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 (2) 面積比の適用

Applicability of the Extended Kalman Filter Technique to Reactivity Monitoring at KUCA
(2) Introduction of area ratio to the filter technique

*山中 正朗[1], 卞 哲浩[1]
[1]京都大学複合原子力科学研究所

これまでの研究では、KUCA-A 架台に構成した未臨界炉心にパルス中性子源を打ち込み、制御棒により変化させた未臨界度を拡張カルマンフィルターによって推定できることが確認できた。本研究では、フィルタリング手法に新たに面積比を可観測としたときの未臨界度監視の精度を検討した。

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、面積比、京都大学臨界集合体実験装置

1. 緒言 本研究では、未臨界度のオンラインモニタリング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。これまでは中性子計数のみを可観測パラメータとしていたが新たに面積比を可観測パラメータに追加し、未臨界度および動特性パラメータ(β_{eff}/Λ)の推定を試みた。

2. 実験 KUCA において天然ウラン、高濃縮ウランおよびポリエチレン減速材で構成した燃料体を炉心内側に十字に配置し、その周りを通称 EE1 燃料体で囲んだ炉心を構築した。外部中性子源には炉心外部に設置した鉛ビスマスターゲットにパルス状の 100 MeV 陽子を照射することでパルス状の核破砕中性子を発生させた。本実験では、中性子源から最も遠い制御棒(価値: 325 pcm)が下端の状態から過渡実験を開始し、対称位置にある同価値の制御棒をモータ駆動によって 5 秒間等速で挿入し挿入から 300 秒後に挿入を再開する運転パターンを繰り返した。炉心内部に設置した光ファイバー検出器で図 1 のように中性子信号を取得した。

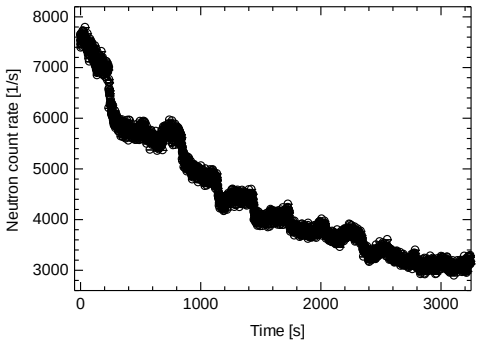

図 1 中性子計数率の変化

3. 結果 図 1 では制御棒の挿入によってステップ状に計数率が減少していることがわかる。制御棒の挿入が一時的に中断されても計数率が変動しているのは中性子源強度のゆらぎが原因である。また、図 2 に面積比(ドル単位の反応度)の 1 秒間の測定結果の推移を示す。本図から、測定した面積比の不確かさは少なくとも 0.1 $程度あることがわかる。EKF では、一点炉動特性方程式を状態空間方程式として扱い、中性子源強度の変動は陽子ビームの電流値の測定値を当該方程式に代入することで考慮した。EKF による反応度の推定では、測定では観察できなかったステップ状の反応度変化が見られた。挿入初期では反応度の変化は小さいが、制御棒の位置が炉中心に近づくほどその変化量は大きくなった。さらに、推定値の不確かさはおよそ 0.004 $程度であったため、測定値から不確かさを低減することができた。また、β_{eff}/Λ の推定により β_{eff}/Λ 値は大きく変動していないことがわかった。本実験から、面積比を追加した EKF の未臨界度監視への適用性が実証されたとともに、KUCA では制御棒較正曲線の測定において測定時間の短縮につながることが期待される。

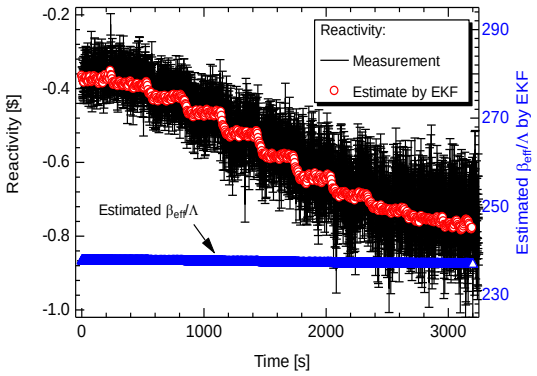

図 2 EKF による反応度およびの推定

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