

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7623567号
(P7623567)

(45)発行日 令和7年1月29日(2025.1.29)

(24)登録日 令和7年1月21日(2025.1.21)

(51)国際特許分類

F I

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

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

請求項の数 4 (全29頁)

(21)出願番号	特願2020-182958(P2020-182958)	(73)特許権者	000135184
(22)出願日	令和2年10月30日(2020.10.30)		株式会社ニデック
(65)公開番号	特開2022-73154(P2022-73154A)		愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4
(43)公開日	令和4年5月17日(2022.5.17)	(72)発明者	廣藤 諒佑
審査請求日	令和5年9月27日(2023.9.27)		愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4
			株式会社ニデック拾石工場内
		(72)発明者	滝井 通浩
			愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4
			株式会社ニデック拾石工場内
		審査官	牧尾 尚能

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 検眼装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検眼に検査視標を呈示し、前記被検眼を検査するための検眼装置であって、
被検者の前記検査視標に対する判読結果を入力するための回答入力手段と、
前記回答入力手段からの入力信号に基づいて、前記判読結果に関する回答情報を取得する回答取得手段と、
前記被検眼の前眼部画像を取得する前眼部画像取得手段と、
前記前眼部画像に基づいて、前記被検眼の視線に関する視線情報を取得する視線情報取得手段と、
前記回答情報および前記視線情報に基づいて、前記被検眼に対する前記検査視標の呈示状態を変更する変更制御手段と、
を備え、

前記検査視標毎に、前記視線の位置と前記検査視標の位置との一致を検出するための検出領域が設けられ、
前記視線情報取得手段は、前記回答入力手段から前記入力信号が得られた第1タイミングと、前記前記視線の位置が前記検出領域に含まれた第2タイミングと、に基づいて、前記被検眼が前記検査視標を注視しているか否かを判定した判定結果を、前記視線情報として取得することを特徴とする検眼装置。

【請求項 2】

請求項 1 の検眼装置において、

前記被検眼に向けて視標光束を出射することで、前記被検眼に前記検査視標を呈示する視標呈示手段を備え、

前記変更制御手段は、前記視標呈示手段を制御することによって、前記検査視標の前記呈示状態が異なるように変更することを特徴とする検眼装置。

【請求項 3】

請求項 2 の検眼装置において、

前記被検眼を矯正する矯正度数を変更するために、前記視標光束の光学特性を変化させる矯正手段を備え、

前記変更制御手段は、前記矯正手段を制御することによって、前記被検眼の前記矯正度数が異なるように変更することを特徴とする検眼装置。

10

【請求項 4】

請求項 2 または 3 の検眼装置において、

前記視標呈示手段を収納する筐体と、

前記筐体に設けられ、前記筐体の内部にて呈示された前記検査視標を、前記筐体の外部から確認するための視標窓と、

を有し、

前記回答入力手段は、前記被検者が前記視標窓を覗き込んで前記検査視標を判読した判読結果を、前記被検者が入力するための回答入力手段であって、

前記変更制御手段は、前記判読結果の正誤および前記視線情報に基づき、前記呈示状態を変更し、

20

前記被検眼の視力を自動的に検査することを特徴とする検眼装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、被検眼を測定するための検眼装置に関する。

【背景技術】

【0002】

被検眼を検査することが可能な、自覚式検眼装置、視力検査装置、等が知られている。例えば、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検査視標を呈示することで、被検眼の光学特性を測定することができる（特許文献 1）。また、例えば、視力検査装置は、被検者が視標窓を覗き込んで検査視標を確認することで、被検眼の視力を測定することができる（特許文献 2）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開平 5 - 176893 号公報

【文献】特開 2000 - 287926 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0004】

自覚式検眼装置や視力検査装置を用いた検査において、被検者は検査視標を確認することができなくても、感覚で回答することができる。例えば、ランドルト環視標を注視していなくても、ランドルト環視標の切れ目の方向を勘で回答することができる。被検者が適切に検査視標を確認した際の回答と、このような感覚による回答と、が混在すると、被検眼の正しい検査結果を得ることが難しくなる。

【0005】

本開示は、上記従来技術に鑑み、被検眼の検査精度を向上させることができる検眼装置を提供することを技術課題とする。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 0 6 】

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。

【 0 0 0 7 】

本開示に係る検眼装置は、被検眼に検査視標を呈示し、前記被検眼を検査するための検眼装置であって、被検者の前記検査視標に対する判読結果を入力するための回答入力手段と、前記回答入力手段からの入力信号に基づいて、前記判読結果に関する回答情報を取得する回答取得手段と、前記被検眼の前眼部画像を取得する前眼部画像取得手段と、前記前眼部画像に基づいて、前記被検眼の視線に関する視線情報を取得する視線情報取得手段と、前記回答情報および前記視線情報に基づいて、前記被検眼に対する前記検査視標の呈示状態を変更する変更制御手段と、を備え、前記検査視標毎に、前記視線の位置と前記検査視標の位置との一致を検出するための検出領域が設けられ、前記視線情報取得手段は、前記回答入力手段から前記入力信号が得られた第1タイミングと、前記前記視線の位置が前記検出領域に含まれた第2タイミングと、に基づいて、前記被検眼が前記検査視標を注視しているか否かを判定した判定結果を、前記視線情報として取得することを特徴とする。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

【図1】自覚式検眼装置の外観図である。

【図2】測定部の概略図である。

【図3】自覚式検眼装置の内部を正面方向から見た図である。

【図4】自覚式検眼装置の内部を側面方向から見た図である。

20

【図5】自覚式検眼装置の内部を上面方向から見た図である。

【図6】制御系を示す図である。

【図7】前眼部画像の一例である。

【図8】ディスプレイの一例である。

【図9】自覚式測定の流れの一例を示すフローチャートである。

【図10】最高視力値の取得における変更制御の一例を示すフローチャートである。

【図11】調節の有無の取得における変更制御の一例を示すフローチャートである。

【図12】視力検査装置の外観図である。

【図13】視力検査装置を右側面から見た右眼用光学系の概略図である。

【図14】視力検査装置の右眼用光学系および左眼用光学系を上部から見たときの概略図である。

30

【図15】視力検査装置における変更制御の一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 9 】

< 概要 >

本開示に係る検眼装置の実施形態を説明する。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得る。

【 0 0 1 0 】

本実施形態の検眼装置は、被検眼に検査視標を呈示し、被検眼を検査するための装置である。なお、被検眼に対して検査視標を呈示する装置であれば、本技術を適用することが可能である。

40

【 0 0 1 1 】

< 回答入力手段 >

本実施形態の検眼装置は、回答入力手段を備えてもよい。回答入力手段は、被検者の検査視標に対する判読結果を入力するための手段である。

【 0 0 1 2 】

例えば、回答入力手段は、被検者の検査視標に対する判読結果を、被検者が自身で入力するための手段であってもよい。この場合、回答入力手段は、レバースイッチ、押しボタンスイッチ、等の操作手段（例えば、被検者用コントローラ8および被検者用コントローラ303）であってもよい。また、回答入力手段は、マイク等の音声入力手段であっても

50

よい。また、回答入力手段は、被検者の視線の移動やジェスチャーを検出する検出手段であってよい。

【 0 0 1 3 】

また、例えば、回答入力手段は、被検者の検査視標に対する判読結果を、検者が代理で入力するための手段であってよい。この場合、回答入力手段としては、操作手段、音声入力手段、検出手段、等の少なくともいずれかが用いられてもよい。

【 0 0 1 4 】

なお、被検者の検査視標に対する判読結果とは、被検者が検査視標を判読したか否かを表す結果であればよい。例えば、検査視標が方向性をもつ場合は、検査視標の方向を回答した結果であってよい。一例として、ランドルト環視標の切れ目がいずれの方向にあるかを回答した結果であってよい。

10

【 0 0 1 5 】

< 回答情報取得手段 >

本実施形態の検眼装置は、回答取得手段（例えば、制御部 1 0 および制御部 3 4 0 ）を備えてもよい。回答取得手段は、回答入力手段からの入力信号に基づいて、判読結果に関する回答情報を取得する。回答取得手段は、回答入力手段からの入力信号を、回答情報として取得してもよい。例えば、この場合、複数の押しボタンスイッチのうち、所定の押しボタンスイッチが押圧されたことを表す信号を、回答情報として取得してもよい。もちろん、回答取得手段は、回答入力手段による検出信号を、回答情報として取得してもよい。例えば、この場合、被検者の視線の移動方向を検出した信号を、回答情報として取得してもよい。

20

【 0 0 1 6 】

また、回答取得手段は、回答入力手段からの入力信号に基づき、入力信号を変換した変換情報を、回答情報として取得してもよい。例えば、この場合、所定の押しボタンスイッチの押圧が被検者の回答（例えば、ランドルト環視標の切れ目の方向が「右」、等）に変換された変換情報を、回答情報として取得してもよい。もちろん、回答取得手段は、回答入力手段による検出信号に基づき、検出信号を変換した変換情報を、回答情報として取得してもよい。例えば、この場合、被検者の視線の移動方向が被検者の回答に変換された変換情報を、回答情報として取得してもよい。

【 0 0 1 7 】

30

< 前眼部画像取得手段 >

本実施形態の検眼装置は、前眼部画像取得手段（例えば、制御部 1 0 ）を備えてもよい。前眼部画像取得手段は、被検眼の前眼部画像を取得する。前眼部画像は、被検眼に投影された輝点像を含む画像であってよいし、輝点像を含まない画像であってよい。また、前眼部画像は、左右の被検眼がともに撮影された 1 枚の画像であってよいし、左右の被検眼がそれぞれに撮影された 2 枚の画像であってよい。

【 0 0 1 8 】

検眼装置には、被検眼の前眼部を撮影する前眼部撮影手段（例えば、観察光学系 5 0 および前眼部観察部 3 3 0 ）が備えられていてもよい。例えば、検眼装置を構成する部材（一例として、光学系）と一体的に、前眼部撮影手段が設けられてもよい。この場合、前眼部画像取得手段は、前眼部撮影手段の撮影結果として、前眼部画像を取得してもよい。

40

【 0 0 1 9 】

もちろん、前眼部画像取得手段は、被検眼の前眼部を撮影するための機能を備えた、別の装置による撮影結果を受信することによって、前眼部画像を取得してもよい。例えば、ウェアラブルデバイス（一例として、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）による撮影結果を、前眼部画像として取得してもよい。

【 0 0 2 0 】

< 視線情報取得手段 >

本実施形態の検眼装置は、視線情報取得手段（例えば、制御部 1 0 および制御部 3 4 0 ）を備えてもよい。視線情報取得手段は、前眼部画像に基づいて、被検眼の視線に関する

50

視線情報を取得する。

【 0 0 2 1 】

視線情報取得手段は、前眼部画像を画像解析することで、被検眼の眼位量を、視線情報として取得してもよい。例えば、この場合、視線情報取得手段は、前眼部画像から瞳孔中心とプルキンエ像を検出し、瞳孔中心の位置およびプルキンエ像の位置に基づいて、眼位量を取得してもよい。なお、瞳孔中心の位置およびプルキンエ像の位置に加えて、角膜曲率半径と前房深度を利用し、眼位量を取得してもよい。

【 0 0 2 2 】

視線情報取得手段は、前眼部画像を画像解析することで、被検眼の視線の位置を、視線情報として取得してもよい。例えば、被検眼の視線の位置は、所定の点として取得してもよいし、所定の点を中心とした領域として取得してもよい。例えば、この場合、視線情報取得手段は、前眼部画像から瞳孔中心および角膜頂点の少なくともいずれかを検出し、瞳孔中心の位置および角膜頂点の位置の少なくともいずれかに基づいて、視線の位置を取得してもよい。一例として、瞳孔中心の位置または角膜頂点の位置から視線の方向を推測することで、視線の位置が検出されてもよい。また、一例として、瞳孔中心の位置と角膜頂点の位置とのずれから視線の方向を推測することで、視線の位置が検出されてもよい。なお、眼球電位法、角膜反射法、強膜反射法、等を利用することによっても、視線の位置を取得することができる。

10

【 0 0 2 3 】

なお、視線情報取得手段は、被検眼の視線に関する視線情報として、被検眼の眼位量および視線の位置の少なくともいずれかを取得してもよい。

20

【 0 0 2 4 】

視線情報取得手段は、被検眼が検査視標を注視しているか否かを判定した判定結果を、視線情報として取得してもよい。この場合、視線情報取得手段は、被検眼の眼位量が、検査視標の位置に対応付けられた所定の閾値を超えるか否かを判定することによって、被検眼が検査視標を注視しているか否かを判定してもよい。また、この場合、視線情報取得手段は、被検眼の視線の位置が、検査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によって、被検眼が検査視標を注視しているか否かを判定してもよい。もちろん、被検眼の眼位量に対するこのような判定結果と、被検眼の視線の位置に対するこのような判定結果と、をいずれも考慮して、被検眼が検査視標を注視しているか否かを判定してもよい。これによって、被検者の回答が、検査視標を見て回答されたものか、あるいは検査視標を見ずに回答されたものか、が容易に区別される。

