

(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.

A 61 B 8/13 (2006.01)

F 1

A 61 B 8/13

請求項の数 27 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2012-286546 (P2012-286546)
 (22) 出願日 平成24年12月28日 (2012.12.28)
 (65) 公開番号 特開2014-128318 (P2014-128318A)
 (43) 公開日 平成26年7月10日 (2014.7.10)
 審査請求日 平成27年12月24日 (2015.12.24)

(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
 (74) 代理人 100085006
 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畠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、第二の画像と重畠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】

10

20

30

40

50

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、

10

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、

20

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、を重畠して表示させる重畠処理手段と、

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

30

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

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】

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。

20

【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 805 nm 以下の光を吸収する率が高く、還元ヘモグロビンは 805 nm 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畠して表示する場合、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畠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、第二の画像と重畠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畠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。

【0013】

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畠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を関連した第二の画像と、を重畠して表示させる重畠処理手段と、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】

【0014】

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。

30

【図面の簡単な説明】

【0015】

【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畠画像表示モードの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】重畠画像の例を示す図。

【図9A】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9B】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10】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11】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】

【0016】

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

【0017】

(第一の実施形態)

<システム構成>

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

【0018】

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畠合成し(以下、単に重畠と称する)、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。

【0019】

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10、超音波画像取得手段20、画像生成手段30、画像生成手段40、操作入力手段50、コントローラ手段60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

【0020】

<<光音響画像取得手段10>>

光音響画像取得手段10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、生体の機能情報を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10は、光照射制御手段11、光照射手段12、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、超音波プローブ16から構成される。

30

【0021】

光照射手段12は、被検体である生体に照射する近赤外線の計測光を発生させる手段であり、光照射制御手段11は、光照射手段12を制御する手段である。

光照射手段12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

【0022】

また、レーザ光の波長は、生体内において吸収が少ない700nmから1100nmの領域であることが好ましい。ただし、比較的生体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400nmから1600nm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。

【0023】

超音波プローブ16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、100KHzから100MHzの超音波であるため、超音波プローブ16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(PZT)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 C M U T (Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducer)、磁性膜を用いる M M U T (Magnetic MUT) なども用いることができる。また、圧電薄膜を用いる P M U T (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用 G U I 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

【0031】

<<画像表示手段40>>

画像表示手段40は、画像生成手段30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30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。

【0032】

<<操作入力手段50>>

操作入力手段50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、マウスやペントップ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40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

【0033】

<<コントローラ手段60>>

コントローラ手段60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。

【0034】

<<超音波プローブの配置例>>

20

図1では、光音響画像取得手段10が用いる超音波プローブ16と、超音波画像取得手段20が用いる超音波プローブ22が互いに独立している例を示した。しかし、光音響撮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16を省略し、時分割制御によって、光音響画像取得手段10および超音波画像取得手段20が超音波プローブ22を共用するようにしてもよい。図2は、超音波プローブ22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13についても、超音波信号計測手段23と共に用いるため、図2では省略している。

【0035】

30

<操作用G U I>

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30によって生成され、画像表示手段40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ーフェースを説明する。

【0036】

<<画像を表示するインターフェース>>

画像表示領域41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40mm×縦(深さ)30mm、1画素あたり12ビット階調(4096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40mm×縦(深さ)30mm、1画素あたり12ビット階調(4096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。

【0037】

<<光音響画像のコントラストを調整するインターフェース>>

50

輝度値指定インターフェース 4 2 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ーフェースである。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ーフェースである。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 R O I が既に指定されているものとして当該インターフェースの説明を行う。R O I の指定方法については後述する。

【 0 0 3 8 】

輝度値指定インターフェース 4 2 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 4 2 1 であり、もう一つが、輝度値下限スライダバー 4 2 2 である。操作用 G U I の初期画面では、各スライダバーは、光音響画像の R O I 内部に存在する画素（以下、R O I 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

【 0 0 3 9 】

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、R O I 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 4 2 2 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 4 2 1 は、輝度値 m を表す位置に配置される。そして、n ~ 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、R O I 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

