

長寿医療研究委託事業

総括研究報告書

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

研究代表者 角 保徳 国立長寿医療センター

先端医療・機能回復診療部 口腔機能再建科 医長

研究要旨

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上に、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もあり、X 線や CT 診断では不可避であった被曝の問題を解消している点でも、画期的な撮像技術である。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、口腔分野への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診断技術として期待されている。

国立長寿医療センター口腔機能再建科では、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。初年度である本年度の研究結果として、以下のことが判明した。

- 1) 抜去歯牙の初期う蝕（C0）、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。
- 2) 歯科用 OCT 画像診断機器を用いて咬合面、隣接面、根面のう蝕の観察と、エナメル質亀裂の観察、また三次元立体画像構築によるコンポジットレジン充填の辺縁封鎖性の検査と、コンポジットレジン充填内部の欠陥の抽出を行ったところ、歯科用 OCT 画像診断機器から得られたう蝕や亀裂またはギャップは、実体顕微鏡で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。
- 3) 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。
- 4) 歯科用 OCT 画像診断機器にて、義歯の内部を非破壊的に観察でき、立体像の構築が可能となったことから、非破壊品質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。
- 5) 上下顎前歯部において歯槽骨が鮮明に観察され、歯科用 OCT 画像診断機器による歯周病の診断の可能性が示唆された。
- 6) 歯科用 OCT 画像診断機器は歯頸部での歯根破折線の発見に有用である可能性が示唆された。

- 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 画像診断機器の画像は、高解像度ではあるが撮影深度が浅いことが判明し、今後の新たな光源の開発など、光の到達深度を向上させる技術の開発が必要と考えられた。
- 9) 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。
- 10) 根管内用プローブとソフトウェアの開発に着手し、細径ファイバースコープおよびプローブ回転機構の設計・試作を行った。
- 11) 波長走査型の 1550nm 帯の光源を新たに開発し、その性能を評価した。

初年度の研究成果を社会に還元するように努力した結果、特許登録 1 件、特許出願 3 件、英文論文 8 論文、日本語論文 2 論文、総説・著書 5 件、講演 4 回、学会発表 26 回の研究成果を得た。

分担研究者

1. 田上順次（東京医科歯科大学）
2. 小林 馨（鶴見大学）
3. 杉本伸人（Santec（株））
4. 下郷和雄（愛知学院大学歯学部）
5. 須田英明（東京医科歯科大学）
6. 根本哲也（国立長寿医療センター）

研究協力者

1. 和泉雄一（東京医科歯科大学）
2. 三浦宏子（国立保健医療科学院部長）
3. 山根源之（東京歯科大学）
4. 高木裕三（東京医科歯科大学）
5. 北川善政（北海道大学教授）
6. 梅村長生（日本歯科医師会）
7. 倉林 亨（東京医科歯科大学）
8. 樋口勝規（九州大学）
9. 西田 功（愛知県歯科医師会）
10. 水口俊介（東京医科歯科大学）
11. 櫻井 薫（東京歯科大学）
12. 山田祐敬（岡崎市民病院）

A. 研究目的

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像を得ることができる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。

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機器がないために、世界的に報告例が極めて少なく、口腔分野への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持つ有望な非侵襲診断技術として期待されている。この様な背景の下、国立長寿医療センター口腔機能再建科では、これまでに産官共同で系統的に歯科用OCT画像診断機器の開発を行ってきた。

本研究班の第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、歯牙う蝕診断、レジン充填内部の臨床診断、完成義歯の非破壊検査、歯周病診断、歯根破折の診断、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、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。

