

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20591475

研究課題名(和文) 3次元CT画像を用いた高精度経時差分画像の作成とその臨床応用

研究課題名(英文) Temporal change detection of three dimensional CT images using non-rigid co-registration

研究代表者

石津 浩一 (ISHIZU KOUICHI)

京都大学・大学院医学研究科・准教授

研究者番号：50314224

研究成果の概要(和文)：2度のCT検査間の経時的変化を画像上でとらえるために差分画像の作成を目的とした。まず3次元CTデータの長期大量蓄積のための研究用画像データベースの構築とその運営、性能評価を行い、良好な結果を得た。肺野CT画像の経時差分画像作成を試みたが、末梢血管までの精細な位置あわせは、変形を加えた重ね合わせ技術を用いても完全に一致させることは難しく、臨床で有用とされるような差分画像作成には、抹消解剖構造まで一致させるような精度の高い重ね合わせソフトの開発が必要と考えられた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to generate subtracted CT image between two serial CT scans. In the first step, we newly developed a DICOM image database with a large and cheap data server to save a lot of clinical thin slice CT data for research. Over 30TB CT image data were stored in the new server and data loss was not happened for three years. A non-rigid image co-registration software was used for the subtracted image generation, but peripheral anatomy was not perfectly co-registered by the non-rigid method. More precise co-registration was thought to be necessary for the clinical use.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
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：自動診断、3次元画像、非剛体重ね合わせ、核医学画像、肺CT、結節性病変

1. 研究開始当初の背景

(1) 昨今の放射線撮像機器の性能向上に伴い、作成される画像スライス数は飛躍的に増加した。結果、臨床現場での画像診断医の作業量は飛躍的に増加し、何らかのサポートなしでは疲労による見落としなどの発生率上昇も懸念される。特に頻回のCT検査による経過観察の件数増加が著しいが、この場合、画像診断医にとって前回画像との比較作業

が重要となるとともに追加の労力を必要としてしまっている。最新の画像処理技術を用いて前回画像を今回のCT画像に重ね合わせ差分画像を作成することにより、変化分だけをより少ない労力で発見できると考えられ、臨床応用を試みるのが重要と思われた。

(2) 精度の高い画像重ね合わせを実現するためには高精細な3次元画像が必要だが、臨

床で用いるデータサーバは非常に高価であり容量の問題で thin slice データを貯蓄できず廃棄しているのが現状であった。当該研究の遂行のため、研究使用を目的とした安価でデータ保安性の高く、かつ利便性に優れた画像データサーバの構築が重要であった。

2. 研究の目的

(1) 手順としてまず研究用データサーバの構築が挙げられる。条件として、京大附属病院で作成される thin slice の CT データすべてを貯蓄できること、安価であること、データの損失がないこと、データの検索が可能で簡易にデータを取り出せること、患者の匿名性に配慮できていることなど、研究用としての特殊性も踏まえたサーバの構築を目的とした。

(2) 次に CT 画像の経時差変化をとらえた経時差分画像の作成を目的とした。このとき2回の CT 画像撮像時の体位は体動が伴うため一致することはなく、剛体重ね合わせでは精度の高い重ね合わせは見込めない。そこで非剛体の重ね合わせ技術を使用することで良好な差分画像の作成を試みることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 新しい研究用データサーバの中核となるデータベースおよび各種のデータ管理機能は研究グループ内で新規に独自開発した。データサーバは臨床用 DICOM データサーバから研究室内の MAC 上の OsiriX へ DICOM 自動転送され、OsiriX サーバに蓄積されたデータを Windows PC に読み込んで、新たな研究用のフォルダ階層形式に並べ替え蓄積することとした。また患者のプライバシー保護の観点から患者氏名や ID の削除や変更なども簡易にできるように開発した。

(2) 数年に及ぶ CT thin slice 画像の長期保管により得られた同一患者の2回の CT 画像を用いて経時差分画像を作成する。このときあらかじめ2回の画像を重ね合わせる必要がある。画像重ね合わせには変形を伴わない剛体重ね合わせ法と、変形を伴う非剛体重ね合わせ法がある。非剛体重ね合わせではより高精度な重ね合わせが期待できるが、患者画像が変形されるためそのまま診断に用いるには問題がある。そこで画像診断を必要とする2回目の画像は変形させず、参照画像として用いる過去画像を今回画像に変形して重ね合わせることにする。当該研究においては、剛体重ね合わせと非剛体重ね合わせをカナダトロントの Tomographix 社製 Quantiva を用いた。評価は目視での精度評価とした。

4. 研究成果

(1) ①研究用データサーバ構築のためのデータベースとして YAKAMI DICOM tools を作成した。既存の DICOM データサーバにより HDD 内に蓄積した DICOM 画像データを読み取り、フォルダ構成を再構築して別 HDD への転送保存を可能とした。低価格データストレージとして民生用のバッファロー社製 NAS タイプの外付け HDD を利用した。データの損失を防ぐため、RAID1 構成としかつ2重化することで対応した。民生用の NAS タイプ外付け HDD は最大でも当時 3 TB 程度の用量しかなかったため、NAS ストレージに蓄積され 90% に近づいた時点で新たな NAS ストレージを追加して対応した。当該研究期間中に約 30TB の画像データを転送蓄積し、その間のデータ損失は全くなかった。

