

## 分担研究課題 胸部 X 線像および 3 次元 CT 像によるがんの自動診断システムの研究

班員	鳥脇純一郎	(名古屋大学大学院工学研究科 情報工学専攻)
	目加田慶人	( " 情報工学専攻)
	森 健策	( " 計算理工学専攻)
	平野 靖	( " 情報工学専攻)

### I 研究経過と成果の概要

#### (1) 3次元CT画像の診断支援

##### 1.1 3次元胸部CT画像における成分図形識別手順の開発

[目的] 3次元仮想化人体のセグメンテーションの諸方法を開発する。個々のがんのスクリーニングのように対象を限定しない段階での、医師のガイドとなるCAD(汎用(一般)CAD)を想定する。解剖学的知識の利用、モデルベースのセグメンテーションを重視する。

[成果と経過] 非造影CT像からの大動脈領域のモデルを用いた抽出法を開発し、実際のCT像を用いて能力を検証した。この機能をさらに多様化し、縦隔部付近の肺動脈認識、胸部、腹部の動脈、静脈の分離認識、肝臓、腎臓、などの抽出法を開発しつつある。

気管支領域の抽出法を改善し、従来は抽出できなかった末梢の枝の認識率の一層の向上をはかっている。

##### 1.2 肺腫瘍影、その他の陰影の特徴抽出と良・悪性鑑別

[目的] 肺野に見られる腫瘍影、および、その他の塊状陰影の診断に役立つ量的特徴を開発し、評価する。腫瘍影候補領域の抽出法を開発する。また、腫瘍に限定せずに、様々の特徴の定量化を進めてきているので、統合的な利用も考え得る。例：組織の集束、胸膜の引き込み、肺葉収縮の定量化、“磨りガラス状”陰影、など。

[成果と経過] 医師の指定する肺野腫瘍影の良・悪性鑑別のための特徴量の評価を、症例数を増して実行中である。含気型と充実型というタイプの分類の組み合わせも含む。

これと関連して、胸部3次元画像の関心陰影の観察ツールおよび、腫瘍影を抽出する手法を、特に辺縁部の形状の保持に留意する方法を開発している。(協力：大松広伸、江口研二)

##### 1.3 肺気腫のCAD

[目的] 胸部CTのCADの中で肺気腫の診断もできるようにする。

[成果と経過] 従来は直接撮影像を用いて血管影の変化を定量化する方法を開発してきた。これに加えてCT像における3次元情報を利用する方法の開発を進める。現在予備的検討を行っている。

#### (2) ナビゲーション診断の理論と実現

[目的] 仮想化された人体内の移動観察に基づく診断に関して、必要な方法を開発し、具体的有効性の評価を行う。移動パスの生成、可視化手法の開発、結果の記録、関心領域の指示、リアルタイム計測、臓器変形、などを含む。具体例として仮想化内視鏡システムも含まれるが、これは次項で別に述べる。

[ 成果と経過 ] ポリウムレンダリング画像上で関心領域を対話的に指示、抽出する手法、2次元表示と3次元表示を融合して柔軟に利用できる「次元シームレス」な画像表示・観察システム、については実験室内ではツールとして活用されている。

仮想化内視鏡システムにおける観察経路(パス)の自動生成アルゴリズムおよび未観察領域の検出と提示手法を改善し、実験を継続している。

### (3) 仮想化内視鏡システム

[ 目的 ] 仮想化内視鏡の利用に関して、主として混合リアリティ方式の利用において機能を向上しつつある。すなわち、実内視鏡との共用(オフラインでの実内視鏡像に対応する仮想化内視鏡像の利用)、実内視鏡検査中の支援(オンラインでの仮想化された人体に基づく情報の提示)、スクリーニングあるいは診断ガイド向け機能の検討(自動経路生成、既観察領域の提示と評価、など)、観察の多様化(ポリウムレンダリング、サーフェスレンダリングの併用、など)。

[ 成果と経過 ] 実内視鏡の画像から内視鏡の動きを推定するアルゴリズム、それに対応して該当する位置での仮想化内視鏡の画像を生成して、その上に臓器の壁の背後に存在する臓器の状態を表示する方法を改善し、実際の気管支、大腸に適用した(協力:名取博、高島博嗣、森雅樹、橋本大定、橋爪誠)

臓器の仮想展開の方法を改善し、ナビゲーションとの比較を進めている(協力:片田和廣、縄野繁、橋爪誠)

未観察領域の検出、再提示機能を付加する。

### (4) 画像処理アルゴリズムの基礎

#### 4.1 画像処理エキスパートシステムの開発

[ 目的 ] 画像処理アルゴリズムを蓄積し、それらを組み合わせて個々の目的に応じた適切な処理手順を開発する作業を、画像処理を専門としないものでも効率よく行えるようなエキスパートシステムを開発する。同時に、知識発見のツールとしても利用できるようにする。従来の継続であるが、特に手法の能力の評価において、問題がまだ多い。今後医用画像の画質が益々急速に変化する可能性が増す。それに対処できる処理の手法の生成も一層重要となると見ている。

