

機関番号：17104

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20560397

研究課題名 (和文)

過去・現在の異なる時期に得られる胸部 CT 画像の位置合わせ法の開発とその応用

研究課題名 (英文)

Development of Image Registration Method for Thoracic CT Image Sets Which is Obtained Different Time Series and Its Application

研究代表者

金 亨燮 (KIM HYOUNGSEOP)

九州工業大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：80295005

研究成果の概要 (和文)：近年，診断精度のバラツキの低減を目的としたコンピュータ診断支援法 (CAD) が注目されている。CAD とは，計算機により医用画像を解析・定量化した結果を，医師が「第 2 の意見」として利用するもので，胸部単純写真を用いた研究・開発が進められている。本技術では，同一被験者の過去・現在という異なる画像間の経時変化を強調表示し，肺がんや結節状陰影を提示することによる医師への診断支援のための画像解析法を開発した。

研究成果の概要 (英文)：Recently, CAD systems are developed to achieve high accuracy in medical processing fields. The CAD system which is obtained by analyzing the medical images can provide as “second opinion” to physicians. A temporal subtraction image, which is obtained by subtraction of a previous image from a current one, can be used for enhancing interval changes on medical images by removing most of the normal structures. In a temporal subtraction technique for 2-D X-ray image, the effectiveness is shown through a lot of clinical evaluation experiments, and practical use is advancing. In our study, a temporal subtraction technique for thoracic CT Images is developed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009 年度	900,000	270,000	1,170,000
2010 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：診断支援、経時差分、CT 画像、異常陰影、画像位置合わせ

## 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。特に，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，国内外でも一部の医用画像診断用の製品として組み込

まれるケースもあり，臨床の場でも活用されている。これまでの経時差分画像の生成法では，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。臨床医は，例えば半年前に撮影した過去の単純 X 線写真，現在撮影した X 線写真に加え，経時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、この期間に新たに発症した病変部を比較読影することが可能なため、小さな病変部も見落とすことなく、正確に診断を行うことができる。経時差分画像を比較読影の際に用いることにより、淡い病変部や小さな結節状陰影などの早期発見が可能となり、診断精度の向上、読影時間の短縮など、診断の効率化が図られ、**QOL(Quality of Life)**の高い診断性能が期待できる。しかし、両画像間の位置合わせを行う際の精度の問題から、正常構造である血管影が完全に打ち消されず、その一部が差分画像上にアーチファクト（虚像）として現れるため、読影医師への負担増加や診断精度に影響を及ぼしており、改善が必要である。

一方、近年の医療装置の飛躍的な発展に伴い、肺がんの早期発見を目的とした集団検診が行われており、これまでの胸部単純 X 線写真に代わるものとして、マルチスライス CT 画像が利用されるようになった。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だけでも多くの画像を読影する必要があることから、医師への負担増加と病変部の見落としが懸念されている。これらの背景から、3次元マルチスライス 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、3次元 CT 画像を用いた経時的差分処理においては、未だ有効な手法が提案されていない。これは、撮影期間中に生じる3次元的な形状変形が複雑であることから、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ることが原因として挙げられる。従来法をそのままマルチスライス CT 画像に適用した場合、異常陰影が強調表示できるものの、正常構造である血管領域がアーチファクトとして多数存在しており、比較読影の妨げになっており、改善が求められている。

## 2. 研究の目的

本申請研究では、3次元胸部マルチスライス CT 画像に対し、アーチファクトの少ない経時的差分画像の生成法を開発する。具体的には、我々が新たに開発したボクセルマッチング法をさらに改良し、よりアーチファクトの少ない画像生成法を開発する。さらに、得られる経時差分画像から、形状や濃度特徴等を取り入れ、統計的手法を用いた解析を行い、結節状陰影やスリガラス状陰影等の異常陰影の候補領域を抽出し、医師へ提示するための診断支援システムを開発する。最後に、提案法による臨床実験を行い、実用化を図る。

