

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7637487号  
(P7637487)

(45)発行日 令和7年2月28日(2025.2.28)

(24)登録日 令和7年2月19日(2025.2.19)

(51)国際特許分類 F I  
A 6 1 B 3/14 (2006.01) A 6 1 B 3/14

請求項の数 11 (全28頁)

(21)出願番号	特願2020-159690(P2020-159690)	(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	令和2年9月24日(2020.9.24)	(74)代理人	100140992 弁理士 松浦 憲政
(65)公開番号	特開2022-53081(P2022-53081A)	(74)代理人	100170069 弁理士 大原 一樹
(43)公開日	令和4年4月5日(2022.4.5)	(74)代理人	100128635 弁理士 松村 潔
審査請求日	令和5年8月25日(2023.8.25)	(74)代理人	100083116 弁理士 松浦 憲三
		(72)発明者	大木 拓也 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	高 原 悠佑

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 眼底カメラ及びその制御方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検眼の眼底を撮影するカメラ本体であって、且つ前記眼底の第1の撮影と、前記第1の撮影以降の第2の撮影と、を行うカメラ本体と、

少なくとも前記カメラ本体による前記眼底の撮影前に、被検眼の前眼部像を繰り返し取得する前眼部像取得部と、

前記前眼部像取得部が繰り返し取得する前記前眼部像に基づき、前記被検眼の瞳孔径を繰り返し検出する瞳孔径検出部と、

前記瞳孔径検出部により検出される前記瞳孔径が予め定められた第1閾値以上となる場合に、前記カメラ本体による前記眼底の撮影を実行させる撮影制御部と、

前記眼底の撮影を行う場合に前記眼底を可視波長域の撮影照明光で照明する照明光学系の光路に配置可能に設けられ、小瞳孔径眼に対応した小瞳孔径絞りと、

前記第1の撮影の後で且つ前記第2の撮影の開始前に前記瞳孔径検出部により繰り返し検出される前記瞳孔径に基づき、予め定められた一定時間が経過しても前記瞳孔径が前記第1閾値未満である場合に、前記小瞳孔径絞りを前記光路に配置させた状態で前記カメラ本体による前記第2の撮影を実行させる第1特殊撮影制御部と、

を備える眼底カメラ。

【請求項2】

前記カメラ本体が、前記照明光学系を有し、

前記撮影制御部が、前記第1の撮影の後で且つ前記第2の撮影の開始前に前記瞳孔径検

出部により繰り返し検出される前記瞳孔径の検出結果に基づき、前記一定時間内で前記瞳孔径が前記第 1 閾値以上となるまで前記カメラ本体による前記第 2 の撮影の実行を待機し、前記瞳孔径が前記第 1 閾値以上になる場合に前記カメラ本体による前記第 2 の撮影を実行させる請求項 1 に記載の眼底カメラ。

【請求項 3】

前記第 1 の撮影の前に前記瞳孔径検出部が検出した前記瞳孔径に基づき、前記第 1 閾値を決定する閾値決定部を備え、

前記撮影制御部が、前記瞳孔径検出部により検出された前記瞳孔径が前記閾値決定部により決定された前記第 1 閾値以上となる場合に、前記カメラ本体に前記第 2 の撮影を実行させる請求項 2 に記載の眼底カメラ。

10

【請求項 4】

前記カメラ本体が、同一の前記被検眼に対して前記第 1 の撮影と前記第 2 の撮影とを行う請求項 3 に記載の眼底カメラ。

【請求項 5】

前記被検眼が左右眼である場合、前記カメラ本体が、前記左右眼の一方に対して前記第 1 の撮影を行い且つ前記左右眼の他方に対して前記第 2 の撮影を行う請求項 3 に記載の眼底カメラ。

【請求項 6】

前記カメラ本体が前記第 1 の撮影を実行した場合に、前記瞳孔径検出部の検出結果に基づき、前記瞳孔径が前記第 1 閾値まで広がるまでの戻り時間を予測する時間予測部と、

前記時間予測部が予測した前記戻り時間を報知する報知部と、  
を備える請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の眼底カメラ。

20

【請求項 7】

前記時間予測部が、前記瞳孔径検出部の検出結果と、前記撮影照明光の種類と、に基づき、前記戻り時間を予測する請求項 6 に記載の眼底カメラ。

【請求項 8】

前記時間予測部が、前記瞳孔径検出部により繰り返し検出される前記瞳孔径に基づき、前記第 1 の撮影が行われてからの前記瞳孔径の変化を検出し、前記瞳孔径の変化の検出結果に基づき前記戻り時間を演算する請求項 6 に記載の眼底カメラ。

【請求項 9】

前記カメラ本体が、前記照明光学系を有し、  
前記瞳孔径検出部の検出結果に基づき、前記被検眼が小瞳孔径眼であるか否かを判定する小瞳孔径判定部と、

前記照明光学系の光路に配置可能に設けられ、前記小瞳孔径眼に対応した小瞳孔径絞りと、

前記小瞳孔径判定部により前記被検眼が前記小瞳孔径眼であると判定された場合に、前記小瞳孔径絞りを前記光路に配置させた状態で前記カメラ本体による前記眼底の撮影を実行させる第 2 特殊撮影制御部と、

を備える請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の眼底カメラ。

30

【請求項 10】

前記小瞳孔径判定部が、前記瞳孔径検出部により検出された前記瞳孔径が予め定められた第 2 閾値であって且つ前記第 1 閾値よりも小さい第 2 閾値未満になるか否かに基づき、前記被検眼が小瞳孔径眼であるか否かを判定する請求項 9 に記載の眼底カメラ。

40

【請求項 11】

被検眼の眼底を撮影する眼底カメラの制御方法において、  
少なくとも前記眼底の撮影前に、被検眼の前眼部像を繰り返し取得する前眼部像取得ステップと、

前記前眼部像取得ステップで繰り返し取得する前記前眼部像に基づき、前記被検眼の瞳孔径を繰り返し検出する瞳孔径検出ステップと、

前記瞳孔径検出ステップで検出される前記瞳孔径が予め定められた第 1 閾値以上となる

50

場合に、前記眼底の撮影を実行する撮影制御ステップと、  
前記眼底の第1の撮影の後で且つ第2の撮影の開始前に前記瞳孔径検出ステップで繰り返し検出される前記瞳孔径に基づき、予め定められた一定時間が経過しても前記瞳孔径が前記第1閾値未満である場合に、前記眼底を可視波長域の撮影照明光で照明する照明光学系の光路に小瞳孔径絞りを配置させた状態で前記第2の撮影を実行する第1特殊撮影制御ステップと、

を有する眼底カメラの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被検眼の眼底の撮影を行う眼底カメラ及びその制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

被検眼の眼底の撮影を行う眼底カメラがよく知られている（特許文献1から特許文献3参照）。この眼底カメラは、被検眼の眼底を観察照明光（フラッシュ光等）で照明し、この観察照明光で照明された眼底を撮影する。この眼底カメラによる眼底の撮影方法としては、同一の被検眼に対する複数回の撮影を連続して行う連続撮影、及び左右の被検眼の眼底の撮影を順番に行う左右眼撮影などが知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2019-171221号公報

【文献】特開平5-199997号公報

【文献】特開2013-248376号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、被検眼の眼底撮影の際に眼底カメラから眼底に照射される観察照明光（フラッシュ光等）は、可視波長域の光を含んでおりその光量も大きい。このため、無散瞳の被検眼の眼底撮影では、眼底撮影の際に眼底カメラから被検眼に観察照明光が照射されることで被検眼の瞳孔が縮瞳し、この縮瞳が収まる（瞳孔径が元の大きさに戻る）までに時間を要する。このため、上記各特許文献に記載の眼底カメラにおいて上述の連続撮影を行う場合には、被検眼の2回目以降の眼底撮影の際に瞳孔の縮瞳が収まらず、良好な眼底撮影像が得られないおそれがある。

【0005】

また、左右眼の瞳孔径は同じ大きさで変化するので、上記各特許文献に記載の眼底カメラで左右眼撮影を行う場合、すなわち左右眼の一方の眼底撮影を行った後で左右眼の他方の眼底撮影を連続して行う場合に、この他方の瞳孔の縮瞳が収まっていないおそれがある。さらに、眼底カメラによる被検眼の眼底撮影の前に、別の眼科装置で被検眼に対する照明光の照射が行われていた場合には、眼底カメラによる被検眼の1回目の眼底撮影であっても瞳孔の縮瞳が収まっていないおそれがある。その結果、良好な眼底像が得られないおそれがある。

【0006】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、被検眼の瞳孔が縮瞳していない状態での眼底撮影を確実に実行可能な眼底カメラ及びその制御方法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】

【0007】

本発明の目的を達成するための眼底カメラは、被検眼の眼底を撮影するカメラ本体と、少なくともカメラ本体による眼底の撮影前に、被検眼の前眼部像を繰り返し取得する前眼

10

20

30

40

50

部像取得部と、前眼部像取得部が繰り返し取得する前眼部像に基づき、被検眼の瞳孔径を繰り返し検出する瞳孔径検出部と、瞳孔径検出部により検出される瞳孔径が予め定められた第1閾値以上となる場合に、カメラ本体による眼底の撮影を実行させる撮影制御部と、を備える。

【0008】

この眼底カメラによれば、被検眼の瞳孔径が第1閾値以上となるまで眼底撮影の実行を待機し、瞳孔径が第1閾値以上になった場合に眼底撮影を実行することができる。

【0009】

本発明の他の態様に係る眼底カメラにおいて、カメラ本体が、眼底の撮影を行う場合に眼底を可視波長域の撮影照明光で照明する照明光学系を有し、且つ眼底の第1の撮影と、第1の撮影以降の第2の撮影と、を行い、撮影制御部が、第1の撮影の後で且つ第2の撮影の開始前に瞳孔径検出部により繰り返し検出される瞳孔径の検出結果に基づき、瞳孔径が第1閾値以上となるまでカメラ本体による第2の撮影の実行を待機し、瞳孔径が第1閾値以上になる場合にカメラ本体による第2の撮影を実行させる。これにより、第1の撮影で被検眼の瞳孔が縮瞳した場合であっても、この縮瞳が収まった時点で第2の撮影を自動的に実行することができる。

10

【0010】

本発明の他の態様に係る眼底カメラにおいて、第1の撮影の前に瞳孔径検出部が検出した瞳孔径に基づき、第1閾値を決定する閾値決定部を備え、撮影制御部が、瞳孔径検出部により検出された瞳孔径が閾値決定部により決定された第1閾値以上となる場合に、カメラ本体に第2の撮影を実行させる。これにより、被検者ごとの瞳孔径に個人差がある場合でも被検者に対応した第1閾値を個別に決定可能である。

20

【0011】

本発明の他の態様に係る眼底カメラにおいて、カメラ本体が、同一の被検眼に対して第1の撮影と第2の撮影とを行う。

【0012】

本発明の他の態様に係る眼底カメラにおいて、被検眼が左右眼である場合、カメラ本体が、左右眼の一方に対して第1の撮影を行い且つ左右眼の他方に対して第2の撮影を行う。

【0013】

本発明の他の態様に係る眼底カメラにおいて、照明光学系の光路に配置可能に設けられ、小瞳孔径眼に対応した小瞳孔径絞りと、第1の撮影の後で且つ第2の撮影の開始前に瞳孔径検出部により繰り返し検出される瞳孔径に基づき、予め定められた一定時間が経過しても瞳孔径が第1閾値未満である場合に、小瞳孔径絞りを光路に配置させた状態でカメラ本体による眼底の撮影を実行させる第1特殊撮影制御部と、を備える。これにより、眼底撮影像の撮影を短時間で実行することができる。

30

【0014】

本発明の他の態様に係る眼底カメラにおいて、カメラ本体が第1の撮影を実行した場合に、瞳孔径検出部の検出結果に基づき、瞳孔径が第1閾値まで広がるまでの戻り時間を予測する時間予測部と、時間予測部が予測した戻り時間を報知する報知部と、を備える。これにより、検者は戻り時間、すなわち第2の撮影が開始されるタイミングを認識することができる。

40

【0015】

本発明の他の態様に係る眼底カメラにおいて、時間予測部が、瞳孔径検出部の検出結果と、撮影照明光の種類と、に基づき、戻り時間を予測する。

【0016】

本発明の他の態様に係る眼底カメラにおいて、時間予測部が、瞳孔径検出部により繰り返し検出される瞳孔径に基づき、第1の撮影が行われてからの瞳孔径の変化を検出し、瞳孔径の変化の検出結果に基づき戻り時間を演算する。

