

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6497911号
(P6497911)

(45) 発行日 平成31年4月10日(2019.4.10)

(24) 登録日 平成31年3月22日(2019.3.22)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 8/13 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 8/13 Z DM

請求項の数 15 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2014-242465 (P2014-242465)	(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
(22) 出願日	平成26年11月28日(2014.11.28)	(74) 代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(65) 公開番号	特開2016-101423 (P2016-101423A)	(74) 代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
(43) 公開日	平成28年6月2日(2016.6.2)	(72) 発明者	末平 信人 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
審査請求日	平成29年11月22日(2017.11.22)	審査官	森口 正治
		(56) 参考文献	特開2012-055692 (JP, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】信号処理方法、信号処理装置、音響波処理方法および音響波処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

音響波を複数の位置で受信することにより生成された、前記複数の位置に対応する時系列の信号としての複数の受信信号を取得する処理と、

同時刻に得られた前記複数の受信信号のうち、閾値を超える振幅を持つ受信信号を除く受信信号から代表値信号を生成する処理と、

前記同時刻に得られた複数の受信信号の各々から前記代表値信号を減算して複数の減算後信号を生成する処理と、

前記複数の減算後信号を用いて画像データを生成する処理と、を有することを特徴とする信号処理方法。

【請求項 2】

前記閾値は、前記受信信号が取りうる最大振幅に対して、1%以上かつ10%以下であることを特徴とする請求項1に記載の信号処理方法。

【請求項 3】

前記代表値信号は、前記閾値を超える振幅を持つ受信信号を除く受信信号を平均化した信号であることを特徴とする請求項1または2に記載の信号処理方法。

【請求項 4】

前記代表値信号は、前記閾値を超える振幅を持つ受信信号を除く受信信号の中央値または最頻値の信号であることを特徴とする請求項1または2に記載の信号処理方法。

【請求項 5】

10

20

前記複数の位置は、アーク上あるいは、半球上の複数の位置であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の信号処理方法。

【請求項 6】

前記音響波は、光が被検体に照射されることで発生した音響波であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の信号処理方法。

【請求項 7】

前記音響波は、被検体に超音波を照射し、前記被検体の内部で反射された音響波であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の信号処理方法。

【請求項 8】

音響波を複数の位置で受信することにより生成された、前記複数の位置に対応する時系列の信号としての複数の受信信号を処理する信号処理装置であって、

10

同時刻に得られた前記複数の受信信号のうち、閾値を超える振幅を持つ受信信号を除く受信信号から代表値信号を生成し、

前記同時刻に得られた複数の受信信号の各々から前記代表値信号を減算して減算後信号を生成し、

前記複数の減算後信号から画像データを生成することを特徴とする信号処理装置。

【請求項 9】

前記閾値は、前記受信信号が取りうる最大振幅に対して、1 %以上かつ 10 %以下のことを特徴とする請求項 8 に記載の信号処理装置。

20

【請求項 10】

前記代表値信号は、前記閾値を超える振幅を持つ受信信号を除く受信信号を平均化した信号であることを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の信号処理装置。

【請求項 11】

前記代表値信号は、前記閾値を超える振幅を持つ受信信号を除く受信信号の中央値または最頻値の信号であることを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の信号処理装置。

【請求項 12】

請求項 8 乃至 11 のいずれかに記載の信号処理装置と、

前記音響波を受信することにより前記複数の受信信号を出力する、アーク状あるいは、半球状に配置された複数の受信素子と、

30

を有することを特徴とする音響波処理装置。

【請求項 13】

光を被検体に照射する光照射部をさらに備え、

前記複数の受信素子は、被検体に前記光を照射することで発生した音響波を受信することを特徴とする請求項 1 2 に記載の音響波処理装置。

【請求項 14】

前記複数の受信素子は、被検体に超音波を照射し、前記被検体の内部で反射された音響波を受信することを特徴とする請求項 1 2 に記載の音響波処理装置。

【請求項 15】

前記画像データに基づく画像を表示部に表示させることを特徴とする請求項 8 乃至 11 のいずれかに記載の信号処理装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、音響波処理方法および音響波処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

光イメージング技術の一つとして、PhotoAcoustic Tomography (PAT; 光音響波トモグラフィー) が知られている。光音響波トモグラフィーは、パルス光を被検体に照射することで被検査物の内部で発生した音響波を検出し、それらの信

