

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 3 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24241029

研究課題名(和文) 中赤外レーザーを用いた生体分子振動励起による疾患選択的レーザー治療技術の開発

研究課題名(英文) Development of selective therapeutic techniques by excitation of molecular vibration using mid-infrared lasers

研究代表者

栗津 邦男 (AWAZU, Kunio)

大阪大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：30324817

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,900,000円

研究成果の概要(和文)：波長5.75 μm の中赤外レーザーで動脈硬化プラークの選択的除去、波長5.85 μm の中赤外レーザーで齲蝕(虫歯)の選択的除去が可能であることが分かった。波長10.6 μm の炭酸ガスレーザーを用いた消化器がんの内視鏡治療システムを開発し、ブタでの動物実験にも成功した。波長1200 nmの近赤外線を用い、動脈硬化を定量的に診断可能なシステムも開発した。生体組織内における光伝搬を正確に推定するため、生体組織の光学特性値を高精度に測定可能な技術を開発した。

研究成果の概要(英文)：It was found that selective removal of atherosclerotic plaque and carious dentin is possible using mid-infrared laser at the wavelengths of 5.75 and 5.8 μm , respectively. Endoscopic treatment system for early gastric cancer was developed using a carbon dioxide laser, and in-vivo porcine experiment was succeeded. Quantitative diagnosis system for atherosclerosis was developed using near-infrared light at a wavelength range of 1200 nm. Accurate measurement technique for optical properties of biological tissues was developed to precisely estimate the light propagation in the biological tissue.

研究分野：レーザー医工学、生体組織光学

キーワード：レーザー医療 レーザー生体相互作用 中赤外レーザー 低侵襲治療 疾患選択的治療 量子カスケードレーザー

1. 研究開始当初の背景

レーザーが発振してまもなく、いくつかのレーザー光源が医療に応用され、現在、皮膚科・眼科・歯科・形成外科・美容外科・耳鼻咽喉科・泌尿器科・呼吸器科・心臓血管外科・脳神経外科など様々な診療科においてレーザー治療器が利用されている。レーザーには紫外波長の ArF エキシマレーザーから中赤外波長の炭酸ガスレーザーまで広範な波長域のものがレーザーメス(切開・掘削・凝固・止血)を主として利用されている。近年、Ho:YAG レーザー、Er,Cr:YSGG レーザー、Er:YAG レーザーといった中赤外波長レーザーが利用され、低侵襲で高 QOL (quality of life) を提供する治療ツールとして医療における有効性は未だ高い。実際に各省庁足並みをそろえて非侵襲診断・低侵襲治療に関する研究開発を推進しており、レーザーの医療応用はその代表であることは間違いない。

しかしながら、レーザー治療には大きな問題がいくつか存在する。その一つとして使用波長の科学的根拠が薄いことが挙げられる。歴史的に発振したレーザーを順に応用してきた経緯があるため、近年の発振波長拡大に伴う使用波長の最適化がなされていない。実際、現在臨床で使用されているレーザーよりも安全かつ効率的に治療可能な波長が報告されている。また、我が国におけるレーザー治療器は、承認申請などの壁によりデバイスラグという問題を抱え、結果として新しい治療器への移行、新しい波長利用へ転換が世界的にみて遅れることにより、国民が最新の医療を受けることができないという現状がある。すなわち、波長可変レーザーという先端光源を用いた積極的なシーズ研究および、先端光源技術のレーザー治療器への搭載が実現することにより、科学的根拠に基づいた低侵襲な治療を提供することができる。

我々は、1990年代半ばよりいち早くこの問題に着眼し、中赤外自由電子レーザーや差周波発生方式の中赤外波長可変レーザーを用い、レーザー治療における新規波長の有用性および疾患の選択的治療について研究を一貫して行い、その過程でいくつかの最適波長や新規相互作用を見出してきた。具体的には波長 5.75 μm を用いた動脈硬化治療、波長 6 μm 帯を用いた齲蝕の除去治療など、中赤外波長、特に波長 6 μm 帯が正常組織に低侵襲に疾患選択的な治療が可能であることを示している。

