

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：34408

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K04985

研究課題名(和文) 複眼撮像システムによる歯周治療の高度化

研究課題名(英文) Advancement of periodontal treatment using a compound-eye imaging system

研究代表者

緒方 智壽子(OGATA, Chizuko)

大阪歯科大学・歯学部・助教

研究者番号：60288777

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：これまで複眼撮像システム(Thin Observation Module by Bound Optics：TOMBO)を歯科治療に応用し、その有効性を確認してきた。被験者実験における負荷を軽減させ、計測条件を安定化させるため、複眼撮像システムの改良と顎固定器具実験台を作製した。併せて、撮影の効率化を図るため、計測ソフトウェアの改良を行った。また、表層から2mm程度の歯肉深部の計測を行うため、波長1 $\mu\text{m}$ 以上に感度をもつブラックシリコンCMOSイメージセンサの複眼化を進めた。基本撮像性能の評価を実施し、被験者実験にむけた調整を完了した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、デンタルミラー型形状をもち、3次元形状計測、その他の歯周疾患に関する画像情報を取得する複眼口腔計測システム(Thin Observation Module by Bound Optics：TOMBO)を開発し、生体色素、歯肉歯槽粘膜境推定の有効性を確認した。さらに、歯周病の診断や治療方針をたてるにあたり重要な資料の一つとなる、歯肉深度や深部形態の計測を行うイメージセンサの複眼化を進めている。それらが可能になれば、3D診断に使用されるエックス線による被曝量の減少あるいは歯肉への穿刺頻度の減少、施術時間の短縮が図れ、患者・術者への負担減少に繋がる。

研究成果の概要(英文)：A compound-eye imaging system called thin observation module by bound optics has been applied to dental treatment and its effectiveness has been confirmed. In order to reduce the load in the subject experiment and to stabilize the measurement condition, we improved a compound-eye imaging system and an experimental table in which a forehead fixing device were installed. At the same time, the measurement software was improved to improve the shooting efficiency. In order to measure the depth of the gingiva about 2 mm from the surface layer, a black silicon CMOS image sensor with a sensitivity of 1  $\mu\text{m}$  or more in wavelength was compounded. Basic imaging performance was evaluated, and adjustments for subject experiments were completed.

研究分野：歯周病学

キーワード：歯周疾患 歯肉形状 画像計測 複眼撮像システム ホログラム光学素子

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 歯周疾患によって歯肉の状態や形態は様々に変化し、歯周治療によってさらに変化する。これらの変化を観察するため、歯肉色に着目した基盤的研究は報告されているが、その臨床応用には至っていない。研究代表者は、口腔写真の歯肉色解析に基づいた簡便な診断法を提案し、健全歯肉色と病的歯肉色との比較[1]や医員による視覚的臨床診断と画像解析との比較検討などを行ってきた。病的な歯肉状態であっても、歯肉色の個人差が、視診による診断に影響を及ぼすことを確認したが、個人差のばらつきにより、健全状態と病的状態を区別するまでには至っていない。そこで、従来の診査・検査の患者への負担を軽減しつつ、歯肉形態の3次元的变化を含めた多面的なデータに基づいた診断をめざした口腔計測システムの開発が求められていた。

(2) 複眼撮像システム TOMBO (Thin Observation Module by Bound Optics) は、コンパクトかつ高機能な撮像デバイスであり、さまざまな分野への適用が進められている[2]。その一例として、TOMBO を口腔内計測に適用した、評価実験システムが構築された。これまでに、各種投影パターンとの比較、偏光撮像法・狭帯域波長撮像法における有効性が評価された[3]。さらに、グリコーゲン含有量差に基づく歯槽粘膜境の簡便な推定法が考案され、その有効性の検証が課題となっていた。

### 2. 研究の目的

(1) 本研究は、歯周疾患における治療前後の歯肉状態や形態を、患者への負担軽減をしつつ、多面的なデータに基づいた診断を可能にする口腔計測システムの開発を目的とする。