【0017】

本発明の他の態様に係る眼底カメラにおいて、カメラ本体が、眼底を可視波長域の撮影

50

照明光で照明する照明光学系を有し、瞳孔径検出部の検出結果に基づき、被検眼が小瞳孔径眼であるか否かを判定する小瞳孔径判定部と、照明光学系の光路に配置可能に設けられ、小瞳孔径眼に対応した小瞳孔径絞りと、小瞳孔径判定部により被検眼が小瞳孔径眼であると判定された場合に、小瞳孔径絞りを光路に配置させた状態でカメラ本体による眼底の撮影を実行させる第2特殊撮影制御部と、を備える。これにより、被検眼が小瞳孔径眼である場合には、照明光の光路中に小瞳孔径絞りを自動的に配置させることができる。

【0018】

本発明の他の態様に係る眼底カメラにおいて、小瞳孔径判定部が、瞳孔径検出部により検出された瞳孔径が予め定められた第2閾値であって且つ第1閾値よりも小さい第2閾値未満になるか否かに基づき、被検眼が小瞳孔径眼であるか否かを判定する。

10

【0019】

本発明の目的を達成するための眼底カメラの制御方法は、被検眼の眼底を撮影する眼底カメラの制御方法において、少なくとも眼底の撮影前に、被検眼の前眼部像を繰り返し取得する前眼部像取得ステップと、前眼部像取得ステップで繰り返し取得する前眼部像に基づき、被検眼の瞳孔径を繰り返し検出する瞳孔径検出ステップと、瞳孔径検出ステップで検出される瞳孔径が予め定められた第1閾値以上となる場合に、眼底の撮影を実行する撮影制御ステップと、を有する。

【発明の効果】

【0020】

本発明は、被検眼の瞳孔が縮瞳していない状態での眼底撮影を確実に実行することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】被検者側から見た第1実施形態の眼科装置の正面斜視図である。

【図2】検者側から見た眼科装置の背面斜視図である。

【図3】眼科装置の測定ヘッドの構成の一例を示す概略図である。

【図4】第1実施形態の眼科装置の演算制御ユニットの機能ブロック図である。

【図5】瞳孔径検出部による瞳孔径の検出を説明するための説明図である。

【図6】撮影制御部による連続撮影モード時の眼底カメラユニットの撮影制御を説明するための説明図である。

30

【図7】撮影制御部による左右眼撮影モード時の眼底カメラユニットの撮影制御を説明するための説明図である。

【図8】第1実施形態の眼科装置による被検眼の眼底撮影処理の流れを示すフローチャートである。

【図9】第2実施形態の眼科装置による被検眼の眼底撮影処理の流れを示すフローチャートである。

【図10】第3実施形態の眼科装置の演算制御ユニットの機能ブロック図である。

【図11】第3実施形態の眼科装置による被検眼の眼底撮影処理の流れを示すフローチャートである。

【図12】第4実施形態の眼科装置の演算制御ユニットの機能ブロック図である。

40

【図13】時間予測部による戻り時間の予測の第1例を説明するための説明図である。

【図14】時間予測部による戻り時間の予測の第2例を説明するための説明図である。

【図15】モニタでの戻り時間情報の表示の一例を説明するための説明図である。

【図16】第4実施形態の眼科装置による被検眼の眼底撮影処理の流れを示すフローチャートである。

【図17】第5実施形態の眼科装置による被検眼の眼底撮影処理の流れを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0022】

[第1実施形態の眼科装置の全体構成]

50

図 1 は、被検者側から見た第 1 実施形態の眼科装置 1 0 の正面斜視図である。図 2 は、検者側から見た眼科装置 1 0 の背面斜視図である。なお、図中の X 方向は被検者を基準とした左右方向（図 3 に示す被検眼 E の眼幅方向）であり、Y 方向は上下方向であり、Z 方向は被検者に近づく前方向と被検者から遠ざかる後方向とに平行な前後方向（作動距離方向ともいう）である。

【 0 0 2 3 】

図 1 及び図 2 に示すように、眼科装置 1 0 は、眼底カメラ（無散瞳眼底カメラ）と、光コヒーレンストモグラフィ（Optical Coherence Tomography : OCT）を用いて断層像である OCT 画像を得る光干渉断層計と、を組み合わせた複合機である。

【 0 0 2 4 】

眼科装置 1 0 は、無散瞳の被検眼 E（図 3 参照）の眼底 E f（図 3 参照）を撮影する眼底撮影を行うと共に、被検眼 E の眼底 E f の OCT 画像を得る OCT 計測を行う。また、眼科装置 1 0 は、被検眼 E の眼底撮影を行う撮影モードとして、眼底撮影を 1 回だけ行う通常撮影モードの他に、連続撮影モード及び左右眼撮影モードを有する。連続撮影モードは、同一の被検眼 E に対する複数回の眼底撮影を連続して行うモードである。左右眼撮影モードは、左右の被検眼 E（左右眼）の眼底撮影を順番に行うモードである。

【 0 0 2 5 】

眼科装置 1 0 は、ベース 1 1 と、顔支持部 1 2 と、架台 1 3 と、測定ヘッド 1 4 と、を備える。

【 0 0 2 6 】

ベース 1 1 には、顔支持部 1 2 及び架台 1 3 が設けられている。

【 0 0 2 7 】

顔支持部 1 2 は、測定ヘッド 1 4 の Z 方向の前方向側の位置において、ベース 1 1 と一体に設けられている。この顔支持部 1 2 は、Y 方向（上下方向）に位置調整可能な顎受け 1 2 a 及び顎当て 1 2 b を有しており、被検者の顔を測定ヘッド 1 4（後述の対物レンズ 4 3）等の眼科装置本体に対向する位置に支持する。

【 0 0 2 8 】

また、顔支持部 1 2 には外部固視灯 1 5 が設けられている。外部固視灯 1 5 は、固視光を出射する光源を有し、この光源の位置及び固視光の出射方向を任意に調整することができる。この外部固視灯 1 5 は外部固視に用いられる。外部固視は、外部固視灯 1 5 の光源の位置を調整することで被検眼 E（図 3 参照）を任意の方向に回旋させたり、或いは内部固視時よりも大きく回旋させたり、或いは内部固視が行えない場合に被検眼 E 又は僚眼の視線を誘導することで被検眼 E の向きを調整したりする固視方式である。

【 0 0 2 9 】

架台 1 3 は、ベース 1 1 に対して X 方向及び Z 方向（前後左右方向）に移動可能に設けられている。この架台 1 3 上には操作部 1 6 が設けられている。また、架台 1 3 上には測定ヘッド 1 4 が Y 方向に移動可能に設けられている。

【 0 0 3 0 】

また、架台 1 3 には、電動駆動機構 1 7 が設けられている。電動駆動機構 1 7 は、モータ駆動機構等の公知のアクチュエータであり、後述の演算制御ユニット 2 2（図 3 参照）の制御の下、架台 1 3 を X Z 方向に移動させると共に測定ヘッド 1 4 を Y 方向に移動させる。これにより、被検眼 E に対して測定ヘッド 1 4 が X Y Z 方向に相対移動可能になる。

【 0 0 3 1 】

操作部 1 6 は、架台 1 3 上で且つ測定ヘッド 1 4 の Z 方向の後方向側（検者側）の位置に設けられている。操作部 1 6 には、眼科装置 1 0 の各種操作（撮影モードの切替等）を行うための操作ボタンの他、操作レバー 1 6 a が設けられている。

【 0 0 3 2 】

操作レバー 1 6 a は、測定ヘッド 1 4 を X Y Z の各方向に手動で移動させるための操作部材である。例えば、操作レバー 1 6 a が Z 方向（前後方向）又は X 方向（左右方向）に傾倒操作されると、上述の電動駆動機構 1 7 により測定ヘッド 1 4 が Z 方向又は X 方向に

10

20

30

40

50

移動される。また、操作レバー 16 a がその長手軸周りに回転操作されると、その回転操作方向に応じて、電動駆動機構 17 により測定ヘッド 14 が Y 方向（上下方向）に移動される。

【0033】

測定ヘッド 14 には、後述の図 3 に示す眼底カメラユニット 14 a 及び OCT ユニット 14 b が内蔵されている。また、測定ヘッド 14 の Z 方向の後方向側（検者側）の背面にはモニタ 18 が設けられている。また、測定ヘッド 14 の Z 方向の前方向側（被検者側）の正面にはレンズ収容部 19 が設けられている。

【0034】

モニタ 18 は、例えばタッチパネル式の液晶表示装置が用いられる。このモニタ 18 は、被検眼 E（図 3 参照）の各種の撮影データの画面、及び各種の設定操作のための入力画面などを表示する。なお、モニタ 18 は、入力画面を表示する場合には上述の操作部 16 として機能する。

10

【0035】

レンズ収容部 19 は、眼底カメラユニット 14 a（図 3 参照）の一部を構成し且つ Z 方向に平行な光軸 OA（図 3 参照）を有する対物レンズ 43 を収容している。

【0036】

また、レンズ収容部 19 には、図示は省略するが、対物レンズ 43 を囲むようにその周方向に沿って等間隔で配置された複数の固視孔（固視灯ともいう）が設けられている。各固視孔は、周辺固視及び被検眼 E（図 3 参照）の隅角（図 5 中の虹彩 Er の端）の撮影等に用いられるものであり、操作部 16 での操作に応じて選択的に固視光を Z 方向に射出する。なお、周辺固視は、各固視孔を選択的に点灯させることで所望の方向に被検眼 E を大きく回旋させる固視方式である。

20

【0037】

さらに、測定ヘッド 14 の正面であって且つレンズ収容部 19 の近傍位置にはステレオカメラ 20 が設けられている。ステレオカメラ 20 は、第 1 カメラ 20 a 及び第 2 カメラ 20 b を有する。第 1 カメラ 20 a 及び第 2 カメラ 20 b は、対物レンズ 43 をその左右から挟み込むように配置されている。なお、第 1 カメラ 20 a 及び第 2 カメラ 20 b については後述する。

【0038】

[測定ヘッド]

図 3 は、眼科装置 10 の測定ヘッド 14 の構成の一例を示す概略図である。図 3 に示すように、測定ヘッド 14 は、眼底カメラユニット 14 a、OCT ユニット 14 b、及びステレオカメラ 20 を備えると共に、演算制御ユニット 22 に接続している。

30

【0039】

眼底カメラユニット 14 a は、本発明のカメラ本体に相当するものであり、従来の眼底カメラとほぼ同様の光学系を有している。眼底カメラユニット 14 a は、対物レンズ 43 を通して、被検眼 E の眼底 Ef に対して撮影照明光（フラッシュ光等）を照射し、この撮影照明光が照射された眼底 Ef を撮影して眼底撮影像 D1 を出力する。また、眼底カメラユニット 14 a は、対物レンズ 43 を通して被検眼 E の前眼部 Ea を撮影して、前眼部 Ea の観察像である前眼部像 D2 を出力する。

40

【0040】

OCT ユニット 14 b は、対物レンズ 43 及び眼底カメラユニット 14 a の一部の光学系を通して眼底 Ef の OCT 画像を取得する。

【0041】

演算制御ユニット 22 は、例えばベース 11 内或いは測定ヘッド 14 内に收容されており、各種の演算処理及び制御処理等を実行するコンピュータ等の演算処理装置である。

【0042】

<眼底カメラユニット>

眼底カメラユニット 14 a は、眼底撮影像 D1 及び前眼部像 D2 を取得するための光学

50

系として、照明光学系 30 及び撮像光学系 50 を備える。

【0043】

照明光学系 30 は、眼底 E f に対して照明光（観察照明光及び撮影照明光）を照射する。撮像光学系 50 は、眼底 E f で反射された照明光の眼底反射光を、例えば C M O S（Complementary Metal Oxide Semiconductor）型又は C C D（Charge Coupled Device）型の撮像素子 57, 60 に導いて撮像する。また、撮像光学系 50 は、O C T 光学系 80（O C T ユニット 14 b）から出力された信号光を眼底 E f に導くと共に、眼底 E f を経由した信号光を O C T 光学系 80 に導く。

【0044】

照明光学系 30 は、観察光源 31、反射ミラー 32、集光レンズ 33、可視カットフィルタ 34、撮影光源 35、ミラー 36、リレーレンズ 37, 38、絞り 39、小瞳孔径絞り 39 A、絞り切替機構 39 B、リレーレンズ 40、孔開きミラー 41、ダイクロイックミラー 42、及び対物レンズ 43 等を備える。

10

【0045】

撮像光学系 50 は、既述の対物レンズ 43、ダイクロイックミラー 42、及び孔開きミラー 41 の他に、合焦レンズ 51、ミラー 52、ハーフミラー 53、視標表示部 54、ダイクロイックミラー 55、集光レンズ 56、撮像素子 57、ミラー 58、集光レンズ 59、及び撮像素子 60 等を備える。

