

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5441795号  
(P5441795)

(45) 発行日 平成26年3月12日(2014.3.12)

(24) 登録日 平成25年12月27日(2013.12.27)

(51) Int.Cl. F 1  
**A 6 1 B 8/08 (2006.01)** A 6 1 B 8/08

請求項の数 12 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2010-83715 (P2010-83715)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成22年3月31日 (2010.3.31)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2011-212254 (P2011-212254A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成23年10月27日 (2011.10.27)	(74) 代理人	100094112
審査請求日	平成25年3月28日 (2013.3.28)		弁理士 岡部 譲
		(74) 代理人	100096943
			弁理士 臼井 伸一
		(74) 代理人	100101498
			弁理士 越智 隆夫
		(74) 代理人	100107401
			弁理士 高橋 誠一郎
		(74) 代理人	100106183
			弁理士 吉澤 弘司
		(74) 代理人	100128668
			弁理士 齋藤 正巳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 イメージング装置及びイメージング方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検体にパルス光を入射させ、前記入射したパルス光により励起される音響波を音響検出器で受信して得られた複数の信号から被検体内部の特性分布情報を取得するイメージング装置であって、

前記複数の信号から測定領域におけるボクセル又はピクセルごとの相関係数を計算して相関係数分布を取得する相関係数分布算出部と、

前記相関係数分布に対して、実行閾値を決定する閾値算出部と、

前記相関係数分布に対して、各ボクセル又は各ピクセルの相関係数が前記閾値算出部で決められた実行閾値を超えているかどうかを判定する閾値判定部と、

前記相関係数分布と空間的に対応する被検体内部の特性分布情報に対して、前記閾値判定部による判定の結果、相関係数が実行閾値以下であった各ボクセル又はピクセルの特性分布情報をゼロにするか又は低減する閾値処理部と、  
 を具備することを特徴とするイメージング装置。

【請求項2】

被検体に音響波を入射させ、前記入射音響波が反射されて得られる反射音響波を複数の音響検出器で受信して得られた複数の信号から被検体内部の特性分布情報を取得するイメージング装置であって、

前記複数の信号から測定領域におけるボクセル又はピクセルごとの相関係数を計算して相関係数分布を取得する相関係数分布算出部と、

前記相関係数分布に対して、実行閾値を決定する閾値算出部と、

前記相関係数分布に対して、各ボクセル又は各ピクセルの相関係数が前記閾値算出部で決められた実行閾値を超えているかどうかを判定する閾値判定部と、

前記相関係数分布と空間的に対応する被検体内部の特性分布情報に対して、前記閾値判定部による判定の結果、相関係数が実行閾値以下であった各ボクセル又はピクセルの特性分布情報をゼロにするか又は低減する閾値処理部と、  
を具備することを特徴とするイメージング装置。

【請求項 3】

前記閾値算出部は、

前記相関係数分布に対して、相関係数に設定する閾値とその閾値以上の相関係数の値を持つボクセル数又はピクセル数との関係を表すグラフにおける最も閾値の低い曲率変化点を求めることにより、実行閾値を決定することを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載のイメージング装置。

10

【請求項 4】

前記閾値算出部は、

前記相関係数分布に対して、相関係数に設定する閾値とその閾値の相関係数を持つボクセル数又はピクセル数との関係を表すグラフにおけるボクセル数又はピクセル数が大きく変化する点のうち最も閾値の低い点を求めることにより、実行閾値を決定することを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載のイメージング装置。

【請求項 5】

前記閾値算出部は、相関係数に設定する閾値とその閾値以上の相関係数の値を持つボクセル数との関係を表す関数の一次以上の導関数から閾値を決定することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のイメージング装置。

20

【請求項 6】

前記相関係数分布算出部は、入射したパルス光により励起され、直接音響検出器に伝播してきた音響波と、被検体を挟んで音響検出器と対向する位置に設置した音響反射板により反射して音響検出器に伝播してきた音響波と、のそれぞれによって算出した相関係数分布を重ね合わせ処理し相関係数分布を算出することを特徴とする請求項 1 に記載のイメージング装置。

【請求項 7】

前記閾値処理部は、相関係数が実行閾値以下の場合には対応する特性分布情報をゼロにし、相関係数が閾値以上の場合には対応する特性分布情報に処理を加えないことを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載のイメージング装置。

30

【請求項 8】

前記閾値処理部は、相関係数が実行閾値以下の場合には対応する特性分布情報の値と相関係数との積を取り、相関係数が閾値以上の場合には対応する特性分布情報に処理を加えないことを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載のイメージング装置。

【請求項 9】

被検体にパルス光を入射させ、前記入射したパルス光により励起される音響波を音響検出器で受信して得られた複数の信号から被検体内部の特性分布情報を取得するイメージング方法であって、

前記複数の信号から測定領域におけるボクセル又はピクセルごとの相関係数を計算する第 1 の工程と、

前記第 1 の工程で算出された相関係数分布に対して、実行閾値を決定する第 2 の工程と、

前記第 1 の工程で算出された相関係数分布に対して、各ボクセル又は各ピクセルの相関係数が前記第 2 の工程で決められた実行閾値を超えているかどうかを判定する第 3 の工程と、

