

次元削減手法を用いた非均質炉心計算用巨視的・微視的断面積テーブルの圧縮 Compression of Macroscopic and Microscopic Cross Section Table for Heterogeneous Core Calculations using Dimensionality Reduction

*山本真人¹, 遠藤知弘¹, 山本章夫¹

¹名古屋大学

一般的なケースマトリックスに対する燃焼計算・ブランチ計算を含む非均質単一集合体計算を実施し、得られた物質領域単位の多群巨視的・微視的断面積に対し、特異値分解及び低ランク近似を用いた次元削減を適用することで、断面積データの圧縮を行った。圧縮後に再構成された断面積を用いて集合体計算を行い、実効増倍率及び中性子束の計算精度への次元削減の影響を検証した。

キーワード：巨視的断面積，微視的断面積，非均質集合体計算，次元削減，非均質炉心計算

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巨視的・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. 解析手法：集合体計算コード AEGIS [1]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、16 群非均質巨視的断面積及び微視的断面積を計算した。ここで、巨視的断面積は $\Sigma_{s,g \rightarrow g'}$ のみを、微視的断面積は核種毎の σ_a , σ_f , $\nu\sigma_f$, σ_c 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。作成した行列は 14742 行（燃焼・ブランチ条件 189 点×78 燃料領域）、14400 列（ $\Sigma_{s,g \rightarrow g'}$ が $16 \times 16 = 256$ 個、微視的断面積が 4 種類 × 16 群 × 221 核種 = 14144、計 256 + 14144 = 14400）であり、特異値分解によって得られる特異値の数は 14400 個である。この特異値を低ランク近似によって削減することでデータ圧縮を行った。圧縮後に再構成された断面積を用いて集合体計算を行い、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。

3. 結果：燃焼・ブランチ条件 189 点での k_{eff} 及び ϕ の最大誤差を計算した結果を図 1 に示す。ここで、 ϕ は集合体内の非均質領域

（1/8 対称性を考慮した 252 領域）での平均二乗誤差を燃焼点・ブランチ点毎に計算し、189 点での最大値を最大誤差としている。目標とする誤差を実効増倍率、中性子束共に 0.1% とすると、約 100 個の特異値で再現できる。このときの元のデータ量に対する圧縮割合は 99% であり、大幅なデータ圧縮が見込まれる。今後は、本手法の炉心解析への適用性を検証するため、次元削減された断面積のテーブル化手法の開発を行う。

謝辞：本研究で用いた断面積データの作成にあたっては、(株) 原子力エンジニアリングの協力を頂いた。

参考文献

[1] A. YAMAMOTO, T. ENDO, M. TABUCHI *et al.*, “AEGIS: An Advanced Lattice Physics Code for Light Water Reactor Analyses,” *Nucl. Eng. Technol.*, **42**(5), 500–509 (2010).

*Masato YAMAMOTO¹, Tomohiro ENDO¹, Akio YAMAMOTO¹

¹Nagoya Univ.

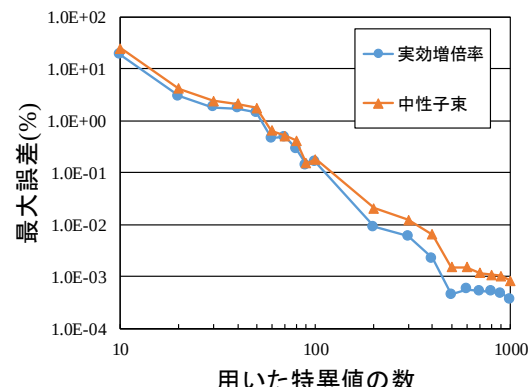


図 1 実効増倍率及び中性子束の誤差の最大値
(特異値：10～1000 個)