

動脈硬化症の極早期診断を目指した頸動脈内腔表面粗さの超音波高精度計測法の開発

[1] 組織

代表者：山根 綾太
 (東北大学大学院医工学研究科)
 対応者：山家 智之
 (東北大学加齢医学研究所)
 分担者：
 森 翔平 (東北大学大学院工学研究科)
 荒川 元孝 (東北大学大学院医工学研究科)
 金井 浩 (東北大学大学院医工学研究科)

研究費：物件費 13 万円

[2] 研究経過

家兎を用いた実験において、頸動脈内腔表面が高血圧にさらされることで高さ数 μm 程度の粗さが発生することが報告されており、これは頸動脈壁肥厚の最初のステップであると考えられている。本研究グループでは、動脈硬化症の極早期診断を目標に、頸動脈内腔表面に発生する微小な粗さを超音波計測する手法を開発している。プローブから頸動脈前壁までの音速不均一領域の影響により、一般的な B モード像上では高さ数 μm の表面粗さは高精度に計測できない。そこで、本手法では拍動により頸動脈壁が血管長軸方向に動くことで超音波ビーム直下の頸動脈内腔表面の血管長軸位置が変化することを利用し、音速不均一領域の影響を受けずに表面粗さを計測する。図 1 に本手法の概念図を示す。頸動脈内腔表面の血管長軸位置ごとの高さの違いにより発生する血管径方向変位と、頸動脈後壁の血管長軸方向変位を組み合わせることで表面粗さを計測する。頸動脈壁は拍動により血管径方向にも動くが、この拍動成分と表面粗さ成分の血管長軸方向の空間周波数帯域の違いを利用し、計測した血管径方向変位に対し血管長軸方向に空間ハイパスフィルタを畳み込むことで拍動成分を除去し、表面粗さを計測する。

本手法により、20 代健常男性のヒト右総頸動脈を対象とした *in vivo* 計測を 2 心周期連続で行った結果を図 2 に示す。高さ数 μm の表面粗さが拍間で再現性良く計測出来た。しかし、ヒト頸動脈内腔表面粗さの真値が不明であるため、頸動脈内腔表面粗さの計測結果の精度評価ができないという課題がある。そのため、受け入れ教員である山家智之教授にご協

力いただき、ヤギの頸動脈を用いて現在開発している手法の精度評価を行う。具体的な実験計画を以下に記す。超音波リニアプローブを用いて、全身麻酔下のヤギ頸動脈内腔表面粗さの *in vivo* 計測を行う。その後、ヤギのエンドポイント後に頸動脈を摘出し、*in vivo* 計測位置と同位置の病理標本を作製する。病理標本の顕微鏡画像から表面粗さを計測する。*in vivo* 計測から求めた表面粗さと病理標本から求めた表面粗さを比較することで開発した手法の計測精度を評価する。

