

3次元人体カラー画像からの半自動による肺領域抽出

城戸英彰[†] 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[‡]

要旨

医用画像から、肺、心臓、肝臓、または各部位の腫瘍などの目的領域を抽出する事は、医師の診断支援や、医学生の学習支援等に有用とされる。その時、自動、または半自動的に画像処理を行い支援を行う事が期待されるが、この手法の一つとして、watershed algorithmを用いた目的領域の抽出が挙げられる[3][4]。

watershed algorithmでは、初めに小領域群を得てそれらを結合する事によって、目的領域を得る。しかしその結合時に目的領域(肺)に対して不要領域(肝臓等)が結合してしまうという問題がおきた。本論文では、その不要領域を目的領域から watershed algorithmの特徴を生かして切除する手法を幾つか提案し、人体カラー画像からの肺領域の抽出に関してまとめる。

1. 肺領域の抽出

1.1 watershed algorithm

本論文で用いた領域分割の土台となるアルゴリズムは watershed algorithm と呼ばれる。このアルゴリズムの入力は濃淡画像である必要があるため、今回の実験で用いた画像はカラー画像(Visible Human によって提供された frozen 死体カラー画像)は、以下の式によってグレースケール化し、実際の入力はそのグレースケール画像の1次微分を取った画像として与えた。

$$G = (0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B)$$

さらにこのアルゴリズムは出力として過分割された、小領域群を与える為、何らかの手法を用いて、その小領域同士を結合しなければならない。

我々はその結合を行うために、まず初めにそれぞれの小領域内の RGB 各値の平均値を取り各々の小領域の特徴量として定めた。その後小領域間における相違度をその RGB 空間におけるユークリッド距離の2乗とし、その相違度がある閾値 τ 以下ならばその小領域同士を結合させた。

しかし、本論文で扱う人体のカラー画像は全体的に同じような色が多く(図2-(a)),上記のRGB ユークリッド空

“Semiautomatic Extraction of Lung Region from the 3D-Color Image of Frozen Human Body”

[†]Hideaki Kido, Graduate School of Systems Life Sciences, Kyusyu University

[‡]Akifumi Makinouchi, Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University,

間距離を利用した相違度による結合だけでは目的領域である肺領域以外の領域まで抽出してしまうという問題が出た(図2-(c)).この問題の解決方法を以下の節で挙げる。

1.2 Edge marker による不要領域の切除

色情報による結合だけでは、watershed の入力として用いられる元画像の一次微分処理によって得られたエッジの情報が十分に用いられない。これを解消する為、図1の様に得られる2値の画像データ Edge marker と呼び利用する。ここで、conditional dilation とは、2値モルフォロジー演算における dilation 演算 (演算子 \oplus)を用いて以下のように定義される。

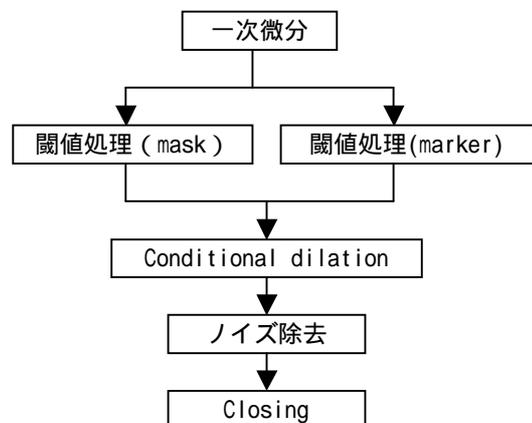
$$R_i(V, M) = (M \oplus^i K) \cap V$$

where i is satisfying

$$R_i(V, M) = R_{i-1}(V, M)$$

又、closing とはモルフォロジー演算に於いて erosion の後に dilation を行う処理である。

小領域間の境界上にこのようにして得られた Edge marker が存在するとき、その領域間の相違度を τ とし、領域を再結合する事により、分離を行う。直接閾値処理を使わず、図1の様な手続きを取ったのは閾値が大きいときに現れるエッジの情報により重みを持たせる為である。これは逆に言えば閾値を小さくしたときに現れるエッジの情報の重要度を低く見るとも言える。



