

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6598667号
(P6598667)

(45) 発行日 令和1年10月30日(2019.10.30)

(24) 登録日 令和1年10月11日(2019.10.11)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 8/13 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 8/13 Z DM

請求項の数 16 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2015-246618 (P2015-246618)
 (22) 出願日 平成27年12月17日 (2015.12.17)
 (65) 公開番号 特開2017-108970 (P2017-108970A)
 (43) 公開日 平成29年6月22日 (2017.6.22)
 審査請求日 平成30年12月6日 (2018.12.6)

(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 110002860
 特許業務法人秀和特許事務所
 (74) 代理人 100085006
 弁理士 世良 和信
 (74) 代理人 100100549
 弁理士 川口 嘉之
 (74) 代理人 100131532
 弁理士 坂井 浩一郎
 (74) 代理人 100125357
 弁理士 中村 剛
 (74) 代理人 100131392
 弁理士 丹羽 武司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】被検体情報取得装置およびその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光を照射された測定対象から伝搬する音響波を受信して電気信号に変換する複数の振動子と、

前記複数の振動子の少なくとも一部の振動子の指向軸が集まるように前記複数の振動子が配置された探触子と、

前記複数の振動子の位置に関する位置情報を取得する位置情報取得部と、

前記電気信号と、前記位置情報とに基づいて、前記測定対象の特性情報を取得する特性情報取得部と、

を有し、

前記位置情報取得部は、

点音源が、当該点音源と前記探触子が所定の相対位置となるような第一の位置に設置された場合の、前記第一の位置と前記複数の振動子のそれぞれの間の距離である第一のデータ群を取得し、

前記測定対象が前記点音源であるときに、前記点音源から実際に伝搬した前記音響波に由来する前記電気信号に基づいて、前記点音源と前記複数の振動子のそれぞれの間の距離である第二のデータ群を算出し、

前記第一のデータ群および前記第二のデータ群に基づいて前記位置情報を算出することを特徴とする被検体情報取得装置。

【請求項 2】

10

20

前記特性情報取得部は、前記複数の振動子それぞれが output した前記電気信号を、前記複数の振動子それぞれの位置の設計値からのはずれに基づいて校正することを特徴とする請求項 1 に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 3】

前記位置情報取得部は、前記位置情報に基づいて前記点音源を前記第一の位置に移動させ、前記第一の位置にある前記点音源に関する前記第二のデータ群を取得し、

前記特性情報取得部は、前記第一の位置にある前記点音源に関する前記第二のデータ群を前記校正に用いる

ことを特徴とする請求項 2 に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 4】

前記点音源を支持する治具をさらに有し、

前記位置情報取得部は、前記治具と前記探触子の相対位置を変化させることにより前記点音源を移動させる

ことを特徴とする請求項 3 に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 5】

前記特性情報取得部は、前記測定対象の単位領域ごとに、前記複数の振動子から出力された前記電気信号から、前記音響波の媒質の音速、および、前記複数の振動子と前記単位領域の距離に基づいて、前記単位領域に対応するデータを選択して加算することで前記単位領域の特性情報を取得するものであり、

前記複数の振動子と前記単位領域の距離は、前記第二のデータ群に基づいて校正されたものである

ことを特徴とする請求項 2 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 6】

前記第一の位置は、前記複数の振動子の指向軸が集まる位置である

ことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 7】

前記探触子は、内周面に前記複数の振動子が配置された半球状の部材であり、

前記第一の位置は、前記半球状の探触子の曲率中心点である

ことを特徴とする請求項 6 に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 8】

前記点音源は、光を照射されて音響波を発生させる球状の部材、または、音響波を送信する音響トランスデューサである

ことを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 9】

光を照射された測定対象から伝搬する音響波を受信して電気信号に変換する複数の振動子と、

前記複数の振動子の少なくとも一部の振動子の指向軸が集まるように前記複数の振動子が配置された探触子と、

前記複数の振動子の位置に関する位置情報を取得する位置情報取得部と、

特性情報取得部と、

を有する被検体情報取得装置の制御方法であって、

前記位置情報取得部が、点音源が、当該点音源と前記探触子が所定の相対位置となるような第一の位置に設置された場合の、前記第一の位置と前記複数の振動子のそれぞれの間の距離である第一のデータ群を取得するステップと、

前記位置情報取得部が、前記測定対象が前記点音源であるときに、前記点音源から実際に伝搬した前記音響波に由来する前記電気信号に基づいて、前記点音源と前記複数の振動子のそれぞれの間の距離である第二のデータ群を算出するステップと、

前記位置情報取得部が、前記第一のデータ群および前記第二のデータ群に基づいて前記位置情報を算出するステップと、

前記特性情報取得部が、前記電気信号と、前記位置情報とにに基づいて、前記測定対象の

10

20

30

40

50

特性情報を取得するステップと、
を有することを特徴とする被検体情報取得装置の制御方法。

【請求項 10】

前記特性情報取得部が、前記複数の振動子それぞれが出力した前記電気信号を、前記複数の振動子それぞれの位置の設計値からのはずれに基づいて校正するステップ
をさらに有することを特徴とする請求項 9 に記載の被検体情報取得装置の制御方法。

