

過酷事故解析コードの低次元化モデル作成におけるサンプル数削減の検討

Reduction of Number of Samples to Construct Reduced Order Model of Severe Accident Analysis

*近藤 諒一¹, 松下 柁輝¹, 遠藤 知弘¹, 山本 章夫¹

¹名古屋大学

確率的な安全余裕評価に向けて、過酷事故解析コード MAAP における事故進展結果を入力パラメータの内挿により推定する低次元化モデル(Reduced Order Model, ROM)が開発された。本研究では、Range Finding Algorithm に基づく統計的な方法を用いて、要求される ROM の精度を確保するために必要なサンプル数を決定する方法について検討する。

キーワード：過酷事故解析、低次元化モデル、特異値分解、RFA、MAAP

1. 緒言 原子力発電所においては、過酷事故に至る事故シーケンスの発生確率が低いことから、過酷事故解析コードで統計的なリスク評価を行うためには、多数のランダムサンプリングを実施する必要がある。このような計算を現実的な計算時間で実施することを目的として、近年、少数の解析結果から大量の事故サンプルを再現する ROM が検討されている[1]。しかし、1 サンプルの計算コストが大きい過酷事故解析コードの実行回数を可能な限り削減するために、ROM 作成に必要なサンプル数を設定する方法を明らかにすることが望まれる。そこで本研究では、Range Finding Algorithm に基づく統計的な方法を用いて、要求される ROM の精度を確保するために必要なサンプル数を決定する方法について検討する。

2. 解析 PWR の全交流電源喪失および代替給水・冷却失敗による圧力容器破損を想定した。不確かさ 10% の正規分布を仮定した崩壊熱を入力パラメータとして 100 個ランダムサンプリングを実施し、MAAP を用いて対応する 1 次系圧力の経過変化を計算した。1 サンプル当たりの出力結果は、時間ステップ 200 s で、事故発生後 29800.5 s までの 150 個の時系列データである。ここからランダムに 10 個のサンプルを取り出し参照解とし、さらにランダムに取り出した $s(\geq 2)$ 個で ROM を作成した。参照解を ROM により再現して誤差を計算し、これらの操作を 100 回繰り返すことで統計的処理を行った。

3. 結果・考察 サンプル数 s に対する誤差の変化および全サンプルで作成される行列(73×150)の s 番目の特異値を図 1 に示す。誤差は s が大きくなるにつれて急激に減少し、その後、飽和していく傾向がみられることから、誤差の減少率が小さくなることを最適サンプル数と見積もることができる。また、図 1 より誤差と特異値の減少傾向が比較的似ていることが分かる。この理由について考察するため、参照解と再現結果をそれらの基底ベクトルの線形結合で近似し、誤差を基底ベクトルで表現可能か試みた。その結果、サンプル数 s の場合の誤差が主に $s+1$ 番目の特異値の大きさに依存することを理論的に解明した。

謝辞 本研究で使用したデータは、原子力エンジニアリング株式会社から提供されたデータである。

参考文献

[1] M. Matsushita, T. Endo, A. Yamamoto, T. KITAO, "Development of Reduced Order Model of Severe Accident Analysis Code for Probabilistic Safety Margin Analysis," *PHYSOR 2018*, Cancun, Mexico, Apr. 22-26, 2018, (2018).

* Ryoichi KONDO¹, Masaki MATSUSHITA¹, Tomohiro ENDO¹, Akio YAMAMOTO¹

¹Nagoya Univ.

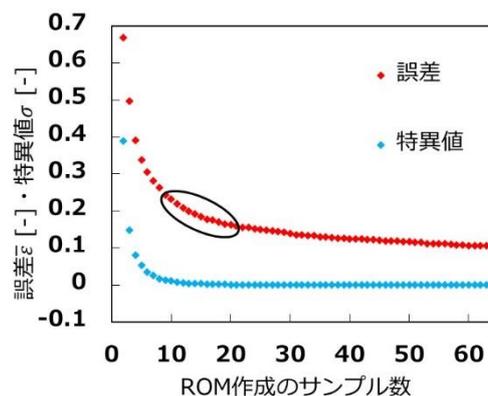


図 1：誤差と特異値の変化