

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6127731号
(P6127731)

(45) 発行日 平成29年5月17日 (2017.5.17)

(24) 登録日 平成29年4月21日 (2017.4.21)

(51) Int.Cl.

F 1

A 6 1 B 3/14 (2006.01)

A 6 1 B 3/14 M

A 6 1 B 3/14 G

請求項の数 4 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2013-114898 (P2013-114898)
 (22) 出願日 平成25年5月31日 (2013.5.31)
 (65) 公開番号 特開2014-233325 (P2014-233325A)
 (43) 公開日 平成26年12月15日 (2014.12.15)
 審査請求日 平成28年5月27日 (2016.5.27)

(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 芳野 雅幸
 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 増淵 俊仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 眼底カメラ及び画像処理プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検眼の眼底に光源からの光を照射する照射光学系と、前記光源からの光に伴う眼底からの光を撮像素子で受光する受光光学系と、を備え、前記撮像素子の受光結果に基づいて被検眼の眼底画像を撮像する眼底カメラにおいて、

前記照射光学系から照射された光の眼底上での照射範囲の大きさを示す情報を取得する照射範囲取得手段と、

前記照射範囲取得手段によって取得される前記情報に基づいて、前記照射光学系から照射された光の眼底上でのムラ分布を取得するムラ分布取得手段と、

前記ムラ分布取得手段によって取得されたムラ分布を用いて眼底画像を補正する補正手段と、を備えていることを特徴とする眼底カメラ。

10

【請求項 2】

指標を有する指標投影光学系を備え、

前記指標は、前記照射光学系からの光が照射される範囲に対する大きさが既知の指標像として眼底を介して前記撮像素子に投影されることで撮像され、

前記照射範囲取得手段は、前記撮像された前記指標像から前記情報を取得することを特徴とする請求項 1 記載の眼底カメラ。

【請求項 3】

前記照射光学系からの光が照射されて参照光を発生し、その参照光が前記受光光学系の前記撮像素子に受光されることで撮像される参照部を設け、

20

前記補正手段は、眼底画像の階調分布を、前記撮像素子で撮像された参照部の階調値を用いて正規化し、正規化した前記階調分布に対して補正することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の眼底カメラ。

【請求項 4】

眼底カメラによって撮像された眼底画像に対して画像処理を行う画像処理プログラムであって、

画像処理装置のプロセッサで実行されることにより、

前記眼底カメラから被検眼の眼底に照射された光の眼底における照射範囲の大きさを取得する照射範囲取得ステップと、

前記眼底カメラから被検眼の眼底に照射された光のムラ分布を前記照射範囲取得ステップによって取得される照射範囲に基づいて取得するムラ分布取得ステップと、

前記ムラ分布取得ステップによって取得されたムラ分布を用いて前記眼底画像の明るさを補正する補正ステップと、が前記画像処理装置によって実行されることを特徴とする画像処理プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被検眼の眼底を撮像する眼底カメラ、及び画像処理プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、光源からの光を眼底に照射し、光源からの光に伴って眼底から放出される光を撮像素子に受光させて眼底像を撮像する眼底カメラが知られている。眼底カメラでは、光源から光が眼底以外の箇所で反射され撮像素子に受光されることを抑制する光学部材が、光源から被検眼までの光路に設けられている場合がある。例えば、特許文献 1 記載の眼底カメラには、光源からの光の反射光であって、被検眼の前眼部によって反射された反射光が撮像素子に受光されてしまうことを抑制するリングスリットが、光源から被検眼までの光路上に設けられている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 08 - 010228 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、眼底カメラでは、上記に例示した光学部材の存在等に起因して、光源から眼底に照射される光にムラが生じる場合がある。眼底に照射される光がムラになっている状態で眼底が撮像された場合、光のムラが、眼底画像の明暗に影響してしまう。このような眼底画像では、例えば、眼底の状態を検者が把握し難いといった問題がある。しかも、眼底に照射される光の眼底におけるムラ分布は、眼軸長および屈折力等の被検眼の光学的な特性に応じて異なってしまう。

【0005】

本発明は、上記従来技術の問題点に鑑み、被検眼の光学的な特性に拘わらず、眼底に照射される光のムラの影響が抑制された眼底画像を得やすい眼底カメラ、および画像処理プログラムを提供することを技術課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の第一態様に係る眼底カメラは、被検眼の眼底に光源からの光を照射する照射光学系と、前記光源からの光に伴う眼底からの光を撮像素子で受光する受光光学系と、を備え、前記撮像素子の受光結果に基づいて被検眼の眼底画像を撮像する眼底カメラにおいて、前記照射光学系から照射された光の眼底上での照射範囲の大きさを示す情報を取得する

照射範囲取得手段と、前記照射範囲取得手段によって取得される前記情報に基づいて、前記照射光学系から照射された光の眼底上でのムラ分布を取得するムラ分布取得手段と、前記ムラ分布取得手段によって取得されたムラ分布を用いて眼底画像を補正する補正手段と、を備えている。

【0007】

本発明の第二態様に係る画像処理プログラムは、眼底カメラによって撮像された眼底画像に対して画像処理を行う画像処理プログラムであって、画像処理装置のプロセッサで実行されることにより、前記眼底カメラから被検眼の眼底に照射された光の眼底における照射範囲の大きさを取得する照射範囲取得ステップと、前記眼底カメラから被検眼の眼底に照射された光のムラ分布を前記照射範囲取得ステップによって取得される照射範囲に基づいて取得するムラ分布取得ステップと、前記ムラ分布取得ステップによって取得されたムラ分布を用いて前記眼底画像の明るさを補正する補正ステップと、が前記画像処理装置によって実行される。

10

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、被検眼の光学的な特性に拘わらず、眼底に照射される光のムラの影響が抑制された眼底画像を得やすいという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】眼底カメラの外観構成を示した模式図である。

20

【図2】眼底カメラの光学系及び制御系の概略構成図である。

【図3】モニタ上で表示される眼底観察画像を示す図である。

【図4】スプリット棒に対する照明光学系の光学部材の配置を説明する説明図である。

【図5】自発蛍光像撮像処理を示したフローチャートである。

【図6】照明ムラの補正方法を説明するための説明図である。

【図7】第1の変容例に係る眼底カメラが有する光学系を示した概略構成図である。

【図8】第2の変容例に係る眼底カメラが有する光学系を示した概略構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施形態の一例である眼底カメラ1を説明する。初めに、図1を参照して、眼底カメラ1の外観構成について説明する。眼底カメラ1は、撮像部2と、基台3と、移動台4と、駆動部5と、顔支持ユニット6と、ジョイスティック7と、表示部8（モニタ8）と、を備える。

30

【0011】

撮像部2は、被検眼Eを観察・撮像するための光学系が収納されたユニットである。撮像部2に収納された光学系については、図2を参照して後述する。

【0012】

基台3は、眼底カメラ1の各部を支持する部材である。基台3には、移動台4が積載されている。移動台4は、基台3に対して左右方向（X方向）及び前後（Z方向）に移動する移動機構を備える。移動台4は、駆動部5を介して撮像部2を支持している。よって、移動台4の移動に伴い、撮像部2が前後左右に移動される。また、駆動部5は、撮像部2を、上下方向（Y方向）に移動させる移動機構を備えたユニットである。よって、移動台4および駆動部5の駆動によって、撮像部2は、基台3に対して三次元的に移動する。