30

【 0 0 2 5 】

例えば、本実施例では、検査視標毎に、被検眼の視線の位置と検査視標の位置との一致を検出するための検出領域が設けられてもよい。例えば、検出領域は、被検眼の視線の位置が、検査視標における左右方向および上下方向の少なくともいずれかの位置（呈示位置）に一致するか否かを検出するための検出領域であってもよい。なお、例えば、検出領域は、被検眼から検査視標までの距離（すなわち、検査距離）、検査視標の種類、検査視標の視力値（換言すると、検査視標の大きさ）、等の少なくともいずれかに基づいて、検査視標毎に異なる領域として設けられてもよい。

40

【 0 0 2 6 】

また、検出領域は、検査視標の少なくとも一部を含む領域として設けられてもよい。例えば、検出領域は、検査視標の全体を含む領域であってもよい。この場合、検出領域は、検査視標の中央を基準とした所定の領域であってもよい。また、例えば、検出領域は、検査視標の一部を含む領域であってもよい。この場合、検出領域は、検査視標の所定の部分（一例として、ランドルト環視標の切れ目の部分）を基準とした所定の領域であってもよい。

【 0 0 2 7 】

視線情報取得手段は、検査視標毎に検出領域が設けられている場合、視線の位置が検出領域に含まれるか否かに基づいて、被検眼が検査視標を注視しているか否かを判定した判

50

定結果を取得してもよい。例えば、このとき、視線情報取得手段は、視線の位置が検出領域に含まれた時間を考慮して、被検眼が検査視標を注視しているか否かを判定してもよい。一例として、視線の位置が一定の時間以上で検出領域に含まれた場合に、検査視標を注視していると判定してもよい。これによって、検査視標の注視に対する判定基準が明確化され、判定結果が容易に得られる。

【 0 0 2 8 】

さらに、視線情報取得手段は、被検者の回答情報を得たタイミングを考慮して、被検眼が検査視標を注視しているか否かを判定した判定結果を取得してもよい。これによって、視線が検査視標へ偶然に合った場合が除かれた、精度のよい判定結果が得られる。

【 0 0 2 9 】

例えば、視線情報取得手段は、回答入力手段からの入力信号が得られた際に、視線の位置が検出領域に含まれていたか否かに基づいて、被検眼が検査視標を注視しているか否かを判定した判定結果を取得してもよい。例えば、回答入力手段からの入力信号が得られた第1タイミングと、視線の位置が検出領域に含まれた第2タイミングと、が一致した場合に、検査視標を注視していると判定してもよい。なお、第1タイミングと第2タイミングの一致は、略一致状態も含まれる。また、例えば、視線情報取得手段は、第1タイミングから第1タイミングよりも前の所定のタイミングまでの間に、第2タイミングが含まれた場合に、検査視標を注視していると判定してもよい。

【 0 0 3 0 】

< 変更制御手段 >

本実施形態の検眼装置は、変更制御取得手段（例えば、制御部 1 0 および制御部 3 4 0）を備えてもよい。変更制御手段は、回答取得手段が取得した回答情報と、視線情報取得手段が取得した視線情報と、に基づいて、被検眼に対する検査視標の呈示状態を変更する。これによって、被検者の回答の正誤とともに、被検眼の視線の位置や方向等が考慮された、精度のよい検査結果が得られる。

【 0 0 3 1 】

変更制御手段は、後述の視標呈示手段を制御することによって、被検眼に対する検査視標の呈示状態を、検査視標が互いに異なる状態に変更してもよい。例えば、呈示状態の変更前と変更後において、検査視標の方向、視力値、種類、等の少なくともいずれかが異なる状態とされてもよい。これによって、適宜、検査視標が適切な状態とされる。

【 0 0 3 2 】

変更制御手段は、後述の視標呈示手段を制御することによって、被検眼に対する検査視標の呈示状態を、検査視標が呈示される後述の呈示領域が互いに異なる状態に変更してもよい。つまり、呈示状態の変更前と変更後において、検査視標の呈示位置が異なる状態とされてもよい。被検眼の視線は、検査視標の呈示位置が無作為（ランダム）に変わることによって大きく動くため、これによって視線情報を正確に得やすくなる。なお、視標呈示手段がディスプレイであれば、検査視標の呈示位置を容易に変更できる。

【 0 0 3 3 】

変更制御手段は、後述の矯正手段を制御することによって、被検眼に対する検査視標の呈示状態を、被検眼を矯正する矯正度数が互いに異なる状態に変更してもよい。例えば、呈示状態の変更前と変更後において、球面度数、円柱度数、乱視軸角度、等の少なくともいずれかが異なる状態とされてもよい。これによって、適宜、矯正度数が適切な状態とされる。

【 0 0 3 4 】

もちろん、変更制御手段は、被検眼に対する検査視標の呈示状態を、検査視標が互いに異なる状態、検査視標の呈示位置が互いに異なる状態、被検眼の矯正度数が互いに異なる状態、の少なくともいずれかの状態に変更してもよい。

【 0 0 3 5 】

< 視標呈示手段 >

本実施形態の検眼装置は、視標呈示手段を備える。指標呈示手段は、被検眼に向けて視

10

20

30

40

50

標光束を出射することで、被検眼に検査視標を呈示する。

【 0 0 3 6 】

例えば、視標呈示手段は、ディスプレイ（例えば、ディスプレイ 6 1）であってもよい。また、例えば、視標呈示手段は、光源と DMD（Digital Micromirror Device）であってもよい。また、例えば、視標呈示手段は、光源と視標板（例えば、視標照明ランプ 3 2 3 と視標板 3 2 1）であってもよい。この場合、光源は可視光源であり、視標板は複数の検査視標を有するディスクであってもよい。例えば、被検眼に視標光束が導光される光路上において、視標板がモータ等により回転されることで、被検眼に対して検査視標が切り換えて配置される。

【 0 0 3 7 】

視標呈示手段は、右眼用視標呈示手段と左眼用視標呈示手段の少なくとも一部を兼用するように設けられてもよい。また、視標呈示手段は、右眼用視標呈示手段と左眼用視標呈示手段をそれぞれに有し、左右一対に設けられてもよい。この場合、右眼用視標呈示手段と左眼用視標呈示手段は、同一の部材で構成されてもよい。また、この場合、右眼用視標呈示手段と左眼用視標呈示手段は、少なくとも一部の部材が異なる部材で構成されてもよい。

【 0 0 3 8 】

視標呈示手段は、検査視標を呈示することが可能な、1つの呈示領域を有していてもよい。また、視標呈示手段は、検査視標を呈示することが可能な、複数の呈示領域を有していてもよい。例えば、複数の呈示領域は、一部が重なる領域であってもよい。

【 0 0 3 9 】

例えば、視標呈示手段がディスプレイである場合、ディスプレイの表示面を1つの表示領域とすることで、検査視標の呈示領域が1つに設定されてもよい。また、ディスプレイの表示面を複数の表示領域に分割することで、検査視標の呈示領域が複数に設定されてもよい。また、例えば、視標呈示手段が光源および視標板である場合、視標板の一部をマスクするマスク部材の形状等を変化させることによって、検査視標の呈示領域が1つあるいは複数に設定されてもよい。一例として、マスク部材は、開口をもつディスクであってもよいし、筐体の一部を兼用するものであってもよい。

【 0 0 4 0 】

なお、被検眼には、視標呈示手段からの視標光束が、直接的に導光されてもよい。すなわち、視標光束が種々の光学部材（一例として、レンズ、ミラー、等）を介することなく導光されてもよい。また、被検眼には、視標呈示手段からの視標光束が、間接的に導光されてもよい。すなわち、視標光束が種々の光学部材を介して導光されてもよい。この場合、視標光束は、投光光学系（例えば、投光光学系 6 0）、矯正光学系（例えば、矯正光学系 8 0）、等を構成する種々の光学部材を介して、導光されてもよい。

【 0 0 4 1 】

< 矯正手段 >

本実施形態の検眼装置は、矯正手段を備える。矯正手段は、被検眼を矯正する矯正度数を変更するために、視標光束の光学特性を変化させる。例えば、視標光束の光学特性は、球面度数、円柱度数、乱視軸角度、等の少なくともいずれかであってもよい。

【 0 0 4 2 】

矯正光学系は、視標光束の光学特性を変化させることができる構成であればよい。

【 0 0 4 3 】

一例として、矯正光学系は、光学素子を有し、光学素子を制御することによって、視標光束の光学特性を変化させてもよい。例えば、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、可変焦点レンズ、等の少なくともいずれかであってもよい。もちろん、光学素子は、これらとは異なってもよい。

【 0 0 4 4 】

また、一例として、矯正光学系は、被検眼に対する視標の呈示位置（呈示距離）を光学的に変更することによって、視標光束の光学特性を変化させてもよい。この場合、視標呈

10

20

30

40

50

示手段を光軸方向に移動させてもよいし、光路中に配置された光学素子（例えば、球面レンズ等）を光軸方向に移動させてもよいし、光路中にて光学素子を挿抜させてもよい。もちろん、これらの２つ以上の構成の組み合わせでもよい。

【 0 0 4 5 】

また、一例として、矯正光学系は、投光光学系からの視標光束を被検眼に向けて導光するための光学部材と、視標呈示手段と、の間に光学素子を配置し、光学素子を制御することによって、視標光束の光学特性を変化させてもよい。すなわち、矯正光学系は、ファントムレンズ屈折計（ファントム矯正光学系）であってもよい。

【 0 0 4 6 】

矯正手段は、右眼用矯正手段と左眼用矯正手段の少なくとも一部を兼用するように設けられてもよい。また、矯正手段は、右眼用矯正手段と左眼用矯正手段をそれぞれに有し、左右一対に設けられてもよい。この場合、右眼用矯正手段と左眼用矯正手段は、同一の部材で構成されてもよい。また、この場合、右眼用視矯正手段と左眼用矯正手段は、少なくとも一部の部材が異なる部材で構成されてもよい。

【 0 0 4 7 】

なお、本実施形態の検眼装置は、被検者の眼前に光学部材を配置し、被検者に光学部材を介した検査視標を呈示することで、被検眼の光学特性を測定する、自覚式検眼装置でもよい。また、検眼装置は、被検者が視標窓を覗き込んで検査視標を確認することで、被検眼の視力を測定する、視力検査装置であってもよい。もちろん、これらとは異なる装置であってもよい。

【 0 0 4 8 】

例えば、検眼装置が視力検査装置である場合、視力検査装置は、視標呈示手段を収納する筐体と、筐体に設けられ、筐体の内部にて呈示された検査視標を筐体の内部から確認するための視標窓と、を有していてもよい。このとき、回答入力手段は、被検者が視標窓を覗き込んで検査視標を判読した判読結果を、被検者が入力するための手段として用いられ、変更制御手段は、回答情報としての判読結果の正誤と、視線情報と、に基づき、被検眼に対する前記検査視標の呈示状態を変更してもよい。例えば、視力検査装置は、このような構成を備えることによって、被検眼の視力を自動的に検査してもよい。

【 0 0 4 9 】

< 第 1 実施例 >

本実施形態における検眼装置の一実施例について説明する。

【 0 0 5 0 】

以下では、被検眼の光学特性を自覚的に測定するため自覚式検眼装置を例に挙げて説明する。

【 0 0 5 1 】

図 1 は、自覚式検眼装置 1 0 0 の外観図である。例えば、自覚式検眼装置 1 0 0 は、筐体 2、呈示窓 3、額当て 4、顎台 5、検者用コントローラ 6、被検者用コントローラ 8、撮像部 9、等を備える。

【 0 0 5 2 】

筐体 2 は、後述の、測定部 7、偏向ミラー 9 1、反射ミラー 9 4、凹面ミラー 9 5、等を内部に有する。呈示窓 3 は、被検眼 E に視標を呈示するために用いる。額当て 4 は、被検眼 E と装置との距離を一定に保つために用いる。顎台 5 は、被検眼 E と装置との距離を一定に保つために用いる。

【 0 0 5 3 】

検者用コントローラ 6 は、スイッチ部 6 b、モニタ 6 a、等を備える。スイッチ部 6 b は、各種の設定（例えば、測定開始、等）を行うための信号を入力する。モニタ 6 a は、各種の情報（例えば、被検眼 E の測定結果、等）を表示する。なお、モニタ 6 a は、スイッチ部 6 b を兼ねたタッチパネルとして機能してもよい。検者用コントローラ 6 からの信号は、有線通信あるいは無線通信により、制御部 1 0 へ出力される。

