

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5536110号
(P5536110)

(45) 発行日 平成26年7月2日(2014.7.2)

(24) 登録日 平成26年5月9日(2014.5.9)

(51) Int.Cl.	F 1
A 6 1 B 3/10	(2006.01)
A 6 1 B 3/113	(2006.01)
G 0 2 C 13/00	(2006.01)
	A 6 1 B 3/10
	A 6 1 B 3/10
	G 0 2 C 13/00
	A 6 1 B 3/10
	N
	B

請求項の数 7 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2011-551429 (P2011-551429)
(86) (22) 出願日	平成22年2月4日(2010.2.4)
(65) 公表番号	特表2012-518501 (P2012-518501A)
(43) 公表日	平成24年8月16日(2012.8.16)
(86) 国際出願番号	PCT/EP2010/000698
(87) 国際公開番号	W02010/097161
(87) 国際公開日	平成22年9月2日(2010.9.2)
審査請求日	平成25年1月22日(2013.1.22)
(31) 優先権主張番号	102009010467.4
(32) 優先日	平成21年2月26日(2009.2.26)
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)

(73) 特許権者	506243183 カール・ツアイス・ビジョン・ゲーエムペ ーハー
	ドイツ連邦共和国・73430・アーレン ・トゥルンシュトーレセ・27
(74) 代理人	100064621 弁理士 山川 政樹
(74) 代理人	100098394 弁理士 山川 茂樹
(72) 発明者	クラツツァー, ティモ ドイツ連邦共和国・73434・アーレン ・リンゼンワーゲン・31
(72) 発明者	カペツァーギレン, ヘスヌミゲール ドイツ連邦共和国・73434・アーレン ・シュピツアッケリング・17

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】眼球支点位置を決定する方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検者の眼(10)の眼球支点位置(ADL)を決定する方法であって、前記方法は、
a) 前記被検者の第1視線方向に関する眼(10)の角膜(14)表面の少なくとも一部を三次元で測定するステップと、

b) ステップa)で決定した前記角膜(14)表面を、三次元数式で記述するステップと、

c) ステップa)の前記視線方向と比較し、変化した前記被検者の視線方向に関する角膜表面の少なくとも一部を三次元で測定するステップであって、この測定はステップa)と同じ測定位置で、ステップa)と比較して変わらない前記被検者の頭部位置に関して行われるステップと、

d) ステップc)の前記視線方向及び/又は前記眼球支点位置(ADL)を、ステップc)で測定した前記三次元データをステップb)で決定した式に、数学的変換を利用して、フィッティングさせることによって決定するステップと、
から成ることを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記数学的変換が空間における点周りの回転であることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項 3】

前記眼球支点位置(ADL)を決定し、入力パラメタとして使用する、眼鏡レンズを眼

10

20

に合せて最適化する方法であって、請求項 1 又は 2 に記載の方法を前記被検者の眼 (10) の前記眼球支点位置 (A D L) を決定する際に使用されることを特徴とする方法。

【請求項 4】

プログラムをコンピュータで実行する際、請求項 1 から 3 のいずれかに記載の方法を実行するようにセットアップされたプログラムコードを有するコンピュータプログラム。

【請求項 5】

機械可読媒体に格納される請求項 4 に記載のコンピュータプログラム。

【請求項 6】

被検者の眼 (10) の眼球支点位置 (A D L) を決定する装置であって、前記装置は、
a) 前記被検者の第 1 視線方向に関する眼 (10) の角膜 (14) 表面の少なくとも一部を三次元で測定し、同じ測定位置で、前記被検者の頭部位置を変えずに、前記第 1 視線方向と比較して変化している前記被検者の第 2 視線方向に関する前記角膜 (14) 表面の少なくとも一部を三次元で測定する測定装置 (141) と、
10

b) 前記第 1 視線方向に関して決定された前記角膜 (14) 表面を三次元数式で記述し、且つ、数学的変換を利用して、前記第 2 視線方向に関する測定三次元データを前記第 1 視線方向に関して決定された式にフィッティングさせることによって、前記第 2 視線方向と前記眼球支点位置 (A D L) を決定する計算装置 (143) と、
を備えることを特徴とするに記載の装置。

【請求項 7】

前記数学的変換が空間における点周りの回転であることを特徴とする請求項 6 記載の装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、特許請求項 1 のプリアンブルで記載した眼球支点位置を決定する方法に関する。

【0002】

また、本発明は、眼球支点位置を決定し、入力パラメタとして使用する、眼鏡レンズを眼に合わせて最適化する方法に関する。

【0003】

30

更に、本発明は、参照構造を有する眼の少なくとも 2 つの光学的パラメタを決定する方法に関し、該方法では、各パラメタを決定するために、眼について、別々の記録ユニットを用いて其々写真記録する。

【0004】

また、本発明は、上記方法を実行する装置にも関する。

【背景技術】

【0005】

眼鏡レンズ、特に特別注文 (カスタマイズ) 累進レンズを最適化するために、眼 / 眼鏡システムに関する様々なパラメタを考慮に入れることが知られている。こうしたパラメタとしては、例えば、瞳距離 P D、角膜頂距離 H S A、眼鏡レンズの前傾角度、左右眼鏡レンズのフレーム円板角 _R、_L の他、光学的又は機械的眼球支点 Z'、M の位置がある。

カスタマイズ累進レンズは、眼鏡レンズについて計算する際に少なくとも 1 つの個人用パラメタを考慮に入れる場合の累進レンズ、及び自由造形技術によって作製する累進レンズであると理解されるが、これについては、例えば、ダブリュ・グリム (W. Grimm) 氏及びジー・ケルヒ (G. Kellch) 氏によるドイツ検眼士新聞 (Deutsche Optikerzeitung) D O Z 4 + 5 / 2 0 0 0 での記事「G r a d a l (登録商標) I n d i v i d u a l : K o n z e p t i o n, F e r t i g u n g u n d A n p a s s u n g」 (Gradal (登録商標) Customized : 設計、製作、及び調整) において、欧州特許第 E P 8 5 7 5 9 3 B 1 号において、及び / 又は欧州特許第 E P 5 6 2 3 3 6 B 1 号において記載されているところである。

