

## 所 外 発 表 論 文 等 概 要

〈推進性能部〉

### Prevention of Root Erosion by Pre-Propeller Fin

プレ・プロペラ・フィンを用いたルート・エロージョン  
の防止

右近良孝、黒部雄三

平成4年6月

ドイツ造船学会・ハンブルク造船研究所  
プロパルサとキャビテーションに関する  
国際シンポジウム講演集

本論文では高速船プロペラの前方にプレ・プロペラ・フィン(以下、PPF)を取り付け、プロペラの翼根(Root)に発生するエロージョンを防止する方法の有効性を実験的に明らかにしている。高速船プロペラは斜流中で用いられることが多く、翼根に非定常なキャビテーションが発生し、しばしば翼根に激しいエロージョンをもたらす。翼根部は強度上最も重要な部位であり、折損事故につながる危険性がある。しかしながら、このキャビテーションの発生メカニズムやその防止法が不明であった。このため、ピッチばかりでなく、位相角度もメカニカル的に任意に変えられる特殊なフィンを製作し、キャビテーション観測、ペイントを用いたエロージョン試験を行い、最適のピッチ及び位相角度を実験的に見出した。対象となるプロペラは26kn-30m級の巡視艇のものであり、実機にもルート・エロージョンが発生している。エロージョン試験と同時にキャビテーション・ノイズ計測を行い、エロージョン試験結果と良い相関を得た。

ルート・キャビテーションの発生原因及びフィンの作用を明らかにするため、LDVを用いてプロペラ及びフィンまわりの流場計測を行った。計測の結果、斜流中で作動する高速プロペラはプロペラ一回転中の平均迎角が大きいばかりでなく、迎角変動が極めて大きいことが明らかになった。本フィンを取り付けた状態での計測から、フィンは平均迎角を減少させるばかりでなく、迎角変動を大幅に減少させることができ、このため、ルート・エロージョンを防止することが可能になったと考えられる。

### Pressure Distribution and Blade Stress on a Highly Skewed Propellers

ハイリースキュードプロペラの翼面圧力と翼応力

右近良孝、湯浅肇

平成4年8月

19th Symposium on Naval Hydrodynamics Proceedings  
of 19th Symposium on Naval Hydrodynamics

本論文は、青雲丸プロペラ、とくに、ハイリー・スキュード・プロペラ(以下、HSPという)の翼面圧力と翼応力に関する広範な研究について述べている。

先づ、本供試船の模型プロペラの翼面圧力計測について触れる。この計測は均一流ばかりでなく、ワイヤー・メッシュ後方の不均一流でも行い、HSPばかりでなく、通常型プロペラ(以下、CPという)についても行った。計測結果はプロペラ揚力面計算と比較した。背面側では良く一致する反面、正面側では理論上問題があることが分かった。特に、HSPでは翼端で理論より高荷重となることが得られた。

一方、両プロペラについて実船において翼面圧力計測を世界で初めて行うとともに、HSPの翼端での折損事故の発生に伴ない、翼端近傍で翼応力計測を行った。翼面圧力の実船計測と理論計算とを比較した結果、CPについては理論で圧力を比較的精度良く予測できる反面、HSPについては翼端の後縁側において、ステップ的に高荷重となる新しい知見を得た。

翼応力計測に関してはキャビテーション水槽に模型船を配置し、実船推定伴流分布をもシミュレートした計測を行い、実船計測と良い一致を得た。本実験では通常の模型試験とは異なり、キャビテーションの発生の影響もシミュレートしているばかりでなく、高レイノルズ数での実験となっている新しい翼強度評価法を開発した。

これらの広範な計測結果はプロペラ性能ばかりでなく強度検討の上から、又、新しい理論を開発する上でも極めて貴重なデータとなる。

Computation of Waves Generated by A Ship  
Using An NS Solver with Global Conservation

グローバルな保存性をもつNSソルバーによる船造波計算

劉浩、児玉良明

平成5年5月

日本造船学会春季講演会論文集 第173号

船舶流体力学の特徴ともいわれる船まわりの自由表面波は古典的な問題であるものの、極めて難しいものである。これまで、NS方程式を直接解くことによって船まわりの波をシミュレートする研究がいくつか行われ、数多くの成果が得られてきたが、自由表面条件の処理や造波抵抗を含めた船全抵抗の高精度の推定には、未だに、多くの問題点が残されている。

本研究では、著者の一人によって開発されたグローバルな保存性をもったNSソルバーを採用する。自由表面及び物体表面に適合した曲線座標系を使用し、有限体積定式他が動座標系でconsistently行われる。Moving Grid SystemはSpline補間を用いることによって自由表面形状の変化に基づき、各time step毎に配置し直される。Dynamic自由表面条件は応力の形で表われ、しかも、定式化の段階で、自由表面を通過するfluxの中に取り入れることにより自然且つ正確に課される。自由表面形状はkinematic条件の方程式を解いて求める。

本計算法の妥当性を検証するために、解の格子依存性、自由表面条件及びtrimの影響を調べた。Series60 ( $C_B=0.6$ ) 船型に対する造波計算は、レイノルズ数 ( $Re=1.987 \times 10^6 \sim Re=3.180 \times 10^6$ )、フルード数 ( $Fr=0.20 \sim Fr=0.32$ ) の四点で行った結果、船全抵抗及び船側波形が実験値と良好な一致を示すことが分かった。

渦格子法によるスーパーキャビテーティング・プロペラの性能計算

Calculation of Characteristics of Supercavitating  
Propeller Using Vortex Lattice Method

工藤達郎

平成5年11月

日本造船学会論文集 第174号

船舶の高速化にともない、その推進器としてのSCP (スーパーキャビテーティング・プロペラ) の重要性が増してきている。しかし、SC翼型の2次元理論解析やSCPの設計法に関する論文が数多く発表されているのに比べて、SCPの理論的性能解析に関するものは僅少である。キャビテーションが発生した通常プロペラの理論解析は少数の研究者が発表しているが、SC状態での性能解析の精度は悪く、SCPへの適用は無理である。

本論文では、SCPの性能を渦格子法により計算するために、キャビテーションが発生した状態での所定の翼荷重が得られるようにキャンバ面を逐次変形することによりキャビティ表面での圧力条件を満たすという手法を提案し、その手法により実際に性能計算を行った。後流渦の変形を考慮にいれない計算では、実験結果と比較してスラスト、トルク共に約7%小さめであるが、蒸気圧に収束しきっていない背面側の圧力を補正することにより実験値と2%以内の誤差で合う結果を得ることができた。

また、後流渦の変形まで考慮に入れた計算では、スラスト、トルクの計算精度は向上し、チップ・ボルテックス・キャビテーションまで含めてキャビテーションの発生の様子を良い精度で計算することができた。

スーパー・キャビテーション・プロペラの設計  
Design and Evaluation of New Supercavitating  
Propeller

右近良孝、工藤達郎、黒部雄三、星野徹二  
平成5年11月  
日本造船学会論文集 第174号

現在、高速船に関して関心がもたれているが、その推進器（プロペラ）として、流体力学的観点からの優位性に依らず、ウォーター・ジェットを用いる例が多い。ウォーター・ジェットはポンプの一種で、効率が甚だしく劣悪な推進器である。一方、スーパー・キャビテーション・プロペラ（以下、SCプロペラという）は効率が高いことが良く知られていたが、信頼すべき設計法がなかったことが、推進器として採用することがあきらめられていた原因の一つであった。本論文では新しいスーパーキャビテーション翼型理論を用いることにより、格段に効率の優れたSCプロペラが設計可能であることを明らかにしている。

