

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月27日現在

機関番号：15501
 研究種目：基盤研究(B)
 研究期間：2010～2012
 課題番号：22300179
 研究課題名（和文） 治療支援のためのMDCT画像を用いた肺疾患の統合的診断支援システムの構築
 研究課題名（英文） Construction of Integrated Computer-aided Diagnosis System of Pulmonary Diseases for Medical Treatment Using MDCT images
 研究代表者
 木戸 尚治 (KIDO SHOJI)
 山口大学・大学院医学系研究科・教授
 研究者番号：90314814

研究成果の概要（和文）：MDCT から得られる高精細な三次元画像データを用いて、外科的・内科的治療支援のための統合的なコンピュータ支援診断(CAD)アルゴリズムの開発をおこなった。疾患の対象としては、特発性間質性肺疾患や塵肺などのびまん性肺疾患や肺癌などの限局性肺疾患を扱った。基礎的なCADアルゴリズムとして、肺の解剖学的構造の抽出・同定をおこなうアルゴリズムの開発をおこない、応用的なアルゴリズムとして、これらを用いたCADアルゴリズムを開発した。

研究成果の概要（英文）：We have developed an integrated computer-aided diagnosis (CAD) system of pulmonary diseases for internal and surgical treatments using MDCT images. We targeted diffuse lung diseases such as idiopathic interstitial lung diseases and pneumoconiosis, and localized lung diseases such as lung cancer. As basic CAD algorithms, we have developed algorithms of extracting and identifying lung structures. We have developed applied CAD algorithms using such basic CAD algorithms.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	5,900,000	1,770,000	7,670,000
2011年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
2012年度	2,900,000	870,000	3,770,000
年度			
年度			
総計	13,800,000	4,140,000	17,940,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学、医用システム

キーワード：画像診断システム、治療支援、MDCT、肺疾患、診断支援

1. 研究開始当初の背景

肺疾患を対象としたCADシステムに対しては臨床現場からの強い期待があるにもかかわらず実用機の開発は遅々としてすすんでいない。これは、現在研究されているCADシ

テムが主として、肺癌などの肺の腫瘍性疾患を対象とした単機能システムであることに原因がある。実際の診療においては、びまん性疾患などの種々の疾患も含めて総合的な画像診断支援が必要であり、これらを統合的

に診断して客観的かつ定量的情報をセカンド・オピニオンとして提供することが、実際の臨床現場で使用するCADに対しては求められている。

現在のCADの機能として特に不足しているものに、びまん性肺疾患に対する診断支援機能があるが、実用的なシステムはまだ存在しない。びまん性肺疾患は、肺全体に陰影が分布する疾患で、画像上の陰影のパターンが多彩なことが特徴であり、胸部画像診断を専門とする放射線科医にとっても診断が困難な疾患であり、特発性間質性肺炎、慢性閉塞性肺疾患(COPD)、塵肺症など非常に多くの臨床的に重要な疾患が含まれている。びまん性肺疾患の診断においては、肺腫瘍性疾患と同じく形態情報の解析が重要な場合(特発性間質性肺疾患など)、機能情報の解析が重要な場合(COPDなど)がある。さらに、塵肺症における大陰影など、びまん性肺疾患であっても腫瘍性病変に関する診断が重要な場合もある。日常臨床でびまん性肺疾患の診断は重要であり、治療支援のためのCADシステムは腫瘍性疾患とびまん性疾患を統合的に診断支援することを可能とすべきであると考えられる。

2. 研究の目的

本申請は、外科的・内科的治療支援のために、多列検出器型CT(MDCT)装置から得られる高精細な三次元画像データを用いて肺の腫瘍性疾患だけではなく、びまん性疾患を含めた診断を統合的に支援するコンピュータ支援診断(Computer-aided Diagnosis: CAD)システムを構築することを目的とする。このことを可能とするために、CADアルゴリズムの開発や評価のための大規模症例データベースの構築をおこない、解析結果もまたデータベースに蓄積することによりアルゴリズム開発や臨床研究・教育目的に広く利用可能とする。また、CADの効率的開発や臨床におけるCADの容易な使用を可能とするための統合的診断支援三次元画像ビューアを開発する。

