

## 所 外 発 表 論 文 等 概 要

### 純チタン鍛造材の引張および疲労強度に及ぼす 鍛錬成形比および結晶粒径の影響

Effect of Forging Ratio and Grain Size on  
Tensile and Fatigue Strength of Pure  
Titanium Forgings

小林佑規、田中義照、松岡一祥、木下和宏、  
宮本淳之、村田秀則

平成17年1月

材料、Vol.54 No.1, 2005

純チタン製の舵は、高速アルミ船などに多く使用されている。このチタン製舵は、舵板と舵軸が一体成型の鍛造製品であるが、舵軸と舵板の取り付け部で疲労破壊を起こすことが多い。疲労破壊の起点は加工傷であるが、起点付近は粒径のばらつきが大きく、巨大な結晶粒径の存在が認められた。舵板と舵軸を一体で熱間鍛造する場合、両者の接合個所の施工が困難であり、熱履歴を加えるものの塑性加工が行われにくく、デットメタルゾーンを生じやすい。起点付近に見られる結晶粒径の粗大化は、この熱履歴に起因するものと考えられている。これらの点を明らかにするため、純チタン鍛造品の鍛錬成形比と結晶粒径が引張強度および疲労強度、特にき裂発生寿命に及ぼす影響について検討した。

供試材の鍛造製品は、鍛錬成形比が2(FR2)および4(FR4)であり、結晶粒径が25~200 $\mu\text{m}$ である。概して、鍛錬成形比の相違は、静的引張では強度に差が生じなかったが、疲労では寿命に差が生じた。主な結果は、以下の通りである。

#### (1)引張強度

弾性係数は、鍛錬成形比および結晶粒径が変わってもほとんど変わらない。比例限界、0.2%耐力、最大引張応力、破断応力、降伏比は、結晶粒径が小さくなるに従い大きくなるが、伸びは低下する。0.2%耐力にはHall-Petchの関係が成立する。

#### (2)疲労強度

公称応力範囲と破断寿命のS-N線図では、疲労強度は結晶粒径の微細化に伴って向上する。負荷応力範囲を0.2%耐力で正規化したS-N線図は、鍛錬成形比FR4とFR2が結晶粒径に依存しない2本のS-N線図で表すことができる。疲労強度は、FR4がFR2より優れている。

疲労き裂は、粗大結晶粒の粒界に発生する。FR2の疲労強度がFR4より低下するのは、粗大結晶粒の散在による材質の不均一性による。

### 世界初 FRP劣化診断装置の開発

The first in the world: Development of  
deterioration diagnosis device for FRP

松岡一祥、勝又健一

平成16年12月

検査技術

本報は、超音波によりFRP内部の層間剥離を検出する装置の開発経緯、作動原理、FRP船舶への適用と他分野への応用について解説したものである。

開発の背景として、FRP廃船のリサイクル・リユース技術の開発研究を紹介し、FRP船のリユースには、パーツ化とパーツの再利用が必要であり、中古部品を再利用するためには、厳しい品質管理が求められるとし、本装置の開発動機を説明した。

装置の概要と特徴については、まず、FRP中の超音波の散乱挙動について述べ、減衰を考慮することの重要性、ばらつきを考慮した評価値の設定の必要性について説明している。さらに、実証用の1号機及び製品化に踏み込んだ2号機を紹介した。

また、船舶への適用例として、老齢船及び事故船の計測結果を示した。

船齢20年以上の老齢船の計測では、剥離検出の割合を示した。船首付近から船体中央付近(船首から2m及び4~6m)の剥離が顕著で、このままでは使用できない状態であることを示した。

事故船としては、損傷したバルバスバウを取り上げ、損傷範囲の把握に本装置が有効であるとした。

他分野への利用の可能性として、FRP製の水あるいは薬品タンクの中には、20年を超えて使用しているものもあり、これらの検査についての問い合わせも多数来ている。

平成17年度を目処に商品化を進めている。



開発装置(右側:1号機、左側:携帯用に試作)

# Development of LCA software for ships and LCI analysis based on actual shipbuilding and operation

船舶の建造と運航の実績値に基づくインベントリ

分析と船舶用 LCA 解析ソフトウェアの開発

亀山道弘、平岡克英、櫻井昭男、

成瀬健、田内宏明

平成 16 年 10 月

Proceedings of the 6th International Conference on  
EcoBalance

地球温暖化、酸性雨、資源枯渇など、環境問題は21世紀における最大の課題の1つと考えられる。この課題に対処するため製品やサービスの環境影響を原料の採取から始まり、製造、使用そして最終的な廃棄までの生涯にわたって環境負荷を算出して評価する手法(ライフサイクルアセスメント、LCA)がISO14000シリーズとして整備されつつある。また、日本では経済産業省を中心として日本版LCAデータベースが構築され、本年度から本格的な運用が行われる等、製品やサービスに関するLCAの適用を深める状況にある。

船舶は数万に及ぶ部品を用いて多種多様な加工や組立て作業により建造されること、また、貨物の種類や船の大きさ等により運航形態が様々であること等から、船舶のライフサイクル全般で本格的に環境負荷を定量的に評価する手法が確立されていない。

著者らは船舶のLCA解析の適用指針を作成し、船舶専用のLCA解析ソフトとして具体化するため、造船所の建造工程と各種船舶の運航記録の詳細な調査を行った。建造工程では撤積貨物船を対象とし、造船所内の素材加工、運搬、海上試運転等の直接的作業に加え、コンプレッサーの稼働等の間接部門や造船所への資材調達についての調査も行った。また、運航実績の調査では、タンカー、LGN船、コンテナ船及び自動車運搬船等、5種類8隻分の運航記録の調査を行い主機関、ディーゼル発電機及びボイラーの平均的な負荷率等の航行条件を作成した。これら実船の実績調査の結果に基づき、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>等船舶特有の環境負荷物質についてLCI分析を行い、船舶建造又は単位輸送量当たりの環境負荷量を得た。また、日本版の被害算定手法LIME2004を適用してインパクト評価(LCIA分析)を行い、船舶の建造と運航で考慮すべき環境負荷項目を明らかにしている。

また、著者らは船舶の環境負荷を定量的に評価するための船舶用LCA解析ソフトを開発した。本ソフトは、LCI分析、LCIA分析及び感度分析等、本格的なLCA解析手法を装備する他、船舶部品に含まれる有害物質の種類と所在等进行分析する機能を有する。更に、実船の建造や運航に関する実績調査の結果に加え、溶接や切断等の素材加工及び船舶機関の運転等、船舶のLCA解析に必要なデータベースを装備している。本論文では、開発した船舶用LCA解析ソフトの概要を報告する。

## 原因不明事故の原因推定法

The method for cause estimation of cause  
unknown accidents

金湖富士夫

平成17年1月

検査技術 2005年1月号

本解説記事は、日本工業出版(株)の依頼を受けて執筆したものである。

IMO(国際海事機関) MSC(海上安全委員会)において、FSA(Formal Safety Assessment) によるバルクキャリアの安全性の審議が継続している。同審議に関連して、2002年の秋に日本によるバルクキャリア安全性の FSA 評価と英国主導で欧州諸国が実施している FSA 評価の2つが真っ向から対峙した。英国は、MSC76 会議の前に提出予定の提案文書の草稿を各国に送付し、その中でLRF(Lloyd's Register Fairplay)のデータを用いてバルクキャリアの原因不明事故はすべてハッチカバー関連事故であり、特に青波の垂直荷重によるハッチカバー損傷が危険であるためハッチカバー強度の強化が必要であると主張してきた。その主な根拠は、ハッチカバー関連事故において、原因が明確に判明している事故の全損事故の頻度と全損事故の中で人命損失数(死者および行方不明者を含む)が多数の事故の発生頻度のグラフの形が、原因不明事故を全てハッチカバー事故とした場合の同様のグラフによく似ているという定性的なものである。しかし、このような原因推定はきわめて感覚的なものであり、データの解釈の仕方で全く異なる主張が生まれ合意形成の障害となる。ここでは、不確実さを扱う確立した手法を応用して関係者の合意を促す方法につき説明している。

本稿は造船関係者以外の読者に向けての解説記事であることを考慮し、まず、バルクキャリアおよびハッチカバーの説明を行い、バルクキャリアにおける比重の大きいばら積みの積み方により大きな曲げモーメントが発生するとともに、厳しい海象への遭遇によりさらに荷重がかかるため船体崩壊およびハッチカバー喪失にいたる重大事故が多いことを説明した。また、結果として短時間での沈没が多く、人命が多数失われ原因不明になる可能性が高いことについて触れた。

次いで例題によりベイズ統計学を応用した原因不明の事象を推定する手法を解説し、それを一般化して原因不明事故の原因推定方法を示した。次に、同手法をバルクキャリアの原因不明事故の原因推定に使用した結果を示し、英国の主張、すなわち原因不明事故をすべてハッチカバー関連事故とする主張が確率的にあり得ないことを説明した。

