

主成分分析及び Kriging を用いた解析手法起因誤差の予測モデルの開発

Development of a prediction model for modeling approximation error

using the principal component analysis and the Kriging

*花井 智海¹, 遠藤 知弘¹, 山本 章夫¹, 山本 健土², 大岡 靖典², 長野 浩明²

¹名古屋大学, ²原子燃料工業

核計算における解析手法起因誤差の評価を目的として、主成分分析(PCA)及び Kriging を用いて、解析手法起因誤差の予測を可能とするサロゲートモデルを作成した。

キーワード: 主成分分析, PCA, Kriging, 解析手法起因誤差, サロゲートモデル

1. 緒言

炉心設計においては、核計算コードにより求められる炉心の核特性と制限値を比較している。一般的な核計算コードでは、拡散近似、Characteristics 法(MOC)等、様々な解析手法が用いられているが、そこには解析手法に起因する誤差が存在する。この解析手法起因誤差は、連続エネルギーモンテカルロ計算等による参照解と比較することで評価される。しかし、参照解に値する計算結果を得るには、多大な計算コストを要するため、実機炉心設計において、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、少数の検証結果より、解析手法起因誤差を予測可能なサロゲートモデル^[1]の作成を目的とする。具体的には、PCA や Kriging を用い、設計計算において得られる核特性パラメータから、解析手法起因誤差を予測するサロゲートモデルの作成手法について検討を行う。

2. サロゲートモデル作成手法

実機の運転状態を模擬する入力条件にてランダムサンプリングを行い、ピンセル体系のインプットを N 個作成した。これらのインプットをもとに、設計計算として CASMO4(MOC)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。また、CASMO4 の結果より、体系全体で均質化した 9 群構造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 PCA を適用し、主成分得点を得た。解析手法起因誤差及び 37 種の主成分得点をまとめて、データセットとした。対応する特異値が大きい主成分得点から、モデルの入力パラメータとして使用し、Kriging によりサロゲートモデルを作成した。作成したモデルを交差検証し、モデルの推定値と参照値の差異が最も小さくなる主成分得点の数を決定した。

3. 結果

UO₂ ピンセル体系のデータセットで作成したモデルにより、PWR 燃料集合体系における解析手法起因誤差を推定した。結果を図 1 に示す。モデルの入力には第 1 主成分得点から第 24 主成分得点の計 24 種を使用し、モデルの作成に用いたデータセットは 300 サンプルであった。サロゲートモデルにより、解析手法起因誤差を-30 pcm から+180 pcm の差異で推定可能だと確認できる。

参考文献

[1] Y. BANG, et al. *Proc. PHYSOR2012*, (2012).

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費(16K06956)の助成に拠る。

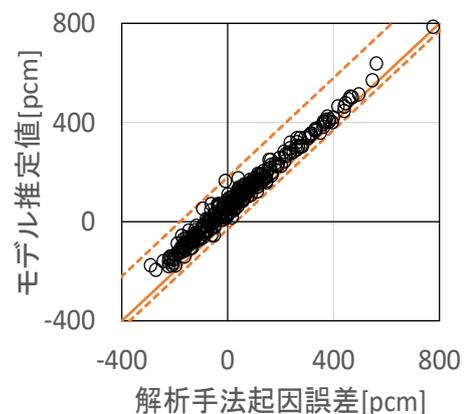


図 1 モデルによる誤差推定結果

* Tomomi Hanai¹, Akio Yamamoto¹, Tomohiro Endo¹, Kento Yamamoto², Yasunori Ohoka², Hiroaki Nagano²

¹Nagoya Univ., ²Nuclear Fuel Industries, Ltd.