【請求項 11】

前記位置情報取得部が、前記位置情報に基づいて前記点音源を前記第一の位置に移動させ、前記第一の位置にある前記点音源に関する前記第二のデータ群を取得するステップと
10
—
前記特性情報取得部が、前記第一の位置にある前記点音源に関する前記第二のデータ群を前記校正に用いるステップと、

をさらに有することを特徴とする請求項 10 に記載の被検体情報取得装置の制御方法。

【請求項 12】

前記被検体情報取得装置は、前記点音源を支持する治具をさらに有し、
前記位置情報取得部が、前記治具と前記探触子の相対位置を変化させることにより前記点音源を移動させるステップ
20
をさらに有することを特徴とする請求項 11 に記載の被検体情報取得装置の制御方法。

【請求項 13】

前記特性情報取得部は、前記測定対象の単位領域ごとに、前記複数の振動子から出力された前記電気信号から、前記音響波の媒質の音速、および、前記複数の振動子と前記単位領域の距離に基づいて、前記単位領域に対応するデータを選択して加算することで前記単位領域の特性情報を取得するものであり、

前記複数の振動子と前記単位領域の距離は、前記第二のデータ群に基づいて校正されたものである
ことを特徴とする請求項 10 ないし 12 のいずれか 1 項に記載の被検体情報取得装置の制御方法。

【請求項 14】

前記第一の位置は、前記複数の振動子の指向軸が集まる位置である
ことを特徴とする請求項 9 ないし 13 のいずれか 1 項に記載の被検体情報取得装置の制御方法。

30

【請求項 15】

前記探触子は、内周面に前記複数の振動子が配置された半球状の部材であり、
前記第一の位置は、前記半球状の探触子の曲率中心点である
ことを特徴とする請求項 14 に記載の被検体情報取得装置の制御方法。

【請求項 16】

前記点音源は、光を照射されて音響波を発生させる球状の部材、または、音響波を送信する音響トランスデューサである
ことを特徴とする請求項 9 ないし 15 のいずれか 1 項に記載の被検体情報取得装置の制御方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被検体情報取得装置およびその制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、光音響イメージングを利用して被検体内を画像化する研究が行われている。光音響イメージングの1つに Photoacoustic Tomography (PAT: 光音響トモグラフィー) がある。

【0003】

光源から発生したパルス光を被検体に照射すると、光エネルギーを吸収した被検体内部の組織から音響波が発生する。この現象を光音響効果と呼ぶ。この発生した音響波を被検体の周囲に複数配置された振動子によって検出する。そして、その受信信号を信号処理することで被検体内の情報を取得できる。これが光音響トモグラフィーによるイメージングの原理である。

【0004】

例えば、ヘモグロビンの吸収が大きい近赤外光をパルス光に用いる場合、被検体内のヘモグロビンすなわち血液の存在する個所をイメージングできる。血管イメージング結果の悪性腫瘍の診断などへの利用が期待されている。

【0005】

光音響トモグラフィーによるイメージングの例として、特許文献1には、光の照射領域と音響波を受信する振動子を移動させながら被検体からの音響波を受信し、被検体情報を再構成する手法が示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許第5840023号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

複数の振動子で受信された受信信号を用いて画像再構成をする際に、注目位置と各振動子との距離を基に処理が行われる。しかし、再構成画像の解像度に影響しないように複数の振動子を探触子上に精度よく機械的に配置することは難しい。そのため、機械的な配置精度による誤差で、再構成画像の解像度が劣化するという問題がある。

【0008】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものである。本発明の目的は、複数の振動子の位置を、振動子の受信信号を用いて精度よく校正することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、以下の構成を採用する。すなわち、

光を照射された測定対象から伝搬する音響波を受信して電気信号に変換する複数の振動子と、

前記複数の振動子の少なくとも一部の振動子の指向軸が集まるように前記複数の振動子が配置された探触子と、

前記複数の振動子の位置に関する位置情報を取得する位置情報取得部と、

前記電気信号と、前記位置情報とに基づいて、前記測定対象の特性情報を取得する特性情報取得部と、

を有し、

前記位置情報取得部は、

点音源が、当該点音源と前記探触子が所定の相対位置となるような第一の位置に設置された場合の、前記第一の位置と前記複数の振動子のそれぞれの間の距離である第一のデータ群を取得し、

前記測定対象が前記点音源であるときに、前記点音源から実際に伝搬した前記音響波に由来する前記電気信号に基づいて、前記点音源と前記複数の振動子のそれぞれの間の距離である第二のデータ群を算出し、

前記第一のデータ群および前記第二のデータ群に基づいて前記位置情報を算出することを特徴とする被検体情報取得装置である。

【0010】

本発明はまた、以下の構成を採用する。すなわち、

光を照射された測定対象から伝搬する音響波を受信して電気信号に変換する複数の振動

10

20

30

40

50

子と、

前記複数の振動子の少なくとも一部の振動子の指向軸が集まるように前記複数の振動子が配置された探触子と、

前記複数の振動子の位置に関する位置情報を取得する位置情報取得部と、

特性情報取得部と、

を有する被検体情報取得装置の制御方法であって、

前記位置情報取得部が、点音源が、当該点音源と前記探触子が所定の相対位置となるような第一の位置に設置された場合の、前記第一の位置と前記複数の振動子のそれぞれの間の距離である第一のデータ群を取得するステップと、