40

【0013】

また、基台3には、顔支持ユニット6が設けられている。顔支持ユニット6は、被験者の顔を支持するためのユニットである。

【0014】

ジョイスティック7は、検者の操作を受け付ける操作入力装置である。ジョイスティック7は、回転ノブ7aと、撮像スイッチ7bとを、装置本体に備えている。移動台4は、ジョイスティック7の操作に応じて基台3上をXZ方向に移動される。また、駆動部5は

50

、回転ノブ 7 a の回転操作に応じて駆動されることで撮像部 2 を Y 方向に移動させる。撮像スイッチ 7 b は、被検眼 E の静止画像を撮像するために検者に操作されるスイッチである。検者は、顔支持ユニット 6 に被験者の顔を支持させた状態で、撮像部 2 の光学系を被検眼 E に正対する位置まで移動させる。眼底カメラ 1 では、この位置で、被検眼 E の観察および撮像が行われる。

【 0 0 1 5 】

また、撮像部 2 の検者側には、モニタ 8 が設けられている。モニタ 8 は、被検眼 E の前眼部像、眼底像（本実施形態では、動画像または静止画像の眼底画像）を表示する表示装置である。

【 0 0 1 6 】

次に、図 2 を参照して、眼底カメラ 1 の光学系及び制御系の概略構成について説明する。まず、眼底カメラ 1 の光学系を説明する。本実施形態において、眼底カメラ 1 は、照明光学系 1 0（照射光学系 1 0）と、眼底観察・撮像光学系 3 0（受光光学系 3 0）と、スプリット指標投影光学系 5 0 と、固視標呈示光学系 8 0 と、を有している。

【 0 0 1 7 】

照明光学系 1 0 は、観察照明光学系 1 0 a と、撮像照明光学系 1 0 b と、を有する。撮像照明光学系 1 0 b は、眼底画像の静止画像（眼底撮像画像）を撮像する場合に、被検眼 E に光源からの光（照明光または励起光）を投光する。撮像照明光学系 1 0 b は、撮像光源 1 4 と、フィルタ 1 5 と、コンデンサレンズ 1 6 と、リングスリット 1 8 と、リレーレンズ 1 9 と、ミラー 2 0 と、黒点板 2 1 と、リレーレンズ 2 1 と、孔あきミラー 2 3 と、対物レンズ 2 4 と、を有する。

【 0 0 1 8 】

撮像光源 1 4 は、可視光を出射する光源である。撮像光源 1 4 は、眼底画像の静止画像を撮像する場合に点灯される。撮像光源 1 4 としては、フラッシュランプまたは LED 等を用いることができる。

【 0 0 1 9 】

フィルタ 1 5 は、可視蛍光撮像用のエキサイタフィルタである。本実施形態において、フィルタ 1 5 は、撮像光源 1 4 からの光を眼底に照射して行う、F A F（fundus - auto - fluorescence：自発蛍光）撮像に用いる。本実施形態において、フィルタ 1 5 は、波長が 5 3 0 nm ~ 5 9 0 nm 付近の光を透過する特性を示す。フィルタ 1 5 を透過した光によって、眼底に蓄積されたリポフスチンが励起される。フィルタ 1 5 は、後述のフィルタ駆動機構 1 5 a によって、光路中に挿脱される。即ち、眼底の自発蛍光像を撮像する場合は、フィルタ 1 5 が光路中に挿入される。また、通常の眼底画像を撮像する場合は、フィルタ 1 5 が光路中から退避される。

【 0 0 2 0 】

撮像光源 1 4 から出射された可視光は、コンデンサレンズ 1 6 で収束され、リングスリット 1 8 の全面を照射する。リングスリット 1 8 は、照明光学系 1 0 の光源（即ち、光源 1 1 , 1 4）からの光が被検眼 E の前眼部で反射されて、眼底観察・撮像光学系 3 0 に入射することを抑制する光学部材である。リングスリット 1 8 は、リング状の開口を有している。リングスリット 1 8 は、被検眼 E の瞳孔と略共役な位置に置かれている。リングスリット 1 8 を通過した光は、リレーレンズ 1 9 から対物レンズ 2 4 までの光路を経て被検眼 E に照射される。被検眼 E に照射される光は、瞳孔近傍でリング像を結んだ後、被検眼内で拡散され、眼底に照射される。眼底において照明光学系 1 0 からの光が照射される範囲（すなわち、照射範囲、照射エリア）は、被検眼の屈折力、眼軸長等の光学的な特性（例えば、被検眼のディオプター値）に応じた範囲となる。

【 0 0 2 1 】

黒点板 2 1 は、照明光学系 1 0 の光源からの光の一部を吸収する黒点を有する光学部材である。黒点板 2 1 は、対物レンズ 2 4 の後面（対物レンズ 2 4 のレンズ面のうち、被検眼 E と離間する側の面）と光学的に共役な位置に配置されている。よって、黒点板 2 1 は、照明光学系 1 0 の光源からの光の一部を吸収することによって、光源からの光が対物レ

10

20

30

40

50

ンズ 24 で反射され、眼底観察・撮像光学系 30 に入射することを抑制する。

【0022】

観察照明光学系 10a は、眼底画像の動画像（眼底観察画像）を撮像する場合に、被検眼 E に赤外光を照射する。観察照明光学系 10a は、観察光源 11 と、赤外フィルタ 12 と、コンデンサレンズ 13 と、ダイクロイックミラー 17 と、を有している。また、観察照明光学系 10a は、リングスリット 18 から対物レンズ 24 までの光学系を、撮像照明光学系 10b と共用する。

【0023】

観察光源 11 は、本実施形態において、眼底画像の動画像を撮像するための光源である。観察光源 11 としては、ハロゲンランプ等を用いることができる。赤外フィルタ 12 は、波長 750 nm 以上の赤外光を透過し、波長 750 nm 未満の光を遮光する。また、ダイクロイックミラー 17 は、赤外光を反射すると共に、可視光を透過する特性を持つ。よって、観察光源 11 からの光のうち、赤外フィルタ 12 を透過する赤外成分だけが、コンデンサレンズ 13 で収束されると共に、ダイクロイックミラー 17 によって反射されて、リングスリット 18 を照明する。リングスリット 18 を透過した光は、リレーレンズ 19、ミラー 20、黒点板 21、リレーレンズ 22 を経て孔あきミラー 23 に達する。孔あきミラー 23 で反射された光は、対物レンズ 24 によって被検眼 E の瞳孔付近で一旦収束した後、拡散して被検眼 E の眼底を照射する。

【0024】

眼底観察・撮像光学系 30 は、眼底画像（動画像および静止画像）を撮像するために用いられる。眼底観察・撮像光学系 30 は、眼底画像の静止画像を撮像するために、明るさ絞り 31 と、フィルタ 32 と、結像レンズ 33 と、フォーカシングレンズ 34、35 と、撮像絞り 37 と、撮像素子 38 と、を有している。また、眼底観察・撮像光学系 30 は、眼底画像の動画像を撮像するために、跳ね上げミラー 36 と、ダイクロイックミラー 39 と、リレーレンズ 40 と、観察絞り 41 と、二次元撮像素子 42 と、を有している。明るさ絞り 31、結像レンズ 33、および、フォーカシングレンズ 34、35 は、赤外光を用いて眼底画像の動画像を撮像する場合にも使用される。なお、眼底観察・撮像光学系 30 は、対物レンズ 24 および孔あきミラー 23 を、照明光学系 10 と共用する。明るさ絞り 31 は、孔あきミラー 23 の開口近傍に位置する。

