

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5762995号
(P5762995)

(45) 発行日 平成27年8月12日(2015.8.12)

(24) 登録日 平成27年6月19日(2015.6.19)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 8/13 (2006.01)

A 6 1 B 8/13 Z DM

請求項の数 19 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2012-40977 (P2012-40977)
(22) 出願日 平成24年2月28日(2012.2.28)
(65) 公開番号 特開2013-176414 (P2013-176414A)
(43) 公開日 平成25年9月9日(2013.9.9)
審査請求日 平成26年5月23日(2014.5.23)

(73) 特許権者 306037311
富士フイルム株式会社
東京都港区西麻布2丁目26番30号
(74) 代理人 100073184
弁理士 柳田 征史
(74) 代理人 100090468
弁理士 佐久間 剛
(72) 発明者 ▲辻▼田 和宏
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
審査官 宮澤 浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光音響画像生成装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検体に照射される光を出射する光源と、
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を検出する音響波検出手段と、
前記光音響波の検出信号である光音響信号を再構成し画像データを生成する光音響画像生成手段と、
前記画像データを2次元以上の空間でフーリエ変換し、空間周波数領域の画像データを生成するフーリエ変換手段と、
前記空間周波数領域の画像データから所定の空間周波数成分を抽出する空間周波数処理手段と、
前記抽出された空間周波数成分をフーリエ逆変換し、空間周波数処理後の画像データを生成するフーリエ逆変換手段とを備え、
前記空間周波数処理手段が、第1の空間周波数以上で、かつ、第1の空間周波数よりも高い第2の周波数領域以下の空間周波数成分を抽出することを特徴とする光音響画像生成装置。

【請求項 2】

前記第1の空間周波数及び第2の空間周波数が、空間周波数領域における位置に応じて変化することを特徴とする請求項1に記載の光音響画像生成装置。

【請求項 3】

前記空間周波数処理手段が、ユーザが指定した観察対象条件に従って、前記抽出する所

定の空間周波数成分を決定することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光音響画像生成装置。

【請求項 4】

3 次元的に検出された光音響波に基づく 3 次元画像データから、3 次元空間を構成する軸のうちの 1 つの軸に垂直な面に沿って断面を切り出し、該切り出した断面を含む前記 1 つの軸に沿った方向の所定範囲の画像データを統合した断面画像データを生成する断面画像生成手段を更に備え、

前記フーリエ変換手段が前記断面画像データを 2 次元フーリエ変換す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画像生成装置。

【請求項 5】

前記断面画像生成手段が、前記 1 つの軸に沿った複数の位置で断面を切り出して複数の断面画像データを生成し、

前記フーリエ変換手段が、前記生成された複数の断面画像データのそれぞれをフーリエ変換して複数の空間周波数領域の画像データを生成し、

前記空間周波数処理手段が、前記生成された複数の空間周波数領域の画像データのそれぞれから所定の空間周波数成分を抽出し、

前記フーリエ逆変換手段が、複数の空間周波数領域の画像データのそれぞれから抽出された所定の空間周波数成分をフーリエ逆変換し、前記複数の断面画像データのそれぞれについて空間周波数処理後の断面画像データを生成することを特徴とする請求項 4 に記載の光音響画像生成装置。

【請求項 6】

前記断面画像生成手段が、前記断面を等間隔で切り出すことを特徴とする請求項 5 に記載の光音響画像生成装置。

【請求項 7】

前記断面画像生成手段が、被検体に深さ方向に対応する軸に沿って、前記超音響波検出手段の音響波検出面と平行な方向に前記断面を切り出すことを特徴とする請求項 4 から 6 何れかに記載の光音響画像生成装置。

【請求項 8】

前記断面画像生成手段が、前記所定範囲内の画像データの最大値を投影し、又は前記所定範囲内の画像データを積分することで、前記所定範囲内の画像データを統合することを特徴とする請求項 4 から 7 何れかに記載の光音響画像生成装置。

【請求項 9】

前記空間周波数領域の断面画像データから抽出された所定の空間周波数成分をフーリエ逆変換することで得られた空間周波数処理後の断面画像データを表示装置に表示させる画像表示制御手段を更に備えたことを特徴とする請求項 4 から 8 何れかに記載の光音響画像生成装置。

【請求項 10】

ユーザ操作に応じて、表示される断面画像データの断面位置を決定する断面位置選択手段を更に備え、前記表示制御手段が、ユーザが指定した断面位置に対応する空間周波数処理された断面画像データを表示装置に表示させることを特徴とする請求項 9 に記載の光音響画像生成装置。

【請求項 11】

前記表示制御手段が、前記断面位置を指定するためのスライドバーを表示装置に表示させ、前記断面位置選択手段が、ユーザのスライドバーの操作に応じて前記断面位置を決定することを特徴とする請求項 10 に記載の光音響画像生成装置。

【請求項 12】

前記表示制御手段が、空間周波数処理前の断面画像データと、前記空間周波数処理後の断面画像データとを並べて表示装置に表示させることを特徴とする請求項 9 から 11 何れかに記載の光音響画像生成装置。

【請求項 13】

前記表示制御手段が、前記空間周波数処理後の断面画像データを2値化して表示装置に表示させることを特徴とする請求項9から12何れかに記載の光音響画像生成装置。

【請求項14】

前記フーリエ変換手段が、3次元的に検出された光音響波に基づく3次元画像データを3次元フーリエ変換す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画像生成装置。

【請求項15】

前記光源が相互に異なる複数の波長の光を出射し、

前記音響波検出手段が、前記複数の波長の光のそれぞれが照射された後に被検体内で発生した複数の光音響波を検出し、

前記光音響画像生成手段が、前記複数の波長の光に対応して検出された光音響信号をそれぞれ再構成して画像データし、

フーリエ変換手段が、前記複数の波長の光に対応する画像データのそれぞれをフーリエ変換し、

前記空間周波数処理手段が、前記フーリエ変換された、複数の波長の光に対応する空間周波数領域の画像データから、それぞれ各波長に対応した所定の空間周波数成分を抽出し、

前記フーリエ逆変換手段が、前記抽出された処理空間周波数成分のそれぞれをフーリエ逆変換することを特徴とする請求項1から14何れかに記載の光音響画像生成装置。

【請求項16】

前記光音響信号から、被検体に照射された光の微分波形をデコンボリューションするデコンボリューション手段を更に備えたことを特徴とする請求項1から15何れかに記載の光音響画像生成装置。

【請求項17】

光源からの光を被検体に照射するステップと、

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を検出するステップと、

前記光音響波の検出信号である光音響信号を再構成して画像データを生成するステップと、

画像データを2次元以上の空間でフーリエ変換し、空間周波数領域の画像データを生成するステップであって、第1の空間周波数以上で、かつ、第1の空間周波数よりも高い第2の周波数領域以下の空間周波数成分を抽出するステップと、

前記空間周波数領域の画像データから所定の空間周波数成分を抽出するステップと、

前記抽出された処理空間周波数成分をフーリエ逆変換し、空間周波数処理後の画像データを生成するステップとを有することを特徴とする光音響画像生成方法。

【請求項18】

被検体に照射される光を出射する光源と、

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を検出する音響波検出手段と、

前記光音響波の検出信号である光音響信号を再構成し画像データを生成する光音響画像生成手段と、

前記画像データを2次元以上の空間でフーリエ変換し、空間周波数領域の画像データを生成するフーリエ変換手段と、

前記空間周波数領域の画像データから所定の空間周波数成分を抽出する空間周波数処理手段と、

前記抽出された空間周波数成分をフーリエ逆変換し、空間周波数処理後の画像データを生成するフーリエ逆変換手段とを備え、

前記光源が相互に異なる複数の波長の光を出射し、

前記音響波検出手段が、前記複数の波長の光のそれぞれが照射された後に被検体内で発生した複数の光音響波を検出し、

前記光音響画像生成手段が、前記複数の波長の光に対応して検出された光音響信号をそれぞれ再構成して画像データし、

10

20

30

40

50

フーリエ変換部手段が、前記複数の波長の光に対応する画像データのそれぞれをフーリエ変換し、

前記空間周波数処理手段が、前記フーリエ変換された、複数の波長の光に対応する空間周波数領域の画像データから、それぞれ各波長に対応した所定の空間周波数成分を抽出し、

前記フーリエ逆変換手段が、前記抽出された処理空間周波数成分のそれぞれをフーリエ逆変換することを特徴とする光音響画像生成装置。

【請求項 19】

前記複数の波長の光が第 1 の波長の光と第 2 の波長の光とを含み、前記空間周波数処理手段が前記第 1 の波長の光に対応する空間周波数領域の画像データから抽出する空間周波数成分と、前記第 2 の波長の光に対応する空間周波数領域の画像データから抽出する空間周波数とが相互に異なることを特徴とする請求項 18 に記載の光音響画像生成装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光音響画像生成装置及び方法に関し、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して光音響画像を生成する光音響画像生成装置及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

