

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6545190号
(P6545190)

(45) 発行日 令和1年7月17日(2019.7.17)

(24) 登録日 令和1年6月28日(2019.6.28)

(51) Int.Cl.

A 61 B 8/13 (2006.01)

F 1

A 61 B 8/13

請求項の数 23 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2016-564286 (P2016-564286)
 (86) (22) 出願日 平成27年5月12日 (2015.5.12)
 (65) 公表番号 特表2017-521104 (P2017-521104A)
 (43) 公表日 平成29年8月3日 (2017.8.3)
 (86) 國際出願番号 PCT/JP2015/002414
 (87) 國際公開番号 WO2015/174085
 (87) 國際公開日 平成27年11月19日 (2015.11.19)
 審査請求日 平成29年12月25日 (2017.12.25)
 (31) 優先権主張番号 61/992,983
 (32) 優先日 平成26年5月14日 (2014.5.14)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72) 発明者 クルーガー ロバート エー
 アメリカ合衆国 ノースカロライナ州、オ
 リエンタル、ストレート ロード 108
 オプトソニックス内
 (72) 発明者 関谷 岳史
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ
 ノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光音響装置、信号処理装置、信号処理方法、プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光照射部と、

前記光照射部からの光が被検体に照射されることにより生じた音響波を受信し、受信信号群を出力する複数のトランスデューサと、

前記複数のトランスデューサの少なくとも一部のトランスデューサの指向軸が集まるよう、前記複数のトランスデューサを支持する支持体と、

前記支持体及び前記被検体の少なくとも一方を移動させる駆動部と、

前記複数のトランスデューサから出力された前記受信信号群を記憶する第1のメモリと、

、

前記被検体内の注目位置の被検体情報を取得する処理部と、
 を有し、

前記光照射部は、複数回の光照射を前記被検体に行い、

前記駆動部は、前記複数回の光照射のそれぞれにおいて前記支持体と前記被検体との相対位置が異なるように前記支持体を移動させ、

前記複数のトランスデューサは、前記複数回の光照射のそれぞれによって生じた音響波を受信し、前記複数回の光照射に対応する複数の受信信号群を出力し、

前記第1のメモリは、前記複数の受信信号群を記憶し、

前記処理部は、前記第1のメモリに記憶された前記複数の受信信号群のそれぞれの受信信号群に対して、前記指向軸が集まる位置と前記注目位置との距離に応じた一律の重みで

重み付けして前記注目位置の被検体情報を取得することを特徴とする光音響装置。

【請求項 2】

前記支持体は、球に基づく形状であり、

前記複数のトランスデューサの少なくとも一部の指向軸が集まる位置は、前記球に基づく形状の曲率中心である

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光音響装置。

【請求項 3】

前記支持体は、半球状である

ことを特徴とする請求項 2 に記載の光音響装置。

10

【請求項 4】

前記光照射部は、前記指向軸が集まる位置に向けて光を照射する

ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の光音響装置。

【請求項 5】

複数の相対位置のそれぞれにおける、前記被検体の位置の情報を測定する第 1 の測定部と、

前記複数の相対位置のそれぞれにおける、前記支持体の位置の情報を測定する第 2 の測定部と、を更に有し、

前記処理部は、前記第 1 の測定部により測定された前記被検体の位置の情報と、前記第 2 の測定部により測定された前記支持体の位置の情報と、に基づいて前記重みを決定することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の光音響装置。

20

【請求項 6】

複数の相対位置のそれぞれに対応する重みが記憶された第 2 のメモリを更に有し、

前記処理部は、前記第 2 のメモリから前記相対位置に対応する重みを読み出すことにより前記重みを決定する

ことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の光音響装置。

【請求項 7】

前記処理部は、前記第 1 のメモリに記憶された前記複数の受信信号群のそれぞれの受信信号群に対して、前記距離が小さくなるにつれて大きな重みで重み付けをする

ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の光音響装置。

30

【請求項 8】

前記処理部は、前記第 1 のメモリに記憶された前記複数の受信信号群のそれぞれの受信信号群に対して、前記距離を指數とする指數関数を重みとして重み付けを行う

ことを特徴する請求項 7 に記載の光音響装置。

【請求項 9】

前記重みは、全方位において前記注目位置が前記指向軸が集まる位置に近づくにつれて大きくなる

ことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の光音響装置。

【請求項 10】

前記重みは、前記注目位置が前記指向軸が集まる位置に近づくにつれて等方的に大きくなる

40

ことを特徴とする請求項 9 に記載の光音響装置。

【請求項 11】

前記処理部は、前記第 1 のメモリに記憶された前記複数の受信信号群のうち、前記距離が閾値よりも大きい場合に前記複数のトランスデューサから出力された受信信号群を用いずに前記注目位置の被検体情報を取得する

ことを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の光音響装置。

【請求項 12】

前記閾値は、前記指向軸が集まる位置から前記注目位置に向かう方向によって異なる

ことを特徴とする請求項 11 に記載の光音響装置。

50

【請求項 13】

前記処理部は、前記指向軸が集まる位置から、当該位置の分解能から分解能が半分となるまでの距離を、前記閾値として設定する

ことを特徴とする請求項11または12に記載の光音響装置。

【請求項 14】

複数のトランステューサの少なくとも一部の素子の指向軸が集まるように支持体上に配置された前記複数のトランステューサにより、前記支持体と被検体との相対位置が互い異なる複数の状態のときに、前記被検体から生じた音響波を受信して記憶された前記複数の状態に対応する複数の受信信号群に基づいて、前記被検体の注目位置の被検体情報を取得する信号処理装置であって、

10

前記記憶された前記複数の受信信号群のそれぞれの受信信号群に対して、前記指向軸の集まる位置と前記注目位置との距離に応じた一律の重みで重み付けして前記注目位置の被検体情報を取得することを特徴とする信号処理装置。

【請求項 15】

前記複数の受信信号群のそれぞれの受信信号群に対して、前記距離が小さくなるにつれて大きな重みで重み付けをする

ことを特徴とする請求項14に記載の信号処理装置。

【請求項 16】

前記複数の受信信号群のそれぞれの受信信号群に対して、前記距離を指數とする指數関数を重みとして重み付けを行う

20

ことを特徴する請求項15に記載の信号処理装置。

【請求項 17】

前記重みは、全方位において前記注目位置が前記指向軸が集まる位置に近づくにつれて大きくなる

ことを特徴とする請求項14から16のいずれか1項に記載の信号処理装置。

【請求項 18】

前記重みは、前記注目位置が前記指向軸が集まる位置に近づくにつれて等方的に大きくなる

ことを特徴とする請求項17に記載の信号処理装置。

【請求項 19】

前記複数の受信信号群のうち、前記距離が閾値よりも大きい場合に前記複数のトランステューサから出力された受信信号群を用いずに前記注目位置の被検体情報を取得する

30

ことを特徴とする請求項14から18のいずれか1項に記載の信号処理装置。

【請求項 20】

前記閾値は、前記指向軸が集まる位置から前記注目位置に向かう方向によって異なる

ことを特徴とする請求項19に記載の信号処理装置。

【請求項 21】

前記指向軸が集まる位置から、当該位置の分解能から分解能が半分となるまでの距離を、前記閾値として設定する

ことを特徴とする請求項19または20に記載の信号処理装置。

40

【請求項 22】

複数のトランステューサの少なくとも一部の素子の指向軸が集まるように支持体上に配置された前記複数のトランステューサにより、前記支持体と被検体との相対位置が互い異なる複数の状態のときに、前記被検体から生じた音響波を受信して記憶された前記複数の状態に対応する複数の受信信号群に基づいて、前記被検体の注目位置の被検体情報を取得する信号処理方法であって、

