

所 外 発 表 論 文 等 概 要

<推進性能部>

船舶流体シミュレーションのCGアニメーション

CG animation for ship flow simulations

牧野雅彦、日野孝則、日夏宗彦

平成11年4月

日本学術会議水力学・水理学研究連絡委員会

第3回「シンポジウムCGでみる流れの世界」

講演会講演予稿集

An Efficient Algorithm for Simulating Free-Surface
Turbulent Flows around an Advancing Ship

船体まわりの自由表面乱流流れをシミュレートする
計算アルゴリズムの高効率化

平田信行、日野孝則

平成11年5月

Journal of The Society of Naval
Architects of Japan, Vol.185

流体運動を基礎方程式の数値計算により推定するCFD(数値流体力学)の発達にはめざましいものがある。当所においても、CFDの一手法であるナビエ・ストークス方程式を船体まわりの流れ解析に適用する研究を精力的に続けてきた。その結果、船舶の流体力学的性能の推定がかなりの精度で行えるようになりつつある。これらのCFD計算結果を視覚的に理解するにはCG(コンピュータ・グラフィックス)アニメーション表示が有効である。今回幾つかの計算例についてCGアニメーション化を行った。

斜航状態および旋回状態のタンカーまわりの流場をアニメーション化し比較することで、斜航・旋回状態の流場構造の違いが容易に理解できることが示された。

次に、CFD技術を用いて粘性抵抗が最小となる船型を自動探索する船型最適化技法をタンカー船型に適用した結果をCGアニメーション表示した。船型の最適化では、最適化過程における船型の変化とそれに伴う流場の変化をアニメーション化することにより、船体形状と流場や抵抗値の関係がより直観的に把握できることが分かった。

最後に、流体中の壁面近傍に微小翼をおくことで摩擦抵抗を減少させるLEBU(Large Eddy Break Up Device)まわりの乱流域をラージエディシミュレーションによって計算した結果をアニメーション化した。物体表面で発生した縦渦がLEBUにより寸断されて壁面近傍の乱流構造が変化することが示された。

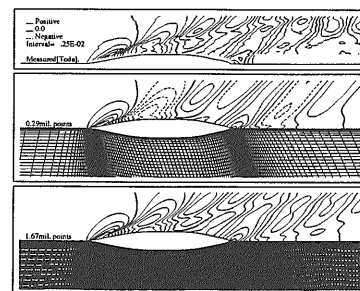
これらの結果から、CFDの結果より船舶の開発・改良に有益な情報を得るためには、CGアニメーションが極めて有効であることが分かった。

粘性流場の数値解析ツールであるNSソルバーを用いて実船レベルの高レイノルズ数流れを解析するには、非常に多くの格子点が必要であり、また格子セルのアスペクト比が極端に大きくなることから計算効率が急激に悪化する。さらに、近年研究が進められているCFDによる形状最適化を実施するには、NSソルバーを数十回から数百回実行する必要があり、高効率、高精度な計算法を開発することが、工学設計ツールとして肝要である。

本研究では、直進する船舶まわりの自由表面乱流流れをシミュレートする高速NSコードを開発した。支配方程式は、人工圧縮性を導入した3次元のNS方程式で、準ニュートン緩和法により陰的に解を求める。なお、解の収束を加速するために、多重格子法と局所時間刻み法を適用した。自由表面条件として、応力無し条件と境界からの波の反射を防ぐためにdamping項を付加した非線形の運動学的条件を用いた。

例として、Series60まわりの自由表面乱流流れを格子点数が29万点の格子を用いて計算した。その結果、波高分布、全抵抗ともに実験とほぼ良い合致をみた。また、定常解を得るまでに要するCPU時間がDEC Alpha互換機(500MHz)で5時間程度であることから、本計算法が高効率かつ高精度であることがわかった。

次に、167万点の格子を用いた計算を行い、波高分布の格子依存を調べた。その結果、下図に示すように、船から離れた領域においても実験と非常に良い合致をみた。これより、本計算法は波形を正確にシミュレートすることは可能だが、そのためには、非常に細かい計算格子が必要であることがわかった。



