

長寿医療研究開発費 平成 22 年度 総括研究報告（総合報告及び年度報告）

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（21 指－8）

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

歯科口腔先端診療開発部 部長

研究要旨

【2 年間全体について】

生体に無害な近赤外光を用いた最新の技術である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画像を得ることができる最先端の医療撮像技術として、口腔領域の新たな診断機器となる可能性を有する。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 などの既存の医療用画像診断技術の数十倍の解像度を有する。さらに、日本人の発癌の 3.2%は医療診断用放射線によるとのランセット誌の報告にもあるように、X 線や CT 診断では不可避であった“被曝”という問題を解消している点でも、OCT は画期的な撮影技術である。しかし、口腔領域での OCT の臨床研究は世界的に極めて少なく、口腔分野へ応用の道が開ければパノラマ X 線装置以来の口腔領域の新たな画像診断機器となる可能性を有する有望な非侵襲画像診断技術として OCT が期待されている。

国立長寿医療研究センター歯科口腔先端診療開発部では、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、産官学共同で歯科用光干渉断層画像診断装置の開発を進め、日本発、世界初の製品化を目指し研究開発を進めている。本年度の研究結果として、以下のことが判明した。

- 1) 国立長寿医療研究センターはパナソニックヘルスケア㈱および東京医科歯科大学と産官学共同で、日本発、世界初の製品化を目指し歯科用 OCT 画像診断機器の開発を進めることで合意し、2010 年 11 月に共同でプレスリリースを行った。
- 2) 歯科用 OCT 画像診断機器を手で持ち運べる大きさにまで小型化することに成功し、世界初の在宅用歯科用 OCT 画像診断機器の試作機を来年度には国立長寿医療研究センターに導入予定である。従来の歯科用 OCT 画像診断装置に比較して、コンパクト化に伴う①低重量化、②省スペース化、③移動に耐えられる耐久性を備えている。
- 3) 根管内に応用できる直径 0.5mm の極細プローブを開発して、世界初の根管画像診断用 OCT 試作機がほぼ完成し、来年度には国立長寿医療研究センターに導入予定である。本機器は、根管以外にも適応でき、歯牙隣接面や舌側面などへの応用が可能である。本プローブは内視鏡に搭載することで、胃癌、大腸癌、肺癌への応用も期待される。
- 4) 抜去歯牙の初期う蝕（CO）、エナメル質う蝕（C1）、象牙質う蝕（C2）について OCT 撮影画像所見と同一歯牙の病理組織学所見を比較したところ、ほぼ一致した所見が得られ、歯科用 OCT 画像診断機器はう蝕の診断に有効であることが確認された。

- 5) 歯科用 OCT 画像診断機器はレジン充填の臨床診断に極めて有効であることが示唆された。
- 6) 歯科用 OCT 画像診断機器にて、義歯の内部を破壊せずに観察でき、立体像の構築が可能となったことから、非破壊的品质管理システムとして系統的に構築することにより臨床応用への可能性が考えられた。
- 7) 歯科用 OCT 画像診断機器は口唇小唾液腺疾患の病態解明および診断に有効である可能性が示唆された。
- 8) 歯科用 OCT 画像診断機器から得られた歯牙う蝕や亀裂、ギャップの情報は、実際に半切して拡大観察した結果と一致しており、それぞれの臨床的評価手段として極めて有効であることが判明した。抜去歯では、エナメル質からエナメル象牙境付近まで鮮明に描出していた。歯科用 OCT 画像診断機器の画像評価は、エナメル質や象牙質の脱灰病変の評価法として有効であると考えられた。
- 9) 歯周組織の断層診断において歯科用 OCT 画像診断機器は、装置の性能および画像の鮮明度の向上が必要であるが、断層画像から得られる情報は臨床において非常に有用であると考えられた。
- 10) 歯科用 OCT 画像診断機器は、歯科用小照射野コーンビーム CT と比較して、薄い粘膜構造の内部やエナメル質およびエナメル・象牙境の微細構造の構造の観察に優れている可能性が高い。とくに歯槽骨の同定が可能であることから、今後歯科用 OCT 画像診断機器は歯周組織の断層診断において有効な手段になると考えられた。
- 11) 歯科用 OCT 画像診断機器の画像フォーマットの Digital Imaging and Communications in Medicine（以下 DICOM）変換を実現した。
- 12) OCT に使用する光学系を利用した赤外吸収スペクトル解析法によるう蝕歯牙の評価、および OCT 画像上に物質の構造データをマッピングする技術の開発を行った。
- 13) 波長走査型の 1550nm 帯の光源を新たに開発し、試作機を作製した。基本特性を評価した上で、抜去歯牙にて撮影・評価を行った。その結果、1310nm 帯の光源とほぼ同等の解像度および撮影深度の画像を得ることができた。
- 14) 歯科用 OCT 画像診断機器の歯根破折の検出能力は目視よりも優れており、歯科用実体顕微鏡と同程度であることが示唆された。
- 15) MTF 解析を歯科用 OCT 画像診断機器に適用し、その空間分解能を評価した。今後いくつかの改善すべき点はあるものの、本法を用いることによって、歯科用 OCT 画像診断機器画像の解像度を客観的に評価することが可能になると考えられた。
- 16) 歯科用 OCT 画像診断機器を用いて画像を取得することで、義歯床用レジンと軟質裏装材の接着状態を、破壊せずに評価できることが示唆された。このことは臨床においても大いに汎用性が期待できる。
- 17) 歯科用 OCT 画像診断機器を用いることで、リアルタイムにレジン歯の欠陥や内部構造の脆弱な部位を客観的に評価・検出することが可能であると確認された。適切な非破壊的検査法の導入は、歯科臨床医にとっても患者からの信頼を増すことになろう。ま

本研究班の2年間の研究成果を社会に還元するように努力した結果、特許登録1件、特許出願4件、英文論文13論文、日本語論文4論文、総説・著書11件、講演15回、学会発表48回の研究成果を得た。

平成22年度について

平成22年度の研究成果として、以下のことが判明した。

- 1) 国立長寿医療研究センターはパナソニックヘルスケア㈱および東京医科歯科大学と産官学共同で、日本発、世界初の製品化を目指し歯科用 OCT 画像診断機器の開発を進めることで合意し、2010 年 11 月に共同でプレスリリースを行った。
- 2) 歯科用 OCT 画像診断機器を手で持ち運べる大きさにまで小型化することに成功し、世界初の在宅用歯科用 OCT 画像診断機器の試作機を来年度には国立長寿医療研究センターに導入予定である。従来の歯科用 OCT 画像診断装置に比較して、コンパクト化に伴う①低重量化、②省スペース化、③移動に耐えられる耐久性を備えている。
- 3) 根管内に応用できる直径 0.5mm の極細プローブを開発して、世界初の根管画像診断用 OCT 試作機がほぼ完成し、来年度には国立長寿医療研究センターに導入予定である。本機器は、根管以外にも適応でき、歯牙隣接面や舌側面などへの応用が可能である。本プローブは内視鏡に搭載することで、胃癌、大腸癌、肺癌への応用も期待される。
- 4) 歯科用 OCT 画像診断機器から得られた歯牙う蝕や亀裂、ギャップの情報は、実際に半切して拡大観察した結果と一致しており、それぞれの臨床的評価手段として極めて有効であることが判明した。抜去歯では、エナメル質からエナメル象牙境付近まで鮮明に描出していた。歯科用 OCT 画像診断機器の画像評価は、エナメル質や象牙質の脱灰病変の評価法として有効であると考えられた。
- 5) 歯周組織の断層診断において歯科用 OCT 画像診断機器は、装置の性能および画像の鮮明度の向上が必要であるが、断層画像から得られる情報は臨床において非常に有用であると考えられた。
- 6) 歯科用 OCT 画像診断機器は、歯科用小照射野コーンビーム CT と比較して、薄い粘膜構造の内部やエナメル質およびエナメル・象牙境の微細構造の観察に優れている可能性が高い。とくに歯槽骨の同定が可能であることから、今後歯科用 OCT 画像診断機器は歯周組織の断層診断において有効な手段になると考えられる。
- 7) 歯科用 OCT 画像診断機器の画像フォーマットの DICOM 変換を実現した。
- 8) 歯科用 OCT 画像診断機器の歯根破折の検出能力は目視よりも優れており、歯科用実体顕微鏡と同程度であることが示唆された。
- 9) MTF 解析を歯科用 OCT 画像診断機器に適用し、その空間分解能を評価した。今後いくつかの改善すべき点はあるものの、本法を用いることによって、歯科用 OCT 画像診断機器画像の解像度を客観的に評価することが可能になると考えられた。

- 10) 歯科用 OCT 画像診断機器を用いることで、リアルタイムにレジン歯の欠陥や内部構造の脆弱な部位を客観的に評価・検出することが可能であると確認された。適切な非破壊的検査法の導入は、歯科臨床医にとっても患者からの信頼を増すことになろう。また、診断のみならず、製作過程の改善や製品の標準化にも繋がることが期待される。

平成 22 年度の研究成果を社会に還元するように努力した結果、特許出願 1 件、英文論文 10 論文、日本語論文 3 論文、総説・著書 6 件、講演 11 回、学会発表 38 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 部長

分担研究者

1. 田上順次 東京医科歯科大学 教授
2. 小林 馨 鶴見大学 教授
3. 杉本伸人 Santec (株) 取締役
4. 須田英明 東京医科歯科大学 教授
5. 田中貴信 愛知学院大学歯学部 教授 (平成 23 年度のみ)
6. 和泉雄一 東京医科歯科大学 教授 (平成 23 年度のみ)
7. 倉林 亨 東京医科歯科大学 教授 (平成 23 年度のみ)
8. 水口俊介 東京医科歯科大学 教授 (平成 23 年度のみ)
9. 小澤総喜 国立長寿医療研究センター 医員 ((平成 23 年度のみ)
10. 下郷和雄 愛知学院大学歯学部 教授 (平成 22 年度のみ)
11. 根本哲也 国立長寿医療センター 室長 ((平成 22 年度のみ)