[ 成果経過 ] 異常陰影の検出率と偽陰影の誤抽出の平均個数に対する仕様を与えて、それを満たす処理手順をつくる新しいタイプのエキスパートシステム IMPRESS-Pro を、やはり3次元画像を対象として開発した。これらを胸部X線CT像に適用し、機能と能力を上記の画像類似度方式と詳細に比較検討した。

ゴール分割方式の開発に着手し、基礎実験を行った。

最近は、特に「処理手順の空間を探索する戦略」を評価する研究に重点を置いている。

#### 4.2 3次元画像の関心図形指定

[ 目的 ] 仮想化された人体上をナビゲートしながら、3次元CT画像上で関心を惹いた図形、領域、などを対話的に指定できるシステムを開発する。ここでは直接に図形そのもの、あるいは、画像の部分空間を3次元画像(それを観察している2次元濃淡画像)上で指定する方法を開発する。

[ 成果と経過 ] ポリウムレンダリング画像上で、関心を惹いた図形(実際は図形が存在するように見える部分)を指定できる方法を開発し、一応使える状態にしている。今後恐らく高品質、高精度のCTの増加とともに利用の機会が増えるであろう。(2)(3)の未観察領域の処理にも利用する。

#### 4.3 個別アルゴリズム

[目的] 3次元画像解析のアルゴリズムを開発、もしくは既存のものを改善し、蓄積を計る。

[成果] 3次元画像の尾根線追跡に4次元曲面の曲率情報を用いる方法を開発した。

このベースとして、曲率計算を局所曲面当てはめを用いて行う事が有効であることを示した。

3次元細線化において、偽枝の出現と保存すべき枝の縮退(消滅)を、false negative と false positive のようにみなして、ROC 曲線相当の曲線を作成し、偽枝出現の度合いを制御できる細線化法を開発した。

曲率などの画素の特徴量を用いた領域生成によって成分図形を抽出するセグメンテーションの手法を求め、指定枝に連なる血管の抽出に有効であることを示した。

3次元濃淡画像の高速表示アルゴリズムの開発に関しては、3次元濃淡画像の集合を可視化する手法の基礎的研究を行っている。

## II 研究業績

(2000年11月の長谷川班平成12年度第2回班会議資料以後に印刷、発表済み、および発表確定分)

### (1) 学会誌論文、解説

- 1 森健策, 鳥脇純一郎: バーチャルエンドスコープ, 日本放射線技術学会雑誌, 56, 3, pp.349-354(2000.3)
- 2 鳥脇純一郎: Virtual Endoscopy と外科応用, 手術, 54, 12, pp.1817-1823(2000.3)
- 3 鳥脇純一郎, 森健策: バーチャル気管支鏡, 肺癌の臨床, 篠原出版新社, 3, 4, pp.461-469 (2000.11)
- 4 鳥脇純一郎: 総論 - 3次元画像処理の医療応用の動向, 電子情報通信学会誌, 84, 5, pp.287-293 (2001.5)
- 5 森健策, 鳥脇純一郎: 仮想化内視鏡システム, 電子情報通信学会誌, 84, 5, pp.294-298 (2001.5)
- 6 鳥脇純一郎: 総論 - イメージング技術の展開, 映像情報メディア学会誌, 55, 5, pp.590-594 (2001.5)
- 7 鳥脇純一郎: 総論 - 3次元画像処理のアルゴリズム, Medical Imaging Technology, 19, 3, pp.135-141 (2001.5)
- 8 平野靖, 鳥脇純一郎: 3次元濃淡画像からの線状図形の抽出, Medical Imaging Technology, 19, 3, pp.161-167 (2001.5)
- 9 吉岡政洋, 森健策, 末永康仁, 鳥脇純一郎: ソフトウェアによる高速ボリュームレンダリング手法と仮想化内視鏡システムへの応用, Medical Imaging Technology, (採録決定)
- 10 齋藤豊文, 番正聡志, 鳥脇純一郎: ユークリッド距離に基づくスケルトンを用いた3次元細線化手法の改善 - ひげの発生を制御できる一手法 -, 電子情報通信学会論文誌 D-II (印刷中)
- 11 濱田敏弘, 清水昭伸, 長谷川純一, 鳥脇純一郎: 画像処理エキスパートシステム IMPRESS における少数の設計標本からの手順構成に関する検討, 電子情報通信学会論文誌 (採録決定)