【 0 0 5 4 】

10

20

30

40

50

被検者用コントローラ 8 は、回答レバー 8 a、回答ボタン 8 b、等を備える。回答レバー 8 a は、被検者が呈示された検査視標を判読した判読結果を入力する際に用いる。例えば、ランドルト環視標の切れ目の方向に対応する上下左右の 4 方向の信号を、傾倒操作によって入力することができる。回答ボタン 8 b は、被検者が呈示された検査視標を判読できない際に用いる。被検者用コントローラ 8 からの信号は、有線通信あるいは無線通信により、制御部 10 へ出力される。

【0055】

撮像部 9 は、被検者の顔を撮像するために用いる。撮像部 9 は、図示なき撮像光学系を備える。撮像光学系は、撮像素子とレンズにより構成されてもよい。

【0056】

<測定部>

測定部 7 は、左眼用測定部 7 L と右眼用測定部 7 R を備える。本実施例において、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、各々の測定部は、少なくとも一部が異なる部材で構成されてもよい。

【0057】

図 2 は、測定部 7 の概略図である。図 2 では、測定部 7 として左眼用測定部 7 L を例に挙げる。例えば、左眼用測定部 7 L は、自覚式測定光学系 20、第 1 指標投影光学系 30、第 2 指標投影光学系 40、観察光学系 50、等を備える。なお、例えば、左眼用測定部 7 L は、さらに他覚式測定光学系を備えてもよい。

【0058】

<自覚式測定光学系>

自覚式測定光学系 20 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。本実施例では、被検眼 E の光学特性として、眼屈折力が測定される。なお、被検眼 E の光学特性としては、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）、等が測定されてもよい。例えば、自覚式測定光学系 20 は、投光光学系 60、矯正光学系 70、等で構成される。

【0059】

<投光光学系>

投光光学系 60 は、被検眼 E に向けて視標光束を投光する。例えば、投光光学系 60 は、ディスプレイ 61、投光レンズ 62、投光レンズ 63、反射ミラー 64、対物レンズ 65、ダイクロイックミラー 66、ダイクロイックミラー 67、等を備える。

【0060】

ディスプレイ 61 には、視標（固視標、検査視標、等）が表示される。ディスプレイ 61 から出射した視標光束は、投光レンズ 62 からダイクロイックミラー 67 までの光学部材を順に経由し、被検眼 E に投影される。

【0061】

<矯正光学系>

矯正光学系 70 は、投光光学系 60 の光路内に配置される。また、矯正光学系 70 は、ディスプレイ 61 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 70 は、乱視矯正光学系 80、駆動機構 75、等を備える。

【0062】

乱視矯正光学系 80 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 80 は、投光レンズ 62 と投光レンズ 63 との間に配置される。乱視矯正光学系 80 は、焦点距離の等しい、2 枚の正の円柱レンズ 81 a と円柱レンズ 81 b で構成される。円柱レンズ 81 a と円柱レンズ 81 b は、回転機構 82 a と回転機構 82 b の駆動によって、光軸 L1 を中心として、各々が独立に回転する。

【0063】

なお、本実施例では、乱視矯正光学系 80 として、円柱レンズ 81 a と円柱レンズ 81 b 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 80 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。一例としては、投光光学系 6

10

20

30

40

50

0の光路に、矯正レンズを出し入れしてもよい。

【0064】

駆動機構75は、モータおよびスライド機構からなる。駆動機構75は、ディスプレイ61を光軸L1方向へ移動させる。これにより、自覚式測定では、被検眼Eに対する視標の呈示距離を光学的に変更し、被検眼Eの球面度数を矯正することができる。すなわち、被検眼Eの球面度数を矯正する球面矯正光学系として、ディスプレイ61を光軸L1方向へ移動させる構成が用いられ、被検眼Eの球面度数が、ディスプレイ61の位置を変更することにより矯正される。なお、球面矯正光学系は、多数の光学素子を光路内に配置することで球面度数を矯正する構成でもよい。また、球面矯正光学系は、レンズを光路内に配置し、レンズを光軸方向に移動させることで、球面度数を矯正する構成でもよい。

10

【0065】

なお、駆動機構75は、自覚式測定光学系20におけるディスプレイ61と、他覚式測定光学系を構成する一部の光学部材と、を一体的に同期させる駆動ユニット76を移動させてもよい。

【0066】

<第1指標投影光学系および第2指標投影光学系>

第1指標投影光学系30および第2指標投影光学系40は、ダイクロイックミラー67と、後述の偏向ミラー91と、の間に配置される。第1指標投影光学系30は、被検眼Eの角膜に無限遠のアライメント指標を投影するための近赤外光を発する。第2指標投影光学系40は、第1指標投影光学系30とは異なる位置に配置され、被検眼の角膜に有限遠のアライメント指標を投影するための近赤外光を発する。第2指標投影光学系40から出射される近赤外光（アライメント光）は、被検眼の前眼部を観察光学系50により撮影するための前眼部撮影光としても用いられる。

20

【0067】

<観察光学系>

観察光学系（撮像光学系）50は、ダイクロイックミラー67、対物レンズ51、撮像レンズ52、撮像素子53、等を備える。ダイクロイックミラー67は、前眼部観察光およびアライメント光を透過する。撮像素子53は、被検眼Eの前眼部と共役な位置に配置された撮像面をもつ。撮像素子53からの出力は、制御部10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53により撮像され、モニタ6a上に表示される。なお、観察光学系50は、第1指標投影光学系30および第2指標投影光学系40により被検眼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ている。

30

【0068】

<他覚式測定光学系>

他覚式測定光学系は、被検眼E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。被検眼Eの光学特性としては、眼屈折力、眼軸長、角膜形状、等が測定されてもよい。例えば、他覚式測定光学系は、投影光学系と、受光光学系と、で構成されてもよい（詳細については、例えば、特開2018-47049号公報を参考されたい）。

【0069】

<内部構成>

図3～図5は、自覚式検眼装置100の内部の概略構成図である。図3は、自覚式検眼装置100の内部を正面方向から見た図である。図4は、自覚式検眼装置100の内部を側面方向から見た図である。図5は、自覚式検眼装置100の内部を上方向から見た図である。なお、図4および図5では、便宜上、左眼用測定部7Lの光軸のみを示す。

40

【0070】

自覚式検眼装置100は、自覚式測定部を備える。例えば、自覚式測定部は、測定部7、偏向ミラー91、駆動機構92、駆動部93、反射ミラー94、凹面ミラー95、等で構成される。なお、自覚式測定部は、この構成に限定されない。例えば、自覚式測定部は、反射ミラー94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

50

束が、偏向ミラー 9 1 を介した後に、凹面ミラー 9 5 の光軸 L 2 に対して斜め方向から照射されてもよい。また、例えば、自覚式測定部は、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 9 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。

【 0 0 7 1 】

自覚式検眼装置 1 0 0 は、左眼用駆動部 9 6 L と、右眼用駆動部 9 6 R と、を有し、左眼用測定部 7 L と、右眼用測定部 7 R と、をそれぞれ X 方向に移動させることができる。例えば、左眼用測定部 7 L および右眼用測定部 7 R を移動させることによって、測定部 7 と偏向ミラー 9 1 との間の距離が変化し、測定部 7 からの視標光束の Z 方向における呈示位置が変更される。これによって、被検眼 E に、矯正光学系 7 0 で矯正された視標光束を導光し、被検眼 E の眼底に矯正光学系 7 0 で矯正された視標光束の像が形成されるように、測定部 7 が Z 方向に調整される。

10

【 0 0 7 2 】

例えば、偏向ミラー 9 1 は、左右一対にそれぞれ設けられた右眼用偏向ミラー 9 1 R と左眼用偏向ミラー 9 1 L とを有する。例えば、偏向ミラー 9 1 は、矯正光学系 7 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 7 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、左眼用偏向ミラー 9 1 L は左眼用矯正光学系と左眼 E L の間に配置され、右眼用偏向ミラー 9 1 R は右眼用矯正光学系と右眼 E R の間に配置される。例えば、偏向ミラー 9 1 は、瞳共役位置に配置されることが好ましい。

20

【 0 0 7 3 】

例えば、左眼用偏向ミラー 9 1 L は、左眼用測定部 7 L から投影される光束を反射して、左眼 E L に導光する。また、例えば、左眼用偏向ミラー 9 1 L は、左眼 E L からの眼底反射光束を反射して、左眼用測定部 7 L に導光する。例えば、右眼用偏向ミラー 9 1 R は、右眼用測定部 7 R から投影される光束を反射して、右眼 E R に導光する。また、例えば、右眼用偏向ミラー 9 1 R は、右眼 E R からの眼底反射光束を反射して、右眼用測定部 7 R に導光する。なお、本実施例では、被検眼 E に測定部 7 から投影された光束を反射させて導光する偏向部材として、偏向ミラー 9 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、被検眼 E に測定部 7 から投影された光束を反射して導光することができればよく、例えば、プリズム、レンズ、等であってもよい。

30

【 0 0 7 4 】

例えば、駆動機構 9 2 は、モータ（駆動部）等からなる。例えば、駆動機構 9 2 は、左眼用偏向ミラー 9 1 L を駆動するための駆動機構 9 2 L と、右眼用偏向ミラー 9 1 R を駆動するための駆動機構 9 2 R と、を有する。例えば、駆動機構 9 2 の駆動によって、偏向ミラー 9 1 は回転移動する。例えば、駆動機構 9 2 は、水平方向（X 方向）の回転軸、および鉛直方向（Y 方向）の回転軸に対して偏向ミラー 9 1 を回転させる。すなわち、駆動機構 9 2 は偏向ミラー 9 1 を X Y 方向に回転させる。なお、偏向ミラー 9 1 の回転は、水平方向又は鉛直方向の一方であってもよい。

【 0 0 7 5 】

例えば、駆動部 9 3 は、モータ等からなる。例えば、駆動部 9 3 は、左眼用偏向ミラー 9 1 L を駆動するための駆動部 9 3 L と、右眼用偏向ミラー 9 1 R を駆動するための駆動部 9 3 R と、を有する。例えば、駆動部 9 3 の駆動によって、偏向ミラー 9 1 は X 方向に移動する。例えば、左眼用偏向ミラー 9 1 L および右眼用偏向ミラー 9 1 R が移動されることによって、左眼用偏向ミラー 9 1 L および右眼用偏向ミラー 9 1 R 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。

40

【 0 0 7 6 】

なお、例えば、偏向ミラー 9 1 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、2 つの偏向ミラーを設ける構成（例えば、左眼用光路に 2 つの偏向ミラーを設ける構成、等）が挙げられる

50

。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91が回転移動されることによって、視標光束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、視標光束の像の形成位置を光学的に補正することができる。

【0077】

例えば、凹面ミラー95は、左眼用測定部7Lと、右眼用測定部7Rと、で共有される。例えば、凹面ミラー95は、左眼用矯正光学系を含む左眼用光路と、右眼用矯正光学系を含む右眼用光路と、で共有される。すなわち、凹面ミラー95は、左眼用矯正光学系を含む左眼用光路と、右眼用矯正光学系を含む右眼用光路と、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95は、左眼用光路と右眼用光路とで共有される構成でなくともよい。すなわち、左眼用矯正光学系を含む左眼用光路と、右眼用矯正光学系を含む右眼用光路と、のそれぞれに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95は、被検眼Eに矯正光学系70を通過した視標光束を導光し、被検眼Eの眼前に矯正光学系70を通過した視標光束の像を形成する。

【0078】

< 自覚式測定部の光路 >

自覚式測定部の光路について、左眼用光路を例に挙げて説明する。なお、右眼用光路は、左眼用光路と同様の構成である。例えば、左眼用の自覚式測定部において、自覚式測定光学系20におけるディスプレイ61から出射した視標光束は、投光レンズ62を介して乱視矯正光学系80へと入射し、乱視矯正光学系80を通過すると、投光レンズ63、反射ミラー64、対物レンズ65、ダイクロイックミラー66、およびダイクロイックミラー67、を経由して、左眼用測定部7Lから左眼用偏向ミラー91Lに向けて導光される。左眼用偏向ミラー91Lで反射された視標光束は、反射ミラー94により凹面ミラー95に向けて反射される。ディスプレイ61から出射した視標光束は、このように各光学部材を経由し、呈示窓3を介して、左眼ELに到達する。

