

三菱 PWR 核設計コードシステム GalaxyCosmo-S の開発

(13) GALAXY への感度解析機能の導入

Development of Mitsubishi PWR Nuclear Design Code System GalaxyCosmo-S

(13) Application of sensitivity analysis to GALAXY

*山路 和也¹, 上山 洋平¹, 小池 啓基², 桐村 一生¹, 小坂 進矢¹¹三菱重工, ²MHINS エンジ

キャラクタリスティックス法に基づく2次元燃料集合体計算コードGALAXYに一般化摂動論を用いた感度解析機能を導入した。実効増倍率、反応度価値、反応率比について、一般化摂動論に基づく感度解析を実施し、直接法に基づく結果と比較することでその妥当性を確認した。

キーワード: GALAXY、一般化摂動論、感度解析、キャラクタリスティックス法

1. 緒言 キャラクタリスティックス法に基づく格子計算コードGALAXYに一般化摂動論を用いた感度係数機能を導入した。核設計コードの計算手法を用いて、非均質体系において輸送理論に基づく感度解析^[1]を可能とした。

2. 計算手法 一般化摂動論に基づく実効増倍率(S_k)、反応度価値(S_ρ)、反応率比(S_R)の感度係数はそれぞれ(1)、(2)、(3)式を用いて計算する。制御棒価値のように断面積変化量が多い場合、一般化摂動論では十分な精度が得られないことから、反応度($\rho = 1/k_{eff} - 1/k_{eff}'$)から(1)式の関係を用いて感度係数を求める方法を用いる^[2]。(3)式で用いる一般化随伴角度中性子束 Γ^* はノイマン級数法^[1]に基づいて算出し、(1),(3)式中の角度依存性は3次までの球面調和関数に展開して取り扱う。

$$S_k = \frac{dk_{eff}}{k_{eff}} \bigg/ \frac{d\sigma}{\sigma} \quad S_\rho = \frac{d\rho}{\rho} \bigg/ \frac{d\sigma}{\sigma} = - \left(\frac{1}{k_{eff}} S_k - \frac{1}{k_{eff}'} S_k' \right) \bigg/ \left(\frac{1}{k_{eff}} - \frac{1}{k_{eff}'} \right) \quad (2)$$

$$S_R = \frac{dR}{R} \bigg/ \frac{d\sigma}{\sigma} = \left\{ \frac{\left\langle \frac{d\Sigma_x^g(\vec{r})}{d\sigma} \phi^g(\vec{r}, \vec{\Omega}) \right\rangle}{\left\langle \Sigma_x^g(\vec{r}) \phi^g(\vec{r}, \vec{\Omega}) \right\rangle} - \frac{\left\langle \frac{d\Sigma_y^g(\vec{r})}{d\sigma} \phi^g(\vec{r}, \vec{\Omega}) \right\rangle}{\left\langle \Sigma_y^g(\vec{r}) \phi^g(\vec{r}, \vec{\Omega}) \right\rangle} - \left\langle \Gamma^{*g}(\vec{r}, \vec{\Omega}) \frac{dB}{d\sigma} \phi^g(\vec{r}, \vec{\Omega}) \right\rangle \right\} \sigma \quad (3)$$

ここで、角度中性子束 ϕ 、随伴角度中性子束 ϕ^* はそれぞれ (4)、(5)式を解いて得られるものである。

$$(A - F/k_{eff}) \phi^g(\vec{r}, \vec{\Omega}) = B \phi^g(\vec{r}, \vec{\Omega}) = 0 \quad (4)$$

$$B^* \phi^{*g}(\vec{r}, \vec{\Omega}) = 0 \quad (5)$$

3. 検証 一般化摂動論より求めた感度係数と直接法により算出したものを比較した。ウラン集合体における結果の一例を以下に示す。図1,2から分かるように直接法で求めた感度係数と良好な一致を示すことを確認した。

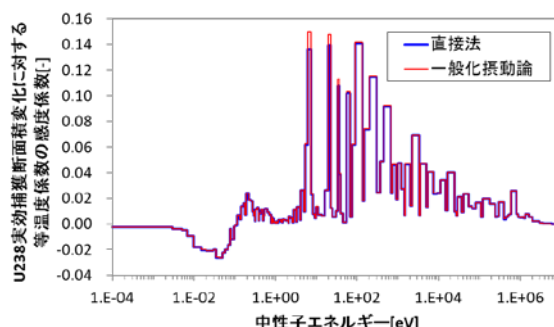
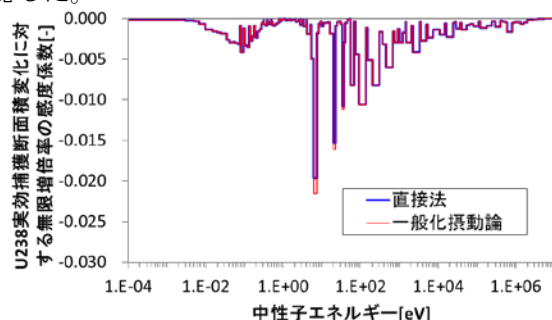


図1 U238の実効断面積変化に対する k_{inf} の感度係数 図2 U238の実効断面積変化に対する等温度係数の感度係数

4. まとめ GALAXY コードに実効増倍率、反応度価値、反応率比の感度係数機能を導入した。今後、核データの共分散データを用いた核データの不確かさに起因する核パラメータの不確かさ評価等への適用を検討予定。

参考文献 [1] T. Takeda, etc., J Nucl. Sci. Technol., 43,733(2006). [2] A.Yamamoto, etc., J. Nucl. Sci. Technol., 50, 966 (2013).

*Kazuya Yamaji¹, Yohei Kamiyama¹, Hiroki Koike², Kazuki Kirimura¹, and Shinya Kosaka¹

¹Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., ² MHI Nuclear Systems and Solution Engineering Co., Ltd.