

201308005A

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
超音響画像化技術の有用性検証

(H23-医療機器-一般-005)

平成25年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 石原 美弥

平成26年 3月

はじめに

本研究報告書は、厚生労働科学研究費補助金「医療機器開発推進研究事業」において実施された「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)」に関する平成25年度の研究成果報告を纏めたものです。3年の研究計画の最終年度3年目として、昨年度に引き続き関係者の皆様のご尽力により研究期間を通して一定の成果を上げることができましたので、ご報告申し上げます。

本事業では「光音響画像」という新しいモダリティ(画像診断技術)の実現を目指して、医工連携と産学連携を推進しながら研究を遂行しております。医工連携とは「医」側からのニーズと「工」側からのシーズのマッチングであります。今年度はまさに風通しの良い医工連携により、日本発の革新的な医療機器がよいよ実現されると実感できる研究成果となっております。この成果を支えているのは、医工連携に加えて産学連携が真に実働できている体制で、これこそが医療機器開発を推進する源であると、本報告書を作成しながら実感しております。すなわち、医師が使いたくなる装置として開発するには、夫々の医療の場面での使い勝手や分かりやすい画像表示が必須です。開発した医療機器を有効に活用するには、特徴や性能を引き出すような適用が重要です。使い勝手がよくて表示された画像が分かりやすく、かつ医療現場のニーズを踏まえた医療機器の実現に向けて、最終年度は理想的な環境で研究を加速いたしました。

今年度の着目すべき成果としましては、防衛医科大学校において医師主体の臨床研究が着実に実行され、その結果が装置開発にフィードバックできたことを挙げます。改良された装置の性能を臨床研究で確認しながら、医療機器として未だない光音響画像装置を世界に先駆けて実用化するために、他のモダリティでの実現が難しい深部の機能画像が医療の現場でどう活かされるか臨床各科の医師と議論し、様々な可能性を模索しました。

画像診断技術としての光音響画像化技術は、新しいモダリティとして従来の技術ではカバーできない深部の機能を非侵襲で簡便に画像診断できると同時に、小型、廉価、汎用性、かつ侵襲が少なく、広範に使用されている超音波画像診断技術の長所を活かし、さらに光画像技術の長所を活かせることが利点です。光音響画像の特色を十分に活かすことで、きめ細やかな治療戦略が立てられ、その治療が遂行できるようになり、皆様の健康を支える一助になればと考えております。

本研究事業の成果により、医師がこんな装置が欲しかったと言われるような医療機器を実現し、様々な世代の国民が安心できる医療と日本が目指す健康寿命の延伸に貢献できることを切に願いながら、
いつも研究を支えて頂いている研究分担者、研究協力者、並びに関係者の方々に心からの感謝の気持ちを込めて研究成果を纏めました。

平成 26 年 3 月

防衛医科大学校医用工学講座

教授 石原美弥

目次

I. 研究班の構成

II. 総括研究報告

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

- 平成25年度 総括研究報告 — 1
石原美弥

III. 分担研究報告

1. システム構築

- 1) 光音響画像化システムのプロト機の改良
臨床計測分野の拡大に向けて 7
辻田和宏, 堀口明男

2. 臨床研究

- 1) 的確な神経温存前立腺全摘術のための
光音響画像化技術の有用性検証 13
堀口明男, 津田 均, 辻田和宏
- 2) 脈管疾患における光音響技術の有用性の検証 19
綾織誠人, 池脇克則, 辻田和宏

3. 性能検証とそのための基礎検討

- 1) 光音響信号の時分解周波数解析による
光減衰係数の定量的計測方法の開発 25
平沢 壮
- 2) 光音響技術を用いた血液酸素飽和度計測 43
平沢 壮, 藤田真敬
- 3) 光音響画像の脳外科応用に関する基礎～臨床検討 51
平沢 壮, 大谷直樹

4. その他	
1) 光超音波画像研究会の活動概要	59
石原美弥	
2) 本研究事業の研究成果紹介のホームページ	65
石原美弥	
IV. 研究成果の刊行（平成25年度）に関する一覧	73
V. 研究成果の刊行物・別刷	77

