

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5199009号
(P5199009)

(45) 発行日 平成25年5月15日(2013.5.15)

(24) 登録日 平成25年2月15日(2013.2.15)

(51) Int.Cl.

F 1

A 6 1 B 3/14 (2006.01)

A 6 1 B 3/14 M

A 6 1 B 3/10 (2006.01)

A 6 1 B 3/10 H

A 6 1 B 3/14 E

請求項の数 3 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2008-255757 (P2008-255757)
(22) 出願日 平成20年9月30日(2008.9.30)
(65) 公開番号 特開2010-82281 (P2010-82281A)
(43) 公開日 平成22年4月15日(2010.4.15)
審査請求日 平成23年9月26日(2011.9.26)

(73) 特許権者 000135184
株式会社ニデック
愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4
(72) 発明者 市川 直樹
愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4 株
式会社ニデック拾石工場内

審査官 島田 保

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 眼底カメラ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光軸方向に移動可能に配置されたフォーカスレンズと、眼底撮影用の撮像素子と、を有し、前記眼底を撮影するための撮影光学系と、

眼底観察用の撮像素子を有し、被検者眼の眼底を観察するための観察光学系と、

前記被検者眼の角膜に角膜乱視検出用の指標を投影するための角膜指標投影光学系と、二次元受光素子を有し、前記角膜に投影された前記指標を検出するための指標検出光学系と、

モニタと、

前記眼底撮影用の撮像素子又は前記眼底観察用の撮像素子からの出力信号を処理して前記眼底の撮影画像又は前記眼底の観察画像の少なくともいずれかを前記モニタ上に表示させる制御部と、

を有する眼底カメラにおいて、

前記制御部は、前記受光素子への前記指標の結像位置に基づいて前記被検者眼の角膜乱視の有無を判定し、その判定結果を前記眼底撮影画像又は前記眼底観察像と共に前記モニタ上に表示させることを特徴とする眼底カメラ。

【請求項 2】

請求項1の眼底カメラにおいて、

前記フォーカスレンズを光軸方向に移動させるための駆動機構と、

前記眼底に対する装置のフォーカス状態に応じて前記眼底上で所定方向に分離されるス

10

20

プリット指標を前記眼底に投影するための眼底指標投影光学系と、を有し、

前記制御部は、前記観察用撮像素子に撮像された前記スプリット指標の像の分離状態に基づいて前記駆動機構を駆動制御すると共に、前記被検者眼が角膜乱視と判定された場合、前記角膜屈折力の平均値に対応する位置に前記フォーカスレンズが移動されるように前記駆動機構を駆動制御することを特徴とする眼底カメラ。

【請求項 3】

請求項 2 の眼底カメラにおいて、前記制御部は、平均角膜屈折力に対する前記スプリット指標の分離方向における前記角膜屈折力のずれを検出し、前記ずれの方向及び大きさに基づいて前記スプリット指標の合致位置に対する前記フォーカスレンズの移動方向及び移動量を求め、得られた移動方向及び移動量に基づいて前記駆動機構を駆動制御することを特徴とする眼底カメラ。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被検者眼の眼底を撮影する眼底カメラに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、被検者眼の眼底を撮影する眼底カメラには、被検者眼眼底とのフォーカスを合わせるためのフォーカスレンズが設けられており、フォーカスレンズを手動又は自動（オートフォーカス）にて光軸方向に移動させることにより、被検者眼眼底と撮像素子とのフォーカス合わせがなされている。

20

【0003】

また、被検者眼眼底とのフォーカス状態を検者に報知させる構成としては、被検者眼眼底にスプリット指標を投影し、その反射光を眼底観察光学系の撮像素子により受光し、その撮像信号を表示モニタに出力させたときのスプリット指標の分離状態からフォーカス状態を検者に報知する手法が一般的である（特許文献 1 参照）。

【特許文献 1】特開 2007 - 202724 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

30

ところで、近年では、高画素の二次元撮像素子により被検者眼眼底を撮像し、取得した眼底画像をパソコンのディスプレイ等の大きな画面に表示して観察することが多い。例えば、強度の乱視眼の眼底画像を表示すると、小さなモニタ画面ではあまり気にならない眼底画像のぼけが目立ってしまい、観察し難くなる場合がある。

【0005】

このような場合、検者は、眼底画像のぼけの原因が分からず（例えば、操作ミスや涙の影響による眼底画像のボケと区別がつかない）同じ撮影を繰り返し、被検者の負担になることがあった。

【0006】

本発明は、上記問題点を鑑み、強度乱視の被検者の負担を軽減できる眼底カメラを提供することを技術課題とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明は以下のような構成を備えることを特徴とする。

(1)

光軸方向に移動可能に配置されたフォーカスレンズと、眼底撮影用の撮像素子と、を有し、前記眼底を撮影するための撮影光学系と、

眼底観察用の撮像素子を有し、被検者眼の眼底を観察するための観察光学系と、

前記被検者眼の角膜に角膜乱視検出用の指標を投影するための角膜指標投影光学系と、

50

二次元受光素子を有し、前記角膜に投影された前記指標を検出するための指標検出光学系と、

モニタと、

前記眼底撮影用の撮像素子又は前記眼底観察用の撮像素子からの出力信号を処理して前記眼底の撮影画像又は前記眼底の観察画像の少なくともいずれかを前記モニタ上に表示させる制御部と、

