

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23592775

研究課題名(和文) 画像処理エンジンと解析ライブラリを用いた3次元医用画像の重ね合わせ法に関する研究

研究課題名(英文) Fusion Display of 3-D medical image using image processing engine and library

研究代表者

岩下 洋一郎 (Yoichiro, Iwashita)

鹿児島大学・医歯(薬)学総合研究科・助教

研究者番号：70168566

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円、(間接経費) 1,080,000円

研究成果の概要(和文)：CT,MR,PET等の医用三次元画像を三次元的に重ね合わせて表示することにより、病気の部位の三次元的配置を確認することが出来、治療の際の部位をより正しく診断することが出来ます。この重ね合わせ方法と重ね合わせ誤差の評価の方法について研究し、画像データの読み込み・重ね合わせ・評価・表示システムを開発しました。このシステムが、これまでパーソナルコンピュータのCPU(計算装置)のみで計算を行っていたのを画像処理エンジンにより高速で処理することが可能になり、さらに、重ね合わせをより合わせるために、個々人に合わせた治具を作成し、撮影時に用いることにより精度の高い重ね合わせを行う方法を検討しました。

研究成果の概要(英文)：Fusion display of 3D image in CT, MR, PET, etc is more effective in diagnosis of position. We developed fusion display system that includes reading image data, registration, evaluation, and fusion display. This fusion display system was developed for more speed up using image processing engine. Method for more precise registration using personal device was developed.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学 病態科学系歯学・歯科放射線学

キーワード：三次元画像 画像処理エンジン 重ね合わせ

1. 研究開始当初の背景

CT、MR、PET装置などの3次元画像を構築する医用画像撮影装置が開発されてきた。CTは骨組織、MRは軟組織の診断に役立つ。PETは核医学により立体的に腫瘍の位置がわかるが、正確な位置情報を得られない。そのため、CTやMR画像と重ね合わせることで、腫瘍の解剖学的位置や、周囲の血管・神経の位置関係がわかる。この様に、機能画像としてのPET画像と、形態画像としてのCT、MR画像を重ね合わせて表示することにより機能と形態を複合したよりの確な診断が可能になる。PETとCTについては同じガントリーで専用撮影装置が開発されている(Beyer T et al, J Nucl Med, 2000)。しかし、PET、CT、MRは別々の装置であるのが主流である。また、位置あわせの指標として、脳の形状(Grosu AL et al, Int J Radiat Oncol Biol Phys 2000)や、血管の構造による方法(Hamilton RJ et al, J Nucl Med 1999)があるが、頭頸部について表面の三次元形状により自動的に重ね合わせの位置あわせを行う例は見あたらない。

現在、コンピュータ支援診断が臨床現場に求められており、CT、MR、PET画像の複合画像化は緊急に行うべき研究である。代表申請者は顎骨領域のX線画像からの骨塩定量システムおよびソフトウェアの開発を行なっている(岩下ら, 骨形態計測学会雑誌 2000, Iwashita Y, Dentomaxillofac Radiol 2000, 岩下ら, 歯科放射線 1998)。現在、基礎的検討およびプログラム作成を行っており、CT、MR、PET画像の3次元重ね合わせの表示のために、各画像ファイルを直接読み込み可能で、各装置の3次元表示、さらに重ね合わせて表示することを可能にするシステムを開発している。DICOM画像データを読み込み表示できるソフトウェア、3次元画像を任意の拡大率、回転角度で表示できるソフトウェア、重ね合わせのために表示された3次元画像上の任意の点を指定できるシステム、重ね合わせ表示を行うソフトウェアを開発した。各3次元画像について顔面の形状から3次元データの回転・位置合わせを行い、各メディアの画像を異なる色で重ね合わせて表示させることができ、2006年日本歯科放射線学会第47回学術大会において発表した。しかし、それぞれの3次元画像(CT、MR、PET)の回転表示の速さに未だ問題があり、また重ね合わせの誤差の評価を行う必要がある。

