

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6103931号  
(P6103931)

(45) 発行日 平成29年3月29日(2017.3.29)

(24) 登録日 平成29年3月10日(2017.3.10)

(51) Int.Cl.

F 1

A 6 1 B 8/13 (2006.01)

A 6 1 B 8/13

請求項の数 27 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2012-286546 (P2012-286546)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成24年12月28日(2012.12.28)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-128318 (P2014-128318A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成26年7月10日(2014.7.10)	(74) 代理人	100085006
審査請求日	平成27年12月24日(2015.12.24)		弁理士 世良 和信
		(74) 代理人	100100549
			弁理士 川口 嘉之
		(74) 代理人	100106622
			弁理士 和久田 純一
		(74) 代理人	100131532
			弁理士 坂井 浩一郎
		(74) 代理人	100125357
			弁理士 中村 剛
		(74) 代理人	100131392
			弁理士 丹羽 武司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 被検体情報取得装置、被検体情報取得方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

計測光が照射されたことに応じて被検体内で発生した光音響波を受信し、当該光音響波に基づいて、前記被検体内部の光学特性に関連した情報を可視化した第一の画像を生成する光音響画像取得手段と、

前記被検体に送信され、前記被検体内で反射した超音波エコーを受信し、当該超音波エコーに基づいて、前記被検体内部の音響特性に関連した情報を可視化した第二の画像を生成する超音波画像取得手段と、

前記第一の画像について、関心領域の指定を受け付ける関心領域指定手段と、

指定された前記関心領域の内部と、前記関心領域の外部の領域のそれぞれについて、異なる画像処理パラメータを用いて、前記第一の画像に対する画像処理を行う画像処理手段と、

前記画像処理された第一の画像を、前記第二の画像と重畳合成する画像合成手段と、

を有し、

前記画像処理手段は、前記第一の画像の関心領域内部の画素値がとる範囲を取得し、当該範囲に基づいて、前記第一の画像に対するコントラスト調整を行う

ことを特徴とする被検体情報取得装置。

【請求項 2】

前記画像処理手段は、前記第一の画像の関心領域内部の画素値の度数分布を取得し、当該度数分布に基づいて、前記画素値がとる範囲を取得する

10

20

ことを特徴とする、請求項 1 に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 3】

前記画像処理手段は、前記第一の画像の関心領域内部の画素値の最大値および最小値を用いて、前記画素値がとる範囲を取得する

ことを特徴とする、請求項 2 に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 4】

前記第一の画像における、強調したい画素値の範囲の指定を受け付ける画素値範囲指定手段をさらに有し、

前記画像処理手段は、前記指定された画素値の範囲を用いて、前記第一の画像に対するコントラスト調整を行う

10

ことを特徴とする、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 5】

前記第一の画像の関心領域外部の透明度の指定を受け付ける透明度指定手段をさらに有し、

前記画像処理手段は、前記第一の画像の関心領域外部の画素に対して、指定された透明度を設定する

ことを特徴とする、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 6】

被検体に計測光を照射し、前記被検体内で発生した光音響波を受信し、当該光音響波に基づいて、前記被検体内部の光学特性に関連した情報を可視化した第一の画像を生成する光音響画像取得手段と、

20

被検体に送信され、前記被検体内で反射した超音波エコーを受信し、当該超音波エコーに基づいて、前記被検体内部の音響特性に関連した情報を可視化した第二の画像を生成する超音波画像取得手段と、

を有する被検体情報取得装置が行う被検体情報取得方法であって、

前記第一の画像について、関心領域の指定を受け付ける関心領域指定ステップと、

指定された前記関心領域の内部と、前記関心領域の外部の領域のそれぞれについて、異なる画像処理パラメータを用いて画像処理を行う画像処理ステップと、

前記画像処理された第一の画像を、第二の画像と重畳合成する画像合成ステップと、

を含み、

30

前記画像処理ステップでは、前記第一の画像の関心領域内部の画素値がとる範囲を取得し、当該範囲に基づいて、前記第一の画像に対するコントラスト調整を行う

ことを特徴とする被検体情報取得方法。

【請求項 7】

前記画像処理ステップでは、前記第一の画像の関心領域内部の画素値の度数分布を取得し、当該度数分布に基づいて、前記画素値がとる範囲を取得する

ことを特徴とする、請求項 6 に記載の被検体情報取得方法。

【請求項 8】

前記画像処理ステップでは、前記第一の画像の関心領域内部の画素値の最大値および最小値を用いて、前記画素値がとる範囲を取得する

40

ことを特徴とする、請求項 7 に記載の被検体情報取得方法。

【請求項 9】

前記第一の画像における、強調したい画素値の範囲の指定を受け付ける画素値範囲指定ステップをさらに含み、

前記画像処理ステップでは、前記指定された画素値の範囲を用いて、前記第一の画像に対するコントラスト調整を行う

ことを特徴とする、請求項 6 から 8 のいずれか 1 項に記載の被検体情報取得方法。

【請求項 10】

前記第一の画像の関心領域外部の透明度の指定を受け付ける透明度指定ステップをさらに含み、

50

前記画像処理ステップでは、前記第一の画像の関心領域外部の画素に対して、指定された透明度を設定する

ことを特徴とする、請求項 6 から 9 のいずれか 1 項に記載の被検体情報取得方法。

【請求項 1 1】

被検体に異なる波長の計測光をそれぞれ照射し、前記被検体内で発生した光音響波を前記波長ごとに受信し、当該光音響波に基づいて、前記被検体内部の光学特性に関連した情報を可視化した画像を前記波長ごとに生成する光音響画像取得手段と、

関心領域の指定を受け付ける関心領域指定手段と、

前記複数の画像のそれぞれについて、関心領域の内部と外部とでそれぞれ異なる画像処理パラメータを用いて画像処理を行う画像処理手段と、

前記画像処理された複数の画像を重畳合成する画像合成手段と、

を有し、

前記画像処理手段は、前記複数の画像のそれぞれについて、関心領域内部の画素値がとる範囲を取得し、当該範囲に基づいて、各画像に対するコントラスト調整をそれぞれ行う

ことを特徴とする被検体情報取得装置。

【請求項 1 2】

前記画像処理手段は、前記複数の画像のそれぞれについて、関心領域内部の画素値の度数分布を取得し、当該度数分布に基づいて、前記画素値がとる範囲を取得する

ことを特徴とする、請求項 1 1 に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 1 3】

前記画像処理手段は、前記複数の画像のそれぞれについて取得した、関心領域内部の画素値の最大値および最小値を用いて、前記画素値がとる範囲を取得する

ことを特徴とする、請求項 1 2 に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 1 4】

前記複数の画像のそれぞれについて、強調したい画素値の範囲の指定を受け付ける画素値範囲指定手段をさらに有し、

前記画像処理手段は、前記指定された画素値の範囲をそれぞれ用いて、各画像に対するコントラスト調整を行う

ことを特徴とする、請求項 1 1 から 1 3 のいずれか 1 項に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 1 5】

前記複数の画像のそれぞれについて、関心領域外部の透明度の指定を受け付ける透明度指定手段をさらに有し、

前記画像処理手段は、各画像の関心領域外部の画素に対して、指定された透明度をそれぞれ設定する

ことを特徴とする、請求項 1 1 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の被検体情報取得装置。

【請求項 1 6】

被検体に異なる波長の計測光をそれぞれ照射し、前記被検体内で発生した光音響波を前記波長ごとに受信し、当該光音響波に基づいて、前記被検体内部の光学特性に関連した情報を可視化した画像を前記波長ごとに生成する被検体情報取得装置が行う被検体情報取得方法であって、

関心領域の指定を受け付ける関心領域指定ステップと、

前記複数の画像のそれぞれについて、関心領域の内部と外部とでそれぞれ異なる画像処理パラメータを用いて画像処理を行う画像処理ステップと、

前記画像処理された複数の画像を重畳合成する画像合成ステップと、

を含み、

前記画像処理ステップでは、前記複数の画像のそれぞれについて、関心領域内部の画素値がとる範囲を取得し、当該範囲に基づいて、各画像に対するコントラスト調整をそれぞれ行う

ことを特徴とする被検体情報取得方法。

【請求項 1 7】

前記画像処理ステップでは、前記複数の画像のそれぞれについて、関心領域内部の画素値の度数分布を取得し、当該度数分布に基づいて、前記画素値がとる範囲を取得することを特徴とする、請求項 16 に記載の被検体情報取得方法。

【請求項 18】

前記画像処理ステップで、前記複数の画像のそれぞれについて取得した、関心領域内部の画素値の最大値および最小値を用いて、前記画素値がとる範囲を取得することを特徴とする、請求項 17 に記載の被検体情報取得方法。

【請求項 19】

前記複数の画像のそれぞれについて、強調したい画素値の範囲の指定を受け付ける画素値範囲指定ステップをさらに含み、

前記画像処理ステップでは、前記指定された画素値の範囲をそれぞれ用いて、各画像に対するコントラスト調整を行う

ことを特徴とする、請求項 16 から 18 のいずれか 1 項に記載の被検体情報取得方法。

【請求項 20】

前記複数の画像のそれぞれについて、関心領域外部の透明度の指定を受け付ける透明度指定ステップをさらに含み、

前記画像処理ステップでは、各画像の関心領域外部の画素に対して、指定された透明度をそれぞれ設定する

ことを特徴とする、請求項 16 から 19 のいずれか 1 項に記載の被検体情報取得方法。

【請求項 21】

計測光が照射されたことに応じて被検体内で発生した光音響波に基づく前記被検体内部の光学特性に関連した第一の画像における領域を指定する領域指定手段と、

前記領域指定手段により指定された領域の内外で異なる画像処理パラメータを用いて前記第一の画像を処理する画像処理手段と、

前記画像処理手段によって処理を施した前記第一の画像と、前記被検体から伝搬した音響波に基づく前記被検体内部の特性情報に関連した第二の画像と、を重畳して表示させる重畳処理手段と、

