

課題名 (タイトル) :

動脈瘤治療検討予測手法確立の為の血流計算

利用者氏名 : 深作和明

所属 : 社会知創成事業 次世代計算科学研究開発プログラム
次世代生命体統合シミュレーション研究推進グループ
臓器全身スケール研究開発チーム

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ル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、コイル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、近年急速にコイルリングで治療される場合が増加してきています。さらに、ヨーロッパを中心として、ステントと呼ばれるメッシュ状の金属の筒を母血管内に設置し、動脈瘤内への流れの制御を試みる治療が開始され、臨床的に好成績がえられています。一方で、稀な破裂の報告もあり、未解決な問題となっています。従来検討してきた破裂のリスクの点から、非常に複雑な構造をもったステントを含めた計算が必要となりました。

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さ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、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。臨床的に得られた脳血管の三次元形状に CG で作成したステントをはじめ込み、計算しました。また、動脈瘤内にランダムな点を配し、様々な塞栓率を再現、瘤内流れに及ぼす影響を検討することとしました。

3. 結果

本年も、情報基盤センターの野田茂穂研究員とともに、計算を行いました。ステントモデルでは、ステント留置による瘤内流れの減少は明らかで、同時に圧の上昇が疑われました。この結果は、国際学会 (Symposium Neuroradiologicum) でも注目を集めたようでした。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。いずれでも、計算規模が大きくなり、RICC を必要としました。

4. まとめ

ステントによる計算上の問題が臨床的にも生じていることが明らかとなりました。また、経験的に知られていた動脈瘤と母血管の位置関係に伴う流れの変化について検討しました。

5. 今後の計画・展望

ステントの影響は更に突き詰めて考える必要があります。特に、一部に見られる破裂の問題は流体のみでは解決しないかも知れませんが、血流による影響は十分に検討する必要があります。塞栓率の変化による瘤内流れへの影響も引き続き検討する必要がありますが、従来の円筒形のコイルに加えて、三角柱状のコイルが開発されており、更に計算を複雑にしたかも知れません。さらに m

平成 22 年度 RICC 利用報告書

動脈瘤に限らず、動静脈短絡にも検討を広げて行きたいと考えています。

6. RICC の継続利用を希望の場合は、これまで利用した状況（どの程度研究が進んだか、研究においてどこまで計算出来て、何が出来ていないか）や、継続して利用する際に行う具体的な内容
256 x 256 x 256 或いは **512 x 512 x 512** 程度の大規模な計算を必要とする可能性が高く、高速、大容量の RICC での計算が必須です。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。
7. 一般利用で演算時間を使い切れなかった理由
8. 利用研究成果が無かった場合の理由

平成 22 年度 RICC 利用研究成果リスト

【論文、学会報告・雑誌などの論文発表】

【国際会議などの予稿集、proceeding】

【国際会議、学会などでの口頭発表】

K. Fukasaku, Living Matter Simulation, from Gene to Body, Oct 5 - Morning session, IX Symposium Neuroradiologicum, Bologna, 2010.10.4 - 9

K. Fukasaku, M. Negoro, Y. Konishi, S. Noda, R. Himeno, H. Yokota, I. Nara, K. Fukui, Y. Shiokawa, Computational Simulation of Flow at Bleb of Aneurysms and Confirmation by Clinical Angiogram, IX Symposium Neuroradiologicum, Bologna, 2010.10.4 - 9

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、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、第 39 回日本神経放射線学会、東京、2010.2.11 - 13

深作和明、根来真、野田茂穂、姫野龍太郎、脳動脈瘤ブレブ部分の数値解析とその血管撮影による検証、第 33 回日本バイオレオロジー学会年会、和光、2010.6.3 - 4

深作 和明、根来 真、野田 茂穂、松本 薫、太田 真、奈良 一成、脳動脈瘤ブレブ部分の流れの数値解析とその血管撮影による検証、第 16 回日本血管内治療学会、名古屋、2010.7.23 - 24

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、塞栓率の変化に伴う動脈瘤ならびに周囲の流れパターンの変化、ミニシンポジウム 5 脳神経血管内治療の基礎研究：未来を見据えたプロジェクト、第 26 回 日本脳神経血管内治療学会学術総会、小倉、2010.11.18 - 20

【その他】