1 月 25 日に白石先生のご協力の元、ヤギ総頸動脈の摘出を行った。その後、医学系研究科共通機器管理室のご協力の元、組織切片の作製と顕微鏡像の観察を行った。

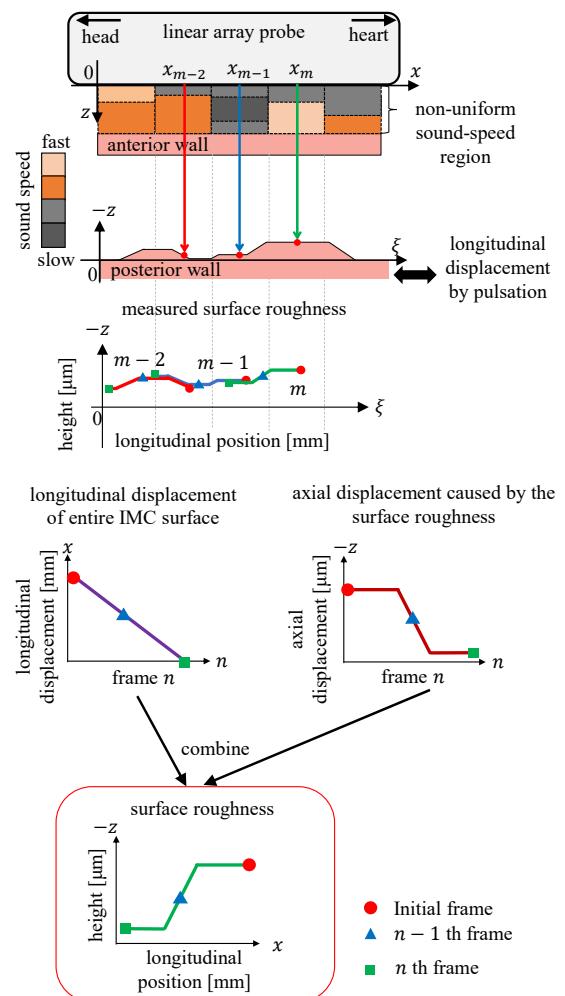


図 1 表面粗さ計測の概念図

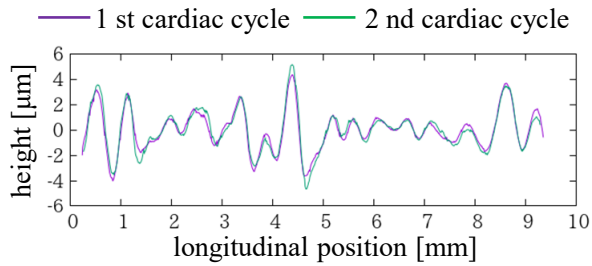


図 2 本手法によるヒト総頸動脈内腔表面の超音波 *in vivo* 計測結果

[3] 成果

(3-1) 研究成果

図 3 にヤギ総頸動脈内腔表面の顕微鏡像を示す。当該共同研究により、健常ヤギ総頸動脈長軸断面の顕微鏡像から、内腔表面に高さ十数 μm 程度の粗さがあることが確認できた。しかし、拍動によりヤギ頸動脈が血管長軸方向に十分に動かなかったことから、本手法によるヤギ頸動脈内腔表面粗さの計測できなかつた。そのため、本動物実験により本手法の計測精度の検証は困難であった。

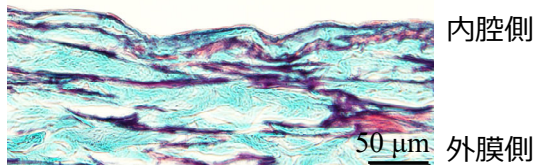


図 3 ヤギ総頸動脈内腔表面の顕微鏡像

(3-2) 波及効果と発展性など

本技術は、頸動脈壁に肥厚が生じる前の段階で、極早期に動脈硬化症を診断するための技術である。超音波診断装置は、CT や MRI などの装置と比べて非侵襲、低コスト、小型な装置であり、使用場所を選ばず繰り返し診断が可能である。そのため、健診などによる、極早期の動脈硬化症診断や、未病状態での動脈硬化症のリスク診断への貢献が期待される。動脈硬化症の予防・治療には生活習慣の改善が重要であり、極早期に動脈硬化症のリスクを検出することで、患者に対して早い段階から生活習慣改善への行動変容を促すことが可能になる。また、繰り返し使用可能な超音波診断の特徴を活かし、定期的な超音波検査で患者本人に頸動脈の粗さが改善していくようすを実感してもらうことで、患者の治療に対するモチベーション維持への貢献も期待される。

これまでの、ヒト *in vivo* では真値が不明であることから、真値が分かる生体模擬ファントムにより、本手法の各解析条件の設計を行っていた。当該共同研究による動物実験に基づき、より臨床に近い条件

で各解析条件を最適化することにより、臨床での実用に耐えうる計測法の開発が期待される。

[4] 成果資料

(1) 山根綾太, 森 翔平, 荒川元孝, 金井 浩: “頸動脈内腔表面粗さの超音波 *in vivo* 計測結果の空間周波数解析” 日本音響学会 2023 年春季研究発表会。