

課題名(タイトル):

Development of blood flow simulator using medical images

利用者氏名:

野田茂穂

理研における所属研究室名:

光量子工学研究センター 画像情報処理研究チーム

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

生体力学シミュレーション研究プロジェクトを発端とし、体内の血流状態を数値シミュレーションで再現することを目的に、複数の流体解析シミュレーションソフトウェアの研究開発を行なっている。このうち、医療現場での利用を目的とした医療画像を用いた血流シミュレーションソフトウェアは、複数の共同研究者が医療適用を目的に使用しており、共同研究者のリクエストに応じて、機能拡張や最新のコンパイラやライブラリの更新に伴うメンテナンスを行っている。また、血流内の細胞動態シミュレーションを目的とした流体固体連成シミュレーションソフトウェアは、開発したソフトウェアの動作テストとともに、実実験との比較検証などを行ない、シミュレーションソフトウェアの有用性の評価を行なっている。

2. 具体的な利用内容、計算方法

血流シミュレーションおよび流体固体連成シミュレーションはともに直交座標系で離散化された NS 方程式に HSMAC 法および SMAC 法を適用した自作のソフトウェアである。構造物(流体・固体の区別)の表現には VOF (Volume Of Fluid) 法を用いており、細胞などの固体の変形も VOF 値の変化として取り扱う。この手法は形状を精度よく捉えるために高精細な空間解像を必要とする。そのため、多くの計算格子を必要とし、結果として多くの演算を必要とする。そこでハイブリッド並列化を適用し、大規模な問題にも適用できる様に開発されている。血流シミュレーションは、複数の研究者や講義で利用されており、メンテナンスとテスト計算を実施している。また、流体固体連成シミュレーションによる細胞動態のシミュレーションでは、組織や細胞の変形や移動の界面を追跡する手法として MTHINC を元としており、ロバストに精度高く連成解析を取り扱うことができる。細胞の変形については細胞表面に細胞形状を示す格子を配置し、

外力に応じた変形を表面張力などの力学をシミュレーションし再現する。細胞に加わる外力は陰関数を用いて直交座標系に定義されている流体力から算出される。

3. 結果

医療画像を用いた血流シミュレーションシステムでは、プログラムの障害と思われる報告が利用者からなされたため、障害対応と確認計算を実施し、障害の修復を行なった。また、流体固体連成シミュレーションソフトウェアでは、従来力学特性が同じ細胞を対象としたシミュレーションソフトウェアであったが、力学特性の異なる複数の細胞種が混在するシミュレーションソフトウェアへの拡張研究を実施しており、その開発とテスト計算を実施した。ここで開発したシミュレーションソフトウェアを用いて、富岳での実現象を対象とした大規模な計算を実施する計画である。今後も、富岳や新システムでの動作確認や性能評価を HOKUSAI を用いて実施することを想定しており、継続して利用したい。

4. まとめ

これまでの研究開発結果を元とし、上海交通大学との共同研究プロジェクトが順調に進んでおり、さらに富岳のプロジェクトとして採択され続けている。本プロジェクトで開発を行っているシミュレーションソフトウェアを用いて HOKUSAI や富岳を用いた計算を行なっており、その結果を踏まえた論文が査読中である。

5. 今後の計画・展望

上海交通大学と共同プロジェクトは来年も継続する。そのため、HOKUSAI を用いた数値実験とプログラムの実行確認が必要であり、その結果をもとにさらに研究を継続する計画である。また、HOKUSAI での動作確認だけでなく性能評価とチューニング作業を行い、より効率的に研究成果を創出する計画である。