

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：15501

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2009～2013

課題番号：21103008

研究課題名(和文) 計算解剖モデルの診断支援とオートプシー・イメージング支援応用

研究課題名(英文) Computer-aided diagnosis of computational anatomical model and application of computer-aided autopsy imaging.

研究代表者

木戸 尚治(KIDO, Shoji)

山口大学・医学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：90314814

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 81,100,000円、(間接経費) 24,330,000円

研究成果の概要(和文)：われわれは、他の計画班と協力して「計算解剖」の臨床展開をおこなうことを目的として、「計算解剖モデルの診断支援とオートプシー・イメージング支援応用」の研究を実施した。以前の特定領域研究「多次元医用画像の知的診断支援」においては、汎用性のある多臓器・多疾病のCADシステムの構築を目指したが、本研究では、計算解剖に基づく診断精度が高くロバスト性のあるコンピュータによる診断・治療支援システムの臨床展開を目的とした。さらに、現在、社会的にも重要なオートプシー・イメージングを研究対象に加えることにより、生前から死後までの生涯画像を対象としたコンピュータによる診断支援システムの構築を目指した。

研究成果の概要(英文)：In order to perform clinical development of computational anatomy in collaboration with other research groups, we have carried on our research "Computer-aided diagnosis of computational anatomical model and application of computer-aided autopsy imaging." In the previous research project "multi-organ, multi-disease CAD system," we have aimed at developing multi-organ, multi-disease CAD systems instead of single-organ single-disease CAD systems. In this current research project, we have intended to perform clinical development of computer-aided diagnosis and therapy systems based on computational anatomy which have high diagnostic accuracy and robustness. Moreover, in adding autopsy imaging which is now socially important to our research subject, we have aimed at constructing CAD system for life-time images between ante- and post-mortem images.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：コンピュータ支援診断 オートプシー・イメージング テクスチャ解析 統計形状モデル レジストレーション

1. 研究開始当初の背景

1998年に当時のR2 Technology社が開発したマンモグラムを用いたコンピュータ支援診断(Computer-aided Diagnosis: CAD)システムであるImage Checkerが米国FDAの認可を得て商品化されたことはCAD研究においてエポックメイキングな事件であり記憶に新しい。その後、CADの研究・開発は医用画像撮影装置やコンピュータの急速な進歩とともに盛んになり、多くのCADシステムが登場した。これらの研究のなかで、平成15-18年度におこなわれた、特定領域研究「多次元医用画像の知的診断支援」は、事前に病気の疑いが指摘されている部位に加えて、コンピュータが多臓器の異常の有無を一挙にチェックする、汎用的な臓器・疾病横断型のCADシステムの実現をめざしていたということで、それまでにない画期的な研究であったといえる。

2. 研究の目的

本特定領域研究では、臓器などの解剖学的構造の数理的な記述を実現することを目的とした「計算解剖モデル」の構築を目指し、さらにその成果に基づく診断や治療支援の高度化をおこなうコンピュータによる診断や治療のための支援システムの研究・開発をおこなった。われわれが属するA03では、A01「計算解剖学基礎」とA02「計算解剖学応用」の各計画班と連携して「臨床展開」をおこなうことを目的とした。

3. 研究の方法

本計画班の研究目的の第一は、計算解剖学基礎や計算解剖学応用の各計画班と連携して、コンピュータ支援の診断・治療システムの臨床評価をおこなうことであり、そのための基礎的なアルゴリズムとしては、気管支領域の精密な抽出や肺の統計形状モデルの作成に関する研究をおこなった。また、画像診断支援システムとして、びまん性肺疾患に対するコンピュータ支援診断システムの開発と評価、塵肺の診断支援システムの開発と評価、肺呼吸機能イメージングに対するコンピュータ支援診断システムの開発と評価をおこなった。また、肺結節性病変に対する診断支援システムの開発の研究も行った。外科支援診断システムとしては、外科的肺切除術のための手術支援システムの開発と評価、術後肺機能の予測法の開発と評価をおこなった。また、第二の目的であるオートプシー・イメージング(Ai)画像に関する診断支援では、Ai支援のための基礎技術として、死後CT像から臓器抽出のための生前CT像を死後CT像に変形させる手法の開発をおこなった。さらに、人間の臓器の死後変化の基礎データを得ることを目的として、ミニプタの死後CT像のテクスチャ解析をおこなった。

