

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 4月11日現在

機関番号：14401
 研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2010～2012
 課題番号：22500436

研究課題名（和文） 歯科映像情報の統合と没入空間における提示システムの開発

研究課題名（英文） Integration and Presentation of Dental Image Information

研究代表者 大城 理 (OOSHIRO OSAMU)
 大阪大学・基礎工学研究科・教授
 研究者番号：90252832

研究成果の概要(和文):本研究では、三次元歯用画像の統合と歯列医療情報の可触化を行った。三次元歯用画像統合では、歯根の情報を持たない口腔模型のデータに対して、パノラマ画像が持つ歯根の情報を統合し、擬似的な三次元歯列形状情報を構成する手法を提案した。一軸回転方式のパノラマ断層撮影装置から取得したパノラマ画像と、口腔模型の三次元形状データを統合するパイプラインを確立することが出来た。歯列医療情報可触化では、歯牙模型の切削操作の訓練を触覚帰還によって支援するためのシステムの構築を目的とした。実際の歯列形状画像に対して提案手法を適用したところ、可触化情報の生成が可能であることが確認された。

研究成果の概要(英文): We integrated 3D dental images and presented the dental information on a visual and haptic display. The integration enables to reconstruct pseudo 3D dental images from a X-ray panoramic radiograph and a tooth surface shape which can be obtained with 3D shape measurement of a dental impression. The proposed method gives clear impression of patient's dental condition. The presentation enables to navigate the dental milling training by using the electrohaptic display which is a quite small device and provides unconstrained manipulation. The navigation system demonstrates the desired milling operation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用システム

キーワード：歯科診療，歯列模型，パノラマX線写真，触覚，異種画像統合，治療計画

1. 研究開始当初の背景

医学と工学・情報学が融合して、新たな診断・診療技術を創成する「医工連携」という取り組みは数十年前から行われており、X線 CT (Computed Tomography), MRI (Magnetic Resonance Imaging), 超音波画像等はその代表的な成果である。医工連携は、「身体を傷付けることなく体内が可視化できる段階」から、「身体にメスを入れるこ

となく術野が可視化できる段階」へと進んでいる。本研究は、さらに次の段階、すなわち、「身体を開かずとも手術が体感できる段階」を見据えたチャレンジングな研究である。歯科領域もこの「医工連携」の恩恵を受け、様々なモダリティを用いた映像が診療で活用されている。しかしながら、歯科領域における異種映像融合に関する研究はさほど盛んでない。従って、本研究では、歯学と工学・情報学が融合して新たな診断・診

療技術を創成する「歯工連携」という新しい取り組みにチャレンジする。

2. 研究の目的

歯科診療では、歯列だけではなく歯茎内における構造物の把握が必要である。X線CTを用いることにより両者の形態的情報を獲得することは容易であるが、頭部近辺でのX線被曝等の問題がある。この問題を克服するため、他の計測手法を組み合わせた歯列と歯茎内における構造物の情報収集手法が求められている。当該研究では、異種映像情報を収集・統合して、双方向、かつ、実時間な表示や、視覚・触覚提示システムの開発を行う。さらに、的確な口腔内診療のために、必要な歯科形態情報を様々な感覚を通じて提供可能なシステムを開発することをも目的とする。具体的には、統合した三次元データをディスプレイに表示する視覚提示だけでなく、ハプティックデバイスを介して触覚提示をも行う。

3. 研究の方法

提案手法では、三次元表面形状データに対して、パノラマ画像を投影する最適な面を決定し、投影面にパノラマ画像を写像することにより、位置合わせとデータの統合を達成する。投影面の決定は三次元表面形状データから仮想パノラマ画像を作成し、実際のパノラマ画像と比較することにより行う。

データの統合は、次の六段階の処理から構成される。

- 対象患者の印象から口腔模型を作成し、三次元形状計測により表面の形状を得る。
- 対象患者のパノラマ画像を取得し、画像から歯列部分を切り出す。
- 対象歯列に対する最適な回転軸の位置を、探索により決定する。
- 決定した回転軸を基に、投影面を決定する。
- 投影面とパノラマ画像のテクスチャ座標系を対応させて、両データを統合する。
- 結果を出力する。

歯列の印象から口腔模型を作成し、能動的三次元計測法を用いて口腔模型の三次元形状計測を行う。多数の視点から計測された表面形状データを統合することで、歯列全体を含む三次元表面形状データを得ることができる。また、一軸回転方式のパノラマ断層撮影によって、歯列弓画像を取得する。線源とフィルムの一対が対象物の周囲を反時計方向に回転することによって、一枚のパノラマ画像が生成される。

パノラマ画像を三次元表面形状データと

統合の際、一軸回転方式のパノラマ画像は回転軸から等距離にある円筒面上に投影された歯列形状情報として、パノラマ画像取得時の回転軸の位置を決定する。提案手法では、回転軸の位置を様々に変化させ、各々の場合について位置の整合度合いを評価し、最適な結果が得られる位置を探索する。ある回転軸を定めた場合に表面形状データから仮想パノラマ画像を生成し、実パノラマ画像との一致度を評価することで、最も合致する仮想パノラマ画像が得られる回転軸の位置を探索する。

