(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 9 月 13 日(13.09.2012)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/120885 A1

(51) 国際特許分類:
A61B 8/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2012/001583

(22) 国際出願日: 2012 年 3 月 8 日(08.03.2012)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2011-052742 2011 年 3 月 10 日(10.03.2011) JP
特願 2012-028219 2012 年 2 月 13 日(13.02.2012) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 富士フイルム株式会社 (FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布２丁目２６番３０号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 広田 和弘 (HIROTA, Kazuhiro) [JP/JP]; 〒2588538 神奈川県足柄上郡開成町宮台７９８番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 辻田 和宏 (TSUJITA, Kazuhiro) [JP/JP]; 〒2588538 神奈川県足柄上郡開成町宮台７９８番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 入澤 覚 (IRISAWA, Kaku) [JP/JP]; 〒2588538 神奈川県足柄上郡開成町宮台７９８番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 柳田 征史, 外 (YANAGIDA, Masashi et al.); 〒2220033 神奈川県横浜市港北区新横浜３－１８－３ 新横浜ＫＳビル ７階 柳田国際特許事務所 Kanagawa (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

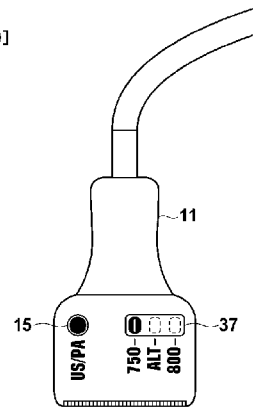
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）
— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正を受理した際には再公開される。（規則 48.2(h)）

(54) **Title**: PHOTOACOUSTIC MEASURING DEVICE

(54) 発明の名称 : 光音響計測装置

[図10]



(57) **Abstract**: [Problem] To enable easy changing of a device operation mode in a photoacoustic measuring device. [Solution] A probe (11) includes: an acoustic wave transmission part that transmits acoustic waves to a subject; a light radiation part that radiates light guided from a laser unit (13) towards the subject; and an acoustic wave detection part, which detects photoacoustic waves generated inside the subject as a result of irradiating the subject with light, and which also detects reflected acoustic waves corresponding to the acoustic waves transmitted inside the subject. The probe (11) is equipped with a mode-change switch (15). In response to operation of the mode-change switch (15), a control means (22) changes the operation mode to one of an operation mode in which at least photoacoustic waves are detected by the acoustic wave detection part and an operation mode in which photoacoustic waves are not detected by the acoustic wave detection part.

(57) 要約: 【課題】光音響計測装置において、簡易に装置の動作モードを切り替えることができるようにする。 【解決手段】プローブ（１１）は、被検体に対して音響波を送信する音響波送信部と、レーザユニット（１３）から導光された光を被検体に向けて出射する光照射部と、被検体に対する光照射により被検体内で生じた光音響波、及び、被検体内に送信された音響波に対する反射音響波を検出する音響波検出部を含む。プローブ（１１）にはモード切替スイッチ（１５）が設けられる。制御手段（２２）は、モード切替スイッチ（１５）の操作に応じて、音響波検出部で少なくとも光音響波を検出する動作モードと、音響波検出部で光音響波を検出しない動作モードとの間で動作モードを切り替える。

WO 2012/120885 A1

明　細　書

発明の名称 ： 光音響計測装置

技術分野

[0001] 本発明は、光音響計測装置に関し、更に詳しくは、被検体に光を照射し、光照射により被検体内で生じた音響波を検出する光音響計測装置に関する。

背景技術

[0002] 生体内部の状態を非侵襲で検査できる画像検査法の一種として、超音波検査法が知られている。超音波検査では、超音波の送信及び受信が可能な超音波探触子を用いる。超音波探触子から被検体（生体）に超音波を送信させると、その超音波は生体内部を進んでいき、組織界面で反射する。超音波探触子でその反射音波を受信し、反射超音波が超音波探触子に戻ってくるまでの時間に基づいて距離を計算することで、内部の様子を画像化することができる。

[0003] また、光音響効果を利用して生体の内部を画像化する光音響イメージングが知られている。一般に光音響イメージングでは、パルスレーザ光を生体内に照射する。生体内部では、生体組織がパルスレーザ光のエネルギーを吸収し、そのエネルギーによる断熱膨張により超音波（光音響信号）が発生する。この光音響信号を超音波プローブなどで検出し、検出信号に基づいて光音響画像を構成することで、光音響信号に基づく生体内の可視化が可能である。

[0004] 光音響画像と超音波画像とを生成可能な装置が、例えば特許文献１に記載されている。特許文献１では、操作パネル上に設けられたキーボード、トラックボール、マウス等を用いて、光音響画像データの収集開始コマンドを入力する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：２００５－２１８６８４号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、光音響画像と超音波画像とを生成可能な装置においては、超音波画像、光音響画像、及び超音波画像と光音響画像とを重畳した画像の３通りの画像が表示（生成）可能である。特許文献１においては、画像の切り替えは、操作パネル上に設けられたキーボード、トラックボール、マウス等を操作することでなされる。しかし、その場合、操作者は、いちいち操作パネルを操作するために体の向きを変えたり、プローブを一度手から離したりする必要があり、操作が面倒であった。

[0007] 本発明は、上記に鑑み、操作者が、簡易に表示画像を切り替えることができる光音響計測装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するために、本発明は、光源と、被検体に対して音響波を送信する音響波送信部と、光源から導光された光を被検体に向けて出射する光照射部と、被検体に対する光照射により被検体内で生じた光音響波、及び、被検体内に送信された音響波に対する反射音響波を検出する音響波検出部を含むプローブと、プローブに設けられたモード切替スイッチと、モード切替スイッチの操作に応じて、音響波検出部で少なくとも光音響波を検出する動作モードと、音響波検出部で光音響信号を検出しない動作モードとの間で動作モードを切り替える制御部とを備えたことを特徴とする光音響計測装置を提供する。

[0009] 本発明では、動作モードが、音響波検出部で光音響波を検出する第１の動作モードと音響波検出部で反射音響波を検出する第２の動作モードと、音響波検出部で光音響波及び反射音響波の双方を検出する第３の動作モードとを含み、制御部が、モード切替スイッチが操作されるたびに第１～第３の動作モードの間で動作モードを切り替えることとしてもよい。

[0010] 制御部が、初期状態では動作モードを音響波検出部で光音響波を検出しない動作モードに設定することが好ましい。

[0011] モード切替スイッチには、オルタネート動作のプッシュスイッチを用いることができる。

[0012] 本発明の光音響計測装置は、光音響波及び反射音響波の検出信号に基づいて光音響画像及び音響波画像を生成する画像生成部を更に備える構成とすることができる。

[0013] プローブは、音響波送信部と光照射部とのうちの少なくとも一方を更に含んでいてもよい。

[0014] 光源が、相互に異なる複数の波長の光を出射可能であり、被検体に照射されるべき光の波長を選択するための波長選択スイッチを更に備え、制御部が、動作モードに切替えに加えて、波長選択スイッチの操作に応じて光源から出射する光の波長を制御することとしてもよい。波長選択スイッチは、プローブに設けることができる。

[0015] 制御部が、波長選択スイッチの操作に応じて、光源から第１の波長の光を出射させ、第１の波長とは異なる第２の波長の光を出射させ、又は、第１の波長の光と第２の波長の光とを交互に出射させることとすることができる。

[0016] 波長選択スイッチには、スライドスイッチを用いることができる。

[0017] プローブが被検体に接触しているか否かを判断する接触状態判断部を更に備え、接触状態判断部がプローブが被検体に接触していると判断したときに、被検体に対する光照射が行われるようにしてもよい。

[0018] 接触状態判断部は、反射音響波の検出信号に基いて、プローブが被検体に接触しているか否かを判断してもよい。

[0019] 本発明は、また、光源と、被検体に対して音響波を送信する音響波送信部と、光源から導光された光を被検体に向けて出射する光照射部と、被検体に対する光照射により被検体内で生じた光音響波、及び、被検体内に送信された音響波に対する反射音響波を検出する音響波検出部を含むプローブと、動作モードを切り替えるためのモード切替スイッチと、光源から出射すべき光の波長を選択するための波長選択スイッチと、モード切替スイッチの操作に応じて、音響波検出部で少なくとも光音響波を検出する動作モードと、音響

波検出部で光音響信号を検出しない動作モードとの間で動作モードを切り替え、かつ、波長選択スイッチの操作に応じて光源から出射する光の波長を制御する制御部とを備え、モード切替スイッチと波長選択スイッチの少なくとも一方がプローブに設けられていることを特徴とする光音響計測装置を提供する。

[0020] 本発明の光音響計測装置は、モード切替スイッチと波長選択スイッチの双方がプローブに設けられている構成としてもよい。

[0021] モード切替スイッチには、オルタネート動作のプッシュスイッチを用いることができる。

[0022] 上記したものに代えて、モード切替スイッチ及び波長選択スイッチとのうち波長選択スイッチのみがプローブに設けられており、モード切替スイッチに、操作者が足で操作するフットスイッチを用いることとしてもよい。フットスイッチには、オルタネート動作するものを用いることができる。

[0023] 波長選択スイッチには、スライドスイッチを用いることができる。

発明の効果

[0024] 本発明の光音響計測装置では、プローブにモード切替スイッチを設け、そのスイッチを操作することで、光音響信号の検出を含む動作モードと、光音響信号の検出を含まない動作モードとの間で動作モードを切り替える。操作者は、プローブに設けられたスイッチを操作するだけで生成される画像の切り替えを行うことができ、表示画像を簡易に切り替えることができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]本発明の第１実施形態の光音響計測装置を示すブロック図。

[図2]プローブの外観を示す図。

[図3]動作モードが超音波画像生成のモードであるときの動作手順を示すフローチャート。

[図4]動作モードが光音響画像生成のモードであるときの動作手順を示すフローチャート。

[図5]動作モードが双方の画像を生成するモードであるときの動作手順を示す

フローチャート。

[図6]超音波画像を例示する図。

[図7]光音響画像を例示する図。

[図8]光音響画像と超音波画像とを重畳した画像を例示する図。

[図9]本発明の第２実施形態の光音響計測装置を示すブロック図。

[図10]プローブの外観を示す図。

[図11]レーザユニットの構成を示すブロック図。

[図12]波長選択素子、駆動手段、及び駆動状態検出手段の構成例を示す図。

[図13]本発明の第３実施形態の光音響計測装置を示すブロック図。

[図14]変形例の光音響計測装置を示すブロック図。

[図15]変形例におけるプローブの外観を示す図。

発明を実施するための形態

[0026] 以下、図面を参照し、本発明の実施の形態を詳細に説明する。図１は、本発明の第１実施形態の光音響計測装置を示す。光音響計測装置１０は、超音波探触子（プローブ）１１、超音波ユニット１２、及びレーザ光源（レーザユニット）１３を備える。レーザユニット１３は、光源であり、被検体に照射するレーザ光を生成する。レーザ光の波長は、観察対象物に応じて適宜設定すればよい。レーザユニット１３が出射するレーザ光は、例えば光ファイバなどの導光手段を用いてプローブ１１まで導光される。

[0027] プローブ１１は、レーザユニット１３から導光された光を被検体に向けて照射する光照射部を含む。また、被検体に対して音響波（典型的には超音波）を送信する音響波送信部と、及び被検体からの音響波の検出（受信）を行う音響波検出部とを含む。プローブ１１は、例えば一次元的に配列された複数の超音波振動子を有する。プローブ１１は、例えば超音波画像の生成時は複数の超音波振動子から音響波を出力し、出力された音響波に対する反射音響波（以下、反射音響信号とも呼ぶ）を検出する。プローブ１１は、光音響画像生成時は、被検体内の測定対象物がレーザユニット１３からのレーザ光を吸収することで生じた音響波（以下、光音響信号とも呼ぶ）を検出する。

なお、プローブ１１は、少なくとも音響波検出部を含んでいればよく、音響波送信部と光照射部との双方、又は何れか一方がプローブ１１の外部に設けられていてもよい。

[0028] プローブ１１には、装置の動作モードを切り替えるためのモード切替スイッチ１５が設けられる。モード切替スイッチ１５には、例えばオルタネート動作のプッシュスイッチを用いることができる。モード切替スイッチ１５は、プローブ１１の音響波検出部で少なくとも光音響波を検出する動作モードと、音響波検出部で光音響波を検出しない動作モードとの間で動作モードを切り替えるために使用される。動作モードは、例えば音響波検出部で光音響波を検出する第１の動作モードと、反射音響波を検出する第２の動作モードと、光音響波及び反射音響波の双方を検出する第３の動作モードとを含む。医師などの操作者は、モード切替スイッチ１５を押すことで、光音響信号の検出、反射音響信号の検出、及び光音響信号と反射音響信号の双方の検出を切り替えることができる。

[0029] 超音波ユニット１２は、受信回路１６、ＡＤ変換手段１７、画像再構成手段１８、検波手段１９、対数変換手段２０、画像構築手段２１、制御手段２２、送信制御回路２３を有する。受信回路１６は、プローブ１１が有する複数の超音波振動子が検出した音響波の検出信号（光音響信号又は反射音響信号）を受信する。ＡＤ変換手段１７は、受信回路１６が受信した音響波の検出信号をデジタル信号に変換する。ＡＤ変換手段１７は、例えば所定のサンプリング周期で音響波の検出信号をサンプリングする。

[0030] 超音波ユニット１２は、プローブで検出された光音響波及び反射音響波の検出信号を処理する検出信号処理部を有する。信号処理部は、例えば、プローブ１１が検出した音響波の検出信号に基づいて断層画像を生成する画像生成部として構成される。図１では、画像再構成手段１８、検波手段１９、対数変換手段２０、及び画像構築手段２１が画像生成部を構成する。画像生成手段の機能は、コンピュータが所定のプログラムに従って処理を動作することで実現できる。画像生成部は、プローブ１１が受信した光音響信号に基づ