前記相関係数分布と空間的に対応する被検体内部の特性分布情報に対して、前記第 3 の工程による判定の結果、相関係数が実行閾値以下であったボクセル又はピクセルの特性分

40

50

布情報をゼロにするか又は低減する第4の工程と、  
を有することを特徴とするイメージング方法。

【請求項10】

被検体に音響波を入射させ、前記入射音響波が反射されて得られる反射音響波を複数の音響検出器で受信して得られた複数の信号から被検体内部の特性分布情報を取得するイメージング方法であって、

前記複数の信号から測定領域におけるボクセル又はピクセルごとの相関係数を計算する第1の工程と、

前記第1の工程で算出された相関係数分布に対して、実行閾値を決定する第2の工程と、

前記第1の工程で算出された相関係数分布に対して、各ボクセル又は各ピクセルの相関係数が前記第2の工程で決められた実行閾値を超えているかどうかを判定する第3の工程と、

前記相関係数分布と空間的に対応する被検体内部の特性分布情報に対して、前記第3の工程による判定の結果、相関係数が実行閾値以下であったボクセル又はピクセルの特性分布情報をゼロにするか又は低減する第4の工程と、

を有することを特徴とするイメージング方法。

【請求項11】

コンピュータに、請求項9に記載のイメージング方法の各工程を実行させるためのプログラム。

【請求項12】

コンピュータに、請求項10に記載のイメージング方法の各工程を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】

本発明はイメージング装置及びイメージング方法に関する。特に、光音響イメージング技術や超音波エコーイメージング技術を用いたイメージング装置及びイメージング方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、エックス線、音響波を用いたイメージング装置が医療分野を中心に非破壊検査を必要とする多くの分野で使われている。音響波（典型的には超音波）を用いて生成した画像データにはコントラストが低いという弱点が挙げられるが、その点を克服する非侵襲の生体情報イメージング方法として光イメージング技術の一つである Photoacoustic Tomography (PAT: 光音響トモグラフィー) が提案されている。

【0003】

光音響トモグラフィーとは、光源から発生したパルス光を被検体に照射し、被検体内で伝播・拡散した光のエネルギーを吸収した生体組織（光吸収体）から発生した音響波を画像化する技術である。音響波の時間による変化を、被検体を取り囲む複数の個所で検出し、得られた信号を数学的に解析処理、すなわち再構成し、被検体内部の光学特性値に関連した特性分布情報を画像データ化するイメージング技術である。被検体内の初期音圧発生分布から光エネルギー吸収密度分布を求めることにより、生体の光吸収係数などの光学特性値の強度分布を得ることができ、悪性腫瘍の位置など被検体内部情報を得ることができ

【0004】

再構成は、複数信号の逆投影（バックプロジェクション）にて行われる。この処理を以下で簡単に説明する。再構成領域内のあるボクセルと検出器との位置関係から得られる伝播時間を計算し、複数の検出器で得られた信号を伝播時間分だけ調整し、それを足し合わせる。この結果をそのボクセルの強度とし、これをすべてのボクセルについて行い、強度

10

20

30

40

50

分布を作成する手法でなされる。

【0005】

この強度分布のSN比を向上させる手法として、非特許文献1に示されるように複数信号のばらつきを数値化した相関係数を用いる方法が知られている。相関係数は、上記の逆投影において、信号を足し合わせる計算を信号のばらつきを計算することに差し替えることによって得られる。大きい信号が出る像のボクセルはばらつきが少なく相関係数は大きい値になるのに対し、像が無いバックグラウンドのボクセルはばらつきが大きく相関係数は小さい値となる。よって、非特許文献1では、算出した相関係数分布と強度分布の積を取ることで、画像のSN比の向上が実現されている。

【0006】

音響波である超音波を送受信する超音波エコーイメージングの分野でも、再構成手法や相関係数の計算の仕方は違うものの、同様にして相関係数を用いることにより画質向上する手法が行われている。

関連する手法として、超音波エコーイメージング装置における相関係数を用いた画質向上に関する特許文献1には、あらかじめ取得した参照波形と生体など被検体に超音波を送受信したときの検出波形との間で相関係数を導出し、導出した相関係数に閾値処理を施し、これに基づき画像データを生成し、生成された画像データに基づいた強度分布を表示する手法が開示されている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】C.-K. Liao, M.-L. Li, and P.-C. Li, "Optoacoustic imaging with synthetic aperture focusing and coherence weighting", OPTICS LETTERS, Vol. 29, No. 21, (2004)

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2002-272736号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、非特許文献1のように相関係数分布と強度分布の積を取ることで画質向上を図る方法には、相関係数との積を取ると強度分布の値を変化させてしまうという課題がある。最大値が1に規格化された相関係数であっても、信号ノイズに起因してある程度のばらつきが相関係数に生じてしまうため、積を取るとそのばらつきにより強度分布が変化し、さらにはその値が弱まってしまう。強度分布の値は、その絶対値が光音響イメージング装置においては光エネルギー吸収に伴う初期音圧情報を、超音波エコーイメージング装置においては音響インピーダンス情報（反射音響波の音圧情報に比例）をそれぞれ表す。そのため、音圧情報や音響インピーダンス情報を求める定量的評価を行う際には、強度分布の値が変化しないことが重要である。

