

所 外 発 表 論 文 等 概 要

<推進性能部>

グローバルな保存性をもった非圧縮流 有限体積上流差分スキーム

A Finite-volume Upwind Scheme with Global Conservation for Incompressible Flows

児玉良明

平成2年6月

第8回航空機計算空気力学論文集

グローバルな保存性とは、物体に働く揚力や抗力を計算するために積分するとき、得られた力の値が積分路によらず一定となることである。物体まわり流れの従来の計算法では、殆どの場合、保存形を用いているにもかかわらずグローバルな保存性が成り立たない。この原因は、境界近傍や写像の特異点の近傍で保存性がこわれるためである。本論文では、これらの場所での処理も考慮に入れた、グローバルな保存性をもった計算スキームを示す。

計算スキームは cell-centered なレイアウトをもつ高次精度の有限体積上流差分法である。連続の式に擬似圧

縮性を入れている。時間積分は Euler implicit を用いた。上流化は flux-difference splitting 法により行った。cell-centered 法では格子セルをコントロール・ボリュームとして利用するため、計算領域がコントロール・ボリュームですき間なく埋めつくされ、グローバルな保存性が自動的に満たされる。これは、H-grid の先端や写像の特異点の近傍でも同様である。

まず2次元円柱まわりの流れを O-grid で計算した。レイノルズ数は40である。3000ステップの計算の後、円柱の抵抗値は、円柱表面での積分値と外側境界での積分値が、11ケタまで一致した。計算過程の観察により、両積分値の一致度が、計算の収束の度合の良い指標になることがわかった。

次に、前縁近傍に写像の特異点をもって2次元平板まわりの流れを計算した。レイノルズ数は30、迎角は30度である。この場合も、抗力・揚力・流量について、円柱の場合と同様に、グローバルな保存性が成り立つことを確認し、また、振動のないスムーズな解を得ることができた。

高速船用プロペラの理論とその応用

Propeller Theory for High Speed Ship and Its Application

工藤達郎, 右近 良孝

平成3年4月

日本造船学会 推進性能研究委員会

次世代船開発のための推進工学シンポジウム 前刷集

船速が30ノットを超える高速船舶用のプロペラとして、スーパーキャビテーション・プロペラ (SCP), サーフェス・プロペラや、ウォーター・ジェットなどがある。商用の高速船用プロペラの荷重量 G として0.1~1の範囲を考えると、SCP が最も高い推進効率を期待することができる。

過去3回の「船用プロペラに関するシンポジウム」において、通常プロペラの理論や、高速船用プロペラの性能に関しては解説が行われているが、SCP の理論について述べたものは無い。そこで、本テキストでは、SCP の理論を中心に、関連事項とその応用について、豊富な文献紹介とともに詳しく解説した。

まず、SCP を考える基礎となるスーパーキャビテーション翼型 (SCP 翼型) の線形理論を解説し、そこから導き出される理論的には揚抗比が最大になる翼型について具体的に示した。さらに、SC 翼型の非線形理論、性能試験、SC 翼列について、文献の紹介を行った。

次に、SCP について、SC 翼列理論を応用した SCP 理論や、SCP 揚力面理論について文献紹介を行った。その後、渦格子法を用いた SCP 理論を新たに展開し、境界条件の取扱いや定式化に関して詳しい解説を行った。

さらに、SCP の設計について、シリーズ・テストによるもの、SC 翼型理論を応用したもの、揚力面理論によるものなどについて数多くの文献を詳しく紹介し、設計されたプロペラの評価を行った。最近の興味深い SCP の設計例にも触れた。

Implicit Geometrical Method による 実用船型まわりの格子生成

Grid Generation around a Practical Ship Hull Form Using the Implicit Geometrical Method

児玉良明

平成3年5月

日本造船学会春季講演会論文集 169号

Implicit Geometrical Method とよばれる新しい格子生成法を提案した。この方法では、初期格子を平滑化・集中化・最小間隔の確保・直交化の4つの要請を満たすように逐次変形する。この変形の式を格子点の運動方程式と見なし、時間差分項を陰的な差分に置き換え、各時間ステップにおいてSORを用いて解く。

4つの要請は、それぞれ格子点の幾何学的な位置関係に基づいて離散的に定めた。平滑化では、従来の2階差分形から4階差分形に変更し、他の要請との干渉を著しく減らした。集中化では、格子点の運動を対流項の付加によって表現し、対流項に1次上流差分を用いることによって数値安定性を向上させた。最小間隔の確保では、集中化と同様に1次上流差分を用いた。直交化では、格子セルが負の体積を持っている場合でも正常に作動するオペレータを考案し、式の形を修正することによって、数値安定性に優れたものとした。

まず、2次元格子の生成例として、2次元翼型まわりのC-型格子を示した。そして、生成された格子が、劣悪な初期格子から出発しても正常な形に収束すること、数値安定性に優れているので大きな時間ステップ Δt が使用できること、等が示された。

次に3次元格子の例として、自動車運搬船舶型等の実用船型まわりの生成格子を示した。ここでは、3次元格子の直交化において式の修正に特別な注意が必要であること、使い方は2次元の場合と変わらないこと、また生成された格子は滑らかさ・直交性・集中化・最小間隔の大きさにおいて充分優れていることが示された。