前記記憶された前記複数の受信信号群のそれぞれの受信信号群に対して、前記指向軸の集まる位置と前記注目位置との距離に応じた一律の重みで重み付けして前記注目位置の被検体情報を取得する工程を有する

ことを特徴とする信号処理方法。

50

【請求項 2 3】

請求項 2 2 に記載の信号処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、光音響効果を利用して被検体情報を取得する光音響装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

光を被検体に照射し、当該光に起因して被検体内部から発生した音響波を受信し、解析することで被検体内部の情報を画像化する光音響装置が医療分野で研究されている。

10

【0 0 0 3】

特許文献 1 には、半球上にトランスデューサが配置された探触子を用いて光音響イメージングを行う光音響装置が記載されている。この探触子によれば、特定の領域で発生した音響波を高感度に受信することができる。そのため、特定の領域における被検体情報の分解能が高くなる。また、特許文献 1 には、この探触子のある平面内で走査し、探触子が複数の位置で音響波を受信して受信信号を取得する技術が記載されている。また、特許文献 1 には、複数の位置で受信信号を取得した後に再構成を行う技術が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 4】

20

【特許文献 1】特開 2012-179348 号公報

【発明の概要】

【0 0 0 5】

特許文献 1 に記載されたように複数の位置で受信信号を取得した後に再構成を行う方法では、取得される被検体情報の定量性が低い領域が存在する可能性がある。

【0 0 0 6】

本明細書に開示された光音響装置は、光照射部と、光照射部からの光が被検体に照射されることにより生じた音響波を受信し、受信信号群を出力する複数のトランスデューサと、複数のトランスデューサの少なくとも一部のトランスデューサの指向軸が集まるように、複数のトランスデューサを支持する支持体と、支持体及び被検体の少なくとも一方を移動させる駆動部と、複数のトランスデューサから出力された受信信号群を記憶する第 1 のメモリと、被検体の注目位置の被検体情報を取得する処理部と、を有し、光照射部は、複数回の光照射を被検体に行い、駆動部は、複数回の光照射のそれぞれにおいて支持体と被検体との相対位置が異なるように支持体を移動させ、複数のトランスデューサは、複数回の光照射のそれぞれによって生じた音響波を受信し、複数回の光照射に対応する複数の受信信号群を出力し、第 1 のメモリは、複数の受信信号群を記憶し、処理部は、第 1 のメモリに記憶された複数の受信信号群のそれぞれの受信信号群に対して、指向軸が集まる位置と注目位置との距離に応じた一律の重みで重み付けして注目位置の被検体情報を取得する。

30

【図面の簡単な説明】

40

【0 0 0 7】

【図 1】第一の実施形態に係る光音響装置の構成を示す図である。

【図 2 A】第一の実施形態に係るトランスデューサの配置を示す図である。

【図 2 B】第一の実施形態に係るトランスデューサの配置を示す図である。

【図 3】第一の実施形態に係る処理を示すフローチャートである。

【図 4】第一の実施形態に係る支持体の移動を示す図である。

【図 5】第一の実施形態に係る信号処理を示すフローチャートである。

【図 6】第一の実施形態に係る重みの例を説明するための図である。

【図 7 A】第一の実施形態に係る重みの例を示す図である。

【図 7 B】第一の実施形態に係る重みの例を示す図である。

50

【図8A】第一の実施形態に係るパルス光と音響波の伝播を示す図である。

【図8B】第一の実施形態に係るパルス光と音響波の伝播を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

【第一の実施形態】

第一の実施形態に係る光音響装置は、光音響波の受信信号に基づいて被検体情報を取得する。本実施形態に係る被検体情報とは、光音響効果により発生した光音響波の受信信号から得られる被検体に関する情報のことを指す。具体的に被検体情報は、発生音圧（初期音圧）、光エネルギー吸収密度、光吸収係数、および組織を構成する物質の濃度等である。ここで、物質の濃度とは、酸素飽和度、オキシヘモグロビン濃度、デオキシヘモグロビン濃度、および総ヘモグロビン濃度等である。総ヘモグロビン濃度とは、オキシヘモグロビン濃度およびデオキシヘモグロビン濃度の和である。

10

【0009】

本実施形態では、最も受信感度の高い方向に沿った軸（以下、指向軸と呼ぶ）が集まるように複数のトランスデューサが配置された探触子を備える光音響装置について説明する。すなわち、指向軸が集まる所定の領域で発生した音響波を高感度に受信することができるよう複数のトランスデューサが配置された場合について説明する。また、本実施形態に係る光音響装置は、被検体と探触子との相対位置を変更して、この探触子は複数回に亘って音響波を受信する。また、光音響装置は、探触子から出力された時系列の受信信号群を受信信号データとしてメモリに記憶する。また、本実施形態に係る光音響装置は、この複数回に亘る音響波の受信によって得られメモリに記憶された受信信号データを用いて関心領域（ROI）内の各注目位置の被検体情報を取得する。注目位置とは、2次元のROIを設定した場合にはピクセルのことを指し、3次元のROIを設定した場合にはボクセルのことを指す。本明細書では、探触子と被検体とがある相対位置関係にあるときに、1回の光照射により複数のトランスデューサのそれぞれから出力された複数の時系列の信号をまとめて「受信信号群」と呼ぶ。一方、探触子と被検体との相対位置関係が互いに異なる複数の状態のときに光が照射されることにより、複数のトランスデューサが出力した受信信号群のことをまとめて「複数の受信信号群」と呼ぶ。

20

【0010】

本実施形態に係る探触子がある位置に位置するときに音響波を受信して得られた受信信号群を用いて被検体情報を取得した場合、典型的に指向軸が最も集まる所定の位置における被検体情報の分解能が最も高くなる。そして、この位置から離れるに従って被検体情報の分解能は低下していく傾向がある。このとき、最も分解能が高い所定位置から分解能が半分となる所定領域で発生した音響波については探触子が比較的高感度に受信することができていると推定される。本実施形態においては、最も分解能が高い位置から分解能が半分となる領域を「高感度領域」と呼ぶ。

30

【0011】

本実施形態においては、以下の観点に基づいて複数回に亘って得られた複数の受信信号群に重みづけをおこない、注目位置の被検体情報を取得する。

【0012】

40

注目位置に指向性が向いているトランスデューサが出力した受信信号に大きな重みづけをおこなってもよい。これにより、注目位置で発生した音響波を高感度に受信したトランスデューサから出力された受信信号の重みを大きくできるため、S/N比の高い受信信号の重みを大きくすることができる。そのため、このように加重した受信信号を用いて再構成された注目位置の被検体情報のS/N比についても高くすることができる。すなわち、注目位置の被検体情報の定量性、分解能を高くすることができる。また、この加重をあらゆる注目位置に適用することにより、再構成画像のあらゆる位置における定量性、分解能を高くすることができる。

【0013】

前述したように、本実施形態に係る探触子に配置された各トランスデューサは、高感度

50

領域で発生した音響波を高感度に受信することができる。そのため、メモリに記憶されている複数の受信信号群のうち、高感度領域が注目位置により近いときに探触子が取得した受信信号群に、より大きな重みを加えてもよい。すなわち、注目位置と探触子との相対位置に応じて、探触子が取得した受信信号群に加える重みを決定してもよい。これにより、高感度に受信されたと推定される受信信号群に大きな重みを加えることができる。

【0014】

本実施形態によれば、注目位置と探触子とがある相対位置関係にあるときに各トランスデューサから出力された受信信号に対する重みを一律に決定することにより、簡易に各注目位置における定量性、分解能を高くすることができる。

【0015】

本実施形態によれば、各トランスデューサと注目位置との相対位置に応じて各トランスデューサに対する重みをそれぞれ計算するときと比べて、重みを決定するための計算量を低減することができる。

