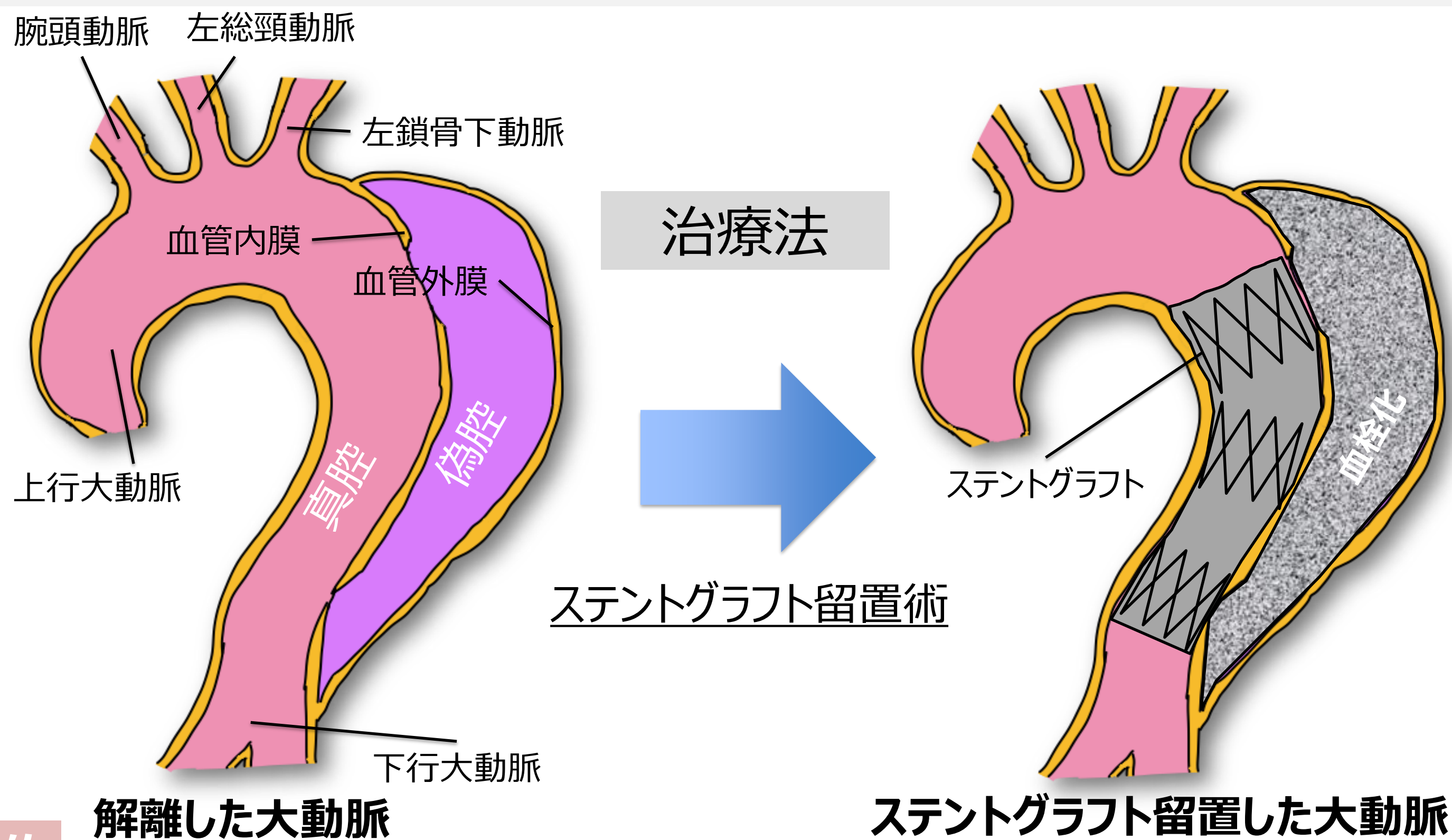


数値シミュレーションを用いた大動脈解離及びその治療方法の評価 Evaluation of Aortic Dissections and Treatment Methods using Numerical Simulation