を有する眼底カメラにおいて、

前記制御部は、前記受光素子への前記指標の結像位置に基づいて前記被検者眼の角膜乱視の有無を判定し、その判定結果を前記眼底撮影画像又は前記眼底観察像と共に前記モニタ上に表示させることを特徴とする。

10

(2) (1)の眼底カメラにおいて、

前記フォーカスレンズを光軸方向に移動させるための駆動機構と、

前記眼底に対する装置のフォーカス状態に応じて前記眼底上で所定方向に分離されるスプリット指標を前記眼底に投影するための眼底指標投影光学系と、を有し、

前記制御部は、前記観察用撮像素子に撮像された前記スプリット指標の像の分離状態に基づいて前記駆動機構を駆動制御すると共に、前記被検者眼が角膜乱視と判定された場合、前記角膜屈折力の平均値に対応する位置に前記フォーカスレンズが移動されるように前記駆動機構を駆動制御することを特徴とする。

(3) (2)の眼底カメラにおいて、前記制御部は、平均角膜屈折力に対する前記スプリット指標の分離方向における前記角膜屈折力のずれを検出し、前記ずれの方向及び大きさに基づいて前記スプリット指標の合致位置に対する前記フォーカスレンズの移動方向及び移動量を求め、得られた移動方向及び移動量に基づいて前記駆動機構を駆動制御することを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、強度乱視の被検者の負担を軽減できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

30

以下、本発明に係る実施形態を図面に基いて説明する。図1は、本実施形態に係る眼底カメラの光学系及び制御系の概略構成図である。光学系は、照明光学系10と、眼底観察・撮影光学系30と、アライメント指標投影光学系50と、前眼部観察光学系60と、固視標呈示光学系70と、から大別構成されている。なお、以下の光学系は図示無き筐体に内蔵されている。筐体は、装置に設けられた周知のアライメント移動機構の駆動により、操作部材（例えば、ジョイスティック）等を介して被検者眼に対して三次元的に移動される。

【0010】

<照明光学系> 照明光学系10は、眼底観察照明光学系及び撮影照明光学系を有する。撮影照明光学系は、フラッシュランプ等の撮影用照明光源14と、コンデンサレンズ15と、円形遮光部を持つ第1遮光板17a（例えば、リングスリット）と、円形遮光部を中心に有すると共にリング状の開口を有するリングスリット17bと、円形遮光部を持つ第2遮光板17c（例えば、リングスリット）と、リレーレンズ18と、全反射ミラー19と、中心部に黒点を有する黒点板20と、リレーレンズ21と、孔あきミラー22と、対物レンズ25と、を備える。

40

【0011】

また、眼底観察照明光学系は、ハロゲンランプ等の眼底観察用照明光源11と、波長750nm以上の赤外光を透過する赤外透過フィルタ12と、コンデンサレンズ13と、コンデンサレンズ13とリングスリット17aとの間に配置されたダイクロイックミラー16と、第1遮光板17aから対物レンズ25までの光学系と、を備える。ダイクロイック

50

ミラー 16 は、光源 11 からの光を反射して光源 14 からの光を透過する特性を有する。

【0012】

<眼底観察・眼底撮影光学系> 眼底観察・撮影光学系 30 は、対物レンズ 25 と、孔あきミラー 22 の開口近傍に位置する撮影絞り 31 と、光軸方向に移動可能なフォーカスレンズ 32 と、結像レンズ 33 と、眼底撮影時に挿脱機構 39 によって光路外に出脱される全反射ミラー 34 と、を備え、撮影光学系と眼底観察光学系とは対物レンズ 25 から結像レンズ 33 までの光学系を共用する。撮影絞り 31 は、対物レンズ 25 に関して被検者眼 E の瞳孔と略共役な位置に配置されている。フォーカスレンズ 32 は、モータ等を備える移動機構 49 により光軸方向に移動される。ミラー 34 の通過方向の光路には、可視域に感度を有する撮影用二次元撮像素子 35 が配置されている。ミラー 34 の反射方向の光路には、赤外光反射及び可視光透過の特性を有するダイクロイックミラー 37 と、リレーレンズ 36 と、赤外域に感度を有する観察用二次元撮像素子 38 と、が配置されている。

10

【0013】

また、対物レンズ 25 と孔あきミラー 22 との間には、眼底撮影時に挿脱機構 66 によって光路外に出脱される光路分岐部材としてのダイクロイックミラー（波長選択ミラー）24 が配置されている。ダイクロイックミラー 24 は、アライメント指標投影光学系 50 の光と前眼部観察用照明光源 58 の光とを反射してフィルタ 12 を通過した眼底観察用照明光源 11 の光を透過する特性を有する。

【0014】

光源 11 から発せられた光束は、フィルタ 12 によって赤外光束とされ、コンデンサレンズ 13 を通過し、ダイクロイックミラー 16 で反射され、第 1 遮光板 17a を照明する。第 1 遮光板 17a を通過した光は、リングスリット 17b、第 2 遮光板 17c 及びリレーレンズ 18 を通過し、ミラー 19 で反射され、黒点板 20 及びリレーレンズ 21 を通過し、孔あきミラー 22 で反射される。孔あきミラー 22 で反射された光は、ダイクロイックミラー 24 を透過し、対物レンズ 25 により被検者眼 E の瞳孔付近で一旦収束した後、拡散して被検者眼 E の眼底を照明する。