【 0 0 4 0 】

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。

【 0 0 4 1 】

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 4 2 1 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 4 2 1 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 4 2 1 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。

【 0 0 4 2 】

次に、スライダバー 4 2 2 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 4 2 1 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 4 2 2 を移動させたとする。この場合、スライダバー 4 2 1 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 4 2 2 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

【 0 0 4 3 】

このように、輝度値指定インターフェース 4 2 に配置された二つのスライダバーによって、R O I 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 3 0 によって生成され、操作入力手段 5 0 によって操作される輝度値指定インターフェース 4 2 が、本発明における画素値範囲指定手段を構成する。

【 0 0 4 4 】

<<光音響画像の R O I 外部の不透明度を調整するインターフェース>>

10

20

30

40

50

R O I 外透明度指定インターフェース 4 3 は、取得した光音響画像の R O I 外部の画素の不透明度を調整するためのインターフェースである。R O I 外透明度指定インターフェース 4 3 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。

【 0 0 4 5 】

R O I 外透明度指定インターフェース 4 3 には、一種類のスライダバー（R O I 外不透明度指定スライダバー 4 3 1）が重ねて表示される。スライダバー 4 3 1 は、R O I として指定された領域以外の領域の画素（以下、R O I 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 4 3 1 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 5 0 %）に配置される。

R O I 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 5 0 % を示す位置にあった場合、光音響画像の R O I 外画素に対して、不透明度を 5 0 % に設定する画像処理が行われる。

【 0 0 4 6 】

なお、スライダバー 4 3 1 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 4 3 1 をドラッグした場合を考える。この場合、R O I 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、画像を重畠した際に、R O I 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。

また、初期値よりも上側にスライダバー 4 3 1 をドラッグした場合、R O I 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、画像を重畠した際に、R O I 外画素の透過率が低くなり、背景画像が見えにくくなる。

【 0 0 4 7 】

<<光音響画像の R O I を指定するインターフェース>>

次に、光音響画像の R O I を指定するユーザインターフェースについて説明する。

R O I 指定部 4 5 は、光音響画像の R O I を指定するためのインターフェースである。R O I 指定部 4 5 は、R O I 指定ボタン 4 5 1 と、R O I 半径表示部 4 5 2 から構成される。R O I 指定ボタン 4 5 1 をマウスでクリックすることで、R O I 指定モードとなる。また、R O I 指定ボタン 4 5 1 を再度クリックすることで、重畠画像表示モードとなる。

【 0 0 4 8 】

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

R O I 指定モードでは、画像表示領域 4 1 に、光音響画像と、R O I の範囲を表示する図形である R O I 表示 4 6 が表示される。R O I 表示 4 6 は、他の U I 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。R O I 表示 4 6 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、R O I 指定モードにおいては、R O I 半径指定ハンドル 4 6 1 が、R O I 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、R O I 半径指定ハンドル 4 6 1 のいずれか 1 つをマウスでドラッグすることで、R O I 半径を変更することができる。

このとき、ドラッグ操作によって変更された R O I 半径は、同時に R O I 半径表示部 4 5 2 にも表示される。また、逆に、R O I 半径表示部 4 5 2 に R O I 半径を数値で直接入力することで、R O I 半径を指定することも可能である。この場合、入力された R O I 半径が反映され、R O I 表示 4 6 が更新される。画像生成手段 3 0 によって生成され、操作入力手段 5 0 によって操作される R O I 指定部 4 5 および R O I 表示 4 6 が、本発明における関心領域指定手段を構成する。

【 0 0 4 9 】

次に、重畠画像表示モードについて説明する。重畠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

10

20

30

40

50

置されて画像表示領域41に表示されるモードである。図4が、重畠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。重畠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461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】

<<他のUI>>

他のUIについて、図4を参照して説明する。

符号44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47は、超音波画像取得手段10および光音響画像取得手段20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。10

符号48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49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30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30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491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493を生成する。20

