

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

理研での所属研究室名 : 社会知創成事業 次世代計算科学研究開発プログラム

次世代生命体統合シミュレーション研究推進グループ 臓器全身スケール研究開発チーム

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

がんの重粒子線治療では、線量分布をがん領域に集中させ、周囲の正常組織に影響を与えず、治療が行える。CT 画像を基に線量計算を行い、治療計画を立てるのだが、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、正常組織への被曝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。そこで、我々は不均質な体系につ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重粒子線線量計算シミュレーターの開発を行っている。加速器工学、放射線医療などのシミュレーションに用いられ成果を挙げてきた汎用モンテカルロコード PHITS を大容量のボクセルデータに対応するよう改良し、スーパーコンピュータによる大規模並列計算を目指す。

2. 具体的な利用内容、計算方法

汎用コードである PHITS には MPI による並列処理が組み込まれており、大規模並列計算が行える。ところが、MPI 並列はメモリ分散並列であり、大容量の人体ボクセルデータを扱う線量計算には不向きである。一般のスーパーコンピュータは個々のノードをメモリ共有の複数コア (通常 8 コア) で構成した多数ノードで成り立つ。場合によっては使用する人体ボクセルデータが数ギガバイトに相当し、汎用計算機のコア当たりメモリ容量 (例 : 京コンピュータ 2GB) を凌駕する。この制限から全身線量計算には専用の大容量メモリ計算機が必要とされる。汎用計算機による大規模並列線量計算を可能にするため、PHITS への OpenMP メモリ共有並列の導入を行った。OpenMP によるメモリ共有並列ではノード内の並列数によらず、ノード当たり 1 セットのボクセルデータをノード内のコアで共有することで、共有メモリ資源を有効活用できる。さらに、OpenMP の導入を現行の PHITS コードに含まれる MPI 並列処理を活かす形で行い、併せて、ノード内で

は OpenMP によるメモリ共有並列、ノード間では MPI によるメモリ分散並列というハイブリッド並列を可能にする。本研究では、理研スーパーコンピュータ・システム RICC を利用し、試計算を行った。

3. 結果

OpenMP の導入は、並列処理の指示文を適宜挿入することで比較的簡単に行え、コードの大幅な変更を必要としない。ただ、共有変数への書き出しは、同時に複数コアが行うメモリ競合を引き起こす可能性があるため、これを防ぐ処理が必要である。これらの処理を的確に行い、コードの改良を行った。OpenMP 並列処理の有無に係わらず同一の結果が得られることを確認した。また、複数ノードにおいて、プログラムが MPI-OpenMP ハイブリッド並列として動作することを確認した。

4. 今後の計画・展望

これまで、試計算として、単純系 (一様物質) の線量計算を行ってきたが、今後は実際の治療計画に相当する人体ボクセルデータに対する線量計算を行い、プログラムの動作確認を行う。また、大規模並列計算に向けて、並列化処理のスケラビリティ・並列化効率の測定を行うことも今後の課題である。

5. RICC の継続利用を希望の場合は、これまで利用

した状況 (どの程度研究が進んだか、研究においてどこまで計算出来て、何が出来ていないか) や、継続して利用する際に行う具体的な内容

チューニングによる高速化。大規模並列計算でのスケラビリティ・並列化効率の測定。

平成 23 年度 RICC 利用研究成果リスト

【国際会議などの予稿集、proceeding】

・ T. Furuta, K. L. Ishikawa, N. Fukunishi, S. Noda, S. Takagi, T. Maeyama, K. Fukasaku and R. Himeno, “Implementation of the OpenMP and MPI hybrid parallelization to PHITS for dose simulation using large-scale voxel data” , The Sixth Japan Korea Joint Meeting on Medical Physics and the Eleventh Asia Oceania Congress of Medical Physics Proceedings, USB

【国際会議、学会などでの口頭発表】

- ・ T. Furuta, K. L. Ishikawa, N. Fukunishi, S. Noda, S. Takagi, T. Maeyama, K. Fukasaku and R. Himeno, “Implementation of the OpenMP and MPI hybrid parallelization to PHITS for dose simulation using large-scale voxel data” , The Sixth Japan Korea Joint Meeting on Medical Physics and the Eleventh Asia Oceania Congress of Medical Physics, 2011/9/29-10/1 (福岡市)
- ・ 古田琢哉, 「PHITS への OpenMP を用いたメモリ共有型並列計算の導入」
第 7 回 PHITS 研究会, 2011/8/23-24 (東海村)