

所外発表論文等概要

〈運動性能部〉

平水中を直進する次元水中翼の特性について

Measurement and Calculation of Pressure
Distribution on a Hydrofoil Section
Advancing Constant Speed

不破 健, 石坂 純

昭和55年5月23日

関西造船協会 春季講演会

水中翼は、水中翼船の他にも、減揺フェイル、姿勢制御用フィンとして広く利用されている。特に浅い深度で使用する場合は、空気吸込みや、キャビテーションが発生したり、自由表面影響により、翼の特性が変化したりするので注意を要する。研究の歴史は古く、

理論的にも実用的にも、ほぼ完成の域に達しているが、2次元、非キャビテーション翼については初期の段階のデータが散見するに留まる。このたび双胴船用のフェイルとして、低速域、浅深度で利用する2次元翼が使用され、その特性を適確に把握する必要が生じたので水槽試験と理論計算とを実施した。実験は長水槽において、圧力分布と流体力を同時計測し、前進速度、および没水深度の影響を調べた。理論計算は任意形状に適用可能な特異点分布法に基いて行った。計測結果は既存のデータの示す傾向と一致し、理論計算とも良く対応する。また、極端な浅深度や低速域では、理論の仮定が成り立たないため不一致を示す。この比較により線形理論の実用的な適用限界が明らかになった。以上の論旨により、圧力計測を中心とした水槽試験の概要、計算方法の説明、および計測結果の記述を行い、計算値との比較を示した。

〈船体構造部〉

コーナー部およびストラット部の
座屈崩壊強度に関する一計算法A Method for the Estimation of Collapse
Loads of Corner Girders and Struts青木 元也, 山本 善之
昭和55年5月16日日本造船学会昭和55年春季講演会
日本造船学会論文集 第147号

構造部材の座屈崩壊強度すなわち最高耐荷力を求めるためには非線型計算が必要であるが、これを初期設計の段階で逐一行うことはあまり実際的とはいえない。そこで、船体構造の主要な強度部分であるところのコーナー部およびストラット部の座屈崩壊強度を弾性有限要素法プログラムを用いて求める方法について検討し、実験値との比較を行った。

深い桁板構造であるコーナー部のウェブ・プレートには縦横に防撓材が設けられており、大きな荷重を受けるとき通常の部材寸法ではまずウェブ・プレートのパネルに座屈が生ずる。コーナー部はこのパネル座屈により剛性は低下するが、耐荷力はまだ有している。さらに荷重が増大して面材が降伏応力に達したとき、あるいは面材を含む座屈変形が生じたとき、このコーナー部構造は崩壊すると考えられる。座屈あるいは初期たわみによってパネルが面外変形を有するとき、このパネルの面内荷重に対する剛性は低下する。したがって、このパネルを等価な平板に置き換える場合にはその板厚を算定する必要がある。この等価板厚をパネルが二対辺に荷重を受ける場合および長辺に曲げモーメントを受ける場合についてエネルギー法を用いて求めた。この等価板厚を座屈後のパネルに適用して弾性有限要素法によってコーナー部構造の座屈崩壊強度を計算し、実験値と良く対応する値が得られた。

ストラットのような軸力を受ける柱部材の場合は初期たわみおよび偏心荷重がその最終強度に大きく影響する。したがって、初期たわみおよび偏心荷重の存在によって低下した平行部面材の剛性を算定すれば、これを用いて弾性有限要素法計算によってストラットの崩壊強度を推定し得ると考えられる。面材のこの有効曲げ剛性をここではジョンソンの式を適用して求めた。また軸力に加えてせん断力あるいは曲げモーメントがストラットに加わる場合には、部材の降伏によって起る座屈崩壊についても検討した。これらの計算結果は実験値と良く一致する結果をえた。

(354)

〈機関開発部〉

Variational Principles for Heat Conduction
Problems in Wave-type

波動型熱伝導問題の変分原理

天田 重庚

昭和55年3月

Theoretical and Applied Mechanics
Vol. 28 (1978)

