

(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2017-74115

(P2017-74115A)

(43) 公開日 平成29年4月20日(2017.4.20)

(51) Int.Cl.  
A61B 3/10 (2006.01)

F I  
A61B 3/10 W

テーマコード(参考)

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2015-202209 (P2015-202209)  
(22) 出願日 平成27年10月13日(2015.10.13)

(71) 出願人 000220343  
株式会社トプコン  
東京都板橋区蓮沼町75番1号  
(74) 代理人 100124626  
弁理士 榎並 智和  
(72) 発明者 櫻田 智弘  
東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社トプコン内

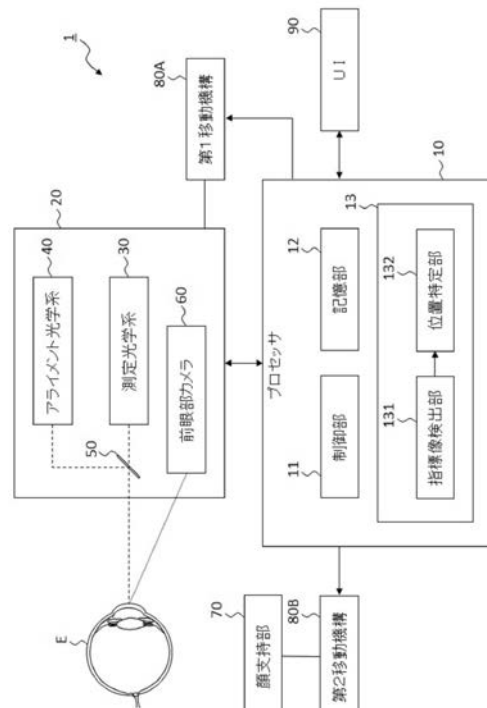
(54) 【発明の名称】 眼科装置

(57) 【要約】

【課題】角膜に対するアライメントを高精度かつ広範囲にて行うことが可能な技術を提供する。

【解決手段】実施形態の眼科装置は、光学系と、支持部と、駆動部と、アライメント光学系と、2以上の撮影部と、解析部と、制御部とを備える。光学系は、被検眼のデータを取得するための構成を備える。支持部は、被検者の顔を支持する。駆動部は、光学系と支持部とを相対的に移動する。アライメント光学系は、被検眼に対する光学系のアライメントを行うための指標を被検眼の前眼部に投影する。2以上の撮影部は、指標が投影された状態の前眼部を異なる方向から実質的に同時に撮影する。解析部は、2以上の撮影部により実質的に同時に得られた2以上の撮影画像を解析することによって被検眼の位置を特定する。制御部は、解析部により特定された位置に基づいて駆動部を制御する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

被検眼のデータを取得するための光学系と、  
 被検者の顔を支持する支持部と、  
 前記光学系と前記支持部とを相対的に移動する駆動部と、  
 前記被検眼に対する前記光学系のアライメントを行うための指標を前記被検眼の前眼部に投影するアライメント光学系と、  
 前記指標が投影された状態の前記前眼部を異なる方向から実質的に同時に撮影する 2 以上の撮影部と、  
 前記 2 以上の撮影部により実質的に同時に得られた 2 以上の撮影画像を解析することによって前記被検眼の位置を特定する解析部と、  
 前記解析部により特定された前記位置に基づいて前記駆動部を制御する制御部とを有する眼科装置。

10

## 【請求項 2】

前記解析部は、  
 前記 2 以上の撮影画像のそれぞれを解析することにより前記指標の像を検出する指標像検出部と、  
 前記 2 以上の撮影画像から検出された 2 以上の像に基づいて前記被検眼の位置を特定する位置特定部と  
 を含む  
 ことを特徴とする請求項 1 に記載の眼科装置。

20

## 【請求項 3】

前記位置特定部は、前記 2 以上の像の相対位置に基づいて、前記光学系の光軸方向における前記被検眼と前記光学系との間の距離を算出することを特徴とする請求項 2 に記載の眼科装置。

## 【請求項 4】

前記制御部は、前記位置特定部により算出された前記距離に基づいて、前記光軸方向における前記被検眼と前記光学系との間の距離を所定の作動距離に一致させるように前記駆動部を制御することを特徴とする請求項 3 に記載の眼科装置。

30

## 【請求項 5】

前記位置特定部は、前記 2 以上の撮影画像における前記 2 以上の像の位置に基づいて、前記光軸方向に直交する方向における前記被検眼と前記光学系との間の変位を算出することを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の眼科装置。

## 【請求項 6】

前記制御部は、前記位置特定部により算出された前記変位に基づいて、前記光学系の光軸と前記被検眼の軸とを一致させるように前記駆動部を制御することを特徴とする請求項 5 に記載の眼科装置。

## 【請求項 7】

前記 2 以上の撮影画像のいずれかから前記指標の像が検出されなかったとき、  
 前記解析部は、前記 2 以上の撮影部により実質的に同時に得られた 2 以上の撮影画像のそれぞれを解析することにより前記前眼部の特徴部位に相当する特徴位置を特定し、特定された前記特徴位置に基づいて前記被検眼の位置を特定し、  
 前記制御部は、前記特徴位置に基づき特定された前記位置に基づいて前記駆動部を制御することを特徴とする請求項 2 ~ 6 のいずれかに記載の眼科装置。

40

## 【請求項 8】

前記特徴位置に基づく前記駆動部の制御が行われた後、前記指標像検出部は、前記 2 以上の撮影部により新たに得られた 2 以上の撮影画像を解析することにより前記指標の像の検出を再度行う

50

ことを特徴とする請求項 7 に記載の眼科装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被検眼のデータを取得するための眼科装置に関する。

【背景技術】

【0002】

眼科装置には、被検眼の特性を測定するための眼科測定装置と、被検眼の画像を得るための眼科撮影装置とが含まれる。

【0003】

眼科測定装置の例として、被検眼の屈折特性を測定する眼屈折検査装置（レフラクトメータ、ケラトメータ）や、眼圧計や、角膜の特性（角膜厚、細胞分布等）を得るスペキュラーマイクロスコプや、ハルトマン - シャックセンサを用いて被検眼の収差情報を得るウェーブフロントアナライザなどがある。

【0004】

眼科撮影装置の例として、光コヒーレンストモグラフィ（Optical Coherence Tomography、OCT）を用いて断層像を得る光干渉断層計や、眼底を写真撮影する眼底カメラや、共焦点光学系を用いたレーザ走査により眼底の画像を得る走査型レーザ検眼鏡（Scanning Laser Ophthalmoscope、SLO）などがある。

【0005】

このような装置を用いた眼科検査では、検査の精度や確度の観点から、光学系と被検眼との位置合わせ（アライメント）が重要である。アライメントには、一般に、被検眼の軸に光学系の光軸を一致させる動作（XYアライメント）と、被検眼と光学系との間の距離を所定の作動距離に合わせる動作（Zアライメント）とがある。

