

原子炉の高精度・高効率解析手法の開発
計算科学技術を活用した解析手法の高度化

実用的な高忠実度炉心シミュレーションの実現
それを通じた原子力安全への貢献

1. 研究概要、目指すところ

原子炉の核特性を予測するには、原子炉内の中性子の挙動を精度良く求める必要があります。当研究室では、原子炉物理学分野で培われてきた解析技術と、最新の計算科学技術を活用しながら、より高精度かつ高効率な炉心解析手法の開発を行っています。

2. これまでの研究成果

「時間依存非均質中性子輸送計算の高度化」(図1、2)

従来、商用炉の炉心解析は集合体内部を均質化した拡散計算に基づき実施されてきましたが、より詳細で精緻に炉心特性を予測できるよう、空間の均質化を排除した高忠実度動特性解析手法の開発を進めています。本研究では、中性子束の関数分離を活用することで計算精度を維持したまま計算コストの低減を図り、従来法と比べ約数十倍を超える高速化を実現しています。

研究の中で開発した炉心解析コードは、次の研究開発のためのプラットフォームとして整備・活用しています。

「次元圧縮技術を用いた超高速動特性解析手法の開発」(図3)

炉心監視システムや教育・訓練用のシミュレータ等、即応性(リアルタイム性)が求められるシステムでの活用を目指し、近年計算科学技術分野で注目されている「固有直交分解法(Proper Orthogonal Decomposition: POD)」を用いた超高速動特性計算手法を開発しました。固有直交分解法では、対象の問題を表現するのに適した直交基底を予め求めておくことで、問題表現に関わる自由度を大幅に削減する手法ですが、本研究では、これを炉心計算に適用することで、動特性解析単体で約5000倍強の高速化を実現しました。

本手法は他機関の研究者らと協力し、育用のリアルタイム三次元炉心シミュレータの開発にも活用しています。利用機会の限られる教育用原子炉での実験の効果を最大化することを目指し、「バーチャル炉物理実験」による事前学習等への活用を検討しています。

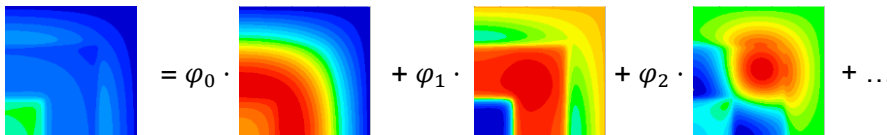


図3 中性子束分布の直交基底展開を用いた次元圧縮例

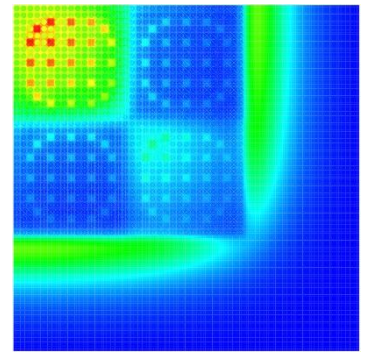


図1 非均質体系における中性子束分布(熱群)の解析例

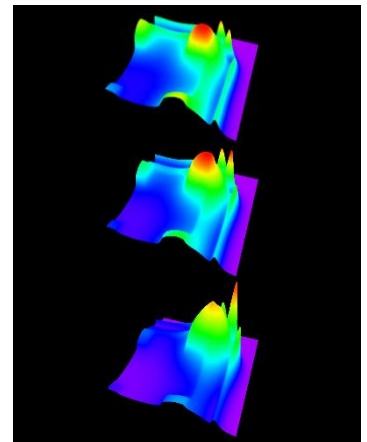


図2 制御棒飛出事象解析例

3. 研究のアピール点、今後の展望

最新の計算科学技術を活用
した解析手法の高度化
解析手法開発のプラット
フォームの構築

精緻で高効率な
新たな炉心解析手法を
福井・敦賀から世界に発信

解析手法の高度化を通じた
シミュレーションの適用範囲
拡大と信頼性向上に貢献

志望学生へのメッセージ

2025年にできたばかり研究室ですが、研究設備を整えつつ、一緒に研究室を作り上げていければと思います。中性子の大規模数値計算に興味のある方、原子炉物理や数値解析手法を学んでみたい方の参加をお待ちしております。