

管状組織の中心線に対する法線に基づいた管径可視化手法の提案

上田 満[†] 近藤 真史^{††} 茅野 功^{††} 瀬島 吉裕[†] 杉原 雄策^{†††} 松本 和幸^{†††} 佐藤 洋一郎[†]
[†]岡山県立大学 情報工学部 ^{††}川崎医療福祉大学 医療技術学部 ^{†††}岡山大学病院 消化器内科

1. はじめに

消化器系に代表される管状組織を対象とした画像診断では、その管径や狭窄率が重要な所見となるが、医師の主観的な評価を以って行われている^[1]。この問題に対して筆者らは、画像処理により管径を自動算出し、さらにその長短に応じた疑似カラーを割り当てることで客観的な評価を可能としている。本稿では、細線化により管の中心線を導出し、その接線と法線を利用した高速・高精度な管径可視化手法を提案する。

2. 既存の管径可視化手法とその問題点

医用画像における管状組織像は三次元情報を有していないが、管を円筒形と仮定すればその直径を以って管径を算出できる。これに基づいた管径算出法を図1(a)に示し、可視化に至るまでの手順を以下に記す。

- (手順1) 複数の角度 θ について探索線を求める。
- (手順2) 注目画素から探索線に沿って走査し、管壁に到達するまでの線分長を求める。
- (手順3) 手順2で求めた線分の中から最小の線分をその注目画素における管径とする。
- (手順4) 管径をグレースケール値(0~255)に正規化し、RGB それぞれに対応した排他的な \sin 曲線で疑似カラーを割り当てる。

上記手順を管状組織像の全画素に施すことにより管径の可視化画像を得ることができるが、演算負荷が高く、多大な解析時間を要する。そこで筆者らは、細線化により管の中心線を導出した上で、その線上の画素(以下、細線化画素)に対して手順1~4を適用することで解析時間の短縮を図っている^[2]。しかしこの手法では、あくまで最小の線分を管径とみなすため、管の形状に沿った管径(図1(a)赤破線)を導出できないという問題がある。

3. 細線化画素に対する法線に基づいた管径算出法

上述の細線化により管の形状に沿った中心線は導出済みであり、管の連続性を勘案すると各細線化画素に対応する管径は中心線に直交するものと考えられる。そこで本研究では、中心線上の細線化画素に直交する

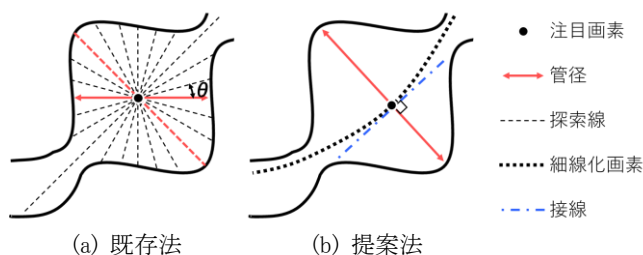


図1. 管径の算出法

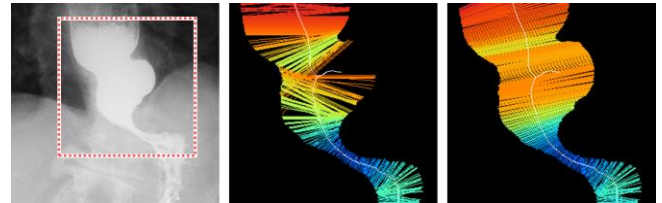


図2. 管径の可視化結果

直線、すなわち法線を基に管径を算出することにより、管の形状に沿った管径の可視化を実現する(図1(b))。

一般的に管状組織は蛇行していることから、その中心線は高次関数で表現し得るが、その導出に係る演算量が膨大となる。これについて本研究では、二次の最小二乗法により中心線を局所的な近似曲線の集合とみなし、それを基に各細線化画素に対応した法線を導出する方針を採る。具体的には、中心線上の任意の細線化画素について、その前後に連続する n 個の細線化画素を対象として最小二乗法を適用し、二次の近似曲線 $f(x)=ax^2+bx+c$ ($a\sim c$ は近似係数)を得る。さらに画像上における細線化画素の座標を (i,j) とすると、 $f(x)$ に対する接線の傾き m は $f(x)$ を微分した $m=2ai+b$ として得られる。したがって、これに対する法線の角度 $\theta'=\tan^{-1}(-1/m)$ を以って手順2と同様に管径の長さを求めればよい。

4. 実装と評価

以上に基づいた管径の算出・可視化手法の適用例として、食道 X 線造影画像に対する解析結果を図2に示す。なお、管状組織内に示した白線は細線化を経て得られた中心線である。まず、(b)の既存法^[2]では管の凹凸に起因して管径が急激に変動しているのに対して、(c)の提案法では管の形状に沿って適切に管径が可視化されていることを見て取れる。また、既存法および提案法における管径算出時間はそれぞれ 323ms および 205ms であり、解析時間の面でも提案法の有効性を確認している(解析環境:Core i7 4770, DDR3 16GB)。

5. まとめ

本稿では、管の中心線とそれに対する法線を利用することにより、管の形状に沿った管径の可視化を実現するとともに、解析時間を約 36%短縮できることを示した。

参考文献

- [1] 石原立, 他, “表在食道癌の拡大内視鏡診断,” 日本消化器内視鏡学会雑誌, Vol.56, No.11, pp.3818-3826(Nov. 2014)
- [2] 上田満, 近藤真史, 他, “管状組織を有する医用画像における管径可視化手法の高速化・高精度化,” 第20回IEEE広島支部学生シンポジウム, pp.277-280 (Nov. 2018)