研究協力者

1. 三浦宏子 国立保健医療科学院 部長
2. 山根源之 東京歯科大学 教授
3. 高木裕三 東京医科歯科大学 教授
4. 梅村長生 日本歯科医師会 顧問
5. 樋口勝規 九州大学 教授
6. 西田 功 愛知県歯科医師会
7. 櫻井 薫 東京歯科大学 教授

研究期間 平成 21 年 6 月 26 日～平成 23 年 3 月 31 日

以下の項目は、2年間全体および平成22年度についてまとめて記載する。（本研究は継続した開発研究なので、2年間で年度ごとに分割することは難しいのでまとめて記載する。）

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る。

光干渉断層画像診断法（Optical Coherence Tomography：以下 OCT）は、近赤外光と簡単な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高解像度断層画像を描出することが可能な最先端の画像撮像技術である。OCTは、生体に無害な近赤外光を用いるために、非侵襲下に組織の精密断層画像を得ることができ、最先端の医療撮像技術であり、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、高解像度 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。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）もあり、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 はすぐれた特性から注目を浴びており、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、世界的な技術開発競争が行われている。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、世界的に報告例が極めて少ない。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レジン充填内部の臨床診断、③完成義歯の非破壊的検査、④歯周病診断、⑤歯根破折の診断、⑥口腔軟組織疾患診断等に有効性があるかどうかを確認し、併せて⑦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プローブや新たな光源の開発を試み、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、歯科用 OCT 画像診断機器の小型化を目指し、現在適切な診断装置がない在宅歯科医療の現場での応用への試みや、加えて、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、レーザー等を応用した根管内、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試みた（別紙 1,2）。

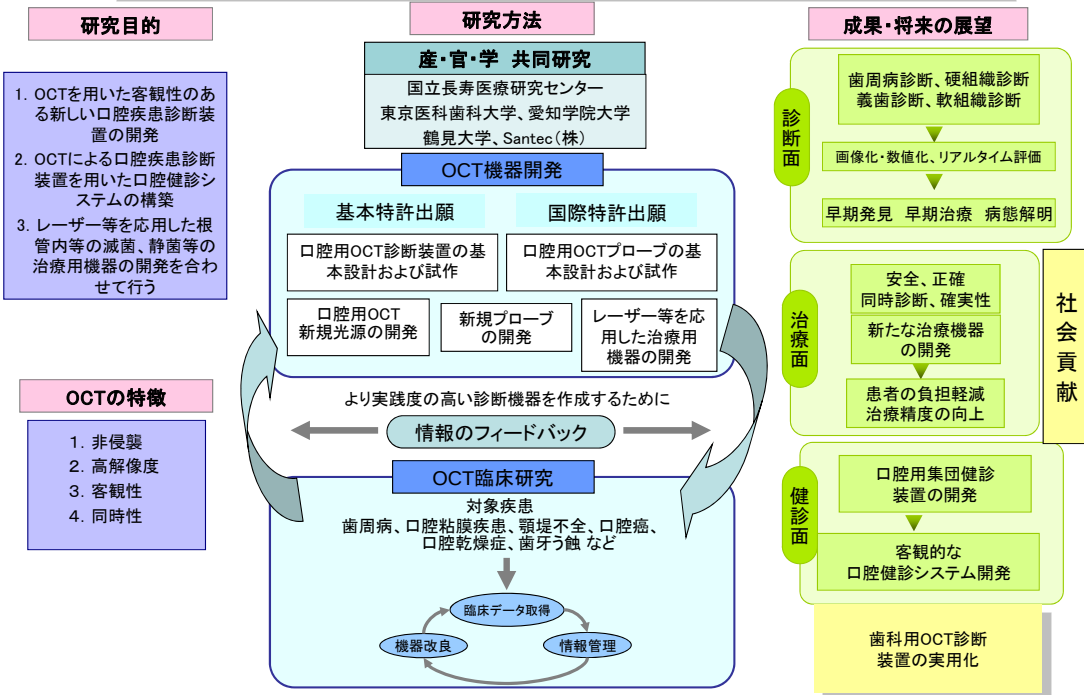
主任研究者らは、本研究の基本概念の特許を12件出願中であり、その特許を生かし、歯科医学的知見及び工学的知見を密接に融合させる産官学連携により、口腔疾患に特化した高空間分解能、非侵襲かつ小型の臨床診断が可能な歯科用OCT画像診断機器の開発研究を行っている。本研究班では、世界的にも最先端の歯科用新規画像診断装置として歯科医療の現場に歯科用OCT画像診断機器の実用化を目指している。

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、平成 19 年 4 月に発表された「革新的医薬品・医療機器創出のための 5 か年戦略（文部科学省・厚生労働省・経済産業省）」の主旨に合致し、国策にも沿った開発研究である。

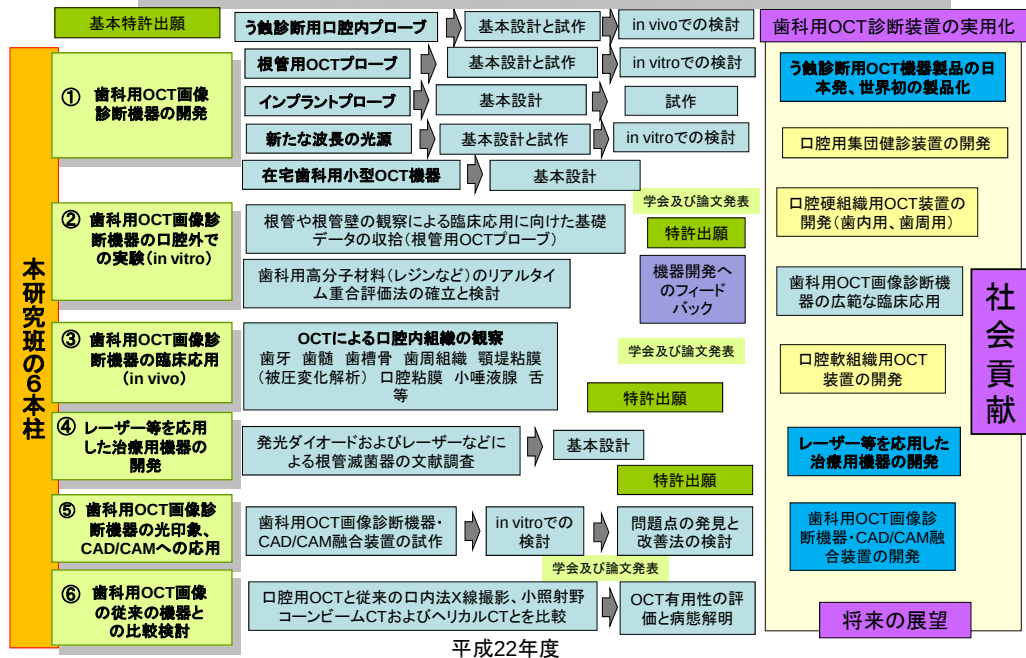
本研究は極めて近い将来に実際の医療サービスへの提供が可能な研究であり、歯科医療現場のみならず、口腔を対象として開発した技術は全身疾患の診断に幅広く応用・貢献することも期待でき、長寿医療・長寿科学研究の発展に積極的に貢献するべく立案された。

（別紙 1,2）。

21指-8「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」
 国立長寿医療研究センター 病院 先端医療機能回復部 歯科口腔外科 角 保徳



光干渉断層画像診断法を用いた高齢者口腔疾患の新たな診断装置およびシステムの開発
 国立長寿医療センター病院先端医療部口腔機能再建科 角 保徳



(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（角 保徳、杉本伸人、小澤総喜）

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効率的に進め、極めて順調に研究開発が行われている。21 年度研究課題の研究内容及び当初計画にかかっていた研究目的・目標を十分達成している。以下に研究項目ごとの研究成果を記載する。

(1) 在宅用歯科用 OCT 画像診断機器の開発

高齢社会の到来と共に、在宅歯科医療の拡充が社会的に求められている。しかし、在宅歯科医療現場での診断において、有効な歯科用画像診断機器が存在しないため、在宅歯科医療が普及しない主要因の一つとなっている。本研究班では、歯科用 OCT 画像診断機器を手で持ち運べる大きさにまで小型化することに成功し、世界初の在宅用歯科用 OCT 画像診断機器の試作機を平成 23 年度には国立長寿医療研究センターに導入予定である。歯科用 OCT 画像診断装置に比較して、コンパクト化に伴う①低重量化、②省スペース化、③移動に耐えられる耐久性を備えている。

(2) う蝕診断用 OCT 画像診断機器の開発

現在使用中の Santec(株)製の歯科用 OCT 画像診断機器に加えて、パナソニックヘルスケア(株)製の最先端のう蝕診断用新規機器が当センターに導入された。国立長寿医療研究センターはパナソニックヘルスケア(株)および東京医科歯科大学と産官学共同で、日本発、世界初の製品化を目指して歯科用 OCT 画像診断機器の開発を進めることで合意し、2010 年 11 月に共同でプレスリリースを行った。

(3) 直径 0.5mm の極細根管プローブの開発（図 1.2）

歯科臨床で高頻度に行われる根管治療を成功させるためには、適切な診査診断が不可欠である。可視化により歯根と根管の形態を正確に把握することが必要となるが、現状では適切な診断機器が存在しない。本研究班では、根管内に応用できる直径 0.5mm の極細プローブを開発し、世界初の根管画像診断用 OCT 試作機をほぼ完成し、来年度には当センター導入予定である。本機器は、根管内外にも適応でき、歯冠隣接面や舌側面などへ応用が可能である。加えて、内視鏡に OCT を搭載し、消化器、呼吸器疾患への応用も期待される。