3. 研究の方法

(1) MDCT画像を用いた肺疾患の統合的診断支援システムの構築のためには、まず肺の解剖学的な構造を抽出・同定するためのアルゴリズムの開発をおこなう。具体的には、肺の気管支や血管を抽出するアルゴリズムや、肺葉さらには肺区域を分割するためのアルゴリズムの開発をおこなう。

(2) (1)で開発されたアルゴリズムなどを利用して、びまん性肺疾患や肺癌などの限局性肺疾患に対する診断支援アルゴリズムの開発をおこなう。びまん性肺疾患において

は、びまん性陰影の鑑別や塵肺の鑑別などに関するアルゴリズムの開発をおこなう。限局性肺疾患に関しては肺小結節の鑑別に関するアルゴリズムの開発をおこなう。また肺機能の解析に関しては、COPD(慢性閉塞性肺疾患)を対象としたアルゴリズムの開発をおこなう。手術支援に関しては、肺癌の外科手術支援を目的とした区域切除同定や術後肺機能予測に関するアルゴリズムの開発をおこなう。

4. 研究成果

本課題では、外科的・内科的治療支援を目的として、びまん性肺疾患や肺の腫瘍性疾患などに対するCADシステムの構築をおこなった。この中で特に力をいれたびまん性肺疾患に対するCADシステムの構築である。

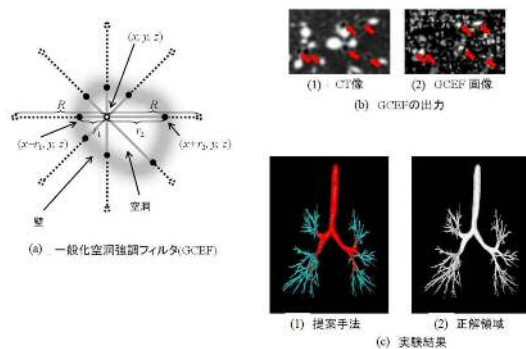


図 1

図 1 は、胸部 CT 像から高精度に気道領域を抽出する手法である[雑誌論文①]。この手法では、一般化空洞強調フィルタ(図 1a)と呼ばれる空洞領域を強調するフィルタを用い、気道の狭窄や変形に依らずに 5 次分岐程度の比較的細い気管支まで抽出可能とした。図 1b に胸部 CT 像に対して一般化空洞強調フィルタを適用した結果を示す。図 1b-1 中の矢印で示した箇所に気管支が存在する。一般化空洞強調フィルタにより、気管支領域が選択的に強調されていることが確認できる(図 1b-2)。提案手法により、高精度に気道領域を抽出することが可能となった(図 1c)。

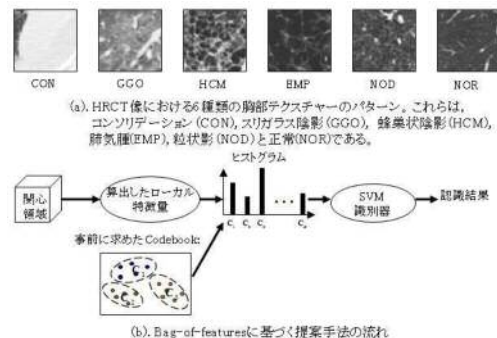


図 2

図 2 は、びまん性肺疾患の高分解能 CT 画像における典型的な 6 種類の陰影パターンの分類の手法である [雑誌論文②]。本手法では Bag-of-features に基づく手法を用いた。まず、3 次元の関心領域で大量のローカル特徴量を計算し、次に事前に求めた codebook (学習用の関心領域から算出したローカル特徴量のクラスタの中心) と照合し、ローカル特徴量が各クラスタに属する頻度 (ヒストグラム) を求めた。最後にこの頻度を特徴量としてサポート・ベクターマシン (SVM) の識別器に入れ、関心領域での陰影パターンの識別をおこなった。3,009 個の 3 次元関心領域を用いた評価実験によれば、認識率が 93.18% となり、既出の 4 種類の手法に比べて、提案手法の方が最良であることを示された。

