

平成 30 年 5 月 18 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K11143

研究課題名(和文) 歯肉縁下支台歯形態の光学印象法への挑戦 - 近赤外光拡散シミュレーションの応用 -

研究課題名(英文) Challenge to optical impression method of abutment-tooth under the gingiva -  
Application of near-infrared light diffusion simulation -

研究代表者

上田 康夫 (UEDA, YASUO)

北海道大学・歯学研究院・准教授

研究者番号：30241342

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：口腔内スキャナーで計測できない部分を捉える手法として近赤外線の利用を検討した。軟組織に見立てて生ハムを巻いたメラミン製支台歯の咬合面から近赤外線レーザー光を照射し、人工歯の内部で散乱した光を入射光軸に直交する位置に設置した赤外線カメラで撮像した。得られた透視画像の輝度値を分析してマージン部の形状を生成した。しかし、生成できた形状は画像の奥行方向に対する誤差が大きく、本来の形状とはかなりずれたものとなった。より正確な形状を捉えるには、情報量を増す、光の強度や照射方向と撮像方向を再検討する、切削バーの形状を考慮した探索領域の絞り込みを行う、などが必要と考えられた。

研究成果の概要(英文)：We investigated the use of near infrared as a method to capture the part that can not be measured with the intraoral scanner. Instead of soft tissue, we wrapped raw ham around abutment teeth made by melamine resin. Light scattered inside the resin tooth was imaged with an infrared camera installed at a position orthogonal to the incident light axis. The margin shape of the abutment tooth was generated by analyzing the pixel value of the fluoroscopic images. But, the shape that can be generated had a error with respect to the depth direction of the image, which was considerably shifted from the original shape. In order to generate a more accurate shape, it is considered necessary to increase the amount of information, review the intensity of light, direction of irradiation and imaging direction, narrow down the search area in consideration of the shape of the preparation tools.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：光学印象 近赤外線 透視

### 1. 研究開始当初の背景

歯科用 CAD/CAM システムに代表される Digital Dentistry の進展により、支台歯の 3次元形状を精緻に計測する技術が求められている。従来からの手作業による歯科技工では、作業工程が進むにつれて製作物の精度が劣化しやすく、それに耐えうるさまざまな手法や熟練した技術が求められてきた。これらの多くはコンピュータを活用したデジタル技術を導入することにより回避可能であり、精度を保って誰もが同等な品質で作業できる環境に変わりつつある。

チェアサイドに於いても、口腔内スキャナーの登場により、印象材を用いた印象採得、咬合採得などの操作が無くなり、治療の術式が大きく変わりつつあり、患者の負担も大幅に軽減される時代となった。

しかし、この口腔内スキャナーで計測できる形状は、現状では光学的に捉えられる(すなわち「見える」)部分のみであり、歯肉縁下の隠れたマージン部分の形状をスキャンすることは出来ない。これを回避するために、支台歯のマージンラインの設定を従来よりも浅めにとるべきだとする議論もあるが、既にう蝕がある程度広がっている場合には適用できず、そのままでは光学印象の適用範囲が狭まってしまう可能性がある。

この問題に対して一つの可能性を提示しているのが OCT (光干渉断層画像診断法 / Optical Coherence Tomography) であり、歯学分野でもその応用が報告されている。OCT は、断層像として歯科に適用するには必要十分な精度と分解能が得られ、X線被曝もなく、診断にはきわめて有用である。しかし現状では、口腔内での 3次元形状計測技術として用いるには技術的ハードルが高く、実現は容易ではない。一方で、我々が必要としているのはマージン付近の「見えない」2~3mm 程度の範囲の表面形状である。OCT でセンシングされる歯の内部構造の情報はう蝕の診断には有効ではあるが、表面形状の計測には必要ない。このような背景から、同じ近赤外光を利用するにおいても、拡散・反射シミュレーションで、我々が必要としている情報を捉えることができるのではないかと考えた。

