

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6727812号
(P6727812)

(45) 発行日 令和2年7月22日(2020.7.22)

(24) 登録日 令和2年7月3日(2020.7.3)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 8/13 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 8/13

請求項の数 21 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2016-2064 (P2016-2064)
 (22) 出願日 平成28年1月7日(2016.1.7)
 (65) 公開番号 特開2016-129669 (P2016-129669A)
 (43) 公開日 平成28年7月21日(2016.7.21)
 審査請求日 平成30年12月27日(2018.12.27)
 (31) 優先権主張番号 特願2015-1683 (P2015-1683)
 (32) 優先日 平成27年1月7日(2015.1.7)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 日本国(JP)

(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 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
 (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 富永 昌彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光音響装置、画像表示方法、およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検体への光照射により発生した光音響波を受信することにより取得された電気信号に
 基づいた画像を表示手段に表示させる光音響装置であって、

ユーザの指示に基づいて第一の関心領域を設定し、

前記第一の関心領域のサイズに基づいて第一のボクセルサイズを設定し、

前記電気信号に基づいて前記第一の関心領域内の第一の被検体情報分布を前記第一のボ
 クセルサイズで算出し、

前記第一の被検体情報分布の第一の画像を前記表示手段に表示させる情報取得部を有す
 ることを特徴とする光音響装置。

【請求項 2】

前記情報取得部は、前記第一の関心領域を示す情報と前記第一の被検体情報分布の表示
 領域における画素数を示す情報とに基づいて、前記第一のボクセルサイズを設定するこ
 とを特徴とする請求項 1 に記載の光音響装置。

【請求項 3】

前記情報取得部は、前記第一の被検体情報分布を 0 . 1 秒以内に計算可能とするように
 前記第一のボクセルサイズを設定することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光音響
 装置。

【請求項 4】

前記情報取得部は、前記第一の被検体情報分布として、初期音圧分布、光吸収エネルギー

一密度分布、光吸収係数分布、被検体の構成物質の濃度分布の少なくとも一つを算出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】

前記情報取得部は、

前記電気信号に基づいて前記第一の関心領域内の初期音圧分布を前記第一のボクセルサイズで算出し、

前記第一のボクセルサイズよりも小さいボクセルサイズで、前記第一の関心領域内の第一の光フルエンス分布を算出し、

前記初期音圧分布と前記光フルエンス分布とに基づいて、前記第一の被検体情報分布として前記第一の関心領域内の光吸収係数分布を算出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。

10

【請求項 6】

前記情報取得部は、

前記第一の画像が前記表示手段に表示されているときのユーザーの指示に基づいて第二の関心領域を設定し、

前記第二の関心領域のサイズに基づいて第二のボクセルサイズを設定し、

前記電気信号に基づいて、第二の被検体情報分布を前記第二のボクセルサイズで算出し、

前記第二の被検体情報分布の第二の画像を前記表示手段に表示させることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の光音響装置。

20

【請求項 7】

前記情報取得部は、前記第二の関心領域が前記第一の関心領域に含まれている場合に、

前記電気信号に基づいて前記第一の関心領域内の第一の初期音圧分布を前記第一のボクセルサイズで算出し、

前記第一の関心領域内の第一の光フルエンス分布を前記第一のボクセルサイズで算出し、

前記第一の初期音圧分布と前記第一の光フルエンス分布とに基づいて、前記第一の被検体情報分布として前記第一の関心領域内の第一の光吸収係数分布を算出し、

前記電気信号に基づいて前記第二の関心領域内の第二の初期音圧分布を前記第二のボクセルサイズで算出し、

30

前記第一の光フルエンス分布に基づいて、前記第二の関心領域内の第二の光フルエンス分布を取得し、

前記第二の初期音圧分布と前記第二の光フルエンス分布とに基づいて、前記第二の被検体情報分布として前記第二の関心領域内の第二の光吸収係数分布を算出することを特徴とする請求項 6 に記載の光音響装置。

【請求項 8】

前記情報取得部は、前記第二の関心領域に対応する前記第一の光フルエンス分布を、前記第二の関心領域内の前記第二の光フルエンス分布として取得することを特徴とする請求項 7 に記載の光音響装置。

【請求項 9】

前記情報取得部は、前記第一の光フルエンス分布を補完することにより、前記第二の光フルエンス分布を算出することを特徴とする請求項 7 に記載の光音響装置。

40

【請求項 10】

前記情報取得部は、

前記第二の関心領域が前記第一の関心領域よりも小さい場合に、前記第一のボクセルサイズよりも小さい前記第二のボクセルサイズを設定し、

前記第二の関心領域が前記第一の関心領域よりも大きい場合に、前記第一のボクセルサイズよりも大きい前記第二のボクセルサイズを設定することを特徴とする請求項 6 から 9 のいずれか 1 項に記載の光音響装置。

【請求項 11】

50

光を発する光源と、

光が前記被検体に照射されることにより発生した光音響波を受信し、前記光音響波を前記電気信号に変換する音響波探触子と、

を有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】

被検体への光照射により発生した光音響波を受信することにより取得された電気信号に基づいた画像を表示手段に表示させる画像表示方法であって、

ユーザの指示に基づいて第一の関心領域を設定し、

前記第一の関心領域のサイズに基づいて第一のボクセルサイズを設定し、

前記電気信号に基づいて前記第一の関心領域内の第一の被検体情報分布を前記第一のボクセルサイズで算出し、

前記第一の被検体情報分布の第一の画像を表示手段に表示させることを特徴とする画像表示方法。

【請求項 13】

前記第一の関心領域のサイズと前記第一の被検体情報分布の表示領域における画素数を示す情報とに基づいて、前記第一のボクセルサイズを設定することを特徴とする請求項 12 に記載の画像表示方法。

【請求項 14】

前記第一の被検体情報分布を 0.1 秒以内に計算可能とするように前記第一のボクセルサイズを設定することを特徴とする請求項 12 または 13 に記載の画像表示方法。

【請求項 15】

前記電気信号に基づいて前記第一の関心領域内の初期音圧分布を前記第一のボクセルサイズで算出し、

前記第一のボクセルサイズよりも小さいボクセルサイズで、前記第一の関心領域内の第一の光フルエンス分布を算出し、

前記初期音圧分布と前記光フルエンス分布とに基づいて、前記第一の被検体情報分布として前記第一の関心領域内の光吸収係数分布を算出することを特徴とする請求項 12 から 14 のいずれか 1 項に記載の画像表示方法。

【請求項 16】

前記第一の画像が前記表示手段に表示されているときのユーザの指示に基づいて第二の関心領域を設定し、

前記第二の関心領域のサイズに基づいて第二のボクセルサイズを設定し、

前記電気信号に基づいて、第二の被検体情報分布を前記第二のボクセルサイズで算出し、

前記第二の被検体情報分布の第二の画像を前記表示手段に表示させることを特徴とする請求項 12 から 15 のいずれか 1 項に記載の画像表示方法。

【請求項 17】

前記第二の関心領域が前記第一の関心領域に含まれている場合に、

前記電気信号に基づいて前記第一の関心領域内の第一の初期音圧分布を前記第一のボクセルサイズで算出し、

前記第一の関心領域内の第一の光フルエンス分布を前記第一のボクセルサイズで算出し、

前記第一の初期音圧分布と前記第一の光フルエンス分布とに基づいて、前記第一の被検体情報分布として前記第一の関心領域内の第一の光吸収係数分布を算出し、

前記電気信号に基づいて前記第二の関心領域内の第二の初期音圧分布を前記第二のボクセルサイズで算出し、

前記第一の光フルエンス分布に基づいて、前記第二の関心領域内の第二の光フルエンス分布を取得し、

前記第二の初期音圧分布と前記第二の光フルエンス分布とに基づいて、前記第二の被検体情報分布として前記第二の関心領域内の第二の光吸収係数分布を算出することを特徴と

10

20

30

40

50

する請求項 16 に記載の画像表示方法。

【請求項 18】

前記第二の関心領域に対応する前記第一の光フルエンス分布を、前記第二の関心領域内の前記第二の光フルエンス分布として取得することを特徴とする請求項 17 に記載の画像表示方法。