いて第１の断層画像（光音響画像）を生成すると共に、プローブ１１が受信した反射音響信号に基づいて第２の断層画像（超音波画像）を生成する。

[0031] 画像再構成手段１８は、プローブ１１の複数の超音波振動子で検出された音響波の検出信号に基づいて、断層画像の各ラインのデータを生成する。画像再構成手段１８は、例えばプローブ１１の６４個の超音波振動子からのデータを、超音波振動子の位置に応じた遅延時間で加算し、１ライン分のデータを生成する（遅延加算法）。画像再構成手段１８は、遅延加算法に代えて、ＣＢＰ法（Circular Back Projection）により再構成を行ってもよい。あるいは画像再構成手段１８は、ハフ変換法又はフーリエ変換法を用いて再構成を行ってもよい。

[0032] 検波手段１９は、画像再構成手段１８が出力する各ラインのデータの包絡線を出力する。対数変換手段２０は、検波手段１９が出力する包絡線を対数変換し、ダイナミックレンジを広げる。画像構築手段２１は、対数変換が施された各ラインのデータに基づいて、断層画像を生成する。画像構築手段２１は、例えば音響波の検出信号（ピーク部分）の時間軸方向の位置を、断層画像における深さ方向の位置に変換して断層画像を生成する。画像表示手段１４は、画像構築手段２１が生成した断層画像を、表示モニタなどに表示する。

[0033] 制御手段（制御部）２２は、超音波ユニット１２内の各部を制御する。制御手段２２が行う制御は、動作モードの切り替えを含む。制御手段２２は、モード切替スイッチ１５の操作に応じて、プローブ１１の音響波検出部で少なくとも光音響波を検出する動作モードと、光音響信号を検出しない動作モードとの間で動作モードを切り替える。制御手段２２は、例えば光音響波を検出して光音響画像を生成する動作モードと、反射音響波を検出した超音波画像を生成する動作モードと、光音響波及び反射音響波の双方を検出して光音響画像及び超音波画像の双方を生成する動作モードとの間で、動作モードを切り替える。

[0034] 制御手段２２は、初期状態、つまりモード切替スイッチ１５が一度も押さ

れてない状態では、例えばプローブ１１の音響波検出部で光音響波を検出しない動作モード、具体的には超音波画像を生成する動作モードに設定する。制御手段２２は、例えばモード切替スイッチ１５が操作されるたびに動作モードを切り替える。制御手段２２は、動作モードが超音波画像生成モードのときにモード切替スイッチ１５が押されると、動作モードを光音響画像生成モードに切り替える。制御手段２２は、更にモード切替スイッチ１５が押されると、動作モードを光音響画像生成モードから超音波画像と光音響画像との双方を生成するモードに切り替える。双方の画像を生成するモードでモード切替スイッチ１５が押されたときは、動作モードを、超音波画像を生成するモードに戻す。以降、制御手段２２は、モード切替スイッチ１５が押されるたびに、動作モードを、超音波画像、光音響画像、超音波画像と光音響画像の双方を生成するモードの順に切り替えていく。

[0035] 制御手段２２は、動作モードが超音波画像を生成するモード、又は超音波画像と光音響画像とを生成するモードのときは、送信制御回路２３に超音波送信トリガ信号を送る。送信制御回路２３は、トリガ信号を受けると、プローブ１１から超音波を送信させる。制御手段２２は、超音波送信トリガ信号と同期して、ＡＤ変換手段１７における反射音響信号のサンプリング開始タイミングを制御する。一方、制御手段２２は、動作モードが光音響画像を生成するモード、又は超音波画像と光音響画像とを生成するモードのときは、レーザユニット１３に対してレーザ発振トリガ信号を送る。レーザユニット１３は、トリガ信号を受けてレーザ発振を行い、レーザ光を出射する。制御手段２２は、レーザ発振トリガ信号と同期して、ＡＤ変換手段１７における光音響信号のサンプリング開始タイミングを制御する。

[0036] 図２は、プローブ１１の外観を示す。操作者は、プローブ１１を手で握って観察したい場所に超音波振動子が配列されている面を接触させる。モード切替スイッチ１５は、例えばプローブ１１を手で握ったときに、親指が位置する部分に設けられている。操作者は、モード切替スイッチ１５を適宜操作して、動作モードを所望の動作モードに設定する。

[0037] 図３は、動作モードが超音波画像生成のモードであるときの動作手順を示す。制御手段２２は、超音波送信トリガ信号を送信制御回路２３に出力する（ステップＡ１）。プローブ１１は、被検体内へ超音波を送信する（ステップＡ２）。プローブ１１は、被検体内で反射した反射音響信号を受信する（ステップＡ３）。超音波ユニット１２内の画像生成部は、反射音響信号に基づいて超音波画像を生成する（ステップＡ４）。画像表示手段１４は、超音波ユニット１２で生成された超音波画像を表示画面上に表示する（ステップＡ５）。

[0038] 図４は、動作モードが光音響画像生成のモードであるときの動作手順を示す。制御手段２２は、レーザ発振トリガ信号をレーザユニット１３へ出力する（ステップＢ１）。レーザユニット１３は、パルスレーザ光を出射する。レーザユニット１３から出射したパルスレーザ光は、プローブ１１から被検体に照射される（ステップＢ２）。プローブ１１は、レーザ光の照射により生体内で発生した光音響信号を受信する（ステップＢ３）。超音波ユニット１２内の画像生成手段は、光音響信号に基づいて光音響画像を生成する（ステップＢ４）。画像表示手段１４は、超音波ユニット１２で生成された光音響画像を表示画面上に表示する（ステップＢ５）。

[0039] 図５は、動作モードが光音響画像と超音波画像とを生成するモードであるときの動作手順を示す。制御手段２２は、レーザ発振トリガ信号をレーザユニット１３へ出力する（ステップＣ１）。レーザユニット１３は、パルスレーザ光を出射する。レーザユニット１３から出射したパルスレーザ光は、プローブ１１から被検体に照射される（ステップＣ２）。プローブ１１は、レーザ光の照射により生体内で発生した光音響信号を受信する（ステップＣ３）。超音波ユニット１２内の画像生成手段は、光音響信号に基づいて光音響画像を生成する（ステップＣ４）。

[0040] 続いて制御手段２２は、超音波送信トリガ信号を送信制御回路２３に出力する（ステップＣ５）。プローブ１１は、被検体内へ超音波を送信する（ステップＣ６）。プローブ１１は、被検体内で反射した反射音響信号を受信す

る（ステップＣ７）。超音波ユニット１２内の画像生成手段は、反射音響信号に基づいて超音波画像を生成する（ステップＣ８）。画像表示手段１４は、超音波ユニット１２で生成された光音響画像と超音波画像とを表示画面上に表示する（ステップＣ９）。画像表示手段１４は、例えば光音響画像と超音波画像とを重畳表示する。なお、図５では先に光音響画像を生成し、次いで超音波画像を生成することとしたが、超音波画像の生成を先に行い、その後に光音響画像を生成してもよい。

[0041] 図６は超音波画像を示し、図７は光音響画像を示し、図８は光音響画像と超音波画像とを重畳した画像を示す。各図において、横方向は超音波振動子が配列された方向に対応し、縦方向は深さ方向に対応している。画像表示手段１４は、動作モードが超音波画像生成モードのときは、図６に示す超音波画像を表示する。画像表示手段１４は、動作モードが光音響画像生成モードのときは、図７に示す光音響画像を表示する。画像表示手段１４は、動作モードが光音響画像と超音波画像とを生成するモードのときは、図８に示す光音響画像と超音波画像とを重畳した画像を表示する。

[0042] 本実施形態では、制御手段２２は、モード切替スイッチ１５が操作されるたびに、動作モードを切り替える。例えば光音響計測装置１０が超音波画像生成モードで動作し、超音波画像を観察していたときにモード切替スイッチ１５を１回操作すると、動作モードが光音響画像生成モードに切り替わり、光音響画像の観察が可能となる。本実施形態では、モードの切り替えモード切替スイッチ１５をプローブに設けているため、操作者は、操作パネルなどを操作しなくても、観察画像の切り替えが可能であり、簡易に表示画像を切り替えることができる。動作モードの初期状態としては、光音響画像の生成を含まないモードが好ましい。その場合、いきなりレーザ光が照射されることを防止できる。

[0043] 続いて、本発明の第２実施形態を説明する。図９は、本発明の第２実施形態の光音響計測装置を示す。光音響計測装置１０ａは、超音波探触子（プローブ）１１、超音波ユニット１２ａ、及び光源（レーザユニット）１３を備

える。超音波ユニット１２ａは、受信回路１６、ＡＤ変換手段１７、光音響画像再構成手段２７、光音響画像構築手段３１、制御手段２２、送信制御回路２３、受信メモリ２４、データ分離手段２５、２波長データ複素数化手段２６、２波長データ演算手段２８、強度情報抽出手段２９、検波・対数変換手段３０、超音波画像再構成手段３２、検波・対数変換手段３３、超音波画像構築手段３４、画像合成手段３５、及びトリガ制御回路３６を有する。

[0044] 本実施形態では、レーザユニット１３は、相互に異なる複数の波長のレーザ光を出射可能に構成されている。複数波長の光を被検体に照射した場合、光音響画像の生成では、被検体内の光吸収体における光吸収特性の波長依存性を利用して、例えば動脈と静脈とが判別可能な光音響画像を生成する。モード切替スイッチ１５を用いた装置の動作モードの切り替えは、第１実施形態と同様である。すなわち、例えばオルタネート動作のプッシュスイッチを用いて構成されたモード切替スイッチ１５を押すたびに、光音響画像と超音波画像のうちの超音波画像のみを生成する動作モード、光音響画像のみを生成する動作モード、及び、双方の画像を生成する動作モードの間で動作モードの切り替えを行う。

[0045] レーザユニット１３から出射したパルスレーザ光は、例えば光ファイバなどの導光手段を用いてプローブ１１まで導光され、プローブ１１から被検体に向けて照射される。以下の説明においては、主に、レーザユニット１３が、第１の波長のパルスレーザ光と第２の波長のパルスレーザ光とを出射可能であるものとして説明する。

[0046] 例えば、第１の波長（中心波長）として約７５０ｎｍを考え、第２の波長として約８００ｎｍを考える。ヒトの動脈に多く含まれる酸素化ヘモグロビン(酸素と結合したヘモグロビン:oxy-Hb)の波長７５０ｎｍにおける分子吸収係数は、波長８００ｎｍにおける分子吸収係数よりも高い。一方、静脈に多く含まれる脱酸素化ヘモグロビン（酸素と結合していないヘモグロビンdeoxy-Hb)の波長７５０ｎｍにおける分子吸収係数は、波長８００ｎｍにおける分子吸収係数よりも低い。この性質を利用し、波長８００ｎｍで得られた光音

響信号に対して、波長７５０ｎｍで得られた光音響信号が相対的に大きいのか小さいのかを調べることで、動脈からの光音響信号と静脈からの光音響信号とを判別することができる。

[0047] プローブ１１は、被検体に向けて光を照射する光照射部と、被検体に音響波を送信する音響波送信部と、被検体からの音響波（光音響波及び反射音響波）を検出する音響波検出部とを有する。受信回路１６は、プローブ１１が検出した音響波の検出信号を受信する。ＡＤ変換手段１７は、受信回路１６が受信した音響波の検出信号をサンプリングする。ＡＤ変換手段１７は、例えばＡＤクロック信号に同期して、所定のサンプリング周期で音響波の検出信号のサンプリングを行う。ＡＤ変換手段１７は、反射音響信号をサンプリングした反射音響データと、光音響信号をサンプリングした光音響データとを、受信メモリ２４に格納する。

[0048] 制御手段２２及びトリガ制御回路３６は、制御部を構成する。制御手段２２は、超音波ユニット１２ａ内の各部の制御を行う。トリガ制御回路３６は、装置の動作モードが光音響画像の生成を含む動作モードのとき、レーザユニット１３に対して光出射を指示する光トリガ信号を出力する。この光トリガ信号は、第１実施形態におけるレーザ発振トリガ信号に相当する。トリガ制御回路３６は、まずフラッシュランプトリガ信号を出力し、それに後続して、Ｑスイッチトリガ信号を出力する。レーザユニット１３は、フラッシュランプトリガ信号に応答してレーザ媒質の励起を行い、Ｑスイッチトリガ信号に応答してパルスレーザ光を出射する。なお、トリガ制御回路３６は、制御手段２２の一部であってもよい。

[0049] トリガ制御回路３６からＱスイッチトリガ信号をレーザユニット１３に送信するのに代えて、レーザユニット１３内においてＱスイッチトリガのタイミングを生成してもよい。その場合は、Ｑスイッチをオンにした旨を示す信号をレーザユニット１３から超音波ユニット１２ａ側に通知してもよい。ここで、光トリガ信号とは、フラッシュランプトリガ信号とＱスイッチトリガ信号の少なくとも一方を含む概念である。トリガ制御回路３６からＱスイッ

チトリガ信号を出力する場合はＱスイッチトリガ信号が光トリガ信号に対応し、レーザユニット１３にてＱスイッチトリガのタイミングを生成する場合はフラッシュランプトリガ信号が光トリガ信号に対応していてもよい。