【0016】

ここで、予め計算された重みがメモリに記憶され、メモリに記憶された重みを読み出すことにより重みづけをおこなう場合を考える。この場合、本実施形態によれば、各トランスデューサと注目位置との相対位置毎の重みを記憶するのではなく、探触子と注目位置との相対位置に応じた重みを記憶するだけでよい。そのため、本実施形態によれば、重みに対応するデータ量を低減することができるため、重みのデータを記憶するためのメモリ容量を減らすことができる。

【0017】

また、本実施形態に係る光音響装置は、メモリに記憶された受信信号群に対して任意に重みを加えることができるため、受信後に目的に応じて信号に加える重みを変更することができる。

【0018】

注目位置に音源が存在する場合、注目位置から全方位に等方的に音響波が伝搬する。そこで、注目位置から発生した音響波の多くの波数成分を受信することができるようトランスデューサを位置させてよい。これにより、画像を再構成するときに再構成アーティファクトに対応するエネルギーが再構成画像の全体に分散されるため、局所的に再構成アーティファクトが現れることを抑制することができる。

【0019】

さらに、注目位置を中心として点対称な位置でトランスデューサが出力した受信信号に対して同程度の重みを加えてもよい。これにより、再構成アーティファクトも注目位置を中心で点対称に現れやすくなる。そのため、再構成画像の全体に再構成アーティファクトに対応するエネルギーがより均一に分散されるため、局所的に再構成アーティファクトが現れることをより抑制することができる。

【0020】

また、ROI内の各注目位置において、以上の観点に基づいて受信信号に重みを加えてもよい。これにより、ROI内の各注目位置において、注目位置の再構成像（シグナル成分）と再構成アーティファクト（ノイズ成分）とのコントラストが高くなる。

【0021】

そのため、特に注目位置から等距離に高感度領域が位置するときには、探触子に配置された各トランスデューサに同じ重みを加えてもよい。また、本実施形態に係る光音響装置は、高感度領域で発生した音響波を高感度に受信することができるよう配置された複数のトランスデューサを移動させて取得した複数の受信信号群に上記の観点に基づいた重みを加える。これにより、ROI内の各注目位置において注目位置の再構成像（シグナル成分）と再構成アーティファクト（ノイズ成分）とのコントラストが高くなり、高分解能とすることができます。

【0022】

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施形態を詳細に説明する。なお、同一の構成要素

10

20

30

40

50

には原則として同一の参照番号を付して、説明を省略する。

<システム構成>

図1を参照しながら、第一の実施形態に係る光音響装置の構成を説明する。なお、説明の便宜上、水平方向のある軸をx軸、x軸に垂直な水平方向の軸をy軸、x軸・y軸に垂直な軸をz軸とする。

【0023】

第一の実施形態に係る光音響装置は、保持カップ101、探触子102、入力部103、メインコントローラ104、信号処理部105、光照射部106、駆動装置107、ディスプレイ109を有している。

【0024】

以下、各構成要素について説明する。

(保持カップ101)

保持カップ101は、被検体が撮影中動かないように固定するためのものであり、合成樹脂で作られた半球状のカップである。被検体が固定できれば、保持カップ101はラテックスゴムなどの薄膜で作られていてもよい。また、保持カップ101は、被検体に当てるパルス光の減衰を抑えるため、光の透過率が高い素材で作られてもよい。さらに、保持カップ101は、被検体との界面での音響波の反射を減らすため、被検体の音響インピーダンスと近い素材であってもよい。

(探触子102)

探触子102は、複数のトランスデューサ201と、複数のトランスデューサ201を支持する支持体202とから構成される。本実施形態に係る支持体202は、複数のトランスデューサ201が配置された半球状の筐体である。

【0025】

トランスデューサ201を構成する部材としては、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)に代表される圧電セラミック材料や、ポリフッ化ビニリデン(PVDF)に代表される高分子圧電膜材料などを用いることができる。また、圧電素子以外の素子を用いても良い。例えば、静電容量型超音波トランスデューサ(cMUT)、ファブリペロー干渉計を用いたトランスデューサなどを用いることができる。

【0026】

ここで、図2A及び2Bを参照しながら、支持体202におけるトランスデューサ201の配置の一例について説明する。図2Aは、支持体202をz軸方向から見た図、図2Bは、支持体202をy軸方向から見た図である。

【0027】

支持体202は、半球の内側の面にトランスデューサ201を放射状に複数支持している。なお、トランスデューサ201の配置の仕方はこの限りでなく、例えば渦巻状に配置してもよい。また、半球形状の支持体202の底部(極)には光射出口108が設置されている。また、支持体202の内側には、音響マッチング材が充填されてもよい。

【0028】

本実施形態において、複数のトランスデューサ201は、図2A及び2Bで示した通り半球面形状に沿って配置される。点Xは半球面形状の支持体202の曲率中心点を示している。支持体202は、複数のトランスデューサ201の指向軸が集まるように複数の複数のトランスデューサ201を支持している。すなわち、支持体202の曲率中心の位置や複数のトランスデューサ201の指向軸が集まる位置は、支持体202の位置から推定することができる。複数のトランスデューサ201の指向軸を半球面形状の曲率中心点付近へ集めることで、曲率中心点を中心に高精度に可視化可能な領域が形成される。本明細書において、このように高精度に可視化可能な領域を高感度領域と呼ぶ。なお、後述する駆動装置107により被検体に対して支持体202を移動させることで、高感度領域が移動されて広い範囲の被検体情報を高精度に可視化することができる。

【0029】

高感度領域は、最高分解能 R_H を得る曲率中心点を中心とした、式(1)で示す半径d

10

20

30

40

50

t_h を有する略球形状の領域として考えることができる。

【0030】

【数1】

$$d_{th} = \frac{r_0}{\phi_d} \cdot R$$

式 (1)

10

【0031】

ここで、Rは高感度領域Gの下限分解能、 r_0 は半球形状の支持体202の半径、 ϕ_d はトランスデューサ201の直径である。Rはたとえば、曲率中心点で得る最高分解能の半分の分解能とすることができます。高感度領域が探触子の曲率中心点を中心とした略球形状で形成される場合、その形状と探触子(すなわち曲率中心点)の位置から、探触子の2次元走査上の各位置での高感度領域の範囲を式(1)に従って推定することができる。

【0032】

なお、本発明の本実施形態において、複数のトランスデューサ201の配置は図2A及び2Bのような半球形状の例に限定されない。複数のトランスデューサ201の指向軸が集まり、所望の高感度領域を形成できる配置であればよい。すなわち、所望の高感度領域が形成されるように、曲面形状に沿って複数のトランスデューサ201が配置されればよい。本明細書において曲面とは、真球形状や半球面等の開口がある球面を含む。また、球面と見なせる程度の表面上の凹凸がある面や、球面と見なせる程度の楕円体(楕円を三次元へ拡張した形であり、表面が二次曲面からなる形)上の面も含む。

20

【0033】

また、球を任意の断面で切った形状の支持体に沿って複数のトランスデューサを配置する場合、その支持体の形状の曲率中心にトランスデューサの指向軸が最も集まる。本実施形態で説明する半球形状の支持体202も、球を任意の断面で切った形状の支持体の一例である。本明細書において、このように球を任意の断面で切った形状のことを球に基づく形状と呼ぶ。また、このように球に基づく形状の支持体に支持される複数のトランスデューサは、球面上に支持されることとなる。

30

【0034】

なお、所望の高感度領域を形成できる限り、必ずしも各トランスデューサの指向軸が交わらなくてもよい。また、特定の領域で発生した光音響波を高感度に受信できるように、支持体202により支持された複数のトランスデューサ201の少なくとも一部の素子の指向軸が特定の領域に集まつていればよい。すなわち、複数のトランスデューサ201の少なくとも一部の素子が高感度領域で発生する光音響波を高感度に受信することができるよう、複数のトランスデューサ201が支持体202上に配置されていればよい。

