

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6112949号
(P6112949)

(45) 発行日 平成29年4月12日 (2017. 4. 12)

(24) 登録日 平成29年3月24日 (2017. 3. 24)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 3/10 (2006.01)

A 6 1 B 3/10 Z DMW

A 6 1 B 3/15 (2006.01)

A 6 1 B 3/14 F

請求項の数 16 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2013-83947 (P2013-83947)
 (22) 出願日 平成25年4月12日 (2013. 4. 12)
 (65) 公開番号 特開2014-204836 (P2014-204836A)
 (43) 公開日 平成26年10月30日 (2014. 10. 30)
 審査請求日 平成28年4月11日 (2016. 4. 11)

(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 100090273
 弁理士 國分 孝悦
 (72) 発明者 大番 英之
 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

審査官 九鬼 一慶

(56) 参考文献 特開昭63-079634 (JP, A)

特開平07-163523 (JP, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 眼科装置、眼科装置の制御方法、プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検眼を撮像する光学部と、
 前記被検眼と前記光学部との作動距離合わせに用いる指標を前記被検眼に投影する指標
 投影手段と、

前記光学部が撮像した前記被検眼の角膜反射像から前記作動距離が適正であるか否かを
 判定する判定手段と、

を有し、

前記判定手段は、前記光学部により撮像された前記角膜反射像における非点収差の影響
 によるぼけの方向に基づいて、前記作動距離が適正となる前記光学部の移動方向を判定す
 ることを特徴とする眼科装置。

【請求項 2】

前記判定手段は、第1の方向の前記角膜反射像におけるぼけが前記第1の方向とは異なる
第2の方向の前記角膜反射像におけるぼけより大きい場合に、前記作動距離が適正では
ないと判定することを特徴とする請求項1に記載の眼科装置。

【請求項 3】

前記判定手段が判定した前記作動距離が適正となる前記光学部の移動方向を使用者に通
 知する通知手段をさらに有することを特徴とする請求項1または2に記載の眼科装置。

【請求項 4】

前記判定手段が判定した前記作動距離が適正となる方向に前記光学部を移動させる駆動

10

20

手段をさらに有することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の眼科装置。

【請求項 5】

前記判定手段は、第 1 の方向の前記角膜反射像におけるぼけ及び前記第 1 の方向とは異なる第 2 の方向の前記角膜反射像におけるぼけのうち大きいぼけの方向に基づいて前記作動距離が適正となる前記光学部の移動方向を判定することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の眼科装置。

【請求項 6】

前記第 1 の方向は、前記第 2 の方向に直交する方向であることを特徴とする請求項 5 に記載の眼科装置。

【請求項 7】

前記判定手段は、前記第 1 の方向の前記角膜反射像におけるぼけが前記第 2 の方向のぼけより大きい場合に前記作動距離が適正となる前記光学部の移動方向は前記被検眼から前記光学部を遠ざける方向と判定する一方、前記第 2 の方向の前記角膜反射像におけるぼけが前記第 1 の方向の前記角膜反射像におけるぼけより大きい場合に前記作動距離が適正となる前記光学部の移動方向は前記被検眼から前記光学部を近づける方向と判定することを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の眼科装置。

【請求項 8】

前記判定手段は、前記第 1 の方向の線に沿った前記角膜反射像の輝度分布と前記第 2 の方向の線に沿った前記角膜反射像の輝度分布とを比較することで第 1 の方向の前記角膜反射像におけるぼけ及び前記第 1 の方向とは異なる第 2 の方向の前記角膜反射像におけるぼけのうち大きいぼけの方向を判定することを特徴とする請求項 5 から 7 のいずれか 1 項に記載の眼科装置。

【請求項 9】

前記判定手段は、前記第 1 の方向の線に沿った前記角膜反射像の輝度分布と前記第 2 の方向の線に沿った前記角膜反射像の輝度分布とを比較することで前記第 1 の方向の前記角膜反射像におけるぼけ及び前記第 2 の方向の前記角膜反射像におけるぼけのうち大きいぼけの方向を判定することを特徴とする請求項 8 に記載の眼科装置。

【請求項 10】

フォーカスレンズと、

前記角膜反射像および前記被検眼の眼底像を撮像する撮像手段と、

前記眼底像に基づいて前記フォーカスレンズを移動させるレンズ駆動手段と

を更に備えることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の眼科装置。

【請求項 11】

前記被検眼の眼底像および前記角膜反射像を表示手段に表示させる表示制御手段を更に備え、

前記レンズ駆動手段は、前記眼底像の一部に基づいて前記フォーカスレンズを移動させ

、
前記表示制御手段は、前記眼底像上に前記一部を示す枠および前記角膜反射像の適正な位置を示す枠を表示させることを特徴とする請求項 10 に記載の眼科装置。

【請求項 12】

前記被検眼の眼底像、前記角膜反射像および前記角膜反射像の適正な位置を示す枠を表示手段に表示させる表示制御手段を更に備え、

前記判定手段は、前記枠内に前記角膜反射像が位置した後に前記判定を行うことを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の眼科装置。

【請求項 13】

前記角膜反射像および前記被検眼の眼底像を撮像する撮像手段と、

前記角膜反射像および前記眼底像を表示手段に表示させる表示制御手段と、

を更に備えることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の眼科装置。

【請求項 14】

前記判定手段は、複数の前記角膜反射像から前記作動距離が適正であるか否かを判定す

10

20

30

40

50

ることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の眼科装置。

【請求項 1 5】

被検眼を撮像する光学部を有する眼科装置の制御方法であって、
前記被検眼と前記光学部との作動距離合わせに用いる指標を前記被検眼に投影するステップと、
前記指標が投影された前記被検眼を撮像するステップと、
撮像した前記被検眼の角膜反射像における非点収差の影響によるぼけの方向に基づいて、
前記作動距離が適正となる前記光学部の移動方向を判定するステップと、
を有することを特徴とする眼科装置の制御方法。

【請求項 1 6】

コンピュータを、請求項 1 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の眼科装置の各手段として機能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、眼科装置、眼科装置の制御方法、プログラムに関する。例えば、被検眼の眼底の観察や撮影に用いられる眼科撮影装置や、被検眼の眼底の表面画像や断層画像の撮像に用いられる眼底検査装置や、被検眼の眼特性の計測に用いられる眼屈折力測定装置などといった眼科装置と、その制御方法と、その制御のためのプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来の眼科装置のうち、例えば眼底カメラでは、被検眼の眼底を撮影する前に、被検眼と眼科装置との光軸方向作動距離（ワーキングディスタンス）を適正にする。この方法として、被検眼の角膜に投影した指標の角膜反射像をモニタ上で観察し、手動で指標を合焦させる方法が知られている。さらに、被検眼角膜に投影した指標の角膜反射像の輝度値分布の情報から、作動距離が適正か否かを眼科装置が自動で判定し、適正と判定されれば自動で撮影を実施する構成が知られている。

特許文献 1 には、有限距離の有限遠指標と無限遠指標との二種類の指標を被検眼に向けて投影し、有限遠指標と無限遠指標の位置関係から作動距離を算出して適正か否かを判定する眼底カメラが開示されている。

また、特許文献 2 には、作動距離が不適正である場合に指標がずれ、作動距離が適正になった場合に指標が一致するように光学部材が配置され、指標のずれを判定することで差動距離が適正か否かを判定する眼底カメラが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 0 6 - 0 4 6 9 9 9 号公報

