

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2014～2016

課題番号：26330134

研究課題名（和文）メタ情報の自動付与に基づくCT画像データベースの高度化

研究課題名（英文）Upgrading of the CT image database by automatically attaching the meta-information

研究代表者

周 向荣（ZHOU, XIANGRONG）

岐阜大学・大学院医学系研究科・助教

研究者番号：00359738

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、3次元CT画像を大量に収集し、画像内の解剖学的構造と局所的画像表現をメタ情報として体系化した。これらの情報に基づいて機械学習のアプローチで画像から解剖構造を自動的に認識・抽出する手順を開発した。自動抽出手順をデータベースと連動して、得られたメタ情報を自動的にデータベースに登録する機能を実現した。構築したデータベースを予防医療のための乳がんと椎体骨折のリスク評価、子宮筋腫手術のための患者固有な模型作り（3D-printing）に応用した。よって、本研究の目的である「解剖構造と画像表現に関するメタ情報の自動付与によるCT画像データベースの高度化」を概ね達成した。

研究成果の概要（英文）：In this work, we collected a large number of three-dimensional CT images. The anatomical structures and local image appearances in those images were arranged. We developed a machine-learning based approach to recognize and extract anatomical structures automatically from the CT images, and integrated that information into the database. We applied the database to predicting the risk of breast cancers and vertebral fractures in preventive medicine, and 3D printing of the patient specific models for uterus surgical planning. The aim of this work of “Upgrading of the CT image database by automatically attaching the meta-information” was almost realized.

研究分野：総合領域 情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：データベースシステム 医用画像処理 解剖学的構造の自動認識

1. 研究開始当初の背景

画像は生きている人体の内部を観察できる唯一の手段として、病変部の早期発見と手術および放射線治療の事前計画と事後確認に必要不可欠な存在である。一方、限られている時間内で大量の3次元医用画像を読影することは医師に大きな負担を強いている。そこで、生の画像データから必要な情報を瞬時に引出し、医師に提示できる知的システムの開発が強く要求される。実用的なシステムの開発には、まず、大規模な医用画像DBの構築と計算機による画像の自動認識・理解を行う必要がある。

2. 研究の目的

(1) 大規模な高精細な体幹部CT画像を収集し、各画像内の解剖学的構造(臓器の位置、大きさ、形状、位置関係)と局所的画像表現(テクスチャ)に関するメタ情報を体系化する。

(2) CT画像における解剖学的構造の自動認識と注釈、類似画像検索、病変の自動分類の処理手順をDBに基づく機械学習のアプローチで自動構成し、DBの中核機能として提供する。

3. 研究の方法

(1) 体幹部CT画像、病変情報、画像特徴量、学習方法、評価結果などの情報は効率的に連動・検索できるリレーショナルデータベースの構造を考案する(図1に参照)。

(2) 人体の体幹部における主要な臓器と組織50個に絞って、CT画像上の解剖構造をこれらの対象物を囲んでいるボックスのグラフで表現する解剖学的構造の数理モデルを構築する。

(3) 局所的画像表現をモデル化する。各解剖構造を囲んでいるボックス領域に対して、個別的に画像表現モデルを構築する。具体的には、機械学習のアプローチで画像特徴を自動的に獲得する。

(4) 構築したモデルを用いて、CT画像からの解剖構造の自動認識と注釈、類似画像検索、病変の自動分類の手順を開発する。そして、新規に収集されるCT画像から解剖学的構造と局所的画像表現などのメタ情報に自動的に抽出し、CT画像とともにDBに登録する。

4. 研究成果

(1) 本研究は、岐阜大学病院の倫理委員会の審査を受け、医用画像の使用許可を得た。岐阜大学病院内で、CT画像を収集するための専用な計算機システムを放射線科に設置した。このシステムを使用して、約3千例の体幹部・全身CT画像を収集した。また、人体のMR(T2, DWI)画像も同時に収集した。

(2) 医用画像、人体の解剖学的構造データ、計算機での抽出結果、有用な画像特徴などの情報を統合して、医用画像データベースをMySQLとdcm4cheeサーバに基づいて構築した。研究室内のWebとプログラミングに經由して、簡単に関連情報を検索、追加、変更できる環境を実現した。これによって、大規模な医用画像を用いて、計算機の自己学習を行える研究環境を整えた。本研究で構築した医用画像データベースは、撮影範囲が広く(体幹部)、画像が高精細(0.6mmの画像解像度)、様々な病変を含む広い年齢層の患者データであり、国内の医用画像研究分野では、貴重かつ唯一なものである。

