



## 国プロジェクトと産学連携のご紹介

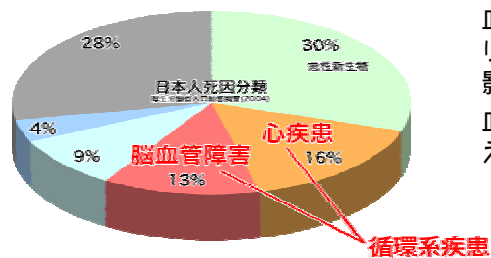
### アドバンスソフト技術セミナー

産学共同シーズイノベーション化事業顕在化ステージ  
医用画像と血流シミュレーション技術を融合した  
疾患予防・診断のための支援ツール開発  
アドバンスソフト株式会社  
主事研究員

5. 畠村 毅

## 背景

### ■ 日本人の主な死因



血管疾患の発生・進行には血流により血管が受ける力学的作用が大きい影響を与えている

血管形状に加え、血行動態情報を加えた測定・診断が重要

### ■ 非侵襲的検査: MRI, CT

安全、低負担

得られるデータには限界(形態情報が中心)

生体内(in vivo)シミュレーションとの組み合わせが注目されている



# 目的

## ■ 最終的な目的

CTやMRIなどの医用診断機器と組み合わせ、医工学分野の研究者だけでなく医療従事者にも容易に使いこなせるプログラム

- 従来の診断装置では直接知ることができない情報を数値流体解析の観点から提供したり、数値解析に基づく病変の発生や進行の予測

## ■ 本事業における目的

M-SPhyRの実用性の検証に取り組む

- 頸部のMRIから得た流速実測値との比較を行う
- 中大脳動脈瘤のin vitro実験との比較を行う
- 総頸動脈の血流解析と臨床データの比較によるケーススタディ

医工学の研究・開発分野における現実的な問題に取り組む

- 頭頸部の血流解析：頸部腫瘍のカテーテル手術のための解析(サージカルプランニング)

