

図6 図5に表示した光音響信号波形の振幅から酸素飽和度を計測した結果

今年度はこの問題を解決するために、各波長でそれぞれ40回取得した光音響信号波形の中から、最も信号強度が強い信号を選択し、それらの信号を比較することにより酸素飽和度を算出した。この時の信号波形を図5(a)に示す。また、比較対象として、加算平均処理を施した信号波形を用いて酸素飽和度を算出した。加算平均回数は8回、32回と変化させた。この時の信号波形を図5(b)、(c)にそれぞれ示す。これらの信号波形より、加算平均をした信号波形では、加算平均回数を増加することにより改善はみられるものの、波長ごとに信号波形が異なることが確認できる。また、位置ずれのある信号波形の加算平均により、信号波形のピークが不明瞭となる問題がある。

これらの信号波形を用いて酸素飽和度を計測した結果を図6に示す。この結果より、加算平均回数が少ない条件では、加算平均回数が多い条件と比較して観測結果が低値となった。この一方で、加算平均回数を増加した条件での計測値は、最も信号強度が強い信号を選択した波形に近づくことが確認された。

D. 考察

図3に示す超音波エコー画像より、動脈と静脈は近接して走行していることが多い。近接して走

行する血管のうち、どちらを光音響で計測しているかを把握するためには、光音響法による観測領域が、超音波エコー画像のどの部分にあたるのかを予め正確に対応付ける必要がある。或いは、プロト機をもちれば、光音響画像を超音波画像に重ねて表示できるため、描出位置や超音波エコーへの血管壁の描出から、動脈と静脈とを識別できる。

図4に示す信号波形より、信号波形は時間経過とともに呼吸性体動に由来するモーションアーティファクトが観測される。モーションアーティファクトによる信号波形変化には周期性があることから、十分に細かい時間間隔で周期以上の時間だけ信号を取得すれば、その信号の中には近似した信号波形が含まれると考えられる。

本分担研究にて、信号強度が最大の信号のみを抽出した条件はこの考えに基づいており、近似した信号波形を選択するためのパラメータとして最大値を使用している。信号の最大値を用いて近似した信号波形を選択した結果、図5(a)に示す通り、計測波長において近似した信号波形を抽出できた。今回は最も簡単な信号振幅を用いて選択したが、異なる波長で取得した信号波形間の相似性を利用するなどの手法も考えられる。

図5(b)、(c)に示す加算平均波形と比較すると、加算平均回数が少ない図5(b)においては、加算平

均内に信号波形変化の周期全体が含まれないことから、波長ごとに信号波形が異なる。加算平均回数を増加した図 5(c)においては、波長ごとに信号波形は近似するものの、信号波形のピークが消えてしまっている。

図 6 に示す血液酸素飽和度計測結果より、信号波形に対する前処理の方法により、血液酸素飽和度の定量結果が異なることが示された。これは加算平均によりモーションアーティファクトの誤差が増加した結果と考えられる。

E. 結論

本分担研究では、光音響計測技術を用いて、血管内の血液酸素飽和度計測技術を開発している。血液酸素飽和度計測において、呼吸性体動が誤差要因となることから、この影響を除去するための信号取得方法及び信号処理方法について検討を行った。検出系の検出感度向上により加算平均なしでの信号取得を可能とし、加算平均信号からは観測できなかった呼吸性体動による信号波形の変化の情報が得た。異なる波長で各 40 回ずつ受信し、信号強度が最大となる波形を選択して比較する手法を提案した。この結果より、加算平均した信号

を使用するよりも、酸素飽和度の計測精度を向上できる可能性が示唆された。

前年度までに、血液ガス分析装置と比較して近似した値が得られることが確認できており、今後、統計処理が可能な N 数を取得することにより、技術的に確立していく予定である。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

なし

H. 知的財産の出願・登録状況

なし

I. 参考文献

1. S. L. Jacques and S. A. Prahl, "Absorption Spectra for Biological Tissues (Oregon Medical Laser Center, OR)" (2004), retrieved March 12, 2013, <http://omlc.ogi.edu/spectra/>.

光音響画像の脳外科応用に関する基礎～臨床検討

研究分担者 平沢 壮 防衛医科大学校
研究分担者 大谷 直樹 防衛医科大学校

医用工学講座 助教
脳神経外科学講座 講師

要旨

脳神経外科学領域において、光音響イメージングの応用が期待できる領域として、頸動脈プラークの質的診断が考えられる。不安定プラークは、軽度狭窄であっても破裂することにより塞栓症を生じる危険性があり、存在を的確に把握することは、脳梗塞の発症を予防する鍵となる。前年度までに、頸動脈プラークの *ex vivo* 検体を対象に、近赤外分光分析を行うことにより、1200 nm 帯及び 1600 nm 帯の波長域の光を用いると、正常血管とプラークとの識別が可能なが示唆された。今年度は、水による光吸収が小さく、光音響イメージングにより深部まで計測可能と考えられる、1200 nm 帯の波長域について、プラークの光学特性を詳細に分析することにより、プラークの中でも性状が不安定なものを光学的手法により識別する手法について検討した。今年度に計測した検体数は 16 例について、近赤外分光分析結果から抽出したパラメータを基にマッピングしたところ、写真による所見と対応した結果が得られた。本研究成果より、プラークの光学特性を特徴づける波長が絞り込まれたため、当該波長での光音響イメージングに関する検討を今後進める予定である。

A. 研究目的

頸動脈狭窄症は戦後食スタイルの欧米化に伴い、脳梗塞の主たる要因として重要となってきた。本病変に対し、外科的に直接病変部を切除する頸動脈内膜剥離術(CEA)が行われてきた。従来手術適応としては症候性病変では 70%以上の狭窄、無症候性病変では 60%以上の狭窄が示唆されている。たとえ軽度狭窄であってもプラークが破裂し、塞栓症を生じる危険性がある。特に破裂しやすい不安定プラークの存在を術前に的確に把握することは、脳梗塞の発症と周術期合併症を予防する大きな鍵となる。本研究では、プラークの不安定性の評価に光音響イメージングが有用か否かを検討する。

光音響イメージングは、励起波長における光吸収特性に関する情報を得るため、正常部位とプラーク部位との光吸収特性にそれぞれ特徴のある励起波長を選択する必要がある。そこで本研究では、近赤外波長域における光吸収特性を分析可能な近赤外分光分析を用いて、光音響イメージング

による頸動脈プラーク診断において適切な励起波長を検討する。

前年度までに、CEAにより摘出した検体を対象に近赤外分光分析を行い、特に 1200 nm 帯及び 1600 nm 帯においてプラーク部位と正常部位との間に差異が生じることを確認した。今年度は、水による光吸収が小さく、光音響イメージングにより深部まで計測可能と考えられる 1200 nm 帯の波長域について、プラークの光学特性を詳細に分析することにより、プラークの中でも性状が不安定なものを光学的手法により識別する手法について検討した。近赤外分光により得られるスペクトルの 2 次微分から抽出できるパラメータと、摘出検体の写真とを対比して検討を行った。

