

長寿医療研究開発費 平成26年度 総括研究報告

近赤外光・レーザー等を用いた新たな歯科疾患診断・治療用機器の
開発に関する研究（26-6）

主任研究者 角 保徳

国立長寿医療研究センター 歯科口腔先進医療開発センター センター長

研究要旨

生体に無害な近赤外光を用いた光干渉断層画像診断法（Optical Coherence Tomography：以下 OCT）は、非侵襲下に組織の精密断層像を得ることができる最先端の医療撮像技術として、世界的に開発競争が行われている。OCTは、エックス線、CT、MRI、超音波検査に次ぐ最先端の医療画像診断技術といわれており、CT、MRIの数十倍の解像度を有する上に、臨床の現場で直ちに画像が確認でき、診療技術の向上や患者へのインフォームド・コンセントにも利用できる。しかし、歯科用 OCT 画像診断機器（以下歯科用 OCT）の開発やその臨床研究は世界的に少なく、口腔分野への応用の道が開ければパノラマエックス線装置以来の口腔領域の新たな画像診断機器となる有望な非侵襲診断技術として期待されている。

このような背景の下、歯科口腔先進医療開発センターでは、国立長寿医療研究センターの中期計画第 1-1-②に則り企業（日機装中央研究所(株)、Santec(株)、パナソニックヘルスケア(株)、Y 社（秘密保持契約あり）など）と産官連携研究を系統的に行った。さらに、本研究は当センターの中期計画第 1-1-②（産官学等との連携強化）、中期計画第 2-1-①（高度先駆的な医療の提供）、「革新的医薬品・医療機器創出のための 5 か年戦略」（平成 19 年内閣府・文部科学省・厚生労働省・経済産業省）および「医療イノベーション 5 か年戦略」（平成 24 年内閣府）に該当し、産官学共同で歯科用 OCT の開発を進め、日本発・世界初の製品化を目指している。

研究成果を社会に還元するように努力した結果、今年度の研究成果として、特許登録 4 件、英文論文 10 論文、著書・総説 3 論文、シンポジウム 1 回、講演 2 回、学会発表：国際学会 14 回・国内学会 6 回、受賞 1 回の研究成果を得た。

主任研究者

角 保徳 国立長寿医療研究センター センター長

分担研究者

1. 田上順次 東京医科歯科大学 教授
2. 和泉雄一 東京医科歯科大学 教授
3. 倉林 亨 東京医科歯科大学 教授
4. 高橋英和 東京医科歯科大学 教授
5. 佐野 司 昭和大学 教授

6. 塩田 真 東京医科歯科大学 准教授
7. 砂川光宏 東京医科歯科大学 准教授
8. 松下健二 国立長寿医療研究センター 部長

研究協力者

1. 吉田憲司 愛知学院大学 教授
2. 渡辺 裕 東京医科歯科大学 准教授
3. 小田 茂 東京医科歯科大学 准教授
4. 大木明子 東京医科歯科大学 准教授
5. 岩崎直彦 東京医科歯科大学 准教授
6. 青木 章 東京医科歯科大学 講師
7. サダルアリレザ 東京医科歯科大学 講師
8. 中嶋省志 東京医科歯科大学 特任講師
9. 島田康史 東京医科歯科大学 助教
10. 水谷幸嗣 東京医科歯科大学 助教
11. 海老原新 東京医科歯科大学 助教
12. マティンカイルール 東京医科歯科大学 特任助教
13. 谷口陽一 東京医科歯科大学 医員
14. 江尻健一郎 東京医科歯科大学 医員
15. 能村嘉一 東京医科歯科大学 医員
16. 今北千春 東京医科歯科大学 医員
17. 坪川正樹 東京医科歯科大学 大学院
18. 柿崎 翔 東京医科歯科大学 大学院
19. 林 泰誠 東京医科歯科大学 大学院
20. 飯野由子 東京医科歯科大学 大学院
21. 三田 稔 東京医科歯科大学 大学院
22. 萩原 真 国立長寿医療研究センター 流動研究員
23. 高田鮎子 国立長寿医療研究センター 研究生
24. 西田 功 愛知県歯科医師会

A. 研究目的

健康に関する国民的な課題として生活習慣病の克服が挙げられ、その克服には、客観的な検診・検査による早期診断・早期治療が不可欠である。口腔領域では生活習慣病として歯周疾患やう蝕などがあり、こ

れらの疾患は口腔機能低下をきたし食生活を阻害し全身の健康や栄養状態に大きく影響を与えて、高齢者のQOLを著しく低下させる。しかし、その診断にはX線検査、視診等の臨床診断が主体をなし、高齢者の口腔機能の低下の原因となりうるう蝕や