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。

B. 研究方法

本研究の2本柱として、

1. 歯科・口腔分野での歯科用OCT画像診断機器の応用と評価
2. 新たな歯科用OCT画像診断機器の機器開発

を3年計画にて行う。

1. 歯科・口腔分野での歯科用OCT画像診断機器の応用と評価

歯科用OCT画像診断機器の非侵襲性、高空間分解能、客観性、同時性などの特性を生かして歯科臨床への応用と評価を行う。初年度は、歯牙う蝕診断(研究代表者:角保徳、研究分担者:田上順次)、レジン充填内部の臨床診断(研究代表者:角保徳、研究分担者:田上順次)、完成義歯の非破壊検査(研究協力者:水口俊介)、歯周病診断(研究代表者:角保徳、研究協力者:和泉雄一)、歯根破折の診断(研究分担者:須田英明)、口腔軟組織疾患診断(研究代表者:角保徳、研究分担者:下郷和雄)等に歯科用OCT画像診断機器が歯科・口腔疾患の診断に有効であるか否かの確認を開始し、併せて歯科用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（研究分担者：小林 馨）を行った。

2. 新たな歯科用 OCT 画像診断機器の機器開発

初年度は産官学共同で根管内用のプローブや波長の異なる新たな光源などの新規機器開発を開始した（研究代表者：角 保徳、研究分担者：杉本伸人、根本哲也）。

（倫理面での配慮）

研究を開始するにあたり、各所属組織の倫理規定を遵守した。各試行において、目的、方法、手順、起こりうる危険性についての説明を口頭および文章で提示し、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った。

C. 研究結果

1. 歯科・口腔分野での歯科用 OCT 画像診断機器の応用と評価

歯牙う蝕診断：初年度は、抜去歯牙の初期う蝕（C0）、エナメル質う蝕（C1）、象牙質う蝕（C2）について OCT 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た。ゆえに、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。さらに、隣接面う蝕モデルを作製し、OCT による断層画像診査を試みたところ、隣接面のコンタクト直下に形成された窩洞は、OCT による検出が可能であり、臨床における隣接面う蝕も OCT により検出できる可能性が示唆された。これらの OCT 撮影では、う蝕病変のみならず、う蝕発生の一因にもなり得る歯牙表面の微細な亀裂も OCT により明瞭に検出できた。

従って、う蝕病変と亀裂の抽出において OCT の有効性が示唆され、歯表面から観察

を行った場合、歯の内部の情報を断層画像として捉えることができた。

レジン充填内部の臨床診断：歯科用 OCT 画像診断機器により撮影した OCT 画像上において、視診やレントゲン診査で評価不能なレジン充填部分のマージンの段差、コントラクションギャップ（以下、ギャップ）や、レジン内部に存在する気泡、2次う蝕などが明確に確認できた。さらに、コンポジットレジン充填の辺縁封鎖性や内部欠陥の調査にも有効であることが判明した。

完成義歯の非破壊検査：クラックを含む義歯床用レジンを、走査電子顕微鏡（SEM）と歯科用 OCT 画像診断機器にて同部の画像を取得し比較検討を行った。その結果、SEM 画像と OCT 画像では観察部の床用レジン内部構造が似通っていた。標本内部の観察にあたり、SEM 画像では表面のみの構造の観察に限られ、内部の観察には義歯を破壊する必要があった。一方、OCT 画像では、義歯を破壊することなく内部の観察が可能であった。加えて、取得した OCT 画像からは断層像を合成することで立体像の構築が可能であった。

歯周病診断：歯科用 OCT 画像診断機器による評価は比較的短時間で完了することが可能で、撮影時に口唇の圧排に伴う軽度の不快感や OCT 口腔内プローブに装着したガイドフレームの接触による軽度の疼痛は認められたが、撮影後に対象部位に撮影が原因と思われるような肉眼的組織変化は認められず、非侵襲下で歯周組織の診断を行うことが可能であった。歯科用 OCT 画像診断機器を臨床応用したところ、エナメル質、象牙質、歯肉、歯根、歯槽骨などの解剖学的形態が確認できた。特に、上下顎前歯部において歯槽骨が鮮明に観察された。歯頸部付近に付着したプラークも特定が可能であった。さらに歯肉内部における OCT の特