## 3. 研究の方法

### (1) 過去・現在の異なる時期に得られる画像間の位置合わせ法の改良

本申請研究では、最適な画像の位置合わせを行うため、画像マッチング法を用い、シフトベクトルを導出する。はじめに、撮影時の FOV (Field Of View) の変動による経時画像間のピクセルサイズの相違を、過去画像を体軸面について線形に拡大、または縮小することにより補正する。次に、画像変形手法を適用する肺領域を特定するため、CT 値に基づく閾値処理およびモルフォロジカルフィルタを用い、肺領域のセグメンテーションを行う。以上の前処理により得られた画像を用いて、過去画像の画像変形量（シフトベクトル）を画像マッチング法により求める。さらに、シフトベクトルを用いて過去画像を変形し、現在画像から変形した過去画像を差し引くことにより、経時差分画像を求める。平成 20 年度から 22 年度に実施した位置合わせ法の主な概要を以下に示す。

経時差分画像上には、アーチファクトが多く存在する。このようなアーチファクトの原因として、現在および過去画像に存在する正常組織の大きさ、形状および位置の数ピクセル（ボクセル）程度の相違が挙げられる。これらのアーチファクトは、経時差分画像の画質を劣化させる要因であり、取り除く必要がある。そこで、異なる時期に撮影された両画像の正確な位置合わせを行うため、我々が考案したボクセルマッチング法の改良を行う。改良するボクセルマッチング法では、画像変形量であるシフトベクトルを現在画像の全ての位置に対して求めておき、そのボクセルに対応する過去画像上で、正常構造である血管領域を構造要素とする、マッチング法を開発を行う。具体的には、GGVF によるベクトル集中度を用いた血管構造を求め、両画像間で血管などの正常な構造要素が存在する箇所を、構造マッチングを施すことにより除去し、差分画像上のアーチファクトを低減する。

### (2) 経時的差分像を用いた結節状陰影候補領域の自動抽出法の開発と評価

経時差分画像の生成法に基づき、異常陰影の候補領域の抽出法について検討を行った。さらに、複数の医療機関における臨床実験を行い、システムの全体的な評価を実施し、その有効性を検証するためのソフトウェアの開発を行った。開発したソフトウェアを、異なる CT 装置から得られる画像データを基に経時的差分像を生成し、提案法による差分像あり・なしによる検出能の違いを評価するための検討を行った。

## 4. 研究成果

経時的差分像からの結節状陰影の候補領域を検出するための初期実験として、4 列の検出器を持つ MDCT スキャナーにより撮影された 5 症例に適用した。実験で用いた各症例とも、転移性肺がんの発見のため、2 回撮影

時期を変えてスキャンされた CT 画像である。過去画像と現在画像との撮影時期の差の平均は、約 3 ヶ月である。使用した全てのケースで、現在 CT 画像に結節状陰影が新たに多数出現している。本手法では、現在画像に新たに出現した結節状陰影の検出を目的としているため、検出対象の結節状陰影は、経時的差分画像に全て現れていることを前提とする。本実験で検出する結節状陰影は、直径 3.3[mm]から 57.6[mm]であり、充実型及び含気型結節状陰影 94 個であった。

本手法を胸部 MDCT 画像に応用して得られた結節状陰影の検出精度を調べたところ、直径 20[mm]以上の結節状陰影については、感度 96.9[%]のとき偽陽性陰影数が 1.2[個/scan]と良好な結果が得られた。一方、直径 20[mm]以下の結節状陰影については、感度 85.5[%]のとき偽陽性陰影数は 16.0[個/scan]であり、偽陽性陰影数が多い結果となり、その改善が求められた。

そこで、位置合わせ精度の向上を図るため、GGVF (Generalized Gradient Vector Flow) により血管および陰影の構造情報をベクトル場で表現し、そのベクトルの集中度の分布を考慮することにより、経時的差分画像から得られるヒストグラムの積分値および FWHM 値は、従来法に比べ、それぞれ 10.4%および 25%減少した。その一例を図 1 に示す。同図 (a)および(b)は、それぞれ過去画像および対応する現在画像で、同図(b)上には、新たに結節状陰影が出現している(矢印)。同図(c)は従来法による経時的差分画像で、同図(d)は本申請研究での成果による経時的差分画像である。同図(d)から、正常構造である血管、骨、筋肉などの領域が同図(c)に比べて効果的に除去され、結節状陰影が強調表示されている。

