

平成 21 年 5 月 27 日現在

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2006～2008

課題番号：18200031

研究課題名（和文）超高精細 CT による肺ミクロ構造解析と診断応用に関する研究

研究課題名（英文）A study about lungs microstructure analysis by the super high-definition CT and the diagnosis application

研究代表者

仁木 登（Niki Noboru）

徳島大学・大学院ソサエティサイエンス研究部・教授

研究者番号：80116847

研究成果の概要：

次世代の画像診断に向けてミクロ形態を観察して疾患の極初期段階を診断することは極めて重要な課題である。特に、肺の正常形態、極早期の疾患病態のミクロレベルでの画像化とその定量的解析の実現は、未知分野である肺ミクロ形態・病態の画像診断学を拓き、次世代の胸部画像診断への貢献が期待できる。

本研究では人体のミクロ形態・病態を超高精細拡大 CT と高輝度な放射光 CT によって画像化して定量的解析する基盤技術の研究開発を行い、形態・病態の統計数理解析と根拠に基づく肺ミクロ画像診断の構築を目指した。本研究で開発した基盤技術を実際の人体切除肺標本と人体肺に適用してその有用性を示した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合 計
2006 年度	14,200,000	4,260,000	18,460,000
2007 年度	11,700,000	3,510,000	15,210,000
2008 年度	11,700,000	3,510,000	15,210,000
年度			
年度			
総 計	37,600,000	11,280,000	48,880,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用生体工学・生体材料学

キーワード：

- (1) 3次元肺ミクロ構造解析 (2) デジタル肺ライブラリー (3) 3次元肺ミクロ形態学
(4) マイクロ CT (5) 放射光 CT (SPRING8) (6) 肺2次小葉

1. 研究開始当初の背景

次世代の画像診断を考えた場合、マイクロ形態を観察して疾患の極初期段階を診断することは極めて重要で興味深い問題である。我々は、二つのタイプの超高精細 CT を研究開発し、超高精細 CT 画像を取得する段階までに進んでいる。その一つは小動物や人体摘出標本撮影を対象にした超高精細マイクロ CT であり、その空間分解能は $5\mu\text{m}$ を達成している。また、この分解能で大視野領域が撮影できる大視野用マイクロ CT へと開発計画を進めている。その二つは人体撮影を対象にした超高精細拡大 CT である。これは商業用 CT の $500\mu\text{m}$ の空間分解能を格段に向上させて $100\mu\text{m}$ の空間分解能を実現したものである。これらの超高精細 CT の開発によって肺マイクロ形態の画像化が可能となりつつある。これによってマイクロレベルの極初期段階の疾患発生過程や進展過程のメカニズムの解明を導くことが期待でき、未踏の分野である肺マイクロ形態の解明への挑戦や肺疾患のマイクロ画像診断を切り開く重要な鍵となると考え、本研究を立案した。

2. 研究の目的

次世代の画像診断に向けてマイクロ形態を観察して疾患の極初期段階を診断することは極めて重要な課題である。特に、肺の正常形態、極早期の疾患病態のマイクロレベルでの画像化とその定量的解析の実現は、未知分野である肺マイクロ形態・病態の画像診断学を拓き、次世代の胸部画像診断への貢献が期待できる。中でも国内外において社会問題となっている肺がんなどの肺疾患のマイクロレベルでの画像化とその定量的な形態・病態解析による定量的診断基準の確立は、肺疾患の早期発見・早期治療の実現のための喫緊の課題である。

本研究では人体の正常・異常肺のマイクロ形態・病態を超高精細拡大 CT と高輝度な放射光 CT によって画像化して定量的解析を行い、形態・病態の統計数理解析と根拠に基づく肺マイクロ画像診断の構築を目指した基礎研究を進展させることを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、超高精細拡大 3 次元 CT、放射光 CT (SPring8) を用いて肺の正常・疾患形態をマクロからマイクロレベルまでを体系的に解析し、肺マイクロ形態学の構築を目指す。このために次の研究課題に取り組んだ。

