

所 外 発 表 論 文 等 概 要

〈運動性能部〉

DEVELOPMENT OF THE WAVE MONITORING SYSTEM BY VIDEO IMAGE PROCESSING

ビデオ画像処理による波浪モニタリングの開発

宮崎 剛、桐谷伸夫、石田茂資、渡辺 巖

沢田博史、二村 正、辻本 勝、星野邦弘

平成12年10月

4th Osaka Colloquium on Seakeeping Performance
of Ships

波浪情報は船舶の安全航行や海洋環境の把握に際して不可欠な情報である。波浪情報は人工衛星やブイ、一般商船による海象通報などによって収集されている。本論文では、一般商船に搭載可能な精度の高い新しい波浪モニタリングシステムの一環として開発している船側における相対水位計測のためのビデオ画像解析手法の水槽実験ならびに実船実験による検証の結果について述べた。ビデオ画像解析手法を用いた相対水位計測は、概ね以下の手順で行われる。

- 1) 画像の取得
- 2) 画像処理 (画素毎の輝度値の取得、画像コントラストの強調、画像の平滑化)
- 3) 船側における船体と波面の交線の抽出、交線位置の計算
- 4) 相対水位の取得

この手法を水槽実験ならびに実船実験に適用し検討したところ、以下の知見が得られた。

- ・画像の取得において可視域光に加えて近赤外域光を用いることが、薄暮時や日没時においても良好な画像を得るために有効であることが確認された。
- ・海面における反射光や船体塗装の塗り分けなど、計測時の外乱の影響が小さい場合は相対水位変動を精度良く計測することが可能である。
- ・計測時の外乱の影響を抑えるために解析手法のさらなる改良が必要である。

短波長波中を操縦運動する船に働く定常波力について

Wave-induced Steady Forces and Moment Acting on
Ships in Manoeuvring Motion in Short Waves

上野道雄、二村 正、宮崎英樹、野中晃二

平成12年11月

日本造船学会論文集188号

衝突や座礁といった船舶の事故が重大な海洋環境の破壊につながる可能性のあることから、船の操縦性能に関する基準が国際海事機関によって検討されている。その暫定基準では実船の操縦性能試験は静穏な海象で実施することとされているが、静穏な海象であったとしても船体の動揺をほとんど誘起しない程度の短波長波は一般に常に存在すると考えられるため、短波長波の操縦運動への影響を明らかにすることは実海域の操縦性能試験結果を正しく評価するために必要なだけでなく、通常の航行安全性を考える上でも実用上重要であると考えられる。

本報告では定常波力を斜航および旋回を含む操縦運動時に働く準定常的な前後力と左右力、回頭モーメントととらえ、まず、短波長波がもたらす定常波力の推定法についてOhkusuによる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船に働く定常波力を、模型船の波との出会周波数の動揺を拘束せずに計測し、定常波力の特性を実験的に明らかにした。さらに、本報告で述べた推定法による計算を実施し、その結果と実験結果ならびに平山らの方法による計算結果、Sakamotoらの方法による計算結果を比較検討し考察をおこなった。

その結果、本推定計法による計算結果が斜航、旋回といった操縦運動の影響をほぼ表現しており、他の推定法よりもよい推定結果を示していることを確認した。また、本推定計法を用いて斜航と旋回といった操縦運動を構成する運動成分が前後力、左右力、回頭モーメントの定常波力成分にどのように影響をおよぼしているかを明らかにした。

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手段になりうるものと考えられる。

〈構造強度部〉

Design Wave Condition for Extreme Wave-induced Loads Based on Liner Response Prediction

線形応答理論に基づく波浪荷重の最大値の設計海象の設定法について

河邊 寛、富田康光、豊福正継、福岡哲二

平成12年9月

Proceedings of NAV 2000

船体構造の強度設計は、船舶の使用期間に生じる最大荷重と波浪により繰り返し作用する荷重の双方に対して座屈・大変形あるいは疲労破壊が生じないように強度余裕を決定することである。これらの荷重は、波浪荷重の長期分布を予測することによって求めることが出来る。波浪荷重の長期分布の一般的な求め方は、ストリップ法等によって波浪中の応答計算より求めた荷重を構造に負荷して構造の応力応答関数を求め、波スペクトル、長期の波浪統計を組み合わせることで計算される。最終的な結果は荷重とその発現確率の関係として得られるが、中間の過程において、波浪と船体のどの応答特性が最も有意な影響を与えたのか、また、用いた波浪統計のどのようなパラメータが長期分布のパラメータと関連があるのかを知ることはできない。

本研究は、波浪荷重と遭遇波浪との関係は線形の仮定の下に、波浪荷重の長期分布を想定海象の有義波高、平均波周期および波との相対角に分離して表現する方法を導き、長期分布に想定海象のどの要因が最も影響を与えたかを調べたものである。80000 DWTのバルクキャリアの長期実船試験結果を解析し、遭遇した海象の中で短期波浪応答の標準偏差が最も大となる海象が波浪荷重の最大値を発生させることを明らかにした。この海象は、波浪に対する応答関数と波スペクトルとが広義の同調をする海象で、構造の設計海象とする事を提案した。210000 DWTバルクキャリアの二重底の構造に働く応力を、提案する設計海象より推定した場合と通常の長期予測をして求めた場合を比較した結果、両者は良い一致をし、設計海象による荷重の推定は有効であることが確かめられた。

スラミングを考慮した高速船の波浪中応答 計算法について

On a Method to Calculate Hull Response of High Speed
Vessels in Waves Taking Account of Slamming

竹本博安

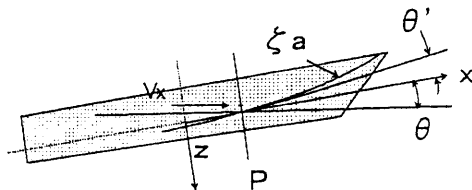
平成12年11月

日本造船学会秋季講演会論文集

高速船艇においてスラミング荷重は他の荷重に比べてはるかに大きく、滑走、半滑走型の高速艇の船体構造は主にこのスラミング荷重に耐えるように設計されている。高速艇の構造を安全でかつ合理的なものにするためには、高速船艇の運動とこれによって生じるスラミング荷重をより正確に推定することが必要である。

波浪中の船体運動の非線形性を取り扱うためにストリップ法をベースにして運動量理論による衝撃荷重を用いた非線形解析法がいくつか提案されているが、これらでは、Karmanの水面衝撃理論が使われている。一方、最近の楔形物体等に関する水面衝撃の研究によれば、実験および解析結果はWagnerの理論とよく合うことが示されており、上記の非線形波浪中応答解析法におけるスラミングのKarman型モデルによる取り扱いには疑問が残る。

本報告では、高速艇の波浪中での荷重と応答のシミュレーションを目的として、これらの解析法の問題点、特に相対速度と衝撃力発生メカニズムを検討し、新しい解析法の開発を試みた。この解析法では、(1)等付加質量線概念を導入することで、前進速度を考慮した船体と水面の相対速度を求めていること、(2)衝撃現象の判定に水面衝撃の限界速度により衝撃発生を判定していること、(3)Wagner型の水面衝撃モデルを用いて、衝撃力を水面の盛り上がりに関連させ、その時間微分により衝撃力を求めていることに特徴がある。この解析法における衝撃荷重はStavovy & Chuangの方法に代表される水面衝撃理論による荷重と等価であることを確認した。



等付加質量線概念図

各種波浪荷重により生じる船体構造部材の疲労被害度 の相関係数による合成法

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

河邊 寛、柴崎公太

平成12年11月

日本造船学会論文集第188号

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、長期分布の超過確率 $Q=10^{-6}$ 付近の波浪荷重の値（以下これを $Q=10^{-6}$ 付近の極値という）を相関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 $Q=10^{-6}$ 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 $Q=10^{-6}$ 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 $Q=10^{-6}$ 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。

船舶の波浪衝撃水圧簡易計算法について

On a Simplified Method to Estimate Impact Pressures
on Vessels in Waves

竹本博安、佐久間正明

平成12年11月

秋季三学会講演会

西部造船会会報 第101号

波浪中を航行する船舶においてスラミングによる波浪衝撃荷重は、船体縦強度や船首フレア部等の局部強度を考える上で重要である。船型、波浪条件等が与えられた場合の船体応答や波浪スラミング荷重の推定は重要な課題であるが、船速、船体と波浪の相対速度などスラミング発生時の条件が与えられた時に使用できる簡便な衝撃水圧推定法に対する要求も強い。

3次元物体のスラミングによる衝撃水圧を推定する手法として、Stavovy & Chuangの方法がありよく使われているが、この方法には衝撃速度や衝撃角の算出に複雑な操作が必要で難解な部分が含まれている。また、衝撃水圧は与えられた衝撃角、衝撃速度に対して実験式を用いて算出するようになっているが、これは実験値の特性を含んでおり限定された場合にしか妥当な解を与えず、合理的な推定法とは言えない。構造物に作用する衝撃圧を推定するには、さらにAllen & Jonesの圧力減少係数などを用いる必要がある。

一方、3次元衝撃水圧推定法としては、他に一般的に使用できる適当な手法は見当たらない。このような状況で、より簡明で合理的な推定法が必要と考えられる。

上記のStavovy & Chuangの方法の衝撃速度推定法を修正し、Wagnerの理論およびFerdinandeの理論を組み合わせて、対称となる構造物の大きさに応じて実際の圧力を推定できる新しい3次元波浪衝撃水圧の簡易推定法を構築した。著者のこれまでの研究により2次元の楔形物体の水面衝撃水圧に関しては、Wagnerの理論、Ferdinandeの理論が成り立つことが確認されており、これを前提として、さらに、ここで用いた衝撃速度推定法により3次元の衝撃現象を2次元の衝撃現象に関係づけることで、この簡易推定法が可能となった。

この簡易推定法を用いて、Chuangの3次元水面衝撃実験に対して衝撃水圧の推定を行い実験値と比較した。その結果、推定値と実験値は非常によく合うことが示された。

この推定法により対称となる構造物の大きさの影響を考慮にいたした荷重推定が可能であり、波浪中でスラミングを生じた状態での船体各部に作用する衝撃水圧を推定することができる。なお、ここに述べる簡易推定法は特化した形で高速船構造基準に採用されていることを付記する。