20

【0015】

眼底からの反射光束は、対物レンズ 25、ダイクロイックミラー 24、孔あきミラー 22 の開口部、撮影絞り 31、フォーカスレンズ（フォーカシングレンズ）32、及び結像レンズ 33 を通過し、ミラー 34 及びダイクロイックミラー 37 で反射され、リレーレンズ 36 を通過して、撮像素子 38 に結像する。なお、撮像素子 38 の出力は制御部 80 に入力され、図 3 に示すように、モニタ 8 には、撮像素子 38 によって撮像される被検者眼 E の眼底観察像が表示される。

30

【0016】

また、光源 14 から発せられた光束は、コンデンサレンズ 15 及びダイクロイックミラー 16 を通過し、眼底観察用の照明光と同様の光路を経て、眼底を照明する。そして、眼底からの反射光束は、対物レンズ 25、孔あきミラー 22 の開口部、撮影絞り 31、フォーカスレンズ 32、及び結像レンズ 33 を通過して、撮像素子 35 に結像する。ここで、フォーカスレンズ 32 は、モータ等を備える移動機構（駆動機構）49 により光軸方向に移動される。

40

【0017】

<フォーカス指標投影光学系> フォーカス指標投影光学系 40 は、赤外光源 41 と、スリット指標板 42 と、スリット指標板 42 に取り付けられた 2 つの偏角プリズム 43 と、投影レンズ 47 と、照明光学系 10 の光路に斜設されたスポットミラー 44 と、を備える。スポットミラー 44 はレバー 45 の先端に固着されていて、通常は光軸に斜設されるが、撮影前の所定のタイミングで、ロータリソレノイド 46 の軸の回転により、光路外に退避させられる。なお、スポットミラー 44 は被検者眼の眼底と共役な位置に配置される。光源 41、スリット指標板 42、偏角プリズム 43、投影レンズ 47、スポットミラー 44 及びレバー 45 は、フォーカスレンズ 32 と連動して移動機構 49 により光軸方向に移動される。

50

【 0 0 1 8 】

この場合、光の偏角方向が上下一対の関係となるように形成された２つの偏角プリズム 4 3 が投影光軸 L 3 を挟んで左右に並べて配置されており、スリット指標板 4 2 に形成された左右方向に延びるスリットが重ねられている。ここで、フォーカス指標投影光学系 4 0 のスリット指標板 4 2 の光束は、偏角プリズム 4 3 及び投影レンズ 4 7 を介してスポットミラー 4 4 により反射された後、リレーレンズ 2 1、孔あきミラー 2 2、ダイクロイックミラー 2 4、対物レンズ 2 5 を経て被検者眼 E の眼底に投影される。

【 0 0 1 9 】

これにより、スプリット指標（フォーカス指標）S 1・S 2 が眼底上に投影され、図 3 に示すように、被検者眼眼底に対する装置のフォーカス状態に応じて眼底上で上下方向に分離される。そして、被検者眼 E の眼底上に投影されたフォーカス指標像 S 1・S 2 は、眼底観察用の撮像素子 3 8 によって眼底像と共に撮像される。

10

【 0 0 2 0 】

これにより、撮像素子 3 8 の撮像信号がモニタ 8 に出力されると、検者は、スプリット指標の分離状態からフォーカスのずれを把握できる。また、制御部 8 0 は、スプリット指標の像の分離状態に基づいて眼底のフォーカス状態を電氣的に検出し、その検出結果に基づいてフォーカスレンズ 3 2 を光軸方向に自動的に移動させるオートフォーカス制御を行うことも可能である。

【 0 0 2 1 】

< アライメント指標投影光学系 > アライメント用指標光束を投影するアライメント指標投影光学系 5 0 には、図 1 の左上の点線 A 内の図に示すように、撮影光軸 L 1 を中心として同心円上に 4 5 度間隔で中心波長 9 4 0 n m の赤外光を発する赤外光源が複数個配置されている。アライメント指標投影光学系 5 0 は、撮影光軸 L 1 を通る垂直平面を挟んで左右対称に配置された赤外光源 5 1 及びコリメーティングレンズ 5 2 を持つ第 1 指標投影光学系と、第 1 指標投影光学系とは異なる位置に配置された 6 つの赤外光源 5 3 を持つ第 2 指標投影光学系と、を備える。第 1 指標投影光学系は、被検者眼 E の角膜に無限遠の指標を左右方向から投影し、第 2 指標投影光学系は、被検者眼 E の角膜に有限遠の指標を上下方向又は斜め方向から投影する。なお、図 1 の本図には、便宜上、第 1 指標投影光学系と第 2 指標投影光学系の一部のみとが図示されている。なお、アライメント指標投影光学系 5 0 は、被検者眼 E の角膜に向けて角膜乱視検出用の指標を投影するための角膜指標投影光学系として兼用される。

20

30

【 0 0 2 2 】

< 前眼部観察光学系 > 被検者眼 E の前眼部を撮像する前眼部観察（撮影）光学系 6 0 は、ダイクロイックミラー 2 4 の反射方向の光路に、フィールドレンズ 6 1 と、全反射ミラー 6 2 と、絞り 6 3 と、リレーレンズ 6 4 と、赤外域の感度を有する二次元撮像素子（受光素子）6 5 と、を備える。また、撮像素子 6 5 はアライメント指標検出用の撮像手段を兼ね、中心波長 9 4 0 n m の赤外光を発する光源 5 8 により照明された前眼部の像とアライメント指標像とが撮像される。前眼部像は、対物レンズ 2 5 を通過し、ダイクロイックミラー 2 4 で反射され、フィールドレンズ 6 1 を通過し、ミラー 6 2 で反射され、絞り 6 3 及びリレーレンズ 6 4 を通過して、撮像素子 6 5 に結像する。また、アライメント指標投影光学系 5 0 が持つ光源から発せられた光束は、角膜に投影され、その角膜反射像は、対物レンズ 2 5 ~ リレーレンズ 6 4 を介して撮像素子 6 5 に結像する。撮像素子 6 5 の出力は制御部 8 0 に入力され、図 2 に示すように、モニタ 8 には撮像素子 6 5 によって撮像された前眼部像が表示される。なお、前眼部観察光学系は、角膜に投影された指標を検出するための指標検出光学系を兼用する。また、前眼部観察光学系 6 0 は、被検者眼 E に対する装置本体のアライメント状態を検出する役割を兼用する。

