

三次元医用画像に対する肺領域抽出への Watershed 法の実用

城戸 英彰[†] 金子 邦彦^{††} 牧之内 顕文^{†††}

九州大学大学院システム生命科学府[†]

九州大学大学院システム情報科学研究院知能システム学部門^{††}

久留米工業大学工学部情報ネットワーク工学科^{†††}

要旨

三次元医用画像に watershed 法を利用して領域を抽出する事が研究されている[1][2]. 本稿では National Library of Medicine が提供する Visible Human Project の男性凍結死体スライスカラー画像の胸部部分から, watershed 法を利用して左肺領域を抽出した. 文献[1]及び[2]では watershed 法の入力として勾配強度画像(gradient magnitude)を与えている. 本稿で報告する手法でも watershed 法の入力には勾配強度画像をとる. 勾配強度画像を求める為に平滑化フィルタ 5 種とエッジ抽出用のフィルタ 5 種(勾配強度を求める 4 種のフィルタ及び勾配強度に準ずる量を求める 1 つのフィルタ)の中から 1 つずつ選び組み合わせたのでその結果を報告する.

1. 初めに

本稿では National Library of Medicine が提供する Visible Human Project の男性凍結死体スライスカラー画像の左胸部部分(サイズは 450 × 640 × 250)から左肺領域を watershed 法を利用し抽出する. Watershed 法を利用すると, 入力画像である勾配強度画像の局所的最小値を取るボクセルを全て探し出し一意に番号を割り振った後, 残りの全てのボクセルに, そのボクセルから勾配を下って辿り着くことのできる局所的最小値をもつボクセルを一つ求めそれに対応する番号をつけ, 画像を分割する. このようにして分割された一つの領域を以下小領域と呼ぶ. 小領域は多く出力される為これら小領域を結合して領域抽出を行う.

先行研究として watershed 法を用いて, 文献[1]では人体スライスカラー画像から眼球領域の抽出, 文献[2]では MR 画像から脳領域の抽出が行われている. また文献[1]及び[2]では勾配強度画像は平滑化フィルタとエッジ抽出用のフィルタの組み合わせによって求めている.

本稿では Visible Human Project の男性凍結死体スライスカラー画像の左胸部部分を用いた. また 5 種の平滑化フィルタと 5 種のエッジ抽出用のフィルタを組み合わせ 25 種の勾配強度画像を作成し watershed 法で分割した. 更に従来研究[6]の手法で小領域を結合し左肺領域を抽出した.

2. Watershed 法による分割

本章では勾配強度画像を変え分割結果の評価を行う.

“An Application for detecting Lung Region from three dimensional biological image”

Hideaki Kido[†], Kunihiko Kaneko^{††}, Akifumi Makinouchi^{†††}

[†]Graduate School of Systems Life Sciences Kyushu University,

^{††} Faculty of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

^{†††} Department of Information and Network Engineering, Kurume Institute of Technology

評価では手動による抽出結果の輪郭と小領域の境界線が一致しているかをみる. その為次のような実験を行った. 前準備として男性冷凍死体スライスカラー画像の左部分の画像から手動でスライス毎に左肺領域を抽出する.

一方, watershed 法による元画像の小領域への分割では元画像はスライス間距離が 1.0 mm, スライス内での解像度が 0.33mm と異なる為, スライス間毎に 2 枚の画像を補完してスライス間距離が 1/3mm の画像(0.33mm にほぼ等しい)の作成最初に行った. できた画像のサイズは 450 × 640 × 748 である. 次にその画像を入力としてグレースケール化, 平滑化フィルタ, エッジ抽出用のフィルタをその順で処理し勾配強度画像を求める. カラー画像のグレースケール化には以下の式を用いた.

