

人体臓器認識のための電子版解体新書の作成

Construction of Digital Human Atlas for organ recognition

北坂孝幸¹, 後藤久宗¹, 鈴木英史¹, 原和平¹

T. Kitasaka¹, H. Goto¹, H. Suzuki¹, K. Hara¹

Abstract This report presents construction of Digital Human Atlas for organ recognition from three dimensional X-ray CT images. Digital Human Atlas is a digital representation of human body which describes statistical probability of the location of each organ, shape variation and structural variation. It is very useful for automatic organ recognition. In this paper, we construct Digital Human Atlases of the Liver, Spleen and Pancreas from ten cases of CT images. Experimental results confirmed that Digital Human Atlases could construct better by normalization of a body than without any normalization.

1. はじめに

近年, 医療の現場において3次元 CT 画像を用いた診断が広く行われている。しかし, 医用画像撮影機器の性能向上に伴い, 撮影される人体の断面図の画像(スライス画像, 図1参照)の枚数は1人あたり200~600枚という膨大な数になり, それを診る医師の負担が急増している。このような医師の負担軽減と診断の客観化を目的として, 計算機支援画像診断(Computer Aided Diagnosis; CAD)システムに関する研究がさかんに行われている。しかしこれまでのCADシステムでは, 乳房, 肺, 大腸など特定の臓器及び疾患を独立に扱っており, 他の臓器との相互関係はあまり考慮されていない。今後必要となってくるのは多臓器を横断的に支援するシステムである。

そのようなシステムを構築するためには, まず, 患者間で各臓器がどれくらい変動するのかを捉えなくてはならない。すなわち, 各臓器の位置・大きさ・形などの情報の集合体「アトラス」が必要である。これは, 解体新書の電子版と捉えることもできる。アトラスは臓器の個人差による変動を記述したものであり, 理想的にはあらゆるバリエーションを表現可能であるため, 病気の発見・治療に大いに役に立つものである。

本研究では各種臓器のアトラスを作成することによって今後の対多臓器CADシステムについての研究の手助けとなれたらよいと思い本研究を開始するにいたる。

2. 手法

2.1 概要

実際の医用画像を基に, 人体各種臓器のアトラスを作成する。本研究で作成するアトラスは, 各臓器がどこにどれくらいの確率で存在するかを表す「確率アトラス」と形状変動の主要成分を抽出した「形状アトラス」の2種類からなる。これにより, 人によってばらつきのある臓器の認識という課題を事後確率最大化などの最大化問題に帰着させることができる。なお, 本研究で対象とする臓器は, 肝臓, 脾臓, 膵臓とする。以下, アトラス作成手順の詳細を述べる。

2.2 具体的内容

2.2.1 正解領域の作成

各臓器領域の正解を3次元CT像から手入力により作成する。CTデータを計算機に取り込み, 目視で臓器を識別し着色を行い, 肝臓, 脾臓, 膵臓の着色データをそれぞれN例分用意する。

2.2.2 アトラスの作成

各臓器の存在確率を表す確率アトラスと形状変化の主要成分を抽出した形状アトラスを作成する。

a. 正規化

画像中の体の位置, 体の大きさを統一し, 各臓器の本質的な変動のみを調査するため, 正規化を行う。手順として, 人体を剛体とみなし, 位置と大きさを大まかに合わせた後, 非剛体(非線形)な位置合わせ[1]を施す。非剛体位置合わせに用いるランドマークとして, 横隔膜の位置,

