

所外発表論文等概要

<推進性能部>

船体のまわりの流れ計算のCGアニメーション
CG animation of flow simulations for ship hull
牧野雅彦、児玉良明、日野孝則
平成8年4月
日本学術会議「水力学・水理学研究連絡委員会」
第2回シンポジウム「CGでみる流れの世界」
講演会講演予稿集

近年のコンピュータの進歩に伴い、ナビエ・ストークス(NS)方程式を数値的に解くCFD(数値流体力学)の手法が盛んに研究されている。船体回りの流れについても抵抗・推進分野を中心に応用が進んでいる。CFDを船舶性能の推定に用いると、船舶の特性を決める諸量を直接求めることができ、船型による性能の優劣の原因などを定量的に議論することが可能となる。しかし、計算結果は膨大な数値データとして出力されるため、何らかの後処理が必要となる。そこで、船舶の開発・改良などにおいて必要となるグラフィックス処理の例を検討した。検討は、プロペラ・舵つき自航状態、斜航状態、自由表面波、浅水影響、海面効果翼船、非定常状態について行なった。自航状態の流れは、船体と舵とプロペラの相互干渉により非常に複雑な構造を持つが、断面毎の伴流分布や面内速度分布をアニメーション化することで流れの特徴を容易に理解できることが分かった。斜航状態では船体にかかる流体力の分布や発生している渦の位置や強さを正確にかつ直感的に理解するためには、断面毎の可視化や流線の表示が有効であった。自由表面波のシミュレーションの可視化では船体表面圧力分布と波高の関係がより明瞭になった。浅水域では、いわゆる浅水衝撃波が視覚的に捉えられ物理現象の理解に役立つとともに、制限水路内の航法基準作成や、操船者に対する啓蒙活動にも利用できる可能性が示された。海面効果翼船に対する適用では、PAR(Power-Augmented Ram)効果利用時のプロペラ加速流が翼や地面による干渉を受けた複雑な流れが良く分かり、今後の新型船舶の開発に有用なツールとなりうる事が分かった。これらの結果から、船舶の開発・改良有益な情報を得るためにはCFDとCGの2つの技術の融合が極めて重要であることが分かった。

船首尾バルブ付き船型のマルチブロック格子表現法
Representation of Ship Hull Form
Using Multiblock Grid
児玉良明
平成8年5月
関西造船協会春季講演会 関西造船協会誌第226号

筆者が開発したNICEコードという船体まわり流れのためのCFD計算コードに付属する船体まわりの格子生成コードであるGMESHの改良を行った。船体表面格子は、大きな船首尾バルブをもつ船型を容易に表現できるように、船首尾に主船体と独立したブロックをもつマルチブロック格子に変更された。

実用船型では、船首尾に突出したバルブがあったり、船尾に長大なオーバーハングがあることが多い。このとき、突出した部分に副ブロックを設けたマルチブロック構成の格子を用いることによって、良好な格子が得られた。副ブロックの有無及び位置は、Profile点列中のコーナー点の変更によって極めて容易に変更することができる。

船体まわりのCFD計算では、水面下のみを計算対象とするため、トリムによって水面上の船体部分をcutする必要がある。本格子生成法では、満載状態・バラスト状態に対応した幅広いトリム状態を表現することができる。

船体まわりの3次元格子の生成において、船体に垂直方向の格子間隔を船体表面近傍で非常に小さくする必要はあるが、筆者は以前に、比較的粗い中間的な格子を生成した後、格子点を再配置する再集中化を開発した。今回は、再集中化を船体近傍の格子だけに適用する部分的再集中化を開発し、良好な最終格子を生成することができた。

<運動性能部>

Nonlinear Simulation of Floating
Body Motions in Waves

波浪中浮体運動の非線形数値計算
谷澤克治

平成8年5月

6th International Offshore and
Polar Engineering Conference
The Proc. of the 6th Int.
Offshore and Polar Eng. Conf

A Nonlinear Simulation Method of
3D Body Motions in Waves
Expanded Formulation for
Multiple Fluid Domains

