

眼底画像における血管部分の輪郭抽出法の研究

北海道大学大学院 ○武石 峰英、三田村 好矩
筑波大学 盛凱、片岸一起、寅市和男

要旨

本研究では高精細・スケーラブルな画像圧縮を実現する前段階として輪郭抽出法について検討した。対象は医学領域でも特に高精細さが求められる眼底画像である。提案手法は単一閾値処理による抽出精度の低さを改善するため、局所的に閾値を決定している。従来手法の中で最も精度の高い Sobel Filter と提案手法の結果の比較を行ったところ、コントラストの悪い部分においても提案手法は血管を抽出可能であることが確認できた。既存手法より精度の高い輪郭抽出法の提案ができた。

1. 背景

近年の通信システムの飛躍的な発達を背景にいわゆる遠隔医療が試みられてきた。実用化に向けて様々な取り組みがなされ検討されつつあるが、技術的課題は数多く残されている。特に各医療分野における医療画像に適した圧縮アルゴリズムの開発の遅れが大きな問題となっている[1]。そこで本研究では、従来技術より高精細な眼科画像圧縮法の開発をテーマとしている。我々が対象としているのは眼科領域の中でも、診断時に特に高精細さが求められる眼底画像である。一般に画像圧縮の形式には、DCT変換やウェーブレット変換を利用したものが多いが、これらは圧縮率を大きくした場合、ブロックノイズやぼやけによる画像の劣化が目立つ。そこで、本研究では高精細で、スケーラブルな画像圧縮を実現するため、関数近似を用いた圧縮法を考え、前段階として眼底画像(600×705 pixel, RGB, 24bit color)(Fig.1)の輪郭抽出法について検討した。

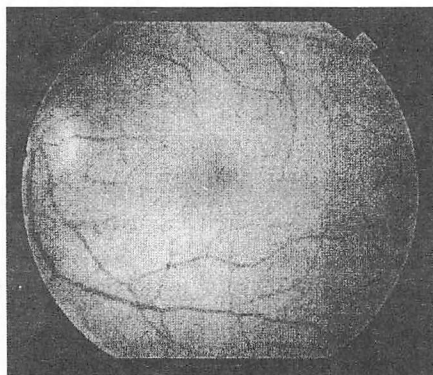


Fig.1 Fundus Photograph

2. 提案する輪郭抽出法

本研究では、従来手法による単一閾値処理の問題を解決するための輪郭抽出手法を提案している。

初めに原画像を正方形で区切られる小ブロックの集合に分割し、各ブロック毎に2値化処理を行う。小ブロックの大きさは画像によって最適な大きさが存在する、本研究では12×12pixelとしている。

小ブロック毎の2値化処理は次のように行った。まず、対象のブロックが血管部分を含むかどうか判別する。判別式にはブロック内の画素の最大値と最小値の差を用い、閾値14以上であれば血管部分を含むと判定している。これは、既存のフィルタで抽出不可能だった部分における血管と血管以外の部分の濃度値の変化に基づいて決定している。その後、血管を含まないと判定されたブロックに対しては、ブロック全体を白とする。血管を含むと判定されたブロックに対しては、2値化処理を行う。ここで、2値化の際の閾値を各ブロック毎の画素の平均値とすることで、従来手法で問題視されていた単一の閾値処理の問題を解決している。また2値化処理後は孤立点のノイズ除去処理を行っている。

3. 処理結果

Fig.2 に従来手法で最も精度の高かった Sobel Filter の処理結果を、Fig.3 に提案手法の処理結果をそれぞれ示した

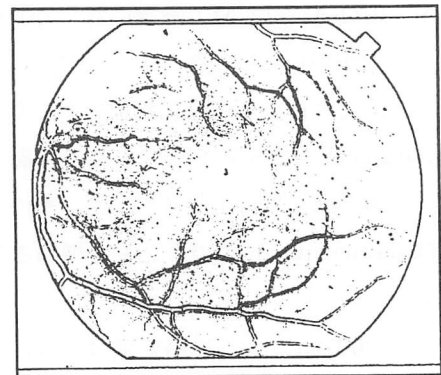


Fig.2 Result of Sobel Filter

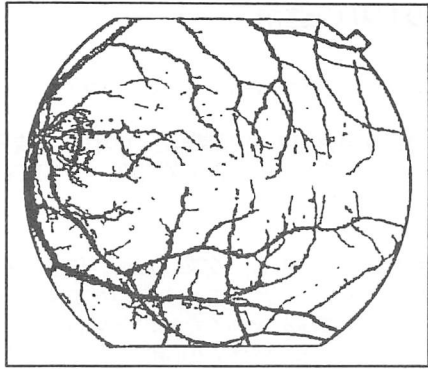


Fig.3 Result of Proposed Edge Extraction Method

提案手法では、SobelFilter で検出できなかったコントラストの悪い領域においても血管部分が精度よく抽出されているのが確認できる。また、ノイズも孤立点除去処理によって低減されているのが確認できる。

