

## 断層粒子画像流速計測法を用いた大動脈解離モデルにおける解離進展の力学的機序解明に関する基礎検討

\*1早稲田大学理工学術院総合研究所, \*2早稲田大学大学院先進理工学研究科生命理工学専攻,  
\*3早稲田大学大学院創造理工学研究科総合機械工学専攻, \*4早稲田大学大学院先進理工学研究科共同先端生命医科学専攻  
坪子 侑佑\*1, 伊佐地 康佑\*2, 許 雪童\*3, 四方田 直輝\*2, 岩崎 清隆\*1~4  
Yusuke TSUBOKO, Kousuke ISAJI, Xuotong XU, Naoki YOMODA, Kiyotaka IWASAKI

### 1. 背景・目的

慢性大動脈解離に対する低侵襲治療として普及しているステントグラフト内挿術においては、病態によっては適応やデバイス選択などの治療指針が確立しておらず、術後も偽腔拡大が進行する場合がある。我々は、流体可視化技術の応用によって偽腔拡大や偽腔破裂を引き起こす力学的因子を同定し、ステントグラフト内挿術の成績向上に資する定量情報を臨床現場へ提供することを目標としている。

本稿では、断層粒子画像流速計測 (Tomo-PIV) を用いた大動脈解離モデルの偽腔血管壁に生じるひずみ分布の可視化手法の構築について報告する。

### 2. 方法

まず、レーザー照射により発光する微小蛍光粒子 (Fluostar, EBM) を含有し、動脈血管の弾性率を模擬し偽腔・真腔の二腔構造とエントリー1つ・リエントリー2つを有する透明シリコン製のStanford B型弾性大動脈解離モデルを作製した。次に、大動脈解離モデルを4台の高速カメラ (FASTCAM Mini WX50, Photron) で撮影可能な観測窓を設けた生体の流量・圧力環境を模擬した拍動循環回路を構築した。その後、拍動数70 bpm, 大動脈圧120/80 (100) mmHg, 大動脈基部流量4.5 l/minの拍動環境下にてTomo-PIVを用いて大動脈解離モデルの撮像を行い、流体解析ソフトウェア (DaVis 10.1.2, LaVision) を用いて、各時刻における蛍光粒子の移動量分布を求めことで壁内の速度場を解析し、ひずみ分布の算出を行った。

### 3. 結果

大動脈解離モデルの偽腔血管壁は、収縮期初期において弓部大動脈近傍のエントリー付近で約0.2の最大相当ひず

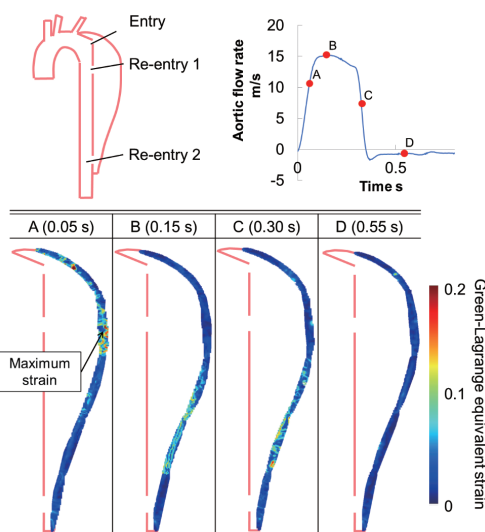


図1 断層粒子画像流速計測法による大動脈解離モデルにおける一心周期中の大動脈偽腔壁のひずみ伝搬の可視化

みを示した (図1)。また、最大流量時、収縮末期と時間経過により最大ひずみの発生位置は、腔壁の遠位側へと遷移した。これは、収縮期の偽腔への流入体積が急激に上昇することで、弓部大動脈近傍の偽腔壁に流れの衝突が発生することによりひずみ最大値が生じ、その後壁に沿って移動する衝突流によって最大ひずみの発生位置も下行側へ移動したと考えられる。

### 4. まとめ・独創性

本研究では、流れの可視化に用いられる粒子画像流速計測法を応用し、蛍光粒子を壁内部に添加したヒト病態を模擬可能なモデル血管作製技術を確立することによって、大動脈解離モデルにおけるひずみ分布を計測するための実験系を開発した。Tomo-PIVを用いた大動脈解離モデル偽腔壁のひずみ分布の計測から、収縮期のエントリーから偽腔への流入によって偽腔血管壁に高いひずみが生じ、下行側へと伝播していく現象を初めて実験的に明らかにした。

本稿のすべての著者には規定されたCOIはない。

#### ■ 著者連絡先

早稲田大学理工学術院総合研究所  
〒162-8480 東京都新宿区若松町2-2 東京女子医科大学・早稲田大学連携先端生命医科学研究教育施設 03-C204  
E-mail. tsuboko@aoni.waseda.jp