40

【 0 0 2 3 】

< 固視標呈示光学系 > 被検者眼 E を固視させるための固視標を呈示する固視標呈示光学系 7 0 は、赤色の光源 7 4 と、開口が形成された遮光板 7 1 と、リレーレンズ 7 5 と、を備え、ダイクロイックミラー 3 7 を介してミラー 3 4 から対物レンズ 2 5 までの観察光

50

学系 30 の光路を共用する。

【0024】

この場合、光源 74 により遮光板 71 が背後から照明されることにより固視標（固視灯）となる。そして、固視標からの光束は、リレーレンズ 75 及びダイクロイックミラー 37 を通過し、ミラー 34 で反射され、結像レンズ 33、フォーカスレンズ 32、孔あきミラー 22、ダイクロイックミラー 24、及び対物レンズ 25 を通過して眼底に集光し、被検者は開口 71 からの光束を固視標として視認する。

【0025】

<制御系> 撮像素子 65、38 及び 35 は、制御部 80 に接続されている。制御部 80 は、撮像素子 65 に撮像された前眼部像からアライメント指標を検出処理する。また、制御部 80 はモニタ 8 に接続され、その表示画像を制御する（例えば、撮像素子 38 からの出力信号を処理して眼底の観察画像をモニタ 8 上に表示させる）。制御部 80 には、他に、移動機構 49、挿脱機構 39、挿脱機構 66、ジョイスティック 4（回転ノブ 4a、撮影スイッチ 4b）、各種のスイッチを持つスイッチ部 84、記憶手段としてのメモリ 85、各光源等が接続されている。ここで、制御部 80 は、撮像素子 65 の撮影信号に基づいて被検者眼に対する装置本体 3 のアライメント偏位量を検出する。また、制御部 80 は、撮像素子 65 にて撮像されたアライメント指標像に基づいて被検者眼の角膜乱視を検出する。

【0026】

なお、スイッチ部 84 には、眼底のフォーカス状態の調整を装置で自動的に行うオートフォーカスモードと手動にて行う手動フォーカスモードとを選択するスイッチ 84a、手動にてフォーカス調整を行うためのフォーカススイッチ（フォーカスノブ）84b、などが設けられている。

【0027】

また、制御部 80 は、図 2 の前眼部像観察画面（図 3 の眼底観察画面に表示させてもよい）に示すように、アライメント基準となるレチクル LT を表示モニタ 8 の画面上の所定位置に電子的に形成して表示させるとともに、制御部 80 にて検出されたアライメント偏位量に基づいてレチクル LT との相対距離を変化させるようにアライメント指標 A1 を表示モニタ 8 の画面上に電子的に形成して表示させる。

【0028】

以上のような構成を備える眼底カメラの動作について説明する。ここでは、オートフォーカスモードが選択された場合について説明する。

【0029】

初期段階では、ダイクロイックミラー 24 は撮影光学系 30 の光路に挿入されており、撮像素子 65 に撮像された前眼部像がモニタ 8 に表示される。検者は、前眼部像がモニタ 8 に現れるようにジョイスティック 4 の操作により図示無き筐体を左右上下に移動する。前眼部像がモニタ 8 に現われるようになると、図 2 に示すように、8 つの指標像 Ma ~ Mh が現われるようになる。

【0030】

前述のように被検者眼角膜上に投影されたアライメント指標像が撮像素子 65 に検出されると、制御部 80 は、撮像素子 65 からの撮像信号に基づいて被検者眼に対する装置本体 3 のアライメント偏位量を検出する。

【0031】

また、制御部 80 は、前述のように検出される無限遠の指標像 Ma, Me の間隔と有限遠の指標像 Mh, Mf の間隔とを比較することにより Z 方向のアライメント偏位量を求める。

【0032】

ここで、検者は、レチクル LT とアライメント指標 A1 が合致するようにアライメントを行う。これにより、XYZ 方向のアライメント偏位量が所定のアライメント許容範囲を満たしたら、制御部 80 は XYZ 方向のアライメントが合致したと判定し、次のステップ

10

20

30

40

50

に移行する。

【 0 0 3 3 】

次に、制御部 8 0 は、被検者眼の眼底に対するオートフォーカスを行う。図 3 は、撮像素子 3 8 で撮像される眼底像の例であり、眼底像の中心にフォーカス視標投影光学系 4 0 によるフォーカス指標像 S 1、S 2 が投影されている。ここで、フォーカス指標像 S 1、S 2 は、フォーカスが合っていないときには分離され、フォーカスが合っているときに一致して投影される。なお、厳密に言えば、指標 S 1・S 2 が一致している状態は、被検眼の上下方向の屈折誤差が補正された状態である。