ユーザーインターフェースの検討、整備

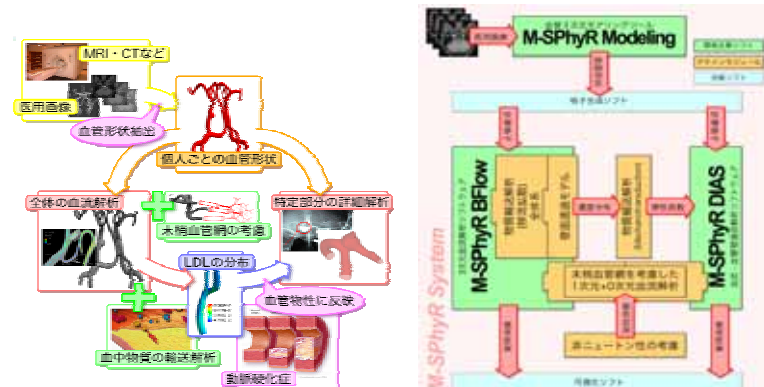


# 準備状況

## ■ M-SPhyRシステム

RSS21プロジェクトにおいて各要素技術となるコードが作成されている  
基本的なユーザーインターフェースは用意されている

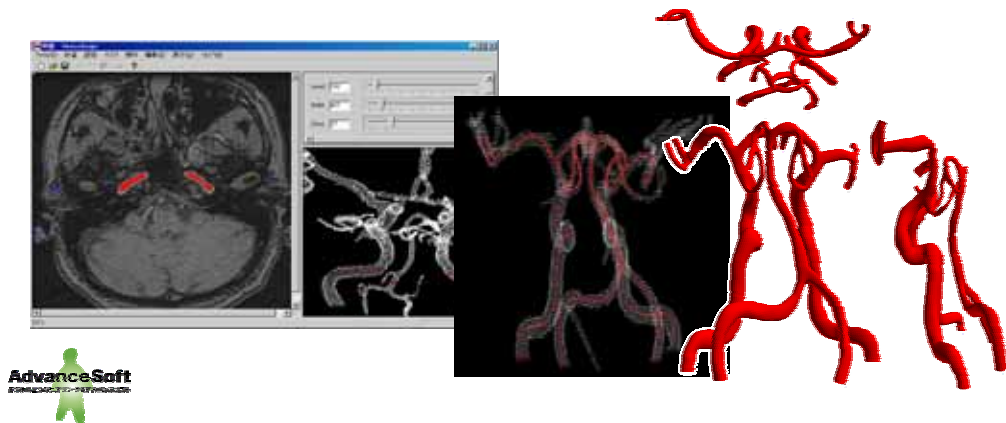
各要素技術は個別コードとして開発、それらを有機的に組み合わせたシステム



## 各要素技術の状況

### ■ 血管形状モデリング:M-SPhyR Modeling

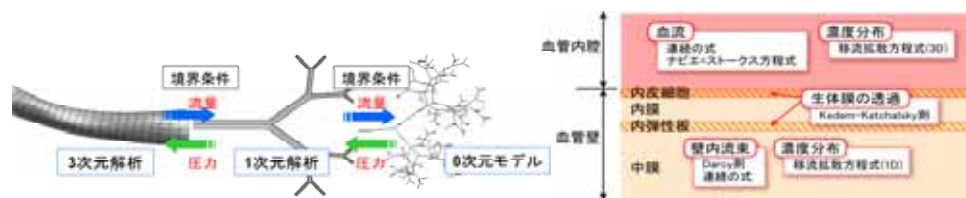
MRI/CTなどの医用画像から直接血管形状を3次的に抽出できる  
Willis動脈輪、総頸動脈など実際の患者の医用画像から形状抽出を行っている



## 各要素技術の状況

### ■ マルチスケール血流解析:M-SPhyR BFlow

末梢血管網の効果を1次元モデル・0次元モデルによりモデル化して組み込み  
血中物質の輸送およびそれらの血管壁への透過をモデル化して組み込み  
■ マルチスケール・マルチフィジックス血流解析を実現



並列化により、PCクラスタで大規模な血管モデル(Willis動脈輪全体など)を解析可能

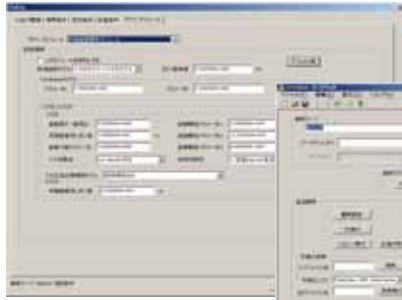


## 各要素技術の状況

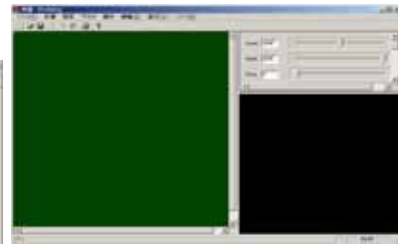
### ■ ユーザーインターフェース

インターフェースの基盤は構築されている

各コンポーネントプログラムの条件設定、起動がWindowsのGUIで操作できる



M-SPHyR システムの全体GUI



血管形状モデリングGUI



## 研究計画

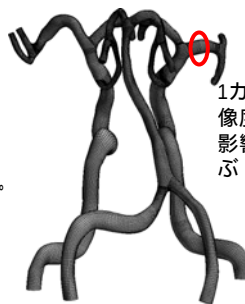
### ■ 血管計算格子作成の最適化 (全体計画4- )

現状の問題

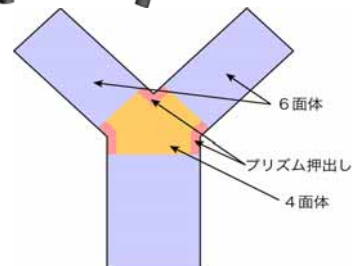
- 計算格子は全て6面体で構成
- 表面形状から計算格子作成が解析作業のボトルネックとなる(1形状作成に1～数週間、習熟に数ヶ月を要する。)
- 作成後に格子数や格子間隔、形状修正などが困難