徴的画像として、上皮層と結合組織が判別可能と考えられ、また結合組織内には根尖側から歯冠側方向に走行する特徴的な高輝度の刷毛様構造が認められた。

歯根破折の診断：抜去歯を使用し、歯科用実体顕微鏡、歯科用コーンビーム CT および歯科用 OCT 画像診断機器にて撮影を行った。その結果、実体顕微鏡下では観察できる歯質の幅や高さなどの観察可能範囲に制限があり、歯科用コーンビーム CT では金属アーチファクトなどの影響により診断が困難な場合が多い傾向にあった。歯科用 OCT 画像診断機器ではアーチファクトの影響はあまり受けないため、臨床での有用性が考えられた。

口腔軟組織疾患診断：OCT 垂直断層像では、全例で上皮層と口輪筋層の間の結合組織層内に口唇腺の小葉の存在が確認され、それぞれの境界も明瞭に描出された。口唇腺の小葉は腺房構造を認め、中央部からは上皮層を貫き口腔内へ走行する導管が認められた。上皮層表層は高信号領域を示す明度の高い帯状領域として認められ、基底層に位置する部位までは上皮層表層よりも、やや明度の低い中等度の信号領域として確認された。結合組織層は中等度から高信号領域として描出される事が確認された。口唇腺の小葉と周囲の結合組織との境界部には高信号帯を認め、小葉内部は比較的低信号領域として描出された。歯科用 OCT 画像診断機器を口腔小唾液腺に応用したところ、口唇腺の精密な断層画像が得られた。さらに、取得した OCT 画像からは 3 次元 OCT 画像の構築も可能であり、歯科用 OCT 画像診断機器は口唇腺の診断に有効である可能性が示唆された。

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：歯科用 OCT 画像診断機器の画像と従来の画像診断法である

歯科用コーンビーム CT、ヘリカル CT および X 線撮影の画像とを解剖体摘出標本を被写体として、同一被写体内において画像上で比較検討した。その後、摘出標本を頬(唇)舌方向に切断し、構造を確認した。歯科用コーンビーム CT、ヘリカル CT および X 線撮影の画像に比較して、歯科用 OCT 画像診断機器の画像は、高解像度ではあるが撮影深度が浅いことが判明した。歯科用 OCT 画像診断機器で撮影した OCT 画像上では、上顎前歯部唇側、下顎前歯部唇側、舌側などの歯肉が比較的薄い部位では、歯肉表面と骨面を描出していた。また、骨膜を介して骨面を描出することも可能だった。

2. 新たな歯科用 OCT 画像診断機器の機器開発

根管内撮像用プローブ開発：初年度は、歯牙根管内の OCT 画像の撮像測定のためのプローブとソフトウェアの開発に着手し、細径ファイバープローブおよびプローブ回転機構の設計・試作を行った。

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、抜去歯牙にて根管内の撮像を行った。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得られた。

歯科用 OCT 画像上に物資の構造データのマッピング：OCT に使用する光学系を利用したフーリエ変換赤外分光法 (Fourier Transform Infrared Spectroscopy:以下、FTIR) 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。その結果、う蝕部に特異的な赤外吸収波数を確認し、正常部との区別が可能であることを示した。また、OCT が像情報からう蝕部のマッピングを行うための解析プロトコルの設計およ

