

課題名 (タイトル) :

脳動脈瘤壁面成長シミュレーション

利用者氏名 : 柿崎 龍一

理研での所属研究室名 : 和光研究所 基幹研究所 先端技術基盤部門 生物情報基盤構築チーム

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

脳動脈が瘤状に膨らむ脳動脈瘤は、局所的なWSS (Wall Shear Stress) 値の変動によって誘起されると言われている。しかし、WSSと脳動脈瘤発生の明確な関係はいまだ判明していない。よって、本研究では脳動脈瘤の発生段階における血流をシミュレートし、WSSと脳動脈瘤発生の関係性を検討することを目的とする。シミュレーションはボクセルメッシュによる流体解析を用いる。脳動脈瘤発生のモデルを計算する前に、従来行っていた非構造格子の流体解析とボクセルメッシュによる流体解析の結果を比較することで、解析精度を確認する。

2. 具体的な利用内容、計算方法

前交通脳動脈瘤CT画像から3次元のSTL(standard triangulate language)データを生成し、ボクセル領域を設定した。その後、領域内を細かな直方体ボクセルに分割し、各座標位置に構造が存在するか否かを判断した。

流体解析における条件を設定後、V-Sphere (理化学研究所) で解析を行った。ここで、流体解析条件は、血液をニュートン性流体、非圧縮性流体、密度を 1000kg/m^3 、粘度を $0.004\text{Pa}\cdot\text{sec}$ とし、壁面は剛体、滑りなし条件を用いた。また、血液の流入はポアズイユ流れ、定常流を用い、流出条件は血管の断面積比に依存するものとした。流れはNavier-Stokes方程式に支配されており、ボクセルに空間分解能の向上を目指してVOF法、AOF法を用いた。この流体解析により、脳動脈瘤内の流速ベクトルを算出した。

3. 結果

可視化ソフトV-Isio (理化学研究所) を用いて、前交通動脈瘤の3次元ボクセルデータ(Fig.1)の流体解析結果を可視化した。

Fig.1の動脈瘤ドーム内の断面aを上から見たときの流速ベクトルを可視化したところ、Fig.2のようになった。また、断面bを左から見たときの流速ベクトルはFig.3のようになった。

これにより、ドーム内に流入してきた血液が衝突する血管壁部で高い流速を示している様子が見られた。

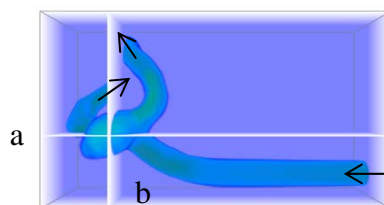


Fig.1 前交通動脈瘤3次元ボクセルデータ
矢印の向きが血液の流れる方向である。

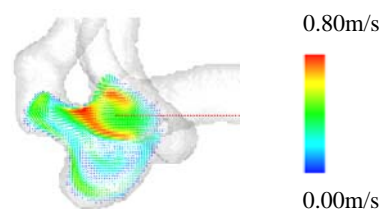


Fig.2 断面aを上から見たときの流速ベクトル

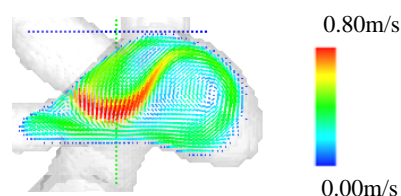


Fig.3 断面bを左から見たときの流速ベクトル

4. 今後の計画・展望

ボクセル計算では壁面付近の流速精度が低下し、WSSの値の精度も低下する。従って非構造格子の流体計算を行う。この計算はRICCを使用せずに行う。