新開発したデータサーバ内に蓄積されたデータへのアプローチは、検査日での NAS ストレージ選択→患者 ID 上位 2 桁別 (計 100 個) のフォルダ選択→患者 ID ごとのフォルダ選択→スキャン別フォルダ選択、の順で行う。患者 ID 別のショートカット自動作成機能も搭載することで、患者 ID 選択→スキャン別フォルダ選択というより短いパスで到達することも可能であり、いずれを用いても簡便かつ確実に目的画像に到達可能であった。また患者画像の別ストレージへの転送保存も高速で研究用途として十分な性能を有することが示された。

②データサーバ構築費用は NAS ストレージの実費と DICOM データ受信用 Macintosh PC と新開発データベース用 Windows PC を含めても 100 数十万であり、30TB の臨床業務用 DICOM データサーバが 3000 万円以上することが多いことを考えると非常に安価に構築できた。

③患者プライバシー保護の観点から、患者氏名および ID などの患者情報を削除あるいは変更する機能を追加搭載した。DICOM 画像には header 部分に患者情報が含まれており、従来のソフトを用いて削除する場合には各画像ごとに読み込んで変更を加え保存し直す作業が必要であったが、今回開発したソフトでは、1 フォルダの内に存在する下部階層すべての DICOM 画像情報を、同時に変更保存できるようにした。

この機能を実際に動作検証したところ同時に大量のデータのヘッダ書き換えに成功し、今後の研究用データサーバの患者情報削除に有効であることが示された。

④上記、研究用医療画像データサーバを構築するために作成した各種 DICOM データ用ソフトを YAKAMI DICOM Tools として、研究室ホームページにて無料公開している。

(2) ①複数の症例において2回の肺野 CT を用いた剛体重ね合わせを試みた。まず剛体重ね合わせでは、同一患者内での重ね合わせにもかかわらず、体位の変化による重ね合わせ誤差が大きく、差分画像作成のための十分な重ね合わせ精度は期待できないことが明らかであった。

大きな誤差を生む要因としては、スキャナ台上に仰臥位になった時の体位自体に大きな変化があることと呼吸停止位置の違いに伴う肺の形状変化の二つが大きな要因であった。

②非剛体重ね合わせ法を用いて重ね合わせを試みた。上記、剛体重ね合わせ法より重ね合わせ精度は良好であった。しかし、肺野末梢において非剛体変形に伴う不自然なゆがみが認められ、内部の血管構造の重ね合わせに関しても大きな誤差が認められた。

原因としては、胸壁と胸腔内を同時に重ね合わせているため、胸壁と肺野の胸膜部での呼吸に伴うズレを勘案できず大きな誤差を生んでいると思われる。

③そこで画像重ね合わせの前に、肺野のみを segmentation により切り出しを行い、その後肺野のみでの画像重ね合わせを行った。

全体に重ね合わせ精度は向上し、血管構造に関しても重ね合わせ精度は向上が見られた(図1-3)。しかし肺野末梢の小血管構造を中心に微細な重ね合わせ誤差が残存した。差分画像の作成も行ったが、小血管の多くが位置ズレによって引き算後も広範に残存した。そのため、2回の CT の経過観察中に新たな小結節が出現した場合にその結節を発見するためにはより精度の高い画像重ね合わせを施行する必要があることがわかった。

④肺野切り出し後の非剛性重ね合わせ法は、差分画像作成を目的とするには重ね合わせ精度が足りないと考えられたが、前後 CT 画像比較を目的として今回 CT 画像と前回 CT 画像の変形後画像を並べて観察する場合には十分に臨床利用できる精度が得られているのではないかとと思われる。

しかしこの場合においても、前後 CT 撮像間に胸水の増減があった場合や無気肺の発生、また腫瘍の著明な増大などがあった場合には精度の高い重ね合わせは困難であった。肺野の非剛性重ね合わせ技術は、術後患者の再発チェックなど肺野は正常であることが見込まれるような症例においては、異常所見の発見に有用な新しいビューアとして有望ではないかと思われる。

⑤今後の画像重ね合わせ技術の改良改善を行うことで、肺野末梢にいたる微少血管構造まで正確に重ね合わせることが可能となれば、診断用画像ビューアの追加機能として組み込まれることで診断補助システムとして有用であろうと思われる。