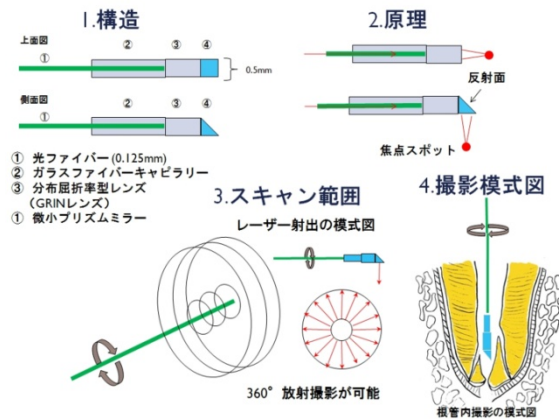


図2：ファイバー型根管用OCTプローブの仕様と特徴

図1 直径 0.5mm の極細根管プローブの概念図

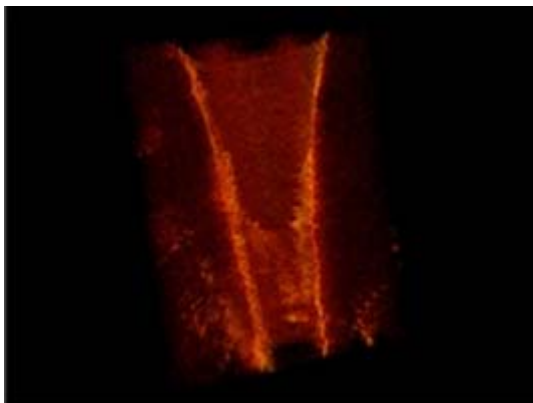


図2 極細根管プローブにて撮影された根管の立体画像

(4) 新たな OCT 用光源の開発

波長走査型の 1550nm 帯の光源を新たに開発し、試作機を作製した。基本特性を評価した上で、抜去歯牙にて撮影・評価を行った。その結果、1310nm 帯の光源とほぼ同等の解像度および撮影深度の画像を得ることができるものである。

(5) 紫外線 LED を用いた歯科治療用機器開発

発光ダイオード (LED) の新結晶素子開発は世界的に最先端技術であり、殊に名城大学赤崎教授のグループの研究などから紫外線の発生も可能となってきた。紫外線 LED は、従来の方法に比較し、強力なスポット滅菌が可能と考えられる。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根管治療機器となり、産官共同開発を行うべく

22 年度より共同研究開発を着手し始めている。

今後、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う。本研究では歯科医療の現場に、歯科の新規画像診断装置として世界的にも最先端技術である歯科用 OCT 画像診断機器の実用化を目指し、日本発、世界初の歯科用 OCT 画像診断機器の製品化に取り組む予定である。口腔管理を通じて国民の健康増進に貢献したいと考えている。

2. 歯科用 OCT 画像診断機器の保存領域での応用（田上順次）

生体の断層構造を光学組織切片に近い精度で画像化できる OCT は、歯科の臨床現場において同時性を持って捉えることが期待される。そこで保存修復領域における OCT の歯科臨床への導入応用を目指し、エナメル質ならびに象牙質に OCT 観察を行った場合の屈折率による違い、う蝕や歯の亀裂の診査、修復物内部のギャップの検知を行い、検討した。

【材料および方法】

(1) エナメル質と象牙質の屈折率

ヒト抜去歯よりエナメル質ならびに象牙質を平行に切り出し、研磨後、金属板の上ののせて Swept Source Optical Coherence Tomography（以下 SS-OCT）を用いて観察した。SS-OCT 画面上で見られる歯の厚みと、実際の歯の表面から金属板までの距離を比較し、屈折率を計算した。エナメル質についてはエナメル小柱の走向による違いを、象牙質については象牙細管の走向による違いを検討した。

(2) 咬合面う蝕の観察

咬合面う蝕の検知に SS-OCT を用い、視診と比較した。抜去歯牙咬合面について歯科用 OCT 画像診断機器にて観察を行った後、実際に半切し、レーザー顕微鏡を用いて観察した場合の所見と比較した。0：健全部、1：崩壊を伴わないエナメル質の脱灰、2：崩壊を伴うエナメル質う蝕、3：象牙質う蝕 にスコア分類し、感度、特異度を求め、ROC 曲線を求め、比較を行った。

(3) エナメル質亀裂の診断の試み

歯冠に亀裂を有すると思われるヒト抜去歯 50 本について、SS-OCT による観察を行い、光をあてて視診を行った結果と比較した。便宜上、0：亀裂のないもの、1：エナメル質表層 1/2 に限局した亀裂、2：エナメル質深部 1/2 に及ぶ亀裂、3：EDJ に到達する亀裂、4：象牙質まで及ぶ亀裂 にスコア分類し、感度、特異度、ROC 曲線を求め、比較した。

(4) 画像処理を用いたコンポジットレジン修復窩洞の辺縁封鎖性の断層画像診査

歯冠部象牙質に形成した I 級窩洞に、コンポジットレジンを充填し、SS-OCT を用いて辺縁の様相を調査した。撮影した画像にソフトウェアを用いて画像処理を行い、さらにフィルター処理によりノイズを取り除き、2 値化することにより、画像における輝度変換部分をコンポジットレジン辺縁のギャップとして抽出した。その後、実際に窩洞を半切して

CLSM 観察し、画像処理によって得られたギャップの情報が、実際のギャップの位置と一致しているかを確認した

(5) コンポジットレジン修復窩洞の 3 次元画像構築による辺縁封鎖性の断層像診断

エナメル質に皿状窩洞を形成し、コンポジットレジンを充填した。37℃の水中に 24 時間保管、または 5℃と 55℃のサーマルストレスを 5000 回負荷し、アンモニア硝酸銀水溶液に浸漬した。その後、SS-OCT を用いて画像情報を高速で取り込み、構築した 3 次元画像から 2 次元の断層画像を抽出し、フローアブルレジン周囲のギャップの有無を観察した。抽出して得られた二次元の OCT 画像から、dB ユニット表示された窩洞周囲のグレースケールの変化を画面上のピクセル毎に調査し、その明るさの変化をデジタルイメージングソフトウェアにより解析した。

【研究結果】

(1) エナメル質と象牙質の屈折率 (図 3)

エナメル質ならびに象牙質の屈折率の平均値は、それぞれ 1.63 と 1.55 であった。エナメル質の屈折率はエナメル小柱の走向による影響をあまり受けなかったが、象牙質の屈折率は象牙細管の走向によって異なっていた。

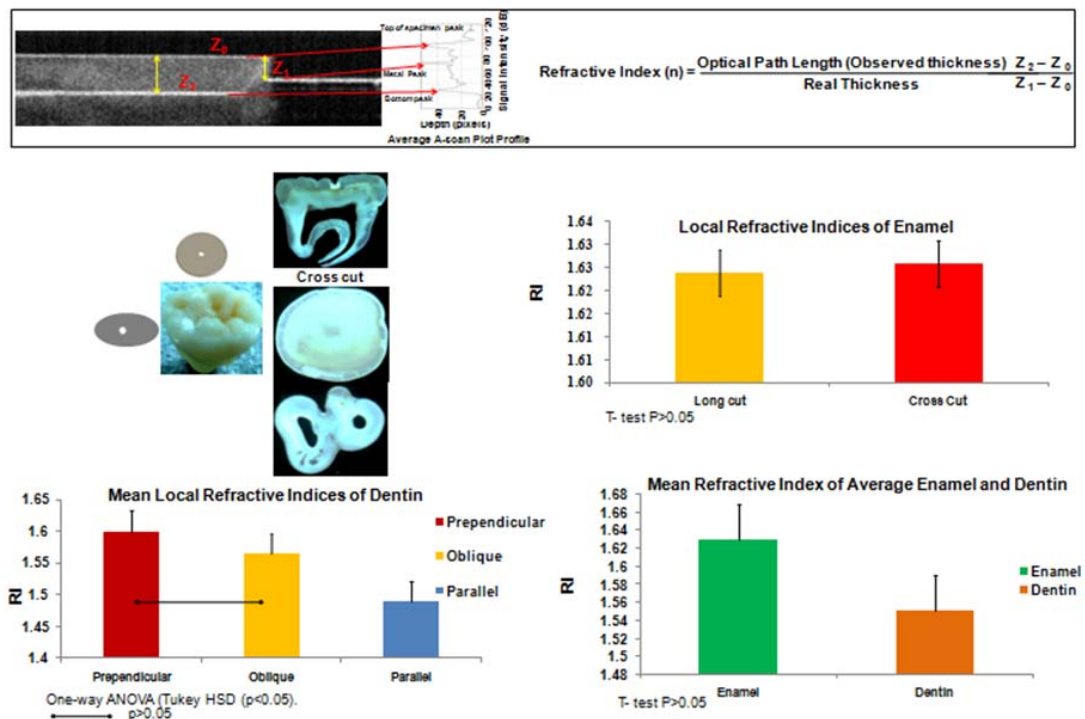


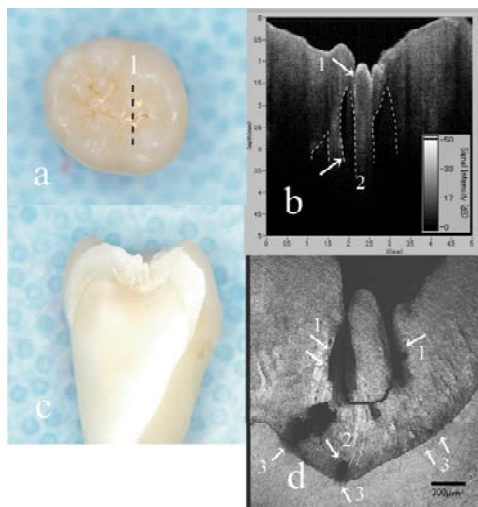
図3 エナメル質と象牙質の屈折率の評価

(2) 咬合面う蝕の観察 (図 4)

SS-OCT による咬合面う蝕の診査は、深さ方向の情報が加わるため、視診よりも正確であった。特に初期う蝕の検知に有効であり、感度 0.98、特異度 0.45、OCR 曲線から得られた Az は 0.86 であり、視診では感度 0.80、特異度 0.69、Az 0.74 であった。

