

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-18467
(P2020-18467A)

(43) 公開日 令和2年2月6日(2020.2.6)

(51) Int.Cl.
A61B 8/13 (2006.01)

F I
A61B 8/13

テーマコード(参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2018-143721 (P2018-143721)
(22) 出願日 平成30年7月31日 (2018.7.31)

(71) 出願人 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 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
Fターム(参考) 4C601 BB09 DE16 EE04 GA18 GA21
GA25 JB34 JB51

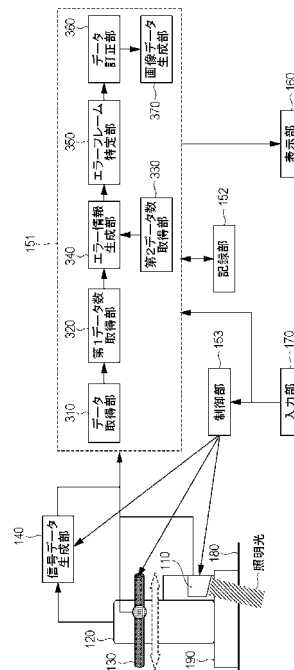
(54) 【発明の名称】 情報処理装置、情報処理方法、プログラム

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、複数回の光照射によって発生する光音響波に関するデータ群において、いずれかの光照射に対応するデータが欠落しているかどうかを判定することのできる情報処理装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明の一実施形態に係る情報処理装置は、被検体への複数回の光照射により発生する光音響波に関する少なくとも2つのデータを含むデータ群を取得するデータ取得手段と、データ群の中の時間的に隣り合う2つのデータの取得時刻の間隔を算出し、取得時刻の間隔に基づいて、時間的に隣り合う2つのデータの間のデータ欠落の有無を示すエラー情報を生成するエラー情報生成手段と、を有する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検体への複数回の光照射により発生する光音響波に関する少なくとも 2 つのデータを含むデータ群を取得するデータ取得手段と、

前記データ群の中の時間的に隣り合う 2 つのデータの取得時刻の間隔を算出し、

前記取得時刻の間隔に基づいて、前記時間的に隣り合う 2 つのデータの間のデータ欠落の有無を示すエラー情報を生成するエラー情報生成手段と、

を有することを特徴とする情報処理装置。

【請求項 2】

前記データ群は、前記光音響波の受信信号データ、前記光音響波の受信位置の位置情報、および前記複数回の光照射の照射光情報の少なくとも一つのデータ種別のデータ群を含み、

前記エラー情報生成手段は、

前記光音響波の受信信号データ、前記光音響波の受信位置の位置情報、前記複数回の光照射の照射光情報の少なくとも一つのデータ種別の時間的に隣り合う 2 つのデータの取得時刻の間隔を算出し、

前記少なくとも一つのデータ種別における前記取得時刻の間隔に基づいて、前記少なくとも一つのデータ種別の時間的に隣り合う 2 つのデータの間のデータ欠落の有無を示す前記エラー情報を生成する

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】

前記エラー情報生成手段は、前記取得時刻の間隔が所定の条件を満たす場合に、前記時間的に隣り合う 2 つのデータの間の前記データが欠落していることを示す前記エラー情報を生成する

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 4】

前記エラー情報生成手段は、前記所定の条件として前記取得時刻の間隔が前記複数回の光照射の繰返し周期よりも大きい場合に、前記時間的に隣り合う 2 つのデータの間の前記データが欠落していることを示す前記エラー情報を生成する

ことを特徴とする請求項 3 に記載の情報処理装置。

【請求項 5】

前記エラー情報生成手段は、前記取得時刻の間隔が前記複数回の光照射の繰返し周期の 1.9 倍よりも大きい場合に、前記時間的に隣り合う 2 つのデータの間の前記データが欠落していることを示す前記エラー情報を生成する

ことを特徴とする請求項 3 に記載の情報処理装置。

【請求項 6】

前記エラー情報生成手段は、前記所定の条件として前記取得時刻の間隔が前記複数回の光照射の繰返し周期よりも大きく、かつ、当該繰返し周期の 3 倍よりも小さい場合に、前記時間的に隣り合う 2 つのデータの間の前記データが 1 つ欠落していることを示す前記エラー情報を生成する

ことを特徴とする請求項 3 に記載の情報処理装置。

【請求項 7】

前記エラー情報生成手段は、前記所定の条件として前記取得時刻の間隔が前記複数回の光照射の繰返し周期の 1.9 倍よりも大きく、かつ、当該繰返し周期の 2.1 倍よりも小さい場合に、前記時間的に隣り合う 2 つのデータの間の前記データが 1 つ欠落していることを示す前記エラー情報を生成する

ことを特徴とする請求項 3 に記載の情報処理装置。

【請求項 8】

前記エラー情報を参照し、前記エラー情報が前記時間的に隣り合う 2 つのデータの間の前記データが欠落していることを示す場合に前記データ群のデータを訂正するデータ訂正

10

20

30

40

50

手段を有する

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 9】

前記時間的に隣り合う 2 つのデータをそれぞれ $N - 1$ 番目のデータ、 N 番目のデータとし、 $N - 1$ 番目のデータと N 番目のデータとの間に L 個のエラーフレームが存在する場合に、

前記データ訂正手段は、 N 番目のデータを $N + L$ 番目以降の光照射に対応する前記データとするように、前記データ群のデータ配列を訂正する

ことを特徴とする請求項 8 に記載の情報処理装置。

【請求項 10】

前記訂正されたデータ配列のデータ群に基づいて画像データを生成する画像データ生成手段を有し、

前記画像データ生成手段は、前記訂正されたデータ配列のデータ群における N 番目の光照射に対応する前記データを使用せずに前記画像データを生成する

ことを特徴とする請求項 9 に記載の情報処理装置。

【請求項 11】

前記データ訂正手段は、前記訂正されたデータ配列のデータ群における N 番目以外の光照射に対応する複数のデータを用いて、前記訂正されたデータ配列のデータ群における N 番目の光照射に対応するデータを生成する

ことを特徴とする請求項 9 に記載の情報処理装置。

【請求項 12】

前記データ訂正手段は、前記データ欠落が生じているデータのデータ種別に基づいて、前記データ群に対するデータ訂正処理を決定する

ことを特徴とする請求項 9 に記載の情報処理装置。

【請求項 13】

前記データ群は、照射光の波長を示す情報を含み、

前記データ欠落が生じているデータのデータ種別が前記照射光の波長である場合、前記データ訂正手段は、前記データ訂正処理として、前記照射光の波長切り替えの規則性に基づいて前記データ欠落が生じた前記エラーフレームの前記照射光の波長を補間する

ことを特徴とする請求項 12 に記載の情報処理装置。

【請求項 14】

被検体への複数回の光照射により発生する光音響波に関する少なくとも 2 つのデータを含むデータ群を取得し、

前記データ群の中の時間的に隣り合う 2 つのデータの取得時刻の間隔を算出し、

前記取得時刻の間隔に基づいて、前記時間的に隣り合う 2 つのデータの間のデータの欠落の有無を示すエラー情報を生成する

ことを特徴とする情報処理方法。

【請求項 15】

請求項 14 に記載の情報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】

【0001】

光音響波に関するデータに対する処理を行う情報処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

生体情報を可視化する技術の 1 つに、光音響イメージング (Photoacoustic Imaging: PAI) がある。可視光や近赤外光などのパルス光を生体組織に照射すると、生体内部の光吸収物質、特に血液中のヘモグロビンなどの物質が、パルス光のエネルギーを吸収して瞬間的に膨張した結果、光音響波 (典型的には超音波) を発生させる。この現象を光音響効果と呼び、PAT は、その光音響波を測定することで生体組織の

10

20

30

40

50

情報を可視化するものである。

【0003】

特許文献1は、被検体に対する複数回の光照射のそれぞれによって発生した光音響波を受信することにより、複数回の光照射に対応する受信信号データを取得することを開示する。また、特許文献1は、複数回の光照射に対応する受信信号データを用いて再構成処理を行うことにより、画像データを生成することを開示する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2012-179348号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、複数回の光照射を行う光音響イメージングにおいて、複数回のいずれかの光照射に対応する光音響波に関するデータが欠落していると、画像データの画質の低下などの問題が生じる場合がある。

【0006】

そこで、本発明は、複数回の光照射によって発生する光音響波に関するデータ群において、いずれかの光照射に対応するデータが欠落しているかどうかを判定することのできる情報処理装置を提供することを目的とする。

20

【0007】

なお、前記目的に限らず、後述する発明を実施するための形態に示す各構成により導かれる作用効果であって、従来技術によっては得られない作用効果を奏することも本明細書の開示の他の目的の一つとして位置付けることができる。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一実施形態に係る情報処理装置は、被検体への複数回の光照射により発生する光音響波に関する少なくとも2つのデータを含むデータ群を取得するデータ取得手段と、データ群の中の時間的に隣り合う2つのデータの取得時刻の間隔を算出し、取得時刻の間隔に基づいて、時間的に隣り合う2つのデータの間のデータ欠落の有無を示すエラー情報を生成するエラー情報生成手段と、を有する。

30

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、複数回の光照射によって発生する光音響波に関するデータ群において、いずれかの光照射に対応するデータが欠落しているかどうかを判定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の一実施形態に係る光音響装置のブロック図

【図2】本発明の一実施形態に係るコンピュータとその周辺構成の具体例を示すブロック図

40

【図3】本発明の一実施形態に係る光音響装置の模式図

【図4】本発明の一実施形態に係る情報処理方法のフロー図

【図5】本発明の一実施形態に係るエラー情報生成処理のフロー図

【図6】本発明の一実施形態に係るエラーフレーム特定処理のフロー図

【図7】本発明の一実施形態に係るデータ訂正処理のフロー図

【図8】本発明の一実施形態に係る光音響装置により得られる取得データの一例

【図9】本発明の一実施形態に係る取得データに対するデータ訂正処理を説明するための概念図

【図10】本発明の一実施形態に係る取得データに対する別のデータ訂正処理を説明するための概念図

50

【図 1 1】本発明の一実施形態に係る情報処理方法のシーケンス図

【図 1 2】本発明の一実施形態に係る別のエラー情報生成処理のフロー図

【発明を実施するための形態】

【0011】

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。

【0012】

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、超音響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、被検体内部の特性情報を示す画像を生成し表示する表示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、コンピュータにより読み取り可能な非一時的な記憶媒体としても捉えられる。

10

【0013】

本発明の超音響装置には、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超音響効果を利用した装置を含む。この場合、特性情報とは、超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。