以下、検討例を提示する。

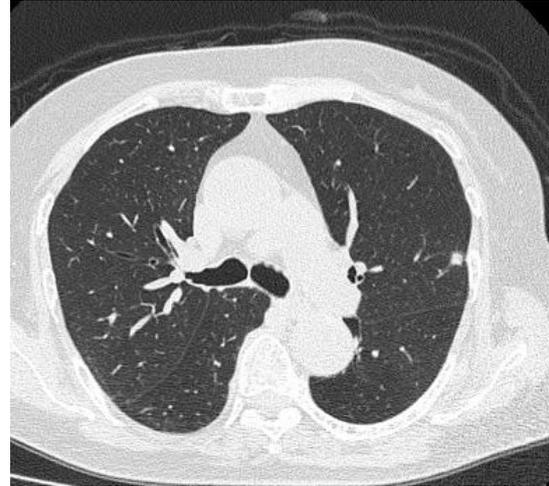


図1. 初回検査 原画像

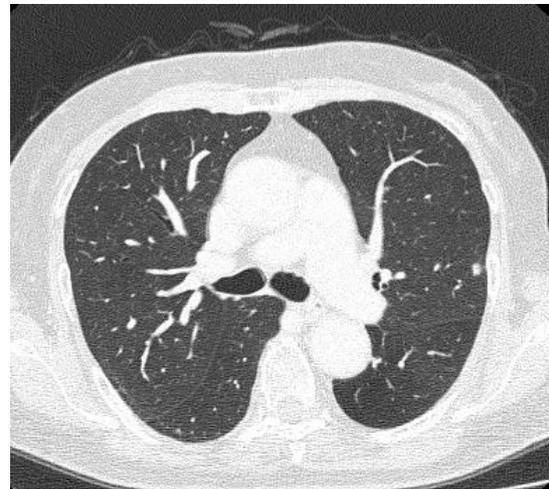


図2. 次回検査 原画像

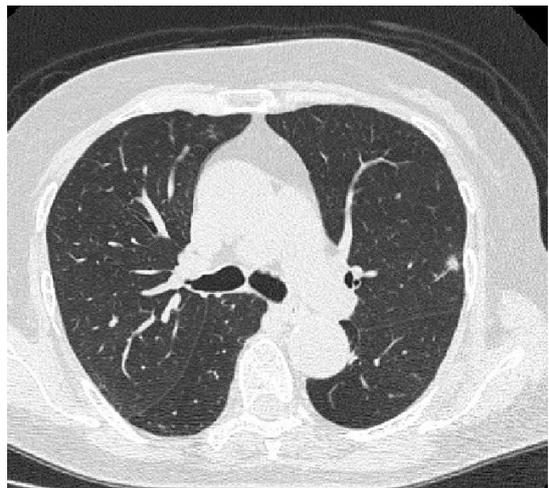


図3. 初回検査 非剛体重ね合わせによる変形後画像

図1と図3は体表の固定バンドの波打ちから同一画像であることがわかる。非剛体重ね合わせにより左中肺野の結節だけではなく、周辺血管構造も良く合致している。

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1件)

Masahiro Yakami, Koichi Ishizu, Takeshi Kubo, Tomohisa Okada, Kaori Togashi.

Development and Evaluation of a Low-Cost and High-Capacity DICOM Image Data Storage System for Research. Journal of Digital Imaging, 2011 Apr;24(2):190-5

[学会発表] (計5件)

- ① Masahiro Yakami, Takeshi Kubo, Koichi Ishizu, Koji Fujimoto, Yoshio Iizuka, Masami Kawagishi, Kaori Togashi. Computer inference of diagnosis from features scored by radiologists: Evaluation of 51 features of 222 pulmonary nodules in 100 consecutive CT examinations. RSNA 2009 Annual meeting. McCormick Place, Chicago, U. S. A., 2 Dec 2009.
- ② Masahiro Yakami, Koichi Ishizu, Takeshi Kubo, Tomohisa Okada, Kaori Togashi. Development of an Integrated DICOM Conversion Tool for Anonymized Medical Image Transport for Radiological Research. RSNA 2008 Annual meeting. McCormick Place, Chicago, U. S. A., 3 Dec 2008.
- ③ Masahiro Yakami, Koichi Ishizu, Takeshi Kubo, Tomohisa Okada, Kaori Togashi. Development and Evaluation of an Affordable and Massive DICOM Data Storage System for Research. RSNA 2008 Annual meeting. McCormick Place, Chicago, U. S. A., 2 Dec 2008.
- ④ 八上全弘、石津浩一、久保武、岡田知久、江本豊、富樫かおり YAKAMI DICOM Tools の DICOM 形式医用画像を使った研究における有用性 第29回日本医用画像工学会大会、東海大学(伊勢原キャンパス)、神奈川県、2010年7月30日
- ⑤ 八上全弘、石津浩一、久保武、岡田知久、富樫かおり YAKAMI DICOM Tools の医用画像研究における有用性 第68回日本医学放射線学会、パシフィコ横浜、神奈川県、2009年4月18日

[その他]

ホームページ等

http://www.kuhp.kyoto-u.ac.jp/~diag_rad/intro/tech/dicom_tools.ja.html

6. 研究組織

(1)研究代表者

石津 浩一 (ISHIZU KOUICHI)

京都大学・大学院医学研究科・准教授

研究者番号：50314224

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

中本裕士 (NAKAMOTO YUJI)

京都大学・大学院医学研究科・講師

研究者番号：20360844

久保 武 (KUBO TAKESHI)

京都大学・大学院医学研究科・助教

研究者番号：20464216

向井孝夫 (MUKAI TAKAO)

京都医療科学大学・医療科学部・教授

研究者番号：40093322