2. 研究の目的

(1) 疾患選択的な治療パラメーターの決定

本研究では、生体組織の分子振動に対応する中赤外波長域において、エステル結合、アミド結合、カルボキシル基、ヒドロキシル基など複数の結合・官能基由来の吸収バンドと対応する波長 6 μm 帯(約 5.7~6.5 μm) のレーザーと、生体組織・病変組織との相互作用について研究を行う。具体的には、粥状動脈

硬化、象牙質齲蝕、消化器(胃・食道・大腸)がんを主対象に、正常組織に低侵襲かつ病変組織に選択的に切削・凝固反応を誘起可能な波長もしくは波長範囲を決定する。レーザー照射による正常組織および病変組織の光学特性値変化にも注目し、最適波長を決定する。最適波長における疾患選択的な照射エネルギー条件を調査し、各疾患の選択的治療パラメーターを決定する。選択的治療パラメーターを用いたレーザー照射による正常組織および病変組織の形態学的変化は組織学的に評価し、選択的治療の相互作用と従来の臨床医による定性的評価を関連付ける。

(2) 疾患選択的治療可能な波長のレーザー治療器プロトタイプの開発および動物実験

疾患選択的な治療が可能な波長を発振する量子カスケードレーザーを光源に、新規レーザー治療器プロトタイプを開発する。開発したプロトタイプと内視鏡などの診断装置を組み合わせ、*in-vivo* 動物実験レベルでの有効性・安全性の検討を行う。本検討はスーパー特区を活用し、医学部・医療機器開発企業との共同研究開発の下に行う。

(3) 当該分野における本研究の学術的な特色・独創的な点及び予想される結果と意義

本研究は、レーザーと生体組織の相互作用を広帯域波長で実験的かつ網羅的に調査し、その結果科学的な根拠に基づき最適な波長を決定するものである。これまでは、中赤外波長可変レーザーの波長可変域および出力の問題で、治療の研究(アブレーションや表面改質など、生体組織に可逆的相互作用を誘起できるエネルギーレベルでの研究)は今日に至るまで事実上不可能な状況にあった。このような研究はレーザー医療の世界では本質的に重要であるにもかかわらず、国内外において、中赤外波長域におけるレーザー治療に向けたレーザー生体相互作用の網羅的研究を行っている研究例はない。すなわち、世界的にみてレーザー治療の最適波長については実験的研究から得た科学的根拠に基づいた見解はないため、独創的かつ新規な研究である。先端光源の積極的な応用研究かつ、レーザー治療の安全性に直結する研究であり、学術的にも臨床的にも重要である。

また、量子カスケードレーザー技術を用いた、治療室に持ち運び可能な中赤外レーザー治療器の開発は世界的に行われておらず、先端光源の独創的な利用研究と位置付けられる。本研究によって得られた最適波長による疾患選択的なレーザー治療を、旧来のレーザー治療と置き換えることによって、高齢化社会に向けた低侵襲かつ高 QOL な治療の実現に貢献することができる。

3. 研究の方法

粥状動脈硬化治療および齲蝕治療を対象に、6 μm 帯のレーザー生体相互作用について

研究を行った。それぞれの実験の試料には、WHHLMI ウサギ（動脈硬化発症ウサギ）胸部大動脈およびヒト齶蝕抜去歯を用いた。光源には差周波発生方式の中赤外波長可変ナノ秒パルスレーザーを用いた。評価項目は、注目する照射エネルギー条件における{波長}と{切削深さ}の関係、注目する波長における、{平均パワー密度・照射時間}と{切削深さ・凝固幅・炭化幅・飛散物の大きさ・表面形態・光学特性値}の関係である。切削深さをレーザー顕微鏡、凝固幅および炭化幅はHE染色などの組織染色、飛散物の大きさはフローサイトメーター、表面形態は走査型電子顕微鏡を用いて評価した。

レーザー照射により対象組織の光学特性が変化すると、上述のように切削深さで規定した最適波長が必ずしも最適でなくなることがある。そこで、レーザー照射による光学特性値変化を考慮に入れ、最適波長を決定した。光学特性値は当研究室で所有する分光計測と逆モンテカル口法による手法を用い、照射前後での光学特性値変化を評価した。アブレーションの物理モデル（Blow-offモデル、Steady-stateモデルなど）を参考に、最適波長域における物理モデルの検討を行った。