【0006】

特許文献 1 には、被検眼の前眼部を 2 以上のカメラで実質的に同時に撮影し、2 以上の撮影画像に描出された前眼部の特徴部位（瞳孔中心等）の位置に基づいてアライメントを行う技術が開示されている。また、特許文献 2 には、角膜に光束が投影された前眼部を正面から撮影し、得られた前眼部像に描出された輝点像（ブルキンエ像）に基づきアライメントを行う技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献 1】特開 2013 - 248376 号公報

【特許文献 2】特開 2015 - 85081 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

レフラクトメータによる眼屈折力測定は眼鏡やコンタクトレンズを処方するために行われるので、角膜頂点を基準とした眼屈折力の測定が必要である。同様に、ケラトメータによる角膜曲率測定の正確性を担保するためには、角膜頂点を基準としたアライメントが必要である。

【0009】

被検眼の形態には個人差がある。例えば、角膜頂点から瞳孔までの距離や、角膜と瞳孔との偏心状態は、人それぞれである。瞳孔を基準とする従来のアライメントは、瞳孔を通じて眼底のデータを取得する装置に有効であるが、レフラクトメータやケラトメータのように角膜に対するアライメント精度が要求される装置においては有効性に劣る。

【0010】

また、ブルキンエ像に基づく従来のアライメントは被検眼を正面から撮影しているため

10

20

30

40

50

、被検眼と光学系との位置が或る程度合致した状態からしかアライメントを行うことができない。つまり、広範囲でのアライメントが不可能である。

【0011】

この発明の目的は、角膜に対するアライメントを高精度かつ広範囲にて行うことが可能な技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

実施形態の眼科装置は、光学系と、支持部と、駆動部と、アライメント光学系と、2以上の撮影部と、解析部と、制御部とを備える。光学系は、被検眼のデータを取得するための構成を備える。支持部は、被検者の顔を支持する。駆動部は、光学系と支持部とを相対的に移動する。アライメント光学系は、被検眼に対する光学系のアライメントを行うための指標を被検眼の前眼部に投影する。2以上の撮影部は、指標が投影された状態の前眼部を異なる方向から実質的に同時に撮影する。解析部は、2以上の撮影部により実質的に同時に得られた2以上の撮影画像を解析することによって被検眼の位置を特定する。制御部は、解析部により特定された位置に基づいて駆動部を制御する。

10

【発明の効果】

【0013】

実施形態に係る眼科装置によれば、角膜に対するアライメントを高精度かつ広範囲にて行うことが可能である。

【図面の簡単な説明】

20

【0014】

【図1】実施形態に係る眼科装置の構成の一例を表す概略図である。

【図2】実施形態に係る眼科装置の動作を説明するための概略図である。

【図3A】実施形態に係る眼科装置の動作を説明するための概略図である。

【図3B】実施形態に係る眼科装置の動作を説明するための概略図である。

【図3C】実施形態に係る眼科装置の動作を説明するための概略図である。

【図4A】実施形態に係る眼科装置の動作を説明するための概略図である。

【図4B】実施形態に係る眼科装置の動作を説明するための概略図である。

【図4C】実施形態に係る眼科装置の動作を説明するための概略図である。

【図5】実施形態に係る眼科装置の動作の例を表すフローチャートである。

30

【発明を実施するための形態】

【0015】

本発明の幾つかの実施形態を説明する。実施形態の眼科装置は、任意の眼科測定装置、任意の眼科撮影装置又は任意の複合機であってよい。眼科測定装置としては、レフラクタメータ、ケラトメータ、視機能検査装置、眼圧計などがある。眼科撮影装置の例としては、OCT装置、眼底カメラ、SLOなどがある。

【0016】

構成

眼科装置の構成例を図1に示す。眼科装置1は、被検眼Eのデータを取得する機能、つまり被検眼Eを撮影する機能及び/又は被検眼Eの特性を測定する機能を備える。

40

【0017】

眼科装置1は、プロセッサ10と、光学ユニット20と、顔支持部70と、第1移動機構80Aと、第2移動機構80Bと、ユーザインターフェイス(UI)90とを含む。なお、第1移動機構80A及び第2移動機構80Bの一方のみが設けられた構成であってもよい。

【0018】

光学ユニット20には、測定光学系30と、アライメント光学系40と、ビームスプリッタ50と、前眼部カメラ60とが設けられている。ビームスプリッタ50は、測定光学系30の光路とアライメント光学系40の光路とを合成する。ビームスプリッタ50と被検眼Eとの間には、図示しない対物レンズが設けられている。前眼部カメラ60は、異な

50

る位置に2台以上設けられている。

【0019】

(プロセッサ10)

プロセッサ10は、各種の情報処理を実行する。本明細書において「プロセッサ」は、例えば、CPU(Central Processing Unit)、GPU(Graphics Processing Unit)、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)、プログラマブル論理デバイス(例えば、SPLD(Simple Programmable Logic Device)、CPLD(Complex Programmable Logic Device)、FPGA(Field Programmable Gate Array))等の回路を意味する。

10

【0020】

プロセッサ10は、例えば、記憶回路や記憶装置に格納されているプログラムを読み出し実行することで、実施形態に係る機能を実現する。記憶回路や記憶装置の少なくとも一部がプロセッサ10に含まれていてよい。また、記憶回路や記憶装置の少なくとも一部がプロセッサ10の外部に設けられていてよい。プロセッサ10により実行可能な処理については後述する。プロセッサ10は、制御部11と、記憶部12と、データ処理部13とを含む。

【0021】

(制御部11)

制御部11は、眼科装置1の各部の制御を実行する。特に、制御部11は、光学ユニット20、第1移動機構80A、及び第2移動機構80Bを制御する。制御部11により実行可能な制御については後述する。

20

【0022】

(記憶部12)

記憶部12は、各種のデータを記憶する。記憶部12に記憶されるデータとしては、測定光学系30により取得されたデータ(測定データ、撮影データ等)や、被検者及び被検眼に関する情報などがある。記憶部12には、眼科装置1を動作させるための各種のコンピュータプログラムやデータが記憶されていてよい。記憶部12には、後述の処理において使用・参照される各種のデータが記憶される。記憶部12は、前述の記憶回路や記憶装置を含む。

30

【0023】

(データ処理部13)

データ処理部13は各種のデータ処理を実行する。特に、データ処理部13は、前眼部カメラ60により取得された画像を解析する。データ処理部13には、指標像検出部131と、位置特定部132とが設けられている。これらの動作については後述する。

【0024】

(光学ユニット20)

光学ユニット20には、被検眼Eの測定や撮影を行うための構成と、その準備を行うための構成とが格納されている。前者は測定光学系30を含み、後者はアライメント光学系40を含む。光学ユニット20には、図1に示す構成に加え、被検眼Eを正面から撮影するための光学系(観察光学系、撮影光学系等)が設けられてもよい。更に、測定光学系30のフォーカシングを行うための構成などが設けられていてもよい。また、光学ユニット20は、被検眼Eの前眼部を照明するための光源(前眼部照明光源)を備えてもよい。

