

## 所 外 発 表 論 文 等 概 要

### <推進性能部>

#### A Method to Assure Positiveness of $k$ and $\epsilon$ in the Computation of the $k$ - $\epsilon$ Turbulence Model

$k$ - $\epsilon$  乱流モデルの計算における  $k$  と  
 $\epsilon$  の正值性を保証する方法

児玉良明

昭和61年11月

日本造船学会論文集 160号

$k$ - $\epsilon$  乱流モデルは高レイノルズ数流れの計算において広く利用されている。 $k$  は乱流の乱動エネルギーを表わし、 $\epsilon$  はその散逸率を表わす。物理的要請から両者ともに正でなければならないが、実際の数値計算では負の値をとることが非常にしばしば起きる。その結

果、計算が発散し、答が求まらなくなる。

本論文は  $k$  と  $\epsilon$  の正值性を保証する新しい方法を提案する。ここでは  $k$  を新たな変数  $m$  の指数で表現し、 $k$  に関する方程式を  $m$  に関する式に書きかえて  $m$  について解く。 $\epsilon$  についても同様。この結果  $k$  と  $\epsilon$  の正值性が保証される。

流場は二次元チャンネル流をとりあげる。二種類の初期状態からの流れの発達を計算したが、計算の安定性・収束性ともに良好であった。壁面での境界条件として3点の壁法則を用いて計算の安定性の向上をはかった。計算結果は実験値と良い一致を示した。

剝離流を計算するためのテストケースとして、初期状態で逆方向に流れている場合を計算した。流向の変化に計算は追従することができ、剝離流も取扱えることがわかった。

〈機関動力部〉

ホログラフィ干渉法による火炎温度分布測定  
(第1報, 軸対称火炎の温度分布)

Measurement of Flame Temperature Distribution  
by Holographic Interferometry  
(1st Rep. Temperature Distributions of  
Axisymmetric Flame)

佐藤誠四郎・熊倉孝尚・羽島和夫

昭和62年3月

日本機械学会関西支部第62期定期時総会講演会

光干渉法を用いた火炎温度測定では、局所の温度と同時に広い範囲の温度が一度に得られ、高・低温領域の分布の形状とか広がりのような全体の情報を非接触で得ることができる。レーザ分光法など、他の計測法では主として特定の情報が得られるのに対して、干渉法では任意の瞬間の空間分布の測定が可能であり燃焼診断法として有力な手法になると考えられる。

しかし干渉法ではガス密度とガス組成が一緒になったものとして得られるので、温度を求めるにはガス組成を知ることが必要である。これまで干渉測定におけるガス組成の取扱いについては、いくつか試みられているが、温度測定におよぼすガス組成の影響についての定量的な検討はあまり行われていない。

本報では、干渉法を用いた火炎温度測定の際のガス組成の影響を明らかにするため、ブンゼンバーナ層流火炎を用い、ガス組成として測定値を用いた場合、温度と濃度の相似性の仮定から推定した場合、空気とした場合の得られる温度の比較を行った。温度と濃度の相似性モデルでは、燃焼の熱収支のバランスから温度と濃度の関係式を導き、火炎の領域を三つに分け各領域毎にガス組成を求めた。

結果として、干渉法による火炎温度測定では、ガス組成として相似性モデルから推定した場合は1~2%の相違で測定できること、空気とした場合は最大6~7%の誤差を伴うことを明らかにした。

干渉法による火炎温度測定ではガス組成が不明の場合、原理的にガス組成変化による誤差はさけられないが、単純なモデルからガス組成を推定することにより、比較的正確な測定ができる。したがって、非定常燃焼場の広い範囲の温度分布が測定できる利点を生かして、燃焼診断法として十分使用できると思われる。

(380)