<運動性能部>

船の転覆限界の制御空間における
フラクタル性について

Fractal of Ship Capsizing Boundary in
Control Space

田口 晴邦, 菅 信

平成 2 年 11 月

西部造船会会報 第 81 号

転覆を表現する横揺れ方程式の中で最も単純なものは、復原力項に負係数の 3 次の非線形性を持つ軟化スプリング系の強制 Duffing 方程式で表わされるが、これは一般性を失うことなしに減衰係数 k と強制力の振幅 B 、周波数 Ω の 3 つの制御パラメーターを持つ常微分方程式に変換される。これらの制御パラメーター値の多くの組合せについて、ある同一の初期条件のもとにこの常微分方程式を時間積分で数値的に解いてゆき、転覆に至るかどうかを判定することにより、3 つの制御パラメーターが作る制御空間を転覆領域と非転覆領域に分けて表わすことができる。この転覆領域と非転覆領域との境界、すなわち転覆限界を求めるには膨大な量の数値計算が必要であるが、静止状態を初期条件とした一部の計算によっても、この転覆限界がフラクタル的な極めて複雑な変化をすることが著者等によって明らかにされている。本報は前報で調査したパラメーター範囲を上げたほか、未調査であった減衰係数 k による変化について調べ、また転覆限界が初期条件によってどのような変化をするかについても調べたものである。その結果、転覆限界のフラクタルな構造がかなり明らかになり、3 つの制御パラメーターの作る制御空間の中で立体的な複雑なマルチフラクタル構造を持つことがはっきりしてきた。

また、安全基準への応用を念頭において、転覆領域に非転覆領域が複雑に入り組んだ詳細なフラクタル構造は無視しても、転覆限界の安全側を比較的容易にかつ精度良く求める方法が見出せないかについても検討した。しかし転覆限界が初期条件によってもかなり大幅に変化し、場合によっては質的な変化もあることが明らかとなったことから、すべての初期条件に対して成り立つそのような方法を考えることは非現実的であり、初期条件範囲を何等かの根拠によって限定し、またこれまで無視してきた強制力の位相を考慮する必要があることを示し、今後の研究課題を明らかにした。

自由落下式救命艇の落下運動の数値シミュレーションとその応用 (第 1 報)

Numerical Simulation and its Application on
the Falling Motion of Freefall Lifeboats
(1st report)

小川陽弘, 田崎 亮, 月野良久

平成 3 年 4 月

財)シップ・アンド・オーシャン財団筑波研究所
筑波研究所技報 第 11 巻 1 号

本論文の主要部は平成 2 年 5 月日本造船学会において講演し、同論文集第 167 号に掲載されているものである。その概要は、船舶技術研究所報告第 27 巻第 5 号 (平成 2 年 11 月) に掲載されている。

本技報では、上記論文に実験値と計算値の比較の図を広範囲に追加し、本文の細部を修正するとともに、自由落下式救命システムに関する文献集を付記した。

以下に本文の概要を記す。

*

自由落下救命システムは、従来の救命システムよりも安全・確実・迅速に本船から離脱できることを目的に開発された。既に国際法規でも認められて、船舶・海洋構造物用として広く採用されている。

この形式の救命システムでは、法規で、着水時に受ける衝撃、着水後の本船から離脱等が厳しく規定されている。これらは安全上極めて重要であるが、従来艇の姿勢について具体的な計測値が示されている例は非常に少なく、しかも艇及び滑台の諸要素を含む落下条件と着水時の艇の姿勢との関係について、理論的あるいは実験的に研究されたものは見当たらない。

着水時の姿勢は、基本的には (本船の運動、波浪等の影響を除けば) 艇の慣動半径・重心位置、滑台の傾斜・滑り出し位置、滑台と艇の間の摩擦係数、落下高さ等の諸要素によって定まる。水面突入以後の艇の挙動は流体力学の対象であるが、滑降から着水までは純力学的問題で、理論的解析が有効である。

著者らはこれらの点に着目して、自由落下式救命艇の滑降から着水までの運動を数値シミュレーションにより計算し、簡単な実験と比較して、本方法によれば模型実験等を行わなくても水面衝撃の推定に必要な着水時の艇の姿勢を十分な精度で求められることを確認した。これを用いて、艇及び滑台の諸要素・条件と着水時の姿勢との関係を明らかにした。更にその応用として安全着水限界の評価法を提案した。

斜め追波中の船の転覆について (第3報
非対称転覆方程式におけるカオスとフラクタル)

Capsizing of a Ship in Quartering Seas
(Part 3. Chaos and Fractal in Asymmetric
Capsize Equation)

菅 信, 田口晴邦

平成3年5月
日本造船学会論文集 169号

第1報で著者等は、自航模型船による斜め追波中の転覆模型実験を実施し、周期分岐現象を伴う転覆という新しいタイプの転覆が全転覆件数の約1/4に上がる高い比率で観測されたことを報告した。この周期分岐という現象は、非線形力学系におけるカオスの前段現象と見なされるものであり、また軟化スプリング系におけるカオスは、初期条件に依らない全面転覆に相当する現象、すなわち境界危機とかブルースカイカastropheとか呼ばれる現象の前段現象とも見なされるものである。従って周期分岐やカオスは船の転覆の前兆と考えられることから、転覆とカオスの関係を調べる必要があるとして、第2報では静的な釣合状態が左右対称な場合の転覆を表わす直立船の転覆方程式、すなわち対称型転覆方程式を取り上げ、そこに現われるカオスやフラクタルについて数値的ならびに解析的に調査した結果について報告した。その中で、単純な転覆方程式に現われる不思議な非線形現象の概要を紹介することはできたが、一連の周期分岐からカオスを経て転覆に至る完全なファイゲンバウム分岐が見付からなかったのを始め、実験で観測されたような振幅差の明瞭な2周期分岐も確認できなかった。これらは周期分岐を探す方法が適切でなかったことと、扱った転覆方程式が対称型であることに原因があると考えられたため、第3報の本報では周期分岐の探し方を変え、対称型と非対称型の転覆方程式について調べてみた。その結果ほぼ完全なファイゲンバウム分岐が対称型と非対称型の両方の転覆方程式に存在すること、および対称型の場合には周期分岐の始まる前に解の対称性の破れという現象が起こること、また実験で観測されたような振幅差の明瞭な2周期分岐は非対称型の転覆方程式の方に現われること等が確認された。更に、初期値平面や制御空間における転覆限界のフラクタル性等の非線形現象が転覆方程式の非対称性によってどのように変化するか等についても調べた。