### (2) 国際会議論文集

- 1 Toshihiro Hamada, Akinobu Shimizu, Toyofumi Saito, Jun-ichi Hasegawa, and Jun-ichiro Toriwaki: Comparative study of automatic acquisition methods of image processing procedures, in Setsuo Arikawa and Shinichi Morishita eds. Discovery Science Proc. of The Third International Conf., DS2000, pp.311-314 (2000.12)
- 2 Jun Sugiyama, Hidenori Shoji, Kensaku Mori, Yasuhito Suenaga, Jun-ichiro Toriwaki and

- Jun-ichi Hasegawa : Camera motion estimation based on real endoscope images and CT images for endoscope navigation system, Proc. of IAPR Workshop on Machine Vision Applications (MVA2000), pp.409-412 (2000.12)
- 3 Hirotsugu Takabatake, Masaki Mori, Hiroshi Natori, Kensaku Mori and Junichiro Toriwaki: Virtual bronchoscopy system :a teaching tool for medical students, Supplement to Radiology, RSNA2000 Scientific Program, p.697 (2000.11)
  - 4 Hidenori Shoji, Kensaku Mori, Jun Sugiyama, Yasuhito Suenaga, Jun-ichiro Toriwaki, Hirotsugu Takabatake, and Hiroshi Natori: Camera motion tracking of real endoscope by using virtual endoscopy system and texture information, Proc.of SPIE (2001.2)
  - 5 Yasushi Hirano, Jun-ichi Hasegawa, Jun-ichiro Toriwaki, Hironobu Ohmatsu and Kenji Eguchi : Extraction of tumor regions keeping boundary shape information from chest X-ray CT images and benign/malignant discrimination, CARS2001, pp.617-622 (2001.6)
  - 6 Kensaku Mori, Yuichiro Hayashi, Jun-ichiro Toriwaki, Yasuhito Suenaga, and Jun-ichi Hasegawa : A method for specifying unobserved regions in virtual endoscopy system, CARS2001, pp.431-436 (2001.6)
  - 7 Takayuki Kitasaka, Kensaku Mori, Jun-ichi Hasegawa, Jun-ichiro Toriwaki, Kazuhiro Katada: Automated extraction of the aorta and the pulmonary artery in the mediastinum from 3D chest X-ray CT images using the medial line model, CARS2001, p.1112 (2001.6)
  - 8 Kensaku Mori, Yoshiaki Hoshino, Yasuhito Suenaga, Jun-ichiro Toriwaki, Jun-ichi Hasegawa, Kazuhiro Katada : An improved method for generating virtual stretched view of stomach based on shape deformation, CARS2001, p.425-430 (2001.6)
  - 9 Kensaku Mori, Daisuke Deguchi, Jun-ichi Hasegawa, Yasuhito Suenaga, Jun-ichiro Toriwaki, Hirotsugu Takabatake and Hiroshi Naotori : A method for tracking camera motion of real endoscope by epipolar geometry analysis and virtual endoscopy system, MICCAI2001 ( In printing )

( 3 ) 学会研究会資料 等

- 1 国光和宏、平野靖、鳥脇純一郎：局所的超曲面当てはめを用いた4次元超曲面の曲率計算法とその3次元CT像解析への応用、電子情報通信学会医用画像研究会資料、MI2000-65(2001.1)
- 2 平野靖、長谷川純一、鳥脇純一郎、大松広伸、江口研二：胸部X線CT像を用いた辺縁形状を保存する腫瘍影抽出法とその良悪性鑑別への応用、電子情報通信学会医用画像研究会資料、MI2000-98 (2001.1)
- 3 北坂孝幸、森健策、鳥脇純一郎、長谷川純一、片田和廣：モデルを利用した3次元胸部X線CT像からの縦隔内動脈領域抽出、電子情報通信学会医用画像研究会資料、MI2000-97 (2001.1)
- 4 吉岡政洋、森健策、末永康仁、鳥脇純一郎：ソフトウェアによる高速ボリュームレンダリング手法とその仮想化内視鏡システムへの応用、電子情報通信学会医用画像研究会資料、MI2000-85 (2001.1)
- 5 中山善之、森健策、末永康仁、鳥脇純一郎、片田和廣、名取博：仮想化内視鏡システムにおける断面積測定機能の性能評価、電子情報通信学会医用画像研究会資料、MI2000-87(2001.1)
- 6 星野好昭、森健策、末永康仁、鳥脇純一郎：3次元濃淡画像の変形に基づく仮想病理標本作製手法の開発、電子情報通信学会医用画像研究会資料、MI2000-88 (pp. 45-50) (2001.1)