40

Optikerzeitung) D O Z 4 + 5 / 2 0 0 0 での記事「G r a d a l (登録商標) I n d i v i d u a l : K o n z e p t i o n, F e r t i g u n g u n d A n p a s s u n g」 (Gradal (登録商標) Customized : 設計、製作、及び調整) において、欧州特許第 E P 8 5 7 5 9 3 B 1 号において、及び / 又は欧州特許第 E P 5 6 2 3 3 6 B 1 号において記載されているところである。

50

【0006】

非カスタマイズ眼鏡レンズの場合、こうしたパラメタは、母集団の代表的な断面に関する統計的平均値から決定される。対照的に、カスタマイズ眼鏡レンズの場合では、パラメタは、例えば、出願人によって「i.Termin al」及び「Relaxed Vision Terminal」という対象別名称で製造販売されているような所謂ビデオセンタリングシステムを用いて、各眼鏡着用者について個別に測定される。しかしながら、こうしたビデオセンタリングシステムは、今のところ、眼球支点位置を用いて眼鏡レンズを十分正確に最適化できるようにはなっていない。

【0007】

眼球支点位置を考慮に入れたい場合、該位置は、処方眼鏡レンズの平均球面を介して眼軸長から既知の方法で導出できる。しかしながら、この場合、実情と十分対応しない多くの仮定がなされる。

【0008】

眼軸長と処方眼鏡レンズの球面との関係は、簡潔にするために直線として仮定されることが多い。しかしながら、角膜と眼球水晶体の両曲率だけでなく眼軸長も、互いに全く無関係に増大する及び/又は異なって拡張するので、これは実際には真実ではない。

【0009】

一般に、眼球支点は眼球内部にある点状の支点と見なせば、十分である。しかしながら、極一般的な言い方をすると、本発明では、拡張した全体的に略球状の眼球支点ゾーンも含む。簡潔にするために、特に他に記述しない限り、まずは点状の眼球支点から、以下本発明及び従来技術について記載する。

【0010】

眼鏡を処方する通常の手順では、眼鏡レンズは、自覚屈折検査及びビデオセンタリング測定に基づいて処方される及びセンタリングされる。

【0011】

これに関しては、屈折の決定とセンタリングという2操作が異なる装置で行われるため、両者の決定間で関連付けがなされない点で、不利である。例えば、フォロープタを用いて屈折を決定する際に、フォロープタを、眼の2つの瞳孔中心を結ぶ線に対して第1角度だけ傾けることがある。また、選択した眼鏡フレームを第2角度に対して回転させることがある。最悪の場合、これら2角度が合計されて、完成眼鏡について行われる処方と補正とでシリンドラ軸の複数の角度が不一致となってしまうことがある。

【0012】

国際特許第WO 2006/106248 A1号では、眼球支点位置を決定する方法及び装置について開示している。この既知の方法の場合、被検者は望遠鏡に似たユニットを覗き込む。空間における該ユニットのアライメントを、該ユニットにある三次元アクティブセンサで決定する。被検者は頭部に更なるかかるセンサを装着して、該センサで頭部の位置とアライメントを決定する。該ユニットの被検者から逸れた側に、光軸に沿って光線を発する光源を配置する。光源と被検者の眼の間に、中心印を有する2つの格子を配置する。被検者は、次に、光線と該2印が一致するまで該ユニットを移動させる。空間における視軸の位置を、この場合ユニットと頭部について求めた位置データから計算する。その後、この操作を異なる視線方向から数回繰り返し、それにより複数の視軸を決定する。そして支点を、眼球支点位置として算出する。

【0013】

この既知の手順は、別個のユニットにかなりの費用が必要となるという短所がある。その上、測定精度も被検者の主観的な反応によって左右される。

【0014】

欧州特許第EP 0825826 A1では、並行して視覚情報を得る方法及び装置について開示している。この既知の手順の場合、眼球支点位置を決定するために、被検者頭部のアライメントと位置を固定して、注視線を、両眼が連続して注視したと識別された少なくとも2注視点に関して決定する。これらの注視点は、瞳孔位置を決定するためにカメラと

10

20

30

40

50

センサのホルダに常時連結される 2 印点である。従って、眼球支点は、注視点で規定される注視線の交点に存在することになる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

本発明の目的は、眼球支点位置を決定する他の方法を利用可能にすることである。更に、その目的は、特に異なるユニットを使用した複数の異なる測定で眼／眼鏡システムのパラメタを検出中に、測定値に対して共通の空間的基準を求められるようにする方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

10

【0016】

冒頭で言及した方法のうち第 1 の方法の場合は、この目的を、本発明により、

- a) 眼の角膜の平均曲率を決定するステップ
- b) 眼の平均位相誤差を決定するステップ
- c) 平均曲率と平均位相誤差から眼軸長を決定するステップ
- d) 眼軸長から眼球支点位置を決定するステップ

で達成する。

【0017】

角膜の平均曲率は、一般に角膜頂周り半径 4 mm の円領域である、角膜頂領域における角膜曲率の平均値を表す。眼の位相誤差は、眼から出た波面の位相の、基準波から、ここでは一般的に平面波面からの偏差とする。この平均位相誤差は、波面の平均曲率を表す。眼軸長は、角膜頂と小窩間の眼の幾何学長である。眼球支点位置は、極一般的に光学的眼球支点の場所として理解される。DIN (ドイツ工業規格) 5340-43 によると、例えば、頭と身体を無理のない状態にして、無限遠点を直接視認する際に、機械的眼球支点から、眼内部に延伸させた注視線への垂線の足を、光学的眼球支点 (記号 Z') と見なす。DIN 5340-42 によると、例えば、機械的眼球支点 (記号 M) は、少なくとも視線の移動中変位する眼の点である。

20

【0018】

冒頭で言及した方法のうち別の第 2 の方法では、この目的を、本発明により、

a) 少なくとも 2 視線方向に関して眼の特徴部分の位置及び / 形状を検出するステップ、即ち、欧州特許第 EP 0 825826 A1 号とは対照的に、常時規定のマーキングはせず及び / 又は頭部の位置を固定せずに、該検出を行うステップ

