



医用画像を用いたモデリング手法 の開発と数値血流解析

岩瀬 英仁(生体シミュレーション特別研究ユニット)

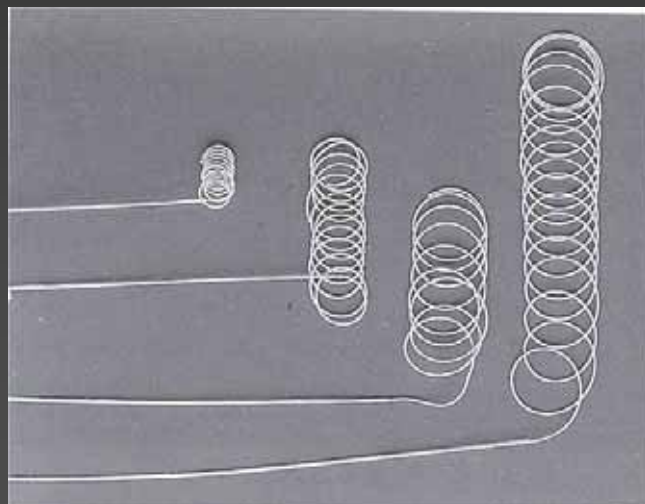
5年間の主な研究内容

- カテーテル、コイルなどを用いた脳大動脈瘤手術時における数値血流シミュレーション
 - 脳大動脈ネットワーク (Willis動脈輪) における数値血流解析
 - 腎大動脈と腹部大動脈における数値血流解析
 - 心臓左心室内における数値血流解析
 - 一様流中での弾性円柱の流体抵抗
-

1. カテーテル、コイルなどを用いた脳動脈瘤手術 時における数値血流解析

脳動脈瘤 の手術方法(1)

■ コイルによる方法



脳動脈瘤の手術方法(2)

脳の治療にはカテーテル治療の方がいい？

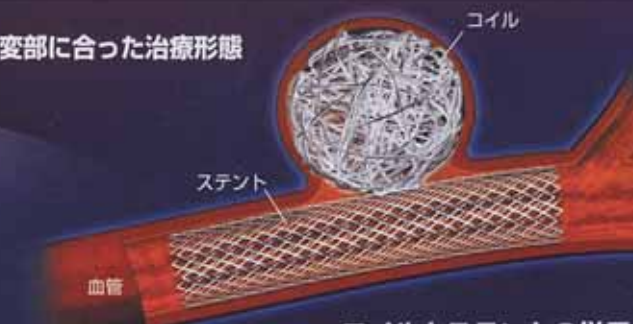
これまで脳の治療というと、頭を切って行う外科的な手術が一般的だった。しかし、わざわざ開頭しなくても、大脳部から入れるカテーテル治療で即座に、しかも患者に負担をかけずに治療ができるのである。ここに挙げた治療法以外にも、バルーン（風船）を広げて血流を制御し、血管内の治療を行うといった手法もある。

瘤をコイルで埋めるとやがて血がいかなくなった



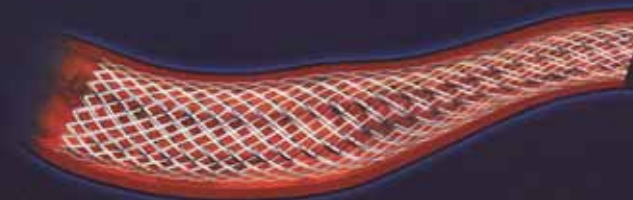
動脈瘤に対する塞栓術のX線写真。左は瘤の内部にコイルを詰めた

病変部に合った治療形態



コイルとステントの併用

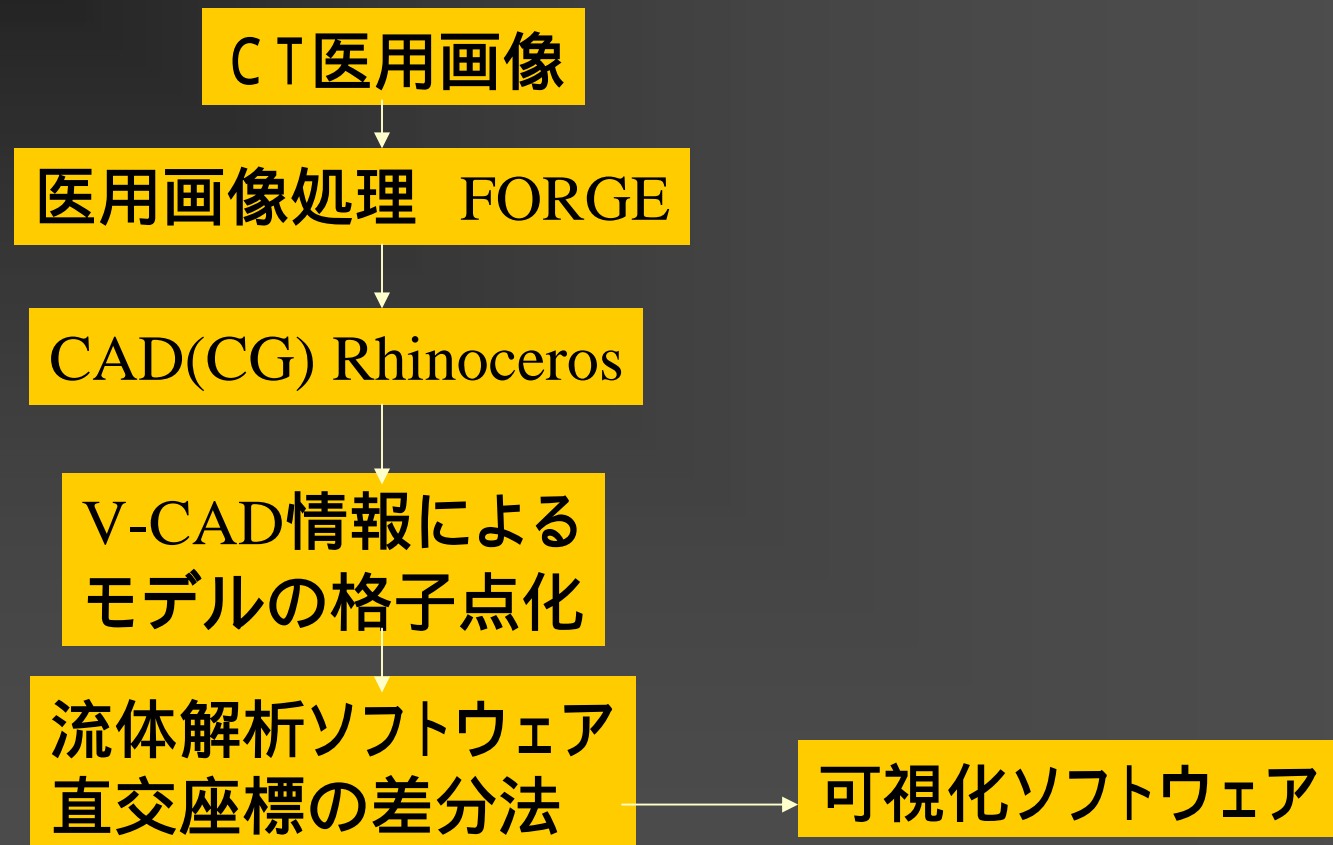
応用的な治療法。動脈瘤と血管の間が広く開いている場合、詰めたコイルが外にはみ出す可能性がある。そこでこの部分にステントを設置し、コイルが出るのを防ぐという方法も行われている。