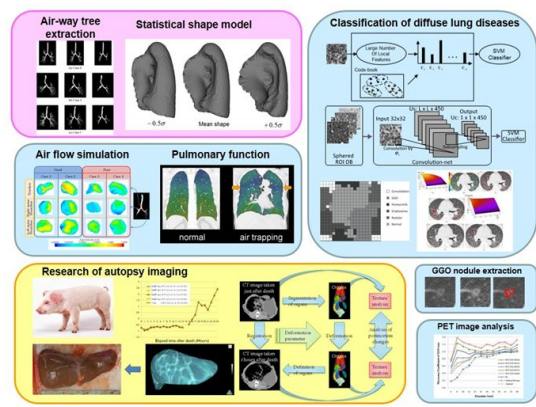


図1 本研究の概要

4. 研究成果

本研究成果のなかから、いくつかを取り上げて簡潔に述べる。

(1) 高分解能CTを用いたびまん性肺疾患CADシステムの開発において、類似画像検索に使われているBag-of-features法を導入し、浸潤影(CON)、すりガラス影(GGO)、蜂巣影(HCM)、肺気腫(EMP)、粒状影(NOD)と正常例(NOR)の6種類の典型的テクスチャを分類する手法の提案と評価を行った。

True	Estimated Labels					
	CON	GGO	HCM	EMP	NOD	NOR
CON	58	3	0	0	0	0
GGO	2	236	4	0	4	5
HCM	0	0	252	2	0	0
EMP	0	8	2	360	7	6
NOD	0	5	0	11	154	9
NOR	0	3	0	7	24	333

図2 びまん性陰影の分類結果

(2) 塵肺法による管理区分を用いて、塵肺をタイプ1(結節を認めない)、タイプ2(少数の小結節)、タイプ3-a(多数の小結節)及びタイプ3-b(大結節と多数の小結節)の4タイプに分類するCAD手法の提案と評価を行った。

True	Estimated Labels				Accuracy
	Type 1	Type 2	Type 3	Type 3-b	
Type 1	23	0	0	0	100%
Type 2	0	11	1	0	91.7%
Type 3-a	0	1	13	0	92.9%
Type 3-b	0	3	3	30	83.3%

図3 塵肺陰影の分類結果

(3) 解剖学的ランドマーク、およびSIFT(Scale-Invariant Feature Transform)を3次元に拡張した3D-SIFTにおけるキーポイントをランドマークとしたTPS(Thin-plate Spline)warping法により、生前CT像を死後CT像へと変形し、生前CT像と死後CT像、解剖学的ランドマークのみを用いて変形した生前CT像と死後CT像、および提案手法による変形後の生前CT像と死後CT像の相関係数

を計算したところ,それぞれ 0.66, 0.41, および 0.61 という結果を得た.

(4) 死後 24 時間にわたって 1 時間ごとの間隔で撮影されたミニブタの CT 像を用いて, 死亡直後に撮影された画像をマニュアルで臓器抽出した画像をレジストレーションすることにより, 他の時間に撮影された画像からも臓器の抽出が位置ずれなく得られることが Jaccard index を用いて示された. また, これらの画像データから得られた肝臓領域に対するテクスチャ解析を行うことにより, 死後の経過時間の増加にしたがって Difference Variance と Contrast のテクスチャ特徴量が連続的に変化していることが確認された.

#### 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 14 件)

X. Zhou, R. Xu, T. Hara, Y. Hirano, R. Yokoyama, M. Kanematsu, H. Hoshi, S. Kido, H. Fujita, "Developments and evaluation of the statistical shape modeling for principal inner organs on torso CT images", Radiological Physics and Technology, 査読有, 2014. 10.1007/s12194-014-0261-6

R. Xu, X.R. Zhou, Y. Hirano, R. Tachibana, T. Hara, S. Kido, H. Fujita, "Particle-System Based Adaptive Sampling on Spherical Parameter Space to Improve the MDL Method for Construction of Statistical Shape Models", Computational and Mathematical Methods in Medicine, 査読有, vol. 2013, Article ID 196259, 9 pages, 2013. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/196259>

W. Swastika, Y. Masuda, R. Xu, S. Kido, Y. Chen, H. Haneishi, "GND-PCA-Based Statistical Modeling of Diaphragm Motion Extracted from 4D MRI", Computational and Mathematical Methods in Medicine, 査読有, Vol.2013, Article ID 482941, 2013, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/482941>

M. Okada, Y. Nakashima, Y. Kunihiro, Y. Sano, K. Suga, S. Kido, N. Matsunaga "Volumetric evaluation of dual-energy perfusion CT for the assessment of intrapulmonary clot burden", Clin Radiol. 査読有, 68(12), pp.e669-75, 2013. doi: 10.1016/j.crad.2013.07.018.