【請求項 19】

前記第一の光フルエンス分布を補完することにより、前記第二の光フルエンス分布を算出することを特徴とする請求項 17 に記載の画像表示方法。

【請求項 20】

前記第二の関心領域が前記第一の関心領域よりも小さい場合に、前記第一のボクセルサイズよりも小さい前記第二のボクセルサイズを設定し、

10

前記第二の関心領域が前記第一の関心領域よりも大きい場合に、前記第一のボクセルサイズよりも大きい前記第二のボクセルサイズを設定することを特徴とする請求項 16 から 19 のいずれか 1 項に記載の画像表示方法。

【請求項 21】

請求項 12 から 20 のいずれか 1 項に記載の画像表示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】

【0001】

20

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】

【0002】

パルス光を被検体に照射し、当該光に起因して被検体から発生した光音響波を受信し、この光音響波の受信信号を解析することで被検体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。

【0003】

特許文献 1 に記載の装置は、光音響波の受信信号を用いた逆投影アルゴリズムの画像再構成により、ROI (Region of Interest) と呼ばれる関心領域における被検体情報を画像化している。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2014 - 113496 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 に記載されたような画像再構成においては、ROI 内のボクセル数が多くなると、画像再構成に要する時間が増大する。そのため、ROI 内のボクセル数が多くなると、ユーザに画像を提供するまでに多くの時間を要することとなる。

40

【0006】

そこで、本発明は、ユーザに画像を提供するまでに要する冗長な時間を低減することのできる光音響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】

【0007】

本発明に係る光音響装置は、被検体への光照射により発生した光音響波を受信することにより取得された電気信号に基づいた画像を表示手段に表示させる光音響装置であって、ユーザの指示に基づいて第一の関心領域を設定し、前記第一の関心領域を示す情報に基づいて第一のボクセルサイズを設定し、前記電気信号に基づいて前記第一の関心領域内の第一の被検体情報分布を前記第一のボクセルサイズで算出し、前記第一の被検体情報分布

50

の第一の画像を前記表示手段に表示させる情報取得部を有する。

【発明の効果】

【0008】

本発明に係る光音響装置によれば、ユーザに画像を提供するまでに要する冗長な時間を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施例1に係る光音響装置の構成図

【図2】実施例1における画像表示方法を表すフローチャート図

【図3】実施例1における初期音圧分布算出方法を表すフローチャート図

【図4】実施例1におけるユーザインターフェース例1

【図5】実施例1におけるユーザインターフェース例2

【図6】実施例1におけるユーザインターフェース例3

【図7】実施例2に係る光音響装置の構成図

【図8】実施例2における光吸収係数分布算出方法を表すフローチャート図

【発明を実施するための形態】

【0010】

被検体情報取得装置としての光音響装置は、光音響波を解析することによって被検体の光吸収係数に関連した被検体情報を画像化することができる。光吸収係数とは、生体組織が光エネルギーを吸収する割合である。例えば、光音響装置で得られる光音響波に由来する被検体情報としては、初期音圧、光吸収エネルギー密度、光吸収係数などがある。また、光吸収係数を複数の波長の光に対して求め、複数の波長の光により得られた光吸収係数を解析することで被検体を構成する成分の濃度を求めることができる。例えば、光音響装置によれば酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンの濃度比を取得することができ、生体組織の酸素飽和度を算出することができる。これらの成分の濃度も光音響装置で得られる被検体情報といえる。

【0011】

光音響装置では、2次元または3次元の被検体情報分布を再構成し、得られた被検体情報分布からスライス画像やMIP画像などを適宜作成することで、ユーザ（主に医療従事者などの検査者）に画像を提示することが考えられる。また、ユーザが表示された画像の特定の領域を詳細に観察したい場合が考えられる。この場合、光音響装置は、被検体情報分布を構成する各ボクセルのサイズを小さくし、より細かいボクセルピッチで再構成し直すことにより、詳細画像を提示することが考えられる。

【0012】

しかしながら、ユーザに表示した画像の全領域についてボクセルサイズを小さくすると、再構成する総ボクセル数が増大するため、再構成処理に要する時間についても増大してしまう。特に、三次元の被検体情報分布を再構成する場合には、二次元の被検体情報分布を再構成する場合と比べて、ボクセルサイズを小さくすることにより、ボクセル数が著しく増大し、処理時間についても著しく増大する。

【0013】

そこで、本発明に係る光音響装置は、指定されたROIのサイズに基づいて、再構成する際のボクセルサイズを決定する。これにより、再構成に要する冗長な処理時間を低減することができる。

【0014】

ここでボクセルサイズとは、空間に隙間なく敷き詰められた同じ大きさの立方体のボクセルの1辺の長さである。なお、本明細書においては、再構成される領域の各格子点における最小領域が二次元である場合も、その最小領域のことをボクセルと呼ぶ。すなわち、一般的にピクセルと呼ばれる二次元の最小領域についても、ピクセルの概念を三次元に拡張した「ボクセル」で説明する。なお、ボクセルサイズの決定方法については、後述する各実施例にて詳細に説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 5 】

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。

【実施例 1】

【 0 0 1 6 】

実施例 1 に係る光音響装置は、光音響波を変換して得られた電気信号を再構成して初期音圧分布を表示する被検体情報取得装置である。

【 0 0 1 7 】

<システム構成>

図 1 を参照しながら、実施例 1 に係る光音響装置の構成を説明する。

10

【 0 0 1 8 】

実施例 1 に係る光音響装置は、光源 1 0 1、音響波プローブ 1 0 2、信号取得部 1 0 3、記憶部 1 0 4、入力部 1 0 5、初期音圧算出部 1 0 6、表示部 1 0 7 を有している。

【 0 0 1 9 】

以下、各構成要素について説明する。

【 0 0 2 0 】

(光源 1 0 1)

光源 1 0 1 は、ナノ秒からマイクロ秒オーダーのパルス光 1 1 1 を発生可能な光源である。具体的なパルス幅としては、1 ~ 1 0 0 ナノ秒程度のパルス幅であることが好ましい。また、波長としては 4 0 0 nm から 1 6 0 0 nm 程度の範囲の波長であることが好ましい。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 (4 0 0 nm 以上、7 0 0 nm 以下) の光であることが好ましい。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 (7 0 0 nm 以上、1 1 0 0 nm 以下) の光を用いることが好ましい。

20

【 0 0 2 1 】

光源 1 0 1 としては、レーザーが好ましい。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レーザーがより好ましい。なお、複数波長を被検体 1 1 0 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レーザーを、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ることも可能である。複数台のレーザーを用いた場合もそれらをまとめて光源として表現する。

30

【 0 0 2 2 】

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が好ましい。また、Nd : YAG レーザー光を励起光とする Ti : sapphire レーザーや OPO (Optical Parametric Oscillator) レーザーを用いてもよい。また、レーザーの代わりに発光ダイオードなどを用いることも可能である。

