

低中性子計数率条件下で利用可能な未臨界度監視法の妥当性確認

Validation of Subcriticality Monitoring Method under Low Neutron Count Rate Condition

*森部 太陽¹, 遠藤 知弘¹, 山本 章夫¹, 渡辺 賢一², 金子 純一³

¹名古屋大学, ²九州大学, ³北海道大学

先行研究において、改良型単純フィードバック法、最小二乗逆動特性法およびバイラテラルフィルタを組み合わせた未臨界度監視法を提案した。近畿大学原子炉(UTR-KINKI)の臨界近接実験で測定された中性子計数率時系列データを用いて、提案手法の妥当性を確認した。

キーワード: 未臨界度監視, 改良型単純フィードバック法, 最小二乗逆動特性法, バイラテラルフィルタ, UTR-KINKI

1. 緒言 東京電力福島第一原子力発電所の燃料デブリ取り出しにおける課題として、反応度の推定に必要な情報が不明であること、使用可能な中性子検出器の制限による検出効率の低下が挙げられる。これらの課題の解決のため、先行研究[1]において、改良型単純フィードバック法[2]、最小二乗逆動特性法[3]およびバイラテラルフィルタ[4]を組み合わせた未臨界度監視法を提案した。本研究では、近畿大学原子炉(UTR-KINKI)における臨界近接実験で測定された中性子計数率時系列データを用いて、提案手法の妥当性を確認した。

2. 提案手法 中性子計数率の時系列データ P_n の測定値($n = 0, 1, \dots$)から、平均的な遅発中性子の寄与 \bar{A}_n を逐次計算し、改良型単純フィードバック法[2]による推定式 $(\rho/\beta_{\text{eff}})_n = 1 - (\bar{A}_n + S_0)/P_n \dots(1)$ に基づいて、ドル単位の反応度 ρ/β_{eff} を逆推定する。ここで、反応度推定時に必要となる中性子源強度 S_0 の値は最小二乗逆動特性法[3]により推定する。具体的には、ステップ状の反応度変化が生じた際に、横軸を \bar{A}_n 、縦軸を P_n でプロットした散布図に対して、式(1)をフィッティングすることで S_0 の値が推定できる。

3. 妥当性確認結果 UTR-KINKIの臨界近接実験時に、検出効率を変化させた3つの光ファイバ型検出器で測定された中性子計数率の時系列データを用いて、提案手法の妥当性確認を実施した。妥当性確認のため、ドル単位の反応度の参照値(reference)は、別の測定で評価した各制御棒の反応度値および余剰反応度(全制御棒全引抜時の原子炉反応度)から求めた。中性子計数率時系列データに対し、バイラテラルフィルタ[4]を適用することで測定時の統計的不確かさの低減を図った。その後、上記提案手法を適用することでドル単位の反応度を推定した。各検出効率($P_{0,\text{low}} \approx 5 \text{ cps}$, $P_{0,\text{middle}} \approx 70 \text{ cps}$, $P_{0,\text{high}} \approx 800 \text{ cps}$)におけるドル単位の反応度推定結果とドル単位の反応度参照値の比較結果を図1に示す。図1から分かるように、中性子計数率の測定データのみから、提案手法によりドル単位の反応度が推定できることを実証した。

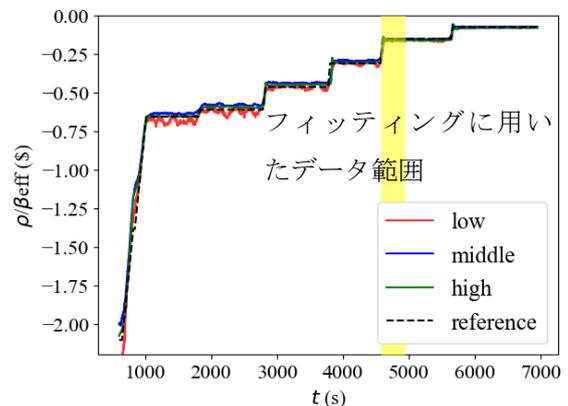


図1 ドル単位の反応度推定結果

謝辞 本研究は JAEA 英知を結集した原子力科学技術・人材育成事業(JPJA23P23813844)の助成による。

参考文献 [1] 森部 太陽, 他, 日本原子力学会 2024 春の年会, 近畿大学, 3L05, (2024); [2] T. Endo et al., AESJ 2022 年秋の大会, 2G16 (2022); [3] J. E. Hoogenboom and A. R. van der Sluijs, *Ann. Nucl. Energy*, **15**, p. 553 (1988); [4] C. Tomasi and R. Manduchi, *Proc. ICCV'98*, p. 839 (1998).

*Taiyo Moribe¹, Tomohiro Endo¹, Akio Yamamoto¹, Kenichi Watanabe², Junichi H. Kaneko³

¹Nagoya Univ., ²Kyushu Univ., ³Hokkaido Univ.