

ADVANTG を用いた分散低減パラメータの群縮約効果

Effect of group collapsing on variance reduction parameters using ADVANTG.

*金居田 薫¹, 杉田 武志¹, 岡本 力¹, 関 優哉¹

¹NAIS 株式会社

ADVANTG コードで作成した分散低減パラメータファイル (Weight Window ファイル) の中性子エネルギー群構造を少数群へ群縮約するツールを開発した。群縮約によって WW ファイルのサイズを縮小できることから、メモリ使用量を削減できる効果が得られる。中性子深層透過問題において群縮約前の分散低減効果をほぼ維持したまま解が得られることを確認した。

キーワード：モンテカルロ法，分散低減，並列計算

1. 緒言

計算機性能の向上により体系の近似を要しないモンテカルロ法コードによる大規模計算が可能となってきた一方、中性子深層透過問題においては分散低減法なしには現実的な時間で信頼できる結果を得ることは困難である。そこで、CADIS 法に基づく ADVANTG¹⁾コードは随伴関数を決定論的手法(付属の中性子核データの最小群数は 27 群)によって求め、MCNP の WW ファイルを作成する有効なツールとして活用されている²⁾。ADVANTG は MCNP の 3 次元体系を組成均質化メッシュとし、決定論的手法への入力変換を行っている。モンテカルロ計算の解の信頼性は統計指標により判断されることになるが、分散低減パラメータ作成時の不確かさ要因は取り除くことが望ましい。しかし、ストリーミング箇所の均質化を避けるため細分化をすると WW ファイルが膨大となり、MPI (メモリ分散型) 並列環境下ではメモリ負荷の増大が懸念されるため、中性子エネルギー群に対する簡易的な群縮約ツールを開発した。

2. ツール概要

第 n エネルギー群 の $WW(E)$ に対し中性子束 $\psi(E)$ の荷重により群縮約を行う(式 1)。

$$\langle 1/ww_g \rangle = \frac{\int 1/ww(E)\psi(E)dE}{\int \psi(E)dE} \approx \sum_{g=n}^{n'} (1/ww)_g \psi_g / \sum_{g=n}^{n'} \psi_g - (1)$$

ここで $\psi(E)$ は代表値として熱群 Maxwell、熱外群 $1/E$ 、高速群 Watt の分布を与え、群縮約は任意のエネルギー境界値を設定できることを可能としている。

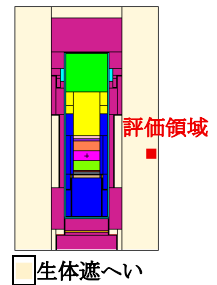


図 1 JPDR モデル

3. 検証

図 1 に示す生体遮へいの評価を行った。縮約を行っても統計的に信頼性のある結果が得られることを確認し、さらにメッシュ細分化を行ったケースにおいても顕著なメモリ削減効果が得られることを示した(表 1)。

表 1 検証結果

mesh	Intel(R)Core™i5-14400(2.5GHz) 16GB		Ryzen9 5950X 3.5GHz 64GB	
	result	Rel Error	メモリ使用量(GB)	メモリ使用量(GB)
wwinpなし	0.00E+00	0.00E+00	0.184	0.576
27g	4.09E-16	3.32E-02	0.400	4.93
3g	4.00E-16	3.50E-02	0.208	1.11

参考文献

[1] Scott W. Mosher, et al, ADVANTG—AN AUTOMATED VARIANCE REDUCTION PARAMETER GENERATOR (2015).

[2] 関 優哉 他,福島第一原子力発電所における生体遮へいの放射能量の推定に関する研究 (3), 2024 秋の大会

*Kaoru KANAIDA¹, Takeshi SUGITA¹, Tsutomu OKAMOTO¹ and Masaya SEKI¹, ¹NAIS.Co.Inc.