

Bootstrap 法を用いた推定臨界下限増倍率の算出方法

(2) 核特性の類似度、実験誤差、モンテカルロ計算の統計誤差を考慮した改良

Calculation Method of Estimated Criticality Lower-Limit Multiplication Factor Using the Bootstrap Method

(2) Improvement considering Neutronic Similarity, Experimental Error,
and Statistical Error of Monte Carlo Code

*西岡 楓賀¹, 林 卓人¹, 遠藤 知弘¹, 山本 章夫¹

¹名古屋大学

本研究では、①核特性の類似度 c_k 、②臨界実験データの実験誤差 σ_{bench} 、及び③連続エネルギーモンテカルロ計算による実効増倍率 k_{eff} の統計誤差 σ_{calc} を考慮できるよう、bootstrap 法を用いた推定臨界下限増倍率(ECLLMF)の評価手法を更に改良した。発表では、 UO_2 -水からなる単位セル体系を対象として、提案手法で得られた推定臨界下限増倍率の推定結果について報告する。

キーワード：推定臨界下限増倍率，bootstrap 法，核特性の類似度，実験誤差，モンテカルロ計算，統計誤差

1. 緒言：数値計算により未臨界判断基準を推定する研究に取り組んでいる。これまでの研究成果として、正規分布の仮定が不要である bootstrap 法を用いて ECLLMF を算出する方法を考案した。本研究では、①核特性の類似度 c_k 、②実験誤差 σ_{bench} 、③モンテカルロ計算の統計誤差 σ_{calc} の効果を考慮できるよう、ECLLMF の算出方法を更に改良した。本発表では、①–③の効果が ECLLMF の推定結果に与える影響について報告する。

2. 解析方法：本研究で改良した bootstrap 法では、 σ_{bench} と σ_{calc} を考慮した k_{eff} の混合正規分布をモンテカルロ計算によって作成し、作成した混合正規分布から復元抽出を行うこととした。復元抽出により得られた bootstrap 分布から余裕幅 α を反復法によって計算し、混合正規分布の平均値 $\bar{k}$ と不偏標準偏差 s から推定臨界下限増倍率 $k_{\text{sub,boot}} = \bar{k} - \alpha s$ を算出した。更に、Whisper1.1[1]を用いて計算された評価体系と臨界実験体系の代表性因子 c_k を基に、各標本の重みづけを行った。なお本研究では臨界超過確率 $p = 2.5\%$ 、ECLLMF 設定失敗確率 $\gamma = 2.5\%$ として解析を行った。

3. 結果・考察：半径 1.0cm の UO_2 燃料球を想定し、最適減速となる燃料対水体積比の条件で解析を行った。①–③を考慮しない正規分布の仮定に基づく従来法、①–③を考慮しない bootstrap 法(Case 1)、①–③の考慮した改良 bootstrap 法(Case 2)によって得られた α と ECLLMF の値を表 1 にそれぞれ示す。

図 1 に標本 k_{eff} と bootstrap 分布の相対度数分布を示す。なお $k_{\text{sub,t}}$ は従来法による ECLLMF である。表 1 より従来法の ECLLMF が最大となり、Case 2 の ECLLMF が最小となった。従来法と Case 1 の比較により、今回の検証条件では正規分布仮定の影響度は比較的小さいことが分かった。また、①–③を考慮することにより、 k_{eff} の頻度分布の広がりが大きくなったことから、余裕幅 α が大きく計算され、その分だけ Case 2 の ECLLMF は他より小さく推定されたと考えられる。

参考文献

[1] B. C. Kiedrowski, et al., Nucl. Sci. Eng., **181**(1), pp.17–47 (2015).

*Fuga NISHIOKA¹, Takuto HAYASHI¹, Tomohiro ENDO¹,
and Akio YAMAMOTO¹

¹Nagoya Univ.

表 1 各算出法の α と ECLLMF

算出法	α	ECLLMF
従来法	2.3794	0.99364
Case 1	2.5219	0.99332
Case 2	4.2338	0.98324

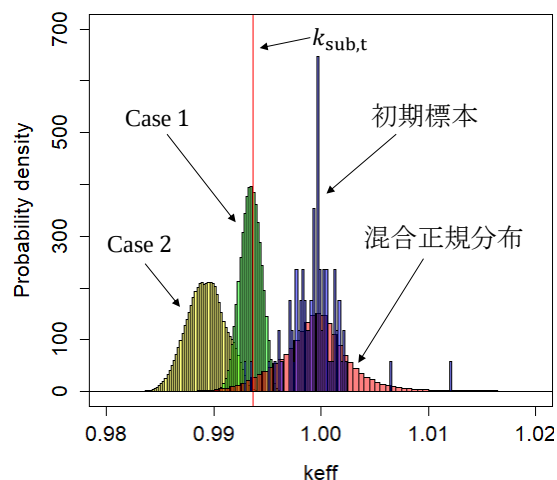


図 1 k_{eff} 、bootstrap 分布の相対度数分布