

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 連携プロジェクトの継続研究として、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。このシミュレーションソフトウェアを基にした研究プロジェクトが FUGAKU 令和 4 年度の一般利用課題として採択されている。本年度の HOKUSAI 利用では開発したソフトウェアのコンパイル確認のみとなった。この流体固体連成シミュレーションソフトウェアは、プロジェクト番号 Q22469 において使用されており、そのプロジェクトでは FUGAKU での利用結果も含め、Physics of Fluids にて Effect of mechanical properties of red blood cells on their equilibrium states in microchannels として論文の査読中である。

### 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が順調に進んでおり、さらに FUGAKU の令和4年度一般課題としても採択され、令和5年度一般課題も採択された。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 FUGAKU 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