結論として誰もが納得せざるを得ない手法とデータにより主張の裏づけを行うことの重要性を指摘した。

また、著者紹介の欄で当所の紹介も行った。

## Optimization of Domestic Long Distance Ferryboats and RoRo Ships based on Logistics

国内長距離フェリー・RORO船の需要予測に基づく最適化

勝原光治郎、久保登、大和裕幸、道田亮二  
平成16年12月

ClassNK Technical Bulletin Vol.22 2004

現在、定期船航路の需要予測方法がないことから、この方法を開発するニーズが船社・造船所・金融機関など投資家からあがっている。そこで、わが国の主要な物流がトラック・シャーシ・コンテナなどのユニットロード貨物となって輸送されていることに注目し、主要道路、鉄道および長距離フェリー・RORO航路の全国物流経路のネットワークを作成し、犠牲量モデルによりフェリー・RORO船航路の需要予測手法を開発した。そして、この需要予測手法を用いて、航路の条件(運賃、速度、便数)を与えたときの航路の需要を求め、この需要を賄う容量の船舶を設計し、この船舶を用いた運航の採算性を求める方法を開発した。航路条件をいくつか与え、パラメータをふり、採算性のよい順に並べ最適な航路条件や船舶主要目などを決める最適化の方法を開発した。

需要予測の方法は、トラック・コンテナなどのユニットロードの全国物流ネットワークを主要道路・長距離フェリー・RORO船航路・JR貨物網を使って作成する。発地着地別貨物量は純流動の全国貨物流動調査データを用いる。経路選択モデルとして犠牲量モデルを用いてネットワークのパスに貨物量を貼り付ける。それを集計してその経路の物流量とする。その中で、短距離間の輸送需要はネットワークの精度の点から使用できないが、長距離フェリー・RORO船航路は発地着地間が離れているため使用可能である。運賃の割引の実勢値が不明なので、その曖昧さをパラメータとして現実の輸送量に一致させるように設定し、航路特性として用いた。将来予測をする際はこのパラメータ値を保持して行うこととする。

船隊設定は便数をパラメータにした。船舶主要目の設計は、単胴型の排水量船形として、積載トレーラ数からはじめて車両甲板面積、船腹、船長、深さ、排水量、載貨重量、馬力、軽荷重量、復元性、総トン数、船価などを求める。

運航採算性は、船価、燃料消費量から船費、燃料費などからコストを求め、一方前提の運賃の引き値に輸送トレーラ数掛けて収入を求める。収益または収益率を判断基準にして、多数のパラメータの組合せのケース順番に並べてよいものを選択することができる。

既存航路の検討や新規航路の最適化の計算事例を示した。

## 相変化を伴う過渡二相流(その1:凝縮系過渡現象) Transient Two-Phase Flow with Phase Change (Part 1: Transient Phenomena in Condensation System)

綾威雄、稲坂富士夫、安達雅樹

平成17年3月

ターボ機械 第33巻3号

流体機器の高性能化の進展に伴い、これまで以上に複雑な現象を取り扱う機会が増え、その知識に基づくギリギリの設計が求められるようになってきた。このような複雑現象の一つに、「相変化を伴う過渡二相流」があるが、相変化を伴う熱流体分野の過渡現象は、非常に多岐に亘っており、多くの場合、激しい圧力振動や温度上昇を伴い、機器の性能と安全確保に深く関わっている。また、これらの現象はそれぞれ際だった特徴があり、統一的に説明することが難しい。そこで、本号その1では、凝縮系の現象として、凝縮起因水撃、チャギング・凝縮振動、液中フラッシングについて解説する。

凝縮起因水撃は、1969～87年に米国の軽水炉において多発したことから、そのメカニズムと防止法が研究された。この水撃は、加圧水型炉の蒸気発生器給水系など、層状流が現れやすい水平管で起こるが、ピーク圧力が容易に10 MPaを超えることから、2001年11月7日に起こった浜岡原発(中部電力)のECCS配管破断事故の原因として、凝縮起因水撃の可能性が指摘された。類似の水撃として、鉛直管で生じるWater Cannonと呼ばれる現象があり、最大圧力パルスは、8.7MPaに達する。Water Cannon現象を避けるには、鉛直管に真空リリーフ弁を設けることが有効である。

蒸気をベント管を通して水中で凝縮させると、間欠的な逆流で特徴づけられるチャギングや、蒸気泡の膨張と収縮で特徴づけられる凝縮振動が生じる。この過渡現象は、軽水炉の一次系破断事故(LOCA)時に格納容器で起こり得ることから、多くの実験的研究がなされた。これらの振動の圧力振幅は40kPaと小さいが、回りの構造物との共振が懸念されることから、周波数を支配するパラメータが詳しく調べられた。

また、高圧飽和水を低圧のプール水中へ放出すると、飽和水の大部分がフラッシング(気化)するが、フラッシングした蒸気がサブクール水中に凝縮崩壊する。この現象は、受動安全型軽水炉のLOCA時に一次系冷却水がサブプレッション水中へ放出される場合に生じる可能性があることから、実験的研究が行われた。フラッシング振動は、凝縮振動と比較して、卓越振動数がより顕著であるという特徴がある。圧力振幅は凝縮振動と同様に大きくはないが、構造物との共振を避けるため、周波数へのパラメータ影響が調べられた。

次号のその2では、沸騰系の過渡現象として、密度波振動、ガイセリング、バーンアウトと蒸気爆発を取り上げるとともに、数値解析の現状及びその1とその2のまとめについて述べる。

## 電気防食がチタンクラッド鋼の水素吸収に及ぼす影響について

On the Effect of the Cathodic Protection affects Absorption of Hydrogen into Titanium-Clad Steel

高井隆三、植松進、若林徹、小林浩之

平成16年11月

第18回海洋工学シンポジウム

海洋鋼構造物に対する防食工法としては、塗装とアルミ流電陽極を用いた電気防食(以後、電気防食と称す)との併用が一般的であるが、近年東京湾横断道路用橋脚部等の長期耐用型海洋鋼構造物に対しては、腐食環境が厳しい飛沫・干満帯部の腐食対策にチタンクラッド鋼を被覆して用いる長期防食工法を取り入れる場合も見られるようになってきた。

しかしながら、チタンは水素を吸収しやすい金属であり、電気防食と併用して用いられた場合、ある条件下(チタン表面における電極電位が $-705\text{mV}$  vs. SSE 近傍より卑(-)側になった場合)では、電気防食によりチタン表面で発生した水素の一部を吸収してチタンの機械的性質の一つである「伸び」を弱める場合もあることが指摘されている。

この問題を調査するために、実際の現場で行われている電気防食とチタンクラッド鋼とが併用して用いられた状態を模擬した環境を構築し、平成13年度から5年計画で(独)港湾空港技術研究所にある実際の海水を用いた循環水槽において実海域試験を実施している。

現時点では50年、100年の間にチタン部で吸収される水素量等を推測することはできないが、試験開始後3年経過した時点で得られた試験結果から下記に示す幾つかの興味深い事項が明らかになってきた。

- 1) チタン部のカソード電位に関しては、試験開始から約1年経過した時点においてカソード電位が $-705\text{mV}$  vs. SSEより卑な状態で安定してきており、熱力学的には水素を吸収しうる状態になっている。
- 2) チタン内部に蓄積された水素量は、チタンクラッド鋼のチタン部では試験開始前から蓄積量はほとんど変化していない。一方、純チタン部においては年間数ppmずつ蓄積されていく傾向を示している。
- 3) 走査電子顕微鏡(SEM)を用いた観察および分析からチタン表面においてエレクトロコーティングの析出物皮膜の存在が確認された。特に、チタンクラッド鋼のチタン表面では純チタン表面に比べて粗度が高いため、アンカー効果の作用により厚く析出物皮膜が付着している。この皮膜はチタン表面に流れるカソード電流密度を小さくする働きがあるために、チタン表面での水素吸収を阻害する要因の一つとなりうると考えられる。

本文では、試験の概要を紹介すると共にこれらの結果からチタンクラッド鋼と電気防食とを併用した場合に指摘されていたチタン部での水素吸収による水素脆化の問題に対して、両者を併用して用いることで電気防食特有の効果であるエレクトロコーティングの作用によりチタン表面に皮膜を形成してこれがチタン表面での水素吸収を抑制する有利な効果を示す要因の一つとなりうることが明らかになってきた。これらの検討事項についても併せて報告している。

## フェールセーフとしての衝突座礁回避システムに関する研究

Research on a collision and grounding avoidance support system as a fail safe system for human

operator

福戸淳司

平成16年11月

ITを活用した船舶の運行支援のための技術開発

成果報告会 配布資料

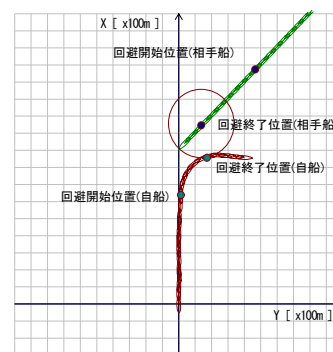
平成12年度に運輸技術審議会から出された答申第26号では、航行の安全性の向上と効率化を目指して、海上交通へのIT技術の応用が技術的展開分野として示された。一方、海難事故は、今日にいたるまで努力が継続して行われているにもかかわらず思うように減少しておらず、有効な予防対策が求められている。こうした海難発生時の運航状況では1名当直の割合が多く、少人数船に対する適切な支援対策が必要である。

そこで、当所では、情報通信(IT)技術を利用して、少人数での操船に対応した衝突座礁回避システムの開発を平成12年度より国土交通省の研究プロジェクト「ITを活用した次世代海上交通システムの技術開発」の一環として実施した。

