

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5932369号
(P5932369)

(45) 発行日 平成28年6月8日 (2016.6.8)

(24) 登録日 平成28年5月13日 (2016.5.13)

(51) Int.Cl.	F I
A 6 1 B 3/10 (2006.01)	A 6 1 B 3/10 R
A 6 1 B 3/14 (2006.01)	A 6 1 B 3/14 A
A 6 1 B 3/12 (2006.01)	A 6 1 B 3/12 E
	A 6 1 B 3/14 M

請求項の数 11 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2012-15933 (P2012-15933)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成24年1月27日 (2012.1.27)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2013-153882 (P2013-153882A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成25年8月15日 (2013.8.15)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成27年1月27日 (2015.1.27)		弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二
		(74) 代理人	100130409
			弁理士 下山 治
		(74) 代理人	100134175
			弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理システム、処理方法及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検眼の断層画像を取得する取得手段と、
前記被検眼を撮影する際の撮影モードに応じて、前記被検眼の断層画像から網膜層の3次元の形状データの解析を行なう解析手段と、
前記網膜層の深さ方向に直交する平面である計測面を前記3次元の形状データに交差させることにより、前記網膜層の特徴量を取得する取得手段と、
前記特徴量を得るための3次元の形状データを表示装置に表示する表示制御手段とを具備することを特徴とする画像処理システム。

【請求項 2】

前記取得手段は、
前記網膜の所定の層に基づいて生成された前記3次元の形状データから前記特徴量を取得することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理システム。

【請求項 3】

網膜層の中から所定の層を選択する選択手段
を更に具備し、
前記解析手段は、
前記選択された層の前記3次元の形状データを生成することを特徴とする請求項 2 に記載の画像処理システム。

【請求項 4】

被検眼を撮影する際の複数の撮影モードの中からいずれかの撮影モードを選択する撮影モード選択手段

を更に具備し、

前記撮影モード選択手段により選択された撮影モードに応じて、固視灯の位置、照射光の走査範囲、照射光の走査パターン、照射光の光軸方向に沿った撮影位置、の少なくともいずれかを変更する

ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の画像処理システム。

【請求項 5】

前記取得手段は、

前記特徴量として、前記計測面と前記 3 次元の形状データの交差により設定される領域の面積と体積の少なくともいずれかを取得し、

前記表示制御手段は、

前記 3 次元の形状データと前記計測面との位置関係を示す指標を前記表示装置に表示する

ことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の画像処理システム。

【請求項 6】

前記指標は、

前記 3 次元の形状データを模式的に示すオブジェクトと前記計測面を模式的に示す模式計測面とを含んで構成される

ことを特徴とする請求項 5 に記載の画像処理システム。

【請求項 7】

前記表示制御手段は、

前記 3 次元の形状データと、前記指標と、前記 3 次元の形状解析の結果とを前記表示装置に表示する

ことを特徴とする請求項 6 に記載の画像処理システム。

【請求項 8】

前記解析手段は、

操作者が入力装置を介して、前記表示装置に表示された前記オブジェクトと前記模式計測面との位置関係を変更した場合、それに伴った領域に対して前記 3 次元の形状解析を行ない、

前記表示制御手段は、

前記オブジェクトと前記模式計測面との位置関係の変更に連動して、前記 3 次元の形状解析の結果を変更して表示する

ことを特徴とする請求項 7 に記載の画像処理システム。

【請求項 9】

前記表示制御手段は、

網膜層を所定の視点位置から参照した 2 次元の断層画像と前記 3 次元の形状データとを並べて前記表示装置に表示し、操作者が入力装置を介して前記視点位置を変更した場合、それに連動して前記 2 次元の断層画像と前記 3 次元の形状データとの視点位置を変更して表示する

ことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の画像処理システム。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の画像処理システムによる処理をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 11】

画像処理システムの処理方法であって、

取得手段が、被検眼の断層画像を取得する工程と、

解析手段が、前記被検眼を撮影する際の撮影モードに応じて、前記被検眼の断層画像から網膜層の 3 次元の形状データの解析を行なう工程と、

10

20

30

40

50

取得手段が、前記網膜層の深さ方向に直交する平面である計測面を前記３次元の形状データに交差させることにより、前記網膜層の特徴量を取得する工程と、

表示制御手段が、前記特徴量を得るための３次元の形状データを表示装置に表示する工程と

を含むことを特徴とする処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、画像処理システム、処理方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【０００２】

低コヒーレント光による干渉を利用した光干渉断層法（ＯＣＴ：Optical Coherence Tomography）を用いる断層画像撮影装置が知られている。このような断層画像撮影装置により眼底を撮影することによって、網膜層内部の状態を３次元的に観察することができる。

【０００３】

断層画像撮影装置による撮影は、疾病の診断をよりの確に行なうのに有用な技術であるため、近年注目を集めている。このようなＯＣＴの形態としては、例えば、広帯域な光源とマイケルソン干渉計とを組み合わせたＴＤ－ＯＣＴ（Time domain OCT）が知られている。ＴＤ－ＯＣＴでは、参照アームの遅延を走査することで信号アームの後方散乱光との干渉光を計測し、深さ分解の情報を得ることができる。

【０００４】

しかし、ＴＤ－ＯＣＴでは、画像を高速に取得することが難しい。そのため、画像をより高速に取得する方法として、広帯域光源を用いて、分光器でインターフェログラムを取得するＳＤ－ＯＣＴ（Spectral domain OCT）が知られている。また、光源として、高速波長掃引光源を用いることで、単一チャネル光検出器でスペクトル干渉を計測するＳＳ－ＯＣＴ（Swept Source OCT）も知られている。

【０００５】

ここで、これらのＯＣＴで撮影された断層画像において、網膜の形態変化を計測できれば、緑内障などの疾病の進行度や治療後の回復具合を定量的に診断することができる。このような技術に関連して、特許文献１では、網膜の形態変化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、当該検出結果に基づいて層の厚みを計測する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【特許文献１】特開２００８－０７３０９９号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

上述した特許文献１の技術では、２次元画像上で指定された範囲の断層画像を取得し、層境界を検出して層厚を求めている。しかし、網膜層の３次元的な形状解析を行なっておらず、また、形状解析の結果を効果的に表示するものではない。

【０００８】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、被検眼の断層画像から検出された網膜層の３次元の形状データを提示するようにした技術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】

【０００９】

上記課題を解決するため、本発明の一態様による画像処理システムは、被検眼の断層画像を取得する取得手段と、前記被検眼を撮影する際の撮影モードに応じて、前記被検眼の断層画像から網膜層の３次元の形状データの解析を行なう解析手段と、前記網膜層の深さ

10

20

30

40

50

方向に直交する平面である計測面を前記 3 次元の形状データに交差させることにより、前記網膜層の特徴量を取得する取得手段と、前記特徴量を得るための 3 次元の形状データを表示装置に表示する表示制御手段とを具備する。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、被検眼の断層画像から検出された網膜層の 3 次元の形状データを提示できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】本発明の一実施の形態に係わる画像処理システム 10 の構成の一例を示す図。

10

【図 2】断層画像撮影画面 60 の一例を示す図。

【図 3】図 1 に示す画像処理装置 30 の処理の流れの一例を示すフローチャート。

【図 4】3 次元の形状解析処理の概要を説明するための図。

【図 5】3 次元の形状解析処理の概要を説明するための図。

【図 6】断層画像観察画面 80 の一例を示す図。

【図 7】断層画像観察画面 80 の各部の一例を示す図。

【図 8】断層画像観察画面 80 の各部の一例を示す図。

【図 9】断層画像観察画面 80 の各部の一例を示す図。

【図 10】断層画像観察画面 80 の一例を示す図。

【図 11】断層画像観察画面 80 の各部の一例を示す図。

20

【図 12】断層画像観察画面 80 の一例を示す図。

【図 13】断層画像観察画面 400 の一例を示す図。

【図 14】断層画像観察画面 400 の各部の一例を示す図。

【図 15】断層画像観察画面 400 の一例を示す図。

【図 16】断層画像観察画面 400 の各部の一例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

以下、本発明に係わる実施の形態について添付図面を参照して詳細に説明する。

【 0 0 1 3 】

(実施形態 1)

30

図 1 は、本発明の一実施の形態に係わる画像処理システム 10 の構成の一例を示す図である。

【 0 0 1 4 】

画像処理システム 10 には、画像処理装置 30 と、断層画像撮影装置 20 と、眼底画像撮影装置 51 と、外部記憶装置 52 と、表示装置 53 と、入力装置 54 とが具備される。

【 0 0 1 5 】

断層画像撮影装置 20 は、例えば、SD-OCT や SS-OCT 等で実現され、低コヒーレント光による干渉を利用した光干渉断層法 (OCT) を用いて、眼底の 3 次元形状を示す断層画像を撮影する。断層画像撮影装置 20 には、ガルバノミラー 21 と、駆動制御部 22 と、パラメータ設定部 23 と、内部固視灯 24 と、コヒーレンスゲートステージ 25 とが具備される。

40

【 0 0 1 6 】

ガルバノミラー 21 は、測定光 (照射光) を眼底に 2 次元的に走査させる機能を有し、断層画像撮影装置 20 による眼底の撮影範囲を規定する。ガルバノミラー 21 は、例えば、X スキャン用のミラーと Y スキャン用のミラーとの 2 枚のミラーで構成され、被検眼の眼底に対して測定光を光軸に対して直交する面上に走査させる。

【 0 0 1 7 】

駆動制御部 22 は、ガルバノミラー 21 の駆動 (走査) 範囲及び速度を制御する。これにより、眼底における平面方向 (測定光の光軸方向に直交する方向) の撮影範囲及び走査線数 (平面方向の走査速度) が規定される。

50

【 0 0 1 8 】

パラメータ設定部 2 3 は、駆動制御部 2 2 によるガルバノミラー 2 1 の駆動制御に用いられる各種パラメータを設定する。このパラメータによって、断層画像撮影装置 2 0 による断層画像の撮影条件が決定される。例えば、走査線の走査位置、走査線数、撮影枚数などが決定される。その他、内部固視灯の位置、走査範囲（スキャン範囲）、走査パターン（スキャンパターン）、コヒーレンスゲート位置の設定等も行なわれる。なお、パラメータの設定は、画像処理装置 3 0 からの指示に基づいて行なわれる。