咬合面裂溝う蝕の観察

わずかに脱灰が見られる裂溝の観察例



a.咬合面観、b.1におけるOCT画像、
c.1における半切面観、d. cのCLSM観察画像

結果 0:健全 1:エナメル質の崩壊を伴わない脱灰病変
2:エナメル質の崩壊をともなうエナメル質う蝕、3:象牙質う蝕

	score	CLSM				total
		0	1	2	3	
視診	0	11	10	7	2	30
	1	5	13	12	7	37
	2	0	1	10	18	29
	3	0	0	0	15	15
	total	16	24	29	42	111

	score	CLSM				total
		0	1	2	3	
SS-OCT	0	12	2	0	0	14
	1	4	22	5	0	31
	2	0	0	23	17	40
	3	0	0	1	25	26
	total	16	24	29	42	111

Cut-off値, 感度, 特異度, ROC曲線 (Az)

う蝕の有無

	cut-off	感度	特異度	Az
視診	0-1	0.80	0.69	0.74
SS-OCT	0-1	0.98	0.75	0.86

象牙質う蝕

	cut-off	感度	特異度	Az
視診	2-3	0.36	1.00	0.68
SS-OCT	2-3	0.60	0.98	0.80

図4 歯科用 OCT 画像診断機器による咬合面う蝕の観察

(3) エナメル質亀裂の診断の試み (図5)

視診では深さの判別ができない亀裂も、SS-OCT を用いることにより、明瞭に確認することができた。亀裂の検知に関しては感度 0.95、特異度 0.75、Az0.85 であり、すべて視診より上回っていた。また、亀裂の深さの検知に関しても高い感度を示し、感度 0.90、Az0.77 であった。

歯冠部亀裂の観察

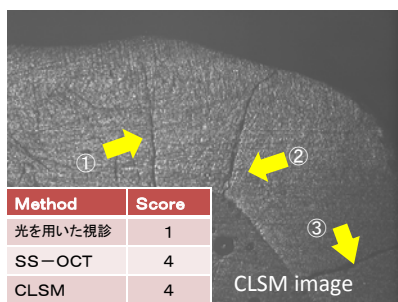
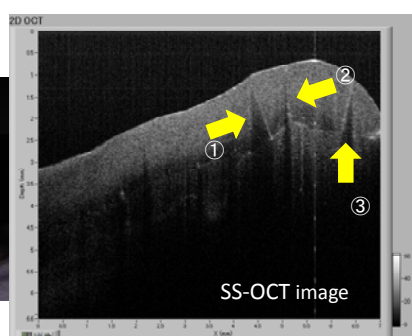


亀裂の有無の検出

	Cut-off	感度	特異度	Az
光を用いた視診	1-2	0.87	0.50	0.69
SS-OCT	1-2	0.95	0.75	0.85

EDJ まで及ぶ亀裂の検出

	Cut-off	感度	特異度	Az
光を用いた視診	3-4	0.23	0.89	0.56
SS-OCT	3-4	0.90	0.63	0.77



Method	Score
光を用いた視診	1
SS-OCT	4
CLSM	4

図5 歯科用 OCT 画像診断機器による歯冠部亀裂の評価

(4) 画像処理を用いたコンポジットレジン修復窩洞の辺縁封鎖性の断層画像診査

SS-OCT を用いることにより、コンポジットレジン修復物の内部の辺縁の状態を非破壊的に観察することができ、特に画像処理を行うことにより、ギャップの抽出は容易になった。SS-OCT における輝度変換の長さは、実際のギャップの長さとの相関がみられ、ほぼ一致していた。その一方で、輝度変換の幅とギャップの幅との間に相関は見られなかった。

(5) コンポジットレジン修復窩洞の 3 次元画像構築による辺縁封鎖性の断層画像診断

3 次元画像構築により、窩洞の外形ならびに充填されたコンポジットレジンの様相を立体的に再現することができた。また、半切研磨面の CLSM 観察との比較から、3 次元画像構築より抽出した 2 次元断層画像でみられる窩洞周囲の輝度変換は、ギャップであることが確認できた。したがって、SS-OCT の 3 次元画像構築から、コンポジットレジン修復物の接着界面におけるギャップの有無を非破壊的に調査できる可能性が示唆された。(図 6)

3次元画像構築を用いたコンポジットレジン修復の窩底部ギャップの観察

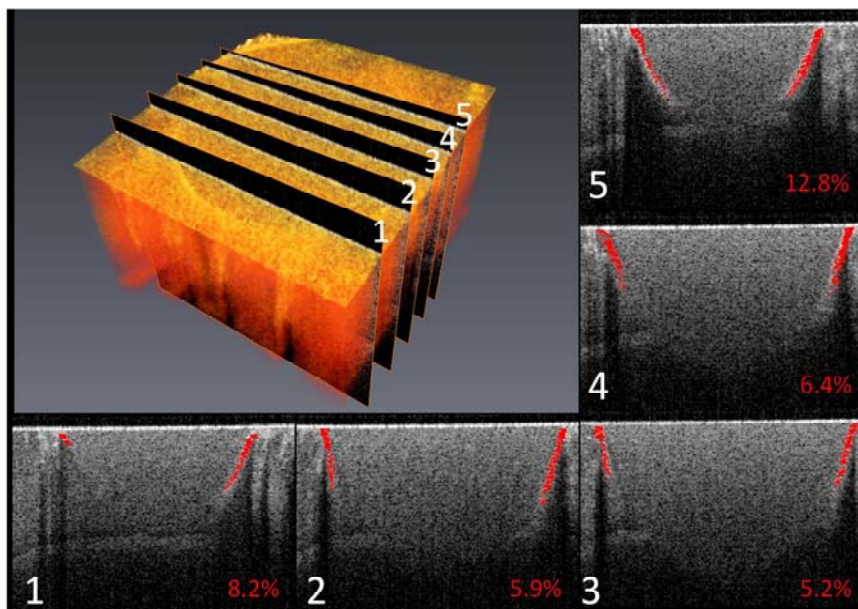


図 6 3 次元画像構築によるコンポジットレジン修復窩洞の窩底部ギャップの観察

【考察】SS-OCT により、う蝕や歯の亀裂、レジン修復のギャップの有無を、従来の方法よりも正確に診査することができた。特に SS-OCT を用いた画像は、エナメル質における深さ方向の情報は極めて優れ、特にエナメル質の亀裂のように、破断面からの反射シグナルが期待される場合、EDJ をこえて象牙質にまで到達するような深さをも画像化することができた。また、超高速での画像処理が行える SS-OCT では、3 次元画像解析による診断をチェアサイドで実現する可能性を有しており、本研究から、コンポジットレジン修復を 3 次元画像構築し、そこから抽出した断層画像から得られたギャップの情報は、実際に

修復物を半切して観察した結果と一致していた。したがって、修復物全体の封鎖性を瞬時に診断できることが判明した。

【結論】歯科用 OCT 画像診断機器から得られた歯牙う蝕や亀裂、ギャップの情報は、実際に半切して拡大観察した結果と一致しており、それぞれの臨床的評価手段として極めて有効であることが判明した。抜去歯^④ではエナメル質からエナメル象牙境付近までは鮮明に描出していた。歯科用 OCT 画像診断機器の画像評価は、エナメル質や象牙質の脱灰病変の評価法として有効であると考えられた。

3. 歯科用 OCT 画像診断機器の歯周組織診断への応用（和泉雄一）

生体への被曝や侵襲のない歯科用光干渉断層診断装置（OCT）は、X線、コンピュータ断層撮影（CT）、核磁気共鳴画像法（MRI）、超音波に加え、歯周治療においても臨床応用が非常に期待されている。しかしながら、歯科用 OCT 画像診断機器を用いた歯周組織診断については、その基本的な画像解析および評価法は未だ確立されていない。本研究は、歯周組織診断における OCT 画像の基本的な評価方法を確立することを目的とした。

【材料および方法】

1. 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歯科口腔先端診療開発部（角 保徳部長）にて得られた 31 名 158 歯に対する臨床データと OCT 画像の解析を行った。
2. 被検者 5 名の石膏模型から OCT の断層撮影における深さ方向の拡大補正率を求めた。
3. 被検者 6 名に対し、ポケット診査と口腔内写真およびデンタル標準 X 線写真撮影を行ない、各歯を OCT で撮影した。撮影時間測定、疼痛と不快感の評価、画像の解析を行った。
4. イヌ（ビーグル犬）の顎骨標本の上顎左側第 1、2 切歯を用い、歯槽骨を OCT 断層撮影し評価した。
5. 歯周外科処置を要する患者 6 名の 11 歯を対象として、歯周外科対象歯の OCT 断層撮影を行い、OCT 上での歯槽骨像と歯周外科手術中の実際の骨組織との比較を行った。

【結果と考察】

1. 提供されたヒトの歯周組織 OCT 画像の解析により、歯周組織の各種の解剖学的形態が確認できた。また結合組織内には白色の高輝度の刷毛様の構造が認められた。
2. 石膏模型から求めた OCT 像の拡大補正率は、平均 2.50 ± 0.20 (Mean $\pm$ SD、n=5) であった。
3. X 線撮影と比較して OCT 断層撮影は比較的短時間で可能で、異常な不快感や肉眼的侵襲は認められなかった。
4. イヌの上顎標本では、歯槽骨は一様な暗色の構造物として確認できた。
5. 歯周外科治療術前の OCT 断層像では多くの場合において歯槽骨の同定が可能で、歯肉弁を剥離した状態で確認した実際の歯槽骨の位置および形態とほぼ一致していた。