<運動性能部>

青波による甲板荷重及び甲板水量の予測法に関する研究
Study on Prediction Method for Shipping Water Load

and Volume due to Green Sea

小川剛孝、田口晴邦、石田茂資

平成11年5月

日本造船学会論文集 第185号

満載喫水線基準を合理的に規定するためには、基準が担保している安全性を定量的に評価する必要があり、著者等は、現在行われている基準の見直し作業において、海水打ち込みに関連する安全性の評価について検討を行っている。海水打ち込みはよく知られているように、船体及び甲板上構造物への損傷や作業性の低下を引き起こす可能性がある。海水打ち込みに関する安全性を評価するためには、甲板水位及び甲板荷重を定量的に求める必要があるが、打ち込み水の挙動は複雑であり、これに関連する諸量を精度よく求めることは難しい。また、評価基準の検討を行うためには、長期予測等を行い、船舶の耐用期間における最大値等を推定する必要があると考えられる。

そこで、合理的に満載喫水線基準を検討するためのツールとして海水打ち込みに関連する諸量の実用的な予測法を開発することを目的に、内航貨物船及び内航タンカーを用いて波浪中模型実験を行った。内航貨物船については母船型、フレア形状を変えた場合及び乾舷高さを変えた場合の3状態について実験を行った。これにより、著者等が提案した青波による甲板荷重等の推定法の一般性を検証するとともに、船型要素が打ち込みに及ぼす影響を調べた。その結果、著者等が提案した甲板荷重等の推定法は、概ねよい精度で推定できることがわかった。船型要素の影響について、船首高さの違いは甲板荷重等に及ぼす影響は大きいものの、フレア形状の違いが甲板荷重等に及ぼす影響は極端に形状を変化させない限り、あまり大きくないことがわかった。

さらに、これらの結果を用いて甲板荷重及び甲板水量の超過確率の推定法を提案し、不規則波中実験結果と比較を行ったところ、よく一致することがわかった。この超過確率を用いて長期予測計算を行い、従来の方
法と比較した結果、合理的に甲板荷重等の予測を行うためには、本研究で示した超過確率を用いる必要があることがわかった。

<機関動力部>

New Fabricating Method of Solid Oxide Fuel Cell and Performances

固体酸化燃料電池セルの新製法と

その基本性能の研究

川越陽一、波江貞弘、熊倉孝尚、汐崎浩毅

平成11年2月

BULLETIN of The Marine Engineering Society in Japan
vol.27 NO. 1

燃料電池は、燃料の持つ化学エネルギーを途中で熱の形態を介さずに直接電気エネルギーに変換するため、より高い効率を持つ発電装置として有望視されている。当所においては、電解質に固体酸化物(YSZを使用)を用いた、固体酸化燃料電池(SOFC)を、船用機関として適用する際の技術的な問題点を抽出しその対策を検討するための実験的研究を行ってきた。SOFCにおいて直接発電を行う役目を担うのはSOFCセル部であるが、通常、板型のセルは、薄い電解質板の各表面に、燃料側電極(NiO-YSZサーメット)と空気側電極(LSM)を、それぞれ塗布焼成し製作される。

今回、性能の向上を目的として、電解質表面を粗面加工した後に電極を焼成する方法を用いてセル(加工後の電解質厚 $150\mu\text{m}$ のものを使用)を製作し、その発電性能を測定した。その性能を未加工のセルと比較し、電解質の表面加工が発電性能に及ぼす影響について考察した。発電性能を測定する際には、空気側に大気を、また燃料側に燃料として水素と窒素の混合気をそれぞれ一定の流量で供給し、定電流法により電流を変化させた際の電圧の変化を測定する方法を用いた。その結果、ほとんどの発電可能電流値Iの範囲で、得られた電圧Vの値は、表面処理を行ったセルの方が未加工の物より高い値が得られた。この傾向は、電流密度が高い領域でより顕著で、発電可能な電流の範囲も $3.0\text{A}/\text{cm}^2$ にまで広がった。これは、電解質の表面を粗面加工したことで、電解質と電極との接触面積が広がったことが直接の理由と考えられる。また、電圧の変化に対する負荷変動追従性についても、表面加工を行うことで、大幅な改善が見られた。

さらに、同様のセルを用い、天然ガス(メタン)を燃料として使用した際の性能についても調べた。水素を燃料として使用した場合に比べ、大部分で若干低い電圧値となったものの、発電自体は安定な結果が得られた。メタンを燃料として使用する際には、ニッケル触媒を用いて改質する必要がある。メタンのニッケルによる改質反応の促進は、燃料に含まれる水蒸気分圧に依存すると考えられるが、今回その明確な依存性が見られなかった。この原因として燃料極側でメタンが直接酸化されていることが考えられる。今後の検討課題としたい。