【0035】

40

支持体202は、機械的強度が高い金属材料などを用いて構成されてもよい。

【0036】

支持体202に支持された複数のトランスデューサ201のそれぞれが音響波を受信して時系列の受信信号を出力する。

(入力部103)

入力部103は、ユーザーが所望の情報を入力するために情報を指定できるように構成された部材である。入力部103としては、キーボード、マウス、タッチパネルディスプレイ、ダイヤル、およびボタンなどを用いることができる。入力部103としてタッチパネルを用いる場合、ディスプレイ109が入力部103を兼ねるタッチパネルであってもよい。なお、入力部103は、本発明の本実施形態による光音響装置とは別に提供されて

50

いてもよい。

(信号処理部 105)

信号処理部 105 は、トランステューサ 201 と信号線でつながっており、トランステューサ 201 から出力されたアナログ受信信号を A/D 変換し、変換された信号をメインコントローラ 104 に送る。信号処理部 105 は、例えば、光射出口 108 に取り付けられた光検出センサと接続されており、パルス光が射出するのに同期して信号を取得してもよい。

(光照射部 106)

光照射部 106 は、光を発する光源と、光源から発せられた光を被検体まで導く光学系とを含む。

10

【0037】

光源は、ナノ秒からマイクロ秒オーダーのパルス光を発生可能なパルス光源であってもよい。具体的には、パルス光のパルス幅は、1~100ナノ秒程度であってもよい。また、パルス光の波長は、400nmから1600nm程度の範囲であってもよい。特に、生体表面近傍の血管を高解像度でイメージングする際は可視光領域の波長(400nm以上、700nm以下)の光を用いてもよい。一方、生体の深部をイメージングする際には、生体の背景組織において吸収が少ない波長(700nm以上、1100nm以下)の光を用いてもよい。ただし、テラヘルツ波、マイクロ波、ラジオ波領域の使用も可能である。

【0038】

光源の具体的な例は、レーザーや発光ダイオードである。また、複数波長の光を用いて測定する際には、発振する波長の変換が可能な光源を用いてもよい。複数波長の光を被検体に照射する場合、互いに異なる波長の光を発振する複数台の光源を、それぞれ発振切り替えを行いながら、もしくは交互に照射しながら用いてもよい。複数台の光源を用いた場合もそれらをまとめて光源として表現する。

20

【0039】

レーザーとしては、固体レーザー、ガスレーザー、色素レーザー、半導体レーザーなど様々なレーザーを使用することができる。特に、Nd:YAG レーザーやアレキサンドライトレーザーなどのパルスレーザーを使用してもよい。また、Nd:YAG レーザー光を励起光とする Ti:sapphire レーザーや光パラメトリック発振(OPO)レーザーを用いてもよい。

30

【0040】

光学系は、光源から被検体までパルス光を伝達させる。光学系には、レンズ、ミラー、光ファイバ等の光学素子を用いてもよい。乳房等を被検体とする生体情報取得装置においては、光学系の光出射部は拡散板等によりパルス光のビーム径を広げて照射してもよい。一方、光音響顕微鏡においては、解像度を上げるために、光学系の光出射部はレンズ等で構成し、ビーム径をフォーカスして照射してもよい。

【0041】

なお、光照射部 106 が光学系を備えずに、光源から直接被検体に光を照射してもよい。

【0042】

40

本実施形態に係る光照射部 106 は、光源が光射出口 108 に光学系としての光ファイバで接続されている。パルス光は支持体 202 の底から半球状の支持体 202 の曲率中心に向かって射出される。

(駆動装置 107)

駆動部としての駆動装置 107 は、被検体と支持体 202 との相対位置を変更する。本実施形態では、駆動装置 107 は、支持体 202 を X-Y 方向に移動させる装置であり、ステッピングモータを搭載した電動の X-Y ステージを備える。なお、駆動装置 107 は被検体と支持体 202 との相対位置を二次元的に変更させるものに限らず、相対位置を一次元または三次元的に変更させるものを用いてもよい。

【0043】

50

駆動装置 107 は、移動方向へのガイド機構と、移動方向への駆動機構と、支持体 202 の位置を検知する位置センサを備えている。図 1 に示す光音響装置の場合、駆動装置 107 の上に支持体 202 が積載されるため、ガイド機構としては大きな荷重に耐えることが可能なりニアガイドなどを用いてもよい。駆動機構としては、リードスクリュー機構、リンク機構、ギア機構、油圧機構、などを用いてもよい。駆動力としてはモーターなどを用いてもよい。位置センサとしては、エンコーダー、可変抵抗器、などを用いたポテンショメータなどを用いてもよい。

【 0044 】

なお、本発明の実施形態においては、被検体と支持体 202 との相対的な位置が変わればよいため、支持体 202 を固定し、被検体を移動させてもよい。被検体を移動させる場合は、被検体を支持する被検体支持部（不図示）を動かすことで被検体を移動させてもよい。被検体と支持体 202 の両方を移動させてもよい。

10

【 0045 】

また、移動は連続的に行ってもよいが、一定のステップで繰り返してもよい。駆動装置 107 は、電動ステージであってもよいが、手動ステージでもよい。駆動装置 107 は、ここに挙げたものだけに限定されず、被検体と支持体 202 のうち少なくとも一方を移動可能に構成させているものであれば、どのようなものであってもよい。

（メインコントローラ 104）

メインコントローラ 104 は、入力部 103、信号処理部 105、光照射部 106、駆動装置 107 とそれぞれ U S B などのバスで接続されている。メインコントローラ 104 は、各装置を制御し、典型的には組み込み P C である。メインコントローラ 104 は、信号処理部 105 から受信した信号を用いて被検体から発生した初期音圧などの被検体情報を再構成する。メインコントローラ 104 は、制御部としての C P U を備えている。また、メインコントローラ 104 は、C P U、G P U などの演算素子や F P G A、A S I C などの演算回路を備えている。また、メインコントローラ 104 は、R O M、R A M、ハードディスクなどのメモリを備えている。

20

【 0046 】

信号処理部 105 の機能をメインコントローラ 104 が実行してもよい。メインコントローラ 104 と信号処理部 105 とを合わせて本実施形態に係る処理部とする。複数のハードウェアにより処理部の各機能が実現されてもよい。また、単一のハードウェアにより処理部の各機能が実現されてもよい。また、処理部の各機能が異なるハードウェアにより実行されてもよい。

30

（ディスプレイ 109）

表示部としてのディスプレイ 109 は、メインコントローラ 104 から出力される被検体情報を分布画像や数値データなどで表示する。典型的には液晶ディスプレイなどがディスプレイ 109 として利用されるが、プラズマディスプレイや有機 E L ディスプレイ、F E D など他の方式のディスプレイでもよい。ディスプレイ 109 は、本発明の実施形態に係る光音響装置とは別に提供されていてもよい。

＜被検体情報取得処理＞

次に、光音響装置が行う処理の詳細を図 3 に示すフローチャートを参照しながら説明する。この処理は、メインコントローラ 104 が光音響装置の各部を制御することにより行う。

40

【 0047 】

処理が開始すると、メインコントローラ 104 が駆動装置 107 に命令を送ることで、駆動装置 107 は支持体 202 をあらかじめ決められた光照射位置まで移動する（ステップ S 301）。

【 0048 】

次に、メインコントローラ 104 が光照射部 106 に命令を送ることで、光照射部 106 がパルス光を発し、光射出口 108 からパルス光が射出される（ステップ S 302）。そして、複数のトランステューサ 201 のそれぞれは、光音響波を受信して受信信号を信