50

号を解析処理することによって、被検体内部の光学特性値に関連した情報を可視化する技術である。

【0003】

PAT装置を生体の測定を利用して、腫瘍を形成する比較的細い血管の画像化が試みられている。しかし、これらの細い血管から発生する音響波、ひいては検出素子によって得られる受信信号は比較的微弱なものであるため、ノイズやアーティファクトを適切に除去しなければ所望の画質の画像を得られない場合がある。アーティファクトとは、実際には存在しないのに、あたかもそこに何かが存在するように現れてしまう像である。

【0004】

アーティファクトを除去する一つの技術が特許文献1に開示されている。これは、界面音響波による過渡応答に起因するアーティファクトの除去を目的としたものである。同時に複数の受信信号を加算し、さらに、加算して得られた信号を、複数の受信信号のうちの最大振幅を基準として規格化したのち、受信信号から減算をしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2011-00414号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1は、過渡応答によって発生する大きな信号によるアーティファクトの除去を目的としているが、同相ノイズについては考慮されていない。同相ノイズは、一般的には、界面音響波による過渡応答に対して十分に小さい振幅の信号である。

【0007】

本発明の目的は、複数の受信信号に共通して重畠された同相ノイズを低減することで、再構成して得られた画像の画質を向上させることにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成する本発明の一の側面である信号処理方法は、音響波を複数の位置で受信することにより生成された、前記複数の位置に対応する時系列の信号としての複数の受信信号を取得する処理と、同時に得られた前記複数の受信信号のうち、閾値を超える振幅を持つ受信信号を除く受信信号から代表値信号を生成する処理と、前記同時に得られた複数の受信信号の各々から前記代表値信号を減算して複数の減算後信号を生成する処理と、前記複数の減算後信号を用いて画像データを生成する処理と、を有することを特徴とする。

【0009】

上記目的を達成する本発明の一の側面である信号処理装置は、音響波を複数の位置で受信することにより生成された、前記複数の位置に対応する時系列の信号としての複数の受信信号を処理する信号処理装置であって、同時に得られた前記複数の受信信号のうち、閾値を超える振幅を持つ受信信号を除く受信信号から代表値信号を生成し、前記同時に得られた複数の受信信号の各々から前記代表値信号を減算して減算後信号を生成し、前記複数の減算後信号から画像データを生成することを特徴とする。

【0010】

上記目的を達成する本発明のさらに別の側面である音響波処理装置は、時系列の信号として受信した音響波に基づく複数の受信信号を生成する複数の受信素子と、前記音響波を受信しないように構成されるとともに、参照信号を生成する参照用受信素子と、信号処理部と、を有し、前記信号処理部は、前記参照信号が得られた時刻と同時に得られた複数の受信信号の各々から前記参照信号を減算して減算後信号を生成し、前記減算後信号から画像データを生成することを特徴とする。

【発明の効果】

10

20

30

40

50

【0013】

同相ノイズが低減された画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】**【0014】**

【図1】本発明の実施形態に係る音響波処理装置の構成例を示す図である。

【図2】本発明の実施形態に係る信号処理の流れを示すフローチャートである。

【図3】本発明の実施形態に係る受信信号の例を示す図である。

【図4】本発明の実施形態に係る信号処理の有無による画像の比較を示す図である。

【図5】本発明の実施形態に係る受信素子の配置を示す図である。

【図6】本発明の実施形態に係るノイズの様子を示す模式図である。

10

【発明を実施するための形態】**【0015】****[実施形態1]**

複数の受信素子が円弧状に配列されたアーケ型の探触子を備えた音響波処理装置を例にとって、本発明の第一の実施形態を説明する。本実施形態に係る音響波処理装置は、パルス光を被検体に照射することで被検体の内部で発生した音響波（典型的には超音波）を受信する、光音響波処理装置である。

【0016】**(システム構成)**

図1は、本実施形態に係る音響波処理装置の構成例を示す図である。この音響波処理装置は、光照射部101、探触子102、ステージ103、光制御部105、受信信号処理部106、ステージ制御部107、装置制御部108を含んで構成されている。本実施形態において用いる座標系は、探触子102の円弧の中心を基準とし、ステージ103は、y軸を中心にx-z平面内で回転するものとする。また、光照射部101は、座標の原点に向けて、x軸に沿って光を照射する。

20

【0017】

被検体110は、ステージ103によってy軸を中心に回転可能になっている。被検体110は、ステージ103から吊り下げて保持されるようにしてもよい。被検体110をステージ103によって回転させながら、光照射部からの光を照射することで、被検体110の全方位からの信号を取得することができる。なお、被検体110と探触子102は、水槽104の中に配置されている。また、水槽104には水が満たされているため、発生した音響波を効率よく伝達できる。水槽104に満たされるものは水に限らず、被検体から発生した音響波を探触子102が持つ受信素子に伝達させることができるものであれば特に制約はない。