I. 研究班の構成

研究班の構成

	研究者名	所属研究機関・役職	専門	分担研究項目
研究代表者	石原 美弥	防衛医科大学校 医用工学講座・教授	生体医工学, 医学生物光工学	研究総括, 医療機器開発
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	泌尿器科腫瘍学	前立腺癌適用検討
	大谷 直樹	防衛医科大学校 脳神経外科学講座・講師	脳神経外科	頸動脈狭窄症及び血行再建術の術前診断適用検討
	平沢 壮	防衛医科大学校 医用工学講座・助教	光応用技術, 画像情報学	医療機器開発, 基礎実験
	池脇 克則	防衛医科大学校 内科学講座 神経・抗加齢 血管内科・教授	循環器病学, 老年病学, 動脈硬化	脈管疾患への適用検討
	津田 均	防衛医科大学校 病態病理学講座・教授	病理学	病理組織との比較検討
	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	内視鏡及び光医療機器の開発	医療機器開発, プロト機製作
研究協力者	藤田 真敬	H25.12～現在 航空自衛隊 航空医学実験隊・第2部長 ～H25.11 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	心臓血管外科学, 航空環境医学, 医用工学	下肢静脈瘤及び血管手術の術前診断への適用検討
	綾織 誠人	防衛医科大学校 内科学講座神経・抗加齢 血管内科・助教	循環器病学	脈管疾患への適用検討
	北垣 学	自衛隊横須賀病院診療部 ・医局長兼内科長	循環器内科学	動物実験補助
	櫛引 俊宏	防衛医科大学校 医用工学講座・准教授	医用工学	実験用モデル動物の作製
	大川 晋平	防衛医科大学校 医用工学講座・助教	医用工学	実験補助

石原 美弥 (研究代表者)



防衛医科大学校 医用工学講座 教授
埼玉県所沢市並木 3-2
miyaishi@ndmc.ac.jp

【研究の専門】

医用生体工学全般, 特に光のバイオメディカル応用。
本研究班を通して, 「医療の現場に真に役立つ技術は高い専門性を持った研究者が協調することで実現する」を実感している。

堀口 明男 (研究分担者)



防衛医科大学校 泌尿器科学講座 講師
埼玉県所沢市並木 3-2
impreza@ndmc.ac.jp

【研究の専門】

根治的前立腺全摘除術は制癌と尿禁制, 性機能の温存を求められる難易度の高い治療です。超音響画像化システムを利用した制癌と機能温存の両立を可能にする, 新しい術中イメージナビゲーションシステムの開発を目指しています。

大谷 直樹 (研究分担者)



防衛医科大学校 脳神経外科講座 講師
埼玉県所沢市並木 3-2
naotani@ndmc.ac.jp

【研究の専門】

脳虚血, 神経損傷の病態解明と治療
血行再建
脳腫瘍の外科治療
医用工学と連携した診断・手術機器の開発と臨床応用

平沢 壮 (研究分担者)



防衛医科大学校 医用工学講座 助教

埼玉県所沢市並木 3-2

hirasawa@ndmc.ac.jp

【研究の専門】

医用工学

医用画像診断装置

生体信号処理

計測システム開発

光応用技術

池脇 克則 (研究分担者)



防衛医科大学校 内科学講座 神経・抗加齢血管内科 教授

埼玉県所沢市並木 3-2

katsunorike@ndmc.ac.jp

【研究の専門】

動脈硬化の危険因子である脂質異常症の基礎的、臨床的研究を行っている。海外留学中は、安定同位体というトレーサーを使った脂質異常症のヒトでの代謝研究手法を習得し、前任地の慈恵医大、そして防衛医大で行っている。また、次世代治療のターゲットと期待されている HDL の抗動脈硬化作用の基礎的、臨床的研究も推進している。本研究には血管、中でも静脈からのアプローチで貢献できればと考えている。

津田 均 (研究分担者)



防衛医科大学校 病態病理学講座 教授

埼玉県所沢市並木 3-2

htsuda@ndmc.ac.jp

【研究の専門】

病理学、特に病理診断学、腫瘍病理学を専門としている。病理形態と分子変化の関連を調べ、がんの発生や進展のメカニズム解明、乳腺・婦人科腫瘍の外科病理学的研究、治療効果予測や患者予後予測のバイオマーカー探索、などに取り組んでいる。病理診断の精度管理やコンサルテーションの事業にもかかわっている。