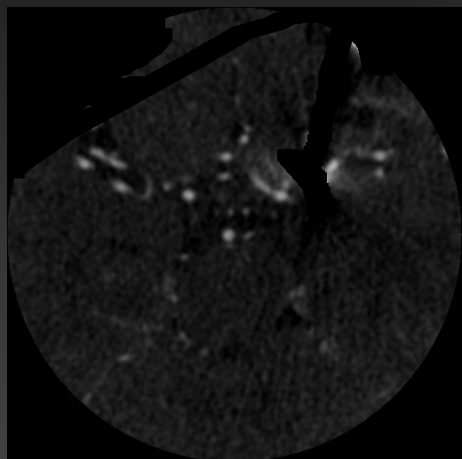
血管の形に合ったステント

改良されたステント。血管はどこも同じ太さというわけではない。ステントと血管の間に空間があると、そこに血栓ができる可能性がある。

本研究におけるシミュレーションシステム

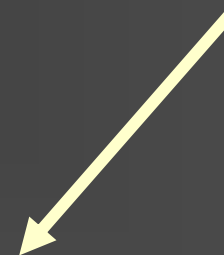
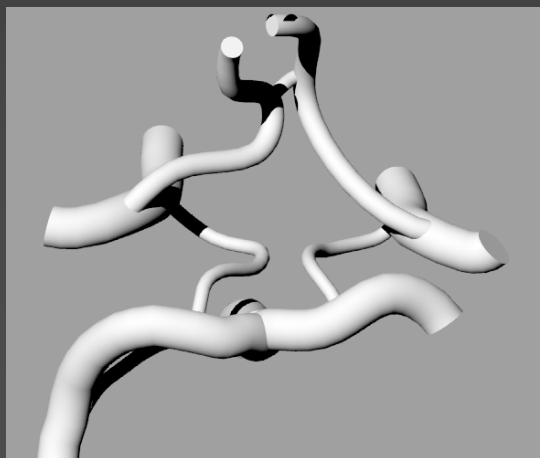
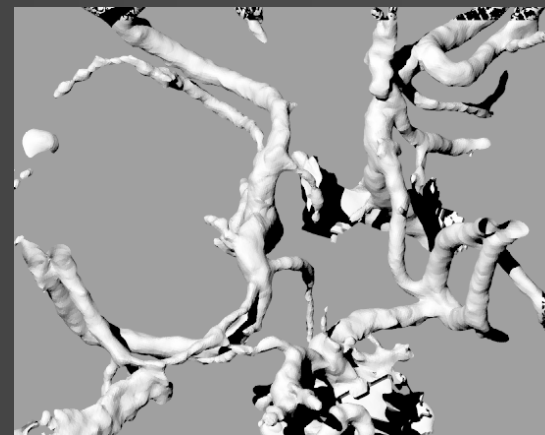


脳動脈主要部のモデリング



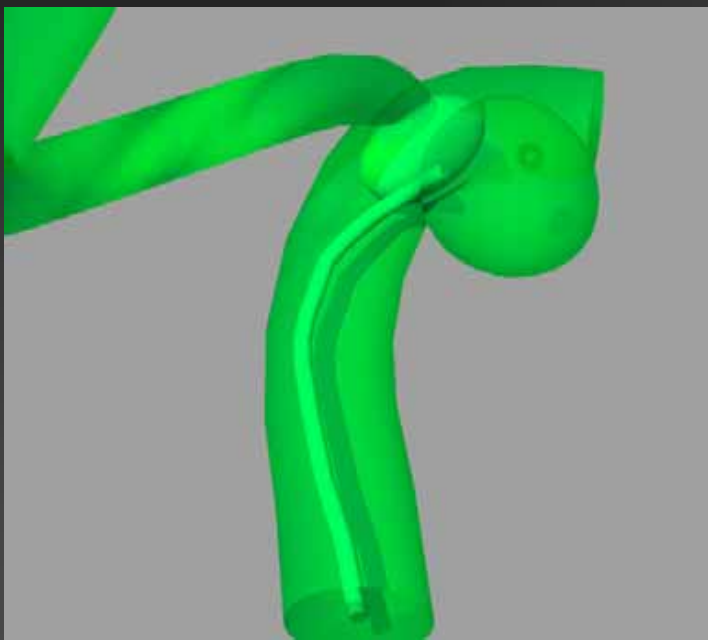
CT医用画像

ポリゴンモデルの構築

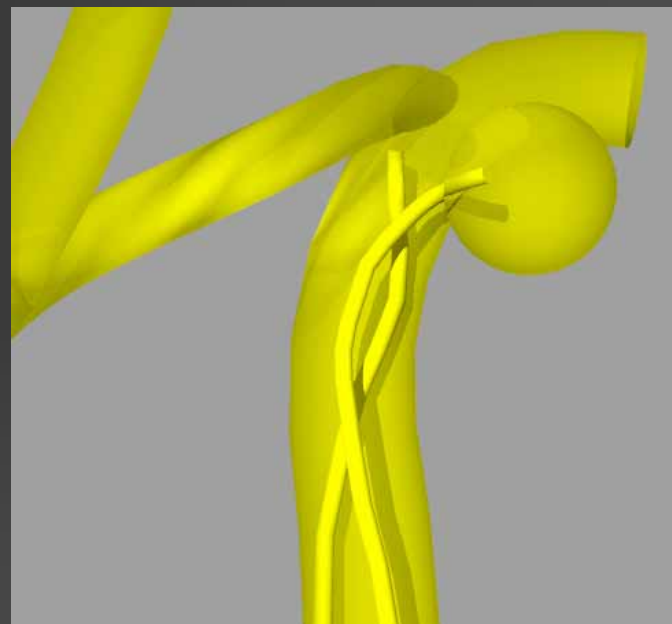


ソリッドモデルの構築

手術モデル(1)

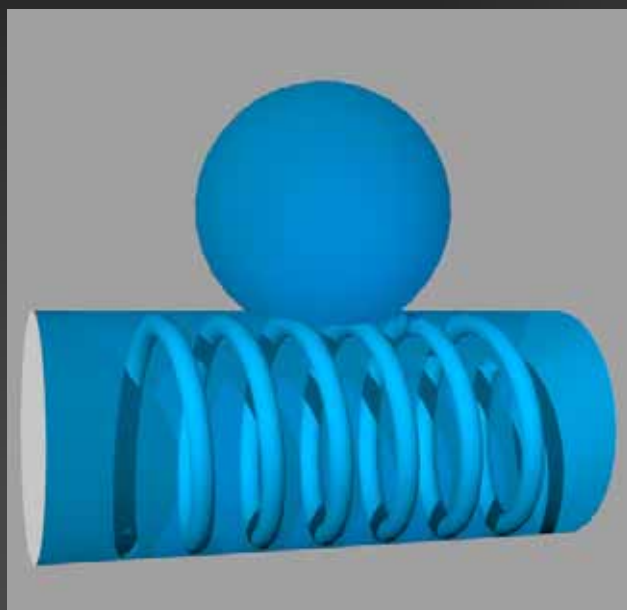


カテーテルとバルーン

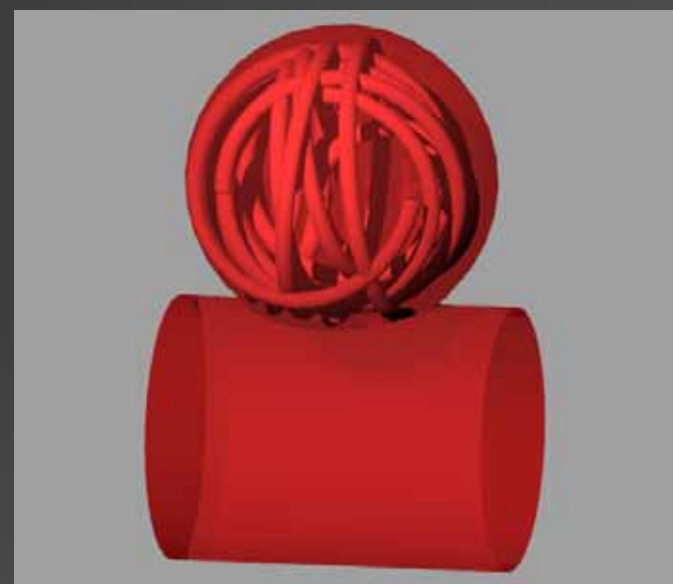
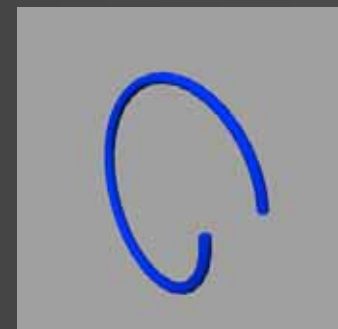


ダブルカテーテル

手術モデル(2)