3次元画像解析の方法として汎用コンピュータを用いたプログラムによる方法と、専用画像処理装置を用いた方法があるが、汎用コンピュータを用いるとプログラムの開発、修正は容易だが、処理速度が比較的遅くなる。それに対して専用画像処理装置を用いると処理速度は速いが、処理プログラムの開発が容易ではなかった。しかしながら最近のフリーの3次元処理ライブラリVTK

(Visualization Toolkit)及びITK (Insight Tool Kit)はオープンソースの3次元データ処理のための高水準ライブラリであり、なおかつ、VTKはテラリコン社のリアルタイムレンダリングボード3D画像処理エンジンVolumePro1000によるハードウェアレンダリングに対応している(<http://www.kitware.com/news/home/browse/97>)。これらの装置を導入することにより汎用コンピュータのプログラムによる専用画像処理装置を用いた、プログラムが容易で処理速度が高速のシステムを開発できる。

2. 研究の目的

CT、MR、PET画像の重ね合わせのために、各画像ファイルを直接読み込み可能で、各装置の3次元表示、さらに重ね合わせて表示することを可能にするシステムを開発した。3次元画像解析ライブラリとしてVTK及び画像処理ボードを用いて処理を高速化した、DICOM画像データを読み込み表示し、3次元画像を任意の拡大率、回転角度で表示できるソフトウェア、重ね合わせのために表示された3次元画像上の任意の点を指定できるシステム、および重ね合わせ表示を行うソフトウェアを開発し、回転速度の向上および重ね合わせの誤差を評価し、より高速で誤差が最小になる方法を開発する。

3. 研究の方法

(1) 3次元画像重ね合わせの方法と誤差評価

以下のような条件でソフトウェアを作成した。

解析データ：CT、PET、MR画像データ (DICOM形式・Mimics形式)

画像解析コンピュータ： Shuttle X SB41 (Shuttle Corp.), Mac Pro (Apple Corp)

画像解析エンジン： VolumePro 1000 (テラリコン)、Quadro 4000 (Nvidia Corp.)

OS：Windows XP, Windows 7 (Microsoft Corp.), Mac OS X (Apple Corp.)

プログラム言語,ソフトウェア： Visual C#.NET 2003, Visual Studio (Microsoft Corp.), VTK, OsiriX

以下にフローチャートを示す。

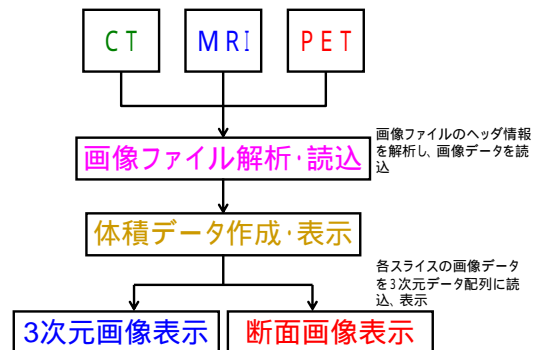


Fig.1 画像処理・表示フローチャート

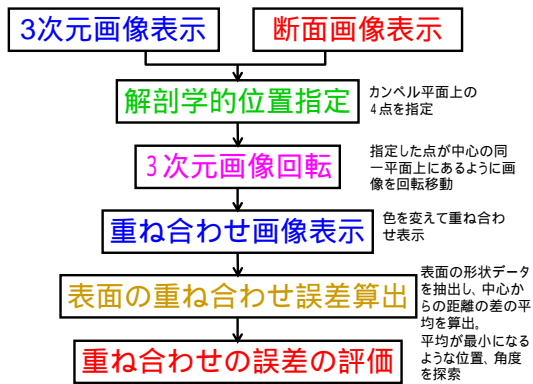


Fig. 2 重ね合わせ誤差評価フローチャート

(2) 画像処理エンジン採用による高速化

画像解析処理速度の大幅な向上を目的として、3次元画像処理エンジンおよび画像解析用コンピュータを導入した。3次元画像処理エンジンはテラリコン社のVolumePro1000を導入し、画像処理速度の改善効果を評価した。比較条件を同じにするため、ソフトウェアをVTKライブラリを使用しているOsiriXを用い、DICOM3次元画像を読み込み、Volume Renderingで表示するまでの時間をこれまでの2.6GHz2-Core Xeon CPUシステム(MacPro 2006)、VolumePro1000を使用したシステム及びQuadro 4000(Nvidia社)を使用したシステムを比較した。