【 0 0 3 4 】

ここで、フォーカスレンズ 3 2 が、指標 S 1・S 2 が一致している状態からマイナス方向（近視眼に対応する方向）に移動されると、指標 S 1 に対して指標 S 2 が下にずれる。また、フォーカスレンズ 3 2 が、指標 S 1・S 2 が一致している状態からプラス方向（遠視眼に対応する方向）に移動されると、指標 S 1 に対して指標 S 2 が上にずれる。本実施形態において、マイナス方向とは、フォーカスレンズ 3 2 が 0 D 位置に置かれた状態において、近視眼の視度が補正されるときにフォーカスレンズ 3 2 の移動方向を指す。また、プラス方向とは、フォーカスレンズ 3 2 が 0 D 位置に置かれた状態において、遠視眼の視度が補正されるときにフォーカスレンズ 3 2 の移動方向を指す。

【 0 0 3 5 】

なお、指標像 S 1、S 2 は、画像処理部 8 0 により検出処理され、その分離情報が制御部 8 0 に送られる。制御部 8 0 はフォーカス指標像 S 1、S 2 の分離情報を基に、両者が一致するように移動機構 3 9 を駆動制御して眼底のフォーカス合わせを行う。

【 0 0 3 6 】

また、制御部 8 0 は、撮像素子 6 5 上の角膜指標像 M a ~ M h の結像位置に基づいて被検者眼の角膜乱視を判定し、その判定結果を眼底撮影画像（又は眼底観察像、もしくは前眼部像）と共にモニタ 8 に表示させる。また、制御部 8 0 は、撮像素子 6 5 上の角膜指標像 M a ~ M h の結像位置に基づいて被検眼の角膜屈折力の平均値に対応する位置にフォーカスレンズ 3 2 が移動されるようにモニタ 8 上で誘導表示を行う。

【 0 0 3 7 】

より具体的には、制御部 8 0 は、撮像素子 6 5 上に検出される角膜指標像 M a ~ M h の像高さを検出して角膜 E c の角膜曲率を算出する。この場合、角膜指標像 M a ~ M h の像高さを元に、最小二乗法により楕円近似処理が行われることにより各経線方向（0° ~ 180°）の角膜曲率が求まる。そして、制御部 8 0 は、周知の換算式（（角膜の屈折率 - 空気の屈折率） / 角膜曲率値）を用いて角膜曲率を角膜屈折力にディオプター換算し、角膜屈折力を算出する。これにより、弱主経線及び強主経線方向における角膜屈折力（D）と、角膜乱視軸角度（deg）が求まる。なお、角膜曲率算出の詳細については、特開昭 63 - 181735 号公報、特開平 7 - 124113 号公報等を参照されたい。

【 0 0 3 8 】

図 4 は、角膜屈折力の算出結果であって、経線方向毎の角膜屈折力の一例を示すグラフである。なお、図 4 は、弱主経線（R 1）方向における角膜屈折力が 42 . 0 D、強主経線（R 2）方向における角膜屈折力が 45 . 0 D、角膜乱視度数 C Y L = - 3 . 0 D（マイナス読み）、角膜乱視軸角度 A = 90°、のグラフである。

【 0 0 3 9 】

上記のように角膜屈折力が求まると、制御部 8 0 は、算出された角膜乱視度数 C Y L の絶対値が所定値（例えば、0 . 5 D）を超えるか否かにより被検者眼の角膜乱視の有無を判定する。角膜乱視眼と判定された場合、制御部 8 0 は、モニタ 8 の画面上に被検者眼が乱視眼である旨の表示を行う（図 2、図 3 中のアイコン C y l 参照）。これにより、被検者眼が乱視眼であることが検者に報知される。この場合、乱視眼判定に用いる閾値（上記所定値）を高め（例えば、3 . 0 D）に設定し、被検者眼が強度乱視眼であるか否かを判定することもある。

【 0 0 4 0 】

10

20

30

40

50

また、乱視眼と判定された場合、制御部 80 は、フォーカス指標像 S1, S2 が一致されるようにフォーカスレンズ 32 を移動させた後、オートフォーカスモードを一旦停止させ、検者によってピント合わせを行うマニュアルフォーカスモードに移行する。この場合、検者によってフォーカススイッチが操作され、フォーカス指標 S1・S2 がずれた状態となっても、オートフォーカス制御が作動されない状態となる。

【0041】

以上のようにして、所定のアライメント条件を満たし、かつ、所定のフォーカス条件を満たす（マニュアルフォーカスモードに移行された場合も含む）と、制御部 80 は、モニタ 8 の表示画像を前眼部像から眼底観察像に切換える、撮像素子 38 に撮像されたフォーカス指標像 S1・S2 を眼底観察画像と共にモニタ 8 上に表示させる。

10

【0042】

以下に、被検眼が角膜乱視と判定された場合の動作について示す。被検者眼が角膜乱視と判定された場合、制御部 80 は、前述の角膜乱視の有無の判定結果（例えば、図 3 のアイコン Cy1 参照）を眼底観察像と共にモニタ 8 上に表示させる。また、制御部 80 は、被検者眼の角膜屈折力の平均値に対応する位置にフォーカスレンズ 32 が移動されるように、フォーカスレンズ 32 の移動の誘導指示をモニタ 8 上に表示させる。