50

号処理部 105 に出力する。このとき、信号処理部 105 は、パルス光の射出に同期して受信信号群に対する信号処理を開始する。その後に、メインコントローラ 104 が信号処理部 105 に命令を送ることで、信号処理部 105 は信号処理した受信信号群をメインコントローラ 104 の第 1 のメモリ上に送信する（ステップ S303）。ここで、受信信号群のデータの取得とは、複数のトランステューサ 201 から出力された時系列の受信信号群をデジタル信号に変換し、デジタル信号をメインコントローラ 104 の第 1 のメモリに記憶することを指す。

【0049】

本実施形態では、保持カップ 101 と支持体 202 の相対位置を変えて、複数回受信信号群のデータを取得する。そのため、メインコントローラ 104 はあらかじめ決められた回数だけ受信信号群のデータを取得したかどうか判断し（ステップ S304）、次の信号群のデータを取得する場合にはステップ S301 へ戻る。この結果、メインコントローラ 104 の第 1 のメモリには、複数回の光照射のそれぞれに対応する複数の受信信号群のデータが記憶される。

【0050】

規定の回数信号を取得し終えた場合には、メインコントローラ 104 は、メインコントローラ 104 に記憶された複数の受信信号群のデータに基づいて被検体情報を生成する（ステップ S305）。受信信号群のデータは時系列の信号データであり、被検体情報は空間的な 2 次元データまたは 3 次元データである。空間的な 2 次元データをピクセルデータ、空間的な 3 次元データをボクセルデータまたはボリュームデータとも呼ぶ。ピクセルまたはボクセルが本実施形態に係る注目位置である。すなわち、本工程では、メインコントローラ 104 が複数の受信信号群のデータを空間的な被検体情報のデータに変換する再構成処理を行う。

【0051】

最後に、メインコントローラ 104 は、取得した被検体情報をディスプレイ 109 に表示する（ステップ S306）。典型的には、3 次元の被検体情報を XY 平面、YZ 平面、ZX 平面で切断したときの切断面を画像化して表示する。

【0052】

図 4 は、駆動装置 107 による支持体 202 の移動の様子を z 軸方向から見た図である。円 401、円 402、円 403 はそれぞれ第 1 のタイミング、第 2 のタイミング、第 3 のタイミングの信号取得時（光照射時）における支持体 202 の位置を示している。円 401 の信号取得時には領域 404 が高感度領域になる。円 402 の信号取得時には領域 405 が高感度領域になる。円 403 の信号取得時には領域 406 が高感度領域になる。移動方法、信号取得タイミング（回数）はこの例に限らない。例えば、駆動装置 107 は、支持体 202 を保持カップ 101 の中央に向かう渦巻状に移動させてもよい。

<再構成処理>

メインコントローラ 104 がステップ S305 で行う再構成処理の具体例について図 5 のフローチャートを用いて説明する。

【0053】

本実施形態では、複数回の光照射により取得された受信信号データに支持体と注目位置との相対位置に応じた重みを重み付けし、再構成処理を行う。

【0054】

メインコントローラ 104 は、再構成する注目位置（例えばボクセル）を設定する（ステップ S315）。設定される注目位置については、予め決定されていてもよいし、入力部 103 を用いてユーザーにより指定されてもよい。なお、メインコントローラ 104 は、各光照射時の被検体の位置の情報に基づいて注目位置を設定してもよい。光照射前に設定された注目位置に対応する被検体の位置が、光が照射されたときには変わっている可能性があるので、各光照射時の被検体の位置の情報に応じて再構成すべき注目位置を変更してもよい。光音響装置は、被検体の位置を測定することのできる第 1 の測定部を有してもよい。第 1 の測定部としては、CCD カメラや CMOS カメラなどから得られた画像

10

20

30

40

50

データから被検体の位置を測定する装置や、ジャイロセンサー等により得られる被検体の変位を示す情報も用いて被検体の位置を測定する装置などを採用してもよい。

【0055】

メインコントローラ104は、ステップS302でパルス光が被検体に照射されたときの支持体202と注目位置との相対位置の情報を取得する(ステップS325)。

【0056】

メインコントローラ104は、各光照射時の支持体202と注目位置との相対位置に応じた重みが予め記憶された第2のメモリを備えてもよい。メインコントローラ104は、第2のメモリから各光照射に対応する重みを読み出すことにより、重みを決定することができる。第1のメモリと第2のメモリとは単一のハードウェアで構成されていてもよいし、別々のハードウェアで構成されていてもよい。

【0057】

メインコントローラ104は、駆動装置107に設けられた第2の測定部としての位置センサが検知した、各光照射時の支持体202の位置の情報を受け取ってもよい。第2の測定部は、光照射部106に対する光照射の制御信号や光照射部106から出射された光をトリガーとして支持体202の位置の情報を取得してもよい。これにより、予め設定された光照射タイミングまたは支持体201の位置と実際の測定時の状態との間に誤差が生じた場合であっても、実際に光が照射されたときの支持体202の位置の情報を精度よく取得することができる。

【0058】

メインコントローラ104は、ステップ315で取得した注目位置の位置情報と、ステップ325で取得した支持体202の位置情報とに基づいて、注目位置と支持体202との相対位置に応じた重みを決定する(ステップS335)。

【0059】

ここで、図6を参照しながら、重みの具体例について説明する。注目位置としてのボクセル501は再構成するボクセルである。点線502は、各トランスデューサ201の指向軸を示す。点503はj回目の光照射時の支持体202の曲率中心である。本実施形態において、曲率中心点503は、複数のトランスデューサ201の少なくとも一部の素子の指向軸が集まる位置に対応する。 s_j はボクセル501と曲率中心503との距離である。このとき、距離 s_j が小さいほど重みが大きく、距離 s_j が大きいほど重みが小さくなってもよい。例えば、重み w_j は式(2)に表すように距離 s_j を指數とする指數関数としてもよい。

【0060】

【数2】

$$w_j = e^{-s_j^2}$$

式(2)

【0061】

支持体202とボクセル501とがある相対位置関係のときに各トランスデューサ201に適応した複数の重みを平均化したものを各トランスデューサ201に加重する重みとしてもよい。例えば、Xu, Minghua, and Lihong V. Wang. "Universal back-projection algorithm for photoacoustic computed tomography" Physical Review E 71.1 (2005)に記載されたUniversal Back Projection(UBP)と呼ばれるタイムドメインの画像再構成に用いられる各トランスデューサ201に適応した重みを平均化したものを重みとし

10

20

30

40

50

てもよい。UBPの場合、位置ベクトル $\mathbf{d}_{i,j}$ (j 回目の光照射時の i 番目のトランステューサの位置ベクトル) で表される位置にあるトランステューサに対する重み $w_{i,j}$ は式(3)で表わされる。

【0062】

【数3】

$$w_{i,j} = \frac{\Delta S_{i,j}}{\|\mathbf{r} - \mathbf{d}_{i,j}\|^2} \cdot \left[\mathbf{n}_{0i,j}^s \cdot \frac{(\mathbf{r} - \mathbf{d}_{i,j})}{\|\mathbf{r} - \mathbf{d}_{i,j}\|} \right]$$

10

式(3)

【0063】

ここで、 $S_{i,j}$ は位置ベクトル $\mathbf{d}_{i,j}$ で表される位置にあるトランステューサの面積、 $\mathbf{n}_{0i,j}^s$ は位置ベクトル $\mathbf{d}_{i,j}$ で表される位置にあるトランステューサの受信面に対する単位法線ベクトル(指向方向)である。すなわち、UBPにおける各トランステューサに適応した重みはボクセルを見込む各トランステューサの立体角である。

20

【0064】

この場合、 j 回目の光照射時に支持体 202 に支持された各トランステューサ 201 に加重する重み w_j は、各トランステューサ 201 の重み $w_{i,j}$ を平均化して式(4)のように表すことができる。