【特許文献 2】特開平 0 7 - 0 3 1 5 9 0 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、検者は、モニタ上で指標の反射像を観察しながら作動距離を合わせようと試みている段階では、被検眼と眼科装置の作動距離が適正な位置に対して遠いか近いかを判断することが困難である。そこで、検者は、モニタ上に映出される指標の反射像を観察しながら、指標が合焦されていない状態においては作動距離が不適正であると判断し、機器本体を光軸方向の前後に動かす。そしてこの操作の結果から、検者は、被検眼と機器本体の作動距離が適正な位置に対して遠いか近いかを判断し、それから、同距離が適正となるように機器本体を動かす。そして、こういった操作を繰り返すことで、ようやく作動距離合わせが完了する。このため、迅速に被検眼の眼底を撮影することが困難である。

【0005】

10

20

30

40

50

本発明の目的は、上述の問題点を解消し、迅速な作動距離合わせが実現できる眼科装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するため、本発明に係る眼科撮影装置は、被検眼を撮像する光学部と、前記被検眼と前記光学部との作動距離合わせに用いる指標を前記被検眼に投影する指標投影手段と、前記光学部が撮像した前記被検眼の角膜反射像から前記作動距離が適正であるか否かを判定する判定手段と、を有し、前記判定手段は、前記光学部により撮像された前記角膜反射像における非点収差の影響によるぼけの方向に基づいて、前記作動距離が適正となる前記光学部の移動方向を判定することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、被検眼との迅速な作動距離合わせが実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の実施形態を説明する概略構成図である。

【図2】本発明の実施形態を説明する機能ブロック図である。

【図3】本発明の実施形態を説明するためのモニタに映出された被検眼の眼底像と角膜反射像を示した図である。

【図4】本発明の実施形態を説明する合焦検出部の概略構成図である。

20

【図5】本発明の実施形態を説明するコントラスト検出の原理図である。

【図6】本発明の実施形態を説明する輝度値検出の原理図である。

【図7】本発明の実施形態を説明する非点収差の影響を受けた角膜反射像L1、L2の結像位置の違いを説明した概念図である。

【図8】本発明の実施形態を説明する非点収差の影響を受けた角膜反射像L1、L2のボケ状態の違いを説明した概念図である。

【図9】本発明の実施形態を説明するためのモニタに映出された被検眼の眼底像と角膜反射像を示した図である。

【図10】本発明の実施形態を説明するためのモニタに映出された角膜反射像のボケ状態と輝度値を算出する走査線を示した図である。

30

【図11】本発明の実施形態を説明する図9にもとづいた輝度値分布を示した図である。

【図12】本発明の実施形態を説明するフローチャート図である。

【図13】本発明の実施形態を説明するフローチャート図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下に、本発明の実施形態にかかる眼科装置について、図1～図13に基づいて詳細に説明する。本発明の実施形態にかかる眼科装置として、眼底カメラを示す。ただし、本発明の眼科装置は、眼底カメラに限定されるものではない。本発明は、各種の眼科撮影装置や眼屈折力測定装置など、他の各種眼科装置にも適用できる。

【0010】

40

まず、図1を用いて、本発明の実施形態である眼科装置としての眼底カメラ1の概略の構成を説明する。図1(a)(b)は、眼底カメラ1の概略構成を模式的に示す図である。

眼底カメラ1は、撮影光源部01と、観察光源部02と、照明光学系03と、撮影/観察光学系04と、撮影光学系05と、内部固視灯部06とを含む。撮影光源部01と観察光源部02とは、それぞれ光束を射出する。射出された光束は、照明光学系03と撮影/観察光学系04を経て、被検眼28の眼底部を照明する。照明された被検眼28の眼底部のからの反射光(光学像)は、撮影/観察光学系04と撮影光学系05を経て撮像素子31に結像する。

【0011】

50

撮影光源部〇１は、以下の構成により白色光のリング照明を作り出す。

１１は光量検出手段である。光量検出手段１１は、ＳＰＣやＰＤなど既知の光電変換を利用したセンサが適用される。１２はミラーである。ミラー１２は、アルミや銀の蒸着が施されたガラス板や、アルミ板などにより構成される。１３は撮影光源である。撮影光源１３は、ガラス管の中にXeが封入されており、電圧を印加することで発光する。撮影光源１３が発する光により、撮影時に眼底像を取得するために十分な強度の白色光を得ることが可能である。１４は撮影コンデンサレンズである。撮影コンデンサレンズ１４には、一般的な球面レンズが適用される。１５は撮影リングスリットである。撮影リングスリット１５は、環状の開口が形成された平板である。１６は撮影水晶体バッフルである。撮影水晶体バッフル１６も、環状の開口が形成された平板である。

10

撮影コンデンサレンズ１４は、撮影光源１３が発する光束を被検眼２８の眼底に向けて集光する。撮影リングスリット１５は、集光された光束を、被検眼２８の前眼部を通過する際に環状の形状となるよう成形する。撮影水晶体バッフル１６は、被検眼２８の水晶体へ投影される光束を制限し、眼底像に被検眼２８の水晶体からの不要な反射光が写りこむことを防いでいる。

【００１２】

観察光源部〇２は、以下の構成により、赤外光のリング照明を作り出す。

１７は観察光源である。観察光源１７は、ハロゲンランプやＬＥＤなど連続発光可能な光源であり、素子の特性やフィルタによって赤外光を発する。１８は観察コンデンサレンズである。観察コンデンサレンズ１８は、一般的な球面レンズである。１９は観察リングスリットである。観察リングスリット１９は、環状の開口が形成された平板である。２０は観察水晶体バッフルである。観察水晶体バッフル２０も、環状の開口が形成された平板である。観察光源部〇２は、撮影光源部〇１と光源の種類が異なるだけである。すなわち、観察コンデンサレンズ１８が集光し、観察リングスリット１９が前眼部での光束の形状を整え、観察水晶体バッフル２０が眼底像への水晶体からの反射光の写りこみを防いでいる。

20

【００１３】

照明光学系〇３は、撮影光源部〇１と観察光源部〇２で作られた光束をリレーするとともに、眼底像の焦点合わせのための指標像を造りこむ。

２１はダイクロイックミラーである。ダイクロイックミラー２１は、赤外光を透過し、可視光を反射する。ダイクロイックミラー２１は、撮影光源部〇１で作られた可視光の光束を反射して、観察光源部〇２で作られた赤外線的光束を透過して、照明光学系〇３に導光する。２２は第１の照明リレーレンズであり、２４は第２の照明リレーレンズである。第１の照明リレーレンズ２２と第２の照明リレーレンズ２４によって、リング照明が被検眼２８に結像する。

30

【００１４】

２３はスプリットユニットである。スプリットユニット２３は、フォーカス指標を投影するためのフォーカス指標光源２３aと、光を分割するためのプリズム２３bと、フォーカス指標の外形を示すフォーカス指標マスク２３cとを含む。

スプリットユニット２３は、さらに、フォーカス指標を光軸方向にシフト移動させる移動機構と、撮影時に照明光学系〇３から退避させる挿抜機構とを含む。移動機構は、観察時にこれらを照明光学系〇３に進入させて図中矢印方向に移動する。Ｍ１は、スプリットシフト駆動モータであり、Ｓ１はスプリット位置センサである。スプリットシフト駆動モータＭ１は、スプリットユニット２３をシフト駆動して、フォーカス指標の焦点を合わせる。スプリット位置センサＳ１は、その停止位置を検出する。Ｍ２はスプリット挿抜駆動モータである。スプリット挿抜駆動モータＭ２は、スプリットユニット２３を照明光学系〇３に対して挿抜させる。具体的には、スプリット挿抜駆動モータＭ２は、眼底観察時にはスプリットユニット２３を照明光学系〇３内に進入させ、眼底像の中にスプリット指標を投影する。また、撮影時には照明光学系〇３からスプリットユニット２３を退避させ、撮影像の中にフォーカス指標が写りこまないように制御される。２５は角膜バッフルであ