〈機関動力部〉

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

(第一報：水塊運動のコヒーレント性の確認)

Study on Slug Impact Followed by Rapid Bubble Growth
in an LWR Severe Accident

(First Report: Experimental Confirmation of Slug
Coherent Movement)

汐崎浩毅、安達雅樹、綾 威雄、吉江伸二

平成12年9月

日本原子力学会 2000年秋の大会予稿集

軽水炉のシビアアクシデント時には、溶融炉心と水との直接接触による水蒸気爆発などにより、原子炉容器や格納容器下部の水中に短時間に大量の気体が発生することが予想される。これらの気体発生や爆発のメカニズムについては、我が国を含む各国における精力的な実験や解析により次第に明らかとなりつつある。しかし、シビアアクシデント時に格納容器の健全性が確保できるか否かは、急加速を受ける水塊が格納容器壁等に衝突した際の水撃力に大きく依存するが、その大きさを決定づける水塊運動のコヒーレント性（水塊個々の運動の同時性と同一方向性）については実験的検討がほとんどなされておらず、格納容器破損確率に大きな不確定性が残されたままとなっている。

本研究では、内径1m、高さ6mの模擬格納容器を用い、水蒸気爆発による気泡発生を高圧空気の急速注入によって模擬した実験を行う。現在、定性的傾向を把握する予備実験を実施した段階で、以下の結論を得た。

- (1) 容器内初期水位が高い場合（気泡発生位置を基準として1m～1.4m）は、水塊がコヒーレント性を持って気泡に押し上げられる様子が観察された。一方、水位が低い場合（同0.8m）は、若干の空気の吹き抜けが見られるが、部分的にはやはり水がかたまりとして押し上げられている。
- (2) こうした水塊が容器に衝突する結果、激しい水撃作用が生じる。格納容器健全性評価のためには、水塊運動のコヒーレント性解明が重要であることが、改めて実験的に確認されたといえる。

Characteristics of Hydrogen Combustion in an Experimental Lean Premixed Combustor

実験的希薄予混合燃焼器における水素燃焼の特性

岸 武行、平岡克英、井亀 優、春海一佳

城田英之、岡 秀行

平成13年3月

2nd Symposium on Smart Control of Turbulence
Proceedings

近年、ガスタービンの燃焼器において、低NO_xで燃焼負荷を上げることが可能な希薄予混合燃焼が注目されており、実用化もされている。しかし、この燃焼方法は安定性が悪く、燃焼振動や逆火等の問題のため、運転範囲が狭いという問題が残されている。本研究では、これらの問題の解決を目指し、数値計算等の解析が行いやすく、燃焼時温室効果ガスである二酸化炭素を排出しない水素を燃焼とする希薄予混合燃焼器を用い、燃焼の安定化と低NO_x化を両立できる燃焼方法を探ることを目的としている。実験装置として、マルチベンチュリータイプ（7ベンチュリー）の予混合器（出口径50mm）を用い、噴射孔の径および孔数、混合部長さを変え、混合状態を変化させて燃焼実験を行った。逆火防止法として、予混合器出口において予混合気を膜状に包むように空気流を噴出させ、その流量が逆火する当量比に与える影響を調べた。逆火領域は逆火防止用空気の割合が燃焼用空気流量に対し0.01から0.03までは改善された。また、逆火時、火災が予混合器内の壁面近傍をさかのぼることを確認した。流れ場が逆火に与える影響を調べるため、予混合器出口での時間平均流速と変動量の分布を調べた。NO_x濃度は低濃度（断熱火炎温度1700Kまで10 ppm（0%O₂dry）以下）であった。電気ヒータを用いて燃焼用空気温度がNO_x濃度に及ぼす影響を実験したところ、同じ等量比では、空気温度が高いほど、すなわち断熱火炎温度が高いほどNO_x濃度は高くなった。

〈材料加工部〉

**角回し溶接継手の疲労挙動に及ぼす
平均応力変動の影響**

Effect of Mean Stress Change on Fatigue Behavior of
Corner Boxing Joint

松岡一祥、高橋一比古、植松 進、牛嶋通雄

平成12年 9 月

溶接学会全国大会講演概要－第67集－

使用状態で疲労き裂発生箇所の平均応力が大きく変動する溶接構造物がある。船舶には積み荷状態で平均応力が正負大きく入れ替わるものがある。この平均応力変動の疲労挙動に及ぼす影響について基礎的な検討を、角回し溶接継手を用いた3シリーズの疲労試験の結果に基づいて実施した。

使用した試験片の構造的応力集中係数は1.47、疲労き裂発生箇所である止端部の溶接残留応力は404 MPa（母材の降伏応力と一致する）であった。

疲労試験は（1）負荷最小応力が0 MPa（2）負荷最大応力が5 MPa（3）負荷最大応力が170 MPaと負荷最小応力が-170 MPaのそれぞれ10,000回の繰り返し荷重ブロックを交互に負荷の3シリーズである。

疲労試験結果を、横すみ肉溶接継手の疲労試験結果の統計量に基づく修正MIL-HDBK- 5法で評価した。

評価の結果、引張の荷重ブロックに引き続く圧縮の荷重ブロックでの疲労損傷が非常に小さく、無視できることが判明した。この現象は、圧縮に先行する引張の荷重ブロックでの残留応力の緩和で説明できた。

**Morphology, Melting and Solidification of Plasma
Sprayed Alumina Particles**

プラズマ溶射したアルミナ粒子の溶融・凝固と形態

植松 進、李 鋼、高橋千織、千田哲也

平成12年11月

2000 Materials Research Society (MRS) Fall Meeting
(in Boston)

この研究はプラズマ溶射においてプラズマジェット中に投入された溶射粒子が受ける加熱と冷却の機構と、さらにその形態について詳細に考察したものである。プラズマ溶射に用いる原材料の粒度分布が溶射皮膜の品質に与える影響を調べるため、粒度分布が異なる3種類のアルミナ粉末を用いてその溶融状態を調べている。飛行粒子の捕集は、トーチ出口から100～200 mm 離れた位置に設置したペースト状のものとカーボン粘着テープ上で捕らえ、それらの粒子状態をSEM観察した。実験結果は、セラミック粒子で粒子形状が大きく、厚みのある粒子の場合は、部分溶融したものや小粒子が合体したものが観察され、プラズマジェット中で材料表面から始まった溶融が、粒子中心まで達せず未溶融粒子となったものを多く含んでいた。小さな径（20 μm以下）の材料粒子は完全に溶融して球形粒子となっており、粒子の大きさはほぼ10 μmほどのものが多く、真円に近いものであった。この平均粒径は原材料粒子の平均粒径の2/3程度であり、残りは微小粒子となったものと考えられる。また球状粒子が2～4個連なったものも観察された。表面上は完全溶融しているように見える球状粒子を研磨して断面観察した結果、粒子の中心部には未溶融部分が存在していることがわかった。これらの形態は金属材料とは大きく異なるものである。いずれの粒度分布の原材料粉末においても、粘着テープ上で飛行粒子を捕らえたものでは溶射距離が短い場合、溶融球形粒子の7割以上が原料粉末の相当径と比べて、1桁小さい球形粒子（5 μm以下）になっており、溶射距離が長い場合は10 μm程度であった。一方、ペースト状捕集装置では、テープでは捕らえきれない40 μmの球状粒子も捕らえることが可能であった。粒子の表面状態を詳細に観察することにより、結晶の成長状態からその粒子の加熱・冷却プロセスを推定した。

FRPの剥離損傷の検出について

Ultrasonic Testing for Damaged FRP Plates

勝又健一

平成13年1月

日本非破壊検査協会

第8回超音波による非破壊評価シンポジウム

講演論文集

本研究はFRP船のリユースに関する研究の一部であり、船体などの健全率を調べる上で非破壊評価法を適用するものである。船舶のブロック化を概念として、損傷した場合には損傷部を含むブロックを交換して船舶の航行を維持することを念頭に置いた課題である。したがって、FRP損傷の検出法及び損傷評価を具体化することが重要となる。ここでは剥離損傷したFRP板に対し、超音波によるFRP板の多層からの界面及び板底面からのエコー高さを測定し、その結果を用いて評価法を導くことである。なお、用いた試料の剥離領域は予め調べてある。

実験は垂直探傷によって、健全部、境界部（健全部と剥離の面積が1対1）及び剥離部における界面エコーと底面エコーの両者を測定するものである。健全部の底面エコー高さを基準感度とし、その高さは健全部が最も高く、次いで境界部となり、剥離部ではエコーが測定が出来ないほど小さかった。界面エコーは剥離のない健全部であっても出現し、そのエコー高さは底面エコーの1/2ほどである。境界部では健全部と比べて若干低下し、剥離の場合ではエコー高さが大きい。

FRPの剥離損傷を評価するには、底面エコーと界面エコーの両者を用いる事が望ましい。底面エコーの測定結果は剥離が探触子の面積の範囲内で増加するに連れて減少している。しかし、底面エコーの誤判断あるいは測定ミスが生じた場合を考えると誤った診断に結びつく。界面エコーでは、健全部・境界部に比べて剥離の場合では平均的に大きい。底面エコーと界面エコー高さの比を取ると、剥離に対して鋭敏となり底面エコーのみより信頼性が向上すると思われる。底面エコーと健全率（剥離率の逆数）及び、底面／界面エコーと健全率の両者を比べると後者の方が誤差が小さくなった。

ガラス繊維と接着材における反射率はおよそ50%と考えられ、完全な剥離で100%となり底面エコーに匹敵する。また、底面エコーは剥離面積と反比例と言える。以上の論理から、底面／界面エコーと健全率とを表した場合、実験と同様な結果が得られた。