秋山 亮太, 徐 睿, 平野 靖, 木戸 尚治 "ITKのための GPGPU プログラミング支援環境" Med Imag Tech, 査読有, Vol. 31, No.3, pp.153-158, 2013, doi: 10.11409

/mit.31.153

平野 靖, 徐 睿, 橘 理恵, 木戸 尚治 "一般化空洞強調フィルタによる胸部 CT 像からの気管支領域抽出手法の開発", 電子情報通信学会論文誌 D, 査読有, Vol. J96-D, No.4, pp.824-833, 2013. <http://ci.nii.ac.jp/naid/110009596330>

R. Xu, Y. Hirano, R. Tachibana and S. Kido, "A Bag-of-Features Approach to Classify Six Types of Pulmonary Textures on High-Resolution Computed Tomography", IEICE Trans. Inf. & Syst., 査読有, vol.E96-D, no.4, pp.845-855, 2013. DOI: 10.1587/transinf.E96.D.845

W. Zhao, R. Xu, Y. Hirano, R. Tachibana, S. Kido N. Suganuma, "Classification of Pneumoconiosis on HRCT Images for Computer-Aided Diagnosis", IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, 査読有, vol.E96-D, no.4, pp.836-844, 2013. DOI: 10.1587/transinf.E96.D.836

秋山 亮太, 徐 睿, 平野 靖, 木戸 尚治 "GPU と CUDA を用いた並列画像処理プログラムの作成支援環境の構築", Med Imag Tech, 査読有, Vol.31, No.1, pp.42-51, 2013. <http://ci.nii.ac.jp/naid/130003374493>

M. Okada, Y. Kunihiro, Y. Nakashima, N. Matsunaga, Y. Sano, Y. Yuasa, A. Narazaki, S. Kudomi, M. Koike, S. Kido, "The low attenuation area on dual-energy perfusion CT: Correlation with the pulmonary function tests and quantitative CT measurements" European Journal of Radiology, 査読有, vol.81, No.10, PP.2892-2899, 2012, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2011.11.006>

橘 理恵, 平野 靖, 徐 睿, 木戸 尚治, 菅 一能, "デコンボリューション法による PET 画像上の部分容積効果補正法の検討", Med Imag Tech, 査読有, Vol.30, No.2, pp.123-129, 2012. <http://dx.doi.org/10.11409/mit.30.123>

平野 靖, 徐 睿, 橘 理恵, 木戸 尚治 "空洞強調フィルタとその気管支領域抽出手法への応用", Med Imag Tech, 査読有, Vol.30, No.1, pp.33-42, 2012. <http://dx.doi.org/10.11409/mit.30.33>

木戸 尚治, 平野 靖, 徐 睿, 庄野 逸, "計算解剖モデルの診断支援とオートプシー・イメージング支援応用", Med Imag Tech, 査読有, vol.29, No.3, pp.138-142, 2011. <http://dx.doi.org/10.11409/mit.29.138>

渡部優樹, 平野 靖, 木戸 尚治, 岡田 宗正, 菅 一能, "呼気と吸気の CT 画像を用いた肺呼吸機能の解析と SPECT 画像の対比検討", 生体医工学, 査読有, vol.49, no.1, pp.76-83, 2011. <http://ci.nii.ac.jp/naid/40018844899>

[学会発表](計 36 件)

Shoji Kido, "Computer-aided Classification of Diffuse Lung Disease Opacities by Use of Sparse Representation-based Method on 3D-Ct Images." Society of Thoracic Radiology 2014(STR 2014), the Quantitative CT Imaging of the Lung meeting ,2014.3.15, Grand Hyatt San Antonio Hotel, San Antonio, USA.

Shoji Kido, "Differential Diagnosis of Benign and Malignant Brain Tumors by Use of Texture Analysis on FDG-PET Images," 99th Scientific Assembly and Annual Meeting of Radiological Society of North America (RSNA 2013), 2013.12.1-6, McCormick Place, Chicago, America

Keisuke Yokota, "Automatic Detection of GGO Regions on CT Images in LIDC Dataset Based on Artificial Neural Network", 14th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS2013), 2013.11.13-16, Pai Chai University, Daejeon, Korea

Takahiro Miyajima, "Detection of Lung Nodules on Temporal Subtraction Image from MDCT Images Using Statistical Features", 14th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS2013), 2013.11.13-16, Pai Chai University, Daejeon, Korea

