

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 22 日現在

機関番号：27102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K20410

研究課題名(和文) 根管及び歯周ポケットの3次元画像診断を可能にするマイクロ内視鏡デバイスの開発

研究課題名(英文) Development of micro endoscope device for 3D image diagnosis of root canal and periodontal pocket

研究代表者

吉居 慎二 (Yoshii, Shinji)

九州歯科大学・歯学部・助教

研究者番号：90710484

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：既存の口腔内カメラ先端に試作の内視鏡をレンズを介して取り付けすることで口腔内カメラによる根管内の観察を可能にした。その際の解像度は義損の内視鏡と同程度の50マイクロメートル程度であり、画像の劣化は認めなかったが画像取得範囲は狭くなった。そこで取得した画像写真をMatlab上で連結し、立体化することで暫時的に3次元化することを可能にした。ただし、画像を数枚取得した後に、ソフトウェア上で連結・立体化させるためリアルタイムでの評価は困難であった。

研究成果の概要(英文)：By attaching a prototype endoscope to the end of the existing intraoral camera via a lens, it was possible to observe inside the root canal. In this case, the resolution was about 50 micrometers, which is about the same as the endoscope. and although the deterioration of the image was not recognized, the image range became narrow. By connecting the acquired image pictures on Matlab, it is possible to temporarily make it three-dimensional. However, after acquiring several images and it combined and to three-dimensional on the software, it is difficult to evaluate in real time.

研究分野：歯内治療学

キーワード：イメージファイバ 内視鏡 歯内治療

### 1. 研究開始当初の背景

現在の歯科医療では、歯科用顕微鏡やコンピームCT (CBCT) といった機器の開発により従来よりも格段に正確な診査・診断の精度が向上した。しかし、これらの機器は高価なため、現在のところ広く普及するに至っていない。また、機器自体の持ち運びができないため歯科医院に来院する患者のみしか対象となり得ない。一方、顕微鏡やCBCT にも限界があり、未だ正確な診査を行えない病変が多くある。例として、難治性根尖性歯周炎の原因となる側枝や根尖部亀裂、および再発する歯周疾患の原因となる歯周ポケット深部歯石の検出がある。これらを検出するための歯科用内視鏡が数種類存在するが、高額かつ解像度やサイズに限界があるため、一般歯科には広く普及するには至っていない。多くの歯科医師が日常的に利用でき、かつ超高齢化社会の中で急増する訪問診療にも対応できる安価、ハンディ、かつ高解像度な診断機器としてのマイクロ内視鏡の開発が急務と言える。

根尖性歯周炎では、主根管以外の側枝から波及した炎症や根管に生じた亀裂により治癒に至らないケースがある。しかしながら亀裂や側枝のサイズは100  $\mu\text{m}$  前後であるためCT による検出も困難であることが多く、難治化することが多い。歯周疾患における歯周ポケット深部の縁下歯石も、外科的に歯肉を剥離するしか視認性をあげる方法はなく、手指感覚に依存した処置になりがちである。

これまでに我々の研究グループでは、これらの微細構造を、高精細にリアルタイムで取得出来るコンパクトで安価な内視鏡の開発を進めてきた。まず開発した装置の特徴は、従来型内視鏡のように照射用ファイバと画像取得用ファイバを分けて1つのプローブに組み込むのではなく、1本のイメージファイバー (直径約600  $\mu\text{m}$ ) だけで患部の光照射と画像取得を行うもの (シングルファイバー内視鏡) である。これにより口腔内の狭小空間への挿入を可能にし、ファイバースコープ先端が接する事の出来る部位の高精度観察が可能となった。

(INTERNATIONAL JOURNAL ON SMART SENSING AND INTELLIGENT SYSTEMS VOL. 6, NO. 1, FEBRUARY 2013)

次に光照射用ファイバ (直径50  $\mu\text{m}$ ・15本) と画像取得用イメージファイバ (直径280  $\mu\text{m}$ ・画素数6000 pixels) を同じプローブに収め、先端にレンズを装着したマルチファイバ内視鏡 (直径約600  $\mu\text{m}$ ) を開発し、抜去歯を用いた破折歯の観察を行い、

破折線および根尖孔の画像取得を可能とした。

### 2. 研究の目的

本研究の最終目標は、現在の一般歯科臨床現場では困難な歯の根管深部や根尖歯周組織、および歯周ポケット深部といった口腔内の暗視野下・狭小空間に存在する齲蝕・炎症を高解像度で容易に検出する診断装置の開発である。最終目標達成に向け、本研究では一般歯科医師が入手可能で、直感的に認識・診断出来る高解像度な内視鏡の開発とその臨床応用を目指した。