鋼板の反発を利用した厚さ測定法の検討

—インパルスハンマによる方法—

Investigation on a thickness measurement method

based on repulsion behavior of steel plates

—by using an impulse hammer—

島田道男、吉井徳治、成瀬 健

平成13年1月

日本非破壊検査協会

第8回超音波による非破壊評価シンポジウム

講演論文集

腐食部材の厚さ測定において、現行の超音波法では不可決の腐食面平滑化を必要としない適用性に優れた鋼板の厚さ測定方法が開発できれば、船舶検査の効率化定量化を大きく改善できる。そこで、鋼板をハンマで叩いたときの反発から厚さを測定する方法の開発を想定し、鋼板のインパルス応答を有限要素解析で調べ、鋼板のインパルス応答を適切に表現する等価機械要素システムと本要素システムによる鋼球落下反発挙動の数学モデルの作成、鋼球落下実験データによる本要素システムの検証を行った。鋼球落下と要素システムでは、塑性変形の影響や鋼板との接触部形状の違いから、両者の反発係数と接触時間は一致しないが、補正係数を導入することにより両者を一致させることができ、鋼球落下における反発挙動を要素システムで適切に表現できることが分かった。

次に、船体への適用を考慮し、インパルスハンマで鋼板を叩いたときの荷重波形から厚さ情報を抽出する方法を検討した。反発挙動の数学モデルから、ハンマの初速度に影響されない特徴量として荷重波形の変化率の最大値に対する最小値の比を試験的に厚さ評価パラメータとして採用し、鋼板と厚さとの相関を実験的に調べた。インパルスハンマで鋼板を叩く作業は手動で行ったため、荷重のピーク値は一定ではないが、変化率の最大最小比と板厚との間には相関が認められ、厚さ測定へ適用できる見通しを得た。また、インパルスハンマのヘッド質量が測定精度に影響することも解明した。厚さが厚い場合には、重いヘッド質量を用いる必要があることも分かった。

Strength of Butt Welded Joint of Aluminum Alloy 6N01/6005A

アルミニウム合金 6N01/6005A 突合せ

溶接継手の強度

岩田知明、松岡一祥、藤田 譲

平成13年 3月

Preprint of the 8th International Conference on Joints
in Aluminum

6 N01合金は押出性のよい熱処理型の中強度アルミニウム合金であり、船舶の上部構造等の溶接構造物に用いられてきた。しかし、6 N01はJIS固有の合金でISOに含まれていないため、成分範囲が類似でISOに認められている6005A合金へのシフトが急がれている。6 N01合金と6005A合金の主な差異はMn+Cr量にある。しかし、6 N01/6005A合金はMg₂Siの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、国産実用材は、Mn+Cr量を極力少なくする方向で6 N01合金の溶接継手性能の改良を行ってきた。本研究は、6 N01/6005A合金の溶接継手耐力に及ぼすMn+Crの影響について検討するものである。

32種類のアルミニウム合金 6 N01/6005A-T5 押出し材の溶接継手を用いた強度試験より、入熱量、板厚、評点間距離、化学成分の0.2%耐力に与える影響を調べた。その結果以下の結論が得られた。

- 1) 入熱量Q、断面積T、評点間距離GLの溶接継手耐力に与える影響はパラメータ $Q/(T \cdot GL)$ で表される。
- 2) $Q/(T \cdot GL)$ の増加と共に、耐力は減少するが、この影響は $Q/(T \cdot GL) < 2500$ までで、これを超えると評点間すべてが軟化するため、影響を受けなくなる。
- 3) 化学成分に関しては、過剰Si及びMg₂Siが耐力の増加に寄与する。特に過剰Siは+Si≒0.25wt%のとき約40MPaもの優れた改善効果がある。ただし0.3wt%を超えると耐力を減少させる。
- 4) Mn+Crは耐力を著しく減少させる。0 ≤ Mn+Cr ≤ 0.3wt%の区間において、Mn+Cr≒0.15のとき最大30MPa以上も低下する。溶接継手の耐力を高くするにはMn+Crの量をできるだけ少なく制限するのがよい。
- 5) 溶接継手の耐力の観点から、6 N01のMn+Crの下限值規準が無いことは、大きな利点である。6005Aと比較して、6 N01合金は溶接継手の耐力を20MPa以上も向上させる余地を持つ。

アルミナセラミックスの高温サンドエロージョン

Sand erosion of alumina ceramics at elevated
temperatures

千田哲也、新井和吉、安嶋賢哲

平成13年 3月

日本セラミックス協会学術論文誌

(第109巻、第3号)

セラミックスは、高温で高硬度、高強度を維持するなどの特徴を有し、高温部材に応用することで熱機関の熱効率や信頼性の向上が期待されている。ガスタービンブレード等の高温・高速のガス環境で使用される部材では、気体中に含まれる固体粒子が材料表面に繰り返し衝突することにより材料が機械的に損傷する現象であるサンドエロージョン特性の評価が必要である。そこで、代表的な耐摩耗セラミックスであるアルミナについて、高温環境下におけるサンドエロージョン特性を解明するため、温度及び衝突角度の条件を広く変化させて試験を行った。

試験片には高純度焼結アルミナ平板を、衝突固体粒子には平均粒径363μmの白色アルミナ研磨剤粒子を使用した。試験温度は室温から919℃の範囲とし、粒子の衝突速度は65m/sとなるように空気圧を設定した。アルミナ試験片に対する固体粒子の衝突角度は30°から90°範囲で変化させた。衝突粒子の単位質量当たりの材料表面の除去体積として定義される損傷速度は、温度が高くなるほど、また、高衝突角度になるほど増加した。走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察によると、全ての損傷面で脆性的損傷の特徴である粒界破壊が観察されたが、低衝突角度側では延性的損傷である塑性切削の特徴が、また、高温では流動層状の表面が観察された。

脆性的損傷量が衝突粒子のもつ運動エネルギーの垂直成分に比例するという仮定に基づいて、全エロージョン損傷量を脆性成分と延性成分にわけて評価したところ、延性成分は温度により大きな変化がなく、全損傷量が高温ほど増加するのはおもに脆性的損傷の増大によるものと推測された。800℃付近までは、温度の上昇とともにアルミナの破壊靱性値及び硬さが低下するのに伴って脆性的損傷が増大したと考えられるが、900℃以上では、粒界層の軟化のために、粒子衝突にともなう破壊領域が拡大し、粒界き裂進展による損傷量が大きく増加したと推測された。

Thermal Shock Strength of Al_2O_3 by Laser Irradiation Method

レーザー照射法による Al_2O_3 の熱衝撃強度

秋山 繁、天田重庚

平成13年

Ceramics International, Vol. 27

スペースプレーン(space plane)、核融合炉、ガスタービン等は、高温と高熱流束の環境にさらされる。そのため、それらの開発には、高い熱衝撃抵抗を有する新しい機能材料を開発することが重要である。現在、クエンチング(Quenching)法が、構造用セラミックスの熱衝撃抵抗を評価するために広く用いられている。近年、セラミックスの熱衝撃抵抗を評価するため、クエンチング法と比較して、簡単な高精度なレーザー照射法が開発された。最近、レーザー照射法は、炭化黒鉛繊維複合材料、Kever 49-epoxy 複合材料、及び部分安定化ジルコニアの評価に適用された。本論文は、アルミナ(Al_2O_3)セラミックスの熱衝撃強度を評価するレーザー照射法を紹介し、クエンチング法の臨界温度差に相当する臨界出力密度を用いて、熱衝撃に対する破壊クライテリオンを規定する臨界破壊曲線を導いた。得られた臨界破壊曲線は、熱衝撃抵抗を評価する新しい指標を与えることができる。炭酸ガス(CO_2)レーザービームによって加熱された Al_2O_3 セラミックスに対して、非連結仮定の基で準定常弾性熱応力を有限要素法を用いて解析し、炭酸ガス(CO_2)レーザーを用いて行われた熱衝撃実験結果と比較して、次の結論を得た。

- (1) 最大引張応力は、照射表面のビーム近傍外側で発生した。
- (2) 破壊クライテリオンを用いて、臨界出力密度とビーム径の関係を表す臨界破壊曲線が理論的に得られた。
- (3) 理論的な臨界破壊曲線は、実験から得られた曲線と良く一致した。
- (4) 漸近的臨界出力密度 P_L (W/mm^2) は、セラミックスの熱衝撃抵抗を評価するために用いられることができる。 Al_2O_3 の P_L は、半無限体モデルの解析結果では、引張破壊に対して約 $2.9W/mm^2$ 、圧縮破壊に対して $3.6W/mm^2$ となった。
- (5) P_L は、熱衝撃抵抗評価の指標となり得る。

(装備部)

Formal Safety Assessment Method for reduction of number of accident scenarios

フォーマルセーフティアセスメントにおける

事故シナリオの数の削減方法

金湖富士夫

平成12年5月

第72回海上安全委員会インフォメーション
ペーパー (IMO)

MSC70において、FSA (Formal Safety Assessment) のStep2およびStep3におけるリスク評価を実施するためのシステムであるMSES (MSES: Marine Safety Evaluation System)、およびその試適用結果について発表した。その際に、MSESによるシミュレーションを主体としたリスク評価の問題点の一つとして、シミュレーションを実施すべき事故シナリオの数の膨大さが指摘された。

本報告は、この問題を改善する方法について略述し、同方法およびMSESを用いた居室火災のリスク評価の試適用結果について、また、全リスク評価手続きについて述べている。

事故シナリオは、消火や防火作業等のイベント成功と失敗をイベントツリーとして展開し、結果として得られるイベントシーケンスである。その数を減らすために、イベントとして、火災の進展に直接影響を及ぼすイベントのみを取り上げ、その他の要素は直接影響を及ぼすイベントの成功時間の確率密度関数の形に影響を与えるというようにモデル化した。種々のイベント成功時間は、専門家意見を聴取して求めた。

居室火災のリスクを求める際に、この方法に従い、日本の船社にインタビューして居室火災のイベントツリーを作成し、各イベントシーケンス毎に数回煙流動シミュレーションおよびその結果を用いた避難シミュレーションを実施して、リスクの上限、下限を求めた。

Scientific Approach to Improve Slicks Monitoring Using a Fluorescencelidar

蛍光ライダーによるオイルスピルモニター改良への
科学的アプローチ

山岸 進、樋富和夫、山之内博、
山口良隆、柴田俊明

平成12年7月

Proceedings of CEDRE-SRI joint seminar

ナホトカ号に次いで昨年ブレスト沖で生じたエリカ号油流出事故に際して、正確で迅速な油漂流情報を提供する技術が希求されていた。監視技術開発はこのように世界的な問題があることが再認識された。