【0025】

フィルタ 32 は、可視蛍光撮像用のバリアフィルタである。本実施形態において、フィルタ 32 は、自発蛍光撮像に用いる。本実施形態において、フィルタ 32 は、波長 600 nm から波長 750 nm までの範囲の光を透過させ、それ以外の波長の光を遮光する分光特性を示す。本実施形態における自発蛍光撮像は、網膜色素上皮のリポフスチンが撮像光源 14 からの光（波長 530 nm ~ 590 nm 付近）に自発蛍光（波長 500 nm 付近 ~ 波長 750 nm 付近）を示す原理を利用した蛍光撮像である。なお、本実施形態では、リポフスチンの発光に基づいて自発蛍光撮像を行う場合について説明するが、眼底に存在する他の自発蛍光物質および眼底に投与された蛍光造影剤等を発光させて撮像を行うこともできる。この場合は、発光させたい物質の蛍光特性に合わせて、光源とフィルタとを設ければよい。

【0026】

また、フィルタ 32 は、後述のフィルタ駆動機構 32a によって、眼底観察・撮像光学系 30 の光路に挿脱可能に構成されている。よって、フィルタ 32 を眼底観察・撮像光学系 30 の光路に挿入させた状態で、自発蛍光像が撮像される。また、フィルタ 32 を眼底観察・撮像光学系 30 の光路から退避させた状態で、通常の眼底画像が撮像される。

【0027】

フォーカシングレンズ 34 および 35 は、それぞれ、駆動機構 59（調節機構 59）によって、光軸 L1 方向へ移動される。フォーカシングレンズ 34 および 35 を移動させることで視度を調節できる。ここで、被検眼 E から眼底観察・撮像光学系 30 に入射する光は、結像レンズ 33 によって、一度平行光とされる。また、本実施形態では、フォーカシ

10

20

30

40

50

ングレンズ 3 4 , 3 5 の物体側と像側がテレセントリックになるように、フォーカシングレンズ 3 4 , 3 5 が配置される。このため、視度に拘わらず、撮像素子 3 8 , 4 2 で撮像される眼底画像の撮像倍率は一定となる。

【 0 0 2 8 】

跳ね上げミラー 3 6 は、挿脱機構 4 3 によって、眼底観察・撮像光学系 3 0 の光路から挿脱可能である。撮像光源 1 4 および撮像素子 3 8 を用いて、眼底画像の静止画像を可視光によって撮像する場合は、跳ね上げミラー 3 6 を眼底観察・撮像光学系 3 0 の光路から退避させる。一方、観察光源 1 1 および撮像素子 4 2 を用いて、眼底画像の動画像を赤外光によって撮像する場合は、跳ね上げミラー 3 6 を眼底観察・撮像光学系 3 0 の光路に挿入させる。

10

【 0 0 2 9 】

このような眼底観察・撮像光学系 3 0 において、観察光源 1 1 によって眼底が赤外光で照明される場合、眼底からの反射光は、対物レンズ 2 4 からフォーカシングレンズ 3 5、跳ね上げミラー 3 6 から観察絞り 4 1 を経て、撮像素子 4 2 に結像する。また、撮像光源 1 4 によって眼底が可視光で照明される場合、眼底からの反射光または蛍光は、対物レンズ 2 4 から撮像絞り 3 7 を経て、撮像素子 3 8 に結像する。本実施形態では、絞り 3 7 , 4 1 によって、眼底カメラ 1 の撮像範囲が、眼底における照明光学系 1 0 からの光の照射範囲の一部に規制される。なお、本実施形態では、説明の便宜上、眼底観察時と、撮像時との撮像範囲（撮像エリア）は、同一であるものとする。

【 0 0 3 0 】

20

スプリット指標投影光学系 5 0 は、赤外光源 5 1 と、指標板 5 2 と、偏角プリズム 5 3 と、投影レンズ 5 4 と、スポットミラー 5 5 と、を備える。スポットミラー 5 5 は、スプリット棒 5 6 の先端に設けられている。本実施形態において、スポットミラー 5 5 は、観察光源 1 1 から被検眼 E に赤外光を投影する場合に（即ち、眼底を観察する場合に）、照明光学系 1 0 の光路上に挿入される。このとき、照明光学系 1 0 の光束の一部が、スプリット棒 5 6 によって遮られるので、被検眼 E の眼底に、スプリット棒 5 6 の影（指標像 K）が投影される。一方、撮像光源 1 4 から被検眼 E に可視光を投光する場合は（即ち、眼底画像の静止画像を撮像する場合は）、ロータリーソレノイド 5 7 の軸が回転されて、スポットミラー 5 5 と共にスプリット棒 5 6 が、光路外に退避される。よって、この場合は、スプリット棒 5 6 の影が被検眼 E の眼底に投影されない。赤外光源 5 1、スプリット指標板 5 2、偏角プリズム 5 3、投影レンズ 5 4、スポットミラー 5 5、及び、スプリット棒 5 6 は、フォーカシングレンズ 3 4 , 3 5 と連動して移動機構 5 9 によって移動される。これによって、スプリット棒 5 6（即ち、指標像 K を形成する指標）を、被検眼 E の眼底と共役な位置に配置できる。

30

【 0 0 3 1 】

赤外光源 5 1 は、本実施形態では、照明光学系 1 0 の光路上にスポットミラー 5 5 が配置されている場合に点灯される。赤外光源 5 1 から出射された光束は、スプリット指標板 5 2 に形成されたスリットを通過することによって、スプリット視標像を形成する。そして、スリットを通過した光束は、偏角プリズム 5 3、および、投影レンズ 5 4 を経て、スポットミラー 5 5 へ導かれる。スポットミラー 5 5 は、照明光学系 1 0 の光路に対して斜めに傾けられている。このため、スポットミラー 5 5 によって赤外光源 5 1 からの光束は反射され、リレーレンズ 2 2、孔あきミラー 2 3、および、対物レンズ 2 4 を経て、被検眼 E の眼底上に投影される。そして、被検眼 E の眼底上に投影されたスプリット指標像は、眼底観察用の撮像素子 4 2 によって、眼底像と共に撮像される。その結果、図 3（a）、（b）に示すように、被検眼 E の眼底像と共に、スプリット視標像 S P 1 , S P 2 と、スプリット棒 5 6 の指標像 K とが、画像内に写りこむ。なお、図 3 において、F は、観察絞り 4 1 に囲まれた領域を示す。

40

【 0 0 3 2 】

ここで、図 3 を参照して、スプリット視標像 S P 1 , S P 2 の役割について説明する。図 3（a）に示すように、眼底のフォーカスが合っていないときは、スプリット指標像 S

50

P 1 , S P 2 は分離した状態で眼底に投影される。一方、図 3 (b) に示すように、フォーカスが合っているときは、スプリット指標像 S P 1 , S P 2 は並んだ状態で投影される。このため、眼底カメラ 1 では、眼底画像内のスプリット視標像 S P 1 , S P 2 が並ぶようにフォーカスを調節することで、眼底カメラ 1 のピントを眼底にあわせることができる。なお、本実施形態では、スプリット指標像 S P 1 , S P 2 が並んだ状態で眼底に投影される場合は、被検眼 E の眼底と共役な位置にスプリット棒 5 6 が配置されている。

