

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2021-69415

(P2021-69415A)

(43) 公開日 令和3年5月6日(2021.5.6)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 3/15 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 3/15

テーマコード (参考)

4 C 3 1 6

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2019-196011 (P2019-196011)
 (22) 出願日 令和1年10月29日 (2019.10.29)

(71) 出願人 000220343
 株式会社トプコン
 東京都板橋区蓮沼町75番1号
 (74) 代理人 100083116
 弁理士 松浦 憲三
 (74) 代理人 100170069
 弁理士 大原 一樹
 (74) 代理人 100128635
 弁理士 松村 潔
 (74) 代理人 100140992
 弁理士 松浦 憲政
 (72) 発明者 白鳥 貴朗
 東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社
 トプコン内

最終頁に続く

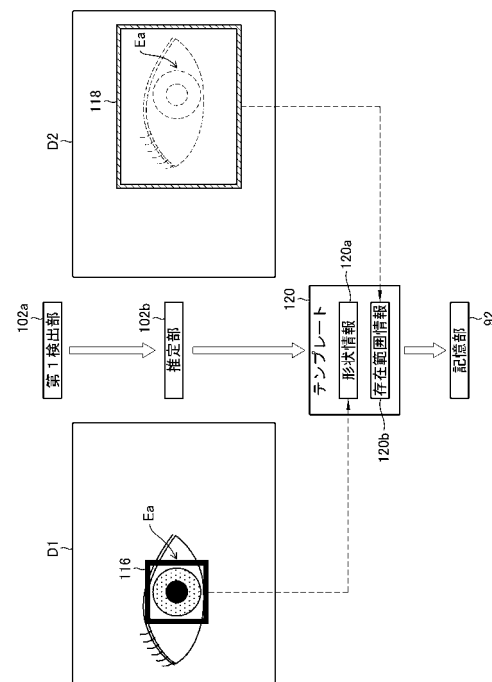
(54) 【発明の名称】 眼科装置及びその制御方法

(57) 【要約】

【課題】被検眼の眼特性の取得を精度良く且つ確実に行うことができる眼科装置及びその制御方法を提供する。

【解決手段】被検者の顔を支持する顔支持部と、顔支持部により支持されている顔の被検眼の前眼部像を繰り返し取得する前眼部像取得部と、前眼部像取得部により繰り返し取得された前眼部像に基づき、前眼部像ごとに被検眼の瞳孔像を検出する瞳孔像検出部と、瞳孔像検出部による前眼部像ごとの瞳孔像の検出結果に基づき、顔支持部により顔が適正に支持されているか否かを判定する判定部と、を備える。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検者の顔を支持する顔支持部と、
前記顔支持部により支持されている前記顔の被検眼の前眼部像を繰り返し取得する前眼部像取得部と、
前記前眼部像取得部により繰り返し取得された前記前眼部像に基づき、前記前眼部像ごとに前記被検眼の瞳孔像を検出する瞳孔像検出部と、
前記瞳孔像検出部による前記前眼部像ごとの前記瞳孔像の検出結果に基づき、前記顔支持部により前記顔が適正に支持されているか否かを判定する判定部と、
を備える眼科装置。

10

【請求項 2】

前記前眼部像取得部が、前記被検眼を互いに異なる方向から撮影する複数のカメラから前記前眼部像を繰り返し取得し、
前記瞳孔像検出部が、
前記複数のカメラの中の第 1 カメラにより撮影された前記前眼部像から前記瞳孔像を検出する第 1 検出部と、
前記第 1 検出部の検出結果に基づき、前記複数のカメラの中の前記第 1 カメラとは異なる第 2 カメラにより撮影される前記前眼部像に含まれる前記瞳孔像であって且つ前記被検眼の固視微動に応じて移動する前記瞳孔像の存在範囲を推定する推定部と、
前記推定部の推定結果に基づき、前記第 2 カメラにより撮影された前記前眼部像の前記存在範囲内からの前記瞳孔像の検出を行う第 2 検出部と、
前記前眼部像取得部が前記前眼部像を取得するごとに、前記第 1 検出部、前記推定部、及び前記第 2 検出部を繰り返し作動させる繰り返し制御部と、
を備え、
前記判定部が、前記第 2 検出部による繰り返しの検出結果に基づき、前記顔支持部により前記顔が適正に支持されているか否かを判定する請求項 1 に記載の眼科装置。

20

【請求項 3】

前記前眼部像取得部が、前記被検眼を互いに異なる方向から撮影する第 1 カメラ及び第 2 カメラから前記前眼部像を取得する 1 回目の画像取得処理と、前記第 2 カメラから前記前眼部像を繰り返し取得する 2 回目以降の画像取得処理と、を実行し、
前記瞳孔像検出部が、
前記 1 回目の画像取得処理で前記前眼部像取得部が前記第 1 カメラより取得した前記前眼部像から前記瞳孔像を検出する第 1 検出部と、
前記第 1 検出部の検出結果に基づき、前記前眼部像取得部が前記第 2 カメラより取得した前記前眼部像に含まれる前記瞳孔像であって且つ前記被検眼の固視微動に応じて移動する前記瞳孔像の存在範囲を推定する推定部と、
前記推定部の推定結果に基づき、前記前眼部像取得部が前記第 2 カメラより取得した前記前眼部像の前記存在範囲内からの前記瞳孔像の検出を行う第 2 検出部と、
前記前眼部像取得部が前記 2 回目以降の画像取得処理で前記第 2 カメラより前記前眼部像を取得するごとに、前記第 2 検出部を繰り返し作動させる繰り返し制御部と、
を備え、
前記判定部が、前記第 2 検出部による繰り返しの検出結果に基づき、前記顔支持部により前記顔が適正に支持されているか否かを判定する請求項 1 に記載の眼科装置。

30

40

【請求項 4】

前記判定部が、前記第 2 検出部による繰り返しの検出結果に基づき、前記存在範囲内での前記瞳孔像の検出が予め定めた一定時間以上継続する場合には前記顔支持部により前記顔が適正に支持されていると判定し、前記存在範囲内での前記瞳孔像の検出が前記一定時間以上継続しない場合には前記顔支持部により前記顔が適正に支持されていないと判定する請求項 2 又は 3 に記載の眼科装置。

【請求項 5】

50

前記推定部が、前記第 1 検出部の検出結果に基づき、前記第 1 カメラにより撮影された前記前眼部像から前記瞳孔像の前記存在範囲及び形状を示すテンプレートを作成し、

前記第 2 検出部が、前記推定部が作成した前記テンプレートに基づき、テンプレートマッチングによって、前記第 2 カメラにより撮影された前記前眼部像の前記存在範囲内から前記瞳孔像を検出する請求項 2 から 4 のいずれか 1 項に記載の眼科装置。

【請求項 6】

前記前眼部像取得部が、前記被検眼を互いに異なる方向から撮影する複数のカメラのいずれか 1 つから前記前眼部像を繰り返し取得する請求項 1 に記載の眼科装置。

【請求項 7】

対物レンズを通して前記被検眼の眼特性を取得する眼特性取得部と、

10

前記対物レンズを通して前記被検眼の撮影を行う前眼部観察系と、

を備え、

前記前眼部像取得部が、前眼部観察系から前記前眼部像を繰り返し取得する請求項 1 に記載の眼科装置。

【請求項 8】

対物レンズを通して前記被検眼の眼特性を取得する眼特性取得部と、

前記眼特性取得部を収容する眼科装置本体と、

前記被検眼に対して前記眼科装置本体を相対移動させる相対移動機構と、

前記前眼部像取得部が取得した前記前眼部像に基づき、前記眼科装置本体に対する前記被検眼の相対位置を検出する相対位置検出部と、

20

前記相対位置検出部の検出結果に基づき、前記相対移動機構を駆動して、前記被検眼に対して前記眼科装置本体のアライメントを実行するアライメント制御部と、

を備える請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の眼科装置。

【請求項 9】

前記判定部が前記顔支持部により前記顔が適正に支持されていないと判定した場合に、前記判定部の判定結果を報知する報知部を備える請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の眼科装置。