但し $\tau(\text{marker}) \geq \tau(\text{mask})$

図1) Edge marker の作成

1.3 小領域単位による拡大と縮小

この処理の前段階として、以下のような特徴を持つ小領域を Surface として定義する。

- 抽出目的領域に属する小領域を TRUE, それ以外を FALSE とラベル付けした時 FALSE の小領域に隣接する TRUE の小領域。

このとき、小領域単位による縮小を Surface のラベルを FALSE, 小領域単位による拡大を Surface に接続する小領域を TRUE にする処理として定義する。この二つの処理を利用し、小領域単位による縮小、開始点を与えた小領域単位による領域拡張、小領域単位による拡大と順を辿る事によって、過結合した領域の分離を行う。この処理は強力な分割処理ではあるが、watershed algorithm で領域が十分に過分割された状態にある事を前提としている処理であり、また、強力な分割処理であるがゆえに、本来目的領域に属する小領域も切除してしまう危険性がある。

1.4 グラフ分割アルゴリズム

watershed algorithm によって得られた小領域を頂点、小領域同士の結合関係を頂点同士を繋ぐ辺として見なすと、グラフ理論におけるグラフ分割アルゴリズムが利用できる。

グラフ分割アルゴリズムには様々な手法があるが、本論文では、[2] の論文で提案されている手法 (MCODE : Molecular Complex Detection) を用いた。この手法は Clustering by density と呼ばれる [1]。但し、このアルゴリズムを用いる際に必要な density function の使用に於いては [1] の論文の定義したものを参考にした。[1] の論文における density function の定義は以下のとおりである。

$$De = \frac{|(y, z) \in E \text{ such as } (x, y) \in E, (x, z) \in E|}{\frac{1}{2} Dg(x)(Dg(x)+1)}$$

但し、
 $Dg = |\Gamma(x)|$
 $\Gamma(Y) = \{x \in X \setminus Y \text{ such that } \exists y \in Y, (x, y) \in E\}$

本論文では、これに De の分子に適当な重みを加え、使用した。これは上式のままで、ある小領域に隣接する小領域間に於いて辺を持たない場合 De が 0 になる事を避けるためである。

2. 実験

前章の手法を組み合わせ、1.1, 1.2, 1.3, 1.4 の順に肺領域の抽出を行った。用いた画像は Visible Human の人体カラー画像 (640 × 450 × 240) の左肺, 右肺の二種類である。この結果、図 2 のような画像が得られた (右肺)。但し (a) は元画像, (b) は手動による肺領域の抽出, (c) は 1.1 での結果, (d) は最終的な結果である。黒い領域が抽出

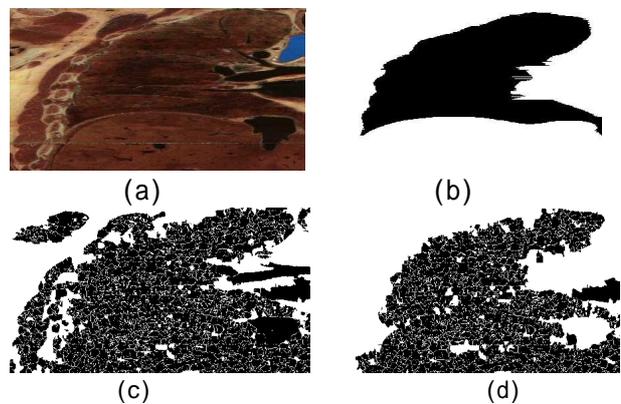
領域であるが、一連の処理によって過結合が軽減されているのが分かる。但し、右肺では肝臓の領域を過結合してしまい、左肺では腎臓と心臓の一部の領域を過結合してしまった。

3. 結果と課題

前章で述べたように左肺右肺共に、提案手法は以下に述べる過結合の分離以外に対しては効果が確認できた。しかし、

- 右肺における肝臓との過結合
- 左肺における腎臓と心臓の一部との過結合
- 処理の煩雑さ

などが課題として残っている。



(c), (d)については $\epsilon=36$
図 2) 実験結果

4. 参考文献

- [1] A. Guénoche "Comparing recent methods in graph partitioning" Electronic Notes in Discrete Mathematics, Volume 22, 15 October 2005, Pages 83 - 89
- [2] Gary D Bader and Christopher WV Hogue "An Automated method for finding molecular complexes in large protein interaction networks", BMC Bioinformatics 2003, 4:2
- [3] Hideyuki Fujimoto, Lixu Gu, and Toyohisa Kaneko "Recognition of Abdominal Organs Using 3D Mathematical Morphology" System and Computers in Japan, Vol.33, No.8, 2002
- [4] 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
- [5] Stanislav L. Stoev, Wolfgang Straßer "Extracting regions of interest applying a local watershed transformation" Proceedings of the conference on Visualization '00 table of contents, Salt Lake City, Utah, United States, 2000, Pages: 21 - 28