

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5404358号
(P5404358)

(45) 発行日 平成26年1月29日(2014.1.29)

(24) 登録日 平成25年11月8日(2013.11.8)

(51) Int.Cl.	F 1
A 6 1 B 3/10	(2006.01)
A 6 1 B 3/14	(2006.01)
A 6 1 B 3/12	(2006.01)
G 0 6 T 1/00	(2006.01)
A 6 1 B	3/10
A 6 1 B	3/14
A 6 1 B	3/12
G 0 6 T	1/00
	2 9 0 B

請求項の数 22 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2009-278949 (P2009-278949)
(22) 出願日	平成21年12月8日 (2009.12.8)
(65) 公開番号	特開2011-120657 (P2011-120657A)
(43) 公開日	平成23年6月23日 (2011.6.23)
審査請求日	平成24年4月10日 (2012.4.10)

(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	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(74) 代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
(72) 発明者	岩瀬 好彦 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 増渕 俊仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法、及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検査物の三次元画像が取得される前に且つ該被検査物における深度方向の位置を調整する際に取得された該被検査物の複数の二次元断層画像のうち、前記複数の二次元断層画像よりも少ない枚数の二次元断層画像を選択する選択手段と、

前記選択された複数の二次元断層画像を重ね合わせ処理して新たな二次元断層画像を生成する生成手段と、

前記複数の二次元断層画像が取得された後に取得された三次元画像と前記新たな二次元断層画像とのうち少なくとも一方を表示手段に表示させる表示制御手段と、

を有することを特徴とする画像処理装置。

10

【請求項 2】

前記複数の二次元断層画像は、前記被検査物における平面方向の所定の位置で取得された画像であり、

前記三次元画像は、前記被検査物における平面方向の異なる位置で取得された複数の二次元断層画像から構成された画像であることを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記複数の二次元断層画像は、前記被検査物の三次元画像を取得する指示前に前記被検査物における平面方向の略同一の位置で取得された画像であり、

前記三次元画像は、前記被検査物の三次元画像を取得する指示後に前記被検査物のおけ

20

る平面方向の異なる位置で取得された複数の二次元断層画像から構成された画像であることを特徴とする請求項1あるいは2に記載の画像処理装置。

【請求項4】

前記被検査物の三次元画像を取得する指示直前の二次元断層画像の深度方向の位置に、前記複数の二次元断層画像のうち前記指示直前の二次元断層画像の他の二次元断層画像の深度方向の位置を合わせる位置合わせ手段を有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の画像処理装置。

【請求項5】

前記重ね合わせ処理は、加算平均処理、中央値算出処理、重み付け加算平均処理のうち少なくとも一つの処理であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の画像処理装置。

10

【請求項6】

被検査物の三次元画像が取得される前に且つ該被検査物における深度方向の位置を調整する際に取得された該被検査物の複数の二次元断層画像のうち、前記複数の二次元断層画像よりも少ない枚数の二次元断層画像を選択する選択手段と、

前記選択された複数の二次元断層画像を重ね合わせ処理して新たな二次元断層画像を生成する生成手段と、

を有することを特徴とする画像処理装置。

【請求項7】

前記選択手段が、前記複数の二次元断層画像のうち画質評価値が閾値以上である二次元断層画像を選択することを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載の画像処理装置。

20

【請求項8】

前記被検査物が被検眼であり、

前記新たな二次元断層画像における前記被検眼の眼底の層を検出する第一の層検出手段と、

前記第一の層検出手段の検出結果に基づいて、前記三次元画像を構成する複数の二次元断層画像それぞれから前記眼底の層を検出する第二の層検出手段と、

を有することを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載の画像処理装置。

【請求項9】

30

前記第二の層検出手段が、

前記第一の層検出手段の検出結果に基づいて、前記三次元画像を構成する複数の二次元断層画像のうち、該新たな二次元断層画像が取得された位置に対応する位置で取得された第一の二次元断層画像から前記眼底の層を検出し、

前記検出した結果に基づいて、前記三次元画像を構成する複数の二次元断層画像のうち、前記第一の二次元断層画像に隣接する第二の二次元断層画像から前記眼底の層を検出することを特徴とする請求項8に記載の画像処理装置。

【請求項10】

前記三次元画像を構成する複数の二次元断層画像のうち、該新たな二次元断層画像が取得された位置に対応する位置で取得された二次元断層画像を表示手段に表示させ、前記新たな二次元断層画像から検出した層を該表示した二次元断層画像に重ねて表示させる表示制御手段を有することを特徴とする請求項8あるいは9に記載の画像処理装置。

40

【請求項11】

コンピュータを、請求項1乃至10のいずれか1項に記載の画像処理装置の各手段として実行させるためのプログラム。

【請求項12】

請求項1乃至10のいずれか1項に記載の画像処理装置と、前記被検査物を撮影する撮影装置とが通信可能に接続される画像処理システムであって、

前記撮影装置が、前記被検査物の三次元画像が取得される前に且つ該被検査物における深度方向の位置を調整する際に、該被検査物を撮影して該被検査物の複数の二次元断層画

50

像を取得することを特徴とする画像処理システム。

【請求項 1 3】

前記被検査物の三次元画像を取得する指示を行う指示手段を有し、

前記複数の二次元断層画像は、前記指示手段による指示前に前記被検査物における平面方向の略同一の位置で取得された画像であり、

前記三次元画像は、前記指示手段による指示後に前記被検査物における平面方向の異なる位置で取得された複数の二次元断層画像から構成された画像であることを特徴とする請求項 1 2 に記載の画像処理システム。