- 7 熊川直孝、鳥脇純一郎：ゴール分割機能を持つ画像処理エキスパートシステム GD-IMPRESS の開発、電子情報通信学会パターン認識・メディア理解研究会資料、PRMU2000-244 (2001.3)
- 8 平野靖、長谷川純一、鳥脇純一郎、大松広伸、江口研二：3次元ポロノイ図を用いた胸部CT像からの肺葉収縮の定量化、電子情報通信学会医用画像研究会資料、MI2001-20 (2001.5)
- 9 濱田敏弘、清水昭伸、長谷川純一、鳥脇純一郎：画像処理手順自動生成のための逐次型および並列型手順探索法の比較評価、電子情報通信学会パターン認識・理解研究会資料、(PURMU2001-33) (2001.6)

(4) 学会全国大会講演論文集 等

- 1 鳥脇純一郎：管腔臓器の3DCCTと診断支援，胸部CT検診，8.1（第8回胸部CT検診研究会大会抄録集），p.9(2001.1)
- 2 平野靖，長谷川純一，鳥脇純一郎，大松広伸，江口研二：胸部X線CT像における腫瘤影の含気型・充実型への計算機分類と良悪性鑑別への利用，胸部CT検診，8.1（第8回胸部CT検診研究会大会抄録集），p.21(2001.1)
- 3 森雅樹，高島博嗣，森健策，鳥脇純一郎，名取博：仮想化気管支鏡，第8回日本気管支学会気管支鏡認定医指導医大会，(2001.2)
- 4 北坂孝幸，森健策，長谷川純一，鳥脇純一郎，片田和廣：形状モデルを利用した3次元胸部X線CT像からの縦隔内動脈領域抽出，電子情報通信学会総合大会講演論文集，p.347(2001.3)
- 5 国光和宏，平野靖，鳥脇純一郎：4次元超曲面の曲率を利用した領域拡張法による3次元胸部X線CT像からの肺血管領域抽出，電子情報通信学会総合大会講演論文集，p.346 (2001.3)
- 6 林雄一郎，森健策，長谷川純一，末永康仁，鳥脇純一郎：ポリリュームレンダリング画像における未観察領域提示手法とその仮想化内視鏡システムへの応用，電子情報通信学会総合大会講演論文集，p.341 (2001.3)
- 7 鳥脇純一郎：3D画像処理の基礎，日本放射線技術学会大会第57回総会学術大会予稿集，p.80（教育講演）(2001.4.7)
- 8 鳥脇純一郎：人体のナビゲーションに基づく診断・治療支援，第44回日本形成外科学会総会学術集会抄録集，(シンポジウム講演)21世紀の形成外科の方向と役割，p.87 (2001.4)
- 9 山口知章，森健策，鳥脇純一郎：3次元胸部X線CT像からの肺野領域内における肺動脈と肺静脈の抽出および分類，第40回日本ME学会大会論文集（医用電子と生体工学 39巻特別号），p.489(2001.5)
- 10 鳥脇純一郎：X線像の計算機支援診断の40年，第40回日本ME学会大会論文集（医用電子と生体工学 39巻特別号），pp.57-59 (2001.5)
- 11 北坂孝幸，森健策，長谷川純一，鳥脇純一郎，片田和廣：3次元胸部X線CT像からの縦隔内の大動脈および肺動脈領域の自動抽出法の開発，第40回日本エム・イー学会大会論文集（医用電子と生体工学 39巻特別号），p.538(2001.5)
- 12 平野靖，長谷川純一，鳥脇純一郎，大松広伸，江口研二：胸部CT像に対するしきい値処理による腫瘤領域抽出とその良悪性鑑別への応用，第40回日本エム・イー学会大会論文集（医用電子と生体工学 39巻特別号），p.488(2001.5)
- 13 林雄一郎，森健策，長谷川純一，末永康仁，鳥脇純一郎，篠原一彦，橋本大定：仮想化内視鏡システムにおける未観察領域の自動検出・提示機能の開発と評価，第40回日本エム・イー学会大会論文集（医用電子と生体工学 39巻特別号），p.478(2001.5)
- 14 森健策，林雄一郎，平野靖，鳥脇純一郎：ソフトウェアによる高速ポリリュームレンダリング手法を利用