<構造強度部>

PC 鋼材の用途と疲労強度

Uses and Fatigue Strength of Prestressing Steels

小林佑規

平成3年3月

日本造船学会誌平成3年3月号第741号

コンクリートは、圧縮に強く引張に弱いので、部材の引張側に補強鋼材を配置する。PC 鋼材は、この補強鋼材の一種であり、主にプレストレストコンクリート (PC) 構造の緊張材として使用される。本稿は、PC 鋼材の製造法、規格、疲労強度について解説し、さらに、PC 鋼材のわが国における生産量、および PC 鋼造への利用分野を示し、各種構造物での PC 鋼材の配置例を紹介している。

PC 鋼材には、PC 鋼棒、PC 鋼線および PC 鋼より線がある。引張強度は、PC 鋼棒が95~145、PC 鋼線が145~165、PC 鋼より線が175~195kgf/mm²であり、これらは、船体構造用の軟鋼、高張力鋼 (40~60kgf/mm²) に比較し、高強度の鋼材である。PC 鋼造は、ひびわれを全く生じさせないかまたはひびわれ幅を制御して設計される。したがって、PC 鋼材には、引張強度が高く、リラクセーションの小さいことが要求され、繰返し荷重を受ける橋梁および海洋構造物では、疲労および腐食対象が課題となる。

疲労強度は、著者らが実施した PC 鋼材より線の空气中疲労、食塩水中の腐食疲労およびコンクリート中の腐食疲労試験結果について、各種指針等に見られる疲労強度と比較検討した。

わが国の PC 構造物には、橋梁、タンク、まくらぎ、建築物、電柱、杭、ロックシェッド、スノーシェルター、浮棧橋、バージなどが見られ、PC 鋼材の使用量の多い構造物は、杭および PC 橋梁である。PC 杭は、円筒形で構造物の基礎に埋められる地下構造物である。PC 橋梁は、橋桁、床版が PC 構造であり、桁橋、スラブ橋、斜張橋、吊床版橋、外ケーブル構造などに分類される。斜張橋では、ケーブル、桁に PC 鋼材が利用されるほか、張り出し架設工法など架設時の強度部材として使用されている。PC タンクは、PC 鋼材が内圧に耐える構造に配置され、円筒形水槽、卵型消化槽、原子炉格納容器などがある。

＜機関動力部＞

らせん細線などを挿入した管内における環状液膜流の研究
(エントレインメント抑制効果の原因と実験相聞式)

Investigation of Annular Liquid Film Flow in
Tubes with Helical Ribs and Wires

汐崎浩毅・波江貞弘

平成3年4月

日本機械学会論文集57巻536号 B編

蒸気ボイラや原子炉等の蒸気発生器において、高乾き度領域における蒸発管中心部への多量の液滴発生（エントレインメント）は、ドライアウトを早め伝熱性能を劣化させるとともに、蒸気乾き度向上の阻害要因になる。著者らは、蒸気管内壁にらせん状の細線（またはリブ）を付加することにより、このエントレインメントを抑制しようとする目的で研究を実施してきた。本研究はその続報である。

内径約2 cmの円管内壁に様々な高さ（直径）、ピッチ、本数のらせん細線を付加し、気液流量を変化させてそのエントレインメント抑制効果を調べた。その結果、抑制効果は4つの無次元数、すなわちエントレインメント比、らせん細線の高さと最大液膜厚さとの比、らせんの傾き、細線の本数を用いて整理できる。これらの無次元数を含む実験整理式を導いた。

一方、これと平行して、らせん構造によるエントレインメント抑制効果の原因を調べるための実験も行った。一般にエントレインメントは、気液界面のじょう乱波波頭から発生することが知られているが、前報で行った液膜抵抗法による計測により、らせん構造がじょう乱波を減少させていることがわかった。このじょう乱波減少が、液膜に対する細線の直接的な干渉によるのか、らせん回転による遠心力によるのかを調べるために、管路を二重管構造とし、内側の管の外壁にらせん細線を付加した装置を製作した。この装置では、流体が二重管の間を流れる際に、遠心力が内管から液膜をひきはがす方向に作用する。結論としてこの場合もやはりじょう乱波の減少がみられ、遠心力の作用は小さいこと、現象を支配しているのは液膜界面波に対するらせん細線の直接的な作用であることが明らかになった。

＜材料加工部＞

き裂を有するセラミックスの
低質油燃焼ガス中での引張強度

Tensile Strength of Cracked Ceramic Specimens
in Lower-Quality Fueled Combustion
Gas Streams

