

特集論文／医用画像に基づく計算解剖学の創成と診断・治療支援の高度化

計算解剖モデルの構築 Model Construction for Computational Anatomy

藤田 広志*¹ 原 武史*¹ 周 向榮*¹ 林 達郎*¹
 Hiroshi FUJITA Takeshi HARA Xiangrong ZHOU Tatsuro HAYASHI
 神谷 直希*^{1,2} 張 学軍*^{1,3} 陳 華岳*⁴ 星 博昭*⁵
 Naoki KAMIYA Xuejung ZHANG Huayue CHEN Hiroaki HOSHI

要 旨

本稿では、現在進行中の文部科学省科学研究費補助金新学術領域「医用画像に基づく計算解剖学の創成と診断・治療支援の高度化」において、われわれが担当している課題「計算解剖モデルの構築」の研究内容の目的や概要、ならびにその成果の一部を紹介する。本研究では、計算解剖モデルの構築と応用に着目して、CT 画像や PET 画像における人体の解剖学的構造の自動認識と分析を目指している。本稿では、具体的には、体幹部 CT 画像からの汎用的臓器の位置検出法の提案、形状モデルに基づく腹部筋肉の自動抽出法の開発、椎体の位置検出法の提案、および FDG-PET 画像における正常体幹部の SUV 分布モデルの構築について簡単に紹介する。大規模な画像データベースを用いた実験の結果から、提案したこれらの手法の有効性が示されている。

キーワード：計算解剖モデル、モデル構築、人体解剖学的構造、CT 画像、臓器の自動抽出

This paper presents a summary of the purpose and recent progress of our research work, which is a part of the research project "Computational anatomy for computer-aided diagnosis and therapy: Frontiers of medical image sciences" funded by a Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas, which is awarded by the MEXT, Japan. Our research in this project is mainly aimed at model constructions and their applications to the recognition and analysis of anatomical structures using CT images and functional images (PET). Our work focuses on modeling the universal organ localization approach, developing a shape model for abdominal muscle segmentation in CT images, proposing a localization scheme for vertebrae on CT images, and analyzing normal distributions of the standardized uptake values (SUV) of 2-deoxy-2-fluoro-d-glucose (FDG) in different organs. The preliminary experimental results, based on a large image database, have demonstrated the potential of the constructed models.

Key words: Computational anatomy, Model construction, Anatomical structure, CT images, Automatic organ segmentation

Med Imag Tech 29 (3): 116-122, 2011

1. はじめに

近年、各種のイメージング装置 (CT, MR, PET など) の開発と普及により、広範囲、高精度、あるいは高機能で人体の撮影を行うことが可能と

なっている。臓器が集中している体幹部画像からは、その詳細な情報を把握することができるため、病変の検出や進行度の判定、手術前の計画、治療計画、予後の診断など、さまざまな利用が医師によって行われている。一方、膨大な 3 次元体幹部画像の読影は、医師にとって重い負担となっている現実がある。そこで、病変などの診断情報を画像から見落とすことなく取得するために、計算機による支援診断 (computer-aided diagnosis, 以下 CAD) システムの開発が強く求められている [1]。診断に役立つ情報は、人体臓器の形状や大きさなどの幾何学的なものだけではなく、濃淡情報や、さらには血流や代謝などの情

*¹ 岐阜大学大学院医学系研究科知能イメージ情報分野 [〒 501-1194 岐阜市柳戸 1-1]: Department of Intelligent Image Information, Graduate School of Medicine, Gifu University.

e-mail: fujita@fjt.info.gifu-u.ac.jp

*² 豊田工業高等専門学校情報工学科

*³ 広西大学コンピュータ電子情報学部 (中国南寧省)

*⁴ 岐阜大学大学院医学系研究科解剖学分野

*⁵ 岐阜大学大学院医学系研究科放射線医学分野

論文受付: 2011 年 4 月 5 日

最終稿受付: 2011 年 5 月 6 日

報もあげられる。これらの情報は一般的に複数の医用画像から取得されるため、診断に必要な情報となる情報を事前に集約し、使用の際に正確かつ瞬時に引き出せるような人体モデルの構築がCADシステムの開発に強く求められている[2]。