40

50

る。角膜バッフル 25 は、眼底像に被検眼 28 の角膜からの不要な反射光の写りこみを防ぐ。

【0015】

撮影／観察光学系 04 は、被検眼 28 の眼底に対して照明光束を投影するとともに、被検眼 28 の眼底像を導出する。

26 は穴あきミラーである。穴あきミラー 26 は、外周部がミラー部分であり、中央部に穴が形成される。照明光学系 03 から導かれた光束は、穴あきミラー 26 のミラー部分で反射して、対物レンズ 27 を介して被検眼 28 の眼底を照明する。照明された被検眼 28 からの反射光（眼底像）は、対物レンズ 27 を戻り、穴あきミラー 26 の中央部の穴を

10

通って撮影光学系 05 に導出される。また、光源 102 からの光束は、導光部材としての指標投影手段 L01、L02 を介して撮影／観察光学系 04 を通り、対物レンズ 27 を介して被検眼 28 の角膜に投影される。被検眼 28 からの反射光は対物レンズ 27 を戻り、穴あきミラー 26 の中央部の穴を

【0016】

撮影光学系 05 は、被検眼 28 の眼底像の焦点調節を行い、眼底像を撮像素子 31 に結像させる。29 はフォーカスレンズである。フォーカスレンズ 29 は、穴あきミラー 26 の中央の穴を通過した撮影光束の焦点調節を行うためのレンズであり、図中矢印方向に移動することで焦点調節を行う。M3 はフォーカスレンズ駆動モータであり、S3 はフォーカスレンズ位置センサである。これらは、フォーカスレンズ 29 を駆動して焦点を合わせると共に、その停止位置を検出する。31 は撮像素子である。撮像素子 31 は、結像した眼底像（光学像）を光電変換する。撮像素子 31 で得られた電気信号（アナログ信号）は、A/D 変換素子 73（図 2 参照。図 1 では省略）によって A/D 変換される（デジタル信号に変換される）。また、この電気信号は、赤外観察時にはモニタ 77（図 2 参照。図 1 では省略）に表示され、撮影後にはメモリ 74（図 2 参照。図 1 では省略）に記録される。また、撮像素子 31 は、指標投影手段 L01、L02 の角膜反射像 L1、L2 を撮像（光電変換）する。

20

【0017】

内部固視灯部 06 は、ハーフミラー 30 によって撮影光学系 05 から分割された光路に設けられる。内部固視灯ユニット 32 は、撮像光学系 05 の光路上に設けられ、ハーフミラー 30 に対向する。内部固視灯ユニット 32 は、複数の LED を有し、固視灯位置指定部材 66（図 2 参照）によって検者（使用者）が選択した固視部に対応した位置の LED を点灯させる。点灯した LED を被検者に固視させることで、検者（使用者）は所望の向きの眼底像を得ることができる。

30

【0018】

以上の構成は、一つの筐体に保持されて眼底カメラ光学部 79 を構成する。そして、眼底カメラ光学部 79 は不図示の摺動台に載せられており、被検眼 28 に対して位置合わせ

40

【0019】

次に、図 2 を用いて、眼底カメラ 1 の機能ブロックの説明をする。図 2 は、本発明の実施形態にかかる眼底カメラ 1 の機能ブロックを示す図である。

眼底カメラ 1 は、CPU 61 と ROM 80 と RAM 81 とを含む。ROM 80 には、眼底カメラ 1 の各部を制御するためのコンピュータプログラムが格納されている。そして、CPU 61 は、ROM 80 からこのコンピュータプログラムを読み出し、RAM 81 に展開して実行する。これにより、眼底カメラ 1 の各部が制御され、以下の全ての動作を実現する。また、CPU 61 は、コンピュータプログラムを実行することにより、発光量演算手段 70 と合焦検出部 71 の機能を実現する。

【0020】

50

撮影光源 13 に接続される撮影光源制御回路 62 と、観察光源 17 に接続される観察光源制御回路 69 とは、発光量演算手段 70 として機能する CPU 61 に接続されている。そして、撮影光源制御回路 62 と観察光源制御回路 69 とは、撮影光源 13 と観察光源 17 のそれぞれの光量調整・点灯・消灯などの制御を行う。

また、撮影光源制御回路 62 は、撮影前に、撮影光源 13 を発光させるための電気エネルギーを充電する。また、撮影光源制御回路 62 は、撮影時には充電した電気エネルギーを放電し、撮影光源 13 を発光させる。

光量検出手段 11 は、撮影光源 13 の発光光量を検知する。発光量演算手段 70 としての CPU 61 は、光量検出手段 11 により検出された発光光量が所定の発光量に到達したか否かを演算する。そして、CPU 61 は、所定の発光量に到達すると、撮影光源制御回路 62 を介して撮影光源 13 に発光停止を指示する。これにより、撮影光源 13 の発光が停止する。

【0021】

M2 駆動回路 64 は、スプリット挿抜駆動モータ M2 を駆動し、撮影前後においてスプリットユニット 23 を照明光学系 O3 に対して挿抜する。

電源スイッチ 67 は、検者（使用者）が眼底カメラ 1 の電源状態を選択するためのスイッチ（操作部材）である。撮影スイッチ 68 は、検者（使用者）が眼底カメラ 1 に対して撮影の実行を指示するためのスイッチ（操作部材）である。

焦点操作部材 33 は、検者（使用者）が焦点を調整するために操作する操作部材である。焦点操作部材位置センサ S4 は、検者により焦点操作部材 33 が操作されると、焦点操作部材 33 の停止位置を検出して出力する。

固視灯位置指定部材 66 は、内部固視灯ユニット 32 に含まれる複数の LED のいずれかを点灯させるかを指定するための操作部材である。検者により固視灯位置指定部材 66 が操作されると、CPU 61 は、操作に対応した位置の LED を点灯させる。

M1 駆動回路 63 は、焦点操作部材位置センサ S4 の出力に対応した位置にスプリットユニット 23 が移動するように、スプリットシフト駆動モータ M1 を駆動する。M3 駆動回路 65 は、M1 駆動回路 63 と同様に、焦点操作部材位置センサ S4 の出力に対応した位置にフォーカスレンズ 29 が移動するように、フォーカスレンズ駆動モータ M3 を駆動する。

なお、本実施形態においては、眼底カメラ 1 がフォーカス調整を、検者が手動で行う手動合焦モードと、自動的に実行する自動合焦モードとを有する装置として説明する。

手動合焦モード時には、M1 駆動回路 63 と M3 駆動回路 65 は、焦点操作部材位置センサ S4 の出力にしたがって、スプリットシフト駆動モータ M1 とフォーカスレンズ駆動モータ M3 とを制御する。

一方、自動合焦モード時には、CPU 61 は、CPU 61 内部の合焦検出部 71 の検出結果に基づき、M3 駆動回路 65 を介して、フォーカスレンズ駆動モータ M3 を制御する。

また、眼底カメラ 1 は、自動撮影モードを有する。自動撮影モードで動作している場合には、CPU 61 は、合焦検出部 71（CPU 61）の検出結果に基づいて、指標投影手段 L01、L02 の被検眼 28 の角膜反射像 L1、L2 の合焦状態を判定し、撮影光源制御回路 62 を介して撮影光源 13 を発光させる。

