

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7298134号
(P7298134)

(45)発行日 令和5年6月27日(2023.6.27)

(24)登録日 令和5年6月19日(2023.6.19)

(51)国際特許分類

A 6 1 B	3/028(2006.01)	A 6 1 B	3/028
A 6 1 B	3/113(2006.01)	A 6 1 B	3/113
A 6 1 B	3/103(2006.01)	A 6 1 B	3/103

F I

請求項の数 4 (全27頁)

(21)出願番号	特願2018-206268(P2018-206268)
(22)出願日	平成30年11月1日(2018.11.1)
(65)公開番号	特開2020-69201(P2020-69201A)
(43)公開日	令和2年5月7日(2020.5.7)
審査請求日	令和3年9月28日(2021.9.28)

(73)特許権者	000135184 株式会社ニデック 愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14
(72)発明者	滝井 通浩 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
審査官	増渕 俊仁

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 検眼システム

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**

被検眼に向けて被検眼の眼屈折力を自覚的に測定するための検査視標を投影し、前記被検眼の眼屈折力を自覚的に測定するための検眼システムであって、

前記被検眼の前眼部画像を取得する取得手段と、

前記前眼部画像に基づいて、前記被検眼が前記検査視標を注視する視線の位置を検出する検出手段と、

前記視線の位置が、前記検査視標毎に設けられた許容範囲内にあるか否かに基づいて、前記被検眼が前記視標を注視する注視状態を判定する判定手段と、

前記判定手段の判定結果に基づいて、前記注視状態を示すための注視情報を出力する出力手段と、

を備えることを特徴とする検眼システム。

【請求項2】

請求項1の検眼システムにおいて、

前記判定手段は、前記視線の位置に基づいて、前記注視状態をリアルタイムに判定することを特徴とする検眼システム。

【請求項3】

請求項1または2の検眼システムにおいて、

前記判定手段は、前記視線の位置が、前記許容範囲に所定の時間以上含まれたか否かを判定することで、前記注視状態を判定することを特徴とする検眼システム。

【請求項 4】

請求項 1～3 のいずれかの検眼システムにおいて、

前記許容範囲は、前記視標毎に異なる範囲に設定されることを特徴とする検眼システム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本開示は、被検眼の光学特性を測定するための検眼システムに関する。

【背景技術】**【0002】**

検眼システムにおいては、被検眼の光学特性を自覚的に測定する自覚式検眼装置や、被検眼の光学特性を他覚的に測定する他覚式検眼装置が使用される。自覚式検眼装置は、被検者の眼前に光学部材（例えば、球面レンズ、円柱レンズ、等）を配置し、被検者に光学部材を介して視標を呈示することによって、被検眼の光学特性（眼屈折力）を測定する（特許文献1）。他覚式検眼装置は、被検眼の眼底に視標光束を照射し、眼底で視標光束が反射された反射光束を検出することによって、被検眼の光学特性（眼屈折力）を測定する（特許文献2）。

10

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【文献】特開平5-176893号公報

20

特開平10-33479号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

検眼時において、検者は、被検者に視標をみるように指示を出すが、実際に被検者が視標をみているのかはわからず、適切な検眼を行えないことがあった。例えば、自覚式測定では、被検者に視標を呈示し、被検者の回答内容から、視標がみえているかを判断する。しかし、被検者が指示した視標とは異なる視標をみて回答している場合等を判断することは困難であり、このような状態では正しい測定結果を得ることができなかった。また、例えば、他覚式測定では、被検者に視標を固視させた状態で測定光束を照射し、その反射光束を得ることで光学特性が測定されている。しかし、被検者が視標を固視していない状態で測定が実施されてしまい、精度のよい測定結果を得られない場合があった。

30

【0005】

本開示は、上記従来技術に鑑み、被検眼の視線の位置を容易に確認し、適切な検眼を行うことができる検眼システムを提供することを技術課題とする。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

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。

【0007】

(1) 本開示の第1態様に係る検眼システムは、被検眼に向けた被検眼の眼屈折力を自覚的に測定するための検査視標を投影し、前記被検眼の眼屈折力を自覚的に測定するための検眼システムであって、前記被検眼の前眼部画像を取得する取得手段と、前記前眼部画像に基づいて、前記被検眼が前記検査視標を注視する視線の位置を検出する検出手段と、前記視線の位置が、前記検査視標毎に設けられた許容範囲内にあるか否かに基づいて、前記被検眼が前記視標を注視する注視状態を判定する判定手段と、前記判定手段の判定結果に基づいて、前記注視状態を示すための注視情報を出力する出力手段と、を備えることを特徴とする。

40

【図面の簡単な説明】**【0008】**

【図1】検眼装置の外観図である。

50

【図2】測定部を示す図である。

【図3】検眼装置の内部を正面方向から見た概略構成図である。

【図4】検眼装置の内部を側面方向から見た概略構成図である。

【図5】検眼装置の内部を上面方向から見た概略構成図である。

【図6】検眼装置の制御系を示す図である。

【図7】被検者が観察する固視標と検者が観察するモニタを示す図である。

【図8】被検者が観察する検査視標と検者が観察するモニタを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

<概要>

本開示の実施形態に係る検眼システムの概要について説明する。なお、以下の<>にて分類された項目は、独立または関連して利用されうる。

10

【0010】

本実施形態に係る検眼システム（例えば、検眼装置1）は、被検眼に視標を投影する。視標は、被検眼を固視させるための固視標、被検眼の光学特性を測定するための検査視標、等の少なくともいはずれかであってもよい。例えば、被検眼に固視標を投影する際には、被検眼を固視標に固視させた状態において、被検眼の眼底に視標光束を投光し、その反射光束に基づいて、被検眼の他覚的な光学特性が測定されてもよい。このように測定される被検眼の光学特性は、眼屈折力（例えば、球面度数、円柱度数、乱視軸角度、等）、眼軸長、角膜形状、等であってもよい。また、例えば、被検眼に検査視標を投影する際には、被検眼に検査視標を呈示した状態において、被検眼に検査視標からの視標光束を投光し、この視標光束の光学特性を変化させることで、被検眼の自覚的な光学特性が測定されてもよい。このように測定される被検眼の光学特性は、眼屈折力（例えば、球面度数、円柱度数、乱視軸角度、等）、コントラスト感度、両眼視機能（例えば、斜位量、立体視機能、等）、等の少なくともいはずれかであってもよい。

20

【0011】

本実施形態において、検眼システムは、被検眼の光学特性を自覚的に測定するための検眼システムであってもよい。この場合、検眼システムは、被検眼の光学特性を自覚的に測定する自覚式測定手段を備えた自覚式検眼システムでもよい。自覚式検眼システムは、被検眼に指標を所定の検査距離にて呈示することができる視標呈示部を備えてもよい。視標呈示部は、自覚式測定手段の一部として設けられてもよいし、自覚式測定手段とは別に設けられてもよい。また、本実施形態において、検眼システムは、被検眼の光学特性を他覚的に測定するための検眼システムであってもよい。この場合、検眼システムは、被検眼の光学特性を他覚的に測定する他覚式測定手段を備えた他覚式検眼システムでもよい。なお、検眼システムは、自覚式測定手段と他覚式測定手段をどちらも備えた検眼システムでもよい。

30

【0012】

<自覚式測定手段>

本実施形態において、検眼システムは、被検眼の光学特性を自覚的に測定する自覚式測定手段（例えば、自覚式測定光学系25）を備える。自覚式測定手段は、投光光学系（例えば、投光光学系30）を備えてもよい。投光光学系は、視標を呈示する視標呈示部（例えば、ディスプレイ31）から出射された視標光束を被検眼に投光する。また、自覚式測定手段は、矯正光学系（例えば、矯正光学系60）を備えてよい。矯正光学系は、投光光学系の光路中に配置され、視標光束の光学特性（例えば、球面度数、円柱度数、円柱軸、偏光特性、及び、収差量、等の少なくともいはずれか）を変化させる。

40

【0013】

矯正光学系は、視標光束の光学特性を変更できる構成であればよい。一例として、光学素子を制御する構成でもよい。光学素子は、球面レンズ、円柱レンズ、クロスシリンダレンズ、ロータリプリズム、波面変調素子、等の少なくともいはずれかであってもよい。もちろん、光学素子は、上記の光学素子とは異なる光学素子であってもよい。

50

【 0 0 1 4 】

なお、矯正光学系は、被検眼の眼前に配置され、光学素子を切り換えることで、視標光束の光学特性を変更する検眼ユニット（フォロープタ）であってもよい。例えば、検眼ユニットは、複数の光学素子が同一円周上に配置されたレンズディスクと、レンズディスクを回転させるための駆動手段（例えば、モータ）と、を有し、駆動手段の駆動によって、光学素子を電気的に切り換える構成でもよい。

【 0 0 1 5 】

また、矯正光学系は、被検眼に向けて投光光学系からの視標光束を導光するための光学部材と、視標呈示部と、の間に光学素子を配置し、光学素子を制御することで、視標光束の光学特性を変更してもよい。すなわち、矯正光学系は、ファンтомレンズ屈折計（ファンтом矯正光学系）の構成を備えてもよい。この場合には、矯正光学系によって矯正された視標光束が、光学部材を介して、被検眼に導光される。10

【 0 0 1 6 】

< 他覚式測定手段 >

本実施形態において、検眼システムは、被検眼の光学特性を他覚的に測定する他覚式測定手段（例えば、他覚式測定光学系 10）を備える。他覚式測定手段は、投影光学系（例えば、投影光学系 10a）を備えてもよい。投影光学系は、被検眼の眼底に視標光束を投光する。また、他覚式測定手段は、受光光学系（例えば、受光光学系 10b）を備えてもよい。受光光学系は、視標光束が反射された反射光束を受光する。

【 0 0 1 7 】

< 取得手段 >

本実施形態において、検眼システムは、取得手段（例えば、制御部 70）を備える。取得手段は、被検眼の前眼部画像（前眼部情報）を取得する。被検眼の前眼部画像は、被検眼の前眼部を撮影することにより取得される画像である。一例として、前眼部画像は、輝点像が投影されていない被検眼の前眼部の画像でもよい。また、一例として、前眼部画像は、被検眼に投影された輝点像を含む前眼部の画像でもよい。また、一例として、前眼部画像は、被検眼に投影された輝点像のみの画像でもよい。

【 0 0 1 8 】

被検眼の前眼部画像は、左右の被検眼のいずれか一方が撮像された前眼部画像であってもよい。すなわち、左の被検眼が撮像された前眼部画像、及び、右の被検眼が撮像された前眼部画像であってもよい。また、被検眼の前眼部画像は、左右の被検眼の双方が撮像された前眼部画像であってもよい。すなわち、左の被検眼と右の被検眼とが撮像された前眼部画像であってもよい。30

【 0 0 1 9 】

検眼システムは、被検眼の前眼部を撮影する前眼部撮像手段（例えば、前眼部撮像光学系 100）を備えてもよい。前眼部撮像手段は、検眼システムにおける他の部材（例えば、光学系）と一体的に設けられた前眼部撮像手段であってもよい。このような場合、前眼部撮像手段は、検眼システムにおける他の部材とともに、1つの筐体（例えば、1つの検眼装置、等）に設けられてもよい。

【 0 0 2 0 】

また、前眼部撮像手段は、検眼システムにおいて、被検眼の前眼部を撮影するために専用に設けられた前眼部撮像手段であってもよい。このような場合、前眼部撮像手段は、検眼システムにおける他の部材が設けられた筐体とは異なる筐体に備えられてもよい。一例として、前眼部撮像手段は、ウェアラブルデバイス（例えば、眼鏡型ウェアラブル端末、ヘッドマウントディスプレイ、等）に設けられてもよい。例えば、取得手段は、異なる筐体に設けられた前眼部撮像手段が撮影した前眼部画像を受信することで、被検眼の前眼部画像を取得してもよい。

