

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7201375号  
(P7201375)

(45)発行日 令和5年1月10日(2023.1.10)

(24)登録日 令和4年12月26日(2022.12.26)

(51)国際特許分類 F I  
A 6 1 B 3/16 (2006.01) A 6 1 B 3/16 3 0 0

請求項の数 2 (全24頁)

(21)出願番号	特願2018-174774(P2018-174774)	(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	平成30年9月19日(2018.9.19)	(74)代理人	100098796 弁理士 新井 全
(65)公開番号	特開2020-44106(P2020-44106A)	(74)代理人	100121647 弁理士 野口 和孝
(43)公開日	令和2年3月26日(2020.3.26)	(74)代理人	100187377 弁理士 芳野 理之
審査請求日	令和3年9月16日(2021.9.16)	(74)代理人	100172524 弁理士 長田 大輔
		(72)発明者	梅地 航 東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会 社トプコン内
		(72)発明者	新田 将

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 眼圧測定装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検眼の眼圧を測定する非接触式の眼圧測定装置であって、  
前記被検眼の角膜に対して流体を吹き付けるノズルを有する装置本体と、  
前記装置本体を主光軸に平行な方向に移動させて前記ノズルと前記被検眼の角膜頂点との間の作動距離を変更する駆動機構と、

を備え、

前記装置本体は、

前記ノズルから前記角膜に向けて前記流体を吹き付け、内部における前記流体の圧力を検出するとともに前記内部の圧力に関する圧力信号を出力する吹付機構と、

前記吹付機構により出力された前記圧力信号を受信し、前記角膜が圧平状態になったときの前記内部の圧力を前記作動距離に応じて補正して前記眼圧を算出する制御部と、

を有し、

前記制御部は、前記内部の圧力と、前記作動距離と、前記角膜に吹き付けられる前記流体の圧力と、の関係を表す関係式または関係テーブルを格納した記憶部を有し、前記記憶部に格納された前記関係式または前記関係テーブルを参照して前記内部の圧力および前記作動距離に基づいて前記角膜に吹き付けられる前記流体の圧力を算出し、前記眼圧を算出することを特徴とする眼圧測定装置。

【請求項2】

前記制御部は、算出した前記角膜に吹き付けられる前記流体の圧力と、前記被検眼の弾

性応力と、涙液の表面張力と、を用いて、前記眼圧と、前記角膜に吹き付けられる前記流体の圧力と、前記被検眼の弾性応力と、前記涙液の表面張力と、の関係を表す関係式により前記眼圧を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の眼圧測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被検眼の眼圧を測定する非接触式の眼圧測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、被検眼の角膜に向けて円筒状のノズルから空気（流体）を吹き付けると共に、被検眼の角膜に投影された指標光の反射光を受光して得られた受光信号に基づき、被検眼の眼圧を測定する非接触式眼圧計が開示されている。特許文献 1 に記載された非接触式眼圧計のような非接触式の眼圧測定装置では、ノズルの先端開口から角膜頂点までの作動距離（ワークディスタンス）は、一般的に 10 mm ~ 11 mm 前後に設定されている。

10

【0003】

しかし、被検者は、10 mm ~ 11 mm 前後の作動距離を不快に感ずることがある。すなわち、被検者は、流体が眼球に吹き付けられることに恐怖を感じたり、被検者のまつげがノズルの先端に接触したりすることを理由として、被検眼に接近して設置されたノズルを不快に感ずることがある。そうすると、被検者は、眼圧測定装置による眼圧測定の際に、目を開けていられなかったり、目をノズルから逸らしたりする。そうすると、眼圧測定装置による眼圧測定の際に、より多くの時間を要するという問題がある。

20

【0004】

これに対して、被検者が眼圧測定装置による眼圧測定に不快を感ずる場合には、作動距離を変更することが一策として挙げられる。しかし、作動距離が変更されると、被検眼の角膜に吹き付けられる流体の圧力が変わる。そのため、一般的な作動距離の場合と比較して、眼圧の測定結果が変わるという問題がある。例えば、一般的な作動距離（10 mm ~ 11 mm 前後）よりも長い距離が作動距離に設定されると、一般的な作動距離の場合と比較して、被検眼の角膜に吹き付けられる流体の圧力が低くなる。そのため、一般的な作動距離の場合と同程度の変形を被検眼の角膜に生じさせるためには、ノズルから吹き出される空気の圧力を高くする必要がある。しかし、そうすると、一般的な作動距離の場合と比較して、高い眼圧の測定結果が得られる。このように、作動距離が変更されると、眼圧測定の精度が低下するという問題がある。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】実開昭 63 - 127603 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、前記課題を解決するためになされたものであり、被検者に与える不快感を抑えることができるとともに、測定精度の低下を抑えることができる眼圧測定装置を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

前記課題は、本発明によれば、被検眼の眼圧を測定する非接触式の眼圧測定装置であって、前記被検眼の角膜に対して流体を吹き付けるノズルを有する装置本体と、前記装置本体を主光軸に平行な方向に移動させて前記ノズルと前記被検眼の角膜頂点との間の作動距離を変更する駆動機構と、を備え、前記装置本体は、前記ノズルから前記角膜に向けて前記流体を吹き付け、内部における前記流体の圧力を検出するとともに前記内部の圧力に関

50

する圧力信号を出力する吹付機構と、前記吹付機構により出力された前記圧力信号を受信し、前記角膜が圧平状態になったときの前記内部の圧力を前記作動距離に応じて補正して前記眼圧を算出する制御部と、を有することを特徴とする眼圧測定装置により解決される。

【0008】

本発明に係る眼圧測定装置によれば、駆動機構は、装置本体を主光軸に平行な方向に移動させて、ノズルと被検眼の角膜頂点との間の作動距離を変更することができる。そのため、流体が眼球に吹き付けられるときの恐怖を低減したり、被検者のまつげがノズルの先端に接触することを抑えたりすることができる。これにより、眼圧測定装置による眼圧測定の際に被検者に与える不快感を抑えることができる。また、制御部は、角膜が圧平状態になったときの吹付機構の内部の圧力を作動距離に応じて補正して眼圧を算出する。そのため、作動距離が駆動機構により変更された場合であっても、作動距離に応じて補正された眼圧の測定結果が得られる。これにより、本発明に係る眼圧測定装置は、測定精度の低下を抑えることができる。

10

【0009】

本発明に係る眼圧測定装置において、好ましくは、前記制御部は、前記内部の圧力と、前記作動距離と、前記角膜に吹き付けられる前記流体の圧力と、の関係を表す関係式または関係テーブルを格納した記憶部を有し、前記記憶部に格納された前記関係式または前記関係テーブルを参照して前記内部の圧力および前記作動距離に基づいて前記角膜に吹き付けられる前記流体の圧力を算出し、前記眼圧を算出することを特徴とする。

【0010】

本発明に係る眼圧測定装置によれば、吹付機構の内部の圧力と、作動距離と、角膜に吹き付けられる流体の圧力と、の関係を表す関係式または関係テーブルが、記憶部に格納されている。そして、制御部は、記憶部に格納された関係式または関係テーブルを参照し、吹付機構の内部の圧力および作動距離に基づいて角膜に吹き付けられる流体の圧力を算出する。このようにして、制御部は、吹付機構の内部の圧力を作動距離に応じて補正して眼圧を算出する。これにより、本発明に係る眼圧測定装置は、作動距離に対する選択の自由度を高めることができるとともに、作動距離にかかわらず高い精度の眼圧測定を行うことができる。

20

【0011】

本発明に係る眼圧測定装置において、好ましくは、前記制御部は、前記眼圧が予め規定された模擬眼を用いて導かれ、前記作動距離に応じた前記内部の圧力同士の関係比率を表す関係式または関係テーブルを格納した記憶部を有し、前記記憶部に格納された前記関係式または前記関係テーブルを参照し前記作動距離に基づいた前記関係比率を用いて前記眼圧を算出することを特徴とする。

30

【0012】

本発明に係る眼圧測定装置によれば、眼圧が予め規定された模擬眼を用いて導かれた関係式または関係テーブルが記憶部に格納されている。関係式または関係テーブルは、作動距離に応じた吹付機構の内部の圧力同士の関係比率を表している。つまり、任意の作動距離における吹付機構の内部の圧力を基準として、他の作動距離に応じた吹付機構の内部の圧力の比率が関係式または関係テーブルにより導かれる。そして、制御部は、記憶部に格納された関係式または関係テーブルを参照し、作動距離に基づいた関係比率を用いて眼圧を算出する。このようにして、制御部は、吹付機構の内部の圧力を作動距離に応じて補正して眼圧を算出する。これにより、本発明に係る眼圧測定装置は、不確定要素の影響や眼圧測定装置の個体差などを抑えつつ、現実に即した高い精度の眼圧測定を行うことができる。

40

【0013】

本発明に係る眼圧測定装置において、好ましくは、前記制御部は、前記内部の圧力と、前記作動距離のうちの第1作動距離と、前記眼圧と、の関係を表す関係式または関係テーブルに基づいて前記眼圧を算出する第1眼圧測定モードと、前記内部の圧力と、前記作動距離のうちで前記第1作動距離よりも長い第2作動距離と、前記眼圧と、の関係を表す関

50

係式または関係テーブルに基づいて前記眼圧を算出する第 2 眼圧測定モードと、を実行可能であることを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

本発明に係る眼圧測定装置によれば、制御部は、第 1 眼圧測定モードと、第 2 眼圧測定モードと、を実行可能である。第 1 眼圧測定モードでは、制御部は、吹付機構の内部の圧力と、作動距離のうちの第 1 作動距離と、眼圧と、の関係を表す関係式または関係テーブルに基づいて眼圧を算出する。第 2 眼圧測定モードでは、制御部は、吹付機構の内部の圧力と、第 1 作動距離よりも長い第 2 作動距離と、眼圧と、の関係を表す関係式または関係テーブルに基づいて眼圧を算出する。つまり、制御部は、作動距離に応じて異なる眼圧測定モードを実行し、吹付機構の内部の圧力を作動距離に応じて補正して眼圧を算出する。これにより、本発明に係る眼圧測定装置は、簡易的な構成により、被検者に与える不快感を抑えることができるとともに、測定精度の低下を抑えることができる。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 5 】

本発明によれば、被検者に与える不快感を抑えることができるとともに、測定精度の低下を抑えることができる眼圧測定装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 6 】