30

b) 2 視線方向に関する眼の少なくとも 1 特徴軸の位置を、該 2 視線に関する、眼の特徴部分の各位置及び / 又は各形状から検出するステップ

c) 2 視線方向に関する眼の少なくとも 1 特徴軸の位置から眼球支点位置を決定するステップ

で達成する。

【0019】

冒頭で言及した方法のうち更なる第 3 の方法の場合には、この目的を、本発明により、

a) 被検者の第 1 視線方向に関する眼の角膜表面の少なくとも一部を三次元で測定するステップ

40

b) ステップ a) で決定した角膜表面を、三次元数式で記述するステップ

c) ステップ a) の視線方向と比較して変化した被検者の視線方向に関する角膜表面の少なくとも一部を三次元で測定するが、該測定は、ステップ a) についてと同じ測定位置で、ステップ a) と比較して不变な被検者の頭部位置に対して行われるステップ

d) ステップ c) の視線方向及び / 又は眼球支点位置を、ステップ c) で測定した三次元データをステップ b) で決定した式に、数学的変換、特に空間における点周りの回転を利用して、フィッティングさせて決定するステップ

で達成する。

【0020】

50

冒頭で言及した方法のうち更なる第4の方法の場合には、この目的を、本発明により眼の参照構造を写真記録中に同時に其々記録すること、及びパラメタ値を参照構造と照合することによって達成する。

【0021】

また、本発明の目的は、上記方法を実行する装置によって達成される。

【0022】

特に、冒頭で言及した、被検者の眼の眼球支点位置を決定する装置のうち第1の装置は

- 、 a) 眼の角膜の平均曲率を決定する曲率決定装置
- b) 眼の平均位相誤差を決定する位相誤差測定装置
- c) 平均曲率と平均位相誤差から眼軸長を決定する眼軸長計算装置
- d) 眼軸長から眼球支点位置を決定する眼球支点決定装置

を特徴とする。

【0023】

曲率決定装置を、例えば、ビデオケラトグラフィ又はケラトメータとすることができる。例えば、位相誤差測定装置を、自動屈折計又は波面センサとして設計できる。例えば、眼軸長計算装置及び眼球支点決定装置を、市販のパーソナルコンピュータの形で一緒に実装できる。

【0024】

冒頭で言及した装置のうち別の第2の装置は、

20

- a) 上記意味での、少なくとも2視線方向に関する眼の特徴部分の位置及び/又は形状を検出する記録装置
- b) 眼の特徴部分の位置及び/又は形状から2視線方向に関する眼の少なくとも1特徴軸の位置を決定する決定装置
- c) 2視線方向に関する眼の特徴軸の位置から眼球支点位置を決定する決定装置を特徴とする。

【0025】

例えば、記録装置を、センタリングユニット又はデジタルカメラとすることができる。例えば、決定装置と眼球支点決定装置を、市販のパーソナルコンピュータの形で一緒に実装できる。

30

【0026】

冒頭で言及した装置のうち更なる第3の装置は、

- a) 被検者の第1視線方向に関する眼の角膜表面の少なくとも一部を三次元で測定し、同じ測定位置で、被検者の頭部位置は変えずに、第1視線方向と比べて変化した、被検者の第2視線方向に関する角膜表面の少なくとも一部を三次元で測定する測定装置

　b) 第1視線方向に関して決定した角膜表面を三次元式で記述し、また、該第2視線方向に関する測定三次元データを、第1視線方向に関して決定した式に、式を用いて、特に空間におけるある点周りに回転させて、フィッティングさせて、第2視線方向の他に眼球支点位置も決定する計算装置

を含む。

40

【0027】

一例として、ビデオケラトグラフィを測定装置として使用できる。計算装置を、例えば市販のパーソナルコンピュータとすることができる。

【0028】

最後に、参照構造を有する眼の少なくとも2つの光学パラメタを決定する本発明の第4の装置には、その都度眼に関する光学パラメタの1つを決定するための、眼について写真記録する別個の記録ユニットを備える。記録ユニットを、写真記録中に眼の参照構造を同時に其々記録するように設計する。(少なくとも)1つの計算装置を、パラメタ値を参照構造と照合するために設ける。

【0029】

50

本発明が基づく目的は、このようにして完全に達成される。

【0030】

初めの3方法は、眼球支点位置を従来よりも正確に決定できる点で、優れている。従つて、カスタマイズ累進レンズの表面トポグラフィを算出、作製する際に、眼球支点位置を考慮すると、特にカスタマイズ累進レンズをより一層良好に最適化可能となる。

【0031】

角膜の平均曲率及び眼の平均位相誤差は、角膜トポグラフィ及び／又は眼の波面誤差の三次元測定を用いて、所定軸の貫通点で無制限に決定できる。

【0032】

第1～第3の方法により、既知のシステムを僅かに変更するだけで、上記の更に良好な最適化を達成可能になる。

10

【0033】

第4の方法により、異なるユニットで記録された2パラメタを良好に関連付け可能になり、その結果、眼鏡の不正確な調整を回避できる。

【0034】

最初に挙げた本発明の方法の場合では、眼球支点位置 ADL を、以下の関係式を使用して、眼軸長 LA から決定できる。

【0035】

$$ADL = k_3 LA \quad (1)$$

【0036】

この場合単位メートルで特定した量 ADL で、注視線上にある角膜頂と光学的眼球支点 Z' の中心との距離を特定する。 k_3 は、規定可能な無次元パラメタである。

20

【0037】

このパラメタ k_3 を、例えば、グルストランド理論に従い、13.5/23.8として選定する。しかしながら一般に、この値から、例えば、其々 $\pm 10\%$ 又は5%の偏差は許容できる。

【0038】

この最初に挙げた方法の場合、眼軸長 LA を、例えば、以下の関係式を使用して、平均曲率 KH 及び平均位相誤差 PF から決定できる。

【0039】

30

$$LA = (k_1 - PF) KH / k_2 \quad (2)$$

【0040】

平均曲率 KH は一般にミリメートルで特定され、平均位相誤差は一般的にディオプタの大きさで特定される。パラメタ k_1 及び k_2 は原則として自由に規定できる。 k_1 は、位相誤差、具体的にはディオプタの大きさであり、 k_2 も同様にディオプタの大きさである。

【0041】

本発明者の理論に従うと、 k_1 を52.634 dpt、 k_2 を17.395 dptとして選定する。しかしながら、一般に、これらの値から其々 $\pm 10\%$ 又は $\pm 5\%$ の差は許容できる。この測定には、母集団の圧倒的大部分に対して、確実に眼球支点位置を最適決定できるという利点がある。

