# 仮想散乱を用いた新たな確率論的幾何形状モデルの開発

Development of a New Statistical Geometry Model using the Delta-Tracking Method

*小出嵩大[1]，遠藤知弘[1]，山本章夫[1]

[1]名古屋大学

本研究では、仮想散乱に基づいた中性子追跡法を導入し、燃料の体積充填率に関する動径分布関数を用いて衝突位置の判定を行う、球状燃料分散体系を計算するための新しい簡易計算手法を提案する。

**キーワード**：モンテカルロ法，確率論的幾何形状モデル，仮想散乱，動径分布関数

## 1. 緒言

確率論的幾何形状モデル(Statistical Geometry Model: STGM)は、球状燃料がランダムに分散した体系の計算を簡易的に行うために開発された。近年、STGM は過酷事故を起こした炉心体系に対しても適用が検討されている。福島第一原子力発電所の事故では、炉心溶融を起こした燃料が燃料デブリと呼ばれる炉心溶融物を形成していると考えられており、軽水中に燃料デブリがランダムに分散した状況も考えられる。このように、燃料デブリが媒質中にランダムに分散した体系について解析を行うことは極めて困難であるが、STGM を適用することでより妥当な解析が行えると期待される。しかし、STGM には①球状燃料が分散している媒質の核反応断面積の大きさや②燃料粒径に適用限界があり、計算される核特性の正当性を判断する際には留意が必要となる。本研究では、仮想散乱に基づく中性子追跡法を導入し、燃料の体積充填率に関する動径分布関数を用いて衝突位置の判定を行う、新たな簡易計算手法を提案する。

## 2. Delta-Tracking

中性子飛行解析の処理を高速化する方法として、Delta-Tracking と呼ばれる中性子追跡法がある[1]。Delta-Tracking とは、衝突後にエネルギー・飛行方向を変えない、物理的に意味のない散乱(仮想散乱)を導入して追跡を行う。仮想散乱断面積の値は、任意に設定することが可能である。仮想散乱を含む全断面積を、体系内で位置によらず一定となるように設定することで、飛行解析に用いる全断面積を体系内で位置に寄らず一定とし、体系を単一の領域とみなすことができる。これにより、中性子の飛程と領域境界面との交点を求める処理が不要となり、飛行解析を高速化することが可能となる。

## 3. 提案手法

仮想散乱に基づく飛行解析では、飛行途中で任意の領域と交差しても、その交差判定をする必要が無い。この性質を応用し、発生位置と飛行後の衝突位置との距離に対して、衝突位置の物質を確率的に判定することで、球状燃料分散体系を再現する手法を考案した。衝突位置における物質判定は、燃料の体積充填率に関する動径分布関数により決定する。この動径分布関数は「核分裂・散乱反応による中性子発生位置からの、任意の飛行距離における燃料の体積充填率」として定義される。ある飛行距離に対応する体積充填率の値を「衝突位置における物質が燃料である確率」とみなすことで、一様乱数を用いて衝突位置における物質の判定が可能となる。提案手法では、中性子発生位置が燃料球の場合と減速材の場合の、2 種類の動径分布関数を定義する。一例として、中性子発生点が燃料球である場合について、半径 1.0cm の燃料球をランダムに配置した体系における、燃料の体積充填率に関する動径分布関数を Fig. 1 に示す。

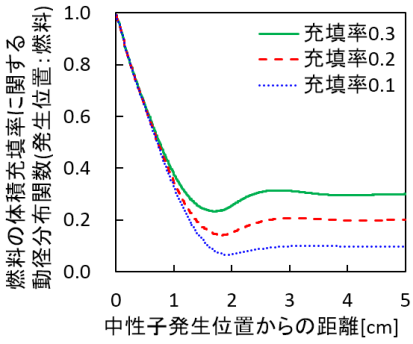



Fig. 1 燃料の体積充填率に関する動径分布関数

## 4. 検証計算

C5G7 ベンチマーク問題の $UO_2$ 燃料および $H_2O$ の 7 群断面積を適用し、種々の燃料充填率に対して無限増倍率の計算を実施した。基準となる計算体系は、半径 1.0cm の燃料球をランダムに配置した体系であり、ある特定の 1 ケースとした。基準値となる無限増倍率は、燃料球を直接配置した体系を既存のモンテカルロコードに入力して計算した値を用いた。Fig. 2 に提案手法及び STGM によって計算した無限増倍率の、基準値との相対差異を示す。Fig. 2 より、提案手法が STGM と比較して、相対差異を 30%～80%程度低減できること確認した。今後の課題として、提案手法の計算効率の評価、連続エネルギー群計算における提案手法の検証が挙げられる。

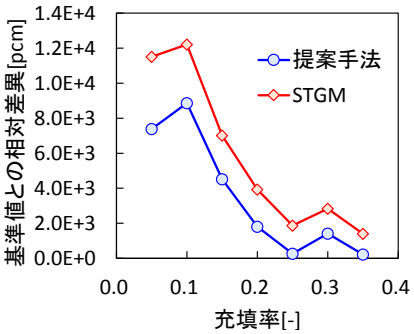



Fig.2 基準値との相対差異

### 参考文献

[1] K.Ishii, et al., JAERI-Conf 2000-018, (2000).

*Takahiro Koide[1], Tomohiro Endo[1] and Akio Yamamoto[1]

[1]Nagoya Univ.