前記位置情報取得部が、前記測定対象が前記点音源であるときに、前記点音源から実際に伝搬した前記音響波に由来する前記電気信号に基づいて、前記点音源と前記複数の振動子のそれぞれの間の距離である第二のデータ群を算出するステップと、

前記位置情報取得部が、前記第一のデータ群および前記第二のデータ群に基づいて前記位置情報を算出するステップと、

前記特性情報取得部が、前記電気信号と、前記位置情報とに基づいて、前記測定対象の特性情報を取得するステップと、

を有することを特徴とする被検体情報取得装置の制御方法である。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、複数の振動子の位置を、振動子の受信信号を用いて精度よく校正することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】被検体情報取得装置を示す模式図

【図2】被検体情報取得装置における被検体情報取得のフロー図

【図3】校正データ取得のフロー図

【図4】校正データ取得時における仮想点音源と複数の振動子の概略図

【図5】校正データ取得時における点音源と複数の振動子の概略図

【図6】半球状の探触子の模式図

【図7】校正前と校正後の再構成画像の比較

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下に図面を参照しつつ、本発明の好適な実施の形態について説明する。ただし、以下に記載されている構成部品の寸法、材質、形状およびそれらの相対配置などは、発明が適用される装置の構成や各種条件により適宜変更されるべきものである。よって、この発明の範囲を以下の記載に限定する趣旨のものではない。

【0014】

本発明は、被検体から伝搬する音響波を検出し、被検体内部の特性情報を生成し、取得する技術に関する。よって本発明は、被検体情報取得装置またはその制御方法、あるいは被検体情報取得方法や信号処理方法として捉えられる。本発明はまた、これらの方法をCPUやメモリ等のハードウェア資源を備える情報処理装置に実行させるプログラムや、そのプログラムを格納した記憶媒体としても捉えられる。

【0015】

本発明の被検体情報取得装置には、被検体に光（電磁波）を照射することにより被検体内で発生した音響波を受信して、被検体の特性情報を画像データとして取得する光音響効果を利用した装置を含む。この場合、特性情報とは、光音響波を受信することにより得られる受信信号を用いて生成される、被検体内の複数位置のそれぞれに対応する特性値の情報である。

【0016】

光音響測定により取得される特性情報は、光エネルギーの吸収率を反映した値である。

10

20

30

40

50

例えば、光照射によって生じた音響波の発生源、被検体内の初期音圧、あるいは初期音圧から導かれる光エネルギー吸収密度や吸収係数、組織を構成する物質の濃度や量を含む。また、物質濃度として酸化ヘモグロビン濃度と還元ヘモグロビン濃度を求ることにより、酸素飽和度分布を算出できる。また、総ヘモグロビン濃度、グルコース濃度、コラーゲン濃度、メラニン濃度、脂肪や水の体積分率なども求められる。

【0017】

被検体内の各位置の特性情報に基づいて、二次元または三次元の特性情報分布が得られる。分布データは画像データとして生成され得る。特性情報は、数値データとしてではなく、被検体内の各位置の分布情報として求めてよい。すなわち、初期音圧分布、エネルギー吸収密度分布、吸収係数分布や酸素飽和度分布などの分布情報である。

10

【0018】

本発明でいう音響波とは、典型的には超音波であり、音波、音響波と呼ばれる弾性波を含む。探触子等により音響波から変換された電気信号を音響信号とも呼ぶ。ただし、本明細書における超音波または音響波という記載は、それらの弾性波の波長を限定する意図ではない。光音響効果により発生した音響波は、光音響波または光超音波と呼ばれる。光音響波に由来する電気信号を光音響信号とも呼ぶ。

【0019】

以下の記載や図面において、原則として同一の構成要素には同一の符号を付し、細かい説明は省略する。以下の記載においては、被検体情報取得装置の一例として、被検体内部の特性情報を取得し、画像データを生成可能な光音響装置について説明する。

20

【0020】

(装置構成)

図1は本実施形態における被検体情報取得装置の装置構成概略図である。本実施形態の被検体情報取得装置は、探触子102、音響波を受信する複数の振動子103、信号受信部104、信号処理部105、位置制御部106、光源107、システム制御部109、特性情報取得部110、表示部111を備える。

【0021】

被検体101は測定対象である。本発明の被検体情報取得装置は生体の悪性腫瘍や血管疾患を診断することを目的としている。したがって、測定対象としては人の乳房などの生体が想定される。また、装置性能の確認などでは生体特性を模擬したファントムも測定対象として想定される。生体の特性とは音響特性と光学特性のことを表わす。さらに後述する振動子位置の校正の際に用いられる点音源も測定対象に含まれる。

30

【0022】

被検体101は保持部112によって保持されている。保持部112は取り付け部113に取り付けられている。保持部112は測定対象によってサイズや形状を変更してもよい。また保持部112を取り付けないで測定することも可能である。保持部112は光や音響波を透過する特性を持つことが望ましい。被検体101が乳房の場合、伏臥位の被検者を支持する寝台に乳房を挿入するための開口を設けて、開口から下方に垂らされた乳房を測定するとよい。