波浪中3次元浮体の非線形数値計算法について
複数の流体領域が存在する場合への理論の拡張
谷澤克治

平成8年3月

Proc. of the International Workshop on Water
Waves and Floating Bodies, Vol. 11

荒天波浪中にある船体や海洋構造物などに作用する波浪外力や、それに対する動揺を正確に求めることは、耐航性能研究の目標とする研究課題である。従来、この研究は主に微小波高、微小動揺の仮定する線形理論を拡張する形で進められてきた。しかし、線形理論では大振幅動揺や極端な例では巻波による転覆等への応用は困難であり、微小変位を仮定しない非線形計算法の開発が望まれている。そこで波浪外力研究室では理想流体の仮定だけに立脚し、微小変位を仮定しない非線形耐航性能理論の研究を実施し、流体と浮体との運動方程式を連立させて解いて波浪中の任意形状三次元浮体の大振幅動揺を時間領域でシミュレートするための新しい理論と数値計算法の開発を行って来た。本報ではこれまでの研究成果を要約して報告する。内容は非線形加速度ポテンシャルを用いた新しい耐航性能理論の数学的な定式化と、タンカー等の運動解析を考慮した船体内外の複数の流体領域と船体との連成運動を厳密に取り扱うための理論の拡張を中心に記述し、数値計算プログラムのフローチャートや数値計算例を紹介して本非線形理論に基づく計算法の有効性と精度をアピールする。

荒天波浪中にある船体や海洋構造物などに作用する波浪外力や、それに対する動揺を正確に求めることは、耐航性能研究の目標とする研究課題である。従来、この研究は主に微小波高、微小動揺の仮定する線形理論を拡張する形で進められてきた。しかし、線形理論では大振幅動揺や極端な例では巻波による転覆等への応用は困難であり、微小変位を仮定しない非線形計算法の開発が望まれている。そこで波浪外力研究室では理想流体の仮定だけに立脚し、微小変位を仮定しない非線形耐航性能理論の研究を実施し、流体と浮体との運動方程式を連立させて解いて波浪中の任意形状三次元浮体の大振幅動揺を時間領域でシミュレートするための新しい理論と数値計算法の開発を行って来た。本報ではこの理論をさらに進め、船体内部にオイルタンクを有するような場合の波浪、船体そしてタンク内流体の連成運動にも適応できるように理論を拡張している。またこの理論に基づく数値計算法を開発し、船体中央横断面形状を有する2次元浮体の波浪中動揺のシミュレーション計算を実施した。計算に用いた載貨状態は、(1)固形貨物を積載、(2)水との密度比0.8のオイルを単一タンクに満たした場合、(3)タンク内中央に仕切りを設けた場合の3状態である。計算は大振幅規則波を真横から受けた場合の過渡応答で、波浪が舷側を上から下まで洗うほど相対水位変動が大きな現象のシミュレーションである。これらの試計算の結果、本計算法を強非線形問題へ適応した際の実効性を確認することができた。また、計算精度を検証するため、運動量やエネルギー等の保存精度をチェックした結果、非常に良好な結果が得られた。

<機関動力部>

海上大気環境下における燃料電池発電の問題

A problem on the Fuel Cell performance
under the marine-air environment熊倉孝尚、波江貞弘、汐崎浩毅、
川越陽一、野村雅宣

平成8年5月

(株)日本船用機関学会 第56回学術講演会講演前刷

環境保全を考慮しつつ、エネルギーの有効利用を図るための種々の研究が進められている中で、燃料電池は低公害、高効率の点から注目され、国内外で活発な研究開発が進行している。燃料電池が船用機関として実際に適用されるのはまだ先のことであり、現在は調査研究の段階である。

燃料電池を船舶や沿岸部に設置する発電装置に適用する場合を念頭におき、当研究所では将来性の高い固体電解質型燃料電池 (SOFC と略称) について、電池性能に対する問題点の調査を目的として研究を進めている。燃料電池を船の動力源または電源として使用する場合、負荷追従性と耐環境性が課題としてあげられる。本報告は耐環境性に関するものである。