船舶技術研究所により開発された非線型SC翼型理論とプロペラ揚力線理論を組み合わせたSCプロペラ設計法を開発し、それを用いた設計によって従来のSCプロペラより4%効率を向上させた。しかしながら、設計の目標のスラスト値より過大なスラストが発生したので、設計法の見直しを行った。プロペラの曲がり流れを補正する揚力面補正法を改善し、新たにSCプロペラを設計した。実験の結果、効率は従来のSCプロペラより11%も向上し、スラストも設計目標値を満たす、高性能なSCプロペラの設計に成功した。

本研究により、現在、効率を全く度外視して、止むなく高速船用推進器として採用されているウォーター・ジェットに代わって、SCプロペラが多く的高速船に採用されることが期待される。

〈運動性能部〉

A New Method of Calculating Unsteady Hydrodynamic Forces Acting upon High Speed Catamaran Ships

双胴型高速船に働く非定常流体力の新しい計算法

渡辺巖  
平成4年8月

19th Symposium on Naval Hydrodynamics

双胴型船舶は、波浪中の性能の良さ等からこれからの新形式海上交通手段として注目を浴びているにもかかわらず、その波浪中流体力についての計算はまだ開発の途上にある。これまでの計算法は、縦運動の流体力の計算が主要なテーマであり、計算法としては2次元計算法がほとんどであった。

しかし高速になると3次元性が強くなるのでこれまでの考え方では問題が生じてくることが予想される。

この論文ではこの点を解決する新しい計算法の確立を目指すことにした。まず始めに薄い船の近似を用いて、3次元性を考慮した高速で前進する双胴船まわりの流体现象モデルを提示する。薄い船の仮定の下では、対称運動状態の上下方向流場は各胴単独とした時の流場の足し合わせで表現できることが導かれた。前進速度のある場合の双胴間の相互干渉効果は、その主要な成分は双胴間の造波ならびに流場変形による非対称流場と、それによる横力（引斥力）として現われることが導かれた。問題は平板翼の揚力面問題と類似であることが示された。このモデルに基づき流体力の計算式を導いた。対称運動成分は薄い船の理論により、船体運動と船体形状がわかれば陽の形で流体力が計算できることを示した。非対称成分は造波効果を入れた揚力面方程式を解いて与えられる。これに伴う数値計算上の問題点についても考察して精度の高い計算法を導いた。最後に実用的な船型について流体力の計算を実際に行い、他の方法との比較を試み、この方法の利点、問題点を明らかにした。

## 船体強度と運航・操船

On Ship strength and Navigation and Maneuvring

渡辺巖、河辺寛

平成5年10月

日本造船学会船体構造委員会

「船の強度と災害防止」シンポジウムテキスト

本論文は、「船の強度と災害防止」について、船体構造、運航、整備の面からの現状と問題点を明らかにしようとするシンポジウムの1章を成すものである。本論文では操船と船体に働く荷重、特に波浪荷重との関係を明らかにすることを目的としている。まず、問題を荷重の長期的性格と操船の問題、荒天中の操船実態、操船と荷重の関係の推定計算の三課題に分けて論じている。まず第一の問題については、同一航路上を行く船でも、船毎にその波浪荷重の長期最大値に差があることを長期計測の結果から示し、操船による違いが相対的な船体強度を考える上で無視できない影響を持つことを示す。次に個々の船の波浪中での操船実態を統計的な立場から整理する。これにより船員が波の中で船をどのように扱おうとしているかを明らかにする。そのために船舶気象通報データを用いて、船の速力、方位と波、風、風との関係を調べる手法を示し、その結果から船の波、風の避け方、船速低下の実態を統計的に示す。最後に波との出会い方で波浪荷重がどのように変化するかを船体運動、荷重の予測計算により示している。様々な船速や波との出会い角に対して、運動、荷重の振幅値がどのような変化をするかを明らかにし、これから荒天中で船をどのように操船したらよいかについて提言する。

## 斜め波中を航走する船体に働くdiffraction Pressureの実用的計算法

A method for calculating diffraction pressure over a ship running in oblique waves

渡辺巖

平成5年11月

関西造船協会誌 第221号

波浪中を航行する船体に働く波浪変動水圧を計算する方法としてストリップ法計算が用いられてきたが、斜め波中、短波長域での計算精度に問題があるとされている。従来実用的な見地からすれば大きな問題とはされてこなかったが、大型船の横荷重の推定精度が問題となるに連れ、ここでの推定精度が問題とされつつある。流体力学的に見ると、この領域は船体運動が小さいため、船体による波の散乱による成分が支配的である。水圧の計算精度もこのdiffraction成分の推定精度に大きく左右される。

これまで提唱されているストリップ法はOSM, NSM, STF法等いくつかの種類があるが、いずれの方法においてもdiffraction成分は近似的な扱いで求めているにすぎない。これまでストリップ法計算で斜め波中を前進する船体回りのdiffraction問題を(ストリップ法的な意味で)厳密に解くとどのような結果が得られるかについて触れられたことが少ない。

ストリップ法計算におけるdiffraction成分の扱い方のもう一つの問題点は追い波中の扱いである。出会い波周波数が零に近くなると船長方向の流場変動が重要になるが、従来のストリップ法では考慮されない。これも短波長域での船体応答を計算する場合に問題になる点である。これについては溝口等流体力計算改良法を示しているが、diffraction成分そのものを直接解くことまでは至っていない。

以上の問題点を改良する手法としては三次元計算法が、最も合理的と考えられるが、手間、計算時間等から実用上簡単に使える計算法とは未だ言いがたい。ストリップ法計算の手軽さを生かしつつより真実に近い計算法の確立が実用の立場からすると望まれる所である。このような問題意識のもとに、本論文では、まづストリップ法の立場から厳密な境界条件の下で、diffraction成分の計算法の再定式化を行う。それに基づき従来の計算とほとんど変わらぬ計算時間でdiffraction成分が計算できる計算法を示す。そしてその結果がdiffraction Pressureの実験結果を良く説明できることを示す。

## 深水域における巻き波砕波の力学的性質

On the Dynamical Properties of Plunging Breakers  
in Deep Water

沢田博史、富田宏

平成6年1月

日本造船学会

海洋工学シンポジウム 第12号

海洋における砕波の研究はこれまで主に海浜過程の一環として遂行されてきた。一方、広大な外洋深水域における砕波現象は、船舶ならびに海洋構造物の安全性のみならず海洋表面を通しての物質、運動量、温度等のフラックスを支配し、地球環境評価の面からみてもたいへん重要な役割を担っている。本報告は、実験室において生起された極めて強い巻き波砕波についてその力学的性質を詳しく調べたものである。

砕波の局所的性質として、典型的な波峰のオーバーターニングの状態を高速ビデオにより撮影し不安定機構により峰の直下に強い水平ジェット流が形成される様子を明らかにした。またそれと同時にLDV（レーザードップラー流速計）によって直接に砕波時の流場の測定を行いジェット流の強さを定量的に決定した。

集中波とそれによって造られた深水砕波の計測により砕波による運動量輸送および内部流速を調べた結果

- 1) 運動量の減衰率が求められ、その周波数減衰についてこれを説明するモデルが提出された。
- 2) 巻き波砕波の波頂での水粒子の水平速度は波速の1.4倍以上になることがみとめられた。