40

【0042】

この最初に挙げた方法では、瞳孔開口領域の角膜の平均曲率 KH を決定するのに、一般にステップa)で十分である。周囲の明るさに応じて瞳孔開口の拡張が異なるため、瞳孔中心周りに直径8mmの領域を取るのが、通例となっている。

【0043】

角膜の曲率 KH と位相誤差 PF の場合に特に重要なのが、光軸周辺領域であるため、一般に、ステップa)で決定するのを角膜の平均曲率 KH とし、ステップb)で決定するのを眼の光軸周辺領域及び／又は注視線周辺領域及び／又は視軸周辺領域其々での位相誤差 PF とする。これらの軸周りの典型的な半径は4mmである。また、一般に、半径を2mmまで、又は1mmにまで減少させても十分である。例えばDIN5340-で提示

50

される角膜表面の法線は、眼の光軸と考えられ、該光軸が眼内部に延伸する部分は、眼の残りの屈折面の曲率中心から最短距離を有する。D I N 5 3 4 0 - 3 6 0 で提示されたような、中心で結像した物点と網膜上の像点とを結んだ直線は、視軸（視線）として使用できる。一例として、D I N 5 3 4 0 - 1 5 9 で提示された、中心窓で結像した物点と眼の入射瞳の中心とを結んだ直線は、注視線として使用できる。

【0044】

上記特定した測定には、上記値の決定が、該値を空間的に相互に照合、即ち、特定の軸又は瞳孔中心と照合して決定することによって、改善されるという利点がある。

【0045】

位相誤差を、例えば、ハルトマン - シャック法を用いて、波面屈折計によって測定できる。その後、平均値を、波面自動屈折計を使い測定した位相誤差分布から得る。この平均値が、平均位相誤差 P F に相当する。波面自動屈折計を使い位相誤差を決定すると、位相誤差における位置変動を考慮できるという利点がある。また、オートレフラクトメータを、波面自動屈折計の代わりに使用できる。

【0046】

第 2 の方法の場合では、例えば、眼の特徴部分は、瞳孔及び / 又は角膜縁及び / 又は虹彩を含むことができる。眼のこれらの特徴部分は、肉眼で認識でき、従って、ユーザと自動検出システムの両方によって、簡単な方法で明確に識別できる。そのため誤認を殆ど排除できる。

【0047】

上記特定した、瞳孔、角膜縁、及び / 又は虹彩といった特徴部分の代わりに、勿論、例えば、血管や、色で区別できる領域等の、眼を特徴付ける他の部分（特に生体測定部分）も使用可能である。かかる構造は、例えば、回転に関して構造的に不变性が不足するといった問題がある個々の場合でも、照合できる。

【0048】

眼の特徴部分の位置及び / 又は形状を、例えば、較正した撮影システムによって検出できる。較正撮影システムは、頭 / 眼系の三次元パラメタを検出するのに使用できる撮影システムと理解される。こうしたシステムを使用する利点は、該システムを使用して十分正確に測定できる点である。

【0049】

例えば、較正したビデオセンタリングシステムを、較正撮影システムとして使用できる。一般に、較正していないビデオセンタリングシステムは単なるデジタルカメラであり、従って、運転パラメタを測定しても意味がない。

【0050】

一例として、2 視線方向に関する眼の特徴部分の各位置及び / 又は各形状から、2 視線方向に関するその位置を決定できる少なくとも 1 特徴軸は、注視線及び / 又は視軸及び / 又は光軸を含むことができる。例えば、3 特徴全てを、上記方法を使用して、予め記録したデータから簡単な演算処理によって決定できる。

【0051】

この第 2 の方法の場合では、眼球支点位置の決定は、眼の特徴軸が交差する点を決定することを含むことができる。

【0052】

例えば、この第 2 の方法は、以下の

a) 眼の特徴部分を検出し、該部分の幾何学的中心と共に、該中心がある特徴部分の平面を通り、被検者の第 1 視線方向に向かう法線も決定するステップ

b) 眼の特徴部分を検出し、該部分の幾何学的中心と共に、該中心がある特徴部分の平面を通り、被検者の第 1 視線方向から外れた第 2 視線方向に向かう法線も決定するステップ

c) ステップ a) と b) で決定した法線ベクトルの方向から眼球支点位置を決定するステップ

10

20

30

40

50

を含むことができる。

【0053】

異なる視線方向の場合での特徴軸の交点の代わりに、2特徴軸を決定し、2特徴軸の交点として眼球支点位置を決定することも可能である。

【0054】

2特徴軸の交点の代わりに、3特徴軸以上を決定し、眼球支点位置を、特徴軸で接線方向に囲んだ球体積の中心として決定することも可能である。

【0055】

被検者の眼の眼球支点位置を決定するために、上述した方法の1つを、眼球支点位置を決定し、入力パラメタとして使用する、被検者の眼に合わせた眼鏡レンズを最適化する方法として、使用できる。

10

【0056】

例えば、本発明の第4の方法は、以下の

- a) 第1測定状況で眼の参照構造を測定するステップ
- b) 第2測定状況で眼の参照構造を測定するステップ
- c) 該2測定状況間での参照構造の位置変化を決定するステップ
- d) 処方された眼鏡レンズを位置変化の関数に従って補正するステップ

を含むことができる。

【0057】

a) と b) による測定値を互いに関連付けできる点で、この方法は優れている。同方法のステップ a) 及び b) は、例えば2記録装置で実行できる。同方法のステップ c) 及び d) は、例えば、演算装置（例えば、パーソナルコンピュータ）で実行できる。

20

【0058】

一例として、この方法の発展形では、参照構造を測定するために、眼の瞳孔中心の位置及び/又は角膜頂の位置を決定する。瞳孔中心の位置又は角膜頂の位置は、検出が容易なため、参照構造として特に適している。

【0059】

また、参照構造として、例えば、虹彩の構造又は真皮の血管も適している。かかる参照構造は、一般に、いかなる対称性もない。そのため空間における明確な位置特定が可能である。

30

【0060】

プログラムをコンピュータで実行する際に、上記方法の1つを行うように、プログラムコードを有するコンピュータプログラムをセットアップできる。コンピュータプログラムを、例えば、機械可読媒体に格納できる。

