

所外発表論文等概要

<推進性能部>

船体表面からの空気吹き出しによる船尾変動圧力の低減

Reduction of Pressure Fluctuations Induced by
Cavitating Propellers due to Air Injection through the
Hull at the Stern of a Ship

藤沢純一、右近良孝、工藤達郎

平成11年11月

西部造船会会報、第99号

近年、物流コストの低減やモーダルシフト推進の観点からフェリーの大型化と高速化に関心が集まっている。しかしながら、この種の船は吃水が浅く、1軸当たりの馬力が大きく、また、翼展開面積比が制限される可変ピッチプロペラ (CPP; Controllable Pitch Propeller) が用いられるため、プロペラ翼面上の大半においてキャビテーションが発生し、推力低下 (Thrust Break-Down) が避けられない条件でプロペラが使用されるケースが想定される。このような作動条件はトランス・キャビテーション (TC; Trans-Cavitation) 状態と呼ばれる。

また、この種の船のプロペラ軸は船体流れに対して傾斜し、かつ、ボッシングやブラケットからの伴流もあり、非定常キャビテーションとなる。このため、船尾変動圧力が格段に大きくなることが避けられない。大きな船尾変動圧力が発生すると、これが起振力となって船体を振動させ、船体構造部材に亀裂を発生させたりするので安全上の問題を生じるばかりでなく、船体補強をすると経済上の問題に発展する。また、フェリーの場合は旅客船としての乗り心地の確保も重要な課題となり、低振動化対策が要求される。

この船尾振動を設計時に軽減する方法としては、船尾伴流の均一化などの船型改良、キャンバーや圧力分布などのプロペラ形状の最適化の他、二重反転プロペラなどの新形式プロペラの採用などが考えられる。しかしながら、設計時の軽減法が有効でない場合や採用できない場合には、設計後に軽減する方法として船尾に空気タンクを設置する方法や高次船尾振動を低減するためのプロペラの上流からプロペラ面内へ空気を吹き出す方法が提案されている。

本論文では、船体の上流の船体表面から空気を吹き出し、プロペラ直上の船体表面とプロペラとの間に空気層を形成し、プロペラやキャビテーションが誘起する船尾変動圧力が船体に伝わらない様に減衰させる方法の有効性を調べた。このため、キャビテーション水槽において模型船を取付けて、プロペラにキャビテ-

ションを発生させ、空気の吹き出し量を変化させて船尾変動圧力を計測した。幾つかのプロペラについて模型実験を行い、船体表面に空気層を形成する方法は変動圧力振幅を吹き出し量に比例して1/3~1/8程度に大幅に減衰する効果があることが分かった。なお、空気吹き出し法の改善が必要である。

マイクロバブル法による流体摩擦抵抗の低減

Reduction of Skin Friction Using Microbubbles

児玉良明

平成12年7月

混相流シンポジウム2000講演論文集

マイクロバブルによる船舶の摩擦低減の研究の現状を、当所で行った実験結果を中心に紹介した。

まず、典型的な摩擦抵抗低減デバイスであるリプレットが船舶に適していないこと、また逆に、マイクロバブルが船舶の摩擦抵抗低減デバイスとして、低減効果が大きい、汚損につよいなどの点で適していることを示した。そして、マイクロバブル実験のために作られた回流水槽を用いて行われた基礎的研究の結果を示した。マイクロバブルによる摩擦低減は摩擦センサーを用いて計測され、摩擦低減効果は、気泡発生用空気量の増加とともに増大し、流速の増加とともに減少した。摩擦低減効果は、壁近傍の局所的なボイド率と強い相関をもつことが分かった。

次に、曳航水槽において、長さ12m、20m、40mの平板船を用いて行われたいくつかの大型実験結果を示した。それらの実験では、小型の回流水槽を用いた実験で得られたよりも大きな摩擦低減効果が得られ、さらに大きなスケールである実船における実用性について期待できる結果となった。この原因の1つは、注入気泡による摩擦低減効果が、注入後もかなり長い間持続することである。また、特殊撥水性をもった表面を用いると供給空気量が低減できるという実験結果も紹介した。

最後に、マイクロバブルによって摩擦抵抗が低減するメカニズムについて、多孔質板と配列多孔板といった気泡発生方法の違いと抵抗低減効果の関係、海水と清水とでは気泡の生成の様子が異なること、壁乱流と気泡分布状態との関連性などについて、いくつかの意見を述べた。