を有し、

前記画像処理手段は、前記指定された領域内部の画素値がとる範囲を取得し、当該範囲に基づいて、前記第一の画像に対するコントラスト調整を行う

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 22】

前記画像処理手段は、前記指定された領域内部の画素値の度数分布を取得し、当該度数分布に基づいて、前記画素値がとる範囲を取得する

ことを特徴とする、請求項 21 に記載の画像処理装置。

【請求項 23】

前記画像処理手段は、前記指定された領域内部の画素値の最大値および最小値を用いて、前記画素値がとる範囲を取得する

ことを特徴とする、請求項 22 に記載の画像処理装置。

【請求項 24】

前記第一の画像における、強調したい画素値の範囲の指定を受け付ける画素値範囲指定手段をさらに有し、

前記画像処理手段は、前記指定された画素値の範囲を用いて、前記第一の画像に対するコントラスト調整を行う

ことを特徴とする、請求項 21 から 23 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 25】

前記第一の画像の関心領域外部の透明度の指定を受け付ける透明度指定手段をさらに有し、

前記画像処理手段は、前記第一の画像の関心領域外部の画素に対して、指定された透明度を設定する

10

20

30

40

50

ことを特徴とする、請求項 2 1 から 2 4 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 2 6】

前記第二の画像は、前記計測光とは異なる波長の光に起因する光音響波に基づく画像である

ことを特徴とする、請求項 2 1 から 2 5 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 2 7】

前記第二の画像は、前記被検体に送信され、前記被検体内で反射した超音波エコーに基づく画像である

ことを特徴とする、請求項 2 1 から 2 5 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、被検体情報取得装置における画像データの表示技術に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

光を使用して被検体の断層画像を撮像する技術に関して、これまでに多くの提案がなされている。その中の 1 つに、P A T (Photoacoustic Tomography、光音響トモグラフィ) の技術を用いた、光音響断層画像撮像装置 (以下、光音響イメージング装置) がある。

【0 0 0 3】

20

光音響イメージング装置は、パルスレーザ光などの計測光を被検体に照射し、計測光が被検体内の生体組織で吸収される際に発生する音響波を受信し、当該音響波を解析処理することで、生体内部の光学特性に関連した情報 (機能情報) を可視化する。

【0 0 0 4】

動脈血に多く含まれる酸素化ヘモグロビンや、静脈血に多く含まれる還元ヘモグロビンは、レーザ光を吸収して音響波を発生するが、レーザ光の吸収率は、それぞれ波長によって異なる。例えば、酸素化ヘモグロビンは 8 0 5 n m 以下の光を吸収する率が高く、還元ヘモグロビンは 8 0 5 n m 以上の光を吸収する率が高い。

このため、異なる波長のレーザ光を照射してそれぞれ音響波を計測することで、酸素化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンの分布状況を可視化したり、得られた情報を解析してヘモグロビン量や酸素飽和度を計算したりすることができる。このような機能情報は、腫瘍細胞付近の血管新生に関する情報として利用することができるため、光音響イメージング装置は、特に皮膚がんや乳がん診断での有用性が示されている。

30

【0 0 0 5】

一方、光音響イメージング装置と同様の、無被曝非侵襲での画像診断装置として超音波撮像装置がある。超音波撮像装置は、超音波を生体に照射し、被検体内を伝播した超音波が生体組織内の音響特性 (音響インピーダンス) が異なる組織界面で反射されて発生する音響波を受信する。そして、受信した音響波を解析処理することで、被検体である生体内部の音響特性に関連した情報 (形状情報) を可視化する。可視化される形状情報は、生体組織の形状をよく表すという特徴がある。

40

【0 0 0 6】

光音響イメージング装置は機能情報を取得することができるが、機能情報のみでは、それが生体組織のどの部分から生じたものであるかを判別することが難しい。そこで、光音響イメージング装置に超音波撮像手段を内蔵し、形状情報を同時に取得する技術が提案されている。例えば、特許文献 1 には、光音響画像と超音波画像の双方を取得し、これら二つの画像データを重畳または並べて表示することで、被検体内での位置を把握しやすくする生体情報映像装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 7】

50

【特許文献１】特開２００５－２１５８０号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

機能情報を画像化して表示する場合、ＲＯＩ（関心領域、Region Of Interest）外部の不要な画像成分（皮膚との境界から発生する強いノイズやアーチファクト等）によって、ＲＯＩ内部のコントラストが十分得られなくなるという問題がある。

例えば、機能情報のうち不要な画像成分である皮膚表面からの強い反射波や、多重反射によるアーチファクトは、ＲＯＩ内部と同等以上の強い信号となることがある。機能情報を画像化する場合、入力信号のレベルによって画素値を割り当てるため、画像全体の信号レベルから画素値を決めると、ＲＯＩ内部のコントラストが十分でなくなってしまう場合がある。さらに、機能情報と形状情報のような、二種類の特性の異なる画像情報を重畳して表示する場合、ＲＯＩ内部のコントラストが十分に得られないと、両画像の区別が付きづらくなってしまう。

【０００９】

本発明は、上記課題に鑑み、関心領域内のコントラストを十分に確保した光音響画像を生成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】

【００１０】

上記課題を解決するための、本発明の第一の形態に係る被検体情報取得装置は、計測光が照射されたことに応じて被検体内で発生した光音響波を受信し、当該光音響波に基づいて、前記被検体内部の光学特性に関連した情報を可視化した第一の画像を生成する光音響画像取得手段と、前記被検体に送信され、前記被検体内で反射した超音波エコーを受信し、当該超音波エコーに基づいて、前記被検体内部の音響特性に関連した情報を可視化した第二の画像を生成する超音波画像取得手段と、前記第一の画像について、関心領域の指定を受け付ける関心領域指定手段と、指定された前記関心領域の内部と、前記関心領域の外部の領域のそれぞれについて、異なる画像処理パラメータを用いて、前記第一の画像に対する画像処理を行う画像処理手段と、前記画像処理された第一の画像を、前記第二の画像と重畳合成する画像合成手段と、を有し、前記画像処理手段は、前記第一の画像の関心領域内部の画素値がとる範囲を取得し、当該範囲に基づいて、前記第一の画像に対するコントラスト調整を行うことを特徴とする。

【００１１】

また、本発明の第一の形態に係る被検体情報取得方法は、

被検体に計測光を照射し、前記被検体内で発生した光音響波を受信し、当該光音響波に基づいて、前記被検体内部の光学特性に関連した情報を可視化した第一の画像を生成する光音響画像取得手段と、被検体に送信され、前記被検体内で反射した超音波エコーを受信し、当該超音波エコーに基づいて、前記被検体内部の音響特性に関連した情報を可視化した第二の画像を生成する超音波画像取得手段と、を有する被検体情報取得装置が行う被検体情報取得方法であって、前記第一の画像について、関心領域の指定を受け付ける関心領域指定ステップと、指定された前記関心領域の内部と、前記関心領域の外部の領域のそれぞれについて、異なる画像処理パラメータを用いて画像処理を行う画像処理ステップと、前記画像処理された第一の画像を、第二の画像と重畳合成する画像合成ステップと、を含み、前記画像処理ステップでは、前記第一の画像の関心領域内部の画素値がとる範囲を取得し、当該範囲に基づいて、前記第一の画像に対するコントラスト調整を行うことを特徴とする。

【００１２】

また、本発明の第二の形態に係る被検体情報取得装置は、

被検体に異なる波長の計測光をそれぞれ照射し、前記被検体内で発生した光音響波を前

10

20

30

40

50

記波長ごとに受信し、当該光音響波に基づいて、前記被検体内部の光学特性に関連した情報を可視化した画像を前記波長ごとに生成する光音響画像取得手段と、関心領域の指定を受け付ける関心領域指定手段と、前記複数の画像のそれぞれについて、関心領域の内部と外部とでそれぞれ異なる画像処理パラメータを用いて画像処理を行う画像処理手段と、前記画像処理された複数の画像を重畳合成する画像合成手段と、を有し、前記画像処理手段は、前記複数の画像のそれぞれについて、関心領域内部の画素値がとる範囲を取得し、当該範囲に基づいて、各画像に対するコントラスト調整をそれぞれ行うことを特徴とする。

#### 【 0 0 1 3 】

また、本発明の第二の形態に係る被検体情報取得方法は、

10

被検体に異なる波長の計測光をそれぞれ照射し、前記被検体内で発生した光音響波を前記波長ごとに受信し、当該光音響波に基づいて、前記被検体内部の光学特性に関連した情報を可視化した画像を前記波長ごとに生成する被検体情報取得装置が行う被検体情報取得方法であって、関心領域の指定を受け付ける関心領域指定ステップと、前記複数の画像のそれぞれについて、関心領域の内部と外部とでそれぞれ異なる画像処理パラメータを用いて画像処理を行う画像処理ステップと、前記画像処理された複数の画像を重畳合成する画像合成ステップと、を含み、前記画像処理ステップでは、前記複数の画像のそれぞれについて、関心領域内部の画素値がとる範囲を取得し、当該範囲に基づいて、各画像に対するコントラスト調整をそれぞれ行うことを特徴とする。