【請求項 1 4】

被検査物の三次元画像が取得される前に且つ該被検査物における深度方向の位置を調整する際に取得された該被検査物の複数の二次元断層画像のうち、前記複数の二次元断層画像よりも少ない枚数の二次元断層画像を選択する選択手段と、

前記選択された複数の二次元断層画像を重ね合わせ処理して新たな二次元断層画像を生成する生成手段と、

を有することを特徴とする撮影装置。

【請求項 1 5】

被検査物の三次元画像が取得される前に且つ該被検査物における深度方向の位置を調整する際に、該被検査物の複数の二次元断層画像のうち、前記複数の二次元断層画像よりも少ない枚数の二次元断層画像を選択する工程と、

前記選択された複数の二次元断層画像を重ね合わせ処理して新たな二次元断層画像を生成する工程と、

前記複数の二次元断層画像が取得された後に取得された三次元画像と前記新たな二次元断層画像とのうち少なくとも一方を表示手段に表示させる工程と、

を有することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 1 6】

前記被検査物の三次元画像を取得する指示直前の二次元断層画像の深度方向の位置に、前記複数の二次元断層画像のうち前記指示直前の二次元断層画像の他の二次元断層画像の深度方向の位置を合わせる工程を有することを特徴とする請求項 1 5 に記載の画像処理方法。

【請求項 1 7】

被検査物の三次元画像が取得される前に且つ該被検査物における深度方向の位置を調整する際に取得された該被検査物の複数の二次元断層画像のうち、前記複数の二次元断層画像よりも少ない枚数の二次元断層画像を選択する工程と、

前記選択された複数の二次元断層画像を重ね合わせ処理して新たな二次元断層画像を生成する工程と、

を有することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 1 8】

前記選択する工程において、前記複数の二次元断層画像のうち画質評価値が閾値以上である二次元断層画像を選択することを特徴とする請求項 1 5 乃至 1 7 のいずれか 1 項に記載の画像処理方法。

【請求項 1 9】

前記被検査物が被検眼であり、

前記新たな二次元断層画像における前記被検眼の眼底の層を検出する第一の層検出工程と、

前記第一の層検出工程の検出結果に基づいて、前記三次元画像を構成する複数の二次元断層画像それぞれから前記眼底の層を検出する第二の層検出工程と、

を有することを特徴とする請求項 1 5 乃至 1 8 のいずれか 1 項に記載の画像処理方法。

【請求項 2 0】

前記第二の層検出工程において、

前記第一の層検出工程の検出結果に基づいて、前記三次元画像を構成する複数の二次元

10

20

30

40

50

断層画像のうち、該新たな二次元断層画像が取得された位置に対応する位置で取得された第一の二次元断層画像から前記眼底の層を検出し、

前記検出した結果に基づいて、前記三次元画像を構成する複数の二次元断層画像のうち、前記第一の二次元断層画像に隣接する第二の二次元断層画像から前記眼底の層を検出すことを特徴とする請求項19に記載の画像処理方法。

【請求項21】

前記三次元画像を構成する複数の二次元断層画像のうち、該新たな二次元断層画像が取得された位置に対応する位置で取得された二次元断層画像を表示手段に表示させ、前記新たな二次元断層画像から検出した層を該表示した二次元断層画像に重ねて表示させる工程を有することを特徴とする請求項19あるいは20に記載の画像処理方法。

10

【請求項22】

請求項15乃至21のいずれか1項に記載の画像処理方法の各工程をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、眼部における断層画像の高画質化に関する技術である。

【背景技術】

【0002】

光干渉断層計(OCT; Optical Coherence Tomography)などの眼部の断層画像撮影装置は、網膜層内部の状態を三次元的に観察することが可能である。この断層画像撮影装置は、疾病的診断をより的確に行うのに有用であることから近年注目を集めている。

20

【0003】

眼科の診断においては、網膜層全体の状態を把握するためにボリューム画像と、低画質な断層画像には写らない層を把握するための高画質な二次元断層画像とが用いられる場合がある。

【0004】

OCTで得られる断層画像の画質は、網膜に入射される近赤外光の強度に依存する。このため、断層画像の画質を向上させるためには、網膜に照射する光の強度を上げる必要があるが、安全性の観点から、網膜に照射可能な光の強度には限界がある。このため、安全上、問題のない強度範囲で近赤外光の照射を行いつつ、高画質な断層画像を生成することが望まれている。このような要求に対して、撮影した二次元の断層画像群を、互いに重ね合わせることにより、ノイズの少ない断面画像を生成する技術が開示されている(特許文献1参照)。

30

【0005】

一方、OCTで撮影した網膜の断層画像から各層の厚みを計測できれば、緑内障などの疾病的進行度や治療後の回復具合を定量的に診断することが可能となる。これらの層の厚みを定量的に計測するために、コンピュータを用いて断層画像から網膜の各層の境界を検出し、各層の厚みを計測する技術が開示されている(特許文献2参照)。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2008-237238号公報

【特許文献2】特開2007-325831号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、特許文献1では、異なる走査線で撮像された画像から一つの画像を生成している。そのため、ノイズの低減と撮像位置の位置ずれがトレードオフの関係にある。また、