び GUI (Graphical User Interface) を製作した。

D. 考察

1. 歯科・口腔分野での歯科用 OCT 画像診断機器の応用と評価

歯牙う蝕診断：咬合面、隣接面ならびに根面う蝕の診断に歯科用 OCT 画像診断機器を用いた場合、比較的平坦な隣接面などのエナメル質では近赤外光が透過しやすく、また表面の反射や散乱が少ない場合に光の減衰が抑制され、深部のう蝕から得られた干渉シグナルを捉えることができた。これに対して、根面う蝕のような象牙質う蝕の場合、う蝕病巣での散乱による近赤外光の減衰は著しく、この部分での観察可能深度は大幅に浅化するために、OCT 画像上で深さ方向のう蝕病巣の拡大を把握することは困難であった。これはエナメル質と象牙質とが有する屈折率や散乱値などの光学的特性の違いによるものと推察され、象牙質う蝕の診断に OCT を用いる場合、観察可能深度の向上を主体としたさらなる改良が必要と考えられた。しかしながら、エナメル質における深さ方向の情報は優れており、特に亀裂のような破断面からの反射シグナルが得られる場合、エナメル象牙境をこえて象牙質にまで到達するような変化をも画像化することが可能であった。したがって、隣接面う蝕のような、視診や X 線写真ではきわめて検知困難な病変を診査する場合、比較的平坦なエナメル質から OCT の近赤外光を通して観察する工夫が必要であり、今後口腔内で使用できるような自由度が高い小型の撮影用プローブの開発が必要と思われる。また、極めて速い撮影速度での撮影が可能な歯科用 OCT 画像診断機器では、連続する断面で得られた OCT 画像を直ちに構築することが可能であるため、3次元画像

解析による客観的かつ明快な診断がチェアサイドで行える可能性を有しているものと考えられた。

レジン充填内部の臨床診断：今回、コンポジットレジンにより充填された充填物周囲にみられる接着界面のギャップの検出を試みたところ、従来の診査法ではわからなかったレジン充填部のマージンの段差が OCT 画像上で確認することができたため、歯科用 OCT 画像診断機器は微小漏洩の診査に有効である可能性が高いと考えられた。さらに窩洞内に充填されたコンポジットレジンと健全歯質との間に発生したギャップの形態は、その断面の肉眼所見と一致しており、歯科用 OCT 画像診断機器では、充填物と健全歯質との封鎖性を肉眼的に確認したコンポジットレジン充填物周囲の二次う蝕部分はう蝕の評価結果と同様に、OCT 画像上には高輝度部分として描出されたことから、高輝度部分は、う蝕病変部からの強い反射もしくは散乱によるものであろうことが推察された。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可能性が示唆された。

完成義歯の非破壊検査：歯科用 OCT 画像診断機器により、非破壊的に義歯内部の状態を確認できたことから本手法を非破壊品質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。本システムを確立することによって、材料欠陥、義歯の破折を未然に発見できることから、義歯補綴治療の予知性と義歯使用患者 QOL の向上が期待できると考えられた。材料疲労試験時のリアルタイム内部構造観察が可能であることから、義歯材料の疲労、破壊のメカニズムが解明され、材料の物性向上に寄与することができるとも考えられた。さらに、本システムの確立により、義歯補綴治療の予知性と義歯使用患者 QOL の

向上が期待でき、材料の物性向上や新規材料開発に寄与することができると考えられた。

以上により、歯科用 OCT 画像診断機器の補綴分野への臨床応用の有用性が示唆された。

歯周病診断：歯科用 OCT 画像診断機器を用いた歯周組織の画像診断は、非侵襲的かつ即時的に断層画像上で歯槽骨縁の評価を行うことが可能と考えられ、従来行われてきたプロービングなどの侵襲的手法に比べると極めて有効で臨床への貢献が大いに期待できる新たな診断法になり得ると考えられる。歯周組織の断層が光工学の応用により容易に診えることは非常に画期的なことで、しかも今回、OCT 画像上で観察した歯周組織の中には歯槽骨縁の位置や形態も十分に判別可能である症例が多く、歯槽骨縁の形態や、歯肉縁から歯槽骨縁までの計測値の取得などによる評価を非侵襲的に行う可能性が示唆された。今後は、より確実な臨床応用へ向けてさらなる詳細な検討が必要であるものと考えられた。

歯根破折の診断：歯科用 OCT 画像診断機器により歯頸部において撮影された OCT 画像上で破折線を疑う線状構造を確認可能であったため、更なる検討が必要であるものの、歯頸部での歯根破折線の発見に有用である可能性が示唆された。今後は症例数の増加や、画像解析等も含めた総合的な検討を行う必要性があると考えられた。