また、本発明の第三の形態に係る被検体情報取得装置は、

20

計測光が照射されたことに応じて被検体内で発生した光音響波に基づく前記被検体内部の光学特性に関連した第一の画像における領域を指定する領域指定手段と、前記領域指定手段により指定された領域の内外で異なる画像処理パラメータを用いて前記第一の画像を処理する画像処理手段と、前記画像処理手段によって処理を施した前記第一の画像と、前記被検体から伝搬した音響波に基づく前記被検体内部の特性情報に関連した第二の画像と、を重畳して表示させる重畳処理手段と、を有し、前記画像処理手段は、前記指定された領域内部の画素値がとる範囲を取得し、当該範囲に基づいて、前記第一の画像に対するコントラスト調整を行うことを特徴とする。

#### 【発明の効果】

#### 【 0 0 1 4 】

30

本発明によれば、関心領域内のコントラストを十分に確保した光音響画像を生成できる被検体情報取得装置を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【 0 0 1 5 】

【図 1】第一の実施形態に係る光音響イメージング装置の全体構成を示す図。

【図 2】第一の実施形態に係る光音響イメージング装置の変形例を示す図。

【図 3】第一の実施形態に係る R O I 指定モードの G U I 表示例を示す図。

【図 4】第一の実施形態に係る重畳画像表示モードの G U I 表示例を示す図。

【図 5】R O I 内部の光音響画像の例を示す図。

【図 6】R O I 外部の光音響画像の例を示す図。

40

【図 7】超音波画像の例を示す図。

【図 8】重畳画像の例を示す図。

【図 9 A】第一の実施形態における制御フローチャートを示す図。

【図 9 B】第一の実施形態における制御フローチャートを示す第二の図。

【図 1 0】第二の実施形態に係る光音響イメージング装置の全体構成を示す図。

【図 1 1】第二の実施形態に係る G U I 表示例を示す図。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【 0 0 1 6 】

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施形態を詳細に説明する。なお、同一の構成要素には原則として同一の参照番号を付して、説明を省略する。

50

## 【 0 0 1 7 】

( 第一の実施形態 )

&lt;システム構成&gt;

まず、図 1 を参照しながら、第一の実施形態に係る光音響イメージング装置の構成を説明する。本発明の第一の実施形態に係る光音響イメージング装置は、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、被検体である生体の情報を画像化する装置である。生体の情報とは、光照射によって生じた音響波（以下、光音響波）の発生源分布であり、生体内の初期音圧分布、あるいはそこから導かれる光エネルギー吸収密度分布である。すなわち、第一の実施形態に係る光音響イメージング装置は、被検体情報取得装置とも呼べる。

10

## 【 0 0 1 8 】

第一の実施形態に係る光音響イメージング装置は、計測光を被検体に照射し、光音響波を解析することで、光学特性に関連した機能情報を可視化、すなわち画像化する光音響撮像機能を有している。また、超音波を被検体に照射し、被検体内で反射した超音波（以下、超音波エコー）を解析することで、音響特性に関連した形状情報を画像化する超音波撮像機能を有している。また、それぞれ得られた画像を重畳合成し（以下、単に重畳と称する）、表示する機能を有している。以下、光音響撮像によって得られた画像を光音響画像、超音波撮像によって得られた画像を超音波画像と称する。

## 【 0 0 1 9 】

本発明の第一の実施形態に係る光音響イメージング装置 1 は、光音響画像取得手段 1 0、超音波画像取得手段 2 0、画像生成手段 3 0、画像生成手段 4 0、操作入力手段 5 0、コントローラ手段 6 0 から構成される。なお、符号 2 は、被検体である生体の一部を表している。以下、第一の実施形態に係る光音響イメージング装置を構成する各手段を説明しながら、画像を表示する方法について概要を説明する。

20

## 【 0 0 2 0 】

&lt;&lt;光音響画像取得手段 1 0&gt;&gt;

光音響画像取得手段 1 0 は、光音響撮像によって、光音響画像を生成する手段である。例えば、生体の機能情報である酸素飽和度を表す画像を取得することができる。光音響画像取得手段 1 0 は、光照射制御手段 1 1、光照射手段 1 2、光音響信号計測手段 1 3、光音響信号処理部 1 4、光音響画像蓄積手段 1 5、超音波プローブ 1 6 から構成される。

30

## 【 0 0 2 1 】

光照射手段 1 2 は、被検体である生体に照射する近赤外線の前測光を発生させる手段であり、光照射制御手段 1 1 は、光照射手段 1 2 を制御する手段である。

光照射手段 1 2 からは、生体を構成する成分のうち特定の成分に吸収される特定の波長の光を発生させることが好ましい。具体的には、数ナノから数百ナノ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。光源は、レーザ光を発生させる光源が好ましいが、レーザ光源のかわりに発光ダイオードなどを用いることも可能である。レーザを用いる場合、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。

40

## 【 0 0 2 2 】

また、レーザ光の波長は、生体内において吸収が少ない 7 0 0 n m から 1 1 0 0 n m の領域であることが好ましい。ただし、比較的体表表面付近の生体組織の光学特性値分布を求める場合は、上記の波長領域よりも範囲の広い、例えば 4 0 0 n m から 1 6 0 0 n m の波長領域を使用することも可能である。前記範囲内の光のうち、測定対象とする成分により特定の波長を選択するとよい。

## 【 0 0 2 3 】

超音波プローブ 1 6 は、被検体である生体内部で発生した光音響波を検出し、アナログの電気信号に変換する手段である。生体から発生する光音響波は、1 0 0 K H z から 1 0 0 M H z の超音波であるため、超音波プローブ 1 6 には上記の周波数帯を受信できる超音波検出器を用いる。具体的には、圧電セラミックス（P Z T）を利用した変換素子や、マ

50



イクロフォン静電容量型の変換素子などが使用される。

また、静電容量型のCMUT (Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducer)、磁性膜を用いるMMUT (Magnetic MUT)なども用いることができる。また、圧電薄膜を用いるPMUT (Piezoelectric MUT)など、音響波信号を検知できるものであれば、どのような検出器を用いてもよい。

【0024】

超音波プローブ16によって変換されたアナログの電気信号は、光音響信号計測手段13によって増幅されてデジタル信号に変換され、光音響信号処理部14にて画像データに変換される。当該画像データが、本発明における第一の画像である。生成された画像データは、光音響画像蓄積手段15に記憶される。

10

【0025】

<<超音波画像取得手段20>>

超音波画像取得手段20は、超音波撮像によって生体の形状情報を取得し、超音波画像を生成する手段である。超音波画像は、Bモード画像であってもよいし、ドプラやエラストによって生成されたものであってもよい。超音波画像取得手段20は、超音波送信制御手段21、超音波プローブ22、超音波信号計測手段23、信号処理部24、超音波画像蓄積手段25、超音波送受信切替スイッチ26から構成される。

【0026】

超音波プローブ22は、超音波プローブ16と同様に、超音波を受信してアナログの電気信号に変換する手段であるが、超音波源(音響素子)を内蔵しており、被検体に対して超音波ビームの送信を行うことができるという点で相違する。

20

【0027】

超音波送信制御手段21は、超音波プローブ22に内蔵された各々の音響素子に印加する信号を生成し、送信される超音波の周波数及び音圧を制御する手段である。

超音波信号計測手段23、信号処理部24、超音波画像蓄積手段25については、それぞれ光音響信号計測手段13、光音響信号処理部14、光音響画像蓄積手段15と同様の処理を行う手段であるため、詳細な説明は省略する。処理対象の信号が、被検体内で発生した光音響波であるか、超音波が被検体内で反射した超音波エコーであるかという点のみが相違する。また、超音波画像取得手段20によって生成される画像データが、本発明における第二の画像である。

30

【0028】

超音波送受信切替スイッチ26は、超音波送信制御手段21によって制御されるスイッチであり、超音波プローブ22に対し、超音波の送信と受信を切り替える手段である。超音波送信制御手段21は、超音波送受信切替スイッチ26を「送信」に切り替えた状態で超音波の送信を行い、一定時間後に「受信」に切り替えることで、被検体内から返ってくる超音波エコーを受信する。

【0029】

<<画像生成手段30>>

画像生成手段30は、光音響画像蓄積手段15に蓄積された光音響画像に対して画像処理を行う手段である。また、処理後の光音響画像と、超音波画像蓄積手段25に蓄積された超音波画像とを重畳する処理を行い、利用者に提示する画像を生成する手段である。

40

画像生成手段30は、光音響画像加工手段31と、画像合成手段32から構成される。

【0030】

光音響画像加工手段31は、光音響画像蓄積手段15に蓄積された光音響画像に対して画像処理を実施する手段である。詳細な処理内容については後述する。

画像合成手段32は、光音響画像加工手段31によって画像処理がなされた光音響画像と、超音波画像蓄積手段25に蓄積された超音波画像とを重畳して一枚の画像を生成する手段である。以降、画像合成手段32が生成した画像を重畳画像と称する。