50

眼はまばたきや固視微動などが起こるため、隣接画像同士が類似しているとは限らない。そのため、隣接する画像同士の重ね合わせでは、医師（以下「術者」と呼ぶ場合もある）が最も見たい位置の画像が高画質で得られるとは限らない。また、コンピュータを用いて断層画像から網膜の各層の境界を検出し各層の厚みを計測する場合において、断層画像の層検出の高精度化も望まれている。

【0008】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、断層画像の画質を向上させることを目的とする。または、層検出の精度を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記の目的を達成するための、本発明の一態様による画像処理装置は、
被検査物の三次元画像が取得される前に且つ該被検査物における深度方向の位置を調整する際に取得された該被検査物の複数の二次元断層画像のうち、前記複数の二次元断層画像よりも少ない枚数の二次元断層画像を選択する選択手段と、

前記選択された複数の二次元断層画像を重ね合わせ処理して新たな二次元断層画像を生成する生成手段と、

前記複数の二次元断層画像が取得された後に取得された三次元画像と前記新たな二次元断層画像とのうち少なくとも一方を表示手段に表示させる表示制御手段と、を有する。

また、上記の目的を達成するための、本発明の一態様による画像処理方法は、

被検査物の三次元画像が取得される前に且つ該被検査物における深度方向の位置を調整する際に、該被検査物の複数の二次元断層画像のうち、前記複数の二次元断層画像よりも少ない枚数の二次元断層画像を選択する工程と、

前記選択された複数の二次元断層画像を重ね合わせ処理して新たな二次元断層画像を生成する工程と、

前記複数の二次元断層画像が取得された後に取得された三次元画像と前記新たな二次元断層画像とのうち少なくとも一方を表示手段に表示させる工程と、を有する。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、高画質な断層画像を得る事ができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】画像処理システムの構成を示す図である。

【図2】画像処理装置における断層画像撮影処理の流れを示すフローチャートである。

【図3】ボリューム画像と断層画像生成処理を説明するための図である。

【図4】撮影を行う範囲と撮影指示前後で撮影を行う位置を説明するための図である。

【図5】断層画像において網膜層の撮影位置設定を説明するための図である。

【図6】撮影位置を設定するための走査線パターンの一例を示す図である。

【図7】画像処理システムの構成を示す図である。

【図8】画像処理装置における断層画像撮影処理の流れを示すフローチャートである。

【図9】層検出結果を他の断層画像に適用する一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

（実施例1）

以下、図面を参照しながら、本発明の第1の実施形態について説明する。なお、本実施形態に係る画像処理装置は、被検眼のボリューム画像を撮影するにあたり、網膜層の撮影位置を決めるために撮影している断層画像を用いて、ノイズを低減した二次元断層画像を生成することを特徴としている。なお、ボリューム画像とは、二次元断層画像の集合のことという。

【0013】

本実施形態によれば、1度の撮影で、高画質な二次元断層画像と、広範囲を撮影したボ

10

20

30

40

50

リューム画像とを取得することが可能となる。ここで、高画質とは一度の撮像と比較してS/N比が向上している画像をいう。または、診断に必要な情報量が増えている画像のことをいう。

【0014】

以下、本実施形態に係る画像処理装置を備える画像処理システムについて、詳細を説明する。なお、本実施形態においては、通常の二次元断層画像から1高画質な二次元断層画像と、広範囲を撮影したボリューム画像とを1度の撮影で取得する場合について説明を行う。

【0015】

図1は、本実施形態に係る画像処理装置110を備える画像処理システム100の構成を示す図である。図1に示すように、画像処理システム100は、画像処理装置110が、インターフェースを介して断層画像撮影装置120と接続されることにより構成されている。

10

【0016】

断層画像撮影装置120は、眼部の断層画像を撮像する装置であり、例えばタイムドメイン方式のOCTやフーリエドメイン方式のOCTからなる。なお、断層画像撮影装置120は既知の装置であるため、詳細な説明は省略する。

11

【0017】

画像処理装置110は、画像取得部111、画像記憶部112、画像処理部113、表示制御部114、指示取得部115とを備える。

20

【0018】

画像取得部111は、断層画像撮影装置120により撮影された断層画像を取得し、画像記憶部112に格納する。画像記憶部112では、指示取得部115で取得した、操作による撮影指示のタイミング前後の断層画像をそれぞれ区別して記憶しておく。画像処理部113では、画像記憶部112で区別して記憶している断層画像から、高画質な二次元断層画像と三次元の断層画像とを生成する。

【0019】

図3(a)に、断層画像撮影装置120で撮影した網膜の黄斑部ボリューム画像の模式図を示す。図3(a)において、 $T_1 \sim T_k$ は黄斑部の二次元断層画像である。すなわち、ボリューム画像は異なる箇所を撮影した二次元断層画像の集合により形成される。

30

次に、図2を参照して本実施形態の画像処理装置110の処理手順を示す。

【0020】

<ステップS201>

ステップS201では、網膜層を撮影するために、不図示の制御部により、被検眼の平面方向(図3(a)のx-y平面)と深度方向(図3(a)のz方向)の位置を調整する。ここで深度方向の位置を合わせると、断層像を得るためのコヒーレントゲートの位置を合わせることに相当する。

