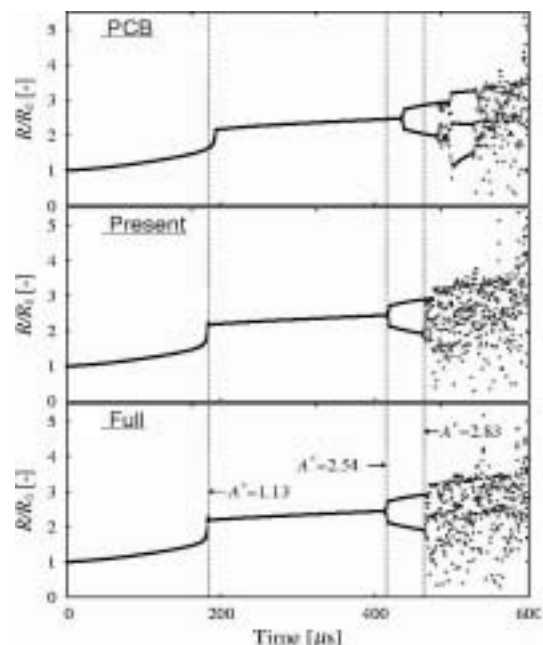
Numerical Simulation)

杉山和靖、高木周、松本洋一郎

平成17年5月

日本機械学会論文集 B編 71巻

変動を伴う圧力場中における気泡の半径運動は、キャビテーションを伴う流体機械、超音波造影などで問題となる。気泡半径運動は気泡内部の熱的効果に大きく依存するが、気泡内部の熱的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、これまで、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提案した。そして、弱非線形理論解析を行い、従来の次元縮約モデルに対する本モデルの優位性と数学的な合理性を示した。本論文では、数値シミュレーションを用いて、本モデルの検証を行うとともに、気泡の自由振動や、気泡運動の非線形性が強い問題など、モデル導出の前提とは異なる種々の条件で本モデルの適用性を議論した。その結果、いずれの場合においても、従来の次元縮約モデルに対する本モデルの優位性を示した(下図参照)。このことから、本モデルは高い汎用性があると考えられる。



図：気泡半径の分岐図(初期気泡半径 $R_0=1\mu\text{m}$, 駆動圧力周波数 $f_d=3.06\text{MHz}$, 大気圧で規格化した圧力振幅 $A^*=f_d t/500$ 。PCB: 従来の次元縮約モデル (Preston *et al.*, 2002); Present: 本モデル; Full: 気泡内温度を考慮したモデル)

Self-Preservation Property of Methane Hydrate Pellets in Bulk in Ship Cargo Holds During Sea-Borne Transport of Natural Gas

ばら積み貨物としてのメタンハイドレートペレットの海上輸送中における自己保存性について
城田英之、疋田賢次郎、中島康晴、太田進、岩崎徹
平成 17 年 6 月

Proceedings of 5th International Conference on Gas Hydrates

天然ガスハイドレートペレット(NGHP)の専用輸送船を設計する際には、輸送中のペレットができるだけ分解しないような最適温度を決定する必要がある。このため、本研究ではまず 50 個のメタンガスハイドレートペレット(MHP)を対象として、その自己保存性と温度との関係を実験的に調べた。その結果、 -20°C 付近に MHP の自己保存性の高くなる温度があることが分かった。この結果は、三井造船及び大阪大学で単一ペレットを用いて行われた実験結果と定性的な傾向が一致していた。

ばら積み貨物としてのペレットは航海中に自重による静的圧縮荷重を受ける。そこで、次に、静的荷重がペレットの自己保存性に及ぼす影響について調べた。MHP が受ける最大圧縮荷重を、想定輸送船の主要目及び IGC コードの船舶動揺に関する簡易加速度計算式から求め、この荷重を 1 リットルの MHP に 5 日間加える実験を行ったところ、その自己保存性は圧縮荷重を全く加えない場合とほとんど変わらなかった。この実験結果から、航海中の自重によるペレットの分解はほぼ無視できるものと考えられる。

さらに本研究では、航海中のばら積みペレットが荒天下で動的圧縮荷重を受ける場合に自己保存性が悪化するかどうかについても調べた。静止時に船倉底にかかる想定される静的圧縮荷重に加え、片振幅 $0.32\text{G}(2\text{Hz})$ の繰り返し荷重を 1,000~10,000 回かけた場合には、繰り返し荷重の有無によって MHP の分解に有意な差は見られなかったが、繰り返し荷重の回数が 100,000 回に達するとその影響が無視できないという結果となった。ただし、波の周期を 8 秒とした場合、100,000 回という繰り返し荷重回数は荒天下を約 9 日間航海する状況に相当する。NGHP 輸送船がこのような荒天下を一週間以上連続して航海することは一般的に考えられないため、通常航海においてばら積み貨物としてのペレットが受ける動的圧縮荷重がその自己保存性を悪化させることはないと考えても良いと結論できる。

Design of Active Control System for Combustion Instability Using Mixed $\text{H}^2/\text{H}^{\infty}$ Algorithm

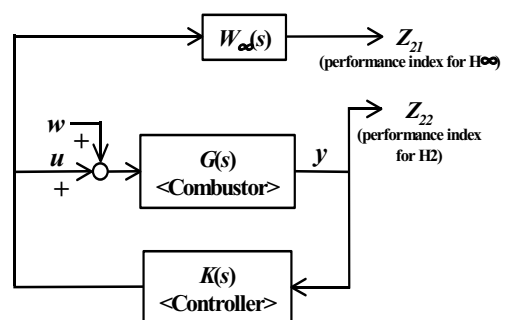
混合 $\text{H}^2/\text{H}^{\infty}$ アルゴリズムを用いた燃焼不安定に対する能動制御システムの設計
佐藤博之、林光一、井亀優、岸武行、春海一佳、立花繁、ローラン・ジマー、小川哲
平成 17 年 3 月

Proceeding of the 6th Symposium on Smart Control of Turbulence

希薄予混合燃焼方式はガスタービン用燃焼器において、低 NO_x 排出等の環境負荷低減と高熱効率を同時に達成可能であるが、不安定燃焼を生じやすく、運転範囲が限られるという問題がある。本研究では、この不安定燃焼の中でも振動燃焼や燃焼騒音、すなわち、熱音響的振動に対して、2 次火炎を用いて能動的に制御することを試みた。

制御アルゴリズムとして H^2 アルゴリズムと H^{∞} アルゴリズムを混合して用いた。 H^2 は制御性能を発揮しやすく、 H^{∞} はロバスト性を保証できる。本研究では両者の優れた特長を効果的に生かすように制御システムを設計し、宇宙航空研究開発機構に設置されたスワラ型希薄予混合燃焼器に適用した。

予混合気生成用空気温度 700K 、予混合気平均流速 90m/sec 、当量比 0.5 のメタン-空気予混合燃焼での強い振動燃焼(約 170dB)を制御対象とした。まず、上記条件における燃焼システムのシステム同定実験を行った。同定されたモデルに基づき混合 $\text{H}^2/\text{H}^{\infty}$ コントローラを設計した。そのコントローラの性能はあらかじめシミュレーションにより評価され、その有効性が確認された。その後、実際に上記条件で燃焼騒音の制御実験を行い、燃焼騒音の音圧レベルが高い 280Hz 近傍において、制御を行わない場合に比べ、制御により 28dB の音圧レベルの低減が確認された。



図： $\text{H}^2/\text{H}^{\infty}$ 混合制御のブロックダイアグラム

Characteristics of Current Generators of Deep-Sea Basin

in National Maritime Research Institute

潮流発生装置の特性について

前田克弥、田村兼吉、田村秀行、城野清治、
山口茂幸

平成17年4月

Proceedings of 2nd International Workshop
on Applied Offshore Hydrodynamics

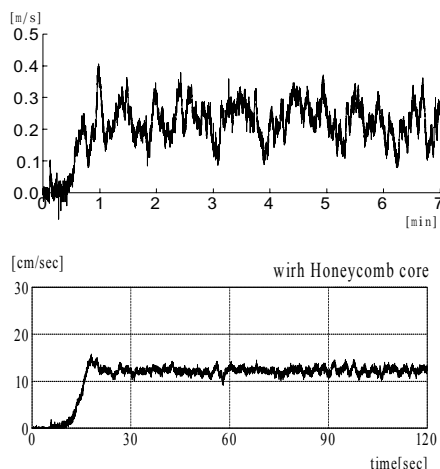
(第2回応用海洋流体力学に関する国際ワークショップ)

本論文は、当所深海水槽に備えられている潮流発生装置について検討を行った結果である。

潮流発生装置は深海水槽の円形水槽部とピット部にそれぞれ1式ずつ備えられており、はじめに、発生させた潮流について検討を行った。その結果、ピット部に備えられている潮流発生装置については概ね良好な潮流を起こすことが出来、模型実験に用いることが可能であることが確認できたが、円形水槽部に備えられているものについては、潮流の速度変化が大きく、模型実験には適用出来ない結果となった。そこで、潮流発生装置について模型試験を行い、その機構について検討を行い、1)吹き出し口の改造、2)設置場所の自由度を上げる、の2点を行う必要があることが明確となった。さらに吹き出し口については、潮流速度を上げるための工夫が、速度変化に大きな影響を与えることが把握できたため、潮流速度を上げることよりも、整流を起こすことに重点をおいて模型実験により吹き出し口の検討を行った。