辻田 和宏 (研究分担者)



富士フイルム(株) 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
神奈川県足柄上郡開成町宮台 798
kazuhiro.tsujita@fujifilm.com

【研究の専門】

光を用いた生体計測に関わる研究開発。画像分光計測技術、自家蛍光診断技術内視鏡画像化技術などの研究に従事。現在、光音響イメージング技術の研究に従事。光と超音波という非侵襲な組み合わせで、光の特徴である機能画像と超音波の形態画像を組み合わせた融合画像を得られる点が魅力である。近い将来、PAI が新たな汎用性のあるモダリティとして医療現場で活用されることを、光音響画像化技術開発に携わるものとして、大いに期待している。

藤田 真敬 (研究協力者)



H25.12～現在
航空自衛隊 航空医学実験隊 第2部長
航空自衛隊立川分屯基地内 東京都立川市栄町 1-2-10

～H25.11
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
埼玉県所沢市並木 3-2

【研究の専門】

心臓血管外科学, 医用工学
血管新生, 再生医工学, 虚血性疾患モデルの開発
航空環境医学
患者空輸, 暑熱環境対策, 検疫対応, 高加速度と不整脈
災害医療
CBRNE 医療対応

綾織 誠人 (研究協力者)



防衛医科大学校 内科学講座 神経・抗加齢血管内科 助教
埼玉県所沢市並木 3-2

【研究の専門】

動脈硬化性疾患とその危険因子（脂質異常、糖尿病、高血圧）との関連について、基礎・臨床の両面から研究を行っている。基礎研究として動脈硬化形成における HDL の役割を主として動物モデルを用いて、臨床研究として各種薬剤やHDL機能の動脈硬化性プラークや血管内皮機能に及ぼす影響について、MRI・超音波検査を用い検討している。脈管専門医として、動静脈領域における本研究の発展に貢献したい。

【分担研究項目】

脈管疾患への適用検討

北垣 学 (研究協力者)



自衛隊横須賀病院診療部 医局長兼内科長
神奈川県横須賀市田浦港町 1766-1

【研究の専門】

循環器病学

医用超音波の血管病治療への応用

動脈炎症とサイトカインとの関連

光音響イメージングの血管分野での応用を検証するための実験動物モデルの作製を通じて、本研究に貢献したいと考えています。

【分担研究項目】

動物実験補助

櫛引 俊宏 (研究協力者)

防衛医科大学校 医用工学講座 准教授
埼玉県所沢市並木 3-2



【研究の専門】

医用工学

超音響イメージングのためのモデル動物作製と超音響顕微鏡による細胞レベルでのイメージングについて研究を行っています。

【分担研究項目】

実験用モデル動物の作製

大川 晋平 (研究協力者)

防衛医科大学校 医用工学講座 助教
埼玉県所沢市並木 3-2



【研究の専門】

医用工学

生体信号処理

画像再構成アルゴリズム

【分担研究項目】

実験補助

II. 總括研究報告

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 — 平成 25 年度 総括研究報告 —

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

光音響画像は現存の画像診断技術ではカバーできない新しい非侵襲的画像診断技術として世界的に着目されている。従来の光画像技術や超音波技術の長所をそのまま活かしつつ、深部を高いコントラストで高精細に画像化できる利点や特徴があることから医療ニーズが高いが医療機器としては未だない。本研究では、医療機器開発に必須である連携環境を整え、世界に先駆けて日本発の光音響画像診断装置の実現を目的として3年計画の3年目として実施した。

研究期間内に医療価値を見極めるために光音響画像化システムのプロト機を製作し、防衛医科大学校倫理委員会の承認が得られた5件の臨床研究を推進した。安全性、性能評価のために動物実験などの基礎実験を実施した。