歯周疾患の診断技術の多くは、歯科医師の技量や経験により診断内容が左右される傾向があり、検査値を画像化・数値化する客観的な診断技術は進んでいない。

このような背景の下、高齢社会における安心・安全で質の高い生活を実現し、QOLを維持・向上させて、国民の健康寿命の延伸に資するため、口腔疾患の早期診断が可能かつ歯科用X線検査等による被曝等を伴わない医療機器の開発が望まれている。

近年、生体医療用光学分野の進歩は著しく、その中でも新時代の医療用検査機器として光干渉断層画像診断法（OCT）が注目を浴びている。OCTは、生体に無害な近赤外レーザー光と光学干渉計の応用により、被写体内部から得られた後方散乱光を解析することで組織断面の断層画像を高解像度で描出することが可能な最先端の画像撮像技術である。1991年に米国マサチューセッツ工科大学の研究チームによる最初の論文報告がScience誌に発表された。HuangらがOCTの医療分野全般における有用性を示唆したように、現在眼科領域では臨床検査機器として普及しており、加齢黄斑変性症の病態解明などに貢献する所は極めて大きい。また、内視鏡型OCT、波長走査型OCTの登場に伴い循環器領域、消化器領域、呼吸器領域、皮膚科領域、婦人科領域などあらゆる医療分野において報告され、世界的に開発競争が行われている。OCTは、X線、CT、MRI、超音波検査に次ぐ最先端の医療画像診断技術といわれており、CT、MRIの数十倍の解像度を有する上に、臨床の現場で撮影と同時にその場で画像が確認でき、診療技術の向上や患者へのインフォームド・コンセントにも利用できる。さらに、OCTは近赤外光を用いるため被曝が無いという最大

の利点がある。東日本大震災後、国民の放射線被曝に対する関心は高まり、医療被曝に対する考え方にも大きく影響を与え、被曝を伴わない安全な医療の供給が求められている。歯科界のみならず医療全般に被曝を伴わない画期的な医療機器の研究・開発の必要性がクローズアップされ、より安全・安心な医療技術の提供が求められる。日本人の発癌の3.2%は医療診断用放射線の被曝によるものであるとの報告（Lancet, 2004）および米国では2007年の1年間にCT検査により、米国で毎年発症する癌の約2%に相当する約2.9万人が癌になる計算であると報告されており、X線やCTで不可避であったこの問題を気にすることなく頻回に撮影可能であるという点で、画期的な診断機器である。

このように、OCTはその優れた特性から新たな医療用診断機器として注目を浴びており、消化器癌、肺癌の診断など臨床分野全般に渡る汎用診断技術となる可能性を有している。しかし、口腔領域でのOCTの臨床研究は、「口腔」という狭く複雑かつ微細な組織を適切に撮影できるOCT機器はないために、世界的に報告例が少ない。OCTの口腔分野への応用の道が開ければパノラマX装置以来の新たな歯科用画像診断機器となる可能性を有する。

本研究の第1の目的は、OCTの非侵襲性、高空間分解能、客観性、同時性、低価格性などの特性を生かして歯科臨床への応用を行い、①歯牙う蝕診断、②レジン充填の臨床診断、③義歯等補綴物の非破壊的検査、④歯周病診断、⑤歯髄診断、⑥口腔軟組織疾患診断、⑦インプラント診断等に有効性があるかどうかを確認し、併せて⑧歯科用OCT画像診断機器と従来の画像診断機器と

の画像比較検討を行うことにある。本研究の第2の目的は、その臨床評価の情報を基に産官連携により、新たな歯科用OCT画像診断機器の新規機器の開発を試み、歯科医療機器としてさらに実用性の高い装置の開発を試みることである。将来的には、産官学共同で歯科用OCT画像診断機器の開発を進め、日本発、世界初の新世代の歯科用画像診断機器としての製品化を目指している。さらに、名城大学赤崎勇教授、名古屋大学天野浩教授（平成26年ノーベル賞受賞）らにより紫外線LEDが開発された。歯科用OCT画像診断機器を開発中に得た基礎技術を応用して、紫外線LED等を応用した根管、歯周ポケット内の滅菌、静菌等の治療用機器の開発を合わせて開始した。

主任研究者らは、本研究の基本概念の特許を14件出願中であり、その特許を生かし、歯科医学的知見及び工学的知見を密接に融合させる産官学連携により、口腔疾患に特化した高空間分解能、非侵襲かつ小型の臨床診断が可能な歯科用OCT画像診断機器の開発研究を行っている。本研究班では、世界的にも最先端の歯科用新規画像診断装置として歯科医療の現場に歯科用OCT画像診断機器の実用化を目指している。