それらの模型実験を通して、新たに製作・設置された潮流発生装置の特性を再度、検討し、模型実験に耐えうる良好な結果を得ることができた。

本検討結果を元に、今後、深海水槽内により実海域に近い速度プロファイルを持つ潮流を再現できるように施設整備を進めていく方針である。



図：改造前と改造後の潮流速度の時系列
(上図：改造前、下図：改造後)

本改造により、潮流速度変動分が50%から10%以下に抑えることができるようになった。

Dissolution of CO₂ Hydrate Films on Surface of CO₂ Drops in Highly Pressurized Water

高圧水中の CO₂ 液滴表面における

CO₂ ハイドレート膜の溶解

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17年6月

Proceedings of 5th International Conference on Gas
Hydrates

火力発電所などから排出される二酸化炭素(CO₂)を分離・回収し、水深 3,500m 以深の深海底に貯留する CO₂ 深海貯留は、地球温暖化抑制技術の一つとして注目されている。著者らは、大型高圧実験装置を用いて、低温・高圧条件下において、水中に CO₂ 液滴を貯留する実験を行い、液滴の表面に生成した CO₂ ハイドレート膜の溶解速度を検討している。これまでの研究から、溶解速度は周囲における流れや擾乱により大きく影響されることが示されている。本報では、溶解実験において液滴付近における流速を測定し、流れ場における溶解速度を推定するための代表的な式の1つであるランツ・マーシャルの式から溶解速度を推定し、実験結果との比較を行った。

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。タンクには回流装置が付属され、内部に流れを発生させることが可能である。タンク内部には熱電対、熱膜式微流速計、pH センサ、モニターカメラ等が設置され、圧力、温度、流速、pH、内部映像等のデータが記録される。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。タンク内の平均温度は 279K、圧力は 30MPa であった。CO₂ ハイドレート膜の溶解速度は、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直径の変化を映像で観察することにより求めた。回流装置の運転条件を調整し、液滴付近での流速が 1.0mm/s 及び 4.0mm/s となる条件で実験を行った。pH は、タンク内の底面付近及び底面から高さ 17.5cm の位置において測定された。

測定された溶解速度は、流速 1.0mm/s の条件では、実験開始時から約 10 時間までは予測された溶解速度とほぼ一致したが、それ以降は予測よりも小さくなり、時間の経過とともにその格差は拡大した。また、流速 4.0mm/s では、実験開始初期から予測よりも小さい値となった。pH 測定により、CO₂ 液滴付近における pH は実験開始直後から急激に低下し、流速の増大とともにその変化が促進されることが示された。以上の結果から、CO₂ ハイドレートの溶解とともに液滴周辺における CO₂ 濃度が上昇し、やがて液滴の溶解が抑制されることが示唆された。

流出油回収移送時の高粘性油の管摩擦抵抗 The Pressure Drop Through Pipe During Transfer of Viscous Recovery Oils

上田浩一、山之内博

平成 17 年 5 月

第 73 回マリンエンジニアリング学術講演会

回収された流出油等の移送を考慮した、高粘性油の管摩擦抵抗について述べる。流出した油を回収する場合や、沈没した船から燃料油や貨物油を回収移送する場合には、油が高粘性になると管摩擦抵抗が大きく移送が難しくなる。特にポンプの吸引側は高粘性になると吸引し難いので、吸引側のパイプは短くして抵抗を少なくする必要がある。この実験では、計測部の長さは 4m で内径 16mm と 42mm のステンレスパイプを使用した。タンク内を真空にして油を吸引し、その後タンク内を加圧して油を送り出した。この時のパイプの入り口圧力と出口圧力の差圧を計測し、管摩擦抵抗を求めた。さらに水流中に油を挿入して移送した場合の管摩擦抵抗を計測した。この結果を、すでに開発されている管摩擦抵抗低減方法のデータから計算した、管摩擦係数と比較した。粘性係数が $0.7\text{Pa}\cdot\text{s}$ から $1,000\text{Pa}\cdot\text{s}$ の油と水を使用した。

油の粘性が比較的大きい場合について管摩擦抵抗を調べた結果では、管摩擦抵抗は理論値と良く合うことが確認できた。この場合、管摩擦抵抗が大きくなり、管内の流量が非常に少なくなる。高粘性油の管内流れの管摩擦係数 λ は、レイノルズ数 Re が 10 から 0.01 程度で $\lambda=64/Re$ に良く合う。管摩擦抵抗係数は 10 から 5,000 で大きい。

水流中に油を注入して移送する方法は簡単に管摩擦抵抗を低減できる。そこで水流中に油を注入して移送する場合の管摩擦抵抗について調べた。水流中に油を挿入すると、管摩擦抵抗係数を 0.085 程度に低減できる。すでに開発されている環状水膜法による計算では、管摩擦抵抗係数は 0.258 程度となった。油用ポンプを使用しないで、吸引パイプ及び押し出しパイプを短くし、真空と加圧により回収、移送する方法は高粘性油を移送し易い。水流中に 50% 程度の油を挿入して、管摩擦抵抗を少なくして移送量を多くすることができる。超高粘性油を水流に注入して移送する場合、流れによる油水の混合は少ない。

Statistical Characteristics of Winds and Waves Around Japan

日本近海の波と風の統計的性質

辻本勝、石田茂資

平成 17 年 6 月

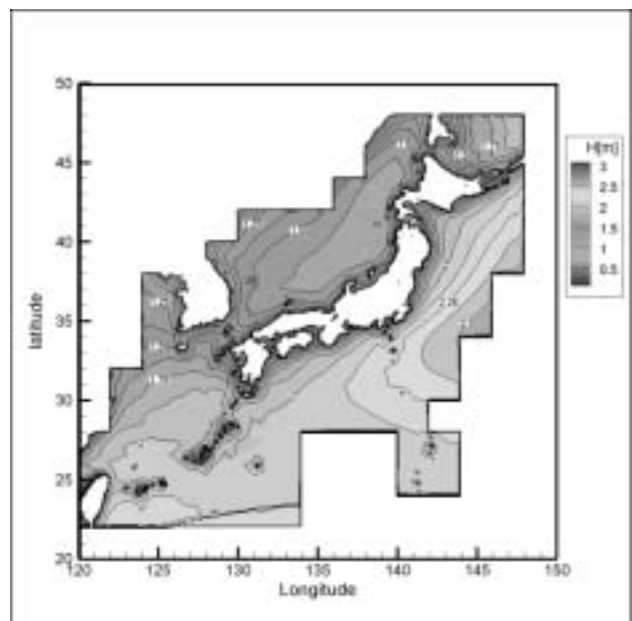
Proceedings of the 15th International Offshore and
Polar Engineering Conference (ISOPE2005)

10 年間分の波浪推算結果を用いて日本近海の波と風データベースを構築した。このデータベースは有義波高、有義波周期、卓越波向、平均風速、平均風向の要素からなる。他データベースに比べ、海域区分が 0.5 度間隔と詳細であり、発現頻度表の形で統計解析されていること、有義波高一有義波周期一卓越波向の 3 相関発現頻度表が使用できること、航路に沿って発現頻度表を作成することが可能であることが特徴である。

このデータベースと他データベース、ブイ観測データとの比較により統計的性質の検証を行い、特に問題ないことを確認した。

本データベースを用いて、日本近海の波と風の統計解析を行い、得られた平均値等値線より、津軽海峡西部が日本海で有義波高が大きい海域であること、三陸沖で有義波高、平均風速の通年平均値が大きいこと、また、 10^{-2} 超過確率の等値線より、沖縄南東沖で大波高を生じる確率が高いこと、三陸沖で強風を生じる確率が高いことが示された。

この他にも津軽海峡西部及び伊豆諸島海域について極値統計解析を行い、有義波高、平均風速の再現期間に対する期待値を示し、日本海側と太平洋側で傾向が異なることを示した。



有義波高の等値線図(通年平均)

New Estimation Method of Wind Forces Acting on Ships on the Basis of Mathematical Model

成分分離モデルに基づく船体に作用する風圧力

の新推定方法

藤原敏文、二村正

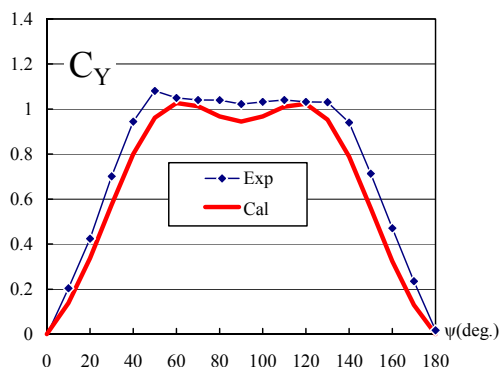
平成17年6月

Proceedings of the 15th International Offshore and Polar Engineering Conference (ISOPE2005)

港湾域で低速航行する船への風の影響は非常に大きい。運航安全性を確保するために風圧力を正確に推定することは重要である。また、定常航行時の船の斜航や当て舵を誘起する風の影響を精度良く推定できれば、船体抵抗増加量から正確な運航経済性評価が可能となる。