20

生体内部の状態を非侵襲で検査できる画像検査法的一种として、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。

30

【0004】

ここで、光音響イメージングに関し、空間周波数処理を行うことが特許文献 1 に記載されている。特許文献 1 では、光源からの照射光を被検体に照射し、複数の検出器素子で光音響信号を検出する。検出された光音響信号は、被検体の表面で発生した光音響信号と、被検体内部で発生した光音響信号とが含まれる。特許文献 1 では、同一受信時間における複数の検出器素子による検出信号を空間方向にフーリエ変換し、空間周波数信号を取得する。その空間周波数信号のうち所定の周波数以下の成分を低減し、低域成分が低減された空間周波数信号に対してフーリエ逆変換を行い、逆変換により得られた信号に基づいて光音響画像を生成する。被検体の表面で発生する光音響信号は、複数の検出器素子で同時に取得されることから、被検体表面で発生する光音響波の影響を軽減したイメージングが可能となる。

40

【0005】

また、空間周波数処理に関し、特許文献 2 には、超音波イメージングにおいて、イメージデータをフーリエ変換して空間周波数領域のイメージデータを生成し、フーリエ変換空間周波数領域のイメージデータの所定の低域成分を除去し、低域成分が除去された空間周波数領域のイメージデータを逆変換して実データ領域のイメージデータを生成することが記載されている。特許文献 2 には、低域成分はシェーディングに相当する部分であり、ま

50

た、診断に必要なイメージ部分は低域に存在していないので、空間周波数の低い成分を除去することはシェーディングを除去することに相当すると記載されている。つまり、特許文献2では、イメージデータにおいて所望の見たい領域は空間周波数領域では高域に存在しているため、その必要な領域以外を除去するように空間周波数領域で低域除去を実行している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2011-217767号公報

【特許文献2】特開平7-282247号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、光音響で画像化する部分として、例えば血管などが考えられる。血管には、太さの太いものから細いものまで種々のサイズの血管があり、その中から所望のサイズの血管を画像化できれば、画像診断に役立つと考えられる。しかしながら特許文献1では、光音響波の検出信号そのものに対し、同一時間の信号を空間方向にフーリエ変換しているため、所望のサイズの血管を抽出して画像化することはできない。また、特許文献2は、対象が超音波画像であると共に、単に見たい領域が空間周波数領域の高域に存在しているために、低域成分を除去する空間周波数処理を行っているだけであり、所望の構造物を抽出して画像化することはできない。

20

【0008】

本発明は、上記に鑑み、光音響イメージングにおいて、所望の構造物を選択的に画像化並びに強調することができる光音響画像生成装置及び方法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】

【0009】

上記目的を達成するために、本発明は、被検体に照射すべき光を出射する光源と、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を検出する音響波検出手段と、光音響波の検出信号である光音響信号を再構成し画像データを生成する光音響画像生成手段と、画像データを2次元以上の空間でフーリエ変換し、空間周波数領域の画像データを生成するフーリエ変換手段と、空間周波数領域の画像データから所定の空間周波数成分を抽出する空間周波数処理手段と、抽出された空間周波数成分をフーリエ逆変換し、空間周波数処理後の画像データを生成するフーリエ逆変換手段とを備えたことを特徴とする光音響画像生成装置を提供する。

30

【0010】

空間周波数処理手段が、第1の空間周波数以上で、かつ、第1の空間周波数よりも高い第2の周波数領域以下の空間周波数成分を抽出することとしてもよい。

【0011】

上記の第1の空間周波数及び第2の空間周波数は、空間周波数領域（波数空間）における位置に応じて変化してもよい。

40

【0012】

本発明では、空間周波数処理手段が、ユーザが指定した観察対象条件に従って、抽出する所定の空間周波数成分を決定する構成とすることができる。

【0013】

3次元的に検出された光音響波に基づく3次元画像データから、3次元空間を構成する軸のうちの1つの軸に垂直な面に沿って断面を切り出し、該切り出した断面を含む1つの軸に沿った方向の所定範囲の画像データを統合した断面画像データを生成する断面画像生成手段を更に備え、フーリエ変換手段が断面画像データを2次元フーリエ変換することとしてもよい。

【0014】

50

断面画像生成手段が、1つの軸に沿った複数の位置で断面を切り出して複数の断面画像データを生成し、フーリエ変換手段が、生成された複数の断面画像データのそれぞれをフーリエ変換して複数の空間周波数領域の画像データを生成し、空間周波数処理手段が、生成された複数の空間周波数領域の画像データのそれぞれから所定の空間周波数成分を抽出し、フーリエ逆変換手段が、複数の空間周波数領域の画像データのそれぞれから抽出された所定の空間周波数成分をフーリエ逆変換し、複数の断面画像データのそれぞれについて空間周波数処理後の断面画像データを生成するようにしてもよい。

【0015】

断面画像生成手段は、断面を等間隔で切り出してよい。

【0016】

断面画像生成手段は、被検体に深さ方向に対応する軸に沿って、超音響波検出手段の音響波検出面と平行な方向に断面を切り出してよい。

【0017】

断面画像生成手段が、所定範囲内の画像データの最大値を投影し、又は所定範囲内の画像データを積分することで、所定範囲内の画像データを統合することとしてもよい。

【0018】

空間周波数領域の断面画像データから抽出された所定の空間周波数成分をフーリエ逆変換することで得られた空間周波数処理後の断面画像データを表示装置に表示させる画像表示制御手段を更に備える構成としてもよい。

【0019】

ユーザ操作に応じて、表示される断面画像データの断面位置を決定する断面位置選択手段を更に備え、表示制御手段が、ユーザが指定した断面位置に対応する空間周波数処理された断面画像データを表示装置に表示させてもよい。

【0020】

表示制御手段が、断面位置を指定するためのスライドバーを表示装置に表示させ、断面位置選択手段が、ユーザのスライドバーの操作に応じて断面位置を決定するようにすることもできる。

【0021】

表示制御手段が、空間周波数処理前の断面画像データと、空間周波数処理後の断面画像データとを並べて表示装置に表示させることとしてもよい。

【0022】

表示制御手段が、空間周波数処理後の断面画像データを2値化して表示装置に表示してもよい。

【0023】

フーリエ変換手段が、3次元的に検出された光音響波に基づく3次元画像データを3次元フーリエ変換するようにしてもよい。

【0024】

光源が相互に異なる複数の波長の光を出射し、音響波検出手段が、複数の波長の光のそれぞれが照射された後に被検体内で発生した複数の光音響波を検出し、光音響画像生成手段が、複数の波長の光に対応して検出された光音響信号をそれぞれ再構成して画像データを生成し、フーリエ変換手段が、複数の波長の光に対応する画像データのそれぞれをフーリエ変換し、空間周波数処理手段が、フーリエ変換された、複数の波長の光に対応する空間周波数領域の画像データから、それぞれ各波長に対応した所定の空間周波数成分を抽出し、フーリエ逆変換手段が、抽出された処理空間周波数成分のそれぞれをフーリエ逆変換してもよい。

【0025】

複数の波長の光が第1の波長の光と第2の波長の光とを含み、空間周波数処理手段が、第1の波長の光に対応する空間周波数領域の画像データから抽出する空間周波数成分と、第2の波長の光に対応する空間周波数領域の画像データから抽出する空間周波数成分とが相互に異なるようにしてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 6 】