本報では、現場の要求に答えるコンパクトな装置の基礎研究の成果として試作したプロトタイプの野外実験結果を報告した。

装置は、紫外線レーザーによって生ずる海面の蛍光を、バンドパスフィルター、高速ゲート操作付きイメージインテンシファイアとCCDを用いて実時間画像として観測するものである。背景光雑音の除去、蛍光の時間特性把握、及び距離測定を高速ゲート操作により実現しており、小型 (10mj/pulse) YAGレーザーの3倍波 (355nm) を用いた場合の昼間観測有効距離は約350mと推定される。

成分識別はレーザー誘起蛍光が物質特有の蛍光波長と減衰時間特性を示すことを用いる。予めストリークカメラで燃料油や輸送量の多い工業原料の蛍光特性を観測しておき、フィルターとゲート操作により、油種などの識別機能が発揮できることを示した。

また、媒体の消散係数測定方法として、画像から光路上の光強度分布を測る方法を提案し、プロトタイプを搭載した野外実験で、基本的な機能が有効に動作することを実証した。即ち、船舶では、船側の泡立つ海面でも十分スポットを連続観測できた。ビーチクラフト機による実験 (高度1000ft、150knots) では、周囲の景色を写した広角画像の中でレーザー照射スポットを追跡できることを示した。この観測位置をGPSを用いて地図上に表示するシステムを作り、広域観測に有効であることを示した。

今後、自然条件の中で実験を積み、観測機能の限界を明らかにして、その改善を図る。

Development and test of a compact lidar for detecting of oil spills in water

オイルスピル検知のためのコンパクトライダーの
開発と試験

山岸 進、樋富和夫、山之内博
山口良隆、柴田俊明

平成12年10月

Proceedings of SPIE Vol 4154

大規模な油流出事故は勿論、経常的な航行に伴う投棄も海洋汚染の無視できない汚染源とされている。海洋汚染監視のためには迅速に汚染情報を得て、活用しやすい画像情報として提供することが必要である。

本報は、防除現場の要求に答えるためコンパクトな蛍光ライダーを試作し、野外実験した報告である。

装置は、紫外線レーザーによって生ずる海面の蛍光を、バンドパスフィルター、高速ゲート操作付きイメージインテンシファイアとCCDを用いて実時間画像として観測する。背景光雑音の除去、蛍光の時間特性把握及び距離測定を高速ゲート操作により実現し、小型 (10mj/pulse) YAGレーザーの3倍波 (355nm) を用いた場合、昼間観測有効距離は約350mと推定される。

成分識別にはレーザー誘起蛍光が物質特有の蛍光波長と減衰時間を示すことを用いる。このため、燃料油の蛍光特性をストリークカメラで観測し、基礎データを収集した。

一方、プロトタイプを船舶や航空機に搭載し、基本的機能を野外実験で検証した。即ち、船舶では、輝度の高い泡立つ海面でも照射スポットを連続観測でき、船体周りの汚染監視が可能であることを示した。ビーチクラフト機による実験 (高度1000ft、150knots) では、広角画像 (画角18.2°) の中で周囲の景色とともにレーザー照射スポットを追跡できることを示した。この信号強度はスポットに近接する背景光強度より十分な強いものであった。しかし、プラットフォームの姿勢変動が大きく、時間分解能改善のために工夫が必要であることが分った。また、GPSを用いて位置情報を同時記録し、航路に沿った信号強度分布を地図上に表示できることを示した。今後、野外実験を積み、観測限界を明らかにして、その改善を図る。

ケミカルタンカーにおけるベンゼン積み込み作業時の 排出濃度計算モデル

Calculation Method to Estimate the Concentration of
Benzene Gas Emitted from Cargo Tank during Loading
Operation

間島隆博、山口勝治、山之内博、藤井 忍

平成12年10月

日本航海学会、平成12年度秋季講演会論文集第104号

ベンゼンは発ガン性物質であるが、塗料、薬、殺虫剤などの化学物質の基礎材料となるため大量に生産、消費されている。日本における年間生産量は400万トンを超えており、そのうち30%程度がケミカルタンカーにより海上輸送されている。乗組員の健康被害が懸念されるため、ベンゼンを輸送するケミカルタンカー上における作業環境濃度を把握する必要がある。海上輸送は積み荷役、航海、揚げ荷役、タンククリーニングの4つの作業からなり、各作業でベンゼンの排出形態が大きく異なる。特に積み込み作業は岸壁で行われるため、ベンゼンガスに曝露される可能性は乗組員のみならず、岸壁での作業員、事業所職員、周辺住民へと対象が広がる。ここでは積み込み作業時に排出されるベンゼンガス濃度を求めるため、1/10縮尺の模型貨物タンク内での拡散機構を調査し、物理的な現象、パラメータと関連付けて計算モデルを作成した。考慮した現象は、(1) 積み込み初期における、液面の乱れによる渦拡散 (2) 渦拡散が影響しない程度の液面高さにおける分子拡散 (3) タンクと排気管接続部付近の3次元的な流れの構造による移流の影響である。模型タンクでは(2)(3)の要素が支配的であり計算結果は実験結果の排出濃度を精度良く予測できることが示された。実船スケールの貨物タンクでは(1)の影響を考慮しなくてはならず、本計算モデルにより排出濃度のオーダーを求める上で十分な精度であることが示された。船上における作業環境濃度を見積もる上で、実船計測データは重要であるが、計測条件が揃わないために全計測データの平均値という形でしか議論できない。ここで示した計算モデルにより得られる排出源濃度の時間履歴は大気拡散モデルと組み合わせることで条件別に作業環境濃度を得ることができる。また、PRTR法(化学物質排出管理促進法)などに定められた排出量計算モデルとしても対応可能である。さらに、物質的な拡散機構を考慮したことから、各パラメータを操作することにより排出量低減化対策の効果を事前に見積もることができ、物性値を入れ替えればベンゼン以外の化学物質についても排出量、排出濃度が予測できる可能性がある。

粉末油ゲル化剤の水中散布装置について

Distribution Equipment of Oil Gelling Powder
in the Waters

藤井 忍、上田浩一、北村正美

平成13年3月

第35回日本水環境学会年会講演集

本研究は、座礁等の事故によって積み荷及び燃料油の一部が当該船舶タンク内に残留することから、粉末油ゲル化剤(以下粉末剤という)を外板破損口から散布・固化することにより、タンク内の残留油を拘束し修繕のためドックに曳航する際等に再流出を防ぐための研究である。

粉末剤を水中に散布するための新しい装置を試作し、水中散布実験を行ったので、その性能を報告する。

本装置の散布方法は、一定の水をタンク内に入れ、その水面に粉末剤を添加しポンプの吐出口へ水と共に放出する方法である。タンク内の水は一定の水量を保つため、供給水量と吐出水量を常に一定に保つ必要がある。

散布実験を行った結果、装置のタンク内水量を一定に保てば安定して粉末剤を放出することができた。

実験は、水槽内に小型タンク模型(容量0.08m³)を設置し同タンク上部水面にA重油(油厚20mm)を浮かべ、散布装置より粉末剤を放出し油に反応させた結果、放出後直ちに油全体が油層下部からゲル化し、時間の経過とともにゲル化油は硬くなった。

この粉末剤散布装置の有効性及を確認でき、以下の検討事項が明らかとなった。

- ① 疎水性の粉末油ゲル化剤と水を水中に高濃度(粉末剤の濃度20%以上)で放出することができる。
- ② 放出水量と供給水量のバランスを制御する方法の検討が必要となる。
- ③ 本散布装置は、船体タンクの残留油を凝固し船体に拘束するために有効な手段であることが明らかとなった。
- ④ 放出水中の粉末剤濃度高くし、厚い油層をゲル化する実験を行う必要がある。
- ⑤ 今後、比較的浅い海底中の沈船内の残留油を凝固する処理に使用すれば、再流出を防止できる。

船舶の確率論的安全評価手法

－その３：火災災害進展シナリオ生成方法－

Probabilistic Safety Assessment Method of Ship
(Part 3 : A method for generation of fire disaster
escalation scenario)

金湖富士夫

平成12年11月

日本造船学会論文集第188号

本論文は、災害として火災災害を取り上げ、災害進展シナリオの数を削減する手法を提案し、この手法に基づく火災災害のリスク評価の試行結果を示している。

ここで提案した手法は、できる限りシミュレーションを実施すべきイベントシーケンスの数を減らし、煙流動のシミュレーションを実施可能なものとするため、火災災害におけるイベントツリーを、火災検知、初期消火、スプリンクラ消火、防火扉閉鎖、消火栓消火の、火災災害対処の主要なイベントから構成し、他の細かなイベントの影響は、それらの主要なイベントの成功時間の確率密度関数の形に反映させる、というものである。仮定として、どのイベントも成功時間が遅ければ遅いほど被害が増大するとし、手順前後の場合も考慮して、イベントツリーから得られるイベントシーケンス毎に、4通りの成功時間を求めてそれらの時間で火災災害進展シミュレーションおよび避難シミュレーションを実施して人命損失数の上限と下限を求めるとともに、それらの発生確率を求め、人命損失数の推定値と発生確率をかけた数値を計算して、上限、下限各々加えることにより、火災災害における人命損失リスクを求める、という方法である。この方法を試算対象船舶に適用して、災害進展シナリオの数がリスク評価に実際的使用できそうな程度に少数であるこ

とを確認した。ここで作成した成功時間確率密度関数が定義されたイベントツリーをFig.1に示す。

この方法の問題は、火災の進展に大きく影響を及ぼすイベントの成功時間の確率密度関数を決めるに際して専門家の意見を聴取することであり、必ずしも恣意的ではないと言い切れないところであるが、この方法における専門家の意見聴取では、初期消火の成功の時間範囲等、災害進展の各部分における乗員の対処に関して直接的にイメージできるものであり、恣意性をかなりの程度排除可能と思われる。