### 2. 研究の目的

日常臨床でシリコンラバー系印象材を利用する場合、圧排系か個歯トレーの利用は必須である。しかし、圧排系は患者に与える苦痛が大きく、また確実に歯肉圧排を行うには、術者にかなりの熟練が要求されチェアサイドの時間も要する。一方、個歯トレーは、製作コストのほか、チェアサイドでの調整に手間と時間を必要とする。口腔内スキャナーは、これらの苦痛や手間、コストを大幅に削減できるだけでなく、咬合採得や歯の接触滑走運動の情報も一体として取得できる画期的な装置であるが、対象物表面からの反射光

の情報を解析して形状を捉えるものが多く、不可視部分のマージン形状をスキャンできないのが難点である。本研究の目的は、この軟組織に遮られて直視できない(スキャンできない)支台歯のマージン部分の形状を捉えるために、波長の長い可視光から近赤外線領域付近の光が軟組織に対して透過性を持つことに着目し、それらの光を用いてマージン部の形態を透視する方法を模索することとした。

### 3. 研究の方法

計測対象となる支台歯には、学生実習用人工歯 (Kavo 社製/メラミン歯・右側下顎第一大臼歯) を用いて、ナイフエッジ、シャンフアー、ディープシャンフアー、ラウンデッドショルダーの 4 種類のマージン形態でフルクラウンの支台歯形態に削り出した模型を用意した。また、別途模型用スキャナーでリファレンスとしての 3次元形状計測を行う為に、それらを付加型シリコン印象材で型取りして超硬石膏を注入して作製した石膏副歯型も用意した。支台歯模型には歯肉を想定して厚さ約 0.9 mm の生ハムを巻きつけて実験を行なった。

研究の当初は、近赤外線レーザー光 (出力 20mW / コヒレント社製 Chameleon Ultra II を使用) を支台歯の真横から支台歯中心部分に照射し、支台歯を透過して散乱してきた光を、光源とは反対側の支台歯側面に設置した赤外線カメラ (モレキュラーデバイスジャパン製 CMOS カメラ DOC-cam HR U3-41C6NIR-C に同社製テレセントリックレンズ (1 倍) TPC1-65 を装着) で捉え、その画像を拡散・反射シミュレーションにより解析してマージン部分の形状を描出する事を考えたが、当初期待していたほどの画像情報が得られなかったため、光源からの光をミラーを介して支台歯の真上から咬合面に対して垂直に入射する方法に切り替え、支台歯内部で散乱した光によりマージン部分を単純に透視する手法に切り替えた。

また、照射する光の波長についても、680nm、800nm、1000nm の 3 種類について試し、波長の違いによって取得できる画像の違いを比較検討した。

赤外線カメラから得られる 12bit / 4096 階調のデータの中で、マージン部分の形態を最も描出していると思われる画素値についても比較検討した。

画像は、計測対象の支台歯模型を回転ステージ (ソーラボ社製 PRM1/MZ8E) にのせて 1 度ずつ回転しながら、360 枚の撮影を行なった。また、回転中心と 3次元形状を算出するためのリファレンスとして、寸法が既知の円柱 (径 6mm のロッド/シグマ光機社製 R0-6-20) を用いて同様の撮影を行なった。

処理した支台歯画像の中からインタラクティブにマージン部分のエッジと思われる点を抽出し、校正用ロッドから得られた回転

中心軸と寸法から3次元座標を算出して、マージンラインの再構築を行なった。

さらに、超硬石膏で作製した石膏副歯型を模型用3次元スキャナー(3Shape社製D700)で計測し、そこから得られた形状と、今回の実験で再構築したマージンラインとの比較を行った。

#### 4. 研究成果

光の波長 680nm, 800nm, 1000nm の3種類の中では、800nm の波長が透視には最も適していた。12bit / 4096 階調の画像データを9bit / 512 階調刻みに分けて検討した中では、輝度レベル 3072~3583 のものが最もよかった(図1)。