微細な血管網の画像化、超音波画像との重畳など医療ニーズのある機能を検証することができた。臨床研究において症例数を積み重ねることで光音響画像の有用性が検証できた。

【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

大谷直樹：同 脳神経外科学講座・講師

平沢 壮：同 医用工学講座・助教

池脇克則：同 内科学講座 神経・抗加齢血管内
科・教授

津田 均：同 病態病理学講座・教授

辻田和宏：富士フイルム(株)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】

藤田真敬：H25.12～現在

航空自衛隊 航空医学実験隊・

第2部長

～H25.11

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

綾織誠人：防衛医科大学校

内科学講座神経・抗加齢血管内科・助
教

北垣 学：自衛隊横須賀病院診療部・

医局長兼内科長

楢引俊宏：防衛医科大学校

医用工学講座・准教授

大川晋平：同 医用工学講座・助教

A. 研究目的

光音響画像は光と超音波の特長を併せ持つハイブリッドモダリティとして光超音波画像とも言われている。英語では、Photoacoustic Imaging, Optoacoustic Imaging と両方使われている。パルスレーザー光を生体に照射すると光吸収に伴う熱弾性過程(加熱領域の熱膨張)により超音波(超音波画像診断での超音波エネルギーとは特性が異なるので光音響波と呼ぶこともある)が発生する現象を利用して、光吸収分子で発生する超音波を検出する測定法が光音響法である。光と超音波で共通の特徴である非侵襲的かつリアルタイム

ム測定, 可搬なシステム構成を可能とする。

超音波画像も光イメージングも原理的に CT や MRI のように身体の外側から内臓を見ることは困難であるが, 超音波診断装置は小型, 廉価, 汎用性の特徴を活かして広範に使用されており, 最近はさらなる小型化が進み可搬性も著しく向上している。超音波画像は音響インピーダンスの変化による形態情報の取得が基本原理である。

一方, 光を生体に照射すると生体組織の光学特性に従って吸収や散乱などの現象が起こり, 吸収された光エネルギーは多種多様な相互作用をすることが特徴である。すなわち光エネルギーを利用すると生体と多様な相互作用が発生し, イメージングにこれらを利用できる。よって光散乱分子, 光吸収分子, 蛍光分子と撮像対象のバリエーションが豊富であり, 光は波長の関数を加えることで分子選択的な観察ができる。既に実用化されている光イメージング手法には, 光コヒーレンストモグラフィー(Optical Coherence Tomography, OCT)と拡散光トモグラフィー(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イメージング技術で, 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(画像化深度)が 2 mm 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, 高空間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。

光の良さを活かしつつ深部が高空間分解能で画像化できれば, 医学的な利用価値が格段に広がる。

光音響イメージングは光音響波の伝搬時間から光吸収体の位置情報と, 信号強度より吸収係数

に関する情報を用いる断層画像である。光音響波を励起するレーザー光は熱エネルギー源であり, 発生した光音響波は光散乱の影響を受けないため分解能及び感度の悪化が生じず, 深部を高空間分解能で画像化することが可能である。

光音響画像には装置形態のバリエーションがある。画像診断装置として使用するのであれば本研究で検討している既に広く普及している超音波画像診断装置に励起側の光技術を追加させる形態が有力と考えられる。同様の観点から, 超音波血管内視鏡に光音響を付加した形態が内視鏡タイプとして臨床で使用する形態と考える。さらに, 励起側か検出側, 場合によっては両方を撮像領域を取り囲むように走査するトモグラフィーの形態がある。既に乳がん診断にはトモグラフィーの形態で検討されている。加えて, 眼科領域や皮膚を対象に検討された励起光, あるいは検出超音波を焦点化してイメージングする顕微鏡タイプがある。

マウスを対象とした動物実験用の光音響画像化装置が 2011 年から販売開始されたが, 医療用診断機器としては未だ実用化されておらず, 国内外で臨床研究が実施されている状況である。具体的応用は新生血管など正常組織とは異なる血管網の 3 次元画像や血中酸素飽和度の分布画像を利用した乳がんなどの各種がん診断, センチネルリンパ節の同定や, 超音波内視鏡と組み合わせた動脈硬化診断など診断対象は多岐に渡る。

