

所 外 発 表 論 文 等 概 要

<推進性能部>

フェイズドップラー法による計測

Measurement by Phase Doppler Method

工藤達郎、右近良孝

平成4年10月

日本学術会議 キャビテーションに関する
シンポジウム (第7回) 前刷集

水中に存在する気泡核についてその大きさ、速度、組成、分布などを調べることは、キャビテーションを研究する上で非常に重要である。気泡核を計測する方法として種々の方法が提案されているが、本論文では現在船研で用いているフェイズドップラー法を紹介した。

現在船研で使用しているフェイズドップラー法による気泡核計測について、その概要と、水素気泡およびキャビテーション水槽内の水についての計測例を示した。

この方法はLDV計測システムを少し拡張することによって実現でき、空中の液滴に対しては各分野で使用されている信頼性ある手法である。水中での計測には空気中に比べてそのキャリブレーションの難しさ、信号強度の減衰など問題は残っているが、水中気泡核の直径と速度を短時間に大量に同時計測が出来る手法として、また、キャビテーション水槽でのオンライン計測用として、大いに期待できる手法であろう。

Computation of Ship's Resistance Using an
NS Solver with Global Conservation
—Flat Plate and Series 60 ($C_B=0.60$)Hull—
グローバルな保存性をもつNSソルバーによる船体
抵抗計算—平板とシリーズ60($C_B=0.60$)船型—

児玉良明

平成4年11月

日本造船学会秋季講演会論文集 第172巻

著者はグローバルな保存性をもつNSソルバーを開発し、船体まわり流れ等を既に計算してきたが、本論文では、それをさらに改良し、船体抵抗値を高精度に計算できるようになったことが報告されている。

NSソルバーがグローバルな保存性をもつとは、計算領域の至る所で保存性が成り立っており、従って、揚力や抗力などの船体に働く流体力が計算に用いた積分路に依らず一意に定まることである。また、このソルバーは圧力抵抗成分の積分においてもconsistencyをもつように注意が払われており、例えば船体表面で圧力が一定の場合、圧力抵抗の積分値はゼロになることが式の形から保証されている。

今回のソルバーの主な改良点は、移流項の3次精度風上差分において格子間隔の非一様性を考慮したことにある。従来は形式的な3次精度であったが、今回は不等間隔格子上で3次精度をもつように差分式を組み立てた。その結果、間隔が極端に変化した格子を用いた場合に、従来のソルバーでは強い圧力振動が現われていたのに対し、今回のソルバーでは振動がほぼ完全に消えた。

船体抵抗値の大部分を占めるのは摩擦抵抗成分である。そこでまず、抵抗値が摩擦抵抗成分だけからなる物体として、迎角ゼロで流れに置かれた平板の抵抗を計算した。最小格子間隔を数種類変えて計算を行い、実験値と良い一致を得るために必要な最小格子間隔を、尺度影響のパラメータであるレイノルズ数の関数として定めた。

次に、船体まわり流れとして、シリーズ60船型 ($C_B=0.6$) まわりの流れを計算し、抵抗値を求めた。船尾プロペラ面における伴流分布は、従来のソルバーによる結果と同様に、船尾縦渦が充分強く表現できなかったが、計算によって得られた船体抵抗値は、計算されたレイノルズ数 $R_e=4.0 \times 10^5 \sim 4.0 \times 10^7$ の範囲すべてにわたって実験値と良い一致が得られ、このNSソルバーが船体抵抗値を高精度で計算できることを示した。

Experimental Study on Spray Separated from
an Advancing Surface-Piercing Strut at
High Speed

高速航走する水面貫通型ストラットから発生する
スプレーに関する実験的研究

不破 健、平田信行、堀 利文、藤沢純一

平成4年11月

2nd International Conference for
High Performance Vehicles (HPV'92 CHINA)

高性能船の開発が全世界的にますます活発化する趨勢にあって、種々の形式の高速船が提案され研究されている。これらの新形式超高速船には水面貫通型のストラットが用いられることも多いが、そこから顕著なスプレーが発生する。高速流体現象の一つであるスプレーは船体抵抗の原因となるため造船設計者からも注目されている。しかし、スプレーの発生機構は十分に解明されていないため、モデル化もされておらず現在のところ流体現象の数値解析手法に組み込んで計算することができない。

スプレーを伴う高速流体現象の解明とモデル化の見通しを得るため円弧型断面をもつ鉛直ストラットの水槽試験を行い実験的な研究を実施した。前進速度とともに変化する水面の造波やスプレーの様子と抵抗値のほか、スプレーの形状や流量、運動量を計測した。また、造波理論や数値流体力学による計算結果と比較・考慮した。本研究は以前同一の模型を用いて行われた竹子らによる研究の高速域への拡張と位置づけられ、特にスプレーとその抵抗への寄与に注目したものである。

このような研究の結果、集中的に検討を行ったフルード数 $F_n=1.5$ の状態における、スプレーの形状、流量や運動量の分布、スプレーの飛散速度・軌跡など流場の構造の一部が明らかになり、スプレーによる抵抗成分も定量的に推定することができた。この状態ではスプレーによる抵抗成分は摩擦抵抗に次ぐ寄与をする。また、過去における類似の実験結果との比較検討をし、それらをも含め考察を行った。スプレーはストラット表面の薄い膜状の水の這い上がりとなりがれ、それが剥がれて水滴となって飛び散る過程とに大別される。水の盛り上がりは大局的には近傍流場の造波計算でよく表現されること、また、飛散過程は自由落下モデルにもとづく簡単なモデルにより説明されることが示された。