【0046】

観察光源 31 は、例えばハロゲンランプ又は L E D（light emitting diode）等が用いられ、観察照明光を出射する。観察光源 31 から出射された観察照明光は、反射ミラー 32 により反射され、集光レンズ 33 を経由して可視カットフィルタ 34 を透過することにより近赤外光となる。可視カットフィルタ 34 を透過した観察照明光は、撮影光源 35 の近傍にて一旦集束し、ミラー 36 により反射され、リレーレンズ 37, 38、絞り 39（又は小瞳孔径絞り 39 A）、及びリレーレンズ 40 を経由する。そして、観察照明光は、孔開きミラー 41 の周辺部（孔部の周囲の領域）にて反射された後、ダイクロイックミラー 42 を透過し、さらに対物レンズ 43 により屈折されて眼底 E f を照明する。

20

【0047】

観察照明光の眼底反射光は、対物レンズ 43 により屈折され、ダイクロイックミラー 42、孔開きミラー 41 の中心領域に形成された孔部、及び合焦レンズ 51 を経由した後、ミラー 52 により反射される。さらに、この眼底反射光は、ハーフミラー 53 を透過した後、ダイクロイックミラー 55 により反射されることで、集光レンズ 56 により撮像素子 57 の受光面に結像される。撮像素子 57 は、眼底反射光を撮像（受光）して眼底 E f の観察像を後述の演算制御ユニット 22 へ出力する。演算制御ユニット 22 は、眼底 E f の観察像をモニタ 18 に表示させる。

30

【0048】

なお、撮像光学系 50 のピントが被検眼 E の前眼部 E a に調整されている場合には、撮像素子 57 は前眼部反射光（角膜反射光）を撮像して前眼部像 D 2 を演算制御ユニット 22 へ出力する。この場合には演算制御ユニット 22 は、前眼部像 D 2 をモニタ 18 に表示させる。

40

【0049】

撮影光源 35 は、例えばキセノンランプ又は L E D 光源等が用いられ、少なくとも可視波長域の光を含む撮影照明光（フラッシュ光）を出射する。撮影光源 35 から出射された撮影照明光は、既述の観察照明光と同様の経路を通過して眼底 E f に照射される。撮影照明光の眼底反射光は、観察照明光の眼底反射光と同様の経路を通過してダイクロイックミラー 55 まで導かれ、このダイクロイックミラー 55 を透過した後、ミラー 58 により反射されることで、集光レンズ 59 により撮像素子 60 の受光面に結像される。

【0050】

撮像素子 60 は、眼底反射光を撮像（受光）して眼底撮像 D 1 を演算制御ユニット 22 へ出力する。演算制御ユニット 22 は、撮像素子 60 から出力された撮像信号に基づく

50

眼底撮影像 D 1 をモニタ 1 8 に表示させる。なお、各種観察像を表示するモニタ 1 8 と眼底撮影像 D 1 を表示するモニタ 1 8 とは、同一のものであってもよいし、互いに異なるものであってもよい。

【 0 0 5 1 】

小瞳孔径絞り 3 9 A は、瞳孔径  $d$  ( 図 5 参照 ) が標準瞳孔径 ( 例えば 3 ~ 4 mm ) よりも小さい小瞳孔径 ( 例えば 2 mm 未満 ) の小瞳孔径眼に対応したものであり、絞り切替機構 3 9 B により各照明光の光路に挿脱自在に保持されている。小瞳孔径絞り 3 9 A は、その開口径が標準の絞り 3 9 よりも小さく形成されている。なお、小瞳孔径及び小瞳孔径眼の定義、小瞳孔径絞り 3 9 A の具体的な形状及び機能については公知技術であるので、ここでは説明を省略する ( 上記特許文献 2、特開 2 0 1 3 - 1 6 5 8 1 9 号公報参照 )。小瞳孔径絞り 3 9 A を各照明光の光路に挿入することで、被検眼 E が小瞳孔径眼であっても眼底 E f を各照明光で照明することができる。

10

【 0 0 5 2 】

絞り切替機構 3 9 B は、演算制御ユニット 2 2 の制御の下、絞り 3 9 及び小瞳孔径絞り 3 9 A を照明光の光路に対して選択的に挿入 ( 配置 ) させるモータ駆動機構等の公知のアクチュエータである。演算制御ユニット 2 2 は、第 1 実施形態では操作部 1 6 に対して入力された切替操作に応じて、絞り切替機構 3 9 B を駆動して絞り 3 9 及び小瞳孔径絞り 3 9 A を選択的に照明光の光路上に配置可能である。なお、第 1 実施形態では、小瞳孔径絞り 3 9 A 及び絞り切替機構 3 9 B が省略されていてもよい。

【 0 0 5 3 】

視標表示部 5 4 は、対物レンズ 4 3 を通して被検眼 E に固視標 ( 輝点像 ) の固視光を投射する内部固視に用いられるものであり、例えばドットマトリクス液晶ディスプレイ ( L C D : Liquid Crystal Display ) 及びマトリクス発光ダイオード ( L E D ) などが用いられる。この視標表示部 5 4 は固視標を表示する。また、視標表示部 5 4 は、固視標の表示態様 ( 形状等 ) 及び表示位置を任意に設定可能である。

20

【 0 0 5 4 】

視標表示部 5 4 に表示された固視標の固視光は、その一部がハーフミラー 5 3 にて反射された後、ミラー 5 2、合焦レンズ 5 1、ダイクロイックミラー 5 5、孔開きミラー 4 1 の孔部、ダイクロイックミラー 4 2、及び対物レンズ 4 3 を経て被検眼 E に投射される。これにより、対物レンズ 4 3 を通して、被検眼 E に対して固視標及び視力測定用視標などが提示される。

30

【 0 0 5 5 】

眼底カメラユニット 1 4 a は、フォーカス光学系 7 0 を備える。フォーカス光学系 7 0 は、眼底 E f に対してフォーカス ( ピント ) を合わせるためのスプリット指標を生成する。フォーカス光学系 7 0 は、既述の対物レンズ 4 3、ダイクロイックミラー 4 2、及び孔開きミラー 4 1 の他に、L E D 7 1、リレーレンズ 7 2、スプリット指標板 7 3、二孔絞り 7 4、ミラー 7 5、集光レンズ 7 6、及び反射棒 7 7 を備える。

【 0 0 5 6 】

反射棒 7 7 の反射面は、フォーカス光学系 7 0 によるフォーカス調整が行われる場合に照明光学系 3 0 の光路上にセットされる。L E D 7 1 から出射されたフォーカス光は、リレーレンズ 7 2 を通過し、スプリット指標板 7 3 により 2 つの光束に分離された後、二孔絞り 7 4、ミラー 7 5、及び集光レンズ 7 6 を経て反射棒 7 7 の反射面に一旦結像され、この反射面にてリレーレンズ 4 0 に向けて反射される。さらにフォーカス光は、リレーレンズ 4 0、孔開きミラー 4 1、ダイクロイックミラー 4 2、及び対物レンズ 4 3 を経て眼底 E f に投射される。

40

【 0 0 5 7 】

フォーカス光の眼底反射光は、対物レンズ 4 3、ダイクロイックミラー 4 2、及び孔開きミラー 4 1 の孔部を経由し、その一部がダイクロイックミラー 5 5 を透過した後、合焦レンズ 5 1、ミラー 5 2、ハーフミラー 5 3、ダイクロイックミラー 5 5、及び集光レンズ 5 6 を経て撮像素子 5 7 により撮像される。撮像素子 5 7 は、フォーカス光の眼底反射

50

光を撮像して撮像信号を出力する。これにより、モニタ 18 に眼底 E f の観察像と共にスプリット指標が表示される。演算制御ユニット 22 は、従来と同様に、スプリット指標の位置を解析して合焦レンズ 51 等を移動させてピント合わせを自動で行う。また、モニタ 18 に表示されるスプリット指標に基づき検者が手動でピント合わせを行ってもよい。

【0058】

ダイクロイックミラー 42 は、眼底撮影用の光路から OCT 光学系 80 の光路を分岐させる。ダイクロイックミラー 42 は、OCT 計測に用いられる波長帯の光を反射し、眼底撮影用の光を透過させる。この OCT 光学系 80 の光路には、OCT ユニット 14 b 側から順に、コリメータレンズユニット 81 と、光路長変更部 82 と、ガルバノスキャナ 83 と、合焦レンズ 84 と、ミラー 85 と、リレーレンズ 86 と、が設けられている。

10

【0059】

光路長変更部 82 は、例えばコーナーキューブと、これを移動する機構と、を含む。光路長変更部 82 は、図中に示す矢印の方向に移動可能とされ、OCT 光学系 80 の光路長を変更する。この光路長の変更は、被検眼 E の眼軸長に応じた光路長の補正、及び干渉状態の調整などに利用される。

【0060】

ガルバノスキャナ 83 は、OCT 光学系 80 の光路を通過する信号光の進行方向を変更する。これにより、眼底 E f を信号光で走査することができる。ガルバノスキャナ 83 は、たとえば、信号光を X 方向に走査するガルバノミラーと、Y 方向に走査するガルバノミラーと、これらを独立に駆動する機構とを含む。これにより、信号光を XY 平面上の任意の方向に走査することができる。

20

【0061】

<OCT ユニット>

OCT ユニット 14 b は、眼底 E f の OCT 画像の取得に用いられる干渉光学系を備える。この OCT ユニット 14 b は、公知の OCT 装置と同様に、低コヒーレンス光を参照光と信号光に分割し、眼底 E f を経由した信号光と参照光路を經由した参照光とを干渉させて干渉光を生成し、この干渉光のスペクトル成分を検出する。OCT ユニット 14 b による検出結果（検出信号）は、演算制御ユニット 22 へ出力される。なお、OCT ユニット 14 b の具体的な構成については公知技術（例えば上記特許文献 1 参照）であるので、ここでは具体的な説明は省略する。

30

【0062】

<ステレオカメラ>

ステレオカメラ 20 を構成する第 1 カメラ 20 a 及び第 2 カメラ 20 b は、前眼部 E a を互いに異なる方向、本実施形態では左右方向から同時（略同時を含む）且つ連続的に撮影（動画撮影）して前眼部像 D 2 を演算制御ユニット 22 へ出力する。なお、図中の符号 OB は、第 1 カメラ 20 a 及び第 2 カメラ 20 b の撮影光軸である。

【0063】

[演算制御ユニット]

図 4 は、第 1 実施形態の眼科装置 10 の演算制御ユニット 22 の機能ブロック図である。図 4 に示すように、演算制御ユニット 22 は、統括制御部 90、記憶部 92、画像形成部 94、及びデータ処理部 96 等を備える。また、演算制御ユニット 22 には、既述の眼底カメラユニット 14 a、OCT ユニット 14 b、操作部 16、電動駆動機構 17、モニタ 18、及びステレオカメラ 20 等が接続されている。

40

【0064】

記憶部 92 は、統括制御部 90 が実行する制御プログラムの他、眼底撮影像 D 1 の画像データ及び OCT 画像の画像データなどを記憶する。また、記憶部 92 には、後述の閾値決定部 106 により決定された撮影閾値 T 1 が記憶される。なお、記憶部 92 が眼科装置 10 の内部ではなく、外部サーバ（データベース）に構築されていてもよい。

【0065】

画像形成部 94 は、OCT ユニット 14 b と共に被検眼 E の眼底 E f の OCT 画像の取

50

得に用いられるものであり、OCTユニット14bから入力される検出信号を解析して眼底EfのOCT画像を形成する。なお、OCT画像の具体的な形成方法は、従来のOCT装置と同様であるのでここでは説明は省略する。データ処理部96は、画像形成部94により形成されたOCT画像、及び眼底カメラユニット14aにより取得された眼底撮影像D1等に対して画像処理等を施す。

#### 【0066】

統括制御部90は、眼科装置10の各部の動作を統括制御する。また、統括制御部90は、眼底カメラユニット14aによる眼底撮影前に、前眼部像D2に基づき被検眼Eの瞳孔Ep(図5参照)が縮瞳しているか否かを判定する。そして、統括制御部90は、瞳孔Epが縮瞳していると判定した場合には縮瞳が収まるまで被検眼Eの眼底撮影の実行を待機し、瞳孔Epの縮瞳が収まったと判定した場合には被検眼Eの眼底撮影を実行する撮影制御を行う。なお、第1実施形態では、被検眼Eとして小瞳孔径眼ではない上述の標準瞳孔径の正常眼の眼底撮影を行うため、上述の撮影制御は連続撮影モード或いは左右眼撮影モードの2回目以降の眼底撮影の際に実行される。

