

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-83864
(P2019-83864A)

(43) 公開日 令和1年6月6日(2019.6.6)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 3/10 (2006.01)	A 6 1 B 3/10 W	4 C 3 1 6
A 6 1 B 3/103 (2006.01)	A 6 1 B 3/10 M	
A 6 1 B 3/16 (2006.01)	A 6 1 B 3/16	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2017-212294 (P2017-212294)	(71) 出願人	000135184 株式会社ニデック 愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14
(22) 出願日	平成29年11月1日 (2017.11.1)	(72) 発明者	清水 一成 愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株式会社ニデック拾石工場内
		(72) 発明者	中村 健二 愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株式会社ニデック拾石工場内
		(72) 発明者	有川 徹 愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株式会社ニデック拾石工場内
		Fターム(参考)	4C316 AA13 AA20 FA06 FB21 FZ01

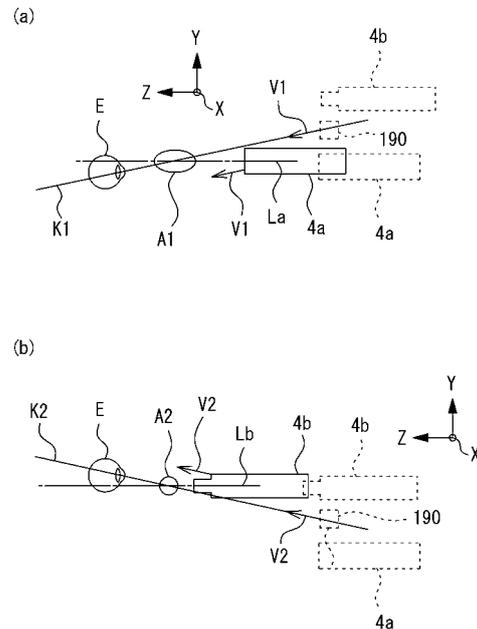
(54) 【発明の名称】 眼科装置

(57) 【要約】

【課題】 測定モードに応じて好適にアライメントを行える眼科装置を提供する。

【解決手段】 被検眼を検査する眼科装置であって、前記被検眼に対して第1検査を行うための第1検眼手段と、前記被検眼に対して第2検査を行うための第2検眼手段と、前記被検眼に対して前記第1検眼手段および前記第2検眼手段を3次的に相対移動させる駆動手段と、前記駆動手段を制御する制御手段と、前記第1検査と前記第2検査の少なくともいずれかが選択された選択信号を受け付ける選択受付手段と、左右の被検眼のうち少なくとも一方を含む顔画像を撮影する顔撮影手段と、を備え、前記制御手段は、前記顔画像から検出された前記被検眼に対し、前記第1検眼手段を位置合わせするための第1経路と、前記第2検眼手段を位置合わせするための第2経路とを、前記選択信号に応じて切り換えることを特徴とする。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被検眼を検査する眼科装置であって、
前記被検眼に対して第 1 検査を行うための第 1 検眼手段と、
前記被検眼に対して第 2 検査を行うための第 2 検眼手段と、
前記被検眼に対して前記第 1 検眼手段および前記第 2 検眼手段を 3 次元的に相対移動させる駆動手段と、
前記駆動手段を制御する制御手段と、
前記第 1 検査と前記第 2 検査の少なくともいずれかが選択された選択信号を受け付ける選択受付手段と、
左右の被検眼のうち少なくとも一方を含む顔画像を撮影する顔撮影手段と、を備え、
前記制御手段は、前記顔画像から検出された前記被検眼に対して前記第 1 検眼手段を位置合わせするための第 1 経路と、前記顔画像から検出された前記被検眼に対して前記第 2 検眼手段を位置合わせするための第 2 経路とを、前記選択信号に応じて切り換えることを特徴とする眼科装置。

10

【請求項 2】

前記制御手段は、前記顔撮影手段に対する前記被検眼の方向と、前記顔撮影手段と前記第 1 検眼手段との相対位置と、に基づいて前記第 1 経路を決定し、前記顔撮影手段に対する前記被検眼の方向と、前記顔撮影手段と前記第 2 検眼手段との相対位置と、に基づいて前記第 2 経路を決定することを特徴とする請求項 1 の眼科装置。

20

【請求項 3】

前記制御手段は、前記第 1 経路と、前記第 2 経路とで、前記第 1 検眼手段および前記第 2 検眼手段を移動させるときの移動速度を変更することを特徴とする請求項 1 または 2 の眼科装置。

【請求項 4】

前記第 1 検眼手段は、前記被検眼の眼屈折力を測定するための眼屈折力測定手段であり、
前記第 2 検眼手段は、前記被検眼の眼圧を測定するための眼圧測定手段であり、
前記制御手段は、前記第 1 経路よりも前記第 2 経路における前記移動速度を遅くすることを特徴とする請求項 3 の眼科装置。

30

【請求項 5】

前記顔撮影手段は、前記第 1 検眼手段の検査光軸である第 1 光軸と、前記第 2 検眼手段の検査光軸である第 2 光軸と、の間の高さに配置されることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかの眼科装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本開示は、被検眼を検査するための眼科装置に関する。

【背景技術】

40

【0002】

従来の眼科装置としては、例えば、眼屈折力測定装置、角膜曲率測定装置、眼圧測定装置、眼底カメラ、角膜内皮細胞撮影装置、OCT、SLO等が知られている。これらの眼科装置では、ジョイスティック等の操作部材の操作によって検眼部を被検眼に対して上下左右前後方向に移動させ、被検眼に対して検眼部を所定の位置にアライメントすることが一般的である（特許文献 1 参照）。

【0003】

また、従来の眼科装置において、被検者の顔を撮影した画像に基づいて被検眼に対する検眼部の粗アライメント（大まかな位置合わせ）を行う装置が提案されている（特許文献 2 参照）。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2013-066760

【特許文献2】特開平10-216089

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、測定モードに応じて検査光軸が切り換わる複合装置の場合、粗アライメントを好適に行うことができていなかった。

10

【0006】

本開示は、従来の問題点に鑑み、測定モードに応じて好適にアライメントを行える眼科装置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】

【0007】

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

【0008】

(1) 被検眼を検査する眼科装置であって、前記被検眼に対して第1検査を行うための第1検眼手段と、前記被検眼に対して第2検査を行うための第2検眼手段と、前記被検眼に対して前記第1検眼手段および前記第2検眼手段を3次元的に相対移動させる駆動手段と、前記駆動手段を制御する制御手段と、前記第1検査と前記第2検査の少なくともいずれかを選択する選択手段と、左右の被検眼のうち少なくとも一方を含む顔画像を撮影する顔撮影手段と、を備え、前記制御手段は、前記顔画像から検出された前記被検眼に対し、前記第1検眼手段を位置合わせするための第1経路と、前記第2検眼手段を位置合わせするための第2経路とを、前記選択手段によって選択された検査に応じて切り換えることを特徴とする。