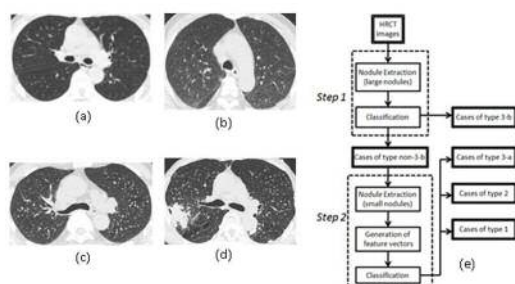


図 3

図 3 は、代表的なびまん性肺疾患である塵肺に対する CAD アルゴリズムである [雑誌論文③]。日本における管理区分においては、塵肺は粒状影のサイズと頻度に基づいて 4 つのタイプに分類される。塵肺にはさまざまなサイズの結節があり、これらの抽出精度を改善するためにヘッセ行列の固有値に基づくフィルタを設計した。本手法においては、最初に大結節を抽出し、次に残りの小結節の抽出と擬陽性削除をおこなった。SVM の入力ベクトルの生成のために Bag-of-features に基づいた手法を採用し、175 の HRCT 像を用いた評価実験によれば 90.6% という良好な識別結果を得た。

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 15 件)

- ① 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://search.ieice.org/bin/summary.php?id=j96-d_4_824&category=D&year=2013&lang=J&abst=
- ② R. XU, Y. HIRANO, R. TACHIBANA, S. KIDO: A

Bag-of-Features Approach to Classify Six Types of Pulmonary Textures on High-Resolution Computed Tomography, IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, 査読有, Vol. E96-D, No. 4, pp. 845-855, 2013.

10.1587/transinf.E96.D.845

- ③ 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.

10.1587/transinf.E96.D.836

- ④ 空尾 英樹, 徐 睿, 平野 靖, 木戸 尚治: MPI を用いた ITK による並列プログラム作成支援マクロの拡張, Med Imag Tech, 査読有, Vol. 31, No. 1, pp. 32-41, 2013.
<http://www.jamit.jp/mit/journal>

- ⑤ 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://www.jamit.jp/mit/journal>

- ⑥ Y. Kunihiro, M. Okada, N. Matsunaga, Y. Sano, S. Kudomi, K. Suga, S. Kido: Dual-energy perfusion CT of non-diseased lung segments using dual-source CT: correlation with perfusion SPECT, Jpn J Radiol, 査読有, Vol. 31 No. 2, pp. 99-104, 2013.

10.1007/s11604-012-0153-9

- ⑦ S. Takahashi, N. Tanaka, T. Okimoto, T. Tanaka, K. Ueda, T. Matsumoto, K. Ashizawa, Y. Kunihiro, S. Kido, N. Matsunaga: Long term follow-up for small pure ground-glass nodules: implications of determining an optimum follow-up period and high-resolution CT findings to predict the growth of nodules. Jpn J Radiol, 査読有, Vol. 30, No. 3, pp. 206-217, 2012.

10.1007/s11604-011-0033-8

- ⑧ Y. Mitani, Y. Fujita, N. Matsunaga, Y. Hamamoto: The use of a local histogram feature vector of classifying diffuse lung opacities in high-resolution computed tomography, International Journal of Advancements in Computing Technology, 査読有, Vol. 4 No. 20, pp. 22-28, 2012.