光音響信号から、被検体に照射された光の微分波形をデコンボリューションするデコンボリューション手段を更に備える構成としてもよい。

【 0 0 2 7 】

本発明は、また、光源からの光を被検体に照射するステップと、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を検出するステップと、光音響波の検出信号である光音響信号を再構成して画像データを生成するステップと、画像データを２次元以上の空間でフーリエ変換し、空間周波数領域の画像データを生成するステップと、空間周波数領域の画像データから所定の空間周波数成分を抽出するステップと、抽出された処理空間周波数成分をフーリエ逆変換し、空間周波数処理後の画像データを生成するステップとを有する

10

【発明の効果】

【 0 0 2 8 】

本発明の光音響画像生成装置及び方法は、光音響信号を再構成した画像データをフーリエ変換して空間周波数領域の画像データに変換し、その画像データから所定の空間周波数成分を抽出する。抽出した空間周波数成分をフーリエ逆変換し、空間周波数処理後の画像データを生成する。観察対象のサイズなどに応じて抽出する空間周波数成分を適宜選択することで、所望の構造物を選択的に画像化することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 9 】

20

【図 1】本発明の第 1 実施形態の光音響画像生成装置を示すブロック図。

【図 2】光音響信号の検出空間を示す図。

【図 3】X Z 断面の断層画像を示す図。

【図 4】断面画像生成手段が生成する断面画像を示す図。

【図 5】断面画像データの画像例を示す図。

【図 6】空間周波数領域の断面画像データを示す図。

【図 7】空間周波数フィルタの一例を示す図。

【図 8】抽出された所定の空間周波数成分の画像データを示す図。

【図 9】フーリエ逆変換することで得られた断面画像データを示す図。

【図 10】光音響画像生成装置の動作手順を示すフローチャート。

30

【図 11】楕円形の空間周波数フィルタを示す図。

【図 12】低周波領域を除去する空間周波数フィルタを示す図。

【図 13】本発明の第 2 実施形態の光音響画像生成装置を示すブロック図。

【図 14】表示画面例を示す図。

【図 15】本発明の第 3 実施形態の光音響画像生成装置を示すブロック図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 0 】

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 実施形態の光音響画像生成装置を示す。光音響画像生成装置（光音響画像診断装置）10 は、超音波探触子（プローブ）11、超音波ユニット12、及び光源（レーザユニット）13を備える。

40

【 0 0 3 1 】

レーザユニット13は、光源であり、被検体に照射する光（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は、例えばヘモグロビンの吸収が大きい波長、具体的には750nmや800nmの波長の光を出射する。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、プローブ11から被検体に照射される。あるいは、プローブ11以外の場所から光照射を行うこととしてもよい。

【 0 0 3 2 】

プローブ11は、被検体内からの音響波（超音波）を検出する音響波検出手段を有する

50

。音響波検出手段の音響波検出器素子は、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している。プローブ１１は、被検体内の測定対象物がレーザユニット１３からの光を吸収することで生じた光音響波（以下、光音響信号とも呼ぶ）を複数の超音波振動子により検出する。

【００３３】

超音波ユニット１２は、受信回路２１、ＡＤ変換手段２２、受信メモリ２３、光音響画像再構成手段２４、検波・対数変換手段２５、画像構築手段２６、断面画像生成手段２７、フーリエ変換手段２８、空間周波数処理手段２９、フーリエ逆変換手段３０、表示制御手段３１、トリガ制御回路３２、及び制御手段３３を有する。制御手段３３は、超音波ユニット１２内の各部を制御する。受信回路２１は、プローブ１１が検出した光音響波の検出信号（光音響信号）を受信する。ＡＤ変換手段２２は、受信回路２１が受信した光音響信号をサンプリングしてデジタル信号に変換する。ＡＤ変換手段２２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光音響信号をサンプリングする。

【００３４】

トリガ制御回路３２は、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。レーザユニット１３は、図示しないＹＡＧやチタン－サファイアなどのレーザ媒質を励起するフラッシュランプ４１と、レーザ発振を制御するＱスイッチ４２とを含む。レーザユニット１３は、トリガ制御回路３２がフラッシュランプトリガ信号を出力すると、フラッシュランプ４１を点灯し、レーザ媒質を励起する。トリガ制御回路３２は、例えばフラッシュランプ４１がレーザ媒質を十分に励起させると、Ｑスイッチトリガ信号を出力する。Ｑスイッチ４２は、Ｑスイッチトリガ信号を受けるとオンし、レーザユニット１３からレーザ光を出射させる。フラッシュランプ４１の点灯からレーザ媒質が十分な励起状態となるまでに要する時間は、レーザ媒質の特性などから見積もることができる。

【００３５】

なお、トリガ制御回路３２からＱスイッチを制御するのに代えて、レーザユニット１３内において、レーザ媒質を十分に励起させた後にＱスイッチ４２をオンにしてもよい。その場合は、Ｑスイッチ４２をオンにした旨を示す信号を超音波ユニット１２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３２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。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る。

【００３６】

また、トリガ制御回路３２は、ＡＤ変換手段２２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。トリガ制御回路３２は、光トリガ信号の出力後、所定のタイミングでサンプリングトリガ信号を出力する。トリガ制御回路３２は、光トリガ信号の出力後、好ましくは、被検体に実際にレーザ光が照射されるタイミングで、サンプリングトリガ信号を出力する。例えばトリガ制御回路３２は、Ｑスイッチトリガ信号の出力と同期してサンプリングトリガ信号を出力する。ＡＤ変換手段２２は、サンプリングトリガ信号を受けると、プローブ１１にて検出された光音響信号のサンプリングを開始する。

【００３７】

ＡＤ変換手段２２は、サンプリングした光音響信号を、受信メモリ２３に格納する。受信メモリ２３には、例えば半導体記憶装置を用いることができる。あるいは、受信メモリ２３に、その他の記憶装置、例えば磁気記憶装置を用いてもよい。受信メモリ２３には、光音響信号のサンプリングデータ（光音響データ）が格納される。

【００３８】

光音響画像再構成手段２４は、受信メモリ２３から光音響信号を読み出し、読み出した光音響信号を再構成する。光音響画像再構成手段２４は、光音響信号に基づいて、断層画

10

20

30

40

50

像である超音響画像の各ラインの画像データを生成する。ここで、再構成された超音響信号は、超音響画像とみなすことができる。超音響画像再構成手段 24 は、遅延加算法 (Delay and Sum、位相整合加算、整相加算と同義) により、超音響信号を再構成する。超音響画像再構成手段 24 は、例えば 64 素子分の超音響信号を、各素子 (各超音波振動子) 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。その際、被検体内の音速は一定であると仮定してよいし、音速分布を考慮して各素子の遅延時間を補正してもよい。遅延加算方向に代えて、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。

【0039】

検波・対数変換手段 25 は、超音響画像再構成手段 24 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。画像構築手段 26 は、対数変換が施された各ラインのデータに基づいて、超音響画像を生成する。画像構築手段 26 は、例えば超音響信号 (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超音響画像を生成する。超音響画像再構成手段 24、検波・対数変換手段 25、及び画像構築手段 26 は、超音響画像生成手段に相当する。超音響画像生成手段は、例えば 3 次元的に検出された超音響波に基づく 3 次元画像データを生成する。

【0040】

断面画像生成手段 27 は、超音響の 3 次元画像データから所定の面の断面を切り出す。断面画像生成手段 27 は、例えば 3 次元空間を構成する軸のうちの 1 つの軸に垂直な面に沿って、画像データを切り出す。断面画像生成手段 27 は、切り出した断面を含む、その断面に垂直な方向の所定範囲の画像データを統合した断面画像データを生成する。例えば断面画像生成手段 27 が、被検体の深さ方向に相当する軸のある位置で、プローブ 11 の音響波検出面に平行な面に沿って断面を切り出す場合、その断面位置の前後 (浅い方向と深い方向) の所定枚数分の断面画像を、1 つの画像に統合する。断面画像生成手段 27 は、例えば所定範囲内の画像データの最大値を投影することで、所定範囲内の画像データを 1 つの画像データに統合する。あるいは、所定範囲内の画像データを積分 (平均) することで、所定範囲内の画像データを統合してもよい。