高速柱体のスプレー抵抗について

On Spray Drag of an Advancing Surface-Piercing
Strut at High-Speed

藤沢純一、堀 利文、平田信行

平成5年1月

第42回応用力学連合講演会講演集

水面を貫通するストラットが航走するとスプレーが発生する。スプレーに関しての実験は数多く行われているが、発生機構は複雑で十分には解明されていない。

高速域ではスプレーによる抵抗増加は、無視出来ない大きさとなっているが、スプレー抵抗の推定方法は確立されているとは言いがたい。従来からの推定法の一つとして、ストラット表面に這い上がったスプレーによる摩擦抵抗増加分をスプレー抵抗と見なす方法がある。

本報告では、高速時におけるスプレーの流量、衝撃圧を計測することにより運動量損失からスプレー抵抗の推定を行った。その結果、全抵抗に対するスプレー抵抗の割合を把握することができた。また、スプレーによる摩擦抵抗増加分と比較する事により、摩擦抵抗増加分では過小評価であることが確認された。

さらに全抵抗、造波抵抗の計測結果を用い抵抗分離を行い、考察し若干の知見を得た。その結果精度を上げたスプレー抵抗の推定や、抵抗分離を行うには計測法の見直しや、摩擦抵抗の推定法の再検討が必要であることが明らかになった。

<運動性能部>

船の転覆限界のフラクタル性に及ぼす

復原力変動の影響

Effects of Variations of Stability on Fractal
Capsizing Boundaries of a Ship

田口晴邦、菅 信

平成4年5月

西部造船会々報 第84号

縦波や斜め波中を航行する船は、波と船体の相対位置によってその水線形状が変化することによって復原力が変動することが知られている。その場合、1自由度の横揺れ方程式は、復原力項が時間的に変動する強制マシュー型方程式で表せる。

これまでに著者らは、復原力変動を受ける船の転覆現象に対する理解を深めるために、平水中の復原力曲線を線形項に3次の非線形項を加えて近似したときの復原力項全体が時間的に変動するとした強制マシュー型横揺れ方程式の解を数値的に調べた結果、パラメータを変化させたときの定常解の分岐の様子や横揺れ角と横揺れ角速度からなる初期値平面の非転覆領域の変化の様子、及び強制力の振幅と周波数からなる制御平面の転覆限界の形状が、復原力変動を受けない船の転覆を表現する非マシュー型横揺れ方程式の場合とはかなり異なることを報告した。

ところが、復原力項全体が時間的に変動するとすると、復原力曲線が変動しても復原力消失角は変化しないことになる。しかしながら、実際の縦波や斜め波中の船では、平水中に比べて復原力が増加したときは復原力消失角も大きくなり、逆に復原力が減少したときは復原力消失角も小さくなるので、復原力消失角も時間的に変動する。

そこで本報では、そのことを表すために復原力項のうち線形項だけが時間的に変動するとした場合の強制マシュー型横揺れ方程式の解について、復原力項全体が時間的に変動するとした場合と同様の数値的調査をおこない、その違いについて調べた。その結果、同じ復原力変動の大きさに対しては、線形項だけが時間的に変動するとした場合の方が、復原力消失角が小さくなることから転覆に対する危険性が高くなる結果を示すが、両者の本質的な違いはないことが明らかになった。

巻波による波浪衝撃現象の数値実験

Numerical Simulation of Plunging Wave Impact

谷澤克治, Dick, K. P. Yue

平成4年5月

関西造船協会誌 第218号

船舶や海洋構造物に作用する波浪衝撃の一モデルとして、巻波が垂直壁面に衝突する過程を境界要素法でシミュレートした。巻波による波浪衝撃では巻き込まれた空気の影響が本質的に重要であるため、計算では空気の影響も考慮した。計算結果はChan & Melvilleらの実験結果と比較検討し、相似則についても考察した。

空気巻き込みを伴う波浪衝撃はBagnold型衝撃と呼ばれ、通常は水塊の付加質量と非線形空気バネから成る簡単な1自由度振動系としてモデル化される。しかし、流体の動的挙動をすべて付加質量として扱うにはかなり無理があるし、付加質量を推定する良い方法もない。これは衝撃のスケールが変り、相対的に空気バネ常数が変化すると、水の動的挙動も変化して付加質量にも影響するためである。模型実験から付加質量と空気巻込量を逆算する方法が採られることもあるが、相似則が明確でない以上実スケールに適用するには問題があろう。

本研究の目的は、流体の動的挙動を含む波浪衝撃現象を数値計算を種々のスケールで実施し、計算結果とBagnold型モデルおよび実験計測値との比較検討を行うことにある。検討の結果、計算結果は実験結果と概ね一致し計算結果が妥当なものであること、単純なBagnoldモデルでは衝撃圧はスケールの0.5乗に、衝撃圧の振動周期はスケールに比例するが、計算からは衝撃圧が概ねスケールの0.6乗に振動周期が概ねスケールに比例することなどが分かった。振動周期についてはBagnoldモデルによる解析と一致しているが、衝撃圧については違いがでた。この違いは、Bagnoldモデルでは考慮されていない水の動的な挙動に起因するものと考えられる。

Numerical Computation of Plunging Wave Impact Loads on a Vertical Wall. Part2.

