

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 24年 03月 28日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21591559

研究課題名（和文）胸部 CT における X 線線量：線量低減効果の客観的評価を用いた最適化に関する研究

研究課題名（英文）Quantification and optimization of X-ray dose in chest CT

研究代表者

久保 武（TAKESHI KUBO）

京都大学・医学研究科・助教

研究者番号：20464216

研究成果の概要（和文）：CT 画像作成法の変更、CT 撮影装置における従来法より高いノイズレベル画質設定が胸部 CT における線量低減に寄与し、それに伴う診断能低下は認められなかった。線量低減法を適用することにより CT 検査において患者の安全性向上が得られるとともに、呼吸器疾患患者における肺の CT 動態解析、動態異常の病的意義について解明できる可能性が示された。

研究成果の概要（英文）：Reduction in radiation dose in chest CT can be attained by modifying image production methods and raising noise indexes without collateral reduction of readers' effectiveness in lesion detection. Radiation dose reduction in CT is expected to lead to safer CT examination or makes dynamic imaging possible, allowing analysis of functional anatomy in patients with pulmonary diseases.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
21年度	1,600,000	480,000	2,080,000
22年度	1,000,000	300,000	1,300,000
23年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：内科系臨床医学、放射線科学

キーワード：エックス線, CT, X 線線量低減, 自動線量調節機構

1. 研究開始当初の背景

X 線 CT 診断は現代医療に不可欠であるが、CT 検査件数の増大により、診断 X 線被曝による発癌が無視できないレベルに達しているという報告が見られた。診断目的の X 線被曝のうち、CT によるものが米国で 67%を占

めており、X 線 CT における線量低減が医療放射線被曝による患者のリスク低減のため必要と考えられた。

一方、原理的に、線量低減を行うと CT 画質低下は避けられない。従って、線量低減は診断能、診断効率に影響を与える可能性がある。

検査本来の目的を考えると、X線線量低減によりおこる画質低下が診断能の低下に結びつくとすれば、かえって、患者の不利益となってしまう。これを避けるために線量低減がCT画像診断の質に対して及ぼす影響の精査が必要であると考えられた。

このため、画質の低下が画像診断医の読影精度にどの程度の影響を与えるかという問題についての知見が求められていた。

肺野の画像診断については、微細な構造の形態の読影とその解釈が病態解析に結びつくという考えに基づき、鮮鋭度を重視した画質の作成法が通常行われている。一方、CT検査時の線量低減を図るといふ点から考えると、鮮鋭度を優先した画像作成法では、画像のノイズも強調されるため、診断の障害となることがあり得る。

低線量画像では、画像の鮮鋭度とノイズレベルのトレードオフが顕著になりやすく、再構成法の違いが診断能に影響しやすいことが問題となると考えられた。

従って、画質を読影医がビューア上で調節することが可能であり、修正された画質が従来の画像と遜色のないものであれば、読影時に画質の調整を可能にすることにより上述の問題点が改善されることが予想された。

CT線量低減を行うにおいて、実際に照射されたCT線量評価を容易にすることは研究的な目的においても、臨床においても重要と考えられる。

多列検出器CTでは被検者の被曝線量を考える際に単一の画像に対する線量を考えるのでは不十分である。多列検出器CTでは検出器のサイズが大きいため画像1スライス文の線量を考えることが現実的でないこと、撮影中に管電流を変化させる機構が一般的になっていることから、一定の撮像範囲における被曝線量を算出することが求められ、それには多数の画像から実際に用いられた管電流等のパラメータを集計することが必要である。

一般にはDICOMファイル上のデータは各種のイメージビューアあるいは画像ワークステーションを用いて読まれており、このようなアプリケーションにDICOMファイル上の各種設定値を表示させる機能が装備されている。しかし、多数の画像に対し、必要な設定値をまとめて出力することは想定されていないことがほとんどであり、線量評価に必要なパラメータの整理は手動で各画像の設定値を確認し記録していくことが必要となる。連続したDICOMファイルから自動で上記の設定値を抽出する方法があれば作業の労力は大いに軽減されると考えられた。

CTの高速化、多列化により数百マイクロ秒単位の臓器の動態解析が技術的に可能になってきた。この特徴を活かして、動態撮影や灌流画像など高い時間分解能を必要とする検査への応用が期待される。このような検査に対するCT応用の問題点として、ある一定の時間連続でX線照射を行うため被曝線量が高くなることが指摘されていた。

静的な形態診断に用いられている被曝線量を大きく超えるような検査であると、検査施行を正当化するのは困難と考えられた。

このため、管電流及び管電圧の調整により通常の静的形態診断に用いられていたのと同程度の被曝線量で実現できるかどうかの検討が重要であると考えられた。

2. 研究の目的

(1) 画質低下が病変検出能に及ぼす影響を実際の症例におけるシミュレーション画像を使用して明らかにする。そのことにより安全な線量低減がどのレベルまで可能であるかについての基礎的データを得る。