良く知られているように熱伝導方程式は放物線型の微分方程式によって記述される。この方程式から得られる解は、温度のじょう乱が媒質中を無限大の速さで伝播することを意味している。このような物理的に考えにくい特徴は構成方程式として用いられているフーリエの法則

$$\underline{q} = -K\nabla T \quad (1)$$

に起因している。 \underline{q} は熱流束、 K は熱伝導率、 ∇T は温度のこう配を示す。温度のじょう乱の伝播速度を有限にするために、Maxwell らは (1) 式の代わりに次のような構成方程式を提案した。

$$\underline{q} + \tau \frac{\partial \underline{q}}{\partial t} = -K\nabla T \quad (2)$$

ここで、 τ はリラクゼーション時間と呼ばれ、微少な体積要素に瞬間的に温度こう配を与えた時、その要素内に定常温度状態が確立されるまでに要する時間を意味している。エネルギーのつり合い式と (2) 式より、熱伝導の基礎式は

$$\rho(x)C(x)\frac{\partial T}{\partial t} + \tau\rho(x)C(x)\frac{\partial^2 T}{\partial t^2} = \nabla \cdot K(x)\nabla T \quad (3)$$

のような波動型となる。

(3) 式に相当する停留値問題を得るために、Gurtin, Tonti, Reddy らの方法を適用した。基本的には汎関数を Convolution 積分を用いて組立てる。このため Gurtin の方法では Laplace 変換, Tonti の方法では Convolution 型の内積を, Reddy の方法ではカノニカル型の微分方程式を用いた。得られた変分原理は近似解析への手がかりを与える。

小型ガスタービンの水素運転性能

Operating Performance of a Small Gas
Turbine with Hydrogen Fuel

野村 雅宣, 池田 英正, 羽鳥 和夫
昭和 55 年 6 月 6 日

第 8 回ガスタービン定期講演会

現用ガスタービンを水素化する場合の技術的問題点を実証的に把握するため、水素運転性能試験を行った。供試エンジンは出力 275 PS の単純開放サイクルガスタービンで、通常は灯油を燃料として用いる。このガスタービンの燃料噴射弁および燃料供給系を水素用と置換した。水素流量制御弁としては天然ガス用を使用した。水素供給は高圧ガスポンプの内圧を利用することとしたため、水素ポンプは今回の場合使用していない。

起動試験において、水素は爆発的着火を起す傾向が強いことが明らかとなった。この爆発的着火は着火時の空燃比が小、混合気流量が大の場合に著しい。従って水素に着火させる場合には、両者の制御をより厳密に行う必要がある。

運転試験の結果、水素燃焼時の燃焼器内筒壁温は、燃焼器出口ガス温度を 960°C にしたとき、灯油燃焼時よりも約 200°C 低下した。原因は輻射伝熱量の低下によるものと考えられる。また、燃焼効率を排気ガス中の未燃水素ガス濃度より推定したところ約 20 ppm 以下の濃度であって、完全燃焼と考えてよいことがわかった。これらの結果から、水素ガスタービンでは高燃焼負荷率の燃焼器にできる可能性のあることがわかる。

熱効率は水素および灯油運転の間に差は認められなかった。

水素および灯油運転時の NO_x 排出量を、定格運転時について計測したところ、水素燃焼における発熱量 1000 kcal 当りの NO_x 排出量は灯油燃焼時よりも大となった。従って、水素燃料を用いる場合には NO_x 低減化対策が必要となろう。

騒音レベルは水素と灯油運転の間に差はみられなかった。

〈機 装 部〉

ピックアップの付加質量による振動加速度
レベルの補正值について

On Compensation Values of ACC Level for
Load Effect of Accelerometers

原野 勝博, 藤井 忍

昭和 55 年 5 月 14 日

日本音響学会 春季研究発表会

薄板の音響域振動を計測する場合はピックアップの負荷効果により薄板の振動特性が変化するので、ピックアップはできるだけ小型軽量のものを用いる必要がある、その重量は被測定物の 10% 以下にとることが望ましいとされている。しかし実際には、ピックアップの感度や計測器のノイズ、被測定物の振動の大きさ等により、この条件で測定できない事も多い。その場合、計測値に含まれる負荷効果による誤差を正確に推定する必要があるが、壁体が振動する場合の付加質量による負荷効果について、理論式は求められているものの、実験による比較の報告は見かけない様であり、又防撓材の影響の及ぶ範囲についても知る必要があったので、それらを確認するための実験を行い、次の結果を得た。