【0010】

この、相関係数分布の影響により強度分布が正しく求められないという問題を解決するには、特許文献1のように相関係数に閾値を設け、閾値以上の相関係数をもつボクセルのみの強度情報を表示することが有効と考えられる。

【0011】

しかし、特許文献1の方法では参照波形と検出信号とから相関係数を求めているが、超音波の非線形伝搬特性のために参照波形は深さによって変化するので、被検体での検出信号と相関を取る際には、その深さごとにそれぞれ対応する参照波形を用いなければならない。そのため特許文献1の手法は深さごとの参照波形の取得という煩雑な作業を伴う。

【0012】

また、特許文献1は得られた相関係数の閾値以上の部分を抽出する閾値処理について言

10

20

30

40

50

及しているが、閾値決定手法については言及していない。そのため、実用化の際に通常の方法で閾値を求めようとすると、複数の強度分布と相関係数との関係から実行閾値を算出する必要がある。このとき、実行閾値を算出するための複数の強度分布を得るには条件を変えた信号の取得が必要となるため、処理に時間がかかるという問題がある。

【0013】

以上の点に鑑み、本発明では、参照波形を必要とせず、実行閾値決定手法を備えた閾値処理を用いることで、強度分布の値を変化させることなく画像のSN比を向上させるイメージング方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記課題に鑑み、本発明に係る超音波イメージング装置は、被検体にパルス光を入射させ、前記入射したパルス光により励起される音響波を音響検出器で受信して得られた複数の信号から被検体内部の特性分布情報を取得するイメージング装置であって、前記複数の信号から測定領域におけるボクセル又はピクセルごとの相関係数を計算して相関係数分布を取得する相関係数分布算出部と、前記相関係数分布に対して、実行閾値を決定する閾値算出部と、前記相関係数分布に対して、各ボクセル又は各ピクセルの相関係数が前記閾値算出部で決められた実行閾値を超えているかどうかを判定する閾値判定部と、前記相関係数分布と空間的に対応する被検体内部の特性分布情報に対して、前記閾値判定部による判定の結果、相関係数が実行閾値以下であった各ボクセル又はピクセルの特性分布情報をゼロにするか又は低減する閾値処理部と、を具備することを特徴とする。

【0015】

また、本発明に係る超音波エコーイメージング装置は、被検体に音響波を入射させ、前記入射音響波が反射されて得られる反射音響波を複数の音響検出器で受信して得られた複数の信号から被検体内部の特性分布情報を取得するイメージング装置であって、前記複数の信号から測定領域におけるボクセル又はピクセルごとの相関係数を計算して相関係数分布を取得する相関係数分布算出部と、前記相関係数分布に対して、実行閾値を決定する閾値算出部と、前記相関係数分布に対して、各ボクセル又は各ピクセルの相関係数が前記閾値算出部で決められた実行閾値を超えているかどうかを判定する閾値判定部と、前記相関係数分布と空間的に対応する被検体内部の特性分布情報に対して、前記閾値判定部による判定の結果、相関係数が実行閾値以下であった各ボクセル又はピクセルの特性分布情報をゼロにするか又は低減する閾値処理部と、を具備することを特徴とする。

【0016】

また、本発明に係る超音波トモグラフィーによるイメージング方法は、被検体にパルス光を入射させ、前記入射したパルス光により励起される音響波を音響検出器で受信して得られた複数の信号から被検体内部の特性分布情報を取得するイメージング方法であって、前記複数の信号から測定領域におけるボクセル又はピクセルごとの相関係数を計算する第1の工程と、前記第1の工程で算出された相関係数分布に対して、実行閾値を決定する第2の工程と、前記第1の工程で算出された相関係数分布に対して、各ボクセル又は各ピクセルの相関係数が前記第2の工程で決められた実行閾値を超えているかどうかを判定する第3の工程と、前記相関係数分布と空間的に対応する被検体内部の特性分布情報に対して、前記第3の工程による判定の結果、相関係数が実行閾値以下であったボクセル又はピクセルの特性分布情報をゼロにするか又は低減する第4の工程と、を有することを特徴とする。

【0017】

また、本発明に係る超音波を用いたイメージング方法は、被検体に音響波を入射させ、前記入射音響波が反射されて得られる反射音響波を複数の音響検出器で受信して得られた複数の信号から被検体内部の特性分布情報を取得するイメージング方法であって、前記複数の信号から測定領域におけるボクセル又はピクセルごとの相関係数を計算する第1の工程と、前記第1の工程で算出された相関係数分布に対して、実行閾値を決定する第2の工程と、前記第1の工程で算出された相関係数分布に対して、各ボクセル又は各ピクセルの

10

20

30

40

50

相関係数が前記第2の工程で決められた実行閾値を超えているかどうかを判定する第3の工程と、前記相関係数分布と空間的に対応する被検体内部の特性分布情報に対して、前記第3の工程による判定の結果、相関係数が実行閾値以下であったボクセル又はピクセルの特性分布情報をゼロにするか又は低減する第4の工程と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0018】

本発明に係るイメージング装置によれば、強度分布の値を変化させずに効果的に画像のSN比を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の一実施形態に係る装置の構成を示す模式図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る装置のデータ処理の流れを示す模式図である。