【0022】

撮像手段 78 は、撮像素子 31 と、A/D 変換素子 73 と、メモリ 74 と、測光値算出手段 75 と、モニタ 77 と、撮像手段制御部 76 とを含んで構成される。撮像手段 78 の各部は、それぞれ CPU 61 に接続されている。

撮像手段制御部 76 は、撮像手段 78 の各部を制御する。

A/D 変換素子 73 は、撮像素子 31 の出力をデジタル信号に変換する。デジタル信号に変換された出力は、メモリ 74 に保存されるとともに、測光値算出手段 75 に出力される。モニタ 77 は、撮像素子 31 で撮像された赤外観察像や可視撮影像などを表示することができる。

10

20

30

40

50

そして、撮像手段 78 は、眼底カメラ光学部 79 の筐体に、図略のマウント部を介して着脱可能に固定されている。

なお、CPU 61 には画像メモリ 72 が接続されており、撮像素子 31 で撮像された静止画像がデジタル画像として保存される。

【0023】

このほか、眼底カメラ 1 は、検者（使用者）が操作するための操作入力部（図略）を有する。CPU 61 は、検者による操作入力部の操作を検出すると、操作入力部への操作に対応付けられた処理や動作を実行する。検者は、操作入力部を操作することによって、眼底カメラ 1 の操作や、各種設定の入力を行うことができる。

【0024】

次に、図 3 を用いて、モニタ 77 に表示される被検眼 28 の眼底像と角膜反射像について説明する。図 3（a）は、モニタ 77 の表示画面の例を示す図である。図 3（a）に示すように、モニタ 77 には、被検眼 28 の眼底像と、合焦検出範囲 77a、77b、77c と、被検眼 28 の角膜反射像 L1、L2 とが表示される。図 3（b）は、角膜反射像 L1 とその近傍を拡大して示した図である。ここで、角膜反射像 L1、L2 とは、指標投影手段 L01、L02 から被検眼 28 に向けて投影された指標が角膜で反射した反射像をいうものとする。

眼底観察時には、CPU 61 は、モニタ 77 に、撮像手段 78 で得られた眼底像を表示させるとともに、この眼底像に重畳して、合焦検出範囲表示部 77a の枠部を表示させる。これにより、合焦検出範囲を検者に提示する。このように、合焦検出範囲を視覚的に検者に提示できるため、自動合焦における操作性を向上させることができる。なお、合焦検出範囲は検者による操作で変更可能であり、被検眼 28 の眼底における特定部位としても、被検眼 28 の眼底全体としてもよい。ここで、合焦検出範囲が眼底全体にわたる場合、CPU 61 が合焦検出範囲を自動的に判定する。

さらに、眼底観察時には、CPU 61 は、モニタ 77 に、撮像手段 78 で得られた眼底像を表示させるとともに、これに重畳して、合焦検出範囲表示部 77b、77c の枠部を表示させる。これにより合焦検出範囲を検者に提示する。このように、指標投影手段 L01、L02 の被検眼 28 の角膜反射像 L1、L2 の合焦検出位置を、検者に視覚的に提示できる。このため、被検眼 28 と眼底カメラ光学部 79 の作動距離以外のアライメントにおける操作性を向上させることができる。

そして、合焦検出部 71 は、合焦検出範囲表示部 77b、77c の枠内において、角膜反射像 L1、L2 が合焦しているか否かによって、被検眼 28 と眼底カメラ光学部 79 の作動距離が適正か否かを判定する。

【0025】

次に、図 4～6 を用いて、合焦検出部 71 の概略の構成と、コントラスト検出の原理と、輝度値検出の原理とを説明する。図 4 は、本実施形態の説明のための合焦検出部 71 の概略構成図である。図 5 は、本実施形態の説明のためのコントラスト検出の原理図である。図 6 は、本実施形態の説明のための輝度値検出の原理図である。

【0026】

図 4 に示すように、合焦検出部 71 には、合焦検出範囲決定手段 71a と合焦評価値記憶手段 71b が設けられる。合焦検出範囲決定手段 71a は、被検眼 28 の眼底の特定位置を合焦検出の対象とする。検者は、眼底カメラ 1 の操作入力部（図略）を操作することで、合焦検出範囲を設定できる。合焦評価値記憶手段 71b は、眼底像のコントラスト値とフォーカスレンズ 29 の位置を記憶する。

本実施形態では、合焦検出部 71 は、合焦検出を、撮影光束により結像される眼底像そのもののコントラスト値を検出することによって行う。

さらに、合焦検出範囲決定手段 71a は、指標投影手段 L01、L02 の被検眼 28 の角膜反射像 L1、L2 も、合焦検出位置対象として特定し、決定している。合焦評価値記憶手段 71b は、被検眼 28 の角膜反射像 L1、L2 の輝度値から合焦状態を算出して評価する。例えば、図 3 に示す走査線 X1 - X2 上における輝度値分布を算出し、評価し、

10

20

30

40

50

その結果を記憶する。本実施形態では、角膜反射像 L 1、L 2 の合焦検出を、角膜反射像 L 1、L 2 そのものの輝度値を検出することによって行う。

【 0 0 2 7 】

図 5 のグラフは、コントラスト検出の原理を説明する為の図であり、フォーカスレンズ 2 9 の位置に対するコントラスト値の遷移を模式的に示す図である。フォーカスレンズ 2 9 は、フォーカスレンズ駆動モータ M 3 によって移動される。図 5 に示すように、合焦位置 P 2 においてはコントラスト値が最大となる。ピントが大きくずれた位置 P 1 ではコントラスト値が小さくなる。本実施形態では、このコントラスト検出の原理を用いることにより、被検眼 2 8 の収差の影響を受けずに合焦検出を行うことが可能となっている。すなわち、合焦位置 P 2 は、モニタ 7 7 に映出された眼底像の最も鮮明に観察可能な位置であるとともに、撮像後にモニタ 7 7 に映出される眼底像を最も鮮明にできる位置と一致するからである。

10

【 0 0 2 8 】

次に、指標投影手段 L 0 1、L 0 2 の被検眼 2 8 の角膜反射像 L 1、L 2 における輝度値の検出について説明する。図 6 は、図 3 に示す走査線 X 1 - X 2 上における輝度値分布曲線を示す図である。ここで、例えば、算出された輝度値の最大値の 8 0 % 値を P P 1 と定義して、算出された輝度値の最大値の半値を P P 2 と定義する。さらに、P P 1 と輝度値分布曲線との交点を P 5、P 6 とし、P P 2 と輝度値分布曲線との交点を P 4、P 7 と定義する。被検眼 2 8 の角膜反射像 L 1、L 2 が合焦状態にあるか否かは、P 4 と P 5 を通過する線と、P 6 と P 7 を通過する線（図では破線で示す）の傾きの絶対値が所定値以上であるか否かにより判定する。これらの線の傾きが所定値以上である場合には、合焦検出部 7 1 は、角膜反射像 L 1、L 2 が所定値以上の合焦状態であると判定する。この場合には、合焦検出部 7 1 は、被検眼 2 8 と眼底カメラ光学部 7 9 の作動距離位置が適正な位置（適正な範囲内）であると判定する。すなわち、撮像後にモニタ 7 7 に映出される眼底像にフレアが写り込まない所定範囲内の作動距離となる。

