

2次元非均質体系におけるモンテカルロ法の統計誤差過小評価の予測

(2) UO₂-MOX 2×2 集合体体系への適用

Prediction of Underestimation of Statistical Uncertainty in Monte Carlo Eigenvalue Calculation for 2D Heterogeneous Geometry

(2) Applying to UO₂-MOX 2×2 Assemblies

*林 幸司, 遠藤 知弘, 山本 章夫

名古屋大学

モンテカルロ法で固有値計算を行う場合, 出力される統計誤差は真の統計誤差に比べ, 過小評価される場合がある. 過去の研究では, 固有関数展開と Autoregressive model (AR モデル)に基づき統計誤差過小評価の度合いを予測する手法を提案し, エネルギー1群の1次元均質体系において妥当性を確認した. 本研究では, C5G7 ベンチマーク問題を参考にした2×2 集合体体系に提案手法を適用し, その妥当性について検証した.

キーワード: モンテカルロ法, 統計誤差過小評価, 多群, 非均質体系, AR モデル, 高次モード

1. 緒言 モンテカルロ法による固有値計算を行う場合, ドミナンス比が大きい体系では, 統計誤差が過小に評価されることがある. 過去の研究では, 核分裂源分布を固有関数展開した際の展開係数の世代推移を AR モデルでフィッティングして, 真の統計誤差を理論的に導出した. さらに, モンテカルロ法で評価される統計誤差を理論的に導出し, 両者の比を取ることで統計誤差過小評価割合 r の理論式を(1)式のように導出した. これまでは 1 次元無限平板の簡単な体系で理論式の妥当性の検証が行われてきた. 本研究では, より複雑な体系 (多群・2 次元 xy 非均質体系) に対して提案手法を適用し, その妥当性について検証した.

2. 検証計算 計算体系は C5G7 ベンチマーク問題を参考にした UO₂-MOX2×2 集合体 (図 1) とし, 対象とする統計量は全エネルギー積分した中性子束とした. 図中の数字は領域番号を示している. (3)式中の高次モードのエネルギースペクトル $\psi_{n,g}/\sum_g \psi_{n,g}$ は全て基本モードのエネルギースペクトルに等しいと仮定した. また, 高次モードは 1156 次まで考慮した. 断面積や拡散係数は, 非均質輸送計算コード AEGIS の結果を用いて体系全体で均質化した 7 群断面積を使用した. r の参照値は初期乱数を変えた 1000 回の多群モンテカルロコード GMVP の結果を統計処理して算出した. r の統計誤差についてはジャックナイフ法により推定した.

3. 結果・考察 理論式による予測値と, GMVP により算出した参照値を比較した結果を図 2 に示す. 体系端で過小評価割合の値に 0.1~0.015 程度の差がみられるが, 概ね一致した. 空間分布の傾向も比較的よく再現することができ, 提案手法の妥当性を確認することができた. 体系端で差異が生じる原因については検討中である.

$$\frac{\text{見かけの統計誤差}}{\text{真の統計誤差}} \equiv r$$

$$\approx \frac{\sum_{n=1}^{\infty} \frac{w_{n,v}^2 \sigma_{dn}^2}{1 - \rho_n^2}}{\sum_{n=1}^{\infty} \frac{w_{n,v}^2 \sigma_{dn}^2}{1 - \rho_n^2} \left(\frac{1 + \rho_n}{1 - \rho_n} \right)} \quad (1)$$

$$w_{n,v} = \int_v \sum_g \psi_{n,g} dV \quad (2)$$

$$\sigma_{dn}^2 = \left(\sum_g \frac{(D_g B_n^2 + \Sigma_{t,g})}{(D_g B_n^2 + \Sigma_{a,g})} \cdot \frac{\psi_{n,g}}{\sum_g \psi_{n,g}} \right)^2 \quad (3)$$

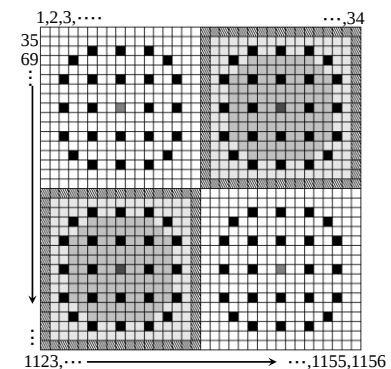


図1 UO₂-MOX2×2 集合体体系 (図中の数字は Region number に対応)

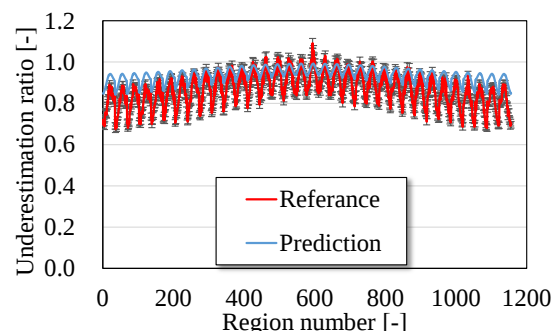


図2 統計誤差過小評価割合

*Koji Hayashi, Tomohiro Endo, Akio Yamamoto
Nagoya University