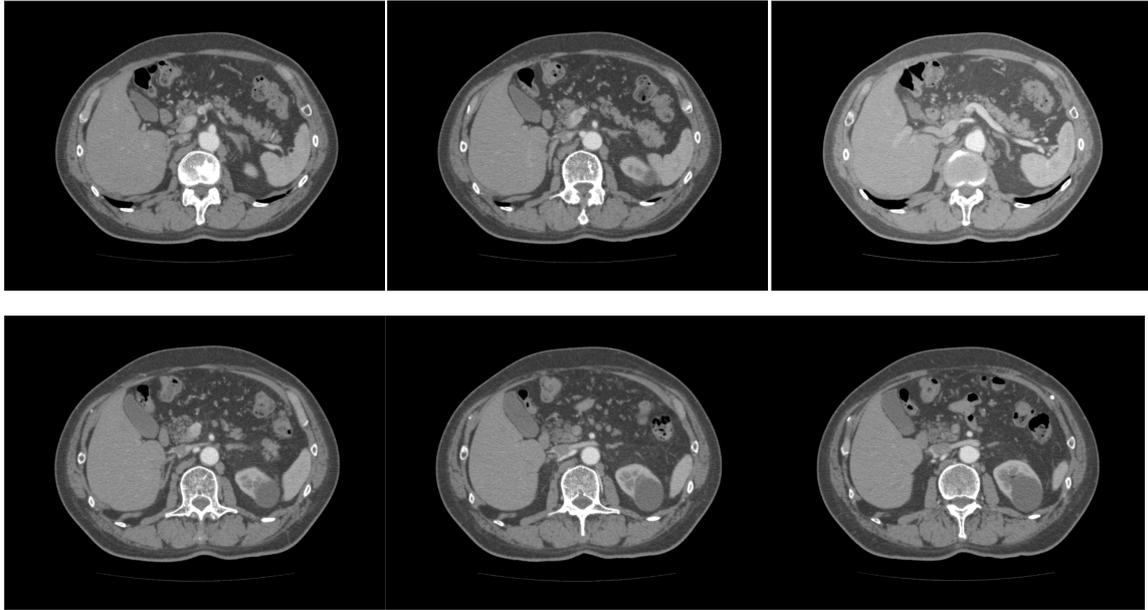


図1 腹部 CT 画像の例

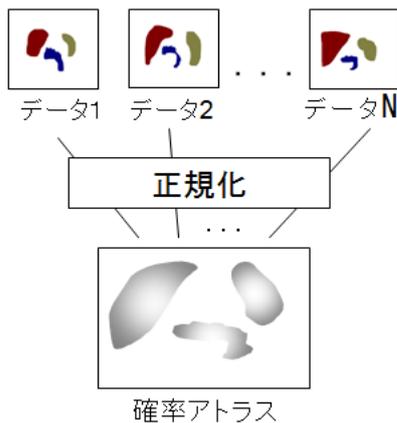


図2 確率アトラス作成の流れ

3. 実験結果と考察

3・1 マークデータの作成

本手法を、早期相の腹部 3 次元 CT 像のデータ 10 例に対して適用し、正規化なし(単純な重ね合わせのみ)、正規化ありの 2 つの手法で確立アトラスをそれぞれ作成し、アトラス内の肝臓、脾臓、膵臓の 3 つの各臓器の精度の変化を調べる実験を行った。実験で用いた 10 例の早期相腹部 3 次元 CT 像のデータの仕様は、スライス内画素数 512×512 画素、スライス枚数 171 ~291 枚、スライス内画素サイズ 0.571~0.683mm、再構成間隔 1.0mm、スライス厚 1.0mm である。

まず、確率アトラス作成の準備として、CT 像データ内の肝臓、脾臓、膵臓の 3 つの臓器の正解領域を目視で識別し、領域を手入力で塗り潰し、各臓器毎のマークデータを作成する作業を 10 例全ての CT 像データに対し行っ

た。塗り潰した肝臓、脾臓、膵臓の各臓器のマークデータの例を図 3 および図 4 にそれぞれ示す。

b. 確率アトラスの作成

臓器の位置を推測するため、正規化を施した臓器ラベルを重ね合わせ、画素単位での臓器の存在頻度を計算し、総数で割ることで、臓器の存在確率を算出する。処理の流れを図 2 に示す。

c. 形状アトラスの作成

各臓器ラベルに対し、主成分分析 [2]を適用し、形状の変動成分を抽出する。

次に、その塗り潰した肝臓、脾臓、膵臓の各臓器の領域のマークデータを元にして、正規化なしの単純な重ね合わせのみで各臓器それぞれの確率アトラスを作成した。

3・2 アトラスの作成

そして、正規化を 10 例全ての 3 次元 CT 像のデータと、それに対応する各臓器の領域のマークデータに対して行い、画像の解像度や画像中の体の位置、体の大きさ、姿勢が統一された新たな 3 次元 CT 像のデータと、それに対応したマークデータを作成した後、その新たなマークデータを元に各臓器それぞれの確率アトラスを作成した。ただし、ここでの正規化は、非剛体(非線形)な位置合わせを行わないものである。

正規化なしの単純な重ね合わせのみで作成した各臓器の確率アトラスを図 5 に、正規化ありで作成した各臓器

の確率アトラスを図 5 に、正規化ありで作成した各臓器



図3 抽出した臓器領域の例. (左) 肝臓, (中) 脾臓, (右) 膵臓

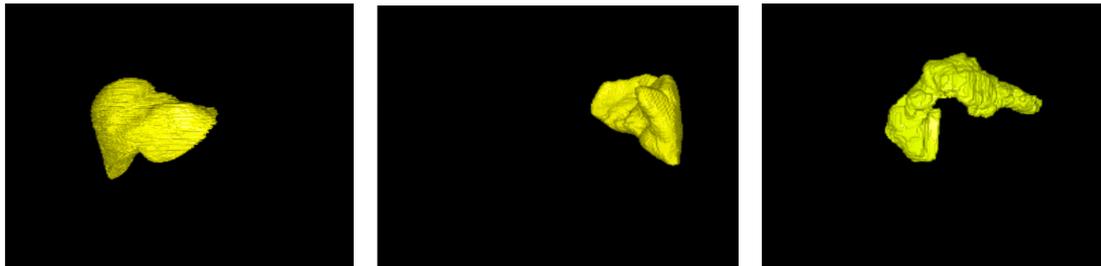


図4 各臓器の三次元表示例.