衝突等の海難事故のほとんどは、接近船の初認の遅れと接近船の動向の判断誤りに起因すると言われており、こうした事故を無くすためには当直者に接近船の存在やその動向の変化とそれによって引き起こされる危険を的確に知らせ、危険回避の判断を支援する必要がある。また、特に1名での操船の場合、的確な警報を与えたとしても、誤りや居眠り、身体の異常等で適切な回避行動ができない場合があり得る。こうした非常時には、危険を自動的に回避する必要最小限の機能が求められる。さらに、航行上の障害物の検出も当直者の目視による見張りを妨げないように自動化することが望ましい。

そこで、本研究は、(1)他船情報の自動収集・処理システム、(2)衝突・座礁回避判断支援システム、(3)自動危険回避システムの3要素で構成される衝突座礁回避システムを開発することとした。

本報告では、5年間の研究成果である、上記3システムの紹介とその有効性を示した。



自動危険回避システムの実験結果

# Active Instability Control of Thermoacoustic Oscillation in Premixed Gas Turbine Combustors

予混合ガスタービン燃焼器内の熱音響的振動に  
対する能動的な不安定性の制御  
佐藤博之、井亀優、春海一佳、岸武行、平岡克英、岡秀  
行、林光一、小川哲  
平成16年11月

Proceeding of Fourth International Symposium on  
Advanced Fluid Information and Transdisciplinary  
Fluid Integration

希薄予混合燃焼方式はガスタービン用燃焼器において、低 $\text{NO}_x$ 排出等の環境負荷低減と高熱効率を同時に達成可能な燃焼方式であるが、不安定燃焼を起こしやすく、運転範囲に限られるという問題がある。本研究では、この不安定燃焼の中でも振動燃焼や燃焼騒音、すなわち、熱音響的振動に対して、能動的に制御することを試みた。その制御手法として、熱音響的手法、および、流体力学的手法の二種類のアプローチを試みた。前者の手法は、二次火炎を生じさせ、その燃料流量を変動させることにより、二次火炎に大音量スピーカと同様の効果を果たさせた。また、燃焼騒音の圧力振幅に対して逆位相となる制御音を発生させることで、熱音響的干渉により燃焼騒音を減衰することを試みた。後者の手法は、酸化剤である空気、もしくは燃料を、主火炎の近傍で二次的に噴射し、主火炎に対し流体力学的干渉を生じさせることにより圧力振動を抑えることを試みた。

二次火炎を用いた制御音による方法では、制御パラメータを適切に設定することで、音響的干渉により約10dBの燃焼騒音の低減効果が得られた。空気もしくは燃料の二次噴射を用いた流体力学的干渉による方法では、空気を噴射した場合において、圧力振動の低減と同時に、 $\text{NO}_x$ 排出量も低減された。特に $\text{NO}_x$ 排出特性については、主火炎用予混合気を用いる空気量を減らし、減らした分を二次噴射に用いた方が有利であることがわかった。その理由として、急速に主火炎と混合されることにより、主火炎の温度が低下するため、 $\text{NO}_x$ 排出が低減すると考えられる

# 反応性プラズマ溶射法による $\text{SrTiO}_3$ 皮膜創製とその特性評価

Synthesis of  $\text{SrTiO}_3$  coatings from  $\text{SrCO}_3$  and  $\text{TiO}_2$  through reactive thermal plasma  
植松進、石崎祥希、大森明  
平成16年12月  
高温学会誌 第30巻 第6号

従来プラズマ溶射法は、プラズマの高温を利用してプラズマ中に投入したセラミックスなどの高融点材料を瞬時に熔融し、熔融粒子を基板に衝突させることにより皮膜を形成させる技術として広く用いられてきたが、プラズマの持つ化学的に高活性な雰囲気を利用した高機能材料を短時間に創製することを目指した研究はまだ十分に行われていない。そこで本研究では、材料粒子がプラズマフレーム中を飛翔している短時間のうちに反応を完了させる必要から、できる限り均一に混合した超微細粒子の複合粉をスプレー造粒法により作製し、これを溶射に適した粒径に分級した後、溶射材料として用いている。この反応性プラズマ溶射により創製した皮膜は、チタン酸ストロンチウム(以下: $\text{SrTiO}_3$ )膜である。 $\text{SrTiO}_3$ は代表的なペロブスカイト型化合物であるチタン酸バリウム( $\text{BaTiO}_3$ )と共に種々の電子材料に広く用いられているが、高誘電体である $\text{BaTiO}_3$ と比較して誘電損失が少なく、また使用温度、周波数の影響が少ない点から実際のアプリケーションを考えた場合有利であると考えられる。さらに、本来ペロブスカイト型化合物は絶縁体であるが、還元雰囲気下での加熱や、原子価が異なる希土類元素を微量添加するなどの処理を行うと、化合物の原子価が制御されて半導体特性を有するようになると報告されている。本報告でも反応生成した皮膜の電気特性の検討も併せて行っている。

今回、これまで滞留時間が短すぎて非常に難しかったプラズマジェット中での反応がサブミクロンサイズの超微細原料粉を適切な方法で造粒することにより、プラズマ中で完全に反応生成物が生じており、高活性状態での皮膜創製ができる可能性を示した。溶射皮膜の電気的特性を比較した結果、抵抗率測定より、希土類酸化物である $\text{La}_2\text{O}_3$ の添加によって原子価制御による不純物欠陥が生じるため、すべての溶射条件においてLa入りの $\text{SrTiO}_3$ 皮膜の抵抗率は無添加の皮膜と比較して1/10に低下し、比誘電率は2倍に増大した。



# 実用型スーパーキャビテーション・プロペラの研究 A Study of Practical Supercavitating Propeller

姫井弘平、山崎正三郎、山崎幹夫、工藤達郎

平成16年11月

日本造船学会論文集第196号

従来主流となっているSSPA(スウェーデン)で開発された設計法と、近年当所に於いて進められている理論的研究による設計法を用いてスーパーキャビテーション・プロペラ(以下、SCP)を試設計し、両設計法による幾何形状の主要な違いを確認するとともに、広範囲の設計条件でも理論設計を行い、理論設計法で得られる幾何形状の類似性を確認した。

これらの結果から実用型SCP標準形状を導いた。そして理論設計法によるSCPと実用型SCPの模型を製作し、キャビテーション水槽でプロペラ単独性能の比較試験を実施した。その結果、実用型SCPは理論設計法によるSCPより設計点においてプロペラ効率がアップしていることが確認された。

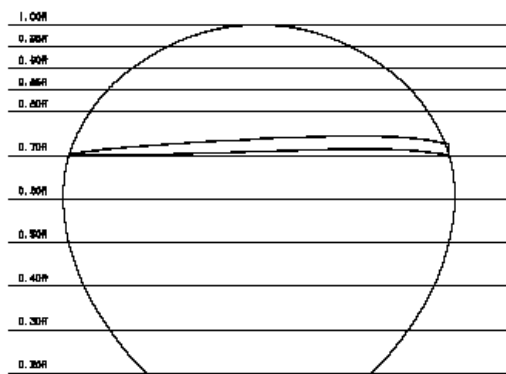


図 実用型 SCP の翼輪郭と 0.7R 断面

# 浮体式洋上風力発電による代替燃料創成に関する研究(その2. 油圧駆動式風力発電装置の検討)

A Basic Study of Floating Wind Power System for Purpose of Alternative Fuel Production  
(No2. Development of the hydraulically-operated wind-turbine)

飛永育男、山田義則、大川豊、矢後清和

平成16年11月

風力エネルギー協会 第26回風力エネルギー利用  
シンポジウム

化石燃料による環境問題の顕在化や資源の有限性が叫ばれる中、風力発電など再生可能エネルギーへの期待が高まっている。本研究は、自然エネルギーの中でも将来大規模な展開が予想される沖合風力発電に着目し、大水深に適用可能な浮体式風力発電の可能性を探るものである。

現在の風力発電は、電力の蓄積が出来ないことから既存の送電設備への系統連結が不可避である。ここでは、得られた電力を使い、海水を電気分解して水素を生成し、さらに陸上の火力発電所から回収されたCO<sub>2</sub>と反応させることでメタンに改質するシステムを考える。必要なプラント設備は浮体の特色である内部空間の広さを利用して、浮体内部に収納される。メタンは、現在広く使われている天然ガスの主成分であるので、既存インフラと連携しやすく、生成された既存の天然ガス供給施設に運搬された後に、これを利用して各方面に供給されるというコンセプトである。

浮体上に設置される風力発電装置は、5MWクラスを考えているが、現在の陸上仕様機では発電機が搭載されるナセルと呼ばれるタワー上部分とブレードの重量の合計は350 tonにもなり、タワーを含めると550tonと試算されている。高い位置にこれほどの重量物を設置することは安定性を悪化させるため、浮体も重厚なものとなり、コスト面からも好ましいことではない。よって、本研究では、重量軽減策の1つとして油圧装置を用いて風車動力を浮体基部に導き、発電機等の重量物は浮体内部の定位置に設置するシステムの可能性を検証することとした。その結果、ナセル部重量を約22%低減させることに成功した。

