

遮蔽設計における不確かさ評価手法の高度化

(1)多重層解析における核データ起因不確かさ推定手法の検討

Improvement of an uncertainty evaluation method in a shielding design

(1) Study of an estimation method for nuclear data-induced uncertainties in the multi-layer analyses

*福地 郁生¹, 斎藤 裕幸¹, 山本 章夫²

¹MFBR, ²名古屋大学

原子力プラント等の遮蔽設計における数値シミュレーションの精度評価の一環として、中性子単層透過実験の測定データを用いて、多重層体系に対する不確かさの推定手法を検討している。今回は、主要な不確かさ要因の一つである核データ起因不確かさに着目し、多重層体系の核データ起因不確かさをランダムサンプリング法に基づきベイズ推定する手法について検討したので報告する。

キーワード：遮蔽設計, ランダムサンプリング法, 不確かさの推定手法, 多重層体系, 中性子単層透過実験

1. 緒言

高速炉の遮蔽設計では、単層透過実験を実施し、単層体系から得られた E/C 値を乗算することで多重層体系に対する不確かさを推定する手法^[1]を用いているが、多重層での遮蔽材配置構成の違いによる中性子スペクトルの変化を考慮するため、核設計などで研究されているバイアス因子法^[2]（ベイズの定理に基づく）の適用性についても検討している。今回は、単層体系の E/C 値を用いて多重層体系での任意の位置における核データ起因不確かさを推定する手法について検討した。

2. 検討

2-1. 推定手法

本手法では、単層体系の E/C 値をデータ同化に用いて多重層体系での任意の位置における核データ起因不確かさの条件付き確率密度を解析的に求める。バイアス因子法で必要となる、単層体系及び多層体系の各体系各評価位置の核データ起因不確かさの分散と共分散については、多次元正規分布（測定点数+推定点数の次元）で近似し、各位置での測定誤差は既知の正規分布に独立に従うと仮定する（E/C 値=核データ起因不確かさ(多次元正規分布)+測定誤差）。また、多次元正規分布は、単層体系と多重層体系に対し FRENDY 付属ツール^[3]を用いてサンプリングされた断面積を用いて平均及び分散共分散行列を評価して求める。

層構成：Na50cm+SUS50cm+Na9cm
検出器：Bonner Ball 3 in.

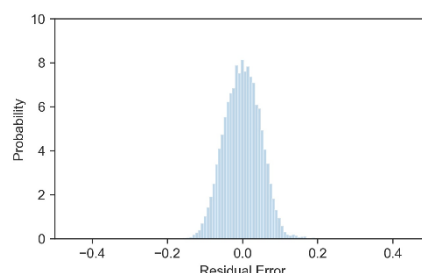


図1 多重層体系での推定残差

2-2. 手法の適用性

仮想的な多重層体系における本手法の妥当性について、仮想的な真値を設定して推定手法の性能を検証するという双子実験により検証した。ここでは、サンプリングした断面積の一つを真の断面積と仮定し、これに測定誤差を考慮することで単層体系での E/C 値を設定する。多重層体系の核データ起因不確かさについて、得られた E/C 値をデータ同化に用いた推定値と、真の断面積に基づく多重層体系での計算値を比較した。推定値と計算値の差の評価例を図1に示す。推定残差の平均は0近傍であると共に、当初の目論見通りの結果（推定値の95%信頼区間に約95%の頻度で真値が包含される）が得られることを確認した。

3. 結論

単層体系の E/C 値から多重層体系の核データ起因不確かさを推定する手法を提案し、その適用性を検討した。本手法は種々の拡張が可能であることから引き続き不確かさ推定手法の検討を進める。

参考文献

- [1] 庄野他, 共同研究報告大型しゃへい実験に関する評価研究(IV), PNC TY9471 94-001
- [2] T. Kugo, T. Mori, T. Takeda, J. Nucl. Sci. Technol., 44, p. 1509-1517 (2007)
- [3] R. Kondo, T. Endo, A. Yamamoto, K. Tada, Proc. M&C2019, Aug.25-29, 2019, Portland, OR (2019).

*Ikuo Fukuchi¹, Hiroyuki Saito¹ and Akio Yamamoto²

¹MFBR, ²Nagoya Univ.