【0021】

操作者が網膜層の位置合わせを行う間、断層画像撮影装置120は同一箇所を繰り返し走査し続け、同一箇所の二次元断層画像を不図示の表示部に表示する。操作者は、その二次元断層画像を見ながら平面方向と深度方向の位置を調整する。図5は、二次元断層画像中の所望の位置に網膜層を調整して撮影を行う様子を示している。縦軸は時間tを示し、不図示の制御部により網膜層の位置を調整することによって、断層画像のS/Nが高くなる。画像記憶部112では、指示取得部115が撮影開始の指示を取得する前後の断層画像をそれぞれ区別して記憶しておく。通常、医師(術者)は、表示部に映し出される二次元断層画像が所望の位置に落ち着いたら撮影の開始をはじめる。したがって、撮影を開始する前に撮影された画像は、撮影開始のタイミングに近づくにつれて所望の位置に近づいている。そして、所望の位置で落ち着いたら撮影を開始する。

40

【0022】

ここで、図4を用いて網膜層の撮影位置設定と断層画像取得について具体的に説明をす

50

る。

図4(a)は、図3(a)のボリューム画像をx-y平面で見た図である。図4(a)において、Rはボリューム画像を撮影する範囲を示し、Lは、操作者が網膜層の位置合わせを行う間、断層画像撮影装置120が被検眼の同一箇所を繰り返し走査する位置を示している。撮影範囲Rの左横の数値は、二次元断層画像を撮影する位置の番号を示したものである。ここでは、ボリューム画像の縦解像度(y方向)を128、繰り返し撮影をする箇所を中心の64番目とする。そして、操作者はその繰り返し撮影をする断層画像を見ながら、網膜層の位置合わせをする場合を例として説明を行う。図4(b)は、撮影指示前後で撮影をするボリューム画像の位置の番号を示している。図4(b)において、横軸は時間tであり、t₁のタイミングで指示取得部115が撮影指示を取得した場合を示している。指示取得部115が撮影指示を取得するまでは、断層画像撮影装置120は同じ位置(64)を撮影し続け、撮影指示を取得すると、断層画像撮影装置120は異なる位置(1~128)を順番に撮影する。

【0023】

<ステップS202>

ステップS201で、不図示の制御部により網膜層を撮影するのに適した位置に調整を行った後、ステップS202で、不図示の撮影指示部により撮影開始を指示する。

【0024】

<ステップS203>

ステップS203では、操作者が撮影指示(図4(b)t₁のタイミング)をすると、不図示の制御部により、x-y平面を順番に走査して、128枚の二次元断層画像を撮影する。画像取得部111では、撮影指示前は被検眼の同一箇所を繰り返し撮影した断層画像を取得し、撮影指示後は被検眼の異なる箇所を撮影した断層画像を取得する。そのため、画像記憶部112では、撮影指示前と撮影指示後の二次元断層画像を区別して記憶しておく。ここで、画像記憶部112では、撮影指示前の画像を全て保持しておくのではなく、撮影指示のタイミングから遡った所定期間又は所定のN枚の画像(図4(b))を重ね合わせ候補画像として記憶しておくのが望ましい。これは、位置合わせを開始した直後の断層画像は所望の位置とは異なる場所を撮影しているためであり、撮影指示を行う直前の画像は、所望の位置とほぼ同じ位置を撮影しているためである。

【0025】

<ステップS204>

ステップS204では、画像処理部113が、画像記憶部112に記憶された断層画像を用いて、高画質な二次元断層画像と、広範囲を撮影したボリューム画像を生成する。始めに、重ね合わせ処理により、高画質な二次元断層画像を生成する処理について説明をする。

【0026】

画像選択部116は、画像記憶部112に記憶された撮影指示開始前のN枚の二次元断層画像から、所定の条件を満たす画像の選択を行う。まず、まばたきやケラレのおきている断層画像を重ね合わせ候補画像から除く。この場合、撮影中であれば画像記憶部112から候補画像を削除しておくとよい。不要な画像を減らし有用な画像をより残すことができるためである。また、所定の条件を満たす画像が少ない場合には、画像選択部116は、撮影指示のタイミングから遡った所定期間をのばすか、保存する画像の枚数を増やす。これにより、撮影時の画像に近い画像を選択する機会が増え、画質の向上につながる。

【0027】

これらの画像除去の方法としては、二次元断層画像のS/N比を計測し、閾値T_{h1}以下の二次元断層画像は除去する。あるいは、閾値T_{h2}で二値化を行い、閾値以上の面積が一定数以下の二次元断層画像を除去する。閾値は、断層画像撮影装置120の特性を基に事前に設定しておく。または、被検眼毎に判別分析法やP-Tile法などを用いて、動的に閾値を設定するようにしても良い。次に、基準画像を選択する。基準画像としては

10

20

30

40

50

、撮影した最新の画像とする。撮影指示があった時には最新の画像は(図4(b) t_1 のタイミング)の画像となる。ただし、その瞬間の画像がまばたきなどにより除去されている場合には、重ね合わせ候補画像の中で最後に撮影された断層画像(例えば、 $t_1 - 1$ に撮影された断層画像)を基準画像として用いる。これにより、撮影指示開始前に観察中の画像も高画質化することもできる。また、位置合わせの初期では重ねあわせを行わず、所定時間の経過に従い重ねあわせに用いる画像を増やすことでS/Nの向上と画像のボケの抑制との両立を図ることもできる。また、観察時には重ね合わせを行わずに、撮影指示開始後に重ね合わせを行ってもよい。