【 0 0 3 3 】

更に、図 4 を参照して、スプリット棒 5 6 と、照明光学系 1 0 のスプリット棒 5 6 周辺の光学部材との位置関係について説明する。なお、図 4 において、説明に関係のない構成は図示を省略してある。図 4 に示すように、本実施形態では、対物レンズ 2 4 に関して被検眼の前眼部と共役な位置に、リレーレンズ 2 2 の焦点が置かれている。これにより、対物レンズ 2 4 、リレーレンズ 2 2 、およびリレーレンズ 1 9 は、バダール (B a d a l) 光学系を形成している。その結果、リレーレンズ 2 2 とリレーレンズ 1 9 との間に配置されるスポットミラー 5 5 及びスプリット棒 5 6 が光軸 L 2 方向に移動しても、指標像 K の投影光束は、被検眼 E に対して一定の角度で入射する。このため、同一の被検眼における指標像 K の大きさ (図 3 参照) は、スポットミラー 5 5 及びスプリット棒 5 6 の位置に拘わらず、略一定に維持される。なお、図 3 に示すように、本実施形態において、指標像 K の大きさは、指標像 K の先端 K t から、段差部 K b までの長さである。なお、大きさは、指標像 K の左右方向または斜め方向の長さを用いてもよい。

【 0 0 3 4 】

固視標呈示光学系 8 0 は、眼底観察時に、被検眼 E に固視標を呈示するための光学系である。固視標呈示光学系 8 0 は、固視標ユニット 8 1 と、可視光源 8 4 と、リレーレンズ 8 5 と、を有している。また、固視標呈示光学系 8 0 は、跳ね上げミラー 3 6 によって中継されるダイクロイックミラー 3 9 から対物レンズ 2 4 までの光路を、眼底観察・撮像光学系 3 0 と共用する。

【 0 0 3 5 】

固視標ユニット 8 1 は、固視標板 8 2 と、パルスモータ 8 3 と、を有している。固視標板 8 2 には、複数の (本実施形態では 8 つの) 開口が形成されている。本実施形態では、開口を通過する可視光源 8 4 からの光束によって、固視標が形成される。パルスモータ 8 3 によってディスク板 8 2 が回転駆動されることで、光軸 L 3 上に位置する開口が切り替わる。これによって、光軸 L 3 に対して異なる位置 (本実施形態では 8 通りの位置) に固視標が呈示される。被検眼 E の向きは、呈示される固視標に追従する。その結果、光源 1 1 , 1 4 からの光の照射位置が、眼底上において変更される。このため、固視標の呈示位置を切り替えることで、眼底を観察・撮像する際の撮像範囲 (撮像エリア) を変更できる。

【 0 0 3 6 】

次に、眼底カメラ 1 の制御系について説明する。眼底カメラ 1 の主な制御は、制御部 9 0 によって行われる。制御部 9 0 は、眼底カメラ 1 の各部の制御処理と、測定結果の演算処理とを行う電子回路を有する処理装置である。

【 0 0 3 7 】

本実施形態において、制御部 9 0 は、各駆動装置 4 , 5 , 1 5 a , 3 2 a , 4 3 , 5 7 , 5 9 , 8 3 、各光源 1 1 , 1 4 , 5 1 , 8 4 、および、各撮像素子 3 8 , 4 2 と接続される。また、制御部 9 0 は、ジョイスティック 7 、モニタ 8 、スイッチ部 9 4 等の各種の入出力装置と接続される。

【 0 0 3 8 】

スイッチ部 9 4 は、蛍光切替スイッチ 9 4 a を有する。蛍光切替スイッチ 9 4 a は、眼底の静止画像を、眼底反射光によって撮像するか、蛍光によって撮像するかを、切り替えるための操作装置である。

【 0 0 3 9 】

また、制御部 9 0 は、CPU 9 1 、ROM 9 2 、および、RAM 9 3 を有する。CPU

10

20

30

40

50

９１は、眼底カメラ１に関する各種の処理を実行するための処理装置である。ＲＯＭ９２は、制御プログラムおよび固定データが格納された、不揮発性の記憶装置である。ＲＡＭ９３は、書き換え可能な揮発性の記憶装置である。ＲＡＭ９３には、例えば、眼底カメラ１による被検眼Ｅの撮像および測定に用いる一時データが格納される。

【００４０】

更に、制御部９０は、外付けのフラッシュメモリ９５と、照明ムラ分布データベース９６と、に接続されている。フラッシュメモリ９５は、書き換え可能な不揮発性の記憶装置である。フラッシュメモリ９５には、後述する自発蛍光像撮像処理を制御部９０に実行させるためのプログラムが、少なくとも格納されている。本実施形態において、プログラムには、例えば、指標像Ｋと照射エリアとの大きさの比率が規定されている。よって、照射

10

【００４１】

照明ムラ分布データベース９６は、予め測定または演算した照明ムラ分布を格納するデータベースである。照明ムラ分布は、撮像照明光学系１０ａからの光によって、眼底に発生する照明ムラを示す。本実施形態の眼底カメラ１では、光源１４ｂの形状によって、また、リングスリット１８および黒点板２１で、光源１４ｂからの光が遮光されることによって、均一な平行光束が眼底に照射され難くなっている。このため、眼底に照射される光が、眼底でムラ（照明ムラ）になり易い。よって、眼底自発蛍光を利用して眼底を撮像する場合には、照射される励起光の光量が眼底上の位置毎に異なる。このため、例えば、眼底画像から蛍光の光量を正確に測定できないおそれがある。また、眼底反射光を利用して

20

【００４２】

本実施形態において、照明ムラ分布データベース９６には、被検眼のディオプター値毎の照明ムラ分布データが予め記憶されている。照明ムラ分布データについては、図６を参照して後述する。なお、制御部９０で照明ムラ分布データベース９６に記憶されている照明ムラ分布を取得できれば、眼底カメラ１と照明ムラ分布データベース９６とは、別体であって

30

【００４３】

次に、眼底カメラ１の動作について説明する。眼底カメラ１によって眼底を観察・撮像する場合、モニタ８に写される前眼部観察画像を確認しながら、検者がジョイスティック７を操作して、被検眼の撮像範囲に対して眼底カメラ１の光学系を予めアライメントしておく。なお、前眼部観察画像は、図示しない前眼部観察光学系を用いて撮像しても良いし、公知の技術を用いて眼底観察・撮像光学系３０を用いて撮像しても良い。前眼部でのアライメント完了後、制御部９０は、観察光源１１を点灯させる。また、撮像素子４２に撮像される眼底画像（動画像）を、モニタ８に出力する。さらに、制御部９０は、赤外光源５１を点灯させて、眼底にスプリット視標像ＳＰ１，ＳＰ２を投影する。なお、予め、スプリット棒５６は、照明光学系１０の光路中に挿入されている。よって、スプリット視標像ＳＰ１，ＳＰ２が映りこんだ眼底画像の動画像が撮像される。制御部９０は、スプリット視標像ＳＰ１，ＳＰ２が並んで配置されるように、フォーカシングレンズ３４，３５を駆動する。これにより、眼底に対して自動でフォーカスが行われる。本実施形態では、このとき、スプリット棒５６は、被検眼Ｅの眼底と共役な位置に配置される。フォーカス完了後は、ジョイスティック７等の操作によって、検者が観察位置を調整できる。また、検者は、蛍光切替スイッチ９４ａを操作することで、眼底の自発蛍光像の静止画像を撮像するか、それとも通常の眼底画像の静止画像を撮像するかを選択できる。自発蛍光像の撮像が選択された状態で、撮像スイッチ７ｂが押されたことが制御部９０によって検出されると、制御部９０では、自発蛍光像撮像処理が実行される。

