

3次元腹部X線CT像からのCT値分布の自動解析に基づいた 肝臓領域抽出手法の開発

○出口大輔, 林雄一郎, 森健策, 目加田慶人, 鳥脇純一郎 *
名古屋大学大学院情報科学研究科 * 中京大学情報科学部

Development of a method for automated liver region extraction by analyzing distribution of CT values from 3D abdominal X-ray CT images

○ Daisuke Deguchi, Yuichiro Hayashi, Kensaku Mori,
Yoshito Mekada, and Junichiro Toriwaki*
Graduate School of Information Science, Nagoya University
*School of Computer and Cognitive Sciences, Chukyo University

Abstract: This paper proposes a method for automated liver region extraction by analyzing distribution of CT values from contrasted 3D abdominal X-ray CT images. A simple thresholding method does not work well for the images taken under usual contrasting protocol, since the timing of the contrast agent injection is different among each case. The proposed method estimates an optimum threshold value for liver region extraction by analyzing the CT value histogram of the input image. Then, the vessel and spleen regions are removed from the extracted regions by employing a digital figure decomposition based on distance features. Finally, the surface of the extracted liver region is smoothed by morphological operations. We applied the proposed method to four cases of contrasted abdominal CT images. The experimental results showed that the proposed method could extract liver regions satisfactorily.

Keywords: segmentation, liver, organ recognition, contrasted abdominal X-ray CT images

1. はじめに

近年、臨床現場へのCT装置の普及が進み、CT画像を用いた診断は広く行われるようになってきた。しかし、CT装置の高性能化による体軸方向の解像度の向上に伴って、撮影されるスライス枚数は飛躍的に増大しているため、CT像を読影する医師の負担が増加している。肝臓においても、数百枚ものスライス読影が必要となってきた。そのため医師の診断を支援するコンピュータ支援診断システムの開発が求められている。計算機による病変部の自動認識を実現するためには、対象臓器領域の自動認識は必要不可欠である。

そこで、本研究では肝臓内に造影剤が均等に行き渡った晩期層に着目し、肝臓領域の自動抽出を試みる。これまで筆者らが行ってきた肝臓領域の自動抽出手法として文献[1]がある。この手法では、非造影のCT像から、固定しきい値を用いて大まかな肝臓領域を抽出した後、抽出領域のCT値の分布特徴を利用して再度抽出を行っていた。しかし、肝臓の診断には造影CT像が頻繁に用いられており、造影CT像からの肝臓領域抽出手法が必要とされている。造影CT像では造影剤を注入するタイミングにより肝臓内のCT値の分布は大きく異なる。また、肝臓と脾臓をCT値のみで分離することは不可能である。そこで本手法では、まずCT値ヒストグラムから肝臓に対応するCT値の範囲を自動的に推定する。その後、D図形分割処理[2]を用いて、肝臓と接触している血管・脾臓等を分離する。そして、抽出された領域の輪郭部分を補正することにより、最終的な肝臓領域を抽出する。

2. 処理手順

本手法の処理手順をFig.1に示す。本手法では、肝臓領域のCT値ヒストグラムを解析し、自動的にしきい値を決定することにより造影3次元X線CT像から肝臓領域を抽出する。本手法は、大まかに分

けて(1)前処理、(2)CT値ヒストグラム解析、(3)D図形分割による肝臓領域抽出、(4)肝臓領域輪郭補正、の4つの処理から構成される。本手法では、処理時間の高速化、肝臓内の造影むらの影響の軽減を目的として、処理(3)では低解像度画像を用いて大まかに肝臓領域を抽出する。そして、処理(4)で高解像度画像を用いて詳細な輪郭補正を行い最終的な肝臓領域を抽出する。以下で、具体的な処理内容を示す。