なお、画像生成手段30は、画像処理を行うための操作GUIを生成し、画像表示手段40に出力する機能も有している。

50

## 【 0 0 3 1 】

## &lt;&lt;画像表示手段 4 0&gt;&gt;

画像表示手段 4 0 は、画像生成手段 3 0 が生成した操作用 G U I を利用者に提示する手段である。画像生成手段 3 0 が生成した重畳画像は、当該操作用 G U I と共に利用者に提示される。

## 【 0 0 3 2 】

## &lt;&lt;操作入力手段 5 0&gt;&gt;

操作入力手段 5 0 は、利用者からの操作入力を受け付ける手段である。操作入力に用いる手段は、マウスやペンタブレットのようなポインティングデバイスであってもよいし、キーボード等であってもよい。また、画像表示手段 4 0 と一体化した、タッチパネルやタッチスクリーンのようなデバイスであってもよい。

10

## 【 0 0 3 3 】

## &lt;&lt;コントローラ手段 6 0&gt;&gt;

コントローラ手段 6 0 は、不図示の C P U と D R A M、および不揮発メモリ、制御ポートから構成されるコンピュータである。不揮発メモリに格納されたプログラムが C P U で実行されることにより、光音響イメージング装置 1 の各モジュールの制御が行われる。本実施形態では、コントローラ手段はコンピュータであるが、専用に設計されたハードウェアであってもよい。

## 【 0 0 3 4 】

## &lt;&lt;超音波プローブの配置例&gt;&gt;

20

図 1 では、光音響画像取得手段 1 0 が用いる超音波プローブ 1 6 と、超音波画像取得手段 2 0 が用いる超音波プローブ 2 2 が互いに独立している例を示した。しかし、光音響画像で用いる超音波プローブと、超音波撮像で用いる超音波プローブは、互いに同じ周波数帯の超音波を受信するものであるため、共用することができる。

そこで、超音波プローブ 1 6 を省略し、時分割制御によって、光音響画像取得手段 1 0 および超音波画像取得手段 2 0 が超音波プローブ 2 2 を共用するようにしてもよい。図 2 は、超音波プローブ 2 2 を共用する例を示したシステム構成図である。なお、光音響信号計測手段 1 3 についても、超音波信号計測手段 2 3 と共用することができるため、図 2 では省略している。

## 【 0 0 3 5 】

30

## &lt;操作用 G U I&gt;

次に、光音響イメージング装置に対して指示を行い、画像を表示するための操作用 G U I について説明する。図 3 は、画像生成手段 3 0 によって生成され、画像表示手段 4 0 に表示される操作用 G U I の例である。ここでは、操作用 G U I を構成する各インタフェースを説明する。

## 【 0 0 3 6 】

## &lt;&lt;画像を表示するインタフェース&gt;&gt;

画像表示領域 4 1 は、光音響画像または重畳画像を表示する領域である。本実施形態では、超音波画像は、横 4 0 m m × 縦（深さ）3 0 m m、1 画素あたり 1 2 ビット階調（4 0 9 6 階調）の B モード画像であるものとする。また、光音響画像も同様に、横 4 0 m m × 縦（深さ）3 0 m m、1 画素あたり 1 2 ビット階調（4 0 9 6 階調）の画像であるものとする。

40

なお、超音波画像、光音響画像はともにグレースケール画像であるが、光音響画像については、視認性を高くするため、各画素の画素値（すなわち輝度値）ごとに、異なる色を割り当て、カラー表示を行う。例えば、高輝度側を赤色、中間値を黄緑色、低輝度側を青色に割り当てて表示する。色を割り当てる方法については後述する。なお、以降の説明においては、光音響画像は、着色を行う前のグレースケール画像であるものとして、輝度値という語を用いて説明を行う。

## 【 0 0 3 7 】

## &lt;&lt;光音響画像のコントラストを調整するインタフェース&gt;&gt;

50

輝度値指定インタフェース４２は、取得した光音響画像のコントラスト調整を行うためのインタフェースである。具体的には、コントラストを調整する際の輝度値の上下限を指定するためのインタフェースである。下端が最低輝度、上端が最高輝度を表している。

なおここでは、光音響画像に対してＲＯＩが既に指定されているものとして当該インタフェースの説明を行う。ＲＯＩの指定方法については後述する。

#### 【００３８】

輝度値指定インタフェース４２には、二種類のスライダバーが重ねて表示される。一つが、輝度値上限スライダバー４２１であり、もう一つが、輝度値下限スライダバー４２２である。操作用ＧＵＩの初期画面では、各スライダバーは、光音響画像のＲＯＩ内部に存在する画素（以下、ＲＯＩ内画素）のうち、最高輝度を表す位置と最低輝度を表す位置にそれぞれ配置される。

10

#### 【００３９】

光音響画像の全画素の輝度値は、各スライダバーで指定された輝度値の範囲を用いて割り当て直される。例えば、ＲＯＩに含まれる画素の最低輝度値が $n$ であり、最高輝度値が $m$ であった場合を考える。輝度値下限スライダバー４２２は、輝度値 $n$ を表す位置に配置され、輝度値上限スライダバー４２１は、輝度値 $m$ を表す位置に配置される。そして、 $n \sim m$ の輝度値が、最小輝度値～最大輝度値に割り当て直される。 $n$ 以下もしくは $m$ 以上の輝度値を持つ画素には、最小輝度値または最大輝度値が割り当てられる。すなわち、ＲＯＩ内のコントラストが最も強調されるような画像処理が、光音響画像全体に対して行われる。

20

#### 【００４０】

なお、それぞれのスライダバーの位置は、手動で任意の位置に変更することができる。スライダバーの位置を変更した場合、変更後の位置に基づいて再度コントラストの調整、すなわち輝度値の割り当てが行われる。

#### 【００４１】

ここで、スライダバーの位置を変更した場合のコントラストの変化をより具体的に説明する。

例えば利用者が、マウスでのドラッグ操作によって、スライダバー４２１を初期値よりも上側に移動させたとする。コントラストの調整は、前述したように、スライダバーによって指定された輝度値の範囲を、最小輝度値～最大輝度値に割り当て直す処理によって行われる。従って、画像全体のコントラストが弱められるような処理が行われる。

30

反対に、初期値よりも下側にスライダバー４２１を移動させたとする。この場合も、同様の処理が行われるため、画像全体のコントラストが強調されるような画像処理が行われる。スライダバー４２１で指定された輝度値よりも大きい輝度値を持つ画素には、全て最大輝度値が割り当てられるため、表示としては飽和することとなる。

#### 【００４２】

次に、スライダバー４２２を初期値よりも下側に移動させた場合を考える。この場合、スライダバー４２１を上側に移動させた場合と同様に、画像全体のコントラストが弱められるような画像処理が行われる。

反対に、初期値よりも上側にスライダバー４２２を移動させたとする。この場合、スライダバー４２１を下側に移動させた場合と同様に、画像全体のコントラストが強調されるような画像処理が行われる。スライダバー４２２で指定された輝度値よりも小さい輝度値を持つ画素には、全て最小輝度値が割り当てられる。

40

#### 【００４３】

このように、輝度値指定インタフェース４２に配置された二つのスライダバーによって、ＲＯＩ内部の視認性が最も高くなるように画像全体のコントラストを調整することができる。画像生成手段３０によって生成され、操作入力手段５０によって操作される輝度値指定インタフェース４２が、本発明における画素値範囲指定手段を構成する。

#### 【００４４】

<<光音響画像のＲＯＩ外部の不透明度を調整するインタフェース>>

50

ＲＯＩ外透明度指定インタフェース４３は、取得した光音響画像のＲＯＩ外部の画素の不透明度を調整するためのインタフェースである。ＲＯＩ外透明度指定インタフェース４３は、下側が低い不透明度（すなわち透明寄り）、上側が高い不透明度（すなわち不透明寄り）を表している。

#### 【００４５】

ＲＯＩ外透明度指定インタフェース４３には、一種類のスライダバー（ＲＯＩ外不透明度指定スライダバー４３１）が重ねて表示される。スライダバー４３１は、ＲＯＩとして指定された領域以外の領域の画素（以下、ＲＯＩ外画素）の不透明度を指定するためのスライダバーである。スライダバー４３１は、初期の画面では、あらかじめ設定された値（例えば不透明度５０％）に配置される。

10

ＲＯＩ外画素が持つ不透明度は、スライダバーが示す値となるように設定される。例えば、スライダバーが５０％を示す位置にあった場合、光音響画像のＲＯＩ外画素に対して、不透明度を５０％に設定する画像処理が行われる。

#### 【００４６】

なお、スライダバー４３１は、マウスでのドラッグ操作によって、値を任意に変更することができる。

ここで、初期値よりも下側にスライダバー４３１をドラッグした場合を考える。この場合、ＲＯＩ外部の不透明度がより小さくなるような画像処理が行われる。すなわち、画像を重ねた際に、ＲＯＩ外画素の透過率が高くなり、背景画像（本実施形態では超音波画像）が見えやすくなる。

20

また、初期値よりも上側にスライダバー４３１をドラッグした場合、ＲＯＩ外部の不透明度がより大きくなるような画像処理が行われる。すなわち、画像を重ねた際に、ＲＯＩ外画素の透過率が低くなり、背景画像が見えにくくなる。