【0041】

フーリエ変換手段 28 は、超音響の画像データをフーリエ変換し、空間周波数領域の画像データを生成する。本実施形態では、フーリエ変換手段 28 は、断面画像生成手段 27 が生成した断面画像データを、2 次元フーリエ変換する。空間周波数処理手段 29 は、フーリエ変換された空間周波数領域の画像データから、所定の空間周波数成分を抽出する。空間周波数処理手段 29 は、例えば空間周波数領域の画像データから、第 1 の空間周波数以上で、かつ、第 1 の空間周波数よりも高い第 2 の周波数領域以下の空間周波数成分を選択的に抽出する。

【0042】

フーリエ逆変換手段 30 は、空間周波数処理手段 29 で抽出された空間周波数成分をフーリエ逆変換し、空間周波数処理後の画像データを生成する。表示制御手段 31 は、フーリエ逆変換手段 30 が逆変換を行うことで得られた空間周波数処理後の断面画像データを、ディスプレイ装置などの画像表示手段 14 の表示画面上に表示させる。表示制御手段 31 は、例えば階調データで表わされている空間周波数処理後の断面画像データを、2 値化して表示装置に表示させてもよい。

【0043】

図 2 は、超音響信号の検出空間を示す。超音響信号の時間方向は、超音響画像の深さ方向 (Z 方向) に対応している。プローブ 11 は、例えば X 方向に一次元配列された複数の検出器素子 (超音波振動子) を有している。そのようなプローブ 11 を Y 方向に走査することにより、超音響信号を 3 次元的に取得できる。複数の検出器素子が一次元配列されたプローブを走査するのに代えて、複数の検出器素子が X 方向及び Y 方向に 2 次元配列されたプローブを用いてもよい。この場合は、プローブを走査しなくても、超音響信号を 3 次

10

20

30

40

50

元的に取得できる。

【 0 0 4 4 】

図 3 は、 XZ 断面の断層画像（光音響画像）を示す。例えばプローブ 11 が X 方向に配列された複数の超音波振動子を有する場合、光音響画像生成手段は、 XZ 断面の光音響画像を生成する。例えば血管が Y 方向に横行しているとする、 XZ 断面の光音響画像には円形の血管断面が現れる。プローブ 11 を Y 方向に走査し、各走査位置において XZ 断面の光音響画像を生成し、それら断面画像を複数枚つなげることで、3 次元の光音響画像データが得られる。

【 0 0 4 5 】

図 4 は、断面画像生成手段 27 が生成する断面画像を示す。断面画像生成手段 27 は、例えば Z 軸に沿って、プローブ 11 の音響波検出面と平行な面内（ XY 平面）で、3 次元の光音響画像データから断面を切り出し、所定枚数分の画像データを統合した断面画像データを生成する。断面画像生成手段 27 は、例えば深さ方向（ Z 方向）2 mm 分の厚みに相当する複数枚の画像データの最大値を投影することで、1 つの断面画像データを生成する。断面画像生成手段 27 は、例えば Z 軸に沿って等間隔に並ぶ複数の位置で断面を切り出し、2 mm ごとに断面画像データを生成する。断面画像生成手段 27 が生成する断面画像は XY 平面に平行な断面画像には限られず、断面画像生成手段 27 が XZ 平面又は YZ 平面に平行な断面画像を生成するようにしてもよい。

【 0 0 4 6 】

フーリエ変換手段 28 は、図 4 に示す複数の断面画像データのそれぞれに対してフーリエ変換を行い、複数の空間周波数領域の断面画像データを生成する。空間周波数処理手段 29 は、生成された複数の空間周波数領域の断面画像データのそれぞれから所定の空間周波数成分を抽出する。フーリエ逆変換手段 30 は、複数の空間周波数領域の断面画像データのそれぞれから抽出された所定の空間周波数成分をフーリエ逆変換する。逆変換を行うことで、図 4 に示す複数の断面画像データから、空間周波数処理後の断面画像データを生成できる。複数の空間周波数処理後の断面画像データをつなげることで、空間周波数処理後の 3 次元光音響画像データが得られる。

【 0 0 4 7 】

図 5 は、断面画像データの画像例を示す。図 5 に示す画像は、図 4 に示す複数の断面画像データのうちの 1 つに対応する。図 6 は、フーリエ変換された空間周波数領域（波数空間）の断面画像データを示す。図 5 に示す断面画像データを空間周波数領域のデータに変換すると、図 6 に示すデータが得られる。図 6 において、横軸は波数 k_x を表し、縦軸は波数 k_y を表す。 k_x と k_y の交点は原点であり、原点に近いほど空間周波数成分が低い。

【 0 0 4 8 】

図 7 は、空間周波数処理手段 29 が適用する空間周波数フィルタの一例を示す。図 7 において、白色の部分は空間周波数フィルタで遮断される部分を表し、グレーの部分は空間周波数フィルタを透過する部分を表している。空間周波数処理手段 29 は、例えば図 7 に示すような空間周波数フィルタを、図 6 に示す波数空間の画像データに適用する。その結果、空間周波数処理手段 29 は、波数空間における原点から距離が一定距離以内の低周波成分と、波数空間における原点からの距離が別の一定距離以上の高周波成分とを除去する。

【 0 0 4 9 】

図 8 は、空間周波数処理手段 29 が抽出する所定の空間周波数成分の画像データを示す。図 8 に示すように、空間周波数処理手段 29 は、図 6 の空間周波数領域に画像データにおける、図 7 にグレーで示す輪帯状の領域内のデータを、所定の空間周波数成分のデータとして抽出する。

【 0 0 5 0 】

図 9 は、図 8 に示す空間周波数成分の画像データをフーリエ逆変換することで得られた断面画像データを示す。波数空間において所定の空間周波数成分のみを選択的に抽出し、

10

20

30

40

50

その抽出されたデータをフーリエ逆変換することで、所定の空間周波数成分に対応する部分を画像化することができる。図5に示す空間周波数処理前の断面画像データと、図9に示す断面画像データとを比較すると、画像ノイズを抑制して、血管部分をより認識しやすくなっていることが確認できる。

【0051】

図7に示す空間周波数フィルタは、観察対象物の大きさなどに応じて適宜決定すればよい。例えばユーザ（オペレータ）は、観察対象条件として、抽出したい血管の太さを指定する。空間周波数処理手段29は、指定された血管の太さに対応する空間周波数フィルタを設定する。一例として、抽出対象として0.5mmの血管が指定されたとき、空間周波数処理手段28は、画像上で1~2 cycle/mmに相当する周波数帯域（輪帯状）のみを選択的に透過させるような空間周波数フィルタを設定する。あるいは、2 cycle/mmを中心として、そこから所定の範囲（例えば± ）の範囲を選択的に透過させるような空間周波数フィルタを設定してもよい。抽出対象の血管の太さが1mmであれば、0.3~0.8 cycle/mmの範囲の周波数成分を選択的に透過させるような空間周波数フィルタを用いればよい。

10

【0052】

上記では、ユーザが抽出したい血管の太さを指定する例を説明したが、ユーザが血管の太さを指定するのに代えて、観察部位を指定するようにしてもよい。空間周波数処理手段29には、観察部位に対応する空間周波数フィルタの情報があらかじめ記憶されている。空間周波数処理手段29は、ユーザが観察部位を指定すると、その観察部位に対応する空間周波数フィルタの情報を読み出し、読み出した空間周波数フィルタの情報に従って空間周波数フィルタを設定する。