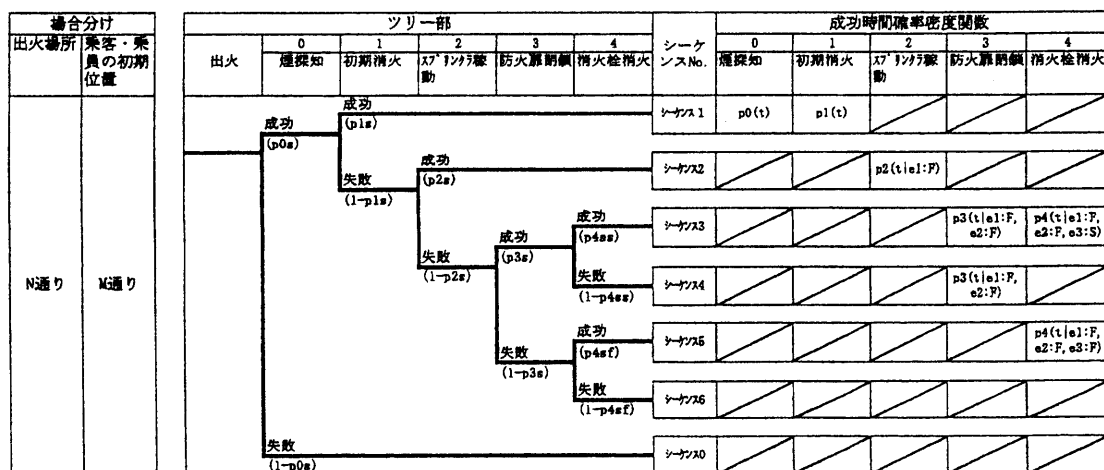


Fig.1 Generic event tree of fire

Determination of a Lidar Signal from Images of Backscattered Natural Light on Water Surface

自然光のある水面でのライダー信号の定量検知

山岸 進、樋富和夫、山之内博、山口良隆

平成13年3月

Proceedings 2001 International Oil Spill Conference

大規模な油や有害化学物質流出事故は環境に重大な影響を及ぼす。また、経常的な運行に伴う投棄も海洋汚染の無視できない汚染源である。特に、汚染防除に際しては、迅速に汚染を識別し、分かり易い画像情報として提供することが望まれている。本報では、このような要求に答えるコンパクトが蛍光ライダーを試作し、野外実験した結果を報告した。

この蛍光ライダーは、レーザ照射によって生じた蛍光を、バンドパスフィルターを通して、イメージインテンシファイアとCCDカメラを用いて観測し、実時間画像として表示するものである。小型(10mj/pulse) YAGレーザの3倍波(355nm)を用いた場合、昼間観測有効距離は約350mと推定される。

製作したプロトタイプを船舶及び航空機に搭載し、基本的機能を検証した。船舶では、輝度の高い泡立つ海面でも照射スポットを連続観測でき、船体周りの汚染監視が可能であることを示した。また、ビーチクラフト機による平水面の観測実験を琵琶湖で行い、高度1000ftから、運航速度150knotsで観測した結果、広角画像(画角18.2°)の中で周囲の景色とともにレーザ照射スポットを追跡できることを示した。この信号強度は、自然光による背景画像の光強度に対して、十分なS/Nを持つものであった。また、GPSを用いて観測点の位置情報を記録しておき、航路に沿って信号強度を表示することもできる。しかし、プラットフォームの姿勢変動が、時間分解能に大きな影響を与えるため、改善策が必要である。また別途、ストリークカメラを用いて燃料油などの試料の蛍光特性データを収集し、成分識別の参照資料とした。

〈システム技術部〉

A System for Automatic Surveillance Aid on Maritime Search and Rescue by Optical Sensors

光学センサを利用した海上捜索救援のための

海上監視支援システム

桐谷伸夫、松倉洋史、金井康二

平成12年5月

UJNR 第23回日米合同部会報告

74SOLAS条約改正に伴い、我が国ではGMDSS (Global Maritime Distress and Safety System) の導入が平成4年2月より段階的に開始され、平成11年2月をもって完全移行となった。救難救命において、衛星通信やデジタル通信技術により遭難情報を送受信するシステムを利用することは非常に有効な手段である。例えば、遭難者が発する衛星EPIRB (非常用位置指示無線標識) などからの情報を入手するシステムが完全に機能していれば、航空機による効率的な遭難者の捜索救助が可能である。しかしながら捜索業務を実行する立場においては、仮にGMDSSが機能しない場合でも迅速に捜索業務を行わなければならない。またIMO捜索救難便覧によれば、「好条件下においても、平均的な見張り員が良好な見張り効率を維持できるのは、約2時間である」。そこで、このような観測員の生理的な限界や人間としての弱点を補い、捜索救命活動の信頼性を向上させることを目的として、対象海域を連続的に監視し、目標物を自動的自律的に抽出・判断して観測員への情報提供と捜索業務の支援を実現する航空機搭載型の海上監視支援システムの研究開発が実施された。

海上監視支援システムの研究開発は平成7年より開始され、研究の最終段階として南伊豆妻良沖海域に小型救命いかだを漂流させて航空機より観測する実証実験を実施した。研究成果として構築され実証実験に供せられたシステムは、可視光RGBカメラと赤外線カメラ画像による4チャンネルのデジタル画像データやGPS装置からの位置情報を入力データとして専用PCにおいて処理し、その結果を音声や画面表示などのマルチメディア情報による支援情報として観測員に伝えるものである。この実証実験実施の結果、構築したシステムは海上を漂流する目標の救命いかだを自動的に検出・認識して警報を発するまでの処理をリアルタイムで連続実行できることが明らかとなった。

海上監視支援システムは、捜索業務の効率化や信頼度の向上に大きく寄与するものであり、また民生システムとして複数画像センサ情報の利用や汎用コンピュータによる高速画像処理、そして情報提供のためのヒューマン・インターフェースなど、様々な要素技術の統合利用の可能性を具現したものである。

衝突予防援助装置の航行環境情報表示方式に関する研究

Study on the display format of marine navigation
environment information of ARPA

有村信夫、勝原光治郎、金田章治

平成12年10月

日本航海学会論文集第104号

現在の衝突予防援助装置では、警報発生時の判断要素として、最接近距離と最接近時間を用いて、危険目標船舶に対する警報をブザーで知らせているが、警報の発生頻度が高い為、警報音を止めて航行する状態が生じているので、警報事情が確実に伝達しない点に問題がある。

したがって、輻輳海域の衝突事故を防止して、航行の安全性向上を図るためには、衝突予防援助装置で航行の危険性を判断する「航行環境評価指標」要素の検討を行い、航行実態に合った警報を操船者に提供する必要がある。

この研究は、衝突予防援助装置で航行の危険性を判断する「航行環境評価指標」要素に船舶の諸元及び操縦性能特性を取り入れて、操船判断支援機能の向上を図ることを目的として実施され、この航行環境評価指標を適用した改良型衝突予防援助装置の実証機を開発した。また、本指標の実証機ARPAでは、衝突の危険性のある船舶の接近や見張りに必要な警報情報を合成音声で提供すると共に、針路上において他船の侵入を避けて欲しい衝突の危険性のある潜在的衝突危険海域の情報をARPA画面上に表示して、操船者の見張り情報処理の負担軽減と情報伝達の効率化、及び、マン・マシン・インターフェース機能の向上を図った。

本研究では、衝突予防援助装置の「航行環境評価指標」要素に係わる船舶の諸元及び操縦性能特性の解析、ARPAレーダを用いた操縦性能特性の推定方法、操縦性能特性による避航領域の規格化、潜在的衝突危険海域の表示方式についての検討を行い、その有効性が確認できた。考察の結果は、次の通りである。

- ①レーダパルス幅が $0.2\mu\text{sec}$ の場合の観測船舶長誤差は約30mであった。
- ②船舶の旋回縦距離はARPAレーダで測定した船舶長と速力を用いて、約66mで平均誤差で推定できた。
- ③避航領域の避航危険距離は、自船船舶長： L_o と相手船船舶長： L_T の船舶長和（ $L_o + L_T$ ）と相関がある。
また、航過危険距離は $\sqrt{(L_o^2 + L_T^2)/2}$ と相関があった。
- ④航行環境評価指標は、衝突予防援助装置の衝突危険海域表示情報、及び、警報発生指標として適用できた。
- ⑤警報発生頻度は、提案した航行環境評価指標を適用した改良型ARPAでは従来型に比較して、狭水域では81%、輻輳域では91%、沿岸では71%に減少した。

GO-FLOW手法によるリレー回路の信頼性解析

Reliability Analysis of Relay Circuit by the GO-FLOW
Methodology

松岡 猛

平成12年12月

電子情報通信学会技術研究報告

確率論的安全評価法（PSA：Probabilistic Safety Assessment）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、動的な挙動を示すシステム解析のための手法が必要とされ始めた。当所で開発した、システム信頼性解析手法の一つである。GO-FLOW手法では時間依存性の解析、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もっている。

このGO-FLOW手法の概要を紹介し、やや複雑な動作を要求されるリレー回路の信頼性解析を実施した結果について述べている。

解析対象としたリレー回路は図に示す構成となっている。スイッチA、Bともスプリングリターン式の自動復帰型としスイッチA通常開、スイッチBは通常閉状態であるとする。つまり、スイッチAは点灯用のスイッチで、スイッチBは消灯用のスイッチとなっている。また、点灯中にスイッチAを押しても、消灯中にスイッチBを押しても何ら状態変化は起こらない。さらに、万が一の電源故障で電流が流れなくなった時は接点1、2とも開状態になり、電源復旧後電球が自動的に点灯することは無い。この様な回路で、停電終了後機器が突然動作を開始してしまう事を防いでいる。

電球に電流が流れていない状態を初期状態とし、まずスイッチAを押し電球を点灯させる。その状態で10時間放置した後スイッチBを押し消灯する。さらに10時間放置し状態を観察する。この時、電源・電球の故障、電球の使用中の故障進展を考慮する。スイッチAの事前閉確率、閉動作失敗確率、閉固着確率及びスイッチBの事前開確率、開動作失敗確率、開固着確率も考慮して考える。時間経過とともに電球が点灯している確率をGO-FLOW手法により求めた。