人体のモデル化とは、取り扱う人体画像から問題解決に必要な情報だけを抜き出して単純化・抽象化することである。よって、計算解剖モデルとは、計算機の利用を前提にして、人体の解剖学的構造を簡略化・定量化することと考える。この簡略化・定量化の過程を、“モデルの構築”と呼ぶ。一般的には、画像から異なる人体のデータの特徴（たとえば、臓器の位置、大きさ、形状、画像上の濃淡分布）を計測し、何らかの空間上（たとえば、時間、年齢、人種、正常・異常、病変の進行度など）で表現することが最初のステップである。その上で多変量分析などの数学的手段を用いて、それぞれの特徴量の分布をより効率的に表現・利用する形式を求める。典型的なモデル構築として、臓器形状モデルに関する研究があげられる。これまでに、本研究では臓器の形状の表面を点群で表現し、複数の症例から人体の横隔膜の形状モデルを構築する手法を提案した[3~5]。また、複数の症例の同一臓器領域を同じ空間へ投影し加算することによって、臓器の存在位置を示す確率的アトラスの構築を試みた。構築したアトラスは、非造影CT画像から肝臓[6]と乳腺領域[7]の自動抽出に有用であることを確認した。

モデルは使用目的に強く依存する。今回想定している目的は、臓器領域の抽出のサポートと病変診断のサポートである。このようなモデルの構築作業は、使用目的に応じた最適な特徴量と空間を探索し、必要な情報を使用しやすい形で集約することであるといえる。以下には、それぞれの目的に対して、本研究の内容を述べる。

人体モデルの構築は、まず、臓器の自動認識や抽出処理において有用である。その中でもっとも基本的な情報に、画像上の臓器領域の位置と形状がある。医用画像から臓器領域を自動抽出する課題は、現在でも完全に解決できていない難題である。これまでに、肺、心臓、肝臓などの内臓領域の自動抽出に関する研究が数多く報告されたが[8,9]、高精度かつ汎用的な臓器抽出法はまだ実現できていない。とくに異常が

ある症例に対しては、臓器の形状や濃淡値などの特徴が、正常人体と比較して著しく異なる場合が多く、処理手順の失敗がよく見られている。そこで、より汎用性の高い処理手順を作成するために、設計段階でより多くの症例を使用し、処理手順の複雑さを削減する必要がある。しかし、特定の臓器の抽出を想定し、設計者が原画像を観察しながら試行錯誤で手順を設計する従来の手法には、すでに限界が見えている。よって、汎用性が高くかつ高精度な臓器抽出手順を開発するためには、新しい設計のアプローチの導入と事前に用意した知識(モデル)の参照が必要である。

画像支援診断では、画像から複数の病変候補を検出することも、基本的な機能としてときには要求される。病変を判断するために、まず、対象臓器の形状、硬さ、臓器内の濃淡値分布などのさまざまな特徴量を精密に測定する必要がある。そして、これらの特徴量がどのように分布しているかを事前に把握し、病変を判断するための正常および異常人体モデルを作成することが必要である。

2. 研究目的

われわれは、新学術領域【医用画像に基づく計算解剖学の創成と診断・治療支援の高度化】の『基礎』グループ群(A01)に所属し、研究目的は、「数理基礎」[10]と「画像完全理解アルゴリズム」[11]の2つの基礎研究グループと連携しながら「計算解剖モデルの構築」を行うことである。また、領域内の『応用システム開発』(A02)と『臨床展開』(A03)の2つの研究グループ群とも連携して、解剖モデルを実際問題に適用して性能評価を行う[12]。

本研究が目指しているモデル構築は、Fig. 1のように、以下の2つの目的に大別される。

1) 人体の臓器の位置・表面形状を表現し、人体の解剖学的構造の自動認識・抽出(model-driven segmentation)をサポートするモデルの構築。

2) 人体の正常状況(appearance of normal organs)を表現し、異常部位の検出(model-driven diagnosis)をサポートするモデルの構築。

1) では、すべての臓器・組織を抽出できる「汎用的」な処理手順の設計法を提案する。提案手順は、臓器の位置検出、最適なアトラスの探

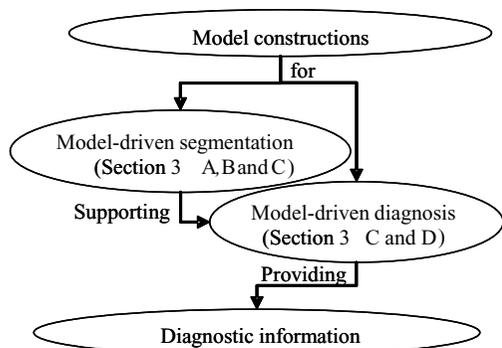


Fig. 1 Overview of our model constructions.