乳化燃料運転が機関部品等に与える影響

Influence of Operation with Emulsified Fuel on Engine Parts

中島康晴、千田哲也、古谷典子、

矢野不二夫、山本訓史

平成11年5月

日本船用機関学会

第62回学術講演会学術講演論文集

乳化燃料は高いNO_x低減効果を有する一方で、他の排ガス成分の排出特性への影響は低負荷域を除けば少ないことから、国際的な船舶に対する排ガス規制に対応する技術として広く活用されることが望まれている。本報では、乳化燃料による実船搭載機関の長期運転試験の後、燃料系統部品の腐食及び摩耗の検査、ならびに燃焼・排気系内における付着物の分析を行い、乳化燃料がこれらに与える影響について検討した。

実験には、航海訓練所に所属する練習船「日本丸」に発電機として搭載されている4サイクル船用ディーゼル機関を用い、乳化燃料により合計2,063時間にわたって運転した。運転終了後、燃料噴射弁、燃料噴射ポンプ及び燃料パイプについて、燃料との接触により腐食及び摩耗の進行が予想された部分を目視及び走査式電子顕微鏡を用いて観察した。また、燃焼・排気系内の主要な部品に付着している燃焼生成物を採取し、目視観察の後、X線回折及び電子プローブマイクロアナライザーを用いて試料成分の結晶相及び構成元素を分析した。さらに、比較のため、部品については新造品及び通常の燃料を使用した部品、ならびに付着物については通常の燃料を使用した場合の試料を用いて同様に検査、分析を行った。

電子顕微鏡により、燃料噴射弁及びポンプにおいて、通常燃料を使用した場合よりも腐食及び摩耗が進行していることが観察された。また、ピストンヘッド上において硫酸カルシウムを主成分とする付着物が堆積し、さらにわずかながらピストン表面の部材が溶けた跡とみられる模様が観察された。しかし、当初懸念された摩耗による燃料噴射孔の拡張や、燃料パイプの著しい腐食等は観察されなかった。ピストンヘッド及び燃料噴射弁については、機関の安全性の観点から、材質、形状等を再検討する必要性が指摘されるものの、全体としては乳化燃料の使用は機関部品に対して著しい支障を与えないと考えられる。よって、こうした問題に留意しつつ、船用機関におけるNO_x低減技術として乳化燃料の活用を図ることが期待される。

<材料加工部>

アルミニウム合金6N01-T5押出材溶接継手の耐力

Proof Strength of Aluminium Alloy 6N01-T5 Extrusion

Butt Welded Joint

松岡一祥、北村茂

平成11年5月

軽金属溶接 第37巻第5号

本報は、A6N01-T5合金溶接継手の耐力を取り上げ、施工および合金成分の影響について調査し、溶接継手耐力の高い合金を提案し、溶接条件により更なる耐力上昇を実現する方法について検討した結果を報告するものである。

22種類のA6N01-T5合金の100シリーズの突き合わせ溶接継手の引張試験結果を要因解析し、以下の結論を得た。

- 1) 入熱量Q、板厚Tおよび標点間距離GLの継手耐力に及ぼす影響は $Q/(T \cdot GL)$ で整理できる。
- 2) $Q/(T \cdot GL)$ が大きくなるほど継手耐力は小さくなるが、2500 (J/m) / mm²以上では一定になる。 $Q/(T \cdot GL) > 2500$ (J/m) / mm²では標点位置の最高到達温度が370℃以上となり、完全軟化域の耐力を求めたことになる。
- 3) 合金成分の影響では過剰Siの焼き入れ効果による継手耐力の増加が大きい。過剰Si量0.3%程度で40MPa以上の増大が期待できる。しかし、0.3%を超えるとこの効果は減少して行く。
- 4) Cuは0.18%以下で継手耐力を低下させる。
- 5) Mnが0.16%以上ではMn量の増加と共に継手耐力は減少する。Mn量は0.1ないし0.15%以下であることが望ましい。
- 6) Mg₂Si量は継手耐力に影響を及ぼさない。
- 7) Znは極力少なくすることが継手耐力の向上の観点から望ましい。しかし、0.1%以上の場合にはさらに検討が必要である。

