

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5367047号
(P5367047)

(45) 発行日 平成25年12月11日(2013.12.11)

(24) 登録日 平成25年9月20日(2013.9.20)

(51) Int.Cl. F I
A 6 1 B 3/10 (2006.01) A 6 1 B 3/10 R
G O 1 N 21/17 (2006.01) G O 1 N 21/17 6 2 5

請求項の数 2 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2011-232411 (P2011-232411)	(73) 特許権者	000220343 株式会社トプコン 東京都板橋区蓮沼町75番1号
(22) 出願日	平成23年10月24日(2011.10.24)	(74) 代理人	110000866 特許業務法人三澤特許事務所
(62) 分割の表示	特願2006-82121 (P2006-82121) の分割	(72) 発明者	福間 康文 東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社 トプコン内
原出願日	平成18年3月24日(2006.3.24)	(72) 発明者	青木 弘幸 東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社 トプコン内
(65) 公開番号	特開2012-16620 (P2012-16620A)	(72) 発明者	塚田 央 東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社 トプコン内
(43) 公開日	平成24年1月26日(2012.1.26)		
審査請求日	平成23年10月24日(2011.10.24)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 眼底観察装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検眼の眼底を経由した信号光と参照光との干渉光を検出し、その検出結果に基づいて前記眼底の深度方向の断層画像を形成する画像形成手段と、

該形成された断層画像に基づいて、当該断層画像の前記深度方向における位置を示す深度情報を生成する位置情報生成手段と、

先に形成された前記断層画像について生成された前記深度情報と、その後形成された前記断層画像について生成された前記深度情報とに基づいて、前記先の断層画像と前記後の断層画像との前記深度方向における位置合わせを行う画像処理手段と、

を備える、

ことを特徴とする眼底観察装置。

【請求項2】

前記深度情報は、前記画像形成手段により形成された断層画像における眼底の所定の層の位置を、前記断層画像上にあらかじめ設定された座標にて表現した情報を含み、

前記画像処理手段は、前記先の断層画像に対応する前記座標と、前記後の断層画像に対応する座標とを一致させるようにして、前記先の断層画像と前記後の断層画像との前記深度方向における位置合わせを行う、

ことを特徴とする請求項1に記載の眼底観察装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本発明は、被検眼の眼底を観察するために用いられる眼底観察装置に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

眼底観察装置としては、従来から眼底カメラが広く用いられている。図 1 3 は、従来の一般的な眼底カメラの外観構成の一例を表し、図 1 4 は、眼底カメラに内蔵される光学系の構成の一例を表している（たとえば特許文献 1 参照。）。なお、「観察」とは、眼底の撮影画像を観察する場合を少なくとも含むものとする（その他、肉眼による眼底観察を含んでもよい。）。

【 0 0 0 3 】

まず、図 1 3 を参照しつつ、従来の眼底カメラ 1 0 0 0 の外観構成について説明する。この眼底カメラ 1 0 0 0 は、ベース 2 上に前後左右方向（水平方向）にスライド可能に搭載された架台 3 を備えている。この架台 3 には、検者が各種操作を行うための操作パネル 3 a とジョイスティック 4 が設置されている。

【 0 0 0 4 】

検者は、ジョイスティック 4 を操作することによって、架台 3 をベース 2 上において 3 次元的に移動させることができる。ジョイスティック 4 の頂部には、眼底を撮影するときには押下される操作ボタン 4 a が配置されている。

【 0 0 0 5 】

ベース 2 上には支柱 5 が立設されている。この支柱 5 には、被検者の顎部を載置するための顎受け 6 と、被検眼 E を固視させるための光を発する外部固視灯 7 とが設けられている。

【 0 0 0 6 】

架台 3 上には、眼底カメラ 1 0 0 0 の各種の光学系や制御系を格納する本体部 8 が搭載されている。なお、制御系は、ベース 2 や架台 3 の内部等に設けられていることもあるし、眼底カメラ 1 0 0 0 に接続されたコンピュータ等の外部装置に設けられていることもある。

【 0 0 0 7 】

本体部 8 の被検眼 E 側（図 1 3 の紙面左方向）には、被検眼 E に対峙して配置される対物レンズ部 8 a が設けられている。また、本体部 8 の検者側（図 1 3 の紙面右方向）には、被検眼 E の眼底を肉眼観察するための接眼レンズ部 8 b が設けられている。

【 0 0 0 8 】

更に、本体部 8 には、被検眼 E の眼底の静止画像を撮影するためのスチルカメラ 9 と、眼底の静止画像や動画画像を撮影するためのテレビカメラ等の撮像装置 1 0 とが設けられている。このスチルカメラ 9 と撮像装置 1 0 は、それぞれ本体部 8 に対して着脱可能に形成されている。

【 0 0 0 9 】

スチルカメラ 9 としては、検査の目的や撮影画像の保存方法などの各種条件に応じて、CCD (Charge Coupled Device) や CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等の撮像素子を搭載したデジタルカメラや、フィルムカメラや、インスタントカメラなどを適宜に装着して使用することができる。本体部 8 には、このような各種のスチルカメラ 9 を選択的に装着するための装着部 8 c が形成されている。

【 0 0 1 0 】

スチルカメラ 9 や撮像装置 1 0 がデジタル撮像方式のものである場合、これらにより撮影された眼底画像の画像データを、眼底カメラ 1 0 0 0 に接続されたコンピュータ等に送信し、その眼底画像をディスプレイに表示させて観察することができる。また、眼底カメラ 1 0 0 0 に接続された画像記録装置に画像データを送信してデータベース化し、たとえば電子カルテ作成用の電子データとして用いることができる。

【 0 0 1 1 】

10

20

30

40

50

また、本体部 8 の検者側には、タッチパネルモニタ 11 が設けられている。このタッチパネルモニタ 11 には、(デジタル方式の)スチルカメラ 9 や撮像装置 10 から出力される映像信号に基づいて作成される被検眼 E の眼底画像が表示される。また、このタッチパネルモニタ 11 には、その画面中央を原点とする 2 次元座標系が眼底画像に重ねて表示されるようになっている。検者が画面上の所望の位置に触れると、その触れた位置に対応する座標値が表示されるようになっている。

【0012】

次に、図 14 を参照しつつ、眼底カメラ 1000 の光学系の構成について説明する。眼底カメラ 1000 には、被検眼 E の眼底 E f を照明する照明光学系 100 と、この照明光の眼底反射光を接眼レンズ部 8 b、スチルカメラ 9、撮像装置 10 に導く撮影光学系 120 とが設けられている。

10

【0013】

照明光学系 100 は、観察光源 101、コンデンサレンズ 102、撮影光源 103、コンデンサレンズ 104、エキサイタフィルタ 105 及び 106、リング透光板 107、ミラー 108、LCD 109、照明絞り 110、リレーレンズ 111、孔開きミラー 112、対物レンズ 113 を含んで構成されている。

【0014】

観察光源 101 は、たとえばハロゲンランプにより構成され、眼底観察用の定常光(連続光)を出力する。コンデンサレンズ 102 は、観察光源 101 から発せられた定常光(観察照明光)を集光して、観察照明光を眼底にほぼ均等に照明させるための光学素子である。

20

【0015】

撮影光源 103 は、たとえばキセノンランプにより構成され、眼底 E f の撮影を行うときにフラッシュ発光される。コンデンサレンズ 104 は、撮影光源 103 から発せられたフラッシュ光(撮影照明光)を集光して、撮影照明光を眼底 E f に均等に照射させるための光学素子である。

【0016】

エキサイタフィルタ 105、106 は、眼底 E f の眼底画像の蛍光撮影を行うときに使用されるフィルタである。このエキサイタフィルタ 105、106 は、それぞれ、ソレノイド等の駆動機構(図示せず)によって光路上に挿脱可能とされている。エキサイタフィルタ 105 は、FAG(フルオレセイン蛍光造影)撮影時に光路上に配置される。一方、エキサイタフィルタ 106 は、ICG(インドシアニンググリーン蛍光造影)撮影時に光路上に配置される。なお、カラー撮影時には、エキサイタフィルタ 105、106 はともに光路上から退避される。

30

【0017】

リング透光板 107 は、被検眼 E の瞳孔と共役な位置に配置されており、照明光学系 100 の光軸を中心としたリング透光部 107 a を備えている。ミラー 108 は、観察光源 101 や撮影光源 103 が発した照明光を撮影光学系 120 の光軸方向に反射させる。LCD 109 は、被検眼 E の固視を行うための固視標(図示せず)などを表示する。

【0018】

照明絞り 110 は、フレア防止等のために照明光の一部を遮断する絞り部材である。この照明絞り 110 は、照明光学系 100 の光軸方向に移動可能に構成されており、それにより眼底 E f の照明領域を調整できるようになっている。

40

【0019】

孔開きミラー 112 は、照明光学系 100 の光軸と撮影光学系 120 の光軸とを合成する光学素子である。孔開きミラー 112 の中心領域には孔部 112 a が開口されている。照明光学系 100 の光軸と撮影光学系 120 の光軸は、この孔部 112 a の略中心位置にて交差するようになっている。対物レンズ 113 は、本体部 8 の対物レンズ部 8 a 内に設けられている。

【0020】

50

このような構成を有する照明光学系 100 は、以下のような態様で眼底 E f を照明する。まず、眼底観察時には観察光源 101 が点灯されて観察照明光が出力される。この観察照明光は、コンデンサレンズ 102、104 を介してリング透光板 107 を照射する（エキサイタフィルタ 105、106 は光路上から退避されている。）。リング透光板 107 のリング透光部 107 a を通過した光は、ミラー 108 により反射され、LCD 109、照明絞り 110 及びリレーレンズ 111 を経由して孔開きミラー 112 により反射される。孔開きミラー 112 により反射された観察照明光は、撮影光学系 120 の光軸方向に進行し、対物レンズ 113 により集束されて被検眼 E に入射して眼底 E f を照明する。

【0021】

このとき、リング透光板 107 が被検眼 E の瞳孔に共役な位置に配置されていることから、瞳孔上には、被検眼 E に入射する観察照明光のリング状の像が形成される。観察照明光の眼底反射光は、この瞳孔上のリング状の像の中心暗部を通じて被検眼 E から出射するようになっている。このようにして、観察照明光の眼底反射光に対する、被検眼 E に入射してくる観察照明光の影響を防止するようになっている。

【0022】

一方、眼底 E f を撮影するときには、撮影光源 103 がフラッシュ発光され、撮影照明光が同様の経路を通じて眼底 E f に照射される。なお、蛍光撮影の場合には、FAG 撮影か ICG 撮影かに応じて、エキサイタフィルタ 105 又は 106 が選択的に光路上に配置される。

【0023】

次に、撮影光学系 120 について説明する。撮影光学系 120 は、対物レンズ 113、孔開きミラー 112（の孔部 112 a）、撮影絞り 121、バリアフィルタ 122 及び 123、変倍レンズ 124、リレーレンズ 125、撮影レンズ 126、クイックリターンミラー 127 及び撮影媒体 9 a を含んで構成される。ここで、撮影媒体 9 a は、スチルカメラ 9 に用いられる任意の撮影媒体（CCD 等の撮像素子、カメラフィルム、インスタントフィルムなど）である。

【0024】

瞳孔上のリング状の像の中心暗部を通じて被検眼 E から出射した照明光の眼底反射光は、孔開きミラー 112 の孔部 112 a を通じて撮影絞り 121 に入射する。孔開きミラー 112 は、照明光の角膜反射光を反射して、撮影絞り 121 に入射する眼底反射光に角膜反射光を混入させないように作用する。それにより、観察画像や撮影画像におけるフレアの発生を抑止するようになっている。

【0025】

撮影絞り 121 は、大きさの異なる複数の円形の透光部が形成された板状の部材である。複数の透光部は、絞り値（F 値）の異なる絞りを構成し、図示しない駆動機構によって、透光部が択一的に光路上に配置されるようになっている。

【0026】

バリアフィルタ 122、123 は、それぞれ、ソレノイド等の駆動機構（図示せず）によって光路上に挿脱可能とされている。FAG 撮影を行うときにはバリアフィルタ 122 が光路上に配置され、ICG 撮影を行うときにはバリアフィルタ 123 が光路上に配置される。また、カラー撮影を行うときには、バリアフィルタ 122、123 は、光路上からともに退避される。

【0027】

変倍レンズ 124 は、図示しない駆動機構によって撮影光学系 120 の光軸方向に移動可能とされている。それにより、観察倍率や撮影倍率の変更、眼底画像のフォーカスなどを行うことができる。撮影レンズ 126 は、被検眼 E からの眼底反射光を撮影媒体 9 a 上に結像させるレンズである。

【0028】

クイックリターンミラー 127 は、図示しない駆動機構によって回転軸 127 a 周りに回転可能に設けられている。スチルカメラ 9 で眼底 E f の撮影を行う場合には、光路上に

10

20

30

40

50

斜設されているクイックリターンミラー 127 を上方に跳ね上げて、眼底反射光を撮影媒体 9a に導くようになっている。一方、撮像装置 10 による眼底撮影時や、検者の肉眼による眼底観察時には、クイックリターンミラー 127 を光路上に斜設配置させた状態で、眼底反射光を上方に向けて反射するようになっている。

【0029】

撮影光学系 120 には、更に、クイックリターンミラー 127 により反射された眼底反射光を案内するための、フィールドレンズ（視野レンズ）128、切換ミラー 129、接眼レンズ 130、リレーレンズ 131、反射ミラー 132、撮影レンズ 133 及び撮像素子 10a が設けられている。撮像素子 10a は、撮像装置 10 に内蔵された CCD 等の撮像素子である。タッチパネルモニタ 11 には、撮像素子 10a により撮影された眼底画像 Ef が表示される。

10

【0030】

切換ミラー 129 は、クイックリターンミラー 127 と同様に、回動軸 129a 周りに回動可能とされている。この切換ミラー 129 は、肉眼による観察時には光路上に斜設された状態で眼底反射光を接眼レンズ 130 に向けて反射する。

【0031】

また、撮像装置 10 を用いて眼底画像を撮影するときには、切換ミラー 129 を光路上から退避して、眼底反射光を撮像素子 10a に向けて導く。その場合、眼底反射光は、リレーレンズ 131 を経由してミラー 132 により反射され、撮影レンズ 133 によって撮像素子 10a に結像される。

20

【0032】

このような眼底カメラ 1000 は、眼底 Ef の表面、すなわち網膜の状態を観察するために用いられる眼底観察装置である。換言すると、眼底カメラ 1000 は、被検眼 E の角膜の方向から眼底 Ef を見たときの 2 次元的な眼底画像を得るための装置である。一方、網膜の深層には脈絡膜や強膜といった組織が存在し、これらの組織の状態を観察するための技術が望まれていたが、近年、これら深層組織を観察するための装置の実用化が進んでいる（たとえば特許文献 2、3 参照）。

【0033】

特許文献 2、3 に開示された眼底観察装置は、いわゆる OCT (Optical Coherence Tomography) 技術を応用した装置（光画像計測装置、光コヒーレンストポグラフィ装置などと呼ばれる。）である。この眼底観察装置は、低コヒーレンス光を二分して、その一方（信号光）を眼底に導き、他方（参照光）を所定の参照物体に導くとともに、眼底を経由した信号光と参照物体を経由した参照光とを重畳して得られる干渉光を検出して解析することにより、眼底の表面ないし深層組織の断層画像を形成する装置である。また、光画像計測装置は、複数の断層画像に基づいて、眼底の 3 次元画像を形成することが可能である。なお、特許文献 2 に記載の光画像計測装置は、一般に、フーリエドメイン (Fourier Domain) OCT などと呼ばれている。

