

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 31 日現在

機関番号：37116

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26461842

研究課題名(和文)CT経時差分画像を用いた胸部診断支援システムに関する研究

研究課題名(英文)CT temporal subtraction method for diagnosis in chest imaging

研究代表者

青木 隆敏 (Aoki, Takatoshi)

産業医科大学・医学部・准教授

研究者番号：40299631

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：経時差分画像は現在画像から過去画像を差し引くことにより得られる差分画像で、胸部単純X線写真に関してはすでに臨床応用されているが、CTではミスレジストレーションアーチファクトが多いため経時差分画像の臨床応用は実現化していない。我々は、ボクセルマッチング法を改良し、generalized gradient vector flow 法とシフトベクトルの平滑化を行う経時差分画像システムを考案し、CT経時差分画像の画質改善を行った。本手法を用いた読影実験を行った結果、本手法を用いることで読影時間は延長させることなく、肺小结節や早期肺癌の検出能は向上した。

研究成果の概要(英文)：Temporal subtraction (TS) technique is one of the computer-aided-diagnosis techniques in which a previous image is subtracted from a current image so that interval changes are enhanced. We have developed a TS method in successive CTs using a new local matching technique to determine local shift vectors based on a vector convergent index from generalized gradient vector flow algorithms in order to significantly reduce misregistration artifacts. The novel CT temporal subtraction method can assist the radiologists' interpretation for early lung cancer showing ground-glass opacity and small lung nodule detection without considerably extending the reading time.

研究分野：放射線科学

キーワード：コンピュータ支援診断 画像診断 CT 経時差分画像 肺結節 肺癌

1. 研究開始当初の背景

近年、過去及び現在に撮影した医用画像を対象に、両画像間の差分演算を行うことにより、経時的変化を計測するための画像生成に関する研究が盛んに行われている。経時差分画像とは、現在画像から過去画像を差し引くことにより得られる差分像で、過去に撮影された胸部単純画像を、現在撮影された画像の形状に合うように画像変形を施し、両画像との差分像を作成する。現在撮影した単純 X 線写真に加え、経時的変化を強調表示した経時差分画像を同時にモニタリングすることにより、新たに出現した肺病変の検出が容易となり、小さな病変も見落とすことなく、より正確に診断を行うことができる。この経時差分画像は胸部単純 X 線写真を対象とした 2 次元ベースでの研究は大きく進展を成し遂げ、医用画像診断用の製品として組み込まれ、臨床の場でも活用されている。

現在、肺癌は臓器別癌患者死亡率の一位であり、死亡者数は年々増え続けている。肺癌の早期発見と正確な診断は重要な臨床課題であり、画像診断法としては、胸部単純 X 線写真に代わるものとしてマルチスライス CT が利用されるようになってきている。マルチスライス CT 画像の場合、肺がん検診においては、1 回のスキャンで 250 ~ 300 枚程度のスライス画像が生成されており、過去および現在画像を合わせると一症例で 500 枚以上の多数の画像を読影する必要があることから、読影医師への負担増加と疲労による診断能低下が懸念されている。これらの背景から、マルチスライス CT 画像を対象とした経時差分画像の生成アルゴリズムが要求されているが、CT 画像を用いた経時的差分処理においては、撮影期間中に生じる形状変形が複雑なことから、経時画像間で同一部位が示す位置を正確に補正することが困難であり、未だに臨床応用可能な手法は確立されていない。

2. 研究の目的

アーチファクトを大幅に減少させる精度の高い CT 差分画像作成アプリケーションを開発し、「胸部マルチスライス CT 画像における経時差分画像システム」の臨床的有用性を検討して、実用化を目指す。

3. 研究の方法

我々はボクセルマッチング法をさらに改良し、generalized gradient vector flow (GGVF)法を差分画像作成に利用した。ボクセルマッチング法で 3 次元空間内のボクセル同士の演算を行って類似の高いボクセル値を参照し、GGVF 法を利用して血管および陰影の構造情報をベクトル場で表現してそのベクトルの集中度の分布を考慮することにより、従来の経時差分法で問題となっているアーチファクトを大幅に減少させることができる。この新たな 3 次元胸部マルチスライス CT 画像における経時差分画像システムの臨床的有用性を評価するために、1)CT ですりガラス影を有する早期肺癌の検出能、2)2cm 以下の充実性肺結節の検出能、を評価する読影実験を行った。

胸部マルチスライス CT 画像は過去 5 年以上の蓄積がある臨床のデジタルデータから選定した。読影実験の観察者は多数の経験豊富な放射線診断専門医と経験の浅い臨床研修医で、評価方法は連続確信度法を用いて、読影者はモニタに表示された胸部マルチスライス CT 画像や経時差分画像を見て病変の有無を判断し、病変と判断した場合はその部位を画像上にチェックするとともに、同じ画像上に表示された確信度マーキング用ダイアログのライン上に診断確信度をマーキングした。経時差分画像を表示した場合と表示しない場合の試験結果の比較を jackknife free-response receiver operating characteristics (JAFROC) 解析を用いて行い、経時差分画像システムを使用した場合と

使用しない場合で、診断能に差があるか否かを検討した。また、オリジナルの胸部マルチスライス CT 画像単独での読影に要する時間と本経時差分画像システムを利用した場合の読影時間を独立観察試験にて比較検討し、本経時差分画像システムが読影効率にもたらす影響について検討した。