【0079】

これにより、左眼ELの眼鏡装用位置（例えば、角膜頂点位置から12mm程度）を基準として、左眼ELの眼底上に、矯正光学系70で矯正された視標光束の像が形成される。従って、球面度数の矯正光学系（本実施例では、駆動機構75の駆動）による球面度数の調整が眼前で行われたことと、乱視矯正光学系80があたかも眼前に配置されたことと、が等価になっている。被検者は、自然な状態で、凹面ミラー95を介して光学的に所定の検査距離で眼前に形成された視標光束の像を視準することができる。

【0080】

< 制御部 >

図6は、自覚式検眼装置100の制御系を示す図である。例えば、制御部10には、モニタ6a、不揮発性メモリ15（以下、メモリ15）、測定部7が備えるディスプレイ61、撮像素子53、等の各種部材が電氣的に接続されている。また、例えば、制御部10には、駆動機構75、駆動部93、駆動部96、等がそれぞれ備える図示なき駆動部が電氣的に接続されている。

【0081】

例えば、制御部10は、CPU（プロセッサ）、RAM、ROM、等を備える。例えば、CPUは、自覚式検眼装置100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、自覚式検眼装置100の動作を制御するための各種プログラム、視標、初期値、等が記憶されている。なお、制御部10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。

【0082】

例えば、メモリ15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15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。

【0083】

< 制御動作 >

自覚式検眼装置 100 の制御動作について説明する。

【0084】

自覚式検眼装置を用いた自覚式測定では、被検者に検査視標が確認できるか否かが問われ、被検眼に呈示する検査視標や被検眼を矯正する矯正度数が、被検者の回答の正誤によって切り換えられる。例えば、被検者にランドルト環視標の切れ目の方向が判読できるか否かが問われ、検査視標や矯正度数が判読結果の正誤によって切り換えられる。しかし、被検者は、ランドルト環視標を注視していなくても、勘で回答すれば一定の確率で正答を出すことができてしまう。検者には勘による正答か否かを判断することが難しく、また、このような正答が混在し得るため、従来の測定では正しい測定結果を得られていない可能性があった。

10

【0085】

そこで、本実施例における自覚式測定では、被検者の回答のみならず、被検眼の視線情報も利用することで、勘による正答を考慮した測定結果を取得する。特に、被検眼が検査視標を見ていないにもかかわらず正答した場合を考慮した測定結果を取得する。これによって、被検眼 E の測定精度を向上させることができる。

【0086】

以下、詳細に説明する。

【0087】

< 被検眼と測定部のアライメント >

20

検者は、被検者の顔を額当て 4 および顎台 5 に当接させ、被検眼 E にディスプレイ 61 に表示された固視標を固視させる。制御部 10 は、被検眼 E の角膜にアライメント指標を投影させるとともに前眼部を撮影させ、アライメント指標像（後述の輝点像）を含む前眼部画像を取得する。また、制御部 10 は、被検眼 E に対する測定部 7 の X 方向、Y 方向、および Z 方向のずれ量をアライメント指標像により検出し、このずれ量に基づいて測定部 7 を移動させる。これによって、被検眼 E と測定部 7 とのアライメントが自動的に行われる。

【0088】

< 自覚式測定 >

続いて、検者は、被検眼 E に対する自覚式測定を行う。本実施例では、被検者が検査視標を判読した判読結果に関する回答情報と、被検者の視線に関する視線情報と、が取得され、これらの情報に基づく後述の変更制御が行われる。

30

【0089】

< 回答情報の取得 >

まず、被検者の回答情報の取得について説明する。例えば、被検者には、ランドルト環視標が呈示窓 3 を介して呈示され、その切れ目の方向が問われる。被検者は、ランドルト環視標の切れ目の方向を判読して、回答レバー 8 a を傾倒するか、あるいは、回答ボタン 8 b を押圧する。制御部 10 は、被検眼に呈示したランドルト環視標の切れ目の方向と、回答レバー 8 a または回答ボタン 8 b からの信号と、に基づき、被検者による回答の正誤を検出した検出結果を、回答情報として取得する。

40

【0090】

例えば、回答レバー 8 a からの信号の入力があれば、被検者の回答は正答または誤答と検出される。一例として、ランドルト環視標の切れ目の方向と回答レバー 8 a の傾倒方向が一致していれば正答と検出され、一致していなければ誤答と検出される。また、例えば、回答ボタン 8 b からの信号の入力があれば、被検者の回答は無回答（わからない）と検出される。

【0091】

< 視線情報の取得 >

次に、被検者の視線情報の取得について説明する。図 7 は、被検眼 E の前眼部画像 200 の一例である。前眼部画像 200 には、第 1 指標投影光学系 30 および第 2 指標投影光

50

学系 40 の赤外光源によって現れる、輝点像 R が含まれる。例えば、第 1 指標投影光学系 30 の赤外光源により現れるリング指標像 R1 と、第 2 指標投影光学系 40 の赤外光源により現れるリング指標像 R2 と、で輝点像 R が構成されてもよい。

【0092】

制御部 10 は、前眼部画像 200 を画像処理し、瞳孔と輝点像 R を検出する。例えば、前眼部画像 200 の輝度情報を利用して瞳孔を検出し、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、例えば、前眼部画像 200 の輝度情報を利用して輝点像 R を検出し、リング指標像 R1 またはリング指標像 R2 のいずれかの中心を計算することで、角膜頂点 K を検出してよい。さらに、制御部 10 は、瞳孔中心 P に対する角膜頂点 K の方向とずれ量 d を検出し、被検眼 E の視線の方向を特定する。例えば、瞳孔中心 P の画素位置と、角膜頂点 K の画素位置と、の間の画素数を算出することで、ずれ量 d を求めてもよい。なお、被検眼 E の視線が移動し、被検眼 E の眼位置（例えば、被検眼の回旋中心を基準とした光軸 L1 に対する回旋角度）が大きくなるほど、ずれ量 d は大きくなる。被検眼 E の視線の方向は、ずれ量 d を算出することで、適切に特定される。制御部 10 は、被検眼 E の視線の方向と、被検眼 E からディスプレイ 61 までの距離（すなわち、検査距離）と、に基づいて、被検眼 E がランドルト環視標を注視する視線の位置 V（図 10 参照）を検出することができる。

10

【0093】

図 8 は、ディスプレイ 61 の一例である。ランドルト環視標 T には、ランドルト環視標 T に視線の位置が一致するか否かを検出するための検出領域 D1 が設けられる。例えば、検出領域 D1 は、ランドルト環視標 T の全体に対して設けられてもよいし、一部分（一例として、切れ目の部分）に対して設けられてもよい。また、例えば、検出領域 D1 は、ランドルト環視標 T の全体または一部分を見ているとされる一定の領域（つまり、一定の大きさおよび形状）として設けられてもよい。なお、例えば、検出領域 D1 の大きさや形状は、検者が手動で設定できてよいし、実験やシミュレーションの結果に基づいて自動で設定されてもよい。本実施例では、検出領域 D1 が、ランドルト環視標 T の全体に対して、自動的に、設定される。

20

【0094】

制御部 10 は、被検眼の視線の方向に基づいて、被検眼がランドルト環視標 T を注視しているか否かを判定した判定結果を、視線情報として取得する。例えば、被検眼 E の前眼部画像 200 を前述のように解析処理して得た被検眼 E の視線の位置 V が、ランドルト環視標毎に設定された検出領域 D1 に含まれるか否かを検出した検出結果に基づいて、被検眼がランドルト環視標 T を注視しているか否かを判定した判定結果を取得する。

30

【0095】

一例として、制御部 10 は、被検眼 E の視線の位置 V が、検出領域 D1 に所定の時間以上（一例として、1 秒間以上、等）含まれたことを検出した場合に、被検眼 E がランドルト環視標 T を注視していると判定してもよい。また、被検眼 E の視線の位置 V が、検出領域 D1 に所定の時間未満で含まれたことを検出した場合、あるいは、検出領域 D1 に含まれないことを検出した場合に、被検眼 E がランドルト環視標 T を注視していないと判定してもよい。

40

【0096】

なお、視線の位置 V が検出領域 D1 に含まれるか否かの検出には、回答レバー 8a または回答ボタン 8b からの信号が入力されたタイミングが考慮されてもよい。例えば、視線の位置 V が検出領域 D1 に含まれた状態で、回答レバー 8a または回答ボタン 8b が操作されたかが考慮されてもよい。もちろん、例えば、回答レバー 8a または回答ボタン 8b が操作されたタイミングと、このタイミングよりも所定の時間だけ前のタイミング（一例として、1 秒間前のタイミング）と、の間の時間に、視線の位置 V が検出領域 D1 に含まれた状態があったかが考慮されてもよい。

【0097】

図 9 は、自覚式測定の流れの一例を示すフローチャートである。例えば、自覚式測定は

50

、被検眼 E の矯正度数の調整（ステップ A）、被検眼 E の最高視力値の取得（ステップ B）、被検眼 E の調節の有無の取得（ステップ C）、の順に行われ、これらの結果に基づいて、被検眼 E の自覚値が取得される（ステップ D）。なお、被検眼の自覚値は、被検眼の完全矯正値であってもよいし、処方値であってもよい。完全矯正値は、被検眼の最高視力が得られるもっともプラス度数の矯正度数の値である。また、処方値は、眼鏡を処方する際に用いる値であり、所定の視力が得られる矯正度数の値である。

【 0 0 9 8 】

以下、被検眼の自覚値として完全矯正値を取得する場合を例に挙げて、ステップ A、ステップ B、ステップ C、およびステップ D を順に説明する。

【 0 0 9 9 】

＜矯正度数の調整（ステップ A）＞

検者は、自覚式測定を開始するため、モニタ 6 a を操作する。制御部 1 0 は、モニタ 6 a からの信号に応じ、被検眼 E の予め取得された他覚値に基づいて、被検眼 E を所定の眼屈折力に矯正するための矯正度数を設定する。例えば、制御部 1 0 は、設定した矯正度数に基づいて、矯正光学系 7 0 と投光光学系 6 0 の少なくともいずれかを制御する。一例として、ディスプレイ 6 1 を光軸 L 1 方向へ移動させて、被検眼 E の球面度数を矯正してもよい。また、一例として、制御部 1 0 は、円柱レンズ 8 1 a と 8 1 b を光軸 L 1 周りに回転させて、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。例えば、これによって、被検眼 E は 0 D に矯正される。

【 0 1 0 0 】

制御部 1 0 は、被検眼 E に対する複数の検査を行うことで、被検眼 E の矯正度数を、適宜、調整する。例えば、まず、被検眼 E のレッドグリーン検査を行うため、ディスプレイ 6 1 にレッドグリーン視標が表示される。被検者は、赤色視標と緑色視標のいずれをはっきり視認できたかを回答する。制御部 1 0 は、被検者の回答に基づいて球面度数を変更する。例えば、続いて、被検眼 E のクロスシリンダ検査を行うため、ディスプレイ 6 1 に点群視標が表示される。被検者は、2 つの点群視標のいずれをはっきり視認できたかを回答する。制御部 1 0 は、被検者の回答に基づいて乱視軸角度および円柱度数を変更する。

【 0 1 0 1 】

なお、制御部 1 0 は、後述のように、被検眼 E の視線情報（被検眼 E が各々の視標を注視しているか否か）を取得してもよい。この場合、被検者の回答情報（被検者による回答）とともに、被検眼 E の視線情報を利用して、被検眼 E の矯正度数を適切に変更してもよい。例えば、これによって、被検眼 E の矯正度数が適切に調整される。

【 0 1 0 2 】

＜最高視力値の取得（ステップ B）＞

図 1 0 は、最高視力値の取得における変更制御の一例を示すフローチャートである。制御部 1 0 は、被検眼 E に対する検査視標の呈示状態を、初期状態に設定する。例えば、制御部 1 0 は、被検眼 E をステップ A で調整した矯正度数にて矯正し（ステップ B 1）、ディスプレイ 6 1 に所定の検査視標を表示する（ステップ B 2）。一例として、所定の検査視標として、切れ目が右方向を向いた視力値 1 . 0 のランドルト環視標を表示する。

【 0 1 0 3 】

なお、例えば、ディスプレイ 6 1 には、検査視標を呈示するための呈示領域 J（換言すると、検査視標を表示するための表示領域 J）が設けられる。一例として、ディスプレイ 6 1 の中央を基準に呈示領域 J が設けられ、呈示領域 J の中央を基準に検査視標が表示される。これによって、被検眼 E は、所定のランドルト環視標を視認することができる。

【 0 1 0 4 】

被検眼に対する検査視標の呈示状態が初期状態に設定されると、図示なきスピーカ等から音声ガイドが発生され、ランドルト環視標の切れ目の方向が問われる。このとき、制御部 1 0 は、被検者の回答情報（被検者による回答の正誤）と、被検眼の視線情報（ランドルト環視標 T を注視しているか否か）と、に基づいて、被検眼に対するランドルト環視標の呈示状態を変更する。例えば、ステップ A で調整した矯正度数が与えられ、切れ目が右