本稿では従来の推定法よりも広範な船型に対して精度良く風圧力(ただし、風圧モーメントを除く。)を求める方法の提案を目的とし、推定式を構成する要素の物理的意味合いが明確な成分分離型モデルによる風圧力推定法を検討する。ここでは、船体に作用する前後風圧力が揚力、誘導抗力、前後方向粘性抗力により、また、横風圧力が揚力、誘導抗力、クロスフロー抗力の線形足し合わせにより成り立つと仮定する。その上で各要素を船体外形状から求められる全長、船幅、船体側面投影面積等の8係数を使った多変量回帰式で表現する。要素を構成するパラメータの選択には、回帰分析の1手法である逐次法を利用し、統計的に有意な組み合わせを求める。

結果として、最も推定精度の高かった著者らの級数展開表現による風圧力推定法よりも少ない船型パラメータ及び独立変数で同程度の推定精度を保证する方法を提案することができた。さらに、本方法の特徴として推定式構成要素の物理的意味合いが明確になっていることから、今後の風圧力研究の進展により、個別に要素ごとの検討が可能となった。



Ro-Ro 船の風圧横力係数の実験値と推定値の比較

CRP ポッド型推進器を装備した船の操縦性能について

On the Manoeuvrability of a Ship with CRP Podded Propulsion System

原口富博、榎野純、塚田吉昭

平成17年6月

日本造船学会講演会論文集第5号

スーパーエコシッププロジェクトでは、CRP ポッド型推進器を装備した船舶の開発を行っている。ポッド推進器を装備した船舶で特にポッド推進器1基を装備した船舶は、保針性能が悪くなる傾向がある。これはポッド推進器を装備するために船尾に大きな空間を必要とすることに起因する。この保針性能の改善を目的に船尾に補助舵を装備した船舶について模型試験を行い、その操縦性能を調べた。さらにこの運動を表すモデル化を試みた。ここでは模型試験結果とその運動モデルによる推定結果について報告している。

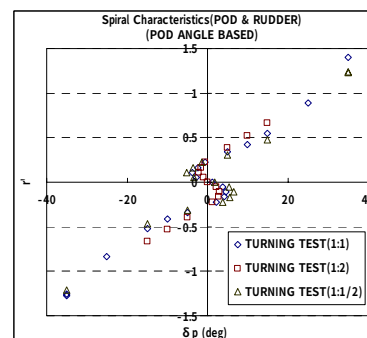
模型船はタンカーであり、設計満載状態で試験を行っている。また、装備された補助舵に加えて CRP ポッドの下にはフィンを装備しており、その面積を変えた大小2種類のフィンでの試験を行っている。

模型試験は、当所の80m角水槽で自由航走模型を用いて旋回試験、逆スパイラル試験、Z試験を行った。試験状態としては、ポッド単独(補助舵の角度0°)、舵単独(ポッドの旋回角0°)、ポッドと舵を同時に同方向に操作する場合(ポッドの旋回角と舵角の比は、1:1/2、1:1、1:2の3種類)を行った。その試験結果例を下図に示す。

さらに、この船の操縦性能を表すモデルの作成を試み、模型試験結果との比較検討を行った。

これらの結果をまとめると次のようになる。

- (1) ポッドと舵を用いた旋回性能は、同じポッド角に対して舵角が大きいほど良くなる。
- (2) ポッド下フィンのサイズは大きいほどZ操縦試験でのオーバーシュート角は小さくなる。
- (3) 今回の操縦運動推定法で推定した結果は、実験で用いた船のスパイラル特性を良く表している。



図：スパイラル特性

(δp : ポッド角、 r' : 無次元旋回角速度)

エマルジョン燃料の排気ガス特性に与える 燃料噴射系の影響

Influence of Fuel Injection System on Emission
Characteristics from Medium-Speed Marine

Diesel Engine with Emulsified Fuel

西尾澄人、菊地正晃、石村恵以子

平成 17 年 5 月

第 73 回マリンエンジニアリング学術講演会

本年(2005 年)5 月から船舶からの大気汚染防止に関する規制が発効されることとなり、今後、この規制は厳しくなっていくものと考えられる。このような中、船用ディーゼル機関においては、機関調整だけでは対策が困難になり、何らかの形で水を使用することが予想される。この 1 つの方法である水エマルジョン燃料の使用において、燃料噴射ノズルの噴孔径、噴射ポンププランジャー径を変更した実験を行い、燃焼や排ガスへの影響を調べたのでこの結果について報告する。

エマルジョン燃料の効果には、①ミクロ爆発、②着火遅れ、③空気の取り込みによる局所空気過剰率の増大、④水による燃焼温度の低下、⑤単位期間に噴射される燃料油(C 重油またはエマルジョン燃料)が同じ場合、水の分だけ油の割合が減少することによる燃料噴射期間の増加などがある。今回は、⑤の油の噴射率の違いによる燃料噴射期間の違いに着目して、燃料噴射ポンプのプランジャー径とノズルの噴孔径を次のとおり変えて、C 重油及びエマルジョン燃料(水/C 重油：約 17.6%)を用いて実験を行った。

①噴射率小($\phi 20\text{mm}$ 、 $\phi 0.28\text{mm} \times 7$ 孔)

②噴射率大($\phi 22\text{mm}$ 、 $\phi 0.32\text{mm} \times 7$ 孔)

(燃料噴射ポンププランジャー径、ノズル噴孔径)

使用したディーゼル機関は、中速 4 サイクル・トランクピストン型過給機関(350PS、420rpm、3 気筒)である。

今回の実験の結果は、C 重油での実験においてはクランク角度あたりの油の噴射率が小さい方が筒内圧力も滑らかになり、 NO_x が少ない結果であった。

エマルジョン燃料の実験においては、 NO_x 排出率(g/kWh)を算出した結果、噴孔径および燃料噴射ポンププランジャー径を大きくしクランク角度あたりの噴射率を大きくした方が NO_x 低減率が大きくなる結果であった(エマルジョンでは C 重油に比べて約 10%の NO_x 低減)。

エマルジョン燃料は、エンジンにより NO_x 低減効果も異なり、また、燃料消費率についても燃焼期間の短縮により低減するという報告もあり、まだ不明な点もある。また、エマルジョンの使用により PM 排出量がどうなるかについても今後課題になると思われる。

今後は、エマルジョン燃料で、ノズル噴孔径を変えて、タイミングリタードともからめて、 NO_x 低減効果をあげ、上記の不明な点を検討するための研究を行う予定である。

波浪推算値による日本近海の波と風の統計的性質

Statistical Characteristics of Winds and Waves
Around Japan Based on Numerical Forecast Data

辻本勝、石田茂資

平成 17 年 6 月

日本造船学会講演会論文集第 5 号

日本近海の 50 億件に達する 10 年間分の波浪推算値を統計解析し、海域は緯度・経度 0.5 度間隔に、期間は月別に区分し発現頻度表の形でデータベースを構築した。このデータベースは有義波高、有義波周期、卓越波向、平均風速、平均風向の 5 要素からなり、各 2 要素の発現頻度表及び有義波高一有義波周期一卓越波向の 3 相関発現頻度表が使用できる。

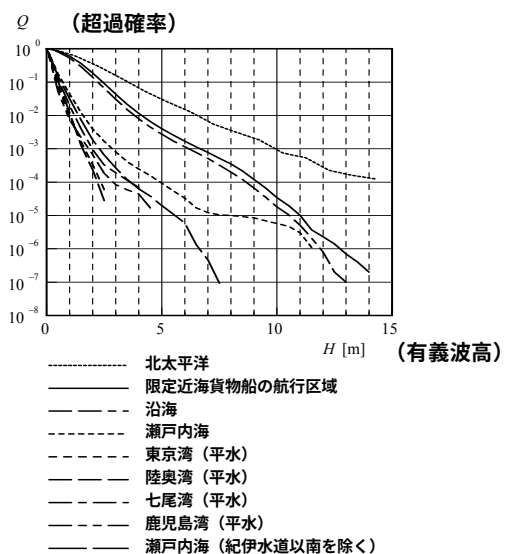
本データベースを用いて、日本近海の有義波高の平均的傾向、及び超過確率が 10^{-2} となる有義波高の値を各地点で求め、その等値線より比較的荒れた状態を表現し、その傾向を示した。

また、航行海域の海象の評価を行うことは内航船の安全性を評価するために重要であるので、限定近海貨物船の航行区域、沿海区域、瀬戸内海、平水区域(東京湾、陸奥湾、七尾湾、鹿児島湾)における海象の評価を有義波高 H の超過確率 Q を用いて行った。

その結果、限定近海貨物船の航行区域、沿海区域に対し、平水区域は同一超過確率に対する有義波高が小さいが、平水区域間ではほぼ同等の特性を表した。また、瀬戸内海は平水区域に対して、同一超過確率に対する有義波高の値が大きい。

そこで、瀬戸内海から有義波高が高いと考えられる紀伊水道以南の海域を除き解析を行った結果、瀬戸内海から紀伊水道以南を除いた海域では平水区域と同等の有義波高、平均風速の特性を示すことが分かった。