(2) 複眼撮像システム TOMBO をベースとして、3次元形状計測、分光情報計測、立体表示用画像取得、アクティブ計測用パターン投影などの機能を集積化し、臨床利用に適したシステムを構築する。臨床における歯周治療での評価として、治療ステップごとの歯肉状態・形態変化を計測し、治療指針への還元をめざす。

### 3. 研究の方法

本研究では、複眼口腔計測システムの試作、試作システムによる被験者実験、計測結果に基づいた歯周疾患関連情報の抽出を一体的に推進し、フィードバックに基づく逐次的な改良を加えながら、可用性の高いシステムの開発と計測手法の確立をめざす。

### 4. 研究成果

(1) 新たな複眼口腔計測システムとして、デンタルミラー型口腔計測システムを開発した(図1)。波長 405nm を 3次元形状計測用に設定し、形状以外の歯周情報(生体色素、歯槽粘膜境推定、3次元表示用)を取得する波長域と分離した。開発システムでは、3次元形状計測として、3次元表示用画像によるステレオ法を適用した(図2)。偏光照明とパラメータ推定、メディアンフィルタにより、良好な結果が得られることを確認した。

具体的なシステムの改良項目は以下の通り。

1. 405 nm 光源の強度不足のため、ストライプパターン投影による3次元形状計測が実施できなかった。そこで、ストライプパターン生成用ホログラム光学素子を導入し、その問題解決を図った。

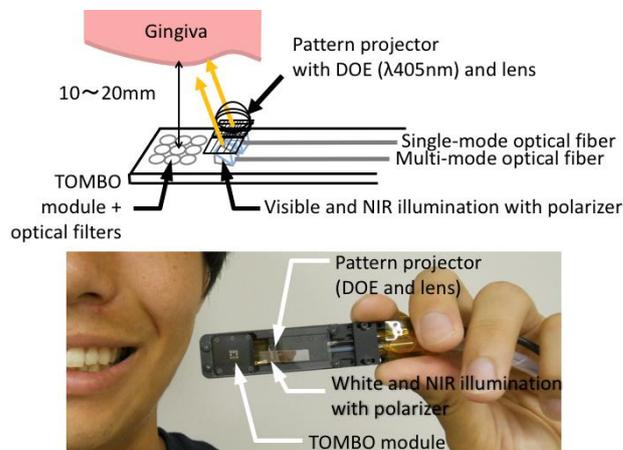


図1 複眼口腔計測システム

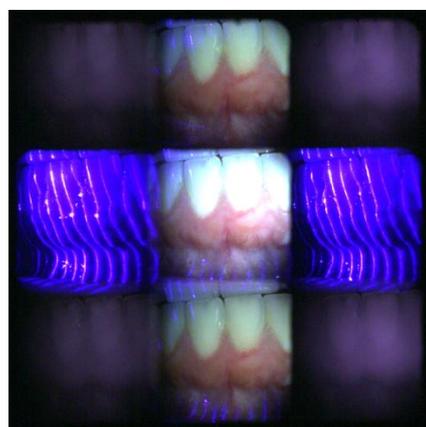


図2 撮影画像の一例

2. 生体色素推定の高精度化に必要な狭帯域波長フィルターは撮影感度の低下を伴う。そこで、大型のイメージセンサを用いた計測システムを構築した。波長範囲 400nm~1000nm の多波長画像を同時計測でき、酸素化ヘモグロビン、脱酸素化ヘモグロビン、グリコーゲン、メラニンなど複数の生体色素濃度分布を一度に推定できることを確認した。
3. イメージセンサの大型化により、各個眼の口径を大きくでき、副次的に結像性能の向上することができた。
4. 計測スループットの向上により、被験者の負担を軽減する目処が得られた。

(2) RGB 画像からウィナー推定により分光反射率を求め、吸収スペクトルに変換したのち重回帰分析により、生体色素分布を推定した (図 3)。ウィナー推定用サンプルデータの取得時に、歯肉厚を考慮することで、データのばらつきを抑えることができ、推定精度を向上させることができた。

