中性子生成時間を陽に利用しない逆動特性法に関する検討

Study on inverse kinetic method without explicitly using neutron generation time

*遠藤 知弘 [1], 渡辺 賢一 [2], 田中 真伸 [3]
[1] 名古屋大学, [2] 九州大学, [3]KEK

中性子生成時間の不確かさが大きく、入力信号(中性子計数)におけるノイズ・外れ値の影響が大きい場合でも頑健に反応度を逆推定可能な方法として、①中性子生成時間を陽に利用しない形式による単純フィードバック法の改良および②メディアンフィルタの適用について検討した。

キーワード： 逆動特性法、反応度、中性子生成時間、単純フィードバック法、メディアンフィルタ

1. 緒言 1F 燃料デブリ取出作業時における未臨界監視を考えた場合、対象体系に関する不確かさが大きいため、事前の数値解析により推定された一点炉動特性パラメータ(中性子生成時間Λおよび実効遅発中性子割合β_{eff})の不確かさも大きくならざるを得ない。また、中性子計数の時系列データ測定値が低計数率となる場合、ノイズ・外れ値の影響が大きくなる状況も想定される。そこで本研究では、上述したような条件下でも頑健に反応度を逆推定可能な方法として、①中性子生成時間を陽に利用しない形式による単純フィードバック法[1]の改良、②入力信号(中性子計数)に対するメディアンフィルタの適用について検討を実施した。

2. 提案手法 過渡変化時における中性子計数の時系列データ$P_n = P(t_n)$を測定し、ノイズ・外れ値の影響を軽減するためメディアンフィルタを適用する。Λとβ_{eff}を陽に利用しない手法を考案するため、ドル単位反応度$\rho/\beta_{\mathrm{eff}}$の推定に対して単純フィードバック法[1]を適用することで、以下の推定式を得ることができる。

$$S_0 = -(\rho/\beta_{\mathrm{eff}})_0 P_0, \quad A_{i,0} = P_0,$$

$$A_{i,n} = A_{i,n-1}\mathrm{e}^{-\lambda_i \Delta t} + \left(1 - \mathrm{e}^{-\lambda_i \Delta t}\right) P_n,$$

$$P_{\mathrm{ex}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^{6} a_i A_{i,n}\right) + S_0}{1 - (\rho/\beta_{\mathrm{eff}})_{n-1}}, \qquad K = \frac{1 - (\rho/\beta_{\mathrm{eff}})_{n-1}}{P_n},$$

$$\therefore (\rho/\beta_{\mathrm{eff}})_n = (\rho/\beta_{\mathrm{eff}})_{n-1} + K(P_n - P_{\mathrm{ex}})$$

a_iおよびλ_iはi群の遅発中性子の相対収率($\sum_{i=1}^{6} a_i = 1$)および先行核の崩壊定数、S_0は校正ずみの実効中性子源強度、Δtは時間ステップ幅、下添字nはn番目の時間ステップをそれぞれ表す。

3. 適用結果 過去に KUCA で実施した未臨界過渡変化実験[2]で測定された中性子計数の時系列データに対して、乱数を用いることで外れ値を含んだ低計数率測定データP_nを仮想的に生成した(図 1)。21 個の時間ステップ単位で①P_nを移動平均(赤破線)あるいは②メディアンフィルタ(青実線)を適用し、ドル単位反応度($\rho/\beta_{\mathrm{eff}}$)をそれぞれ推定した。図 2 から分かるように、外れ値に対するメディアンフィルタの有効性を確認することができた。

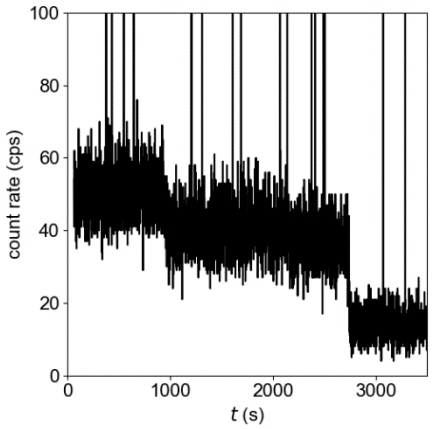

図 1 外れ値ありの中性子計数率

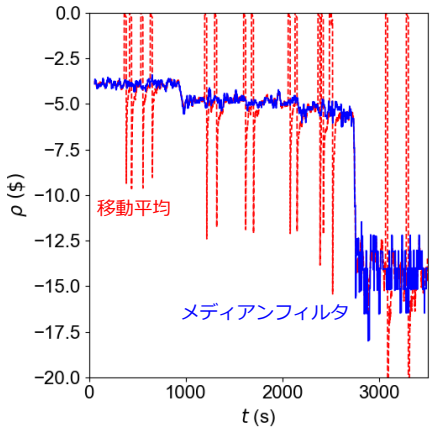

図 2 反応度の逆推定結果

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(JPJA20P20336542)の助成による。

参考文献 [1] Y. Shimazu, *Ann. Nucl. Energy*, **73**, pp.392–397 (2014);
[2] T. Endo et al., *Trans. Am. Nucl. Soc.*, **123**, pp.841–844 (2020).

*Tomohiro Endo[1], Kenichi Watanabe[2], Manobu Tanaka[3]
[1]Nagoya Univ., [2]Kyushu Univ., [3]KEK