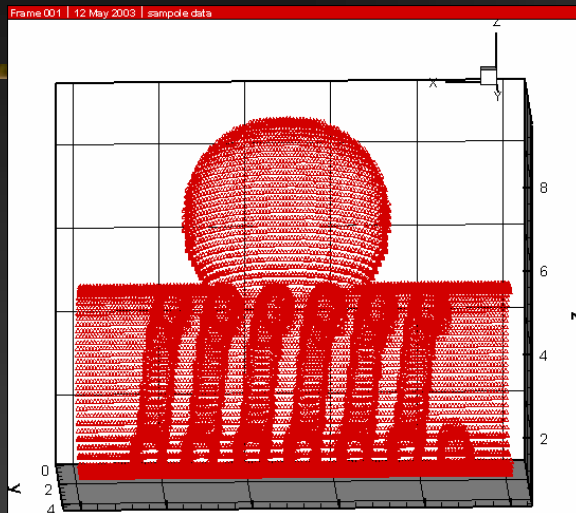


ステントモデル

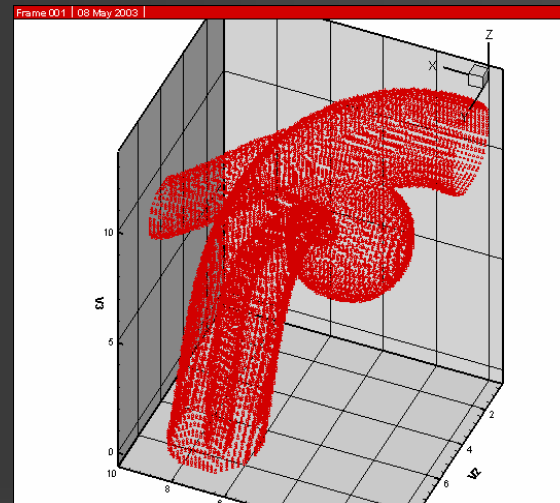


コイルモデル

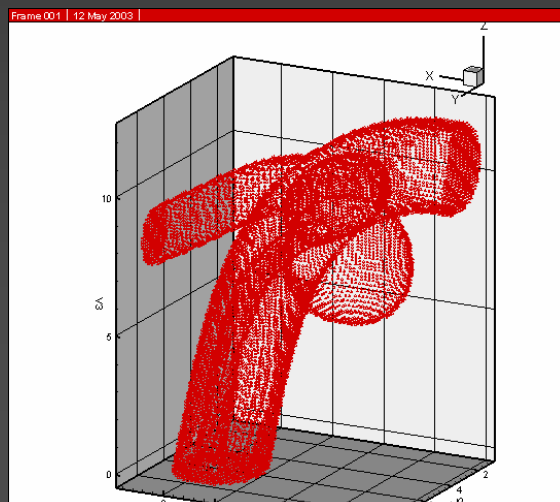
V-CAD情報による格子点化



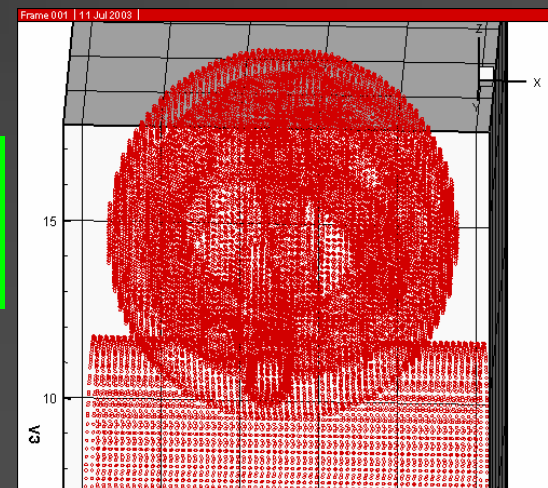
ステント



カテーテル



バルーンと
カテーテル



直交座標系の差分法

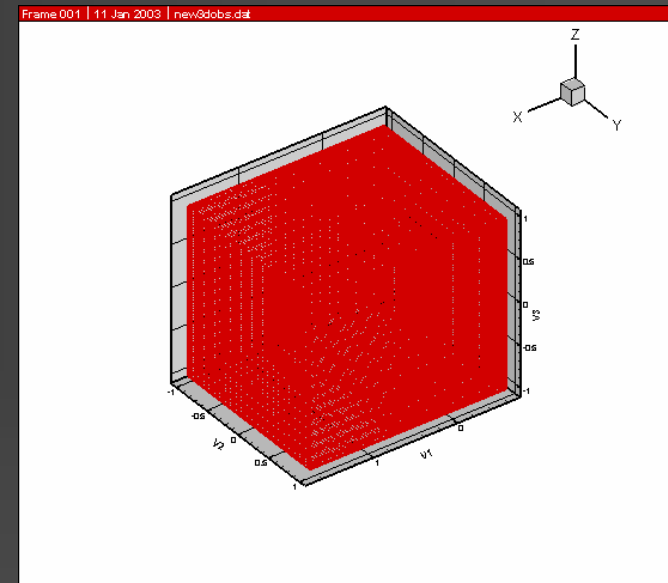
3次元Navier-Stokes方程式

移流項は一次精度上流差分

対流項は二次精度中央差分

速度はフラクショナルステップ法

時間方向はオイラー陽解法



計算条件

$$Re=500 \quad t=0.001$$

格子数 $64 \times 64 \times 128$

$X \times Y \times Z$

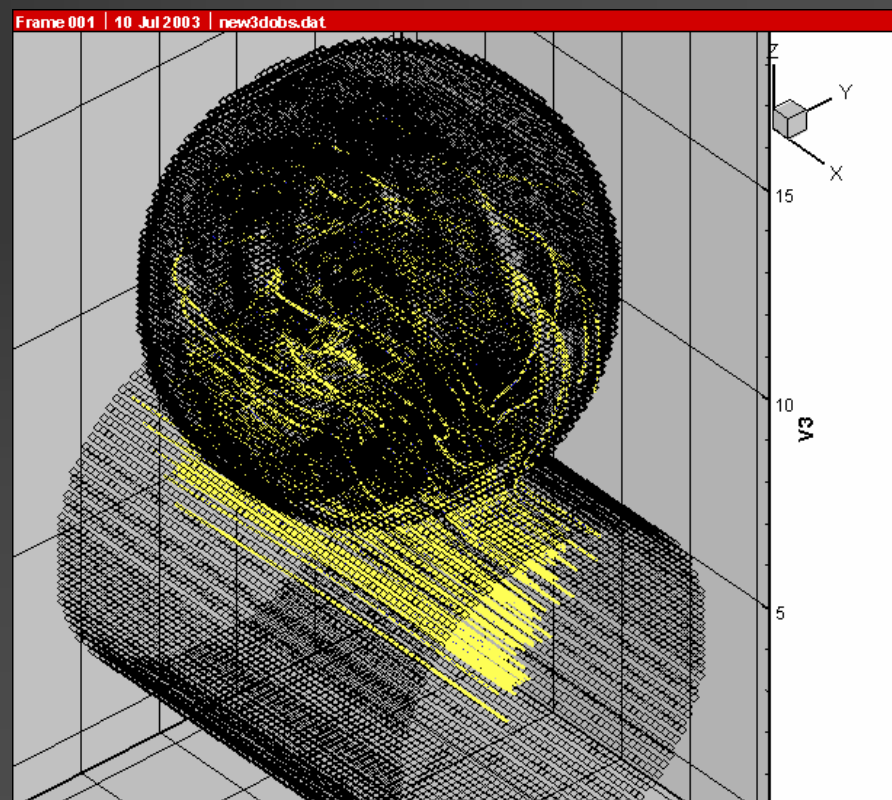
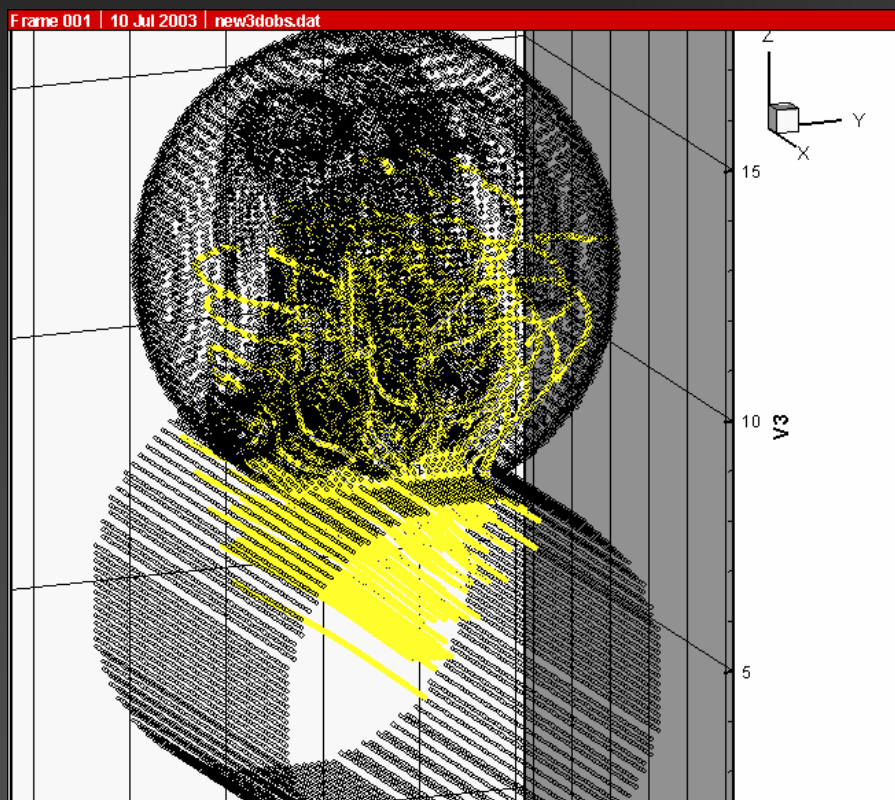
境界条件