二次元ディフューザ内脈動流の数値シミュレーション

Numerical Simulation of Pulsating Flow in  
Two-Dimensional Diffuser

青木修一

昭和62年3月

日本機械学会東海支部第36期定期総会講演会

ディフューザは流体機械の主要構成要素の1つであり、又、管路系などの中でも数多く使われている。この為、ディフューザ流れの研究は理論的にも、実験的にもかなり研究されてきた。しかし、流れが非定常な場合のディフューザ内流れについてはほとんど調べられていない。本報では数値シミュレーションの手始めとして、尾管付き二次元対称ディフューザの場合を非定常、非圧縮、層流の仮定の下にナビエ・ストークス方程式を流線関数と渦度で表した渦度輸送方程式と圧力のポアソン方程式を差分化した式を数値的に解いた。計算したレイノルズ数は  $Re = 80$ 、入口速度分布は正弦波を重畳した脈動する二次元ポアズィユ流れとし、ディフューザ広がり角  $2\theta = 28^\circ$ 、面積比2の場合について、脈動流の周期、振幅を変え、位相角  $90^\circ$  毎の流線関数、渦度、静圧、軸流速度分布を求めた。

脈動流の無次元周期  $T = 10$ 、無次元振幅  $B = 0.075$  の場合を代表例として定常流の場合と比較した結果、脈動流の速度の2階の微係数が正の領域では圧力エネルギーを速度エネルギーに変え、流れを加速するので圧力は降下する。逆に、速度の2階の微係数が負の領域では速度エネルギーを圧力エネルギーに変え、流れを減速するので圧力は上昇する。又、脈動流れには流れの非線形性の影響があることを示した。

<装 備 部>

イマーシヨンスーツの耐寒性能評価法

Methods of Assessing Thermal  
Performance of Immersion Suits

長田 修・樋富和夫・宮田 修

昭和61年10月

日本航海学会論文集76号

寒冷水域を航海する船舶の乗員は、衝突等の海難や漁船作業中の海中転落により、長時間冷水中で救助を待たざるを得ないことがある。このため、SOLAS条約でイマーシヨンスーツの船舶積付が義務付けられ、被験者による冷水中でのスーツの耐寒性試験の実施を求めている。しかし、この種の試験を常時実施するのは危険で道義面でも問題があり、また被験者個々の耐寒性の違いを考慮したとき、本試験法は適切であるとは言いがたい。

本研究では、耐寒性の異なる数人の被験者に各種のスーツを装着し、被験者の冷水中許容時間を求める『被験者による耐寒性実験』と、同じスーツをサーマルマネキンに装着し、各部位と全体の熱抵抗を求める『マネキンによる保温性実験』を実施しマネキンにより求めたスーツの熱抵抗等を被験者の直腸温の降下度に対応させることにより、今後、被験者による試験を実施せず、マネキンによる試験のみで、冷水中のスーツの耐寒性能を評価できることを示した。

回転円板の動的変形解析

(周方向変位の半径方向変位に及ぼす影響)

A Dynamic Deformation Analysis of Rotating  
Discs (Influences of Circumferential  
Displacements on Radial Ones)

天田重庚

昭和62年1月

日本機械学会論文集A編53巻485号

回転する円板が急激に変動回転を行うと、円板内には静的な場合と比較して著しく大きな応力が発生すると予想される。このような応力を精度良く把握することは回転機械の安全性、信頼性の面からも重要である。回転円板の半径方向の運動方程式の中に強制外力項として周方向変位と角加速度との積の項が含まれる。角加速度が増大するにつれて、この周方向変形が半径方向変位に及ぼす影響は無視できなくなる。本報では角加速度に対して、周方向変形がどのように半径方向の変形に影響するかを検討した。円板の角速度  $\omega(t)$  が

$$\omega(t) = \Omega_1 \sin(\Omega_2 t) \quad (\Omega_1, \Omega_2 \text{は定数})$$

で与えられる場合、 $\omega$  と  $d\omega/at$  の比  $\zeta$  を

$$\zeta \equiv \Omega_2 / \Omega_1$$

と定義して、 $\Omega_2$  を種々に変えて円板の変位を計算した。得られた結果は次の通りである。

- (1) 周方向変形を考慮した半径方向変位  $\bar{u}$  の時間変動は、単純な正弦状の変動からずれる。これは、周方向変位  $\bar{v}$  が、周方向変形を考慮しない半径方向変位  $\bar{u}'$  の二倍の周期にて変動するためである。
- (2) 周方向変形を考慮した半径方向変位  $\bar{u}$  の変動は主に正の領域で行う。
- (3) 無次元パラメータ  $\zeta$  に対して、半径方向変位の“うなり振動”の一周期の間に生ずる  $\bar{u}$  の最大振幅  $\Delta\bar{u}$  と、 $\bar{u}'$  の最大振幅  $\Delta\bar{u}'$  との関係は、おおよそ次のように表わせる。

