

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：32607

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23591794

研究課題名(和文) 肺がん検出向上を目的とした胸部デジタルトモシンセシスシステムの開発と臨床評価

研究課題名(英文) Development of a chest digital tomosynthesis system for improvement of lung cancer detection

研究代表者

五味 勉 (GOMI, TSUTOMU)

北里大学・医療衛生学部・准教授

研究者番号：10458747

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：胸部デジタルトモシンセシス像に混入する特異的なリップルを低減させる処理(リップル低減処理)の開発を行い、リップル低減処理の有用性を検証するために胸部ファントムを使用した基礎実験評価と臨床評価を行った。基礎評価と臨床評価から単純撮影像と比較して病変検出能、病変検出感度、特異度を有意に向上させることが可能になった。

研究成果の概要(英文)：We developed the ripple-artifacts reduction processing which added to a chest digital tomosynthesis image and performed fundamental experiment evaluation and clinical evaluation to inspect utility of ripple-artifacts reduction processing. We compared with a chest radiography image from fundamental evaluation and clinical evaluation (receiver operative characteristic curve analysis) and were able to significantly improve nodule detectability and specificity ($p < .0001$).

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：X線 癌 トモシンセシス

1. 研究開始当初の背景

わが国では、悪性新生物による死亡率の増加が顕著で、特に肺がん克服は大きな社会問題となっており、早期発見及び早期治療が求められている。これらの背景から、早期発見・早期治療に結びつける質の高いX線画像を提供することが不可欠である。現在、地域/職域の肺がん検診で主に行われているのは、胸部単純X線撮影及び喀痰細胞診である。特に胸部単純X線撮影は、設備や撮影方法が簡便で、撮影自体のスループットは高いものの、生成された単純X線画像は病変が肋骨や心臓、横隔膜などの既存構造に重なる、また病変自体が淡い陰影の場合には発見が難しく、肺がんの早期発見という観点では、十分な精度をもつモダリティとは言えない状況にある。

一方X線コンピュータ断層撮影(CT)ではマルチスライスCTが開発されたことにより、三次元画像が容易に得られ、解剖学的な死角がなく、微小かつ淡い陰影の病変発見が可能になるなど、肺がん検出精度を向上させることが可能となった。しかし、単純X線撮影と比較してX線被ばく線量の増大(単純撮影0.06mGy、検診CT1.08mGy、精査CT20mGy)が伴うことと、過去に撮影した画像との位置合わせが難しく、過去画像と現在画像との経時変化を指摘することが困難になっている。

近年、断層撮影を応用した手法として、制限角度から撮影された投影データをフィルタ補正逆投影法によってボリュームデータを再構成することができるデジタルトモシンセシスが注目されている。デジタルトモシンセシスは、高分解能なフラットパネルディテクタを採用した検出器で構成されており、少ない投影データから再現性の高い任意の三次元断層画像を生成することができ、しかも高い精度で病変を検出することが可能なシステムとして注目されている。しかし胸部デジタルトモシンセシス像において背部肋骨から投影される制限投影データを再構成する場合、リップルと呼ばれる細かい周期的な凹凸パターンが再構成画像に付加され、回転中心から離れた再構成断面での影響が顕著となり、診断能を低下させている。

我が国の肺がん死亡率は増加の一途をたどる傾向にあり、高い精度で病変検出できる胸部スクリーニング検診システムが求められている。

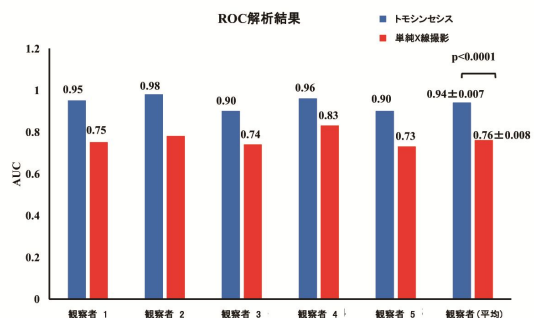
2. 研究の目的

本研究は、胸部デジタルトモシンセシスにおいて画質劣化の要因となっているリップル現象(以下、リップルと定義)をウェーブレット変換処理によって低減させ、微細結節病変の検出向上を目的としたシステム開発を行い単純X線撮影と比較した臨床の有用性の検証を行う。