【図 1】本発明の実施形態に係る眼圧測定装置を表す側面図である。

【図 2】本実施形態の装置本体の内部の光学的構成を上方側から見た上面図である。

20

【図 3】本実施形態の装置本体の内部の光学的構成を側方側から見た側面図である。

【図 4】角膜の表面の圧平状態の検出および眼圧の算出を説明するための説明図である。

【図 5】本実施形態に係る眼圧測定装置による眼圧測定の例を例示するフローチャートである。

【図 6】本実施形態の制御部が眼圧を算出する第 1 具体例を説明するための説明図である。

【図 7】本実施形態の制御部が眼圧を算出する第 2 具体例を説明するための説明図である。

【図 8】本実施形態の制御部が眼圧を算出する第 2 具体例を説明するための説明図である。

【図 9】本実施形態の制御部が眼圧を算出する第 3 具体例を説明するための説明図である。

【図 10】本実施形態の制御部が眼圧を算出する第 3 具体例を説明するための説明図である。

30

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 7 】

以下に、本発明の好ましい実施形態を、図面を参照して詳しく説明する。

なお、以下に説明する実施形態は、本発明の好適な具体例であるから、技術的に好ましい種々の限定が付されているが、本発明の範囲は、以下の説明において特に本発明を限定する旨の記載がない限り、これらの態様に限られるものではない。また、各図面中、同様の構成要素には同一の符号を付して詳細な説明は適宜省略する。

【 0 0 1 8 】

図 1 は、本発明の実施形態に係る眼圧測定装置を表す側面図である。

図 1 に示すように、本実施形態に係る眼圧測定装置 10 は、被検眼 E（図 2 参照）の角膜 E c（図 2 参照）に向けて空気を吹き付けて角膜 E c を変形させながら、角膜 E c において反射された指標光の反射光を受光して、角膜 E c の圧平状態を検出することにより被検眼 E の眼圧を測定する。本実施形態の空気は、本発明の「流体」の一例である。

40

【 0 0 1 9 】

なお、図中の X 軸の方向は、被検者を基準とした左右方向（被検眼 E の眼幅方向）である。図中の Y 軸の方向は、上下方向である。また、X 軸および Y 軸の双方に直交する Z 軸の方向は、眼圧測定装置 10 の主光軸に平行な方向、すなわち、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）である。

【 0 0 2 0 】

眼圧測定装置 10 は、ベース 11 と、顔支持部 12 と、駆動機構 13 と、装置本体 14

50

と、表示部 15 と、制御部 16 と、を備える。装置本体 14 は、測定ヘッドなどとも呼ばれる。

【0021】

顔支持部 12 は、ベース 11 に支持されており、被検者の顎を受ける顎受け部 12a と、被検者の顎が当接する顎当て部 12b と、を有する。顔支持部 12 は、眼圧測定装置 10 による眼圧測定時に被検者の顔を所定の支持位置で支持する。

【0022】

駆動機構 13 は、ベース 11 に支持されており、ベース 11 に対して装置本体 14 を X 軸方向（左右方向）、Y 軸方向（上下方向）、および Z 軸方向（前後方向）のそれぞれに移動自在に保持する。駆動機構 13 は、Y 軸駆動部 13a と、Z 軸駆動部 13b と、X 軸駆動部 13c と、を有する。

10

【0023】

Y 軸駆動部 13a は、ベース 11 に設けられており、Z 軸駆動部 13b および X 軸駆動部 13c を介して装置本体 14 を Y 軸方向に移動させる。Z 軸駆動部 13b は、Y 軸駆動部 13a の上に設けられており、X 軸駆動部 13c を介して装置本体 14 を Z 軸方向に移動させる。X 軸駆動部 13c は、Z 軸駆動部 13b の上に設けられており、装置本体 14 を X 軸方向に移動させる。

【0024】

各軸駆動部 13a、13b、13c は、モータ、駆動伝達機構、および移動台を有する。但し、各軸駆動部 13a、13b、13c の構成は、装置本体 14 を XYZ 軸方向の各方向に移動可能であれば特に限定されない。各軸駆動部 13a、13b、13c は、制御部 16 から送信される制御信号に基づいて駆動し、被検眼 E に対する装置本体 14 の XYZ 軸方向のアライメント調整を実行することができる。

20

【0025】

駆動機構 13 は、XYZ 軸方向のアライメント調整を完了すると、ノズル 21b（図 2 参照）の先端開口から角膜頂点 Ep（図 2 参照）までの作動距離（ワークディスタンス）WD を制御部 16 に送信する。つまり、駆動機構 13 による XYZ 軸方向のアライメント調整が完了すると、制御部 16 は、作動距離 WD を受信する。なお、後述するように、作動距離 WD は、必ずしも駆動機構 13 から制御部 16 に送信されなくともよく、作動距離 WD を検知可能な受光センサなどの検知部から制御部 16 に送信されてもよい。

30

【0026】

装置本体 14 は、被検眼 E の前眼部（瞳孔および虹彩等）のリアルタイム動画観察像（以下、単に「観察像」と称する。）を取得する構成と、被検眼 E の角膜 Ec に対して空気を吹き付ける構成と、角膜 Ec において反射された反射光を受光して角膜 Ec の圧平状態を検出する構成と、を含む被検眼 E の眼圧測定に係る各種構成を備える。

【0027】

表示部 15 は、装置本体 14 の検者に対向する背面側に取り付けられている。表示部 15 としては、例えば検者の指の接触等を検出可能なタッチパネル式モニタが用いられる。表示部 15 は、制御部 16 から送信された制御信号に基づいて、被検眼 E に対する装置本体 14 の位置調整を行うために、被検眼 E の前眼部の観察像を表示する。また、表示部 15 は、被検眼 E の眼圧測定の結果を表示する。さらに、表示部 15 は、被検眼 E の眼圧測定に係る各種操作を行うための操作メニュー画面と、装置本体 14 の XYZ 軸方向の位置調整を行うための位置調整画面と、を表示する。なお、表示部 15 は、タッチパネル式モニタには限定されない。例えば、表示部 15 がタッチパネル式モニタではない場合には、各種操作を行う操作部が装置本体 14 等に設けられる。

40

【0028】

制御部 16 は、例えば、装置本体 14 の内部に設けられている。なお、制御部 16 は、装置本体 14 の外部に設けられていてもよい。制御部 16 は、例えば CPU（Central Processing Unit）または FPGA（field-programmable gate array）等を含む各種の演算部および記憶部 16a を有する。制御部 16 は、被検眼 E の観察像の取得および表示

50

と、被検眼 E に対する装置本体 14 の X Y Z 軸方向のオートアライメント（自動のアライメント調整）と、被検眼 E の角膜 E c への空気の吹き付けと、角膜 E c への指標光の出射および角膜 E c からの反射光の受光と、角膜 E c の圧平状態の検出と、被検眼 E の眼圧の測定および表示と、を含む各種動作を制御する。

【0029】

図 2 は、本実施形態の装置本体の内部の光学的構成を上方側から見た上面図である。

図 3 は、本実施形態の装置本体の内部の光学的構成を側方側から見た側面図である。

【0030】

図 2 および図 3 に示すように、装置本体 14 は、前眼部観察光学系 21 と、X Y アライメント指標投影光学系 22 と、固視標投影光学系 23 と、圧平検出光学系 24 と、Z アライメント指標投影光学系 25 と、Z アライメント検出光学系 26 と、を備える。

10

【0031】

前眼部観察光学系 21 は、被検眼 E の前眼部の観察、および被検眼 E に対する装置本体 14 の X Y 軸方向の X Y アライメントを行う。前眼部観察光学系 21 には、前眼部照明光源 21 a（図 2 参照）が設けられている。また、眼圧測定装置 10 の主光軸としての前眼部観察光学系 21 の光軸 O1 上には、空気吹き付け用のノズル 21 b と、前眼部窓ガラス 21 c（図 3 参照）と、チャンバ窓ガラス 21 d と、第 1 ハーフミラー 21 e と、第 2 ハーフミラー 21 g と、対物レンズ 21 f と、撮像素子 21 i と、が設けられている。本実施形態の光軸 O1 は、本発明の「主光軸」の一例である。

【0032】

前眼部照明光源 21 a は、前眼部窓ガラス 21 c の周囲位置に設けられており、被検眼 E の前眼部を直接照明する。本実施形態に係る眼圧測定装置 10 では、複数個の前眼部照明光源 21 a が設けられている。ノズル 21 b は、被検眼 E の前眼部に空気を吹き付けるためのノズルであり、後述する吹付機構 34 のチャンバ 34 a（図 3 参照）に接続されている。チャンバ 34 a は、空気圧縮室などとも呼ばれる。

20

【0033】

被検眼 E の前眼部の像（前眼部からの像光）は、ノズル 21 b の外側を通り、前眼部窓ガラス 21 c、ガラス板 34 b（図 3 参照）、チャンバ窓ガラス 21 d、第 2 ハーフミラー 21 g、および第 1 ハーフミラー 21 e を通過し、対物レンズ 21 f により撮像素子 21 i の受光面上に結像される。

30

【0034】

撮像素子 21 i は、C C D（Charge Coupled Device）型または C M O S（Complementary Metal Oxide Semiconductor）型のイメージセンサであり、受光面に入射した前眼部の像を撮像して撮像信号を生成し、生成した撮像信号を制御部 16 へ出力する。制御部 16 は、撮像素子 21 i から出力された撮像信号に基づき、被検眼 E の前眼部の観察像を表示部 15 に適宜表示させる。

【0035】

また、前眼部観察光学系 21 は、X Y アライメント指標投影光学系 22 により被検眼 E に投影された X Y アライメント指標光の角膜 E c における反射光を、撮像素子 21 i の受光面へ導く。具体的には、X Y アライメント指標光の反射光は、ノズル 21 b、チャンバ窓ガラス 21 d、第 2 ハーフミラー 21 g、および第 1 ハーフミラー 21 e を通過して、対物レンズ 21 f により撮像素子 21 i の受光面上に結像される。これにより、撮像素子 21 i の受光面上には、装置本体 14 と角膜頂点 E p との X Y 軸方向の位置関係に応じた位置に輝点像が形成される。これにより、撮像素子 21 i は、受光面上に形成された前眼部像と併せて輝点像を撮像した撮像信号を制御部 16 へ出力する。

40

【0036】

制御部 16 は、撮像素子 21 i から出力された撮像信号に基づき、輝点像が映り込んだ観察像を表示部 15 に表示させる。なお、表示部 15 には、不図示の画像生成手段によって生成されたアライメント補助マークが表示される。