10.1007/978-3-642-31087-4_36

- ⑨ 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.
10.1016/j.ejrad.2011.11.006.
- ⑩ K. Suga, H. Iwanaga, O. Tokuda, M. Okada, N. Matsunaga : Intrabullous ventilation in pulmonary emphysema: Assessment with dynamic xenon-133 gas SPECT, *Nuclear Medicine Communications*, 査読有, Vol. 33 No. 4, pp. 371-378, 2012.
10.1097/MNM.0b013e32834f264c
- ⑪ N. Tanaka, Y. Kunihiro, T. Yujiri, T. Ando, T. Gondo, S. Kido, N. Matsunaga : High-resolution computed tomography of chest complications in patients treated with hematopoietic stem cell transplantation, *Jpn J Radiol.* 査読有, Vol. 29 No. 4, pp. 229-235, 2011.
10.1007/s11604-010-0544-8
- ⑫ K. Suga, O. Tokuda, M. Okada, M. Koike, H. Iwanaga, N. Matsunaga : Assessment of cross-sectional lung ventilation-perfusion imbalance in primary and passive pulmonary hypertension with automated V/Q SPECT. *Nucl Med Commun.* 査読有, Vol. 31, No. 7, pp. 673-81, 2010
10.1097/MNM.0b013e328339ea9b.
- ⑬ K. Suga, H. Iwanaga, O. Tokuda, M. Okada, N. Tanaka, N. Matsunaga : Steal phenomenon-induced lung perfusion defects in pulmonary arteriovenous fistulas: assessment with automated perfusion SPECT-CT fusion images, *Nuclear Medicine Communications - NUCL MED COMMUN*, 査読有, vol. 31, no. 9, pp. 821-829, 2010
10.1097/MNM.0b013e32833c303a
- ⑭ K. Suga, Y. Kawakami, M. Okada, H. Iwanaga, N. Matsunaga : Lung morphology-perfusion correlation on perfusion SPECT-CT fusion images in two cases of septic pulmonary embolism, *Clin Nucl Med*, 査読有, Vol. 35, No. 9, pp. 746-50, 2010.
10.1097/RLU.0b013e3181ea356a.
- ⑮ K. Suga, Y. Kawakami, H. Koike, H. Iwanaga, O. Tokuda, M. Okada, N. Matsunaga : Lung ventilation-perfusion imbalance in pulmonary emphysema: assessment with automated V/Q quotient SPECT, *Ann Nucl Med*, 査読有, Vol. 24, No. 4, pp. 269-77, 2010.
10.1007/s12149-010-0369-7.
- [学会発表] (計 33 件)
- ① 平野 靖 : MICCAI2012 参加報告, 電子情報通信学会, 2013.01.24-25, ぶんかテンプルス館, 那覇市, 沖縄県
- ② 浦山 亮祐 : グラフカットと統計アトラスを用いたびまん性肺疾患を含む三次元胸部 CT 画像からの肺野領域の抽出, 電子情報通信学会, 2013.01.24-25, ぶんかテンプルス館, 那覇市, 沖縄県
- ③ Rui Xu : Classification of Pulmonary Texture on HRCT By a Bag-of-Features Based Method, 第5回呼吸機能イメージング研究会, 2013.1.12-13, 徳島大学, 徳島市, 徳島県 China
- ④ Shoji Kido : Medical Image Processing and Computer-Aided Detection/Diagnosis (CAD), International Conference on Computerized Healthcare (ICCH) 2012, 2012.12.17-18, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong,
- ⑤ 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
- ⑥ 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
- ⑦ 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
- ⑧ 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
- ⑨ 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