20

【0053】

続いて動作手順を説明する。図10は光音響画像生成装置10の動作手順を示す。トリガ制御回路32は、フラッシュランプトリガ信号をレーザユニット13に出力する。レーザユニット13では、フラッシュランプトリガ信号に応答してフラッシュランプ41が点灯し、レーザ媒質の励起が開始される。トリガ制御回路32は、Qスイッチトリガ信号をレーザユニット13に送り、Qスイッチ42をオンさせることで、レーザユニット13からパルスレーザ光を出射させる（ステップS1）。トリガ制御回路32は、例えばフラッシュランプトリガ信号を出力するタイミングと所定の時間関係にあるタイミングでQスイッチトリガ信号を出力する。例えばトリガ制御回路32は、フラッシュランプ発光から150μs秒後に、Qスイッチトリガ信号を出力する。

30

【0054】

レーザユニット13から出射したレーザ光は、被検体に照射される。被検体内では、照射されたパルスレーザ光による光音響信号が発生する。プローブ11は、被検体内で発生した光音響信号を検出する（ステップS2）。プローブが検出した光音響信号は、受信回路21を介してAD変換手段22に入力さえる。AD変換手段22は、光音響信号をサンプリングしてデジタルデータに変換し、受信メモリ23に格納する。例えば複数の超音波振動子が一次元配列されたプローブ11を走査しつつ、複数の走査位置で光照射及び光音響信号の検出を行うことで、光音響信号の3次元データが得られる。

40

【0055】

光音響画像再構成手段24は、受信メモリ23から光音響信号を読み出し、読み出した光音響信号を再構成する。検波・対数変換手段25は、再構成された光音響信号に対して検波・対数変換を行い、画像構築手段26は、検波・対数変換後の光音響信号に基づいて光音響画像を生成する（ステップS3）。光音響画像再構成手段24、検波・対数変換手段25、及び画像構築手段26は、光音響信号の3次元データから、光音響の3次元画像データを生成する。

【0056】

断面画像生成手段27は、光音響の3次元画像データから、所定の枚数分だけ所定面内の断面を統合した断面画像データを生成する（ステップS4）。断面画像生成手段27は

50

、例えばプローブ１１の音響波検出面に平行な断面を、所定の厚み分ずつ統合した断面画像データを生成する。複数枚の画像を１つの断面画像データに統合することで、例えば音響波検出面に垂直な方向に血管の位置が変動する場合でも、１つの断面画像データ内に変動する血管を納めることができる。フーリエ変換手段２８は、ステップＳ４で生成された断面画像をフーリエ変換する（ステップＳ５）。空間周波数処理手段２９は、フーリエ変換された空間周波数領域の断面画像データから所定の周波数成分を抽出する（ステップＳ６）。フーリエ逆変換手段３０は、抽出された所定の周波数成分のデータをフーリエ逆変換する（ステップＳ７）。

【００５７】

表示制御手段３１は、画像表示手段１４の表示画面上に、逆変換により得られた断面画像データを表示する（ステップＳ８）。表示制御手段３１は、断面画像生成手段２７が生成した複数の断面画像データに対応した、空間周波数処理後の複数の断面画像データを並べて表示してもよい。また、表示制御手段３１は、断面画像生成手段２７が生成した空間周波数処理前の断面画像データ（図５）と、空間周波数処理後の断面画像データ（図９）とを並べて表示させてもよい。並べて表示するのに代えて、空間周波数処理前の断面画像データと空間周波数処理後の断面画像データとを、表示色を変えて重ねて表示させてもよい。

【００５８】

本実施形態では、光音響信号を再構成した画像データをフーリエ変換し、空間周波数領域の画像データから所定の空間周波数成分を抽出してフーリエ逆変換する。例えば図７に示すような空間周波数フィルタを用いることで、不要な低周波成分を除去できると共に、組織由来の高周波成分（画像ノイズ）を除去することができる。

【００５９】

ここで、被検体の内部に存在する光吸収体から発生した光音響信号は、光吸収体の位置と検出器素子との間の距離に応じた時間差を持って各検出器素子で検出され、複数の検出器素子で同時には検出されない。特許文献１では、検出信号そのものを空間方向にフーリエ変換しており、空間周波数領域の検出信号から所定の低域成分を低減したとしても、ある太さの血管を抽出することはできない。これに対し、本願発明では、再構成後のイメージデータをフーリエ変換する。本実施形態では、実数法に直した波数空間でフィルタリングするので、血管径情報に対してフィルタを選定することができ、観察対象に応じて使用するフィルタを適宜設定することで、所望の太さの血管を画像化することができる。

【００６０】

なお、図７では原点からの距離が一定範囲の周波数成分を透過するフィルタを用いる例を示したが、抽出する空間周波数成分はこれには限定されない。透過帯域の下限となる空間周波数と、上限となる空間周波数とが、波数空間における位置に応じて変化するようにしてもよい。図１１は、楕円形の空間周波数フィルタを示す。波数空間において強度の強い領域があれば、その領域を長軸方向とする楕円状の空間周波数フィルタを用いてもよい。図１１に示す空間周波数フィルタを用いた場合、 k_y 方向に比して、 k_x 方向において高周波の周波数成分が抽出される。

【００６１】

また、空間周波数フィルタは、所定帯域の空間周波数成分を通過させるものには限られない。図１２は、低周波領域を除去する空間周波数フィルタを示す。図１２に示す空間周波数フィルタを用いた場合、ある空間周波数以上の空間周波数成分を抽出することができる。空間周波数フィルタのフィルタ特性は円形や楕円形に限られず、多角形でもよい。

【００６２】

本実施形態において、レーザユニット１３から相互に異なる複数の波長の光を被検体に照射し、プローブ１１にて、複数の波長の光のそれぞれが照射された後に被検体内で発生した複数の光音響波を検出してもよい。その場合、光音響画像生成手段は、複数の波長の光に対応して検出された光音響信号をそれぞれ再構成して光音響画像を生成する。フーリエ変換手段２８は、複数の波長の光に対応する光音響画像のそれぞれをフーリエ変換する

10

20

30

40

50

。空間周波数処理手段 29 は、フーリエ変換された、複数の波長の光に対応する空間周波数領域の画像データから、それぞれ各波長に対応した所定の空間周波数成分を抽出し、フーリエ逆変換手段 30 は、抽出された処理空間周波数成分のそれぞれをフーリエ逆変換する。

【0063】

例えば、レーザユニット 13 から、第 1 の波長の光と第 2 の波長の光とを出射し、被検体に照射し、各波長の光が照射されたときに検出された光音響信号に基づいて光音響画像を生成してもよい。例えば、第 1 の波長は血液（血管）の画像化に対応した波長であり、第 2 の波長は薬剤（造影剤）の画像化に対応した波長であるとする。あるいは、第 1 の波長は動脈の画像化に対応した波長で、第 2 の波長は静脈の画像化に対応した波長であって

10

【0064】

上記のように、第 1 の波長と第 2 の波長とでは画像化する対象物が異なる場合、空間周波数処理手段 29 は、第 1 の波長に対応した光音響画像データと第 2 の波長に対応した光音響画像データとに対し、互いに異なる周波数特性の空間周波数フィルタを用いることができる。つまり、第 1 の波長の光に対応する空間周波数領域の光音響画像データと、第 2 音波長の光に対応する空間周波数領域の光音響画像データとから、それぞれ異なる空間周波数成分を抽出してもよい。例えば動脈と静脈とで血管の太さの違いがあらかじめ分かっている場合は、第 1 の波長に対応する光音響画像と第 2 の波長に対応する光音響画像とから異なる空間周波数成分を抽出する。各波長の光で画像化する対象物に応じた空間周波数成分を抽出することで、各波長に対応した光音響画像から観察したい対象物を抽出することができる。

20

【0065】

次いで、本発明の第 2 実施形態を説明する。図 13 は、本発明の第 2 実施形態の光音響画像生成装置を示す。本実施形態の光音響画像生成装置 10a は、超音波ユニット 12a 内に断面位置選択手段 35 を更に有する点で、図 1 に示す第 1 実施形態の光音響画像生成装置 10 と相違する。その他の点は、第 1 実施形態と同様でよい。