【請求項 10】

前記顔支持部による前記顔の支持位置を変更する支持位置変更機構を有し、

前記報知部が、前記支持位置変更機構を駆動して前記支持位置を変更させる請求項 9 に記載の眼科装置。

30

【請求項 11】

前記顔支持部による前記顔の支持位置を変更する支持位置変更機構と、

前記顔支持部により前記顔が適正に支持されていないと前記判定部が判定した場合に、前記支持位置変更機構を駆動して、前記顔の支持位置を変更する支持位置変更制御部と、

前記支持位置変更機構により前記顔の支持位置が変更された場合に、前記前眼部像取得部、前記瞳孔像検出部、及び前記判定部を繰り返し作動させる再判定制御部と、

を備える請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の眼科装置。

【請求項 12】

被検者の顔を支持する顔支持部により支持されている前記顔の被検眼の前眼部像を繰り返し取得する前眼部像取得ステップと、

40

前記前眼部像取得ステップにより繰り返し取得された前記前眼部像に基づき、前記前眼部像ごとに前記被検眼の瞳孔像を検出する瞳孔像検出ステップと、

前記瞳孔像検出ステップによる前記前眼部像ごとの前記瞳孔像の検出結果に基づき、前記顔支持部により前記顔が適正に支持されているか否かを判定する判定ステップと、

を有する眼科装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被検者の顔を支持する顔支持部を備える眼科装置及びその制御方法に関する

50

。

【背景技術】

【0002】

眼科では、被検眼の眼底撮影像、眼底断層像、眼屈折力、眼圧、角膜内皮細胞の数、及び角膜形状などの各種の眼特性の取得（測定、撮影、及び観察等）を眼科装置により行う。この場合には、取得する眼特性の精度、確度及び画質等の観点から、被検眼に対する眼科装置の測定ヘッド（光学系）の位置合わせ、すなわちアライメントが極めて重要となる。このため、眼科装置では、被検者の顔を顎受け等の顔支持部により支持している状態で測定ヘッドに対する被検眼の相対位置を検出し、この検出結果に基づき被検眼に対して光学系を相対移動させることにより、アライメントを自動で行う所謂フルオートアライメント（以下、単にオートアライメントという）を行うことが通常である。

10

【0003】

例えば特許文献1及び特許文献2には、顔支持部により支持された顔に対向する位置に配置されたステレオカメラを用いて被検眼の前眼部を互いに異なる方向から同時撮影する眼科装置が開示されている。この眼科装置では、ステレオカメラの撮影画像を解析して得られた被検眼の3次元位置に基づき、被検眼に対する測定ヘッドのオートアライメントを行う。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2013-248376号公報

【特許文献2】特開2014-200678号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、顎受け等の顔支持部により被検者の顔が適正に支持されていない場合、例えば顎受けから被検者の顔が浮いているような場合には、被検眼の眼特性の取得中に顔（被検眼）が動いてしまうことがある。その結果、取得する眼特性の精度が低くなったり或いは眼特性の取得に失敗したりするおそれがある。例えば被検眼の眼底撮影を行う場合において、この撮影中に顔が動くとき眼底撮影像にボケ及びフレアが発生したり、或いは撮影に失敗したりしてしまう。このような問題は、オートアライメントの精度をどれだけ高くしたとしても解決することができない。

30

【0006】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、被検眼の眼特性の取得を精度良く且つ確実に行うことができる眼科装置及びその制御方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の目的を達成するための眼科装置は、被検者の顔を支持する顔支持部と、顔支持部により支持されている顔の被検眼の前眼部像を繰り返し取得する前眼部像取得部と、前眼部像取得部により繰り返し取得された前眼部像に基づき、前眼部像ごとに被検眼の瞳孔像を検出する瞳孔像検出部と、瞳孔像検出部による前眼部像ごとの瞳孔像の検出結果に基づき、顔支持部により顔が適正に支持されているか否かを判定する判定部と、を備える。

40

【0008】

この眼科装置によれば、顔支持部により被検者の顔が適正に支持されている状態で被検眼の眼特性の取得を実行することができる。

【0009】

本発明の他の態様に係る眼科装置において、前眼部像取得部が、被検眼を互いに異なる方向から撮影する複数のカメラから前眼部像を繰り返し取得し、瞳孔像検出部が、複数のカメラの中の第1カメラにより撮影された前眼部像から瞳孔像を検出する第1検出部と、第1検出部の検出結果に基づき、複数のカメラの中の第1カメラとは異なる第2カメラに

50

より撮影される前眼部像に含まれる瞳孔像であって且つ被検眼の固視微動に応じて移動する瞳孔像の存在範囲を推定する推定部と、推定部の推定結果に基づき、第2カメラにより撮影された前眼部像の存在範囲内からの瞳孔像の検出を行う第2検出部と、前眼部像取得部が前眼部像を取得するごとに、第1検出部、推定部、及び第2検出部を繰り返し作動させる繰り返し制御部と、を備え、判定部が、第2検出部による繰り返しの検出結果に基づき、顔支持部により顔が適正に支持されているか否かを判定する。これにより、顔支持部により被検者の顔が適正に支持されている状態で被検眼の眼特性の取得を実行することができる。

【0010】

本発明の他の態様に係る眼科装置において、前眼部像取得部が、被検眼を互いに異なる方向から撮影する第1カメラ及び第2カメラから前眼部像を取得する1回目の画像取得処理と、第2カメラから前眼部像を繰り返し取得する2回目以降の画像取得処理と、を実行し、瞳孔像検出部が、1回目の画像取得処理で前眼部像取得部が第1カメラより取得した前眼部像から瞳孔像を検出する第1検出部と、第1検出部の検出結果に基づき、前眼部像取得部が第2カメラより取得した前眼部像に含まれる瞳孔像であって且つ被検眼の固視微動に応じて移動する瞳孔像の存在範囲を推定する推定部と、推定部の推定結果に基づき、前眼部像取得部が第2カメラより取得した前眼部像の存在範囲内からの瞳孔像の検出を行う第2検出部と、前眼部像取得部が2回目以降の画像取得処理で第2カメラより前眼部像を取得するごとに、第2検出部を繰り返し作動させる繰り返し制御部と、を備え、判定部が、第2検出部による繰り返しの検出結果に基づき、顔支持部により顔が適正に支持されているか否かを判定する。これにより、判定部の判定が完了するまでに要する時間を短縮させることができる。

【0011】

本発明の他の態様に係る眼科装置において、判定部が、第2検出部による繰り返しの検出結果に基づき、存在範囲内での瞳孔像の検出が予め定めた一定時間以上継続する場合には顔支持部により顔が適正に支持されていると判定し、存在範囲内での瞳孔像の検出が一定時間以上継続しない場合には顔支持部により顔が適正に支持されていないと判定する。これにより、顔支持部により被検者の顔が適正に支持されている状態で被検眼の眼特性の取得を実行することができる。

【0012】

本発明の他の態様に係る眼科装置において、推定部が、第1検出部の検出結果に基づき、第1カメラにより撮影された前眼部像から瞳孔像の存在範囲及び形状を示すテンプレートを作成し、第2検出部が、推定部が作成したテンプレートに基づき、テンプレートマッチングによって、第2カメラにより撮影された前眼部像の存在範囲内から瞳孔像を検出する。これにより、第2カメラにより撮影された前眼部像からの瞳孔像の検出を簡易的に行うことができる。

【0013】

本発明の他の態様に係る眼科装置において、前眼部像取得部が、被検眼を互いに異なる方向から撮影する複数のカメラのいずれか1つから前眼部像を繰り返し取得する。これにより、既存の1つカメラを用いて、顔支持部により顔が適正に支持されているか否かを判定することができる。

【0014】

本発明の他の態様に係る眼科装置において、対物レンズを通して被検眼の眼特性を取得する眼特性取得部と、対物レンズを通して被検眼の撮影を行う前眼部観察系と、を備え、前眼部像取得部が、前眼部観察系から前眼部像を繰り返し取得する。これにより、既存の前眼部観察系を用いて、顔支持部により顔が適正に支持されているか否かを判定することができる。

