

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K15793

研究課題名(和文) 口腔内カメラ・実体顕微鏡を用いたコンピュータビジョン歯内治療支援システムの開発

研究課題名(英文) Development of computer-vision-assisted system for endodontic therapy using intraoral camera and stereoscopic microscope

研究代表者

五十嵐 正樹 (IGARASHI, Masaki)

東京大学・医学部附属病院・特任臨床医

研究者番号：40769577

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：根管治療は硬組織に囲まれ、直接見ることが困難な狭小な根管を治療対象としている。歯の内部に広がっている髄腔の立体的な位置関係を把握することは重要である。知覚情報の強化により、見えない根管の立体構造を可視化することができれば、根管治療の精度と安全性の向上に寄与する。本研究では、口腔内カメラと実体顕微鏡を用いて、CTデータから構築した歯根や根管の三次元CT画像を実空間に表示した。また、歯根や根管の三次元CT画像とコンピュータビジョンによる歯の画像認識により患者の位置・姿勢の取得を行った。

研究成果の概要(英文)：Root canal treatment is targeted to a small, narrow root canal that cannot be seen directly because it is surrounded by hard tissue. It is important that we grasp the three-dimensional position relations of the medullary cavity opening inside of teeth. If we can visualize the invisible, three-dimensional structure of the root canal by strengthening sensory information, it will contribute to the improvement of accuracy and safety of root canal treatment. In this study, by using the intraoral camera and stereoscopic microscope, we displayed three-dimensional CT images of the dental root and root canals constructed from CT data. In addition, we obtained the patient's position/posture by three-dimensional CT images of the dental root and root canals with the use of augmented reality and the image recognition of teeth through computer vision.

研究分野：歯学

キーワード：コンピュータ外科学

1. 研究開始当初の背景

根管は三次元的な広がりを持って歯の内部に広がっている。歯髄・根尖性歯周組織疾患は、直接目で見えない部位に発症するため、直接見ることのできない部位を直接視覚的に認識することは、適切な歯内治療を行うために重要である。デンタルCT(歯科用コンピュータ断層撮影)に加え、歯科用実体顕微鏡も歯内療法では欠かせない診断装置となっている。しかし、歯科用実体顕微鏡は対象物の表面を拡大して観察できるが、その内部構造を調べることはできない。最近のコンピュータグラフィックス演算処理テクノロジーの急速な進歩により、コンピュータビジョン・拡張現実・裸眼立体映像技術の応用が進んできている。歯科医が直接見ることのできない部位を直接視覚的に認識するには、異分野における先進的技術の積極的な導入が不可欠である。

2. 研究の目的

コンピュータビジョンとは、コンピュータに「ヒトの目」の機能を与えることで、コンピュータとカメラによって人間の視覚情報処理能力の機能を実装する技術である。コンピュータビジョンでは、その人間の視覚能力を凌駕する外界認識の機能を機械で実現できる。このような機能を持つことが、機械が人間と協働するための鍵となる。カメラを使って非接触で対象物の三次元座標を高精度に求めることができる。デンタルCT画像(コンピュータ空間)と患者位置(現実空間)の空間的対応関係を求める処理(レジストレーション)は非常に重要である。本研究では、単眼カメラ(口腔内カメラ・実体顕微鏡)による自動画像レジストレーションを実現する。マーカーを用いずにカメラに対しての患者の位置と姿勢(六自由度)をリアルタイムに計測できる。患者が動いても自動追従していくので、常に患者の正しい位置と姿勢を把握できる。患者の位置と姿勢がわかっているならば、デンタルCT画像の情報を口腔内カメラ・実体顕微鏡の視野に拡張現実的に重ね合わせて表示することができる。

開発した画像レジストレーション(画像間の位置合わせ)アルゴリズムにより、マーカーを用いずに歯などの解剖学的特徴を画像認識し、カメラに対しての患者の位置と姿勢をリアルタイムに計測する。この方法では、患者の術前CTデータを用いて、歯や骨に関する形状情報を医用画像処理ソフトウェア

