

所 外 発 表 論 文 等 概 要

〈推進性能部〉

Statistical Mechanics of the Frequency Modulation of Sea Waves

海洋波浪の周波数変調の統計力学

富田 宏、川村隆文

平成13年9月

IFREMER 仏国海洋開発研究機構 Rogue Waves 2000
Collected Papers ログ波2000・研究論文集

海洋波浪の周波数(周期)過程はその見かけの単純さにかかわらず、現象の定量的な究明が十分に行われているとは言い難い。その最たる原因は現実の海洋において定常ガウス過程の条件を満たすに足る十分長時間のデータを取得することが困難であるためである。

ここでは先ず、以前に日本海由良沖で採取されたデータのうち37時間にわたって殆ど定常とみなされる例を解析し、十分な統計的信頼性のもとに発達した風波の場における周期の分布を調べた。結果は指数4のWeibull分布によって最もよく表現された。この分布はMyrhaug and Rue (1993)によって提案されたものと一致する。一方 Longuet-Higgins (1983)によって示された周期の理論分布は今回のデータとは著しい相違があることが示された。

次に実地観測された典型的なRogue (Freak) Waveの例について、準線形伝播モデルを適用してその発生ならびに消滅過程を数値的にシミュレートすることを試みた。このモデルでは一方向伝播および拘束波が無いことを仮定しているが、成分波の速度については非線形性の影響を取り入れている。この計算によってRogue Waveはソリトンのような保形的な波でなく長距離を伝播しないこと、速やかな変形によって周波数変調をともなう波群となることが判明した。これは海洋での風波の周波数変調が当該異常波浪の原因であることを示唆するものである。

海洋波の周期の時系列についてそのパワースペクトルを調べた。自由度25を有するスペクトルの形状を見ると、そのパワーが高周波領域において時系列周波数の逆数に比例することが認められた。これは多くの異なった自然現象において共通してみられる興味深い現象である。その他、波高、周期の自己相関関数、相互相関関数を調べ、引き続き波については周期より波高の方が概して相関が高いこと、周期の相関はこのような低気圧による時化の場合、台風等強い荒天下の場合(Myrhaug et. al., 1993)よりもやや低くなり、これは高波高の場合に非線形効果により波群化が著しいという一般通念とも一致することが分かった。

Multigrid Method for Ship Flow Computations on Unstructured Grids

非構造格子法による船まわりの流れ計算のためのマルチグリッド法

平田 信行、日野 孝則

平成13年9月

Proceeding of 4th Numerical Towing Tank
Symposium (NuTT' S01)

近年、造船・海洋分野を含む様々な流体工学の分野において、計算流体力学(CFD)は強力な設計ツールとして求められている。しかし、実際に設計する形状は大変複雑なものであり、複雑な形状にも対応できる格子生成プログラムやNSソルバーを開発する必要がある。この課題を解決する一つの手法が、非構造格子法である。

非構造格子法は、六面体の他にもピラミッド、三角錐、三角柱など様々な多面体を用いることができ、従来の構造格子法に比べ自由度が遥かに高く、船のような複雑形状を有する物体まわりの流れを解く上で大変有効である。その一方、構造格子法に比べ計算に要する時間が多大にかかるという短所も持ち合わせている。

本研究の目的は、非構造格子法によるNSソルバーの効率化である。安価なワークステーション上で適切な時間で計算を行うため、高速化に関して構造格子法ですでに実績のあるマルチグリッド法を適用した非構造格子用NSソルバーを開発した。マルチグリッド法は、細かい格子と粗い格子とを組み合わせ、様々な波長の誤差を小さくする手法である。構造格子法では、細かい格子を規則的に組み合わせることにより粗い格子を生成するが、非構造格子法では、格子が規則正しく並んでいないため、粗い格子を生成するのに任意性が高く、大きなボトルネックとなっている。

本研究では、近隣の細かい格子を組み合わせる手段('Agglomeration method')として、粗い格子のアスペクト比が1に近づくように細かい格子を融合する手法を用い、2次元翼まわりの非構造格子に対して適用した。

海洋におけるキャビテーション

Cavitation on Marine Propellers Working in Ocean

右近 良孝

平成13年 8月25日

日本流体力学会「ながれ」第20巻 第4号

本解説は、日本流体力学会が発行している会誌「ながれ」において、特集「ながれと海洋」が企画され、これに寄稿したものである。海洋におけるキャビテーションについて他の分野の読者を念頭に、海洋において最も頻繁に発生する船用プロペラでのキャビテーションを中心に解説した。キャビテーションの初生（圧力が下がったり、流速が増大して今まで出ていなかったキャビテーションが現れる現象）の他、キャビテーションが引き起こす「三悪」である、エロージョン、船尾変動圧力（船尾振動）、推力低下について、最近の研究の成果と現象理解の現状について述べた。

エロージョンに関しては、2次元翼型を用いた基礎的研究におけるクラウドキャビテーションの発生メカニズムに関する最近の成果と現在でも未解決の問題となっている高速艇プロペラのルート・エロージョンや舵キャビテーションについて述べた。

船尾変動圧力に関する現在の問題点としては、理論的予測法の精度が低く、実験に頼らざるを得ないことが述べられている。理論的予測法の開発に最も重要なヒントを与えることが期待できる「プロペラに発生する非定常キャビティ形状計測法」と近年特に関心が持たれている高次船尾変動圧力についての最近の研究成果についても触れた。

最後に、近年の高速フェリーや高速艇の高速化の要求から、プロペラの推力低下の抑制や制御に関心が集まっており、スーパーキャビテーションプロペラの設計法や性能予測計算法などの最近のプロペラ設計技術の進歩と今後の研究課題について述べた。

〈運動性能部〉

短波長波の定常力に対する船型影響について

On Effects of Ship Form upon
Steady Horizontal Forces and Moment
due to Short Waves

上野道雄

平成13年9月

関西造船協会誌第236号

短波長波中を操縦運動する船に働く定常波力に関する著者らの推定法を用いて、短波長波の定常力に対する船型影響を調べるためVLCCとコンテナ船を対象とした計算を実施し結果を比較検討した。比較にあたっては、著者らの推定法による定常波力の船長方向分布や積分範囲等に関する検討、斜航角と旋回角速度それぞれの影響に関する検討、さらに不規則波の影響の検討をおこなった。

その結果、定常波力による圧力分布にも積分範囲についても斜航角と旋回角速度に応じた船型影響が表れており、定常波力の圧力分布が不自然な傾向を示さずに計算されていることが確認された。

斜航角の影響については、左右力に関しては斜航角に依存せず船型影響がほとんど表れないことや回頭モーメントに関しては斜航角が正の場合と負の場合で船型影響に差が出ること、追い波中では斜航角の影響がほとんどなくなること等が明らかとなった。また、旋回角速度の影響については、旋回角速度は船型によらず左右力成分への影響は小さいこと、回頭モーメントに関しては横波状態を中心として旋回角速度が正の場合と負の場合とで船型によってその影響に差が出ること等が明らかとなった。

不規則波の場合は規則波の場合に比べて、波との出会う角の変化による定常波力の変化が緩やかになる結果、定常波力は全般的に船型影響が表れにくくなるものの、それでも前後力成分に関しては横波から向かい波状態において大きな差が残ることがわかった。また、規則波と不規則波とを問わず、実際の斜航と旋回の影響を考えたとき、右舷側から波を受ける状態と左舷側から波を受ける状態で定常波力3成分が非対称になる傾向が明らかとなり、その非対称性の程度にも船型影響が見られることが明らかとなった。

**On Steady Horizontal Forces and Moment
due to Short Waves Acting on Ships
in Manoeuvring Motion**

操縦運動する船に働く短波長波の
定常波力について

上野道雄、二村正、宮崎英樹、野中晃二
平成13年9月

Proceedings of the Eighth International Symposium on
Practical Design of Ships and Other Floating Structures

本報告では、まず、短波長波がもたらす定常波力の推定法について正面向波直進中の抵抗増加理論を操縦運動中の船に拡張して考察し、これら定常波力3成分の推定式を導いた。次に、短波長規則波中で斜航および旋回状態を含む操縦運動状態にあるVLCC模型船に働く定常波力の計測実験について述べ、本報告で述べた推定法による計算結果と比較し、本推定計法が斜航、旋回といった操縦運動の定常波力に対する影響を適切に表現していることを示した。さらに、本推定法を用いて、短波長波の定常力に対する船型影響をVLCCと練習船を対象とした比較計算によって調べた。その結果、斜航角の影響については、左右力に関しては斜航角に依存せず船型影響がほとんど表れないことや回頭モーメントに関しては斜航角が正の場合と負の場合で船型影響に差が出ること、追い波中では斜航角の影響がほとんどなくなること等が明らかとなった。旋回角速度の影響については、旋回角速度は船型によらず左右力成分への影響は小さいこと、回頭モーメントに関しては横波状態を中心として旋回角速度が正の場合と負の場合とで船型によってその影響に差が出ること等が明らかとなった。また、実際の斜航と旋回の影響を考えたとき、右舷側から波を受ける状態と左舷側から波を受ける状態で定常波力3成分が非対称になる傾向が明らかとなり、その非対称性の程度にも船型影響が見られることが明らかとなった。

本推定法については、船体近傍の流れの強さの設定や波線が屈折して船体にとどかない場合の力の評価方法など、実験結果との定量的な差の改善とともに今後さらに検討する必要がある点を残してはいるものの、実海域に常に存在すると考えられる短波長波の操縦運動に対する影響を操縦運動のシミュレーション計算等で検討する際の一つの有力な手段になりうるものと考えられる。

**Prediction of Steady Short Wave Forces
and Moment Acting on Ships
in Manoeuvring Motion**

操縦運動する船に働く短波長波による
定常波力の推定

上野道雄、二村正、宮崎英樹
平成13年10月

Proceedings of the Mini Symposium on Prediction of
Ship Manoeuvring Performance

船の操縦性能は実海域において波の影響を受ける。その影響は波の力の定常成分がもたらすと考えられるため、波浪中における船の操縦性能を考える場合は定常波力の推定が重要となる。そして、定常波力は短波長波ほど大きくなることが知られている。

本報告では、まず、短波長波がもたらす定常波力の推定法を示す。本推定法では波が船体によって反射される際に発生する定常圧力成分の推定をおこなう。その際、操縦運動の影響は船体周りの流れの変化が波動場に及ぼす影響として考慮されることになる。また、波による定常圧力成分を積分して船に働く定常波力を計算する際の積分範囲も操縦運動を考慮したものとして示す。