40

50

【 0 0 4 4 】

ここで、図 5 を参照して、自発蛍光像撮像処理について説明する。自発蛍光像撮像処理では、まず、CPU 91 は、S1 ~ S3 の処理を実行して、眼底上で撮像照明光学系 10 b からの光が照射される範囲に生じる照明ムラの分布を取得する。S1 の処理では、CPU 91 は、1 フレーム分の眼底観察画像の画像データを撮像素子 42 から取得して、RAM 93 に格納する (S1)。なお、RAM 93 に格納する画像データには、各画素の 2 次元座標と階調情報 (階調値) とが含まれる。階調値は、0 (黒) ~ 255 (白) までの 256 段階で示される。なお、階調値は、撮像素子 42 からの信号出力に対して線形関係となる。

【 0 0 4 5 】

10

次に、CPU 91 は、S1 の処理によって取得した眼底観察画像に含まれる指標像 K (図 3 参照) の大きさ を取得する (S2)。本実施形態では、指標像 K の先端 Kt から段差部 Kb までの間で、上下方向に一直線に並んだ画素の数を、指標像 K の大きさ として取得する。

【 0 0 4 6 】

次に、CPU 91 は、指標像 K の大きさ に対応する照明エリアのムラ分布を取得する (S3)。前述したように、照明ムラ分布データベース 96 には、指標像 K の大きさ毎の照明ムラ分布データが記憶されている。S3 の処理において、CPU 91 は、S2 の処理で取得した指標像 K によって定まる照明エリアについての照明ムラ分布を取得する。

【 0 0 4 7 】

20

次に、CPU 91 は、S3 の処理によって取得されたムラ分布の中で撮像エリアに対応する範囲を抽出する (S4)。前述したように、照明エリアの大きさと、指標像 K の大きさ との比率は、フラッシュメモリ 95 に格納されており、既知である。一方、指標像 K の大きさ と、撮像エリアの大きさ との比率は、S1 の処理で取得した眼底画像から求めることができる。前述したように、本実施形態では、眼底撮像時と、観察時とで、撮像エリアが同一なので、観察時の眼底画像を用いて、撮像時の撮像エリアの大きさを求めることができる。例えば、本実施形態では、領域 F の中心を通る直線上 (例えば、上下方向に延びた直線上) で一直線に並んだ画素の数を、撮像エリアの大きさ として求めても良い (図 3 (a) 参照)。指標像 K の大きさ と、撮像エリアの大きさ との比率が求まれば、指標像 K の大きさを基準にして、照明ムラ分布の中で撮像エリアの大きさ に対応する分布の範囲が定まる。従って、CPU 91 によって、撮像エリアにおけるムラ分布を、照明ムラ分布から抽出できる。なお、図 6 (d) のヒストグラムで示される明るさの分布は、撮像エリアにおけるムラ分布の一例である。

30

【 0 0 4 8 】

次に、CPU 91 は、自発蛍光像を撮像する (S5)。このとき、CPU 91 は、観察光源 11 を消灯させると共に、跳ね上げミラー 36 を眼底観察・撮像光学系 30 の光路から退避させる。また、CPU 91 は、スプリット棒 56 を、照明光学系 10 の光路上から退避させる。更に、CPU 91 は、照明光学系 10、および眼底観察・撮像光学系 30 の光路に、フィルタ 15、フィルタ 32 をそれぞれ挿入する。その後、CPU 91 は、撮像光源 14 を点灯させて、撮像光源 14 からフラッシュ光を出射させる。これによって、眼底から蛍光が放出され、撮像素子 38 で蛍光が受光される。CPU 91 は、撮像素子 38 の受光結果に基づく自発蛍光像の画像データを取得して RAM 93 に記憶させる。なお、本実施形態では、各画素の階調値 (階調データ) は、撮像素子 38 からの信号出力の強度と線形関係となる。

40

【 0 0 4 9 】

次に、CPU 91 は、RAM 93 に記憶された自発蛍光像の画像データを用いて、自発蛍光像の階調分布 (輝度分布) を作成する (S6)。S6 の処理では、全画像の階調分布を作成するが、ここでは、図 6 (a) に示す AA' 線上の分布を例示して説明する。

【 0 0 5 0 】

図 6 (b) は、自発蛍光像の画像データから抽出された、AA' 線上に配置された画素

50

と階調値との関係を示すヒストグラムである。図 6 (b) のヒストグラムでは、階調値が 2 5 6 段階で示されている。S 6 の処理において、C P U 9 1 は、各画素の階調値 P を、次の式 (1) によって正規化する。

【 0 0 5 1 】

$$Q = (P - b) / (a - b) \cdots (1)$$

式 (1) において、a は、例えば、撮像絞り内の眼底画像部分で、最も蛍光の強い箇所 (明部) の階調値を示している。一方、b は、例えば、眼底画像部分の外側における階調値を示している。A A ' 線上に配置された各画素についての正規化された階調値 Q が C P U 9 1 に算出されることで、図 6 (c) のヒストグラムで示す階調分布が作成される。

【 0 0 5 2 】

次に、C P U 9 1 は、S 4 の処理で取得した撮像エリアにおける照明ムラ分布を用いて、S 6 の処理で取得した自発蛍光像の階調分布から照明ムラの影響を除去 (補正) する (S 7)。例えば、A A ' 線上の各画素については、階調分布における各階調値を、照明ムラ分布の各値によって、それぞれ除算する。その結果、図 6 (e) のヒストグラムに示される階調分布を得ることができる。A A ' 線以外の各列の画素についても、同様の処理を行う。これによって、自発蛍光像の階調分布から照明ムラが補正される。なお、照明ムラ分布の値に所定の重み付けを行い、各画素の階調値から減算を行うことで、照明ムラの影響を除去してもよい。

【 0 0 5 3 】

次に、C P U 9 1 は、照明ムラの影響が除去された自発蛍光像の画像データを、モニタ 8 に表示させる (S 9)。具体的には、S 8 の処理によって照明ムラの補正された各画素の階調値を、2 5 6 段階の階調値に変換したうえで、モニタ 8 に出力する。照明ムラの抑制された自発蛍光像を、モニタ 8 に表示させることができる。S 9 の処理の実行後、自発蛍光像撮像処理を終了する。