但し、油圧に特有の管路ロスなどにより、今回の試設計の段階では、効率は既存風車の約81%に落ちることがわかった。

今後、より軽量で高効率とされる2翼式高速型等の採用により、さらなる重量低減と効率向上の可能性が残されており、重量低減による浮体への影響と効率を比較しながら、最も経済性のあるシステムについて研究を続ける予定である。

## 浮体式風力発電のための基盤浮体の開発

## A Development of Base Structure for the Floating Wind Farm

矢後清和、大川豊、太田真、中條俊樹、西村洋佑  
平成16年11月

日本造船学会講演会論文集 第4号

地球温暖化などの環境問題に対応するため、化石燃料依存から抜け出し、環境負荷の少ない新たなエネルギー資源の開発が望まれている。将来の導入拡大が期待されている、太陽光発電、風力発電等々の自然エネルギーは、一般的にエネルギー密度が低く、大規模利用には広大な範囲への展開が不可欠となる。そのため広大な海洋を利用する機運が世界的に高まっている。風力発電は自然エネルギーの中でも比較的CO<sub>2</sub>排出量が少ないとされ、欧州を中心に急速な導入が進められている。欧州沿岸は広大な遠浅海域を有するため、既に大規模な洋上ウインドファームも開発されている。我が国では、このような遠浅海域は少なく、急激に水深が深くなる海域が多いため、浮体式風力発電の採用が有望視されている。

本研究では、Box ガーダと呼ばれる箱形柱状梁を格子型に組んだ大型浮体上に 2~3 基の大型風力発電装置を搭載した浮体式風力発電ユニットを研究対象に選び、その技術的成立性について検証した。

この浮体構造は形状がシンプルであるため施工性が良く、ガーダの配置を換えることにより最適な動揺特性を得ることが可能と考えられる。しかし、長さ/浮体厚比が大きいため相対的に剛性が低くなり、波浪を受けると弾性変形を起こし易くなる。よって、沖合での過酷な海象下での強度成立性については十分な検証が必要であると考えられる。初期設計モデルは3基の風車を搭載した長さ 367m のものであった。検証の結果、このモデルは沖合波浪条件として想定した有義波高 12.5m では応力が過大となり成立しないことがわかった。そのため、波周期との同調を回避する目的で浮体長を約 1/2 の 187m にして、風車2基搭載型の基盤浮体を考え強度解析を行った。その結果、最大応力レベルは初期モデルの半分以下に低減し、沖合の暴風を想定した海象下でも強度的安全が保たれることが確認された。

また、暴風時の風が作用する条件下では、風車高さが高いため、基部の転倒モーメントはかなりの大きさになり、これに耐えうる復原性能を有する必要がある。復原安定性を確保するには浮体幅を大きく取れば良いが、計算の結果、浮体幅 60m 以上であれば、傾斜角が 1°~2°程度の範囲に収まり、十分な安定性が得られることもわかった。

## 操縦運動における船体とプロペラ及び舵の干渉計算（第2報）

## Prediction of interaction among hull, propeller and rudder in manoeuvring motion (2nd report)

宮崎英樹、二村正、上野道雄

平成16年11月

日本造船学会講演会論文集第4号

IMOにおける操縦性基準の発効に伴い、基本設計の段階で操縦性基準を満足しているか判定することが必要となった。数値シミュレーションにより船舶の操縦性能を推定するためには、船体とプロペラ及び舵の各々に働く操縦流体力とそれらの相互干渉現象を精度良く推定することが重要である。著書らはこれらの干渉現象を数値流体力学(CFD)により推定することが有効な手段であることを示した。

本研究の目標は操縦運動推定法の一つであるMMGモデルを使用する際に必要となる操縦微係数を数値計算により求めることであり、上記係数を求める一つの方法としては定常旋回状態における船体とプロペラ及び舵間の干渉計算を行うことが考えられる。本講演では第2報として斜航状態における干渉計算を中心に、計算結果と海上技術安全研究所で実施した実験結果との比較・検討を行い、本計算コードの有効性について検討を行った。

本講演では斜航角と舵角を変更した4状態について検討を行っており、船体全体に働く横力については実用的な精度で推定されているが、舵直圧力については斜航角が大きくなると推定精度があまり良くない。これはプロペラの回転流への斜航影響に起因するものと考えられる。しかし、斜航状態における舵直圧力は、船体全体に働く横力と比べ1桁小さな値であり、しかも供試模型はタンカー船型のため船体の伴流は複雑な流場となることを考慮すると実用的な推定がされていると言える。

本計算コードの斜航状態における船体とプロペラ及び舵の干渉計算への有効性は確認できた。今後はプロペラ体積力分布の見直し及び斜航などの操縦運動時の取り扱いについて検討し、推定精度の向上を図りたい。

# Analysis of Dynamic Behavior of Riser based on coupled Fluid-structural system

流体-構造連成システムに基づいたライザーの動的挙動解析

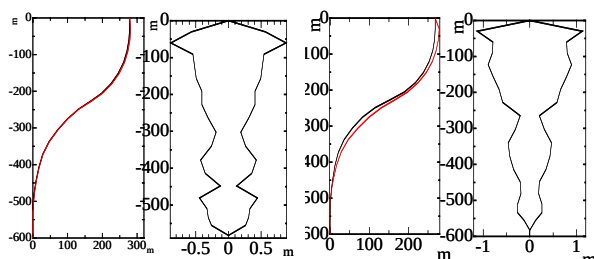
伊藤和彰、田村兼吉、増田光一、近藤典夫、  
前田久明、林昌奎

平成16年11月

Techno Ocean Conference Proceedings 2004

ライザーは主に海洋石油掘削・生産、海洋温度差発電、マンガン団塊採鉱、二酸化炭素の液体化海洋投棄、マンツルの採取といった用途に用いられる。本研究では主に石油生産用ライザーを対象とし、様々な設置形態を持つライザーの挙動解析を行った。ライザーは厳しい海象条件の中で稼働するため、破断・破損が問題となり、ライザーに作用する荷重や応力を適切に評価する必要がある。ライザーの構造的特徴は断面の諸寸法に比べて長さがはるかに大きい一次元的な構造体であることである。このため軸方向の変形は小さく曲げ変形が相対的に大きくなり、幾何学的非線形性が現れ、非線形流体力と相まって、その挙動は複雑なものとなる。

ライザーに作用する外力として特に問題となるものはライザー周りで生じる非定常な渦放出である。この振動はVortex-Induced Vibration(以下VIV)と呼ばれ、VIVによる変位応答は高周波数成分を含むため、ライザーの疲労破壊の原因を促進させる要因となるとされている。VIVによる挙動解析には流体系と構造系との相互作用を考慮した連成解析が必要となる。そこで本論では、ライザーの挙動解析に移動境界を含む流体力解析を連成させ、相互に計算結果を受け渡し、構造系の挙動と流体系の運動を交互に計算することで、非定常な干渉結果を表現した。具体的には、有限要素法による流体力解析手法と構造解析手法を連成させたシステムの開発を行った。本手法の解析結果とライザーの挙動実験結果を比較し、有用性を確認し、さらに、本数値解析法は、複雑な初期形状を持つライザーの挙動解析にも用いることが十分可能であることを確認した。



左図：Maximum response of CVAR (0.5m/s)

右図：Maximum response of CVAR (1.0m/s)

# マイクロバブル流れに対する画像処理計測：気泡の変形が乱流場に及ぼす影響

Image measurement to a microbubble flow:

The effect of bubble deformation to a turbulence structure

川島久宜、菱田公一、児玉良明

平成16年11月

第82期 日本機械学会流体工学部門 講演会

タンカーなどの船舶が水から受ける抵抗の多くは摩擦抵抗であるため、燃費、性能向上を得るためにこれを低減することが望まれている。摩擦抵抗低減法として、微小気泡(マイクロバブル)を用いた方法が注目されている。マイクロバブルを用いた低減法は、先導的研究により効果があることが確認されているが、そのメカニズムの詳細や気泡粒径、形状、分布の影響など未だ明らかにされていない。

本研究ではマイクロバブルを用いた摩擦抵抗低減のメカニズム解明を目的として、水平チャンネル内のマイクロバブル流れに対し可視化計測を行い、気泡と気泡周囲の液体との相互関係について調べた。可視化計測には、同一時刻、同一平面における液相、気泡の画像を2台のカメラにそれぞれ撮影する。また散乱光の影響と言った光学的な問題を回避する為、液体の計測にはLIF(レーザー誘起蛍光)法を用い、蛍光粒子に対してPTV法により速度場を求める。一方、気泡は近赤外を背景光としたバックライト法を用いて撮影した。上述した計測法を用いてマイクロバブル流れに対して高時間分解な画像データを取得した。

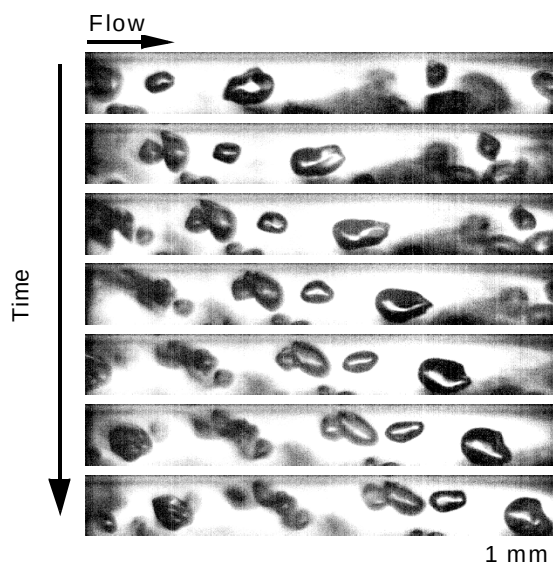


図 マイクロバブル流れの可視化結果  
(気泡の変形の様子)