(3) ファントムによる確認と治具の検討

重ね合わせ確認用ファントムによる確認と形状を合わせた重ね合わせ確認用治具の作製方法検討を行った。ファントムは京都科学社製頭部容器ファントム BHC 型(PH-34)を用いた。これは頭骨模型を頭の形状をしたアクリル容器中に固定したファントムで、中に充填する水溶液により、MRIや核医学用として、使用できる。また、確認用治具の作製のために3DプリンタCubeX Duo(3D Systems Inc.社製)を用いた。

4. 研究成果

(1) 重ね合わせ方法と誤差の評価

画像処理フローチャートに基づきCT, MR, 及びPET画像について、カンペル平面上の4点を指定し、これに基づき回転移動させ、重ね合わせ表示させた(Fig.3)。

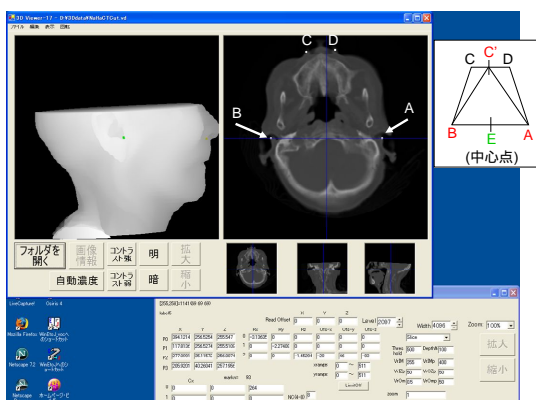


Fig. 3 CT 3D 画像(回転処理後) A,B,及びC,D の中間点(C')が同一平面上にあり、A,B 2点で指定した点が中心、A,B の中間点(E)にある。

