

所 外 発 表 論 文 等 概 要

太平洋定期船航路のシミュレーション

Simulation of Pacific Liners Movements

勝原光治郎、松倉洋史、久保 登、小林 充

平成 15 年 5 月

平成 15 年度日本造船学会春季講演会予稿集

太平洋定期船航路は船社が互いに競争に凌ぎを削りつつ、同時にアライアンスを組みコスト削減・サービスの維持に努め、運賃については荷協との妥協を図っている。今日もアジア発米国行きの貨物は増加し続け、船型はどこまで大きくなるのか注目を浴びている。

そのため、はじめに船型は物流によって左右されるというモデルを示した。太平洋定期船航路において運ぶコンテナ量によって平均船型が決まっている。運ぶコンテナ量は船社アライアンスのサービスである航路数に左右される。アライアンスという工学外的要因が工学に決定的影響をもたらしている。このようなアライアンスのサービスの消長による影響を具体的にシミュレーションによって示す。

まず、米国税関の輸出入貨物データ(PIERS データ)を用いて現状のコンテナ輸送の分析とコンテナ船の船舶動静をシミュレーションした。これにアライアンスの組替えが起こったときの物流変化の下で最適船型を求める。

さらに、シミュレーションを発展させるために荷主の行動を米国税関データに基づいて考察した。船社は今日 SCM (サプライチェーンマネジメント、生産から販売までの全行程を最適化する管理方法)で最適化された企業物流の一翼を担うパートナーとしての使命が課せられており、特に優良荷主とのコントラクトを最優先にすると考えられる。そのため、荷主動向をシミュレーションに組み込む手法を今後検討する必要があることを述べた。また、船社のビジネスモデルがウィークリー配船からデیلی配船に変化することが必要であることも述べた。

金属ピリチオンの水溶液における光分解

Photodegradation process of metal pyrrhione
in aqueous solutions

石神麻希、熊倉陽、山口良隆、柴田清、

山田康洋、千田哲也

平成 15 年 6 月

第 12 回環境化学討論会講演要旨集

船底防汚塗料に使用されていた有機スズ化合物は巻貝に対する内分泌攪乱作用などの毒性のために国内外で使用が禁止され、それに替わる物質が数多く開発された。それら代替物質のなかで代表的なものに金属ピリチオン化合物がある。金属ピリチオン化合物は太陽光によって容易に分解し、環境中に残留しにくいといわれているが、分解挙動やその分解生成物、さらにはそれらの毒性については必ずしも明らかではない。そこで本研究では船底防汚塗料に多く用いられているカップピリチオン(CuPT)とジンクピリチオン(ZnPT)の光分解挙動の追跡と分解生成物の同定を試みた。

CuPTおよびZnPTそれぞれの水溶液について紫外可視吸収スペクトルの測定を行った結果、CuPT 水溶液では 238 及び 310 nm に、ZnPT 水溶液では 240、276 及び 328 nm に吸収ピークが観察された。これらの水溶液にキセノンランプ光を照射すると、それぞれの特徴的なピーク強度は減少し、代わって 260 nm に微細構造を有するスペクトルに変化した。さらに光照射を続けるとこのピークも消滅した。これらの観察結果から、CuPT および ZnPT の光分解はある中間的な分解生成物を經由する少なくとも 2 段階の過程を経て起きていること、および CuPT、ZnPT のいずれであっても同じ中間生成物を生成していることが推察できた。また、これらの観察結果は照射する光強度を変化させても同一であった。

得られたスペクトル変化から光分解反応は 2 段階の擬 1 次反応で進行していると仮定し、複数の光照射強度について CuPT および ZnPT の反応速度定数を見積もった。その結果、ZnPT の方が CuPT に比べて速度定数が大きく、同じ光照射条件では ZnPT の方が容易に分解することが分かった。また両者の第一段目、第二段目とも反応速度定数は光強度に比例することが明らかになった。

金属ピリチオン化合物の分子構造より 260 nm に吸収ピークを有する中間生成物の候補を推定した。それら候補物質の標準試薬水溶液の紫外可視吸収スペクトルを測定し、中間生成物のスペクトルと比較することによって、それらの同定を試みた。その結果、ピリジン-2-スルホン酸(PSA)のスペクトルが分解過程のスペクトルとよく一致し、光照射による主生成物であることが明らかになった。

Local structure of low concentration Zinc pyrrhithione in aqueous solution

低濃度水溶液中のジンクピリチオン局所構造

山口良隆、熊倉陽、山口有朋、山田康洋、

千田哲也、朝倉清高

平成 15 年 6 月

第 12 回 XAFS 国際会議

トリブチルスズ(TBT)やトリフェニルスズ(TPT)に代表される有機スズ化合物は、船底や魚網の汚損を防止するために防汚剤として使用されてきた。しかしながらインボセックスなどに見られるような深刻な海洋汚染を引き起こした。そのために国際海事機関(IMO)で有機スズ使用禁止の条約の枠組が合意された。

このように有機スズ化合物禁止の方向にともない、代替物質が使用されている。これらの物質について、物性を調べる事は重要である。そして得られた情報は、毒性予測や汚染防止の資料となる。本研究では、水環境中で新規防汚剤分子の微細構造について観察を行い、どのような状態で存在をしているかを判断する。

防汚剤として多く使用されているジンクピリチオン水溶液を X 線吸収分光法の一つである X 線吸収微細構造(XAFS)の蛍光法を利用して計測を行った。実験は、高エネルギー加速器研究機構フォトンファクトリーの BL-9A のビームラインで行った。微量分析のために検出は、蛍光モードを用いて、半導体検出器(SSD)を使用した。SSD は銅フィルター及びソーラースリットを用いてバックグラウンド及びノイズを軽減させた。

結果として水溶液中の 3.6ppm ジンクピリチオンの亜鉛 K 吸収端が観察できた。この得られた水溶液中のスペクトルは、固体で計測したものと異なっている。水溶液中では、固体と状態が異なる可能性があることを示している。本研究は、XAFS 法が微量の汚染についても構造情報を得ることができ、さらには海洋汚染物質の挙動解明のサポートができる手法である事を示している。

高エネルギー及び大強度放射光用 フラックスモニター電離箱の開発

Development of ionization chambers for
high-energy or high-intense synchrotron
radiation

成山展照、谷口真吾、小田野直光、

大西世紀、岸 紀行

平成 15 年 9 月

日本原子力学会 2003 年秋の大会要旨集

SPring-8 放射光に関しては、偏向電磁石からの 100keV 程度の高エネルギー光子あるいは挿入光源であるアンジュレータからの低エネルギーかつ大強度光子がその特長として挙げられる。それらの強度を精度良く一定時間モニターする方法としては、一つに自由空気電離箱がその精度および信頼性の点から適していると考えられる。しかし、高エネルギー光子が発生する電子、たとえば 150keV 電子の飛程は 26.5cm に達し、その値から製作した電離箱はサイズが非常に大きなものとなり、飽和に必要な電圧も非常に高くなってしまふ。ところが、コンプトン効果が支配的になり、その電子エネルギーが光電子より小さいことを考慮すれば、よりコンパクトであってもそれほど電子の逃げは大きくならないと期待される。アンジュレータからの光子については、逆に極板間隔を極限にまで詰めて電場勾配を上げた電離箱を試作し、SPring-8 アンジュレータビームラインの中でも最も大強度の光子を用いてその飽和特性を調べた。

本研究では、電極間隔の異なる 2 種の平行平板自由空気電離箱を製作した。一つは、高エネルギー光子用の電極間隔 85mm の電離箱であり、もう一つはアンジュレータ用の電極間隔 4.2mm の電離箱である。高エネルギー光子の照射は、SPring-8 の BL20B2 および 38B1 ビームラインにて行い、大強度光子照射は BL40XU ビームラインにて行った。BL40XU の放射光は準単色光子である。偏向電磁石ビームラインでは、リファレンスモニターとして 30-40keV 光子には極板間隔 50mm の電離箱を、50keV 以上の光子にはシリコン PIN フォトダイオードを用いた。

高エネルギー放射光に対する電離箱測定値のリファレンスモニター測定値に対する比は、80-150keV において最大 2.2%低下した。電子損失はモンテカルロ計算コード EGS4 を用いてシミュレーションを行ったが、実験結果とよい一致を見た。すなわち、80-150keV における最大 2.2%の低下は電子損失に起因すると考えられる。また、この結果を校正定数に用いることにより、精度 1%程度で強度モニターできる。

大強度光子照射が可能な BL40XU にて ID ギャップが 14.3mm、すなわちピークエネルギーが 12keV の場合に電離箱への印加電圧を 3kV まで変化させた時の飽和特性を調べた。光子強度は単色を仮定して算出し、 10^{13} 光子/秒に対しては飽和を得たが、 10^{14} 光子/秒に対しては再結合が生じた。また、ID ギャップを小さくした場合、すなわちピークエネルギーを 8keV に下げた場合、 10^{13} 光子/秒の強度に対して飽和を達成できなかった。