【 0 0 2 3 】

(音響波プローブ 1 0 2)

音響波プローブ 1 0 2 は、光源 1 0 1 から出たパルス光 1 1 1 が被検体 1 1 0 に照射されることにより発生した光音響波を電気信号に変換する。音響波プローブ 1 0 2 は、1 つ以上の音響波トランスデューサと筐体とを備える。音響波トランスデューサは、チタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) などの圧電現象を用いた圧電素子、光の共振を用いた音響波トランスデューサ、CMUT (Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducer) 等の静電容量型の音響波トランスデューサなど、音響波を受信して電気信号に変換できるものであればどのようなものを用いてもよい。複数の音響波トランスデューサを備える場合は、1 D アレイ、1 . 5 D アレイ、1 . 7 5 D アレイ、2 D アレイ、と呼ばれるような平面又は曲面内に並ぶように配置されることが好ましい。

40

【 0 0 2 4 】

50

また、広い範囲の被検体情報を取得するために、音響波プローブ102は、走査機構（不図示）により、被検体110に対して機械的に移動するよう構成されていることが好ましい。

【0025】

また、ハンドヘルド型の音響波プローブ102の場合は、ユーザが音響波プローブ102を把持する把持部を有する。また、音響波プローブ102の受信面には音響レンズが設けられていてもよい。また、音響波プローブ102には音響波トランスデューサが複数設けられていてもよい。

【0026】

また、音響波プローブ102に、トランスデューサから出力される時系列のアナログ信号を増幅する増幅器を設けてもよい。すなわち、音響波プローブ102に後述する信号取得部103が設けられてもよい。

【0027】

（信号取得部103）

信号取得部103は、音響波プローブ102と信号線でつながっており、音響波プローブ102で取得した電気信号をAD変換し、記憶部104に書き込む装置である。信号取得部103は、例えば、パルス光111の射出部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111が射出されたことをトリガーに、同期して処理を開始することが好ましい。

【0028】

（記憶部104）

記憶部104は、AD変換後の電気信号データを保存する媒体である。記憶部104には、典型的には磁気ディスクやフラッシュメモリなどの非一時記憶媒体を用いることができる。また、記憶部104は、DRAM（Dynamic Random Access Memory）などの揮発性の媒体でもよい。なお、プログラムが格納される記憶媒体は、非一時記憶媒体であることが好ましい。

【0029】

（入力部105）

入力部105は、ユーザが関心領域を指定するためのものである。入力部105は、マウスやキーボード、タッチパネルなどで構成され、ユーザの操作に従って制御部としてのCPU（不図示）上で動作しているOSなどのソフトウェアに対するイベント通知を行う。例えば、ユーザが入力部105を操作することにより、表示部107に表示されたGUI（Graphical User Interface）のアイテムを操作して各種入力を行うことができる。また、入力部105は、ユーザからの各種入力を受け付け、入力された情報を初期音圧算出部106などの光音響装置の構成に送信する。例えば、入力部105は、ユーザがROIを変更すると、初期音圧算出部にROIの範囲を通知する。

【0030】

また、ハンドヘルド型の光音響装置には、装置の駆動を指示するための入力部105を設けることが好ましい。ハンドヘルド型の光音響装置に設けられる入力部105としては、プローブに設けられたボタン型のスイッチやフットスイッチなどを採用することができる。

【0031】

なお、入力部105は、必要に応じて複数設けられてもよい。

【0032】

（初期音圧算出部106）

初期音圧算出部106は、記憶部104に保持された電気信号のデータに基づいて、初期音圧分布を再構成するものである。初期音圧算出部106は、典型的にCPUやGPU（Graphics Processing Unit）等のプロセッサ、FPGA（Field Programmable Gate Array）チップ等の演算回路を用いることができる。なお、初期音圧算出部106は、1つのプロセッサや演算回路から構

10

20

30

40

50

成されるだけでなく、複数のプロセッサや演算回路から構成されていてもよい。

【0033】

初期音圧算出部106では、UBP(Universal Back-Projection)、Filtered Back Projection(FBP)、モデルベース法などの公知の再構成アルゴリズムを用いて、初期音圧分布を算出することができる。

【0034】

なお、初期音圧算出部106が行う処理は、プログラムとして記憶部104に格納される。そして、制御部としてのCPUが記憶部104に格納されたプログラムを読み出し、初期音圧算出部106がプログラムに記述された処理を実行することができる。本実施例において、初期音圧算出部106は、情報取得部に相当する。

10

【0035】

なお、信号取得部103と初期音圧算出部106とは、共通の演算素子または演算回路により構成されていてもよい。すなわち、本実施例に係る光音響装置は、信号取得部103と初期音圧算出部106との機能を担う演算素子または演算回路を有していてもよい。

【0036】

(表示部107)

表示部107は、初期音圧算出部106が算出した初期音圧分布を表示する。表示部107としては、例えば、LCD(Liquid Crystal Display)やCRT(Cathode Ray Tube)、有機ELディスプレイ等のディスプレイを用いることができる。なお、表示部107は、光音響装置とは別に提供されてもよい。

20

【0037】

(被検体110)

被検体110は光音響装置を構成するものではないが、以下に説明する。本実施例に係る光音響装置は、人や動物の悪性腫瘍や血管疾患などの診断や化学治療の経過観察などを主な目的とする。よって、被検体110としては生体、具体的には人体や動物の乳房や頸部、腹部などの診断の対象部位が想定される。例えば、人体が測定対象であれば、オキシヘモグロビンあるいはデオキシヘモグロビンやそれらを含む多く含む血管あるいは腫瘍の近傍に形成される新生血管などが光吸収体の対象となる。

【0038】

<画像表示方法>

30

図2を参照しながら、本実施例に係る光音響装置を用いて初期音圧分布の画像を表示する方法を説明する。なお、CPU等の演算素子を含むコンピュータが、記憶部104に保存された、画像表示方法が記述されたプログラムを読み出し、光音響装置に以下の画像表示方法を実行させている。

【0039】

光源101が光を発し、パルス光111として被検体110に照射する(S101)。そして、被検体110でパルス光111が吸収され、光音響効果により光音響波112が生じる。音響波プローブ102が光音響波112を受信して、時系列のアナログの電気信号を出力する(S102)。信号取得部103、音響波プローブ102から出力された時系列のアナログ信号を収集し、信号の増幅処理や、アナログ信号のAD変換処理を行う(S103)。そして、信号取得部103は、デジタル化された時系列の電気信号を記憶部104に保存する(S104)。

40

【0040】

次に、入力部105は、ユーザにより指定されたROIの情報を初期音圧算出部106に出力する(S105)。すなわち、ユーザが入力部105を用いてROIを指定する。なお、ROIを指定できる限り、ROIの指定方法や指定領域についてはいかなるものであってもよい。例えば、ユーザは、表示部107に表示された、CCDなどのカメラ(不図示)により撮像された被検体110の光学画像の中から、入力部105を用いて任意の領域をROIとして指定してもよい。また、例えば、初期音圧算出部106が、記憶部104に保持された所定のROIを読み出すことにより、所定のROIを指定してもよい。

50

【 0 0 4 1 】

次に、初期音圧取得部 1 0 6 は、記憶部 1 0 4 から電気信号を読み出し、S 1 0 5 で指定された R O I における初期音圧分布を取得する (S 1 0 6)。初期音圧取得部 1 0 6 は、取得した初期音圧分布のデータを表示部 1 0 7 に送信し、表示部 1 0 7 に初期音圧分布の画像を表示させる (S 1 0 7)。