Shuji Tanaka, "Two-step AdaBoost for Automatic Identification of Lung Nodules Candidate by Using Density and Shape Features", 14th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS2013),2013.11.13-16, Pai Chai University, Daejeon, Korea

木戸 尚治, "Ai と計算解剖学 新学術領域研究「計算解剖学」における Ai へ取り組み", 第 11 回オートプシー・イメージング学会学術総会, 2013.11.9, 千葉大学, 千葉市

Yasushi Hirano, "Fault- and Disaster-Resistant Medical Cloud System for Various Medical Applications", 2013 IEEE 15th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom 2013), 2013.10.9-12, Technical University of Lisbon, Lisbon, Portugal

Yasushi Hirano, "Discrimination of benign and malignant GGO in LIDC/IDRI dataset using three-dimensional oriented GLCM and hyper-surface fitting", Fifth International Workshop on Pulmonary Image Analysis, 2013.9.26, Nagoya University, Nagoya, Japan

Guangxu Li, "Semantic Characteristics

Prediction of Pulmonary Nodule Using Artificial Neural Networks", 35th Annual International Conference of the IEEE EMBS, 2013.7.3-7, Osaka International Convention Center, Osaka, Japan

Wei Zhao, "Classification of Diffuse Lung Diseases Patterns by a Sparse Representation Based Method on HRCT Images", 35th Annual International Conference of the IEEE EMBS, 2013.7.3-7, Osaka International Convention Center, Osaka, Japan

Shoji Kido, "Quantitative imaging of hepatic cirrhosis on abdominal CT images", European Congress of Radiology (ECR2013) ,2013.3.7-11, Vienna, Austria

H. Fujita, "Medical Image Processing and Computer-Aided Detection/Diagnosis", International Conference on Computerized Healthcare (ICCH) 2012, P66-71, 2012.12.17-18, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China

Shoji Kido, "A Computer-aided Classification Scheme for Attenuation Patterns Caused by Diffuse Lung Diseases on Three-dimensional CT Images", 98th Scientific Assembly and Annual Meeting of Radiological Society of North America (RSNA 2012), 2012.11.25-11.30, McCormick Place, Chicago, USA

Masayoshi Wada, "An idiopathic interstitial pneumonia classification for CT image by use of a semi-supervised learning", International Forum on Medical Imaging in Asia (IFMIA) 2012, 2012.11.16-17, KAIST, Daejeon, Korea

Windra Swastika, "Statistical modeling of diaphragm motion extracted from 4D-MRI using 1DPCA and 2DPCA", International Forum on Medical Imaging in Asia (IFMIA) 2012, 2012.11.16-17, KAIST, Daejeon, Korea

Shotaro Yamaguchi, "Construction of statistical shape models of organs in torso CT scans using MDL method", International Forum on Medical Imaging in Asia (IFMIA) 2012, 2012.11.16-17, KAIST, Daejeon, Korea

Ryo Tanaka, "Computer-aided analysis of diffuse lung diseases: the effect of opacity distribution", International Forum on Medical Imaging in Asia (IFMIA) 2012, 2012.11.16-17, KAIST, Daejeon, Korea

Hisashi Ozaki, "Development of Programming Environment for Computer-Aided Diagnosis System with

