様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

平成　２７　年　　６　月　２２　日現在

機関番号：　１２６０１
研究種目：　挑戦的萌芽研究
研究期間：　2013～2014
課題番号：　２５６７０８０７

研究課題名（和文）画像認識型・拡張現実による根管用単眼三次元内視鏡を用いた次世代根管治療機器の開発

研究課題名（英文）Development of new root canal treatment instrument using ocellus three dimensions endoscope for root canals by image recognition and augmented reality

研究代表者

末永　英之（suenaga, hideyuki）

東京大学・医学部附属病院・特任講師

研究者番号：１０３９６７３１

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　2,800,000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、高精細化した拡張現実ディスプレイを用いて、CTデータから構築した歯根や根管の三次元CT 画像(実物大三次元映像)を実空間に表示した。また、拡張現実により実空間に浮かんで見える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・姿勢の取得を行なった。

研究成果の概要（英文）：A 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 to understand the positional relationship of the bone-marrow cavities spreading inside the 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 a high-resolution, augmented reality display, we displayed three-dimensional CT images (real-size three-dimensional images) of the dental root and root canals constructed from CT data on the real space. In addition, we obtained the patient's position/posture by three-dimensional CT images of the dental root and root canals that look like floating in the real space with the use of augmented reality and the image recognition of teeth through computer vision.

研究分野：　医歯薬学

キーワード：　コンピュータ外科学

１．研究開始当初の背景

歯内療法において、歯根および根管の三次元的な形態・位置・方向を立体的に把握することはきわめて重要であり、歯科用実体顕微鏡、歯科用コーンビーム CT、根管用内視鏡などは有用な情報となる。歯科用実体顕微鏡は、根管から離れた距離からの光学的拡大を利用したもので、拡大像が得られるため根管内の詳細な観察が可能である。しかし、歯科用実体顕微鏡と歯の位置関係から、根管内を直視できない症例も存在する。また、見えない根管や根尖病巣を透視しながら処置はできない。歯科用コーンビーム CT は、立体表示をすることによって、根管形態、隣接する歯周組織、歯根と上顎洞底や下顎管との関係などを三次元的に把握することが可能である。しかし、画面上で確認するのみで情報の認識・把握が二次元ディスプレイを介して間接的に行われ、事実と理解の間に隔たりができる可能性がある。根管用内視鏡は、先端径を細くすることで、目視や歯科用実体顕微鏡での観察が不可能な根管深部においても詳細な視覚による情報が得られる。チャンネルを有する内視鏡を用いることで、観察しながら治療することも可能である。しかし、ファイバーの弯曲の限界や、先端径の限界が問題で、根管内部の側枝・破折や歯周ポケット内縁下歯石などの検出は難しい。同様に、見えない根管や根尖病巣の透視や立体視をしながら処置はできない。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非常に重要である。

２．研究の目的

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おり、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。本研究ではヒトの視覚機能を超えるコンピュータビジョンによる画像認識により歯の位置・姿勢の取得を行う。

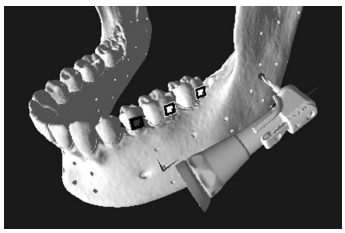
３．研究の方法

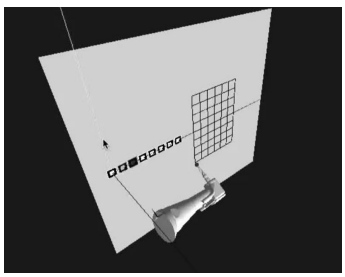
X 線 CT 診断装置で顔面の CT 画像データを取得し、そのデータに基づいて上顎骨・下顎骨の三次元モデルを医用画像処理ソフトウェアにて構成した。画像認識のための手術器具および歯の認識用データは三次元スキャナにて取得し、医用画像処理ソフトウェアより構築した。手術器具に取り付けたマイクロカメラによってリアルタイムにレジストレーションを行い治療器具の位置を推定した。

評価基準は、TRE(Target Registration Error) =（推定した治療器具先端位置）-（実際の治療器具先端位置）および治療器具位置推定にかかる計算時間とした。