(3) 計算機の自己学習によって、CT画像からそれぞれの臓器位置を正確に識別できる判別ルールと最適な特徴量を纏めた。これによって、任意のCT画像から医師の関心領域(ROI)を高速で検出できるようになった。本研究は、3000例のCT画像から50個(17種類の臓器領域と33個の椎体)のROIの位置検出を行い、平均的に90%以上の成功率を得た。さらに、CT画像から広範囲での解剖構造の自動認識・抽出手順を開発し、計算機は様々な撮影範囲でのCT画像から複数の解剖構造を一括で抽出できることを実現した(図2に参照)。

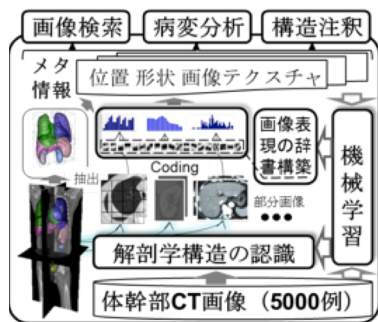


図1 DBシステムの概要

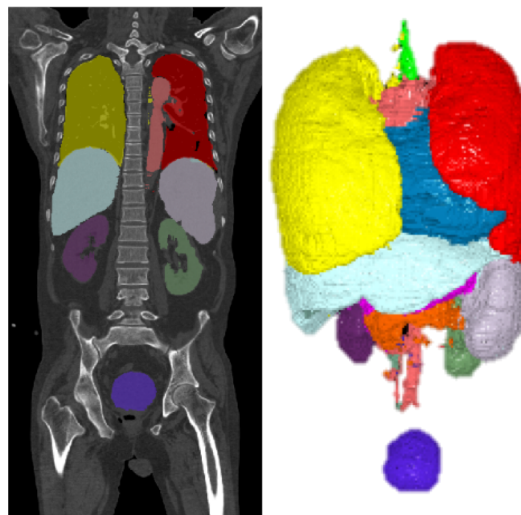


図2 体幹部CT画像からの人体の解剖学的構造の自動認識結果。(左:3次元CT画像の1スライス,右:抽出された3次元解剖学的構造の立体表示)。

(4) 構築したデータベースの情報を用いて、子宮筋腫手術のための患者固有な模型の造形、予防医療のための乳がん和椎体骨折のリスク評価に応用した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 10 件)

- (1) S. A. Z. Sayed Aluwee, X. Zhou, H. Kato, H. Makino, C. Muramatsu, T. Hara, M. Matsuo, H. Fujita, “Evaluation of pre-surgical models for uterine surgery by use of three-dimensional printing and mold casting”, *Radiological Physics and Technology*, 査読有, (2017) (in press).
DOI: 10.1007/s12194-017-0397-2
- (2) X. Zhou, T. Ito, R. Takayama, S. Wang, T. Hara, and H. Fujita: First trial and evaluation of anatomical structure segmentations in 3D CT images based only on deep learning, *Medical Image and Information Sciences*, 査読有, 33(3), 69-74, (2016).
DOI: 10.11318/mii.33.69
- (3) M. Zhang, C. Muramatsu, X. Zhou, T. Hara, and H. Fujita: Blind image quality assessment using the joint statistics of generalized local binary pattern, *IEEE Signal Processing Letters*, 査読有, 22 (2), 207-210, (2015).
DOI: 10.1109/LSP.2014.2326399
- (4) X. Zhou, R. Xu, T. Hara, Y. Hirano, R. Yokoyama, M. Kanematsu, H. Hoshi, S. Kido, and H. Fujita: Development and evaluation of statistical shape modeling for principal inner organs on torso CT images, *Radiological Physics and Technology*, 査読有, 7 (2), 277-283, (2014).
DOI: 10.1007/s12194-014-0261-6

[学会発表] (計 15 件)