【0015】

本発明の他の態様に係る眼科装置において、対物レンズを通して被検眼の眼特性を取得する眼特性取得部と、眼特性取得部を収容する眼科装置本体と、被検眼に対して眼科装置

10

20

30

40

50

本体を相対移動させる相対移動機構と、前眼部像取得部が取得した前眼部像に基づき、眼科装置本体に対する被検眼の相対位置を検出する相対位置検出部と、相対位置検出部の検出結果に基づき、相対移動機構を駆動して、被検眼に対して眼科装置本体のアライメントを実行するアライメント制御部と、を備える。これにより、顔支持部により顔が適正に支持されているか否かの判定の処理と、オートアライメントの処理とを並行して行うことができる。

【0016】

本発明の他の態様に係る眼科装置において、判定部が顔支持部により顔が適正に支持されていないと判定した場合に、判定部の判定結果を報知する報知部を備える。これにより、顔支持部により顔が適正に支持されていないことを検者に報知することができる。

10

【0017】

本発明の他の態様に係る眼科装置において、顔支持部による顔の支持位置を変更する支持位置変更機構を有し、報知部が、支持位置変更機構を駆動して支持位置を変更させる。これにより、顔支持部により顔が適正に支持されていないことを被検者にも報知することができる。

【0018】

本発明の他の態様に係る眼科装置において、顔支持部による顔の支持位置を変更する支持位置変更機構と、顔支持部により顔が適正に支持されていないと判定部が判定した場合に、支持位置変更機構を駆動して、顔の支持位置を変更する支持位置変更制御部と、支持位置変更機構により顔の支持位置が変更された場合に、前眼部像取得部、瞳孔像検出部、及び判定部を繰り返し作動させる再判定制御部と、を備える。これにより、検者が何らの操作或いは注意喚起を行うことなく顔支持部により顔を適正に支持させることができるので、検者の手間を減らすことができる。

20

【0019】

本発明の目的を達成するための眼科装置の制御方法は、被検者の顔を支持する顔支持部により支持されている顔の被検眼の前眼部像を繰り返し取得する前眼部像取得ステップと、前眼部像取得ステップにより繰り返し取得された前眼部像に基づき、前眼部像ごとに被検眼の瞳孔像を検出する瞳孔像検出ステップと、瞳孔像検出ステップによる前眼部像ごとの瞳孔像の検出結果に基づき、顔支持部により顔が適正に支持されているか否かを判定する判定ステップと、を有する。

30

【発明の効果】

【0020】

本発明は、被検眼の眼特性の取得を精度良く且つ確実に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】被検者側から見た第1実施形態の眼科装置の正面斜視図である。

【図2】検者側から見た眼科装置の背面斜視図である。

【図3】レンズ収容部の正面図である。

【図4】眼科装置の測定ヘッドの構成の一例を示す概略図である。

【図5】第1実施形態の演算制御ユニットの機能ブロック図である。

40

【図6】第1検出部による瞳孔像の検出処理を説明するための説明図である。

【図7】推定部によるテンプレートの作成を説明するための説明図である。

【図8】第2検出部による前眼部像からの瞳孔像の検出処理を説明するための説明図である。

【図9】モニタによる警告情報の表示の一例を示した説明図である。

【図10】顔支持部により被検者の顔が適正に支持されていないことを被検者に対して報知する例を示した説明図である。

【図11】第1実施形態の眼科装置による被検眼の眼特性の取得処理、特に顔支持判定処理の流れを示すフローチャートである。

【図12】第2実施形態の眼科装置による被検眼の眼特性の取得処理、特に本発明の眼科

50

装置の制御方法に係る顔支持判定処理の流れを示すフローチャートである。

【図 1 3】第 3 実施形態の眼科装置の演算制御ユニットの機能ブロック図である。

【図 1 4】第 3 実施形態の眼科装置による被検眼の眼特性の取得処理、特に本発明の眼科装置の制御方法に係る顔支持判定処理の流れ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】

【0022】

〔第 1 実施形態の眼科装置の全体構成〕

図 1 は、被検者側から見た第 1 実施形態の眼科装置 10 の正面斜視図である。図 2 は、検者側から見た眼科装置 10 の背面斜視図である。なお、図中の X 方向は被検者を基準とした左右方向（図 4 に示す被検眼 E の眼幅方向）であり、Y 方向は上下方向であり、Z 方向は被検者に近づく前方向と被検者から遠ざかる後方向とに平行な前後方向（作動距離方向ともいう）である。

10

【0023】

図 1 及び図 2 に示すように、眼科装置 10 は、眼底カメラと、光コヒーレンストモグラフィ（Optical Coherence Tomography：OCT）を用いて断層像である OCT 画像を得る光干渉断層計と、を組み合わせた複合機である。眼科装置 10 は、被検眼 E（図 4 参照）の眼特性として、眼底 E f（図 4 参照）の眼底撮影像及び OCT 画像を取得（測定、撮影、及び観察等）する。この眼科装置 10 は、ベース 11 と、顔支持部 12 と、架台 13 と、測定ヘッド 14 と、を備える。

【0024】

20

ベース 11 上には架台 13 が設けられている。また、ベース 11 内には、後述の演算制御ユニット 22（図 4 参照）等が格納されている。

【0025】

顔支持部 12 は、測定ヘッド 14 の Z 方向の前方向側の位置において、ベース 11 と一体に設けられている。この顔支持部 12 は、Y 方向（上下方向）に位置調整可能な顎受け 12 a 及び額当て 12 b を有しており、被検者の顔を測定ヘッド 14（後述の対物レンズ 43）等の眼科装置本体に対向する位置に支持する。

【0026】

また、顔支持部 12 には、本発明の支持位置変更機構に相当する電動昇降機構 12 c が設けられている。電動昇降機構 12 c は、モータ駆動機構等の公知のアクチュエータであり、後述の演算制御ユニット 22（図 4 参照）の制御の下、顎受け 12 a 及び額当て 12 b を Y 方向に移動させることで、被検者の顔の支持位置を変更する。

30

【0027】

さらに、顔支持部 12 には外部固視灯 15 が設けられている。外部固視灯 15 は、固視光を出射する光源を有し、この光源の位置及び固視光の出射方向を任意に調整することができる。この外部固視灯 15 は外部固視に用いられる。外部固視は、外部固視灯 15 の光源の位置を調整することで被検眼 E（図 4 参照）を任意の方向に回旋させたり、或いは内部固視時よりも大きく回旋させたり、或いは内部固視が行えない場合に被検眼 E 又は僚眼の視線を誘導することで被検眼 E の向きを調整したりする固視方式である。

【0028】

40

架台 13 は、ベース 11 に対して X 方向及び Z 方向（前後左右方向）に移動可能に設けられている。この架台 13 上には操作部 16 が設けられている。また、架台 13 上には測定ヘッド 14 が Y 方向に移動可能に設けられている。

【0029】

また、架台 13 には、本発明の相対移動機構に相当する電動駆動機構 17（図 4 参照）が設けられている。電動駆動機構 17 は、モータ駆動機構等の公知のアクチュエータであり、後述の演算制御ユニット 22（図 4 参照）の制御の下、架台 13 を X Z 方向に移動させると共に測定ヘッド 14 を Y 方向に移動させる。これにより、被検眼 E に対して測定ヘッド 14 が X Y Z 方向に相対移動される。

【0030】

50

操作部 16 は、架台 13 上で且つ測定ヘッド 14 の Z 方向の後方向側（検者側）の位置に設けられている。操作部 16 には、眼科装置 10 の各種操作を行うための操作ボタンの他、操作レバー 16a が設けられている。

【0031】

操作レバー 16a は、測定ヘッド 14 を XYZ の各方向に手で移動させるための操作部材である。例えば、操作レバー 16a が Z 方向（前後方向）又は X 方向（左右方向）に傾倒操作されると、上述の電動駆動機構 17（図 4 参照）により測定ヘッド 14 が Z 方向又は X 方向に移動される。また、操作レバー 16a がその長手軸周りに回転操作されると、その回転操作方向に応じて、電動駆動機構 17 により測定ヘッド 14 が Y 方向（上下方向）に移動される。