40

【0025】

(測定光学系30)

測定光学系30は、被検眼Eの特性を測定するための構成を備える。測定光学系30は、眼科装置1が提供する機能(測定機能、撮影機能等)に応じた構成を備える。例えば、測定光学系30には、光源、光学素子(光学部材、光学デバイス)、アクチュエータ、機構、回路、表示デバイス、受光素子、イメージセンサなどが設けられる。測定光学系30

50

の構成は従来の眼科装置のそれと同様であってよい。測定光学系 30 の少なくとも一部は、アライメント光学系 40 との合成光路の外部に配置されてもよい。例えば、角膜曲率を測定するためのケラトメータ機能が設けられている場合、リング状光束又は同心円状光束を角膜に投影するための光源（ケラトリング光源）が被検眼 E の直前位置に配置される。

【0026】

測定光学系 30 は、検査に付随する機能を提供するための構成を備えていてよい。例えば、被検眼 E を固視させるための視標（固視標）を被検眼 E の眼底に投影するための固視光学系が設けられていてよい。

【0027】

（アライメント光学系 40）

アライメント光学系 40 は、光束を被検眼 E に投影する。それにより、アライメントのための指標が前眼部に投影される。この指標は、例えばブルキンエ像として検出される。指標を用いたアライメントは、測定光学系 30 の光軸方向（Z 方向）における Z アライメントを少なくとも含み、更に、Z 方向に直交する X 方向（水平方向）及び Y 方向（鉛直方向）における XY アライメントを含んでもよい。

【0028】

Z アライメントは、2 以上の前眼部カメラ 60 により実質的に同時に得られる 2 以上の撮影画像を解析することによって実行される。XY アライメントは、2 以上の前眼部カメラ 60 により得られた 2 以上の撮影画像を解析することによって、又は、被検眼 E を正面から撮影するための光学系（観察光学系、撮影光学系等）により得られる画像（前眼部の正面画像）を解析することによって実行される。

【0029】

前眼部の正面画像に基づく XY アライメントは、従来と同様に、正面画像に描出されたブルキンエ像（指標像）の XY 方向における位置に基づき実行される。例えば、前眼部の正面画像に基づく XY アライメントは、アライメントのズレの許容範囲（アライメントマーク）内に指標像を誘導するように光学ユニット 20 を手動又は自動で移動させることにより実行される。マニュアルアライメントの場合、制御部 11 が正面画像とアライメントマークとをユーザインターフェイス 90 に表示し、ユーザが上記条件の満たすようにユーザインターフェイス 90 を操作する。オートアライメントの場合、アライメントマークに対する指標像の変位をデータ処理部 13 が算出し、この変位をキャンセルするように制御部 11 が光学ユニット 20 を XY 方向に移動させる。

【0030】

（前眼部カメラ 60）

前眼部カメラ 60 は、前述したように、異なる位置に 2 台以上設けられている。各前眼部カメラ 60 は、例えば、所定のフレームレートで動画撮影を行うビデオカメラである。2 以上の前眼部カメラ 60 は、前眼部を異なる方向から実質的に同時に撮影する。

【0031】

本実施形態では、図 2 に示すように、2 台の前眼部カメラ 60 A 及び 60 B が設けられている。なお、図 2 は上面図であり、+ Y 方向は鉛直上方を示し、+ Z 方向は測定光学系 30 の光軸方向であって測定光学系 30 から被検眼 E に向かう方向を示す。また、前眼部カメラ 60 A 及び 60 B はそれぞれ、測定光学系 30 の光路から外れた位置に設けられている。本実施形態では、前眼部カメラ 60 A 及び 60 B は、測定光学系 30 の光路よりも下方に設けられている。それにより、角膜に投影された光束（指標）の反射光が睫毛や瞼にケラレにくくなる。以下、2 台の前眼部カメラ 60 A 及び 60 B をまとめて符号 60 で表すことがある。

【0032】

前眼部カメラの個数は 2 以上の任意の個数であってよいが、異なる 2 方向から実質的に同時に前眼部を撮影可能な構成であればよい。また、1 つの前眼部カメラが測定光学系 30 と同軸に配置されていてもよい。

【0033】

10

20

30

40

50

「実質的に同時」とは、2以上の前眼部カメラによる撮影において、眼球運動を無視できる程度の撮影タイミングのズレを許容することを示す。それにより、被検眼Eが同じ位置（向き）にあるときの画像を2以上の前眼部カメラによって取得することができる。

【0034】

また、2以上の前眼部カメラによる撮影は動画撮影でも静止画撮影でもよいが、本実施形態では動画撮影を行う場合について特に詳しく説明する。動画撮影の場合、撮影開始タイミングを合わせるよう制御したり、フレームレートや各フレームの撮影タイミングを制御したりすることにより、上記した実質的に同時の前眼部撮影を実現することができる。一方、静止画撮影の場合、撮影タイミングを合わせるよう制御することにより、これを実現することができる。

10

【0035】

（顔支持部70）

顔支持部70は、被検者の顔を支持するための部材を含む。例えば、顔支持部70は、被検者の額が当接される額当てと、被検者の顎が載置される顎受けとを含む。なお、顔支持部70は、額当て及び顎受けのいずれか一方のみを備えてもよく、これら以外の部材を備えてもよい。

【0036】

（移動機構80A及び80B）

移動機構80Aは、制御部11による制御を受けて光学ユニット20を移動する。移動機構80Aは、光学ユニット20を3次的に移動可能である。移動機構80Aは、例えば、従来と同様に、光学ユニット20をX方向に移動させるための機構と、Y方向に移動させるための機構と、Z方向に移動させるための機構とを含む。また、移動機構81Aは、光学ユニット20の光軸を含む平面（水平面、垂直面等）内にて光学ユニット20を回動させる回動機構を含んでもよい。

20

【0037】

移動機構80Bは、制御部11による制御を受けて顔支持部70を移動する。移動機構80Bは、顔支持部70を3次的に移動可能である。移動機構80Bは、例えば、顔支持部70をX方向に移動させるための機構と、Y方向に移動させるための機構と、Z方向に移動させるための機構とを含む。また、移動機構81Bは、顔支持部70（又はそれに含まれる部材）の向きを変更するための回動機構を含んでもよい。顔支持部70に複数の部材が設けられている場合、移動機構80Bは、これら部材を個別に移動するよう構成されてよい。例えば、移動機構80Bは、額当てと顎受けとを個別に移動するよう構成されてよい。なお、前述したように、一般に、移動機構80A及び80Bの少なくとも一方が設けられる。