20

【0014】

本発明に係る超音響装置によって得られる超音響画像データは、光照射により発生した超音響波に由来するあらゆる画像データを含む概念である。例えば、超音響画像データは、超音響波の発生音圧（初期音圧）、吸収エネルギー密度、及び吸収係数、被検体を構成する物質の濃度（酸素飽和度など）などの少なくとも1つの被検体情報の空間分布を表す画像データである。なお、互いに異なる複数の波長の光照射により発生する超音響波に基づいて、被検体を構成する物質の濃度などの、分光情報を示す超音響画像データが得られる。分光情報を示す超音響画像データは、酸素飽和度、酸素飽和度に吸収係数等の強度を重み付けした値、トータルヘモグロビン濃度、オキシヘモグロビン濃度、またはデオキシヘモグロビン濃度であってもよい。また、分光情報を示す超音響画像データは、グルコース濃度、コラーゲン濃度、メラニン濃度、または脂肪や水の体積分率であってもよい。

30

【0015】

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もよい。すなわち、特性情報分布とは、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。

【0016】

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。トランスデューサ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に権利範囲を限定する意図ではない。超音響効果により発生した音響波は、超音響波または光超音波と呼ばれる。超音響波に由来する電気信号を超音響信号とも呼ぶ。分布データは、超音響画像データや再構成画像データとも呼ばれる。

40

【0017】

なお、以下の実施形態における超音響装置は、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、被検体としては生体の一部、具体的には人や動物の一部（乳房、臓器、循環器、消化器、骨、筋肉、脂肪等）の検査対

50

象が想定される。また、検査対象の物質としては、ヘモグロビン、グルコース、また、体内に存在する水、メラニン、コラーゲン、脂質などを含む。さらには、体内に投与されたICG（インドシアニン・グリーン）等の造影剤等、光の吸収スペクトルが特徴的な物質であればよい。また、ファントムなどの無生物を被検体としてもよい。

【0018】

光音響イメージングでは、複数回の光照射により発生する光音響波の受信信号データ群において、いずれかの光照射に対応する受信信号データの欠落が生じると、その欠落したデータの分だけ情報量は減ってしまう。それにより、これらの受信信号データ群を用いて生成される画像データの画質が低下してしまう。そこで、本発明者は、光音響波の所定の測定により得られる予定の受信信号データの見込みデータ数を利用して、複数回の光照射によって得られた光音響波の受信信号データ群の中にデータの欠落があるかどうかを判定する本発明を着想した。なお、複数回の光照射に対応する受信信号データ群とは、複数回の光照射のそれぞれに対応する受信信号データの総称である。

10

【0019】

また、受信信号データと、光音響波の受信位置情報や照射光情報などの付帯情報とを関連付けた取得データを生成する場合に、受信信号データや付帯情報が欠落すると、それらの取得データを用いた画像データの生成において不都合が生じる場合がある。そこで、本発明者は、光音響波の所定の測定により得られる予定の受信信号データの見込みデータ数を利用して、受信信号データの欠落でなく、付帯情報の欠落を検出する発明についても着想した。

20

【0020】

図9(a)は、光音響波の測定により得られる取得データの概念図(比較例)を示す。図9(a)に示す取得データ群のデータ種別は、パルス発光1~Mに対応づいた受信信号データ群、受信位置情報群、及び照射光情報群の3つである。なお、複数回の光照射に対応する取得データ群とは、複数回の光照射のそれぞれに関連づけられて取得されたデータの総称である。また、複数回の光照射に対応する受信位置情報群または照射光情報群とは、複数回の光照射のそれぞれに対応する受信位置情報または照射光情報の総称である。なお、取得データ群は、光音響波に関する少なくとも2つのデータを含んでいる。

【0021】

図9(a)に示す取得データにおいては、受信信号データの一部(N番目のパルス発光Nに対応する受信信号データN)が欠落している。また、図9(a)に示す取得データにおいては、取得した受信信号データが番号の若いパルス発光に対応するデータ位置(アドレス)に格納される。そのため、受信信号データNが欠落しているにもかかわらず、N+1番目の受信信号データN+1がパルス発光Nに対応づいて格納されてしまう。これにより、この取得データから画像データを生成すると、パルス発光Nのときの撮影条件(受信位置情報、照射光情報)を前提として受信信号データN+1が画像化されるため、画像データの画質が低下してしまうなどの不都合が生じうる。例えば、受信位置情報が正しくない場合、受信信号データを再構成する領域が本来の位置からずれてしまうため、再構成により生成される画像データの位置が正しい位置からずれてしまう。また、照射光情報としての照射光の強度が正しくない場合、受信信号データから生成された画像データを照射光の強度により補正する処理において、正しく補正することができない。また、照射光情報としての照射光の波長が正しくない場合、受信信号データから生成された画像データが実際とは異なる波長の光により得られたものであるとして酸素飽和度などの分光情報の生成に用いられてしまうと、分光情報が正しく算出されない。また、ユーザが画像データを観察するとき、実際の波長とは異なる波長により得られたものであるとして診断に用いてしまうと、誤った判断を行ってしまう可能性がある。以上説明したように、受信信号データや付帯情報に欠落が生じると、以降の処理において不都合が発生する場合がある。

30

40

【0022】

本発明の一実施形態によれば、光音響波の所定の測定により得られる予定の受信信号データの見込みデータ数を利用して、受信信号データの欠落でなく、付帯情報の欠落を検出

50

することもできる。

【0023】

<実施形態1>

以下、実施形態1について図面を参照して説明する。

【0024】

[各構成の説明]

本実施形態に係るシステムに含まれる装置の構成例を説明する。図1は、本実施形態に係るシステムに含まれる装置の概略ブロック図である。

【0025】

本実施形態に係る光音響装置は、光照射部110、受信部120、駆動部130、信号データ生成部140、およびコンピュータ150を有する。測定対象は、生体等の被検体180である。駆動部130は、光照射部110と受信部120を駆動し、機械的な走査を行う。光照射部110が光を被検体に照射し、被検体内で音響波が発生する。光に起因して光音響効果により発生する音響波を光音響波とも呼ぶ。受信部120は、光音響波を受信することによりアナログ信号としての電気信号(光音響信号)を出力する。

10

【0026】

信号データ生成部140は、受信部120から出力されたアナログ信号をデジタル信号に変換し、コンピュータ150に出力する。コンピュータ150は、信号データ生成部140から出力されたデジタル信号を、光音響波に由来する受信信号データとして記憶する。

20

【0027】

コンピュータ150は、記憶されたデジタル信号に対して信号処理を行うことにより、光音響画像を生成する。また、コンピュータ150は、得られた光音響画像に対して画像処理を施した後に、光音響画像を表示部160に出力する。表示部160は、光音響画像に基づいた画像を表示する。表示画像は、ユーザやコンピュータ150からの保存指示に基づいて、コンピュータ150内のメモリや、モダリティとネットワークで接続されたデータ管理システムなどの記憶装置に保存される。

【0028】

また、コンピュータ150は、光音響装置に含まれる構成の駆動制御も行う。また、表示部160は、コンピュータ150で生成された画像の他にGUIなどを表示してもよい。入力部170は、ユーザが情報を入力できるように構成されている。ユーザは、入力部170を用いて測定開始や終了、作成画像の保存指示などの操作を行うことができる。

30

【0029】

(光照射部110)

光照射部110は、光を発する光源と、光源から射出された光を被検体180へ導く光学系とを含む。なお、光は、いわゆる矩形波、三角波などのパルス光を含む。

【0030】

光源が発する光のパルス幅としては、1ns以上、100ns以下のパルス幅であってもよい。また、光の波長として400nmから1600nm程度の範囲の波長であってもよい。血管を高解像度でイメージングする場合は、血管での吸収が大きい波長(400nm以上、700nm以下)を用いてもよい。生体の深部をイメージングする場合には、生体の背景組織(水や脂肪など)において典型的に吸収が少ない波長(700nm以上、1100nm以下)の光を用いてもよい。

40

【0031】

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。また、複数波長の光を用いて測定する際には、波長の変更が可能な光源であってもよい。なお、複数波長を被検体180に照射する場合、互いに異なる波長の光を発生する複数台の光源を用意し、それぞれの光源から交互に照射することも可能である。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。なお、光源は、光波長を連続的に、または複数の光波長を一定の規則に従って切換えられてもよい。パルス発光ごとに光波長を切換えながら被検体

50

情報を収集することで、大きな単位で光波長を切り替える形態に比べて、光波長間での時間間隔が短くなる。そのため、波長間での被検体 180 の位置ずれや被検体 180 の状態変化などを可及的に低減することができ、生体の機能情報の算出精度を向上できる。

【0032】

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、Nd:YAGレーザやアレキサンドライトレーザなどのパルスレーザを光源として用いてもよい。また、Nd:YAGレーザ光を励起光とするTi:sapphireレーザやOPO(Optical Parametric Oscillators)レーザを光源として用いてもよい。また、光源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。また、光源としてマイクロウェーブ源を用いてもよい。

10

【0033】

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ることができる。乳房等を被検体 180 とする場合、パルス光のビーム径を広げて照射するために、光学系の光射出部は光を拡散させる拡散板等で構成されていてもよい。一方、光音響顕微鏡においては、解像度を上げるために、光学系の光射出部はレンズ等で構成し、ビームをフォーカスして照射してもよい。

【0034】

本実施形態では図3で示すように、光源と受信部120とが一体化した機械構成で説明するが、光源が大型するなどの場合には別体としてパルス光を光学系により導光する構成でもよい。なお、光照射部110が光学系を備えずに、光源から直接被検体180に光を照射してもよい。

20

【0035】

また、光照射部110は、パルス光の被検体180への照射を検知し、それと同期して光音響波の受信、位置情報の取得を制御するための同期信号を生成してもよい。例えば、同期信号は、パルス発光の制御信号に基づく信号や、光源が生成したパルス光の一部をハーフミラーなどの光学系により分割して光センサへ導光し、光センサが生成した検出信号などである。また、パルス光の導光にバンドルファイバを使用する場合には、ファイバの一部を分岐させて光センサに導光することで同期信号を生成できる。光センサとしては、フォトダイオードやCCDなどを採用することができる。光照射部110は、このようにして生成された同期信号を、コンピュータ150に出力することができる。この同期構成により、実際のパルス発光と光音響波信号の受信の同期をより高精度に実現できる。

30

【0036】

(受信部120)

受信部120は、音響波を受信することにより電気信号を出力するトランスデューサと、トランスデューサを支持する支持体とを含む。また、トランスデューサは、音響波を送信する送信手段としてもよい。受信手段としてのトランスデューサと送信手段としてのトランスデューサとは、単一(共通)のトランスデューサでもよいし、別々の構成であってもよい。