(1) 前処理 入力画像にメディアンフィルタ(3×3×3画素)を施し、ノイズを除去する。そして、Sinc関数を用いて等解像度の画像を生成する。

(2) CT値ヒストグラム解析 造影されたCT像では、非造影のCT像と比べて肝臓領域のCT値が上昇している。そのため、非造影の場合のCT値ヒストグラムでは筋肉等と肝臓のCT値がほぼ等しいため、ヒストグラム中には1つのピークしか現れないのに対し、造影CT像ではヒストグラム中に2つの大きなピークが観察される(Fig.2)。そこで、ヒストグラム中の極値と変曲点を差分を用いて求めることにより、ヒストグラムをFig.2に示す4つの区間に分類する。ここで、Fig.2の各区間は、(a)肝臓+筋肉、(b)肝臓+脾臓、(c)肝臓+脾臓+血管、(d)血管+腎臓+骨、の領域に対応する。しきい値処理により区間(a)、(b)、(c)の領域を肝臓候補領域とする。

(3) D図形分割による肝臓領域抽出 (1)の処理で作成された画像から低解像度画像を生成し、(2)の処理で求めたしきい値で肝臓候補領域を抽出する。ただし、そのままでは脾臓、静脈、心臓と接触している可能性がある。そこで、ユークリッド距離に基いたD図形分割によりこれらの領域の切り離し処理を行う。肝臓内における門脈の造影の程度により、D図形分割処理で肝臓内が複数に分割されることが予想される。そこで、2つの領域の接触部において、背景からの距離値の最大値が7.5mm(原画像で約12画素)以上の場合、それらの領域を統合する。本処

理で統合された領域のうち、最大成分を肝臓領域とする。

(4) **肝臓領域輪郭補正** (3) の処理で抽出された領域は低解像度画像における抽出結果であるので、抽出結果を元の画像の解像度と一致するように画像の拡大処理を行う。次に、輪郭から距離値 (スライス内解像度×2) mm までの部分を輪郭修正範囲とする。輪郭修正を行う注目画素の近傍領域を肝臓と分類された領域と背景領域に分け、それぞれの CT 値の平均値を計算する。注目画素は、その CT 値と各領域の平均 CT 値を比較し、近いほうの領域に分類する。本処理を全ての修正対象画素に対して、肝臓領域内側から順に適用する。

4. 実験結果と考察

実験には低解像度画像として、入力画像に (1) の処理を施した後、得られる画像の一边を 4 分の 1 にしたものを利用した。本手法を造影 X 線 CT 像 4 例に適用した。実験計算機として Windows2000 dual AthlonMP1900+ を用いた。全ての症例において、各スライスの画素数は 512×512, スライス厚 2.0mm, 再構成間隔 1.0mm である。処理時間は約 4 分であった。また、抽出結果のスライス表示を Fig.3 に示す。Fig.3 を見ると、全体として良好な抽出結果が得られていることが分かる。特に Fig.3(c) では、肝臓と脾臓の接触部を良好に分離できていることが分かる。これは、肝臓側と脾臓側にそれぞれ距離値の極大値が存在し、D 図形分割処理により分離できたからである。しかし、Fig.3(a) から分かるように、腫瘍部分が辺縁に存在する際に未抽出となる傾向が見られた。このような腫瘍は D 図形分割処理にも影響を与えるため、処理 (2) で大まかな肝臓領域を決定する際に、一緒に抽出する必要があると思われる。臨床においては、複数の時相における画像が撮影されない可能性もあるため、1つの時相のみから肝臓領域を抽出する本手法は有効であると考えられる。また、同じような考え方を用いて、他の時相からの肝臓領域抽出も可能である。

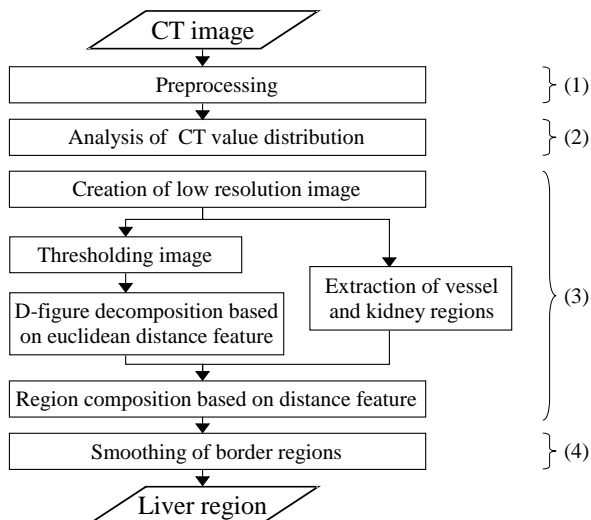


Fig. 1 The processing flow of the proposed method.