【0061】

更なる利点については、以下の記述及び添付図によって明らかとなろう。

【0062】

言うまでもなく、上記特徴及び以下で更に説明する特徴を、其々特定した組み合わせだけでなく、本発明の範囲から逸脱しない範囲で、他の組み合わせ又は単独で使用できる。

【0063】

40

本発明の例示的実施形態を、図面で示し、以下の記述で更に詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0064】

【図1】様々な視線方向及び支点と眼球支点を説明する目的で、上向きに回転した眼の第1概略側面図を示す。

【図2】眼に関する更なるパラメタを説明する目的で、眼鏡レンズを正面に置いた状態で、正面前方を向いた眼の第2概略側面図を示す。

【図3】特定の眼領域を説明する目的で、眼の正面図を示す。

【図4】波面自動屈折計を用いた、眼の位相誤差の測定について説明する目的で、正面前方を向いた眼の第3概略側面図を示す。

50

【図5】眼球支点位置を決定するために、本発明の第1方法との関連で、どのように図表を使用できるかについて示している。

【図6】被検者が正面前方を見た場合に、角膜を点毎に測定した図を示している。

【図7】図6の角膜を説明する三次元数学関数の図を示している。

【図8】被検者が図6以外の方向を見ている場合に、角膜を点毎に測定した図を示している。

【図9】図6による視線方向と比較して、図8による視線方向での角膜各点の図を示している。

【図10】図9による角膜各点を、図7による数学関数にフィッティングした後の結果の図を示している。

【図11】本発明による被検者の眼にある眼球支点位置を決定する装置を示す。

【図12】本発明による眼球支点位置を決定する別の装置を示す。

【図13】本発明による眼球支点位置を決定する更なる装置を示す。

【図14】本発明による、眼に関する少なくとも2つの光学パラメタを決定する装置を示す。

【発明を実施するための形態】

【0065】

図1及び図2では、10は、眼を表す。眼10は、硝子体液12、角膜14、虹彩16、瞳孔17、水晶体18を有する。

【0066】

眼球10が回転運動を行う際、これは空間的に1支点周りに厳密には発生せず - むしろ、瞬時に発生した支点が存在する略球面領域となるだけである。眼球の運動中に位置が若干変動する点を、機械的眼球支点Mとして表す(DIN5340-42と比較されたい)。

【0067】

GLは、視軸(視線)を表す。DIN5340-360によると、固定物点と、該物点と対になった、小窩11の中心にある像点との間を直線で結んだ線である。

【0068】

FLは、注視線(視線)を表す。DIN5340-159によると、中央に結像された物点と入射瞳17の中心との間を直線で結んだ線である。

【0069】

OAは光軸を表す。

【0070】

光学的眼球支点を、Z'で表す。DIN5340-43によると、機械的眼球支点Mから注視線FLへの垂線の足となる。

【0071】

光軸OAと注視線FLとの間の角度を、図1では、で表す。ここでは、角度を一次元的にのみ示し、立体角を上下左右に記号で表している。

【0072】

図2では、眼鏡レンズ20を、眼10の正面に配置している。眼鏡レンズは、眼10に面する側が裏面22となっている。フレーム平面に垂直な視線方向で計測する角膜頂点15から裏面22までの距離を、角膜頂距離HSAとして表す(DIN EN ISO 13666-5.27と比較されたい)。光学的眼球支点Z'から角膜頂点15までの距離で、角膜頂点15を基準にした眼球支点位置ADLを特定する。

【0073】

眼球支点位置ADLは、眼鏡レンズ20の計算において重要パラメタとなる。眼鏡レンズ20は、眼10の各視線方向に対して最適な結像特性を有するように、常に最適化される。

【0074】

図3では、眼10の正面図を示している。特徴的な構造が、虹彩17で認められ、虹彩

10

20

30

40

50

17の他に真皮24の微小血管の構造でも認められる。

【実施例】

【0075】

第1例示的実施形態

本発明の方法に関する第1例示的実施形態の場合では、眼球支点位置ADLを、眼球モデル及び眼軸長LAの推定値に基づいて決定する。本方法を実施する本発明の装置120を、図11に示している。本方法は以下のステップを含む。

【0076】

第1ステップ1a)では、ユニット122、具体的には適当なスキャナを使用して、角膜14のトポグラフィを決定し、該トポグラフィから角膜14の平均曲率KHを決定する。この測定中に、角膜14の頂点位置の他に、瞳孔17の中心位置も同時に決定できる。

10

【0077】

第2ステップ1b)では、位相誤差、及び眼10の位相誤差PFの平均値を決定する。例えば、図4で示すような、既知の設計の波面自動屈折計124をこの目的で使用するが、該波面自動屈折計124は、眼10の瞳孔17の開口径に亘る位相誤差の分布を決定する。例えば、位相誤差分布を、所謂標準ハルトマン・シャック法を用いて決定できる。この手法は、網膜13に点在し、眼から入射した波面42と、散乱し、眼を通過する前の波面41との比較に基づくものである。また、瞳孔17の中心位置もこの場合決定できる。また、これら2測定を、適宜、ユニット内の2つの異なる測定装置を用いて実行できる(この理由で、図11では2つの同一な装置122、124を示している)。次に、コンピュータ126で、被検者の眼10に関する位相誤差PFの算術平均値を、当該領域に亘る位相誤差の分布から算出する。

20

【0078】

上記2ステップにおける、測定位置に関する共通の参照系を作成するために、本発明によれば、2ステップ1a)と1b)其々において、例えば、図3で示した、虹彩17の又は真皮24にある微小血管の構造を検出する撮影記録を更に行うことができる。次に、これらの構造を、更なるパラメタと同様に、瞳孔中心の位置及び角膜頂の位置に対する参照系として使用できる。

【0079】

ステップ1c)では、今度は、眼軸長LAを、そうして決定した値KHと値PFから決定する。この目的で、以下の関係式を使用してもよい。

30

【0080】

$$LA = (k_1 - KR) KH / k_2$$

【0081】

式中、定数 k_1 と k_2 は、多数の眼に関する測定値から設定されたモデルから、取得する。

【0082】

このために、図5では、眼軸長と角膜曲率(横軸LA/KH)の商と、眼の位相誤差(縦軸PF)との関係で図表30を示している。各点は、被検者の実際の測定結果を表している。平均直線34で、測定値間の線形関係を再現している。