【 0 0 2 1 】

< 検出手段 >

本実施形態において、検眼システムは、検出手段（例えば、制御部 70）を備える。検

10

20

30

40

50

出手段は、被検眼の前眼部画像に基づいて、被検眼が視標を注視する視線の位置を検出する。なお、検出手段は、視線の位置を中心とした所定の領域を含む範囲として、視線の位置を検出してもよい。

【0022】

検眼システムは、支持手段（例えば、顎台5）を備えてよい。支持手段は、被検者を支持する。支持手段は、被検者の顔を固定することで、被検者を支持してもよい。例えば、この場合には、支持手段として、額当て、顎台、等が用いられてもよい。検眼システムは、被検者が支持手段により支持された状態にて、検出手段による被検眼の視線の位置の検出を行う構成としてもよい。支持手段を設けることで、被検者の顔のずれ等を抑制し、被検眼の視線の位置をより精度よく検出することができる。

10

【0023】

検出手段は、被検眼の視線の位置を検出することができればよく、その手法は限定されない。一例として、検出手段は、被検眼の前眼部画像を解析処理して瞳孔の位置を検出し、瞳孔の位置に基づいて、被検眼の視線の位置を検出してもよい。この場合、瞳孔の位置は、瞳孔のいずれの部位であってもよい。例えば、瞳孔の中心の位置、瞳孔の外周端部の位置、等の少なくともいずれかであってもよい。

【0024】

また、一例として、検出手段は、被検眼の前眼部画像を解析処理して角膜頂点の位置を検出し、角膜頂点の位置に基づいて、被検眼の視線の位置を検出してもよい。角膜頂点の位置は、被検眼に投影された視標像の位置に基づいて検出されてもよい。なお、被検眼の角膜頂点の位置から視線の位置を検出する場合には、被検者の顔のずれ等が影響しやすくなるので、前述した支持手段が特に有効となる。

20

【0025】

また、一例として、検出手段は、被検眼の前眼部画像を解析処理して瞳孔の位置と角膜頂点の位置をともに検出し、瞳孔の位置及び角膜頂点の位置に基づいて、被検眼の視線の位置を検出してもよい。この場合、瞳孔の中心の位置と、角膜頂点の位置と、のずれに基づいて、被検眼の視線の位置が検出されてもよい。

【0026】

なお、検出手段は、被検眼の角膜と網膜の間の電位差を利用する眼球電位法、被検眼の角膜（黒目）と強膜（白目）の反射率の違いを利用する角膜反射法や強膜反射法、等を利用して、被検眼の視線の位置を検出してもよい。

30

【0027】

<判定手段>

本実施形態において、検眼システムは、判定手段（例えば、制御部70）を備える。判定手段は、被検眼の視線の位置に基づいて、被検眼が視標を注視する注視状態を判定する。

【0028】

判定手段は、被検眼の視線の位置に基づいて、被検眼が視標を注視する注視状態をリアルタイムに判定してもよい。この場合、判定手段は、被検眼の注視状態を逐次に判定してもよいし、所定の時間間隔（例えば、5秒間隔、等）で判定してもよい。例えば、被検眼の注視状態がリアルタイムに判定される構成であることにより、被検眼の注視状態が適切でなかった場合等には、被検眼の再測定をすぐに実施することができる。一通りの測定が終了した後で測定をやり直すようなことが軽減されるため、被検眼の光学特性を効率よく測定することができる。

40

【0029】

判定手段は、被検眼が視標を注視する注視状態として、被検眼が視標を注視する程度を判定してもよい。例えば、この場合、被検眼に呈示された視標に対する被検眼の視線の位置関係に基づいて、被検眼が視標を注視する程度が判定されてもよい。一例として、被検眼に呈示された視標に被検眼の視線の位置が近いほど、被検眼が視標を注視していると判定され、被検眼に呈示された視標から被検眼の視線の位置が遠いほど、被検眼が視標を注視していないと判定されてもよい。例えば、このような被検眼が視標を注視する程度は、

50

数値やグラフ等により表されてもよい。

【 0 0 3 0 】

また、判定手段は、被検眼が視標を注視する注視状態として、被検眼が視標を注視しているか否かを判定してもよい。この場合、判定手段は、被検眼の視線の位置が、被検眼に投影された視標の少なくとも一部に重なったか否かを判定することで、被検眼が視標を注視しているか否かを判定してもよい。なお、被検眼の視線の位置に、前述した所定の領域を含む範囲が設けられている場合、判定手段は、この範囲の少なくとも一部が視標の少なくとも一部に重なったか否かに基づいて、被検眼が視標を注視しているか否かを判定してもよい。

【 0 0 3 1 】

被検眼に投影される視標には、被検眼が視標を注視していることを示す許容範囲が設けられてもよい。例えば、許容範囲は、視標を基準とした所定の領域に設定されてもよい。一例として、視標の中心を基準とした所定の範囲に設定されてもよい。視標にこのような許容範囲が設けられている場合、判定手段は、被検眼の視線の位置が許容範囲内にあるか否かに基づいて、被検眼が視標を注視しているか否かを判定してもよい。なお、被検眼の視線の位置に、前述した所定の領域を含む範囲が設けられている場合、判定手段は、この範囲の少なくとも一部が許容範囲の少なくとも一部に重なったか否かに基づいて、被検眼が視標を注視しているか否かを判定してもよい。被検眼に呈示した視標に対して許容範囲が設定されることで、判定基準が明確になり、被検眼が視標を注視しているか否かがより容易に判定される。

10

【 0 0 3 2 】

判定手段は、被検眼の視線の位置が、許容範囲内に所定の時間以上含まれたか否かを判定することで、被検眼が視標を注視しているか否かを判定してもよい。なお、被検眼の視線の位置に所定の領域を含む範囲が設けられ、かつ、視標に許容範囲が設けられている場合には、視線の位置に設けられた範囲の少なくとも一部が、視標に設けられた許容範囲内に所定の時間以上含まれたか否かに基づいて、被検眼が視標を注視しているか否かが判定されてもよい。これによって、被検眼が視標を注視している状態と、視標を注視していない状態と、が区別しやすくなり、被検眼が視標を注視している状態を容易に判定することができる。もちろん、判定手段は、被検眼の視線の位置が、被検眼に投影された視標の少なくとも一部に所定の時間以上重なったか否かを判定することで、被検眼が視標を注視しているか否かを判定してもよい。

20

【 0 0 3 3 】

なお、判定手段は、被検眼の視線の位置が被検眼に投影された視標の少なくとも一部に所定の回数以上重なったか否か、被検眼の視線の位置が被検眼に投影された視標の許容範囲内に所定の回数以上含まれたか否か、等を判定することで、被検眼が視標を注視しているか否かを判定するようにしてもよい。

30

【 0 0 3 4 】

例えば、視標を注視していることを示す許容範囲は、視標毎に異なる範囲に設定されてもよい。一例として、被検眼と視標との位置関係（例えば、検査距離、等）、視標の種類、視標のサイズ、視標の視力値、等の少なくともいずれかに基づいて、視標毎に異なる範囲に設定されてもよい。例えば、被検眼に対しては、検眼時に様々な視標が呈示されるため、視標のサイズ等に応じた許容範囲を設定することで、被検眼が視標を注視しているか否かがより正確に判定される。

40

【 0 0 3 5 】

< 出力手段 >

本実施形態において、検眼システムは、出力手段（例えば、制御部 70）を備える。出力手段は、判定手段の判定結果に基づいて、被検眼の注視状態を示すための注視情報を出力する。注視情報は、検出手段による被検眼の視線の位置を示す情報、判定手段による判定結果を示す情報、被検眼が視標を注視する程度を示す情報、等であってもよい。注視情報は、表示手段（例えば、モニタ 4）への表示による出力、音声ガイドの発生による出力

50

、メモリ、クラウド、サーバ等への保存による出力、プリンタ等への印刷による出力、等の少なくともいずれかによって出力されてもよい。検者は、注視情報が出力されることで、被検眼が視標を注視しているか否かを容易に判断することができる。また、検者は、被検者に対して適切な指示を出し、被検眼の光学特性を精度よく測定することができる。

【0036】

なお、本実施形態において、検眼システムは、注視情報に基づいて検眼装置の動作を制御してもよい。一例として、検眼システムは、注視情報に基づいて被検眼に呈示する視標を切り換えてよい。この場合、被検眼に呈示する視標を1段階低い視力値のものに切り換えたり、被検眼に呈示する視標を1段階高い視力値のものに切り換えたり、視標の種類を切り換えたりする制御が行われてもよい。

10

【0037】

<表示手段>

本実施形態において、検眼システムは、検者用の表示手段（例えば、モニタ4）を備える。検者用の表示手段は、検眼装置に設けられた表示手段でもよい。また、検者用の表示手段は、検眼装置に有線通信（例えば、光ファイバー、有線LAN、等）または無線通信（例えば、Wi-Fi（登録商標）、Bluetooth（登録商標）、等）を介して接続された表示手段でもよい。この場合、表示手段としては、コントローラ、タブレット端末、等が用いられてもよい。

【0038】

検者用の表示手段は、被検眼に投影される視標の少なくとも一部を表示可能である。例えば、検者用の表示手段は、被検眼に投影される視標の少なくとも一部を、縦方向及び横方向の比率が同一となるように表示可能な表示手段でもよい。もちろん、例えば、検者用の表示手段は、被検眼に投影される視標の少なくとも一部を、縦方向及び横方向が所定の比率となるように表示可能な表示手段でもよい。

20

【0039】

また、検者用の表示手段は、被検眼の視線の位置を表す視線位置マーク（例えば、視線位置マークM2）を表示可能な表示手段であってもよい。検者用の表示手段に、被検眼に投影される視標の少なくとも一部と、視線位置マークと、が表示されることで、検者は、被検者が視標のどこをみているかを視覚的に確認でき、被検者に適切な指示を出すことができる。

30

【0040】

また、検者用の表示手段は、被検眼に投影される視標に対して設定された許容範囲を表す許容範囲マーク（例えば、許容範囲マークM1、許容範囲マークM4）を表示可能な表示手段であってもよい。検者用の表示手段に、被検眼に投影される視標の少なくとも一部と、視線位置マークと、許容範囲マークと、が表示されることで、検者は、被検者が視標のどこをみているかに加えて、被検者の視線の位置が許容範囲内にあるか否かを視覚的に確認でき、被検者に適切な指示を出すことができる。

【0041】

<表示制御手段>

本実施形態において、検眼システムは、表示制御手段（例えば、制御部70）を備える。表示制御手段は、検者用の表示手段に、被検眼に投影した視標の少なくとも一部を表示させるとともに、被検眼の視線の位置を表す視線位置マークを表示させる。表示制御手段は、被検眼に投影された視標に対する視線の位置に基づいて、検者用の表示手段に表示された視標に対して視線位置マークを表示させてよい。例えば、被検眼の視線の位置が変化する毎に、視線位置マークの表示位置を移動させるための移動信号が発せられてもよい。表示制御手段は、このような移動信号に基づいて、検者用の表示手段に表示する視線位置マークの表示位置を移動させてよい。なお、表示制御手段は、視線位置マークの表示位置を移動させた際、視線位置マークが移動した軌跡を残すように、検者用の表示手段の表示を制御してもよい。

40

【0042】

50

また、表示制御手段は、検者用の表示手段に、許容範囲を表す許容範囲マークを表示させる。表示制御手段は、被検眼に投影した視標の表示位置に基づいて、検者用の表示手段における視標の表示位置に許容範囲マークを表示させてもよい。例えば、被検眼に投影される視標の表示位置が変化する毎に、許容範囲マークの表示位置を移動させるための移動信号が発せられてもよい。表示制御手段は、このような移動信号に基づいて、検者用の表示手段に表示する許容範囲マークの表示位置を移動させてもよい。

【0043】

また、表示制御手段は、被検眼に投影した視標の種類等に基づいて、検者用の表示手段における視標に適切なサイズの許容範囲マークを表示させててもよい。例えば、被検眼に投影される視標の種類等が切り換えられる毎に、許容範囲マークのサイズを変更するための変更信号が発せられてもよい。表示制御手段は、このような変更信号に基づいて、検者用の表示手段に表示する許容範囲マークのサイズを変化させててもよい。