[0050] トリガ制御回路３６は、装置の動作モードが超音波画像の生成を含む動作モードのとき、送信制御回路２３に、音響波送信を指示する超音波トリガ信号を出力する。送信制御回路２３は、超音波トリガ信号を受けると、プローブ１１から音響波（超音波）を送信させる。トリガ制御回路３６は、装置の動作モードが光音響画像と超音波画像との双方を生成する動作モードのときは、所定の順序で光トリガ信号と超音波トリガ信号とを出力する。トリガ制御回路３６は、例えば先に光トリガ信号を出力し、次いで超音波トリガ信号を出力する。光トリガ信号が出力されることで被検体に対するレーザ光の照射及び光音響信号の検出が行われ、その後、超音波トリガ信号が出力されることで被検体に対する超音波の送信及び反射音響信号の検出が行われる。トリガ制御回路３６は、光トリガ信号又は超音波トリガ信号の出力後、ＡＤ変換手段１７に対して、サンプリング開始を指示するサンプリングトリガ信号を出力する。ＡＤ変換手段１７は、サンプリングトリガ信号を受けると、光音響信号又は反射音響信号のサンプリングを開始する。ＡＤ変換手段１７は、サンプリングした光音響信号及び反射音響信号を、受信メモリ２４に格納する。

[0051] なお、光音響画像と超音波画像との双方を生成する場合、光音響信号と反射音響信号とを個別にサンプリングするのに代えて、両者を連続的にサンプリングするようにしてもよい。例えば、トリガ制御回路３６は、光トリガ信号の出力後、光音響信号の検出を終了するタイミングで超音波トリガ信号を出力する。このとき、ＡＤ変換手段１７は反射音響波の検出信号のサンプリングを中断せず、サンプリングを継続して実施する。言い換えれば、トリガ制御回路３６は、ＡＤ変換手段１７が音響波の検出信号のサンプリングを継続している状態で、超音波トリガ信号を出力する。超音波トリガ信号に応答してプローブ１１が超音波送信を行うことで、プローブ１１で検出される音

響波は、光音響波から反射音響波に変わる。ＡＤ変換手段１７は、検出された音響波の検出信号のサンプリングを継続することで、光音響信号と反射音響信号とを連続的にサンプリングし、サンプリングした光音響信号及び反射音響信号を、両者に共通の受信メモリ２４に格納してもよい。

[0052] ところで、被検体内の深さ方向の同じ位置で光音響波及び反射音響波が発生したとすると、反射音響信号の場合は、プローブ１１から送信された音響波がその位置まで進むまでに要する時間が必要なため、音響波送信から反射音響波の検出までの時間は、光照射から光音響波の検出までの時間の倍の時間となる。超音波画像の生成に際しては、反射音響信号を１／２にリサンプルする１／２リサンプル手段を設け、例えば反射音響信号を時間軸方向に１／２に圧縮したものを対象に超音波画像を生成するようにしてもよい。あるいは、反射音響波の検出信号をサンプリングするタイミングでＡＤ変換手段１７におけるサンプリングレートを半分に、例えば４０ＭＨｚから２０ＭＨｚに下げてもよい。

[0053] 光音響信号のサンプリングは、レーザユニット１３が出射する光の波長の数だけ繰り返し行う。例えばまずレーザユニット１３から第１の波長の光を被検体に照射し、被検体に第１の波長のパルスレーザ光が照射されたときにプローブ１１で検出された第１の光音響信号（第１の光音響データ）を受信メモリ２４に格納する。次いで、レーザユニット１３から第２の波長の光を被検体に照射し、第２の波長のパルスレーザ光が照射されたときにプローブ１１で検出された第２の光音響信号（第２の光音響データ）を受信メモリ２４に格納する。光音響信号と反射音響信号とを連続的にサンプリングする場合、波長の数だけ光音響信号のサンプリングと反射音響信号のサンプリングとを繰り返せばよい。例えば第１の光音響データと連続して、受信メモリ２４に反射音響データを格納し、第２の光音響データと連続して、受信メモリ２４に反射音響データを格納する。

[0054] データ分離手段２５は、受信メモリ２４に格納された反射音響データと、第１及び第２の光音響データとを分離する。データ分離手段２５は、第１及

び第２の光音響データを、２波長データ複素数化手段２６に渡す。２波長データ複素数化手段２６は、第１の光音響信号と第２の光音響信号のうちの何れか一方を実部、他方を虚部とした複素数データを生成する。以下では、２波長データ複素数化手段２６が、第１の光音響信号を実部とし、第２の光音響信号を虚部とした複素数データを生成するものとして説明する。

[0055] 光音響画像再構成手段２７は、２波長データ複素数化手段２６から光音響データである複素数データを入力し、光音響データの再構成を行う。光音響画像再構成手段２７は、入力された複素数データから、フーリエ変換法（ＦＴＡ法）により画像再構成を行う。フーリエ変換法による画像再構成には、例えば文献”Photoacoustic Image Reconstruction-A Quantitative Analysis”Jonathan I.Sperl et al. SPIE-OSA Vol.6631 663103 等に記載されている従来公知の方法を適用することができる。光音響画像再構成手段２７は、再構成画像を示すフーリエ変換のデータを強度情報抽出手段２９と２波長データ演算手段２８とに入力する。

[0056] ２波長データ演算手段２８は、各波長に対応した光音響データ間の相対的な信号強度の大小関係を抽出する。本実施形態では、２波長データ演算手段２８は、光音響画像再構成手段２７で再構成された再構成画像を入力データとし、複素数データである入力データから、実部と虚部とを比較したときに、相対的に、どちらがどれくらい大きいかを示す位相情報を抽出する。２波長データ演算手段２８は、例えば複素数データがＸ＋ｉＹで表わされるとき、$\theta = \tan^{-1}(Y/X)$を位相情報として生成する。なお、Ｘ＝０の場合はθ＝９０°とする。実部を構成する第１の光音響データ（Ｘ）と虚部を構成する第２の光音響データ（Ｙ）とが等しいとき、位相情報はθ＝４５°となる。位相情報は、相対的に第１の光音響データが大きいほどθ＝０°に近づいていき、第２の光音響データが大きいほどθ＝９０°に近づいていく。

[0057] 強度情報抽出手段２９は、各波長に対応した光音響データに基づいて信号強度を示す強度情報を生成する。本実施形態では、強度情報抽出手段２９は、光音響画像再構成手段２７で再構成された再構成画像を入力データとし、

複素数データである入力データから、強度情報を生成する。強度情報抽出手段２９は、例えば複素数データがＸ＋ｉＹで表わされるとき、$(X^2+Y^2)^{1/2}$を、強度情報として抽出する。検波・対数変換手段３０は、強度情報抽出手段２９で抽出された強度情報を示すデータの包絡線を生成し、次いでその包絡線を対数変換してダイナミックレンジを広げる。

[0058] 光音響画像構築手段３１は、２波長データ演算手段２８から位相情報を入力し、検波・対数変換手段３０から検波・対数変換処理後の強度情報を入力する。光音響画像構築手段３１は、入力された位相情報と強度情報とに基づいて、光吸収体の分布画像である光音響画像を生成する。光音響画像構築手段３１は、例えば入力された強度情報に基づいて、光吸収体の分布画像における各画素の輝度（階調値）を決定する。また、光音響画像構築手段３１は、例えば位相情報に基づいて、光吸収体の分布画像における各画素の色（表示色）を決定する。光音響画像構築手段３１は、例えば例えば位相０°から９０°の範囲を所定の色に対応させたカラーマップに用いて、入力された位相情報に基づいて各画素の色を決定する。

[0059] ここで、位相０°から４５°の範囲は、第１の光音響データが第２の光音響データよりも大きい範囲であるため、光音響信号の発生源は、波長７９８ｎｍの光に対する吸収よりも波長７５６ｎｍの光に対する吸収の方が大きい酸素化ヘモグロビンを主に含む血液が流れている動脈であると考えられる。一方、位相４５°から９０°の範囲は、第２の光音響データが第１の光音響データよりも小さい範囲であるため、光音響信号の発生源は、波長７９８ｎｍの光に対する吸収よりも波長７５６ｎｍの光に対する吸収の方が小さい脱酸素化ヘモグロビンを主に含む血液が流れている静脈であると考えられる。

[0060] そこで、カラーマップとして、例えば位相が０°が赤色で、位相が４５°に近づくに連れて無色（白色）になるように色が徐々に変化すると共に、位相９０°が青色で、位相が４５°に近づくに連れて白色になるように色が徐々に変化するようなカラーマップを用いる。この場合、光音響画像上で、動脈に対応した部分を赤色で表わし、静脈に対応した部分を青色で表わすこと

ができる。強度情報を用いずに、階調値は一定として、位相情報に従って動脈に対応した部分と静脈に対応した部分との色分けを行うだけでもよい。

[0061] なお、被検体に対して単一の波長の光のみが照射される場合は、２波長データ複素数化手段２６による複素数化、及び、２波長データ演算手段２８による位相情報の抽出は不要である。単一の波長の光のみが照射される場合は、強度情報抽出手段２９によって抽出される強度情報に基づいて、光音響画像を生成すればよい。

[0062] 一方、データ分離手段２５は、分離した反射音響データを、超音波画像再構成手段３２に渡す。超音波画像再構成手段３２は、反射音響信号（反射音響データ）に基づいて、断層画像である超音波画像の各ラインのデータを生成する。検波・対数変換手段３３は、超音波画像再構成手段３２が出力する各ラインのデータの包絡線を生成し、その包絡線を対数変換してダイナミックレンジを広げる。超音波画像構築手段３４は、対数変換が施された各ラインのデータに基づいて、超音波画像を生成する。

[0063] 画像合成手段３５は、光音響画像構築手段３１で生成された光音響画像と、超音波画像構築手段３４で生成された超音波画像とを合成する。合成された画像は、画像表示手段１４に表示される。画像合成を行わずに、画像表示手段１４に、光音響画像と超音波画像とを並べて表示し、或いは光音響画像と超音波画像とを切り替えて表示することも可能である。

[0064] 波長選択スイッチ３７は、レーザユニット１３が出射可能な複数の波長のうち、どの波長の光を出射するかを選択するためのスイッチである。ユーザは、波長選択スイッチ３７を操作することで、光音響画像の生成に際して、例えば第１の波長、第２の波長、及び、第１の波長と第２の波長とを交互に出射するの何れかを選択することができる。トリガ制御回路３６は、波長選択スイッチ３７の操作に応じて、レーザユニット１３から出射する光の波長を制御する。

[0065] 図１０は、プローブ１１の外観を示す。プローブ１１には、モード切替スイッチ１５に加えて、波長選択スイッチ３７が設けられている。波長選択ス

イッチ３７は、例えばスライドスイッチとして構成される。波長選択スイッチ３７のスライド位置が「７５０」の位置のとき、トリガ制御回路３６は、レーザユニット１３から波長７５０ｎｍの光を出射させる。スライド位置が「８００」のときは、レーザユニット１３から波長８００ｎｍの光を出射させる。スライド位置が「ＡＬＴ」のときは、レーザユニット１３から波長７５０ｎｍの光と波長８００ｎｍの光とを交互に出射させる。

[0066] 続いて、レーザユニット１３の構成を詳細に説明する。図１１は、レーザユニット１３の構成を示す。レーザユニット１３は、レーザロッド６１、フラッシュランプ６２、ミラー６３、６４、Ｑスイッチ６５、波長選択素子６６、駆動手段６７、駆動状態検出手段６８、及びＢＰＦ制御回路６９を有する。

[0067] レーザロッド６１は、レーザ媒質である。レーザロッド６１には、例えばアレキサンドライト結晶やＣｒ：ＬｉＳＡＦ（Ｃｒ：ＬｉＳｒＡｌＦ６），Ｃｒ：ＬｉＣＡＦ（Ｃｒ：ＬｉＣａＡｌＦ６）結晶，Ｔｉ：Ｓａｐｐｈｉｒｅ結晶を用いることができる。フラッシュランプ６２は、レーザ媒質を励起する励起手段であり、レーザロッド６１に励起光を照射する。フラッシュランプ６２以外の光源、例えば半導体レーザや固体レーザを、励起光源として用いてもよい。

[0068] ミラー６３、６４は、レーザロッド６１を挟んで対向しており、ミラー６３、６４により光共振器が構成される。ここでは、ミラー６４が出力側のミラーであるとする。光共振器内には、Ｑスイッチ６５が挿入される。Ｑスイッチ６５により、光共振器内の挿入損失を損失大（低Ｑ）から損失小（高Ｑ）へと急速に変化させることで、パルスレーザ光を得ることができる。

[0069] 波長選択素子６６は、透過波長が相互に異なる複数のバンドパスフィルタ（ＢＰＦ：Band Pass Filter）を含む。波長選択素子６６は、複数のバンドパスフィルタを光共振器の光路上に選択的に挿入する。波長選択素子６６は、例えば波長７５０ｎｍ（中心波長）の光を透過させる第１のバンドパスフィルタと、波長８００ｎｍ（中心波長）の光を透過させる第２のバンドパス

フィルタとを含む。光共振器の光路上に第１のバンドパスフィルタを挿入することで、光発振器の発振波長を７５０ｎｍとすることができ、光共振器の光路上に第２のバンドパスフィルタを挿入することで、光発振器の発振波長を８００ｎｍとすることができる。

[0070] 駆動手段６７は、波長選択素子６６を駆動する。駆動状態検出手段６８は、波長選択素子６６の駆動状態を検出する。ＢＰＦ制御回路６９は、駆動手段６７を制御する。駆動手段６７は、例えば波長選択スイッチ３７（図９）により波長７５０ｎｍが選択されているときは、光共振器の光路上に第１のバンドパスフィルタが挿入されるように、波長選択素子６６を駆動する。また、波長８００ｎｍが選択されているときは、光共振器の光路上に第２のバンドパスフィルタが挿入されるように、波長選択素子６６を駆動する。