我が国は超高齢社会を迎え有病者が増加し、医薬品・医療機器のニーズの拡大が予想され、我が国の医薬品・医療機器産業は経済成長の牽引役へ導く可能性がある。本研究は、平成19年7月に発表された「国立高度専門医療センターの今後のあり方についての有識者会議報告書」のナショナルセンターが担う主な分野の8項目のうち、3:「高度先駆的かつ安全な診断、治療技術の開発」、5:「高い開発リスクを有する新規市場分野を中心とした医薬品・医療

機器の開発」に該当し、ナショナルセンターが行うべき研究として適切なものである。さらに、本研究は当センター中期計画中の「革新的医薬品・医療機器創出のための5か年戦略」（平成19年内閣府・文部科学省・厚生労働省・経済産業省）および大学、ナショナルセンター等が連携したオールジャパンの研究連携体制を標榜する「医療イノベーション5か年戦略」（平成24年内閣府）の主旨に合致し、国策にも沿った開発研究である。

本研究は極めて近い将来に実際の医療サービスへの提供が可能な研究であり、歯科医療現場のみならず、口腔を対象として開発した技術は全身疾患の診断に幅広く応用・貢献することも期待でき、長寿医療・長寿科学研究の発展に積極的に貢献するべく立案された。

（倫理面への配慮）

厚生労働省の臨床研究に関する倫理指針（平成20年厚生労働省告示第415号）に従う。研究を始めるに当たり、各所属組織の倫理規定を遵守し、倫理委員会の承認を得る。各試行において、目的、方法、手順、起こりうる危険についての説明を口頭もしくは文章で提示し、承諾書により被検者の同意を得るなど、インフォームド・コンセントに基づき倫理面への十分な配慮を行う。対象者本人が研究の主旨を理解困難な場合には、家族または近親者を代諾者とする。この同意書には拘束権はなく、対象者はいつでも研究への協力を拒否することができる。研究分担者間で共通した認識を持ち、対象者の個人情報の流出には厳重に留意する。また、今回用いる評価手技自体は侵襲性という側面からみた場合、極めて安全性の高い方法であるが、研究等によ

って生じる当該個人の不利益及び危険性に対する十分な配慮を行い、参加拒否の場合でもいかなる不利益も被らないことを明白にする。

B. 研究方法

C. 研究結果

D. 考察

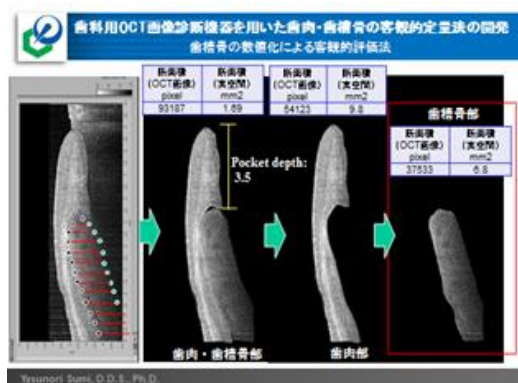
本研究班は、分担研究者が協力して以下の8項目の研究をそれぞれ独立して行っているために、B. 研究方法、C. 研究結果、D. 考察の項目については、研究ごとにまとめて記載する。

1. 歯科用OCT画像診断機器開発(倉林 亨、塩田 真、角 保徳)

国立長寿医療研究センターの中期計画に則って産官学共同研究にて研究開発を進め、紆余曲折はあるものの比較的順調に研究開発が行われ、日本発、世界初の製品化を目指している。以下に研究項目ごとの研究成果を記載する。

(1) 客観的な歯槽骨評価方法の開発

現在の歯科臨床の歯周病の評価方法は、ポケットプローブにより視診による術者の主観で評価している。歯科用OCTの特性を生かして、3次元画像化して歯槽骨の形態の評価に着手した。歯槽骨の厚さ、表面積及び体積を画像化・数値化することを目指す(下図)。



(2) インプラント用プローブの開発

先行研究班の業績として、インプラント用プローブ開発の内容を特許出願(「OCT装置のイメージングプローブ」特願

2012-202402)した。試作プローブによる下顎管撮影を試み、インプラントの深度測定装置としてのガラス製プローブを介しても撮影可能であることから、将来的に術中に下顎管の撮影を行うことができる可能性が示唆された。