【0065】

【数4】

$$w_j = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\Delta S_{i,j}}{\|\mathbf{r} - \mathbf{d}_{i,j}\|^2} \cdot \left[\mathbf{n}_{0i,j}^s \cdot \frac{(\mathbf{r} - \mathbf{d}_{i,j})}{\|\mathbf{r} - \mathbf{d}_{i,j}\|} \right] \right)}{N}$$

30

式(4)

【0066】

なお、従来技術による画像再構成に用いる各トランステューサ 201 に適応した重みを平均化して重みとして用いてよい。平均化した重みを用いる場合、平均化した重みを第 2 のメモリに記憶し、再構成時に第 2 のメモリから読み出してもよい。

40

【0067】

メインコントローラ 104 は、距離 s_j に応じて段階的に重みを変えてよい。例えば、メインコントローラ 104 は図 7A に示すように連続的に重みを変えてよいし、図 7B に示すように離散的に重みを変えてよい。

【0068】

重みの値については上記で示した例に限らず、支持体と注目位置との位置関係に基づいて各トランステューサに一律に加重することのできる重みであればどんな値でも用いてよい。また、メインコントローラ 104 は、式(2)または式(4)を用いて重みを計算してもよい。また、予め距離 s_j と重み w_j の対応テーブルを作成しておいて、メインコン

50

トローラ 104 内の第 2 のメモリに記憶しておき、メインコントローラ 104 が再構成処理時に対応テーブルを参照しても距離 s_j に応じた重み w_j を読み出してもよい。

【0069】

ここで、再構成する注目位置と支持体 202 の曲率中心との距離 s_j が小さいほど重みが大きくなるようにしてもよい理由を説明する。

【0070】

本実施形態において、トランステューサ 201 には指向性があり、トランステューサ 201 が半球の中心方向に向けて固定されている。そのため、半球の中心付近から発生する音響波は、各トランステューサ 201 で高感度に受信することができる。一般に、ある音源を再構成するとき、なるべく広い立体角をカバーするような方向で音響波を受信したほうが、より高分解能に再構成できる。この場合、半球の中心からの音響波が最も広い立体角で高感度に受信できているため、半球の中心ほど重みを大きくして再構成してもよい。

10

【0071】

なお、注目位置で発生した音響波の初期音圧が大きいときに複数のトランステューサが出力した受信信号群にさらに大きな重みを加えてもよい。例えば、注目位置に照射された光のフルエンスが高いときに発生した音響波の受信信号群に大きな重みを加えてもよい。すなわち、受信信号群のデータに光量に応じた重みを加えてもよい。これにより、S/N 比の高い受信信号群の重みを大きくすることができる。そのため、このように加重した受信信号群を用いて再構成された注目位置の被検体情報の S/N 比についても高くすることができる。例えば、支持体と注目位置との相対位置に応じて決定された重みに、注目位置における光量をかけた値を重みとしてもよい。

20

【0072】

本実施形態のように半球の中心に向けてパルス光が照射されている場合には、半球の中心で発生する光音響波の音圧が相対的に高まる。この場合、半球の中心周辺については、光音響波の発生音圧が高い領域と発生した光音響波が高感度に受信される領域とが重なり合うため、再構成する際に大きな重み付けを行ってもよい。この理由から、光照射部 106 は複数のトランステューサの指向軸が集まる位置に向けてパルス光を照射してもよい。

【0073】

図 8A 及び 8B は、光射出口 108 から出るパルス光の様子と、ボクセル 501 から出た音響波がトランステューサ 201 に到達する様子を表した図である。ボクセル 501 以外の場所からも音響波が出ている場合があるが、図示は便宜上省略している。

30

【0074】

図 8A は、距離 s_j が小さい場合の図である。パルス光 601 がボクセル 501 に強く当たり、ボクセル 501 から強い音響波 602 が出ている。また、音響波 602 が各トランステューサ 201 に、ほぼ垂直の角度で入射している。そのため、各トランステューサ 201 では、取得されるボクセル 501 の被検体情報の定量性の向上に大きく寄与する受信信号が取得される。

【0075】

一方、図 8B は、距離 s_j が大きい場合の図である。パルス光 603 はボクセル 501 にはほとんど当たらず、ボクセル 501 からの音響波 604 は弱い。また、音響波 604 は多くのトランステューサ 201 に、受信面の垂直方向からは傾いて入射している。そのため、各トランステューサ 201 では、取得されるボクセル 501 の被検体情報の定量性の向上に大きく寄与しない受信信号が支配的に取得される。

40

【0076】

以上から、距離 s_j が小さいほどボクセル 501 の被検体情報の定量性の向上に大きく寄与する受信信号群が取得されているため、それらの受信信号群には大きな重み付けをしてもよいことが理解される。

【0077】

前述したように、支持体 202 の曲率中心の位置や複数のトランステューサ 202 の指向軸が集まる位置は、支持体 202 の位置から推定することができる。そのため、支持体

50

202と注目位置との位置関係を基準に重みを決定してもよい。

【0078】

本工程において、第1の測定部により測定された被検体の位置の情報と、第2の測定部により測定された支持体202の位置の情報とに基づいて重みを決定することにより、実際に光が照射されたときの支持体202と被検体との相対位置を精度よく把握することができる。そのため、光照射時の実際の状態に適した、支持体202と注目位置との相対位置に応じた重みを決定することができる。

【0079】

メインコントローラ104は、第1のメモリに記憶された複数の受信信号群のそれぞれの受信信号群に対してS335で決定された重みで重みづけする(ステップS345)。
10 そして、メインコントローラ104は、重みづけされた複数の受信信号群に基づいて注目位置における被検体情報を取得する(ステップS355)。

【0080】

ここで、ステップS345およびステップS355の具体例を説明する。再構成するボクセル(注目位置)の位置ベクトルを r 、再構成するボクセルの初期音圧を $p_0(r)$ 、トランスデューサ201の数をN、信号データ取得回数(光照射回数)をM、音響波の伝播経路の音速をcとする。また、j回目の光照射時の受信信号群のデータにかける重みを $w_j(1 \leq j \leq M)$ 、j回目の光照射時のi番目のトランスデューサの位置ベクトルを $d_{i,j}$ 、位置ベクトル $d_{i,j}$ で表される位置にあるトランスデューサで取得した時系列の受信信号のデータのうち時間 t' における信号強度を $p(d_{i,j}, t')$ とする。この場合、例えば、メインコントローラ104は、式(5)で表される計算式で被検体情報としての初期音圧を計算することができる。
20

【0081】

【数5】

$$p_0(r) = \sum_{j=1}^M \left(w_j \sum_{i=1}^N p \left(\mathbf{d}_{i,j}, t' = \frac{|\mathbf{d}_{i,j} - \mathbf{r}|}{c} \right) \right)$$

20

30

式(5)

【0082】

メインコントローラ104は、設定された全注目位置について被検体情報の取得が完了したか否かを判定する(ステップS365)。全注目位置について被検体情報の取得が完了していない場合、S315のステップに戻る。なお、全注目位置について既に完了しているステップについては再度実行しなくてもよい。すなわち、全注目位置について完了していないステップに戻ってもよい。式(5)は、あるひとつのボクセルが再構成される場合のみを表す。複数のボクセル(全注目位置)に対して同じ処理を繰り返すことで、任意の領域を再構成することができる。
40

【0083】

メインコントローラ104は、1回目からj回目のそれぞれの光照射時の受信信号群のデータに対して式(6)で表わされる計算式で初期音圧を計算した後に、それぞれの初期音圧を合成してもよい。

【0084】

【数6】

$$p_0(\mathbf{r}) = w_j \sum_{i=1}^N p\left(\mathbf{d}_{i,j}, t' = \frac{|\mathbf{d}_{i,j} - \mathbf{r}|}{c}\right)$$