20

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】眼科装置の外観を示す概略図である。

【図2】眼科装置の光学系を示す概略図である。

30

【図3】被検者側から見たときの検眼部を示す概略図である。

【図4】眼科装置の制御系を示すブロック図である。

【図5】眼科装置の測定動作の概略を示すフローチャートである。

【図6】顔撮影部から見た被検眼の方向を示す図である。

【図7】検眼部のアライメント動作を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

<実施形態>

以下、本開示に係る実施形態について図面に基づいて説明する。本実施形態の眼科装置1(図1参照)は、被検眼を検査する。眼科装置は、例えば、第1検眼部(第1検眼部4a)と、第2検眼部(第2検眼部4b)と、駆動部(例えば、駆動部2)と、制御部(例えば、制御部20)と、選択受付部(例えば、制御部20)と、顔撮影部(例えば、顔撮影部190)と、を備える。第1検眼部は例えば、被検眼に対して第1検査を行う。第2検眼部は、例えば、被検眼に対して第2検査を行う。第1検眼部および第2検眼部は、例えば、眼屈折力測定部、角膜形状測定部、眼圧測定部、眼底撮影部、角膜内皮細胞撮影部、OCT、SLOなどのいずれかであってもよい。

40

【0011】

駆動部は、例えば、被検眼に対して第1検眼部および第2検眼部を3次元的に相対移動させる。もちろん、制御部は、第1検眼部と第2検眼部をそれぞれ独立して移動できてもよい。制御部は、駆動部を制御する。選択受付部は、第1検査と第2検査の少なくともい

50

ずれかが選択された選択信号を受け付ける。例えば、選択受付部は、被検眼に対して実施する検査が選択された選択信号を受け付ける。もちろん、選択受付部は、被検眼に対して先に実施する検査が選択された選択信号を受け付けるものであってもよい。顔撮影部は、左右の被検眼のうち少なくとも一方を含む顔の画像（顔画像と呼ぶ）を撮影する。

【0012】

制御部は、顔画像から検出された被検眼に対し、第1検眼部を位置合わせするための第1経路と、第2検眼部を位置合わせするための第2経路とを、選択信号に応じて切り換える。これによって、眼科装置1は、選択された検査に応じた位置に好適にアライメントを行うことができる。

【0013】

なお、制御部は、選択された検査に応じて第1方向（例えば、方向V1）と第2方向（方向V2）とを切り換えてもよい。これによって、選択された検査に応じて検眼部の高さを切り換える場合であっても良好にアライメントを行うことができる。

【0014】

なお、制御部は、顔撮影部に対する被検眼の方向と、顔撮影部と第1検眼部との相対位置と、に基づいて第1経路を決定してもよい。また、制御部は、顔撮影部に対する被検眼の方向と、顔撮影部と第2検眼部との相対位置と、に基づいて第2経路を決定してもよい。例えば、制御部は、顔画像から求めた被検眼の方向と、顔撮影部の光軸と第1検眼部の光軸との光軸間距離に基づいて、第1経路を決定してもよい。同様に、顔画像から求めた被検眼の方向と、顔撮影部の光軸と第2検眼部の光軸との光軸間距離に基づいて、第2経路を決定してもよい。

【0015】

なお、制御部は、第1経路と、第2経路とで、第1検眼部および第2検眼部を移動させるときの移動速度を変更してもよい。これによって、複数の検眼部を備える場合であっても、検眼部に応じて適切にアライメントを行うことができる。

【0016】

例えば、第1検眼部が被検眼の眼屈折力を測定するための眼屈折力測定部であり、第2検眼部が被検眼の眼圧を測定するための眼圧測定部であるとする。この場合、眼屈折力測定部をアライメントするときの第1経路における検眼部の移動速度よりも、眼圧測定部をアライメントするときの第2経路における検眼部の移動速度を遅くする。これによって、屈折力測定部のアライメント時間を長くすることなく、眼圧測定部のノズルが接近するときの恐怖感を和らげることができる。

【0017】

なお、顔撮影部は、第1検眼部の検査光軸である第1光軸（光軸La）と、第2検眼部の検査光軸（光軸Lb）である第2光軸との間の高さに配置されてもよい。これによって、第1光軸を被検眼の高さに合わせた場合と、第2光軸を被検眼の高さに合わせた場合とで、顔撮影部の撮影範囲に被検眼が入る可能性が高まる。

【0018】

<実施例>

本開示に係る眼科装置を図面に基づいて説明する。なお、以下の説明では、眼科装置として眼屈折力測定装置と非接触式眼圧計の複合装置を例に説明する。しかしながら、眼科装置は、角膜曲率測定装置、角膜形状測定装置、眼圧測定装置、眼軸長測定装置、眼底カメラ、OCT（optical coherence tomography）、SLO（Scanning Laser Ophthalmoscope）等の少なくとも2つを複合させた複合装置であってもよい。

【0019】

<外観>

図1に基づいて眼科装置の外観を説明する。図1に示すように、本実施例の眼科装置1は、検眼部4と、顔撮影部190と、駆動部2と、制御部20を主に備える。本実施例の検眼部4は、被検眼Eの眼屈折力および眼圧を測定する。検眼部4は、例えば、第1検眼部4aと第2検眼部4bを備える。第1検眼部4aは、被検眼Eの眼屈折力を測定する。

10

20

30

40

50

第 2 検眼部 4 b は、非接触で被検眼 E の眼圧を測定する。

【 0 0 2 0 】

顔撮影部 1 9 0 は、例えば、被検者の顔を撮影する。顔撮影部 1 9 0 は、例えば、左右の被検眼 E のうち少なくとも一方を含む顔を撮影する。駆動部 2 は、例えば、検眼部 4 および顔撮影部 1 9 0 を基台 5 に対して上下左右前後方向（3次元方向）に移動させる。制御部 2 0 は、眼科装置 1 の各部を制御する。

【 0 0 2 1 】

眼科装置 1 は、筐体 6、表示部 7、操作部 8、顔支持部 9 等を備えてもよい。例えば、筐体 6 は、検眼部 4、顔撮影部 1 9 0、駆動部 2、制御部 2 0 等を収納する。表示部 7 は、例えば、被検眼 E の観察画像および測定結果等を表示させる。表示部 7 は、例えば、眼科装置 1 と一体的に設けられてもよいし、眼科装置 1 とは別に設けられてもよい。操作部 8 は、眼科装置 1 の各種設定、測定開始時の操作などに用いられる。操作部 8 には、検者による各種操作指示が入力される。本実施例の操作部 8 は、タッチパネルであるが、ジョイスティック、マウス、キーボード、トラックボール、ボタン等の各種ヒューマンインターフェイスであってもよい。また、表示部 7 および操作部 8 としてタブレット端末が用いられてもよい。顔支持部 9 は、例えば、額当て 1 0 と顎台 1 1 を備えてもよい。顎台 1 1 は、顎台駆動部 1 2 の駆動によって上下方向に移動されてもよい。