入り口 $U=1$

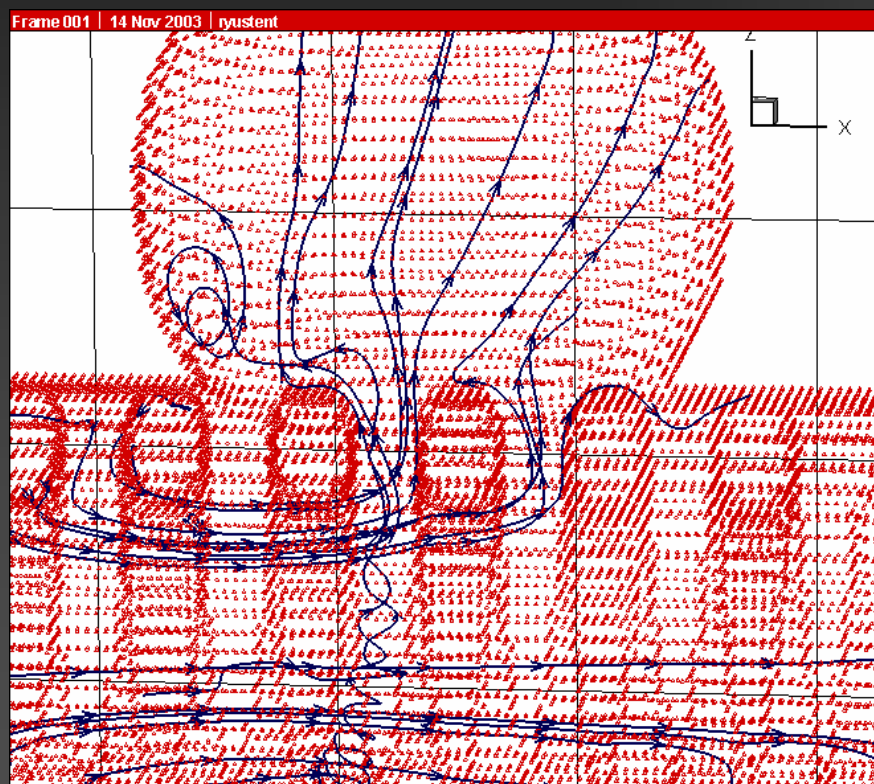
出口 自由流出

計算結果

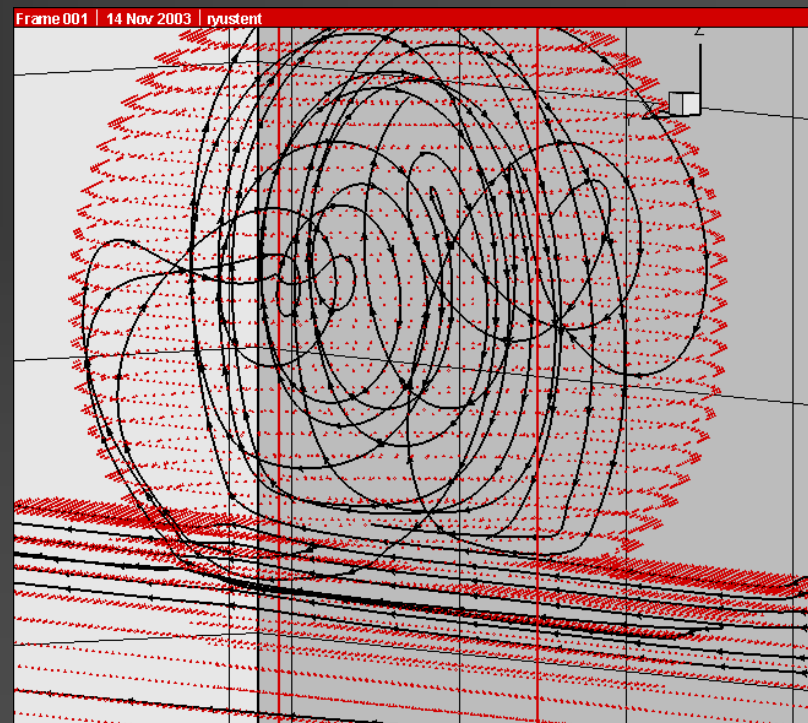
コイルの場合



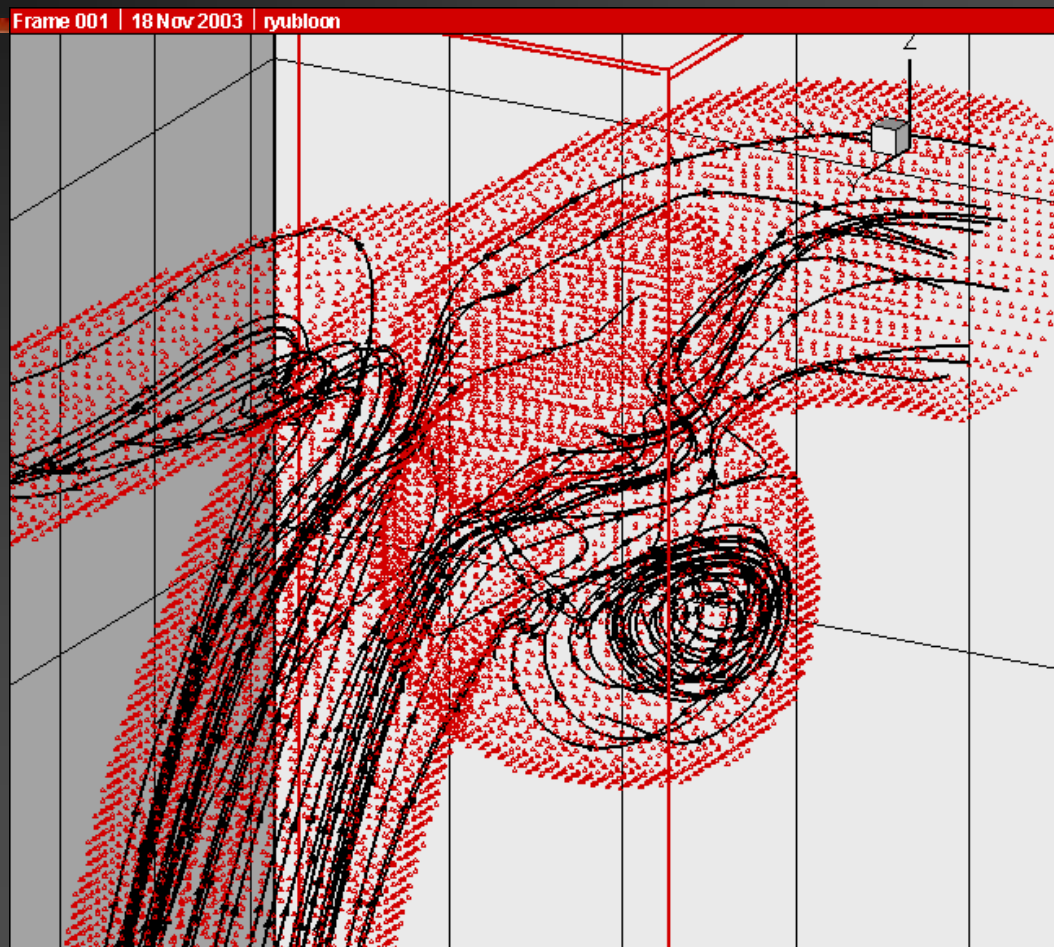
ステントがある場合



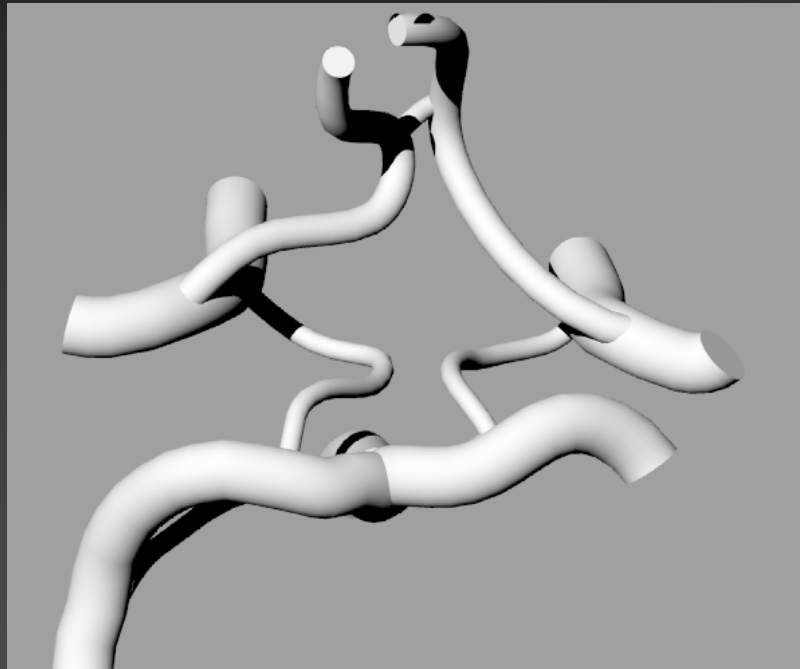
ステントがない場合



バルーンとカテーテルの挿入の場合



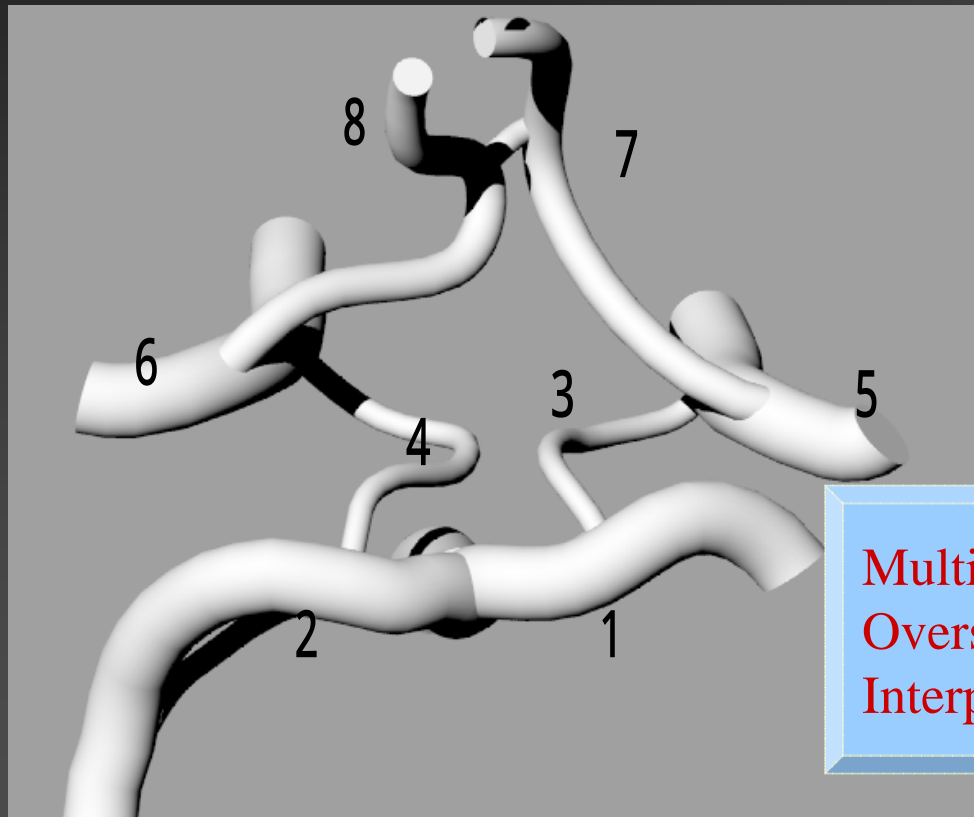
2. Willis動脈輪における数値血流解析



1. 脳動脈瘤の発生、進行

2. 複雑形状血管の
モデリング法の開発

Willis動脈輪における数値血流解析



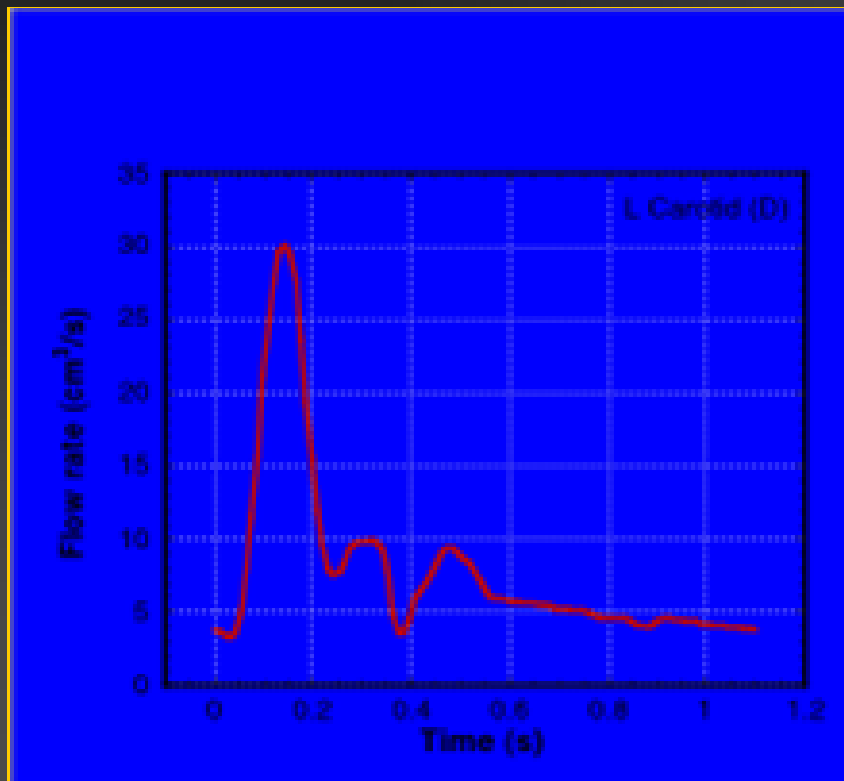
マルチブロック法