【図3】実行閾値を算出する際に用いる関数の一例である。

【図4】実行閾値を算出する際に用いる関数の一例である。

【図5】本発明の一実施形態に係る装置の動作を示すフローチャートである。

【図6】本発明の一実施形態に係る装置の構成を示す模式図である。

【図7】本発明の一実施形態に係る装置の構成を示す模式図である。

【図8】本発明の一実施形態に係る装置のデータ処理の流れを示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

[基本的な実施形態]

本発明の基本的な実施形態について、光音響イメージング装置（ここでは光音響トモグラフィ）に適用した例を用いて図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の生体情報イメージングの第一の実施形態について示したものである。また、図5はそのフローチャートである。ここでは、図1または図5に基づいて、本発明を実施するための最良の形態について説明する。

【0021】

本実施形態におけるイメージング装置は、光2を被検体3に照射する光源1と、光源1から照射された光2を被検体3に導くレンズなどの光学部品4と、光吸収体5が光のエネルギーを吸収して発生する音響波6を検出し電気信号に変換する音響検出器7と、音響検出器7を走査させる制御装置8と、前記電気信号を増幅やデジタル変換などを行う電気信号処理回路9、被検体内部の特性分布情報である光学特性値の強度情報の分布に関する画像データを構築するデータ処理装置10及び、その画像を表示する表示装置11から構成される。

【0022】

次に実施方法について述べる。光2をパルス化して被検体に照射することにより、被検体内部にある光吸収体5からは音響波6が発生する。これは、入射したパルス光の吸収により、吸収体の温度が上昇し、その温度上昇により体積膨張が起こり、音響波が励起されるためである。発生した音響波6は音響検出器7により検出される。なお、音響検出器7は被検体に音響的に結合されており、制御装置8で機械的に移動しながら音響波6を様々な場所で測定できるように構成されている。検出された電気信号はアンプ、アナログデジタルコンバータなどの電気信号処理回路9によりデジタル信号へ変換される。さらに、PCなどのデータ処理装置10により画像データが生成され、ディスプレイなどの画像表示装置11に画像として表示される。本発明において、生成される画像データは2次元または3次元を問わず、被検体内部の情報（生体内の光吸収係数分布等の特性分布情報）を示すデータのことを示す。画像データは、2次元の場合はピクセルデータを複数並べて構成され、3次元の場合はボクセルデータを複数並べて構成される。本実施形態を含めた以下の実施形態において、3次元画像データ（ボクセルデータ）を生成する場合を説明するが、2次元画像データ（ピクセルデータ）を生成する場合にもそれぞれ同様に適用できる。

【0023】

10

20

30

40

50

次に本発明を実施するデータ処理装置10の内部処理について図2を用いて説明する。電気信号処理回路9により変換されたデジタル信号はデータ処理装置10へ送られ、その内部で強度分布算出部101と相関係数分布算出部102へ送られる。強度分布算出部101では複数の位置で得られた音響波を基に変換された複数のデジタル信号にフィルタ処理を施し、その後逆投影して、被検体内部測定領域の全てのボクセルにおける強度、つまり強度分布を作成する。一方、相関係数分布算出部102では、複数の位置で得られた音響波による複数のデジタル信号同士のばらつきをそれぞれのボクセルについて式(1)で数値化することによって、全てのボクセルにおける相関係数、つまり相関係数の空間的分布を得る。ここで、Signal(i,t)はi番目の検出器素子における時刻tの信号、Nは検出器素子の総数を表している。時刻tはそれぞれの検出位置とボクセルの位置関係から計算した遅延時間を考慮したものである。また、算出された相関係数はばらつきを数値化できてい

10

【数1】

$$\sigma = \frac{\left| \sum_{i=0}^{N-1} \text{Signal}(i,t) \right|^2}{N \sum_{i=0}^{N-1} |\text{Signal}(i,t)|^2} \quad (1)$$

【0024】

算出された相関係数分布は閾値算出部103へ渡され、実行閾値を算出する。実行閾値の算出方法については後述する。次に、閾値判定部104において、相関係数分布のボクセルごとに当該ボクセルの相関係数が実行閾値を超えているかどうかを判定する。この判定結果および相関係数を用いて、閾値処理部105において、被検体内部の特性分布情報について、相関係数分布において相関係数が閾値を超えているかどうかを判定したボクセルと空間的に対応するボクセルの強度情報に対し処理を行う。相関係数判定部においてボクセルの相関係数が実行閾値以上の場合は、対応するボクセルの強度情報には何の処理も加えない。相関係数判定部においてボクセルの相関係数が実行閾値を下回っている場合(閾値以下の場合)は、対応するボクセルの強度情報をゼロにする。また、相関係数が実行閾値を下回っている場合に、対応するボクセルの強度情報と相関係数との積を取るなどの方法により、対応するボクセルの強度情報を低減させてもよい。