【 0 0 1 9 】

内部固視灯 2 4 は、断層画像の撮影中、眼球運動が起きないように輝点を視野内に置き、視点が動くことを抑制する。内部固視灯 2 4 は、表示部 2 4 a とレンズ 2 4 b とを具備して構成される。表示部 2 4 a は、例えば、複数の発光ダイオード（ＬＤ）がマトリックス状に配置されて実現される。発光ダイオードの点灯位置は、駆動制御部 2 2 の制御により、撮影対象となる部位に合わせて変更される。表示部 2 4 a からの光は、レンズ 2 4 b を介して被検眼に導かれる。表示部 2 4 a から出射される光は、例えば、5 2 0 n m で、駆動制御部 2 2 の制御により、所望のパターンが表示（点灯）される。

10

【 0 0 2 0 】

コヒーレンスゲートステージ 2 5 は、被検眼の眼軸長の相違等に対応するために設けられる。より具体的には、（測定光と干渉させるための）参照光の光路長を制御し、眼底の深さ方向（光軸方向）に沿った撮影位置を調整する。これにより、眼軸長が異なる被検眼に対しても、参照光と測定光との光路長を一致させることができる。なお、コヒーレンスゲートステージ 2 5 は、駆動制御部 2 2 により制御される。

20

【 0 0 2 1 】

ここで、コヒーレンスゲートとは、断層画像撮影装置 2 0 における測定光と参照光との光学距離が等しい位置を示す。コヒーレンスゲートの位置の制御により、網膜層側の撮影か、或いは網膜層よりも深部側とする E D I（Enhanced Depth Imaging）法による撮影かが切り替えられる。E D I 法で撮影を行なった場合、コヒーレンスゲートの位置が網膜層の深部側に設定されるため、断層画像の上部側を越えて網膜層が撮影された場合に、網膜層が断層画像の中に折り返して写ることがなくなることになる。

【 0 0 2 2 】

眼底画像撮影装置 5 1 は、例えば、眼底カメラや S L O（Scanning Laser Ophthalmoscope）等で実現され、眼底の（２次元）眼底画像を撮影する。

30

【 0 0 2 3 】

外部記憶装置 5 2 は、例えば、H D D（Hard Disk Drive）等で実現され、各種データを記憶する。外部記憶装置 5 2 は、例えば、被検眼に関する情報（患者の氏名、年齢、性別など）に対して、撮影した画像データ、撮影パラメータ、画像解析パラメータ、操作者によって設定されたパラメータをそれぞれ関連付けて保持する。

【 0 0 2 4 】

入力装置 5 4 は、例えば、マウス、キーボード、タッチ操作画面等で実現され、操作者からの各種指示を入力する。例えば、操作者は、入力装置 5 4 を介して、画像処理装置 3 0、断層画像撮影装置 2 0 及び眼底画像撮影装置 5 1 に対して各種指示や設定等を行なう。表示装置 5 3 は、例えば、液晶ディスプレイ等で実現され、各種情報を操作者に向けて表示（提示）する。

40

【 0 0 2 5 】

画像処理装置 3 0 は、例えば、パーソナルコンピュータ等で実現され、各種画像を処理する。すなわち、画像処理装置 3 0 には、コンピュータが内蔵されている。コンピュータには、C P U（Central Processing Unit）等の主制御手段、R O M（Read Only Memory）、R A M（Random Access Memory）等の記憶手段などが具備される。

【 0 0 2 6 】

ここで、画像処理装置 3 0 には、その機能的な構成として、画像取得部 3 1 と、記憶部 3 2 と、画像処理部 3 3 と、指示部 3 4 と、表示制御部 3 5 とが具備される。なお、記憶

50

部 3 2 以外の構成は、例えば、CPU が、ROM 等に記憶されたプログラムを読み出し実行することにより実現される。

【 0 0 2 7 】

画像処理部 3 3 には、検出部 4 1 と、解析部 4 2 と、判定部 4 3 と、位置合わせ部 4 7 とが具備される。

【 0 0 2 8 】

画像取得部 3 1 は、断層画像撮影装置 2 0 により撮影された断層画像と、眼底画像撮影装置 5 1 により撮影された眼底画像とを取得し、記憶部 3 2 に格納する。なお、記憶部 3 2 は、例えば、ROM や RAM 等で実現される。

【 0 0 2 9 】

検出部 4 1 は、記憶部 3 2 に記憶されている断層画像から網膜の層（網膜層）を検出する。

【 0 0 3 0 】

解析部 4 2 は、解析対象となる網膜層の解析を行なう。解析部 4 2 には、判定部 4 3 と、網膜層解析部 4 4 と、解析結果作成部 4 5 と、形状データ作成部 4 6 とが設けられる。

【 0 0 3 1 】

判定部 4 3 は、撮影モード（近視眼解析用の撮影モード、非近視眼解析用の撮影モード）に応じて、網膜層の 3 次元の形状解析処理を行なうか否かを判定する。なお、3 次元の形状解析とは、3 次元の形状データを作成し、当該形状データを用いて網膜層の形状解析を行なうことを指す。

【 0 0 3 2 】

網膜層解析部 4 4 は、判定部 4 3 の判定結果に基づいて、解析対象となる網膜層に対して解析処理を行なう。なお、本実施形態においては、3 次元の形状解析処理として、近視眼の黄斑の解析を行なう場合について説明する。解析結果作成部 4 5 では、解析結果（網膜層の状態を示す情報）を提示するための各種データを作成する。形状データ作成部 4 6 では、撮影により得られた複数の断層画像同士を位置合わせし、3 次元の形状データを作成する。すなわち、3 次元の形状データは、網膜層の層情報に基づいて作成される。

【 0 0 3 3 】

位置合わせ部 4 7 では、解析結果と眼底画像との位置合わせや、眼底画像同士の位置合わせ等を行なう。指示部 3 4 は、断層画像撮影装置 2 0 で設定されている撮影モードに応じて、撮影パラメータ等の情報の指示を行なう。以上が、画像処理システム 1 0 の構成の一例についての説明である。

【 0 0 3 4 】

以上が、画像処理システム 1 0 の構成の一例についての説明である。なお、上述した各装置に設けられた機能的な構成は、必ずしも図示した通りに実現される必要はなく、システム内におけるいずれかの装置にその全部若しくは一部が実現されていれば良い。例えば、図 1 においては、外部記憶装置 5 2、表示装置 5 3 や入力装置 5 4 が、画像処理装置 3 0 の外部に設けられていたが、これら構成を画像処理装置 3 0 の内部に設けるようにしても良い。また、例えば、画像処理装置と断層画像撮影装置 2 0 とが一体的に構成されていても良い。

【 0 0 3 5 】

次に、図 2 を用いて、図 1 に示す表示装置 5 3 に表示される断層画像撮影画面 6 0 の一例について説明する。なお、この画面は、断層画像の撮影時に表示される。

【 0 0 3 6 】

断層画像撮影画面 6 0 は、断層画像の表示領域 6 1 と、眼底画像の表示領域 6 2 と、撮影モード設定用のコンボボックス 6 3 と、撮影を指示するキャプチャーボタン 6 4 とを具備して構成される。なお、眼底画像の表示領域 6 2 内の符号 6 5 は、撮影領域を示すマークであり、眼底画像上に重畳表示される。また、M は黄斑部を示し、D は視神経乳頭部を示し、V は血管を示している。

【 0 0 3 7 】

10

20

30

40

50

コンボボックス 63 では、例えば、（黄斑部の）近視眼解析用の撮影モードか、（黄斑部の）非近視眼解析用の撮影モードかの設定が行なわれる。すなわち、コンボボックス 63 は、撮影モード選択機能を有する。この場合、近視眼解析用の撮影モードが設定されている。

【0038】

ここで、断層画像の表示領域 61 には、眼底の断層画像が表示されている。L1 は内境界膜（ILM）を示し、L2 は神経線維層（NFL）と神経節細胞層（GCL）との境界を示し、L3 は視細胞内節外節接合部（ISOS）を示している。また、L4 は網膜色素上皮層（RPE）を示し、L5 はブルッフ膜（BM）を示している。上述した検出部 41 においては、L1 ~ L5 の各境界のいずれかを検出する。

10

【0039】

次に、図 3（a）及び図 3（b）を用いて、図 1 に示す画像処理装置 30 の処理の流れの一例について説明する。まず、図 3（a）を用いて、断層画像の撮影時の全体的な処理の流れについて説明する。

【0040】

[S101]

画像処理装置 30 は、まず、被検眼を同定する情報として外部から被検者識別番号を取得する。そして、当該被検者識別番号に基づいて、外部記憶装置 52 が保持している当該被検眼に関する情報を取得して記憶部 32 に記憶する。

【0041】

[S102]

画像処理装置 30 は、画像取得部 31 において、撮影時の撮影位置確認用のプレスキャン画像として眼底画像撮影装置 51 から眼底画像を取得するとともに、断層画像撮影装置 20 から断層画像を取得する。

20

【0042】

[S103]

画像処理装置 30 は、撮影モードの設定を行なう。撮影モードの設定は、図 2 で説明した撮影モード設定用のコンボボックス 63 からの操作者の選択に基づいて行なわれる。ここでは、近視眼解析用の撮影モードで撮影を行なう場合について説明する。

【0043】

[S104]

画像処理装置 30 は、指示部 34 において、当該コンボボックス 63 から設定された撮影モードに応じた撮影パラメータを断層画像撮影装置 20 に指示する。これにより、断層画像撮影装置 20 は、パラメータ設定部 23 において、当該指示に従って撮影パラメータを設定する。具体的には、内部固視灯の位置、走査範囲（スキャン範囲）、走査パターン（スキャンパターン）、コヒーレンスゲート位置の少なくともいずれかの設定を指示する。

30

【0044】

ここで、近視眼解析用の撮影モード時のパラメータ設定について説明する。内部固視灯の位置のパラメータ設定では、黄斑部中心を撮影できるように内部固視灯 24 の位置が設定される。画像処理装置 30 は、駆動制御部 22 において、当該撮影パラメータに従って表示部 24a の発光ダイオードを制御する。なお、撮影範囲が十分に広く取れるような構成の装置であれば、黄斑部と視神経乳頭部との中心が撮影の中心となるように制御しても良い。このような制御を行なうのは、近視眼における網膜層の形状解析を行なうために、黄斑部が写る領域を撮影するためである。

40

【0045】

また、走査範囲のパラメータ設定では、例えば、装置の撮影範囲の限界値として 9 ~ 15 mm の範囲が設定される。この数値はあくまで一例であり、装置のスペックに応じて適宜変更すれば良い。なお、撮影範囲は、形状変化が起こっている箇所を漏れなく検出できるようにするため、より広い領域が好ましい。

