

令和元年6月18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：2014～2018

課題番号：26108009

研究課題名（和文）多元計算解剖学の画像診断における臨床展開

研究課題名（英文）Clinical Applications of Multidisciplinary Computational Anatomy to Diagnosis

研究代表者

木戸 尚治（KIDO, SHOJI）

山口大学・大学院創成科学研究科・教授

研究者番号：90314814

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 78,000,000円

研究成果の概要（和文）：研究成果としては、コンピュータ支援診断（CAD）システム開発に関して、びまん性肺疾患や肺結節やCT大腸内視鏡画像などに対するCADとして、深層学習を用いたアルゴリズムの開発をおこなった。肺癌に対するCADとして経時差分画像を用いた肺癌の検出手法の開発や術後肺機能評価のための気流シミュレーションモデルの開発をおこなった。また伸展固定肺標本を対象として高精度な三次元表面構造データを取得して、医学生や研修医の臨床教育や外科手術のシミュレーション用に表面構造情報を保持した三次元臓器モデルの作成をおこなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果としては、肺結節やびまん性肺疾患、またCT仮想内視鏡などを対象としたコンピュータ支援診断（CAD）システムの研究・開発に取り組み、特にディープラーニングに技術を利用することによりロバストで精度の高いアルゴリズムを開発した。また3Dスキャナの画像とCT画像を融合することにより、臨床教育や手術支援を目的とした伸展固定肺標本作製した。

研究成果の概要（英文）：As a research result, we developed algorithms using deep learning as computer-aided diagnosis (CAD) for images of diffuse lung diseases, lung nodules, and CT colonoscopy, etc. We also developed a CAD algorithm for lung nodule detection using temporal subtraction images as CAD for lung cancer, and developed an airflow simulation model for postoperative lung function evaluation. In addition, we obtained high-precision 3D surface structure data for fixed lung samples, and created 3D organ model with surface structure information for clinical education of medical students and residents and simulation of surgery.

研究分野：医用画像工学技術や人工知能技術を用いたコンピュータ支援診断に関する研究

キーワード：多元計算解剖 計算解剖 診断支援 オートプシーイメージング データベース

### 1. 研究開始当初の背景

新学術領域「計算解剖」において、計算解剖モデルを用いた CAD システムの臨床評価の成果に対して高い評価を得た。多元計算解剖モデルは、これを空間軸、時間軸、機能軸、病理軸に拡張・発展させたものであり、従来の計算解剖モデルとは比較にならないほど膨大な情報量を有するため、多元計算解剖モデルが有する潜在的能力を利用して構築された CAD システムの診断能力は従来の CAD システムを凌駕できると考えられ、CAD システムの技術的・臨床的評価に対して大規模多元症例データベースを用いて遂行し、その結果をフィードバックして CAD システムの能力を飛躍的に高めることができるという着想を得た。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、空間軸、時間軸、機能軸、病理軸の観点を含む大規模な症例データベースの作成と、それから得られる大規模画像を用いて工学的・臨床的(シーズ・ニーズ)視点から CAD システムの評価・改良を行い、臨床での運用に耐えうる CAD システムを構築することであった。これらは新学術領域「計算解剖」(平成 21 ~ 平成 25)に多元性を持たせるように発展させたものであり、大規模多元症例データベースが持つ潜在的な情報量を適切に発掘することにより、人体の総合的理解による高度な CAD システムの構築が可能になると考えられた。

### 3. 研究の方法

本研究課題においては空間軸、時間軸、機能軸、病理軸に基づいて多元化された計算解剖モデルを用いてコンピュータ支援診断(CAD)システムを構築し、その臨床評価および臨床展開をめざした。空間軸、病理軸、機能軸からはびまん性肺疾患を対象とした CAD の研究開発、病理軸、機能軸、時間軸からは肺癌にたいする結節検出や経時差分画像処理、さらには術後肺機能評価法のためのシミュレーション技法の開発をおこなった。また時間軸、病理軸からはオートプシー・イメージング画像に対する CAD の研究として死後経過時間推定の研究をおこなった。また、新しいモダリティの開発として三次元スキャナを用いて臓器三次元データの習得と CT 画像の融合による臓器モデル作成をおこなった。

### 4. 研究成果

びまん性肺疾患や肺結節や CT 大腸内視鏡画像などに対する深層学習を用いたコンピュータ支援診断(CAD)アルゴリズムの開発などをおこなった。さらに教師なし学習やごく少数のラベル付きデータのみを用いる半教師あり学習の手法による画像データの増強に関する手法によるアノテーションデータの作成をおこなった。肺癌に対する CAD として経時差分画像を用いた肺癌の検出手法の開発や術後肺機能評価のための気流シミュレーションモデルの開発をおこなった。また、オートプシー・イメージング画像に対する CAD としてミニブタの経時撮影 CT 画像のテクスチャ情報を用いた死後経過時間推定アルゴリズムの開発をおこない、今後の人体への応用の可能性を示した。三次元スキャナを用いた臓器モデルの作成に関しては、さらに臓器表面構造に着目して剖検臓器の三次元スキャナを用いた表面画像データ収集をおこなった。本研究においては伸展固定肺標本を対象として高精度な三次元表面構造データの取得に成功しており、表面画像データと CT 画像のレジストレーションにより、表面構造情報を保持した三次元臓器モデルの作成をおこなった。このような三次元モデルは医学生や研修医の臨床教育や外科手術のシミュレーションにおいて有用であると考えられた。

### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 51 件)

Atsumo, S. Mabu, S. Kido, Y. Hirano, T. Kuremoto. "Analysis of the effects of transfer learning on opacity classification of diffuse lung diseases using convolutional neural network" Proc. SPIE 11050, International Forum on Medical Imaging in Asia 2019, 査読有, 1105017-1-5, <https://doi.org/10.1117/12.2521229>, 2019.

F. Kitano, K. Kinoshita, S. Noriki, K. Inai. "Postmortem intravascular gas caused by antemortem bacterial sepsis." Intern Med, 査読無, Vol.58, 457-458, doi: 10.2169/internalmedicine.1452-18, 2019.

平山 一希, 陸 慧敏, タン ジュークイ, 金 亨燮, 橘 理恵, 平野 靖, 木戸 尚治, 医用画像情報学会雑誌, 査読無, 70 巻, 2 号, <https://doi.org/10.3169/itej.70.J178>, 2017.

Y. Yoshino, T. Miyajima, H. Lu, J. K. Tan, H. Kim, S. Murakami, T. Aoki, R. Tachibana, Y. Hirano, S. Kido, "Automatic classification of lung nodules on MDCT images with the temporal subtraction technique", International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 査読有, Vol.12, No. 10, pp.1789-1798, <https://doi.org/10.1007/s11548-017-1598-1>, 2017.

平野 靖, 木戸 尚治, 上田 和弘: 肺葉切除術後の呼吸機能評価のための3次元画像ベースの生体シミュレーション, 横断型基幹科学技術研究団体連合論文誌, 査読有, Vol.10, No.2, pp.84-90, [http://doi.org/10.11487/trafst.10.2\\_84](http://doi.org/10.11487/trafst.10.2_84), 2016.

K. Inai, S. Noriki, K. Kinoshita, T. Sakai, H. Kimura, A. Nishijima, H. Iwasaki, H. Naiki "Postmortem CT for identifying the immediate cause of death in hospitalized patients: an autopsy-based prospective study." Virchows Arch, 査読有, Vol. 469, Issue 1, pp101-109, <https://doi.org/10.1007/s00428-016-1937-6>, 2016.

S. Mabu, M. Obayashi M, T. Kuremoto, N. Hashimoto, Y. Hirano, S. Kido, "Unsupervised class labeling of diffuse lung diseases using frequent attribute patterns," International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 査読有, Vol.12, Issue.3, pp 519-528, <https://doi.org/10.1007/s11548-016-1476-2>, 2016.

横田 佳祐, 金 亨燮, タン ジュークイ, 石川 聖二, 橘 理恵, 平野 靖, 木戸 尚治, 青木 隆敏, "画像特徴を用いたLIDCデータベースからのすりガラス状候補陰影の検出法" 映像情報メディア学会誌, 査読有, 70 巻, 8 号, <https://doi.org/10.3169/itej.70.J178>, 2016.

平野 靖, 時安 俊一, 徐 睿, 橘 理恵, 木戸 尚治, 齊藤 篤, 清水 昭伸: 死後CT像のテクスチャ解析による死因推定, Med Imag Tech, 査読有, Vol.33, No.4, pp.177-184, <https://doi.org/10.11409/mit.33.177>, 2015.

田中 修司, 金 亨燮, タン ジュークイ, 石川 聖二, 村上 誠一, 青木 隆敏, 平野 靖, 木戸 尚治, 橘 理恵, "2段階 AdaBoost を用いた経時的差分像からの結節状候補陰影の識別" パイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, 査読有, 17 巻, 1 号, [https://doi.org/10.24466/jbfsa.17.1\\_9](https://doi.org/10.24466/jbfsa.17.1_9), 2015.

W. Zhao, R. Xu, Y. Hirano, R. Tachibana, S. Kido, "A Sparse Representation Based Method to Classify Pulmonary Patterns of Diffuse Lung Diseases," Computational and Mathematical Methods in Medicine, 査読有, vol. 2015, Article ID 567932,1-11, doi:10.1155/2015/567932, 2015.

K. Inai, S. Noriki, K. Kinoshita, A. Nishijima, T. Sakai, H. Kimura, H. Naiki, "Feasibility of liver weight estimation by postmortem computed tomography images: An autopsy study." Pathol Int, 査読有, 64; 315-324, <https://doi.org/10.1111/pin.12174>, 2014.