【0037】

50

XYアライメント指標投影光学系22は、XYアライメント指標光を被検眼Eの角膜Ecに正面から投影する。XYアライメント指標光は、被検眼Eの前眼部に対する装置本体14のXY軸方向の位置の調整、いわゆるXYアライメントに用いられる。また、XYアライメント指標光は、被検眼Eの角膜Ecの圧平状態の検出にも用いられる。

【0038】

図3に示すように、XYアライメント指標投影光学系22は、XYアライメント用光源22aと、集光レンズ22bと、開口絞り22cと、ピンホール板22dと、ダイクロイックミラー22eと、コリメータレンズ22fと、を有する。なお、XYアライメント指標投影光学系22は、第1ハーフミラー21eを前述の前眼部観察光学系21と共用している。

10

【0039】

XYアライメント用光源22aは、赤外光を出射する。コリメータレンズ22fは、ピンホール板22dに焦点を一致させるように、XYアライメント指標投影光学系22の光路上に配置されている。XYアライメント指標投影光学系22では、XYアライメント用光源22aから出射された赤外光が、集光レンズ22bにより集束されつつ開口絞り22cを通過して、ピンホール板22dの穴部へ導かれる。

【0040】

ピンホール板22dの穴部を通過した赤外光は、ダイクロイックミラー22eで反射してコリメータレンズ22fへ導かれ、コリメータレンズ22fにより平行光になった後、第1ハーフミラー21eへ導かれる。

20

【0041】

第1ハーフミラー21eへ導かれた赤外光の平行光は、第1ハーフミラー21eで反射し、前眼部観察光学系21の光軸O1上を進行する。これにより、赤外光の平行光は、第2ハーフミラー21gおよびチャンパ窓ガラス21dを透過した後、ノズル21bの内部を通過することでXYアライメント指標光として被検眼Eに入射する。

【0042】

被検眼Eに入射したXYアライメント指標光は、角膜Ecの表面で反射し輝点像を形成する。なお、開口絞り22cは、コリメータレンズ22fに関して角膜Ecの角膜頂点Epと共役な位置に設けられている。

【0043】

固視標投影光学系23は、被検眼Eに固視標を投影する。図3に示すように、固視標投影光学系23は、固視標用光源23aと、ピンホール板23bと、を有する。また、固視標投影光学系23は、ダイクロイックミラー22eおよびコリメータレンズ22fをXYアライメント指標投影光学系22と共用すると共に、第1ハーフミラー21eを前眼部観察光学系21と共用している。

30

【0044】

固視標用光源23aは、可視光を固視標光として出射する。固視標投影光学系23では、固視標用光源23aから出射した固視標光が、ピンホール板23bの穴部へ導かれ、ピンホール板23bの穴部を通過しダイクロイックミラー22eを透過した後、コリメータレンズ22fへ導かれる。続いて、固視標光は、コリメータレンズ22fにより略平行光になり、第1ハーフミラー21eに導かれる。第1ハーフミラー21eに導かれた固視標光は、第1ハーフミラー21eで反射し、前眼部観察光学系21の光軸O1上を進行する。これにより、固視標光は、第2ハーフミラー21gおよびチャンパ窓ガラス21dを透過した後、ノズル21bの内部を通過して被検眼Eに導かれる。固視標投影光学系23は、被検眼Eに投影した固視標を被検者に固視目標として注視させることにより、被検者の視線を固定する。

40

【0045】

図3に示すように、圧平検出光学系24は、XYアライメント指標投影光学系22により被検眼Eに投影されたXYアライメント指標光の角膜Ecにおける反射光を受光して、角膜Ecの表面の圧平状態を検出する。圧平検出光学系24は、レンズ24aと、ピンホ

50

ール板 24 b と、受光センサ 24 c と、を有すると共に、第 2 ハーフミラー 21 g を前述の前眼部観察光学系 21 と共用している。

【0046】

レンズ 24 a は、角膜 E c の表面が平面となった場合に、X Y アライメント指標光の角膜 E c における反射光を、ピンホール板 24 b の開口に集光させる。ピンホール板 24 b の開口は、レンズ 24 a の焦点位置に設けられている。

【0047】

受光センサ 24 c は、例えば受光した光量に応じた受光信号を出力するフォトダイオードである。受光センサ 24 c は、受光信号を制御部 16 へ出力する。

【0048】

圧平検出光学系 24 において、被検眼 E の角膜 E c の表面で反射された X Y アライメント指標光の反射光は、ノズル 21 b の内部を通り、チャンパ窓ガラス 21 d を透過して第 2 ハーフミラー 21 g に導かれる。第 2 ハーフミラー 21 g に導かれた X Y アライメント指標光の反射光の一部は、第 2 ハーフミラー 21 g で反射してレンズ 24 a へ導かれ、レンズ 24 a により集束された後、ピンホール板 24 b へ導かれる。

【0049】

図 2 に示すように、Z アライメント指標投影光学系 25 は、被検眼 E の角膜 E c に対して、斜め方向から Z 軸方向のアライメント指標光を投影する。Z アライメント指標投影光学系 25 は、Z アライメント用光源 25 a と、集光レンズ 25 b と、開口絞り 25 c と、ピンホール板 25 d と、コリメータレンズ 25 e と、を備える。Z アライメント用光源 25 a、集光レンズ 25 b、開口絞り 25 c、ピンホール板 25 d、およびコリメータレンズ 25 e は、光軸 O 2 上に配置されている。

【0050】

Z アライメント用光源 25 a は、赤外光（例えば波長 860 nm）を出射する。開口絞り 25 c は、コリメータレンズ 25 e に関して角膜頂点 E p と共役な位置に設けられている。コリメータレンズ 25 e は、ピンホール板 25 d の穴部に焦点を一致させるように配置されている。

【0051】

Z アライメント指標投影光学系 25 では、Z アライメント用光源 25 a から出射された赤外光が、集光レンズ 25 b により集光されつつ開口絞り 25 c を通過してピンホール板 25 d へ進行する。ピンホール板 25 d の穴部を通過した赤外光は、コリメータレンズ 25 e へ導かれ、コリメータレンズ 25 e により平行光になり、角膜 E c へ導かれる。Z アライメント用光源 25 a から出射され角膜 E c へ導かれる赤外光の平行光は、Z アライメント指標光として被検眼 E に入射し、角膜 E c で反射して被検眼 E の内方に位置する輝点像を形成する。

【0052】

Z アライメント検出光学系 26 は、Z アライメント指標光の角膜 E c における反射光を受光して、装置本体 14 と角膜 E c との Z 軸方向での位置関係を検出する。Z アライメント検出光学系 26 は、結像レンズ 26 a と、シリンドリカルレンズ 26 b と、受光センサ 26 c と、を有している。結像レンズ 26 a、シリンドリカルレンズ 26 b、および受光センサ 26 c は、光軸 O 3 上に配置されている。

【0053】

シリンドリカルレンズ 26 b としては、Y 軸方向にパワーを有するシリンドリカルレンズが用いられる。受光センサ 26 c は、受光面における反射光の受光位置を検出可能なセンサであり、例えばラインセンサまたは P S D (Position Sensitive Detector) が用いられる。受光センサ 26 c は、受光信号を制御部 16 へ出力する。すなわち、受光センサ 26 c は、ノズル 21 b の先端開口と角膜頂点 E p との間の Z 軸方向における作動距離 (ワークディスタンス) W D に応じた信号を制御部 16 へ出力する。

【0054】

Z アライメント検出光学系 26 では、Z アライメント指標投影光学系 25 により Z アラ

10

20

30

40

50

イメント指標光が投影されることにより、角膜 E c の表面で反射された Z アライメント指標光の反射光が結像レンズ 2 6 a へ進行する。結像レンズ 2 6 a へ進行した Z アライメント指標光の反射光は、結像レンズ 2 6 a で集束された後、シリンドリカルレンズ 2 6 b へ導かれる。シリンドリカルレンズ 2 6 b へ導かれた Z アライメント指標光の反射光は、シリンドリカルレンズ 2 6 b により Y 軸方向に集光され、受光センサ 2 6 c 上に輝点像を形成する。

【 0 0 5 5 】

受光センサ 2 6 c は、X Z 平面内においては、結像レンズ 2 6 a に関して、Z アライメント指標投影光学系 2 5 により被検眼 E の内方に形成された前述の輝点像と共役な位置関係にある。また、受光センサ 2 6 c は、Y Z 平面内においては、結像レンズ 2 6 a およびシリンドリカルレンズ 2 6 b に関して、角膜頂点 E p と共役な位置関係にある。すなわち、受光センサ 2 6 c は、開口絞り 2 5 c と共役関係にあるので、Y 軸方向に角膜 E c の位置がずれた場合であっても、角膜 E c の表面における反射光を効率良く受光できる。受光センサ 2 6 c は、被検眼 E の内方に形成された輝点像の受光信号を制御部 1 6 へ出力する。

10

【 0 0 5 6 】

図 3 に示すように、吹付機構 3 4 は、チャンバ 3 4 a と、空気圧縮駆動部 3 4 d と、を有する。空気圧縮駆動部 3 4 d は、チャンバ 3 4 a 内で移動可能なピストン（図示せず）と、ピストンを移動させる駆動部（図示せず）と、を有する。空気圧縮駆動部 3 4 d は、制御部 1 6 から送信された制御信号に基づいて駆動し、チャンバ 3 4 a 内の空気を圧縮する。

20

【 0 0 5 7 】

図 3 に示すように、チャンバ 3 4 a 内には、透明なガラス板 3 4 b を介してノズル 2 1 b が取り付けられている。また、チャンバ 3 4 a 内には、ノズル 2 1 b と対向する位置にチャンバ窓ガラス 2 1 d が設けられている。さらに、チャンバ 3 4 a には、チャンバ 3 4 a の内部の圧力を検出する圧力センサ 3 4 c が設けられている。圧力センサ 3 4 c は、制御部 1 6 に接続されており、検出した圧力に応じた信号を制御部 1 6 へ出力する。本実施形態の圧力センサ 3 4 c が出力する信号は、本発明の「圧力信号」の一例である。

【 0 0 5 8 】

吹付機構 3 4 は、制御部 1 6 から送信された制御信号に基づいて、空気圧縮駆動部 3 4 d によりチャンバ 3 4 a 内の空気を圧縮し、ノズル 2 1 b から被検眼 E の角膜 E c に向けて空気を吹き付ける。また、吹付機構 3 4 は、圧力センサ 3 4 c によりチャンバ 3 4 a 内の圧力を検出することにより、ノズル 2 1 b から空気を吹き付けた際の圧力を取得することができる。