【0066】

断面位置選択手段 35 は、ユーザ操作に応じて、画像表示手段 14 の表示画面上に表示される断面画像データの断面位置を決定する。表示制御手段 31 は、ユーザが指定した断面位置に対応する空間周波数処理された断面画像データを画像表示手段 14 に表示させる。断面位置選択手段 35 は、例えば図 4 に示す複数の断面画像データのうちで、どの位置の断面画像データを表示対象とするのかをユーザに選択させる。

30

【0067】

図 14 は、表示画面例を示す。表示制御手段 31 は、例えば断面位置を指定するためのスライダーを画像表示手段 14 に表示させる。断面位置選択手段が、ユーザのスライダーの操作に応じて表示する断面位置を決定する。例えばスライダーの紙面向って左側が被検体の浅い位置に対応し、右側が深い位置に対応する。ユーザがスライダーを操作すると、その操作に応じて、スライダーの上部に表示される空間周波数処理後の断面画像データの断面位置が変化する。スライダーは断面画像データの下部に設けられている必要はなく、その上部や左右に設けられていてもよい。また、スライダーは、断面画像データに付随して設けられている必要はなく、表示画面上のどこかに表示されていればよい。

40

【0068】

本実施形態では、断面位置選択手段 35 は、ユーザの操作に応じて表示されるべき断面画像データの断面位置を選択し、表示制御手段 31 は、選択された断面位置の空間周波数処理後の断面画像データを表示する。ユーザは、断面位置選択手段 35 を操作することで、任意の断面位置における断面画像を表示させることができる。また、例えばスライダーなどを用いて断面位置を連続的に変化させるように操作することで、ユーザは、光音響画像を動的に観察することができる。その他の効果は第 1 実施形態と同様である。

50

【 0 0 6 9 】

続いて、本発明の第3実施形態を説明する。図15は、本発明の第3実施形態の光音響画像生成装置を示す。本実施形態の光音響画像生成装置10bは、超音波ユニット12b内にデコンボリューション手段36を更に有する点で、図1に示す第1実施形態の光音響画像生成装置10と相違する。その他の点は、第1実施形態と同様でよい。

【 0 0 7 0 】

デコンボリューション手段36は、光音響画像再構成手段24で再構成された光音響信号から、被検体に照射された光の光強度の時間波形の微分波形である光微分波形をデコンボリューションした信号を生成する。デコンボリューション手段36は、例えば離散フーリエ変換により、再構成された光音響信号を時間領域の信号から周波数領域の信号へと変換する。また、光微分波形についても、離散フーリエ変換により時間領域の信号から周波数領域の信号へと変換する。デコンボリューション手段36は、フーリエ変換された光微分波形の逆数を逆フィルタとして求め、フーリエ変換された周波数領域の光音響信号に逆フィルタを適用する。逆フィルタが適用されることで、周波数領域の信号において、光微分波形がデコンボリューションされる。その後、フーリエ逆変換により、逆フィルタが適用された光音響信号を、周波数領域の信号から時間領域の信号へと変換する。再構成後の光音響信号から光微分波形をデコンボリューションするのに代えて、再構成前の光音響信号から光微分波形をデコンボリューションするようにしてもよい。

【 0 0 7 1 】

光微分波形のデコンボリューションについて説明する。光吸収体であるミクロ吸収粒子を考え、このミクロ吸収粒子がパルスレーザ光を吸収して圧力波（光音響圧力波）が生じることを考える。時刻を t として、位置 r にあるあるミクロ吸収粒子から発生する光音響圧力波を、位置 R で観測した場合の圧力波形 $p_{micro}(R, t)$ は、[Phys. Rev. Lett. 86(2001)3550.]より、以下の球面波となる。

【 数 1 】

$$p_{micro}(R, t) = \frac{k}{|r - R|} \frac{d}{d(t - \frac{|r - R|}{v_s})} I(t - \frac{|r - R|}{v_s})$$

ここで、 $I(t)$ は励起光の光強度の時間波形であり、係数 k は、粒子が光を吸収して音響波を出力する際の変換係数であり、 v_s は被検体の音速である。また、位置 r 、 R は、空間上の位置を示すベクトルである。ミクロ吸収粒子から発生する圧力は、上記式に示すように、光パルス微分波形に比例した球面波となる。

【 0 0 7 2 】

実際にイメージングする対象から得られる圧力波形は、よりマクロな吸収体のサイズを有しているため、上記のミクロ吸収波形を重ね合わせた波形になると考える（重ね合わせの原理）。ここで、マクロな光音響波を発する粒子の吸収分布を $A(r - R)$ とし、そのマクロな吸収体からの圧力の観測波形を $p_{macro}(R, t)$ とする。観測位置 R では、各時刻において、観測位置 R から半径 $v_s t$ に位置する吸収粒子からの光音響波が観測されることになるため、観測波形 $p_{macro}(R, t)$ は、以下の圧力波形の式で示される。

【数 2】

$$\begin{aligned}
p_{macro}(\mathbf{R}, t) &= \iiint A(\mathbf{r} - \mathbf{R}) \times \frac{k}{|\mathbf{r} - \mathbf{R}|} \frac{d}{d(t - \frac{|\mathbf{r} - \mathbf{R}|}{v_s})} I(t - \frac{|\mathbf{r} - \mathbf{R}|}{v_s}) dV \\
&= \int_0^\pi \int_{\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \int_0^{|\mathbf{r} - \mathbf{R}|=v_s t} \frac{k A(\mathbf{r} - \mathbf{R})}{|\mathbf{r} - \mathbf{R}|} I'(t - \frac{|\mathbf{r} - \mathbf{R}|}{v_s}) |\mathbf{r} - \mathbf{R}|^2 \sin \theta d|\mathbf{r} - \mathbf{R}| d\theta d\phi \\
&= \int_0^{|\mathbf{r} - \mathbf{R}|=v_s t} \frac{k}{|\mathbf{r} - \mathbf{R}|} \int_0^\pi \int_{\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} A(\mathbf{r} - \mathbf{R}) dS \times I'(t - \frac{|\mathbf{r} - \mathbf{R}|}{v_s}) d|\mathbf{r} - \mathbf{R}| \\
&= \left[\frac{k}{|\mathbf{r} - \mathbf{R}|} \int_0^\pi \int_{\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} A(\mathbf{r} - \mathbf{R}) dS \right] * \left[I'(t - \frac{|\mathbf{r} - \mathbf{R}|}{v_s}) \right]
\end{aligned} \tag{1}$$

10

上記式(1)からわかるように、観測波形は、光パルス微分のコンボリューション型を示す。観測波形から光パルス微分波形をデコンボリューションすることで、吸収体分布が得られる。

【0073】

20

本実施形態では、検出された光音響信号から被検体に照射された光の微分波形をデコンボリューションする。光微分波形をデコンボリューションすることで、光吸収体の分布を得ることができ、吸収分布画像を生成することができる。吸収体の分布を画像化することで、空間周波数処理後の断面画像において、血管等の位置をより確認しやすくなる。その他の効果は第1実施形態と同様である。

【0074】

なお、空間周波数処理後の光音響画像データのユーザへの提供の仕方は任意であり、図9に示すような断面画像を表示するものには限られない。例えば3次元の光音響画像データに対して所定の周波数区間成分を抽出する処理を行い、空間周波数処理後の3次元光音響画像データに対し、最大値投影法などを用いて投影画像を生成し、画像表示手段14に

30

【0075】

上記各実施形態では、断面画像生成手段27を用い、フーリエ変換手段28が断面画像に対して2次元フーリエ変換する例について説明したが、これには限定されない。断面画像生成手段27を用いずに、フーリエ変換手段28で3次元の光音響画像データに対して3次元フーリエ変換を行うようにしてもよい。この場合も、所定空間周波数領域を抽出することで、所望の太さの血管などを画像化できる。

【0076】

上記各実施形態では、フーリエ変換手段28が、画像構築手段26が生成した画像に対してフーリエ変換を行うものとして説明したが、フーリエ変換手段28がフーリエ変換する信号は少なくとも光音響信号再構成手段24で再構成されていればよく、画像構築手段26が生成した画像には限定されない。フーリエ変換手段28は、光音響画像再構成手段24の出力信号に対してフーリエ変換を行ってもよい。その場合は、フーリエ逆変換手段30が逆変換することで得られた信号に対して、検波・対数変換以後の処理を行うようにすればよい。