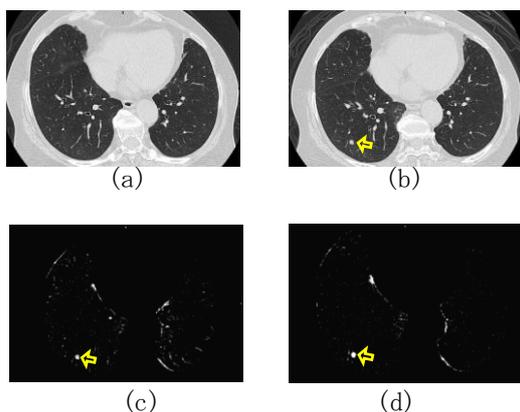


図 1 経時的差分像の例

## 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)

- ① Maeda Shinya, Kim Hyoungeop, Itai Yoshinori, Tan Joo Kooi, Ishikawa Seiji, Yamamoto Akiyoshi, Reduction of processing times for temporal subtraction on lung CT image employing octree algorithms, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, 査読有, Vol.7, 2011, 2603-2610
- ② Shiozawa Seiji, Kim Hyoungeop, Tan Joo Kooi, Ishikawa Seiji, Automatic classification of GGO regions employing linear discriminant function from the thoracic CT images, 査読有, Vol.3, 2009, 963-968
- ③ 板井善則, 金亨燮, 石川聖二, 桂川茂彦, 土井邦雄, 経時的差分画像を用いた CT 画像からの結節状陰影の検出, Medical Imaging Technology, 査読有, Vol.26, No.4, 2008, 217-224

〔学会発表〕(計 19 件)

- ① Kim Hyoungeop, Miyake Noriaki, Maeda Shinya, Tan Joo Kooi, Ishikawa Seiji, Murakami Seiichi, Aoki Takatoshi, A Registration Method for Temporal Subtraction on Thoracic MDCT Images, The 4<sup>th</sup> Annual Meeting of the Asian Association for Algorithms and Computation, 2011/4/16, Taiwan
- ② 金亨燮, 三宅徳朗, 前田真也, タンジュークイ, 石川聖二, 村上誠一, 青木隆敏, 過去・現在の胸部 CT 画像の比較読影のための経時的差分像生成法, 第 18 回日本 CT 検診学会学術集会, 2011/2/18, 岡山
- ③ 三宅徳朗, 金亨燮, 前田真也, タンジュークイ, 石川聖二, 村上誠一, 青木隆敏, 山本晃義, GGVF からのベクトル集中度合を考慮した胸部 CT 像の経時的差分法, 第 29 回 SICE 九州支部学術講演会, 2010/12, 宮崎大学
- ④ 塩澤聖司, 金亨燮, タンジュークイ, 石川聖二, 濃度・形状特徴量を用いたスリガラス状陰影の自動識別法, バイオメディカル・ファジィ・システム学会第 23 回年次大会, 2010/10/9, 産業医科大学
- ⑤ 前田真也, 富山靖之, 金亨燮, 三宅徳朗, 板井善則, タンジュークイ, 石川聖二, 山本晃義, 第 20 回インテリジェントシステムシンポジウム, 2010/9/25, 首都大学東京
- ⑥ Maeda Shinya, Kim Hyoungeop, Tomiyama Yasuyuki, Tan Joo Kooi, Ishikawa Seiji, Yamamoto Akiyoshi, Detection of Candidate Regions for Lung Nodules on