さらに、DNVがA6005A溶接継手に要求する耐力値以上を実現する方法について検討し、以下の結論を得た。

- 8) 要因解析結果に基づき、推奨合金の組成を提案した。
- 9) 現行A6N01合金の溶接条件から標準溶接条件を定め、上記合金の溶接継手が98%以上の確率で耐力115MPaを達成できることを示した。また、99.8%の確率でこれを達成できる溶接条件を示した。
- 10) 上記を超えて溶接継手の保証耐力を向上させるためには、標準溶接条件を下回る溶接電力を設定するなどの方法があり、溶接条件の指定によれば、保証耐力140MPaの可能性も存在することを示した。

6N01/6005A合金の調査研究—中間報告
 (アルミニウム合金船構造の軽量化委員会)
 Research Project on 6 N01/6005A Alloys — Interim
 Report
 (Committee of Lightening Aluminium Alloy Hull
 Structure)
 松岡一祥
 平成11年 5月
 軽金属溶接構造協会第29回研究発表会講演概要

アルミニウム合金船構造の軽量化委員会では、薄肉押出材の使用による軽量化の観点から6N01合金を取り扱ってきたが、平成10年度から同合金について新たな観点で調査研究を開始した。

溶接構造である船舶では、溶接部の強度を規準に設計を行うため、溶接継手の耐力が大きい方が有利で、造船側からは6N01合金の継手耐力として125MPa以上が望まれている。しかし、6N01合金が時効による析出強化型合金であるため、溶接部の熱影響軟化が著しく、はなはだしい場合には継手耐力が100MPaを下回る場合もある。一方、日本海事協会はこれまで船舶用として6061および6N01の6000系合金を認めていたが、アルミ合金船のIACS基準との整合性からISOに定義されていない6N01合金を外し、6005Aおよび6082合金を追加する方向にある。6005A合金は成分的には6N01と類似であるが母材強度の保証値が若干大きい。また、DNVでは6005A合金の継手耐力として115MPaを要求している。現行の6N01合金では、継手耐力も含めて6005A合金の規準値を保証することは困難に近い。

以上の背景のもとに、6N01合金の強度、継手耐力の保証値を6005A合金の規準値程度まで改善できないかを検討することとした。調査研究として、(1) 6005A実用材の調査、(2) 6N01/6005A合金についてのアンケート調査、(3) 現在までの試験結果の整理、再解析、および、(4) 船舶用6N01合金の溶接継手性能試験を予定している。平成10年度には(2)および(3)を実施し、製造機関の現状把握を行うと共に、継手耐力が高くなる合金組成を推定し、それらの結果に基づき、(4)で使用する合金の組成を決定した。

船舶のライフ・サイクル・アセスメント (LCA)
 Life Cycle Assessment of Ships
 千田哲也、亀山道弘、成瀬健、木原洗
 平成11年 5月
 日本船用機関学会
 第62回学術講演会学術講演論文集

ある製品に関する地球温暖化、資源枯渇等の環境負荷を、原料採取から製造、使用、廃棄までの環境影響をすべて算出して評価する手法として、ライフ・サイクル・アセスメント (LCA) が提唱されている。LCAでは、製造から廃棄までに投入された資源と排出された物質のすべてを調べ、その環境への様々な影響を見積もらなければならず、現実には簡略化や不足データの補完のノウハウが必要である。このようなLCA手法の概要を解説し、当所で進めている船舶のLCAの紹介を行った。

LCAは目的と調査範囲の設定、インベントリー分析、影響評価及び解釈の4つの段階に分けられる。目的として実施理由、報告の対象者、結果の用途を、調査範囲として対象範囲、機能単位、手法・前提・制約条件等を設定する。次に、製品の生涯にわたる物質の収支すなわちインベントリー分析として、構成材料を重量別に集計し、加工・運搬等のエネルギーや廃棄物を積算する。環境影響評価では、環境影響領域ごとの負荷を定量的に求める。まず、排出物ごとの集計を行い、影響領域の種類を定義して排出物を割り振り影響度を定量化する。異なる環境影響の統一的な評価は現実には困難である。データの確実性を評価し、結果の妥当性の検証を行う段階を解釈と呼ぶ。

造船に関するLCAの問題点を検討するために行っている油タンカー (85,000DWT) に関するLCAの試解析の例を紹介した。建造段階に関して、造船所における鋼板の搬入、切断、曲げ、溶接、塗装、及び機関・配管のぞ装等の各工程ごとの電力・資材・廃棄物等の調査を行った。投入された資材は船または工程ごとにかなり正確に把握されているが、廃棄物は工場単位の数値を按分して割付ける等の推定が必要になる。溶接のヒュームや塗装溶剤の飛沫等の大気排出物は測定・記録されていない。一方、設計資料等から得た数値を用いた船1隻のインベントリー分析として、船舶建造を鋼板の溶接のみと簡略化した場合の環境負荷として、資源消費、大気・水中への排出及び固形廃棄物にわけて集計した例を示した。この例では、たとえば二酸化炭素排出量は2,000トンと見積もられた。