40

【0083】

定数 k_1 及び k_2 を、以下:

$$k_1 = 52.634 \text{ dpt}$$

$$k_2 = 17.395 \text{ dpt}$$

のように直線34のプロファイルから収集できる。

【0084】

第4ステップ1d)では、そうして決定した眼軸長LAを使用して、以下の関係式に基づき眼球支点ADLの位置を決定できる。

【0085】

$$ADL = k_3 LA,$$

50

【0086】

この場合、例えば、グルストランド氏によると、経験値は、 $k_3 = 13.5 / 23.8$ となる。

【0087】

こうして決定した眼球支点 A D L の位置は、カスタマイズして最適化する眼鏡レンズの計算における入力パラメタとして使用できる。

【0088】

ステップ a) で、瞳孔開口部領域の角膜 1 4 の平均曲率 K H を決定するのが、好ましい。或いは、又は更に、ステップ a) で角膜 1 4 の平均曲率 K H と、ステップ b) で眼 1 0 の軸 O A 、 G L 周りの各領域における位相誤差 P F とを決定できる。角膜 1 4 の平均曲率 K H は、特にこの場合、角膜頂周り直径 1 2 mm の領域で決定され、一方で平均位相誤差 P F は、瞳孔中心周りの対応する領域で決定される。該 2 値は、このように空間的に関連付けられる、即ち、2 値は、例えば、特定の特徴軸 O A 又は G L と照合される、或いは、瞳孔中心と照合される。

【0089】

第 2 例示的実施形態

本発明の方法の第 2 例示的実施形態によると、眼の特徴部分の位置及び / 又は形状を少なくとも 2 視線方向で検出でき、そこから、今度は、該 2 視線方向に関して眼の少なくとも 1 特徴軸の位置を決定でき、該 2 視線方向に関して眼の当該特徴軸を用いて、眼球支点位置を決定できる。

20

【0090】

こうして決定した眼球支点位置を今度は、カスタマイズして最適化する眼鏡レンズの計算における入力パラメタとして、使用できる。

【0091】

第 1 変形例では、特に、眼の特徴部分の位置から、眼球支点位置の決定を以下のように行う。

【0092】

被検者に指定した固視標を見てもらう。較正撮影システムを使用して、この視線方向に関する眼について記録する。かかる較正撮影システムを、出願人が、 R V T 及び i . T e r m i n a l という名称で販売しているようなビデオセンタリングシステムとしてもよい。この目的を達成するには、ビデオセンタリングシステムは、異なる視線方向の眼 1 0 の画像を記録できるよう設定しさえすればよい。図 1 2 の参照記号 1 3 1 は、かかるビデオセンタリングシステムで正面前方の視線方向に関して記録しているところを描写している。

30

【0093】

次に、被検者に別の視線方向で固視標を見てもらう。較正撮影システムを使用して、この第 2 視線方向に関して新たに眼について記録する。図 1 2 の参照記号 1 3 2 は、ビデオセンタリングシステムで横視線方向に関して記録しているところを描写している。次に、これらの記録を使用して、例えば、瞳孔（特に瞳孔中心）、虹彩、角膜縁、血管等の眼の特徴的な部分の位置を、例えばコンピュータ 1 3 3 によって決定する。例えば、注視線 F L 、及び / 又は視軸 G L 、及び / 又は光軸 O A 等の特徴的な眼軸は、其々の場合に、異なる視線方向 1 にに関して、該異なる視線方向 1 についての情報から、即ち、各注視点及び記録から得られた特徴的な眼の各部分の位置が識別される程度から、決定できる。従って、これらは眼球支点位置 A D L を決定するのに役立つ。

40

【0094】

一例として、第 1 ステップ 2 a) では、被検者が例えは正面前方を見ている状態で、瞳孔 1 7 及び瞳孔中心の位置を特に記録する。瞳孔中心での瞳面に対する法線を、該位置から決定し、そうして第 1 視線方向 1 を決定する。

【0095】

第 2 ステップ 2 b) では、被検者が次に横を見ている状態で、瞳孔 1 7 及び瞳孔中心の

50

位置を記録する。瞳孔中心での瞳面に対する法線を、また同様に該位置から決定し、そして第2視線方向₂を決定する。

【0096】

第3ステップ3c)では、次に、眼球支点Z'、即ち、眼球支点の位置ADLを、異なる視線方向₁、₂からの2本の異なる法線ベクトルの交点として決定する。

【0097】

3視線方向 以上から記録することを前提とすると、瞬時に発生する眼球支点が存在する、拡張される、通常略球状の既に言及したゾーンを決定することもできる。

【0098】

第2変形例、特に、眼の特徴部分の形状から眼球支点位置を決定することについて、以下で説明する。

【0099】

前変形例の場合のように、較正撮影システムを使用して、異なる視線方向 に関する眼について記録する。次に、これらの記録を使用して、例えば、瞳孔、虹彩、血管等の特徴的な眼の部分の形状を決定する。特徴軸をこれら形状から導出できる。前述した変形例の場合以外では、本方法の変形例では、異なる視線方向 に対して異なる固視標を識別する必要はない。従って今度は、該軸が眼球支点位置を決定する役割を果たす。

【0100】

異なる視線方向 にすると、眼球支点位置は、眼10に関する数学的変換から決定され、較正撮影システムが、数学的変換に使用される。

【0101】

第3例示的実施形態

本発明の方法の第3例示的実施形態の場合では、角膜14の表面を、例えば、被検者が正面前方を見るとする第1ステップ3a)で、三次元で測定する。これを、例えば、出願人が「iP r o f i l e r」の名称で販売しているようなユニットを用いて行うことができる。図13では、本方法を実行する装置140について概説している。「iP r o f i l e r」は、同図では参照記号141で表す。

【0102】

図6では、正面前方を見た場合に、角膜14に関して測定した点の例示的説明図を示している。上向きのZ軸は、この視線方向と一致する。

【0103】

第2ステップ3b)では、第1ステップで決定した角膜14の表面について、例えば、コンピュータ143で三次元数式によって説明する。

【0104】

従来の数学的手法を使用して、この式を決定できる。この例としては、例えば最小二乗法による、点へのフィッティングの近似がある。この近似については、例えば、マスワークス社(MathWorks Inc.)からのMATLABソフトウェアパケットの「lsqnonlin」関数に関する命令で説明される。更なる例としては、ゼルニケ多項式やスプライン等の適切な数学関数クラスがある。