30

【0018】

次に、音響波処理装置を構成する各要素についてさらに詳細に説明する。

【0019】**(光照射部、光制御部)**

光照射部101は、光制御部105によって制御され、被検体110に光を照射する装置である。本実施形態においては、被検体110に対して、x軸の正の方向から光を照射するように構成されている。光照射部101は、たとえば光を発生する光源と、発生した光が被検体110に照射されるように光を導く導光部材とを含んでなる。光源は、大出力を得るためにレーザー光源であることが望ましいが、レーザー光源の代わりに、発光ダイオードやフラッシュランプ等の光源を用いることもできる。なお、レーザーを用いる場合には、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ものが使用できる。その照射のタイミング、波形、強度等は光制御部105によって制御される。また、一方向のみから被検体110に照射する必要はないので、複数の方向から照射し、死角をなくすようにしてもよい。具体的には、光照射部101の出射端を複数にしたり、複数の光照射部101を設けてもよい。

40

【0020】

50

音響波の一種である光音響波を効果的に発生させるためには、光制御部 105 は、被検体の熱特性に応じて十分短い時間に光を照射させなければならない。被検体 110 が生体である場合には、光照射部 101 が発生するパルス光のパルス幅は 10 ~ 50 ナノ秒程度が好適である。また、パルス光の波長は、被検体内部まで光が伝搬する波長であることが望ましい。具体的には、生体の場合、700 nm 以上 1100 nm 以下である。ここでは、固体レーザーであるチタンサファイアレーザーを用い、波長は 800 nm とする。

【0021】

(探触子、受信信号処理部)

被検体 110 の内部にある光の吸収体で発生した音響波は、探触子 102 で受信される。本実施形態に係る探触子 102 は、座標軸の原点を中心とする円弧上、すなわちアーク上、に設けられた複数の受信素子を含む、アーク型の超音波探触子である。各受信素子が受信した音響波は、アナログの電気信号に変換される。このような機能を果たす素子として、PZT(圧電セラミックス)、CMUT(容量性マイクロマシン超音波探触子)などが挙げられる。また、受信素子は、感度が高く、周波数帯域が広いものが望ましい。本実施形態に係る探触子 102 の円弧の半径は 60 mm で、開口は 150 度、受信素子数は 64 であるとする。

【0022】

電気信号に変換された信号は、受信信号処理部 106 に伝送され、増幅、A/D 変換等の処理を経てデジタル信号に変換される。デジタル信号は、装置制御部 108 に送られる。なお、音響波の受信タイミングは、光照射部 101 による光の照射と同期するように、装置制御部 108 によって制御される。探触子 102 の受信素子が感度を持つ帯域は、例えば 2 - 5 MHz である。また、サンプリング周波数は、探触子で検知したい信号の帯域の最大周波数に対してサンプリング定理を満たせばよい。本例では、50 MHz で 2048 サンプリングを行う。サンプリングを行う期間の開始時刻は、パルス光の照射タイミングから、光音響波が探触子 102 に到達するまでに要する遅延時間を考慮して設定してもよい。一方で、パルス光の照射タイミング以降サンプリングを継続的に行い、サンプリングされたデータのうち、光音響波に基づくデータのみを抽出するようにしてもよい。さらには、デジタル信号は符号付きの 12 ビットとする。すなわち、1 ビットが符号であり、残る 11 ビットが受信信号の振幅を表現する。受信信号処理部 106 は、増幅器および A/D 変換器のほかに、受信信号を一時的に記憶する記憶部を含んでいてもよい。

【0023】

(装置制御部)

信号処理部としての機能も担う装置制御部 108 は、光照射部 101 および探触子 102 の受信制御などの指令および受信信号に基づく画像の再構成を行う。すなわち、被検体に係る画像データを生成する。また、装置制御部 108 はユーザインターフェースを備えており、操作者からの指示を元に、測定パラメータの変更、測定の開始・終了、画像の処理方法の選択、被検体情報や画像の保存、データの解析などを行うことができる。また、再構成によって得られた画像データは、たとえば 3 次元の断層画像として表示部(不図示)に表示される。なお、信号処理部は、高速処理を行うために、装置制御部 108 から独立した CPU と主記憶装置および補助記憶装置を有するコンピュータとして構成されてもよいし、専用に設計されたハードウェアであってもよい。