(3) 歯科用OCTのMTF解析による空間解像力測定

3D撮影モードによるOCT三次元的画像データ取得方法の最適化がなされた。今後OCTの水平方向の解像特性を明らかにするためにプロファイル像合成の手法について検討する必要がある。一方本研究によって、OCT画像においては、画像平均化やアンシャープマスク処理を行うことによって、画質の一層の向上が得られる可能性が示唆された。

2. 開発した歯科用OCT画像診断機器の臨床応用(田上順次、和泉雄一、塩田 真、高橋英和)

①歯牙う蝕診断、②レジン充填の診断、③義歯等補綴物の非破壊的検査、④歯周病診断、⑤歯髄診断、⑥口腔軟組織疾患診断、⑦インプラント診断などを目的に、歯科用OCT画像診断機器の臨床応用を行った。世界的に類を見ない多数の症例に歯科用OCTを臨床応用し、現時点で800症例、2000本以上の診断に応用し、それぞれの疾患において歯科用OCTの有用性を確認し、特許や英文論文として研究成果が結実している。

(1) 歯科用OCTの歯周疾患診断および治療への応用

歯科用OCTでは、セメント質の有無を容易にリアルタイムで判別することができる

ため、歯周病罹患根面の治療後の評価に役立つことが期待される。とくに、外科手術時など直視下の根面のデブライドメントでは、リアルタイムで、処置中および処置後の根面の評価を行うことができるため有用であろう。また、OCTは歯肉内部の微細な構造を生体のまま描出できるため、歯周組織のより正確でかつリアルタイムでの断層診断に役立つと考えられる。

(2) 歯科用 OCT による露髄防止方法の検討

歯科用 OCT を用いて、咬合面側より歯髄(髄角)を観察することが可能であった。Micro CT、CBCT、OCT 間の歯髄の評価比較では、それぞれ強い正の相関関係が認められ、OCT の評価の妥当性が確認された。

(3) 非う蝕性歯頸部欠損の歯科用 OCT による臨床評価

歯科用 OCT を用いて非う蝕性歯頸部欠損を臨床評価した結果、非う蝕性歯頸部欠損の象牙質に脱灰が生じていることがわかった。歯頸部の脱灰はう蝕よりも低いレベルであり、非う蝕性歯頸部欠損の発症機序に大きく関与している可能性が示唆された。

(4) 歯科用 OCT を用いたコンポジットレジンインレー修復の窩壁適合性の評価

歯科用 OCT を用いて、レジンセメントを用いて接着したコンポジットレジンインレー修復物の適合性を非破壊で観察し、評価することができた。また、セルフアドヒーズレジンセメントのサーマルストレス後の窩壁適合性は、レジンコーティングを行うことにより向上した。

(5) 接着修復窩縁部に生じたエナメル質亀裂の歯科用 OCT 評価

歯科用 OCT の 3D 画像から窩洞縁部付近の断層画像を抽出することにより、エナメル

質に生じた亀裂を観察することができた。牛抜去歯に行ったコンポジットレジン修復において、亀裂は歯頸部において多くみられ、また、リン酸エッチングによって広がる傾向がみられた。

(6) 歯科用 OCT によるコンポジットレジン修復の窩底部象牙質う蝕の 3 次元評価

コンポジットレジン修復において、歯科用 OCT を用いた 3 次元画像から接着界面の断層画像を抽出し、修復物下の象牙質う蝕を検出することができた。その検出精度はデンタル X 線写真よりも高かった。

(7) 光干渉断層装置、共焦点レーザー走査型顕微鏡および実体顕微鏡を用いた抜去臼歯 White spot の観察

歯科用 OCT を用いた white spot の脱灰性状および深度評価の有効性が示され、臨床における初期エナメル質う蝕診断の改善が期待された。

(8) 歯科用 OCT を用いた P0s-Ca およびフッ化物配合ガムによる口腔内 white spot の再石灰化臨床評価

ガム摂取による再石灰化程度に個体差がみられたものの、P0s-Ca およびフッ素配合ガムの口腔内 white spot に対する再石灰化効果は、コントロールガムよりも高い可能性が示唆された。

(9) エナメル質脱灰病変の歯科用 OCT による評価とマイクロ CT との比較

歯科用 OCT を用いることにより、エナメル質の初期脱灰病変の深さと広がりを、マイクロ CT とほぼ同じ精度で画像表示することができた。

(10) 歯科用 OCT によるう蝕病変の客観的評価の試み

歯科用 OCT を用いることにより、エナメル質、象牙質における脱灰病変のシグナル

の変化を、減衰係数を計測して比較した結果、う蝕病原性細菌による脱灰では乳酸による人工脱灰よりも高くなっていた。したがって、う蝕による脱灰は、乳酸を用いた人工脱灰よりも輝度の上昇が高くなる可能性が示唆された。