【0052】

画像生成手段30は、ROI内ヒストグラム491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421の値として設定し、最小輝度値をスライダバー422の値として設定する。以降、スライダバー421が表す輝度値をROI_{max}、スライダバー422が表す輝度値をROI_{min}と表す。

なお、輝度値指定インターフェース42が表す領域のうち、スライダバー421より上側の領域、およびスライダバー422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。30

【0053】

そして、光音響画像内の全画素について、ROI_{max}およびROI_{min}を用いて、輝度値の再割り当てを行う。具体的には、ROI_{min}以下の値を持つ画素の輝度値を最低輝度値、ROI_{max}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31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。40

【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。

【0056】

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。

【0057】

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 R O I maxのとき、Vroi = 1280
- (2) R O I min < Vpix < R O I max のとき、 $Vroi = 1280 \times (Vpix - R O I min) / (4096 \times (R O I max - R O I min))$
- (3) Vpix R O I minのとき、Vroi = 0
- 式1 (0 Vroi 1280)

【0058】

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ーフェース42に表示してもよい。

【0059】

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extを設定し、不透明度extを、ROI外部の全画素に対して設定する。不透明度ext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ext = 128) である。

【0060】

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, ext) = (0, 0, Vroi+128, ext)
- (2) 127 Vroi < 382のとき、(R, G, B, ext) = (0, Vroi-127, 255, ext)
- (3) 382 Vroi < 637のとき、(R, G, B, ext) = (0, 255, 637-Vroi, ext)
- (4) 637 Vroi < 892のとき、(R, G, B, ext) = (Vroi-637, 255, 0, ext)
- (5) 892 Vroi < 1147のとき、(R, G, B, ext) = (0, 1147-Vroi, 255, ext)
- (6) 1147 Vroi 1280のとき、(R, G, B, ext) = (1402-Vroi, 0, 0, ext)
- 式3

【0061】

10

20

30

40

50

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、超音波画像に重畠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畠画像を生成する処理を、処理フロー・チャート図である図9Aおよび図9Bを参照しながら説明する。

【0063】

ステップS1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30が、図3に示した操作用GUIを画像表示手段40に表示する。

ステップS2では、画像取得ボタン47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S3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S3では、光音響画像取得手段10が光音響画像を、超音波画像取得手段20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15に、超音波画像は超音波画像蓄積手段25に記憶される。

ステップS4では、光音響画像加工手段31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（重畠画像表示モード、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、モードを重畠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5mmに設定する。

【0065】

30

ステップS5では、光音響画像加工手段31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。

【0066】

ステップS6では、光音響画像加工手段31が、ステップS5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49で示した領域に表示される。

また、スライダバー421, 422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421, 422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421, 422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431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431が一度も操作されていない場合、extは128である。

【0067】

40

ステップS7では、ステップS3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S3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S7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ーフェース42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。

【0068】

ステップS8では、画像合成手段32が、ステップS3で取得した超音波画像に、ステップS7で画像処理を行った光音響画像を重畠し、ROI表示UI46と共に画像表示領域41に表示する。このとき、モードがROI指定モードである場合はROI半径指定ハンドル461を表示する。モードが重畠画像表示モードである場合は、ROI半径指定ハンドルの表示は行わない。

【0069】

ステップS9は、操作用GUI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9BのステップS10に遷移する。10

【0070】

ステップS10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48がクリックされた場合(S11)、ステップS12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。

【0071】

ROI指定ボタン451がクリックされた場合(S20)、ステップS21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。現在のモードが重畠画像表示モードである場合は、ROI指定モードに遷移し、ROI指定モードである場合は、重畠画像表示モードに遷移する。なお、現在のモードがROI指定モードである場合にのみ、ROI表示46およびROI半径指定ハンドル461のドラッグ、ROI半径表示部452への数値入力が可能になる。処理が終了すると、ステップS5へ遷移する。20

【0072】

ROI半径指定ハンドル461がドラッグされた場合(S30)、ステップS32へ遷移し、ROI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ROIの中心点座標からROI半径を計算し、ROI半径を表す操作パラメータを更新する。