[0071] 駆動手段６７は、波長選択スイッチ３７により２つの波長の光を交互に出射することが選択されているときは、光共振器の光路上に挿入されるバンドパスフィルタが所定の順序で順次に切り替わるように波長選択素子６６を駆動する。例えば波長選択素子６６が、回転変位に伴って光共振器の光路上に選択的に挿入するバンドパスフィルタを切り替えるフィルタ回転体で構成されているとき、駆動手段６７は、波長選択素子６６を構成するフィルタ回転体を連続的に回転駆動する。駆動状態検出手段６８は、例えばフィルタ回転体である波長選択素子６６の回転変位を検出する。駆動状態検出手段６８は、フィルタ回転体の回転変位位置を示すＢＰＦ状態情報を出力する。

[0072] 図１２は、波長選択素子６６、駆動手段６７、及び駆動状態検出手段６８の構成例を示す。この例では、波長選択素子６６は２つのバンドパスフィルタを含むフィルタ回転体であり、駆動手段６７はサーボモータである。また、駆動状態検出手段６８はロータリーエンコーダーである。波長選択素子６６は、サーボモータの出力軸の回転に従って回転する。波長選択素子６６を構成するフィルタ回転体の半分（例えば回転変位位置０°から１８０°）は波長７５０ｎｍの光を透過させる第１のバンドパスフィルタであり、残りの半分（例えば回転変位位置１８０°から３６０°）は波長８００ｎｍの光を

透過させる第２のバンドパスフィルタである。このようなフィルタ回転体を回転させることで、光共振器の光路上に、第１のバンドパスフィルタと第２のバンドパスフィルタとを、フィルタ回転体の回転速度に応じた切り替え速度で交互に挿入することができる。

[0073] 駆動状態検出手段６８を構成するロータリーエンコーダーは、サーボモータの出力軸に取り付けられたスリット入りの回転板と透過型フォトインタラプタとで、波長選択素子６６であるフィルタ回転体の回転変位を検出し、ＢＰＦ状態情報を生成する。駆動状態検出手段６８は、フィルタ回転体の回転変位位置を示すＢＰＦ状態情報をＢＰＦ制御回路６９に出力する。

[0074] 波長選択スイッチ３７（図９）により２つの波長の光を交互に出射することが選択されているとき、ＢＰＦ制御回路６９は、例えば所定時間の間に駆動状態検出手段６８が検出した回転変位の量が、フィルタ回転体の所定の回転速度に応じた量になるように駆動手段６７に供給する電圧などを制御する。トリガ制御回路３６は、ＢＰＦ制御信号を通じて、ＢＰＦ制御回路６９に、フィルタ回転体の回転速度を指示する。ＢＰＦ制御回路６９は、例えばＢＰＦ状態情報をモニタし、所定時間の間に駆動状態検出手段６８で検出される波長選択素子６６の変位量が、指示された回転速度に対応した量に保たれるように、サーボモータに供給する電圧などを制御する。ＢＰＦ制御回路６９を用いるのに代えて、トリガ制御回路３６がＢＰＦ状態情報をモニタし、波長選択素子６６が所定の速度で駆動されるように、駆動手段６７を制御するようにしてもよい。

[0075] 以下、超音波画像を生成する動作モード、光音響画像を生成する動作モード、及び双方の画像を生成する動作モードにおける動作手順について説明する。まず、超音波画像を生成する動作モードにおける動作手順を説明する。超音波画像生成の動作手順は、基本的に第１実施形態で説明したものと同様である。トリガ制御回路３６（図９）は、超音波トリガ信号を送信制御回路２３に出力する。プローブ１１は、被検体内へ超音波を送信する。プローブ１１は、被検体内で反射した反射音響波を検出する。超音波ユニット１２ａ

内の受信回路１６は反射音響波の検出信号（反射音響信号）を受信し、ＡＤ変換手段１７は反射音響信号をサンプリングして受信メモリ２４に格納する。データ分離手段２５は、受信メモリ２４から反射音響信号を読み出して超音波画像再構成手段３２に渡す。反射音響信号は、超音波画像再構成手段３２で再構成された後に、検波・対数変換手段３３にて検波・対数変換される。超音波画像構築手段３４は、検波・対数変換された反射音響信号に基づいて超音波画像を生成する。生成された超音波画像は、画像表示手段１４の表示画面上に表示される。

[0076] 次いで、光音響画像を生成する動作モードにおける動作手順を説明する。ここでは、波長選択スイッチ３７により、波長７５０ｎｍの光と波長８００ｎｍの光とを交互に照射することが選択されているものとする。トリガ制御回路３６は、レーザユニット１３内の波長選択素子６６（図１１）が光共振器の光路上に挿入するバンドパスフィルタが所定の切替え速度で切り替わるように、ＢＰＦ制御回路６９を制御する。トリガ制御回路３６は、例えば、波長選択素子６６を構成するフィルタ回転体を、所定の方向に所定の回転速度で連続的に回転させる旨のＢＰＦ制御信号を、ＢＰＦ制御回路６９に出力する。フィルタ回転体の回転速度は、例えばレーザユニット１３から出射すべきパルスレーザ光の波長の数（バンドパスフィルタの透過波長の数）と、単位時間当たりのパルスレーザの個数とに基づいて決定できる。

[0077] トリガ制御回路３６は、レーザユニット１３に、フラッシュランプ６２からレーザロッド６１へ励起光を照射させる旨のフラッシュランプトリガ信号を出力する。フラッシュランプ６２は、フラッシュランプトリガ信号に応答してレーザロッド６１に励起光を照射する。トリガ制御回路３６は、ＢＰＦ状態信号に基づいて、フラッシュランプトリガ信号を出力する。例えばトリガ制御回路３６は、ＢＰＦ状態情報が、出射すべきパルスレーザ光の波長（第１の波長）に対応したバンドパスフィルタが光共振器の光路上に挿入される波長選択素子６６の駆動位置から、レーザロッド６１の励起に要する時間の間に波長選択素子６６が変位する量を差し引いた位置を示す情報になると

フラッシュランプトリガ信号を出力し、レーザロッド６１に対して励起光を照射させる。トリガ制御回路３６は、例えば所定の時間間隔で周期的にフラッシュランプトリガ信号を出力する。

[0078] トリガ制御回路３６は、フラッシュランプトリガ信号の出力後、レーザユニット１３のＱスイッチ６５にＱスイッチトリガ信号を出力する。トリガ制御回路３６は、波長選択素子６６が、出射すべきパルスレーザ光の波長（第１の波長）に対応した透過波長のバンドパスフィルタを光共振器の光路上に挿入しているタイミングでＱスイッチトリガ信号を出力する。例えば波長選択素子６６がフィルタ回転体で構成されるとき、トリガ制御回路３６は、ＢＰＦ状態情報が、出射すべきパルスレーザ光の波長に対応したバンドパスフィルタが光共振器の光路上に挿入されていることを示す位置となっているときに、Ｑスイッチトリガ信号を出力する。Ｑスイッチ６５が、Ｑスイッチトリガ信号に応答して光共振器内の挿入損失を損失大から損失小に急激に変化させることで、出力側のミラー６４から第１の波長のパルスレーザ光が出射する。

[0079] レーザユニット１３から出射した第１の波長の光は、例えばプローブ１１まで導光された後に被検体に照射される。プローブ１１は、第１の波長のレーザ光の照射により生体内で発生した光音響信号を検出する。超音波ユニット１２ａ内の受信回路１６は光音響信号を受信し、ＡＤ変換手段１７は第１の波長が照射されたときの光音響信号をサンプリングして受信メモリ２４に格納する。

[0080] 第１の波長の光の照射に続いて、上記と同様な手順により、第２の波長の光を被検体に照射する。すなわち、フラッシュランプトリガ信号の出力後、波長選択素子６６が、第２の波長に対応した透過波長のバンドパスフィルタを光共振器の光路上に挿入しているタイミングでＱスイッチトリガ信号を出力し、レーザユニット１３から第２の波長のパルスレーザ光を出射させる。プローブ１１は、第２の波長のレーザ光の照射により生体内で発生した光音響信号を検出する。超音波ユニット１２ａ内の受信回路１６は光音響信号を

受信し、ＡＤ変換手段１７は第２の波長が照射されたときの光音響信号をサンプリングして受信メモリ２４に格納する。

[0081] データ分離手段２５は、受信メモリ２４から第１の波長の光が照射されたときの光音響信号と、第２の波長の光が照射されたときの光音響信号とを読み出し、２波長データ複素数化手段２６に渡す。２波長データ複素数化手段２６は、２つの波長に対応した光音響信号のうちの一方を実部とし、他方を虚部とした複素数データを生成し、光音響画像再構成手段２７は、その複素数データをフーリエ変換法により再構成する。２波長データ演算手段２８は、再構成された複素数データから位相情報を抽出する。また、強度情報抽出手段２９は、再構成された複素数データから強度情報を抽出する。抽出された強度情報は、検波・対数変換手段３０にて検波・対数変換される。光音響画像構築手段３１は、検波・対数変換された強度情報と位相情報とに基づいて、光音響画像を生成する。生成された光音響画像は、画像表示手段１４の表示画面上に表示される。

[0082] 続いて、超音波画像と光音響画像との双方を生成する動作モードにおける動作手順を説明する。ここでも、波長選択スイッチ３７により、波長７５０ｎｍの光と波長８００ｎｍの光とを交互に照射することが選択されているものとする。トリガ制御回路３６は、上記した光音響画像の生成の場合と同様に、レーザユニット１３内の波長選択素子６６が光共振器の光路上に挿入するバンドパスフィルタが所定の切替え速度で切り替わるように、ＢＰＦ制御回路６９を制御する。

[0083] トリガ制御回路３６は、レーザユニット１３にフラッシュランプトリガ信号を出力し、フラッシュランプ６２からレーザロッド６１に励起光を照射させる。トリガ制御回路３６は、フラッシュランプトリガ信号の出力後、レーザユニット１３のＱスイッチ６５にＱスイッチトリガ信号を出力する。Ｑスイッチ６５が光共振器内の挿入損失を損失大から損失小に急激に変化させることで、出力側のミラー６４から第１の波長のパルスレーザ光が出射する。

[0084] レーザユニット１３から出射した第１の波長の光は、例えばプローブ１１

まで導光された後に被検体に照射される。プローブ１１は、第１の波長のレーザ光の照射により生体内で発生した光音響信号を検出する。超音波ユニット１２ａ内の受信回路１６は光音響信号を受信し、ＡＤ変換手段１７は第１の波長が照射されたときの光音響信号をサンプリングして受信メモリ２４に格納する。

[0085] トリガ制御回路３６は、第１の波長の光の照射に続いて、上記と同様な手順により、第２の波長の光を被検体に照射する。すなわち、フラッシュランプトリガ信号の出力後、波長選択素子６６が、第２の波長に対応した透過波長のバンドパスフィルタを光共振器の光路上に挿入しているタイミングでＱスイッチトリガ信号を出力し、レーザユニット１３から第２の波長のパルスレーザ光を出射させる。プローブ１１は、第２の波長のレーザ光の照射により生体内で発生した光音響信号を検出する。超音波ユニット１２ａ内の受信回路１６は光音響信号を受信し、ＡＤ変換手段１７は第２の波長が照射されたときの光音響信号をサンプリングして受信メモリ２４に格納する。

[0086] 光音響信号のサンプリングが終了すると、トリガ制御回路３６は、超音波トリガ信号を送信制御回路２３に出力する。プローブ１１は、被検体内へ超音波を送信する。プローブ１１は、被検体内で反射した反射音響信号を検出する。超音波ユニット１２ａ内の受信回路１６は反射音響信号を受信し、ＡＤ変換手段１７は反射音響信号をサンプリングして受信メモリ２４に格納する。

[0087] データ分離手段２５は、受信メモリ２４から第１の波長の光が照射されたときの光音響信号と、第２の波長の光が照射されたときの光音響信号とを読み出し、２波長データ複素数化手段２６に渡す。また、受信メモリ２４から反射音響信号を読み出し、超音波画像再構成手段３２に渡す。

[0088] ２波長データ複素数化手段２６は、２つの波長に対応した光音響信号のうちの一方を実部とし、他方を虚部とした複素数データを生成し、光音響画像再構成手段２７は、その複素数データをフーリエ変換法により再構成する。２波長データ演算手段２８は、再構成された複素数データから位相情報を抽

出する。また、強度情報抽出手段２９は、再構成された複素数データから強度情報を抽出する。抽出された強度情報は、検波・対数変換手段３０にて検波・対数変換される。光音響画像構築手段３１は、検波・対数変換された強度情報と位相情報とに基づいて、光音響画像を生成する。

[0089] データ分離手段２５から超音波画像再構成手段３２に渡された反射音響信号は、超音波画像再構成手段３２で再構成された後に、検波・対数変換手段３３にて検波・対数変換される。超音波画像構築手段３４は、検波・対数変換された反射音響信号に基づいて、超音波画像を生成する。光音響画像構築手段３１で生成された光音響画像と超音波画像構築手段３４で生成された超音波画像とは、画像合成手段３５で合成された後に、画像表示手段１４の表示画面上に表示される。

[0090] 本実施形態では、レーザユニット１３が波長選択素子６６を含んでおり、レーザユニット１３から、相互に異な複数の波長のレーザ光を被検体に照射することができる。波長選択素子６６が透過波長が異なる２つのバンドパスフィルタを含むとき、それらバンドパスフィルタを光共振器の光路上に選択的に挿入することで、レーザユニット１３から出射する光の波長を制御することができる。また、例えば、透過波長が異なる２つのバンドパスフィルタを含む波長選択素子６６を連続的に駆動することで、２つのバンドパスフィルタを連続的、かつ選択的に光共振器の光路上に挿入することができ、レーザユニット１３から複数波長のレーザ光を連続的に切り替えて出射することができる。複数の波長のパルスレーザ光を照射したときの光音響信号（光音響データ）を用いることで、各光吸収体の光吸収特性が波長に応じて異なることを利用した機能イメージングを行うことができる。

