

所 外 発 表 論 文 等 概 要

〈推進性能部〉

マイクロバブルによる摩擦抵抗低減について
(局所ボイド率の影響)

Frictional Drag Reduction by Microbubbles (The
Effect of Local Void Ratio)

川島英幹、角川 明、高橋孝仁、児玉良明

平成10年10月

航空宇宙技術研究所特別資料

タンカー等一般的な排水量型の船舶の抵抗の約80%は、摩擦抵抗で占められている。そのため船舶の低燃費化を図るには、摩擦抵抗の低減を図るのが効率的な方法である。

摩擦抵抗低減法のなかでもマイクロバブルを用いた摩擦抵抗の低減法は、効果的な方法として良く知られている。この方法を実船に適用する場合、船底部で水圧に抗して空気を吹き出す仕事が必要となるが、大型タンカーの場合、喫水が約20mと深いため、実質的な抵抗低減効果を得るのが難しい。そのため、一般商船への実用化を図るためには、より効率的な空気を吹き出し法の開発が不可欠であるが、マイクロバブルによる抵抗低減メカニズムが明らかになっておらず、この解明が必要である。

そこで局所ボイド率分布と局所摩擦抵抗の関係を調べ、またPIV法によりマイクロバブル混入時の速度分布を計測した。実験は小型高速流路において行ない、平均ボイド率と流速をパラメトリックに変化させ、また計測位置の空気吹きだし部からの距離を変えて、局所摩擦抵抗と局所ボイド率を計測する実験を行なった。今回、吸い込み式のボイド率計測システムに改良を加え、圧力を調整式にして、気泡無し時の流速分布と同じ速度での吸い込みを行なった。実験結果は従来の結果と同じく壁面付近の局所ボイド率が高くなることから、壁面摩擦抵抗の減少に効果的であることを示した。

Effect of Body Geometry Expression and Grid
Resolution on the Optimization of a Two -
Dimensional Symmetric Wing

2次元対称翼型の最適化における形状表現と
格子解像度の影響

児玉良明、日野孝則

平成11年7月

Proceedings of the 1999 ASME/JSME Joint Fluids
Engineering Conference

CFDと最適化アルゴリズムを組み合わせ、物体の流体力学的性能を自動的に最適化する技術は、計算機の能力をフルに生かすこれからのソフトウェア技術として、盛んに研究されている。本研究では、船型の最適化技術の開発を目標として、基礎技術を固めるため、2次元翼型を例にとり、最適化における形状表現技術の格子解像度などの影響を検討した。すなわち、2次元翼型の最適化を、抵抗最小化を目的として体積一定の条件の下に実施した。

流れは、Baldwin・Lomax乱流モデルを組み込んだNSソルバーを用いて、レイノルズ数 $Re = 1.0 \times 10^6$ で計算した。感度解析には随伴変数法を、非線形最適化アルゴリズムにはSQP法を用いた。翼型形状は姫野の多項式またはNURBS基底関数を用いて表現した。姫野の多項式を使用した場合、NURBSを用いた場合よりも大きな抵抗低減が得られた。これは、姫野の多項式が表す形状が次数間の独立性が高いためと思われる。また、NURBS多項式では、用いる関数のノード数を増やすと、より大きな抵抗低減が得られた。これは、関数のノード数が増えると、それだけ形状表現の自由度が高まるためと考えられる。ただし、ノード数を或る程度以上増やしても、抵抗低減の大きさは増えなくなる。格子解像度については、解像度を高めると、抵抗低減量が大きくなった。これは、高い解像度では、形状表現関数で表した翼型形状をより忠実に表現できるようになるためと考えられる。

以上、NURBSの基底関数は形状表現関数として姫野の多項式よりも一般性があり、表現自由度も高いが、最適形状を求めることについては姫野の多項式の方が優れており、それぞれに一長一短があることが分かった。

Cavitation Stimulation Technique Using Water - Repellent Coating in a Propeller Model Test

撥水塗料を用いたプロペラ模型試験における
キャビテーション発生促進技術

工藤達郎、右近良孝

平成11年7月

Proceedings of the 3rd ASME/JSME Joint
Fluids Engineering Conference
& 1999 ASME Fluids Engineering Division
Summer Meeting

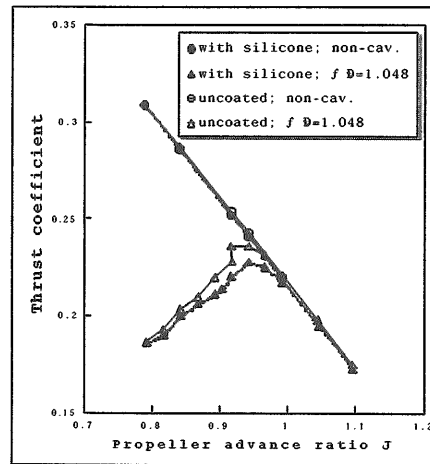
プロペラのキャビテーション試験においては、実機で生じるキャビテーションを模型試験においていかに再現するかが重要である。実機と模型では、スピードの違い、水中に存在する気泡核分布の違いなどがあり、そのため模型試験では実機に比べてキャビテーション発生量が少ない傾向にある。本論文では撥水性塗料を模型プロペラ翼面に塗布することによりキャビテーションの発生を促し、より実機に近い状態をシミュレーションするための新しい実験手法を提案し、実験によりその効果を実証した。