【0028】

次に、位置合わせ部117において、二次元断層画像同士の位置合わせを行う。位置合わせ処理としては、例えば、2つの断層画像の類似度を表す評価関数を事前に定義しておき、この評価関数の値が最も良くなるように断層画像を変形する。評価関数としては、例えば、画素値で評価する方法が挙げられる(例えば、相関係数を用いて評価を行う方法が挙げられる)。また、断層画像の変形処理としては、例えば、アフィン変換を用いて並進や回転を行ったり、拡大率を変化させたりする処理が挙げられる。重ね合わせ処理には、評価関数の値が閾値 T_{h3} 以上の断層画像を用いる。すなわち、これらの処理によって、重ね合わせ候補画像N枚のうち、重ね合わせ画像としてM枚を選択する。

【0029】

なお、以下、複数断層画像での重ね合わせ処理においては、断層画像間の位置合わせ処理は既に完了しているものとする。

【0030】

ここでは、同一断面における重ね合わせ枚数Mが2枚の場合について説明する。図3(b)は、複数の断層画像を処理し、1枚の断層画像を合成画像として生成する断層画像生成処理(異なる時刻に撮影された、異なる断層画像上に位置する走査線の加算平均処理)を説明するための図である。図3(c)は、各画素あたりM個(本実施例では2個)の画素を用いて加算平均処理を行うことにより生成された高画質な二次元断層画像(合成画像)である。つまり、図3(c)において、 $A_{i,j}'$ は対応する走査線について加算平均処理を行うことにより算出された新たな走査線である。

【0031】

図3(b)において、 $T_{i,j}'$ と $T_{(i+1),j}'$ とは、同一断面をそれぞれ異なる時刻に撮影した断層画像である。 $A_{i,j}'$ 、 $A_{(i+1),j}'$ は、断層画像 $T_{i,j}'$ と $T_{(i+1),j}'$ におけるそれぞれの走査線(A-scan)を表している。画像生成部118は、 $A_{i,j}'$ 、 $A_{(i+1),j}'$ の走査線について加算平均処理を行うことにより、図3(c)における $A_{i,j}''$ を算出する。なお、高画質な二次元断層画像(合成画像)の生成処理は、加算平均処理に限定されるものではなく、中央値算出処理、重み付加算平均処理などを用いてよい。

【0032】

次に、画像生成部118は、画像記憶部112に記憶されている撮影指示後の複数の二元断層画像から図3(a)に示すボリューム画像を生成する。

【0033】

<ステップS205>

ステップS205では、表示制御部114は、ステップS204で生成したボリューム画像と高画質な二次元断層画像の少なくともいずれかを不図示の表示部に表示する。

【0034】

以上の説明から明らかなように、本実施形態では、網膜層の撮影位置を決めるために撮影している断層画像を用いて、高画質な二次元断層画像を生成するとともに、広範囲を撮影したボリューム画像を生成する構成とした。

【0035】

この結果、撮影時間を増やすことなく、高画質な二次元断層画像と、広範囲を撮影したボリューム画像を一度の撮影で取得する事が出来るため、被検者と撮影者の負荷を軽減す

10

20

30

40

50

ることが出来る。また、位置合わせに用いる画像は医師（術者）が観察しながら撮影しているため、位置合わせの終了が近づくにつれて同一場所の二次元画像が取得される。このため、位置ずれの少ない画像を重ね合わせることができ高画質化につながる。

【0036】

さらに、位置合わせに用いた二次元画像から選択した画像を用いることができるため、さらに高画質化が可能である。

【0037】

なお本実施形態では、ボリューム画像と、1枚の高画質な二次元断層画像を生成する方法について説明したが、本発明はこれに限らない。例えば、図6（a）、（b）に示すように、網膜層の位置合わせを行うための走査パターンが複数あっても良い。図6において、Rはボリューム画像を撮影する範囲を示し、L1～L6は、操作者が網膜層の位置合わせを行う間、断層画像撮影装置120が被検眼の同一箇所を繰り返し走査する位置を示している。

【0038】

画像記憶部112では、撮影指示前の二次元断層画像を各走査位置（L1～L6）で区別して記憶しておき、それぞれの位置で上述した処理を行うことによって、複数の高画質な二次元断層画像を取得することが可能となる。

【0039】

（実施例2）

上記第1の実施形態では、網膜層の撮影位置を決めるために撮影している断層画像を用いて、高画質な二次元断層画像を生成するとともに、広範囲を撮影したボリューム画像を生成した。本実施形態では、上記で生成した高画質な二次元断層画像を用いて網膜層のセグメンテーションを行い、その結果を用いて、ボリューム画像における網膜層をセグメンテーションすることを特徴としている。

【0040】

本実施形態によれば、高画質な二次元断層画像でセグメンテーションを行った結果を初期値（あるいはリファレンス）とし、ボリューム画像のセグメンテーションを行う。それにより、ボリューム画像のセグメンテーションを高精度に行う事が可能となる。

【0041】

図7は、本実施形態に係る画像処理装置710を備える画像処理システム700の構成を示す図である。図7に示すように、画像処理装置710は、画像取得部111、画像記憶部112、画像処理部713、表示制御部714、指示取得部115とを備える。このうち、画像処理部713、表示制御部714以外は、上記第1の実施形態と同様の機能を有するため、ここでは説明を省略する。

【0042】

画像処理部713において、第一の層検出部719は、高画質な二次元断層画像から網膜層を検出し、第二の層検出部720は、ボリューム画像から網膜層を検出する。位置合わせ部717は、高画質な二次元断層画像で層検出した結果を、ボリューム画像と位置合わせをする処理を行う。