[0091] また、本実施形態では、２つの波長で得られた第１の光音響データと、第２の光音響データとの何れか一方を実部、他方を虚部とした複素数データを生成し、その複素数データからフーリエ変換法により再構成画像を生成している。このようにする場合、再構成は一度で済むため、第１の光音響データと第２の光音響データとを別々に再構成する場合に比して、再構成を効率的

に行うことができる。

[0092] 本実施形態では、光音響計測装置１０は、被検体に照射すべき光の波長を選択するための波長選択スイッチ３７を含んでおり、ユーザは、その波長選択スイッチ３７を操作することで、レーザユニット１３から出射する光の波長を選択することができる。本実施形態では、波長選択スイッチ３７がプローブ１１に設けられており、ユーザは、プローブ１１から手を離すことなく、被検体に照射すべき光の波長を切り替えることができる。プローブ１１に設けられたモード切替スイッチ１５を操作することで、超音波画像を生成する動作モードと光音響画像を生成する動作モードとを容易に切り替えられる点は、第１実施形態と同様である。

[0093] 続いて、本発明の第３実施形態を説明する。図１３は、本発明の第３実施形態の光音響計測装置を示す。本実施形態の光音響計測装置１０ｂは、第２実施形態の光音響計測装置１０ａの構成に加えて、超音波ユニット１２ｂ内に接触状態判断手段３８を有する。接触状態判断手段３８は、プローブ１１が被検体に接触しているか否かを判断する。トリガ制御回路３６は、接触状態判断手段３８がプローブ１１が被検体に接触していると判断しているとき、レーザユニット１３に対してフラッシュランプトリガ信号を出力し、被検体に対する光照射が行われる。

[0094] 本実施形態では、被検体に対する光照射に先行して、プローブ１１から音響波を送信する。プローブ１１は、送信された超音波に対する反射音響信号を検出する。接触状態判断手段３８は、プローブ１１で検出された反射音響信号に基づいて、プローブ１１が被検体に接触しているか否かを判断する。より詳細には、接触状態判断手段３８は、超音波画像構築手段３４が生成した、反射音響信号に基づく超音波画像を用いて、プローブ１１が被検体に接触しているか否かを判断する。

[0095] 接触状態判断手段３８は、例えばプローブ１１が被検体に接触していない状態で生成された超音波画像の典型的な画像を参照画像として記憶している。接触状態判断手段３８は、超音波画像構築手段３４が生成した超音波画像

と、記憶している参照画像とを比較し、その比較結果に基づいてプローブ１１が被検体に接触しているか否かを判断する。接触状態判断手段３８は、例えば超音波画像構築手段３４が生成した緒音波画像と参照画像との類似度を計算する。接触状態判断手段３８は、２つの超音波画像の類似度が所定のしきい値以上のときは、プローブ１１が被検体に接触していないと判断する。接触状態判断手段３８は、類似度がしきい値よりも低ければ、プローブ１１が被検体に接触していると判断する。トリガ制御回路３６は、接触状態判断手段３８にてプローブ１１が被検体に接触していないと判断されたときは、レーザユニット１３に対するフラッシュランプトリガ信号及びＱスイッチトリガ信号のうちの少なくとも一方を抑止し、プローブ１１から被検体にレーザ光を照射させない。

[0096] 上記では、接触状態判断手段３８が参照画像を記憶しておき、参照画像と類似度に基づいてプローブ１１が被検体に接触しているか否かを判断することとしたが、超音波画像に基づく接触状態の判断は上記したものに限定されない。例えば、接触状態判断手段３８が、超音波画像構築手段３４で生成された超音波画像の特徴解析を行い、その解析結果に基づいて接触しているか否かを判断してもよい。一般に、プローブ１１が被検体に接触しない状態で生成された超音波画像では、飽和した高輝度の線が超音波振動子と平行に等間隔で並ぶ。接触状態判断手段３８は、例えば生成された超音波画像において、飽和した高輝度の線が超音波振動子と平行に等間隔で並んでいるときに、プローブ１１が被検体に接触していない状態で超音波画像が生成されたと判断してもよい。

[0097] また、超音波画像に基づいて接触状態を判断するのに代えて、接触状態判断手段３が、反射音響信号の信号波形に基づいて接触状態を判断するようにしてもよい。例えば接触状態判断手段３８は、反射音響信号の信号波形の特徴解析を行い、ＡＤ変換手段１７でサンプリングされた反射音響信号（受信メモリ２４から読み出された反射音響信号）の信号波形に、プローブ１１が被検体に接触していないときに観察される反射音響信号の信号波形の特徴が

表れているか否かを判断する。例えば接触状態判断手段３８は、反射音響信号において振幅が飽和レベルに対応する所定のレベル以上となっている箇所がいくつあるかを調べると共に、その飽和レベルとなっている箇所の間隔を調べる。接触状態判断手段３８は、例えば反射音響信号において複数の飽和レベルとなる個所が等間隔に並んでいるときは、プローブ１１が被検体に接触していないと判断する。接触状態判断手段３８は、逆に、飽和レベルとなる個所が等間隔に並んでいないときは、プローブ１１が被検体に接触していると判断する。

[0098] 反射音響信号の信号波形基づく接触状態の判断は上記したものに限定されない。例えば、接触状態判断手段３８は、プローブ１１が被検体に接触していないときの典型的な反射音響信号の信号波形を参照信号波形として記憶しておき、ＡＤ変換手段１７が出力する反射音響信号の信号波形と参照信号との相関を求め、その相関に基づいて両者がどれだけ類似しているかを判断してもよい。その場合、接触状態判断手段３８は、両者の類似度をしきい値処理し、類似度が高ければプローブ１１が被検体に接触していると判断し、類似度が低ければプローブ１１が被検体に接触していると判断すればよい。

[0099] なお、接触状態判断手段３８は、ＡＤ変換手段１７でサンプリングされた反射音響信号に基づいて接触状態を判断するに代えて、超音波画像再構成手段３２、検波・対数変換手段３３の出力信号に基づいて接触状態を判断してもよい。その場合でも、超音波画像生成前の反射音響信号の信号波形に基づいて、プローブ１１が被検体に接触しているか否かの判断が可能である。

[0100] 本実施形態では、接触状態判断手段３８を用い、プローブ１１が被検体に接触しているか否かを判断する。トリガ制御回路３６は、プローブ１１が被検体に接触していると判断されたときに、レーザユニット１３からレーザ光を出射させる。このようにすることで、レーザユニット１３から出射したパルスレーザ光が自由空間に放出されることを防ぐことができる。その他の効果は第２実施形態と同様である。

[0101] なお、第２及び第３実施形態では、第１の光音響データと第２の光音響デ

ータとを複素数化する例について説明したが、複素数化せずに、第１の光音響データと第２の光音響データとを別々に再構成してもよい。また、再構成の手法は、フーリエ変換法には限定されない。さらに、第２及び第３実施形態においては、複素数化して位相情報を用いて第１の光音響データと第２の光音響データの比を計算しているが、両者の強度情報から比を計算しても同様の効果が得られる。また、強度情報は、第１の再構成画像における信号強度と、第２の再構成画像における信号強度とに基づいて生成できる。

[0102] 光音響画像の生成に際して、被検体に照射されるパルスレーザ光の波長の数は２つには限られず、３以上のパルスレーザ光を被検体に照射し、各波長に対応する光音響データに基づいて光音響画像を生成してもよい。その場合、例えば２波長データ演算手段２８は、各波長に対応する光音響データ間での相対的な信号強度の大小関係を位相情報として生成すればよい。また、強度情報抽出手段２９は、例えば各波長に対応する光音響データにおける信号強度を１つにまとめたものを強度情報として生成すればよい。

[0103] 第２実施形態では、主に、波長選択素子６６が、２つのバンドパスフィルタ領域を含むフィルタ回転体で構成される例を説明したが、波長選択素子６６は、光共振器内で発振する光の波長を変化させるものであればよく、フィルタ回転体の構成には限定されない。例えば、波長選択素子６６を、複数のバンドパスフィルタを円周状に配置した回転体で構成してもよい。波長選択素子６６は回転体である必要はなく、例えば、複数のバンドパスフィルタを一列に並べたものでもよい。その場合、複数のバンドパスフィルタが循環的に光共振器の光路上に挿入されるよう波長選択素子６６を駆動してもよいし、一列に並べられた複数のバンドパスフィルタが光共振器の光路上を横切るように波長選択素子６６を往復駆動させてもよい。バンドパスフィルタに代えて、複屈折フィルタなどの波長選択素子を用いることも可能である。また、２波長選択において、両者のゲインが異なる場合は、バンドパスフィルタの代わりにロングパスフィルタ又はショートパスフィルタを使用してもよい。例えばアレキサンドライトレーザで、８００ｎｍと７５０ｎｍとを切り替

えて出射する場合、７５０ｎｍの方が高ゲインであるため、８００ｎｍと７５０ｎｍのロングパスフィルターの組み合わせでも、それぞれの波長の選択が可能である。

[0104] 第２及び第３実施形態では、モード切替スイッチ１５と波長選択スイッチ３７との双方がプローブ１１に設けられる例について説明したが、モード切替スイッチ１５と波長選択スイッチ３７との少なくとも一方がプローブ１１に設けられていればよく、必ずしも双方がプローブ１１に設けられている必要はない。図１４は、変形例の光音響計測装置１０ｃを示している。図９に示す第２実施形態の光音響計測装置１０ａではプローブ１１にモード切替スイッチ１５が設けられているのに対し、図１４では、フットスイッチ３９が、装置の動作モードを切り替えるためのスイッチとして用いられる。フットスイッチ（モード切替スイッチ）３９は、例えばオルタネート動作し、フットスイッチ３９を操作するたびに、光音響信号の検出を含む動作モードと含まない動作モードとの間で動作モードが切り替えられる。

[0105] 図１５は、変形例におけるプローブ１１の外観を示す。プローブ１１には、スライドスイッチで構成された波長選択スイッチ３７だけが設けられ、図１０に示す第２実施形態で用いられるプローブ１１に存在していたモード切替スイッチ１５が設けられてない。このような構成とした場合、ユーザは、手元の波長選択スイッチ３７を操作することで、被検体に照射される光の波長を選択することができる。一方、足元のフットスイッチ３９を操作することで、超音波画像の生成と光音響画像の生成とを切り替えることができる。

[0106] 以上、本発明をその好適な実施形態に基づいて説明したが、本発明の光音響計測装置は、上記実施形態にのみ限定されるものではなく、上記実施形態の構成から種々の修正及び変更を施したものも、本発明の範囲に含まれる。

請求の範囲

[請求項1] 光源と、

被検体に対して音響波を送信する音響波送信部と、

前記光源から導光された光を被検体に向けて出射する光照射部と、

被検体に対する光照射により被検体内で生じた光音響波、及び、被検体内に送信された音響波に対する反射音響波を検出する音響波検出部を含むプローブと、

前記プローブに設けられたモード切替スイッチと、

前記モード切替スイッチの操作に応じて、前記音響波検出部で少なくとも前記光音響波を検出する動作モードと、前記音響波検出部で前記光音響波を検出しない動作モードとの間で動作モードを切り替える制御部とを備えたことを特徴とする光音響計測装置。

[請求項2] 前記動作モードが、前記音響波検出部で前記光音響波を検出する第１の動作モードと前記音響波検出部で前記反射音響波を検出する第２の動作モードと、前記音響波検出部で前記光音響波及び前記反射音響波の双方を検出する第３の動作モードとを含み、前記制御部が、前記モード切替スイッチが操作されるたびに前記第１～第３の動作モードの間で動作モードを切り替えることを特徴とする請求項１に記載の光音響計測装置。

[請求項3] 前記制御部が、初期状態では前記動作モードを前記音響波検出部で前記光音響波を検出しない動作モードに設定するものであることを特徴とする請求項１又は２に記載の光音響計測装置。

[請求項4] 前記モード切替スイッチが、オルタネート動作のプッシュスイッチであることを特徴とする請求項１から３何れかに記載の光音響計測装置。

[請求項5] 前記光音響波及び前記反射音響波の検出信号に基づいて光音響画像及び音響波画像を生成する画像生成部を更に備えたことを特徴とする請求項１から４何れかに記載の光音響計測装置。

[請求項6] 前記プローブが、前記音響波送信部と光照射部とのうちの少なくとも一方を更に含んでいることを特徴とする請求項１から５何れかに記載の光音響計測装置。

[請求項7] 前記光源が、相互に異なる複数の波長の光を出射可能であり、

被検体に照射されるべき光の波長を選択するための波長選択スイッチを更に備え、

前記制御部が、前記動作モードに切替えに加えて、前記波長選択スイッチの操作に応じて前記光源から出射する光の波長を制御することを特徴とする請求項１から６何れかに記載の光音響計測装置。

[請求項8] 前記波長選択スイッチがプローブに設けられていることを特徴とする請求項７に記載の光音響計測装置。

[請求項9] 前記制御部が、前記波長選択スイッチの操作に応じて、前記光源から第１の波長の光を出射させ、前記第１の波長とは異なる第２の波長の光を出射させ、或いは、前記第１の波長の光と前記第２の波長の光とを交互に出射させることを特徴とする請求項７又は８に記載の光音響計測装置。