宗像良幸・千田哲也

平成3年1月

日本機械学会論文集 A 編57巻533号

き裂を有するPSZ（部分安定化ジルコニア）と炭化ケイ素の高温引張強度が人工腐食灰塗布（ $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{V}_2\text{O}_5$ ）によって平滑材と同程度の強度になることなどを先に示したが、これらは電気炉加熱であること、人工腐食灰を用いた一種の加速試験であることなど実験条件と全く異なっていた。ここではPSZと窒化ケイ素の引張試験を高速燃焼ガス流中で行なった結果について示す。

試験条件は先に国際ラウンドロビン試験として行った超合金ガスタービン翼材の溶融塩腐食試験の場合と同じもので、燃料中に硫黄が1%、ガス中にナトリウムが0.2ppm含まれている。試験温度も溶融塩付着に注目したためセラミックスとしては比較的低く、PSZは650°C、窒化ケイ素は900°C（いずれも材料前方岐点温度）とした。外径5 mmの試験片中央に1ヶ所ビッカース圧子30kgfを圧入し、長径約0.5mmの半楕円相当のき裂を設け、1回7時間の燃焼ガス曝露を7回繰返し、最終回曝露終了後燃焼ガス中で油圧により引張破断させた。

燃焼器運転の起動停止時に生ずる試験片前方岐点と後方岐点の温度差に基づく過渡熱応力によるき裂進展がPSZでは著しく、引張強度は大きく低下した。しかしながら起動停止時の温度勾配がゆるやかになるような運転を行なうことによって、また、人工腐食灰をあらかじめき裂周辺部に塗布しておくことにより著しい強度低下が防げることがわかった。

一方、窒化ケイ素はPSZに比べて熱伝導率が大きく、線膨張係数も小さいなど過渡熱応力に対する抵抗が大きく、これによる強度低下は認められず、引張強度は平滑材と同程度乃至はそれ以上であった。この場合き裂は完全に消失したかあるいは切欠き先端鈍化を生じたものと思われるが、今のところそのメカニズムは解明していない。

TiB₂ セラミックスの高温摩擦摩耗試験Friction and Wear Test of TiB₂ Ceramics at High Temperature

千田哲也・山本陽一・越智保雄

平成3年5月

日本潤滑学会トライボロジー会議 '91 春東京

高融点、高硬度であり、耐摩耗性が期待される材料であるホウ化チタン (TiB₂) の焼結体を用いて1000℃までの高温での摩擦摩耗試験を行った。温度、荷重 (面圧) およびすべり速度を変えて摩擦係数を測定し、各温度において一定条件下で摩擦した後の試料の重量変化を摩擦距離 1 km 毎について調べることで摩擦を評価した。

摩擦摩耗特性について、室温、400℃付近および800℃付近の3つの特徴的な温度領域にわけることができた。室温では摩耗による重量減少は最も多く、摩擦係数は約0.8で面圧やすべり速度の影響はあまりなかった。400℃前後では摩耗量は温度の上昇にともなって減少し、600℃で重量減少はゼロになった。摩擦係数は室温より高く面圧依存性を有した。この温度域では、TiB₂ の酸化による B₂O₃ の生成が少しあり、それが溶融状態にあるために摩擦を低減するが、粘性がかなり高いために摩擦係数は室温より高くなったものと思われる。600℃付近で摩擦係数は急激に減少したが、それは酸化物の生成量の増加と粘性の低下によると思われる。800℃から1000℃の領域では、X線回折において B₂O₃ と TiO₂ の強いピークがみられ、酸化によると思われる重量の増加もあった。摩擦係数はより低い温度の場合とくらべ最も低かった。また面圧が低くすべり速度が高いほど摩擦係数が大きくなり、このような傾向から、溶融酸化物による流体潤滑状態にあることが示唆された。

落重試験による構造要素の衝撃強度評価

—弾性域の応答と限界—

The Evaluation on Impact Strength of Structural Elements by means of Drop Weight Test.

—Elastic Response and Elastic Limit—

前中 浩・北村 茂・佐久間正明・青木元也

平成3年5月

日本造船学会論文集第169号

船体構造部材は波浪衝撃や衝突・座礁等で衝撃荷重を受けるが、高速の衝撃荷重を受けると全体的な変形は小さくても内部に大きな応力が生じて応力集中部を中心に脆性破壊や疲労破壊が問題となる。低速でも大きな変形を伴う衝撃荷重に対しては、変形によって大きな応力が生じるために延性破壊や座屈による崩壊が問題となる。

本報告では、船体構造部材の衝撃強度を評価するための基礎的な特性を把握することを目的として、梁、平板及び防撓板について落重衝撃試験を実施し、発生する衝撃荷重の特性及びそれによるたわみとひずみの応答を調べた。その結果をもとに、有限要素法による弾性計算を行って、衝撃試験法についていくつかの知見を得るとともに、構造要素の衝撃荷重、たわみ及びひずみの簡易評価法について考察を加え、次の結論を得た。

(1) 落錘として長尺の丸棒を使用することによって衝撃荷重を精度良く計測できた。

(2) 両端支持の T 型断面梁の衝撃荷重は打撃直後に最大となり、同一たわみを生じる静的荷重より大きくなった。最大たわみは梁の剛性を用いて推定でき、最大たわみと最大ひずみの関係は静的な場合とほぼ同じであった。

(3) 平板の衝撃荷重は打撃直後に最大値を示す場合とたわみに対応した変化を示す場合があるが、最大値は同一たわみを生じる静的荷重とほぼ等しくなった。打撃点のひずみは荷重に対応しており、ひずみの最大値と荷重の最大値の間に直線関係があった。