#### 【００４７】

<<光音響画像のＲＯＩを指定するインタフェース>>

次に、光音響画像のＲＯＩを指定するユーザインタフェースについて説明する。

ＲＯＩ指定部４５は、光音響画像のＲＯＩを指定するためのインタフェースである。ＲＯＩ指定部４５は、ＲＯＩ指定ボタン４５１と、ＲＯＩ半径表示部４５２から構成される。ＲＯＩ指定ボタン４５１をマウスでクリックすることで、ＲＯＩ指定モードとなる。また、ＲＯＩ指定ボタン４５１を再度クリックすることで、重畳画像表示モードとなる。

30

#### 【００４８】

まず、ＲＯＩ指定モードについて説明する。ＲＯＩ指定モードとは、ＲＯＩを指定する操作が可能になるモードである。図３は、ＲＯＩ指定モードにおける画面表示例である。

ＲＯＩ指定モードでは、画像表示領域４１に、光音響画像と、ＲＯＩの範囲を表示する図形であるＲＯＩ表示４６が表示される。ＲＯＩ表示４６は、他のＵＩで用いられている色以外の色（例えば明るい紫色）を用いて破線の円で表示される。ＲＯＩ表示４６は、マウスでドラッグすることで移動させることができる。

また、ＲＯＩ指定モードにおいては、ＲＯＩ半径指定ハンドル４６１が、ＲＯＩを表す円の上、下、左、右、左上、左下、右上、右下の合計８か所に表示される。利用者は、ＲＯＩ半径指定ハンドル４６１のいずれか１つをマウスでドラッグすることで、ＲＯＩ半径を変更することができる。

40

このとき、ドラッグ操作によって変更されたＲＯＩ半径は、同時にＲＯＩ半径表示部４５２にも表示される。また、逆に、ＲＯＩ半径表示部４５２にＲＯＩ半径を数値で直接入力することで、ＲＯＩ半径を指定することも可能である。この場合、入力されたＲＯＩ半径が反映され、ＲＯＩ表示４６が更新される。画像生成手段３０によって生成され、操作入力手段５０によって操作されるＲＯＩ指定部４５およびＲＯＩ表示４６が、本発明における関心領域指定手段を構成する。

#### 【００４９】

次に、重畳画像表示モードについて説明する。重畳画像表示モードとは、画像処理後、すなわちコントラストおよび不透明度が調整された後の光音響画像と、超音波画像とが重

50

畳されて画像表示領域 4 1 に表示されるモードである。図 4 が、重畳画像表示モードにおける画面表示例である。なお、図を見やすくするため、図 4 は、光音響画像のみを示している。重畳画像表示モードでは、ROI を表す円は表示されるが、ROI 半径指定ハンドル 4 6 1 は表示されず、ROI を移動したり、半径を変更したりすることはできない。

【0050】

<<その他のUI>>

その他のUIについて、図 4 を参照して説明する。

符号 4 4 は、超音波画像の輝度値を表すスケールが表示される領域である。最大輝度値が白色、中間値が灰色、最小輝度値が黒に割り当てられて表示される。

符号 4 7 は、超音波画像取得手段 1 0 および光音響画像取得手段 2 0 のそれぞれに画像取得を指示する画像取得ボタンである。

符号 4 8 は、光音響イメージング装置 1 に対して動作終了を指示するボタンである。

符号 4 9 は、光音響画像のROI内外の画素についての輝度値ヒストグラムを表示するヒストグラム表示領域である。ここでは、ROI内画素の輝度値ヒストグラムを黒色で、ROI外画素の輝度値ヒストグラムを灰色で表示している。

【0051】

<画像処理動作>

次に、画像生成手段 3 0 が、光音響画像に対して行う画像処理の詳細について、図 4 を参照しながら説明する。

画像生成手段 3 0 は、まず、指定されたROIについての情報を取得し、ROI内画素の輝度値ヒストグラム（度数分布）であるROI内ヒストグラム 4 9 1 と、ROI外画素の輝度値ヒストグラムであるROI外ヒストグラム 4 9 3 を生成する。

【0052】

画像生成手段 3 0 は、ROI内ヒストグラム 4 9 1 から、ROI内画素の最大輝度値および最小輝度値を抽出し、最大輝度値をスライダバー 4 2 1 の値として設定し、最小輝度値をスライダバー 4 2 2 の値として設定する。以降、スライダバー 4 2 1 が表す輝度値をROI<sub>max</sub>、スライダバー 4 2 2 が表す輝度値をROI<sub>min</sub>と表す。

なお、輝度値指定インタフェース 4 2 が表す領域のうち、スライダバー 4 2 1 より上側の領域、およびスライダバー 4 2 2 より下側の領域には、ROI内部に当該輝度値を持つ画素が存在しない旨の表示が行われる。該当する領域は、例えば灰色で塗りつぶされる。

【0053】

そして、光音響画像内の全画素について、ROI<sub>max</sub>およびROI<sub>min</sub>を用いて、輝度値の再割り当てを行う。具体的には、ROI<sub>min</sub>以下の値を持つ画素の輝度値を最低輝度値、ROI<sub>max</sub>以上の値を持つ画素の輝度値を最高輝度値に割り当て、中間の値を線形補完によって割り当てる。なお、ヒストグラム平坦化やガンマ補正などの方法によって輝度値を割り当ててもよい。

【0054】

次に、画像を見やすくするための色の割り当てを行う。

輝度値の再割り当てが行われると、光音響画像加工手段 3 1 は、光音響画像に対して、最大輝度値を持つ画素を濃赤色に、最低輝度値を持つ画素を濃青色に置き換える。中間の輝度値については、任意のカラー表示を割り当てることができる。

【0055】

色の割り当て方法の一例を示す。RGBの各色および不透明度を8ビットで表示した色座標を(R, G, B, )と定義し、輝度値の低い順に、濃青色、青色、淡青色、緑色、黄色、橙色、赤色、濃赤色を割り当てる場合を考える。各色の色座標は、

濃青色：(0, 0, 128, 255)、青色：(0, 0, 255, 255)

淡青色：(0, 255, 255, 255)、緑色：(0, 255, 0, 255)

黄色：(255, 255, 0, 255)、橙色：(255, 128, 0, 255)

赤色：(255, 0, 0, 255)、濃赤色：(128, 0, 0, 255)

と表すことができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 6 】

すなわち、濃青色～青色の間では、B座標のみが128～255の範囲で変化し、青色～淡青色の間では、G座標のみが0～255の範囲で変化し、淡青色～緑色の間では、B座標のみが255～0の範囲で変化する。また、緑色～黄色の間では、R座標のみが0～255の範囲で変化し、黄色～橙色～赤色の間では、G座標のみが255～0の範囲で変化する。赤色～濃赤色の間では、R座標のみが255～122の範囲で変化するものとする。すなわち、色座標は1280通りとなる。

## 【 0 0 5 7 】

本実施形態では、光音響画像は12ビット階調(4096階調)であるが、置き換え先の色座標が1280通りであるため、元の輝度値をコントラスト調整によって1280階調に置き換える。元の輝度値Vpixをコントラスト調整し、1280階調に置き換えた値Vroiは、式1のようになる。

(1) Vpix ROImaxのとき、Vroi = 1280

(2) ROImin < Vpix < ROImaxのとき、 $Vroi = 1280 \times (Vpix - ROImin) / (4096 \times (ROImax - ROImin))$

(3) Vpix ROIminのとき、Vroi = 0

・・・式1 (0 Vroi 1280)

## 【 0 0 5 8 】

まず、決定したVroiを用いて、ROI内画素の画素値を決定する方法について述べる。決定したVroiを、色座標に置き換えると以下のようにになる。

(1) 0 Vroi < 127のとき、(R, G, B, ) = (0, 0, Vroi+128, 255)

(2) 127 Vroi < 382のとき、(R, G, B, ) = (0, Vroi-127, 255, 255)

(3) 382 Vroi < 637のとき、(R, G, B, ) = (0, 255, 637-Vroi, 255)

(4) 637 Vroi < 892のとき、(R, G, B, ) = (Vroi-637, 255, 0, 255)

(5) 892 Vroi < 1147のとき、(R, G, B, ) = (0, 1147-Vroi, 255, 255)

(6) 1147 Vroi 1280のとき、(R, G, B, ) = (1402-Vroi, 0, 0, 255)

・・・式2

こうして、ROI内部の全画素について、コントラストを調整した上でカラー表示に変換することができる。なお、元の輝度値と、割り当てられた色の対応を、カラースケールとして輝度値指定インタフェース42に表示してもよい。

## 【 0 0 5 9 】

ROI外部の光音響画像の各画素についても、ROI内画素と同様の方法によって画素値を決定する。しかし、ROIの外部には、不要なノイズ成分や、アーチファクトが存在する場合が多いため、ROI外画素については、視認性を低くするような処理を更に追加することが望ましい。

そこで、ROI外画素に対しては、ROI内画素に対して行ったコントラスト調整に加え、不透明度を下げることで視認性を低くする。ここでは、不透明度を設定し、不透明度を、ROI外部の全画素に対して設定する。不透明度は、スライダバー431によって指定された値である。初期値は50%(すなわち = 128)である。

## 【 0 0 6 0 】

ここで、指定された不透明度をextとすると、ROI外画素の色座標は、式3のようになる。式3は、式2と比較して、不透明度の指定のみが異なる。

(1) 0 Vroi < 127のとき、(R, G, B, ) = (0, 0, Vroi+128, ext)