電池の作動に必要な空気は陸上型の電池と異なり海上大気を使用することになるが、海上大気中には海水中の塩分が海塩粒子となって浮遊しており、この塩分がSOFCの発電性能に影響を及ぼすことが考えられる。そのため、発電性能の海上大気による影響がどの程度であるか明らかにしておく必要がある。本研究では小型の平板形単セル試験装置を用い、空気に食塩を添加した実験を実施した。実験に使用した発電体は平板型の単セルで発電部の直径は10mmである。発電用の作動ガスは水素と空気である。実験では海上大気中の塩分濃度より濃い濃度を用いる塩分加速試験を行った。空気への食塩添加法は、低濃度のものは加湿器で食塩水ミストを造りこれを空気に供給し、高濃度のものは空气管に直接食塩を供給した。実験時のセル部の作動温度は1000℃とした。なお、供給食塩濃度の制御は、セル部の食塩蒸気を静電探針で検出しその電圧変化から食塩水ミスト供給量を調整することにより行った。

現在得られた結果として、食塩の飽和蒸気をセルに晒した場合出力特性の低下が観測された。一方、これより低濃度の食塩蒸気に晒した場合は、いままで低下し続けた電圧が回復する傾向が観測された。このような結果が塩分の影響が個々のセルの特質によるものか更に調査中である。

<材料加工部>

プラズマ溶射皮膜の微細構造に
及ぼす溶射条件の影響Influence of spray conditions on the
microstructure of plasma-sprayed coatings

高橋千織、植松 進、千田哲也

平成8年3月

(株)高温学会・溶射部会

第4回溶射総合討論会講演概要

プラズマ溶射皮膜の微細構造はその形成過程、すなわちプラズマ火炎中での原料粉末粒子の熔融状態や大きさ、基板への衝突速度、基板上での冷却過程などによって変化する。本研究では皮膜の形成過程を明らかにするための第一段階として、溶射条件のうちアークガスの組成、アーク出力、溶射距離の3つのパラメータを系統的に変化させ、それによる皮膜の微細構造および組成の変化を調べた。これらのパラメータの変化による影響をより明確にするため、溶射原料粉末には市販のホワイトアルミナを分級して20~38ミクロンに粒径を揃えたものを用いた。X線回折および電子顕微鏡による原料粉末および皮膜の観察結果より、原料粉末が微量の β 相を含む α -アルミナであったのに対し、溶射後のアルミナ皮膜は若干の α -アルミナを含む γ -アルミナであった。 α -アルミナの量はアーク出力によってあまり変化しないものの、出力の低下とともに β 相が微量ながら現れる。このことから、この α -アルミナはいったん形成された γ -アルミナがその後の溶射中の再加熱によって α -アルミナに転移したのではなくて、不完全な熔融状態の原料粉末が皮膜内に巻き込まれたためであることが確認された。また、粒子内部の微少亀裂や粒子間の密着性は溶射条件により変化し、粒子の熔融状態の良好な条件では積層した粒子間の密着性が高くなるため、冷却時の熱応力が緩和されにくくなって微少亀裂が増大することなどが示された。

<装備部>

Leaching and Degradation of TBT in the Sea

TBTの海洋への溶出と分解について

長田 修、内藤正一

平成7年11月

SNAME & IMarE 共催

2nd International Conference on Maritime

Technology, Innovation in Safety and

Environmental Protection (ICMT 95)

船底防汚塗料中の有機スズは、船体外表面の生物付着防止と平滑化に長期間にわたり効果があるため、運航エネルギーの節約に貢献する物質として評価されてきた。しかし、有機スズの魚介類への毒性が社会問題になり、日本では世界に先駆けてその使用方法などを自主規制している。

国際的にも、IMO（国際海事機関）のMEPC（海洋環境保護委員会）で、有機スズ化合物を含む防汚塗料の適用船舶、含有量、溶出速度等を検討しようとする動きがある。

本研究では、現在船舶に使用されている防汚塗料と防汚成分を減らした試験用防汚塗料を用いて、航海試験、実海域浸漬試験、回流水槽試験等を実施し、有機スズ含有量と防汚効果及び溶出速度との関係を調査し、防汚塗料として必要な所要有機スズ含有量の最小値を求めた。また、溶出した有機スズの水中での分解速度を光、微生物の試験条件を変えて調査検討し、海洋環境影響評価に関連する知見を得た。