素、表面形状の決定の 3 つの処理ステップで構成される。それぞれの処理ステップは、事前に構築されているモデルの情報に基づいて動作する。2) では、多臓器から多疾病を同時に検出することを目指し、CT 画像と FDG-PET 画像を用いて、人体の正常状態をモデル化する。入力画像を人体の正常モデルと比較することによって、複数の異常候補の検出を実現する。

3. 研究概要

以下には、4 つの研究内容に関して、モデル構築とその応用について紹介する (Fig. 1 の A ~ D に相当) [12]. MR 画像における臓器硬さモデルについては、文献 [13~15] を参照されたい。

A. 臓器検出モデルの構築：CT 画像における臓器位置の高速検出

臓器の位置を自動的に高速で検出するための画像処理手順の設計アプローチを提案した [16, 17]. ここでは、機械学習に基づいて、画像処理手順の設計の一部も計算機による自動化で行う方針を採用した。計算機に与えられた学習サンプルに基づいて、対象臓器を表すテンプレートと識別するルール (「臓器検出モデル」と呼ぶ) を構築する。未知の画像が入力されると、全画像範囲で走査して、検出モデルと照合しながら対象臓器の位置を探索する (Fig. 2 参照)。以上のアプローチによって、モデルの構築と臓器の位置検出は独立なモジュールとして設計され、位置検出のアルゴリズムを複数の臓器の検出に応用することが可能となり、臓器の自動認識・抽出処理の抽出精度の向上に貢献できると考える。

提案手法を 660 例の体幹部 CT 画像に適用し、心臓、肝臓、左/右腎臓、および脾臓の位置の検

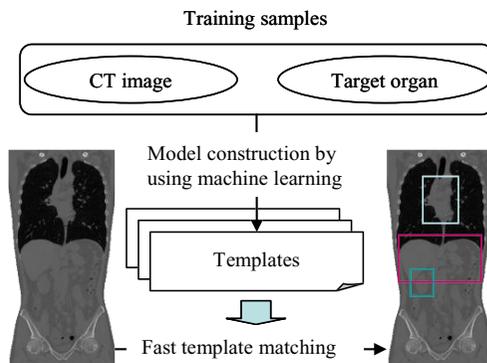


Fig. 2 Model construction for organ localization.

出実験を行った。学習サンプル 101 例を利用して検出器を作成し、その検出器を残りの 559 例に適用した。この検出の結果を手動測定した結果と比較したところ、臓器検出の成功率は 99 ~ 87% に分布した。また、検出された臓器の中心位置は、手動で示した座標と比べて、位置ズレがほとんどのケースで 15 voxel 以下であった。

提案手法は、従来のアトラスに基づく方法と比較して、臓器位置の検出精度が大きく向上した。この手法をさらに発展させ、臓器の表面形状の確定ができれば、汎用的な臓器抽出手順の実現が期待できる。

B. 形状モデルの構築：骨格筋の自動抽出

骨格筋は人体広範に存在し、骨格との相対的な位置関係およびその形状で定義される。しかし、CT 画像において、その濃淡値分布は他の臓器領域のそれと類似するため、一般的な画像処理手法による領域抽出は困難である。そこで、複雑な骨格筋形状を簡略化し、3 次元の形状モデルとして定義し、筋領域の抽出手法を構築した (Fig. 3 参照) [18~20].