具体的には、炎症・齲蝕からの反射光の散乱を検出・イメージングする事で画像上で炎症・齲蝕をカラーリングする事が可能な既存の口腔内カメラに我々が開発した内視鏡を組み合わせる事で、微小空間の炎症・齲蝕の検出を可能にする機器を開発し、まず、パターンニングしたサンプル・in vitro で画像を取得し、画像処理に使用可能な解像度まで、画質を向上させる。さらに、画像の取得範囲が、狭く全体像がつかめない事が予測されることから、取得画像をmatlabを使用した画像処理により繋ぎあわせる事で、3次元画像を構築し、より直感的なイメージを作成する事を目的とした (図1)。

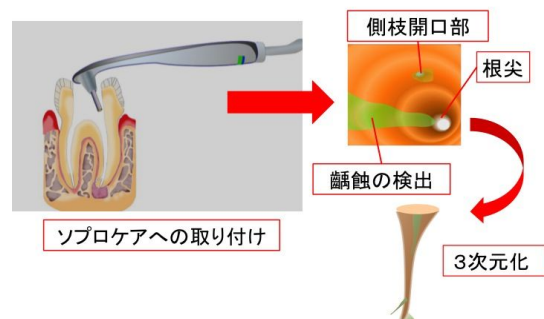


図1. 研究の全体像

### 3. 研究の方法

これまでに開発してきたマルチファイバ内視鏡は、光照射用ファイバと画像取得用イメージファイバを同じプローブに収め、先端にレンズを装着する事で、被写界深度5mmという広い視野での観察を可能とした。しかし、それだけでは根管観察・歯周ポケット観察には不十分であると考えた事から平成27.28年度は炎症・齲蝕の観察が可能なソプロケアと組み合わせる事で、より詳細な根管観察を行った。

#### 1) 既存口腔内カメラへの取り付け

既存口腔内カメラ先端 CCD 部位に、自作設計したレンズを介してマルチファイバ内視鏡を取り付けることで、ソプロケアでの画像取得

をし、それに伴い画像の評価を matlab で行い、取得画像の改善を行った。

2) 抜去歯・サンプル観察による評価・改善

1)で作成した機器により、抜去歯・サンプルを観察する事で、画像の評価を matlab で行い、取得画像の改善を行っていく。

3) 取得画像の3次元化

作成・評価した機器で連続的に撮影した画像を matlab 上での画像処理により組み合わせる事で、3次元化する事でより直感的で、診断に有用な画像を構築していく(図2)。

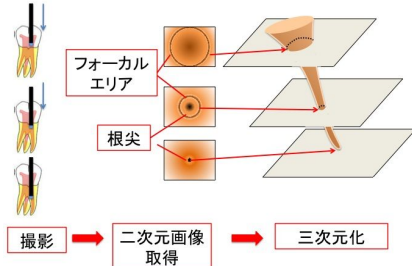


図2.三次元化手法の模式図

4. 研究成果

1)既存口腔内カメラへの取り付け

ファイバ内視鏡を市販されている口腔内カメラの先端に、ファイバ内視鏡を取り付け、サンプル・抜去歯根管内を観察し、取得画像について検討した(図3.4)。結果、内視鏡の取得画像は今までの内視鏡により取得した画像と差は認められず、鮮明な画像を取得することができた。

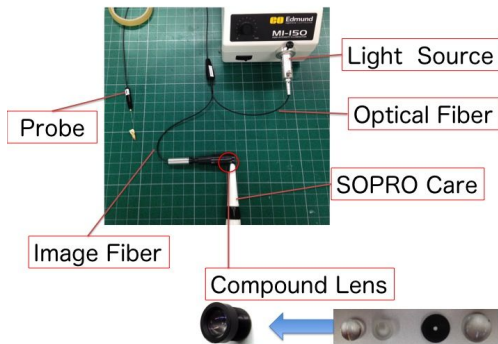


図3.口腔内カメラと内視鏡の取り付け

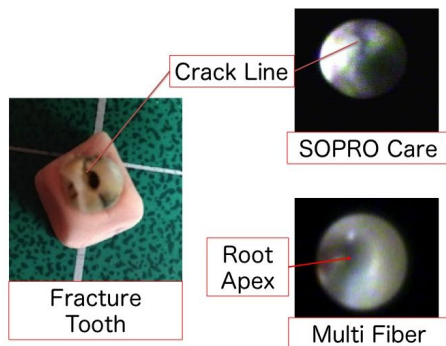


図4.破折抜去歯の観察

2) 取得画像の3次元化

根管内の根尖部・中央部・歯冠部を1)で作成した試作内視鏡にて撮影した画像を MATLAB 上で重ね合わせた(図5)。また、観察に用いた歯のレントゲン写真から根管形態を計測し(図6)、それら2つの情報を組み合わせ重ね合わせた画像の根管形態へのトレースを行い(図7)、根管の3次元モデルを完成させた(図8)。