$$\Delta\bar{u} > \Delta\bar{u}' \quad \text{for } \zeta < 310$$

$$\Delta\bar{u} < \Delta\bar{u}' \quad \text{for } \zeta > 310$$

一方、比  $\Delta\bar{u}/\Delta\bar{u}'$  と  $\zeta$  との関係は、 $\zeta=170$  にて約3.5となるが、 $\zeta$  が増助するにつれて低下し、 $\zeta=310$  において1.0、これ以上では1.0以下となる。

## 〈システム技術部〉

## 航行シミュレーションにおける環境条件の設定

A Study of Environmental Factors  
in Marine Traffic Simulation

桐谷伸夫・不破 健

昭和61年10月

日本航海学会論文集

特定港湾において海上交通流を考慮した船舶航行のシミュレーションを実施する場合、自船の航行は、種々の外的な要素に影響されるものと考えられる。第1には自船の運動に関わる外力の存在であり、対象となるものは海上風や潮流である。また航行海域の水深や潮位も同様に問題となると考えられる。第2は他船との関係であり、接近船、出会い船との相対関係は自船の航行に直接影響する要素である。これらの要素（環境条件）を適切にシミュレーションの中に取り込むことができれば、実海域に対応したシミュレーションとして付加価値の高い評価を行うことが可能となる。そこで、電子海図を使用して対象海域を東京湾に定め、環境条件として海上風や潮流、潮位等の設定を試みた。

潮流、潮位は調和定数より任意時刻における値の設定が可能であり、補間によって自船位置における流向および流速、潮位値が求められる。

船舶交通流としては、港湾統計を資料として推定した船舶の出入港数を用いることにより、設定した航路体系における航行状況を評価することができる。

シミュレーションの結果、環境条件の設定手法および航行船舶に対する影響について、基礎的な事項が明らかとなり、今後はそれぞれの要素の改良と手法の確立、また総合的な航行シミュレーションへの応用について検討を行う。

## 〈原子力技術部〉

Measurement of Dose Rates and Monte Carlo  
Analysis of Neutrons in a Spent-fuel  
Shipping Vessel使用済核燃料輸送船における線量率測定と  
中性子のモンテカルロ解析

植木紘太郎・波戸芳仁・布施卓嘉

昭和61年8月

Nuclear Technology vol. 74 No. 2

5つの船倉にTN-12AおよびExcellox 3キャスクを合計13基積載した使用済核燃料輸送船「Pacific Swan」を使った実船実験を実施し、各船倉のハッチカバー上および居住区において中性子とガンマ線の線量率を測定した。また、キャスクが輸送される前に、他のキャスクからの放射線の寄与を取り除くため、1個ずつその表面および表面から51mの位置における線量率を測定した。

船倉内および居住区における中性子線量率分布の解析には著者が提案したモンテカルロ分割結合計算法(Monte Carlo coupling technique)を採用した。そして、本研究を通し、モンテカルロコードMORSE-CGを基本にしたMORSE-CG/CASK-VESSELコードシステムを完成させた。

MORSE-CG/CASK-VESSELコードシステムによる第1段目のモンテカルロ計算はキャスク表面の中性子角度束、エネルギースペクトル、および線量率であった。計算結果は、TN-12Aキャスク表における中性子線量率の計算値は測定値に対し十分良い一致を示した。1段目のデータを用い、2段目のモンテカルロ計算と結合した得られたハッチカバー上および居住区の中性子線量率は、コンクリート遮蔽のない第3船倉のハッチカバー上ではファクター1.5、コンクリート遮蔽を施した第5船倉のハッチカバー上ではファクター2以内で実験値と良い一致を見た。また、居住区における中性子線量率のC/E (Calculated/experiment)は0.81~1.24であったが、測定値自身の値にかなり大きな誤差が含まれていた。