A Comparative Study of Zero- and One-Equation Turbulence Models for Ship Flows

船体まわり流れに適用した0ならびに1方程式乱流モデルの比較研究

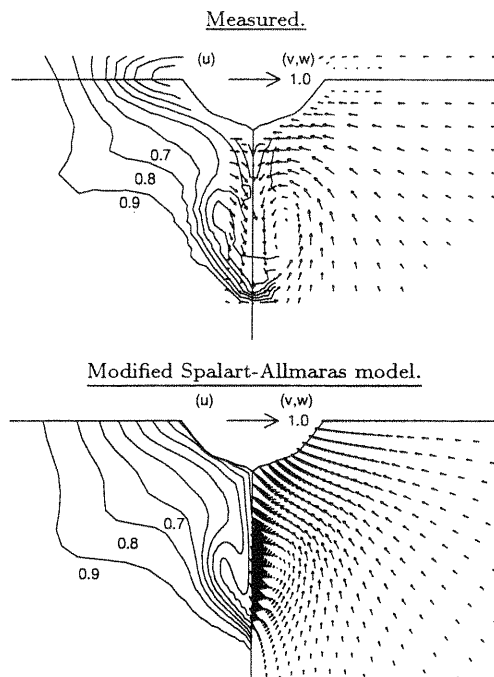
平田信行、日野孝則

平成12年9月

関西造船協会誌

CFD（計算流体力学）の飛躍的な発達に伴い、直進する船の抵抗を精度良く求めることが可能になってきた。しかし、タンカーのような太った船の後流が高精度に推定できる乱流モデルは未だ確立されておらず、CFDを用いた船体との干渉を考慮した推進器の性能評価は充分ではないというのが現状である。これは、Baldwin-Lomaxモデルに代表される低次の乱流モデルを用いると、船尾での渦動粘性係数が実験に比べて過大評価されるためである。

本研究では、1方程式SA（Spalart-Allmaras）乱流モデルの生成項に修正を施し、従来の低次の乱流モデルを用いた数値計算結果や実験結果との比較を行なった。なお、用いたNSソルバーは当所で開発したNEPTUNEコードである。結果は下図に示すように、今回提案した修正SA乱流モデルは、肥大船に特有な船尾フック形状が再現できており、本修正モデルが有用であることがわかった。



図：SR196Aタンカー船型のプロペラ面におけるwake分布（上側）と面ベクトル分布（下側）

<機関動力部>

Combustion of Hydrogen in Hydrogen Combustion Gas Stream and Its Characteristics or Emissions

水素燃焼ガス中における水素再熱及びその排出ガス特性
春海一佳、平岡克英、井亀 優、城田英之

平成12年10月

Proceedings of 6th International Symposium on Marine Engineering

温室効果ガス低減、窒素酸化物低減等に見られるように、地球環境保全が人類にとって大きな課題となっているが、その解決策として燃焼技術の改善、石油に代わる燃料の活用等があげられる。

本研究では、石油代替燃料を利用し極めて低いNOx排出特性を有する低環境負荷燃焼器の設計指針を得るため、実験用燃焼装置を用いて水素やメタンを燃焼させ、それらの燃焼特性を調べた。特に、再熱サイクルガスタービンの再熱器への各種燃料の利用を想定し、約1200℃までの水素—空気燃焼ガスを発生できる高温風洞を使って、高温燃焼ガス中での水素及びメタンの噴流拡散燃焼（再熱）を行い、このような再熱器の燃焼効率及びNOx排出特性を調べた。

本報告では、高温の水素—空気燃焼ガス中での水素及びメタンの噴流拡散燃焼時の燃焼効率、再熱によるNOx濃度及びNOx/NOx比の変化、水素添加によるメタンの燃焼効率改善効果等について述べている。

水素—空気燃焼ガスを用いた高温風洞において、水素及びメタンの高温燃焼ガス中での噴流拡散燃焼を行い、燃焼効率及びNOx排出特性等を調べた結果、以下のことが分かった。

- 1) 再熱により燃焼ガス中のNO/NOx比が減少することが確認された。この傾向は再熱温度が低い場合、及びメタンが不完全燃焼する場合に顕著であった。
- 2) メタンは水素に比べて、再熱温度を高くしないと燃焼が悪くなるが、水素を添加することにより、再熱器の燃焼効率を改善できる。
- 3) 再熱部のEINOx値は、燃焼効率が98%以上の場合、メタンの存在により大きくなる。

日本の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 in Japan

城田英之、平岡克英、亀山道弘、木原 洸

平成12年10月

第6回マリンエンジニアリング国際会議予稿集

近年、様々な地球的規模の環境汚染問題が社会的に取り上げられるようになってきている。また、製品のライフサイクルにわたる環境への影響を評価する環境マネジメントの手法である LCA (ライフサイクルアセスメント) が、国際標準 ISO14000 とともに産業界に広がり始めている。日本で製造する製品の評価に対して LCA を適用する際には、船舶による輸送を考慮する必要がある。これは、製品を製造する際に使用される天然資源の大部分が海外から船舶によって輸入されているためである。