口腔軟組織疾患診断：本研究において、歯科用 OCT 画像診断機器により非侵襲的にかつ高解像度な口唇組織の微細構造の描出を確認する事が可能であった。口唇腺を撮影した OCT 画像は客観的な微細形態学的評価を可能にし、新たなシェーグレン症候群・口腔乾燥症の病態解明及び非侵襲検査法への確立に寄与出来る可能性が高いと考えられた。

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：本研究では、解剖献体を用いて口腔組織の様々な部位の撮影、検討を行った。その結果から、歯科用 OCT 画像診断機器は、高解像度ではあるが撮影深度が浅いことが判明し、今後の新たな光源の開発など、光の到達深度の向上が必要であると考えられ、期待される。

2. 新たな歯科用 OCT 画像診断機器の機器開発

根管内用プローブ開発：今回の試作では GRIN レンズの焦点距離をファイバ中心軸から 5mm 程度とした。実際の歯牙の根管内径が 2-3mm 程度であることを考えると、焦点距離と撮影目的部位の位置の不一致により横方向（円周方向）の分解能が劣化しており、再試作する際はこの点を修正していく必要があると考えられた。

新たな OCT 用光源の開発：1550nm 帯の光源を試作した。光源の内部構成は 1310nm 帯のものとはほぼ同等であるポリゴンスキャナーによる構成であり、半導体光アンプ、光サーキュレータ、光ファイバカプラの各部品を 1550nm 帯用のものに交換することによって実現できた。その他の機構、電気部品は、これまでに製作した歯科用 OCT 画像診断機器に使用した 1310nm 帯の標準品 (HSL-2000) のものを使用した。光源の性能面においては、帯域 160nm、北-レンズ長 11mm とほぼ 1310nm 帯と同等以上、出力波形もガウシアン上のリップルの少ない良い特性が得られた。また、簡易的な実験により、1550nm の光源は従来の 1310nm 帯の干渉計システムをそのまま共用しても画像が出力できることを確認した。これによって、光源の波長による画像への影響をより公平に、かつ正確に比較検証できることを確認できた。

歯科用 OCT 画像上に物資の構造データのマッピング：本研究の結果、う蝕部と正常部は FT-IR 測定によって判別できることがわかった。また、特定波数の吸光度比から、う蝕の進行度を判別できる可能性を示した。OCT 画像への構造データマッピングについて解析プロトコルおよびマッピング画面を製作した（特許申請準備中）。

E. 結論

- 1) 抜去歯牙の初期う蝕 (C0)、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。
- 2) 歯科用 OCT 画像診断機器を用いて咬合面、隣接面、根面のう蝕の観察と、エナメル質亀裂の観察、また 3 次元立体画像構築によるコンポジットレジン充填の辺縁封鎖性の検査と、コンポジットレジン充填内部の欠陥の抽出を行ったところ、歯科用 OCT 画像診断機器から得られたう蝕や亀裂、またはギャップは、標本断面を観察した肉眼所見と一致しており、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。
- 3) 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。
- 4) 歯科用 OCT 画像診断機器にて、義歯の内部を非破壊的に観察でき、立体像の構築が可能となったことから、非破壊品質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。
- 5) 上下顎前歯部において歯槽骨が鮮明に

観察され、歯科用 OCT 画像診断機器による歯周病の診断の可能性が示唆された。

- 6) 歯科用 OCT 画像診断機器は歯頸部での歯根破折線の発見に有用である可能性が示唆された。
- 7) 歯科用 OCT 画像診断機器は口唇小唾液腺の病態解明、ならびに診断に有効である可能性が示唆された。
- 8) 歯科用 OCT 画像診断機器の画像は、高解像度ではあるが撮影深度が浅いことが判明し、今後の新たな光源の開発など、光の到達深度の向上が期待される。
- 9) 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。
- 10) 根管内用プローブとソフトウェアの開発に着手し、細径ファイバプローブおよびプローブ回転機構の設計・試作を行った。
- 11) 波長走査型の 1550nm 帯の光源を新たに開発し、その性能を評価した。