Multi-block: 8 部分領域

Overset grids: 8 single-grid systems

Interpolation: Chimera grid embedding

入り口速度条件



人体動脈の1次元モデルにより時間方向速度境界条件を計算

数 値 解 析

3次元Navier-Stokes方程式
非定常、非圧縮

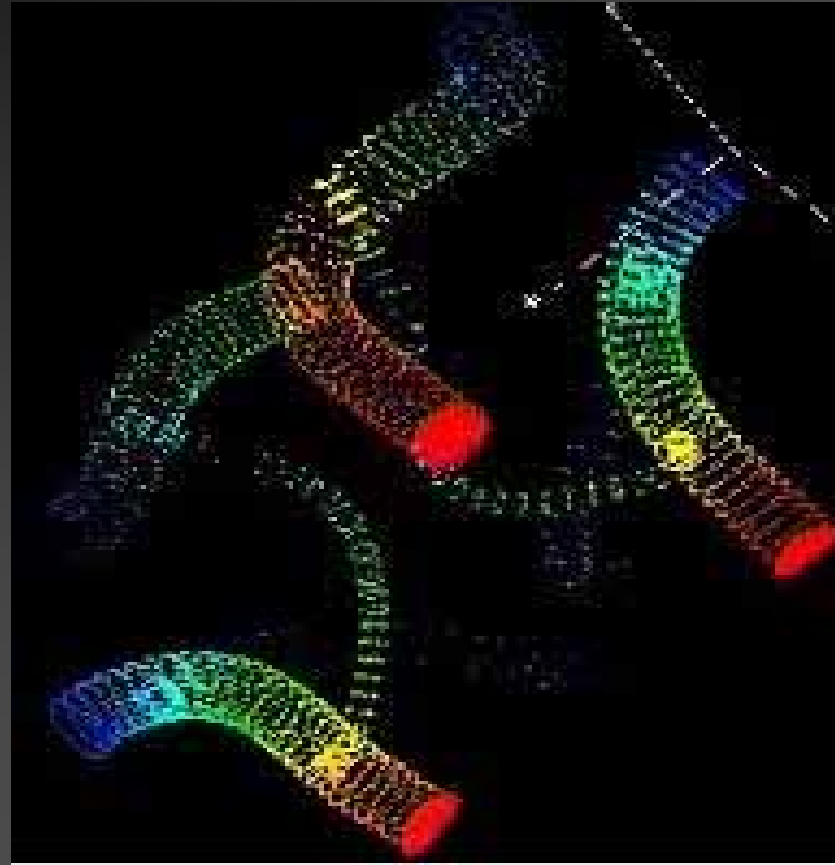
有限体積法によるマルチブロック法

対流項はMUSCLE法による三次精度上流差分

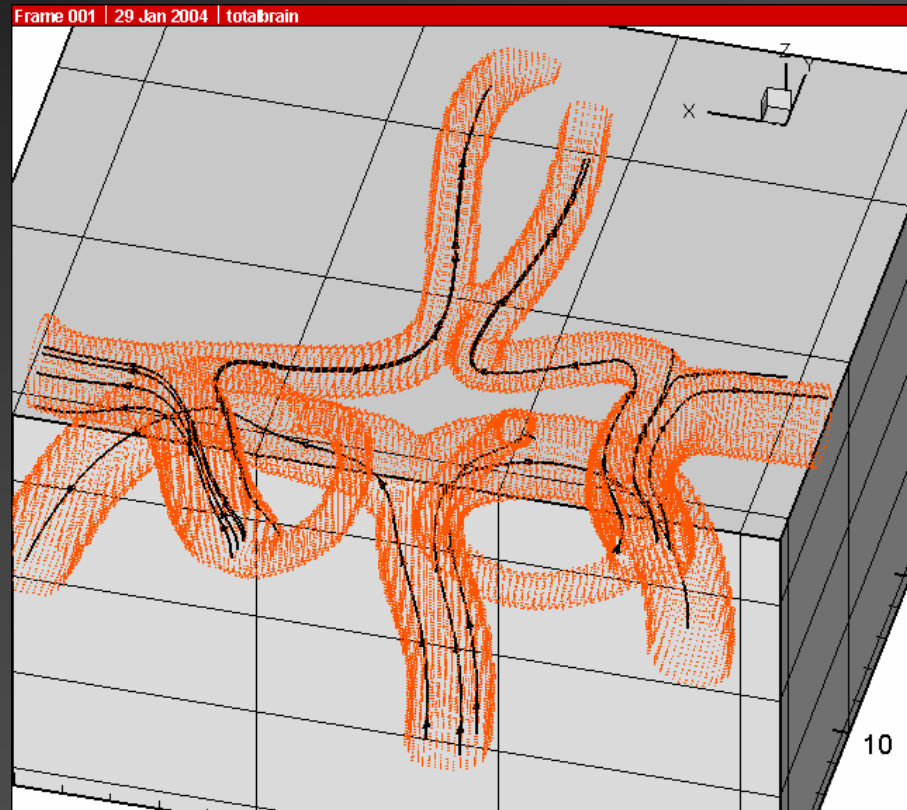
粘性項はガウス積分による二次精度中央差分

時間方向はオイラー陰解法で離散化

脳動脈血管における数値解析結果



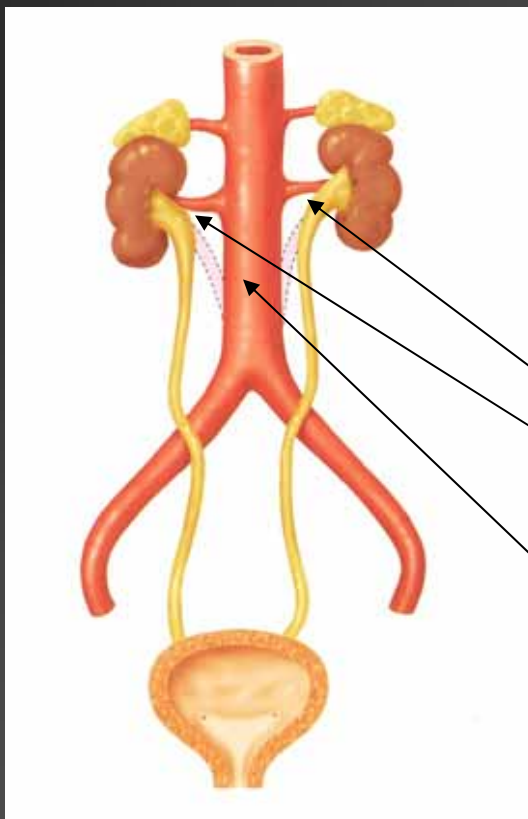
直交座標系を用いた場合の計算