このことから、うねりの影響により、瀬戸内海の紀伊水道以南の海域では、瀬戸内海の他の海域とは海象の特性が異なることが明らかとなった。



図：航行区域における有義波高の超過確率

ポッド推進船の推進性能推定

Prediction of Propulsive Performance of a Pod Propulsion Ship

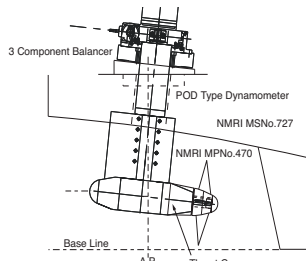
藤沢純一、右近良孝、長谷川純

平成17年6月

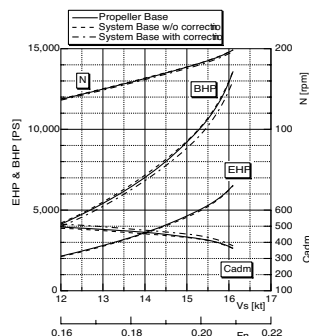
日本造船学会講演会論文集第5号

最近、我が国でもポッド推進船が建造されるようになってきたが、推進性能、特に馬力計算や尺度影響に関する実験的研究の公表例は少ない。推進試験法や実船馬力推定法がまだ確立されていないこともあり、国際試験水槽会議(ITTC)でもポッド・プロパルサの試験法や、実船の推進性能予測法に関して議論が行われている。本論文では、ポッド・プロパルサ船の推進性能を推定する上で最も重要な役割をなすポッド・プロパルサの単独性能の推定を模型レベルと実船レベルで行い、海技研で実施した26,000DWTプロダクトキャリアのバトックフロー船型に関する模型試験結果を元に馬力推定計算を行った。

更に、水槽試験結果を基にポッド推進船の推進性能の解析法であるプロペラ・ベース法とシステム・ベース法による馬力推定計算結果を比較した。また、ポッド・プロパルサに対する尺度影響の有無を考慮した馬力推定計算を行い、尺度影響による予想される馬力の違いを示した。



供試模型船とポッド・プロパルサ



プロペラ・ベース法とシステム・ベース法による馬力推定結果

ケミカルタンカーの環境汚染レベルの主成分分析

Environmental Pollution Level on Chemical Tanker by Principal Component Analysis

宮田修、間島隆博、上田浩一、山之内博、柴田清、山口勝治

平成17年5月

第73回マリンエンジニアリング学術講演会

国際海事機関(IMO)では、ベンゼンを0.5%以上含む物質を海上輸送する時、TWA(Time Weighted Average)で1ppm、STEL(Short Term Exposure Limit)が5ppmを越える場合は乗員への保護具の装着を勧告している。本報告では、当所で計測したケミカルタンカーの作業環境濃度に基づき、作業環境濃度に影響する項目間の相関係数を求め、主成分分析を行った。分析結果から、ケミカルタンカーの環境汚染レベルを高める要因について検討した。

作業環境濃度の実船計測は、ケミカルタンカーの輸送サイクルの作業区分(積み荷役・航海・揚げ荷役・タンククリーニング)毎に行われ、表-1に示すデータを取得した。そこで、作業区分毎と輸送サイクル全体のデータについて、表-1に示す項目間の相関係数による主成分分析を行った。

ケミカルタンカーの輸送サイクル全体の分析結果を図-1に示す。各項目は2つのグループに分かれ、第1第2主成分の代表的項目は積載率と気温であることが分かった。(図中の表は相関係数)

表-1 分析項目

項目	項目
運航条件	蒸気圧 ^{注1)}
	気温
	総トン数
	積載率 ^{注2)}
環境濃度	作業時間 ^{注3)}
	食堂
	ポンプ室
	甲板

注1) 気温20℃における蒸気圧
注2) 積載率=積載量/満載積載量
注3) 作業時間は、各荷役にかかった時間。

項目	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
① 蒸気圧	1.000							
② 気温	0.395	1.000						
③ 総トン数	-0.231	-0.021	1.000					
④ 積載率	0.477	0.218	0.035	1.000				
⑤ 作業時間	0.050	-0.144	0.210	0.138	1.000			
⑥ 食堂	0.072	-0.242	-0.004	0.227	0.038	1.000		
⑦ ポンプ室	0.042	-0.022	0.010	0.185	0.114	0.456	1.000	
⑧ 甲板	-0.049	-0.116	0.137	0.278	0.169	0.182	0.187	1.000

輸送サイクル全体(異常値を除く)

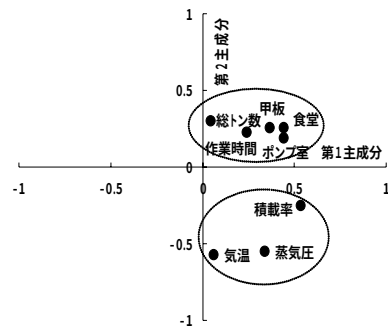


図-1 輸送サイクル全体の分析結果

日本船舶のリスク解析

Risk Analysis of Japan Flagged Ships

金湖富士夫、河合崇

平成 17 年 6 月

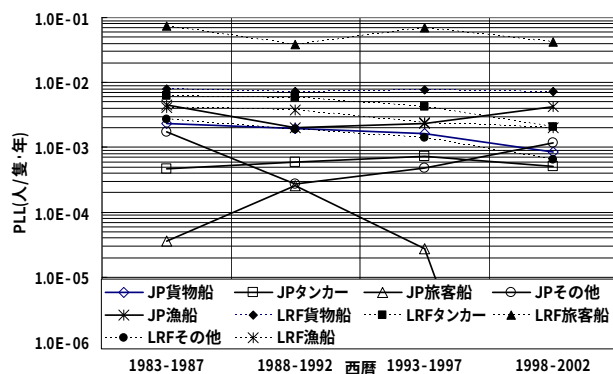
日本造船学会講演会論文集第 5 号

日本船舶のリスク評価を行い、他交通モード、労働災害、国際航行船舶等と比較してその特徴および注意すべき点を示した。調査期間は 1983 年から 2002 年の 20 年間である。

リスクとは安全の指標であり、事故の発生頻度と事故時の被害強度との積により求められる。被害としては、人命損失、環境影響、財産の喪失があるが、ここでは乗船している人命損失を被害とする。リスク評価の結果以下の諸点が見出された。

- ・1993-2002 年の日本船舶のリスクは 1983-1992 年のリスクに比べて一部のグループ(20GT 以上の漁船等)を除き低下している。
- ・100GT 以上の船舶においては貨物船、タンカー、旅客船は国際航行船舶と比較してはるかに安全である。特に旅客船では規模、頻度ともに日本船舶が極めて安全である。しかし、漁船は同等か若干リスクが高い。
- ・内航旅客船は航空機、バス・タクシーに比べてリスクが低く、また、内航貨物船も自動車全体およびトラックに比べてリスクが低い。また内航貨物船は全産業の平均に比べて高いが、建設業、鉱業のリスクと同程度である。

よって現状の日本船舶の安全性は概ね日本では社会的に許容できる範囲内であることが判明した。



日本船舶と国際航行船舶のリスク(PLL)

タンカーの漏油リスクについて

Oil Spill Risk of Tankers

金湖富士夫、有馬俊朗

平成 17 年 6 月

日本造船学会講演会論文集第 5 号

タンカー事故による環境に対するリスクすなわち漏油リスクの評価を LRF(Lloyds Register Fairplay)社による海難データベースを使って実施した。尚、被害強度の指標は、各種パラメータを総合的に勘案する必要があると考えるが、第一段階として漏油量を使い、漏油リスク(OSR:Oil Spill Risk)を定義した。OSR の単位は(Kilo Litter/Ship*Year)である。用いたデータは 1978 年～2003 年の 26 年分である。OSR を用いた漏油リスク評価の結果以下の諸点が見出された。

- ・単船殻タンカー、二重船殻タンカーとも前半(1978～1990)より後半(1991～2003)で大幅に OSR が減少している。また、前後半とも単船殻タンカーより二重船殻タンカーの方が OSR が桁違いに小さい。前後半とも、単船殻タンカーで高リスクの 3 位までのハザードは衝突、座礁、火災・爆発である。DH では前半は衝突、座礁であり、後半は衝突の OSR が他より桁違いに大きく、その後戦争等による損傷、座礁と続く。
- ・FN(Frequency vs Number of fatality)曲線によると、単船殻タンカーの後半の FN 曲線は形は前半のものと大差なくそれを左下に移動させた形をしており、被害強度、発生頻度とも後半は前半より低下している。二重船殻タンカーの後半はどの被害強度でも累積頻度が小さくなる。また、被害強度が 100KL 以上では二重船殻タンカーの FN 曲線は単船殻タンカーの FN 曲線よりも傾斜が急であり、二重船殻タンカーの 100KL 以上の漏油をもたらし事故は漏油量が大きくなるにつれ単船殻タンカーより大幅に事故の発生頻度が減少している。
- ・事故発生から最終状態に至るイベントシーケンスの解析によると、単船殻タンカーでは衝突、損傷の後に爆発が生じ大量の漏油が発生するケースがわずかながらあるが、漏油量が桁違いに大きく、無視できない。初期イベントが衝突、座礁、接触の場合は発生数、漏油ともに多い。二重船殻タンカーでは燃料タンクが関係した事故シナリオの総数は 6 種類計 7 本で全て漏油を引き起こしており、燃料タンク関連の漏油の頻度が相対的に高い。