4. 研究成果

(1) 動脈硬化治療

波長 5.75 μm のレーザーで動脈硬化プラークの選択的除去が可能であることが分かった。これらの選択的除去を実現するレーザーの条件として、短パルスおよび低繰り返し周波数のパルスが重要なことも明らかとなった。さらに、動脈硬化プラークを選択的に除去可能な波長帯である 5.8 μm 帯で発振可能な半導体レーザーである量子カスケードレーザーを、疾患選択的レーザー治療のための光源として検討した。量子カスケードレーザーは準連続発振方式のため、そのパルスドライバーをパルスジェネレーターで制御できるように改造し、量子カスケードレーザーを短パルスかつ低繰り返し周波数で駆動できるように改良を行った。生体軟組織の熱緩和時間と同等のパルス幅およびパルス間隔という条件で照射実験を行った結果、従来の準連続発振の量子カスケードレーザーによる照射実験に比べて熱凝固層を有意に低減させることに成功した。また、波長 5.8 μm 帯のレーザーを導光可能な中空光ファイバーカテーテルについて実験を行い、動物実験が可能な仕様まで完成度を高めることができた。

(2) 齶蝕（虫歯）治療

波長を 5.5~10 μm で連続的に変えられる差周波発生方式の赤外レーザーで虫歯の切削深さとレーザー波長との関係を評価した結果、波長 5.85 μm のレーザーで虫歯の選択的除去が可能であることが分かった。さらに、差周波発生方式のレーザーよりも小型で、臨床現場でも使用可能な、光パラメトリック発

振方式で波長 3 μm 帯のナノ秒パルスレーザー、および波長 5.8 μm 帯の量子カスケードレーザーを用いて齶蝕の選択的除去が可能であることを明らかにした。

(3) 早期消化器がん治療

早期消化器がんを安全かつ低侵襲に治療する技術として、波長 10.6 μm の炭酸ガスレーザーを用いて内視鏡的粘膜下層剥離術を実施可能な内視鏡治療システムの開発を行った。消化器内視鏡へ挿入可能な中空光ファイバーカテーテルを実装した波長 10.6 μm の炭酸ガスレーザーシステムを開発し、摘出したブタ臓器による非臨床実験に加え、生体ブタを用いた前臨床実験を行った。その結果、消化器内視鏡下で低侵襲に胃、食道、および大腸の粘膜層切開と粘膜下層剥離を安全に行うことに成功した。

(4) 動脈硬化診断

分光イメージングは、物質の分布や組成を分光学的情報から解析する非破壊的なイメージングであり、薬品の成分分析や果実の糖度分析など、様々な分野で応用研究が行われている。本研究では、近赤外線を用いた分光イメージングによる動脈硬化プラークの診断装置の開発を行った。診断に適した波長の検討を行った結果、波長 1200 nm の近赤外線が適していることを明らかにした。血管内視鏡として使用できるように、バンドル光ファイバーを通して画像観察可能なシステムを構築した。さらに、プラークの形状だけでなく脂質濃度を測定できる定量的診断手法を確立した。

(5) 生体組織の光学特性測定

生体組織内における光伝搬を計算機シミュレーションで正確に予測することは、新規光医療の原理検討や、その薬事承認取得において非常に重要である。このためには生体組織の光学特性値を正確に求める必要があり、当研究室の過去の研究において双積分球と逆モンテカル口（inverse Monte Carlo）法を組み合わせ、可視・近赤外域における生体組織の光学特性値を測定可能な光学特性値測定システムが開発された。しかし、同システムでは光吸収が強い組織などで、測定値の精度が低下することが明らかとなった。そこで、測定試料の吸収の強さや厚さなどが測定結果に与える影響を評価し、光学特性値を正確に測定するための指針を得ることができた。さらに、光学特性値を正確に測定する上で必要となる散乱異方性因子とその波長依存性を測定可能なシステムを開発した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 35 件)

D. Matsui, K. Ishii, K. Awazu: "Lipid volume fraction in atherosclerotic plaque phantoms

classified under saline conditions by multispectral angioscopy at near-infrared wavelength around 1200 nm,” *Lasers in Medical Science* **31**, 619-624 (2016) 査読有.
DOI: 10.1007/s10103-016-1879-x

橋村圭亮, 石井克典, 粟津邦男: “波長 5.75 μm のパルスレーザーによる動脈硬化プラークの低侵襲切削技術の開発,” *レーザー研究* **44**, 174-178 (2016) 査読有.