重回帰分析の説明変数として、歯による散乱特性を用いることにより、付着歯肉と歯槽粘膜を分類できる可能性を見出した。これにより、特定の波長チャンネルを用意することなく歯槽粘膜境推定が実現でき、複眼撮像システムの個眼を他の用途に利用できるようになった。

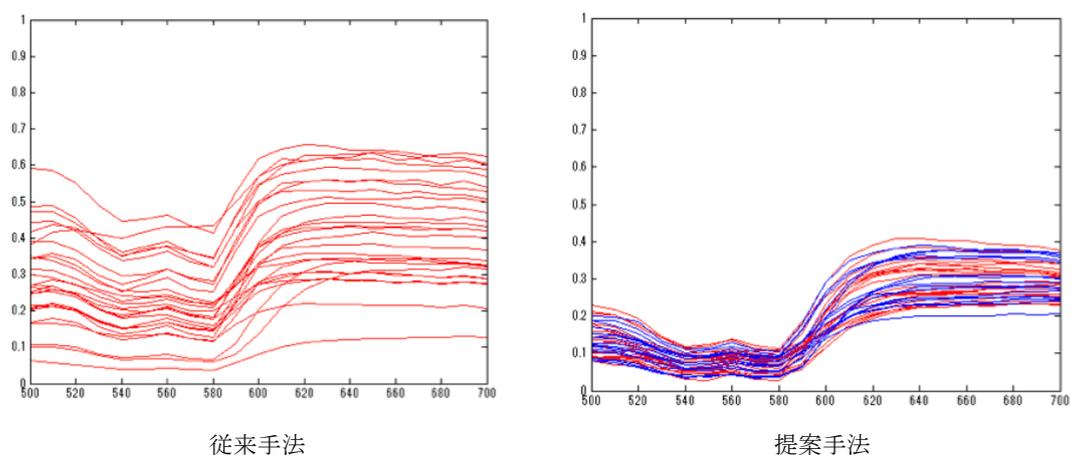


図 3 歯肉の分光反射率推定

(3) 喫煙者と非喫煙者について、歯肉のメラニン色素分布を推定し、明確な相違が見られることを確認した。禁煙指導への活用が考えられる (図 4)。

(4) 被験者実験における負担を軽減させ、計測条件を安定化させるため、複眼撮像システムと額固定器具を設置する改良型実験台を作製した。併せて、撮影の効率化を図るため、計測ソフトウェアの改良を行った。