(11) 歯科用 OCT のインプラント手術への応用の可能性

歯科用 OCT を用いることにより、歯肉厚みに OCT は残留セメントの探知が可能であり、セメント残留によるインプラント周囲炎の予防に効果的である可能性が示唆された。また、骨の厚みが 0.4mm 程度とかなり限定されるものの、術中に OCT でリアルタイムに上顎洞の内部構造を確認できる可能性が明らかとなり、上顎洞底挙上術の際の OCT の有用性が示唆された。

(12) 歯科用 OCT の歯内治療における有用性

歯髄腔の髄角を OCT と歯科用コーンビーム CT (CBCT) で検出し、得られた画像における計測値の相関関係の有無を検討したところ、歯科用 OCT で髄角を観察することができた。OCT と CBCT 画像による計測値が正の相関関係にあることから、それぞれを複合させた画像診断により臨床的な非破壊検査に応用できる可能性が示唆された。

3. 紫外線 LED を用いた歯科治療用機器開発 (松下健二、角 保徳)

発光 LED の新結晶素子開発は世界的な最先端技術であり、名城大学赤崎勇教授、名古屋大学天野浩教授 (平成 26 年ノーベル賞受賞) らにより紫外線 LED が開発された。歯科口腔先端診療開発部ではいち早く紫外線 LED の将来性に目をつけて、平成 22 年より赤崎グループにコンタクトを続けてきた。

今回、歯科口腔先端診療開発部が導入した紫外線 LED は、赤崎勇教授・天野浩教授のグループが開発し初めて外部に提供したものである (下図)。



従来の方法に比較し紫外線の強力なスポット照射が可能となり、紫外線 LED を用いた歯科治療用機器が開発されれば極めて有効な口腔内治療機器となる。紫外線 LED は、口腔のみならず医療全般に応用範囲が広い世界最先端技術であり、まずは口腔分野で機器開発を進め、将来的には医療全般に広げる予定である。

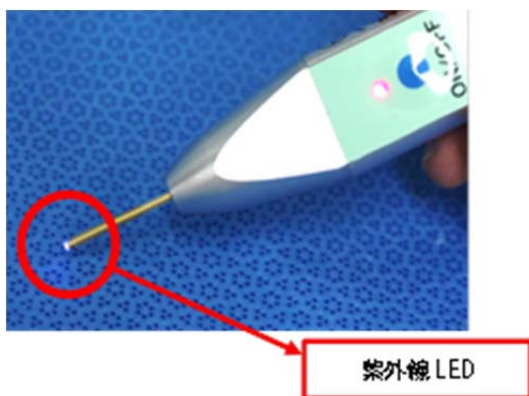
(1) 歯内療法用紫外線 LED 口腔殺菌装置の開発

国立長寿医療研究センターと日機装技研(株)との産官共同開発により、23 年に当センターに試作 1 号機が導入され、抜去歯牙を用いた基礎実験を終了した。出力が 10 倍の 2 号機 (中心波長 254nm) を試作し、当センターに平成 25 年に導入され、その有用性を評価した (下図)。



さらに、紫外線は通常のファイバーを透

過できず、石英ファイバーのみを透過する。よって、口腔内への紫外線の照射は困難であり、ファイバーを使った胃カメラ、大腸ファイバーなどの医療機器に紫外線を用いることができなかった。歯科口腔先端診療開発部では、治療機器の先端に紫外線 LED を直接装備し、口腔内に直接紫外線を照射できる装置を開発した（下図）。



本開発で将来的に胃カメラ、大腸ファイバーなどの医療機器に紫外線を用いることが可能となった。

（２）歯周病用紫外線 LED 口腔殺菌装置の開発

試作した紫外線 LED 歯科治療用機器（中心波長 310nm）を用いて、歯周病原細菌とそれらの形成するバイオフィルムに対する殺菌作用を *in vitro* の実験系で検討および口腔粘膜由来の細胞に対する傷害作用の有無を細胞培養系で検討に着手した。試作機は平成 26 年 10 月 30 日に当センターに導入

した（下図）。



試作した紫外線 LED 照射器は、グラム陰性菌に対し殺菌作用を有すること、また宿主細胞に対しては毒性が低いことが明らかになった。以上のことから、同機器は口腔内の殺菌を目的とする新規医療機器として有望であることが示唆された。