30

【 0 0 5 9 】

装置本体 1 4 は、前眼部照明光源 2 1 a と、X Y アライメント用光源 2 2 a と、固視標用光源 2 3 a と、Z アライメント用光源 2 5 a と、の点灯制御を行うためのドライバ（駆動機構）を有する。装置本体 1 4 は、1 つのドライバを有していてもよく、複数のドライバを有していてもよい。点灯制御を行うためのドライバは、制御部 1 6 に接続されている。ドライバは、制御部 1 6 から送信された制御信号に基づいて、前眼部照明光源 2 1 a と、X Y アライメント用光源 2 2 a と、固視標用光源 2 3 a と、Z アライメント用光源 2 5 a と、を適宜点灯させる。

40

【 0 0 6 0 】

制御部 1 6 は、前眼部観察光学系 2 1 の撮像素子 2 1 i の撮像信号から、装置本体 1 4 と角膜 E c との X Y 軸方向の位置関係を演算する。制御部 1 6 は、演算結果に基づいて、Y 軸駆動部 1 3 a および X 軸駆動部 1 3 c を駆動し、装置本体 1 4 の X Y 軸方向の位置を調整する X Y アライメントを行う。さらに、制御部 1 6 は、Z アライメント検出光学系 2 6 の受光センサ 2 6 c から出力された受光信号に基づいて、装置本体 1 4 と角膜 E c との Z 軸方向の位置関係を演算する。制御部 1 6 は、演算結果に基づいて、Z 軸駆動部 1 3 b を駆動し、装置本体 1 4 の Z 軸方向の位置を調整する Z アライメントを行う。これにより、被検眼 E に対する X Y Z 軸方向のオートアライメントが実行される。なお、制御部 1 6

50

は、Zアライメントの状態をパーメータなどにより表示部15に表示してもよい。この場合には、検者は、表示部15に表示されたZアライメントの状態に基づいて手動でZアライメントを実施しても良い。

【0061】

また、制御部16は、表示部15に表示される操作画面に対する検者による測定開始操作（タッチ操作）、あるいは装置本体14等に設けられた吹付操作部（不図示）に対する測定開始操作に応じて、吹付機構34を駆動し、ノズル21bから被検眼Eの角膜Ecに向けて空気を吹き付けさせる。検者は、表示部15により装置本体14のアライメント状態を確認した後に測定開始操作を行い、ノズル21bから被検眼Eの角膜Ecに向けて空気の吹き付けを開始させる。なお、ノズル21bから被検眼Eの角膜Ecに向かう空気の吹き付けは、オートアライメント完了後に自動的に開始してもよい。

10

【0062】

また、制御部16は、装置本体14の受光センサ24cから得られる受光信号の大きさの変化に基づき、角膜Ecの表面が平面になったことを判断する。すなわち、制御部16は、角膜Ecの圧平を検出する。そして、制御部16は、角膜Ecが圧平されたタイミングにおける圧力センサ34cからの出力（吹き付けた空気の圧力）に基づいて、角膜Ecの眼圧を求め（眼圧値を算出し）、算出結果（眼圧値）を表示部15に表示させる。なお、制御部16は、吹付機構34およびノズル21bによる空気の吹き付け開始時点から角膜Ecの表面が平面になったことを検知した時点までの時間に基づいて、角膜Ecの眼圧を求めてもよい。

20

【0063】

以下に、制御部16による眼圧の算出について、図面を参照してさらに詳しく説明する。

図4は、角膜の表面の圧平状態の検出および眼圧の算出を説明するための説明図である。

なお、図4中の実線は、受光センサ24cから出力された受光信号の信号強度を示している。図4中の点線は、吹付機構34のチャンバ34aの内圧を示す。つまり、図4中の点線は、圧力センサ34cから出力された圧力信号の信号強度を示している。

【0064】

図4に示すように、吹付機構34によりノズル21bから角膜Ecに向けて空気が吹き付けられると、被検眼Eの角膜Ecの表面は変形する。そして、被検眼Eの角膜Ecの表面は、チャンバ34aの内圧の増加に伴って徐々に平らな状態（圧平状態）に近づき、チャンバ34aの内圧が所定の圧力になると平らな状態になる。そして、角膜Ecの表面が平らな状態になったときには、角膜Ecの表面において反射され圧平検出光学系24に進行してきたXYアライメント指標光の反射光の全体が、ピンホール板24bを通して受光センサ24cに導かれる。一方で、角膜Ecの表面が平らな状態ではないときには、角膜Ecの表面において反射されたXYアライメント指標光の反射光は、ピンホール板24bで部分的に遮られ、受光センサ24cに導かれる。つまり、角膜Ecの表面が平らな状態ではないときには、XYアライメント指標光の反射光の一部が、ピンホール板24bを通して受光センサ24cに導かれる。

30

【0065】

なお、本実施形態の圧平検出光学系24では、角膜Ecの表面が圧平状態から凹状態を経て凸状態に復元する途中において平らな状態になった場合にも、XYアライメント指標光の反射光の全体がピンホール板24bを通して受光センサ24cに導かれる。

40

【0066】

そして、制御部16は、受光センサ24cで受光した受光信号の信号強度が最大となった時点（図4中の縦方向の一点鎖線参照）を検出することにより、角膜Ecの表面が平面になったこと（圧平）を検出することができる。これにより、制御部16は、空気の吹き付けにより変形した角膜Ecの圧平状態を検出することができる。そして、制御部16は、角膜Ecの圧平状態を検出したときのチャンバ34aの内圧（図4中の横方向の一点鎖線参照）に基づいて、角膜Ecの眼圧を算出する。

【0067】

50

ここで、作動距離WDは、一般的に10mm~11mm前後に設定されている。しかし、被検者は、10mm~11mm前後の作動距離WDを不快に感ずることがある。すなわち、被検者は、空気が被検眼Eの角膜Ecに吹き付けられることに恐怖を感じたり、被検者のまつげがノズルの先端に接触したりすることを理由として、被検眼Eに接近して設置されたノズルを不快に感ずることがある。そうすると、被検者は、眼圧測定装置による眼圧測定の際に、目を開けていられなかったり、目をノズルから逸らしたりする。そうすると、眼圧測定装置による眼圧測定の際に、より多くの時間を要することがある。

【0068】

また、作動距離WDが変更されると、被検眼Eの角膜Ecに吹き付けられる空気の圧力が変わる。そのため、作動距離WDが変更されると、一般的な作動距離の場合と比較して、眼圧の測定結果が変わる。例えば、一般的な作動距離よりも長い距離が作動距離WDに設定されると、一般的な作動距離の場合と比較して、被検眼Eの角膜Ecに吹き付けられる空気の圧力が低くなる。そのため、一般的な作動距離の場合と同程度の変形を被検眼Eの角膜Ecに生じさせるためには、ノズル21bから吹き出される空気の圧力を高くする必要があり、図4に示した二点鎖線のように、角膜Ecの圧平状態を検出したときのチャンバ34aの内圧は、一般的な作動距離の場合よりも高くなる。このように、被検者に与える不快感を抑えるために作動距離WDが変更されると、眼圧測定の精度が低下することがある。

10

【0069】

これに対して、本実施形態に係る眼圧測定装置10では、制御部16は、角膜Ecの圧平状態を検出したときのチャンバ34aの内圧を作動距離WDに応じて補正して眼圧を算出する。制御部16がチャンバ34aの内圧を作動距離WDに応じて補正して眼圧を算出する具体例については、後述する。

20

【0070】

本実施形態に係る眼圧測定装置10によれば、駆動機構13は、装置本体14を主光軸(光軸O1)に平行な方向に移動させて、ノズル21bの先端開口と被検眼Eの角膜頂点Epとの間の作動距離WDを変更することができる。そのため、空気が被検眼Eに吹き付けられるときの恐怖を低減したり、被検者のまつげがノズル21bの先端に接触することを抑えたりすることができる。これにより、眼圧測定装置10による眼圧測定の際に被検者に与える不快感を抑えることができる。また、制御部16は、角膜Ecが圧平状態になったときのチャンバ34aの内圧を作動距離WDに応じて補正して眼圧を算出する。そのため、作動距離WDが駆動機構13により変更された場合であっても、作動距離WDに応じて補正された眼圧の測定結果が得られる。これにより、本実施形態に係る眼圧測定装置10は、測定精度の低下を抑えることができる。

30

【0071】

図5は、本実施形態に係る眼圧測定装置による眼圧測定の例を例示するフローチャートである。

まず、ステップS11において、検者は、被検者の顔を顔支持部12で支持するとともに、眼圧測定装置10を起動させる。これにより、ステップS12において、制御部16は、前眼部照明光源21aと、XYアライメント用光源22aと、固視標用光源23aと、Zアライメント用光源25aと、を適宜点灯させる。なお、この際に、制御部16は、前眼部照明光源21aと、XYアライメント用光源22aと、固視標用光源23aと、Zアライメント用光源25aと、を互いに異なる周期で点滅させることにより、いずれの光源から放射された光であるかを識別可能にしてもよい。

40

【0072】

続いて、制御部16が前眼部照明光源21aを点灯させることで、被検眼Eの前眼部の像が前眼部観察光学系21の撮像素子21iにより撮像される。そして、前眼部の撮像信号が制御部16へ出力される。これにより、ステップS13において、制御部16は、前眼部の観察像を表示部15に表示させる。

【0073】

50

また、制御部 16 が固視標用光源 23 a を点灯させることで、固視標が被検眼 E に投影される。そのため、眼圧測定の間、被検眼 E を固視させる、すなわち被検者の視線を固定することができる。

【0074】

さらに、制御部 16 が X Y アライメント用光源 22 a を点灯させることで、X Y アライメント視標光が被検眼 E の角膜 E c に正面から投影される。また、X Y アライメント視標光の輝点像が前眼部像に重ねて撮像素子 21 i により撮像される。これにより、制御部 16 は、前眼部の観察像と X Y アライメント視標光の輝点像とにアライメント補助マークを重畳して表示部 15 に表示させる。そして、検者は、輝点像が表示部 15 の画面内に映るように、表示部 15 に表示される位置調整画面をタッチ操作する。なお、装置本体 14 の位置調整用の操作部（不図示）が設けられている場合には、検者は操作部を操作してもよい。制御部 16 は、検者による操作を受けて、Y 軸駆動部 13 a および X 軸駆動部 13 c を駆動して、装置本体 14 を X Y Z 軸方向（左右上下前後方向）に移動させる概略アライメントを行う。

