

1. 緒言

炉心設計では、核特性解析により求められる炉心の核特性と、安全性などに基づき設定された制限値を比較することにより、原子炉の安全性を担保している。この解析手法は離散化や近似を用いていることから、核特性解析結果には誤差が存在する。この解析手法起因誤差は、主に、連続エネルギーモンテカルロ計算等による高精度な参照解と比較することで評価される。しかし、大型の体系で参照解に値する計算結果を得るために多大な計算コストを要することから、実機炉心の設計において解析手法起因誤差を評価することは難しい。そこで本研究では、核特性パラメータと解析手法起因誤差の間に相関があることに着目し、参照解を求めることが容易なピンセル体系における少数の検証結果を用いて、炉心を簡略化した 2x2 集合体体系の解析手法起因誤差を予測可能なサロゲートモデル[1]を作成する方法に関する検討を行う。

2. サロゲートモデル作成方法

実機炉心の運転状態を包絡する入力条件の範囲でランダムサンプリングを行い、ボイドを含む UO<sub>2</sub> ピンセル体系の入力データを 300 ケース作成した。これらの入力データをもとに、設計計算として Characteristics 法(MOC)を用いた CASMO-4E の結果及び参照値として MVP の結果を用い、両者の差異として実効増倍率の解析手法起因誤差を求めた。ライブラリは ENDF/B-VI.8 を用いた。CASMO-4E の結果より、計算体系全体で平均化した 9 群の中性子束及び巨視的断面積(捕獲、生成、全)、実効増倍率の計 37 種の核特性パラメータを読み取った。得られた 37 種の核特性パラメータに主成分分析を適用し、解析手法起因誤差及び固有値が大きい 4 種の主成分得点をまとめて、訓練データとした。訓練データに対して、1 次のトレンドを考慮した普遍 Kriging を適用することにより、解析手法起因誤差を評価可能なサロゲートモデルを作成した。

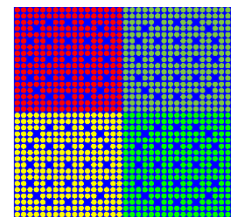


図1 UO<sub>2</sub> 燃料集合体を 2x2 に配列した体系

3. 結果・考察

UO<sub>2</sub> ピンセル体系の訓練データで作成したサロゲートモデルにより、集合体毎に異なる組成の UO<sub>2</sub> 燃料で構成された 2x2 集合体体系 100 ケースにおける解析手法起因誤差を推定した。結果を図2に示す。推定値の不確かさ(2σ)に参照値が含まれている割合は 90%であった。サロゲートモデルの推定値は、参照値の傾向を再現できている。また、表1の結果から、サロゲートモデルにより解析手法起因誤差の推定に要した時間は、モンテカルロ計算と比較した時間に比べ、大幅に低減している。

以上の結果から、サロゲートモデルにより解析手法起因誤差が高速かつ妥当に予測できていることが確認できた。

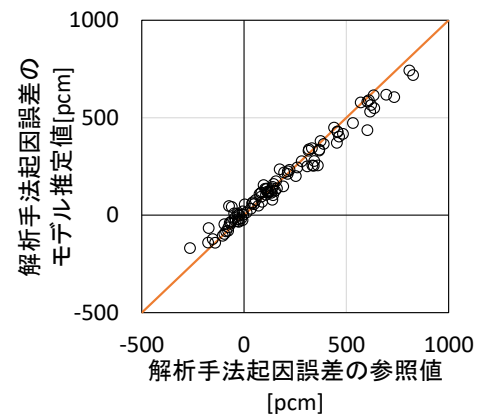


図2 サロゲートモデルによる解析手法起因誤差の推定結果 (1000pcm = 1%)

表1 解析手法起因誤差の推定に要した計算時間

	秒/ケース
モンテカルロ計算との比較	3.7 × 10 <sup>3</sup>

公刊論文および口頭発表

- 1) T. Hanai, T. Endo, A. Yamamoto et al., *Proc. RPHAI7*, Chengdu, Aug.24-25, 2017 (2017).
- 2) T. Hanai, T. Endo, A. Yamamoto et al., *Trans. Am. Nucl. Soc.*, **117**, pp.1269-1272 (2017).
- 3) T. Hanai, A. Yamamoto, T. Endo et al., *Trans. Am. Nucl. Soc.*, **118**, pp.875-878 (2018).
- 4) 花井智海, 山本章夫, 遠藤知弘 他, 日本原子力学会 2018 年秋の大会, 岡山大学, 1M07, 9月5日-7日 (2018),
- 5) 花井智海, 山本章夫, 遠藤知弘 他, 日本原子力学会 2019 年春の年会, 茨城大学, 3月20日-22日 (2019), (submitted).