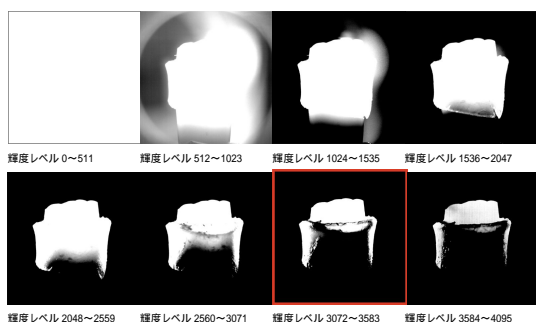


図1

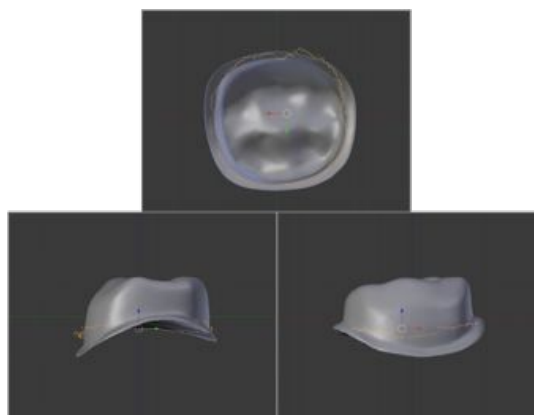
この画像の微分画像から右端のマージン部分を拾い、校正用ロッドの画像を元に3次元座標を割り出して立体的なマージンラインを算出し、別途石膏副歯型からスキャンした3次元データと重ね合せた(図2)。



左: 校正用ロッドと回転軸 右: 微分画像

図2

結果は図3の通りで、咬合面画像からは頬側以外は大きく内側にズレているのが確認できるほか、近心側と頬側からの画像では、ラインの高低がほとんど追従出来ていないことがわかった。



上: 咬合面観 左: 近心面観 右: 頬側面観

図3

これは、透視で得られた画像がシルエット画像であり、その右端で点を拾ったことで奥行方向に対してマージン識別に誤差を生じたためと思われる。3次元座標の算出に狂いを生じていることを考慮に入れても、実際の形状とのズレは大きい。今後、光の強度や照射方向とカメラの撮像方向、切削用バーの形状を考慮してマージン点の探索領域を絞り込む画像解析手法など、幾つかの異なる方法を併用しながらさらに解析を進めていく必要があるものと考えられた。

#### 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1件)

Ueda Y., Yamaguchi T.: History of and Current Situation Regarding Dental CAD/CAM Systems and Future Perspectives. Hokkaido J Dent Sci, 査読無し, 38(Special Issue), 2017.

〔学会発表〕(計6件)

上田康夫, 加藤祐次, 山口泰彦, 清水孝一: 光透視による支台歯マージン形状の検出の試み(第2報). 日本デジタル歯科学会 第8回学術大会, 2017.

上田康夫, 加藤祐次, 山口泰彦, 清水孝一: 光透視による支台歯マージン形状の検出の試み(第3報). 日本補綴歯科学会 第126回学術大会, 2017.

上田康夫: 「デジタル技術を応用した卒前歯科教育」: 北海道大学での模型実習における取り組みと提案. 日本デジタル歯科学会 第8回学術大会, 2017.

上田康夫: コンピュータ支援技術から見た歯科の将来. 北海道大学歯学部同窓会講演会, 2017.

上田康夫: 「3D プリンティング技術の最前線」 付加製造(AM)技術の歯科医療への応用. 第68回塑性加工連合講演会, 2017.

上田康夫, 田口湧, 加藤祐次, 山口泰彦, 清水孝一: 光透視による支台歯のマ

ージン形状の検出の試み．平成 28 年度  
公益社団法人日本補綴歯科学会東北・北  
海道支部総会・学術大会，2016．

〔その他〕  
ホームページ等

## 6．研究組織

### (1)研究代表者

上田 康夫 (UEDA, Yasuo)  
北海道大学・歯学研究院・准教授  
研究者番号：3 0 2 4 1 3 4 2

### (2)研究分担者

山口 泰彦 (YAMAGUCHI, Taihiko)  
北海道大学・歯学研究院・教授  
研究者番号：9 0 2 0 0 6 1 7

清水 孝一 (SHIMIZU, Kouichi)  
早稲田大学・理工学術院・教授  
研究者番号：3 0 1 2 5 3 2 2

加藤 祐次 (KATOH, Yuji)  
北海道大学・情報科学研究科・助教  
研究者番号：5 0 2 6 1 5 8 2

### (3)連携研究者

( )

研究者番号：

### (4)研究協力者

田口 湧 (TAGUCHI, Yuu)