10

#### 【0067】

統括制御部90の機能は、各種のプロセッサ(Processor)を用いて実現される。各種のプロセッサには、CPU(Central Processing Unit)、GPU(Graphics Processing Unit)、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)、及びプログラマブル論理デバイス[例えばSPLD(Simple Programmable Logic Devices)、CPLD(Complex Programmable Logic Device)、及びFPGA(Field Programmable Gate Arrays)]等が含まれる。なお、統括制御部90の各種機能は、1つのプロセッサにより実現されてもよいし、同種または異種の複数のプロセッサで実現されてもよい。

20

#### 【0068】

統括制御部90は、被検眼Eの眼底撮影時(連続撮影モード、左右眼撮影モード)において、前眼部像取得部100、アライメント制御部102、瞳孔径検出部104、閾値決定部106、及び撮影制御部108として機能する。なお、演算制御ユニット22の「~部」として説明するものは「~回路」、「~装置」、又は「~機器」であってもよい。すなわち、「~部」として説明するものは、ファームウェア、ソフトウェア、及びハードウェアまたはこれらの組み合わせのいずれで構成されていてもよい。また、図4では、統括制御部90における被検眼Eの眼底撮影に係る機能のみを図示し、他の機能については公知技術であるので具体的な図示は省略する。

30

#### 【0069】

前眼部像取得部100は、不図示の通信インタフェースを介して、眼底カメラユニット14a(撮像素子57)及びステレオカメラ20の少なくとも一方に対して有線接続或いは無線接続されており、眼底カメラユニット14a及びステレオカメラ20の少なくとも一方から前眼部像D2を取得する。

#### 【0070】

前眼部像D2は、被検眼Eに対する測定ヘッド14のオートアライメントに用いられる。また、前眼部像D2は、眼底カメラユニット14aによる被検眼Eの眼底撮影前の瞳孔Ep(図5参照)の大きさの確認に用いられる。なお、本実施形態では、ステレオカメラ20が撮影した前眼部像D2に基づき、オートアライメント及び眼底撮影前の被検眼Eの瞳孔Epの大きさの確認を行うものとして説明を行う。前眼部像取得部100は、操作部16にて測定開始操作が入力されると、被検眼Eの眼底撮影が終了するまでステレオカメラ20からの前眼部像D2の取得を繰り返し行う。

40

#### 【0071】

アライメント制御部102は、測定開始操作に応じて前眼部像取得部100がステレオカメラ20から取得した前眼部像D2に基づき、測定ヘッド14に対する被検眼Eの相対位置(三次元位置)を演算する(上記特許文献3参照)。次いで、アライメント制御部102は、被検眼Eの相対位置の演算結果に基づき電動駆動機構17を駆動して、被検眼Eに対する測定ヘッド14のオートアライメントを実行する。

50

## 【 0 0 7 2 】

瞳孔径検出部 1 0 4 は、眼底撮影の撮影モードが連続撮影モード又は左右眼撮影モードである場合に、少なくとも眼底カメラユニット 1 4 a による被検眼 E の 1 回目の眼底撮影前と 2 回目以降の眼底撮影前とにおいて作動する。

## 【 0 0 7 3 】

なお、1 回目の眼底撮影前とは、撮影モードの種類に関係なく、被検眼 E の 1 回目の眼底撮影が開始されるまでの期間内である。また、連続撮影モードにおける 2 回目以降の眼底撮影前とは、任意の自然数を「N」とした場合に、N 回目の眼底撮影完了後から N + 1 回目の眼底撮影の開始前までの期間である。さらに、左右眼撮影モードにおける 2 回目以降の眼底撮影前とは、左右眼の一方の眼底撮影完了後から他方の眼底撮影の開始前までの期間である。

10

## 【 0 0 7 4 】

図 5 は、瞳孔径検出部 1 0 4 による瞳孔径 d の検出を説明するための説明図である。図 5 及び既述の図 4 に示すように、瞳孔径検出部 1 0 4 は、ステレオカメラ 2 0 の第 1 カメラ 2 0 a 及び第 2 カメラ 2 0 b の少なくとも一方から取得した前眼部像 D 2 に基づき、被検眼 E の瞳孔 E p の直径である瞳孔径 d を検出する。

## 【 0 0 7 5 】

例えば瞳孔径検出部 1 0 4 は、第 1 カメラ 2 0 a 及び第 2 カメラ 2 0 b の少なくとも一方から取得した前眼部像 D 2 から瞳孔縁 E b を検出する。この瞳孔縁 E b は、前眼部像 D 2 における瞳孔 E p と虹彩 E r との間の明度の差に基づき検出可能である。

20

## 【 0 0 7 6 】

次いで、瞳孔径検出部 1 0 4 は、前眼部像 D 2 からの瞳孔縁 E b の検出結果に基づき、瞳孔縁 E b の楕円近似及び中心座標を演算することで、瞳孔径 d の検出（演算）を行う。なお、ステレオカメラ 2 0 により撮影された前眼部像 D 2 から瞳孔径 d を検出する方法は公知技術であるので、ここでは具体的な説明は省略する（例えば特開 2 0 1 9 - 6 2 9 8 2 号公報参照）。

## 【 0 0 7 7 】

そして、瞳孔径検出部 1 0 4 は、被検眼 E の 1 回目の眼底撮影前には瞳孔径 d の検出を少なくとも 1 回実行し、且つ 2 回目以降の眼底撮影前には瞳孔径 d の検出を複数回繰り返し実行する。これにより、少なくとも被検眼 E の 2 回目以降の眼底撮影前には、被検眼 E の瞳孔径 d の変化をリアルタイムで検出することができる。

30

## 【 0 0 7 8 】

閾値決定部 1 0 6 は、被検眼 E の 1 回目の眼底撮影前に瞳孔径検出部 1 0 4 が検出した瞳孔径 d に基づき、良好な眼底撮影像 D 1 が得られる瞳孔径 d の下限値である撮影閾値 T 1（本発明の第 1 閾値に相当）を決定する。この撮影閾値 T 1 は、被検眼 E の 2 回目以降の眼底撮影の実行の有無を判定するための閾値である。ここで本実施形態の被検眼 E は正常眼であるので、1 回目の眼底撮影前、すなわち撮影照明光（フラッシュ光）が 1 回も被検眼 E に照射されていない状態ではその瞳孔 E p は縮瞳しておらず、その瞳孔径 d も良好な眼底撮影像 D 1 が得られる大きさになっている。このため、1 回目の眼底撮影前の被検眼 E の瞳孔径 d を、瞳孔 E p が縮瞳しているか否かを判定するための判定基準（撮影閾値 T 1）として用いることができる。

40

## 【 0 0 7 9 】

具体的には閾値決定部 1 0 6 は、瞳孔径検出部 1 0 4 が被検眼 E の 1 回目の眼底撮影前に検出した瞳孔径 d をそのまま撮影閾値 T 1 として決定する。なお、閾値決定部 1 0 6 は、瞳孔径検出部 1 0 4 が瞳孔径 d を複数回検出した場合にはその最小値或いは平均値等をそのまま撮影閾値 T 1 として決定してもよい。

## 【 0 0 8 0 】

また、閾値決定部 1 0 6 は、瞳孔径検出部 1 0 4 による瞳孔径 d の検出誤差及び被検眼 E の瞳孔径 d の変動を考慮して、被検眼 E の 1 回目の眼底撮影前に瞳孔径検出部 1 0 4 により検出された瞳孔径 d よりも一定割合だけ小さい値を撮影閾値 T 1 として決定してもよ

50

い。このように閾値決定部 106 が、瞳孔径検出部 104 により検出された瞳孔径  $d$  に基づき撮影閾値  $T_1$  を決定することで、被検者ごとの瞳孔径  $d$  に個人差がある場合でも被検者に対応した撮影閾値  $T_1$  を個別に決定可能である。

【0081】

図4に戻って、撮影制御部 108 は、眼底カメラユニット 14a 及び OCT 14b を制御して、被検眼 E の眼底 Ef の眼底撮影像 D1 及び OCT 画像の撮影を制御する。撮影制御部 108 は、眼底撮影の撮影モードが通常モードである場合、オートアライメントの完了後に眼底カメラユニット 14a を駆動して被検眼 E の眼底撮影を実行することで、眼底撮影像 D1 を取得する。なお、撮影モードが連続撮影モード又は左右眼撮影モードの場合の撮影制御部 108 による眼底カメラユニット 14a の撮影制御については後述する。

10

【0082】

撮影制御部 108 は、眼底 Ef の OCT 計測を行う場合には、オートアライメントの完了後に OCT 光学系 80、OCT ユニット 14b、及び画像形成部 94 等を駆動して眼底 Ef の OCT 画像を取得する。

【0083】

図6は、撮影制御部 108 による連続撮影モード時の眼底カメラユニット 14a の撮影制御を説明するための説明図である。

【0084】

図6の符号 6A に示すように、撮影制御部 108 は、撮影モードとして連続撮影モードが選択された場合、オートアライメントの完了後に眼底カメラユニット 14a による被検眼 E の1回目の眼底撮影（本発明の第1の撮影）を実行する。既述の通り被検眼 E は正常眼であるので、1回目の眼底撮影時には瞳孔 Ep が縮瞳しておらず、通常モードと同様に眼底撮影を行うことができる。そして、被検眼 E の1回目の眼底撮影が実行されると、撮影照明光（フラッシュ光）の照射により瞳孔 Ep が縮瞳する。

20

【0085】

図6の符号 6B に示すように、撮影制御部 108 は、被検眼 E の2回目の眼底撮影前は、瞳孔径検出部 104 により繰り返し検出される瞳孔径  $d$  の検出結果に基づき、記憶部 92 内の撮影閾値  $T_1$  を参照して、被検眼 E の瞳孔径  $d$  が撮影閾値  $T_1$  以上となるか否かを判定する。そして、撮影制御部 108 は、瞳孔径  $d$  が撮影閾値  $T_1$  未満である場合には、2回目の眼底撮影の実行を待機する。この場合に撮影制御部 108 は、瞳孔径検出部 104 により繰り返し検出される瞳孔径  $d$  が撮影閾値  $T_1$  以上となるまで待機する。

30

【0086】

図6の符号 6C に示すように、撮影制御部 108 は、瞳孔径検出部 104 により繰り返し検出される被検眼 E の瞳孔径  $d$  が撮影閾値  $T_1$  以上になった場合に、眼底カメラユニット 14a による被検眼 E の2回目の眼底撮影（本発明の第2の撮影）を実行する。これにより、被検眼 E の瞳孔 Ep の縮瞳が収まるのに合わせて眼底カメラユニット 14a による被検眼 E の2回目の眼底撮影を自動的に実行することができる。

【0087】

以下、撮影制御部 108 は、被検眼 E の3回目以降の眼底撮影についても同様に、瞳孔径検出部 104 により繰り返し検出される被検眼 E の瞳孔径  $d$  が撮影閾値  $T_1$  以上となるまで待機し、瞳孔径  $d$  が撮影閾値  $T_1$  以上となった場合に眼底カメラユニット 14a による被検眼 E の眼底撮影を実行する。

40

【0088】

図7は、撮影制御部 108 による左右眼撮影モード時の眼底カメラユニット 14a の撮影制御を説明するための説明図である。

【0089】

図7の符号 7A に示すように、撮影制御部 108 は、撮影モードとして左右眼撮影モードが選択された場合、オートアライメントの完了後に眼底カメラユニット 14a による被検眼 E の1回目の眼底撮影、すなわち左右眼の一方（例えば右眼）の眼底撮影（本発明の第1の撮影に相当）を実行する。既述の通り被検眼 E は正常眼であるので、連続撮影モー

50

ド時の1回目の眼底撮影と同様に眼底撮影を行うことができる。そして、左右眼の一方の眼底撮影が実行されると、左右眼の一方の瞳孔E pは撮影照明光(フラッシュ光)の照射により縮瞳すると共に、この縮瞳に連動して左右眼の他方(例えば左眼)の瞳孔E pも縮瞳する。また、左右眼の一方の眼底撮影が実行されると、アライメント制御部102により左右眼の他方に対する測定ヘッド14のオートアライメントが実行される。

【0090】

図7の符号7Bに示すように、撮影制御部108は、オートアライメントの完了後で且つ左右眼の他方の眼底撮影前は、瞳孔径検出部104により繰り返し検出される瞳孔径dの検出結果に基づき、連続撮影モード時の2回目以降の眼底撮影と同様に、左右眼の他方の瞳孔径dが撮影閾値T1以上となるか否かを判定する。そして、撮影制御部108は、左右眼の他方の瞳孔径dが撮影閾値T1未満である場合には、瞳孔径dが撮影閾値T1以上となるまでこの他方の眼底撮影の実行を待機する。