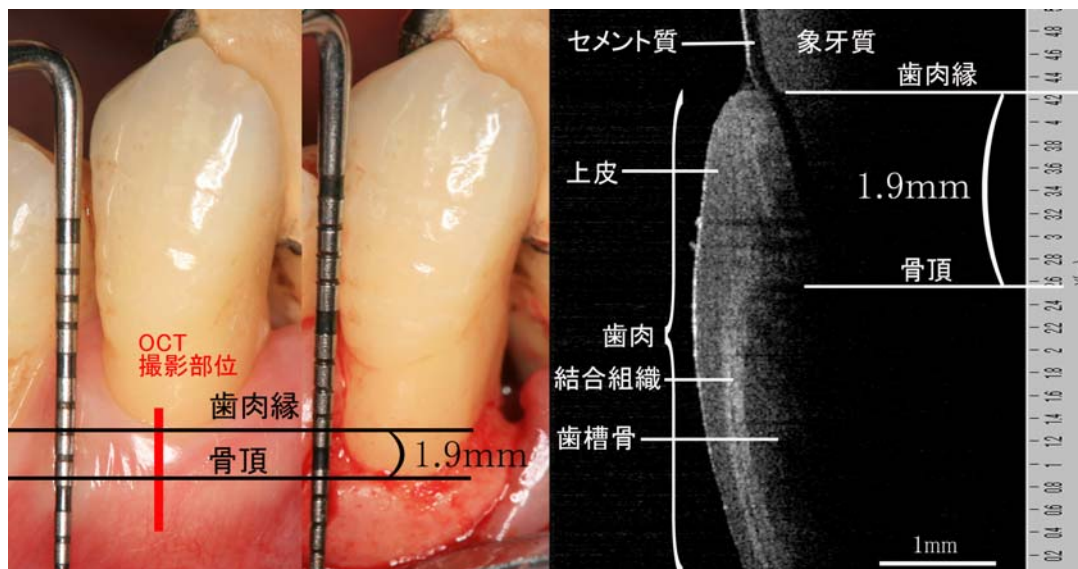


図7 歯周外科処置を要する患者におけるOCT上での歯槽骨像と歯周外科手術中の実際の骨組織との比較

【結論】歯周組織の断層診断において歯科用OCT画像診断機器は今後、装置の性能および画像の鮮明度の向上が必要であるが、断層画像から得られる情報は臨床において非常に有用であると考えられた。

4. 歯科用OCT画像と従来の画像機器との比較検討（小林 馨）

歯科用光干渉断層画像法(OCT)による画像と従来の画像機器である歯科用小照射野コーンビームCTによる画像を比較検討することで、歯科用OCTの利点を明らかにする。また、病院内の画像配信や画像観察を考慮し、歯科用OCT画像を医療画像の統一フォーマットであるDigital Imaging and Communications in Medicine（以下DICOM）化について検討する。

【方法】系統解剖体から摘出した、残存歯のある上顎2部位、下顎（（図7）2部位）の摘出標本を被写体として用いた。被写体には、歯科用OCT画像と歯科用小照射野コーンビームCT画像の位置を一致させるために、頬(唇)側と舌側に参照孔を設けた。参照孔はスチールバー先端径1.2mmで付与した。

また、6本の抜去歯を半切し、これも被写体として用いた。

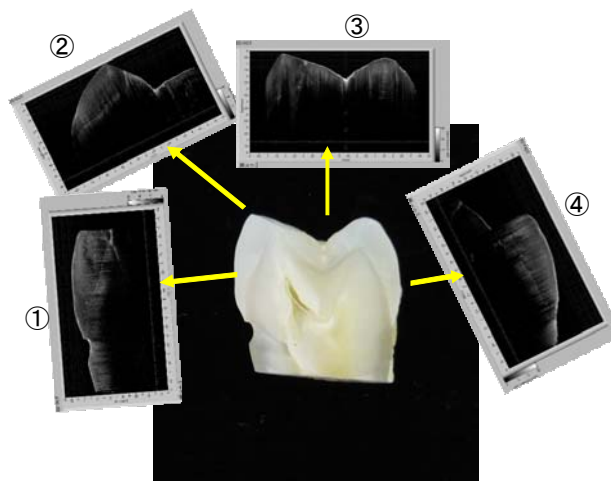
被写体を、歯科用OCT画像診断機器と歯科用小照射野コーンビームCT装置で撮影した。

DICOM化については、3D画像取得した本データを解析し画像化について検討した。

【結果と考察】下顎臼歯部標本の同一部位のOCTと歯科用小照射野コーンビームCT画像は、唇側において、歯科用OCT画像で骨表面が描出され、歯科用小照射野コーンビームCT画像の骨表面と一致していると判断できた。歯肉内部は歯科用小照射野コーンビームCT画像では、ほぼ均一なdensityを示しているが、歯科用OCT画像では不均一であつ

た。

抜去歯の半切標本では、歯科用OCT画像は、エナメル質、エナメル・象牙境を精細に描出していた（図8）。



被写体に用いた抜去歯の半切面。OCT像を?で対応させた。
OCT像はエナメル象牙境まで明瞭に描出している。また、歯頸部根面の
陥凹とエナメル質との関係も詳細に描出している。(①)

図8 歯科用OCT画像診断機器による抜去歯の半切標本の評価。エナメル質、エナメル・象牙境を精細に描出している。

DICOM化については、本データからの各スライス画像化については可能であった。今後、3次元データとしてのDICOM化は検討中である。

【結論】歯科用OCT画像診断機器は、歯科用小照射野コーンビームCTと比較して、薄い粘膜構造の内部やエナメル質およびエナメル・象牙境の微細構造の構造の観察に優れている可能性が高い。とくに歯槽骨の同定が可能であることから、今後歯科用OCT画像診断機器は歯周組織の断層診断において有効な手段になると考えられる。さらに、歯科用OCT画像診断機器の画像フォーマットのDICOM変換を実現した。

5. 歯科用 OCT 画像診断機器による歯根破折の検出能力の評価（須田英明）

垂直性歯根破折（VRF）は、慢性根尖性歯周炎（per）とその症状が類似しており、鑑別診断が重要である。VRFには、限局性の歯周ポケットやレントゲン写真上での量状の根尖透過像などが現れるのが特徴的な所見である。しかし、初期のVRFでは、それらの兆候を示さないことも多く、鑑別診断は困難である。VRFは抜歯の適応となり、perは感染根管治療を行い、歯の保存を試みるというように大きく治療方針が異なる。この非可逆的な治療方針の相違からも鑑別診断は非常に重要である。しかし、確定診断には

破折線の検出が不可欠である。現在、肉眼で観察できない破折線の検出には、歯科用実体顕微鏡を用いた外科的・非外科的な探索が用いられているが、それらはいずれも歯根表面に視認可能な幅・長さの破折線が現れた時に初めて診断できるものである。

今回の研究では **Swept Source Optical Coherence Tomography**（以下 **SS-OCT**）を用いて、歯根の表面および内部の破折が検出可能かどうか、抜去歯を用いて検討した。

【方法】実験には、抜去後に水中保管したヒト抜去下顎大白歯 12 本を使用した。

観察部位は各根の外側とした。実験歯は、2 根性が 11 本、3 根性が 1 本、計 25 本の根を評価対象とした。

まずマイクロ CT（SMX100CT、島津製作所、京都）にて各抜去歯を撮影し、各根の破折の有無を決定した。破折は 17 本の根に認められ、8 本は破折のない健全な根であった。

1) 歯科用実体顕微鏡による評価

歯科用実体顕微鏡（OPMI pico、Zeiss ドイツ）にて各根を観察し、破折・非破折の判定を行った。

2) SS-OCT による評価

SS-OCTにて各根の撮影を行い、3次元画像解析ソフト（Amira5.3、Visage Imaging、オーストリア）にて3次元構築し、破折・非破折の判定を行った。

それぞれの判定の感度・特異度・正答率を算出した。

【結果と考察】マイクロ CT と OCT 画像の例を図 9 に示す。

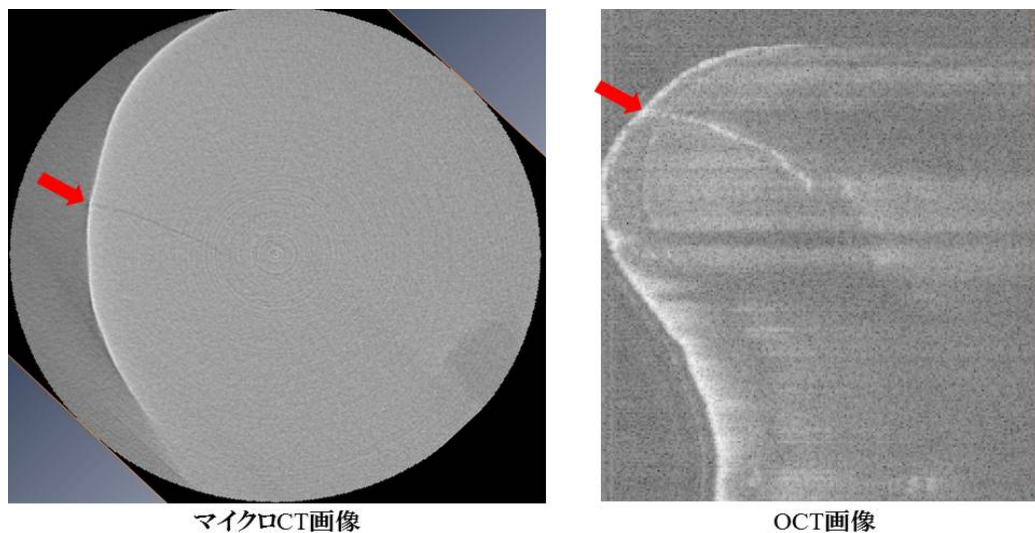


図 9 同一部位のマイクロ CT 画像及び OCT 画像
（赤矢印部分に破折線が観察できる）

これまで、OCT ではレーザーの照射方向に虚像（アーチファクト）が多く出ることが確認されており、入射角度を変えることである程度改善すると報告されている。しかし、今回 OCT の連続的な画像を用いて評価を行うことで、虚像なのか実際の構造物なのかを多くの場合で判断できた。また、3 次元構築を行い、任意の断面を作成・評価することで、破折線の検出能力が向上したと思われる。OCT 画像において、根管までは到達していない破折線が確認できる。歯科用実体顕微鏡では歯根表面で破折線の有無を判断するだけであるため、内部への進捗は確認できない、この点においても、歯科用実体顕微鏡よりも OCT の方が有利だと思われる。