B. 研究方法

【B-1】近赤外分光 5 計測

近赤外分光法では、計測対象の近赤外光に対する吸収特性を非破壊的に計測できる。近赤外波長における光吸収は、分子結合の吸収帯に由来し、

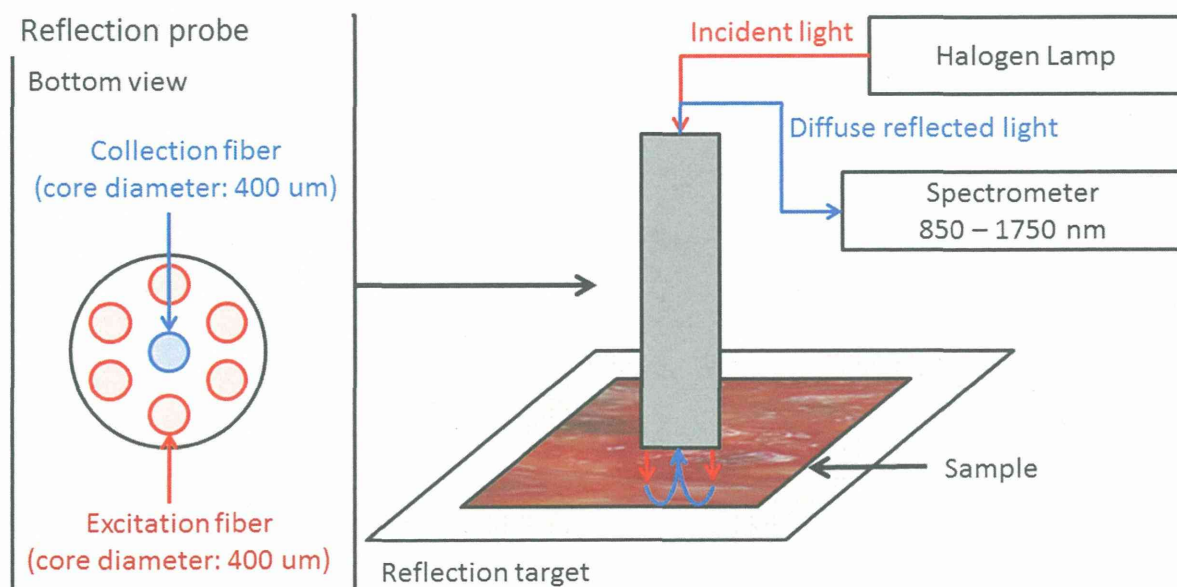


図1 近赤外分光分析に用いた実験系

主に H 等の軽い原子を含む分子結合(C-H, N-H, O-H, 及び S-H)の基本振動の倍音及び結合音に由来するものが観測される。血管及びプラークを構成する成分として考えられる、水、脂質、タンパク質は、それぞれ上記に挙げる結合を含むため、近赤外波長域においてそれぞれに特徴的な吸収帯が観測される。このため、近赤外波長域における光吸収特性を解析することにより、血管の構成成分に関する情報を得られる。

【B-2】 計測方法

防衛医科大学校病院で行われた頸動脈内膜剥離術(CEA)により摘出した検体をサンプルとして近赤外分光計測を行った。

計測に使用した拡散反射型の近赤外分光計測システムを図1に示す。サンプルは、計測波長域において均一かつ高い反射率を有する白色反射ターゲット(SRT-99-100, Labsphere, North Sutton, NH, USA)に固定した。1本の光収集用光ファイバの周囲に6本の光照射用光ファイバを配置した、送受光一体型の拡散反射プローブ(R400-7-VIS/NIR, Ocean Optics, Dunedin, FL,

USA)を接触した。前年度の実験系とは光収集用光ファイバと光照射用光ファイバとを入れ替えている。タングステンハロゲン光源(HL-2000, Ocean Optics, Dunedin, FL, USA)により発生した近赤外波長を含む広帯域光(360-2000 nm, 7 W)を、光照射用光ファイバを介して摘出検体に照射した。サンプル内を伝播して拡散反射した光を、光収集用光ファイバで収集し、850-1700 nmの波長域の光を1.66 nmの波長分解能で分光計測可能な小型分光器(NIR512, Ocean Optics, Dunedin, FL, USA)で測定して拡散反射光のスペクトルを得た。1検体あたり、4~7点のサンプル点を設定し、各サンプル点について4回ずつスペクトルを計測した。雑音を軽減するために、計測データに対して100回の加算平均処理を施した。

拡散反射光のスペクトルから、サンプルの光吸収特性を反映する相対拡散反射スペクトルを求めるためには、基準サンプルを対象とした計測値が必要である。基準サンプルは、計測波長域において拡散反射率が高く均一である必要があるため、前述の白色反射ターゲットとした。

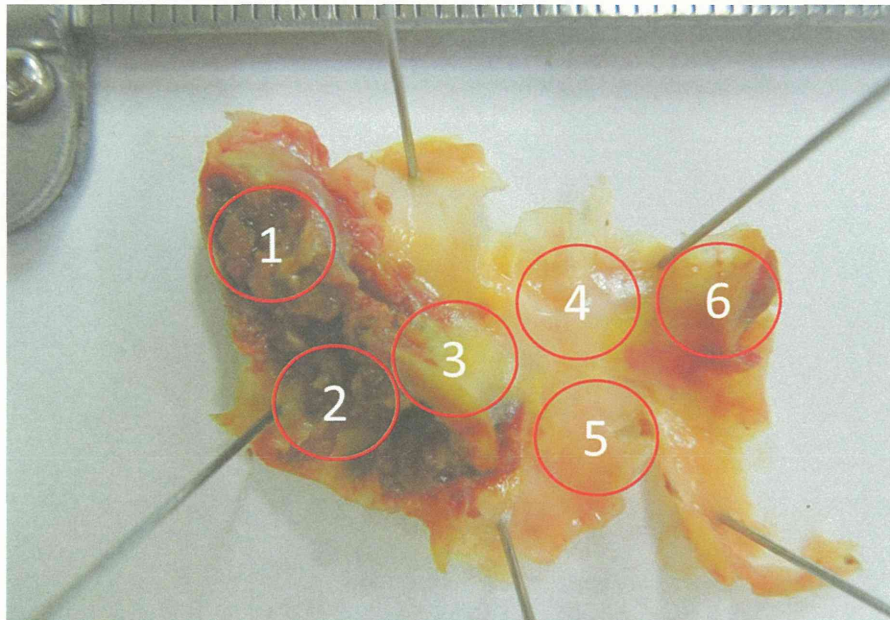


図2 CEAで摘出した検体の一例(番号は観測点を示す)

【B-3】解析方法

拡散反射型の近赤外分光計測システムにより計測できるサンプルからの拡散反射光のスペクトルと、サンプルの光学特性の関係は、Kubelka-Munkの方程式により関連付けられる。本研究では、Kubelka-Munkの方程式を、 K/S の変動が小さい条件において近似した次式を用いる。

$$\frac{K}{S} \approx \log \frac{1}{R} \quad (1)$$

ここで、 K は光吸収係数、 S は光散乱係数、 R は相対拡散反射スペクトルである。相対拡散反射スペクトルは次式で求めた。

$$R = \frac{I_R}{I_{R0}} \quad (2)$$

ここで、 I_R はサンプルを対象に計測した拡散反射光のスペクトル、 I_{R0} は基準サンプルを対象に計測した参照スペクトルである。

・プラークの構成成分と考えられる、脂質やコレステロール、及び正常血管にも含まれるコラーゲンや水分は、近赤外光領域において吸収帯を有する。しかしながら、これらの吸収帯は近接した波長に存在するため、弱い吸収帯は強い吸収帯に埋もれて検出が困難となる。近赤外分光分析の分野

では、検出困難なピークを抽出する目的で吸収スペクトルを波長 λ について2次微分した2次微分スペクトル $d^2[\log(1/R)]/d\lambda^2$ が広く用いられているため、本研究でも吸収スペクトルに対して2次微分処理を施した。吸収スペクトルのピークは、2次微分スペクトルの負のピークとして現れるため、負のピークが存在する波長や、負のピークの高さをプラークごとの構成成分の違いを特徴づけるパラメータとして用いた。

全ての研究は防衛医科大学校倫理委員会の承認を得て行った。

C. 研究結果

図2に、頸動脈内膜剥離術で摘出した検体の一例を示す。検体は、白色反射ターゲットに固定されている。図2中の番号を振っている領域に拡散反射プローブを当てて近赤外分光スペクトルを計測した。図3(a)にその計測結果を基に(1)式で算出したK/M値を示す。図3(a)より、K/M値からはプラークの有無による光学特性の違いを検知することが困難である。