An Energy Balance Study of a Newly Developed Recycling System for Waste Plastics

プラスチック廃棄物のリサイクルシステムの

エネルギー収支

林慎也、野間口兼政

平成11年5月

The Society of the Plastic Industry (SPI), USA
The Paper of the Annual Meeting of The Composite
Institute of SPI (1999)

繊維強化プラスチック (FRP) がボート等小型船舶の構造材料として実用化して以来40数年が経過し、その廃棄処分が社会的問題になってかなりの時間が経過した。廃棄物問題の技術的関心は、10年前頃は経済性を最優先とする廃棄処分技術が中心であったが、現在ではリサイクルすることが全てに優先されている。FRP廃棄物についても同様な風潮である。しかしながら、実際には、経済性を無視したリサイクル方法は実用化される可能性がないのが現状である。本報では、新しく提案したプラスチックリサイクルシステムの経済性とエネルギー収支計算結果について述べている。

FRPは有機材料の樹脂と無機材料のガラス繊維の複合材料である。当システムでは、樹脂は超臨界水により加水分解して主に原料を回収し、ガラス繊維は電気式高温熔融・冷却固化によってタイル等の製品にリサイクルする。その処理に必要な超臨界水及び電気を一般のプラスチック廃棄物の熱分解ガスによる発電システムで供給する。

現在、ゴミ焼却に関して最も問題になるのは塩素系物質から発生するダイオキシンであるが、当システムでは熱分解ガスから塩化水素を取り除いたあと燃焼させる方式であることと、最終的に高温・高圧での処理を行うためにダイオキシンを一切排出することはない。

エネルギー収支についての熱計算の結果は以下のとおりである。

- 1) エネルギー収支に優れている。
- 2) ゴミ発電としては、発電効率が良い。
経済性については
- 3) 余剰電力が大量に生じるため多大な売電収入が見込まれ、廃FRPのリサイクル経費を十分まかなえる。

<装備部>

Oil Spills from Damaged Model Tanks with Double Hulls

二重船体構造モデルタンクよりの油流出

山口勝治、山之内博

平成10年12月

The Journal of Japan Institute of Navigation
Commemorative Issue of 50th Anniversary

50周年記念論文集を発行するにあたり、学会より、これまで日本航海学会で発表した和文論文を優秀論文として推薦・執筆依頼され、諸外国へよりいっそう広報できるような、それらを英文論文としてまとめたものである。

タンカー事故が起こると大量の油が海に流出して環境汚染を引き起こし、大きな社会問題となる。このため、事故が起こっても、環境汚染の少ないタンカーの開発が望まれている。そのようなタンカーとして、タンクの外側にもう一重外板を設けて貨物槽を保護した二重構造タンカーが建造されるようになった。しかし、現在建造中の二重構造タンカーでも激しく座礁したり、衝突すると外板と貨物槽壁がともに破壊し、タンカーから油が流出するものと懸念されている。二重構造タンカーが増加し、本格的二重構造タンカー時代を迎えつつある現在、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、また油流出に対する適切な防除措置を講ずるため油流出防止性能評価法や油流出量予測法の開発が求められている。

本研究ではダブルハルタンカーと事故時のタンク損傷を模擬した縮小モデルタンクにより、流出現象や機構の解明を行い、各種影響因子の流出油量に及ぼす影響を検討した。

実験は幅×長さ×深さ=0.8m×5.0m×1.0mの静水試験水槽中で、支持枠に固定された幅×奥行き×高さ=0.3m×0.5m×0.55mのモデルタンクを用い、シングルハルおよびダブルハルの模擬試験を行うことができる構造となっている。ダブルボトム高さは0.06m、ダブルサイドの寸法は0.055m、0.082mおよび0.115mと、三種変えて実験した。模擬破口は円形であり、供試油にはタービンオイルを用いた。

油流出のモデル化に基づく流出油量の予測を行い、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は実験値と良く一致した。

本研究の結果、貨物槽の大きさ、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、漏油防止性能評価に対する有力な手段が得られたものと思われる。

