

**1. 緒言** 過酷事故が発生した炉心の核的解析において、確率論的幾何形状モデル(Statistical Geometry Model, STGM)が適用される場合がある。従来、STGM は高温ガス炉(HTGR)の燃料コンパクトのような「微小な燃料球が吸収断面積の小さな黒鉛中に分散している体系」を想定して適用されてきた。従って、上述した条件とは異なるような体系に対して STGM を適用するにあたっては、留意が必要になる場合もあると考えられる。本研究では、STGM で用いられている最近接粒子分布が核特性に及ぼす影響を評価した。具体的には、(1) 統計的一様分布、(2)立方体の中心に燃料球が配置される単純立方格子分布、(3)3 次元的にランダムに燃料球を配置した分布、に対する最近接粒子分布を計算し、これらの違いが核特性に与える影響を評価した。また、適用する最近接粒子分布を変えた STGM の計算を GMVP により実施し、充填率や減速材の巨視的断面積の値によって無限増倍率がどのように変化するかを調べ、最近接粒子分布の影響を検討した。

**2. 最近接粒子分布・平均透過確率の計算** 半径 1cm の燃料球を立方体の中心に配置された単純立方格子配置もしくは 3 次元にランダムに配置した体系に対して、自作のモンテカルロ計算を利用することで最近接粒子の確率密度関数を求めた。まず原点に球を 1 個配置し、体積充填率が所定の値となるように体系に球を配置する。3 次元ランダム配置の場合は、十分大きな直方体を考え、球同士が重ならないように配置した。次に、原点に配置された燃料球の表面で中性子発生位置と放出方向をサンプリングし、放出された中性子の追跡計算を行い、次の燃料球に初めて到達するまでの飛行距離を求めた。これらの手順を繰り返し行い、さらに初期乱数を変化させて繰り返し計算することで、最近接粒子分布の平均的な確率密度関数  $P(r)$  を求めた。また、各モデルの平均透過確率  $\langle e^{-\Sigma_r} \rangle$  は、求められた確率密度関数から(1)式によって計算を行った。

$$\langle e^{-\Sigma_r} \rangle = \int_0^{\infty} e^{-\Sigma_r} P(r) dr \quad (1)$$

**3. 結果・考察** 体積充填率 0.3 における最近接粒子分布および減速材の平均透過確率  $\langle e^{-\Sigma_r} \rangle$  を図 1,2 にそれぞれ示す。図 1,2 より、体積充填率が同一でも燃料球の配置によって最近接粒子分布の形状が異なり、これが原因で  $\langle e^{-\Sigma_r} \rangle$  に差異が生じることが分かった。次に GMVP を用いて、単純立方格子体系で得られた無限増倍率を基準値として、①統計的一様分布に基づいた STGM、②単純立方格子の最近接粒子分布を与えた STGM で得られた無限増倍率との差異を調べた(図 3)。図 3 より、STGM に適切な最近接粒子分布を与えることで差異が小さくなる事が分かった。今後、熔融炉心の再臨界性を評価する際には、最近接粒子分布を適切に与える必要がある。

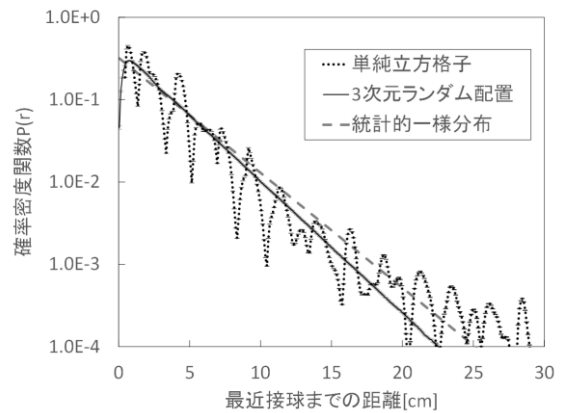


図1. 最近接粒子分布の確率密度関数

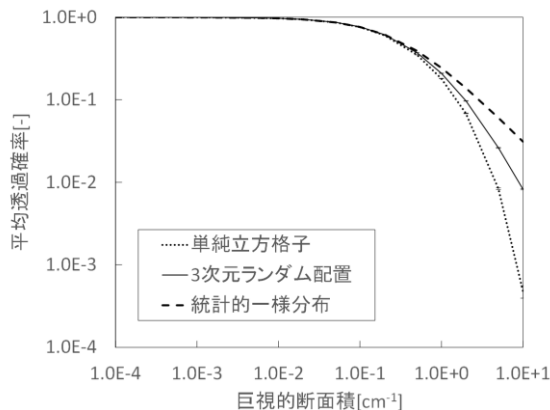


図2. 巨視的全断面積に対する平均透過確率

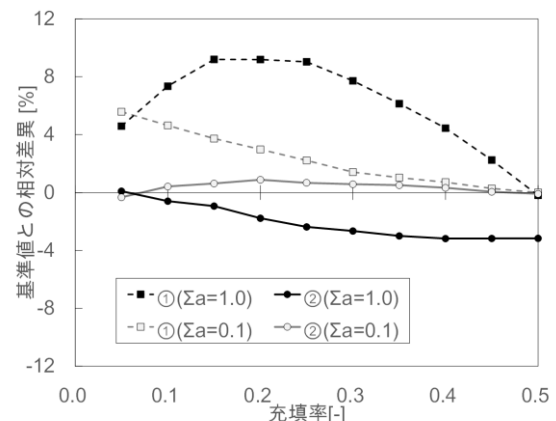


図3. 無限増倍率の基準値との相対差異

発表実績: 小出嵩大, 他, 日本原子力学会 2014 年春の年会, 2014 年 3 月, [予定]

論文投稿: T. Koide, et al., "Impact of Nearest Neighbor Distribution of Fuel Particle on Neutronics Characteristics in Statistical Geometry Model" *PHYSOR 2014*, (2014) [Submitted]