## 〈構造強度部〉

## ジャッキアップリグ用脚固定装置の設計について

On the Design of a Leg Fixing Device for Jack up Rigs

渡辺喜保

平成5年11月

日本造船学会論文集第174号

ジャッキアップリグ用脚固定装置は、ジャッキアップリグが北海および北極海周辺等の海象条件の厳しい海域で稼働する場合不可欠で、船体の昇降時を除き、作業状態、暴風状態および曳航状態において脚と船体を固着させるために、単独にまたは昇降装置と併行して使用される。いずれの荷重状態においても、脚固定装置の互いにかみあうラック歯はそれらを通じ大荷重が伝達されるため、ラック歯の接触部および歯元の応力が材料の降伏応力を越えるのが一般的である。

脚固定装置の設計に対しては、各船級協会とも、直接適用できる規準を用意していないが、LRSおよびABSには、昇降装置の主ピニオン、ラックおよびそれらに関連するギアを対象にした規準がある。しかしながら、それらは、歯の接触部表面応力および歯元曲げ応力（応力集中および疲労寿命に対する安全率の推定を含む）に関する解析を要求しているが、具体的な設計手順等は示していない。また、DNVには、1982年のISOに基づく歯の接触部表面強度および歯元曲げ強度に対するクラスノートがあるが、現在は発行されてなく、大荷重を伝達する脚固定装置にそれを適用するのは不適切と考えられる。

脚固定装置の開発に関する研究としては、荒木らおよび渋谷らの報告があるが、それらは、脚固定装置の模型実験とバネとビーム等で構成された解析モデルによる応力分布および荷重分布の比較に留まっている。

本論文では、既報で得られた知見および新たな解析結果に基づき、脚固定装置の設計手順、各歯の荷重分布の簡易推定法、摩擦を考慮した歯元弾塑性歪の簡易推定法および脚固定装置の最適化について報告する。

〈機関動力部〉

Measurement of Flame Temperature Distributions  
by Fourier Transform Interferometry

フーリエ変換干渉法による火炎温度分布測定

佐藤誠四郎

平成5年4月

日本機械学会研究分科会

The Outline and the Activities for the Committee on  
Laser Diagnostics of Combustion in Japan No11

レーザ干渉法を用いて火炎温度の空間分布を求めるため、干渉縞のデータ処理の自動化と測定精度向上を目的としてフーリエ変換干渉法を適用している。これまでフーリエ変換法による測定では、従来のホログラフィ法と必ずしも一致しない場合があった。

本研究では、これら不一致の原因を検討するためコンピュータシミュレーションを行なった。シミュレーションでは、オリジナルの干渉縞の分布として2次曲線分布を与え、フーリエ変換法で求まる縞次数の誤差の評価などを行なった。

フーリエ変換干渉法では、干渉縞の変調に用いるキャリア周波数（縦縞の間隔）がフーリエ変換の基本周波数の整数倍であることが必要とされる。この整数倍の許容範囲を調べ、干渉縞の測定誤差を1%以内にするには、画像取入れの倍率の調整を0.1%以内の誤差におさめる必要があることを明かにした。これは実際にはかなり困難である。そこで本研究では、画像取入れの際、撮影倍率などを調整して整数倍の条件を満たす代わりに、高速フーリエ変換（FFT）の際、データの長さを変えて処理を行った。つまり基本周波数を幾つか変えることにより前述の整数倍の条件を満たし、ほぼ満足する結果を得た。この結果をバーナ火炎に適用し、空間的な温度分布を測定した。

Stirling Power System for Underwater Application

海中スターリング動力システム

塚原茂司、桑原孫四郎、平田宏一、熊倉孝尚、一色尚次  
平成5年5月

Proceedings of 6th International Stirling Engine Conference

海表面から深海まで、海は未知なところが多く、科学的にも、海洋開発上からも興味のもたれるところである。そのため、性能の良い潜水船が求められている。

これまで開発された無索式の潜水船の動力源は、殆どバッテリーシステムである。バッテリーシステムは信頼性が高く、静粛である等の優れたところがあるが、出力密度が低い、高出力が得られない等の欠点を有し、それに代わる動力源が検討されている。

海中動力源についてはわが国においても検討されている。海洋科学技術センターの委託を受けて日本深海技術協会が1990年より「海中新動力システムの調査研究」を行い、スターリングエンジンと燃料電池を対象に、各種の潜水船について搭載上の問題点を検討している。川崎重工業はスウェーデンのコッカムス社と技術提携をして潜水艦用のスターリングエンジンの開発に着手している。三井造船は東大と共同でAUVの研究を行っているが、この動力はCCDE（密閉サイクルディーゼルエンジンシステム）である。

本文での主題は、高深度潜水船を対象にした省エネルギー形のスターリング動力システムの提案である。エンジンの排気エネルギーを利用してタービンを回し、その動力で排ガス再循環用圧縮機とガス排出前段用圧縮機を駆動しようとするものである。これについて熱力学的考察を行い、成立の可能性を明らかにした。また、排出ガスを熱交換器により低温にし、その出口で液体状態になるように圧力を調整し、排出ポンプの消費動力を少なくした。これにより高圧液体（高深度）への排出を容易とした。

さらに、上記の検討を基に、あるミッションを想定し、最高深度6,500m、連続潜行時間10日のAUVについて容積の検討を行い、AUVの概略図を示した。

おわりに、これらのシステムの克服すべき問題点について触れた。

## 燃料電池の開発現状と技術課題

Current State of Development and Technical Subjects of Fuel Cells

野村雅宣、波江貞弘、岡野一清、  
小林喬、小関和雄、駒木秀明  
平成6年2月

日本舶用機関学会誌 第29巻第2号

燃料電池の最近の開発状況と技術課題について解説した。

(1) アルカリ型：宇宙用として早くから米国で開発に着手された。技術的には成熟している。特殊用途向きである。わが国では1972年に10kWの潜水艦用を試作した。酸化剤に空気を使うときの出力密度は $0.15\text{W}/\text{cm}^2$ 程度である。純水素しか使えない。

(2) リン酸型：NEDOとPEFC研究組合、ほかに電力・ガス・石油会社独自で精力的に実用化試験を行っている。出力密度は過去10年間で約2.5倍の $0.2\text{W}/\text{cm}^2$ に上昇した。燃料としては天然ガス、ナフサなどの改質ガスから水素を分離精製して使う。20kW～11MW級の各種がある。過去に国産85基、輸入を含めると120基が導入され、現在約半数が試験運転中である。運転時間は1万5千時間を超えたものもあるが、実用化にはあと数年を必要とする。海外で潜水艦、潜水艇用動力源の開発を進めている。

(3) 溶融炭酸塩型：NEDO中心の開発計画で10kW及び100kW級の開発に成功した。出力密度は $0.12\text{W}/\text{cm}^2$ が得られている。MCFC研究組合で1997年までに1MW級を開発する。化石燃料の改質ガスである水素とCOガスを燃料として使える。外部及び内部改質型の2種類がある。後者がうまく行けばコンパクト化が可能になり、LNG船などの主機として使える見込みがある。