30

【0038】

（ユーザインターフェイス90）

ユーザインターフェイス90は、情報の表示、情報の入力、操作指示の入力など、眼科装置1とそのユーザとの間で情報をやりとりするための機能を提供する。ユーザインターフェイス90は、出力機能と入力機能とを提供する。出力機能を提供する構成の例として、フラットパネルディスプレイ等の表示装置や、音声出力装置や、印刷出力装置や、記録媒体への書き込みを行うデータライタなどがある。入力機能を提供する構成の例として、操作レバー、ボタン、キー、ポインティングデバイス、マイクロフォン、データライタなどがある。ユーザインターフェイス90は、タッチパネルディスプレイのような出力機能と入力機能とが一体化されたデバイスを含んでもよい。また、ユーザインターフェイス90は、情報の入出力を行うためのグラフィカルユーザインターフェイス（GUI）を含んでもよい。

40

【0039】

（データ処理部13の詳細）

データ処理部13の詳細を説明する。前述のように、データ処理部13には、指標像検出部131と、位置特定部132とが設けられている。

50

## 【 0 0 4 0 】

( 指 標 像 検 出 部 1 3 1 )

指 標 像 検 出 部 1 3 1 は、前 眼 部 カ メ ラ 6 0 A 及 び 6 0 B に よ り 実 質 的 に 同 時 に 得 ら れ た 2 以 上 の 撮 影 画 像 を 解 析 す る こ と に よ り、各 撮 影 画 像 に 描 出 さ れ た 指 標 像 を 検 出 す る。前 眼 部 カ メ ラ 6 0 A 及 び 6 0 B が 動 画 撮 影 を 行 う 場 合、指 標 像 検 出 部 1 3 1 は、各 フ レーム から 指 標 像 を 検 出 す る。指 標 像 検 出 部 1 3 1 は、撮 影 画 像 の 画 素 値 を 解 析 す る こ と に よ っ て 指 標 像 を 検 出 す る。撮 影 画 像 が 輝 度 画 像 で あ る 場 合、指 標 像 検 出 部 1 3 1 は、撮 影 画 像 に お け る 輝 度 値 の 分 布 に 基 づ い て、指 標 像 に 相 当 す る 画 像 領 域 ( 画 素 ) を 特 定 す る。こ の 処 理 は、例 え ば、既 定 閾 値 よ り も 高 い 輝 度 値 を 有 す る 画 素 を 選 択 す る 処 理 を 含 む。撮 影 画 像 が カ ラー 画 像 で あ る 場 合、指 標 像 検 出 部 1 3 1 は、例 え ば、既 定 閾 値 よ り も 高 い 輝 度 値 を 有 す る 画 素 を 選 択 す る 処 理、又 は、所 定 の 色 を 表 す 画 素 を 選 択 す る 処 理 を 含 む。

10

## 【 0 0 4 1 】

( 位 置 特 定 部 1 3 2 )

位 置 特 定 部 1 3 2 は、前 眼 部 カ メ ラ 6 0 A 及 び 6 0 B に よ り 実 質 的 に 同 時 に 取 得 さ れ た 2 つ の 撮 影 画 像 から 検 出 さ れ た 2 つ の 指 標 像 に 基 づ い て、被 検 眼 E の 位 置 を 特 定 す る。位 置 特 定 部 1 3 2 は、少 なく と も、Z 方 向 に お け る 被 検 眼 E と 測 定 光 学 系 3 0 と の 間 の 距 離 を 算 出 す る。こ の 算 出 結 果 に 基 づ き Z ア ラ イ メ ン ト が 実 行 さ れ る。更 に、位 置 特 定 部 1 3 2 は、X Y 方 向 に お け る 被 検 眼 E と 測 定 光 学 系 3 0 と の 間 の 変 位 を 算 出 し て も よ い。こ の 算 出 結 果 に 基 づ き X Y ア ラ イ メ ン ト が 実 行 さ れ る。

20

## 【 0 0 4 2 】

位 置 特 定 部 1 3 2 が 実 行 す る 処 理 に つ い て 図 2 を 参 照 し て 説 明 す る。図 2 は、被 検 眼 E と 前 眼 部 カ メ ラ 6 0 A 及 び 6 0 B と の 間 の 位 置 関 係 を 示 す 上 面 図 で あ る。X Y 方 向 に お け る 2 つ の 前 眼 部 カ メ ラ 6 0 A 及 び 6 0 B の 間 の 距 離 ( 基 線 長 ) を 「 B 」 で 表 す。2 つ の 前 眼 部 カ メ ラ 6 0 A 及 び 6 0 B の 基 線 と、指 標 像 P と の 間 の 距 離 ( 指 標 像 距 離 ) を 「 H 」 で 表 す。各 前 眼 部 カ メ ラ 6 0 A 及 び 6 0 B と、そ の 画 面 平 面 と の 間 の 距 離 ( 画 面 距 離 ) を 「 f 」 で 表 す。一 般 に、指 標 光 束 を 被 検 眼 E に 対 し て 平 行 光 束 と し て 投 射 し た 場 合、指 標 像 ( プ ル キ ン 工 像 ) P は、被 検 眼 E の 角 膜 曲 率 半 径 の 2 分 の 1 だ け 角 膜 表 面 から + Z 方 向 に 変 位 し た 位 置 に 形 成 さ れ る。

## 【 0 0 4 3 】

こ の よ う な 配 置 状 態 に お い て、前 眼 部 カ メ ラ 6 0 A 及 び 6 0 B に よ る 撮 影 画 像 の 分 解 能 は 次 式 で 表 さ れ る。こ こ で、 $p$  は 画 素 分 解 能 を 表 す。

30

## 【 0 0 4 4 】

X Y 方 向 の 分 解 能 :  $X Y = H \times p / f$

Z 方 向 の 分 解 能 :  $Z = H \times H \times p / ( B \times f )$

## 【 0 0 4 5 】

位 置 特 定 部 1 3 2 は、2 つ の 前 眼 部 カ メ ラ 6 0 A 及 び 6 0 B の 位 置 ( 既 知 で あ る ) と、2 つ の 撮 影 画 像 に お い て 指 標 像 P の 位 置 と に 対 し て、図 2 ( 及 び 図 1 ) に 示 す 配 置 関 係 を 考 慮 し た 公 知 の 三 角 法 を 適 用 す る こ と に よ り、指 標 像 P の 位 置、つ ま り 被 検 眼 E の 位 置 を 特 定 す る。特 定 さ れ る 位 置 は、少 なく と も Z 方 向 の 位 置 を 含 み、X Y 方 向 の 位 置 を 更 に 含 ん で も よ い。

