

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6415050号
(P6415050)

(45) 発行日 平成30年10月31日 (2018. 10. 31)

(24) 登録日 平成30年10月12日 (2018. 10. 12)

(51) Int. Cl. F I
A 6 1 B 8/00 (2006. 01) A 6 1 B 8/00
G O 1 N 29/24 (2006. 01) G O 1 N 29/24

請求項の数 9 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2013-272054 (P2013-272054)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成25年12月27日 (2013. 12. 27)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-140717 (P2014-140717A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成26年8月7日 (2014. 8. 7)	(74) 代理人	100126240
審査請求日	平成28年12月22日 (2016. 12. 22)		弁理士 阿部 琢磨
(31) 優先権主張番号	特願2012-286685 (P2012-286685)	(74) 代理人	100124442
(32) 優先日	平成24年12月28日 (2012. 12. 28)		弁理士 黒岩 創吾
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	鈴木 絃一
			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	阿部 浩
			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	奥田 雄介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 被検体情報取得装置、表示方法、およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光音響効果により発生する光音響波に基づいて得られた光音響信号データを記憶する記憶部と、

前記記憶部に記憶された前記光音響信号データに対して、タイムドメイン再構成処理またはフーリエドメイン再構成処理である第1再構成処理、および、モデルベース再構成処理である第2再構成処理を含む2種類以上の再構成処理を並行して実行し、

ユーザからの指示の前に、前記第1再構成処理によって生成された第1画像を表示部に表示させ、

前記第1画像を前記表示部に表示させた状態で、前記第2再構成処理を継続し、

前記2種類以上の再構成処理のうち、処理の完了している再構成処理に対応する複数の画像の中からユーザからの指示に基づいて選択された再構成処理に対応する第2画像を前記表示部に拡大表示させる演算部と、

を有することを特徴とする情報処理装置。

【請求項 2】

前記演算部は、前記2種類以上の再構成処理のうち、処理の完了した再構成処理を識別できるように当該再構成処理に対応するアイテムを前記表示部に表示させることを特徴とする請求項1に記載の情報処理装置。

【請求項 3】

前記演算部は、前記2種類以上の再構成処理のうち、処理の完了していない再構成処理

10

20

をユーザが選択できないように構成されている
ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の情報処理装置。

【請求項 4】

前記演算部は、前記 2 種類以上の再構成処理の進捗を示すアイテムを前記表示部に表示させる

ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 5】

前記 2 種類以上の再構成処理のそれぞれに用いられる前記光音響信号データには、ある時刻に発生する光音響波に基づいた同一のデータが含まれている

ことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

10

【請求項 6】

光を発する光源と、

前記光が被検体に照射されることにより発生した光音響波を検出して電気信号を出力する音響波検出部と、

を有し、

前記記憶部は、前記電気信号に基づいた前記光音響信号データを記憶し、

前記演算部は、前記記憶部から前記光音響信号データを読み出すことにより、前記光音響信号データを取得する

ことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

20

【請求項 7】

前記表示部と、

ユーザが前記 2 種類以上の再構成処理から少なくとも 1 種類の再構成処理を選択できるように構成されている入力部と、を更に有し、

前記表示部と前記入力部とは一体となって構成されている

ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 8】

光音響効果により発生する光音響波に基づいて生成された光音響信号データに由来する画像を表示する表示方法であって、

記憶部から前記光音響信号データを取得し、

前記光音響信号データに対して、タイムドメイン再構成処理またはフーリエドメイン再構成処理である第 1 再構成処理、および、モデルベース再構成処理である第 2 再構成処理を含む 2 種類以上の再構成処理を並行して実行し、

30

ユーザからの指示の前に、前記第 1 再構成処理によって生成された第 1 画像を表示部に表示させ、

前記第 1 画像を前記表示部に表示させた状態で、前記第 2 再構成処理を継続し、

2 種類以上の再構成処理のうち、処理の完了している再構成処理に対応する複数の画像の中からユーザからの指示に基づいて選択された再構成処理に対応する第 2 画像を前記表示部に拡大表示させる

ことを特徴とする表示方法。

40

【請求項 9】

請求項 8 に記載の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】

本発明は、光が被検体に照射されることにより発生した光音響波に基づき、被検体情報を取得する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

光を用いた光イメージング技術の一つとして、光音響効果を利用した Photo Acoustic Imaging (PAI: 光音響イメージング) がある。光音響イメージ

50

ングでは、例えば、生体などの被検体にパルス光が照射され、血管等の光吸収体がパルス光のエネルギー吸収することにより光音響波が発生する。この光音響効果により発生した光音響波を、音響波検出部が検出する。そして、音響波検出部から出力される検出信号を解析処理することにより、被検体情報を取得する。

【0003】

光音響イメージングの例として、非特許文献1は、光音響波の検出信号に対して、Universal Back-Projection再構成処理（以下、「UBP処理」とする）を施すことにより、被検体情報としての初期音圧分布を取得することを開示する。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0004】

【特許文献1】特開2012-135462号公報

【特許文献2】特開2010-35806号公報

【特許文献3】特開2011-143175号公報

【特許文献4】特開2011-120765号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】Minghua Xu and Lihong V. Wang, (2005), "Universal back-projection algorithm for photoacoustic computed tomography", PHYSICAL REVIEW E 71, 016706

20

【非特許文献2】Sergey A. Ermilov, Reda Gharieb, Andre Conjusteau, Tom Miller, Ketan Mehta, and Alexander A. Oraevsky, "Data Processing and quasi-3D optoacoustic imaging of tumors in the breast using a linear arc-shaped array of ultrasonic transducers", Proc of SPIE Vol. 6856

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0006】

ところが、非特許文献1に記載された光音響イメージングで表示される被検体情報の画像については、診断の観点からさらなる改善が望まれている。

そこで、本発明は、診断において有用性の高い被検体情報の表示を行うことのできる被検体情報取得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】

本発明に係る情報処理装置は、光音響効果により発生する光音響波に基づいて得られた光音響信号データを記憶する記憶部と、前記記憶部に記憶された前記光音響信号データに対して、タイムドメイン再構成処理またはフーリエドメイン再構成処理である第1再構成処理、および、モデルベース再構成処理である第2再構成処理を含む2種類以上の再構成処理を並行して実行し、ユーザからの指示の前に、前記第1再構成処理によって生成された第1画像を表示部に表示させ、第1画像を前記表示部に表示させた状態で、前記第2再構成処理を継続し、前記2種類以上の再構成処理のうち、処理の完了している再構成処理に対応する複数の画像の中からユーザからの指示に基づいて選択された再構成処理に対応する第2画像を前記表示部に拡大表示させる演算部と、を有する。