初年度の研究成果を社会に還元するように努力した結果、特許登録 1 件、特許出願 3 件、英文論文 8 論文、日本語論文 2 論文、総説・著書 5 件、講演 4 回、学会発表 26 回の研究成果を得た。

F. 研究発表

1. 発表論文

- 1) Ozawa N, Sumi Y, Chong C, Kurabayashi T. Evaluation of oral vascular anomalies using OCT imaging. Br J Oral Maxillofac Surg. 47:622-626, 2009.
- 2) Ozawa N, Sumi Y, Shimoizato K, Chong

- C, Kurabayashi T. In-vivo OCT images of human labial glands. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 108:425-429, 2009
- 3) Imaizumi A, Kuribayashi A, Okochi K, Ishii J, Sumi Y, Yoshino N, Kurabayashi T. Differentiation between superficial and deep lobe parotid tumors by MRI: usefulness of parotid duct criterion. Acta Radiologica. 50:806 — 811, 2009
 - 4) 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.2009 (in press)
 - 5) Suyama Y, Otsuki M, Ogisu S, Kishikawa R, Tagami J, Ikeda M, Kurata H, Cho T. Effects of light sources and visible light-activated titanium dioxide photocatalyst on bleaching. Dent Mater J 28 (6) 693-699, 2009.
 - 6) Bakry AS, Nakajima M, Otsuki M, Tagami J. Effect of Er-YAG Laser on Dentin Bonding Durability Under Simulated Pulpal Pressure. J Adhes Dent 11 (5) 361-368, 2009.
 - 7) He Z, Otsuki M, Sadr A, Tagami J. Acid resistance of dentin after erbium:yttrium-aluminum-garnet laser irradiation. Lasers Med Sci 24 (4) 507-513, 2009.
 - 8) Nakata K, Nikaido T, Ikeda M, Foxton RM, Tagami J. Relationship between fluorescence loss of QLF and depth of demineralization in an enamel erosion model. Dent Mater J 28(5): 523–529, 2009.
 - 9) Shinichiro Ogisu, Ryuzo Kishikawa, Alireza Sadr, Kazunari Matoba, Norimichi Inai, Masayuki Otsuki, and Junji Tagami, Effect of convergent light-irradiation on microtensile bond strength of resin composite to dentin Int Chin Dent 2010
- 10) 岸川隆蔵、田代浩史、趙 永哲、稲井紀通、田上順次、. 光照射の有無がデュアルキュア型レジンセメントの象牙質接着強さに与える影響、接着歯学 2010
2. 著書・総説など
 - 1) 角 保徳 光干渉断層画像診断法 (Optical Coherence Tomography) の歯科臨床への応用 歯科医療の未来を創る 日本歯科医学会 53 - 56, 2010
 - 2) 角 保徳 光干渉断層画像診断法 (OCT) のメカニズムと応用 ザクインテッセンス 170:139 - 145、2009
 - 3) 角 保徳 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 28 : 23 - 25、 2009
 - 4) 角 保徳、小澤総喜、寺沢史誉、倉林亨、水口俊介、田上順次、下郷和雄 歯科用 OCT 画像診断機器の歯周病への応用 日本歯科評論 800 : 31 - 32、2009
 - 5) 角 保徳、小澤総喜、寺沢史誉、鄭 昌鎬、西田 功、梅村長生、倉林 亨 . 光干渉断層画像診断法 (Optical Coherence Tomography) の歯科臨床への応用 歯界展望特別号 : 335,2009
 3. 学会発表
 - 1) Sadr A, Tagami J, Shimada Y, Sumi Y Optical Coherence Tomography for in-vivo assessment of class III composite restoration 87th General Session of IADR April 2009.04.1,2,3,4 Miami, USA