50

【 0 0 4 6 】

走査パターンのパラメータ設定では、網膜層の 3 次元形状を撮影できるように、例えば、ラスタスキャンや放射状スキャンが設定される。

【 0 0 4 7 】

コヒーレンスゲートの位置のパラメータ設定では、E D I 法で撮影を行なえるようにゲート位置が設定される。高度近視眼においては、網膜層の湾曲の程度がきつくなり、断層画像の上部側を越えて網膜層が撮影されてしまう。その場合、断層画像の上部を越えた網膜層が断層画像内に折り返って写ってしまうので、それを防ぐためこのようなパラメータの設定が必要となる。なお、断層画像撮影装置 2 0 として高深達の S S - O C T を用いる場合には、網膜層の位置をゲート位置から遠ざけても良好な断層画像が得られるため、必ずしも E D I 法で撮影を行なわなくても良い。

10

【 0 0 4 8 】

[S 1 0 5]

画像処理装置 3 0 は、指示部 3 4 において、断層画像撮影装置 2 0 に対して被検眼の撮影を指示する。この指示は、例えば、操作者が、入力装置 5 4 を介して、断層画像撮影画面 6 0 のキャプチャーボタン 6 4 を押下すると行なわれる。この指示が行なわれると、断層画像撮影装置 2 0 は、パラメータ設定部 2 3 により設定された撮影パラメータに基づき、駆動制御部 2 2 を制御させる。これにより、ガルバノミラー 2 1 が動作し、断層画像の撮影が行なわれる。

【 0 0 4 9 】

20

上述した通り、ガルバノミラー 2 1 は、水平方向用の X スキャナと垂直方向用の Y スキャナとで構成されている。そのため、これらのスキャナの向きをそれぞれ変更することで、装置座標系における水平方向 (X) 及び垂直方向 (Y) それぞれの方向に沿って断層画像を撮影することができる。これらのスキャナの向きを同時に変更させることで、水平方向と垂直方向とを合成した方向に走査することができるため、眼底平面上の任意の方向に沿った撮影が可能となる。このとき、画像処理装置 3 0 は、表示制御部 3 5 において、当該撮影した断層画像を表示装置 5 3 上に表示させる。これにより、操作者は、撮影結果を確認することができる。

【 0 0 5 0 】

[S 1 0 6]

30

画像処理装置 3 0 は、画像処理部 3 3 において、記憶部 3 2 に記憶された断層画像から網膜層の検出 / 解析を行なう。すなわち、S 1 0 5 の処理で撮影された断層画像に対して網膜層の検出 / 解析処理を行なう。

【 0 0 5 1 】

[S 1 0 7]

画像処理装置 3 0 は、断層画像の撮影を終了するか否かを判定する。この判定は、入力装置 5 4 を介した操作者からの指示に基づいて行なわれる。すなわち、操作者が、終了を指示したか否かに基づいて断層画像の撮影を終了するか否かが判定される。

【 0 0 5 2 】

撮影終了が指示された場合、画像処理装置 3 0 は、この処理を終了する。一方、処理を終了せずに撮影を続ける場合、画像処理装置 3 0 は、再度、S 1 0 2 以降の処理を行なう。

40

【 0 0 5 3 】

なお、後述する S 2 0 6 や S 2 0 9 の処理によって、操作者が、網膜層の検出結果や、眼底画像とマップとの位置をマニュアル修正した場合等には、撮影の終了に際して、画像処理装置 3 0 は、それに伴って変更された撮影パラメータを外部記憶装置 5 2 に保存する。このとき、当該変更されたパラメータを保存するか否かの確認ダイアログを表示して、撮影パラメータの変更を行なうか否かを操作者に問い合わせるようにしても良い。

【 0 0 5 4 】

次に、図 3 (b) を用いて、図 3 (a) の S 1 0 6 の示す網膜層の検出 / 解析処理につ

50

いて説明する。

【 0 0 5 5 】

[S 2 0 1]

網膜層の検出 / 解析処理が開始すると、画像処理装置 3 0 は、検出部 4 1 において、断層画像から網膜層を検出する。この処理について、図 2 に示す断層画像（表示領域 6 1 ）を用いて具体的に説明する。黄斑部の場合、検出部 4 1 は、まず、断層画像に対して、メディアンフィルタと S o b e l フィルタとをそれぞれ適用して画像を作成する（以下、メディアン画像、S o b e l 画像とする）。続いて、検出部 4 1 は、当該作成したメディアン画像と S o b e l 画像とから、A スキャン毎にプロファイルを作成する。メディアン画像では輝度値のプロファイルとなり、S o b e l 画像では勾配のプロファイルとなる。そして、検出部 4 1 は、S o b e l 画像から作成したプロファイル内のピークを検出する。最後に、当該検出されたピークの前後やピーク間に対応するメディアン画像のプロファイルを参照し、網膜層の各領域の境界を検出する。すなわち、L 1（I L M）、L 2（N F L と G C L との境界）、L 3（I S O S）、L 4（R P E）、L 5（B M）等の検出が行なわれる。なお、本実施形態においては、解析の対象となる層を R P E として説明する。

10

【 0 0 5 6 】

[S 2 0 2]

画像処理装置 3 0 は、判定部 4 3 において、網膜層の 3 次元の形状解析を行なうか否かの判定を行なう。より具体的には、近視眼解析用の撮影モードで撮影が行なわれた場合、網膜層の 3 次元の形状解析を行なうと判定する。また、近視眼解析モードを用いずに撮影が行なわれた場合（非近視眼解析用の撮影モード）は、当該 3 次元の形状解析を行なわないと判定する。この場合、検出部 4 1 の検出結果に基づく解析が行なわれる（3 次元の形状データをを用いない解析）。なお、近視眼解析用の撮影モードであっても、断層画像に基づいて当該断層画像内に黄斑部が写っているか否かを判定し、写っていなければ（例えば、視神経乳頭部のみが写ってる）、網膜層の（3 次元の）形状解析を行なわないと判定するようにしても良い。

20

【 0 0 5 7 】

ここで、本実施形態においては、断層画像撮影装置 2 0 と画像処理装置 3 0 とが一体となった画像処理システム 1 0 において、撮影から解析までの一連の処理を行なうものとして説明を行なうが、これに限られない。すなわち、画像処理装置 3 0 は、3 次元形状を取得するための走査パターンを用いて黄斑部が撮影された断層画像が入力された場合に、網膜層の形状解析を行なえば良く、必ずしも、このような一体となったシステムである必要はない。そのため、断層画像撮影装置 2 0 以外で撮影された断層画像についても、撮影時の情報に基づいて、網膜層の形状解析を行なうことができる。但し、形状解析を必要としない場合は、当該形状解析処理を行なわないようにすれば良い。

30

【 0 0 5 8 】

[S 2 0 3]

画像処理装置 3 0 は、形状データ作成部 4 6 において、3 次元の形状データを作成する。3 次元の形状データは、S 2 0 1 の処理の網膜層の検出結果に基づいて形状解析を行なうために作成される。

40

【 0 0 5 9 】

ここで、例えば、撮影時の走査パターンがラスタスキャンであれば、複数の隣接する断層画像同士の位置合わせが行なわれる。断層画像の位置合わせでは、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。

【 0 0 6 0 】

評価関数としては、例えば、画素値で評価する方法（例えば、相関係数を用いて評価を行なう方法）が挙げられる。また、画像の変形処理としては、アフィン変換を用いて並進や回転を行なう処理が挙げられる。形状データ作成部 4 6 においては、複数の断層画像同士の位置合わせ処理が終わった後、形状解析の対象となる層の 3 次元の形状データを作成

50

する。3次元の形状データは、例えば、 $512 \times 512 \times 500$ のボクセルデータを用意し、網膜層を検出した層データの座標値に対応する箇所にラベルを割り当てることで作成すれば良い。

【0061】

また、撮影時の走査パターンが放射状スキャンであれば、この場合も同様に、形状データ作成部46において、断層画像同士の位置合わせを行なった後、3次元の形状データを作成する。但し、この場合、隣接する断層画像の中心付近の領域情報のみを用いて深度方向（図2の断層画像（表示領域61）でのZ方向）の位置合わせを行なう。これは、放射状スキャンの場合、隣接する断層画像であっても、断層画像の中心付近と比べてその両端は、情報が疎であり、形状の変化が大きいので位置合わせの情報として使用しない方が良いためである。位置合わせの方法としては、上述した方法を用いれば良い。形状データ作成部46においては、位置合わせ処理が終わった後、形状解析の対象となる層の3次元の形状データを作成する。

10

【0062】

放射状スキャンの場合、例えば、 $512 \times 512 \times 500$ のボクセルデータを用意し、まず、各断層画像の形状解析の対象となる層データを均等に円形に回転して展開する。その後、展開した層データにおいて、円周方向に隣接する形状データ間で補間処理を行なう。補間処理により、撮影していない箇所の形状データを作成する。補間処理の方法としては、線形補間、非線形補間などの処理を適用すれば良い。3次元の形状データは、網膜層を検出した層データの間を補間した座標値に対応する箇所にラベルを割り当てることで作成すれば良い。

20

【0063】

なお、ここで示したボクセルデータの数値は、あくまで一例であり、撮影時のAスキャン本数や実行する装置のメモリ状況に応じて適宜変更すれば良い。大きなボクセルデータの場合、解像度が高くなるため、形状データを正確に表現することができるが、実行速度が遅くなりメモリも大量に消費する。一方、小さなボクセルデータの場合、解像度は低くなるが、実行速度が速くなりメモリの消費量も少なくなる。

【0064】

[S204]

画像処理装置30は、網膜層解析部44において、網膜層の3次元の形状解析を行なう。ここでは、形状解析の方法として、網膜層の面積と体積とを計測する手法について例を挙げて説明する。

30

【0065】

この処理について、図4を用いて説明する。図4には、3次元の形状データ（RPE）と、計測面（MS）と、面積（Area）と、体積（Volume）とが模式的に示されている。

【0066】

まず、面積計測について説明する。S203の処理で作成したRPEの3次元の形状データにおいて、Z方向（光軸方向）で最も深部に位置する層データの場所にフラット（平面）な計測面（MS）を用意する。そして、そこから一定の間隔ずつ浅い方向（Z軸の原点方向）に計測面（MS）を移動させる。層の深部から浅い方向に計測面（MS）を移動させると、RPEの境界線を計測面（MS）が横断する。