(1) 肺マイクロ形態の 3 次元解析のための人体肺標本の画像化。

(2) 超高精細拡大 CT による人体撮影。

(3) 放射光 CT による肺標本の撮影実験。

(4) 3 次元 CT 画像による肺の正常・疾患

形態の肺マイクロ形態の解析。

(5) 肺正常・肺疾患の肺マイクロ形態ライブラリーの構築。

4. 研究成果

4. 1 研究の主な成果

本研究で得られた成果は以下の通りである。

(1) 肺マイクロ形態の 3 次元解析のための人体肺標本の画像化。

福井大学伊藤春海特任教授（研究分担者）が収集している人体切除肺標本ライブラリーを対象にし、放射光 CT (図 1) を用いた人体切除肺標本画像の収集を行った。

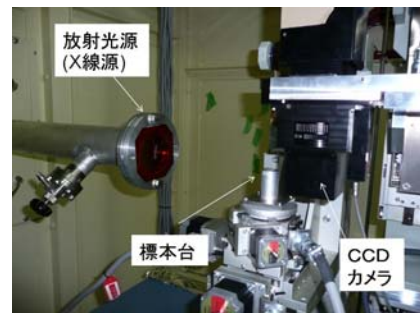


図 1 放射光 CT の概観

(2) 超高精細拡大 CT による人体撮影。

国立がんセンターがん予防・検診研究センター柿沼龍太郎室長（研究分担者）から提供される人体肺を対象とし、超高精細拡大 CT を用いた空間分解能 $100\mu\text{m}$ の胸部 CT 画像の収集を行った (図 2)。

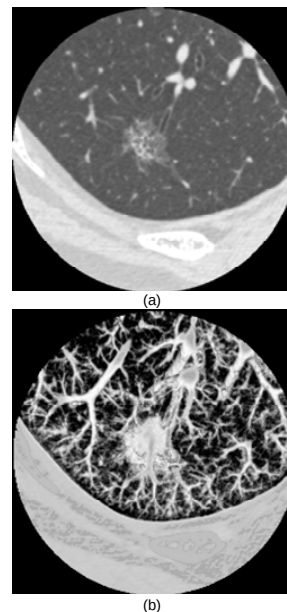


図 2 超高精細拡大 CT 画像

(a) 肺がん（腺がん）の CT 画像 (画素サイズ： $150\mu\text{m}$). (b) 肺がん（腺がん）の 3 次元表示。

(3) 放射光CTによる肺標本の撮影実験。
①放射光CT(Spring8)による肺疾患のミクロ形態・病態の画像化と解析に向けた基礎研究として放射光CTの空間分解能(MTF、PSF)及び、密度分解能の定量的な計測法を開発して放射光CTの定量的な性能評価を行った(図3)。人体正常肺及び、肺疾患のミクロ形態・病態の画像化に放射光CTの利用が期待できる成果を得た。

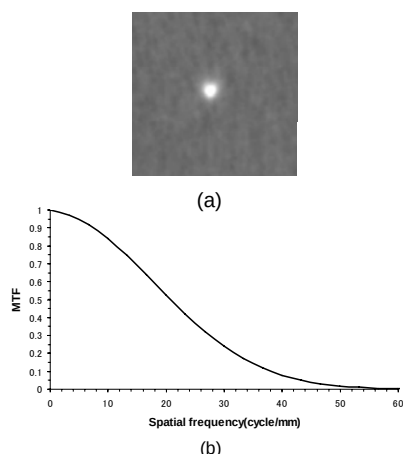


図3 放射光CTの空間分解能測定結果
(a) 空間分解能測定用ワイヤファントム(径3 μm)スライス画像。

②肺の構造と機能の基本的な構成単位とされる2次小葉内の微細構造をミクロレベルで画像化する放射光CTイメージング技術を開発し、肺の正常形態、早期肺がん・良性腫瘍形態のミクロレベルの画像化を可能にした(図4)。

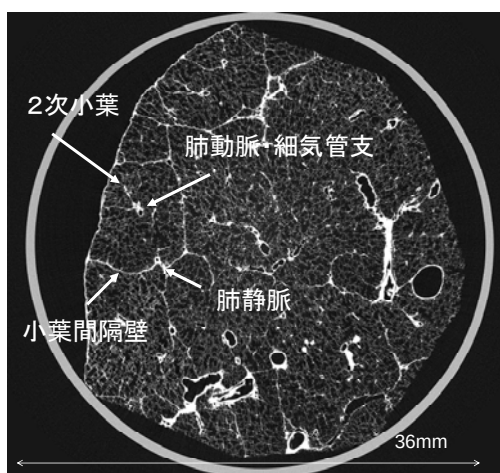


図4 肺2次小葉の放射光CT画像(画素サイズ: 5 μm)