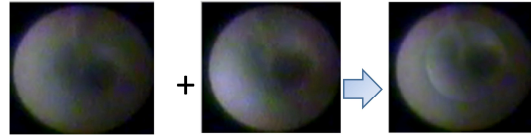


図5.根管内観察画像の重ね合わせ

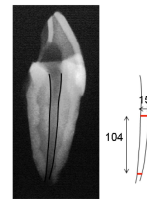


図6.根管形態の計測

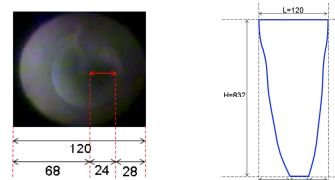


図7.重ね合わせた画像の根管形態へのトレース



図8.根管3次元モデルの作成

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2件)

1)Fujimoto M, Yoshii S, Ikezawa S, Ueda T, Kitamura C: Fabrication of two different probe architectures for ultra-compact image sensors for root canal observations. IEEE Sensors Journal 16(13), 5211-5221, 2016.

2)Fujimoto M, Yoshii S, Ikezawa S, Ueda T, Kitamura C: Development of an image sensor for dentistry - fiber connecting technique with the gradient index (GRIN) rod lens.

SOLID STATE PHENOMENA, 2016 accepted.

〔学会発表〕(計7件)

1)Fujimoto M, Yoshii S, Ikezawa S, Ueda T, Kitamura C: Development of an image sensor for dentistry -Coupling of a GRIN lens and an image fiber-. The 12th International Conference Mechatronic Systems and Materials (MSM), Bialystok,Poland (July 3rd-8th), 2016.

2)Fujimoto M, Yoshii S, Ikezawa S, Ueda T, Kitamura C: Development of an Image Sensor for Root Canal. 8th Asia-Pacific Conference of Transducers and Micro/Nano Technologies - APCOT 2016, Kanazawa (June 26th-29th), 2016.

3)藤元政考, 吉居慎二, 池沢 聡, 植田敏嗣, 北村知昭: 根管観察用内視鏡の設計と製作. 第144回日本歯科保存学会学術大会, 栃木(6月9, 10日), 2016.

4)吉居慎二, 藤元政孝, 北村知昭: 口腔内カメラへのマルチファイバ内視鏡応用による根管観察. 第76回九州歯科学会総会, 北九州(5月28日, 29日), 2016.

5)藤元政考, 吉居慎二, 池沢 聡, 植田敏嗣, 北村知昭: 歯内・歯周病変の高精度診断用イメージファイバ観察システム. 第76回九州歯科学会総会, 北九州(5月28日, 29日), 2016.

6)Fujimoto M, Yoshii S, Ikezawa S, Ueda T, Kitamura C: Study of the endoscope systems for the root canal observation. 4th Asian Pacific International Conference, Kitakyushu (May 11th), 2016.

7)Fujimoto M, Yoshii S, Ikezawa S, Ueda T, Kitamura C: Study of the dental endoscope observation systems for the root canal. In: 平成24年度「大学間連携協働教育推進事業」地域連携による「ものづくり」継承支援人材育成協働プロジェクト 国際シンポジウム Interdisciplinary Medical, Dental and Soft-material Researches on the move-Showcase Review at Kitakyushu-. 北九州(1月22日, 23日), 2016.

〔図書〕(計3件)

1)吉居慎二, 藤元政考, 植田敏嗣, 北村知昭: 治療法開発につながるトランスレーショナル・リサーチ. 第3回: 歯・歯周組織の診断治療用マイクロ内視鏡システムの開発. シリーズ「文献と臨床の橋わたし」. 日本歯科評論 77(3), 153-156, 2017.

2)Fujimoto M, Yoshii S, Ikezawa S, Ueda T, Kitamura C: Development of novel image sensor for root canal observation. Sensors for Everyday Life, Smart Sensors (Octavian

Adrian Postolache, Subhas Chandra Mukhopadhyay, Krishanthi P. Jayasundera, Akshya K. Swain Eds.). Springer International Publishing AG, p67-85, total287, 2017.

3)吉居慎二, 植田敏嗣, 池沢聡, 北村知昭: 歯・歯周組織の微細構造を見るマイクロ・イメージファイバシステム. 特別企画 歯の保存における Next Step - 研究から臨床へ -. 歯界展望 128(4), 643-649, 2016.

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者吉居 慎二 (YOSHII SHINJI)  
九州歯科大学口腔保存治療学分野・助教  
研究者番号: 90710484

(2)研究分担者  
( )

研究者番号:

(3)連携研究者  
( )

研究者番号:

(4)研究協力者  
( )