(2) 127 Vroi < 382のとき、(R, G, B, ) = (0, Vroi-127, 255, ext)

(3) 382 Vroi < 637のとき、(R, G, B, ) = (0, 255, 637-Vroi, ext)

(4) 637 Vroi < 892のとき、(R, G, B, ) = (Vroi-637, 255, 0, ext)

(5) 892 Vroi < 1147のとき、(R, G, B, ) = (0, 1147-Vroi, 255, ext)

(6) 1147 Vroi 1280のとき、(R, G, B, ) = (1402-Vroi, 0, 0, ext)

・・・式3

## 【 0 0 6 1 】

図 5 は、ROI 内画素に対して、式 2 を適用して視認性を高くした光音響画像の例である。また、図 6 は、ROI 外画素に対して、式 3 を適用して視認性を低くした光音響画像の例である。本例では、説明をわかりやすくするために図 5 と図 6 に分けて示しているが、画像処理の結果生成される光音響画像は一枚である。

また、図 7 は、超音波画像の例であり、図 8 は、画像処理を行った光音響画像を、超音波画像に重畳させて表示した例である。

このように、第一の実施形態に係る光音響イメージング装置は、ROI 内画素に対してはコントラスト調整によって視認性を向上させ、ROI 外画素については、不透明度調整を加えて行うことで視認性を低下させるような画像処理を行うことができる。

【0062】

10

<処理フローチャート>

次に、第一の実施形態に係る光音響イメージング装置が重畳画像を生成する処理を、処理フローチャート図である図 9 A および図 9 B を参照しながら説明する。

【0063】

ステップ S 1 では、光音響イメージング装置 1 の電源を投入し、各種初期化を行った後、画像生成手段 3 0 が、図 3 に示した操作用 GUI を画像表示手段 4 0 に表示する。

ステップ S 2 では、画像取得ボタン 4 7 がクリックされたかを判定する。クリックイベントが発生した場合、ステップ S 3 へ進み、クリックイベントが発生していない場合、イベント発生を待つ。

【0064】

20

ステップ S 3 では、光音響画像取得手段 1 0 が光音響画像を、超音波画像取得手段 2 0 が超音波画像を取得する。光音響画像は光音響画像蓄積手段 1 5 に、超音波画像は超音波画像蓄積手段 2 5 に記憶される。

ステップ S 4 では、光音響画像加工手段 3 1 が、操作パラメータに初期値を設定する。操作パラメータとは、現在のモード（重畳画像表示モード、ROI 指定モードのいずれか）、ROI の中心点座標、ROI 半径からなる情報である。例えば、モードを重畳画像表示モードとし、ROI の中心点座標を、画像表示領域の中央に設定する。また、ROI の半径を 5 mm に設定する。

【0065】

ステップ S 5 では、光音響画像加工手段 3 1 が、操作パラメータを取得する。これにより、モード、ROI の中心点座標、ROI 半径が定まり、ROI が特定される。

30

【0066】

ステップ S 6 では、光音響画像加工手段 3 1 が、ステップ S 5 で特定した ROI の情報を用いて、ROI 内画素のヒストグラムと、ROI 外画素のヒストグラムを生成する。生成されたヒストグラムは、符号 4 9 で示した領域に表示される。

また、スライダバー 4 2 1 , 4 2 2 の位置を、それぞれ ROI 内画素の最大輝度値、最小輝度値に設定する。ただし、設定された ROI において、スライダバー 4 2 1 , 4 2 2 が手動で移動されている場合は、この処理は省略する。

そして、ROI max および ROI min に、スライダバー 4 2 1 , 4 2 2 によって指定されている輝度値を代入する。また、ext に、スライダバー 4 3 1 によって指定されている不透明度を代入する。スライダバー 4 3 1 が一度も操作されていない場合、ext は 1 2 8 である。

40

【0067】

ステップ S 7 では、ステップ S 3 で取得した光音響画像に対して、画像処理を行う。具体的には、ROI の中心点座標および ROI 半径を用いて、ステップ S 3 で取得した光音響画像を構成する画素がそれぞれ ROI 内にあるか ROI 外にあるかを判定したうえで、式 1 を用いて画素の輝度値を調整し、式 2 , 3 を用いて色の割り当てを行う。この結果、画像処理後の光音響画像が得られる。得られた画像は、一時的に記憶される。

また、ステップ S 7 では、式 1 , 2 によって各輝度値に割り当てた色を、カラースケールとして輝度値指定インタフェース 4 2 に表示する。ROI 内部に存在しない輝度値につ

50

いては、灰色で表示する。

【 0 0 6 8 】

ステップ S 8 では、画像合成手段 3 2 が、ステップ S 3 で取得した超音波画像に、ステップ S 7 で画像処理を行った光音響画像を重畳し、R O I 表示 U I 4 6 と共に画像表示領域 4 1 に表示する。このとき、モードが R O I 指定モードである場合は R O I 半径指定ハンドル 4 6 1 を表示する。モードが重畳画像表示モードである場合は、R O I 半径指定ハンドルの表示は行わない。

【 0 0 6 9 】

ステップ S 9 は、操作用 G U I を構成する各部に対するクリック、ドラッグ等のイベントが発生するまで待機するステップである。イベントが発生したら、図 9 B のステップ S 1 0 に遷移する。

10

【 0 0 7 0 】

ステップ S 1 0 は、発生したイベントの種類を判定するステップである。以下、それぞれのイベントについて説明する。

終了ボタン 4 8 がクリックされた場合 ( S 1 1 )、ステップ S 1 2 へ遷移し、光音響イメージング装置 1 をシャットダウンして処理を終了させる。

【 0 0 7 1 】

R O I 指定ボタン 4 5 1 がクリックされた場合 ( S 2 0 )、ステップ S 2 1 へ遷移し、モードを示す操作パラメータを更新することでモードの切り替えを行う。現在のモードが重畳画像表示モードである場合は、R O I 指定モードに遷移し、R O I 指定モードである場合は、重畳画像表示モードに遷移する。なお、現在のモードが R O I 指定モードである場合にのみ、R O I 表示 4 6 および R O I 半径指定ハンドル 4 6 1 のドラッグ、R O I 半径表示部 4 5 2 への数値入力が可能になる。処理が終了すると、ステップ S 5 へ遷移する。

20

【 0 0 7 2 】

R O I 半径指定ハンドル 4 6 1 がドラッグされた場合 ( S 3 0 )、ステップ S 3 2 へ遷移し、R O I 半径の変更を行う。具体的には、ドラッグ完了時のハンドル座標と R O I の中心点座標から R O I 半径を計算し、R O I 半径を表す操作パラメータを更新する。

また、算出された R O I 半径を、R O I 半径表示部 4 5 2 に反映させ、R O I 表示 4 6 を更新する。処理が終了すると、ステップ S 5 へ遷移する。

30

【 0 0 7 3 】

R O I 半径表示部 4 5 2 に数値が入力された場合 ( S 3 1 ) も、ステップ S 3 2 へ遷移し、R O I 半径の変更を行う。具体的には、入力された数値を R O I 半径の値とし、R O I 半径を表す操作パラメータを更新する。また、当該 R O I 半径に従って R O I 表示 4 6 を更新する。処理が終了すると、ステップ S 5 へ遷移する。

【 0 0 7 4 】

R O I 表示 4 6 がドラッグされた場合 ( S 4 0 )、ステップ S 4 1 へ遷移し、R O I の移動を行う。具体的には、ドラッグ完了時の R O I 表示 4 6 の中心点座標を取得し、取得した中心点座標を用いて、R O I の中心点を表す操作パラメータを更新する。また、当該中心点座標に従って R O I 表示 4 6 を更新する。処理が終了すると、ステップ S 5 へ遷移する。

40

【 0 0 7 5 】

輝度値上限スライダバー 4 2 1 がドラッグされた場合 ( S 5 0 )、あるいは輝度値下限スライダバー 4 2 2 がドラッグされた場合 ( S 5 1 ) は、ステップ S 5 2 に遷移し、各スライダバーの位置を更新する。処理が終了すると、ステップ S 5 へ遷移する。

また、R O I 外不透明度指定スライダバー 4 3 1 がドラッグされた場合 ( S 5 3 )、ステップ S 5 4 に遷移し、スライダバー 4 3 1 の位置を更新する。処理が終了すると、ステップ S 5 へ遷移する。

各スライダバーがドラッグされた場合、R O I max、R O I min、ext がステップ S 6 で再設定され、設定した値を用いてステップ S 7 で画像処理が行われる。

50



## 【 0 0 7 6 】

ステップ S 8 において、イベントが発生しない場合や、上記以外のイベントが発生した場合は、処理を行わずに待機する。

## 【 0 0 7 7 】

以上説明したように、第一の実施形態では、光音響画像と超音波画像を重畳表示する光音響イメージング装置において、関心領域内部と、関心領域外部とでそれぞれ異なる画像処理パラメータを用いて画像処理を行う。これにより、R O I 内部の信号の視認性を向上させ、R O I 外部の信号（ノイズ、アーチファクト）を目立たなくさせることができる。

## 【 0 0 7 8 】

なお、光音響画像の各画素に割り当てる色は、例示した色以外であってももちろん構わない。例えば最大値側を白、最小値側を黒のモノクロ表示に割り当ててもよいし、他のカラー表示に割り当ててもよい。

