KUCA における拡張カルマンフィルターの未臨界度監視への適用性

Applicability of the Extended Kalman Filter Technique to Reactivity Monitoring at KUCA

*山中 正朗[1]，卞 哲浩[1]
[1]京都大学複合原子力科学研究所

KUCA-A 架台における未臨界体系にパルス中性子を打ち込み、制御棒の挿入過程における未臨界過渡実験を実施した。本研究では、本過渡実験における未臨界度の変化を拡張カルマンフィルター(EKF)により推定することで、EKF を用いた未臨界度監視への適用性を検討した。

キーワード：拡張カルマンフィルター、未臨界度監視、パルス中性子法、京都大学臨界集合体実験装置

1. 緒言　本研究では、加速器駆動システムの未臨界度のオンライン測定を念頭に、拡張カルマンフィルター(EKF)の未臨界度監視への適用性を検討した。未臨界度のオンライン測定手法として逆動特性法が広く知られているが、測定に用いられる検出器は検出器効率が変化しないこと、また、中性子束の高次モードの影響を受けないことが前提条件となっている。本研究における未臨界度のオンライン測定とは測定で得られた計数率から即発中性子成分のみを抽出し、EKF によって未臨界度を推定することである。

2. 実験および計算　KUCA において通称 EE1 炉心と 14 MeV パルス中性子源(100 Hz 周期)を用いて、制御棒の挿入によって未臨界度を変化させたときの過渡実験を行った。検出器には炉心外周に設置された BF_3 検出器を用いた。本過渡実験では、Case 1 の制御棒が挿入されていないクリーン炉心から時系列データの収録を開始し､約 650 秒後に最も制御棒価値の大きな C1 制御棒をモータ駆動によって挿入することで Case 2 の未臨界体系に移行させた。さらに、約 1860 秒で検出器付近の C3 制御棒を挿入して Case 3 の未臨界体に変化させた。即発中性子のみの計数率は、実験で得られた計数率においてパルス打ち込みから 0.006 秒間マスクして遅発中性子成分の計数率を取得し、計数率から差し引くことで推定した。未臨界度の参照値は MCNP6.2 と ENDF/B-VII.1 を用いた固有値計算により求めた。

3. 結果　図 1 に示すように実験で得られた計数から即発中性子成分を抽出したときの計数率の時系列変化では、未臨界度変化のシナリオに対応して計数率が減少した。EKF において、一点炉動特性方程式で即発中性子のみを考慮した状態空間モデルと即発中性子の計数率を用いて、計数率および反応度を 1 秒毎に推定した。図 1 の EKF における即発中性子の計数率の推定は、実験で推定したものと一致した。さらに、図 2 に示すように、EKF による反応度推定値は概ね再現していることから、即発中性子を用いた未臨界度のオンライン測定の適用性を示すことができた。今後、計数率の推定においてパルス打ち込み後からの待ち時間を導入することにより、実験で用いた検出器位置での反応度測定における高次モード中性子束の影響を調査する。

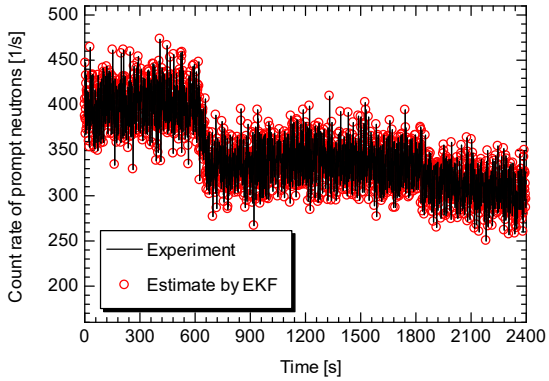

図 1　即発中性子の計数率

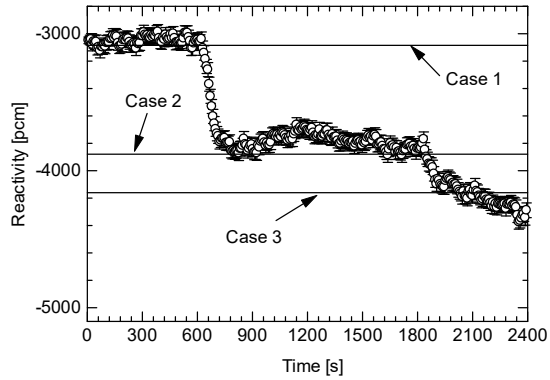

図 2　EKF による反応度の推定

*Masao Yamanaka [1], Cheol Ho Pyeon[1]
[1]Insutitute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto Univ.