30

【0034】

フーリエドメイン OCT は、信号光をスキャンして眼底に照射することにより、その走査線に沿った深度方向の断面を有する断層画像を形成するようになっている。このような信号光のスキャンは、B スキャンなどと呼ばれている（たとえば非特許文献 1 参照）。

40

【0035】

3 次元画像を形成する場合、複数の走査線に沿って B スキャンを実行し、それにより得られる複数の断層画像に補間処理を施すなどして 3 次元画像データを生成する。この 3 次元画像データは、X 線 CT 装置等の医用画像診断装置と同様に、ボリュームデータ或いはボクセルデータなどと呼ばれ、3 次元的に配列された各ボクセルに画素データ（明るさ、濃淡、色等のデータ。輝度値や RGB 値など）が割り当てられた形態の画像データである。3 次元画像は、ボリュームデータをレンダリングして得られる所定の視線方向から見た擬似的な 3 次元画像として表示される。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0036】

【特許文献1】特開2004-350849号公報

【特許文献2】特開2003-543号公報

【特許文献3】特開2005-241464号公報

【非特許文献】

【0037】

【非特許文献1】NEDOワークショップ「人体の“窓”、眼底から体内を見る（診る）」- 最新光学技術を駆使した生活習慣病の超早期診断機器開発 - （開催日：2005年4月25日）、インターネット URL：http://www.nedo.go.jp/informations/koubou/170627_2/besshi3.pdf

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0038】

眼科に限らず医療分野全般において、傷病の進行状況や治療効果などを診断するための経過観察が広く実施されている。経過観察は、所定期間を介して複数回の検査を行い、その検査結果を比較して診断を行うものである。経過観察においては、所定期間を介して患部等の注目部位の画像を取得し、その画像を比較することによって注目部位の経時的な変化を確認することが多々ある。

【0039】

20

画像を用いた経過観察においては、同一部位の画像を複数回取得する必要があるが、従来の眼底観察装置を用いた眼底検査においては、同一部位の画像を取得することは困難であった。すなわち、各検査日時において同一部位の画像を取得するには、被検眼Eを同じ方向に固視させなければならないが、それは困難であった。また、眼球運動や血流による脈動などによって被検眼の向きが変わってしまうことも、同一部位の画像の取得を難しくする要因であった。

【0040】

特に光画像計測装置によって取得した眼底の断層画像を比較する場合、それらの断層画像が眼底の同一部位（同一の断面）に相当するものであるか否かを画像から判断することは困難であった。また、過去に取得した断層画像と同じ断面の断層画像を再度取得することも難しかった。このような理由により、有効で効率的な眼底の経過観察を行うことは困難であった。

30

【0041】

本発明は、以上のような問題を解決するためになされたもので、眼底の断層画像を用いた経過観察を有効かつ効率的に行うことが可能な眼底観察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】

【0042】

上記目的を達成するために、請求項1に記載の眼底観察装置は、画像形成手段と、位置情報生成手段と、画像処理手段とを有する。画像形成手段は、被検眼の眼底を經由した信号光と参照光との干渉光を検出し、その検出結果に基づいて眼底の深度方向の断層画像を形成する。位置情報生成手段は、形成された断層画像に基づいて、当該断層画像の深度方向における位置を示す深度情報を生成する。画像処理手段は、先に形成された断層画像について生成された深度情報と、その後形成された断層画像について生成された深度情報とに基づいて、先の断層画像と後の断層画像との深度方向における位置合わせを行う。

40

【0043】

また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の眼底観察装置であって、前記深度情報は、前記画像形成手段により形成された断層画像における眼底の所定の層の位置を、前記断層画像上にあらかじめ設定された座標にて表現した情報を含み、前記画像処理手段は、前記先の断層画像に対応する前記座標と、前記後の断層画像に対応する座標とを一致さ

50

せるようにして、前記先の断層画像と前記後の断層画像との前記深度方向における位置合わせを行う、ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0044】

本発明に係る眼底観察装置は、被検眼の眼底を経由した信号光と参照光との干渉光を検出し、その検出結果に基づいて眼底の深度方向の断層画像を形成する画像形成手段と、形成された断層画像に基づいて当該断層画像の深度方向の位置を示す深度情報を生成する位置情報生成手段と、先に形成された断層画像について生成された深度情報と、その後形成された断層画像について生成された深度情報とに基づいて、先の断層画像と後の断層画像との深度方向における位置合わせを行う画像処理手段とを備えている。このような本発明によれば、検査日時の異なる先の断層画像と後の断層画像との深度方向における位置合わせを好適に行うことができるので、眼底の断層画像を用いた経過観察を有効にかつ効率的に行うことが可能になる。

10

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】本発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態の全体構成の一例を表す概略構成図である。

【図2】本発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態における眼底カメラユニットに内蔵される走査ユニットの構成の一例を表す概略構成図である。

【図3】本発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態におけるOCTユニットの構成の一例を表す概略構成図である。

20

【図4】本発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態における演算制御装置のハードウェア構成の一例を表す概略ブロック図である。

【図5】本発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態の制御系の構成の一例を表す概略ブロック図である。

【図6】本発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態における操作パネルの外観構成の一例を表す概略図である。

【図7】本発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態における演算制御装置の構成の一例を表す概略ブロック図である。

【図8】本発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態による信号光の走査態様の一例を表す概略図である。図8(A)は、被検眼に対する信号光の入射側から眼底を見たときの信号光の走査態様の一例を表している。また、図8(B)は、各走査線上の走査点の配列態様の一例を表している。

30

【図9】本発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態による信号光の走査態様、及び、各走査線に沿って形成される断層画像の態様の一例を表す概略図である。

【図10】本発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態の動作の一例を表すフローチャートである。

【図11】本発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態により表示される画面の一例を表す概略図である。

【図12】本発明に係る眼底観察装置の好適な実施形態の動作の一例を表すフローチャートである。

40

【図13】従来における眼底観察装置(眼底カメラ)の外観構成の一例を表す概略側面図である。

【図14】従来における眼底観察装置(眼底カメラ)の内部構成(光学系の構成)の一例を表す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0046】

本発明に係る眼底観察装置の好適な実施の形態の一例について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、従来と同様の構成部分については、図13、図14と同じ符号を用いることにする。

50

【 0 0 4 7 】

まず、図 1 ~ 図 7 を参照して、本実施形態に係る眼底観察装置の構成について説明する。図 1 は、本実施形態に係る眼底観察装置 1 の全体構成の一例を表している。図 2 は、眼底カメラユニット 1 A 内の走査ユニット 1 4 1 の構成の一例を表している。図 3 は、OCT ユニット 1 5 0 の構成の一例を表している。図 4 は、演算制御装置 2 0 0 のハードウェア構成の一例を表している。図 5 は、眼底観察装置 1 の制御系の構成の一例を表している。図 6 は、眼底カメラユニット 1 A に設けられた操作パネル 3 a の構成の一例を表している。図 7 は、演算制御装置 2 0 0 の制御系の構成の一例を表している。

【 0 0 4 8 】

〔全体構成〕

図 1 に示すように、眼底観察装置 1 は、眼底カメラとして機能する眼底カメラユニット 1 A と、光画像計測装置 (OCT 装置) の光学系を格納した OCT ユニット 1 5 0 と、各種の演算処理や制御処理等を実行する演算制御装置 2 0 0 とを含んで構成されている。

【 0 0 4 9 】

OCT ユニット 1 5 0 には、接続線 1 5 2 の一端が取り付けられている。この接続線 1 5 2 の他端には、コネクタ部 1 5 1 が取り付けられている。このコネクタ部 1 5 1 は、図 1 3 に示した装着部 8 c に装着される。また、接続線 1 5 2 の内部には光ファイバが導通されている。OCT ユニット 1 5 0 と眼底カメラユニット 1 A は、接続線 1 5 2 を介して光学的に接続されている。OCT ユニット 1 5 0 の詳細構成については、図 3 を参照しつつ後述することにする。

【 0 0 5 0 】

〔眼底カメラユニットの構成〕

眼底カメラユニット 1 A は、光学的に取得されるデータ (撮像装置 1 0、1 2 により検出されるデータ) に基づいて被検眼の眼底の表面の 2 次元画像を形成する装置であり、図 1 3 に示した従来の眼底カメラ 1 0 0 0 とほぼ同様の外観構成を有している。また、眼底カメラユニット 1 A は、図 1 4 に示した従来の光学系と同様に、被検眼 E の眼底 E f を照明する照明光学系 1 0 0 と、この照明光の眼底反射光を撮像装置 1 0 に導く撮影光学系 1 2 0 とを備えている。

【 0 0 5 1 】

なお、詳細は後述するが、本実施形態の撮影光学系 1 2 0 における撮像装置 1 0 は、近赤外領域の波長を有する照明光を検出するものである。また、この撮影光学系 1 2 0 には、可視領域の波長を有する照明光を検出する撮像装置 1 2 が別途設けられている。更に、この撮影光学系 1 2 0 は、OCT ユニット 1 5 0 からの信号光を眼底 E f に導くとともに、眼底 E f を経由した信号光を OCT ユニット 1 5 0 に導くようになっている。

【 0 0 5 2 】

さて、照明光学系 1 0 0 は、従来と同様に、観察光源 1 0 1、コンデンサレンズ 1 0 2、撮影光源 1 0 3、コンデンサレンズ 1 0 4、エキサイタフィルタ 1 0 5 及び 1 0 6、リング透光板 1 0 7、ミラー 1 0 8、LCD 1 0 9、照明絞り 1 1 0、リレーレンズ 1 1 1、孔開きミラー 1 1 2、対物レンズ 1 1 3 を含んで構成される。

【 0 0 5 3 】

観察光源 1 0 1 は、約 4 0 0 nm ~ 7 0 0 nm の範囲に含まれる可視領域の波長の照明光を出力する。また、撮影光源 1 0 3 は、約 7 0 0 nm ~ 8 0 0 nm の範囲に含まれる近赤外領域の波長の照明光を出力する。この撮影光源 1 0 3 から出力される近赤外光は、OCT ユニット 1 5 0 で使用する光の波長よりも短く設定されている (後述)。

【 0 0 5 4 】

また、撮影光学系 1 2 0 は、対物レンズ 1 1 3、孔開きミラー 1 1 2 (の孔部 1 1 2 a)、撮影絞り 1 2 1、パリアフィルタ 1 2 2 及び 1 2 3、変倍レンズ 1 2 4、リレーレンズ 1 2 5、撮影レンズ 1 2 6、ダイクロイックミラー 1 3 4、フィールドレンズ (視野レンズ) 1 2 8、ハーフミラー 1 3 5、リレーレンズ 1 3 1、ダイクロイックミラー 1 3 6、撮影レンズ 1 3 3、撮像装置 1 0 (撮像素子 1 0 a)、反射ミラー 1 3 7、撮影レンズ

10

20

30

40

50

138、撮影装置12(撮像素子12a)、レンズ139及びLCD(Liquid Crystal Display)140を含んで構成される。

【0055】

本実施形態に係る撮影光学系120においては、図14に示した従来の撮影光学系120と異なり、ダイクロイックミラー134、ハーフミラー135、ダイクロイックミラー136、反射ミラー137、撮影レンズ138、レンズ139及びLCD140が設けられている。

【0056】

ダイクロイックミラー134は、照明光学系100からの照明光の眼底反射光(約400nm~800nmの範囲に含まれる波長を有する)を反射するとともに、OCTユニット150からの信号光LS(約800nm~900nmの範囲に含まれる波長を有する;後述)を透過させるように構成されている。

【0057】

また、ダイクロイックミラー136は、照明光学系100からの可視領域の波長を有する照明光(観察光源101から出力される波長約400nm~700nmの可視光)を透過させるとともに、近赤外領域の波長を有する照明光(撮影光源103から出力される波長約700nm~800nmの近赤外光)を反射するように構成されている。

【0058】

LCD140には、内部固視標などが表示される。このLCD140からの光は、レンズ139により集光された後に、ハーフミラー135により反射され、フィールドレンズ128を経由してダイクロイックミラー136に反射される。そして、撮影レンズ126、リレーレンズ125、変倍レンズ124、孔開きミラー112(の孔部112a)、対物レンズ113等を経由して、被検眼Eに入射する。それにより、被検眼Eの眼底Efに内部固視標等が投影される。

【0059】

撮像素子10aは、テレビカメラ等の撮像装置10に内蔵されたCCDやCMOS等の撮像素子であり、特に、近赤外領域の波長の光を検出するものである(つまり、撮像装置10は、近赤外光を検出する赤外線テレビカメラである。)。撮像装置10は、近赤外光を検出した結果として映像信号を出力する。タッチパネルモニタ11は、この映像信号に基づいて、眼底Efの表面の2次元画像(眼底画像Ef)を表示する。また、この映像信号は演算制御装置200に送られ、そのディスプレイ(後述)に眼底画像が表示されるようになっている。なお、この撮像装置10による眼底撮影時には、たとえば照明光学系100の撮影光源103から出力される近赤外領域の波長を有する照明光が用いられる。

【0060】

一方、撮像素子12aは、テレビカメラ等の撮像装置12に内蔵されたCCDやCMOS等の撮像素子であり、特に、可視領域の波長の光を検出するものである(つまり、撮像装置12は、可視光を検出するテレビカメラである。)。撮像装置12は、可視光を検出した結果として映像信号を出力する。タッチパネルモニタ11は、この映像信号に基づいて、眼底Efの表面の2次元画像(眼底画像Ef)を表示する。また、この映像信号は演算制御装置200に送られ、そのディスプレイ(後述)に眼底画像が表示されるようになっている。なお、この撮像装置12による眼底撮影時には、たとえば照明光学系100の観察光源101から出力される可視領域の波長を有する照明光が用いられる。

【0061】

本実施形態の撮影光学系120には、走査ユニット141と、レンズ142とが設けられている。走査ユニット141は、OCTユニット150から出力される光(信号光LS;後述する。)を眼底Ef上において走査する構成を具備している。

【0062】

レンズ142は、OCTユニット150から接続線152を通じて導光された信号光LSを平行な光束にして走査ユニット141に入射させる。また、レンズ142は、走査ユニット141を経由してきた信号光LSの眼底反射光を集束させるように作用する。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 3 】

図2に、走査ユニット141の具体的構成の一例を示す。走査ユニット141は、ガルバノミラー141A、141Bと、反射ミラー141C、141Dとを含んで構成されている。

【 0 0 6 4 】

ガルバノミラー141A、141Bは、それぞれ回転軸141a、141bを中心に回転可能とされている。回転軸141a、141bは、互いに直交するように配設されている。図2においては、ガルバノミラー141Aの回転軸141aは、同図の紙面に対して平行方向に配設されており、ガルバノミラー141Bの回転軸141bは、同図の紙面に対して直交する方向に配設されている。すなわち、ガルバノミラー141Bは、図2中の両側矢印に示す方向に回転可能に構成され、ガルバノミラー141Aは、当該両側矢印に対して直交する方向に回転可能に構成されている。それにより、この一対のガルバノミラー141A、141Bは、信号光LSの反射方向を互いに直交する方向に変更するようにそれぞれ作用する。なお、ガルバノミラー141A、141Bのそれぞれの回転動作は、後述のミラー駆動機構(図5参照)によって駆動される。