(4) 固体酸化物型：米国ウエスティングハウス社が円筒型セルを用いて世界最大の25kW級を開発した。日本にも導入され、フィールド試験中である。国産技術は数kW級の開発段階にある。平板型が主流だが、円筒型、変形モノリシック型の開発も行っている。化石燃料の改質ガスが使える。最大出力密度は小型セルで $0.5\text{W}/\text{cm}^2$ が得られている。軽量小型にでき、船用としての可能性が高い。

(5) 固体高分子型：燃料は水素だけしか使えない。出力密度は燃料電池中最大 ( $0.6\text{W}/\text{cm}^2$ ) だが高価で特殊用途向きである。宇宙・軍用、民用小形電源に数kW級が使われている。

## セラミックス溶射皮膜の微構造評価への画像技術の応用

Application of Image Processing Technique for  
Microstructural Analysis of Plasma-Sprayed  
Ceramic Coatings高橋千織、千田哲也  
平成5年3月

日本材料試験技術協会画像技術応用材料試験研究部会 研究会資料

プラズマ溶射皮膜の形成原理および皮膜特性を把握するために必要とされている皮膜細孔構造の評価法として、現在一般に用いられている水銀圧入法などの従来法と画像処理を応用した評価法について実験を行った結果について報告した。

皮膜細孔構造の評価は溶射距離の異なる4種類の皮膜について画像処理法と水銀圧入法により行った。画像処理法については観察試料の調整法によって微構造の見え方が変わることや、気孔の境界の特定が困難であることなどが問題となっている。本研究では皮膜内の気孔にクロム酸を含浸させ、走査電子顕微鏡写真に画像処理を適用することにより、これらの問題を解決した。断面観察の結果、細孔構造は粒子間の未結合部と粒子内のミクロな亀裂からなり、 $1\mu\text{m}$ 未満の気孔の他に数 $\mu\text{m}$ から10数 $\mu\text{m}$ という原料粉末粒子に近い大きさの気孔も存在することが確認された。溶射距離が長くなると粒子間の未結合部の割合が高くなり、空隙の幅は広がるが、その一方で粒子内のミクロな亀裂の数が大幅に減少するため、気孔の全体量すなわち気孔率はあまり変わらなかった。また、粒子の扁平化の程度は低くなっていた。縦断面写真の2値化画像から算出した気孔の長さや幅の平均も溶射距離が長くなるにしたがい大きくなった。これらは気孔形態の変化を定量的に表しているものと考えられる。一方、水銀圧入法では粒子間の未結合部がボトルネックとなって、断面観察でみられたような $10\mu\text{m}$ 前後の大きさの気孔は測定されず、水銀の圧縮性による誤差要因なども明らかにされた。それぞれの方法による気孔率の測定結果の絶対値はあまり一致しなかったが、これについては双方に誤差要因があり、今後の改善が必要である。画像処理法では溶射距離の違いによる気孔形態の差を含め、細孔構造評価に有力なデータを与えられると期待される。

## セラミックスの高温摩擦摩耗試験

Friction and Wear Tests of Ceramics at Elevated Temperatures

千田哲也

平成6年1月

材料試験技術 第39巻第1号

硬度が高く変形しにくく、かつ凝着も少ないというセラミックスの性質は、トライボロジー材料として本質的に優れたものである。特に、セラミックスは耐熱性を有するため、高温でのトライボロジー材料として期待される。このため、船舶技術研究所では、アルミナ、ホウ化チタンなどのセラミックスの高温摩擦摩耗試験を行っている。

アルミナでは、温度の上昇にしたがって摩擦係数は低下した。また、800°C以上では、600°C以下にくらべ比摩耗量が1桁減少して、 $10^{-9}\text{mm}^3/\text{N}/\text{mm}$ のオーダーになり、1000°Cでは摩耗粉の発生はなくなった。このとき、摩擦面は平滑になり、粒径が $0.1\mu\text{m}$ の微細粒子の表面層が形成されていた。表面近傍の透過電子顕微鏡による微構造分析結果によれば、微細粒子層の直下に転位密度の高い変形層が存在し、このことから微細粒子層は動的再結晶化により形成された可能性が高いと結論された。試験温度が十分高い場合には、再結晶化した表面層の塑性流動によりせん断抵抗が緩和され摩擦係数と摩耗量が低下するが、低温では粒界破壊などにより摩耗が進行するものと推測された。

ホウ化チタンセラミックスの摩擦摩耗特性は、室温付近、400°C付近の中温領域および700°C以上の高温領域の3つの代表的な温度領域に分けられ、それぞれはおもにホウ化チタンの酸化により特徴付けられる。室温では、摩耗量は最も多く、ホウ化チタンの直接接触が支配的であった。中温領域では、ホウ化チタンの酸化により $\text{B}_2\text{O}_3$ が形成され熔融状態で摩擦面に介在し、その粘性が高いため摩擦係数は大きくなるが摩耗は抑制され、温度の上昇にしたがって摩耗量は低下した。600°C以上では、粘性の低下した酸化物が摩擦面全体を覆い、摩擦は一種の流体潤滑状態となるため摩擦係数は低下し、酸化のため試料重量は増加した。

## 〈装 備 部〉

Determination of SEA Total Loss and Coupling Loss Factors for Built-up Structures: Theory and Numerical Experiments

構造物における総合損失係数及び結合損失係数の推定法  
— 理論及び数値実験 —

張 世平、木原洸、天田重庚

平成5年1月

日本音響学会 The Journal of the Acoustical Society of Japan (E) 第14巻第1号

本研究では、船舶の居住区及び作業空間の騒音レベルを効率的に予測する技術を開発するために、大型構造物の高周波振動・騒音を予測するSEA (Statistical Energy Analysis) 法を利用して、構造物における総合損失係数及び結合損失係数(エネルギーが流出し失われる係数)を導入した推定法について記述する。改良した本推定法の特徴は、構造物を形成しているある要素とその隣接部の内部損失を推定して総合損失係数に包含し、自動的に隣接部の内部損失を隣接する要素の総合損失係数で分配することである。

本推定法は最近の実験計測法に用いられるパワー注入法(Power Injection Method)を利用して構造物の要素にパワーを注入し、その注入したパワーとその要素においてランダム選定した計測点における平均振動エネルギーを測定する。次に、その要素に注入したパワーとその振動エネルギーの比率を算出する。N個の要素で形成される構造物の場合、N回の測定と計算をすれば算出できる。(従来のSEAエネルギー平衡方程式による逆算法では $N \times N$ 回の測定と計算が必要であった。)この決定したパワーと振動エネルギー比率をSEAエネルギー平衡方程式に代入することにより、N個の非線形方程式によるN個の要素の総合損失係数を算出することが出来る。この推定法を用いて、要素間の結合損失係数を求めることも出来る。

本推定法を確認するために、文献にある数値例を利用して数値計算実験を実施し、その文献の結果との照合を行った。従来の $N \times N$ 回の測定テストで得られた結果と比較して、本推定法(N回の測定テストを仮想した数値実験)では従来の方式より計算時間が短くなり、高い計算精度が得られた。

## Fluorescence Measurements of Formaldehyde in Flame by YAG THG Excitation

YAG三倍波励起による火炎中のホルムアルデヒドの  
蛍光測定

山岸進、土屋正之  
平成5年9月

TLM XV (第15回「燃料における省エネルギー研究課題  
担当者会議」) Proceedings of XVth Task Leader's  
Meeting15