【結論】 歯科用 OCT 画像診断機器の歯根破折の検出能力は目視よりも優れており、歯科用実体顕微鏡と同程度であることが示唆された。

6. 歯科用 OCT 画像診断機器の MTF 解析による空間分解能測定（倉林 亨）

本研究の目的は、Optical Coherence Tomography (OCT) に、変調伝達関数 (Modulation Transfer Function ; 以下 MTF) 解析を適用し、その空間分解能について明らかにすることである。

【方法】

OCT の空間分解能を測定するために、直径 30 μ m のタングステンワイヤをもつファントムを作成し撮影を行なった。得られた画像に対して、オーバーサンプリング法を適用し、点広がり関数および線広がり関数 (Line Spread Function ; 以下 LSF) を得て、フーリエ変換を行い MTF 曲線を求めた。OCT における MTF 解析は、撮像視野内の中央、近位、遠位と側方方向に対して行ない、撮像視野内の空間分解能の変動について検討した。

【結果と考察】

30 枚の 2D 画像から Oversampled LSF を求め、これをフーリエ変換して MTF 曲線を得た。同曲線より、MTF の値が 10% になる値 ρ_{10} を求めると、X 座標方向では、ほぼ 10.5 /mm、(遠位は 5.0 /mm)、深さ方向では 22.5 /mm 程度であった。この結果から、X 座標方向では、5 μ m の分解能 (遠位では 10 μ m) を持ち、深さ方向では、分解能は 2-3 μ m と推定され、X 座標方向より深さ方向の方が高い解像力を持っていることが推察された。

【結論】 我々は MTF 解析を歯科用 OCT 画像診断機器に適用し、その空間分解能を評価した。今後いくつかの改善すべき点はあるものの、本法を用いることによって、OCT 画像の解像度を客観的に評価することが可能になると考えられた。

7. 歯科用 OCT 画像診断機器を用いた義歯床用レジンと軟質裏装材との接着界面における評価（水口俊介）

軟質裏装材には、義歯床用レジンとの接着性が求められる。しかし、その評価方法として、引っ張り試験、引き裂き試験、せん断試験などが行われるが、破壊試験であり、臨床においては到底用いることができないものである。そこで本研究では、非破壊的検査が可能な OCT を用い、義歯床用レジンと軟質裏装材の接着界面の評価に対する歯科用 OCT 画

像診断機器の有用性を検討することを目的とした。

【方法】使用材料は、アクリル系軟質裏装材としてベルテックスソフト(VS)、シリコーン系軟質裏装材としてモロプラスト B(MB)、義歯床用レジンにはアクロンピンク(AC)とし、2mm の義歯床用レジンに、軟質裏装材 2mm を裏装したものをサンプルとした。OCT の撮影は、義歯床用レジン側と軟質裏装材側から行い、また、走査型電子顕微鏡(S-4500、日立製作所)を使用し、SEM 画像の取得と、さらに X 線分析装置(EDS)を使用し SEM 画像上での線分析を行った。

【結果と考察】VS、MB 側より撮影した OCT 画像では、MB では若干不明瞭ではあるもの、接着界面をとらえ、一方 AC 側からは接着界面をとらえることができなかった。裏装材と義歯床用レジンが完全に剥離している場合、接着界面は 2 本線で、間に空隙があるように見えることから、本研究の VS と MB では、義歯床用レジンと接着していると考えられる。また、EDS より MB 中には Si 成分が非常に多く、OCT 画像で VS に比べ接着界面が不明瞭であったことは、Si が OCT の近赤外線透過、散乱に影響を与えている可能性が考えられる。

【結論】歯科用 OCT 画像診断機器を用いて、義歯床用レジンと軟質裏装材の接着状態を、評価できることが示唆された。OCT は非破壊的に画像を取得することができ、臨床においても大いに汎用性が期待できる。

8. 歯科用 OCT 画像診断機器を用いたレジン歯の非破壊検査 (田中貴信)

高齢化社会の到来と共に、義歯の使用者は年々増加すると考えられ、人工臓器として長期的な機能が求められる義歯の品質管理は極めて重要となる。しかしながら、一般産業界で製品の品質管理のために広く普及している対象物に切断などの処置を加えず、そのまま観察する非破壊的検査を、義歯に適応した報告は少ない。本研究では、高解像度を有する最先端の非侵襲医療画像撮像技術である、光干渉断層診断装置 (Optical Coherence Tomography:OCT) を用いて、義歯の重要な構成要素である人工歯 (レジン歯) の形態的特徴を非破壊的に評価することを目的とした。

【方法】国立長寿医療研究センターにて産官共同開発された歯科用 OCT 画像診断装置 (波長走査型 OCT) を用い、市販されている人工歯の上顎前歯各々6 歯、合計 24 歯の唇側面、口蓋側面、遠心隣接面より撮影した OCT 精密断層像から評価を行った。

【結果と考察】全てのレジン歯において、エナメル層、デンティン・ベース層の 2 層構造を精密に観察することが可能であった。OCT の欠点である撮影深度の問題は、レジン歯では全く問題なく、非破壊的な評価が可能であった。(図 10)

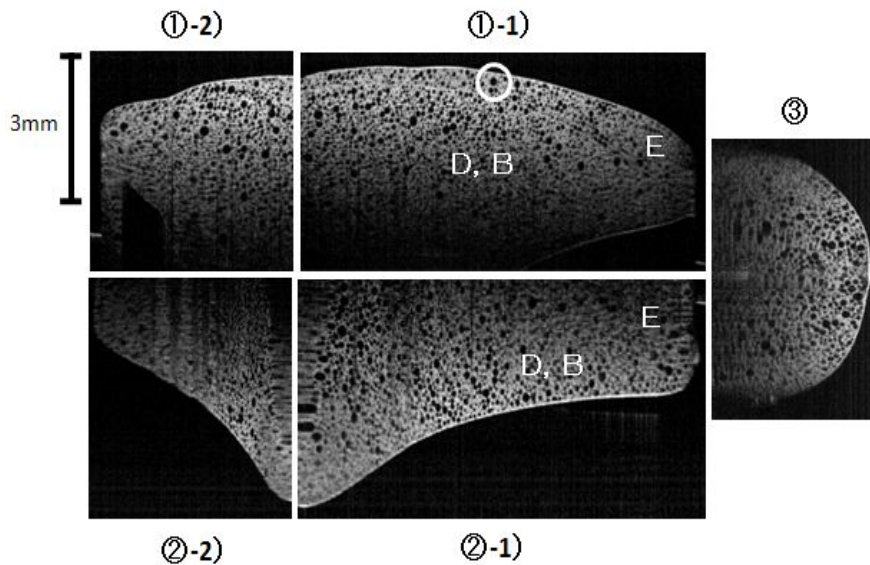


図 10 歯科用 OCT 画像診断機器によるレジン歯の評価

レジン歯において、表層から最大 3mm の内部構造が精密に確認でき、特に唇側と口蓋側から撮影した場合、合計 6mm の厚径まで撮影可能であるため、OCT はレジン歯の非破壊的検査に有効であることが確認された。

【結論】歯科用 OCT 画像診断機器を用いることで、リアルタイムにレジン歯の欠陥や内部構造の脆弱な部位を客観的に評価・検出することが可能であると確認された。適切な非破壊的検査法の導入は、歯科臨床医にとっても患者からの信頼を増すことになる。また、診断のみならず、製作過程の改善や製品の標準化にも繋がることが期待される。

E. 結論

- 1) 国立長寿医療研究センターはパナソニックヘルスケア㈱および東京医科歯科大学と産官学共同で、日本発、世界初の製品化を目指し歯科用 OCT 画像診断機器の開発を進めることで合意し、2010 年 11 月に共同でプレスリリースを行った。
- 2) 歯科用 OCT 画像診断機器を手で持ち運べる大きさにまで小型化することに成功し、世界初の在宅用歯科用 OCT 画像診断機器の試作機を来年度には国立長寿医療研究センターに導入予定である。従来の歯科用 OCT 画像診断装置に比較して、コンパクト化に伴う①低重量化、②省スペース化、③移動に耐えられる耐久性を備えている。
- 3) 根管内に応用できる直径 0.5mm の極細プローブを開発し、世界初の根管画像診断用 OCT 試作機をほぼ完成し、来年度には国立長寿医療研究センターに導入予定である。本機器は、根管以外にも適応でき、歯牙隣接面や舌側面などへの応用が可能である。本プローブは内視鏡に搭載することで、胃癌、大腸癌、肺癌への応用も期待される。
- 4) 抜去歯牙の初期う蝕 (CO)、エナメル質う蝕 (C1)、象牙質う蝕 (C2) について OCT 撮影画像所見と同一歯牙の病理組織学所見を比較したところ、ほぼ一致した所見が得