○武田量^{1*}, 佐々木克彦¹, 大島伸行¹, 横山博一², 黒田明慈¹, 柴田良一³, 高橋 裕介¹, 高嶋 英蔵⁴, 李 辰宇⁴
¹北海道大学, ²旭川医科大学, ³岐阜工業高等専門学校, ⁴株式会社AIS北海道

研究背景

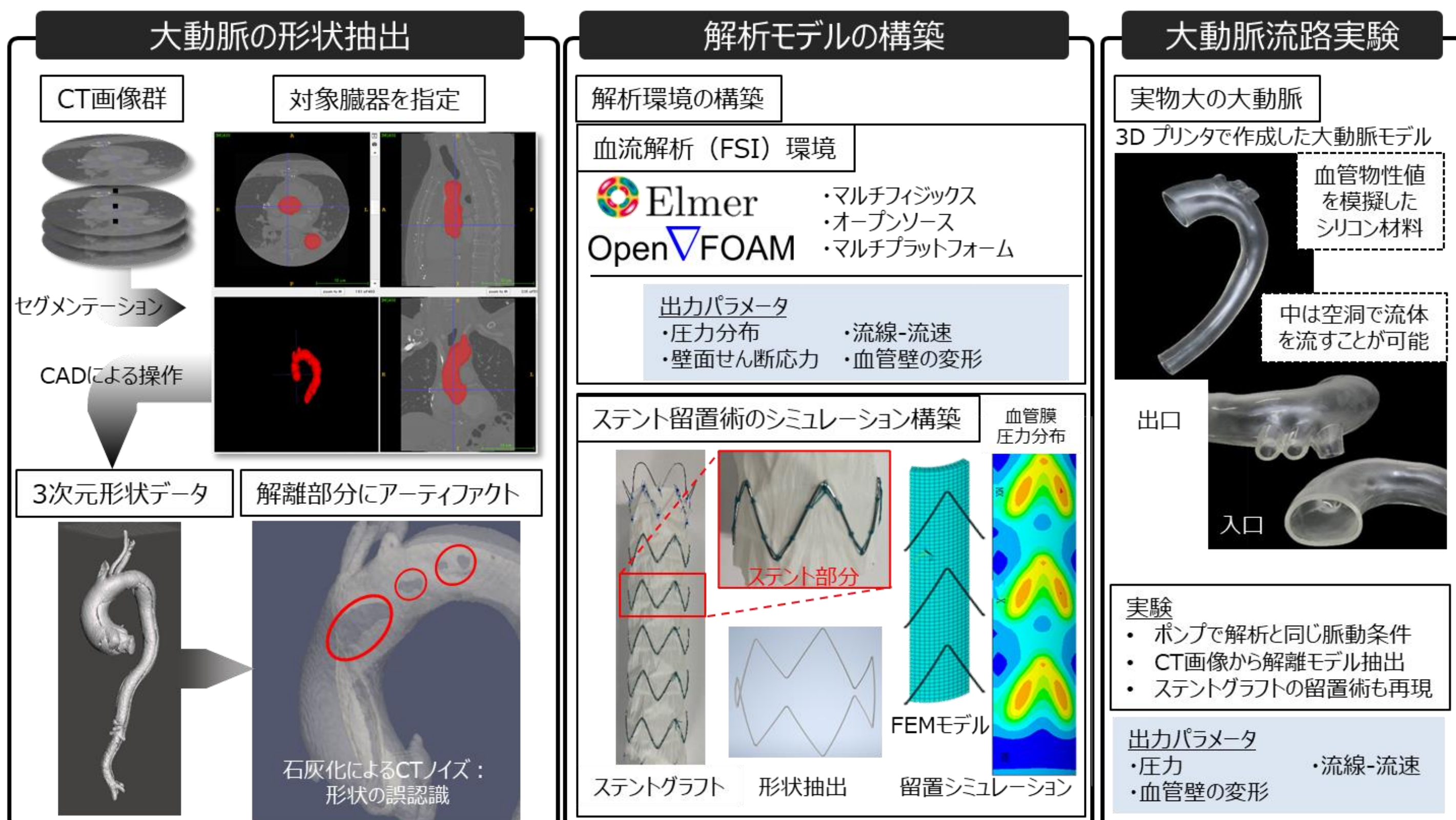
大動脈解離とは大動脈内膜表面にできた裂け目から血液が中膜に入り込み、大動脈壁が長軸方向に剥がれる疾患である。剥がれた血管壁が偽腔と呼ばれる新たな流路を形成し、大動脈のみならず体内の各部に悪影響を及ぼす。