次に、この理論の検証のためのVLCC模型を用いた水槽実験について述べる。実験結果と理論計算結果との比較によれば、本理論は定常波力に対する操縦運動の影響を実用的な精度で推定していることが確認された。また、左右力と回頭モーメントの成分については波長の長い場合においても実用的な精度で良い推定値を与えることが確認された。

さらに、本推定法を用いてコンテナ船とVLCCを対象とした比較計算によって波による定常圧力の分布と定常波力に対する船型影響を明らかにした。その結果、前後力については、従来から指摘されているように、斜め向波から向波にかけて船型影響が大きいこと、左右力については操縦運動状態に関わらず船型影響は小さいこと、回頭モーメントについては操縦運動状態によって船型影響の現れる程度が変化する様子等が明らかにされた。

漁船「第五龍寶丸」転覆事故要因に関する検討 A Study on Factors Related to the Capsizing

Accident of Fishing Vessel "Ryuhō Maru No.5"

田口晴邦、石田茂資、渡辺 巖、沢田博史、
辻本 勝、山越康行、馬 寧

平成 13 年 11 月

日本造船学会、日本造船学会論文集第 190 号

本論文では、平成 12 年 9 月 11 日に北海道襟裳岬沖で発生した底びき網漁船「第五龍寶丸」転覆事故に関して、事故状況の検証及び事故要因の分析評価を行った結果を報告する。

まず、現地聞き取り調査や海難審判の傍聴等により入手した情報から概略の事故状況を整理し、

- ①多量の漁獲物の入ったコッドの引揚げ
- ②急激な操船による内方傾斜・外方傾斜
- ③袖網等コッド以外の搭載物の移動
- ④漁獲物の入ったコッドの移動の 4 つの事項を主な事故関連要因として抽出した。

次に、これら要因に起因する復原力及び傾斜モーメントを推定し、それによって実際に転覆が発生するか否か C 係数基準の考え方に則った計算を行うことで事故状況の定量的検証を行った。その結果、上記の 4 つの要因が第五龍寶丸転覆事故の本質を表していることを確認した。

さらに、再発防止対策検討の際の基礎資料とするため、各事故要因を分析するとともに、その大きさを変化させて復原力や傾斜モーメントの比較計算を行うことで、その要因がどの程度転覆に寄与するか影響度の評価を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 多量の漁獲物の入ったコッドの引揚げは、復原力を大幅に減少させるだけでなく、コッドが移動した場合の傾斜モーメントや外方傾斜モーメントの増加につながるため、転覆に対する影響は非常に大きい。多量の漁獲物の入ったコッドを一気に甲板上に引揚げないようにするとともに、コッドの横移動を抑制する措置をとることが転覆防止に大きく寄与すると考えられる。
- (2) 旋回運動によって発生する外方傾斜モーメントは、絶対値としてはコッドの移動によるものに比べて小さいが、転覆発生まで持続的に作用するため、転覆に与える影響は大きい。このモーメントは船速の自乗に比例するので、船速を落として旋回することが転覆防止に有効である。

バルクキャリアのハッチカバーにはたらく 打ち込み荷重について

Green sea loads on hatch covers of bulk carrier

小川剛孝、南真紀子、谷澤克治、熊野 厚、
松波亮樹、林 竜也

平成 13 年 11 月

社団法人日本造船学会、日本造船学会論文集第 190 号

近年、満載喫水線条約の見直し作業が IMO（国際海事機関）において行われている。この見直し作業は段階的に行われており、現在行われているものの一つにハッチカバー強度の見直しがある。満載喫水線条約中で強度を規定するための設定荷重の妥当性については、従来からたびたび議論的となっており、特に近年のバルクキャリアの海難事故が多数発生した事も契機となり、これまで以上に関心が高まっている。更に、船級協会の国際組織である IACS（International Association of Classification Society）が統一要件 UR-S21 によってバルクキャリアのハッチカバー強度をレベルアップした事も議論に拍車をかけている。

これらについて検討を進めていく上で海水打ち込みによる荷重の定量的な評価が必要になると考えられる。しかしながら、打ち込み水の挙動は複雑であり、実験的研究が重要になると考えられるが、その複雑さ等から荷重の直接計測及び定量的な評価は国内外にかかわらず殆ど行われていない。

そこで、ハッチカバー強度を規定するための設定荷重について検討を行うために、大波高中で模型試験を実施し、上甲板及びハッチカバーにはたらく打ち込み荷重の計測を行った。はじめに、著者の一人が開発した打ち込み荷重の推定法及び予測法を拡張して実験結果の定量的な評価を行った。これらの手法を用いて推定した値は実験値とよく一致し、ハッチカバー上の打ち込み荷重についても有用である事及び実験結果は定性的かつ定量的に合理的なものである事がわかった。つぎに、現行基準で規定されている荷重との比較を行った。その結果、計測された打ち込み荷重は、満載喫水線条約で設定している荷重を大きく上回る結果となり、強度も含めて更に検討を行う必要性が確認された。

〈構造強度部〉

自由落下式救命艇の着水衝撃による構造応答
について

Structural Response of a Free-Fall Lifeboat

岡 正義、平方 勝、橋爪 豊、宮本 武

平成13年5月

西部造船会会報第102号

自由落下式救命艇に係る建造の合理化、安全性の向上を図ることを目的として、日本造船研究協会第232研究部会により「新自由降下式救命艇システムの研究」が実施され、自由降下式救命艇を定量的に設計・評価するために必要な多くの基盤技術が確立された。その中で、当所は大型模型実験による検証を主に担当し、艇体運動・構造応答などの有用なデータを得た。本報告では、実験から得られた加速度、船底水圧および艇体応力のデータから、着水衝撃発生時に艇体に作用する荷重および構造応答について得られた知見を述べる。

加速度については落下高さによる線形性が強いこと、および前進方向速度と傾斜角による影響が明らかとなったことから、強度確認のためには簡便な垂直落下試験による強度評価が可能であることがわかった。また、衝撃荷重の推定法の検討を行った結果、計測された水圧は全体的に推定値よりも低いものの、分布形状において Wagner の理論による計算値と実験値とがよく対応することを確認した。

実験の範囲内においては船尾スラミングが発生し、着水条件によっては模型艇の破壊を誘起するほどの荷重が発生するケースが存在した。現象を明らかにするために有限要素モデルを作成し、FRP製救命艇の衝撃荷重に対する構造解析を行なった。Wagner の理論から衝撃発生時の船底水圧分布の計算を行うことにより荷重を与えた結果、実験による破壊現象をうまく説明できることを確認し、また、船底部に発泡浮力材を充填し艇の剛性が増すことが、水面着水時の衝撃に対し有効な手段であることが確認された。

Combination of fatigue damages produced by
several wave-induced loads based on correlation
coefficient method

各種波浪荷重により誘起される
疲労被害度の相関係数による合成法

河邊 寛、柴崎公太

平成13年9月18日

Proceedings of The Eighth International Symposium on
Practical Design of Ships and Other Floating Structures

船体構造部材には、船体を長手方向に一つの梁とみなした縦強度荷重と横断面内に外部から変動水圧、内部から倉内貨物の慣性力による荷重とが異なる振幅、位相で同時に作用する。このように複合した荷重によって構造部材に生じる応力を求めるため、有限要素法によりモデル化された船体構造に、これらの荷重を同時に負荷して応力応答を求めるトータルシステム、離散化解析法などが開発された。これらの解析手法は直接構造部材に生じる応力を求める上では非常に有用ではあるが、解析コスト、工数に膨大なパワーが要求される。これに対して、従来のルールベースの簡易な縦、横荷重から計算される構造部材の個々の応力成分を、波浪中の船体応答解析の知見を盛り込んで簡潔な形でしかも信頼性のある組み合わせ手法の開発の要求も一方ではあがっている。船体構造に作用する複合荷重の簡易評価手法として、ピーク時比率法、設計波法、相関係数法などが提案されている。この中で相関係数法は個々の荷重成分を別個に計算し相関係数によって合成する方法で、ルールベースの荷重を簡便に合成することに対応している。

福田は、波浪縦曲げモーメント、波浪水平曲げモーメントおよび波浪軸荷重が同時に作用するとき、長期分布の超過確立 $Q = 10^*$ 付近の波浪荷重の値（以下これを $Q = 10^*$ 付近の極値という）を相関係数を用いて合成する方法を提案している。船木らは、最悪短期海象が波浪荷重の長期分布の $Q = 10^*$ 付近の極値に最も影響を与えるという考察を行い、数値計算から求めていた福田の長期分布の相関係数を理論的に与える手法を検討している。これらの相関係数法は、波浪荷重の長期分布の $Q = 10^*$ 付近の極値を求めることが目的で、構造部材の座屈・大変形の強度評価のための荷重の合成手法として提案されている。しかし、構造強度評価には疲労強度の検討も必要で、そのためには複合した荷重による応力の長期分布の全体像も求めなければならない。

本報告では、船木らの方法を拡張し、波浪荷重の長期分布を支配する最悪短期海象の概念から、複合した波浪荷重による応力の $Q = 10^*$ 付近の極値同士の組み合わせのみならず複合波浪荷重の長期分布の分布形状まで相関係数法により求める方法を提案している。こ

れに基づき、波浪荷重成分ごとに求められた船体構造部材の疲労被害度を波浪荷重間の相関係数を用いて合成する方法を導いている。数値計算例として、210,000 DWTのバルクギャリの二重底構造部材に生じる応力を、波浪変動圧、倉内貨物の慣性力および縦曲げ、水平曲げによる荷重毎に長期分布を求め、それらによる応力の相関係数による合成、疲労被害度の合成を行い有効性を示している。

波浪荷重の長期分布の簡易推定法

Simple Estimation Method for Long-term
Distribution of Wave Induced Load based
on the Severest Wave Condition Approach

河邊 寛、森川正夫、柴崎公太

平成13年5月18日

日本造船学会、日本造船学会論文集第189号

船体構造部材の強度評価は、想定する航行状態の下において、部材に座屈・大変形および疲労亀裂の発生の有無について検討することである。このときの想定荷重は、座屈・大変形に対しては就航期間に生じる最大荷重を、疲労強度評価に対しては変動する作用荷重の頻度分布を求めることが要求される。両者の想定荷重において支配的な波浪荷重の頻度分布は、その長期分布により推定することができる。筆者らは、波浪荷重の長期分布と想定海象との関係を調べ、次のような結論を得た。