清水公太, 石井克典, 橋村圭亮, 吉川一志, 保尾謙三, 山本一世, 粟津邦男: “波長 2.94 μm のナノ秒パルスレーザーによる脱灰象牙質の選択的切削,” *レーザー研究* **44**, 182-186 (2016) 査読有.

D. Fukutomi, K. Ishii, K. Awazu: “Determination of scattering coefficient considering wavelength and absorption dependence of anisotropy factor measured by polarized beam for biological tissues,” *Proceedings of SPIE* **9792**, 97920T (2015) 査読無.

DOI: 10.1117/12.2203194

T. Horibe, K. Ishii, D. Fukutomi, K. Awazu: “Influence of diffuse reflectance measurement accuracy on the scattering coefficient in determination of optical properties with integrating sphere optics (a secondary publication),” *Laser Therapy* **24**, 303-310 (2015) 査読有.

DOI: 10.5978/islsm.15-OR-19

D. Fukutomi, K. Ishii, K. Awazu: “Determination of the scattering coefficient of biological tissue considering the wavelength and absorption dependence of the anisotropy factor,” *Optical Review* **23**, 291-298 (2015) 査読有.

DOI: 10.1007/s10043-015-0161-y

K. Hashimura, K. Ishii, K. Awazu: “Selective ablation of atherosclerotic lesions with less thermal damage by controlling the pulse structure of a quantum cascade laser in the 5.7- μm wavelength range,” *Optical Review* **23**, 299-306 (2015) 査読有.

DOI: 10.1007/s10043-015-0162-x

K. Hashimura, K. Ishii, K. Awazu: “Selective removal of atherosclerotic plaque with a quantum cascade laser in the 5.7 μm wavelength range,” *Japanese Journal of Applied Physics* **54**, 112701-1-6 (2015) 査読有.

DOI: 10.7567/JJAP.54.112701

R. Nagao, K. Ishii, D. Matsui, K. Awazu: “Quantitative evaluation of lipid volume fraction in atherosclerotic plaque phantoms by near-infrared multispectral imaging at wavelength around 1200 nm,” *Advanced Biomedical Engineering* **4**, 158-163 (2015) 査読有.

DOI: 10.14326/abe.4.158

福富大地, 石井克典, 粟津邦男: “生体組織

の異方性因子 - 高吸収波長と低吸収波長の比較 -,” *電気学会研究会資料 (光・量子デバイス研究会「バイオメディカルフォトニクス応用」)* **OQD-15**, 13-16 (2015) 査読無.

石井克典, 間久直, 小畑大輔, 森田圭紀, 東健, 粟津邦男: “炭酸ガスレーザーによる内視鏡的粘膜下層剥離術,” *G.I. Research* **23**, 282-287 (2015) 査読無.

松井大地, 石井克典, 粟津邦男: “動脈硬化プラークの強調観察に向けた波長 1200 nm 帯マルチスペクトル血管内視鏡の開発,” *日本レーザー医学会誌* **36**, 216-221 (2015) 査読有.

粟津邦男, 石井克典: “レーザー治療の現状,” *光技術コンタクト* **53**, 3-8 (2015) 査読無.

石井克典, 粟津邦男: “光線力学治療に利用される半導体レーザーの基礎,” *日本レーザー医学会誌* **36**, 154-158 (2015) 査読無.

D. Matsui, K. Ishii, K. Awazu: “Quantitative evaluation of lipid concentration in atherosclerotic plaque phantom by near-infrared multispectral angioscope at wavelength around 1200 nm,” *Proceedings of SPIE* **9537**, 95371C (2015) 査読無.

DOI: 10.1117/12.2197795

K. Ishii, T. Kita, K. Yoshikawa, K. Yasuo, K. Yamamoto, K. Awazu: “Selective removal of carious human dentin using a nanosecond pulsed laser operating at a wavelength of 5.85 μm ,” *Journal of Biomedical Optics* **20**, 051023-1-7 (2015) 査読有.