Study on Estimation of Original Location of Water Sampled through Inlet Set on Volunteer Observing Ship
 海洋観測用の船体に設けられた取水口から取水される流体の上流起源推定の研究
 日夏宗彦、塚田吉昭、富田宏、
 原島省（国立環境研究所）
 平成 16 年 2 月
 Journal of Advanced Marine Science and
 Technology Society Vol.9, No.1

国立環境研究所では、定期航路を航走するフェリーを使って海水を常時サンプリングし、収集した海水に含まれる栄養塩やプランクトン等を調べることで、海洋健康度をモニターしてきた。しかしながら、航走する船体から取水されたサンプル水が、本来海洋のどの深さに存在していたかを知ることは、データを詳細に解析し解釈を加える上で重要な要素の一つである。これを明らかにするため、海上技術安全研究所において、模型船による実験を行い、船体取水口から取水されるサンプル水の上流起源を実験的に調べた。また、CFD(Computational Fluid Dynamics)による数値シミュレーションを行い、サンプル水の上流起源を数値解析によって推定した。これと実験結果を比較したところ、両者でよい一致が得られた。得られた結果によれば、今回用いた船型（練習船）の場合、S.S.2-1/4、船底より喫水の 52%の位置に取り付けた取水口に流入する流体は、ほぼ水面から喫水の 13%の深さ付近に存在していることがわかった。

ただし、この結果は模型船の尺度であり、実際の船の場合に当てはまるとは即断できない。そこで、CFDにより実船尺度を用いた数値シミュレーションを行った。その結果、上流起源の深さはほとんど変化しないものの、船に対して、幅方向の位置は実船の方が、模型船の結果に比較して約半分の近さになることがわかった。国立環境研究所によるモニター結果では、水面付近に生息すると考えられている微生物が、喫水中央付近に取り付けられた取水口から採取された経験があり、今回の結果は、その妥当性を裏付けるものである。この意味で今回の研究成果は学際的に意義あるものと認められる。

AIS の現状と展望

AIS present condition and outlook for future
 福戸淳司
 平成 15 年 9 月
 日本マリンエンジニアリング学会誌 38 巻 9 号

航行に障害となる他船や漂流物の検出は、船の運航が始まって以来、航行の安全を確保する上で重要な機能となっている。当初は、他船等航行障害物の見張りは見張り員が高いマストに登り、昼夜を問わず継続して行っていた。この見張りにおける冰山検出の遅れが、例えばタイタニック号では沈没の 1 つの要因となっている。第 2 次大戦後、RADAR が実用化され他船等航行上の障害物の検出が、容易となった。この RADAR の登場は、漂流物や他船の動向の把握を容易にし、衝突の防止に大きく貢献した。

2002 年 7 月には RADAR に次ぐ新たな他船検出システムとして、AIS (Automatic Identification System:船舶自動識別装置) が、国際航海に用いられる船舶については 300GT 以上、内航船については 500GT 以上の船舶に搭載が義務付けられるようになった。この AIS の導入により、今まで得られなかった他船情報を今まで以上に正確に、そして自動的に得られるようになった。

本稿では、AIS 機能概要、AIS の利用形態と今後の動向について解説した。

AIS 機能概要では、AIS の原理ややりとりされる情報について紹介すると共に、従来得られていた情報と比較して優れた点として、

- (1) 輻輳した海域でも相手船を特定して通信が可能となる点
- (2) 島影等 RADAR で得られなかった他船情報の取得が可能となり、瀬戸内海等で有効である点

を紹介した。

また AIS の利用に関しては、

- (1) 現在、AIS 情報の表示について、操船者に混乱を与えない様、何にどのように表示するかが問題になっており、IMO (国際海事機関) や IEC (国際電気標準会議) でその標準化が進められている事

- (2) 衝突予防の観点から AIS 情報の有効な使い方の検討がなされており、その一環として実施されている海上技術安全研究所での研究内容

- (3) 陸上からの船舶の動向監視への AIS の利用について、その現状を紹介した。

STUDY ON AN AUTOMATIC SHIP DETECTION SYSTEM AND ITS INFORMATION DISPLAY

船舶自動検出システムと
そのデータの表示に関する研究
福戸淳司、今津隼馬、桐谷伸夫、Egil Pedersen
平成 15 年 9 月

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

衝突を回避する上で自船の周りの他船に関する情報は、操船支援システムにとって重要な入力情報である。従来こうした情報は、レーダ / ARPA により収集され支援システムに入力されてきた。しかし、こうした作業には専用のレーダオペレータが必要であり、1 名当直を想定した操船では、現実的ではない。

一方、支援システムで処理された情報についても、従来、レーダ或いは電子海図等二次元画面上に表示されていたが、表示される情報は全ての船舶の情報を網羅したものではなく船橋からの景観の監視は今後も重要となるので、支援情報を当直者への負担が少なく有効な手段で提供する必要がある。

本論では、他船情報の自動的な取り込み方法として、船舶自動識別システム (AIS) と、赤外線或いは暗視カメラによる景観ビデオ画像の画像処理による障害物検出システムを組み合わせた手法を提案し、その現状を紹介した。

また、他船情報を見張りを中断せずに有効に提供する方法として、単眼の透過型ヘッドマウントディスプレイを用いた情報表示方法を提案し、表示情報としては、電子海図形式、簡易景観画像形式、OZT (Obstacle Zone of Target) 形式及び VCASS (Visualization-based Collision Avoidance Support System) 形式の他船情報表示を可能とする試作システムを作成した。

この内の一部の表示形式で、シミュレータ実験を行った結果、AIS 等から得られる多量の情報は操船判断に不必要な船舶の情報も含み表示画面上を蔽いつくす場合もあり操船判断に支障が出ることがわかった。このため、操船判断に必要な船舶の情報を残す適切なフィルタリングを施す必要性がある事が分かり、今後の課題となった。

航行情報の統合と表示に関する研究

Study of the Integration and Presentation of
Navigational Information

今津隼馬、藤坂貴彦、福戸淳司、大竹祐一郎
平成 15 年 5 月

日本航海学会論文集第 108 号

従来、相手船に関する情報源としてはレーダと船橋当直者の視覚があったが、これに AIS (船舶自動識別装置) が加わり、3 種類の手段で相手船情報が収集されるようになった。こうした情報を有効に活用するためには、この 3 つの情報を個別に操船者に与えるのではなく、情報を統合し理解しやすい形で提供することが必要である。

情報統合及びその表示方法として IEC (International Electrotechnical Commission) は、レーダ画面上に AIS 情報と海図情報を重ね書きする方法について検討を開始した。しかしながら、この方法では、最も馴染みの深いもう一つの情報源である視覚について考えていない。視覚情報は船橋当直者にとって最も有効とされる情報で、これを無視しての統合は望ましくない。

そこで本論文では、相手船に関する主要な情報源である視覚情報の代わりにカメラで撮影した画像を使い、これとレーダ情報及び AIS 情報を統合する新しい方法を考案した。

提案する方法は、カメラで捕らえた画像を背景とし、その上に対応する他船に重畳する様に、レーダ情報や AIS 情報をプロットする簡単な方法である。この方法では、視覚情報の質を落とすことなく、3 つの情報源による情報を同一画面に表すことができ、しかも表示された情報は船橋当直者にとっては判りやすく、情報源の違いによる情報のズレの有無を簡単にチェックできる。さらに、この画像に OZT (Obstacle Zone of Target) や計画航路などを書き込めば、自船行動決定の支援にもなる。ここでは、情報統合・表示法について提案すると共に、その課題について述べる。

フェールセーフとしての 衝突座礁回避システムの開発

Development of collision and stranding avoidance system as a fail safe system for human error

福戸淳司、桐谷伸夫、沼野正義、今津隼馬
平成15年7月

第33回安全工学シンポジウム講演集

海上技術安全研究所では、1名での運航を目指した操船支援システムの研究開発を平成4年度より6年計画で進めており、製品化とその事後評価を民間と共同で行った。このシステムは、現役船員に高い評価を得たが、衝突座礁等危険回避支援機能については良い評価が得られなかった。そこで、衝突座礁に注目して、使い易く当直者の機能不全等で衝突座礁の危険が生じた場合でも、適切な処置を自動的に行い船舶の安全を確保できる支援機能の開発を平成12年より5年計画で行っている。本報告では、この衝突座礁回避システムの研究の3年間の成果を紹介する。

障害物の回避作業は、現在まだ自動化はされておらず、当直者が航海機器等から与えられた情報と船橋からの景観及び経験から望ましい行動を判断し、それに基づいて回避操船を行っている。この時、当直者の役割は大きく、見落とし等による状況認識の誤りや誤判断及び居眠り等の機能不全は致命的な結果をもたらす。

この際の対策としては、(1)当直者に状況認識が容易にできる情報提供、(2)当直者の誤りを指摘して訂正を促すと共に代替案を示す機能、(3)当直者による回避行動が間に合わない場合、自動的に回避する機能が挙げられる。

そこで、衝突座礁回避システムにこれらの要素を組み入れて、当直者のヒューマンエラーに対応するフェールセーフシステムを構築している。

衝突・座礁の危険判断は、衝突については電子化された他船情報を、座礁についてはDGPSによる正確な測位技術と電子海図情報とを組み合わせで行う。少人数操船の場合は自動的に電子化された他船情報得る必要がある。このために開発した船舶自動識別システム (AIS) 及び赤外線ビデオカメラ画像等の画像処理技術を用いた他船情報の自動収集機能について紹介する。