40

【発明の効果】

【0008】

本発明に係る被検体情報取得装置によれば、診断において有用性の高い被検体情報の表示を行うことができる。

50

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本実施形態に係る被検体情報取得装置を示す図

【図2】本実施形態に係る処理部の詳細を示す図

【図3】本実施形態に係る被検体情報取得方法のフローを示す図

【図4】本発明の実施形態に係るシミュレーションモデル及びシミュレーション結果を示す図

【図5】本発明の実施例1に係る被検体情報取得方法のフローを示す図

【図6】本発明の実施例1に係る処理部の詳細を示す図

【図7】本発明の実施例1に係るディスプレイに表示された画面を示す図

10

【図8】本発明の実施例2に係る被検体情報取得方法のフローを示す図

【図9】本発明の実施例2に係るディスプレイに表示された画面を示す図

【発明を実施するための形態】

【0010】

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初期音圧、初期音圧から導かれる光エネルギー吸収密度、吸収係数、組織を構成する物質の濃度などである。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などである。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。

【0011】

20

また、本実施形態における被検体情報は、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であってもよい。すなわち、吸収係数分布や酸素飽和度分布などの分布情報を被検体情報としてもよい。

【0012】

ところで、非特許文献1に記載されたように特定の処理（UBP再構成処理）のみで得られた被検体情報を表示する方法には、診断の観点からさらなる改善が望まれている。

【0013】

例えば、処理の種類によって、被検体に対応する実像の表示のされ方が異なる場合がある。そのため、処理の種類によって、観察対象の診断における有用性が異なる場合がある。

30

【0014】

また、再構成処理を行って得られる診断画像にはアーティファクトと呼ばれる虚像が存在する場合がある。このアーティファクトは診断の妨げとなる場合がある。そして、再構成処理の種類によって、アーティファクトの出方が異なることが知られている。

【0015】

そのため、診断の際に、特定の処理によって得られた被検体情報を表示するだけでは不十分である場合がある。

【0016】

そこで、本発明者は、2種類以上の処理から、ユーザが選択した少なくとも1つの処理を光音響信号データ（生データとも呼ばれる）に適用させることを着想した。これにより、ユーザは所望の処理により得られた被検体情報を確認することができるため、病症に応じて有用であると判断した処理に対応する画像を選択的に診断に用いることができる。

40

【0017】

特定の処理のみを実行することのできる被検体情報取得装置においては、短時間で診断結果を見たいにもかかわらず、多くの処理時間を要する処理を実行せざるを得ない場合がある。また、特定の処理のみを実行することのできる被検体情報取得装置においては、処理時間を多く要しても詳細を観察したいにもかかわらず、簡単なモデルに基づく処理を実行せざるを得ない場合もある。

【0018】

ところが、本実施形態によれば、ユーザが許容できる処理時間を考慮して所望の処理を

50

選択することもできる。すなわち、本実施形態によれば、ユーザが許容できる処理時間の中で、ユーザが有用性の高いと判断した所望の処理に対応する被検体情報を選択することができる。

【0019】

以下、図面を参照しつつ、本実施形態を説明する。なお、同一の構成要素には原則として同一の符号を付して、説明を省略する。

【0020】

まず、図1に示す本実施形態に係る被検体情報取得装置の基本構成を説明する。

【0021】

本実施形態の被検体情報取得装置は、被検体としての生体100の情報を取得するために、光源110、光学系120、音響波検出部130、コンピュータとしての処理部140、入力部150、表示部160を有する。

10

【0022】

また、図2は、処理部140の詳細、および、処理部140の周辺の構成を示す模式図である。図2に示すように、処理部140は、演算部141および記憶部142を備えている。

【0023】

演算部141は、バス200を介して被検体情報取得装置を構成する各構成の動作を制御している。また、演算部141は、記憶部142に保存された後述する被検体情報取得方法が記述されたプログラムを読み出し、被検体情報取得装置に被検体情報取得方法を実行させている。

20

【0024】

以下、本実施形態に係る被検体情報取得装置の各構成の詳細を説明する。

【0025】

(光源110)

光源110としては、数ナノから数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が好ましい。具体的には、効率的に光音響波を発生させるため、光源110は10ナノ秒程度のパルス幅の光を発生可能であることが好ましい。光源110が発することのできる光の波長は、被検体内部まで光が伝搬する波長を使うことが望ましい。具体的には、被検体が生体の場合、好適な波長は、500nm以上、1200nm以下である。

30

【0026】

また、光源としてはレーザや発光ダイオードを用いることができる。レーザとしては、固体レーザ、ガスレーザ、色素レーザ、半導体レーザなど様々なレーザを使用することができる。例えば、本実施形態に使用されるレーザとしては、アレキサンドライトレーザ、Yttrium-Aluminum-Garnetレーザ、Titanium-Sapphireレーザなどがある。

【0027】

(光学系120)

光源110から出射された光は、典型的にはレンズやミラーなどの光学部品により、所望の光分布形状に成型されながら生体100に導かれる。その他、光ファイバなどの光導波路などを用いて光を伝搬させることも可能である。光学部品は、例えば、光を反射するミラーや、光を集光したり拡大したり形状を変化させるレンズ、光を分散・屈折・反射するプリズム、光を伝搬させる光ファイバ、光を拡散させる拡散板などである。このような光学部品は、光源110から発せられた光が被検体に所望の形状で照射されれば、どのようなものを用いてもかまわない。

40

【0028】

なお、光源110が発する光を所望の光として被検体に導くことができる場合、光学系120を用いる必要はない。

【0029】

(音響波検出部130)

50

音響波検出部 130 は、音響波を検出可能な素子であるトランスデューサと、トランスデューサを囲う筐体とを備えている。

【0030】

トランスデューサは、光音響波や超音波エコーなどの音響波を受信し、アナログ信号である電気信号に変換するものである。トランスデューサは、圧電現象、光の共振、静電容量の変化等を用いたものなど、音響波の受信をできるものであれば、どのようなトランスデューサであってもよい。また、音響波検出部 130 は、アレイ状に配列された複数のトランスデューサを備えていることが好ましい。

【0031】

(処理部 140)

処理部 140 は、図 2 に示すように演算部 141 および記憶部 142 を備えている。

【0032】

演算部 141 は、典型的には CPU、GPU、A/D 変換器、FPGA、および ASIC などの演算素子から構成される。なお、演算部 141 は、1つの演算素子から構成されるだけでなく、複数の演算素子から構成されていてもよい。また、どの処理をどの演算素子が行ってもよい。

【0033】

記憶部 142 は、典型的には ROM、RAM、およびハードディスクなどの記憶媒体から構成される。なお、記憶部 142 は、1つの記憶媒体から構成されるだけでなく、複数の記憶媒体から構成されていてもよい。

【0034】

なお、演算部 141 は、生体内の深度によらずに均一なコントラストを持つ画像を得るために、光の照射から音響波が音響波検出部 130 の素子に到達するまでの時間に応じて増幅利得を増減するゲイン調整を行ってもよい。