提案する「骨格筋形状モデル」に基づく骨格筋の自動抽出法は、主に以下の 3 つのプロセスで構成される。

(1) 骨格筋の解剖学的付着箇所 (起始・停止) をランドマーク (LM) として自動認識する。

(2) 対応する起始・停止の LM を接続し解剖学的芯線 (centerline) を生成する。

(3) 各 centerline 上に抽出対象ごとに生成した筋の形状モデルをあてはめ、抽出・認識を行う。

このように、骨格と筋の解剖学的相対関係を LM による位置と Centerline による走行方向で表

現する。そして、事前に学習画像を用いて作成した筋固有の 3 次元形状モデルを当てはめることで、従来困難であった濃淡値に基づく骨格筋認識に、解剖学的位置情報と形状情報を付加することで、新たに CT 画像上における骨格筋認識を可能とした。

提案手法を 100 症例 (学習 20 症例, 実験 80 症例) に適用し、本手法の認識精度の検証を行った。医師の手動抽出した領域と提案手法に基づく自動抽出結果の一致率で比較した結果、大腰筋領域では 72.3%, 腹直筋では 84.1% であった。また、医師の計測断面であるヤコビ線と臍断面において本手法の評価を行った結果、すべての症例において誤差が 3 mm 以内であった。

以上の結果から、本手法は現状の臨床において計測される筋厚や筋断面積の計測を自動的かつ定量的に実現できた。認識手法をさらに高度化することにより、本手法で誤抽出の多かった筋の上部の認識精度を改善し、筋の体積と疾患

の関係など、新たな臨床的知見が得られる可能性がある。

C. 椎体検出モデルの構築

骨格は他の臓器・組織より高い CT 値で描出されるため、CT 画像においてもっとも観察しやすい構造の 1 つである。コンピュータを用いて人体の精緻な構造を解釈する上で、位置に関する情報は欠かせない。本研究では、椎体の位置を自動的に検出するスキームを設計し、人体構造のセグメンテーションを支援することを目的とした (Fig. 4) [21]。

モデルを使って椎体をセグメンテーションする手法は数多く提案されているが、その多くは膨大な労力に基づく高精度なモデルの生成が要求される。本研究では、肋骨の位置と椎体中央における 3 つの直交断面 (Axial, Coronal, Sagittal) のみを利用したシンプルな輪郭モデルを構築し、椎体の位置決定におけるモデルの有用性を検証した。

学習フェーズでは、脊椎の構造を単純化するため、最初に脊柱管の中心線と椎骨の棘突起の位置を検出し、脊椎が真直ぐになるようにリフォーメーションを行う。次に、椎体中央部における 3 つの直交断面上で輪郭をトラッキングし、脊柱管の中心からの相対座標として記録し、椎体の輪郭モデルとする。

テストフェーズでは、脊椎をリフォーメーション後、脊椎と肋骨が接続していることを利用して各肋骨と脊椎の接続位置を検出する。その後、肋骨を用いて椎体の上下方向の位置を制約した条件の下で、輪郭モデルに剛体変換を適用しながらテンプレートマッチングし、もっとも適合率の高いモデルを椎体位置の検出結果として出力する。

104 症例の CT 画像を使用し、ハウスドルフ距離を用いて提案手法の性能を評価した。第 2 胸

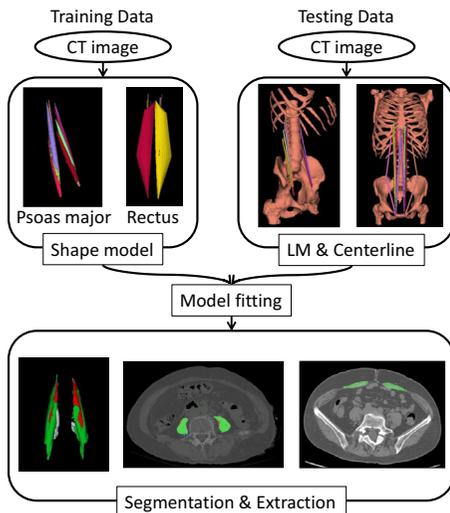


Fig. 3 Shape-model-based segmentations of skeletal muscles.

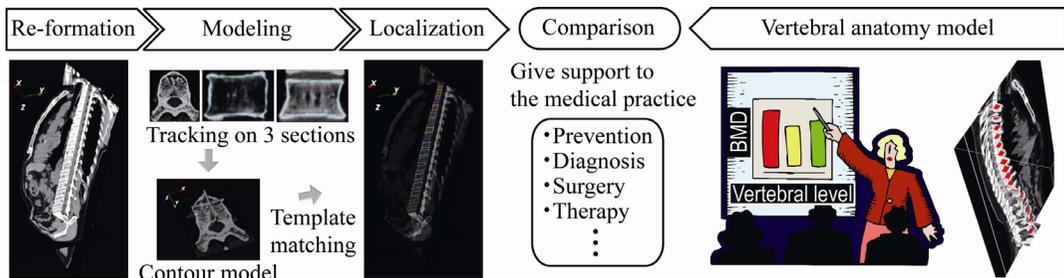


Fig. 4 Model based vertebral bodies localization and building a vertebral anatomy model (bone mineral density: BMD).