【0024】

(信号処理工程)

図 2 に、本実施形態に係る信号処理の流れをフローチャートとして示す。

【0025】

工程 S1 から、測定を開始する。測定は、被検体 110 をステージ 103 で回転させることで被検体 110 の向きを変えながら光照射を行い、被検体 110 の各角度に対するパルス光の照射によって発生する音響波を測定する。ここでは、x-z 平面において被検体 110 を 4 度回転させる毎に測定を行い、合計 90 回の測定によって、被検体の全周にわたって測定するものとする。各角度で得られたデータは、受信信号処理部 106 に順次、

10

20

30

40

50

一時的に保存される。全ての測定位置（ここでは 90 回の）測定が終了すると、各角度で測定したデータを含む 2 次元配列データを得ることができる。そしてこの 2 次元配列データを装置制御部 108 に送る。この場合の 2 次元配列の大きさは 90（測定回数）× 64（素子数）× 2048（1 測定あたりのサンプル数）= 5760 × 2048 となる。音響波は、その振幅（すなわち信号強度）が経時に変化するので、1 測定あたりのサンプル数は音響波の波形を復元できる程度のサンプリング周期でサンプリングを行い、複数の受信信号を生成する。

【0026】

工程 S2において、装置制御部 108 は、受信信号処理部 106 が一時的に保持していた測定データを受け取る。ここで、装置制御部 108 が受け取った測定データの例を図 3 に示す。本実施形態における被検体は、希釈した墨汁を封入して作成された、内径 1 mm の円筒状の透明チューブとした。探触子 102 は、アーク型超音波探触子である。ここでは、4 か所の測定角度における測定データだけを可視化している。各データの濃さは、値の大きさを示している。なお、チューブの周辺は水で満たされており、光を吸収して光音響波の音源となるものは存在しないものとする。

【0027】

図 3において、4 回の測定のそれぞれについて、矢印 201 で示す方向に 64 素子分のデータがある。ここでは、角度の異なる 4 回の光照射に対応するデータを示している。一方、矢印 202 で示す方向は、光照射時刻を基準とした経過時間で、50 MHz のサンプリングによる 2048 個のデータが並んでいる。矢印 201 に沿って延びる帯は、ある時刻において、複数の受信素子に同程度の大きさの入力があったことを意味し、これを同相ノイズととらえることができる。同相ノイズの振幅は、たとえば符号付き 12 ビットデジタル信号において +20 度である。また、4 回の光照射で同相ノイズの発生の強さはそれぞれ異なっている。また、同相ノイズは一定の周期で発生するものでもない。なお、この同相ノイズは水を介して入ってきた電気的なノイズであると推定される。たとえば、電磁波が水を介して伝搬する場合や、水の振動による水圧の変化などが探触子 102 によって検知されることで生じるノイズであると推定される。他にも、複数の受信素子が共通の基準電源（GND）に接続されている場合には、GND に混入するノイズが同相ノイズとなることも起こりうる。

【0028】

工程 S3 で、工程 S2 で得た 5760 × 2048 個のデータから、1 回分の光照射に対する信号のデータを切り出す。切り出したデータは、1 回分の測定によって得られた 64 × 2048 の 2 次元データ配列である。工程 S3 において切り出されたデータは、工程 S4 および工程 S6 で利用される。

【0029】

図 3において、203 で示した領域に、楔形の模様が見える。これが音響波に基づく受信信号である。そこで、工程 S4 においては、各時刻にサンプリングされたデータのうち、音響波に基づく受信信号に対応するデジタル信号を特定する処理が行われる。そのための具体的な方法として、各デジタル信号と閾値とを比較して、受信信号の大きさが閾値を超えた場合には、そのデータが閾値を超えたことを装置制御部 108 内のメモリに記憶することが挙げられる。これは、上述した 2 次元配列データとは別に記憶しても良いし、2 次元配列データの各要素に、閾値に対する大小を示すフラグを付加しても良い。閾値は、たとえば絶対値として 25 度である。たとえば符号付き 12 ビットの信号であれば、実際は +25 以上、-25 以下の信号を音響波に基づく受信信号とみなす。信号にオフセットが載っているような場合には、オフセットの値を基準として閾値を設定する。