【0035】

また、演算部 141 は、光源 110 から発生するパルス光の発光タイミングの制御、および、パルス光をトリガ信号として音響波検出部 130 の動作開始のタイミングの制御を行うことができる。また、演算部 141 は、表示部 160 の表示制御を行うことができる。

【0036】

また、演算部 141 は、音響波検出部 130 から得られる検出信号が複数の場合は、同時に複数の信号をパイプライン処理できるように構成されていることが好ましい。これにより、被検体情報を取得するまでの時間を短縮することができる。

【0037】

なお、処理部 140 が行うそれぞれの処理を、演算部 141 に実行させるプログラムとして記憶部 142 に保存しておくことができる。ただし、プログラムが保存される記憶部 142 は、非一時的な記録媒体である。

【0038】

また、処理部 140 および音響波検出部 130 は、一体に統合された構成で提供されてもよい。ただし、音響波検出部に備えられた処理部で一部の信号処理を行い、残りの信号処理を音響波検出部の外部に設けられた処理部で行ってもよい。この場合、音響波検出部に備えられた処理部および音響波検出部の外部に設けられた処理部を総称して、本実施形態に係る処理部とすることができる。

【0039】

(入力部 150)

入力部 150 は、ユーザによる入力を受け付けることができるように構成されている。ユーザにより入力された情報は、入力部 150 から処理部 140 に入力される。

【0040】

例えば、入力部 150 としては、マウスやキーボードといったポインティングデバイスや、ペンタブレットタイプなどを採用することができる。また、入力部 150 としては、

10

20

30

40

50

被検体情報取得装置を構成する装置や、その他装置に設けられたボタンやダイヤルなどの機械的なデバイスを採用することもできる。また、表示部 160 にタッチパネルディスプレイを採用する場合、表示部 160 を入力部 150 として採用することもできる。

【0041】

なお、入力部 150 は、本実施形態に係る被検体情報取得装置とは別に提供されてもよい。

【0042】

(表示部 160)

表示部 160 は、処理部 140 から出力される被検体情報を表示する装置である。

【0043】

表示部 160 は、典型的には液晶ディスプレイなどが利用されるがプラズマディスプレイや有機 EL ディスプレイ、FED など他の方式のディスプレイでも良い。また、表示部 160 にタッチパネルディスプレイを採用することで、入力部 150 と表示部 160 とを一体に統合された構成にすることもできる。

【0044】

なお、表示部 160 は、本実施形態に係る被検体情報取得装置とは別に提供されてもよい。

【0045】

次に、図 1 および図 2 に示す被検体情報取得装置を用いた本実施形態に係る被検体情報取得方法を、図 3 に示すフローを用いて説明する。なお、図 3 に示すフローは処理部 140 により実行される。

【0046】

(S301: 光音響信号データを取得する工程)

この工程では、まず、光源 110 が発した光が光学系 120 を介してパルス光 121 として生体 100 に照射される。そして、光吸収体 101 がパルス光 121 を吸収して、光音響効果により光音響波 102 が発生する。

【0047】

次に、音響波検出部 130 は光音響波 102 をアナログ信号である電気信号に変換し、処理部 140 に出力する。演算部 141 は、音響波検出部 130 から出力された電気信号を、記憶部 142 に光音響信号データとして保存する。

【0048】

本実施形態においては、音響波検出部 130 から出力された電気信号が記憶部 142 に保存されたときのデータを光音響信号データとする。光音響信号データは、演算部 141 により記憶部 142 から読み出されて、後述する 2 種類以上の処理に用いられることが可能となっているデータである。

【0049】

なお、典型的には、音響波検出部 130 から出力された電気信号は、増幅、および、A/D 変換が施されて記憶部 142 に光音響信号データとして保存される。また、音響波検出部 130 から出力された電気信号は、加算平均された後に光音響信号データとして記憶部 142 に保存されてもよい。

【0050】

このように、光音響信号データは記憶部 142 に保存されている。演算部 141 は、ある時刻に検出した光音響波に対応する同一の光音響信号データを含む光音響信号データを、後述する複数の処理に用いることができる。

【0051】

光音響イメージングにおいては、ある時刻に光音響波を検出して取得した同一の光音響信号データを含む光音響信号データに異なる処理を施すことができる。これにより、異なる処理のそれぞれに対応する同時刻における被検体情報を取得することができる。

【0052】

すなわち、本実施形態においては、同一のデータを含む光音響信号データに 2 種類以上

10

20

30

40

50

の処理のそれぞれを適用した同時刻における被検体情報のうち、所望の処理に対応する被検体情報を選択的に表示させることができる。

【 0 0 5 3 】

なお、演算部 1 4 1 は、同一のデータを含まない光音響信号データに対して 2 種類以上の処理を行うことによりそれぞれの処理に対応する被検体情報を取得してもよい。

【 0 0 5 4 】

(S 3 0 2 : 2 種類以上の処理から所望の処理の情報を選択する工程)

この工程では、ユーザが入力部 1 5 0 を用いて 2 種類以上の処理から所望の処理を選択する。そして、入力部 1 5 0 はユーザに選択された処理の情報を処理部 1 4 0 に出力する。このとき、選択された処理の情報は、記憶部 1 4 2 に保存される。

10

【 0 0 5 5 】

以下、2 種類以上の処理からユーザが所望の処理を選択するための入力部 1 5 0 の例を説明する。すなわち、ユーザが所望の処理の情報を入力する方法の例を説明する。

【 0 0 5 6 】

例えば、ユーザは、2 種類以上の処理のそれぞれに対応した入力部 1 5 0 としての機械的なボタンを押すことにより所望の処理を選択してもよい。あるいは、ユーザは、2 種類以上の処理のそれぞれに対応した入力部 1 5 0 としての機械的なダイヤルを回すことにより、所望の処理を選択してもよい。

【 0 0 5 7 】

別の例としては、ユーザは、入力部 1 5 0 としてのマウスやキーボードなどを用いて、表示部 1 6 0 に表示された処理を表す項目を選択することにより、所望の処理を選択してもよい。このとき、表示部 1 6 0 は、処理を表す項目をアイコンとして並べて表示したり、メニューとして表示したりすることができる。また、表示部 1 6 0 に表示される処理に関する項目は、被検体情報の画像の横に常に表示されていてもよいし、ユーザが入力部 1 5 0 を用いて、何らかの操作を行った場合に表示されるように構成されていてもよい。例えば、表示部 1 6 0 は、入力部 1 5 0 としてのマウスに備えられた機械的なボタンをクリックすることにより処理を表す項目が表示部 1 6 0 に表示されるように構成されていてもよい。

20

【 0 0 5 8 】

なお、ユーザが 2 種類以上の処理から所望の処理を選択することができれば、上記の方法に限らずどのような方法を採用してもよい。

30

【 0 0 5 9 】

また、被検体情報取得装置は、各処理の進捗が視覚的にわかるように構成されていることが好ましい。例えば、表示部 1 6 0 に進捗バーを表示することや予想される計算終了時間を表示することにより、各処理の進捗が視覚的にわかるように構成することができる。また、この他にも、円状の進捗マークを用い、処理が進むにつれて色が変わる角度が変わるようにしてもよい。または、処理完了などの進捗状況に応じて処理に対応する項目の色を変更したり、この項目の付近に文字で進捗状況を表示したりしてもよい。

