

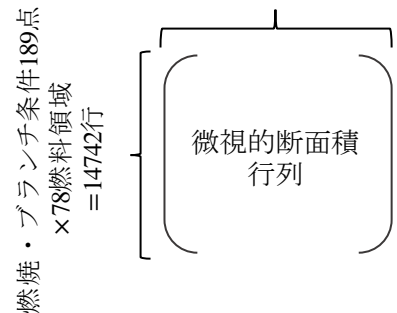
次元削減を用いた炉心解析用断面積テーブルの圧縮

原子核エネルギー制御工学グループ山本研究室 山本真人

1.緒言 現在の炉心解析手法では、集合体計算を実施し、集合体系平均、燃料セル平均あるいは物質毎の多群巨視的・微視的断面積がテーブル化される。このとき、空間及びエネルギー解像度を上げるほど断面積のデータ量が大きくなるという問題がある。したがって、今後の炉心解析手法の高解像度化に向けた断面積テーブルのデータ圧縮手法の開発が望まれる。本研究では、非均質集合体計算から得られた微視的断面積に対して、特異値分解・低ランク近似を用いた次元削減によるデータ圧縮を検討した。

2.計算手順 集合体計算コード AEGIS を用いて、一般的なケースマトリックスに対する燃焼計算、ブランチ計算を含んだ非均質単一集合体計算を行い、エネルギー16群非均質微視的断面積を計算した。ここで、微視的断面積は吸収断面積 σ_a 、核分裂断面積 σ_f 、生成断面積 $\nu\sigma_f$ 、捕獲断面積 σ_c の4つを考慮している。本検討では、PWR17×17 ウラン燃料集合体の1/8対称性を考慮した45セルのうち、78燃料領域（燃料棒39本×各領域2分割）での断面積を用いて行列を作成した（図1）。作成した行列は14742行（燃焼・ブランチ状態点189点×78燃料領域）、14144列（微視的断面積4種類×16群×221核種）である。

微視的断面積4種類($\sigma_a, \sigma_f, \nu\sigma_f, \sigma_c$)
×221核種×16群
=14144列



このとき、より効率的な圧縮を目的として断面積行列への重みづけを行った。ここで、重みとして用いたパラメータは燃焼・ブランチ状態点189点に対して平均化された原子数密度・中性子束である。平均原子数密度または平均中性子束（あるいは両方）を微視的断面積に対して掛け合わせ、重みづけ後の微視的断面積行列に対して特異値分解を適用した。その後、得られた14144個の特異値の数を低ランク近似によって削減することで圧縮を行った。圧縮後に再構成された断面積を用いて再び単一集合体計算を行い、圧縮前の断面積を用いた結果を参照解として実効増倍率 k_{eff} 及び非均質領域中性子束 ϕ の誤差を計算した。

図1 作成した微視的断面積行列

3.計算結果 ①重みなし、②平均原子数密度のみ、③平均中性子束のみ、④平均原子数密度と平均中性子束、の4ケースにおける189状態点での実効増倍率(k_{eff})の最大誤差を図2に示す。図2において、平均原子数密度と平均中性子束を同時に用いて重みづけを行うことで、特異値20個の場合の実効増倍率の誤差は $10^{-2}\%$ 以下となっている。このとき、中性子束の最大誤差についても0.1%以下であることが確認された。特異値20個の場合、元の断面積データに対する圧縮率は99.72%であるため、本手法による大幅なデータ圧縮が見込まれる。

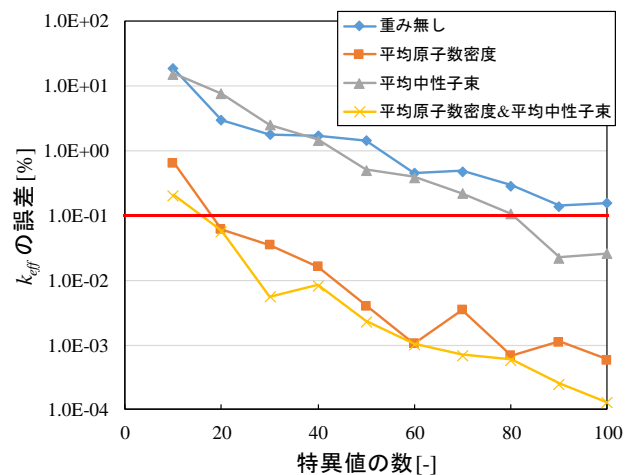


図2 重みづけされた再構成断面積を用いた実効増倍率の最大誤差

公刊論文及び口頭発表

- [1] 山本真人, 遠藤知弘, 山本章夫, 日本原子力学会2018年秋の大会, 岡山大学, 2M19, 9月5日-7日 (2018).
- [2] M. Yamamoto, T. Endo, A. Yamamoto, *Trans. Am. Nucl. Soc.*, **119**, pp.1226-1228 (2018).
- [3] 山本真人, 遠藤知弘, 山本章夫, 日本原子力学会 2019年秋の大会, 富山大学, 1J02, 9月11日-13日 (2018).
- [4] M. Yamamoto, T. Endo, A. Yamamoto, *Trans. Am. Nucl. Soc.*, **121**, pp.1309-1312 (2019).
- [5] M. Yamamoto, T. Endo, A. Yamamoto, *Proc. RPHA19*, Osaka, Dec. 2-3, 2019 (2019).