【0030】

工程 S5 では、同じ時刻に取得されたデジタル信号のうち、S4 工程にて特定された音響波に基づく受信信号を除くデジタル信号の代表値となる代表値信号を生成する。ここでは、ある時刻において 64 個の素子から得られたデータのうち、閾値を超えるデータを除いたデータを平均化することで、その時刻の代表値信号を生成する。これによって、ラン

10

20

30

40

50

ダムノイズがあった場合であったとしても、その影響を小さくすることができる。この処理を2048回の各サンプリングについて実施することで、音響波に基づく受信信号を除いたデジタル信号の平均値である代表値信号の一次元のデータを得ることができる。なお、同じ時刻に取得された信号が全て閾値を超える大きさの信号である場合には、同相ノイズをゼロとみなす。また、代表値信号の生成に際しては、64個の素子から同時に得られたデータのうち、閾値を超えたデータを除くすべてのデータを用いる必要はなく、閾値を超えたデータを除くデータの一部を用いて平均化し、これを代表値信号としても良い。

【0031】

工程S6では、信号から同相ノイズ成分を除去する。これは、工程S3で説明した 64×2048 の2次元配列データから、工程S5の処理によって得た 1×2048 の一次元データを素子毎に減算することによって実現できる。つまり、各時刻にサンプリングされた64個のデータのそれだから、その時刻に対応する、工程S5で得た平均値のデータを減算する処理を行う。

【0032】

工程S7で、すべての光照射に対する信号を処理したかを判定する。全信号について処理が完了したと判定された場合には、工程S8に進む。一方、全信号を処理していない場合には工程S3に戻り、次の光照射に対する信号を処理する。全信号を処理し終えると、同相ノイズが除去された 5760×2048 の二次元配列データが得られる。

【0033】

工程S8で、同相ノイズが除去されたデータを用いて再構成、つまり画像データの生成を行う。画像再構成の手法としては、フーリエ変換法、ユニバーサルバックプロジェクション法やフィルタードバックプロジェクション法などがある。ここで、本実施形態に係る処理の有無によって、再構成された画像がどのように違うかを、図4を参照しながら説明する。図4(a)は、本実施形態に係る処理を行わない場合の、x-y平面におけるMIP(Maximum Intensity Projection)像で、図4(b)は、本実施形態に係る処理を行わない場合の、y-z平面におけるMIP像である。ある平面におけるMIP像とは、その平面に対して直交する方向における最大値の信号を抽出して構成された画像である。たとえば、x-y平面におけるMIP像は、3次元画像を構成するデータのうち、z軸方向の最大値の信号を抽出して構成された画像となる。一方、図4(c)は、本実施形態に係る処理を行った場合の、x-y平面におけるMIP像で、図4(d)は、本実施形態に係る処理を行った場合の、y-z平面におけるMIP像である。図4(a)と(b)は、同相ノイズを除去していないため、チューブの周囲に音源がないにもかかわらず、音源があるかのような画像になっており、チューブがノイズに紛れている。一方図4(c)と(d)は、同相ノイズを除去しているため、チューブの周囲が、より黒に近い暗さになっており、チューブがバックグラウンドから浮き上がっていることがわかる。つまり、バックグラウンドとチューブとの間のコントラストが高くなっている。なお、チューブには希釈された墨汁が充填されているにも関わらず、チューブが中空になっているように観察されるのは、比較的低周波の領域に感度を持たない受信素子を用いたことによる。

【0034】

工程S9で、一連の処理を終了する。

【0035】

上述したように、本実施形態に係る処理によって、同相ノイズが低減された画像を得ることができる。

【0036】

本実施形態では、ステージ103によって被検体110を探触子102に対して回転させることで、被検体110と探触子102の相対位置を変えたが、逆に、被検体110を固定した状態で探触子102の位置を変えることによって両者の相対位置を変えても良い。

【0037】

10

20

30

40

50

本実施形態では、デジタル信号が符号付きの 12 ビットで表現される場合に、閾値をデジタル値で 25 と設定する例を説明した。これは、12 ビットのうち 1 ビットは正負を表す符号なので、デジタル値の最大値あるいは最小値に対して $25 / (2^{11}) = 1.2\%$ の範囲にある信号を閾値未満とみなしていることになる。しかし、閾値はこの値に限らず、想定される受信信号の大きさに基づいて適宜設定されるべき値である。閾値の値を大きくしすぎると、画像再構成に利用されるべき信号がノイズとして処理されてしまう一方で、閾値の値を小さくしすぎると、ノイズとして処理されるべき信号が画像再構成に利用されてしまい、得られる画像の画質が低下する。そのため、デジタル値、あるいは受信信号の最大振幅に対して 1% 以上かつ 10% 以下に閾値を設定することが好ましい。