大水深ライザーの材料選定に関する研究 —海水環境下における Ti-6Al-4V 合金の疲労き 裂伝播特性について—

A Study on Materials Selection of Marine
Riser for Deep Sea

—Fatigue Crack Propagation Properties
of Ti-6Al-4V Alloy in Seawater—

丹羽敏男、田中義久、高橋一比古、田村兼吉
平成 17 年 5 月

第 73 回マリンエンジニアリング学術講演会

水深 4,000m の大水深ライザーでは、ハングオフ状態において自重の問題やライザーの縦振動固有周期と波周期の共振問題が懸念されることから、その材料としては比重が小さいほど有利となる。したがって、チタン合金やアルミニウム合金、複合材料といった鋼以外の材料についてもその有効性を検討する必要がある。また、VIV(渦励起振動: Vortex-Induced Vibrations) やハングオフ時の縦振動等による動的荷重や海底からのガス噴出を考慮すると、海水環境下ならびに高温およびカソード防食を施した海水環境下における疲労き裂伝播特性を把握する必要がある。特に、チタン合金は比較的新しい金属材料であり、これらのデータは未だ十分とは言えない。そこで、本研究では、Ti-6Al-4V 合金を供試材として上記の海水環境下における疲労き裂伝播特性を把握し、以下の結果が得られた。

1) 大気中では、鋼と比較して疲労き裂伝播速度におよぼす応力比(R)の影響は顕著であり、高応力比である $R=0.7$ では、高張力鋼(KA32 ならびに KA40)のおよそ 10 倍の疲労き裂伝播速度であった。また、25℃の海水中的疲労き裂伝播特性は、大気中の特性と同程度であることが確認された。このことより Ti-6Al-4V 合金の疲労き裂伝播特性は、鋼より劣ることが確認された。

2) カソード防食を施した 25℃の海水環境下($R=0.7$)において、 $-0.8V$ (vs. SCE(飽和甘こう電極: Saturated Calomel Electrode))の場合、疲労き裂伝播速度におよぼすカソード防食の影響はほとんど認められないが、 $-1.2V$ (vs. SCE)の場合には疲労き裂面に水素化物が形成されるため、くさび効果により疲労き裂伝播速度が遅くなる(寿命で 2 割程度延命)ことが確認された。

3) $-1.2V$ (vs. SCE)でカソード防食を施した 80℃の海水環境下($R=0.7$)では、水素の拡散速度が速く材料全体に水素化物が形成され、材料の脆化のため疲労き裂伝播速度に加速効果が現れるものと考えられたが、本研究で実施した負荷条件ではその効果以上に疲労き裂面における水素化物の形成が活発になることでよりくさび効果が顕著に現れ、海水温度が 25℃の場合よりもさらに疲労き裂伝播速度が遅くなり、高張力鋼のそれと同程度となることが確認された。

NOx 排出率計測における誤差要因

Error Sources in NOx Emission Measurement

柴田清、大橋厚人、平岡克英、高木正英、高井元弘
平成 17 年 5 月

第 73 回マリンエンジニアリング学術講演会

MARPOL73/78 条約附属書VI、NOx テクニカルコードで規定される NOx 排出率のモニタリング法によれば、排ガス中 NOx 濃度測定に加え、排ガス組成と燃料消費量の物質収支から排ガス流量を算出し、NOx の排出量を求め、それを機関出力で除し、さらに温湿度補正を加えて出力当たりの排出量としての「NOx 排出率」を算出する。このように「NOx 排出率」計測値は多くの因子の影響を受け、計測誤差の積み重なったものとなり、実際にも大きなバラツキが報告されている。そこで、本研究では、モニタリング法による NOx 排出率の信頼限界と、計測上の留意点を明らかにするため、誤差要因の影響に関して検討した。

排ガス流量算出法にはユニバーサル炭素バランス法(UCB 法)とユニバーサル酸素バランス法(UOB 法)がある。UCB 法で求める排ガス流量の相対誤差は CO2 濃度の相対誤差がそのまま伝播するが、UOB 法においては収支式の構成上 O2 濃度の相対誤差が非線形に伝播し、一般的な計測条件では相対誤差が大きくなる。UOB 法を用いる場合には酸素濃度計測の精度確保に留意する必要がある。

排ガス流量の算出には燃料中成分含有量のデータが必要となる。ある船舶の海上試験に用いた A 重油、および C 重油を 3 つの機関において分析したところ、H/C 比で A 重油の場合 1.70~2.21、C 重油の場合 1.30~1.77 の大きなバラツキが得られた。その結果 NOx 排出率にして最大約 1g/kWh の排出率値の差を算出することになる。燃料タンク内の不均一性に起因する誤差を生む可能性もあるため、燃料成分分析の信頼性を高めることと、NOx 計測時にあわせた燃料サンプルの採取が望まれる。

NOx テクニカルコードには温度と湿度に関する補正係数 KHDIES を NOx 排出率に乘じるように指示されている。自動車専用運搬船において船内の複数箇所温度・湿度を計測したところ、機関室と操舵室では最大で温度 15℃、相対湿度 65% の差が観測された。この測定では機関室が高温低湿度であり、操舵室は低温高湿度であったため、KHDIES の値の違いは 5% 程度であるが、高温・高湿度で条件では補正係数値が大きくなり、その温度・湿度依存性も敏感になる。そのため、補正計算式の精度確認とともに、NOx 排出の実態解析のためには給気口近くでの計測が望ましい。

さらに、陸上での台上試験と海上航行時との差異を生む要因としては、燃料中の窒素含有量、出力の評価方法がある。

NOx テクニカルコードに従った NOx 排出率モニタリングでは各測定項目の誤差が蓄積し、認められる許容幅 15% を大きく越える可能性がある。計測上の誤差を少なくするためには、酸素分析精度の確保、計測時の燃料サンプル採取、燃料組成分析の精度確保、機関給気口近くでの温度・湿度測定が重要と考えられる。

6082 合金型材の摩擦攪拌接合継手の疲労強度

Fatigue Strength of Friction Stir Welded Joints in 6082 Aluminum Alloy with Extruded Shapes

小林佑規、佐久間正明、田中義照、松岡一祥
平成 17 年 5 月

(社)軽金属溶接構造協会 第 35 回研究発表会梗概集

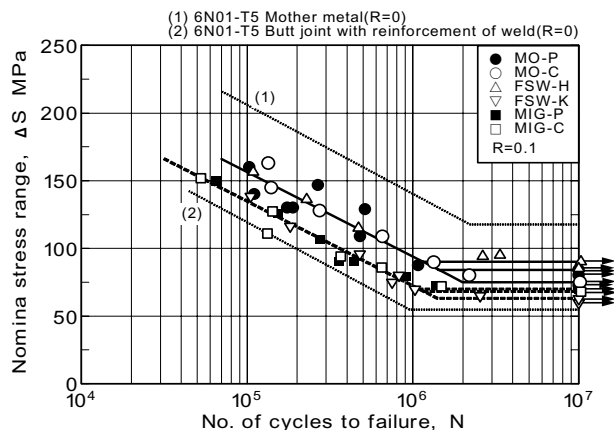
アルミニウム合金 6082 は、押出成形性に優れていることから、船体構造用への適用性が注目されている。本研究は、6082 合金型材の摩擦攪拌接合(FSW)継手の疲労強度について検討したものである。

疲労試験は、押出型材の母材(MO-P, MO-C)、輸入市販品の FSW 継手(FSW-H)、わが国施工の FSW 継手(FSW-K)および MIG 突合せ溶接継手(MIG-P, MIG-C)について行った。ここで、括弧内の試験片符号 P および C は、負荷方向が押出方向と平行であるか垂直であることを示している。試験結果は、下図の S-N 線図としてまとめ、疲労強度を比較した。また、疲労き裂の発生に関し、電子顕微鏡観察から検討した。主な結果を以下に示す。

(1) 応力範囲 ΔS と破断寿命 N による S-N 線図は、長寿命と短寿命の 2 つのグループに分かれた。長寿命グループは母材の MO-P と MO-C、FSW-H であり、短寿命のグループは MIG-P、MIG-C、FSW-K であった。しかし、引張強度で基準化した $\Delta S/S_u$ と N の S-N 線図では、長寿命グループが FSW-H と MIG-P であり、その他の試験片は短寿命グループとなった。これらの S-N 線図から、FSW 継手の疲労強度は、輸入市販品がわが国施工品より優れていた。

(2) 疲労き裂は、継手部よりも母材部からの発生が多い。板表面には腐食ピットや粒界腐食が観察され、腐食部には Cl や Fe が観察された。き裂発生の起点は、腐食ピットや粒界腐食にあり、板表面に存在する腐食が短寿命化を引き起こした。

(3) 腐食後の溶接熱履歴は、腐食ピットや粒界腐食を助長し、き裂発生寿命を低下させたと考えられるが、この点については、さらなる実験的検討が必要である。



図：S-N 線図

メガフロート用消波工の開発

Development of Wave Dissipation Equipments for Mega-Float

正信聡太郎、井上俊司、太田真、加藤俊司

平成 17 年 6 月

日本造船学会講演会論文集第 5 号

メガフロートにおいては、周辺影響緩和の観点で、反射波の低減が求められる場合がある。浮体構造の周縁部に付加構造を付けるのが基本的考え方となるが、従来行われた浮体周縁構造の検討としては、浮体の減揺を目的として行われた例は多数あるものの、反射波低減の観点での検討は殆ど無い。そこで、本研究では、単純かつコンパクトな形状で良好な消波性能を持つ実用的な図 1 の消波工についての開発を行い、二次元水理試験によって反射率を実験的に調査した。東京湾内の通常時の波浪に対して反射率を 0.5 以下にすることを開発の目標性能とした。

