

受付 ID	15a-36
分野	生命

## 次世代がん放射線治療の実現を目指した

### Monte Carlo 型線量評価システムの最適化

Optimization of the Monte-Carlo based dose estimation system for establishment of next-generation cancer radiotherapy

熊田博明

筑波大学 医学医療系

#### 1. 研究目的

本研究では、筑波大学計算科学研究センターの所有するスーパーコンピュータおよび高速化計算に関する豊富な知見を医学分野に適応させることで、これまで放射線治療分野において、高精度でありながらも計算速度が長いという欠点から使用が制限されていた Monte Carlo 計算コードによる線量評価システムを、汎用的なシステムとして普及させるための基盤技術を開発することを目的としている。現在、筑波大学では高エネルギー加速器研究機構など協力し、中性子を利用した次世代型がん放射線治療であるホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) を実現させるプロジェクト (iBNCT プロジェクト) を推進しており、そのプロジェクトのなかで Monte Carlo 計算コードを実装した線量評価システムを構築している。本システムを実用化するためには数多くの検証作業を進めていく必要がある。それらのなかで、Monte Carlo 計算に関連する様々な作業を効率良く進めることで、商用化ベースでの実用化を加速させるのが狙いである。

#### 2. 研究成果の内容

本研究では、現在放射線治療として専ら利用されている4種のビーム (X線, 陽子線, 重粒子線, BNCT) のうち、BNCT および X線, 陽子線のビームを用いた Monte Carlo 計算を対象とした。まず、BNCT に関して、現在 iBNCT プロジェクトで作成している加速器から照射されるビーム情報を用いて、照射室内における中性子および光子のエネルギースペクトル, および空間分布を評価した。特に、中性子のエネルギースペクトルは、物理的解析実験の基準となり得るものであった。また、線量評価システム内にビーム情報を搭載する際には、計算に要する時間を短縮させるため、詳細なビーム情報 (すなわち大規模な Monte Carlo 計算) を取得した後、その情報を解析し関数として導出する必要があるが、これを実現することができた。次に、X線に関して、X線治療を模擬した計算環境を構築し、大規模な Monte Carlo 計算を実施することができた。この計算によって得られた計算値を、実際の X線治療

装置のビームを使用して得られた測定値と比較し、Monte Carlo 計算コード内の物理的パラメータの最適化等を施すことで、良い一致が見られるまでに至った。さらに陽子線についても同様の検証作業を繰り返し実施することで、筑波大学附属病院陽子線治療センターで発生するビームを再現することに成功した。X線および陽子線に関しては、構築した計算体系を用いて、これまで物理的測定実験では評価するのが困難であった、治療ビームに付随して照射される二次生成放射線の評価を行うこともできた。

### 3. 学際共同利用として実施した意義

これまで我々が実施してきたのは、小型クラスタを用いた並列計算のみであり、上述のような大規模 Monte Carlo 計算を実施した場合には数日から1週間程度を要していた。一方、本研究を学際共同利用として実施することで、一日以内での計算が実現され、放射線治療ビームに関する数多くの評価を行うことが可能であった。また、これまで研究室ではCPUを用いた計算のみであったが、本プロジェクトにおいて、CPU計算のみならず、MICを用いた計算を可能とする環境も構築できた意義は大きい。また、本共同利用により多くの計算解析を実施でき、これによりJSTの競争的資金：A-STEPの申請のための基礎解析を実施でき、同予算：25百万円/年×5年（総額125百万円）を獲得することができた。また、3社との共同研究の締結も行った。

### 4. 今後の展望

現在、平成27年度に得られた成果をまとめており、そのなかで、論文投稿を1件終えている状況である。また、現在執筆中の論文が1本、学会発表が2件予定されている。平成28年度には、積極的な成果公表を目指していく。

また、これまで作成したBNCT、X線、陽子線の照射場を模擬した計算環境を洗練化し、線量評価システムへの搭載を目指すのに並行し、重粒子線の照射環境の再現について可能性を追求する予定である。これが達成されれば、現在の放射線治療で使用されている全てのビームについて Monte Carlo 計算環境を整えることができるようになる。

### 5. 成果発表

- (1) 学術論文：平成27年度内 0件
- (2) 学会発表：平成27年度内 0件
- (3) その他

使用計算機	使用計算機に○	配分リソース※
HA-PACS		
HA-PACS/TCA		
COMA	○	675 hours
※配分リソースについては32node換算時間をご記入ください。		