- (1) 長期分布を構成する短期分布の中で短期分布のパラメータが最も大となる最悪短期海象が、長期分布において超過確率の 10^{-6} 付近の極値を支配する。
- (2) 長期分布の分布形状をWeibull分布で近似すると、その分布パラメータは想定海象の統計量の中で最悪短期海象の平均波周期ランクの波高頻度分布から決定できる。

この結果によれば波浪荷重の長期分布は最悪短期海象とその短期パラメータが支配的である。船体構造部材の強度評価では、構造部材に生じる応力の頻度分布が問題となり、波浪による応力の長期分布を求めるには、応力の最悪短期パラメータを決定すればよい。しかし、そのためには規則波中での応力の応答関数が必要であり、それには離散解析法のように内外圧の変動荷重を有限要素モデル化された船体構造に負荷する計算を相当数回行わなければならない。応力の長期分布の計算は、この課程がほとんどの割合を占めている。応力の最悪短期パラメータが容易に推定できれば、数値計算の工数を減らし長期分布を簡単に求めることができる。

本報告は、最悪短期海象の概念をさらに拡張し、波浪による応力の長期分布を必要最小限の構造解析から推定する手法を開発することを目的とするものである。ストリップ法の計算結果（運動、波浪変動圧、曲げモーメント等の応答関数）から最小限の構造解析を行い、強度評価すべき構造部材の最悪短期海象およびその状態での応力の最悪短期パラメータを推定し、波浪による応力の長期分布を求め最大荷重と疲労被害度を予測する手法を開発した。

(機関動力部)

内航船機関室内気流の数値シミュレーション
CFD of Air Flow in Engine Rooms of Domestic
Vessels

青木修一、北村文俊、立見藤男

平成13年10月

日本マリンエンジニアリング学会

第66回(平成13年秋季)

マリンエンジニアリング 学術講演会講演論文集

近年、内航船においても船舶の高速化から主機関出力の増大、省エネルギーの観点から主機関における廃熱回収装置の採用、さらに高粘度粗悪燃料油の使用などにより機関室は狭隘化すると共にこれらによる放熱量も増大し、機関室は高温化してきている。それらの結果、機関室内機器に寿命低下を生ずる恐れや乗組員の作業環境の面での悪化も言われている。

前報ではそれらの原因となる機関室の高温化を調べるために3隻の運輸施設整備事業団(以降、事業団という)共有船(499 総トン型貨物船A丸、749 総トン型油送船B丸、6,000 総トン型 RO/RO 船C丸)を用いて機関室通風システム及び同室内風速、風温などの計測を行い3隻共通機容量が不足し、かつ機関室内温度はJISで定めた吸入空気機関室での温度上昇12.5℃を越えていることなどを指摘した。A丸の機関室通風システムの風量計測の結果は現行のダクト方式機関室では流動抵抗が過大であるので、これを改良するために事業団で試設計したA丸のダクトレス方式機関室内気流の解析を行った。

本解析には英国のCHAM(Concentration, Heat & Momentum)社の開発したNavier-Stokes方程式、乱流モデルなどを有限体積法により解く熱・流体解析ソフトPHOENICSを使用した。C丸の試計算として格子をx、y、z方向にそれぞれ50x50x25点とり、反復回数を100回に制限して、数値計算が妥当に行えるかを確かめてから本計算を行った。本計算には格子をx、y、z方向にそれぞれ160x160x150点とり、反復回数を2,000回とした。

結論として、C丸のダクトレス方式通風システムを持つ機関室内気流のシミュレーション結果は、実船計測と同様に主床板上より乾舷甲板上の方が気流の流れが良いことを示しており、シミュレーションの妥当性をほぼ検証できた。また、A丸に対する事業団試設計のダクトレス方式機関室に対する気流のシミュレーションを行い改良点に対する提案を行った。

低質油の単一液滴の燃焼過程

Combustion Process of Single Droplet of Low
Grade Fuels

羽鳥和夫

平成13年10月

日本マリンエンジニアリング学会 第66回 学術講演会 講演予稿集

近年、船用機関に使用される燃料油は低質化する傾向にあり、これに起因すると考えられる障害が発生している。燃料油に起因する障害を予測するには、燃料油の燃焼過程を解明することが重要であり、これまでも単一液滴を用いた基礎研究が行われてきた。しかし、船用燃料油は幅広い沸点成分を含む多成分燃料であることから、この燃焼過程を十分に解明するには至っていない。

これまでに、船用燃料油の燃焼過程を解明するため、船用燃料油が基本的に残渣油と軽質油との二成分混合燃料であるとの観点に立ち、懸垂した単一液滴を高温空气中で燃焼させる手法を用いて燃料油の着火・燃焼過程を調べてきた。この結果として、着火遅れは空気温度が高くなるにつれて減少し、燃焼時間は空気温度が950K～1000Kで最大値を示すことを明らかにした。このような燃焼時間の変化は着火時の液滴量と燃焼中における見かけの液滴直径の変化から説明できた。

今回、(社)日本船用工業会(日本財団・助成事業)と共同研究を行い、機関に障害が発生した燃料も含めた燃料油サンプルが入手できた。本報告は、これらの燃料油の単一液滴を大気圧下の高温静止空气中で着火・燃焼させて着火遅れと燃焼時間を測定し、国内の供給燃料油と比較した結果について述べる。また、燃焼中における見かけの液滴直径の挙動について、これまでに得た結果をもとに考察を行った。

この結果、高温静止空气中に於ける低質油の単一液滴の燃焼過程に関して以下の結論を得た。単一液滴の燃焼時間の測定から、大まかではあるがスカuffingを発生させる燃料油の予測ができると考える。また、液滴の燃焼時間は燃焼中における見かけの液滴直径の挙動から説明できることが確認できた。

電子制御化ディーゼル機関の運転（燃料噴射・吸排気弁の電子制御化運転の結果について）
Operation of Electronically controlled Marine Diesel Engine(Electronic Control Operation Test Result of Fuel Injection and Inlet/Exhaust Valve)
西尾澄人、高杉喜雄、大橋厚人、石村恵以子、
張 潔、菊地正晃、桑原孫四郎

平成 13 年 12 月

日本機学会第 10 回交通・物流部門大会講演論文集

近年、NO_xによる酸性雨問題や地球温暖化が世界的に重大な問題となってきた。燃料消費率と排ガス特性の改善を目的として、これまで、実験用ディーゼル機関の燃料噴射系を油圧駆動電子制御方式に改造し、運転試験をし、低負荷においてこれらを同時に改善できることを実証した。続いて更なる改善をめざし、吸排気弁系に対しても電子制御化の試みを行い、燃料噴射系と吸排気弁系を共に電子制御化した実験機関の運転に成功した。本電子制御ディーゼル機関は中速 4 サイクル機関の 3 気筒全ての燃料噴射ポンプ及び吸排気弁を油圧駆動に改造したものである。今回は、この実験機関を用いて排気弁の開時期及び着火時期が排ガス特性及び機関特性に及ぼす影響を調べたのでこれを報告する。今回の実験により分かったことを下記に示す。

1. 電子制御ディーゼル機関において低負荷時に、排気弁の開き時期を適切に調整することにより燃料消費率と CO 排出量を同時に改善できることを確認した。
2. 低負荷時に着火時期を適切に遅らせることにより、燃料消費率、NO_x 排出量及び CO 排出量を総合的に改善できることを確認した。

〈材料加工部〉

チタン薄板溶接継手の疲労強度
Fatigue Strength of Welded Thin-plated Titanium Joints

松岡一祥、岩田知明

平成 13 年 11 月

日本造船学会論文集、第 190 号

近年、海洋でチタンが用いられるようになっている。漁船、ヨット等では船体がチタン板で作られている。チタンの海洋での利用の利点は、その海洋環境における耐食性、耐生物付着性、高い強度/重量比による軽量化効果などである。しかし、チタンを船舶に使用する基準のないことがその使用への制限となっている。特に、溶接継手の疲労強度に関しては、実験データすらほとんど存在しない。

本論文では、船舶の配管、上部構造等への純チタンの使用を想定して、板厚 2 mm の純チタン板の母材、突合せ溶接継手、横すみ肉溶接継手および縦すみ肉溶接継手の疲労試験結果を示した。それらの結果を、応力集中および溶接残留応力の測定結果と併せて、修正 MIL-HDBK-5 法の等価応力で評価した。

以上の検討の結果、以下の結論を得た。

- 1) 溶接止端部から疲労き裂が発生した試験結果について修正 MIL-HDBK-5 法を適用し、等価応力/破断寿命関係を得た。
- 2) 母材試験片および溶接継手試験片で母材部から疲労き裂が発生した試験結果と上述の等価応力/破断寿命関係を比較し、これが止端部以外からき裂が発生する場合について安全側の評価を与えることを示した。
- 3) 鋼溶接継手の等価応力/破断寿命関係と純チタン溶接継手のそれを比較し、長寿命側ではチタン溶接継手の疲労強度が鋼溶接継手のそれより大きいことを示した。

なお、上述 3) については、鋼は MIG、純チタンは TIG と溶接方法が異なることに留意する必要がある。

平均応力影響を考慮した疲労強度評価法 Fatigue
Assessment Method considering an Effect of

Mean Stress

山本 規雄、松岡 一祥

平成13年11月

日本造船学会論文集、第190号

従来、溶接部には材料の降伏応力に近い大きな溶接残留応力が存在するので、構造的な平均応力の疲労強度へ及ぼす影響は無視できるとされてきた。しかし、実際に経験される披露損傷の発生傾向は、構造的な平均応力の影響を受けていると考えられる。

そこで、修正 MIL-HDBK-5D 法に基づく等価応力により、設計時に平均応力影響を考慮に入れた評価が行えるよう定式化を行った。この評価手法を、過去に経験された SHVLCC の船側縦通肋骨の評価に適用した結果、以下の知見が得られた。(1) 平均応力影響を考慮することにより、COT には損傷があったが WBT には無かったという損傷の発生傾向の差を説明することができる。(2) 損傷実績から推定される寿命分布は、従来広く用いられてきた UK-HSE の D 線図の基となった寿命分布とほぼ似通った特性を有している。(3) 修正 MIL-HDBK-5 D 法に基づく等価応力による平均応力影響の考慮は、損傷実績への適用から、有効な手法であることが確認された。(4) 設計時に平均応力影響を考慮に入れた疲労強度評価を行う場合には、溶接残留応力影響を含む設計 S-N 線図からその影響分を除去して、積付け条件の変化に応じた構造的な平均応力の変化を考慮することにより、有効に行うことができる。