40

【0067】

面積（Area）は、その計測面（MS）とRPEとの境界線で囲まれる内部の平面領域を計測することにより得られる。より具体的には、面積（Area）は、計測面（MS）とRPEとの境界線との交差領域の面積を計測することにより得られる。このように面積（Area）とは、3次元の網膜層形状データの断面積である。基準となる部位の位置の断面積を計測する場合、網膜の湾曲がきつい形状であれば、面積は小さくなり、網膜の湾曲が緩やかであれば、面積は大きくなる。

【0068】

50

また、体積 (Volume) は、面積 (Area) を計測する際に用いた計測面 (MS) を利用して、計測面 (MS) と RPE との境界線で囲まれる内部の全領域を計測することにより得られる。基準となる部位の位置から Z 方向に沿って下の体積を計測する場合、網膜の湾曲がきつい形状であれば、体積は大きくなり、網膜の湾曲が緩やかであれば、体積は小さくなる。ここで、基準位置は、部位を基準として、例えば、ブルッフ膜オープニングの位置とすれば良い。或いは、RPE の最深部の位置から $100\mu\text{m}$ 、 $500\mu\text{m}$ などと一定の高さを基準としても良い。なお、面積や体積を計測する際に、内部に含まれるボクセル数をカウントする場合、1 ボクセルあたりの物理サイズを乗じて計算する。

【0069】

[S205]

形状解析後、画像処理装置 30 は、解析結果作成部 45 において、当該 3 次元の形状解析結果に基づいて解析結果 (例えば、マップ、グラフ、数値情報) を作成する。

【0070】

ここで、3 次元の形状解析結果として等高線マップを作成する場合について説明する。等高線マップは、面積及び体積を計測した結果を表示する際に使用される。

【0071】

図 5 (a) は、等高線マップ 71 の一例を示す。ここで、符号 71 は、等高線マップ全体を示し、符号 72 は、一定の間隔で引いた等高線を示し、符号 73 は、3 次元の網膜層形状データの Z 方向で最も深部に位置する箇所を示している。

【0072】

等高線マップ 71 を作成する場合、等高線マップ用のルックアップテーブルを用意し、当該テーブルを参照して体積に応じて色分けする。ここで、等高線マップ用のルックアップテーブルは、例えば、体積に応じて用意すれば良い。それにより、マップ上においては、形状と体積の変化を一度に把握することができる。

【0073】

より具体的には、図 5 (a) の符号 73 を底として等高線 72 が一定の間隔で描画されており、マップの色が体積に応じて設定されている。そのため、Z 方向で最も深部に位置する箇所から計測面の高さ (深さ) を変更した場合、体積がどのように増加するかを把握することができる。具体的には、 1mm^3 の場合は青とし、 2mm^3 の場合は黄色として設定しておく、Z 方向で最も深部に位置する箇所から計測面の高さ (深さ) が $100\mu\text{m}$ で青なのか、 $300\mu\text{m}$ で青なのかにより、操作者は、形状と体積との関係を把握することができる。従って、操作者は、マップの最外側の輪郭の色を確認することで、計測対象の網膜層の形状を計測した時の全体の体積の値を把握することができる。

【0074】

また、操作者は、内部の等高線近傍の色を確認することで高さ (深さ) に対応した体積の値を把握することができる。なお、等高線マップの色を設定する際に用いられるルックアップテーブルは、体積に限らず、面積に応じて設けられても良いし、また、計測面 (MS) から網膜層データの Z 方向で最も深部に位置する箇所 73 までの高さ (深さ) に応じて設けられていても良い。図示はしないが、等高線の高さ (深さ) が分かるようにそれぞれの等高線上に数値を一緒に表示しても良い。等高線を表現する距離の間隔としては、例えば、Z 方向に沿って $100\mu\text{m}$ 間隔としておく。なお、等高線マップは、カラーであっても良いし、グレースケールであっても良いが、カラーの方が視認性は良くなる。

【0075】

また、等高線マップは、Z 方向で最も深部に位置する箇所から計測面 (MS) までの高さ (深さ) に応じて外形のサイズが変わる。図 5 (b) は、計測面 (MS) の高さ (深さ) を変更した場合の等高線マップ 74 の一例を示している。

【0076】

次に、3 次元の形状形状解析として、網膜層の曲率を計測する場合について図 2 に示す断面画像 (表示領域 61) を用いて説明する。ここでは、横軸を x 座標とするとともに縦軸を z 座標とし、解析の対象となる層 (RPE) の境界線の曲率を計算する場合について

10

20

30

40

50

説明する。曲率 κ は境界線の各点において、「式 1」を計算することで求めることができる。曲率 κ の符号で上に凸か下に凸かが分かり、数値の大きさで形状の曲がり具合が分かる。そのため、上に凸を +、下に凸を - とした場合、各断層画像において、曲率の符号が - 領域、+ 領域、- 領域となる場合は W 形状となる。

【 0 0 7 7 】

[式 1]

$$\kappa = \frac{\frac{d^2z}{dx^2}}{\left(1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$

10

【 0 0 7 8 】

なお、ここでは、断層画像の境界線で曲率を計算する場合について説明したが、曲率計算はこれに限らず、3 次元の形状データから 3 次元の曲率を計算するようにしても良い。この場合、形状解析後、画像処理装置 30 は、解析結果作成部 45 において、当該解析結果に基づいて曲率マップを作成する。

【 0 0 7 9 】

図 5 (c) に曲率マップの一例を示す。この場合、曲率がきつい箇所の色を濃く、曲率が滑らかな箇所の色を薄く表現している。すなわち、曲率に応じて色の濃さが変更されている。なお、曲率マップに設定する色は、曲率値 0 を基準に正負で色を変えれば良い。それにより、操作者は、網膜形状が滑らかなのか、上に凸形状か下に凸形状なのかを当該マップを見ることで把握することができる。

20

【 0 0 8 0 】

[S 2 0 6]

画像処理装置 30 は、表示制御部 35 において、断層画像と、検出部 41 により検出された層 (R P E) の検出結果と、解析結果作成部 45 により作成された各種形状解析の結果 (マップ、グラフ、数値情報) とを表示装置 53 に表示する。

【 0 0 8 1 】

図 6 は、図 1 に示す表示装置 53 に表示される断層画像観察画面 80 の一例を示す図である。この画面は、断層画像の解析が終わった後に表示される (すなわち、S 2 0 6 の処理によって表示される) 。

30

【 0 0 8 2 】

断層画像観察画面 80 は、断層画像の表示領域 81 を含む断層画像表示部 91 と、眼底画像の表示領域 82 を含む眼底画像表示部 94 とを具備して構成される。また、断層画像観察画面 80 には、第 1 の解析結果 84 を含む第 1 の解析結果表示部 96、第 2 の解析結果 85 及び 86 を含む第 2 の解析結果表示部 98 も設けられる。

【 0 0 8 3 】

ここで、まず、断層画像の表示領域 81 を含む断層画像表示部 91 の詳細について説明する。断層画像の表示領域 81 では、撮影された断層画像に対して、網膜層の各層を検出したセグメンテーション結果 (L 1 ~ L 5) と計測面 (M S) とが重畳して表示されている。断層画像の表示領域 81 では、解析対象の網膜層 (本実施形態においては、R P E (L 4)) のセグメンテーション結果が強調して表示されている。

40

【 0 0 8 4 】

また、断層画像の表示領域 81 において、計測面 (M S) と解析対象の網膜層 (R P E (L 4)) とで囲まれる斜線領域 81 a が面積及び体積の計測対象領域となる。このとき、斜線領域 81 a では、体積計測結果に応じた色が所定の透明度 α によって表示される。設定する色は、等高線マップ用のルックアップテーブルと同じものを使用すれば良い。透明度 α は、例えば、0 . 5 とする。

【 0 0 8 5 】

コンボボックス 92 は、断層画像を表示する際に、O C T 比で表示するか、1 : 1 比で

50

表示するかを操作者が選択するために設けられる。ここで、OCT比とは、撮影時のAスキャンの本数から得られる横方向(X方向)の解像度と、縦方向(Y方向)の解像度とで表わした比のことである。1:1比とは、何mmの範囲を何本のAスキャンで撮影したかで得られる、横方向の1ピクセルあたりの物理サイズと、縦方向の1ピクセルあたりの物理サイズとを揃えた比のことである。

【0086】

コンボボックス93は、断層画像を表示する際に、2次元表示(2D)/3次元表示(3D)を切り替えるために設けられる。ここで、2D表示の場合、断層画像の1スライスが表示され、3D表示の場合、網膜層の境界線データから作成された網膜層の3次元形状が表示される。

10

【0087】

具体的には、コンボボックス93において3D表示が選択されると、断層画像の表示領域81には、図7(a)~図7(c)に示す断層画像が表示される。

【0088】

図7(a)は、OCT比でRPEを3D表示した場合の態様を示している。この場合、計測面(MS)も同時に3D表示されている。

【0089】

ここで、断層画像の表示領域81の下側には、網膜の各層に対応したチェックボックス101~104が表示されている。具体的には、ILM、PRE、BM、MSに対応したチェックボックスが表示されており、操作者は、これらチェックボックスを用いることで、各層の表示/非表示の切り替えを指示できる。

20

【0090】

計測面(MS)を面で表現する場合、その透明度 α は、0より大きく、且つ1よりも小さい値とする。透明度を1にした状態で、網膜層形状と計測面とを重ねると、蓋をしたような状態となり、網膜層の3次元形状が上側からでは分からなくなってしまうためである。或いは、計測面(MS)を面ではなく格子状にして表現しても良い。格子状の場合、計測面(MS)の透明度 α は1としても良い。計測面(MS)の色は、等高線マップのルックアップテーブルを参照し、計測面(MS)がある位置の計測値(面積又は体積)に応じた色を選べば良い。

【0091】

30

ここで、操作者は、入力装置54を介して、計測面(MS)の位置を移動させることができる。そのため、計測面(MS)の位置が変更されると、画像処理装置30は、当該変更に関連して、図5(a)及び図5(b)で説明したように、等高線マップ形状を変化させる。

【0092】

テキストボックス105は、数値を指定するための項目である。操作者は、入力装置54を介して、Z方向で最も深部に位置する箇所からの計測面(MS)の高さ(深さ)を示す数値をこのテキストボックス105に入力する。例えば、 $100\mu\text{m}$ や $300\mu\text{m}$ といった数値が入力された場合、その場所に計測面(MS)が移動し、等高線マップもそれに合わせて変化する。これにより、操作者は、3次元形状での位置とその時の等高線マップとを同時に把握することができるとともに、その時の体積値、面積値についても把握することができる。