【0043】

より具体的には、制御部 80 は、上記のように算出された角膜屈折力データを用いて、R1 方向と R2 方向の角膜屈折力の平均値（平均屈折力 AVE）を算出する。また、制御部 80 は、フォーカス指標 S1・S2 の分離方向（上下方向）における角膜屈折力 FD を算出する。例えば、図 4 のようなデータの場合、平均屈折力 $AVE = 43.5 D ((42.0 + 45.0) / 2)$ 、角膜屈折力 $FD = 42.0 D$ 、が求まる。なお、平均屈折力 AVE を求める場合、R1 方向と R2 方向の角膜曲率の平均値（平均角膜曲率）を角膜屈折力に換算するようにしてもよい。

20

【0044】

次に、制御部 80 は、平均屈折力 AVE に対する角膜屈折力 FD のずれを偏位量 H ($H = AVE - FD$) として検出する。そして、制御部 80 は、ずれの大きさ及び方向に基づいてフォーカス指標 S1・S2 の合致位置に対するフォーカスレンズ 32 の移動方向及び移動量を求め、得られた移動方向及び移動量を示す誘導指示をモニタ 8 上に表示させる。なお、偏位量 H は、平均屈折力 AVE に対応するレンズ 32 の移動位置と、指標 S1・S2 が合致している状態におけるレンズ 32 の移動位置と、のずれ方向及びずれ量（ずれの大きさ）と考えられる。ずれ方向は偏位量 H の正負、ずれ量は偏位量 H の絶対値に対応する。

30

【0045】

ここで、誘導表示の手法としては、図 3 に示すように、前述のように算出される偏位量 H に基づいて、指標 S1・S2 が移動されるべき方向（フォーカスノブの操作方向）と、その移動量（フォーカスノブの操作量）を表すレチクル Lf をモニタ 8 上に電子的に表示するようなことが考えられる。

【0046】

この場合、偏位量 H がプラスであれば、図 4 (a) のように、指標 S1 に対して指標 S2 が下方向に移動される（レンズ 32 がマイナス方向に移動される）ことを検者に促すための誘導表示が行われる。また、偏位量 H がマイナスであれば、指標 S1 に対して指標 S2 が上方向に移動される（レンズ 32 がプラス方向に移動される）ことを促すための誘導表示が行われる。

40

【0047】

また、制御部 80 は、偏位量 H の絶対値の大きさに応じて、基準表示位置 K（指標合致位置）に対するレチクル Lf の表示位置のずれ量 L_f を変化させる。この場合、レチクル Lf によって表現されるレンズ 32 の誘導方向は、偏位量 H がプラス値かマイナス値に対応して変化され、レンズの移動量は偏位量 H の大きさに対応して変化される。

【0048】

50

例えば、図 4 に示すような被検者眼の場合、制御部 80 は、平均屈折力 AVE に対する角膜屈折力 FD の偏位量 H が + 1.5 D となるので、指標 S1・S2 が一致された状態を基準位置として、- 1.5 D 分フォーカスレンズ 32 が移動されるように、フォーカスに関する誘導表示を行う。

【0049】

ここで、レチクルLfと指標S2の上下方向における表示位置が一致されるようにフォーカスノブが検者によって操作されると、平均角膜屈折力AVEに対応する位置にフォーカスレンズ32が移動された状態となる。

【0050】

以上のようにして、フォーカス合わせが完了した後、検者によって撮影スイッチ4bが押されると、撮影が実行される。制御部80は、挿脱機構66を駆動することによりダイクロイックミラー24を光路から離脱させると共に挿脱機構39を駆動することにより跳ね上げミラーを光路から離脱させ、撮影光源14を発光する。撮影光源14の発光により、眼底は可視光により照明され、眼底からの反射光は撮像素子35に結像する。モニタ8の表示は撮像素子35で撮影されたカラーの眼底画像に切換えられる。撮像素子35で撮影された眼底像は、メモリ85に記憶される。この場合、制御部80は、前述の角膜乱視の有無の判定結果（例えば、図3のアイコンCy1参照）を眼底撮影像と共にモニタ8上に表示させる。

【0051】

このようにすれば、被検者眼の屈折誤差がバランス良く補正された状態となるため、眼底像のボケの発生を抑制でき、強度乱視眼であっても、ボケの少ない眼底像が得られる。この場合、複雑なフォーカス指標投影光学系を設けることなく、簡単な構成で被検者眼の乱視を補正できる。また、上記のように被検者眼が乱視眼であることが報知されることで、検者は、撮影された眼底像がボケた原因を容易に把握できる。

【0052】

なお、上記構成の場合、角膜指標像に基づく乱視補正であるため、被検者眼の水晶体による乱視を補正することは難しいが、乱視眼において、角膜乱視が大半であることを考慮すれば、多くの乱視眼に対する視度補正が可能である。

【0053】

なお、以上の説明においては、平均角膜屈折力AVEを算出するものとしたが、これに限るものではなく、結果的に、被検者眼の平均角膜屈折力AVE付近にフォーカスレンズ32が移動できればよい。この場合、角膜上における指標像の検出位置と被検者眼の角膜曲率（角膜屈折力）が一对の対応関係にあることを利用して、角膜屈折力を求めることなく、指標像の像位置に基づいて角膜乱視の判定及びフォーカスの誘導表示が行われるようにしてもよい。

【0054】

なお、上記構成においては、リング状の角膜指標像Ma~Mhに基づいて角膜Ecの角膜曲率を算出するものとしたが、これに限るものではなく、角膜Ec上に少なくとも3点の点光源を投影する指標投影光学系であれば、乱視検出を含む角膜曲率の測定が可能である。この場合、角膜Ec上にさらに多くの点が投影されたり、リング指標が投影されてもよいことは、言うまでもない。