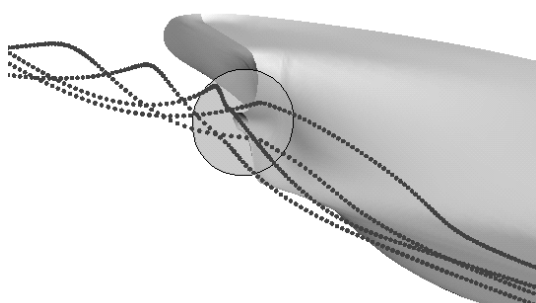
## CFDの船舶流体力学に対する応用 Application of CFD to Ship Hydrodynamics

平田信行

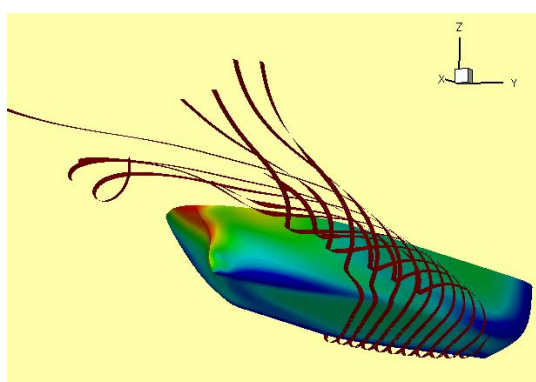
平成17年1月

学会誌「マリンエンジニアリング」40巻1号

近年の計算機の性能向上と CFD(計算流体力学)の飛躍的な進展により、CFD は CFDer(CFD の専門家)の研究対象から、種々の流体機器の設計に必要不可欠な実用的なツールに変わってきた。船型を設計する現場においても、船まわりの流れやその積分量である抵抗、横力などを求めるため、CFD による流体解析を日常的に行うようになってきており、水槽試験結果やデータベースを使うことができない船型に対しても、流体力学的性能の定量的な議論を可能にしている。本解説では、船型の開発や改良に有用な船まわりの様々な流れに対する CFD の現状を、当所が実施している研究成果を中心に紹介した。紹介した例として、CFD を推進性能や操縦性能推定に応用した解析結果を下図に示す。



図：プロペラを通過する流れ



図：斜航するタンカーまわりの流れ

## 超音波を用いた沈船残存油と漏洩油の 計測法の検討

On Examination of the Detection Method of  
Leakage Oil from Sunken Ship and Quantity  
of the Remained Oil Inside Sunken Ship

Using Ultrasonic Wave

星野邦弘、新井田直樹、島田道男、原正一、  
樋富和夫、亀山道弘、山之内博、桐谷伸夫  
堀利文、篠野雅彦、疋田賢次郎、武居昌宏

平成17年1月

日本造船学会 第18回海洋工学シンポジウム

沈船は内部に貨物油や燃料油等を積載したまま沈没しているものも多い。これらの沈船は長い年月によって老朽化したものも多く、船体から徐々に油が漏れ出たり、突発的に大量の油が噴き出たりして海面上に拡がり深刻な海洋汚染源となる事故が近年になって見られるようになった。沈船からの油流出の問題では、まず沈船内の残存油の有無とその場所および残存油量を確認する必要がある。また、内部に油の存在する沈船については引き続き油の漏洩監視が必要となる。本論文では、沈船からの油漏れの監視技術として音響ホログラフィの原理を使ったリアルタイム音響映像装置を、沈船内部残存油の状況の確認については超音波探触子を用いたパルスエコー法による計測法を用いて模型実験による基礎的検討を行った。その結果、沈船残存油と漏洩油の計測法として超音波的計測手法の実用化への可能性を示した。

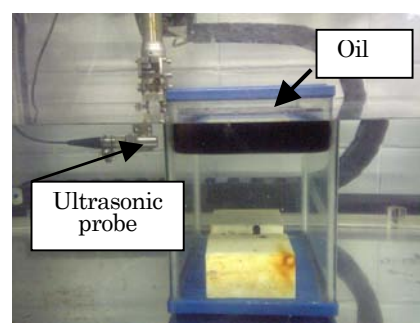


写真 超音波パルスエコー実験装置

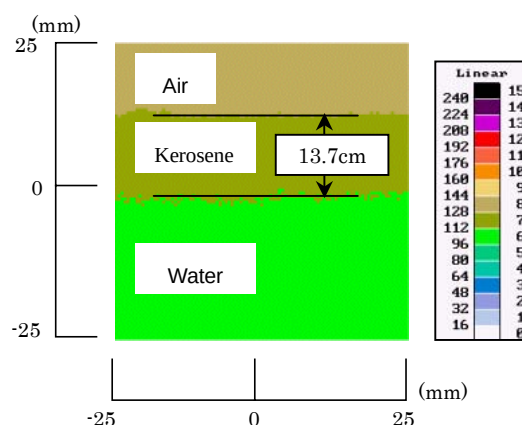


図 容器内の水、灯油および空気層の検出例

## The Effect of Propulsion System to Ship Manoeuvrability

推進システムの操縦性への影響について

原口富博、樫野純、塚田吉昭

平成16年10月

Proceeding of New S-Tech (The 4th Conference for New Ship and Marine Technology) 2004

最近港湾内での操船が容易なことを理由に、客船を中心にポッド型推進器(以後ポッドと称する)を装備する船舶(以後こうした船舶をポッド船と称する)が増えている。客船の場合複数のポッドを装備するのが普通であるが、貨物船では1基のポッドを装備する場合もある。

ポッド1基の場合保針性が問題となる。このため、著者の一人はプロペラと舵を装備した船(以後在来船と称する)とポッド船の保針性能の違いを検討し、ほぼ同じ不安定ループ幅でIMOの操縦性能基準の保針性能基準値を満足することを示した。しかし、この例では船長や船型が異なることから、推進器の違いによる操縦性能の違いが必ずしも明解に示せなかった。そこで本論文では、ポッド模型船による操縦性試験結果と、その模型船と同じ船体にプロペラと舵を装備した在来船の操縦性能をシミュレーションにより推定した結果を比較した。

このため今回ポッド船と在来船として比較した両船は、船体形状およびプロペラの特性は全く同じである。また保針性能については、ポッドを支えるストラット面積や舵面積等が影響するため、その性能ができるだけ等しくなるように、在来船ではスパイラル特性の不安定ループ幅がポッド船と同じになるようにした。

この両船の結果から、ポッド角(在来船の舵角に相当する)が $35^\circ$ のように大きな時にポッド船の旋回性能が優れていること、この時ポッドがポッド船の船体に誘起する横方向の力および重心周りの旋回モーメントが、在来船の船体に舵が誘起する同種の流体力より大きくなることを示した。ポッド船の場合、ポッドの推力が在来船の舵力に比べて大きくなることにより、在来船に比べて優れた旋回性能を実現していることがわかる。

また、 $10^\circ/10^\circ$  および  $20^\circ/20^\circ$  Z操縦試験結果では、ポッド船のファーストオーバーシュート角が在来船のものより小さいが、これは、ポッド船のポッドを旋回させる角速度が在来船の舵の旋回角速度の2倍となっていることに起因することを示している。

結局ポッド船と在来船では、スパイラル特性のループ幅が同じで、ポッドと舵が同じ旋回角速度の場合、旋回性能にその違いが現れることが解った。また、スパイラル特性のループ幅へのポッド及び舵の影響についても、流体力の作用する有効面積等との関係を考察している。

## 操船支援システムの操船者への有効性

Effectiveness of Navigation Support Systems for Mariners

岡崎忠胤、劉嶋、福戸淳司、田中邦彦、樫野純

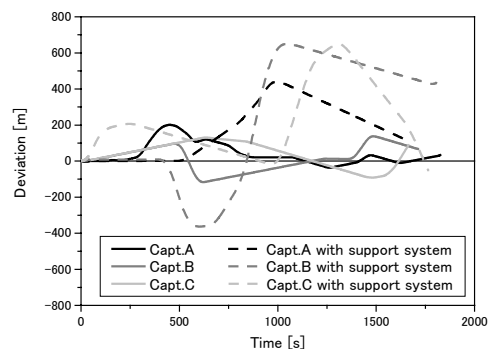
平成16年12月

平成16年度人間工学会関西支部大会予稿集

2003年7月1日、国際航海に従事する旅客船に船舶自動識別装置(AIS)の搭載が義務づけられ、その搭載義務は段階的に拡大される。AISは、レーダより正確に他船の動向を把握できるという特徴があり、現在、AIS情報の航海機器への応用研究が盛んに行われている。その中で、当所では、AISからの情報を利用した避航操船支援システムの研究開発を実施した。輻輳海域における船舶の見落としや発見の遅れは、事故へ直結する可能性が高く、AIS情報を利用した避航操船支援システムのニーズは高いと考えられる。しかし、避航操船支援システムにより作成される避航航路が、操船者が通常行う避航操船方法から大きく乖離したものであれば、逆に操船者への負担が増加する可能性もある。