本研究を通しMORSE-CG/CASK-VESSELコードシステムの信頼性が確かめられたので、今後、廃棄物輸送船内の線量率分布計算、多数の輸送物が損傷した場合の線量率分布の推定等が三次元的に精度良く求められることが期待できる。

## 使用済核燃料輸送容器内の線量率感度の概念

概念の定義； 燃焼度が異なる燃料の

配置効果評価への応用

Concept of Radiation Dose Rate Sensitivity

Applicable to Spent Fuel Shipping Casks

Definition of Concept and Application to Evaluation

of Array Effect Obtained upon Arranging Spent

Fuels in Different Burnup States within Same

Shipping Cask

山越寿夫

昭和61年9月

日本原子力学会誌28巻9号

燃料燃焼度が高まるにつれて使用済核燃料中に含まれる中性子源の存在が輸送容器周辺線量率へ及ぼす影響が増大する。特に燃焼度の高い燃料を容器内でどのように配置するかが、やはり少なからず影響を及ぼす。

当研究所で開発した容器周辺線量率評価コード SMART の応用の一環として、容器内の中性子源、ガンマ線源の存在する位置が容器周辺線量率に及ぼす影響の目安を与える。一種の Importance Function である、線量率感度係数と名付ける量を導入し、簡便かつ精度良く燃料配置と線量率との関係を解析する手法を開発した。

この手法を乾式容器 TN-12A 型容器に適用し、燃料配置を考慮した線量率分布計算結果と実測値との比較検討から、開発手法の妥当性を検証した。

この手法の開発により、従来、燃焼度が大きいに相違した使用済核燃料を容器に収納する際の配置法が、収納の都度経験的に決められていたのに対し、配置効果の定量的評価が可能となりそれに基づく合理的燃料配置が可能となった。

## ガンマ線透過問題に対する点減衰核コードの評価

Evaluation of the Point Kernel Codes for

Gamma-Ray Penetration Problems

金井康二・辻 政俊

昭和62年4月

昭和62年原子力学会年会要旨集

ガンマ線の遮蔽設計や安全評価に良く利用される点減衰核コード QAD-CG (米国・ロスアラモス研究所開発) に対して、わが国では最近相次いで改良・整備がなされてきた。本報告では、設定されたベンチマーク問題を、これらのコードで解析することにより精度の検証をすると共に、使用上の注意点についても言及する。ベンチマーク問題は監視窓を模擬したガンマ線透過問題で、2.2MeV の点等方線源と連続スペクトルの円柱線源、遮蔽体は共に 3 cm の普通ガラス、42cm のオイル、18.4cm の鉛ガラス (密度3.3)、27.9cm の鉛ガラス (密度6.2) 及び1.9cm の普通ガラスで構成され、いずれも直接積分法 PALLAS の2次元計算値が基準値として与えられている。取り上げた計算コードは東洋エンジニアリング版の QAD-CG、CRC 開発による SARAI、船舶技研の改良による QAD-CGS 及び原研改良による QAD-CGGP の4件で東洋エンジニアリングおよび船舶技研で実施した。このうち SARAI はインプットデータの簡約化、線源形状・積分方式等に優れた機能を有しているが今回の解析では QAD-CG のオリジナルと同等の条件下で実施した。

再生係数は、散乱線の寄与が支配的となると考えられる鉛ガラスとの類推から共に利用できる鉛のデータを指定した。点線源問題に対して基準値との比は0.807から1.015になり、円柱線源問題に対しては0.908から0.961になった。各計算値の相異は主に減衰係数に起因するもので、基本データの差、内挿法の違いが要因となっている。今回の計算では再生係数の基データおよびフィッティング関数による顕著な差は見られなかったが、重い物質で高エネルギーが対象となる問題に対しては bremsstrahlung の寄与が無視できなくなり、QAD-CGS 及び QAD-CGGP コードの優位な点がより一層実証されるであろう。

## ダクト遮蔽簡易計算法はどの程度適用可能か？

How Good are Simple Calculation Methods  
Applicable to Duct Shielding Problems ?