10

【 0 0 2 2 】

< 検眼部 >

検眼部 4 は、被検眼 E の検査または撮影などを行う。本実施例の検眼部 4 は、図 2 に示すように、被検眼 E の眼屈折力を測定する第 1 検眼部 4 a と、非接触で眼圧を測定する第 2 検眼部 4 b を備える。例えば、第 2 検眼部 4 b は、第 1 検眼部 4 a の上に積層配置される。つまり、被検眼 E に対する第 1 検眼部 4 a の測定光軸 L a と、第 2 検眼部 4 b の測定光軸 L b は、高さが異なる。眼科装置 1 は、測定光軸 L a と測定光軸 L b を被検眼 E に対してそれぞれ位置合わせする。なお、第 2 検眼部 4 b は、Z 駆動部 1 3 の駆動により第 1 検眼部 4 a に対して Z 方向に移動可能に配置されてもよい。例えば、第 2 検眼部 4 b を使用する場合（眼圧測定時）は、第 1 検眼部 4 a の最前面に対して眼圧測定 4 b に設けられたノズル 6 3 が被検眼 E 側にせり出した状態にて使用される。

20

【 0 0 2 3 】

まず、第 1 検眼部 4 a について説明する。第 1 検眼部 4 a は、例えば、屈折力測定光学系 1 0 と、第 1 固視標光学系 3 0 と、第 1 指標光学系 4 5 と、第 2 指標光学系 4 6 と、第 1 観察光学系 5 0 を主に備える。

30

【 0 0 2 4 】

眼屈折力測定光学系 1 0 は、被検眼 E の眼屈折力を測定する。測定光学系 1 0 は、眼 E の瞳孔中心部を介して眼 E の眼底 E f にスポット状の測定指標を投影する投影光学系と、瞳孔周辺部を介して眼底 E f から反射された眼底反射光をリング状に取り出し、二次元撮像素子にリング状の眼底反射像を撮像させる受光光学系と、から構成される。二次元撮像素子からの出力は、制御部 2 0 に入力される。

【 0 0 2 5 】

測定光学系 1 0 に用いられる測定光束を透過するダイクロイックミラー 2 9 は、第 1 固視標光学系 3 0 からの固視標光束を眼 E に導き、被検眼 E の前眼部からの反射光を第 1 観察光学系 5 0 に導く。

40

【 0 0 2 6 】

第 1 固視標光学系 3 0 は、固視標呈示用可視光源 3 1、固視標を持つ固視標板 3 2、投光レンズ 3 3、全反射ミラー 3 4、ダイクロイックミラー 3 5、観察用対物レンズ 3 6 を含み、ダイクロイックミラー 2 9 により光軸 L a と同軸にされる。ダイクロイックミラー 3 5 は、可視光を通過し赤外光を反射する特性を有する。この場合、固視光源 3 1 は、眼底 E f と光学的に共役な位置関係となっている。光源 3 1 及び固視標板 3 2 は、光軸方向に移動されることにより、被検眼 E の雲霧を行う。

【 0 0 2 7 】

50

第1指標光学系45は、眼Eの前眼部の前方に配置され、眼Eの角膜Ecにリング指標を投影するための近赤外光を発する。また、第2指標光学系46は、光軸Laに対して左右対称に配置され、眼Eの角膜Ecに無限遠指標を投影することにより被検眼に対する作動距離方向のアライメント状態を検出するための近赤外光を発する。なお、第1指標光学系45は、被検眼の角膜形状測定用のリング状指標を投影する投影光学系として用いられる他、アライメント検出用指標、及び眼Eの前眼部を照明する前眼部照明としても用いられる。

【0028】

第1観察光学系50は、第1固視標光学系30の対物レンズ36及びダイクロイックミラー35が共用され、ダイクロイックミラー35の反射方向の光軸上に配置された撮像レンズ51及び二次元撮像素子52を備える。撮像素子52からの出力は、制御部20に入力される。これによって、被検眼Eの前眼部像は二次元撮像素子52により撮像され、表示部7上に表示される。なお、第1観察光学系50は、被検眼Eの角膜Ec上に形成されるリング指標や、第2指標光学系46によるアライメント指標像を撮像する撮像光学系を兼ね、制御部20によってリング指標像やアライメント指標像の位置が検出される。

10

【0029】

続いて、第2検眼部4bについて説明する。第2検眼部4bは、例えば、流体吹付部60と、照明光学系170と、第2観察光学系70と、第3指標光学系80、第2固視標光学系89と、変形検出光学系98、Zアライメント検出系99を備える。

【0030】

流体吹付部60は、空気などの流体を被検眼の角膜に吹付ける。流体吹付部は、例えば、シリンダ61、ピストン62、ノズル63、ガラス板64、ガラス板65、圧力センサ66等を備える。シリンダ61は、空気を圧縮する。ピストン62は、図示なきソレノイドの駆動力によってシリンダ61内を移動する。ピストン62の移動によってシリンダ61内で圧縮された空気は、ノズル63を介して被検眼Eの角膜Ecに向けて噴射される。ガラス板64は、透明なガラスでできており、ノズル63を保持する。ガラス板65は、透明なガラスでできており、ノズル63の背後に設けられる。ガラス板65の背後には、後述する観察及びアライメントのための光学系が配置されている。圧力センサ66は、シリンダ61内の圧力を検出する。圧力センサ66からの検出信号は、制御部20に入力され、眼圧値の算出に利用される。

20

30

【0031】

照明光学系170は、前眼部を照明する。照明光学系170は、例えば、赤外光源171を備える。赤外光源171は、ノズル63の軸線と一致する光軸Lbを中心に4個配置されている。

【0032】

第2観察光学系70は、被検眼の前眼部画像を撮影する。第2観察光学系70は、ハーフミラー71、対物レンズ72、ダイクロイックミラー73、フィルタ74、二次元撮像素子75等を備える。光源171による被検眼Eの前眼部像は、光軸Lb上に配置されたガラス板65、ハーフミラー71、対物レンズ72、ダイクロイックミラー73及びフィルタ74を介して、二次元撮像素子75により撮像される。なお、ダイクロイックミラー73は、赤外光を透過し可視光を反射する特性を持つ。また、フィルタ74は、光源170及び後述する光源81の光を透過し、後述する光源90の光を透過しない特性を持つ。二次元撮像素子75により撮像された前眼部像は、制御部20へ入力されたのちに表示部7上に表示される。