LCI (ライフサイクルインベントリ) 解析とは、対象とする製品システムに対するライフサイクル全体を通しての入出力のまとめや定量化を行う、LCA の主要な構成段階である。著者らは、船舶による輸送のプロセスデータを得る手法を確立することを目的として、素材の生産から解体に至るまでの船舶の LCI 解析を進めてきた。

日本における船舶の建造工程では、船用主機・機関補機及び艀装品は製造されておらず、他のメーカーから完成品を購入して据え付けているというのが現状である。これらの製造工程は、船舶の建造工程とは大きく異なっている。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素材といった入力、製品や廃棄物、排出物といった出力も、船舶建造の場合のそれとは大きく異なっているものと考えられる。また、船用主機は機関補機や艀装品と比較すると重量やサイズがより大きく、より多くの部品から構成されている。著者らはこうした観点から、船用主機の製造工程については船舶の建造工程とは別途検討することとした。

著者らはまず最初に、数社の船用主機製造工場を対象とした聞き取り調査を実施し、船用主機の LCI 試解析を行った。その結果、クランク軸等のような船用主機の主要部品をはじめとする鋳鍛鋼品については、船用主機製造工場では製造されていないことがわかった。そこで著者らは次に、主にクランク軸を製造している鋳鍛鋼部品製造工場を対象とした聞き取り調査を実施した。

これらの調査に基づいて日本における船用主機製造に関する LCI 解析を行い、以下のような結論を得た。

(1) 計算の結果、船用主機のモデルエンジン一機を製造する際に発生する CO₂ の総量は約 1,100 (ton) となる。その約 90 (%) は、鋳鍛鋼部品、鋼板、購入完成品及びその他の部品を含む素材の製造段階で発生

している。船用主機製造工場から発生する CO₂ 量は総排出量の約 10 (%) 程度である。船用主機製造工場から発生する CO₂ のうち、ほぼ 95 (%) が試運転工程で発生している。また、機械加工工程、組立工程における CO₂ 排出量は、それぞれ約 5 (%)、約 1 (%) 程度である。

(2) LCI 解析を船用主機にうまく適用するためには、(a) 船用主機を構成している鋳鍛鋼部品、鋼板等の重量割合を工場で明確に把握すること、及び (b) これらの素材、とりわけ鋳鍛鋼部品に関する信頼性のあるインベントリデータを入手することが最も重要である。

<材料加工部>

溶接継手の疲労寿命に及ぼす荷重履歴の影響

Effect of load history on fatigue life of welded joint

松岡一祥、高橋一比古、植松 進、牛嶋通雄

平成12年11月

日本造船学会論文集 第188号

船舶の積み荷状態による平均応力の変化が疲労き裂発生寿命に及ぼす影響を明らかにするために、角回し溶接継手を用いた3シリーズの疲労試験を実施した。試験結果について等価応力による検討を行い、以下の結論を得た。

1. 残留応力と降伏条件を考慮した最大応力を用いる等価応力による疲労き裂発生寿命の評価法（修正MIL-HDBK-5法）は、構造的な応力集中がある角回し溶接継手についても有効である。
2. しかし、上記寿命推定に構造的応力集中のない横すみ肉溶接継手の疲労試験結果に基づく定数を用いた場合、平均応力が引張の場合には実験により得られたき裂発生寿命は推定値より短寿命側に、圧縮の場合には長寿命側に分布した。この差違は、5%ドロップ法によるき裂検出（き裂深さ1mm程度）までのき裂進展寿命の差に起因すると考えられる。
また、荷重履歴の影響については以下の結論を得た。
3. 最大応力170MPaと最小応力-170MPaの2種類の荷重ブロックを交互に負荷した場合には、き裂発生寿命と破断寿命は共に平均寿命が引張のそれらのほぼ2倍となった。このことは積み荷履歴による平均応力が正負、大きく変動する場合には、平均応力が圧縮となる積み荷状態での疲労損傷が非常に小さく、無視できることを示唆する。
4. 疲労き裂発生寿命に関しては、この荷重履歴効果はき裂発生箇所である溶接止端部の残留応力の変化で説明できる。すなわち、平均応力が引張の荷重ブロックで溶接残留応力が緩和され、それに続く圧縮の荷重ブロックでは止端部の最大応力が低下したため、累積損傷の増加が少なくなった。