その結果、設計条件を含む実機 3~10 秒の範囲での平均反射率 0.5 以下を満足する消波工を選定し、その中で前面形状が角柱形、奥行き 5m、喫水 4m、開口率 0.3 の消波工が最も反射率が小さかった。

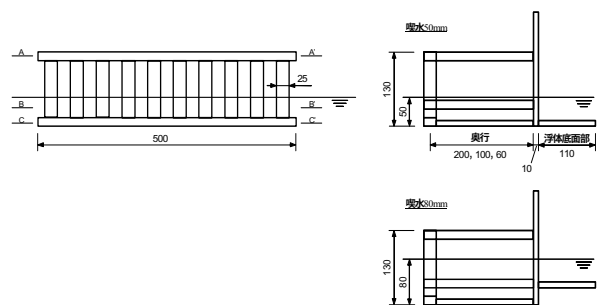


図 1 消波工模型

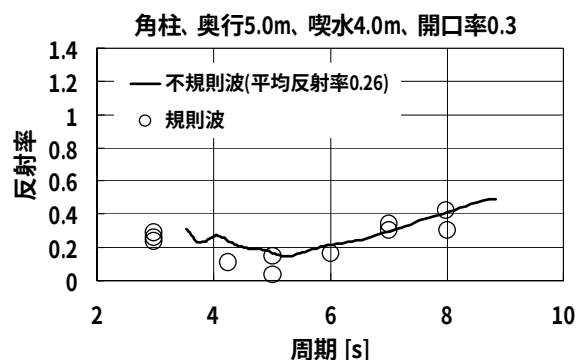


図 2 反射率特性

多孔質珪質泥岩を用いた軽量耐熱放射線遮蔽材の開発

The Development of Lightweight
Heat-Resistant Radiation Shield Using
Microporous Siliceous Mudstone

村上英樹、小林祐記、大島洋紀、小田野直光、
大西世紀、近内亜紀子、中央シリカ株式会社
平成17年7月

アイソトープ・放射線研究発表会予稿集

中性子遮蔽においては、高速中性子を水素原子で減速(熱化)させ熱中性子との反応断面積の大きい元素(例えば ^{10}B や ^6Li)に吸収させる方法が一般的であるが、減速材として水やポリエチレンを用いているため耐熱性を兼ね備えた中性子遮蔽方法は少ない。本研究は、軽量で耐熱性・耐酸性が高い中性子遮蔽材を、天然に産する多孔質珪質泥岩を用いて製作することを目的としている。我々は秋田県に多産するものの未だ高度利用化されていない多孔質珪質泥岩に着目し、今回の実験では吸着物のない珪質泥岩について遮蔽実験を行った。その結果、これらが中性子に対する放射線遮蔽材の基礎素材として優れた特性を持っていることを明らかにした。

遮蔽性能実験は以下の手順で行った。秋田県男鹿半島女川層から採取した珪藻土を砕き、径1~3mmに大きさを揃えたものを $80 \times 80 \text{ cm}^2$ の薄ベニヤ板で挟み、厚さ5cmの試験体を複数枚製作した。中性子源カリフォルニウム(^{252}Cf)を用いて中性子照射を行い、珪藻土試験体と同形状の普通コンクリートの遮蔽性能を、試験体枚数に対する中性子及びガンマ線の透過量で比較した。その結果、珪藻土はそれ自身で中性子遮蔽を行うことが可能であることが確認された。これは多孔質の珪藻土が多量の水素をシラノール基として広大な表面積に保持しているためであると考えられる。また、珪藻土は約0.67と比重が小さいため、比重2.36の普通コンクリートと同質量で比較した場合、約2倍の中性子遮蔽性能があった。

今後は珪藻土の多孔軽量特性を生かした更なる性能向上を計画している。現在は熱中性子吸収断面積が大きいホウ素及びガンマ線遮蔽に効果があるジルコニウムを珪藻土に吸着させた放射線遮蔽材を開発中である。また、天然でジルコニウムと共存するハフニウムにも中性子遮蔽効果がある。ハフニウムにはランタノイド収縮が起きているので同じイオン半径の元素よりも電子密度が高く、高いガンマ線遮蔽性能も期待できる。ハフニウムを吸着添加することで、水素が離脱する700℃以上においても珪藻土の融点1713℃まで安定な耐高熱放射線遮蔽材が可能であると考えている。

メガフロートに作用する波浪中定常上下力について Vertical Drift Forces on the Mega-Float in Waves

加藤俊司、正信聡太郎、井上俊司

平成17年6月

日本造船学会講演会論文集第5号

羽田空港再拡張事業に対し、多摩川にかかる部分を楕型浮体にし、それ以外を箱型浮体とするいわゆる楕型・箱型複合メガフロートが提案された。楕型メガフロートに対し、ある特定の波周期において浮き上がり方向に定常力が生じることが水槽模型試験により判明した。そこで、メガフロートに作用する波浪中定常上下力について、近場法による波漂流力を求める手法により数値的に調査し、定常浮き上がり力がたしかに生じることが及び数値計算結果は模型試験結果と良く一致することが確認された。最終的に、本数値手法を用いて楕型・箱型複合メガフロートに作用する波浪中定常上下力を調査した。その結果、定常上下力によって生じる定常変位が設計上問題とならないことが判明した。

なお、本研究は造船業界が結成した羽田再拡張事業浮体共同事業体設立準備室が行った検討の一部が含まれる。

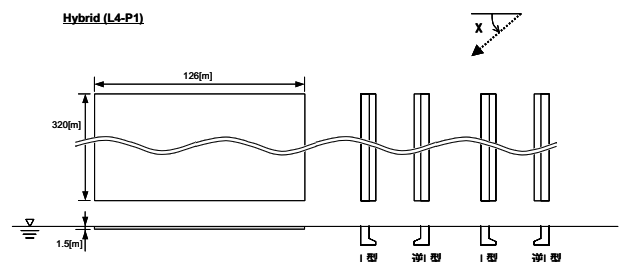


図1 楕型・箱型複合浮体

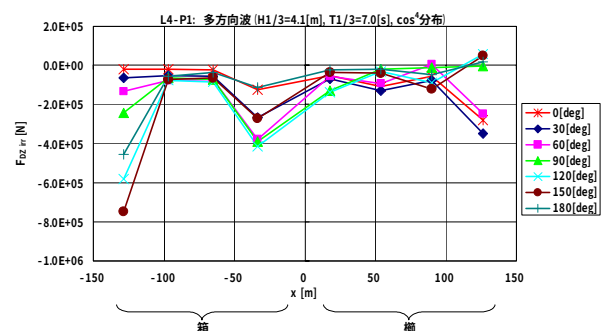


図2 多方向不規則波中の定常上下力分布

図2は、図1の箱型浮体を4つの要素浮体に分割し、要素浮体の中点座標を横軸に定常上下力分布を示している。不規則波の条件として、有義波高4.1m、有義波周期7.0秒、方向分布関数は $\cos^4$ 則を用いた。

ほとんどの波向きで定常沈下力が生じている。箱型部の端部要素の沈下力が他の要素浮体に比べて大きい、絶対値としては最大800[kN]程度、この量は要素浮体の喫水変化として8[mm]程度であり、設計上問題とならないことがわかる。

船型設計のための流体シミュレーション技術 Computational Fluid Dynamics Technology for Ship Hull Form Design

日野孝則

平成 17 年 4 月

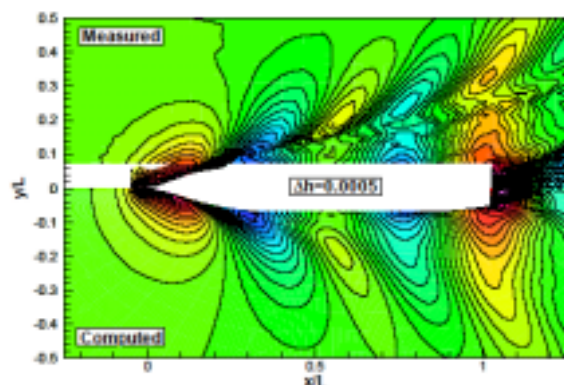
RIST ニュース

CFD(Computational Fluid Dynamics 計算流体力学)は、流体方程式の数値解法であり、流体现象をシミュレーションすることによって種々の解析を行う技術である。CFD は汎用技術であり、その適用範囲は幅広いが、船型設計においては、流体力学的性能の推定に用いられている。