40

【0033】

第3指標光学系80は、赤外光源81、投影レンズ82などを備える。赤外光源81は、X方向及びY方向のアライメント用の光源であり、その光は投影レンズ82、ハーフミラー71及びガラス板65を介して、角膜Ecに正面から投影される。光源81による角膜反射像は、ガラス板65からフィルタ74までを介して撮像素子75に撮像される。撮像素子75からの撮像信号は、制御部20へと入力され、X方向及びY方向のアライメン

50

トに利用される。なお、光源 70 による角膜反射像を X 方向及び Y 方向のアライメントに利用することもできる（詳しくは、本出願人による特開平 10 - 71122 号公報を参照）。

【0034】

第 2 固視標光学系 89 は固視標投影用の可視光源であり、光源 85 により照明された固視標 86 の光は、投影レンズ 87、ダイクロイックミラー 73、対物レンズ 72、ハーフミラー 71 及びガラス板 65 を介して、被検眼 E に向かう。

【0035】

変形検出光学系 98 は、角膜の変形状態を検出する。変形検出光学系 98 は、例えば、赤外光源 90、コリメータレンズ 91、受光レンズ 92、フィルタ 93、ハーフミラー 94、ピンホール版 95、光検出器 96 等を備える。光源 90 による光は、コリメータレンズ 91 により略平行光束とされて角膜 E c に投影される。光源 90 による角膜反射像は、受光レンズ 92、フィルタ 93、ハーフミラー 94 及びピンホール板 95 を介して、光検出器 96 により受光される。フィルタ 93 は、光源 90 の光を透過し光源 70 及び光源 81 の光を透過しない特性を持つ。変形検出光学系は、角膜 E c が所定の変形状態（偏平状態）のときに光検出器 96 の受光量が最大になるように配置されている。光検出器 96 からの検出信号は、制御部 20 へと入力され、眼圧値の算出に用いられる。

【0036】

Z アライメント検出系 99 は、被検眼 E に対する第 2 検眼部 4 b の作動距離を検出する。Z アライメント検出系 99 は、一次元位置検出素子 97 と、変形検出光学系 98 と共用される光源 90 およびコリメータレンズ 91 を備える。位置検出素子 97 は、PSD またはラインセンサ等である。光源 90 による角膜反射像は、受光レンズ 92 からハーフミラー 94 を介して位置検出素子 97 に入射する。そして、位置検出素子 97 からの検出信号は、制御部 20 に入力され、Z 方向のアライメント検出に利用される。すなわち、被検眼 E（角膜 E c）が Z 方向に移動すると、光源 90 による角膜反射像の入射位置も位置検出素子 97 上を移動するため、位置検出素子 97 からの検出信号に基づき被検眼 E に対する Z 方向のアライメント状態を検出することができる。

【0037】

なお、図 2 においては、説明の便宜上、これら角膜変形検出及び作動距離検出の光学系を上下に配置しているように図示したが、実際は被検眼に対して左右方向に配置されている。

【0038】

< 顔撮影部 >

顔撮影部 190 は、例えば、左右の被検眼のうち少なくとも一方を含む顔を撮影するための光学系である。例えば、図 2 に示すように、本実施例の顔撮影部 190 は、例えば、撮像素子 191 と、撮像レンズ 192 を主に備える。

【0039】

顔撮影部 190 は、例えば、検眼部 4 が初期位置にある場合に被検眼の両眼を撮影できる位置に設けられる。本実施例において、検眼部 4 の初期位置は、右眼を検査し易いように検眼部 4 の光軸 L a（または光軸 L b）に対して右側にずれた位置に設定される（図 3 参照）。したがって、顔撮影部 190 は、検眼部 4 が右側にずれた初期位置にある状態で、被検眼の両眼を撮影できる位置に設けられる。例えば、顔撮影部 190 は、検眼部 4 が初期位置にある状態で機械中心に配置される。初期位置は、例えば、瞳孔間距離の半分、つまり片眼瞳孔間距離に基づいて設定される場合、顔撮影部 190 は、装置本体の機械中心に対して片眼瞳孔間距離だけ左右にずれた位置に配置されてもよい。なお、片眼瞳孔間距離の平均値はおよそ 32 mm である。

【0040】

また、顔撮影部 190 は、第 1 検眼部 4 a と第 2 検眼部 4 b の間の高さに配置される。つまり、顔撮影部 190 の光軸 L 5 の高さは、光軸 L a より高く、光軸 L b より低い。顔撮影部 190 が、第 1 検眼部 4 a と第 2 検眼部 4 b の間の高さに配置されることによって

、光軸 L a を被検眼の高さに合わせた場合と、光軸 L b を被検眼の高さに合わせた場合のどちらの場合にも、被検者の顔を良好に撮影できる。

【 0 0 4 1 】

本実施例の顔撮影部 1 9 0 は、駆動部 2 によって検眼部 4 とともに移動される。もちろん、顔撮影部 1 9 0 は、例えば、基台 5 に対して固定され、移動しない構成でもよい。

【 0 0 4 2 】

なお、撮像レンズ 1 9 2 は、例えば、広角レンズであってもよい。広角レンズは、例えば、魚眼レンズ、円錐レンズ等である。広角レンズを備えることによって、顔撮影部 1 9 0 は、広い画角で被検者の顔を撮影できる。

【 0 0 4 3 】

< 顔照明光学系 >

顔照明光学系 1 8 0 は、被検眼の顔を照明する。顔照明光学系 1 8 0 は、例えば、照明光源 1 8 1 を備える。照明光源 1 8 1 は、赤外光を発する。本実施例では、検眼窓の左右の位置に照明光源 1 8 1 が設けられている。なお、顔照明光学系 1 8 0 は、アライメント用の指標光源よりも指向性の低い光源が用いられる。

【 0 0 4 4 】

< 制御系 >

図 4 に示すように、本装置 1 は制御部 2 0 を備える。制御部 2 0 は、本装置 1 の各種制御を司る。制御部 2 0 は、例えば、一般的な C P U (Central Processing Unit) 2 1、R O M 2 2、R A M 2 3 等を備える。例えば、R O M 2 2 には、眼科装置 1 を制御するための眼科装置制御プログラム、初期値等が記憶されている。例えば、R A M 2 3 は、各種情報を一時的に記憶する。制御部 2 0 は、検眼部 4、顔撮影部 1 9 0、駆動部 2、Z 駆動部 1 3、表示部 7、操作部 8、顎台駆動部 1 2、記憶部 (例えば、不揮発性メモリ) 2 4 等と接続されている。記憶部 2 4 は、例えば、電源の供給が遮断されても記憶内容を保持できる非一過性の記憶媒体である。例えば、ハードディスクドライブ、着脱可能な U S B フラッシュメモリ等を記憶部 2 4 として使用することができる。