10

【 0 0 6 5 】

ガルバノミラー141A、141Bにより反射された信号光LSは、反射ミラー141C、141Dにより反射され、ガルバノミラー141Aに入射したときと同一の向きに進行するようになっている。

【 0 0 6 6 】

なお、前述のように、接続線152の内部には光ファイバ152aが導通されており、この光ファイバ152aの端面152bは、レンズ142に対峙して配設される。この端面152bから出射した信号光LSは、レンズ142に向かってビーム径を拡大しつつ進行するが、このレンズ142によって平行な光束とされる。逆に、眼底Efを経由した信号光LSは、このレンズ142により、端面152bに向けて集束されるようになっている。

20

【 0 0 6 7 】

〔 O C T ユニットの構成 〕

次に、図3を参照しつつOCTユニット150の構成について説明する。同図に示すOCTユニット150は、光学的な走査により取得されるデータ(後述のCCD184により検出されるデータ)に基づいて前記眼底の断層画像を形成するための装置であり、従来の光画像計測装置とほぼ同様の光学系、すなわち、光源から出力された光を参照光と信号光とに分割し、参照物体を経由した参照光と被測定物体(眼底Ef)を経由した信号光とを重畳して干渉光を生成する干渉計と、この干渉光を検出した結果としての信号を演算制御装置200に向けて出力する手段とを具備している。演算制御装置200は、この信号を解析して被測定物体(眼底Ef)の画像を形成する。

30

【 0 0 6 8 】

低コヒーレンス光源160は、低コヒーレンス光L0を出力するスーパーluminescentダイオード(SLD)や発光ダイオード(LED)等の広帯域光源により構成されている。この低コヒーレンス光L0は、たとえば、近赤外領域の波長を有し、かつ、数十マイクロメートル程度の時間的コヒーレンス長を有する光とされる。この低コヒーレンス光源160から出力される低コヒーレンス光L0は、眼底カメラユニット1Aの照明光(波長約400nm~800nm)よりも長い波長、たとえば約800nm~900nmの範囲に含まれる波長を有している。この低コヒーレンス光源160は、本発明の「光源」の一例に相当するものである。

40

【 0 0 6 9 】

低コヒーレンス光源160から出力された低コヒーレンス光L0は、たとえばシングルモードファイバないしはPMファイバ(Polarization maintaining fiber; 偏波面保持ファイバ)からなる光ファイバ161を通じて光カプラ(coupler)162に導かれる。光カプラ162は、この低コヒーレンス光L0を参

50

照光 L R と信号光 L S とに分割する。

【 0 0 7 0 】

なお、光カプラ 1 6 2 は、光を分割する手段（スプリッタ； s p l i t t e r ）、及び、光を重畳する手段（カプラ）の双方の作用を有するが、ここでは慣用的に「光カプラ」と称することにする。

【 0 0 7 1 】

光カプラ 1 6 2 により生成された参照光 L R は、シングルモードファイバ等からなる光ファイバ 1 6 3 により導光されてファイバ端面から出射される。出射された参照光 L R は、コリメータレンズ 1 7 1 により平行光束とされた後、ガラスブロック 1 7 2 及び濃度フィルタ 1 7 3 を経由し、参照ミラー 1 7 4（参照物体）によって反射される。

10

【 0 0 7 2 】

参照ミラー 1 7 4 により反射された参照光 L R は、再び濃度フィルタ 1 7 3 及びガラスブロック 1 7 2 を経由し、コリメータレンズ 1 7 1 によって光ファイバ 1 6 3 のファイバ端面に集光される。集光された参照光 L R は、光ファイバ 1 6 3 を通じて光カプラ 1 6 2 に導かれる。

【 0 0 7 3 】

なお、ガラスブロック 1 7 2 と濃度フィルタ 1 7 3 は、参照光 L R と信号光 L S の光路長（光学距離）を合わせるための遅延手段として、また参照光 L R と信号光 L S の分散特性を合わせるための手段として作用している。

【 0 0 7 4 】

また、参照ミラー 1 7 4 は、参照光 L R の進行方向（図 3 に示す矢印方向）に移動されるように構成されている。それにより、被検眼 E の眼軸長などに応じた参照光 L R の光路長を確保するようになっている。なお、この参照ミラー 1 7 4 の移動は、モータ等の駆動装置を含んで構成される駆動機構（後述の参照ミラー駆動機構 2 4 3；図 5 参照）によって行われる。

20

【 0 0 7 5 】

一方、光カプラ 1 6 2 により生成された信号光 L S は、シングルモードファイバ等からなる光ファイバ 1 6 4 により接続線 1 5 2 の端部まで導光される。接続線 1 5 2 の内部には光ファイバ 1 5 2 a が導通されている。ここで、光ファイバ 1 6 4 と光ファイバ 1 5 2 a とは、単一の光ファイバにより構成されていてもよいし、また、各々の端面同士を接合するなどして一体的に形成されたものであってもよい。いずれにしても、光ファイバ 1 6 4、1 5 2 a は、眼底カメラユニット 1 A と OCT ユニット 1 5 0 との間で、信号光 L S を伝送可能に構成されていれば十分である。

30

【 0 0 7 6 】

信号光 L S は、接続線 1 5 2 内部を導光されて眼底カメラユニット 1 A に案内される。そして、レンズ 1 4 2、走査ユニット 1 4 1、ダイクロイックミラー 1 3 4、撮影レンズ 1 2 6、リレーレンズ 1 2 5、変倍レンズ 1 2 4、撮影絞り 1 2 1、孔開きミラー 1 1 2 の孔部 1 1 2 a、対物レンズ 1 1 3 を経由して、被検眼 E に入射する（このとき、パリアフィルタ 1 2 2、1 2 3 は、それぞれ光路から退避されている。）。

【 0 0 7 7 】

被検眼 E に入射した信号光 L S は、眼底（網膜） E f 上にて結像し反射される。このとき、信号光 L S は、眼底 E f の表面で反射されるだけでなく、眼底 E f の深部領域にも到達して屈折率境界において散乱される。したがって、眼底 E f を経由した信号光 L S は、眼底 E f の表面形態を反映する情報と、眼底深部組織の屈折率境界における後方散乱の状態を反映する情報とを含んだ光となる。この光を単に「信号光 L S の眼底反射光」と呼ぶことがある。

40

【 0 0 7 8 】

信号光 L S の眼底反射光は、上記経路を逆向きに進行して光ファイバ 1 5 2 a の端面 1 5 2 b に集光され、この光ファイバ 1 5 2 を通じて OCT ユニット 1 5 0 に入射し、光ファイバ 1 6 4 を通じて光カプラ 1 6 2 に戻ってくる。光カプラ 1 6 2 は、この信号光 L S

50

と、参照ミラー 174 にて反射された参照光 LR とを重畳して干渉光 LC を生成する。生成された干渉光 LC は、シングルモードファイバ等からなる光ファイバ 165 を通じてスペクトロメータ 180 に導光される。

【0079】

ここで、本発明の「干渉光生成手段」は、少なくとも、光カプラ 162、光ファイバ 163、164、参照ミラー 174 を含む干渉計によって構成される。なお、本実施形態ではマイケルソン型の干渉計を採用したが、たとえばマッハツェンダー型など任意のタイプの干渉計を適宜採用することが可能である。

【0080】

スペクトロメータ(分光計) 180 は、コリメータレンズ 181、回折格子 182、結像レンズ 183、CCD 184 を含んで構成される。本実施形態の回折格子 182 は、透過型回折格子であるが、もちろん反射型回折格子を用いることも可能である。また、CCD 184 に代えて、その他の光検出素子を適用することももちろん可能である。このような光検出素子は、本発明の「検出手段」の一例に相当するものである。

【0081】

スペクトロメータ 180 に入射した干渉光 LC は、コリメータレンズ 181 により平行光束とされた後、回折格子 182 によって分光(スペクトル分解)される。分光された干渉光 LC は、結像レンズ 183 によって CCD 184 の撮像面上に結像される。CCD 184 は、この干渉光 LC を受光して電気的な検出信号に変換し、この検出信号を演算制御装置 200 に出力する。

【0082】

〔演算制御装置の構成〕

次に、演算制御装置 200 の構成について説明する。この演算制御装置 200 は、OCT ユニット 150 のスペクトロメータ 180 の CCD 184 から入力される検出信号を解析して、被検眼 E の眼底 Ef の断層画像を形成する処理を行う。このときの解析手法は、従来のフーリエドメイン OCT の手法と同じである。

【0083】

また、演算制御装置 200 は、眼底カメラユニット 1A の撮像装置 10、12 から出力される映像信号に基づいて眼底 Ef の表面(網膜)の形態を示す 2 次元画像(の画像データ)を形成する処理を行う。

【0084】

更に、演算制御装置 200 は、眼底カメラユニット 1A 及び OCT ユニット 150 の各部の制御を実行する。

【0085】

眼底カメラユニット 1A の制御としては、たとえば、観察光源 101 や撮影光源 103 による照明光の出力制御、エキサイタフィルタ 105、106 やパリアフィルタ 122、123 の光路上への挿入/退避動作の制御、LCD 140 等の表示動作の制御、照明絞り 110 の移動制御(絞り値の制御)、撮影絞り 121 の絞り値の制御、変倍レンズ 124 の移動制御(倍率の制御)などを行う。また、演算制御装置 200 は、走査ユニット 141 内のガルバノミラー 141A、141B の回動動作の制御を行う。

【0086】

一方、OCT ユニット 150 の制御としては、低コヒーレンス光源 160 による低コヒーレンス光の出力制御、参照ミラー 174 の移動制御、CCD 184 の蓄積時間の制御などを行う。

【0087】

以上のように作用する演算制御装置 200 のハードウェア構成の一例について、図 4 を参照しつつ説明する。演算制御装置 200 は、従来のコンピュータと同様のハードウェア構成を備えている。具体的には、マイクロプロセッサ 201(CPU、MPU 等)、RAM 202、ROM 203、ハードディスクドライブ(HDD) 204、キーボード 205、マウス 206、ディスプレイ 207、画像形成ボード 208 及び通信インターフェイス

10

20

30

40

50

(I / F) 2 0 8 を含んで構成されている。これら各部は、バス 2 0 0 a を介して接続されている。

【 0 0 8 8 】

マイクロプロセッサ 2 0 1 は、ハードディスクドライブ 2 0 4 に格納された制御プログラム 2 0 4 a を R A M 2 0 2 上に展開することにより、本実施形態に特徴的な動作を実行する。

【 0 0 8 9 】

また、マイクロプロセッサ 2 0 1 は、前述した装置各部の制御や、各種の演算処理などを実行する。また、キーボード 2 0 5 やマウス 2 0 6 からの操作信号に対応する装置各部の制御、ディスプレイ 2 0 7 による表示処理の制御、通信インターフェイス 2 0 9 による各種のデータや制御信号等の送受信処理の制御などを実行する。

10

【 0 0 9 0 】

キーボード 2 0 5 、マウス 2 0 6 及びディスプレイ 2 0 7 は、眼底観察装置 1 のユーザインターフェイスとして使用される。キーボード 2 0 5 は、たとえば文字や数字等をタイピング入力するためのデバイスとして用いられる。マウス 2 0 6 は、ディスプレイ 2 0 7 の表示画面に対する各種入力操作を行うためのデバイスとして用いられる。

【 0 0 9 1 】

また、ディスプレイ 2 0 7 は、LCD や CRT (C a t h o d e R a y T u b e) 等の任意の表示デバイスであり、眼底観察装置 1 により形成された眼底 E f の画像を表示したり、各種の操作画面や設定画面などを表示したりする。

20

【 0 0 9 2 】

なお、眼底観察装置 1 のユーザインターフェイスは、このような構成に限定されるものではなく、たとえばトラックボール、ジョイスティック、タッチパネル式の LCD、眼科検査用のコントロールパネルなど、各種情報を表示出力する機能と、各種情報を入力する機能とを具備する任意のユーザインターフェイス手段を用いて構成することが可能である。

【 0 0 9 3 】

画像形成ボード 2 0 8 は、被検眼 E の眼底 E f の画像 (画像データ) を形成する処理を行う専用の電子回路である。この画像形成ボード 2 0 8 には、眼底画像形成ボード 2 0 8 a と OCT 画像形成ボード 2 0 8 b とが設けられている。眼底画像形成ボード 2 0 8 a は、眼底カメラユニット 1 A の撮像装置 1 0 や撮像装置 1 2 からの映像信号に基づいて眼底画像の画像データを形成するように動作する、専用の電子回路である。また、OCT 画像形成ボード 2 0 8 b は、OCT ユニット 1 5 0 のスペクトロメータ 1 8 0 の CCD 1 8 4 からの検出信号に基づいて眼底 E f の断層画像の画像データを形成するように動作する、専用の電子回路である。このような画像形成ボード 2 0 8 を設けることにより、眼底画像や断層画像の画像データを形成する処理の処理速度を向上させることができる。

30

【 0 0 9 4 】

通信インターフェイス 2 0 9 は、マイクロプロセッサ 2 0 1 からの制御信号を、眼底カメラユニット 1 A や OCT ユニット 1 5 0 に送信する処理を行う。また、通信インターフェイス 2 0 9 は、眼底カメラユニット 1 A の撮像装置 1 0 、 1 2 からの映像信号や、OCT ユニット 1 5 0 の CCD 1 8 4 からの検出信号を受信して、画像形成ボード 2 0 8 に入力する処理などを行う。このとき、通信インターフェイス 2 0 9 は、撮像装置 1 0 、 1 2 からの映像信号を眼底画像形成ボード 2 0 8 a に入力し、CCD 1 8 4 からの検出信号を OCT 画像形成ボード 2 0 8 b に入力するように動作する。

40

【 0 0 9 5 】

また、演算制御装置 2 0 0 が LAN (L o c a l A r e a N e t w o r k) やインターネット等のネットワークに接続されている場合には、通信インターフェイス 2 0 9 に、LAN カード等のネットワークアダプタやモデム等の通信機器を具備させて、当該ネットワーク経由のデータ通信を行えるように構成することが可能である。その場合、制御プログラム 2 0 4 a を格納するサーバを設置するとともに、演算制御装置 2 0 0 を当該サー

50

バのクライアント端末として構成することができる。

【0096】

〔制御系の構成〕

以上のような構成を有する眼底観察装置1の制御系の構成について、図5～図7を参照しつつ説明する。図5に示すブロック図には、眼底観察装置1が具備する構成のうち、本発明に係る動作や処理に関わる部分が特に記載されている。図6には、眼底カメラユニット1Aに設けられた操作パネル3aの構成の一例が記載されている。図7に示すブロック図には、演算制御装置200の詳細構成が記載されている。

【0097】

(制御部)

眼底観察装置1の制御系は、演算制御装置200の制御部210を中心に構成される。制御部210は、マイクロプロセッサ201、RAM202、ROM203、ハードディスクドライブ204(制御プログラム204a)、通信インターフェイス209等を含んで構成される。