(4) 3次元CT画像による肺の正常・疾患形態の肺ミクロ形態の解析。

3次元マクロ肺形態の可視化技術及び、肺2次小葉の定量的な形態解析アルゴリズム

の研究開発を進めた(図5)。

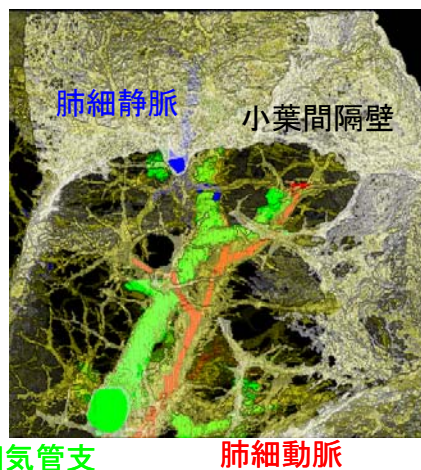


図5 3次元マクロ肺形態の解析例

(5) 肺正常・肺疾患の肺ミクロ形態ライブラリーの構築。

放射光CTによる人体肺標本画像、超高精細拡大CTを用いた胸部CT画像からなるデータベースを作成し、正常・異常肺のミクロ形態や病態を定量的に解析できる肺ミクロ形態ライブラリーの構築を進めた。

肺疾患の病態の定量解析として臨床用マルチスライスCTによる胸部3次元CT画像を利用して、肺野小型結節を臨床・病理診断結果や再発・死因の予後追跡情報と関連付けて定量的に体系付ける手法の研究を進め(図6)、結節内のCT値ヒストグラムの形状によって結節を定量的に5つのタイプ(α , β , γ , δ , ϵ)に分類する手法を開発した。これは、従来の結節を pure GGO(ground- glass opacity), mixed GGO, solid タイプにCT画像上で分類する視覚的な評価に工学的解析法を導入してCT値ヒストグラムの形状解析による結節の定量的分類を提案したもので、 α と ϵ タイプはそれぞれ視覚的な評価の pure GGO と solid タイプ、 β , γ , δ タイプは mixed GGO を定量的評価によって細分化したものに对应する。この結節の体系的分類法を径が3cm以下の結節(悪性: 301例, 良性: 136例)に適用した結果、結節タイプが統計的に独立した予後因子として認められ、治療5年後に再発せずに生存する割合を示す5年無再発生存率は、 α , β , γ タイプは100%, δ と ϵ タイプは、それぞれ98%, 59%を示し、 α , β , γ タイプと ϵ タイプ、 δ と ϵ タイプ間に統計的に有意な差が認められた(図7)。肺がん組織別にみると悪性の約8割を占める腺がんには α - ϵ タイプが観察され、他の扁平上皮がんや大細胞がんなどには δ と ϵ タイプのみ観察された。また、良性症例のタイプ別割合の8割が δ と ϵ タイプで占めていた。悪性 ϵ タイプ中、病期I期とII期以上の進展の進んだグル

ープ間の5年無再発生存率はそれぞれ、74%、12%を示した。これらの結果から、 δ 、 ϵ タイプの結節で予後と相関の強い画像特徴の創出が肺がんの画像診断能の向上に重要な役割をもつことが明らかとなった。空間分解能500 μ m程度の臨床用CTを凌駕する超高精細拡大CT（空間分解能100 μ m）を用いた定量的な解析によって、 δ 、 ϵ タイプ結節の良悪性及び悪性度を特徴付ける新しい知見の発見が期待される。特に、 δ 、 ϵ タイプ結節に含まれる扁平上皮がんや小細胞がん内部構造の画像化と定量的な構造解析による知見の創出が期待され、正常・異常肺のマイクロ形態や病態の定量化につながると考えている。