安全と環境保護が最優先の現代社会においては、防汚塗料への有機スズ化合物の使用は順次制限され他物質に移行していくものと予想される。日本では、最近、20種類の化学物質に対して防汚塗料としての効果と生物毒性等が調査された。

本報告で示した有機スズの溶出・分解試験評価方法はこれらの新規物質にたいしても適用可能と考える。

高速巡視船の衝撃緩衝椅子の効果について

Effect of Shock Absorption Seat on Board

High Speed Patrol Craft

原野勝博

平成8年5月

日本船用機関学会

第56回（平成8年春季）学術講演会 講演予稿集

近年巡視船艇はその用務に対処するため高速化が図られているが、波浪中を高速で航行する船艇は大きな波浪衝撃を受けるため、乗務員の労働環境保護の一環として、衝撃緩衝装置付き椅子（シートダンパー）を操舵室等に装備する巡視船艇が増えている。しかし、シートダンパーの衝撃緩衝効果については疑問視する報告もあり、筆者等が行った調査でも実船での効果は確認できなかった。一方、シートダンパーは高速船艇の乗務員には、非常に評判がよく、これまでの調査方法に問題はなかったのか、また、シートダンパーの問題点や改善の余地などを検討する必要性がでてきた。本報は、海上保安庁新鋭巡視船の耐波試験の一環として行った、シートダンパーの有効性に関する実船試験と試験機による検討結果をまとめたもので、以下の結果を得た。

- (1) シートダンパーに一人が着座したときのダンパーの固有振動数は1.8 Hz前後であり、衝撃加速度が4 Hz以上のスペクトルを有しないと緩衝効果は理論的にはないと考えられ、試験機による実験、実船実験もそれを裏付ける結果が得られた。
- (2) 波浪中を高速で航行する時は、1 Gを越える上下加速度があり、操船者には椅子等の身体保持装置が不可欠であるが、シートダンパーをロックして普通の椅子にすると、着座している操船者の腰の振動は体感振動域で床面より大幅に増大する。一方シートダンパー使用時は5 Hz～70 Hzの帯域では床面より振動レベルがかなり低下しており、普通の椅子と比べるとこの体感振動での緩衝効果が大きかった。
- (3) 波浪衝撃が強く、加速度の波形がパルスに近ければダンパーの緩衝効果は現れるはずであるが、うねり波高3.5 m中を速力24 ktで航走中には、床面と人体腰部の加速度で見ると限り波浪衝撃の緩衝効果は認められなかった。

<氷海技術部>

北極海航路の可能性について

Feasibility of the Northern Sea Route
for Commercial Shipping

泉山 耕

平成8年6月

寒地港湾技術センター「海と港」No.13

ロシア沿岸域を通過してヨーロッパと極東地域を最短距離で結ぶ航路として、現在、「北極海航路 (Northern Sea Route)」が注目されている。この航路を利用すると、例えば、ハンブルグと横浜間の航海距離が、従来のスエズ運河経由のものに対して約40%程度短縮される。しかしながら、この一方、北極海航路は北緯70度以上という高緯度海域を通る航路であり、その自然環境は非常に厳しい。特に航路上の海水の存在は、船舶にとって大きな脅威であり、砕氷あるいは耐氷能力を有する船舶が必要となる。このような航路が経済的に成り立つかどうかについては議論の分かれるところである。また、本航路の開発・利用がもたらす様々な影響についても未知の部分が多い。従って、北極海航路の国際商業航路としての本格的啓開のためには、様々な角度からの調査・検討が必要となる。