【0098】

制御部210は、制御プログラム204aに基づいて動作するマイクロプロセッサ201により、前述の制御処理を実行する。特に、ガルバノミラー141A、141Bをそれぞれ独立に動作させるための眼底カメラユニット1Aのミラー駆動機構241、242の制御や、参照光LRの進行方向に参照ミラー174を移動させるための参照ミラー駆動機構243の制御などを実行する。

【0099】

また、制御部210は、眼底観察装置1により撮影される2種類の画像、すなわち眼底カメラユニット1Aによる眼底Efの表面の2次元画像(眼底画像Ef)と、OCTユニット150により得られた検出信号を基に形成される眼底Efの断層画像とを、ユーザインターフェイス240のディスプレイ207に表示させるための制御を行う。これらの画像は、それぞれ別々にディスプレイ207にさせることもできるし、それらを並べて同時に表示させることもできる。なお、制御部210の構成の詳細については、図7に基づいて後述する。

【0100】

(画像形成部)

画像形成部220は、眼底カメラユニット1Aの撮像装置10、12からの映像信号に基づいて眼底画像の画像データを形成する処理と、OCTユニット150のCCD184からの検出信号に基づいて眼底Efの断層画像の画像データを形成する処理とを行う。この画像形成部220は、画像形成ボード208や通信インターフェイス209等を含んで構成される。なお、本明細書において、「画像」と、それに対応する「画像データ」とを同一視することがある。

【0101】

画像形成部220は、眼底カメラユニット1A及びOCTユニット150とともに本発明の「画像形成手段」の一例を構成している。ここで、眼底Efの表面の2次元画像を取得するための眼底カメラユニット1Aの各部と、画像形成部220とは、本発明の「第1の画像形成手段」の一例に相当している。また、眼底Efの断層画像を取得するための眼底カメラユニット1Aの各部と、OCTユニット150と、画像形成部220とは、本発明の「第2の画像形成手段」の一例に相当している。

【0102】

(画像処理部)

画像処理部230は、画像形成部220により形成された画像の画像データに対して各種の画像処理を施すものである。たとえば、OCTユニット150からの検出信号に基づく眼底Efの断層画像に基づいて眼底Efの3次元画像の画像データを形成する処理や、画像の輝度調整等の各種補正処理などを実行するものである。

【0103】

10

20

30

40

50

ここで、3次元画像の画像データとは、3次元的に配列された複数のボクセルのそれぞれに画素値を付与して成る画像データであり、ボリュームデータ、ボクセルデータ等と呼ばれるものである。ボリュームデータに基づく画像を表示させる場合、画像処理部230は、このボリュームデータに対してレンダリング処理（ボリュームレンダリングやMIP（Maximum Intensity Projection：最大値投影）など）を施して、特定の視線方向から見たときの擬似的な3次元画像の画像データを形成するように作用する。ディスプレイ207等の表示デバイスには、この画像データに基づく擬似的な3次元画像が表示されることになる。

【0104】

（ユーザインターフェイス）

ユーザインターフェイス（UI）240は、図7に示すように、ディスプレイ207等の表示デバイスからなる表示部240Aと、キーボード205やマウス206などの入力デバイスや操作デバイスからなる操作部240Bとを備えている。

【0105】

（操作パネル）

眼底カメラユニット1Aの操作パネル3aについて説明する。この撮影パネル3aは、たとえば、図13に示すように、眼底カメラユニット1Aの架台3上に配設されている。本実施形態における操作パネル3aは、[背景技術]の項で説明した従来の構成とは異なり、眼底Efの表面の2次元画像を取得するための操作要求の入力に使用される操作部と、眼底Efの断層画像を取得するための操作入力に使用される操作部とが設けられている（従来は前者の操作部のみ）。それにより、従来の眼底カメラを操作するときと同じ要領でOCTに対する操作も行えるようになっている。

【0106】

本実施形態における操作パネル3aには、図6に示すように、メニュースイッチ301、スプリットスイッチ302、撮影光量スイッチ303、観察光量スイッチ304、顎受けスイッチ305、撮影スイッチ306、ズームスイッチ307、画像切替スイッチ308、固視標切替スイッチ309、固視標位置調整スイッチ310、固視標サイズ切替スイッチ311及びモード切替ノブ312が設けられている。

【0107】

メニュースイッチ301は、各種のメニュー（眼底Efの表面の2次元画像や断層画像等を撮影するときの撮影メニュー、各種の設定入力を行うための設定メニューなど）をユーザが選択指定するための所定のメニュー画面を表示させるために操作されるスイッチである。このメニュースイッチ301が操作されると、その操作信号が制御部210に入力される。制御部210は、この操作信号の入力に対応し、タッチパネルモニタ11或いは表示部240Aにメニュー画面を表示させる。なお、眼底カメラユニット1Aに制御部（図示せず）を設け、この制御部がメニュー画面をタッチパネルモニタ11に表示させるようにしてもよい。

【0108】

スプリットスイッチ302は、ピント合わせ用のスプリット輝線（たとえば特開平9-66031等を参照。スプリット視標、スプリットマークなどとも呼ばれる。）の点灯と消灯とを切り替えるために操作されるスイッチである。なお、このスプリット輝線を被検眼Eに投影させるための構成（スプリット輝線投影部）は、たとえば眼底カメラユニット1A内に格納されている（図1において省略されている。）。スプリットスイッチ302が操作されると、その操作信号が制御部210（又は眼底カメラユニット1A内の上記制御部；以下同様）に入力される。制御部210は、この操作信号の入力に対応し、スプリット輝線投影部を制御して被検眼Eにスプリット輝線を投影させる。

【0109】

撮影光量スイッチ303は、被検眼Eの状態（たとえば水晶体の濁り度合い等）などに応じて撮影光源103の出力光量（撮影光量）を調整するために操作されるスイッチである。この撮影光量スイッチ303には、たとえば、撮影光量を増大させるための撮影光量

10

20

30

40

50

増大スイッチ「+」と、撮影光量を減少させるための撮影光量減少スイッチ「-」と、撮影光量を所定の初期値（デフォルト値）に設定するためのリセットスイッチ（中央のボタン）とが設けられている。撮影光量スイッチ303の一つが操作されると、その操作信号が制御部210に入力される。制御部210は、入力された操作信号に応じて撮影光源103を制御して撮影光量を調整する。

【0110】

観察光量スイッチ304は、観察光源101の出力光量（観察光量）を調整するために操作されるスイッチである。この観察光量スイッチ304には、たとえば、観察光量を増大させるための観察光量増大スイッチ「+」と、観察光量を減少させるための撮影光量減少スイッチ「-」とが設けられている。観察光量スイッチ304の一つが操作されると、その操作信号が制御部210に入力される。制御部210は、入力された操作信号に応じて観察光源101を制御して観察光量を調整する。

10

【0111】

顎受けスイッチ305は、図13に示す顎受け6の位置を移動させるためのスイッチである。この顎受けスイッチ305には、たとえば、顎受け6を上方に移動させるための上方移動スイッチ（上向き三角形）と、顎受け6を下方に移動させるための下方移動スイッチ（下向き三角形）とが設けられている。顎受けスイッチ305の一つが操作されると、その操作信号が制御部210に入力される。制御部210は、入力された操作信号に応じて顎受け移動機構（図示せず）を制御して、顎受け6を上方又は下方に移動させる。

【0112】

撮影スイッチ306は、眼底Efの表面の2次元画像或いは眼底Efの断層画像を取得するためのトリガスイッチとして使用されるスイッチである。2次元画像を撮影するメニューが選択されているときに撮影スイッチ306が操作されると、その操作信号を受けた制御部210は、撮影光源103を制御して撮影照明光を出力させるとともに、その眼底反射光を検出した撮像装置10から出力される映像信号に基づいて、表示部240Aやタッチパネルモニタ11に眼底Efの表面の2次元画像を表示させる。一方、断層画像を取得するメニューが選択されているときに撮影スイッチ306が操作されると、その操作信号を受けた制御部210は、低コヒーレンス光源160を制御して低コヒーレンス光L0を出力させ、ガルバノミラー141A、141Bを制御して信号光LSを走査させるとともに、干渉光LCを検出したCCD184から出力される検出信号に基づいて画像形成部220（及び画像処理部230）が形成した眼底Efの断層画像を表示部240A或いはタッチパネルモニタ11に表示させる。

20

30

【0113】

ズームスイッチ307は、眼底Efの撮影時の画角（ズーム倍率）を変更するために操作されるスイッチである。このズームスイッチ307を操作する度毎に、たとえば撮影画角45度と22.5度とが交互に設定されるようになっている。このズームスイッチ307が操作されると、その操作信号を受けた制御部210は、図示しない変倍レンズ駆動機構を制御し、変倍レンズ124を光軸方向に移動させて撮影画角を変更する。

【0114】

画像切替スイッチ308は、表示画像を切り替えるために操作されるスイッチである。表示部240A或いはタッチパネルモニタ11に眼底観察画像（撮像装置12からの映像信号に基づく眼底Efの表面の2次元画像）が表示されているときに画像切替スイッチ308が操作されると、その操作信号を受けた制御部210は、眼底Efの断層画像を表示部240A或いはタッチパネルモニタ11に表示させる。一方、眼底の断層画像が表示部240A或いはタッチパネルモニタ11に表示されているときに画像切替スイッチ308が操作されると、その操作信号を受けた制御部210は、眼底観察画像を表示部240A或いはタッチパネルモニタ11に表示させる。

40

【0115】

固視標切替スイッチ309は、LCD140による内部固視標の表示位置（つまり眼底Efにおける内部固視標の投影位置）を切り替えるために操作されるスイッチである。こ

50

の固視標切替スイッチ309を操作することにより、内部固視標の表示位置が、たとえば、内部固視標の表示位置を「眼底中心の周辺領域の画像を取得するための固視位置」と、「黄斑の周辺領域の画像を取得するための固視位置」と、「視神経乳頭の周辺領域の画像を取得するための固視位置」との間で巡回的に切り替えられるようになっている。制御部210は、固視標切替スイッチ309からの操作信号に対応し、LCD140の表示面上の異なる位置に内部固視標を表示させる。なお、上記3つの固視位置に対応する内部固視標の表示位置は、たとえば臨床データに基づいてあらかじめ設定されているか、或いは、当該被検眼E（眼底Efの画像）ごとに事前に設定されている。

【0116】

固視標位置調整スイッチ310は、内部固視標の表示位置を調整するために操作されるスイッチである。この固視標位置調整スイッチ310には、たとえば、内部固視標の表示位置を上方に移動させるための上方移動スイッチと、下方に移動させるための下方移動スイッチと、左方に移動させるための左方移動スイッチと、右方に移動させるための右方移動スイッチと、所定の初期位置（デフォルト位置）に移動させるためのリセットスイッチとが設けられている。制御部310は、これらのいずれかのスイッチからの操作信号を受けると、この操作信号に応じてLCD140を制御することにより内部固視標の表示位置を移動させる。

10

【0117】

固視標サイズ切替スイッチ311は、内部固視標のサイズを変更するために操作されるスイッチである。この固視標サイズ切替スイッチ311が操作されると、その操作信号を受けた制御部210は、LCD140に表示させる内部固視標の表示サイズを変更する。内部固視標の表示サイズは、たとえば「通常サイズ」と「拡大サイズ」とに交互に切り替えられるようになっている。それにより、眼底Efに投影される固視標の投影像のサイズが変更される。制御部210は、固視標サイズ切替スイッチ311からの操作信号を受けると、この操作信号に応じてLCD140を制御することにより内部固視標の表示サイズを変更させる。

20

【0118】

モード切替ノブ312は、各種の撮影モード（眼底Efの2次元画像を撮影するための眼底撮影モード、信号光LSのBスキャンを行うためのBスキャンモード、信号光LSを3次的にスキャンさせるための3次元スキャンモードなど）を選択するために回転操作されるノブである。また、このモード切替ノブ312は、取得された眼底Efの2次元画像や断層画像を再生表示させるための再生モードを選択できるようになっていてもよい。また、信号光LSのスキャンの直後に眼底撮影を行うように制御する撮影モードを選択できるようにしてもよい。これらの各モードを行うための制御は、制御部210が実行する。

30

【0119】

以下、制御部210による信号光LSの走査の制御態様について説明するとともに、画像形成部220及び画像処理部230によるOCTユニット150からの検出信号に対する処理の態様について説明する。なお、眼底カメラユニット1Aからの映像信号に対する画像形成部220等の処理については、従来と同様に実行されるので説明は省略することにする。

40

【0120】

〔信号光の走査について〕

信号光LSの走査は、前述のように、眼底カメラユニット1Aの走査ユニット141のガルバノミラー141A、141Bの反射面の向きを変更することにより行われる。制御部210は、ミラー駆動機構241、242をそれぞれ制御することで、ガルバノミラー141A、141Bの反射面の向きをそれぞれ変更し、信号光LSを眼底Ef上において走査する。

【0121】

ガルバノミラー141Aの反射面の向きが変更されると、信号光LSは、眼底Ef上に

50

において水平方向（図1のx方向）に走査される。一方、ガルバノミラー141Aの反射面の向きが変更されると、信号光LSは、眼底Ef上において垂直方向（図1のy方向）に走査される。また、ガルバノミラー141A、141Bの双方の反射面の向きを同時に変更させることにより、x方向とy方向とを合成した方向に信号光LSを走査することができる。すなわち、これら2つのガルバノミラー141A、141Bを制御することにより、xy平面上の任意の方向に信号光LSを走査することができる。

【0122】

図8は、眼底Efの画像を形成するための信号光LSの走査態様の一例を表している。図8(A)は、信号光LSが被検眼Eに入射する方向から眼底Efを見た（つまり図1の-z方向から+z方向を見た）ときの、信号光LSの走査態様の一例を表す。また、図8(B)は、眼底Ef上の各走査線における走査点（画像計測を行う位置）の配列態様の一例を表す。

10

【0123】

図8(A)に示すように、信号光LSは、あらかじめ設定された矩形の走査領域R内を走査される。この走査領域R内には、x方向に複数(m本)の走査線R1~Rmが設定されている。各走査線Ri(i=1~m)に沿って信号光LSが走査されるときに、干渉光LCの検出信号が生成されるようになっている。

【0124】

ここで、各走査線Riの方向を「主走査方向」と呼び、それに直交する方向を「副走査方向」と呼ぶことにする。したがって、信号光LSの主走査方向への走査は、ガルバノミラー141Aの反射面の向きを変更することにより実行され、副走査方向への走査は、ガルバノミラー141Bの反射面の向きを変更することによって実行される。

20

【0125】

各走査線Ri上には、図8(B)に示すように、複数(n個)の走査点Ri1~Rinがあらかじめ設定されている。

【0126】

図8に示す走査を実行するために、制御部210は、まず、ガルバノミラー141A、141Bを制御し、眼底Efに対する信号光LSの入射目標を第1の走査線R1上の走査開始位置RS（走査点R11）に設定する。続いて、制御部210は、低コヒーレンス光源2を制御し、低コヒーレンス光L0をフラッシュ発光させて、走査開始位置RSに信号光LSを入射させる。CCD184は、この信号光LSの走査開始位置RSにおける眼底反射光に基づく干渉光LCを受光し、検出信号を制御部210に出力する。