(1) 負荷効果は防撓材のごく近傍(防撓材の間隔/16)までパネル全面ほぼ一様と考えられる。

(2) 負荷効果は理論式 ①

$$\Delta L = 10 \log \left\{ 1 + \left(\frac{\omega M_t}{\sqrt{3} (E\rho)^{1/2} h^2} \right)^2 \right\} \quad \text{①}$$

M_t : ピックアップの質量

E, ρ, h : パネルのヤング率, 密度, 板厚

ω : 振動の角速度

が、付加質量が比較的小さい場合 4~5 kHz 迄実験値と大略一致する。

簡略計算式 ②は M_s の決め方に未知の要素があり、

$$\Delta L = 20 \log \frac{M_s + M_t}{M_s} \quad \text{②}$$

M_s : 振動体の有効質量

M_s を板の曲げ波の等価質量 $= (\lambda_b/\pi)^2 \rho \cdot h$: λ_b = 曲げ波の波長にとると実験値との一致はよくない。

(3) 付加質量が大になると、負荷効果の補正值の曲線が複雑な周波数特性をもちはじめ、かつ、その特性は僅かな実験条件の差違により大きく変化するので、補正值を決定するのは困難となる。一般的に言ってピックアップの重さは 6 ミリ合板では 10g, 9 ミリ合板では 30g が補正できる限度である。

(4) 小型ピックアップ(感度約 2 pc/g 程度)の場合、チャージアンプを使用すると高周波域(2 kHz 以上)で発振ノイズのためと思われる大きな誤差があるためプリアンプを用いる必要がある。

〈原子力船舶〉

新しい格子模型による 3 次元中性子透過計算コード

A Three Dimensional Stochastic Neutron
Transport Code Using the New Lattice
Model Concept

伊藤 泰義, 金井 康二, 竹内 清

昭和 55 年 3 月 27~29 日

原子力学会年会

放射線の透過・漏洩をモンテカルロ法で計算する場合、概して膨大な計算時間を要する。時間の節約を目的として、空間を格子状に区切り、この格子点上を粒子が動くとしたコードを開発した。この格子模型は単位立方体を 8 ケ積み重ねた形で表わされ、粒子がある格子点から次の格子点へ移動する時に選べる角度方向は、全立体角で 26 方向である。しかしこの角度方向では問題によって ray effect の現象が生じるため、この ray effect を解消するため、新しい格子模型を考えた。

新しい格子模型は単位立方体が 64 ケからなり、これによって選べる角度方向は 98 方向に増した。

更に非散乱線と散乱線の計算を分割して行い、非散乱線は解析的に計算を行い、散乱線のみランダム・ウォークによって計算を行って、両者の和をとることによりある点の計算値としている。又 option の 1 つに PALLAS コードとの結合計算が行えるようになっている。そのためエネルギーメッシュ、断面積のセットは PALLAS コードと同一のものを使用している。接続は境界面での粒子流を保存させることによって絶対値で受け渡しされる。

JRR-4 で行われた高速中性子のダクトストリーミングの測定値とこの新しい格子模型によるコード DIMOS の計算結果との比較を行ったところ、両者はかなりよく一致した。

Variance Reduction Techniques Using
Adjoint Monte Carlo Method and
Monte Carlo-Monte Carlo Coupling in
Deep Penetration Problem

深層透過問題における adjoint モンテカルロ法
およびモンテカルロ-モンテカルロ
カップリングを使用した分散低減法

植木紘太郎

昭和 55 年 4 月 21 日

Monte Carlo Seminar-Workshop,
Oak Ridge National Laboratory

モンテカルロ法は放射線輸送問題を解く有力な手法である。しかし、モンテカルロ計算精度は統計的分散によって制限される。特に深層透過問題あるいは屈曲ダクト問題では粒子が目的とする量に寄与する確率が非常に小さいので、分散を低減するためにはインポートンス・サンプリング、ディスクリット・オーデイネイト-モンテカルロ カップリング法、モンテカルロ-モンテカルロ カップリング法等を使用し、衝突確率密度を増加させる必要がある。