10

【0075】

続いて、制御部 16 は、前眼部観察光学系 21 の撮像素子 21 i の撮像信号から、装置本体 14 と角膜 E c との X Y 方向での位置関係を演算した結果に基づき、Y 軸駆動部 13 a および X 軸駆動部 13 c を駆動して、装置本体 14 の X Y 軸方向の位置を自動調整する X Y アライメントを行う。

【0076】

また、制御部 16 が Z アライメント用光源 25 a を点灯させることで、赤外光が被検眼 E の角膜 E c に対して斜め方向から投影される。そして、角膜 E c で反射された赤外光の反射光により形成される輝点像が Z アライメント検出光学系 26 の受光センサ 26 c で受光される。受光センサ 26 c は、輝点像の受光信号を制御部 16 へ出力する。これにより、制御部 16 は、X Y アライメント後、受光センサ 26 c で得られる受光信号から、装置本体 14 と角膜 E c との Z 軸方向の位置関係を演算した結果に基づき、Z 軸駆動部 13 b を駆動して、装置本体 14 の Z 軸方向の位置を自動調整する Z アライメントを行う。

20

【0077】

以上で、ステップ S 14 において、被検眼 E に対する X Y Z 軸方向のオートアライメントが完了する。なお、Z アライメントについては既述の通り、検者が手動で行ってもよい。

30

【0078】

X Y Z 軸方向のオートアライメントが完了すると、Z アライメント検出光学系 26 の受光センサ 26 c は、ノズル 21 b の先端開口と角膜頂点 E p との間の Z 軸方向における作動距離 W D に応じた信号を制御部 16 へ出力する。つまり、ステップ S 15 において、制御部 16 は、作動距離 W D に関する信号を受光センサ 26 c から受信する。

【0079】

続いて、検者は、オートアライメント完了を確認した後、測定開始操作を行ってノズル 21 b による空気の吹き付けを開始させる。ステップ S 16 において、制御部 16 は、検者による操作を受けて、吹付機構 34 の空気圧縮駆動部 34 d を駆動して、ノズル 21 b から被検眼 E の角膜 E c に向けて空気を吹き出させる。なお、ノズル 21 b からの空気の吹き付けは、オートアライメント完了後に自動で行われてもよい。

40

【0080】

また、ステップ S 17 において、制御部 16 は、ノズル 21 b から被検眼 E の角膜 E c に向けて空気が吹き付けられているときに、吹付機構 34 の圧力センサ 34 c から出力された圧力信号と、装置本体 14 の受光センサ 24 c から出力された受光信号と、を受信する。これにより、制御部 16 は、ノズル 21 b から被検眼 E の角膜 E c に向けて空気が吹き付けられているときに、チャンバ 34 a の内圧に関する情報と、受光センサ 24 c で受光した受光信号の信号強度（受光量）に関する情報と、を取得する。

【0081】

続いて、ステップ S 18 において、制御部 16 は、圧力センサ 34 c から出力された圧

50

力信号に基づいて空気の吹き付けにより変形した角膜 E c の圧平状態を検出する。すなわち、ノズル 2 1 b からの空気の吹き付けにより、被検眼 E の角膜 E c の表面が変形して徐々に平らな状態になる。角膜 E c が徐々に平らな状態になる過程において、角膜 E c の表面が平面になった時、圧平検出光学系 2 4 の受光センサ 2 4 c での受光量が最大となる。このため、制御部 1 6 は、受光センサ 2 4 c から得られる受光信号の大きさの変化に基づいて、角膜 E c の表面が平面になったことを判断する。すなわち、制御部 1 6 は、受光センサ 2 4 c で受光した受光信号の信号強度（受光量）が最大となった時点（図 4 中の縦方向の一点鎖線参照）を検出することにより、角膜 E c の圧平状態を検出する。

【 0 0 8 2 】

続いて、ステップ S 1 9 において、制御部 1 6 は、角膜 E c の圧平状態を検出したときのチャンバ 3 4 a の内圧を作動距離 W D に応じて補正して眼圧を算出する。続いて、ステップ S 2 0 において、制御部 1 6 は、眼圧の測定結果を表示部 1 5 に表示させる。なお、制御部 1 6 は、必要に応じて眼圧の測定結果のデータを外部のデータベースに転送したり、内蔵プリンタまたは外部プリンタに出力したりすることも可能である。

10

【 0 0 8 3 】

次に、本実施形態の制御部 1 6 がチャンバ 3 4 a の内圧を作動距離 W D に応じて補正して眼圧を算出する具体例を、図面を参照して説明する。

図 6 は、本実施形態の制御部が眼圧を算出する第 1 具体例を説明するための説明図である。

なお、図 6 中の X 軸は、本実施形態に係る眼圧測定装置 1 0 における Z 軸に相当する。

20

【 0 0 8 4 】

図 6 は、ノズル 2 1 b の先端開口から被検眼 E の角膜 E c に向かって吹き出される空気 F の状態の例を表している。ノズル 2 1 b の先端開口から吹き出される空気 F の挙動を厳密に求めるためには、Reynolds Averaged Navier-Stokes 方程式を有限体積法などで数値解析することが必要である。但し、本具体例では、空気 F の挙動などの概略を把握するために、図 6 中の X 軸の垂直方向面内（図中 r 方向）で、流速分布がガウス分布形状に広がりながらコーン型で X 軸方向に伝搬すると近似する。図 6 に示すように、流速分布がコーン型で伝搬すると仮定すると、コーンの先端すなわち空気 F の出射源（吹出源）は、ノズル 2 1 b よりも内側に存在する。

【 0 0 8 5 】

30

ここで、本発明者が得た知見によれば、ノズル 2 1 b の先端開口から吹き出される空気 F の出射角は、空気 F の初期速度、ノズル 2 1 b の先端開口の面積、および流体の種類によらず  $11.8^\circ$  である。出射角が  $11.8^\circ$  であるとする、コーンの先端（Virtual origin）は、ノズル 2 1 b の先端よりも  $2.5d$  だけ内側の位置に存在する。この点を原点  $(x, y) = (0, 0)$  とすると、任意の位置 x での流速分布の半径 R は、 $R = x / 5$  である。なお、図 6 中の「d」は、ノズル 2 1 b の先端開口の直径（内径）を表す。

【 0 0 8 6 】

流体の速度分布がガウス分布形状に広がるとすると、空気 F の速度分布は以下の式で表される。

【数 1】

40

$$u(x, r) = u_{max} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) \cdots (1)$$

【 0 0 8 7 】

ガウス分布の特徴により、直径  $2R$ （半径  $R$ ）と標準偏差  $\sigma$  との間には、 $2R = 4\sigma$  の関係式が成立する。ここで、前述した式： $R = x / 5$  を用いると、 $\sigma = 1 / 10$  の関係式が導き出される。この式を流速の式（1）に代入すると、以下の式が導き出される。

【数 2】

50

$$u(x, r) = u_{max} \exp\left(-\frac{50r^2}{x^2}\right) \dots(2)$$

【 0 0 8 8 】

周囲からの影響が全くないと仮定すると、流体の運動量はいずれの地点でも保存される。そのため、任意の位置での、流体のモーメントは、以下の式で定義される。

【数 3】

$$\int_0^{\infty} \rho u^2 2\pi r dr \dots(3)$$

10

式(3)中の「 $\rho$ 」は、流体(本実施形態では空気 F)の密度である。

【 0 0 8 9 】

任意の位置のモーメントは、ノズル 2 1 b の先端開口の位置における流体のモーメントに等しい。そのため、以下の式が導き出される。

【数 4】

$$\rho U^2 \frac{\pi d^2}{4} \dots(4)$$

20

式(4)中の「U」は、ノズル 2 1 b の先端開口における流体の平均速度である。平均速度 U は、外部の影響がない限りにおいて一定である。

【 0 0 9 0 】

式(3)および式(4)が互いに等しいとして  $u_{max}$  を導くと、以下の式が導き出される。

【数 5】

$$u_{max} = \frac{5d}{x} U \dots(5)$$

30

式(5)は、距離  $x$  が大きくなるほど、 $x$  軸上の流速が減少することを意味する。

【 0 0 9 1 】

本具体例において、静圧を省略して考えると、流体が流れるときの圧力(動圧)は、以下の式で表される。

【数 6】

$$p = \frac{\rho u^2}{2} \dots(6)$$

40

前述したように、式(6)中の「 $\rho$ 」は、流体(本実施形態では空気 F)の密度である。式(6)より、流体の圧力  $p$  は、流速  $u$  の二乗に比例していることが分かる。

【 0 0 9 2 】

式(5)より、流体速度は、コーンの先端(Virtual origin: 原点)からの距離に反比例する。また、式(6)より、流体圧力は、流体速度の二乗に比例する。これにより、最終的に、以下の式が導き出される。

【数 7】

50

$$p_{max} = \frac{25\rho}{2} \left(\frac{d}{x}U\right)^2 \dots(7)$$

式(7)より、流体圧力は、原点からの距離の2乗に反比例することが分かる。ここで、現実的には種々の要因により、現実値が理論値から外れることがある。そのため、以下の式のように、補正值Aを乗ずることが好ましい。

【数8】

$$p_{max} = A \frac{25\rho}{2} \left(\frac{d}{x}U\right)^2 \dots(8)$$

10

式(8)より、流体圧力と伝搬距離との間の関係式が導き出される。

【0093】

前述したように、式(8)中の「U」は、ノズル21bの先端開口における流体の平均速度である。ノズル21bの先端開口における流体の平均速度Uは、圧力センサ34cから出力された圧力信号に基づいたチャンバ34aの内圧と、式(6)と、により導き出される。以上により、式(8)は、チャンバ34aの内圧と、作動距離WDと、角膜Ecに吹き付けられる空気Fの圧力と、の関係を表す関係式である。式(8)は、制御部16の記憶部16aに格納されている。本具体例の制御部16は、記憶部16aに格納された関係式(8)を参照し、チャンバ34aの内圧と、作動距離WDと、に基づいて、角膜Ecに吹き付けられる空気Fの圧力を算出する。

20

【0094】

また、本発明が得た知見によれば、被検眼Eの眼圧は、式： $P + b = p + s$ により表される。式中の「P」は、眼圧である。式中の「b」は、被検眼Eの弾性応力である。式中の「p」は、角膜Ecに吹き付けられる流体の圧力である。式中の「s」は、涙液の表面張力である。これにより、被検眼Eの弾性応力bおよび涙液の表面張力sが分かっている場合には、制御部16は、記憶部16aに格納された関係式(8)を参照し、チャンバ34aの内圧と、作動距離WDと、に基づいて角膜Ecに吹き付けられる空気Fの圧力pを算出して、式： $P + b = p + s$ により眼圧Pを算出する。