The Air Pocket

巻波が垂直壁面におよぼす波浪衝撃荷重の数値計算

第2報、空気巻込

谷澤克治, Dick, K. P. Yue

平成4年5月

7th International Workshop on Water Waves and Floating Bodies Proc. of 7th Int. Workshop on WW & FB

船舶や海洋構造物に作用する波浪衝撃の一モデルとして、巻波が垂直壁面に衝突する過程を境界要素法でシミュレートした。第1報では計算手法と空気を巻き込まない場合の衝撃過程について計算結果を示した。しかし波浪衝撃では巻き込まれた空気の影響が本質的に重要であるため、今回は空気の影響も考慮した計算を実施した。計算結果をChan & Melvilleらの実験と比較して検証した結果、概ね一致する良好な結果を得た。

空気巻き込みを伴う波浪衝撃はBagnold型衝撃と呼ばれ、通常は水塊の付加質量と非線形空気バネから成る簡単な1自由度振動系としてモデル化される。しかし、流体の動的挙動をすべて付加質量として扱うにはかなり無理があるし、付加質量を推定する良い方法もない。これは衝撃のスケールが変り、相対的に空気バネ常数が変化すると水の動的挙動も変化して付加質量にも影響するためである。模型実験から付加質量と空気巻込量を逆算する方法が採られることもあるが、相似則が明確でない以上実スケールに適用するには問題がある。その点、数値計算では水の動的挙動を含む波浪衝撃現象をシミュレートできるため付加質量や空気巻込量等を仮定する必要もなく、種々のスケールの計算を行って相似則等を導く手掛りを得ることも可能である。本報では相似則を導くための基礎資料としてスケールを変えた5種の計算結果について報告すると共に、波に巻き込まれた空気が衝撃過程に与える影響について考察している。

<機関動力部>

Combustion Characteristics of Stoichiometric Hydrogen and Oxygen Mixture in Water

量論酸水素混合気の水中燃焼特性

熊倉孝尚、平岡克英、井亀 優、菅 進、森下輝夫

平成4年11月

International Association for Hydrogen Energy

International Journal of Hydrogen Energy

第17巻 第11号

酸水素内燃式蒸気タービン機関は、量論比の酸素と水素を作動流体（水/水蒸気）中で燃焼させることを基本とし、発生した熱を直接作動流体に与えてタービン駆動用の水蒸気を得るものである。この機関において基本となる酸水素水中燃焼の可能性を評価するため、本研究では燃焼の安定性と燃焼特性について、予混合燃焼方式のバーナノズルを用いて調べた。このノズルは先端にフードを付けたものである。水中燃焼を行なうには、バーナノズル部が上下に移動できる機構にして、これを直径600mmの水容器の水面上で下向き火炎としてから水中の所定の深さまで没入させた。本実験では水温が室温レベルの場合について調べたので、水中に冷却管を設け水温を制御した。燃焼の安定性を調べるには、一定条件の下で燃焼持続が達成できる頻度で評価した。なお、不安定燃焼の基となる逆火現象についてノズル内の圧力および火炎の挙動についても調べた。一方、燃焼特性については未反応の水素と酸素ガスをガスクロマトグラフにより濃度を測定し、これを基に供給水素と酸素の当量比およびその当量比に対する燃焼効率を求めた。

実験の結果、次のことが明らかになった。ノズルフードは燃焼を持続させる上で非常に有効である。しかし混合燃焼方式ではノズルやフード寸法またガス流量によって、燃焼が持続できる安定燃焼領域が限定される。特にフードの長さとお径の比が2.5以下では安定燃焼が得られない。一方、燃焼が持続するときの燃焼効率は、ノズルやフード寸法またガス流量の影響を受けず、ほぼ理論値が得られる。水中燃焼では燃焼持続時でも火炎がノズル内に侵入することがある。

なお、本論文は1990年7月第8回世界水素エネルギー会議（ハワイ）で発表したものを表記Journalに投稿するものである。

<材料加工部>

セラミックスの高温トライボロジー

Tribology of Ceramics at Elevated Temperatures

千田哲也

平成4年12月

日本船用機関学会誌 第27巻 第12号

セラミックスの船用機関への応用を目指した研究はいろいろな分野で進められている。そのなかでも、耐摩耗性の期待されるトライボロジー（摩擦・摩耗・潤滑）の問題は重要である。これまでの研究からは、セラミックスは、そのままでは格別な低摩擦材料でも低摩耗材料でもないと考えられるが、変形しにくく凝着も少ないという性質は、トライボ材料として本質的に優れたものである。特に、耐熱性を有するため、高温でのトライボロジーとして期待され、研究の進捗が待たれる。

船舶技術研究所では、アルミナとホウ化チタンの高温トライボロジーの研究を行った。アルミナでは、温度の上昇にしたがって摩擦係数は低下した。また、800℃以上で比摩耗量が 10^{-9} mm³/N/mmのオーダーに減少し、1000℃でほとんどゼロになった。このとき、摩擦面に粒径が0.1μmの微細粒子の表面層が形成されていた。表面近傍のTEMによる微構造分析結果によれば、微細粒子層は動的再結晶化により形成された可能性が高い。試験温度が十分高い場合には、再結晶化した表面層の塑性流動によりせん断抵抗が緩和され摩擦係数と摩耗量が低下するが、低温では粒界破壊などにより摩耗が進行するものと推測された。

ホウ化チタンの摩擦摩耗特性は、室温付近、400℃付近の中温領域および700℃以上の高温領域の3つの代表的な温度領域に分けられ、おもにホウ化チタンの酸化により特徴付けられる。室温では、摩耗量は最も多く、ホウ化チタンの直接接触が支配的であった。中温領域では、ホウ化チタンの酸化によりB₂O₃が形成され、その粘性が高いため摩擦係数は大きくなるが、摩耗は温度の上昇にしたがって低下した。600℃以上では、酸化物が表面全体を覆い、一種の流体潤滑状態となるため摩擦係数は低下し、酸化のため試料重量は増加した。