[請求項10] 前記波長選択スイッチが、スライドスイッチであることを特徴とする請求項７から９何れかに記載の光音響計測装置。

[請求項11] 前記プローブが被検体に接触しているか否かを判断する接触状態判断部を更に備え、前記接触状態判断部がプローブが被検体に接触していると判断したときに、被検体に対する光照射が行われることを特徴とする請求項１から１０何れかに記載の光音響計測装置。

[請求項12] 前記接触状態判断部が、前記反射音響波の検出信号に基いて、プローブが被検体に接触しているか否かを判断することを特徴とする請求項１１に記載の光音響計測装置。

[請求項13] 光源と、

被検体に対して音響波を送信する音響波送信部と、

前記光源から導光された光を被検体に向けて出射する光照射部と、

被検体に対する光照射により被検体内で生じた光音響波、及び、被検体内に送信された音響波に対する反射音響波を検出する音響波検出部を含むプローブと、

動作モードを切り替えるためのモード切替スイッチと、

前記光源から出射すべき光の波長を選択するための波長選択スイッチと、

前記モード切替スイッチの操作に応じて、前記音響波検出部で少なくとも前記光音響波を検出する動作モードと、前記音響波検出部で前記光音響波を検出しない動作モードとの間で動作モードを切り替え、かつ、前記波長選択スイッチの操作に応じて前記光源から出射する光の波長を制御する制御部とを備え、

前記モード切替スイッチと前記波長選択スイッチの少なくとも一方が前記プローブに設けられていることを特徴とする光音響計測装置。

[請求項14] 前記モード切替スイッチと前記波長選択スイッチの双方が前記プローブに設けられていることを特徴とする請求項１３に記載の光音響計測装置。

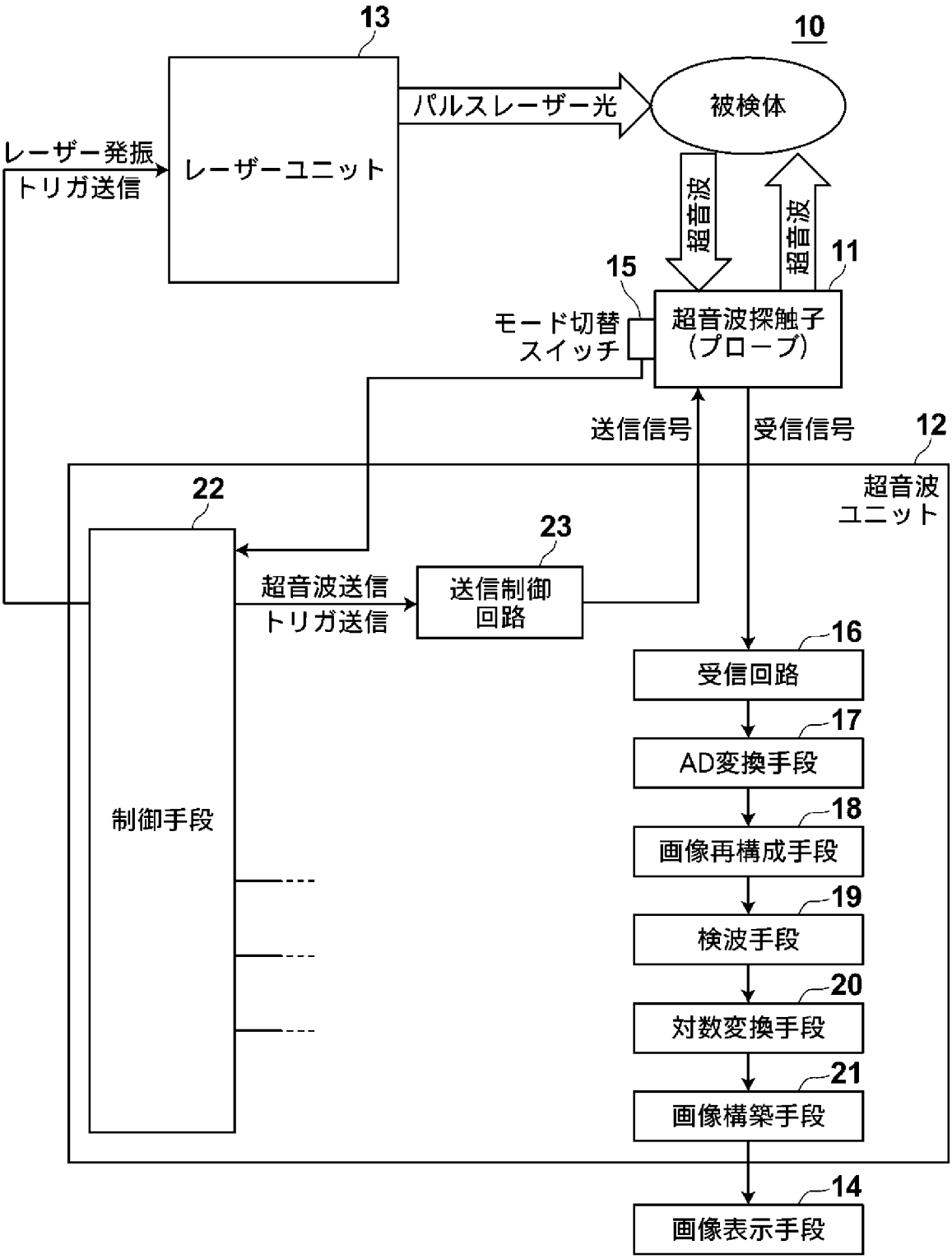
[請求項15] 前記モード切替スイッチが、オルタネート動作のプッシュスイッチであることを特徴とする請求項１３又は１４に記載の光音響計測装置。

[請求項16] 前記モード切替スイッチ及び前記波長選択スイッチとのうち前記波長選択スイッチのみが前記プローブに設けられており、前記モード切替スイッチが、操作者が足で操作するフットスイッチであることを特徴とする請求項１３に記載の光音響計測装置。

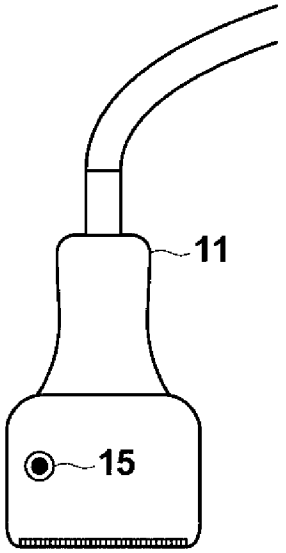
[請求項17] 前記フットスイッチがオルタネート動作するものであることを特徴とする請求項１６に記載の光音響計測装置。

[請求項18] 前記波長選択スイッチが、スライドスイッチであることを特徴とする請求項１３から１７何れかに記載の光音響計測装置。

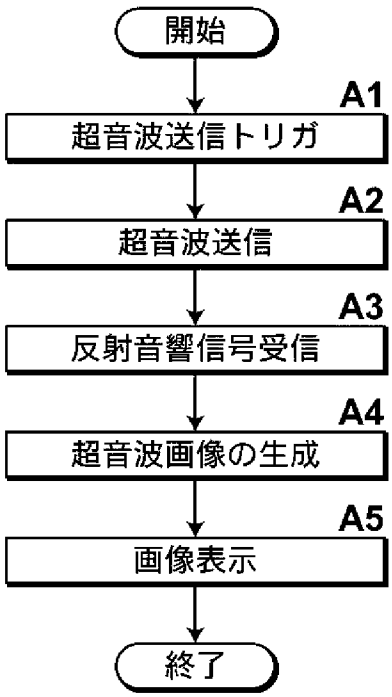
[図1]


13
10
パルスレーザー光
被検体
レーザー発振
トリガ送信
レーザーユニット
超音波
超音波
15
11
モード切替
スイッチ
超音波探触子
(プローブ)
送信信号
受信信号
12
超音波
ユニット
22
23
超音波送信
トリガ送信
送信制御
回路
16
受信回路
17
AD変換手段
18
画像再構成手段
制御手段
19
検波手段
20
対数変換手段
21
画像構築手段
14
画像表示手段

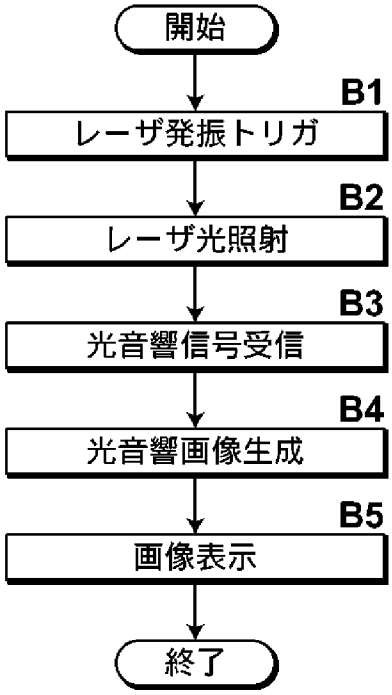
[図2]


11
15

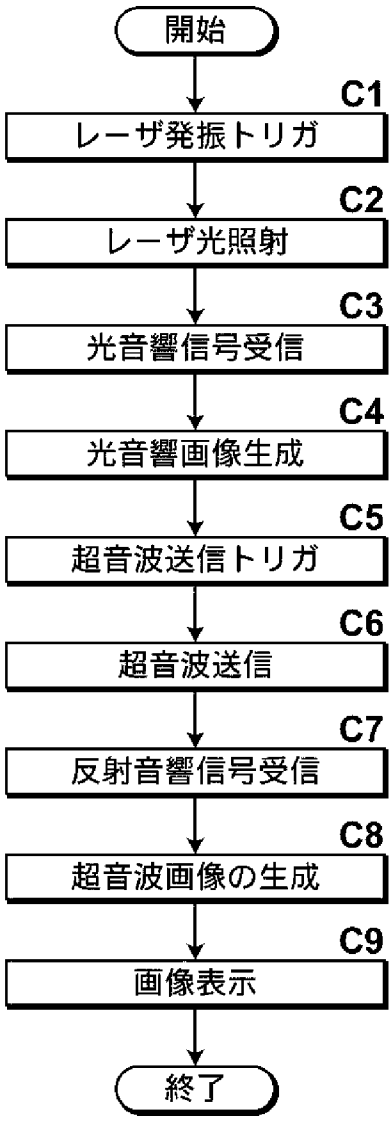
[図3]


開始
A1
超音波送信トリガ
A2
超音波送信
A3
反射音響信号受信
A4
超音波画像の生成
A5
画像表示
終了

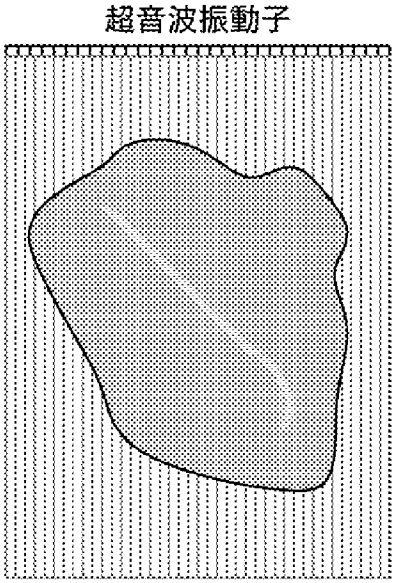
[図4]


開始
B1
レーザ発振トリガ
B2
レーザ光照射
B3
光音響信号受信
B4
光音響画像生成
B5
画像表示
終了

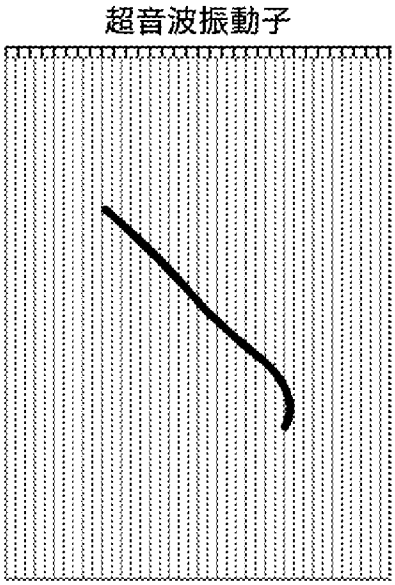
[図5]


開始
C1
レーザ発振トリガ
C2
レーザ光照射
C3
光音響信号受信
C4
光音響画像生成
C5
超音波送信トリガ
C6
超音波送信
C7
反射音響信号受信
C8
超音波画像の生成
C9
画像表示
終了

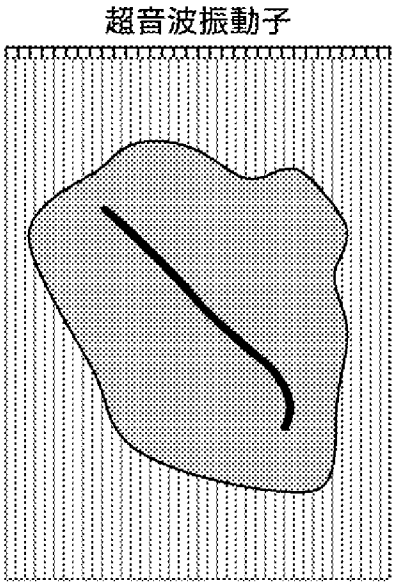
[図6]