本文章は、各種の文献並びに外部との共同研究等を通じて得られた情報を基に、北極海航路の本格的啓開の可能性について述べた文章である。本文章では、まず、北極海航路について、その開発の歴史、地理及び自然環境について概要を述べる。次に、北極海航路の可能性について、スエズ運河との比較における経済性について、評価のための試算例を紹介するとともに、この試算結果を用いて、氷海内における航行速度と北極海航路の経済性の関係について考察する。また、北極海航路の本格的利用のための前提となる、氷海航行技術の研究・開発という観点から、砕氷船に関する技術と航行支援技術としての人工衛星による氷況のモニタリング技術について将来的展望を述べる。最後に、北極海航路に関する動きとして、現在最も国際的かつ学際的研究プログラムである、International Northern Sea Route Programme (略称INSROP) についてもその概要を紹介する。

<大阪支所>

GERP の静的及び衝撃層間せん断強度特性について

Interlaminar Shear Strength Characteristics
of GFRP under Static and Impact Loadings

小野正夫、吹上紀夫、津島 聡、

茶谷明義、放生明廣、立矢 宏

平成8年3月

日本材料学会 第25回 FRP

シンポジウム講演論文集

GFRP は積層材料であるため層間強度は弱くなり、材料強度の重要な因子となっている。また、衝撃強度に関する試験や評価法については十分確立されていない。そこで、本実験では静的試験でよく用いられるショートビーム (SB) 法で衝撃試験を行い、衝撃層間せん断強度、層間せん断強度 (ILSS) に対する繊維体積含有率及びひずみ速度依存性の影響等について調べ、実験的に検討した。試験材のガラス繊維強化材には、一方向ロービング材、一方向織りロービングクロス材、平織りロービングクロス (R) 材、チョップドストランドマット (M) 材、M と R を交互に積層した MR 構成材を用いた。試験材の製作は、板厚を一定にして積層数を変えたものをハンドレイアップ法により成形 (常温硬化) した。層間せん断試験方法は JIS に準じた SB 法で行った。また、衝撃層間せん断試験は、自由落下方式を用いた長い棒によるホプキンソン棒法型の衝撃試験装置を用いた。落錘の落下高さは、0.5 m~1.35 m で行った。

今回の実験で得られた結果は以下のとおりである。

- (1) 一方向強化材は、層間せん断破壊が発生し易く、ILSS は SB 法で容易に求めることができる。しかし、R 材や M 材等においては、曲げ破壊が主となるため ILSS を求めるのに SB 法を適用するのは難しいことが分かった。
- (2) ILSS に対する繊維体積含有率の影響は、ほとんど現れなかった。
- (3) ILSS に対するひずみ速度の影響は、ひずみ速度が 10 (sec⁻¹) 付近までは同程度の値を示すが、それ以後は大きくなる傾向を見せる。
- (4) 衝撃試験の場合の ILSS は、静的強度の約 1.2 倍の値となった。
- (5) ILSS は、圧縮や曲げ強度等に比較し低い値を示す。

水溶性液体貨物の海中拡散
Study on the diffusion of water-soluble
liquid cargoes in the sea

山根健次、吉川紘二郎、綾 威雄

平成8年5月

日本船用機関学会誌 第32巻3号

船舶による水溶性危険物質の輸送量は非常に多く、流出事故に伴って海洋汚染に発展する恐れがある。流出した水溶性危険物は海水によって希釈無毒化されるまでに環境に与える影響が懸念される。

衝突や乗り揚げ事故によって、海中に流出する水溶性液体貨物の水面下での挙動は、発電所から海中への温排水排出時の拡散問題と類似している。温排水の場合、温排水と周りの海水との密度差を考慮した重力噴流としての研究が多くなされており、問題の解明が進んでいる。

水溶性液体貨物の中でも特にケミカル物質の海中拡散では、温排水の場合に比較して密度差が桁違いに大きいことや、発熱を伴い海水と反応する場合もあり、既存の研究で得られている無次元化手法や実験式の適用限界が確認できていなかった。

本研究では小型回流水槽を使い、性状の異なる代表的な水溶性液体貨物を三種類選定し、流出流量および、流出源と周囲水との相対速度をパラメータにして拡散実験を行った。実験から得られた噴流経路、希釈濃度等の拡散特性は重力噴流としての取り扱いで無次元化し、従来の研究で得られている実験式との比較を行った。その結果、海中拡散問題はケミカル物質においても、水溶性であれば本手法が適用可能であることがわかった。