チタン溶接継手の残留応力

—母材異方性の影響—

Residual Stress in Welded Titanium Joint

— Effect of Anisotropy of Base Metal —

松岡一祥、岩田知明、安藤孝弘

平成13年10月

溶接学会全国大会講演概要、第69集

純チタンは海洋環境での耐食性、耐生物付着性に優れているため、復水器の海水冷却管等に適用され、船舶にも使用され始めている。しかし、チタン溶接継手についての研究は乏しい。本報ではチタン溶接継手の残留応力について、その母材異方性に注目して検討した結果を示した。

板厚2および10 mm の JIS 2 種純チタンの圧延板を用いた。母材強度には、圧延方向の影響があり、圧延に垂直方向の方が耐力は高かった。

TIG 溶接で、溶接方向が圧延方向及び圧延に垂直方向の突合せ溶接継手及び横すみ肉溶接継手を製作し、切り出し法で残留応力を測定した。

固有応力法に基づき、残留応力測定結果を解析し、固有応力の分布関数を定めた。

以上によりチタン溶接継手の残留応力について以下が判明した。

- 1) 母材の異方性により、固有応力にも異方性を考慮する必要がある。
- 2) 固有応力分布定数は鋼と大きく異なる。

FRP 廃船のリサイクル技術
—セメント焼成用燃料—

Recycling of Waste FRP Boats as Fuel for
Cement Process

林 慎也、高田篤志、古谷典干、阿部義孝

平成 13 年 9 月

第 46 回 FRP 総合講演会前刷集

セメント会社は年間およそ 2500 万トンの廃棄物をセメント製造（年間 7-8000 万トン）に使用している。しかし、FRP は主にガラス繊維による粉塵を理由に受け入れを拒否されていた。本研究ではセメント会社の受け入れが可能なセメント焼成用燃料の製造を試みた。受け入れ条件及び製造品の特性は以下のとおりである。

①寸法が 20mm 角以下であること。破碎物を 20mm のスクリーンを通して回収した。40mm 程度のものが少量混在したが大部分は 20mm 角以下であった。

②塩素濃度および重金属等有害成分濃度が低い。重金属や塩素以外の成分濃度については問題にならないことが判明した。FRP 自体は塩素濃度は 20ppm と低く問題はないが、構造材や保温材のサンドイッチ材に使用されるウレタンフォームや木材にかなり含有されている。従って発泡材や木材は分別除去をした。その結果塩素濃度は要求を満足した。

③異物（金属、石等）が混入しないこと。人力による分別で金属等の混入はなかった。

④燃料として使用するためには発熱量が 5000kcal/kg 以上であること。破碎物の発熱量が予定より低い値であったので、6888kcal/kg と高発熱量の重油系廃棄物と混合した。その結果、要求値 5000kcal/kg 以上を得た。

⑤粉塵が発生しないこと。重油系廃棄物との混合により、粉塵の発生に関して非常に満足できる結果が得られた。以上の結果セメント会社から好評価を得、受け入れを許諾された。

Wear Behavior of HVOF Sprayed WC-12Co
Coatings in Dry Sliding and Third-Body
Abrasion

高速ガス炎溶射された WC-12Co（炭化
タングステン-コバルト）皮膜の乾燥すべり
摩擦と 3 体アブレシブ摩耗における摩耗挙動
Qiaoqin Yang, Tetsuya Senda, Noriyuki Kotani and
Akira Ohmori
平成 13 年 11 月

Proceedings of 7th International Symposium on Today
and Tomorrow in Science
and Technology of Welding and Joining

WC-Co（炭化タングステン-コバルト）溶射被膜の摩耗特性を調べるために、アルミナとの無潤滑すべり摩耗及び研磨機を用いたダイヤモンドスラリーによる 3 体アブレシブ摩耗試験を行った。皮膜はコバルト含有量 12% の炭化タングステン（WC）であり、高速ガス炎溶射（HVOF）により炭化物の分解の少ない皮膜を作製した。また、作製した皮膜の炭化物粒径は、0.82 μ m、1.42 μ m、及び 2.81 μ m の 3 種類であり、粒径が小さいほど炭化物の分解はわずかに多くなっていた。焼結アルミナを相手材とする無潤滑のすべり摩耗試験では、比摩耗量（摩耗体積を荷重とすべり距離で除した値）は 10⁻⁶mm³/(Nm) のオーダーと優れた値であったが、炭化物粒径が大きいほど増加する傾向を示した。摩耗面の微細構造観察によると、バインダー成分であるコバルトが引き抜かれて表面に分布することで延性を有する皮膜が形成され、潤滑効果があらわれたと推測される。この場合、粒径が小さいほどより緻密な層を形成しており、その表面保護効果により比摩耗量は低下したと推測される。

一方、ダイヤモンドスラリーによるアブレシブ摩耗では、炭化物粒径が大きいほど摩耗率（摩耗減量を時間で除した値）は低下した。摩耗面の走査電子顕微鏡観察によると、表面の研磨と溶射粒子の脱落が摩耗メカニズムであったが、炭化物粒径の小さい皮膜では、破壊靱性値が小さく粒子間の結合が弱いことが推測され、そのために摩耗率が高くなったと考えられる。

チタンの船舶への利用

Titanium for ship use

松岡 一祥

平成 13 年 9 月

日本鉄鋼協会チタン研究開発の新しい可能性
フォーラム成果報告会講演概要集

耐海水性、耐生物付着性、高い比強度等のチタンの海洋環境での使用の利点について述べた後、高速船の中間軸受け、舵等の 2 次部材、排気管等配管、および、漁船の船体などのチタンの船舶への応用の現状について紹介した。

次に、チタンを船体主要部材として使用するにあたって、溶接継手の静的及び疲労強度並びに座屈強度の確認が必要なことを強調した。継手強度に関しては、当所で実施している疲労試験結果等を紹介し、チタンの基準強度以下で設計を行う場合には、疲労強度は十分であることを示した。その結果、チタン船の船殻重量は鋼船の 60 %程度になる。しかし、座屈に関しては試験結果が皆無であるため、今後実験的確認が必要であることを強調した。

レーザー溶融処理をした NiTi 溶射皮膜の構造 Surface-Remelted structure of Plasma Sprayed NiTi Coating with Laser Irradiation

植松 進、高崎 明人

平成 13 年 9 月

日本金属学会秋期大会講演概要集

NiTi 金属間化合物は、形状記憶合金として知られているが、軽量で、耐酸化性、高温強度が高いことから耐食性などの耐環境次世代材料として期待できる。しかしながら、他の金属間化合物材料と同様に、成形加工が困難であるため構造材料として使用を難しくしている。そのためニアネットシェイブ加工が可能な皮膜形成法の確立が重要である。

本研究では、出発原料に純 Ni と純 Ti の混合粉末 (MX) とメカニカルアロイングを 36ks 行いアモルファス化した粉末 (MA) を用いて、それぞれを減圧雰囲気中で軟鋼基材上にプラズマ溶射したものと、さらにその表面を炭酸ガスレーザー照射により再溶融処理したものとを組織を比較した。レーザー照射は溶射した基材を回転台に固定し、台ごと水平に移動することにより皮膜全体を処理している。混合粉末での溶射皮膜は、合金化せず初期材料の Ni と Ti から構成されていたが、レーザー照射による再溶融処理により NiTi、NiTi₂、Ni₃Ti、Ni₂Ti₃ 等から構成される TiNi 合金皮膜となった。一方、アモルファス粉末では溶射皮膜のままでもほぼ単相の NiTi 皮膜を得ることができたが、レーザー照射を加えることで、より緻密な皮膜が形成された。

レーザ照射によるC/Cコンポジット積層材の熱衝撃強度の評価

Thermal Shock Strength of Laminated Carbon-carbon (C/C) Composite by Laser Irradiation Technique

李 紅衛、天田重庚、秋山 繁

平成13年8月

日本機械学会論文集 A編、第67巻、第660号

炭素繊維強化複合材料(C/Cコンポジット)は、比強度、比弾性が高く、耐熱性に優れており、化学的環境に対する抵抗性をも兼ね備えた材料である。航空、車両、船舶、住宅機材などの広い分野に利用されており、特に近年、超高温環境下で作動するスペースプレーン、ロケット、核融合炉等の構造材料として期待されている。このような急激に加熱される使用環境下では、C/Cコンポジット材料の熱衝撃強度の評価が重要である。C/Cコンポジット材料の強度特性と破壊挙動は、繊維構造と積層方法に強く依存する。特に、積層材における積層間のせん断強度は、圧縮強度及び引張強度と比較してかなり低いことが知られている。

本研究では、レーザパルスによる熱衝撃強度評価法を用いて、C/Cコンポジット積層材の熱衝撃強度を評価した。レーザ照射による熱衝撃試験をモデル化し、有限要素法で熱応力解析を行い、求めた圧縮応力、引張応力、せん断応力と材料強度を比較して、破壊タイプを推定した。また、レーザ照射によるC/Cコンポジット破壊時のレーザ出力密度を臨界破壊パラメータと定義し、レーザスポット径との関係より臨界破壊曲線を求めた。最後に、次の結果が得られた。

- (1) レーザ照射を受けるC/Cコンポジット材料に生じる最大せん断応力は、ビーム径の境界近傍に生じ、レーザ出力密度とビーム径の増加につれて大きくなる。
- (2) 熱衝撃を受けるC/Cコンポジット積層材は、レーザ熱衝撃試験と有限要素法解析による解析結果から、せん断応力で破壊することが判明した。
- (3) 材料の破壊を生じるレーザ出力密度を臨界出力密度と定義し、せん断破壊のクライテリアに基づき臨界出力密度曲線が得られた。
- (4) レーザ照射法によりC/Cコンポジット積層材の熱衝撃強度が評価できる。

解析信号の相互相関関数による超音波パルス間の時間差測定について

Time difference measurement between ultrasonic pulses by cross-correlation function between analytic signals.

