

知的ボクセルファントム作成システムの開発

(株)三菱総合研究所 寺邊 正大 (terabe@mri.co.jp)、船曳淳 (funabiki@mri.co.jp)

日本原子力研究所 斎藤 公明 (komei@popsvr.tokai.jaeri.go.jp)

要約：画像処理、画像認識などの知識情報処理技術により、人体の外形および臓器・組織構造を詳細に模擬した人体モデル(ボクセルファントム)を、人体のCT画像から自動的に作成するシステムのプロトタイプを作成した。

1. はじめに

日本原子力研究所では、放射線被曝線量評価を高精度化するため、ドイツ放射線防護研究所の技術[1]をもとに、CT画像を利用して人体の外形および臓器・組織構造を詳細に模擬した人体モデル(ボクセルファントム)を作成している[2]。ボクセルファントム作成作業では、与えられたCT画像データを解析し、臓器・組織の境界決定を行ない、領域分割を行なう必要がある。現在のこの作業は人体構造に通じた専門家が画像を一枚一枚直接目で見て行なっているため、完全なデータ作成に2,3カ月以上の長期間を要している。そこで、本研究では、ボクセルファントム作成作業の省力化と期間短縮を目的として、画像データに画像処理、画像認識といった知識情報処理技術を適用することにより、人手を介さずボクセルファントムデータを作成するシステムのプロトタイプを作成した。

2. ボクセルファントムの作成

2.1 ボクセルファントム

ボクセルファントムとは、縦横高さがそれぞれある大きさを持った直方体を持ったボクセル(Voxel)により表現される人体モデルである。放射線の影響は臓器・組織ごとに異なるため、線量評価の際には臓器をそれぞれ別のもので認識することが必要となる。区別すべき臓器・組織の数は目的に応じて異なるが、例えば日本原子力研究所で作成されたボクセルファントムの臓器・組織は200種類程度にのぼる。

2.2 CT画像データ

ボクセルファントムの作成には、一般に人体の背骨方向に対して垂直な断面について撮影されたCT画像データが用いられる。CT画像データは、人体全体を頭頂部から足先までを等間隔で撮影したスライスにより構成される。本研究で用いているサンプルデータでは、スライス幅1cm、各スライスは512x512ピクセルである。CT画像データのスライス例を図1に示す。図中上部に見える三日月形状をした領域がベッド、その下の楕円形の領域が人体である。人体中に白っぽく写っているCT値の大きい領域は骨である。

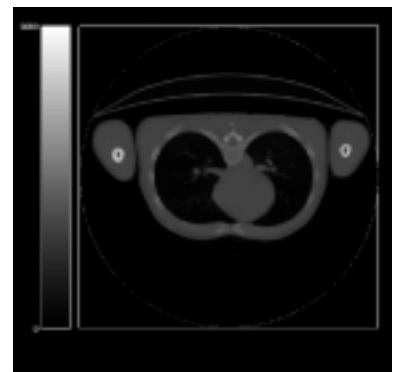


図1：人体のCT画像の例

2.3 マニュアル方式によるボクセルファントム作成

現在、ドイツ放射線防護研究所の技術をもとに日本原子力研究所で行われているマニュアル方式によるボクセルファントムの作成では、まず各スライスごとにそこに含まれる臓器・組織の同定を行う。これを全てのスライスに対して行い、さらにその結果をまとめることにより全体のボクセルファントムが作成される。これらの過程では、専門家がCT画像を見ながら、臓器に関する位置や大きさ、CT値などの特徴に関する情報や知識を用いて試行錯誤的に行われている。

3. ボクセルファントム作成システム

3.1 システム構成

自動処理の高速化とシステムの機能的拡張性を実現するため、開発するシステムでは各臓器の認識を並列して行う。図2にシステム構成を示す。各臓器認識モジュールは並列にそれぞれ臓器の認識処理を行い、これらの上位に位置付けられる監視モジュールは各臓器認識モジュールの認識状況を監視する。ここで、監視モジュールが、各臓器認識モジュールがCT画像内の同じ領域をそれぞれの臓器の領域であると認識していることを検出した場合には、当該モジュールにこれを通知し矛盾を解消する。

