

# 脳動脈瘤用ステントの血流減少効果を解析するために



図1 マイクロCT  
([http://www.shimadzu.co.jp/ndi/products/x\\_ryst/x\\_ryst01.html](http://www.shimadzu.co.jp/ndi/products/x_ryst/x_ryst01.html))

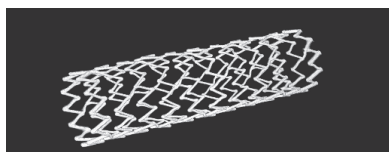


図2 マイクロCTで撮影し再構築したステントの一例  
Sendai ステント

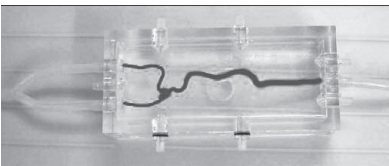


図3 PVA 血管バイオモデリング  
Elastrat Säril

## 1. はじめに

脳動脈瘤<sup>りゅう</sup>の破裂は人々のそれまでの健康な暮らしを一変してしまう可能性があり、破裂前もしくは破裂直後の治療が大変重要である。治療法の一つに血管中に細長い管（カテーテル）を通して脳動脈瘤内への血流を遮断するデバイス（インプラントという）を留置する血管内治療がある。この方法は、低侵襲的で患者に対する負担も少ないとされることから、近年高く注目されている。インプラントの一つに網目チューブ状のステントと呼ばれるものがあり、現在の主な役目は、主流のコイル（ひも状のインプラントで、瘤内に留置して瘤を詰め、血流が流入を阻害するのに用いる）を用いた治療を補完することである。

Aenisらは理想形状の脳動脈瘤モデルとステントを用いた数値流体解析により、ステントのみによって瘤内の血流の速さが低下する可能性があることを示唆した<sup>(1)</sup>。その後、Baráthらは、in-vitroの理想形状の瘤モデルに市販のステントを留置し循環装置につなぎ、血流速さの低下を測定した<sup>(2)</sup>。これらの結果よりステントのみを留置す

ることによって瘤内の血流を低下させ、治療できる可能性が示唆され、実形状を用いた研究が重要となった。しかし、これまでの数値血流解析研究のほとんどが理想形状のステントと瘤を用いた研究であり、実形状を用いた解析は皆無に近かった。これはステントの形状が非常に小さく、またステントを構成するストラットが非常に細いため、通常の医療用三次元画像装置では再現できなかったためである。本稿では、ステントの実形状計測に関する研究とこれに関連した世界的な取り組みについて紹介する。

## 2. 実形状動脈瘤と実形状ステントの形状測定法

通常の医療画像装置の空間解像度は約200 $\mu$ m前後であるのに対し、ストラットは太いものでも直径150 $\mu$ m程度（ステントそのものの大きさは約4mm $\times$ 10~20mm程度）であるので、形状再現ができない。そこで筆者らは、マイクロCT（島津製作所（株）、図1）を用いて、ステントの三次元形状再構築を行ったところ、細部の形状まで再現できることがわかった（図2）。このデータと脳動脈瘤の三次元形状データとをCAD（Computer Aided Design）ソフトにて結合させ、数値血流解析ができるようになり、血流減少が認められた<sup>(3)</sup>。今後は、実験結果との比較が必要である。

## 3. Virtual Intracranial Stent Challenge 2006 (VISC06)

VISC06は第4回 International Intracranial Stent Meetingで第1回目が発表された国際コンペであり、筆者も発足委員の1人である。このコンペの目的はステントに関する数値流体解析をより発展させるためであり、第1回でのステント留置動脈瘤の三次元形状再構築方法は筆者らが開発した上記の方法が用いられた。第1回は全世界から予想を上回る参加者を得ることができた。

## 4. おわりに

脳動脈瘤用ステントの血流減少効果

を実形状で数値流体解析を行うための技術開発と、世界的な取り組みについて紹介した。しかしながら、ある一つの現象解析のみで実際の医療に役立つものを作製することは非常にまれで、総合評価を含めいくつもの評価が必要である。この総合評価法の開発にも本研究室では積極的に取り組み、in vitroでの評価に用いる、実際の血管形状と物性が非常によく似た血管モデル（バイオモデリング）の開発を行っている。筆者らが開発したpoly(vinyl alcohol) hydrogelを用いた血管モデルは透明で、シリコン製のものと比べ表面が非常に低摩擦で、血管の動的粘弾性率に似せることができることに特徴があり、デバイスをシステムとして評価する際に使用できると考えている（図3）。

脳動脈瘤に関する研究は、ステント留置後の血流測定法の開発、カテーテルの到達予測シミュレーション、血流と遺伝子発現の関係や、医療画像と数値流体解析の融合など、脳動脈瘤の発生・成長・破裂のメカニズムと予期、診断、治療などさまざまなphaseの研究が展開され、世界的にも注目が集まっているホットトピックスの一つであると言える。今後はこのさまざまなphaseの研究と情報交換を行っていくことで、患者に研究成果を最適に還元できると考える。

（原稿受付 2008年1月29日）

〔太田 信 東北大学〕

## ●文 献

- (1) Aenis, M., Stancampiano, A. P., Wakhloo, A. K. and Lieber, B. B., Modeling of Flow in a Straight Stented and Nonstented Side Wall Aneurysm Model., *J Biomech Eng*, **119** (1997), 206-212.
- (2) Baráth, K., Cassot, F., Fasel, J. H., Ohta, M. and Rufenacht, D. A., Influence of Stent Properties on the Alteration of Cerebral Intra-aneurysmal Haemodynamics : Flow Quantification in Elastic Sidewall Aneurysm Models, *Neurol Res* **27** Suppl. 1, (2005), S120-8.
- (3) Nakayama, T., Ohta, M., Rufenacht, D. and Takahashi, A., Numerical Simulation of Hemodynamics in Cerebral Arterial Aneurysm Using Realistic Stent Data, *Proceedings of the 6th International Symposium on Advanced Fluid Information* (2006-12), 47-48.