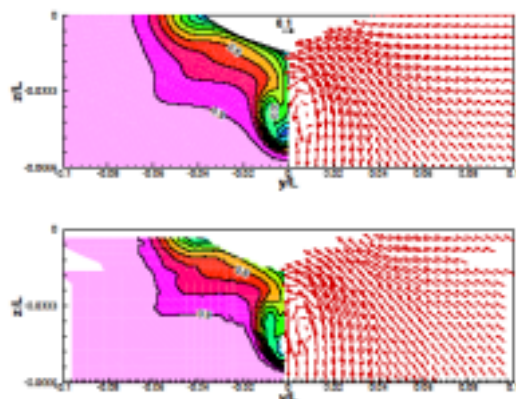
船型設計における性能推定にはこれまで水槽試験が用いられてきたが、縮小模型を使うことに伴う尺度影響や、多大なコストと労力、また、結果を得るまでの時間の長さなどの問題がある。CFD は、水槽試験を補完して効率的な船型設計を実現するための解析ツールとして期待されている。

ここでは、船型設計のための流れのシミュレーション技術の現状を概観するとともに、CAD と CFD を統合する船型設計システムのコンセプトについて述べる。

下図はコンテナ船まわりの波紋および肥大船のプロペラ位置での流速分布の CFD 解析と実験値の比較である。



図：コンテナ船まわりの波紋の比較
(上：計測結果、下：計算結果)



図：プロペラ位置における流速分布
(上：計算結果、下：計測結果)

ポッドを装備した船舶の位置制御に関する模型 試験

Model Experiment on Positioning of a Ship
with Podded Propulsion System

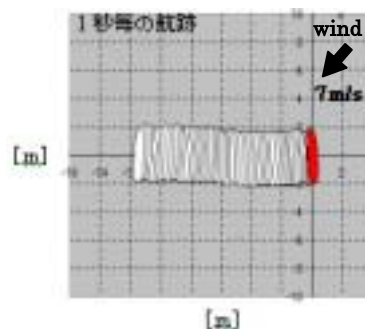
榎野純、原口富博、塚田吉昭

平成 17 年 6 月

日本造船学会講演会論文集第 5 号

国土交通省からの委託を受け、当所では、電気推進式ポッドを装備した新型船、スーパーエコシップの研究開発を実施している。ポッド船は、ポッド本体を回頭させることにより、任意の方向に推力を出力することが可能であるため、離着岸時の操縦性能が高い。しかし、従来船の操船に慣れている操船者にとって、ポッド船を任意の位置へ誘導することは、多くの困難を伴うと予想できる。そこで本研究では、離着岸時に度々使用される横移動、及びその場合回頭操船の自動化を目的に、制御システムを開発し、ポッド船を模擬した自航模型を用いて位置制御実験を行った。

従来の研究では、在来船を対象に、操縦運動モデルを用いた最適着岸制御システムの開発が行われている。しかし、ポッド船については、最適着岸制御システムの設計に適用可能な操縦運動モデルが提案されていない。そこで、操縦運動モデルを用いずに、操船経験者の操船感覚を組み込んだファジィ制御を利用する事とした。ファジィ制御の前件部には、船首方位偏差、ヨーレート、位置偏差および船体移動速度を、ファジィ制御の後件部には、バウスラストのプロペラ回転数、ポッド回転角およびポッドプロペラの回転数を採用した。そして、メンバーシップ関数およびルールテーブルについては、バウスラスト旋回実験、ポッド旋回実験、及び手動操船の結果を基に作成した。下図は、当所三鷹第 1 水槽で行った自動制御実験の一例で、横移動実験中の航跡である。風速 7[m/s]の強い外乱中において、前後位置の追従精度は、1/8[L]以下であった。この結果より、本研究で開発した制御システムが有効であることが確認できた。なお、論文中では、提案した手法および実験の詳細について述べている。



図：横移動実験中の航跡

バルクキャリアの耐航性能に及ぼす乾舷の影響について

The Effect of Freeboard on the Seakeeping Performance of a Bulk Carrier

小川剛孝、石田茂資

平成17年6月

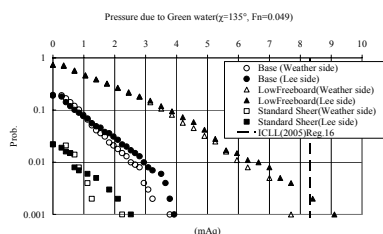
日本造船学会講演会論文集第5号

国際海事機関(IMO)において満載喫水線条約の見直しが行われている。現在、乾舷表の見直しを中心に作業が進められており、著者らはこの中で技術的観点から乾舷の設定方法を検討している。

はじめに、現行条約策定時の技術的検討を総括して、乾舷が船舶の安全のために果たす役割を整理した。この結果、乾舷の主な目的は海水打ち込みの制限であり、船内浸水防止、船員保護及び甲板上構造物保護のための要件を課すことで、ある程度のレベル(冠水確率)の海水打ち込みを許容する設定が適切であることを確認した。また、乾舷の種類が異なる船舶の安全性を等価にするためには、現行条約で規定されている損傷時復原性要件ではなく船内浸水防止のための要件等を用いる必要があることも明らかにした。

つぎに、現存船の冠水確率を把握するために、条約と同じ乾舷で航行するバルクキャリア及びタンカーの冠水確率を計算した。これらの冠水確率から、船の長さで冠水確率は強い相関を持つことや同じ船の長さでも乾舷の種類により冠水確率が異なることを明らかにした。

しかしながら、冠水確率だけをもとに乾舷を設定することは不十分であり、波浪中での耐航性能及びこれに関連する安全基準との関係から設定する必要がある。そこで、乾舷及び舷弧の異なる3隻のケーブサイズバルクキャリアを用いた波浪中模型実験を行った。実験では、波浪中での耐航性能の評価指標となる船体運動、上下加速度、波浪荷重、相対水位及び打ち込み水圧の超過確率を計測した。乾舷及び舷弧が波浪中船体応答に及ぼす影響を検討した結果、舷弧の有無は船体運動に大きな影響を及ぼさないが、舷弧により船首から打ち込む波の大きさと打ち込み水圧が変わることがわかった。これに対して、乾舷は、対応する喫水と喫水が変わることによる重量分布の変化が船体運動に大きな影響を及ぼす。さらに、乾舷の高さが打ち込み水圧に及ぼす影響も大きいことが明らかとなった。



打ち込み水圧の超過確率(S.S.9、斜向波、有義波高10.1m、平均波周期13.1秒、 $Fn=0.049$)

(丸：母船型、三角：乾舷を低くした場合、四角：標準舷弧を取り付けた場合)

The Effect of a Bow Flare Shape on the Water Impact Pressure

衝撃圧に対する船首フレア形状の影響

小川剛孝、松波亮樹、荒井誠

平成17年6月

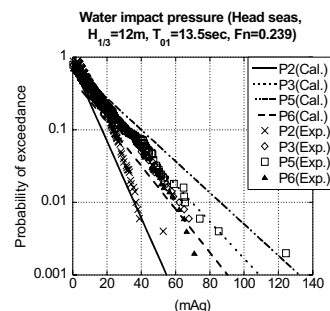
Proceedings of the 15th International Offshore and Polar Engineering Conference (ISOPE2005)

フレアスラミングによる衝撃圧は、コンテナ船の波浪荷重を検討する上で重要な事項である。現状では、損傷事例と整合性がとれた半実験式が設計指針として用いられている。近年、ポストパナマックスコンテナ船のように大型化したコンテナ船が多数運航するようになった。これらのコンテナ船のフレア角は、実験式を作成した当時のコンテナ船に比べて大きくなっている。そのため、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改めて定量的に検討する必要がある。

この事を背景として、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模型実験を実施した。また、当所で開発した大波高中船体運動計算法 NMRIW を用いて船体運動及び衝撃圧を計算し、実験値と比較した。NMRIW は、時々刻々の水面下形状に対するラディエーション及びディフラクション流体力を用いて船体運動を計算する時系列計算法である。また、Horizontal Body 座標系を用いることで、回転運動を近似することなく波浪中船体運動方程式に操縦流体力を加えることができる。これにより、斜波中での時系列計算を安定して行なうことができる。

NMRIW による船体運動振幅と位相及び衝撃圧の極大値は実験値とよく一致しており、時々刻々の水面下形状に対する流体力を用いることで、波高に対して非線形である大波高中での船体運動を精度よく推定できることを検証した。

さらに、実験式を用いずにフレアスラミングの検討を可能にするために、衝撃圧の超過確率を理論的に求めた。入力となる相対水位は大波高中で波高に対して非線形となるので、NMRIW を用いて推定した。本研究で求めた衝撃圧の超過確率は、衝撃圧が大きくなるにつれて実験値とよく一致しており、フレアスラミングの検討に対して有用であることがわかる。



フレアスラミングによる衝撃圧の超過確率
(正面向波、有義波高12m、平均波周期13.5秒、 $Fn=0.239$)