式(6)

10

【0085】

すなわち、ステップS301からステップS303の工程を行う毎にステップS305の工程を行って被検体情報を取得してもよい。そして、ステップS305で得られた複数の被検体情報を合成することにより最終的な被検体情報を取得してもよい。重み付けを行う受信信号 $p(d_{i,j}, t')$ については、Xu, Minghua, and Li hong V. Wang. "Universal back-projection algorithm for photoacoustic computed tomography" Physical Review E 71.1 (2005) に記載されたように式(7)に示すように正値化された後に重み付けされてもよい。

【0086】

20

【数7】

$$b(\mathbf{d}_{i,j}, t') = 2p(\mathbf{d}_{i,j}, t') - 2t' \frac{\partial p(\mathbf{d}_{i,j}, t')}{\partial t}$$

式(7)

【0087】

30

ここで、 $b(d_{i,j}, t')$ は正値化された受信信号の強度である。なお、受信信号を正値化するアルゴリズムは式(7)に限らず、いかなる方法であってもよい。

【0088】

本実施形態では、支持体の曲率中心から等方的に画質が低下していく傾向に基づいた重みを説明したが、異なる傾向に基づいた重みを適用してもよい。トランステューサを完全な球面上に隙間なく配置することができない場合、高感度領域は複数のトランステューサの指向軸が集まる位置を中心とする球とはならない。この場合、複数のトランステューサの指向軸が集まる位置に対して、支持体から離れた領域よりも支持体に近い領域の方が、画質が高くなる傾向がある。すなわち、この場合、高感度領域は、複数のトランステューサの指向軸が集まる位置に対して、支持体から離れた領域よりも支持体に近い領域の方に広がっている傾向がある。

40

【0089】

この傾向を基に、メインコントローラは、複数のトランステューサの指向軸が集まる位置に対して、支持体から離れた領域に含まれる注目位置よりも支持体に近い領域に含まれる注目位置に大きな重みづけしてもよい。すなわち、複数のトランステューサの指向軸が集まる位置からの距離が同じ注目位置であっても、支持体から離れた領域に含まれる注目位置よりも支持体に近い領域に含まれる注目位置により大きな重みづけしてもよい。また、メインコントローラは、複数のトランステューサの指向軸が集まる位置よりも探触子側に位置する注目位置に最も大きな重み付けをしてもよい。また、メインコントローラは、複数のトランステューサの指向軸が集まる位置よりも支持体に近い所定の位置から注目位

50

置までの距離が近いほど大きな重みづけを行ってもよい。これらの場合も、支持体と注目位置との相対位置に基づいて重みづけを行うことができる。

【0090】

本実施形態によれば、複数のトランスデューサからの受信信号群に支持体と注目位置との位置関係に応じた一様な重み付けを加重することで、定量性、分解能が高い被検体情報を得ることができる。

【0091】

[第二の実施形態]

第二の実施形態に係る光音響装置のシステム構成、被検体情報取得処理は、第一の実施形態と同様である。本実施形態においては、第1のメモリに記憶された複数の受信信号群のデータから注目位置の再構成に用いる受信信号群を選択する。すなわち、複数の受信信号群の中から再構成に用いない信号群を選択する。このとき、再構成に用いない受信信号群に0の重みを加重してもよいし、その受信信号群を再構成時に読み出さなくてもよい。

10

【0092】

光音響イメージングにおいては、注目位置の画像を再構成するために用いる信号を以下のような観点に基づいて選択してもよい。

【0093】

注目位置の画像は、注目位置に指向性が向いているトランスデューサが出力した受信信号を用いて再構成してもよい。これにより、注目位置で発生した音響波を高感度に受信することができるため、注目位置で発生した音響波に対応する受信信号のS/N比を高くすることができる。そのため、その受信信号を用いて再構成された注目位置の画像強度のS/N比を高くすることができる。

20

【0094】

注目位置に音源が存在する場合、注目位置から全方位に等方的に音響波が伝搬する。そこで、注目位置から発生した音響波の多くの波数成分を受信することができるようトランスデューサを配置してもよい。これにより、画像を再構成するときに、再構成アーティファクトに対応するエネルギーが再構成画像の全体に分散されるため、局所的に再構成アーティファクトが現れることを抑制することができる。

【0095】

さらに、再構成アーティファクトが注目位置を中心として対称に現れるような位置でトランスデューサが音響波を受信してもよい。すなわち、注目位置を中心として点対称な位置でトランスデューサが音響波を受信してもよい。これにより、再構成アーティファクトについても注目位置を中心として点対称に現れる。その結果、再構成画像の全体に再構成アーティファクトに対応するエネルギーがより均一に分散するため、局所的に再構成アーティファクトがより現れにくくなる。

30

【0096】

あらゆる注目位置において、以上の観点に基づいた受信信号を用いて画像を再構成してもよい。これにより、再構成画像内のあらゆる注目位置において、注目位置の再構成像（シグナル成分）と再構成アーティファクト（ノイズ成分）とのコントラストが高くなる。

【0097】

本実施形態に係る光音響装置は、支持体と注目位置との相対位置に応じて、第1のメモリに記憶された複数の受信信号群から注目位置の被検体情報の取得に用いる受信信号群を決定する。すなわち、本実施形態に係る光音響装置は、支持体と注目位置との距離に応じて、第1のメモリに記憶された複数の受信信号群から注目位置の被検体情報の取得に用いない受信信号群を決定する。

40

【0098】

例えば、ステップS335において、本実施形態に係る重みは式(8)を用いて決定される。

【0099】

【数8】

$$w_j = \begin{cases} 1 & (s_j \leq d_{th}) \\ 0 & (s_j > d_{th}) \end{cases}$$

式(8)

10

【0100】

ここで、 d_{th} は高感度領域の半径である。すなわち、ボクセルは、そのボクセルが高感度領域に含まれてない時点で取得した受信信号群を計算に用いずに再構成する。閾値となっている高感度領域の範囲は式(1)から推定してもよい。

【0101】

本実施形態では、高感度領域の半径を閾値として、被検体情報の取得に用いる受信信号群を選択したが、閾値はこれに限らない。

【0102】

前述したように、高感度領域は、複数のトランステューサ201の指向軸が集まる位置を中心とする球とは限らない。高感度領域が、複数のトランステューサ201の指向軸が集まる位置に対して、支持体202から離れた領域よりも支持体202側の領域の方が大きい場合もあることを本発明者らは見出した。この場合、メインコントローラ104は、複数のトランステューサ201の指向軸が集まる位置に対して支持体202に近づく方向については、支持体202から離れる方向と比べて、より遠くに位置する注目位置まで再構成してもよい。メインコントローラ104は、複数のトランステューサ201の指向軸が集まる位置に対して支持体202から離れる方向については、支持体202に近づく方向に比べて、より近くに位置する注目位置までしか再構成しなくてよい。メインコントローラ104は、複数のトランステューサ201の指向軸が集まる位置から同じ距離であっても、支持体202に近づく方向に位置する注目位置は再構成し、支持体202から離れる方向に位置する注目位置は再構成しなくてよい。

20

30

【0103】

また、支持体202の位置を基準とした所定の領域までを再構成し、それ以外の領域を再構成しなくてもよい。すなわち、この所定の領域以外の領域に含まれる注目位置に対応する重みを0としてもよい。例えば、所定の領域としては、支持体に支持された複数のトランステューサの指向軸が集まる位置を中心とした球、円柱、四角柱などの領域を採用すればよい。この場合、複数のトランステューサの指向軸が集まる位置から所定の領域の外周までの距離を閾値としてもよい。上記したように、高感度領域が支持体202の方に広がっている場合、所定の領域の中心は複数のトランステューサの指向軸の集まる位置よりも支持体202側にオフセットしてもよい。所定の領域を決定するための形状、大きさ、位置などのパラメータについては、予め設定されていてよい。また、ユーザーが入力部103を用いて、所定の領域を決定するためのパラメータを閾値に関する情報として入力することにより、閾値が設定されてもよい。