菅澤 忍

平成13年11月

第22回超音波エレクトロニクス基礎と応用に関するシンポジウム講演予稿集

音速を精密に測る方法の一つとして、パルスエコー法がある。この方法は、特にパルス間の相互相関関数をとることによって、パルス間の時間差が精度よく測れるとともに雑音の影響も低減できることが知られている。ただし、この方法が有効となるためには、超音波が媒質を伝搬するとき波形に歪みが生じないことが前提条件として必要である。しかし、この条件は実際上はかなり理想化されたものであり、現実に存在する固体中には、超音波が伝搬するとき生じる歪みの原因の主なものとして、(1)媒質の分散、(2)超音波が媒質中を減衰しながら伝搬するとき減衰率が周波数依存性をもつ、(3)異種金属界面で反射する場合に生じるようなスペクトルに定位相が加わる、といったことを考えることができる。

本論文において、上記の三つの場合にもパルス間の時間差を解析できる手法を開発したことについて発表した。すなわち、まず得られた波形データにヒルベルト変換を施すことによって、解析信号と呼ばれる複素信号へと拡張した。次にこのように得られた複素信号同士の相互相関関数の性質について考察し、その結果、解析信号の相互相関関数の絶対値は、上の三つの場合にも正確な伝搬時間差を検出できることを明らかにした。ただし、分散に関しては、パルスの帯域において群速度は一定であると仮定している。さらに、測定データに白色雑音を加わる場合を仮定しても、元の実信号同士の相互相関関数を用いた場合と同程度に雑音の影響を低減できることを示した。

Characteristics of Tribofilm and its Effects on the Wear Behaviors of Ceramics

セラミックスのトライボフィルムの特性と
その摩耗挙動への影響

Qiaoqin Yang, Tetsuya Senda,
Noriyuki Kotani
平成13年10月

日本セラミックス協会第20回高温材料基礎討論会講演
要旨集

セラミックスのしゅう動摩擦面には、通常、摩耗粒子または摩耗粉といわれる粒子からなる層が存在し、トライボフィルムとよばれる。この層の構造と特性は摩擦摩耗特性に大きく影響するため、4種類のセラミックス（アルミナ、ムライト、炭化ケイ素、ホウ化チタン）の組合せによるしゅう動摩擦試験を室温から1000℃の範囲で行い、形成されたトライボフィルムの観察・分析を行った。

摩耗試験の結果は、一部の質量増加があった場合を除くと、 $10^6 \text{mm}^3/\text{Nm}$ から $10^3 \text{mm}^3/\text{Nm}$ の範囲に広がり、おおむね1000℃で低く500℃で高いという傾向を示した。材料の組合せでは、室温ではムライトを用いた場合に摩耗量が多くなり、高温では炭化ケイ素が高い摩耗量を示した。摩擦面の観察から、トライボフィルムは3つのタイプに分類された。まず、緻密で微細な粒子からなる場合で、高温で比摩耗量が低い場合に観察された。もっとも多いのは多孔質で、粒径分布の広い粒子から構成されるフィルムである。また3つ目はこれらの中間的なもので、一部に緻密化された部分が観察される場合である。

形成されたトライボフィルムのX線回折分析を行ったところ、しゅう動材料の組成の他に、ムライト分解により生じたと考えられる $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 及び SiO_2 、炭化ケイ素の酸化によると考えられるアモルファス SiO_2 が同定された。緻密なトライボフィルムは低い比摩耗量と対応し、その形成はイオン結合性のセラミックス（アルミナ、ムライト）の高温でみられた。また、共有結合性のセラミックス（炭化ケイ素）でも、反応により酸化物を生成する場合にこれらがバインダとなり比較的緻密な（中間的な）フィルムを形成することがあり、この場合も比摩耗量はやや低いという傾向を示した。

セラミックスの固体粒子サンドエロージョン 損傷

Damage of Ceramics by Solid Particle Erosion

千田哲也、古谷 典平、佐々木康裕、新井和吉

平成13年10月

日本セラミックス協会第20回高温材料基礎討論会
講演要旨集

セラミックスは高温でも高硬度、高強度であり、熱機関の高温部材に応用することで熱効率や信頼性が向上すると期待されている。高温・高速のガス環境で使用される場合、粒子衝突による損傷が考えられるため、アルミナと窒化ケイ素について、高温環境でのサンドエロージョン特性を評価した。試験温度は室温から920℃、アルミナ粒子の衝突速度を65m/s、衝突角度を30°から90°とし、電気炉で加熱された試験片に圧縮空気と固体粒子の混相流を噴射する試験を行い、衝突粒子の単位質量あたりの損傷体積を損傷速度と定義した。

アルミナでは、衝突角度が大きいほど、また温度上昇とともに損傷速度は増加し、800℃をこえると急激な増加がみられた。脆性材料のエロージョンでは脆性的損傷と延性的損傷があるとされ、これらの成分の寄与を推定したところ、延性的損傷は温度によりあまり変化せず、脆性的損傷が温度の上昇に伴い増加したという結論を得た。高温での損傷速度の増大には粒界相の軟化がき裂進展抵抗を低下させる効果もあると考えられる。窒化ケイ素でも、温度上昇とともに体積損傷速度は増加し、800℃付近から急激に増加する傾向がみられた。また、600℃以下の低い温度では衝突角度依存性があまりなく、脆性損傷成分の寄与が小さかった。

アルミナ損傷面の透過電子顕微鏡観察によると、室温でも高温でも転位の生成などの塑性変形が観察されたが、高温の場合は変形層が厚く、双晶の形成がみられた。窒化ケイ素でも、高温損傷面は強く変形した結晶が観察された。いずれも、粒界に微細なき裂が観察され、塑性変形にともなう粒界応力が過大となり、粒界き裂で損傷が進行すると推定された。

低変態温度溶接材料による自動車用薄鋼板重ね 溶接継手の疲労強度向上

Fatigue Strength Improvement of Lap Joints of
Thin Steel Plates for Automobile Use
by Using Low Transformation Temperature
Welding Material

太田昭彦、松岡一祥、Ninh T. Nguyen、前田芳夫、
鈴木直之

平成 13 年 10 月

日本材料学会材料第 50 巻第 10 号

溶接継手の疲労強度は、母材に比べて著しく低下する。この原因は溶接部の高い引張の残留応力及び応力集中である。そのため、溶接部の疲労強度改善のために溶接部に圧縮の残留応力を導入することが試みられてきた。ここでは、室温付近でマルテンサイト変態が終了する、低変態温度溶接材料を用いて、薄板重ね溶接継手の疲労強度の改善を試みた。

まず、数値解析で、従来溶接材料とここで用いた低変態温度溶接材料による溶接残留応力の比較を行い、従来材料では引張の、低変態温度溶接材料では圧縮の残留応力が生じることを確認した。

次に、板厚 2.3 mm の SPFH540 薄鋼板を用いて、従来溶接材料及び低変態温度溶接材料による重ね継手を作成した。作成した溶接継手を用い、溶接残留応力測定及び疲労試験を実施した。

残留応力の測定により、当初の数値解析による予測が正しいことが確認された。また、疲労試験結果は、従来溶接材料による場合の疲労限が 300 MPa であるのに対し、低変態温度溶接材料を用いた場合には、疲労限は 475 MPa に改善された。

〈装備部〉

船舶用避難シミュレータにおける 誘導者モデルの開発

Virtual Reality Leaders on a Passenger Ship under
Maritime Disasters

池本義範、金湖富士夫

平成 13 年 9 月

日本バーチャルリアリティ学会第 6 回大会論文集
(日本バーチャルリアリティ学会)

当研究所では VR 技術を用いた船舶用避難シミュレータを開発し、避難シミュレーションのための乗客の判断・行動モデルを獲得しようとしている。現在のところ、日本の旅客船においては(財)日本旅客船協会および(財)日本外航客船協会発行の旅客船の安全教本等や関係する国際条約等に基づいて、マニュアルを作成している船会社が多い。旅客船における海難事故では乗員による適切な避難誘導が、乗客の避難時間に影響することは直観的に予想できる。外航航路の客船には旅客等の乗船後 24 時間以内に避難訓練(操練)を実施することが法令等により定められている。このために各船会社は訓練用マニュアルを整備している。

本報では、効果的な誘導方法の検討のために、避難シミュレータに乗員による避難誘導者を組み込み、音声と身振りによる誘導を導入した。そこで、外航客船を持つ日本の船会社 A 社の避難訓練マニュアルを参考に、本シミュレータに具備すべき仮想避難誘導者(以下、誘導者と呼ぶ)の要件を①視覚による避難経路指示(廊下等において、誘導者による避難方向の指示があること)②音声による避難経路指示(誘導者が見えなくとも方向が分かるよう、誘導者が呼びかけてくる方向が分かること。)とした。

誘導者の画像は計算機への負荷低減を狙い、従前のシステムと同様矩形の板に誘導者のテクスチャを貼り付けて表示した。テクスチャは、誘導者を 8 方向から撮影したものが、被験者の視点に合わせて切り替わる。誘導者の身振りは、方向指示動作をコマ撮りしたテクスチャを、順次切り替えて表示するアニメーションで表示した。

また、避難するとき、乗客は誘導者の声のする方に注意を払う。特に煙や停電など視覚による情報収集が困難な場合、音声情報に頼らざるを得ない。そこで被験者に誘導者の音声による避難情報提供が出来るように機能を付加した。誘導者の音声は立体音響装置を通じてヘッドマウントディスプレイの内蔵ステレオヘッドフォンから伝達される。誘導者の音声は SGI のワークステーション Indy の中に aiff 形式の音声データとして録音されている。音声は被験者から見て、誘導者がいる方向と一致するように、ローランド社の RSS10 立体音響装置を介して被験者に伝えられる。本システムでは 3 台の RSS10 が Indy 内の制御プログラムによって RS232C 経由でコントロールされている。

本システムが避難誘導実験に用いることが出来るか確かめるため、避難誘導の試行を行った。動作確認のためにT字路を避難シミュレータ上に用意し、突き当たりまで進むこととした。このとき、T字路の中心に誘導者が立っており、音声と身振りによって被験者を右、左いずれかへ誘導する。試行の結果、被験者は誘導者とその音声を正しく認識することが出来た。

蛍光ライダー水域観測における背景光の影響
Effects of Background Radiance on the
Performance of Oceanic Fluorescence Lidar

