

標準化モデルによる医療診断の効率化と 精度改善のノイズ処理開発

機械・エンジニアリング

SATテクノロジー・ショーケース2024

■ はじめに

高血圧などの血流刺激が原因でプラークが生成し、血管内腔に狭窄が生じることが知られている[1]。この疾患は血流阻害やプラークを覆う内皮破裂(被膜破裂)によって、脳梗塞になることが問題となっている。近年、血液循環と血管壁との相互作用について、高い壁面せん断応力が被膜破裂の危険性を増加させることが明らかになり[1]、その発生位置を予測するために数値流体力学(Computational Fluid Dynamics : CFD)が用いられている[2]。例えば手術前後の形状に対してCFDを行い、壁面せん断応力の変化を評価することで手術の有効性を示す研究がなされている[2]。対象の病変形状は、形状のばらつきや血圧状態などの影響が大きいため、これらの研究は時間的・技術的コストの大きな詳細解析が行われる。加えて、一般的にCFDに用いられる医療画像は、CFDの精度の観点から、高解像度のものであるため、撮影時間が長くなる。その結果、CFDによる医療診断は一部の研究機関と連携した病院での活用にとどまっている。

そこで本研究では、短時間でスクリーニング検査ができるシステム開発のために、標準化モデルを作製し、個々人の壁面せん断応力の予測方法とその精度検証を行う。また、健康診断で撮影される低解像度医療画像の活用に向けて、低解像度医療画像のノイズを小さくするスムージング手法の開発を行う。

■ 活動内容

1. 医療診断に向けた標準化モデルの確立と定量化手法の提案

● 正常な頸動脈から作成した標準化モデルと頸動脈形状のばらつき取得

国際共同研究先の医学部附属病院(インド)で取得した120名の医療画像(正常:100名, 狭窄:20名)から形状を抽出する。また直径や分岐角度などの形状特性量を測定後、標準偏差に基づく分析により外れ値を除き、頸動脈での形状特性量のばらつきを取得する。さらに正常な頸動脈のみを平均化し、標準化モデルを作製する。

● CFDによる形状の変化が壁面せん断応力に及ぼす影響の検討

標準化モデルを形状特性量に応じて変形させたモデルでのCFDを行い、形状の変化が壁面せん断応力に及ぼす影響、すなわち感度を取得する。

2. 空間微分精度向上に向けた低解像度の医療画像用スムージング手法の開発

● 低解像度の医療画像用スムージング手法の開発

低解像度の医療画像から作成した形状は、座標点数が少ないため、Spline補間によって形状の座標点数を増やす。そして、その座標点に対して、標準偏差に基づいたノイズフィルタリング処理を適用することによって、スムージングに伴う形状変化や低解像度の医療画像による表面粗さが原因となるCFDの精度低下を抑える手法を開発した。

● 開発したスムージング手法の評価結果

スムージング手法の評価としては、断面積の変化、表面粗さ、CFDでの圧力損失・壁面せん断応力について評価した。開発したスムージングは、従来手法に比べると、断面積変化が小さい状態で、表面粗さを改善することがわかった。これによって、スムージングによる形状変化がCFDの精度を低下させる従来手法の問題を改善した。さらに、低解像度の医療画像のノイズを効率的に除くことができた。一方で、開発したスムージングを同形状に適用した前後でのCFD解析を比較すると、圧力損失が45Pa程度変化することがわかった。壁面せん断応力の確率密度分布を評価することで、この解析結果の変化は、そのほとんどが低い壁面せん断応力に影響を及ぼしていることがわかった。

■ 今後の展望

従来手法の詳細解析では、1セットの医療画像から複数部位の医療診断は不可能であったが、本研究を拡張することで、撮影領域が広範な健康診断の医療画像ひとつで、血管、気道、臓器などの医療診断を同時に可能としていく。

■ 参考文献

[1] Mondy J. S., et al., Platelet-Derived Growth Factor Ligand and Receptor Expression in Response to Altered Blood Flow In Vivo, *Circulation Research*, Vol.81, No.3, pp. 320-327 (1997).

[2] Dai Yuanyuan, et al., Hemodynamic analysis of carotid artery after endarterectomy: a preliminary and quantitative imaging study based on computational fluid dynamics and magnetic resonance angiography, *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, Vol.8, No.4, pp.399-409 (2018).

代表発表者 柳田 佳輝(やなぎた よしき)
所 属 九州工業大学大学院 生命体工学研究科
生命体工学専攻
問合せ先 〒808-0135 福岡県北九州市若松区ひびきの2-4
yanagita.yoshiki267@mail.kyutech.jp

■キーワード: (1)数値流体力学解析
(2)人体形状の3Dモデリング
(3)メディカルイメージング

■共同研究者: Abhilash H.N,
Khader S.M Abdul,
Pai Raghuvir,
玉川 雅章