

課題名 (タイトル) :

大規模モンテカルロシミュレーションによる重粒子線線量分布の評価手法の研究

利用者氏名 : ○古田琢哉, 西尾禎治, 玉木聖一, 深田恭平

所属 : 情報基盤センター

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

がん放射線治療では、CT 画像を基に線量計算を行い、治療計画が立てられるのだが、従来の計算手法（ペンシルビーム法）は不均質な媒質中などで精度が良くないことが知られており、正常組織への被ばくをできるだけ低減させるためには、より高精度の線量計算手法の確立が求められている。我々は不均質な体系においても高精度で線量計算が行えるモンテカルロ法を用いた線量計算シミュレータの開発を目指す。モンテカルロ法は従来のペンシルビーム法に比べて長時間の計算を要するため、スーパーコンピュータを用いた大規模並列計算法の確立も重要なテーマである。

2. 具体的な利用内容、計算方法

人体ボクセルデータに対して、モンテカルロシミュレーションコードを用いた線量計算を行う。人体ボクセルデータは大容量データであるため、大規模並列計算に向けて、メモリ資源の観点から工夫が必要である。例えば、粒子線治療における二次生成中性子の治療部位以外の臓器への被ばくを調べるためには、全身スケールでの線量計算が必要になるが、全身人体ボクセルデータは汎用計算機のコア当りのメモリ容量（例：京コンピュータ 2GB）を凌駕する。メモリ共有並列を導入し、大容量の人体ボクセルデータをノード内コア間で共有することで、この問題を回避することができる。

3. 結果

これまでに、メモリ資源を有効に利用するため、OpenMP メモリ共有並列の導入を汎用モンテカルロコード PHITS に対して行い、すでに組み込まれていた MPI メモリ分散並列と併せて、ハイブリッド並列として動作するようにコードを改良した。昨年度までに、単純系（一様物質）における改良コードの正常実行に成功していた。今年度は改良コードを用いて、人体ボクセルデータの読み込み、そしてこれに対する線量計算を試みた。全身人体 1mm 角ボクセル(2億5千万ボ

クセル)に対する線量計算を RICC のスーパーコンピュータを用いて 1 コア計算からスタートして、32 ノードまで行い、ハイブリッド並列計算の正常動作を確認した。

4. まとめ

RICC スーパーコンピュータを用いて、大容量の人体ボクセルデータに対するモンテカルロ大規模並列線量計算の実行に成功した。これにより、現実的な計算時間内で、モンテカルロ法によるがん粒子線治療シミュレーションを行う環境が整った。

5. 今後の計画・展望

精度の高いモンテカルロ法を用いて、実際に治療が行われている状況を再現するようなシミュレーションを行うことで、簡易計算手法に基づく現在の治療方法の評価を行う。この研究に基づき、がん腫瘍に十分な線量を与えつつ、周辺正常組織への被ばくをできるだけ低減させる、より理想的な治療方法の考案などを行いたい。

平成 24 年度 RICC 利用研究成果リスト

【国際会議などの予稿集、proceeding】

Furuta T., Ishikawa K. L., Fukunishi N. , Noda S., Takagi S., Maeyama T., Fukasaku K. and Himeno R.:
“Implementation of OpenMP and MPI hybrid parallelization to Monte Carlo dose simulation for particle
therapy”, IFMBE Proceedings 39, 2099-2102 (2012)

【国際会議、学会などでの口頭発表】

Furuta T., Ishikawa K. L., Fukunishi N. , Noda S., Takagi S., Maeyama T., Fukasaku K. and Himeno R.:
“Implementation of OpenMP and MPI hybrid parallelization to Monte Carlo dose simulation for particle
therapy”, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Beijing, China, May (2012)

Furuta T., Ishikawa K. L., Fukunishi N. , Noda S., Takagi S., Maeyama T., Fukasaku K. and Himeno R.:
“Toward whole-body dose simulation for particle therapy using K computer”, 10th World Congress on
Computational Mechanics, Sao Paulo, Brazil, July (2012)

古田琢哉, 石川顕一, 福西暢尚, 野田茂穂, 高木周, 前山拓哉, 深作和明, 姫野龍太郎: “OpenMP-MPI ハイブリッド
並列導入によるモンテカルロシミュレーションコード PHITS の改良”, 第 104 回日本医学物理学会学術大会, つ
くば, 9 月 (2012)

古田琢哉, 前山拓哉, 石川顕一, 福西暢尚, 深作和明, 野田茂穂, 高木周, 姫野龍太郎: “高精度粒子線治療シミュレ
ータ開発に向けたモンテカルロ輸送計算コードの精度検証”, 日本物理学会第 68 回年次大会, 東広島, 3 月 (2013)