40

## 【 0 0 4 6 】

位 置 特 定 部 1 3 2 に よ り 特 定 さ れ た 被 検 眼 E の 位 置 は 制 御 部 1 1 に 送 ら れ る。制 御 部 1 1 は、被 検 眼 E の Z 位 置 に 基 づ い て、Z 方 向 に お け る 被 検 眼 E と 測 定 光 学 系 3 0 と の 間 の 距 離 を 作 動 距 離 に 一 致 さ せ る よ う に 駆 動 機 構 8 0 A 及 び / 又 は 8 0 B を 制 御 す る。更 に、制 御 部 1 1 は、被 検 眼 E の X Y 位 置 に 基 づ い て、測 定 光 学 系 3 0 の 光 軸 と 被 検 眼 E の 軸 と を 一 致 さ せ る よ う に 駆 動 機 構 8 0 A 及 び / 又 は 8 0 B を 制 御 す る。な お、作 動 距 離 ( ワー キ ン グ デ ィ ス タ ン ス ) と は、測 定 光 学 系 3 0 に よ る 測 定 を 行 う た め の 被 検 眼 E と 測 定 光 学 系 3 0 と の 間 の 既 定 の 距 離 を 意 味 す る。

## 【 0 0 4 7 】

以 上 の よ う に、位 置 特 定 部 1 3 2 は、指 標 像 P ( プ ル キ ン 工 像 ) の 位 置 を 被 検 眼 E の 位

50



置（その近似位置）として求めることができる。更に、位置特定部 132 は、特定された指標像 P の位置と、別途に測定された角膜曲率半径とに基づいて、被検眼 E の角膜（頂点）の位置を求めることが可能である。XYZ アライメントが合っている状態において、角膜頂点は、指標像 P から角膜曲率半径の 2 分の 1 だけ - Z 方向に変位した位置に配置されていると考えられる。したがって、角膜曲率半径の 2 分の 1 の値を指標像 P の Z 座標値から減算することにより、角膜頂点の Z 座標値（それを含む XYZ 座標値）を求めることができる。

**【0048】**

角膜曲率半径の測定は、ケラトメータや角膜トポグラフィを用いて行われる。角膜曲率半径を測定する機能を眼科装置 1 が備えていない場合、過去に得られた角膜曲率半径の測定値が眼科装置 1 に入力される。位置特定部 132 は、この測定値を用いて角膜頂点位置を求める。一方、角膜曲率半径を測定する機能を眼科装置 1 が備えている場合、例えば、アライメントを実行した後に角膜曲率半径を測定し、得られた測定値を利用して再度アライメントを行うことができる。また、角膜曲率半径を測定する機能を眼科装置 1 が備えている場合であっても、過去に得られた角膜曲率半径の測定値を利用することも可能である。

10

**【0049】**

（他の処理例）

前眼部カメラ 60A 及び 60B により得られた 2 つの撮影画像に基づいて被検眼 E の位置を特定する処理の他の例を説明する。

20

**【0050】**

図 3A において、左側の図は XYZ アライメントが合致している状態を示し、右側の図はそのときに得られる 2 つの撮影画像を示す。指標像 P に対して XYZ 全てのアライメントが合致している場合、つまり、右側の前眼部カメラ 60A の光軸と右側の前眼部カメラ 60B の光軸とが交差する位置（光軸交差位置）に指標像 P が配置されている場合、右側の前眼部カメラ 60A により撮影画像 GA が得られ、左側の前眼部カメラ 60B により撮影画像 GB が得られる。撮影画像 GA では、フレームにおける左右方向の中心位置 AC 上（又はその近傍）に指標像 PA が配置される。同様に、撮影画像 GB では、フレームにおける左右方向の中心位置 BC 上（又はその近傍）に指標像 PB が配置される。

30

**【0051】**

図 3B は、被検眼 E が眼科装置 1 に近接しすぎている場合、つまり、光軸交差位置よりも眼科装置 1 側に指標像 P が位置する場合を示す。右側の前眼部カメラ 60A により得られる撮影画像 GA では、中心位置 AC よりも右側に指標像 PA が配置される。一方、左側の前眼部カメラ 60B により得られる撮影画像 GB では、中心位置 BC よりも左側に指標像 PB が配置される。すなわち、2 つの撮影画像 GA 及び GB における 2 つの指標像 PA 及び PB の間隔が広がる。

**【0052】**

逆に、図 3C は、被検眼 E が眼科装置 1 から遠離しすぎている場合を示す。右側の前眼部カメラ 60A により得られる撮影画像 GA では、中心位置 AC よりも左側に指標像 PA が配置される。一方、左側の前眼部カメラ 60B により得られる撮影画像 GB では、中心位置 BC よりも右側に指標像 PB が配置される。すなわち、2 つの撮影画像 GA 及び GB における指標像 PA 及び PB の間隔が狭まる。

40

**【0053】**

このように、Z アライメントの状態に応じ、2 つの撮影画像 GA 及び GB における 2 つの指標像 PA 及び PB の相対位置が変化する。Z アライメントのズレ方向（近接 / 遠離）は、2 つの指標像 PA 及び PB の相対位置の変化方向（間隔増大 / 間隔減少）として表れる。また、Z アライメントのズレ量は、2 つの指標像 PA 及び PB の相対位置の変化量として表れる。

**【0054】**

この関係を表す情報が位置特定部 132（又は記憶部 12）に予め格納される。この情

50

報には、例えば、2つの指標像の相対位置（間隔）と、Zアライメントのズレ方向及びズレ量とが対応付けられている。位置特定部132は、まず、2つの撮影画像GA及びGBから検出された2つの指標像PA及びPBの位置（相対位置）を求める。そして、位置特定部132は、得られた2つの指標像PA及びPBの位置に対応するZアライメントのズレ方向及びズレ量を、上記格納情報を参照して求める。

【0055】

図4Aは、図3Aと同様に、左側の図はXYZアライメントが合致している状態を示し、右側の図はそのときに得られる2つの撮影画像を示す。

【0056】

図4Bは、前眼部カメラ60A及び60Bに対して右側に被検眼Eがずれている場合、つまり、前眼部カメラ60A及び60Bの光軸交差位置よりも右側に指標像Pが位置する場合を示す。右側の前眼部カメラ60Aにより得られる撮影画像GAでは、中心位置ACよりも左側に指標像PAが配置される。同様に、左側の前眼部カメラ60Bにより得られる撮影画像GBでも、中心位置BCよりも左側に指標像PBが配置される。すなわち、2つの撮影画像GA及びGBにおける2つの指標像PA及びPBの間隔は実質的に変化せず、これらが実質的に等距離だけ左方向に変位している。

10

【0057】

逆に、図4Cは、前眼部カメラ60A及び60Bに対して左側に被検眼Eがずれている場合を示す。右側の前眼部カメラ60Aにより得られる撮影画像GAでは、中心位置ACよりも右側に指標像PAが配置される。同様に、左側の前眼部カメラ60Bにより得られる撮影画像GBでも、中心位置BCよりも右側に指標像PBが配置される。すなわち、2つの撮影画像GA及びGBにおける2つの指標像PA及びPBの間隔は実質的に変化せず、これらが実質的に等距離だけ右方向に変位している。