(4) 防撓板の衝撃荷重、たわみ及びひずみは防撓材の配置に関係なく平板とほぼ同様の結果が得られた。

(5) 今回の落錘による衝撃試験でも各構造要素に発生する衝撃荷重及びその応答は複雑に変化した。有限要素法による弾性計算の外力として荷重の計測波形を入力して、構造要素のたわみ及びひずみ応答を得ることができた。荷重波形が未知の場合でも、衝撃条件と構造要素の固有周期から求めた矩形パルスを用いて構造要素の応答を得ることができることを示した。

KE36 (TMCP) 鋼板を用いた荷重非伝達すみ肉溶接継手の疲労強度—溶接残留応力と応力集中係数の影響—

Fatigue Strength of Non-load-carrying Fillet Welded Joints Using KE36 (TMCP) Steel—Effects of Weld Residual Stresses and Stress Concentration Factor—

高橋一比古・吉井徳治・飯高洪男・藤井英輔・松岡一祥

平成3年5月

日本造船学会論文集第169号

KE36 (TMCP) 鋼板を用いた荷重非伝達すみ肉溶接継手の疲労強度について、主板厚、板幅および1パス当たりの入熱量をパラメータとして変化させた試験片および応力除去焼鈍を施した試験片に対する残留応力測定試験と疲労試験を実施し、実験的な検討を行った。

まず、辻の式による応力集中係数 K_t の推定量を、止端部 R 止まりにおける歪測定値から求めた $K_{t,exp}$ と比較したところ、前者の方が若干大きめの値となったが、測定位置による影響を考慮すれば、同式はほぼ妥当な推定値を与えていると考えられる。

次に、試験片の板幅は継手疲労強度にあまり影響しなかった。これは、止端部における溶接線直角方向残留応力が板幅の影響をあまり受けないためである。一方、1パス当たりの入熱量は疲労強度に影響を与え、特に繰り返し数が 10^6 回を超えるような長寿命域において有意な差異が生じた。これは、入熱量によって止端部における溶接線直角方向残留応力が変化するためである。

板厚効果は、応力集中と溶接残留応力の複合効果であると考えられ、特に後者の影響は繰り返し数が 10^6 回を超えるような長寿命域において顕著となった。また、応力除去焼鈍を施すと、止端部残留応力はほぼ完全に除去され、継手疲労強度は向上した。特に、長寿命域においてその効果は大きかった。

最後に、最大応力が降伏応力に達すると推定される場合に対して、 5×10^5 回疲労強度および 2×10^6 回疲労強度の推定式を作成し、残留応力および応力集中の影響について検討した。結果として、残留応力は 5×10^5 回疲労強度にはあまり効かないが、 2×10^6 回疲労強度には $\sigma_R / \sigma_Y)^{-1/2}$ に比例して影響を及ぼすことがわかった。ここに、 σ_R は止端部における溶接線直角方向残留応力の推定値であり、 σ_Y は降伏応力である。

レーザー溶融処理によるアルミナ溶射皮膜の構造変化 (第1報)

—連続発振モードの場合について—

Structural Change in Plasma-sprayed Alumina Coatings by Laser Melting (Part I)
—On Continuous Wave Mode Treatment—

千田哲也・高橋千織

平成3年6月

日本セラミックス協会学術論文誌99巻6号

プラズマ溶射されたアルミナ皮膜の表面を、炭酸ガスレーザーを用いて再溶融処理したときの、皮膜構造の変化を調べた。皮膜断面観察によると、レーザー照射されたアルミナ皮膜は、溶融部、熱影響部、非影響部の3層構造となっていた。X線回折分析により、おもに γ -アルミナであった溶射皮膜が、溶融部と熱影響部では α -アルミナに変化していることがわかった。溶融部は、レーザーにより溶融、再凝固した部分で、おもに柱状結晶であり、亀裂はあるものの気孔は少なかった。熱影響部は、レーザーによる加熱の影響で密度の増加を伴う γ 相から α 相への転移があった部分で、微細亀裂の拡大等が見られた。次に、連続発振モードでレーザー出力、ビーム移動速度を変えて1パス処理を行い、これらのパラメータと皮膜構造の関係を調べた。溶融部の幅と深さは、それぞれ熱影響部の幅と深さと直線関係にあったので、本研究では熱影響部の幅と深さで皮膜構造を評価した。ビーム移動速度を一定すると熱影響部の幅と深さはともにレーザー出力を増すほど大きくなった。出力と速度が比例するような条件では、これらの値を大きくする方が、すなわちエネルギー密度を大きくする方が熱影響部の幅、深さは大きくなった。熱影響部の幅が同じになる条件でビーム速度を変化させると、溶融部の結晶はビーム速度が大きいほど微細になり、粒径はビーム速度の $(-1/2)$ 乗に比例した。

<システム技術部>

リモートセンシングによる
船舶の航行実態の観測手法について

A Study on Observing Marine Traffics
by Remote Sensing Technique

桐谷伸夫

平成2年10月

日本航海学会論文集84号

現在、衛星によるリモートセンシングは、熱帯雨林の減少や砂漠化などのさまざまな地球環境問題に対する関心の高まりと共に大きな注目を得ており、実際に地球規模の広い範囲を調査・監視する手段として、その有効性が高く評価されている。また、衛星に搭載されている観測センサーが順次高性能化されていることから、海上交通流に対する観測手段としての利用も考えられる。そこで、フランスの SPOT 衛星の可視近赤外センサーによる画像データを使用して海上の船舶を観測し、広い海域での船舶の航行実態を把握・評価することを目的としたリモートセンシング・データの利用方法を検討した。また、画像処理の技術にとどまらず、対象海域内の船舶を探索・抽出して海域の輻輳状況を定量的に評価するための処理システムの構築を試みた。