【 0 0 4 5 】

< 制御動作 >

以上のような構成を備える眼科装置 1 において、その制御動作を説明する。眼科装置 1 は、例えば、複数の測定モードを備え、各測定モードに応じて動作する。例えば、各被検者に対して第 1 検眼部 4 a によって屈折力を測定する第 1 モードと、各被検者に対して第 2 検眼部 4 b によって眼圧を測定する第 2 モードと、各被検者に対して第 1 検眼部 4 a と第 2 検眼部 4 b によって屈折力と眼圧を測定する第 3 モードを備える。制御部 2 0 は、例えば、各測定モードに応じて、第 1 検眼部 4 a または第 2 検眼部 4 b を被検眼に対して自動で位置合わせ (アライメント) し、測定を行う。以下、図 5 に基づいて、眼科装置 1 の制御動作の概略を説明する。

【 0 0 4 6 】

(ステップ S 1 : 選択信号受付)

まず、制御部 2 0 は、検者の操作に応じて操作部 8 から出力された測定モードの選択信号を受け付ける。

【 0 0 4 7 】

(ステップ S 2 : 測定モード切換)

選択信号を受け付けると、制御部 2 0 は、受け付けた選択信号に基づいて、測定モードを切り換える。例えば、検者によって第 1 モードが選択された場合、制御部 2 0 は、測定モードを第 1 モードに切り換える。第 1 モードの場合、制御部 2 0 は、Y 駆動部 6 を駆動させることにより第 1 検眼部 4 a の測定光軸 L a と被検眼 E がほぼ同じ高さになるようにしておく (ラフで構わない)。この場合、制御部 2 0 は、顔支持部 9 に形成される図示なきアイレベル確認ラインと測定光軸 L a が略同じ高さになるように検眼部 4 の高さ位置を調整する。また、制御部 2 0 は、駆動部 1 3 を駆動させることにより、第 2 検眼部 4 b を第 1 検眼部 4 a に対して装置本体側に後退させ (被検眼 E から遠ざかる方向に移動させ)

10

20

30

40

50

、屈折力測定を行う際にノズル 6 3 の先端が被検者の額等に接触しないようにしておく。これによって、検眼部 4 は、屈折力が可能な装置形態となる。また、制御部 2 0 は、駆動部 2 を駆動させることにより、検眼部 4 を基台 5 に対する原点位置に移動させておくことが好ましい。

【 0 0 4 8 】

検者によって第 2 モードが選択された場合、制御部 2 0 は、測定モードを第 2 モードに切り換え、光軸 L b と被検眼 E がほぼ同じ高さになるようにしておく。また、制御部 2 0 は、駆動部 8 を駆動させることにより、第 2 検眼部 4 b を第 1 検眼部 4 a に対して前進させ（被検眼 E に近づく方向に移動させ）、ノズル 6 3 の先端を第 1 検眼部 4 a の前面より被検者側にせり出すようにしておく。これによって、検眼部 4 は、眼圧測定が可能な装置形態となる。

10

【 0 0 4 9 】

第 3 モードが選択された場合は、第 1 モードと同様に、Y 駆動部 6 を駆動させることにより第 1 検眼部 4 a の測定光軸 L a と被検眼 E がほぼ同じ高さになるように検眼部 4 を上下方向に移動させる。このように、モード毎に検眼部 4 の高さを切り換えることによって、アライメント時に検眼部 4 を上下方向に移動させる移動量を少なくすることができる。

【 0 0 5 0 】

(ステップ S 3 : 第 1 検眼部アライメント)

ステップ S 2 において、第 1 モードに切り換えられた場合、制御部 2 0 は、被検眼 E に対して第 1 検眼部 4 a をアライメントする。この場合、まず制御部 2 0 は、顔撮影部 1 9 0 によって被検者の顔画像 P 2 を撮影する（図 6 参照）。そして、顔撮影部 1 9 0 から見た被検眼 E の方向 V 1 を求める（図 7 (a) 参照）。制御部 2 0 は、求めた方向 V 1 に基づいて検眼部 4 を移動させる。なお、被検眼方向の求め方は後述する。

20

【 0 0 5 1 】

例えば、制御部 2 0 は、第 1 検眼部 4 a のアライメント可能領域 A 1 を、顔撮影部 1 9 0 の位置を通り方向 V 1 に延びる直線 K 1 上に移動させる。ここで、アライメント可能領域 A a は、例えば、第 1 検眼部 4 a によって被検眼の 3 次元的位置を検出できる領域である。顔撮影部 1 9 0 の位置と、アライメント可能領域 A 1 との位置関係は、装置の設計上既知である。したがって、制御部 2 0 は、図 7 (a) に示すように、アライメント可能領域 A 1 を直線 K 1 に沿って移動させることができる。このように、制御部 2 0 は、例えば、アライメント可能領域 A 1 が直線 K 1 の少なくとも一部を含むように、検眼部 2 を直線 K 1 に沿った経路で移動させることによって、アライメント可能領域 A 1 に被検眼 E を位置させることができる。

30

【 0 0 5 2 】

上記のように検眼部 2 を移動させ、アライメント可能領域 A 1 に被検眼 E が入ると、第 1 指標光学系 4 5 によるリング指標 R 及び第 2 指標光学系 4 6 による無限遠指標像 M が撮像素子 5 2 によって撮像される状態になる（図 4 参照）。このとき、制御部 2 0 は、被検眼に対する第 1 検眼部 4 a の上下左右方向及び前後方向のアライメント状態を検出することができる。そこで、制御部 2 0 は、アライメント検出結果に基づいて駆動部 2 を駆動制御することによって検眼部 4 を X Y Z の各方向に自動的に移動させる。これによって、被検眼 E と第 1 検眼部 4 a との詳細な位置合わせが行われる。

40

【 0 0 5 3 】

この場合、制御部 2 0 は、例えば、撮像素子 5 2 によって撮影された前眼部画像 P 1 から検出されたリング指標 R の中心位置の座標を算出することにより被検眼に対する第 1 検眼部 4 a の上下左右方向のアライメントずれ量を求めることができる。また、制御部 2 0 は、検眼部 4 が被検眼 E に対して Z (作動距離) 方向にずれた場合に、第 2 指標光学系 4 6 による角膜上の無限遠指標 M の間隔がほとんど変化しないのに対して、前述のリング指標 R の所定経線方向の像間隔が変化するという特性を利用して、被検眼 E に対する第 1 検眼部 4 a の作動距離方向のアライメント量 (ずれ量) を求めることができる。