【0023】

探触子102は、半球状の支持体の内周面に複数の振動子103が配置された構成である。振動子103の例としては、圧電現象を利用した圧電素子などの変換素子、CMUTなどの静電容量型の変換素子がある。ただし変換素子の方式に制限はない。保持部112と被検体の間や、保持部112と探触子102の間には、音響インピーダンスを整合させるための音響整合材を配置することが好ましい。音響整合材としては水、超音波ジェル、ひまし油などがある。

40

【0024】

複数の振動子103の受信感度が高い方向が集まる領域を高解像度化できる。このような領域を本明細書では高感度領域と呼ぶ。振動子103は、一般的に、受信面の法線方向で最も感度が高い。この方向を指向軸と呼ぶ。この指向軸が集まる領域が高感度領域であ

50

り、図1のような半球状の探触子では、半球の曲率中心周辺が高感度領域となる。

【0025】

また、探触子102の形状は半球状に限定されない。全ての振動子103の指向軸が平行にはならない場合（すなわち、複数の振動子103の指向軸の少なくとも一部が集まる場合）、高感度領域が形成される。したがって、探触子102は、球冠状、球帶状、橢円体の一部、または、平面または曲面の組み合わせ、などの形状でもよい。

【0026】

光源107はパルス光を発生させる。光源107はシステム制御部109からの制御信号を受けてパルス光を発生する。光音響効果によって音響波を発生させるには、パルス幅100nsec程度のパルスが用いられる。光の波長としては600～1000nm程度が望ましい。レーザの種類としては、Nd:YAGレーザやアレクサンンドライトレーザ、Ti:salレーザなどが用いられる。また、半導体レーザでもよい。また、光源107としてフラッシュランプや発光ダイオードを用いてもよい。波長可変レーザを用いたり、波長が互いに異なる複数のレーザを用いたりすることで、物質ごとの波長吸収スペクトルの違いを利用した測定（例えば酸素飽和度測定）が可能になる。10

【0027】

光源107で発生させたレーザ光は光学系108を伝送して被検体101に照射される。光学系108としてはレンズやプリズム、ミラー、光ファイバなどが用いられる。

【0028】

信号受信部104は複数の振動子103の受信信号を増幅する信号増幅機、アナログの電気信号をデジタル電気信号に変換するA/D変換機を含む。生成されたデジタル電気信号は特性情報取得部110へ出力される。信号受信部104は、光学系108からの同期信号をトリガーに動作を開始する。測定対象が光音響波を発生させるものである場合、光源制御に関する同期信号や、光センサが照射光を検知して出力する信号をトリガーにする。20

【0029】

信号処理部105は受信信号から振動子位置の校正処理を行い、その結果の校正データを特性情報取得部110へ出力する。もしくは保持している校正データを特性情報取得部110へ出力する。信号処理部105の処理フローについては、後の（校正データ取得のフロー）で詳細を述べる。信号処理部105や、後述する位置制御部106、特性情報算出部110などは、処理回路や情報処理装置で構成できる。情報処理装置としては、CPUやメモリ等の演算資源を備え、プログラムの指示に従って動作するPCやワークステーションが好適である。各ブロックは、同一の情報処理装置で動作するモジュールとして構成されてもよいし、物理的に別々に構成されてもよい。信号処理部は、本発明の位置情報取得部として機能する。30

【0030】

位置制御部106は探触子102を移動させることにより、複数の振動子103と被検体101の相対位置を変化させる。これにより、複数の振動子103が形成する高感度領域が被検体内部で移動する。その結果、取得した被検体情報画像内の感度のばらつきが軽減する。この探触子102の移動は、2次元方向でもよいし、3次元方向でもよい。探触子102を移動させる構成として例えば、ボールねじやアクチュエータを備え、プログラムされた軌跡で移動するXYステージを利用できる。40

【0031】

システム制御部109は、被検体情報取得装置に含まれる各ブロックと情報をやり取りして、それぞれの動作タイミングや動作内容を統合的に制御する。

【0032】

特性情報取得部110は、信号受信部104から出力された受信信号を用いて画像再構成を行い、特性情報を算出する。画像再構成の手法としてはUniversal Back Projection(UBP)やFiltered Back Projection(FBP)、整相加算などの公知の再構成手法が用いられる。

【0033】

50

表示部 111 は、特性情報取得部 110 によって生成された被検体情報を表示する。また、操作者が装置を操作するのに必要な UI も表示される。表示部 111 としては液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイなど、任意の表示装置を利用できる。表示部 111 は、被検体情報取得装置と一緒に提供されてもよいし、別体でもよい。

【0034】

(点音源)

本発明の点音源は、所定の位置に設置され、任意のタイミングで音響波を発生させる。良好な校正のためには、等方的に音響波を送信できる部材が好ましい。例えば、光の照射を受けて光音響波を発生させる球状の部材を利用できる。材質としては、球の加工精度(真球度)を高めやすく、かつ音響波発生効率が高いものが好ましい。例えば金属球の表面を塗料で黒くコーティングした部材が好適である。他に、樹脂、ゴム、カーボンなども利用できる。なお、音響波を等方的に送信できるのであれば、点音源として音響トランスデューサを用いてもよい。