テトラ、プリズム、ヘキサを組み合わせ、計算精度と格子作成・形状変更の容易さを両立できる計算格子作成スキームを模索する

- 血管モデルの基本形状であるY字分岐を持つ円管をモデルとして、全て6面体で構築したものと精度比較を行いながら最適化を図る



1カ所の血管の格子解像度を変更すると、影響が格子全体に及ぶ



## 研究計画

### ■ マルチスケール血流解析(全体計画4- )

#### (1)頸動脈における流速実測値との比較(実測値との比較)

- MRIは比較的浅い動脈について血流流速を測定することが可能
- 藤内先生より頸動脈における流速値のMRI実測値を入手
- 同一患者の頭頸部MRI画像から血管モデルを構築、マルチスケール血流解析を行い、得られた血流流速を実測値と比較・検討

#### (2)脳動脈瘤の血流解析(実測値との比較)

- 庄島先生提供の中大脳動脈瘤CT画像を基に作成されたシリコンモデルを用いたin vitro(生体外)実験が大島研究室で行われており、ステレオPIVを用い流速分布、壁面せん断応力分布が測定されている。
- 同一の血管モデルについて、M-SPHyR BFlowを用いた解析を実行、流速分布、壁面せん断応力分布について実験と比較、検証を行う。また庄島先生に臨床医の立場から評価をいただく



実験で用いている中大脳動脈瘤の形状



## 研究計画

#### (3)総頸動脈における動脈硬化症の血流解析(臨床に基づく評価)

- 早川先生から動脈硬化症患者のMRIデータを10例程度提供いただき、マルチスケール血流解析を実行
- 同時にLDL(悪玉コレステロール)の輸送・透過解析も実行
- 解析から得られた壁面せん断応力分布、壁中LDL濃度などを動脈硬化症発生箇所などの臨床データと比較検討
- 同様の解析を10～12例程度ケーススタディとして実施、臨床データからマルチスケール血流解析の妥当性を評価

#### (4)頭頸部におけるマルチスケール血流解析(実証的問題例)

- 頭頸部についてMRIから血管モデルを構築し、マルチスケール血流解析を実行、各血管の血流分配を評価する
- 将来的にはカテーテル自身が血流に与える影響を加味したシミュレーションを実施する計画である。

##### (この解析の背景)

頭頸部腫瘍におけるカテーテル治療技術開発のために、頸部から頭部にかけての脳動脈の血流解析が必要とされている。これはカテーテルを用いた抗がん剤治療において、血管網における各動脈の血流分配量をシミュレーションで事前評価することにより、患部への抗がん剤到達状況を予測し、投与の位置や投与量の適正化を図ることができると期待されているからである。



## 研究体制

### 東京大学

大島まり  
大学院情報学環 教授  
研究リーダー

大石正道  
生産技術研究所 技術職員

### アドバンスソフト株式会社

湊 明彦  
技術第4部11課・主管研究員  
シーズ顕在化プロデューサー

西村香純  
技術第4部14課課長・主事研究員

吉尾匠史  
技術第3部4課研究員

### 藤田保健衛生大学

早川基治  
医学部脳神経外科 講師

片田和展  
医学部医学科放射線医学 教授

### 自治医科大学

庄島正明  
医学部脳神経外科 助教

### 横浜市立大学

藤内 祝  
医学研究科 教授



## 将来展望

- **本シーズの顕在化により、脳などを対象とした患者の血管網実形状に対する血流解析を容易に行うことができるようになる。**

MRIなどの非侵襲的検査にM-SPHyRから得られる数値流体力学(CFD)の知見を組み合わせることで、患者個人ごとの血管形態、血流やその力学的作用、血中物質の輸送・透過などについて解析・予測を安全・低負担で可能となる。これらは脳血管疾患など血管病変に起因する病気の診断や治療、予防技術の開発・改良に役立てることができると考えられる。

- **想定される用途や適用分野：**

血流の力学的作用と血管病変の発生・進行に関する研究(動脈瘤、動脈硬化など)

新たな診断・治療技術開発を目指した研究や、医療器具の開発・設計分野および医療器具の検証など  
医学および医工学の研究機関、医療機器の開発・設計部門など

### 血管の測定・診断