そこで、本研究では、船長経験者を対象に、輻輳海域の環境を模擬した航行シミュレータでシミュレーションを実施し、避航操船支援システムを利用することにより、操船者への精神的負担とその運航パフォーマンスがどのように変化するかについての研究を行った。

実験では、通常の航海機器のみによる操船と避航操船支援システムを併用した操船を実施し、それぞれの場合における被験者の精神的負担と運航パフォーマンスの計測を実施した。実験の結果、避航操船支援システムを利用することによる精神的疲労の変化には、個人差が現れたが、避航操船支援システムを利用することにより精神的疲労が軽減する可能性もあることが確認できた。しかし、運航パフォーマンスについては、下図に示す通り、避航操船支援システムを利用することにより、設定航路からの偏差が増加することが明らかとなり、今後、避航アルゴリズムを改善する余地があることが認識できた。



図：設定航路からの偏差(実線：通常操船、点線：支援システム利用)

# 船型設計における形状処理と格子生成 Geometry Handling and Grid Generation in Ship Hull Form Design

日野孝則

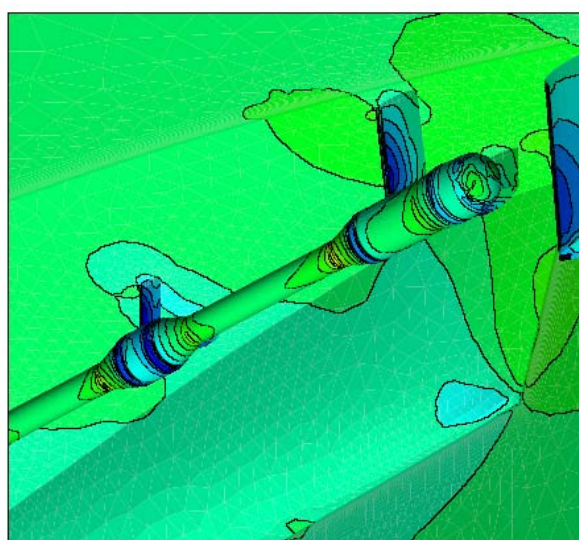
平成16年12月

第18回 数値流体力学シンポジウム論文集

船型設計では航空機や自動車など他のビークル設計と同様に、流体力学的性能の検討が必須である。その意味では他の分野と共通する要素も多いが、一方で、船舶は一隻毎に異なる仕様で受注生産されること、したがって設計期間が短いこと、また実機スケールでの性能計測は事実上不可能であり、モデルテストに頼らざるを得ないこと、自由表面の存在など、船舶設計に固有の要素もある。マリンCFDはこのような船舶流体力学の特徴を取り込んだ形で開発されてきた。

近年、設計とCFDの有機的な結合が求められるようになり、船舶設計における形状処理とCFD用の格子生成の間を埋めるインターフェース技術の重要性が認識されつつある。本論文では、まず船型設計における形状処理を概観し、次に格子生成との連携、特に実用的な設計で現われる複雑形状の扱いにおける問題と展望について述べる。下図は複雑形状を扱った例であり、2軸船のまわりの流れのCFD解析結果を示す。

設計現場において複雑形状まわりのCFD解析をルーチンに行えるようになるためには、形状処理と格子生成がさらに有機的に結合する必要がある。プロダクトモデルを中核としてCADのまわりにCFDや他のCAEツールも取り込んだ、統合的な設計システムを構築することで、いわゆるSimulation Based Designが実現するであろう。



図：複雑形状の例

# Introduction of deep-sea basin of NMRI and feasibility study of mode experiment for deep-sea riser

海上技術安全研究所の深海水槽の紹介及び大水深ライザーのモデル実験による基礎研究

國分健太郎、前田克弥、田村兼吉

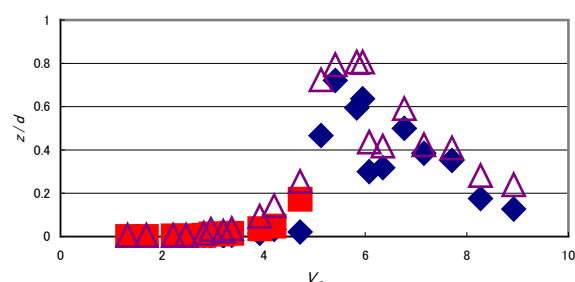
平成16年11月

Proceedings of Sociedade Brasileira de Engenharia Naval (ブラジル造船学会論文講演会)

本論文は、当所の深海水槽の紹介と大水深ライザーについての2種類の模型実験結果について取り扱っている。深海水槽は円形水槽部とピット部から構成されており、円形水槽部の直径は16m、深さ5mであり、ピット部は直径6m、深さ30mである。円形水槽部には、128台のフラップ式吸収造波装置が備えられており、最大波高0.5m、造波周期0.5～4.0秒の造波及び反射波の吸収が可能なシステムとなっている。なお、それぞれの造波板は長さ2.5m、幅0.3mである。また、円形水槽部及びピット部には潮流発生装置が備えられており、それぞれ最大流速0.2m、0.1mの潮流を起こすことが可能である。

大水深用ライザー模型実験は長さ3,500m、直径0.5mのマリンライザーを想定し、1) 深海水槽における全体模型試験、2) 2次元水槽における部分模型試験、の2通りの実験を行った。

深海水槽における全体模型試験は長さ35m、外形5.5mmのライザー模型上端部を上下方向及び前後方向へ強制動揺し、模型全体の挙動の計測を行った。その結果、ライザー模型下端部を固定していないハングオフ状態において、モードカップリングによる励振が起こる可能性があることが明らかとなった。一方、2次元水槽における部分模型試験は長さ0.49m、外径25mmの部分模型を曳航し、曳航速度と渦励振との関係について検討を行った。また、計測した渦励振の振幅から揚力係数を求める新しい方法について、提案している。



部分模型実験結果

(横軸：Reduced Velocity、縦軸：鉛直方向振幅)

◇：the Fourier components of the natural frequency

□：Fourier components of the shedding frequency

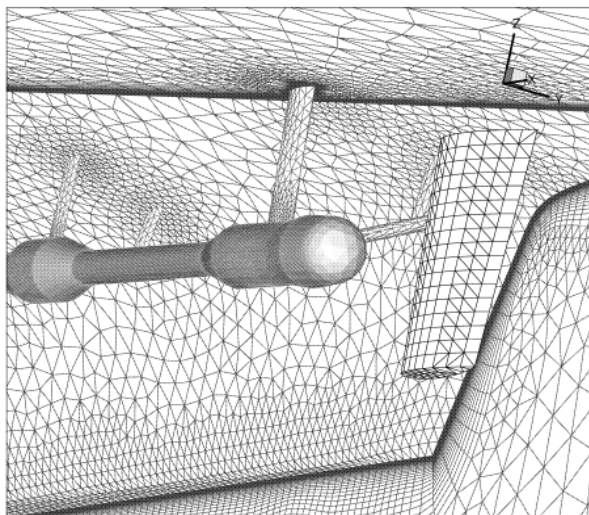
△：maximum amplitude

### 付加物付船体まわりの流場解析 Flow simulations around ship hulls with appendages

小林寛、日野孝則、日夏宗彦、深澤良平  
平成16年12月  
第18回数値流体力学シンポジウム論文集

実際の船型設計においては、船体単独の性能ではなく舵やプロペラなどの付加物が付いた状態での性能推定が必要である。このような複雑形状に対応した数値計算を行うためには、非構造格子を用いた手法が有効である。当所で開発された非構造格子NSソルバーSURFを用いて、異なる2種類の船型について付加物が付いた状態で数値計算を行い、水槽試験の結果との比較を行った。

SURFは擬似圧縮性を導入した非圧縮レイノルズ平均ナビエストークス方程式を、非構造格子における有限体積法を用いて解いている。乱流モデルは修正 Spalart-Allmaras modelを使用した。また、Multigrid により収束加速を行っている。計算は、 $Rn=2.1 \times 10^7$  として自由表面の影響は無視した。付加物および船体船尾部の表面格子を下図に示す。格子数は全体で約170万セルである。計算結果は、船型改良に伴う抵抗低減を再現し、対応する水槽試験結果と良い相関を示した。以上により、本ソルバーを用いた解析が、付加物付き船型設計に有効であることが確認できた。



図： 付加物付き船体の船尾付近における計算格子

### Human-Machine Cooperation for Plant Maintenance Activities and Early Plant Abnormality Detection

人間機械協調によるプラントの保全及び  
異常兆候の早期発見に関する研究  
沼野正義、劉峭、丹羽康之、松岡猛  
平成17年1月

International Journal of Information, Vol.8, Issue1

原子力基盤クロスオーバー研究のソフト系科学技術分野において、原子力プラントの保全情報場技術の確立を目指して「人間共存型プラントのための知能化技術の開発」プロジェクトが実施された。本研究はこのプロジェクトの一環として、プラント保全情報を効果的に提示する技術の確立のため、人間機械協調によるプラントの保全及び異常兆候の早期発見に関する技術開発を行った。