10

【0032】

測定ヘッド 14 は、本発明の眼科装置本体を構成する。この測定ヘッド 14 には、後述の図 4 に示す眼底カメラユニット 14a 及び OCT ユニット 14b が内蔵されている。また、測定ヘッド 14 の Z 方向の後方向側（検者側）の背面にはモニタ 18 が設けられている。また、測定ヘッド 14 の Z 方向の前方向側（被検者側）の正面にはレンズ収容部 19 が設けられている。

【0033】

モニタ 18 は、例えばタッチパネル式の液晶表示装置が用いられる。このモニタ 18 は、被検眼 E（図 4 参照）の各種の撮影データ、及び各種の設定操作のための入力画面などを表示する。

20

【0034】

図 3 は、レンズ収容部 19 の正面図である。図 3 に示すように、レンズ収容部 19 は、眼底カメラユニット 14a（図 4 参照）の一部を構成し且つ Z 方向に平行な光軸 OA を有する対物レンズ 43 を収容している。また、レンズ収容部 19 には、対物レンズ 43 を囲むように、対物レンズ 43 の周方向に沿って等間隔で配置された 8 個の固視孔 19a（固視灯ともいう）が設けられている。各固視孔 19a は、操作部 16 での操作に応じて選択的に固視光を Z 方向に出射する。

【0035】

各固視孔 19a は、周辺固視及び被検眼 E（図 4 参照）の隅角（虹彩の端）の撮影等に用いられる。周辺固視は、各固視孔 19a を選択的に点灯させることで所望の方向に被検眼 E を大きく回旋させる固視方式である。

30

【0036】

また、測定ヘッド 14 の正面であって且つレンズ収容部 19 の近傍位置には、本発明の複数のカメラに相当するステレオカメラ 20 が設けられている。ステレオカメラ 20 は、第 1 カメラ 20a 及び第 2 カメラ 20b を有する。第 1 カメラ 20a 及び第 2 カメラ 20b は、測定ヘッド 14 の Z 方向の前方向側の面（被検眼 E に対向する面）において、対物レンズ 43 をその左右から挟み込むように配置されている。

【0037】

図 4 は、眼科装置 10 の測定ヘッド 14 の構成の一例を示す概略図である。図 4 に示すように、測定ヘッド 14 は、眼底カメラユニット 14a、OCT ユニット 14b、ステレオカメラ 20、及び演算制御ユニット 22 等を備える。

40

【0038】

眼底カメラユニット 14a は、従来の眼底カメラとほぼ同様の光学系を有しており、対物レンズ 43 を通して、被検眼 E の前眼部 E a 等の各種観察像を取得（撮影）すると共に被検眼 E の眼特性として眼底 E f の眼底撮影像を取得する。OCT ユニット 14b は、対物レンズ 43 及び眼底カメラユニット 14a の一部の光学系を通して、被検眼 E の眼特性として眼底 E f の OCT 画像を取得する。このため、眼底カメラユニット 14a は本発明の眼特性取得部及び前眼部観察系として機能する。また、OCT ユニット 14b は、本発明の眼特性取得部として機能する。

【0039】

50

演算制御ユニット 22 は、ベース 11（測定ヘッド 14 内でも可）内に収容されており、各種の演算処理及び制御処理等を実行するパーソナルコンピュータ等の演算処理装置である。

【0040】

〔眼底カメラユニット〕

眼底カメラユニット 14a は、前眼部 E a 等の観察像、及び眼底 E f の表面形態を表す 2 次元画像である眼底撮影像を取得するための光学系として、照明光学系 30 及び撮像光学系 50 を備える。

【0041】

照明光学系 30 は、眼底 E f に対して照明光を照射する。撮像光学系 50 は、眼底 E f で反射された照明光の眼底反射光を、例えば CMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）型又は CCD（Charge Coupled Device）型の撮像素子 57、60 に導く。また、撮像光学系 50 は、OCT 光学系 80（OCT ユニット 14b）から出力された信号光を眼底 E f に導くと共に、眼底 E f を経由した信号光を OCT 光学系 80 に導く。

【0042】

照明光学系 30 は、観察光源 31、反射ミラー 32、集光レンズ 33、可視カットフィルタ 34、撮影光源 35、ミラー 36、リレーレンズ 37、38、絞り 39、リレーレンズ 40、孔開きミラー 41、ダイクロイックミラー 42、及び対物レンズ 43 等を備える。

【0043】

撮像光学系 50 は、既述の対物レンズ 43、ダイクロイックミラー 42、及び孔開きミラー 41 の他に、合焦レンズ 51、ミラー 52、ハーフミラー 53、視標表示部 54、ダイクロイックミラー 55、集光レンズ 56、撮像素子 57、ミラー 58、集光レンズ 59、及び撮像素子 60 等を備える。

【0044】

観察光源 31 は、例えばハロゲンランプ又は LED（light emitting diode）等が用いられ、観察照明光を出射する。観察光源 31 から出射された観察照明光は、反射ミラー 32 により反射され、集光レンズ 33 を経由して可視カットフィルタ 34 を透過することにより近赤外光となる。可視カットフィルタ 34 を透過した観察照明光は、撮影光源 35 の近傍にて一旦集束し、ミラー 36 により反射され、リレーレンズ 37、38、絞り 39、及びリレーレンズ 40 を経由する。そして、観察照明光は、孔開きミラー 41 の周辺部（孔部の周囲の領域）にて反射された後、ダイクロイックミラー 42 を透過し、さらに対物レンズ 43 により屈折されて眼底 E f を照明する。

【0045】

観察照明光の眼底反射光は、対物レンズ 43 により屈折され、ダイクロイックミラー 42、孔開きミラー 41 の中心領域に形成された孔部、及び合焦レンズ 51 を経由した後、ミラー 52 により反射される。さらに、この眼底反射光は、ハーフミラー 53 を透過した後、ダイクロイックミラー 55 により反射されることで、集光レンズ 56 により撮像素子 57 の受光面に結像される。撮像素子 57 は、眼底反射光を撮像（受光）して撮像信号を後述の演算制御ユニット 22 へ出力する。演算制御ユニット 22 は、撮像素子 57 から出力された撮像信号に基づく各種観察像をモニタ 18 に表示させる。なお、撮像光学系 50 のピントが被検眼 E の前眼部 E a に調整されている場合には前眼部 E a の観察像がモニタ 18 に表示され、撮像光学系 50 のピントが眼底 E f に調整されている場合には眼底 E f の観察像がモニタ 18 に表示される。

【0046】

撮影光源 35 は、例えばキセノンランプ又は LED 光源等が用いられ、撮影照明光を出射する。撮影光源 35 から出射された撮影照明光は、既述の観察照明光と同様の経路を通過して眼底 E f に照射される。撮影照明光の眼底反射光は、観察照明光の眼底反射光と同様の経路を通過してダイクロイックミラー 55 まで導かれ、このダイクロイックミラー 55 を透過した後、ミラー 58 により反射されることで、集光レンズ 59 により撮像素子 60 の

受光面に結像される。

【0047】

撮像素子60は、眼底反射光を撮像（受光）して撮像信号を後述の演算制御ユニット22へ出力する。演算制御ユニット22は、撮像素子60から出力された撮像信号に基づく眼底撮影像をモニタ18に表示させる。なお、各種観察像を表示するモニタ18と眼底撮影像を表示するモニタ18とは、同一のものであってもよいし、互いに異なるものであってもよい。

【0048】

視標表示部54は、対物レンズ43を通して被検眼Eに固視標（輝点像）の固視光を投射する内部固視に用いられるものであり、例えばドットマトリクス液晶ディスプレイ（LCD：Liquid Crystal Display）及びマトリクス発光ダイオード（LED）などが用いられる。この視標表示部54は固視標を表示する。また、視標表示部54は、固視標の表示態様（形状等）及び表示位置を任意に設定可能である。

【0049】

視標表示部54に表示された固視標の固視光は、その一部がハーフミラー53にて反射された後、ミラー52、合焦レンズ51、ダイクロイックミラー55、孔開きミラー41の孔部、ダイクロイックミラー42、及び対物レンズ43を経て被検眼Eに投射される。これにより、対物レンズ43を通して、被検眼Eに対して固視標及び視力測定用視標などが提示される。