40

【0093】

その他の例として、テキストボックス105に体積の値を入力できるようにしても良い。この場合、 1mm^3 や 2mm^3 といった数値が入力された場合、操作者は、当該体積に対応する3次元形状での計測面(MS)の位置とその時の等高線マップとを同時に把握することができる。また更に、操作者は、その時のZ方向で最も深部に位置する箇所からの計測面(MS)の高さ(深さ)も把握できる。

【0094】

続いて、図7(b)は、計測面(MS)を非表示にした場合の表示態様を示している。

50

それ以外の表示項目については、図 7 (a) と同様となる。図 7 (b) の場合、チェックボックス 1 0 2 が選択されており、P R D のみが表示されている。このように眼底の 3 次元形状のみを表示することもできる。

【 0 0 9 5 】

ここで、図 7 (b) では、O C T 比で R P E の 3 D 表示を行なっているのに対して、図 7 (c) は、1 : 1 比で R P E の 3 D 表示を行なっている場合の態様を示している。すなわち、コンボボックス 9 2 において、1 : 1 比が選択されている。

【 0 0 9 6 】

なお、本実施形態では、R P E を解析対象として説明しているため、コンボボックス 9 3 で 2 D / 3 D 表示を切り替えた場合、R P E 形状を 2 D / 3 D 表示することになるが、これに限られない。例えば、解析対象をブルッフ膜 (B M) とした場合、ブルッフ膜 (B M) 形状が 2 D / 3 D 表示される。

10

【 0 0 9 7 】

ここで、断層画像の表示領域 8 1 において、計測面がどの位置を測定しているかを模式的に示す表示を行なうようにしても良い。この場合の表示態様について、図 8 (a) ~ 図 8 (d) を用いて説明する。

【 0 0 9 8 】

図 8 (a) は、表示中の断層画像において、計測面がどの位置を測定しているかを示すオブジェクト 1 1 0 を断層画像上に重畳して表示した態様を示している。符号 M S ' は、オブジェクト 1 1 0 上での計測面 (模式計測面) を表している。網膜層の 3 次元形状は、操作者の入力装置 5 4 を介した指示により上下左右の回転が行なわれる。そのため、計測面 (M S) と網膜層との位置関係を操作者が把握できるように、オブジェクト 1 1 0 及び模式計測面 M S ' によって位置関係の指標を提示する。

20

【 0 0 9 9 】

なお、操作者が入力装置 5 4 を介して、オブジェクト 1 1 0 及び模式計測面 M S ' の位置関係を変更した場合には、それに連動して網膜層の 3 次元形状の表示も変更される。この場合、解析対象となる網膜層の領域も変更されるため、第 1 の解析結果 8 4 や第 2 の解析結果 8 5 及び 8 6 も連動して変更される。

【 0 1 0 0 】

ここで、オブジェクト 1 1 0 の表示態様をいくつか例示して説明する。例えば、図 8 (b) 及び図 8 (c) に示すように、各断面位置に対応する断層画像を表示するようにしても良い。この場合、オブジェクト 1 1 0 においては、3 次元で考えた場合の中心位置を横切る垂直位置及び水平位置の断層画像が表示される。或いは、図 8 (d) に示すように、上方 (superior) 、下方 (inferior) を示す S 、 I などの英略語を表示するようにしても良い。

30

【 0 1 0 1 】

次に、図 6 に示す眼底画像の表示領域 8 2 を含む眼底画像表示部 9 4 の詳細について説明する。眼底画像の表示領域 8 2 では、撮影位置とその走査パターンマーク 8 3 とが眼底画像に対して重畳されている。また、眼底画像表示部 9 4 には、眼底画像の表示形式を切り替えるためのコンボボックス 9 5 が設けられている。この場合、眼底画像として S L O 画像が表示されている。

40

【 0 1 0 2 】

ここで、図 9 (a) 及び図 9 (b) を用いて、コンボボックス 9 5 から眼底画像の表示形式の切り替えを行なった場合について説明する。ここでは、眼底画像の表示形式として、“ S L O 画像 + マップ ” を同時に表示する場合と、“ 眼底写真 (第 2 の眼底画像) + S L O 画像 (第 1 の眼底画像) + マップ ” を同時に表示する場合とを例に挙げて説明する。なお、S L O 画像 (第 1 の眼底画像) は、断層画像と同時に撮影が行なわれた 2 次元の眼底画像であれば良く、例えば、断層画像を深度方向に積算することにより生成された積算画像であっても良い。また、眼底写真 (第 2 の眼底画像) は、断層画像と異なるタイミングで撮影された 2 次元の眼底画像であれば良く、例えば、造影検査画像等が挙げられる。

50

【 0 1 0 3 】

図9 (a) は、“ S L O 画像 + マップ ” がコンボボックス 9 5 から選択された場合の表示態様を示している。符号 2 0 1 は S L O 画像を示し、符号 2 0 0 はマップを示している。S L O 画像 2 0 1 とマップ 2 0 0 との位置合わせは、図 1 で説明した位置合わせ部 4 7 により行なわれる。これらの位置合わせは、撮影時の固視灯の位置と走査範囲とに基づいてマップの位置及びサイズを設定することにより行なわれる。

【 0 1 0 4 】

S L O 画像 2 0 1 に対してマップ 2 0 0 を重畳した結果を眼底画像として表示する場合、S L O 画像 2 0 1 の透明度 α を 1 として表示し、マップ 2 0 0 の透明度 α を 1 より小さくし、例えば、0 . 5 として表示する。これら透明度 α のパラメータは、操作者が対象データを初めて選択した時に設定するパラメータである。これらのパラメータは、操作者が、入力装置 5 4 を介して適宜変更することができる。操作者が変更したパラメータは、例えば、外部記憶装置 5 2 に記憶される。次回以降同じ対象データを開いた時には、前回の操作者が設定したパラメータに従って表示が行なわれる。

10

【 0 1 0 5 】

続いて、図9 (b) は、“ 眼底写真 + S L O 画像 + マップ ” がコンボボックス 9 5 から選択された場合の表示態様を示している。符号 2 0 2 は、眼底写真 (第 2 の眼底画像) を示している。

【 0 1 0 6 】

この場合、眼底写真 2 0 2 に対してマップ 2 0 0 を重畳表示 (すなわち、第 2 の眼底画像上にマップ 2 0 0 を重畳表示) するために、S L O 画像 2 0 1 が利用されている。その理由として、眼底写真 2 0 2 は、断層画像と異なるタイミングで撮影されたものであり、マップ 2 0 0 だけでは撮影位置や撮影範囲が分からないためである。そこで、S L O 画像 2 0 1 を用いることで眼底写真 2 0 2 とマップ 2 0 0 との位置合わせを行なうことができる。眼底写真 2 0 2 と S L O 画像 2 0 1 との位置合わせは、図 1 で説明した位置合わせ部 4 7 により行なわれる。

20

【 0 1 0 7 】

位置合わせの方法は、例えば、血管特徴を用いて行なえば良い。血管の検出方法としては、血管は細い線状構造を有しているため、まず、線状構造を強調するフィルタを用いて血管を抽出する。線状構造を強調するフィルタとしては、線分を構造要素としたときに構造要素内での画像濃度値の平均値と構造要素を囲む局所領域内での平均値との差を計算するフィルタを利用すれば良い。勿論、これに限られず、S o b e l フィルタのような差分フィルタを用いても良い。また、濃度値画像の画素毎にヘッセ行列の固有値を計算し、その結果として得られる 2 つの固有値の組み合わせから線分状の領域を抽出しても良い。更には、線分を単純に構造要素とするトップハット演算を用いても良い。位置合わせ部 4 7 においては、これらの方法によって検出した血管位置情報を用いて、眼底写真 2 0 2 と S L O 画像 2 0 1 との位置合わせを行なう。

30

【 0 1 0 8 】

S L O 画像 2 0 1 とマップ 2 0 0 とは、上述した方法で位置合わせを行なうことができるので、その結果として眼底写真 2 0 2 とマップ 2 0 0 との位置合わせも行なうことができる。眼底写真 2 0 2 に対してマップ 2 0 0 を重畳した結果を眼底画像表示部 9 4 の表示領域 8 2 に表示する場合には、眼底写真 2 0 2 の透明度 α を 1 として表示する。また、S L O 画像 2 0 1 の透明度 α 及びマップ 2 0 0 の透明度 α を 1 より小さくし、例えば、0 . 5 として表示する。勿論、S L O 画像 2 0 1 とマップ 2 0 0 との透明度 α の値は同じである必要はなく、例えば、S L O 画像 2 0 1 の透明度 α の値を 0 としても良い。

40

【 0 1 0 9 】

なお、被検眼が疾患眼である場合、位置合わせ部 4 7 による位置合わせ処理が失敗する可能性がある。位置合わせの失敗の判定は、画像間類似度を計算する場合には、最大の類似度が閾値以上とならない。或いは、閾値以上となったとしても、解剖学的に不自然な箇所位置合わせ処理が終了する場合、失敗したと判定できる。その場合、S L O 画像 2 0

50

1 及びマップ 200 は、事前に設定された初期パラメータの位置（例えば、画像の中心）及び初期透過度で表示すれば良い。そして、位置合わせ処理に失敗したメッセージを表示して、操作者による入力装置 54 を介した位置修正処理を促す。

【0110】

ここで、位置修正や透過度 α のパラメータ変更を操作者が行なう場合、操作者が、SLO 画像 201 に対して移動、拡大・縮小、回転操作を行なうと、SLO 画像 201 上のマップ 200 も同時に、移動、拡大・縮小、回転する。すなわち、SLO 画像 201 及びマップ 200 は、1 枚の同じ画像として動作する。但し、透明度 α に関しては、SLO 画像 201 及びマップ 200 は、それぞれ独立に設定が行なわれる。操作者が、入力装置 54 を介して変更したパラメータは、外部記憶装置 52 に記憶され、次回以降は当該設定されたパラメータに従って表示が行なわれる。

10

【0111】

このように眼底画像表示部 94 における眼底画像の表示領域 82 には、2 次元の眼底画像の他、眼底画像上にマップ等が重畳された表示が行なわれる。なお、図 9 (a) や図 9 (b) では、等高線マップを眼底画像上の対応する位置に関連付けて重畳表示する場合について説明したが、これに限られない。すなわち、曲率マップや層厚マップなどを表示しても良い。

【0112】

また、解析対象の層を変更する場合には、操作者が、入力装置 54 を介して、例えば、図 2 に示す表示領域 61 の断層画像上からセグメンテーション結果 (L1 ~ L5) を選択することで行なえば良い。解析対象の層を切り替えた場合、画像処理装置 30 は、表示制御部 35 において、それまでに強調表示されていたセグメンテーション結果の層を通常表示に戻し、新たな解析対象の層を強調表示させる。それにより、任意の層の解析結果を表示することができる。