10

【0091】

図7の符号7Cに示すように、撮影制御部108は、瞳孔径検出部104により繰り返し検出される瞳孔径dが撮影閾値T1以上になった場合に、眼底カメラユニット14aによる被検眼Eの2回目の眼底撮影、すなわち左右眼の他方の眼底撮影(本発明の第2の撮影に相当)を実行する。これにより、左右眼の他方の縮瞳が収まるのに合わせて眼底カメラユニット14aによる他方の眼底撮影を自動的に実行することができる。

【0092】

[第1実施形態の眼科装置の作用]

20

図8は、本発明の眼底カメラの制御方法に相当するものであり、第1実施形態の眼科装置10による被検眼Eの眼底撮影処理の流れを示すフローチャートである。なお、ここでは眼底撮影の撮影モードとして連続撮影モード又は左右眼撮影モードが選択された場合を例に挙げて説明を行う。

【0093】

被検者の顔が顔支持部12に支持された後、検者が操作部16にて撮影開始操作を入力すると(ステップS1)、統括制御部90が前眼部像取得部100、アライメント制御部102、瞳孔径検出部104、閾値決定部106、撮影制御部108として機能する。そして、前眼部像取得部100がステレオカメラ20による被検眼Eの前眼部Eaの連続撮影を開始する。これにより、前眼部像取得部100が、ステレオカメラ20から前眼部像D2を繰り返し取得する(ステップS2)。

30

【0094】

そして、アライメント制御部102が、前眼部像取得部100がステレオカメラ20から取得した前眼部像D2に基づき測定ヘッド14に対する被検眼Eの相対位置を検出した後、電動駆動機構17を駆動して被検眼Eに対する測定ヘッド14のオートアライメントを実行する(ステップS3)。

【0095】

また、瞳孔径検出部104が、前眼部像取得部100が取得した前眼部像D2に基づき(ステップS4、本発明の前眼部像取得ステップに相当)、被検眼Eの瞳孔径dの検出を少なくとも1回以上実行する(ステップS5、本発明の瞳孔径検出ステップに相当)。そして、閾値決定部106が、瞳孔径検出部104による瞳孔径dの検出結果に基づき、撮影閾値T1を決定して記憶部92に記憶させる(ステップS6)。なお、ステップS4、S5は、眼底カメラユニット14aによる被検眼Eの1回目の眼底撮影前であればそのタイミングは特に限定されず、オートアライメント前或いはオートアライメント中に実行してもよい。

40

【0096】

オートアライメント及び撮影閾値T1の記憶が完了すると、既述の図6の符号6A及び図7の符号7Aに示したように、撮影制御部108は、眼底カメラユニット14aによる被検眼Eの1回目の眼底撮影を実行させる(ステップS7)。これにより、眼底カメラユニット14aが、被検眼Eの眼底Efに対する撮影照明光(フラッシュ光)の照射と、こ

50

の眼底 E f の撮影とを実行して、眼底撮影像 D 1 を演算制御ユニット 2 2 に出力する。この際に、被検眼 E は、正常眼であり 1 回目の眼底撮影前は縮瞳していないので、良好な眼底撮影像 D 1 が得られる。

【 0 0 9 7 】

被検眼 E の 1 回目の眼底撮影が実行されると、既述の図 6 の符号 6 B 及び図 7 の符号 7 B に示したように、被検眼 E (両眼) の瞳孔 E p は、眼底カメラユニット 1 4 a からの撮影照明光の照射により縮瞳する。

【 0 0 9 8 】

撮影モードが連続撮影モードである場合には、被検眼 E の 1 回目の眼底撮影の完了後、前眼部像取得部 1 0 0 によるステレオカメラ 2 0 からの前眼部像 D 2 の取得 (ステップ S 8、本発明の前眼部像取得ステップに相当) と、瞳孔径検出部 1 0 4 による瞳孔径 d の検出 (ステップ S 9、本発明の瞳孔径検出ステップに相当) と、が引き続き実行される。一方、眼底撮影の撮影モードが左右眼撮影モードである場合には、図示は省略するが、被検眼 E の 1 回目の眼底撮影が完了すると、上述のステップ S 8、S 9 の処理と並行して、アライメント制御部 1 0 2 により左右眼の他方に対する測定ヘッド 1 4 のオートアライメントが実行される。

【 0 0 9 9 】

そして、撮影制御部 1 0 8 は、瞳孔径検出部 1 0 4 により繰り返し検出される瞳孔径 d が撮影閾値 T 1 以上となるまで待機状態となり、上述のステップ S 8、S 9 の処理が繰り返し実行される繰り返し制御が行われる (ステップ S 1 0 で NO)。

【 0 1 0 0 】

次いで、既述の図 6 の符号 6 C 及び図 7 の符号 7 C に示したように、撮影制御部 1 0 8 は、瞳孔径検出部 1 0 4 により繰り返し検出される瞳孔径 d が撮影閾値 T 1 以上になった場合に、眼底カメラユニット 1 4 a による被検眼 E (左右眼の他方) の 2 回目の眼底撮影を実行させる (ステップ S 1 0 で YES、ステップ S 1 1) 。これにより、眼底カメラユニット 1 4 a が、被検眼 E の眼底 E f に対する撮影照明光 (フラッシュ光) の照射と、この眼底 E f の撮影とを実行して、眼底撮影像 D 1 を演算制御ユニット 2 2 に出力する。被検眼 E の縮瞳が収まるのに合わせて眼底カメラユニット 1 4 a による 2 回目の眼底撮影が自動的に実行されるので、良好な眼底撮影像 D 1 が得られる。なお、ステップ S 1 1 は、本発明の撮影制御ステップに相当する。

【 0 1 0 1 】

以下、被検眼 E の 3 回目以降の眼底撮影 (連続撮影モード) を行う場合には、ステップ S 8 からステップ S 1 1 までの処理が繰り返し実行される (ステップ S 1 2) 。

【 0 1 0 2 】

[ 第 1 実施形態の効果 ]

以上のように第 1 実施形態では、被検眼 E の縮瞳が発生する 2 回目以降の眼底撮影において、瞳孔径検出部 1 0 4 の検出結果に基づき被検眼 E の瞳孔径 d が撮影閾値 T 1 以上となるまで眼底撮影の実行を待機し、瞳孔径 d が撮影閾値 T 1 以上になった場合に眼底撮影を実行することができる。その結果、被検眼 E の瞳孔 E p が縮瞳していない状態での眼底撮影を確実に実行可能であるので、良好な眼底撮影像 D 1 が得られる。

【 0 1 0 3 】

[ 第 2 実施形態 ]

次に、本発明の第 2 実施形態の眼科装置 1 0 の説明を行う。上記第 1 実施形態の眼科装置 1 0 では、撮影照明光の照射により被検眼 E の瞳孔 E p が縮瞳した場合に、被検眼 E の瞳孔径 d が撮影閾値 T 1 以上となるまで眼底撮影の実行を待機しているが、被検眼 E (被検者) によっては瞳孔 E p の縮瞳が収まるまでに時間がかかる場合がある。そこで、第 2 実施形態の眼科装置 1 0 では、撮影照明光の照射による瞳孔 E p の縮瞳が収まるまでに時間がかかる場合には、小瞳孔径絞り 3 9 A を用いて被検眼 E の眼底撮影を行う。

【 0 1 0 4 】

なお、第 2 実施形態の眼科装置 1 0 は、撮影制御部 1 0 8 の機能が一部異なる点を除け

10

20

30

40

50

ば第1実施形態の眼科装置10と基本的に同じ構成であるので、上記第1実施形態と機能又は構成上同一のものについては同一符号を付してその説明は省略する。

【0105】

図9は、第2実施形態の眼科装置10による被検眼Eの眼底撮影処理の流れを示すフローチャートである。なお、ステップS1からステップS9までの処理は、既述の図8で説明した第1実施形態と同じであるので具体的な説明は省略する。

【0106】

図9に示すように、第2実施形態の撮影制御部108は、被検眼Eの1回目の眼底撮影後、瞳孔径検出部104により繰り返し検出される瞳孔径dが撮影閾値T1未満である場合には、被検眼Eの2回目の眼底撮影の実行を待機する(ステップS10でNO)。そして、撮影制御部108は待機時間の計測を開始する。撮影制御部108は、瞳孔径検出部104の検出結果に基づき、予め定められた一定時間内に被検眼Eの瞳孔径dが撮影閾値T1以上になった場合には、上記第1実施形態(図8参照)と同様にステップS11、S12の処理が実行される(ステップS10AでNO)。

10

【0107】

一方、撮影制御部108は、瞳孔径検出部104の検出結果に基づき、予め定められた一定時間が経過しても瞳孔径dが撮影閾値T1未満である場合、絞り切替機構39Bを駆動して小瞳孔径絞り39Aを照明光の光路に挿入させる(ステップS10AでYES、ステップS10B)。これにより、被検眼Eの瞳孔Epの縮瞳が収まっていない状態においても、小瞳孔径眼に対応した小瞳孔径絞り39Aを用いることで、各照明光(撮影照明光等)で眼底Efを照明することができる。

20

【0108】

次いで、撮影制御部108は、眼底カメラユニット14aによる被検眼Eの2回目の眼底撮影を実行させる(ステップS11)。この場合には撮影制御部108は、本発明の第1特殊撮影制御部として機能する。小瞳孔径絞り39Aにより撮影照明光が照射されている眼底Efを眼底カメラユニット14aにより撮影することができるので、良好な眼底撮影像D1が得られる。なお、撮影制御部108は、眼底撮影が完了すると、絞り切替機構39Bを駆動して照明光の光路から小瞳孔径絞り39Aを退避させると共にこの光路に絞り39を挿入する。

【0109】

以下、被検眼Eの3回目以降の眼底撮影(連続撮影モード)を行う場合には、上述の一連の処理が繰り返し実行される(ステップS12)。

30

【0110】

以上のように第2実施形態では、撮影照明光の照射による被検眼Eの瞳孔Epの縮瞳が収まるまでに時間がかかる場合には、小瞳孔径絞り39Aを照明光の光路に挿入させた状態で被検眼Eの眼底撮影を行うことで、眼底撮影像D1の撮影を短時間で実行することができる。

【0111】

なお、上記第2実施形態では、被検眼Eの瞳孔Epの縮瞳が収まるまでに時間がかかる場合には小瞳孔径絞り39Aを照明光の光路に挿入(配置)させているが、第2実施形態における小瞳孔径絞り39Aは、少なくとも絞り39よりも絞り径が小さいものあれば特に限定されず、一般的な小瞳孔径絞り39Aよりも絞り径が大きいものを用いてもよい。また、第2実施形態の小瞳孔径絞り39Aとして、被検眼Eの瞳孔Epの縮瞳量に応じて絞り径を調整可能な可変絞り(液晶シャッタを含む)を用いてもよい。

40

【0112】

[第3実施形態]

図10は、第3実施形態の眼科装置10の演算制御ユニット22の機能ブロック図である。上記各実施形態の眼科装置10は被検眼Eとして正常眼の眼底撮影を行うが、第3実施形態の眼科装置10は被検眼Eとして小瞳孔径眼の眼底撮影を行う。具体的には第3実施形態の眼科装置10は、小瞳孔径眼の眼底撮影を行う場合には、小瞳孔径絞り39Aを

50

照明光の光路に自動的に挿入させた状態で、被検眼 E の眼底撮影を実行する。

【 0 1 1 3 】

なお、第 3 実施形態の眼科装置 1 0 は、統括制御部 9 0 が小瞳孔径判定部 1 0 9 として機能し、且つ撮影制御部 1 0 8 の機能が一部異なり、且つ記憶部 9 2 に判定閾値 T 2 が記憶されている点を除けば、上記各実施形態の眼科装置 1 0 と基本的に同じ構成である。このため、上記各実施形態と機能又は構成上同一のものについては同一符号を付してその説明は省略する。

【 0 1 1 4 】

小瞳孔径判定部 1 0 9 は、被検眼 E の 1 回目の眼底撮影前に、被検眼 E が小瞳孔径眼であるか否かを判定する。判定閾値 T 2 (本発明の第 2 閾値に相当)は、小瞳孔径判定部 1 0 9 による判定に用いられる閾値であり、撮影閾値 T 1 よりも小さい値、例えば 2 mm (特開 2 0 1 3 - 1 6 5 8 1 9 号公報参照)に設定されている。なお、判定閾値 T 2 が、被検者の年齢等の小瞳孔径眼の瞳孔径 d に係る各種条件ごとに個別に用意されていてもよい。

10

【 0 1 1 5 】

第 3 実施形態の撮影制御部 1 0 8 は、被検眼 E が小瞳孔径眼である場合に本発明の第 2 特殊撮影制御部として機能して、小瞳孔径絞り 3 9 A を用いて被検眼 E の眼底撮影を実行する。