以上の状況をGO-FLOWチャートにモデル化して解析を実施した。やや複雑な動作が行われている回路であるが、GO-FLOW手法により容易に解析できる事が示された。また、解析の結果、種々の動作、故障要因を考慮した場合の回路の信頼性の推移が合理的に求められている事が確認できた。

操船の最適化への試み

Study for Optimization of Maneuvering

大津皓平、岡崎忠胤

平成13年1月

日本造船学会誌1月号

一般に着舷操船において、操船者は、明確な尺度を意識しないものの、安全性、効率等を常に配慮して操船を行う。しかし、この安全性のとらえ方は主観的判断によるものであり、その基準も操船者によりまちまちとなる。そして、ベテラン船長のように経験に裏打ちされた操船技術がない場合、どうしても安全性を重視した消極的な操船となり、結果として効率の悪い操船となってしまう可能性がある。言い換えるならば、ベテラン船長は、多くの経験により船舶の操縦性能の限界を知り抜いているために、その限界操船に適切な安全マージンを付加して、スムーズな操船を行っていると考えられる。だとすれば、工学的に操船の最適化を追求するアプローチとして、船舶の操縦性能の限界による操船を1つの操船基準として得ることは、操船の最適化の第一ステップであると考えられる。そこで、ひとまず安全性については、考慮せず、単純に港内を航行している船舶を最短時間で着舷させる操船方法について検討を試みた。

本稿では、ある中型練習船を対象に、任意定点へ最短時間で停止する操船方法を数値的に導出する方法を紹介し、幾何学的に最短時間操船方法を解析し、その特性を解説した。また、風外乱下での最短時間操船方法を系統的に導出し、最短時間操船方法がいかに関理的操船方法であるかの解説も加えた。そして、最後に実船での最短時間停止操船の例を示し、その有効性と今後の問題点を示した。

旅客船におけるバリアフリーの現状と技術的課題

The Present Condition of Barrier free on Passenger

Boats and its Technical Problems

宮崎恵子、今里元信

平成13年1月

関西造船協会誌らん

障害者や高齢者が、旅行や離島の生活の足として旅客船の現実的な利用を実現するために、旅客船のバリアフリー化が必要とされている。建物、公共ターミナル、鉄道・バス・タクシー車両等に関しては、すでにバリアフリー設備に関するガイドラインが設けられ設備の拡充がなされてきた。一方、旅客船については、昨年5月に成立した「交通バリアフリー法」において、旅客船の構造及び設備の基準が示された。しかし、動揺等の旅客船特有の技術課題については未解決である。

大阪府立大学や、当所では、それぞれ、利用者や事業者への調査をおこない、数としてはまだ少なくとも、利用する意志のある障害者と、それに応えようと努力している事業者があり、法律の整備や、旅客船特有の問題、非常時の対応策等を解決して、バリアフリー旅客船のあり方の提示が要望されている現実を明らかにした。

一方、当所では、国土交通省海事局安全基準課が実施した国内定期旅客船のバリアフリー調査を集計し、旅客船の現状について分析した。平成12年3月現在の日本国内の定期航路旅客船は、20トン未満が369隻、20トン以上が719隻で、合計1,088隻。大きさ、構造、運航形態、乗下船装置も様々で、一口に旅客船のバリアフリー化と言っても、一概に対応できないことが明らかになった。バリアフリー設備の現状としては、20トン以上の旅客船で、身体障害者用トイレ及びエレベータの両方を備えているのが25隻(20トン以上で二層以上の甲板を有する船の4.8%)、身体障害者トイレのみは80隻(20トン以上でトイレを有している船の11.7%)等厳しい現状である。

旅客船のバリアフリーの技術的課題としては、乗下船の安全の確保、コーミング解消、船内移動の段差解消、視覚障害者のための全体構造の容易な把握、視覚・聴覚障害者への情報伝達、肢体不自由者の安全を確保できる床面仕上げ等である。さらに緊急時には、旅客船側からの障害者の位置の把握、障害に応じた避難法の確保、船員の非常時対応等が必要である。当所では、このうち、「段差等による移動制約の緩和」「視覚・聴覚障害者への情報提供手法」「車いすの船内移動に関する研究」の課題について取り組んでいる。

交通事故調査のあり方に関する日本学術会議 からの提言

A Proposal by the Science Council of Japan about Traffic
Accident Investigation Method

松岡 猛

平成13年2月

安全工学協会安全工学第40巻1号

日本学術会議「人間と工学研究連絡委員会安全工学専門委員会」では対外報告「交通事故調査のあり方に関する提言－安全工学の視点から－」を平成12年3月に公表した。そこでは交通事故調査結果が有効に安全対策に活かされ、交通機関の安全性をより一層向上させるための方策として9項目の提言を行っている。

本報告では提言をまとめるまでの経緯および提言の内容を紹介するとともに、その後平成12年7月に開催された日本学術会議主催の第30回安全工学シンポジウムでのオーガナイズドセッション「災害事故調査のあり方」における議論内容も述べ、種々の視点からの意見も合わせて紹介している。

9項目の提言は、1. 調査機関の設置、2. 事故調査の性質、3. 責任追求のあり方、4. 刑事免責制度、5. 初動調査体制、6. 事故情報の公開、7. 交通事故対策研究費、8. 道路交通事故への対応、9. 非職業運転者対策であり、それぞれについての内容を説明した後、今後の検討課題として①調査機関の位置付け、②調査機関の権限、③捜査機関との関係、④免責制度、⑤被害者感情についてやや詳しく論じている。

第30回安全工学シンポジウムには柳田邦男氏が寄稿し、学術会議の提言の実行可能性を確実にするために以下の提案をしている。(1)現在の航空事故調査委員会と新しく設ける鉄道事故調査委員会を統合する形で、「運輸事故調査委員会」を発足させると同時に運輸省に「船舶事故調査のあり方に関する検討会」を発足させる。(2)事故調査に必ず「被害者の視点」を導入する。(3)事故分析の手法を徹底し、直接的原因のみでなく、安全対策に必要な様々な要因をしっかりと洗い出して、それぞれの背景にある組織・システム・マネジメントの問題点と取り組むべき対策について分析を積み重ねる。(4)第三者機関を設立して、鉄道、航空、船舶の各企業従業員からのインシデント報告を収集・分析・公表する体制を作る必要がある。(5)将来、常設の「都市災害調査委員会」設置の必要性をアピールする。

さらに、安全工学シンポジウムで出た目新しい意見としては、「免責だけでなく、偽証に対するペナルティも考慮すべきではないか。」「自動車や鉄道、航空機と一緒にした調査機関にすべきではない。」「インシデント事例収集において、報告漏れの場合の罰則、あるいは

は報告者への利益還元を考えたシステムが必要では。」等があった。

本論が、今後の事故調査のあり方、交通機関の安全性向上を考えていく上での参考になれば幸いである。

船用機器の信頼性と運航への影響Ⅱ
船用機器故障の実態と主成分分析による
船舶信頼性情報の統計的考察

Reliability of Ship Equipment and Influence of Failures
on Navigation Ⅱ
Actual Situation on Ship Equipment Failures and
Statistical Study of SRIC Information by PCA
桐谷伸夫
平成13年 3月
日本航海学会論文集第104号

「船舶信頼性調査委員会」(1981~1992年)により実施された船用機器の信頼性調査に関する調査研究活動の成果として構築された船舶信頼性情報データベース(SRIC Database System)は、最終データ更新を終了してシステムとしても最終段階に至っている。最新のSRICシステムにおいて、収集整理された船用機器の故障発生や警報発生に関わるフィールドデータは約11万4700件の膨大なものであり、船用機器の信頼性についての貴重な情報源となっている。また、これまでにSRICシステムはコンピュータ技術や情報通信技術の進歩に従い高機能化を目的として順次更新されてきた結果、パーソナル・コンピュータをハードウェアとした使い勝手の良いリレーショナル・データベース・システムとなった。そこで、このSRICの持つ信頼性情報と解析機能を利用して、前報に引き続き船用機器の故障発生と船舶の運航へ与える影響の評価検討を実施した。

船用機器の故障発生が船舶に及ぼす影響には、機関の減速・停止あるいは出港遅延といった直接的な影響と同時に故障機器修復のために投入される作業負担によってもたらされる人的時間的損失に基づく間接的な影響がある。船舶は陸上プラントなどの施設と異なり、外部からの支援を容易に得ることはできない。従って、船舶の安全運航実現は人的時間的に総量の限られた固有の配員資源を効率的に投資して使用することによって達成されるものである。このような立場により、特に頻出する機器故障を対象とした多変量解析による検討評価を実施した。その結果、船用機器故障は規模のと発生数、そして航海への影響の3つの主因子によって評価できることが明らかとなった。特に安全な航海実現へ大きな影響を及ぼす故障としては主機系機器故障が主であるが、主機遠隔操縦装置や排ガス・エコノマイザ故障等も航海への影響を大きくもたらすものであることが明らかとなった。

(原子力技術部)

屈曲ダクトストリーミング体系において線量当量を
低減する有効な屈曲点

Effective Bending Point to Reduce Dose-Equivalent
in a Bending Duct Streaming System

植木紘太郎

平成12年 8月

高エネルギー加速器研究機構

第2回EGS国際ワークショップ講演集

2回90°屈曲中性子ダクトストリーミング体系の外表面における中性子線量当量を低減する有効な最初の屈曲点を見いだすため、モンテカルロ解析を行った。本解析では、第一脚の屈曲点の位置を関数として、ダクト中心線上の各点のみならず、第一脚の中心線をストリーミング体系の外側に向かって延ばした延長線上の各点においても計算した。したがって、この延長線上の各点はストリーミング体系を構成している遮蔽体中に置かれている。

このように、3次元遮蔽体系におけるストリーミングを低減する有効な屈曲点を見つけだすことは、モンテカルロ法が遮蔽設計に積極的に関わり合えることを実証したものである。