椎～第 5 腰椎までの平均ハウドルフ距離は、100 症例の学習データを用いたとき 4.3 mm であった。一方、学習データを 10 例のみ用いた場合であっても平均ハウドルフ距離 5.1 mm で椎体の位置を検出できた。

以上の結果から、肋骨と 3 つの直交断面のみで構築したシンプルな輪郭モデルであっても、個々の椎体の位置の検出に有用である可能性が示唆された。

以上の手法で測定した椎体の位置を利用し、CT 画像から椎体の骨密度を測定することが可能である。椎体の位置、年齢、性別に依存する骨密度の変化を集約したモデル [22] と比較することにより、CT 画像を利用した椎体骨密度のモニタリングが可能となり、骨粗鬆症のスクリーニングおよび治療への活用がもたれる。

D. 機能画像を用いた代謝モデルの構築： 糖代謝

¹⁸F-Fluorodeoxy glucose(FDG)-PET 画像は、脳機能とがんの診断に用いられる。このような FDG-PET 画像の読影において、関心組織の Standardized Uptake Value (以下、SUV) が参照される。高い値をもつ領域は異常集積であるといえるが、正常な糖代謝であっても高い値を示すことがあるため、その判断には十分な経験が必要である。つまり、正常な糖代謝の範囲を経験的に把握することが重要であるといえる。そのため、コンピュータを用いて正常な臓器や組織ごとの糖代謝の範囲を 3 次元的な分布で記録し、患者の代謝の状態と自動的に比較する手法は、脳画像における機能解析で用いられているように、画像を読影する際の補助となり得ると考えられる。

われわれは、FDG-PET 体幹部画像における正常な糖代謝を統計的に表現するため、以下のよ

うに「SUV 分布モデル」の構築法を考案した (Fig. 5) [23~25].

ここでは、男性 143 名、女性 100 名の正常例から、男性と女性の標準的な体型に変形した FDG-PET 画像 (以下、標準画像) を作成する。この標準画像は、それぞれの性別の FDG-PET 画像において、腎臓、肝臓、膀胱、および体表を認識し、剛体/非剛体変形技術を利用して 1 つの体型に位置合わせを行って作成される (Fig. 5 参照)。ここでは、SUV の平均と標準偏差が 3 次元的に記録される。そして、この標準画像を 1 つに合算して SUV 分布モデルとする。この合算ではそれぞれのボクセルの平均値と標準偏差を定めることが可能であり、それらの値は正常な糖代謝の範囲 (信頼区間) を表現したといえる。この SUV 分布モデルと患者の FDG-PET 画像との位置合わせを行うことによって、患者画像の SUV の偏差が計算可能となり、正常な糖代謝からどの程度離れているかを統計的に表すことができる。

手法の有効性を示すために、ある異常症例群から抽出した 432 の異常集積部位について偏差の算出を行った。432 領域中 49 領域は領域内の SUV の最大値が 2 以下であったが、そのうちの 39 領域において偏差が 2 を超えた。また、432 領域中 299 領域は SUV の最大値が 5 以下であったが、そのうちの 285 領域において偏差が 2 を超えた。正常集積との比較を綿密に行う必要があるが、この偏差を医師に提示することによって、その部位が正常な分布の平均からどの程度外れているかを定量的に提示することが可能となる。さらに、過去画像と現在画像の変形結果を用いて、経時的な SUV と偏差の算出が可能である。これらの値は、がんの化学療法や全身のがん転移部位の検査の診断支援の要素となると考える。