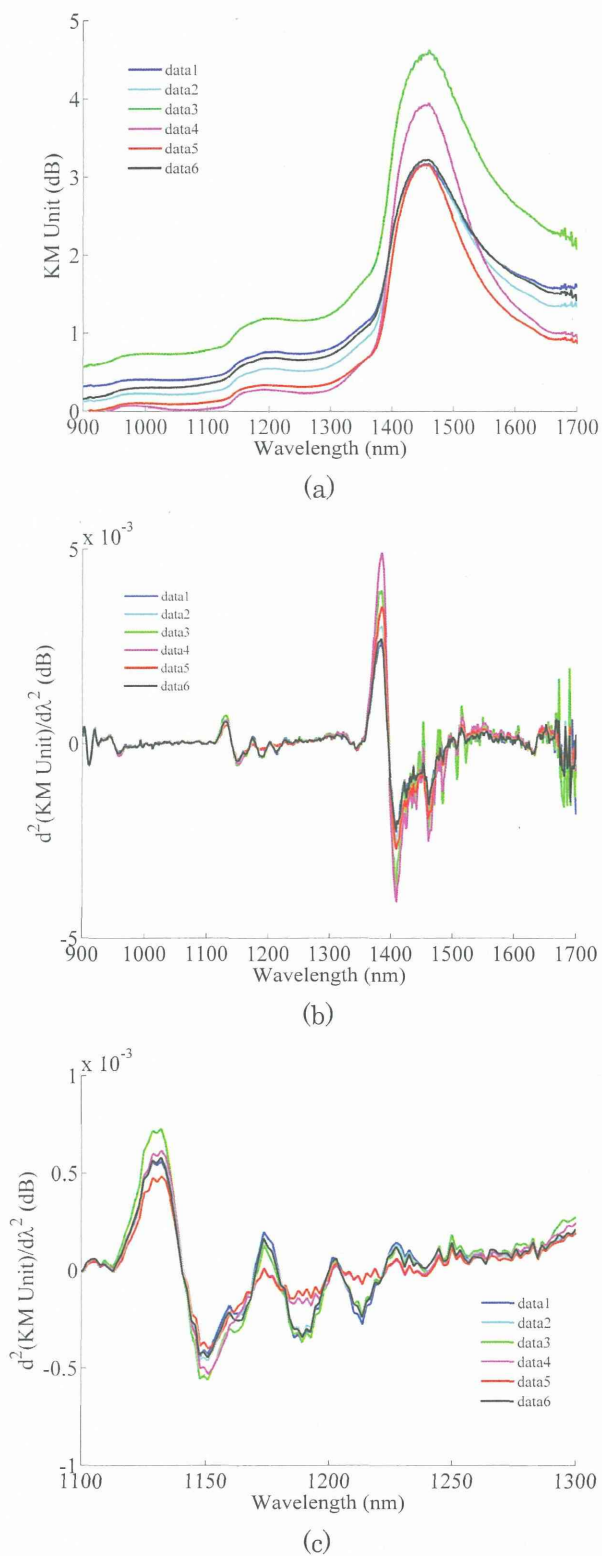


図3 (a) 図2の検体を対象に計測した近赤外分光スペクトル
 (b) (a)のスペクトルから算出した2次微分スペクトル
 (c) 2次微分スペクトルの拡大図

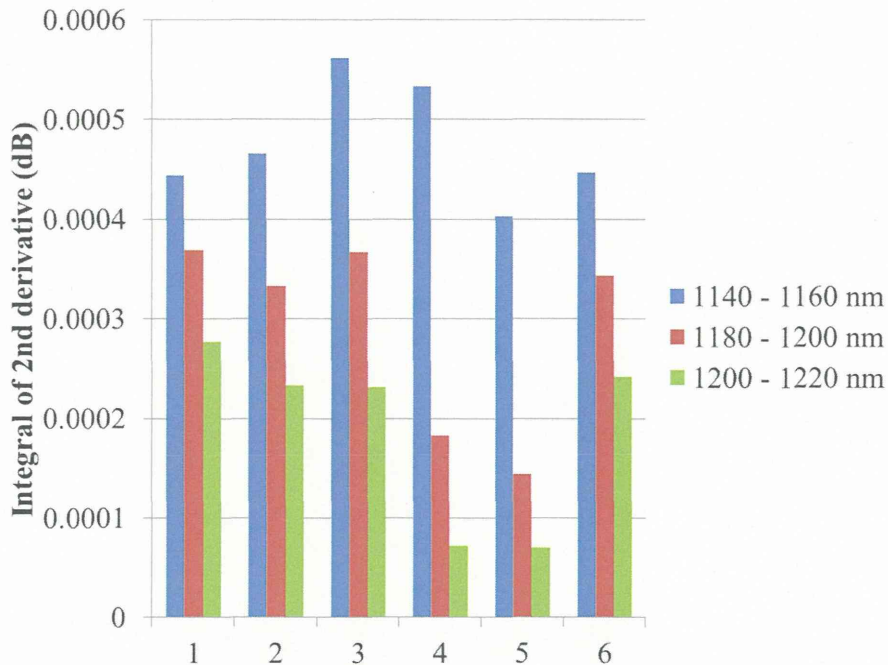


図4 各波長域における2次微分スペクトルの積分値

表1 正規標準化した積分値を対象に計算した主成分係数

	1140 - 1160 nm	1180 - 1200 nm	1200 - 1220 nm
1st principal component	0.346	0.687	0.639
2nd principal component	0.914	-0.092	-0.396
3rd principal component	-0.213	0.721	-0.659

図3(b)に示す2次微分スペクトルより、特に1400, 1460 nm周辺に非常に大きいピークが観測される。これらのピークは水分に由来すると考えられる。前年度の検討結果では1200 nm帯, 1600 nm帯にそれぞれプラーク部位と血管部位との違いが検知された。特に1200 nm帯は光減衰係数が小さいことから深部に光が進達しやすい特徴があるため、1200 nm帯を中心に拡大して表示した図を図3(c)に示す。図3(c)より、図2において正常に近い4, 5の計測点において、1180 nm周辺と1210 nm周辺のピークが弱いことが確認できる。これらの波長域のピークは脂質に由来するため、脂質の有無を反映していると考えられる。

図3(c)の2次微分スペクトルでは1140-1160 nm, 1180-1200 nm, 1200-1220 nmの3波長域におい

てピークが得られており、これらのピークの大きさを特徴量としてプラークを分類することを検討した。図4に、図3(c)の2次微分スペクトルの正負を逆転したのちに、1140-1160 nm, 1180-1200 nm, 1200-1220 nmの3波長区間において積分処理を施して得たパラメータを示す。図4より、正常血管に近い4, 5の部分において、1180-1200 nm, 1200-1220 nmの区間での積分値が小さくなっている。また、本検体においては、1180-1200 nm, 1200-1220 nmの区間での積分値間での大小関係は一定であった。

16検体, 85点の観測点において同様に積分値を算出し、算出した積分値を正規標準化したのちに主成分分析を行い、表1に示す主成分係数を算出した。主成分係数より、第一主成分は1180-1200

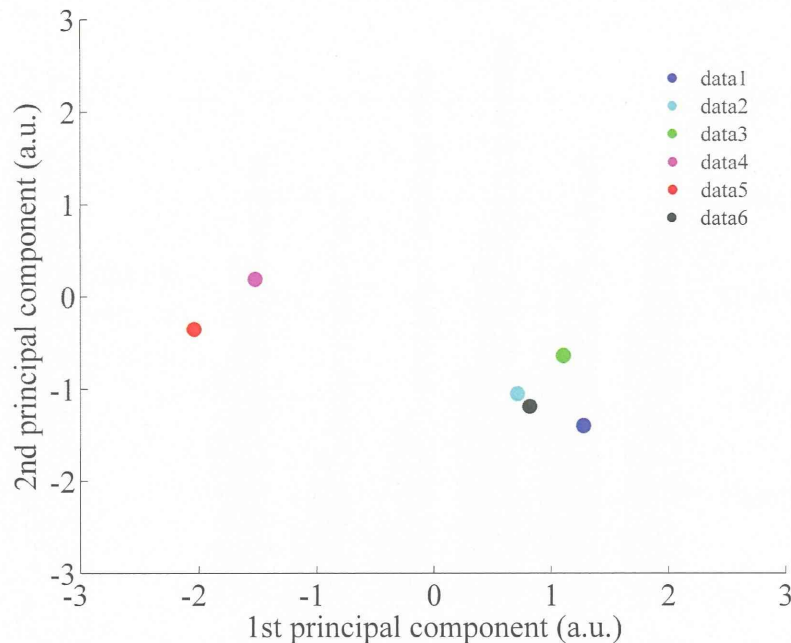


図5 第一主成分及び第二主成分の散布図

nm の区間の積分値と 1200-1220 nm の区間の積分値の和が支配的であり，第二主成分は，1140-1160 nm の区間の積分値が支配的となっている。第二主成分までの累積寄与率は 96.4 %であった。算出した主成分係数から，図 2 に示す検体の各観測点における主成分得点を算出し，第一主成分を横軸，第二主成分を縦軸にしてプロットした散布図を図 5 に示す。図 5 より，正常血管に近い 4, 5 の観測点と，プラーク部位であるその他の観測点とは，第一主成分の大小により分離できていることが確認できる。このことから，近赤外分光分析で得られるスペクトルに対して統計処理を施すことにより，プラークを識別可能な可能性が示された。

