

胸部大動脈の形状と血流の関係

Relation between geometry and flow in the thoracic aorta

- 土井純, 岡山大環境, 岡山県岡山市北区津島中 3-1-1, E-mail: ev422113@s.okayama-u.ac.jp
 水藤寛, 岡山大環境, 岡山県岡山市北区津島中 3-1-1, E-mail: suito@okayama-u.ac.jp
 滝沢研二, 早大理工, 東京都新宿区大久保 3-4-1, E-mail: Kenji.Takizawa@tafsm.org
 Jun Doi, Graduate school of environmental and life science, Okayama Univ., Okayama, 700-8530
 Hiroshi Suito, Graduate school of environmental and life science, Okayama Univ., Okayama, 700-8530
 Kenji Takizawa, Faculty of science and engineering, Waseda Univ., Tokyo, 169-0072

This paper presents a computational approach to the blood flow analysis related to abdominal aortic aneurysms. In order to understand the mechanisms describing the formation and development of aortic aneurysms, it is important to estimate where and how much wall shear stress works on blood vessels. We consider a number of patient-specific models of the aorta as constructed from CT scans. Navier–Stokes equations are solved with the Deforming-Spatial-Domain/Stabilized Space–Time (DSD/SST) method and its Variational Multiscale (VMS) version.

1. はじめに

大動脈は、心臓から送りだされた血液が最初に通る人体中で最も大きな血管である。大動脈における血流は、大動脈の一部が瘤のように膨らむ大動脈瘤や、大動脈の壁に亀裂が入り、内壁が剥離してしまう大動脈解離などの、生命に危険をもたらす疾患と関連していると言われている。しかし、大動脈の形状は個人差が大きく、血流は血管形状に依存しているため、血流とこれらの疾患との関係性は十分に明らかになっていない。また、その要因の一つとして、実験を通して血管内における血流の様相を把握することが困難である点も挙げられる。

本研究では、胸部大動脈を対象とし、血管形状の個人差が血流場に対してどのような違いをもたらすか、それが壁面応力などの分布に対してどのように影響するのかを調べることを目的とした。

2. 計算手法

数値計算手法としては、Tezduyar, 滝沢らによって開発された、Deforming-Spatial-Domain/Stabilized Space–Time (DSD/SST) 法¹⁾及び Variational Multiscale (VMS) 法³⁾を用いている。医療画像から得られた形状データを用い、四面体によって計算領域を分割している。生成したメッシュの例を Fig. 1 に示す。

流体構造連成の手法としては、Sequentially-Coupled Arterial FSI 法²⁾を用いている。これは、実測等によって得られた圧力変化からあらかじめ血管壁の運動を計算し、それを用いて流体の運動を求めるものである。

境界条件を Table. 1 に示す。また、境界番号を Fig. 2 に示す。

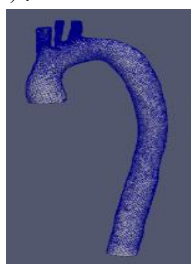


Fig. 1 Geometry of thoracic aorta.

名称	境界番号	境界条件
壁面	Γ_1	固定壁
流入口	Γ_2	速度データ
流出口	$\Gamma_4, \Gamma_5, \Gamma_6$	速度データ
流出口	Γ_3	自由流出

Table. 1 Boundary condition.

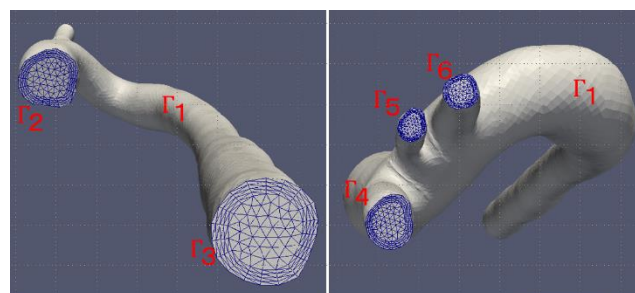


Fig. 2 Boundaries

3. 計算結果

計算結果の一例を Fig. 3, Fig. 4 に示す。Fig. 3 の矢印は速度ベクトルを、Fig. 4 は壁面応力をそれぞれ表している。また、壁面応力の値と速度ベクトルの絶対値は、青色から赤色にかけて大きくなっている。

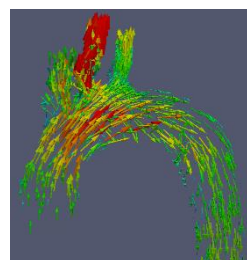


Fig. 3 Velocity vectors.

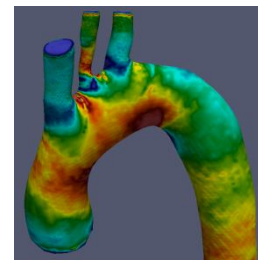


Fig. 4 Wall shear stress.

参考文献

- (1) T. E. Tezduyar, "Stabilized Finite Element Formulations for Incompressible Flow Computations", Computational Mechanics, Vol. 28, (1992), pp. 1–44.
- (2) T. E. Tezduyar, K. Takizawa, C. Mooran, S. Wright and J. Christopher, "Multiscale Sequentially-coupled Arterial FSI Technique", Computational Mechanics, Vol. 46, (2010), 17–29.
- (3) K. Takizawa and T.E. Tezduyar, "Multiscale space–time fluid–structure interaction techniques", Computational Mechanics, Vol. 248, No. 3, (2011), pp. 247–267.