<装備部>

リモートセンシングの開発研究

Development of remote sensing of oil slick surveillance

山岸 進

平成12年7月

海上防災 2000年7月号

ナホトカ号事故以降の我が国の油流出事故に対応した研究の一環として、当所で開発している蛍光ライダーによる汚染監視技術と現状を紹介したものである。

従来、油汚染の探査には、可視、赤外、マイクロ波など試みられてきたが、条件の厳しい防除現場に活用されるには、未だ克服しなければならない課題が非常に多い。油漂流位置の計算予測も試みられているが、防除現場に精度の高い予測情報を提供するには、さらに改善が必要とされている。漂流油の位置を実時間情報として提供できれば、予測精度も大幅に向上させることができるであろう。

開発中の蛍光ライダーは、現場向きのコンパクトな装置である。紫外線レーザー照射で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測定するものである。最新技術を取り入れて、ライダーとしては約43kgと極めて軽量であり、小型(10mj/pulse)のYAGレーザーの3倍波(355nm)を用いて、昼間有効観測距離は約350mと推定される。

成分識別には、レーザー誘起蛍光を用いた。物質特有の蛍光特性である、スペクトルと減衰の特徴を利用して、フィルターとゲート時間操作により、油種やさらに詳細な成分識別を行う。また、油膜厚さ計測に必要な媒体の消散係数を、光路上の光強度分布画像から測定する実用的な方法も提案した。

製作したプロトタイプを航空機と船舶に搭載し、基本的な機能が有効に動作することを実証した。ビーチクラフト機を用いた飛行実験(高度1000ft、150knots)では、風景の写る広角画像の中でレーザー照射スポットを実時間で追跡できた。また、このシステムは観測位置をGPSを用いて地図上に示す機能をもっており、広域観測に有効であることを示した。

<システム技術部>

船舶信頼性データベースによる
船用電気電子機器の故障解析Failure Analysis of Marine Electric and Electronic
Equipment by Ship Reliability Database System in Japan

桐谷伸夫、橋本 武

平成12年11月

第4回国際船舶電工技術学術会議講演集

近年のコンピュータ技術を初めとする電気電子技術の飛躍的な進歩に呼応して、船舶搭載機器の電気電子化もまた大きく進展し、更に加速的に進められようとしている。このような変革は、船舶の自動化や少人数化などによる効率性や安全性の向上に寄与するものとなっているが、前提となるものは搭載機器の高信頼性であることは言うまでもない。現状の運航体制において、機械系機器に対する保全作業能力には高いものがあるが、電気電子系機器の故障や機能不良への対処能力は決して充分ではなく、一度故障が発生すると大きな修復作業工数が投入されている現実が存在している。そこで船舶搭載の電気電子系機器に注目して、信頼性情報データベース (SRIC Database System) が持つ信頼性データを利用した故障解析と信頼性評価を実施した。SRICは、「船舶信頼性調査委員会」(1981~1992年)によって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のひとつとして構築されたデータベースであり、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約11万4700件を集積したものである。

最新のSRICデータの統計解析結果(1981~1999年)によれば、全機器故障に対する電気電子系機器故障の割合は約28 [%]の多数であり、発生割合はほぼ一定の傾向を持っていることが明らかとなった。特徴的な発生傾向としては、電気系機器故障から電子系機器故障への移行が見られ、特に遠隔操縦装置やコンピュータなどの故障が近年において顕著なものとなっている。また多変量解析の結果、故障の質と量そして運航への影響に依存する3つの因子により評価することができると明らかとなった。全期間統計によって求められた電気電子系機器故障の平均故障率は 2.117 [Case/1000Hr.] であり、平均故障修復処置工数は2.6 [Man*Hr.] である。

<LCA研究グループ>

Life Cycle Inventory Analysis on FRP Fishing Boat

FRP漁船のインベントリ分析について

櫻井昭男、亀山道弘、木原 洸、久津見都

平成12年11月

Proceedings of the 4th International Conference on
Eco Balance

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えていくためには、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船の製造及び運航における環境負荷の概略を把握するために、過去に製造されたFRP漁船及びその運航の実績値に基づいて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。

FRP漁船のライフサイクルにはFRP資材、主機関の部品及び電力、燃料等のエネルギーの生産に加え、FRP漁船の製造、使用及び解体並びにリサイクル等のステージが含まれる。しかし、本解析では漁船の製造及び運航を解析の対象とした。

その結果、FRP漁船の製造に関するCO₂排出量は57.3 (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31 (%)、電力の生産が23 (%)、ガラス繊維の生産が18 (%)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4,840 (ton)であった。その内訳は、主機関の運転に係わるCO₂の排出が全体の約92 (%)を占め、重油製造のCO₂排出量の8.4 (%)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。

したがって、ライフサイクル全体でのCO₂排出量、約4,900 (ton)の98.8 (%)が運航ステージから排出されることがわかった。