40

【0077】

上記各実施形態では、主に血管部分を画像化する例について説明したが、これには限定されない。例えば光音響画像で、神経やリンパ管などの管状の構造物を画像化する場合についても、空間周波数領域で所定の周波数成分を抽出することで、所望のサイズの構造物

50

を画像化することができる。

【 0 0 7 8 】

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、本発明の光音響画像生成装置は、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のも、本発明の範囲に含まれる。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 9 】

1 0 : 光音響画像生成装置

1 1 : プローブ

1 2 : 超音波ユニット

10

1 3 : レーザユニット

1 4 : 画像表示手段

2 1 : 受信回路

2 2 : A D 変換手段

2 3 : 受信メモリ

2 4 : 光音響画像再構成手段

2 5 : 検波・対数変換手段

2 6 : 画像構築手段

2 7 : 断面画像生成手段

2 8 : フーリエ変換手段

20

2 9 : 空間周波数処理手段

3 0 : フーリエ逆変換手段

3 1 : 表示制御手段

3 2 : トリガ制御回路

3 3 : 制御手段

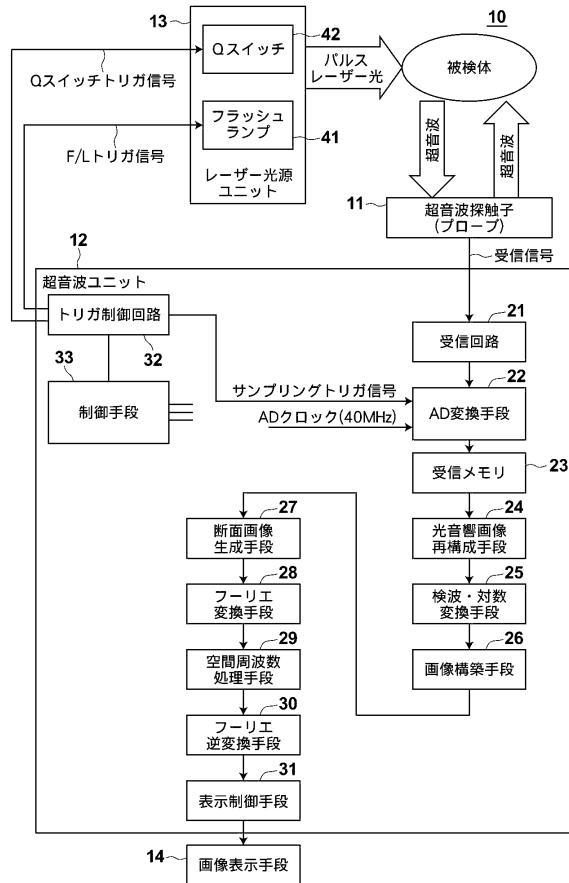
3 5 : 断面位置選択手段

3 6 : デコンボリューション手段

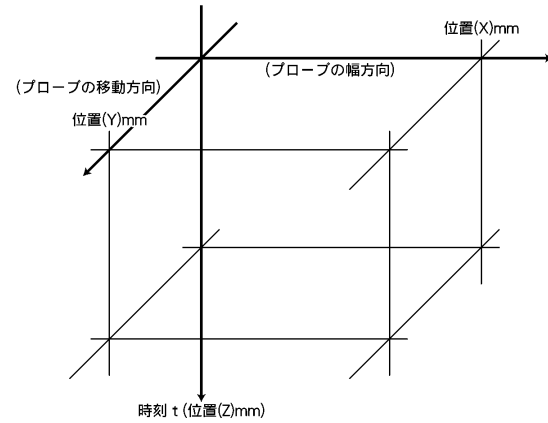
4 1 : フラッシュランプ

4 2 : Q スイッチ