(2) 画像作成法の変更(画像再構成後のフィルタ処理)により画質調整を行うことが可能か、画質は従来の画像とどのように違うか明らかにする。

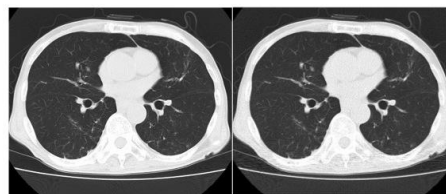
(3) 多列検出器によるCT検査におけるX線線量解析のための撮影データ抽出法を検討する。

(4) CTによる気管気管支動態解析時の被検者の被曝線量低減の可能性を検討する。

3. 研究の方法

(1) 画質の肺病変検出能に対する影響
低線量CTと画像診断結果比較のために、撮影されたスキャンデータから低線量シミュレーション画像作成を行った(図)。シミュレーションはCT撮影装置から得られた生データ(プロジェクションデータ)上で行われた。

低線量画像シミュレーション



オリジナル画像

低線量シミュレーション画像

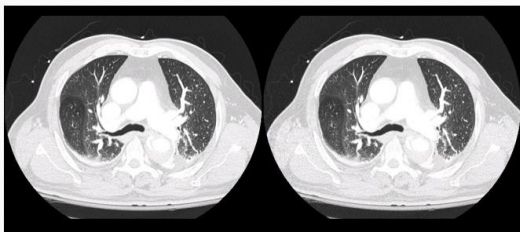
肺野病変の検出能評価のため、65例の肺野に小結節を伴う症例を対象に結節の診断能を評価した。

元となった画像はノイズ値の指標である画素値の標準偏差(SD)が8.5で撮影された。この画像より、標準偏差(SD)21相当の画像

をシミュレーションにより作成した。このようにして、オリジナル画像 65 例と対応する低線量シミュレーション画像 65 例の 130 画像シリーズが作成された。この方法を用いることにより、全くズレのない二つの画像の比較が可能となり、画質以外に診断能に影響する因子を排除することができるため診断能比較が容易であるという利点がある。上記の 130 シリーズについて、2 名の読影医が独立に検討を行った。2 名の放射線科医は、結節影の個数を肺葉ごとに記録した。記録された肺結節の数について、読影者内（低線量、通常線量）、読影者間（読影者 A、B）で比較を行い、画質劣化の影響が病変検出能に及ぼす影響を検討した。

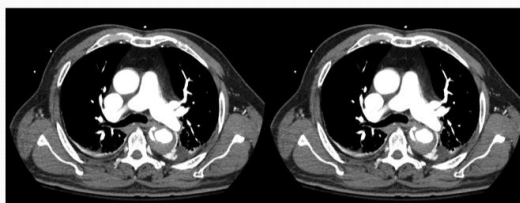
(2) 再構成画像に対するフィルタ処理を用いた画質調整の検討
胸部 CT 画像作成法の画質に対する影響を調べる目的で、以下の二つの画像を作成した(図)。①標準的画像(参照用画像)：通常の肺野条件、縦隔条件再構成による画像作成、②処理画像：中間的鮮鋭度で再構成した画像に、それぞれ今回開発した手法で平滑化、鮮鋭化を施し肺野条件画像、縦隔条件画像としたもの。2 名の放射線科医が、それぞれ独立に、作成条件について情報を与えられない状態で上記の①、②の肺野、縦隔条件の画質を総合的画質、鮮鋭度、ノイズの観点から何れの画像がより優れているかを記録し、新たに作成した画像の特徴について調べた。

肺野画像



処理画像 (中間鮮鋭度画像より変換) 参照画像(従来の画像)

軟部組織画像



処理画像 (中間鮮鋭度画像より変換) 参照画像(従来の画像)

(3) 多列検出器 CT 検査における撮影データ抽出

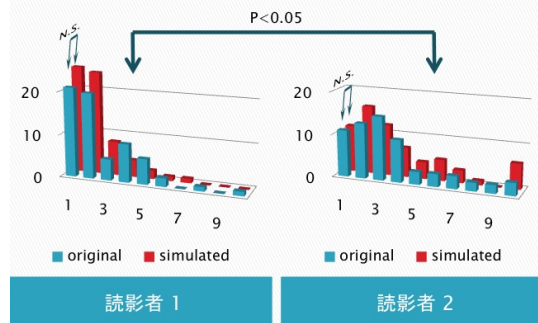
オープンソースで開発されている統計処理パッケージ R 上のライブラリを利用して特定フォルダ内の DICOM ファイルの各種パラメータ情報を抽出する方法を検討した。