$$I(x, y, z) = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

平滑化フィルタには, 125 近傍 Gaussian フィルタ($\sigma=1.6$), 26 近傍 Mean フィルタ, 26 近傍 morphological smoothing, 26 近傍 Median フィルタ, Anisotropic diffusion (iteration 2, 閾値 64) の 5 種類を用いた. エッジ抽出用のフィルタには Sobel フィルタ, Prewitt フィルタ, Kirsch フィルタ [3], Moorehead フィルタ ($a=b=z1=z2=1$) [4], 26 近傍 morphological gradient の 5 種類を用いた. このうち Kirsch フィルタは勾配強度に準ずる量を出し, それ以外は勾配強度が像を出力するフィルタである(それぞれのフィルタの括弧内の文字と数値はそのフィルタに必要な引数に関する記述である). 平滑化フィルタとエッジ抽出用のフィルタの全ての組み合わせ計 25 種の勾配強度画像を作成した. watershed 法で勾配強度画像を分割する. 今回実装した watershed 法では文献[5]に従い水平域(plateau)の問題を Gaussian フィルタを用いる事で解決している.

25 種いずれの組み合わせを用いても多くは手動の抽出結果と小領域の境界線が一致していたが, 一致していない箇所も存在した. 例えば Gaussian フィルタと Sobel フィルタの組み合わせの場合一致していない箇所は, 全てのスライスに 0~4 箇所存在した. 例えばスライス番号は 375 では図 1-(a)のように四箇所存在した. 図 1 では濃い領域が手動による抽出結果, 薄い網目状の線が watershed 法の処理結果である小領域群の境界線を示す. 参考の為, 一致していない四箇所は図 1-(a)において白い四角(A,B,C,D)で示している. その中で C は図 1-(c)で拡大して示している. 尚, 一致している箇所は図 1-(a)の黒い四角で示した'あ'等である. 'あ'の拡大を図 1-(b)に示す.

図 2 には図 1-(a)の一致していない箇所 C と D における元画像と境界, 勾配強度画像を示す. C は勾配強度画像で目視では確認できるがエッジが抽出できていない箇所, 図 D では元画像がぼやけている箇所である. 一致していない箇所を観察すると元画像がぼやけている箇所(図 1-(a)の A, D 等), 勾配強度画像の導出でエッジを上手く抽出できていない(目視では確認できる)箇所(図 1-(a)の B, C 等)が

あり、これらが不一致の原因であると考えられる。

3. 小領域の結合による肺領域抽出

小領域の結合では一つの小領域をノードとし、二つの小領域が隣接している際にエッジを持たせたグラフである Region Adjacency Graph を用いる。このグラフのエッジはエッジ属性としていかなる3つの相違度を持つ。

エッジの両端のノードに定められてある色情報に基づいた特徴量の相違度

勾配強度画像の強度に基づく相違度

グラフの形状に基づく相違度

詳細は[6]に述べている。以上の相違度を使って隣接小領域の結合を繰り返し肺領域の抽出を行う。閾値及び変数に $\tau_{high}=1000$, $\tau_{low}=150$, $\sigma=1.6$ では閾値1を与え抽出した。勾配強度画像には Gaussian フィルタ($\sigma=1.6$)と Sobel フィルタを組み合わせた。以上7つのパラメーターは手動で与えた。この時抽出の精度は TruePositive/(TrueNegative+TruePositive) の尺度で 89.3%, TruePositive/(FalsePositive+TruePositive) の尺度で 91.6%であった。

抽出結果をさらに観察すると本来抽出されてはいない小領域が結合されている箇所(過結合)と抽出されていなければならない小領域が結合されていない箇所(欠損)がある。その例を図3に示す。図3-(a)は手動による抽出結果、図3-(b)はそのスライスの半自動による抽出結果である。図3(b)で薄い灰色の円で過結合(心臓領域)をしている部分、濃い灰色の円で欠損している箇所の例を示した。このような現象が起こる原因として画像が全体的に似た色が多い、勾配強度が上手く抽出されない事が挙げられる。

4. まとめ

本稿では Visible Human Project の提供する男性カラースライス画像について肺領域の抽出を行った。Watershed 法による分割では勾配強度画像25種類を与えて実験した。その結果どの組み合わせでも良い分割を示す場所と示さない箇所があった。また、小領域の結合を行いその結果を観察した。3章で得られた結果に対して過結合や欠損がある箇所に対しては人の手で修正する事でよりよい結果が得られると考えられる。これをいかに行うかは将来の研究課題の一つである。