E. 結論

本研究班は、歯科用 OCT の開発を進め、う蝕、歯周病、ヒト口腔癌、口腔良性腫瘍、小唾液腺、義歯、レジン充填などの診断に OCT の有効性を報告してきた。現在、1974 年のパノラマレントゲン装置の国産化以来の新たな歯科用画像診断機器として、日本発、世界初の新たな歯科用 OCT の製品化を目指している。

歯科用 OCT を口腔疾患診断に導入することで期待できることとして、以下を挙げる事ができる。

- 1) 診断面においては、非侵襲下にて、歯周疾患診断、口腔硬組織・軟組織診断などが画像化・数値化でき客観性のあ

る適切な診断が可能となり、医療水準向上への貢献が期待できる。

- 2) 診療面において、X線のように為害作用がなく、チェアサイドで即時的にかつ頻繁に撮影することが可能であり、治療精度の向上が期待できる。
- 3) 健診面において、口腔内診査を行う歯科医師の主観に頼る歯科健診ではなく、客観性のある歯科健診システムを構築することができるようになる。
- 4) 歯科における患者の電離放射線被曝を伴う検査を減少させ、日本人の発癌の3.2%を占めると言われる医原性発癌の減少が期待できる。
- 5) OCTによる歯科材料の非破壊品質管理システムが確立されることによって、補綴治療の予知性と患者QOLの向上が期待できる。
- 6) 患者へ画像情報を的確に提供でき、インフォームドコンセントにも有効に利用することが可能となる。
- 7) 各種口腔疾患の早期客観的診断により早期治療が可能となり医療費の適正化にも寄与することが期待できる。
- 8) 紫外線LEDは、口腔のみならず医療全般に応用範囲が広い世界最先端技術であり、まずは口腔分野で機器開発を進め、将来的には医療全般に広げる予定である。

このように歯科用OCTおよび紫外線LED治療装置の開発は歯科医療において各種口腔疾患の診断・診療・健診に大きく貢献するものと期待され、製品化され普及すると歯科医療が大きく変わる可能性がある。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Turkistani A, Sadr A, Shimada Y, Nikaido T, Sumi Y, Tagami J. Sealing performance of resin cements before and after thermal cycling: evaluation by optical coherence tomography". *Dent Mater.* 30(9): 993-1004, 2014.
- 2) Mandurah MM, Sadr A, Bakhsh TA, Shimada Y, Sumi Y, Tagami J. Characterization of transparent dentin in attrited teeth using optical coherence tomography. *Lasers Med Sci.* 2014 Feb 16.
- 3) Nakajima Y, Shimada Y, Sadr A, Wada I, Miyashin M, Takagi Y, Tagami J, Sumi Y. Detection of occlusal caries in primary teeth using swept source optical coherence tomography. *J Biomed Opt.* 19(1):16020, 2014.
- 4) Shimada Y, Nakagawa H, Sadr A, Wada I, Nakajima M, Nikaido T, Otsuki M, Tagami J, Sumi Y. Noninvasive cross-sectional imaging of proximal caries using swept-source optical coherence tomography (SS-OCT) in vivo. *J Biophotonics.* 7(7):506-13, 2014.
- 5) Wada I, Shimada Y, Ikeda M, Sadr A, Nakashima S, Tagami J, Sumi Y. Clinical assessment of non carious cervical lesion using swept-source optical coherence tomography. *J Biophotonics.* 2014 doi: 10.1002/jbio.201400113. [Epub ahead of print] PMID: 25504772