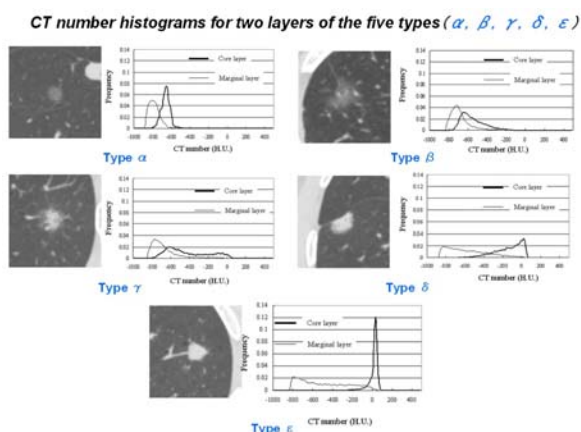


図6 CT値分布による肺野小型結節のタイプ分類

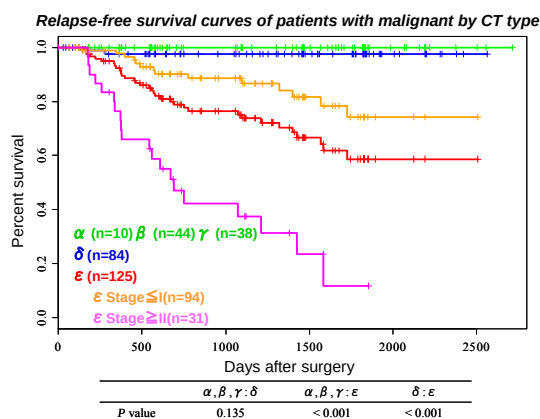


図7 無再発生存曲線の肺がんタイプ別比較。

4.2 国内外におけるインパクト及び今後の展望

本研究では人体のマイクロ形態・病態を超高精細拡大CTと高輝度な放射光CTによって画像化して定量的解析する基盤技術の研究開発を行い、正常・異常肺の撮影を行い、肺正常形態・肺疾患の病態の観察・定量解析を進めた。

基礎研究として放射光CTの空間分解能及

び、密度分解能の定量的な計測法を開発して放射光CTの定量的な性能を明らかにし、人体正常肺及び、肺疾患のマイクロ形態・病態の画像化に放射光CT(空間分解能10 μ m)の利用が期待できる結果を得た。特に、従来までのマイクロCTでは撮影範囲の制約から得ることが困難な領域であった肺の構造と機能の基本的な構成単位の一つとされる肺2次小葉全体(5 mm~25mm程度)の画像化を可能にした研究成果は、肺形態学・画像診断の立場から非常に高い評価を得ている。

本研究の今後の展開は次の通りである。

(1) 肺2次小葉のマイクロ形態の定量的な解析の進展。

正常構造の立体的かつ定量的な解析が未だ十分に及んでいない領域とされる肺2次小葉のマイクロ形態の定量的な解析の進展により、肺の正常形態、早期肺がん・良性腫瘍などの病態のマイクロレベルの画像化と定量解析を可能にして未踏分野である肺がんマイクロ形態・病態の画像診断学の構築へと結びつくことが期待される。

(2) 次世代CTによる胸部疾患のコンピュータ診断支援技術の構築。

次世代CTとして期待の高い超高精細拡大CTを用いた肺疾患の定量解析法の進展は、肺がんマイクロ形態・病態の画像診断学の根拠に基づいた良悪性及び悪性度を特徴付ける新しい知見の創出、特に扁平上皮がんや小細胞がんの構造的・機能的理解につながり、次世代の胸部疾患コンピュータ診断支援技術に発展することが期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計40件)

(学術論文)

- 石垣陸太, 花井耕造, 鈴木雅裕, 河田佳樹, 仁木登, 江口研二, 柿沼龍太郎, 森山紀之: 肺がんCT検診の業務支援システム, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, Vol.J91-D, No.10, pp.2550-2558, 2008.
- 仁木登: 招待論文 肺がんCT検診のコンピュータ支援診断の展開, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, Vol.J91-D, No.7, pp.1715-1729, 2008.
- 河田佳樹, 中屋良宏, 仁木登, 大松広伸, 江口研二, 金子昌弘, 森山紀之: CT像からのPSF測定法, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, Vol.J91-D, No.7, pp.1766-1777, 2008.
- 鈴木秀宣, 天野雅史, 財田伸介, 久保満, 河田佳樹, 仁木登, 上野淳二, 西谷弘: DICOM画像の個人情報保護のための匿名化システム, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, Vol.J91-D, No.6, pp.1656-1662, 2008.
- R.Kakinuma, K.Kodama, K.Yamada, A.Yokoyama, S.Adachi, K.Mori, Y.Fukuda, K.Kuriyama, J.Oda, M.Noguchi, Y.Matsuno, T.Yokose, H.Ohmatsu, Y.Nishiwaki: Performance Evaluation of 4