４．研究成果

カメラ画像取得は、約 40 [ms]
マーカ検出・姿勢推定は、約 6 [ms]
TRE は、
全体：0.71±0.43 [mm]
X 方向：0.20±0.15 [mm]
Y 方向 ： 0.27±0.18 [mm]
Z 方向：0.55±0.45 [mm]
であった。





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る特徴がある。マイクロカメラの映像に拡張現実によりオーバーレイすることにより、治療のナビゲーションを行うことができる。拡張現実支援により、十分なフレームレートで根管形態、隣接する歯周組織、歯根と上顎洞底や下顎管との関係などの視覚情報を提供する。高解像度の視覚情報に基づく精密な操作により、安全かつ予知性の高い歯内

療法を実現できると思われる。

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 Wang J, Suenaga H, Liao H, Hoshi K, Yang L, Kobayashi E, Sakuma I. Real-time computer-generated integral imaging and 3D image calibration for augmented reality surgical navigation. Computerized Medical Imaging and Graphics. 40:147-159, 2015. doi: 10.1016/j.compmedimag.2014.11.003.

② Uchiho T, Uzuka K, Suenaga H, Morita T. Quartz force sensor and facing spiral coils for noncontact detection. Jpn J Appl Phys. 53(7S):07KD09, 2014. doi: 10.7567/JJAP.53.07KD09

③ Wang J, Suenaga H, Hoshi K, Yang L, Kobayashi E, Sakuma I, Liao H. Augmented Reality Navigation With Automatic Marker-Free Image Registration Using 3D Image Overlay for Dental Surgery. IEEE Transactions on Biomedical Engineering. 61(4)：1295-1304, 2014. doi: 10.1109/TBME.2014.2301191.

④ Wang J, Suenaga H, Yang L, Liao H, Kobayashi E, Takato T, Sakuma I. Real-time marker-free patient registration and image-based navigation using stereo vision for dental surgery. Lecture Notes in Computer Science 8090:9-18, 2013. doi: 10.1007/978-3-642-40843-4_2

〔学会発表〕（計９件）

① 原一晃、末永英之、正宗賢：駆動範囲制限機構を有する口腔外科骨きりロボットの駆動制限能力評価実験．第 23 回日本コンピュータ外科学会大会、2014 年 11 月 8-9 日、大阪大学コンベンションセンター

② 原 一晃、末永英之、正宗賢：駆動制限機構を有した口腔外科骨切り手術支援ロボット． 2014 年度精密工学会春季大会、2014 年 3 月 18-20 日、東京大学本郷キャンパス

③ 原一晃、末永英之、正宗賢：低侵襲口腔外科手術のための骨切りロボット開発．第 23 回ライフサポート学会フロンティア講演会、2014 年 2 月 28 日-3 月 1 日、東京理科大学葛飾キャンパス

④ 末永英之：コンピュータビジョンと拡張現実を統合した次世代型手術支援システム．第 4 回バイオインテグレーション学会、2014 年 2 月 23 日、東京大学本郷キャンパス

⑤ 長尾 淳史、末永 英之、正宗 賢 拡張現実感技術を用いた口腔外科手術のための手術器具位置推定手法．日本生体医工学会関東支部若手研究者発表会 2013、2013 年 11 月 23 日、東京工科大学 蒲田キャンパス

⑥ 内保徹平、宇塚和夫、末永英之、森田剛：水晶振動子を用いた非接触検出型力センサ．第 34 回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム、2013 年 11 月 20 日、同志社大学

⑦ Uchino T, Uzuka K, Suenaga H, Morita T. Study of non-contact force sensor using quartz crystal resonator and a pair of spiral coils. the Fifth International Conference on Applied Energy (ICAE2013), November 12, 2013, Jeju, Korea, International Convention Center Jeju

⑧ 末永英之: Computer assisted surgery in oral and maxillofacial surgery using computer vision and augmented reality. 第 58 回 日本口腔外科学会総会 2013 年 10 月 11-13 日、福岡国際会議場

⑨ Wang J, Suenaga H, Yang L, Liao H, Kobayashi E, Takato T. Sakuma I. Real-time marker-free patient registration and image-based navigation using stereo vision for dental surgery. Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI) 2013, September 22-26, 2013, Nagoya, Japan, Nagoya University

〔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
末永　英之（SUENAGA HIDEYUKI）
東京大学・医学部附属病院・特任講師
研究者番号：10396731