- 2) 春日祐太、秋葉徳寿、水口俊介、小澤
総喜、角 保徳 光干渉断層画像診断法
(Optical Coherence Tomography) の歯
科臨床への応用～OCTを用いた義歯床
用材料内部の評価第2報～第2回日
本義歯ケア学会 2010.1.23 東京都
- 3) 小林 馨、角 保徳、下田信治、小佐
野貴識 口腔内光干渉断層(OCT)画像
と小照射野 CT画像との比較検討 .NPO
法人日本歯科放射線学会第210回関東
地方会 2010.01.16 東京都
- 4) 有吉芽生、島田康史、Sadr Alireza、田
上順次 OCTを用いた隣接面う蝕モデ
ルの非侵襲断層画像診査 第131回日
本歯科保存学会春季学術大会
2009.10.29,30 仙台市
- 5) 今井加奈子、島田康史、Sadr Alireza、
田上順次 エナメル質亀裂の非侵襲的
画像診断 第131回日本歯科保存学会
春季学術大会 2009.10.29,30 仙台市
- 6) 吉岡俊彦、吉岡隆知、海老原新、須田
英明、島田康史、田上順次：垂直性歯
根破折の診断における OCT の有用性 .
第131回日本歯科保存学会学術大会、
2009.10.29、仙台市。
- 7) 島田康史、Sadr Alireza、角 保徳、小
澤総喜、田上順次 OCTによる咬合面
う蝕の非破壊断層画像診査 第130回
日本歯科保存学会春季学術大会 2009
年6月 札幌市
- 8) 夏目悠子、島田康史、Sadr Alireza、角 保
徳、小澤総喜、田上順次 .OCTによる根
面う蝕の非侵襲診査 .第130回日本歯科
保存学会春季学術大会 2009年6月
札幌市
- 9) 寺沢史誉、角 保徳、小澤総喜、下郷
和雄、梅村長生、倉林亨 国立長寿医
療センターにおける歯科用光干渉断層
診断装置を使用したヒト抜去歯牙歯頸
部平滑面の評価 第63回日本口腔科
学会学術集会総会 2009.04.17 浜松市
- 10) 島田康史、角 保徳、Sadr Alireza、田
上順次 OCTを用いた接着修復物の非
破壊断層画像診断 第53回日本歯科
理工学会学術大会 2009.04.11,12 東
京都
- 11) 吉岡俊彦、吉岡隆知、海老原新、須田
英明、島田康史、田上順次:垂直性歯根
破折の診断における OCTの有用性;第
131回日本歯科保存学会春季大会 プ
ログラム抄録集 172, 2009年10月29
日.
- 12) Sadr A, Tagami J, Shimada Y, Sumi Y.
Optical coherence tomography for in-vivo
assessment of class III composite
restoration. IADR2009, Miami, oral, 2009
April 4th.
- 13) Sadr A, Mayoral Molina JR, Shimada Y,
Bakhsh TA, Tagami J. Real-time
Tomographic Monitoring Restoration
Placement Using SS-OCT. AADR/CADR
- 14) 野村知正、池田一郎、大槻昌幸、田上
順次、高出力LED照射器がレジンの
象牙質接着に及ぼす影響、日本歯科保
存学会秋季学術大会(第131回) 仙台
市、2009年10月29日
- 15) 高岡丈博、田野絵里、岸綾香、岸川隆
蔵、加藤純二、大槻昌幸、田上順次、
405nm青紫半導体レーザーが漂白効果
に及ぼす影響、日本歯科保存学会春季
学術大会(第130回) 札幌市、2009
年6月12日
- 16) 岸綾香、大槻昌幸、田上順次、各種
光源が光触媒含有の漂白材(TiON in
Office)の漂白効果に及ぼす影響、日本
歯科保存学会春季学術大会(第130回)
札幌市、2009年6月12日
- 17) 岸川隆蔵、大槻昌幸、趙永哲、池田正