- 目的**
- ①治療方法の一つであるステントグラフト留置術の評価手法を開発
 - ②従来の解析結果の検証を目的として実物大の大動脈モデルでの実験を実施

研究の実施方法

研究計画



研究目標 A) 大動脈の形状抽出

CT画像群から大動脈の3次元形状から抽出する。これまでは医療画像解析ソフトウェアを使用して、胸部CT画像群から大動脈血管の3次元形状抽出を行ってきた。しかし、解離した大動脈の場合真空と偽腔の流路の間には解離した血管膜（フラップ）が存在する。従来の手法ではこのflap部分を抽出した場合、小さな穴が存在する。本来のこのような穴は存在せず、血管の石灰化によりCT値が上昇し、画像にアーティファクトが現れたと考える。アーティファクトによって生じた穴は、大動脈内のFSI計算に悪影響を及ぼす（計算の発散、血管壁変位異常）事が発覚した。そこで、本申請ではこれらのアーティファクトの影響を低減するための手法を検討する。

研究目標 B) 解析モデルの構築

本申請では、これまで開発してきた解析環境（課題：jh200035-NAH, jh210029-NAH）を継続して検証・改良してゆく予定である。特に、今後のスーパーコンピュータ資源を利用した大規模化に向けて、大動脈解離モデルの形状簡略化による計算時間の短縮と計算精度のトレードオフ関係について検討する。

さらに、大動脈解離の治療に用いられるステントグラフト留置術のシミュレーションを実施する。実際のステントグラフトを工業用CT装置で撮影する。CT画像群から研究目標A)で確立した形状抽出方法を用いてステント部分の3次形状を取得する。こちらを汎用の有限解析ソフトにインポートして大動脈血管内のステントグラフト留置術を再現する

研究目標 C) 実物大の大動脈流路実験

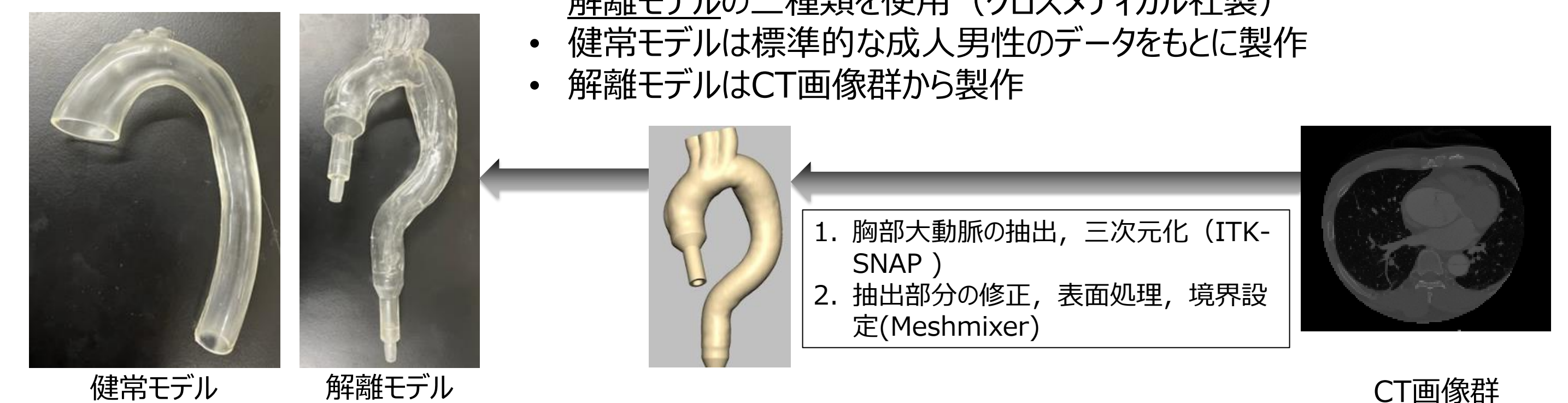
得られる大動脈内の圧力分布、血流の流線、血管壁の変位と壁面せん断応力等のパラメータの精度を検証するため、実物大の大動脈流路実験する。解析で用いた大動脈モデルと同じ形状を3Dプリンターで作成する。これを人の脈動流が再現可能な制御IC+ポンプの組み合わせに接続し、複数のセンサで流速・圧力・変位を計測する。実験の結果を解析環境にフィードバックし、計算モデル・境界条件・物性値などを改良する。