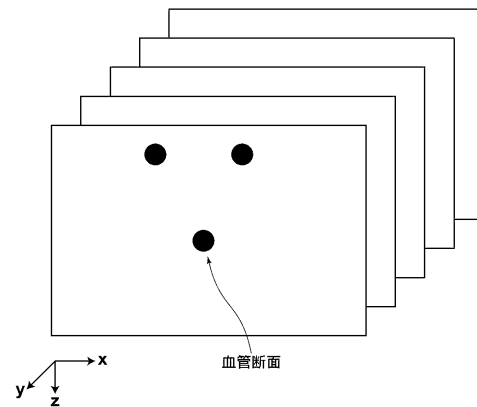
【図 1】



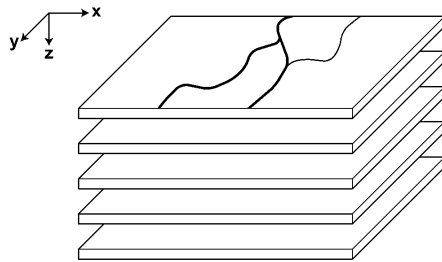
【図 2】



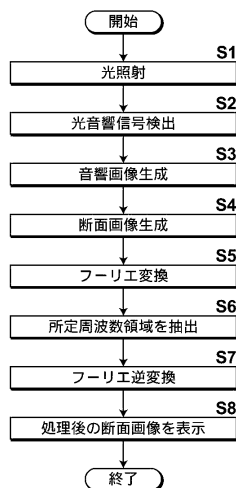
【図 3】



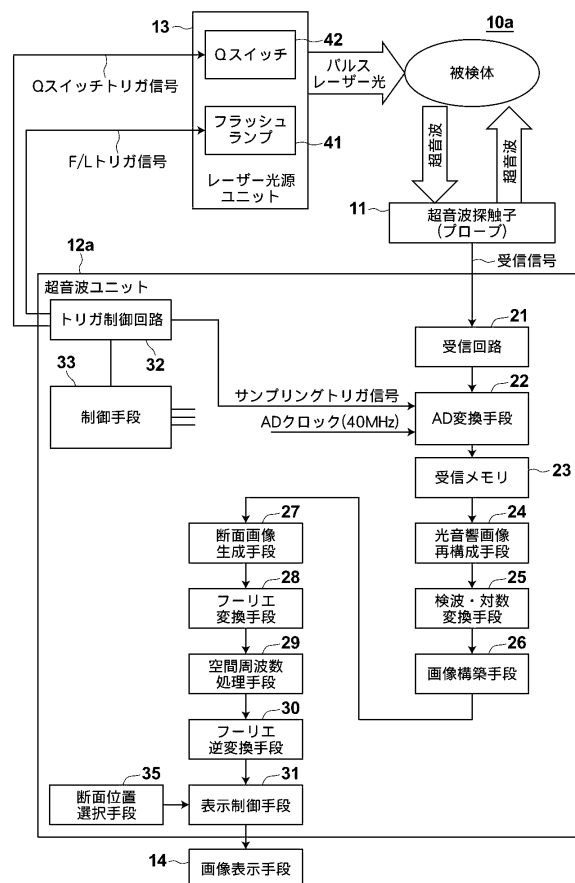
【図 4】



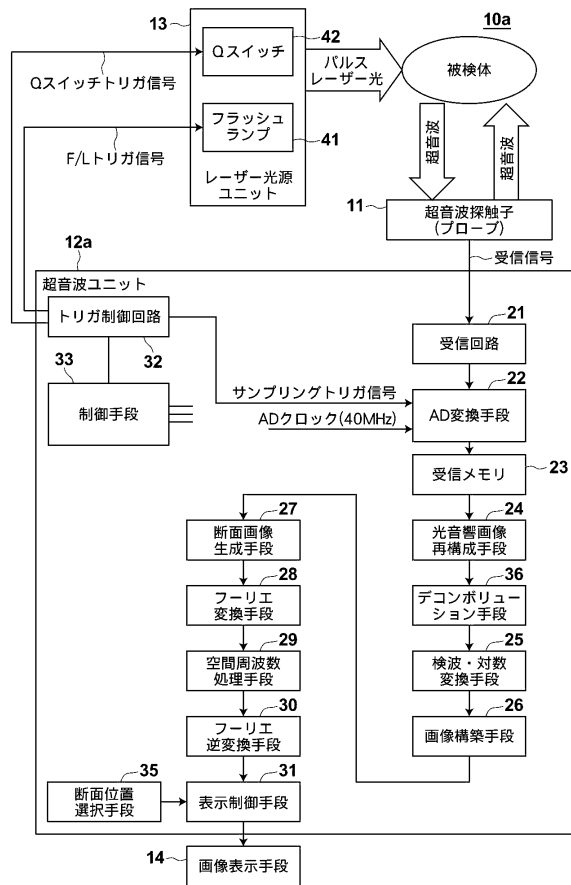
【図 10】



【図 13】



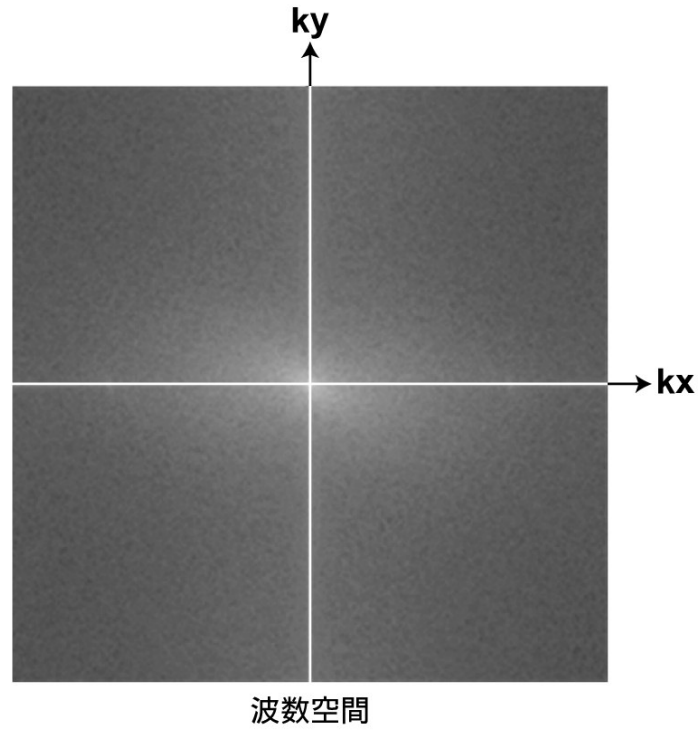
【図 15】



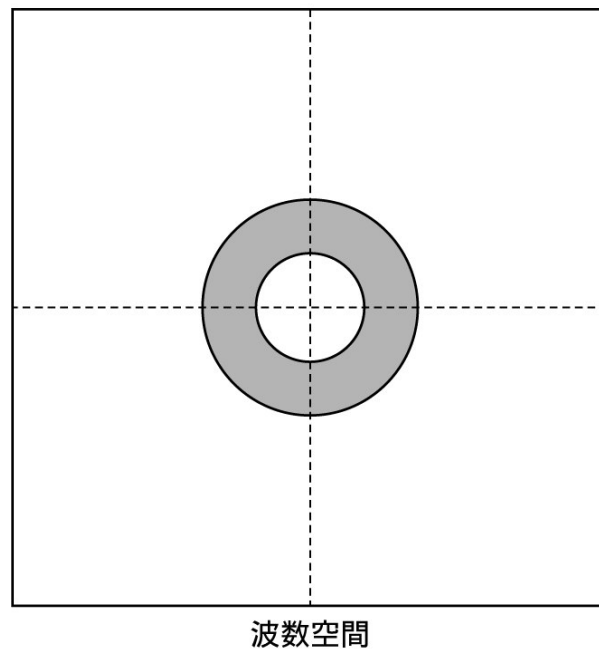
【図 5】



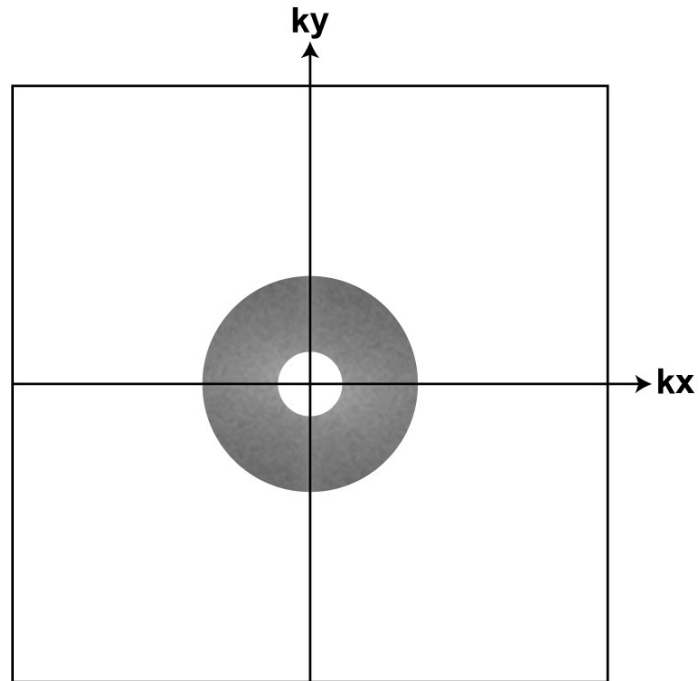
【図 6】



【図 7】



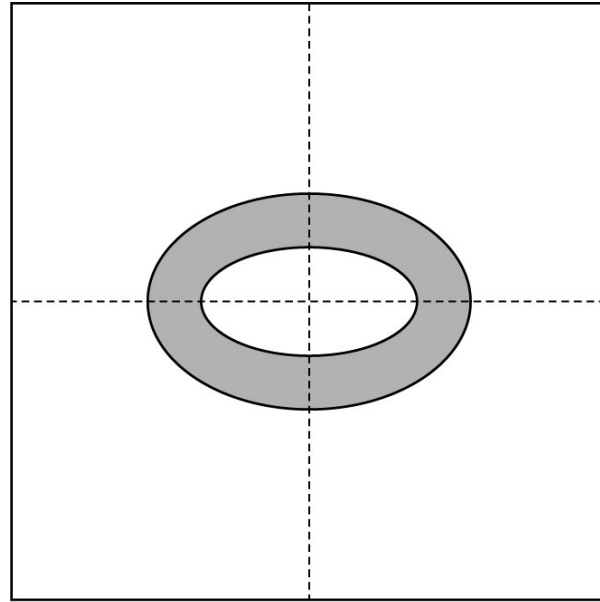
【図 8】



【図 9】

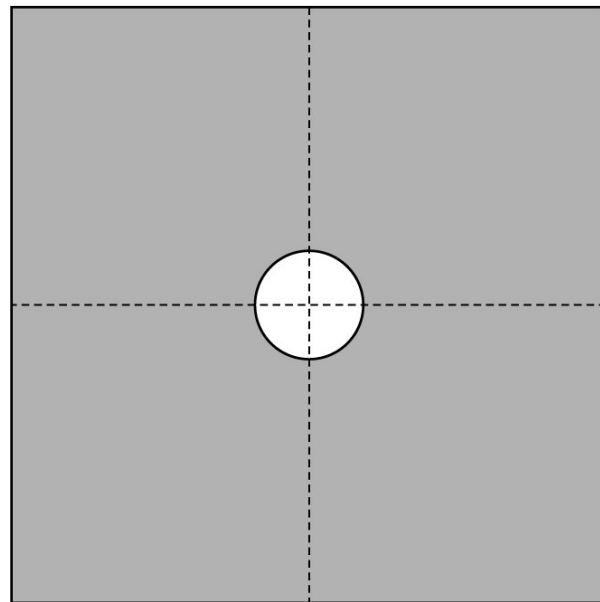


【図 1 1】



波数空間

【図 1 2】



波数空間

【図 14】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2011-217767(JP,A)
特開2005-218684(JP,A)
特開2011-143175(JP,A)
特開2012-71090(JP,A)
特開2011-5042(JP,A)
特表2002-536041(JP,A)
特開2010-46215(JP,A)
国際公開第2008/062199(WO,A2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 8/00