また、衝突座礁回避支援機能として、他船との衝突危険評価、当直者への適切な危険通報、避航操船計画の立案及び他船との相互通信による協調避航操船機能を開発しつつある。この内、現在、他船との衝突危険評価、当直者の適切な状況認識を支援する他船情報表示インタフェースの検討及び簡易避航アルゴリズムの紹介を行う。

最後に現在開発中の自動危険回避機能の概要を紹介する。自動危険回避機能は、当直者の適切な行動が得られない場合に、船舶を衝突の危険から安全に保つ機能である。しかし、自動危険回避開始のタイミングは大きく取りすぎると、不要で頻繁な自動回避行動を誘発し、通常の操船に支障をきたす。このため、航行環境と自船の操縦性能を考慮して、衝突座礁時の緊急回避が可能な限界のタイミングを判断し、適切なアクションが起こされない場合に自動的に必要最小限の回避行動を取る機能として、開発を進めている。

低エネルギー光子に対する人体ファントム内線 量分布測定のためのドシメータ応答計算

The response calculation of dosimeter for the

purpose to estimate the exposure doses distribution for human phantom at low energy

成山展照、近内亜紀子、大西世紀、小田野直光
平成15年8月

KEK Proceedings、EGS4研究会論文集

放射光のようなビーム状放射線を局所被曝した場合の

線量分布を調べるため、人体ファントムを製作した。人体ファントムは、頭部を含み腕部を除く大腿部から上の部分から成り、肺、肝臓、腎臓、軟組織、骨等の主要な臓器が含まれる。全体は水平面に7層でスライスされ、線量計を挿入できるよう、薄い溝が各層十数カ所に設けてある。胃と食道は空腹状態を模擬している。各臓器の組成はCTスキャンによる測定を基に大きく8通りに分けられ、光子減衰係数、エネルギー吸収係数および電子阻止能を各々計算した。その値を、ICRU Report46のデータと比較した。光子減衰係数およびエネルギー吸収係数においては臓器による差異が見られたが、電子阻止能の値は臓器間ではほとんど見られなかった。

人体が受ける影響を正確に測定するには、低エネルギー光子や電子の場合なるべく乱さず各種の補正を小さくする必要がある。そのためには、用いる線量計 (ドシメータ) は薄く各臓器の組成と等価なものでなければならない。そこで、各臓器に対して最適な応答値をもつ素子を選択するため、空洞理論に基づく計算およびEGS4モンテカルロコードを用いた計算を行った。光子エネルギーは30~200keVを対象とし、線量計には熱蛍光線量計素子LiF、CaF₂、Mg₂SiO₄、Al₂O₃等を用いた。

実際には、線量計の応答値はエネルギー沈積に基づく計算だけでは予測できず、発光効率など測定に基づくデータも加味しなければならない。その評価は、空気中における応答測定値と計算値を比較することにより行った。単色光子を用いた実験については、SPRING-8においても実施する予定である。

船底塗料の環境問題に関する取り組み

Analysis of photodegradation products
from zinc pyrithione by LC/MS

山口良隆

平成15年8月

化学と教育 平成15年8月号

トリブチルスズ(TBT)類などの有機スズ化合物は付着生物に対しての防汚性能が非常に良く、急速に普及した。しかし海洋環境において有機スズ化合物を大量に使用した事により、多様の海洋汚染が起こり有機スズ化合物の使用規制が始まった。日本では「化学物質の審査及び製造などの規制に関する法律」(化審法)に基づいて規制が行われている。また世界的にも国際海事機関(IMO)の海洋環境保護委員会(MEP C)において船底防汚塗料の有機スズ化合物の取り扱いについて審議がなされ、2001年に「船舶についての有害な防汚方法の規制に関する国際条約」(AFS条約)が採択された。この条約中で有機スズ化合物に代わる防汚物質について科学的な環境影響評価を行うことや新規防汚システムの開発を推奨している。

新規代替品は有機スズ化合物の反省より海洋環境流入後に残留しないように速やかに分解するものが多く採用されているが、分解後の挙動や分解生成物の毒性に研究例が少なく環境への影響について明らかなものは少ない。既存の試験法は難分解性物質が対象であり、必ずしも新規防汚剤については対応しきれなくなっている。新規防汚剤が海洋環境へ流出後にどのような分解をするか生成物と経路の特定を行い、最終的には環境中の水生生物へどのように影響を及ぼすかという評価手法の確立を考えている。そこで今回は新規防汚剤で多く使用されているピリチオン化合物を使用して分解挙動の追跡を行った。

海洋環境中では、加水分解、生物分解、光分解が考えられるが、我々は船舶より溶出後のすぐの海洋表層で起こる光分解に焦点を絞り研究を行った。光源はキセノンランプを使用した。光分解過程の観察のために、紫外可視吸光度計でジंकピリチオンの吸収の変化を追跡した。

分解反応は、ジंकピリチオンの固有の吸収から、260 nm に出現する分解生成物の吸収を経て、特徴のないスペクトルへ変化する。260 nm にピークを持つ物質は環境中の滞在時間が長く、また元の物質の構造と吸収スペクトルよりピリジン環を持つ化合物であると考えられる。この情報をもとに液体クロマトグラフ質量分析装置(LC/MS)やガスクロマトグラフ質量分析装置(GC/MS)で物質の同定を行い、水生生物に対する毒性試験を行う。

Fourier NUBS Method to

Express Ship Hull Form

Fourier NUBS 法による船型表現

日夏宗彦

平成16年5月

Journal of Marine Science and Technology

Vol.9, No.1

CFDを用いた船型最適化のためには、実用船型をできるだけ少ないパラメータを用いて数式表現する必要がある。船型変形を数式表現する際、陽関数表現とパラメータ表現の2種に大別される。陽関数表現の一つとして正弦関数系を用いる方法があり、広く利用されている。しかし、この方法では採用する関数系で変形パターンが拘束される欠点がある。一方パラメータ表現の例として、制御点位置を変数としたBezier曲線、B-Spline曲線を用いる方法がある。この方法は自由度が高いが、制御点をどのように設定するかに工夫が必要である。

本研究で提案する方法は、後者の方法に分類される。船型表現はノットベクトルを不均一に配列可能なNUBS(Non Uniform B-Spline曲線)を用い、制御点の設定にはFourier 級数展開式を利用した。Fourier 級数展開は項数を増やせば任意の曲線を精度よく表現しうるが、局所的なovershoot が見られるなど、そのままでは実用船型の表現法として利用しにくいので、本研究ではFourier級数で得られた制御点をB-Spline曲線で平滑化させる方法を提案した。

本方法の有効性を示すため、タンカー船型を本法で表現した。その結果、Fourier級数で11項とれば原船型とほぼ一致する船型が得られ、今回の方法で実用船型が十分表現可能であることが確かめられた。

一方、船型最適化では少ないパラメータで実用船型を表現できることが重要である。そこで、Fourier 級数11項で制御点を表したタンカー船型に対して、最初の3項の係数のみを変化させたとき、どの程度船型が変形されるか調べた。その結果、船尾フレームラインにおいてU船型からV船型まで実用船型の形状を維持しつつ表現可能であることが確かめられた。このことから、本方法を用いればフレームライン一本につき未知数3個で表現できるので、仮に船体を船長方向に20本のガース線で表現すると、実用的な船体形状を表現するのに必要な設計変数の総数は60個となる。今後の計算機の機能向上を考えると、この数は船型最適化に利用可能な範囲と思われる。今後の課題としては、船首尾端の処理方法、ツインスケグ船型のようにガース線が多価関数となるような船型についての処理方法の工夫を考える必要があることがあげられる。

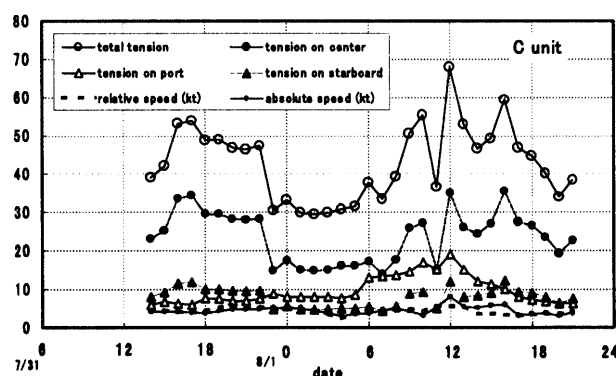
At-sea towing of a Mega-Float unit メガフロートユニットの実海域曳航 原 正一、山川賢次、星野邦弘、湯川和浩 平成16年1月

Journal of Marine Science and Technology
Vol.8, No.3

メガフロート技術研究組合の「超大型浮体式海洋構造物の研究開発」のフェイズとして、長さ 100 0m、幅 60m（一部 120m）、深さ 3mの大型の浮体構造物による海上空港モデルの実証実験が1998年度より3年計画で開始された。この浮体式海上空港モデルは、滑走路をA、B、Cの3ユニットに分割して製作し、実験海域まで曳航され洋上接合して完成させる工法が採られた。