山岸 進、樋富和夫、山之内博、田口 昇、
山口良隆

平成13年11月

第21回レーザセンシングシンポジウム予稿集

油や有害液体物質の流出事故による大規模環境汚染の反省から、防除作業には成分を識別して昼夜の別なく、水面下も追跡できる監視技術が必要とされている。蛍光ライダーはこれに応える有力な方法であり、海洋生物活性度の観測や水面・水中探査のために開発研究が進められているが、水質は多様であり、光の減衰も大きく困難が多い。従来は大型航空機に搭載したものがほとんどであり、汚染防除現場では活用されていないため、小型蛍光ライダーの開発を行っている。本システムは、昼間、自然光による広角画像と信号スポットを同時に観測し、汚染対象を実時間で追跡しようとするものであり、背景光と信号強度に及ぼす影響要因を詳細に検討する必要がある。プロトタイプによる飛行実験により、ゲート操作を用いて、背景光を調整し、信号を画像表示する手法が有効であることを確認した。しかし、飛行機の高度・姿勢の変動のためタイミング精度に限界があり、約20ns以下のゲート操作は困難である等の問題点が明になった。今後、ゲート時間操作の精度向上、受信感度と背景光の評価、成分のLIFデータと海水のCDOM資料集積を進める必要がある。また、数値モデルを用いて、レーザと受光系の応答、風浪、光の水中減衰の観測波形に及ぼす影響を検討した。これらの要因の影響を実験的に確認し、水域蛍光ライダー観測の実用化を進めたい。

〈システム技術部〉

原子力プラントの運転・保全作業の支援システム

Maintenance Support System

for Nuclear Power Plants

丹羽康之、沼野正義、松岡 猛、福戸淳司、宮崎恵子、

田中邦彦、三友信夫、岡崎忠胤、伊藤博子

平成13年 9月19日

日本原子力学会2001年秋の大会予稿集

原子力プラントの保全にあたっては、作業場の把握に基づく的確な操作が求められる。そのため、常時センサ等からの情報を解析して作業資源を効果的に配分する作業計画を立案し、実行し、かつ状況の変化に応じて計画の再構成や資源の再配分を行う必要がある。本稿では、保全ロボットやセンサ情報からの入力を監視して適切な保全作業を実施していくためにプラント運転員に提供される機能を整理し、実現にあたって適用している技術について述べる。

プラントのように多数のセンサから情報が出力される場合、人間が監視しつづけることは容易でなく、異変が自動的に感知されることが望ましい。また異変に際しては、不具合を確認する必要があり、推測される問題点を点検しなければならない。このような作業において運転員を支援するために、以下の機能が必要とされている。(1) センサ値を連続監視して異常を検出し、かつ異常個所の候補を自動的に絞り込む異常個所候補選出機能。(2) 各箇所の異常発生確度、緊急度を算出する異常確度・緊急度予測機能。(3) 点検作業用のロボット群のための計画立案機能。(4) 運転員がこれらを評価、修正し、実施を判断するための情報場の大局的表示、直感的表示機能。(5) 運転員の承認する計画を点検作業ロボットに指示するための通信機能。

我々は上述の機能のうち(1)、(2)を監視エージェント、(3)を作業フローエージェントとし、それぞれに(4)、(5)の機能を持たせて開発している。運転員は、点検作業ロボットによる報告を受けて異常個所を分析し、それに伴い不具合に対する状況認識が変化していく。例えば、点検対象の追加等がある。作業フローエージェントは、点検作業の状況を考慮しつつ、点検作業の計画を更新する。

今後もクロスオーバー研究として、理研の開発するロボット、保全場情報管理のための産総研の開発する環境サーバと連携し開発を進める。

人間共存型プラントのための 人間・マシンエージェント共同作業の支援

Support for Co-operation on among Human

Operators and Machine Agents in Advanced Plant Har-

monized with Human Activities

沼野 正義

平成13年 9月12日

電気学会原子力研究会論文集

大規模かつ複雑なシステムの運転や保全を従来の機械システムに対する、人間の指令や保全作業の実行としてとらえるだけでは、センシングや制御等の各種の自動化機構の特性を十分考慮することは難しいと考える。このような大規模かつ複雑システムの運転・保全作業を人間・マシン(ロボット)エージェントの共同作業としてとらえ、その作業計画の策定、計画の実行、履歴の管理を行うことにより、過去、現在、未来にわたる運転・保全状況を把握することが容易になると考える。この考えに基づき、「原子力基盤クロスオーバー研究」の「ソフト系科学技術研究」の分野で、理研、産総研と連携して、人間共存型プラントのための知能化技術の開発プロジェクトを実施している。このプロジェクトでは、原子力プラントの保全情報場技術を開発することとし、海技研は、プラント情報の人間への提示技術の開発を担当している。本研究においては、マルチエージェントシステムとしての運転・保全作業をモデル化し、これを支援するための個々の作業やこれに関連する情報の共有やならびに作業計画、作業履歴の管理等について要素技術を開発する。さらに、実プラントにおける運転・保全作業の実態に基づいて、具体的な作業シナリオを想定して、開発項目を絞り込み、支援システムのプロトタイプを作成し、理研、産総研と連携して、構築、維持、提示の観点を総合した保全情報場技術の確立を図る予定である。これらと関連して、国際海事機関(IMO)で導入が予定されている船舶自動識別装置(AIS)をマルチエージェントシステムの例として紹介する。

船舶信頼性情報を用いた船用機器システムの
GO-FLOW 解析
GO-FLOW ANALYSIS OF SHIP EQUIPMENT
SYSTEM BY USING RELIABILITY
INFORMATION ON SRIC

桐谷 伸夫、橋本 武、黄 亮
平成 13 年 10 月

第 6 6 回マリンエンジニアリング学術講演会予稿集

近年の船舶の運航環境には、乗組員の少人数化や混乗化などの様々な変化がもたらされていると同時に高齢化など、厳しい状況がある一方で船舶自体は自動化や近代化による電気電子系機器装備の増加などによって、複雑で巨大な大規模システムと考えられるまでのものになっている。従って船舶の安全な運航実現のためには、更なる船用機器や装置・設備の高信頼度化、そしてシステムとしての安全性の確立が求められている。例えば、陸上のプラント施設であれば、不安全状態や危機的な事故発生に際して他者の支援を緊急に得ることは不可能ではないが、海上を航行する船舶の場合には決して容易なことではない。すなわち、船舶は基本的に保有する装備や資材、そして人的時間的な配員資源を用いて不安全状態からの復帰を実現しなければならないのである。従って、高い安全性や保全性の確立が必須要件であり、このような基本要件を実現するためにもシステムとしての船舶に顕在潜在する不安全要因を把握して定量的に評価する事が求められている。

本論は、船舶をひとつの大規模システムとして考え、確率論的安全評価の立場より GO-FLOW 手法によるシステム信頼性解析を実施したものである。解析対象モデルとしては、燃料油の供給から主機エンジン、そして推進装置までの流れを推進機能維持の船用機器システムとして採用した。また、個々の機器には船舶信頼性情報に基づく信頼性データを導入することによって、より現実的で実利性の高い解析の実施を目的とした。このようなフィールド・データに基づく信頼性データを導入した船用機器システムの GO-FLOW モデリングと信頼性解析の実施は初めての事例であり、非常に意義の高いものである。GO-FLOW 解析の結果、対象とした船用機器システムの機能目的であるプロペラの正常回転実現に対する故障確率は運転 1000[hr.] で 0.989 であり、故障確率 0.5 となる運転時間は約 126[hr.] であることが明かとなると同時に、個々の機器の信頼性向上がシステム全体の信頼性向上に寄与する感度等が明かとなった。

船舶信頼性情報による船用機器の故障解析
FAILURE ANALYSIS OF SHIP EQUIPMENT
BY USING SRIC INFORMATION

桐谷 伸夫

平成 13 年 10 月

日本安全工学協会安全工学224号Vol.40 No.5 (2001)

近年の我が国船舶においては、少人数化や混乗化が進められると同時に主機燃料の低質化などもあり、運航環境の変化が著しく変化したことから、運航条件においては非常に厳しい状況にある。このような現状で運航の総合的な安全確保に資するための基本的な方策として、船用機器の高信頼度化への取り組みが欠くことのできない重要な要素と考えられた結果、産官学の協力体制の基に実施されたものが船舶信頼性調査の活動であった。1982 年より実施された船用機器の信頼性情報に関わるフィールド・データの収集作業は 1999 年まで継続実施され、膨大な船用機器信頼性情報を集積するに至った。そして、この調査活動の成果のひとつとして構築されたデータベース・システムが船舶信頼性情報データベース・システム (SRIC Database System) である。船舶信頼性情報を活用した解析・研究は種々多方面にわたって実施されてきたが、船舶信頼性調査活動の総括として最終段階の信頼性解析が現在実施されている。

船舶信頼性情報データベースは最新システムにおいて、パーソナル・コンピュータをハードウェアとした汎用リレーショナル・データベース・システムとなっており、集積している船用機器信頼性フィールド・データは約 11 万 4700 [case] となった。この内、故障発生に関わるデータは約 7 万 7000 [case] である。これらの故障情報に基づき、船用機器故障の持つ特徴を明らかにすることを目的として、本論では頻出故障に注目した解析を実施した。機器・要素レベルでの 244 分類に注目するならば、頻出上位 15 機器によって約 50 [%] の発生状況がある。特に F.O (燃料油) 及び L.O. (潤滑油) 清浄機が多発しており、この 2 機器故障だけでも発生故障全体の 13.9 [%] を占めている。これらの油清浄機故障は即時に機関停止・推進機能喪失といった危機的運航状況をもたらすものではないが、運航の安全を確保するためには信頼性と共に保全性の向上が重要であることは言うまでもない。また、経年においては電気電子系機器の多発化傾向が顕著であり、その信頼性・保全性向上の取り組みが重要となっている。頻出故障の特性を明らかにすることを目的としてクラスター解析を実施した結果、5 クラスターの存在が明かとなった。特徴的なクラスターとしては、修復処置工数と配員指数を反映した故障群、高い故障率を持つ故障群、そして電気電子系機器故障で運航への影響が比較的大きな故障群の存在が明かとなった。

空気圧ゴム人工筋によるパラレル駆動機構の 運動制御

Motion Control of In-Parallel Actuated
Mechanisms Driven by Pneumatic Rubber
Muscles

武田行生、舟橋宏明、丹羽康之、樋口 勝

平成 13 年 10 月

社団法人日本機械学会、

日本機械学会論文集 C 編第 67 巻第 662 号

著者らはすでに、 $N + 1$ 本のワイヤを用いた N 自由度のパラレルワイヤ駆動機構について、各ワイヤから出力節への力伝達特性の評価指数（運動伝達指数）を開発した。また、運動方程式がきわめて複雑であったり、正確に求められない機械運動系の制御に適用することを目的として、系の状態空間内の多数の代表点について外部構造を予め実験によりデータベース化しておき、これを用いて制御を行う手法を開発した。

本報では、3 本の空気圧ゴム人工筋を用いた 2 自由度関節機構を取り上げ、上記の特性評価に基づいて機構設計を行い軌道実験により検討を加えた。そして、入出力関係が非線形でありヒステリシスを有する空気圧ゴム人工筋を用いたパラレル機構の運動制御へ上記で開発した制御手法を適用して軌道制御実験を行い、検討を加えた。