[学会発表](計 104 件)

Ami Atsumo, Shingo Mabu, Shoji Kido, Yasushi Hirano, Takashi Kuremoto, Analysis of the effects of transfer learning on opacity classification of diffuse lung diseases using convolutional neural network, The Joint 2019 International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) & International Forum on Medical Imaging in Asia (IFMIA), 2019

Kidera Shunsuke, Kido Shoji, Hirano Yasushi, Mabu Shingo, Tanaka Nobuyuki, Segmentation of lung nodules on MDCT images by using 3D Conv-DeconvNet, Computer Assisted Radiology and Surgery, 32th International Congress and Exhibition (CARS2018), 2018

Mabu S, Obayashi M, Kuremoto T, Hashimoto N, Hirano Y, Unsupervised Opacity Annotation of Diffuse Lung Diseases Using Deep Autoencoder and Bag-of-Features, The 4th World Congress of Thoracic Imaging, 2017

KIM Hyoungeop, Image Registration Techniques and Its Application for Computer Aided Diagnosis in Medical Field, Joint conference: 2nd International Conference on Biomedical Signal and Image Processing (ICBIP), 5th International Conference on Biological and Medical Sciences, 2017

Shoji Kido, Basics of Computational Assessment for ILD, 8th International Workshop on Pulmonary Functional Imaging, 2017

Shingo Mabu, Masanao Obayashi, Takashi Kuremoto, Noriaki Hashimoto, Yasushi Hirano, Shoji Kido, Unsupervised class labeling of diffuse lung diseases using frequent attribute patterns, CARS 2016-30th International Congress and Exhibition, 2016

Shoji Kido, Wei Zhou, Narufumi Suganuma, Chest CT-Based Classification of Occupational and Environmental Lung Diseases, ICOH 31st International Congress on Occupational Health, 2015

〔図書〕(計 5 件)

福岡 大輔 (著, 編集), 藤田 広志 (監修)、木戸尚治、医療 AI とディープラーニングシリーズ 標準 医用画像のためのディープラーニング: 入門編, 応用編、pp.75-89, 2019  
木戸尚治, 多元計算解剖学の基礎と臨床への応用, pp.88-90, 誠文堂新光社, 2018,  
Yasushi Hirano : "Categorization of Lung Tumors into Benign/Malignant, Solid/GGO and Typical Benign/Others", Artificial Intelligence in Decision Support Systems for Diagnosis in Medical Imaging (Kenji Suzuki and Yisong Chen Eds.), pp.193-208, Springer International Publishing AG, 2018.  
Hidekata Hontani, Yasushi Hirano, Xiao Dong, Akinobu Shimizu, and Shouhei Hanaoka: "Chapter 2: Fundamental Theories and Techniques", Imaging: Basic Principles of Computer-Assisted Diagnosis and Therapy (Kobatake Hidefumi and Masutani Yoshitaka Eds.), pp.39-150, Springer Japan KK, 2017.  
平野 靖, "1990 年代後半以降の動向, 近年の日本のスパコン, 分散コンピューティング・グリッドコンピューティング", 計算科学講座 計算科学のための並列計算(金田 行雄, 笹井 理生 監修, 石井 克哉 編), pp.11-20, 共立出版, 2014.

〔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:  
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:  
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名: 木村 浩彦

ローマ字氏名: KIMUA HIROHIKO

所属研究機関名: 福井大学

部局名: 学術研究院医学系部門

職名: 教授

研究者番号 (8 桁): 10242596

研究分担者氏名: 法木 左近

ローマ字氏名: NORIKI SAKON

所属研究機関名: 福井大学

部局名：学術研究院医学系部門

職名：准教授

研究者番号(8桁): 30228374

研究分担者氏名：稲井 邦博

ローマ字氏名：INAI KUNIHIRO

所属研究機関名：福井大学

部局名：学術研究院医学系部門

職名：准教授

研究者番号(8桁): 30313745

研究分担者氏名：間普 真吾

ローマ字氏名：MABU SHINGO

所属研究機関名：山口大学

部局名：大学院創成科学研究科

職名：准教授

研究者番号(8桁): 70434321

研究分担者氏名：金 亨燮

ローマ字氏名：KIM HYONSOPU

所属研究機関名：九州工業大学

部局名：大学院工学研究院

職名：教授

研究者番号(8桁): 80295005

研究分担者氏名：平野 靖

ローマ字氏名：HIRANO YASUSHI

所属研究機関名：山口大学

部局名：大学院創成科学研究科

職名：准教授

研究者番号(8桁): 90324459

研究分担者氏名：橘 理恵

ローマ字氏名：TACHIBANA RIE

所属研究機関名：大島商船高等専門学校

部局名：情報工学科

職名：准教授

研究者番号(8桁): 90435462

## (2)研究協力者

研究協力者氏名：庄野逸

ローマ字氏名：SHOUNO HAYARU

研究協力者氏名：松永 尚文

ローマ字氏名：MATSUNAGA NAOFUMI

研究協力者氏名：田中 伸幸

ローマ字氏名：TANAKA NOBUYUKI

研究協力者氏名：本田 修

ローマ字氏名：HONDA OSAMU

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。