【0055】

また、以上の構成においては、フォーカス状態に応じて眼底上のフォーカス指標像が上下方向に分離される構成であったが、所定方向（例えば、左右方向）に分離される構成であれば、これに限るものでない。

【0056】

また、上記のような電子的な表示を行う場合、フォーカス指標S1・S2に合わせて表示するのではなく、図5のようなインジケータ表示であってもよい。この場合、指標S1・S2が合致されたときのフォーカスレンズ32の移動位置を基準にフォーカスレンズの移動量が検出され、平均角膜屈折力AVEに対応するレンズ位置に対するずれ量がインジ

10

20

30

40

50

ケータGによって表現される。なお、上記のように乱視眼に対応したフォーカスの誘導表示を行う場合、指標S1・S2が一致した状態を基準に、レンズの移動方向（フォーカス指標をずらす方向）を表示するだけでもよい。

【0057】

また、以上の説明においては、被検者眼の平均角膜屈折力AVEに対応する位置にフォーカスレンズ32が移動されるようにモニタ8が表示制御される構成を示したが、移動機構49が駆動制御されるような構成であってもよい。この場合、制御部80は、平均角膜屈折力AVEに対する角膜屈折力FDのずれ（偏位量H）を検出し、ずれの方向及び大きさに基づいてフォーカス指標S1・S2の合致位置に対するフォーカスレンズ32の移動方向及び移動量を求める。そして、制御部80は、得られた移動方向及び移動量に基づいて移動機構49を駆動制御する。

10

【0058】

より具体的には、制御部80は、移動機構49を駆動制御して、フォーカス指標像S1、S2が一致するようにフォーカスレンズ32を移動させた（第1のオートフォーカス）後、第1のオートフォーカスによるレンズ32の移動位置を基準位置として、前述のように算出される偏位量Hに基づいて被検者眼の平均角膜屈折力AVEに対応する位置にフォーカスレンズ32を移動させる（第2のオートフォーカス）。

【0059】

例えば、図5に示すような被検者眼の場合、平均屈折力AVEに対する角膜屈折力FDの偏位量Hが+1.5Dとなるので、制御部80は、指標S1・S2が一致するようにオートフォーカスを行った後、指標S1・S2が一致された状態を基準位置として、-1.5D分フォーカスレンズ32が移動されるように移動機構39の駆動を制御すればよい。

20

【0060】

なお、以上の説明においては、眼底観察用の撮像素子と前眼部観察用の撮像素子とを共用させる構成としたが、眼底観察用の撮像素子と前眼部観察用の撮像素子を兼用する撮像素子を設け、光学配置の切り替え（例えば、レンズの挿脱）により前眼部観察と眼底観察を切り換えるような構成であっても、本発明の適用は可能である。

【0061】

なお、上記構成において、例えば、眼底カメラ本体に配置されるモニタがモニタ8として用いられる構成でもよいし、眼底カメラ本体とパーソナルコンピュータ（PC）とがデータ転送可能に接続された状態において、PCに設けられたモニタがモニタ8として用いられる構成でもよい。なお、PCに設けられたモニタがモニタ8として用いられる場合、眼底カメラ本体によって取得される被検眼の眼底撮影像及び角膜乱視情報を含む撮影データ（撮影像と角膜乱視情報は、識別番号等により対応付けされる）が眼底カメラ本体からPC側へ出力され、PC側に設けられた制御部によって眼底像と角膜乱視判定結果がモニタ8上に表示される。

30

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図1】本実施形態に係る眼底カメラの光学系及び制御系の概略構成図である。