20

なお、P P 1 と P P 2 の具体的な値は特に限定されるものではない。また、合焦状態にあるか否かの判定の基準となる所定値も、特に限定されるものではない。

【 0 0 2 9 】

次に、図 7 と図 8 を用いて、被検眼 2 8 と眼底カメラ光学部 7 9 の作動距離合わせにおける、角膜反射像 L 1、L 2 の非点収差の影響について説明する。図 7 は、本実施形態を説明する非点収差の影響を受けた角膜反射像 L 1、L 2 の結像位置の違いを説明した概念図である。図 8 は、本実施形態を説明する非点収差の影響を受けた角膜反射像 L 1、L 2 のボケ状態の違いを説明した概念図である。

30

本実施形態において、指標投影手段 L 0 1、L 0 2 は、穴あきミラー 2 6 の近傍であって、撮影 / 観察光学系 O 4 から所定距離離れた位置に配置されている。このため、図 1 や図 7 に示すように、指標投影手段 L 0 1、L 0 2 から導光される光束は、対物レンズ 2 7 の周辺部を通過する。対物レンズ 2 7 の周辺部を通過する光束は、対物レンズ 2 7 がもつアス（astigmatism）の特性の影響、すなわち、同一レンズ内での方向による曲率の差が生じることで非点収差の影響を受ける。このため、指標投影手段 L 0 1、L 0 2 から導光される光束の結像位置は、対物レンズ 2 7 内での方向に依存する。この影響を、図 7 に示す例を用いて説明する。対物レンズ 2 7 の周辺部を通過する指標投影手段 L 0 1 からの光束は、対物レンズ 2 7 のメリジナル方向（径方向）では焦点距離より後方が結像位置となり、対物レンズ 2 7 のサジタル方向（同心円方向）では焦点距離より手前が結像位置となる。その結果、図 8（a）（c）に示すように、指標の角膜反射像 L 1、L 2 は、対物レンズ 2 7 の焦点位置よりも後方において横方向に結像し、縦方向にボケが生じる。すなわち、指標の角膜反射像 L 1、L 2 の上部および下部に、非合焦部が生じる。図 8（a）（b）に示すように、指標の角膜反射像 L 1、L 2 は、対物レンズ 2 7 の焦点位置に対して手前において縦方向に結像し、横方向にボケが生じる。すなわち、指標の角膜反射像 L 1、L 2 の右部および左部に、非合焦部が生じる。

40

以上が図 7 ~ 図 8 を用いた被検眼 2 8 と眼底カメラ光学部 7 9 の作動距離合わせにお

50

る、角膜反射像 L 1、L 2 の非点収差の影響についての説明である。

【0030】

次に、図 9 ~ 図 11 を用いて、被検眼 28 と眼底カメラ光学部 79 の作動距離合わせについて説明する。図 9 は、モニタ 77 に映出された被検眼 28 の眼底像と角膜反射像 L 1、L 2 の例を示した図である。図 10 は、モニタ 77 に映出された角膜反射像 L 1、L 2 のボケ状態と輝度値を算出する走査線を示した図である。図 11 は、図 10 にもとづいた輝度値分布の例を示した図である。

本実施形態では、図 9 に示すように、眼底観察時には、モニタ 77 に、撮像手段 78 で得られた眼底像に重畳して、合焦検出範囲表示部 77b、77c の枠部を表示する。これにより、検者に対して、合焦検出範囲を提示する。また、例えば図 8 に示すように、被検眼 28 の角膜反射像 L 1 を例にとって、この角膜反射像 L 1 の輝度値を算出する横方向走査線を走査線 X 1 - X 2 とし、縦方向走査線を走査線 Y 1 - Y 2 と定義する。図 9 では、被検眼 28 の角膜反射像 L 1 は略合焦状態にあり、横方向と縦方向とでボケ状態に大きな差は無い。

図 8 を参照して説明したとおり、図 10 では、対物レンズ 27 の焦点位置に対して手前と後方では被検眼 28 の角膜反射像 L 1 のボケ具合が異なる。ここでは、図 9 を用いて説明したように、被検眼 28 の角膜反射像 L 1 の輝度値を算出する横方向走査線を X 1 - X 2 とし、縦方向走査線を Y 1 - Y 2 としている。

図 11 に示すように、対物レンズ 27 の焦点位置に対して手前と後方では、横方向走査線 X 1 - X 2 と、縦方向走査線 Y 1 - Y 2 とにおいて、輝度値分布の傾向が異なる。

【0031】

まず、対物レンズ 27 の焦点位置に対して手前に結像する場合を説明する。これは、被検眼 28 と眼底カメラ光学部 79 の作動距離が適正な値より小さい場合である。この場合、図 11 (a) に示すように、被検眼 28 の角膜反射像 L 1 は横方向にボケる（横側に非合焦部が生じる）。このため、輝度値分布は、横方向走査線 X 1 - X 2 上ではなだらかな曲線となり、縦方向走査線 Y 1 - Y 2 上では鋭利な曲線となる。ここで、例えば、算出された輝度値の最大値の半値を PP3 と定義し、走査線 X 1 - X 2 及び走査線 Y 1 - Y 2 との交点をそれぞれ WX1、WX2、WY1、WY2 とする。そして、WX1 と WX2 の距離の絶対値を $|WX2 - WX1| = WX$ と定義し、WY1 と WY2 の距離の絶対値を $|WY2 - WY1| = WY$ と定義する。この場合には、図 11 に示すように、 $WX > WY$ となる。すなわち、被検眼 28 と眼底カメラ光学部 79 の作動距離が適正な値より小さい場合は、 $WX > WY$ となる。

合焦評価値記憶手段 71b は、横方向走査線 X 1 - X 2 上の輝度値分布と、縦方向走査線 Y 1 - Y 2 上の輝度値分布を算出する。そして、前述に説明した WX と WY の大きさを評価する。WX > WY であると評価した場合には、CPU 61 は、モニタ 77 に、被検眼 28 と眼底カメラ光学部 79 の作動距離が適正な値より小さいことを知らせる表示を行う。これにより、検者に対して、作動距離を適正な値にするために、眼底カメラ光学部 79 を被検眼 28 から光軸方向に関して遠ざけるよう促す。眼底カメラ光学部 79 を被検眼 28 から遠ざける方向を、-Z 方向とする。

【0032】

次いで、対物レンズ 27 の焦点位置に対して後方に結像する場合を説明する。これは、被検眼 28 と眼底カメラ光学部 79 の作動距離が適正な値より大きい場合である。図 11 (b) に示すように、被検眼 28 と眼底カメラ光学部 79 の作動距離が適正な値より大きい場合は、 $WX < WY$ となる。この場合には、図 11 (b) に示すように、被検眼 28 の角膜反射像 L 1 は縦方向にボケる（上部および下部に非合焦部が生じる）。合焦評価値記憶手段 71b が $WX < WY$ であると評価した場合には、CPU 61 は、モニタ 77 に、被検眼 28 と眼底カメラ光学部 79 の作動距離が適正な値より大きいことを知らせる表示を行う。これにより、検者に対して、作動距離を適正な値にするために、眼底カメラ光学部 79 を被検眼 28 に近づける方向を +Z 方向とする。

このように、非合焦部の位置に基づいて、作動距離を適正な値にするために眼底カメラ光学部 79 をいずれの方向に移動させればよいか（移動方向）を判定する。そして、判定結果を、モニタ 77 を介して検者に通知することで、迅速な作動距離合わせの補助をできる。

なお、本実施形態では、被検眼 28 の 2 つの角膜反射像 L1、L2 を用いて説明したが、被検眼 28 の角膜反射像は 1 つであってもよい。

【0033】

また、前記説明では、検者が眼底カメラ光学部 79 の作動距離合わせを手動で行う構成を示したが、自動で作動距離合わせを行う構成であってもよい。ここで、眼底カメラ光学部 79 が自動で動作するための構成について説明する。