の確立アトラスを図6にそれぞれ示す。

3・3 考察

図5, 図6のそれぞれの各臓器の確率アトラスを比較すると, 図5のような正規化なしの単純な重ね合わせのみの確率アトラスよりも, 図6の正規化ありで作成された確立アトラスの方が, 各臓器同士がより集まった, より良いアトラスであると肝臓, 脾臓, 膵臓の3つの全ての臓器領域において言うことができる。

しかし, 今回作成したアトラスに用いた早期相の腹部3次元CT像のデータ例が10例だけと少ないため, 目視のみでは正規化あり/なしでアトラスの精度にあまり変化が無いように見えてしまう部分もあった。そのため, 今後アトラス作成に用いるCT像のデータ例をより多くする等, 確率アトラスの精度をより高度にする必要があるだろう。

また, 3次元CT像内の各臓器の存在する領域を目視で識別し, 手作業で塗り潰して, CT像データ1例毎に各臓器それぞれのマークデータを作成する必要があるため手間と時間を要し, そのマークデータとCT像のデータを正規化して, 画像の解像度, 体の位置, 体の大きさ, 姿勢が統一された新たなCT像と, それに対応するマークデータを作成するのに, さらに手間と時間を要してしまい, アトラス作成のために必要とするデータの量もより膨大になってしまうため, その手間の軽減と作業に要する時間の短縮をする方法や, アトラス作成に用いるデータの量の削減をする方法も考えていく必要がある

だろう。

4. むすび

本稿では, 人体臓器認識のためのアトラスの作成法について述べた。10例のCT像を基に確率アトラスを作成した結果, 正規化を施すことで良好にアトラスが作成されることを確認した。今後の課題は, 形状アトラスの作成, 頑健かつ高精度な正規化手法の検討, アトラス作成のためのデータ数の増加などが挙げられる。

参考文献

- [1] D. Rueckert, et al., "Nonrigid Registration Using Free-Form Deformations: Application to Breast MR Images," IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol.18, No.8, p.712-721,1999.
- [2] 石井健一郎他: わかりやすいパターン認識, オーム社, 1998

参考 URL

- <http://www.imagelab.cs.tsukuba.ac.jp/theme3.html>
http://www.kgt.co.jp/avs_conso/event/vc13/summary/data/1-2p.pdf
<http://tzklabo.met.nagoya-u.ac.jp/NEWROSURG/zugaitai.html>
https://www.quantum-inc.jp/jamitpub/modules/jamitpublication/pub/index.php/PDF/20-6/20-6_10.pdf

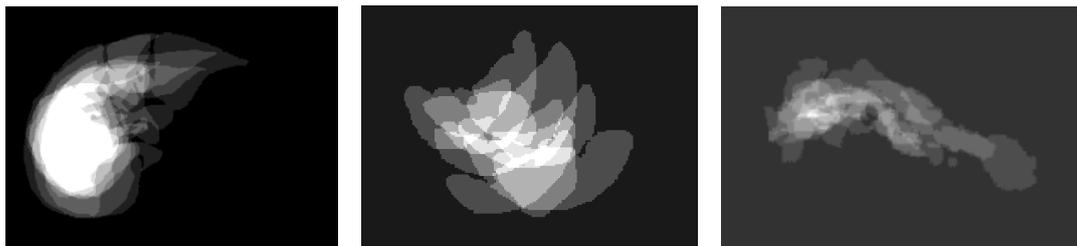


図 5 正規化なしで作成した確率アトラス. (左) 肝臓, (中) 脾臓, (右) 膵臓.

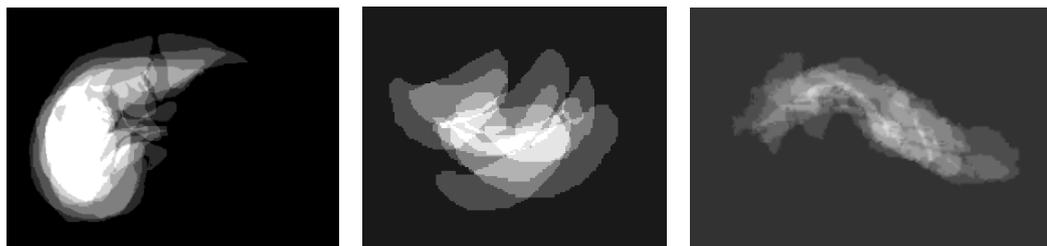


図 6 正規化を施して作成した確率アトラス.