(4) 実行可能な管電圧 (120kV, 100kV, 80kV) と管電流の組み合わせをファントム撮影により検証した。時間分解能を向上させるため撮影時の管球回転速度は最低値に設定した。

4. 研究成果

(1) 画質の肺病変検出能に対する影響
前述のシミュレーションを用いた 2 名の読影者による結節検出能調査を行い、病変検出個数を集計した(図)。読影者 2 名の間では、検出された結節の個数に有意な差が認められた(読影者 1, 2.7 個; 読影者 2, 3.8 個)。一方、読影者ごとの比較では、それぞれ通常線量画像とシミュレーション画像の間で、結節検出数に有意な差を認めなかった(通常線量: 3.3 個, 低線量, 3.1 個)。このことは、従来の画像と比較し著明にノイズの多い画像でも、結節の診断能については検出可能な差がないということであり、低線量画像を安全に使用できる可能性を示す結果となった。

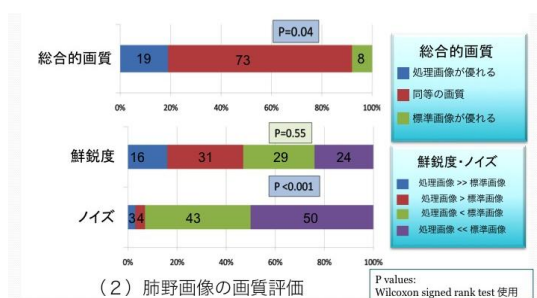
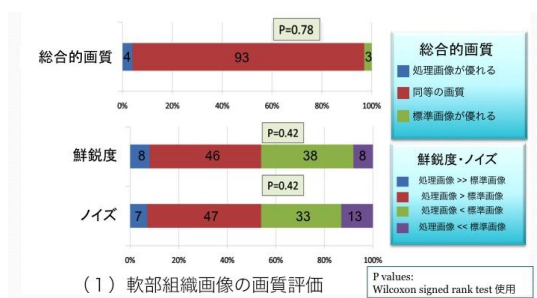
各読影者における結節検出数



ORIG: 通常線量 SIM: 低線量	<5mm		5-9mm		≥10mm		総計	
	ORIG	SIM	ORIG	SIM	ORIG	SIM	ORIG	SIM
部位								
総計	1.48	1.24	1.18	1.21	0.61	0.63	3.27	3.08
右上葉	0.23	0.19	0.23	0.28	0.14	0.13	0.60	0.60
右中葉	0.28	0.22	0.17	0.15	0.04	0.02	0.49	0.39
右下葉	0.47	0.35	0.32	0.32	0.13	0.15	0.92	0.82
左上区	0.14	0.12	0.15	0.18	0.12	0.12	0.41	0.42
左舌区	0.13	0.07	0.07	0.07	0.03	0.04	0.23	0.18
左下葉	0.24	0.29	0.25	0.21	0.16	0.18	0.65	0.68

(2) 再構成画像に対するフィルタ処理を用いた画質調整の検討
肺野、軟部組織読影用に作成した処理画像は

標準的に使用されている肺野、軟部組織画像と比較し、総合的画質、鮮鋭度、ノイズの全ての評価項目において同等か、より良好な性質を示していると評価された(図)。



言い換えると、標準的な肺野・軟部組織画像と画質的に遜色のない画像をフィルタ処理により単一の画像から作成することができた。これらのフィルタの強度は簡単なパラメータ設定で無段階に調節可能である。この結果は、読影者がフィルタ処理法を選択することにより、読影対象とする画像の画質、すなわちノイズレベルおよび鮮鋭度を広い範囲にわたって読影時に調節することが可能であることを意味する。

従って、低コントラストの所見に注目したいときに、読影すべき画像にノイズが多い状況であれば、ノイズ、鮮鋭度も低めの画像を表示させることにより低コントラスト構造の評価を容易にすることができる。一方、微細な構造の評価が診断上不可欠な場合は、鮮鋭度、ノイズとも高めの画像を選択することにより細部の評価を容易にすることができる。このことは低線量画像の臨床的有用性を高めることにつながると考えられる。

(3) 汎用パーソナルコンピュータシステム上で、商用アプリケーションソフトを導入することなく DICOM ファイル上に存在する撮影パラメータを集計し、各種処理に利用可能なテーブルの形で出力する方法を示した。

(4) 線量低減技術を用いた CT 動態撮影
従来、繰り返し撮影を含むことにより、線量が高くなるため行うことができなかつたか、適応が限られていた CT での動態解析につい