光音響画像は光吸収体であれば撮像対象になるため, 血液に吸収する波長を励起光に選択すれば, 造影剤を使用せずに血管網の 3 次元画像が取得できる。さらに, 血液中のヘモグロビンが酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンで異なる光吸収特性を持つことを利用すれば, 血中酸素飽和度の分布画像が得られる。

非侵襲性が確保できる光音響画像は, より早く医療の現場での利用が見込める点で期待が大きい。本研究では, Oプロト機の改良と性能を検証,

○制癌効果を損なわない範囲で勃起神経を温存する前立腺癌摘出術の為の術前評価及び経直腸プローブを導入しての臨床研究, ○下肢静脈瘤や静脈血栓症を対象とした血管走行の確認観察及び現行の検査法との比較による有用性検証, ○頸動脈狭窄病変におけるプラーク性状の術前評価を目的とした臨床研究を中心に実施した。

B. 研究方法

本研究では、以下の項目に示す研究課題を実施した。

- 「光音響画像化システムのプロト機の改良：臨床計測分野の拡大に向けて」
- 「的確な神経温存前立腺全摘術のための光音響画像化技術の有用性検証」
- 「脈管疾患における光音響技術の有用性の検証」
- 「光音響信号の時分解周波数解析による光減衰係数の定量的計測方法の開発」
- 「光音響技術を用いた血液酸素飽和度計測」
- 「光音響画像の脳外科応用に関する基礎～臨床検討」

以上を「分担研究報告」として、課題毎に報告する。

また、光音響画像研究を促進するための「光超音波画像研究会の活動概要」、研究成果を紹介する「本研究事業の研究成果紹介のホームページ」についても報告する。

なお、臨床研究は防衛医科大学校倫理委員会の承認、及び、動物実験は防衛医科大学校動物倫理委員会の承認が得られている研究課題に準じて実施した。

C. 研究結果

「光音響画像化システムのプロト機の改良：臨床計測分野の拡大に向けて」では、従来の実験定盤上での装置サイズから小型で臨床現場へ運搬

可能な装置サイズのプロト機を実現した。臨床計測分野の拡大に向けて、泌尿器分野での臨床研究に使用可能な新規プローブとシステムの改良を行った。従来の超音波診断装置の経直腸プローブとほぼ同等の画像化範囲と使用感を実現できる、光音響経直腸プローブを製作した。この経直腸プローブと改良したシステムを用いて、*in vivo*での泌尿器分野の前立腺周囲組織内の微小血管分布の画像化に成功した。

「的確な神経温存前立腺全摘術のための光音響画像化技術の有用性検証」では、根治的前立腺全摘術を施行した前立腺癌症例を対象に、光音響リニアプローブにて摘出直後の検体から光音響イメージングを取得したところ、神経血管束が豊富な前立腺後外側に強いシグナルが認められた。また、光音響経直腸プローブによる術中リアルタイムなモニタリングにおいても、摘出検体と同様に神経血管束と同一部位に強いシグナルが認められ、神経血管束内の微小血管をランドマークとしたイメージナビゲーションの可能性が示唆された。

「脈管疾患における光音響技術の有用性の検証」では、健常人の下腿皮下静脈、頸部血管、鼠径部血管を光音響で観察した。その結果、①脈管特異的な信号を認めた。②脈管の遠位壁に比して近位壁に信号を強く認めたが、側壁や内腔は無信号であった。③動静脈間で信号の差はなかった。④2 cm以深では信号の減衰を認めた。光音響による脈管の画像化は、現在使用可能な診断モダリティの欠点を補い、将来の脈管疾患診療の進歩に貢献する可能性を有することが判った。

「光音響信号の時分解周波数解析による光減衰係数の定量的計測方法の開発」では、血液酸素飽和度をモニターするために光音響信号の支配周波数を用いて光減衰係数を求める手法を提案し、ファントムを用いて原理検証を実施した。

「光音響技術を用いた血液酸素飽和度計測」では、ウサギ頸部及び鼠径部の深さ4 - 7 mmの血管内

血液の酸素飽和度の計測実験に対して呼吸性体動の影響を除去するための信号取得及び信号処理を実施し、酸素飽和度の計測精度の向上を図った。

「光音響画像の脳外科応用に関する基礎～臨床検討」では光音響技術による頸動脈プラークの質的診断を目指して、プラークの中でも性状が不安定なものを光学特性により識別する波長を絞り込んだ。