5. むすび

造影 3 次元腹部 X 線 CT 像からの肝臓領域自動抽出手法を開発した。本手法を CT 像 4 例に適用し、概ね良好に肝臓領域を抽出可能であることを確認した。今後の課題として、抽出精度の定量的評価、医師による評価、抽出精度向上が挙げられる。

謝辞 貴重な CT 画像を提供して頂いた国立がんセンター東病院放射線部縄野繁博士に深謝する。また日頃ご指導頂く名古屋大学村瀬洋教授、中京大学長谷川純一教授、ならびに日頃ご検討頂く名古屋大学村瀬研究室、末永研究室諸氏に感謝する。本研究の一部は、21 世紀 COE プログラム「社会情報基盤のための音声・映像の知的統合」、文部科学省・日本学術振興会科学研究費補助金ならびに厚生労働省がん研究助成金による。

参考文献

- [1] 横山耕一郎, 北坂孝幸, 森健策, 目加田慶人, 長谷川純一, 鳥脇純一郎, “CT 値の分布特徴を利用した 3 次元腹部 X 線 CT 像からの肝臓領域抽出,” コンピュータ支援画像診断論文誌, Vol. 7, 2003.
- [2] 岡田稔, 横井茂樹, 鳥脇純一郎, “距離特徴量を利用したデジタル図形分割の一手法,” 電子情報通信学会論文誌, Vol. J74-D-II, No. 6, pp.698-707, 1991.

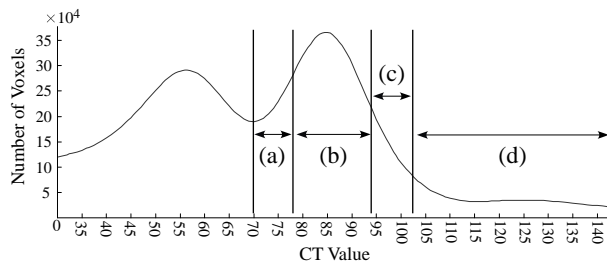


Fig.2 Automated determination of the threshold value. The CT value histogram is divided into four sections, which correspond to (a) muscle and liver, (b) liver and spleen, (c) liver, spleen and vessel, and (d) vessel, kidney and bone.

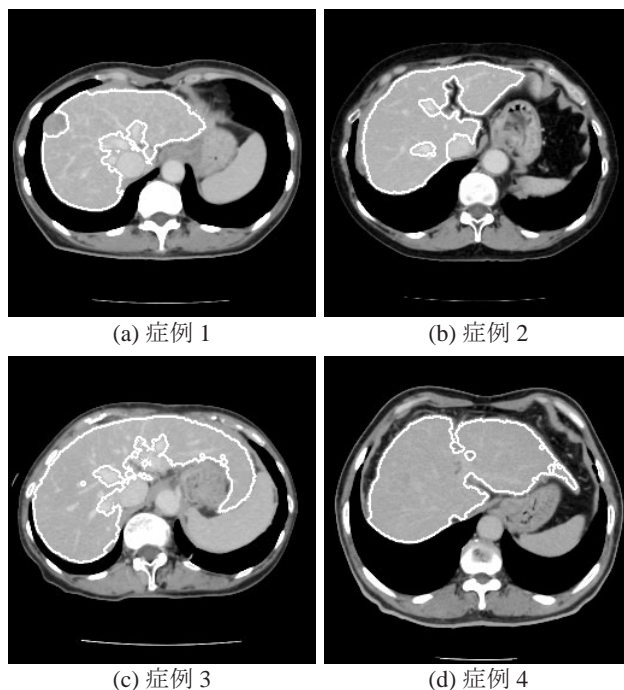


Fig. 3 Example of the liver regions extracted by the proposed method.