SPOT は、地上高さ 822km を周回している周期 101.5 分で帰帰周期 26 日の地球観測衛星であり、2 台の可視近赤外センサー (HRV、地上分解能 20m) を搭載している。

観測の対象とした海域は、東京湾北西部北西部から中部の海域であり、これを 4 km 平方の小海域に分割して船影の探索処理を実施した。今回のシステムでは、しきい値処理によってピクセルレベルでの船影判断を行い、この船影ピクセルの集合を探索することによって、船舶の抽出を実現している。また船影探索・抽出処理は自動化が可能であり、初期入力として対象海域を設定することによって、航行船舶の輻輳状況や船舶個々の反射データ、位置などが出力される。

東京湾の一海域について適用した結果、衛星によるリモートセンシングは、海上交通流の定量的な評価手法として十分に有効であることが明らかになった。

<原子力技術部>

CRITICAL HEAT FLUX OF SUBCOOLED
FLOW BOILING IN TUBES WITH
INTERNAL TWISTED TAPE

内部にねじりテープを持つ
管のサブクール沸騰限界熱流束

稲坂富士夫, 成合英樹, 藤崎 亘, 石黒 博

平成3年3月

Proceedings of 3rd ASME-JSME Thermal
Engineering Joint Conference

定常的高熱負荷を受けることが想定される核融合炉の高熱流束機器では、その除熱限界を定める限界熱流束 (CHF) が 1 つの大きな課題となっている。現在のところ、水によるサブクール沸騰とねじりテープによる旋回流との組み合わせが、最も CHF 特性に優れているものと考えられている。旋回流サブクール沸騰 CHF については、Gambill や Drizius らが比較的系統的な実験を行い、各相関式を提案しているが、彼らの提案した相関式は、彼ら自身のデータのみに適用できるものと考えられ、かつストレート流 CHF と旋回流 CHF との関連策、ねじりテープの効果を系統的に明らかにしているとは言い難い。本報告では、ねじりテープの CHF への影響を系統的に明らかにするため、ジルコニア製のねじりテープを内径 6 mm のステンレス管に挿入した場合のサブクール沸騰 CHF 実験を実施した。テープの幅と厚さは各々 5.4 mm, 1.2 mm であり、テープのねじり比 (180 度ねじりピッチ/管内径) は 2.7, 4.3, 8.7, およびねじりが無い場合の 4 通りが選ばれた。

実験結果より、旋回流 CHF は、ねじり比 y の逆数が 0.1 以下ではスワール効果は殆ど無く、ストレート流 CHF と変わらないこと、0.1 以上では y^{-1} の $1/3$ 乗に比例して増大することが示された。また本報告では、ねじりテープによって発生する水の半径方向の慣性力が発生気泡を潰すために CHF が増大するものと仮定され、旋回目 CHF とストレート流 CHF との比 γ を与える実験相関式 $\gamma = (1 + 0.01\theta)^{1/6}$ が半径方向の水の無次元加速度 θ をパラメータとして提案された。そして本式が、我々の実験データ、および Gambill の圧力 10 気圧以下のデータに対して、 $\pm 20\%$ 以内の予測精度を持つことが示された。

<海洋開発工学部>

浮遊式海洋構造物の実海域実験

その4. 方向スペクトル波中における動揺応答

At-sea Experiment of a Floating Offshore
Structure

Part 4. Motion Responses in
.Directional Spectra Waves

大松重雄, 安藤定雄, 小宮治彦

平成3年5月

日本造船学会 論文集 169号

浮遊式海洋構造物の波浪中動揺応答を精度よく予測することは非常に重要であり, 多くの理論的, 実験的研究がなされている。従来, これらの研究の多くは海洋波を長波頂の一方方向不規則波とみなして行われて来たが, 近年, 海洋波を現実の短波頂不規則波として取り扱った研究が盛んに行われるようになった。この場合, 海洋波はあらゆる方向から不規則波が重ね合わされたいわゆる方向スペクトル波として取り扱われる。そして方向スペクトル波中の動揺の線形一次応答は線形重ね合わせ理論で推定可能であるといわれている。しかしこれらの研究は理論計算および模型実験によるものであり, 実機実験によって検証された例はないようである。

そこで本論文では, 浮遊式海洋構造物ポセイドン号の実海域実験データを利用し, 短波頂不規則波中の実測値から応答関数を推定することを試みた。また逆にそうして求めた応答関数あるいは理論計算による応答関数から方向スペクトル波中の動揺応答を推算した結果と実測値との比較を行った。その結果, 以下の結論を得た。

- 1) 実海域における方向波および動揺の実測データから線形方向周波数応答関数の振幅部分を推定することができるが, 実用上十分な精度の応答関数を得るにはできるだけ広い範囲からの入射波を数多く利用する必要がある。
- 2) また, こうして求めた方向周波数応答関数と波方向スペクトルから, どの程度の精度で動揺応答のスペクトルが推算できるかを示した。

振動流中の3次元円柱に加わる
流体力についての実験的研究

An Experimental Study on Hydrodynamic
Forces acting on Finite-length Circular Cylinder