40

【0104】

閾値は複数のトランステューサの指向軸が集まる位置から注目位置に向かう方向によって異なっていてよい。

【0105】

また、再構成されるボクセルに対する重みについては1に限らず、0以外の任意の重みを用いてよい。選択された再構成に用いる受信信号群に基づいて、UBPなどの従来技術に係る画像再構成アルゴリズムにしたがって被検体情報を取得することができる。すなわち、受信信号群のそれぞれの受信信号に対して、支持体202とボクセル501との相

50

対位置に応じた一律の重みで重みづけを行うとともに、複数のトランスデューサ 201 のそれぞれの位置とボクセル 501 との相対位置に応じた重みで重みづけを行ってもよい。

【0106】

このように複数の受信信号群の中から再構成に用いる受信信号群を選択することにより、被検体情報の取得のための計算量を低減することができる。これにより、被検体情報の取得に要する時間を短縮することができる。また、再構成するボクセルが高感度領域に含まれていないときに取得された受信信号群は、高感度に受信することのできなかった受信信号群であるため、この受信信号群を被検体情報の取得に用いると被検対情報の定量性が低減する可能性がある。そこで、この受信信号群を被検体情報の取得に用いないことにより、取得される被検体情報の定量性、分解能を向上させることができる。

10

【0107】

[変形例]

上記の実施形態は本発明を説明する上での例示であり、本発明は、発明の趣旨を逸脱しない範囲で上記の実施形態を適宜変更または組み合わせて実施することができる。

【0108】

また、本発明を適用することのできる再構成処理は上記の計算式を用いた処理に限らず、他のタイムドメイン再構成も適用することができる。また、同様にフーリエドメイン再構成やモデルベース再構成にも本発明は適用可能である。

【0109】

[その他の実施形態]

20

本発明の実施形態は、記憶媒体（例えば、非一時的なコンピュータ読み取り可能な記憶媒体）に記録されて本発明の上記実施形態のうち一またはそれ以上の機能を実行するコンピュータ実行可能な指示を、読み出して実行するシステムまたは装置のコンピュータによって、及びそのシステムまたは装置のコンピュータにより実行される方法によって、例えば、上記実施形態のうち一またはそれ以上の機能を実行するコンピュータ実行可能な指示を記憶媒体から読み出して実行することによっても、実現可能である。コンピュータは、CPU、MPU、またはその他の回路のうち一またはそれ以上を含んでもよく、別々のコンピュータまたは別々のコンピュータプロセッサのネットワークを含んでもよい。コンピュータ実行可能な指示は、例えばネットワークまたは記憶媒体からコンピュータに与えられてもよい。記憶媒体は、例えば、ハードディスク、RAM、ROM、分散型コンピューティングシステムの記憶装置、光学ディスク（CD、DVD、ブルーレイディスク（登録商標）など）、フラッシュメモリ装置、メモリカード等のうち一またはそれ以上を含んでもよい。

30

【0110】

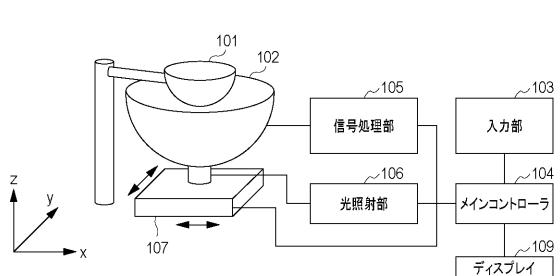
例示的な実施形態に基づいて本発明を述べてきたが、本発明は開示された例示的な実施形態に限定されないことを理解されたい。下記の請求項の範囲は、あらゆる変形例及び同等の構成と機能を包含するように最も広く解釈されるべきである。

【0111】

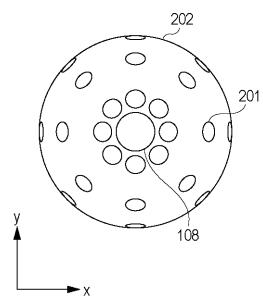
本出願は、2014年5月14日に出願された米国特許出願第61/992983号の利益を主張するものであり、その全内容は参照することにより本出願に組み込まれる。

40

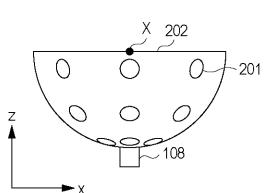
【図1】



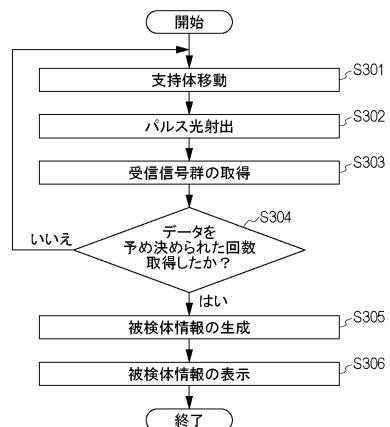
【図2 A】



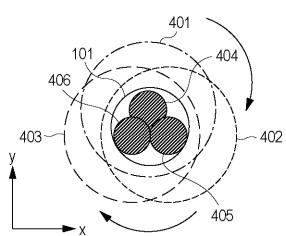
【図2 B】



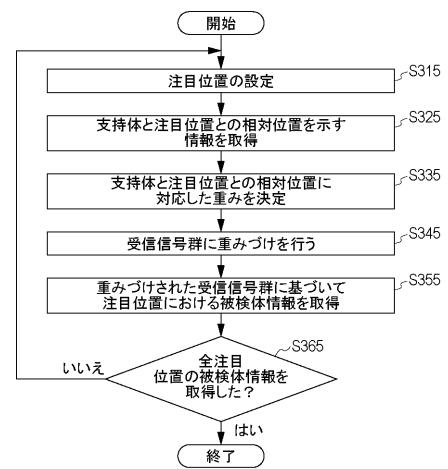
【図3】



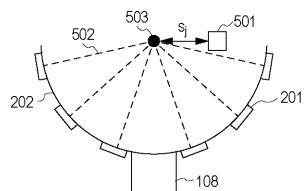
【図4】



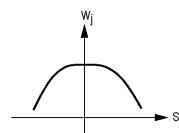
【図5】



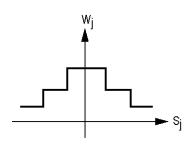
【図6】



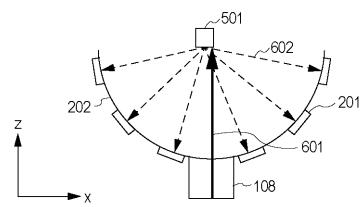
【図7A】



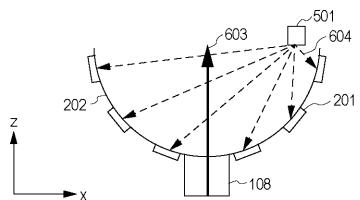
【図 7 B】



【図 8 A】



【図 8 B】



フロントページの続き

(72)発明者 大山 賢司
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
(72)発明者 岡 一仁
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

審査官 後藤 順也

(56)参考文献 特開2013-215236 (JP, A)
特開2012-179348 (JP, A)
特開2013-154045 (JP, A)
特開2012-071090 (JP, A)
中国特許出願公開第103079474 (CN, A)
特開2012-066078 (JP, A)
国際公開第2009/110028 (WO, A1)
米国特許出願公開第2003/0159498 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 8 / 00 - 8 / 15
A 61 B 5 / 00