著者らはAユニット（長さ 383m、幅 60m、深さ 3m、喫水 0.5m）とCユニット（長さ 359m、幅 60m、深さ 3m、喫水 0.5m）の2つの超大型浅喫水浮体ユニットの太平洋沿岸（知多および津から横須賀までの航路）の実機曳航の際に計測の機会を得て、主に曳航索張力、甲板歪みの船の長さ方向の分布について実機データを取得することができた。曳航時の索張力を推定するために、超浅喫水浮体を低速で曳航する際の摩擦抗力係数をPrnddtl-Schlichtingの式を用い、圧力抗力係数は1.0とした。浮体ユニットの係留ための突起物を考慮すると、推定値は実測した曳航索張力と比較してほぼ妥当であった。また、曲げモーメントについて、数値計算を行い計測値と比較した。流体力は喫水がゼロと見なす圧力分布法を適用し、浮体構造を有限要素法の弾性平板と見なして曲げモーメントを求めた。フルード数は0.05以下であるため曳航速度は無視した。計測時の波高は1.0mと比較的穏やかな海象条件であったが、両者には良好な一致が見られた。

下図は、Cユニットの曳航抵抗の時系列で、遠州灘周辺における曳航浮体に対する逆流の影響により最大70tfの曳航張力が計測された。



C ユニットの曳航時の速度と索張力の時系列

Research on Dissociation Properties of Methane Hydrate Pellets -Use of Gas Hydrate for Natural Gas Sea-borne Transport (2nd Report) -

メタンハイドレートペレットの分解特性に関する研究 - 天然ガス海上輸送のためのガスハイドレートの利用（第2報） -
城田英之、疋田賢次郎、中島康晴、太田進、岩崎徹

平成15年11月

3rd International Workshop
on Methane Hydrate R&D (Chile)

現在、日本で消費される天然ガスのほとんどは-150の低温で液化され、液化天然ガス（LNG）キャリアによって貯蔵・輸送されているが、こうした方式は液化によるエネルギー損失が非常に大きい。ガスハイドレートの自己保存効果や高密度ガス包蔵性を効果的に利用することができれば、従来のLNG方式よりも高温・低圧で天然ガスを輸送できる可能性がある。以上の観点から筆者らは、2001年より三井造船株式会社及び大阪大学と共同で、未開発の中小ガス田を対象とし天然ガスハイドレート（NGH）をペレットに加工して海上輸送するための研究を実施している。

本論文では、これまでに得られたメタンハイドレートペレット（MHP）の自己保存性についての成果のうち、以下の2点について報告する。

(1) 既報の簡易実験よりも高い精度でペレットの温度を制御することが可能な自己保存性実験装置を製作した。これを用いて、ばら積み状態にあるMHPの分解ガス量を設定温度-5~-15について求めた。MHPの分解速度が温度の低下に伴って単調に低下する現象が見られ、本結果は簡易実験の結果と定性的に一致するものであった。なお、Sternらが指摘したような自己保存性の複雑な温度依存性は観察されなかった。

(2) 船体動揺を受けるばら積み貨物としてのMHPの自己保存性を評価するため、静的荷重試験を実施した。試験結果は、静的荷重がMHPの分解に一定程度の影響を及ぼしている可能性を示唆するものであった。しかしながら、静的荷重が分解速度に与える影響は、試料の絶対温度が分解速度に与える影響と比較すると、相対的に大きくないものと予想される。

Simulation of a single bubble rising along an inclination surface

傾斜面に沿って上昇する単一気泡のシミュレーション

陳 斌、川村隆文、児玉良明

平成15年12月

第17回 数値流体力学シンポジウム

1. 緒言

近年、壁乱流境界層への微細気泡の注入により、水中を進む物体に対する摩擦抵抗の低減効果が見られることが実験室および実験船レベルで証明されている。しかし、残念ながらそのメカニズムは現在に至るまで明らかにされていないために、一定の気泡量における抵抗低減率を改善することは非常に困難である。実験により得られる情報が十分でないことは明白であることから、メカニズムを解明する手段として数値シミュレーションを使い、流れの詳細情報を得ることが有望視されている。しかしながら、高性能のコンピュータを用いても、抵抗低減の過程で重要となる気泡と壁面の相互作用をシミュレートすることは未だ困難である。そこでより単純なケース、例えば壁近傍における単一気泡の挙動を研究することが、気泡と固体境界の相互作用を理解するための有効な方法のひとつである。

低～中レイノルズ数での壁近傍における単一気泡のシミュレーションを行い、その後、産業界でとくに重要になるであろう傾斜面に沿って上昇する気泡に注目した。

2. 数値計算法

移動している2つの流体間の境界面を示すためには何通りかの方法がある。今回のケースでは界面の衝突や合体が無いことを仮定する。そこで、境界面を直接追跡することで、境界面の計算をより精密に行うことができる界面追跡法を選択した。また、液相、気相とともに非圧縮性流体として扱い、応力の連続性を境界面で実現した。それぞれの相における支配方程式はNavier-Stokes方程式と連続の式である。個々の気泡を中心位置と2次元球面グリッド上に定義される半径の分布によって表現し、球面調和関数に展開することで、少ない格子点数で気泡の変形を取り扱うことを可能とした点が特長である。

3. まとめ

計算結果と実験結果の比較をもとに、数値計算法の有効性および傾斜面に沿って上昇する単一気泡周りの流れの詳細な構造を明らかにした。

Numerical investigation of bubble behavior near solid wall

固体壁近傍の気泡挙動に関する数値的研究

陳 斌、川村隆文、児玉良明

平成15年12月

第9回 非線形・自由表面流れに関するシンポジウム

固体壁近傍の気泡挙動に関する研究は、理論としてだけでなく工業的にも重要であり、例えば、壁乱流境界層への微細気泡の注入により、水中を進む物体や、プール沸騰において水平パイラチューブ裏面に沿って上昇する気泡に対する摩擦抵抗の低減効果が見られることが実験で証明されている。しかし残念ながら実験結果からはそのメカニズムは現在に至るまで明らかにされていたために、気泡の挙動を予測することは非常に困難である。メカニズムを解明する手段として数値シミュレーションを使い、流れの詳細情報を得ることが有望視されている。しかしながら、高性能のコンピュータを用いても、抵抗低減の過程で重要となる気泡と壁面の相互作用をシミュレートすることは作用の非直線性のために未だ困難である。気泡と固体境界の相互作用を理解するためには、より単純なケース、例えば壁近傍における単一気泡の挙動を研究することが有効な方法のひとつである。その中でも、本研究で調査対象とした壁近傍の単一上昇気泡は、信頼性のある実験データを得ることができるので好適である。

今回のケースでは、境界面を直接追跡することで、境界面の計算をより精密に行うことができる界面追跡法を選択した。また、液相、気相とともに非圧縮性流体として扱い、応力の連続性を境界面で実現した。それぞれの相における支配方程式はNavier-Stokes方程式と連続の式である。個々の気泡を中心位置と2次元球面グリッド上に定義される半径の分布によって表現し、球面調和関数に展開することで、少ない格子点数で気泡の変形を取り扱うことを可能とした点が特長である。

壁近傍における単一上昇気泡の形状・上昇速度・軌跡をレイノルズ数1.89から1160の広い範囲において、さまざまな液体で数値的に詳細を調べた。速度の計算結果は実験結果に合致した。シミュレーションでは、壁面誘起揚力による気泡の側面への移動が再現され、推定される気泡の軌跡も実験結果と定性的に合致した。気泡周辺の速度場を調べたところ、壁面垂直方向の速度成分の抑制が壁面誘起揚力の原因であることが示唆された。

楔形物体の2次元水面衝撃落下問題に対する MPS法の適用について

On the Application of MPS Method to the
Two-Dimensional Water Impact Problem b
y
Wedge

山田安平、辻本勝、南佳成、谷澤克治

平成15年11月

日本機械学会第16回計算力学講演会

船舶の船首船底部が航行時に受ける水面衝撃によるスラミング荷重の推定は、船体構造強度上、重要なファクターの1つであり、更なる推定精度向上が期待されている。

本研究では、水面衝撃に関する古典的問題であるくさび形物体の2次元水面衝撃落下問題に対し、近年開発されたMPS法を適用し、生じる圧力、荷重をWagnerの理論解と比較し考察した。その結果、Wagner理論では接水端部において、 $-\infty$ の圧力になってしまうのに対して、MPS法では有限値を得ることができ、かつ、水平方向の水面の盛り上がり及びスプラッシュの再現により、接水端の圧力が徐々に上昇していく過程を捉えられることが分かった。また、接水端部の圧力最大値は、Wagner理論に比べ高い値となり、圧力値を精度良く推定するためには、粒子数を多くする必要があると考えられる。楔両端部については、境界条件の影響が大きくWagner理論と大きく異なる結果となるが、境界条件影響が小さい楔表面中央付近においては、比較的良好に衝撃荷重を推定できることが分かった。本計算では、楔の左右対称性を考慮して1/2モデルを用いたが、今後、有用なデータを得るためには、境界条件の影響除去が必要であり、そのためには、楔全体をモデル化すること及び船側をモデル化すること等の工夫が必要と考えられる。

