

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：34408

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K05369

研究課題名（和文）深層学習を用いた複眼撮像システムによる歯周組織判定の高精度化

研究課題名（英文）Improvement of periodontal tissue judgment with the compound eyes imaging system using deep learning

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） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：これまで複眼撮像システム（A compound imaging system called 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た。また、表層から2mm程度の歯肉深部の計測を行うため、分光画像計測と機械学習に基づく歯肉厚測定に関する研究を進めた。歯肉厚を場所によって変えた数値ファントムを作成し、2層ニューラルネットワークにより歯肉厚の2次元分布が得られることをシミュレーションにより確認し、これにより検討手法の有効性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの研究において、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（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。本研究により、歯肉歯槽粘膜部位の特定を撮像画像上で一括して行うことができることは臨床上有意義である。歯肉厚の測定は、注射針を穿刺するなどして行われ、歯肉の侵襲を招く。撮像画像上で計測を行えば侵襲がなくなり、効率的な診断や治療計画立案が可能になるなど、本技術が確立できれば、さまざまな症例データの蓄積が容易になり、ビッグデータに基づく新たな歯科医療の開発につながる。

研究成果の概要（英文）： We have applied a compound imaging system called thin observation module by bound optics (TOMBO) to dental treatment and confirmed its effectiveness. In addition, in order to measure the depth of the gingiva about 2 mm from the surface layer, we conducted research on gingival thickness measurement based on spectroscopic image measurement and machine learning. We created a numerical phantom in which the gingival thickness varied depending on the location, and confirmed through simulation that a two-dimensional distribution of gingival thickness could be obtained using two-layer neural networks, thereby confirming the effectiveness of the study method.

研究分野：歯周病学

キーワード：歯周組織 TOMBO 歯肉厚 複眼システム 歯周治療 ニューラルネットワーク

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、臨床の一般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]や喫煙前後の歯肉色の変化および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) 研究分担者の谷田は、昆虫の複眼にヒントを得た複眼撮像システム TOMBO (Thin Observation Module by Bound Optics) を開発した。TOMBO 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を考案した。

2. 研究の目的

(1) 本申請研究では、歯周治療の高精度化をめざして、近赤外複眼撮像システムを開発し、人工知能との融合による新たな歯周計測技術の開発を目的とする。

(2) 生体組織の深部(数100 μm よりも深い組織)を計測するために、ブラックシリコンCMOSイメージセンサの複眼化を検討する。また、生体組織が散乱体であるために従来困難であった歯肉厚の光学的非侵襲計測を、構造光照明と機械学習を組み合わせることで実現する。

3. 研究の方法

(1) 複眼口腔計測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、マルチスペクトル画像とニューラルネットワークを用いて歯肉厚推定を行った。

(2) ブラックシリコン CMOS イメージセンサにレンズを取り付け、複眼化を図る。

4. 研究成果

(1) 歯肉厚の推定手順を図1に示す。歯肉と象牙質を仮定した2層の歯肉モデリングを行い、学習データセットとして使用した。4波長の口腔画像を入力として、2次元の歯肉厚分布画像(図2)を示す。歯肉の奥に歯槽骨がない箇所では、CT(図3)の結果と近い値が得られた。一方で歯槽骨を含む箇所では、推定誤差が大きくなった(表1)。これらの実験により、一部を除き、口腔の分光画像をもとにニューラルネットワークを用いて歯肉の厚さを推定できることを示した。