20

【0058】

このように、Xアライメントの状態に応じ、2つの撮影画像GA及びGBにおける2つの指標像PA及びPBは、同じ方向に実質的に等しい距離だけ変位する。Xアライメントのズレ方向（右/左）は、2つの指標像PA及びPBの一体的な変位方向として表れる。また、Xアライメントのズレ量は、2つの指標像PA及びPBの一体的な変位量として表れる。

【0059】

この関係を表す情報が位置特定部132（又は記憶部12）に予め格納される。この情報には、例えば、フレーム中心を基準とする2つの指標像の左右方向への変位（変位方向及び変位量）と、Xアライメントのズレ方向及びズレ量とが対応付けられている。位置特定部132は、まず、2つの撮影画像GA及びGBから検出された2つの指標像PA及びPBの位置を求め、中心位置AC及びBCに対する変位方向及び変位量を求める。そして、位置特定部132は、得られた2つの指標像PA及びPBの変位方向及び変位量に対応するXアライメントのズレ方向及びズレ量を、上記格納情報を参照して求める。

30

【0060】

Yアライメントのズレについても同様に、フレーム中心を基準とする2つの指標像の上下方向への変位（変位方向及び変位量）と、Yアライメントのズレ方向及びズレ量との対応関係に基づいて算出される。

40

【0061】

（前眼部の特徴部位を基準としたアライメント）

眼科装置1は、特開2013-248376号公報に開示されているように、前眼部の特徴部位の位置に基づくアライメントを実行できるように構成されてもよい。この場合、データ処理部13は、前眼部カメラ60A及び60Bにより実質的に同時に得られた2つの撮影画像のそれぞれを解析することにより、前眼部の特徴部位に相当する特徴位置を特定する。前眼部の特徴部位は、例えば瞳孔中心である。更に、データ処理部13は、特定された特徴位置に基づいて被検眼Eの位置を特定する。本例では、瞳孔中心の位置が被検眼Eの位置を近似している。なお、被検眼Eにおける角膜頂点と瞳孔との間の距離、又は

50

、標準的な眼（模型眼、平均値等）における角膜頂点と瞳孔との間の距離を利用することで、角膜頂点の位置を被検眼 E の位置として求めることができる。被検眼 E における当該距離は、例えば、OCT や超音波計測装置を用いて測定される。

【0062】

動作

眼科装置 1 の動作について説明する。眼科装置 1 により実行されるアライメントの一例を図 5 に示す。

【0063】

（S1：指標の投影を開始する）

アライメントを開始するための指示がユーザ又は制御部 11 によりなされたことに対応し、制御部 11 は、アライメント光学系 40 を制御することで、アライメントのための指標を被検眼 E の前眼部に投影させる。指標の投影は、例えば、アライメント終了の指示がなされるまで継続される。

【0064】

（S2：前眼部照明光源を点灯する）

制御部 11 は、前述した前眼部照明光源を点灯する。前眼部照明光源は、例えば、アライメント終了の指示がなされるまで点灯している。

【0065】

（S3：前眼部撮影を開始する）

前眼部カメラ 60A 及び 60B は、前眼部の動画像の取得を開始する。前眼部カメラ 60A 及び 60B は、所定のフレームレートで撮影画像（フレーム）を形成する。撮影画像は、データ処理部 13 に逐次に入力される。

【0066】

（S4：2つの指標像が検出されたか？）

指標像検出部 131 は、指標像を検出するために、前眼部カメラ 60A 及び 60B により実質的に同時に得られた 2つの撮影画像 GA 及び GB のそれぞれを解析する。2つの撮影画像 GA 及び GB の少なくとも一方から指標像が検出されなかった場合（S4：NO）、処理はステップ S5 に移行する。一方、2つの撮影画像 GA 及び GB の双方から指標像が検出された場合（S4：YES）、処理はステップ S7 に移行する。

【0067】

（S5：瞳孔中心を検出する）

2つの撮影画像 GA 及び GB の少なくとも一方から指標像が検出されなかった場合（S4：NO）、データ処理部 13 は、前眼部カメラ 60A 及び 60B により実質的に同時に得られた 2以上の撮影画像のそれぞれを解析することにより、被検眼 E の前眼部の瞳孔中心に相当する特徴位置を特定する。ここで解析される 2つの撮影画像は、ステップ S4 において解析された 2つの撮影画像でもよいし、新たに取得された 2つの撮影画像でもよい。

【0068】

（S6：XYZアライメントを行う）

データ処理部 13 は、ステップ S5 で特定された特徴位置に基づいて被検眼 E の位置を特定する。そして、制御部 11 は、特定された位置に基づき第 1 駆動機構 80A（及び / 又は第 2 駆動機構 80B）を制御する。ステップ S5 及び S6 の処理は、特開 2013 - 248376 号公報に開示された要領で実行される。光学ユニット 20（及び / 又は顔支持部 70）が移動されると、処理はステップ S4 に戻る。

【0069】

ステップ S4 において 2つの撮影画像 GA 及び GB の双方から指標像が検出されるまで、ステップ S4 ~ S6 が繰り返し実行される。なお、繰り返し回数が所定回数に達したこと、又は、繰り返し処理が所定時間続いたことに対応して、警告を出力することや、マニュアルアライメントへ移行することが可能である。

【0070】

10

20

30

40

50

( S 7 : 被検眼の位置を特定する )

ステップ S 4 において 2 つの撮影画像 G A 及び G B の双方から指標像が検出された場合 ( S 4 : Y E S )、位置特定部 1 3 2 は、検出された 2 つの指標像 P A 及び P B に基づいて被検眼 E の位置を特定する。

【 0 0 7 1 】

( S 8 : 光学ユニットを移動する )

制御部 1 1 は、ステップ S 7 で特定された被検眼 E の位置に基づいて第 1 駆動機構 8 0 A ( 及び / 又は第 2 駆動機構 8 0 B ) を制御する。この制御では、例えば、特定された被検眼 E の位置と、アライメントのズレの許容範囲を表す既定範囲の中心位置との間の変位がキャンセルされるように、光学ユニット 2 0 ( 及び / 又は顔支持部 7 0 ) が移動される。

10

【 0 0 7 2 】

( S 9 : 指標像が既定範囲内に位置するか ? )

ステップ S 8 による光学ユニット 2 0 の移動後に検出された指標像が上記既定範囲に含まれない場合 ( S 9 : N O )、処理はステップ S 4 に戻る。ステップ S 9 において指標像が既定範囲内に位置すると判定されるまで、ステップ S 4 ~ S 9 が繰り返し実行される。なお、繰り返し回数が所定回数に達したこと、又は、繰り返し処理が所定時間続いたことに対応して、警告を出力することや、マニュアルアライメントへ移行することが可能である。

【 0 0 7 3 】

ステップ S 9 において指標像が既定範囲内に位置すると判定されると ( S 9 : Y E S )、アライメントは終了となる。そして、フォーカシング等の更なる準備動作を必要に応じて実行した後、測定光学系 3 0 を用いた被検眼 E の測定 ( 撮影 ) が実行される。