帆装商船

Sail-assisted Merchant Ships

上野道雄

平成16年1月

日本造船学会誌テクノマリノ

1973年の第1次石油危機を契機として船舶の分野でも帆装によって省エネ化が進められた。新愛徳丸の例では20%程度の帆による省エネ効果を示して帆装商船の有効性を実証するとともに帆の副次的な効果として耐航性能の向上も示すという成果を上げた。しかし、その後原油価格の下落に伴い運航費に占める燃料費の割合が低下して帆の保守・維持費用が無視できなくなるに至り、帆を撤去する船も出るなど今日では当時の型の帆装商船はほとんど姿を消す状況となった。

デンマーク環境省は帆装商船の研究を1995年から2000年まで2期にわたって実施した。この研究ではスラットとフラップを採用した非対称硬帆が風洞実験や数値計算などによって揚力係数3.2という非常に高性能の帆であることが示された。水面下の船体形状についても船首フィンおよび収納式の船尾フィンを検討するなど様々な面から斬新ともいえるアイディアが検討された。しかし、ウェザールーティング等も含めた経済性に関する検討の結果、例えば北大西洋航路のプロダクトキャリアーの場合、平均して在来のプロダクトキャリアーより10%程度 of 非採算性を示す結果となっている。

我が国では、過去の近代帆装商船の帆とは異なるスラットと硬帆と軟帆から構成される最大揚力係数2.42の高性能複合帆の実験データが報告された。この型の複合帆に改良を加えた高揚力複合帆の研究も進められ、軟帆に矩形帆を用いた形式や硬帆と軟帆の間に隙間を設けること等で最高で揚力係数2.6程度の値を示す帆も開発された。さらに、複数の帆の干渉影響や帆と船体の干渉影響に関する研究や水中フィンに関する研究、水中フィンと高揚力複合帆を装備した船の帆走性能推定等研究もおこなわれた。

このような基礎的研究を足がかりとして、今日の社会的要請に応えられる次世代型帆装船の研究開発が北米航路を中心に運航するハンディーバルカーを対象として進められている。北太平洋では風を利用して帆の性能を最大限に利用できる可能性があるだけでなく、クレーンポストと帆マストおよびブームならびに旋回機構等を兼用することによって帆装費用の増加を抑えることが期待される。また、帆走状態における主機効率の維持を目的として最新のコモンレール方式機関の採用も検討されている。さらに、気象・海象予報の質と精度が向上している現在においては、自船で観測された気象・海象データを考慮した短期のルーティング手法の開発も含め、非線形計画法などの採用によってより信頼性の高い帆装商船用ウェザールーティング手法の開発が期待されている。

船舶の摩擦抵抗低減デバイスとしてのマイクロバブルの研究動向

Trends in Research on Microbubbles as a Skin Friction Reduction Device for Ships
児玉良明、高橋孝仁、牧野雅彦、北川石英、

堀 利文

平成16年3月

日本マリンエンジニアリング学会誌

「マリンエンジニアリング」第39巻3号

本報告はマリンエンジニアリング学会から依頼されて書いたマイクロバブル研究の動向についての解説記事である。以下に概要を示す。

マイクロバブルは船舶に適した摩擦抵抗低減デバイスとして実用化に向けた研究が行われている。マイクロバブルは船体表面などの固体壁面に沿って発達する乱流境界層内に注入された微細気泡であり、大きな摩擦抵抗低減効果をもつ。また、注入後に低減効果が下流方向に長く持続することが、長さ50mの平板模型船を用いた実験によって確認された。

長さ100mのタンカー船型について、気泡を注入するために要するエネルギー損失を考慮した正味の省エネ効果を推定すると、約5%の低減効果が得られる。独立行政法人航海訓練所の長さ116mの練習船青雲丸を用いて行った実船実験では、名目で3%、正味で2%の省エネ効果が確認された。

マイクロバブルによる摩擦抵抗低減効果のメカニズムは未だ十分に解明されていない。有力なメカニズムとして気泡によって流体の平均密度が低下する密度効果がある。実効粘性の増加による乱流減衰も1つのメカニズムである。さらに乱流変動効果があり、気泡流中の乱流を計測した実験結果により確認された。結論として、マイクロバブルは実用化の可能性が十分にあるが、メカニズムをさらに解明し、低減効果をさらに向上させることが望ましい。

Issues on Numerical Simulation of Microbubbles

マイクロバブルの数値シミュレーションの課題

児玉良明、杉山和靖、Chen Bin、川村隆文

平成15年12月

Proceedings of the 9th Symposium on Nonlinear
and Free-Surface Flows

水中に注入された微細な気泡であるマイクロバブルの数値シミュレーション手法の課題をレビューした。

まず、マイクロバブルの摩擦抵抗低減メカニズムをレビューした。その1つは密度効果である。気泡が混入すると平均密度が低下し、それに応じてレイノルズ応力成分が低下する。次に、実効粘性の増加がある。微細な気泡や粒子が混入すると、実効粘性が大きくなり、それによって乱流が減衰し、レイノルズ応力成分が低下する。最後に、乱流変動効果がある。北川らの光学的計測により、気泡の存在によってレイノルズ応力成分が低下することが実験的に明らかになった。

次に、数値シミュレーションをレビューした。川村らは、VOF法によって気泡流をシミュレートしたが、摩擦は増加した。杉山らはEL法によって気泡流をシミュレートし、気泡吹き出しの下流で摩擦が低減する様子を再現することができた。MaxeyらはBFC法を用いて、気泡が壁近傍から拡散するにつれて摩擦が現象することがシミュレートした。しかし、杉山らは同じくBFC法を用いて高次項まで含めると、摩擦は逆に増加することを示した。以上から、気泡吹き出しの下流を除いて、摩擦の低減はシミュレートできていないことが示され、その原因の1つとしてレイノルズ数の違いが指摘された。最後に、同一レイノルズ数での実験と計算が進行中であることが示された。

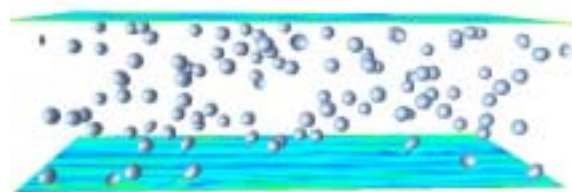


図 VOF法による気泡流の数値シミュレーション

流路内に挿入された円管列の流力振動(続報) Study on Flow-Induced Vibration of an Array

of Circular Cylinders in a Channel (2nd Report)

村田裕幸、稲坂富士夫、安達雅樹

平成16年3月

日本原子力学会2004年春の年会予稿集

既存軽水炉の供用期間延長に関連して流力振動現象に関する知見の蓄積が望まれている。本報では流路内に挿入された円管列を対象に、測定部の流路幅を前報の2倍に拡大し、挿入する円管の本数、ピッチをパラメータとして行った流力振動実験の結果について報告する。

本実験装置の測定部は幅: $W=50\text{mm}$ 、高さ 200mm の矩形断面であり、直径: $d=13.7\text{mm}$ 、長さ 190mm のインコネル円管がピッチ: $p=20\text{mm}$ で5本まで設置できる構造になっている。インコネル円管は測定部上壁で固定され、下端は自由端となっており、円管による流路閉そく比: d/W は 0.27 である。本実験では、測定部上壁から下向き 5mm の位置の円管内壁面に貼付された歪みゲージにより、円管の受ける抗力方向(x 方向)及び揚力方向(y 方向)の曲げ歪みを計測した。

測定部に単一円管を挿入した場合、前報では換算流速:

$V_r > 2.32$ で y 方向に顕著な流力振動が発生したのに対し、本実験では微小振動は起こるものの、 $V_r \leq 2.47$ の範囲で明瞭な流力振動は発生しなかった。閉そく比の低下に伴って流力振動の発生下限値が増大するのは、閉そく比の低下によりストローハル数が低下することによると考えられる。

また、円管を流れ方向に2本、配置間隔: p/d を変えて挿入した場合、下流側の円管では何れのケースでも流力振動が発生し、配置間隔が最も短い $p/d=1.46$ の場合を除いて配置間隔による変化も僅かであるのに対し、上流側の円管では $p/d=1.46$ の場合を除いて流力振動は発生しなかった。本報の実験結果は、上流側、下流側円管の挙動がほぼ同一で、何れの円管においても流力振動が発生した前報の同一の円管配置の実験結果とは顕著に異なっている。なお、本報における流力振動は $p/d=1.46$ の下流側円管のケースを除いて前報と同様の挙動を示し、変動振幅は y 方向が顕著であり、 y 方向の変動周期が x 方向の変動周期の2倍となっている。

Sampling and Analyzing Method of Tributyltin in Antifouling Paints on Ships

船舶の防汚塗料に含まれるトリブチルスズの サンプリングと分析方法

柴田清、宮田修、千田哲也、木原洗、山田康治郎

平成16年1月

International Symposium on Antifouling Paints
and Marine Environment

防汚塗料への有機スズ化合物の使用を禁止する条約が採択されたが、その実効性を確保するためには、船底塗料中の防汚物質を検査する方法が必要である。本研究では、船舶検査現場における塗膜サンプルの採取とスズ元素を対象とする1次検査、およびスズが検出された際のガスクロマトグラフ質量分析法による2次検査からなる検査方法を開発した。