本論文では、プラント保全のための人間機械協調インフラストラクチャを提案した。作業員とエージェント(ロボットやソフトウェアエージェントなどを含む)とのタスク配分は、達成すべきタスクについて人間と機械の能力を比較し、優れた方に当該機能を割り当てる。また、作業員とエージェントが保全計画を共有しながら、各自で自分のタスクを遂行する。作業員とエージェントとの協調作業は作業スケジューラにより管理され、またエージェントの番号、果たすべきタスク、起動条件などは情報センターを通じて共有する。さらにタスク遂行に関する全ての情報を作業記録として蓄積し、必要に応じて配信する。

"Human-out-of-loop"問題を避けるため、人間が全体を監視するためのコントロールセンターの考えを導入した。オーバービュー表示により、各エージェントの位置、作業状況が観察できる。また、各エージェントの詳しい情報は各エージェントビュー情報表示に表示される。さらに、作業スケジューラもコントロールセンターに表示される。

提案したインフラストラクチャを検証するため、デモンストレーションを行った。コントロールセンターを開発し、また二つのソフトウェアエージェントを作成した。一つは異常兆候を発見する巡回点検監視エージェント、もう一つは異常個所を詳細に検査するパーツ検査エージェントである。巡回点検監視エージェントに自動巡回点検機能、連動カーソルによる視点同定機能を実装した。また、パーツ検査エージェントに情報の時空間軸上の移動支援機能、切り出し機能などを実装した。このデモンストレーションにより、人間機械協調による異常兆候の早期発見が確認できた。



# Collapse Mechanism of the Buffer Bow Structure on Axial Crusing

緩衝型船首構造の軸圧潰時の崩壊メカニズム  
について

山田安平、遠藤久芳

平成17年3月

The International Journal of Offshore and Polar E  
ngineering, Vol.15, No.1

当所は、国土交通省の委託を受けて、衝突によるタンカーからの油流出防止を目的とした「緩衝型船首構造」の研究・開発を行っている。

本研究では、船首バルブ構造の基本的軸圧壊メカニズムを明らかにすることを目的として、防撓方式の異なる3種類の大型船首バルブ模型を用いた準静的軸圧潰実験を行った。また、解析検証として、汎用非線形FEM解析ソフト「LS-DYNA」によるシミュレーション解析を行うとともに、著者らが開発した平均反力の簡易推定手法の精度を確認した。その結果、以下の知見が得られた。①今回採用した寸法の緩衝型船首模型は、トランス間に2回の座屈を生じながら、逐次崩壊モードで圧潰した。ほとんどの場合、1つ目の座屈方向は外側で、2つ目の座屈が内側であった。②FEA及び著者らが開発した簡易推定法により、概ね妥当な精度で実験結果を推定できることが確認できた。③十字型桁断面を有する船首モデル(BC-Gモデル)に対するFEMシミュレーション計算の結果、板厚の薄い内部の桁部材の影響は比較的小さく、反力及びエネルギーの約3分の2が板厚の厚い外板によって受け持たれていることが分かった。したがって、外板の反力推定及び圧潰メカニズムの解明が推定精度向上のために重要であることが分かった。

Time = 0.76

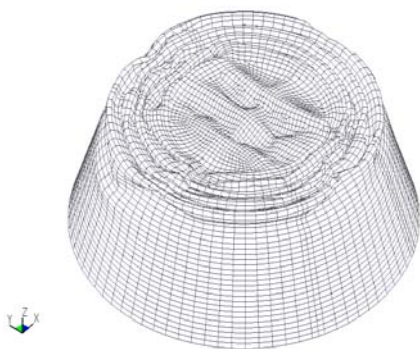


図:FEMシミュレーションによるBC-Gモデルの圧壊状況

# 櫛型メガフロートの波浪中弾性応答及び波漂流力 特性について

Wave induced hydroelastic response character  
istics and wave drift forces of Comb shape M  
ega-Float

加藤俊司、正信聡太郎、井上俊司、福岡哲二、  
太田真、鈴木英之

平成17年1月

第18回海洋工学シンポジウム講演集

羽田空港再拡張事業に対し、日本造船工業会は多摩川にかかる部分を櫛型浮体にし、それ以外を箱型浮体とするいわゆる櫛型・箱型複合メガフロートとして提案した。箱型メガフロートに関しては、模型実験、実証実験を通してその技術は確立されているが、櫛型メガフロートに関してはそれほど認知されていない。そこで、箱型メガフロートで開発されてきた詳細3次元弾性応答計算プログラムの検証を目的に各種ベンチマーク実験を実施した。本報告は、櫛型メガフロートの弾性応答と波漂流力特性について報告している。結果として

- ① 弾性応答に関し計算結果は実験結果に対し安全サイドで評価していること及び水深が浅くなると応答が低減することを確認した。また、今回の実験の範囲内では、系は線形として考えてよく、波高影響等は認められなかった。
- ② 波漂流力に関し、水深が浅くなると定常波漂流力係数は大きくなるが、浅水係数を考慮し、想定されている波周期範囲で平均化するとほぼ水深に依存せずに定常波漂流力係数を整理できることがわかった。また、平均化された波漂流力係数のうちの最大は波入射角0、30°における Surgeの漂流力係数であり、その値はおおよそ1.0である。従って、箱型メガフロートで開発された全反射を仮定する波漂流力推定手法(島田法)は、実験結果に対し安全サイドで評価できることがわかった。

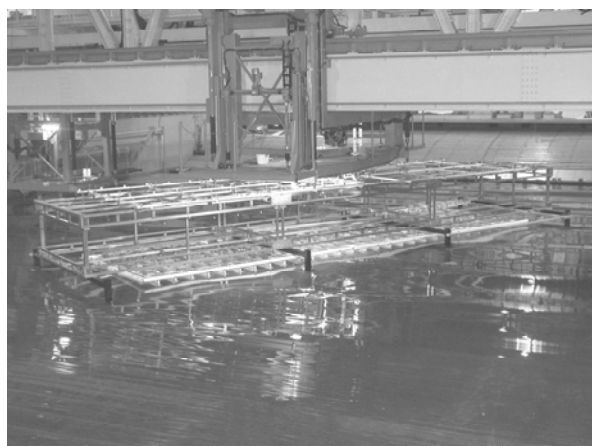


写真 模型実験のセットアップ



## メガフロートに作用する変動波漂流力の推定 Estimation of Slowly Varying Wave Drift Force on Mega-Floats

難波康広、島田潔、加藤俊司

平成17年1月

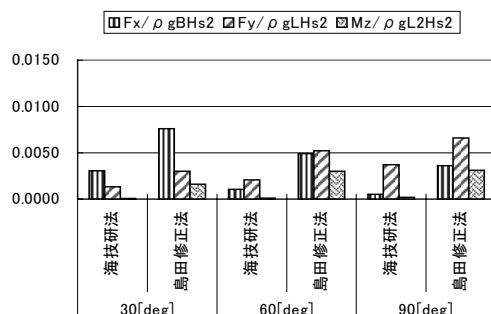
第18回 海洋工学シンポジウム 発表論文集

メガフロートの実用化を目指して設立されたメガフロート技術研究組合は、フェーズ I で基本技術の開発を、フェーズ 2 で、実用レベルの技術開発を行った。この間、多くの研究者によってメガフロートに関する研究が集中的に行われたが、その中で長周期変動漂流力評価法に関する研究も行われた。これは、係留施設の設計にあたって、係留浮体の水平面内動揺の固有周期と、長周期変動波漂流力の同調に注意を払わなければならないためである。

長周期波漂流力の評価にあたっては、いわゆる近場法により、浮体没水面上の圧力積分からこれを求める。数値計算によりこれを実現するには、振幅波長比の 2 次のオーダーの速度ポテンシャルまで計算し、その結果を用いて圧力積分を行えばよいが、実際にそのような計算を実行することは、労力が大きいため、より簡便かつ実用的に、変動波漂流力を評価する手法の開発が求められた。

本論文では、長周期変動漂流力評価法に関するこれまでの研究を Review し、各評価式の関係を確認した。また、当所が港湾空港技術研究所で行った水槽試験結果と、対応する島田らの計算結果を比較し、考察を加え、数値計算によって当所の方法と、島田らの方法による評価結果の比較を行った。

その結果、島田らの提案する変動漂流力評価法に含まれる位相差影響係数の効果は、当所の提案する評価法にも含まれること、島田らの方法では、相対水位の周波数応答関数等の準備が不要で、他の方法に比べてより簡便に変動漂流力を評価できること、島田らの方法では、もともと波の完全反射を仮定しているため、波長の比較的長いところでは、大きな評価結果を与えることとなるが、修正係数を取り入れることによって、補正することができること、当所の提案する方法は、波周期 5[s]において、完全反射を仮定する島田法よりも小さめに漂流力を見積もることが確認された。



図： 変動漂流力の標準偏差に対する島田法と海技研法の比較例(メガ浮体： $L \times B \times d = 4770 \times 1714 \times 2[m]$ , 計算条件：波スペクトル JONSWAP( $\gamma=2$ ), 方向分布関数 COS4 型, 有義波周期  $T_s=5[s]$ , 水深 20[m])

## 沈没船からの残存油回収システム Oil Recovery System form Sunken Wrecks

山口勝治、原正一

平成 17 年 1 月

海上防災 1 月号 (No.124)