図 2 に示すように、眼底カメラ 1 は、眼底カメラ光学部 79 を水平方向に駆動する X 駆動モータ M10 と、垂直方向に駆動する Y 駆動モータ M11 と、光軸方向に駆動する Z 駆動モータ M12 とを有する。X 駆動モータ M10 は、M10 駆動回路 85 を介して CPU 61 と接続される。Y 駆動モータ M11 は、M11 駆動回路 86 を介して CPU 61 と接続される。Z 駆動モータ M12 は、M12 駆動回路 87 を介して CPU 61 と接続される。

さらに、眼底カメラ 1 は、眼底カメラ光学部 79 の水平方向位置を検出する X 位置センサ 88 と、垂直方向位置を検出する Y 位置センサ 89 と、光軸方向位置を検出する Z 位置センサ 90 を有する。これらの各位置センサも、CPU 61 と接続されており、検出結果を CPU 61 に通知できる。

まず、被検眼 28 の角膜反射像 L1、L2 が、合焦検出範囲決定手段 71a によって決定された合焦検出範囲 77b、77c の枠内に収まるようする。具体的には、CPU 61 は、X 位置センサ 88 と Y 位置センサ 89 の検出結果を用いて、M10 駆動回路 85 と M11 駆動回路 86 に、X 駆動モータ M10 と Y 駆動モータ M11 の駆動を指示する。M10 駆動回路 85 と M11 駆動回路 86 は、X 駆動モータ M10 と Y 駆動モータ M11 を駆動させる。これにより、被検眼 28 の角膜反射像 L1、L2 を合焦検出範囲 77b、77c の枠内に収める。

次に、合焦評価値記憶手段 71b は、WX と WY の値を算出し、大小を評価する。そして、 $WX > WY$ であれば、CPU 61 は、M12 駆動回路 87 に対して、眼底カメラ光学部 79 を被検眼 28 から遠ざける方向に動かすよう指示を出す。M12 駆動回路 87 は、CPU 61 の指示にしたがって、Z 駆動モータ M12 を当該方向に動かす。一方、 $WX < WY$ であれば、CPU 61 は、M12 駆動回路 87 に対して、眼底カメラ光学部 79 を被検眼 28 に近づける方向に動かすよう指示を出す。M12 駆動回路 87 は、CPU 61 からの指示にしたがって、Z 駆動モータ M12 を当該方向に動かす。

このような構成によれば、被検眼 28 と眼底カメラ光学部 79 の作動距離合わせを行うアライメントにおいて、無駄な動作を無くすることができる。このため、アライメントを迅速に完了できる。

【0034】

なお、本実施形態では、結像位置が合焦位置より手前であるか後方であるかを、WX と WY の値より判定しているが、この方法に限定されない。例えば、輝度値分布の立ち上りや立下りの傾きの大小を比較の評価値として採用してもよい。このほか、輝度値分布の積分値（面積）の大小を比較の評価値として採用してもよい。

以上が、図 9 ~ 図 11 を用いた被検眼 28 と眼底カメラ光学部 79 の作動距離合わせの説明である。

【0035】

次に、図 12 と図 13 を用いて、本実施形態の動作シーケンスのうち、作動距離合わせから自動撮影の処理について説明する。この処理は、合焦検出範囲 77b、77c の枠内に被検眼 28 の角膜反射像 L1、L2 をアライメントした後に実行される。

【0036】

まず、検者が手動で眼底カメラ光学部 79 を動かす場合について、図 12 を参照して説

10

20

30

40

50

明する。図 12 は、本実施形態の動作シーケンスのうち、作動距離合わせから自動撮影の処理を示すフローチャートである。

ステップ S 101 において、検者による合焦検出範囲 77b、77c の枠内への被検眼 2828 の角膜反射像 L1、L2 のアライメントが完了した後、CPU 61 は動作距離合わせの処理を開始する。

ステップ S 102 では、合焦評価値記憶手段 71b が、被検眼 28 の角膜反射像 L1、L2 の輝度値分布を算出する。

ステップ S 103 では、合焦評価値記憶手段 71b が、輝度値分布における WX、WY を算出する。

ステップ S 104 にて、合焦評価値記憶手段 71b は、WX と WY の大きさを比較する。WX > WY であればステップ S 105 に進み、WX < WY であればステップ S 106 に進む。

10

ステップ S 105 では、CPU 61 は、モニタ 77 に、眼底カメラ光学部 79 を -Z 方向に動かすように表示させる。これにより、検者に対して、作動距離を適正な値にするために、眼底カメラ光学部 79 を -Z 方向へ動かすように促す。

ステップ S 106 では、CPU 61 は、眼底カメラ光学部 79 を +Z 方向に動かすように表示させる。これにより、検者に対して、作動距離を適正な値にするために、眼底カメラ光学部 79 を +Z 方向へ動かすように促す。

ステップ S 107 では、CPU 61 は、検者による眼底カメラ光学部 79 の光軸方向の作動距離合わせが完了したか否かを判定する。そして、完了していない場合にはステップ S 101 に戻る。完了したと判定した場合には、ステップ S 108 に進む。

20

ステップ S 108 にて、CPU 61 は自動撮影を実行する。すなわち、CPU 61 は、撮影光源制御回路 62 を介して撮影光源 13 を発光させ、撮像素子 31 によって被検眼 28 の眼底像を取得する。

以上が、図 12 のフローチャートの説明である。

【0037】

次に、眼底カメラ光学部 79 が自動で作動距離を合わせる構成の処理について、図 13 を参照して説明する。図 13 は、本実施形態の動作シーケンスのうち、作動距離合わせから自動撮影の処理を示すフローチャートである。

ステップ S 201 では、合焦検出範囲 77b、77c の枠内に被検眼 28 の角膜反射像 L1、L2 が収まるようにアライメントを完了させる。CPU 61 は、X 位置センサ 88 と Y 位置センサ 89 の出力をもとに、M10 駆動回路 85 と M11 駆動回路 86 に指示を出し、X 駆動モータ M10、Y 駆動モータ M11 を駆動させる。これにより、合焦検出範囲 77b、77c の枠内に被検眼 28 の角膜反射像 L1、L2 が収まるように、アライメントが行われる。

30

ステップ S 202 ~ S 204 は、前述のステップ S 103 ~ S 104 と同じであるため説明を省略する。ステップ S 204 で WX > WY と判定された場合にはステップ S 205 に進み、WX < WY と判定された場合にはステップ S 206 に進む。

ステップ S 205 では、CPU 61 は、M12 駆動回路 87 に対して、眼底カメラ光学部 79 を -Z 方向に動かすように指示を出す。M12 駆動回路 87 は、Z 駆動モータ M12 を駆動させることで、眼底カメラ光学部 79 を -Z 方向に動かす。

40

ステップ S 206 では、CPU 61 は、M12 駆動回路 87 に対して、眼底カメラ光学部 79 を +Z 方向に動かすように指示を出す。M12 駆動回路 87 は、Z 駆動モータ M12 を駆動させることで、眼底カメラ光学部 79 を +Z 方向に動かす。

ステップ S 206 では、CPU 61 は、眼底カメラ光学部 79 の光軸方向に関する作動距離合わせが完了したか否かを判定する。被検眼 28 と眼底カメラ光学部 79 の作動距離位置が適正な位置（適正な範囲内）となった場合に、CPU 61 は作動距離合わせが完了したと判定する。完了していないと判定された場合には、ステップ S 201 に戻る。完了したと判定された場合には、ステップ S 208 に進む。