【 0 0 6 0 】

また、本実施形態に係る被検体情報取得装置は、処理の進捗を把握することができるとともに、計算中の処理をユーザが任意に中止することができるように構成されていることが好ましい。このように構成されることにより、ユーザが進捗バーを見て計算中の処理の進捗がおもわしくないと判断した場合に、異なる処理を開始させることができる。

40

【 0 0 6 1 】

また、デフォルトで選択される画像再構成処理を記憶部 1 4 2 内のファイルに予め設定しておくことができる。この場合、演算部 1 4 1 は、ステップ S 3 0 2 の最初にデフォルト設定された処理を読み出し、ユーザが特に処理を選択しなければデフォルトで選択された処理を実行するようにしてもよい。また、いずれの処理をデフォルトで選択されるようにするかをユーザが設定可能にしてもよい。

【 0 0 6 2 】

50

また、ユーザにより選択される所望の処理は、少なくとも１種類の処理であればよい。また、本実施形態においては、３種類以上の処理から少なくとも２種類の処理を選択してもよい。このとき、本実施形態に係る被検体情報取得装置は、少なくとも２種類の処理の組み合わせを複数選択できるように構成されていてもよい。これにより、ユーザが所望する処理を自由度高く選択することができ、診断に有用な被検体情報を表示することが可能となる。

【００６３】

（Ｓ３０３：所望の処理を行うことにより被検体情報を取得する工程）

この工程では、演算部１４１が、記憶部１４２に保存された光音響信号データに基づき、Ｓ２００で選択された所望の処理を行って被検体情報を取得する。ここで、所望の処理を行うことによって得られる被検体情報を「所望の処理に対応する被検体情報」とする。

【００６４】

なお、演算部１４１は、記憶部１４２に格納された処理のアルゴリズムが記述されたプログラムを読み出し、光音響信号データにこの処理を行い、被検体情報を取得することができる。

【００６５】

また、本実施形態においては、処理により被検体情報としての３次元のボクセルデータや２次元のピクセルデータを取得することができる。

【００６６】

ここで、本実施形態に係る処理とは、光音響信号データから、病理的な価値を有する被検体情報に変換する間のあらゆる処理のことを指す。例えば、本実施形態に係る処理としては、記憶部１４２に格納された光音響信号データに基づき、異なる光音響信号データを生成する探触子応答補正処理やノイズ除去処理などの信号処理が挙げられる。また、例えば、本実施形態に係る処理としては、記憶部１４２に格納された光音響信号データから被検体情報を生成するタイムドメイン再構成処理、フーリエドメイン再構成処理、モデルベース再構成処理などの再構成処理が挙げられる。また、例えば、本実施形態に係る処理としては、前述した再構成処理で生成された被検体情報に基づき、異なる被検体情報を生成する高解像度化処理などの画像処理が挙げられる。

【００６７】

以下にそれぞれの処理の例を説明する。

【００６８】

信号処理としての探触子応答補正処理（以下、「ＢＤ処理」とする）とは、光音響信号データにブラインドデコンボリューションアルゴリズムに基づく処理を施すことにより、探触子の帯域制限による信号劣化を補正する処理である（特許文献１を参照）。光音響波が音響波検出部１３０により電気信号に変換される際に、音響波検出部１３０の受信帯域幅に制限があるため、電気信号の波形が変化してリングングが生じる場合がある。このリングングは、画像上に光吸収体の近くに現れるアーティファクトの要因となり、解像度を低下させる。そこで、探触子応答補正は、音響波検出部によるリングングを低減させ、アーティファクトの低減および解像度の向上の効果を奏する。

【００６９】

信号処理としてのノイズ除去処理（以下、「Wavelet処理」とする）とは、光音響信号データにウェーブレット関数による基底追跡を行い、光音響信号データのノイズ成分を除去する処理である。光音響波に起因する信号の波形は理想的な条件では、Ｎ型の波形になることが知られている（非特許文献２を参照）。一方、装置の電気系などから混入する不規則な波形であるランダムノイズは、光音響波に起因する信号に重ね合わせられる。そこで、光音響信号データに離散ウェーブレット変換を施し、その結果から絶対値の低い係数を除去することにより、ノイズに起因する信号と光音響波に起因する信号とを弁別する。このWavelet処理は、光音響波に起因する信号が理想的な波形に近い場合には効果が大きい。一方、光音響波の周波数と音響波検出部の帯域とが大きく異なる場合、ノイズが多すぎる場合、および被検体の特徴により複数の波形が重なった場合には、Wa

10

20

30

40

50

velocity 処理による画質向上効果が低い場合がある。

【0070】

再構成処理としてのタイムドメイン再構成処理（以下、「TD処理」とする）とは、光音響波が球面波であるという性質を利用して実空間上で音波信号の重ね合わせにより音波源の推定を行い、ボクセルデータを生成する処理である（特許文献2を参照）。TD処理としては、具体的には非特許文献1に記載されたUBP処理などがある。TD処理は、実空間上で処理を行うため、後述するフーリエドメイン再構成処理などと比較すると測定系の影響を取り入れやすい。例えば、音響波検出部130の状態を考慮した立体角の重みづけ補正処理などを加え、サイドローブ型のアーティファクトを減らすことができる。

【0071】

再構成処理としてのフーリエドメイン再構成処理（以下、「FD処理」とする）とは、フーリエ変換および逆フーリエ変換を利用して周波数領域で検出信号の重ね合わせにより音波源の推定を行い、ボクセルデータを生成する処理である（特許文献2を参照）。また、高速フーリエ変換を利用することにより、短時間で処理を行うことができる。ところが、周波数空間では実空間上と比べて測定系の影響を取り入れにくい。そのため、例えば、TD処理では行うことのできる音響波検出部の状態を考慮した立体角の重みづけ補正処理などを適用することが難しく、サイドローブ型のアーティファクトが生じる場合がある。

【0072】

再構成処理としてのモデルベース再構成処理（以下、「MBP処理」とする）とは、理想的な光音響波の伝搬モデルに基づく計算結果と光音響信号データとの差が最小になるように音波源を推定してボクセルデータを生成する処理である（特許文献3を参照）。現象の記述モデルを用いることにより、TD処理およびFD処理に比べ、測定系を厳密に記述することができる。これにより、アーティファクトの少ない画像を得ることができる。ところが、MBP処理においては光音響信号データと計算結果の差が最小になるように反復して計算を行う必要があるため、典型的にはTD処理やFD処理と比べて多くの処理時間を要する。また、すべての現象をモデルに反映させることは困難であり、生じた現象をモデルに反映させることができない場合には、MBP処理により得られる被検体情報の定量性が低下する場合がある。