40

【図2】前眼部観察画面の一例を示す図である。

【図3】眼底観察画面の一例を示す図である。

【図4】角膜屈折力の算出結果であって、経線方向毎の角膜屈折力の一例を示すグラフである。

【図5】フォーカス誘導表示の変容例を示す図である。

【符号の説明】

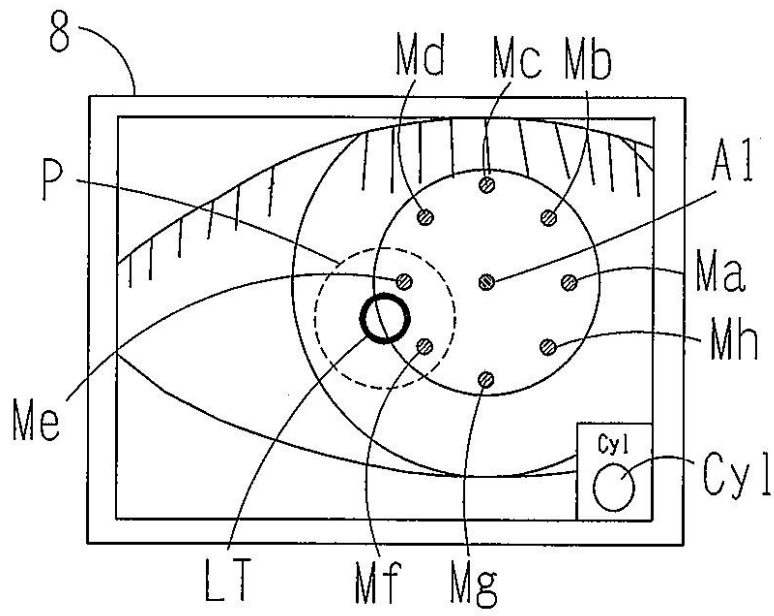
【0063】

- 8 モニタ
- 30 眼底観察・撮影光学系
- 32 フォーカスレンズ

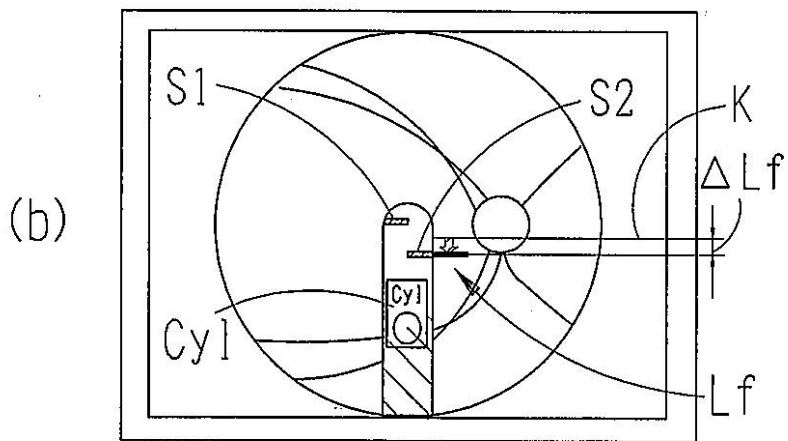
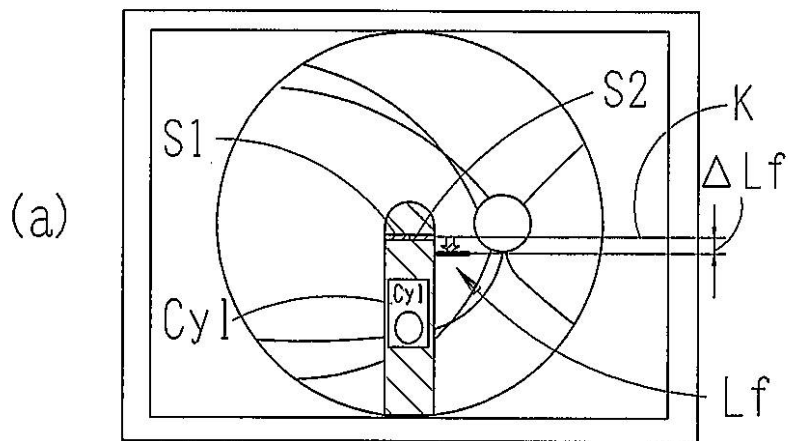
50

3 5 二次元撮像素子
4 0 フォーカス指標投影光学系
4 9 移動機構
5 0 アライメント指標投影光学系
6 0 前眼部観察光学系
6 5 撮像素子
8 0 制御部
L f レチクル表示

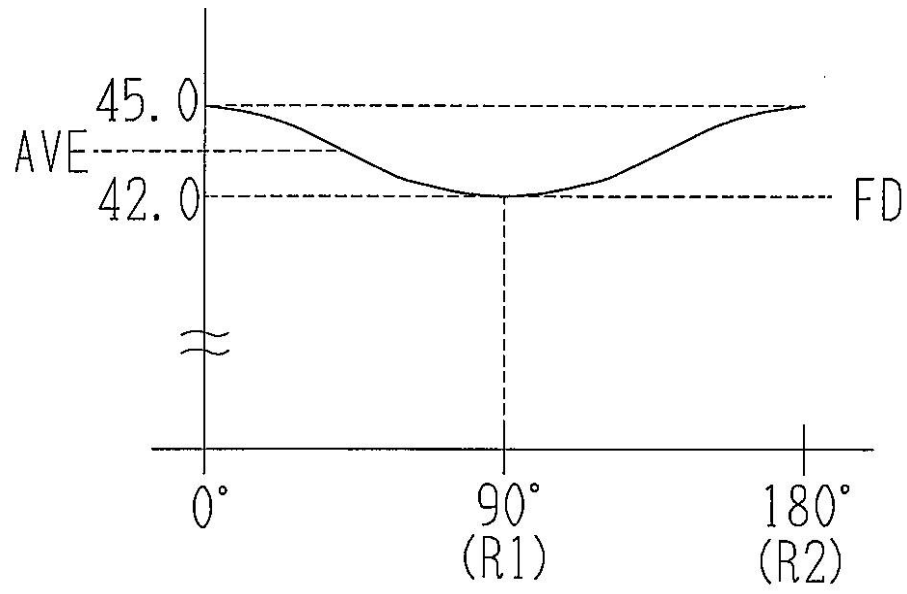
【図2】



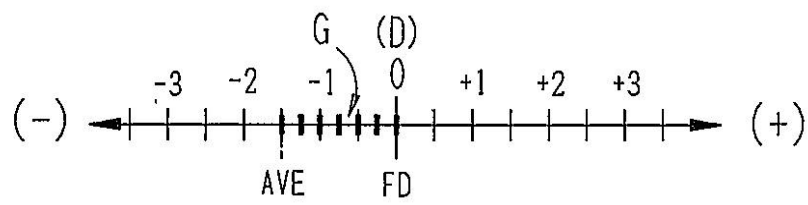
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平03-195536(JP,A)
特開2006-116091(JP,A)
特開平03-128037(JP,A)
特開2002-017674(JP,A)
特開平08-107883(JP,A)
特開平08-266474(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

| | |
|---------|---------|
| A 6 1 B | 3 / 1 4 |
| A 6 1 B | 3 / 1 0 |