本報告では、主要なインポートンス関数を求める adjoint モンテカルロ法の基本となる emergent adjunction density equation を理解しやすいような手続で導入するとともに、event value $W_0(\vec{r}, \hat{\Omega})$ を既存の adjoint モンテカルロ計算コードから得られるような形に導いた。adjoint モンテカルロ計算で求めた event value および paint value 関数がそれぞれ粒子の飛行距離バイアスおよび散乱角バイアスとして forward モンテカルロ計算に使用できることを実証した。また、くりかえし forward-adjoint モンテカルロ法による計算を行い、標準偏差の低減と精度の良いインポートンス関数が比較的安いコストで得られることが分った。これらの計算は中心軸上にダクトのあるコンクリート円筒問題について行った。

JRR-4 で行った 2 回屈曲円環ダクト中性子ストリーミング実験をモンテカルロ-モンテカルロ カップリング法を開発して計算した。最初の計算では炉心からダクトの入口の手前 5 cm までを解き、次の計算では 5 cm 手前の平面をみかけの線源としてダクト端部までを解いた。この手法によって円環ダクト円部および周辺の衝突密度が 10^4 程度増加し、 $N_i(n, p)$ 反応率は全般的に測定値と妥当な一致を示した。

格納容器壁面の LOCA 時凝縮熱伝達率

Condensation Heat Transfer Coefficients on
Containment Vessel Wall at LOCA

綾 威雄, 成合 英樹, 小林 道幸
昭和 55 年 5 月 29 日

第 17 回日本伝熱シンポジウム

冷却材喪失事故 (LOCA) 時における格納容器内の熱流力的応答特性を解析する際、圧力・温度の過渡変化に大きく影響する因子として、格納容器内面上での蒸気の凝縮熱伝達率がある。即ち、一次系配管からブローした蒸気は、格納容器内の空気と混合しつつ格納容器内圧を上昇させるが、格納容器内面で蒸気が凝縮することにより、その内面上昇の程度は減少する。この凝縮熱伝達率は、蒸気と空気の重量比の広い範囲で、かつ LOCA という過渡状態であるため、理論的にしる実験的にしる正確な値を得ることは難しい。現在、世界的に最も広く使用されているのは、約 15 年前に我国の SAFE プロジェクト小委員会の下で、日立製作所が行った基礎実験に基づくものであって、定常熱伝達率に対する内田のデータ及び過渡熱伝達率に対する田上の式として知られている。

そこで、日立のデータを見直すことにより定常及び過渡熱伝達率について新しいモデルを提案して考察を行った結果以下の事が明らかになった。

定常熱伝達率については内田のデータより若干低めの佐川のデータが森・土方の理論解に近い。また、過渡熱伝達率は定常熱伝達率に攪乱効果を表わす係数を掛ければ良いことを知った。そして、この攪乱効果は壁面の強制対流効果とブロードダウン換算時間 (ブロードダウン断面積とブロードダウン時間の積) の両者から定めるとうまく表現できる。これらのモデルにより、当所で行った模擬実験の結果もよく説明できる。なお、攪乱効果の大きさと持続時間は、圧力容器容積、ブロードダウンの方法や格納方式によりかなり異った値となること、佐川の模擬実験の結果との比較から判明した。

〈海洋開発工学部〉

大型海洋構造物の洋上接合時における 接合部荷重について

A Study on the Connecting Forces and
Moments of a Huge Offshore Structure
Composed of Several Unit Structures

安藤 定雄, 影本 浩
昭和 55 年 5 月 9 日

西部造船会 第 60 回例会
西部造船会々報 第 60 号

近年、海洋の利用形態が多岐にわたるに及んで、従来考えられなかったような大型の海洋構造物も計画されている。本研究ではこのような大型海洋構造物を建造する際に、構造物をいくつかの建造ユニットに分割してドックで建造し、洋上で建造ユニット間を接合する分割建造方式を適用した場合、接合部にかかる荷重、モーメントについて実験を行い、その結果に基づいて簡便な計算法を提示した。対象は、耐地震性、大水深への適応性その他様々の面ですぐれた特長を有している要素浮体支持型の浮遊式大型海洋構造物とした。

実験は、

- ① 規則波中における建造ユニットの動揺応答特性
- ② 規則波中において建造ユニットに働く力及びモーメント
- ③ 規則波中において洋上接合時の建造ユニットに働く力及びモーメント