【0037】

トランスデューサを構成する部材としては、PZT(チタン酸ジルコン酸鉛)に代表される圧電セラミック材料や、PVDF(ポリフッ化ビニリデン)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よい。例えば、静電容量型トランスデューサ(CMUT: Capacitive Micro-machined Ultrasonic Transducers)を用いたトランスデューサなどを用いることができる。なお、音響波を受信することにより電気信号を出力できる限り、いかなるトランスデューサを採用してもよい。また、トランスデューサにより得られる信号は時間分解信号である。つまり、トランスデューサにより得られる信号の振幅は、各時刻にトランスデューサで受信される音圧に基づく値(例えば、音圧に比例した値)を表したものである。

40

【0038】

50

光音響波を構成する周波数成分は、典型的には100KHzから100MHzであり、トランスデューサとして、これらの周波数を検出することのできるものを採用してもよい。

【0039】

支持体は、機械的強度が高い金属材料などから構成されていてもよい。照射光を被検体180に多く入射させるために、支持体の被検体側の表面に、鏡面加工もしくは光散乱させる加工が行われていてもよい。本実施形態において支持体は半球殻形状であり、半球殻上に複数のトランスデューサを支持できるように構成されている。この場合、支持体に配置されたトランスデューサの指向軸は半球の曲率中心付近に集まる。そして、複数のトランスデューサから出力された信号を用いて画像化したときに曲率中心付近の画質が高くなる。なお、支持体はトランスデューサを支持できる限り、いかなる構成であってもよい。支持体は、1Dアレイ、1.5Dアレイ、1.75Dアレイ、2Dアレイと呼ばれるような平面又は曲面内に、複数のトランスデューサを並べて配置してもよい。複数のトランスデューサが複数の受信手段に相当する。

10

【0040】

また、支持体は音響マッチング材を貯留する容器として機能してもよい。すなわち、支持体をトランスデューサと被検体180との間に音響マッチング材を配置するための容器としてもよい。

【0041】

また、受信部120が、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備えてもよい。また、受信部120が、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時系列のデジタル信号に変換するA/D変換器を備えてもよい。すなわち、受信部120が後述する信号データ生成部140を備えてもよい。

20

【0042】

受信部120と被検体180との間の空間は、光音響波が伝播することができる媒質で満たす。この媒質には、音響波が伝搬でき、被検体180やトランスデューサとの界面において音響特性が整合し、できるだけ光音響波の透過率が高い材料を採用する。例えば、この媒質には、水、超音波ジェルなどを採用することができる。

【0043】

(駆動部130)

駆動部130は、被検体180と受信部120との相対位置を変更する部分である。駆動部130は、制御部153からの位置と姿勢の制御情報に従って、被検体180に対して受信部120を移動または揺動させることにより、パルス光の照射位置と光音響波の受信位置を変化させる。

30

【0044】

駆動部130は、駆動力を発生させるステッピングモータなどのモータと、駆動力を伝達させる駆動機構と、受信部120の位置情報を検出する位置センサとを含む。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、などを用いることができる。また、位置センサとしては、エンコーダー、可変抵抗器、リニアスケール、磁気センサ、赤外線センサ、超音波センサなどを用いたポテンシオメータなどを用いることができる。位置センサは、光照射部110からの同期信号に基づいて、発光時に位置センサの検知した受信部120の位置情報を検知し、位置情報をコンピュータ150に出力してもよい。受信部120の位置情報は、光音響波の受信位置情報に相当する。

40

【0045】

駆動部130は被検体180と受信部120との相対位置をXY方向(二次元)に変更させるものに限らず、一次元または三次元に変更させてもよい。

【0046】

駆動部130は、被検体180と受信部120との相対的な位置を変更できれば、受信部120を固定し、被検体180を移動させてもよい。被検体180を移動させる場合は、被検体180を保持する保持部を動かすことで被検体180を移動させる構成などが考

50

えられる。また、被検体 180 と受信部 120 の両方を移動させてもよい。

【0047】

駆動部 130 は、相対位置を連続的に移動させてもよいし、ステップアンドリピートによって移動させてもよい。駆動部 130 は、プログラムされた軌跡で移動させる電動ステージであってもよいし、手動ステージであってもよい。

【0048】

本実施形態では、駆動部 130 は照射部 110 と受信部 120 を同時に駆動して走査を行っているが、照射部 110 だけを駆動したり、受信部 120 だけを駆動したりしてもよい。

【0049】

なお、受信部 120 を含むプローブが、把持部が設けられたハンドヘルドタイプである場合、光音響装置は駆動部 130 を有していなくてもよい。プローブがハンドヘルドタイプである場合も、磁気センサなどの位置センサが設けられたプローブから、受信部 120 の位置情報をコンピュータ 150 に出力することができる。

【0050】

ここで、位置情報とは、信号受信時の基準位置に対する受信部 120 の位置を示す情報を表す。なお、位置情報は、信号受信時の受信部 120 の指向方向を示す、受信部 120 の傾き（姿勢）を示す情報を含んでもよい。すなわち、位置情報が、受信部 120 の位置及び傾き（姿勢）を示す情報であってもよい。

【0051】

（信号データ生成部 140）

信号データ生成部 140 は、トランスデューサから出力されたアナログ信号である電気信号を増幅するアンプと、アンプから出力されたアナログ信号をデジタル信号に変換する A/D 変換器とを含む。信号データ生成部 140 から出力されるデジタル信号は、コンピュータ 150 に記憶される。信号データ生成部 140 は、Data Acquisition System (DAS) とも呼ばれる。本明細書において電気信号は、アナログ信号もデジタル信号も含む概念である。なお、フォトダイオードなどの光検出センサが、照射部 110 から光射出を検出し、信号データ生成部 140 がこの検出結果をトリガーに同期して上記処理を開始してもよい。

【0052】

（コンピュータ 150）

情報処理装置としてのコンピュータ 150 は、コンピュータ 150 の演算機能を担う演算部 151、コンピュータ 150 の記憶機能を担う記憶部 152、コンピュータ 150 の制御機能を担う制御部 153 を含む。

【0053】

演算部 151 は、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で構成されることができる。演算部 151 は、単一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。

【0054】

記憶部 152 は、RAM (Random Access Memory) などの揮発性の媒体であってもよい。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。なお、記憶部 152 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。

【0055】

制御部 153 は、CPU などの演算素子で構成される。制御部 153 は、光音響装置の各構成の動作を制御する。制御部 153 は、入力部 170 からの測定開始などの各種操作による指示信号を受けて、光音響装置の各構成を制御してもよい。また、制御部 153 は、記憶機能を担うユニットに格納されたプログラムコードを読み出し、光音響装置の各構

10

20

30

40

50

成の作動を制御する。例えば、制御部 153 は、プログラム動作における基本的なリソースの制御と管理などを行うオペレーティングシステム (OS) を稼働させる。また、制御部 153 は、入力部 170 を介したユーザからの撮像開始などの各種操作により発生するイベント通知を受けて、光音響装置の動作を管理するとともに、各ハードウェアを制御する。

【0056】

例えば超音波撮像を行う際には、制御部 153 は、入力部 170 からの操作に従って Bモード断層像、カラードブラ、パワードブラなど撮影モードの選択や被検体 180 内のフォーカス設定などの画像化条件を演算部 151 へ通知する。そして、演算部 151 がその画像化条件に従い、超音波送受信によって得られた受信信号データを用いて画像生成を行う。また制御部 153 は、入力部 170 の操作により光音響波撮像のイベントを受けた場合に、受信部 120 に超音波の送信制御を停止させて、光源にパルス光を発光させるよう排他制御を行う。あるいは、受信部 120 による超音波の送受信と、光源によるパルス発光と受信部 120 による光音響波の受信とを時分割で制御する。

10

【0057】

(表示部 160)

表示部 160 は、液晶ディスプレイや有機 EL (Electro Luminescence) などのディスプレイである。また、表示部 160 は、画像や装置を操作するための GUI を表示してもよい。なお、表示部 160 が光音響装置とは別に提供されてもよい。

20

【0058】

(入力部 170)

入力部 170 は、ユーザからの各種入力を受け付け、入力された情報を制御部 153 へ送信する。例えば、ユーザは入力部 170 を操作して、本実施形態では既定の複数の走査パターンからの撮像対象に適した走査パターンを指定する。入力部 170 によれば、ユーザは光音響波の撮像に関するパラメータ設定や撮像開始の指示、表示輝度を含む観察パラメータ設定など、その他、画像に関する画像処理操作を行うことができる。

【0059】

入力部 170 としては、ユーザが操作可能な、マウス、キーボード、トラックボールなどで構成される操作コンソールを採用することができる。また、表示部 160 をタッチパネルで構成し、表示部 160 を入力部 170 として利用してもよい。

30

【0060】

なお、入力部 170 が光音響装置とは別に提供されてもよい。

【0061】

図 2 は、本実施形態に係るコンピュータ 150 の具体的な構成例を示す。本実施形態に係るコンピュータ 150 は、CPU 210、GPU 220、RAM 230、ROM 240、外部記憶装置 250 から構成される。また、コンピュータ 150 には、表示部 160 としての液晶ディスプレイ 260、入力部 170 としてのマウス 271、キーボード 272 が接続されている。さらに、コンピュータ 150 は、PACS (Picture Archiving and Communication System) などの記憶装置としての画像サーバと接続されていてもよい。これにより、画像データを画像サーバ上に保存したり、画像サーバ上の画像データを液晶ディスプレイ 260 に表示したりすることができる。

40

【0062】

被検体 180 はシステムを構成するものではないが、以下に説明する。本実施形態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目的として使用できる。よって、被検体 180 としては、生体、具体的には人体や動物の乳房や各臓器、血管網、頭部、頸部、腹部、手指または足指を含む四肢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

50

などを光吸収体の対象としてもよい。また、頸動脈壁のプラークなどを光吸収体の対象としてもよい。また、皮膚等に含まれるメラニン、コラーゲン、脂質などを光吸収体の対象としてもよい。被検体180に導入する造影剤を光吸収体とすることができる。超音響イメージングに用いる造影剤としては、インドシアニングリーン（ICG）、メチレンブルー（MB）などの色素、金微粒子、またはそれらを集積あるいは化学的に修飾した外部から導入した物質を採用してもよい。また、生体を模したファントムを被検体180としてもよい。

【0063】

なお、超音響装置の各構成はそれぞれ別の装置として構成されてもよいし、一体となった1つの装置として構成されてもよい。また、超音響装置の少なくとも一部の構成が一体となった1つの装置として構成されてもよい。本実施形態に係る超音響装置の各機能は、いかなるハードウェアで構成されていてもよい。