20

【 0 0 7 4 】

作用・効果

実施形態に係る眼科装置の作用及び効果について説明する。

【 0 0 7 5 】

実施形態の眼科装置は、光学系 ( 例えば測定光学系 3 0 ) と、支持部 ( 例えば顔支持部 7 0 ) と、駆動部 ( 例えば第 1 駆動機構 8 0 A 及び / 又は第 2 駆動機構 8 0 B ) と、アライメント光学系 ( 例えばアライメント光学系 4 0 ) と、2 以上の撮影部 ( 例えば前眼部カメラ 6 0 A 及び 6 0 B ) と、解析部 ( 例えばデータ処理部 1 3 ) と、制御部 ( 例えば制御部 1 1 ) とを備える。

30

【 0 0 7 6 】

光学系は、被検眼のデータを取得するよう構成される。支持部は、被検者の顔を支持するよう構成される。駆動部は、光学系と支持部とを相対的に移動するよう構成される。アライメント光学系は、被検眼に対する光学系のアライメントを行うための指標を被検眼の前眼部に投影するよう構成される。2 以上の撮影部は、指標が投影された状態の前眼部を異なる方向から実質的に同時に撮影できるように構成される。解析部は、2 以上の撮影部により実質的に同時に得られた 2 以上の撮影画像を解析することによって被検眼の位置を特定するよう構成される。制御部は、解析部により特定された被検眼の位置に基づいて駆動部を制御するよう構成される。

40

【 0 0 7 7 】

実施形態において、解析部は、指標像検出部 ( 例えば指標像検出部 1 3 1 ) と、位置特定部 ( 例えば位置特定部 1 3 2 ) とを含んでよい。指標像検出部は、2 以上の撮影部により実質的に同時に得られた 2 以上の撮影画像のそれぞれを解析することにより、指標の像を検出する。位置特定部は、2 以上の撮影画像から検出された 2 以上の像に基づいて被検眼の位置を特定する。制御部は、特定された被検眼の位置に基づいて駆動部の制御を実行する。

【 0 0 7 8 】

このような実施形態によれば、2 以上の撮影部により実質的に同時に得られた前眼部の

50

2以上の撮影画像を利用してアライメントを行うことができるので、前眼部の正面画像を利用する場合と比較して広い範囲でアライメントを行うことができる。更に、実施形態では、前眼部に投影された指標の位置を基準としてアライメントを行うことができるので、瞳孔中心等を基準とする場合よりも、角膜に対するアライメント精度が向上する。したがって、角膜に対するアライメントを高精度かつ広範囲にて行うことが可能である。

【0079】

実施形態において、位置特定部は、実質的に同時に得られた前眼部の2以上の撮影画像における2以上の像の相対位置に基づいて、光学系の光軸方向（Z方向）における被検眼と光学系との間の距離を算出するよう構成されてよい。この場合、制御部は、算出されたZ方向の距離に基づいて、Z方向における被検眼と光学系との間の距離を所定の作動距離に一致させるように駆動部を制御することができる。つまり、実施形態は、このようなZアライメントを実行可能に構成されてよい。

10

【0080】

実施形態において、位置特定部は、実質的に同時に得られた前眼部の2以上の撮影画像における2以上の像の位置に基づいて、Z方向に直交する方向（XY方向）における被検眼と光学系との間の変位を算出するよう構成されてよい。この場合、制御部は、算出されたXY方向の変位に基づいて、光学系の光軸と被検眼の軸とを一致させるように駆動部を制御することができる。つまり、実施形態は、このようなXYアライメントを実行可能に構成されてよい。

20

【0081】

実施形態において、実質的に同時に得られた前眼部の2以上の撮影画像のいずれかから指標の像が検出されなかった場合、次の処理を実行することができる。まず、解析部は、2以上の撮影部により実質的に同時に得られた2以上の撮影画像のそれぞれを解析することにより、前眼部の特徴部位（瞳孔中心等）に相当する特徴位置を特定する。更に、解析部は、特定された特徴位置に基づいて被検眼の位置を特定する。そして、制御部は、このようにして特定された被検眼の位置に基づいて駆動部を制御する。つまり、実施形態は、実質的に同時に得られた前眼部の2以上の撮影画像のいずれかから指標の像が検出されなかったときに、特開2013-248376号公報に開示されたXYZアライメントを実行するよう構成されてよい。

30

【0082】

このような特徴部位を基準としたXYZアライメントが行われた後、指標像検出部は、2以上の撮影部により新たに得られた2以上の撮影画像を解析することにより指標の像の検出を再度行うことができる。そして、この指標の像に基づくアライメントを上記の要領で実行することが可能である。すなわち、実質的に同時に得られた前眼部の2以上の撮影画像のいずれかから指標の像が検出されなかった場合、特開2013-248376号公報に開示された技術により粗アライメントを実行し、その後、本実施形態に係る精密なアライメントに移行するよう構成することができる。

40

【0083】

変形例

以上に説明した実施形態は本発明の典型的な例示に過ぎない。よって、本発明の要旨の範囲内における任意の変形（省略、置換、付加等）を適宜に施すことが可能である。

40

【0084】

複数の測定（撮影）を順次に行う場合、各測定の直前にアライメントを行うことができる。例えば、角膜曲率測定（ケラト測定）と、眼屈折力測定（レフ測定）と、自覚検査（視力測定）とをこの順で行う場合、ケラト測定の前、ケラト測定とレフ測定との間、及び、レフ測定と自覚検査との間に、それぞれアライメントを行うことが可能である。また、複数の測定の一部の直前にアライメントを行うようにしてもよい。

【0085】

実施形態において、Zアライメントを本実施形態の手法で実行し、XYアライメントを他の手法で行うことができる。XYアライメントには、例えば、特開2013-2483

50

76号公報に開示された技術が適用されてよい。つまり、実質的に同時に取得された前眼部の2以上の撮影画像に基づいて、瞳孔を基準としたXYアライメントを行うことができる。或いは、被検眼を正面から撮影するための観察光学系が設けられている場合、それにより得られる前眼部の正面画像中の指標像(輝点像)や瞳孔中心位置等に基づいて、公知のXYアライメントを行うことが可能である。

【0086】

前眼部に投影されたパターン像に基づいて被検眼の特性を取得する測定手法がある。その代表例はケラト測定である。ケラト測定では、被検眼Eの直前に配置されたケラトリング光源により、円形状又は同心円状のパターン像(ケラトリング像)が角膜に投影され、その形状に基づいて角膜形状(角膜曲率)が求められる。このような測定手法は、通常、観察光学系(正面画像)を利用して行われる。しかし、実施形態は、2以上の撮影部のいずれか(1以上)によって取得された撮影画像に描出されたパターン像に基づいて被検眼の特性を求めると構成されてもよい。