10

20

30

40

50

方向を向いた視力値 1 . 0 のランドルト環視標が呈示された初期状態（換言すれば、第 1 状態）から、矯正度数またはランドルト環視標の少なくともいずれかが異なる第 2 状態へと、呈示状態を変更する。なお、矯正度数が異なる状態とは、球面度数、円柱度数、乱視軸角度、の少なくともいずれかが異なる状態であればよい。また、ランドルト環視標が異なる状態とは、ランドルト環視標の切れ目の方向と視力値との少なくともいずれかが異なる状態であればよい。

【 0 1 0 5 】

制御部 1 0 は、被検眼 E の初期状態において、被検眼 E が視標を注視しているか否かを判定し（ステップ B 3 ）、さらに、被検者の回答の正誤を検出すると（ステップ B 4 ）、これらの結果に基づいて、初期状態を第 2 状態に変更する。

10

【 0 1 0 6 】

制御部 1 0 は、まず、被検眼 E が視標を注視しているか否かの判定結果を考慮することによって、被検者がランドルト環視標を見ずに切れ目の方向を回答した可能性を排除する。例えば、被検眼 E が視標を注視していないとの判定結果が得られた場合（ステップ B 3 : N O ）は、被検者の回答の正誤にかかわらず、ランドルト環視標の視力値を下げるように変更してもよい。一例として、ランドルト環視標の視力値を 1 段階低い視力値に変更してもよい（つまり、ランドルト環視標の視力値を 1 . 0 から 0 . 9 に変更してもよい）。また、例えば、被検者の回答の正誤にかかわらず、ランドルト環視標の切れ目の方向を変化させてもよい。一例として、ランドルト環視標の切れ目の方向を右から左に変化させてもよい。もちろん、ランドルト環視標の視力値を下げ、かつ、切れ目の方向を変化させてもよい。

20

【 0 1 0 7 】

これによって、初期状態に対し、ランドルト環視標の視力値または切れ目の方向の少なくともいずれかが異なる第 2 状態が設定される（ステップ B 5 ）。また、ランドルト環視標を見ていないにもかかわらず正答したこと等が、測定結果に反映されることが抑制される。なお、この後は、第 2 状態にてステップ B 3 に戻り、フローチャートに基づく制御が行われてもよい。

【 0 1 0 8 】

例えば、被検眼 E が視標を注視しているとの判定結果が得られた場合（ステップ B 3 : Y E S ）は、被検者の回答の正誤を検出した検出結果を考慮することによって、被検者にランドルト環視標が視認されているかを判定する。

30

【 0 1 0 9 】

例えば、被検者の回答が誤答または無回答との検出結果が得られた場合（ステップ B 4 : N O ）は、ランドルト環視標の視力値を下げるように変更する。なお、このとき、ランドルト環視標の視力値とともに、ランドルト環視標の切れ目の方向が変更されてもよい。これによって、初期状態に対し、少なくともランドルト環視標の視力値が低い第 2 状態が設定される（ステップ B 6 ）。

【 0 1 1 0 】

例えば、被検者の回答が正答との検出結果が得られた場合（ステップ B 4 : Y E S ）は、ランドルト環視標の視力値を上げるように変更する。一例として、ランドルト環視標の視力値を 1 段階高い視力値に変更する（つまり、ランドルト環視標の視力値を 1 . 0 から 1 . 2 に変更する）。なお、このとき、ランドルト環視標の視力値とともに、ランドルト環視標の切れ目の方向が変更されてもよい。これによって、初期状態に対し、少なくともランドルト環視標の視力値が高い第 2 状態が設定される（ステップ B 1 0 ）。

40

【 0 1 1 1 】

被検眼 E に対するランドルト環視標の呈示状態が各々の第 2 状態に変更されると、再び、ランドルト環視標の切れ目の方向が問われる。制御部 1 0 は、ステップ B 3 およびステップ B 4 と同様に、被検眼 E が視標を注視しているか否かの判定結果と、被検者の回答の正誤を検出した検出結果と、に基づく変更制御を行う（ステップ B 7 ~ ステップ B 9 、および、ステップ B 1 1 ~ ステップ B 1 3 ）。

50

【 0 1 1 2 】

第 2 状態の設定でステップ B 6 に進んだ場合、被検眼 E が視標を注視し、かつ回答が正答であれば、被検眼 E をステップ A で調整した矯正度数で矯正した状態における最高視力値が得られる（ステップ B 1 4）。例えば、被検眼 E に第 2 状態で呈示したランドルト環視標（つまり、正答したランドルト環視標）の視力値が、最高視力値として得られる。

【 0 1 1 3 】

また、第 2 状態の設定でステップ B 1 0 に進んだ場合、被検眼 E が視標を注視し、かつ回答が誤答または無回答であれば、被検眼 E をステップ A で調整した矯正度数で矯正した状態での最高視力値が得られる（ステップ B 1 4）。例えば、被検眼 E に第 2 状態で呈示したランドルト環視標の視力値ではなく、1 つ前の状態（ここでは、初期状態）で呈示し正答したランドルト環視標の視力値が、最高視力値として得られる。

10

【 0 1 1 4 】

なお、第 2 状態の設定でステップ B 6 に進んだ場合、被検眼 E がランドルト環視標を注視し、かつ回答が誤答であれば、ステップ B 6 に戻ってランドルト環視標の視力値が低い第 3 状態が設定されてもよい。また、第 2 状態の設定でステップ B 1 0 に進んだ場合、被検眼 E がランドルト環視標を注視し、かつ回答が正答であれば、ステップ B 1 0 に戻ってランドルト環視標の視力値が高い第 3 状態が設定されてもよい。

【 0 1 1 5 】

なお、第 2 状態の設定でステップ B 6 とステップ B 1 0 のいずれに進んだ場合であっても、視線がランドルト視標に一致しなければ、ステップ B 5 と同一の変更制御が行われ、ランドルト環視標の視力値または切れ目の方向の少なくともいずれかが異なる第 3 状態が設定されてもよい（ステップ B 9 およびステップ B 1 3）。

20

【 0 1 1 6 】

制御部 1 0 は、被検眼 E に対するランドルト環視標の呈示状態を、初期状態から各々の第 2 状態、第 3 状態、...、第 n 状態へと、フローチャートに沿って変更する。例えば、制御部 1 0 は、このような制御を繰り返し、呈示状態を逐次変更することによって、被検眼 E をステップ A で調整した矯正度数で矯正した際の最高視力値を取得する。

【 0 1 1 7 】

< 調節の有無の取得（ステップ C ） >

図 1 1 は、調節の有無の取得における変更制御の一例を示すフローチャートである。制御部 1 0 は、被検眼 E をステップ A で調整した矯正度数にて矯正し（ステップ C 1）、ディスプレイ 6 1 にランドルト環視標を表示する（ステップ C 2）。例えば、被検眼 E の最高視力値をステップ B にて取得した状態を再現する。なお、ステップ B では初期状態から矯正度数を変更しないため、ステップ B からステップ C へと移行した際に、ランドルト環視標のみを変更すればよい。

30

【 0 1 1 8 】

続いて、制御部 1 0 は、被検眼 E の矯正度数を、初期状態（最高視力値を得た状態）から下げるように変更する（ステップ C 3）。一例として、球面度数を 1 段階低い度数に変更する（つまり、球面度数を + 0 . 2 5 D だけ増加させる）。もちろん、球面度数に限定されず、円柱度数や乱視軸角度を変更してもよい。

40

【 0 1 1 9 】

ここで、被検者には、ランドルト環視標の切れ目の方向が問われる。制御部 1 0 は、被検眼 E が視標を注視しているか否かの判定結果と、被検者の回答の正誤を検出した検出結果と、に基づく変更制御を行う（ステップ C 4 ~ ステップ C 6）。なお、これらの詳細はステップ B と同様であるため省略する。

【 0 1 2 0 】

例えば、被検眼 E が視標を注視し、かつ回答が正答であれば、調節が働いていると判定される（ステップ C 7）。この場合、ステップ B 6 に戻って矯正度数がさらに 1 段階低い状態が設定され、フローチャートに基づく制御が行われてもよい。

【 0 1 2 1 】

50

また、例えば、被検眼 E が視標を注視し、かつ回答が誤答または無回答であれば、調節が働いていないと判定される（ステップ C 8）。制御部 10 は、被検眼 E に調節が働いていないと判定されるまで、被検眼 E の矯正度数を、フローチャートに沿って繰り返し変更する。

【0122】

<完全矯正値の取得>

制御部 10 は、ステップ A にて被検眼 E を所定の矯正度数に調整し、ステップ B にて被検眼 E を所定の矯正度数で矯正した状態における最高視力値を取得し、さらに、ステップ C にて被検眼 E の調節が働かなくなるまで矯正度数を下げることによって、被検眼 E の最高度の視力が得られる最弱の矯正度数を、被検眼 E の完全矯正値として取得する。また、制御部 10 は、被検眼 E の完全矯正値をメモリ 15 に記憶させる。

10

【0123】

<光学収差成分の補正>

なお、被検眼 E に対する自覚式測定では、自覚式測定部によって発生する第 1 光学収差成分と、被検眼 E がもつ光学特性（眼屈折力）によって発生する第 2 光学収差成分と、に基づく第 3 光学収差成分が発生する。例えば、第 1 光学収差成分は、被検眼 E のアライメント状態、矯正光学系 70 にて設定される矯正度数（すなわち、球面度数、円柱度数、乱視軸角度、等）、視標光束の輻輳角度、等の少なくともいずれかによって、凹面ミラー 95 上における視標光束の反射位置または反射面積（つまり、視標光束の光束径）が変化するために生じる。例えば、第 2 光学収差成分は、被検眼 E の球面度数、円柱度数、および乱視軸角度の少なくともいずれかによって、視標光束の形状が変化するために生じる。例えば、第 3 光学収差成分は、第 1 光学収差成分と第 2 光学収差成分が合成された合成光学収差成分である。なお、これらの光学収差成分についての詳細は、例えば、特開 2019 - 118551 号公報を参照されたい。

20

【0124】

このため、制御部 10 は、第 3 光学収差成分を求め、これを補正してもよい。例えば、実験やシミュレーションの結果に基づいて予め作成されたテーブルや演算式を利用して第 3 光学収差成分を求め、第 3 光学収差成分に基づいて矯正度数を変化させることで、このような収差を補正してもよい。また、例えば、計算上で矯正度数を変化させた際の視標光束を追跡するシミュレーションを適宜行い、第 3 光学収差成分を取り除く矯正度数の値を見つけ、これに従って矯正度数を変化させることで、このような収差を補正してもよい（すなわち、最適化が行われてもよい）。この場合には、設計上既知であるディスプレイ 61 と矯正光学系 80 の位置関係に基づき、シミュレーションが行われてもよい。制御部 10 は、第 3 光学収差成分による影響を軽減させることで、被検眼の自覚値をより精度よく取得してもよい。

30

【0125】

<第 2 実施例>

上記では自覚式検眼装置を例に挙げて説明したが、視力検査装置においても、被検者の回答情報と被検眼 E の視線情報に基づいて、被検眼 E に対するランドルト環視標の呈示状態を適宜変更し、適切に視力を測定することができる。

40

【0126】

図 12 は、視力検査装置 300 の外観図である。視力検査装置 300 は、筐体 301、呈示窓 302、被検者用コントローラ 303、スピーカ 305、プリンタ 306、ランプ 307、コントロールボックス 308、等を備える。

【0127】

筐体 301 は、後述の光学系を内部に有する。また、筐体 301 は、呈示窓 302、被検者用コントローラ 303、前眼部照明ランプ 304、スピーカ 305、等を前面に有する。また、筐体 301 は、プリンタ 306、ランプ 307、コントロールボックス 308、等を側面に有する。

【0128】

50

呈示窓 302 は、筐体 301 の内部から外部に向けて検査視標を呈示する。呈示窓 302 は、左眼用呈示窓 302 L と右眼用呈示窓 302 R を有している。例えば、被検者は呈示窓 302（左眼用呈示窓 302 L および右眼用呈示窓 302 R）を覗き込むことによって、視標窓 314（図 13 および図 14 参照）に呈示された検査視標を確認し、視力を測定することができる。

【0129】

被検者用コントローラ 303 は、入力ボタン 303 a、応答ボタン 303 b、応答レバー 303 c、等を備える。入力ボタン 303 a は、被検者が視力検査を開始する際に用いる。応答ボタン 303 b は、被検者が呈示された検査視標を判読できない際に用いる。応答レバー 303 c は、被検者が呈示された検査視標を判読した判読結果を入力する際に用いる。