3. 研究の方法

(1) 胸部デジタルトモシンセシス像に混入する特異的なリップルを低減させ、微細結節病変の検出向上を図るためにリップル低減を目的とした処理開発・評価を行うことである。リップルを低減させるための最善策として、画像再構成前の投影データ像をウェーブレット変換によって周波数空間上に変換し、選択的にリップル位置を特定・抽出して低減を行い、肺野内の正常構造や病変構造を維持するための処理システム(リップル低減処理)の開発を行った。リップル低減処理の効果の大きさを左右するウェーブレット係数についての検討を行う必要があるため、模擬病変を配置した胸部ファントム(N-1型、京都科学社製)を使用した画像を対象に、最もリップル低減効果が大きく、肺野内の正常構造や模擬病変構造を維持可能な導出ウェーブレット係数の算出を試みた。

(2) リップル低減処理の有用性を検証するために臨床例を使用した観察者実験を施行した。観察者実験は獨協医科大学越谷病院で肺がん検出と診断された37例が対象である。臨床データ収集に関しては、北里大学医療衛生学部および獨協医科大学越谷病院で倫理承認を得ている。比較対象はリップル低減処理を適用したデジタルトモシンセシス像と単純撮影像の病変検出能に統計的な有意差が認められるか否かを検証することである。検証方法は同一症例においてリップル低減処理を適用したデジタルトモシンセシス像と単純撮影像を収集し、呼吸器疾患を専門とする5名の医師によって観察者実験を施行した。観察者実験の解析方法は、定量評価で一般的に使用される receiver operative characteristic curve (ROC) 解析を用いて病変検出能を統計的に検定して評価する。

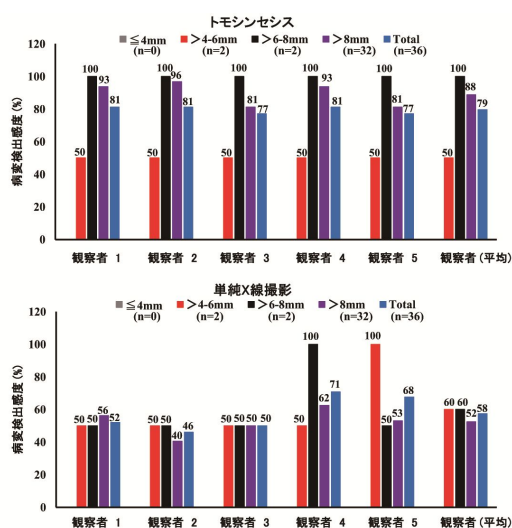


[図1; ROC解析の結果[area under the curve: AUCはROC曲線下の面積で病変検出能を表す]]

4. 研究成果

胸部デジタルトモシンセシス像に混入する特異的なリップルを低減させる処理(リップル低減処理)の開発を行い、リップル低減処理の有用性を検証するために胸部ファントムを使用した基礎実験評価と臨床評価

を行った。ROC 解析結果を図 1 に示す[図 1 中の area under the curve: AUC は ROC 曲線下の面積(病変検出能)を表す]。基礎評価と臨床評価から単純撮画像と比較して病変検出能(p<.0001)、病変検出感度、特異度を有意に向上させることが可能になった(リップル低減処理を適用したデジタルトモシンセシスの検出感度は 87.7%、特異度は 78.3%、病変検出精度は 83.1%であり、単純撮画像の病変検出感度は 53.8%、特異度は 78.4%、病変検出精度は 66.1%; 図 2 参照)。考察として、1) 臨床評価に使用した病変サイズのほとんどが 8mm 以上であったため、8mm 以下の微細病変サイズを対象とした検証が望まれる、2) 観察者実験に使用した総試料数が 74 であり、試料数を更に多く設定した臨床試験による検証が望まれる。



[図 2; 病変サイズ別にみたトモシンセシスと単純 X 線撮影の病変検出感度]

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 2 件)

Tsutomu Gomi, Miwako Nozaki, Tohoru Takeda, Tokuo Umeda, Kazutoshi Takahashi, and Masahiro Nakajima. Comparison of chest dual-energy subtraction digital tomosynthesis and dual-energy subtraction radiography for detection of pulmonary nodules: initial evaluations in human clinical cases. Academic Radiology, 20(11), pp.1357-1363, (2013). 査読有
DOI: 10.1016/j.acra.2013.08.006.