【0073】

画像処理としての高解像度化処理（以下、「CF処理」とする）とは、再構成処理により取得された被検体情報に対して、コヒーレントフィルタを使用して探触子の視野角の制限により生じるアーティファクトを低減させる処理である（特許文献4を参照）。これにより、被検体情報の画像の高解像度化を図ることができる。この処理は、光音響波の位相信号の位相がそろえば1とし、位相がそろわなければ0とする係数を各ボクセルに計算し、この係数の分布を画像にかけ合わせる処理である。CF処理は、被検体の音速分布が一定に近い場合には特に有効な処理である。一方、被検体の音速分布のばらつきが大きい場合にはCF処理による画質向上の効果が低い場合がある。

【0074】

以下、図4Aに示す吸収係数分布を有するモデルを用いてステップS301をシミュレートして得られた光音響信号データに、種々の再構成処理を行ったときの結果を説明する。ここで、図4A中の横方向をX軸、縦方向をZ軸とする。また、ここでは、X軸方向の1次元トランスデューサアレイを図4A中の最下部に配置して、この1次元トランスデューサアレイがZ軸の上方向から伝搬してきた光音響波を検出する場合をシミュレートした。

【0075】

図4Bは、FD処理が行われたときの初期音圧分布を示す。図4Cは、TD処理が行われたときの初期音圧分布を示す。図4Dは、MBP処理が行われたときの初期音圧分布を示す。

【0076】

図4B～Dのそれぞれの画像を見てわかるように、処理の種類によって同じ吸収係数分

10

20

30

40

50

布に対して異なる画像が取得されることがわかる。

【 0 0 7 7 】

例えば、図 4 B に示す F D 処理によって得られた画像では、円弧状のアーティファクトが確認できる。また、図 4 C に示す T D 処理で得られた画像では、x 軸方向に延びるアーティファクトが確認できる。また、図 4 D に示す M B P 処理によって得られた画像のアーティファクトは、図 4 B および図 4 C に示す画像のアーティファクトに比べ、全体的に抑制されていることがわかる。

【 0 0 7 8 】

また、図 4 B および図 4 C に示す画像においては、z 軸方向に延びる吸収係数分布に対応する初期音圧分布のつながりが、図 4 D に示す画像と比べ、低下していることがわかる。

10

【 0 0 7 9 】

以上説明したように、測定環境や観察したい部位などによって、適切な処理は異なる。また、処理の種類によって、処理に要する時間は異なる。

【 0 0 8 0 】

(S 3 0 4 : 所望の処理に対応する被検体情報を表示する工程)

この工程では、演算部 1 4 1 が、記憶部 1 4 2 に保存された被検体情報のボクセルデータ (またはピクセルデータ) に基づき、表示部 1 6 0 に表示させるための表示データを算出し、表示データを表示部 1 6 0 に表示させる。

【 0 0 8 1 】

20

なお、ボクセルデータ (またはピクセルデータ) から 1 次元、2 次元、3 次元から所望の次元の表示データを取得してよい。また、被検体情報取得装置は、ユーザが入力部 1 5 0 を用いて表示データの次元を設定できるように構成されていてもよい。

【 0 0 8 2 】

以上説明したように、本実施形態に係る被検体情報取得装置においては、2 種類以上の処理のうち、ユーザが選択した所望の処理に対応する被検体情報を表示部に表示させることができる。これにより、それぞれの画像再構成で得られる同時刻における画像から、処理時間や画質などのユーザのニーズに則した画像を用いて診断を行うことができる。

【 0 0 8 3 】

これまで、所望の処理の情報が取得された後に、所望の処理に対応する被検体情報が取得される形態を説明してきた。ただし、本実施形態に係る被検体情報取得装置においては、予め所望の処理に対応する被検体情報が取得された状態のときに、所望の処理の情報が取得されるとともに、所望の処理の情報に対応する被検体情報が表示されるように構成されていてもよい。すなわち、ステップ S 3 0 3 が実行された後に、ステップ S 3 0 2 が実行され、その後ステップ S 3 0 4 が実行されてもよい。

30

【 0 0 8 4 】

この場合、処理を表す項目としては、光音響信号データに処理が施された後の画像自体を採用することもできる。すなわち、ユーザはこの画像を選択することにより、処理を選択してもよい。例えば、処理が終了したものから順に表示部 1 6 0 に表示し、複数の画像のうち 1 つをユーザが選択するとその画像が拡大表示されるようにしてもよい。この方法によれば複数の処理の結果をユーザが比較することができ、処理の知識がなくても所望の画像を選択できる。

40

【 0 0 8 5 】

また、この場合、被検体情報取得装置は、処理が終了していない処理については、ユーザが選択できないように構成されていることが好ましい。

【 0 0 8 6 】

また、この場合、被検体情報取得装置は、処理が終了した処理であるか否かをユーザに通知する通知手段をさらに有することが好ましい。さらに、この通知手段は、処理が終了した処理であるか否かを、ユーザが視覚的に認知できるように構成されていることが好ましい。

50

【 0 0 8 7 】

例えば、表示部 1 6 0 に被検体情報を表す項目を表示させる場合、処理が終了した処理の項目と処理が終了していない処理の項目とを異なる色で表示させることなどを行うことを通知手段とすることができる。

【 0 0 8 8 】

また、被検体情報取得装置を構成する装置またはその他の装置に、それぞれの処理に対応するランプを通知手段として備えることもできる。この場合、例えば、処理が終了した処理に対応するランプが点灯するようにして、処理が終了した処理であるか否かをユーザに通知することができる。

【 0 0 8 9 】

また、表示部 1 6 0 に所望の処理に対応する被検体情報とは異なる被検体情報が表示されている状態のときに、所望の処理の情報が取得され、所望の処理に対応する被検体情報が表示部 1 6 0 に表示されてもよい。このとき、所望の処理に対応する被検体情報は、予め表示された被検体情報に重畳して表示されたり、並べて表示されたりすることができる。また、予め表示されていた被検体情報から、所望の処理に対応する被検体情報に切り替えて表示部 1 6 0 に表示してもよい。すなわち、予め表示されていた被検体情報を表示部 1 6 0 に非表示とし、この被検体情報が表示部 1 6 0 における表示されていた領域に、所望の処理に対応する被検体情報を切り替えて表示することもできる。これらの表示方法は、出荷時に予め設定されていてもよいし、入力部 1 5 0 を用いてユーザにより設定されるようにしてもよい。

【 0 0 9 0 】

このようにして、ユーザは、予め表示された被検体情報から把握できる病理学的な情報と、所望の処理に対応する被検体情報から把握できる病理学的な情報とを把握して総合的に診断することができる。また、時間間隔を空けずに複数の病理学的な情報を把握し、総合的に診断することができる。