- Measuring Methods of Ground-Glass Opacities for Predicting the 5-Year Relapse-Free Survival of Patients With Peripheral Nonsmall Cell Lung Cancer: A Multicenter Study, Journal of Computer Assisted Tomography, 査読有, Vol.32, No.5, pp.792-797, 2008.
6. S. Gomi, Y. Muramatsu, S. Tsukagoshi, M. Suzuki, R.Kakinuma, R.Tsuchiya, N. Moriyama: Low-dose CT screening for lung cancer with automatic exposure control: phantom study, Radiological Physics and Technology, 査読有, Vol.1, pp.244-250, 2008.
 7. T. Terauchi, T. Murano, H. Daisaki, D. Kanou, H.Shoda, R.Kakinuma, C.Hamashima, N.Moriyama, T. Kakizoe: Evaluation of whole body cancer screening using 18F-2-deoxy-2-fluoro-D-glucose positron emission tomography: a preliminary report., Annals of Nuclear Medicine, 査読有, Vol.22, pp. 379-385, 2008.
 8. 柿沼龍太郎, 金子昌弘, 大松広伸, 江口研二, 森山紀之: 低線量ヘリカル CT による肺がん検診の実際, 呼吸と循環, 査読有, Vol.56, No.5, pp.457-463, 2008.
 9. S.Toyota, N.Niki, H.Nishitani : SAKURA-viewer: Intelligent order history viewer based on two-viewpoint architecture, IEEE Trans. Information Technology in Biomedicine, 査読有, Vol.11, No.2, pp.141-152, 2007.
 10. K.Hanai, T.Horiuchi, J.Sekiguchi, Y.Muramatsu, R.Kakinuma, N.Moriyama, R.Tuchiya, N.Niki : Computer-simulation technique for low dose computed tomographic screening, Journal of Computer Assisted Tomography, 査読有, Vol.30, No.6, pp.955-961, 2006.
 11. 伊藤春海: 肺末梢の気道と肺血管について, 気管支学, Vol.28, No.1, pp.9-14, 2006. 査読有 (解説論文)
 12. 河田佳樹, 仁木登: CT 像からの Point Spread Function 測定法, 画像ラボ, 査読無, Vol.20, No.1, pp.21-27, 2009.
 13. 仁木登: 肺がん CT 検診のコンピュータ支援診断, 新医療, 査読有, Vol.35, No.10, pp.106-109, 2008.
 14. 仁木登: 医用画像論文特集の発行にあたって, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, Vol.J91-D, No.7, pp.1693-1694, 2008.7.
 15. 仁木登: 早期がん診断・治療を対象にしたイメージング技術, OPTICS / ELECTRONICS, 査読有, Vol.30, No.6, pp.603-605, 2008.
 16. 仁木登: 肺がん CT 検診のコンピュータ支援診断, 呼吸と循環, 査読有, Vol.56, No.5, pp.477-484, 2008.
 17. 中野恭幸, 財田伸介, 仁木登: CAD による肺がん以外の胸郭病変の診断支援, 呼吸と循環, 査読有, Vol.56, No.5, pp.485-490, 2008.
 18. 仁木登: 胸部 CT 検診のコンピュータ支援診断, 日本放射線技術学会雑誌, 査読有, Vol.63, No.12, pp.1396-1403, 2007.
 19. 仁木登: 画像診断・治療の変革, NL だより, 査読有, No.357, 2007.
 20. 仁木登, 藤田広志: 医用画像の研究最新線, 電子情報通信学会論文誌 情報・システムソサイエティ誌, 査読有, Vol.12, No.1, pp.6-13, 2007.