10

【0044】

例えば、本実施形態における検眼システムは、このように、被検眼に投影される視標の少なくとも一部を表示可能な検者用の表示手段と、検者用の表示手段に、視標の少なくとも一部を表示させるとともに、視線の位置を表す視線位置マークと、許容範囲を表す許容範囲マークと、を表示させる。これによって、検者は、被検者が視標のどこをみているかを容易に判断できるようになる。

【0045】

<実施例>

本実施形態に係る検眼システムの一実施例を図面に基づいて説明する。本実施例では、検眼システムとして、被検眼の前眼部画像を取得するための前眼部撮像光学系と、被検眼Eの光学特性を自覚的に測定するための自覚式測定光学系と、被検眼Eの光学特性を他覚的に測定するための他覚式測定光学系と、を一体に備えた検眼装置を例に挙げる。

20

【0046】

図1は、検眼装置1の外観図である。例えば、検眼装置1は、筐体2、呈示窓3、モニタ4、顎台5、基台6、前眼部撮像光学系100、等を備える。

【0047】

筐体2は、基台6に固定される。筐体2の内部には、測定部7が備えられる（詳細については後述する）。呈示窓3は、被検者の眼（被検眼E）に視標を呈示するために用いる。被検眼Eには、呈示窓3を介して、測定部7からの視標光束が投影される。

30

【0048】

顎台5は、基台6に固定される。顎台5は、被検眼Eと検眼装置1との距離を一定に保つために用いる。なお、顎台5に限定されず、額当て、顔当て、等を用いて、被検眼Eと検眼装置1との距離を一定に保つ構成としてもよい。

【0049】

モニタ4は、被検眼Eの光学特性の測定結果等を表示する。モニタ4は、タッチパネル機能をもつディスプレイである。すなわち、モニタ4が操作部（コントローラ）として機能する。なお、モニタ4はタッチパネル式でなくてもよく、モニタ4と操作部とを別に設ける構成であってもよい。この場合には、マウス、ジョイスティック、キーボード、携帯端末、等の少なくともいずれかを操作部として用いてもよい。モニタ4から入力された操作指示に応じた信号は、後述する制御部70に出力される。

40

【0050】

前眼部撮像光学系100は、被検者の顔を撮像するために用いる。前眼部撮像光学系100は、図示なき撮像素子とレンズで構成される。前眼部撮像光学系100は、左右の被検眼Eの少なくとも一方を撮像し、その前眼部画像を取得する。前眼部撮像光学系100が取得した前眼部画像は、後述する制御部70に解析される。

【0051】

<測定部>

測定部7は、左眼用測定部7Lと、右眼用測定部7Rと、を備える。測定部7は、左右

50

一対の後述する自覚式測定部と、左右一対の後述する他覚式測定部と、を有する。本実施例における左眼用測定部 7 L と右眼用測定部 7 R は、同一の部材で構成される。もちろん、左眼用測定部 7 L と右眼用測定部 7 R は、その少なくとも一部が異なる部材で構成されてもよい。

【0052】

図2は、測定部7を示す図である。図2では、測定部7として、左眼用測定部7Lを例に挙げる。右眼用測定部7Rは、左眼用測定部7Lと同様の構成であるため省略する。例えば、左眼用測定部7Lは、自覚式測定光学系25、他覚式測定光学系10、第1指標投影光学系45、第2指標投影光学系46、観察光学系50、等を備える。

【0053】

<自覚式光学系>

自覚式測定光学系25は、被検眼Eの光学特性を自覚的に測定する自覚式測定部の構成の一部として用いられる（詳細は後述する）。本実施例では、被検眼Eの光学特性として、被検眼Eの眼屈折力を測定する自覚式測定部を例に挙げる。なお、被検眼Eの光学特性は、眼屈折力の他、コントラスト感度、両眼視機能（例えば、斜位量、立体視機能、等）、等であってもよい。例えば、自覚式測定光学系25は、投光光学系（視標投光系）30、矯正光学系60、及び、補正光学系90、で構成される。

【0054】

投光光学系30は、被検眼Eに向けて視標光束を投影する。例えば、投光光学系30は、ディスプレイ31、投光レンズ40、投光レンズ33、投光レンズ34、反射ミラー36、ダイクロイックミラー35、ダイクロイックミラー29、対物レンズ14、等を備える。

【0055】

ディスプレイ31には、視標（固視標、検査視標、等）が表示される。ディスプレイ31から出射した視標光束は、投光レンズ33、投光レンズ34、反射ミラー36、ダイクロイックミラー35、ダイクロイックミラー29、対物レンズ14、の順に光学部材を経由して、被検眼Eに投影される。

【0056】

矯正光学系60は、投光光学系30の光路中に配置される。また、矯正光学系60は、ディスプレイ31から出射した視標光束の光学特性を変化させる。例えば、矯正光学系60は、乱視矯正光学系63、駆動機構39、等を備える。

【0057】

乱視矯正光学系63は、投光レンズ33と投光レンズ34の間に配置される。乱視矯正光学系63は、被検眼Eの円柱度数や乱視軸角度を矯正するために用いる。乱視矯正光学系63は、焦点距離の等しい、2枚の正の円柱レンズ61aと円柱レンズ61bで構成される。円柱レンズ61aと円柱レンズ61bは、回転機構62aと回転機構62bの駆動によって、光軸L2を中心として、各自が独立に回転する。なお、本実施例では、乱視矯正光学系63として、円柱レンズ61aと円柱レンズ61bを用いる構成を例に挙げて説明したがこれに限定されない。乱視矯正光学系63は、円柱度数、乱視軸角度、等を矯正できる構成であればよい。例えば、この場合には、投光光学系30の光路に矯正レンズを出し入れしてもよい。

【0058】

駆動機構39は、モータ及びスライド機構からなる。駆動機構39は、後述する駆動ユニット95を光軸L2方向に移動させることで、ディスプレイ31を光軸L2方向に移動させる。他覚式測定では、ディスプレイ31を移動させることで、被検眼Eに雲霧がかけられる。自覚式測定では、ディスプレイ31を移動させることで、被検眼Eに対する視標の呈示位置（呈示距離）を光学的に変更し、被検眼Eの球面屈折力を矯正する。すなわち、ディスプレイ31を移動させることで、球面度数を矯正する矯正光学系が構成される。なお、球面度数を矯正するための構成は変更することが可能である。例えば、多数の光学素子を光路中に配置することで、球面度数を矯正してもよい。また、例えば、レンズを光

10

20

30

40

50

路中に配置し、レンズを光軸方向に移動させることで、球面度数を矯正してもよい。

【0059】

なお、本実施例では、球面度数、円柱度数、及び乱視軸角度を矯正する矯正光学系が例示されている。しかし、矯正光学系は、他の光学特性（例えば、プリズム値、等）を矯正してもよい。プリズム値が矯正されることで、被検眼が斜位眼であっても、被検眼に視標光束が適切に投影される。

【0060】

また、本実施例では、円柱度数及び乱視軸角度を矯正する乱視矯正光学系63と、球面度数を矯正する駆動機構39が別で設けられている。しかし、球面度数、円柱度数、及び乱視軸角度が同一の構成によって矯正されてもよい。例えば、波面を変調させる光学系によって、球面度数、円柱度数、及び乱視軸角度が矯正されてもよい。また、複数の光学素子（例えば、球面レンズ、円柱レンズ、および分散プリズム等の少なくともいずれか）が同一円周上に配置されたレンズディスクと、レンズディスクを回転させるアクチュエータが、矯正光学系として用いられてもよい。この場合、レンズディスクが回転されて、光軸L2上に位置する光学素子が切り替えられることで、種々の光学特性が矯正される。また、光軸L2上に配置された光学素子（例えば、円柱レンズ、クロスシリンダレンズ、およびロータリプリズム等の少なくともいずれか）が、アクチュエータによって回転されてもよい。

10

【0061】

補正光学系90は、対物レンズ14と偏向ミラー81（後述）の間に配置される。補正光学系90は、自覚式測定で生じる光学収差（例えば、非点収差、等）を補正するため用いる。補正光学系90は、円柱度数と乱視軸角度を調整することで、非点収差を補正する。補正光学系90は、焦点距離の等しい、2枚の正の円柱レンズ91aと円柱レンズ91bで構成される。円柱レンズ91aと円柱レンズ91bは、回転機構92aと回転機構92bの駆動によって、光軸L3を中心として、各々が独立に回転する。なお、本実施例では、補正光学系90として、2枚の正の円柱レンズ91aと円柱レンズ91bを用いる構成を例に挙げて説明したがこれに限定されない。補正光学系90は、非点収差を矯正できる構成であればよい。例えば、この場合には、光軸L3に補正レンズを出し入れしてもよい。

20

【0062】

30

<他覚式光学系>

他覚式測定光学系10は、被検眼の光学特性を他覚的に測定する他覚式測定部の構成の一部として用いられる（詳細は後述する）。本実施例では、被検眼Eの光学特性として、被検眼Eの眼屈折力を測定する他覚式測定部を例に挙げて説明する。なお、被検眼Eの光学特性は、眼屈折力の他、眼軸長、角膜形状、等であってもよい。例えば、他覚式測定光学系10は、投影光学系10a、受光光学系10b、及び、補正光学系90、で構成される。

【0063】

投影光学系（投光光学系）10aは、被検眼Eの瞳孔中心部を介して、被検眼Eの眼底にスポット状の測定指標を投影する。例えば、投影光学系10aは、光源11、リレーレンズ12、ホールミラー13、プリズム15、ダイクロイックミラー35、ダイクロイックミラー29、対物レンズ14、等を備える。

40

【0064】

光源11は、測定光束を出射する。光源11は、被検眼Eの眼底と共に役な関係となっている。ホールミラー13のホール部は、被検眼Eの瞳孔と共に役な関係となっている。プリズム15は、光束偏向部材である。プリズム15は、被検眼Eの瞳孔と共に役な位置から外れた位置に配置され、プリズム15を通過する測定光束を光軸L1に対して偏心させる。プリズム15は、光軸L1を中心として、駆動部（モータ）23により回転駆動される。ダイクロイックミラー35は、他覚式測定光学系10の光路と、後述する自覚式測定光学系25の光路と、を共通にする。すなわち、ダイクロイックミラー35は、他覚式測定光

50

学系 10 の光軸 L 1 と、自覚式測定光学系 25 の光軸 L 2 と、を同軸にする。ダイクロイックミラー 29 は、光路分岐部材である。ダイクロイックミラー 29 は、投影光学系 10 a による測定光束と、自覚式測定光学系 25 による測定光束と、を反射して被検眼 E に導く。

【0065】

受光光学系 10 b は、被検眼 E の眼底で反射された眼底反射光束を、被検眼 E の瞳孔周辺部を介してリング状に取り出す。例えば、受光光学系 10 b は、対物レンズ 14、ダイクロイックミラー 29、ダイクロイックミラー 35、プリズム 15、ホールミラー 13、リレーレンズ 16、ミラー 17、受光絞り 18、コリメータレンズ 19、リングレンズ 20、撮像素子 22、等を備える。リングレンズ 20 は、リング状に形成されたレンズ部と、レンズ部以外の領域に遮光用のコーティングを施した遮光部と、から構成される。リングレンズ 20 は、被検眼 E の瞳孔と光学的に共役な位置関係となっている。受光絞り 18 と撮像素子 22 は、被検眼 E の眼底と共に役な関係となっている。撮像素子 22 からの出力は、制御部 70 に入力される。10