DOI: 10.1117/1.JBO.20.5.051023

T. Kita, K. Ishii, K. Yoshikawa, K. Yasuo, K. Yamamoto, K. Awazu: “In vitro study about selective removal of bovine demineralized dentin using nanosecond pulsed laser at wavelengths around 5.8 μm for realizing less invasive treatment of dental caries,” *Lasers in Medical Science* **30**, 961-967 (2015) 査読有.

DOI: 10.1007/s10103-013-1517-9

D. Fukutomi, K. Ishii, K. Awazu: “Highly accurate scattering spectra of strongly absorbing samples obtained using an integrating sphere system by considering the angular distribution of diffusely reflected light,” *Lasers in Medical Science* **30**, 1335-1340 (2015) 査読有.

DOI: 10.1007/s10103-015-1734-5

R. Nagao, K. Ishii, K. Awazu: “Optimal wavelengths for near-infrared multispectral imaging of atherosclerotic plaque,” *Optical Review* **22**, 329-334 (2015) 査読有.

DOI: 10.1007/s10043-015-0035-3

K. Hashimura, K. Ishii, K. Awazu: “Improvement of thermal effects to rabbit atherosclerotic aortas by macro pulse irradiation of a quantum cascade laser in the

- 5.7 μm wavelength range,” Proceedings of SPIE **9321**, 93210B (2015) 査読無.
DOI: 10.1117/12.2078947
- 21 K. Hashimura, K. Ishii, N. Akikusa, T. Edamura, H. Yoshida, K. Awazu: “Coagulation and ablation of biological soft tissue by quantum cascade laser with peak wavelength of 5.7 μm ,” Journal of Innovative Optical Health Sciences **7**, 1450029 (2014) 査読有.
DOI: 10.1142/S1793545814500291
- 22 北哲也, 石井克典, 吉川一志, 保尾謙三, 山本一世, 粟津邦男: “波長 5.85 μm ナノ秒パルスレーザーを用いた歯質の選択的な除去: 硬さと切削特性の関係,” 日本レーザー歯学会誌 **25**, 2–7 (2014) 査読有.
- 23 K. Hashimura, K. Ishii, K. Awazu: “Investigation of optimal pulse structure of quantum cascade laser with peak wavelength of 5.7 μm for less-invasive ablation of atherosclerotic plaques,” Proceedings of the 3rd Advanced Lasers and Photon Sources Conference, ALPS9–6 (2014) 査読無.
- 24 石井克典, 粟津邦男: “分子振動領域の波長による疾患選択的レーザー治療,” 生産と技術 **67**, 69–72 (2014) 査読無.
- 25 D. Obata, Y. Morita, R. Kawaguchi, K. Ishii, H. Hazama, K. Awazu, H. Kutsumi, T. Azuma: “Endoscopic submucosal dissection using a carbon dioxide laser with submucosally injected laser absorber solution (porcine model),” Surgical Endoscopy **27**, 4241–4249 (2013) 査読有.
DOI: 10.1007/s00464-013-3029-x
- 26 D. Kusakari, H. Hazama, R. Kawaguchi, K. Ishii, K. Awazu: “Evaluation of the bending loss of the hollow optical fiber for application of the carbon dioxide laser to endoscopic therapy,” Optics and Photonics Journal **3**, 14–19 (2013) 査読有.