【 0 0 5 4 】

50

(ステップ S 4 : 第 1 測定)

ステップ S 3 において、被検眼 E に対する第 1 検眼部 4 a のアライメントが完了すると、制御部 2 0 は、第 1 検眼部 4 a によって被検眼 E の屈折力を測定する。例えば、制御部 2 0 は、測定開始信号の入力に基づき測定光学系 1 0 に設けられた測定光源を点灯させる。測定光源から出射された測定光は、図示なき測定光学系 1 0 の投光光学系、ダイクロイックミラー 2 9 を介して、被検眼の眼底 E f に投影され、眼底 E f 上でスポット状の点光源像を形成する。

【 0 0 5 5 】

眼底 E f 上に形成された点光源像の光は、反射・散乱されて被検眼 E を射出し、ダイクロイックミラー 2 9 を透過したのち、図示なき測定光学系 1 0 の受光光学系を介してリング像として撮像素子に受光される。

10

【 0 0 5 6 】

このとき、はじめに眼屈折力の予備測定が行われ、予備測定の結果に基づいて光源 3 1 及び固視標板 3 2 が光軸方向に移動されることにより、被検眼 E に対して雲霧がかけられる。その後、雲霧がかけられた被検眼に対して眼屈折力の測定が行われる。

【 0 0 5 7 】

測定光学系 1 0 が持つ撮像素子からの出力信号は、記憶部 2 4 に画像データとして記憶される。その後、制御部 2 0 は、記憶部 2 4 に記憶されたリング画像に基づいて被検眼の眼屈折値、S (球面度数)、C (柱面度数)、A (乱視軸角度) の各値を演算し、測定結果を表示部 7 に表示する。そして、測定エラーを除いた測定値が所定数 (例えば 3 個) 得られたら、眼屈折力測定を終了する。その後、制御部 2 0 は、例えば、第 1 モードにおける初期位置に検眼部 4 を移動させ、制御を終了する。

20

【 0 0 5 8 】

(ステップ S 5 : 第 2 検眼部アライメント)

ステップ S 2 において、第 2 モードに切り換えられた場合、制御部は、被検眼に対して第 2 検眼部 4 b をアライメントする。第 2 検眼部 4 b のアライメントを行う場合も、顔撮影部 1 9 0 によって撮影された顔画像 P 2 に基づいて、被検眼の方向 V 2 を求める。ここで、第 1 モードと第 2 モードとでは、検眼部 2 の初期位置が異なるため、顔撮影部 1 9 0 から見た被検眼の方向も異なる。制御部 2 0 は、第 2 モードにおける被検眼の方向 V 2 を求め、その方向 V 2 に基づいて検眼部 4 を移動させる。

30

【 0 0 5 9 】

例えば、制御部 2 0 は、第 2 検眼部 4 b のアライメント可能領域 A 2 を、顔撮影部 1 9 0 の位置を通り方向 V 2 に延びる直線 K 2 上に移動させる。ここで、アライメント可能領域 A 2 は、例えば、第 2 検眼部 4 b によって被検眼の 3 次元的位置を検出できる領域である。顔撮影部 1 9 0 の位置と、アライメント可能領域 A 2 との位置関係は、装置の設計上既知である。したがって、制御部 2 0 は、図 7 (b) に示すように、アライメント可能領域 A 2 を直線 K 2 に沿って移動させることができる。このように、制御部 2 0 は、例えば、アライメント可能領域 A 2 が直線 K 2 の少なくとも一部を含むように、検眼部 2 を直線 K 2 に沿った経路で移動させることによって、アライメント可能領域 A 2 に被検眼を位置させることができる。

40

【 0 0 6 0 】

上記のように検眼部 2 を移動させ、アライメント可能領域 A 2 に被検眼 E が入ると、光源 9 0 による角膜反射像が位置検出素子 9 7 に入射する状態になる。すると、制御部 2 0 は、位置検出素子 9 7 の検出結果に基づいて駆動部 2 を駆動制御し、Z 方向の詳細なアライメントを行う。また、制御部 2 0 は、撮像素子 7 5 の光源 8 1 による角膜反射像の検出結果に基づき、駆動部 2 を駆動制御し、X 方向及び Y 方向の詳細なアライメントを行う。

【 0 0 6 1 】

なお、第 2 検眼部 4 b を被検眼に対してアライメントする場合、第 1 検眼部 4 a を被検眼にアライメントする場合と比較して検眼部 4 を移動させる移動速度を遅くしてもよい。例えば、本実施例のように、屈折力を測定する第 1 検眼部 4 a に比べ、眼圧を測定する第

50

2 検眼部 4 b は作動距離が短く、例えば、空気吹付部 6 0 のノズル 6 3 が被検者に接触する可能性がある。したがって、上記のように、第 1 検眼部 4 a をアライメントするときの検眼部 2 の移動速度と、第 2 検眼部 4 b をアライメントするときの検眼部 2 の移動速度を変更することによって、第 1 検眼部 4 a をアライメントに要する時間を長くすることなく、第 2 検眼部 4 b のアライメントを安全に行うことができる。

【 0 0 6 2 】

(ステップ S 6 : 第 2 測定)

ステップ S 5 において、被検眼に対する第 2 検眼部 4 b のアライメントが完了すると、制御部 2 0 は、第 2 検眼部 4 b によって被検眼の眼圧を測定する。例えば、制御部 2 0 は、図示なきソレノイドを駆動させる。ソレノイドの駆動によりピストン 6 2 が移動されると、シリンダ 6 1 内の空気が圧縮され、圧縮空気がノズル 6 3 から角膜 E c に向けて吹き付けられる。角膜 E c は、圧縮空気の吹き付けにより徐々に変形し、扁平状態に達したときに光検出器 9 6 に最大光量が入射される。制御部 2 0 は、圧力センサ 6 6 からの出力信号と光検出器 9 6 からの出力信号とに基づき眼圧値を求める。そして、測定結果を表示部 7 に表示する。ここで、所定の測定終了条件が満たされると、被検眼の眼圧測定を完了とする。その後、制御部 2 0 は、例えば、第 2 モードにおける初期位置に検眼部 4 を移動させ、制御を終了する。

10

【 0 0 6 3 】

(ステップ S 7 : 第 1 検眼部アライメント)

ステップ S 2 において、第 3 モードに切り換えられた場合、制御部 2 0 は、ステップ S 3 と同様に、第 1 検眼部 4 a を被検眼に対してアライメントする。

20

【 0 0 6 4 】

(ステップ S 8 : 第 1 測定)