水上オートバイ (PWC) の騒音
Noise of PWC (Personal Water Craft)
宮田修、木原洗、金丸貞己、飯田和三
平成11年 3月
日本船用機関学会誌 第34巻第3号

近年、余暇生活志向によって海洋レクリエーションへの関心が高まり、水上オートバイ (PWC) の保有台数が急増し、地域によっては周辺住民との間で騒音問題が発生している。また、地方自治体による規制の事例もある。欧米諸国では、PWCを含む一般的なプレジャーボートの騒音に関する規制も検討されている。一方、当所においては海洋レクリエーションの健全な発展に期するため、日本舟艇工業会と共同研究を結びこの問題の調査を行ってきた。日本舟艇工業会のPW部会は種々の騒音計測を実施しているが、本報告では国内において販売されているPWCの主な18機種 (平成9年8月現在) の加速騒音について報告する。

PWCの騒音は国立公園内の湖や内湾などの海岸線で問題となっており、主たる騒音源はエンジン本体及び排気系からのものであり、それらは浮力を持つ艇体に覆われている。一方、PWCの排気量は陸上を走る大型オートバイと同程度であり、エンジンや消音器を改造すると騒音レベルの増加や音質の変化があることは明白である。また、その航走状態は多様で、例えば、一定区間の繰り返し航走・複数のPWCによる航走・改造艇 (排気系、等) ・過剰なアイドル回転などである。それぞれの航走状態を再現し、聴感評価 (5段階相対評価) を行った結果、船首から10m離れた位置に騒音計のマイクを設置し、急発進させた時の騒音の最大値を加速騒音と定義し計測を行った。

その結果、次のような知見を得た。

- 1) 国内で販売されている主なPWC18機種について加速騒音のデータを得た。
- 2) 想定されるPWCの騒音問題の規制等に対する評価法としての指針が得られた。
- 3) 騒音の距離減衰についてもほぼ理論値に近い値を示したが、問題となる地域では地形等を考慮した運転方法が必要となることが考えられる。
- 4) エンジン気筒数やインペラー翼数に起因する騒音周波数成分が示された。
- 5) 加速騒音の周波数成分の時間変化を調べると、加速騒音はエンジン回転数の最大時とは一致しない。

今回提案した加速騒音を定義する計測法は、計測の利便性を考慮すれば良い方法と考えられる。

流出した高粘性油の回収と移動する堰前の油層
Withdrawal of Highly Viscous Oil and Oil Layer at a
Moving Barrier
上田浩一、山之内博、藤井忍、前田利雄
平成11年 5月
日本船用機関学会
第62回学術講演会学術講演論文集

1997年1月に起こったナホトカ号の油流出事故では流出油を海洋で回収することができず多くの油が海岸に漂着し、被害を多くした。回収が困難になった一つの要因は油が高粘性になり回収することができないことであり、もう一つの要因は高波浪のためである。三国町で1月14日に採集された45%の水を含んだ油はC重油のエマルジョン油と同じ程度の粘度であったが、片岩で1月31日に採集された69%水分のエマルジョン油はC重油のエマルジョン油の10倍の粘度であった。流出油の回収に関して、流出油の粘性は流出直後の低粘性から、流出から長時間経った後の高粘性の範囲まで広い。C重油やC重油と水のエマルジョンの表面張力は25°Cから45°Cまでは約0.03N/mであった。25°Cから温度が下がるにつれて表面張力も小さくなり、含水率の多いC重油のエマルジョン程、表面張力は小さくなった。表面張力は5°C以下では測定できなかった。油水の界面張力は低粘性油程小さく、したがって低粘性の油はBrawnらの報告に見られるように、水流のあるところの堰き止め油層の界面で油滴になりやすい。高粘性の油では油水の界面張力は油の粘性に比べて、回収や堰き止めに関する影響は少ない。低粘性の油は吸引することができ、そして回収できる。しかし高粘性の油は回収や移送され難い。実際の海では油回収機の性能は高波高により低減する。したがって高粘性の油を回収することと、波浪下でも回収できる必要がある。

この研究では、高粘性油に関して、網ベルトによる回収方式が検討された。回収装置により流れが妨げられる場合には、油層が回収部まで流れない。波浪がある時波は回収部で反射される。そこで油は前方へ流されてしまう。しかし網ベルトによる回収装置の場合には、水流が網を通過して流れ、油は網ベルトに到着する。回収網ベルトを用いることにより、波が網ベルトを通り抜け、反射されることなく、浮遊油層がうまく網ベルトで回収され、低粘性油の場合には、その油は網ベルトを通り抜け、堰で堰き止め、吸引回収する。そこで移動堰前の油層についても調べた。