20

30

【0025】

次に実行閾値の算出方法について述べる。本発明においては実行閾値以下のボクセルの強度情報をゼロにするかもしくは低減するので、なるべく多くのバックグラウンド部分を閾値以下とし、一方で像の部分を閾値以下としないように実行閾値を設定することが望まれる。以下にこのような実行閾値の算出方法の例を挙げるが、本発明は以下の方法に限定されることはなく、上記のような実行閾値を算出することができる限りいかなる方法で実行閾値を算出してもよい。図3は実際の光音響イメージング装置で取得された信号を処理し、得られた相関係数分布に対して設定した閾値を横軸とし、その閾値以上の相関係数の値を持つボクセルの総数の対数を縦軸として片対数で表したグラフである。ここで、横軸では、相関係数=1を100%とし、相関係数=0を0%としたときの閾値とした相関係数の値を、パーセントで表している。閾値をゼロから徐々に上げていったとき、相関係数の低いボクセル、つまり、全体として低い相関係数を持つバックグラウンド部分のボクセルから閾値を下回っていく。ただし、バックグラウンド部分の相関係数は一定ではなく、信号ノイズの影響のために幅を持っているので、閾値をある程度上げないとバックグラウンド部分をすべて閾値以下にすることはできない。一方で、像の部分は強い音響波が発生しているため、その信号のばらつきは少なく、式(1)で算出される相関係数は1に近づく。しかし、像の部分においても同様に、信号ノイズの影響があるために完全に1であることはなく、ある程度の幅を持つ。このため、閾値をある程度上げると像の部分が閾値を下回り始める。この、像の部分が閾値を下回り始める点を実行閾値とすることが望ましい。この閾値は図3のグラフにおいて、複数の曲率変化点の中で、最も閾値が低い点(最も

40

50

相関係数の低い点)によって与えられる。これは、多くの場合、バックグラウンド部分では相関係数のばらつきが大きい、像の部分では1に近い相関係数でばらつきが少なく、それぞれの占めるボクセル数と相関係数の幅の比(図3のグラフにおける傾き)に差があるため、図3の関数において傾きが異なるということに起因する。ここで曲率変化点とは、関数の曲率がある程度大きく変化する点のことであり、どの程度変化した場合に曲率変化点であると定義するかは、測定の目的や対象によって任意に設定することができる。また、実行閾値の算出に用いることができるのは図3の関数だけに限らない。例えば、相関係数に設定する閾値を横軸とし、その閾値の相関係数を持つボクセル数を縦軸としたグラフにおけるボクセル数が大きく変化する点のうち最も閾値の低い点を実行閾値としてもよい。この場合においても、どの程度ボクセル数が変化した点を実行閾値の候補とするかは任意に定めることができる。また、図3の関数の導関数や高次導関数(一次以上の導関数)を用いてもよい。さらに、その際に対数をとる処理を行ってもよい。図4は図3の関数の二次導関数である。図4によると、図3の曲率変化点がピークとして現れており、高次導関数を用いることで、容易に曲率変化点を認識することができる。図4において、実行閾値となる曲率変化点は最も閾値の小さい正のピークとして表される。図4を用いて実行閾値を算出する場合においても、図3を用いる場合と同様に、どの程度の大きさをもつピークを曲率変化点であると定義するかは、測定の目的や対象によって任意に設定することができる。なお、2次元の画像データを作成する場合は、ボクセル数ではなくピクセル数を用いたグラフによって同様に実行閾値を判定することができる。

10

#### 【0026】

20

以下、曲率変化点が得られない場合について述べる。バックグラウンド部分と像の部分において、それぞれの占めるボクセル数と相関係数の幅の比が全く同じ場合、傾きが同じになるため、この手法は使用できないが、このような場合は極めて稀であり特異例と言える。また、信号のSN比が悪く、相関係数の算出精度が悪い場合、バックグラウンド部分と像の部分の相関係数の差が少なくなるため、同様に明瞭な曲率変化点ができず、本発明の手法を使用することができない。これらの場合は、相関係数による画像のSN比向上が不可能であるため、特別な処理を行わず強度分布をそのまま表示すればよい。

#### 【0027】

以上説明した実施形態によれば、超音響イメージング装置において、実行閾値の設定によって、像の部分の強度分布の値を変化させることなく、バックグラウンド部分の強度分布の値のみをゼロもしくは低減させることが可能となる。また、相関係数はばらつきを表しており、強度が変化しても影響を受けにくいので、強い強度と弱い強度の像が並んでいる場合でも、相関係数に同じ閾値を設けることによって、同程度のSN比で像の強度分布を抽出することができる。

30

#### 【0028】

[超音波エコーイメージング装置に適用した実施形態]

リニアアレイ型の超音波プローブ(音響検出器)を用いた超音波エコーイメージング装置における実施形態について図6を用いて説明する。本実施形態はリニアアレイ型に限定されることはなく、コンベックスアレイ型、セクタ型等いかなる超音波プローブにも適用できるが、走査線間隔が狭く、より高分解能での測定が可能であるため、リニアアレイ型の超音波プローブを用いるのが好ましい。

40

#### 【0029】

プローブ21は音響マッチング材を介して生体など被検体22に接触するように設置し、プローブ21から音響波24を入射する。生体内の臓器など、被検体内部の音響インピーダンスが異なる界面23で、送信された入射音響波24は反射され、プローブ21で反射音響波25を受信する。プローブ21は制御装置26により制御され、リニアアレイ型のプローブでは走査線ごとに信号が得られる。得られた反射音響波は電気信号処理回路27において、増幅、包絡線検波、アナログデジタル変換などの処理が行われ、デジタル信号に変換される。データ処理装置28において、強度分布、および相関係数分布が算出、処理され、表示装置29に表示される。データ処理装置28の内部処理について図2を用