<装備部>

海上混合層のライダーによる観測

Lidar Observation of Marine Mixed Layer

山岸 進、山之内博、土屋正之、野上義夫、華山伸一

平成4年11月

日本船用機関学会 第50回学術講演前刷

船舶からの大気汚染物質が環境に及ぼす影響を評価するには拡散予測モデルを必要とするが、既存の拡散モデルは陸上を対象としたものが主であり、海上の移流拡散について検証したものは極めて少ない。特に海面付近における拡散パラメータと海上混合層の厚さに関する基礎データが不十分である。

このような移流拡散や大気構造を海上で観測する場合には観測点を多数展開することが困難であるために、リモートセンシングを用いることが有効な方法と考えられる。

本報告は、ライダー（レーザーダ）を使って大気混合層の構造と排煙拡散幅を測定するための手法開発およびその観測結果についての報告である。研究の結果次の事が明らかになった。

混合層の構造：

- a. エアロゾル濃度の鉛直分布を計測して、濃度変化率の経時変化を調べる事が有効であることが示された。
- b. 上の方法で伊勢湾から新島まで観測した例では、混合層の上端が陸上において約1.6km、海上では約700mから900mであったと推定される。また、湾内では濃度分布が2重構造となっている事が示された。
- c. 海水温が気温より高い状態では、bよりかなり高度の低いエアロゾル層が観測された。

拡散パラメータ：

- d. ライダー観測により大気中の煙の拡散幅計測が3次元的に効率良く行われることが示された。
- e. 観測の結果、海上大気拡散係数が陸上より低い場合があることが示され、海上独自の拡散モデル開発に必要な資料が得られた。

Optical Properties of the Marine Aerosol for Correction of Satellite Imagery

海洋エアロゾルの光学特性が衛星画像補正に

及ぼす影響

山岸 進、山之内博、土屋正之

平成4年11月

The 11th International Symposium on the Transport of Dangerous Goods by Sea and Inland Waterway

衛星画像は大気放射の影響を取り除く事によって、対象物の真の放射を知ることができる。水面からの放射強度は陸上に比べて著しく弱く、これを補正する為には海洋大気の特徴をより正確に把握する必要がある。

本報は、ライダーによる観測例を挙げ、一般的に画像補正に使われている既存のモデルから海面近くの光学特性を十分な精度で予想することはできないことを示し、海洋大気測定の必要性を論じたものである。

LANDSAT TMの画像を解析して、地形的条件によって形成されたヘイズ部分の差から放射強度を推定する一方、同時にライダーで、ヘイズ部分の後方散乱係数を測定して放射強度を求めた。両値は良く一致し、放射強度の補正が妥当であることを確認した。

ライダー観測によれば、この例のような低い高度で移流したヘイズ層の他に、海水温が気温より高い状態になった場合には、高度の低い霧の層ができ大気放射の強い層が観測された。

このような海面近傍の大気の状態は、既存の大気モデル（LOWTRAN 7）では十分表現できない事が多い。

しかし、表面付近の大気は、衛星画像には光学的に大きな影響を持つため無視する事はできず、海面近傍はLOWTRANモデルと別に個々の気象状態を考慮した解析を行う必要があり、可能なら衛星観測と同時に大気状態を測定して個別に補正を行うことが望ましい。

<システム技術部>

航行シミュレーションにおける交通流モデルと輻輳度

Marine Traffic Model and Degree of Congestion
on the Simulation of Ship Navigation

桐谷伸夫、村山雄二郎、田中邦彦、宮崎恵子、
金湖富士夫、沼野正義、今津隼馬、有村信夫、
福戸淳司、甲斐繁利

平成4年5月

日本航海学会論文集 第87号

航行シミュレーションにおける船舶交通流モデルを大別するならば、第一は実態観測による実航跡に基づくモデル、第二は局所的な複数隻の船舶による出会い・遭遇を意図して作成されたモデル、そして多数隻の船舶の航行を設定した輻輳交通流モデルが考えられる。ここで、輻輳交通流モデルはシミュレーション環境として現実的で効果的な航行環境と航行時間が実現されることから、航行シミュレーションの重要な要素である。しかしながら、環境条件として設定されるべき海域の輻輳度に定量的な評価を与えることは容易でない。例えば、輻輳度の指標として対象海域における航行船舶数に注目した航行密度を考慮することは容易だが、密度は海域の状況の全てを適確に示すことができない。

本論では、輻輳度を海域における「航行の困難度」そして「航行の危険度」の指標とする立場より、船舶が個々に持つ占有領域の航行時間における重なりの状態や変化を「海域の余裕」と対照して検討した。また、環境条件としての輻輳度が持つべき指標として、船位の分布、船速の分布、整流度などを設定して輻輳交通流モデルの作成と評価を実施した。ここで整流度は針路の交差状態として、ある航行時間における交差可能数を検討し整流度の指標とした。