- した仮想化内視鏡システム, 第 40 回日本 M E 学会大会論文集 ( 医用電子と生体工学 39 巻特別号 ), p.201(2001.5)
- 15 星野好昭, 森健策, 末永康仁, 鳥脇純一郎, 長谷川純一: 3 次元 C T 像に基づく仮想病理標本作製手法とその大腸への適用, 第 40 回日本 M E 学会大会論文集 ( 医用電子と生体工学 39 巻特別号 ), p.541(2001.5)
- 16 山口知章, 森健策, 鳥脇純一郎, 長谷川純一: 3 次元胸部 X 線 CT 像からの肺野領域内における肺動脈・肺静脈の抽出に関する基礎的検討, 第 20 回日本医用画像工学会大会(JAMIT2001), pp.323-324 (2001.7)
- 17 北坂孝幸, 森健策, 長谷川純一, 鳥脇純一郎, 片田和廣: 非造影 3 次元胸部 X 線 CT 像からの縦隔内血管領域抽出法の改善, 第 20 回日本医用画像工学会大会(JAMIT2001), pp.289-290 (2001.7)
- 18 平野靖, 新美雅弘, 長谷川純一, 鳥脇純一郎, 大松広伸, 江口研二: 3 次元ポロノイ分割を用いた胸部 CT 像における肺葉収縮の定量化と腫瘤影鑑別への応用, 第 20 回日本医用画像工学会大会(JAMIT2001), pp.315-316 (2001.7)
- 19 林雄一郎, 加治洋丞, 森健策, 末永康仁, 鳥脇純一郎, 長谷川純一, 篠原一彦, 橋本大定: 3 次元腹部 X 線 CT 像からの大腸ひだ領域抽出手法の開発, 第 20 回日本医用画像工学会大会(JAMIT2001), pp.231-232 (2001.7)
- 20 出口大輔, 森健策, 鳥脇純一郎, 長谷川純一, 高畠博嗣, 名取博: オプティカルフロー解析に基づく実内視鏡カメラの動き推定, 第 20 回日本医用画像工学会大会, pp.295-296 (JAMIT2001)
- 21 横山耕一郎, 北坂孝幸, 森健策, 鳥脇純一郎: 解剖学知識を利用した 3 次元腹部 X 線 C T 像からの腎臓領域自動抽出, 第 20 回日本医用画像工学会大会(JAMIT2001), pp.293-294 (2001.7)
- 22 小川 浩史, 北坂 孝幸, 森 健策, 長谷川 純一, 鳥脇 純一郎: 3 次元腹部 X 線 CT 像からの大動脈領域の自動抽出手法の開発, 第 20 回日本医用画像工学会大会(JAMIT2001), pp.291-292 (2001.7)

2001.7.19

加筆 2001.7.29

## CADの定義について

名古屋大学大学院工学研究科 情報工学専攻  
厚生省がん研究助成金長谷川班 班員

鳥脇純一郎

このところ、例えば4月以後の医用画像関連諸学会および医学関係学会（注1）で、CADという言葉が一際よく登場することが目についた。その内容についても少しずつ多様化しているように思われるので、筆者の考えを簡単にメモしておきたい。

## 1 CADの定義

『CAD (Computer Aided (Assisted) Diagnosis) = 各時代において、その時代のコンピュータ（情報処理マシン）を駆使した診断法、もしくは診断手順。特に診断の基になる情報の取得、それから診断に到達するプロセスにコンピュータを積極的に用いる。また、コンピュータでなくてはできない機能の活用を重視する。』（鳥脇99）による）

下の図は、上記の定義を意識して下記資料[鳥脇99、94]において筆者が示したものである。これによれば、3次元の可視化、画像からの計測、などもCADに入れていた。始めにふれたように、最近は多くの機会にこれらもCADとしてふれられるようになってきた。とりわけ、可視化の注目度が高まっている。

なお、最近X線像CADのシステムが、商用の装置（単独の装置、もしくは撮像システムの一機能）においても色々出てきているが、例えばサブトラクションや非線形変換を伴う経時変化の検出、心胸比などの特徴量の計測、エネルギーサブトラクションの利用、などを含めて、その原型となる処理技法の多くが既にかなり以前から研究されていたものである。下記[鳥脇94]にはそれらの多くがまとめられているので、是非参照してみたい。

## 2 CADのクラスの多様化

上のようにCADそのものの意味が広がってくる中で、今後のX線像のCADを考えると、色々の役割や性能が考えられるであろう。筆者は取りあえず次の3種類を考えている。（1）専用CAD：対象と機能を明確に限定して、セカンドオピニオンとして医師の診断を支援する。特に、スクリーニングの支援をめざす場合に適合する。その意味で本班の主要ターゲットである[飯沼00]。

（2）汎用CAD：特に対象を限定せずに、新しい読影対象画像について、広く医師の読影のガイドとなる情報を提供する。とりわけ、マルチディテクタの高精度3DC Tでは情報が豊富なため、すべての有意な徴候を見落とし無く見られるように医師の診断をガイド、チェック、補足をするシステムが望まれる。[片田01]において提起されているのはこのタイプに属するであろう。

（3）日常CAD：一般の開業医の日常的診断、個人の健康管理の指針となる情報を提供する。現在の血液検査、心電図検査などはこのタイプになっている。（1）、（2）に比べればより気軽に使われる。X線像CADの商用化第1号として注目されたImagecheckerも、当初はこの方向を意図しているよう

に見られる所もある。

これらは研究・開発における目標を明確にするためにも意識しておく方が良いであろう。また、同じCADシステムが時と場合に応じてこの3種類のどれかの異なった使い方をされるといふこともあり得よう。