また、算出されたROI半径を、ROI半径表示部452に反映させ、ROI表示46を更新する。処理が終了すると、ステップS5へ遷移する。30

【0073】

ROI半径表示部452に数値が入力された場合(S31)も、ステップS32へ遷移し、ROI半径の変更を行う。具体的には、入力された数値をROI半径の値とし、ROI半径を表す操作パラメータを更新する。また、当該ROI半径に従ってROI表示46を更新する。処理が終了すると、ステップS5へ遷移する。

【0074】

ROI表示46がドラッグされた場合(S40)、ステップS41へ遷移し、ROIの移動を行う。具体的には、ドラッグ完了時のROI表示46の中心点座標を取得し、取得した中心点座標を用いて、ROI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ROI表示46を更新する。処理が終了すると、ステップS5へ遷移する。40

【0075】

輝度値上限スライダバー421がドラッグされた場合(S50)、あるいは輝度値下限スライダバー422がドラッグされた場合(S51)は、ステップS52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S5へ遷移する。

また、ROI外不透明度指定スライダバー431がドラッグされた場合(S53)、ステップS54に遷移し、スライダバー431の位置を更新する。処理が終了すると、ステップS5へ遷移する。

各スライダバーがドラッグされた場合、ROI_{max}、ROI_{min}、extがステップS6で再設定され、設定した値を用いてステップS7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、ROI 内部の信号の視認性を向上させ、ROI 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 750 nm 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 830 nm 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。

10

20

【 0 0 8 0 】

図 10 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 18 は、第一の実施形態に係る光照射手段 12 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 17 は、第一の実施形態に係る光照射制御手段 11 と類似するが、光照射手段 18 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 14 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 15 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 19 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。

30

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 20 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 11 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 GUI 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 GUI 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 GUI 表示は、ヒストグラム表示領域、輝度値指定インターフェース、ROI 外透明度指定インターフェースを、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。

40

【 0 0 8 3 】

ヒストグラム表示領域 49 は、第一の光音響画像の ROI 内部および ROI 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 4a は、第二の光音響画像の ROI 内部および ROI 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、輝度値指定インターフェース 42 は第一の光音響画像の輝度値を調整するためのインターフェースであり、輝度値指定インターフェース 4b は第二の光音響画像の輝度値を調整するためのインターフェースである。

また、ROI 外透明度指定インターフェース 43 は第一の光音響画像の ROI 外部の画素

50

の不透明度を調整するためのインターフェースであり、同4cは第二の光音響画像のROI外部の画素の不透明度を調整するためのインターフェースである。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。

【0084】

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。10

【0085】

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ROI内ヒストグラムから、最大値ROI1maxと最小値ROI1minを抽出し、ROI1maxに淡赤色(255, 191, 191, 255)を、ROI1min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128～255の範囲で変化し、次にG・B座標が同時に0～191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る色座標は320通りとなる。20

【0086】

同様に、第二の光音響画像のROI内ヒストグラムから、最大値ROI2maxと最小値ROI2minを抽出し、ROI2maxに淡紫色(191, 191, 255, 255)を、ROI2min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128～255の範囲で変化し、次にR・G座標が同時に0～191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る色座標は同様に320通りとなる。20

【0087】

第二の実施形態では、置き換え先の色座標が320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320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、320階調に置き換えた値V1roiは、式4のようになる。30

$$(1) V1pix \text{ ROI1max のとき, } V1roi = 319$$

$$(2) ROI1min < V1pix < ROI1max のとき, V1roi = 319 \times (V1pix - ROI1min) / (4096 \times (ROI1max - ROI1min))$$

$$(3) V1pix \text{ ROI1min のとき, } V1roi = 0$$

$$\cdots \text{式4} (0 \quad V1roi \quad 319)$$

【0088】

V1roiを、色座標に置き換えると以下のようになる。

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

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

$$\cdots \text{式5}$$

ただし、対象の画素がROI内画素である場合はext=255とし、ROI外画素である場合は、extは、ROI外透明度指定インターフェース43に表示されたROI外不透明度指定スライダーで指定された値とする。40

