

デルタ追跡法モンテカルロ中性子輸送計算におけるボクセル利用

Delta Tracking Monte Carlo Neutron Transport with Voxel Mesh Overlay

*植木 太郎¹

¹ 日本原子力研究開発機構

ボクセル重ね合わせ機構に基づく連続エネルギーモンテカルロ中性子輸送計算が、インデックス検索を伴うデルタ追跡法の下で、ボクセル数と計算時間に関してスケール不変性を持つことを示す。また、燃料デブリ中のステンレス鋼の自己遮蔽効果による実効増倍率上昇に関する結果を、応用例として示す。

キーワード：デルタ追跡法、モンテカルロ、中性子輸送計算、ボクセル、Solomon

1. 緒言 数式によるモデル構築が不可能な乱雑分布体系の臨界性評価への対処のために、連続エネルギーモンテカルロ中性子輸送計算機能を拡張しておくことは、1F デブリの臨界管理上、重要である。

2. デルタ追跡法とボクセル 個々の構成物質が単体として存在するときの巨視的全断面積の最大値を、中性子移動の減衰係数として使用するモンテカルロ中性子輸送計算法が、デルタ追跡法である。利点は、中性子を次の衝突点まで移動させる際の物質境界横断のチェックが、ボクセル重ね合わせ機構による物質の指定により、不要になることである。これは、衝突点で、3次元の各方向に対して二分探索して、物質インデックスを取り出せることによる。計算結果にバイアスをもたらさないために必要とされる機構が速度変化なしの散乱であり、デルタ散乱または衝突、疑似散乱などと呼ばれる[1]。

3. Solomonへの実装と数値計算結果 デルタ追跡法とボクセル重ね合わせ機構をSolomonモンテカルロソルバーに実装し、2領域球体系問題の臨界性を評価した。内外径は71cmおよび101cmとした。燃料とコンクリートのみの一様混合体とSUS304を、ボクセル指定により、ランダムに9:1の割合で内側球に配置した。外側球殻はコンクリート100%とした。デルタ追跡法は内側球内部でのみ実施した。図1に示すように、全ボクセル数

に対する計算時間に関して、スケール不変性が得られた。また、図2に示すように、SUS304内の鉄同位体の空間自己遮蔽による実効増倍率上昇が、1 cm³程度のサイズでも顕著であることが分かった。

4. 今後の研究の方向性 本報の手法を、Solomonに実装済みの逆冪乗則パワースペクトル支配下の乱雑分布体系の臨界性評価機能[2]に導入することに、今後取り組む。

参考文献

- [1] J. Spanier, E.M. Gelbard, Monte Carlo Principles and Neutron Transport Problems, Addison-Wesley 1969.
- [2] T. Ueki, Nuclear Science and Engineering, <https://doi.org/10.1080/00295639.2020.1801000>.

本報の研究は、原子力規制庁の令和2年度東京電力福島第一原子力発電所燃料デブリの臨界評価手法の整備事業として行われた。

*Taro Ueki

¹Japan Atomic Energy Agency, Nuclear Safety Research Center, Criticality Safety Research Group

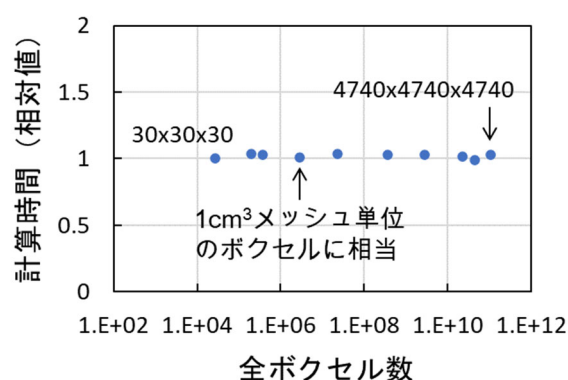


図1 ボクセル利用デルタ追跡法のスケール不変性

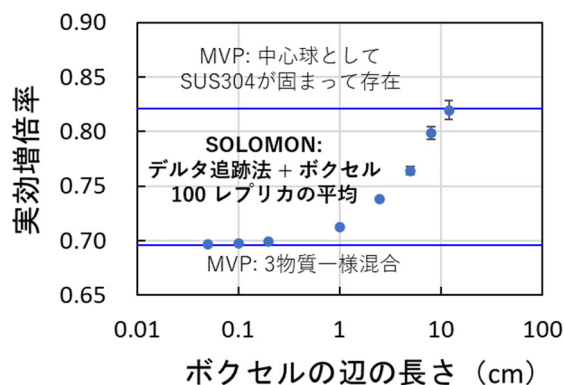


図2 SUS304 混入の燃料・コンクリート系の臨界性