

1. 緒言 東京電力福島第一原子力発電所では、廃炉作業が進められており、本格的な燃料デブリ取り出し作業に向けた取り組みが行われている。燃料デブリ取り出し作業時には、安全確保の観点から臨界近接監視が不可欠である。しかし、燃料デブリは核種組成の空間分布等の詳細な情報が不明であり、加えてアクセスルートが制限されていることにより使用可能な中性子検出器にも制限がある。このため、統計的不確かさの大きい中性子計数率データのみを用いた臨界近接監視手法が求められる。そこで本研究では、①逆動特性法に基づく臨界近接監視手法、②機械学習を用いた臨界近接監視手法の2つの手法を提案し、ダイヤモンド検出器の試作器を用いて有効性を確認した。ダイヤモンド検出器は、 γ 線耐性に優れることから、燃料デブリ取り出し作業時の中性子計測への運用が検討されている。本発表では、①逆動特性法に基づく臨界近接監視手法について、ダイヤモンド検出器による中性子計数率測定データを用いた有効性確認結果を述べる。

2. ML-SRE 法 ①逆動特性法に基づく臨界近接監視手法として、改良型単純フィードバック法(Simplest Reactivity Estimator, SRE)[1]、多段階最小二乗逆動特性法(Multi-step Least squares Inverse Kinetics method, MLIK)およびバイラテラルフィルタ[2]を組み合わせた ML-SRE 法を新たに提案した。ML-SRE 法では、まずバイラテラルフィルタにより中性子計数率測定データに含まれる統計的不確かさを低減する。次に、MLIK により実効外部中性子源強度を推定する。MLIK は、反応度過渡変化後の遅発中性子先行核数と中性子計数率の関係に基づき、最小二乗フィッティングを行う最小二乗逆動特性法(LIK)[3]を改良した手法である。実効外部中性子源強度を共通のフィッティングパラメータとして、図1に示すように多段階の反応度過渡変化データに対して同時にフィッティングを行う。これにより、フィッティングに用いるデータ数が増加し、実効外部中性子源強度を頑健に推定できる。最後に、SREにより一点炉動特性方程式に基づき、中性子計数率測定データおよび実効外部中性子源強度を用いてドル単位反応度を推定する。

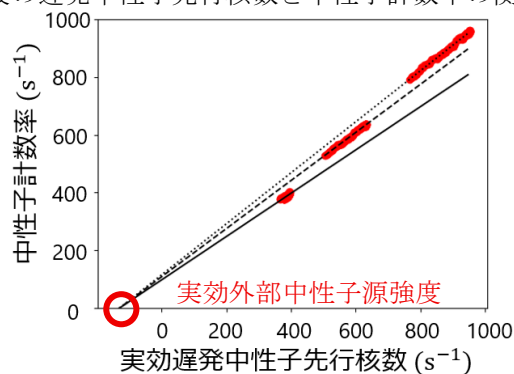


図1 MLIKによるフィッティング

3. ダイヤモンド検出器試作器を用いた有効性確認 本研究では、近畿大学原子炉(UTR-KINKI)において、ダイヤモンド検出器の試作器を用いた臨界近接実験を実施した。本研究では、臨界近接実験時の測定データを用いて、ML-SRE法の有効性を評価した。既存手法(バイラテラルフィルタ未適用のLIK-SRE法)と提案手法(ML-SRE法)によるドル単位反応度推定結果を、各制御棒の反応度値から算出した参照値と比較した結果を図2に示す。既存手法では統計誤差が大きく推定が困難であった

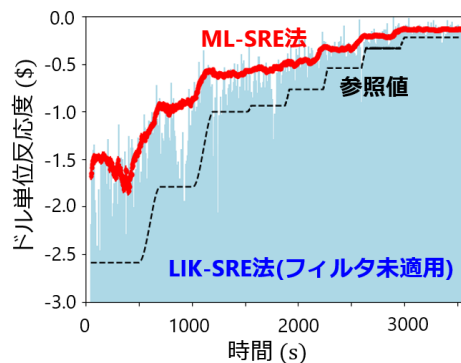


図2 ML-SRE法によるドル単位反応度推定結果

のに対して、ML-SRE法により反応度過渡変化に追従したドル単位反応度の推定が可能であることを確認した。また、参照値と比較して臨界に近い保守的な評価結果となることが示され、臨界安全の観点からML-SRE法が有効であることを確認した。

参考文献 [1] T. Endo et al., AESJ 2022 年秋の大会, 2G16 (2022); [2] C. Tomasi and R. Manduchi, *Proc. ICCV'98*, p. 839 (1998); [3] J. E. Hoogenboom and A. R. van der Sluijs, *Ann. Nucl. Energy*, **15**, p. 553 (1988).

口頭発表 1. Taiyo Moribe et al., *Proc. PHYSOR2024*, San Francisco, CA, USA, Apr.21-24 (2024); 2. 森部太陽 他, 日本原子力学会 2024 年秋の大会, 2D02, 9月11-13日(2024); 3. 森部太陽 他, 日本原子力学会 2025 年春の年会, 1C16, 3月12-14日(2025); 4. 森部太陽 他, 日本原子力学会 2025 年秋の大会, 2N13, 9月10-12日(2025); 5. 森部太陽 他, 日本原子力学会 2026 年春の年会, 3D06, 3月11-13日(2026) (発表予定).