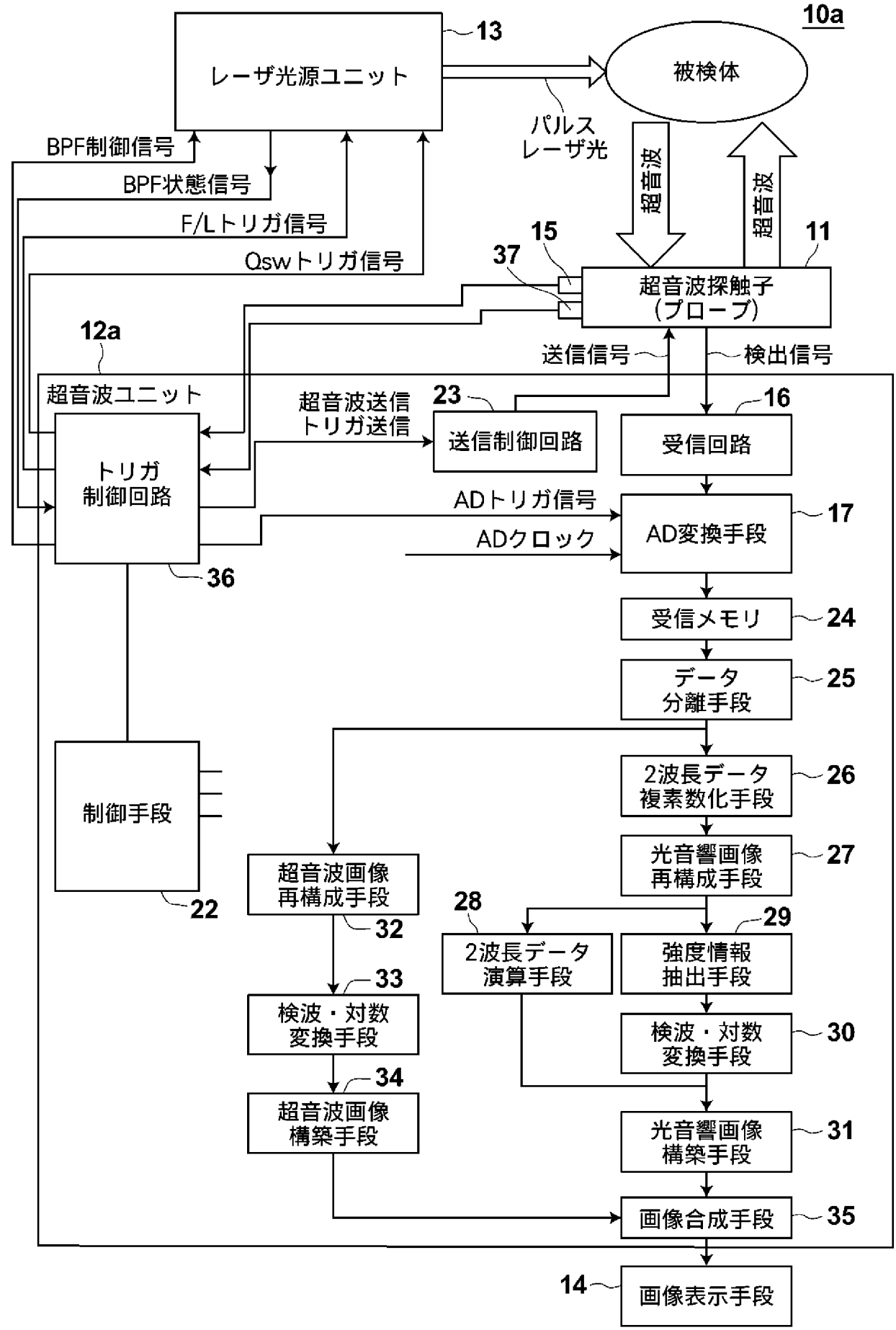
[図7]



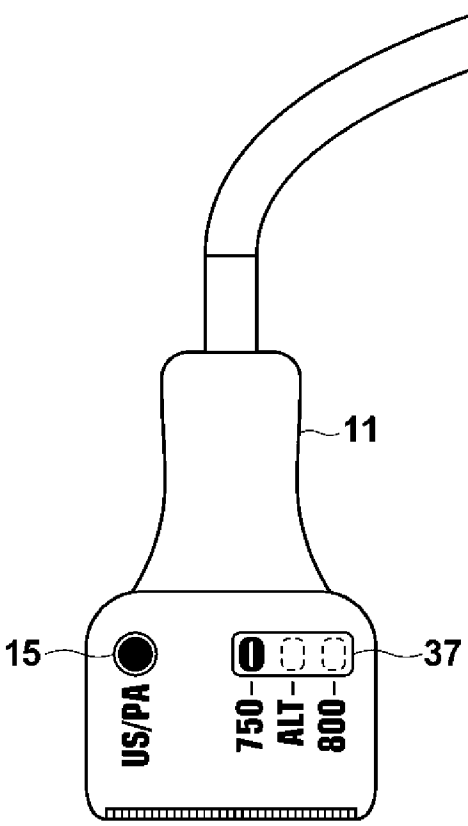
[図8]



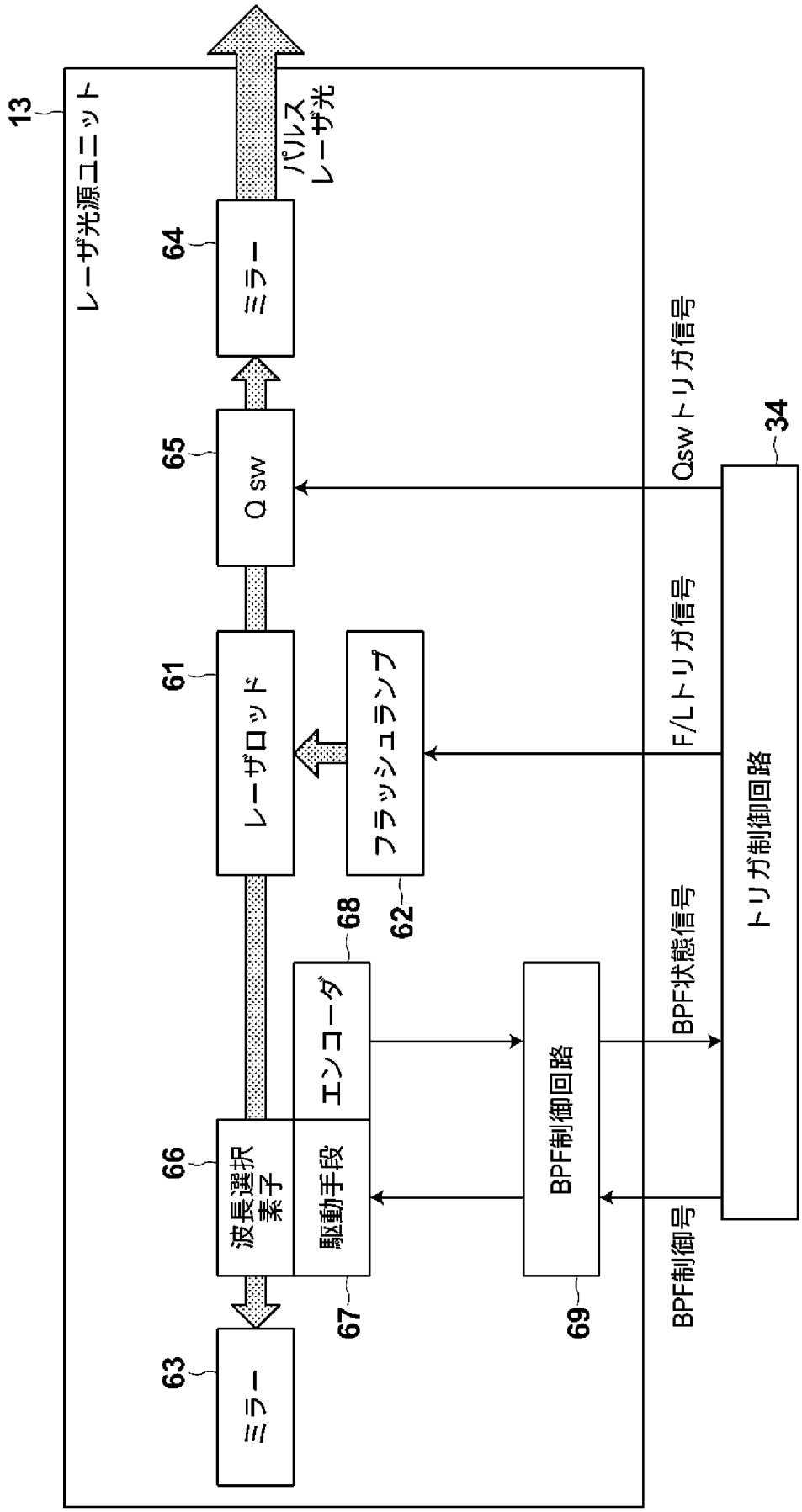
[図9]


10a
13
レーザ光源ユニット
被検体
パルス
レーザ光
BPF制御信号
BPF状態信号
F/Lトリガ信号
Qswトリガ信号
超音波
超音波
15
37
11
超音波探触子
(プローブ)
12a
超音波ユニット
送信信号
検出信号
超音波送信
トリガ送信
23
送信制御回路
16
受信回路
トリガ
制御回路
ADトリガ信号
ADクロック
AD変換手段
17
36
受信メモリ
24
データ
分離手段
25
制御手段
2波長データ
複素数化手段
26
光音響画像
再構成手段
27
超音波画像
再構成手段
28
29
2波長データ
演算手段
強度情報
抽出手段
32
33
検波・対数
変換手段
検波・対数
変換手段
30
34
超音波画像
構築手段
光音響画像
構築手段
31
22
画像合成手段
35
14
画像表示手段

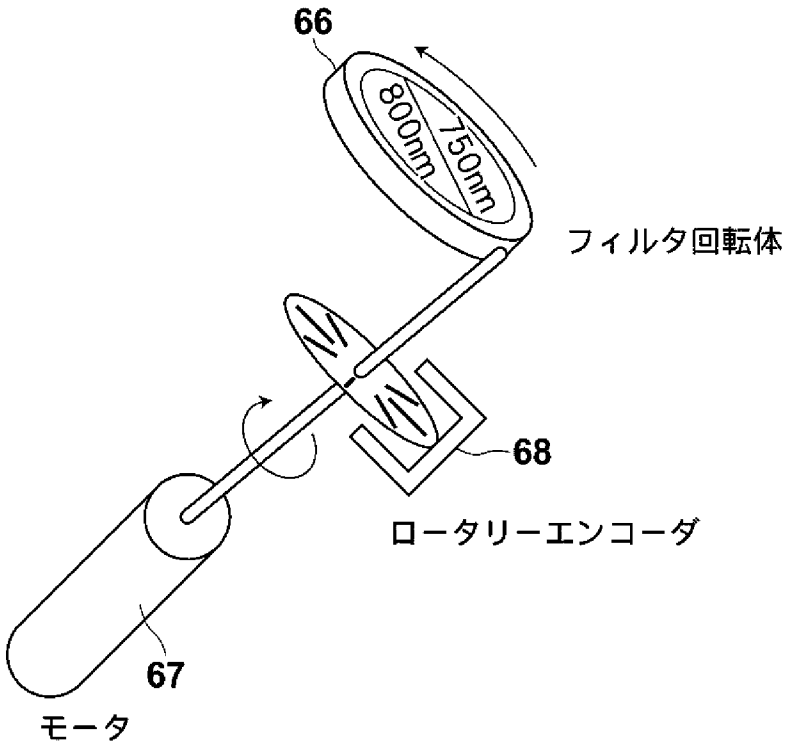
[図10]



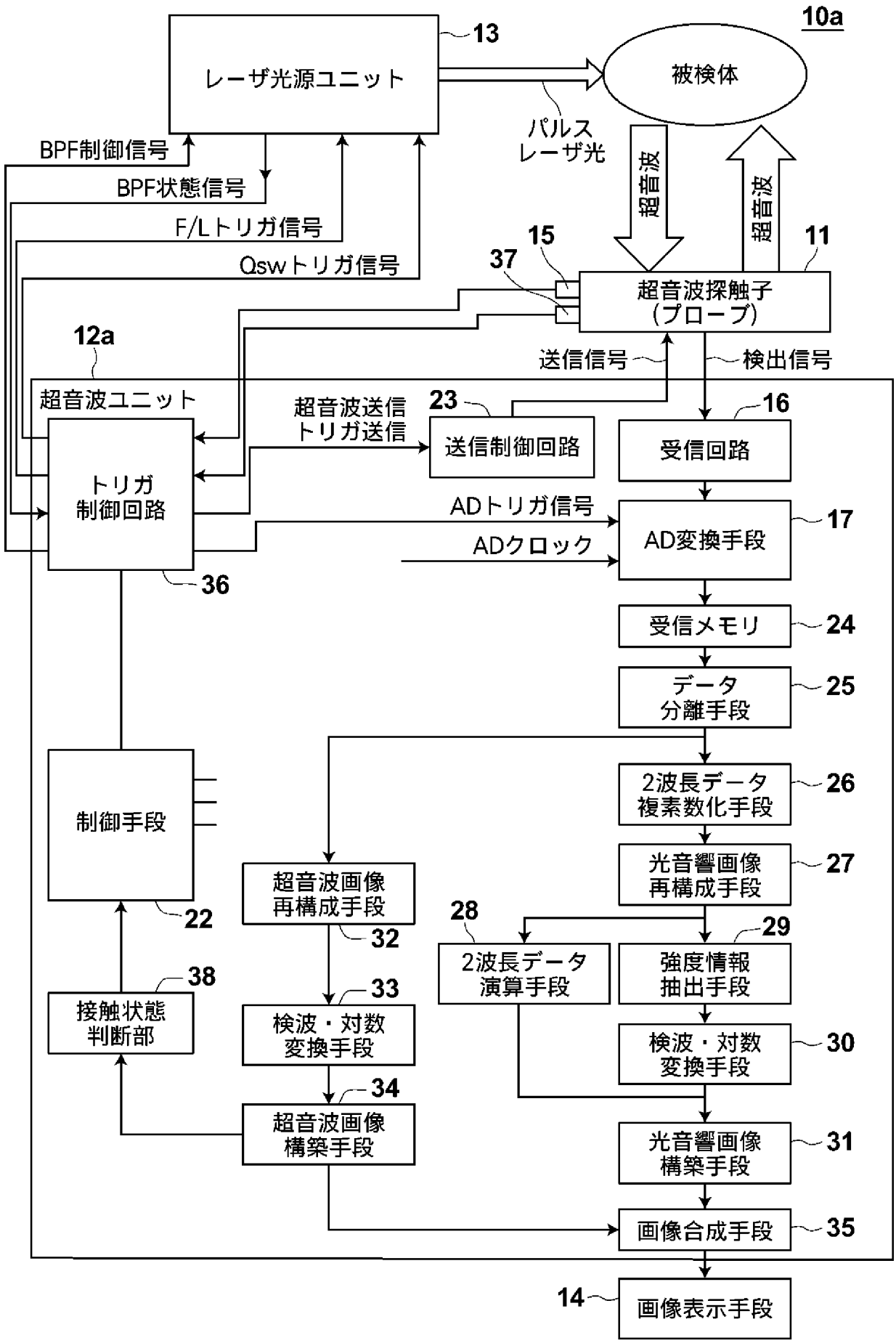
[図11]