3. 腎動脈と腹部大動脈のモデリングおよび血流解析



データの自動抽出



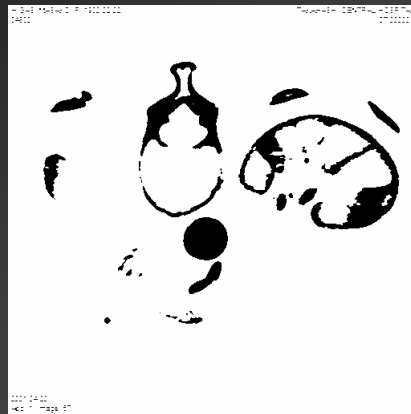
腎動脈

腹部
大動脈

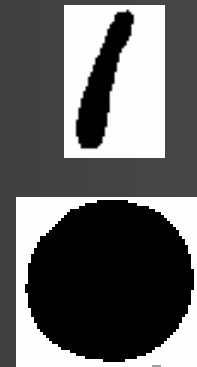
GAによるパターン認識とSnakeによる輪郭自動抽出と



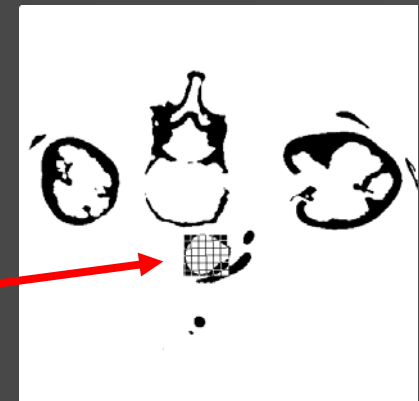
CT医用画像



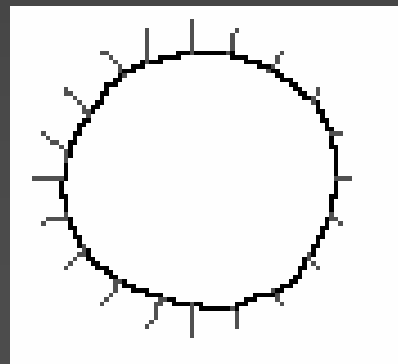
2値化



テンプレート画像

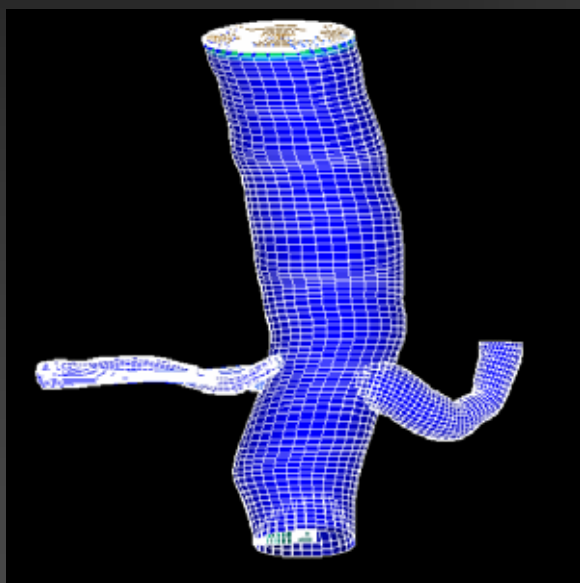


自動認識

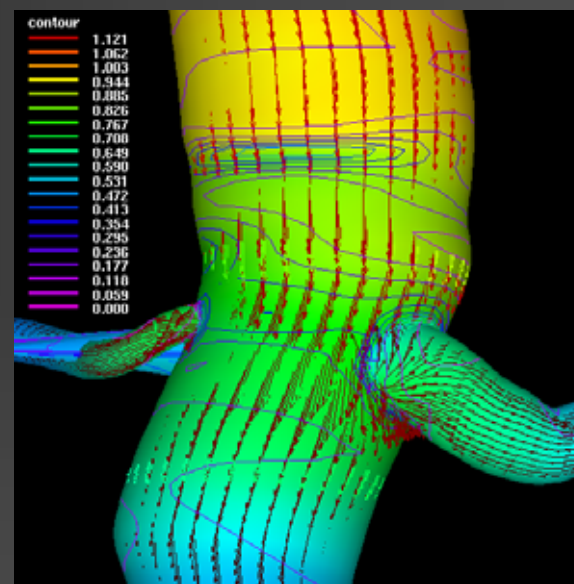


Snakeによるデータ抽出

格子生成と血流解析



構造格子



旋回流の発生

4. 心臓左心室内の血流解析