回転移動させて三次元的位置を合わせ、各画像について重ね合わせ表示を行った(Fig.4)。

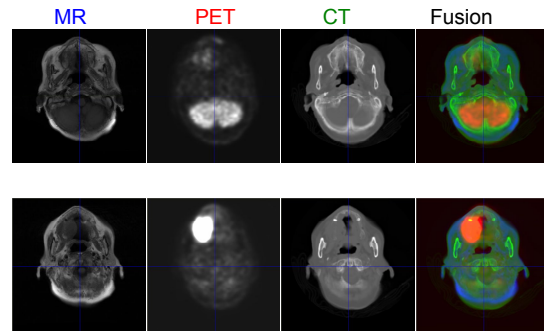


Fig.4 断層画像重ね合わせ表示例

重ね合わせ誤差の評価のために表面を重ね合わせた三次元画像を作成した(Fig.5)。

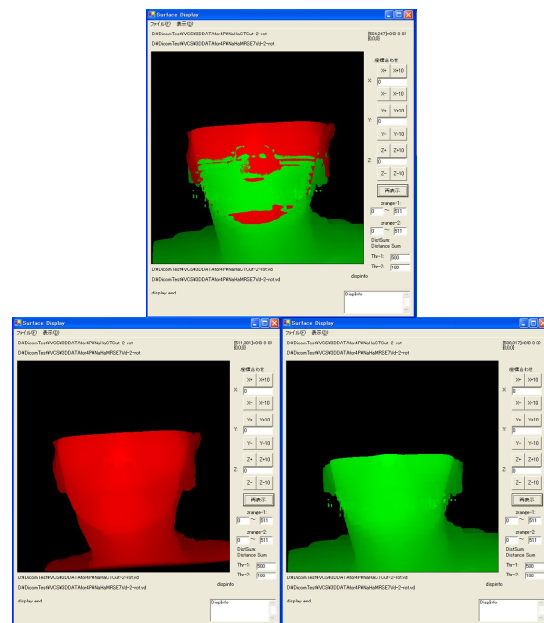


Fig. 5 CT, MR 表面重ね合わせ画像
指定した点で作る平面を中心面として回転・移動させた後、CT(赤)とMR(緑)の画像を重ね合わせ表示させた。

重ね合わせ誤差の評価の方法として、表面形状の抽出を行い、その表面形状の距離を評価した。距離の平均値が最小になるように位置ずれ、角度ずれを補正した(Fig. 6)。

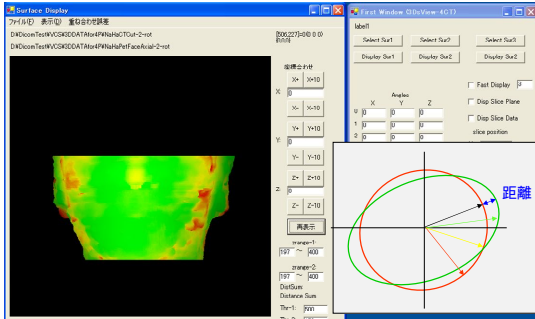


Fig. 6 重ね合わせ誤差表示 CT-PET 正面像
CT が外側で赤色に、PET が外側で緑色に、一致している場合は黄色に表示 CT, PET 両方のデータの存在するスライス領域のみ表示させた。

最小になる誤差を探索した際の誤差の変化を示す。探索により平均距離の減少が最小になるまで試行させた(Fig.7)。

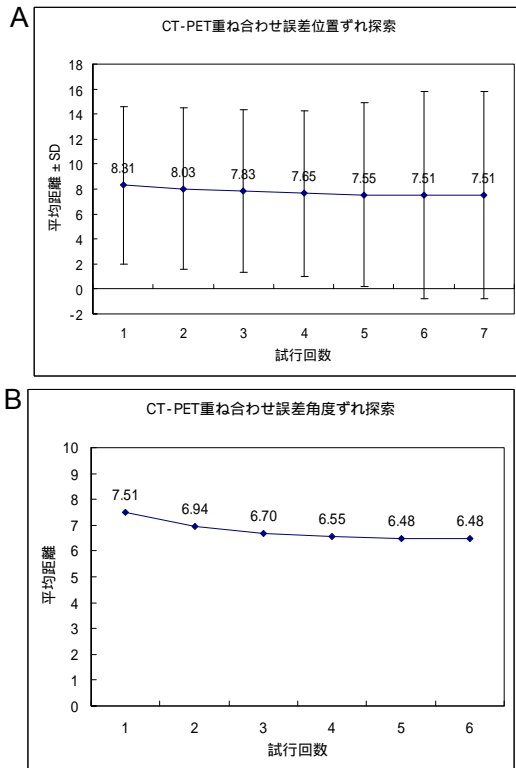


Fig.7 重ね合わせ誤差最小化 (CT-PET)
CT, PET 両方のデータの存在するスライス領域のみ計算。座標を x, y, z 方向で ± 1 ピクセルずつずらして平均誤差を算出。最小の座標へ移動した。再度、x, y, z 方向で ± 1 ピクセルずつずらして平均誤差を算出、最小の座標へ移動を、最小位置が変化しなくなるまで繰り返した。(A)
角度については最小座標から、x, y, z に $\pm 1^\circ$ ずつ回転させ、平均誤差を算出、最小の座標へ移動を、最小位置が変化しなくなるまで繰り返した。(B)