- Temporal Subtraction Image Based on Artificial Neural Networks, International Conference on Biological and Biomedical Engineering, 2010/8/25, Singapore
- ⑦ 三宅徳朗、金亨燮、前田真也、板井善則、タンジュークイ、石川聖二、桂川茂彦、Generalized Gradient Vector Flowを用いた胸部 CT 画像からの経時的差分像の生成法、第 29 回日本医用画像工学会大会、2010/7/30、東海大伊勢原キャンパス
- ⑧ 金亨燮、勝間田淑史、前田真也、板井善則、タンジュークイ、石川聖二、形状および濃度特徴量を用いた胸部 CT 画像上のスリガラス状候補陰影の抽出、画像電子学会 2010 年度年次大会、2010/6/26、神奈川工科大学
- ⑨ Kim Hyoungseop, Katsumata Yoshifumi, Maeda Shinya, Itai Yoshinori, Tan Joo Kooi, Ishikawa Seiji, Automatic Detection of GGO Candidate Regions in Lung CT Image Employing Neural Networks, The 3<sup>rd</sup> Annual Meeting of the Asian Association for Algorithms and Computation, 2010/4/17, Korea
- ⑩ Miyake Noriaki, Kim Hyoungseop, Itai Yoshinori, Tan Joo Kooi, Ishikawa Seiji, Katsuragawa Shigehiko, Automatic detection of lung nodules in temporal subtraction image by use of shape and density features, International Conference on Innovative Computing, Information and Control, 2009/12/7, Taiwan
- ⑪ 前田真也、金亨燮、タンジュークイ、石川聖二、山本晃義、関心領域の細分化による胸部 CT 画像からの高速な経時差分画像の生成法、バイオメディカル・ファジィ・システム学会第 22 回年次大会、2009/10/10、奄美大島
- ⑫ Maeda Shinya, Kim Hyoungseop, Itai Yoshinori, Tan Joo Kooi, Ishikawa Seiji, Yamamoto Akiyohsi, Reduction of processing times for temporal subtraction from the thoracic MDCT image employing octree algorithms, International Symposium on Management Engineering, 2009/8/5, China
- ⑬ 板井善則、金亨燮、石川聖二、桂川茂彦、構造マッチング法による胸部 CT 画像からの結節状陰影の検出、第 28 回日本医用画像工学会大会、2009/8/4、中京大学名古屋キャンパス
- ⑭ 三宅徳朗、板井善則、金亨燮、タンジュークイ、石川聖二、桂川茂彦、ニューラルネットワークによる経時的差分技術を利用した胸部 CT 画像からの結節状陰影の自動抽出法、第 28 回日本医用画像工学会大会、2009/8/4、中京大学名古屋キャンパス
- ⑮ Kim Hyoungseop, Katsumata Shigehiko, Tan Joo Kooi, Ishikawa Seiji, Automatic detection of GGO in lung images by using statistical features and neural networks, International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications, 2009/7/5, Korea
- ⑯ Itai Yoshinori, Kim Hyoungseop, Ishikawa Seiji, Katsuragawa Shigehiko, Doi Kunio, Reduction of FPs for Lung Nodules in MDCT by Use of Temporal Subtraction with Voxel-Matching Technique, International Conference on Neural Information Processing, 2008/11/25, New Zealand
- ⑰ 前田真也、金亨燮、板井善則、タンジュークイ、石川聖二、山本晃義、胸部 CT 画像からの経時差分画像の生成法～階層的 VOI の細分化による計算時間の軽減法～、電子情報通信学会、信学技報、MI2008-38, 2008/9/17, 京都
- ⑱ 勝間田、板井善則、金亨燮、タンジュークイ、石川聖二、ニューラルネットワークを用いた胸部 CT 像からの GGO 候補領域の自動識別、第 27 回日本医用画像工学会、2008/5/6、法政大学
- ⑲ 板井善則、金亨燮、石川聖二、桂川茂彦、土井邦雄、胸部 MDCT における経時的差分画像を用いた結節状陰影の検出、第 27 回日本医用画像工学会、2008/5/6、法政大学

[その他]

ホームページ等

<http://lab.cntl.kyutech.ac.jp/~kimlab/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

金 亨燮 (KIM HYOUNGSEOP)

九州工業大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号：80295005