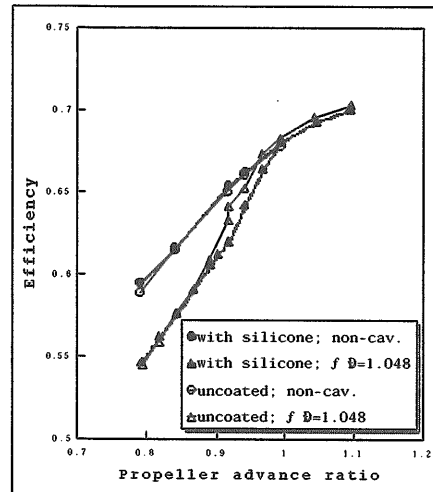
キャビテーションの発生状況 (シリコン系撥水剤)



キャビテーションの発生状況 (無塗装)



(a) スラスト



(b) 効率

プロペラ性能の比較

マイクロバブルによる摩擦抵抗低減と船舶への適用性
Skin Friction Reduction by Microbubbles and Its

Applicability to Ships

児玉良明、加藤洋治

平成11年7月

第27回可視化情報シンポジウム

第27回可視化情報シンポジウム論文集

マイクロバブルによる摩擦抵抗低減に関する実験的研究を、気泡吹き出し位置から計測点までの距離の大ききの順にレビューした。その結果、(1)マイクロバブルは壁面摩擦係数を大幅に低減させる効果をもつ、(2)その低減効果の下流方向の持続性は流速に依存して変化するが、境界層厚さに基づく予測値よりもはるかに大きな持続性をもつ、そして、(3)壁面摩擦係数の低減効果は、局所ボイド率のような局所的な量に支配的な影響を受けることが分かった。また、長尺平板模型船を用いた実験結果によれば、マイクロバブルの実用性は従来の知見よりも大幅に改善されている。

最後に、マイクロバブルがレイノルズ応力を減少させる効果をもつことを強く示唆する実験結果を示した。

Velocity Measurements of Flows with Microbubbles
Using PIV

PIVによるマイクロバブル流れの速度計測

角川 明、川島英幹、高橋孝仁、児玉良明

平成11年7月

Proceedings of International Conference on
Advanced Technology in Experimental Mechanics
'99

大型船舶の抵抗の大部分を占める摩擦抵抗低減方法の一つであるマイクロバブル(微小気泡)は、船底表面に気泡を流し摩擦抵抗を低減するものである。しかし最適な抵抗低減装置として開発するためには、明らかになっていない抵抗低減のメカニズムを解明せねばならない。

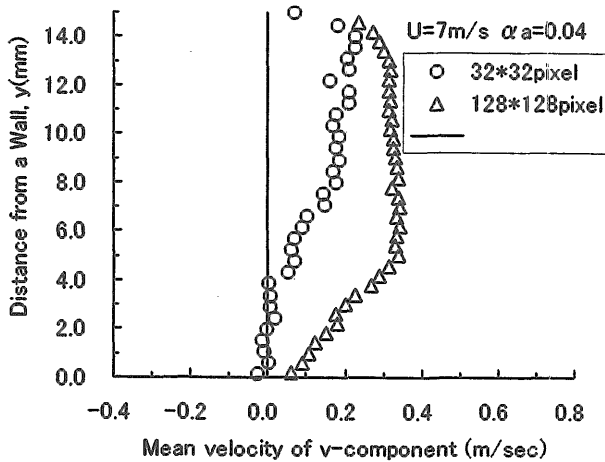
マイクロバブルによる摩擦抵抗低減メカニズムを実験的に明らかにするため、著者らは、小型高速流路試験部(全長3000mm、全幅100mm、全高15mm)の空気吹き出し部下流500mmに形成された境界層内において、マイクロバブルを含む流速 $U=7,10\text{m/sec}$ の流場をPIV(Particle Image Velocimeter)により速度計測し、流速 $U=7,10\text{m/sec}$ で平均ボイド率 $\alpha_a=0.00, 0.040$ と 0.080 の6状態の流れ方向垂直断面内速度分布を得た。速度計測断面の大ききは、流れ方向18mm、垂直方向15mmである。マイクロバブル生成は、多孔質板を用いて、流路内水流中に空気を吹き込むことにより行った。多孔質板は、流れ方向76mm、幅方向76mmのブロンズ製焼結金属板(厚さ:3mm、空気孔直系 $2\mu\text{m}$)である。摩擦抵抗は、水用せん断力センサー(三計エンジニアリング社製、定格容量2g重)により計測した。