【0105】

図7では、ステップ3b)で角膜データに対して近似を行った結果得られた表面を示している。ここでは、基本的な数学的記述を用いて、ステップ3b)で測定した角膜14領域の任意の各点に対する角膜14上の点を計算できる。

【0106】

第3ステップ3c)では、角膜14の表面の少なくとも一部を、被検者が角度だけ傾けて見たとして、ステップ3a)と同じ測定位置で、三次元で測定する。

【0107】

図8では、ステップ3c)について説明している。図示した例示的実施形態では、ステップ3a)と同じ測定範囲を、別の視線方向 に関する眼10について測定するのに使用している。つまり、ステップ3a)で測定した角膜表面の一部は測定範囲から外れ、真皮

10

20

30

40

50

24の一部が測定範囲に入っている。これについては、図8で、測定点のプロファイルにおける容易に認識可能なキンクによって説明されている。

【0108】

図9では、ステップ3c)で測定した別の視線方向に関する角膜点の位置について、ステップ3a)の角膜点の位置と比較して、示している。

【0109】

第4ステップ3d)では、視線方向の角度及び眼球支点ADLの位置を、ステップ3c)で決定した三次元データをステップ3b)で決定した数式にフィッティングさせて、決定する。

【0110】

これを、ステップ3c)で決定したデータを、ステップ3b)で決定した角膜表面の数学的記述と出来る限り一致するまで、空間内で点周りに回転を適用することによって、行う。視線方向(ベクトル)と眼球支点位置ADLの場所を、本方法では、近似(例えば、最小二乗法)に関する自由パラメタとして、ステップ3b)で予め決定した角膜表面の数学的記述に使用する。ベストフィットが得られたなら、眼球支点位置ADL及び視線方向が求められたことになる。よって、本方法では、被検者に特定の視線方向を指示する必要はない。また、ステップ3c)で角膜表面の一部だけを測定するだけで十分である。重要なのは、ステップ3a)で既に測定しており、ステップ3b)で数式の決定で含まれられた角膜14の領域を、ステップ3c)でも測定することである。

【0111】

図10では、ステップ3d)で実行した近似の結果について示している。ステップ3c)で決定した測定点を、空間内の点(眼球支点)周りに回転させて、ステップ3b)で求めた表面に出来るだけ良く合わせている。ステップ3c)に関する例で測定した、即ち、図8の真皮24の一部も、角膜14の外側の正しい場所にある。

【0112】

第4例示的実施形態

本発明の方法の第4例示的実施形態では、眼10の参照構造を、一般的に第1測定状況において第1ステップ4a)で検出する。対応する装置150を、図14に示す。この場合、参照構造は、虹彩16の構造又は真皮24の血管の構造(参照記号151と比較されたい)である。

【0113】

第2ステップ4b)では、眼10の参照構造を、第2測定状況で検出する。第1及び第2測定状況は、2つの異なる測定が行われ、及び/又は2つの異なる測定方法が、好適には異なる測定ユニット151、152によって使用されていることを意味するものと理解される。

【0114】

第3ステップ4c)では、位置の変化、特にステップ4a)と4b)の測定状況間の回転を、コンピュータ(コンピュータ153)で決定し、眼鏡レンズ20を処方する際に、考慮に入れる。

【0115】

本発明によると、ステップ4a)~4c)における参照構造の測定位置に関する共通の参照系を生成するために、参照構造の撮影記録を、各ステップ4a)及び4b)で行うことができる。その結果、参照構造を、更なるパラメタと同様に瞳孔中心及び角膜頂の位置に対する共通参照系として使用できる。

【0116】

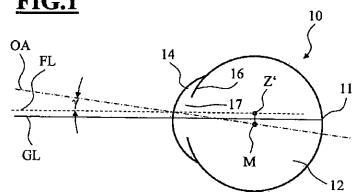
本方法は、例えば、第2及び第3方法に必要であるような異なる視線方向にすると、眼に関する2記録を関連付けるのに適している。

【符号の説明】

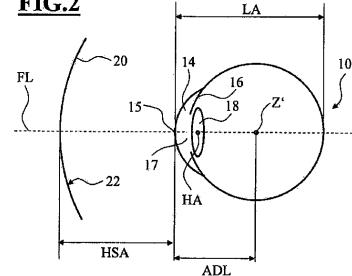
【0117】

1 1	小窓	
1 2	硝子体液	
1 3	網膜面	
1 4	角膜	
1 5	角膜頂	
1 6	虹彩	
1 7	瞳孔	
1 8	レンズ	
1 9	角膜縁	
2 0	眼鏡レンズ	10
2 2	裏面	
2 4	真皮	
3 0	図表	
3 2	測定点	
3 4	直線	
4 1、4 2	波面	
1 2 0、1 3 0、1 4 0	眼球支点位置を決定する装置	
1 2 2、1 2 4、1 4 1	i P r o f i l e r	
1 2 6、1 3 3、1 4 3、1 5 3	コンピュータ	
1 3 1、1 5 1	ビデオセンタリングユニット(レコーダ1)	20
1 3 2、1 5 2	ビデオセンタリングユニット(レコーダ2)	
1 5 0	少なくとも2つの光学パラメタを決定する装置	
A D L	眼球支点位置	
H A	眼の物体側主点	
H S A	角膜頂距離	
F L	注視線	
G L	視軸	
P F	平均位相誤差	
K H	角膜の曲率	
L A	眼軸長	30
M	機械的眼球支点	
O A	光軸	
Z'	光学的眼球支点	
x、y、z	空間的座標	
	角度、視線方向	