- Web interface", International Forum on Medical Imaging in Asia (IFMIA) 2012, 2012.11.16-17, KAIST, Daejeon, Korea
- Rie Tachibana "Reliability Evaluation of Radiologist and Semiautomatic Segmentation Algorithm for Small Pulmonary Nodules", 97th Scientific Assembly and Annual Meeting of Radiological Society of North America (RSNA 2011), 2011.11.27-12.02, McCormick Place, Chicago, USA
- Rui Xu, "Classification of Diffuse Lung Disease Patterns on High-Resolution Computed Tomography by a Bag of Words Approach", MICCAI 2011, 2011.9.19-21, Westin Harbour Castle, Toronto, Canada
- ②① Yasushi Hirano, "A Method for Extracting Airway Trees by Using a Cavity Enhancement Filter, The Fourth International Workshop on Pulmonary Image Analysis, 2011.9.18, Westin Harbour Castle, Toronto, Canada
- ②② 木戸 尚治 "胸部領域を中心としたコンピュータ支援診断システムの開発の現状", 第19回大阪CCVR研究会, 2011.09.03, ハービス PLAZA, 大阪市, 大阪府
- ②③ 平野 靖 "コンピュータ支援診断の基礎", 第19回大阪CCVR研究会, 2011.09.03, ハービス PLAZA, 大阪市, 大阪府
- ②④ Taiju Inagaki, "Classification of Idiopathic Interstitial Pneumonia CT Images using Convolutional-net with Sparse Feature Extractors". The International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications 2011 (PDPTA'2011), 2011.07.08-21, Las Vegas, Nevada, USA.
- ②⑤ Shoji Kido, "Automated segmentation of lungs with severe large opacities in multi-detector row CT images", European Congress of Radiology (ECR2011), 2011.3.3-7, Vienna, Austria
- ②⑥ Shoji Kido, "Computer-aided detection of liver tumors using subtracted threedimensional hepatic CT images", European Congress of Radiology (ECR2011), 2011.3.3-7, Vienna, Austria
- ②⑦ Shoji Kido, "Interactive semiautomatic segmentation tool of human organs using three-dimensional CT images", European Congress of Radiology (ECR2011), 2011.3.3-7, Vienna, Austria
- ②⑧ Shoji Kido, "Fully automated segmentation of pulmonary lobes with severe diffuse opacities on three-dimensional thoracic CT images", European Congress of Radiology (ECR2011), 2011.3.3-7, Vienna, Austria
- ②⑨ Yasushi Hirano, "Comparative study of respiratory function for pulmonary lobectomy based on computer simulation", Joint Meeting combining the 3rd meeting of the Japanese Society of Pulmonary Functional Imaging (JSPFI) and 5th International Workshop for Pulmonary Functional Imaging (IWPF), 2011.1.28-30, Awaji Yumebutai International Conference Center, Awaji, Japan
- ③⑩ Yasushi Hirano, "Numerical simulation of respiratory function for pulmonary lobectomy", International Forum on Medical Imaging in Asia (IFMIA) 2011, 2011.1.18-19, Tenbusu Naha, Naha, Japan
- ③⑪ Rui Xu, "3D Non-rigid Image Registration for Open-MR Guided Pneumoperitoneum in Laparoscopic Surgery", 2010 International Conference on Future Computer, Control and Communication (FCCC2010), 2010.12.10-12, Nanning, China
- ③⑫ Shoji Kido, "Computer-aided Diagnosis for Diffuse Lung Diseases on Three-dimensional Thoracic CT images", 2010 International Conference on Future Computer, Control and Communication (FCCC2010), 2010.12.10-12, Nanning, China
- ③⑬ Shoji Kido, "Computer-aided diagnosis using thoracic CT images", 8th SJRS Symposium & 11th NJPACS Symposium, 2010.9.6-7, Munkebjerg Hotel, Vejle, Denmark
- ③⑭ Yuki Tanaka, "Classification of Idiopathic Interstitial Pneumonia on High-resolution CT Images using Counter Propagation Network", The International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications 2010 (PDPTA '10), 2010.7.12-15, Las Vegas USA
- ③⑮ Yasushi Hirano, "Parallel processing environment for three-dimensional image processing using MPI", Computer Assisted Radiology and Surgery 24th International Congress and Exhibition (CARS2010), 2010.6.23-26, University Medical Center, Geneva, Switzerland
- ③⑯ Shoji Kido, "Automatic registration of whole lungs from inspiration and expiration thoracic CT images", ECR2010, 2010.3.10, Vienna, Austria
- 〔図書〕(計 2 件)
- 医用画像工学ハンドブック編集委員会, 日本医用画像工学会, "医用画像工学ハンドブック", pp.452-469, 18p, 2012
- 藤田広志 他, オーム社 "実践 医用画像解析ハンドブック", pp.271-562, 17p, 2012.

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木戸 尚治 (KIDO SHOJI)  
山口大学・医学系研究科・教授  
研究者番号：90314814

(2) 研究分担者

木村 浩彦 (KIMURA HIROHIKO)  
福井大学・医学部・教授  
研究者番号：10242596

松永 尚文 (MATSUNAGA NAOFUMI)  
山口大学・医学系研究科・教授  
研究者番号：40157334

庄野 逸 (SHOUNO HAYARU)  
電気通信大学・電気通信学部・准教授  
研究者番号：50263231

岡田宗正 (MATSUNAGA NAOFUMI)  
山口大学・医学部附属病院・講師  
研究者番号：70380003

田中 伸幸 (TANAKA NOBUYUKI)  
山口大学・医学系研究科・准教授  
研究者番号：90294636

平野 靖 (HIRANO YASUSHI)  
山口大学・医学系研究科・准教授  
研究者番号：90324459

橘 理恵 (TACHIBANA RIE)  
大島商船高等学校・情報工学科・助教  
研究者番号：90435462