20

【0113】

次に、図 6 に示す第 1 の解析結果 84 を含む第 1 の解析結果表示部 96 の詳細について説明する。

【0114】

第 1 の解析結果 84 には、解析結果作成部 45 により作成された形状解析マップが表示される。また、コンボボックス 97 では、第 1 の解析結果 84 のマップの種類を選択することができる。この場合、第 1 の解析結果 84 として示されている形状解析マップは、等高線マップとなっている。

30

【0115】

第 1 の解析結果 84 として示されている形状解析マップの種類や、図 9 (a) や図 9 (b) で説明した眼底画像上に重畳表示された形状解析マップの種類は、コンボボックス 97 から種類を指定することにより連動して変更できる。更に、以下で説明を行なう第 2 の解析結果表示部 98 の表示も連動して変更される。

【0116】

ここで、図 10 に解析結果として曲率の結果を表示させた場合の断層画像観察画面 80 の一例について説明する。

40

【0117】

解析結果の表示を、面積及び体積の解析結果から曲率解析結果に切り替えた場合、断層画像表示部 91、眼底画像表示部 94、第 1 の解析結果表示部 96、第 2 の解析結果表示部 98 に表示される結果は、図 10 に示す内容となる。

【0118】

具体的には、断層画像の表示領域 81 には、撮影された断層画像に対して、当該断層画像上に網膜層の各層を検出したセグメンテーション結果 (L1 ~ L5) が重畳表示される。また、第 1 の解析結果 84 としては曲率マップが表示され、第 2 の解析結果 88 としては曲率グラフが表示される。眼底画像の表示領域 82 には、SLO 画像 (第 1 の眼底画像) 201 と、眼底写真 (第 2 の眼底画像) 202 と、曲率マップ 203 とを重畳表示した

50

画像が表示される。

【 0 1 1 9 】

次に、図 6 に示す第 2 の解析結果 8 5 及び 8 6 を含む第 2 の解析結果表示部 9 8 の詳細について説明する。

【 0 1 2 0 】

第 2 の解析結果 8 5 では、解析結果作成部 4 5 により作成された形状解析グラフが表示される。この場合、面積及び体積を計測したグラフが示されており、横軸が高さ（深さ）を示し、縦軸が体積を示している。符号 8 7 に示す実線は、体積を示している。

【 0 1 2 1 】

第 2 の解析結果 8 6 では、形状解析結果が表として表示されている。表には、ある一定の基準値の高さ（例えば、100 μm 、500 μm 等）の時の面積及び体積が表示されるとともに、ある部位を基準とした時の高さ（ブルッフ膜オープニングの位置）に対応する面積及び体積が表示される。

10

【 0 1 2 2 】

ここで、図 11 を用いて、面積及び体積の結果を一つのグラフ（第 2 の解析結果 8 5 ）に表示した場合について説明する。この場合、横軸が高さ（深さ）を示し、グラフ左側の縦軸が体積を示し、グラフ右側の縦軸が面積を示している。破線 8 9 は面積を示すグラフであり、実線 8 7 は体積を示すグラフである。

【 0 1 2 3 】

[S 2 0 7]

20

画像処理装置 3 0 は、網膜層解析部 4 4 において、網膜層の検出結果に基づいて形状解析を行なう。この解析処理では、3次元の形状データ等を作成せずに、網膜層の検出結果を用いた解析が行なわれる。例えば、層厚の解析等が行なわれる。

【 0 1 2 4 】

[S 2 0 8]

画像処理装置 3 0 は、解析結果作成部 4 5 において、当該解析結果に基づいて解析結果（例えば、マップ、グラフ、数値情報）を作成する。

【 0 1 2 5 】

[S 2 0 9]

画像処理装置 3 0 は、断層画像と、検出部 4 1 により検出された層（RPE）の検出結果と、解析結果作成部 4 5 により作成された解析結果（マップ、グラフ、数値情報）とを表示装置 5 3 に表示する。

30

【 0 1 2 6 】

図 12 は、S 2 0 9 の処理によって、表示装置 5 3 に表示される断層画像観察画面 8 0 の一例を示す図である。

【 0 1 2 7 】

この場合、第 1 の解析結果 3 0 2 として、層厚マップが示されており、第 2 の解析結果 3 0 1 として、層厚グラフが示されている。すなわち、第 1 の解析結果 3 0 2 及び第 2 の解析結果 3 0 1 として、網膜層の検出結果を用いた解析結果が表示されている。

【 0 1 2 8 】

40

この場合にも、上記 S 2 0 6 の処理と同様に、操作者が、入力装置 5 4 を介して変更したパラメータは、外部記憶装置 5 2 に記憶され、次回以降は当該設定されたパラメータに従って表示が行なわれる。

【 0 1 2 9 】

以上説明したように実施形態 1 によれば、被検眼の断層画像から検出された網膜層の 3次元の形状データとともに、3次元の形状解析の対象となった網膜層の領域を示す指標とを提示（表示）できる。

【 0 1 3 0 】

これにより、網膜層の 3次元の形状と、その解析対象となる領域との対応関係を操作者に効果的に認識させられる。

50

【 0 1 3 1 】

(実施形態 2)

次に、実施形態 2 について説明する。実施形態 2 では、断層画像の 2 D 表示と 3 D 表示とを同時に表示する場合について説明する。より具体的には、実施形態 2 では、断層画像と、3 次元の形状データと、解析結果とを並べて表示する場合について説明する。なお、実施形態 2 では、断層画像として、放射状スキャンで撮影された断層画像を例に挙げて説明するについて説明する。

【 0 1 3 2 】

図 1 3 を用いて、実施形態 2 に係わる断層画像観察画面 4 0 0 の一例について説明する。

10

【 0 1 3 3 】

断層画像観察画面 4 0 0 には、2 次元の断層画像の表示領域 4 1 1 を含む第 1 の断層画像表示部 4 1 0 と、3 次元の断層画像の表示領域 4 3 1 を含む第 2 の断層画像表示部 4 3 0 とが設けられる。また更に、断層画像観察画面 4 0 0 には、第 1 の解析結果 4 4 2 を含む第 1 の解析結果表示部 4 4 0、第 2 の解析結果 4 2 1 及び 4 2 2 を含む第 2 の解析結果表示部 4 2 0 も設けられる。

【 0 1 3 4 】

ここでは、第 1 の解析結果表示部 4 4 0 及び第 2 の解析結果表示部 4 2 0 は、上述した実施形態 1 を説明した図 6 や図 9 (a) と同様であるため、その説明については省略する。また、第 2 の断層画像表示部 4 3 0 も、実施形態 1 を説明した図 7 (a) ~ 図 7 (c) と同様であるため、その説明については省略する。ここでは、第 1 の断層画像表示部 4 1 0 について重点的に説明する。

20

【 0 1 3 5 】

第 1 の断層画像表示部 4 1 0 には、2 次元の断層画像の表示領域 4 1 1 の他、断層画像の視点位置 (スライス位置) を変更するためのスライダバー 4 1 2 と、断層画像のスライス番号を表示するエリア 4 1 3 とが設けられる。

【 0 1 3 6 】

ここで、図 1 4 を用いて、3 次元形状での視点方向 5 0 3 と、図 1 3 に示す断層画像 (表示領域 4 1 1) との関係について説明する。符号 5 0 0 は、断層画像の 3 次元形状を上から深部方向 (Z 方向) に見た眼底の概要を示しており、符号 5 0 1 に示す放射状の直線は、断層画像の撮影スライス位置を示している。符号 5 0 2 に示す破線は、撮影スライス位置 5 0 1 の中で表示中の断層画像 (表示領域 4 1 1) と対応しているスライス位置を示しており、視点方向 5 0 3 に対して垂直になる。すなわち、破線 5 0 2 に示す位置の断層画像が、断層画像の表示領域 4 1 1 に表示される断層画像となる。

30

【 0 1 3 7 】

次に、操作者が、入力装置 5 4 を介して、図 1 3 で説明した断層画像観察画面 4 0 0 を操作した場合について説明する。

【 0 1 3 8 】

操作者が、入力装置 5 4 を介して、スライダバー 4 1 2 の位置を中心から端に移動させたとする。そうすると、その操作に連動して、画像処理装置 3 0 は、表示領域 4 3 1 に表示中の 3 次元の断層画像 (3 次元形状データ) の視点位置を変更する。また、表示領域 4 1 1 に表示中の 2 次元の断層画像のスライス位置をスライダバー 4 1 2 で指定された断層画像と対応する視点位置に変更する。

40

【 0 1 3 9 】

なお、スライダバー 4 1 2 が操作された場合、当該バーは、離散的に変化するのではなく、連続的にその位置が変更される。そのため、表示中の断層画像の 3 次元形状データの位置も連続的に変化する。具体的には、画像処理装置 3 0 は、表示中の断層画像の 3 次元形状データが垂直方向の中心を基準として回転するように表示する。

【 0 1 4 0 】

図 1 5 は、スライダバー 4 1 2 の位置を端に移動させた場合の表示領域 4 1 1 にお

50

る２次元の断層画像と、表示領域４３１の３次元の断層画像（３次元形状データ）との画面表示の一例を示している。この場合、３次元形状での視点方向５０７と、２次元の断層画像（表示領域４１１）との関係は図１６に示す関係となる。

【０１４１】

スライダバー４１２の位置が操作されると、画像処理装置３０は、表示領域４１１に表示中の２次元の断層画像のスライス位置を変更するとともに、そのスライス位置に対応する３次元の断層画像（３次元形状データ）の視点位置を変更する。なお、２次元の断層画像のスライス位置を変更するためのスライダバー４１２の操作に伴って、３次元形状データの視点位置を変更させるだけでなく、その逆も可能である。つまり、操作者が、入力装置５４を介して、３次元形状データの視点位置を変更させた場合、それに対応して２次元の断層画像のスライス位置と、スライダバー４１２の位置とを変更させるようにしても良い。

10

【０１４２】

以上説明したように実施形態２によれば、２次元の断層画像と３次元の断層画像とを同時に表示し、操作者からの操作に応じて、それらの表示態様を連動させて変更させることができる。

【０１４３】

以上が本発明の代表的な実施形態の例であるが、本発明は、上記及び図面に示す実施形態に限定することなく、その要旨を変更しない範囲内で適宜変形して実施できるものである。