参考文献

[飯沼 00]飯沼武：コンピュータ支援画像診断（CAD）の実用化へのステップ - 一考察、コンピュータ支援画像診断学会論文誌、5, 1, pp.1-3（電子出版）

[片田 00]片田和廣：マルチスライスCTとCAD, CAD MNews Letter, No.29, pp.10-12 (2000.5)

[鳥脇 99]鳥脇純一郎：計算機支援診断（CAD）の現状と課題、シンポジウム資料、医用画像情報学会雑誌、16, 2, pp.101-114 (1999.3)

[鳥脇 94]鳥脇純一郎、館野之男、飯沼武編著：医用X線像のコンピュータ診断、シュプリンガー・フェアラーク東京、1994。12

注1 本稿は、厚生労働省がん研究助成金長谷川班平成13年度第一回班会議資料（2001年7月19日開催）に若干加筆したものである。

注2 日本放射線技術学会、日本医学放射線学会、日本エムイー学会、日本医用画像工学会、日本形成外科学会、胸部CT検診研究会、など。

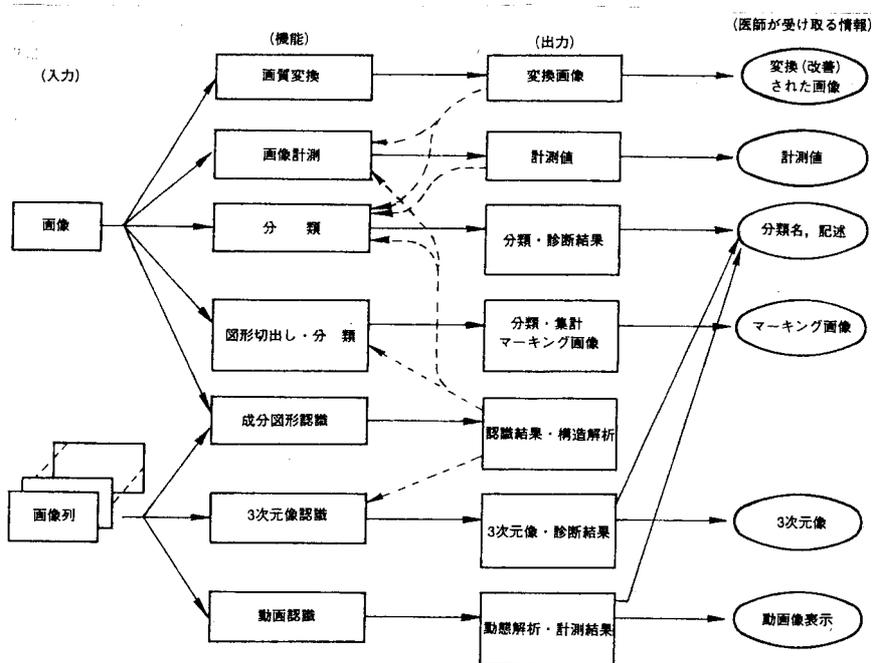


図1.2 X線像のパターン認識（計算機支援診断）における入出力情報 (3)

厚生省がん研究助成金平成 13 年度第 1 回長谷川班班会議

## 非造影 3 次元胸部 X 線 CT 像からの各種臓器領域抽出

### 1. はじめに

本報告では、非造影 3 次元胸部 X 線 CT 像からの各種臓器領域抽出法と抽出結果について述べる。今回対象とした臓器は、胸部大動脈、肺動脈（縦隔内）、肺動・静脈（肺野内）、腹部大動脈、腎臓、肝臓および脾臓の計 8 つである。それぞれの基本とする抽出法を表 1 に示す。

### 2. 処理手順と抽出結果

#### 2.1 胸部大動脈、肺動脈領域

入力画像に平滑化（メディアンフィルタ、オープニング演算）を施し、グラディエントベクトルの大きさ、および、局所標準偏差を計算する。グラディエントベクトルの大きさが 15 以上かつ局所標準偏差値が 10 以上かつ濃度値が -400H.U. 以下の画素をエッジとして抽出する。得られたエッジ領域の背景に対してユークリッド距離変換を施して距離値画像を得る。距離値画像に対して予め作成した大動脈および肺動脈の芯線モデルをマッチングさせて各血管の芯線を抽出する。最後に、芯線の画素集合に対して距離値画像の対応する画素値を用いて逆ユークリッド距離変換を施すことにより、大動脈領域および肺動脈領域を抽出する。胸部 CT 像 8 例に対して適用した結果、大動脈領域に関しては 7 例に対して良好に抽出できた。肺動脈領域は 3 例に対して良好に抽出できた[1]。