10

【0035】

点音源を所定の位置に設置する際には、点音源を糸や針金でぶら下げて支持する治具を用いるとよい。治具または探触子の少なくともいずれか一方を移動させることで、点音源と探触子の相対位置を変化させられる。光音響効果を利用する点音源であれば、光を照射することで音響波が発生する。

【0036】

(被検体情報取得のフロー)

20

以下、図 2 を参照して、被検体情報取得のフローを説明する。

ステップ S201 では、操作者が被検体情報の取得のために必要なレーザや探触子位置制御などのパラメータを設定する。

ステップ S202 では、ステップ S201 で設定された探触子位置制御に関するパラメータを基に、位置制御部 106 が探触子を指定の位置へ移動させる。複数位置での撮像を設定した場合には 1 つめの指定位置へ移動する。

【0037】

ステップ S203 では、ステップ S201 で設定されたレーザに関するパラメータを基に、パルス光を照射する。パルス光は光学系 108 を伝送して被検体 101 へ照射され、被検体 101 から音響波が発生する。光学系 108 はパルス光の伝送と同時に信号受信部 104 へ同期信号を送信する。これにより信号受信部 104 は受信動作を開始するため、被検体 101 からの音響波に基づく電気信号が受信される。受信された音響波に由来するアナログ電気信号は、信号増幅機と A/D 変換機により、増幅されたデジタル電気信号へと変換され、特性情報取得部 110 へ出力される。

30

【0038】

ステップ S204 では、所定の範囲の画像データを生成するために必要な撮像がすべて完了したかどうかの判断がなされる。所定の範囲は、ユーザーの指定や予め設定された値により決定される。撮像が完了していない場合は、次の指定位置への移動を行い、音響波の取得を繰り返す。

【0039】

40

ステップ S205 では、特性情報取得部 110 が、取得した受信信号、レーザや探触子位置制御の情報から画像再構成を行い、被検体情報を示す画像データを生成する。典型的な画像再構成においては、被検体内部の単位領域ごとに各振動子の受信信号が合計され、初期音圧が求められる。このとき媒体の音速と、単位領域から振動子までの距離に基づき、受信信号中から適切な検出時間のデジタル信号が選択される。よって、単位領域から振動子までの距離が正確であればあるほど、画像再構成の精度が上がる。逆に、振動子の位置が、製造時の精度、各振動子の電気的特性によって生じる信号の遅れ、経時変化、などによって設計値からずれている場合、校正データを用いて適切なデータを選択することが必要となる。そして各単位領域の初期音圧に基づいて初期音圧分布が求められる。初期音圧分布、吸収係数分布、酸素飽和度分布などの形で生成された被検体情報は、表示部 11

50

1に表示される。

【0040】

(点音源を用いる校正データ取得について)

振動子位置の校正是、装置の組み立て時や定期的なメンテナンス時に行うことが望ましい。本発明で校正とは、各振動子103の設計値からのズレを測定し、校正データとして保存しておき、画像再構成時の補正に用いることを言う。校正は例えば、装置の製造時、出荷時、定期点検時に行われる。

【0041】

校正データ取得の際は、まず初めに、点音源を半球状の探触子102の特異相対位置に設置する。特異相対位置とは、あらかじめ複数の振動子103の極座標の偏角が分かっている位置や、複数の振動子103の指向軸が集まる位置である。半球状の探触子102の場合、特異相対位置の1つとして曲率中心点がある。

10

【0042】

点音源から音響波が発生すると、複数の振動子103が、媒質内を伝搬する音響波を受信して受信信号を出力する。そして信号処理部110は、受信信号から点音源に由来する成分を検出することで、点音源から複数の振動子103それまでの距離を算出する。距離算出方法としては、時系列的な受信信号の強度の立ち上がりを検出する方法や、所定の閾値を越えた強度を検出する方法がある。音響波の発生から点音源由来成分の検出までに経過した時間と、音響波の媒質(例えば音響整合材)の音速とを用いて距離を算出できる。

20

【0043】

この各振動子の距離情報に基づいて校正データが取得できる。校正データは、受信信号に基づいて画像再構成を行うときに、振動子ごとに用いられる。校正データを用いることにより、再構成対象の単位領域(ピクセルまたはボクセル)と振動子の距離が正確に取得できるので、時系列のデジタル信号から最適なデータを選択可能になる。

【0044】

校正データは、任意の形式でメモリ等に保持する。例えば、探触子がホームポジションにあるときの各振動子の設計上の位置情報が、装置に設定されたXYZ座標系または極座標系における座標値として保持されているものとする。この場合、校正データは、設計値からのズレ量として保持される。またはメモリ上の座標値を上書きしてもよい。または校正日時と合わせてズレ量または座標値をバージョン管理してもよい。あるいは、実測された各振動子の、座標系における座標値を保持してもよい。

30

【0045】

しかし、点音源を探触子102の曲率中心点に配置することは容易ではない。点音源の設置方法としては治具を用いるが、設置の精度を知ることは難しい。その結果、再構成画像の解像度低下につながる。そこで本発明では、上記のように複数の振動子103の受信信号を用いて点音源の位置を取得する。位置制御部106は、その位置情報を基に点音源と探触子102の相対位置を変化させ、曲率中心点まで移動させる。これにより点音源が望ましい位置に設置できる。

【0046】

40

(振動子位置の校正データ取得のフロー)