【 0 1 1 6 】

図 1 1 は、第 3 実施形態の眼科装置 1 0 による被検眼 E の眼底撮影処理の流れを示すフローチャートである。なお、ステップ S 1 からステップ S 5 までの処理は、既述の図 8 で説明した第 1 実施形態と同じであるので具体的な説明は省略する。

20

【 0 1 1 7 】

図 1 1 に示すように、被検眼 E の 1 回目の眼底撮影前に、小瞳孔径判定部 1 0 9 が、瞳孔径検出部 1 0 4 が検出した瞳孔径 d に基づき、記憶部 9 2 内の判定閾値 T 2 を参照して、被検眼 E が小瞳孔径眼であるか否かを判定する(ステップ S 5 A)。具体的には小瞳孔径判定部 1 0 9 は、瞳孔径 d が判定閾値 T 2 未満であるか否かに基づき、被検眼 E が小瞳孔径眼であるか否かを判定する。

【 0 1 1 8 】

なお、小瞳孔径判定部 1 0 9 により被検眼 E が正常眼であると判定された場合には、上記各実施形態(図 8 及び図 9 参照)と同様の処理が実行される(ステップ S 5 A で N O )。

30

【 0 1 1 9 】

一方、小瞳孔径判定部 1 0 9 により被検眼 E が小瞳孔径眼であると判定された場合には、撮影制御部 1 0 8 が、絞り切替機構 3 9 B を駆動して小瞳孔径絞り 3 9 A を照明光の光路に挿入させる(ステップ S 5 A で Y E S、ステップ S 5 B)。そして、撮影制御部 1 0 8 は、この光路中に小瞳孔径絞り 3 9 A を挿入した状態で眼底カメラユニット 1 4 a による被検眼 E の 1 回目の眼底撮影を実行させる(ステップ S 5 C)。小瞳孔径眼に対応した小瞳孔径絞り 3 9 A を用いて被検眼 E の眼底撮影を行うことにより、被検眼 E が小瞳孔径眼であっても良好な眼底撮影像 D 1 が得られる。

【 0 1 2 0 】

なお、撮影モードが左右眼撮影モードである場合には、図示は省略するが、被検眼 E の 1 回目の眼底撮影が完了すると、アライメント制御部 1 0 2 により左右眼の他方に対する測定ヘッド 1 4 のオートアライメントが実行される。

40

【 0 1 2 1 】

次いで、撮影制御部 1 0 8 は、照明光の光路中に小瞳孔径絞り 3 9 A を挿入した状態で眼底カメラユニット 1 4 a による被検眼 E の 2 回目の眼底撮影を実行させる(ステップ S 5 D)。これにより、1 回目の眼底撮影時と同様に良好な眼底撮影像 D 1 が得られる。

【 0 1 2 2 】

以下、被検眼 E の 3 回目以降の眼底撮影(連続撮影モード)を行う場合には、ステップ S 5 D の処理が繰り返し実行される(ステップ S 5 E)。

50

## 【 0 1 2 3 】

以上のように第3実施形態では、瞳孔径検出部104の検出結果に基づき被検眼Eが小瞳孔径眼であるか否かを判定し、被検眼Eが小瞳孔径眼である場合には照明光の光路中に小瞳孔径絞り39Aを自動的に挿入してから眼底カメラユニット14aによる被検眼Eの眼底撮影を実行することができる。その結果、被検眼Eが小瞳孔径眼であっても良好な眼底撮影像D1が得られる。また、検者が操作部16にて切替操作を行うことなく、照明光の光路中に小瞳孔径絞り39Aを自動的に挿入させることができる。

## 【 0 1 2 4 】

## 〔 第4実施形態 〕

図12は、第4実施形態の眼科装置10の演算制御ユニット22の機能ブロック図である。上記各実施形態の眼科装置10は、被検眼E（小瞳孔径眼は除く）の2回目以降の眼底撮影において瞳孔径dが撮影閾値T1以上となるまで眼底撮影の実行を待機しているが、この場合には眼底撮影がいつ実行されるのかは不明である。そこで、第4実施形態の眼科装置10は、撮影照明光の照射により縮瞳した被検眼Eの瞳孔径dが撮影閾値T1まで広がるのに要する戻り時間tを予測し、この戻り時間tの報知を行う。

10

## 【 0 1 2 5 】

なお、第4実施形態の眼科装置10は、演算制御ユニット22にスピーカ119が接続され、且つ統括制御部90が時間予測部110及び報知制御部112として機能する点を除けば、上記各実施形態の眼科装置10と基本的に同じ構成である。このため、上記各実施形態と機能又は構成上同一のものについては同一符号を付してその説明は省略する。また、第4実施形態では被検眼Eが正常眼であるものとして説明を行う。

20

## 【 0 1 2 6 】

図13は、時間予測部110による戻り時間tの予測の第1例を説明するための説明図である。図13及び既述の図12に示すように、時間予測部110は、被検眼Eの1回目の眼底撮影が実行された場合に、瞳孔径検出部104による新たな瞳孔径dの検出結果を示す瞳孔径情報120、撮影光源35の種類を示す光源情報122、及び被検者の年齢及び疾患等を示す被検者情報124に基づき、戻り時間tを予測する。

## 【 0 1 2 7 】

戻り時間tは、被検眼Eの1回目の眼底撮影時の瞳孔Ep（瞳孔径d）の縮瞳量に応じて変化し、例えば縮瞳量が大きいほど戻り時間tが長くなる。また、戻り時間tは、撮影光源35の種類（撮影照明光の種類）に応じて変化、例えば特定の撮影光源35では戻り時間tが長くなったり或いは逆に短くなったりする。さらに戻り時間tは、被検者の年齢及び疾患等に応じて変化する。例えば被検者が高齢者であったり眼疲労等の疾患を有していたりすると、戻り時間tが長くなる。従って、時間予測部110は、瞳孔径情報120、光源情報122、及び被検者情報124に基づき、戻り時間tを予測することができる。なお、光源情報122は予め記憶部92内に記憶されており、被検者情報124は操作部16を介して入力、或いは病院のデータベース等から取得可能である。

30

## 【 0 1 2 8 】

例えば時間予測部110は、瞳孔径情報120、光源情報122、及び被検者情報124に基づき、予め生成されたデータテーブルを参照して戻り時間tを予測する。また、時間予測部110は、瞳孔径情報120、光源情報122、及び被検者情報124を入力とし且つ戻り時間tを出力する学習済みモデルを用いて、戻り時間tの予測を行ってもよい。そして、時間予測部110は、戻り時間tの予測結果を示す戻り時間情報126を報知制御部112に出力する。時間予測部110により予測される戻り時間t（戻り時間情報126）は、瞳孔径検出部104が新たな瞳孔径dを検出するごと、すなわち瞳孔径情報120が更新されるごとに更新される。

40

## 【 0 1 2 9 】

なお、本実施形態の時間予測部110は、瞳孔径情報120、光源情報122、及び被検者情報124に基づき戻り時間tを予測しているが、光源情報122及び被検者情報124は必須ではなく、瞳孔径情報120のみに基づき戻り時間tを予測してもよい。すな

50

わち時間予測部 110 は、少なくとも瞳孔径情報 120 に基づき戻り時間  $t$  を予測することができる。

【0130】

図 14 は、時間予測部 110 による戻り時間  $t$  の予測の第 2 例を説明するための説明図である。図 14 に示すように、被検眼 E の瞳孔 E p が撮影照明光の照射により縮瞳してから元の状態に戻るまでの瞳孔径  $d$  の時間変化は、図示の波形 W で一般的に表される。このため、時間予測部 110 は、被検眼 E の 1 回目の撮影後に瞳孔径検出部 104 により繰り返し検出される瞳孔径  $d$  の実測値 MV の時間変化（図中、実線で表示）に基づき、波形 W を公知のフィッティング等の手法で演算することで、瞳孔径  $d$  の時間変化の予測値 PV（図中、点線で表示）を演算することができる。これにより、時間予測部 110 は、被検眼 E の瞳孔 E p の縮瞳が収まる前（瞳孔径  $d$  が撮影閾値 T1 に到達する前）に、戻り時間  $t$  を予測して戻り時間情報 126 を報知制御部 112 に出力することができる。

10

【0131】

図 15 は、モニタ 18 での戻り時間情報 126 の表示の一例を説明するための説明図である。図 15 と、既述の図 12 及び図 13 とに示すように、報知制御部 112 は、モニタ 18 及びスピーカ 119 と共に本発明の報知部を構成する。報知制御部 112 は、時間予測部 110 から入力された戻り時間情報 126 をモニタ 18 及びスピーカ 119 に出力する。これにより、モニタ 18 において例えば前眼部像 D2（動画像）と共に戻り時間情報 126 が表示される。また、スピーカ 119 から戻り時間情報 126 が音声出力される。

【0132】

図 16 は、第 4 実施形態の眼科装置 10 による被検眼 E の眼底撮影処理の流れを示すフローチャートである。なお、ステップ S1 からステップ S9 までの処理は、既述の第 1 実施形態（図 8 参照）及び第 2 実施形態（図 12 参照）と同じであるので、具体的な説明は省略する。

20

【0133】

図 16 に示すように、眼底カメラユニット 14a による被検眼 E の 1 回目の眼底撮影の完了後、瞳孔径検出部 104 により繰り返し検出される瞳孔径  $d$  が撮影閾値 T1 未満である場合（ステップ S10 で NO）、時間予測部 110 が作動する。時間予測部 110 は、瞳孔径検出部 104 の検出結果等に基づき、既述の図 13 又は図 14 で説明したように戻り時間  $t$  を予測して戻り時間情報 126 を報知制御部 112 に出力する（ステップ S10）。

30

【0134】

そして、報知制御部 112 は、時間予測部 110 から入力された戻り時間情報 126 をモニタ 18 及びスピーカ 119 に出力する（ステップ S10）。これにより、既述の図 15 に示したように、モニタ 18 及びスピーカ 119 から戻り時間情報 126 が報知（画面表示及び音声出力）される。

【0135】

以下、瞳孔径検出部 104 により繰り返し検出される瞳孔径  $d$  が撮影閾値 T1 以上となるまで、ステップ S8 ~ S10, S10, S10 の処理が繰り返し実行される。その結果、時間予測部 110 による戻り時間  $t$  の予測結果の更新と、報知制御部 112 による戻り時間情報 126 の報知とが繰り返し実行される（ステップ S10 で NO）。

40

【0136】

なお、瞳孔径  $d$  が撮影閾値 T1 以上となった以降の処理は、上記第 1 実施形態と同じであるので説明は省略する。また、瞳孔径  $d$  が撮影閾値 T1 未満である状態が一定時間以上継続した場合には、第 2 実施形態と同様に小瞳孔径絞り 39A を用いて被検眼 E の眼底撮影を行ってもよい。

【0137】

以上のように第 4 実施形態では、被検眼 E の 2 回目以降の眼底撮影を行う場合に、被検眼 E の瞳孔 E p の縮瞳が収まるまでの戻り時間  $t$  を予測して検者等に報知することができる。これにより、検者は戻り時間  $t$ 、すなわち 2 回目以降の被検眼 E の眼底撮影が開始さ

50

れるタイミングを認識することができる。

【0138】

なお、第4実施形態では、モニタ18及びスピーカ119を用いて戻り時間情報126（戻り時間 $t$ ）の報知を行っているが、モニタ18及びスピーカ119のいずれか一方のみで戻り時間情報126の報知を行ってもよい。

【0139】

[第5実施形態]

次に、本発明の第5実施形態の眼科装置10について説明する。上記各実施形態では、被検眼Eの1回目の眼底撮影前の瞳孔径 $d$ に基づき撮影閾値 $T_1$ を決定し、この撮影閾値 $T_1$ に基づき2回目以降の眼底撮影で上述の撮影制御を実行しているが、第5実施形態では、被検眼Eの1回目の眼底撮影から上述の撮影制御を実行する。

10

【0140】

なお、第5実施形態の眼科装置10は、記憶部92内に予め撮影閾値 $T_1$ が記憶されている点を除けば、上記各実施形態の眼科装置10と基本的に同じ構成である。このため、上記各実施形態と機能又は構成上同一のものについては同一符号を付してその説明は省略する。

【0141】

第5実施形態の撮影閾値 $T_1$ は、例えば、標準的な瞳孔径 $d$ に基づき定められた閾値、或いは被検者の年齢及び疾患等の各種条件ごとに個別に定められた閾値である。なお、被検者ごとの瞳孔 $E_p$ の瞳孔径 $d$ を予め測定して病院のデータベース等に記憶させておくことで、閾値決定部106がデータベースにアクセスして被検者の瞳孔径 $d$ の情報を取得すると共にこの取得した情報に基づき撮影閾値 $T_1$ を決定して記憶部92に記憶させてもよい。