PIVによる速度解析領域は、 $32*32\text{pixels}$ ($0.57*0.57\text{mm}$)と $128*128\text{pixels}$ ($2.29*2.29\text{mm}$)の2種類を用いた。その結果、速度成分 U はほとんど差がないが、速度成分 V は明らかな差が表れた。下図に示すように速度解析領域を大きくすると、平均速度分布における上向き流れが大きくなる。その理由および速度の真値は不明であり、今後の課題として明らかにせねばならない。

マイクロバブルによる抵抗低減効果が顕著な平均ボイド率 $\alpha_a=0.080$ の気泡流において、PIVにより速度分布が得られることが確認された。マイクロバブルと速度分布の関係を見ると、マイクロバブルを含む流れは水流のみの流れよりも乱れ度が大きいこと、および $U=7\text{m/sec}$ において上向き速度成分 V が上半分に発生していることが明らかになった。

今回は抵抗低減効果を計測した範囲(500~1500mm)で最も空気吹き出し部に近い $x=500\text{mm}$ の速度分布を計測したが、抵抗低減効果、ボイド率と速

度分布の関係をj知るためには、さらに下流での速度分布も実験データに加える必要がある。また今後の課題として、写真撮影した気泡の輝度が水流中のトレーサの輝度よりも圧倒的に明るいため、PIVによる速度計測結果が主に気泡移動速度を表していることがある。混相流としてのマイクロバブル流れを精度良く計測するためには、気泡と水流を同時に計測する方法(例えば可視化トレーサの改良等)を開発せねばならない。さらに、速度を求めるための平均化の領域の大きさが計測結果に与える影響の検討などにより、計測精度の向上をはかる必要がある。



PIV速度解析領域が速度分布へ与える影響
U=7m/sec、 $\alpha a=0.04$ 、速度成分V

Experimental Study on Microbubbles and Their Applicability to Ships for Skin Friction Reduction

マイクロバブルとその船舶への摩擦抵抗低減のための適用性に関する実験的研究

児玉良明、角川 明、高橋孝仁、川島英幹

平成11年9月

Proceedings of the 1st International Symposium on Turbulent Shear Flow Phenomena

タンカーなどの船舶の抵抗の80%を占める摩擦抵抗を低減させる抵抗低減デバイスとして、微細な気泡を船体表面に注入するマイクロバブルは、リブレットなどの摩擦速度に基づくデバイスよりもはるかに適している。

マイクロバブルの基礎実験を行うため、回流型の小型高速流路を製作した。気泡は公称孔径 $10\mu\text{m}$ の多孔質板を通して吹き出し、壁面せん断応力を摩擦応力センサーを用いて直接計測した。摩擦応力センサーの較正は、 $1\sim 2\text{g}$ の重りをセンサー部に直接ぶら下げる方法と、流路において計測した圧力損失との比較の2方法を用いて行い、良好な結果を得た。

気泡吹き出し状態で摩擦抵抗低減効果を測定し、吹き出し空気量の増加に伴い低減効果が増え、流速を低速・中速・高速と変化させると低減効果が減少するという結果が得られた。また、摩擦抵抗低減効果の流れ方向の持続性は、低速・中速において良好であった。

流れの局所的なボイド率(水に対する空気量の割合)を吸い込み管式の計測装置を作って計測した。吸い込み圧力は、気泡が無い状態での局所的な流速に応じて調節した。その結果、摩擦抵抗低減率は壁近傍のボイド率と強い正の相関があることが分かった。

多孔質板の代わりに配列多孔板(直径 1mm の孔を規則的に多数開けた板)を用いて気泡を注入して摩擦抵抗低減効果を計測し、多孔質板と同等な低減効果を得た。また、計測データのバラつきは、多孔質板のそれよりも小さかった。

マイクロバブルの実船への適用性について論じた。上記のような低減効果のデータを、境界層内の平均ボイド率で整理して実船の場合に当てはめると、低い低減効果しか得られないが、長さ 40m の平板を用いて行った実験結果では数倍の低減効果が得られ、マイクロバブルによる摩擦抵抗低減効果には尺度影響があり、大きなスケールになるほど低減効果が大きくなる可能性があることを示した。

トランスキャビテーション・プロペラの
理論的設計に関する研究

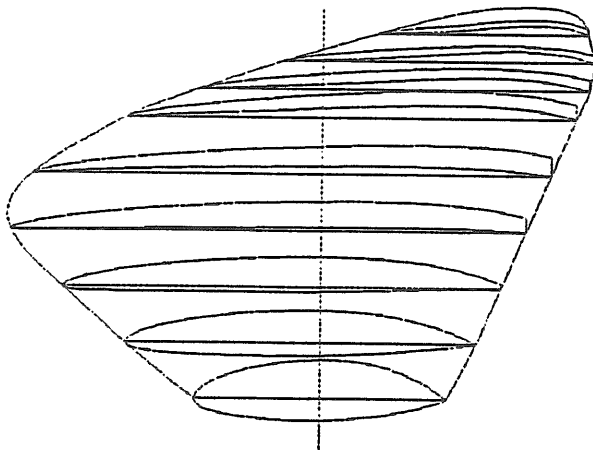
Study on Theoretical Design Method of
Transcavitating Propeller