50



いて説明すると、受信素子と各ボクセルの位置関係から得られる遅延時間を用いて各走査線の信号を時間調整したのち、足し合わせる処理をすべてのボクセルについて行うことによって、強度分布が得られる（強度分布算出部 101）。さらに、各走査線の信号を時間調整したのちに、ばらつきを数値化する処理をすべてのボクセルについて行うことによって、相関係数分布が得られる（相関係数分布算出部 102）。この後の処理は基本的な実施形態と同様である。

#### 【0030】

以上説明した実施形態によれば、超音波エコーイメージング装置において、実行閾値の設定によって、像の部分の強度分布の値を変化させることなく、バックグラウンド部分の強度分布のみをゼロもしくは低減させることが可能となる。

10

#### 【0031】

[相関係数の精度向上のための実施形態]

相関係数の精度を向上させることができれば、基本的な実施形態の実行閾値の決定においても明瞭な曲率変化点を得られ、バックグラウンド部分と像の部分を実行閾値で明確に分離することができ、結果として画質を向上させることができる。

#### 【0032】

相関係数の精度を高める方法として、超音響トモグラフィーにおいて、被検体を挟んで音響検出器と対向する位置に平面の音響反射板を設置し、音響反射板によって反射してきた音響波も音響検出器で検出する方法がある。図7を用いてその実施形態について説明する。光源31からの光32がレンズなどの光学部品34によって被検体33に照射され、照射された光を吸収した光吸収体35からは球状に音響波36が発生する。そのため、音響検出器38と反対側にも音響波が伝播していき、音響反射板37で反射されて、制御装置39で制御される音響検出器38のほうへ伝播していく。なお、音響反射板はポリカーボネートなど、被検体と音響インピーダンスの異なるものを用いることが望ましい。この音響波を電気信号回路40で増幅、アナログデジタル変換を行い、データ処理装置41で後述する処理を行い、表示装置42でその結果を表示する。

20

#### 【0033】

データ処理装置41での処理内容を説明する。光吸収体35から発生し、直接音響検出器へ伝播してくる音響波を直接波、一旦反射板にて反射されたあと音響検出器へ伝播してくる音響波を反射波と呼ぶことにする。このとき、反射波も含めた相関係数分布を作成し、反射板の界面にて折り返して重ね合わせることによって、相関係数分布において像の部分が強め合い、バックグラウンドと像の強度比、つまり分布のSN比が向上する。よって、直接波による強度分布及び相関係数分布、並びに反射波による強度分布及び相関係数分布をそれぞれ作成する。ただし、反射波による分布は反射によって反転しているため、得られた分布を反転させる。この反射波による分布と直接波による分布の積を取ることにより、高精度の強度分布と相関係数分布を得ることができる。この手法にて強度分布と相関係数分布を算出した後の処理は、基本的な実施形態と同様である。

30

#### 【0034】

この実施形態によれば、強度分布及び相関係数分布の精度を向上させることができ、その結果としてSN比を向上させることができる。

40

#### 【0035】

[複数の波長を用いる実施形態]

超音響トモグラフィーにおいて、同じ被検体に複数の異なる波長の入射光を用いた際の実施形態について述べる。ここでは2種類の波長を用いる実施形態について述べるが、3波長以上であってもよい。

#### 【0036】

図1において電気信号処理回路9を用いてデジタル信号を生成するまでは基本的な実施形態と同様である。その際に異なる波長の入射光、つまり波長Aと波長Bの入射光を用いて、それぞれの入射光ごとに計測を行い、デジタル信号を得る。

#### 【0037】

50

次にデータ処理装置 10 の内部処理について図 8 を用いて説明する。波長 A を用いて得られたデジタル信号 A は強度分布算出部 101 と相関係数分布算出部 102 へ送られる。強度分布算出部 101 では複数の位置で得られたデジタル信号 A にフィルタ処理を施し、逆投影して、強度分布 A を作成する。こうして得られた強度分布 A をいったんメモリ A 106 に保存する。次に、同様にして波長 B を用いて得られたデジタル信号を基に、強度分布 B を算出し、メモリ B 107 に保存する。次に、メモリ A 106 とメモリ B 107 に保存された強度分布 A と強度分布 B は強度分布処理部 108 で、両者の比をとる演算が行われ、分光強度分布が得られる。3 種類以上の波長を用いる場合は、同様にメモリ C、メモリ D・・・に保存し、それぞれのメモリに保存された強度分布の比をとる演算により分光強度分布を求める。

10

#### 【0038】

一方、相関係数分布算出部 102 では複数の位置で得られたデジタル信号 A もしくはデジタル信号 B のいずれかのばらつきを数値化して相関係数分布を得る。ここで、相関係数分布の算出にはデジタル信号 A とデジタル信号 B の両者の積を用いてもよい。3 種類以上の波長を用いる場合は、そのうちのいずれか 1 つのデジタル信号のばらつきを用いてもよいし、獲得したデジタル信号のうち任意に選択した 2 種類以上のデジタル信号による積を用いてもよい。算出された相関係数分布は閾値算出部 103 へ渡され、基本的な実施形態と同様にして実行閾値を算出し、閾値判定部において、ボクセルごとに当該ボクセルの相関係数が実行閾値を超えているかどうかを判定する。ボクセルの相関係数が実行閾値以上の場合は、対応するボクセルの分光強度情報には何の処理も加えない。相関係数判定部においてボクセルの相関係数が実行閾値を下回っている場合は、対応するボクセルの分光強度情報の値をゼロにするか又は分光強度情報の値と相関係数との積を取る。この結果を表示装置 11 で表示する。また、曲率変化点を得られない場合についても、基本的な実施形態と同様に特別な処理を行わず強度分布をそのまま表示する。