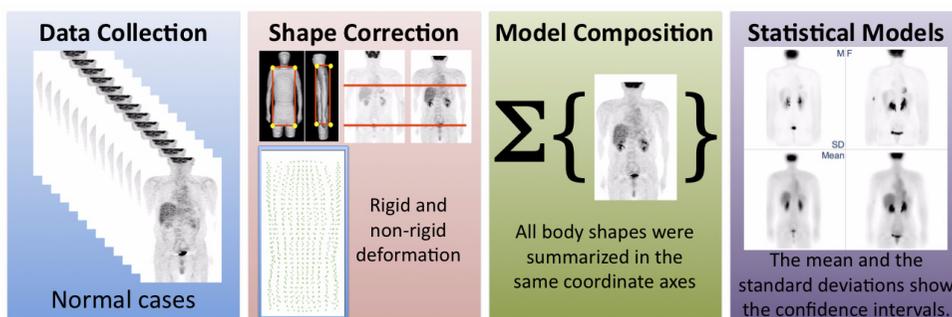


Fig. 5 Standard normal model construction in FDG-PET.

4. まとめ

本研究では、計算解剖学のモデルを構築するための前段階として、人体の解剖学的構造の自動認識と正常人体のモデルの構築に関するわれわれの研究成果を紹介した。具体的には、汎用的な臓器・組織の位置検出、形状モデルに基づく骨格筋の自動抽出、椎体の位置検出、およびFDG-PET画像に基づく正常人体のSUV値のモデル化に関する研究内容の概要を示した。これらの実験結果では、それぞれ提案した手順とモデルの有効性を確認した。

本稿で示した以外に、肝臓の硬さモデルによる研究や [13~15]、パノラマ X 線写真における下顎骨のモデルとの類似性に基づいて罹リスクの疑われる疾病を検出する研究を行っている [26]。

今後は、すべての臓器・組織の自動抽出に対応できる汎用的な手順の開発を進めていく。そのために、人体の解剖構造に関する情報の集約（モデル化）についてより重点的に研究を進める。また、目標である正常人体モデルの構築と正常モデルに基づく異常部位の検出について、複数の画像モダリティからの情報を融合して、より高性能な正常人体モデルを構築する予定である。

謝辞

本稿で紹介した研究内容は、岐阜大学大学院医学系研究科の知能イメージ情報分野研究室の諸兄ならびに学内外の多くの共同研究者のご協力によるもので、これらの方々に深く感謝いたします。また、本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金新学術領域「医用画像に基づく計算解剖学の創成と診断・治療支援の高度化」によって行われました。