られ、歯科用 OCT 画像診断機器はう蝕の診断に有効であることが確認された。

- 5) 歯科用 OCT 画像診断機器はレジン充填の臨床診断に極めて有効であることが示唆された。
- 6) 歯科用 OCT 画像診断機器にて、義歯の内部を破壊せずに観察でき、立体像の構築が可能となったことから、非破壊的品质管理システムとして系統的に構築することにより臨床応用への可能性が考えられた。
- 7) 歯科用 OCT 画像診断機器は口唇小唾液腺疾患の病態解明および診断に有効である可能性が示唆された。
- 8) 歯科用 OCT 画像診断機器から得られた歯牙う蝕や亀裂、ギャップの情報は、実際に半切して拡大観察した結果と一致しており、それぞれの臨床的評価手段として極めて有効であることが判明した。抜去歯では、エナメル質からエナメル象牙境付近まで鮮明に描出していた。歯科用 OCT 画像診断機器の画像評価は、エナメル質や象牙質の脱灰病変の評価法として有効であると考えられた。
- 9) 歯周組織の断層診断において歯科用 OCT 画像診断機器は、装置の性能および画像の鮮明度の向上が必要であるが、断層画像から得られる情報は臨床において非常に有用であると考えられた。
- 10) 歯科用 OCT 画像診断機器は、歯科用小照射野コーンビーム CT と比較して、薄い粘膜構造の内部やエナメル質およびエナメル・象牙境の微細構造の構造の観察に優れている可能性が高い。とくに歯槽骨の同定が可能であることから、今後歯科用 OCT 画像診断機器は歯周組織の断層診断において有効な手段になると考えられる。
- 11) 歯科用 OCT 画像診断機器の画像フォーマットの DICOM 変換を実現した。
- 12) OCT に使用する光学系を利用した赤外吸収スペクトル解析法によるう蝕歯牙の評価、および OCT 画像上に物資の構造データをマッピングする技術の開発を行った。
- 13) 波長走査型の 1550nm 帯の光源を新たに開発し、試作機を作製した。基本特性を評価した上で、抜去歯牙にて撮影・評価を行った。その結果、1310nm 帯の光源とほぼ同等の解像度および撮影深度の画像がることができるものである。
- 14) 歯科用 OCT 画像診断機器の歯根破折の検出能力は目視よりも優れており、歯科用実体顕微鏡と同程度であることが示唆された。
- 15) MTF 解析を歯科用 OCT 画像診断機器に適用し、その空間分解能を評価した。今後いくつかの改善すべき点はあるものの、本法を用いることによって、歯科用 OCT 画像診断機器画像の解像度を客観的に評価することが可能になると考えられた。
- 16) 歯科用 OCT 画像診断機器を用いて画像を取得することで、義歯床用レジンと軟質裏装材の接着状態を、破壊せず評価できることが示唆された。歯科用 OCT 画像診断機器は非破壊で画像を取得することができ、臨床においても大いに汎用性が期待できる。
- 17) 歯科用 OCT 画像診断機器を用いることで、リアルタイムにレジン歯の欠陥や内部構造の脆弱な部位を客観的に評価・検出することが可能であると確認された。適切な非破壊的検査法の導入は、歯科臨床医にとっても患者からの信頼を増すことになろう。ま

た、診断のみならず、製作過程の改善や製品の標準化にも繋がることが期待される。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Sumi Y, Ozawa N, Nagaosa S, Minakuchi S, Umemura O: Application of optical coherence tomography to nondestructive inspection of dentures. Arch Gerontol Geriatr. 2010 in press
- 2) 寺沢史誉, 小澤総喜, 下郷和雄, 角 保徳: 光干渉断層画像診断法の口腔癌への応用. 日本口腔検査学会誌 2:60-64, 2010
- 3) Sumi Y, Ozawa N, Miura H, Michiwaki Y, Umemura O: Oral care help to maintain nutritional status in frail older people. Arch Gerontol Geriatr. 51:125-128, 2010
- 4) Shimada Y, Sadr A, Burrow MF, Tagami J, Ozawa N, Sumi Y: Validation of swept-source optical coherence tomography (SS-OCT) for the diagnosis of occlusal caries. J Dent. 38: 655-665, 2010
- 5) Ogisu S, Kishikawa R, Sadr A, Matoba K, Inai N, Otsuki M, Tagami J: Effect of convergent light-irradiation on microtensile bond strength of resin composite to dentin. Int Chin Dent 2010
- 6) Sadr A, Shimada Y, Mayoral JR, Hariri I, Bakhsh TA, Sumi Y, Tagami J: Swept Source Optical Coherence Tomography for Quantitative and Qualitative Assessment of Dental Composite Restorations. SPIE Proc. 7884: 11, 2011.
- 7) Makishi P, Shimada Y, Sadr A, Tagami J, Sumi Y: Non-destructive 3D imaging of composite restorations using optical coherence tomography: marginal adaptation of self-etch adhesives. J Dent 39(4):316-325, 2011.
- 8) 坂上 斉, 吉岡俊彦, 須藤 享, 花田隆周, 石村 瞳, 吉岡隆知, 須田英明: 接着性材料を用いた根管充填の内部に発生した空隙の評価. 日歯保存誌 53, 376-383, 2010
- 9) Okochi K, Kretapirom K, Sumi Y, Kurabayashi T: Longitudinal MRI follow-up of rheumatoid arthritis in the temporomandibular joint: importance of synovial proliferation as the early-stage sign. Oral Radiol [in press]
- 10) Aleksic V, Aoki A, Iwasaki K, Takasaki AA, Wang CY, Abiko Y, Ishikawa I, Izumi Y: Low-level Er:YAG laser irradiation enhances osteoblast proliferation through activation of MAPK/ERK. Lasers Med Sci 25(4): 559-69, 2010.
- 11) Akiyama F, Aoki A, Miura-Uchiyama M, Sasaki KM, Ichinose S, Umeda M, Ishikawa I, Izumi Y: In vitro studies of the ablation mechanism of periodontopathic bacteria and decontamination effect on periodontally diseased

root surfaces by erbium:yttrium-aluminum-garnet laser. Lasers Med S

26(2):193-204,2011. Erratum in: Lasers Med Sci 26(2):277,2011.

- 12) 青木 章, 水谷幸嗣, 渡辺 久, 和泉雄一, 石川 烈, 富士谷盛興, 千田 彰, 吉田憲司, 栗原英見, 吉江弘正, 伊藤公一: ポジション・ペーパー (学会見解論文): レーザーによる歯石除去 (監修: 特定非営利活動法人日本歯周病学会, 日本レーザー歯学会), 日歯周誌 52(2): 180-190, 2010; 日歯誌 21(2): 100-109, 2010.
- 13) Kasuga Y, Takahashi H, Akiba N, Minakuchi S, Matsushita N, Hishimoto M: Basic evaluation on physical properties of experimental fluorinated soft lining materials. Dent Mater J 30(1): 45-51, 2011.

2. 著書・総説

- 1) 角 保徳: 光干渉断層画像診断法 (OCT) の開発と歯科臨床への応用. 歯科評論 819: 135-146, 2011
- 2) 角 保徳: 新しい歯科用画像診断機器光干渉断層画像診断法 OCT. 現代医学 58: 75-84, 2010
- 3) 角 保徳: 新時代の歯科診断システム 光干渉断層画像診断法の歯科保存臨床への応用. 日歯保存誌 53: 479-485, 2010
- 4) 角 保徳: 疑問に答えて: 著者から読者へ (歯科用光干渉断層画像診断装置の開発とう蝕診断への応用). DE 29: 252, 2010
- 5) 青木 章, 水谷幸嗣, 和泉雄一: Er:YAGレーザーによるデブライドメント. 和泉雄一, 吉野敏明編著, インプラント周囲炎を治療する. 医学情報社, 東京, p.150-57. 2010.
- 6) 青木 章, 水谷幸嗣, 谷口陽一, 内山真子, 和泉雄一: 現在の歯科用レーザーの潮流とその展望. 総論: 各波長および各歯科領域について. そこが知りたい!! 歯科用レーザー&ピエゾ「臨床にあった機種」選び方&活用法ガイド 2010. クインテッセンス, 東京, pp.90-99. 2010.

3. 学会発表

- 1) Sumi Y, Tagami J, Ozawa N: Application of optical coherence tomography to nondestructive inspection of dentures: March 18, 2011, IADR San Diego, USA
- 2) Kojima N, Ozawa N, Tanaka Y, Tagami J, Sumi Y: Nondestructive assessment of artificial teeth using Optical Coherence Tomography: March 18, 2011, IADR San Diego, USA
- 3) Ozawa N, Tagami J, Sumi Y: Non-invasive Optical Biopsy of Oral Cancer for Tongue using SS-OCT: March 17, 2011, IADR San Diego, USA
- 4) 角 保徳, 田上順次, 小澤総喜: 歯科用OCT画像診断機器によるコンポジットレジン修復物の臨床評価. 第 133 回日本歯科保存学会秋季学術大会 2010.10.28-29.岐阜市
- 5) 角 保徳, 小澤総喜: ファイバー型根管用OCTプローブの開発. 第 133 回日本歯科保

存学会秋季学術大会 2010.10.28-29. 岐阜市

- 6) 山岸 敦, 中津 晋, 押野一志, 矢納義高, 小澤総喜, 角 保徳: 硬組織ミネラル量評価へのOCT応用の試み. 第 59 回日本口腔衛生学会・総会 2010.10.6-8. 新潟市
- 7) 山岸 敦, 中津 晋, 押野一志, 矢納義高, 小澤総喜, 角 保徳: 光干渉断層診断装置 (OCT) を用いた歯周組織形状の経時的変化の観察. 第 53 回日本歯周病学会秋季学術大会 2010.9.18-19. 香川県
- 8) 石橋謙一郎, 小澤総喜, 角 保徳: 光干渉画像診断法によるコンポジットレジン修復歯の有効性の検証. 第 64 回NPO法人日本口腔科学会学術集会 2010.6.24-25 札幌市
- 9) 中津 晋, 山岸 敦, 高柳篤史, 押野一志, 矢納義高, 小澤総喜, 角 保徳: 歯周組織診査へのOCTの応用. 第 132 回日本歯科保存学会春季学術大会 2010.6.4-5 熊本市
- 10) 夏目悠子, 島田康史, 中嶋省志, Sadr Alireza, 田上順次, 角 保徳: SS-OCTを用いた脱灰象牙質の検出に関する研究. 第 132 回日本歯科保存学会 2010 年度春季学術大会 2010.6.4-5 熊本市
- 11) Sadr Alireza, 田上順次, 中嶋省志, 島田康史, 趙 永哲: SS-OCTとマイクロCTそれぞれのレジン充填評価方法の比較. 第 132 回日本歯科保存学会 2010 年度春季学術大会 2010.6.4-5 熊本市
- 12) Shimada Y, Sadr A, Burrow M, Kishikawa R, Ozawa N, Sumi Y, Tagami J: Diagnosis of occlusal caries using swept-source optical coherence tomography. General Session of IADR, Barcelona, Spain, July 14-17, 2010.
- 13) Imai K, Shimada Y, Sadr A, Tagami J, Sumi Y: Non-invasive cross-sectional visualization of enamel crack using OCT. General Session of IADR, Barcelona, Spain, July 14-17, 2010.
- 14) Ariyoshi M, Shimada Y, Sadr A, Tagami J, Sumi Y: Diagnosis of interdental cavitated caries lesions by optical coherence tomography. General Session of IADR, Barcelona, Spain, July 14-17, 2010.
- 15) Hariri I, Sadr A, Shimada Y, Sumi Y, Tagami J: Local refractive index of human enamel and dentin by OCT. General Session of IADR, Barcelona, Spain, July 14-17, 2010.
- 16) Nakajima Y, Miyashin M, Sadr A, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y, Takagi Y: Optical coherence tomography for detection of experimentally formed enamel cracks. General Session of IADR, Barcelona, Spain, July 14-17, 2010.
- 17) Mayoral JR, Sadr A, Shimada Y, Cho E, Sumi Y, Krejci I, Giner L, Roig M, Tagami J: Real-time gap formation of resin composites using SS-OCT during photopolymerization. General Session of IADR, Barcelona, Spain, July 14-17, 2010.
- 18) Sadr A, Hariri I, Bakhsh TA, Shimada Y, Nakashima S, Sumi Y, Tagami J: Demineralization affects refractive indices of human enamel and dentin. General

Session of IADR, Barcelona, Spain, July 14-17, 2010.