船体からのサンプル採取方法は、容易で作業員間の差のない方法として、直径約 10mm の研磨紙を貼付したアルミニウム製治具を塗装面上に押しつけてモータで回転させるサンプリング装置を開発した。試作した装置を用いて、実船塗装からのサンプリングを試みたところ、分析に十分な量を採取した場合の塗装面の損傷はきわめて軽微であることが確認できた。

1次検査は、蛍光X線分析によりスズ元素の含有を検証するもので、船舶検査現場で実施可能である。分析専門家ではない船舶検査官による操作・判定を可能とするために、検査専用ソフトウェアを開発した。分析対象X線はサンプルの採取厚さの影響を受けにくいスズ $L\alpha$ 線とし、エネルギー分解能が高くかつ液体窒素等を必要としないシリコンドリフトチャンバー(SDD)型X線検出器を採用した。低レベルのスズを含有する塗膜から採取した試料を標準試料として検量線を作成して分析を行い、 0.1% 程度のスズまで分析可能であり、かつ十分な精度が得られることを示した。

スズが検出された場合は、ガスクロマトグラフ質量法を用いた2次検査により物質同定を行い、厳密に判定する。2次検査は、水試料や生物試料に対する環境分析で用いられている既存の分析方法に準拠するが、塗膜試料からの抽出等の前処理方法がないため、塗膜試料を用いて検討した。その結果、塗膜をキシレンに溶解させ、臭化プロピルマグネシウムで誘導体化した試料を、ガスクロマトグラフの5%フェニルメチルシリコンカラムに注入し、内部標準法で定量するという分析手順が適することがわかった。

シビアアクシデント時の気泡急成長による水撃力に関する研究 (第4報: 小型容器による水撃実験と水撃力評価)

Study on Waterhammer Caused by A Rapid Gas Production in The Severe Accident (4th Report : Experiment Using A Small Vessel

and Evaluation of Waterhammer)

稲坂富士夫、安達雅樹、綾威雄

平成16年3月

原子力学会2004年春の年会要旨集

軽水炉のシビアアクシデント時には、水 - 金属反応や水蒸気爆発によって大量の気体が格納容器内プール水中に急発生することが予想される。この気体急発生に伴う気泡急成長によって水塊がコヒーレント性（水塊個々の運動の同時性と同方向性）を保ったままピストン状に押し上げられるなら、格納容器内構造物には多大な水撃が作用することになる。しかしながら、水塊運動による水撃力に着目した実験的研究は、ほとんど為されていないのが現状であり、格納容器内構造物の破損確率には大きな不確定性が残されたままとなっていた。本報告では、内径0.428mの模擬格納容器（小型容器）を対象に実施した水撃実験と単一気泡成長観察実験、並びに水塊運動に及ぼす容器のスケール効果の検討と水撃力を定量的に評価する手法について述べる。

小型容器は、内径1.0mである大型容器の428/1000スケールとなっており、大型容器と同様に高圧空気をプール水中に放出することにより気体の急発生を模擬している。実験パラメータは、放出空気圧； $P_0=0.5, 1.0, 2.0\text{MPa}$ 、無次元初期水位（=水位/容器内径= H_0/D ）； $H_0^*=0.6 \sim 1.4$ とした。気泡成長観察実験は、容器の一部を同内径の亚克力管と交換することにより実施した。実験結果から、大型容器と同様に、水塊は気泡の成長と共にある高さまでコヒーレント性を保ったまま加速されて押し上げられた後、気泡が水面から吹き抜け、さらに空気を含んだ水塊群となって上方に飛散することが確かめられた。また、大型容器、小型容器の水撃データを基に、水塊がコヒーレント性を保ったまま上昇する距離、並びにその上昇速度を与える2つの実験相関式を提案し、格納容器内構造物に作用する水撃圧を定量的に評価できるようにした。その結果、仮に水塊上昇速度が最大となる気泡吹き抜け位置に構造物があったとするなら、構造物に作用する水撃圧は、 $H_0^*=0.8 \sim 1.0$ 近傍で最大値を持ち、 $P_0=2.0\text{MPa}$ の場合で約 50MPa 弱になることを示した。

流体解析における計算力学的手法と物理モデル — CFD技術と乱流解析の現状 —

Discretization Methods and Physical Models

in Computational Fluid Dynamics

- The State of CFD Techniques and Turbulence Models -

岡 秀行

平成16年3月

日本マリンエンジニアリング学会誌第39巻3号

計算流体力学（Computational Fluid Dynamics；CFD）は、60年代の黎明期から現代に至るまで広い流体分野において急速な進歩を遂げてきた。現在では、多数の汎用流体解析ソフトウェアが存在し、その多くは十分実用に耐えうるレベルとなってきた。一方で、最近の計算機の性能向上は著しいものがあり、単一のパーソナルコンピュータですら500Mflopsといったかつてのスーパーコンピュータ並みの性能を発揮する。ある程度の規模の3次元解析であれば数十万円の計算機環境で十分可能である。それゆえ、CFD技術を利用した研究及び設計は、航空機・自動車をはじめとして様々な流体機械分野において必要不可欠なものとなっている。

しかし、工学的に対象となる流れ場は一般に乱流状態にあり、乱流のモデル化については未完成な部分が多々残されている。それゆえ、様々な流れ場を普遍的かつ効率的に取り扱える計算手法は存在しておらず、市販の汎用流体解析ソフトウェアを導入するにしても、対象とする流れ場の本質が失われることのない物理モデルと数値計算法を選択する必要がある。

本稿では、流体解析で主に用いられている計算力学的手法と CFD の新しい数値解析法について概説している。また、物理モデルとしては乱流モデルを取り上げ、縮まない流体の乱流解析の現状を含めて紹介している。

溶接チタン管の圧縮強度 Compressive Strength of Welded Titanium

Pipes

田中義照、佐久間正明、安藤孝弘

平成16年4月

チタン Vol.32 No.2

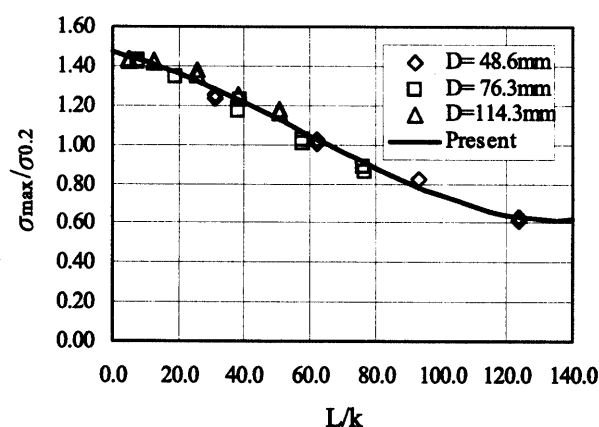
軽量かつ高強度で耐食性に優れたチタン材料は、船舶に適した材料であると考えられる。しかしながら、これまで船用品の一部には使用されているものの、構造材料として使用された例は極めて少ない。そのため、チタン材料を用いた船体構造部材の強度に関する研究例も少なく、今後、船体材料としてチタン材料を広く普及させるためには、材料強度、構造強度特性などを十分に把握しておく必要がある。

本報告では、中小型船の強度部材として使用されることが多い薄肉管として、溶接チタン管を用いる場合を想定し、座屈圧壊実験を行った。併せて、有限要素法（FEM）による弾塑性大撓み計算を行い、溶接チタン管の圧縮強度特性について検討した。溶接チタン管に軸方向の圧縮荷重を負荷すると、管中央部で折れ曲がる全体座屈、および両端部の局部座屈（提灯座屈）がほぼ同時に進行し、最大応力に達した。この圧縮強度（ $\sigma_{\max}/\sigma_{0.2}$ ）は、FEM弾塑性計算により精度良く推定でき、管の細長比（ L/k ）を用いると、下図に示すように、ほぼ1本の曲線上に乗る。この結果を基に、次の圧縮強度推定式が得られた（ L 、 I および A は、それぞれ、管の長さ、断面2次モーメント、断面積）。

$$\sigma_{\max} / \sigma_{0.2} = C_0 - C_1 r - C_2 r^2 + C_3 r^3$$

$$C_0 = 1.47, C_1 = 4.06 \times 10^{-3}, C_2 = 7.75 \times 10^{-5},$$

$$C_3 = 4.50 \times 10^{-7}, r = L/k, k = \sqrt{I/A}$$



溶接チタン管の細長比と圧縮強度の関係

ヒューマンエラー回避のための 安全設計と評価（１）

Safety Design and Evaluation for Human Error Avoidance (1)

沼野正義、福田隆文、古川親雄、的場正明、
下野雅生

平成15年9月

TECHNO MARINE（日本造船学会誌）第875号

日本船舶標準協会の運航支援システム専門分科会では、「安全設計評価のための指針—船舶システム」のJIS規格案作成のための数年間にわたる審議を平成14年度に終了している。この指針は船舶のライフサイクルにおける安全設計と評価に関する思想を述べたもので、設計・製造・運航関係者にとって社会・時代が求めている環境・安全問題対応に取組むためのガイドとして利用できるものである。本稿においては2回に分けて、安全概論、ヒューマンファクター、ヒューマンエラーの諸考察、安全設計の在り方、安全評価および運用における安全とその評価事例について述べた。