の 3 種類について行った。

要素浮体間の相互干渉効果は無視した推算法により、建造ユニットに働く水平方向の力、鉛直方向の力、接合部に働くモーメントを計算し、実験値と比較を行った。モーメントについては、水平方向の力と鉛直方向の力の位相差を考慮しない場合と、考慮した場合との 2 種類の計算を行い、実験値と比較することにより、それぞれの方法の適用範囲について考察を加えた。

以上の研究より、次の結論が得られた。

- ① 本研究が実施した実験範囲であるならば、実験値は要素浮体間の相互干渉効果は無視した簡便な推算法に基づいても十分な精度で推算可能である。
- ② 洋上接合時のように、接合しようとする建造ユニットのまわりに、既設の構造物があるときには、その構造物による波の遮蔽効果によって、建造ユニットに働く力が軽減する。

開脚式メカニカルアンカーの模型実験

Model Test of Diamond Type
Mechanical Anchors

大津留喬久, 岡田 昭寿, 田中 義久
昭和55年6月9日~11日
第15回土質工学研究発表会

海洋開発用係留施設の一部として、従来船舶に用いられた投錨型アンカーにくらべ把駐力の高い埋設型アンカーの開発をめざして開脚式アンカーの模型を試作した。鉄パイプ杭状のアンカーを地盤中に重錘落下法により打ち込んだ後、その先端に内蔵した菱形脚をジャッキで縦方向に圧縮し脚を水平方向に開き矩形板を地中に水平に埋設した形とするものである。関東ロームと鬼怒川砂で実験した。実験は脚を開かせるためのジャッキ圧（開脚力）の測定を行う開脚実験と、開脚後、毎分2cmの速さでアンカーを上向きに引上げ、垂直方向の把駐力を測定する把駐力実験とである。

開脚試験の結果開脚の初期に大きな開脚力が必要で、脚（菱形の一辺）を短くするか、菱形の初期状態を脚が開いた形にすると、開脚力の最高値は低下した。

関東ローム地盤の土質試験の一部として行われた横方向 K 値の測定データを利用して開脚力の計算式を求めた。この結果は実験値と一致した。この計算式から脚を短くすることにより最高開脚力を低くおさえることが可能であることが判明した。また埋設時のアンカーの打込みに必要な打撃回数から開脚力最高値が推定されることが明らかになった。

把駐力試験の結果良く乾燥した鬼怒川砂以外の地盤では引上げた脚部周辺の土にアーチ作用が確認され、把駐力はマイヤー・ホフ氏の矩形板の引上げ抵抗値より大きめの値を示し、このアーチ作用により脚が矩形板と同じ効果をもつものと考えられる。今回の実験には2種のアンカーを用いたが、大きいもので矩形板が7.5cm×44cmであり実験中の最大把駐力は7トンにたった。

問題点は、把駐力の最大値が発生するまでの変位量が大きいこと、矩形板の短辺 B と埋設深さ D の比 $D/B=10\sim15$ に達すると限界深さに達し、それ以上深く埋設しても把駐力が増加しないことである。

〈大阪支所〉

FRP の耐熱強度の研究
(片面加熱時における引張強度)

On the Heat-Resistance Strength of FRP
(Tensile Strength of the FRP Plate
Heated from On Side)

山根 健次, 多賀 謙治, 波江 貞弘
昭和55年3月26日
第9回 FRP シンポジウム
(日本材料学会)

最近、耐蝕性、遮音性等にすぐれているといった理由から、従来は金属が唯一の材料として使用されていた船舶のエンジンマフラー、排気管などの耐熱性が要求される部分にも耐熱性 FRP 材が使用されつつある。また耐火救命艇の材料としては比較的早く10年前頃から FRP が使われている。これらの部材はいずれも使用状況によっては片面を高温にさらされる可能性が十分考えられる。

FRP 材料強度の温度特性については、従来板厚内の温度分布が均一と思われる場合についての引張や曲げ強度等の測定例がいくつか報告されているが、上記のような使用条件に対応する片面加熱といった状態で強度実験、強度解析を行った報告は見当たらない。

FRP は金属に比べて熱伝導率が小さく、しかも強度上板厚を厚く設計する場合が多く一般には内部温度分布が定常となった後も表面と裏面では温度差が大きくなるため強度を検討する際にはこの板厚内の温度分布を考慮する必要がある。