【 0 0 4 2 】

以下、図 3 を参照して、初期音圧算出部 1 0 6 が実行するステップ S 1 0 6 およびステップ S 1 0 7 について詳細に説明する。ここでは、初期音圧算出部 1 0 6 が再構成手法として U B P を用いる場合を例に説明する。

【 0 0 4 3 】

初期音圧算出部 1 0 6 が動作を開始すると、電気信号のデータを記憶部 1 0 4 から読み込む (S 2 0 1)。次に、初期音圧算出部 1 0 6 は、電気信号に対して、前処理をする (S 2 0 2)。前処理とは、R O I の範囲に関わらず、電気信号に対して行う処理である。U B P の場合、初期音圧算出部 1 0 6 は、以下の式 1 で示される計算式で前処理を行う。

【 0 0 4 4 】

【数 1】

$$b(\mathbf{r}_0, \bar{t}) = 2p(\mathbf{r}_0, \bar{t}) - 2\bar{t} \frac{\partial p(\mathbf{r}_0, \bar{t})}{\partial t}$$

・・・式 1

ここで、 $p(\mathbf{r}_0, t)$ は、位置 \mathbf{r}_0 にある音響波トランスデューサで取得した信号の時間 t における値である。また、 $b(\mathbf{r}_0, t)$ は、 $p(\mathbf{r}_0, t)$ を前処理した値である。

【 0 0 4 5 】

次に、初期音圧算出部 1 0 6 は、S 1 0 5 で指定された R O I のサイズに基づいて、初期音圧分布を算出する (再構成する) 際のボクセルサイズを決定する (S 2 0 3)。

【 0 0 4 6 】

以下、ボクセルサイズの決定方法について詳細に説明する。

【 0 0 4 7 】

初期音圧算出部 1 0 6 は、表示部 1 0 7 の全表示領域のうち、初期音圧分布の画像が表示される表示領域のピクセル数に基づいて、ボクセルサイズを決定してもよい。以下、全表示領域のうち、初期音圧分布の画像が表示される表示領域を単に「表示領域」と呼ぶ。また、再構成される最小領域については二次元の場合も三次元の場合も「ボクセル」で統一して説明したが、表示領域内の被検体情報が表示される最小領域については「ピクセル」と呼ぶ。

【 0 0 4 8 】

具体的に、初期音圧算出部 1 0 6 は、「表示領域のピクセル数 × ボクセルサイズ」が、S 1 0 5 で指定された R O I のサイズと一致するように、ボクセルサイズを決定することができる。例えば、S 1 0 5 で指定された R O I のサイズが X Y 平面上で 2 5 6 mm × 2 5 6 mm で、表示領域の X Y 平面に対応するピクセル数が 2 5 6 × 2 5 6 である場合を考える。この場合、初期音圧算出部 1 0 6 は、「ボクセルサイズ = R O I のサイズ (2 5 6 mm) ÷ 表示領域のピクセル数 (2 5 6 個)」を満たすように、ボクセルサイズを 1 mm に決定する。ここで、表示領域のピクセルは、同じ大きさで隙間なく敷き詰められている場合を考える。また、表示領域のピクセル数に関する情報は、初期音圧算出部 1 0 6 が表示部 1 0 7 から受け取ってもよいし、ユーザが入力部 1 0 5 を用いて入力してもよい。

【 0 0 4 9 】

また、指定された R O I のアスペクト比と表示領域のアスペクト比とが異なる場合を考

10

20

30

40

50

える。この場合、ROIを表示領域に収めようとしたときに、表示領域の外縁と一致するROIの辺と直交する方向を基準にボクセルサイズを決定することが好ましい。すなわち、「当該直交する方向における表示領域のピクセル数×ボクセルサイズ」が、当該直交する方向のROIの長さと同じになるようにボクセルサイズを決定することが好ましい。表示部107の解像度よりも細かいボクセルピッチで初期音圧分布を算出しても、初期音圧分布の画像の画質の向上には寄与しにくい。それゆえ、XYのいずれの方向においても、再構成時のボクセル数が表示領域のピクセル数よりも多くなるようにボクセルサイズを決定することは処理量を増大させる一方で、高画質化には寄与しにくい。

【0050】

例えば、S105で指定されたROIのサイズがXY平面上で54mm×128mmで、表示部107のXY平面に対応するピクセル数が256×256である場合を考える。この場合、ROIを表示領域に収めようとしたときに、X方向のROIの辺が表示領域の外縁と一致する。そこで、初期音圧算出部106は、「ボクセルサイズ=Y方向におけるROIの長さ(128mm)÷Y方向におけるピクセル数(256個)」を満たすように、ボクセルサイズを0.5mmに決定する。

【0051】

このように、表示領域のピクセル数に応じてボクセルサイズを決定することにより、指定されたROIに対して表示部107の解像度を越えたボクセルピッチで再構成することによる冗長な処理時間を低減することができる。

【0052】

また、初期音圧算出部106は、ユーザが所望する時間内に初期音圧分布の画像を提示できるようにボクセルサイズを決定してもよい。例えば、Nah, Fiona Fui-Hoon, "A study on tolerable waiting time: how long are web users willing to wait?", Behaviour & Information Technology 23.3 (2004): 153-163.に記載されたように、ユーザの指示から0.1秒以内に装置から応答がある限り、ユーザは装置が瞬間的に応答していると知覚することが知られている。そこで、初期音圧算出部106は光音響装置の演算能力に関する情報に基づいて、S105で指定されたROIにおける初期音圧分布を0.1秒以内に取得することのできるボクセルサイズを決定することができる。これにより、ユーザがROIの範囲を指示してから画像が提示されるまでに要する待機時間によって受けるストレスを低減することができる。なお、画像を提示するまでの所定の時間については、0.1秒に限らず、入力部105等を用いて適宜設定すればよい。また、光音響装置の演算能力に関する情報は、記憶部104に格納されていてもよい。

【0053】

次に、初期音圧算出部106は、ステップS105で指定されたROIの範囲に基づいてボクセル座標を決定する(S204)。例えば、ROIの範囲はXY平面座標で指定する場合に、座標(0,0)を中心とする正方形で指定され、Z座標の値が0であったとすると、各ボクセルの座標は、(-128, -128, 0), (-127, -128, 0), ..., (0, -128, 0), ..., (127, -128, 0), (-128, -127, 0), (-127, -127, 0), ..., (127, 127, 0)に決定する。

【0054】

なお、S203およびS204の実行タイミングは、S105とS205との間であればいつであってもよい。

【0055】

次に、初期音圧算出部106は、S203およびS204で決定した各ボクセルの初期音圧を計算する(S205)。UBPの場合、初期音圧算出部106は、以下の式2で示される計算式で初期音圧を計算する。

【0056】

【数 2】

$$p^{(b)0}(\mathbf{r}) = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta\Omega_i \times b(\mathbf{d}_i, \bar{t} = |\mathbf{d}_i - \mathbf{r}|)}{\sum_{i=1}^N \Delta\Omega_i}$$

・・・式 2

10

ここで、 $p^{(b)0}(\mathbf{r})$ は再構成するボクセルの初期音圧、 N はトランスデューサの数である。 i は以下の式 3 で表される再構成するボクセルから i 番目のトランスデューサを見込む立体角にもとづく重みである。

【0057】

【数 3】

$$\Delta\Omega_i = \frac{\Delta S_i}{|\mathbf{r} - \mathbf{d}_i|^2} \cdot \left[\mathbf{n}_{0i}^s \cdot \frac{(\mathbf{r} - \mathbf{d}_i)}{|\mathbf{r} - \mathbf{d}_i|} \right]$$