にてモデリングする。作られた歯の三次元形状モデルよりコンピュータ空間におけるバーチャルカメラのあらゆる位置・角度から見たときの歯の二次元投影の形状情報を作成し、データベースに登録する。カメラから取得した画像に映っている歯と事前に作られた形状情報とのマッチングを行い、最も一致する投影形状を探す。マッチングした投影形状を作った時のバーチャルカメラの位置と姿勢を用いて、更に最小二乗法による画像勾配と投影形状の一致度を最適化することで、統計的推定法により最尤の位置と姿勢を推定する。また、画像上で他の領域にあった物体の影響を最小化するため、患者の歯の領域を画像上でトラッキングする。それによって、マッチングを探す範囲を絞り込むことができ、本方法の頑健性を更に向上させる。

本研究では、体外に露出する唯一の硬組織である歯をマーカーの代用にして自動かつ高精度のリアルタイムな画像・患者位置合わせを実現する。単眼カメラ(口腔内カメラ・実体顕微鏡)を用い、患者のCT画像を元にコンピュータ上で仮想的に構築した三次元像との位置合わせを実現する。また、根管等の生体内部の解剖学的な立体情報を可視化する拡張現実ディスプレイとコンピュータビジョンによる画像認識により高精度な位置情報制御システムの基盤技術を確立する。

3. 研究の方法

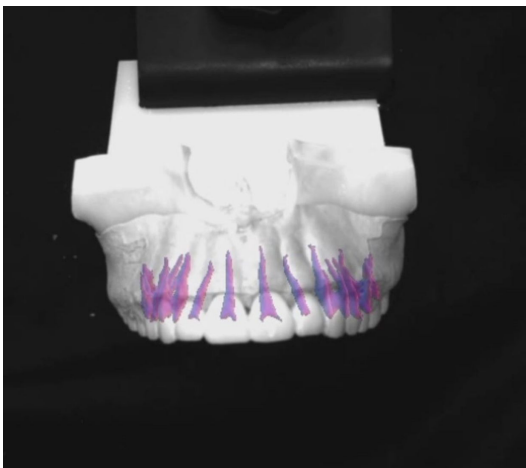
超高解像度・高精細画質のカメラとディスプレイでは、人の視覚限界(眼の解像度)に近づくものであり、「画面上に再生された映像」であったものが、映像ではなく「そこにある現実」に見えてくる。画像認識により、非接触・非拘束・非侵襲で物体認識できる特徴があり、単眼の高精細カメラ、申請者らがこれまでに開発してきた画像認識プログラム、GPU(Graphics Processing Unit)搭載コンピュータから構成する。拡張現実ディスプレイ(コンピュータ空間)と患者位置・治療器具(現実空間)の座標の統合のため、現実空間に3D-CT画像を再現する処理と単眼カメラによる位置情報追跡処理を同時に行う。歯は体外に露出する唯一の硬組織である。歯をマーカーの代用にして自動かつ高精度のリアルタイムな画像・患者位置合わせを実現する。単眼カメラを用い、患者のコーンビームCT画像を元にコンピュータ上で仮想的に構築した三次元像との位置合わせを実現することを課題とするものである。単眼カメラで随時ビデオ動画として二次元画像を取得する。