【実施例 1】

【 0 0 9 1 】

続いて本発明に係る実施例 1 を、図 1、図 5、および図 6 を用いて説明する。図 5 は、本実施例に係る被検体情報取得方法のフロー図である。また、図 6 は、本実施例に係る処理部としてのコンピュータ 1 4 0 の詳細およびその周辺の装置を示す模式図である。図 6 に示すように、コンピュータ 1 4 0 は、演算部としての CPU 6 4 1、FPGA 6 4 2、および GPU 6 4 3、ならびに記憶部としての ROM 6 4 4 および RAM 6 4 5 を備える。ここで、ROM 6 4 4 は、非一時的な記録媒体として用いられている。

【 0 0 9 2 】

本実施例において、CPU 6 4 1 は、バス 2 0 0 を介して被検体情報取得装置を構成する各構成の動作を制御している。また、CPU 6 4 1 は、ROM 6 4 4 に保存された本実施例に係る被検体情報取得方法が記述されたプログラムを読み出し、被検体情報取得装置に被検体情報取得方法を実行させている。すなわち、コンピュータ 1 4 0 は、図 5 に示すフローを実行している。

【 0 0 9 3 】

まず、ステップ S 5 0 1 において、ユーザは入力部 1 5 0 を操作して測定パラメータを入力した。そして、測定パラメータは記憶部としての RAM 6 4 5 に保存された。本工程において、ユーザは、測定に使用するレーザ光の波長、および、一度の測定でレーザ光を被検体としての被験者の乳房 1 0 0 に照射する回数を測定パラメータとして設定した。なお、本実施例において、ユーザは、測定に使用するレーザ光の波長を 7 9 7 nm に設定し、レーザ光の照射回数を 3 0 回と設定した。

【 0 0 9 4 】

続けて、ステップ S 5 0 2 において、CPU 6 4 1 は、光源としてのチタンサファイアレーザ 1 1 0 へ測定パラメータに基づく指示を出し、レーザ光を発光させる。このレーザ光は、光ファイバ 1 2 0 を介して、パルス幅が 5 0 nm のパルス光 1 2 1 として乳房 1 0

10

20

30

40

50

0へ照射された。そして、乳房100はパルス光121を吸収して、乳房100内部の吸収係数分布を反映した光音響波が発生した。なお、本実施例におけるチタンサファイアレーザ110は、内部のレーザ媒質を励起するための手段としてフラッシュランプおよびQスイッチを有し、CPU641からの指示により発光タイミングが制御されていた。

【0095】

続いてステップS503において、音響波検出部としてのCMUTアレイ130は、光音響波を電気信号へと変換し、電気信号を処理部140へ出力した。

【0096】

なお、CPU641は、ステップS502のレーザ光の発光指示と同期してCMUTアレイ130へ光音響波の検出指示を行う。また、本実施例においては、CMUTアレイ130と乳房100との間に、音響インピーダンスが乳房100に近い超音波ジェルを音響マッチング材として設けた。

【0097】

続いてステップS504において、FPGA642が電気信号に増幅、A/D変換を行った。そして、CPU641は、増幅およびA/D変換が施された信号を光音響信号データとしてRAM645に保存した。

【0098】

続いてステップS505において、被検体の測定が完了したか否かを判断した。被検体の測定が完了している場合にはステップS506へ進む。被検体の測定が完了していない場合にはステップS502へ進む。本実施例においては、ステップS501でレーザ光の照射回数が30回と設定されたので、ステップS502からステップS504までの処理が30回繰り返された場合に測定完了とする。

【0099】

ここで、以下の工程で使用する表示部としての液晶ディスプレイ160に表示された画面を図7に示す。ユーザは、BD処理に対応する項目701、UBP処理に対応する項目702、MBP処理に対応する項目703、およびCF処理に対応する項目704から所望の項目を選択することができる。

【0100】

また、それぞれの処理に対応する項目701～704と、それぞれの処理の進捗状況を示す進捗バー711～714とが並んで表示されている。各進捗バー711～714の黒いバーが左端にある場合は対応する処理の進捗が0%、右端にある場合は対応する処理の進捗が100%であることを示す。この構成により、ユーザは進捗バーの位置および速度から、対応する処理の進捗状況と残り時間の目安を把握することができる。

【0101】

なお、図7は、後述するステップS508でBD処理に対応する項目701を選択し、その後ステップS512でMBP処理に対応する項目703を選択したときの表示された画面を示している。このとき、図7に示すようにMBP処理に対応する進捗バー713の黒いバーは右端に達していない。そのため、このときMBP処理は終了していないことがわかる。

【0102】

続いてステップS506において、CPU641はRAM645を参照し、保存されている光音響信号データのリストをデータ選択ウィンドウ720に表示した。そして、ユーザは、データ選択ウィンドウ720に表示された光音響信号データの中から一つを選択した。

【0103】

なお、本実施例においては、それぞれの光音響信号データの被検者のID番号と撮影時刻がデータ選択ウィンドウ720に表示され、それぞれを選択できるようになっている。

【0104】

続いてステップS507において、CPU641は、ステップS506においてユーザが選択した光音響信号データに対応する測定パラメータを読み出し、表示可能な被検体情

10

20

30

40

50

報を被検体情報選択ウィンドウ 730 に表示させた。そして、ユーザは初期音圧に対応する項目を選択した。

【0105】

なお、被検体情報選択ウィンドウ 730 には、初期音圧、吸収係数、酸素飽和度が表示されている。ただし、本実施例では、1つの波長 797 nm でのみ測定を行ったので、分光特性である酸素飽和度を選択できない。また、ユーザが選択可能である初期音圧および吸収係数と、ユーザが選択不可能である酸素飽和度とは色を変えて表示されている。

【0106】

続いてステップ S508 において、CPU 641 は、BD 処理に対応する項目 701 がユーザにより選択されているか否かを判断する。BD 処理に対応する項目 701 が選択されている場合にはステップ S509 へ進む。BD 処理に対応する項目 701 が選択されていない場合にはステップ S510 へ進む。なお、本実施例においては、BD 処理に対応する項目 701 をユーザが選択したため、ステップ S509 へ進む。

10

【0107】

続いてステップ S509 において、CPU 641 は、RAM 645 からユーザが選択した光音響信号データを読み出し、前述した BD 処理を光音響信号データに施した。そして、BD 処理が施された光音響信号データは RAM 645 に保存された。

【0108】

続いてステップ S510 において、CPU 641 は、UBP 処理に対応する項目 702 が選択されているか否かを判断した。UBP 処理に対応する項目 702 が選択されている場合にはステップ S511 へ進む。UBP 処理に対応する項目 702 が選択されていない場合には S512 へ進む。なお、本実施例では、ユーザは UBP 処理に対応する項目 702 を選択しなかったため、ステップ S512 へ進む。

