

感度係数を利用した効率的なランダムサンプリング法に基づく 核燃料燃焼後組成の不確かさ評価

Uncertainty quantification of nuclides number densities after fuel depletion
based on efficient random sampling method using sensitivity

*千葉 豪¹

¹北海道大学

制御変量法と感度係数を利用したランダムサンプリング法により、核燃料燃焼後組成の不確かさ評価を効率的に行えることを示した。

キーワード：ランダムサンプリング法，制御変量法，感度係数

1. 背景 ランダムサンプリング法 (RS 法) を用いた確率パラメータの統計量推定における分散低減のため制御変量法 (CV 法) の適用が提案されている[1]。CV 法では、着目する確率パラメータに対して、統計量が既知である類似のパラメータを考え、その情報を適切に利用することで着目パラメータの統計量を効率的に推定する。これまでに、CV 法における類似パラメータとして入力パラメータに対して線形に振る舞う仮想的なパラメータを考えることを提案し、その有効性を簡易モデルで示した[2]。本研究では、この方法を核燃料の燃焼後組成の不確かさ評価に適用する。

2. 制御変量法による着目パラメータの分散の効率的な推定方法 着目パラメータを X 、統計量が既知である類似パラメータを Y としたとき、 $H = X - \alpha Y$ なる確率パラメータを考える。このとき、 X の期待値 $E[X]$ は $E[X] = E[H] + \alpha E[Y]$ により H のサンプリング結果より推定することが出来るが、 $E[H]$ の分散が最小化されるように定数 α を選ぶことにより、少ない標本数で精度の良い $E[X]$ の推定が可能となる。また、 X の分散 $V[X]$ についても、 $V[X] = E[X^2] - (E[X])^2$ として確率パラメータの期待値の形で記述できることから同様の考え方を導入できる。

3. 計算結果 U-235 濃縮度が 4.1wt% の UO₂ 燃料からなる PWR 燃料のピンセルモデルに対して 45GWD/t 燃焼時点の核種数密度の標準偏差に着目した。核燃料の燃焼計算の入力情報の不確かさとして、崩壊定数、核分裂収率、崩壊分岐比、アクチニド核種の中性子反応断面積の不確かさを考慮した。通常の RS 法に加え、入力データに対して線形に振る舞うと仮定した核種数密度を類似パラメータとした CV 法による計算を行った。この類似パラメータについての統計量やサンプリングされた入力データに対応する標本は、核種数密度の入力データに対する感度を用いることで容易に計算出来る。なお、この感度は核燃料の燃焼問題のための一般化摂動論を用いて得た。以上の方法で計算した Eu-151 数密度の標準偏差の推定結果を図 1 に示す。CV 法を用いることによって同一の標本数でより高い精度での推定が可能となることが分かる。なお、本研究は二平舜介氏（現原子力規制庁）が修士課程在籍時に行ったものである。

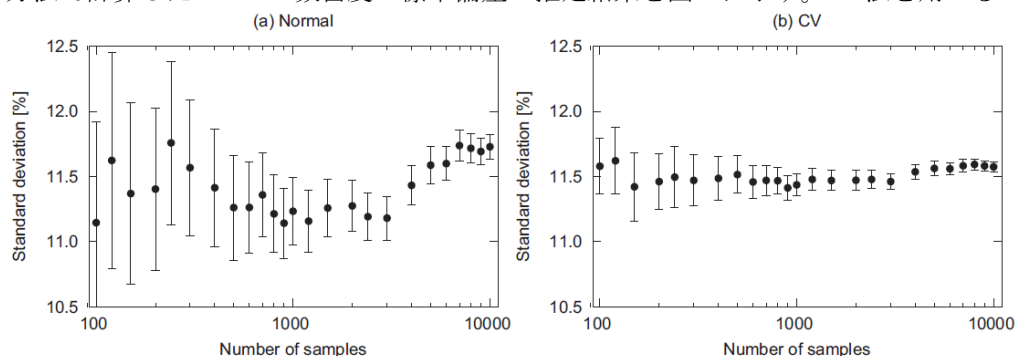


図 1、燃焼後核燃料中の Eu-151 数密度の標準偏差推定結果

参考文献 [1] 柴、他、

2018 年春の年会、1F17. [2] 二平、千葉、2018 年秋の大会、1M03.

*Go Chiba¹

¹Hokkaido Univ.