20

【0142】

図17は、第5実施形態の眼科装置10による被検眼Eの眼底撮影処理の流れを示すフローチャートである。なお、ステップS1からステップS3までの処理は、既述の図8で説明した第1実施形態と同じであるので具体的な説明は省略する。

【0143】

図17に示すように、第5実施形態の撮影制御部108は、被検眼Eの1回目（ $N=1$ ）の眼底撮影前（ステップS3A）に記憶部92から撮影閾値 $T_1$ を取得する。そして、撮影制御部108は、前眼部像取得部100による前眼部像 $D_2$ の取得及び瞳孔径検出部104による瞳孔径 $d$ の検出が行われると（ステップS4, S5）、この瞳孔径 $d$ の検出結果に基づき、瞳孔径 $d$ が撮影閾値 $T_1$ 以上となるまで被検眼Eの1回目の眼底撮影の実行を待機する（ステップS10CでNO）。

30

【0144】

そして、撮影制御部108は、瞳孔径検出部104により繰り返し検出される瞳孔径 $d$ が撮影閾値 $T_1$ 以上になった場合に、眼底カメラユニット14aによる被検眼Eの1回目の眼底撮影を実行させる（ステップS10CでYES、ステップS11）。これにより、眼底撮影前の別の検査等で照明光が被検眼Eに照射されることで瞳孔 $E_p$ が縮瞳している場合であっても、この縮瞳が収まるのに合わせて眼底カメラユニット14aによる1回目の眼底撮影を自動的に実行可能である。その結果、良好な眼底撮影像 $D_1$ が得られる。

40

【0145】

なお、上記第2実施形態と同様に、瞳孔径 $d$ が撮影閾値 $T_1$ 未満である状態が一定時間以上継続した場合には、小瞳孔径絞り39Aを用いて被検眼Eの眼底撮影を行ってもよい。

【0146】

以下、被検眼Eの2回目以降（ $N=2$ ）の眼底撮影を行う場合には、ステップS4からステップS11Cまでの処理が繰り返し実行される（ステップS12, S13）。

【0147】

以上のように第5実施形態の眼科装置10では、予め撮影閾値 $T_1$ を決定しておくことで、被検眼Eの1回目の眼底撮影から上述の撮影制御を実行することができる。これによ

50

り、眼底撮影前に行われた他の検査によって被検眼 E の瞳孔 E p の縮瞳が発生している場合でも、良好な眼底撮影像 D 1 が得られる。

【 0 1 4 8 】

[ その他 ]

上記各実施形態では、瞳孔径検出部 1 0 4 がステレオカメラ 2 0 により撮影された前眼部像 D 2 に基づき被検眼 E の瞳孔径 d を検出しているが、眼底カメラユニット 1 4 a により撮影された前眼部像 D 2 に基づき瞳孔径 d の検出を行ってもよい。この場合でも上述の撮影制御部 1 0 8 による撮影制御を実施可能である。

【 0 1 4 9 】

上記各実施形態では、撮影開始操作がなされてから被検眼 E の眼底撮影が全て終了するまでの間、ステレオカメラ 2 0 又は眼底カメラユニット 1 4 a による前眼部像 D 2 の撮影を繰り返し実行（連続的に実行）しているが、被検眼 E の眼底撮影前の所定期間だけ前眼部像 D 2 の撮影を繰り返し実行してもよい。

10

【 0 1 5 0 】

上記各実施形態では、絞り 3 9 及び小瞳孔径絞り 3 9 A が別体に設けられているが、絞り径を調整可能な可変絞りを、絞り 3 9 及び小瞳孔径絞り 3 9 A として機能させてもよい。

【 0 1 5 1 】

上記各実施形態では、眼底カメラと光干渉断層計との複合機を例に挙げて説明したが、無散瞳の被検眼 E の眼底撮影を行う眼底カメラ（無散瞳眼底カメラ）にも本発明を適用可能である。

20

【 符号の説明 】

【 0 1 5 2 】

1 0 眼科装置

1 1 ベース

1 2 顔支持部

1 2 a 顎受け

1 2 b 額当て

1 3 架台

1 4 測定ヘッド

1 4 a 眼底カメラユニット

30

1 4 b OCTユニット

1 5 外部固視灯

1 6 操作部

1 6 a 操作レバー

1 7 電動駆動機構

1 8 モニタ

1 9 レンズ収容部

2 0 ステレオカメラ

2 0 a 第 1 カメラ

2 0 b 第 2 カメラ

40

2 2 演算制御ユニット

3 0 照明光学系

3 1 観察光源

3 2 反射ミラー

3 3 集光レンズ

3 4 可視カットフィルタ

3 5 撮影光源

3 6 ミラー

3 7 リレーレンズ

3 8 リレーレンズ

50

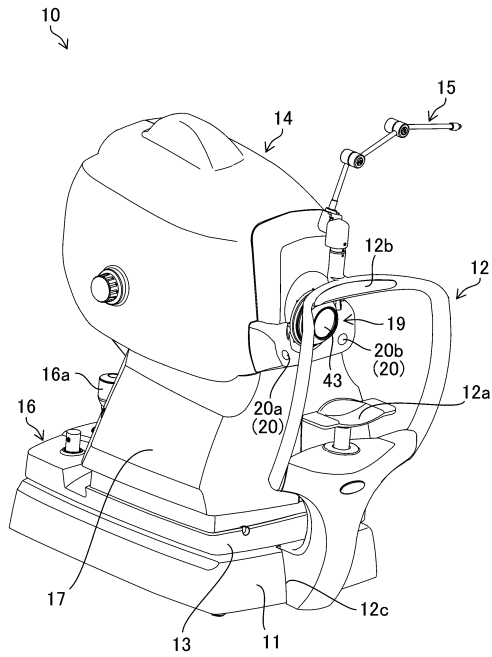
3 9	絞り	
3 9 A	小瞳孔径絞り	
3 9 B	絞り切替機構	
4 0	リレーレンズ	
4 1	孔開きミラー	
4 2	ダイクロイックミラー	
4 3	対物レンズ	
5 0	撮像光学系	
5 1	合焦レンズ	
5 2	ミラー	10
5 3	ハーフミラー	
5 4	視標表示部	
5 5	ダイクロイックミラー	
5 6	集光レンズ	
5 7	撮像素子	
5 8	ミラー	
5 9	集光レンズ	
6 0	撮像素子	
7 0	フォーカス光学系	
7 1	LED	20
7 2	リレーレンズ	
7 3	スプリット指標板	
7 4	二孔絞り	
7 5	ミラー	
7 6	集光レンズ	
7 7	反射棒	
8 0	OCT光学系	
8 1	コリメータレンズユニット	
8 2	光路長変更部	
8 3	ガルバノスキャナ	30
8 4	合焦レンズ	
8 5	ミラー	
8 6	リレーレンズ	
9 0	統括制御部	
9 2	記憶部	
9 4	画像形成部	
9 6	データ処理部	
1 0 0	前眼部像取得部	
1 0 2	アライメント制御部	
1 0 4	瞳孔径検出部	40
1 0 6	閾値決定部	
1 0 8	撮影制御部	
1 0 9	小瞳孔径判定部	
1 1 0	時間予測部	
1 1 2	報知制御部	
1 1 9	スピーカ	
1 2 0	瞳孔径情報	
1 2 2	光源情報	
1 2 4	被検者情報	
1 2 6	戻り時間情報	50

- D 1 眼底撮影像
- D 2 前眼部像
- E 被検眼
- E a 前眼部
- E b 瞳孔縁
- E f 眼底
- E p 瞳孔
- E r 虹彩
- M V 実測値
- O A 光軸
- P V 予測値
- T 1 撮影閾値
- T 2 判定閾値
- W 波形
- d 瞳孔径
- t 戻り時間