20

【0109】

続いてステップ S512 において、CPU 641 は、MBP 処理に対応する項目 703 が選択されているか否かを判断した。MBP 処理に対応する項目 703 が選択されている場合にはステップ S513 へ進む。MBP 処理に対応する項目 703 が選択されていない場合にはステップ S510 へ進む。なお、本実施例ではユーザは MBP 処理に対応する項目 703 を選択したため、S513 へ進む。

【0110】

30

続いてステップ S513 において、CPU 641 は、GPU 643 に MBP 処理を行うことを指示した。そして、GPU 643 は、ステップ S509 において BD 処理が施された光音響信号データに MBP 処理を施し、初期音圧に関する 3次元ボクセルデータを生成した。この 3次元ボクセルデータは RAM 645 に保存された。

【0111】

続いて、ステップ S514 において、CPU 641 は、CF 処理に対応する項目 704 が選択されているか否かを判断する。CF 処理に対応する項目 704 が選択されている場合にはステップ S515 へ進む。CF 処理に対応する項目 704 が選択されていない場合にはステップ S516 へ進む。本実施例においては、ユーザは CF 処理に対応する項目 704 を選択したため、ステップ S515 へ進む。

40

【0112】

続いてステップ S515 において、CPU 641 は、RAM 645 に格納された初期音圧に関する 3次元ボクセルデータに CF 処理を施し、CF 処理が施された初期音圧に関する 3次元ボクセルデータを生成した。そして、この CF 処理が施された後の初期音圧に関する 3次元ボクセルデータは RAM 645 に保存された。本工程において CF 処理を施すことにより、初期音圧に関する 3次元ボクセルデータの解像度は向上した。

【0113】

続いてステップ S516 において、GPU 643 は、RAM 645 に格納された初期音圧に関する 3次元ボクセルデータにスキャン変換処理を施し、表示データを生成した。そして、CPU 641 は、表示データを液晶ディスプレイ 160 に出力し、初期音圧分布を

50

画像表示ウィンドウ 740 に表示された。

【0114】

続いて、再度ステップ S508 へ進み、各処理に対応する項目が選択されているか否かを判断し、いずれかの項目が選択された場合はその項目に対応する処理が実行される。

【0115】

本実施例によれば、ユーザが所望の処理を実行させて被検体情報を表示させることができる。そのため、ユーザは、ある時刻に得られた光音響信号データを用いて、処理時間や画質などのユーザのニーズに則した処理によって得られる画像を用いて診断を行うことができる。

【実施例 2】

10

【0116】

続いて本発明の実施例 2 を説明する。本実施例は、複数の処理を並列に開始させて、終了した処理から所望の処理を選択可能とした点が実施例 1 とは異なる。

【0117】

本実施例においては、実施例 1 と同様に図 1 および図 6 に示す被検体情報取得装置を用いた。以下、図 8 に示すフローを用いて、本実施例の被検体情報取得方法を説明する。なお、図 8 に示すフローは、コンピュータ 140 により実行される。

【0118】

本実施例においては、ステップ S509 までの工程が終わった後に、GPU 643 が BD 処理後の光音響信号データに対してステップ S511 における UBP 処理を実行するように、CPU 641 が GPU 643 に指示を出した。さらに、GPU 643 がステップ S511 と並行してステップ S513 における MBP 処理を実行するように、CPU 641 が GPU 643 に指示を出した。

20

【0119】

なお、それぞれの再構成処理は異なるスレッドプログラムとして ROM 644 に格納されている。そして、それぞれの処理は、GPU 643 内に割り当てられた複数のプロセッサによってそれぞれ実行される。

【0120】

このとき液晶ディスプレイ 160 に表示された画面を図 9 に示す。UBP 処理の進捗を示す進捗バー 712 を確認すると、進捗は 100% となっているため、UBP 処理に対応する初期音圧分布は選択可能な状態となっている。

30

【0121】

一方、MBP 処理の進捗を示す進捗バー 713 を確認すると、進捗は 100% となっていない。そのため、ユーザは MBP 処理に対応する項目 703 を選択することができない。これは、MBP 処理が UBP 処理と比較して多くの処理時間を要する処理だからである。

【0122】

また、本実施例では、選択することのできる UBP 処理に対応する項目 702 が白背景で表示され、選択することのできない MBP 処理に対応する項目 703 がグレー背景で表示されることにより、ユーザはそれぞれの処理の選択の可否を視認できた。

40

【0123】

続いてステップ S510 において、CPU 641 は、UBP 処理に対応する項目 702 が選択されているか否かを判断した。UBP 処理に対応する項目 702 が選択されている場合にはステップ S516 へ進む。UBP 処理に対応する項目 702 が選択されていない場合にはステップ S512 へ進む。なお、本実施例において、ユーザは先に選択可能となった UBP 処理に対応する項目 702 を選択したため、ステップ S516 へ進む。

【0124】

続いて、再度ステップ S510 へ進み、各処理に対応する項目が選択されているか否かを判断し、いずれかの項目が選択された場合はその項目に対応する被検体情報が表示される。

50

【 0 1 2 5 】

以上のように、本実施例では、時間が経つにつれ終了する処理が増えていくので、ユーザが選択可能な処理の種類も時間が経つにつれて増えていく。そのため、本実施例のように最初にU B P 処理などにより短時間で得られる被検体情報を確認し、読影をしていく中でさらに詳細が必要な場合には、M B P 処理などで得られる被検体情報を確認するといった診断方法が可能となる。

【 0 1 2 6 】

以上、特定の実施形態を説明したが、本発明はこれらの実施形態に限らず、特許請求の範囲を逸脱しない限りにおいて、種々の変形例、応用例も包含するものである。

【 符号の説明 】

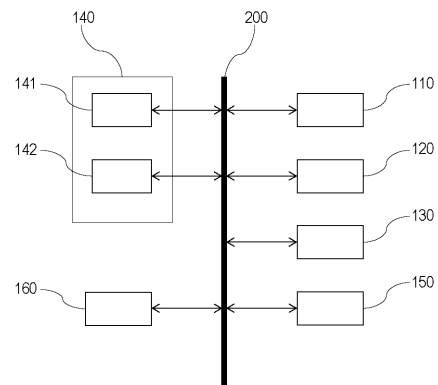
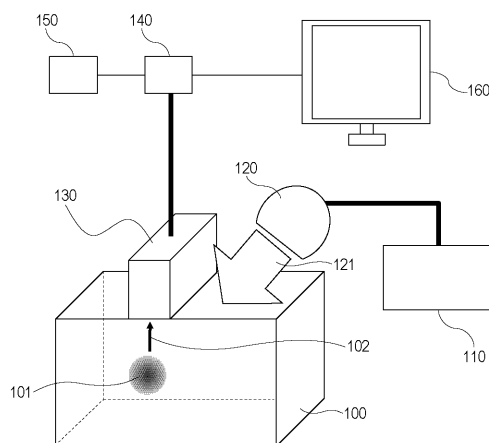
10