13
レーザ光源ユニット
パルス
レーザ光
64
ミラー
65
Q sw
61
レーザロッド
フラッシュランプ
62
68
エンコーダ
66
波長選択
素子
駆動手段
67
63
ミラー
BPF制御回路
69
34
トリガ制御回路
Qswトリガ信号
F/Lトリガ信号
BPF状態信号
BPF制御号

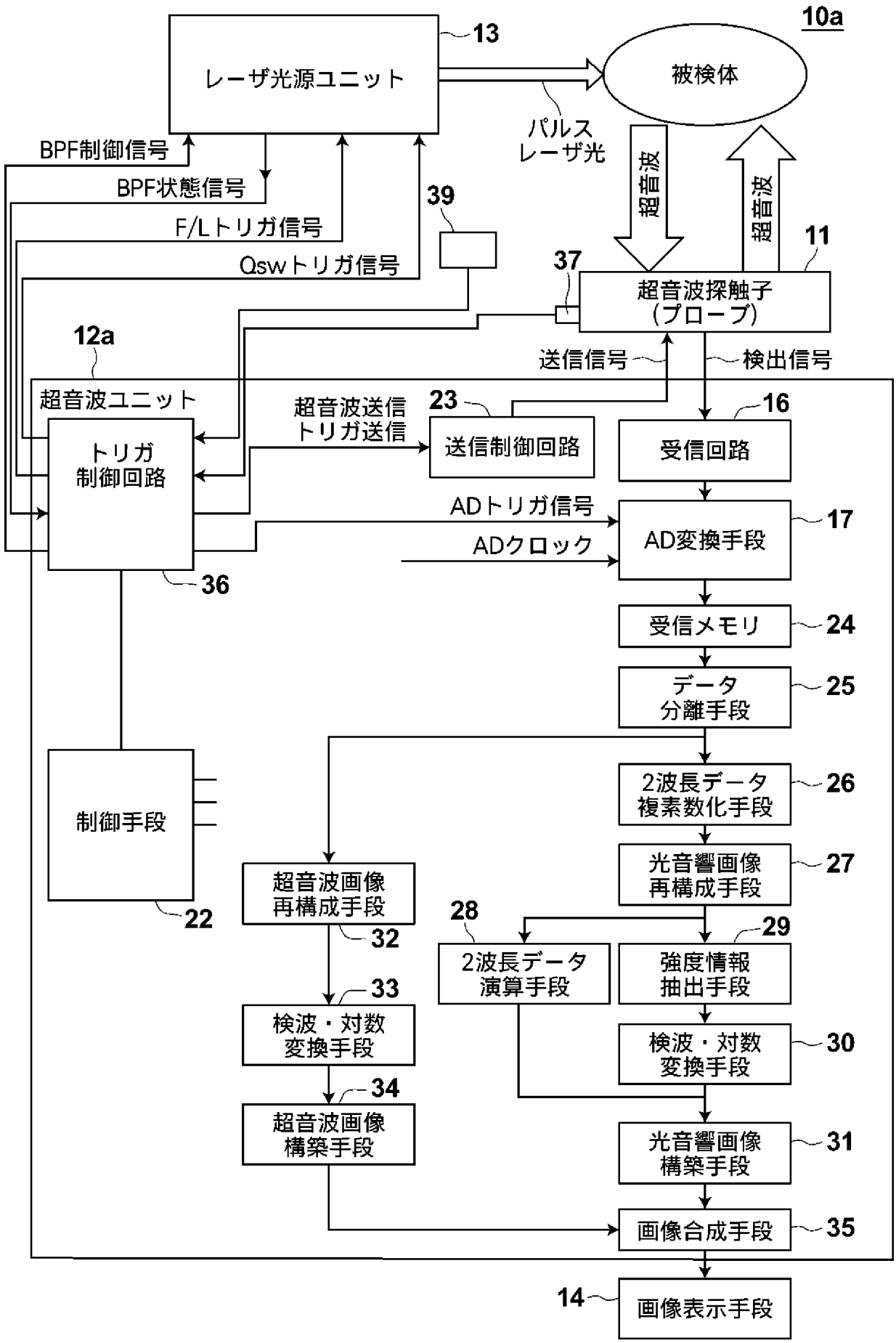
[図12]



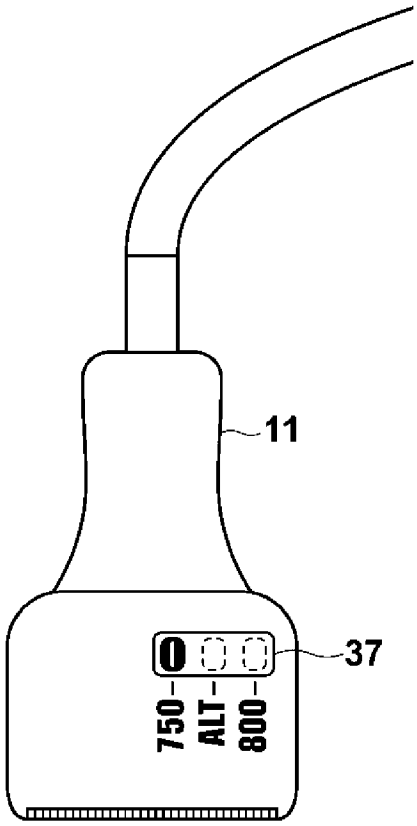
[図13]


10a
13
レーザ光源ユニット
被検体
パルス
レーザ光
BPF制御信号
BPF状態信号
F/Lトリガ信号
Qswトリガ信号
超音波
超音波
15
37
11
超音波探触子
(プローブ)
12a
超音波ユニット
送信信号
検出信号
超音波送信
トリガ送信
23
送信制御回路
16
受信回路
トリガ
制御回路
ADトリガ信号
ADクロック
AD変換手段
17
36
受信メモリ
24
データ
分離手段
25
制御手段
2波長データ
複素数化手段
26
光音響画像
再構成手段
27
超音波画像
再構成手段
28
29
2波長データ
演算手段
強度情報
抽出手段
22
32
38
33
接触状態
判断部
検波・対数
変換手段
検波・対数
変換手段
30
34
超音波画像
構築手段
光音響画像
構築手段
31
画像合成手段
35
14
画像表示手段

[図14]


10a
13
レーザ光源ユニット
被検体
パルス
レーザ光
BPF制御信号
BPF状態信号
F/Lトリガ信号
Qswトリガ信号
39
超音波
超音波
11
37
超音波探触子
(プローブ)
12a
超音波ユニット
送信信号
検出信号
超音波送信
トリガ送信
23
送信制御回路
16
受信回路
トリガ
制御回路
ADトリガ信号
ADクロック
AD変換手段
17
36
受信メモリ
24
データ
分離手段
25
制御手段
2波長データ
複素数化手段
26
光音響画像
再構成手段
27
超音波画像
再構成手段
32
28
29
2波長データ
演算手段
強度情報
抽出手段
22
33
検波・対数
変換手段
検波・対数
変換手段
30
34
超音波画像
構築手段
光音響画像
構築手段
31
画像合成手段
35
14
画像表示手段

[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/001583

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
A61B8/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
A61B8/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2009-540904 A (Koninklijke Philips Electronics N.V.), 26 November 2009 (26.11.2009), paragraphs [0004] to [0007], [0018] to [0019] & US 2009/0187099 A1 & EP 2034878 A & WO 2007/148239 A2 & CN 101472520 A & TW 200808272 A	1-7,9-13, 15-18 8,14
Y A	JP 63-51844 A (Toshiba Corp.), 04 March 1988 (04.03.1988), page 2, lower left column, line 11 to page 3, upper left column, line 15 (Family: none)	1-7,9-13, 15-18 8,14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
05 July, 2012 (05.07.12)	17 July, 2012 (17.07.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/001583

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 10-85220 A (Toshiba Medical Systems Engineering Co., Ltd.), 07 April 1998 (07.04.1998), paragraph [0024] (Family: none)	2-7,9-12 8,14
Y A	JP 2005-218684 A (Toshiba Corp.), 18 August 2005 (18.08.2005), paragraph [0052] & US 2005/0187471 A1 & US 2011/0066023 A1 & EP 1561424 A1 & DE 602004014095 D & CA 2462378 A & KR 10-2005-0079610 A & CN 1650794 A & CA 2462378 A1	7,9-13, 15-18 8,14
Y	JP 2009-142320 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 02 July 2009 (02.07.2009), paragraphs [0018] to [0023], [0026] to [0028] (Family: none)	11,12
Y	JP 5-23338 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 02 February 1993 (02.02.1993), claims (Family: none)	12
Y	JP 1-291838 A (Fujitsu Ltd.), 24 November 1989 (24.11.1989), claims (Family: none)	12
Y	JP 2003-230560 A (Toshiba Medical Systems Engineering Co., Ltd.), 19 August 2003 (19.08.2003), paragraphs [0019] to [0028] (Family: none)	12
Y	JP 2003-250803 A (Hitachi Medical Corp.), 09 September 2003 (09.09.2003), paragraphs [0020] to [0022] (Family: none)	16-18
A	JP 2010-512929 A (Koninklijke Philips Electronics N.V.), 30 April 2010 (30.04.2010), entire text; all drawings & US 2010/0049044 A1 & EP 2097010 A & WO 2008/075299 A1 & KR 10-2009-0088909 A & CN 101563035 A & AT 526882 T	1-18
A	JP 8-257027 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 08 October 1996 (08.10.1996), entire text; all drawings (Family: none)	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/001583

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 4-211600 A (Toshiba Corp.), 03 August 1992 (03.08.1992), entire text; all drawings & US 5163436 A & EP 451984 A2 & DE 69109923 C & DE 69109923 D	1-18

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１２／００１５８３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　A61B8/00(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　A61B8/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１２年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y A	JP 2009-540904 A（コーニンクレッカ　フィリップス　エレクトロニクス　エヌ　ヴィ）2009.11.26, 段落番号【０００４】～【０００７】、【００１８】～【００１９】 & US 2009/0187099 A1 & EP 2034878 A & WO 2007/148239 A2 & CN 101472520 A & TW 200808272 A	1-7,9-13 ,15-18 8,14
Y A	JP 63-51844 A（株式会社東芝）1988.03.04, 第２頁左下欄第１１行目～第３頁左上欄第１５行目（ファミリーなし）	1-7,9-13 ,15-18 8,14

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ０５．０７．２０１２	国際調査報告の発送日 １７．０７．２０１２
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｑ　２９０４ 五閑　統一郎 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２９２

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y A	JP 10-85220 A（東芝医用システムエンジニアリング株式会社） 1998.04.07，段落番号【００２４】（ファミリーなし）	2-7,9-12 8,14
Y A	JP 2005-218684 A（株式会社東芝）2005.08.18， 段落番号【００５２】 & US 2005/0187471 A1 & US 2011/0066023 A1 & EP 1561424 A1 & DE 602004014095 D & CA 2462378 A & KR 10-2005-0079610 A & CN 1650794 A & CA 2462378 A1	7,9-13 ,15-18 8,14
Y	JP 2009-142320 A（日本電信電話株式会社）2009.07.02， 段落番号【００１８】～【００２３】、【００２６】～【００２８】 （ファミリーなし）	11,12
Y	JP 5-23338 A（松下電器産業株式会社）1993.02.02， 【特許請求の範囲】（ファミリーなし）	12
Y	JP 1-291838 A（富士通株式会社）1989.11.24，特許請求の範囲 （ファミリーなし）	12
Y	JP 2003-230560 A（東芝医用システムエンジニアリング株式会社） 2003.08.19，段落番号【００１９】～【００２８】 （ファミリーなし）	12
Y	JP 2003-250803 A（株式会社日立メディコ）2003.09.09， 段落番号【００２０】～【００２２】（ファミリーなし）	16-18
A	JP 2010-512929 A（コーニンクレッカ　フィリップス　エレクトロニクス　エヌ　ヴィ）2010.04.30，全文、全図 & US 2010/0049044 A1 & EP 2097010 A & WO 2008/075299 A1 & KR 10-2009-0088909 A & CN 101563035 A & AT 526882 T	1-18
A	JP 8-257027 A（オリンパス光学工業株式会社）1996.10.08， 全文、全図（ファミリーなし）	1-18
A	JP 4-211600 A（株式会社東芝）1992.08.03，全文、全図 & US 5163436 A & EP 451984 A2 & DE 69109923 C & DE 69109923 D	1-18