30

【0095】

本具体例によれば、検者は、Z軸方向のアライメント調整を行う際に、作動距離WDを意識することなく、より広い作動距離WDを確保することができるとともに、高い精度の眼圧測定を行うことができる。つまり、検者は、より高い自由度を持って作動距離WDを調整することができるとともに、高い精度の眼圧測定を行うことができる。これにより、本具体例に係る眼圧測定装置10は、作動距離WDに対する選択の自由度を高めることができるとともに、作動距離WDにかかわらず高い精度の眼圧測定を行うことができる。

【0096】

なお、本具体例では、チャンバ34aの内圧と、作動距離WDと、角膜Ecに吹き付けられる空気Fの圧力と、の関係を表す関係式として、式(8)を例に挙げた。但し、チャンバ34aの内圧と、作動距離WDと、角膜Ecに吹き付けられる空気Fの圧力と、の関係を表す関係式は、式(8)には限定されない。式(8)は、チャンバ34aの内圧と、作動距離WDと、角膜Ecに吹き付けられる空気Fの圧力と、の関係を表す関係式の一例である。また、チャンバ34aの内圧と、作動距離WDと、角膜Ecに吹き付けられる空気Fの圧力と、の関係は、関係式ではなく関係テーブルにより表されていてもよい。すなわち、記憶部16aは、チャンバ34aの内圧と、作動距離WDと、角膜Ecに吹き付けられる空気Fの圧力と、の関係を表す関係テーブルを格納していてもよい。この場合には、制御部16は、記憶部16aに格納された関係テーブルを参照し、チャンバ34aの内圧と、作動距離WDと、に基づいて角膜Ecに吹き付けられる空気Fの圧力pを算出して、式： $P + b = p + s$ により眼圧Pを算出する。

40

50

## 【 0 0 9 7 】

図 7 および図 8 は、本実施形態の制御部が眼圧を算出する第 2 具体例を説明するための説明図である。

なお、図 7 は、作動距離  $WD$  が一定（例えば、作動距離  $WD = D 1 1$ ）である場合において、チャンバ 3 4 a の内圧と、眼圧と、の関係を表す関係テーブルである。図 8 は、眼圧が予め規定された模擬眼を用いて導かれた関係テーブルであり、作動距離  $WD$  と、チャンバ 3 4 a の内圧と、チャンバ 3 4 a の内圧同士の比率と、の関係を表す関係テーブルである。

## 【 0 0 9 8 】

図 7 に示す関係テーブルは、例えば、眼圧が予め規定された複数の模擬眼を用いて作成される。すなわち、作動距離  $WD$  が一定（例えば、作動距離  $WD = D 1 1$ ）である状態において、制御部 1 6 は、受光センサ 2 4 c から得られる受光信号の大きさの変化に基づいて、模擬眼の角膜  $E c$  の表面が平面になったことを判断し、模擬眼の角膜  $E c$  の圧平状態を検出したときのチャンバ 3 4 a の内圧を記憶部 1 6 a に記憶する。模擬眼の眼圧が予め規定されているため、制御部 1 6 は、使用された模擬眼の眼圧と、模擬眼の角膜  $E c$  の圧平状態を検出したときのチャンバ 3 4 a の内圧と、を関連付けて記憶部 1 6 a に記憶することにより、図 7 に示す関係テーブルを作成することができる。

10

## 【 0 0 9 9 】

例えば、眼圧  $P 1$  の模擬眼が使用された場合において、制御部 1 6 は、模擬眼の眼圧  $P 1$  と、模擬眼の角膜  $E c$  の圧平状態を検出したときのチャンバ 3 4 a の内圧  $P_{in} 1$  と、を関連付けて記憶部 1 6 a に記憶する。また、眼圧  $P 2$  の模擬眼が使用された場合において、制御部 1 6 は、模擬眼の眼圧  $P 2$  と、模擬眼の角膜  $E c$  の圧平状態を検出したときのチャンバ 3 4 a の内圧  $P_{in} 2$  と、を関連付けて記憶部 1 6 a に記憶する。また、眼圧  $P 3$  の模擬眼が使用された場合において、制御部 1 6 は、模擬眼の眼圧  $P 3$  と、模擬眼の角膜  $E c$  の圧平状態を検出したときのチャンバ 3 4 a の内圧  $P_{in} 3$  と、を関連付けて記憶部 1 6 a に記憶する。また、眼圧  $P 4$  の模擬眼が使用された場合において、制御部 1 6 は、模擬眼の眼圧  $P 4$  と、模擬眼の角膜  $E c$  の圧平状態を検出したときのチャンバ 3 4 a の内圧  $P_{in} 4$  と、を関連付けて記憶部 1 6 a に記憶する。

20

## 【 0 1 0 0 】

なお、使用された模擬眼の眼圧と、模擬眼の角膜  $E c$  の圧平状態を検出したときのチャンバ 3 4 a の内圧と、の関係は、4 つに限定されるわけではない。使用された模擬眼の眼圧と、模擬眼の角膜  $E c$  の圧平状態を検出したときのチャンバ 3 4 a の内圧と、の関係は、2 つ、3 つ、または 5 つ以上であってもよい。制御部 1 6 は、使用された模擬眼の眼圧と、模擬眼の角膜  $E c$  の圧平状態を検出したときのチャンバ 3 4 a の内圧と、の複数の関係を関係テーブルとして関連付けて記憶部 1 6 a に記憶する。

30

## 【 0 1 0 1 】

図 8 に示す関係テーブルは、例えば、眼圧が予め規定された 1 つの模擬眼を用いて作成される。すなわち、作動距離  $WD$  が複数の値に設定される状態において、制御部 1 6 は、受光センサ 2 4 c から得られる受光信号の大きさの変化に基づいて、模擬眼の角膜  $E c$  の表面が平面になったことを判断し、模擬眼の角膜  $E c$  の圧平状態を検出したときのチャンバ 3 4 a の内圧を記憶部 1 6 a に記憶する。模擬眼の眼圧が予め規定されているため、制御部 1 6 は、作動距離  $WD$  と、模擬眼の角膜  $E c$  の圧平状態を検出したときのチャンバ 3 4 a の内圧と、を関連付け、さらに任意の作動距離  $WD$  を基準としたときのチャンバ 3 4 a の内圧同士の比率を算出して記憶部 1 6 a に記憶することにより、図 8 に示す関係テーブルを作成することができる。

40

## 【 0 1 0 2 】

例えば、作動距離  $WD$  が「 $D 1 1$ 」に設定された場合において、制御部 1 6 は、作動距離  $WD$  ( $D 1 1$ ) と、模擬眼の角膜  $E c$  の圧平状態を検出したときのチャンバ 3 4 a の内圧  $P_{in} 1 1$  と、を関連付けて記憶部 1 6 a に記憶する。また、作動距離  $WD$  が「 $D 1 2$ 」に設定された場合において、制御部 1 6 は、作動距離  $WD$  ( $D 1 2$ ) と、模擬眼の角膜

50

E c の圧平状態を検出したときのチャンバ 3 4 a の内圧  $P_{in12}$  と、を関連付けて記憶部 1 6 a に記憶する。また、作動距離  $WD$  が「D 1 3」に設定された場合において、制御部 1 6 は、作動距離  $WD$  ( $D 1 3$ ) と、模擬眼の角膜 E c の圧平状態を検出したときのチャンバ 3 4 a の内圧  $P_{in13}$  と、を関連付けて記憶部 1 6 a に記憶する。また、作動距離  $WD$  が「D 1 4」に設定された場合において、制御部 1 6 は、作動距離  $WD$  ( $D 1 4$ ) と、模擬眼の角膜 E c の圧平状態を検出したときのチャンバ 3 4 a の内圧  $P_{in14}$  と、を関連付けて記憶部 1 6 a に記憶する。

【0103】

さらに、制御部 1 6 は、例えば、作動距離  $WD$  が「D 1 1」に設定されたときのチャンバ 3 4 a の内圧  $P_{in11}$  を基準として、チャンバ 3 4 a の内圧  $P_{in11}$  に対するチャンバ 3 4 a の内圧  $P_{in12}$  の比率  $P_{in12} / P_{in11}$  と、チャンバ 3 4 a の内圧  $P_{in11}$  に対するチャンバ 3 4 a の内圧  $P_{in13}$  の比率  $P_{in13} / P_{in11}$  と、チャンバ 3 4 a の内圧  $P_{in11}$  に対するチャンバ 3 4 a の内圧  $P_{in14}$  の比率  $P_{in14} / P_{in11}$  と、をそれぞれの作動距離  $WD$  ( $D 1 2$ 、 $D 1 3$ 、 $D 1 4$ ) に関連付けて記憶部 1 6 a に記憶する。本具体例の比率 ( $1$ 、 $P_{in12} / P_{in11}$ 、 $P_{in13} / P_{in11}$ 、および  $P_{in14} / P_{in11}$ ) は、本発明の「関係比率」の一例である。

【0104】

なお、作動距離  $WD$  と、チャンバ 3 4 a の内圧と、チャンバ 3 4 a の内圧同士の比率と、の関係は、4 つに限定されるわけではない。作動距離  $WD$  と、チャンバ 3 4 a の内圧と、チャンバ 3 4 a の内圧同士の比率と、の関係は、2 つ、3 つ、または 5 つ以上であってもよい。制御部 1 6 は、作動距離  $WD$  と、チャンバ 3 4 a の内圧と、チャンバ 3 4 a の内圧同士の比率と、の複数の関係を関係テーブルとして関連付けて記憶部 1 6 a に記憶する。

【0105】

本具体例において、制御部 1 6 は、記憶部 1 6 a に格納された図 7 に示す関係テーブルおよび図 8 に示す関係テーブルを参照し、作動距離  $WD$  に基づいた比率を用いて眼圧を算出する。例えば、作動距離  $WD$  が「D 1 2」に設定された場合において、制御部 1 6 が被検眼 E の角膜 E c の圧平状態を検出したときのチャンバ 3 4 a の内圧が「 $P_{in2}$ 」であるときには、眼圧  $P 2$  に比率  $P_{in12} / P_{in11}$  の逆数  $P_{in11} / P_{in12}$  を乗ずることにより眼圧 ( $P 2 * P_{in11} / P_{in12}$ ) を算出する。例えば、作動距離  $WD$  が「D 1 3」に設定された場合において、制御部 1 6 が被検眼 E の角膜 E c の圧平状態を検出したときのチャンバ 3 4 a の内圧が「 $P_{in2}$ 」であるときには、眼圧  $P 2$  に比率  $P_{in13} / P_{in11}$  の逆数  $P_{in11} / P_{in13}$  を乗ずることにより眼圧 ( $P 2 * P_{in11} / P_{in13}$ ) を算出する。例えば、作動距離  $WD$  が「D 1 4」に設定された場合において、制御部 1 6 が被検眼 E の角膜 E c の圧平状態を検出したときのチャンバ 3 4 a の内圧が「 $P_{in2}$ 」であるときには、眼圧  $P 2$  に比率  $P_{in14} / P_{in11}$  の逆数  $P_{in11} / P_{in14}$  を乗ずることにより眼圧 ( $P 2 * P_{in11} / P_{in14}$ ) を算出する。

