

プロジェクト名(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、生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。また、細胞動態をシミュレーションするための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についての HOKUSAI の利用は最新開発環境向けのコンパイル確認のみの利用となった。一方、流体固体連成シミュレーションソフトウェアは、中国科学技術部募集の RIKEN-MOST 連携プロジェクトとして、上海交通大学との共同プロジェクト向けに改良し利用している。このプロジェクトは FUGAKU の令和2年度の早期利用課題として採択され、開発したソフトウェアの大規模計算実行の試験・評価を HOKUSAI を用いて実施した。また、令和3年度の HPCI システム利用研究課題(利用促進課題)として採択された。

FUGAKU での利用結果も含め、Physics of Fluids にて Effects of fluid cell vessel interactions on the membrane tensions of circulating tumor cells in capillary blood flows として論文が採択され、現在発行に向けた修正を実施中である。

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を立ち上げることができ、さらに FUGAKU の早期利用課題・利用促進課題としても採択することができた。また、令和4年度の FUGAKU 一般課題としても採択されている。現象を再現する計算は FUGAKU を用いて計算を行なっており、その結果を踏まえた論文が採択された。

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

2021 年度 利用研究成果リスト

【雑誌に受理された論文】

Physics of Fluids に Peng Jing, Satoshi Ii, Xiaolong Wang, Kazuyasu Sugiyama, Shigeho Noda, Xiaobo Gong, “Effects of fluid cell vessel interactions on the membrane tensions of circulating tumor cells in capillary blood flows”として採択。
現在発行に向けて修正中。

【会議の予稿集】

【口頭発表】

【ポスター発表】

【その他(著書、プレスリリースなど)】