10

【0130】

前眼部照明ランプ 304 は、被検眼 E を照明するための近赤外光を発することで、被検眼 E を照明する。前眼部照明ランプ 304 は、左眼前眼部照明ランプ 304 L と右眼前眼部照明ランプ 304 R を有する。なお、前眼部照明ランプ 304 は、左右で 1 つを兼用する構成であってもよい。前眼部照明ランプ 304 は、被検眼 E を照明することが可能な位置に配置される。本実施例では、呈示窓 302 の周囲に配置される。もちろん、例えば、被検者の鼻が位置する窪み 309 等に配置されてもよい。また、例えば、後述の前眼部観察部 330 において、撮像素子 333 と撮像レンズ 332 との間の光路を、ビームスプリッタ等で分岐した先に配置されてもよい。

20

【0131】

スピーカ 305 は、音声ガイド等を出力する。スピーカ 305 は、左右に 1 つずつ設ける構成であっても、左右で 1 つを兼用する構成であってもよい。プリンタ 306 は、検査結果を出力する。ランプ 307 は、検者に検査状況や検査結果等を報知する。ランプ 307 は、被検者が呈示窓 302 を覗き込んだときに見えない位置に配置されている。ランプ 307 は、複数の LED（発光ダイオード）を備えており、多色（例えば、緑色と橙色の 2 色）発光が可能である。もちろん、ランプ 307 は 1 つの LED からなり、単色発光する構成であってもよい。

【0132】

コントロールボックス 308 は、モニタ 308 a を備える。モニタ 308 a は、検者がパラメータ等を入力するための操作部と、入力されたパラメータ等を確認するための表示部と、を兼ねたタッチパネルとして機能する。コントロールボックス 308 からの信号は、ケーブル 310 を介して制御部 340 へ出力される。なお、コントロールボックス 308 は、筐体 301 と一体的に設ける構成であってもよい。

30

【0133】

< 光学系 >

図 13 は、視力検査装置 300 を右側面から見た右眼用光学系の概略図である。なお、視力検査装置 300 を左側面から見た左眼用光学系は、右眼用光学系と同様の構成であるため、説明を省略する。図 14 は、視力検査装置 300 の右眼用光学系および左眼用光学系を上部から見たときの概略図である。なお、図 14 では、制御系の構成をともに図示している。

40

【0134】

例えば、筐体 301 の内部は、接眼レンズ 311 L および 311 R、内部カバー 312 L および 312 R、内部照明ランプ 313 L および 313 R、視標窓 314 L および 314 R、視標呈示部 320、前眼部観察部 330、等を備える。

【0135】

接眼レンズ 311 L および 311 R は、左眼用呈示窓 302 L と右眼用呈示窓 302 R にそれぞれ配置されている。これによって、呈示窓 302（左眼用呈示窓 302 L および右眼用呈示窓 302 R）に対して奥側に設けられた視標窓 314 に検査視標を配置すると、被検眼 E にはみかけ上の遠用距離（例えば、5 m）だけ先に検査視標が呈示されている

50

ようにみえる。

【 0 1 3 6 】

内部照明ランプ 3 1 3 L および 3 1 3 R は、内部カバー 3 1 2 L および 3 1 2 R による視野空間を照明する。内部カバー 3 1 2 L および 3 1 2 R は、中央に仕切り板をもつ筒状のカバーである。これによって、左眼 E L と右眼 E R とが検査視標をみるための視野空間を個別に確保し、左右の光路を区分けすることができる。

【 0 1 3 7 】

例えば、本実施例において、内部カバー 3 1 2 L および 3 1 2 R は同一形状である。また、例えば、内部カバー 3 1 2 L および 3 1 2 R は、後述の視標照明ランプ 3 2 3 L から出射して接眼レンズ 3 1 1 L を通過する光軸 M 1 L と、視標照明ランプ 3 2 3 R から出射して接眼レンズ 3 1 1 R を通過する光軸 M 1 R と、のそれぞれを中心として、左右の内壁面が対称に形成されている。また、例えば、内部カバー 3 1 2 L および 3 1 2 R の背面には、視標窓 3 1 4 L および 3 1 4 R がそれぞれ設けられる。このため、両被検眼（すなわち、左被検眼 E L と右被検眼 E R の両眼）で呈示窓 3 0 2 を覗き込んだ場合には、視標窓 3 1 4 L および視標窓 3 1 4 R が融像して 1 つにみえるとともに、内部カバー 3 1 2 L および 3 1 2 R における左右の内壁面が 1 つの視野空間として観察される。例えば、これにより、被検者はみかけ上の遠用距離に置かれる検査視標を違和感なくみることができる。

【 0 1 3 8 】

なお、内部カバー 3 1 2 L および 3 1 2 R の内面にはつや消しの白塗装が施されており、通常の視力検査時や視力回復時間測定のための明順応時には、内部照明ランプ 3 1 3 L および 3 1 3 R の点灯によって共に所定の明るさにされる。内部照明ランプ 3 1 3 L および 3 1 3 R は、その照明光が被検眼に直接入射しない位置に配置されている。

【 0 1 3 9 】

視標呈示部 3 2 0 は、視標窓 3 1 4 に検査視標を切り換えて配置するために用いられる。例えば、視標呈示部 3 2 0 は、視標板 3 2 1、モータ 3 2 2、視標照明ランプ 3 2 3 L および 3 2 3 R、を備える。視標板 3 2 1 は透光性をもつガラス板からなる。このガラス板上には、方向性のある検査視標（例えば、上下左右に方向性をもつランドルト環視標等）が、遮光性をもつクロムコートによって形成されている。例えば、このような検査視標は、視力値 0 . 1 ~ 1 . 0、1 . 2、1 . 5、の 1 2 段階で形成されていてもよい。また、例えば、このような検査視標は、左眼 E L および右眼 E R に対して、対となる同一の左眼用検査視標と右眼用検査視標を同時に呈示できるように、それぞれを視標窓 3 1 4 L および 3 1 4 R の位置に対応させて形成してもよい。

【 0 1 4 0 】

モータ 3 2 2 は、視標板 3 2 1 を回転させる。これにより、左眼用検査視標と右眼用検査視標とが、視標窓 3 1 4 L と視標窓 3 1 4 R とにそれぞれ配置される。視標照明ランプ 3 2 3 L および 3 2 3 R は、視標板 3 2 1 を背面から照明する。これにより、視標窓 3 1 4 L および 3 1 4 R に配置された検査視標は、呈示窓 3 0 2 L および呈示窓 3 0 2 R に向けて呈示される。

【 0 1 4 1 】

本実施例においては、視標呈示部 3 2 0 としてディスプレイが用いられ、ディスプレイの表示を制御することによって、検査視標が切り換えて配置される構成であってもよい。例えば、この場合には、内部カバー 3 1 2 L および 3 1 2 R の内部背面に、ディスプレイが設けられてもよい。

【 0 1 4 2 】

前眼部観察部 3 3 0 は、被検眼 E の前眼部を観察するために用いられる。前眼部観察部 3 3 0 は、ビームスプリッタ 3 3 1、撮像レンズ 3 3 2、撮像素子 3 3 3、等を備える。ビームスプリッタ 3 3 1 は、視標照明ランプ 3 2 3 L および 3 2 3 R が検査視標を照明することによる視標光束を透過させる。また、ビームスプリッタ 3 3 1 は、前眼部照明ランプ 3 0 4 L および 3 0 4 R が前眼部にて反射された反射光束を反射させる。撮像素子 3 3 3 は、被検眼 E の前眼部と共役な位置に配置された撮像面をもつ。撮像素子 3 3 3 からの

出力は、制御部 340 に入力される。これによって、被検眼 E の前眼部画像が、撮像素子 333 により撮像され、取得される。

【0143】

例えば、前眼部観察部 330 は、左眼用前眼部観察部と、右眼用前眼部観察部と、のそれぞれを有し、左右一対に設けられてもよい。もちろん、例えば、前眼部観察部 330 は、左眼用前眼部観察部と、右眼用前眼部観察部とにおいて、少なくとも一部を兼用するように設けられてもよい。一例としては、撮像素子 333 のみを兼用してもよい。また、一例としては、ビームスプリッタ 331、撮像レンズ 332、撮像素子 333 をすべて兼用してもよい。なお、この場合は、内部カバー 312 の中央にある仕切り板の一部をなくして、そこへビームスプリッタ 331 を配置してもよい。

10

【0144】

<制御系>

例えば、制御部 340 は、視力検査装置 300 の各部を統括・制御する。例えば、制御部 340 は、CPU (プロセッサ)、RAM、ROM、等を含んで構成されてもよい。例えば、CPU は、視力検査装置 300 における各部材の駆動を制御する。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、CPU が実行するプログラム等が記憶されている。なお、制御部 340 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。

【0145】

例えば、制御部 340 には、入力ボタン 303a、応答ボタン 303b、応答レバー 303c、スピーカ 305、プリンタ 306、ランプ 307、前眼部照明ランプ 304L および 304R、内部照明ランプ 313L および 313R、モータ 322、視標照明ランプ 323L および 323R、不揮発性メモリ 345 (メモリ 345)、コントロールボックス 308、等が電氣的に接続されている。

20

【0146】

例えば、メモリ 345 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 345 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。

【0147】

<制御動作>

視力検査装置 300 の制御動作について説明する。

30

【0148】

検者は、被検者に呈示窓 302 を覗き込ませる。制御部 340 は、被検者が近づいたことを図示なき近接センサにより検出する。

【0149】

例えば、このとき、「視力を自動で計ります。軽くレバーを倒して下さい。」との音声ガイドがスピーカ 305 から発生される。制御部 340 は、応答レバー 303c が傾倒された信号に応じて、前眼部照明ランプ 304 (前眼部照明ランプ 304L および 304R)、内部照明ランプ 17 (内部照明ランプ 313L および 313R)、視標照明ランプ 323 (視標照明ランプ 323L および 323R) を点灯させる。

40

【0150】

例えば、続いて、「視力を計ります。輪の切れた方向に軽くレバーを倒して下さい。輪の切れた方向が分からないときは、手前のボタンを押して下さい。」との音声ガイドがスピーカ 305 から発生される。被検者が応答レバー 303c または応答ボタン 303b を用いて応答すると、被検眼の視力を判定するための視力検査プログラムが実行される。なお、例えば、このような視力検査プログラムでは、被検眼 E の裸眼における最高視力値が取得される。

【0151】

図 15 は、視力検査装置 300 における変更制御の一例を示すフローチャートである。例えば、制御部 340 は、被検眼 E に対する検査視標の呈示状態を、初期状態に設定する

50

。一例として、制御部 340 は、視標板 321 を回転させ、視標窓 314（視標窓 314 L および 314 R）に、初期検査視標として視力値 0.5 のランドルト環視標を配置する（ステップ N1）。続いて、例えば、制御部 10 は、スピーカ 305 から「方向は」との音声ガイドを発生させる。被検者は、ランドルト環視標を注視し、ランドルト環視標の切れ目の方向を判読して、応答レバー 303c をその方向に傾倒するか、あるいは応答ボタン 303b を押圧する。

【0152】

ここで、制御部 340 は、前眼部観察部 330 によって撮影および取得された前眼部画像を利用して、第 1 実施例と同様に、被検眼 E がランドルト環視標 T を注視しているか否かを判定する（ステップ N2）。また、制御部 340 は、被検眼に呈示したランドルト環視標の切れ目の方向と、応答レバー 303c または応答ボタン 303b からの信号と、に基づき、第 1 実施例と同様に、被検者による回答の正誤を検出する（ステップ N3）。さらに、制御部 340 は、ステップ N2 にて得られた判定結果（すなわち、被検眼 E の視線情報）と、ステップ S3 にて得られた検出結果（すなわち、被検者の回答情報）と、に基づき、被検眼に対するランドルト環視標の呈示状態を、初期状態から第 2 状態に変更する。

【0153】

なお、図 15 におけるステップ N2～ステップ N13 は、図 10 におけるステップ B3～ステップ B14 までの流れと基本的には同様であるため、詳細な説明を省略する。制御部 10 は、被検眼 E に対するランドルト環視標の呈示状態を、初期状態から各々の第 2 状態、第 3 状態、…、第 n 状態へと、フローチャートに沿って変更する。例えば、制御部 10 は、このような制御を繰り返し、視標窓 314 に呈示するランドルト環視標の視力値および切れ目の方向の少なくともいずれかを、適宜、異なる状態に変更することによって、被検眼 E の裸眼における最高視力値を取得することができる。