Tsutomu Gomi, Masahiro Nakajima, Hiroki Fujiwara, Tohoru Takeda, Kyouko Saito, Tokuo Umeda, and Kazuya Sakaguchi. Comparison between chest digital tomosynthesis and computed tomography to detect artificial pulmonary nodules for screening: a

phantom study. The British Journal of Radiology, 85(1017), pp.e622-e629, (2012). 査読有
DOI: 10.1259/bjr/12643098.

[学会発表](計 7 件)

Tsutomu Gomi, Miwako Nozaki, Kazutoshi Takahashi, Masahiro Nakajima, Tokuo Umeda, Akiko Okawa. Comparison of Chest Dual-energy Subtraction Digital Tomosynthesis and Dual-energy Subtraction Radiography for Detection of Pulmonary Nodules: Initial Human Study of Clinical Cases. RSNA 2013, Chicago, IL, USA, (2013).

Tsutomu Gomi, Akihiro Fujita, Tokuo Umeda, Tohoru Takeda, Akiko Okawa. Digital breast tomosynthesis: selection of appropriate reconstruction algorithm and radiation dose. RSNA 2013, Chicago, IL, USA, (2013).

Tsutomu Gomi, Masahiro Nakajima, Tokuo Umeda, Tohoru Takeda, Akiko Okawa. Comparison of digital tomosynthesis and computed tomography to evaluate prosthesis: A study on the phantom. CARS 2013, Heidelberg, Germany, (2013).

Tsutomu Gomi, Masahiro Nakajima, Tokuo Umeda, Akiko Okawa, Tohoru Takeda, Kazuya Sakaguchi. Pre-reconstruction of wavelet denoising processing for removing quantum noise in digital tomosynthesis of the chest. RSNA 2012, Chicago, IL, USA, (2012).

Tsutomu Gomi, Masahiro Nakajima, Tokuo Umeda, Akiko Okawa, Tohoru Takeda, Kazuya Sakaguchi. X-ray Digital Tomosynthesis Imaging: Selection of Appropriate Reconstruction Algorithm for Orthopedic Examination. RSNA 2012, Chicago, IL, USA, (2012).

Tsutomu Gomi, Masahiro Nakajima, Tokuo Umeda, Akiko Okawa, Tohoru Takeda, Kazuya Sakaguchi. Comparison of chest digital tomosynthesis and computed tomography for the detection of artificial pulmonary nodules during screening: a phantom study. CARS 2012, Pisa, Italy, (2012).

Tsutomu Gomi, Masahiro Nakajima, Tokuo Umeda, Akiko Okawa, Tohoru Takeda, Kazuya Sakaguchi. Comparison of chest dual-energy subtraction digital tomosynthesis and dual-energy subtraction radiography to detect artificial pulmonary nodules with and without calcifications: a phantom study. CARS 2011, Berlin, Germany,

(2011).

〔図書〕(計 1 件)

Tsutomu Gomi. Chapter 10 Preliminary studies chest x-ray digital tomosynthesis imaging. Cancer - Cares, Treatment and Preventions. iConceptPress Ltd., Hong Kong, pp.213-234. (2014).

6. 研究組織

(1)研究代表者

五味 勉 (GOMI, Tsutomu)
北里大学・医療衛生学部・准教授
研究者番号：10458747

(2)研究分担者

武田 徹 (TAKEDA, Tohoru)
北里大学・医療衛生学部・教授
研究者番号：10197311

(3)研究分担者

野崎 美和子 (NOZAKI, Miwako)
獨協医科大学・医学部・教授
研究者番号：30197727