船舶における運転訓練用シミュレータ

Simulator for Training of Ship Handling

金湖富士夫

平成4年6月

(株)オーム社 OHM (雑誌) 第79巻第6号

現在、世界中には、操船訓練用に使用されるシミュレータ（操船シミュレータ）が多数存在する。それらは、船舶のブリッジのモックアップ、ブリッジからの景観を表示する景観画像表示装置、および操船を行う船舶の操縦運動を計算するコンピュータから構成されている。景観画像の表示方式は、以前は、点光源による影絵方式、スライド投影方式が多かったが、最近ではCGI方式が主流になっている。このような操船シミュレータでは、操船する船舶の運動を精密にモデル化すること、実際のブリッジを忠実に模擬したモックアップ、およびブリッジから見える、実際になるべく近い景観を作成し、操船者に実船にいる場合と同様の操船環境を与えることが主眼とされている。

最近、船舶の分野で、従来の船舶とは大きく異なるコンセプトの船舶が研究され始めており、また、既に実用化されているものもある。そのようなコンセプトの主なものは知能化と高速化である。

これらの新しいコンセプトの船舶が、従来の船舶で混雑している海域に進入すると大きな危険を招来することが予想される。したがって、それらの船舶が実際の海域を航行する際に引き起こされる危険を同定し、危険回避の対策を講じることが重要となる。

これらのことを実際の海域で実施することは困難であり、シミュレーションによる検討が必要である。

このためのシミュレータは、船舶の運動モデル、景観画像、ブリッジのモックアップといったこれまでの操船シミュレータの設計コンセプトだけでなく、それとは異なるコンセプトが要求される。それらの主要なものは、実世界の模擬、シミュレータの実験条件の設定の迅速さ、多様な観点からの評価を可能とする方式等である。

ここでは、船舶技術研究所で構築した、これらの条件を満足するシミュレータについて概説している。

原子力プラント用マン・マシン・インターフェースの 評価用シミュレータ

A Simulator for Evaluating Intelligent
Man-Machine Interface Systems of
Advanced Nuclear Power Plants

福戸淳司、宮崎恵子、松岡 猛、沼野正義

平成4年7月

計測自動制御学会講演予稿集

現在、将来型の原子力プラントとして、人工知能技術等を応用した自己診断・回復制御機能を有した自律型プラントの研究（原子力基盤技術総合的研究：原子力用人工知能を具備した原子力施設のシステム評価研究）が5つの研究所で行われており、船舶技術研究所は、自律化された原子力プラントにおけるインテリジェント・マン・マシン・インターフェース・システム（IMMI）の研究を担当している。本報告は、IMMI 評価用のシミュレータの要件を明らかにし、今回作成したシミュレータの機能の紹介を行う。

本シミュレータはIMMI の評価研究において対象となる模擬プラントとして作成した。このため、本シミュレータには、以下の機能が必要となる。

- a. 原子力プラントの基本特性の表現機能。
- b. 任意の構成機器の追加・変更機能および事故等のシナリオの作成。
- c. 自律機能やIMMI を模擬するリアルタイムのルールベース機能。
- d. リアルタイムのシミュレータ機能およびデータの転送機能。

これらの機能を実現するため、オブジェクト指向のプラントモデリング機能と、モデル変化に対応した推論およびリアルタイムでの動作が可能な、エキスパートシステム“G2”上に本シミュレータを構築した。

模擬対象プラントとしては加圧水型原子炉プラント（PWR）を用いた。このプラントのモデルはPWR の設備特性および核特性、熱流動特性等の理論式を基に、前述の機能を表現できる程度に簡略化している。

これを用いたシミュレータ実験の結果、主要なオペレータ操作および故障時の状態量の過渡応答の模擬はIMMI の評価用としては十分であることがわかった。

なお、本シミュレータのモデル作成においては、三菱原子力工業(株)の協力を得た。

音声を用いた操船支援システム

Proposal of
a Navigation Support System Using Voice

有村信夫

平成4年8月

日本航海学会誌 No.113

近年、船舶では運航要員の省人化が実施される中で、海上交通は輻輳化して運航の高速化が進む傾向にある。

この現況に対して、運航関係者は航行の安全性向上と操船者の負担軽減を図る新しい衝突予防支援システムの開発を要望している。

本論文では、操船者と支援機器間の情報伝達手段に音声と画像を用いた新しい衝突予防装置を開発して、この問題の改善を図った結果について述べた。

始めに、既存の衝突予防装置の問題点と改善対策は実船の調査結果を基に述べた。そして、新しい衝突予防装置の概念と研究の方法を示した。

次に、操船者を視覚情報と聴覚情報の両面から効果的に支援すると共に、衝突予防支援装置と操船者間の対話を可能にした新しい衝突予防装置の特徴を示した。

さらに、新しい衝突予防装置の支援効果について、調査結果を基に示している。

そして、本衝突予防装置の支援方式は、操船者の情報処理負担の軽減と航行の安全性向上に寄与することを述べた。

新しい衝突予防支援装置の開発

The Development of the New Type ARPA System

有村信夫

平成4年10月

内航タンカーの近代化船の開発研究委員会

全国内航タンカーでは、熟練した船員労働者の高齢化と不足の問題が深刻化しているため、「内航船の近代化開発研究」の一環として「内航タンカー近代化船開発研究」のプロジェクトを推進している。

ここでは、一人当直時の内航船の運航の安全を確保するために、操船者の負担低減と、海難衝突事故の防止対策等の重要な課題がある。そのため、航行環境の安全性の評価と安全支援対策の確立が急務となっている。

本発表はこれらの問題を改善するため、新しい情報伝達支援方式の衝突予防支援装置 (Advanced ARPA) の開発について行ったものである。

発表では、既存の衝突予防支援装置の問題点の調査結果を基に、個々の問題に対する改善対策を明らかにするとともに、新しい衝突予防支援装置の概念と、その支援効果について述べた。