D. 考察

近赤外分光分析により取得した拡散反射スペクトルの 2 次微分を取ることで，血管を構成する成分に由来する吸収帯を負のピークとして抽出可能となった。図 3(b)において 1400 nm 周辺において非常に強い負のピークが観測されているが，

このピークは水に由来する。1400 nm よりも長波長の光は水に吸収されるため，生体深部に到達しないことから，光音響イメージングを用いたプラーク診断には不適である。このため，1400 nm よりも短波長である 1200 nm 周辺の波長域について詳細に解析した。図 3(c)より，1150 nm, 1180 nm 及び 1210 nm 周辺にそれぞれ負のピークが確認できる。これらのピークはそれぞれ，コラーゲン等のタンパク質，脂質，コレステロールの吸収波長に相当する[1]。正常血管に近い 4, 5 の部分において，1180 nm 及び 1210 nm 周辺のピークが観測されないのは，脂質が少ないことを反映していると考えられる。図 4 に示す各波長域における 2 次微分スペクトルの積分値からも，同様のことが言える。本研究において今年度計測した，16 検体，85 点の観測点を対象にしたデータを用いて主成分分析を行い，算出した主成分係数を基に各観測点における主成分得点を算出した結果，第一主成分の大小によりプラーク部位と血管部位が分離された。第一主成分は 1180-1200 nm の区間の積分値と 1200-1220 nm の区間の積分値の和を反映することから，血管壁に含まれる脂質の量を反映する

と考えられる。

第二主成分は 1140-1160 nm の区間の積分値が支配的となっているが、例示した検体においては情報量が少なかった。他の検体を対象にしたデータについても詳細に解析をすることで、第二主成分とプラーク性状との関係に関する情報が得られる可能性がある。

今回は 2 次微分スペクトルの積分値をパラメータとして用いたが、2 次微分スペクトルから計測できる、ピークの半値幅やピーク波長等についてもパラメータとして用いることにより、さらに多くの情報量を含んだ解析が可能になると考える。これらの解析を行うことにより、頸動脈プラークの性状診断の目的での光音響イメージングの励起光波長の最適化が可能となると考える。

E. 結論

本分担研究では、光音響イメージングにより頸動脈プラークの診断を行うために用いる励起波長の最適化を目的として、CEA 摘出検体を対象とした近赤外分光分析を実施した。

本分担研究の結果、1150 nm 周辺の波長と、1200 nm 周辺の波長での光吸収特性とを計測して相对比较することによりプラーク部位を同定可能なことが示された。これらの波長域は、水やヘモグロビンによる光吸収が小さいため、深部のイメージングに適する波長域である。

また、CEA 摘出検体を対象とした光音響イメージングに関する倫理申請が承認された。これまでの検討により、波長域を 1200 nm 周辺に絞り込めていることから、今後は、近赤外分光分析による波長の最適化に関する検討と並行して、光音響イメージングに関しても並行して実施する。光音響イメージングでは断層画像を取得可能なことから、病理切片と対比した検討をする予定である。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

なし

H. 知的財産の出願・登録状況

なし

I. 参考文献

1. C.-L. Tsai, J.-C. Chen, and W.-J. Wang, "Near-infrared absorption property of biological soft tissue constituents," *Journal of Medical and Biological Engineering* **21**, 7-14 (2001).

光超音波画像研究会の活動概要

研究代表者 石原 美弥 防衛医科大学校 医用工学講座 教授

要旨

2013年度から(社)日本超音波医学会の研究会として「光超音波画像研究会」を設定申請し、認められた。代表者は京都大学の椎名毅先生、幹事は、東北大学の西條芳文先生、産業技術総合研究所の新田尚隆先生、京都大学の山川誠先生、北海道大学の工藤信樹先生、富士フイルムの唐澤弘行様、キャノンの浅尾恭史様、石原から構成されている。

その目的は次の通りである。超音波技術は医療の場で幅広く用いられているが、近年では超音波単独での利用からCT、MRIなどの他のモダリティとの融合技術にも発展の方向を広げつつある。その中で、光超音波画像技術は、ともに非侵襲性、実時間性、簡便性に優れる超音波と光による生体計測を融合することで、光の持つ酸素飽和度などの機能情報と、超音波による空間選択性を兼ね備えた、新しい医用画像モダリティとして期待されている。一方で、欧米での研究熱の高まりに比較し、我が国では、まだ光超音波画像に関する研究人口も少ないことから、その研究を促進するための組織づくりが急務と考えた。光超音波画像関係の基礎技術である、組織の光音響特性と安全基準、光照射法と超音波受信のため基礎技術とデバイス、光超音波信号からの画像再構成、さらに臨床用装置の開発に至るまで、幅広いテーマについて、学術的観点から、課題の提示、研究成果の発表による情報交換を通じて、新たな知見や、問題解決の指針を得ることで、光超音波画像技術の進歩と、それによる超音波医学の発展に貢献する。

第2回以降は共催を積極的に働きかけ、第2回は超音波エレクトロニクス研究会、第3回は日本超音波医学会基礎技術研究会、日本生体医工学会専門別研究会、日本音響学会アコースティックイメージング研究会、第4回は電気学会 医用・生体工学研究会と共催した。

以下、プログラムなどを紹介する。

日本超音波医学会 光超音波画像研究会
平成 25 年度 第 1 回 光超音波画像研究会

日程:平成 25 年 8 月 2 日(金)

会場:京都大学 医学研究科 杉浦地域医療研究センター(京都市)

プログラム

■13:30~13:35 開会のあいさつ

光超音波画像研究会 代表 椎名毅

■13:35~14:05 特別講演

13:30~13:35 光超音波(光音響)画像診断におけるレーザー安全に関する基礎検討

石原 美弥(防衛医科大学校 医用工学講座)

■14:05~17:00 一般演題

14:05~14:35 光超音波イメージング及び速度計測のための符号化励起法

○張 海崇 1)、近藤 健悟 2)、山川 誠 2)、椎名 毅 1) (1 京都大学大学院医学研究科, 2 京都大学学際融合教育研究推進センター)

14:35~14:45 休憩

14:45~15:15 腫瘍周囲の微細血管をイメージングする小動物用光音響顕微鏡開発

○中畠 隆夫 1)、浅尾 恭史 1,2)、椎名 毅 3)、戸井 雅和 2) (1 キヤノン株式会社 総合 R&D 本部, 2 京都大学大学院医学研究科乳腺外科学, 3 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻)

15:15~15:45 光音響イメージングを用いたニワトリ胚の心血管系の可視化

○佐藤 みか 1)、和泉 拓哉 1)、渡邊 裕二 2)、仲村 春和 2)、西條 芳文 1) (1 東北大学大学院 医工学研究科, 2 東北大学 加齢医学研究所)

15:45~16:00 休憩

16:00~16:30 光超音波を用いた乳房血管イメージングの報告

○鳥井 雅恵 1)、浅尾 恭史 1,7)、山賀 郁 1)、Elham Fakhrejahani 1)、高田 正泰 1)、鍛 利幸 4)、杉江 知治 5)、金尾 昌太郎 2)、片岡 正子 2)、三上 芳喜 3)、椎名 毅 6)、戸井 雅和 1) (1 京都大学医学部附属病院 乳腺外科, 2 同 放射線診断科, 3 同 病理診断部, 4 市立岸和田市民病院 外科, 5 関西医科大学 乳腺外科, 6 京都大学大学院医科学研究科人間健康科学系専攻, 7 キヤノン株式会社 総合 R&D 本部 医用イメージング推進プロジェクト)