10

【0064】

次に、図3に示す超音響装置を用いた被検体情報取得方法について説明する。図3に示す構成のうち、図1に示す構成と同様の構成には同じ符号を付し、説明を省略する。なお、図3に示す超音響装置の演算部151は、第1データ数取得部320、第2データ数取得部330、エラー情報生成部340、エラーフレーム特定部350、データ訂正部360、及び画像データ生成部370の機能を備える。

【0065】

ここでは、図4に示すフローチャートを用いて本実施形態に係る被検体情報取得方法を説明する。なお、図4に示すフローチャートには、本実施形態に係る超音響装置の動作を示す工程も、医師等のユーザの動作を示す工程も含まれている。本実施形態では、駆動部130が所定の走査パターンにしたがって受信部120を移動させて、コンピュータ150が受信信号データの取得を行う形態に沿って説明する。すなわち、本実施形態では、超音響装置が、光の照射回数が予め定められた所定の測定を行う形態について説明する。

20

【0066】

ステップS100では、ユーザが入力部170を介して、撮影条件（超音響波の撮像に関するパラメータ）の設定を行う。本実施形態では、複数の既定の走査パターンの中からユーザが入力部170を用いて目的に合う走査パターンを指定する。なお、走査とは、受信部120の位置走査および揺動走査を含む。複数の走査パターンは、スキャンの範囲の広さや、走査速度、すなわち走査線上での光照射の位置の密度（受信信号データ取得の密度）から構成される。複数の走査パターンについては、好適なパターンがあらかじめ決定され、それらが記憶部152にテーブルの形態で記録保持されてもよい。

30

【0067】

ユーザはまた、被検体情報の取得に使用する光波長などの照射光の条件や、静止画や動画といった超音響波画像の表示形態などを被検体情報の取得条件として指定してもよい。

【0068】

ステップS200では、ステップS100で指定された走査パターンにしたがって超音響波の受信データの収集が行われる。まず制御部153が入力部170から走査パターンの指示情報を受けると、ステップS100で指定された走査パターンに必要な制御情報を、記憶部152に記録保持されているテーブルから参照する。そして制御部153は、光照射部110への発光制御、駆動部130への走査制御、および信号データ生成部140への受信信号データの生成制御を指示する。

40

【0069】

さらに、第2データ数取得部330が、入力部170から走査パターンの指示情報を受け取ると、走査パターンに対応する収集するデータの見込み数を、記憶部152に記録保持されているテーブルから参照し、見込み数を決定する。第2データ数取得部330は、走査パターンの選択、サイズ、走査パターン上での光照射の位置の密度などのパラメータから、当該撮像で取得が見込まれるデータ数を決定してもよい。そして、見込みデータ数を示す情報をエラー情報生成部340へ送信する。なお、見込み数は、所定の測定におけ

50

る光の照射回数に相当する。この見込み数を示す情報は、後述するエラー検出に用いられる。

【0070】

光照射部110は、光波長や光照射の繰返し回数などの発光制御情報に従ってパルス光の発光を行う。受信部120は、被検体180へのパルス光を照射した結果生じる光音響波を受信し、時系列のアナログ電気信号に変換し、出力する。信号データ生成部140は、光照射部110の光源から送出される同期信号を受けることにより、パルス発光に同期して光音響波の受信信号データの生成を開始する。そして信号データ生成部140は、所定の期間、光音響波の受信信号データを生成し、コンピュータ150へ伝送する。なお、受信信号データの生成期間は、あらかじめ決定されていてもよいし、ユーザが入力部170を介して生成開始と生成終了を指示することにより決定されてもよい。なお、1回のパルス光の照射によって得られる時系列の受信信号データを、本実施形態に係る1つの受信信号データとする。例えば、信号データ生成部140がパルス発光毎に40MHzサンプリング周波数で100μsの期間に光音響波の受信信号をサンプリングする場合、4000サンプルのデータが1回の光照射で得られる1つの受信信号データとして生成される。

10

【0071】

また、駆動部130に備えられた位置センサは、光照射部110の光源から送出される同期信号を受けて、パルス発光に同期して受信部120の位置情報を生成し、コンピュータ150へ伝送する。位置情報とは、信号受信時（光照射時）の基準位置に対する受信部120の位置の情報である。姿勢情報とは、信号受信時（光照射時）の受信部120の指向方向を示す受信部120の傾きの情報である。なお、受信部120の向きが一定であるような場合などは、位置センサは姿勢情報を生成せずに、位置情報を生成してコンピュータ150に伝送してもよい。

20

【0072】

また、光情報取得部は、パルス発光に同期して、照射光のエネルギー量、光波長情報、および光分布情報などの少なくとも一つの情報を照射光情報として生成する。例えば、光情報取得部としてのフォトダイオードなどの光検出素子が照射光のエネルギー量を検出し、コンピュータ150に伝送してもよい。また、光情報取得部としての光照射部110のコントローラが、光源に指示した照射光の波長を、光波長情報としてコンピュータ150にも伝送してもよい。また、光情報取得部としてのコンピュータ150が、予め測定された照射光の光分布情報を記憶部152から読み出すことにより、取得してもよい。

30

【0073】

コンピュータ150のデータ取得部310は、信号データ生成部140から伝送される受信信号データ、位置センサから伝送される受信部120の位置情報、および光情報取得部から伝送される照射光情報の組み合わせを対応づけた情報を生成する。例えば、データ取得部310は、これらの伝送データをパルス発光に対応づけて、データの組合せを維持した情報を生成する。また、データ取得部310は、これらの伝送データに、データ取得部310がデータを受けとった時刻情報に対応付けてもよい。あるいは、時刻情報については、被検体情報取得の動作ログに記録されていてもよい。時刻情報は、取得データの取得時刻情報、あるいは、受信時刻情報とも呼ぶ。なお、この1回のパルス発光に対応づいて定まる伝送データ（受信信号データ、位置情報、照射光情報）の組合せをフレームデータと呼ぶ。また、本明細書において、これらの伝送データを取得データとも呼ぶ。

40

【0074】

データ取得部310は、これらの伝送データを記憶部152へさらに伝送して、パルス発光に対応づけたデータの組合せを維持して記録保存する。受信信号データそのものを記憶部152で記録保存しておくことで、後工程でより高精度な画像化処理を適用し、より高精細な光音響波画像を生成することができる。

【0075】

ステップS300では、エラー情報生成部340が、記憶部152に保存された取得データ群に基づいて、エラーの有無を判定し、判定結果を示すエラー情報を生成する。すな

50

わち、取得データ群にエラーがあるかないかを示す情報をエラー情報と呼ぶ。取得データ群とは、コンピュータ150に伝送されてきた各種取得データの総称であり、フレームデータ群ともいえる。本実施形態では、受信信号データまたは画像データ、受信部120の位置情報、および照射光情報（強度や波長等）の3つの取得データの組み合わせがフレームデータである。本実施形態におけるエラーは、取得データ群において、これらの情報のうち、少なくとも一つの情報が欠落している状態のことを指す。本ステップの詳細については後述する。

【0076】

なお、コンピュータ150が、エラー情報に基づいて、エラーの有無を示す情報を表示部160に表示させてもよい。ユーザにエラーの有無を通知することが目的である場合、以降のステップを実行しなくてもよい。

10

【0077】

続いて、ステップS300で得られたエラー情報がエラーが存在すると示す場合はステップS500に進み、ステップS300で得られたエラー情報がエラーが存在しないと示す場合はステップS700に進む（ステップS400）。

【0078】

ステップS500では、エラーフレーム特定部350が、記憶部152に保存された取得データ群を用いて、エラーが発生したフレームの情報を特定する。すなわち、エラーフレーム特定部350は、どのパルス光に対応するどの情報が欠落したのかを特定し、それを示すエラーフレーム情報を生成する。本ステップの詳細については後述する。

20

【0079】

なお、コンピュータ150が、エラーフレーム情報に基づいて、エラーが発生したフレームを表す情報を表示部160に表示させてもよい。ユーザにエラーの発生したフレームを通知することが目的である場合、以降のステップを実行しなくてもよい。

【0080】

ステップS600では、データ訂正部360が、ステップS500で生成されるエラーフレーム情報にしたがって、取得データ群に対する訂正処理を行う。本ステップの詳細については後述する。

【0081】

ステップS700では、画像データ生成部370が、データ訂正処理がなされた取得データ群を用いて画像データを生成する。すなわち、画像データ生成部370は、時系列のデータである受信信号データを、二次元または三次元の空間的なデータである被検体情報へ変換して画像データを生成する。また、画像データ生成部370は、受信信号データ、受信部120の位置情報、およびパルス光の照射光情報などのステップS200で取得したデータに基づいて、画像化領域の各位置における被検体情報を生成してもよい。なお、複数位置の被検体情報は、受信信号データに対してフィルタ処理や画像再構成処理を行うことで得られる。画像再構成処理としては、例えば、トモグラフィ技術で一般に用いられるタイムドメインあるいはフーリエドメインでの逆投影、または整相加算処理などが用いられる。なお、音響レンズなどで受信フォーカス機能を備えた受信部120を用いることで、画像再構成を行わずに被検体情報を画像化することもできる。

30

40

【0082】

なお、ステップ700をステップS200の直後に実行してもよい。すなわち、ステップS200におけるパルス発光ごとに得られる信号データに対して画像再構成処理を逐次実行して、パルス発光ごとのフレーム画像を生成してもよい。そして、受信部120の位置情報を考慮して三次元の計算空間上でフレーム画像を逐次重ねていくことで、画像データを生成してもよい。この場合、画像データ生成部370は、データ訂正処理が行われる前の受信信号データを用いて画像データを生成する。

【0083】

ステップS800では、通知制御手段としてのコンピュータ150が、画像データを表示部160に出力し、表示部160に画像データに基づいた画像を表示させる。また、ス

50

ステップ S 4 0 0 において、エラー情報が生成されている場合にはエラーの有無を、ユーザへ通知してもよい。また、ステップ S 6 0 0 においてエラーフレームが特定できている場合には、そのエラーフレームを表す情報も併せてユーザへ通知してもよい。なお、エラーの有無やエラーフレームを通知する方法は表示部への表示に限らず、別の手段であってもよい。例えば、通知方法としては、エラーの有無の夫々に対応するパイロットランプを点灯させることやエラーフレームを音声で通知するような方法を採用することができる。