そこでこのような加熱状態における材料について加熱温度、板厚等を変化させて、任意の加熱時間における材料内部の温度分布ならびに板材の引張強度を解析的に求める方法を検討した。また板材を片面加熱しながら荷重を加えられる加熱実験装置ならびに加熱中ののびを計測できるのび計を試作し、引張強度を中心に実験を行って上記解析値と比較検討した。

ERP 船の接合技術の開発動向と接合強度

Development of Joints Technique and
Joint Strength for FRP Ship

吹上 紀夫

昭和 55 年 3 月

雑誌「工業材料」28 巻 3 号

船体に用いられる FRP はガラス繊維に熱硬化性のポリエステル樹脂を今浸させ成形したものである。このような FRP 材は溶接ができないため継ぎ合わせるには接着によるほかない。ところが接着強度はもとの強さ(母材), すなわち一体成形したときの強さより強くなることはなく, 接合材の強度試験を行うと必ず接合部で破壊する。強い場合は母材強度の 90% まで接合強度を上げることが出来るが, 弱い場合は僅か数%程度の強度しか出ない場合もある。

設計に際しては, この接合強度を十分考慮しなければならぬが, その資料が少く, 端的に言って, 接合強度を求めるための試験方法に満足できるものが見当たらないのが現状である。

現在行われている FRP 材の接合試験法としては

片側ラップ接合	} これらの試験片による引張 および曲げ試験
両側ラップ接合	
両面目抜突合せ接合	
T型接合	
L型接合	
母材の積層面	} せん断力または引張りを加 える試験
打継ぎ面	

以上のような試験方法があるが, これらの試験法では変形が大きくなり局部的な破壊による強度を求めるような形となる。したがって, 弾性係数の小さい FRP 材には適した試験法とは言えないのである。

これまでに行った試験の結果と文献より, FRP 材の接合方法, 接合効果, 接合強度および破壊の現象について解説した。

〈東海支所〉

蔽遮設計計算の精度評価

(2) 蔽遮ベンチマーク計算結果

Assessment of Calculational Accuracy in
Shielding Design Calculations,
(2) Shielding Benchmark Calculations

竹内 清

昭和 55 年 3 月 28 日

日本原子力学会年会

蔽遮設計計算法および計算コードの精度評価を目的として, 動力炉の蔽遮設計で遭遇する最もやっかいな問題である中性子ストリーミングに関して蔽遮ベンチマーク問題を幾つか作製した。これらの問題は全て信頼できる実験結果で, しかも計算に必要な情報が全て明らかなものである。第 1 の問題は中性子円筒ダクトストリーミング(N-II-1)であり, 第 2 は円環形状ボイド問題(N-II-2)であり, 第 3 として 1 次冷却部系を模擬した円環ダクトストリーミング問題(N-II-8)であり, 第 4 はスロット状間隙ストリーミング問題(N-III-1)であり, 第 5 は 90° 屈曲円環ダクト問題(N-III-2)であり, 第 6 は 2 回屈曲円筒ダクト問題(N-III-3)である。その他に NEACRP 蔽遮ベンチマーク実験の中から ORNL 鉄ベンチマーク実験(N-II-5)とウインフリス鉄ベンチマーク実験(N-II-9)を選んだ。計算に使用したコードは DOT-3 および TWOTRAN-II の S_n コード, PALLAS-2DCY コード, さらに MORSE モンテカルロコードである。群数は S_n コードおよび MORSE が 13~15 群であり, 一方 PALLAS は 40 群である。角度分点は S_n コードの場合 S_8 (あるいは $S-48$) を標準とし, 非対称 $S-124$ や対称 S_{16} なども使用した。ルジャンドル展開近似は P_3 である。PALLAS は半対面上 28 分点であり, ルジャンドル近似はしていない。計算と実験との比較が各問題毎に行われ, 各計算コード毎に計算誤差が明らかにされた。計算誤差があまり大きい場合は幾つかの試行計算が繰り返されたが, 3 年間の期限内での作業であったために十分な誤差の究明はできなかった。しかし問題点の抽出に関しては大きな成果が上ったといえる。なお本ベンチマーク計算作業は原子力学会の蔽遮設計法研究専門委のワーキンググループと伊物理委・蔽遮専門部会との共同作業によるものである。