【0106】

本具体例によれば、眼圧が予め規定された模擬眼を用いて導かれた関係テーブル (図 7 および図 8 参照) が記憶部 1 6 a に格納されている。図 8 に示す関係テーブルは、作動距離  $WD$  に応じたチャンバ 3 4 a の内圧同士の比率を表している。つまり、任意の作動距離  $WD$  (本具体例では  $D 1 1$ ) におけるチャンバ 3 4 a の内圧を基準として、他の作動距離  $WD$  に応じたチャンバ 3 4 a の内圧の比率が関係テーブルにより導かれる。そして、制御部 1 6 は、記憶部 1 6 a に格納された関係テーブルを参照し、作動距離  $WD$  に基づいた比率を用いて眼圧を算出する。このようにして、制御部 1 6 は、チャンバ 3 4 a の内圧を作動距離  $WD$  に応じて補正して眼圧を算出する。これにより、本具体例に係る眼圧測定装置 1 0 は、不確定要素の影響や眼圧測定装置 1 0 の個体差などを抑えつつ、現実に即した高い精度の眼圧測定を行うことができる。

【0107】

なお、本具体例において、制御部 1 6 が眼圧を算出する方法 (計算式) は、模擬眼の眼圧に比率の逆数を乗ずることには限定されない。制御部 1 6 が作動距離  $WD$  に基づいた比

率を用いて眼圧を算出する限りにおいて、チャンバ34aの内圧同士の比率の計算方法は、特に限定されない。また、作動距離WDと、チャンバ34aの内圧同士の比率と、の関係は、関係テーブルではなく関係式により表されていてもよい。すなわち、記憶部16aは、作動距離WDと、チャンバ34aの内圧同士の比率と、の関係を表す関係式を格納していてもよい。この場合には、制御部16は、記憶部16aに格納された関係式を参照し、作動距離WDに基づいた比率を用いて眼圧を算出する。

#### 【0108】

図9および図10は、本実施形態の制御部が眼圧を算出する第3具体例を説明するための説明図である。

図9は、作動距離WDが一定（作動距離WD = D21）である場合において、チャンバ34aの内圧と、眼圧と、の関係を表す関係テーブルである。図10は、作動距離WDが一定（作動距離WD = D22）である場合において、チャンバ34aの内圧と、眼圧と、の関係を表す関係テーブルである。作動距離WDについては、「D21 D22」の関係式が成立する。本具体例では、制御部16は、作動距離WDが「D21」に設定された場合において、図9に示す関係テーブルに基づいて眼圧を算出する第1眼圧測定モードを実行し、作動距離WDが「D22」に設定された場合において、図10に示す関係テーブルに基づいて眼圧を算出する第2眼圧測定モードを実行する。

#### 【0109】

図9に示す関係テーブルは、例えば、眼圧が予め規定された複数の模擬眼を用いて作成される。すなわち、作動距離WDが「D21」に設定された状態において、制御部16は、受光センサ24cから得られる受光信号の大きさの変化に基づいて、模擬眼の角膜Ecの表面が平面になったことを判断し、模擬眼の角膜Ecの圧平状態を検出したときのチャンバ34aの内圧を記憶部16aに記憶する。模擬眼の眼圧が予め規定されているため、制御部16は、使用された模擬眼の眼圧と、模擬眼の角膜Ecの圧平状態を検出したときのチャンバ34aの内圧と、を関連付けて記憶部16aに記憶することにより、図9に示す関係テーブルを作成することができる。

#### 【0110】

例えば、眼圧P21の模擬眼が使用された場合において、制御部16は、模擬眼の眼圧P21と、模擬眼の角膜Ecの圧平状態を検出したときのチャンバ34aの内圧Pin21と、を関連付けて記憶部16aに記憶する。また、眼圧P22の模擬眼が使用された場合において、制御部16は、模擬眼の眼圧P22と、模擬眼の角膜Ecの圧平状態を検出したときのチャンバ34aの内圧Pin22と、を関連付けて記憶部16aに記憶する。また、眼圧P23の模擬眼が使用された場合において、制御部16は、模擬眼の眼圧P23と、模擬眼の角膜Ecの圧平状態を検出したときのチャンバ34aの内圧Pin23と、を関連付けて記憶部16aに記憶する。また、眼圧P24の模擬眼が使用された場合において、制御部16は、模擬眼の眼圧P24と、模擬眼の角膜Ecの圧平状態を検出したときのチャンバ34aの内圧Pin24と、を関連付けて記憶部16aに記憶する。

#### 【0111】

そして、作動距離WDが「D21」に設定された場合において、制御部16は、図9に示す関係テーブルに基づいて眼圧を算出する第1眼圧測定モードを実行する。例えば、制御部16は、被検眼Eの角膜Ecの圧平状態を検出したときのチャンバ34aの内圧が「Pin21」であるときには、第1眼圧測定モードに関する関係テーブル（図9参照）を参照し、眼圧P21を算出する。また、制御部16は、被検眼Eの角膜Ecの圧平状態を検出したときのチャンバ34aの内圧が「Pin22」であるときには、第1眼圧測定モードに関する関係テーブル（図9参照）を参照し、眼圧P22を算出する。また、制御部16は、被検眼Eの角膜Ecの圧平状態を検出したときのチャンバ34aの内圧が「Pin23」であるときには、第1眼圧測定モードに関する関係テーブル（図9参照）を参照し、眼圧P23を算出する。また、制御部16は、被検眼Eの角膜Ecの圧平状態を検出したときのチャンバ34aの内圧が「Pin24」であるときには、第1眼圧測定モードに関する関係テーブル（図9参照）を参照し、眼圧P24を算出する。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 1 2 】

図 10 に示す関係テーブルは、例えば、眼圧が予め規定された複数の模擬眼を用いて作成される。すなわち、作動距離WDが「D 2 2」に設定された状態において、制御部 16 は、受光センサ 24 c から得られる受光信号の大きさの変化に基づいて、模擬眼の角膜 E c の表面が平面になったことを判断し、模擬眼の角膜 E c の圧平状態を検出したときのチャンバ 34 a の内圧を記憶部 16 a に記憶する。模擬眼の眼圧が予め規定されているため、制御部 16 は、使用された模擬眼の眼圧と、模擬眼の角膜 E c の圧平状態を検出したときのチャンバ 34 a の内圧と、を関連付けて記憶部 16 a に記憶することにより、図 10 に示す関係テーブルを作成することができる。模擬眼の角膜 E c の圧平状態を検出したときのチャンバ 34 a の内圧と、模擬眼の眼圧と、の関連付けは、図 9 に関して前述した通りである。

10

## 【 0 1 1 3 】

そして、作動距離WDが「D 2 2」に設定された場合において、制御部 16 は、図 10 に示す関係テーブルに基づいて眼圧を算出する第 2 眼圧測定モードを実行する。例えば、制御部 16 は、被検眼 E の角膜 E c の圧平状態を検出したときのチャンバ 34 a の内圧が「P i n 3 1」であるときには、第 2 眼圧測定モードに関する関係テーブル（図 10 参照）を参照し、眼圧 P 3 1 を算出する。すなわち、第 2 眼圧測定モードにおける眼圧の算出方法は、第 1 眼圧測定モードにおける眼圧の算出方法と同様である。

## 【 0 1 1 4 】

本具体例によれば、制御部 16 は、第 1 眼圧測定モードと、第 2 眼圧測定モードと、を  
実行可能である。第 1 眼圧測定モードでは、制御部 16 は、チャンバ 34 a の内圧と、作  
動距離WD（D 2 1）と、眼圧と、の関係を表す関係テーブル（図 9 参照）に基づいて眼  
圧を算出する。第 2 眼圧測定モードでは、制御部 16 は、チャンバ 34 a の内圧と、作  
動距離WD（D 2 2）と、眼圧と、の関係を表す関係テーブル（図 10 参照）に基づいて眼  
圧を算出する。つまり、制御部 16 は、作動距離WDに応じて異なる眼圧測定モードを実  
行し、チャンバ 34 a の内圧を作動距離WDに応じて補正して眼圧を算出する。これによ  
り、本具体例に係る眼圧測定装置 10 は、簡易的な構成により、被検者に与える不快感を  
抑えることができるとともに、測定精度の低下を抑えることができる。

20

## 【 0 1 1 5 】

例えば、作動距離WDについて「D 2 1 < D 2 2」の関係式が成立する場合には、第 1  
眼圧測定モードは「通常モード」として利用され、第 2 眼圧測定モードは「恐怖低減モ  
ード」として利用される。あるいは、図 4 に関して前述したように、相対的に長い距離が作  
動距離WDに設定されると、被検眼 E の角膜 E c に吹き付けられる空気の圧力が相対的に  
低くなる。言い換えれば、相対的に短い距離が作動距離WDに設定されると、被検眼 E の  
角膜 E c に吹き付けられる空気の圧力が相対的に高くなる。そのため、作動距離WDにつ  
いて「D 2 1 < D 2 2」の関係式が成立する場合には、第 1 眼圧測定モードは「高眼圧測  
定モード」として利用され、第 2 眼圧測定モードは「正常眼圧測定モード」として利用さ  
れてもよい。