20

・・・式 3

ここで、 \mathbf{d}_i は i 番目のトランスデューサの位置ベクトル、 S_i は i 番目のトランスデューサの面積、 \mathbf{n}_{0i}^s は \mathbf{d}_i における i 番目のトランスデューサの面に対する単位法線ベクトルである。

【0058】

次に、初期音圧算出部 106 は、計算した各ボクセルの初期音圧を、初期音圧分布として表示部 107 へ送信する (S206)。この例では、 $256 \times 256 \times 1$ ボクセルを再構成したので、 256×256 の画像としてそのまま表示することができる。他にも例えば、 $256 \times 256 \times 8$ ボクセルを再構成した場合、 z 方向に投影した 256×256 のスラブ MIP (Maximum Intensity Projection) を表示してもよい。

30

【0059】

次に、初期音圧算出部 106 は、表示部 107 に初期音圧分布の画像が表示されている間、入力部 105 からの ROI の再指定の通知を受け取ったか否かを判断する (S207)。初期音圧算出部 106 が、入力部 105 から ROI の再指定の通知を受け取ると S203 の工程に移る。2 回目以降の S203 ~ S206 では、再指定された ROI の情報に基づいて、同様に各工程が実行される。なお、再指定された ROI が、第二の関心領域に相当する。また、再指定された ROI のサイズに基づいて S203 で決定されるボクセルサイズが、第二のボクセルサイズに相当する。また、S205 において第二のボクセルサイズで算出された初期音圧分布が、第二の被検体情報分布に相当する。

40

【0060】

以上、本実施例に係る画像表示方法によれば、初期音圧分布を算出する際に要する冗長な処理時間を低減することができる。

【0061】

< ユーザインターフェース >

次に、表示部 107 に表示される本実施例に係る GUI の一例について説明する。

【0062】

50

図４（ａ）は、ステップＳ１０５で指定されたＲＯＩにおける初期音圧分布の画像を示している。図４（ａ）に示された初期音圧分布は、ステップＳ１０５で指定されたＲＯＩのサイズに基づいて決定されたボクセルサイズで再構成して得られたものである。このときのボクセルサイズは第一のボクセルサイズに相当する。また、図４（ａ）で示された初期音圧分布が第一の被検体情報分布に相当する。

【００６３】

領域３０１は、表示部１０７の全表示領域である。領域３０２は、全表示領域のうち、ステップＳ２０５で算出した初期音圧分布を表示する表示領域である。スクロールバー３０３とスクロールバー３０４は、それぞれ領域３０７を縦方向と横方向にスクロールするためのスクロールバーである。アイテム３０５とアイテム３０６は、それぞれ初期音圧分布を拡大・縮小させるためのアイテムである。領域３０７は、アイテム３０５を押したときに、拡大表示される領域の平面ＸＹ座標を示す枠である。領域３０８は、ＲＯＩのＺ座標の範囲を指定するテキストボックスである。

【００６４】

ユーザが入力部１０５を用いてスクロールバー３０３およびスクロールバー３０４を操作して領域３０７を所望の位置へ移動させる。そして、ユーザが入力部１０５を用いてアイテム３０５を押すと、領域３０７および領域３０８で指定された領域が拡大表示され、図４（ｂ）に示す初期音圧分布の画像が表示される。なお、図４（ｂ）で示された初期音圧分布が第二の被検体情報分布に相当する。

【００６５】

このとき、アイテム３０５が押されると、入力部１０５から初期音圧算出部１０６へ、領域３０７および領域３０８に基づいたＲＯＩの情報が通知される。そして、このＲＯＩの情報に基づいてＳ２０３～Ｓ２０６が行われることで、領域３０２に表示される画像が変化する。領域３０７および領域３０８によって決定されたＲＯＩが第二の関心領域に相当し、このＲＯＩに基づいて決定されたボクセルサイズが第二のボクセルサイズに相当する。

【００６６】

本実施例において、領域３０７で指定されたＸＹ平面座標および領域３０８で指定されたＺ座標の範囲によって決定される三次元の領域が、第二の関心領域に相当する。本実施例においてＲＯＩの範囲は、領域３０７でＸＹ座標を指定し、領域３０８でＺ座標の範囲を別途指定するようになっているが、ＲＯＩの指定方法はこれに限らない。また、ＲＯＩの範囲はＸＹＺ軸それぞれに平行な辺を持つ直方体で指定されているが、これに限らず、任意の領域をＲＯＩとしてもよい。

【００６７】

また、図４（ｂ）の状態、アイテム３０６を押すと、図４（ｂ）に示す拡大表示から図４（ａ）に示す元の画像に戻る。この場合は、ステップＳ１０５で指定したＲＯＩの範囲が初期音圧算出部１０６へ通知され、同様に初期音圧分布が再計算される。なお、先に表示した初期音圧分布の情報を記憶部１０４に保存しておき、縮小指示がなされたところで、記憶部１０４から先に算出した初期音圧分布の情報を読み出して、表示させてもよい。

【００６８】

また、図４（ｂ）の状態、ユーザが入力部１０５を用いてスクロールバー３０３を下へスクロールすると、図４（ｃ）のように表示範囲が変更される。このとき、入力部１０５から初期音圧算出部１０６へＲＯＩの範囲が変更されたことが通知される。この場合は、ＲＯＩのサイズに変更がないため、Ｓ２０３では前回と同じボクセルサイズに決定されるが、Ｓ２０４で再構成する各ボクセル座標が変更される。このように、ＲＯＩの範囲が変更された場合にも、初期音圧算出部１０６は、初期音圧分布を再計算する。また、スクロールバー３０４を動かした場合も同様である。なお、図４（ｂ）で算出した初期音圧分布の情報を記憶部１０４に格納しておき、図４（ｂ）と図４（ｃ）とで共通しているＲＯＩの部分については、先に算出した初期音圧分布を記憶部１０４から読み出し、初期音圧

の値を割り当ててもよい。これにより、共通部分の初期音圧を再計算せずを取得することができる。

【0069】

なお、拡大・縮小の指示については、アイテム305およびアイテム306を押すだけでなく、いかなる方法により行われてもよい。例えば、入力部105としてのマウスのホイールの回転量に応じて拡大・縮小を指示してもよい。また、領域302の表示範囲または領域307の移動の指示についても、スクロールバー303およびスクロールバー304を利用した方法に限らず、いかなる方法により実行されてもよい。例えば、入力部105としてのマウスでドラッグを開始した位置を始点とし、ドラッグを終了した位置を終点とした移動量だけ領域302または領域307を移動させてもよい。

10

【0070】

図4(a)~(c)に示す例では、所定の拡大率で拡大または縮小することにより、領域302に表示させる画像を変化させている。そのため、所定の拡大率に対応するボクセルサイズの情報を予め記憶部104に格納しておき、ステップS203において初期音圧算出部106の所定の拡大率に対応した所定のボクセルサイズを読み出してもよい。図4(a)~(c)に示す例では、所定の拡大率は2倍に設定されている。このように読み出された所定のボクセルサイズが第二のボクセルサイズに相当する。

【0071】

また、図4(d)に示すように、GUIに、拡大率を指定するテキストボックスである領域310を設けてもよい。すなわち、領域310に入力する数字を変更することで、アイテム305を押したときの拡大率を変更できるようにGUIは構成されてもよい。また、領域310に入力された拡大率に応じて領域307のサイズが自動的に変更される。初期音圧算出部106は、入力部105により領域310に入力された数字(拡大率)に基づいてボクセルサイズを決定する。このとき初期音圧算出部106は、前回計算時のボクセルサイズを指定された拡大率で除算することにより、新たなボクセルサイズを決定することができる。ここで、新たなボクセルサイズが第二のボクセルサイズに相当する。