世界の海には、総トン数 150 トン以上のタンカーと総トン数 400 トン以上のその他の船舶を合わせて 8,500 隻以上が沈没しており、毎年約 200 隻が沈没、座礁している。日本近海においても、総トン数 100 トン以上の船舶 1,000 隻程度あるいはそれ以上沈没していると推定され、年間 10 隻程度の沈没事故が発生している。これらの沈没船は、タンカーをはじめ貨物船、客船、漁船、軍艦など船種は多様であり、沈没に至る原因や経過も各船それぞれであるが、沈没船は大量の貨物油や燃料油を船内に残したままとなっている。

本稿では、沈没船からの残存油回収の最近の事例として、2002 年 11 月にスペイン沖で 2 つに折損して沈没したタンカー「プレスティージ」で実施された回収の経過や方法と、残存油を回収するために新たに船舶に搭載する JLMD システムの概要を紹介した。

まず、「プレスティージ」についての残存油回収については、沈没直後の初動対策としての 4,000m 対応 ROV による流出油量軽減作業、残存油量確認、燃料の物性、沈船周辺の環境条件、海底土質などの調査が行われた。さらに、ホットタップ、回収弁の取り付け作業、シャトルバッグの試作、半没水バージへの油移送が実施された。さらに、シャトルバッグは、アルミ製に変更され改良を加えられ、5 基によって 145 日間で 13,700 トンの残存油回収作業を終了した。

JLMD システムは、フランスのベンチャー企業によって開発されたもので、船齢、構造、気象条件、沈没船の姿勢に関わらず、1 週間以内で残存油を抜き取り、油汚染の 7~9 割を軽減することができ、沈没タンカーから安全で迅速な残存油回収が可能な船舶への事前設置システムとされている。国際特許が申請され、フランス船級協会の等級認証を受けており、フランス政府も 2004 年 3 月の MEPC において、世界的に普及するように同システムの提案を支援している。

システムは、船が沈没あるいは座礁後、これらの船のタンクに設置した配管とサルベージ船の油回収ホースを接続、水圧(水と油の比重差)を利用して、動力なしでサルベージ船に回収できる。1 つのタンクの作業が終了すると、次々に別のタンクの残存油を回収し、同時に複数の油回収ホースを使用して回収効率を上げることも可能である。本システムを用いて沈没船から残存油を回収するには、適度な流動性があることが不可欠である。この条件下であれば、大型機材や水中ポンプは不要で、動力を利用せず、爆発の危険のない安全な方法で、油のみでなく海水よりも比重の小さいケミカルの回収も可能となる。

# 櫛型メガフロートに作用する風及び 流れ荷重について

Wind and current forces on Mega-Float of  
comb shape

正信聡太郎、大松重雄、國分健太郎、  
井上俊司、小林顕太郎

平成17年1月

第18回海洋工学シンポジウム

羽田空港再拡張事業工法において、浮体工法として箱型ポンツーンと櫛型ポンツーンのハイブリッドメガフロートが提案された。これまで、箱型ポンツーンに作用する風荷重及び流れ荷重の評価方法については多く検討されているが、櫛型ポンツーンについては検討されておらず、模型試験を行って風力や潮流力を推定するためのデータを取得する必要がある。

本研究では、1/100スケールの部分模型に関する風洞試験及び水槽試験を行って、櫛型ポンツーンに作用する風及び流れ荷重特性を調査した。さらに得られた結果を用いて、提案されている実機浮体空港モデルに作用する風及び流れ荷重を評価した。

風洞試験では、自然風を模擬して、①風向ごとの櫛型部に作用する圧力抗力、②櫛型デッキ下面に作用する摩擦抗力、③箱型ポンツーンに関する既存推定法の検証、④デッキ側面の張り出し影響等を調べた。櫛型ポンツーンに作用する風荷重は箱型ポンツーンに作用するものより大きい。これは櫛型部に風が回り込む影響によるものと考えられる。また、箱型ポンツーンに関する既存推定法は妥当であることを確認した。デッキ側面に張り出しがある場合、櫛型ポンツーンの風荷重は小さくなるが、箱型ポンツーンの風荷重はほとんど変化しなかった。さらに、供試模型周辺にダミー模型を配置して、櫛要素の数や櫛要素の奥行き影響についても調べて、櫛要素数や奥行きが変化したときの風力推定法を提案した。

流れ荷重に関しては、水槽試験結果を用いて流れの回り込みを考慮した潮流力推定法を提案した。

上述の推定法を用いて、想定された環境条件における実機浮体空港モデルに作用する風及び流れ荷重を推定した。

風荷重については、滑走路方向の風力は櫛型部圧力抗力の寄与が大きく、滑走路直角方向の風力及びねじりモーメントは、箱型部圧力抗力の寄与が大きい。

流れ荷重については、滑走路方向の潮流力は風の場合と同様、櫛型部圧力抗力の寄与が大きい。滑走路直角方向の潮流力は各部の寄与は同程度である。また、ねじりモーメントは櫛型部圧力抗力の寄与が大きい。

本研究には、造船業界が結成した羽田再拡張事業浮体共同事業体設立準備室が行った検討の一部が含まれる。関係各位に感謝する。

# リアルタイム情報に対応した災害時における船舶 による物資輸送シミュレーション

Simulation of Ship Transportation Under  
Disaster Circumstances Corresponding to  
Real Time Information

間島隆博、服部聖彦、勝原光治郎

平成17年1月

第54回理論応用力学講演会 論文集

トラック等の代替輸送手段として河川・運河を活用した船舶輸送に期待が寄せられている。特に、災害時では輸送体制の多重化、代替緊急輸送手段の確保についてその重要性が認識されており、船舶が果たす役割は大きいと考えられる。発災後における物資輸送シミュレーションの役割として、効率的な輸送を行える運行計画、配船計画の立案といった活用方法が考えられる。限られた時間で船舶に的確な指示を与えていく過程は複雑であり、船舶数が増えると計算機の支援が必須となるためである。また、現実の世界では、シミュレーション実行時に考慮されていなかった突発的な事象が起り、特に災害時にはリアルタイム情報への対応が即座に行えるシステムが望まれる。本報告ではリアルタイム情報処理機能を持つ災害時用、河川・舟運シミュレーターについて記述する。開発したシミュレーションプログラムでは以下のリアルタイム情報に対応可能である。

- 1) 新要求地、新供給地の設置
- 2) 供給地、要求地、同時接岸隻数の変化
- 3) 供給地の物資貯蔵量、要求地の物資要求量の変化
- 4) 船舶位置の修正
- 5) 船舶航行速度の変化
- 6) 荷役速度の変化
- 7) 橋梁落下等、航行不能航路の出現

特に、4)船舶位置修正は頻繁に起こると予想され、船舶数が増えると手入力では限界がある。そこで、位置修正機能については自動化を図り、GPSを利用した実船実験を行って滞り無くシステムが動作することを確認した。下図には実船実験で取得した船舶位置を示す。



図：実船実験、PM12:15頃の船舶位置  
(GPSデータのプロット)

なぜ、いま防汚塗料が問題か  
 —船底防汚塗料を巡る諸問題とその展望—  
 Why is the Antifouling Paint Issue Now?  
 —Present Problems and Future Prospect of  
 the Antifouling Paint Issue—

千田哲也

平成17年1月

マリンエンジニアリング第40巻第1号

船体への生物付着を防止する船底防汚塗料は、燃料消費の増大を抑えることによる炭酸ガスや窒素酸化物の排出を抑制するという意味で環境保護の役割を果たしている。日本マリンエンジニアリング学会誌では、「船底防汚塗料と海洋環境」の特集を組み、こうした船底塗料の意義を踏まえたうえで、環境影響を極小化する科学的・技術的取り組みの現状と展望をまとめた。本稿は、その巻頭記事として、防汚塗料問題の現状を概観するとともに、特集号の意義と構成等について概説した。

トリブチルスズ(TBT)は、高性能な防汚物質であったが海生生物への影響が指摘され、わが国では1990年頃に自主規制により使用を中止した。一方、世界的には2001年10月に国際海事機関(IMO)において、2008年1月から有機スズの塗装を禁止するAFS条約が採択され、今後、使用が激減すると予想される。条約採択に伴う転換期である現在、防汚塗料の環境影響問題に関する重要課題は大きくわけて三つあると考えられる。一つは有機スズの問題であり、巻き貝への環境ホルモン効果は詳細に知られるが、魚類やほ乳類などの大型動物への影響や作用機序の研究が必要である。二つめは非スズ系塗料に関する問題であり、IMOも新規防汚物質の環境影響についての研究を各国に求めている。環境影響はリスク評価手法によるが、環境中で分解する非スズ系防汚物質では、分解生成物を含めた評価が必要である。三つめの問題は、環境問題の抜本的な解決のための無毒型の防汚システムの開発である。

防汚塗料問題は、海洋生物学、生態学、機器分析学、毒性学、物理化学、物質工学等の広い範囲にわたる学際的分野である。これらの各分野の専門家による本特集は、上記の問題意識のもとに4部15編の記事から構成される。第1部は船底防汚塗料問題とはどんなものかを概説する4編、第2部は船底防汚塗料の概要に関する5編、第3部は海洋環境・海洋生物への影響に関する3編、そして第4部は防汚塗料による環境汚染問題への対応についての現在の状況を概説する3編からなる。