以上のように、CT, PET, MR 画像の 3 次元重ね合わせの表示のために、各画像ファイルを直接読み込み可能で、各装置の 3 次

元表示、さらに重ね合わせて表示することを可能にするシステムを開発した。

各 3D 画像について顔面の形状の点を指定して 3D データの回転・位置合わせを行い、各メディアの画像を異なる色で重ね合わせて表示させることができた。

それぞれの表面の重ね合わせの誤差の評価を行い、誤差が最小になるように中心点、軸のパラメータの最適化を行うことができた。

重ね合わせ誤差の探索についてはさらにマルチカート法などの非線形探索を用いてより精度の高い方法を検討したい。

(2) 画像処理エンジン採用による高速化

ポリウムレンダリング表示による回転速度の速度比を表に示す。

コンピュータ	画像処理エンジン	速度比
MacPro(2006)	-	1
MacPro(2006)	VolumePro1000	1.95
MacPro(2011)	Quadro 4000	2.3

画像処理エンジンの採用により約 2 倍の高速化が見られた。プログラムを画像処理エンジンにさらに合わせて修正することによりさらに高速化が望まれる。

(3) ファントムによる確認と治具の検討

当初水のみで構成されたファントムを予定していたが、頭蓋骨ファントムが追加された、より人体に近い重ね合わせ確認用ファントムを CT および MR 撮影を行うことにより、同一ファントムの誤差を評価することが出来た(Fig.8)。

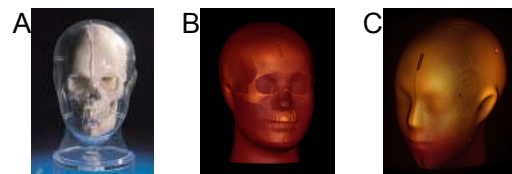


Fig.8 重ね合わせ確認用ファントム
(A:写真、B:CT VR 像、C:MR(T1) VR 像)

CT 画像または MR 画像データに基づいて顎骨付近の三次元形状を STL データにより作成し、これを基に顎骨形状に合わせた顎骨位置固定用の治具を、顎骨の STL データを基に 3D プリンタの STL 編集ソフトにより編集し、3D プリンタにより作成することにより、1 人 1 人に合わせた重ね合わせ確認が可能になることが分かった。さらに具体的な方法を検討していきたい。

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 6 件)

榎本 勝、秋山雄佑、亀之園俊介、熊谷直

之、榊原理絵、大庵佑介、田中慧吾、徳地宏子、仲井さくら、中野陽平、野添陽平、松下創思、三股由紀子、吉田礼子、岩下洋一朗、田口則宏、研修歯科医の研修の満足度に影響する因子、日本総合歯科協議会雑誌、Vol.5, pp.57-60 (2013)、査読なし。

志野久美子、諏訪素子、吉田礼子、松本祐子、岩下洋一朗、田口則宏、鹿児島大学病院における離島診療研修の現状分析、日本総合歯科協議会雑誌、Vol.5, pp.108-110 (2013)、査読なし。

諏訪素子、志野久美子、松本祐子、吉田礼子、岩下洋一朗、田口則宏、鹿児島大学病院歯科医師臨床研修の研修修了者による評価、日本総合歯科協議会雑誌、Vol.5, pp.35-38 (2013)、査読なし。

田口則宏、諏訪素子、吉田礼子、松本祐子、志野久美子、河野博史、岩下洋一朗、鹿児島大学医学部・歯学部附属病院歯科医師臨床研修プログラムの評価、鹿児島県歯科医師会会報、Vol.101, pp.8-10 (2012)、査読なし。

吉田礼子、三部局(医学部FD委員会・歯学部FD委員会・医歯学総合研究科FD委員会)合同企画 医療者のコミュニケーション教育に関する講習会報告、鹿児島大学歯学部紀要、Vol.32, pp.109-111 (2012)、査読なし。

岩下洋一朗、平成23年度鹿児島大学病院歯科医師臨床研修指導歯科医講習会報告、鹿児島大学歯学部紀要、Vol.32, pp.95-102 (2012)、査読なし。

〔学会発表〕(計11件)