20

【０１４４】

例えば、上述した実施形態１及び２において説明したいくつかの画面においては、チェックボックスやコンボボックス等が配されていたが、ラジオボタンやリストボックス、ボタンなどは、用途に応じて適宜変更すれば良い。例えば、上述した説明でコンボボックスとして説明していた構成を、リストボックスとして実現しても良い。

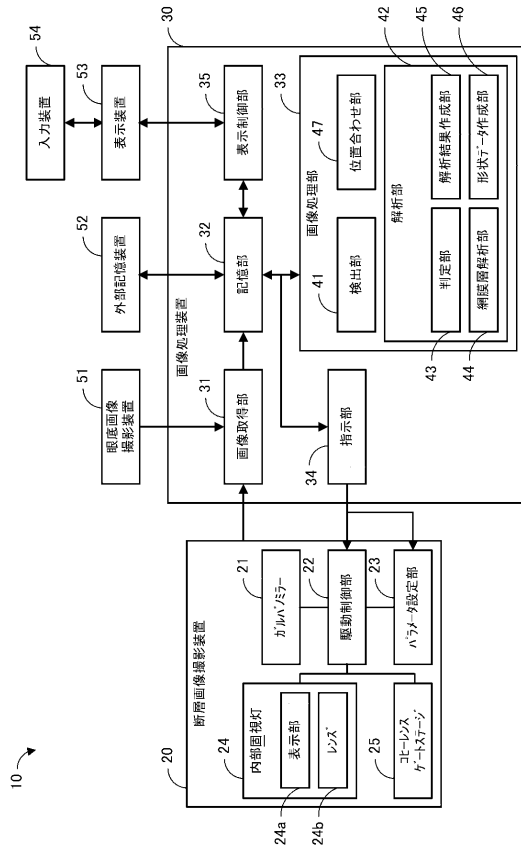
【０１４５】

（その他の実施形態）

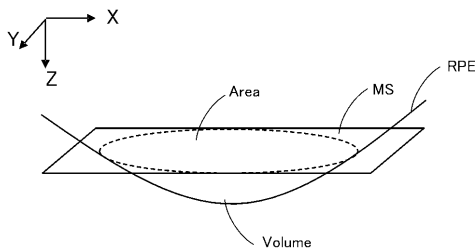
本発明は、以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェア（プログラム）を、ネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ（又はＣＰＵやＭＰＵ等）がプログラムを読み出して実行する処理である。