- ⑩ 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
- ⑪ 早川 有梨 : Transductive Support Vector Machine を用いたびまん性肺疾患画像の認識, 電子情報通信学会医用画像研究会, 2012. 10. 29, 山口大学, 宇部市, 山口県
- ⑫ 時佐 拓弥 : Free Form Deformation による 3 次元非剛体変形を用いた胸部 MDCT 画像の経時差分法, 電子情報通信学会医用画像研究会, 2012. 10. 29, 山口大学, 宇部市, 山口県
- ⑬ Rui Xu : A study to Classify benign and malignant musculoskeletal tumors on PET images by textural features, 電子情報通信学会医用画像研究会, 2012. 10. 29, 山口大学, 宇部市, 山口県
- ⑭ 川瀬 悠介 : COPD 診断のための気管支壁厚測定 of 精度評価に関する検討, 電子情報通信学会医用画像研究会, 2012. 10. 29, 山口大学, 宇部市, 山口県
- ⑮ Wei Zhao : A Computer-aided Diagnosis Method for Classification of Pneumoconiosis Patterns on HRCT Images, 電子情報通信学会医用画像研究会, 2012. 10. 29, 山口大学, 宇部市, 山口県
- ⑯ 秋山 亮太 : CUDA のための並列画像処理プログラム作成支援環境を用いた肺血管抽出手法の高速化, 電子情報通信学会医用画像研究会, 2012. 10. 29, 山口大学, 宇部市, 山口県
- ⑰ 橘 理恵 : 胸部 CT 像上におけるすりガラス陰影の領域抽出, 第 31 回日本医用画像工学会大会, 2012. 8. 4-5, JA 北海道厚生連札幌厚生病院, 札幌市, 北海道
- ⑱ 平野 靖 : テクスチャ解析による GGO の良悪性鑑別, 第 31 回日本医用画像工学会大会, 2012. 8. 4-5, JA 北海道厚生連札幌厚生病院, 札幌市, 北海道
- ⑲ 宮島 隆大 : 濃度・形状特徴を用いた経時的差分像からの結節状候補陰影の識別, 第 31 回日本医用画像工学会大会, 2012. 8. 4-5, JA 北海道厚生連札幌厚生病院, 札幌市, 北海道
- ⑳ 秋山 亮太 : 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, 第 31 回日本医用画像工学会大会, 2012. 8. 4-5, JA 北海道厚生連札幌厚生病院, 札幌市, 北海道
- ㉑ 空尾 英樹 : MPI を用いた並列プログラム作成支援マクロの拡張, 第 31 回日本医用画像工学会大会, 2012. 8. 4-5, JA 北海道厚生連札幌厚生病院, 札幌市, 北海道
- ㉒ 和田 大義 : 半教師付学習を用いたびまん性肺疾患画像の認識, 電子情報通信学会医用画像研究会, 2012. 07. 19-20, 山形大学, 山形市, 山形県
- ㉓ 平野 靖 : 仮想肺葉切除術による呼吸機能の変化予測のための肺変形シミュレーション, 第 4 回呼吸機能イメージング研究会学術集会, 2012. 2. 10-11, ピアザ淡海, 大津市, 滋賀県
- ㉔ 平野 靖 : 仮想肺葉切除術のための肺野領域変形手法の開発, 電子情報通信学会, 2012. 01. 19-20, ぶんかテンプス館, 那覇市, 沖縄県
- ㉕ 川瀬 悠介 : 胸部 3 次元 CT 画像を用いた COPD 診断のための気管支壁厚の自動計測法の開発, 電子情報通信学会, 2012. 01. 19-20, ぶんかテンプス館, 那覇市, 沖縄県
- ㉖ 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.
- ㉗ 竹田 竜平 : 胸部 CT 画像を用いた術後肺の肺葉分割, 第 30 回日本医用画像工学会大会, 2011. 8. 5-6, 国際医療福祉大学, 大田原市, 栃木県
- ㉘ 上野 奨太 : 胸部 CT 画像を用いた外科手術術前支援のための肺区域分割法の開発, 第 30 回日本医用画像工学会大会, 2011. 8. 5-6, 国際医療福祉大学, 大田原市, 栃木県
- ㉙ 平野 靖 : 空洞強調フィルタとその気管支領域抽出手法への応用, 第 30 回日本医用画像工学会大会, 2011. 8. 5-6, 国際医療福祉大学, 大田原市, 栃木県
- ㉚ 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
- ㉛ 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
- ㉜ 廣瀬 純 : 造影 CT を用いた肺血管自動分類のアルゴリズムの検討, 画像電子学会第 254 回研究会, 2010. 11. 19, 大阪 大阪大学中之島センター
- ㉝ 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

〔図書〕(計2件)

- ① 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
- ② 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.

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

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

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

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

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

(3) 連携研究者

()

研究者番号：