

ラテン超方格サンプリング法を用いた BWR 炉心特性の不確かさ評価 10

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 木下国治

1. 緒言 原子炉の安全性は、数値シミュレーションを利用した炉心解析により炉心特性を予測することで評価されている。しかし、炉心解析により得られる解析結果には必ず不確かさが付随する。この炉心解析結果の不確かさを定量的に評価することは、炉心解析結果の信頼性の観点から重要である。ここで、炉心解析に付随する不確かさの要因のひとつとして、炉心解析の入力パラメータとなる断面積の不確かさがある。この断面積に起因した炉心特性の不確かさの評価方法として、近年ランダムサンプリング法という方法が注目されている。この手法は、断面積の不確かさ(共分散)に基づいてランダムサンプリングを行うことで断面積ライブラリを多数作成し、それぞれの断面積ライブラリに対して一連の炉心解析を行い、得られた炉心特性を統計処理することにより断面積起因の不確かさを定量評価する手法である。ただし、1 ケースの炉心解析には 30 分以上の計算時間を要するため、統計精度を保ったまま、より少ない計算時間で不確かさ評価が行えるような、効率的なサンプリング手法の開発が期待されている。本研究では、効率的なサンプリング手法としてラテン超方格サンプリング法に注目し、ラテン超方格サンプリング法の妥当性と性能の検討を行ったうえで、BWR 炉心特性の不確かさを定量評価した。

2. 不確かさ評価手法 ランダムサンプリング法では、ランダムに発生させた標準正規乱数を利用して、断面積の共分散に基づいた多変量正規乱数を作成する。多変量正規乱数を断面積に作用させることにより、サンプル数 N 個の断面積ライブラリを作成する。以上により得られた個々の断面積ライブラリを用いて、炉心解析をサンプル数 N 回分行う。最後に、炉心解析結果を統計処理することにより、炉心特性の不確かさを算出する。本研究では、標準正規乱数を発生させる際にラテン超方格サンプリング法を用いることを試みた。ラテン超方格サンプリング法とは、各入力パラメータの区間をサンプル数と同じ N 個の区間に分割し、どの入力パラメータに対しても各区間に属するサンプル点が 1 個ずつとなるようにサンプリングする手法である。ラテン超方格サンプリング法を用いて互いに独立な複数の標準正規乱数を発生させる際には、各区間で確率密度関数の積分値が等しくなるように区間を分割し、各区間で累積分布関数の逆関数を用いることでサンプリングを行った。

4. 結果・考察 本研究では Peach Bottom 2 号機¹⁾ (BWR, 3293MWt)を対象として、第 3 サイクルの炉心特性の不確かさ評価を実施した。一例として、BWR 炉心の相対出力分布の不確かさ評価結果を Fig.1 に示す。なお Fig.1 で示した不確かさは相対標準偏差 [%]である。相対出力分布の不確かさは最大で約 0.5%となった。過去に実施した PWR 炉心の相対出力の不確かさ²⁾と比較すると、BWR 炉心の相対出力の不確かさは PWR の場合の約 1/10 であり、全体的に不確かさが小さい傾向が観察された。この原因の一つとして、BWR のボイドフィードバック効果が PWR の減速材温度フィードバック効果に比べて大きい点が挙げられる。フィードバック効果が大きいことにより、断面積の変動に対する出力の変動が少なくなるため、出力の不確かさが小さくなったと考えられる。ただし、今回の研究では、断面積の不確かさを考慮した核種が ^{235}U と ^{238}U のみと少ない点に留意する必要がある。

4. 結言 ラテン超方格サンプリング法を用いて、断面積の不確かさに起因した BWR 炉心特性の不確かさを評価した。結果として、BWR 炉心の相対出力の不確かさは PWR 炉心と比較して小さくなる可能性が示唆された。

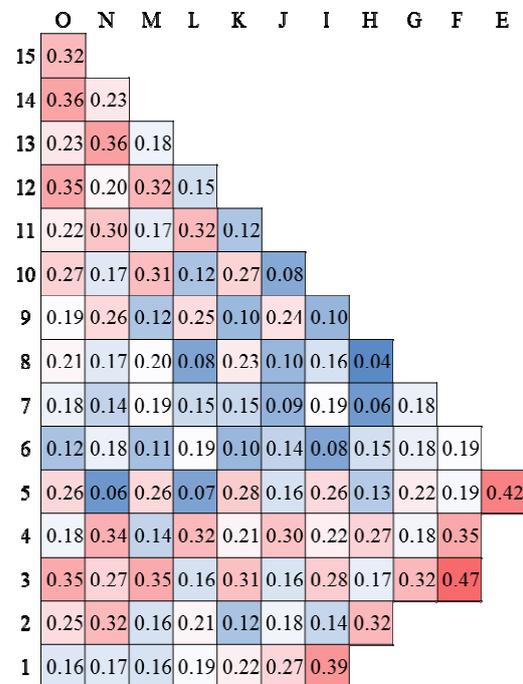


Fig.1 BWR 炉心の相対出力の相対標準偏差 [%]

参考文献 1) N. H. Larsen, NP-971, EPRI (1981). 2) T. Watanabe, *et al.*, Trans. Am. Nucl. Soc., **109**, (2013).
発表実績 木下国治 他, 日本原子力学会中部支部第 45 回研究発表会, R17, 2013.
論文投稿 K. Kinoshita, *et al.*, PHYSOR2014 [submitted].