- 6) Kikuchi K, Akiba N, Sadr A, Sumi Y, Tagami J, Minakuchi S. Evaluation of the marginal fit at implant-abutment interface by optical coherence tomography. *J Biomed Opt.* 19(15):155002, 2014.
- 7) Espigares J, Sadr A, Hamba H, Shimada Y, Otsuki M, Tagami J, Sumi Y. Assessment of natural enamel lesions with optical coherence tomography in comparison with microfocus x-ray computed tomography. *J. Med. Img.* 2(1) 014001 doi: 10.1117/1.JMI.2.1.014001
- 8) Alsayed EZ, Hariri I, Sadr A, Nakashima S, Bakhsh TA, Shimada Y, Sumi Y, Tagami J. Optical coherence tomography for evaluation of enamel and protective coatings. *Dent Mater J.* 34(1): 98-107, 2015.
- 9) J. Ding, A. Ebihara, S. Watanabe, Y. Iino, C. Kokuzawa, T. Anjo, H. Suda, Y. Sumi, Application of Optical Coherence Tomography to Identify Pulp Exposure During Access Cavity Preparation Using an Er:YAG Laser. *Photomedicine and Laser Surgery* 32(6):356-359, 2014
- 10) Y. Iino, A. Ebihara, T. Yoshioka, J. Kawamura, S. Watanabe, T. Hanada, K. Nakano, Y. Sumi, H. Suda, Detection of a Second Mesio Buccal Canal in Maxillary Molars by Swept Source Optical Coherence Tomography *Journal of Endodontics, Journal of Endodontics,* 40(11): 1865-1868, 2014
2. 著書・総説
- 1) Y. Iino, T. Yoshioka, T. Hanada, A. Ebihara, M. Sunakawa, Y. Sumi, H. Suda. Observation of the Pulp Horn by Swept Source Optical Coherence Tomography and Cone Beam Computed Tomography, *SPIE Proceedings, Lasers in Dentistry XXI,* 93060I (February 24, 2015)
- 2) A. Ebihara, Y. Iino, T. Yoshioka, T. Hanada, M. Sunakawa, Y. Sumi, H. Suda. Apices of Maxillary Premolars Observed by Swept Source Optical Coherence Tomography, *SPIE Proceedings, Lasers in Dentistry XXI,* 93060J (February 24, 2015)
- 3) 島田康史、田上順次、角保徳. 光干渉断層計(OCT)を用いたう蝕と亀裂診断の可能性と限界. *日本レーザー歯学会誌* 2014. 25巻3号 159-164
3. 学会発表
- 1) Bakhsh TA, Sadr A, Shimada Y, Mandurah M, Alsayed E, Tagami J. Cryo-FIB/TEM for characterization of dental hard tissue interface. *IADR General Session Cape Town, South Africa.* June 26, 2014.
- 2) Ueno T, Shimada Y, Matin K, Alireza S, Tagami J, Sumi Y. Optical evaluation of enamel and dentin demineralization by cariogenic biofilm using SS-OCT. *6th IAD, Bangkok, Thailand.* January 31, 2015.
- 3) Zhou Y, Shimada Y, Matin K, Sadr A, Tagami J, Sumi Y. Assessment of biofilm-induced enamel and dentin

- demineralization around composite restoration by swept source optical coherence tomography (SS-OCT). 6th IADR, Bangkok, Thailand. January 31, 2015.
- 4) Horie K, Shimada Y, Matin K, Sadr A, Tagami J, Sumi Y. Monitoring of cariogenic demineralization at adhesive interface using SS-OCT. IADR General Session, Boston, USA. March 14, 2015.
 - 5) Tezuka H, Shimada Y, Matin K, Sadr A, Tagami J, Sumi Y. Assessment of cervical tooth demineralization induced by *Streptococcus mutans* using SS-OCT. IADR General Session, Boston, USA. March 14, 2015.
 - 6) Turkistani A, Sadr A, Shimada Y, Nakashima S, Tagami J, Sumi Y. Evaluation of demineralization around composite restorations using Optical Coherence Tomography. IADRSEA-ADE, Kuching, Malaysia. August 11-14, 2014.
 - 7) Turkistani A, Sadr A, Shimada Y, Nakashima S, Tagami J, Sumi Y. Effect of adhesives on caries lesion progress around composite restorations. IADR General Session. Boston, USA. March 14, 2015.
 - 8) Makishi P, Thitthaweerat S, Sadr A, Shimada Y, Giannini M, Tagami J, Sumi Y. Marginal adaptation of adhesives to class-I cavity and their bond-strength. IADR General Session. Cape Town, South Africa. June 26, 2014.
 - 9) Makishi P, Thitthaweerat S, Sadr A, Shimada Y, Giannini M, Tagami J, Sumi Y. Relationship between non-destructive leakage evaluation and bond strength of adhesives. ADM 2014 annual meeting. Bologna, Italy. October 8-11, 2014.
 - 10) Makishi P, Thitthaweerat S, Sadr A, Shimada Y, Giannini M, Tagami J, Sumi Y. 3D Leakage Pathway and Bond Strength of Current Adhesive Systems in Class-I Cavity. The 6th International Congress of Adhesive Dentistry, Bangkok, Thailand. January 31, 2015.
 - 11) Y. Iino, T. Yoshioka, T. Hanada, A. Ebihara, Y. Sumi, H. Suda, Detection of the Second Mesio Buccal Canal of Maxillary Molars by Swept Source Optical Coherence Tomography -Comparison between Inexperienced and Experienced Dentists-, The 14th World Congress of the World Federation for Laser Dentistry, July 2-4 2014, Paris, France
 - 12) A. Ebihara, Y. Iino, T. Yoshioka, T. Hanada, Y. Sumi, H. Suda, Observation of Resected Surface at the Apex by Swept Source Optical Coherence Tomography, The 14th World Congress of the World Federation for Laser Dentistry, July 2-4 2014, Paris, France
 - 13) Y. Iino, T. Yoshioka, T. Hanada, A. Ebihara, M. Sunakawa, Y. Sumi, H. Suda. Observation of the Pulp Horn by Swept Source Optical Coherence

