

加速器駆動システムの炉心特性に対する効率的な不確かさ評価手法の開発

名古屋大学工学部物理工学科 量子エネルギー工学コース 山本研究室 大池 宏弥

1. 緒言

炉心解析で得られる炉心特性の不確かさ要因の一つに核データがある。核データに起因する炉心特性の不確かさ評価手法の一つに誤差伝播の法則から導いたサンドイッチ則があり、この手法では断面積と炉心特性の一次微分係数である感度係数を用いる。従来の感度係数の評価手法は摂動法と直接法が挙げられるが、摂動法は実効増倍率に対してのみ適用可能であり、直接法は任意の炉心特性を対象とするが多くの計算コストがかかる。そこで本研究では、摂動法で評価した実効増倍率の感度係数を利用し、評価目的とする炉心特性の感度係数を効率的に評価する Active Sub-Space 法(AS 法)を開発した。開発した AS 法によって加速器駆動システム(ADS)の炉心特性に対する不確かさ評価を実施し、AS 法の確度と計算コストについて検討を行った。

2. 開発した Active Sub-Space 法の原理

本研究の AS 法では、評価目的とする感度係数と実効増倍率の感度係数が類似の形であるとの近似を用いる。AS 法では、最初に摂動法により実効増倍率の感度係数を取得する。次に、実効増倍率の感度係数の基底ベクトル(AS ベクトル)を求め、基底ベクトルに比例するように断面積摂動因子を作成する。この摂動因子を用いて摂動した断面積を用いて変動後の炉心特性を取得し、未変動の炉心特性と合わせて有限差分式により評価対象とする感度係数の大きさを計算する。最後に、実効増倍率の基底ベクトルを得られた評価対象とする感度係数の大きさだけ定数倍することで、目的の感度係数を評価する。図 1 に、Np237 の核分裂断面積に対する実効増倍率と Np237 の核分裂回数の感度係数を示す。

3. 結果・考察

計算体系は JAEA が設計した鉛ビスマス冷却型 ADS 炉心計算体系を用い、計算コードは連続エネルギーモンテカルロ粒子輸送計算コード PHITS を用いた。RS 法は 100 回、直接法は 113 回、AS 法は 3 回炉心解析を実施し、Np237 の核分裂断面積の不確かさに起因する Np237 の核分裂回数の不確かさ評価を行った。図 2 に、AS 方向の断面積摂動量を変化させつつ不確かさ評価を行った結果を示す。図 2 から、断面積摂動量が小さいと不確かさ評価結果の統計誤差が大きいことが分かるが、反対に、断面積摂動量が大きいと有限差分式に基づく感度係数の離散化誤差が大きくなる。この 2 つの誤差の影響が小さい AS 方向の断面積摂動量を設定することで、AS 法によって少ない計算コストかつ高い確度で不確かさ評価を実施できる見込みを得た。今後は、構築した AS と実際の AS との差異の調査を試みる予定である。

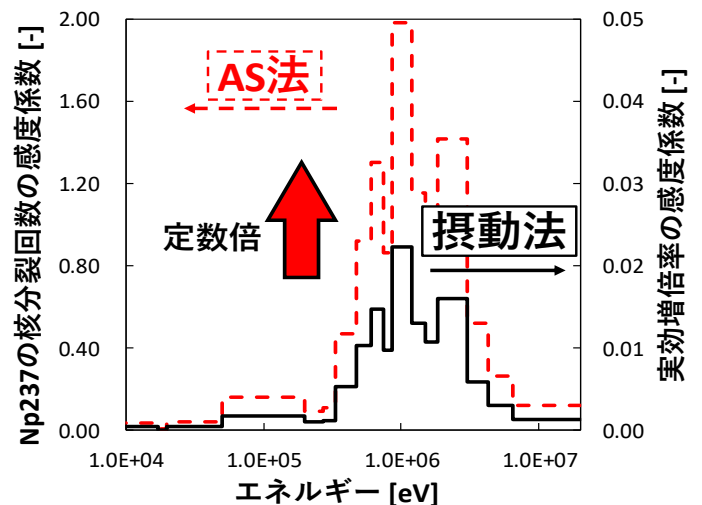


図 1 摂動法と AS 法によって評価した感度係数

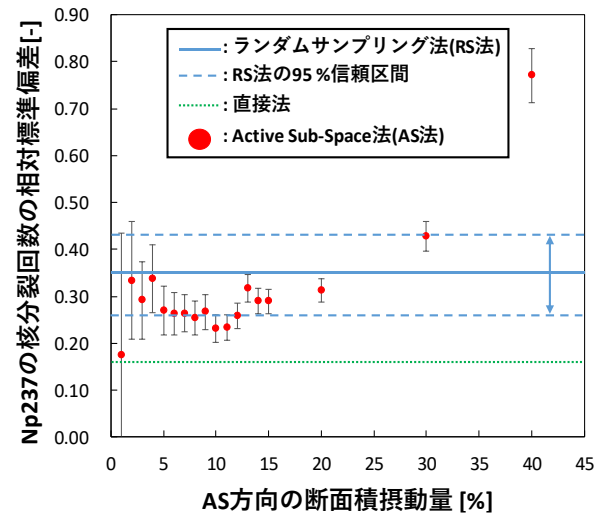


図 2 RS 法、直接法、AS 法による

不確かさ評価結果 (誤差バー: 1 σ)

発表実績: [1]大池宏弥, 遠藤知弘, 山本章夫, 日本原子力学会 2019 年秋の年会, 富山大学, 9 月 11-13 日, (2019).

[2]大池宏弥, 遠藤知弘, 山本章夫, Reactor Physics Asia 2019, 大阪国際交流センター, 12 月 1-3 日, (2019).

[3]大池宏弥, 遠藤知弘, 山本章夫, 第 51 回日本原子力学会中部支部研究発表会, 名古屋大学, 12 月 10-11 日, (2019).