16:30~17:00 光音響イメージング装置—光音響画像と超音波画像との融合—

○辻田 和宏 1)、入澤 覚 1)、広田 和弘 1)、平沢 壮 2)、藤田 真敬 3)、石原 美弥 2) (1 富士フィルム(株) R&D 統括本部メディカルシステム開発センター, 2 防衛医科大学校 医用工学講座, 3 防衛医科大学校 防衛医学研究センター)

■17:00 閉会のあいさつ

光超音波画像研究会 幹事 石原 美弥

日本超音波医学会 光超音波画像研究会
平成 25 年度 第 2 回 光超音波画像研究会

日程:平成 25 年 10 月 3 日(木)

会場:東北大学工学部総合研究棟 1 階 講義室 2(110)(仙台市)

共催:超音波エレクトロニクス研究会

プログラム

■13:00~13:05 開会のあいさつ

第 2 回光超音波画像研究会世話人(幹事) 西條芳文

■13:05~16:55 一般演題

13:05~13:45 画像差分型シュリーレン法による超音波音場可視化の原理

○工藤 信樹(北海道大学情報科学研究科)

13:45~14:25 光ファイバプローブを用いた全光学式光音響イメージング装置

三井田佑輔, ○松浦祐司(東北大学大学院医工学研究科)

14:25~15:05 光音響イメージングにおける周波数成分に関する検討

○石原美弥(防衛医科大学校医用工学講座)

15:05~15:15 休憩

15:15~15:40 位相コントラスト法による集束超音波の圧力分布の定量的な測定

○モハマドシャヒド 1), 宮坂遼 1), 安田惇 1), 吉澤晋 1), 梅村晋一郎 2) (1 東北大学工学研究科, 2 東北大学医工学研究科)

15:40~16:05 光音響イメージングセンサに向けた透明圧電/導電薄膜の成長

○奥田修平, 千葉博, 森達哉, 川島知之, 鷲尾勝由(東北大学大学院工学研究科)

16:05~16:30 光音響イメージングセンサに向けた透明圧電/導電薄膜の膜質向上

○千葉博, 奥田修平, 森達哉, 川島知之, 鷲尾勝由(東北大学大学院工学研究科)

16:30~16:55 全体討論

■17:00 閉会のあいさつ

光超音波画像研究会 幹事 石原 美弥

日本超音波医学会 光超音波画像研究会
平成 25 年度 第 3 回 光超音波画像研究会

日程:平成 25 年 12 月 6 日(金)

会場:京都府立医科大学 基礎医学学舎 1 階 第 1 講義室(京都市)

共催:日本超音波医学会基礎技術研究会・日本生体医工学会専門別研究会・
日本音響学会アコースティックイメージング研究会

プログラム

■開会のあいさつ

第 3 回光超音波画像研究会世話人(幹事) 山岡禎久

■13:05~16:55 一般演題

13:00~13:30 生体組織の熱的特性に着目した超音波組織性状診断—ファントムの温度変化測定—

○森田 晟央, 伊藤 瑳恵, 秋山 いわき, 渡辺 好章(同志社大学超音波エレクトロニクス・生体計測研究室)

13:30~14:00 医療穿刺用超音波アレイ探触子の特性評価

○田中 雄介 1), 大平 克己 1), 小倉 幸夫 1), 田中 克彦 2), 塩見 尚礼 3), 来見 良誠 3), 谷 徹 3) (1 ジャパンプローブ株式会社研究開発センター, 2 立命館大学総合科学技術研究機構, 3 滋賀医科大学外科学講座)

14:00~14:30 RF 信号の乗算や冪乗の効果または演算による高周波化および広帯域化

○炭 親良(上智大学理工学部情報理工学科)

14:30~14:40 休憩

14:40~15:10 微小気泡位置制御システムの開発と高速度撮影によるソノレーション機序の検討

○内田 和輝, 工藤 信樹(北海道大学大学院情報科学研究科)

15:10~15:40 コード間干渉の影響を受けない同時送波手法を用いた高速音響イメージング

○林 壮宏, 平田 慎之介, 蜂谷 弘之(東京工業大学理工学研究科)

15:40~16:10 周波数領域干渉計法を用いた肝臓の高分解能超音波イメージングに関する基礎検討
—豚肝臓への適用—

○瀧 宏文 1), 阪本 卓也 1), 瀧 公介 2), 山川 誠 3), 椎名 毅 4), 工藤 基 2), 佐藤 亨 1) (1 京都大学大学院情報学研究科通信情報システム専攻, 2 滋賀医科大学解剖学講座, 3 京都大学先端医工学研究ユニット, 4 京都大学大学院医学研究科)

16:10~16:20 休憩

16:20~16:50 光超音波技術を用いた生体イメージング

○浅尾 恭史 1,2), 戸井 雅和 2), 椎名 毅 2) (1 キヤノン株式会社総合R&D本部, 2 京都大学大学院医学研究科)

16:50~17:20 フェムト秒光パルスを用いた2光子励起光音響顕微鏡

○山岡 禎久 1,2), 原田 義規 2), 西埜 繁 3), 前原 正司 3), 浜野 修次郎 3), 高松 哲郎 2) (1 京都府立医科大学医学研究法システム学, 2 京都府立医科大学細胞分子機能病理学, 3 寺崎電気産業株式会社システム事業産業部)

■閉会のあいさつ

日本超音波医学会 光超音波画像研究会
平成 25 年度 第 4 回 光超音波画像研究会

日程:平成 26 年 1 月 28 日(火)

会場:産業技術総合研究所 つくば東事業所 第1会議室(研究本館1階1206室)
(茨城県つくば市並木1-2-1)

共催:電気学会 医用・生体工学研究会(技術会合)

プログラム

■13:30~16:15 一般演題

13:30~14:00 超音波粒子速度のレーザー計測に基づく再生軟骨片弾性率測定装置の開発

新田 尚隆, 兵藤 行志, 三澤 雅樹, 林 和彦, 白崎 芳夫, 本間 一弘 (産業技術総合研究所 ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

14:00~14:30 体外循環治療を支援する光診断技術

迫田 大輔, 小阪 亮, 西田 正浩, 丸山 修 (産業技術総合研究所 ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

14:30~15:00 近赤外領域の光音響信号によるグルコース濃度計測

佐藤 充輝 1), 浪田 健 2), 近藤 健悟 3), 山川 誠 3), 椎名 毅 2) (1 京都大学医学部, 2 京都大学大学院医学研究科, 3 京都大学学際融合教育研究推進センター)

15:00~15:15 休憩

15:15~15:45 光音響イメージングを利用したラット下顎頭の可視化

羽鳥 弘毅 1), 佐藤 みか 2), 西條 芳文 2), 萩原 嘉廣 3), 富士 岳志 1), 橋 健太 1), 佐々木 啓一 1) (1 東北大学大学院歯学研究科, 2 東北大学大学院医工学研究科, 3 東北大学大学院医学系研究科)

15:45~16:15 リアルタイム光超音波イメージング・システムの熱傷および移植皮膚診断へ

伊田 泰一郎 1), 保坂 智也 1), 川口 康 1), 塚原 直哉 2), 桜井 孝夫 2), 増田 伸 2), 岩屋 啓一 3), 津田 均 3), 川内 聡子 3), 斎藤 大蔵 3), 佐藤 俊一 3), 岩井 俊昭 4) (1 株式会社アドバンテスト, 2 株式会社アドバンテスト研究所, 3 防衛医科大学校, 4 東京農工大学)

本研究事業の研究成果紹介のホームページ

研究代表者 石原 美弥 防衛医科大学校 医用工学講座 教授

要旨

本研究事業及びその研究成果の紹介のために「深部機能画像診断のための光音響画像化技術の有用性検証 研究成果公表サイト」を作成した。

構成は【トップページ】に「研究の概要」や本研究事業の「関連サイトへのリンク」、「発表に関する最新情報」として簡単な紹介とともに最新情報がアップデートできるようにした。【研究について】では本研究事業で開発する光音響画像の基礎的知識についてPDFで紹介している。【研究体制】では本研究は医療機器開発に不可欠な連携体制（医工連携，産学連携）となっているのが特長である。これがわかるように，また本研究に携わっている研究者個人がわかるように紹介した。【研究紹介】では，H23～H24年度の研究成果を中心に紹介している。この共著からも連携の様子が分かる。【研究論文一覧】では，本研究事業に関連する内容が一覧できるようにした。