【0154】

以上、説明したように、例えば、本実施例における検眼装置は、被検者の検査視標に対する判読結果に関する回答情報と、被検眼の視線に関する視線情報と、を取得し、回答情報および視線情報に基づいて、被検眼に対する検査視標の呈示状態を変更する。これによって、被検者の回答の正誤とともに、被検眼の視線の位置や方向等が考慮された、精度のよい検査結果を得ることができる。

【0155】

また、例えば、本実施例における検眼装置は、被検眼の視線に関する視線情報として、被検眼が検査視標を注視しているか否かを判定した判定結果を取得する。これによって、被検者の回答が、検査視標を見て回答されたものか、あるいは検査視標を見ずに回答されたものか、を容易に区別し、精度のよい検査結果を得ることができる。

【0156】

また、例えば、本実施例における検眼装置は、被検眼の視線の位置と検査視標の位置との一致を検出するための検出領域が検査領域毎に設けられ、視線の位置が検出領域に含まれるか否かに基づいて、被検眼が検査視標を注視しているか否かを判定した判定結果が取得される。これによって、検査視標の注視に対する判定基準が明確化され、容易に判定結果を得ることができる。

【0157】

また、例えば、本実施例における検眼装置は、被検者の検査視標に対する判読結果が入力された入力信号を得た際に、視線の位置が検出領域に含まれていたか否かに基づいて、被検眼が検査視標を注視しているか否かを判定した判定結果を取得する。これによって、視線が検査視標へ偶然に合った場合が考慮され、精度よく判定結果を得ることができる。

【0158】

また、例えば、本実施例における検眼装置は、被検眼を矯正する矯正度数を変更するために、視標光束の光学特性を変化させる矯正手段を備え、矯正手段の制御によって、被検眼に対する検査視標の呈示状態が、矯正度数が互いに異なる呈示状態に変更される。一例として、球面度数、円柱度数、乱視軸角度、等の少なくともいずれかが、変更前と変更後

10

20

30

40

50

で異なる状態に変更される。これによって、回答情報および視線情報に基づき、適宜、矯正度数が適切な状態とされるため、検査精度が向上される。

【 0 1 5 9 】

< 変容例 >

なお、本実施例では、ランドルト環視標の呈示位置が、ディスプレイ 6 1 あるいは視標窓 3 1 4 の中央であ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、ランドルト環視標の呈示位置は、必ずしも固定の位置である必要はなく、無作為な（ランダムな）位置であってもよい。

【 0 1 6 0 】

自覚式検眼装置 1 0 0 にてランドルト環視標を無作為な位置に配置する場合、ディスプレイ 6 1 には、複数の表示領域が設けられてもよい。例えば、ディスプレイ 6 1 の表示面が、縦方向および横方向の各々に対し、任意の数で分割されることによって、複数の表示領域が設けられてもよい。一例として、本実施例では、ディスプレイ 6 1 の表示面が、3 × 3 分割（縦方向および横方向にそれぞれ 3 分割）される。もちろん、複数の表示領域の一部は重なってもよいし、これとは異なるレイアウトでもよい。

10

【 0 1 6 1 】

例えば、図 1 0 のフローチャートに沿った変更制御において、制御部 1 0 は、複数の表示領域のうちの 1 つを無作為に選択する。また、制御部 1 0 は、選択した表示領域の中央に、視力値あるいは切れ目の方向が異なるランドルト環視標を表示させる。例えば、このようにして、ランドルト環視標を無作為な位置に配置することができる。

20

【 0 1 6 2 】

視力検査装置 3 0 0 にてランドルト環視標を無作為な位置に配置する場合は、視標呈示部 3 2 0 における視標窓 3 1 4 を大きく設け、視標窓 3 1 4 に複数のランドルト環視標を配置してもよい。また、視標板 3 2 1 の前面に、ランドルト環視標にマスクを施すためのマスク板を、回転可能に配置してもよい。例えば、視標板 3 2 1 とマスク板は、独立に制御される。

【 0 1 6 3 】

例えば、図 1 5 のフローチャートに沿った変更制御において、制御部 3 4 0 は、視標板 3 2 1 を回転させ、視力値あるいは切れ目の方向が異なるランドルト環視標を含む、複数のランドルト環視標を呈示する。また、制御部 3 4 0 は、マスク板を回転させ、目的とするランドルト環視標を除き、残りのランドルト環視標にマスクを施す。例えば、このようにして、ランドルト環視標を無作為な位置に配置することができる。

30

【 0 1 6 4 】

例えば、このように、本実施例における検眼装置は、被検眼に向けて視標光束を出射することで、被検眼に検査視標を呈示する視標呈示手段を備え、視標呈示手段の制御によって、被検眼に対する検査視標の呈示状態が、検査視標が互いに異なる呈示状態に変更される。一例として、ランドルト環視標等の方向性をもつ検査視標であれば、検査視標の向き、検査視標の視力値、等の少なくともいずれかが、変更前と変更後で異なる状態に変更される。これによって、回答情報および視線情報に基づき、適宜、検査視標が適切な状態とされるため、検査精度が向上される。

40

【 0 1 6 5 】

なお、本実施例では、被検眼 E に投影された輝点像 R を利用して、被検眼 E の視線情報を取得する場合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 の視線の動きを予め取得し、これに基づいて、被検眼 E の視線情報を取得してもよい。この場合、制御部は、自覚式測定または視力検査を開始する前に、被検眼 E に対して固視標を呈示し、被検眼 E が固視標を注視する視線の位置、瞳孔位置、眼球運動、等を検出した、第 1 検出結果を得る。自覚式測定または視力検査を開始した後は、被検眼 E がランドルト環視標（検査視標）を注視する視線の位置、瞳孔位置、眼球運動、等を検出した第 2 検出結果を得る。例えば、制御部は、事前に得た第 1 検出結果と、第 2 検出結果と、を比較することによって、被検眼がランドルト環視標を注視しているか否かを判定した判定結果を取得

50

することができる。もちろん、ランドルト環視標の呈示位置を無作為な位置とする際には、各々の位置にて、第 1 検出結果を得ておけばよい。

【 0 1 6 6 】

なお、本実施例では、被検眼 E に対する自覚式測定または視力検査の際、1 つのランドルト環視標が呈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、複数のランドルト環視標が呈示されてもよい。一例として、視力値は同一だが切れ目の方向が異なる、複数のランドルト環視標が呈示されてもよい。また、一例として、視力値は異なるが切れ目の方向が同一な、複数のランドルト環視標が呈示されてもよい。また、一例として、視力値が異なりかつ切れ目の方向が異なる、複数のランドルト環視標が呈示されてもよい。なお、これらの複数のランドルト環視標は、回答レバー 8 a (応答レバー 3 0 3 c) の傾倒方向に合わせて配置されてもよい。

10

【 0 1 6 7 】

この場合、制御部は、右向きのランドルト環視標はどれか、または、もっともよく視認できるランドルト環視標はどれか、等を問うようにしてもよい。また、制御部は、各々のレバーから入力された信号に基づく回答情報と、被検眼 E の視線情報と、を利用して、被検眼 E に対するランドルト環視標の呈示状態を変更してもよい。

【 0 1 6 8 】

なお、本実施例では、第 1 実施例の自覚式検眼装置 1 0 0 にて、被検眼 E の裸眼視力を測定してもよい。この場合、例えば、ディスプレイ 6 1 は無限遠に相当する 0 D の位置に配置され、ステップ A ~ ステップ D のうちのステップ B のみが実施されてもよい。また、ステップ B では、ステップ B 1 を省略して、ステップ B 2 以降が順に実行されればよい。

20

【 0 1 6 9 】

なお、本実施例では、第 2 実施例の視力検査装置 3 0 0 に、被検眼 E を屈折矯正するための矯正部が設けられてもよい。例えば、矯正部は、接眼レンズ 3 1 1 からビームスプリッタ 3 3 1 までの間の光路に設けられてもよい。例えば、矯正部は、被検眼を矯正するための光学部材と、光学部材を光路中に挿抜させるためのモータと、を有してもよい。光学部材としては、レンズ、プリズム、等のいずれかをを用いることができる。

【 0 1 7 0 】

これによって、例えば、視力検査装置 3 0 0 を用いて、被検眼 E の裸眼視力と、被検眼 E を矯正した場合の矯正視力と、を測定してもよい。つまり、視標呈示部 3 2 0 からの視標光束が被検眼に導光される光路中において、光学部材を抜去することで、被検眼 E の裸眼視力を測定してもよい。また、視標呈示部 3 2 0 からの視標光束が被検眼に導光される光路中において、光学部材を挿入することで、被検眼 E の矯正視力を測定してもよい。

30

【符号の説明】

【 0 1 7 1 】

6 検者用コントローラ

1 0 制御部

2 0 自覚式測定光学系

5 0 観察光学系

6 0 投光光学系

7 0 矯正光学系

1 0 0 自覚式検眼装置

3 0 0 視力測定装置

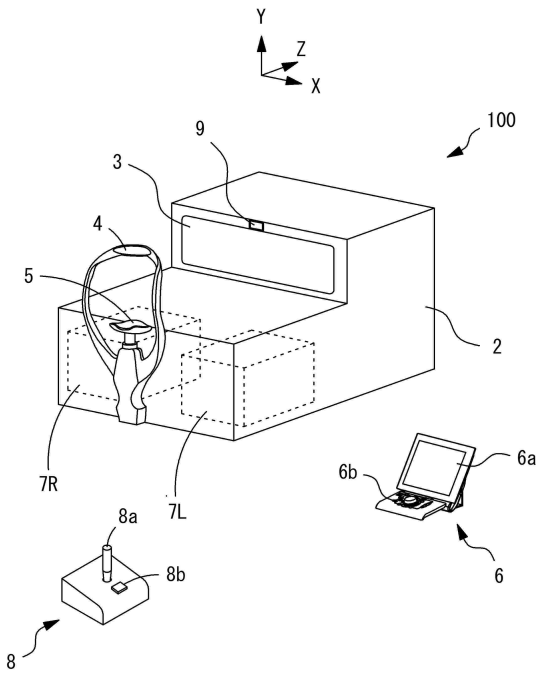
3 2 0 視標呈示部

3 3 0 前眼部観察部

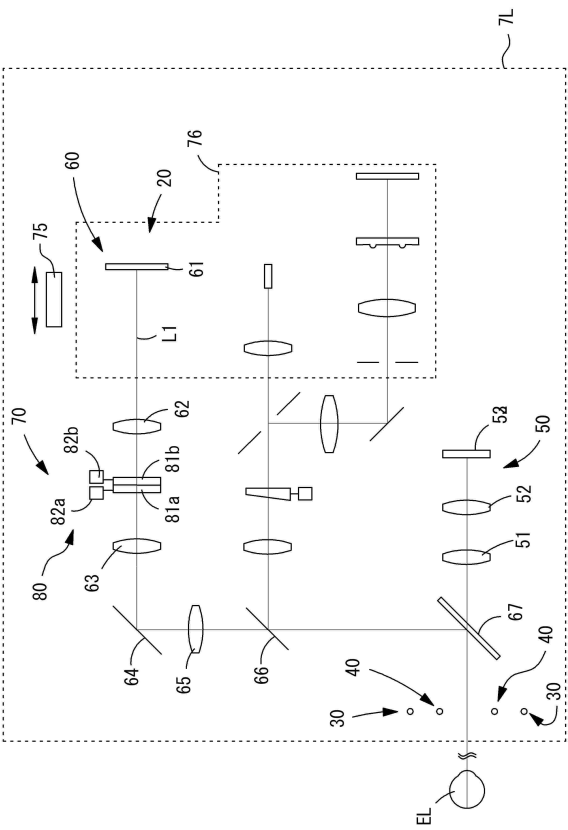
40

【図面】

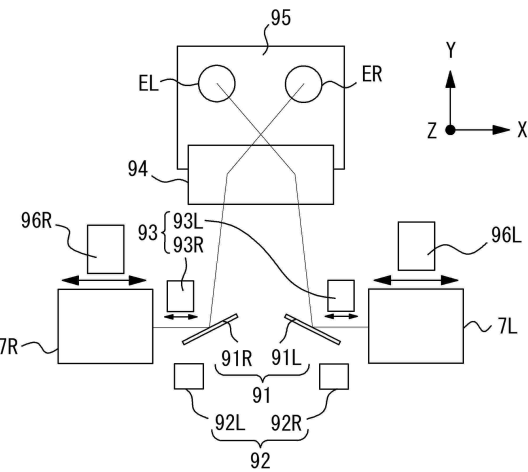
【図 1】



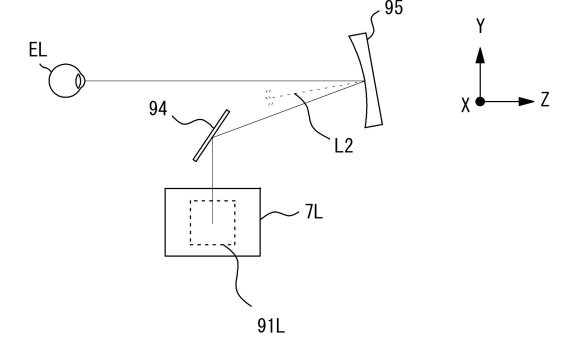
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