【 0 1 2 7 】

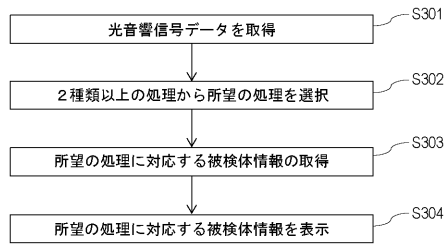
- 1 0 0 被検体
- 1 0 2 光音響波
- 1 1 0 光源
- 1 3 0 音響波検出部
- 1 4 0 処理部
- 1 6 0 表示部

【 図 1 】

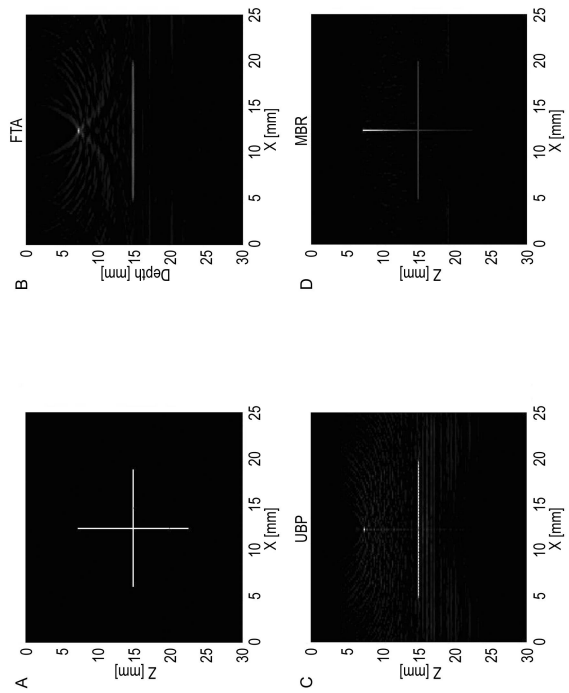
【 図 2 】



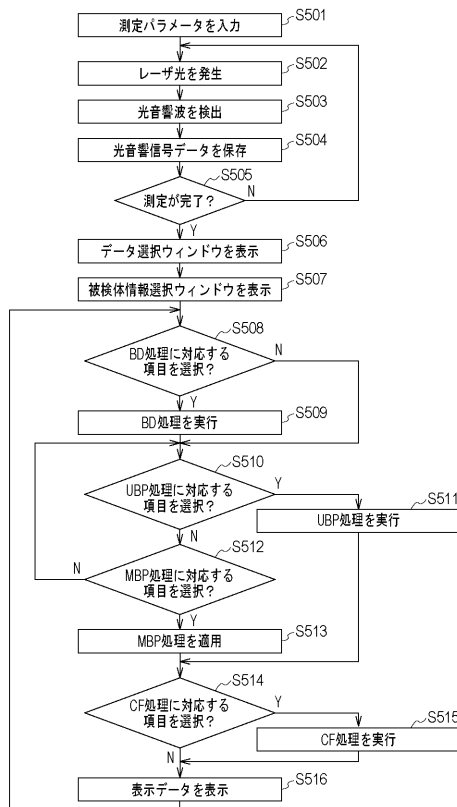
【図 3】



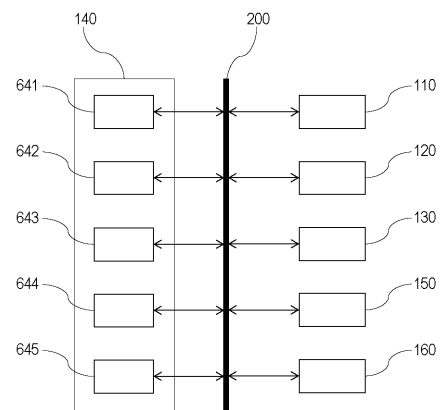
【図 4】



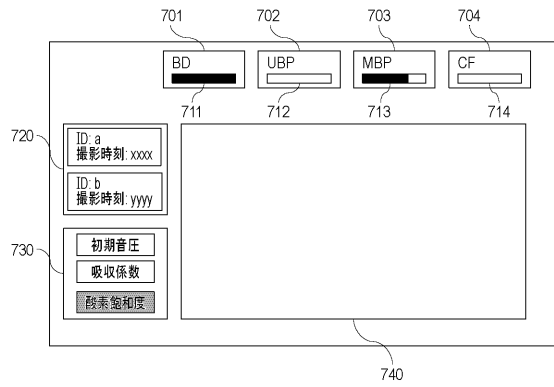
【図 5】



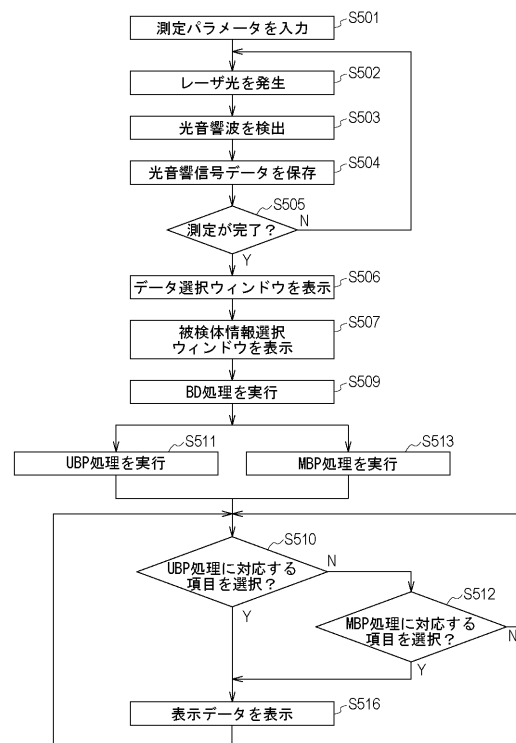
【図 6】



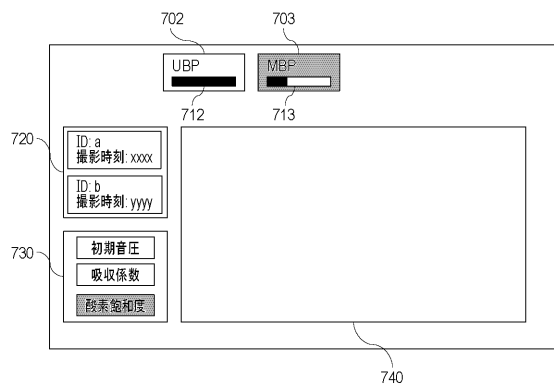
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2011-005237(JP,A)
特開2005-218684(JP,A)
特開2012-061202(JP,A)
特開2011-172611(JP,A)
特開2011-125570(JP,A)
国際公開第2012/086207(WO,A1)
特開2012-239545(JP,A)
特開2010-035806(JP,A)
特表2012-531279(JP,A)
米国特許出願公開第2010/0208965(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 8/00