【 0 0 8 4 】

過去に取得した複数の光音響波画像や、その画像生成に使用した受信信号データを一覧としてユーザへ通知する機能を有していてもよい。この場合、その一覧、または個々の詳細情報として、エラーが発生したデータと、そうでないデータとを、アイコンや色などでユーザが識別可能なように表示してもよい。表示制御手段としてのコンピュータ 1 5 0 が、エラー情報が関連付けられた複数の光音響画像を P A C S 等の記憶部 1 5 2 から読み出し、エラー情報に基づいてエラーの有無を識別できるように光音響画像のリストを表示させてもよい。

10

【 0 0 8 5 】

なお、本実施形態ではステップ S 2 0 0 において、データ取得部 3 1 0 が受信信号データとその他の取得データとを対応付けて保存する例を説明したが、受信信号データから生成された画像データと、その他の取得データとを対応付けて保存してもよい。すなわち、ステップ S 2 0 0 において、データ取得部 3 1 0 は、画像データと、位置情報および照射光情報との組み合わせを対応付けたフレームデータを生成し、保存してもよい。よって、フレームデータに含まれるデータが、受信信号データではなく画像データであってもよい。また、フレームデータに、受信信号データと画像データの両方が含まれていてもよい。この場合、ステップ S 2 0 0 において、データ取得部 3 1 0 が、受信信号データに対して上述した画像再構成処理を行うことにより画像データを生成する。ただし、データ取得においてエラーが発生し、受信信号データとその他の取得データとの対応関係が崩れている可能性があるため、エラーが発生した場合、データが訂正された取得データを用いて再度画像データが生成されてもよい。

20

【 0 0 8 6 】

[エラー情報生成処理]

次に、図 5 に示すフロー図を参照して、エラー情報生成部 3 4 0 が実施する、本実施形態におけるエラー情報生成処理を説明する。

30

【 0 0 8 7 】

ステップ S 3 1 0 では、エラー情報生成部 3 4 0 が、第 2 データ数取得部 3 3 0 が取得した見込みデータ数を示す情報と、第 1 データ数取得部 3 2 0 が取得した各種取得データのそれぞれのデータ数とを参照する。本実施形態では、各種取得データは、受信信号データまたは画像データ、位置情報、および照射光情報である。なお、第 1 データ数取得部 3 2 0 が取得した取得データのデータ数を示す情報を、第 1 データ数情報とも呼ぶ。また、第 2 データ数取得部 3 3 0 が取得した見込みデータ数を示す情報を、第 2 データ数情報とも呼ぶ。

40

【 0 0 8 8 】

ステップ S 3 2 0 では、エラー情報生成部 3 4 0 が、見込みデータ数と取得データのそれぞれのデータ数とが一致するかどうかを判定する。例えば、まずエラー情報生成部 3 4 0 は、取得した受信信号データのデータ数と、見込みデータ数とを比較し、データ数が一致しているかを判定する。そして、エラー情報生成部 3 4 0 は、受信信号データについてエラーが存在するか否かを示す情報を生成し、取得データ群に対応づけて記憶部 1 5 2 に保存する。なお、エラー情報生成部 3 4 0 は、見込みデータ数と取得したデータ数とが一致しない場合に、エラー（データ欠落）が存在することを示すエラー情報を生成する。一方、エラー情報生成部 3 4 0 は、見込みデータ数と取得したデータ数とが一致する場合に、エラー（データ欠落）が存在しないことを示すエラー情報を生成する。

【 0 0 8 9 】

50

次に、全ての取得データに対してエラー情報を生成していない場合、別の取得データについても同様にエラー情報を生成し、取得データ群に対応づけて記憶部152に保存することができる(ステップS330)。一方、全ての取得データにしてエラー情報を生成したら、本ステップを終了する(ステップS330)。

【0090】

なお、一つの取得データにでもエラーが検出されたところでステップS300を終了してもよい。すなわち、エラー情報生成部340は、全ての取得データに対してエラーの有無を検出する処理を行わずに、少なくともエラーが検出された取得データについてはエラーが存在することを示すエラー情報を生成してもよい。

【0091】

なお、エラー情報は、いずれかの取得データにエラーが存在する、あるいは、いずれの取得データにもエラーが存在しないことを示す情報であってもよい。また、エラー情報は、どの取得データにエラーが存在し、どの取得データにはエラーが存在しないのかを示す情報であってもよい。また、エラー情報は、少なくとも特定の取得データにはエラーが存在し、その他の取得データについてはエラーの有無が不明であることを示す情報であってもよい。

【0092】

[エラーフレーム特定処理]

続いて、図6に示すフロー図を参照して、エラーフレーム特定部350が実施する、本実施形態におけるエラーフレームの特定処理を説明する。

【0093】

本実施形態におけるエラーフレームの特定においては、レーザの繰返し発光周期を基準として、時系列の取得データ群の各取得データの取得間隔を比較対象とすることで、エラーフレームを特定する。本実施形態のエラーフレームの特定方法は、光源の特性上、繰返し発光周期が大きくばらつくことはないという知見を着想としている。本実施形態において、時系列の取得データ群とは、パルス発光ごとに時系列に取得した受信信号データ、位置情報、および照射光情報の総称である。

【0094】

ステップS510では、エラーフレーム特定部350が、パルス発光ごとに時系列に取得した受信信号データ、位置情報、照射光情報の、各取得データの取得時刻情報を参照して、時間的に隣り合う取得データ間の取得間隔を算出する。取得間隔とは、M回のパルス発光により取得したM個のデータにおける、N-1番目のデータの取得時刻と、N番目(N-M)のデータの取得時刻との差分値である。

【0095】

ステップS520では、エラーフレーム特定部350が、ステップS510で算出した各取得間隔が、所定の条件を満たしているデータ位置(アドレス)を特定する。取得間隔が所定の条件を満たしている場合には、ステップS530へ処理を移行する。取得間隔が所定の条件を満たしていない場合にはステップS540へ処理を移行する。

【0096】

エラーフレーム特定部350は、複数回の光照射の繰返し周期(発光周期)を基準とした所定の条件を設定することができる。例えば、エラーフレーム特定部350は、発光周期よりも大きいことを所定の条件としてもよい。なお、発光周期が厳密に一定でないことや取得データの取得時刻が記録されるまでのジッターを考慮して所定の条件を決定してもよい。すなわち、エラーフレーム特定部350は、レーザの繰返し発光周期の1.1倍よりも大きいことを所定の条件としてもよい。さらに、エラーフレーム特定部350は、レーザの繰返し発光周期の1.9倍よりも大きいことを所定の条件としてもよい。

【0097】

また、エラーフレーム特定部350は、取得間隔が所定の閾値を超えることを所定の条件としてもよい。例えば、エラーフレーム特定部350は、レーザの繰返し発光周期よりも大きく、かつ、レーザの繰返し発光周期の2倍よりも小さい値を、所定の閾値として設

10

20

30

40

50

定してもよい。また、エラーフレーム特定部 350 は、レーザの繰返し発光周期の 1.9 倍を所定の閾値として設定してもよい。このように閾値を設定することにより、データが欠落したフレームを特定することができる。

【0098】

ただし、上記の場合、2パルス分以上のデータ欠落が発生した場合に、エラーフレームのデータ位置を特定できない可能性がある。そこで、エラーフレーム特定部 350 は、発光周期よりも大きく、かつ、発光周期の 3 倍よりも小さいことを所定の条件としてもよい。また、エラーフレーム特定部 350 は、レーザの繰返し発光周期の 1.1 倍よりも大きく、かつ、レーザの繰返し発光周期の 2.9 倍よりも小さいことを所定の条件としてもよい。さらに、エラーフレーム特定部 350 は、レーザの繰返し発光周期の 1.9 倍よりも大きく、かつ、レーザの繰返し発光周期の 2.1 倍よりも小さいことを所定の条件としてもよい。これらの条件によれば、少なくとも N - 1 番目の取得データと N 番目の取得データとの間に、1パルス分の取得データの欠落の有無を判定することができる。すなわち、このような条件を満たすか否かを判定することにより、1パルス分だけデータが欠落したフレームを特定することができる。

10

【0099】

例えば、レーザの繰返し発光周期を 10 msec、N - 1 パルス目の時刻を 0 msec とした場合に、N パルス目の時刻は 10 msec、N + 1 パルス目の時刻は 20 msec、N + P パルス目の時刻は $P \times 10 + 10$ msec となる。すなわち、パルス発光に追従して正しくデータ取得ができている場合、時間的に隣り合った取得データの取得時刻の差は 10 msec となる。

20

【0100】

これに対して、時間的に隣り合ったデータ (N - 1 番目および N 番目の取得データ) の取得時刻の差が 20 msec の場合は、N - 1 番目の次の光照射、すなわち N 番目の光照射に対応する取得データが欠落していることを特定できる。すなわち、この場合、1つの取得データの欠落を特定できる。

【0101】

一方、この時刻差が 30 msec の場合には、N 番目に加えて N + 1 番目の光照射に対応する取得データも欠落していることが推測できる。すなわち、時間的に連続する 2つの光照射に対応する取得データの欠落を特定できる。以上の通り、エラーフレーム特定部 350 は、時間的に連続した複数の取得データの欠落を特定することもできる。

30

【0102】

ステップ S 530 では、エラーフレーム特定部 350 が、ステップ S 520 での結果に基づいて、特定されたエラーフレームを示す情報を生成し、取得データ群と対応付けて保存する。本実施形態では、N パルス目のフレームをエラーフレームとして説明する。

【0103】

ステップ S 540 では、エラーフレーム特定部 350 が、全フレーム、すなわち全てのフレームデータについて確認したかを判定する。全てのフレームデータの確認が完了していない場合にはステップ S 510 へ処理を移行してエラーフレーム特定処理を繰り返す。

【0104】

なお、ステップ S 300 において、どのデータ種別の取得データにいくつのデータ欠落が生じているのかを推定している場合、すなわちエラー情報が欠落したデータ数を含む場合、次のようにエラーフレームの特定処理を終了させてもよい。すなわち、エラーフレーム特定部 350 が、エラー情報に基づいて欠落したデータ数を特定し、このデータ数だけエラーフレームを特定したところでエラーフレームの特定処理を終了してもよい。すなわち、エラーフレーム特定部 350 は、エラー情報に基づいてデータが欠落していない取得データを特定し、この取得データについてはエラーフレームの特定処理を行わなくてもよい。

40

【0105】

なお、エラーフレーム情報は、対象のフレームについて、いずれかの取得データにエラ

50

ーが存在する、あるいは、いずれの取得データにもエラーが存在しないことを示す情報であってもよい。また、エラーフレーム情報は、対象のフレームについて、どの取得データにエラーが存在し、どの取得データにはエラーが存在しないのかを示す情報であってもよい。また、エラーフレーム情報は、少なくとも特定の取得データにはエラーが存在し、その他の取得データについてはエラーの有無が不明であることを示す情報であってもよい。