文 献

- [1] Doi K: Computer-aided diagnosis in medical imaging, Historical review, current status and future potential. *Computerized Medical Imaging and Graphics* **31**: 198-211, Mar. 2007
- [2] Kobatake H: Future CAD in multi-dimensional medical images - Project on multi-organ, multi-disease CAD system. *Computerized Medical Imaging and Graphics* **31**: 258-266, Mar. 2007
- [3] Dalal P, Munsell BC, Wang S et al: A fast 3D correspondence method for statistical shape modeling. *Proc of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2007*, pp1-8, 2007
- [4] Zhou X, Ninomiya H, Hara T et al: Automated estimation of the upper surface of the diaphragm in 3-D CT images. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* **55**: 351-353, Jan. 2008
- [5] Dalal P, Ju L, McLaughlin M et al: 3D open-surface shape correspondence for statistical shape modeling: Identifying topologically consistent landmarks. *Proc of 2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pp1857-1864, 2009
- [6] Zhou X, Kitagawa T, Hara T et al: Constructing a probabilistic model for automated liver region segmentation using non-contrast X-ray torso CT images. *Proc of 9th International Conference for Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention - MICCAI 2006, Part II*, **4191**: 856-863, Springer Berlin/Heidelberg, 2006
- [7] Zhou X, Han M, Hara T et al: Automated segmentation of mammary gland regions in non-contrast X-ray CT images. *Computerized Medical Imaging and Graphics* **32**: 699-709, Dec. 2008
- [8] Zhou X, Hara T, Fujita H: Preliminary study for automated recognition of anatomical structure from torso CT images. *Proc of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, Shanghai, China, paper#340*, 2005
- [9] Zhou X, Hayashi T, Hara T et al: Automatic segmentation and recognition of anatomical lung structures from high-resolution chest CT images. *Computerized Medical Imaging and Graphics* **30**: 299-313, Jul. 2006
- [10] Masutani Y, Hontani H, Imiya A: A01-1 Mathematical Foundation of computational anatomy: Progress overview FY2010. *Proc of the Second International Symposium on the Project "Computational Anatomy"*, 3-8, Nagoya Univ, March 6th and 7th, 2011
- [11] Sato Y, Nakamoto M, Tada Y et al: A01-2 Fundamental technology for computational anatomy: Progress overview FY2010. *Proc of the Second International Symposium on the Project "Computational Anatomy"*, 9-12, Nagoya Univ, March 6th and 7th, 2011
- [12] Fujita H, Hara T, Zhou X et al: A01-3 Model construction for computational anatomy: Progress overview FY2010. *Proc of the Second International Symposium on the Project "Computational Anatomy"*, 13-17, Nagoya Univ, March 6th and 7th, 2011
- [13] Watanabe H, Kanematsu M, Kitagawa T et al: MR elastography of the liver at 3 T with cine-tagging and bending energy analysis: Preliminary results. *European Radiology* **20**: 2381-2389, Oct. 2010
- [14] Zhang X, Zhou X, Hara T et al: Computer-aided detection and diagnosis on hepatic MR and CT images. *Proc of 2010 International Conference on Future Computer, Control and Communication (FCCC 2010) - International Forum on Computer Science-Technology and Applications (IFCSTA 2010) - 2*: 323-326, 2010
- [15] Miotani S, Zhang X, Kitagawa T et al: Automatic measurement of elasticity of liver region using MR tagging image. *Proc of International Forum on Medical Imaging in Asia, 2011*, pp316-319
- [16] Zhou X, Fujita H: Automatic organ localization on X-ray CT images by using ensemble learning techniques. in *Machine Learning in Computer-aided Diagnosis: Medical Imaging Intelligence and Analysis*, ed. by K. Suzuki, in press, IGI Global, USA, 2011
- [17] Zhou X, Wang S, Chen H et al: Rapid organ localization in 3D torso CT images based on ensemble learning. *Proc of 2010 International Conference on Future Computer, Control and Communication (FCCC 2010) - International Forum on Computer Science-Technology and Applications (IFCSTA 2010) - 2*: 312-315, 2010
- [18] Kamiya N, Zhou X, Chen H et al: Automated recognition of the psoas major muscles on X-ray CT images. *Proc of the 31st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, pp3557-3560, 2009

- [19] Kamiya N, Zhou X, Chen H et al: Automated recognition of structure of abdominal skeletal muscles from X-ray CT images. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery 4: Suppl. 1, pp324-325, June 2009
- [20] Kamiya N, Zhou X, Chen H et al: A model based method for recognizing psoas major muscles in torso CT images. in Medical Imaging 2010: Computer-Aided Diagnosis, ed. by N. Karssameijer, R. M. Summers, Proc of SPIE 7624 (SPIE, Bellingham, WA 2010): 76241X, 2010
- [21] Hayashi T, Chen H, Miyamoto K et al: A computerized scheme for localization of vertebral bodies on body CT scans. in Medical Imaging 2011: Image Processing, ed. by B. M. Dawant, D. R. Haynor, Proc of SPIE 7962(SPIE, Bellingham, WA 2011): 796238, 2011
- [22] Hayashi T, Chen H, Miyamoto K et al: Analysis of bone mineral density distribution at trabecular bones in thoracic and lumbar vertebrae using X-ray CT images. J Bone Miner Metab 29: 174-185, 2011
- [23] Hara T, Ito S, Katafuchi T et al: Quantitative analysis of FDG-PET scans by use of a statistical model for normal cases. Proc of RSNA2009, CODE: SST14-05, p694, 2009
- [24] Hara T, Katafuchi T, Kobayashi T et al: Automated analysis of standard uptake value for torso FDG-PET images. Proc of 2010 International Conference on Future Computer, Control and Communication (FCCC 2010) - International Forum on Computer Science-Technology and Applications (IFCSTA 2010) - 2: 277-279, 2010
- [25] Asai T, Suzuki T, Hara T et al: Automatic detection and temporal comparison methods for lesions on torso FDG-PET scans. IEICE Technical Report 110: MI2010-46, pp51-56, in Japanese, July 2010
- [26] 藤田廣志, 原 武史, 勝又明敏, 他: パノラマエックス線写真を利用した診断支援システム, 及びパノラマエックス線写真を利用した診断支援プログラム. 特願 2011-060256 (2011年3月18日出願)