即ち、ここで紹介した新しいARPAは、情報を伝える手段に画像と音声のマルチメディアを活用して、操船者を視覚系と聴覚系の両面から効果的に支援するものである。また、ARPAと操船者間の対話を可能にした特徴もある。

これまでの研究の結果、ARPAの航行環境の情報は、作業中の操船者に視覚と聴覚で適確に伝えることができるため、少人数化された船橋での見張りやレーダ航行時の支援装置としての有効性が認められた。

更に、本衝突予防支援装置の支援方式は、操船者の操船判断の支援と見張り情報処理の負担軽減の効果が、航行安全の向上に寄与する。

エキスパートシステム“G2”による

PWR簡易シミュレータの開発

Development of Simplified PWR Simulator

using G2

福戸淳司、宮崎恵子、松岡 猛、沼野正義、

井田俊雄、大西英俊

平成4年10月

日本原子力学会 秋の大会 予稿集

自律型原子炉プラントにおけるインテリジェント・マン・マシン・インターフェースの研究を行う上での対象プラントとなる、加圧水型原子炉プラント (PWR) の簡易型シミュレータを開発した。

本シミュレータは、インターフェースの研究への利用という立場から、プラントの過渡応答が定性的に妥当な挙動を示すよう、PWRの核特性、熱流動特性等の理論式を基礎として、プラントの特性のモデル化を行った。

これらの特性は、リアルタイムエキスパートシステム“G2”の機能にある差分式の形態をとるシミュレーション式により記述し、それぞれの過渡応答の表現に必要な時間間隔で計算して表現している。

プラントの構造の定義は、プラントの構成の変更、追加によって、先進的な自律機能やインターフェースの効果の確認が容易にできるよう、オブジェクト指向の考え方に基づいた階層的な構造表現を用いて行った。このモデル化では、共通な性質を持つものを一つのクラスと定義し、このクラスに対して、シミュレーション式を記述している。このため、プログラムの保守性、柔軟性にすぐれたシミュレータを開発することができた。

シミュレータの制御および自動制御系、安全系については、ルールベースによるモデル化を行い、プラントの状態判断、ユーザー入力等が適切に行われていることを確認した。

以上のような、シミュレータの構築により、原子炉を中心に、蒸気発生器、加圧器、発電機等主要なプラント構成要素の模擬が可能になった。

さらに、制御棒の挿入・引抜、一次冷却材ポンプの起動・停止等のオペレーションに対して、核的及び熱的に妥当な過渡応答を示すことを確認した。

**A Real-Time Simulator for Safety Assessment
of the Situation Caused by Navigation of
High Speed Crafts**

高速船の航行により生じる状況の安全評価のための
実時間シミュレータについて

金湖富士夫、田中邦彦、桐谷伸夫、福戸淳司、
宮崎恵子、沼野正義

平成4年10月

WESSEX INSTITUTE OF TECHNOLOGY
Proceedings of CADMO 92

輻輳海域中の高速船の航行により引き起こされる状況を再現し、高速船の航行の安全評価を行うために用いられる実時間シミュレータを構築した。本論文では、このシミュレータの以下に示す主な4つの特徴を紹介し、その有用性を示している。

(1) 高速景観画像表示システム

この景観画像表示システムは、画像更新速度を下げないで多数の移動物体を描画する工夫が施され、輻輳海域を表現するに足る数の船舶をTVと同様毎秒30枚程度の描画速度で表示することが可能である。また、通常稼働時における景観の視野の狭さを補うために、視線および視野の変更を可能としている。

(2) 輻輳海域の実現

シミュレータには、輻輳海域を表現するために多数の船舶を扱うことが求められるが、実時間でシミュレーションを行うためには扱うことのできる船舶の数は限定される。この矛盾した要求を満足させるために、自船の周囲に一定の広さの領域を設定し、その中に存在する船舶のみを扱う（運動計算等の処理を行う）ことを可能にした。

(3) 高速船の操縦運動モデル

高速船の操縦運動モデルとして、流体力学モデルのような非常に詳細なものは現在公表されていないため、簡単な応答モデルを使用している。しかし、シミュレータ実験における操船者は、操船感覚は実際とかなり近いと評価している。

(4) シミュレーションデータの実時間での記録

シミュレータ実験後の解析のために、シミュレーションデータの記録が必要である。シミュレーションデータの量は膨大であるため、シミュレータ実験の最中は自船のデータのみを記録し、実験後にそのデータを読み込み、シミュレータ実験を再生して、他船のデータを記録するという方法を開発した。

**GO-FLOW : A System Reliability
Analysis Methodology**

GO-FLOW : システム信頼性解析手法

松岡 猛、小林道幸

平成4年12月

Proceedings of KJ PSA Workshop

船舶技術研究所で開発を進めているGO-FLOW手法についての詳細な紹介論文である。

まず、GO-FLOW手法におけるオペレータ、信号線の意味、解析手順等の概略説明を行っている。

次に、簡単な電気回路を取り上げ、解析手順を図及び表を用い詳しく説明してある。解析対象の回路をモデル化したGO-FLOWチャートを図として示し、解析において設定したタイム・ポイント、解析において使用したオペレータに与えたデータ、意味等を表形式で示してある。更に、解析手順を表としてまとめ、最後に解析結果の解釈を述べている。

また、一本の信号線が分岐して複数箇所の入力として用いられる“Shared Signal”の取り扱い方法の説明が与えられている。解析対象としてはモデル的なGO-FLOWチャートを取り上げた。オペレータに与えたデータ等及び解析手順を表形式としてまとめて示している。