ホルムアルデヒド ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) は炭化水素燃焼過程で発生する重要な中間生成物の一つであると共に、特にアルコール燃焼において多く発生する有害な環境汚染物質でもある。このような燃焼ガス微量成分を検知するにはLIF (Laser Induced Fluorescence) が有効な方法である。筆者等はVAGレーザ3倍波で励起した蛍光を観測して、 $\text{CH}_2\text{O}$ の蛍光バンドであることをシミュレーションで確認した。YAG3倍波は光源として強力でかつ安定しており実用的であることから、これを用いて濃度測定を行い、温度測定は同時に観測できる窒素の振動ラマン線を用いる方法を提案した。

大気圧下での蛍光測定においては、粒子間衝突頻度が高いのでクエンチングが問題とされている。

しかし、本実験では、広範な振動回転バンドが観測されること、各バンドの強度が励起エネルギーに比例すること、蛍光強度の減衰時間も各々同じであることが確認されたため、励起状態のエネルギー遷移がクエンチングに比して非常に速く行われており、蛍光強度がこれによって大きく影響されることはないと考えられ、窒素のラマンと $\text{CH}_2\text{O}$ 蛍光を同時に観測して、線強度比と散乱断面積比から濃度を求めることができる。

また、 $\text{CH}_2\text{O}$ は燃焼反応として比較的低温領域である1000K以下で生じ、この研究には分光的非接触温度測定の確立が重要な課題となる。ここでは窒素のラマン線と干渉する成分はホルムアルデヒドであることが確認されているので、干渉バンド形状をシミュレーションによって推定した。

上述の方法を用いて、バーナ火炎面近傍におけるホルムアルデヒドの濃度と温度分布をin-situ観測し、有効な方法であることを示した。

## 油拡散現象の数値解析

Numerical Analysis the Oil Dissipation Phenomenon

間島隆博、金湖富士夫  
平成5年9月

第23回安全工学シンポジウム予稿集

近年タンカーによる油流出事故が頻発しており、海洋汚染の要因となっている。ここで示すのは流出した油の挙動の、計算機による予測であり、油拡散現象初期における重力拡散についての解析結果である。初期の油の形状は対角線の長さが底面で40m上面で20m高さ1cmの正四角錐台として、油の自重で拡散していく様子を示し、次に潮流、オイルフェンス、風とそれぞれの条件を足し込んで、拡散状態の時間履歴を追って考察を加えた。今回示された解析結果では、一様潮流中の重力拡散過程の油が厚く分布する領域は潮流の方向に対し垂直方向に長い形状となる結果が得られたが、実際に生じる現象であるか否かを確認する必要がある。

The Ship Manoeuvring Simulator for Safety  
Assessment of High Speed Crafts

高速船の安全評価のための操船シミュレータ

金湖富士夫、田中邦彦、桐谷伸夫

平成5年9月

MARINE INSTITUTE of MEMORIAL UNIVERSITY  
Proceedings of MARSIM'93

最近、日本でも高速船の運航が各地で開始され、一般船で輻輳している海域における航行の安全を阻害すると考えられており、そうした海域における高速船航行の安全評価を実施することが緊急の課題となっている。船舶技術研究所では、この目的に使用する操船シミュレータを開発し、多くのシミュレータ実験による評価を実施した。本論文ではこのシミュレータの特徴を紹介し、シミュレータ実験結果の1例を示している。

シミュレータの主な特徴は以下に示す点である。

(1) 景観画像表示システム

このシステムで使用している計算機は高価なイメージジェネレータにありがちな移動物体の制限がなく、かつ、高速に描画する性能があり、毎秒30回の画像更新が可能である。また、霧により遠近感を、海面模様の張り付けにより現実感を創出している。

(2) 管理システムと景観画像表示システムの負荷分散

管理システムでは、自船および他船の運動計算を0.2秒毎に行い、ネットワーク経由で景観画像表示システムに送信し、景観画像表示システムはそれらのデータを6回外挿して30分の1秒のデータを作成することにより、それらのシステム間の計算、通信の負荷をバランスさせて、被験者に対して毎秒30回のスムーズな景観を与えている。

(3) マルチプロセス構成

管理システムでは、船舶の運動計算、船舶の発生、削除等の管理、記録、景観画像表示システムへの通信、支援機器模擬装置への通信等の処理を行っている。それらの処理は異なる起動間隔を持つため、それぞれの処理毎にプロセスにし、それらの処理の起動管理を容易にしている。

〈システム技術部〉

船舶航行システムの安全評価用シミュレータと  
安全評価の考え方

The Simulator for the Safety Assessment of a Ship  
Navigation System and Proposal to the Safety  
Assessment

田中邦彦、宮崎恵子、原木信夫、福戸淳司、  
金湖富士夫、桐谷伸夫、沼野正義、有村信夫、  
伊藤泰義、村山雄二郎

平成5年8月

第32回計測自動制御学会学術講演会予稿集

船舶航行の安全評価のためには、シミュレータを用いた検討が有効である。著者等は、船舶航行に関する要素から構成されるシステム（船舶航行システムと呼ぶ）の安全を総合的かつ多方面に評価できるシミュレータ（安全評価用シミュレータと呼ぶ）を開発するとともに、この安全評価用シミュレータを用いて船舶航行システムの安全評価の研究を進めている。

船舶航行の安全に影響を及ぼす要素として、船舶、操船者、環境（自然環境、地形環境、交通環境、）、および陸上支援が上げられる。船舶航行システムの安全評価のためには、個々の要素に関する検討のみならず、要素間の関連を総合的に検討する必要がある。シミュレータを用いて安全評価を行うためには、操船者が、実海域で操船を行う時の反応と有意な差を生じさせない程度に現実の世界をシミュレータ上に模擬すればよい。そのためには、船舶航行システムを構成する要素の機能をモデル化して表現し、この、モデルの機能を十分に評価できるものでなければならない。

一方、操船者が操船時に入手する情報の中でも、景観情報（3D景観画像）のリアリティは特に重要な要件である。シミュレータにおいては、操船者が実際の操船時に用いる情報を欠落なく、操船に伴って変化する景観の動きをスムーズに表現して与えることが必要である。

船舶航行の安全は、対象とする海域内において、衝突もなく、座礁もなく航行できたというだけでなく、想定される不測の事態に対しても、これを回避することができて、初めて安全と言える。

避航操船を含むあらゆる操船作業において、外乱によって生じる事態（潜在的危険）に対しても適切に対応できるためには、外乱による影響を見越した余裕を常に確保した操船が必要である。この時の余裕を安全余裕と定義すれば、この安全余裕の大きさを基に船舶航行の安全を評価することが可能であると考えられる。

## 大型高速船操船支援効果の操船者による主観的評価

Operators' Subjective Evaluation of Effect of Aids on Safety Navigation of Large High Speed Vessel

宮崎恵子、金湖富士夫、沼野正義、村山雄二郎

平成5年9月

日本航海学会論文集第89号

現在、高速船の安全な高速航行についての課題が検討されている。著者らは高速船の運航体制についての研究を行ってきており、大型高速船の航行の安全に対する各種の操船支援の効果を調べるために操船シミュレータ実験を行った。ここでは、実験の際に実施した操船者へのアンケートを基に、安全対策の効果に対する操船者の主観的な評価を客観的に解析する手法とその結果について述べる。