取得された動画に含まれる各静止画像を、患者から得られた CT 三次元モデルと対比して、位置合わせを行う。

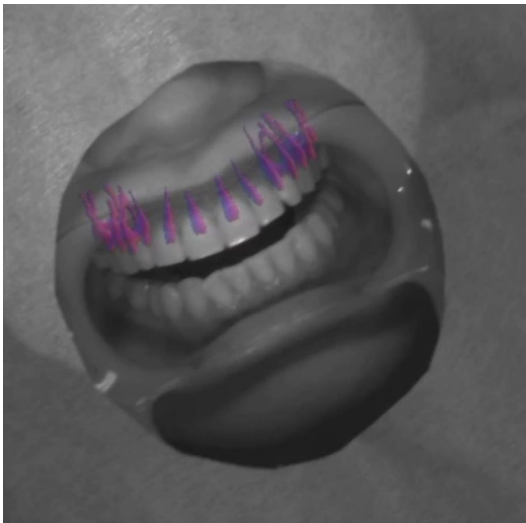
4. 研究成果

画像認識にコンピュータビジョンを用いるため、非接触・非拘束・非侵襲で画像認識できた。治療部位を 1 台のカメラにて撮影するだけで画像レジストレーションが自動で行われた。根管の三次元的な位置情報を可視化でき、複雑な根管形態を容易に把握することが可能であった。

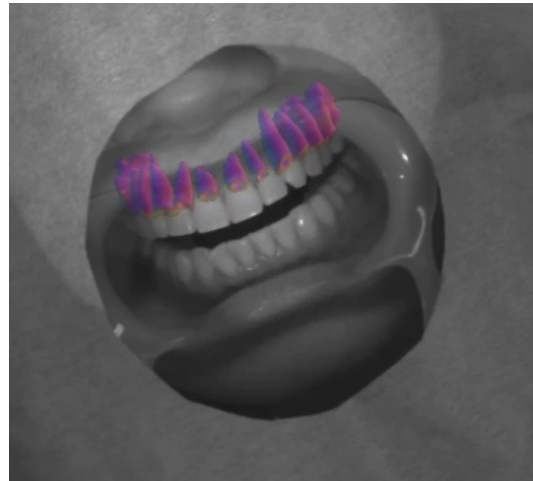
実物大立体モデルの歯と根管の CT 画像の重ね合わせ



研究協力者の歯と根管の CT 画像の重ね合わせ



研究協力者の歯と歯根の CT 画像の重ね合わせ



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 0 件)

〔学会発表〕(計 4 件)

多喜川紗耶, 杉山 円, 菅家康介, 五十嵐正樹, 内山貴夫, 末永英之, 西條英人, 星 和人: 口腔ならびに咽頭, 鼻腔を占拠し, 口腔外にも及んだ巨大な上顎体の 1 例. 第 51 回 NPO 法人日本口腔科学会関東地方部会学術集会, 2017 年 9 月 30 日, 慶應義塾大学医学部信濃町キャンパス北里講堂, 東京

菅家康介, 杉山 円, 五十嵐正樹, 川上大, 西條英人, 星 和人, 高戸毅: 頬部膨隆を呈した乳児期の歯原性粘液線維腫の一例. 第 62 回公益社団法人日本口腔外科学会総会・学術大会, 2017 年 10 月 20 日, 国立京都国際会館, 京都

池健太郎, 安部貴大, 阿部雅修, 石橋牧子, 五十嵐正樹, 宮本祥之, 澤田昌孝, 西條英人, 星 和人: 下顎骨骨折治療中にマイコプラズマ皮疹を合併した 1 例. 第 204 回日本口腔外科学会関東支部学術集会, 2017 年 12 月 16 日, 東京医科大学病院, 東京

五十嵐正樹, 宮本祥行, 米永一理, 阿部雅修, 小笠原徹, 末永英之, 西條英人, 星 和人: 上顎骨内に原因腫瘍が認められた腫瘍性骨軟化症の 1 例. 第 204 回(公社)日本口腔外科学会関東支部学術集会, 2017 年 12 月 16 日, 東京医科大学病院臨床講堂, 東京

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://plaza.umin.ac.jp/~oralsurg/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

五十嵐正樹 (IGARASHI, Masaki)

東京大学・医学部附属病院・特任臨床医

研究者番号：40769577

(2)研究分担者

末永 英之 (SUENAGA, Hideyuki)

東京大学・医学部附属病院・講師

研究者番号：10396731