工藤達郎、右近良孝、加藤洋治
平成11年11月
日本造船学会論文集第186号

トランスキャビテーション・プロペラ (TCP; 低中速船用の通常型プロペラと超高速船用のスーパーキャビテーション (SC) プロペラの間の遷移領域を作動状態として設計されるプロペラ。同一翼面上に同時にSC領域と非キャビテーションまたは部分キャビテーション領域を持つため、SC翼断面とエアロfoil翼断面を組み合わせる複雑な翼形状が必要となる。) について、揚力面理論に基づく理論的設計法を開発し、実際に設計した8個のTCPについて模型試験により性能を確認した。その結果、本設計法が概ね±5%以内の精度で推力を合わせた設計が可能であり、キャビテーション条件の厳しい35ノット高速船用の浅没水高馬力可変ピッチプロペラでも単独効率で65%近い高効率 (同条件下の通常型プロペラに対して12.3%増) の高性能プロペラが設計可能であることを示した。

翼型にはSCPで実績のあるSRJN翼型の他、東京大学でTCP用に開発され近年シリーズ化されたUT-SC翼型およびUT-NC翼型を適用したTCP設計も行い、両翼型がTCPに有効であることを示した。

その一方で、効率の向上を狙いキャビティを極端に薄く設計すると、計算、実験ともに問題が生じることがあり、実機の設計には注意が必要であること、また、通常型プロペラに合わせて発達してきたプロペラ試験法やプロペラのNC加工による製法も、TCPに対してはそれぞれキャビテーション・パターンの妥当性やNCデータの作成法などに問題が生じることなどが明らかになった。



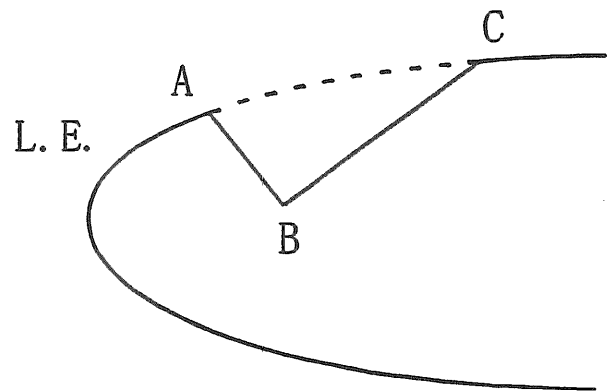
設計されたTCPの翼形状の例

SCPにおけるキャビテータの効果の研究
Study on Effect of a Cavitator on a Supercavitating Propeller

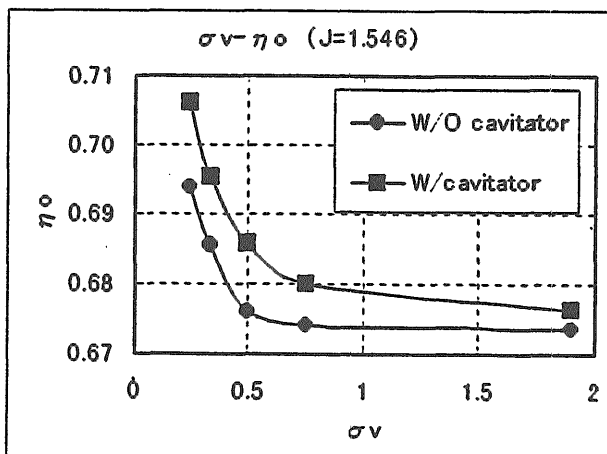
工藤達郎、右近良孝、住野吉胤
平成11年11月

第10回キャビテーションシンポジウム前刷集

従来の船用スクリュー・プロペラでは、高速になり大きなキャビテーションが発生すると推力が低下し、効率も悪化する。そのような高速域で使用することを前提に設計されるプロペラとして、SCP (スーパーキャビテーション・プロペラ) があり、キャビテーションがプロペラ翼のほぼ全面を覆い尽くすような状態において、高い効率を発揮する。SCPはシート状のキャビテーションが翼の前縁から後縁後方までを覆う状態を前提として設計されるが、高い効率を追求するにはそのキャビテーションが極力薄くなるように設計する必要がある。しかし、そのように設計されたSCPでは、しばしばキャビテーションが前縁から意図通りに発生せず、そのためにトルクおよび推力が設計値よりも大きくなったり、不安定な変動力の原因となったりすることがある。この現象を防止するには、安定したシート状のキャビテーションを発生させる必要がある。一般に、シート状キャビテーションは翼前縁の層流剥離をきっかけとして発生することが知られている。キャビテーションを安定させるには、安定した剥離を起こせば良いとの考えから、本論文では翼の前縁にキャビテータと呼ばれる細い溝を設け、強制的に剥離を引き起こすことによりキャビテーションの発生を安定化させる方法を提案し、その効果を模型実験によって検証した。



