

GPGPU による 放射線医療シミュレーション

SATテクノロジー・ショーケース2015

■ はじめに

Geant4は、KEK、CERNなどの研究機関により国際協力のもと、主に素粒子実験における放射線シミュレーションのために開発された。現在、Geant4は高エネルギー物理以外の様々な分野への応用を展開している。KEKでは、医学分野への展開として、Geant4による放射線医療シミュレーションの開発を進めている。

がんの粒子線治療において、がん細胞を含めた周辺の組織への線量計算を精度よく且つ高速に行うことが求められる。治療計画の立案では、近似式を用いた放射線シミュレーションにより線量計算を行う。短時間で結果を得ることができるが、近似式を用いることから精度に難がある。一方、Geant4は、モンテカルロ法により物質中の個々の粒子を追いかけてエネルギー損失量を算出するため、高精度で線量計算を行える。そのため、Geant4は他の近似法による線量計算の結果の保証という役割で使われている。しかし、患者1人当たりの計算時間が1日程度と膨大であり、高速化が求められている。

以上を踏まえて、GPGPUによる放射線シミュレーションの高速化に取り組んでいる。これは、医学物理の現場の声に応えるものである。また、その一方で、細胞レベルの放射線損傷のメカニズムの解明といった学術面にも貢献できると考えている。

■ 活動内容

1. GPGPUによるGeant4の高速化

NVIDIA社のGPUプログラミング環境CUDAを使って、Geant4の電磁相互作用を実装した。約26,000のスレッドをGPU上で展開して、水中での電子、光子の相互作用のシミュレーションを並列で行うことが出来るようになった。GPUとCPUで同等の結果が得られることを確認した上で、CPUと比較して70-100倍程度の高速化を実現した。引き続き、GPUコードのプロファイリング、最適化を行い、更なる高速化実現に取り組んでいる。

2. 細胞レベルの放射線シミュレーションの高速化

Geant4には細胞のDNAレベルの放射線損傷のシミュレーションを可能とするパッケージが実装されており、これのGPUによる高速化にも取り組んでいる。

低エネルギー電子(7eV-1MeV)の物理過程をGPUに実装し、CPUと比較して最大50倍程度の高速化が可能である。コードの最適化により更なる高速化をする。また、細胞

レベルの放射線シミュレーションでは物理過程のみならず、ラジカルや溶媒和電子の生成等の化学過程も含み、これらの実装も行っている。

3. 今後の展望

GPUにより、水中での電磁相互作用のシミュレーションの高速化を実現した。また、細胞レベルの放射線シミュレーションの実装にも取り組んでいる。その他、今後の取り組みとして以下のことが挙げられる：

- (1)ハドロン相互作用を実装し、陽子線・炭素線のシミュレーションを可能とする。
- (2)CTスキャンのデータやDNA構造等の複雑なジオメトリを扱う。
- (3)可視化ツールのサポート(図1)

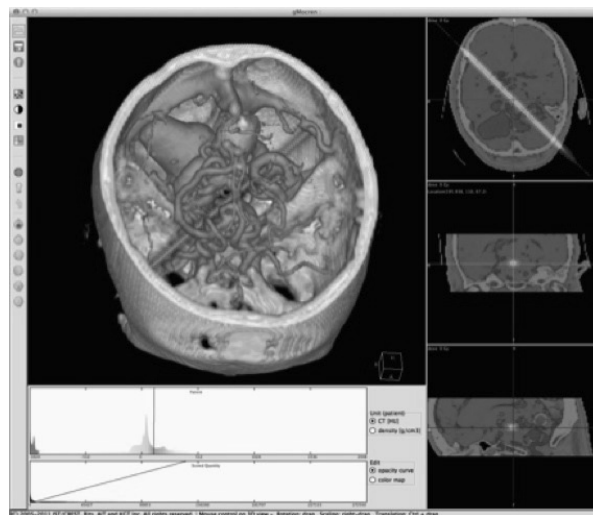


図1: 6 MeV 光子線のシミュレーション結果をgMocrenを使って可視化した様子

代表発表者 **岡田 勝吾 (おかだ しょうご)**
所属 **高エネルギー加速器研究機構
計算科学センター**

問合せ先 〒305-0801 つくば市大穂1-1
TEL:029-864-5479 FAX: 029-864-4402
shogo@post.kek.jp

■キーワード: (1) 粒子線治療
(2) モンテカルロシミュレーション
(3) GPGPU