

緒言: 炉心解析で利用される中性子輸送計算では不連続因子を用いることで、計算コストを抑えながら高精度な解を得ることができる。不連続因子は中性子束の不連続性を定量的に扱うパラメータであり、適切な値を設定することで空間均質体系の計算において非均質体系の領域境界中性子流(漏洩率)を保存できる。これにより空間均質化などに起因する離散化誤差を低減し、均質体系計算で非均質体系の解を再現できる。炉心解析の高度化には不連続因子の更なる活用や不連続因子を用いた中性子輸送計算手法の改良が必要となる。本研究では不連続因子の適用可能性拡大を目的として、①不連続因子を応用した非線形収束加速法の収束性解析[1,2,3,5]、②不連続因子を適用した確率論的中性子輸送計算手法(DF-MC 法)の開発[4,6,7]、に取り組んだ。本発表ではDF-MC法にのみ言及する。

DF-MC 法: 従来、不連続因子は決定論的中性子輸送計算手法に対して適用され、確率論的手法(モンテカルロ法, MC) への適用方法は確立されていなかった。そこで本検討では、領域毎 even-parity 不連続因子(EPDF)を適用し

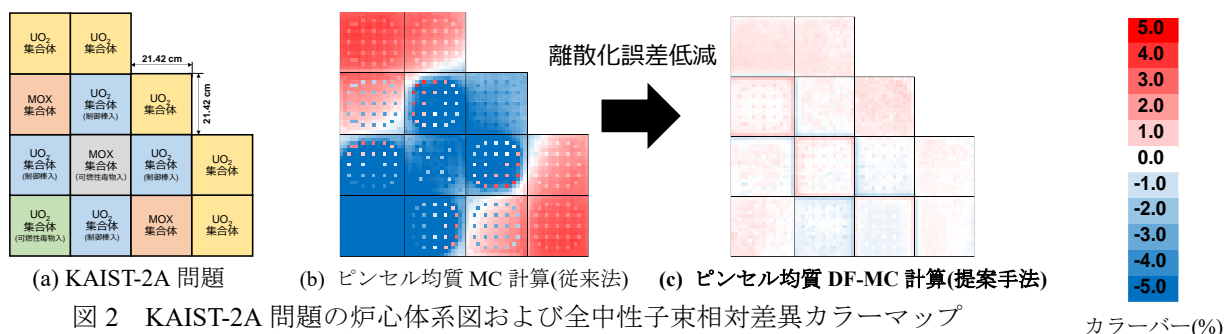
$$\begin{array}{c}
 f_L \quad \quad \quad f_R \\
 \left. \begin{array}{l} \psi_{L,out}(\vec{\Omega}) \\ \psi_{L,in}(-\vec{\Omega}) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \xrightarrow{\psi_{R,in}(\vec{\Omega})} \\ \xleftarrow{\psi_{R,out}(-\vec{\Omega})} \end{array} \\
 \text{左側領域L} \quad \text{右側領域R}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 \psi_{R,in}(\vec{\Omega}) = \frac{2f_L}{f_R+f_L} \psi_{L,out}(\vec{\Omega}) + \frac{f_L-f_R}{f_R+f_L} \psi_{R,out}(-\vec{\Omega}) \\
 \psi_{L,in}(-\vec{\Omega}) = \frac{2f_R}{f_R+f_L} \psi_{R,out}(-\vec{\Omega}) + \frac{f_R-f_L}{f_R+f_L} \psi_{L,out}(\vec{\Omega})
 \end{array}$$

f : EPDF, ψ : 角度中性子束, $\vec{\Omega}$: 中性子飛行方向
 $L \rightarrow R$ の透過係数 $R \rightarrow R$ の反射係数
 $R \rightarrow L$ の透過係数 $L \rightarrow L$ の反射係数

図1 二領域問題における EPDF と角度中性子束の関係

たモンテカルロ計算手法(DF-MC 法)を新たに開発した。EPDF とは決定論的手法で提案された不連続因子の一種である。DF-MC 法では光学のアナロジーに基づき、EPDF と角度中性子束の関係式(図1)によって定義される透過・反射係数を用いて空間領域境界で中性子を透過・反射させ、中性子束の空間的不連続性を扱う。これにより体系を粗く離散化した空間均質化体系でも、非均質体系の解を高精度に再現する計算ができる。

検証計算: KAIST-2A 問題において、燃料ピンセル均質炉心体系で検証計算を行う。本検討では従来 MC 計算と DF-MC 計算(提案手法)で得られる全中性子束空間分布の参照解との相対差異を比較する。参照解には非均質体系計算の結果を利用する。EPDF は事前に行う単一集合体計算から燃料集合体毎に計算する。両計算ケースの全中性子束相対差異カラーマップ(図2)より、DF-MC 計算では従来 MC 計算に比べ体系全体で相対差異が大幅に低減された。本結果より DF-MC 法の妥当性および炉心体系への適用性が示された。本検討により、不連続因子を適用した確率論的中性子輸送計算手法を新たに開発し、不連続因子の適用可能性を拡大した。



公刊論文および口頭発表

[1]. Y. Oshima et al., *Nucl. Sci. Eng.*, **194**(6), pp. 477–491 (2020); <https://doi.org/10.1080/00295639.2020.1722512>.
 [2]. Y. Oshima et al., *Nucl. Sci. Eng.* (2021); <https://doi.org/10.1080/00295639.2021.1982549>.
 [3]. 大島吉貴, 遠藤知弘, 山本章夫, 日本原子力学会 2021 年春の年会, 2B15, 3 月 17 日–19 日 (2021).
 [4]. 大島吉貴, 遠藤知弘, 山本章夫 他, 日本原子力学会 2021 年秋の大会, 2I02, 9 月 8 日–10 日 (2021).
 [5]. Y. Oshima, A. Yamamoto, and T. Endo, *Proc. M&C 2021*, Online, October 3–7 (2021).
 [6]. Y. Oshima, T. Endo, A. Yamamoto et al., *Trans. Am. Nucl. Soc.*, Online, November 30–December 3 (2021).
 [7]. 大島吉貴, 遠藤知弘, 山本章夫 他, 日本原子力学会 2022 年春の年会, 2D11, 3 月 16 日–18 日 (2022).