<システム技術部>

システム信頼性解析手法GO-FLOW
System Reliability Analysis Methodology GO-FLOW
松岡猛
平成11年3月
日本造船学会誌 第837号

大規模・複雑なシステムの安全性評価のために確率論的安全評価法(PSA: Probabilistic Safety Assessment)が原子力の分野で導入されてきており、船舶分野においてもFSA (Formal Safety Assessment) という枠組みで検討が進められている。本解説では、PSAにおいて主要な役割を果たしているシステム信頼性解析手法の一つであるGO-FLOW手法について紹介している。従来PSAにおいてはフォールト・ツリー解析が主として用いられてきたが、近年動的な挙動を示すシステム解析のため様々な手法が提案されている。GO-FLOW手法は当所において開発されたシステム信頼性解析手法で、時間依存性の解析、複雑な動作モードを持つシステムの解析、動的システムの解析等フォールト・ツリー解析にはない優れた機能を持っている。

はじめに、GO-FLOW手法の理解のため、手法の概要、信号の意味、タイム・ポイント、オペレータ機能概略、信号の強度の説明を与えた。次に、簡単な電気回路をサンプル問題として取り上げ、解析において考慮する事柄を説明し、GO-FLOWにより解く手順、解析結果の説明を行った。

更に、より進んだ解析機能としての不確かさ解析機能、共通原因故障解析機能、共通原因故障を考慮した不確かさ解析機能の概要説明を与えた。

大規模システムの解析を実施する際には、一般に多大な労力が必要となってくるが、これらの作業を軽減し、実用性・使用性に優れたシステム信頼性解析体系とするためGO-FLOW解析支援システムが開発されている。この支援システムの構成・機能についての説明も与えた。

最後に、これまでに実施した解析例について述べてGO-FLOW手法の適応可能性を示した。

<原子力技術部>

気管—気管支模型内における
ラドン娘核種フリー成分沈着実験の解析
Simulation for Deposition Experiment of Free Radon
Daughters to Tracheobronchial Tree Model
大橋厚人、下道國、植木絃太郎
平成11年5月
日本保健物理学会
第34回研究発表会要旨集

気管—気管支内壁へのエアロゾル沈着分布を求める解析手法を確立するため、その第一歩として、著者が過去に実施したエアロゾル沈着実験の一部を解析する。

沈着実験で用いた気管—気管支模型は、Weibelの肺モデルで示されている円柱形状を基本とし、分岐部分は段差ができないようになめらかに結合した。沈着させるエアロゾルとしてラドンが崩壊してできる放射性娘核種の中で、大気中のエアロゾルに付着していないフリー成分を用いた。また、模型に流す流量は定常流とし、安静時平均呼吸流量を採用した。

解析では、まず、模型内の流れ場を汎用熱流体解析コードPHOENICSでもとめた。グリッドの作成には、コードに組み込まれているVR-EDITORを使用し、直角座標系を採用した。分岐部分の形状は実験用模型作成時の記憶から自分で形状を入力し、それ以外の円柱部分はVR-EDITORに組み込まれているデータを利用した。20℃、1気圧、密度一定の空気を媒質に採用して、模型上部を大気圧、内壁表面で速度をゼロとし、定常流を引きでながした。流量と管径からレイノルズ数が層流域であるため、乱流モデルを組み込まなかった。圧力の緩和係数には線形緩和を、速度には疑似タイムステップを用いた。今後、求めた流れの中にエアロゾルを想定し、流体とともに動く距離に加えて、タイムステップごとにブラウン運動によるこの流れからのずれを加算し、内壁との交差位置を沈着点として分布を求め実験と比較する予定である。

<氷海技術部>

ポリプロピレン複合材の氷海環境における諸特性
Characteristics of Polypropylene Composites at Frozn

Sae

前田利雄、桜井昭男

平成11年1月

九州大学応用力学研究所研究集会報告

熱可塑性樹脂複合材（FRTP：Fiber Reinforced Thermo Plastics）は素材の再生利用（マテリアルリサイクル）が比較的容易であり、また、靱性、量産性、原料の保存安定性等に優れた特徴を有している。このため、大型海洋構造物においてもFRP構造部材をFRTPに置き換えることが注目されているが、海洋環境下で長期間使用するための材料特性データはまだ十分ではなく、特に、氷海構造物に適用するための低温データはほとんど得られていない。本報告では、耐氷性を考慮して、従来のスタンパブルシート（スタンプ加工用のガラスマット強化熱可塑性樹脂板）よりも強度特性に優れた一方向強化ポリプロピレン複合材を供試材として用い、スタンパブルシートやポリプロピレン樹脂も含めて、氷海環境を模擬した条件での吸水特性、機械的特性に及ぼす吸水及び低温の影響、繰り返し凍結・融解による耐久性、氷による摩擦・摩耗特性等について検討した結果を示した。