- Tomography and Cone Beam Computed Tomography, SPIE Photonics West, February 15 2015, San Fransisco
- 14) A. Ebihara, Y. Iino, T. Yoshioka, T. Hanada, M. Sunakawa, Y. Sumi, H. Suda. Apices of Maxillary Premolars Observed by Swept Source Optical Coherence Tomography, SPIE Photonics West, February 15 2015, San Fransisco
- 15) 松浦千尋、島田康史、サダルアリレザ、田上順次、角保徳. コンポジットレジン修復における窩底部象牙質う蝕の SS-OCT 3D 評価. 日本歯科保存学会秋季学術大会 (第 141 回)、山形市、平成 26 年 10 月 31 日.
- 16) 田端倫子、島田康史、サダルアリレザ、田上順次、角保徳. 接着修復窩縁部に生じたエナメル質亀裂の SS-OCT 評価. 日本歯科保存学会秋季学術大会 (第 141 回)、山形市、平成 26 年 10 月 31 日.
- 17) 杉浦美穂、北迫勇一、Alireza Sadr、島田康史、角保徳、田上順次. OCT を用いた POs-Ca およびフッ化物配合ガムによる口腔内 white spot の再石灰化臨床評価. 日本歯科保存学会秋季学術大会 (第 141 回)、山形市、平成 26 年 10 月 31 日.
- 18) 指宿隆秀、北迫勇一、Alireza Sadr、島田康史、角保徳、田上順次. 光干渉断層装置、共焦点レーザー走査型顕微鏡および実体顕微鏡を用いた抜去臼歯 White spot の観察. 日本歯科保存学会秋季学術大会 (第 141 回)、山形市、平成 26 年 10 月 31 日.
- 19) 坪川正樹, 青木 章, Lin Tai-Chen, 柿崎 翔, 水谷幸嗣, 谷口陽, 江尻 健一郎, 小田 茂, 角 保徳, 和泉 雄一. 光干渉断層画像診断法(OCT)による抜去歯の根面デブライドメント中の残存歯石およびセメント質のリアルタイム評価. 第 26 回日本レーザー歯学会総会・学術大会, 2014. 12. 6-7, 東京.
- 20) 三田 稔, 今北千春, 塩田真, 春日井昇平, 角 保徳 光干渉断層法 (Optical Coherence Tomography:OCT) による粘膜下残留セメントの評価 公益社団法人日本口腔インプラント学会 第 34 回近畿北陸支部学術大会 2015. 2. 1 京都市
4. シンポジウム・講演
- 1) 角 保徳 近赤外レーザー光を用いた歯科用 OCT 画像診断機器の開発 第 35 回日本レーザー医学会シンポジウム 2014. 11. 29 東京都
5. 講演
- 1) 角 保徳 OCT による 3 次元画像 岩手医科大学 講義 2014. 12. 16 盛岡市
- 2) 角 保徳 歯科用 OCT 画像診断機器の開発—日本発、世界初の製品化を目指して—平成 26 年度社会保険指導者研修会 2014. 9. 17 東京都
6. その他 (受賞)
- 1st Prize Outstanding Poster Award:
Title: "3D Leakage Pathway and Bond Strength of Current Adhesive Systems in Class-I Cavity". Authors: Makishi P, Thitthaweerat S, Sadr A, Shimada Y, Giannini M, Tagami J, Sumi Y. Place: "The 6th International Congress of Adhesive

Dentistry”, Bangkok, Thailand (January, 31st to February, 1st, 2015)

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許登録

- 1) 歯科用OCT装置 角 保徳, 小澤総喜 特許第 5696318 号 平成 27 年 2 月 20 日登録
- 2) 歯牙隣接面の撮影方法及び歯牙隣接面撮影用OCT装置 角 保徳, 小澤総喜 特許第 5678286 号 平成 27 年 1 月 16 日登録
- 3) 基準格子, 基準格子の使用方法, 及び, 基準格子を備える光干渉断層画像診断装置 小澤総喜, 角 保徳 特許第 5577513 号 平成 26 年 7 月 18 日登録
- 4) 画像印刷装置 角 保徳, 根本哲也, 小澤総喜 特許第 5521172 号 平成 26 年 4 月 18 日登録

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし