Osaka University Knowledge Archive

Title	Study on Assembly and Core Calculation Methods for Advanced Core Analysis of Light Water Reactors
Author(s)	巽, 雅洋
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42306
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

【84】

氏　　名	巽（たつみ）　雅（まさ）洋（ひろ）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　16250　号
学位授与年月日	平成13年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科原子力工学専攻
学　位　論　文　名	Study on Assembly and Core Calculation Methods for Advanced Core Analysis of Light Water Reactors （軽水炉炉心解析の高度化のための集合体及び炉心計算手法に関する研究）
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　竹田　敏一 （副査） 教　授　飯田　敏行　　教　授　堀池　　寛　　助教授　山本　敏久

論　文　内　容　の　要　旨

本論文は、軽水炉炉心解析の高度化のための計算手法の改良に関する研究結果をまとめたものであり、5章より構成されている。

第1章では、本研究の背景、目的および意義について述べている。また、計算精度の向上は安全性のみならず経済性の観点からも重要であることを指摘している。

第2章では、近年の計算機の発達と炉心解析の高度化について述べている。計算機の発達に伴う解析手法の高度化の可能性を明らかにするとともに、炉心解析の高度化には、高いコストパフォーマンスを有するベオウルフ型の並列計算環境が有効であることを指摘している。また、集合体計算と炉心計算の高度化に関する課題と方針について述べている。

第3章では、集合体計算手法の改良として、共鳴核種の実効断面積を精度良く計算する手法の開発について述べている。実効断面積の計算において、集合体内の非均質性を直接的に取り扱い、実効断面積の空間依存性を考慮することが、核特性予測の高精度化に重要であることを示している。また、数値計算時における空間および角度に関する離散化が、計算結果に与える影響を定量的に評価した結果を述べている。さらに、中性子束の角度分布を適切に考慮することで、角度離散化数を最適化し、計算時間の短縮に寄与できることを指摘している。

第4章では、炉心計算の改良として、オブジェクト指向アプローチに基づく並列計算機向け炉心計算アルゴリズムと、それに基づく炉心計算コードSCOPEの開発について述べている。異なる計算理論を任意の計算メッシュに割り当てることにより、柔軟性に富み、高精度かつ高速な計算が可能になることを明らかにし、さらに計算の最適化について述べている。また、詳細メッシュ多群輸送計算に関して、商業用加圧水型軽水炉を対象としたベンチマーク計算を実施し、燃料棒出力やピーキング係数の予測精度がそれぞれ1％および0.1％程度であり、高精度の計算が可能であることを実証している。また、並列計算による速度向上に関しては、3次元詳細メッシュ多群輸送計算において、8台の計算機を使用した場合で7.4倍の速度向上が得られ、十分な台数効果が得られたと結論づけている。

第5章は結論であり、以上の研究で得られた結果をまとめるとともに、今後の展望について述べている。

論文審査の結果の要旨

近年、新型原子炉の導入に伴い、複雑な炉心構成を持つ炉心の特性を高精度で解析することが要求されている。同時に、こういった大規模計算を実用レベルで可能とする方策として、安価なワークステーションを複数個、高速通信ネットワークに接続して並列処理を行う方法が着目を浴びている。本論文は、今後数十年間を見通して、軽水炉炉心解析の高度化に必要な技術的課題、およびその解決策について、幅広い視点から論じている。その主な成果は次のように要約される。

(1)計算機の速度向上に関する「ムーアの法則」に基づいて、25年後に計算が可能となる炉心計算のあり方について考察を行っている。高いコストパーフォーマンスを実現するためには、市販のパソコン等をネットワーク機器で接続する、いわゆるベオウルフ型の分散・並列計算が有利であり、さらにメッセージパッシングに基づく通信とオブジェクト指向に基づく並列化を組み合わせることにより、高い計算性能を実現できる見通しを得ている。

(2)集合体計算法としては、集合体内構造を忠実に模擬した体系を衝突確率法で解けば、精度が高い結果が得られるが、計算時間の観点から実用化は困難であった。本論文では、集合体を複数の格子配列に分割して個別に計算を行い、格子配列間を中性子流でつないで集合体全体の計算を行うという中性子流結合衝突確率を適用することにより、現在の計算機能力でも高精度の解が求められることを実証している。

(3)分散・並列計算の長所を生かすプログラム構成として、オブジェクト指向による炉心計算アルゴリズムを導入し、柔軟性・拡張性・高速性を兼ね備えた炉心計算システムの構築に成功した。これにより、注目する特定領域だけに詳細な計算を行う、適論適所的な計算方式という新しいアプローチに道を開いた。

(4)開発された炉心計算アルゴリズムが分散・並列計算に適していることを検証するために、8台の計算機を使用した並列計算で実機炉心計算を実施し、7.4倍もの高い効率を実現した。これにより、提案された方式が実用レベルでも有効であることが実証された。

以上のように、本論文は、大規模炉心計算に適した計算システムの策定、柔軟性・拡張性・高速性を兼ね備えた炉心計算システムの構築、分散・並列計算を使った炉心計算法の開発等に関して、重要な結論を示している。また、原子炉計算法の将来を探る先導的な研究として、原子炉工学、特に原子炉物理学に寄与するところが大きい。よって本論文は、博士論文として価値あるものと認める。