【0043】

以下、図8、図9を参照して本実施形態の画像処理装置710の処理手順を示す。なお、ステップS805、ステップS806以外は、第1実施形態のステップS201～ステップS204と同様なので説明は省略する。

【0044】

<ステップS805>

ステップS805では、初めに高画質な二次元断層画像から網膜層を検出する。

【0045】

まず、第一の層検出部719は、二次元断層画像に対して平滑化フィルタ処理を行い、ノイズ成分を除去する。そして、エッジ検出フィルタ処理を行い断層画像からエッジ成分を検出し、層の境界に相当するエッジを抽出する。低画質な断層画像と比較して、高画質

10

20

30

40

50

な二次元断層画像はノイズ成分が抑制され、網膜層内の信号成分が強調されている。そのため、層境界に相当するエッジ成分を精度良く抽出することが出来る。第一の層検出部 719 は、エッジ検出をした二次元断層画像から背景領域を特定し、背景領域の輝度値特徴を二次元断層画像から抽出する。そして、次に、エッジ成分のピーク値と、ピーク間の輝度値特徴を用いることで、各層の境界を判定する。

【0046】

例えば、第一の層検出部 719 は、硝子体側から眼底の深度方向にエッジを探索し、エッジ成分のピークと、その上下の輝度特徴と、背景の輝度特徴から、硝子体と網膜層との境界を判定する。さらに、第一の層検出部 719 は、眼底の深度方向にエッジを探索し、エッジ成分のピークと、ピーク間の輝度特徴と、背景の輝度特徴を参照して、網膜色素上皮層境界を判定する。以上の処理によって、層の境界を検出することができる。その様子を図9(a)に示す。図9(a)は、高画質な二次元断層画像 T_i'' から検出した網膜層の各境界(1~6)を示したものである。ボリューム画像で層検出を行う際に、図9(a)で示す層境界の結果を参照する。

10

【0047】

二次元断層画像で求めた層検出結果をボリューム画像に適用するために、位置合わせ部 717 は位置合わせ処理を行う。図9(b)を用いて、この位置合わせ処理について説明を行う。図9(b)は高画質な二次元断層画像 T_i'' とボリューム画像の中心を撮影した断層画像 $T_{k/2}$ を示している。本実施例において、高画質な二次元断層画像 T_i'' は、ボリューム画像を撮影する前に、ボリューム画像の中心に相当する位置を撮影していた断層画像群から生成したものである。しかし、眼は固視微動などによりわずかに動くため、ボリューム画像の中心付近数枚の断層画像と位置合わせを行い、最適な位置を選択する。位置合わせの方法は、実施例1のステップ S204 で示した方法を用いるため、ここでは説明を省略する。ボリューム画像の中心付近数枚の断層画像で最も評価値が高くなる断層画像に、二次元断層画像の網膜層検出結果(図9(b)1~6)を重ね合わせる。

20

【0048】

次に、第二の層検出部 720 は、ボリューム画像から網膜層を検出する。まず、第二の層検出部 720 は、ボリューム画像に対して平滑化フィルタ処理を行い、ノイズ成分を除去する。そして、エッジ検出フィルタ処理を行い断層画像からエッジ成分を検出し、層の境界に相当するエッジを抽出する。次に、第一の層検出部 719 で検出した網膜層の各境界(図9(b)1~6)を初期値として、上下方向でエッジを探索し、ボリューム画像中の1枚の二次元断層画像において網膜層を検出する。あるいは、第一の層検出部 719 で検出した網膜層の各境界を初期値として、動的輪郭法(Snakes や Level Set など)を適用して、ボリューム画像中の1枚の二次元断層画像において網膜層を検出する。高画質な二次元断層画像と比べ画質が良くないボリューム画像中の1枚の二次元断層画像において、精度良く網膜層を検出することが出来る。それにより、ボリューム画像から各層領域ごとの特徴量や背景領域の特徴量(輝度値の平均、分散、標準偏差など)を抽出することが出来る。第二の層検出部 720 は、そこで求めた特徴量を用いて、三次元の全ての断層画像から網膜層検出を行う。

30

【0049】

例えば、第二の層検出部 720 は、初期値で求めた断層画像以外の断層画像において、硝子体側から眼底の深度方向にエッジを探索する。そして、エッジ成分のピークと、その上下の輝度特徴と、ボリューム画像中の1枚の二次元断層画像で求めた背景の輝度特徴を参照し、硝子体と網膜層との境界を判定する。

40

【0050】

あるいは、第二の層検出部 720 がボリューム画像から網膜層を検出する方法として、Graph Cut のようなグラフ理論を用いた手法で層の境界を検出してもよい。Graph Cut では初期値として seed が必要なため、第一の層検出部 719 で求めた網膜層検出結果をボリューム画像に適応した、網膜層領域内部を Graph Cut の初期値(seed)として用いる。画像の各ピクセルに対応したノードと、sink と source

50

eと呼ばれるターミナルを設定し、ノード間を結ぶエッジ(n - l i n k)と、ターミナルとノードを結ぶエッジ(t - l i n k)を設定する。Graph Cutの初期値として、あらかじめ物体領域O(Object seed)と背景領域B(Background seed)となるピクセルを設定する。この場合、第一の層検出部719で求めた層領域をボリューム画像に適応した層領域内のピクセルをO、その他の領域をBとする。そして、これらのエッジに対して重みを与えて作成したグラフに対して、最小カットを求めるにより、層を検出することができる。

