PHITS でのポリゴン形状の使用

Use of polygon geometry in PHITS

*古田琢哉
日本原子力研究開発機構

モンテカルロ放射線輸送計算コード PHITS にポリゴン体系の一種である四面体メッシュ体系を利用できる機能を導入した。四面体メッシュは自由な複雑体系を構築するのに適しており、CAD 等による体系データもソフトウェアによる変換を通して互換性がある。

キーワード：PHITS，ポリゴン，四面体メッシュ，CAD

1. 緒言

従来の PHITS では、平面や球面等の単純な面の組み合わせで、三次元体系の構築を行う必要があり、複雑な三次元体系を組み上げることが非常に困難であった。一方、一般にインタラクティブな操作で複雑な三次元体系を構築できるソフトウェアは数多くあり、これらの多くでは三次元体系の表現として、“ポリゴン”と呼ばれる多角形の面で閉じた形状を採用している。そのため、PHITS のユーザーからも、PHITS でポリゴン体系を利用する機能の導入が求められていた。

2. 四面体メッシュ体系の導入

ユーザーからの要望を受けて、ポリゴン体系の一種である四面体メッシュ体系を使用できる機能を PHITS に導入した[1]。四面体メッシュ体系は四面体を構成要素とし、シンプルな体系でありながら様々なサイズおよび形状の四面体を連続的に組み合わせることで、自由に複雑な三次元体系を構築することができる。また、ソフトウェアによる変換を通して他のポリゴン体系とも互換性を持っている。本機能の導入に際し、四面体メッシュ体系での輸送計算の時間を短縮する工夫を加えた。この工夫をせずに四面体メッシュ体系内の輸送計算を実行すると、メッシュ数に比例して計算処理が発生するため、計算時間も増大する。そこで、四面体メッシュ体系を読み込んだ際に、各四面体の空間位置を基にした分岐マップを作成し、輸送計算の際には注目位置付近に属する四面体群のみで検索処理を実行するアルゴリズムを構築することで、計算負荷の増大を抑制した。

3. ベンチマークテスト

同一の体系の内部を四面体メッシュで細かく表現し、メッシュ数と輸送計算時間の関係性について調べた。工夫を施さない計算では、一次元当たりのメッシュ数の増加に対して指数関数的に計算時間が増加するのに対し、改良後は計算負荷増大の抑制に成功した（図 1）。また、計算負荷が最小であるボクセルメッシュと比較して、同数のメッシュ数であれば四面体メッシュでもほぼ同程度の計算時間であることを確認した。四面体メッシュでは異なるサイズおよび形状の四面体を組み合わせることで、より少ないメッシュ数で人体ファントム等の複雑体系を表現できる。そのため、人体ファントムに対する線量計算では、四面体メッシュを採用することで、計算時間をボクセルメッシュの計算に比べて 1/4 に短縮できる。

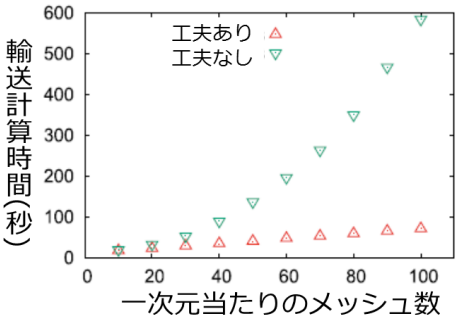

図 1　メッシュ数と輸送計算時

参考文献

[1] T. Furuta et al., Phys. Med. Biol. 62 (2017) 4798-4810

*Takuya Furuta
Japan Atomic Energy Agency