山越寿夫・田中 進

昭和62年 4月

昭和62年日本原子力学会年会

3脚ダクトが存在する遮蔽体系2例に対し、簡易ストリーミング計算式の適用性を検討した。そのひとつはコンクリート壁中に6×6（フィート）の大口徑矩形屈曲ダクトがZ型あるいはU型をしている場合であり、ダクト入口に<sup>60</sup>Coと<sup>137</sup>Csの点状ガンマ線々源が存在する。

他の例は、鉛遮蔽板に直径1インチの円筒ダクトがクランク状に貫通している場合であり、<sup>16</sup>Nの円板線源が大きく広がって鉛遮蔽板の片面を覆っている。

コンクリート体系に対する多脚ダクトの経験式を最初の体系に適用し、脚内線量率分布測定値と計算値との比較検討をすることとした。円板状線源と遮蔽板から成る体系の非散乱ガンマ線線量率を計算する解析関数式を第二の体系に適用し、遮蔽板透過側表面線量率分布の測定値と計算値との比較検討をすることとした。

最初の体系では、第一脚、第二脚内線量率分布は既存の経験式で充分良好に評価することが出来るものの、第三脚めに対しては、如何なる経験式でも評価精度が極端に悪くなることが明らかとなった。

第二の体系では、簡易計算式は非常に特殊な位置を除けば良好な線量率分布を与えることが明らかとなった。特殊な位置では、ダクトの曲り角を入射ガンマ線がかすめる。

第二の体系が概ね良好な適用性を示した理由として、遮蔽板が鉛で出来ており、散乱ガンマ線の寄与を無視することが可能であったと考えられる。

コンクリート体系に対しては、第二脚までは簡易計算式は適用可能であること、鉛遮蔽板に多脚ダクトが穿ってある場合は簡易計算法が適用できること、ただし、適用の際はダクトの出入口、測定点間の位置関係には十分に注意する必要があること、等の結論を得た。

## 〈大阪支所〉

Oscillation Frequencies at Condensation  
Oscillation during Steam Condensation in  
Subcooled Water (Comparison of Linear  
Solution with Published Correlations and  
Experimental Data)サブクール水中での蒸気凝縮時における凝縮振動の  
振動周波数（線形解析解と従来からの相関式  
および実験データとの比較）

綾 威雄・成合英樹

昭和62年 3月

The 2nd ASME-JSME Thermal Engg. Joint Conf.

蒸気をベント管を通してサブクール水中で凝縮させる際、主として蒸気流速とプール水のサブクール度に依存して、流体振動を伴う圧力振動がベント管系に発生する。この振動現象は、圧力抑制型格納容器を持った沸騰水型原子炉の冷却材喪失事故時などに格納容器が受ける動的荷重評価の問題として、ここ10年来関心が持たれており、各国で安全評価のためのデータを得る目的の実験模試が行われるとともに、振動現象のメカニズムを解明するための小規模実験が数多く行われてきた。その結果、次第にその全容が明らかにされつつあるが、未だ不明な点も残されている。本研究では、球形でモデル化した界面の微小変動に対する線形振動論の適用から求められる凝縮振動の振動周波数を、従来から提案されている近似式および相関式と比較するとともに、小規模装置によるデータおよび実規模試験結果と比較・検討した。ベント管出口に形成される蒸気泡へのマスバランス、蒸気の状態方程式と界面の運動方程式から、気泡の平衡状態からの微小変動に対して3次の線形常微分方程式が導かれる。振動周波数は、この式の特性方程式の虚数部から得られ、相関式と同様、ベント管径との積で整理でき、振動周波数はベント管径に逆比例することが解析上からも示すことができた。大気圧下においては、解析解、近似解および相関式はよく一致し、多くの小規模装置による実験データともほぼ対応していることが分かった。圧力が0.2~0.4MPaの実規模装置の条件下における凝縮熱伝達率のデータがないので、大気圧下のデータに基づいた福田の実験式を使用して実規模装置のデータと比較した。その結果、解析解と気泡の自由振動モデル近似はデータとほど一致するが、相関式は大気圧下の小規模実験に基づいているため、必ずしも良好な対応は得られなかった。