以下に、図3を参照して、振動子位置の校正データ取得のフローを説明する。ここで、図4は、仮想点音源401が半球状の探触子102の曲率中心位置付近のある位置(x、y、z)に配置されたと仮定したシミュレーションの様子を示す。

【0047】

ステップS301では、図4のように仮定した場合の、仮想点音源401と複数の振動子103の距離R_n(x、y、z)を計算する。nは1からNまでとし、Nは複数の振動子103の数を表す。この距離を算出する際の複数の振動子103の位置には、機械設計値(すなわち校正前の振動子位置情報)を用いる。この(x、y、z)を曲率中心位置付近で変更し、それぞれの距離R_n(x、y、z)を計算する。複数位置(x、y、z)の

50

ピッチを細かくし、範囲を広くすることで点音源位置の推定精度が向上する。

【0048】

この距離 $R_n(x, y, z)$ は計算して保持しておいてもよいし、後述するステップ S 304 の計算を行う際に随時計算してもよい。各振動子と仮想点音源との距離は、本発明の第一のデータ群に相当する。第一のデータ群は、校正に先立って予めメモリに格納しておいてもよい。また、探触子の経時的な変形の影響を低減するための校正の場合は、前回の校正処理により取得された各振動子の位置に基づいて、新たな第一のデータ群を取得してもよい。

【0049】

ステップ S 302 では、図 5 に示されるように、実際の被検体情報取得装置において、点音源 501 を半球状の探触子 102 の曲率中心点付近に設置する。

10

【0050】

ステップ S 303 では、実際の点音源 501 から音響波を伝搬させる。図 5 に示されるように、複数の振動子 103 のそれぞれが音響波を受信して受信信号を出力する。特性情報取得部 110 は、受信信号を用いて点音源 501 から複数の振動子 103 までの距離 r_n を算出する。n は 1 から N までとし、N は複数の振動子 103 の数を表す。ここでは、受信信号の立ち上がりを検出することで、距離 r_n を算出する。この際、点音源 501 の球径を考慮することが好ましい。また、複数の振動子 103 や信号受信部 104 などの受信に関する遅延量も考慮する。さらに、算出距離精度向上のために受信信号を補間処理してもよい。実際の点音源と各振動子の距離を示す情報は、本発明の第二のデータ群に相当する。

20

【0051】

ステップ S 304 では、特性情報取得部 110 は、仮想点音源 401 と各振動子 103 の間の距離 $R_n(x, y, z)$ と、点音源 501 から各振動子 103 までの距離 r_n の差の 2 乗が最小となる (x, y, z) を算出する。そして、その位置を点音源 501 の設置位置の推定結果とする。すなわち以下の式 (1) の $d(x, y, z)$ が最小となる (x, y, z) を算出する。

【数1】

$$d(x, y, z) = \sum_{n=1}^N (R_n(x, y, z) - r_n)^2 \quad \dots (1)$$

30

【0052】

ステップ S 305 では、推定された点音源 501 の位置を基に、点音源 501 が曲率中心点から所定の誤差内に配置されているかを判定する。点音源 501 が中心から所定の誤差以上離れた位置にある場合は、ステップ S 306 に移行する。誤差が所定よりも小さい場合はステップ S 307 に移行する。

【0053】

ステップ S 306 では、図 5 に示されるように、ステップ S 304 で推定された点音源 501 の位置から曲率中心点までの誤差分だけ、点音源 501 と探触子 102 の相対位置を変化させる。この相対位置の変化は点音源 501 を移動させてもよいし、探触子 102 の位置を移動させてもよい。

40

【0054】

ステップ S 307 では、点音源 501 から複数の振動子 103 までの距離 r_n を、探触子 102 の曲率中心点から複数の振動子 103 までの距離として振動子位置の校正データを作成し、保持する。

【0055】

この校正データ取得に用いた点音源は、本発明の第一のデータ群および第二のデータ群を用いて算出された位置情報に基づいて、適切に配置されたものである。したがって、上記手法で得られた校正データを用いて振動子位置の誤差を補正し、画像再構成を行うこと

50

で、高解像度な被検体情報を生成できる。また、このように複数の振動子 103 の受信信号を用いて振動子位置を校正することで、振動子の物理的な位置だけでなく、受信回路の特性のばらつきなども補正することができる。

【0056】

(実施例)

以下、より詳細な実施例を説明する。探触子 102 は、512 個の複数の振動子 103 が半球状支持体の内周面に配置された部材である。複数の振動子 103 は 1.5 mm の振動子とする。図 6 は、探触子の平面模式図である。複数の振動子 103 は半球上で 3 次元スパイラルを形成する。振動子配置の座標系は、曲率中心点を原点とした極座標系の半径 r 、極角 θ 、方位角 ϕ と、直交座標系 x 、 y 、 z で定義されている。

10

【0057】

ここで、各振動子と曲率中心点との距離は、機械設定値から ± 0.1 mm の範囲でランダムに誤差を持っているものとする。したがって、極座標系の半径 r の方向にも、 ± 0.1 mm の範囲の誤差を持っている。これは、各振動子と曲率中心点との間の距離が、設計値から ± 0.1 mm の誤差を持つことに相当する。なお探触子 102 が走査可能な場合、探触子 102 が寝台の開口の直下にある場合をホームポジションとして、この位置で点音源を用いた校正を行う。