ゴム人工筋はゴムチューブを組紐状にスリーブで被ったものであり、ゴムチューブを加圧すると軸方向に収縮する。本研究では実際にゴム人工筋を製作した。またゴム人工筋の圧力、収縮率および発生力の関係を実験により測定した。測定結果より発生力が異なっても圧力と収縮力の間にはヒステリシスが存在することが確認された。

次にゴム人工筋を 2 自由度パラレルワイヤ駆動機構に適用する際、運動伝達指数を適用して、人工筋から出力節への力伝達特性を評価した機構設計を行った。機構定数により作業領域の大きさおよび作業領域内の運動伝達指数の分布が大きく異なることを確認した。

実際に運動伝達指数の大きな機構定数のゴム人工筋で構成されるパラレルワイヤ駆動機構の制御を行った。制御法として状態の代表点毎に予め入出力の関係のパラメータを同定し、状態が代表点の間の場合はパラメータを線形内挿により推定した。軌道制御実験を行ったところ、本制御手法はフィードバック制御よりも良好な軌道制御が確認された。

本報では、空気圧ゴム人工筋を用いたパラレル機構において、パラレルワイヤ駆動機構における運動伝達指数に基づく機構設計法および入出力関係の実験的同定に基づく制御法が有効であることが確認できた。

On a Bridge Navigational Watch Alarm System Using Verbal Communication as a Human-Machine Interface

ヒューマン・マシンインタフェースとして
音声入出力を用いた船橋監視システムについて
福戸淳司、沼野正義

平成 13 年 12 月

日中航海学会日中航海学会講演集

本論文では、ヒューマン・マシンインタフェースに音声入出力を用いた船橋監視システムを紹介した。この船橋監視システムは、全国内航タンカー組合と海上技術安全研究所及び三菱重工株式会社が共同で開発したユーザフレンドリーな航海支援システムに組み込まれている。この船橋監視システムでは、当直者の声を認識することによる警報のリセットや、人工合成音声による警報が行われる。

この航海支援システムは、一名当直を支援するために開発された。このため、この支援システムは、電子海図情報表示システム (ECDIS) や自動航行装置 (トラック・コントロール) も備えている。本システムの開発設計の際には、(1) 信頼して実際に使用できる自動化機能、(2) 受け入れられるユーザビリティ、(3) 人間を含むシステム異常時の対応が検討された。音声入出力機能は、現役船員からのヒューマン・マシンインタフェースへの要望を満たすために採用された。

この船橋監視システムを含む航海支援システムは、内航タンカーに搭載され、4 年間実際の一名当直操船に用いられてきた。この間の運航を通じて、その有効性が、現役船員に評価され、現実の一名当直の支援に十分な機能とユーザビリティを持っていることが確認できた。音声による操作により、見張り等の作業を中断することなく、リセットが容易にできるようになったため、船橋監視システムも現役船員に受け入れられた。

本船橋監視システムは IMO の NAV サブコミティーに紹介され、船橋監視システムのガイドラインに音声入出力の利用が認められた。

〈海洋開発工学部〉

海洋構造物の電気防食における
アルミニウム流電陽極の最適配置に関する研究

A Study on Optimum Arrangement of
Al Galvanic Anodes for a Cathodic Protection
on Offshore Structures

渡辺喜保、高井隆三、望月紀保

平成13年9月

(社) 日本海洋開発産業協会海洋開発ニュース、
Vol.29、No 5、2001年9月号

海洋構造物は、長期間に渡り安全かつ良好な使用状態で維持されることが望まれており、そのための技術開発や種々の手法が研究・検討されている。

本論文では、1000m級の浮体空港に対して実施された試設計を基に、浮体の一部分を取り出し、その部分を大略1/10に縮尺した模型を用いて、電気防食下での①流れが防食電位に及ぼす影響②海水の伝導率の違いが電位分布に及ぼす影響および③水面からアルミニウム陽極までの距離が電位分布に及ぼす影響について模型実験を行うと共に有限要素法による解析を行った。

①流れが防食電位に及ぼす影響に関する実験では、流速を1.7、2.9、3.8、4.4および5.2cm/sの5種類変化させたときの陰分極曲線および電位分布を計測した。実験結果から、分極抵抗は流速がない場合の1/3以下まで小さく成ること、また防食電位域はアルミニウム陽極の近傍にまで狭くなることがわかった。また、②海水の伝導率の違いが電位分布に及ぼす影響に関する実験では、伝導率を1.07および3.4mS/cmの2種類変化させて電位分布を計測した。その結果、伝導率が小さくなると防食電位域は狭くなる傾向を示すことがわかった。さらに、③水面からアルミニウム陽極までの距離が電位分布に及ぼす影響については、距離を5、10、15、20および25cmの5種類変化させて電位分布を調べた。その結果、距離が10cmより大きくなると電位分布はほぼ一定となり、深さの影響がなくなることがわかった。

これらの実験結果に対し、有限要素法による計算を行った結果、計算結果のほう小さくなる傾向を示すが、両者は良い対応を示すことが分かった。そこで、アルミニウム陽極で炭素鋼平板を電気防食する場合の陽極配置間隔に関し実機スケールで3次元FEM解析を行った。その結果、陽極間隔と分極パラメーターが両対数軸上でほぼ直線関係にあること、およびこの関係からアルミ流電陽極の最適配置が得られることを示した。

〈水海技術部〉

船型主要目及び馬力の変遷について
(その3 フェリー)

On Study of Ship Propulsive Performance of
Ships Built in Japan Since 1950
(The Third Report) -Ferry Boats-

山口眞裕、菅井信夫

平成13年9月

関西造船協会論文集 第236号

1960年代から油槽船は急速に大型化され、また、貨物船もコンテナ船の出現により、高速化されてきている。これら一般の船舶全体について船型性能について資料を収集して船舶の船型性能の変遷を追求している。前報までに、油槽船とコンテナ船の船型性能の変化について報告した。

最近、国内ではロールオン・ロールオフ型の貨物フェリーが建造され注目されているので、今回は、フェリー即ち貨物フェリーと旅客フェリーについて検討を行った。フェリーは運航する航路での採算性から大型化や高速化の導入はコンテナ船と異なり容易ではない。ここでは、前報と同様な解析を行い、大まかな性能の変化を捉え、今後の見通しを探りたいと考えて実施した。

収集したデータは前報と同様、日本船舶明細書からである。かつての国鉄時代の連絡船は、現在は運行されていないので今回の解析から除いた。

総トン数1000トンを越すフェリーは1964年に表れ、以後徐々に大型化され、載貨重量で1万トンを超えているものが1983、1984年に建造されている。垂線間長さは200mまでは達して居らず、国内のフェリーの航路を考えると、簡単には大型化が出来ないことを示している。

長さ幅比L/Bは5から7までの範囲であり、幅喫水比B/dは3.4から4.8までと他の船種に比較して幅広の船型である。方形係数Cbは0.45か0.6あたりまで、航海速力のフルード数Fnは概ね0.25から0.38までと相対的に高速である。

今回も大胆な幾つかの仮定によって求めた造波抵抗係数を見ると、建造年数に対して徐々に小さくなっている。しかし、油槽船やコンテナ船ほどには性能の向上が明確ではない。

今後、さらに航路等の情報収集に努め、明確な性能変化を捉えたいと考えている。

ポテンシャル流中の揚力体の一数值計算法
A numerical Method for the Analysis
of a Lifting Body in the Potential Flow

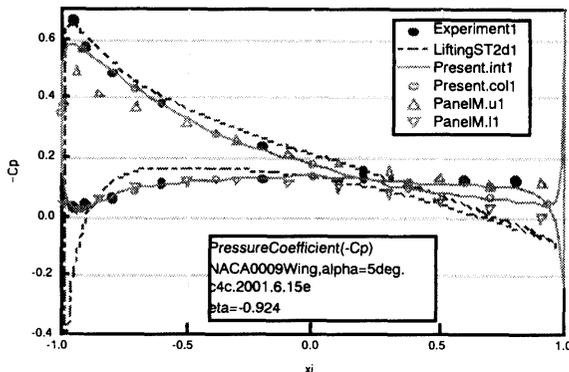
小山鴻一

平成13年11月

日本造船学会論文集第190号

本文は揚力体周りのポテンシャル流の数値計算法について述べたものである。ポテンシャル流の数値計算法にはパネル法が広く用いられているが、パネルを細かく取るとか、パネル表示の高次化を進めることにより、計算精度の向上が図られている。本論では、揚力体形状及びポテンシャル値をスプライン関数を用いた連続関数で表して、境界積分方程式を数値積分により厳密に解くContinuous Methodを提案した。高次パネル法の高次化の極限と考えることもできるが、基本的にはパネル法とは異なる計算法である。数値積分を精度良く計算するために、被積分関数の特異性を調べ、自動数値積分計算法を導入した。球・扁平楕円体やKármán-Treftz翼型の計算において、解析解との比較により計算精度を調べた。次に円形翼の計算において、従来法や実験値と比較し、揚力面理論やパネル法の計算よりContinuous Methodの計算の方が計算精度が高いことを示した。

下図の計算結果は、迎角5度の円形翼の翼端近くの翼断面における圧力分布である。本論の計算法によれば、翼後縁の極近傍部分を除けば、翼前縁を含む大部分の揚力体表面において、精度の良い圧力分布の値が得られることが示されている。



砕氷巡視船に関する調査研究(その2) - 総合報告

宇都正太郎、金田成雄、下田春人、瀧本忠教、
小山鴻一、成田秀明、泉山 耕、若生大輔、
岡 修二、山田安平、田村兼吉、竹原 隆

平成12年 8月

海上保安庁装備技術部船舶課
船舶開発技報 第26号

サハリン沖原油・ガス開発プロジェクトはここ数年の間に急速に本格化し、2004年からは通年生産が開始される予定と伝えられている。同プロジェクトの進展に伴い、大規模流水海難や油流出等による海洋環境汚染などの潜在的リスクも増大していこうが、これらに対し砕氷巡視船に期待されることはますます大きくなっていくと思われる。こうした情勢を踏まえ、船舶技術研究所氷海技術部は海上保安庁装備技術部船舶課と共同研究「次世代砕氷巡視船の設計手法の高度化に関する研究」を平成8年度より三ヵ年計画で実施した。研究実施状況のフローを図-1に示す。本研究で得られた主要な成果を以下に示す。