【0066】

本実施例において、投影光学系 10 a が備える光源 11 と、受光光学系 10 b が備える受光絞り 18、コリメータレンズ 19、リングレンズ 20、及び撮像素子 22 と、投光光学系 30 が備えるディスプレイ 31 とは駆動機構 39 により光軸方向に一体的に移動可能となっている。つまり、光源 11、受光絞り 18、コリメータレンズ 19、リングレンズ 20、撮像素子 22、及び、ディスプレイ 31、が駆動ユニット 95 として同期し、駆動機構 39 がこれらを一体的に移動させる。例えば、駆動機構 39 が移動した移動位置は、図示なきポテンショメータによって検出される。20

【0067】

駆動ユニット 95 は、外側のリング光束が各経線方向に関して撮像素子 22 上に入射するように、他覚式測定光学系 10 の一部を光軸方向に移動させる。すなわち、他覚式測定光学系 10 の一部を被検眼 E の球面屈折誤差（球面屈折力）に応じて光軸 L 1 方向に移動させることで、球面屈折誤差を補正し、被検眼 E の眼底に対して光源 11、受光絞り 18 及び撮像素子 22 が光学的に共役になるようとする。なお、ホールミラー 13 とリングレンズ 20 は、駆動ユニット 95 の移動量にかかわらず、被検眼 E の瞳と一定の倍率で共役になるように配置されている。30

【0068】

上記の構成において、光源 11 から出射された測定光束は、リレーレンズ 12、ホールミラー 13、プリズム 15、ダイクロイックミラー 35、ダイクロイックミラー 29、対物レンズ 14、を経て被検眼 E の眼底上にスポット状の点光源像を形成する。このとき、光軸周りに回転するプリズム 15 によって、ホールミラー 13 におけるホール部の瞳投影像（瞳上での投影光束）は高速に偏心回転される。眼底に投影された点光源像は、反射・散乱されて被検眼 E から射出し、対物レンズ 14 によって集光され、ダイクロイックミラー 29、ダイクロイックミラー 35、高速回転するプリズム 15、ホールミラー 13、リレーレンズ 16、ミラー 17 を介して受光絞り 18 の位置に再び集光され、コリメータレンズ 19 とリングレンズ 20 とによって撮像素子 22 にリング状の像が結像する。40

【0069】

例えば、プリズム 15 は、投影光学系 10 a と受光光学系 10 b の共通光路に配置されている。例えば、眼底からの反射光束は投影光学系 10 a と同じプリズム 15 を通過するため、それ以降の光学系では、あたかも瞳孔上における投影光束・反射光束（受光光束）の偏心がなかったかのように逆走査される。

【0070】

なお、本実施例において、他覚式測定部の構成は変更することが可能である。例えば、他覚式測定部は、瞳孔周辺部から眼底にリング状の測定指標を投影し、瞳孔中心部から眼底反射光を取り出し、撮像素子 22 にリング状の眼底反射像を受光させる構成を備えていてもよい。また、他覚式測定部はシャックハルトマンセンサを備えていてもよいし、スリ

10

20

30

40

50

ットを投影する位相差方式の構成を備えていてもよい。

【0071】

<第1指標投影光学系及び第2指標投影光学系>

例えば、本実施例においては、第1指標投影光学系45及び第2指標投影光学系46が、補正光学系90と、偏向ミラー81との間に配置される。もちろん、第1指標投影光学系45及び第2指標投影光学系46の配置位置は、これに限定されない。例えば、第1指標投影光学系45と第2指標投影光学系46は、筐体2のカバーに備えられていてもよい。例えば、この場合には、第1指標投影光学系45及び第2指標投影光学系46が、呈示窓3の周囲に配置される構成が挙げられる。

【0072】

例えば、第1指標投影光学系45は、光軸L3を中心に配置されたリング状の赤外光源を備える。例えば、第1指標投影光学系45は、被検眼Eの角膜にアライメント指標を投影するための近赤外光を発する。例えば、第2指標投影光学系46は、第1指標投影光学系45とは異なる位置に配置されたリング状の赤外光源を備える。なお、図2では、便宜上、第1指標投影光学系45と第2指標投影光学系46におけるリング状の赤外光源の一部(断面部分)のみが図示されている。本実施例において、第1指標投影光学系45は、被検者眼の角膜に無限遠のアライメント指標を投影する。また、第2指標投影光学系46は、被検者眼の角膜に有限遠のアライメント指標を投影する。なお、第2指標投影光学系46から出射されるアライメント光は、観察光学系50によって被検眼の前眼部を撮影するための前眼部撮影光としても用いられる。また、第1指標投影光学系45および第2指標投影光学系46の光源は、リング状の光源に限定されず、複数の点状の光源、またはライン状の光源等であってもよい。

10

【0073】

<観察光学系>

観察光学系(撮像光学系)50は、対物レンズ14、ダイクロイックミラー29、撮像レンズ51、撮像素子52、等を備える。ダイクロイックミラー29は、前眼部観察光及びアライメント光を透過する。撮像素子52は、被検眼Eの前眼部と略共役な位置に配置された撮像面をもつ。撮像素子52からの出力は、制御部70に入力される。これによって、被検眼Eの前眼部画像は撮像素子52により撮像され、モニタ4上に表示される。なお、この観察光学系50は、第1指標投影光学系45及び第2指標投影光学系46によって、被検眼Eの角膜に形成されるアライメント指標像を検出する光学系を兼ね、制御部70によってアライメント指標像の位置が検出される。

20

【0074】

<検眼装置内部構成>

以下、検眼装置1の内部構成について説明する。図3は、本実施例に係る検眼装置1の内部を正面方向(図1のA方向)から見た概略構成図である。図4は、本実施例に係る検眼装置1の内部を側面方向(図1のB方向)から見た概略構成図である。図5は、本実施例に係る検眼装置1の内部を上面方向(図1のC方向)から見た概略構成図である。なお、図4及び図5では、説明の便宜上、左眼用測定部7Lの光軸のみを示している。

30

【0075】

例えば、検眼装置1は、自覚式測定部と、他覚式測定部と、を備える。例えば、自覚式測定部及び他覚式測定部において、測定部7からの視標光束は、光学部材(例えば、後述する凹面ミラー85)の光軸Lに一致する光路を通過して被検眼Eに導光されてもよい。また、例えば、自覚式測定部及び他覚式測定部において、測定部7からの視標光束は、光学部材(例えば、後述する凹面ミラー85)の光軸Lから外れた光路を通過して被検眼Eに導光されてもよい。例えば、本実施例において、光軸Lは凹面ミラー85の球中心に向かう軸である。なお、以下では、測定部7からの視標光束が凹面ミラー85の光軸Lから外れた経路を通過する構成を例に挙げる。すなわち、測定部7からの視標光束が凹面ミラー85の光軸Lに対して斜め方向から照射され、その反射光束が被検眼Eに導光される。

40

【0076】

50

例えば、自覚式測定部は、測定部 7、偏向ミラー 8 1、駆動機構 8 2、駆動部 8 3、反射ミラー 8 4、凹面ミラー 8 5で構成される。なお、自覚式測定部はこの構成に限定されない。例えば、反射ミラー 8 4を有しない構成であってもよい。この場合には、測定部 7からの視標光束が、偏向ミラー 8 1を介した後に凹面ミラー 8 5の光軸 Lに対して斜め方向から照射されてもよい。また、例えば、ハーフミラーを有する構成であってもよい。この場合には、測定部 7からの視標光束を、ハーフミラーを介して凹面ミラー 8 5の光軸 Lに対して斜め方向に照射し、その反射光束を被検眼 Eに導光してもよい。なお、本実施例では凹面ミラー 8 5を配置しているが、凹面ミラー 8 5ではなく、凸レンズを配置した構成であってもよい。

【0077】

10
例えば、他覚式測定部は、測定部 7、偏向ミラー 8 1、反射ミラー 8 4、凹面ミラー 8 5で構成される。なお、他覚式測定部はこの構成に限定されない。例えば、反射ミラー 8 4を有しない構成であってもよい。この場合には、測定部 7からの視標光束が、偏向ミラー 8 1を介した後に凹面ミラー 8 5の光軸 Lに対して斜め方向から照射されてもよい。また、例えば、ハーフミラーを有する構成であってもよい。この場合には、測定部 7からの視標光束を、ハーフミラーを介して凹面ミラー 8 5の光軸 Lに対して斜め方向に照射し、その反射光束を被検眼 Eに導光してもよい。なお、本実施例では凹面ミラー 8 5を配置しているが、凹面ミラー 8 5ではなく凸レンズを配置した構成であってもよい。

【0078】

20
例えば、検眼装置 1は、左眼用駆動部 9 Lと右眼用駆動部 9 Rとを有し、左眼用測定部 7 L及び右眼用測定部 7 Rをそれぞれ X 方向に移動することができる。例えば、左眼用測定部 7 L及び右眼用測定部 7 Rが移動されることによって、偏向ミラー 8 1と測定部 7との間の距離が変更され、Z 方向における視標光束の呈示位置が変更される。これによって、矯正光学系 6 0によって矯正された視標光束を被検眼 Eに導光し、矯正光学系 6 0によって矯正された視標光束の像が被検眼 Eの眼底に形成されるように、測定部 7を Z 方向に調整することができる。

【0079】

30
例えば、偏向ミラー 8 1は、左右一対にそれぞれ設けられた、右眼用の偏向ミラー 8 1 Rと左眼用の偏向ミラー 8 1 Lとを有する。例えば、偏向ミラー 8 1は、矯正光学系 6 0と被検眼 Eとの間に配置される。すなわち、本実施例における矯正光学系 6 0は、左右一対に設けられた左眼用矯正光学系と右眼用矯正光学系とを有しており、左眼用の偏向ミラー 8 1 Lは左眼用矯正光学系と左被検眼 E Lの間に配置され、右眼用の偏向ミラー 8 1 Rは右眼用矯正光学系と右被検眼 E Rの間に配置される。例えば、偏向ミラー 8 1は、瞳の共役位置に配置されることが好ましい。

【0080】

40
例えば、左眼用の偏向ミラー 8 1 Lは、左眼用測定部 7 Lから投影される光束を反射し、左被検眼 E Lに導光する。また、例えば、左眼用の偏向ミラー 8 1 Lは、左被検眼 E Lで反射された反射光を反射し、左眼用測定部 7 Lに導光する。例えば、右眼用の偏向ミラー 8 1 Rは、右眼用測定部 7 Rから投影される光束を反射し、右被検眼 E Rに導光する。また、例えば、右眼用の偏向ミラー 8 1 Rは、右被検眼 E Rで反射された反射光を反射し、右眼用測定部 7 Rに導光する。なお、本実施例においては、測定部 7から投影される光束を反射し、被検眼 Eに導光する偏向部材として、偏向ミラー 8 1を用いる構成を例に挙げて説明しているがこれに限定されない。偏向部材は、測定部 7から投影される光束を反射し、被検眼 Eに導光する偏向部材であればよい。例えば、偏向部材としては、プリズムやレンズ等が挙げられる。

【0081】

例えば、駆動機構 8 2は、モータ（駆動部）等からなる。例えば、駆動機構 8 2は、左眼用の偏向ミラー 8 1 Lを駆動するための駆動機構 8 2 Lと、右眼用の偏向ミラー 8 1 Rを駆動するための駆動機構 8 2 Rと、を有する。例えば、駆動機構 8 2の駆動によって、偏向ミラー 8 1は回転移動する。例えば、駆動機構 8 2は、水平方向（X 方向）の回転軸

10

20

30

40

50

、及び鉛直方向（Y方向）の回転軸に対して偏向ミラー81を回転させる。すなわち、駆動機構82は偏向ミラー81をXY方向に回転させる。なお、偏向ミラー81の回転は、水平方向又は鉛直方向の一方であってもよい。

【0082】

例えば、駆動部83は、モータ等からなる。例えば、駆動部83は、左眼用の偏向ミラー81Lを駆動するための駆動部83Lと、右眼用の偏向ミラー81Rを駆動するための駆動部83Rと、を有する。例えば、駆動部83の駆動によって、偏向ミラー81はX方向に移動する。例えば、左眼用の偏向ミラー81L及び右眼用の偏向ミラー81Rが移動されることによって、左眼用の偏向ミラー81L及び右眼用の偏向ミラー81Rとの間の距離が変更され、被検眼Eの瞳孔間距離にあわせて、左眼用光路と右眼用光路との間のX方向における距離を変更することができる。10