ステップ S 208 は、前記のステップ S 108 と同じ処理であるため説明を省略する。

50

以上が図 13 のフローチャートの説明である。

なお、自動で作動距離合わせを行う構成では、ステップ S 205 と S 206 において、眼底カメラ光学部 79 の移動方向をモニター 77 に表示してもよい。

【0038】

本発明の実施形態によれば、作動距離合わせのために、眼底カメラ光学部 79 をいずれの方向に移動させればよいかを、検者に通知することができる。また、自動で眼底カメラ光学部 79 を移動させる構成であれば、作動距離合わせのために眼底カメラ光学部 79 をいずれの方向に移動させればよいかを判断してから眼底カメラ光学部 79 を移動させることができる。このため、被検眼 28 と眼底カメラ光学部 79 との迅速な作動距離合わせが実現できる。

10

【0039】

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コンピュータ読取り可能なプログラム（ソフトウェア）を、ネットワーク又は各種記録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。この場合、そのプログラム及びプログラムを記憶した記録媒体は本発明を構成することになる。

【0040】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

20

上述した実施形態においては、本発明を眼底カメラに適用した場合を例にして説明したが、本発明はこの例に限定されない。本発明は、眼科装置であれば適用可能である。すなわち、本発明は、各種眼科撮像装置や眼屈折力測定装置などに適用可能である。

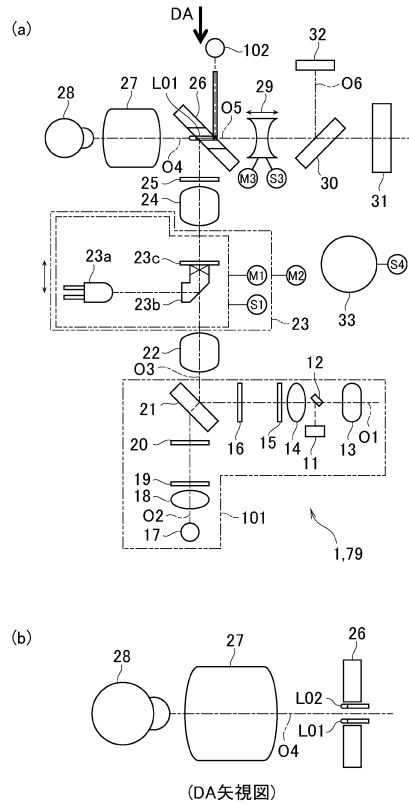
【符号の説明】

【0041】

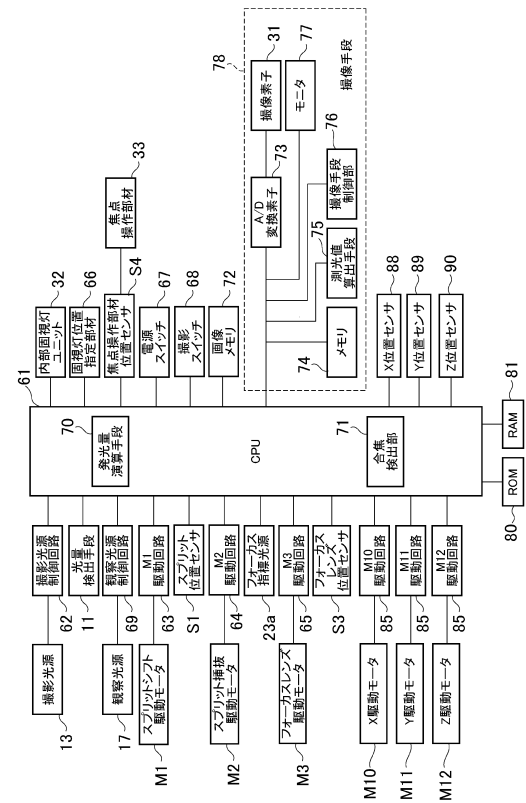
O1：撮影光源部、O2：観察光源部、O3：照明光学系、O4：撮影／観察光学系、O5：撮影光学系、O6：内部固視灯部、11：光量検出手段、12：ミラー、13：撮影光源、14：撮影コンデンサレンズ、15：撮影リングスリット、16：撮影水晶体バッフル、17：観察光源、18：観察コンデンサレンズ、19：観察リングスリット、20：観察水晶体バッフル、21：ダイクロイックミラー、23：スプリットユニット、25：角膜バッフル、26：穴あきミラー、27：対物レンズ、28：被検眼、29：フォーカスレンズ、30：ハーフミラー、31：撮像素子、32：内部固視灯ユニット、33：焦点操作部材、61：CPU、62：撮影光源制御回路、67：電源スイッチ、68：撮影スイッチ、70：発光量演算手段、71：合焦検出部、72：画像メモリ、73：A/D変換素子、74：メモリ、75：測光値算出手段、76：撮像手段制御部、77：モニター、78：撮像手段、79：眼底カメラ光学部、L01、L02：指標投影手段、L01、L02：角膜反射像