キャビテータの断面形状
(翼断面前縁部の拡大図。流れは左から右。)



キャビテータの効果
(キャビテーション数に対するプロペラ効率の変化)

〈運動性能部〉

Stern Flow Field of Ships in Maneuvering Motion

操縦運動する船の船尾流場

上野道雄、二村 正、宮崎英樹、野中晃二

平成11年 5月

Proceedings of The 2nd Pacific Symposium on Flow
Visualization and Image Processing

操縦運動する船に働く流体力と船体周りの流場は密接な関係にあり、流体力推定のためには実際の船体周りの流場、特に船尾付近の流場を把握しておく必要がある。しかし、船体周りの流場に関する実験データは少なく、特にプロペラや舵の影響までを含めて流場を調べたデータはほとんど報告されていない。

本報告は、模型船の船尾流場に対する旋回および横流れといった操縦運動の影響をプロペラ回転数と舵角の影響を含めて実験的に調べた結果について述べたものである。

実験は中水槽と海洋構造物試験水槽で行った。操縦運動はCMT試験装置を用いて模型船に横流れ角と旋回角速度を与えることによって実現した。また、船体単独状態だけでなく、斜航状態についてはプロペラ回転数と舵角の影響をも調べた。計測項目は船尾断面(A.P.、S.S.-2断面等)における直交する流速3成分である。流速は5孔ピトー管で計測した。計測された流速成分は伴流分布と渦度分布の形で整理し、旋回角速度と横流れ角、プロペラ回転数、舵角の船尾流場に対する影響を考察した。

実験の結果、船体前半部の形状が同一でも船尾のフレームラインが少し異なるだけで伴流分布や渦度分布がかなり異なったものとなることや、運動状態によっては伴流に増速域が出現することが確認された。また、プロペラ回転数による非対称性の出現、舵角とプロペラ後流の干渉効果等が定量的に計測されたものと考えられる。しかし、船体単独の場合の基本的流場は定性的に比較的理解しやすいものの、プロペラ回転数や舵角の影響については定性的な流場の解釈も困難と思われるほど流場が複雑なものとなることもわかった。プロペラ回転数と舵角の影響については、今後CFD等の計算結果との比較検討を通じてより理解が深まるものと考えられる。そのような意味から、今回の実験で得られたデータは、計算結果の検証データとしても重要な資料となると期待される。

**Comparative Study on the Time - Domain Analysis of
Non - Linear Ship Motions and Loads**

非線形船体運動と荷重に関する時間領域計算法の
比較検討

渡辺 巖、Carlos Guedes Soares

平成11年7月

Journal of Marine Structures

波浪中を航行する船舶に働く波浪荷重を推定するためには、通常は線形計算法が用いられる。しかし、この方法は微小波高の仮定に基づいているので、本当に荒れた海象下での荷重推定には精度が劣ることが言われている。これを補うためには、荒天時の荷重推定には非線形性を考慮に入れた推定法が必要であり、いくつかの計算法が提案されている。これらは時間領域の応答変化をシミュレートする手法が広く用いられているが、アルゴリズムの作り方により精度が左右されるなど、線形計算法とは別の問題点が指摘されており、精度の信頼性は明らかでない。そのため著者等は、船体・海洋構造物に関する国際会議 (International Ship and Offshore Structures Congress : ISSC) の下の荷重委員会 (Committee on Loads) の活動として、非線形時間領域船体応答シミュレーション計算法の比較計算を実施した。

本論文はその結果をまとめたものである。比較計算に参加した機関は世界各地の大学研究機関であった。参加機関は、指定した船 (コンテナ船舶型、S-175モデル) の指定航行状態での、船体運動、波浪荷重、上下加速度、相対水位変動の計算を行った。それらの結果を集約して比較検討を行った。その結果によれば、各計算法とも波高が低い状態ではほぼ良い一致を示し、線形計算法とも対応する結果をあたえるものの、波高が高くなると、10%以上の結果の差は珍しくないことが分かった。これはプログラムにより採り入れている非線形要素に違いがあることが原因と考えられる。今後更にプログラムの内容に立ち入った検討や実験結果との検討などを行う必要があることなどが、述べられている。

〈機関動力部〉

**Performance Analysis of Combined Cycle Power Plant
with Packed Column CO₂ Separator Using Aqueous
Monoethanolamine Solution**

モノエタノールアミン水溶液を用いた充てん塔式CO₂
分離装置を持つコンバインドサイクルプラントの性能

井亀 優、菅 進、平岡克英、熊倉孝尚

平成11年11月

Proceedings of the International Gas Turbine
Congress 1999 Kobe

大気中へのCO₂放出量の削減が国際的に重要な課題になっている。この対策としてモノエタノールアミン (MEA) 水溶液を用いたCO₂分離装置を備えたCO₂回収型コンバインドサイクルプラントを想定し、著者らが作った計算モデルを用いてCO₂回収率、プラントの正味効率と運転条件の関係を調べた。本研究では出力150MWのメタン焼きガスタービンをを用いたプラントを検討対象とした。

