

複数回積分した準定常状態の線形出力方程式に基づく反応度の推定

Reactivity estimation based on multiple integral linear power equation in quasi-steady state

*山根 祐一

原子力機構

反応度添加後の準定常状態の出力挙動から未臨界体系の反応度を評価する目的で、新しい計算手法を開発した。「準定常状態の出力が従う方程式」を複数回積分して得られる線形方程式を用いて反応度を推定することで移動平均の平均長が合理的に決定できることを確認した。

キーワード：未臨界，反応度評価，準定常状態，出力挙動，線形出力方程式

1. 緒言 準定常状態の出力が従う方程式 ($P(t) = \alpha_y q(t) + P_\infty$, $\alpha_y = 1/\rho_s - 1$, $q(t) = P'(t)/\mu(t)$) ①

[1] を変形して n 回積分すると $Y = \alpha_y X + P_\infty$ ②, $Y \equiv A_n/C_n$, $X \equiv B_n/C_n$, $A_n \equiv I_{[n]}[\mu(t)P(t)] - I_{[n-1]}[\mu(t)P(t)] \cdot \frac{1}{n-1}t$, $B_n \equiv I_{[n-1]}[P(t)] - I_{[n-2]}[P(t)] \cdot \frac{1}{n-1}t$, $C_n \equiv I_{[n-1]}[M(t)] - I_{[n-2]}[M(t)] \cdot \frac{1}{n-1}t$, と整理できる。ここで α_y は線 ($X(t), Y(t)$) の傾き、 P_∞ は安定出力、 $I_{[n]}[X(t)] \equiv \int_0^t \dots \int_0^t X(t) dt \dots dt$ (n 回積分) である。この方程式②を中性子計数率データに線形フィッティングすることで、 α_y 及び P_∞ を求めることができ、①式よりドル単位の反応度 ρ_s を評価できる。図1上に示すように中性子計数率の測定データは乱雑であり、積分するためある程度平均化する必要がある。

今回の検討により、移動平均のデータ長と積分回数 n については②式の線形性が成り立つ部分の長さが最大になるように決定すれば良いことがわかった。これにより移動平均のデータ長の決定方法の曖昧さ[2]がなくなった。この成果は、デブリの取出し時の反応度評価に役立つことが期待できる。

2. 検討 TRACY[3]による実験データでは、時刻 3160 秒で瞬時に反応度が添加されて -1.4% となる (図1上参照)。 $n = 3 \sim 13$ の範囲で②式の (X, Y) をプロットする (図1下) と、積分回数 n が増えるほど、負の傾き α_y を持った部分がまっすぐになるとともに短くなっている。この点 (X, Y) に対して直線をフィッティングして得られた値 $\alpha_y = -1.79$ より反応度の評価値は $\rho_s = -1.3\%$ となった。

3. 結論 準定常状態の出力とその微分値の挙動を、中性子検出器信号から精度良く推定できるとともに、経験的に定めるような定数を用いることなく、直接式①、②を用いて反応度を評価できる見通しを得た。今後解析データ及び実験データで検証する計画である。

参考文献 [1] Y.Yamane, 57(8)JNST, pp.926-931(2020). [2] Y.Yamane, 59(11)JNST, pp.1331-1344(2022). [3] S. Gunji, et al., PHYSOR 2004 (2004).

*Yuichi Yamane

Japan Atomic Energy Agency.

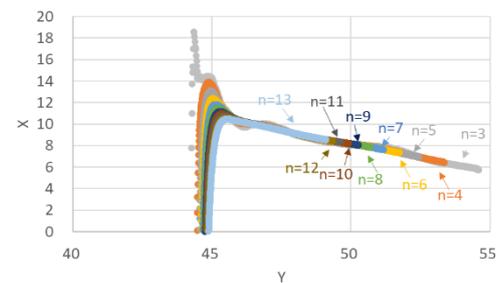
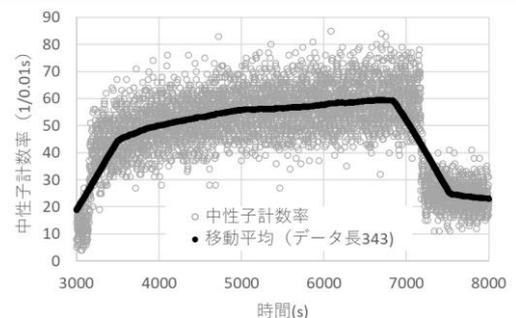


図1：出力と線 (X, Y) の計算例 (見やすさのため (Y, X) で表示)