DOI: 10.4236/opj.2013.34A003
- 27 T. Kita, K. Ishii, K. Yoshikawa, K. Yasuo, K. Yamamoto, K. Awazu: “Selective excavation of human carious dentin using the nanosecond pulsed laser in 5.8- μm wavelength range,” Proceedings of SPIE **8566**, 85660B (2013) 査読無.
DOI: 10.1117/12.2003922
- 28 K. Hashimura, K. Ishii, N. Akikusa, T. Edamura, H. Yoshida, K. Awazu: “Thermal ablation of WHHLM rabbit atherosclerotic plaque by quantum cascade laser in the 5.7- μm wavelength range,” Proceedings of SPIE **8565**, 85654C (2013) 査読無.
DOI: 10.1117/12.2003722
- 29 石井克典, 粟津邦男: “中赤外域におけるレーザーの医療応用の動向,” 日本赤外線学会誌 **23**, 64–70 (2013) 査読有.
- 30 枝村忠孝, 秋草直大, 山西正道, 石井克典, 粟津邦男: “高出力量子カスケードレーザーの現状と将来展望,” レーザー研究 **41**, 250–254 (2013) 査読有.
- 31 K. Hashimura, K. Ishii, N. Akikusa, T. Edamura, H. Yoshida, K. Awazu: “Irradiation effects on cholesteryl ester and porcine thoracic aorta of quantum cascade laser in 5.7- μm wavelength range for less-invasive laser angioplasty,” Advanced Biomedical Engineering **1**, 74–80 (2012) 査読有.
- 32 K. Ishii, M. Saiki, T. Kita, K. Yoshikawa, K. Yasuo, K. Yamamoto, K. Awazu: “Optimal irradiation condition of demineralized dentin treatment with a nanosecond pulsed laser at 5.8 μm wavelength range,” Proceedings of SPIE **8427**, 84273U (2012) 査読無.
DOI: 10.1117/12.922868
- [学会発表](計 77 件)
- 橋村圭亮, 石井克典, 粟津邦男: “パルス構造を改良した波長 5.75 μm 帯量子カスケードレーザーによる動脈硬化組織の低侵襲かつ選択的な切削,” レーザー学会学術講演会第 36 回年次大会, 名城大学天白キャンパス, 愛知県名古屋市 (2016 年 1 月 9 ~ 11 日).
- 福富大地, 石井克典, 粟津邦男: “異方性因子の波長・吸収依存性を考慮した生体組織の光学特性値算出,” レーザー学会学術講演会第 36 回年次大会, 名城大学天白キャンパス, 愛知県名古屋市 (2016 年 1 月 9 ~ 11 日).
- 松井大地, 石井克典, 粟津邦男: “波長 1200 nm 帯マルチスペクトル血管内視鏡を用いた生理食塩水下動脈硬化プラークファントムの定量観察,” レーザー学会学術講演会第 36 回年次大会, 名城大学天白キャンパス, 愛知県名古屋市 (2016 年 1 月 9 ~ 11 日).
- 松尾優希, 石井克典, 橋村圭亮, 吉川一志, 保尾謙三, 山本一世, 粟津邦男: “波長 5.8 μm 帯量子カスケードレーザーを用いた象牙質の切削特性におけるパルス構造の影響,” レーザー学会学術講演会第 36 回年次大会, 名城大学天白キャンパス, 愛知県名古屋市 (2016 年 1 月 9 ~ 11 日).
- 本多典広, 石井克典, 梶本宜永, 黒岩敏彦, 粟津邦男: “5-ALA を用いた光線力学的診断法の蛍光強度とヒト脳腫瘍組織の光学特性,” レーザー学会学術講演会第 36 回年次大会, 名城大学天白キャンパス, 愛知県名古屋市 (2016 年 1 月 9 ~ 11 日).
- 松井大地, 石井克典, 粟津邦男: “波長 1200 nm 帯マルチスペクトル血管内視鏡を用いた動脈硬化プラークの定量評価手法の開発,” 日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan 2015, 筑波大学東京キャンパス, 東京都文京区 (2015 年 10 月 28 ~ 30 日).
- 石井克典, 松井大地, 粟津邦男: “波長

1200 nm 帯を利用した近赤外マルチスペクトル血管内視鏡の開発と脂質の強調観察および定量評価,” 第36回日本レーザー医学会総会, 栃木県総合文化センター, 栃木県宇都宮市 (2015年10月24~25日).

橋村圭亮, 石井克典, 粟津邦男: “波長 5.7 μm 帯量子カスケードレーザーのパルス構造制御による熱影響を抑えたウサギ動脈硬化プラークの選択的切削,” 第36回日本レーザー医学会総会, 栃木県総合文化センター, 栃木県宇都宮市 (2015年10月24~25日).