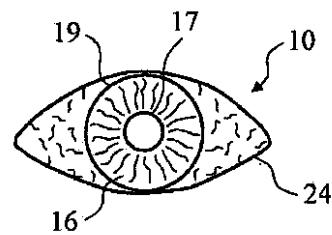
【図 1】

FIG.1

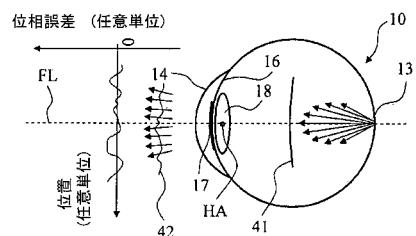
【図 2】

FIG.2

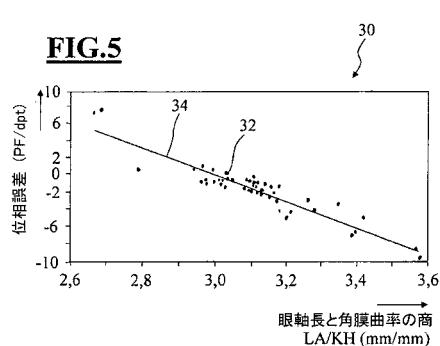
【図 3】

FIG.3

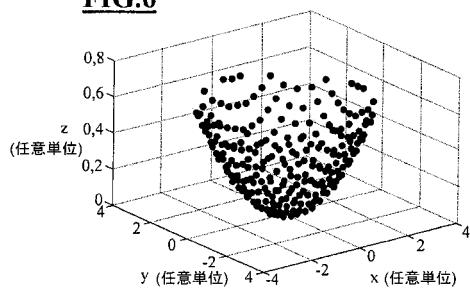
【図 4】

FIG.4

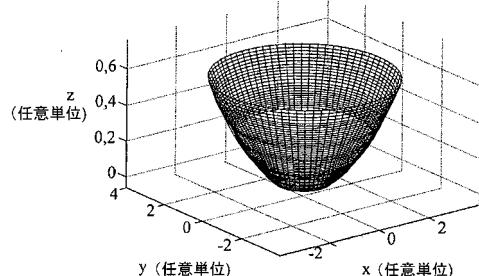
【図 5】

FIG.5

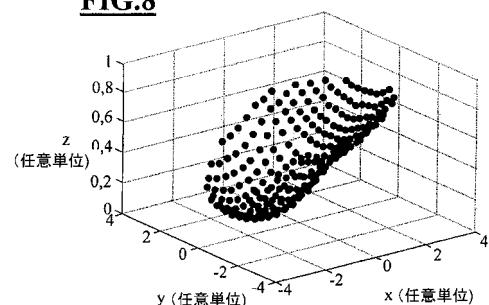
【図 6】

FIG.6

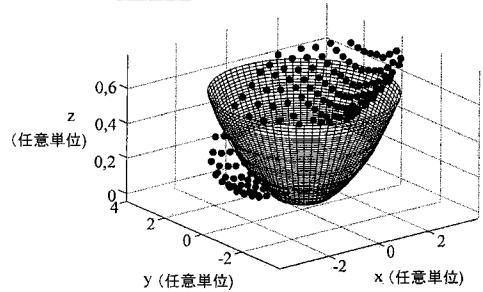
【図 7】

FIG.7

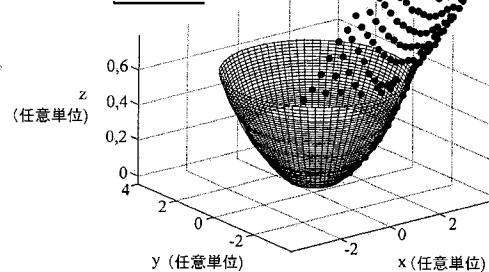
【図 8】

FIG.8

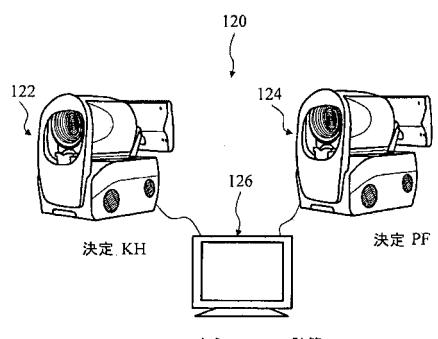
【図 9】

FIG.9

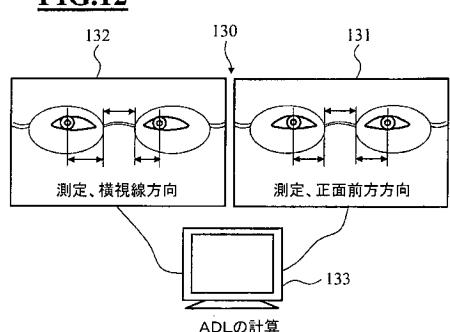
【図 10】

FIG.10

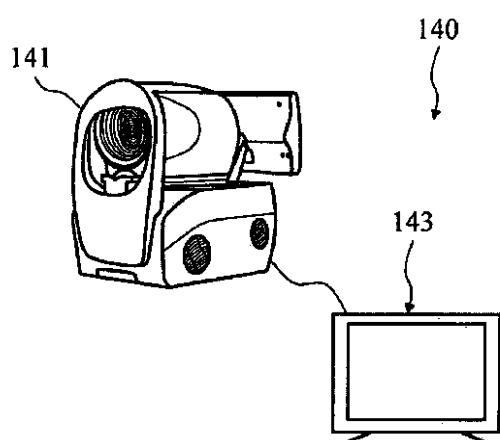
【図 11】

FIG.11

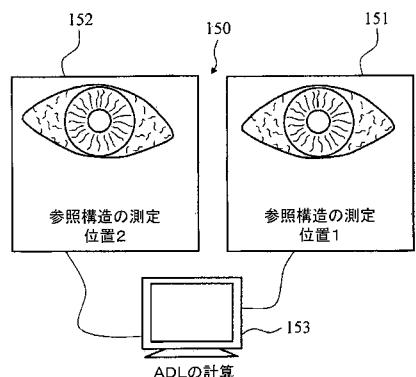
【図 12】

FIG.12

【図 13】

FIG.13

【図14】

FIG.14

フロントページの続き

(72)発明者 ケルヒ, ゲルハルト
ドイツ連邦共和国・73431・アーレン・エゲルランドシュトラーセ・62

審査官 後藤 順也

(56)参考文献 特開平11-137524(JP, A)
特表2005-528165(JP, A)
特開2008-070894(JP, A)
特開平02-121620(JP, A)
特表2004-504684(JP, A)
特開2008-246004(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 3 / 00 - 3 / 18