海洋肥沃化装置「拓海」のライザー挙動特性について

Behavior of Riser Pipe for Upwelling Deep Ocean Water

前田克弥、宮部宏彰、田村兼吉

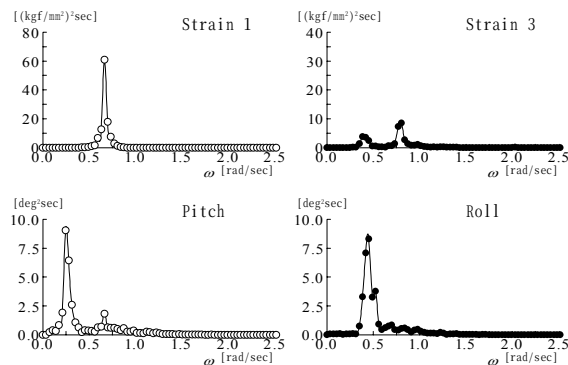
平成 17 年 5 月

第 73 回マリンエンジニアリング学術講演会

本稿は、現在相模湾沖において稼働中の海洋肥沃化装置「拓海」に取り付けられている深層水取水用のライザー管の挙動特性について検討したものである。

深層水取水用のライザー管は全長 175m、内径 1.0m、外径 1.062m であり、高張力鋼を用いて作製されたものである。このライザー管は「拓海」の浮体下部に 2 本のチェーンにより吊り下げられる格好で設置されており、常時水深 200m の深層水を日量 10 万トン、汲み上げるために用いられている。また、このライザー管には、上端部より 85m の位置に歪みゲージが 8 ヶ所取り付けられており、その計測が行われている。本稿ではその計測方法、計測結果及び解析結果について紹介している。

これまでに得られた計測データから、ライザー管は潮流、波浪及び浮体動揺などの影響を受けながら複雑な挙動を示していることが分かっている。浮体動揺との関連については下図に示すように、横揺のピーク周波数に歪みの応答成分が存在し、相関関係が見られる。一方、縦揺のピーク周波数には歪み成分が見られないことから、相関関係は非常に小さいことが分かっている。



図：歪みのパワースペクトル及び浮体縦揺、横揺のパワースペクトル

一様流中の円柱に作用する VIV への表面粗度の影響

Experimental Study on Vortex-Induced Vibration of Horizontal Circular Cylinder in Towing Tank

田村兼吉、國分健太郎、伊藤和彰

平成 17 年 5 月

第 73 回マリンエンジニアリング学術講演会

ライザーは海洋石油掘削・生産、海洋温度差発電、マントルの採取等の用途に用いられる。ライザーに関する諸問題で特に問題とされているものは、ライザー周りで生じる非定常な渦剥離により引き起こされる振動である。この振動は Vortex-induced Vibration (以下 VIV) と呼ばれており、ライザーの疲労破壊の原因であるとされている。このため、VIV を含む流体力を精度良く評価することがライザーの設計において最も重要である。

ライザー周りで渦剥離は、ライザーの表面の形状、粗度により大きく変化する。本論では、一様流中の円柱に作用する VIV への表面粗度の影響について実験的に調査を行った。ライザー実機に近いレイノルズ数を得るために、直径 0.26m の円柱模型を用いてこれを曳航し、流体力を測定した。このとき、バネを用いて円柱模型の水平方向と垂直方向の拘束条件を両拘束、水平拘束、両非拘束の 3 種に変更し、VIV による円柱の挙動の計測を行った。また、粗度面を 2 種類作成し、表面粗度の変化による影響を調査し、以下の結果を得た。

- 1) 図 1 より、高レイノルズ数域では表面粗度が増加するに従い、抗力係数も増加する。
- 2) 図 2 より、円柱の揚力方向の挙動は、拘束条件が水平拘束の時、表面粗度が Rough #1 ($k/D = 1.939 \times 10^{-4}$) のものが広範囲でピークを持つ。

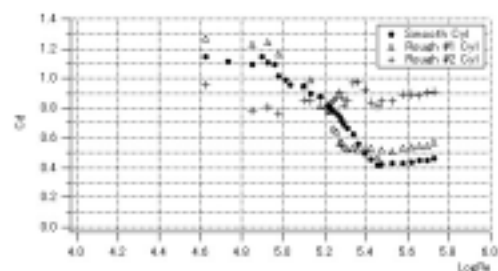


図 1 抗力係数の比較

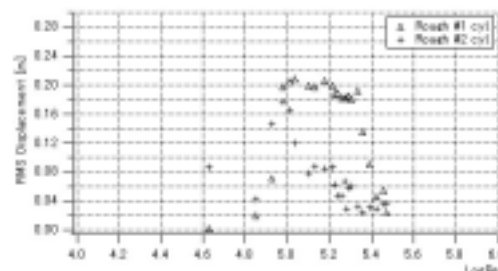


図 2 揚力方向の挙動への表面粗度の影響

Suppression of Combustion Noise and Combustion Oscillation by Thermo-Acoustic Active Control Using Secondary Flame

2次火炎を用いた熱音響的能動制御による燃焼騒音及び振動燃焼の抑制

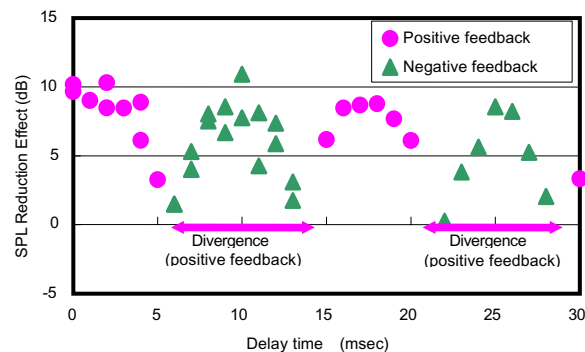
井亀優、岸武行、春海一佳、平岡克英、岡秀行
佐藤博之、林光一、西留千晶、梶原逸朗、小川哲
平成17年6月

Proceedings of ASME Turbo Expo 2005

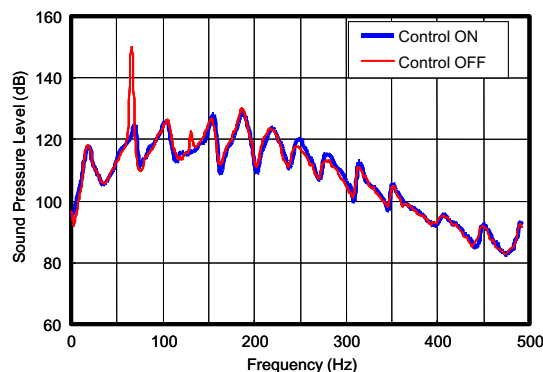
NO_x 排出を最小限に抑えるための低環境負荷燃焼技術として希薄予混合燃焼があげられる。しかし、希薄予混合燃焼は逆火、吹き消え、燃焼騒音・振動燃焼といった不安定現象を生じやすく、運転範囲が限られてしまう。本研究では、希薄予混合燃焼における燃焼騒音・振動燃焼抑制を2次火炎を用いることで抑制する制御システムを構築し、その有効性を実験的に確認した。

まず、時間遅れ制御により、10dB以上の圧力変動抑制を実現した。抑制効果は時間遅れについて周期的であり、圧力変動を圧力変動で打ち消す能動騒音制御の原理に基づき振動燃焼抑制がなされていることが確認された。

さらに、能動騒音制御で用いられる H₂/H_∞混合アルゴリズムを用いたコントローラを設計し 30dB 近い振動燃焼抑制が実現された。



時間遅れ制御における効果の周期性
(○：正帰還、△：負帰還)



H₂/H_∞混合制御による振動燃焼抑制

Roll Motion of Ro-Ro Passenger Ship with Flooded Vehicle Deck

浸水車両甲板を有するRo-Ro客船の横揺れ運動
藤原敏文、原口富博

平成17年6月

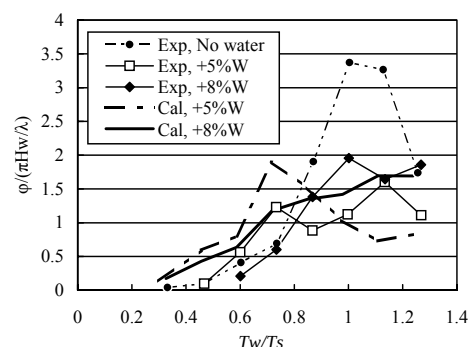
International Journal of Offshore and
Polar Engineering

1994年のRo-Ro客船エストニア号沈没事故は、船首から海水が車両甲板上に多量に進入し、復原性能を悪化させたことが原因であると考えられている。その様な事故を再発させないためにIMO(国際海事機関)では、船の安全性を確保するための検討が行われてきた。

本論文では、Ro-Ro客船の損傷時復原性を検討するために、船内滞留水を有する船の横揺れ運動推定法の有効性について調査した。復原性基準で対象としている横波で前進速度が無い状態を想定し、運動推定モデルは横揺れと滞留水の変動を連成させた2自由度運動方程式とした。推定結果と比較を行うために当所実験水槽にて横波中運動計測実験を実施した。実験状態は波周期、波傾斜を変化させた。また、2種類の滞留水量で横揺れ運動の違いを調査した。

その結果、以下のことが明らかになった。

- 1)横揺れと滞留水の変動を連成させた2自由度運動方程式による計算結果は、実験結果とほぼ一致した(下図参照。なお、縦軸は無次元横揺れ角、横軸は無次元波周期を示す。)
- 2)実験では同調横揺れ周期付近で滞留水の影響による非定常運動が発生した。計算結果にも同様の現象が現れ、推定法の有効性が確認できた。
- 3)従来の運動推定モデルでは、滞留水の変動が省略される場合もあった。しかし、本検討により横揺れ運動を推定する上でその影響は非常に大きく、無視できないことが明らかになった。損傷・浸水時での船の安全性を検討する際には、滞留水変動を船体運動モデルに含めた計算を行う必要がある。



図：滞留水を有する Ro-Ro 客船の横揺れ運動推定結果と実験結果の比較