【0089】

同様に、1画素あたり12ビット階調(4096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。

$$(1) V2pix \text{ ROI2max のとき, } V2roi = 319$$

$$(2) ROI2min < V2pix < ROI2max のとき, V2roi = 319 \times (V2pix - ROI2min) / (4096 \times (ROI2max - ROI2min))$$

50

) / (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のような。 10

(1) 0 V2roi < 128のとき、(R , G , B , ext) = (0 , 0 , V2roi+128 , ext)
(2) 128 V2roi 319のとき、(R , G , B , ext) = (V2roi-128 , V2
roi-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ーフェース 4 c に表示されたR O I 外不透明度指定スライダバ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畠し、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畠に限らず、異なる光音響画像同士を重畠表示する場合にも適用することができる。 20

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畠表示を行うことで、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 を二つずつ設け、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、重畠しても構わない。

【 0 0 9 4 】

なお、各実施形態の説明は本発明を説明するまでの例示であり、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て実施することができる。 30

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。

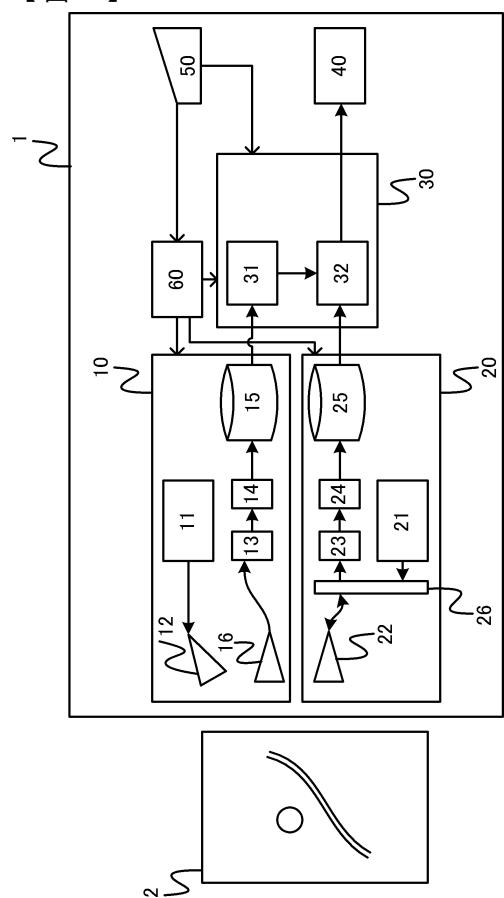
本発明は、上記処理の少なくとも一部を含む被検体情報取得装置の制御方法として実施することもできるし、これらの方法を被検体情報取得装置に実行させるプログラムとして実施することもできる。上記処理や手段は、技術的な矛盾が生じない限りにおいて、自由に組み合わせて実施することができる。 40