30

【0127】

次に、制御部210は、ガルバノミラー141Aを制御して、信号光LSを主走査方向に走査して、その入射目標を走査点R12に設定し、低コヒーレンス光L0をフラッシュ発光させて走査点R12に信号光LSを入射させる。CCD184は、この信号光LSの走査点R12における眼底反射光に基づく干渉光LCを受光し、検出信号を制御部210に出力する。

【0128】

制御部210は、同様にして、信号光LSの入射目標を走査点R13、R14、・・・、R1(n-1)、R1nと順次移動させつつ、各走査点において低コヒーレンス光L0をフラッシュ発光させることにより、各走査点ごとの干渉光LCに対応してCCD184から出力される検出信号を取得する。

40

【0129】

第1の走査線R1の最後の走査点R1nにおける計測が終了したら、制御部210は、ガルバノミラー141A、141Bを同時に制御して、信号光LSの入射目標を、線換え走査rに沿って第2の走査線R2の最初の走査点R21まで移動させる。そして、この第2の走査線R2の各走査点R2j(j=1~n)について前述の計測を行うことで、各走査点R2jに対応する検出信号をそれぞれ取得する。

【0130】

50

同様に、第3の走査線 R_3 、 \dots 、第 $m-1$ の走査線 $R_{(m-1)}$ 、第 m の走査線 R_m のそれぞれについて計測を行い、各走査点に対応する検出信号を取得する。なお、走査線 R_m 上の符号 R_E は、走査点 R_{mn} に対応する走査終了位置である。

【0131】

それにより、制御部210は、走査領域 R 内の $m \times n$ 個の走査点 R_{ij} ($i = 1 \sim m$ 、 $j = 1 \sim n$)に対応する $m \times n$ 個の検出信号を取得する。以下、走査点 R_{ij} に対応する検出信号を D_{ij} と表すことがある。

【0132】

以上のような走査点の移動と低コヒーレンス光 L_0 の出力との連動制御は、たとえば、ミラー駆動機構241、242に対する制御信号の送信タイミングと、低コヒーレンス光源2に対する制御信号(出力要求信号)の送信タイミングとを互いに同期させることによって実現することができる。

10

【0133】

制御部210は、上述のように各ガルバノミラー141A、141Bを動作させるときに、その動作内容を示す情報として各走査線 R_i の位置や各走査点 R_{ij} の位置(x y 座標系における座標)を記憶しておくようになっている。この記憶内容(走査位置情報)は、従来と同様に画像形成処理において用いられる。

【0134】

[画像処理について]

次に、画像形成部220及び画像処理部230によるOCT画像に関する処理の一例を説明する。

20

【0135】

画像形成部220は、各走査線 R_i (主走査方向)に沿った眼底 E_f の断層画像の形成処理を実行する。また、画像処理部230は、画像形成部220により形成された断層画像に基づく眼底 E_f の3次元画像の形成処理などを実行する。

【0136】

画像形成部220による断層画像の形成処理は、従来と同様に、2段階の演算処理を含んで構成される。第1段階の演算処理においては、各走査点 R_{ij} に対応する検出信号 D_{ij} に基づいて、その走査点 R_{ij} における眼底 E_f の深度方向(図1に示す z 方向)の画像を形成する。

30

【0137】

図9は、画像形成部220により形成される断層画像(群)の態様を表している。第2段階の演算処理においては、各走査線 R_i について、その上の n 個の走査点 $R_{i1} \sim R_{in}$ における深度方向の画像に基づき、この走査線 R_i に沿った眼底 E_f の断層画像 G_i を形成する。このとき、画像形成部220は、各走査点 $R_{i1} \sim R_{in}$ の位置情報(前述の走査位置情報)を参照して各走査点 $R_{i1} \sim R_{in}$ の配列及び間隔を決定して、この走査線 R_i を形成するようになっている。以上の処理により、副走査方向(y 方向)の異なる位置における m 個の断層画像(断層画像群) $G_1 \sim G_m$ が得られる。これらの断層画像 $G_1 \sim G_m$ のそれぞれの画像データが、図7に示す断層画像の画像データ G_a 等に相当する(後述)。

40

【0138】

次に、画像処理部230による眼底 E_f の3次元画像の形成処理について説明する。眼底 E_f の3次元画像は、上記の演算処理により得られた m 個の断層画像に基づいて形成される。画像処理部230は、隣接する断層画像 G_i 、 $G_{(i+1)}$ の間の画像を補間する公知の補間処理を行うなどして、眼底 E_f の3次元画像を形成する。

【0139】

このとき、画像処理部230は、各走査線 R_i の位置情報を参照して各走査線 R_i の配列及び間隔を決定して、この3次元画像を形成するようになっている。この3次元画像には、各走査点 R_{ij} の位置情報(前述の走査位置情報)と、深度方向の画像における z 座標とに基づいて、3次元座標系(x 、 y 、 z)が設定される。

50

【 0 1 4 0 】

また、画像処理部 2 3 0 は、この 3 次元画像に基づいて、主走査方向（x 方向）以外の任意方向の断面における眼底 E f の断層画像を形成することができる。断面が指定されると、画像処理部 2 3 0 は、この指定断面上の各走査点（及び / 又は補間された深度方向の画像）の位置を特定し、各特定位置における深度方向の画像（及び / 又は補間された深度方向の画像）を 3 次元画像から抽出し、抽出された複数の深度方向の画像を配列させることにより当該指定断面における眼底 E f の断層画像を形成する。

【 0 1 4 1 】

なお、図 9 に示す画像 G m j は、走査線 R m 上の走査点 R m j における深度方向（z 方向）の画像を表している。同様に、前述の第 1 段階の演算処理において形成される、各走査線 R i 上の各走査点 R i j における深度方向の画像を、「画像 G i j」と表す。

10

【 0 1 4 2 】

〔演算制御装置の詳細構成〕

演算制御装置 2 0 0 の詳細な構成について、図 7 を参照しつつ説明する。ここでは、演算制御装置 2 0 0 の制御部 2 1 0 及び画像処理部 2 3 0 の構成を説明する。

【 0 1 4 3 】

制御部 2 1 0 には、主制御部 2 1 1、画像記憶部 2 1 2、情報記憶部 2 1 3 及び位置情報生成部 2 1 4 が設けられている。

【 0 1 4 4 】

また、画像処理部 2 3 0 には、走査領域変位演算部 2 3 1、固視位置変位演算部 2 3 2、深度位置変位演算部 2 3 3、積算画像生成部 2 3 4、積算画像変位演算部 2 3 5 及び画像位置変更部 2 3 6 が設けられている。この画像処理部 2 3 0 は、本発明の「画像処理手段」の一例に相当するものである。

20

【 0 1 4 5 】

（主制御部）

主制御部 2 1 1 は、マイクロプロセッサ 2 0 1 等を含んで構成され、眼底観察装置 1 の各部の制御を行う（前述）。

【 0 1 4 6 】

（画像記憶部）

画像記憶部 2 1 2 は、画像形成部 2 2 0 により形成された眼底 E f の表面の 2 次元画像（眼底画像）の画像データ（たとえば符号 2 1 2 a、2 1 2 b で示す画像データ）や、断層画像の画像データ（たとえば符号 G a、G b で示す画像データ）を記憶する。画像記憶部 2 1 2 への画像データの記憶処理と、画像記憶部 2 1 2 からの画像データの読み出し処理は、主制御部 2 1 1 によって実行される。画像記憶部 2 1 2 は、ハードディスクドライブ 2 0 4 等の記憶装置を含んで構成される。

30

【 0 1 4 7 】

なお、眼底画像の画像データ 2 1 2 a と断層画像の画像データ G a は、ほぼ同時に取得されたものとする。また、眼底画像の画像データ 2 1 2 b と断層画像の画像データ G b は、ほぼ同時に取得されたものとする。ここで、「ほぼ同時（略同時）に取得された」とは、たとえば、双方の画像データが同時に取得された場合や、一方の画像データの取得の直後に他方が取得された場合や、一連の検査プロセスにおいて双方の画像データが取得された場合など、双方の画像データがほとんど時間差無く取得されたことを意味するものとする。逆に、画像データ 2 1 2 a 等と画像データ 2 1 2 b 等は、たとえば、それらが取得された検査日時が異なるなど、一方の画像データの取得後、相当の時間間隔を介して他方が取得されたものとされる。

40

【 0 1 4 8 】

（情報記憶部）

情報記憶部 2 1 3 には、位置情報（たとえば符号 2 1 3 a、2 1 3 b で示す情報）が記憶される。この位置情報は、ほぼ同時に取得された眼底 E f の表面の 2 次元画像（眼底画像）と断層画像について、この眼底画像におけるこの断層画像の位置を示す情報である。

50

位置情報は、位置情報生成部 2 1 4 によって生成される（その生成方法については後述する。）。

【 0 1 4 9 】

この位置情報について、より詳しく説明する。撮像装置 1 0 の撮像素子 1 0 a の撮像面上には、2次元のXY座標系があらかじめ定義されている（図示せず）。この撮像装置 1 0 により撮影された眼底画像には、このXY座標系に基づく2次元座標が設定される。このXY座標系は、図 1 に示すxyz座標系のx座標及びy座標が成す平面に平行な平面を定義する。ここで、2つの座標系の座標のスケール（単位距離の長さ）は、等しくてもよいし異なってもよい。また、2つの座標系の座標軸の方向は、一致していてもよいし一致していなくてもよい。

10

【 0 1 5 0 】

一般に、2つの座標系の座標軸のスケール及び方向が異なる場合において、平行移動と回転移動によって座標軸の方向を一致させることができ、座標軸の単位距離の長さを拡大/縮小することによってスケールを一致させることができる（すなわち、一意的な座標変換を行うことができる。）。

【 0 1 5 1 】

また、図 1 に示すように、xy平面（XY平面）に直交する方向には、眼底Efの深度方向を正方向とするz座標（Z座標；図示せず）が定義されている。z座標とZ座標についても、スケールは等しくてもよいし異なってもよい。以下、XYZ座標系とxyz座標系とは、対応する各座標軸の方向が一致しており、各座標軸のスケールも等しいものとする。

20

【 0 1 5 2 】

情報記憶部 2 1 3 に記憶された各位置情報には、たとえば走査領域情報、固視位置情報及び深度情報のうちの少なくともいずれかが含まれている。なお、本発明に係る位置情報は、これらの情報の1つを必ず含んでいなければならない訳ではなく、眼底画像における断層画像の位置を示す任意の情報を含んでいけばよい。

【 0 1 5 3 】

走査領域情報は、断層画像の取得時に信号光LSが走査された領域（走査領域）をxy座標系にて表現した情報である。信号光LSの走査領域については、その一例を図 8 に示した。同図に示す走査態様では、前述のように主走査方向（x軸に平行な方向）と副走査方向（y軸に平行な方向）とに信号光LSが走査され、矩形状の走査領域Rを形成している。この走査領域Rに対応する走査領域情報は、たとえば（ x_1 x_2 、 y_1 y_2 ）のように、主走査方向の範囲と副走査方向の範囲とによって表すことができる。

30

【 0 1 5 4 】

なお、信号光LSの走査領域の形状は矩形に限定されるものではなく、たとえば信号光LSを同心円状若しくは螺旋状に走査する場合には円形状の走査領域が形成される。この場合の走査領域情報は、たとえば円形状の走査領域の中心の座標（ x_0 、 y_0 ）と半径rとによって表すことができる。

【 0 1 5 5 】

固視位置情報は、断層画像の取得時における内部固視標の眼底Efへの投影位置をxy座標系にて表現した情報である。この固視位置情報は、眼底Efに投影された内部固視標のたとえば中心位置の座標値（ x_f 、 y_f ）によって表すことができる。

40

【 0 1 5 6 】

なお、固視位置情報は、眼底Efに投影された内部固視標の実際の投影位置を直接にxy座標系で表現した情報に限定されるものではない。たとえば、LCD 1 4 0 における内部固視標の表示位置（LCD 1 4 0 の表示面上に定義された2次元座標系で表現した座標値）をxy座標系の座標値に変換して得られる情報を、固視位置情報として用いることが可能である。ここで、内部固視標は、LCD 1 4 0 に表示され、撮影光学系 1 2 0 を介して眼底Efに投影されるので、その眼底Efにおける投影位置は、LCD 1 4 0 における表示位置、撮影光学系 1 2 0 の光学データ、眼底Efのz方向のアライメント位置等に基

50

づいて演算することができる。

【0157】

深度情報は、眼底E fの断層画像の深度方向における位置（z座標値）を示す情報であり、換言すると、眼底E fの表面（眼底画像の撮影対象である。）に対する眼底画像の深度方向の位置を示す情報である。

【0158】

眼底E fは、網膜、脈絡膜、強膜を有している。深度情報としては、これらの膜のいずれかに含まれる特定の層に相当する画像の断層画像中におけるz方向の位置を用いることができる。たとえば、網膜の網膜色素上皮層（或いは網膜色素上皮と脈絡膜との境界）に相当する画像の、断層画像中におけるz方向の位置を、深度情報として採用することが可能である。ここで、網膜色素上皮層は、信号光LSをよく反射する層であり、断層画像中において比較的明瞭に描写されることから、深度情報の基準として好適に用いることができる。

10

【0159】

なお、視神経乳頭を含む断層画像においては、たとえば、視神経乳頭のくぼみの底部に相当する画像の断層画像中におけるz方向の位置（z座標値）を深度情報として用いることができる。

【0160】

（位置情報生成部）

位置情報生成部214は、前述の位置情報を生成する処理を行うもので、本発明の「位置情報生成手段」の一例に相当する。以下、走査領域情報を生成する処理、固視位置情報を生成する処理、及び、深度情報を生成する処理について、それぞれ説明する。

20

【0161】

まず、走査領域情報を生成する処理について説明する。信号光LSの走査領域は、眼底E fの断層画像を取得する前に、ユーザが操作部240Bを操作するなどして指定される。この作業は、表示部240Aに眼底E fの観察画像を表示させ、その観察画像上の所望の領域を囲むようにマウスでドラッグアンドドロップ操作を行うことで実行する。たとえば、マウスのドラッグ操作を開始した位置とドロップ操作を行った位置とを結ぶ直線を対角線とする矩形の走査領域が設定される。

【0162】

位置情報生成部214は、眼底E fの観察画像上に指定された走査領域に基づいて、眼底E fの眼底画像（撮影画像）と断層画像とがほぼ同時に取得されたときの走査領域情報を生成する。このとき、観察画像が表示されているときの被検眼Eの固視位置と、眼底画像及び断層画像が取得されるときに固視位置とは同じであるとする。

30

【0163】

走査領域の指定をマウスのドラッグアンドドロップ操作にて行うときの、走査領域情報の生成処理の一具体例を説明する。走査領域が指定されると、ドラッグ開始位置のx座標値及びy座標値と、ドロップ位置のx座標値及びy座標値とが、ユーザインターフェイス240から制御部210に入力され、位置情報生成部214に送られる。ドラッグ開始位置の座標を（x1、y1）とし、ドロップ位置の座標を（x2、y2）とすると、位置情報生成部214は、眼底画像上の領域（x1 x x2、y1 y y2）からなる走査領域情報を生成する。

40

【0164】

次に、固視位置情報を生成する処理について説明する。被検眼Eの固視位置は、眼底E fの断層画像を取得する前に、ユーザが操作パネル3aの固視標切替スイッチ309や固視標位置調整スイッチ310や固視標サイズ切替スイッチ311を操作するなどして指定される。