本研究では2回90°屈曲中性子ダクトストリーミング体系を設定し、モンテカルロ法を用いたストリーミング解析を行った。

- (i) 本ダクトストリーミング体系は $150 \times 150^{\text{H}} \times 200 \text{ cm}$ である。
- (ii) ダクトの周りは、混合した結果、ステンレス鋼が80 (v1 %)、水が20 (v1 %)になる物質を想定した。水とステンレス鋼を混合することにより、中性子遮蔽ばかりでなく二次ガンマ線の遮蔽に対しても有効な性質を持つことになる。
- (iii) ダクトの直径は 15.0 cm^{ϕ} とした。屈曲角は3脚とも90°である。また第二脚の長さは50cmとした。したがって、第一脚の屈曲点の関数として各点の線量当量率を表示すれば良いことになる。
- (iv) 14MeV点等方中性子源が第一脚ダクト入り口から50cmのところにな置かれている。
- (V) エスティメータとしてはダクトの中では点検出器エスティメータを、第一脚の延長線上においてはNESXE (Next Event Surface Crossing Estimator)を用いた。このNESXEはMCNP 4Bコードには用意されていないので、サブルーチンTALLYDを改訂し、使用出来るようにした。
- (vi) 厚さ200cmある本ストリーミング体系を5cmずつ40個のセルに分割し、それぞれのセルにWeight Window Importanceを与えた。その結果、各点におけるfsd (相対誤差)は0.075 (7.5%)以下となった。

本計算結果から、第一脚の延長線上の外表面においては、中性子線量当量率は第一脚の屈曲点が近づくにしたがって一様に増加するが、ダクトの中心線では明らかな最小点が見られる。これにより、2回90°屈曲中性子ダクトストリーミング体系においては、ストリーミングを有効に低減可能な屈曲点が存在すると結論づけられる。

Backscattering from Gold Irradiated with 15-40 keV Photons

15-40keV光子照射された金からの後方散乱

成山展照

平成12年10月

Proceedings of International Conference on Monte Carlo 2000

高原子番号物質に低エネルギー光子を照射した場合、光子および電子が後方に散乱される。このとき、光電子およびオージェ電子が個数やエネルギーにおいて無視できない割合を占める可能性がある。その評価にはモンテカルロ輸送計算法が有用であるが、従来の汎用輸送計算コードでは、K、L殻からの光電子は考慮しているが、M、N殻電子やオージェ電子は無視し、その場合の計算精度は十分に確かめられていない。そこで本研究では、光子による電離過程におけるモンテカルロシミュレーション精度を調べるため、金からの反射電子エネルギーをモンテカルロ輸送計算コードにより解析し、実験値との比較を行った。

実験では、厚さ90ミクロンの薄いホウ酸リチウム熱蛍光素子の後ろに厚さ1ないし0.25ミクロンの金箔を密着させ、放射光からの15～40キロ電子ボルトの単一エネルギー光子を照射した。電子のエネルギー反射の度合いは、後方散乱因子すなわち金箔がある場合とない場合に各々素子に吸収されるエネルギーの比により定義した。計算には、ITS光子・電子輸送モンテカルロコードを用い、得られた散乱因子を実験値と比較した。その結果、M、N殻電子輸送を考慮しない場合、光子エネルギーがL吸収端エネルギーより上であっても、後方散乱因子の計算値は、実験値より小さくなることを明らかにした。オージェ電子の影響は見られなかった。15keVエネルギーに対して実験値が計算値より小さくなる理由は、空気による減衰および素子表面に存在すると思われる不感層によるものと考えられる。つぎに、M、N殻電子とオージェ電子のエネルギー付与への寄与に対するエネルギー依存性を見るため、反射電子エネルギーの入射光子エネルギーに対する比を計算した。その結果、M、N殻電子とオージェ電子の影響は各吸収端に近づくほど大きくなることがわかった。これは、吸収端に近づくにつれ、K、L殻光電子のエネルギーは非常に小さくなるため、オージェ電子およびM、N殻電子エネルギーが相対的に大きくなるためである。

「モンテカルロ法による粒子シミュレーション」 研究専門委員会活動報告

Activity Report of Research Committee on Particle
Simulation with Monte Carlo Method

植木紘太郎、桜井 淳、森 貴正、内藤倣孝

平成13年 3月

日本原子力学会2001年春の年会予稿集

日本の原子力学会「モンテカルロ法による粒子シミュレーション」研究専門委員会においては、1998.10-2000.09の2年間、モンテカルロ法に関わる現状調査及び研究課題の整理、モンテカルロ計算コード精度検証用ベンチマーク実験問題の検討、モンテカルロ計算夏季セミナー開催、研究会開催準備等を実施してきた。以下、主な活動成果を調べる。

- ①現状調査及び研究課題の整理：先端基礎研究〔シミュレーション論の展開、連続エネルギーモンテカルロ計算コードMCNP(確率的幾何形状モデル、時間依存WW法、 α 固有値、ガンマ固有値等)及びMVP(摂動、高エネルギー等)の開発現状、JENDL-3.3及びJENDL High Energy Fileの現状、中性子断面積編集システムautonj及び汎用高温中性子断面積ライブラリの現状、乱数発生法の現状等〕及び応用研究(臨海及び遮蔽等)、新分野研究(高エネルギー、原子力計測及び核融合プラズマ等)、国際会議論文の現状調査を行い、研究課題を整理した。
- ②計算コード精度検証用ベンチマーク実験問題の検討：本委員会に「ベンチマーク実験問題作成WG」(臨界SWG、遮蔽SWG、原子炉SWG、高エネルギーSWG、新分野SWG)を設置し、新たな特徴的なベンチマーク実験問題の選定及び技術的検討を行った。従来の臨界・遮蔽・原子炉に加え、高エネルギー及び新分野でも特徴的な問題を作成することにより、モンテカルロ法の適用拡大を図った。
- ③モンテカルロ計算夏季セミナー開催：第1回モンテカルロ計算夏季セミナーは、2000年7月26-28日、原研東海JRR-1セミナー室で48機関111名(初級コース108名、中級コース3名、上級コース0名)の参加者を得て開催された。初級コースでは、モンテカルロ法基礎理論だけでなく、各自持参のノート型パソコンにMCNP-4B及び関連断面積セット・入力例をインストールし、実習に重点を置いた。中級コースでは参加者と講師の自由討論形式にした。
- ④研究会開催準備：アジア圏を含む第2回モンテカルロシミュレーション研究会(2000年5月24-25日、三菱総研)の講師調整及びプログラムの予備検討を行った。

また、今後の課題は次の通りである。

- ①モンテカルロ法の新分野への適用・拡大、②成果報告書(仮題)『モンテカルロ計算コード精度検証用ベンチマーク実験問題及び標準解』刊行、③モンテカルロ計算夏季セミナー中級及び上級コース講義・実習内容の充実化、④アジア圏を含む準国際会議第2回モンテカルロシミュレーション研究会開催及び報文集刊行、⑤安全審査対応、⑥モンテカルロ法研究将来構想の作成等。

原子力システム開発の将来像

第4章(5) 小型炉の利用

Future image of nuclear system development,

Chapter 4, (5) Utilization of small reactor

山路昭雄

平成13年3月

日本原子力学会誌第43巻3号

小型炉の研究は、熱供給、海水淡水化、船用動力、熱電併給等を目的として、世界中で行われている。世界の一次エネルギーの半分以上は熱水、蒸気等の熱エネルギーとして利用されており、今後は熱エネルギーを原子力によって供給することがさらに求められるであろう。熱供給用の原子炉は需要地に近接して設置され、小さな出力で基数を増やした分散型エネルギーシステムとして利用されることになると考えられる。このような原子炉は人との関わり合いの少ない高い安全性が要求される。小型炉は受動安全技術を取り入れることが容易であり、需要地近接に適した炉といえる。また、小型炉は、フローティングプラント等立地の多様化、比較的容易に設備の簡素化、標準化、短工期、燃料の長寿命化、メンテナンスの単純化、ほとんどの設備を工場内生産することによるコスト低減等の利点があり、少ない専門家で運転、保守等が行えるとともに、燃料の長寿命化等により高い核拡散抵抗性を持たせることが可能であり、放射性廃棄物量も少なくできる。受動安全性を有した単純設計の小型炉は原子炉の安全性についての透明性と公衆の原子力に対する受容性を高めるものと考えられる。一部の開発途上国、沿岸地域等では、海水淡水化による飲料水の生産に高い関心がある。海水淡水化装置を含む熱電併給用の小型フローティング原子力プラントは原子力の新しい利用形態を開くと考えられる。将来は工場で作られたプラントがフローティングドックにより海を越えてサイトに運ばれ、燃料交換はサイトで行わない方式も考えられる。1996年のIAEA報告書でその設計概要が紹介された13基の小型軽水炉では圧倒的に一体型が多い。小型炉では船用炉が先行しており、船用炉を海水淡水化や熱電併給等の利用目的に転用した例も見られる。ロシア・シベリア地域の北極海に面したペベックでは熱電併給のフローティング原子力プラント建設中である。このプラントには砕氷船用原子炉として実績のある炉が2基使用される。我国では、船用炉研究の他、ビル地下への設置を想定した熱供給用超小型炉、都市の大深度地下での設置を想定した熱供給等の研究が行われている。韓国では真水と電力供給を行う小型炉の研究開発を行っている。中国でも、熱供給用小型炉の経験を基に、フローティング海水淡水化プラントの研究が行われている。

〈海洋開発工学部〉

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

海洋構造物の電気防食におけるアルミ流電陽極の最適配置に関する研究

渡辺喜保、高井隆三、望月紀保

平成13年3月

Proceedings of offshore Mediterranean Conference

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試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は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。

〈氷海技術部〉

Influence of Plate Rigidity on Ice Loading under Line-like Contact between Ice and Stiffened Ship Hull Structure

船体外板の剛性が氷荷重に及ぼす影響について

宇都正太郎

平成12年10月

Helsinki University of Technology, Ship Laboratory,
M-254

氷荷重の発生メカニズムを明らかにすることは氷海域を航行する船舶の安全性を向上させるために必要不可欠である。本研究では船体外板の剛性が氷荷重に及ぼす影響を考察した。研究の概要及び主要な結論を以下に示す。