#### 2.2 肺野内の肺動・静脈領域

領域拡張法を用いて肺動脈領域および肺静脈領域を抽出する。領域拡張の開始点は、肺門付近の左右肺動脈の 2 点、左上肺静脈の 2 点、左右下肺動脈の 2 点、合計 6 点とする（ただし、左右下肺静脈以外の 4 点は手入力）。領域拡張の条件は CT 値 - 500H.U. 以上とする。ただし、肺動脈、肺静脈同士およびこれらと気管支壁は部分的に接触しており、誤拡張の原因となるため、それぞれ以下の処理で分離する。気管支壁との接触部の分離処理は、領域拡張法で抽出した気管支領域の欠落枝を手入力で補正し、この領域に膨張処理を施して得られた気管支壁領域を領域拡張の対象から外すことで実現する。また、肺動脈、肺静脈の接触部の分離処理は、現在のところ自動化が困難であるため手入力により行う。なお、入力画像は肺野全体が撮影されていることとする。胸部 CT 像 1 例に適用した結果、医師に 2、3 個所の誤抽出を指摘されたが、肺動脈、肺静脈の自動抽出への可能性を確認した[2]。

#### 2.3 腹部大動脈領域

指向性領域拡張法を用いて腹部大動脈を抽出する。抽出対象範囲は横隔膜付近から骨盤付近までとする。まず、入力画像に平滑化（メディアンフィルタおよびオープニング演算）を施す。次に、球を構造要素とした領域拡張処理によって背骨領域を抽出する。腹部大動脈は背骨と並走しているため、背骨領域を基に領域拡張の開始点を自動決定する。さらに、腹部大動脈が体軸方向に走行していることから、領域拡張の拡張方向を体軸上側と下側の 2 種類に限定し（指向性領域拡張法）、腹部大動脈領域を抽出する。領域拡張の条件は、球内の全点が 15H.U. 以上かつ 60H.U. 以下を満たすこととする。腹部 CT 像 5 例に適用した結果、横隔膜付近や大静脈との接触部において多少の誤抽出はあるものの、概ね良好に大動脈領域を抽出できた[3]。

#### 2.4 腎臓、肝臓および脾臓領域

入力画像に平滑化（メディアンフィルタ）を施す。

[腎臓領域] 球を構造要素とした領域拡張法を利用する。まず、2.3 で述べた背骨領域抽出を行う。腎

表 1 対象臓器とその基本抽出法

対象臓器	基本とする手法
大動脈、肺動脈領域 (縦隔内)	ユークリッド距離変換 モデルマッチング
肺動脈、肺静脈領域 (肺野内)	領域拡張法
腹部大動脈領域	領域拡張法
腎臓領域	領域拡張法
肝臓、脾臓領域	ユークリッド距離変換

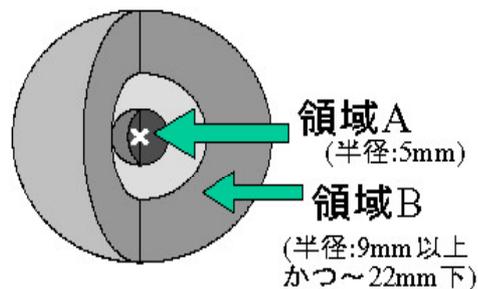


図 1 領域拡張の開始点の探索範囲

臓は背骨の左右に位置しているの、背骨との位置関係から腎臓の存在範囲を推定する。次に、図1のような近傍内の画素を調べ、領域Aの30%以上の画素が-80H.U.以上かつ0H.U.以下、かつ、領域Bの70%以上の画素が10H.U.以上かつ50H.U.以下を満たす場合、その注目点を腎臓と推定し、領域B内で拡張条件（球内の全点が10H.U.以上かつ50H.U.以下であること）を満たす画素を領域拡張の開始点とし、領域拡張法により腎臓領域を抽出する[4]。

[肝臓および脾臓領域] まず、先に得られた腎臓領域を基に肝臓領域および脾臓領域の存在範囲を推定する。以降の処理は、存在範囲内のみで行う。次に、しきい値処理により肝臓および脾臓の粗抽出を行う（肝臓：0H.U.以上かつ70H.U.以下、脾臓：35H.U.以上かつ65H.U.以下）。次に、得られた各領域にユークリッド距離変換を施し、距離値に対してしきい値処理を行う（肝臓：16以上、脾臓：10以上）。最後に、得られた領域に逆ユークリッド距離変換を施して肝臓領域および脾臓領域を抽出する。

腹部CT像5例に適用した結果、腎臓領域は4例に対して良好に抽出できた。肝臓領域は2例で良好、3例に肋骨間の筋肉や大静脈の過抽出が見られた。脾臓領域は2例に対して良好、3例に若干の抽出不足や過抽出があった。