【0050】

眼底カメラユニット14aは、フォーカス光学系70を備える。フォーカス光学系70は、眼底Efに対してフォーカス（ピント）を合わせるためのスプリット指標を生成する。フォーカス光学系70は、既述の対物レンズ43、ダイクロイックミラー42、及び孔開きミラー41の他に、LED71、リレーレンズ72、スプリット指標板73、二孔絞り74、ミラー75、集光レンズ76、及び反射棒77を備える。

【0051】

反射棒77の反射面は、フォーカス光学系70によるフォーカス調整が行われる場合に照明光学系30の光路上にセットされる。LED71から出射されたフォーカス光は、リレーレンズ72を通過し、スプリット指標板73により2つの光束に分離された後、二孔絞り74、ミラー75、及び集光レンズ76を経て反射棒77の反射面に一旦結像され、この反射面にてリレーレンズ40に向けて反射される。さらにフォーカス光は、リレーレンズ40、孔開きミラー41、ダイクロイックミラー42、及び対物レンズ43を経て眼底Efに投射される。

【0052】

フォーカス光の眼底反射光は、対物レンズ43、ダイクロイックミラー42、及び孔開きミラー41の孔部を経由し、その一部がダイクロイックミラー55を透過した後、合焦レンズ51、ミラー52、ハーフミラー53、ダイクロイックミラー55、及び集光レンズ56を経て撮像素子57により撮像される。撮像素子57は、フォーカス光の眼底反射光を撮像して撮像信号を出力する。これにより、モニタ18に観察画像と共にスプリット指標が表示される。後述の演算制御ユニット22は、従来と同様に、スプリット指標の位置を解析して合焦レンズ51等を移動させてピント合わせを自動で行う。また、モニタ18に表示されるスプリット指標に基づき検者が手でピント合わせを行ってもよい。

【0053】

ダイクロイックミラー42は、眼底撮影用の光路からOCT光学系80の光路を分岐させている。ダイクロイックミラー42は、OCT計測に用いられる波長帯の光を反射し、眼底撮影用の光を透過させる。このOCT光学系80の光路には、OCTユニット14b側から順に、コリメータレンズユニット81と、光路長変更部82と、ガルバノスキャナ83と、合焦レンズ84と、ミラー85と、リレーレンズ86と、が設けられている。

【0054】

光路長変更部82は、例えばコーナーキューブと、これを移動する機構と、を含む。光

10

20

30

40

50

路長変更部 82 は、図中に示す矢印の方向に移動可能とされ、OCT 光学系 80 の光路長を変更する。この光路長の変更は、被検眼 E の眼軸長に応じた光路長の補正、及び干渉状態の調整などに利用される。

【0055】

ガルバノスキャナ 83 は、OCT 光学系 80 の光路を通過する信号光の進行方向を変更する。これにより、眼底 E f を信号光で走査することができる。ガルバノスキャナ 83 は、たとえば、信号光を X 方向に走査するガルバノミラーと、Y 方向に走査するガルバノミラーと、これらを独立に駆動する機構とを含む。これにより、信号光を XY 平面上の任意の方向に走査することができる。

【0056】

[OCT ユニット]

OCT ユニット 14 b は、眼底 E f の OCT 画像の取得に用いられる干渉光学系を備える。この OCT ユニット 14 b は、公知の OCT 装置と同様に、低コヒーレンス光を参照光と信号光に分割し、眼底 E f を経由した信号光と参照光路を經由した参照光とを干渉させて干渉光を生成し、この干渉光のスペクトル成分を検出する。OCT ユニット 14 b による検出結果（検出信号）は、演算制御ユニット 22 へ出力される。なお、OCT ユニット 14 b の具体的な構成については公知技術（例えば上記特許文献 1 参照）であるので、ここでは具体的な説明は省略する。

【0057】

[ステレオカメラ]

ステレオカメラ 20 を構成する第 1 カメラ 20 a 及び第 2 カメラ 20 b は、前眼部 E a を互いに異なる方向、本実施形態では左右方向から同時（略同時を含む）且つ連続的に撮影（動画撮影）する。なお、図中の符号 OB は、第 1 カメラ 20 a 及び第 2 カメラ 20 b の光軸である。

【0058】

第 1 カメラ 20 a は、左右方向の一方向側から前眼部 E a を連続撮影し、この前眼部 E a の観察像である前眼部像 D 1（図 5 参照）を演算制御ユニット 22 に出力する。第 2 カメラ 20 b は、左右方向の他方向側から前眼部 E a を連続撮影し、この前眼部 E a の観察像である前眼部像 D 2（図 5 参照）を演算制御ユニット 22 に出力する。なお、第 1 カメラ 20 a 及び第 2 カメラ 20 b の配置が逆であってもよい。これら前眼部像 D 1、D 2 は、被検者の顔が顔支持部 12 により適正（適切）に支持されているか否かの判定である顔支持判定（顎受け判定ともいう）と、被検眼 E に対する測定ヘッド 14 のオートアライメントと、に用いられる。

【0059】

[演算制御ユニット]

図 5 は、第 1 実施形態の演算制御ユニット 22 の機能ブロック図である。図 5 に示すように、演算制御ユニット 22 は、統括制御部 90、記憶部 92、画像形成部 94、及びデータ処理部 96 等を備える。また、演算制御ユニット 22 には、既述の電動昇降機構 12 c、眼底カメラユニット 14 a、OCT ユニット 14 b、外部固視灯 15、操作部 16、電動駆動機構 17、モニタ 18、固視孔 19 a、及びステレオカメラ 20 等が接続されている。

【0060】

記憶部 92 は、統括制御部 90 が実行する制御プログラムの他、OCT 画像の画像データ、眼底像の画像データ、及び被検眼情報（被検者情報を含む）などを記憶する。また、記憶部 92 は、後述するテンプレート 120 を記憶している。

【0061】

画像形成部 94 は、OCT ユニット 14 b と共に本発明の眼特性取得部を構成するものであり、OCT ユニット 14 b から入力される検出信号を解析して眼底 E f の OCT 画像を形成する。なお、OCT 画像の具体的な形成方法は、従来の OCT 装置と同様であるのでここでは説明は省略する。データ処理部 96 は、画像形成部 94 により形成された OCT

10

20

30

40

50

T画像、眼底カメラユニット14aにより取得された眼底撮影像及び各種観察像、及びステレオカメラ20により取得された前眼部像D1、D2等に対して画像処理等を施す。

【0062】

統括制御部90は、眼科装置10の各部の動作を統括制御する。この統括制御部90は、ステレオカメラ20から入力される前眼部像D1、D2に基づき顔支持判定を実行し、顔が顔支持部12により適正に支持されていると判定した場合には前眼部像D1、D2に基づきオートアライメントを実行する。そして、統括制御部90は、オートアライメント後に眼底カメラユニット14a及びOCTユニット14bを制御して、眼底Efの眼底撮影像及びOCT画像等の取得を実行する。なお、図5では、顔支持判定、オートアライメント、及び被検眼Eの眼特性（眼底撮影像及びOCT画像）の取得に係る機能のみを図示し、他の機能については公知技術であるので具体的な図示は省略している。

10

【0063】

統括制御部90の機能は、各種のプロセッサ（Processor）を用いて実現される。各種のプロセッサには、CPU（Central Processing Unit）、GPU（Graphics Processing Unit）、ASIC（Application Specific Integrated Circuit）、及びプログラマブル論理デバイス〔例えばSPLD（Simple Programmable Logic Devices）、CPLD（Complex Programmable Logic Device）、及びFPGA（Field Programmable Gate Arrays）〕等が含まれる。なお、統括制御部90の各種機能は、1つのプロセッサにより実現されてもよいし、同種または異種の複数のプロセッサで実現されてもよい。