- 臣、三浦宏之、田上順次、ホームホワイトニング材(ティオンホーム)の臨床評価についての報告、日本歯科保存学会春季学術大会(第130回)、札幌市、2009年6月12日
- 18) 篠木毅、加藤純二、大槻昌幸、田上順次、濱田和典、岩根聖二、西村己貴則、岡上吉秀、Er:YAGレーザー照射がレジンの窩壁適合に及ぼす影響、第21回日本レーザー歯学会総会・学術大会、福岡市、2009年11月22日
- 19) 藤田由美子、大槻昌幸、田上順次、可視光応答型酸化チタン光触媒を含有する漂白材の評価、第20回日本歯科審美学会学術大会、東京都、2009年9月19日
- 20) 夏目悠子、島田康史、Sadr Alireza、田上順次、OCTを用いた根面う蝕の非侵襲診査、第131回日本歯科保存学会2009年度春季学術大会 札幌 2009年6月11,12日
- 21) 島田康史、Sadr Alireza、田上順次、OCTによる咬合面う蝕の非破壊断層画像診査、第131回日本歯科保存学会2009年度春季学術大会 札幌 2009年6月11,12日
- 22) 有吉芽生、島田康史、Sadr Alireza、田上順次、OCTを用いた隣接面う蝕モデルの非侵襲断層画像診査、第131回日本歯科保存学会2009年度秋季学術大会 仙台 2009年10月29,30日
- 23) 今井加奈子、島田康史、Sadr Alireza、田上順次、エナメル質亀裂の非侵襲断層画像診断、第131回日本歯科保存学会2009年度秋季学術大会 仙台 2009年10月29,30日
- 24) サダルアリレザ、田上順次、島田康史、OCTを用いたエナメル質および象牙質の厚さと屈折率の測定について、第131回日本歯科保存学会2009年度秋季学術大会 仙台 2009年10月29,30日
- 25) Makishi Patricia, Shimada yasushi, Sadr alireza, Tagami Junji. Evaluation of enamel marginal sealing of self-etch adhesives using optical coherence tomography. 第28回日本接着歯学会学術大会 松江 2010年1月23,24日
- 26) 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。
- #### 4. シンポジウム、講演
- 1) 角 保徳 光干渉断層画像診断装置(Optical Coherence Tomography)の歯科臨床への応用～歯科用OCT画像診断機器の開発と口腔疾患への応用～第19回日本医用歯科機器学会研究発表大会特別講演 2009.09.13 横浜市
- 2) 角 保徳 近赤外光による口腔内の画像診断法 愛知県保険医協会歯科学術研究会 2009.09.06 名古屋市
- 3) 角 保徳、寺沢史誉、小澤総喜、梅村長生、倉林 亨 歯科用OCT画像診断機器の基礎と臨床応用 第63回日本口腔科学会学術集会総会シンポジウム 2009.04.17 浜松市
- 4) 小澤総喜、角 保徳、寺沢史誉、下郷和雄、梅村長生、倉林 亨 国立長寿医療センターにおける歯科用光干渉断層診断装置の口腔軟組織疾患への診断応用シンポジウム 第63回日本口腔科学会学術集会総会 2009.04.17 浜松市

新聞

- 1) 角 保徳：新しい歯科用画像診断装置—OCT—3：OCTの将来展望 愛知県保険医新聞 1774、2010.
- 2) 角 保徳：新しい歯科用画像診断装置—OCT—2：OCTの臨床応用 愛知県保険医新聞 1773、2009.
- 3) 角 保徳：新しい歯科用画像診断装置—OCT—1：OCTとは 愛知県保険医新聞 1772、2009.

テレビ出演

- 1) 角 保徳 「歯を守る秘密兵器」NHK総合「ほっとイブニング」平成21年3月4日(水)午後18時10分～19時

G. 知的財産権の出願・登録状況

特許登録

1. 角 保徳，西田 功，鄭 昌鎬
「歯科用光断層画像表示システム」
平成21年7月10日登録 特許番号
4338142号

特許出願

1. 根本 哲也、角 保徳、
う蝕測定装置、及び、う蝕測定方法
特願2010-32861 平成22年2月17
日出願
2. 角 保徳、小澤 総喜
歯科用被覆物の作製方法及び歯科用C
AD/CAM装置
特願2010-31742 平成22年2月16
日出願
3. 角 保徳、小澤 総喜
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
特願2010-018928 平成22年1月29
日出願