【0083】

なお、例えば、偏向ミラー81は、左眼用光路と右眼用光路とのそれぞれにおいて複数設けられてもよい。例えば、左眼用光路と右眼用光路とのそれぞれにおいて、2つの偏向ミラーが設けられる（例えば、左眼用光路で2つの偏向ミラー等）構成が挙げられる。この場合、一方の偏向ミラーがX方向に回転され、他方の偏向ミラーがY方向に回転されてもよい。例えば、偏向ミラー81が回転移動されることによって、矯正光学系60の像を被検眼の眼前に形成するためのみかけの光束を偏向させることにより、像の形成位置を光学的に補正することができる。

【0084】

例えば、凹面ミラー85は、右眼用測定部7Rと左眼用測定部7Lとで共有される。例えば、凹面ミラー85は、右眼用矯正光学系を含む右眼用光路と、左眼用矯正光学系を含む左眼用光路と、で共有される。すなわち、凹面ミラー85は、右眼用矯正光学系を含む右眼用光路と、左眼用矯正光学系を含む左眼用光路と、を共に通過する位置に配置されている。もちろん、凹面ミラー85は、右眼用光路と左眼用光路とで共有される構成でなくてもよい。すなわち、右眼用矯正光学系を含む右眼用光路と、左眼用矯正光学系を含む左眼用光路と、でそれぞれ凹面ミラーが設けられる構成であってもよい。例えば、凹面ミラー85は、矯正光学系を通過した視標光束を被検眼Eに導光し、矯正光学系を通過した視標光束の像を被検眼Eの眼前に形成する。なお、本実施例においては凹面ミラー85を用いる構成を例に挙げて説明したが、これに限定されず、種々の光学部材を用いることができる。例えば、光学部材としては、レンズや平面ミラー等を用いることができる。20

【0085】

例えば、凹面ミラー85は、自覚式測定部と、他覚式測定部と、で兼用される。例えば、自覚式測定光学系25から投影された視標光束は、凹面ミラー85を介して、被検眼Eに投影される。例えば、他覚式測定光学系10から投影された測定光は、凹面ミラー85を介して、被検眼Eに投影される。また、例えば、他覚式測定光学系10から投影された測定光の反射光は、凹面ミラー85を介して、他覚式測定光学系10の受光光学系10bに導光される。なお、本実施例においては、他覚式測定光学系10による測定光の反射光が、凹面ミラー85を介して、他覚式測定光学系10の受光光学系10bに導光される構成を例に挙げているがこれに限定されない。例えば、他覚式測定光学系10による測定光の反射光は、凹面ミラー85を介さない構成であってもよい。30

【0086】

より詳細には、例えば、本実施例においては、自覚式測定部における凹面ミラー85から被検眼Eまでの間の光軸と、他覚式測定部における凹面ミラー85から被検眼Eまでの間の光軸と、が少なくとも同軸で構成されている。例えば、本実施例においては、ダイクロイックミラー35によって、自覚式測定光学系25の光軸L2と他覚式測定光学系10の光軸L1とが合成され、同軸となっている。

【0087】

<自覚式測定部の光路>

以下、自覚式測定部の光路について説明する。例えば、自覚測定部は、矯正光学系60

10

20

30

40

50

を通過した視標光束を、凹面ミラー 8 5 によって被検眼方向に反射することで被検眼 E に視標光束を導光し、矯正光学系 6 0 を通過した視標光束の像を光学的に所定の検査距離となるように被検眼 E の眼前に形成する。例えば、このとき、矯正光学系 6 0 を通過した視標光束は、凹面ミラー 8 5 の光軸 L から外れた光路を通過して凹面ミラー 8 5 へ入射し、凹面ミラー 8 5 の光軸 L から外れた光路を通過するように反射されて、被検眼 E に導光される。例えば、被検者から見た検査視標は、被検眼 E からディスプレイ 3 1 までの実際の距離よりも遠方にあるように見える。すなわち、凹面ミラー 8 5 を用いることで被検眼 E に対する検査視標の呈示距離を延長し、所定の検査距離の位置に視標光束の像が見えるように、被検者に検査視標を呈示することができる。

【 0 0 8 8 】

より詳細に説明する。なお、以下の説明においては左眼用光路を例に挙げて説明するが、右眼用光路においても左眼用光路と同様の構成となっている。例えば、左眼用の自覚測定部において、左眼用測定部 7 L のディスプレイ 3 1 から投影された視標光束は、投光レンズ 3 3 を介して、乱視矯正光学系 6 3 に入射する。乱視矯正光学系 6 3 を通過した視標光束は、反射ミラー 3 6 、ダイクロイックミラー 3 5 、ダイクロイックミラー 2 9 、対物レンズ 1 4 を経由して、補正光学系 9 0 に入射する。補正光学系 9 0 を通過した視標光束は、左眼用測定部 7 L から左眼用の偏向ミラー 8 1 L に向けて導光される。左眼用測定部 7 L から出射されて左眼用の偏向ミラー 8 1 で反射された視標光束は、反射ミラー 8 4 により凹面ミラー 8 5 に向けて反射される。例えば、ディスプレイ 3 1 から出射した視標光束は、このように光学部材を経由することで左被検眼 E L に到達する。

【 0 0 8 9 】

これによって、左被検眼 E L の眼鏡装用位置（例えば、角膜頂点位置から 1 2 mm 程度）を基準として、矯正光学系 6 0 により矯正された検査視標が左被検眼 E L の眼底上に形成される。従って、乱視矯正光学系 6 3 があたかも眼前に配置されたことと、球面度数の矯正光学系（本実施例においては、駆動機構 3 9 の駆動）による球面度数の調整が眼前で行われたことと、が等価になっており、被検者は凹面ミラー 8 5 を介して自然な状態で検査視標の像を視認することができる。なお、本実施例においては、右眼用光路においても、左眼用光路と同様の構成であり、左被検眼 E L 及び右被検眼 E R の眼鏡装用位置（例えば、角膜頂点位置から 1 2 mm 程度）を基準として、左右一対の矯正光学系 6 0 により矯正された検査視標が、両被検眼の眼底上に形成されるようになっている。このようにして、被検者は自然視の状態で検査視標を直視しつつ検者に対する応答を行い、検査視標が適正に見えるまで矯正光学系 6 0 による矯正を図り、その矯正值に基づいて自覚的に被検眼の光学特性の測定を行う。

【 0 0 9 0 】

< 他覚式測定部の光路 >

次いで、他覚式測定部の光路について説明する。なお、以下の説明においては左眼用光路を例に挙げて説明するが、右眼用光路においても左眼用光路と同様の構成となっている。例えば、左眼用の他覚式測定部において、他覚式測定光学系 1 0 における投影光学系 1 0 a の光源 1 1 から出射された測定光は、リレーレンズ 1 2 から対物レンズ 1 4 までを介して補正光学系 9 0 に入射する。補正光学系 9 0 を通過した測定光は、左眼用測定部 7 L から左眼用の偏向ミラー 8 1 L に向けて投影される。左眼用測定部 7 L から出射されて左眼用の偏向ミラー 8 1 で反射された測定光は、反射ミラー 8 4 によって凹面ミラー 8 5 に向けて反射される。凹面ミラー 8 5 によって反射された測定光は、反射ミラー 8 4 を透過して左被検眼 E L に到達し、左被検眼 E L の眼底上にスポット状の点光源像を形成する。このとき、光軸周りに回転するプリズム 1 5 によって、ホールミラー 1 3 のホール部の瞳投影像（瞳上での投影光束）は高速に偏心回転される。

【 0 0 9 1 】

左被検眼 E L の眼底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、測定光が通過した光路を経由して対物レンズ 1 4 により集光され、ダイクロイックミラー 2 9 、ダイクロイックミラー 3 5 、プリズム 1 5 、ホールミラー 1 3 、リレーレンズ

10

20

30

40

50

16、ミラー17までを介する。ミラー17までを介した反射光は、受光絞り18の開口上で再び集光され、コリメータレンズ19にて略平行光束（正視眼の場合）とされ、リングレンズ20によってリング状光束として取り出され、リング像として撮像素子22に受光される。受光したリング像を解析することによって、他覚的に被検眼Eの光学特性を測定することができる。

【0092】

<制御部>

図6は、本実施例に係る検眼装置1の制御系を示す図である。例えば、制御部70には、モニタ4、不揮発性メモリ75（以下、メモリ75）、測定部7が備える光源11、撮像素子22、ディスプレイ31、撮像素子52等の各種部材が電気的に接続されている。
また、例えば、制御部70には、駆動部9、駆動機構39、回転機構62aと62b、駆動部83、回転機構92aと92bがそれぞれ備える図示なき駆動部が電気的に接続されている。

10

【0093】

例えば、制御部70は、CPU（プロセッサ）、RAM、ROM、等を備える。例えば、CPUは、検眼装置1における各部材の制御を司る。例えば、RAMは、各種の情報を一時的に記憶する。例えば、ROMには、検眼装置1の動作を制御するための各種プログラム、各種検査のための検査視標データ、初期値等が記憶されている。なお、制御部70は、複数の制御部（つまり、複数のプロセッサ）によって構成されてもよい。

20

【0094】

例えば、メモリ75は、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、メモリ75としては、ハードディスクドライブ、フラッシュROM、USBメモリ、等を使用することができる。例えば、メモリ75には、自覚式測定部及び他覚式測定部を制御するための制御プログラムが記憶されている。

【0095】

<制御動作>

検眼装置1の制御動作について説明する。

【0096】

本実施例では、検眼装置1を用いて、被検眼Eの遠用時における光学特性を測定する場合を例示する。もちろん、検眼装置1を用いて、被検眼Eの近用時における光学特性を測定してもよい。

30

【0097】

検者は、被検者に、顎を顎台5に載せ、呈示窓3を観察するように指示する。被検眼Eには、ディスプレイ31に表示された被検眼Eを固視させるための視標（つまり、固視標）が投影される。

【0098】

制御部70は、被検眼Eの角膜に、第1指標投影光学系45及び第2指標投影光学系46によるアライメント指標像を投影し、アライメント指標像を用いて、被検眼Eと測定部7とを自動的に位置合わせする（詳細については、例えば、特開2017-86652号公報を参照されたい）。検者は、被検眼Eと測定部7との位置合わせが完了した状態で、被検眼Eに対する他覚式測定及び自覚式測定を実施する。

40

【0099】

ここで、被検眼Eには、他覚式測定及び自覚式測定のいずれにおいても視標が呈示されるが、被検眼Eが視標を注視していないと、被検眼Eの光学特性を精度よく測定することができない。被検眼Eが視標を注視していても、例えば、視標の端を注視しているときは、眼球が回旋点を中心に回旋した状態となってしまうため、被検眼Eの光学特性を精度よく測定することができない場合がある。このため、本実施例では、他覚式測定及び自覚式測定のそれぞれにおいて、被検眼Eが視標を注視しているか否かを判定し、被検眼Eが視標を注視している状態で、被検眼Eの光学特性を適切に測定する。

【0100】

50

<他覚式測定>

検者は、被検者に、呈示窓3からディスプレイ31に表示された固視標を観察させる。固視標には、風景、文字列、記号、図柄、等を示す視標が使用されてもよい。本実施例では、固視標として点を示す視標（すなわち、点像視標）が表示される。

【0101】

まず、被検眼Eに対して他覚値の予備測定が実施される。制御部70は、予備測定の結果に応じて光軸L2方向へとディスプレイ31を移動させ、被検眼Eに雲霧をかけてもよい。すなわち、制御部70は、被検眼Eのピントが合う位置にディスプレイ31を一旦移動させた後、適当な雲霧量となる位置にディスプレイ31を移動させることで、被検眼Eに雲霧をかけてもよい。雲霧量の算出についての詳細は、例えば、特開2017-99640号公報を参照されたい。これにより、被検者に左眼のみで固視標を観察させた状態で左眼に雲霧をかけたり、右眼のみで固視標を観察させた状態で右眼に雲霧をかけたりすることができる。また、被検者に両眼で固視標を観察させた状態で両眼に雲霧をかけることもできる。