【0051】

第一の層検出部719の結果を適応した断層画像と隣接する断層画像では、空間情報を利用して網膜層を検出する。隣接する断層画像間の位置合わせが済んでいるボリューム画像において、隣接する断層画像同士に撮影されている網膜層形状の類似度は高い。そのため、第一の層検出部719の結果を適応した断層画像の網膜層検出結果を、隣接する断層画像に適応することが出来る。

10

【0052】

第一の層検出部719の結果を適応した断層画像で、物体と背景の境界から距離が離れるピクセルでは、対応する隣接断層画像のピクセルにおいても、物体と背景が入れ替わる可能性は低い。すなわち、例えば第一の層検出部719の結果を適応した断層画像のピクセルが背景である場合、対応する隣接断層画像のピクセルは背景である可能性が高い。そのため、隣接断層画像の対応するピクセルにおいて、背景であるという情報を用いてt - l i n kのコストを設定する。また、第一の層検出部719の結果を適応した断層画像で、物体と背景の境界付近のピクセルでは、対応する隣接断層画像のピクセルは物体と背景のどちらになるか分からず。そのため、背景か物体である可能性が同程度に起こりうるという情報を用いて、対応する隣接断層画像のピクセルにおいてt - l i n kのコストを設定する。

20

以上の処理を三次元の全ての断層画像に適応して、網膜層検出を行う。

【0053】

<ステップS806>

ステップS806では、表示制御部714は、ステップS804で作成したボリューム画像と高画質な二次元断層画像の少なくともいずれかを表示すると共に、ステップS805で検出した層境界を不図示の表示部に表示する。表示方法としては、断層画像上に層境界を重畳表示する。あるいは、断層画像と並べてグラフとして表示しても良い。さらには、層検出結果から任意の層の厚みを計測し、計測結果を表示しても良い。

30

【0054】

以上で述べた構成によれば、ボリューム画像と共に高画質な二次元断層画像を同時に得る構成である。そのため、ボリューム画像のセグメンテーションを行う際に、高画質な二次元断層画像でセグメンテーションを行い、その検出結果を初期値とし、ボリューム画像をセグメンテーションする。それにより、ボリューム画像のセグメンテーションを高精度に行う事が可能となる。また、上述したようにボリューム画像の撮影開始をする前に、位置合わせのために撮像した二次元断層画像をセグメンテーションに用いている。したがって、ボリューム画像と二次元撮像画像の位置の相関が高いためより高精度にボリューム画像のセグメンテーションを行うことができる。さらに、位置合わせに用いた二次元断層画像は、術者が観察したい位置を反映している、したがって、ボリューム画像のセグメンテーションにも術者の意図を反映できるものである。

40

【0055】

なお、本実施形態において、高画質な二次元断層画像は、網膜層の撮影位置決めのために撮影している断層画像を用いて作成した画像について説明したが、本発明はこれに限らない。例えば、撮影指示後に同一箇所を複数撮影して得た断層画像から生成した高画質な二次元断層画像を参照して層検出を適応しても良い。あるいは、走査間隔を小さく(解像度を高く)して生成した高画質な二次元断層画像を参照して層検出を適応しても良い。さらには、異なる時刻に撮影された高画質な二次元断層画像を参照して層検出を適応しても

50

良い。すなわち、ボリューム画像よりも高画質な断層画像が得られる構成であれば、本実施形態を適用する事が出来る。

【0056】

(その他の実施形態)

上記のそれぞれの実施形態は、本発明を画像処理装置として実現したものである。しかしながら、本発明の実施形態は画像処理装置のみに限定されるものではない。本発明をコンピュータ上で動作するソフトウェアとして実現することも可能である。画像処理装置のCPUは、RAMやROMに格納されたコンピュータプログラムやデータを用いてコンピュータ全体の制御を行う。また、画像処理装置の各部に対応するソフトウェアの実行を制御して、各部の機能を実現する。

10

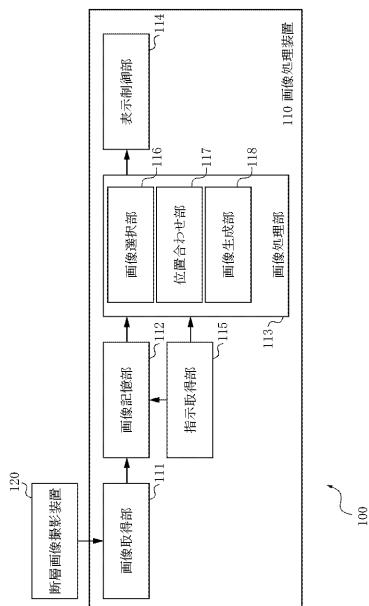
【符号の説明】

【0057】

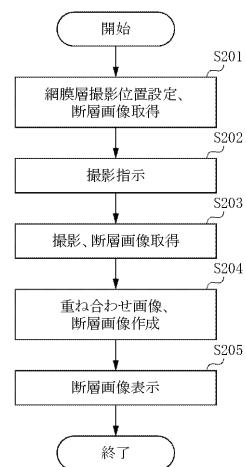
- 110 画像処理装置
- 120 断層画像撮影装置
- 112 画像記憶部
- 113 画像処理部
- 114 表示制御部
- 115 指示取得部
- 116 画像選択部
- 117 位置合わせ部
- 118 画像生成部
- 119 第一の層検出部
- 120 第二の層検出部