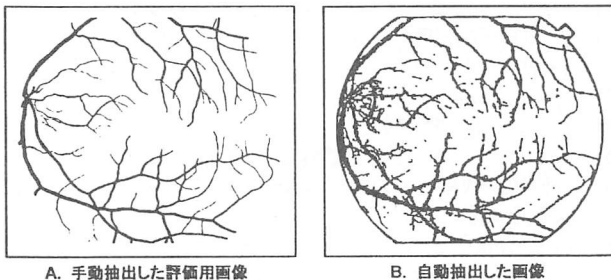
4. 抽出精度の評価

血管の抽出精度、ノイズの除去精度の評価値として TruePositiveRate、FalsePositiveRate を下の式のように定義した。本手法は A.Hoover らが[2]で定義した評価値を参考にしている。

$$\text{TruePositiveRate} = \frac{\sum_n (a_n \cap b_n)}{\sum_n a_n}$$

$$\text{FalsePositiveRate} = \frac{\sum_n \{(a_n \cup b_n) - a_n\}}{\sum_n a_n}$$

ここで a_n は Fig.4 の評価用画像 A の有意画素数を出力する、 b_n は自動抽出した画像 B の有意画素数を出力する。



a_n : Aの中で黒ならば1、白ならば0を出力
 b_n : Bの中で黒ならば1、白ならば0を出力

Fig.4 Image for Evaluation

Table 1 に SobelFilter と提案手法による評価値の結果とそれぞれにノイズ除去処理を行った評価値の結果を Table 1 に示す。TruePositiveRate は提案手法のほうが Sobel Filter に比べて高く、また FalsePositiveRate は提案手法のほうが Sobel Filter より低い。これより、血管の抽出・ノイズの除去の点において、提案手法の方が従来手法の Sobel Filter に比べより精度が高いといえる。

Table 1 Result of TruePositiveRate and FalsePositiveRate of Proposed Method and Sobel Filter

	TruePositive Rate	FalsePositive Rate
提案手法	0.96	0.15
提案手法+ノイズ除去	0.92	0.09
Sobel Filter	0.66	0.27
Sobel Filter+ ノイズ除去	0.59	0.11

5. 考察

今回は、関数近似による圧縮法の開発の前段階として輪郭抽出法を提案した。その結果、小ブロック毎に閾値を決定し、2値化を行うことにより、従来手法では抽出できなかったコントラストの悪い領域においても血管部分を抽出可能であることが確認できた。さらに孤立点除去処理をプログラムに付加することで、従来手法で目立っていたノイズを大幅に除去できた。

また、本研究では、遠隔医療を対象としているため、リアルタイム性を保証する必要がある。そのため、画像圧縮の処理一つ一つの処理時間がかかってはならない。本研究で提案した輪郭抽出法と Sobel Filter の処理速度はそれぞれ 0.39 秒、0.28 秒であった。静止画の伝送であれば処理時間が 1 秒で理論的にはリアルタイム性が確保されるが、動画の伝送であれば、30 フレーム/秒を想定した場合、1 画像に対し、約 0.03 秒の処理時間しか持つことができない。このことから、動画に提案手法を適用するためにさらに処理時間の短縮が望まれる。具体的には、プログラムの最適化、並列処理などによる処理時間の短縮を検討している。

6. 結論

眼底画像の血管部分を高精細に抽出する輪郭抽出法の開発により、高精細・スケーラブルな関数近似による圧縮法の眼底画像への適用可能性が示唆された。本研究の一部は総務省の「戦略的情報通信研究開発推進制度」の「超解像度医療画像の記述・配信・提示技術の研究開発」(代表者: 寅市和男)の援助を受けた。

参考文献

- [1] 高臨場感眼科医療画像伝送技術の研究開発成果報告書、TAO、Mar,2002
- [2] A.Hoover, V.Kouznetsova, M.Goldbaum, Locating blood vessels in retinal images by piece-wise threshold probing of a matched filter response, Proc AMIA Symp 1998,pp 931-935