10

【0102】

続いて、被検眼Eに対して他覚値の本測定が実施される。このとき、被検眼Eの角膜に向けて、第1指標投影光学系45及び第2指標投影光学系46が備える赤外光源から測定光束が照射され、角膜にて反射された角膜反射光束が、前眼部撮像光学系100が備える図示なき像素子に輝点像として撮像される。本実施例では、この輝点像を利用して、被検眼Eが固視標を観察する視線の位置が検出される。

20

【0103】

また、このとき、被検眼E的眼底に向けて、光源11から測定光束が照射され、眼底にて反射された眼底反射光束が、像素子22にリング像として撮像される。本実施例では、このリング像に基づいて、被検眼Eの他覚式測定における光学特性（すなわち、被検眼Eの他覚値）が演算される。

【0104】

図7は、被検者が観察する固視標と検者が観察するモニタを示す図である。図7(a)はディスプレイ31の画面である。本実施例では、固視標（点像視標）110が表示される。図7(b)はモニタ4の画面である。本実施例では、被検眼Eの前眼部観察像120、被検眼Eが観察する固視標110と同一の固視標画像130、本測定の測定結果140、等が表示される。

30

【0105】

固視標110には、被検眼Eが固視標110を注視していることを示す許容範囲112が設定されている。許容範囲112は、固視標110の中央を基準とした所定の領域に設定されている。許容範囲112のサイズや形状は、固視標110の種類毎に、予め行われた実験やシミュレーションの結果に基づいて設定されてもよい。もちろん、許容範囲112のサイズや形状は、検者が任意に設定してもよい。

【0106】

前眼部観察像120には、被検眼Eと、被検眼Eの角膜に形成された輝点像125と、が映る。輝点像125は、リング指標像R1と、リング指標像R2と、からなる。リング指標像R1は、第1指標投影光学系45の赤外光源によって表れる。リング指標像R2は、第2指標投影光学系46の赤外光源によって表れる。

40

【0107】

制御部70は、前眼部観察像120を解析処理して、被検眼Eの瞳孔の位置と、輝点像125の位置を検出する。制御部70は、輝度の立ち上がりや立ち下がりから瞳孔を検出し、さらに、瞳孔の中心を計算することで、瞳孔中心Pを検出してよい。また、制御部70は、輝度の立ち上がりや立ち下がりから輝点像125を検出し、リング指標像R2の中心を計算することで、角膜頂点Kを検出してもよい。もちろん、制御部70は、リング指標像R1から角膜頂点Kを検出してもよい。なお、本実施例では、第1指標投影光学系45及び第2指標投影光学系46がリング状の赤外光源を備えるが、複数の点状の赤外光

50

源を備える場合であっても、複数の指標像の中心の位置を求めてることで、角膜頂点 K が検出される。

【 0 1 0 8 】

続いて、制御部 7 0 は、瞳孔中心 P に対して角膜頂点 K がずれている方向、及び、瞳孔中心 P に対する角膜頂点 K のずれ量 d から、被検眼 E の視線の方向を特定する。観察光学系 5 0 の光軸 L 3 に対する被検眼の眼位のずれが大きくなるほど、ずれ量 d は大きくなりやすい。従って、ずれ量 d を算出することで、被検眼 E の視線の方向が適切に特定される。制御部 7 0 は、被検眼 E の視線の方向と、被検眼 E からディスプレイ 3 1 までの距離（すなわち、検査距離）と、に基づいて、被検眼 E がディスプレイ 3 1 を注視する視線の位置を検出することができる。

10

【 0 1 0 9 】

固視標画像 1 3 0 には、ディスプレイ 3 1 に表示された被検者用の固視標 1 1 0 と縦方向及び横方向の比率が同一な検者用の固視標 1 3 0 、固視標 1 1 0 に設定された許容範囲 1 1 2 を表す許容範囲マーク M 1 、及び、被検眼 E の視線の位置を表す視線位置マーク M 2 、等が表示される。検者は、検者用の固視標 1 3 0 に許容範囲マーク M 1 と視線位置マーク M 2 が重畠表示されることで、制御部 7 0 による以下の判定を視覚的に確認することができる。

【 0 1 1 0 】

制御部 7 0 は、被検眼 E が固視標 1 1 0 を注視しているか否かを判定する。例えば、被検眼 E の視線の位置が、許容範囲 1 1 2 内にあるか否かを判定することで、被検眼 E が固視標 1 1 0 を注視しているか否かが判定されてもよい。本実施例では、被検眼 E の視線の位置が許容範囲 1 1 2 内に所定の時間以上（例えば、3 秒間以上、等）含まれたか否かを判定することで、被検眼 E が固視標 1 1 0 を注視しているか否かが判定されてもよい。すなわち、被検眼 E の視線の位置が許容範囲内に所定の時間以上位置しているか否かを判定することで、被検眼 E が固視標 1 1 0 を注視しているか否かが判定されてもよい。所定の時間は、予め実験やシミュレーションから設定しておいてもよい。

20

【 0 1 1 1 】

制御部 7 0 は、被検眼 E の視線の位置が許容範囲 1 1 2 内に所定の時間以上含まれない場合に、被検眼 E が固視標 1 1 0 を注視していないと判定する。また、制御部 7 0 は、この判定結果に基づいて、被検眼 E が固視標 1 1 0 を注視しているか否かを示すための注視情報を出力する。例えば、本実施例では、被検眼 E が固視標 1 1 0 を注視していないことを表すメッセージ M 3 がモニタ 4 に表示される。検者は、メッセージ M 3 が表示されることで、被検者が固視標 1 1 0 の中央付近をみるように注視を促す等、適切な指示を出すことができる。

30

【 0 1 1 2 】

例えば、検者からの指示により被検眼 E の視線の位置が移動すると、これにともなって、モニタ 4 の固視標画像 1 3 0 に表示されている視線位置マーク M 2 が移動する。検者は、被検者に指示が伝わっているか、視線の位置を動かしたか、等を確認することができる。

【 0 1 1 3 】

また、制御部 7 0 は、被検眼 E の視線の位置が許容範囲 1 1 2 内に所定の時間以上含まれた場合に、被検眼 E が固視標 1 1 0 を注視していると判定する。制御部 7 0 は、この判定結果に基づき、注視情報として、被検眼 E が固視標 1 1 0 を注視していることを表すメッセージをモニタ 4 に表示してもよい。また、制御部 7 0 は、注視情報に基づき、他覚値の本測定を開始するための操作信号として、被検眼 E に向けて光源 1 1 から照射された測定光束によるリング像を撮像素子 2 2 に撮像（キャプチャ）させる操作信号を出力してもよい。このような操作信号に基づいて撮像されたリング像は、メモリ 7 5 に記憶される。

40

【 0 1 1 4 】

制御部 7 0 は、リング像を解析処理して各経線方向の眼屈折力を求め、この眼屈折力に対して所定の処理を行うことで、被検眼 E の他覚値（すなわち、被検眼 E の他覚式測定における光学特性）を本測定の測定結果として取得する。また、制御部 7 0 は、本測定の測

50

定結果 140 をモニタ 4 に表示させるとともに、メモリ 75 に記憶する。

【0115】

<自覚式測定>

検者は、他覚式測定が終了すると、モニタ 4 を操作して自覚式測定を実施する。制御部 70 は、被検眼 E の他覚値に基づいて、被検眼 E の眼屈折力を 0 D に矯正するように、矯正光学系 60 と投光光学系 30 の少なくともいずれかを制御する。例えば、制御部 70 は、光軸 L 2 方向へディスプレイ 31 を移動させることで、被検眼 E の球面度数を矯正してもよい。また、例えば、制御部 70 は、光軸 L 2 を軸に円柱レンズ 61a と 61b を回転させることで、被検眼 E の円柱度数と乱視軸角度の少なくともいずれかを矯正してもよい。これによって、被検眼 E の眼屈折力が 0 D となる矯正度数が取得される。なお、制御部 70 は、被検眼 E の眼屈折力を 0 D とは異なる値（例えば、-1 D、等）に矯正するようには、矯正光学系 60 と投光光学系 30 の少なくともいずれかを制御してもよい。

【0116】

また、制御部 70 は、被検眼 E の眼屈折力を測定するための視標（つまり、検査視標）にディスプレイ 31 の表示を切り換える、被検眼 E に検査視標を投影する。検査視標には、ランドルト環、E チャート、ひらがな、カタカナ、等を示す視標が使用されてもよい。本実施例では、検査視標としてランドルト環視標が表示される。例えば、異なる視力値のランドルト環視標が複数表示されてもよい。

【0117】

図 8 は被検者が観察する検査視標と検者が観察するモニタを示す図である。図 8 (a) はディスプレイ 31 の画面である。本実施例では、複数の検査視標（ランドルト環視標）150 が表示される。図 8 (b) はモニタ 4 の画面である。本実施例では、被検眼 E の前眼部観察像 120、被検眼 E が観察する検査視標 150 と同一の検査視標画像 160、自覚式測定の測定結果 170、等が表示される。

【0118】

固視標 110 と同様、検査視標 150 には、被検眼 E が検査視標 150 を注視していることを示す許容範囲 152 が設定されている。許容範囲 152 のサイズや形状は、検査視標毎に、予め行われた実験やシミュレーションの結果に基づいて設定されてもよい。もちろん、許容範囲 152 のサイズや形状は、検者が任意に設定してもよい。例えば、本実施例では、検査視標 150 の視力値ごとに、異なる許容範囲 152 が設定される。

【0119】

検査視標画像 160 は、ディスプレイ 31 に表示された被検者用の検査視標 150 と縦方向及び横方向の比率が同一な検者用の検査視標 165、検査視標 150 に設定された許容範囲 152 を表す許容範囲マーク M4、及び、被検眼 E の視線の位置を表す視線位置マーク M2、が表示される。

【0120】

検者は、モニタ 4 を操作して検者用の検査視標 165 を任意に選択することで、検査視標 165 に対応する被検者用の検査視標 150 に許容範囲を設定する。例えば、本実施例では、検者が、検者用の検査視標 165 のうち、上から 2 行目の中央列にある検査視標 165a を選択する。制御部 70 は、モニタ 4 から入力された操作信号に応じて、被検者用の検査視標 150 のうち、上から 2 行目の中央列にある検査視標 150a に対して許容範囲を設定する。すなわち、検者用の検査視標 165a が対応する被検者用の検査視標 150a に許容範囲を設定する。また、制御部 70 は、検者用の検査視標 150a に設定された許容範囲 152 を表す許容範囲マーク M4 を、検者用の検査視標 165a に重畠して表示する。

【0121】

このような状態において、検者は、被検者に、呈示窓 3 からディスプレイ 31 に表示された検査視標 150a を観察させる。制御部 70 は、前述のように、前眼部観察像 300 を解析処理し、被検眼 E の瞳孔の位置と輝点像 310 の位置から、被検眼 E がディスプレイ 31 を注視する視線の位置を検出する。また、制御部 70 は、前述のように、被検眼 E

10

20

30

40

50

の視線の位置が許容範囲 152 内に所定の時間以上（例えば、3秒間以上、等）含まれたか否かを判定することで、被検眼 E が検査視標 150a を注視しているか否かを判定する。

【0122】

制御部 70 は、被検眼 E の視線の位置が許容範囲 152 内に所定の時間以上含まれない場合に、被検眼 E が検査視標 150a を注視していないと判定する。また、制御部 70 は、この判定結果に基づいて、被検眼 E が検査視標 150a を注視しているか否かを示すための注視情報を出力する。例えば、本実施例では、被検眼 E が検査視標 150a を注視していないことを表すメッセージがモニタ 4 に表示される。検者は、メッセージが表示されることで、検査視標 150a を切り換える等の判断を容易に行うことができる。