【0064】

統括制御部90は、被検眼Eの眼特性（眼底撮影像及びOCT画像）の取得時に、前眼部像取得部100、瞳孔像検出部102、判定部104、報知制御部106、相対位置検出部108、アライメント制御部110、及び眼特性取得制御部112として機能する。なお、演算制御ユニット22の「～部」として説明するものは「～回路」、「～装置」、又は「～機器」であってもよい。すなわち、「～部」として説明するものは、ファームウェア、ソフトウェア、及びハードウェアまたはこれらの組み合わせのいずれで構成されていてもよい。

20

【0065】

〔顔支持判定〕

前眼部像取得部100は、顔支持判定及びオートアライメントの双方に用いられるものであり、ステレオカメラ20の第1カメラ20a及び第2カメラ20bにそれぞれ有線接続又は無線接続された画像入力インターフェースとして機能する。この前眼部像取得部100は、前眼部Eaを連続撮影する第1カメラ20a及び第2カメラ20bからそれぞれ前眼部像D1、D2を繰り返し取得すると共に、取得した前眼部像D1、D2を瞳孔像検出部102と相対位置検出部108とに繰り返し出力する。

30

【0066】

瞳孔像検出部102は、顔支持判定に用いられる。この瞳孔像検出部102は、前眼部像取得部100から繰り返し入力される前眼部像D1、D2に基づき、前眼部像D1、D2から被検眼Eの瞳孔の像である瞳孔像116（図6参照）を検出する検出処理を、前眼部像D1、D2ごとに繰り返し実行する。なお、瞳孔像検出部102による瞳孔像116の検出処理は、後述のオートアライメント時の相対位置検出部108による瞳孔像116の検出処理とは異なり、被検眼Eの固視微動の範囲内で瞳孔像116が検出可能であればよいので、簡易的な処理となる。

40

【0067】

瞳孔像検出部102は、第1検出部102a、推定部102b、第2検出部102c、及び繰り返し制御部102dとして機能する。

【0068】

図6は、第1検出部102aによる瞳孔像116の検出処理を説明するための説明図である。図6及び既述の図5に示すように、第1検出部102aは、第1カメラ20aにより撮影された前眼部像D1から瞳孔像116の検出を行う。なお、第1カメラ20a及び

50

第2カメラ20bは、より鮮明な前眼部Eaの像を撮影した方を「第1カメラ20a」とし、残りを「第2カメラ20b」としてもよい。

【0069】

第1検出部102aは、例えばフルサイズの前眼部像D1に対して公知の二値化処理、ラベリング処理、及び円形度によるフィルタ処理を施す。ラベリング処理は二値化された前眼部像D1の各画素の中で連続した白画素又は黒画素を同じラベルにする（同じ番号を割り振る）処理である。円形度によるフィルタ処理は、ラベリング処理後の前眼部像D1から円形度が予め定められた所定値以上となる領域を検出する処理である。これにより、第1検出部102aは、前眼部像D1から瞳孔像116を検出することができ、その瞳孔像116の形状及び位置を示す検出結果を推定部102bへ出力する。

10

【0070】

なお、第1検出部102aによる前眼部像D1からの瞳孔像116の検出方法は、上述の方法（二値化処理、ラベリング処理、及びフィルタ処理）に限定されるものではなく、公知の方法を用いてもよく、特に簡易的な検出可能な方法が好ましい。

【0071】

図7は、推定部102bによるテンプレート120の作成を説明するための説明図である。図7及び図5に示すように、推定部102bは、第1検出部102aによる前眼部像D1内の瞳孔像116の検出結果に基づき、後述の第2検出部102cによる前眼部像D2内からの瞳孔像116の検出（テンプレートマッチング）に用いられるテンプレート120を作成する。

20

【0072】

具体的に推定部102bは、第1検出部102aにより検出された前眼部像D1内での瞳孔像116の形状に基づき、前眼部像D2内での瞳孔像116の形状を推定し、この推定結果に相当する形状情報120aを作成する。

【0073】

また、推定部102bは、第1検出部102aにより検出された前眼部像D1内での瞳孔像116の位置に基づき、前眼部像D2内での瞳孔像116の存在範囲118を推定し、この推定結果に相当する存在範囲情報120bを作成する。この存在範囲118は、被検眼Eの固視微動に応じて前眼部像D2内で移動する瞳孔像116が存在する範囲を示す。なお、図7（後述の図8も同様）では、図面の煩雑化を防止するために、存在範囲118を実際よりも誇張して図示している。

30

【0074】

ここで存在範囲情報120bの生成方法については特に限定はされないが、第1カメラ20a及び第2カメラ20bの位置関係及び撮影倍率は公知である。このため、推定部102bは、第1検出部102aにより検出された前眼部像D1内の瞳孔像116の位置に基づき、前眼部像D2内での瞳孔像116の位置を推定可能である。また、被検眼Eの固視微動に応じて瞳孔像116が前眼部像D2内でどの程度変位するのかについても実験又はシミュレーション等で予め求めることができる。従って、推定部102bは、第1検出部102aの検出結果と、第1カメラ20a及び第2カメラ20bの位置関係及び撮影倍率と、被検眼Eの固視微動に応じた瞳孔像116の変位量と、に基づき、存在範囲118を推定して存在範囲情報120bを作成することができる。

40

【0075】

そして、推定部102bは、形状情報120a及び存在範囲情報120bを含むテンプレート120を作成し、このテンプレート120を記憶部92に記憶させる。

【0076】

図8は、第2検出部102cによる前眼部像D2からの瞳孔像116の検出処理を説明するための説明図である。図8及び図5に示すように、第2検出部102cは、記憶部92内に記憶されているテンプレート120（形状情報120a及び存在範囲情報120b）に基づき、公知のテンプレートマッチングによって、前眼部像D2の存在範囲118内から瞳孔像116の検出を行う。具体的には第2検出部102cは、存在範囲情報120

50

bに基づき前眼部像D 2内の存在範囲1 1 8を特定し、この存在範囲1 1 8内から形状情報1 2 0 aに対応する形状を有する瞳孔像1 1 6の検出を行う。

【0077】

なお、第2検出部1 0 2 cが、テンプレートマッチングを行う代わりに、例えば既述の第1検出部1 0 2 aと同様の瞳孔像1 1 6の検出処理を行うことで、前眼部像D 2内の存在範囲1 1 8からの瞳孔像1 1 6の検出を行ってもよい。

【0078】

繰り返し制御部1 0 2 dは、前眼部像取得部1 0 0が第1カメラ2 0 a及び第2カメラ2 0 bから前眼部像D 1、D 2を繰り返し取得するごとに、第1検出部1 0 2 a、推定部1 0 2 b、及び第2検出部1 0 2 cを繰り返し作動させる。これにより、第1検出部1 0 2 aによる前眼部像D 1からの瞳孔像1 1 6の検出、推定部1 0 2 bによるテンプレート1 2 0の作成、及び第2検出部1 0 2 cによる前眼部像D 2（存在範囲1 1 8）からの瞳孔像1 1 6の検出が繰り返し実行される。

【0079】

図5に戻って、判定部1 0 4は、第2検出部1 0 2 cによる繰り返しの検出結果に基づき顔支持判定を行う。ここで、顔支持部1 2により被検者の顔が適正に支持されている場合には、この顔の動きはほぼ抑えられる。このため、前眼部像D 2内の瞳孔像1 1 6は、被検眼Eの固視微動に応じて前眼部像D 2内で移動したとしても、存在範囲1 1 8内には一定時間収まる。また逆に、被検者の顔が顎受け1 2 aから浮いている等の顔支持部1 2により顔が適正に支持されていない場合には、顔の動きが発生する。このため、前眼部像D 2の存在範囲1 1 8内に瞳孔像1 1 6が収まる状態は一定時間継続しない。そこで、判定部1 0 4は、第2検出部1 0 2 cによる繰り返しの検出結果に基づき、予め定めた一定時間の間において顔支持部1 2に支持されている顔の動きの有無を判定することで、顔支持部1 2により顔が適正に支持されているか否かの顔支持判定を行う。

【0080】

具体的には判定部1 0 4は、第2検出部1 0 2 cによる繰り返しの検出結果に基づき、前眼部像D 2の存在範囲1 1 8内からの瞳孔像1 1 6の連続検出回数が所定回数に達したか否か、すなわち存在範囲1 1 8内からの瞳孔像1 1 6の検出が予め定めた一定時間以上継続（連続）しているか否かを判定する。