【 0 0 5 4 】

前述したように、撮像照明光学系 1 0 b からの光が眼底に照射されることで、被検眼 E の眼底に生じる照明ムラの分布は、眼底における光の照射エリアの大きさに応じた分布となる。これに対し、本実施形態において、C P U 9 1 は、照明エリアの大きさに応じた照明ムラ分布を用いて眼底画像における明るさのムラを補正する。その結果、屈折等の被検眼の光学的な特性に拘わらず、眼底に照射される光のムラ (照明ムラ) の影響が抑制された眼底画像を得ることができる。例えば、本実施形態では、あたかも均一な平行光束が撮像照明光学系 1 0 b から眼底に照射されたような眼底画像を得ることができる。また、特に、本処理では、眼底における自発蛍光像の照明ムラが補正されるので、補正後の眼底画像から、自発蛍光を定量的に把握しやすくなる。このため、例えば、眼底画像からリポフスチン等の自発蛍光物質の蓄積量等を求める場合に、正確な結果が得られ易くなる。

【 0 0 5 5 】

上記の自発蛍光像撮像処理によれば、眼底の照射エリアに対する大きさが既知の指標像 K を利用して照射エリアに応じた照明ムラ分布を取得したが、指標像 K を用いずに照明ムラ分布を取得することもできる。例えば、眼底における照明ムラの大きさは、被検眼のディオプター値に対応している。そこで、フォーカシングレンズ 3 4、3 5 の位置を検出するセンサを設ける。例えば、スプリット指標像 S P 1、S P 2 が並んだ状態で観察される場合のフォーカシングレンズ 3 4、3 5 の位置は、被検眼 E のディオプター値に対応すると考えられる。そこで、センサで検出されたフォーカシングレンズ 3 4、3 5 の位置を、制御部 9 0 で処理して、被検眼 E のディオプター値を求める。そして、被検眼 E のディオプター値に基づいて照明ムラ分布データベース 9 6 から照明ムラ分布を取得しても良い。

【 0 0 5 6 】

一方、本実施形態のように、指標像 K を利用して照明ムラ分布を取得するのであれば、ディオプター等の被検眼 E のパラメータを、必ずしも得なくても良い。このため、本実施形態の眼底カメラ 1 によれば、眼底に照射される光のムラの影響が抑制された眼底画像を、容易に得ることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

また、上記の自発蛍光像撮像処理によれば、CPU 91は、被検眼Eの眼底と共役な位置に配置されたスプリット棒56の指標像Kの大きさを用いて、眼底に照射される光のムラ分布を取得する。このように、スプリット棒56が眼底と共役な位置に配置されていると、指標像Kが明確になる。よって、指標像Kの大きさを得る場合に、誤差を抑制できる。このため、スプリット棒56の位置が被検眼Eの眼底と共役でない場合と比べて、正確な照射エリアの大きさが、上記S4の処理で取得され易くなる。従って、より適切に、眼底画像に対して、眼底に照射される光のムラの影響を補正できる。

【 0 0 5 8 】

更に、本実施形態では、スプリット棒56の位置が光軸L2方向に移動しても、パダー
10 ル光学系（リレーレンズ19，22、対物レンズ24）によって、被検眼Eに投影される
指標像Kの大きさ は、略一定に維持される。このため、指標像Kの大きさ を用いて眼
底における照明ムラの分布を容易に取得できる。

【 0 0 5 9 】

なお、本実施形態では、観察光源11から出射される赤外光を用いて眼底が観察される
場合に、蛍光切換スイッチ94bが操作されることなく、撮像スイッチ7bが操作された
場合は、可視光の眼底反射光を用いて眼底画像（静止画像）が撮像される。この場合、制
御部90によって、上記の自発蛍光像撮像処理に準じた処理が行われる。但し、眼底反射
光を撮像素子38に受光させて撮像するので、眼底の静止画像を撮像する際に、フィルタ
32を眼底観察・撮像光学系30の光路に挿入しない。また、撮像光源14からの光量も
20 、自発蛍光像撮像処理に比べて弱くして撮像を行う。撮像素子38の受光強度が飽和して
しまうことを抑制するためである。かかる場合も、眼底画像の静止画像における照明ムラ
を抑制できる。

【 0 0 6 0 】

なお、本実施形態における自発蛍光像撮像処理のアルゴリズム（例えば、式（1））を
適宜変更できることは言うまでもない。例えば、自発蛍光像の画像データを用いて正規化
する処理を省略してもよい。

【 0 0 6 1 】

以上、実施形態に基づき説明したが、本発明は、上記実施形態に限定されずに、様々に
30 変形できることは勿論である。

【 0 0 6 2 】

例えば、上記実施形態では、眼底画像の静止画像についての照明ムラを補正する場合に
ついて説明したが、眼底画像の動画像の照明ムラを補正してもよい。

【 0 0 6 3 】

また、上記実施形態では、照明ムラ補正が行われる眼底画像の静止画像とは別に、指標
像Kが映りこんだ眼底画像（動画像の1フレーム）を別途撮像する場合について説明した
。しかし、照明ムラ補正が行われる眼底画像そのものに指標像Kを写りこませ、その指標
像Kを用いて照明範囲の大きさを求め、照明ムラ補正を行っても良い。

【 0 0 6 4 】

また、上記実施形態では、駆動機構59によって、スプリット棒56が、眼底共役位置
40 に移動できるものとしたが、スプリット棒56の位置を、リレーレンズ19，22の間で
固定しても良い。この場合も、照明範囲に対する指標像Kの大きさを一定に維持できる。

【 0 0 6 5 】

また、照明範囲に対する大きさが既知の視標像を形成する視標は、上記実施形態のス
プリット棒56に限られるものではない。例えば、上記実施形態では、スプリット棒56に
代えて、スプリット指標SP1，SP2を用いることができる。また、例えば、指標投影
光学系50に代えて、リレーレンズ19，22の間に、透明な板に対して環状のエッチン
グが施されたフォーカスチャートを設定してもよい。この場合は、照明光学系10からの光
がフォーカスチャートを通過することによって、眼底の照明範囲に対する大きさが一定な
環状の指標像が投影される。
50

【 0 0 6 6 】

また、被検眼 E の瞳孔径の大きさが、照明光学系 1 0 からの光によって眼底生じる照明ムラに影響する場合がある。そこで、例えば、照明光学系 1 0 から照射された光の眼底での照射範囲と、被検眼 E の瞳孔径とに応じて、眼底カメラが、眼底における照明ムラの影響を眼底画像から補正するよう構成することもできる。例えば、照明ムラ分布データベース 9 6 に、被検眼の瞳孔径、および照明光学系 1 0 から照射された光の眼底での照射範囲がそれぞれ異なる照明ムラ分布を記憶させる。また、眼底カメラ 1 で眼底を撮像する場合に、例えば、眼底カメラ 1 で予め前眼部観察を行って測定した瞳孔径と、眼底画像に含まれる指標像 K の大きさ とを制御部 9 0 に取得させる。そして、制御部 9 0 が、照明ムラ分布データベース 9 6 から、瞳孔径と指標像 K の大きさ と対応する照明ムラ分布を取得して、眼底画像から照明ムラの影響を補正しても良い。

10

【 0 0 6 7 】

また、上記実施形態では、指標像 K の大きさ に対する撮像エリアの大きさ を求めることによって、照射エリアにおけるムラ分布から、撮像エリアにおけるムラ分布を取得した。しかし、制御部 9 0 で撮像エリアの大きさ を求めることなく、撮像エリアにおけるムラ分布を取得するようにしても良い。例えば、上記実施形態では、指標像 K の大きさによって、撮像エリアの大きさ は一義的に定まる。このため、照明ムラ分布データベース 9 6 に、予め、指標像 K の大きさ毎の、撮像エリアにおけるムラ分布を格納する。そして、自発蛍光像撮像処理の実行時に、制御部 9 0 が、指標像 K の大きさに対応する撮像エリアのムラ分布を、照明ムラ分布データベース 9 6 から取得するようにしてもよい。