3 次元 XYZ 形状用 PALLAS コードの開発

Development of Three-Dimensional PALLAS
Code in (X, Y, Z) Geometry

竹内 清, 金井 康二, 笹本 宣雄
昭和 55 年 3 月 28 日
日本原子力学会年会

ボルツマン輸送方程式を直接積分法により 3 次元 XYZ 形状に対して解く計算コードを開発した。対象とする放射線は中性子で定常の場合である。解法の特徴としては、1) ディスクリットオーディネート計算における最大の誤差の原因であるレイエフェクト解消のために、非散乱線束の計算を分布線源の表面から解析的に計算する手法、いわゆる 1 回衝突線源法を適用して行う。2) 線束および散乱分布関数をルジャンドル多項式展開近似する手法を使用しないので、負の角度束を算出することはない。3) 従来の 1 次元および 2 次元形状計算用 PALLAS コードではエネルギーメッシュを細かく選ぶ必要があったが、3 次元計算ではエネルギーメッシュを細かく選ぶことは計算時間の関係で無理がある。そこで 1 次元計算から求められる詳細群のエネルギースペクトルを 3 次元計算の散乱減速の計算の際の重み関数として用いることによりエネルギーメッシュを粗に選ぶことを可能にした。4) 空間メッシュを粗に選んでも高精度の解が保証される線源分布の指数関数近似法を適用することにより空間メッシュ数の節約を図った。

今回作製したコードは、1) 角度分点は全対面に対して対称な 48 分点で、極角 6 分点に方位角は最大 12 分点である。2) 最大エネルギー群数は 25 群である。3) 計算上 X-Y 平面と Z 方向の 1 領域を単位空間と考えて角度原の計算をすすめる。したがって Z 方向の多領域は 1 領域つつ中性子の進行方向に角度束を結合して実行する。この操作により 3 次元空間メッシュ数がコア容量を越えることを抑制できる。例えば 500 kw のコア容量の計算機では全空間メッシュ数が 2.7×10^4 までの計算が可能となる。これは XYZ へ均等に割り当てると $30 \times 30 \times 30$ メッシュであるが Z メッシュを減らすことにより他の増加が図れる。

制動放射 γ 線を考慮した時の ^{16}N からの γ 線物質透過計算

Calculation of γ -ray Penetration from
 ^{16}N Source Taking Account of
Bremsstrahlung γ Rays

竹内 清, 田中 俊一, 金野 正晴
昭和 55 年 3 月 28 日
日本原子力学会年会

高エネルギー γ 線の重い物質透過計算では制動放射による 2 次 γ 線も考慮に入れて計算を行うべきであるとの指摘があった。しかし、実際の輸送計算で γ 線から電子を発生させ、この電子の運動から 2 次 γ 線を発生させて 1 次および 2 次 γ 線の計算を行うことは非常にやっかいなことになるので 1 次 γ 線のみか、あるいはかなり大きな仮定で 2 次 γ 線を発生させて近似的に 2 次 γ 線の計算を行うモンテカルロに計算があるのみであった。

今回の計算はまず PALLAS コードで 1 次 γ 線物質透過計算を行う。次いでこの 1 次 γ 線束からコンプトン散乱および電子対生成により発生する電子の物質中の線源を計算する。電子の線源が求められると、本来は電子についてのボルツマン輸送方程式を解いて電子束を算出するのが厳密な手法であるが、通常よく適用されるストップングパワーを用いて電子束を各空間メッシュについて計算する。この算出された電子束に制動放射 γ 線発生断面積を掛けてエネルギーで積分することにより 2 次 γ 線の線源が各空間メッシュについて各 γ 線エネルギー別に計算される。最後にこの 2 次 γ 線源を再び PALLAS コードに入力することにより 2 次 γ 線物質透過計算を実施し 2 次 γ 線束を求める。算出された 2 次 γ 線はすでに求められている 1 次 γ 線に加算され、最終的な全 γ 線束および全 γ 線線量が求められる。

^{16}N からの平均 γ 線エネルギーが 6.2 MeV の γ 線の鉛板透過計算を行い実験結果との比較を行った。実験値が照射線量両生係数の形で求められているので再生係数の形で比較を行った。鉛 5 mfp 原の場合、制御放射 γ 線を無視した時の値に比べ 10% 程の増加が認められたが、実験値は 30% もの増加を示している。現在この差の原因を追求している。