安全概論においては、（１）安全の定義とリスクアセスメント、（２）許容可能なリスクのレベルの考え方、（３）リスクベースの考え方の利点について述べた。リスクベースの考え方の利点は、リスクを用いることにより、安全対策の優先順位付けを合理的に行うことができ、リスク分析によりプロセスに主体的に関わって安全性を向上できることを主張した。

ヒューマンエラーについては、（１）エラーの分類、（２）安全風土・組織的過誤、（３）心の管理、（４）事故要因と視点、（５）人間信頼性解析などについて述べた。ヒューマンエラーの回避策として、（１）人間中心設計を行い、（２）原因系、結果系に分けた事故要因に対する対応を多重防護対策として行い、（３）機器などのシステムと人間との音声自然言語による会話を通したエラー低減策が有効であることを確認した。

最後に、安全設計の基本的な在り方に触れ、製品のライフサイクルに亘る安全管理を、リスクマネジメントとユーザビリティを配慮して行うことが肝要であることを述べた。

ヒューマンエラー回避のための 安全設計と評価(2)

Safety Design and Evaluation
for Human Error Avoidance (2)
沼野正義、福田隆文、古川親雄、的場正明、
下野雅生
平成15年11月
TECHNO MARINE (日本造船学会誌) 第876号

第一報に引続き、本報告では、表題の問題に対する、具体的な解説を機械類、船舶の設計、費用対効果および運用について行った。

機械類における安全確保については、機械装置による防護を、安全制御回路のカテゴリ分けに基づいて行う方法を解説した。機械作業でのヒューマンエラーによる事故防止に関して、条件反射的に作業している間のミス安全制御回路によって防止する方法論について、具体的な安全制御回路の事例によって説明した。

次に、船舶設計における安全評価を、設計者が考慮すべきヒューマンファクターが使い易さと作り易さであるとの視点で解説した。ここでは、製品のライフサイクルに亘る多くのフェーズにおいて、安全設計として、基本的に実施すべき事項と考慮すべき事項について述べた。使い易さに関しては、運航運用者のアンケートに基づく評価の事例を紹介した。

安全対策の費用対効果の実施例については、仮想評価法やコンジョイント分析による東京湾の仮想油流出事故に対する評価事例などについて解説した。これは、住民意見に基づく安全対策費用の計算例である。

運用については、その段階での主要な安全活動を解説し、現場において使用しやすい評価方法を提案した。

安全風土、安全文化の醸成方法を解説し、民意による安全への関心と時代対応製品とが同一方向であることを述べ結びとした。

高速船の斜流プロペラの耐ルート・エロージョ ン 翼断面について

Anti-Root Erosion Blade Section for Marine
Propellers Equipped with Inclined Shafts
of a High-Speed Ship
右近 良孝、川並 康剛、深澤 良平、
藤沢 純一、工藤 達郎
平成16年3月

第12回キャビテーションに関するシンポジウム

高速船艇用プロペラは、プロペラ軸が斜めに船体から突き出ているため、プロペラは斜流中で作動することになる。この結果、プロペラへ流入する流れが翼断面に与える迎角は翼根部ほど大きくなり、高速船艇ではプロペラ翼根部にエロージョンを発生させるルート・キャビテーションの発生を抑えることが難しい。

このルート・キャビテーションの防止法としては各種の方法が提案されているが、本論文ではこれらのうち、プロペラ翼断面形状を工夫して防止することについて考え、一つの方法を提案する。

耐エロージョンの観点から、プロペラ翼断面形状を最適化することによるルート・キャビテーションの発生を抑えるため、プロペラ翼後縁を丸くする方法が提案されている。

本論文では更にこの原理を拡張した考えに基づく翼断面形状を提案する。翼断面形状のうち、プロペラ後縁に可能な限り大きな丸みをつけ、最大翼厚位置を後縁側に移動させることにより、もし、キャビテーションが発生してもスーパーキャビテーション化させ、崩壊域をプロペラ翼後縁より後方にすることが期待できる。

この考え方に基づき、翼根部に特殊な翼断面をもつ模型プロペラと比較のために通常型プロペラも製作した。通常型プロペラ設計のため、先ず、通常のNACA 翼断面形状をもつ通常型プロペラ(CP)をSCP(スーパー・キャビテーション・プロペラ)揚力面設計プログラムを改良して作成したCP設計プログラムを用いて設計した。このプロペラを元に、翼根近傍の翼後縁に大きな丸みを付けたプロペラを製作した。

これら2つのプロペラを左右舷のプロペラ軸に取り付けて、大型高速2軸フェリー模型船の船後キャビテーション試験を実施した。2つのプロペラについて、キャビテーション観測をした結果、今回提案した耐エロージョン・プロペラは、ルート・キャビテーションの発生が少ないばかりでなく、ルート・キャビテーションの崩壊域が翼後縁より後方となっており、有効と思われるので報告する。

玉形弁の正逆流圧力損失の比較と 圧力損失低減方法

A New Approach to Reduce Pressure Loss
of

Globe Valves

伊飼通明、畑中哲夫

平成16年4月

配管装置プラント技術

造船業界から船用玉形弁の逆方向での使用要望があり、逆方向の使用が正方向の使用に対してどの程度の圧力損失の増加となることが問題となった。そこで、正逆方向の圧力損失の比較実験を船用玉形弁10K-65Aを用いて行った。弁の開度100%の場合の正方向流れの損失係数は4.09であるのに対し、逆方向流れの損失係数は4.56であり、逆方向流れが11.4%増加することが解った。この実験結果から、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。図-1が原型の圧力分布結果で図-2が圧力損失低減弁の結果である。玉形弁の2次側を球状に形状変更することにより損失係数で6.02から5.28に改善することができた。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った。この圧力損失低減方法は、船舶等一つの配管系で多くの玉形弁を使用する場合には、省力化につながると思われる。

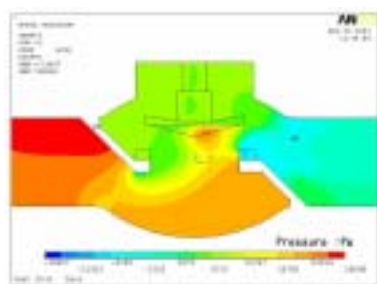


図-1 原型

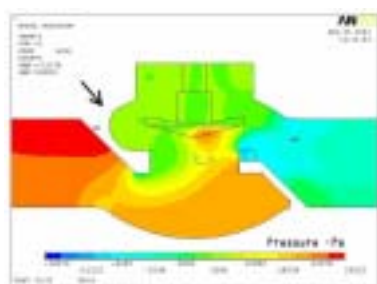


図-2 圧力損失低減型

海上交通の安全

Safety of Sea Traffic

松岡 猛

平成16年4月

自動車技術会関東支部報「こうしょう」第41号

輸送手段として重要な役割を担っている海上交通の安全の確保とは海難事故の発生をいかに防ぐかにかかっているといえる。海難事故というと多くの人が真っ先に思い浮かべるのは1912年に発生したタイタニック号の沈没事故であろう。そこで、タイタニック号事故を一例として取り上げ、事故の発生に到った経緯をたどることにより海上交通の安全確保に必要な要因についてのイメージを掴んでいただき、その後で、海上交通一般の安全確保のために現在取られている種々の技術・方策について説明している。

安全確保の面から見たタイタニック号事故の要因としては、無線技術の活用不十分、安全文化の未成熟、隔壁区画設計の不完全さ、操縦性能、鋼の材質、救命設備の不十分さ、救難体制・設備の未発達等をあげた。また、当時の科学技術レベルでは実現されていなかったものに、レーダー技術、気象予報、流氷情報、航空機による探索、電子海図、GPS等がある点を指摘した。

その上で、現在安全確保のために取られている各種の対策を以下の順序で説明した。

SOLAS条約(海上における人命の安全のための国際条約)とIMO(国際海事機関)の説明。

航行支援による安全確保の項目では、航路、海上交通管制、VTS、海上交通センター、自動衝突予防援助装置(ARPA)、船舶自動識別システム(AIS)、内航船舶航海支援システム、海上安全情報システムを挙げている。

船舶の機能・性能の向上による安全確保の項目では、操縦性能、復原性能、船体損傷時の復原性能、スラミング、スロッシング、二重船体構造、波浪荷重の予測、構造部材の疲労・腐食を挙げた。

事故時の対策・避難・通信の項目では、緊急通報電話「118」番、非常用位置指示無線標識(EPIRB)、VDR(Voyage Data Recorder)、設計段階における避難解析の実施、救命艇・救命筏の整備規定、船舶の防火対策を挙げた。

さらに、安全管理システムおよび安全評価の項目では、安全管理システム(ISM Code)、確率論的方法を基盤とした定量的リスク評価(FSA)について述べた。

最後に、現在海上交通の安全確保のためには多様な側面から種々の対策が取られ非常に高い安全性が達成されているが、より高い安全を目指した高度なシステムの開発が続けられており、近い将来 ウエザールレーティングシステム 離着桟・港内操船支援システム フリートサポートシステムが実用化される見込みであると述べてまとめとしてある。