【 符号の説明 】

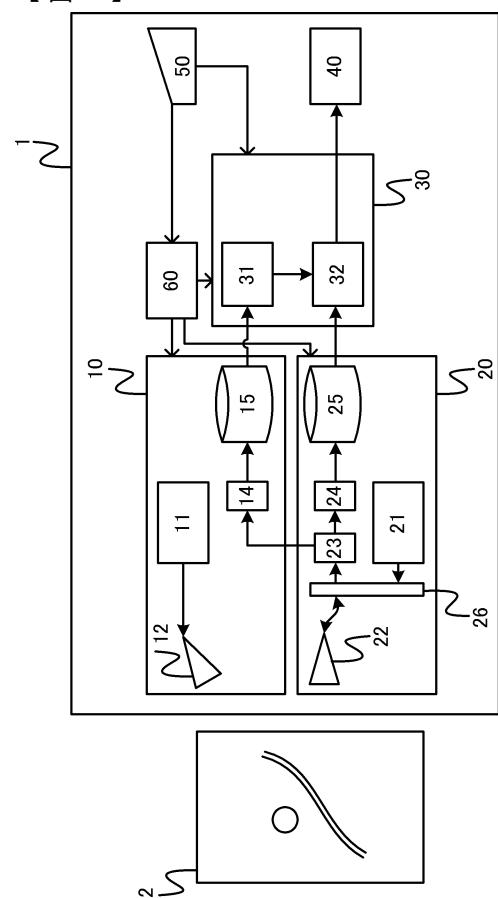
【 0 0 9 5 】

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

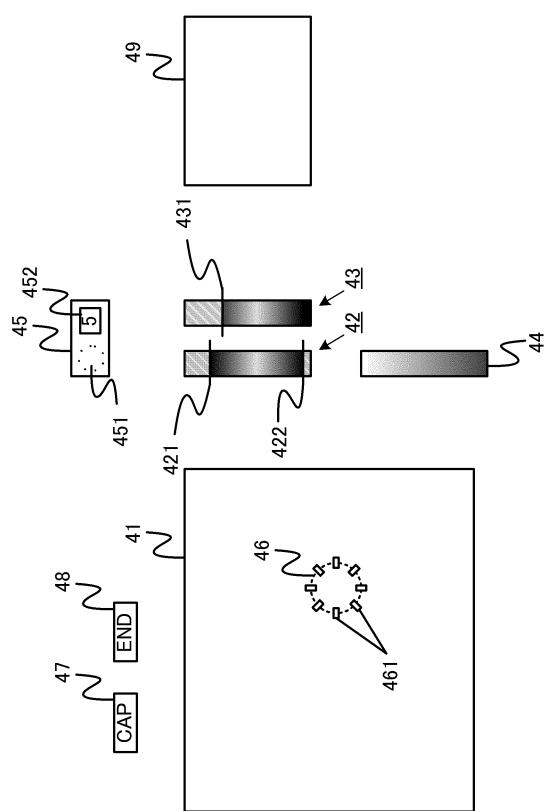
【図1】



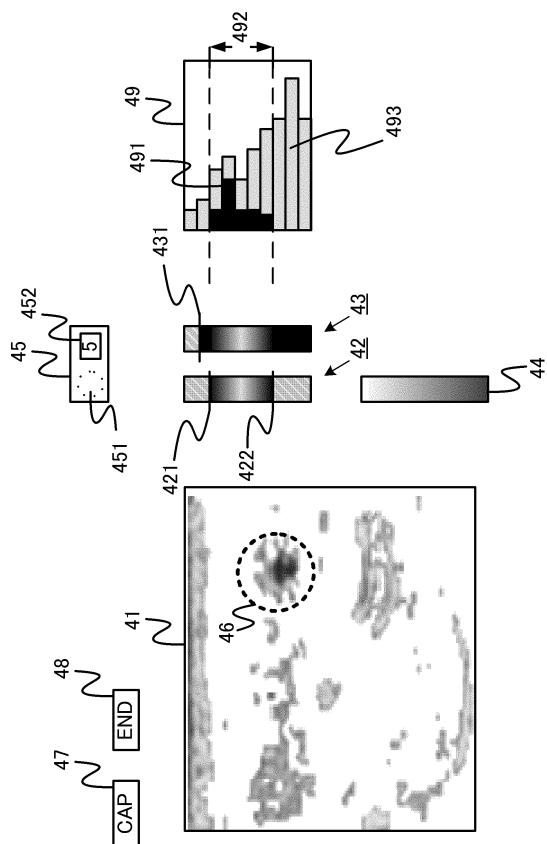
【図2】



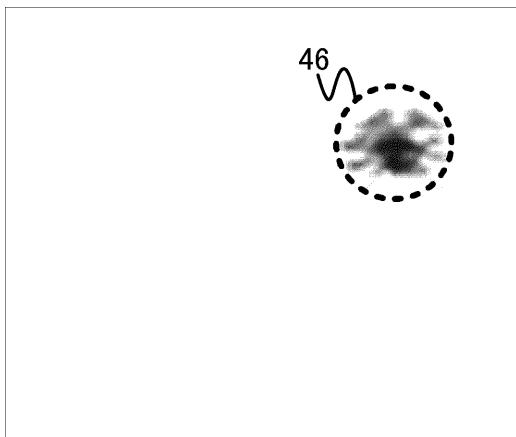