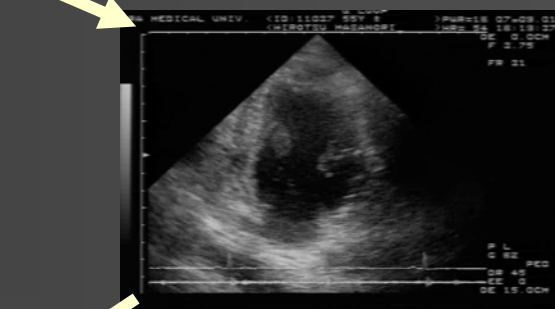
超音波エコー心



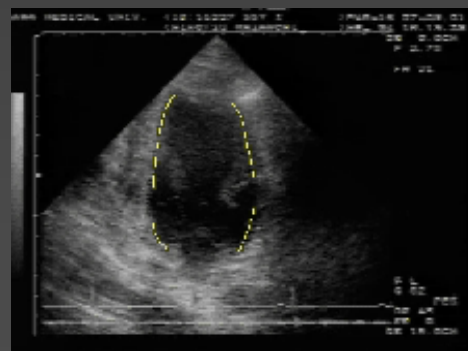
デジタル画像変換



超音波画像



静止画変換

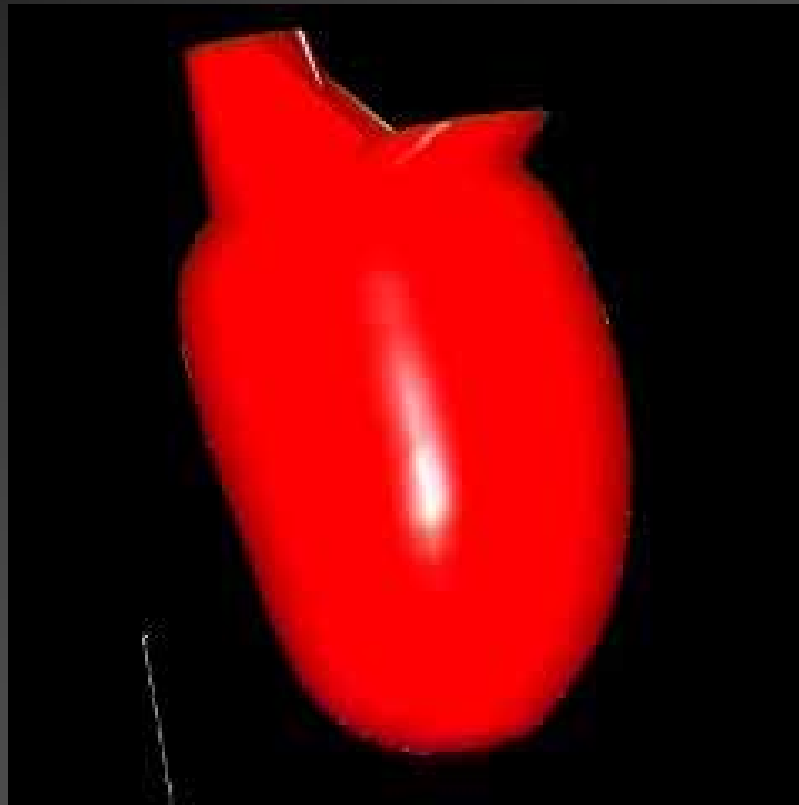


輪郭抽出

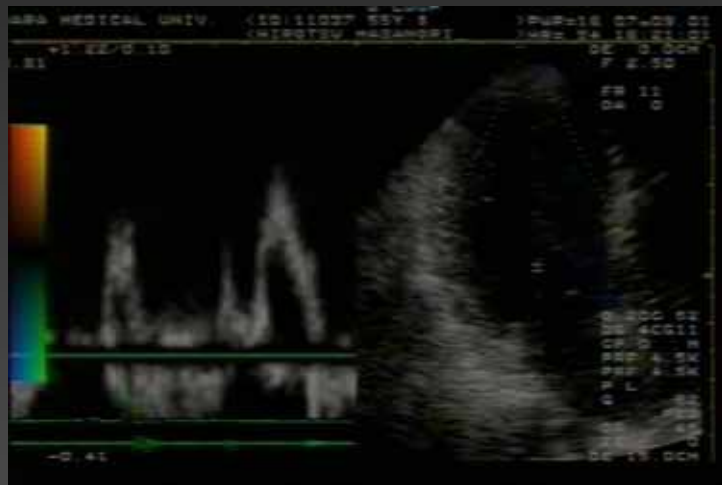


左心室壁運動モデル

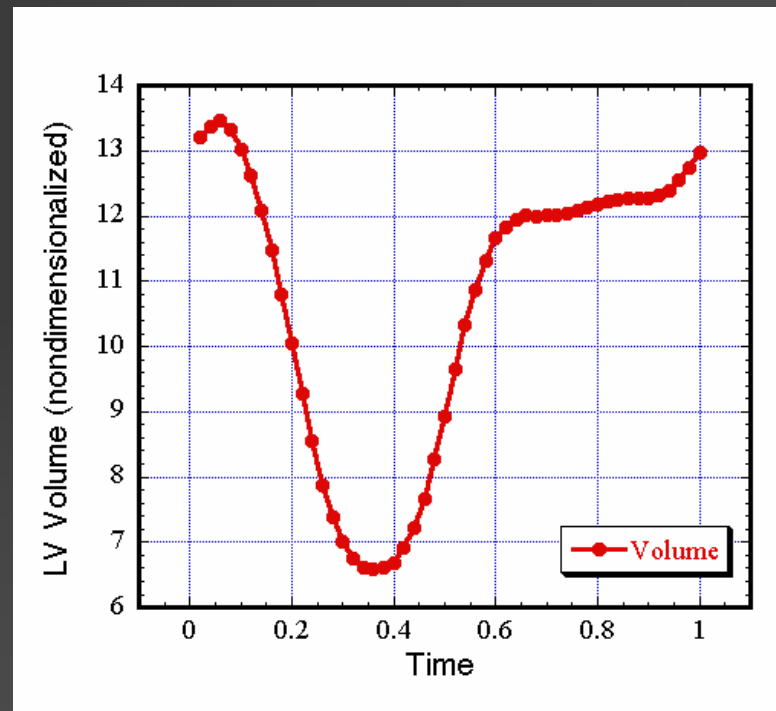
一心拍の左心室壁運動モデル



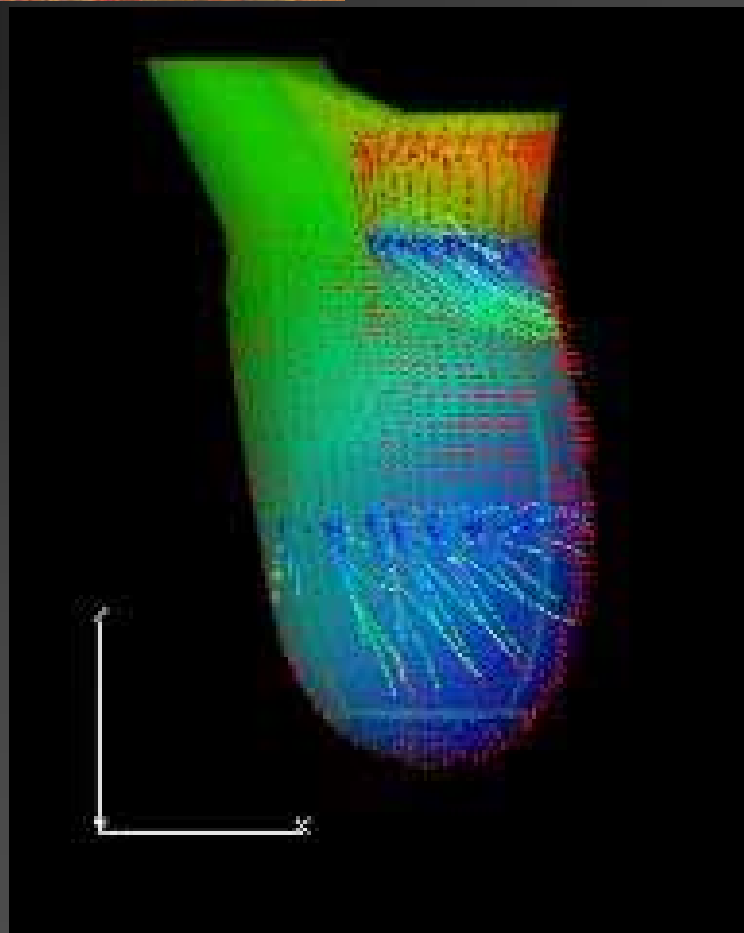
僧帽弁における速度 境界条件の推定



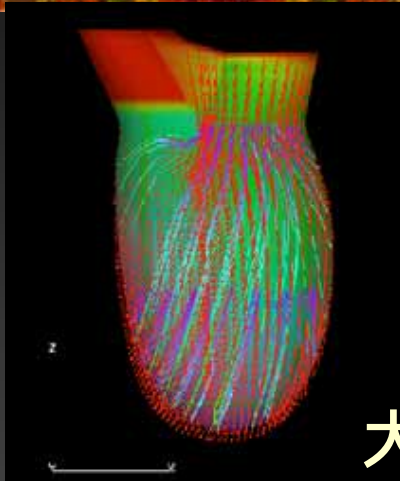
超音波カラードプラ - 法



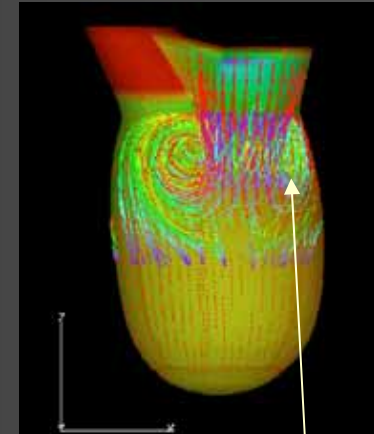