20

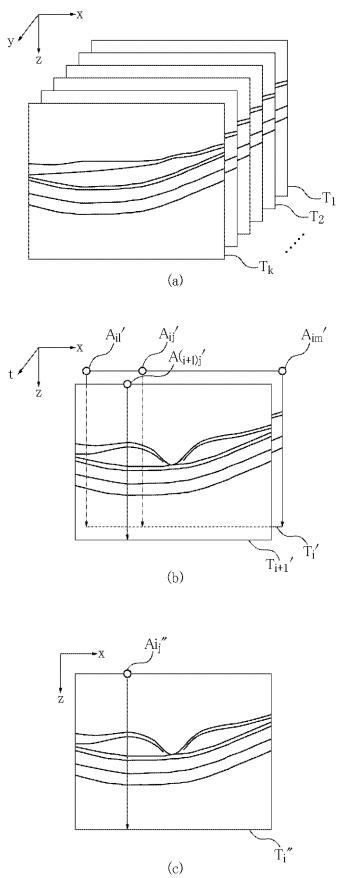
【図1】



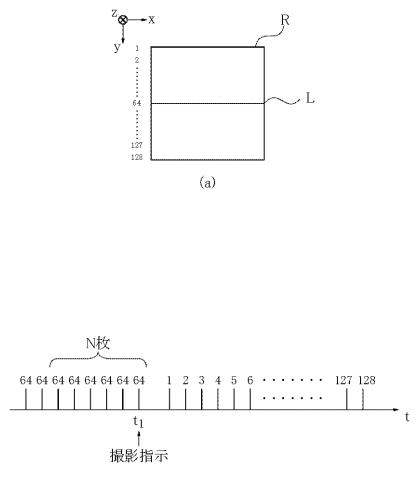
【図2】



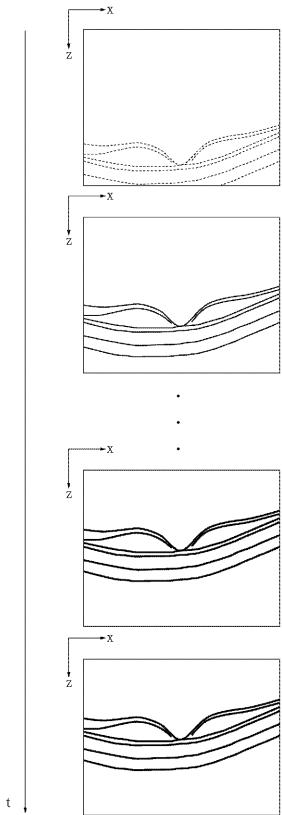
【図3】



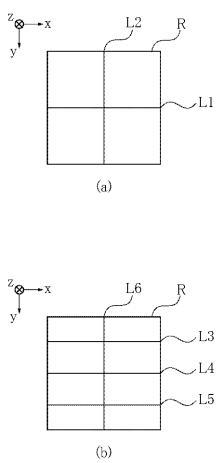
【図4】



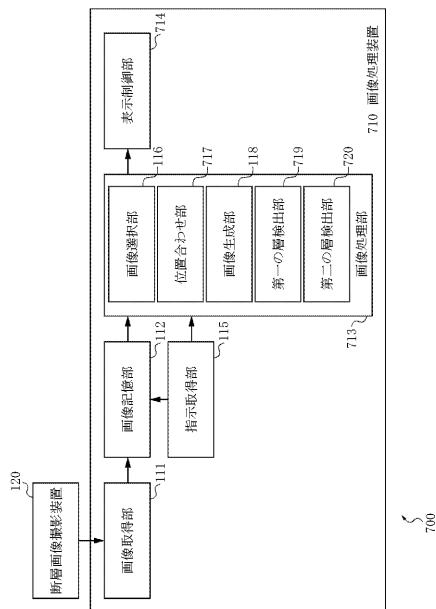
【図5】



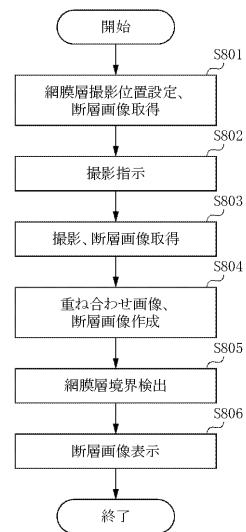
【図6】



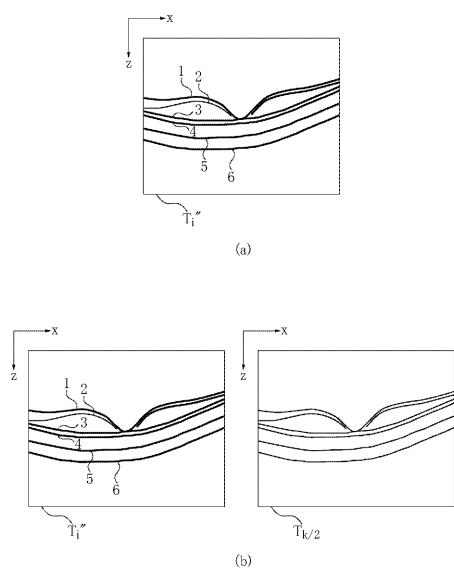
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2008-154941(JP,A)
特開2006-132996(JP,A)
特開2009-061203(JP,A)
特開2008-142443(JP,A)
特開2008-237238(JP,A)
特開2008-073099(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 3 / 00 - 3 / 18