 21. 伊藤春海: 呼吸器感染症の画像診断に必要とされる肺既存構造, 化学療法領域, 査読有, Vol.23, No.1, pp.20-29, 2007.
 22. 伊藤春海: 画像診断 ABC: 機器の進歩とその利用(14)3.臨床 肺がんの CT 診断-Radiologic-Anatomic-Pathologic Correlation, 医薬ジャーナル, 査読有, Vol.42, No.6, pp.5-11, 2006.
 23. 伊藤春海: 胸部エックス線写真 CT の正常像を見直す - Radiologic-Anatomic Correlation-, 肺癌, 査読有, Vol.46, No.1, pp.49-57, 2006. (国際会議論文)
 24. K.Akashi, S.Saita, M.Kubo, Y.Kawata, N.Niki, Y.Nakano, H.Nishitani, H.Ohmatsu, K.Eguchi, M.Kaneko, N.Moriyama : Bronchial Wall Regions Extraction Algorithm using Multi Slice CT Images, Proc. SPIE Medical Imaging, 査読有, Vol.7258, pp.72582J-1-8, 2009.
 25. Y.Kawata, K.Kageyama, Y.Nakaya, N.Niki, H.Ohmatsu, K.Eguchi, M.Kaneko, N.Moriyama : Measurement of spatial and density resolutions in x-ray nano computed tomography, Proc. SPIE Medical Imaging, 査読有, Vol.7258, pp.725809-1-8, 2009.
 26. Y.Kawata, A.Kawamata, N.Niki, H.Ohmatsu, R.Kakinuma, K.Eguchi, M.Kaneko, N.Moriyama : Growth-pattern classification of pulmonary nodules based on variation of CT number histogram and its potential usefulness in nodule differentiation, Proc. SPIE Medical Imaging, 査読有, Vol.7260, pp.72601O-1-10, 2009.
 27. N.Niki : **Invited talk** Multi-organ, multi-disease CAD system in thoracic CT, International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 査読有, Suppl.1, S231, 2008.
 28. K.Minami, Y.Kawata, N.Niki, H.Ohmatsu, K.Mori, K.Yamada, M.Kaneko, K.Eguchi, N.Moriyama : Classifying pulmonary nodules using dynamic enhanced CT images based on CT number histogram, Proc. SPIE Medical Imaging, 査読有, Vol.6915, pp.69152P-1-9, 2008. (**Cum Laude Poster Award 受賞**)
 29. Y.Kawata, Y.Nakaya, N.Niki, H.Ohmatsu, K.Eguchi, M.Kaneko, N.Moriyama : Measurement of three-dimensional point spread functions in multidetector-row CT, Proc. SPIE Medical Imaging, 査読有, Vol.6913, pp.69131O-1-8, 2008.
 30. S.Saita, M.Kubo, Y.Kawata, N.Niki, Y.Nakano, H.Ohmatsu, K.Tominaga, K.Eguchi, N.Moriyama : Algorithm of pulmonary emphysema extraction using thoracic 3-D CT images, Proc. SPIE Medical Imaging, 査読有, Vol.6915, pp.69152L-1-8, 2008.
 31. Y.Kozaki, Y.Kawata, N.Niki, H.Ohmatsu, M.Kusumoto, R.Kakinuma, K.Eguchi,