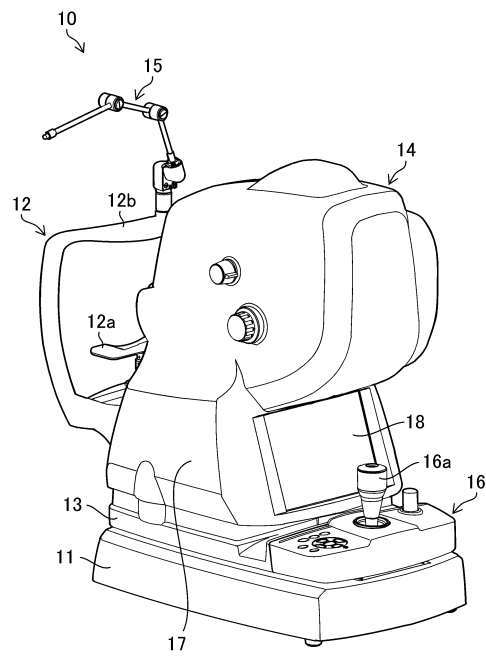
10

【図面】

【図 1】



【図 2】



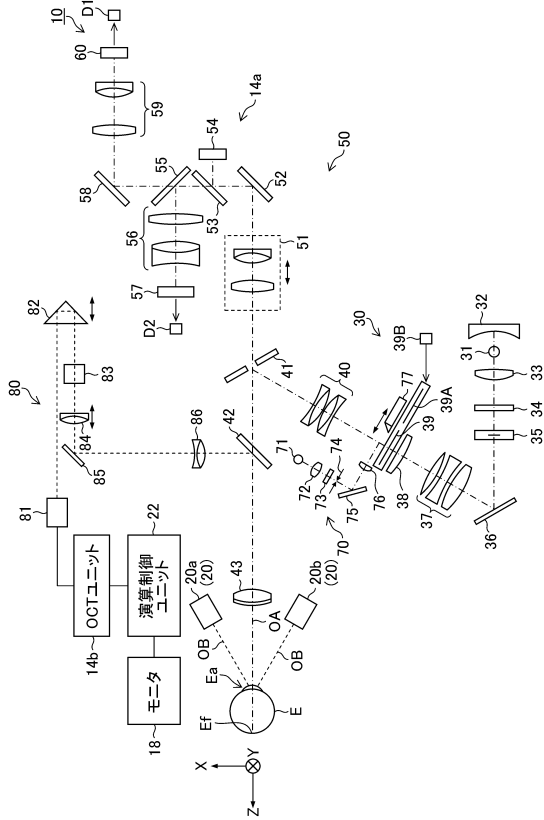
20

30

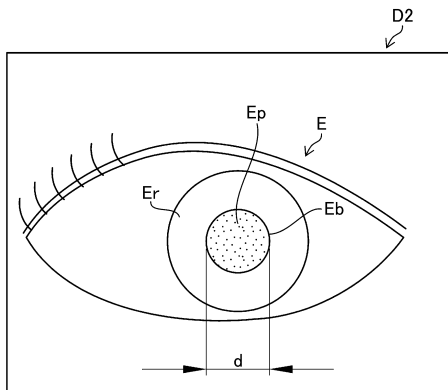
40

50

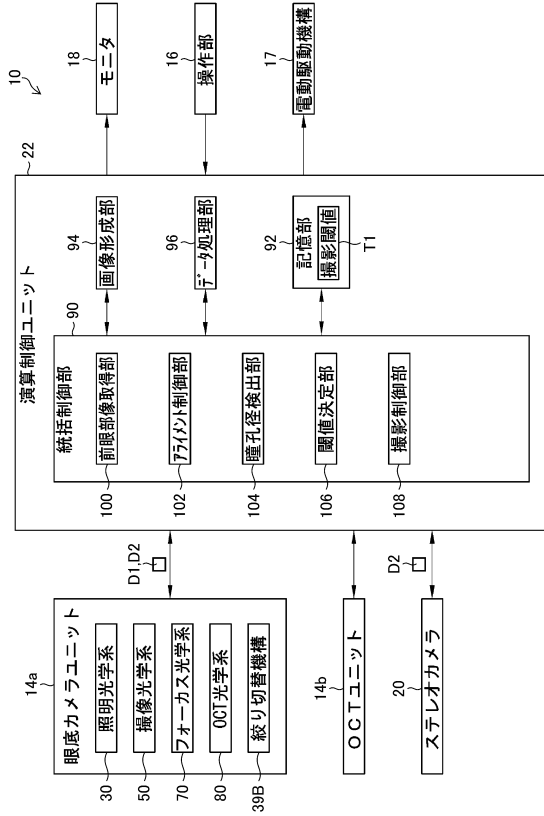
【図3】



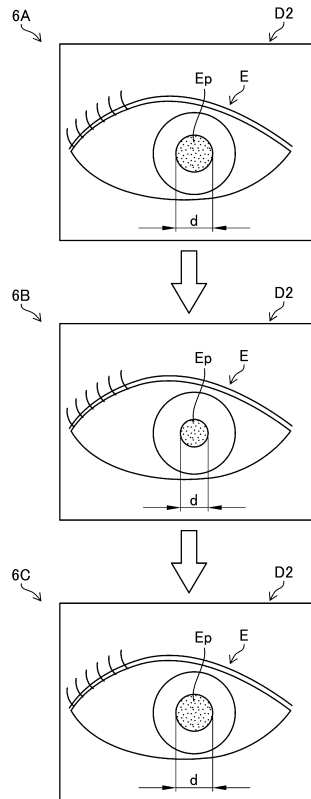
【図5】



【図4】



【図6】



10

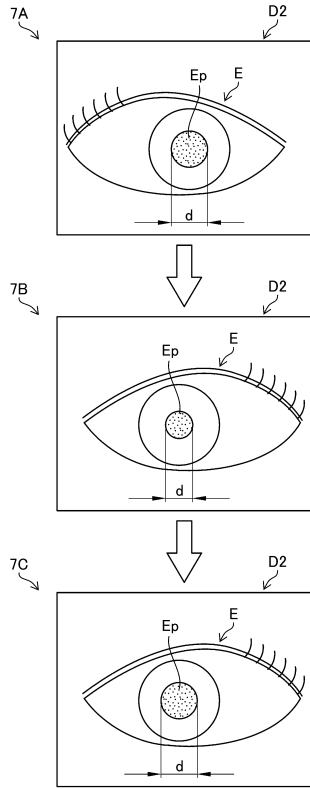
20

30

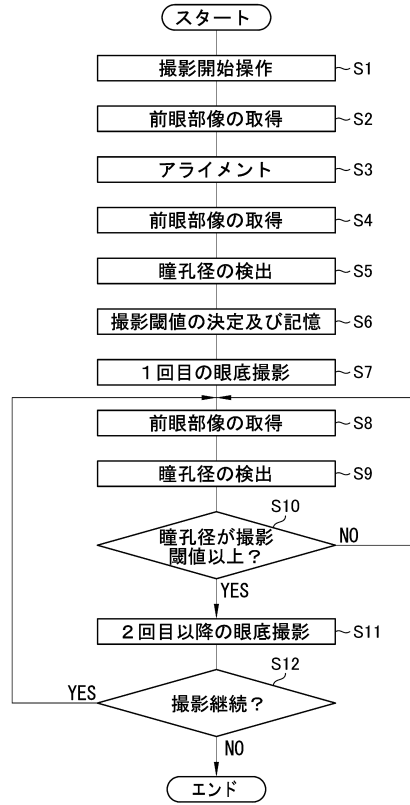
40

50

【図7】



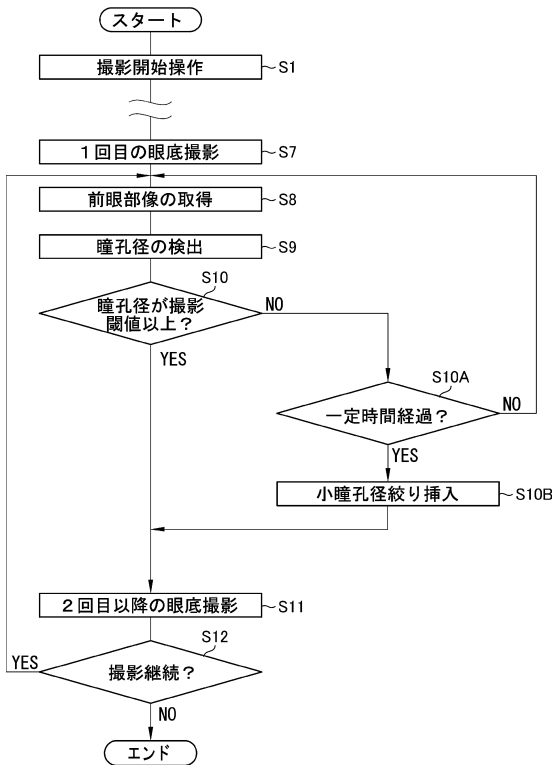
【図8】



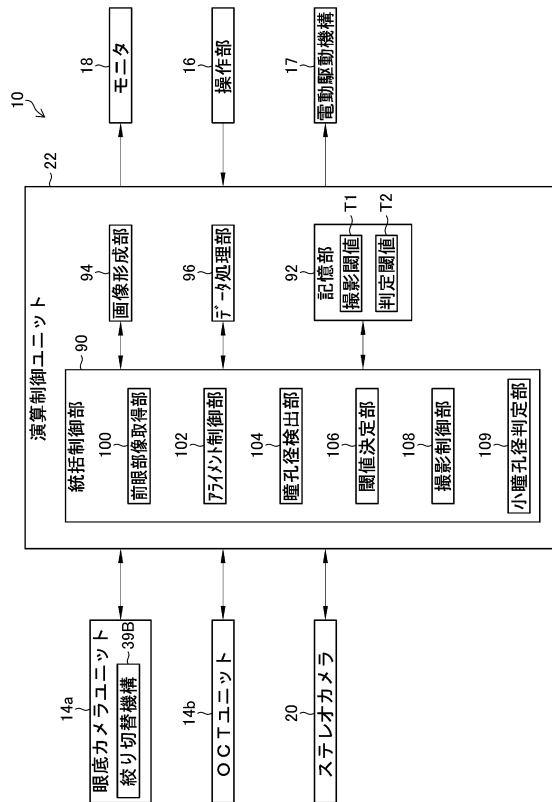
10

20

【図9】



【図10】

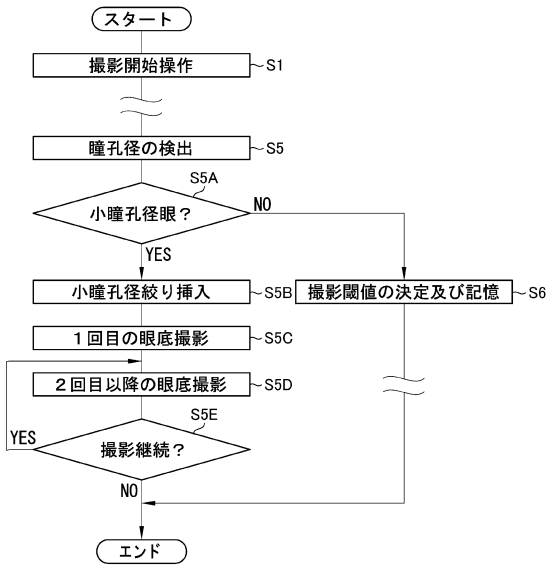


30

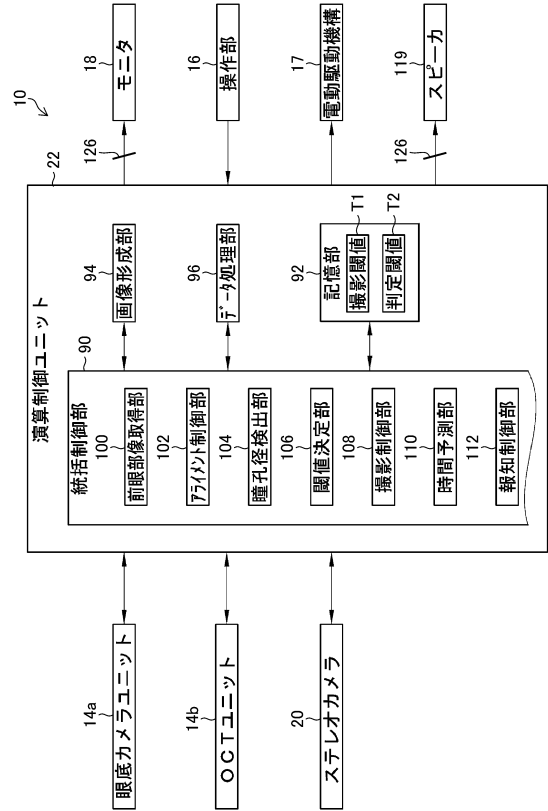
40

50

【図 1 1】



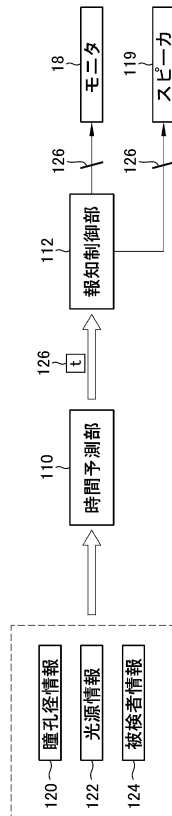
【図 1 2】



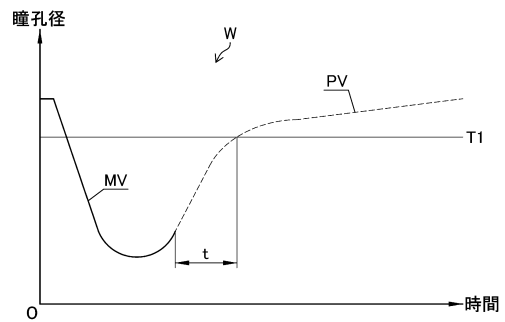
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】

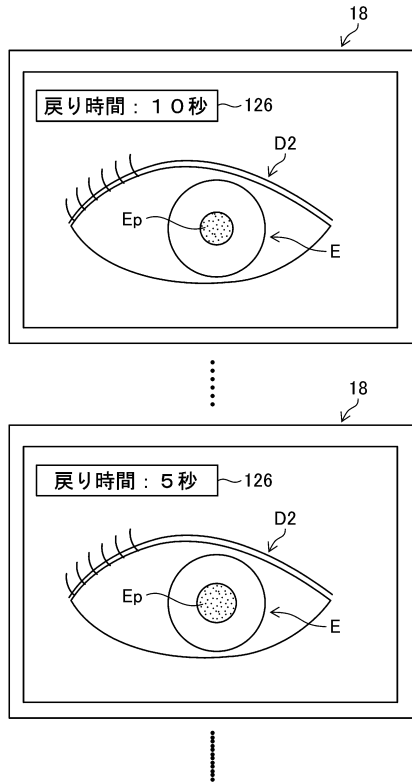


30

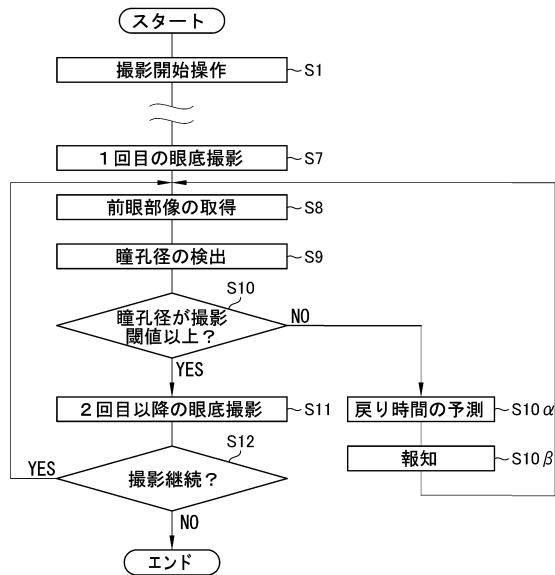
40

50

【図 15】



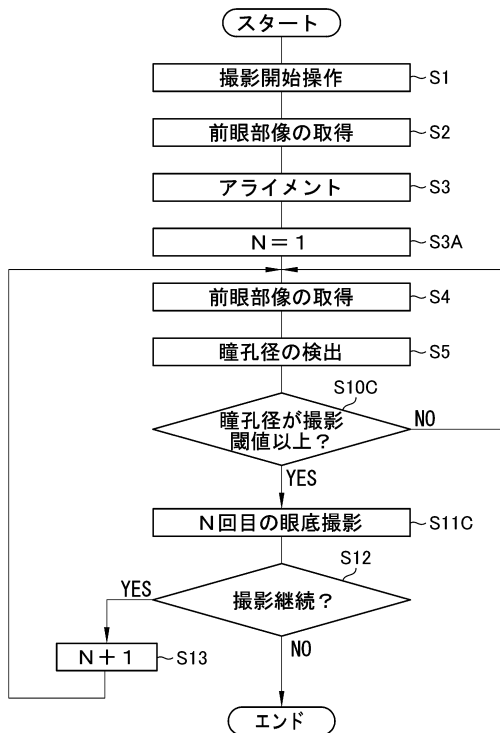
【図 16】



10

20

【図 17】



30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2012 - 179205 (JP, A)  
米国特許出願公開第 2020 / 0196863 (US, A1)  
国際公開第 2020 / 032128 (WO, A1)  
特開 2009 - 112664 (JP, A)  
特開 2015 - 177881 (JP, A)  
特開 2014 - 226370 (JP, A)  
国際公開第 2014 / 091992 (WO, A1)  
韓国公開特許第 10 - 2020 - 0069547 (KR, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
A61B 3 / 00 - 3 / 18