【0058】

(比較例)

本実施例では、0.1 mm の球形をした測定対象を曲率中心点付近に設置した状態で、光出射部 601 からパルスを照射する。信号受信部のサンプリング周波数は 40 MHz とする。各振動子が受信した光音響波の時間軸は、測定対象と各振動子間の媒質の音速から距離に換算される。そして特性情報取得部が、振動子配置の機械設計値（すなわち校正前の各振動子の位置座標）を基に、受信した音響波を逆投影する UBP 法によって初期音圧分布を再構成する。

20

【0059】

図 7 (a) は、再構成された点音源像である。点音源像の半值幅は 0.25 mm となる。この結果には、各振動子と曲率中心点との距離が機械設定値から ± 0.1 mm の誤差を持っていることに起因する解像度の低下が含まれている。

【0060】

(本発明の手法と効果)

この解像度の低下を、振動子（探触子）の位置情報に基づいて校正データを作成し、画像再構成に用いることで改善する。振動子位置の校正には 1.5 mm の点音源を用いる。そして、上記の振動子位置の校正データ取得のフローに従って、点音源を半球状の探触子の曲率中心点に移動させる。この際の信号受信部のサンプリング周波数も、上の比較例と同様に、40 MHz とする。また、 $R_n(x, y, z)$ を算出する際の (x, y, z) のピッチは 0.01 mm とする。

30

【0061】

以上の条件で、各振動子の受信信号から曲率中心点と各振動子間の距離を算出する。具体的には、受信信号の立ち上がり位置から取得できる伝搬時間と、点音源と各振動子間の媒質の音速から、曲率中心点と想定される位置から各振動子までの距離を算出する。距離算出の際には、点音源の球径、各振動子の応答の遅延特性、信号受信部のサンプリングに関するオフセット量や遅延量を考慮することが好ましい。これにより距離算出の精度が向上する。

40

【0062】

この受信信号から算出した距離を各振動子の極座標系の半径 r とし、極角 θ 、方位角 ϕ から直交座標系 x, y, z も修正する。これにより振動子位置の校正データが取得できる。校正データを設計値からの差分として保存してもよい。

【0063】

この振動子位置の校正データを用いて、比較例と同じ 0.1 mm の球形をした測定対

50

象の初期音圧分布をUBP法にて再構成する。図7(b)は、算出された点音源像である。この点音源像の半値幅は0.19mmとなる。この結果から解像度が改善し、校正の効果があることが確認された。

【0064】

(その他の実施例)

本発明は、上述の実施形態の1以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける1つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1以上の機能を実現する回路(例えば、ASIC)によっても実現可能である。

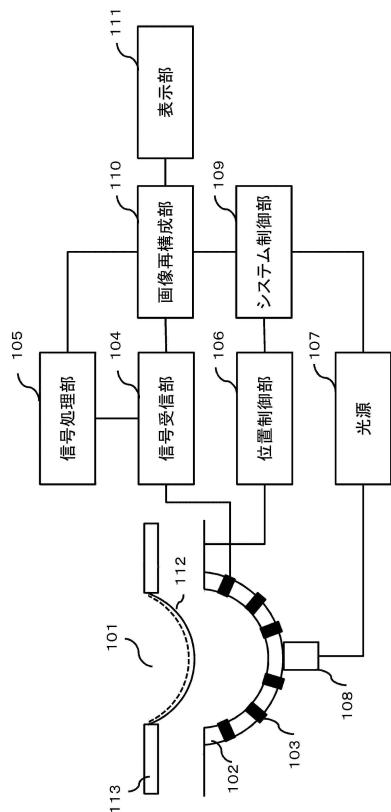
【符号の説明】

【0065】

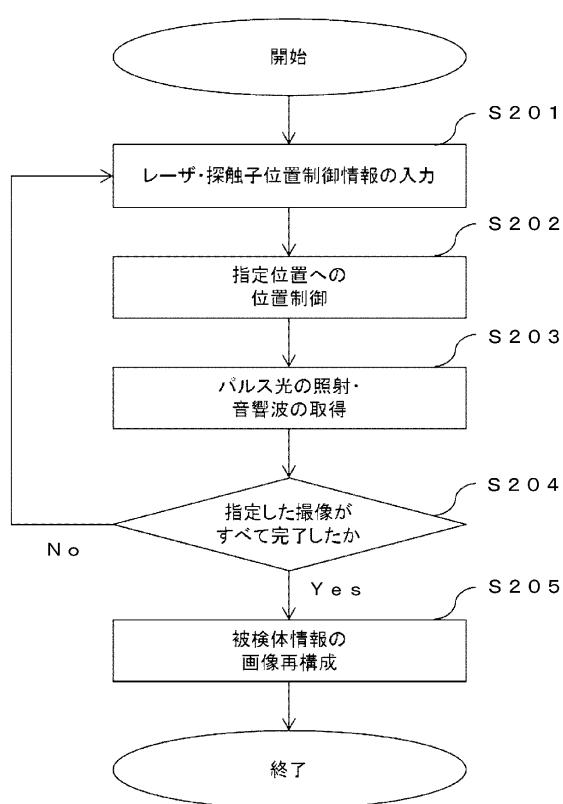
102：探触子、103：振動子、105：信号処理部、110：表示部
106：位置制御部、107：光源、108：被検体、109：システム制御部
110：信号受信部、111：画像再構成部、112：探触子、113：振動子