本ホームページは4ヶ月で353件のアクセスがあり，ページ別訪問数，キーワード別の訪問数など興味深い結果が得られた。社会に研究成果を発信するツールとして，また，光音響画像という新しい技術そのものの啓蒙に役立った。

A. コンテンツ

【トップページ】

English

厚生労働科学研究費補助金 医療機器開発推進研究事業
 深部機能画像診断のための光音響画像化技術の有用性検証 研究成果公表サイト

[ホーム](#) [研究について](#) [研究体制](#) [研究紹介](#) [研究論文一覧](#) [発表に関する最新情報](#) [お問合せ](#)

研究概要

我々は、厚生労働科学研究費補助金「医療機器開発推進研究事業」における「深部機能画像診断のための光音響画像化技術の有用性検証(H23-医療機器一般-005)」の研究を実施しております。

光音響画像(光超音波画像)は、広範に使用されている超音波画像診断技術の長所と機能情報を取得できる光画像技術の長所を活かせるため、従来ではカバーできない深部の機能を取得できる新しい画像診断技術として着目されています。

本研究では要素技術開発、プロト機の製作という工学的な研究項目と、臨床研究という医学的な研究項目について、研究者間で連携をしながら遂行しております。

具体的には、夫々の医療の場面での使い勝手や画像表示法などを重要視して「医」側が使いやすくなるような技術を開発し、構築したプロト機の特徴や性能を「医」側が理解して臨床研究を進めることで、世界に先駆けた光音響画像診断技術の確立を目指しております。

研究代表者
 防衛医科大学校医用工学講座
 教授 石原美弥





Map of Fusion Imaging

PAI: Photo-Acoustic Imaging



厚生労働省
 医療機器開発
 (ナノテクノロジー等)
 総合推進研究経費

日本超音波医学会
 光超音波画像研究会

光音響法を使った研究例の紹介
 細胞シートによる関節治療を
 目指した東海大学における
 臨床研究

日本レーザー医学会
 光音響画像の特集号
 2013 Vol.33 No.4
 2013 Vol.34 No.1

発表に関する最新情報

- 2014年10月15日～18日
[第87回日本生化学会大会\(国立京都国際会館\)](#)
- 2013年11月8日
[第27回日本泌尿器内視鏡学会総会](#)
 (特別企画) 未来の名匠を発掘する4 医工連携への取り組み
[「根治的筋立腱全摘術における的確な神経温存のための光音響画像化技術の有用性」\(堀口明男\)](#)
- 2013年10月17日
[第5回 BioOpto Japan](#)

▲ ページ上部へ

Copyright © 厚生労働科学研究費補助金 医療機器開発推進研究事業 深部機能画像診断のための光音響画像化技術の有用性検証 研究成果公表サイト. All rights reserved.

【研究について】

English

厚生労働科学研究費補助金 医療機器開発推進研究事業
深部機能画像診断のための光音響画像化技術の有用性検証 研究成果公表サイト

ホーム 研究について 研究体制 研究紹介 研究論文一覧 発表に関する最新情報 お問い合わせ

研究について

新しい画像診断法として着目され世界的に盛んに研究されている光音響画像診断技術をどこよりも先駆けて実用化するために、本研究では「産学」及び「医工」が密に連携できる研究体制を構築し、その連携を最大限機能させ、以下に示す3つの研究項目を有機的かつ効率的に実施した。具体的には外来や手術場に持ち込むことができ、「造影剤を使用することなく主要血管から微細な血管網まで非侵襲的に画像化できるプロト機の構築」、「医師主体的に実施する複数の臨床研究の推進」、さらに「機能画像としての有効性を検証するための基礎的検討」である。さらに、昨年度実施した(独)医薬品医療機器総合機構(PMDA)の薬事戦略相談を活用しながら研究を進めることで日本発シースの実用化を目指している。

▲ ページ上部へ

Copyright © 厚生労働科学研究費補助金 医療機器開発推進研究事業 深部機能画像診断のための光音響画像化技術の有用性検証 研究成果公表サイト. All rights reserved.

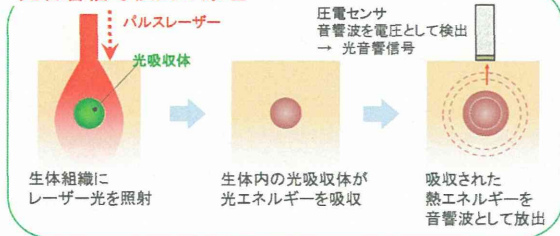
光音響画像の原理

光音響画像の位置づけ

光音響画像の原理

特定の条件のレーザー光（ナノ秒パルスレーザー）を照射すると光吸収に伴って超音波が発生する。この超音波の伝搬時間から光の吸収体の位置情報を、信号強度より吸収係数に関する情報を断面画像にするもので、光と生体の相互作用を画像化する技術の1つである。原理的に数mm～数cmの計測深さ、10μm～1mmの空間分解能を得ることが可能である。また、光のパラメータを適当に設定することで特定の吸収体を選択的に励起可能であること、検出対象が超音波である原理上、検出光の光散乱に起因する分解能及び感度の悪化が生じず、高コントラストで生体深部を可視化できる優れた特長を持つ。

光音響信号検出の原理



光音響波動方程式

$$\nabla^2 p(\vec{r}, t) - \frac{1}{v_s^2} \frac{\partial^2 p(\vec{r}, t)}{\partial t^2} = -\frac{\beta}{C_p} \frac{\partial}{\partial t} H(\vec{r}, t)$$

光音響画像の位置づけ

光音響分光分析法 (=PAS)は、光熱変換過程を音波という力学的エネルギーで測定する物性分析法として古くから知られている分光法の1つである。近年のパルスレーザーの小型化や超音波検出素子の高性能化により生体への応用が現実的となり、2000年頃から新しい画像診断技術としての光音響画像化技術の研究が盛んになった。既に、2010年2月18日のNatureの分子イメージングに関する記事では、モダリティの1つとして光音響(photoacoustic)画像が取り上げられている。さらに現在、米国国立がん研究所がPET-SPECTの次世代の画像診断技術として大規模な橋渡し研究プロジェクトを立ち上げるなど、世界で最も研究開発が活発な分子イメージング技術となっている。光音響画像化技術は、原理的に被曝がなく、リアルタイムに画像化できる技術であること、小型で可搬な装置になること、超音波画像との重畳ができることなどから、新しい画像診断ツールとして期待されている。

光エネルギーを利用するイメージング技術では、光散乱分子、光吸収分子、蛍光分子などが撮像対象になりうる。既に実用化されている光イメージング手法には、光コヒーレントトモグラフィ(Optical Coherence Tomography, OCT)と拡散光トモグラフィ(Diffuse Optical Tomography, DOT)、内視鏡分野への応用が盛んな蛍光イメージングが挙げられる。OCTは散乱光を利用する画像化技術で、数μmの高分解能を有するが、検出光の散乱により撮像可能な深さが2mm程度に制限される。DOTは、生体内部の機能・形態情報をもつ主に光吸収(正確には吸収係数や散乱係数などの光学特性値)を利用して定量的に3次元イメージングが可能な手法であるが、高分解能が得られない。蛍光イメージングは、自家蛍光やプローブを利用して蛍光を発生した部位を抽出してイメージングするが、分解能や画像化深度は限られるのが現状である。

	撮像深さ	分解能	コントラスト
光音響画像	>25 mm	<150 μm	非常に高い
OCT(光干渉断層像)	>数 mm	<10 μm	高い
DOT(拡散光トモグラフィ)	~50 mm	~数 mm	非常に高い
標識蛍光色素を用いた光イメージ	>数 mm	数百 μm	高い
超音波造影画像	>50 mm	<150 μm	低い