【0106】

[データ訂正処理]

続いて、図7に示すフロー図を参照して、データ訂正部360が実施する、本実施形態におけるデータ訂正の処理を説明する。

【0107】

ステップS610では、データ訂正部360が、エラーフレーム情報を参照する。

【0108】

ステップS620では、データ訂正部360は、エラーフレームのデータを訂正するデータ訂正処理を行う。図8を参照してフレームデータのデータ訂正処理について説明する。

【0109】

図8は、記憶部152に保存された各種取得データのデータ配列を表す概念図である。図8は、エラーフレームの無いフレームデータの配列を示している。パルス発光Nに同期して取得した、受信信号データN、位置情報N、および照射光情報Nの、パルス発光Nに対して定まる組合せを正しく保持、記録できている様子を示している。すなわち、全ての取得データについて、実際に取得されたデータ数と、取得される予定のデータの見込み数（光照射の回数）とが一致している。

【0110】

これに対して、図9(a)は、エラーフレームが存在している場合のフレームデータの配列を示している。図9(a)は、パルス発光Nに対応する受信信号データNが欠落した場合の例を示している。この場合、点線で示した受信信号データN+1がパルス発光Nに対応づいたデータとして扱われてしまい、以降の処理に不都合が生じる。

【0111】

そこで、データ訂正部360は、Nフレーム以後のデータに対してパルス発光に対応付けるデータの組合せ（データ配列）を訂正する。すなわち、データ訂正部360は、パルス発光N+1に対応するフレームデータに対して、受信信号データN+1、位置情報N+1、照射光情報N+1がフレームデータの組合せとなるようにデータ配列を訂正する。

【0112】

図9(b)は、受信信号データNが欠落したデータセットに対してNフレーム以後のデータの組み合わせを変更するデータ訂正を行った場合のデータ配列を示す。図9(b)に示すように、データ訂正部360は、N番目の受信信号データを、N+1番目の光照射に対応する受信信号データとするように、取得データ群のデータ配列を訂正する。また、図9(b)に示すように、データ訂正部360は、N+1番目以降の受信信号データを、1パルス分だけ時間的に後ろの光照射によって取得された受信信号データとするように取得データ群のデータ配列を訂正してもよい。なお、データ配列の訂正処理とは、データの移動を伴わずに、対象のデータをいずれのデータと対応付けて以降の処理に用いるのかを変更する処理であってもよい。また、受信信号データに対する訂正に限らず、その他の取得データに対しても同様に上記訂正処理を適用することができる。このようにデータ群のデータ配列の訂正を行うことにより、以降の処理で取得データ間での不整合が生じることが低減される。

【0113】

また、図10(a)は、位置情報Nが欠落した場合の例を示している。この場合、位置情報N+1がパルス発光Nに対応づいたデータとして扱われてしまい、以降の処理に不都合が生じる。データ訂正部360は、図10(a)に示す取得データ群に対しても、上記訂正処理と同様に、データ配列の訂正処理を行い、図10(b)に示すデータ配列の組み

10

20

30

40

50

合わせに訂正する。すなわち、データ訂正部 360 は、位置情報 $N + 1$ がパルス発光 $N + 1$ に対応するようにデータ配列の組み合わせを訂正する。

【0114】

なお、図 9 および図 10 では、1つのフレームデータ（フレーム N ）の欠落を特定した場合の例について説明した。一方、エラーフレーム特定部 350 が時間的に連続した2つの取得データの欠落を特定した場合には、データ訂正部 360 は、 N 番目の取得データがパルス発光 $N + 2$ の光照射と対応するように、取得データ群のデータ配列を訂正してもよい。すなわち、エラーフレーム特定部 350 が $N - 1$ 番目の取得データと N 番目の取得データとの間に L 個のデータ欠落が存在すると特定した場合を考える。この場合、データ訂正部 360 は、 N 番目の取得データを、 $N + L$ 番目の光照射に対応する取得データとす

10

【0115】

ステップ S630 では、データ訂正部 360 が、エラーフレーム情報に基づいてエラーが生じている取得データのデータ種別を判定する。そして、データ訂正部 360 が、エラーが生じている取得データのデータ種別に応じてデータ配列の組み合わせが訂正された取得データ群に対する追加のデータ訂正処理の方法を決定する。例えば、データ訂正部 360 は、エラーが生じている取得データのデータ種別に応じて、エラーが含まれるフレームデータを無効化する処理か、欠落しているデータを補間する処理かを決定することができる。それぞれの処理の詳細については後述する。例えば、データ訂正部 360 は、エラーが生じているデータ種別が受信信号データである場合には、無効化する処理を行い、受信信号データ以外のデータ種別にエラーが生じていると判定した場合には、エラーフレームに対応するデータを補間により生成してもよい。本実施形態では、データ種別が受信信号データであった場合にステップ S540 に進み、データ種別が受信信号データ以外であった場合にステップ S550 に進む。

20

【0116】

ステップ S540 では、データ訂正部 360 は、エラーフレームであるパルス発光 N に対応するフレームデータについては無効化する。すなわち、データ訂正部 360 は、パルス発光 N に対応するフレームデータについては以降の処理で用いないことを示す情報を取得データ群に紐づける。その他、データ訂正部 360 は、パルス発光 N に対応するフレームデータについては以降の処理で用いないように制御できる限り、その制御方法はいかなる方法であってもよい。図 9 (c) のハッチングされたデータは無効化されたフレームデータを表している。

30

【0117】

前述したように、受信信号データにエラーが生じている場合には、このように無効化する処理を行ってもよい。その理由は、受信信号データが欠落している場合にその前後の受信信号データを使用して補間すると偽信号を生ずる可能性があり、その偽信号から得られる画像データを診断に用いることが好ましくない場合が存在するからである。

【0118】

ステップ S550 では、データ訂正部 360 は、取得データの補間により、エラーフレーム情報が示すエラー位置に対応する補間データを生成する。ここでは、パルス発光 N に対応する位置情報 N が欠落するというエラーが発生した場合を例に説明する。データ訂正部 360 は、 N 番目以外の取得データ群の位置情報を補間することにより、パルス発光 N に対応する位置情報 N' を生成する。そして、データ訂正部 360 は、位置情報 N' をパルス発光 N に対応するデータとしてデータ配列に挿入することで取得データのデータ配列を訂正する。図 10 (c) は、位置情報 N が欠落した場合に、補間処理により生成された位置情報 N' が挿入されたデータ配列を示す。このように、欠落したエラーを補間によって生成することにより、欠落したデータと同じパルス発光に対応付けられたその他のデータを以降の処理に活用することができる。

40

50

【0119】

なお、位置情報が欠落した場合については、走査パターンがよほど不連続で急な制御を有するものでない限りは、そのフレーム間での変化量は連続的であって、例えば、その前後の位置情報を使用して線形補間で生成することが可能である。補間の方法に関しては、線形補間法の他に、より多くの周囲データを使用した多次補間などがあり、本実施形態における補間は特定の補間方法に限定されるものではない。

【0120】

なお、位置情報に対する補間に限らず、その他の取得データに対しても補間処理を適用することができる。例えば、照射光情報の一例であるパルス光のエネルギーを補間する場合、エラーフレーム以外のエネルギー値の平均値を補完されたエネルギーとしてもよい。また、照射光情報の一例である光波長を補完する場合、パルス発光ごとの光波長が一定規則、例えば光波長 1 と光波長 2 を交互に切り替えて照射する場合には、その規則性を利用して補間することができる。データ配列の訂正後に、パルス発光 N - 1 に対応する光波長が 1 であり、パルス発光 N + 1 に対応する光波長も 1 である場合、データ訂正部 360 が波長切り替えの規則性に基づいてパルス発光 N に対応する光波長を 2 とする補間処理を行ってもよい。

10

【0121】

一方、被検体情報のそのものを示す受信信号データ N が欠落している場合に、その前後の受信信号データを使用して補間することは偽信号を生ずる可能性もある。そのため、データ訂正部 360 は、エラーフレーム情報に基づいてエラーが生じているデータ種別を判定し、エラーが生じているデータ種別が受信信号データである場合には、補間処理を行わずに無効化する処理を行ってもよい。一方、データ訂正部 360 は、エラーフレーム情報に基づいて、受信信号データ以外のデータ種別にエラーが生じていると判定した場合には、エラーフレームに対応するデータを補間により生成してもよい。

20

【0122】

なお、データ訂正部 360 は、エラーが発生したデータ種別に関わらずに、データ配列の訂正後にエラーフレームを無効化してもよい。また、データ訂正部 360 は、エラーが発生したデータ種別に関わらずに、エラーが発生したデータ種別を補間により生成してもよい。

【0123】

ステップ S660 では、データ訂正部 360 が、全てのエラーフレームに対して訂正処理が完了したかどうかを判定する。エラーフレームがまだ残っている場合には、ステップ S610 へ処理を移行してデータ訂正処理を繰り返す。

30

【0124】

本実施形態に係る光音響装置によれば、所定の走査パターンごとに決定されている見込みデータ数と実際に収集したデータ数とを比較するエラー情報生成処理により、エラーフレームの存在、すなわちデータ欠落の有無を検出することができる。

【0125】

また、本実施形態に係る光音響装置によれば、データの取得時刻を個々のデータと対応付けて保持、記録することができる。さらに、本実施形態に係る光音響装置によれば、各取得データの取得時刻を参照して、パルスごとの取得データの時間間隔とレーザの繰返し周期に対応した時間間隔とを比較するエラーフレーム特定処理により、エラーフレームを特定、記録することができる。

40

【0126】

さらに、本実施形態に係る光音響装置によれば、データ訂正処理により、エラーフレームを訂正することができ、データ欠落の影響を可及的に低減することができる。

【0127】

<実施形態 2 >

実施形態 2 では、光音響波画像を連続的に生成して表示、ユーザがそれらの表示画像を観察しながら、ユーザが必要としたタイミング、期間に対応するデータを保存する形態を

50

説明する。すなわち、データの取得ステップを開始する時点で取得するデータの見込み数を決定しない形態について説明する。本実施形態においても実施形態1で説明した装置を用いて説明する。また、本実施形態では、実施形態1と同様の構成またはステップについては同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。なお、本実施形態では、ユーザが受信部120を把持するハンドヘルド型のプローブを用いる場合を想定して説明する。ただし、本実施形態を適用可能な受信部120はハンドヘルド型のプローブに限らず、据え置き型であってもよい。