1) 砕氷巡視船の船上観測結果をもとに北海道沿岸の南部オホーツク海域における海水の厚さ、積雪深、強度等の特性を明らかにした。研究成果の一部をオホーツク海水データベースとして公開した。

2) 実船実験及び氷海船舶試験水槽における模型実験を実施し、砕氷巡視船「そうや」及び「てしお」の連続砕氷性能に関する実船-模型船間の相関係数を初めて明らかにした。図-17に示すように氷厚0.34~0.45mの主として平坦氷盤中における実船(縦軸)-模型船(横軸)間のスラスト相関係数は船型に関わらず1.3であることがわかった。

3) 巡視船「てしお」の構造応答計測結果から、船体外板に作用する最大応力は降伏応力に対して38%であることがわかった。計測期間の短さや限られた点数の計測位置で得られた結果であることを勘案しても、構造強度上の余裕度は十分にあると思われる。

本研究では上述したように、南部オホーツク海における氷況、軸出力、構造応答及び局所氷荷重に関する重要なデータを取得することができた。これらは次期砕氷巡視船の設計を行う際に重要な基礎データとなるものである。

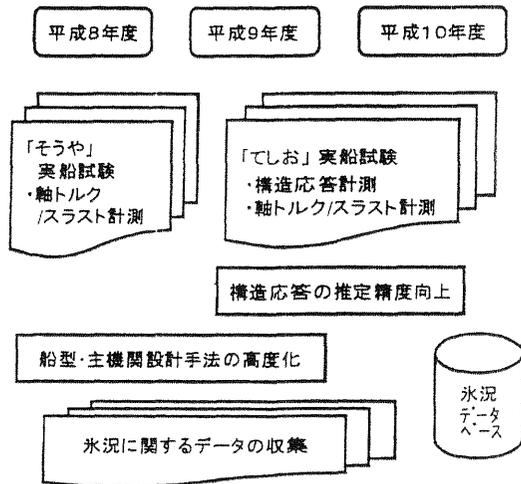


図-1 研究実施状況のフロー

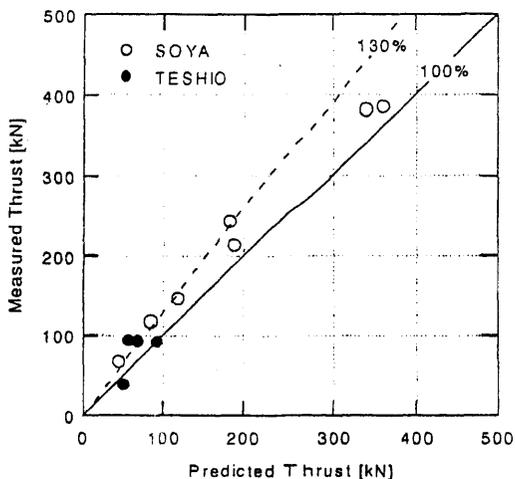


図-17 スラスト計測値と推定値の相関

JARE42における南極観測船「しらせ」船上での 海水厚の観測

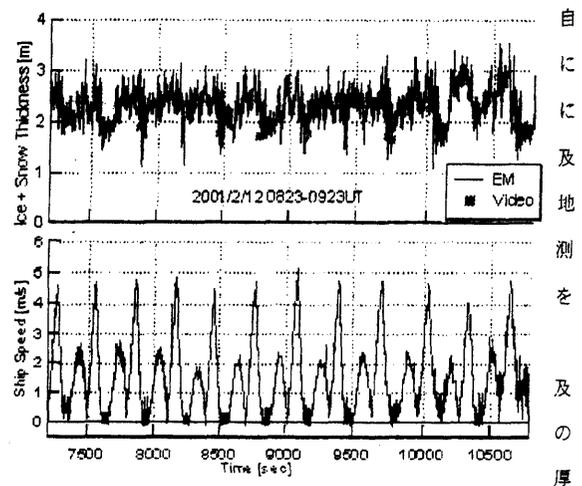
Sea Ice Thickness Observations on board SHIRASE in
JARE42

宇都正太郎、下田春人、泉山 耕、
塩原匡貴、小嶋哲哉、高橋 渡
平成13年11月21日
第24回極域気水圏シンポジウム、
プログラム・講演要旨

海水は地球規模の環境変動の影響を鋭敏に反映する自然界のセンサであり、その変動を観測することは極域における様々な自然現象の変動機構を解明する上で非常に重要である。しかしながら海水の厚さを観測する手法及び観測データは限られている。そこで第42次日本南極地域観測隊で電磁誘導法（以下、EM法）による海水厚観測装置を南極観測船「しらせ」に搭載し、海水厚の観測を試みた。

「しらせ」右舷側中央部に設置した電磁誘導センサ及びレーザ距離センサによって海水の底面及び表面までの距離をそれぞれ計測し、その差から積雪を含む海水の厚さを計測した。また鉛直下向きビデオカメラを用いて氷厚及び積雪深を観測し、EM法との比較に供した。

リュツォホルム湾着氷域における観測結果を図に示す。このとき「しらせ」は約6分間に1回、前後進を繰り返しながらチャージングによる砕氷を行った（図の船速データにおいて、高いピークを持つ山が前進を、これに続く低いピークを持つ山が後進を示す）。EM法による氷厚データにも同じ周期の変動が認められる。チャージングによって砕氷された氷塊の一部は母氷盤の下に潜り込む。山に相当する部分では、このような氷盤上をセンサがトレースしていると思われる。一方、谷の部分で観測された氷厚はビデオ観測結果とも良く一致しており、EM法による氷厚観測の有効性を示すものと思われる。



自
に
に
及
地
測
を
及
の
厚

氷板下における油拡散に関する実験的研究
Experimental Study on Spreading of Oil under
an Ice Cover Part 2. Exact Calculation Method

泉山 耕、金野祥久、堺 茂樹

平成 13 年 11 月

第 17 回寒地技術シンポジウム論文集

運輸施設整備事業団の基礎的研究推進制度による「氷海域における流出油の挙動と回収に関する基礎的研究」の当所担当研究「水と油の干渉及び拡散・漂流に関する実験的研究」の一環として、氷海水槽において油の流出実験を行い、その拡散挙動について解析した。実験においては、氷海水槽に製氷した氷板の下面に油を流出させ、この拡散挙動を水槽天井並びに水槽底部の観測窓の下に設置した VTR カメラにより撮影した。実験に用いた油は、機械用潤滑油であり、その密度及び粘性係数は、それぞれ、 0.89 g/cm^3 及び $129 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ である。本研究の目的は、氷板下における油の拡散挙動に対する氷板底面の凹凸の影響を見ることであり、このため、平坦氷（凹凸無し）を含めて、下面に様々な凹凸を有する氷板に対して実験を行った。本論分では、平坦氷とランダムな凹凸を有する氷板の場合について実験結果を述べた。ここでランダムな凹凸とは、不規則な波長、波高を有する凹凸であり、このような氷板は、ある程度成長した氷板の上面に断熱材をランダムに置き、その後氷板を再び成長させることにより形成した。

平坦氷板下に流出した油は、流出点を中心とする円形の領域に拡散する。これについては、当所における過去の研究により、油の密度、粘性係数、界面張力を用いた無次元数をパラメータとする理論曲線が求められているが、今回の計測結果をこれと比較したところ、非常に良い一致が見られた。なお、この理論における界面張力とは油に働く 3 種類の界面、すなわち、油-水、油-氷、氷-水の 3 種類の界面に働く界面張力の輪として与えられるものであるが、本研究において、この値が、油-水間の界面張力の 2 倍の値として与えられることが示された。一方、ランダムな凹凸を有する氷板下面に流出した油の挙動は平坦氷の場合とは大きく異なり、氷板下面の凹部に沿って拡散する。その拡散挙動は、拡散面積という観点からすると平坦氷板のものに比べて面積が小さい。しかしながら、流出点から油の到達する最遠点までの距離と言う観点から見ると平坦氷板下における場合に比べてはるかに遠い領域まで油が到達する。この点は、実際の油回収あるいは汚染領域の推定という点から重要である。

〈東海支所〉

Database and Simple Calculation Method of
Radiation Streaming

放射線ストリーミングのデータベース
と簡易計算法

三浦 俊正、平尾 好弘、佐藤 理

平成 13 年 1 1 月

Transactions of the American Nuclear Society, 2001
Winter Meeting

原子力施設の遮蔽設計においては、複雑形状部の放射線ストリーミング計算はしばしば簡易計算式で行われる。しかし簡易計算式の多くのものは精度が悪く設計計算では過度の安全余裕がとられる。一方、バルク部に対する近年の計算精度の向上や被曝線量低減に関する国際放射線防護委員会の勧告のため複雑形状部での設計精度の向上が要求されている。このため、本研究ではストリーミングに関するデータベースおよび簡易計算法の開発を行った。複雑形状部での線量分布データベースを計算するためモンテカルロコード MCNP を使用した。データベースは円筒ダクト、円環ダクト、及びスリットに対して作成した。これらの複雑形状部はコンクリート壁中に設けた。複雑形状部の形状に関する変数は直径、屈曲角度、ギャップ幅、オフセット等である。中性子源は高速中性子、中速中性子及び熱中性子とした。ガンマ線の場合は 1.25 MeV のガンマ線で代表させた。線源は平行入射あるいは等方入射とした。ストリーミング計算は複雑形状部の第 1 脚部と第 2 脚部に対し別々に行った。前者の場合には線源放射線は入射面全面に入射させた。しかし、後者の場合は等方線源を入口開口部内のみに入射させた。モンテカルロ計算の信頼性を確認するために間技術研究所及び日本原子力研究所で実験を行った。中性子実験では屈曲ダクト中の線量をバブル検出器で測定した。ガンマ線実験では斜め入射条件で円筒ダクト中の線量を熱蛍光線量計で測定した。実験結果を MCNP で解析し良い一致を得た。また、MCNP と一次元輸送計算コード ANIS N による透過計算は厚さ 150 cm まで非常によい一致を示した。これらからモンテカルロ計算の信頼性が確認された。開発した簡易計算法はデータベースを使用する。第 1 脚部の計算は主としてストリーミングデータの補間および加算からなる。第 2 脚部の計算では MCNP によるストリーミング線量、屈曲部への透過放射線を線源とするストリーミング線量及び計算点への透過線量を加え線量を求めた。第 3 脚部の計算は第 2 脚部と同じ方法で行った。実際的な問題に関する計算法の適用性については今後評価を行う。