【研究体制】

English

厚生労働科学研究費補助金 医療機器開発推進研究事業
深部機能画像診断のための光音響画像化技術の有用性検証 研究成果公表サイト

[ホーム](#) [研究について](#) [研究体制](#) [研究紹介](#) [研究論文一覧](#) [発表に関する最新情報](#) [お問合せ](#)

研究体制

研究代表者

[石原 美迹](#) 防衛医科大学校医用工学講座・教授

研究分担者

[堀口 明男](#) 防衛医科大学校泌尿器科学講座・講師
[藤田 真敬](#) 防衛医科大学校防衛医学研究センター異常環境衛生研究部門・准教授
[大谷 直樹](#) 防衛医科大学校脳神経外科学講座・講師
[平沢 壮](#) 防衛医科大学校医用工学講座・助教
[津田 均](#) 防衛医科大学校病態病理学講座・教授
[池殿 克則](#) 防衛医科大学校内科学講座・教授
[辻田 和宏](#) 富士フイルム株式会社R&D統括本部メディカルシステム開発センター・主任研究員

研究協力者

[綾織 誠人](#) 防衛医科大学校内科学講座・助教
[北垣 学](#) 自衛隊横須賀病院診療部・医局長兼内科長
[梶引 俊宏](#) 防衛医科大学校医用工学講座・准教授
[大川 晋平](#) 防衛医科大学校医用工学講座・助教

[▲ ページ上部へ](#)

Copyright © 厚生労働科学研究費補助金 医療機器開発推進研究事業 深部機能画像診断のための光音響画像化技術の有用性検証 研究成果公表サイト. All rights reserved.

【研究紹介】

研究紹介

臨床研究に使用可能な超音波画像化システムプロトタイプの構築

研究分担者 辻田 和宏 (富士フイルム株式会社 R&D総括本部メディカルシステム開発センター 専門主任研究員)

【要旨】

超音波画像化技術の有用性検証ならびに臨床価値検証に向けて、昨年度までの定盤上に各構成要素を並べて組み上げた実験系から、抽出組織やヒトでの測定及び、検査室や手術室などでの使用を想定した、プロトタイプの構築を進めた。システム全体の可搬型を目指して、小型化コンパクト化設計を進めることによって、一体化したプロトタイプを実現した。特に超音波プローブの照明系と超音波検出系の一体化によって、実験系の性能を確保しつつ、臨床研究で使用可能なシステムが構築できた。このプロトタイプを使用して既に医師主体の臨床研究を開始しており、有用性検証並びに医療価値検証に使用可能なレベルの機能・性能を実現できた。

[全文PDF 展](#)

超音波画像化システムの泌尿器科応用について

研究分担者 堀口 明男 (防衛医科大学校 泌尿器科学講座 講師)

研究分担者 辻田 和宏 (富士フイルム株式会社 R&D総括本部メディカルシステム開発センター 専門主任研究員)

研究分担者 津田 均 (国立がん研究センター中央病院 病理科臨床検査課 課長)

【要旨】

前立腺癌の診療において応用可能な超音波造影法と超音波画像との組み合わせによる超音波イメージング技術の確立を目的に、昨年に引き続いて抽出直後の検体を用いて前立腺周囲の微細血管網が画像化できている事を明確にするために、検体の計測と病理画像との対応付けを実施した。抽出した検体の超音波画像では、前立腺周囲を覆う血管網と思われる信号が、抽出された検体毎に異なるものの、高い割合で抽出された。比較的超音波信号で明確な画像の得られた検体を抽出し、超音波信号の部分について免疫染色の結果を超音波画像所見と照合したところ、信号の強い部位と染色結果が整合しており、前立腺周囲の微細血管網が観察されている可能性が高いことが判った。今後は、検体数のアップとより精緻な照合、さらには臨床検査の場での計測が必要である。

[全文PDF 展](#)

脈管疾患における超音波技術の有用性の検証

研究分担者 池脇 克明 (防衛医科大学校 内科学講座 教授)

研究協力者 穂嶋 誠人 (防衛医科大学校 内科学講座 助教)

研究分担者 辻田 和宏 (富士フイルム株式会社 R&D総括本部メディカルシステム開発センター 専門主任研究員)

研究代表者 石原 美弥 (防衛医科大学校 医用工学講座 教授)

【要旨】

本研究事業では超音波画像化技術を臨床応用する対象疾患として脈管疾患を挙げている。そこでプロトタイプの性能評価としてウサギを用いた動物実験を実施し、主要血管から微細な血管まで抽出できることを開始した。防衛医科大学校倫理委員会の承認を得て、臨床研究を実施した。

[全文PDF 展](#)

超音波画像の脳外科応用に関する基礎～臨床検討

研究分担者 大谷 直幸 (防衛医科大学校 脳神経外科学講座 講師)

研究分担者 平沢 社 (防衛医科大学校 医用工学講座 助教)

【要旨】

脳神経外科手術における超音波技術の応用期待できる領域としては先行再建術におけるドナー血管の走行把握、ならびに脳動脈プラークの質的診断が考えられる。これらの有用性を検証すべく、基礎的実験及び臨床応用進めたい結果を報告する。先行動脈性脳梗塞の予防治療として行われる外科的血管吻合による先行再建術における、安全性確保のためには、ドナー血管の走行を確実に把握する必要がある。超音波画像化技術は、皮下の微細な血管網をコントラストに画像化できる特徴より、現有的手法よりも手術操作の安全性向上が見込まれるため、臨床研究を開始する準備を行った。また、不安定プラークは、軽度狭窄であっても破裂することにより重症を生じる危険性があり、存在を的確に把握することは、脳梗塞の発症を予防する鍵となる。本研究では、測定対象の光学的特性を計測可能な超音波技術により、プラークの不安定性の評価が可能かを検討した。

腫瘍モデルマウスを用いた超音波画像の有用性検証

研究分担者 堀口 明男 (防衛医科大学校 泌尿器科学講座 講師)

研究分担者 辻田 和宏 (富士フイルム株式会社 R&D総括本部メディカルシステム開発センター 専門主任研究員)

研究協力者 柳引 俊宏 (防衛医科大学校 医用工学講座 准教授)

研究代表者 石原 美弥 (防衛医科大学校 医用工学講座 教授)

【要旨】

超音波画像の有用性を検証するための1つの手段として、腫瘍モデルマウスを対象に計測し、可能性を検討した。泌尿器科領域での腫瘍モデルマウスとして、ヒト前立腺癌モデルマウスとヒト腎癌モデルマウスを作成した。これらを対象に超音波画像を取得した。またコントロールのために正常マウスを取得し、比較検討した。腫瘍内に血管が豊富なヒト腎癌モデルマウスは、腫瘍内に超音波信号が認められ、ヒト前立腺癌モデルマウスとは異なる像であり、正常マウスとも異なる超音波画像であった。

[全文PDF 展](#)

超音波技術を用いた血液酸素飽和度計測

研究分担者 藤田 真取 (防衛医科大学校 防衛医学研究センター 異常環境衛生研究部門 准教授)

研究分担者 平沢 社 (防衛医科大学校 医用工学講座 助教)

【要旨】

超音波画像化技術を用いた血液酸素飽和度マッピング技術の確立を目的としている。診療現場において、無侵襲に生体血管内の血液の酸素飽和度を計測可能な技術へのニーズは数多く、心臓カテーテル検査の代替としての使用や、分娩時の胎児の血液酸素飽和度モニターなど集中治療分野への応用が期待される。血液酸素飽和度マッピング技術の確立のためには、本研究事業の他分担研究にて構築している血液分布の画像化技術に加えて、血液酸素飽和度の定量化技術を開発する必要がある。そこで本分担研究では、超音波画像化技術を用いた血液酸素飽和度の定量化技術を開発し、既存の血液ガス分析器による計測値と比較して評価する。今年度は、ウサギを用いた血液酸素飽和度計測技術の精度検証のための実験系を作成した。本実験系は人工呼吸器による呼吸器で血液酸素飽和度を制御可能で、血液ガス分析器による計測値との対比が可能である。さらに、超音波技術を用いてウサギ頸部及び鼠径部の深さ4~7mmの血管内血液の酸素飽和度の計測を行った。この結果、統計処理を行うサンプル数を得ていないものの、計測の範囲では、血液ガス分析器による計測値と近似した血液酸素飽和度が得られた。