The Reynolds Number Effect on the Microbubble Drag Reduction マイクロバブル抵抗低減に対するレイノルズ数の影響

杉山和靖、川村隆文、高木 周、松本洋一郎
平成16年3月

Proceedings of the 5th Symposium on Smart Control of Turbulence

タンカーなど肥大船が航行時に周囲の水から受ける抵抗の約80%は摩擦抵抗である。乱流境界層へのマイクロバブルの吹出しは80%もの摩擦低減効果があることが確認されており、燃料消費や地球温暖化ガス排出の削減技術として期待を集めている。実用化には、抵抗低減に対して最も重要な要因を明らかにする必要がある。本研究では、チャンネル内のマイクロバブル流れを数値シミュレーションし、抵抗低減メカニズムを明らかにすることを目的とし、局所的な流場の変調に着目して、レイノルズ数の影響を調べた。

まず、実効粘性などの算出に使われる「散逸理論」をマイクロバブル流れに適用し、摩擦係数とエネルギー散逸率の関係を理論的に導出した。この理論に基づき、気泡周囲の速度勾配に着目して、摩擦抵抗の増減を解析した。

マイクロバブルの抵抗低減の数値計算に成功したXuら(2002, J. Fluid Mech. 468, pp. 271-281)と同様にforce coupling法による計算を行い、Xuらの計算前提条件の妥当性を検討した。壁面レイノルズ数 Re_τ は150とした。気泡表面での境界条件をより厳密に扱うため、Xuらが無視したForce Dipole (FD)と呼ばれる気泡から液体への力を導入した。計算の結果、FDを無視すると抵抗が減るのに対して、FDを考慮すると、気泡近傍のエネルギー散逸率が増加し、抵抗が増えた。また、同じレイノルズ数で直接数値計算も行った。その結果、同様の理由で抵抗増加することを確認した。

次に、典型的なマイクロバブルの実験と同程度のレイノルズ数($Re_\tau=1100$)で、Large Eddy Simulation (LES)を行った。その結果、気泡混入時には場全体のエネルギー散逸が低下し、気泡が多く存在する上壁面での抵抗が低減した(下図参照)。また、気泡運動の乱れは周囲液体の乱れよりも低下し、実験と定性的に一致した。なお、乱流境界層の外部領域($y^+>200$)でのみ平均速度が変化した。このことから、外部領域が存在する程度に高いレイノルズ数で抵抗低減が起こりうることを確認した。

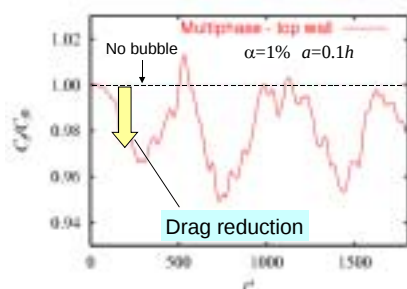


図 Time history of the friction coefficient on the top wall in the LES of channel flow

船舶におけるチタン合金

Titanium for Ship Use

松岡一祥

平成16年2月

軽金属学会第73回シンポジウム

「チタンの最新技術と商品への展開」講演集

チタンの船舶への使用には、・耐食性があり、生物付着が起こりにくいため、塗装の必要がない、・高い比強度により軽量化が可能で、上記と合わせて、維持、補修、運航経費の節約ができる、・純チタンはリサイクル性がよいため、解撤時の経費が少ない、等の利点があるとされていた。そして、生涯コストを考慮すると、高速、高付加価値な船舶では純チタンの使用が有力であるとされていた。

純チタンの船舶への適用は、ヨットに始まった。その後、漁船に使用されるようになった。現在、チタンが船体に使用されはじめて5、6年の年月が過ぎ、船体へのチタン使用についての再評価の時期が来ている。

ここでは、これまでの船舶へのチタンの使用実績から、船舶材料としてのチタンを考える。すなわち、「本当にチタンは船舶用材料として優位性を持っていたのだろうか。」また、「基準も整備せずに実船に適用したことに問題はなかったのだろうか。」について述べた。

まず、船体に用いる場合の設計法、疲労強度、座屈強度について述べ、2種純チタンを用いる場合には、軟鋼船と同程度の部材寸法になることを示した。

しかし、実用船では2隻の漁船に続く例が出ないのは、・生物付着があること、・スクラップ市場が未整備なこと、・材料単価が高いこと、等によるとした。

次に、艤装品としての利用例に、スクリュー、中間軸受け、舵及び排気管をあげ、舵以外では何ら問題がないことを述べた後に、舵については疲労損傷が多発しているとした。

舵の疲労損傷の原因としては、当該品が熱間鍛造による一体成型品であることが挙げられる。すなわち、舵及び舵軸を含むような複雑形状を有する製品では、その熱間鍛造工程において熱履歴は受けるものの十分な塑性変形を伴わない領域、いわゆるデッドメタルゾーンが形成される。この領域では結晶粒が粗大化し、疲労を含む強度低下等を招くことを指摘し、熱間鍛造による一体成型の舵を製造できる技術に至っていないとした。

最後に、これからの船舶へのチタン利用の展望を述べ、材料単価が安く、スクラップ市場が整備されれば、使いたい材料であると結論づけた。

二重反転プロペラの4象限単独性能試験について

Contra-Rotating Propeller Open-Water Test in

the Four Quadrants

久米健一、堀利文、右近良孝

平成16年5月

日本造船学会講演会論文集 第三号

プロペラの基礎的な性能を得る試験のひとつとして、プロペラ単独性能試験(POT; Propeller Open-Water Test)が知られている。この試験では、プロペラが正回転しながら前方にスラストを出して前進している状態を扱うのが通常である。

しかし、船のプロペラは運航状況に応じて種々の作動状態で使用されるものである。特に、推進器自体を旋回させることでスラストの方向を大きく変化できる、ポッド推進器を装備した船の港内操船時においては、プロペラは様々な作動状態になる。この時のプロペラの性能を予測するためには、前進速度とプロペラ回転数により決定される前進角 β について、第1象限から第4象限(β が0度から360度)までのPOTを実施する必要がある。

現在、海上技術安全研究所では、高効率を得るために効果的な二重反転プロペラ(CRP; Contra-Rotating Propeller)を装着したポッド推進器の研究開発を行っているが、CRPの4象限POTについては報告された例が見当たらない。

今回、著者らはCRPの4象限にわたるプロペラ単独性能を把握するためにPOTを実施した。前進速度とプロペラ回転数は、動力計の容量や曳航水槽の長さを勘案し、レイノルズ数が最大となる組み合わせで試験を行った。また、CRPの個々のプロペラのスラストとトルクを、 β を変化させて計測した。前後プロペラが等速反転の場合と、4対5と5対4の回転数比による異速反転での計測も行った。

この試験の結果、 β に対するスラストとトルクの変化は、CRP全体としては通常型プロペラ(CP)のものと類似しており、4象限を1周期とする正弦波状で、正負のピーク付近にM字型の極値を有していた。また、CRPの2つあるプロペラのうち、前進速度の方向に対し前側に位置するプロペラの単独性能の定性的な変化は、CPのものと大略一致していることが分かった。しかし、後側のプロペラにおいては、前側のプロペラによる流れ場の干渉により、スラスト・トルクともわずかな β の変化に対し大きな変動を示す範囲や、前後プロペラの回転数比の違いによる影響が顕著に現れる範囲も確認された。

Visualization of the shipping water 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

谷澤克治、沢田博史、星野邦弘、辻本勝

平成16年5月

Proceedings of ISOPE2004

荒天中を航走する船舶の船首甲板上への打込水による衝撃荷重は、時にはハッチカバーを損傷させるような厳しいものである。そこで、甲板ならびに甲板上構造物の安全設計のため、甲板打込水による衝撃荷重の推定法が種々研究されて来た。これまでに提案されている数理解析手法では、ダム崩壊モデルや洪水流モデルなどを基礎に、衝撃荷重の推定を行っている。しかし、実際の打込水の挙動は、これらの数理モデルで表現できるような穏やかなものではない。また船体運動の影響も無視できず、これを無視した手法では激しい打込みに対応できない。そこで、打込水の3次元数値計算法の開発が進められている。計算手法としては、水塊の分裂や合体を伴う激しい流体現象を安定して数値計算することが可能な粒子法等が有望である。計算を高度化する一方で、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、海上技術安全研究所では

- 1) 可視化することにより甲板打込水の3次元的な挙動をより正確に理解すること。
- 2) 可視化画像のPIV/PTV解析から、甲板打込水の数値場を定量的に求め、粒子法等の数値計算法の検証に資すること。

を目的とした水槽実験を実施し、打込水の高速度撮影画像を取得した。また、そのPIV/PTV解析により打込水の数値場を定量的に求めた。衝撃圧、衝撃荷重等の力学的な計測も実施し、画像と同期のとれた計測波形を得た。

本報ではこれらの可視化計測の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する。



甲板打込水の可視化に用いた模型船