星野邦弘, 中村昌彦, 小寺山 亘

平成3年5月

日本造船学会論文集 169号

海洋で用いられる構造物・機器には, 製作が容易である, 耐圧性能に優れている, 流体力特性に方向性を持たない等の理由で, 円柱がしばしば用いられる。また半潜水式海洋構造物のカラムやブレース等の様に実際の円柱部材は有限長さであることが多い。円柱に加わる流体力に関する研究は, 定常流および振動流中に置かれた2次元円柱に加わる流体力に関して活発に行なわれている。しかし, 有限長さの円柱に加わる流体力については, 定常流中の研究はいくつか見受けられるが振動流中の研究はほとんど見られない。振動流中の有限長さの円柱に加わる流体力に関する研究は半潜水式海洋構造物に加わる波力および運動性能に関する基礎研究として重要である。

本論文では, 長さと直径の比を1~10までに変化させた円柱模型を強制前後揺させることで振動流中における3次元円柱の流体力を実験的に求めその性質について2次元円柱の流体力と比較・検討した。その主な結果は次の通りである。

- (1) 振動流中の3次元円柱の抗力係数に対する3次元影響の傾向は定常流中の3次元円柱の傾向とよく一致する。
- (2) 振動流中の3次元円柱の付加質係数は抗力係数の場合と異なり2次元円柱の値よりも大きい。また Kc (Keulegan-Carpenter) 数の変化によらず殆ど一定値となる。
- (3) 振動流中の3次元円柱の揚力係数は2次元円柱の値よりはるかに小さい。

A Field Measurement of Floating Platform 'POSEIDON'

浮遊式海洋構造物 'POSEIDON' の実海域実験

大川 豊, 敏安藤定雄, 筒井康治

平成3年5月

The 4th International Marine Systems
Design Conference

大型浮遊式海洋構造物を実現させる過程で、これまでに蓄積されてきた要素技術を実海域実験によって検証する必要が生じ、1986年9月から1990年7月まで約4年間に亘る 'POSEIDON' による実証実海域実験が、山形県鶴岡市由良の沖合で行われた。本報告は、この実験の概要と、得られた多くの成果のうち、新しい知見および今後の海洋構造物の設計において考慮する必要があると思われる事柄のいくつかを提示したものである。

まず実験の概要は、実験海域、実験構造物、計測項目と計測器、計測システムなど、この実験の条件について必要最小限の知識を述べている。

次に、得られた成果として次の4つの事柄について述べている。

- 1) 海上における変動風速のスペクトル形状について、1時間程度の観測値を表わすことができる新しい表示式を提示した。
- 2) 実測された波スペクトルの高周波数側のエネルギー平衡領域の形状は周波数の -4 乗に比例することを示し、その表示式を提示した。
- 3) 日射による構造物の歪は、場所によっては波浪による歪よりも大きく、超大型構造物の設計には十分考慮する必要があることを示すとともに、日射量および構造物の温度分布の推定が可能であることを示した。
- 4) 構造物材の疲労被害の推定例を示し、推定に必要なデータの精度についての知見を示した。

<水海技術部>

複合格子法を用いた翼列周り粘性流の数値計算

Computation of the Two-Dimensional
Viscous Flow around a Wing Section in
Cascade with Composite Grid Method

宇都正太郎, 児玉良明

平成2年11月

関西造船協会誌 215号

差分法に代表される CFD 手法により実用船型やプロペラ等の複雑な幾何形状を有する物体まわり粘性流の数値シミュレーションを行う場合、計算スキーム自体よりも計算格子の生成に労力の大半をとられ、結果的にシステム全体のボトルネックとなる可能性が大きい。そこで本研究ではこの問題の解決策として複合格子法を採用した。

本手法は計算領域全体を複数個の小領域の集合体として取り扱う "Multi-Block 法" の一種であり、①複雑な計算領域状への適合性に富む、②運動量、流量等のフラックス量の保存性を満足させることが容易である、③導入に際しての計算負荷が比較的小さい、という特徴を持つ。

本研究ではまず、フラックス量の保存性を満足するように複合格子境界における境界条件の定式化を行なって複合格子計算スキームを構築した。次に2次元円柱まわりの低レイノルズ数流れに関する計算結果をもとに、本スキームの計算精度及び数値安定性等の基本的な性質を調査した。最後に応用例として2次元翼列まわり粘性流の計算を実施して本手法の有効性を明らかにした。

隅肉溶接部の塗膜厚分布と腐食疲労強度改善効果
Paint Coating Thickness Distribution at Fillet
Weld Part and Its Effects on Corrosion Fatigue
Strength of Fillet Weld Joint

在田正義, 田村兼吉, 内藤正一, 柴田俊明

平成3年3月

西部造船会会報 81号

塗膜の防食性と、塗膜の厚さ分布との関係を解明するため、隅肉継手に塗膜を施した試験片の腐食疲労試験を行い、試験結果に考察を加えた。

隅肉継手試験片の隅肉部形状は、溶接したまま（試験片 A）、溶接部を直線状に切削（試験片 B）溶接部をΦ12で面取り（試験片 C）、の3種とした。試験片は、ショットブラスト後、無機亜鉛ショウププライマー及びピュアエポキシ上塗り塗料2層を塗布し、合計膜厚を200μmとした。

実験は、塗膜厚分布の計測及び疲労試験に分かれる。塗膜厚分布は、隅肉溶接部を、輪切りにして測定した。疲労試験としては、上記の塗膜を施した試験片（塗装材）人工海水中腐食疲労試験、塗膜を施さない試験片（裸材）の人工海水中及び空気中試験の3種の試験を行った。