CO₂分離装置はCO₂を吸収したMEA水溶液の再生に熱を必要とし、ガスタービンの排熱の一部をこれにあてる。このため通常のコンバインドサイクルプラントに比べて蒸気タービンの出力が小さくなり、正味効率が低下する。本報告ではCO₂分離装置の必要熱量の最少化の手順を提案すると共に、最適化したCO₂回収型コンバインドサイクルプラントの運転状態を示す。

CO₂分離装置の運転条件を最適化した場合、プラントの正味効率はCO₂回収率のみの関数となり、CO₂回収率を高くするにしたがって、正味効率は低下し必要な充てん層の体積は大きくなる。正味効率は、CO₂回収装置のないプラントでは47.1%が見込まれるが、CO₂回収率を80%とした場合、正味効率は40.3% (高位発熱量基準) に、CO₂の放出量は88kg (MWh)⁻¹になることがわかった。

CO₂分離装置が必要とする熱を別に設置したボイラによって得るシステム、十字流充てん層を持つCO₂分離装置を持つプラントについても検討したが、これらのプラントでは正味効率が大きく低下することがわかった。さらに処理する排気ガスの流量の削減とCO₂濃縮を意図して排気再循環を行うガスタービンをを用いたプラントについても検討したが、MEA水溶液を用いたプラントでは、CO₂分離装置を小さくできる利点はあるものの、正味効率を改善する効果はないことがわかった。

船用主機の製造工程におけるLCI解析

Application of Life Cycle Inventory Analysis to
Manufacturing Process of Marine Main Engine

城田英之、平岡克英、亀山道弘、木原 洸、福元正明
千田哲也、成瀬 健
平成11年12月

日本機械学会第8回交通・物流部門大会講演論文集

大型船舶の造船所における建造工程では、船用主機・機関補機及び艤装品は製造されず完成品が購入されて据え付けられているが、こうした購入完成品の中で船用主機はサイズ及び重量が比較的大きく、しかもその構成部品の点数は小物部品まで数えると相当な数に上る。同時に船用主機は極めて高い信頼性が要求される機械であり、高い加工精度が要求される。このため、船用主機の製造工程で使用されるエネルギーや発生する廃棄物・排出物は船舶建造の場合のそれとは大きく異なっていると考えられる。以上のような理由により、船舶へのLCA (Life Cycle Assessment) の適用を考えるにあたって、船用主機の製造工程を船舶の建造工程と切り離して別途検討を試みた。すなわち、複数の船用主機製造工場を対象とした聞き取り調査を行い、船舶のLCAの主要部であるインベントリー分析の一環として、船用主機製造インベントリーの予備的分析を行った。

調査の対象とした船用主機は、載荷重量85,000 [ton]のタンカーに搭載される主機の出力レベルにほぼ相当すると思われる2サイクルディーゼルエンジンとし、主要機種を製造しているメーカーの中から国内3社について聞き取り調査を行った。調査内容は、各工場での製造実績・製造工程とその作業プロセス、各作業プロセスで使用した電力・水・燃料等のエネルギー等や、素材・部品等資材の出入量、及び環境中へ排出した排出物等の把握の現状である。次にこれらの調査の結果に基づいて、LCAを行う際に考慮すべき構成部品の範囲/種類、取り扱うべき製造工程の範囲等について試分析及び考察を行った。試分析の結果として、(1)船用主機製造工場における製造工程の中では、試運転におけるエネルギー（電力及び重油）の使用量及びこれに伴う環境への排出物（排気ガス）の量がかなり大きな割合を占めること、(2)船用主機の製造工程のインベントリー分析の精度向上のためには、試運転におけるプロセスデータをより正確に蓄積するとともに、主要部品の製造インベントリー調査が必要であること、(3)現在は環境排出物として明確に意識されていない排出物についても今後は注意していく必要があること等を示した。

〈材料加工部〉

Fatigue Behaviour of a Box - Welded Joint under Biaxial Cyclic Loads

2軸繰り返し荷重下における角回し溶接継手の疲労挙動
高橋一比古、牛嶋通雄、高田篤志、秋山 繁、前中 浩
平成11年10月

Fatigue & Fracture of Engineering Materials &
Structures, Vol.22, No.10

船体構造には、重力、波浪外力、慣性力等、様々な外力が様々な方向から複合的に作用する。従って、船体構造部材の強度や寿命を論じる場合、この複合（多軸）荷重状態の影響を明らかにしておく必要がある。これまでにも、直交2軸の繰り返し引張荷重による疲労を実験的に扱った研究はあるが、切欠付きの母材に関するものが多く、溶接継手を対象としたものは殆ど無い。今回、主として位相差 π をもつ直交2軸の繰り返し荷重を受ける角回し溶接継手の疲労挙動について若干の知見を得たので報告した。