パノラマ断層撮影装置では、照射されるX線をスリットに通すことで、X線が無視できるほどに絞られる。X線の高指向性と合わせて考えると、一軸回転方式のパノラマ断層撮影により得られる画像は、X線源から発せられたスリット状のX線が回転軸を中心として回転することにより得られる投影像であると考えられる。X線の減衰量は、回転軸と投影面を結ぶ半直線上の歯の厚みと比例する。上記のことを踏まえ、X線源から放射状に引かれた半直線上での歯の厚みを、三次元表面形状データから求めることによって、歯列の仮想的なパノラマ画像を構成できる。歯の厚みの算出には、Computer Graphics (CG) において隠面消去に広く使われているzバッファ法を利用する。zバッファには画素ごとの視点からの距離情報が格納されている。

投影面にパノラマ画像を写像の際には、パノラマ画像の各辺が投影面のどこに位置するかという対応関係を明確にする必要がある。

投影面の左右両端、および、上端は、歯間検出の過程で既にわかっているが、下端に関しては、仮想パノラマ画像は歯茎内部の情報を有していないため、直接測定することができない。そのため、歯の全長の統計データから決定する。下顎において、歯の全長が最も長い犬歯の平均の長さである約25mm上端から下げた部分を投影面の下端とする。投影面が決定したら、パノラマ画像のうち回転軸の探索のために切り出された歯列部分を、前節で決定した投影面にマッピングすることによって、パノラマ画像を三次元表面形状データに統合する。

歯列三次元情報、パノラマX線写真とも大容量データである。しかしながら、臨床応用を鑑みて、大容量データでも高速に行えるようにした。具体的には、歯列模型データは表面形状データであるためポリゴンを、パノラマX線写真は二次元画像データであるためテクスチャを描画することで三次元再構成を行った。また、歯列や歯茎には透明度を与え、表面だけでなく内部表示への拡張をも施した。また、視点、視線、拡大率、さらには、

透明度がインタラクティブに実時間表示できるようにした。なお、三次元医用画像を表示するアプリケーションは存在するが、本研究ではポリゴンとテクスチャデータを重ね合わせるという特異性より、統合映像のビューワは自作した。統合した三次元データをディスプレイに表示する視覚提示だけでなく、ハプティックデバイスを介して触覚提示も行った。

4. 研究成果

まず、歯根の情報を持たない口腔模型のデータに対して、パノラマ画像が持つ歯根の情報を統合し、擬似的な三次元歯列形状情報を構成する手法を提案した。口腔模型の三次元形状データから仮想パノラマ画像を作成し、実際のパノラマ画像と比較することで、三次元データである口腔模型と、二次元データであるパノラマ画像の位置合わせを行った。一軸回転方式のパノラマ断層撮影装置から取得したパノラマ画像と、口腔模型の三次元形状データを統合することが出来た。

歯列医療情報可触化では、歯牙模型の切削操作の訓練を触覚帰還によって支援するためのシステムの構築を目的とした。本システムでは、切削感覚を損なわず、かつ、目標の切削量を教示するために、空間透明型電気触覚ディスプレイを利用する。予め取得した歯列模型の三次元形状画像からボクセル毎の可触化情報を生成し、目標の切削量を教示する方法を提案した。実際の歯列形状画像に対して提案手法を適用したところ、可触化情報の生成が可能であることが確認された。さらに、提案システムの評価を行うために基礎システムを構築して切削操作を行ったところ、目標形状に沿った切削を行うことが可能であった。また、切削圧や道具の姿勢を教示するための可触化情報を統合することで、切削操作の学習支援において、さらなる効果が期待される。本研究で構築した三次元歯用画像統合システムを活用することで、様々な種類の断層撮影装置を用いて取得したパノラマ画像であっても、口腔模型の三次元表面形状データとの統合が可能であると考えられる。また、歯列医療情報可触化システムは極めて小型かつ簡便な装置で構築されており、様々な場所においても切削訓練時の支援システムとして容易に導入が可能であると考えられる。すなわち、一般的な歯科医院等における広範な状況に対しても、これらのシステムが適用可能であると考えられる。

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4件)

①吉元俊輔, 黒田嘉宏, 井村誠孝, 大城 理, 東 寛子, 八木雅和, 高田健治, 歯科模型の可触化による切削訓練システムの構築, *Medical Imaging Technology*, 30 (2012), 172 - 180

②Tomohiro Kuroda, Tetsuro Kaga, Hiroko Azuma, Masakazu Yagi, Yoshihiro Kuroda, Masataka Imura, Osamu Oshiro and Kenji Takada, Method to Develop Pseudo Three - dimensional Dental Image from Dental Panoramic Radiograph, *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 査読有, 31 (2011), 59 - 70

③吉元俊輔, 重枝 慧, 黒田嘉宏, 井村誠孝, 大城 理, 八木雅和, 東 寛子, 高田健治, 対話的相互参照のための可触歯科画像の構成手法, 査読有, *Medical Imaging Technology*, 29 (2011), 181 - 190