ステップ S 7 において、被検眼に対する第 1 検眼部 4 a のアライメントが完了すると、制御部 2 0 は、ステップ S 4 と同様に、第 1 検眼部 4 a によって被検眼の屈折力を測定する。

【 0 0 6 5 】

(ステップ S 9 : 第 2 検眼部アライメント)

第 1 測定が完了すると、制御部 2 0 は、第 2 検眼部 4 b を被検眼に対してアライメントする。このとき、制御部 2 0 は、第 1 測定を行った状態から、既知の値である測定光軸 L a と測定光軸 L b との上下方向の光軸間距離だけ検眼部 4 を上下方向に移動させることで、大まかなアライメントを行ってもよい。この場合、例えば、眼科装置 1 は、検眼部 4 の位置を検出する位置検出部 (エンコーダなど) を備えてもよい。例えば、位置検出部は、第 1 測定を行ったときの検眼部の位置情報を検出してもよい。制御部 7 0 は、第 1 測定時の検眼部 4 の位置情報と、第 1 検眼部 4 a と第 2 検眼部 4 b の相対位置情報と、第 2 検眼部 4 b の適正作業距離と、に基づいて第 2 検眼部 4 b の位置合わせを行ってもよい。

30

【 0 0 6 6 】

(ステップ S 1 0 : 第 2 測定)

被検眼に対する第 2 検眼部 4 b のアライメントが完了すると、制御部 2 0 は、ステップ S 6 と同様に、第 2 検眼部 4 b によって被検眼の眼圧を測定する。

40

【 0 0 6 7 】

以上のように、本実施例の眼科装置 1 は、顔撮影部 1 9 0 によって被検眼の方向を求め、各測定モードに応じて検眼部 2 の移動経路を切り換える。これによって、複数の検査光軸を備える複合装置であっても、全自動でアライメントを行うことができる。また、本実施例の眼科装置 1 は、顔撮影部 1 9 0 が 1 つであっても複数の検眼部に対して自動アライメントを行うことができるため、装置構成を簡略化することができる。

【 0 0 6 8 】

なお、以上の実施例のように、第 1 検眼部 4 a の上に第 2 検眼部 4 b が積層され、顔撮影部 1 9 0 が第 1 検眼部 4 a と第 2 検眼部 4 b の間の高さに配置される場合、各測定モードにおける顔撮影部 1 9 0 の被検眼に対する高さが異なる。例えば、第 1 モードにおいて

50

、第1検眼部4 aの光軸L aが被検眼の高さに合わせられた場合、顔撮影部190は、第1検眼部4 aの上に配置されるため、光軸L 5は被検眼Eよりも上に位置する。この場合、顔撮影部190から見た被検眼の方向V 1は、図7(a)に示すように、斜め下方向となる。また、第2モードにおいて、第2検眼部4 bの光軸L bが被検眼の高さに合わせられた場合、顔撮影部190は、第2検眼部4 bの下に配置されるため、光軸L 5は被検眼Eよりも上に位置する。この場合、撮影部190から見た被検眼の方向V 2は、図7(b)に示すように、斜め上方向となる。したがって、制御部20は、測定モードに応じて、検眼部4の移動方向を切り換えることによって、第1検眼部4 aまたは第2検眼部4 bを被検眼に対して適切に移動させることができる。

【0069】

10

なお、制御部20は、片眼の測定終了後、もう一方の眼に自動的にアライメントを行うことによって両眼の測定を行ってもよい。例えば、第1モードまたは第2モードの場合、初めに右眼の屈折力測定または眼圧測定を行い、右眼の測定終了後、左眼の屈折力測定または眼圧測定に移行してもよい。第3モードの場合は、右眼の屈折力と眼圧を測定してから左眼の屈折力と眼圧を測定してもよいし、右眼と左眼の屈折力を測定してから、右眼と左眼の眼圧を測定してもよい。もちろん、右眼と左眼はどちらが先でもよい。

【0070】

<顔撮影部から見た被検眼方向の算出>

顔撮影部190から見た被検眼方向の算出方法について説明する。制御部20は、顔撮影部190によって撮影された顔画像P 2に基づいて、顔撮影部190から見た被検眼Eの方向を求める。被検眼の方向は、例えば、3次元的な方向(例えば、空間ベクトル)である。制御部20は、顔画像P 2上の被検眼(例えば、瞳孔)の座標(x_e, y_e)を求める。例えば、顔画像P 2の輝度、エッジ等を解析することによって、被検眼の座標を求めてもよい。

20

【0071】

ここで、被検眼Eの3次元座標を(X_e, Y_e, Z_e)とすると、顔画像P 2上の座標(x_e, y_e)と、実際の被検眼Eの座標(X_e, Y_e, Z_e)との関係は数1のように表される。

【数1】

$$h \begin{pmatrix} x_e \\ y_e \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_x & s & c_s \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_z \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_e \\ Y_e \\ Z_e \\ 1 \end{pmatrix}$$

30

【0072】

なお、数1において、

【数2】

$$\begin{pmatrix} f_x & s & c_s \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

40

は、カメラ内部パラメータで、 f_x, f_y は焦点距離、 s はスキュー歪み、(c_x, c_y)は画像上の光学中心である。これらは予め顔撮影部190のキャリブレーションを行うことで取得される。また、

【数 3】

$$\begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_z \end{pmatrix}$$

は顔撮影部 190 のカメラ外部パラメータで、

10

【数 4】

$$\begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix}$$

は顔撮影部 190 の回転成分である。(t_x, t_y, t_z) は顔撮影部 190 の平行移動成分 (顔撮影部 190 の位置) である。また、h は任意のスケールである。

20

【0073】

ここで、顔撮影部 190 から見た被検眼 E の位置を E'=(X_e', Y_e', Z_e')=(X_e-t_x, Y_e-t_y, Z_e-t_z) とする。すると、顔撮影部 190 から見た被検眼の方向は E' の方向ベクトル V となる。ここで、数 1 より数 5 が成り立つ。

【数 5】

$$h \begin{pmatrix} x_e \\ y_e \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_x & s & c_s \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X'_e \\ Y'_e \\ Z'_e \end{pmatrix}$$

30

ここで、E' の方向ベクトル V を求めるためには X_e':Y_e':Z_e' の比が分かればよいから、数 5 において、X_e'=mZ_e', Y_e'=nZ_e' とおくと数 6 となる。

【数 6】

$$h' \begin{pmatrix} x_e \\ y_e \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_x & s & c_s \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m \\ n \\ 1 \end{pmatrix}$$