10

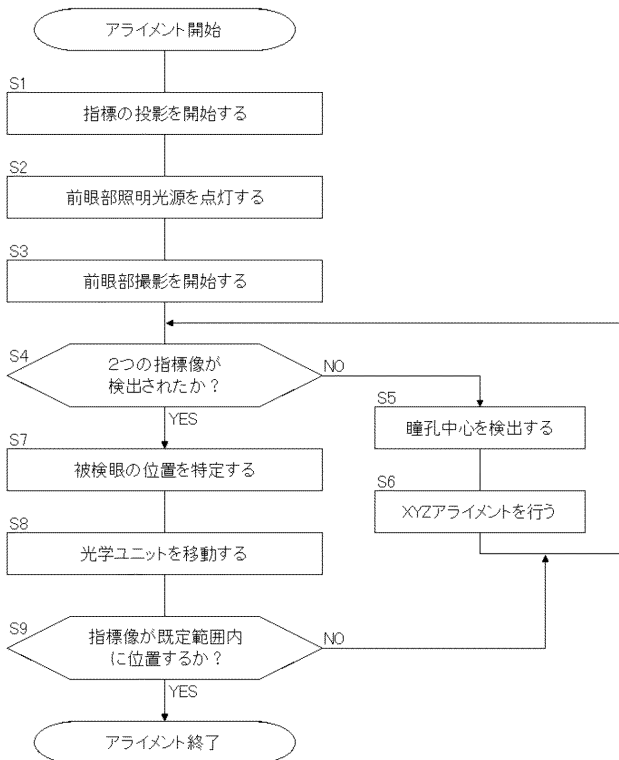
【符号の説明】

【0087】

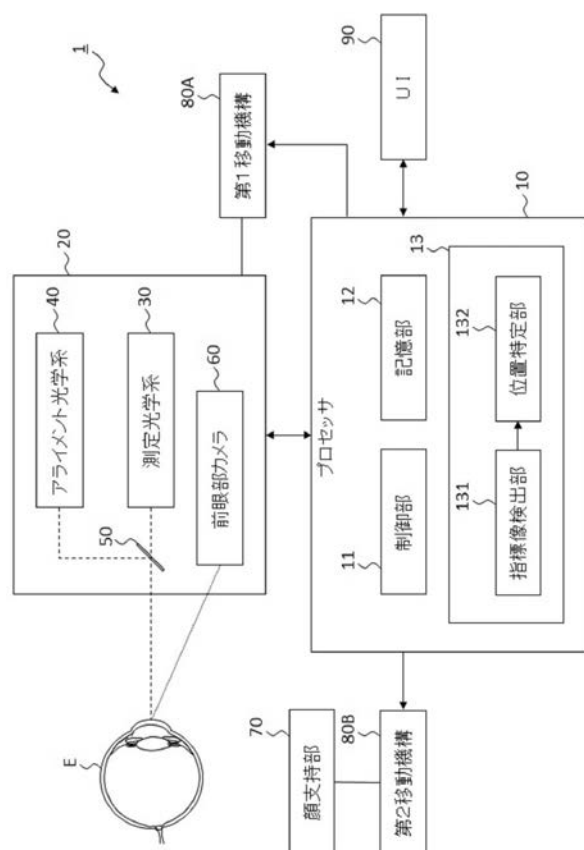
- 1 眼科装置
- 11 制御部
- 13 データ処理部
- 30 測定光学系
- 40 アライメント光学系
- 60 前眼部カメラ
- 70 顔支持部
- 80A 第1移動機構
- 80B 第2移動機構

20

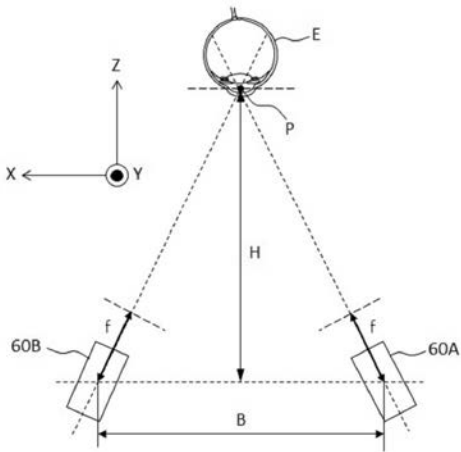
【図5】



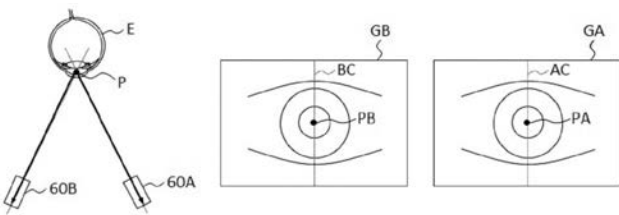
【図1】



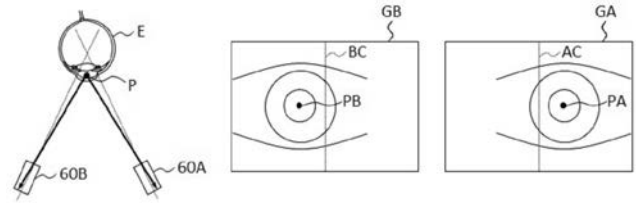
【 図 2 】



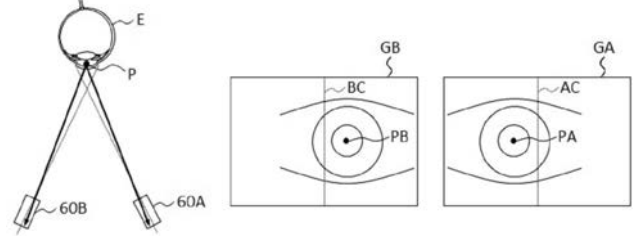
【 図 3 A 】



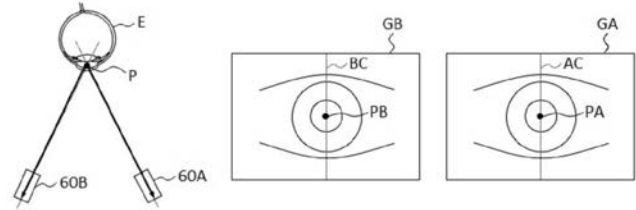
【 図 3 B 】



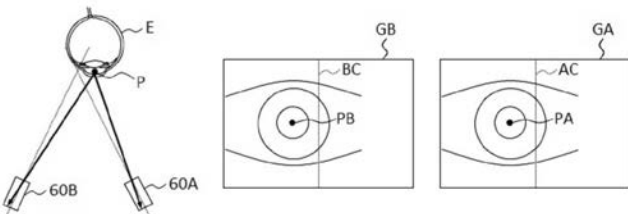
【 図 3 C 】



【 図 4 A 】



【 図 4 B 】



【 図 4 C 】