④井村誠孝, 黒田知宏, 鍵山善之, 黒田嘉宏, 大城 理, 東 寛子, 八木雅和, 高田健治, 歯列パノラマ断層画像と表面形状情報の統合による擬似的三次元歯列形状情報の構成手法, *日本生体医工学会誌*, 査読有, 48 (2010), 75 - 82

[学会発表] (計11件)

①吉元俊輔, 黒田嘉宏, 井村誠孝, 大城 理, 八木雅和, 東 寛子, 高田健治, 歯牙切削支援のための電気触覚重畳による振動覚の変調に関する一検討, 第17回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2012.9.12, 慶応義塾大学

②吉元俊輔, 黒田嘉宏, 井村誠孝, 大城 理, 東 寛子, 八木雅和, 高田健治, 歯科模型の可触化による切削訓練システムの構築, 第30回日本医用画像工学会大会, 2012.8.4, 札幌厚生病院

③Yoshihiro Kuroda, Shunsuke Yoshimoto, Ei Shigeeda, Masataka Imura, Osamu Oshiro, Hiroko Azuma, Masakazu Yagi and Kenji Takada, Cross - Reference Dental Images with Haptic Feedback for Dentist - Patient Mutual Communication, The 4th Global COE International Symposium on Physiome and Systems Biology for Integrated Life Sciences and Predictive Medicine, 2011.11.23, 大阪大学

④吉元俊輔, 重枝 慧, 黒田嘉宏, 井村誠孝, 大城 理, 東 寛子, 八木雅和, 高田健治, 対話的相互参照のための可触歯科画像の構成手法, 第 29 回日本医用画像工学会大会, 2011.8.6, 国際医療福祉大学

⑤井村誠孝, 重枝 慧, 吉元俊輔, 黒田嘉宏, 大城 理, 東 寛子, 八木雅和, 高田健治, 多元的歯列情報の可視化・可触化プラットフォームの構築, システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集, 2011.5.17, 大阪大学

⑥重枝 慧, 井村誠孝, 黒田嘉宏, 鍵山善之, 大城 理, 東 寛子, 八木雅和, 高田健治, 複数モダリティの補完的利用による歯列情報の統合手法, 第 50 回日本生体医工学会大会, 2011.4.29, 東京電機大学

⑦重枝 慧, 井村誠孝, 黒田嘉宏, 鍵山善之, 大城 理, 東 寛子, 八木雅和, 高田健治, 叢生が認められる症例のための複数モダリティ歯列形状情報の統合手法, 電子情報通信学会技術研究報告, 2010.11.15, 島津製作所本社・三条工場

⑧重枝 慧, 井村誠孝, 黒田嘉宏, 鍵山善之, 大城 理, 東 寛子, 八木雅和, 高田健治, 2D - 3D Registration of Multimodal Images for Crowded Dental Arch, 第 49 回日本生体医工学会大会 2010.6.25, 大阪国際交流センター

⑨重枝 慧, 井村誠孝, 黒田嘉宏, 鍵山善之, 大城 理, 東 寛子, 八木雅和, 高田健治, 歯列形状再構成のためのパノラマ X 線画像と三次元印象形状の位置合わせ手法, 電気関係学会関西支部連合大会, 2009.11.07, 大阪大学

⑩井村誠孝, 黒田知宏, 黒田嘉宏, 大城 理, 東 寛子, 八木雅和, 高田健治, 歯列パノラマ断層画像と表面形状情報の統合による疑似的三次元歯列形状情報の構成手法, 生体医工学シンポジウム 2009, 2009.9.19, 千葉大学

⑪Osamu Oshiro, Tomohiro Kuroda, Masataka Imura, Hiroko Azuma, Masakazu Yagi and Kenji Takada, Physiome Image Fusion - multi modal image integration for dental clinic. Polish - Japanese Seminar, 2009.9.15, Polish Academy of Science

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 1 件)

名称: 歯列の 3 次元像生成方法及び装置
発明者: 黒田知宏, 加賀徹郎, 八木雅和, 大城 理, 高田健治
権利者: 国立大学法人大阪大学

種類: 特許

番号: 特開 2010-184090

出願年月日: 平成 21 年 2 月 13 日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://oshiro.bpe.es.osaka-u.ac.jp/public/oshiro2012.pdf>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大城 理 (OSHIRO OSAMU)

大阪大学・基礎工学研究科・教授

研究者番号: 90252832

(2) 研究分担者

八木雅和 (YAGI MASAKAZU)

大阪大学・臨床医工学融合研究教育セン

タ・特任准教授

研究者番号: 40362686

井村誠孝 (IMURA MASATAKA)

大阪大学・基礎工学研究科・准教授

研究者番号: 50343273

黒田嘉宏 (KURODA YOSHIHIRO)

大阪大学・基礎工学研究科・助教

研究者番号: 30402837

高田健治 (TAKADA KENJI)

大阪大学・基礎工学研究科・教授

研究者番号: 50127247

(H23 まで分担者として参画)