40

ただし、h'=h/Z_e とする。ここで、未知数は h', m, n の 3 つであり、数 6 を展開した連立方程式を解くことによって m, n が求まる。これによって、X_e':Y_e':Z_e' の比が求まり、その結果 E' の方向ベクトル V が求まる。このようにして、制御部 20 は、顔撮影部 190 から見た被検眼の方向を求める。なお、顔撮影部 190 を用いたアライメント方法は、特開 2017-64058 号公報を参照してもよい。

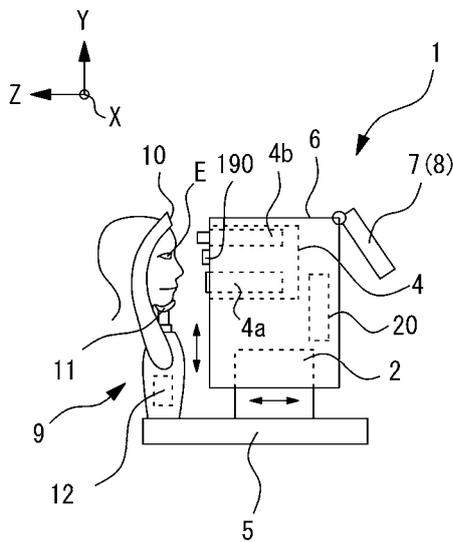
【符号の説明】

【0074】

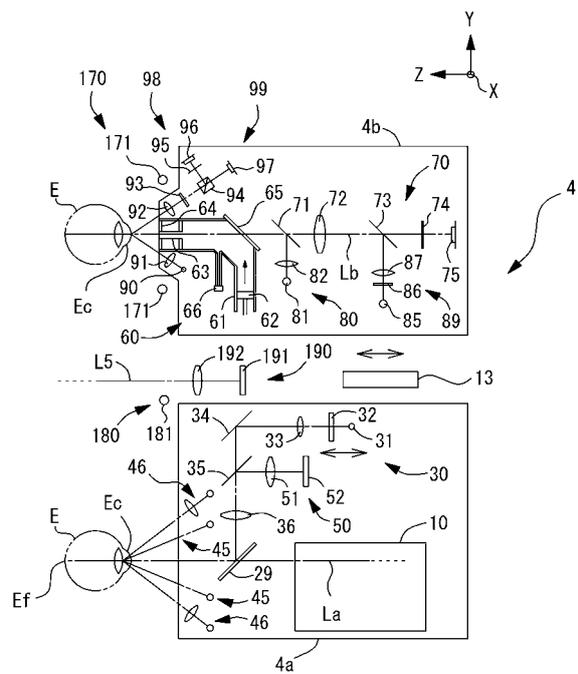
50

- 1 眼科装置
- 2 駆動部
- 4 検眼部
- 4 a 第1検眼部
- 4 b 第2検眼部
- 5 基台
- 6 筐体
- 9 顔支持部
- 1 3 Z 駆動部
- 2 0 制御部
- 2 1 C P U
- 2 2 R O M
- 2 3 R A M
- 2 4 記憶部
- 1 9 0 顔撮影部
- L a 第1検眼部の測定光軸
- L b 第2検眼部の測定光軸

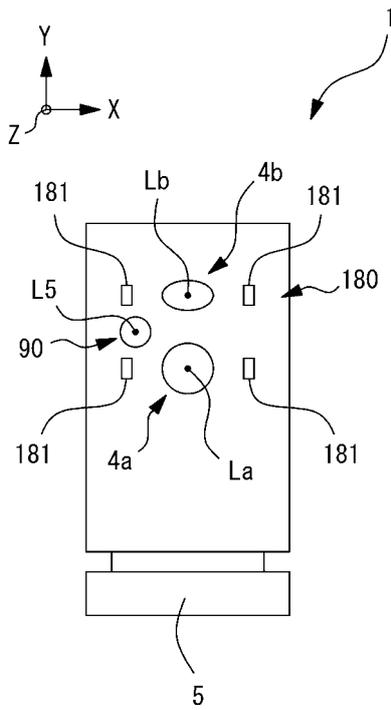
【図1】



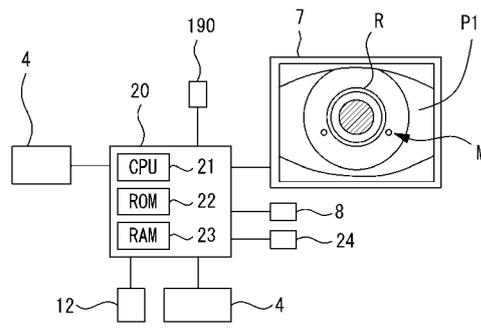
【図2】



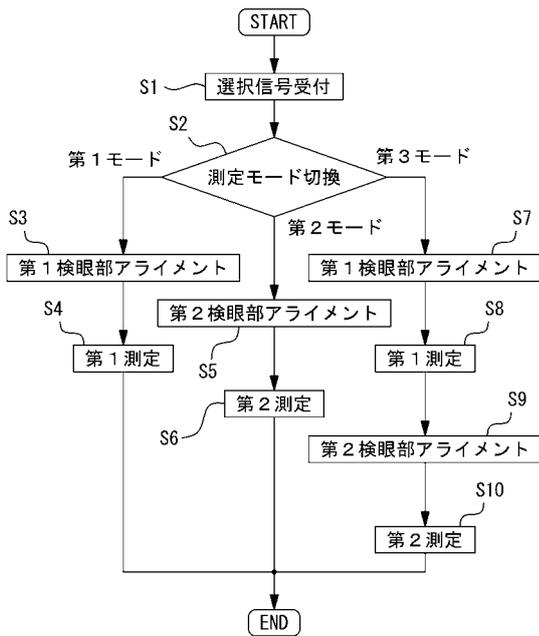
【 図 3 】



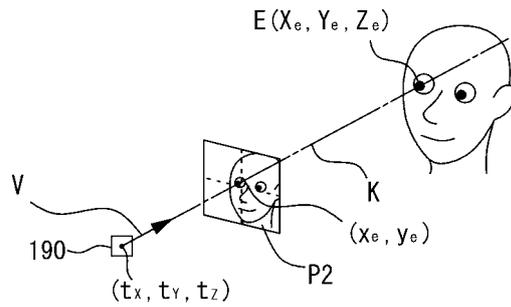
【 図 4 】



【 図 5 】

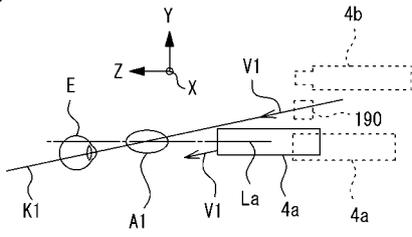


【 図 6 】



【 図 7 】

(a)



(b)