その他、H25年度に日本における光音響画像の研究を促進するための組織づくりとして日本超音波医学会 光超音波画像研究会を4回開催活動した。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 <http://www.photoacoustic-imaging.jp>」を作成した。社会に発信するツールとして、光音響画像そのものの啓蒙に役立った。

D. 結論

3年計画の3年目として「造影剤を使用することなく微細な血管網が非侵襲的に画像化できるプロト機の改良と性能を検証」、「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」を中心に実施した。前立腺における神経血管束の描出、下腿皮下静脈、頸部血管及び鼠径部血管の可視化などを確認した。構築したシステムは、可搬なシステム、リアルタイム性を確保して、光音響血管画像と形態(解剖)画像を描出する超音波画像と重畳できる、画像取得時間が現行の検査を大幅に増大することがないなど、医療現場で受け入れやすい仕様となっている。すなわち、広範に普及している超音波診断画像に医工学の技術を取り入れて、高コントラストで微細な血管網を重畳できる光音響画像の付加価値を与えることができた。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Okawa S, Hirasawa T, Kushibiki T, Ishihara M. “Reconstruction of the optical absorption coefficient from photoacoustic signals measured by scanning coaxial probe with regularization methods”. Proceedings of SPIE, 8943, p.89433W-1-89433W-8, 2014.03.
- 2) Hirasawa T, Okawa S, Fujita M, Kushibiki T, Ishihara M. “Quantification of optical attenuation coefficient based on continuous wavelet transform of photoacoustic signals measured by a focused broadband acoustic sensor”. Proceedings of SPIE, 8943, p.89435Z-1-189435Z-10, 2014.03.
- 3) Hirasawa T, Fujita M, Okawa S, Kushibiki T, Ishihara M. “Quantification of effective attenuation coefficients using continuous wavelet transform of photoacoustic signals”. Applied Optics, 52(35), p.8562-8571, 2013.12.
- 4) 石原美弥. “光音響信号の周波数成分が画像性能に与える影響”. 電気学会研究会資料 光・量子デバイス研究会資料, OQD-13-047, p.27-29, 2013.11.
- 5) Okawa S, Hirasawa T, Kushibiki T, Ishihara M. “Numerical evaluation of linearized image reconstruction based on finite element method for biomedical photoacoustic imaging”. Optical Review, 20(5), p.442-451, 2013.10.
- 6) 榎引俊宏, 石原美弥. “細胞観察のための光

音響イメージング顕微鏡”. レーザー医学会誌, 33(4), p.392-398, 2013.01.

2. 学会発表

国際学会

- 7) Okawa S, Hirasawa T, Kushibiki T, Ishihara M. “Reconstruction of the optical absorption coefficient from photoacoustic signals measured by scanning coaxial probe with regularization methods”. SPIE Photonics West Biomedical Optics, BiOS 2014, SPIE Photonics West BiOS 2014 Technical Summaries, p.294, 2014.02.
- 8) Hirasawa T, Okawa S, Fujita M, Kushibiki T, Ishihara M. “Quantification of optical attenuation coefficient based on continuous wavelet transform of photoacoustic signals measured by a focused broadband acoustic sensor”. SPIE Photonics West Biomedical Optics, BiOS 2014, SPIE Photonics West BiOS 2014 Technical Summaries, p.326-327, 2014.02.
- 9) Okawa S, Hirasawa T, Kushibiki T, Ishihara M. “Comparison of regularization methods for photoacoustic image reconstruction”. Conference on Laser Surgery and Medicine 2013, Proceedings of Conference on Laser Surgery and Medicine 2013, p.34-35, 2013.04.

国内学会

- 10) 石原美弥. “光音響信号の周波数成分が画像性能に与える影響”. 電気学会光・量子デバイス研究会, 電気学会研究会資料 光・量子デバイス研究会 OQD-13-047, p.27-29, 2013.11.

