

BWR タービン負荷喪失事象における 安全解析コードの特異値分解法を用いた低次元化モデルの開発

Development of Reduced Order Modeling of Safety Analysis Code
with Singular Value Decomposition for Load Rejection Scenario of BWR

*松下 柁輝¹, 遠藤 知弘¹, 山本 章夫¹

¹名古屋大学

安全解析コードの解析結果を高速に推定する低次元化モデル (Reduced Order Modeling, ROM) を特異値分解法により開発している。本発表では、統計的安全評価への ROM の適用性及び妥当性を検証するために、設計基準事故であるタービンバイパス弁不動作を伴う BWR タービン負荷喪失事象における原子炉出力の時系列データの推定に ROM を適用し、RELAP5/SCDAPSIM で計算された最大原子炉出力と比較した。

キーワード：低次元化モデル, 特異値分解, 統計的安全評価, RELAP5/SCDAPSIM, BWR 負荷喪失

1. 緒言：これまでに、過酷事故に分類される BWR 全交流電源・全給水機能喪失事象の解析結果に対して特異値分解法を用いた ROM を適用し、高速に安全解析コードの解析結果を推定出来ることを確認した[1]。統計的安全評価においては、プラントで想定すべき事象は多岐にわたるため、開発した手法が他事故シナリオにおいても適用できることが望ましい。そこで、設計基準事故に分類されるタービンバイパス弁不動作を伴う BWR タービン負荷喪失事象に対して ROM を適用し、その適用性及び妥当性を示す。

2. 解析：当該事故シナリオにおいて、不確かさを考慮する入力パラメータは炉心核特性に関連するパラメータとし、感度が大きい順にボイド反応度、スクラム反応度、ドップラー反応度を選出した。各入力パラメータの不確かさは、一律に相対不確かさ 10% ($= 1\sigma$) を与えた。本解析では、信頼区間が真値を含む確率が約 95% となる 2σ まで考慮するために、ROM に使用する入力パラメータの摂動範囲を 2σ と設定した。感度解析の結果に基づいて、各入力パラメータを感度が大きい順に摂動範囲を 9,5,3 分割し、135 個の原子炉出力の時系列データを ROM の訓練データとした。ROM に使用した基底数は、スクリーンプット基準より 27 個とした。入力パラメータに対して、1,000 回ランダムサンプリングを実施し、ROM と RELAP5/SCDAPSIM で計算される最大原子炉出力を比較した。

3. 結果・考察：図 1 に ROM と RELAP5/SCDAPSIM で計算された最大原子炉出力の Q-Q プロットを示す。ROM によって推定された結果は、RELAP5/SCDAPSIM の解析結果を再現出来ていることが分かる。この時、ピアソンの相関係数は 0.99 であった。表 1 に、最大原子炉出力の平均値及び標準偏差を示す。RELAP5/SCDAPSIM で計算された平均値及び標準偏差と ROM で推定された統計量は概ね一致した。以上より、統計的安全評価における ROM の適用性及び妥当性が示された。今後の課題として、1. 当該事故シナリオにおいて、摂動させる入力パラメータの追加と現実的な不確かさの設定を考慮した ROM の適用、2. 他の過渡・事故シナリオへの ROM の適用が挙げられる。

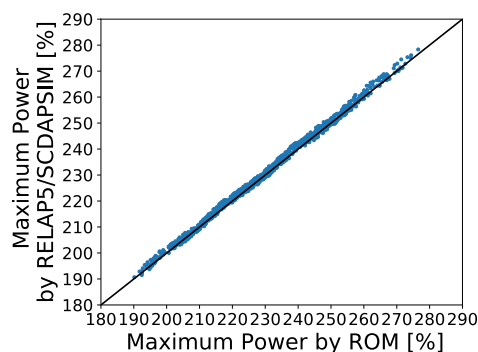


図 1: ROM と RELAP5/SCDAPSIM で推定された最大原子炉出力の Q-Q プロット

表 1: ROM と RELAP5/SCDAPSIM で推定された最大原子炉出力の平均値及び標準偏差

	ROM	RELAP
平均値[%]	229.1	229.8
標準偏差[%]	18.8	18.9

参考文献

[1] M. Matsushita, T. Endo, A. Yamamoto, "Surrogate Model of Severe Accident Analysis Code for SBO Aiming Probabilistic Safety Margin Analysis," Trans. Am. Nucl. Soc., **119**, pp.900-903 (2018).

*Masaki Matsushita¹, Tomohiro Endo¹, Akio Yamamoto¹

¹Nagoya Univ..