【0038】

10

また、同相ノイズを算出するために、工程 S5において、閾値以下の振幅を持つ受信信号を平均化する場合を説明したが、平均化に限らず、閾値以下の振幅を持つ受信信号の中から中央値、あるいは最頻値の受信データを同相ノイズとして取り扱っても良い。つまり、閾値以上の振幅を持つ受信信号を除く複数の受信信号から代表値信号を生成し、受信信号から代表値信号を減算して得られた減算後信号にから画像の再構成を行うことで、同相ノイズを低減することができる。ただし、ランダムノイズを低減するという観点から、代表値信号の生成方法としては、平均化が好ましい。

【0039】

本実施形態に係る処理とは異なり、強い音響波に基づく受信信号を除外せずに同時刻のすべての信号を平均した場合は、後の処理で差分をとるときに、信号のない位置に信号を生じさせてしまうことになるため、アーティファクトの原因になる。逆に、ノイズでない小さな信号が混入している場合には、平均化により無視できる。工程 S4 の処理により、強い信号の位置とそうでない位置を記憶したデータを得ることができる。

20

【0040】

[実施形態 2]

本実施形態 2 は、音響波処理装置として、半球状の容器の内壁に配置された受信素子を使った、プレスト用の音響波断層診断装置を例にとって説明する。ここでは、実施形態 1 との相違点を中心に説明する。

【0041】

本実施形態に係る音響波断層診断装置の一部を図 5 に示す。図 5 (a) は、音響波断層装置のうち、被検体を保持する部分の構成を示した断面図である。この断面を、x - z 平面とする。図 5 (a) に示すように、被検体 506 を支持する支持台 500 は、被検体 506 を挿入するための開口を備える。この開口を覆うように半球状の容器 501 が設けられており、容器 501 の表面に沿って受信素子 502 が配置されている。言い換えると、複数の受信素子 502 が半球上に設けられている。半球状の容器 501 と被検体 506 の間には、被検体 506 と受信素子 502 との間の音響整合を得るために整合層となる溶液で満たされている。溶液は、典型的には水である。また、被検体 506 と受信素子 502 との間に、被検体 506 の形状を規制するためのカップを設けても良い。カップの材料は、光に対して透明で、かつ、音響波の測定の妨げとならないようなものであれば特に制約はない。なお、カップを用いる場合には、カップと被検体 506 との間に、音響整合用のマッチング剤が介在しても良い。さらに、半球状の容器 501 には、光照射部 503 からの光が通過できるように開口が設けられている。これにより、z 軸の負の方向から正の方向に向かって被検体 506 に光を照射できる。

30

【0042】

被検体 506 は、測定対象である被検体の部位、たとえばプレスト、を支持台の開口に伏臥位にて挿入する。不図示の X Y ステージによって容器 501 を x - y 平面内で移動させることで、容器 501 の位置を被検体 506 に対して相対的に変えることができる。そして、X Y ステージを走査しながら被検体に光照射部 503 からパルス光を照射し、発生した音響波を受信素子 502 で検出をする。このようにして得られたデータを再構成することによって 3 次元の音響波画像を得ることができる。

40

50

【 0 0 4 3 】

図5(b)は、容器501をz軸の正の方から見た図である。本実施形態において、128個の受信素子502が半球面に沿ってスパイラル状に配置されている。なお、受信素子502の配置は図示したスパイラル状の配置に限らず、同心円状の配置や、他の様々な配置であってもよい。

【 0 0 4 4 】

本実施形態においても、信号処理のフローは実施形態1と同様のフローとなる。しかし、本実施形態は、受信素子502がスパイラル状に配置されていること、およびXYステージを用いて走査することから、工程S4およびS5における処理が実施形態1とは異なる。

10

【 0 0 4 5 】

XYステージを走査するため、探触子の位置、ステージ位置、受信素子の公団の回路の配線によって同相ノイズのり方が個々の受信素子によって異なることが考えられる。ここでは、説明を簡単にするために、半球状の容器501の半球面における受信素子502の位置によってのみ、同相ノイズの影響が異なる場合を例にとって説明する。