- 11) 石原美弥. “【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”. 第1回光超音波画像研究会, 第1回光超音波画像研究会プログラム抄録集, p.1, 2013.08.
- 12) 辻田和宏, 入澤覚, 広田和弘, 平沢壮, 藤田真敬, 石原美弥. “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—”. 第1回光超音波画像研究会, 第1回光超音波画像研究会プログラム抄録集, p.6, 2013.08.

その他

- 13) 石原美弥. “光音響法を用いた生体計測技術”. 光アライアンス, 24(9), p.12-14, 2013.09.
- 14) 石原美弥. “「光音響(光超音波)画像の最前線②」の特集によせて”. 日本レーザー医学会誌, 34(1), p.9, 2013.06.
- 15) 石原美弥. “光音響イメージングの最近の進展”. 日本レーザー医学会誌, 34(1), p.10-13, 2013.06.
- 16) 石井克典, 橋村圭亮, 北哲也, 栗津邦夫, 近江雅人, 平沢壮, 石原美弥. “国際会議報告 Photonics West BiOS 2013”. 日本レーザー医学会誌, 34(1), p.50-54, 2013.06.
- 17) 石原美弥. “「光音響(光超音波)画像の最前線」の特集によせて”. 日本レーザー医学会誌, 33(4), p.366, 2013.01.

G. 知的財産権の出願・登録状況

なし

H. 参考文献

なし

Ⅲ. 分担研究報告

光音響画像化システムのプロト機の改良 臨床計測分野の拡大に向けて

研究分担者 辻田 和宏 富士フィルム株式会社 R&D 統括本部 主任研究員
メディカルシステム開発センター
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

要旨

昨年度までに研究で、我々は臨床研究可能なプロト機を作成した。プロト機では、従来の実験定盤上での装置サイズから小型で臨床現場へ運搬可能な装置サイズを実現した。今年度は臨床計測分野の拡大に向けて、昨年度 *ex vivo* での前立腺検体での計測結果を受けて、泌尿器分野での臨床研究に使用可能な新規プローブとシステムの改良を行った。従来の超音波診断装置の経直腸プローブとほぼ同等の画像化範囲と使用感を実現できる、光音響経直腸プローブを製作した。この光音響経直腸プローブと改良したシステムを用いて、*in vivo* での泌尿器分野の前立腺周囲組織内の微小血管分布の画像化に成功した。

A. 研究目的

昨年度までに研究で、我々は臨床研究可能なプロト機を作成した。プロト機では、従来の実験定

盤上での装置サイズ(床面積 100×150 cm)から、小型で臨床現場へ運搬可能な装置サイズ(床面積 60×69 cm)を実現した。

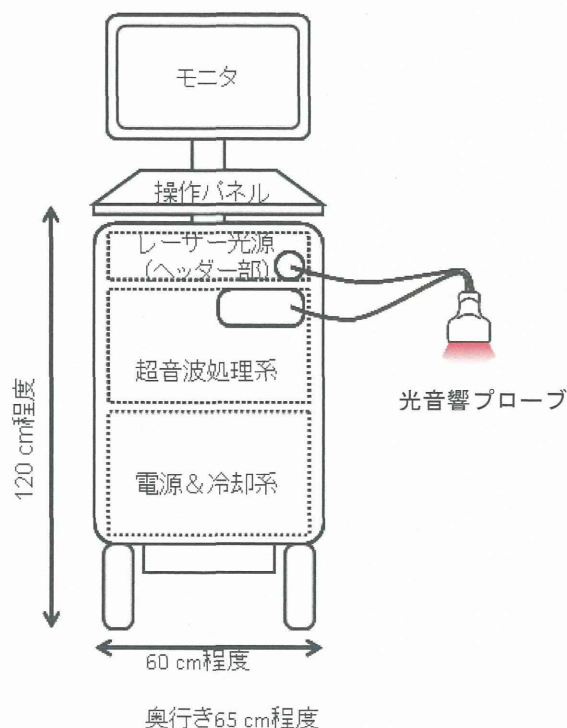


図1 プロト機の概略図

また同時に照明系を一体化したハンドヘルドタイプの光音響プローブを製作し、超音波プローブ

と同様な使い勝手を実現した。

今年度の研究目的は、昨年度開始した体表から