実験は、船舶技術研究所の安全評価用操船シミュレータを用い、船長経験者を操船者にして実施した。前もって行ったシミュレータ実験により求めた限界幅轄度の海域の中を大型高速船で10分間航行する。操船支援として、レーダ、ARPA、高速船情報、情報支援とその内容、暗視装置(夜間航行時)、高速船識別灯(夜間航行時)の有無等を組み合わせて、昼間と夜間の航行実験を41回行った。1回の実験が終了する度に操船者はアンケートに回答した。

アンケート結果の解析には、パラメータが多岐にわたり、かつ、それぞれ複雑に関連しているデータの解析に有用な主成分分析法を用いた。その結果、この手法の有効性が示された。大型高速船の夜間の航行実験(24ケース)の分析結果は次の通りである。①操船者は、ARPA、判断支援、3秒周期レーダが操船支援として有効であると評価し、次いで、識別灯、暗視装置、情報支援を有効と評価している。②ARPA、暗視装置は、操船の余裕を生み出し判断レベルを達成させて、効果的に高速航行の安全に寄与している。③情報支援、判断支援においては、援助者との意思疎通の改善が望まれている。また、大型高速船の昼間航行(17ケース)の分析結果は次のようになった。①3秒周期レーダ、ARPA、判断支援が操船支援効果が高いと、操船者に評価されている。②判断レベルの達成においては、ARPAと判断支援が有効であり、3秒周期レーダはあまり有効ではなかった。

## 船用機器故障と航行の安全について

Equipment Failures and Navigation of safety on Japanese MO Ships

桐谷伸夫

平成5年12月

日本機械学会 交通・物流大会講演論文集

海上における船舶は自立した存在であり、故障機器に対する修復処置には限定された人員と作業条件が与えられる。近年、船舶を取り巻く環境において近代化の流れによる少人数化や低質油の使用などが進むことで、船用機器にとってはより厳しい稼働条件が課せられている。従って、高信頼度船用機器の設置が適切な保全作業の実施と共に重要となっている。

故障機器の修復作業に費やされる乗組員の人的・時間的損失は、間接的にしても航行の安全を阻害するものであり、特に少人数化船では重要な問題となるものと考えられる。船舶信頼性データベースにおいて、6 man\*hour以上の処置工数を要するような故障の発生は、主機のジャケットやライナそしてピストンなどの重量物の故障に多く見られ、その結果として航行の安全を阻害している。これらの作業の軽減化には、開放作業の能率化や据え付け位置の考慮などが適切な保全作業の実施と共にさらに必要である。

### Sand Erosion Behavior of CFRP and AFRP

炭素繊維強化プラスチックとアラミド繊維強化  
プラスチックのサンドエロージョン挙動

原木信夫、津田 健、北條英光

平成5年12月

3rd Japan International SAMPE  
Symposium and Exhibition

固体粒子の衝突損によって起こる材料の損傷であるエロージョンについて、筆者らは主にプラスチック材料について研究してきた。近年FRPが成形性、耐食性、機械的特性などに優れていることからすでに船舶のみならず化学プラントなどにも積極的に導入され、重要な役割を果たしている。しかしながら、エロージョン損傷による構造部材の寿命の減少もまた大きな問題となっている。とくに、この構造部材の寿命の減少は、プラント全体の稼働能力や信頼性にかかわる重要なものである。

そこで、本研究では構造部材としてのFRPについて、その信頼性を評価するための一環としてエロージョン損傷に着目し、損傷挙動および損傷形態について検討している。

今後の幅広い分野への展開が期待される、炭素繊維(CFRP)およびアラミド繊維(AFRP)で強化したFRPを試験片として用いた。試験装置としてはサンドブラストタイプのものを用いた。

実験結果から、CFRPとAFRPで明らかに異なる挙動を示すことが認められた。つまり、CFRPの場合にはガラス繊維で強化した場合とよく似た脆性的な損傷挙動を示すが、AFRPの場合には延性的な損傷挙動を示す。損傷量は、AFRPがCFRPやGFRP(ガラス繊維強化プラスチック)と比べはるかに小さいことが認められた。

SEMによる損傷面の観察から、CFRPはGFRPとよく似た損傷面を示すが、AFRPは全く異なった損傷面を示し、スキンやフィブリルといったものが観察された。このような構造のために、AFRPは他の2種類のFRPと比べ耐エロージョン性が高いものとおもわれる。

### 〈原子力技術部〉

#### Responses of LiF TLDs to 10—40keV Monoenergetic Photons from Synchrotron Radiation

シンクロトロン放射光からの10—40keV単一エネルギー  
光子に対するLiF TLDの応答特性

成山展照、田中俊一、吉澤道夫、平山英夫、

伴 秀一、中島宏、波戸芳仁、中根佳弘

平成5年

#### Radiation Protection Dosimetry

シンクロトロン放射光はエネルギーが紫外領域から数十keVまで広い領域にわたり、強度が従来用いられてきたX線発生装置に比べ2桁から4桁大きい放射線である。そこで、こうした特徴をもつ放射光用の個人被曝線量計として現在フッ化リチウム熱蛍光線量計(TLD)が期待されている。ところが、そのTLDの低エネルギーX線に対する応答特性はこれまで多くの研究者によって測定されてきたが、線源スペクトルやTLD加熱条件など個々の実験条件が異なるため、その精度に大きなあいまいさがあった。そこで、本研究では単一エネルギー、直線加熱という単純化された条件のもとでその応答特性を測定することにした。そのため、まず放射光からの10keVから40keVまでの単色X線を用いてTLDのグロー曲線を測定し、そのグロー曲線のデータに基づきエネルギーおよび線量応答を求めた。その結果、エネルギー応答の実験値は主ピークを含む低温領域では空洞理論に基づく計算値と一致するが、高温領域ではその2倍になることがわかった。また、10、30keV X線、<sup>60</sup>Coガンマ線に対する線量応答は数Gyまで3者とも直線性をもつが、それ以上では応答が増大するSupralinearity(超直線性)を示し、その最大値は3者それぞれ異なる値をもつことが明らかとなった。さらにその最大値は、X線エネルギーが減少する、つまり平均線エネルギー付与(LET)が増加するにつれて減少することもあわせて観察された。

〈海洋開発工学部〉

## 実験用海洋構造物の曳航

## Towing of Proto-Type offshore Structure

山川賢次、原正一

平成5年5月

関西造船協会誌

山形県鶴岡市由良港沖合いにおいて、1986年9月から1990年7月までの4年間、実験用浮遊式海洋構造物POSEIDON号による実海域実験を実施した。POSEIDON号は、鳴門市の造船所で建造され明石海峡から瀬戸内海・関門海峡・響灘を経て、山陰・北陸の沿岸を北上して実験海域まで9日間の曳航によって回航された。実海域実験が完了した1990年7月17日、POSEIDON号は解体のため実験海域から約20マイル北に位置する酒田港に回航された。この曳航の機会に曳航索の張力および曳船・被曳船の各種運動を計測した。また、実海域実験に先だてて模型実験を実施したので、海洋構造物の曳航時の計測の実例として報告するものである。

模型実験は、POSEIDON号の動揺および波浪によってフーティングの上面が全没したり水面上に露出したりすることによって水線面積が急激に変化する可能性があり、このような現象に対する安定性や曳航抵抗などを調べるために実施した。

鳴門市の造船所から実験海域までの回航時には、曳航の初日、友が島水道を通過して大阪湾に入った地点で17時から約1時間曳船側で曳航索張力の計測を実施した。ホーサー長は、瀬戸内海の曳航時は約80m外洋では200mであった。