- 19) Makishi P, Shimada Y, Sadr A, Sumi Y, Tagami J: Marginal adaptation of self-etch adhesives by 3D optical coherence tomography. General Session of IADR, Barcelona, Spain, July 14-17, 2010.
- 20) Nazari A, Sadr A, Nakashima S, Shimada Y, Sumi Y, Tagami J: Hydration and demineralization effects on reflectivity of enamel using SS-OCT. General Session of IADR, Barcelona, Spain, July 14-17, 2010.
- 21) Bakhsh TA, Sadr A, Shimada Y, Makishi P, Mayoral JR, Sumi Y, Tagami J: Comparison between SS-OCT & CLSM in assessment of restoration defects. General Session of IADR, Barcelona, Spain, July 14-17, 2010.
- 22) Natsume Y, Nakashima S, Shimada Y, Sadr A, Tagami J: SS-OCT estimation of lesion depth in artificial root carious lesions. General Session of IADR, San Diego, USA, March 14-19, 2011.
- 23) 小林 馨, 角 保徳, 下田信治, 小佐野貴識: 口腔用光干渉断層(OCT)画像と小照射野CT画像との比較検討. 日本歯科放射線学科第 210 回関東地方会, 新宿住友ビル スカイルーム, 東京, 2010 年 1 月 16 日.
- 24) Aleksic V, Aoki A, Iwasaki K, Takasaki AA, Wang C-Y, Abiko Y, Ishikawa I, Izumi Y: Low-level Er:YAG laser irradiation enhances osteoblast proliferation through activation of MAPK/ERK. Academy of Laser Dentistry 17th Annual Conference. 2010.4.15. Miami, USA
- 25) 佐藤郁文, 青木 章, 水谷幸嗣, 片桐さやか, 須田智也, 秋月達也, 小田 茂, 角 保徳, 和泉雄一: 波長走査型光干渉断層画像装置 (SS-OCT) の歯周組織診断への応用. 口腔病学会 第 75 回口腔病学会学術大会 2010.12.3-4 東京
- 26) 和泉雄一: シンポジウムⅡ最新の歯周治療の革新: 光干渉断層画像診断法 (OCT) の歯周組織診断への応用. 座長講演 特定非営利活動法人 日本歯周病学会 2010 年度春季学術大会(第 53 回) 2010.5.14-15. 岩手, 日本
- 27) 佐藤郁文, 水谷幸嗣, 青木 章, 谷口陽一, 福田幹久, 石田裕子, 角 保徳, 和泉雄一: 光干渉断層画像診断法 (OCT) の歯周組織診断への応用. 特定非営利団体 日本歯科保存学会 2010 年度春季学術大会(第 132 回)プログラムおよび講演抄録集 pp.84. 2010. 日本歯科保存学会 2010 年度春季学術大会(第 132 回) 2010.6.4-5. 熊本, 日本
- 28) 佐藤郁文, 水谷幸嗣, 青木 章, 谷口陽一, 江尻健一郎, 澤辺正規, 桃沢裕子, 小田 茂, 角 保徳, 和泉雄一: 光干渉断層画像診断法 (OCT) の歯周組織診断への応用 -歯槽骨の同定-. 特定非営利活動法人 日本歯周病学会 第 52 巻秋季特別号 2010 秋季学術大会(第 53 回)プログラムおよび講演抄録集pp.37. 2010. 日本歯周病学会 2010 秋季学術大会(第 53 回) 2010.9.18-19. 香川, 日本
- 29) 谷口 陽一, 青木 章, 水谷 幸嗣, 竹内 康雄, 和泉 雄一: 高ヘルツEr:YAGレーザーによるインプラント体粗造面の最適デブライドメント出力の検討. 第 22 回日本レーザー

歯学会総会・学術大会. 2010.11.13-14. 名古屋, 日本

- 30) Taniguchi Y, Aoki A, Mizutani K, Takeuchi Y, Takasaki AA, Izumi Y: Optimal irradiation parameters for debridement of micro-structured titanium implants with Er:YAG laser. 8th World Congress on Oral Implantology & AAID Global Conference. 2010.11. 20-22. New Delhi, India
- 31) 谷口陽一, 青木 章, 竹内康雄, 小田 茂, 和泉雄一:インプラント体マイクロストラクチャーのデブライドメントへの高ヘルツEr:YAGレーザーの応用. 日本口腔インプラント学会 第30回 関東甲信越支部学術大会.2011.2.12-13. 神奈川県, 日本
- 32) Kasuga Y, Takahashi H, Inoue M, Akiba N, Minakuchi S, Matsushita N, Hishimoto M: Evaluation on physical properties of experimental fluorinated soft lining materials. 89th General Session & Exhibition of the IADR 2011.03.18 San Diego
- 33) 春日祐太, 星野義人, 井上 実, 秋葉徳寿, 水口俊介, 小澤総喜, 角 保徳: OCTの歯科臨床への応用 OCTを用いた義歯床用レジンと裏装材との接着における評価. 第2回日本義歯ケア学会学術大会 2011.01.22 盛岡市
- 34) 春日祐太, 高橋英和, 井上 実, 秋葉徳寿, 水口俊介: 試作フッ素系軟質裏装材の基礎的物性評価. 第75回口腔病学会学術大会 2010.12.04 東京都
- 35) Kasuga Y, Takahashi H, Akiba N, Minakuchi S, Matsushita N, Hishimoto M: Development of Soft Denture Lining Materials Containing Dodecafluoroheptyl-methacrylate or Tridecafluorooctyl-methacrylate. 88th General Session & Exhibition of the IADR 2010.07.15 Barcelona
- 36) Shimoyama K, Kasuga Y, Akiba N, Minakuchi S: Evaluation of water absorption and discharge in foam swabs. 88th General Session & Exhibition of the IADR 2010.07.16 Barcelona
- 37) Iwaki M, Akiba N, Kasuga Y, Azuma A, Minakuchi S: Influences of Silica Coating Agent on Surface Properties of PMMA. 88th General Session & Exhibition of the IADR 2010.07.17 Barcelona
- 38) 春日祐太, 高橋英和, 秋葉徳寿, 水口俊介, 松下調子, 菱本宗光: 新しいフッ素系軟質裏装材の開発. 日本補綴歯科学会第119回学術大会 2010.06.13 東京都

4. 講演

- 1) 角 保徳: 歯科用OCT画像診断機器の開発 日本歯科産業学会 第7回春期大会講演 2011.2.20 東京都
- 2) 角 保徳: 光干渉断層画像診断機器を用いた新時代の歯科診断システム開発 東京歯科大学第552回理工懇談会 2011.2.18 東京都
- 3) 角 保徳: 光干渉断層画像診断機器を用いた新時代の歯科診断システム 松本歯科大学大学院特別セミナー 2010.11.11 塩尻市
- 4) 角 保徳: 光干渉断層画像診断法の歯科保存臨床への応用 第132回日本歯科保存学会春季学術大会認定研究会 講演 2010.6.4-5 熊本市

- 5) 角 保徳：「光干渉断層画像診断機器(OCT)を用いた新時代の歯科診断システム」東京歯科 大学大学院特別講義 2010.05.12 千葉市
- 6) 青木 章：Er:YAG レーザーの導入による歯周治療の向上一歯周軟組織・硬組織の効果的マネージメント. 歯周病学会シンポジウム「最新の歯周治療の革新—そのコンセプト・技術・器材」. 特定非営利活動法人 日本歯周病学会 日本歯周病学会 2010 春期学術大会 (第 53 回), 2010.5.15.盛岡, 日本
- 7) 和泉雄一：歯周治療と Er:YAG レーザー. Er:YAG レーザー臨床研究会. 第 13 回 Er:YAG レーザー臨床研究会. 2010.8.8. 東京, 日本
- 8) 青木 章：Er:YAG レーザーを用いた非外科的外科的歯周ポケット治療のエビデンス. シンポジウム「歯周ポケット治療における Er:YAG レーザーの使い方, 有効性」. Er:YAG レーザー臨床研究会 第 13 回 Er:YAG レーザー臨床研究会. 2010.8.8. 東京, 日本
- 9) 青木 章：インプラント周囲炎治療への Er:YAG レーザーの応用. 日本臨床歯周病学会 第 55 回関東支部教育研修会. 2010.8.22. 東京, 日本
- 10) 和泉雄一：レーザーによる歯石除去と根面のデブライドメント—その基礎と臨床. 緊急特別フォーラム. 日本レーザー歯学会 第 22 回日本レーザー歯学会総会・学術大会. 2010.11.13-14. 名古屋, 日本
- 11) 青木 章：歯周領域におけるレーザー歯学の将来. シンポジウム「これからのレーザー歯学のめざすもの」. 日本レーザー歯学会 第 22 回日本レーザー歯学会総会・学術大会. 2010.11.13-14. 名古屋, 日本

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得 (特許出願)

- 1) 角 保徳, 小澤総喜：歯牙咬合面の撮影方法及び歯牙咬合面撮影用 OCT 装置. 特願 2010-090383 平成 22 年 4 月 9 日出願