以上の目的とする実験を終えた後、本経時差分画像システムの有用性と肺結節の部位、サイズ、CT 所見、背景の病態、手術で得られた病理組織所見等を分析することで、本システムがどのような臨床の場で有用かを考察した。さらに、本システムの偽陽性や偽陰性の原因について再評価し、システム性能向上を図った。

4. 研究成果

CT ですりガラス影を有する早期肺癌の検出および 2cm 以下の充実性肺結節の検出について、いずれも「胸部マルチスライス CT 画像における経時差分画像システム」を使用することで、全ての観察者の診断能が向上した。充実性肺結節の検出については、経験の少ない読影者により有用で、特に病変が肺血管に隣接して存在する場合に有用であった。一方、すりガラス影を有する早期肺癌の検出については経験年数に関わらず、診断能が有意に向上し、経験の少ない読影者が本システムを用いることで、経験豊富な放射線診断専門医が本システムを用いないで診断するレベルまで診断能が向上した。また、本システムを利用することで解析画像は増加するが、読影時間は延長せず、読影効率を落とすことなく、診断精度は向上した。

以上の読影実験を行う中で、アーチファクトの少ない経時差分画像を表示するため、局所領域のみに限定した有限要素法による位置合わせ法や Free Formed Deformation (FFD) を用いた非剛体位置合わせ法の開発などを行って、システム性能の向上を図った。

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 3件)

Yuriko Yoshino, Takahiro Miyajima, Huimin Lu, Jookooi Tan, Hyoungseop Kim, Seiichi Murakami, Takatoshi Aoki, Rie Tachibana, Yasushi Hirano, Shoji Kido
Automatic classification of lung nodules on MDCT images with the temporal subtraction technique. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery (in press), 査読あり。

Yuriko Yoshino, Takumi Tokisa, Hyoungseop Kim, Takatoshi Aoki, Shoji Kido

A 3-D non-rigid warping method based on free formed deformation for temporal subtraction on thoracic MDCT images. Journal of Image and Graphics, 4(2): 105-109, 2016, 査読あり。

寺澤岳, 青木隆敏

呼吸器画像の CAD(computer-aided diagnosis): 肺結節診断
日本胸部臨床 75(4): 358-365, 2016, 査読あり。

[学会発表](計 7件)

Takashi Terasawa, Takatoshi Aoki, Seiichi Murakami, Masami Fujii, Michiko Kobayashi, Chihiro Chihara, Yoshiko Hayashida, Yukunori Korogi,
Detection of lung carcinoma with predominant ground-glass opacity on CT using temporal subtraction method: JAFROC observer study, Radiologic Society of North America 102th

Scientific Assembly & Annual Meeting
Nov.27-Dec.2, 2016, Chicago, USA.

Masashi Kondo, Hyoungseop Kim, Jookooi Tan, Seiji Ishikawa, Seiichi Murakami, Takashi Terasawa, Takatoshi Aoki, A temporal subtraction technique from MDCT images based on image registration technique, The 1st Asian Oceania Workshop of Pulmonary Functional Imaging, Jan.29-31,2016, 淡路夢舞台国際会議場(兵庫県淡路市).

Shota Yamada, Yuriko Ikeda, Shinya Maeda, Hyoungseop Kim, Jookooi Tan, Seiji Ishikawa, Seiichi Murakami, Takatoshi Aoki, Reduction of subtraction artifacts on temporal subtraction images based on finite element method in local volume of interests, Joint conference the International Workshop on Advanced Image Technology and the International Forum on Medical Imaging, Jan.11-13, 2015, Taipei, Taiwan.

金亨燮, タンジュークイ, 石川聖二, 村上誠一, 青木隆敏, 胸部 CT 画像からの経時的差分像技術の開発と結節状候補陰影の抽出, 第7回呼吸機能イメージング研究会学術集会, 2015年2月7~8日, 慈恵医科大学, 東京都港区.

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 GGO 候補領域の自動抽出, 画像電子学会年次大会, 2015年6月28~29日, 姫路市市民会館, 兵庫県姫路市.

芳野由利子, 金亨燮, タンジュークイ, 石川聖二, 村上誠一, 青木隆敏, GGVF とシフトベクトルの平滑化による胸部 MDCT 画像の経時的差分法, 映像情報メディア学会技術報告, 2014年11月28~29日, 熊本市国際交流会館, 熊本県熊本市.

Shota Yamada, Yuriko Ikeda, Shinya Maeda, Hyoungseop Kim, Jookooi Tan, Seiji Ishikawa, Seiichi Murakami, Takatoshi Aoki, Three-Dimensional Non-Rigid Registration of Thoracic CT Image Based on Finite Element Method, The 15th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, Dec.3-6, 2014, 北九州国際会議場(福岡県北九州市小倉北区).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

青木 隆敏 (AOKI Takatoshi)
産業医科大学・医学部・准教授
研究者番号: 40299631

(2) 研究分担者

興梠征典 (KOROGI Yukunori)
産業医科大学・医学部・教授
研究者番号: 60195691

金亨燮 (KIM Hyoungseop)
九州工業大学・工学研究科・教授
研究者番号: 80295005