【図3】



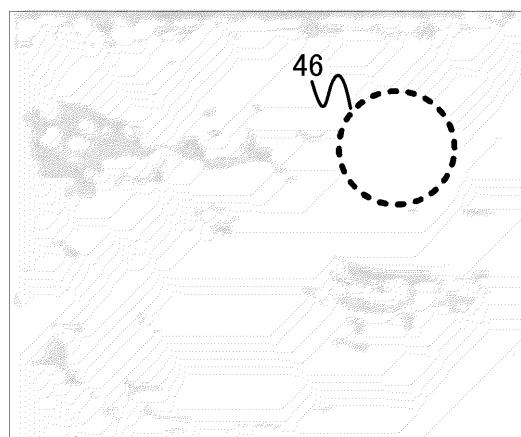
【図4】



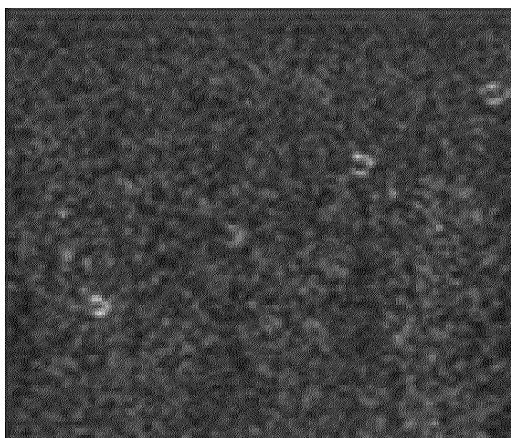
【図5】



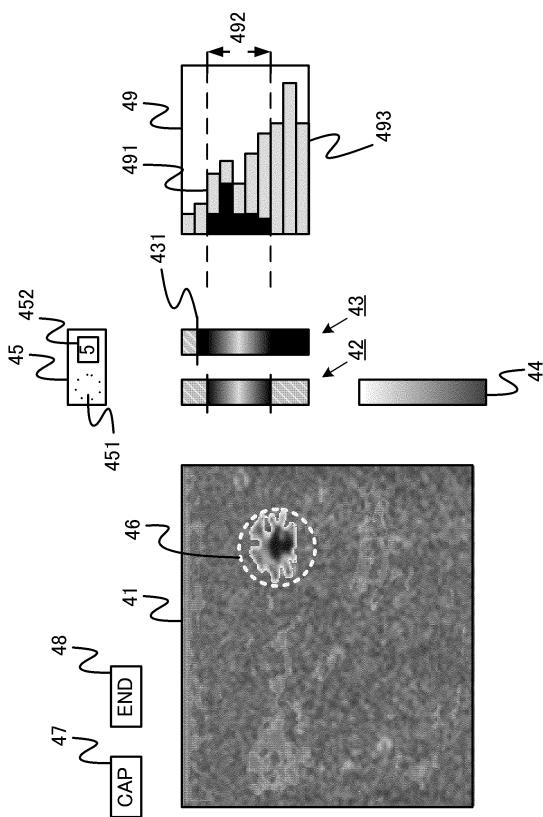
【図6】



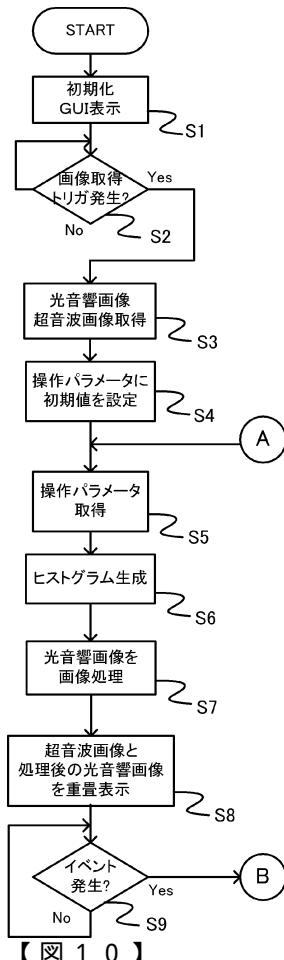
【図7】



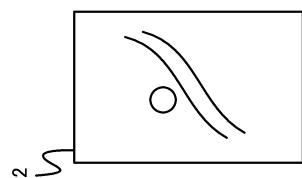