【0165】

内部固視標によって被検眼Eの固視位置が指定されると、位置情報生成部214は、眼底E fに投影された内部固視標のたとえば中心位置の座標値（xf、yf）を求めて固視

50

位置情報とする。このとき、内部固視標が投影された観察画像（撮影前）や眼底画像（撮影後）を解析することにより目的の座標値を求めるように構成することもできるし、LCD140に表示された内部固視標の表示位置に基づいて目的の座標値を演算するように構成することもできる。

【0166】

続いて、深度情報を生成する処理について説明する。眼底Efの断層画像が取得されると、その断層画像の画像データが位置情報生成部214に入力される。位置情報生成部214は、この画像データを解析して、たとえば網膜色素上皮層に相当する部分を抽出し、この断層画像における当該抽出部分のz座標値を演算して目的の深度情報とする。

【0167】

ここで、画像データを解析する代わりに、断層画像の形成に供されるデータ、たとえば各深度位置における干渉光LCの検出強度分布を表すデータを解析し、検出強度がピークとなる深度位置のz座標値を求めて深度情報とすることも可能である。

【0168】

以上のようにして生成された位置情報は、対応する眼底画像の画像データ及び断層画像の画像データと関連付けられて情報記憶部213に記憶される。

【0169】

（走査領域変位演算部）

走査領域変位演算部231は、2つの走査領域情報のそれぞれに示す信号光LSの走査領域の座標に基づいて、それら2つの座標の（xy方向における）変位を演算する。第1の断層画像を取得するときの走査領域Rに対応する走査領域情報に示す座標を（ x_1 x_2 、 y_1 y_2 ）とし、第2の断層画像を取得するときの走査領域R（図示せず）に対応する走査領域情報に示す座標を（ x_1 x_2 、 y_1 y_2 ）とすると、走査領域変位演算部231は、たとえば、x方向の変位 $x(\min) = x_1 - x_1$ 及び $x(\max) = x_2 - x_2$ と、y方向の変位 $y(\min) = y_1 - y_1$ 及び $y(\max) = y_2 - y_2$ とをそれぞれ演算する。

【0170】

ここで、走査領域R、Rのx方向の長さが等しい場合（つまり、 $x_2 - x_1 = x_2 - x_1$ である場合）、x方向の変位として、 $x = x_1 - x_1$ （又は $x_2 - x_2$ ）を算出するだけで十分である。同様に、走査領域R、Rのy方向の長さが等しい場合（つまり、 $y_2 - y_1 = y_2 - y_1$ である場合）、y方向の変位として、 $y = y_1 - y_1$ （又は $y_2 - y_2$ ）を算出するだけで十分である。この走査領域変位演算部231は、本発明の「変位演算手段」の一例に相当している。

【0171】

（固視位置変位演算部）

固視位置変位演算部232は、2つの固視位置情報のそれぞれに示す内部固視標の眼底Efへの投影位置の座標に基づいて、それら2つの座標の（xy方向における）変位を演算する。第1の断層画像に対応する固視位置情報に示す内部固視標の投影位置の座標を（ x_f 、 y_f ）とし、第2の断層画像に対応する内部固視標の投影位置の座標を（ x_f 、 y_f ）とすると、固視位置変位演算部232は、これら2つの座標のx方向の変位 $x_f = x_f - x_f$ と、y方向の変位 $y_f = y_f - y_f$ とをそれぞれ演算する。この固視位置変位演算部232は、本発明の「変位演算手段」の一例に相当している。

【0172】

（深度位置変位演算部）

深度位置変位演算部233は、2つの深度情報のそれぞれに示す深度位置の座標に基づいて、それら2つの座標の（深度方向、つまりz方向における）変位を演算する。第1の断層画像に対応する深度情報に示す座標をzとし、第2の断層画像に対応する深度情報に示す座標をzとすると、深度位置変位演算部233は、これら2つの座標の変位 $z = z - z$ を演算する。この

【0173】

10

20

30

40

50

(積算画像生成部)

積算画像生成部 234 は、画像形成部 220 により形成された断層画像を深度方向に積算して 1 次元の画像 (積算画像) を生成する。すなわち、断層画像を構成する各深度方向の画像 G_{ij} を深度方向 (z 方向) に積算して点状の画像を形成する。各点状の画像は、その基になった深度方向の画像 G_{ij} の位置における深度方向の積算輝度を示すものである。ここで、「深度方向に積算する」とは、深度方向の画像の各深度位置における輝度値を深度方向に足し合わせる (投影する) 演算処理を意味する。

【0174】

このような処理を信号光 LS の一連の走査によって得られる各断層画像について実行することにより、眼底画像 (表面の 2 次元画像) と同様に、この走査領域における眼底 E_f の表面の形態を表す画像が得られる。なお、積算画像については、本発明者らによる特願 2005-337628 に詳しく記載されている。この積算画像生成部 234 は、本発明の「積算画像生成手段」の一例に相当している。

10

【0175】

(積算画像変位演算部)

積算画像変位演算部 235 は、第 1、第 2 の断層画像 (群) に基づく 2 つの積算画像に基づいて、それらの積算画像の x y 方向における変位を演算する。積算画像は、その基になった断層画像を取得するときの信号光 LS の走査領域と同じ x y 座標の範囲において形成される。積算画像変位演算部 235 は、各積算画像に対応する走査領域の座標 (たとえば走査領域情報を参照して取得する。) に基づいて、走査領域変位演算部 231 と同じ要領で、2 つの積算画像の変位を演算する。

20

【0176】

2 つの積算画像の変位を演算する処理の他の構成例としては、2 つの積算画像の間の相関が最も高くなるように変位を演算することもできる。また、2 つの積算画像からそれぞれ特徴点を抽出し、それらの特徴点の変位を演算することにより、2 つの積算画像の変位を求めるように構成することも可能である。この積算画像変位演算部 235 は、本発明の「積算画像変位演算手段」の一例に相当している。

【0177】

(画像位置変更部)

画像位置変更部 236 は、走査領域変位演算部 231 や固視位置変位演算部 232 や深度位置変位演算部 233 や積算画像変位演算部 235 から入力される変位の情報に基づいて、断層画像 (群) の位置を変更することにより、2 つの断層画像 (群) の位置合わせを行う。この画像位置変更部 236 は、本発明の「画像位置変更手段」の一例に相当するものである。

30

【0178】

以下、走査領域変位演算部 231 から入力される変位に基づく画像の位置合わせ処理、固視位置変位演算部 232 から入力される変位に基づく画像の位置合わせ処理、深度位置変位演算部 233 から入力される変位に基づく画像の位置合わせ処理、積算画像変位演算部 235 から入力される変位に基づく画像の位置合わせ処理について、それぞれ説明する。また、画像位置変更部 236 による断層画像 (群) の詳細な位置合わせ処理についても説明する。

40

【0179】

まず、走査領域変位演算部 231 から入力される変位に基づく画像の位置合わせ処理について説明する。画像位置変更部 236 は、走査領域変位演算部 231 から入力される 2 つの断層画像 (群) の x 方向の変位 $x = x_1 - x_1$ (又は $x_2 - x_2$) と y 方向の変位 $y = y_1 - y_1$ (又は $y_2 - y_2$) とに基づいて、この 2 つの断層画像 (群) の少なくとも一方を x 方向及び y 方向に移動させることにより、双方の断層画像の x 方向及び y 方向のそれぞれの位置合わせをする。たとえば、第 2 の断層画像を x 方向に x だけ移動させ、 y 方向に y だけ移動させることにより、第 2 の断層画像の位置を第 1 の断層画像の位置に合わせる処理を実行する。

50

【0180】

なお、走査領域 R_1 、 R_2 の x 方向の長さが等しくない場合（つまり、 $x_2 - x_1 \neq x_2 - x_1$ である場合）には、 x 方向の変位 $x(\min) = x_1 - x_1$ と $x(\max) = x_2 - x_2$ ）とに基づいて、たとえば、各走査領域 R_1 、 R_2 の双方の x 方向の中点を一致させるように、2つの断層画像（群）の少なくとも一方を移動させるように構成することができる。同様に、走査領域 R_1 、 R_2 の y 方向の長さが等しくない場合（つまり、 $y_2 - y_1 \neq y_2 - y_1$ である場合）には、 y 方向の変位 $y(\min) = y_1 - y_1$ と $y(\max) = y_2 - y_2$ ）とに基づいて、たとえば、各走査領域 R_1 、 R_2 の双方の y 方向の中点を一致させるように、2つの断層画像（群）の少なくとも一方を移動させるように構成することができる。

10

【0181】

次に、固視位置変位演算部 232 から入力される変位に基づく画像の位置合わせ処理について説明する。画像位置変更部 236 は、固視位置変位演算部 232 から入力される2つの断層画像（群）の取得時における内部固視標の眼底 E_f への投影位置の x 方向の変位 $x_f = x_f - x_f$ と、 y 方向の変位 $y_f = y_f - y_f$ とに基づいて、この2つの断層画像（群）の少なくとも一方を x 方向及び y 方向に移動させることにより、双方の断層画像の x 方向及び y 方向のそれぞれの位置合わせをする。たとえば、第2の断層画像を x 方向に x_f だけ移動させ、 y 方向に y_f だけ移動させることにより、第2の断層画像の位置を第1の断層画像の位置に合わせる処理を実行する。

【0182】

続いて、深度位置変位演算部 233 から入力される変位に基づく画像の位置合わせ処理について説明する。画像位置変更部 236 は、深度位置変位演算部 233 から入力される2つの断層画像の深度位置の座標の変位 $z = z - z$ に基づいて、この2つの断層画像（群）の深度方向（ z 方向）の位置合わせをする。たとえば、第2の断層画像を z 方向に z だけ移動させることにより、第2の断層画像の位置を第1の断層画像の位置に合わせる処理を実行する。

20

【0183】

次に、積算画像変位演算部 235 から入力される変位に基づく画像の位置合わせ処理について説明する。画像位置変更部 236 は、積算画像変位演算部 235 から入力される2つの断層画像（群）に基づく2つの積算画像の x 、 y 方向における変位（走査領域の変位と同様に x 、 y で表す。）に基づいて、この2つの断層画像（群）の少なくとも一方を x 方向及び y 方向に移動させることにより、双方の断層画像の x 方向及び y 方向のそれぞれの位置合わせをする。たとえば、第2の断層画像を x 方向に x だけ移動させ、 y 方向に y だけ移動させることにより、第2の断層画像の位置を第1の断層画像の位置に合わせる処理を実行する。なお、双方の積算画像の領域が異なる場合には、走査領域の変位に基づく場合と同様に、 x 方向、 y 方向の中点を一致させるなどして位置合わせを行う。

30

【0184】

最後に、断層画像（群）の詳細な位置合わせ処理について説明する。画像位置変更部 236 は、2つの眼底画像（眼底 E_f の表面の2次元画像）について、相関が最も高くなるように変位を演算し、この変位に基づいて2つの眼底画像の位置合わせをする。また、2つの眼底画像からそれぞれ特徴点を抽出し、それらの特徴点の変位を演算し、この変位に基づいて2つの眼底画像の位置合わせを行う。更に、この2つの眼底画像の位置合わせの結果を用いて、これら2つの眼底画像とほぼ同時に取得された2つの断層画像の x 方向及び y 方向の位置合わせを行う。

40

【0185】

このような眼底画像の位置合わせに基づく断層画像の位置合わせを、たとえば、走査領域変位演算部 231（又は、固視位置変位演算部 232、度位置変位演算部 233 若しくは積算画像変位演算部 235）から入力される変位の情報に基づく（大まかな）位置合わせの後に実行することにより、2つの断層画像（群）の位置合わせをより詳細に行うことが可能である。

50

【 0 1 8 6 】

〔 動作 〕

以上のような構成を有する眼底観察装置 1 の動作について、図 1 0 ~ 図 1 2 を参照しつつ説明する。これらの図は、眼の疾患の経過観察において、異なる検査日時に取得された画像を比較するときの、眼底観察装置 1 の動作の一例を表している。このフローチャートに示す動作は、位置情報を用いて画像の位置合わせを行う場合に相当する。なお、積算画像を用いて画像の位置合わせを行う場合については後述する。

【 0 1 8 7 】

〔 位置情報を用いた画像の位置合わせ処理 〕

まず、図 1 0、図 1 1 を参照しつつ、位置情報を用いた画像の位置合わせ処理について説明する。最初に、第 1 の検査日時に眼底 E f の眼底画像と断層画像（断層画像群；以下同様）とを取得する（S 1）。取得された眼底画像の画像データ 2 1 2 a と断層画像の画像データ G a は、それぞれ画像記憶部 2 1 2 に記憶される（S 2）。なお、眼底観察装置 1 が LAN 等のネットワークに接続されている場合、このネットワーク上のデータベースに画像データ 2 1 2 a、G a を保管するようにしてもよい。

10

【 0 1 8 8 】

位置情報生成部 2 1 4 は、画像取得前に設定された情報（信号光 L S の走査領域 R の指定情報、固視位置の指定情報等）や、取得された画像情報に基づいて、位置情報 2 1 3 a を生成する（S 3）。生成された位置情報 2 1 3 a は、情報記憶部 2 1 3 に記憶される（S 4）。

20

【 0 1 8 9 】

ここで、x y 方向の画像位置合わせ用の位置情報としては、走査領域情報及び固視位置情報のうちのいずれか一方が生成されれば十分であるが、ここでは双方の情報を生成するものとする。また、z 方向の画像位置合わせ用の位置情報である深度情報も生成されるものとする。

【 0 1 9 0 】

第 1 の検査日時から所定期間（たとえば数日、数週間、数ヶ月、数年等）が経過した第 2 の検査日時に、眼底 E f の眼底画像と断層画像（断層画像群；以下同様）とを取得する（S 5）。取得された眼底画像の画像データ 2 1 2 b と断層画像の画像データ G b は、それぞれ画像記憶部 2 1 2 に記憶される（S 6）。

30

【 0 1 9 1 】

位置情報生成部 2 1 4 は、第 1 の検査日時のとおり同様に、走査領域情報、固視位置情報及び深度情報を含む位置情報 2 1 3 b を生成する（S 7）。生成された位置情報 2 1 3 b は、情報記憶部 2 1 3 に記憶される（S 8）。

【 0 1 9 2 】

眼底 E f の画像の比較を開始するための所定の操作がなされると、主制御部 2 1 1 は、画像記憶部 2 1 2 から眼底画像の画像データ 2 1 2 b（又は画像データ 2 1 2 a）を読み出し、この画像データ 2 1 2 b に基づく眼底画像 E f を表示部 2 4 0 A に表示させる（S 9）。

【 0 1 9 3 】

更に、主制御部 2 1 1 は、情報記憶部 2 1 3 から位置情報 2 1 3 a、2 1 3 b のそれぞれの走査領域情報と固視位置情報とを読み出し、この 2 つの走査領域情報に基づく 2 つの走査領域を示す画像と、この 2 つの固視位置情報に基づく内部固視標の投影位置を示す画像とを、それぞれ眼底画像 E f に重畳して表示させる（S 1 0）。

40

【 0 1 9 4 】

また、主制御部 2 1 1 は、画像記憶部 2 1 2 から断層画像の画像データ G b（又は画像データ G a）を読み出し、この画像データに基づく断層画像 G b を表示部 2 4 0 A に表示させる（S 1 1）。この断層画像 G b（G a）は、眼底画像 2 1 2 b（2 1 2 a）等と並列して表示部 2 4 0 A に表示される。