- (1) X. Zhou, T. Kano, S. Li, Xin. Zhou, T. Hara, R. Yokoyama, and H. Fujita: Automated assessment of breast tissue density in non-contrast 3D CT images without image segmentation based on a deep CNN, *Proc. SPIE Medical Imaging 2017: Computer-aided diagnosis*, 101342Q, 2017/2/12–2017/2/16, Orlando, FL, USA.
- (2) X. Zhou, R. Takayama, S. Wang, T. Hara, and H. Fujita: Automated segmentation of 3D anatomical structures on CT images by using a deep convolutional network based on end-to-end learning approach, *Proc. SPIE Medical Imaging 2017 : Image processing*, 1013324, 2017/2/12–2017/2/16, Orlando, FL, USA.
- (3) X. Zhou, T. Ito, R. Takayama, S. Wang, T. Hara, and H. Fujita: Three-dimensional CT image segmentation by combining 2D fully convolutional network with 3D majority

voting, *Proc. 2nd Workshop on Deep Learning in Medical Image Analysis, MICCAI 2016*, 107-116, 2016/10/17-2016/10/21, Athens, Greece.

- (4) S.A.Z.B.S. Aluwee, X. Zhou, H. Kato, H. Makino, R. Yokoyama, H. Ito, T. Hara, C. Muramatsu, K. Miyaki, and H. Fujita: Elastic organ models by using 3D printed mold from MR images, *the 72nd Annual Meeting of the Japanese Society of Radiological Technology, CyPos 10507*, 2016/4/14-2016/4/17, Yokohama, Japan.
- (5) N. Kamiya, X. Zhou, K. Azuma, C. Muramatsu, T. Hara, and H. Fujita: Automated recognition of the iliac muscle and modeling of muscle fiber direction in torso CT images, *Proc. SPIE Medical Imaging 2016: Computer-Aided Diagnosis*, 9785, 97853K, 2016/2/27-2016/3/3, San Diego, USA.
- (6) X. Zhou, T. Kano, Y. Cai, S. Li, Xin. Zhou, T. Hara, R. Yokoyama, and H. Fujita: Automatic quantification of mammary glands on non-contrast X-ray CT by using a novel segmentation approach, *Proc. SPIE Medical Imaging 2016: Computer-Aided Diagnosis*, 9785, 97851Z, 2016/2/27-2016/3/3, San Diego, USA.
- (7) Y. Yamaguchi, Y. Takeda, T. Hara, X. Zhou, M. Matsusako, Y. Tanaka, K. Hosoya, T. Nihei, T. Katafuchi, and H. Fujita: Three modality image registration of brain SPECT/CT and MR images for quantitative analysis of dopamine transporter imaging, *Proc. SPIE Medical Imaging 2016: Biomedical Applications in Molecular, Structural, and Functional Imaging*, 9788, 97881V, 2016/2/27-2016/3/3, San Diego, USA.
- (8) X. Zhou, S.A.Z.B.S. Aluwee, H. Kato, H. Makino, T. Hara, H. Fujita, I. Hiroaki, C. Muramatsu, K. Miyaki: Efficiency Investigation of Surgery Planning for Uterine Fibroid Removal by using 2D MR Images, 3D Advanced Visualization and Physical Models from 3D Printing, *the 100th Annual meeting of the Radiological Society of North America, IN208-SD-SUB2*, 2015/11/28-2015/12/03, Chicago, U.S.A.
- (9) X. Zhou, S. Morita, Xin. Zhou, H. Chen, T. Hara, R. Yokoyama, M. Kanematsu, H. Hoshi, and H. Fujita: Automatic anatomy partitioning of the torso region on CT images by using multiple organ localizations with a group-wise calibration technique, *Proc. of SPIE Medical Imaging 2015: Computer-Aided Diagnosis*, 9414, 94143K-1 – 94143K-6, 2015/2/21–2015/2/26, Orlando, FL, USA.

[図書] (計 1 件)

- (1) T. Hayashi, H. Chen, K. Miyamoto, X. Zhou, T. Hara, and H. Fujita: Computer-aided image

analysis for vertebral anatomy on X-ray CT images (Chapter 7), ed. by K.Suzuki, in Computational Intelligence in Biomedical Imaging, 159-184, Springer, New York, (2014).

[その他]

ホームページ等

<http://www.fjt.info.gifu-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

周 向荣 (ZHOU, Xiangrong)

岐阜大学・大学院医学系研究科・助教

研究者番号：00359738

(2) 研究協力者

藤田 廣志 (FUJITA, Hiroshi)

東 華岳 (AZUMA, Kagaku)

加藤 博基 (KATO, Hiroki)

WANG Song