20

【 0 0 6 8 】

上記実施形態では、眼底画像の照明ムラを補正する際に、被検眼のディオプター値毎の照明ムラ分布が予め記憶された照明ムラ分布データベース 9 6 を用いて、照明ムラ分布を取得する場合について説明した。しかし、他の方法によって、被検眼に発生する照明ムラを取得することができる。例えば、図 7 に示すように、照明光学系 1 0 の光路を分岐させ、分岐させた光路に配置した撮像素子の受光結果から照明ムラ分布を取得しても良い。この変形例では、照明光学系 1 0 に対して、ハーフミラー 1 0 1 と、レンズ 1 0 2 と、撮像素子 1 0 3 と、を設けた。ハーフミラー 1 0 1 は、リレーレンズ 2 2 と黒点版 2 1 との間に配置されている。ハーフミラー 1 0 1 によって、照明光学系 1 0 の光路が分岐される。分岐された光路の先（即ち、ハーフミラー 1 0 1 の反射側）には、レンズ 1 0 2 と、撮像素子 1 0 3 とが配置される。よって、ハーフミラー 1 0 1 で反射された照明光学系 1 0 の光源 1 1 , 1 4 からの光束は、レンズ 1 0 2 によって収束され、撮像素子 1 0 3 に受光される。このため、撮像素子 1 0 3 の受光結果からは、照明光学系 1 0 の光源 1 1 , 1 4 からの光束の強度分布が得られる。ここで、撮像素子 1 0 3 を眼底共役位置に位置させると、撮像素子 1 0 3 上では、眼底と同様の分布を照明ムラが発生すると考えられる。そこで、制御部 9 0 は、眼底画像の撮像時に眼底共役位置に配置された撮像素子 1 0 3 から得られる照明ムラ分布を用いて、眼底画像の照明ムラを補正する。これにより、照明ムラ分布データベース 9 6 を必ずしも設けなくても、眼底カメラ 1 において、上記実施形態と同様の照明ムラの補正を行うことができる。なお、撮像素子 1 0 3 は、例えば、スプリット棒 5 6 およびフォーカシングレンズ 3 4 , 3 5 と連動して移動させるとよい。

30

40

【 0 0 6 9 】

特に、前述したように、照明ムラには、リングスリット 1 8 および黒点板 2 1 が作用する。図 7 に示す変容例では、照明光学系 1 0 において、撮像素子 1 0 3 が配置された光路の分岐位置は、リングスリット 1 8 よりも下流側であるだけでなく、黒点板 2 1 よりも下流側である。このため、撮像素子 1 0 3 を眼底共役位置に位置させた場合は、眼底上に発生する照明ムラを、撮像素子 1 0 3 上で、より正確に再現できる。従って、制御部 9 0 は、より正確な照明ムラ分布を、撮像素子 1 0 3 の受光結果から取得できる。

【 0 0 7 0 】

また、上記実施形態では、照明ムラ分布データベース 9 6 には、ディオプター値の異なる被検眼毎の照明ムラ分布が格納されている。ここで、本発明者は、同じディオプター値

50

であっても、屈折力と眼軸長とのバランスが異なると、眼底における照明ムラの分布が多少異なることを見出した。そこで、照明ムラ分布データベース 96 には、それぞれの照明ムラ分布を、ディオプター値または指標像 K の大きさだけでなく、眼軸長または屈折力とも対応付ける。そして、眼底画像を撮像する際に、制御部 90 が、ディオプター値または指標像 K の大きさと、眼軸長および屈折力の少なくとも一方とに対応する照明ムラ分布を照明ムラ分布データベース 96 から取得して、眼底画像を補正してもよい。この変容例では、一層正確に照明ムラの影響を抑制できる。

【0071】

この場合、照明ムラ分布データは、例えば、眼底カメラ 1 の光学系と、眼底に撮像素子を設けた模型眼とを用いて求めることができる。模型眼の撮像素子の撮像結果（画像情報）に、模型眼の眼底上で発生した照明ムラが反映されるためである。ここでは、眼軸長および角膜曲率半径（屈折力）を変更できる模型眼を用いる。模型眼の眼軸長および角膜曲率半径を切り替えることで、ディオプター値の異なる照明ムラ分布を取得できる。また、ディオプター値毎に、屈折力と眼軸長とのバランスを変えて照明ムラ分布を取得することで、眼軸長および屈折力の少なくとも一方と対応付けされたディオプター値毎の照明ムラ分布を取得できる。

【0072】

また、図 8 に示すように、眼底で発生した自発蛍光の光量を示す値が、リファレンス物質を用いて、光源 14 からの光量および撮像素子 38 のゲイン等に依らない値に正規化されるように、本発明を変容しても良い。本変容例では、照明光学系 10 の光路にリファレンス物質 110 を配置する。リファレンス物質 110 は、フィルタ 15 を通過した撮像光源 14 からの光に基づいて蛍光（参照光）を発生する。リファレンス物質で発生した蛍光は、フィルタ 32 を通過し、撮像素子 38 で検出される。本変容例では、上記実施形態における S5 の処理によって、眼底の自発蛍光像を撮像する場合に、眼底像と共にリファレンス物質 110 が撮像される。

【0073】

本変容例では、S6 の処理が実行される場合に、制御部 90 が、眼底画像に含まれる眼底部分の階調値 P だけでなく、リファレンス物質 110 の階調値 c を取得する。リファレンス物質 110 の階調値としては、例えば、リファレンス物質 110 の階調値の分布における平均値、中央値等を用いてもよい。制御部 90 は、眼底画像に含まれる眼底部分の各画素の階調値 P を、リファレンス物質の階調値によって正規化する。このとき、前述の式（1）は、次の式（2）で置き換えられる。

【0074】

$$Q = (P - d) / (c - d) \cdots (2)$$

式（2）において、d は、例えば、眼底部分の外側部分の階調値である。なお、リファレンス物質 110 に、蛍光を発生しない黒色部材を設け、黒色部材の階調値を、d としてもよい。式（2）において、(P - d) と、(c - d) との比は、一定の光量の励起光に対して眼底で発生する蛍光の光量と、一定の光量の励起光に対してリファレンス物質 110 で発生する蛍光の光量との比率に等しいと考えられる。ここで、一定の光量の励起光に対して眼底で発生する蛍光の光量、および、一定の光量の励起光に対してリファレンス物質 110 で発生する蛍光の光量は、それぞれ、照明光学系 10 の光量等の撮像条件に依らない値であると考えられる。従って、正規化された階調値 Q は、正規化されていない場合と比べて、装置の特性による影響が少ない値となる。制御部 90 は、リファレンス物質 110 の階調値を用いて正規化された階調分布から、照明ムラの影響を補正する（S7）。よって、本変容例では、上記実施形態で得られる自発蛍光分布に対して、更に、装置の特性による誤差を抑制できる。なお、ここでは、自発蛍光撮像を行う場合について説明したが、通常の撮像を行う場合にも、本変容例を適用できる。この場合、リファレンス物質 110 として、可視光を反射する部材を用いることができる。