解析手順において、Shared Signal同士が、AND、ORオペレータで結合される時、それらの間の従属関係を正しく取り扱うための方法を式を用いて述べてある。

GO-FLOW手法の応用範囲を示すため、今までに実施した解析例をそれぞれ簡単に紹介してある。解析例としては、フェイズド・ミッション問題、時間依存のアン・アベイラビリティ解析、事故時における船用炉心冷却系の信頼性解析、遅延オペレータを含んだ解析、共通原因故障を考慮した解析を取り上げてある。

最後に、フォールト・ツリー等他の解析方法との比較、GO-FLOW解析プログラムの説明、不確かさ解析機能の説明、GO-FLOW解析支援システムの説明も与えてある。

船舶航行における潜在危険を考慮した 動的なリスク評価

Dynamic Risk Assessment of Ship Navigation
from Viewpoint of Potential Danger

宮崎恵子、沼野正義

平成4年12月

電子情報通信学会 第6回安全科学研究会研究報告

航行する船舶の数の増大によって海域が輻輳した状況にあること、および高速船などが新たに航行することによって、船舶航行における安全の確保は重要な課題になっており、船舶航行に対する安全評価が必要になっている。

ある海域を船舶が航行する場合、衝突につながるような他船との見合い関係が生じる度に、操船者は①情報収集して状況を把握し、②衝突の危険の有無を含む状況の判断をして適切な操船行動を計画し、③その計画に従った操船行動を実施する。この一連の操船者の行動によって危険の回避を行っており、船舶航行の安全確保には操船者が重要な役割を果たしている。このようなマン・マシン・システムである船舶航行の安全評価には操船者を念頭においた動的な安全評価法が必要となる。

事故の起こらなかった船舶航行であっても、もし、気象・海象の変化、船舶機器の故障、人間の作業ミスなどの「外乱」が起こっていたとしたら、他船との衝突などの「潜在危険」が起こっていた可能性がある。

そこで、船舶航行における安全とは、起こる確率は低くても、安全を阻害するような外乱は起こるものとして考慮し、この外乱が潜在危険を顕在化させたときに、それを回避するための時間や距離としての余裕や、操船者または船舶の能力に余裕があることと定義できる。これら時間、距離、能力のことを「安全余裕」と呼ぶ。船舶の全航行過程において、起こり得る事象である外乱を特定した場合に、その外乱が顕在化させる潜在危険を明らかにし、その潜在危険を回避する安全余裕の有無を評価することにより、船舶航行の動的な安全評価を行うことができる。この安全評価法について提案し、安全余裕の一例として「避航限界」について検討した。

The Incorporation of Common Cause Failures into the Go-Flow Methodology

GO-Flow手法における共通原因故障の取り扱い

松岡 猛、小林道幸

平成5年1月

Proceedings of the PSA'93

共通原因故障とは、単一の原因により複数の機器が同時に故障する現象の事である。大規模システムの信頼度を向上させるために、通常多重系を用いている。もし、この多重系に共通原因故障が発生すると独立故障のみが発生すると仮定した場合に比較し、信頼度が格段に低下する恐れがある。

この共通原因故障をGO-Flow手法において取り扱う方法について述べたのが本論文の内容である。

まず、GO-Flow手法の概略の説明を行い、次に、共通原因故障に曝される機器群は複数存在するので、それぞれの寄与を個々に算出し、最後にそれらを加え合わせる方式を式を用いて説明してある。

解析対象として、加圧水型補助給水系を取り上げた。共通原因故障の発生する機器としては給水ポンプ3台の起動失敗と、ポンプ駆動モータ2台の起動失敗の2群を考慮した。

共通原因故障のモデルとしては、 β ファクター法とBFR (Binomial Failure Rate) 法の2種を選び解析を実施した。

β ファクター法のモデルの場合は、共通原因により影響を受けるすべての機器が故障してしまうので、3台のポンプ同時故障及び2台のモータ同時故障の寄与を加えあわせれば良い。これに対し、BFR法のモデルの場合は、3台ポンプの同時故障の他に、2台のポンプの同時故障も別途考慮する必要がある。

それぞれのモデルに対応した解析プログラム内の手順をフロー・チャートの形でまとめて示してある。

本論文で提案した方法により、GO-Flow手法の種々の特徴を生かしたまま、共通原因故障が容易に取り扱える事が示された。

<原子力技術部>

**Critical Heat Flux of Subcooled Flow Boiling
for Water in Uniformly Heated Straight Tubes**

均一加熱ストレート管における水の

サブクール沸騰限界熱流束

稲坂富士夫、成合英樹

平成4年12月

Fusion Engineering and Design 第19巻

核融合炉の高熱流束機器は、10MW/m²以上の定常的熱負荷を受けることが想定されているが、除熱限界を与える限界熱流束を十分な精度で予測しておくことが機器を設計する上で必要不可欠となる。しかし、これらの機器が受ける熱負荷レベルは、従来の工業機器と比べると数倍から数十倍高いものであり、高限界熱流束に対する系統的なデータ蓄積と信頼性のある予測相関式の確立が望まれている。本研究は、圧力の限界熱流束への影響を調べるためのサブクール沸騰限界熱流束実験を通じ、著者らが先に提案した修正Tong式の本範囲における妥当性を検証するとともに、他の低圧から中圧にかけての限界熱流束相関式の高限界熱流束データに対する予測精度を評価することを目的とした。

