

課題名 (タイトル) :

脳血管内治療の血流計算による評価

利用者氏名 : 深作 和明

所属 : 和光研究所 基幹研究所 先端計算科学研究領域 システム計算生物学研究グループ
生体力学シミュレーション研究チーム

1. 本研究の背景、目的、他プロジェクトとの関係

脳動脈瘤は従来、頭蓋骨を開き、脳のしわを開いて動脈瘤頸部クリッピングで治療されてきましたが、最近では血管内治療の一つである瘤内コイリングで治療されるようになってきました。機能予後に関しては、コイリングの方が優れると言う大規模臨床試験の結果が出ており、近年急速にコイリングで治療される場合が増加してきています。

2. 具体的な利用内容、計算方法

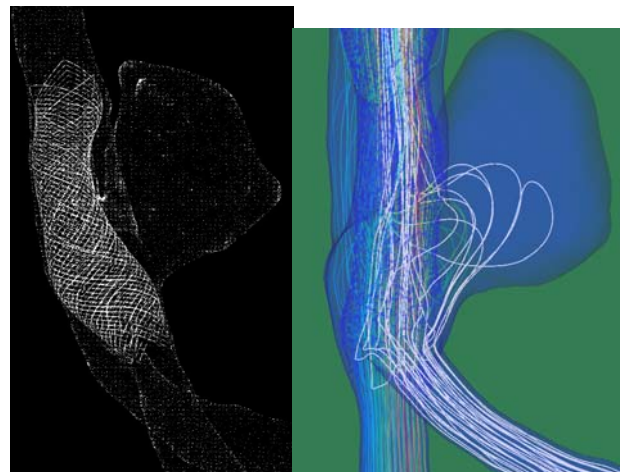
本研究でもちいる数値流体解析プログラムは、「ものづくり情報技術統合化研究プログラム」で整備された、V-FLOW-VOF3D をベースとしています。V-FLOW-VOF3D は三次元非定常 Navier-Stokes 方程式に有限体積法を適用した計算プログラムであり、計算に用いる血管形状の表現に CAD 等の固体表面幾何情報 (ポリゴン) を必要とせず、空間に占める流体の割合 (VOF: Volume Of Fluid) を用いる点、計算格子として構造格子を用いているため、有限要素法で通常使用される非構造格子 (通称 FEM 格子) より 1 格子当たりのメモリ使用量が約 1/5 程度であり、メモリ当たりの空間解像度が高いと言った点で特徴的です。

特に、CT, MRI, 3D DSA などの医用画像から領域抽出等を全く要せずに閾値の調節程度のみで直接計算を行えます。これは、作業時間の限られた医療現場での応用を考えた場合には非常に有用であり、また、研究目的での利用の観点でも、境界が厳密に決まらないものの、まさに生体など、を対象とした計算での有用性が期待されます。

3. 結果

本年は、情報基盤センターの野田茂穂技師とともに、昨年より依頼されていた ICS (Intracranial Stent Symposium) にて、ステントを留置したことで、母血

管、動脈瘤の内部にどのような変化が生じるかを検討しました。ステントとは金属メッシュの筒を畳んでカテーテルに収納し、目的部位にカテーテルを誘導し、ステントをカテーテルから押し出して留置。金属メッシュで新たな血管壁を作成し、流れを本管内に誘導しようという治療器具です。ステント留置後の動脈瘤内の流れを CFD により計算し、治療効果を推定したいという血管内治療の要求から、また、理想的なステント形状を推定できないかという要求から ICS meeting 内に VISC – Virtual Intracranial Stent Challenge として、各施設でのシミュレーション結果を検討することとなっていました。この VISC へは、海外からは、Geneva University, Switzerland, George Mason University, USA, Otto-von-Guericke Universität, Magdeburg, Germany 他で、国内からは北陸先端大とともに我々が参加しました。



図の左は患者血管にステントモデルをコンピュータ上で変形させて設置した状況で、これを RSCC で計算、その流線表示が図の右です。ステントの整流作用により瘤内への流れ込みが抑制されていることが示されました。この検討では、計算自体もボクセルベースの手法が比較的苦手とする厚みに乏しい構造が対象となりましたが、安定して計算が可能だったようです。それ以上に、ステントのモデルを血管に沿うように変形さ

せることが難しく、ステントの変形をきちんと扱える環境整備が必要と痛感させられました。ステント留置による流れの変化の評価は、CFD の有用性が最も期待される分野であるだけに、今後はこの領域の検討も進めていきたいと思われまます。

さらに、以前検討したサイドウォール型の動脈瘤での塞栓率の増加に伴う瘤内流れの変化に加えて、ターミナルタイプでの変化を検討しました。計算規模が大きくなり、RICC を必要としました。Mac Pro (Xeon 5160 x 2) で計算したところでは、一心周期の計算に十日程度でしたが、RICC では、128 cores では 18 時間程度でした。結果では、流出路での渦の形成がみられなくなっていくことが示されました。

4. まとめ

VISC への参加により、国際的にも計算結果を比較検討する場が得られました。

既に検討の済んでいたサイドウォール型の動脈瘤に加え、ターミナル型の検討を行い、塞栓率の変化に伴う流れの変化を検討できました。

臨床データを処理する環境ようやく整い、計算を開始しました。

5. 今後の計画、展望

5-1 モデルの精度と規模をあげていく必要がある。ことに塞栓率を VOF または

5-2 蓄積されている臨床画像データ、今後更に発生するデータの処理を継続し、破裂動脈瘤の特徴を検討していく。

6. RICC 継続利用の理由

256 x 256 x 256 或いは 512 x 512 x 512 程度の大規模な計算を行い可能性が高く、高速、大容量の RICC での計算が必須です。

2009 年には、128³ での計算が主体となりましたため、また、ソフトウェア環境が整わなかったため、RICC 自体の利用は残念ながら少ないものとなっていました。今後は更に大きな規模の計算が必要となると見込まれます。

平成 21 年度 RICC 利用研究成果リスト

【国際会議などの予稿集、proceeding】

脳動脈瘤の瘤内流れに対するコイルの影響の計算機流体力学的評価

深作和明、根来真、小西善史、野田茂穂、
高木周、奈良一成、福井一裕、塩川芳昭

理化学研究所 生体力学シミュレーション研究チーム
藤田保健衛生大学 脳神経外科
杏林大学 脳神経外科
碑文谷病院 脳神経外科
福井脳神経外科

第 39 回日本神経放射線学会 2010.2.11 - 13 東京