て、CT 管電流低減と管電圧低減を組み合わせることにより呼吸時の気管支動的観察が可能と思われる結果が得られた。これを臨床の中で役立てるための条件として、動態撮影で得られる大量のデータ処理時間を削減すること、解析の結果として客観的な指標を提供することが必要と思われる。コンピュータによるデータ解析はその両者に対して必須と思われ、今後、コンピュータ自動解析に適した撮影条件、画像再構成法について検討を進めることが必要と思われる。

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 7 件)

- ① Togashi Y, Kubo T, et al. Association between vascular-poor area of primary tumors and epidermal growth factor receptor gene status in advanced lung adenocarcinoma. *Med Oncol.* 2012 Apr 11, 査読あり, DOI: 10.1007/s12032-012-0235-7
- ② Togashi Y, Kubo T, et al. Association of diffuse, random pulmonary metastases, including miliary metastases, with epidermal growth factor receptor mutations in lung adenocarcinoma. *Cancer* 2011;217: 819-825, 査読あり, DOI: 10.1002/cncr.25618
- ③ Tanizawa K, Kubo T, et al. HRCT features of interstitial lung disease in dermatomyositis with anti-CADM-140 antibody. *Respiratory Medicine* 2011;105: 1380-1387, 査読あり, DOI: 10.1016/j.rmed.2011.05.006
- ④ Yakami M, Kubo T, et al. Development and evaluation of a low-cost and high-capacity DICOM image data storage system for research. *Journal of Digital Imaging* 2011; 24: 190-195, 査読あり, DOI: 10.1007/s10278-009-9267-8
- ⑤ Kiyokawa H, Kubo T, et al. Impact of COPD Exacerbations on Osteoporosis Assessed by Chest CT Scan. 2012;9:235-42, 査読あり, DOI: doi:10.3109/15412555.2011.650243
- ⑥ 久保 武 多発結節影 呼吸 2010;29:605-611, 査読なし
- ⑦ Lin PJ, Kubo T, Krishnapillai R. Extraction of tube current values from DICOM CT images for patient dose estimation. *Med Phys.* 2010;37(6):2951-5, 査読あり, DOI: 10.1118/1.3429054

[学会発表] (計 6 件)

- ① Kubo T. A Low Dose CT Lung Screening Method for Smoking-related Thoracic Abnormalities Using 3D Automatic Exposure Control: Diagnostic Capability and Effectiveness in Radiation Dose Reduction. Joint Meeting combining The 3rd meeting of the Japanese Society of Pulmonary Functional Imaging and 5th International Workshop of Pulmonary Functional Imaging Jan 2011, Awaji Yumebutai International Conference Center, Awaji, Hyogo, Japan
- ② Sakamoto R, Kubo T 4-dimensional imaging of the central airway using a low dose technique: Initial experience with 320-row multidetector CT. Joint Meeting combining The 3rd meeting of the Japanese Society of Pulmonary Functional Imaging and 5th International Workshop of Pulmonary Functional Imaging Jan 2011, Awaji Yumebutai International Conference Center, Awaji, Hyogo, Japan
- ③ Kubo T A Low Dose CT Lung Screening Method for Smoking-related Thoracic Abnormalities Using 3D Automatic Exposure Control: Diagnostic Capability and Effectiveness in Radiation Dose Reduction. Radiological Society of North America 2010 年 4 月 8 日 McCormick Place, Chicago MA, USA
- ④ Kubo T Nodule detection capability of simulated reduced dose chest CT and standard dose CT using automatic exposure control system European Congress of Radiology 2010 年 3 月 4 日 Austria Center Vienna.
- ⑤ 久保 武 結節性病変検出能における胸部 CT 画質の影響-シミュレーション画像を用いた検討 日本医学放射線学会総会 2010 年 4 月 8 日 パシフィコ横浜(横浜市)
- ⑥ 久保 武 胸部 CT における軟部組織画像と肺野画像統合の可能性-画像フィルタ使用による検討 日本医学放射線学会総会 2009 年 4 月 18 日 パシフィコ横浜(横浜市)

[図書] (計 3 件)

- ① 久保 武 ガイドライン外来診療 2011 別冊 CT 診断基礎・臨床 2011 年日経メディカル開発 全 25 頁
- ② デイカル開発 全 25 頁

② 梅岡成章、久保武ほか 胸部の CT 第 3 版 第 14 章 まれなびまん性肺疾患 メディカルサイエンスインターナショナル 2011 603-606, 611-61

③ 久保 武 ガイドライン外来診療 2010 別冊 CT 診断基礎・臨床 2010 年日経メ

6. 研究組織

(1) 研究代表者

久保武

(KUBO TAKESHI)

京都大学・医学研究科・助教

研究者番号：20464216