20

#### 【0039】

この実施形態によれば、分光強度分布という基本的な実施形態では得られない情報を得ることができ、さらに、分光強度分布など、強度分布に何らかの処理を行う場合でも、相関係数分布を用いた閾値処理によって、画質の向上を図ることができる。

#### 【0040】

[他の実施形態]

本発明の対象は上記した構成を備える単一の装置に限定されることはない。本発明は、上記した機能を実現するための方法の使用及び、これらの機能を実現するソフトウェア（コンピュータプログラム）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によっても実現される。

30

#### 【実施例】

#### 【0041】

基本的な実施形態を実施した例について説明する。被検体の母材はダイズ油注射液イントラリピッドと水を人体の光散乱係数および光吸収係数に近くなるように混ぜたものであり、寒天を用いて直方体になるように成形した。被検体内部にはダイズ油注射液イントラリピッド、水及び墨汁を 0.08% の割合で混ぜ合わせ、寒天で球状に成型した光吸収体を設置した。被検体は空気中に置かれ、片側から Nd:YAG レーザーを用いて波長 1064 nm のナノ秒オーダーのパルス光を被検体の全面に当たるように広げて繰り返し入射させた。また、図 1 には図示していないが、パルス光を入射させた面と反対側の面に生体と音響インピーダンスの近いメチルペンテンポリマーで作成された音響波透過板を設置し、被検体と接着させ、音響波透過板を挟んで 2D アレイ音響検出器を接着させた。なお、音響透過板と音響検出器の間には音響マッチング材が施された。使用された 2D アレイ音響検出器の各々の素子は 1 MHz ± 40% の周波数帯域を持っている。この 2D アレイ音響検出器を機械的に移動させ、各測定点において光の照射及び音響波の検出を行った。その際の各測定点の間隔は 6 mm であり、各測定点では 3 回の光照射、音響波検出を行って

40

50

それぞれの電気信号を得た。電気信号は増幅されたのち、デジタルアナログ変換されてデジタル信号にしたが、このとき用いられたアナログデジタルコンバータは、サンプリング周波数20MHz、分解能12bitだった。それぞれの測定点のデジタル信号を平均化し、さらにその平均化信号に微分および低周波通過フィルタ処理を施し、処理信号を得た。処理信号をそれぞれのボクセルまでの伝播時間を調整し足し合わせる逆投影を行うことで、強度分布を得た。同様に、処理信号をそれぞれのボクセルまでの伝播時間の調整を行い、式(1)を適用することによって相関係数分布を得た。得られた相関係数分布に対し、閾値以上の相関係数を持つボクセルの総数と閾値の関係を調べ、図3のグラフを作成した。この関数の対数を取ったのち、二回微分を行い図4のグラフを得た。図4の横軸が約80~85%のところに現れているピークは図3の同位置における不連続点によるものである。よって、図4中に矢印で示したピークを形成する閾値を実行閾値と決定した。次に、相関係数分布において実行閾値以上の相関係数を持つボクセルを判定し、当該ボクセルにタグを付けた。タグがつけられたボクセルは強度分布に変更を加えず、タグがつけられていないボクセルは強度分布をゼロにし、最終的な強度分布を得た。

10

#### 【0042】

このとき、像の部分における最大強度ボクセルの強度値とバックグラウンドの平均強度値の比は、実行閾値以下の相関係数を有するボクセルの強度分布をゼロにしなかった場合は140だったのに対して、本発明を用いることで2400まで向上させることができた。さらに、像の部分の強度分布は、実行閾値以下の相関係数を有するボクセルの強度分布をゼロにしなかったときは元の強度分布と異なっていたのに対して、本発明では元の強度

20

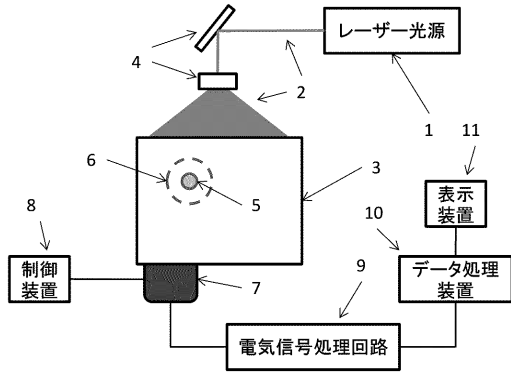
#### 【符号の説明】

#### 【0043】

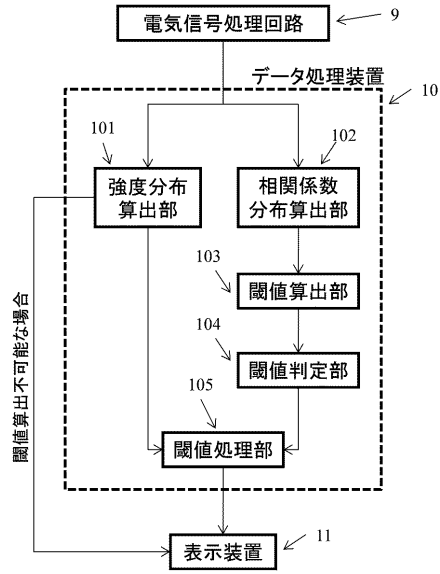
- 1 光源
- 2 光
- 3 被検体
- 4 光学部品
- 5 光吸収体
- 6 音響波
- 7 音響検出器
- 8 制御装置
- 9 電気信号処理回路
- 10 データ処理装置
- 11 表示装置
- 101 強度分布算出部
- 102 相関係数算出部
- 103 閾値算出部
- 104 閾値判定部
- 105 閾値処理部