【0128】

以下、実施形態2を説明する。図11は、本実施形態に係る情報処理方法を説明するシーケンス図である。図11では、ユーザ動作シーケンス701と、本実施形態における光音響装置のデータ取得シーケンス702とデータ保存シーケンス703の各オブジェクトを示している。

10

【0129】

ユーザ動作シーケンス701では、ユーザが入力部170を使用して観察開始操作711、すなわち光音響波画像の取得開始操作を行う。データ取得シーケンス702では、光音響装置は、入力部170を介して観察開始操作の指示情報を受け付けて、ステップS520で説明したデータ取得ステップを開始する。データ取得シーケンス702の活性線722において、光音響装置は、光音響波受信信号データの受信を繰り返すとともに、光音響波画像の生成と表示を逐次行う。

20

【0130】

ユーザ動作シーケンス701の活性線721において、ユーザは、逐次表示される光音響波画像を観察しながら、受信部120を含むハンドヘルド型プローブの位置姿勢を調整する。またユーザは、光音響画像を観察しながら、画像化パラメータを調整して、観察または診断など目的に適う光音響画像が得られるように調整する。例えば、ユーザは入力部170を用いて関心領域、フレームレート、ゲイン、音速の少なくとも一つの画像化パラメータを指定し、光音響装置が指定された画像化パラメータにしたがって光音響波画像を生成する。

【0131】

ユーザ動作シーケンス701では、目的の光音響波画像を観察できることを確認した後に、ユーザは入力部170を使用してデータ保存開始操作712を行う。データ保存シーケンス703では、光音響装置がデータ保存開始操作712の指示情報を受け付け、活性線723においてパルス発光で得られる受信信号データ、受信部120の位置情報、および発光パルスの照射光情報で構成されるフレームデータを逐次保存する。

30

【0132】

ユーザ動作シーケンス701では、ユーザが目的の光音響波に関するデータが保存されたと判断したところで、データの保存終了操作713を行う。データ保存シーケンス703では、光音響装置が保存終了操作の指示情報を受け付けると、その時点までのフレームデータの保存を行い、次の保存への待機状態へ移行する。

【0133】

ユーザ動作シーケンス701では、ユーザが入力部170を使用して光音響波画像の観察終了操作714を行う。データ取得シーケンス702では、光音響装置が観察終了指示の指示情報を受け付けると、レーザのパルス発光を停止してデータ取得ステップを停止する。なお、光音響装置がデータの保存終了操作713の指示情報を受け取った場合に、レーザのパルス発光を停止してデータ取得ステップを停止してもよい。

40

【0134】

図11で示す本実施形態におけるデータ取得シーケンスにおいては、任意のタイミングでのユーザの操作によってデータの取得・保存の開始時点と終了時点が決定されるため、あらかじめデータ取得数を見込むことができない。このような場合、実施形態1で説明した、実際に取得されたデータ数と、所定の測定内容から見込まれるデータ数との比較によってエラー情報の生成を行う方法を適用することができない。

50

【0135】

そこで、本実施形態では、取得データ群を所定の時間間隔ごとに区切ってエラー情報の生成を行う。所定の時間間隔（期間）を決めることで、パルス発光の繰返し周期から、所定の時間間隔ごとの見込みデータ数を決定でき、この見込みデータ数を比較対象としてエラーを検出することができる。例えば、パルス発光周期を20Hzとして、1秒ごとにエラー検出を実施する場合、第2データ数取得部330は、その期間での見込みデータ数を20個と算出できる。第1データ数取得部320は、1秒ごとに1秒間に得られた各取得データのデータ数をカウントしてもよい。

【0136】

エラー情報生成部340は、取得データの各データ種別について、所定期間における見込みデータ数（例えば、20個）と、所定期間に得られたデータ数とを比較する。そして、エラー情報生成部340は、その比較結果に基づいてエラーが存在するか否かを示す情報を生成し、取得データ群に対応づけて記憶部152に保存する。なお、エラー情報生成部340は、見込みデータ数と取得したデータ数とが一致しない場合にエラー（データ欠落）が存在することを示すエラー情報を生成する。一方、エラー情報生成部340は、見込みデータ数と取得したデータ数とが一致する場合にエラー（データ欠落）が存在しないことを示すエラー情報を生成する。なお、データ数をカウントする所定の期間は、常に一定であってもよいし、時間によって変化してもよい。

【0137】

なお、一つの取得データにでもエラーが検出されたところでエラー情報生成処理を終了してもよい。すなわち、エラー情報生成部340は、全ての取得データに対してエラーの有無を検出する処理を行わずに、少なくともエラーが検出された取得データについてはエラーが存在することを示すエラー情報を生成してもよい。

【0138】

なお、エラー情報は、いずれかの取得データにエラーが存在する、あるいは、いずれの取得データにもエラーが存在しないことを示す情報であってもよい。また、エラー情報は、どの取得データにエラーが存在し、どの取得データにはエラーが存在しないのかを示す情報であってもよい。また、エラー情報は、少なくとも特定の取得データにはエラーが存在し、その他の取得データについてはエラーの有無が不明であることを示す情報であってもよい。

【0139】

また、エラー情報生成部340が所定期間ごとにエラーの有無を判定し、エラー検出した場合に、データ訂正部360がそれまでに取得したデータを削除し、再度データを取得し直すりセット処理を実行してもよい。リセット処理とは、例えば、所定の期間光照射110によるパルス発光を停止し、記憶部152に保存された取得データがリフレッシュされたところで、受信信号データ、位置情報、照射光情報の取得を再開することである。ここでのパルス発光を停止する所定の期間は、データ数をカウントする所定の期間とは異なってもよい。なお、エラーが検出された時点で、制御部153が各ハードウェアの動作を停止するとともに、表示部160にエラーにより装置の動作を停止した旨の警告をユーザへの通知した上で、ユーザにデータ取得の再開指示を促す形態であってもよい。

【0140】

本実施形態では、少なくとも1つのデータ種別、例えば受信信号データのデータ数と、所定期間における見込みデータ数とを比較すればよい。また、受信信号データ、位置情報、および照射光情報の3つのデータ種別のそれぞれについて、所定期間における見込みデータ数と、所定期間に得られたデータ数とを比較してもよい。

【0141】

本実施形態に係る光音響装置によれば、あらかじめ取得するデータ数を見込めない場合においても、取得データのエラーの有無を検出することができる。また、所定の時間間隔でエラーの有無を検出することができるため、全測定が完了する前にリアルタイムにエラーの有無を検出することができる。光音響波の測定と光音響画像の生成および表示とをり

10

20

30

40

50

アルタイムに並行して行う本実施形態のような構成においては、ユーザは光音響画像の観察途中にエラーが生じた場合もエラーを認識できる。

【0142】

<実施形態3>

本実施形態では、図11に示すように任意のタイミングでデータの取得・保存の開始と終了が行われる場合のエラーの検出方法を説明する。本実施形態では、実施形態1で説明した同様の光音響装置を用いて説明する。また、本実施形態では、実施形態1と同様の構成またはステップについては同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。なお、本実施形態では、見込みデータ数を利用せずにエラーを検出するため、本実施形態に係る光音響装置は第2データ数取得部330を有していなくてもよい。

10

【0143】

以下、図12を参照して、本実施形態に係るエラーの検出方法を説明する。なお、図12に示す各ステップは、図4のエラー情報を生成するステップS300を構成するものである。

【0144】

ステップS340では、エラー情報生成部340は、実際に得られた受信信号データ、位置情報、照射光情報のそれぞれのデータ数を参照する。そして、エラー情報生成部340は、受信信号データのデータ数、位置情報のデータ数、および照射光情報のデータ数の3つの数値を比較する。そして、エラー情報生成部340は、受信信号データのデータ数、位置情報のデータ数、および照射光情報のデータ数が一致しているか否かを判定する。

20

【0145】

ステップS350では、エラー情報生成部340は、受信信号データのデータ数、位置情報のデータ数、および照射光情報のデータ数が一致していない場合に、データが欠落している、すなわちエラーが生じていることを示すエラー情報を生成する。一方、エラー情報生成部340は、受信信号データのデータ数、位置情報のデータ数、および照射光情報のデータ数が一致している場合に、データが欠落していない、すなわちエラーが生じていないことを示すエラー情報を生成する。

【0146】

なお、エラー情報は、いずれかの取得データにエラーが存在する、あるいは、いずれの取得データにもエラーが存在しないことを示す情報であってもよい。また、エラー情報は、どの取得データにエラーが存在し、どの取得データにはエラーが存在しないのかを示す情報であってもよい。例えば、データ数が一致していない場合に、その他のデータ種別よりもデータ数の少ないデータ種別を、エラーが存在するデータ種別としてもよい。すなわち、エラー情報生成部340は、最もデータ数の多いデータ種別よりもデータ数の少ないデータ種別を、エラーの存在する取得データとして判定してもよい。

30

【0147】

本実施形態において、エラー情報生成部340は、全データ取得が完了した後に、受信信号データのデータ数、位置情報のデータ数、および照射光情報のデータ数が一致しているか否かを判定してもよい。また、エラー情報生成部340は、所定の時間間隔(期間)で、受信信号データのデータ数、位置情報のデータ数、および照射光情報のデータ数が一致しているか否かを判定してもよい。このように所定の時間間隔でデータ数の一致を判定することにより、リアルタイムにエラーの有無を検出することができる。なお、所定の時間間隔は、一定の期間であってもよいし、時間によって変化する期間であってもよい。

40

【0148】

また、当然本実施形態に係る方法でエラーが検出された場合に、図4に示すステップS500及びS600が実行されてもよい。

【0149】

本実施形態では、受信信号データ、位置情報、および照射光情報の3つのデータ種別のデータ数を比較する例を説明したが、比較対象のデータ種別はこれに限らない。少なくとも

50

も受信信号データを含む複数のデータ種別のデータ数を比較しさえすれば、受信信号データのデータ欠落の有無については少なくとも検出することができる。

【0150】

本実施形態に係る光音響装置によれば、それまでに取得した取得データ群に含まれる複数のデータ種別間のデータ数を比較することにより、任意のタイミングでデータの欠落の有無を検出することができる。

【0151】

<実施形態4>

本実施形態では、図6に示すエラーフレーム特定方法をエラー検出に適用する場合を説明する。すなわち、図6に示すステップS510、S520がステップS300を担う例を説明する。本実施形態では、実施形態1で説明した同様の光音響装置を用いて説明する。本実施形態では、実施形態1と同様の構成またはステップについては同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。ただし、本実施形態では、エラー情報生成部340が、エラーフレーム特定部350の機能を担っている。そのため、本実施形態においては、コンピュータ150が、エラーフレーム特定部350を有していなくてもよい。以下、本実施形態に係るエラー検出方法、すなわちエラー情報生成方法を説明する。