実験は、内径3mm、加熱管長100mmとし、圧力0.3~1.0MPa、質量速度5~30Mg/m²s、入口水温25~75℃について行い、圧力1.0MPa、質量速度30Mg/m²sの条件では、50MW/m²弱の限界熱流束が得られること、圧力の増大に伴う限界熱流束の増大は、質量速度の増大に伴うそれよりもあまり大きくないことを示した。また、本実験データおよび他の研究者らによる130MW/m²までの高限界熱流束データを基に、著者らが提案した修正Tong式、Weismanモデル、Gunther式、Gambill-Greene式の各相関式を評価した結果、次のことを示した。修正Tong式は、高限界熱流束データに対し±20%以内と妥当な予測を与える。Weismanモデルは、圧力1.0MPa以上では0~+15%と妥当な予測を与えるが、大気圧近傍では+40%ぐらい大きな値を予測する。Gunther式は、圧力1.1MPa以下では±20%と妥当な予測を与える。Gambill-Greene式は、-50%程度小さな予測を与える。さらに、修正Tong式を用い、10~40MW/m²の限界熱流束を得るための流体条件を与えるマップを提示した。

<海洋開発工学部>

ケーブル敷設台船の曳航索張力の実船計測

Full-Scale Measurement of Towline Tension of
Cable-Lay Barge

山川賢次、原 正一、山本誠一郎

平成4年10月

平成4年資源・素材関係学協会合同秋季大会

ワイヤロープ分科研究会資料

曳航に関する統一した規則・安全基準等はなく、曳航索の仕様などは社内のマニュアルや経験に基づいて個別に決定されているのが現状である。海洋構造物の事故統計(1973年~1981年)によれば、海洋構造物の海難事故のうち、曳航中の事故が約54%に達しており、曳航に関する技術基準が必要と考えられる。著者らは曳航索の挙動を解明するために、模型実験や実船実験で曳航時のデータを蓄積しているが、その一環としてケーブル敷設台船の曳航実験を行った。

1992年5月、北海道と本州をつなぐ電力連系容量を30万KWから60万KWに倍増するための増設工事で、北海道・古川町から下北半島・佐井村の間の津軽海峡に海底ケーブルが敷設された。この敷設工事は、ケーブル敷設船(1万トンのバージ、L×B=91.4×30.2m)を計画コース上を曳航しながら海底ケーブルを敷設するものである。曳船は総トン数201トン、主機3000HP、曳航索はHAWSER:100φ×70m(Nylon)、BRIDLE:40φ×25m×2本(Wire Rope)である。

この曳航は、海峡での強潮流の中での大型バージの曳航力と操船性が重要な課題と考えられたので、ケーブル敷設の本工事(1992年5月27日)の前段階で行われた試航のときに実船試験を実施して、曳航索の張力等の計測を行ったものである。

曳航試験は、ケーブル敷設コースの試航のほか、試航コース以外の曳航時にも行った。したがって、風向・風速および船速など異なる条件の下での計測を行うことができた。曳船側の計測は、本船装備の機器から針路、位置、船速等を10分間隔で読み取り記録した。敷設船側では、左右両舷のブライドルの固定部で曳航索の張力、ほぼ船体中央の計測室(兼居住コンテナ)で方位、加速度(x、y、z)、位置を連続記録した。曳航索の張力については、各試験コース毎に曳船・被曳船の方位、船速、風向・風速と曳航索張力、船速および風向・風速と曳航索張力の関係などを示した。

<大阪支所>

帯電流体注入空間の電場数値解析

Numerical Analysis of Electric Field in a Closed
Space Injected with Charged Fluid

山根健次、吉田紘二郎、綾 威雄

平成4年11月

静電気学会誌 第16巻第6号

タンカーでは荷揚げ後の壁面付着残液除去の目的で蒸気をタンクホールド内に注入する場合があります、噴出する蒸気は電荷を帯びた帯電ガスとなってホールド内を流動することから、タンク内に残留あるいは蒸気加熱によって発生する可燃性ガスに対して静電的な引火危険性のあることが指摘されている。

帯電流体注入時の電荷密度は、タンク内に注入される電荷が瞬時に混合して均一になるという瞬時混合モデルを使えば、注入電荷密度、注入流量と電荷緩和係数の関数として近似的に求められる。しかし、この方法における電荷緩和係数はタンク内の流動状態やタンクの寸法といったさまざまな条件の影響が含まれたものであり、体系に依存するものと考えられる。

瞬時混合モデルより一般性の高い電場解析を行うには電界と流れによる電荷移動を分離し、電荷密度分布を考慮する必要がある。自然界に起こる流れはほとんどが渦を伴う乱流である。乱流三次元流れ場の数値解析は主に計算速度の面から小型のコンピュータでは不可能であったが、近年、コンピュータハードウェアの発達に伴いデスクトップ型でもある程度可能となった。このような状況を踏まえ、現実に近い渦ありの流れ場が扱える $k-\epsilon$ 乱流モデルを使い、実験との整合性を確認できる矩形ホールドを解析対象として、電荷移動を考慮した非定常電場の数値解析を行った。その結果 $k-\epsilon$ 乱流モデルを使った解析は、渦流れに伴うホールド内乱流攪拌をほぼ再現できるため、精度の高い電場解析に用いることができるとともに、瞬時混合モデルでは困難であった注入部近傍の電荷密度の評価にも有用であることなどが分かった。また、帯電流体の電荷移動度は密閉空間内の電界強度を支配する大きな因子であり、帯電蒸気の場合、注入電荷密度との相関があり、その値として $1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / (\text{s} \cdot \text{V})$ を使えば実験値との整合性が良いことが分かった。