撤去の回航時には、ホーサー張力とブライドル張力のほか、曳船・被曳船の各種運動および波浪・風の計測を行った。計測条件は、速度を変えながら直進して波浪中の曳航抵抗を計測した。つぎに、波・風・流れとの出会い角を変化させるため、主機の回転数を一定にして5角形を描きながら右旋回して計測した。また、酒田港内では平水中の曳航抵抗の計測を行った。ホーサー長は200mとし、航路の狭い酒田港内では100mで曳航した。

これらの実験結果から主として曳航抵抗と変動張力について解析した結果をまとめたものである。

〈水海技術部〉

## 氷盤と波浪の干渉に関する基礎的研究

## A Study on The Interaction Between Waves and Ice Plate.

金田成雄、堀合孝博、今井 正、佐藤忠文、  
笹本 誠、劉 曉東、堺 茂樹、平山健一  
平成5年12月

## 第9回 寒地技術シンポジウム

冬季の北海道オホーツク海沿岸では、自由海面と氷に覆われた海面が共存している。このような海域では、海岸構造物への氷盤の衝突等の現象が見られ、構造物の損傷、破壊等が生じている。また、波浪により氷塊が防波堤を乗り越える、いわゆる越氷が発生する。これらは、波浪に伴う氷盤の運動が主な原因であり、この現象を検討するには、自由海面から氷盤下に進入する際の波浪変化、氷盤下を進行する間の波浪減衰、構造物近傍での波浪による氷盤の運動といった一連の現象の理解が重要である。

著者らは、連続氷盤下における波浪特性について着目し、疑似氷板(ポリプロピレン板)を用いた実験を行うとともに低弾性平板下の波動の線形理論との比較を行ってきた。しかし、これまでの実験では造波直後から氷板が冠水するなどの問題があったため、今回は冠水を防止する工夫を施し、更に氷板厚を変化させ氷板の変形に対する氷板厚の影響を検討した。

冠水防止策を施すことにより波高、波速とも値にバラツキが少なくなり、氷板下の波速の理論値は、実験値と極めて良く一致し、更に波速に対する氷厚の影響も十分な精度で表現している。

一方、波高については、前述の理論解からエネルギーフラックス法により、開水面と氷板下での波高の比を計算しているが、氷板進入時の波高変化に関する理論解は実験結果を定量的に表現しているとは言えない。この原因については、二つの理由が考えられる。

一つは、データを整理する際に用いる開水域での波高(ヒーリーの方法により反射波を除去)の精度、二つ目は、波が進行している時の氷板内の水位が静水時より高くなっていることが確認され、これが氷板下での波動のエネルギーフラックスに影響を与えている可能性がある。いずれの点についても今後、実験及び理論解析の両面からの検討を必要とする。

## 巡視船“そうや”によるオホーツク海流氷観測

Observations of Pack Ice in the Sea of Okhotsk  
on-Patrol Vessel“SOYA”

下田春人、吉田三雄、金田成雄、村本健一郎

平成5年12月

寒地技術シンポジウム'93講演論文集

海上保安庁所属の巡視船“そうや”のアイスパトロールの機会を利用して、1991年～1993年まで北海道オホーツク海沿岸流氷域に於いて実船実験を実施してきた。本報告は過去3カ年に行われた実船実験のうち、主として船舶航行時の氷況の計測方法と解析結果、ならびに海氷の氷質試験結果についてまとめたものである。

氷況の計測方法として、“そうや”船上に設置したビデオカメラの画像を利用し、氷況の定量的な計測を試みた。航路上の氷密接度は、海表面画像を2値化処理して、氷板の占める割合を連続的に計測することによって示した。氷板の形状は、斜め下向きに撮影された斜映像を真上から見た映像に形状変換して表した。また、同時に、船側から鉛直下向き撮影したビデオ画像から航路上の氷厚分布の計測を行った。その結果、この氷密接度表示方法は、連続的に計測を行っているので、密接度が変わる地点、開水面等を詳しく表すことができた。氷厚計測では数多くの点数を計測することができ、氷厚分布に2つのピークが見られたり、年による氷厚の違いを示すことができた。

海氷の氷質試験では、船上から流水のサンプリングを行い、結晶構造の観察、曲げ強度試験、シュミットハンマー試験等を行った。その結果、流水の結晶構造では、典型的な海氷の結晶構造であるくさび形成はあまり見られず、冠雪が変化した雪氷と思われる結晶構造が多く見られた。曲げ強度値は公表されたデータと近い値となった。シュミットハンマー試験では試験供試体容積、氷厚について調査した。

## 船用プロペラ流場の数値シミュレーション

Simulation of Incompressible Viscous Flow around  
a Marine Propeller

宇都正太郎

平成5年12月

第7回数値流体力学シンポジウム講演論文集

船尾振動の低減を目的として装備されるハイリースキューードプロペラ（以下、HSPという）に関して翼端部における切損事故が多数報告されている。実船プロペラの翼面圧力計測からHSPの翼端部の圧力が後縁近傍で著しく低下し、既存の揚力面理論計算では予測できないような高荷重が翼端部に局所的に作用することが明らかにされているが、そのメカニズムは十分に解明されていない。

そこで本研究では計算流体力学（CFD）手法を用いてHSPまわりの非圧縮性粘性流のシミュレーションを実施した。支配方程式はNavier-Stokes方程式及び擬似圧縮性項を付加した連続の式である。これらを有限体積法及びIAF法を用いて離散化した。プロペラまわりの計算格子は幾何的な方法を用い、直交性、平滑性、最小格子間隔の設定等の幾何的条件を満足するように初期格子からの反復計算によって生成した。

計算対象は運輸省航海訓練所所属の青雲丸用に設定されたHSP-1である。なお、比較のために青雲丸通常型プロペラ（以下、CPという）に関する計算結果も示したが、いずれの場合も一様流中を単独で作動する定常状態を仮定した計算を実施している。

計算結果を用いて渦度の流線方向成分（Helicity）をプロットし、HSPの翼端部における渦流場の定性的な挙動について考察した。即ち、

- 1) CPの計算結果からは翼端渦、即ち翼端部を回り込み翼背面側に形成される渦の典型的な発達過程が示されている。
- 2) これに対してHSPでは上流側の断面で既に前縁剥離渦のロールアップを示す渦核の形成が認められる。
- 3) この渦核が下流断面に移流するに連れて、翼端部から回り込む渦と干渉して急激に成長する。
- 4) その結果として翼端部に著しい負圧域が帯状に形成されることが明らかになった。

〈大阪支所〉

ファジ理論の艦装設計への応用  
係留装置のファジ制御

A Design of Ship Equipment applied Fuzzy Theory  
A Mooring System with Fuzzy Control.