30

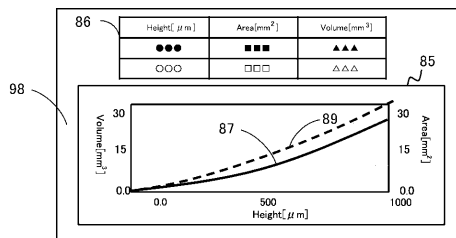
【 図 1 】



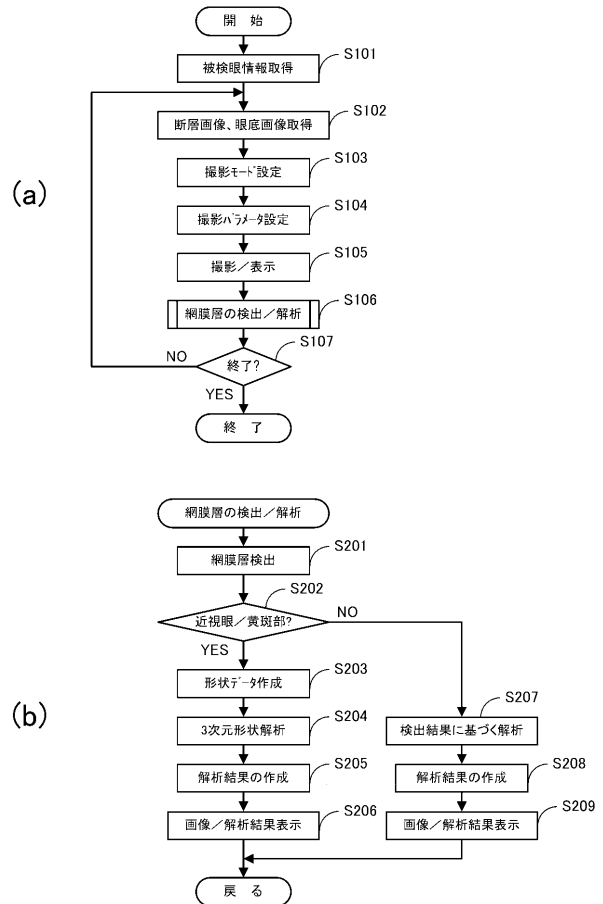
【 図 4 】



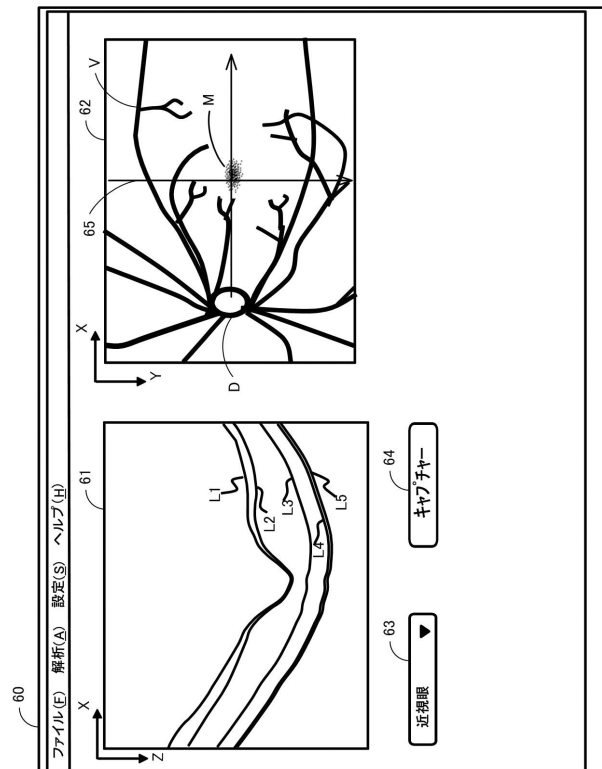
【 図 1 1 】



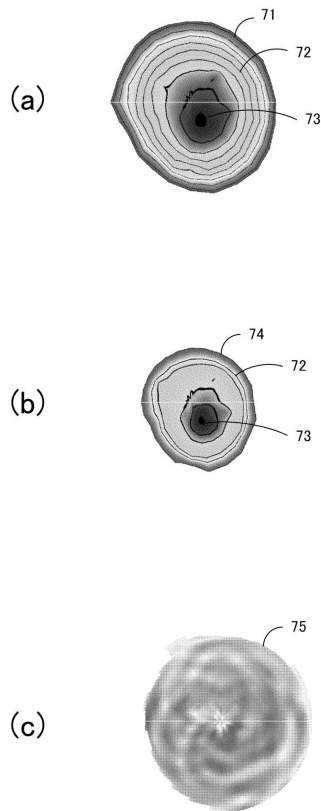
【 図 3 】



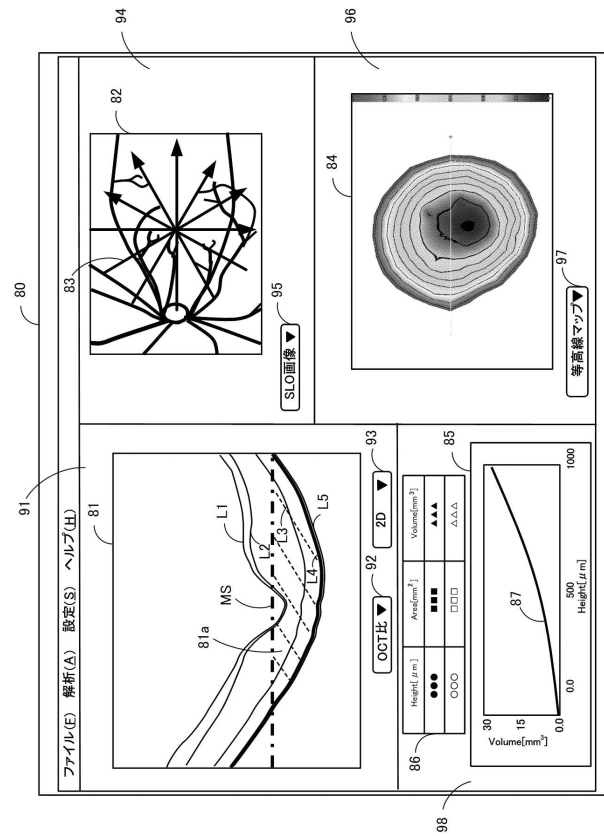
【 図 2 】



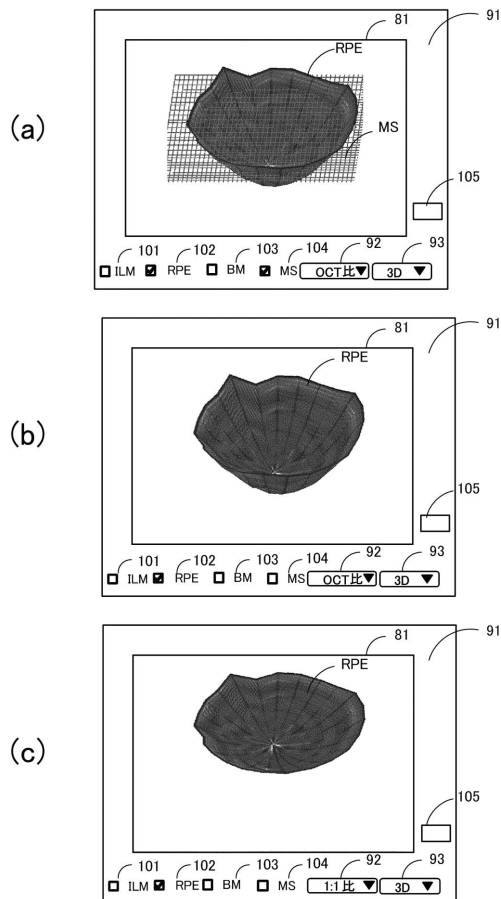
【図5】



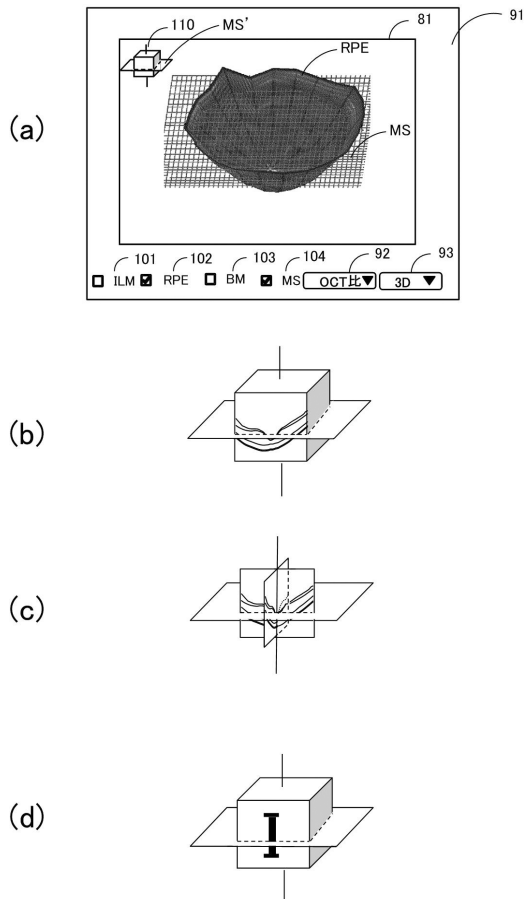
【図6】



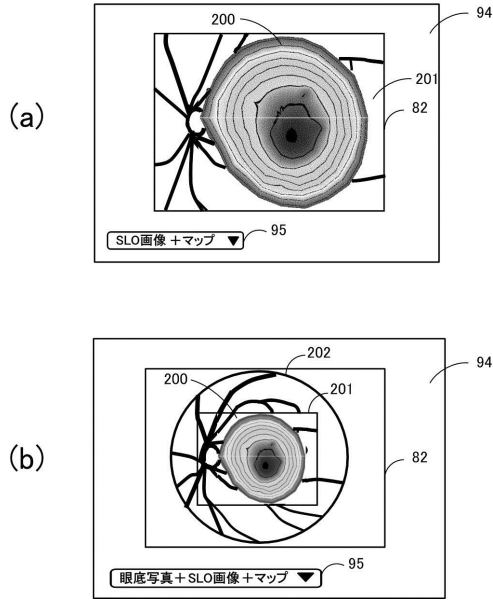
【図7】



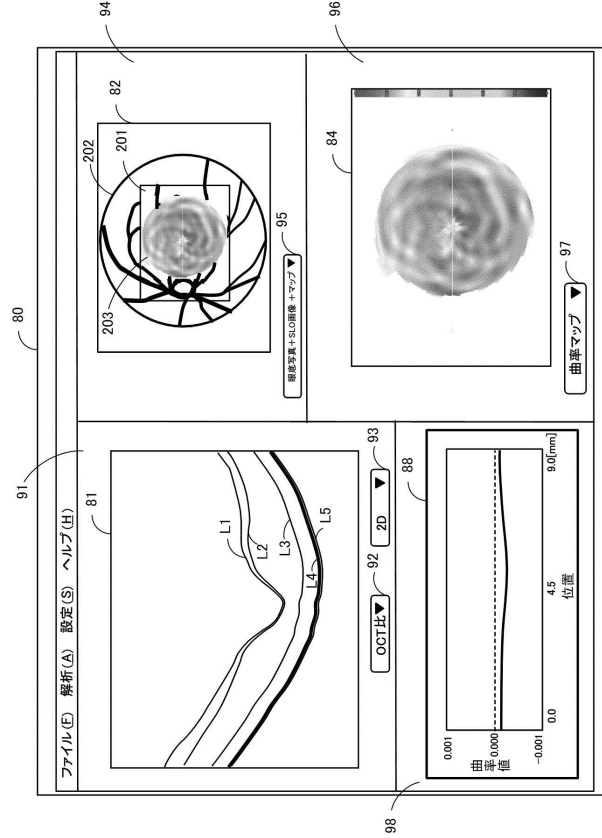
【図8】



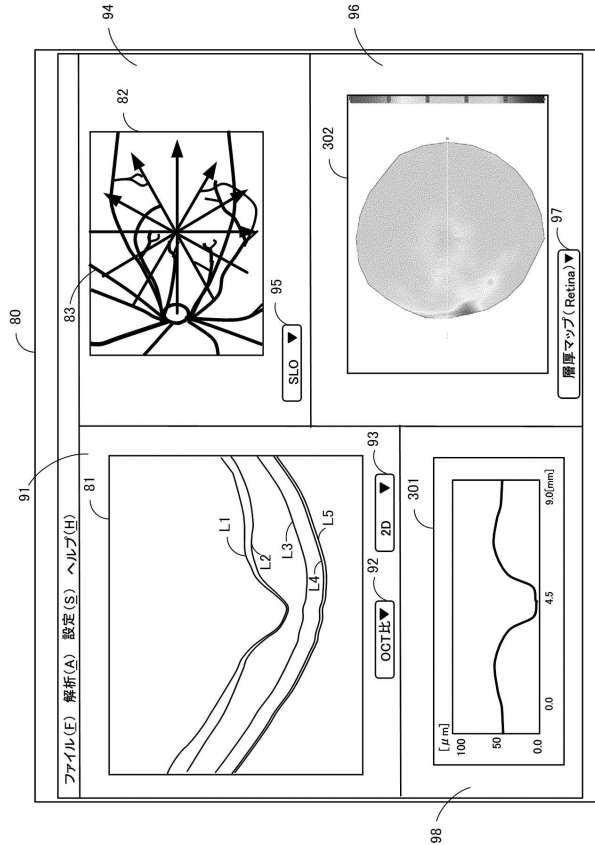
【図 9】



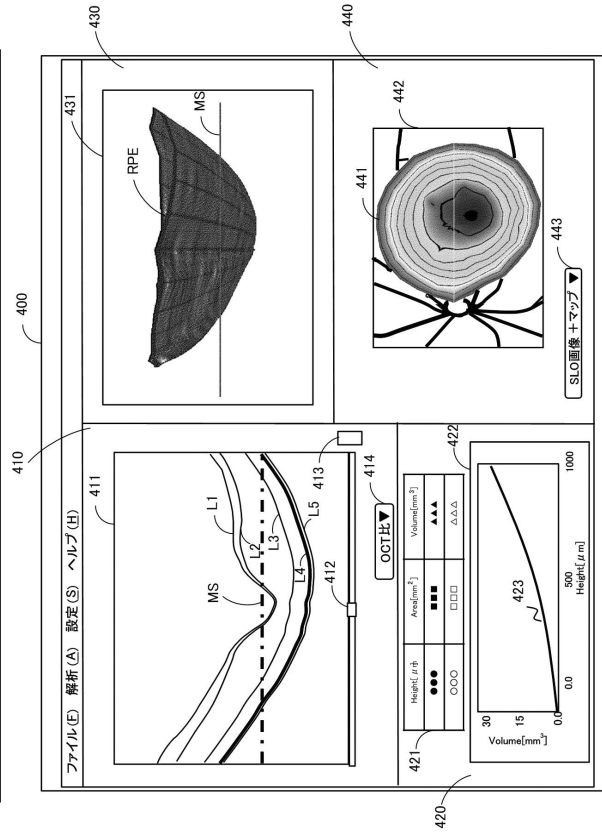
【図 10】



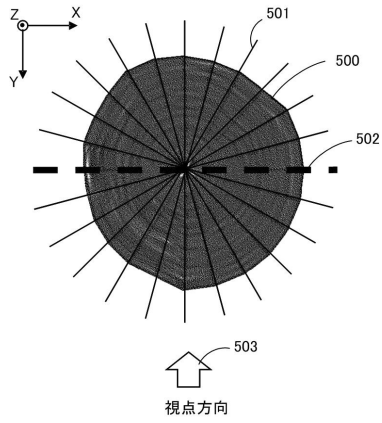
【図 12】



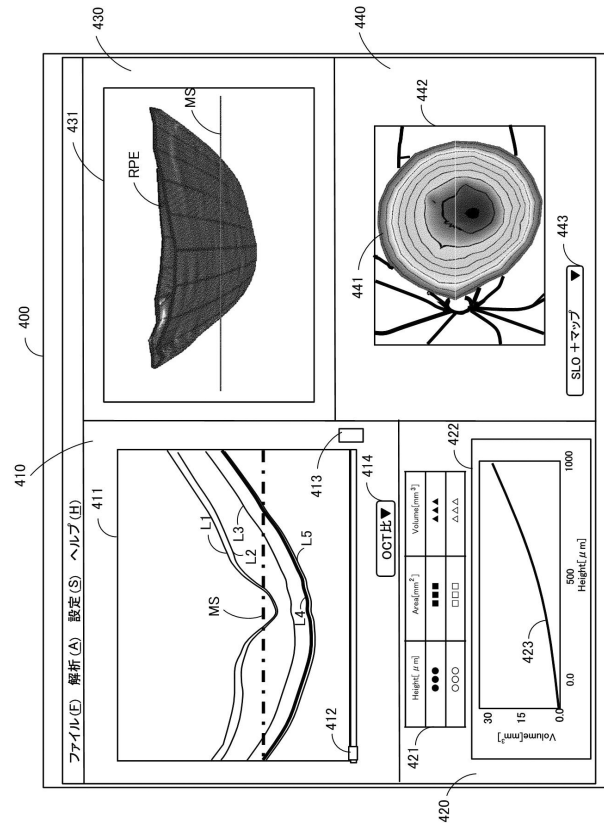
【図 13】



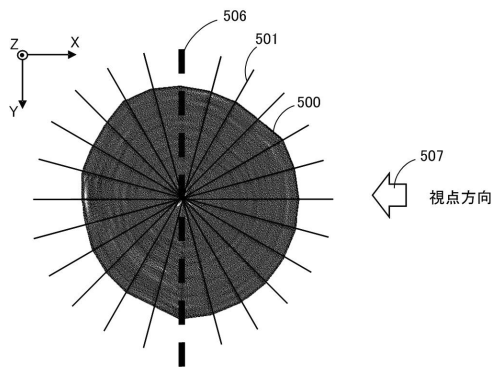
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

- (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
- (72)発明者 新畠 弘之
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 佐藤 眞
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 島田 保

- (56)参考文献 特開2011-024930(JP,A)
特開2010-253131(JP,A)
特開2011-120656(JP,A)
特開2011-092702(JP,A)
特表2009-507537(JP,A)
特開2011-030626(JP,A)
特開2006-223863(JP,A)
特開平11-053577(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 3/00 - 3/18
G01N 21/00 - 21/01
G01N 21/17 - 21/61