はじめに吸水特性を調べた結果、ポリプロピレン単体はほとんど吸水しないが、複合材は浸漬開始直後に顕著に吸水し、その後吸水率の増加は徐々に緩やかになって飽和吸水率に近づいた。複合材試験片の側面は機械加工により繊維—樹脂界面が露出しているので、吸水の大部分は繊維と樹脂との界面に毛細管現象で取り込まれているものと考えられる。また、強度特性では、一方向プリプレグ（予備成形材料）積層材の引張強度はスタンパブルシートの4倍以上の値を示し、吸水による強度低下も少なく、高引張応力下での使用に有用なことがわかった。曲げ強度については、温度の低下に伴い強度が直線的に増加するのは引張強度の場合と同様であるが、吸水に伴い強度がほぼ $1/2$ に減少した。

繰り返し凍結・融解による耐久性を調べた結果では、ガラス繊維を含んだスタンパブルシート及びポリプロピレン複合材は凍結・融解サイクルの増加に伴い吸水率が若干大きくなる傾向が見られた。また強度に及ぼす凍結・融解の影響では繊維と樹脂の界面に侵入した水分が凍結・融解によりさらに接着力を減少させるため、座屈破壊の多い曲げ強度の方が引張強度よりも低下が著しいことがわかった。したがって、実機において曲げあるいは圧縮応力が作用する環境で使用する場合には防水施工に注意を払う必要があることがわかった。今後さらに、氷海環境における長期耐久性について検討する必要がある。

<大阪支所>

実働環境下で長期使用された船用GFRP積層板の
圧縮疲労特性

On Compressive Fatigue Properties of GFRP Laminated
Plates for Ship Structure After Long Term Operation

千秋貞仁、桜井昭男

平成11年1月

九州大学応用力学研究所研究集会報告

小型船舶用GFRP積層材の建造時及び経年後の疲労特性を調べるために、新材の圧縮、引張り、及び建造後17年間使用されたGFRP船体より切り出した試験片の圧縮疲労試験を行った。それぞれの疲労試験に供した試験片は、新材についてはマットとロービングの基本積層の繰り返し数を変えて板厚を変化させると共に、積層パターンを変化させており、板厚と積層構成の違いが疲労特性に与える影響を検証した。また、経年材から切り出した試験片は、積層構成と繊維含有率において新材と類似のものであり、長期の実働による疲労特性変化の特徴を確認した。

試験結果をS—N線図にまとめると共に、各試験材の疲労試験中の割線係数（粘弾性体の応力—歪ループの傾き）の変化を測定して、試験中の強度低下を確認した。得られた結果より、新材と経年材、圧縮疲労と引張疲労、板厚と積層構成の違いによる疲労特性（強度）の違いについて、それぞれのS—N線図と割線係数変化曲線の傾向に基づいて比較すると概ね以下の通りであった。

- 1) 経年材をそのS—N線図の傾きと、同一寿命を与える応力振幅について新材と比較すると、どちらも約6割であった。また、割線係数変化曲線を比較すると、新材に見られる初期の低下が経年使用材では見られなかった。
- 2) 同じ板厚と積層構成の新材について、圧縮疲労と引張疲労を比較すると、同一寿命を与える応力振幅は、圧縮疲労の方が大きかった。また、積層構成の違いによる疲労特性（強度）の違いは顕著でなかった。
- 3) 板厚の変化による疲労特性（強度）への影響について、新材の圧縮疲労では明確な特徴が認められなかった。一方、新材の引張疲労では、同一寿命を与える応力振幅は、板厚の増加と共に減少する傾向にあった。この傾向は、長寿命域において顕著であった。

以上今回の試験では、経年材は約6割に強度低下していた。また、新材は引張疲労より圧縮疲労に強く、板厚の影響は引張疲労特性に現れ、積層構成が異なることによる明確な差異は認められなかった。