

課題名 (タイトル) :

## 脳血管内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。さらに、コイルを留置した状態での血流評価が求められて来ているため、そちらに対応することとしました。

### 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。本年はコイルの入った動脈瘤の計算を行ないました。臨床的に得られた脳血管の三次元形状を元に、先端工作支援チームに光造形で患者血管のレプリカを作成して頂いた。その中に、臨床で使われるプラチナコイルを挿入、生物情報基盤構築チームにより、中性子線イメージングで壇像像を作製。流体計算を行ないました。また、動脈瘤を塞栓したところ、下流に過灌流を生じたとの報告があったため、計算機内に再現して検討を続けています。

### 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進めました。動脈瘤形状、コイル形状ともに臨床的なものを扱った報告はこれまでみられていません。コイルの留置一の問題もありますが、少量のコイルでもながれが激減していることが示されました (図 1)。過灌流の問題は計算は済んでいます (図 2) が、データの取り出しに苦慮しており、野田茂穂研究員により、読み出しツールが提供されたので、引き続き検討中です。

### 4. まとめ

脳血管内治療の多くを占める脳動脈瘤に対する血管内治療の分野で、離脱式コイルの流れに及ぼす影響、ステントの整流効果とその瘤内への影響、複雑な解剖などで、計算機流体力学的な検討を行いました。

5. 今後の計画・展望 本年勤める予定であった Flow diverting stent に関しては、ステントの変形の問題がうまく解決できなかったため、引き続き検討して行きます。また、理研内でも中性子線イメージングが可能となったので、コイルの形状収集とそこからの計算を検討して行きたいと思っています。

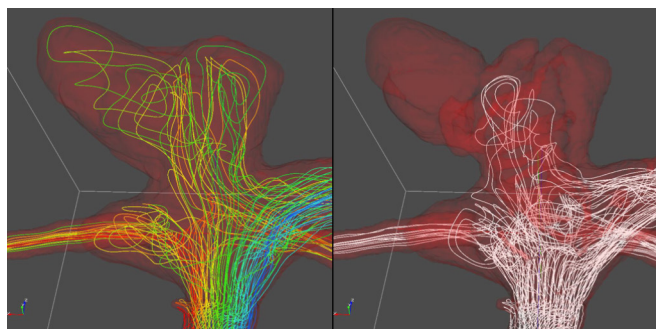
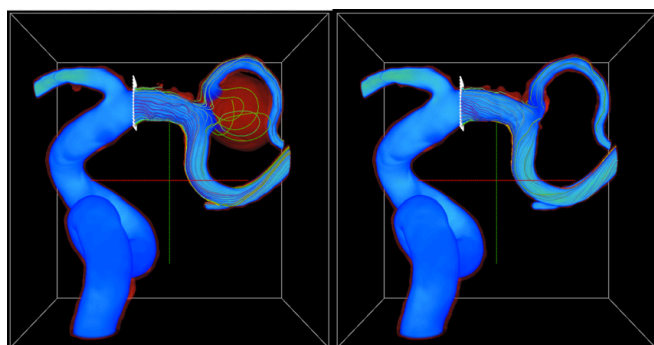


図 1

左：コイルなし、右：コイル留置後  
動脈瘤へのながれが激減している。



平成 24 年度 RICC 利用研究成果リスト

**【国際会議などの予稿集、proceeding】**

Kazuaki Fukasaku, Shigeho Noda, Hideo Yokota, Toshio Seta, Katsuya Hirota, Yutaka Yamagata, Shukue Ootake, Shuu Takagi, Yoshifumi Konishi, Makoto Negoro, Computational fluid dynamics for clinical aneurysm with detachable. Proceedings of 10th Asian Australasian Federation of Interventional and Therapeutic Neuroradiology p132

**【国際会議、学会などでの口頭発表】**

Kazuaki Fukasaku, Shigeho Noda, Hideo Yokota, Toshio Seta, Katsuya Hirota, Yutaka Yamagata, Shukue Ootake, Shuu Takagi, Yoshifumi Konishi, Makoto Negoro, Computational fluid dynamics for clinical aneurysm with detachable. 10th Asian Australasian Federation of Interventional and Therapeutic Neuroradiology, 6.14 - 16, 2012, Nagoya, Japan