【0123】

なお、制御部 70 は、注視情報に基づいて、検査視標 150a を切り換えるための操作信号を出力してもよい。例えば、検査視標 150a を 1 段階低い視力値のものに切り換える操作信号を出力してもよいし、検査視標 150a を 1 段階高い視力値のものに切り換える操作信号を出力してもよい。本実施例では、検査視標 150a を 1 段階低い視力値のものに切り換える操作信号が出力される。制御部 70 は、このような操作信号に基づいて、ディスプレイ 31 に表示する検査視標 150a を切り換えてよい。

10

【0124】

また、制御部 70 は、被検眼 E の視線の位置が許容範囲 152 内に所定の時間以上含まれた場合に、被検眼 E が検査視標 150a を注視していると判定する。制御部 70 は、この判定結果に基づき、注視情報として、被検眼 E が検査視標 150a を注視していることを表すメッセージ M5 をモニタ 4 に表示してもよい。また、制御部 70 は、注視情報に基づいて、検査視標 150a を切り換えるための操作信号を出力してもよい。本実施例では、検査視標 150a を 1 段階高い視力値のものに切り換える操作信号が出力される。制御部 70 は、このような操作信号に基づいて、ディスプレイ 31 に表示する検査視標 150a を切り換えてよい。

20

【0125】

検者は、被検者に検査視標 150 の向き（ランドルト環視標のすき間の向き）を問い合わせ、被検者の回答と、視線の位置と、を考慮しながら、被検眼 E を矯正する矯正度数（本実施例では、被検眼 E の眼屈折力を 0D に矯正するための矯正度数）が適切であるかを確認する。なお、矯正度数が不適切であった場合等には、矯正光学系 60 及び投光光学系 30 を制御して、被検眼 E の眼屈折力を所定のディオプタ値で矯正し、再度、矯正度数が適切であるかを確認してもよい。制御部 70 は、検者が適切と判断した矯正度数を、自覚式測定における被検眼 E の光学特性（自覚値）として取得する。また、制御部 70 は、自覚式測定の測定結果 170 をモニタ 4 に表示させるとともに、メモリ 75 に記憶する。

30

【0126】

<自覚式測定中の他覚式測定>

なお、本実施例における自覚式検眼装置 1 は、自覚式測定部を用いて被検眼 E の光学特性を自覚的に測定している間に、他覚式測定部を用いて被検眼 E の光学特性を他覚的に測定することができる。つまり、本実施例における自覚式検眼装置 1 は、自覚式測定中（例えば、自覚式測定のプログラムを実行している最中、等）に他覚式測定を行うことができる。

40

【0127】

検者は、被検眼 E に対して自覚式測定を行う。検者は、被検者に、呈示窓 3 から検査視標 150a を観察させて検査視標 150 の向きを問い合わせ、被検者の回答を考慮して、被検眼 E を矯正する矯正度数が適切であるかを確認する。このとき、被検眼 E に対する自覚式測定と同時に、被検眼 E の眼底に反射された前述のリング像が撮像及び解析されることで、被検眼 E に対する他覚式測定が行われる。

【0128】

制御部 70 は、前述のように、被検眼 E の瞳孔の位置と輝点像 310 の位置を利用して、被検眼 E の視線の位置を検出する。また、制御部 70 は、被検眼 E の視線の位置が許容

50

範囲 152 内に含まれたか否かを判定することで、被検眼 E が検査視標 150a を注視しているか否かを判定する。例えば、制御部 70 は、被検眼 E の視線の位置が許容範囲 152 内に含まれる場合に、被検眼 E が検査視標 150a を注視していると判定し、被検眼 E が検査視標 150a を注視していることを示す注視情報を出力してもよい。また、例えば、制御部 70 は、被検眼 E の視線の位置が許容範囲 152 内に含まれない場合に、被検眼 E が検査視標 150a を注視していないと判定し、被検眼 E が検査視標 150a を注視していないことを示す注視情報を出力してもよい。

【 0129 】

自覚式測定中に他覚式測定を行っている場合は、自覚式測定にて出力される注視情報に基づいて、被検眼 E の他覚値を演算するために用いるリング像が選択されてもよい。例えば、制御部 70 は、被検眼 E が検査視標 150a を注視していることを示す注視情報が出力されたタイミングで撮像したリング像のみを選択して、これを解析処理し、被検眼 E の他覚値を演算してもよい。もちろん、例えば、制御部 70 は、被検眼 E が検査視標 150a を注視していないことを示す注視情報が出力されたタイミングで撮像したリング像を、解析処理に用いないようにしてもよい。

10

【 0130 】

以上説明したように、例えば、本実施例における検眼システムは、被検眼の前眼部画像を取得する取得手段と、前眼部画像に基づいて、被検眼が視標を注視する視線の位置を検出する検出手段と、視線の位置に基づいて、被検眼が視標を注視する注視状態を判定する判定手段と、判定手段の判定結果に基づいて、被検眼が視標を注視する注視状態を示すための注視情報を出力する出力手段と、を備える。これによって、検者は、被検眼が視標を注視しているか否かを容易に判断することができる。また、検者は、被検者に対して適切な指示を出し、被検眼 E の光学特性を精度よく測定することができる。

20

【 0131 】

また、例えば、本実施例における検眼システムは、被検眼の視線の位置に基づいて、被検眼の注視状態をリアルタイムに判定する。このため、検者は、被検眼の注視状態が適切でなかった場合等に、被検眼の再測定をすぐに実施することができる。一通りの測定が終了した後で測定をやり直すようなことが軽減され、被検眼の光学特性を効率よく測定することができる。

【 0132 】

30

また、例えば、本実施例における検眼システムは、被検眼の視線の位置が、視標を注視していることを示す許容範囲内にあるか否かを判定することで、被検眼の注視状態を判定する。例えば、被検眼に呈示した視標に対して許容範囲が設定されることで判定基準が明確になり、被検眼が視標を注視しているか否かをより容易に判断することができる。

【 0133 】

また、例えば、本実施例における検眼システムは、被検眼の視線の位置が、許容範囲に所定の時間以上含まれたか否かを判定することで、被検眼の注視状態を判定する。これによって、被検眼が視標を注視している状態と、視標を注視していない状態と、が区別しやすくなり、被検眼が視標を注視している状態を容易に判断することができる。

【 0134 】

40

また、例えば、本実施例における検眼システムは、被検眼に呈示する視標毎に異なる範囲の許容範囲を設定する。例えば、被検眼に対しては、検眼時に様々な視標が呈示されるため、視標のサイズ等に応じて許容範囲を設定することで、被検眼が視標を注視しているか否かをより正確に判定することができる。

【 0135 】

また、例えば、本実施例における検眼システムは、被検眼に投影される視標の少なくとも一部を表示可能な検者用の表示手段と、検者用の表示手段に視標の少なくとも一部を表示させるとともに、視線の位置を表す視線位置マークを表示させる表示制御手段と、を備える。これによって、検者は、被検者が視標のどこをみているかを視覚的に確認でき、被検者に適切な指示を出すことができる。

50

【 0 1 3 6 】

また、例えば、本実施例における検眼システムにおいて、表示制御手段は、さらに、検者用の表示手段に、許容範囲を表す許容範囲マークを表示させる。これによって、検者は、被検者が視標のどこをみているかに加えて、被検者の視線の位置が許容範囲内にあるか否かを視覚的に確認でき、被検者に適切な指示を出すことができる。

【 0 1 3 7 】

< 変容例 >

なお、本実施例では、検眼装置 1 に設けられたモニタ 4 に、固視標画像 130 、検査視標画像 160 、前眼部観察像 120 、等が表示される構成を例に挙げて説明したがこれに限定されない。例えば、検眼装置 1 に有線通信（例えば、光ファイバー、有線 LAN 、等）または無線通信（例えば、Wi-Fi（登録商標）、Bluetooth（登録商標）、等）を介して接続されたモニタ 4 に、固視標画像 130 、検査視標画像 160 、前眼部観察像 120 、等を表示する構成としてもよい。一例として、検眼装置 1 を操作するための操作部と、検眼装置 1 を操作するための操作画面を表示する表示部と、を有するコントローラを用いて、コントローラの表示部に、固視標画像 130 、検査視標画像 160 、前眼部観察像 120 、等を表示する構成としてもよい。

10

【 0 1 3 8 】

なお、本実施例では、被検眼 E が視標（固視標 110 及び検査視標 150 ）を注視していることを表す注視情報として、モニタ 4 にメッセージを表示する構成を例に挙げて説明したがこれに限定されない。注視情報は、被検者が視標を注視しているか否かを検者が判断できる情報であればよい。例えば、固視標画像 130 における許容範囲マーク M1 、及び、検査視標画像 160 における許容範囲マーク M4 、の表示色を変更する構成としてもよい。もちろん、注視情報は、モニタ 4 へ表示される他、音声ガイド等として発せられたり、プリンタ等により印刷されたり、メモリ、サーバ、クラウド、等に保存されたりする構成でもよい。

20

【 0 1 3 9 】

なお、本実施例では、ディスプレイ 31 の所定の位置に視標が表示される構成を例に挙げて説明したがこれに限定されない。例えば、ディスプレイ 31 上を移動させるように視標が表示されてもよい。この場合、視標に設けられた許容範囲は、視標の移動にともなって移動されてもよい。例えば、このように、ディスプレイ 31 上の視標を移動させながら表示することで、被検眼 E が視標を注視していないときに、被検眼 E の注視を促すような構成としてもよい。また、例えば、このように、ディスプレイ 31 上の視標を移動させながら表示することで、被検眼 E が視標を追従できるか否かを判断できるような構成としてもよい。

30

【 0 1 4 0 】

なお、本実施例では、固視標画像 130 及び検査視標画像 160 に、被検眼の視線の位置を表す視線位置マーク M2 を表示する構成を例に挙げて説明したがこれに限定されない。例えば、視線位置マーク M2 に加えて、視線位置マーク M2 が移動した軌跡を表示する構成としてもよい。例えば、これによって、被検眼 E の視線の位置がどのように変化したかを視覚的に判断できるようにしてもよい。

40

【 0 1 4 1 】

なお、本実施例では、被検眼 E の右眼または左眼のいずれかに対して、他覚式測定及び自覚式測定を実施する構成を例に挙げて説明したがこれに限定されない。例えば、被検眼 E の右眼及び左眼（すなわち、両眼）に対して、他覚式測定及び自覚式測定を実施する構成としてもよい。この場合、制御部 70 は、被検眼 E の右眼と左眼における視線の位置をそれぞれ検出し、固視標画像 130 または検査視標画像 160 に、右眼の視線の位置を表す視線位置マーク（以下、右視線位置マーク）と、左眼の視線の位置を表す視線位置マーク（以下、左視線位置マーク）と、を重畠させて表示してもよい。

【 0 1 4 2 】

被検眼 E の両眼の視線位置マークを表示する際には、右視線位置マークと左視線位置マ

50

ークから、被検眼 E の両眼の視線の位置関係を示す情報を取得してもよい。例えば、制御部 70 は、右視線位置マークに対する左視線位置マークのずれ量を検出することで、被検眼 E の両眼の視線の位置関係を示す情報を取得してもよい。もちろん、例えば、制御部 70 は、左視線位置マークに対する右視線位置マークの方向とずれ量を検出することで、被検眼 E の両眼の視線の位置関係を示す情報を取得してもよい。また、制御部 70 は、被検眼 E の両眼の視線の位置関係を示す情報を用いて、被検眼 E が視標を両眼視しているかを判定してもよい。例えば、右視線位置マークと左視線位置マークとのずれ量が、予め設定された許容範囲内にある場合に、視標を両眼視していると判定してもよい。また、例えば、右視線位置マークと左視線位置マークとのずれ量が、予め設定された許容範囲内にない場合に、視標を両眼視していないと判定してもよい。なお、右視線位置マークと左視線位置マークとのずれ量から、被検眼 E のプリズム量が求められてもよい。