10

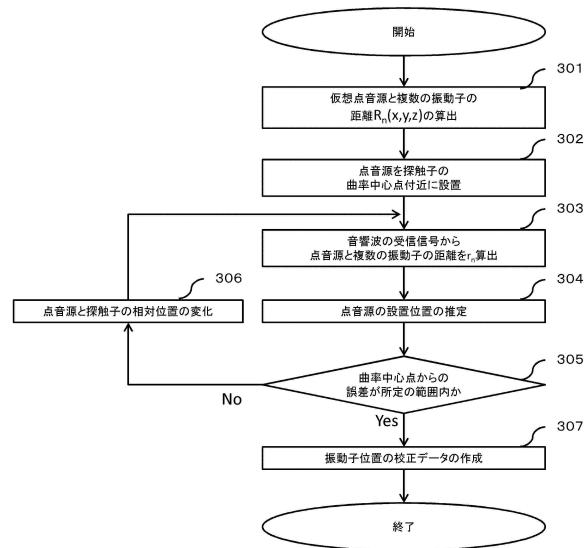
【図1】



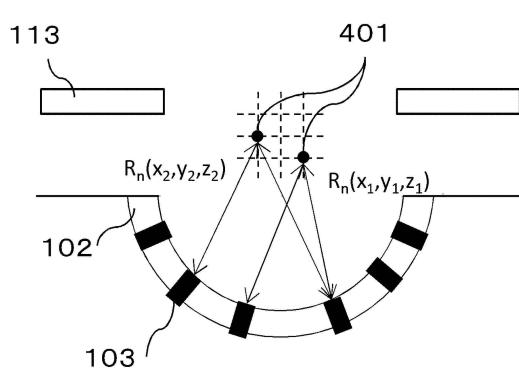
【図2】



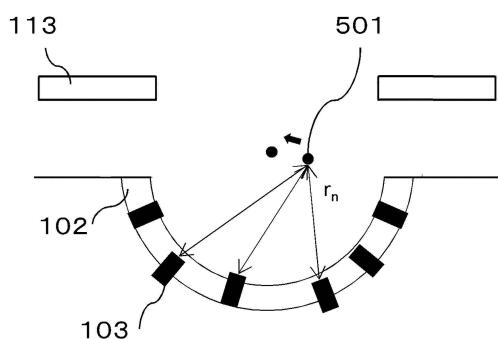
【図3】



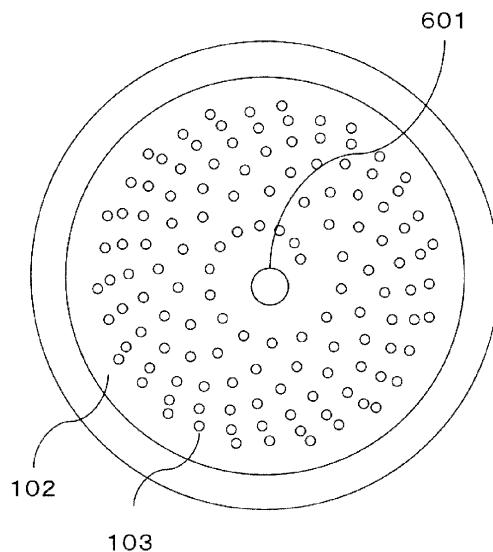
【図4】



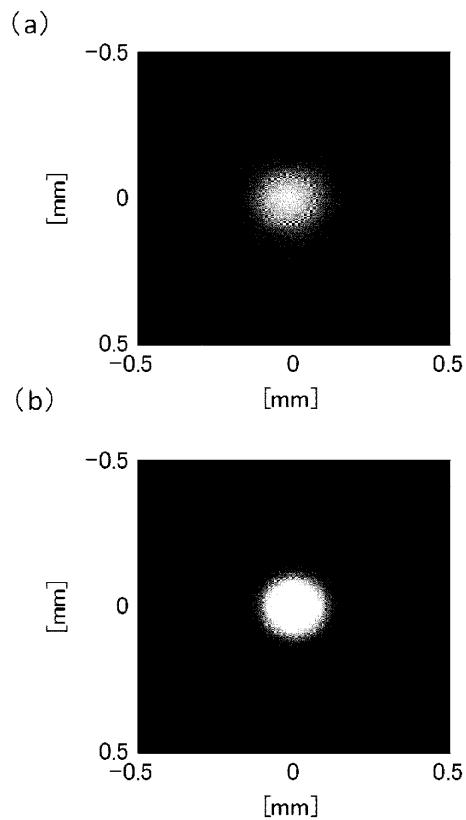
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(74)代理人 100155871

弁理士 森廣 亮太

(72)発明者 佐々木 翔也

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 宮川 哲伸

(56)参考文献 特表2015-528331 (JP, A)

特開2011-120796 (JP, A)

特開2012-179348 (JP, A)

国際公開第2015/034879 (WO, A2)

国際公開第2009/073979 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 8 / 00 - 8 / 15