

Ultrasonic Measurement of Luminal Surface Roughness of Carotid Artery with Spatial High-pass Filter for Removal of Axial Displacement Caused by Blood Pulsation

M23海自48

派遣先 IEEE International Ultrasonics Symposium
(カナダ・モントリオール)

期間 2023年8月31日～2023年9月10日(11日間)

申請者 東北大学 大学院医工学研究科 博士課程前期2年 山根 綾 太

海外における研究活動状況

研究目的

家兎の頸動脈の血流を著しく増加させた実験において、血管の拡張に伴い内弾性版が断裂し、その結果頸動脈内腔表面に高さ数 μm の粗さが発生したことが報告されている。さらに、この表面粗さの発生後、血流を減少させると血管径の収縮の代償機構として血管壁が肥厚することが報告されている。そのため、表面粗さの発生は頸動脈壁肥厚の第一段階だと考えられており、本研究では超音波でこの表面粗さを計測することで動脈硬化症の極早期診断に貢献することを目的としている。

海外における研究活動報告

1. 会議について

申請者は、2023年9月4日から9月8日にかけてカナダ・モントリオールにて開催されたIEEE International Ultrasonics Symposium (IUS) 2023に参加した。IUSは超音波分野の重要な国際会議であり、50年以上の歴史を有する。申請者は、本学会の初日に研究成果をポスター発表した。世界中から集まった研究者や、普段かかわりのないハードウェアを専門とする研究者と

議論することで、国内学会では得られない質問やアドバイスを頂くことが出来た。さらに、著名な研究者の研究発表や講演を聞き情報を収集することが出来た。これらの経験により、今後の研究が加速していくことが期待される。

2. 発表内容について

動脈硬化症の極早期診断は、血管変性の予防に対して大変有効である。動脈硬化症の極早期段階において、内弾性板の損傷によって、血管内腔面が粗くなることが報告されている。そこで、本研究グループでは、動脈硬化症の早期診断を目指し、頸動脈におけるミクロンオーダーの内腔表面形状を超音波計測する手法を開発してきた。通常、超音波の深さ方向の空間分解能は超音波の波長に依存し、頸動脈計測用のプローブでは200～150 μm であるが、頸動脈内腔表面粗さの血管長軸上の位置ごとの違いによる受信RF信号の位相変化を検出すれば、空間分解能をサブミクロンオーダーまで向上できる。しかし、超音波プローブと動脈壁間の脂肪などの組織は、音速が場所によって不均一であるため、超音波ビームの走査では、動脈内膜の表面粗さの高精度な計測はできない。そこで、心臓の収縮に伴い動脈壁が周囲

の組織とは独立して動脈の血管長軸方向に移動する特性を本課題解決に応用することで、超音波ビームを走査せず血管内腔の表面粗さをサブミクロンオーダーの高精度で計測することが可能である。一方で、心臓の収縮に伴い動脈壁は血管径の方向にも変位する。そのため、受信RF信号の位相は、表面粗さだけでなく、拍動による動脈壁の血管径の方向への変位(拍動成分)によっても変化する。したがって、受信RF信号の位相変化のうち、拍動成分を除去する必要がある。申請者は、表面粗さと拍動成分の血管長軸方向の空間周波数帯域の違いに着目し、拍動成分の除去に空間的なハイパスフィルタを導入することで、高精度に拍動成分を除去する手法を提案した。この手法を用いて20代健常者の頸動脈内腔表面粗さを2心拍連続で計測した結果、数 μm の高さを持つ表面粗さが計測され、2心拍間で高い再現性を得ることが出来た。

上記の発表に関して、ヒト頸動脈における内腔表面粗さ計測結果の計測精度に関する質

問を多くいただいた。本研究においても、表面に高さ $10\mu\text{m}$ の鋸歯状形状を10本もつシリコンファントムを用いて精度検証を行ったが、動脈硬化症の極早期段階を対象としている本研究においてヒト頸動脈内腔の表面粗さの真値を知ることが出来ないため、他の方法で生体内計測においても高精度に表面の粗さを計測できていることを示すことが今後の課題である。

3. 謝辞

今回の国際学会に参加するにあたり、ご援助をいただきました村田学術振興財団に、この場をお借りし深く感謝申し上げます。

この派遣の研究成果等を発表した 著書、論文、報告書の書名・講演題目

Ryota Yamane, Shohei Mori, Mototaka Arakawa, Jens E. Wilhelm and Hiroshi Kanai, "Ultrasonic measurement of carotid luminal surface roughness with removal of axial displacement caused by blood pulsation", Jpn. J. Appl. Phys. 62, SJ1042 (2023).