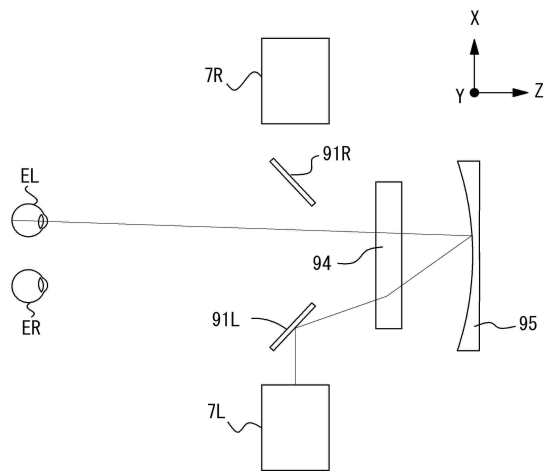
20

30

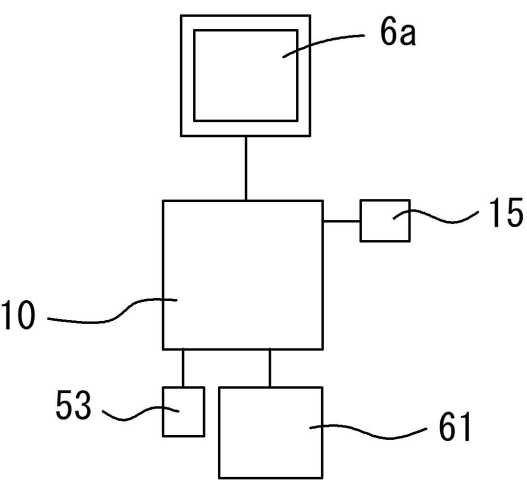
40

50

【図 5】

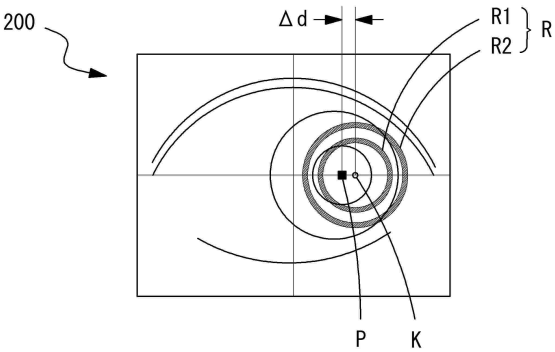


【図 6】

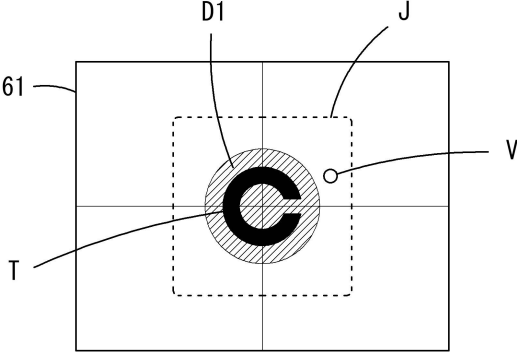


10

【図 7】



【図 8】



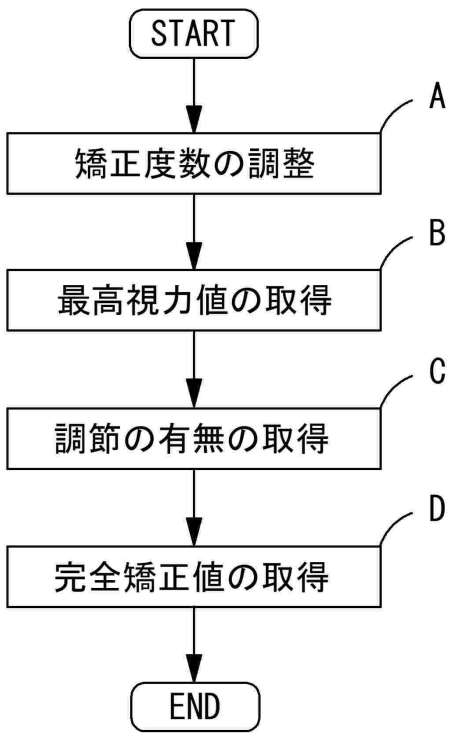
20

30

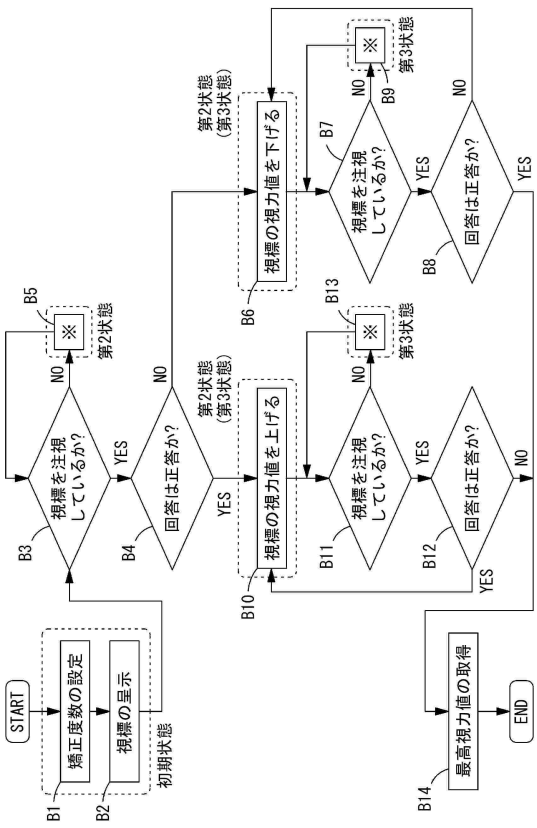
40

50

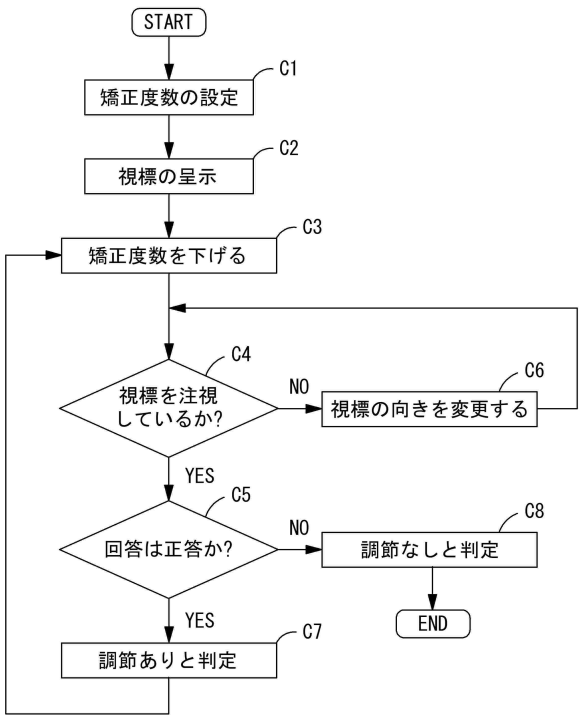
【図 9】



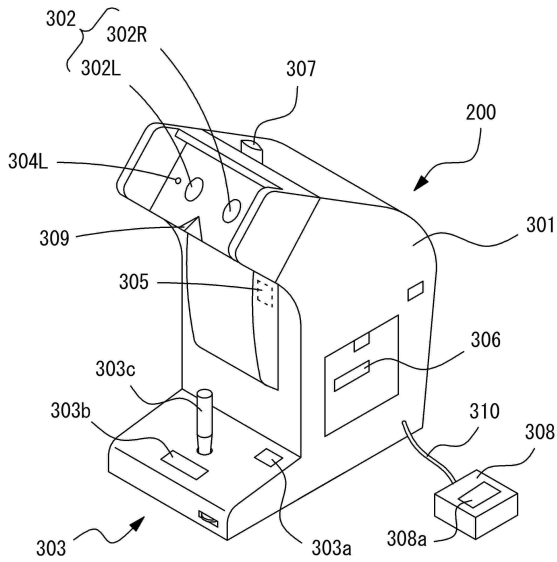
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

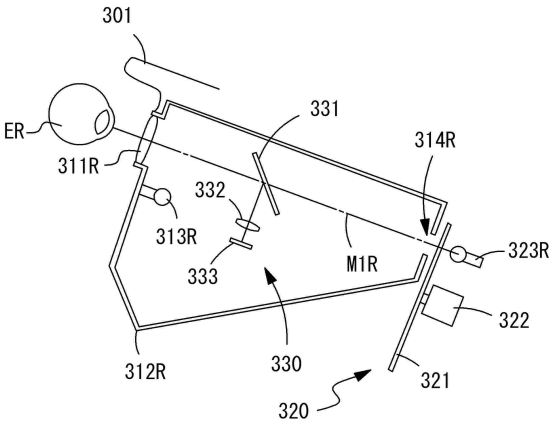
20

30

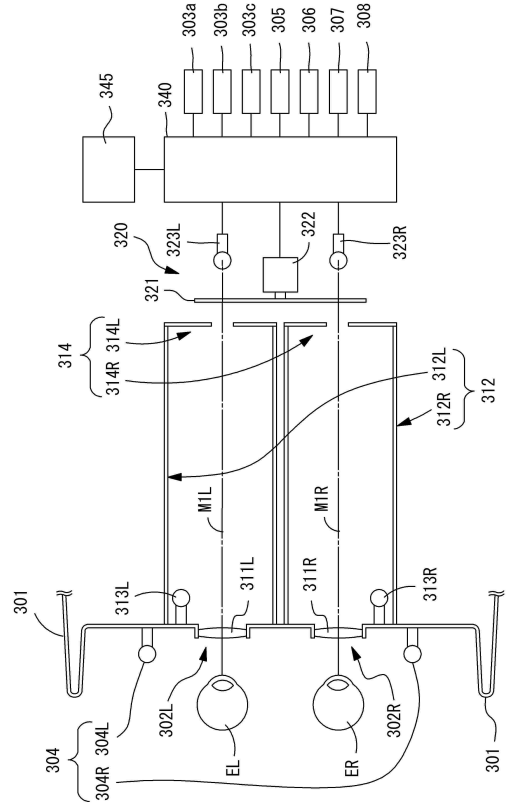
40

50

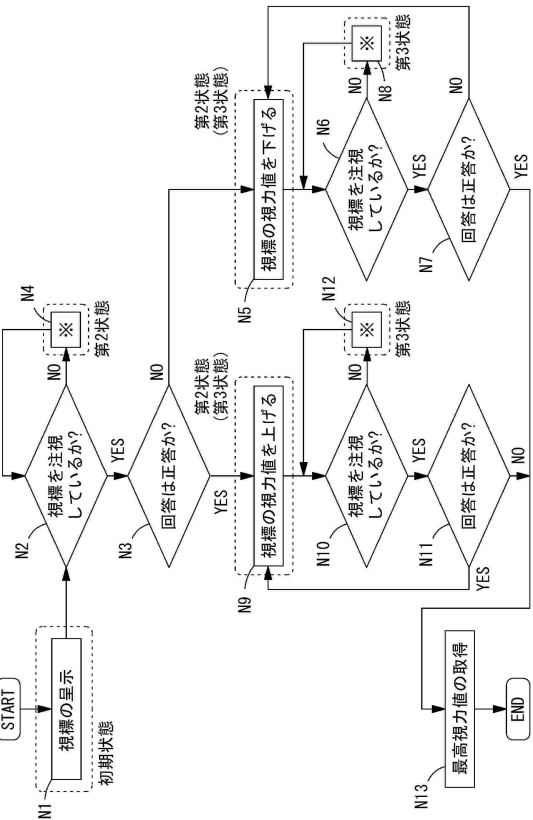
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 2 0 - 0 6 9 2 0 1 (J P , A)
特開 2 0 2 0 - 0 8 9 4 4 5 (J P , A)
特開平 0 8 - 2 6 6 4 6 6 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 7 / 0 2 2 7 5 7 (W O , A 1)
特開 2 0 1 9 - 1 4 6 9 1 5 (J P , A)
特開 2 0 2 0 - 0 2 8 6 2 7 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 0 9 7 8 0 6 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 1 6 0 5 4 9 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 2 0 3 9 5 7 (J P , A)

- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
A 6 1 B 3 / 1 0 3
A 6 1 B 3 / 0 2 8