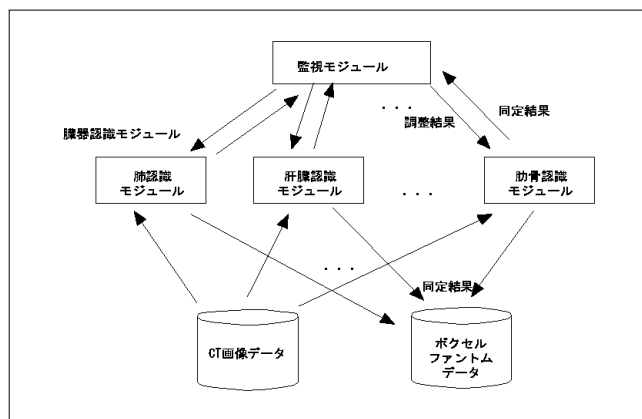


図2：ボクセルファントム作成システムの構成

3.2 臓器認識モジュールによる認識

臓器認識モジュールは、臓器を認識するための知識として、臓器のCT値、画像内の領域面積、位置等に関する情報が与えられている。これらは、専門家が臓器の認識を行う際に注目している情報の一部である。

3.3 事例

3.3.1 課題

臓器認識モジュールの例として、肺認識モジュールによる処理例を紹介する。肺領域の認識は、正確には左肺と右肺を別々に認識する。

3.3.2 肺領域の認識

肺領域に関する情報については、次のように与えている。CT値：肺領域のCT値は、「80以上、839以下」である。面積情報：肺領域の面積は、「100以上」である。位置情報：肺領域は、エッジから「150以上」離れた領域にある。これらの情報をもとに肺領域認識モジュールでは、以下のような手順で臓器の認識を行う。

・ Step1：CT値情報を用いた画像処理

肺領域のCT値が839以下であるという情報を用いて、この条件を満たす閉領域をCT画像データから抽出する。図1のCT画像に対してこの画像処理を施すと図3のようになる。ここで、抽出された閉領域の数は1487あり、大きさも大きさまでである。

・ Step2：面積情報を用いた肺領域の認識

Step1で抽出された1487個の領域に対して、それぞれの面積をもとにした絞込み（フィルタリング）を行う。ここで、「肺領域は面積が100以上である」という肺領域に関する面積情報を用いてフィルタリングを行った結果を図4に示す。面積条件を満たす閉領域は、5つ（左右肺、皮膚、ベッド、毛布）である。

・ Step3：画像内位置情報を用いた肺領域の認識

これまでに絞り込まれた閉領域について、さらに位置情報を用いた絞込みを行う。ここでは、「肺領域はエッジから150以上離れた(中心に近い)領域にある」という肺領域に関する位置情報を用いてフィルタリングを行った。この結果を図5に示す。このように2つの領域が残り、それぞれが左右の肺である。

ここで最終的に抽出された左右肺は、専門家が手作業により抽出した肺の位置と一致しており、システムが自動抽出に成功しているといえる。このように、肺について現在与えられているCT値、面積、画像内位置の情報で絞り込むことができる。

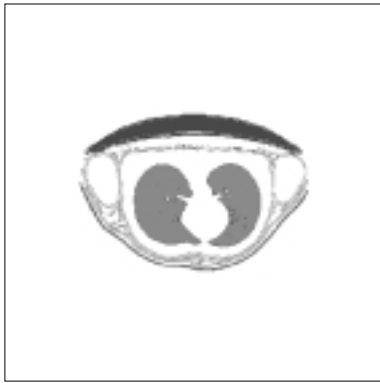


図3:Step1の処理



図4:Step2の処理

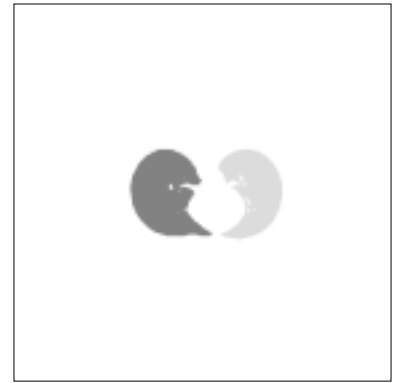


図5:Step3の処理

4. まとめ

知識情報処理によるボクセルファントム作成システムのプロトタイプを作成した。今後は臓器認識モジュールを順次追加して実用的なシステムにしていく予定である。この際、各臓器認識モジュールに対して与えるべき適切な知識を臓器・組織ごとに詳細に検討する必要がある。また、各臓器モジュールが独立に臓器認識することが困難な場合は監視モジュールの調停機能を高度化していく必要がある。ボクセルファントム作成システムは、今後の放射線防護、放射線治療、放射線による医学診断の高度化において重要な役割を果たすと考えられる。今後は、システムの実用化を目標として上述した課題を解決してつための研究を進める。

謝辞

ボクセルファントム作成技術に関する助言を頂いたドイツ放射線防護研究所 M.Zankl氏とそのグループの方々、CT画像データを提供して頂いた藤田保健衛生大学古賀佑彦氏とその関係者の方々に感謝する。

参考文献

- [1] M.Zankl et al. , Radiat. Environ. Biophys, 27, p153(1988)
- [2] 日本保健物理学会 高度人体ファントム専門研究委員会：高度人体ファントム専門研究会成果報告書 (1998)