供試材は溶接構造用鋼SM400B（板厚12mm）で、試験体は主板の中央部・表裏面にスティフナーを2枚、CO₂半自動の角回し溶接により接合したものである。疲労試験には寿命評価実験棟に整備した複合荷重試験装置を用い、中点不動荷重制御の2軸疲労試験を実施した。まず、今回実施した2軸荷重条件下では、1軸試験と同様、角回し溶接止端部に生じたき裂は横方向にほぼまっすぐ進展し、横方向荷重によるき裂の斜行は生じなかった。止端部近傍の縦方向残留応力がほぼ降伏応力に達しており、また溶接止端部における応力集中の度合いが横方向よりも縦方向で著しいことから、き裂進展の初期段階で、き裂が横方向に進むことは説明できるが、その後の経路予測については、両軸荷重の振幅比、試験片幅等の影響も含め更なる検討が必要である。次に、溶接止端部から5mmの位置における縦方向の平面応力振幅 $\Delta\sigma_x$ で整理すると、き裂発生寿命 N_c は1軸試験よりも2軸試験の方が若干短く、一方、破断寿命 N_b はほぼ同等となることがわかった。これらの結果は主として、止端部近傍に降伏応力程度の高い縦方向引張残留応力が存在し、縦方向応力 σ_x の変動が常に引張側に保たれていることに起因すると考えられる。 N_c と N_b とで2軸効果が異なる原因については、残留応力、応力集中、き裂形状等、種々の要因が挙げられるが、より詳細に検討する必要がある。

最後に、FE解析結果と1軸疲労試験データより、 $\Delta\sigma_x$ を用いて2軸試験体の疲労寿命を推定したところ、安全側の比較的良好な評価が得られた。他方、位相差 π をもつ横方向荷重の影響を無視した場合の推定は著しく危険側となり、疲労寿命評価においては多軸荷重効果は無視できないことが実証された。

アルミナのすべり摩耗における脆性-延性遷移
Brittle to Ductile Transition in Sliding Wear of
Alumina

千田哲也、矢野不二夫、安田榮一

平成11年11月

日本セラミックス協会第18回高温材料基礎討論会
講演集

船舶機関の耐摩耗性高温構造材料として期待されるアルミナ・セラミックスについて、すべり摩耗における摩耗メカニズムを、室温から1000°Cまでの範囲で調べた。600°C付近の脆性破壊による摩耗が起きる温度領域の摩擦面を透過電子顕微鏡で詳細に調べると、バルクの表面では転位等の塑性変形は限られた部分にしか観察されなかった。しかし、摩耗粉のX線回折を行うと回折線の広がりがあり、大きく塑性変形していることが示唆された。回折線の広がりから、Wilsonの積分幅法により格子歪みと結晶子サイズを求めて両者の関係を分析すると、摩耗粉はポリゴニゼーション構造を有することが推定された。これらの分析結果から600°C以下での摩耗メカニズムを考察すると、生成した摩耗粉がバルクの局所的な応力分布を緩和するために、塑性変形は主な破壊メカニズムにはならず、弾性範囲で微小き裂が形成されて摩耗が進行するというプロセスであるという結論が得られた。

また、摩耗量と温度の関係を調べたところ、700°Cから800°Cの間で摩耗量が大きく低下し、750°Cはその遷移領域にあたることがわかった。走査電子顕微鏡で摩擦面を観察すると、600°Cでは粒界破壊の特徴を示すバルク表面に摩耗粉が堆積した構造であり、800°Cでは動的再結晶により微細化した結晶からなるち密な表面層が形成されていた。750°Cでは、それぞれの特徴を示す領域が分布しており、低温域での脆性的特徴と高温域での塑性変形の特徴を示す領域が、局所的な温度、応力等に依存して形成されたと考えられる。このような脆性から延性への遷移は試験温度では700°Cと800°Cの間であったが、摩擦発熱を考慮した表面の局所的な温度(フラッシュ温度)を計算すると、950°Cから1030°Cの範囲で遷移が起きていると推定され、アルミナ単結晶について、1030°Cから1150°Cと報告されている曲げ強度試験における脆性-延性遷移温度と近い温度範囲であった。

曲面外板ブロック製造時の溶接変形推定方法の検討
Study on Deformation of Welded Built-up Block
with Curved Shell Plate

松岡一祥、吉井徳治、安藤孝弘、宇野清隆

平成11年11月

溶接学会全国大会講演概要第65集

船舶の建造においてブロックの精度はそれを船台上に搭載する時の作業工数に大きな影響を与える。そこで、伸ばし、伸べ尺等を用いて、予め部品寸法に熱収縮を考慮することで溶接変形に対応している。しかし、曲面外板のある曲がりブロックでは、溶接時に面内変形と面外変形を連成するため、伸ばし、伸べ尺だけでは対応できない変形が生じる。そのため、曲がりブロックの精度は一般に悪く、搭載工数も多くなりがちであり、曲がりブロックに適用できる溶接変形の推定方法が求められている。

本報ではまず、溶接変形を汎用構造解析プログラムで計算する手法を取り扱う。角変形、横収縮および縦収縮のモデル化、並びに、溶接条件、鋼材の降伏応力および板厚により変化する変形量の設定方法を示す。