【 0 1 9 5 】

50

図11は、ステップS9、S10、S11により表示部240Aに表示される画面の一例を表している。表示部240Aの表示画面には、同図に示すように、眼底Efの表面の2次元画像(眼底画像212b)等が表示される眼底画像表示部240aと、眼底Efの断層画像Gbが表示される断層画像表示部240bとが設けられている。

【0196】

ステップS9により、眼底画像表示部240aに眼底画像Efが表示される。また、ステップS10により、第1の検査日時に断層画像を取得したときの走査領域(を示す画像)Rと、第2の検査日時に断層画像を取得したときの走査領域(を示す画像)Rとが、眼底画像Efに重畳して表示される。更に、ステップS10により、第1の検査日時における内部固視標の投影位置(を示す画像)Fと、第2の検査日時における内部固視標の投影位置(を示す画像)Fとが、眼底画像Efに重畳して表示される。

10

【0197】

走査領域R、R及び投影位置F、Fは、それぞれ対応する走査領域情報又は固視位置情報に示す座標に基づいて表示される。ここで、走査領域Rと投影位置Fについては、表示されている眼底画像Efと同じ第2の検査日時における画像取得時に生成されたものであるから、この眼底画像Ef上に対する第2の検査日時の断層画像Gbの位置(つまり、走査領域の位置と内部固視標の投影位置)をそのまま表すものである。

【0198】

一方、走査領域Rと投影位置Fは、表示されている眼底画像Efと異なり第1の検査日時における画像取得時に生成されたものである。したがって、第1、第2の検査日時の検査において、走査領域として指定される画像領域のずれや、内部固視標の投影位置のずれ(つまり眼底画像が撮影された眼底Efの領域のずれ)や、被検眼Eに対する装置のアライメントのずれなど、検査時における各種の条件のずれが生じるおそれがある。また、これらの条件が一致していても、内部固視標によって被検眼Eが確実に固視されていない場合などには、眼底画像として撮影される眼底Efの領域にずれが生じるおそれがある。

20

【0199】

それにより、図11に示すように、走査領域R、Rは互いに異なる位置に表示され、投影位置F、Fは互いに異なる位置に表示されるのが一般的である。

【0200】

なお、第1、第2の検査日時において複数の断層画像(つまり断層画像群)を取得した場合、主制御部211は、その断層画像群Gb(Ga)のうちの一つを断層画像表示部240bに表示させる。表示される断層画像としては、たとえば、走査開始位置RSを含む断面の断層画像や、副走査方向(y方向)において中間に位置する断面の断層画像など、任意の断層画像が選択される。

30

【0201】

主制御部211は、位置情報213a、213bを情報記憶部213から読み出して画像処理部230に送るとともに、眼底画像の画像データ212a、212b及び断層画像の画像データGa、Gbを画像記憶部212から読み出して画像処理部230に送る。

【0202】

走査領域変位演算部231は、位置情報213a、213bのそれぞれの走査領域情報に示す信号光LSの走査領域の座標に基づいて、この2つの座標の(x,y方向における)変位を演算する(S12)。

40

【0203】

また、固視位置変位演算部232は、位置情報213a、213bのそれぞれの固視位置情報に示す内部固視標の眼底Efへの投影位置の座標に基づいて、この2つの座標の(x,y方向における)変位を演算する(S13)。

【0204】

更に、深度位置変位演算部233は、位置情報213a、213bのそれぞれの深度情報に示す深度位置の座標に基づいて、この2つの座標の(z方向における)変位を演算する(S14)。ステップS12~S14にてそれぞれ演算された変位は、画像位置変更部

50

236に入力される。

【0205】

画像位置変更部236は、ステップS12にて演算された走査領域の座標の変位に基づいて、第1の検査日時の断層画像G_a及び/又は第2の検査日時の断層画像G_bをx方向及びy方向に移動させて、これら2つの断層画像のxy方向の位置合わせを実行する(S15)。

【0206】

また、画像位置変更部236は、ステップS13にて演算された内部固視標の投影位置の座標の変位に基づいて、第1の検査日時の断層画像G_a及び/又は第2の検査日時の断層画像G_bをx方向及びy方向に移動させて、これら2つの断層画像のxy方向の位置合わせを実行する(S16)。

10

【0207】

また、画像位置変更部236は、ステップS14にて演算された断層画像の深度位置の変位に基づいて、第1の検査日時の断層画像G_a及び/又は第2の検査日時の断層画像G_bをz方向に移動させて、これら2つの断層画像のz方向(深度方向)の位置合わせを実行する(S17)。

【0208】

更に、画像位置変更部236は、眼底画像の画像データ212a、212bに基づき、これら2つの眼底画像の相関が最も高くなるように変位を演算し、この変位に基づいて2つの眼底画像の位置合わせを行い、この位置合わせの結果を用いて、断層画像G_a、G_bのxy方向の位置合わせを行う(S18)。以上で、位置情報を用いた断層画像の位置合わせ処理は終了となる。

20

【0209】

主制御部211は、この位置合わせの結果に基づいて、眼底画像表示部240aにおける走査領域の画像R、R₁及び内部固視標の投影位置の画像F、F₁の表示位置を変更することができる。この表示位置の変更により、走査領域の画像R、R₁は、ほとんど同じ位置に表示され、投影位置の画像F、F₁は、ほとんど同じ位置に表示される。これは、第1の検査日時における断層画像(群)G_aと、第2の検査日時における断層画像(群)との位置合わせがなされたことを意味する。

【0210】

〔積算画像を用いた画像の位置合わせ処理〕

次に、図12を参照しつつ、積算画像を用いた画像の位置合わせ処理について説明する。まず、位置情報を用いた位置合わせ処理と同様に、第1の検査日時に眼底E_fの眼底画像と断層画像(断層画像群;以下同様)とを取得し(S21)、その眼底画像の画像データ212aと断層画像の画像データG_aを画像記憶部212に記憶する(S22)。

30

【0211】

また、第1の検査日時から所定期間経過後の第2の検査日時に、眼底E_fの眼底画像と断層画像(断層画像群;以下同様)とを取得し(S23)、その眼底画像の画像データ212bと断層画像の画像データG_bを画像記憶部212に記憶する(S24)。

【0212】

なお、第1、第2の検査日時のそれぞれにおいて、断層画像を取得したときの信号光L_Sの走査領域を示す情報(前述の走査領域情報)を生成し、情報記憶部213に記憶しておく。

40

【0213】

主制御部211は、所定の操作に対応し、画像記憶部212から眼底画像の画像データ212b(又は画像データ212a)を読み出し、この画像データ212bに基づく眼底画像E_fを表示部240Aに表示させるとともに(S25)、情報記憶部213から走査領域情報を読み出し、第1、第2の検査日時の走査領域を示す画像を眼底画像E_fに重畳して表示させる(S26)。更に、主制御部211は、画像記憶部212から断層画像の画像データG_b(又は画像データG_a)を読み出し、この画像データに基づく断層画

50

像 G b を表示部 2 4 0 A に表示させる (S 2 7) 。ステップ S 2 5 ~ S 2 7 による画像の表示態様は、たとえば前述の図 1 1 と同様とされる。

【 0 2 1 4 】

また、主制御部 2 1 1 は、眼底画像の画像データ 2 1 2 a 、 2 1 2 b 及び断層画像の画像データ G a 、 G b を画像記憶部 2 1 2 から読み出して画像処理部 2 3 0 に送る。積算画像生成部 2 3 4 は、断層画像の画像データ 2 1 2 a 、 2 1 2 b のそれぞれを深度方向に積算して、第 1 の検査日時に対応する積算画像及び第 2 の検査日時に対応する積算画像をそれぞれ生成する (S 2 8) 。積算画像変位演算部 2 3 5 は、これら第 1 、第 2 の検査日時に対応する積算画像の x y 方向における変位を演算する (S 2 9) 。

【 0 2 1 5 】

続いて、画像位置変更部 2 3 6 は、演算された積算画像の変位に基づいて、断層画像 G a 、 G b の x y 方向の位置合わせを行う (S 3 0) 。

【 0 2 1 6 】

更に、画像位置変更部 2 3 6 は、眼底画像 2 1 2 a 、 2 1 2 b の相関が最も高くなるように変位を演算し、この変位に基づいて 2 つの眼底画像の位置合わせを行い、この位置合わせの結果を用いて、断層画像 G a 、 G b の x y 方向の位置合わせを行う (S 3 1) 。以上で、積算画像を用いた断層画像の位置合わせ処理は終了となる。主制御部 2 1 1 は、位置情報を用いた位置合わせの場合と同様に、眼底画像表示部 2 4 0 a における走査領域の画像 R 、 R の表示位置を変更できる。

【 0 2 1 7 】

なお、以上の積算画像による位置合わせは、x y 方向における位置合わせであるから、位置情報を用いた位置合わせ処理の場合と同様の深度情報による z 方向の位置合わせを行って、断層画像 G a 、 G b の 3 次元的な位置合わせを行うことが望ましい。

【 0 2 1 8 】

〔位置合わせ結果の利用例〕

以上に説明した断層画像の位置合わせの結果は、眼底 E f の経過観察において、次のように利用することができる。

【 0 2 1 9 】

(第 1 の利用例)

まず、断層画像の位置合わせ結果を利用した画像の表示態様の一例について説明する。ここで、第 1 、第 2 の検査日時において、それぞれ m 枚の断層画像 (つまり断層画像群) が取得されたものとする。第 1 の検査日時における断層画像群に属する m 枚の断層画像を符号 G a 1 ~ G a m で表し、第 2 の検査日時における断層画像群に属する m 枚の断層画像を符号 G b 1 ~ G b m で表すことにする。なお、2 つの断層画像群に属する断層画像群の枚数が異なっている場合、以下と同様に処理することが可能である。

【 0 2 2 0 】

画像位置変更部 2 3 6 による処理は、第 1 の検査日時における断層画像 G a 1 ~ G a m と、第 2 の検査日時における断層画像 G b 1 ~ G b m との位置合わせを行うものである。ここで、隣接する断層画像の間隔が等しく設定されているものとする。つまり、各 $i = 1 \sim m - 1$ について、断層画像 G a i と断層画像 G a (i + 1) との間隔を $d a$ と表し、断層画像 G b i と断層画像 G b (i + 1) との間隔を $d b$ と表したときに、 $d a = d b$ に設定されているとする。

【 0 2 2 1 】

このとき、断層画像 G a 1 ~ G a m と断層画像 G b 1 ~ G b m は、画像位置変換部 2 3 6 により、各 $i = 1 \sim m$ について、断層画像 G a i と断層画像 G b i との位置合わせが施される。

【 0 2 2 2 】

主制御部 2 1 1 は、この位置合わせ結果を受けて、各 $i = 1 \sim m$ について、第 1 の検査日時の断層画像 G a i と第 2 の検査日時の断層画像 G b i とを関連付ける画像関連情報を生成するように作用する。生成された画像関連情報は、たとえば情報記憶部 2 1 3 に記憶

10

20

30

40

50

される。

【0223】

図11に示す表示部240Aの表示画面には、断層画像表示部240bに表示させる断層画像を切り替えるための図示しない表示画面切替部(ソフトキー等からなる)が表示される。この関連画像切替部の操作は、たとえば操作部のマウス206によるクリック操作とされる。

【0224】

表示画面切替部には、第1の検査日時の断層画像Gai(又は第2の検査日時の断層画像Gbi)が表示されているときに、第1の検査日時の他の断層画像Gaj(又は第2の検査日時の他の断層画像Gbj; $j \neq i$)に表示を切り替えるための同一検査画像切替部が設けられている。この同一検査画像切替部を操作すると、たとえば次の断層画像Ga(i+1)に表示が切り替わる。また、たとえば断層画像Ga1~Gam(又は断層画像Gb1~Gbm)のうちの所望のものを選択表示できるようになっていてもよい(具体的には、たとえば各断層画像のサムネイルを選択可能に表示する等の構成を適用できる)。

10

【0225】

更に、表示画面切替部には、表示されている断層画像に関連付けられた断層画像に表示を切り替えるための関連画像切替部が設けられている。すなわち、第1の検査日時の断層画像Gai(又は第2の検査日時の断層画像Gbi)が表示されているときに、関連画像切替部を操作すると、この断層画像Gaiに関連付けられた第2の検査日時の断層画像Gbi(又は、この断層画像Gbiに関連付けられた第1の検査日時の断層画像Gai)に

20

【0226】

ユーザは、同一検査画像切替部を操作することにより、所望の断面の断層画像Gai(又は断層画像Gbi)を表示させることができる。更に、関連画像切替部を操作することにより、この断層画像Gai(又は断層画像Gbi)に関連付けられた断層画像Gbi(又は断層画像Gai)を表示させることができる。また、関連画像切替部を再度操作することにより、断層画像Gaiを再度表示させることができる。このようにして表示画像を切り替えることにより、ほぼ同じ断面位置における断層画像Gaiと断層画像Gbiとを交互に表示させることができるので、その断面位置の状態(たとえば網膜の厚さ)の時間的な変化を容易に比較することができる。

30

【0227】

この表示態様の変形として、複数の断層画像表示部240bを並べて表示させ、その一つに断層画像Gaiを表示させるとともに、他の一つに断層画像Gbiを表示させるように構成することも可能である。更に、同一検査画像切替部によって一方の断層画像表示部240bに表示された断層画像が切り替えられたことに対応して、当該断層画像に関連付けられた断層画像を他方の断層画像表示部240bに表示させるように構成することもできる。

【0228】

(第2の利用例)

次に、断層画像の位置合わせ結果を利用した画像解析処理の一例について説明する。経過観察では、眼底の状態に関する様々な指標を解析することがある。この指標の一例として、たとえば網膜の厚さがある。網膜の厚さは、たとえば、断層画像における網膜表面のz座標値と網膜色素上皮層のz座標値とを差を演算することにより得られる。

40

【0229】

各 $i = 1 \sim m$ について、第1の検査日時の断層画像Gaiと第2の検査日時の断層画像Gbiとが関連付けられているとする。このとき、主制御部211は、各断層画像Gaiに基づいて当該断面位置における網膜の厚さを演算するとともに、各断層画像Gbiに基づいて当該断面位置における網膜の厚さを演算する。

【0230】

更に、主制御部211は、各断面位置について(すなわち各 $i = 1 \sim m$ について)、断

50

層画像 G a i に基づく網膜の厚さと、断層画像 G b i に基づく網膜の厚さとの差を演算する。それにより、各断面位置ごとの網膜の厚さの時間的な変化の分布が得られる。主制御部 2 1 1 は、得られた分布をたとえばグラデーションで表現した画像（分布画像）を、表示部 2 4 0 b に表示させることができる。ユーザは、この分布画像を見ることにより、眼底 E f における網膜の厚さの時間的な変化の分布状態を容易に把握することができる。

【 0 2 3 1 】

[作用・効果]