5. 謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金 課題番号基盤研究(A)16200005「病を知るデジタルヒューマン」研究開発—医学応用のためのコンテンツ作り—による

6. 参考文献

- [1] Joshua E. Cates, Ross T. Whitaker and Greg M. Jones "Case study: an evaluation of user-assisted hierarchical watershed segmentation" Medical Image Analysis, Volume 9, Issue 6, December 2005, Pages 566-578
- [2] K. Haris, S. N. Efstathiadis, N. Maglaveras, A. K. Katsaggelos, "Hybrid image segmentation using watersheds

and fast region merging" Image Processing, IEEE Transactions on Vol. 7, Issue 12, Dec. 1998 Page(s):1684 - 1699

[3] Lisheng Wang, Tien-Tsin Wong, Pheng Ann Heng, Cheng, J. C. Y. "Template-Matching Approach to Edge Detection of Volume Data" Proceedings of International Workshop on Medical Imaging and Augmented Reality (MIAR 2001), Hong Kong, June 2001, pp. 286-291.

[4] R. J. Moorehead, Z. Zhu, " Feature Extraction for Oceanographic Data Using a 3D Edge Operator. IEEE Visualization 1993: 402-405

[5] S. Hernandez and K. Barner, "Tactile imaging using watershed-based image segmentation," in Proc. ASSETS, Arlington, VA, Nov. 13. 15, 2000.

[6] Hideaki Kido and Akifumi Makinouchi Application of Watershed Algorithm for Detecting Lung Region from Visible Human Male Image, CJKMI 2006 Nov. 2006

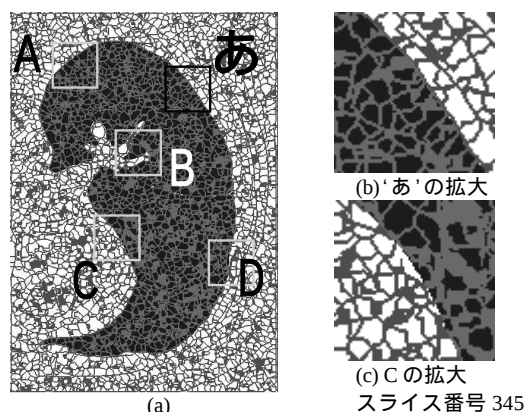


図1. 手動による抽出結果と小領域の境界線の比較。

A,B,C,D が一致していない。

(Gaussian フィルタと Sobel フィルタの組み合わせ)

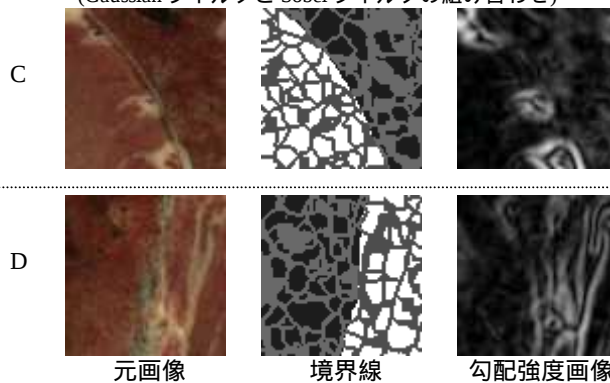


図2. 図1-(a)の C,D の元画像・境界・勾配強度画像

(Gaussian フィルタと Sobel フィルタの組み合わせ)

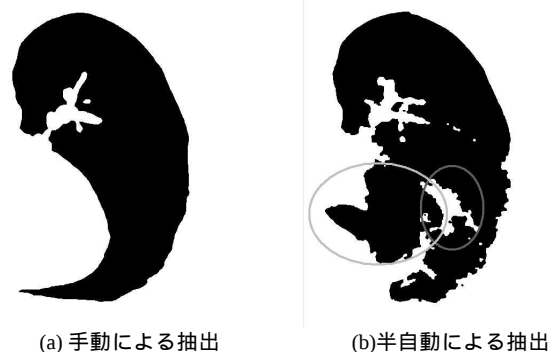


図3. 左肺領域の抽出結果

(Gaussian フィルタと Sobel フィルタの組み合わせ)