【0081】

そして、判定部1 0 4は、存在範囲1 1 8内からの瞳孔像1 1 6の検出が一定時間以上継続する場合には、顔支持部1 2に支持されている被検者の顔の動き無と判定し、顔支持部1 2により顔が適正に支持されていると判定する。また逆に、判定部1 0 4は、存在範囲1 1 8内からの瞳孔像1 1 6の検出が一定時間以上継続しない場合には、顔支持部1 2に支持されている被検者の顔の動き有と判定し、顔支持部1 2により顔が適正に支持されていないと判定する。

【0082】

判定部1 0 4は、顔支持部1 2により顔が適正に支持されていると判定した場合には、その判定結果を相対位置検出部1 0 8及びアライメント制御部1 1 0へ出力する。また、判定部1 0 4は、顔支持部1 2により顔が適正に支持されていないと判定した場合には、その判定結果を報知制御部1 0 6へ出力する。

【0083】

図9は、モニタ1 8による警告情報1 2 4の表示（報知）の一例を示した説明図である。図9及び図5に示すように、報知制御部1 0 6は、判定部1 0 4からの判定結果が入力された場合に、顔支持部1 2により顔が適正に支持されていないことを示す警告情報1 2 4をモニタ1 8に表示させる。これにより、警告情報1 2 4が検者に対して報知される。従って、この場合には、報知制御部1 0 6及びモニタ1 8が本発明の報知部として機能する。なお、モニタ1 8による警告情報1 2 4の表示に代えて或いはこの警告情報1 2 4の表示と共に、警告メッセージをスピーカ（不図示）から出力させてもよい。

【0084】

図10は、顔支持部12により被検者の顔が適正に支持されていないことを被検者に対して報知する例を示した説明図である。図10及び図5に示すように、報知制御部106は、判定部104からの判定結果が入力された場合に、電動昇降機構12cを駆動して、例えば顎受け12a及び額当て12bをY方向に上下動させることにより、顎受け12a等による顔の支持位置を変更させる。これにより、顔支持部12により顔が適正に支持されていないことを被検者に対して報知することができる。従って、この場合には、報知制御部106及び顔支持部12が本発明の報知部として機能する。

【0085】

〔オートアライメント〕

図5に戻って、相対位置検出部108及びアライメント制御部110は、オートアライメントに用いられるものであり、判定部104からの判定結果の入力を受けて作動する。

【0086】

相対位置検出部108は、前眼部像取得部100から入力された前眼部像D1、D2に基づき、前眼部像D1、D2からそれぞれ瞳孔像116（瞳孔領域、瞳孔形状）を検出して、瞳孔中心又は角膜頂点に相当する各瞳孔像116の特徴位置を特定する。次いで、相対位置検出部108は、第1カメラ20a及び第2カメラ20bの位置及び撮影倍率と、前眼部像D1、D2ごとの特徴位置とに基づき、公知の手法（特開2013-248376号公報参照）で測定ヘッド14に対する被検眼Eの相対位置（三次元位置）を演算する。そして、相対位置検出部108は、この演算結果を被検眼Eの相対位置の検出結果としてアライメント制御部110へ出力する。

【0087】

ここで、相対位置検出部108による前眼部像D1、D2からの瞳孔像116の検出処理は、既述の顔支持判定時の第1検出部102aによる検出処理とは異なり、既述の特徴位置を正確に特定する必要がある精密処理である。この相対位置検出部108は、前眼部像D1、D2を例えば2値化処理し、2値化処理後の前眼部像D1、D2から被検眼Eの相対位置を精密に演算する。

【0088】

アライメント制御部110は、相対位置検出部108による被検眼Eの相対位置の検出結果に基づき、電動駆動機構17を駆動して、被検眼Eに対する測定ヘッド14のオートアライメントを実行する。

【0089】

〔眼特性の取得〕

眼特性取得制御部112は、オートアライメントの完了後に作動して、被検眼Eの眼特性（眼底Efの眼底撮影像及びOCT画像）の取得を実行する。具体的には眼特性取得制御部112は、眼底カメラユニット14aを駆動して眼底Efの眼底撮影像を取得する。また、眼特性取得制御部112は、OCT光学系80、OCTユニット14b、及び画像形成部94等を駆動して眼底EfのOCT画像を取得する。

【0090】

〔第1実施形態の眼科装置の作用〕

図11は、上記構成の第1実施形態の眼科装置10による被検眼Eの眼特性の取得処理、特に本発明の眼科装置10の制御方法に係る顔支持判定処理の流れを示すフローチャートである。図11に示すように、検者により眼科装置10の電源がオンされると、或いは操作部16にて測定開始操作（キャプチャー操作）が実行されると、被検眼Eの眼特性の取得が開始される（ステップS1）。

【0091】

統括制御部90は、第1カメラ20a及び第2カメラ20bによる被検眼Eの前眼部Eaの連続撮影を開始させる。これにより、前眼部像取得部100が、第1カメラ20a及び第2カメラ20bからそれぞれ前眼部像D1、D2を取得し、これら前眼部像D1、D2を瞳孔像検出部102へ出力する（ステップS2、本発明の前眼部像取得ステップに相当）。

10

20

30

40

50

【0092】

前眼部像D1、D2が瞳孔像検出部102に入力されると、既述の図6に示したように第1検出部102aが、前眼部像D1に対して二値化処理、ラベリング処理、及びフィルタ処理を施すことで、前眼部像D1から瞳孔像116を検出し、その位置及び形状の検出結果を推定部102bへ出力する（ステップS3）。

【0093】

次いで、既述の図7に示したように、推定部102bが、第1検出部102aからの検出結果に基づき前眼部像D2内での瞳孔像116の形状及び存在範囲118を推定することで、テンプレート120（形状情報120a及び存在範囲情報120b）を作成する（ステップS5）。そして、既述の図8に示したように第2検出部102cが、テンプレート120に基づきテンプレートマッチングを実行することで、前眼部像D2の存在範囲118内からの瞳孔像116の検出を行う（ステップS6）。

10

【0094】

繰り返し制御部102dは、前眼部像D2の存在範囲118内から瞳孔像116が検出された場合には、既述のステップS3からステップS6までの処理を繰り返し実行させる（ステップS6でYES、ステップS7でNO）。なお、前眼部像D2の存在範囲118内から瞳孔像116が検出されなかった場合には後述のステップS12に進む（ステップS6でNO）。なお、ステップS3からステップS6は、本発明の瞳孔像検出ステップに相当する。

【0095】

以下、繰り返し制御部102dは、ステップS7でYESと判定されるまで或いはステップS6でNOと判定されるまで、前眼部像取得部100が第1カメラ20a及び第2カメラ20bから前眼部像D1、D2を繰り返し取得するごとに、既述のステップS3からステップS6までの処理を繰り返し実行させる。

20

【0096】

判定部104は、第2検出部102cによる繰り返しの検出結果に基づき、前眼部像D2の存在範囲118内からの瞳孔像116の連続検出回数が所定回数に達した場合、すなわち瞳孔像116の検出が予め定めた一定時間以上継続した場合には、顔支持部12により顔が適正に支持されていると判定する（ステップS7でYES、ステップS8）。なお、ステップS8は、後述のステップS12と共に本発明の判定ステップに相当する。そして、判定部104は、顔支持部12により顔が適正に支持されているとの判定結果を相対位置検出部108及びアライメント制御部110へ出力する。これにより、顔支持判定に続いてオートアライメントが自動的に開始される。

30

【0097】

相対位置検出部108は、前眼部像取得部100から入力された前眼部像D1、D2に基づき、測定ヘッド14に対する被検眼Eの相対位置を検出し、その検出結果をアライメント制御部110へ出力する（ステップS9）。これにより、アライメント制御部110が、被検眼Eの相対位置の検出結果に基づき、電動駆動機構17を駆動して、被検眼Eに対する測定ヘッド14のオートアライメントを実行する（ステップS10）。