30

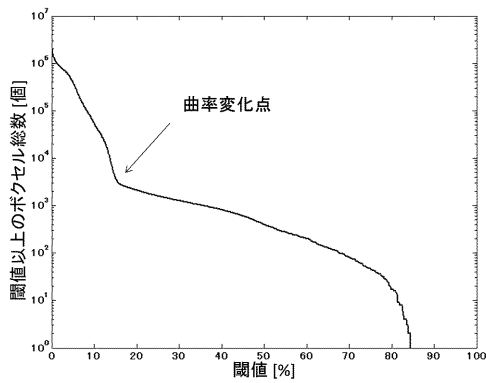
【図1】



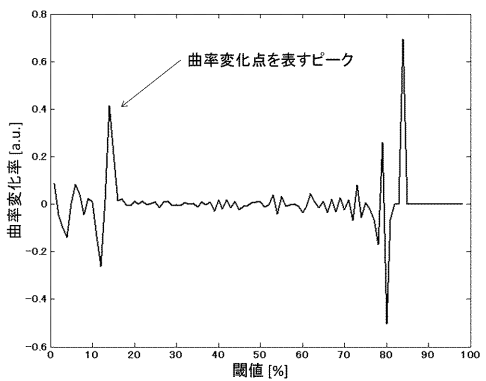
【図2】



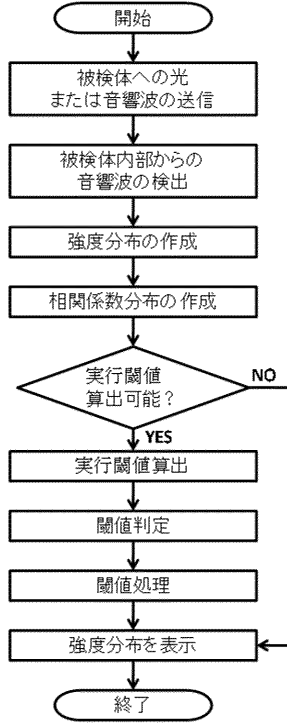
【図3】



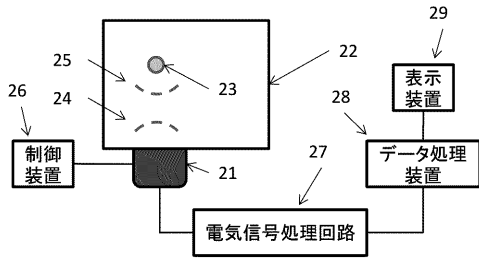
【図4】



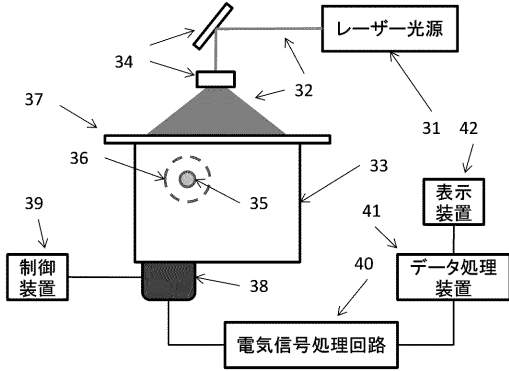
【図5】



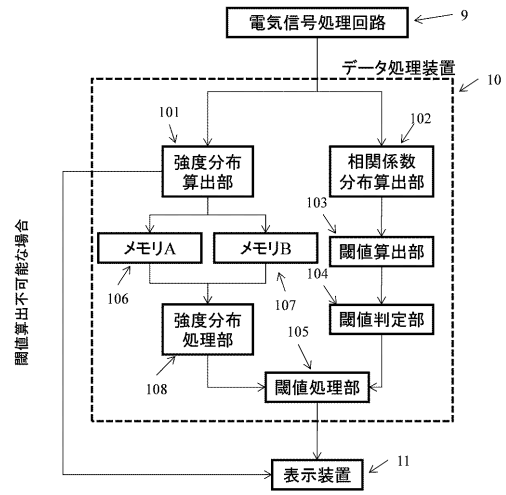
【図6】



【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100134393

弁理士 木村 克彦

(74)代理人 100174230

弁理士 田中 尚文

(72)発明者 大石 卓司

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

審査官 後藤 順也

(56)参考文献 特開2003-339698(JP,A)

特表2004-528921(JP,A)

特開2006-095291(JP,A)

特開平06-233770(JP,A)

C.-K.Liao et al., Optoacoustic imaging with synthetic aperture focusing and coherence weighting, optics letters, 2004年11月1日, vol.29, no.21, pp.2506-2508

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 8/00 - 8/15