以上のような眼底観察装置 1 の作用及び効果について説明する。この眼底観察装置 1 は、第 1 の検査日時に取得された眼底画像 2 1 2 a 及び断層画像 G a について、眼底画像 2 1 2 a における断層画像 G a の位置を示す位置情報 2 1 3 a を生成するとともに、第 2 の検査日時に取得された眼底画像 2 1 2 b 及び断層画像 G b について、その眼底画像 2 1 2 b における断層画像 G b の位置を示す位置情報 2 1 3 b とを生成する。そして、この位置情報 2 1 3 a、2 1 3 b に基づいて、第 1 の検査日時の断層画像 G a と第 2 の検査日時の断層画像 G b との位置合わせを行うように作用する。

10

【 0 2 3 2 】

より具体的には、眼底観察装置 1 は、位置情報 2 1 3 a、2 1 3 b に含まれる走査領域情報や固視位置情報を用いて、眼底 E f の表面方向（x y 方向）における断層画像 G a、G b の位置合わせを行うように作用する。また、各断層画像 G a、G b の積算画像の位置合わせ結果に基づいて x y 方向の位置合わせを行うこともできる。更に、位置情報 2 1 3 a、2 1 3 b に含まれる深度情報を用いて、眼底 E f の深度方向（z 方向）における断層画像 G a、G b の位置合わせを行うように作用する。このような位置合わせ処理を組み合わせるにより、3 次元的な位置合わせを行うことができる。

20

【 0 2 3 3 】

また、第 1 の検査日時の眼底画像 2 1 2 a と第 2 の検査日時の眼底画像 2 1 2 b との位置合わせを行い、その結果に基づいて断層画像 G a、G b の x y 方向の詳細な位置合わせを行うように作用する。

【 0 2 3 4 】

このように、本実施形態に係る眼底観察装置 1 によれば、検査日時の異なる眼底 E f の断層画像 G a、G b の位置合わせを好適に行うことができるので、眼底 E f の断層画像を用いた経過観察を有効にかつ効率的に行うことが可能になる。

30

【 0 2 3 5 】

[変形例]

以上に詳述した構成は、本発明に係る眼底観察装置を好適に実施するための一例に過ぎないものである。したがって、本発明の要旨の範囲内における任意の変形を適宜に施すことが可能である。以下、このような変形例のいくつかを説明する。

【 0 2 3 6 】

上記の実施形態に係る眼底観察装置 1 は、走査領域情報、固視位置情報、深度情報及び積算画像のそれぞれに基づいて、眼底の断層画像の位置合わせを行えるように構成されているが、本発明に係るこれら 4 つのうちの 1 つ以上に基づいて位置合わせを行えるように構成されていれば十分である。

40

【 0 2 3 7 】

特に、眼底の表面方向 x y 方向における位置合わせについては、走査領域情報、固視位置情報及び積算画像のうちのいずれか 1 つに基づいて行うようになっていれば十分である。なお、積算画像のみに基づいて位置合わせを行う場合には、光画像計測装置（OCT 装置）としての構成のみを備えていれば十分である。

【 0 2 3 8 】

眼底の断層画像の位置合わせは、走査領域情報、固視位置情報又は積算画像に基づく x y 方向の位置合わせと、深度情報に基づく z 方向の位置合わせとを組み合わせて x 方向、y 方向、z 方向の 3 次元的な位置合わせを行うことにより、位置合わせの精度を高めることが望ましい。

50

【 0 2 3 9 】

上記の実施形態では、既を取得した2つの断層画像の位置合わせ処理について説明したが、過去の検査と（ほぼ）同じ部位の断層画像を取得するために上記実施形態の構成を適用することも可能である。そのために、たとえば、過去の検査における固視位置情報に基づいて、過去の検査と同じ位置に内部固視標を表示させるようにLCD140を制御し、被検眼を過去の検査と同じ方向に固視させる。更に、現在の眼底画像を表示させるとともに、過去の検査における走査領域情報に基づく走査領域を示す画像を当該眼底画像に重畳して表示させる。このとき、過去の検査における眼底画像と現在の眼底画像との変位を演算し（たとえば相関が最も高くなるように位置合わせするときの変位を演算する。）、この変位に応じて移動させた位置に過去の検査の走査領域を表示させる。この表示された走査領域の位置を今回の検査における信号光LSの走査領域として指定する。それにより、過去の検査と同じ走査領域を指定することができる。なお、眼底画像や走査領域は、必ずしも表示させる必要はない。

10

【 0 2 4 0 】

本発明に係る眼底観察装置は、眼底表面の2次元画像の形成する装置として眼底カメラ（ユニット）を有しているが、たとえばスリットランプ（細隙灯顕微鏡装置）などの任意の眼科装置を用いて眼底表面の2次元画像を形成するように構成することも可能である。

【 0 2 4 1 】

また、上記の実施形態では、画像形成部220（画像形成ボード208）によって眼底Efの表面の2次元画像や断層画像の形成処理を行うとともに、制御部210（マイクロプロセッサ201等）によって各種制御処理を行うようになっているが、これら双方の処理を1台若しくは複数台のコンピュータによって行うように構成することができる。

20

【 符号の説明 】

【 0 2 4 2 】

- 1 眼底観察装置
- 1 A 眼底カメラユニット
- 3 a 操作パネル
- 3 0 1 メニュースイッチ
- 3 0 2 スプリットスイッチ
- 3 0 3 撮影光量スイッチ
- 3 0 4 観察光量スイッチ
- 3 0 5 顎受けスイッチ
- 3 0 6 撮影スイッチ
- 3 0 7 ズームスイッチ
- 3 0 8 画像切替スイッチ
- 3 0 9 固視標切替スイッチ
- 3 1 0 固視標位置調整スイッチ
- 3 1 1 固視標サイズ切替スイッチ
- 3 1 2 モード切替ノブ
- 8 c 装着部
- 1 0、1 2 撮像装置
- 1 0 0 照明光学系
- 1 0 1 観察光源
- 1 0 3 撮影光源
- 1 2 0 撮影光学系
- 1 3 4、1 3 6 ダイクロイックミラー
- 1 4 0 LCD
- 1 4 1 走査ユニット
- 1 4 1 A、1 4 1 B ガルバノミラー
- 1 4 2 レンズ

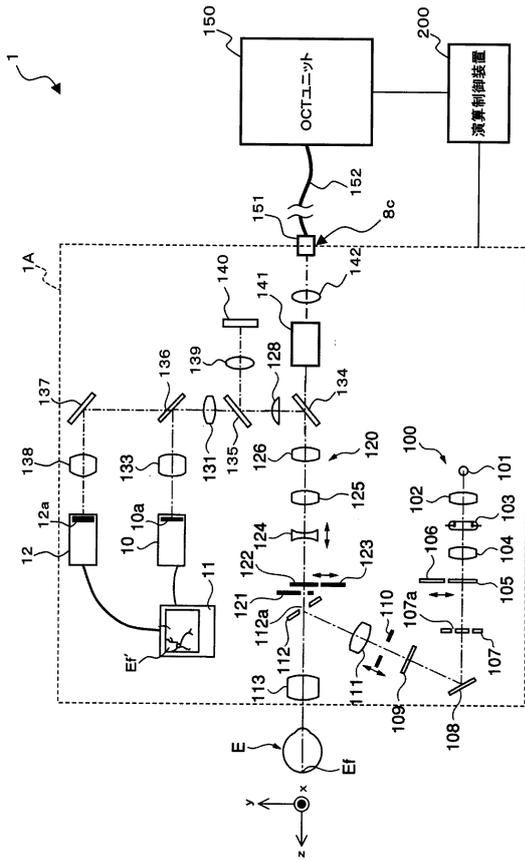
30

40

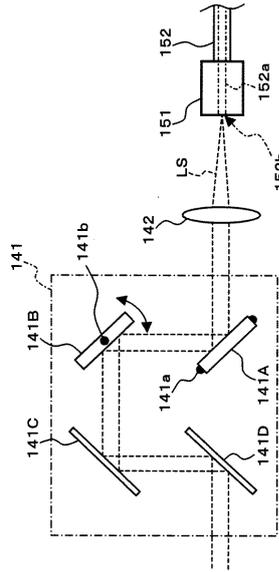
50

1 5 0	OCTユニット	
1 5 1	コネクタ部	
1 5 2	接続線	
1 5 2 a、1 6 1、1 6 3、1 6 4、1 6 5	光ファイバ	
1 6 0	低コヒーレンス光源	
1 6 2	光カプラ	
1 7 4	参照ミラー	
1 8 0	スペクトロメータ	
1 8 4	CCD	
2 0 0	演算制御装置	10
2 0 1	マイクロプロセッサ	
2 0 8	画像形成ボード	
2 0 8 a	眼底画像形成ボード	
2 0 8 b	OCT画像形成ボード	
2 1 0	制御部	
2 1 1	主制御部	
2 1 2	画像記憶部	
2 1 2 a、2 1 2 b	眼底画像(の画像データ)	
2 1 3	情報記憶部	
2 1 3 a、2 1 3 b	位置情報	20
2 1 4	位置情報生成部	
2 2 0	画像形成部	
2 3 0	画像処理部	
2 3 1	走査領域変位演算部	
2 3 2	固視位置変位演算部	
2 3 3	深度位置変位演算部	
2 3 4	積算画像生成部	
2 3 5	積算画像変位演算部	
2 3 6	画像位置変更部	
2 4 0	ユーザインターフェイス	30
2 4 0 A	表示部	
2 4 0 a	眼底画像表示部	
2 4 0 b	断層画像表示部	
2 4 0 B	操作部	
2 4 1、2 4 2	ミラー駆動機構	
2 4 3	参照ミラー駆動機構	
L 0	低コヒーレンス光	
L R	参照光	
L S	信号光	
L C	干渉光	40
R、R	走査領域	
R 1 ~ R m	走査線	
R i j (i = 1 ~ m、j = 1 ~ n)	走査点	
G、G 1 ~ G m、G a、G b	断層画像(の画像データ)	
G i j (i = 1 ~ m、j = 1 ~ n)	深度方向の画像	
E	被検眼	
E f	眼底	
E f	眼底画像(眼底の表面の2次元画像)	
F、F	固視位置	

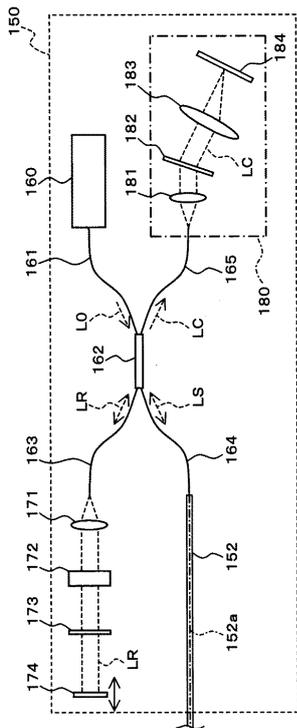
【図 1】



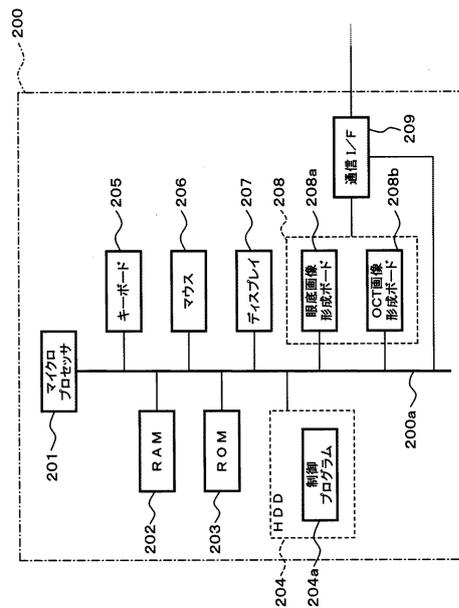
【図 2】



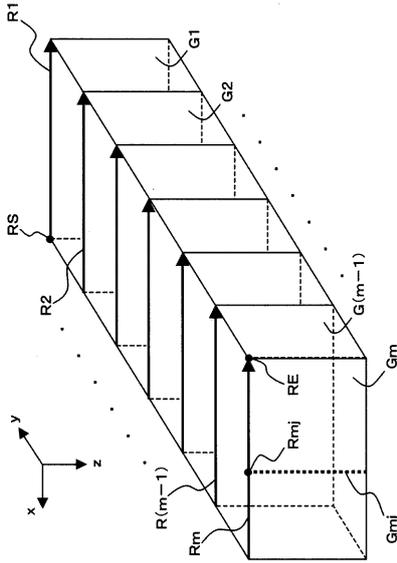
【図 3】



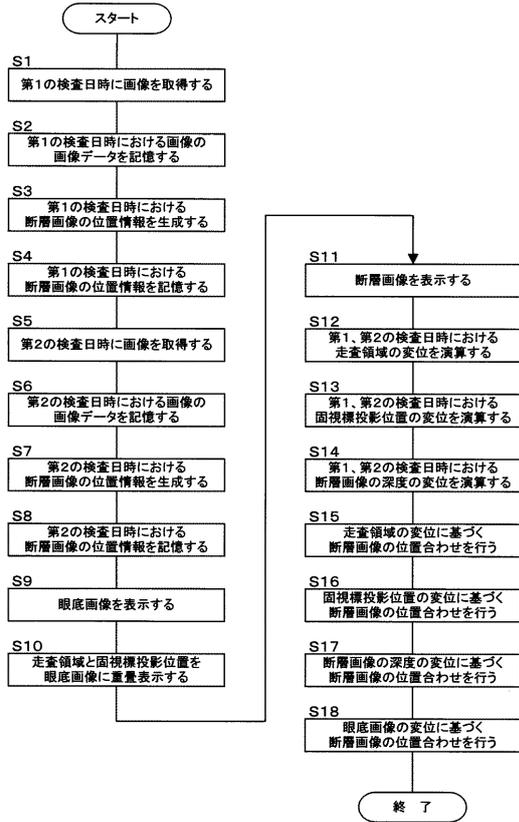
【図 4】



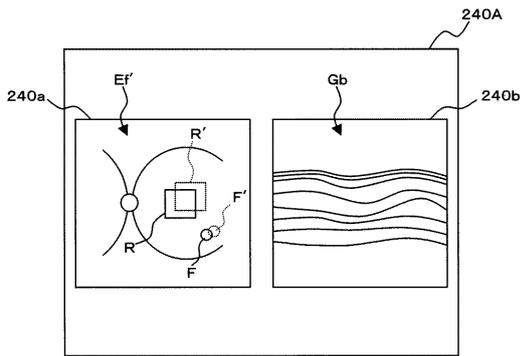
【図9】



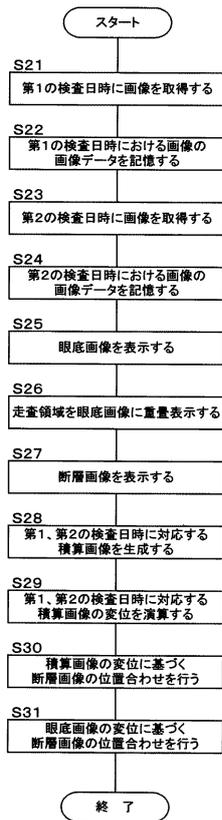
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 木川 勉
東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社トプコン内

審査官 安田 明央

(56)参考文献 特開2007-202952(JP,A)
特開2005-291752(JP,A)
特開平07-065146(JP,A)
特開2011-098221(JP,A)
特開2003-180635(JP,A)
特開2004-350849(JP,A)
特開2003-000543(JP,A)
特開2005-241464(JP,A)
特開2007-130403(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 3/00 - 3/16
G01N 21/17