20

【0072】

本実施例においては、便宜上「拡大・縮小」という言葉を用いているが、「拡大・縮小」とは、実際には単に画像を引き伸ばし処理するのではなく、ボクセルサイズを変えて初期音圧分布を再計算することを指す。

30

【0073】

また、ユーザが表示領域に表示された初期音圧分布の画像中から任意の領域を指定し、その領域を再指定される第二の関心領域としてもよい。図5を参照しながら、この例について説明する。カーソル508は、ユーザがマウスドラッグを開始した点、カーソル509は、ユーザがマウスドラッグを終了した点、領域507は、マウスドラッグによって選択された領域である。図5(a)のように領域507を指定した後、アイテム305を押すと、図5(b)のように拡大される。

【0074】

このとき、例えば、図5(a)において領域302で表示されているROIサイズが256mm×256mmで、カーソル508、カーソル509の座標がそれぞれ(0,0)、(64,128)で、領域507のサイズが64mm×128mmであったとする。この場合、初期音圧算出部106は、前述したように「ボクセルサイズ=紙面上下方向のROIの長さ(128mm)÷表示領域のピクセル数(256個)」を満たすように、ボクセルサイズを0.5mmに決定する。

40

【0075】

また、図4、図5では、表示部107における初期音圧分布を表示する領域は1つであったが、図6に示すように拡大前後の初期音圧分布の画像を並べて表示してもよい。領域602は、拡大前の初期音圧分布を表示する表示領域である。領域603は、領域307の画像を拡大した拡大画像を表示する表示領域である。図6に示す方法によれば、ユーザは領域602で画像全体のうち拡大されている領域307を確認しながら、領域603で

50

拡大された画像を確認することができる。また、ユーザが入力部 105 を用いてスクロールバー 303 および 304 を操作して領域 307 を移動させながら、リアルタイムに領域 307 における拡大画像を領域 603 で確認することができる。なお、図 5 に示すように拡大前後の画像を並べる場合、領域 307 のサイズや位置が変化したところで、拡大の指示を受けなくとも拡大画像を生成し、拡大前後の画像を並べてもよい。なお、拡大前後の画像を異なるディスプレイに並べて表示させてもよい。この場合、複数のディスプレイを表示部 107 とすることができる。また、図 6 では拡大前後の初期音圧分布を並べて表示したが、これらを重ねて表示してもよい。

【0076】

なお、本実施例では、ROI が指定されたときに必ずボクセルサイズが変更される場合を説明したが、この形態に限らない。本実施例に係る光音響装置は、ボクセルサイズを変更可能とする可変モードと、ボクセルサイズを変更しない不変モードとを、入力部 105 等により選択できるように構成されていてもよい。ユーザにより可変モードが選択されたときに、上述してきた本実施例に係る画像表示方法が実行される。一方、不変モードが選択されたときには、ボクセルサイズを変更しないため、拡大画像の解像度は低下するが、処理に要する時間が低減するので、より早く画像を表示させることができる。このように、ROI 内を高解像度（高画質）で表示できる可変モードと、ROI 内をよりリアルタイムに表示できる不変モードとを選択することができるため、ユーザの種々のニーズに対応することができる。

【0077】

なお、本実施例では、指定された ROI のサイズに応じてボクセルサイズを設定することにより、冗長な処理時間を低減する例を説明したが、指定された ROI のサイズに応じてボクセルサイズの設定以外の処理方法を変更してもよい。例えば、指定された ROI のサイズに応じて再構成アルゴリズムを変えてもよい。所定のサイズ以上の ROI を設定したときには処理量の少ないタイムドメイン再構成またはフーリエドメイン再構成を実行するようにしてもよい。また、所定のサイズより小さい ROI を設定したときには処理量は多いが高画質な画像を得られるモデルベース再構成を実行してもよい。

【実施例 2】

【0078】

<システム構成>

図 7 を参照しながら、実施例 2 に係る光音響装置の構成を説明する。図 1 と同様の構成には同じ符号を付し、詳細な説明は省略する。

【0079】

実施例 2 に係る光音響装置は、光源 101、音響波プローブ 102、信号取得部 103、記憶部 104、入力部 105、初期音圧算出部 106、表示部 107、光量算出部 201、吸収係数算出部 202 を有している。実施例 2 に係る光音響装置は、光量算出部 201 および吸収係数算出部 202 を有する点で実施例 1 とは異なる。

【0080】

光量算出部 201 は、記憶部 104 から読み出したパルス光 111 の強度に基づいて、被検体 110 に照射されたパルス光 111 の強度が被検体内部でどのように分布しているかを求める。なお、光量算出部 201 が行う処理の詳細については後述する。

【0081】

ところで、光音響効果により生じる音響波の音圧 p_0 は、以下の式 4 で表されることが知られている。

$$p_0 = \mu_a \cdot \dots \text{式 4}$$

ここで、 μ_a は光吸収係数、 \dots はグリュナイゼン係数と呼ばれる被検体の種類によって決まる定数、 I_0 は光量を表す。

【0082】

吸収係数算出部 202 は、式 4 に従って、初期音圧算出部 106 により得られた初期音圧分布と、光量算出部 201 により得られた光量分布と、に基づいて吸収係数分布を算出

10

20

30

40

50

する。

【0083】

光量算出部201または吸収係数算出部202は、典型的にCPUやGPU(Graphics Processing Unit)等のプロセッサ、FPGA(Field Programmable Gate Array)チップ等の演算回路を用いることができる。なお、光量算出部201または吸収係数算出部202は、1つのプロセッサや演算回路から構成されるだけでなく、複数のプロセッサや演算回路から構成されていてもよい。

【0084】

なお、光量算出部201または吸収係数算出部202が行う処理は、プログラムとして記憶部104に格納される。そして、制御部としてのCPUが記憶部104に格納されたプログラムを読み出し、光量算出部201または吸収係数算出部202がプログラムに記述された処理を実行することができる。本実施例において、光量算出部201または吸収係数算出部202は、情報取得部に相当する。なお、初期音圧算出部106、光量算出部201、および吸収係数算出部202は、共通の演算素子または演算回路により構成されていてもよい。すなわち、本実施例に係る光音響装置は、初期音圧算出部106、光量算出部201、および吸収係数算出部202の機能を担う演算素子または演算回路を有していてもよい。

【0085】

<画像表示方法>

次に、本実施例に係る画像表示方法を説明する。特に、初期音圧算出部106、光量算出部201、および吸収係数算出部202が行う処理について詳細に説明する。図8は、本実施例に係る画像表示方法のフローを示す。なお、図3と同様のステップについては同じ符号を付し、詳細な説明を省略する。

【0086】

光量算出部201は、S203およびS204で決定されたボクセルのサイズおよび座標で、各ボクセルの光量を算出し、S105で指定されたROIにおける光量分布を取得する(S301)。また、光量算出部201は、本ステップで算出された光量分布のデータを、後述するS304で用いるために記憶部104に保存する。

【0087】

例えば、光量算出部201は、光を吸収、散乱する媒質における光エネルギーの挙動を示す輸送方程式や拡散方程式を数値的に解く方法により、光量分布を算出することができる。数値的に解く方法としては、有限要素法、差分法、モンテカルロ法等を採用することができる。このように計算によって得られた光量分布が第一の光量分布に相当する。