次に、計算方法の妥当性を確認するために、平板上に骨をすみ肉溶接し、その前後の変形量の計測結果を計算結果と比較して示す。計測および計算結果は良く一致し、計算方法の妥当性が確認される。

さらに、円筒形の外板にリング状の骨を溶接する実験を行い、溶接変形の計測結果と計算結果を比較して、提案した計算方法が曲りブロックにも有効であることを示す。

最後に、実験結果および計算結果から、曲がりブロックの溶接変形の特徴、精度管理の留意点等について考察する。

〈装備部〉

リモートセンシング技術を用いた海洋監視システムの
開発

Development of monitoring system of marine
pollution using remote sensing technique

山口良隆、山之内博、樋富和夫、山岸 進
平成11年3月

日本化学会第76春季年会予稿集第1分冊

1997年に起こったロシア船籍「ナホトカ号」のオイル流出事故は、重油が日本海沿岸地域まで漂着し海洋環境汚染を引き起こした。オイル流出事故を最小限にとどめるために、システムを構築する必要がある。漂着・拡散がある程度予測できれば被害を最小限にできると考え、我々は昼夜を問わず海上のオイル群の挙動を把握できる海洋監視システムを作製した。このシステムにより海洋に流出したオイル群の回収のサポートができるものである。本海洋監視システムには気象観測などに利用されているリモートセンシング技術であるライダー (Lidar: Light Detection and Ranging) を応用した。本装置の性能を確認するために、疑似事故現場を再現し流出オイルについての観察を行った。

本装置の分析原理は、紫外光を使用した蛍光分析である。蛍光分析をリモートセンシングに応用したものは蛍光ライダーと呼ばれる。本システムの光源には、紫外線を発するNd:YAGレーザー (355nm) を使用した。また、光源を時間幅の短いパルスレーザーを用い、受光側にバンドパスフィルターと高速ゲートを装備した。これにより物質固有な蛍光波長とともに固有の蛍光減衰が観測でき、成分分析が可能となった。また実海域測定で船にのせるために装置は容量を小さくし、さらに温度・湿度が一定にできるデシケーターに梱包してある。実験は水槽に重油を入れ、そこにレーザーを照射しターゲットからの蛍光測定を行った。

まずは本装置において軽油、重油などのオイル種について分類できるか分析を行った。これらを蛍光分析で判別し、オイル種はスペクトルの形状や減衰時定数から識別を行った。蛍光波長435.8 μm での減衰において、軽油、A重油、灯油、潤滑油の識別ができた。また、実際の海洋での測定を想定して、ある程度距離を離れた水面上のオイル成分についても本装置で測定を行った。測定において油分由来の蛍光と領域の確認ができた。

これらの結果より海上でのオイル成分の検出が可能であり、本装置は海洋汚染の監視システムとして重要な役割を果たすと考えられる。

次世代型海洋環境モニタリング・システムに関する研究
A Study of The Novel Monitoring System for
Marine Environment

山口良隆、山之内博、柴田俊明、樋富和夫、山岸 進
平成11年7月
日本環境化学会

レーザー光を用いたリモートセンシング技術を海洋環境測定に用いた。本システムの海洋環境測定のターゲットの一つとして事故船起源の流出油の海上での状態把握がある。これにより流出油防除作業のサポートをスムーズに行うことができる。内容としては、船上からリアルタイムで油群の分布やその拡散状態について把握でき、さらに光を用いていることにより昼夜問わずその状態観測できることである。また海洋などの広域観測においては人工衛星を用いると瞬時に状態が捉えられるが、現場までに衛星をもっていく時間や海洋や地上と衛星の間には、雲などの障害があると観察できないというデメリットがある。そのため船舶や飛行機に搭載できる小回りの利く観測システムの必要がある。

分析原理は、紫外光をターゲットに照射し、そこから出た蛍光を分析し化学情報や状態情報を得るものである。これをリモートセンシングに応用したものをライダーといい、大気を中心とした環境測定に用いられてきた。本システムは紫外光を照射したターゲットからの蛍光分析を行うので蛍光ライダーとよばれる。装置の構成は、光源には紫外線源のNd:YAGレーザー (355nm) を使用した。さらに時間幅を指定できるパルスレーザーを用いて、受光側にもバンドパスフィルターと高速ゲートがある。これにより物質固有な蛍光波長とともに固有の蛍光減衰を観測し成分分析が行える。

実験では、水上の軽油・重油など油種の分析を行った。結果は油種が分離でき、これらのデータは今後のデータベースとして使用できるものである。また本システムの環境への他の応用として、海洋健康度測定があげられる。海洋健康度とは、海洋環境の指標になる物質や生物の経時変化を測定することにより、海洋の定常状態を把握し、これらのデータを船舶・航空事故後や港湾などの工事後のものと比較し、これらの影響による海洋環境の変化を把握しようというものである。様々な海域で指標生物や物質のデータベースを作成することにより、事故や工事などで海洋環境にどれだけ影響を与えるかという、海洋の健康度の指標作りができると考えられる。