【 0 0 4 6 】

本実施形態においては、同相ノイズを除去するために、注目する受信素子504を中心に、所定の範囲内に存在する受信素子502から得られたデジタル信号を参照する。たとえば、図5(b)において、受信素子504を注目する受信素子とした場合、x-y平面への射影において、受信素子504から半径rの円505の中に存在する受信素子502から得られたデジタル信号を参照する。円505内に存在する受信素子502から得られたデータについて、実施形態1と同様の処理を行う。すなわち、閾値よりも大きな振幅を持つ受信データを除くデータから代表値信号を算出し、これを、円505内の受信素子502から得られる受信信号の同相ノイズとする。こうして得られた同相ノイズを、注目する受信素子504から得られた受信データから減算することで、同相ノイズが低減された減算後信号が得られる。同様の処理を、他の受信素子502についても行う。これにより、同相ノイズが低減された音響波画像を得ることができる。

20

【 0 0 4 7 】

なお、同相ノイズの取得に際しては、あらかじめ決めた受信素子の個数で平均化してもよく、例えば、XY面上で90度毎の領域に分けて、各領域に存在する全ての受信素子のうち、閾値を超える信号を除いた受信信号の平均を算出してもよい。これは、電気回路の構成や配線の構成が90度毎に分割されている場合や、複数のチャンネルに分かれているような場合に有効となる。また、この場合は閾値をそれぞれの領域について個別に設定してもよい。

30

【 0 0 4 8 】

ところで、図3に示すような、複数の受信素子に対して同時刻に到達する同相のノイズとは異なり、図6に示すように、同相ノイズが斜め方向に延びた帯状に見える場合がある。これは、受信素子の位置によって同相成分の到達時間が異なる場合に生じる。このような場合には、到達時間の差、すなわち受信時刻の差、がなくなるようにデータを補正してから平均化する。その後、素子毎に到達時間に合わせて同相ノイズを低減する。

40

【 0 0 4 9 】

また、同相ノイズであって、その周波数が一定の帯域にある場合には、周波数フィルター処理によって同相ノイズの成分を抜き出すことができる。この処理によって、強い信号であると判断したために同相ノイズをゼロとした位置であっても、周波数の連続性を保つための値が与えられることになる。すなわち、注目する受信素子の周辺の受信素子から得られたデータから、注目する受信素子に入る同相ノイズを推定できる。

【 0 0 5 0 】

さらにまた、同相ノイズのみを取得することを目的とした参照用受信素子を配置してもよい。すなわち、被検体506から発せられた音響信号を受信しない向きに参照用受信素子を配置してもよい。たとえば、受信素子は指向性を持つように、音響波を受信する受信

50

面が同一の方向、あるいは、同一の領域に向くように配置される一方で、参照用受信素子は、その受信面が上記同一の方向あるいは同一の領域に向かないように構成する。また、参照用受信素子は、機械的な部品により、被検体 506 から発せられた音響波が入力されることを低減する音響波低減部材を備えるように構成してもよい。参照用受信素子から出力された参照信号を用いることにより、水を介して電気的に入ってくるような同相ノイズを低減できる。

【0051】

本実施形態では、半球状の容器 501 の半球面に沿って受信素子 502 を設ける例を説明したが、受信素子 502 は、実施形態 1 と同様にアーク状に配列されても良いし、平面状や 1 次元状に配列されても良い。

10

【0052】

上述の各実施形態において、同相ノイズを算出するために、閾値以下の振幅を持つ信号を平均化する場合を説明した。しかし、閾値と等しい受信信号は、平均化処理に供さなくても良い。つまり、閾値未満の振幅を持つ受信信号を平均化処理することで、同相ノイズを算出しても良い。また、実施形態 1 と同じく、代表値信号は平均値に限らず、中央値や最頻値を用いても良い。

【0053】

さらにまた、上述の各実施形態は、光音響波の測定を例にとって説明を行ったが、本発明は光音響波に限られない。たとえば、超音波を被検体に照射し、被検体の内部で反射された音響波に基づく超音波エコー画像の取得にも適用しうる。この場合には、受信素子を超音波の発信素子と兼用しても良いし、超音波の発信専用に設けられた発信素子を用いても良い。なお、光音響波の測定に加えて、超音波エコーによる音響波の測定をおこなっても良い。超音波エコー画像を取得する超音波装置では、被検体に照射する超音波を特定の位置にフォーカスさせることができる一方、光音響波の測定の場合には、被検体内で光を吸収した不特定の位置から音響波が発生する。そのため、光音響波の測定に基づく画像データの生成は、超音波エコーに基づく画像データの生成と比較してノイズに弱い傾向にある。したがって、上述の各実施形態に係る技術は、光音響波受信装置において特に顕著な効果が得られる。この他、本発明の思想を逸脱しない範囲で複数の実施形態の要素を組み合わせたり改変したりすることができる。