### 3. 抽出結果の例

2で述べた手法で抽出した各臓器の抽出結果の例を図2に示す。画像の仕様は、スライス数：489枚、スライス厚：2.0mm、再構成間隔：1.0mmである。

参考文献 [1]北坂孝幸，他：“モデルを利用した3次元胸部X線CT像からの縦隔内動脈領域抽出，”電子情報通信学会医用画像研究会資料，MI2000-97，(2001-01)

[2]山口知章，他：“3次元胸部X線CT像からの肺野領域内における肺動脈・肺静脈の分離抽出に関する基礎的検討，”第20回日本医用画像工学会大会抄録集，pp.323-324，(2001-07)

[3]小川浩史，他：“3次元腹部X線CT像からの大動脈領域の自動抽出法の開発，”第20回日本医用画像工学会大会抄録集，pp.291-292，(2001-07)

[4]横山耕一郎，他：“解剖学的知識を利用した3次元腹部X線CT像からの腎臓領域自動抽出，”第20回日本医用画像工学会大会抄録集，pp.293-294，(2000-10)

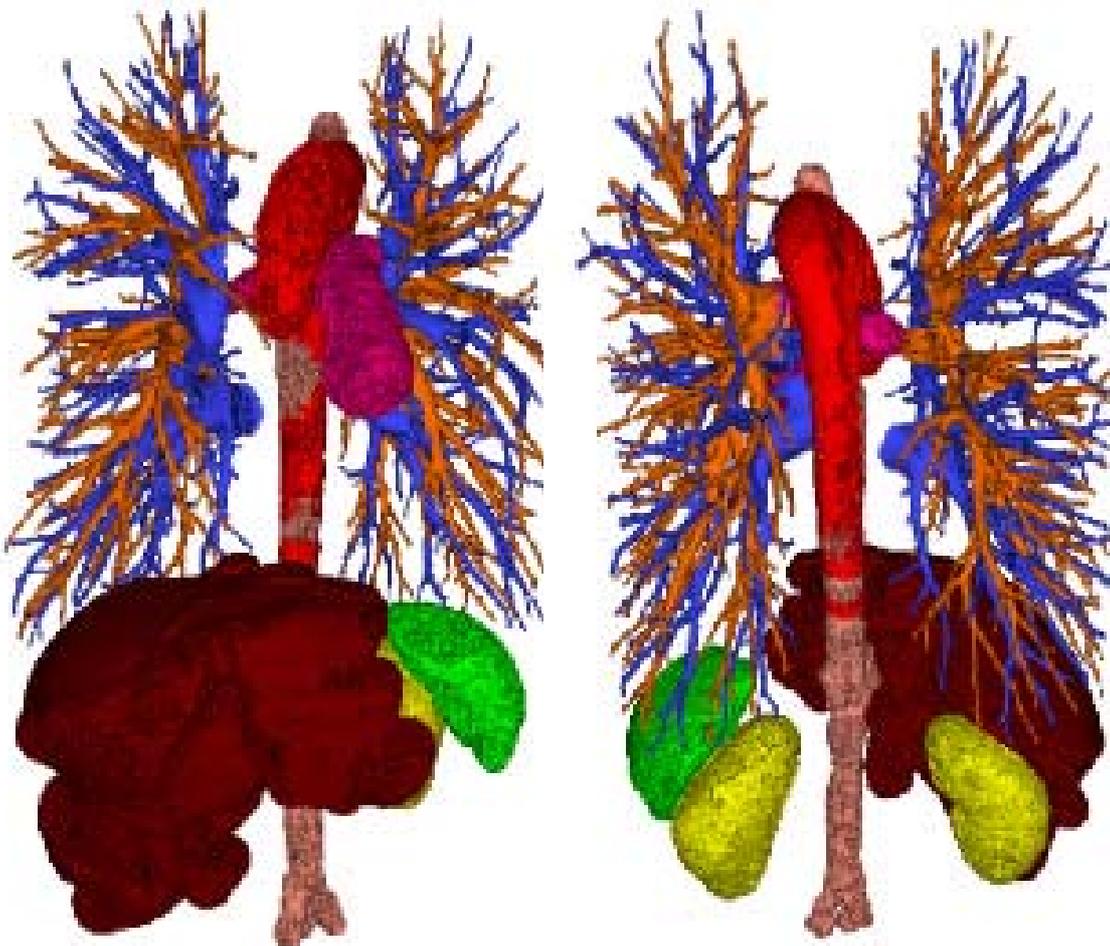


図2 各臓器領域の抽出結果の例。(左)正面像，(右)背面像。赤色：胸部大動脈，紫色：縦隔内肺動脈，オレンジ色：肺野内肺動脈，青色：肺野内肺静脈，ピンク色：腹部大動脈，茶色：肝臓，緑色：脾臓，黄色：腎臓。