



## 計算時間を革命的に短縮する超並列放射線シミュレータMPEXSの開発

情報科学、情報工学  
およびその関連分野

No image

研究者所属・職名 : 計算科学センター・教授

ふりがな ささき たかし

氏名 : 佐々木 節

主な採択課題 :

- [基盤研究\(A\)「放射線シミュレータの新展開」\(2021-2024\)](#)
- [基盤研究\(A\)「放射線シミュレータの革新」\(2017-2020\)](#)
- [基盤研究\(A\)「次世代放射線シミュレーション基盤の開発」\(2013-2016\)](#)

分野 : 計算科学

キーワード : 超並列計算、GPGPU、CUDA、放射線シミュレーション

### 課題

#### ●なぜこの研究をおこなったのか？(研究の背景・目的)

放射線は不可視であり、観測が系に擾乱をもたらすため、その影響を定量的に見積もるには計算機シミュレーションが必須である。1946年に発明されたモンテカルロ法は、その当初から計算時間の問題が常在していた。計算機の発展に伴い、より高度かつ正確な計算を目指し様々なコードが開発されてきたが、スーパーコンピュータへの移植は、寿命の短い特定アーキテクチャへの専用化という問題に直面した。並列計算の採用など、多岐にわたる改善努力にもかかわらず、この計算時間に関する根本的な問題は解決に至らなかった。

#### ●研究するにあたっての苦労や工夫(研究の手法)

我々のグループは1994年以来、素粒子・原子核・宇宙など多分野で利用される放射線シミュレーションソフトウェア Geant4の開発を継続してきた。医学分野からの切実な計算時間短縮の要求に応じるため(図1)、GPUを採用し、計算時間を革命的に短縮する超並列放射線シミュレータをCUDA言語で新たに開発した。この新しいシミュレータは、Geant4の物理プロセスに準拠しつつ、対象となる物体の定義および粒子追跡のアルゴリズムを根本的に改善した結果、高性能化を実現している。

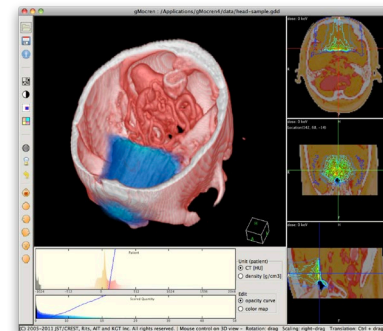


図1 粒子線治療での線量分布



## 計算時間を革命的に短縮する超並列放射線シミュレータMPEXSの開発

情報科学、情報工学  
およびその関連分野

### 研究成果

#### ●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

MPEXSは、放射線治療シミュレーションの計算時間を革命的に短縮した。さらに、細胞レベルにおける放射線の影響を見積もるためのMPEXS-DNAも開発し、放射線による生体への影響の見積もりにも利用されている。医療応用の面では、従来、中性子治療BNCTのシミュレーションには大規模計算機環境で約1週間を要したが、MPEXSはこれを数分で完了させる。治療計画装置に組み込まれた簡易モンテカルロ法シミュレータに対し、MPEXSはフルモンテカルロ計算を実行した上で、粒子線治療やVMATなど最新の治療法において匹敵する性能を達成した。放射線シミュレーションの並列化は、粒度の大きい並列化（CPUコア数  $n$  に対する計算時間  $1/n$  の短縮）または特定スパコンへの移植に限定されてきた。一方、NVIDIA GPU 1基は3万を超えるコアを内蔵し、コア性能の差やリソース競合による効率低下を考慮しても、CPU 1コアの数千倍程度の計算性能が期待された（図2）。MPEXSはベンチマークテストの結果、GPU 1基でCPU 1,000コア相当以上の性能を実現した。GPUの内部アーキテクチャ更新は専用のCUDA環境に隠蔽されており、プログラマは意識する必要がない。2007年の発表以来更新が繰り返されているが、パラメータチューニングのみで同一コードの利用が可能である。この特性はアプリケーションの長寿命化に寄与し、安定したアプリケーションを求めている医学応用に適している。さらに開発を続けており、放射線を扱う様々な分野に貢献できると考えている。

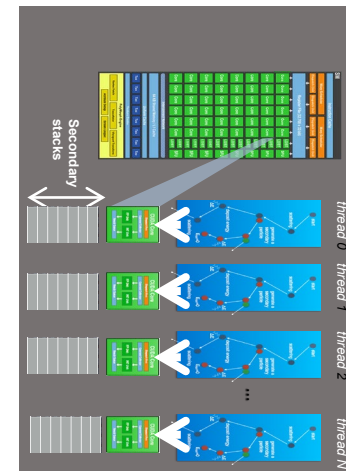


図2 スレッド並列

### 今後の展望

#### ●今後の展望・期待される効果

NVIDIA GPUは、今後も毎年新しいアーキテクチャがリリースされ、継続的な性能向上が確実視されている。このハードウェアの進化に対応し、MPEXSはアルゴリズムの改善を進めることで、さらなる性能向上を追求する。同時に、機能の拡充を図り、シミュレーション対象分野を拡大することで、より広いアプリケーションへの適用を目指す。既に、MPEXSは商用の治療計画装置に組み込まれ、臨床現場（病院）での実用化が見込まれている。MPEXS-DNAもさらに開発を推進し、細胞レベルにおける放射線の影響を定量的に見積もるために利用される（図3）。さらに、研究と並行し、社会実装が進められている。

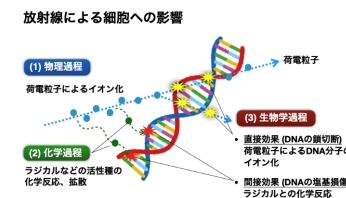


図3 MPEXS-DNA