## 【 0 0 7 9 】

（第二の実施形態）

第二の実施形態は、複数波長の計測光を被検体に照射して、複数の光音響画像を取得し、それぞれの光音響画像に対して画像処理を行う実施形態である。

例えば、第一の波長である 7 5 0 n m 付近のレーザ光を照射して取得した第一の光音響画像と、第二の波長である 8 3 0 n m 付近のレーザ光を照射して取得した第二の光音響画像に対して画像処理を別々に行い、双方の画像を重畳表示させる。それぞれの画像に対する画像処理の内容は、第一の実施形態と同様である。

## 【 0 0 8 0 】

図 1 0 は、第二の実施形態に係る光音響イメージング装置の全体構成を示した図である。

光照射手段 1 8 は、第一の実施形態に係る光照射手段 1 2 と類似するが、二つの異なる波長のレーザ光を照射することができるという点において相違する。また、光照射制御手段 1 7 は、第一の実施形態に係る光照射制御手段 1 1 と類似するが、光照射手段 1 8 に対して波長を切り替える命令を発行できるという点において相違する。

## 【 0 0 8 1 】

また、光音響信号処理部 1 4 は、第一の波長を照射して得た第一の光音響画像を第一の光音響画像蓄積手段 1 5 に蓄積し、第二の波長を照射して得た第二の光音響画像を第二の光音響画像蓄積手段 1 9 に蓄積するという点において、第一の実施形態と相違する。

また、第二の実施形態に係る光音響イメージング装置 1 は、超音波画像取得手段 2 0 は有していない。他の手段については、第一の実施形態と同様であるため、説明は省略する。

## 【 0 0 8 2 】

図 1 1 は、第二の実施形態に係る光音響イメージング装置における、操作用 G U I 表示の例である。ここでは、第一の実施形態における操作用 G U I 表示との相違点について説明する。第二の実施形態における操作用 G U I 表示は、ヒストグラム表示領域、輝度値指定インタフェース、R O I 外透明度指定インタフェースを、それぞれ二つずつ有しているという点において、第一の実施形態と相違する。それぞれが、第一の光音響画像および第二の光音響画像に対応する。

## 【 0 0 8 3 】

ヒストグラム表示領域 4 9 は、第一の光音響画像の R O I 内部および R O I 外部の輝度値ヒストグラムを表示するヒストグラム表示領域である。また、ヒストグラム表示領域 4 a は、第二の光音響画像の R O I 内部および R O I 外部の輝度値ヒストグラムを表示するヒストグラム表示領域である。

また、輝度値指定インタフェース 4 2 は第一の光音響画像の輝度値を調整するためのインタフェースであり、輝度値指定インタフェース 4 b は第二の光音響画像の輝度値を調整するためのインタフェースである。

また、R O I 外透明度指定インタフェース 4 3 は第一の光音響画像の R O I 外部の画素

10

20

30

40

50

の不透明度を調整するためのインタフェースであり、同 4 c は第二の光音響画像の R O I 外部の画素の不透明度を調整するためのインタフェースである。それぞれの動作は、第一の実施形態と同様であるため、これらの動作についての説明は省略する。

#### 【 0 0 8 4 】

第一の実施形態では、画素の輝度値によって異なる色を割り当てることでカラー表示を行ったが、第二の実施形態では、光音響画像同士を重畳させるため、この方法を用いると、異なる画像に同じ色が割り当たってしまい、判別が困難となる。

そこで、第二の実施形態では、第一の光音響画像と、第二の光音響画像とで、それぞれ異なる色調を用いて着色を行う。具体的には、第一の光音響画像は、赤色を基本として、高輝度側の明度を高くし、低輝度側の明度を低くした色割り当てを行う。また、第二の光音響画像は、青色を基本として、高輝度側の明度を高くし、低輝度側の明度を低くした色割り当てを行う。これにより、両画像を識別することができるようになる。

#### 【 0 0 8 5 】

画素に色を割り当てる方法について説明する。

まず、第一の光音響画像の R O I 内ヒストグラムから、最大値 R O I 1 max と最小値 R O I 1 min を抽出し、R O I 1 max に淡赤色 (255, 191, 191, 255) を、R O I 1 min に濃赤色 (128, 0, 0, 255) を割り当てる。

濃赤色から淡赤色の間では、はじめに R 座標が 1 2 8 ~ 2 5 5 の範囲で変化し、次に G ・ B 座標が同時に 0 ~ 1 9 1 の範囲で変化する。すなわち、第一の光音響画像に割り当てられる色座標は 3 2 0 通りとなる。

#### 【 0 0 8 6 】

同様に、第二の光音響画像の R O I 内ヒストグラムから、最大値 R O I 2 max と最小値 R O I 2 min を抽出し、R O I 2 max に淡紫色 (191, 191, 255, 255) を、R O I 2 min に濃青色 (0, 0, 128, 255) を割り当てる。

濃青色から淡水色の間では、はじめに B 座標が 1 2 8 ~ 2 5 5 の範囲で変化し、次に R ・ G 座標が同時に 0 ~ 1 9 1 の範囲で変化する。すなわち、第二の光音響画像に割り当てられる色座標は同様に 3 2 0 通りとなる。

#### 【 0 0 8 7 】

第二の実施形態では、置き換え先の色座標が 3 2 0 通りであるため、元の輝度値をコントラスト調整によって 3 2 0 階調に置き換える。第一の光音響画像の輝度値 V1pix をコントラスト調整し、3 2 0 階調に置き換えた値 V1roi は、式 4 のようになる。

( 1 ) V1pix R O I 1 max のとき、V1roi = 319

( 2 ) R O I 1 min < V1pix < R O I 1 max のとき、 $V1roi = 319 \times (V1pix - R O I 1 min) / (4096 \times (R O I 1 max - R O I 1 min))$

( 3 ) V1pix R O I 1 min のとき、V1roi = 0

・・・式 4 ( 0 V1roi 319 )

#### 【 0 0 8 8 】

V1roi を、色座標に置き換えると以下ようになる。

( 1 ) 0 V1roi < 128 のとき、( R , G , B , ) = ( V1roi + 128 , 0 , 0 , ext )

( 2 ) 128 V1roi 319 のとき、( R , G , B , ) = ( 255 , V1roi - 128 , V1roi - 128 , ext )

・・・式 5

ただし、対象の画素が R O I 内画素である場合は ext = 255 とし、R O I 外画素である場合は、ext は、R O I 外不透明度指定インタフェース 4 3 に表示された R O I 外不透明度指定スライダバーで指定された値とする。

#### 【 0 0 8 9 】

同様に、1 画素あたり 1 2 ビット階調 ( 4 0 9 6 階調 ) である第二の光音響画像の各輝度値 V2pix をコントラスト調整した値 V2roi は、式 6 のようになる。

( 1 ) V2pix R O I 2 max のとき、V2roi = 319

( 2 ) R O I 2 min < V2pix < R O I 2 max のとき、 $V2roi = 319 \times (V2pix - R O I 2 min)$

) / (4096 × ( R O I 2max - R O I 2min ) )  
 ( 3 ) V2pix R O I 2min のとき、 V2roi = 0  
 ・ ・ ・ 式 6 ( 0 V2roi 319 )

【 0 0 9 0 】

V2roi を、色座標に置き換えると以下ようになる。

( 1 ) 0 V2roi < 128 のとき、 ( R , G , B , ) = ( 0 , 0 , V2roi + 128 , ext )  
 ( 2 ) 128 V2roi 319 のとき、 ( R , G , B , ) = ( V2roi - 128 , V2roi - 128 , 255 , ext )  
 ・ ・ ・ 式 7

ただし、対象の画素が R O I 内画素である場合は ext = 255 とし、R O I 外画素である場合は、ext は、R O I 外透明度指定インタフェース 4 c に表示された R O I 外不透明度指定スライダーで指定された値とする。

【 0 0 9 1 】

このように、二種類の光音響画像の R O I 内外の各画素について、式 4 ~ 7 を用いて色の割り当てを行うことで、コントラスト調整、不透明度調整を行うことができる。なお、例示したカラー表示割り当て以外の色割り当て方法を用いてももちろん構わない。

第二の実施形態に係る光音響イメージング装置は、以上のようにしてコントラスト調整および不透明度調整を行った第一および第二の光音響画像を重畳し、画像表示領域 4 1 に表示する。

【 0 0 9 2 】

以上、説明したように、本発明は、光音響画像と超音波画像との重畳に限らず、異なる光音響画像同士を重畳表示する場合にも適用することができる。

第二の実施形態では、複数の光音響画像に対して個別にコントラスト調整、不透明度調整を行ったうえで重畳表示を行うことで、R O I 内部の信号の視認性を向上させ、R O I 外部の信号 ( ノイズ、アーチファクト ) を目立たなくさせることができる。

【 0 0 9 3 】

なお、第二の実施形態では、コントラスト調整、不透明度調整を行うための U I を二つつ設け、二枚の画像に対する処理を行う例を例示したが、三枚以上の画像に対してそれぞれコントラスト調整、不透明度調整を行い、重畳しても構わない。

【 0 0 9 4 】

なお、各実施形態の説明は本発明を説明する上での例示であり、本発明は、発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更または組み合わせる実施することができる。

例えば、実施形態の説明では、グレースケール画像における輝度値の範囲を指定することでコントラストの調整を行ったが、入力画像はグレースケール画像以外であってもよい。この場合、画素値、すなわち各色の輝度値に基づいてコントラスト調整を行ってもよい。