10

【0152】

まずエラー情報生成部340が、パルス発光ごとに時系列に取得した受信信号データ、位置情報、照射光情報の、各取得データの取得時刻情報を参照して、時間的に隣り合う取得データ間の取得間隔を算出する。続いて、エラー情報生成部340が、算出した各取得データの各取得間隔が、所定の条件を満たしているかどうかを判定する。ここで所定の条件は、実施形態1で説明した条件を採用することができる。なお、このとき、エラー情報生成部340が、各取得データにおいて、各取得間隔が所定の条件を満たしているデータ位置(アドレス)を特定してもよい。ただし、エラーフレームのデータ位置まで特定せずにデータ欠落の有無を検知するだけでもよい。

20

【0153】

エラー情報生成部340は、取得データの取得間隔が所定の条件を満たしている場合、この取得データにはエラーが存在することを示すエラー情報を生成してもよい。一方、エラー情報生成部340は、取得データの取得間隔が所定の条件を満たしていない場合、この取得データにはエラーが存在しないことを示すエラー情報を生成してもよい。この場合、エラー情報生成部340は、エラーの有無の判定とエラーフレームの特定を合わせて行っているといえる。

30

【0154】

なお、エラー情報は、対象のフレームについて、いずれかの取得データにエラーが存在する、あるいは、いずれの取得データにもエラーが存在しないことを示す情報であってもよい。また、エラー情報は、対象のフレームについて、どの取得データにエラーが存在し、どの取得データにはエラーが存在しないのかを示す情報であってもよい。また、エラー情報は、少なくとも特定の取得データにはエラーが存在し、その他の取得データについてはエラーの有無が不明であることを示す情報であってもよい。

【0155】

ところで、上記の工程によれば、取得データの取得間隔を算出するため、時系列に取得された少なくとも2以上の取得データが必要となり、N-1パルス目がない先頭の1回目では判定できない。そこで、エラー情報生成部340は、先頭のフレームデータについては、実施形態3で説明した方法を適用し、取得データ間のデータ数を比較することにより、エラーの有無を検出してもよい。

40

【0156】

本実施形態によれば、エラーの検出とエラーフレームの特定を合わせて行うことができるため、少ない処理量でエラーの検出とエラーフレームの特定の両方を実行することができる。

【0157】

50

(その他の実施例)

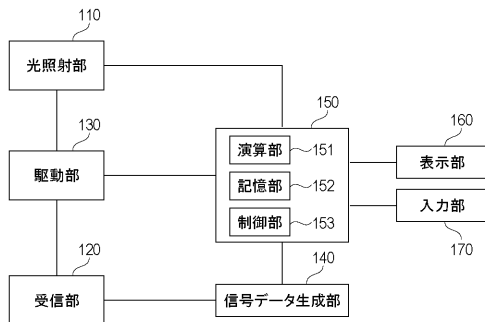
また、本発明は、以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェア（プログラム）を、ネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ（またはCPUやMPU等）がプログラムを読み出して実行する処理である。さらに、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張カードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書込まれたとする。その後、そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張カードや機能拡張ユニットに備わるCPUなどが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現されてもよい。

【符号の説明】

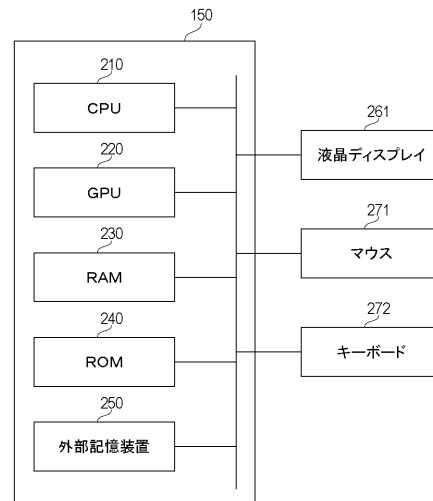
【0158】

- 310 データ取得部
- 320 第1データ数取得部
- 330 第2データ数取得部
- 340 エラー情報生成部

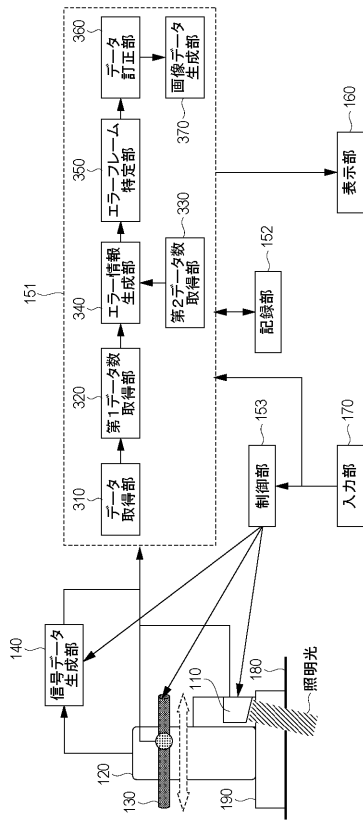
【図1】



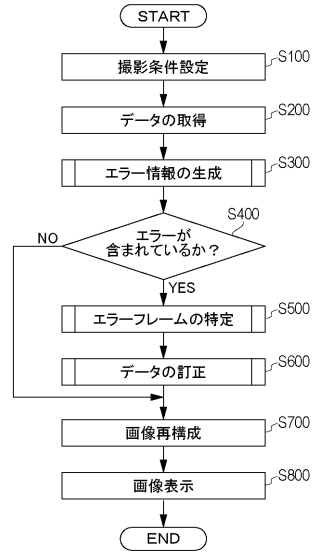
【図2】



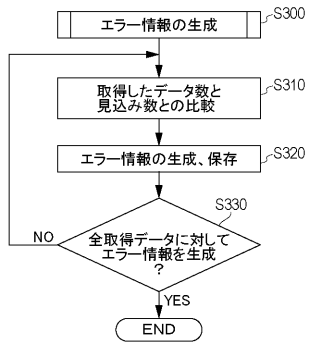
【 図 3 】



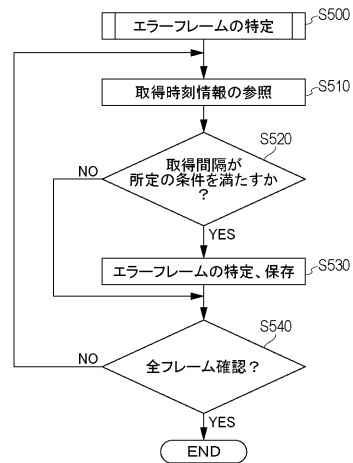
【 図 4 】



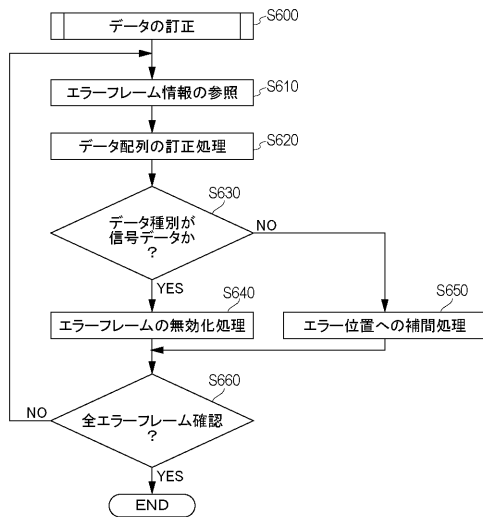
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

パルス発光	受信信号データ	位置情報	照射光情報
:	:	:	:
N-2	N-2	N-2	N-2
N-1	N-1	N-1	N-1
N	N	N	N
N+1	N+1	N+1	N+1
:	:	:	:
M-1	M-1	M-1	M-1
M	M	M	M

【 図 9 】

(a)

パルス発光	受信信号データ	位置情報	照射光情報
:	:	:	:
N-2	N-2	N-2	N-2
N-1	N-1	N-1	N-1
N	N+1	N	N
N+1	N+2	N+1	N+1
:	:	:	:
M-1	M	M-1	M-1
M		M	M

(b)

パルス発光	受信信号データ	位置情報	照射光情報
:	:	:	:
N-2	N-2	N-2	N-2
N-1	N-1	N-1	N-1
N	N	N	N
N+1	N+1	N+1	N+1
:	:	:	:
M-1	M-1	M-1	M-1
M	M	M	M

(c)

パルス発光	受信信号データ	位置情報	照射光情報
:	:	:	:
N-2	N-2	N-2	N-2
N-1	N-1	N-1	N-1
N	N	N	N
N+1	N+1	N+1	N+1
:	:	:	:
M-1	M-1	M-1	M-1
M	M	M	M

【 図 10 】

(a)

パルス発光	受信信号データ	位置情報	照射光情報
:	:	:	:
N-2	N-2	N-2	N-2
N-1	N-1	N-1	N-1
N	N	N+1	N
N+1	N+1	N+2	N+1
:	:	:	:
M-1	M-1	M	M-1
M	M	M	M

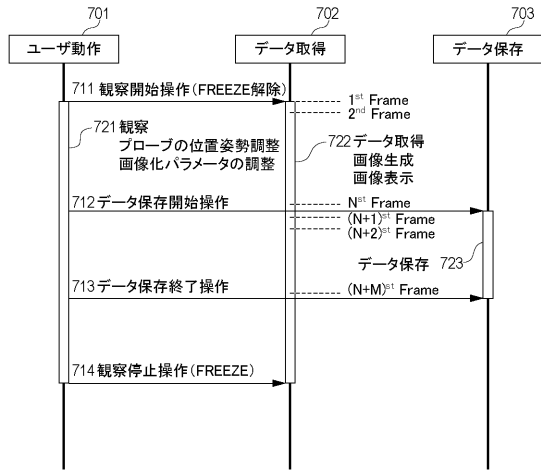
(b)

パルス発光	受信信号データ	位置情報	照射光情報
:	:	:	:
N-2	N-2	N-2	N-2
N-1	N-1	N-1	N-1
N	N	N	N
N+1	N+1	N+1	N+1
:	:	:	:
M-1	M-1	M-1	M-1
M	M	M	M

(c)

パルス発光	受信信号データ	位置情報	照射光情報
:	:	:	:
N-2	N-2	N-2	N-2
N-1	N-1	N-1	N-1
N	N	N'	N
N+1	N+1	N+1	N+1
:	:	:	:
M-1	M-1	M-1	M-1
M	M	M	M

【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