1) 荷重条件が数フレーム間隔以上にわたって一定と

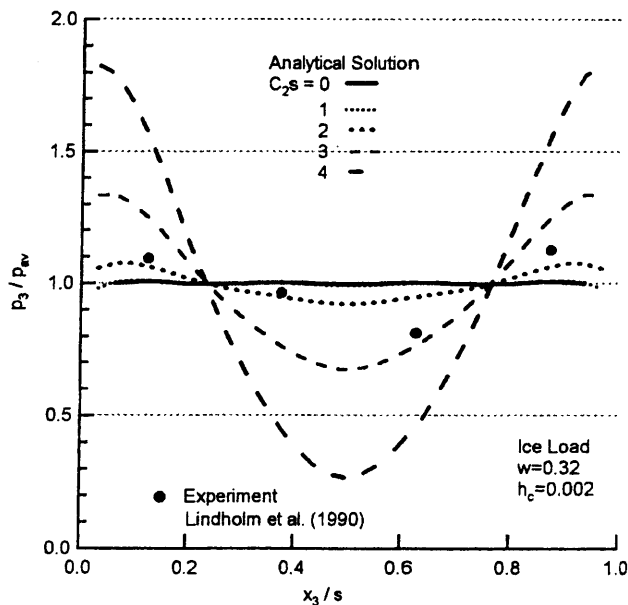


Fig. 1 Influence of Rigidity Ratio on Pressure Distribution

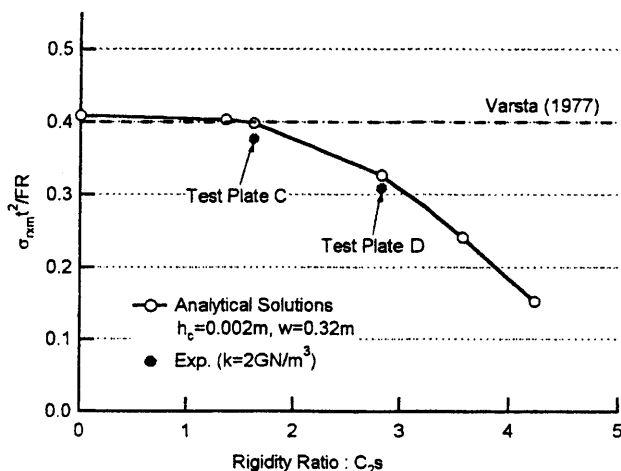


Fig. 2 Stress - Frame Force Ratio versus Rigidity Ratio

仮定した。この時に氷圧力及び応力が1フレーム間隔内で示す非一様性と船体外板の剛性との関係について検討した。

- 2) 氷の剛性モデルとしてWinkler Foundationを仮定し、解析解を用いて氷圧力（荷重）と外板応力の関係を導いた。
- 3) フレームスパン方向の応力について解析解と実験結果を比較し、氷の剛性（ k ）を 2GN/m^3 とすると両者は非常に良く一致した。この結果はWinkler Foundationの妥当性を示す。
- 4) 解析解をもとに氷と船体外板の剛性比（ C_2S ）が氷圧力及び応力の非一様性を表す無限元パラメータであることを導いた。剛性比が大きくなるほど（船体外板の剛性が相対的に小さくなるほど）氷圧力の非一様性は増大する。過去の模型実験でも同様の傾向が得られている（Fig. 1 参照）。
- 5) 最大応力を氷荷重と外板の板厚で無次元化した指数は剛性比が大きくなるほど低下する傾向を示した（Fig. 2 参照）。

Tests of a New Oil Recovery Device - Icecleaner # 1

流水域油回収装置アイスクリーナー 1 号の模型実験

成田秀明、金田成雄、下田春人

平成13年 2 月

第16回オホーツク海と流水に関する

国際シンポジウム講演要旨集

著者の一人成田は、第74回船舶技術研究所研究発表会（平成12年 6 月）において、「流水域での油回収技術につて」と題する論文に、上昇噴流カーテンを利用した全く新しい油回収装置のコンセプトを提案した。著者らはその後、流水域に適する、上昇噴流カーテンを利用した油回収装置のコンセプトを検証するために、基本的要素のみから構成される原始モデル〈Icecleaner # 1〉を設計製作し、当所の氷海船舶試験水槽において実験を行った。実験の主目的は、水噴流（ウォータージェット：WJ）またはエアバブリング（AB）を用いて、氷板下の窪みに滞留する油を水面に向けて追い出す際の、これら 2 種の噴流の作用と効果を定性的に調べることで、ならびに、上昇噴流カーテンが形成する水面流を利用して油と氷片を分離することの可能性を検証すること、である。様々な形態の氷試験片に対し、低粘度油、高粘度油を流出させ、2 種類の噴流カーテンをそれぞれに作用させて実験観察を行い、結果を比較検討した。その結果、本アイデアを用いれば、油汚染された流水を洗浄しつつ、油を回収することが可能であることを確認した。先ず、噴流カーテンが誘起する水面流に乗せて油を装置の両側に集めて回収する一方、氷は水面流と直角方向に移動させてやることにより、油を氷と分けて回収できる。また、氷板下の油の掃き出しに関しては、全体的には、ABの方が以下の理由でWJよりも優れていることが判明した、すなわち：

1) 油も気泡も水より軽いので、氷板下では、両者共に氷の下面に沿って、より高い方に移動する性質がある。

それゆえ、氷板下の油の追い出しに気泡を用いるのは合理的である。

2) ABの気泡は非常に軽いので、確実に窪みに溜まった油をまとめて追い出す。WJは油に直接あたれば油を動かすが、流れが強いと油を油滴にして散乱させやすい。

3) WJによる流れは、氷の表面に凹凸や角があると、剥離して渦や死水域を生じ、これが油の散乱や滞留を引き起こす。これは油が回収しにくくなることを示す。一方、ABの気泡は氷下面に密着して流れ、油を排除し、氷の角も回り込むため、死水域を生じない。

A Novel Oil-Recovery Method in Drift Ice

流水域に適する新たな流出油回収方法

成田秀明

平成13年 2 月

第16回オホーツク海と流水に関する

国際シンポジウム講演要旨集

近年、産業・通商の発展と共に、カナダやバルト海沿岸国など北方圏諸国においては、船舶等による海洋油汚染が益々深刻化しており、結氷期における油流出事故への対応能力、ことに流水状態での油回収技術、の向上が切望され、熱心な研究開発努力が継続されている。サハリン大陸棚での石油・ガス開発プロジェクトの進展と共に、オホーツク海での海洋汚染事故への危惧が高まりつつある。流水季の事故対応能力の整備は緊急課題として徐々に認識されつつある。本小論においては、先ずこの分野における先進諸国での研究開発動向をレビューし、開発すべき技術課題を示す。次に著者が着想した。上昇噴流カーテンを応用した、全く新規な流水域対応型の油回収装置を提示し、その作道原理、基本構成、ならびに流水域での使用方法を解説する。

従来、通常海面（氷のない海面）で使用されてきた機械的油回収装置は、真空吸引式、堰式及び付着式を基本タイプとし、これらの折衷型を含め様々なタイプがある。しかし、流水中では、これら既存型回収期が使用できる条件範囲は極めて限定される。真空吸引式は氷の上の流動性のある油にのみ有効であり、堰式や付着式は流水の間に開水面も確保しないと使用できない。そして何らかの手段を用いて、流水の表面の窪みに溜まった油を洗い流して、掃き出し、回収機が持ち込まれた海面に集める必要がある。この様な作業は手間と困難を伴うし、装置に氷が詰まったり、氷により装置が破損・故障したりすることも起こる。北欧ではこれらを克服できるような機械的油回収装置を開発し、その効用を実地試験で検証する試みが続けられているが、まだこれぞと言う発明は生まれていない。著者が今回着想した回収装置は、水面下に装置の中心線に沿い上昇噴流カーテンを備えている。油流出した流水域に本装置を持ち込み、本装置に油と氷を次々に運び入れ、油を回収し、清浄化された流水を海に戻す。氷に付着した油や氷の下に溜まった油をシャワーと上昇噴流カーテンを用いて洗い落とし、上昇噴流カーテンが水面に達して左右に分かれて流れる「水面流」に油を乗せて油回収部に導く。浄化された氷は噴流カーテンに沿って下流に導き海上に排出する。

〈大阪支所〉

FRP漁船からCO₂排出に関するLCI分析について

Life Cycle Inventory Analysis on CO₂ Emission from

FRP Fishing Boat

櫻井昭男、亀山道弘、木原 洸、久津見都

平成13年3月

第30回記念FRPシンポジウム講演論文集

近年、環境問題への関心が高まるにつれ、FRP船の廃棄やリサイクル性に対する問題がクローズアップされているが、今後FRP船が環境調和性の要求に応じていくためには、全ライフサイクルを通じた環境負荷を評価し、改善することが求められる。本研究ではその手がかりとして、FRP船の環境負荷の概略を把握するために、過去に製造されたFRP漁船の実績値に基づいてCO₂排出インベントリ分析を実施した。

解析の対象としたFRP漁船は総トン数14トンの外海ホタテ桁曳き漁船である。FRP漁船の使用年数は20年とし、期間中の主機の交換は1回、船底塗装は年1回とした。廃船処理は、破碎分別し、鉄スクラップはリサイクルされ、FRP廃材等は管理型処分へ埋め立てるものとした。

解析の結果、FRP漁船の建造に関するCO₂排出量は79.1 (ton)であった。その内訳は、鋼材の生産に係わるものが全体の30 (％)、電力の生産が20 (％)、回航が17 (％)、ガラス繊維の生産が13 (％)を占めた。部品の製造プロセスを素材の重量のみで考慮したため、CO₂は主として電力の製造等のエネルギー及び素材の製造に関するプロセスから排出される結果となった。

また、運航年数20年でのCO₂の排出量は4,620 (ton)であった。その内訳は、主機関の運転に係わるCO₂排出が全体の約96 (％)を占め、重油製造のCO₂の排出量の4 (％)を加えると、運航ステージでのほとんど全てのCO₂排出は主機関の運転に係わるものであった。

廃船処理ステージでのCO₂排出量は1.4 (ton)であった。内訳は処理工場への回航に係わるもの65 (％)、鉄スクラップ運搬21 (％)等運送に伴うものが大半を占めた。

したがって、ライフサイクル全体でのCO₂排出量、約4,700 (ton)のうち98 (％)が運航ステージから排出されることがわかった。