【0088】

次に、吸収係数算出部202は、式4に従って、S105で指定されたROIにおける初期音圧分布と光量分布とに基づいて、当該ROIにおける光吸収係数分布を算出する(S302)。ここで算出された光吸収係数分布が第一の被検体情報分布に相当する。吸収係数算出部202は、S302で算出した光吸収係数分布のデータを表示部107へ送信する(S303)。表示部107は、光吸収係数分布のデータを受け取り、光吸収係数分布の画像を表示する。

【0089】

次に、前述したように、ROIが再度指定された場合、再指定されたROIの情報に基づいて、S203～S205のステップが実行される。なお、入力部105から入力されたROIの情報は、後述するS304で用いるために記憶部104に保存される。

【0090】

次に、光量算出部201は、再指定されたROIが、これまでに指定されたROIに含まれるか否かを判断する(S304)。具体的には本実施例の場合、光量算出部201は、S207で再指定されたROIが、S105で指定されたROIに含まれるか否かを判断する。

【0091】

再指定されたROIが、S105で指定されたROIに含まれる場合、S305に進む。ところで、光量分布の算出についてはボクセルサイズを細かくしても、初期音圧分布の算出においてボクセルサイズを細かくする場合と比べて、算出精度への影響が小さいことを発明者らは見出した。そこで、光量算出部201は、再指定されたROIが、これまでに指定したROIに含まれる場合には、再指定されたROIのサイズにかかわらず、これまでに指定したROIにおける光量分布に基づいて再指定したROIにおける光量分布を取得することが好ましい。光量算出部201は、これまでに取得した光量分布を、再指定したROIにおける光量分布として割り当ててもよい。また、光量算出部201は、これまでに取得した光量分布を、再指定したROIに対応するボクセルサイズに対して補間することにより再指定したROIにおける光量分布を取得してもよい。これにより、光量分布の精度を著しく低下させることなく、光量分布を取得するために必要な時間を大幅に低減することができる。すなわち、この方法によれば、ROIを再指定したときに再指定されたROIの少なくとも一部の領域における光量分布を光伝搬計算により取得する必要がなくなる。

10

【0092】

光量算出部201は、記憶部104に保持されたS105で指定されたROIにおける光量分布に基づいて、再指定されたROIにおける光量分布を取得する(S304)。これにより、S207で再指定されたROIにおける光量分布を計算する処理を省略することができる。本ステップで得られた光量分布が第二の光量分布に相当する。なお、再指定されたROIのうち、これまでに指定したROIに含まれていない部分については、計算によって光量分布を取得する。このとき、光量算出部201は、これまでに指定されたROIにおける光量分布を初期条件として、再指定されたROIの光量分布の計算を行ってもよい。

20

【0093】

一方、再指定されたROIが、S105で指定されたROIに含まれない場合は、S301に進み、光量算出部201は、再指定されたROIに基づいてS203で決定されたボクセルサイズで、再指定されたROIにおける光量分布を算出する(S301)。

【0094】

そして、吸収係数算出部202は、式4に従って、再指定されたROIにおける初期音圧分布と光量分布とに基づいて、再指定されたROIにおける光吸収係数分布を算出する(S302)。ここで算出された光吸収係数分布が、第二の被検体情報分布に相当する。なお、初期音圧分布に適用したボクセルサイズと光量分布に適用したボクセルサイズとは異なる場合がある。この場合、吸収係数算出部202は、光量分布の各ボクセルの値を初期音圧分布に適用したボクセルサイズにリサンプリングする必要がある。そこで、吸収係数算出部202は、光量分布の各ボクセルの値を、初期音圧分布に適用した各ボクセルに値を変えずに投影してもよい。また、吸収係数算出部202は、光量分布の各ボクセルの値を補完計算して初期音圧分布に適用した各ボクセルに投影してもよい。

30

【0095】

吸収係数算出部202は、再指定されたROIにおける光吸収係数分布のデータを表示部107に送信し、表示部107に表示させる(S303)。

40

【0096】

以上、本実施例の画像表示方法によれば、再指定されたROIにおける光量分布を計算するのに要する冗長な時間を低減しつつ、精度良く光吸収係数分布を算出することができる。

【0097】

なお、本実施例では、光量分布を計算によって取得するときのボクセルサイズを、初期音圧分布の算出と同様に、ROIのサイズに基づいて決定したが、光量分布の算出の際のボクセルサイズの決定方法はこれに限らない。前述したように光量分布の算出精度はボクセルサイズに影響を受けにくいいため、光量分布の算出については予め決定されたボクセル

50

サイズで行われてもよい。

【0098】

また、光量算出部は、初期音圧分布を取得するときのボクセルサイズよりも大きなボクセルサイズで光量分布を取得してもよい。なお、光量分布の光伝搬計算においては、平均自由行程よりも小さいボクセルサイズの場合、ボクセルサイズを小さくしたときの精度に対する影響がより小さい。そのため、光量算出部は、平均自由行程以上のボクセルサイズで光量分布を算出してもよい。例えば、被検体が生体の場合、光量算出部は、ROIのサイズにかかわらず、0.1mm以上のボクセルサイズで光量分布を算出してもよい。また、光量算出部は、ROIのサイズにかかわらず、0.5mm以上のボクセルサイズで光量分布を算出してもよい。

10

【0099】

なお、再指定されたROIがこれまでに指定されたROIに含まれる場合であっても、光量分布を光伝搬計算によって取得してもよい。

【0100】

なお、吸収係数算出部202は、上記方法で複数の波長それぞれの光を用いて、各波長に対応した複数の光吸収係数分布を算出してもよい。また、吸収係数算出部202は、第一または第二の被検体情報分布として、光吸収係数分布の代わりに、各波長に対応する複数の光吸収係数分布から被検体を構成する成分濃度分布を算出してもよい。特に、被検体中の主な光吸収体が酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンである場合、成分濃度としての酸素飽和度SO₂は以下の式5で表されることが知られている。

20

【0101】

【数4】

$$SO_2 = \frac{-\frac{\mu_a(\lambda_1)}{\mu_a(\lambda_2)} \varepsilon_{de}(\lambda_2) + \varepsilon_{de}(\lambda_1)}{-\frac{\mu_a(\lambda_1)}{\mu_a(\lambda_2)} \{\varepsilon_{de}(\lambda_2) + \varepsilon_{ox}(\lambda_2)\} + \{\varepsilon_{de}(\lambda_1) + \varepsilon_{ox}(\lambda_1)\}}$$

・・・式5

30

ここで、 $\mu_a(\lambda)$ は、波長 λ における光吸収係数、 $\varepsilon_{ox}(\lambda)$ ・ $\varepsilon_{de}(\lambda)$ は、それぞれ波長 λ における酸化ヘモグロビン・還元ヘモグロビンの光吸収係数である。 $\varepsilon_{ox}(\lambda)$ ・ $\varepsilon_{de}(\lambda)$ は既知であるため、吸収係数算出部202は、式5に従って、各波長に対応した複数の光吸収係数分布から酸素飽和度分布を算出することができる。

【0102】

このように、複数波長に対応する光吸収係数分布を求める際に本実施例の方法を適用することにより、複数回の光量分布の光伝搬計算を省略することができるため、冗長な処理時間をより低減することができる。

【0103】

以上、特定の実施形態を参照しながら、本発明について詳解してきた。しかしながら、本発明は上記特定の形態に限定されず、本発明の技術思想を逸脱しない範囲で実施形態の修正をすることができる。