本発明は、上記処理の少なくとも一部を含む被検体情報取得装置の制御方法として実施することもできるし、これらの方法を被検体情報取得装置に実行させるプログラムとして実施することもできる。上記処理や手段は、技術的な矛盾が生じない限りにおいて、自由に組み合わせる実施することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 5 】

1 ・ ・ ・ 光音響イメージング装置、 1 0 ・ ・ ・ 光音響画像取得手段、 2 0 ・ ・ ・ 超音波画像取得手段、 3 0 ・ ・ ・ 画像生成手段、 3 1 ・ ・ ・ 光音響画像加工手段、 3 2 ・ ・ ・ 画像合成手段、 5 0 ・ ・ ・ 操作入力手段

10

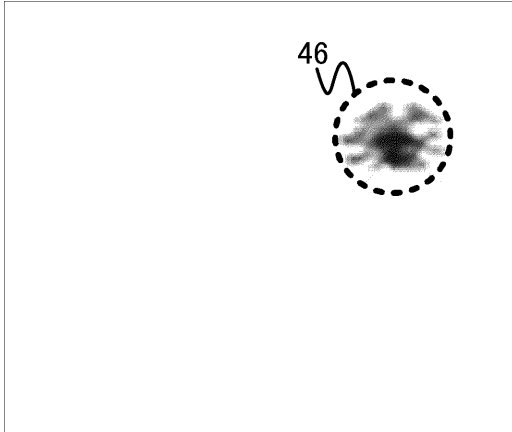
20

30

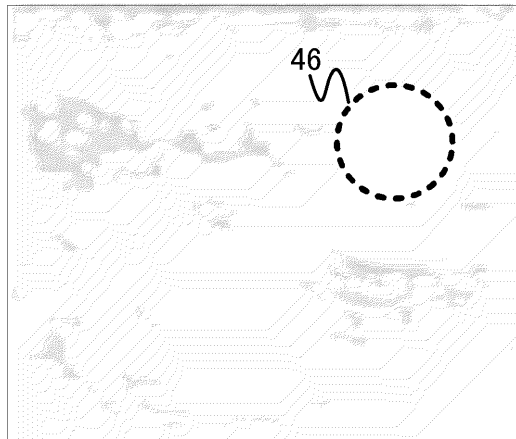
40



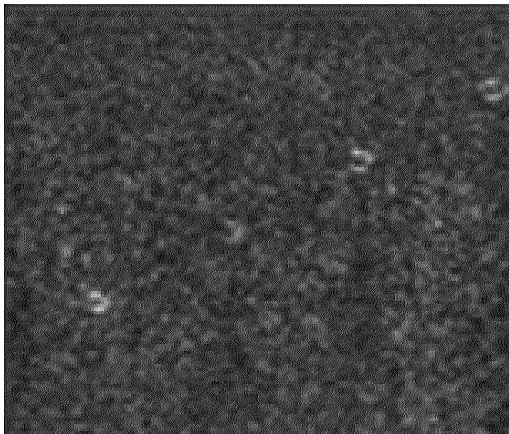
【図 5】



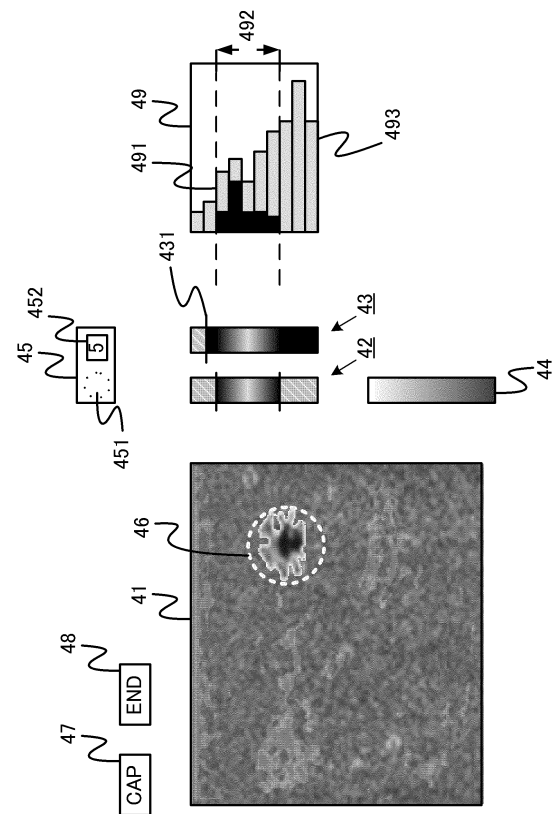
【図 6】



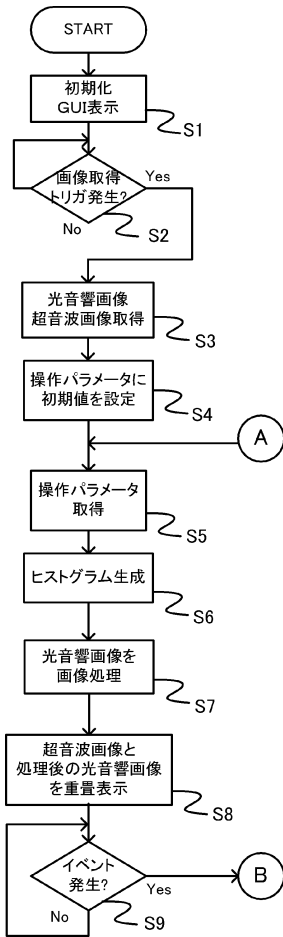
【図 7】



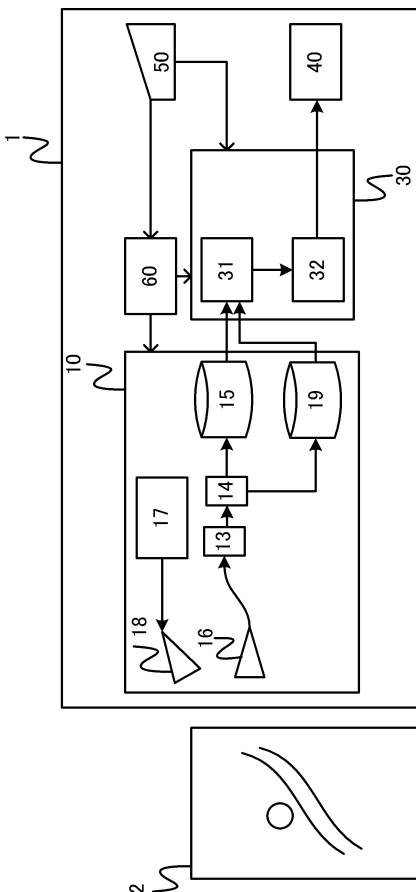
【図 8】



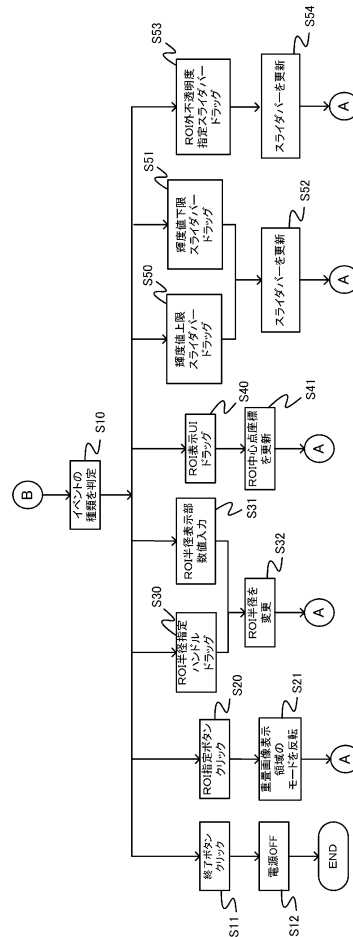
【 図 9 A 】



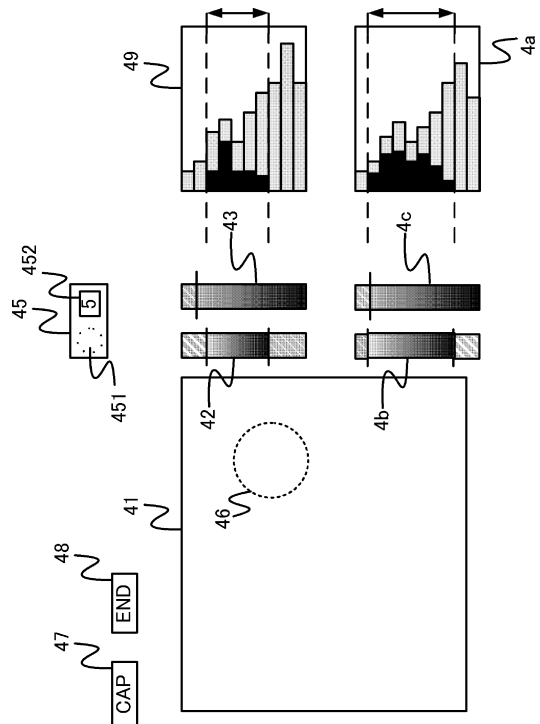
【 図 1 0 】



【 図 9 B 】



【 図 1 1 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 中村 秀一  
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 森口 正治

- (56)参考文献 特開2012-239784(JP,A)  
特開平10-155795(JP,A)  
特開2012-231878(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
A61B 8/00 - 8/15