10

【 0 1 4 3 】

なお、本実施例における検眼装置 1 は、被検眼 E からディスプレイ 31 までの距離（すなわち、検査距離）を、偏向ミラー 81 の輻輳角を調整することで変更することができる。例えば、検査距離は、制御部 70 が検者により操作されたモニタ 4 からの操作信号に基づいて偏向ミラー 81 を制御することで変更される。検眼装置 1 を用いて、被検眼 E の遠用時（例えば、5 m の検査距離、等）における光学特性と、近用時（例えば、検査距離が 30 cm、等）における光学特性と、が測定される。

20

【 0 1 4 4 】

検眼装置 1 がこのような構成である場合、制御部 70 は、遠用時の光学特性と、近用時の光学特性と、を測定した際の視線の位置を表す情報をモニタ 4 へ比較可能に表示してもよい。例えば、制御部 70 は、被検眼 E に対して視標を遠用検査距離に呈示した際の視線の位置を検出し、その検出結果をメモリ 75 に記憶してもよい。また、例えば、制御部 70 は、被検眼 E に対して視標を近用検査距離に呈示した際の視線の位置を検出し、その検出結果をメモリ 75 に記憶してもよい。

【 0 1 4 5 】

制御部 70 は、これらの視線の位置を表す情報をモニタ 4 へ表示する。例えば、遠用時の視線の位置と、近用時の視線の位置と、をそれぞれ視線位置マーク M2 として検査視標画像 160 に重畳して表示してもよい。また、例えば、遠用時の視線の位置と、近用時の視線の位置と、を位置情報として表示してもよい。これにより、検者は、被検眼 E が検査距離にかかわらず両眼視できるか否か、被検眼の輻輳がどの程度変化したか、等を容易に判断できる。

30

【 0 1 4 6 】

また、本実施例における検眼装置 1 は、被検眼 E を矯正する矯正度数を、矯正光学系 60 を制御することで変更することができる。このため、制御部 70 は、被検眼 E を矯正していない状態での視線の位置を表す情報と、被検眼 E を矯正した状態での視線の位置を表す情報と、をモニタ 4 へ比較可能に表示してもよい。例えば、制御部 70 は、被検眼 E を矯正していない状態での視線の位置を検出し、その検出結果をメモリ 75 に記憶してもよい。また、例えば、制御部 70 は、被検眼 E を矯正した状態での視線の位置を検出し、その検出結果をメモリ 75 に記憶してもよい。

40

【 0 1 4 7 】

制御部 70 は、これらの視線の位置を表す情報をモニタ 4 へ表示する。例えば、被検眼 E を矯正していない状態での視線の位置と、被検眼 E を矯正した状態での視線の位置と、をそれぞれ視線位置マーク M2 として検査視標画像 160 に重畳して表示してもよい。また、例えば、被検眼 E を矯正していない状態での視線の位置と、被検眼 E を矯正した状態での視線の位置と、を位置情報として表示してもよい。これにより、検者は、被検眼 E を矯正した際に両眼視できるか否か、等を容易に判断できる。

【 0 1 4 8 】

なお、上記では、被検眼 E を矯正していない状態と矯正した状態での視線の位置を比較可能に表示する例を挙げて説明したがこれに限定されない。もちろん、制御部 70 は、被

50

検眼 E を所定の矯正度数で矯正した状態での視線の位置を表す情報と、被検眼 E を所定の矯正度数とは異なる矯正度数で矯正した状態での視線の位置を表す情報と、モニタ 4 へ比較可能に表示してもよい。

【符号の説明】

【0 1 4 9】

1 検眼装置

2 筐体

4 モニタ

5 頸台

7 測定部

1 0 他覚式測定光学系

2 5 自覚式測定光学系

3 0 投光光学系

4 5 第 1 指標投影光学系

4 6 第 2 指標投影光学系

5 0 観察光学系

6 0 矯正光学系

7 0 制御部

7 5 メモリ

9 0 補正光学系

1 0 0 前眼部撮像光学系

10

20

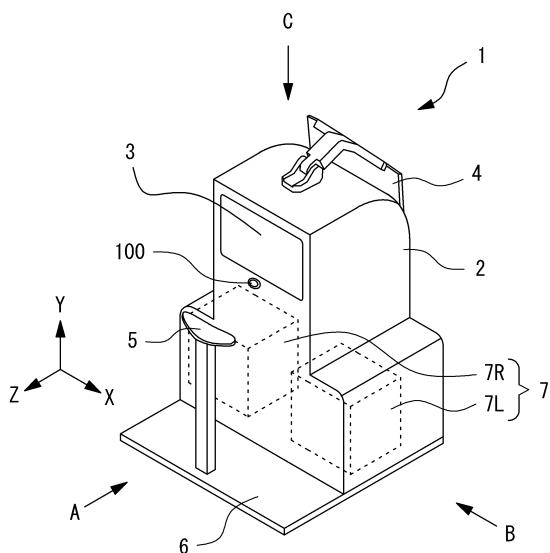
30

40

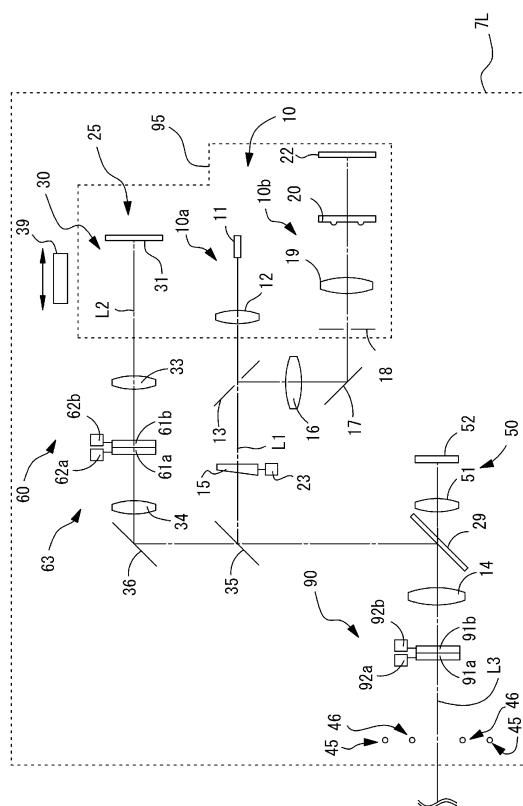
50

【四面】

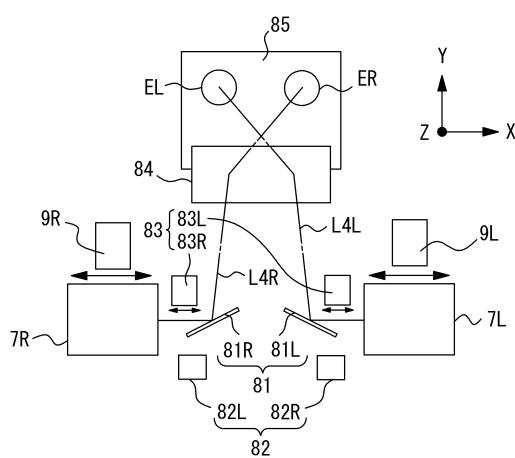
【 図 1 】



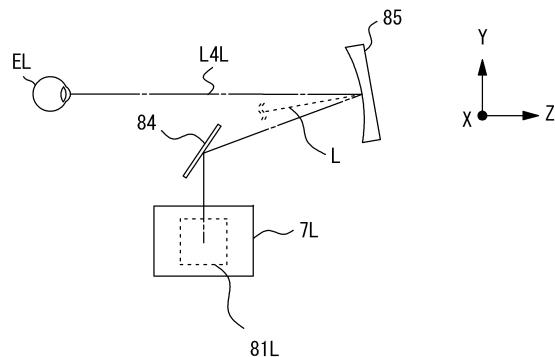
【図2】



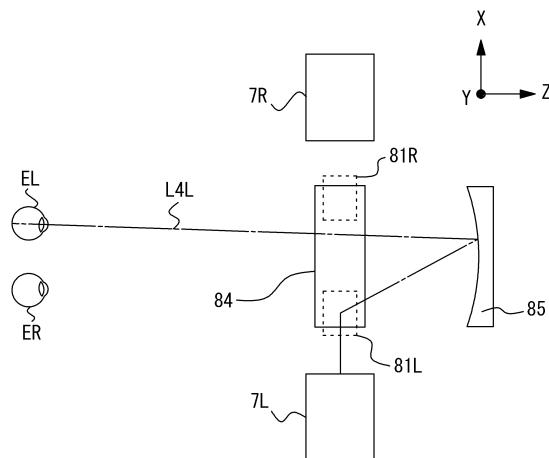
【図3】



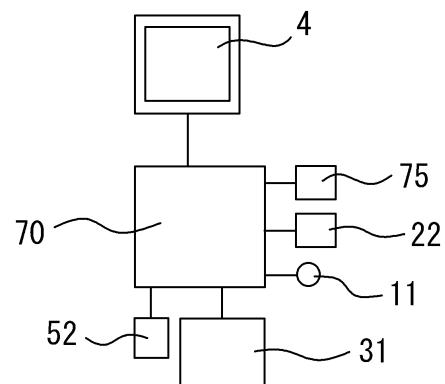
【 四 4 】



【図 5】

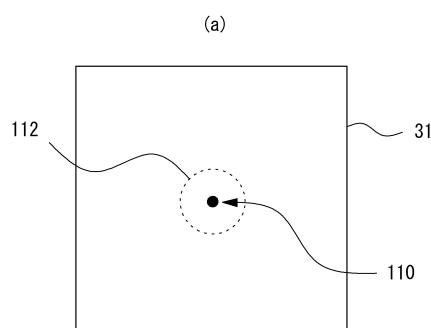


【図 6】

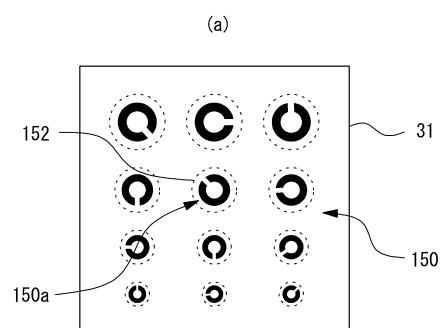


10

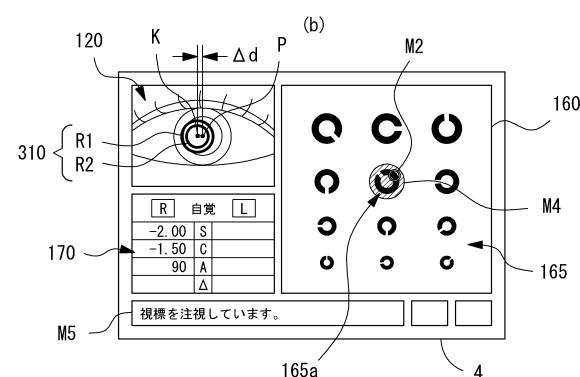
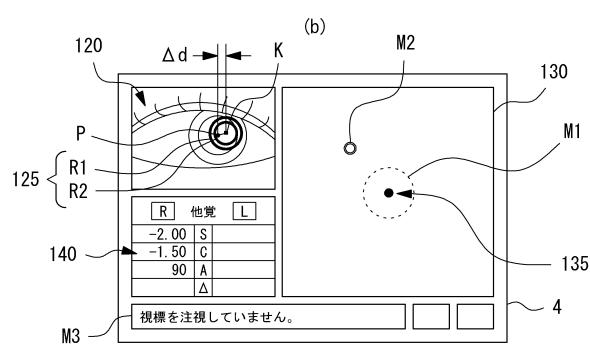
【図 7】



【図 8】



20



30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-174889(JP,A)
 特開2016-022150(JP,A)
 特開2011-206105(JP,A)
 国際公開第2005/115299(WO,A1)
 特開2018-019777(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
A 61B 3 / 00 - 3 / 18