中島紀一郎、古川周平、北村優奈、馬渡星良、河野博史、岩下洋一朗、田口則宏、研修歯科医と指導歯科医の理想とする研修医像の相違、第6回日本総合歯科学会学術大会、2013年11月16-17日(神奈川)。

岩下洋一朗、河野博史、志野久美子、諏訪素子、松本祐子、吉田礼子、田口則宏、Kinect for Windowsの歯科医学教育学への応用の検討、第32回日本歯科医学教育学会総会、2013年7月(札幌)。

吉田礼子、岩下洋一朗、松本祐子、諏訪素子、志野久美子、河野博史、田口則宏、歯科医師臨床研修における医療コミュニケーション能力の評価 医療面接OSCE、第32回日本歯科医学教育学会総会、2013年7月(札幌)。

榎本 勝、秋山雄佑、亀之園俊介、熊谷直之、榊原理絵、大庵佑介、田中慧吾、徳地宏子、仲井さくら、中野陽平、野添陽平、松下創思、三股由紀子、吉田礼子、岩下洋一朗、田口則宏、研修歯科医の研修の満足度に影響する因子、第5回日本総合歯科協議会、2012年12月(大阪)。

松本祐子、吉田礼子、諏訪素子、志野久美子、岩下洋一朗、田口則宏、鹿児島大学医学部・歯学部附属病院歯科医師臨床研修における鹿児島大学学生歯科検診導入の試み、第

5回日本総合歯科協議会、2012年12月(大阪)。

志野久美子、諏訪素子、吉田礼子、松本祐子、岩下洋一朗、田口則宏、鹿児島大学病院における離島診療研修の現状分析、第5回日本総合歯科協議会、2012年12月(大阪)。

諏訪素子、志野久美子、松本祐子、吉田礼子、岩下洋一朗、田口則宏、鹿児島大学病院歯科医師臨床研修の研修修了者による評価、第5回日本総合歯科協議会、2012年12月(大阪)。

岩下洋一朗、河野博史、志野久美子、諏訪素子、松本祐子、吉田礼子、田口則宏、鹿児島大学病院歯科医師臨床研修におけるe-learningシステム導入の試み、第31回日本歯科医学教育学会総会および学術大会、2012年7月(岡山)。

中山 歩、岩下洋一朗、田松裕一、有川裕之、梶原武弘、門川明彦、藺村貴弘、塚田澄代、松本祐子、丸山浩美、田口則宏、鹿児島大学歯学部 CBT 作問委員会、教員の教育能力向上の取り組み - CBT 作問を通じて -、第31回日本歯科医学教育学会総会および学術大会、2012年7月(岡山)。

吉田礼子、松本祐子、諏訪素子、志野久美子、河野博史、岩下洋一朗、田口則宏、歯科医師臨床研修における Significant Event Analysis を用いた振り返り、第31回日本歯科医学教育学会総会および学術大会、2012年7月(岡山)。

村木佑己子、小熊亮介、小林弘樹、坂元あえか、橘政 宏、土岩 剛、村山 真、矢野博之、山口洋平、吉満将吾、木野内潤三郎、吉田礼子、岩下洋一朗、田口則宏、研修歯科医の生活背景およびそれが研修に与える影響、日本総合歯科協議会、2011年11月(新潟)。

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

なし

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩下 洋一朗 (IWASHITA, Yoichiro)
鹿児島大学・医歯学総合研究科・助教
研究者番号：70168566

(2) 研究分担者

馬嶋 秀行 (MAJIMA, Hideyuki)
鹿児島大学・医歯学総合研究科・教授
研究者番号：60165701

佐藤 強志 (SATO, Tsuyoshi)
鹿児島大学・医歯学総合研究科・教授
研究者番号：60098978

河野 一典 (KONO, Kazunori)
鹿児島大学・医歯学総合研究科・助教
研究者番号： 50108750

田口 則宏 (TAGUCHI, Norihiro)
鹿児島大学・医歯学総合研究科・教授
研究者番号： 30325196
(平成24年度より研究分担者)

(3)連携研究者
なし