(5) 表層から 2mm 程度の歯肉深部の計測を行うため、波長  $1\mu\text{m}$  以上に感度をもつブラックシ

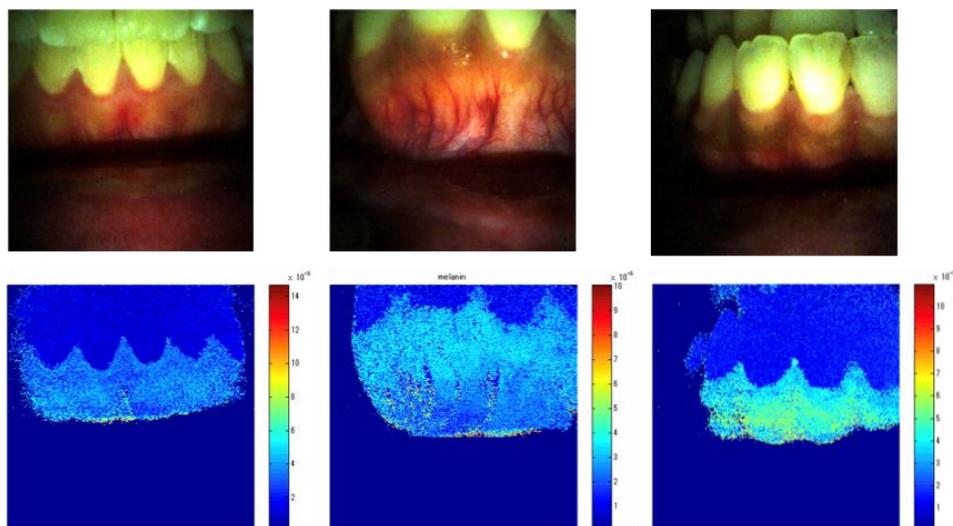


図 4 歯肉のメラニン色素分布の推定例

リコン CMOS イメージセンサの複眼化を進めた。基本撮像性能の評価を実施し、被験者実験にむけた調整を完了した。

#### 関連文献

- [1] 緒方 他: 歯科医学 66:227-235, (2003).
- [2] J. Tanida, et al.: Appl. Opt. 40, 1806, (2001).
- [3] 緒方 他: 日本歯周病学会会誌 56, 117 (2014).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Tetsuya Nakanishi, Keiichiro Kagawa, Yasuo Masaki, Jun Tanida.	4. 巻 11331
2. 論文標題 Development of a mobile TOMBO system for multi-spectral imaging.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fourth International Conference on Photonics Solutions	6. 最初と最後の頁 1133102-1~6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1117/12.2553008	査読の有無 無
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 Jun Tanida	4. 巻 57
2. 論文標題 Computational imaging demands a redefinition of optical computing	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 09SA01
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7567/JJAP.57.09SA01	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 該当する
1. 著者名 Jun Tanida, Hirotsugu Akiyama, Keiichiro Kagawa, Chizuko Ogata, Makoto Umeda	4. 巻 10222
2. 論文標題 A stick-shaped multi-aperture camera for intra-oral diagnosis,	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Computational Imaging II, Proc. SPIE.	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1117/12.2265507	査読の有無 無
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 Jun Tanida	4. 巻 23
2. 論文標題 Multi-aperture optics as a universal platform for computational imaging,	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Optical Review	6. 最初と最後の頁 859-864
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10043-016-0256-0	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8件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Jun Tanida and Ryoichi Horisaki
2. 発表標題 Data-centric approach for miscellaneous optical sensing and imaging
3. 学会等名 Photonics Asia 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jun Tanida and Ryoichi Horisaki
2. 発表標題 Machine-learning-based optical sensing and imaging technology
3. 学会等名 Optics & Photonics Taiwan International Conference (OPTIC2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jun Tanida
2. 発表標題 Novel imaging based on mathematical tools: from compressive imaging to machine-learning sensing/imaging
3. 学会等名 Optics and Photonics Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 緒方 智壽子, 秋山 寛次, 香川 景一郎, 谷田 純, 梅田 誠
2. 発表標題 複眼撮像システムを用いた口腔内計測
3. 学会等名 第60回春季日本歯周病学会学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 谷田 純
2. 発表標題 コンピュータショナルイメージングを発展させる二つの技術
3. 学会等名 広島工業大学&大阪大学合同セミナー
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 香川 景一郎, 秋山 寛次, 緒方 智壽子, 谷田 純, 梅田 誠
2. 発表標題 カスタマイズ可能な汎用小型複眼カメラTOMBOモジュールとその口腔カメラへの応用
3. 学会等名 第23回画像センシングシンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 谷田 純
2. 発表標題 計算イメージングとその応用
3. 学会等名 フォトンクス技術フォーラム光情技術研究会・次世代光学素子研究会 合同研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 谷田 純
2. 発表標題 コンピュータショナル散乱イメージング
3. 学会等名 広島工業大学&大阪大学合同セミナー「先端光技術と健康・医療への展開」
4. 発表年 2016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	谷田 純  (TANIDA Jun)  (00183070)	大阪大学・情報科学研究科・教授   (14401)	
研究 分担者	香川 景一郎  (KAGAWA Keiichiro)  (30335484)	静岡大学・電子工学研究所・准教授   (13801)	