

令和 3 年 5 月 26 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K09569

研究課題名(和文) 高速視覚情報処理に基づいた拡張現実による精密根管治療支援システムの開発

研究課題名(英文) Development of precision root canal assistance systems by augmented reality based on high-speed visual information processing

研究代表者

谷口 明紗子 (TANIGUCHI, Asako)

東京大学・医学部附属病院・助教

研究者番号：00744905

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：歯内療法学は硬組織に囲まれ、直接見ることが困難な狭小な根管を治療対象としており、歯の内部に広がっている髄腔の三次元的な位置関係を把握することは重要である。本研究では、4K (3840x2160)解像度の手術用顕微鏡カメラを用い、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した。三次元的な識別精度、処理速度を評価し、精密根管治療支援システムとしての将来的な可能性と問題点を検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

新しい歯内療法学の展開には、最先端の情報学、ロボット工学、バイオなどの学際的な基盤技術体系を構築することが必要であると思われる。歯内療法学の分野にコンピュータビジョンや拡張現実などの最新のテクノロジーを導入することによって生まれる新たな技術は、歯内療法の新展開という観点からも重要と考えられる。立体映像により複雑な根管形態を誰にでも容易に把握することが可能となり、より確実な診断と治療が可能となる。低侵襲治療を大きく変貌させる可能性が高く、得られた成果は極めて広範な疾患の治療に有用なものとなる。

研究成果の概要(英文)：Endodontics treats narrow root canals that are surrounded by hard tissue and difficult to see directly, and it is important to understand the three-dimensional positional relationship of the medullary cavity that extends inside the tooth. In this study, we used a surgical microscope camera with 4K (3840x2160) resolution to achieve alignment with a three-dimensional image virtually constructed on a computer-based on the patient's CT image. We evaluated the three-dimensional identification accuracy and processing speed and verified the future potential and problems as a precision root canal treatment support system.

研究分野：歯学

キーワード：医用システム

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

8K(画素数 7,680×4,320)等の超高精細映像は、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。また、歯内療法学は硬組織に囲まれ、直接見ることが困難な狭小な根管を治療対象としており、歯の内部に広がっている髓腔の三次元的な位置関係を把握することは重要である。本研究では、我々の特許出願技術である「コンピュータビジョンによる手術ナビゲーション方法並びにプログラム」により、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し、術前計画された画像情報を術野カメラの映像に拡張現実的に重ね合わせて表示することにより、高度な位置制御が可能な安全性の高い次世代精密根管治療支援システムの実現を目指す。

### 2. 研究の目的

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。一方、近年目覚ましい勢いで、高画素撮像素子、超高解像度ディスプレイ、コンピュータビジョン、画像センシング、三次元画像処理、拡張現実などの開発が進んでいる。このような技術革新は、根管治療にも大きな影響を与え、治療の概念が全く変わる可能性がある。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。8K等超高精細カメラ(口腔内カメラ・術野カメラ、歯科用実体顕微鏡)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。

### 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2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。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。

#### 4 . 研究成果

本研究では、4K(3840x2160)解像度の手術用顕微鏡カメラを用い、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した。三次元的な識別精度、処理速度を評価し、精密根管治療支援システムとしての将来的な可能性と問題点を検証した。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。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Inaki R, Sugiyama M, Shojima M, Narushima M, Tatematsu A, Saijo H, Abe T, Hoshi K	4. 巻 32
2. 論文標題 Local Sclerotherapy to Control Recurrent Bleeding from Mandibular Arteriovenous Malformation during the Eruption of Permanent Teeth	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Hosp dent oral-maxillofac surg	6. 最初と最後の頁 3-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yonenaga K, Hoshi K, Uchiyama T, Taniguchi A, Suenaga H, Abe M, Saijo H, Sakashita H, Takato T	4. 巻 31
2. 論文標題 Replacement of temporomandibular condylar head in a patient suffering from ankylosing spondylitis with severe ankylosis of the temporomandibular joints and whole spine	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J Oral Maxillofac Surg Med Pathol	6. 最初と最後の頁 31-37
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ajoms.2017.03.011	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小松紀子, 安部貴大, 白井伶奈, 谷口明紗子, 阿部雅修, 星 和人	4. 巻 66
2. 論文標題 軟口蓋に発生した血管周囲類上皮細胞腫瘍の1例	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本口腔外科学会雑誌	6. 最初と最後の頁 371-375
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5794/jjoms.66.371	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 立松（谷口）明紗子, 星和人
2. 発表標題 かかりつけ歯科の有無が入院患者の退院時における食生活に及ぼす影響
3. 学会等名 第18回日本口腔ケア学会総会・学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷口明紗子, 内山貴夫, 小松紀子, 杉山円, 西條英人
2. 発表標題 モヤモヤ病患者における下顎骨切り術の1例
3. 学会等名 第29回日本有病者歯科医療学会総会・学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 谷口明紗子, 安部貴大, 甲田香奈, 佐々木珠乃, 福田初, 小嶋哲也, 君和田有香, 野田明里, 青木絵里香, 宇都さくら, 内野夏子, 星和人
2. 発表標題 舌症状を契機としてH I Vおよび梅毒の感染が判明した1例
3. 学会等名 第2回国際歯科医療安全機構総会・学術大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	末永 英之  (SUENAGA Hideyuki)  (10396731)	東京大学・医学部附属病院・講師    (12601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------