30

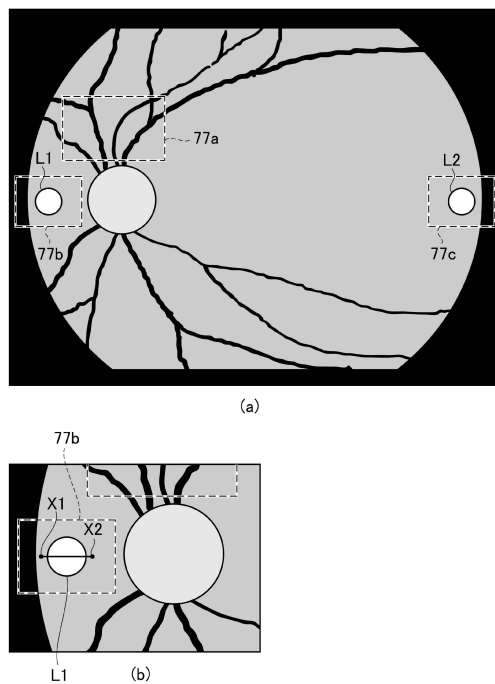
【図 1】



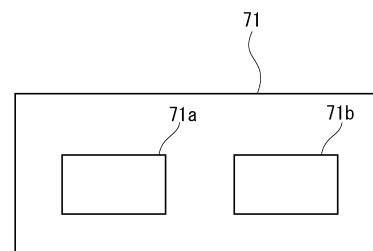
【図 2】



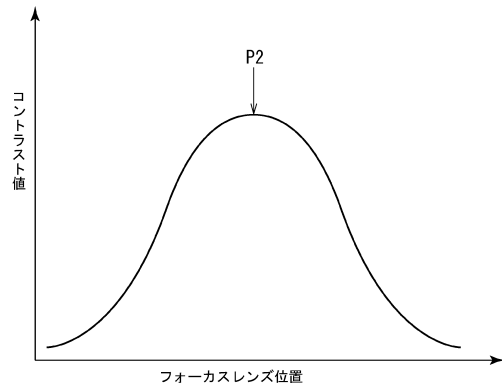
【図 3】



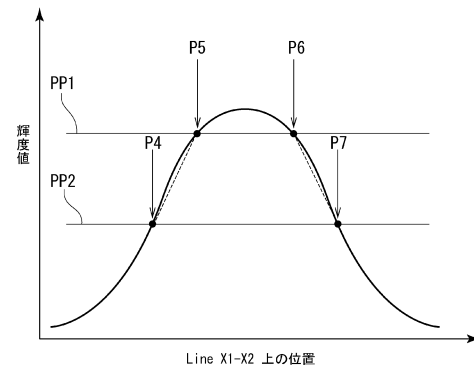
【図 4】



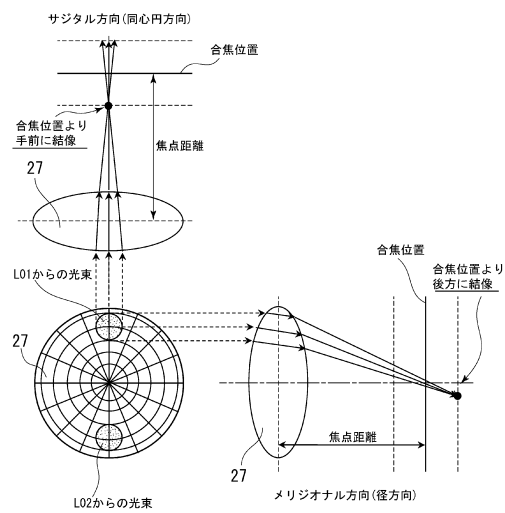
【図 5】



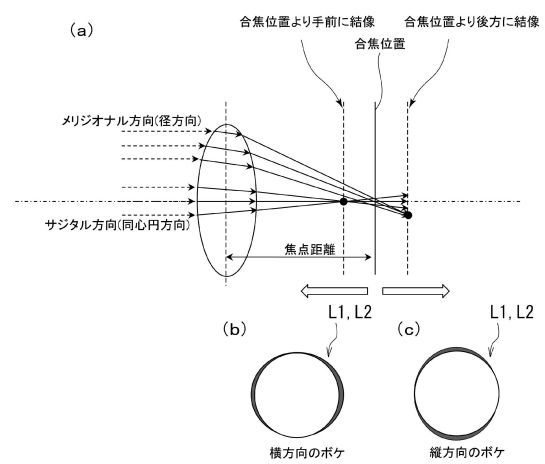
【図 6】



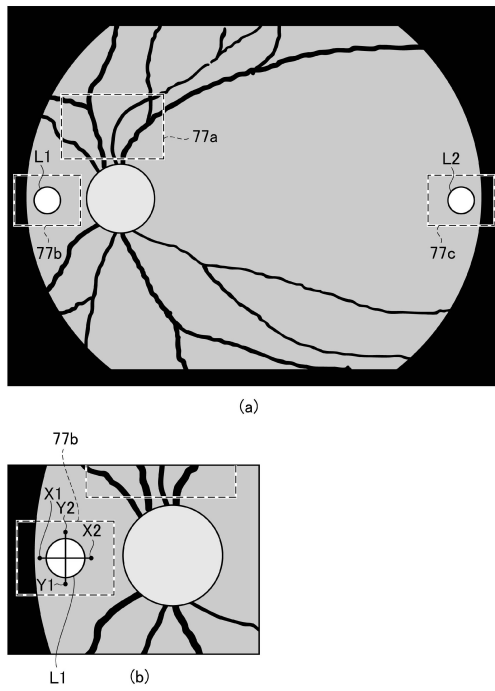
【図 7】



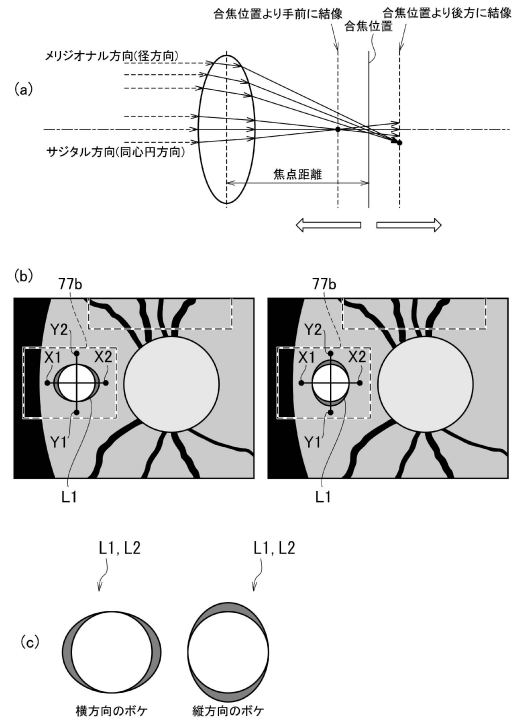
【図 8】



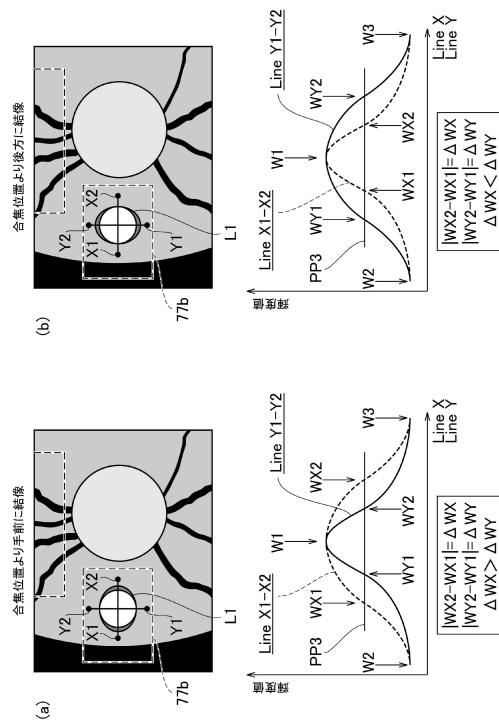
【図 9】



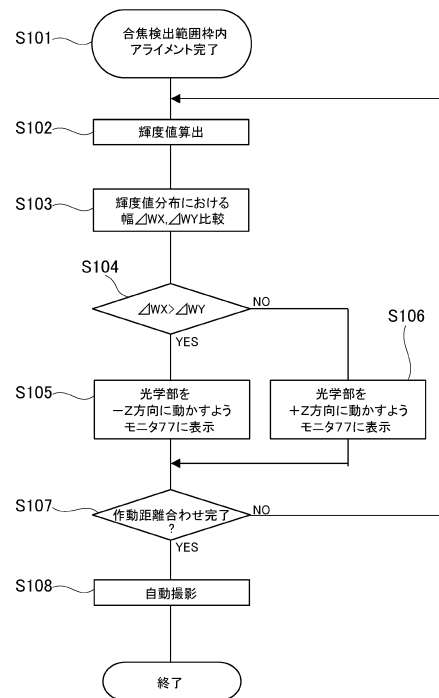
【図 10】



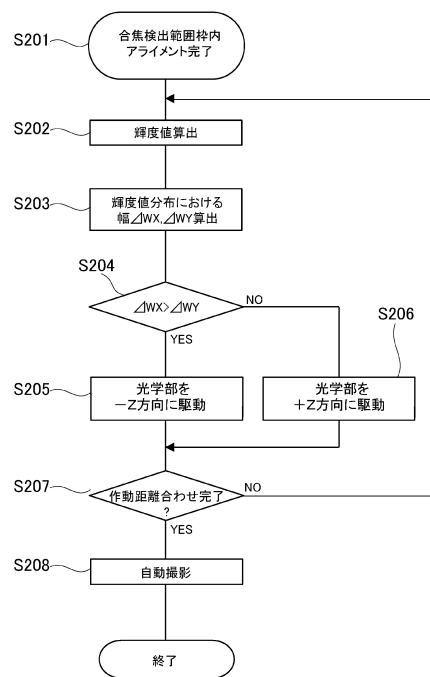
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

A 6 1 B 3 / 0 0 - 3 / 1 8