20

【0054】

30

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

【符号の説明】

【0055】

102 探触子

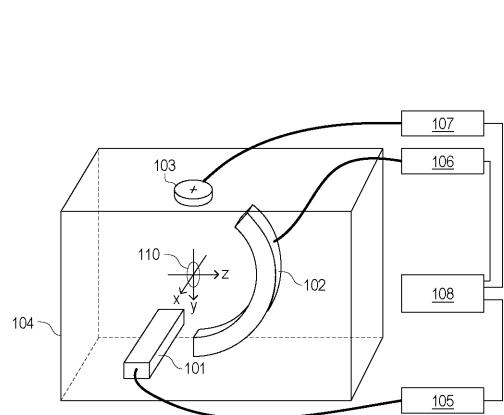
106 受信信号処理部

110、506 被検体

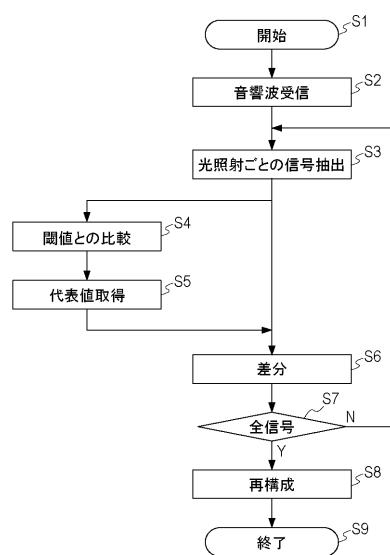
40

502、504 受信素子

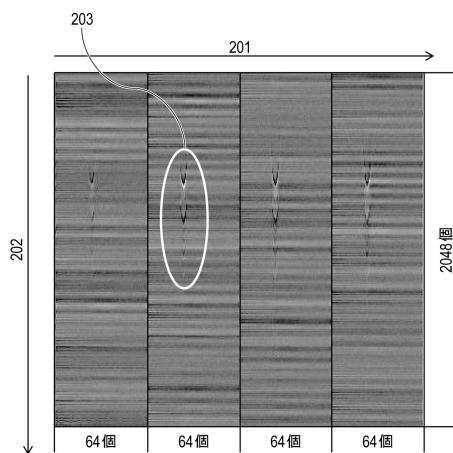
【図1】



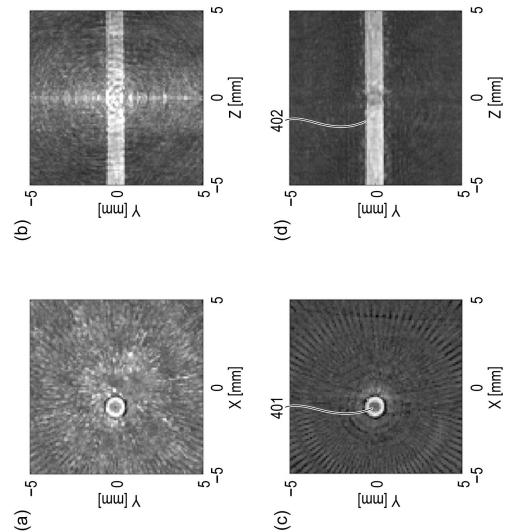
【図2】



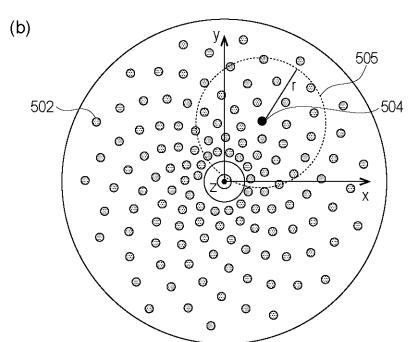
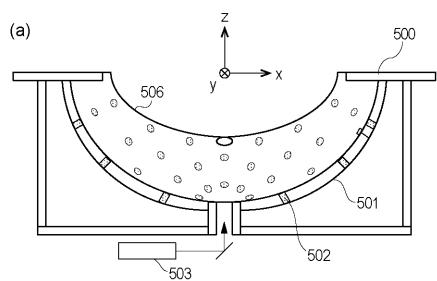
【図3】



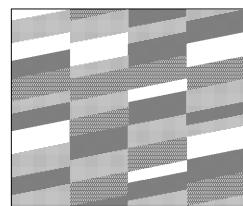
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 8 / 00 - 8 / 15