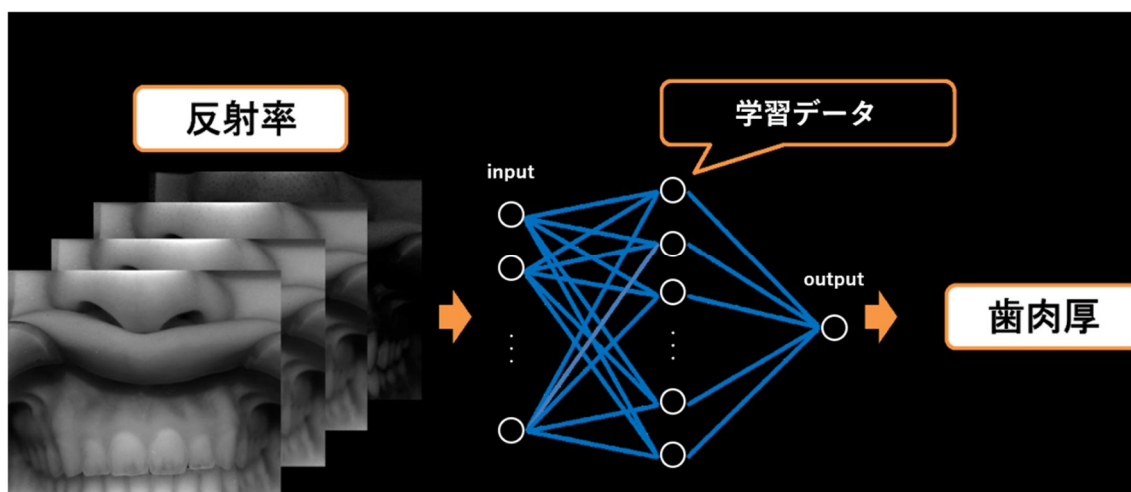


図1 歯肉厚推定の流れ

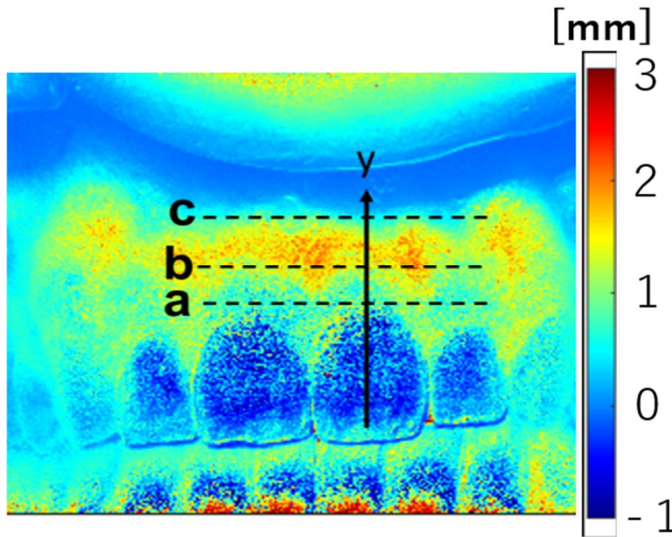


図2 歯肉厚分布の拡大図

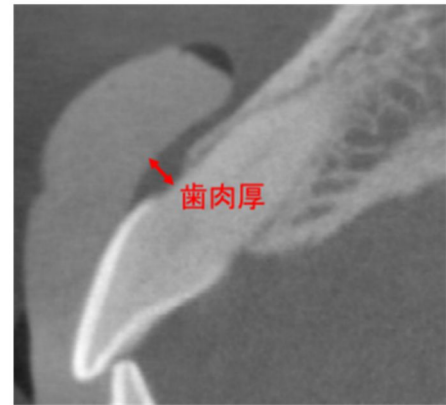


図3 CT画像

	a - b	a' - b	b - c
RMSE[mm]	0.34	0.24	0.91

表1 a-c間のRMSE

(2) 可視域 (400nm ~ 700nm) よりも長い波長域の歯肉特性を計測するために、波長 1000nm 以上まで感度をもつブラックシリコンを用いたカメラを TOMBO 化した。図 4 にその外観を示す。図 5 にフィルタの配置を示す。レンズピッチは縦横ともに 3.2mm で、焦点距離 6.0mm のアクロマートレンズを並べて複眼化した。9 種類の波長域を同時に撮影できる。光源強度は同じで、波長 850nm の画像の明るさが同程度になる様に露光を調整した。実験結果より、通常の CMOS イメージセンサよりもブラックシリコンイメージセンサの方が感度が高いことを確認した。

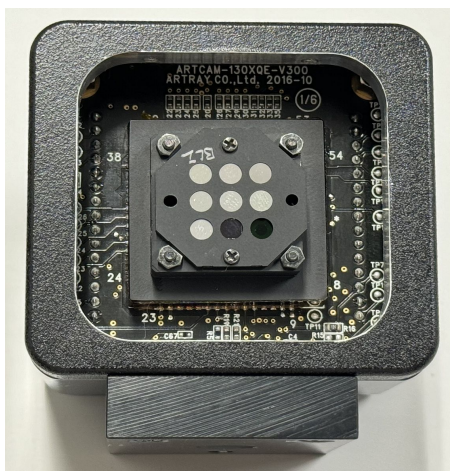


図4 ブラックシリコンイメージセンサを用いた分光 TOMBO の外観

526nm IRC2 BPB53	659nm IRC3 SC62 ND0.4	785nm B770 IR80 (78?)
731nm B740 SC68 EDSPF750	851nm B850 IR82	770nm B770 SC74
910nm B910 IR82	940nm B940 IR82	970nm B970 IR92

図5 フィルタの物理的配置

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1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hideyuki Muneta, Ryoichi Horisaki, Yohei Nishizaki, Makoto Naruse, Jun Tanida	4. 巻 30
2. 論文標題 Single-shot blind deconvolution in coherent diffraction imaging with coded aperture	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Optical Review	6. 最初と最後の頁 509-515
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10043-023-00835-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 森 涼太郎, 香川景一郎, 谷田 純, 緒方智壽子
2. 発表標題 多波長反射率を用いた非侵襲・非接触な歯肉厚イメージング
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryotaro Mori, Keiichiro Kagawa, Jun Tanida, Chizuko Ogata
2. 発表標題 Non-invasive non-contact gingival thickness imaging using visible light and near infrared light
3. 学会等名 Intenational Workshop on Image Sensors and Imaging Systems（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森 涼太郎, 長田京太, 谷田 純, 緒方智壽子, 香川景一郎
2. 発表標題 ヘモグロビン濃度・散乱パラメータを考慮した多波長反射率による歯肉厚推定
3. 学会等名 情報フォトンクス研究会第16回関東学生研究論文講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷田 純
2. 発表標題 医療トランスデューサに資するフォトニック情報技術
3. 学会等名 第60回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷田 純
2. 発表標題 異分野融合の光学
3. 学会等名 日本光学会 情報フォトニクス研究グループ秋合宿（招待講演）
4. 発表年 2023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・教授 (13801)	

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
---------	---------