今後の展望

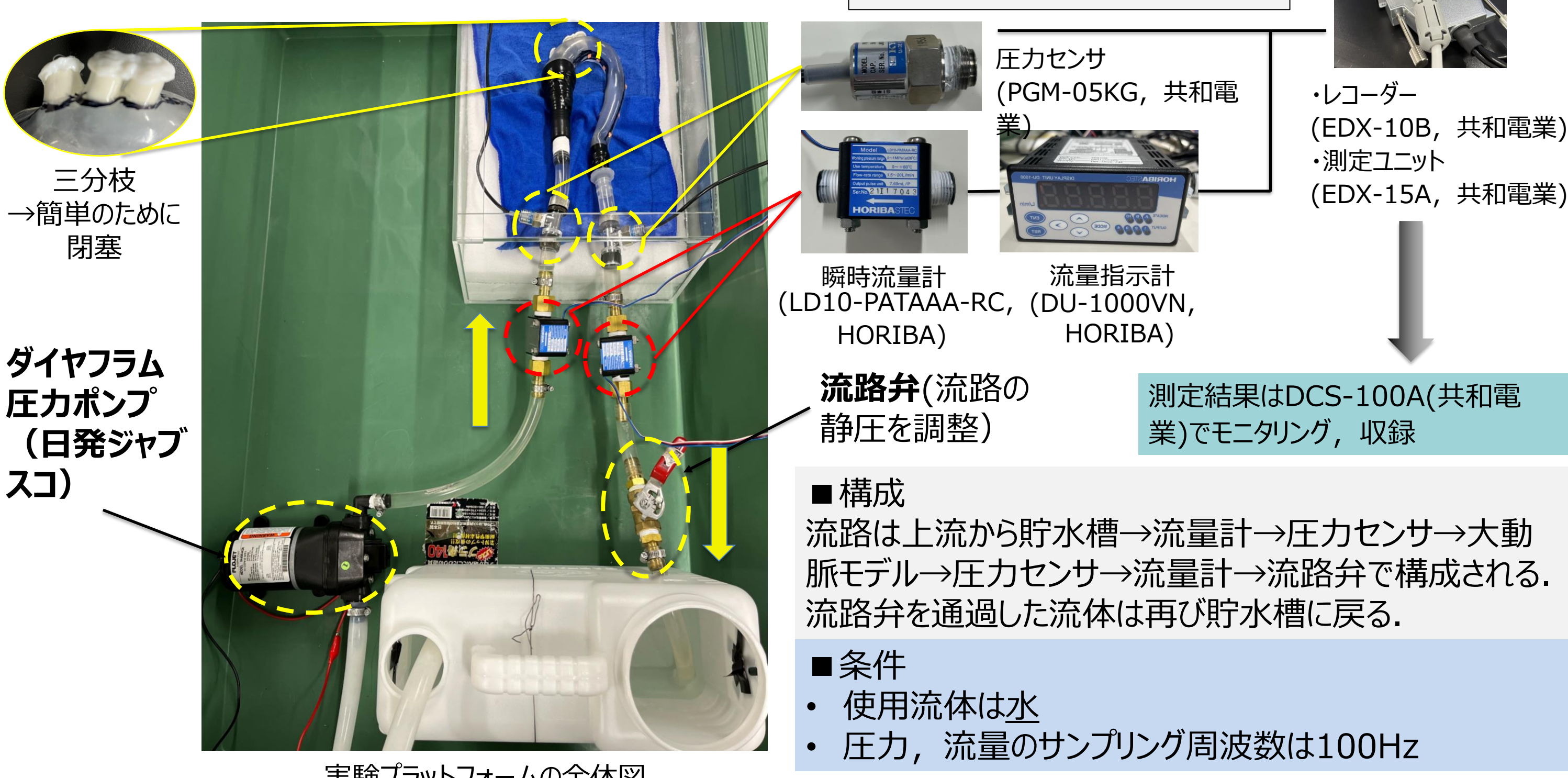
解析と実験で同じ大動脈モデルに同じ境界条件を与え、
血流パラメータ（流速、圧力、変形量）の結果の比較検証を実施