[全文PDF 展](#)

[ページ上部へ](#)

厚生労働科学研究費補助金(医療機器開発推進研究事業)
 深部機能画像診断のための光音響画像化技術の有用性検証(H23-医療機器-一般-005)
 分担研究報告書

【研究論文一覧】

厚生労働科学研究費補助金 医療機器開発推進研究事業
 深部機能画像診断のための光音響画像化技術の有用性検証 研究成果公表サイト

ホーム 研究について 研究体制 研究紹介 研究論文一覧 発表に関する最新情報 お問い合わせ

研究論文一覧

論文 | 学会発表

論文

- Hirasawa T, Fujita M, Okawa S, Kushibiki T, Ishihara M. "Quantification of effective attenuation coefficients using continuous wavelet transform of photoacoustic signals", Applied Optics (Submitted)
- Hirasawa T, Fujita M, Shinpei O, Kushibiki T, Ishihara M. "Improvement in quantifying optical absorption coefficients based on continuous wavelet-transform by correcting distortions in temporal photoacoustic waveforms", Proceedings of SPIE, 8581, 85814J-1-85814J-7, 2012.02. <http://dx.doi.org/10.1117/12.2006305>
- Hirasawa T, Ishihara M, Tsujita K, Hirota K, Inisawa K, Kitagaki M, Fujita M, Kikuchi M. "Continuous wavelet-transform analysis of photo-acoustic signal waveform to determine optical absorption coefficient", Proceedings of SPIE, 8223, p.82233J-1-82233J-7, 2012.01. <http://dx.doi.org/10.1117/12.905988>
- Ishihara M, Hirasawa T, Hirota K, Tsujita K, Ishihara M. "Influence of laser pulse width in photoacoustic temporal waveform and the image resolution with a solid-state excitation laser", Proceedings of SPIE, 8238, p.82381V-1-82381V-9, 2012.01. <http://dx.doi.org/10.1117/12.907214>

Copyright 2012-2013 Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers. One print or electronic copy may be made for personal use only. Systematic electronic or print reproduction and distribution, duplication of any material in this paper for a fee or for commercial purposes, or modification of the content of the paper are prohibited.

石塚美咲, "光音響法を用いた生体計測技術", 光アニオンス, 24(9), p.12-14, 2013.09.

藤川幸成, 石塚美咲, "深部組織のための光音響イメージング技術", レーザー研究, 41(6), p.606-612, 2013.06.

石塚美咲, "光音響イメージングの最適化のための光音響イメージング技術", 日本レーザー学会誌, 34(1), p.10-13, 2013.06.

堀口明美, 石塚美咲, "非侵入的診断に対する光音響イメージングを用いた生体計測技術の可能性", 日本レーザー学会誌, 34(1), p.10-13, 2013.06.

辻田和史, "光音響イメージングの定量化に向けて—光音響画像と超音波画像の融合—", 日本レーザー学会誌, 33(4), p.380-385, 2013.01.

藤川幸成, "光音響画像の現状", 電気学会論文誌C(電子・情報・システム部門誌), 133(8), p.1287-1290, 2012.08.

平沢社, 藤川幸成, 藤田真哉, 石塚美咲, "連続ウェーブレット変換を用いた光音響画像解析による光吸収係数測定法の開発", 生体医学工学(電子情報), 2012.05.

石塚美咲, "光と超音波のハイブリッドモダリティとしての光音響画像", 電子のあゆみ, 24(6), p.487-491, 2012.02.

平沢社, 石塚美咲, 藤田真哉, 北垣亨, 大谷直樹, 堀口明美, "光音響画像化技術の医療技術開発とシステム化:動物モデルによる性能検証", Optics and Photonics Japan, P65-1-P65-2, 2011.11.

論文 | 学会発表

学会発表

- 2013年4月
Conference on Laser Surgery and Medicine 2013
"Comparison of regularization methods for photoacoustic image reconstruction"
Okawa S, Hirasawa T, Kushibiki T, Ishihara M.
- 2013年2月
SPIE Photonics West Biomedical Optics, BIOS 2013
"Improvement in quantifying optical absorption coefficients based on continuous wavelet-transform by correcting distortions in temporal photoacoustic waveforms"
Hirasawa T, Fujita M, Shinpei O, Kushibiki T, Ishihara M.
- 2012年8月
14th International Congress of Histochemistry and Cytochemistry
[シンポジウム] "Photoacoustic imaging and sensing in medicine"
Ishihara M.
- 2012年7月
XXIV IUPAC Symposium on Photochemistry
"Photoacoustic measurements of various gold nanoparticles to design contrast agents for in vivo imaging"
Ishihara M, Hirasawa T, Sato R, Teranishi T.
- 2012年4月
Conference on Laser Surgery and Medicine 2012
"Development and integration of photoacoustic imaging technology"
Kushibiki T, Hirasawa T, Fujita M, Ishihara M.
- 2012年5月
SPIE Photonics West Biomedical Optics, BIOS 2012
"Continuous wavelet-transform analysis of photo-acoustic signal waveform to determine optical absorption coefficient"
Hirasawa T, Ishihara M, Tsujita K, Hirota K, Inisawa K, Kitagaki M, Fujita M, Kikuchi M.
- 2012年5月
SPIE Photonics West Biomedical Optics, BIOS 2012
"Influence of laser pulse width to photoacoustic temporal waveform and the image resolution with a solid-state excitation laser"
Inisawa K, Hirasawa T, Hirota K, Tsujita K, Ishihara M.
- 2013年9月
第5回in vivo イメージングフォーラム
「光と超音波の特長を併せ持つ光音響イメージングの基礎から最先端応用まで」
石塚美咲.
- 2013年8月
第1回光超音波画像化研究
【特別講演】「光超音波(光音響)画像診断におけるレーザー安全に関する基礎検討」
石塚美咲.
- 2013年6月
第1回光超音波画像化研究
「光音響イメージング装置—光音響画像と超音波画像の融合—」
辻田和史, 入澤真, 堀口明美, 平沢社, 藤田真哉, 石塚美咲.
- 2013年12月
第3回日本光子生体学会
"Development of photoacoustic technique towards deeply penetrating in vivo imaging and its clinical application"
石塚美咲.
- 2012年11月
第3回日本レーザー学会
"3次元生体組織断層のための光音響イメージング技術の開発と動向"
藤川幸成, 平沢社, 大川直平, 石塚美咲.
- 2012年10月
独立行政法人日本学術振興会 主体性イメージング技術と応用185委員会 第2回委員会
【特別講演】「光音響画像を用いた深部組織の検出:光音響画像の可能性」
石塚美咲.
- 2012年9月
第7回日本光子イメージング学会総会・学術大会
[シンポジウム]「光吸収体を超音波で画像化する光音響画像:深部組織への可能性」
石塚美咲.
- 2012年5月
第3回高野博・基元研究交流会
「光音響画像を用いたin vivoおよびin vitro分子イメージングによる生体機能解析」
藤川幸成, 平沢社, 大川直平, 石塚美咲.
- 2012年5月
第5回日本生体医学工学大会
「連続ウェーブレット変換を用いた光音響画像解析による光吸収係数測定法の開発」
平沢社, 藤川幸成, 藤田真哉, 石塚美咲.
- 2011年11月
第3回日本レーザー学会総会
「光音響画像を利用した選択的イメージングの動物モデルによる検証」
平沢社, 石塚美咲, 藤田真哉, 北垣亨, 大谷直樹, 堀口明美, 堀口明美.
- 2011年11月
Optics and Photonics Japan 2011
「光音響画像化技術の医療技術開発とシステム化:動物モデルによる性能検証」
平沢社, 石塚美咲, 藤田真哉, 北垣亨, 大谷直樹, 堀口明美.
- 2011年9月
第3回BioOpto Japan
【特別講演】「光音響画像化技術の最新動向」
石塚美咲.

ページ上部へ

Copyright © 厚生労働科学研究費補助金 医療機器開発推進研究事業 深部機能画像診断のための光音響画像化技術の有用性検証 研究成果公表サイト. All rights reserved.