

ランダムサンプリング法に基づくバイアス因子法の沸騰水型原子炉への適用 15

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 伊藤 基尋

1. 緒言

原子炉の特性は数値シミュレーションによる炉心解析によって評価されるが、数値シミュレーションには必ず不確かさが付随する。不確かさの評価および低減は、原子炉の安全性や信頼性という観点から非常に重要である。炉心解析における不確かさ評価方法の一つとしてバイアス因子法が挙げられる。バイアス因子法は、測定値が得られている体系（臨界集合体を用いたモックアップ体系、運転実績がある炉心など）の計算値と実測値から、設計対象の体系の計算値を補正することで、測定値を予測し、不確かさを低減する手法である。これまでにいくつかのバイアス因子法が提案されてきたが、いずれも入力データとして感度係数が必要であった。しかし、実機軽水炉の解析において感度係数を求めることは、熱水力フィードバックや燃焼効果の存在から容易ではない。そこで、ランダムサンプリング法を利用してバイアス因子法を適用するアプローチが提案された。本発表では、実際に誤差および不確かさの低減を確認し、ランダムサンプリング法に基づくバイアス因子法の適用例を示すとともに、この手法の性質や性能を評価した。

2. 解析手法

ランダムサンプリング法では、炉心解析に使用する断面積ライブラリを、それらの分散や共分散に従って摂動させた摂動後断面積ライブラリを複数作成する。そしてそれぞれの断面積ライブラリを用いて炉心解析を行い、臨界固有値(実効増倍率)や、ボイド係数、ドップラー係数などの炉心特性値を求める。それらを統計処理することによって、入力データの断面積に起因した炉心特性値の不確かさを評価できる。ここで得られるモックアップ体系・設計対象体系の炉心特性計算値の分散や共分散などの統計値を、データ同化法の理論に従って行列計算することで、設計対象体系の炉心特性計算値の補正值および予測不確かさを求める。補正值の評価方法のフローを図1に示す。本研究では Peach Bottom2 号機の第3サイクル(Cy3)を対象とし、摂動前の断面積データとして CASMO の L-library、微視的断面積の分散共分散行列の作成に用いる共分散データとして JENDL-4.0 を用いた。核種や反応の種類は、 ^{235}U , ^{238}U を含む 17 核種に対して、散乱断面積、捕獲断面積、核分裂断面積、核分裂スペクトル、及び平均発生中性子数が考慮された。また、炉心解析には CASMO/SIMULATE システムを使用した。ランダムサンプリング法では 300 サンプルの摂動断面積ライブラリを用意した。

3. 検討結果

第1,2サイクル(Cy1,2)を測定値が得られているモックアップ体系、Cy3を設計対象体系と設定し、Cy1,2の臨界固有値の測定値を用いてCy3の臨界固有値、ボイド係数、ドップラー係数の補正值をランダムサンプリング法に基づくバイアス因子法で評価した。Cy3の臨界固有値の補正結果の一例を図2に示す(誤差バーは $\pm 1\sigma$ を表す)。検証において、断面積起因の補正はできたと考えられるが、熱水力モデルやその他の入力データなどの影響による不確かさが残るため、その評価が今後の課題となる。また、ランダムサンプリングに用いる核種数の拡充なども今後の検討課題である。

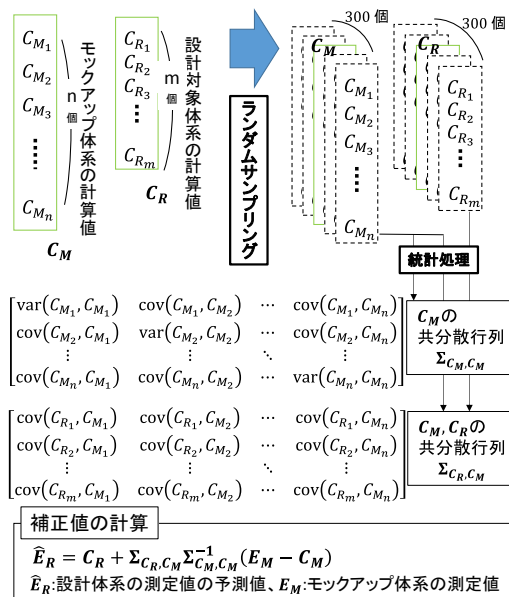


図1 補正值の評価方法のフロー

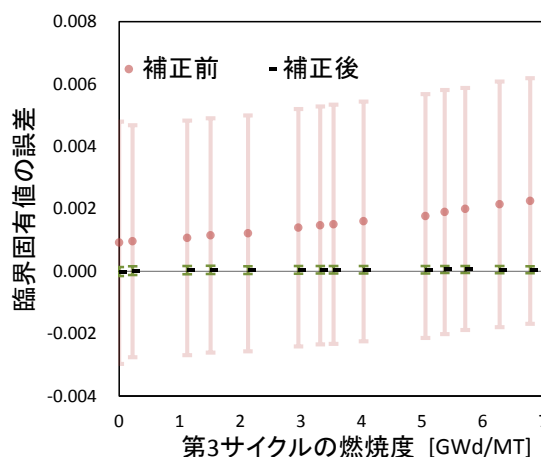


図2 Cy3 臨界固有値の補正

発表実績 :伊藤基尋 他, 日本原子力学会第48回中部支部研究発表会, R20, 2016

発表予定 :M.Ito, et.al, 2017 International Congress on Advances in Nuclear Power Plants(ICAPP '17)