プロジェクトの準備状況

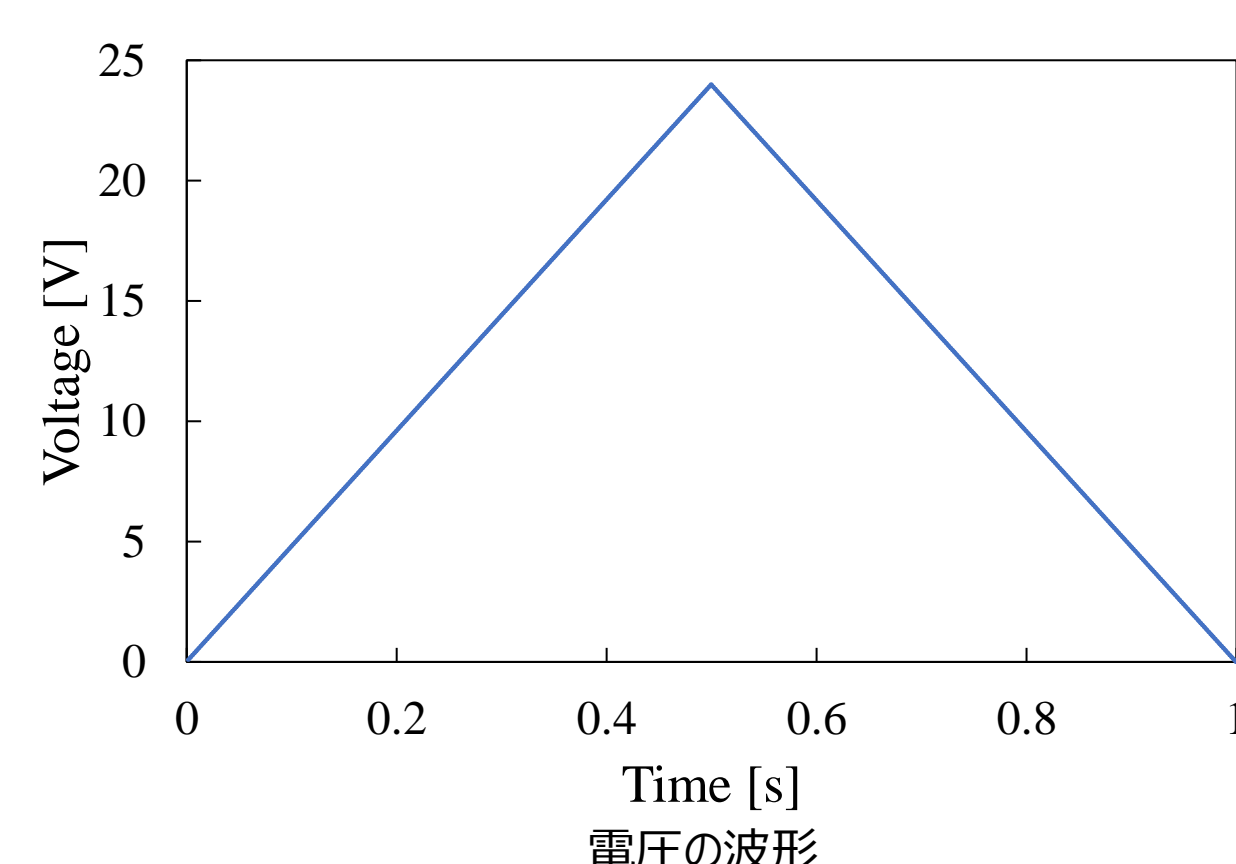
大動脈モデル



実験プラットフォームの構成

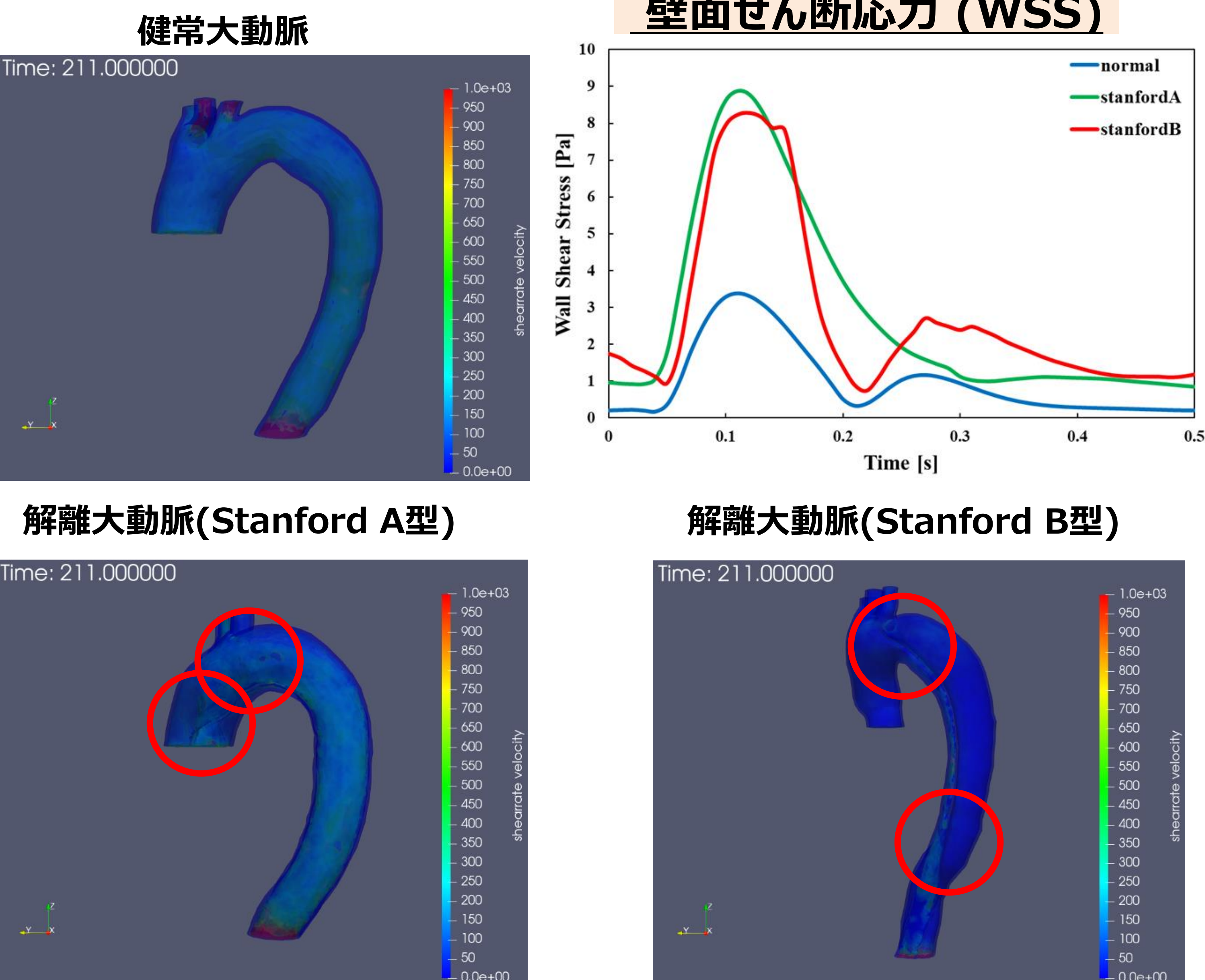


拍動流の再現



- 周期：1s
最大電圧：24V
電圧のピーク：0.5s
- 単純化した拍動流を再現
- 総合開発環境 Arduino IDE を使用
 - Arduino UNO R3基板上にプログラム
 - PWM制御の電圧波形を作成
 - PCIに接続されたArduino UNO R3とポンプ、モータードライバ、直流安定化電源を接続し、PWM制御により拍動流を再現

流体-構造連成解析



- 9 Paを超えるモデルが存在していた
- 収縮期近傍の急激なWSSの上昇が確認できた
- Flapがさらに裂け、偽腔に血液が流れ込みやすくなることにより、破裂等の危険が高まる可能性