清水公太, 石井克典, 吉川一志, 保尾謙三, 山本一世, 粟津邦男: “ナノ秒パルスレーザーを用いた脱灰象牙質の切削における波長 3 μm 帯の評価,” 第36回日本レーザー医学会総会, 栃木県総合文化センター, 栃木県宇都宮市 (2015年10月24~25日).

松本耕祐, 石井克典, 橋村圭亮, 鈴木泰明, 粟津邦男, 古森孝英: “中赤外領域レーザーによるリン酸結合切断をメカニズムとした新規分子標的治療の開発,” 第60回公益社団法人日本口腔外科学会総会・学術大会, 名古屋国際会議場, 愛知県名古屋市 (2015年10月16~18日).

福富大地, 石井克典, 粟津邦男: “生体組織の異方性因子 - 高吸収波長と低吸収波長の比較 -,” 電気学会光・量子デバイス研究会, 東北大学東京分室, 東京都千代田区 (2015年9月28日).

石井克典, 松井大地, 粟津邦男: “動脈硬化プラークの強調・定量観察を目的とした波長 1200 nm 帯マルチスペクトル血管内視鏡の開発,” レーザー学会第 479 回研究会, 近畿大学東京センター, 東京都中央区 (2015年9月3日).

橋村圭亮, 石井克典, 粟津邦男: “パルス構造を制御した波長 5.7 μm 帯量子カスケードレーザーによるウサギ動脈硬化病変の選択的切削,” 第28回日本レーザー医学会関西地方会, TKP ガーデンシティ京都, 京都府京都市 (2015年7月25日).

松井大地, 石井克典, 粟津邦男: “波長 1200 nm 帯マルチスペクトル血管内視鏡を用いた動脈硬化プラークファントムの脂質体積分率の定量評価,” 第28回日本レーザー医学会関西地方会, TKP ガーデンシティ京都, 京都府京都市 (2015年7月25日).

K. Ishii, D. Fukutomi, K. Awazu: “Anisotropy factor of biological tissue phantom and the effect to scattering coefficient in a strongly absorbing wavelength,” European Conference on Biomedical Optics 2015, International Congress Center, Munich, Germany (21-25 Jun. 2015).

石井克典, 粟津邦男: “疾患選択的治療に向けた中赤外レーザーと生体組織の相互作用,” レーザー学会第 14 回「レーザーの caos・ノイズ・ダイナミクスとその応用」

技術専門委員会, 山本光学株式会社北淡工場, 兵庫県淡路市 (2015年5月29日).

K. Ishii, D. Fukutomi, K. Awazu: “Effect of the sample thickness on the scattering angular distribution and the anisotropy factor of biological tissue phantom,” The 5th Asian and Pacific-Rim Symposium on Biophotonics, Pacifico Yokohama, Kanagawa, Japan (22-24 Apr. 2015).

K. Hashimura, K. Ishii, K. Awazu: “Selective ablation of atherosclerotic lesion with less thermal effect by the control of pulse structure of a quantum cascade laser in the 5.7 μm wavelength range,” The 5th Asian and Pacific-Rim Symposium on Biophotonics, Pacifico Yokohama, Kanagawa, Japan (22-24 Apr. 2015).

D. Fukutomi, K. Ishii, K. Awazu: “Calculation of scattering coefficient with anisotropy factor considered the wavelength and absorption dependence for biological tissues,” The 5th Asian and Pacific-Rim Symposium on Biophotonics, Pacifico Yokohama, Kanagawa, Japan (22-24 Apr. 2015).

D. Matsui, K. Ishii, R. Nagao, K. Awazu: “Development of near-infrared multispectral angioscope at wavelength around 1200 nm for the quantitative diagnosis of atherosclerotic plaque,” The 5th Asian and Pacific-Rim Symposium on Biophotonics, Pacifico Yokohama, Kanagawa, Japan (22-24 Apr. 2015).

〔その他〕

大阪大学大学院工学研究科粟津研究室
ホームページ

<http://www.see.eng.osaka-u.ac.jp/seemb/seemb/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

粟津 邦男 (AWAZU, Kunio)

大阪大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 30324817

(2) 研究分担者

石井 克典 (ISHII, Katsunori)

大阪大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号: 20512073

間 久直 (HAZAMA, Hisanao)

大阪大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 70437375