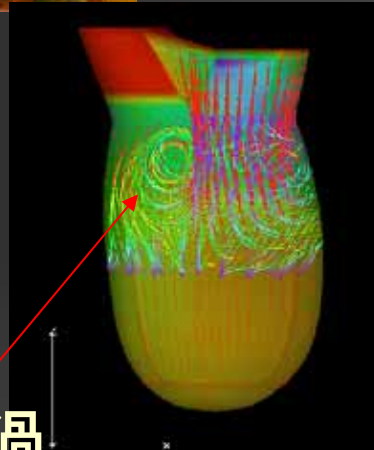
左心室内の流れのアニメーション



左心室内の流れ構造の解明

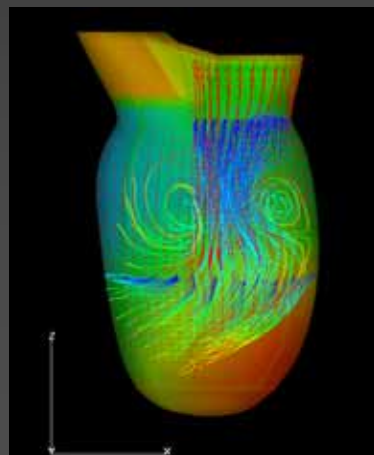


大きな渦

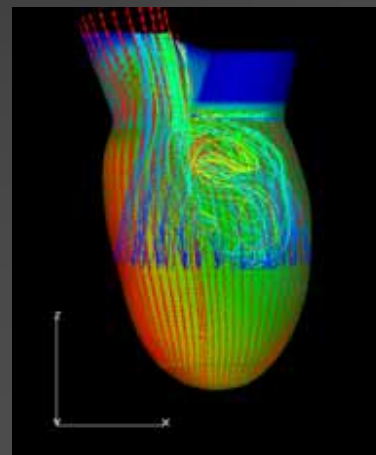


小さな渦

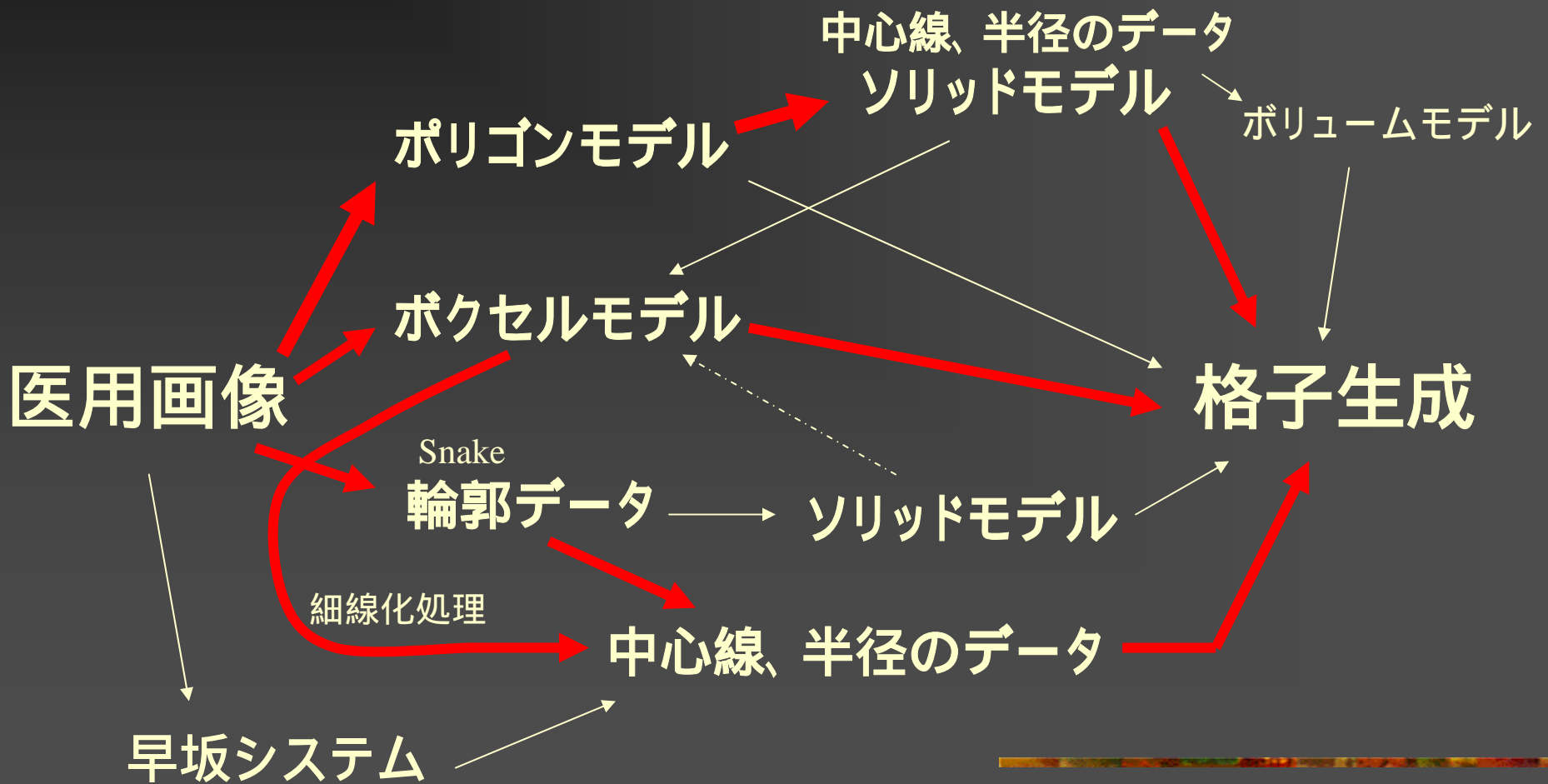
E波による
流入



二次流れ
の形成



モデリング手法について



研究結果から言えること

- 血流シミュレーションだけで医療に役に立つ病気の発生、進行について何か知見が得られるだろうか？

血流シミュレーション + 化学反応 + 生体組織変性

医師からヒアリングを行い、何が役に立つものなのか確認しながら研究を進める。

2期目の生体研究活動に向けて

これから考えます。