- M.Kaneko, N.Moriyama : Database construction for small lung nodule using high-resolution three-dimension CT image, Proc. SPIE Medical Imaging, 査読有, Vol.6919, pp.691913-1-8, 2008.
32. H.Satoh, N.Niki, K.Eguchi, N.Moriyama, H.Ohmatsu, H.Masuda, S.Machida : Computer-aided diagnosis workstation and network system for chest diagnosis based on multislice CT images, Proc. SPIE Medical Imaging, 査読有, Vol.6919, pp.691916-1-11, 2008. (**Cum Laude Poster Award 受賞**)
 33. K.Minami, Y.Kawata, N.Niki, H.Ohmatsu, M.Kusumoto, R.Kakinuma, K.Eguchi, K.Mori, M.Kaneko, N.Moriyama : Classifying pulmonary nodules using dynamic enhanced CT images based on CT number histogram, Proc. SPIE Medical Imaging, 査読有, Vol.6514, pp.65143B-1-11, 2007.
 34. J.Kawai, S.Saita, M.Kubo, Y.Kawata, N.Niki, Y.Nakano, H.Nishitani, H.Ohmatsu, K.Eguchi, M.Kaneko, M.Kusumoto, R.Kakinuma, N.Moriyama : Automated anatomical labeling algorithm of bronchial branches based on multi-slice CT images, Proc. SPIE Medical Imaging, 査読有, Vol.6514, pp.65143S-1-8, 2007.
 35. H.Ishimori, Y.Kawata, N.Niki, Y.Nakaya, H.Ohmatsu, E.Matsui, M.Fujii, N.Moriyama : Extracting alveolar structure of human lung tissue specimens based on surface skeleton representation from 3-D micro-CT images, Proc. SPIE Medical Imaging, 査読有, Vol.6514, pp.65143O-1-9, 2007.
 36. T.Yonekura, M.Matsuhiro, S.Saita, M.Kubo, Y.Kawata, N.Niki, H.Nishitani, H.Ohmatsu, R.Kakinuma, N.Moriyama : Classification algorithm of pulmonary vein and artery based on multi-slice CT image, Proc. SPIE Medical Imaging, 査読有, Vol.6514, pp.65142E-1-8, 2007.
 37. N.Niki : **Invited talk** A multi-organ multi-disease CAD using chest 3D CT images, International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 査読有, Vol.1, pp.345-346, 2006.
(国際会議発表)
 38. H.Ishimori, Y.Kawata, N.Niki, Y.Nakaya, H.Ohmatsu, M.Fujii, E.Matsui, N.Moriyama : Visualization and quantitative analysis of alveoli structure of human lung tissue specimens based on micro 3-D CT images, RSNA Scientific Assembly and Annual Meeting program, 査読有, p.782, 2006.
 39. Y.Kawata, K.Minami, N.Niki, H.Ohmatsu, M.Kusumoto, R.Kakinuma, K.Eguchi, M.Kaneko, N.Moriyama : CT number histogram-based classification of peripheral lung adenocarcinomas of thin-section CT images : Correlation with histologic prognostic factors, 14th International Conference on Screening for Lung Cancer, 査読有, 2006.
 40. M.Matsuhiro, T.Nishio, S.Saita, M.Kubo, Y.Kawata, N.Niki, H.Ohmatsu, K.Eguchi, M.Kaneko, M.Kusumoto, R.Kakinuma, N.Moriyama : A classification algorithm of pulmonary vein and artery based on multi-slice CT image, 14th International Conference on Screening for Lung Cancer, 査読有, 2006.
- [学会発表] (計 5 件)
1. 景山浩治, 中屋良宏, 河田佳樹, 仁木登, 梅谷啓二, 伊藤春海, 森山紀之 : 放射光 CT 画像による肺小葉内構造の解析, 呼吸機能イメージング研究会学術集会, p.71, 2009 年 1 月 30 日, 京都.
 2. 景山浩治, 中屋良宏, 河田佳樹, 仁木登, 梅谷啓二, 伊藤春海, 森山紀之 : 放射光 CT 画像を用いた肺の微細構造解析, 生体医工学シンポジウム, pp.94-99, 2008 年 9 月 19 日, 大阪.
 3. 景山浩治, 中屋良宏, 河田佳樹, 仁木登, 梅谷啓二, 伊藤春海, 森山紀之 : 放射光 CT 画像を用いた肺の微細構造解析, 日本医用画像工学会大会, P10, 2008 年 8 月 5 日, 東京.
 4. 景山浩治, 中屋良宏, 河田佳樹, 仁木登, 梅谷啓二, 伊藤春海, 森山紀之 : 放射光 CT 画像を用いた肺の微細構造解析, 電子情報通信学会技術研究報告 医用画像, Vol.108, No.47, pp.49-54, 2008 年 5 月 22 日, 愛知.
 5. 河田佳樹, 中屋良宏, 仁木登, 大松広伸, 江口研二, 金子昌弘, 森山紀之 : マルチスライス CT の 3-D point spread function の測定, 電子情報通信学会技術研究報告 医用画像, Vol.107, No.220, pp.39-44, 2007 年 9 月 20 日, 九州大学.
- [図 書] (計 2 件)
1. 伊藤春海 : 呼吸器感染症の画像診断に必要なとされる肺既存構造, 小葉中心性粒状影~呼吸細気管支と周囲肺実質を結ぶ構造~, 肺炎の画像診断と最新の診療. 藤田次郎編著, 医療者ジャーナル社, 2009.
 2. H.Itoh and N.L. Mueller: Ultrastructure of the pulmonary parenchyma, Imaging of The Chest (Vol.1,2), Saunders, 2008.
- ## 6. 研究組織
- (1)研究代表者
仁木 登 (Niki Noboru)
徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・教授
研究者番号 : 80116847
- (2)研究分担者
河田 佳樹 (Kawata Yoshiki)
徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・准教授
研究者番号 : 70274264
伊藤 春海 (Itoh Harumi)
福井大学・特任教授
研究者番号 : 40026943
小坂 信之 (Kosaka Nobuyuki)
福井大学・医学部・助教
研究者番号 : 60397247
柿沼 龍太郎 (Kakinuma Ryutaro)
国立がんセンターがん予防・検診研究センター
検診技術開発部・室長
研究者番号 : 90415521