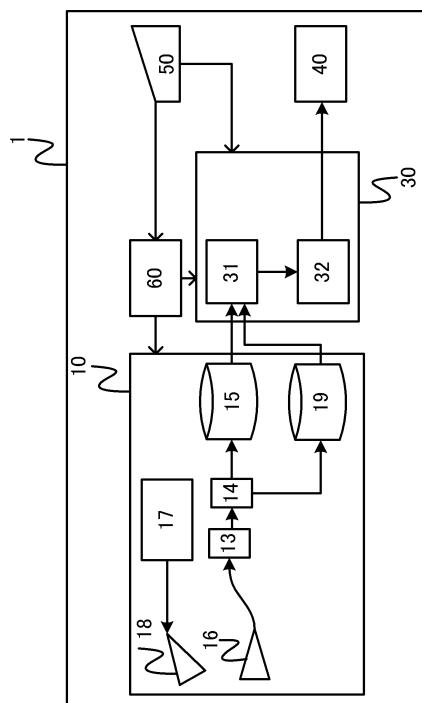
【図8】



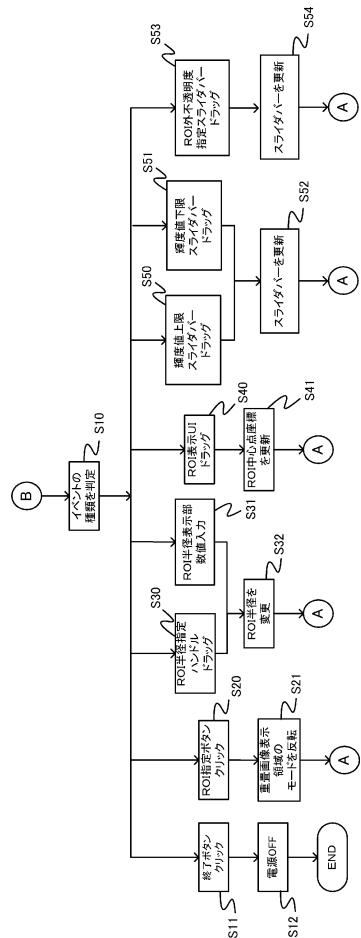
【図 9 A】



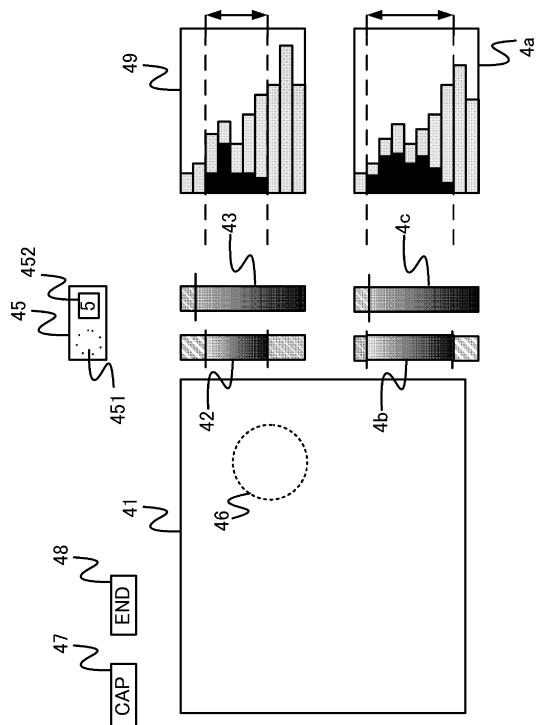
【図 10】



【図 9 B】



【図 11】



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)
A 61 B 8 / 00 - 8 / 15