30

## 【 0 1 1 6 】

なお、図 9 および図 10 に示す関係テーブルにおいて、作動距離WDと、使用された模  
擬眼の眼圧と、模擬眼の角膜 E c の圧平状態を検出したときのチャンバ 34 a の内圧と、  
の関係は、4 つに限定されるわけではない。作動距離WDと、使用された模擬眼の眼圧と  
、模擬眼の角膜 E c の圧平状態を検出したときのチャンバ 34 a の内圧と、の関係は、2  
つ、3 つ、または 5 つ以上であってもよい。制御部 16 は、作動距離WDと、使用された  
模擬眼の眼圧と、模擬眼の角膜 E c の圧平状態を検出したときのチャンバ 34 a の内圧と  
、の複数の関係を関係テーブルとして関連付けて記憶部 16 a に記憶する。また、作動距  
離WDと、使用された模擬眼の眼圧と、模擬眼の角膜 E c の圧平状態を検出したときのチ  
ャンバ 34 a の内圧と、の関係は、関係テーブルではなく関係式により表されていてもよ  
い。すなわち、記憶部 16 a は、作動距離WDと、使用された模擬眼の眼圧と、模擬眼の  
角膜 E c の圧平状態を検出したときのチャンバ 34 a の内圧と、の関係を表す関係式を格

40

50

納していてもよい。この場合には、制御部 16 は、記憶部 16 a に格納された関係式を参照し、作動距離  $WD$  と、被検眼  $E$  の角膜  $E_c$  の圧平状態を検出したときのチャンバ 34 a の内圧と、に基づいて眼圧を算出する。

【0117】

以上、本発明の実施形態について説明した。しかし、本発明は、上記実施形態に限定されず、特許請求の範囲を逸脱しない範囲で種々の変更を行うことができる。上記実施形態の構成は、その一部を省略したり、上記とは異なるように任意に組み合わせたりすることができる。

【符号の説明】

【0118】

10 : 眼圧測定装置、 11 : ベース、 12 : 顔支持部、 12 a : 顎受け部、 12 b : 額当て部、 13 : 駆動機構、 13 a : Y軸駆動部、 13 b : Z軸駆動部、 13 c : X軸駆動部、 14 : 装置本体、 15 : 表示部、 16 : 制御部、 16 a : 記憶部、 21 : 前眼部観察光学系、 21 a : 前眼部照明光源、 21 b : ノズル、 21 c : 前眼部窓ガラス、 21 d : チャンバ窓ガラス、 21 e : 第1ハーフミラー、 21 f : 対物レンズ、 21 g : 第2ハーフミラー、 21 i : 撮像素子、 22 : XYアライメント指標投影光学系、 22 a : XYアライメント用光源、 22 b : 集光レンズ、 22 c : 開口絞り、 22 d : ピンホール板、 22 e : ダイクロイックミラー、 22 f : コリメータレンズ、 23 : 固視標投影光学系、 23 a : 固視標用光源、 23 b : ピンホール板、 24 : 圧平検出光学系、 24 a : レンズ、 24 b : ピンホール板、 24 c : 20 受光センサ、 25 : Zアライメント指標投影光学系、 25 a : Zアライメント用光源、 25 b : 集光レンズ、 25 c : 開口絞り、 25 d : ピンホール板、 25 e : コリメータレンズ、 26 : Zアライメント検出光学系、 26 a : 結像レンズ、 26 b : シリンドリカルレンズ、 26 c : 受光センサ、 34 : 吹付機構、 34 a : チャンバ、 34 b : ガラス板、 34 c : 圧力センサ、 34 d : 空気圧縮駆動部、 E : 被検眼、 E c : 角膜、 E p : 角膜頂点、 F : 空気、 O1 : 光軸、 O2 : 光軸、 O3 : 光軸、 WD : 作動距離

10

20

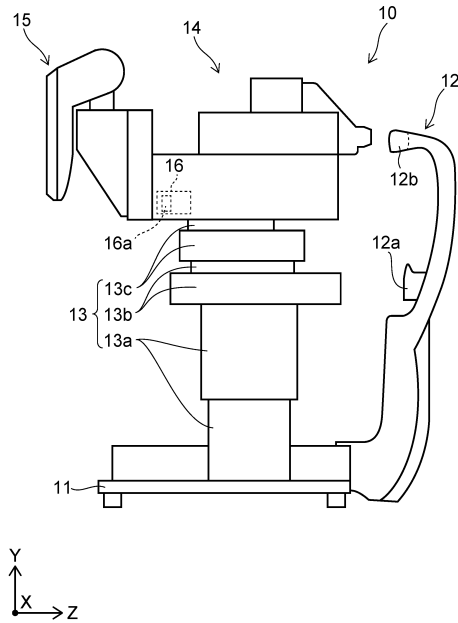
30

40

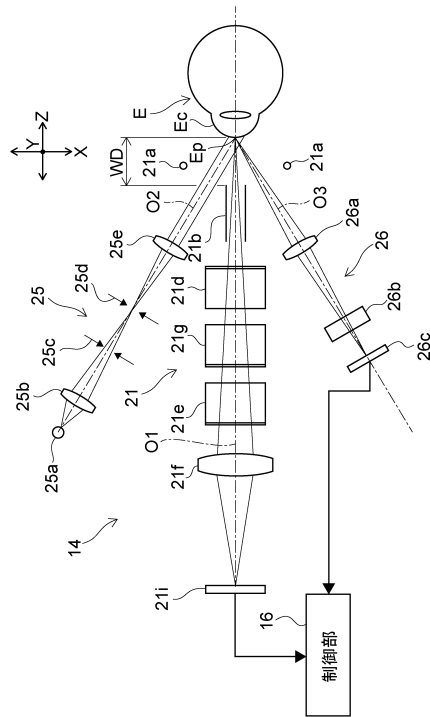
50

【図面】

【図 1】



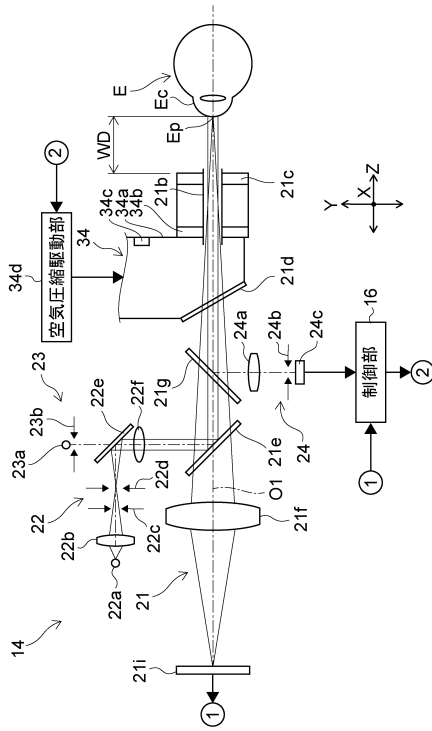
【図 2】



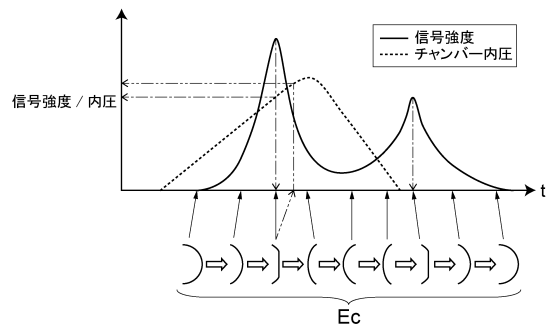
10

20

【図 3】



【図 4】

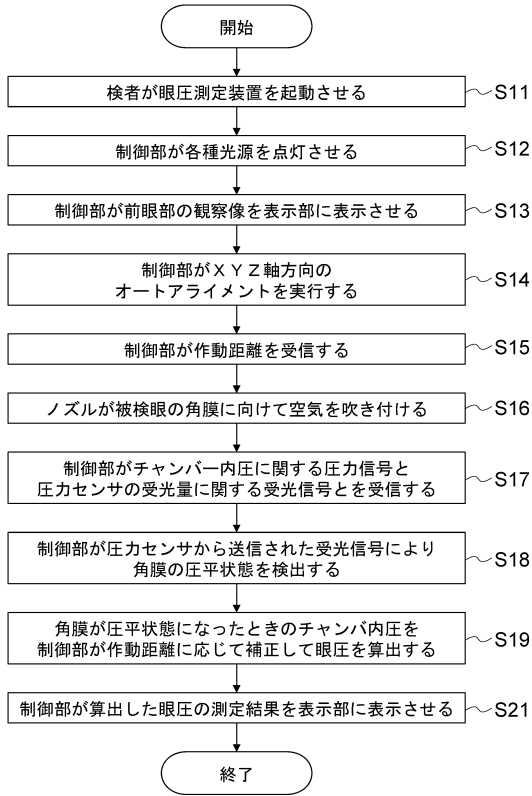


30

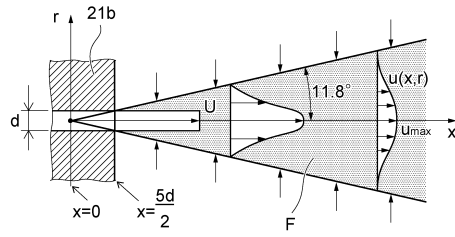
40

50

【 図 5 】



【 図 6 】



10

20

【 図 7 】

作動距離：一定（例：WD=D11）

チャンバ内圧 (mmHg)	眼圧 (mmHg)
$P_{in1}$	$P1$
$P_{in2}$	$P2$
$P_{in3}$	$P3$
$P_{in4}$	$P4$

【 図 8 】

眼圧：一定（模擬眼）

作動距離 (mm)	チャンバ内圧 (mmHg)	比率
D11	$P_{in11}$	1
D12	$P_{in12}$	$P_{in12}/P_{in11}$
D13	$P_{in13}$	$P_{in13}/P_{in11}$
D14	$P_{in14}$	$P_{in14}/P_{in11}$

30

40

50

【 図 9 】

第 1 眼圧測定モード

作動距離 (mm)	チャンバ内圧 (mmHg)	眼圧 (mmHg)
D 2 1	P <sub>i n</sub> 2 1	P 2 1
	P <sub>i n</sub> 2 2	P 2 2
	P <sub>i n</sub> 2 3	P 2 3
	P <sub>i n</sub> 2 4	P 2 4

【 図 1 0 】

第 2 眼圧測定モード

作動距離 (mm)	チャンバ内圧 (mmHg)	眼圧 (mmHg)
D 2 2	P <sub>i n</sub> 3 1	P 3 1
	P <sub>i n</sub> 3 2	P 3 2
	P <sub>i n</sub> 3 3	P 3 3
	P <sub>i n</sub> 3 4	P 3 4

10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社トブコン内

審査官 湊 和也

- (56)参考文献 特開昭62-268524(JP,A)  
特開昭63-065842(JP,A)  
特開2015-085042(JP,A)  
特開2000-070228(JP,A)  
特開2002-034928(JP,A)  
特開平11-276440(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
A61B 3/00 - 3/18