40

【符号の説明】

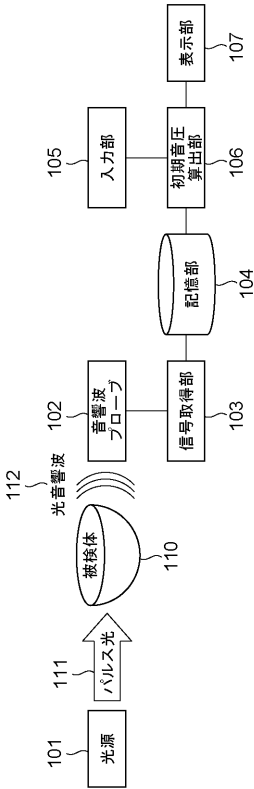
【0104】

104 記憶部

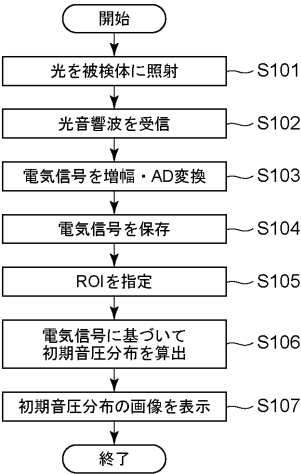
105 入力部

106 初期音圧算出部

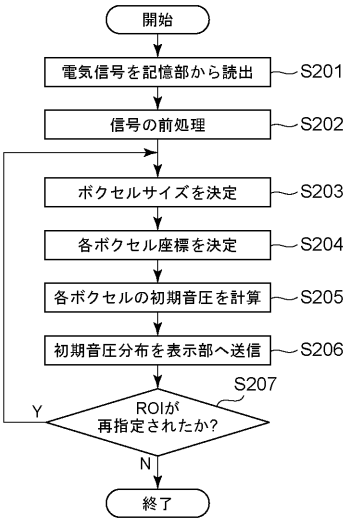
【図 1】



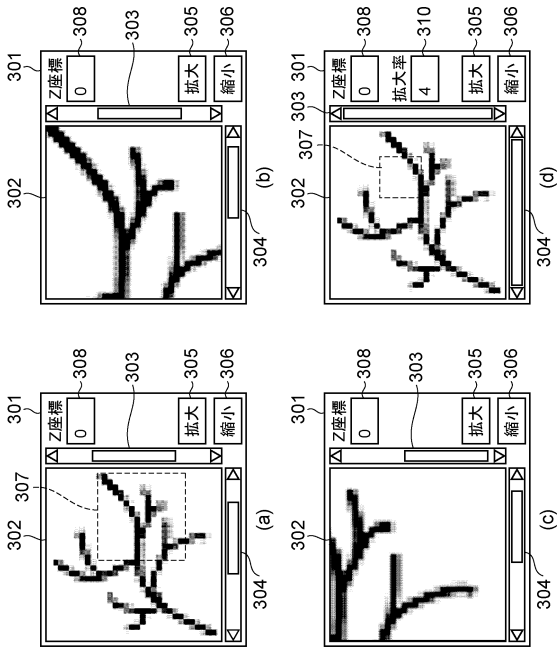
【図 2】



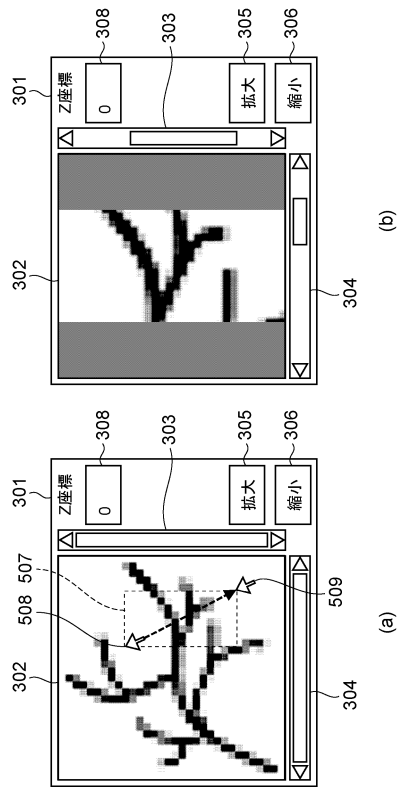
【図 3】



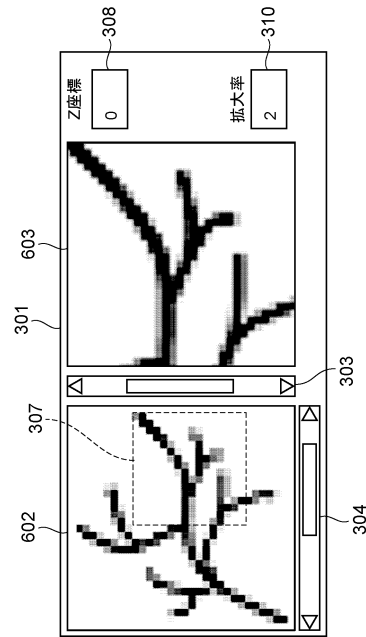
【図 4】



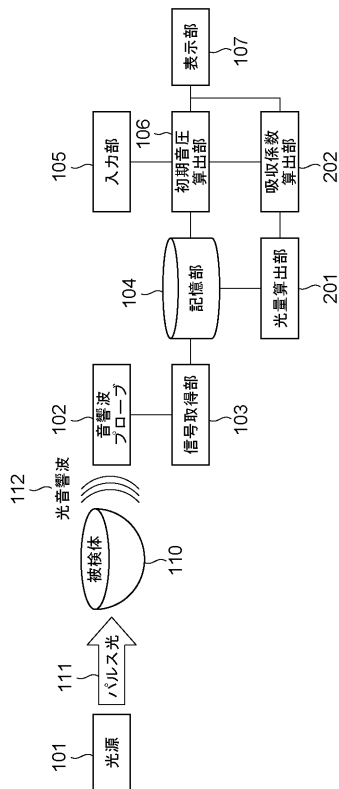
【図5】



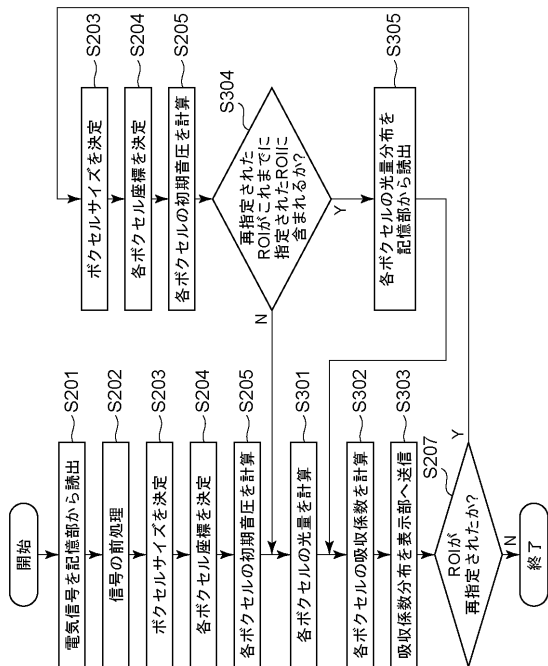
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2013-150764(JP,A)
米国特許出願公開第2013/0160557(US,A1)
特開2011-177496(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0289812(US,A1)
米国特許出願公開第2010/0256496(US,A1)
特開2006-087921(JP,A)
米国特許出願公開第2006/0061570(US,A1)
特開2014-030485(JP,A)
米国特許出願公開第2014/0036636(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 8/00 - 8/15