藤田広志 (ふじた ひろし)

1976年岐阜大学工学部電気工学科卒業。1978年同大学院工学研究科修士課程修了。同年岐阜高専・助手, 1986年同・助教授。この間, 1983-1986年シカゴ大学ロスマン放射線研究所・客員研究員, 1991年岐阜大学工学部・助教授, 1995年同・教授, 2002年同大学院医学系研究科(再生医科学専攻・知能イメージ情報分野)・主任教授。岐阜大学人間工学研究開発センター併任。工学博士, IEEE, SPIE, 医用画像情報学会(会長), 日本医用画像工学会, 電子情報通信学会, 日本生体医工学会, 日本放射線技術学会などの会員。



周 向榮 (しゅう こうえい)

1993年中国ハルビン工業大学工学部電気工学科卒業。2000年名古屋大学工学研究科情報工学専攻博士後期課程修了。同年岐阜大学バーチャルシステムラボラトリー・研究員, 2002年同大学院医学系研究科・助手, 工学博士。電子情報通信学会, 日本放射線技術学会, 日本医用画像工学会などの会員。



神谷直希 (かみや なおき)

2005年岐阜大学工学部応用情報学科卒業。2007年同大学院医学系研究科再生医科学専攻再生工学講座知能イメージ情報分野博士前期課程修了。同年同大学院博士後期課程入学, 2010年豊田工業高等専門学校情報工学科・助教。修士(再生医科学)。日本医用画像工学会, 電子情報通信学会, 日本放射線技術学会, IEEEの会員。



陳 華岳 (ちん かがく)

1992年岐阜大学医学研究科博士課程修了, 同年中国浙江大学医学部講師, 1993年同大学助教授, 1995年岐阜大学医学系研究科助手, 1999年同大学講師。医学博士。日本解剖学会, 日本顕微鏡学会, 日本臨床分子形態学会, 日本東洋医学会, アメリカ骨代謝学会などの会員。



原 武史 (はら たけし)

1995年12月岐阜大学大学院工学研究科退学, 同大学工学部応用情報学科技官。1997年同助手, 2001年同助教授, 2002年同大学院医学系研究科再生医科学専攻助教授。2007年同准教授。うち, 2008-2009年シカゴ大学医学部放射線科 Visiting Associate Professor。工学博士。医用画像のための画像処理および画像認識, コンピュータ支援診断(CAD)システムの開発に関する研究に従事。医用画像情報学会, 日本生体医工学会, 日本放射線技術学会, 日本医用画像工学会などの会員。



林 達郎 (はやし たつろう)

2003年岐阜大学工学部応用情報学科卒業, 2008年同大学院医学系研究科博士後期課程修了, 同年同大学院医学系研究科産官学連携研究員, 2009年同大学産官学融合本部中核的研究機関研究員, 2011年同大学院医学系研究科産官学連携研究員, 現在に至る。博士(再生医科学)。医用画像処理に関する研究に従事。日本医用画像工学会, アメリカ骨代謝学会, 日本骨形態計測学会, 日本歯科放射線学会などに所属。



張 学軍 (ちょう がくぐん)

2004年岐阜大学大学院工学研究科にて工学博士号取得, 同大学院医学研究科研究員を務める。その後中国広西大学准教授を経て, 2007年より同大学コンピュータ電子情報学部教授となり, 現在に至る。医用画像処理, 人工知能, パターン認識に興味を持つ。



星 博昭 (ほし ひろあき)

1979年群馬大学医学部医学科卒業。同年宮崎医科大学(現宮崎大学)・放射線科, 1994年同・助教授, この間, 1988年米国ハーネマン大学・客員研究員, 1991-1992年モントリオール脳神経研究所・客員研究員。1995年岐阜大学医学部・教授, 2004年改組により同大学院医学系研究科(放射線医学分野)・主任教授。岐阜大学人間工学研究開発センター併任。医学博士。第1種放射線取扱主任者, 日本医学放射線学会代議員, 日本核医学会評議員, 北関東医学会評議員, 日本画像医学会評議員, 日本心臓核医学会評議員など。