渡瀬基継、多賀謙治、稲津将平、清水貴之、峰田敏之、  
中川貴美子、宝田直之助、細田龍介、岸光男

平成5年10月

日本造船学会

「艦装設計における新しい技術」シンポジウム講演予稿集

内航船では係船中の船体位置補正のためオートテンションウィンチ等が使用されているが、一定以上の外力が作用すると位置保持が不能になる。このため内航タンカーをモデルにしてファジ制御による係船システムについて検討した。

外力が作用し、4本の索で係船されている船体が所定位置から移動した時、これを補正するための係船索の操作と、切断防止を考慮した索の操作、の2重の索操作についてファジー制御を適用した。

船体位置補正のため、船体重心の変位、速度、索操作量についてファジ集合、ファジルールを作成し、索操作量はmin-max重心法により決定した。索を操作するウィンチ位置により操作量の重み付けを行い、各索の操作量を決定した。

索切断防止のため、索張力、索長さ、索操作量についてファジ集合、制御ルールを作成して、min-max重心法により索の操作量を決定した。

2つの制御ルールから求めた各索の操作量は、操作方向が同じ場合は操作量の大きな方、矛盾する場合は索切断防止のため求めた操作量を最終的な索操作量とした。

この様にして求めたファジー制御、およびオートテンション制御による係船時の船体運動をサージ、スウェイ、ヨーの2次元運動を考慮した船体運動モデル上で模擬し、2種類の制御方法による結果から、次のことが判明した。

オートテンションで制御した場合と比べファジー制御によるものの方が狭い範囲内に船体位置保持が出来る。また各索を有効に活用するため、各索に生じる張力はオートテンション制御の場合と比べ小さな張力範囲内で制御出来る。

以上のことからファジー制御による船の位置制御は有効であることが判明した。

ハイブリッドFRPの積層構成と強度

Laminate Constitution and strength of Hybrid FRP

吹上紀夫 津島聰 小野正夫

平成5年10月

(社)強化プラスチック協会 第38回FRP総合講演会

近年、船舶の高速化あるいは省エネを目的に船体を軽量化しようとする傾向にある。このため、従来のGFRPに比重の小さいカーボン繊維(C)やアラミド繊維(A)を組合せたハイブリッド型(HFRP)が使用されるようになってきた。本研究は、HFRPの強度特性を求め船体の設計資料を得るためである。

強化繊維は特別注文した一方向織(縦スグレ)のガラス、カーボン及びアラミド繊維と、マット状(M)のガラス繊維である。

樹脂はイソ系不飽和ポリエステルである。

試験材は大きく分けて2種類である。試験材(1)は同一繊維を一方向に8層積層したもので、HFRPにした場合の各繊維層の強度特性を求めるためである。試験材(2)はHFRPで、6層上下対称に積層した。中央層に強度の低いM層を2層、外側2層にはG層、C層及びA層のうち2種類を選び上下対称となるよう配置した。即ち、GCMMCG, AGMMGA, CAMMAC……の要領である。

試験結果として、繊維束の引張強度はフィラメント(カタログ値)よりも低い強度となった。この値はFRPの強度から逆算した繊維強度に近い値で、FRPの強度を計算で求める場合の資料となった。

HFRPの引張及び圧縮試験ではG、C及びA層の弾性係数が異なるため、各層の応力分担割合が悪く、強度の向上が見られなかった。これに比べ、曲げ試験では積層構成によって強度が大きく向上し、GCMMCGでは100kg/mm<sup>2</sup>以上となった。又、C及びA層は圧縮強度が低いいため、圧縮強度の高いG層を組合せたがその効果は比較的少なかった。

これらの結果より、G層の厚さに対しC層の厚さ割合を小さくすると荷重の負担が弾性係数の高いC層に多くかかるため、かえって強度が低下する現象が生ずること、積層構成が曲げ強度に大きな影響を与えることなどが分かった。

〈東海支所〉

Cobalt and Gold Dosimetry Cross Sections  
from 1 to 50 MeV

1 MeVから50MeVまでのCoとAuのドシメトリ断面積

岩崎信、小田野直光

平成5年8月

ASTM-EURATOM, Proceedings of the 8th ASTM-EURATOM Symposium on Reactor Dosimetry

Co及びAuは熱中性子エネルギーから50MeVまで、様々な反応を起こし、単独の箔により広いエネルギー領域にわたって、ドシメータとして利用できる。本研究では、高エネルギー中性子場のドシメータへの応用の為、1~50 MeVまでのCoとAuの断面積の評価を理論計算に基づいて行った。

理論計算コードとして、SINCROS-IIを用いた。このコードの主要部分は、励起子模型によって前平衡過程の寄与を補正することのできる、多段階Hauser-FeshbachモデルコードGNASHからなる。

SINCROS-IIには計算の簡易化のために光学模型ポテンシャルパラメータ、準位密度パラメータがデータベース化されているが、本研究では、高精度での断面積計算の為に、これらのパラメータについて、最もよく実験データを再現することのできるパラメータを選択、調整した。

Coについては、しきいエネルギーから20MeVでの $(n, 2n)$ 、 $(n, p)$ 、 $(n, \alpha)$  反応断面積、14MeVでの放出中性子及び陽子スペクトル、Fe及びCoの $(p, xn)$  反応断面積の計算を行い、実験データとの比較からパラメータを決定した。このようにして決定したパラメータを用いて、50MeVまで計算を拡張し、 $(n, 2n)$ 、 $(n, 3n)$ 、 $(n, 4n)$ 、 $(n, p)$ 、 $(n, \alpha)$ 、 $(n, 2n\alpha)$ 、反応断面積、及び $^4\text{He}$ 生成反応断面積の計算を行った。AuについてもCoの計算と同様に20MeVまでの計算でパラメータを決定し、主なドシメトリ反応である $(n, 2n)$ 、 $(n, 3n)$ 、 $(n, 4n)$  反応断面積及び $^4\text{He}$ 生成断面積の計算を50MeVまで行った。論文では、これら計算された断面積値の一貫性及び妥当性について議論した。

JENDL Dosimetry File

JENDLドシメトリファイル

中沢正治、小林捷平、岩崎信、井口哲夫、桜井淳、

池田裕二郎、中川庸雄、小田野直光

平成5年8月

ASTM - EURATOM, Proc. of the 8th ASTM - EURATOM Symposium on Reactor Dosimetry

多重箔放射法により原子炉内中性子束を精度良く導出するには、高精度のドシメトリ断面積セットが必要である。本報告では、評価済み核データファイルJENDL-3に基づいた、JENDL Dosimetry Fileの編集及び個々の反応断面積について行った積分テストについて報告する。

JENDL Dosimetry Fileには61反応が格納されており、それらには共分散が与えられている。反応断面積値は主にJENDL-3の値を引用し、共分散としてIRDF (International Reactor Dosimetry File) -85の値を引用した。JENDL-3に格納されていない反応については、独自に評価を行ったり、他の評価値を採用した。データは20MeV以下で与えられており、point-wise及びgroup-wiseの両形式でENDF/B-Vフォーマットで格納した。

データの妥当性検証のために積分テストを行った。まず、IRDF-85、IRDF-90の断面積値及び実験値との比較を行った。さらに、標準核分裂スペクトル場、高速炉中性子場、D+t中性子場、Li+d中性子場におけるスペクトル平均断面積の測定値と計算値とを比較した。その結果、JENDL Dosimetry FileはIRDF-85との比較ではより良い結果を示すが、IRDF-90との比較では、依然データ間に食い違いがある事が明らかになった。

積分テストの結果、JENDL Dosimetry Fileには評価を見直すべき反応がある事が明らかになり、現在、評価の見直し作業が進行中である。シンポジウム当日は、評価見直し作業の結果についても報告する。

なお本報告は、日本原子力研究所シグマ研究委員会炉定数専門部会Dosimetry積分テストワーキンググループの委員会活動の一貫として行なったものである。