【0075】

また、上記実施形態において、制御部 90 が、眼底画像の明暗差を視度に応じて補正し

10

20

30

40

50

ても良い。これによって、視度に拘わらず、良好な明るさの眼底画像を得ることができる。

【 0 0 7 6 】

また、上記実施形態においては、眼底カメラ 1 によって、眼底画像の照明ムラを補正する場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではない。例えば、眼底カメラで撮像された眼底画像を汎用のコンピュータ（例えば、パーソナルコンピュータ）に転送し、そのコンピュータで実行される画像処理によって、眼底画像の照明ムラを補正することもできる。この場合は、例えば、上記実施形態において眼底カメラ 1 で実行された眼底画像撮像処理のうち、S 2 ~ S 7 の処理を、コンピュータのプロセッサに実行させる画像処理プログラムを、例えば、コンピュータのハードディスク等に用意する。この場合、コンピュータには、例えば、眼底カメラで撮像された眼底画像と、眼底画像が撮像された被検眼に対して投影した、眼底における光の照射範囲に対する大きさが既知の指標の画像と、を予め取得させておく。このようにしても、コンピュータが、上記実施形態の眼底カメラ 1 と同様に、眼底画像の照明ムラを補正できる。

10

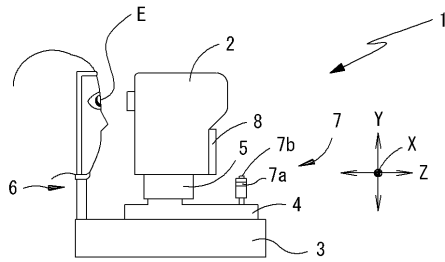
【符号の説明】

【 0 0 7 7 】

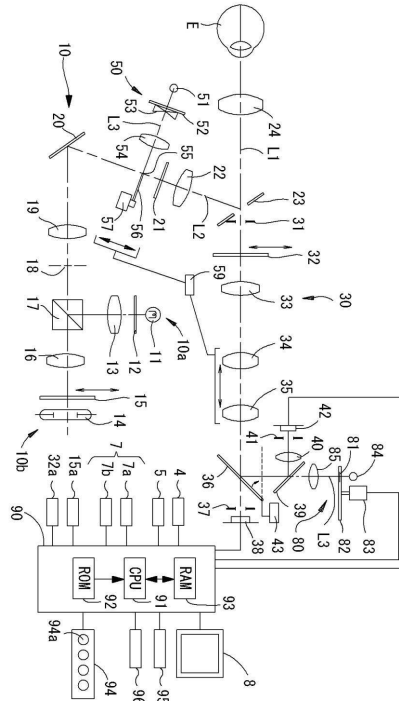
| | |
|-----------------|-------------------|
| 1 | 眼底カメラ |
| 1 0 | 照明光学系（照射光学系） |
| 1 1 | 撮像光源 |
| 1 4 | 観察光源 |
| 1 9 , 2 2 , 2 4 | パダール光学系 |
| 3 0 | 眼底観察・撮像光学系（受光光学系） |
| 3 8 , 4 2 | 撮像素子 |
| 5 6 | スプリット棒 |
| 5 9 | 調整機構 |
| 9 0 | 制御部 |
| 9 6 | 照明ムラ分布データベース |
| 1 0 3 | 撮像素子 |

20

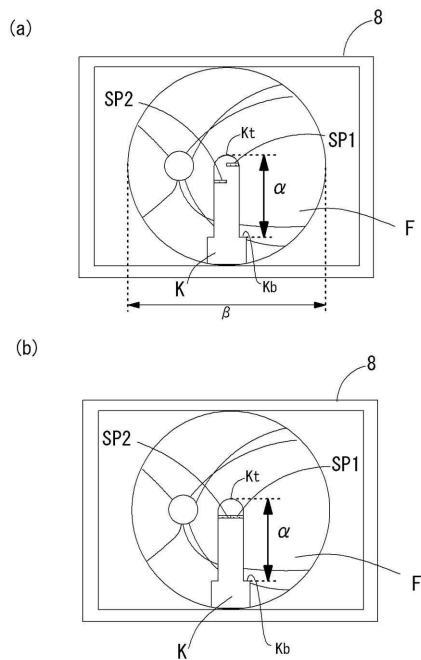
【図 1】



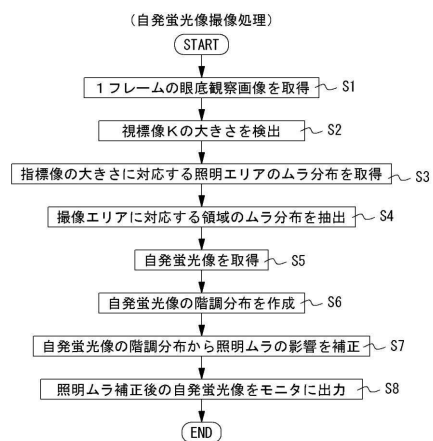
【図 2】



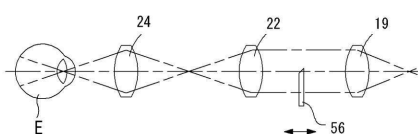
【図 3】



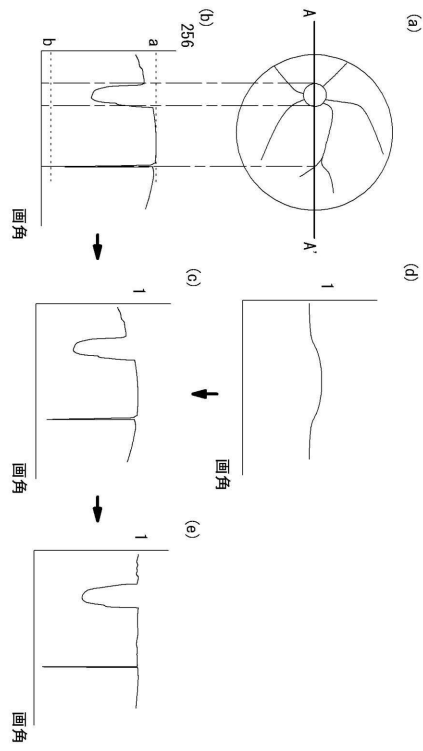
【図 5】



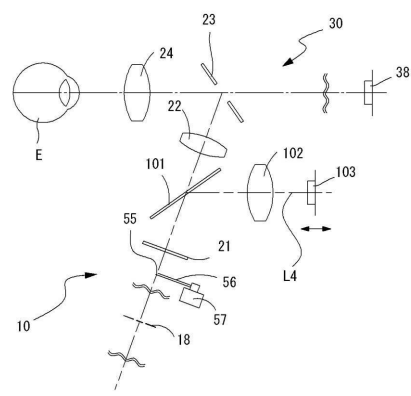
【図 4】



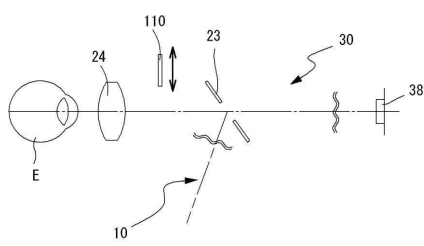
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-247026(JP,A)
特開2007-173894(JP,A)
特開2009-000354(JP,A)
特開平6-165754(JP,A)
特開2012-50621(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 3/00 - 3/18