腐食疲労試験は、ASTM 人工海水を、(25±1)°Cとし、荷重速度10cpm、両振り曲げ荷重、空気飽和で行い、破断寿命及び塗膜の状態変化を調べた。

塗膜厚し、分布の良否は σ/T_m 値（ σ =標準偏差、 T_m =平均膜厚）で評価したこの値は試験片 A で0.12、B で0.14、C で0.097であった。更に面とり（試験片 C）での値は、平面に塗布した場合の分布とほぼ同等である。

裸材の腐食疲労における破断寿命は、高応力域で隅肉形状の影響を受けるが、低応力域に移行するにつれて影響が消滅する。塗装材の腐食疲労寿命は、塗膜厚分布の影響を強く受ける。隅肉溶接部塗膜厚分布の悪い場合は、腐食疲労寿命が高応力域においてすら空気中の寿命より短く、低応力域になるにつれ裸材の腐食疲労寿命に近づく、同じく塗膜厚分布が中間的な場合は、腐食疲労寿命が高応力域では空気中寿命より長く、低応力域になるに従いこの関係が逆転する。一方塗膜厚分布の良い場合は一貫して腐食疲労寿命が空気中寿命より長い。

これらの結果から、塗膜厚分布が一様の場合（ σ/T_m が0.1程度以下）には、塗膜によって隅肉部が十分保護されるが、分布が悪い場合（ σ/T_m が0.14程度以上）には、繰返し荷重の初期段階で塗膜が破壊し、防食効果が大きく減少することが分かった。

翼・プロパルサに対する CFD —船舶工学への応用—

Application of CFD to Problems for a
Hydrofoil
and a Propulsor in Naval Engineering

宇都正太郎, 児玉良明

平成3年4月

日本造船学会「次世代船開発のための
推進工学シンポジウム」テキスト

Navier-Stokes 方程式の直接数値解法に代表される CFD (Computational Fluid Dynamics) 研究はコンピュータのハードウェア性能の発達に時を合わせて近年、著しく発展した。その結果、従来、非粘性理論を基にした研究が主流であった翼・プロパルサに関する研究に対する CFD 手法の適用例が近年、増加しつつある。これらの研究は乱流遷移、層流及び乱流剥離、及び翼端渦の生成等の流体の粘性に起因する複雑な現象のメカニズムを明らかにし、プロパルサと船体の非線形相互干渉や実機と模型間の尺度影響等を含めたプロパルサの特性解析の精度を向上させることを目的としている。そこで本論文では日本造船学会推進性能研究委員会の主催による「次世代船開発のための推進工学シンポジウム」テキスト第1章として、船舶工学における翼・プロパルサまわりの粘性流れに対する CFD 研究の主要な成果をレビューした。本論文は以下の4節で構成されている。即ち、第1節では船舶工学分野における翼・プロパルサに対する CFD 研究の概要及び経緯について説明した。第2節では CFD 手法の基礎として、差分法に基づく計算スキーム及び計算格子の生成法について、特に二次元翼型まわりの計算を例に記述した。第3節では二次元問題に対する研究例として、単独翼及び翼列の性能計算、キャビテーション流場及び電磁力による流場制御、の4つのトピックスについて比較的詳しく説明し、最後に第4節では三次元翼・プロペラ問題に対する CFD の適用例について言及した。三次元問題の FD 研究は着手されたばかりであり、本節では実用レベルのシミュレーションの確立に向けて解決すべきいくつかの課題を指摘した。

<大阪支所>

チャギング蒸気凝縮に及ぼす管出口の影響

Effect of Vapor Outlet Condition on Vapor
Condensation at Chugging

綾 威雄・賞雅寛而・飯島伸雄

平成3年5月日

日本機械学会他主催 第28回日本伝熱シンポジウム

沸騰水型原子炉の圧力抑制系では、冷却材喪失事故時に格納容器内に放出される蒸気をベント管を通してプール水中で凝縮させることにより系内の圧力と温度の上昇を防ぐ。プール水中凝縮の形態は、凝縮振動 (CO)、チャギング及びバブリングと呼ばれる様式に分類されている。特に、チャギングでは、蒸気泡崩壊に伴い高い圧力スパイクが発生するため、事故時の安全性確保の上で解明すべき重要な現象と考えられている。今回、管軸に沿って横穴を設けた単ベント管のチャギング抑制効果を明らかにするための実験を行った。

試験ベント管は、直円管 (ストレート管) と蒸気出口部に直径 5.5 mm の横穴に16個を異なった配置で設けたもの3本の4種類を用いた。横穴の分布が、上部を密にしたものをA管、均等にしたものをB管、下部を密にしたものをC管と呼び、出口総面積は全て同一である。チャギング発生の有無は、界面がベント管に設けた熱電対に達するか否かで判定した結果、蒸气流束一定及びプール水温一定のいずれの場合においても、C管が最もチャギングが発生しにくいことが分かった。典型的なチャギングでは、界面がベント管内に存在する時間割合が大きいという特徴がある。ベント管内と熱電対の信号から、この時間割合を調べると、ストレート管に比べて、横穴を空けたベント管はいずれも典型的なチャギングの発生領域が狭くなっており、チャギングを避ける観点からは、横穴放出は有効であると言える。この傾向はC管において特に強くなっている。

CO領域では蒸気-水界面の凝縮変動により、ベント管内にヘッダーへの進行圧力波が発生することが知られている。チャギング時に発生する圧力波に対して管軸方向の位相の相関を調べたところ、進行波となる場合と存在することが明らかとなった。これは、チャギングに伴って現れる圧力波のコントロール容積は蒸気泡であることを意味しており、チャギング時の圧力振動を正確に数値解析する上で考慮すべき事実である。