【0098】

オートアライメントが完了すると、眼特性取得制御部112は、眼底カメラユニット14aを駆動して眼底Efの眼底撮影像を取得したり、OCT光学系80、OCTユニット14b、及び画像形成部94等を駆動して眼底EfのOCT画像を取得したりする。これにより、被検眼Eの眼特性の取得が完了する（ステップS11）。

40

【0099】

一方、第2検出部102cによって前眼部像D2の存在範囲118内から瞳孔像116が検出されなかった場合には（ステップS6でNO）、判定部104は、顔支持部12により顔が適正に支持されていないと判定する（ステップS12）。そして、判定部104は、顔支持部12により顔が適正に支持されていないとの判定結果を報知制御部106へ出力する。

50

【0100】

報知制御部106は、判定部104からの判定結果の入力を受けて、既述の図9及び図10に示したように、警告情報124をモニタ18に表示させたり或いは電動昇降機構12cを駆動して顎受け12a等をY方向に上下動させたりする。これにより、顔支持部12により被検者の顔が適正に支持されていないことが検者及び被検者に対して報知される（ステップS13）。そして、検者は、被検者の顔が顔支持部12に適正に支持されるように被検者に注意喚起したり或いは顎受け12a等の位置を調整したりする。以下、ステップS1以降の処理が繰り返し実行される。

【0101】

〔本実施形態の効果〕

10

以上のように本実施形態では、ステレオカメラ20により撮影された前眼部像D1、D2に基づき、顔支持部12により被検者の顔が適正に支持されているか否かを判定することができるので、顔支持部12により被検者の顔が適正に支持されている状態で被検眼Eの眼特性の取得を実行することができる。これにより、被検眼Eの眼特性の取得中に顔が動くことが防止されるため、取得する眼特性の精度が低くなったり或いは眼特性の取得に失敗したりすることが防止される。また、既存のステレオカメラ20を用いることができるので、ソフトウェアの改修だけで顔支持判定を行うことができる。その結果、被検眼Eの眼特性の取得を精度良く且つ確実に行うことができる。

【0102】

また、第1カメラ20a及び第2カメラ20bにより撮影された前眼部像D1、D2を用いて顔支持判定とオートアライメントを行うことができるので、顔支持判定の処理と、オートアライメントの処理（被検眼Eの相対位置の検出）とを並行して行うことができる。

20

【0103】

〔第2実施形態〕

次に、本発明の第2実施形態の眼科装置10について説明を行う。上記第1実施形態の瞳孔像検出部102の繰り返し制御部102dは、前眼部像取得部100が第1カメラ20a及び第2カメラ20bから前眼部像D1、D2を繰り返し取得するごとに、第1検出部102a、推定部102b、及び第2検出部102cを繰り返し作動させている。これにより、第1検出部102aによる前眼部像D1からの瞳孔像116の検出、推定部102bによるテンプレート120の作成、及び第2検出部102cによる前眼部像D2からの瞳孔像116の検出（テンプレートマッチング）が繰り返し実行される。

30

【0104】

これに対して第2実施形態では、初回の前眼部像D1に基づき生成されたテンプレート120を用いて（流用して）、第2検出部102cによる2回目以降の前眼部像D2からの瞳孔像116の検出（テンプレートマッチング）を繰り返し実行させる。なお、第2実施形態の眼科装置10は、前眼部像取得部100及び繰り返し制御部102dの機能が異なる点を除けば上記第1実施形態の眼科装置10と基本的に同じ構成である。このため、上記第1実施形態と機能又は構成上同一のものについては、同一符号を付してその説明は省略する。

40

【0105】

第2実施形態の前眼部像取得部100は、顔支持判定処理においては、第1カメラ20a及び第2カメラ20bから前眼部像D1、D2を取得する1回目の画像取得処理と、第2カメラ20bから前眼部像D2を繰り返し取得する2回目以降の画像取得処理と、を実行する。

【0106】

第2実施形態の繰り返し制御部102dは、判定部104による判定がなされるまで、第2検出部102cにより前眼部像D2の存在範囲118内から瞳孔像116が検出されるごとに、第2検出部102cを繰り返し作動させる。

【0107】

50

図12は、第2実施形態の眼科装置10による被検眼Eの眼特性の取得処理、特に本発明の眼科装置10の制御方法に係る顔支持判定処理の流れを示すフローチャートである。なお、ステップS1からステップS7までの処理、及びステップS8以降の処理は、図11に示した第1実施形態と基本的に同じであるので説明は省略する。

【0108】

ステップS7でNOと判定された場合には、前眼部像取得部100が第2カメラ20bから前眼部像D2を取得してこの前眼部像D2を第2検出部102cへ出力する（ステップS7A）。なお、この場合には第1カメラ20aの作動を停止させてもよいし或いは停止させなくともよい。

【0109】

次いで、第2実施形態の繰り返し制御部102dが、第2検出部102cを繰り返し作動させる。これにより、第2検出部102cが、1回目の画像取得処理後に推定部102bにより生成されたテンプレート120に基づきテンプレートマッチングを実行して、2回目の画像取得処理で取得された前眼部像D2から瞳孔像116を検出する（ステップS5、S6）。

【0110】

以下、ステップS7でYESと判定されるまで或いはステップS6でNOと判定されるまで、前眼部像取得部100によるステップS7Aの処理と、第2検出部102cによるステップS5、S6の処理と、が繰り返し実行される。

【0111】

このように第2実施形態では、1回目の画像取得処理後に推定部102bが生成したテンプレート120に基づき2回目以降の画像取得処理で取得された前眼部像D2からの瞳孔像116の検出を実行することができる。これにより、2回目以降の顔支持判定処理において、前眼部像D1の取得、前眼部像D1からの瞳孔像116の検出、及びテンプレート120の生成を省略することができる。その結果、2回目以降の顔支持判定処理に要する時間が短縮される。

【0112】

〔第3実施形態〕

図13は、第3実施形態の眼科装置10の演算制御ユニット22の機能ブロック図である。上記各実施形態では判定部104により被検者の顔が顔支持部12により適正に支持されていないと判定された場合に、報知制御部106によりその判定結果の報知を実行している。これに対して、第3実施形態の眼科装置10では、判定部104により被検者の顔が顔支持部12により適正に支持されていないと判定された場合に、顎受け12a等による顔の支持位置を変更させた後、顔支持判定処理を再度実行する。

【0113】

図13に示すように、第3実施形態の眼科装置10は、統括制御部90がさらに支持位置変更制御部130及び再判定制御部132として機能する点を除けば、上記各実施形態の眼科装置10と基本的に同じ構成である。このため、上記各実施形態と機能又は構成上同一のものについては、同一符号を付してその説明は省略する。

【0114】

図14は、第3実施形態の眼科装置10による被検眼Eの眼特性の取得処理、特に本発明の眼科装置10の制御方法に係る顔支持判定処理の流れを示すフローチャートである。なお、ステップS1からステップS12までの処理は、既述の図12に示した第2実施形態の各処理と基本的に同じであるので具体的な説明は省略する。

【0115】

図13及び図14に示すように、顔支持部12により顔が適正に支持されていないと判定部104が判定すると（ステップS12）、支持位置変更制御部130が作動する。この支持位置変更制御部130は、電動昇降機構12cを駆動して顔支持部12による被検者の顔の支持位置を変更、例えば顔の支持位置をY方向の上方側に変更する（ステップS14A）。

10

20

30

40

50

【0116】

例えば、支持位置変更制御部130は、電動昇降機構12cを駆動して顔支持部12による顔の支持位置を5mm程度上げる。或いは支持位置変更制御部130は、前眼部像取得部100が取得した前眼部像D1、D2の少なくとも一方内での瞳孔像116の位置を監視（検出）し、この瞳孔像116の位置が変化するまで、電動昇降機構12cを駆動して顔支持部12による顔の支持位置をY方向の上方側へ低速度で変更させる。なお、被検者の顔の支持位置をY方向の上方側に変更する代わりに下方側に変更してもよい。

【0117】

このように顔支持部12による被検者の顔の支持位置を変更、特にY方向の上方側に変更することで、顔支持部12による被検者の顔の支持を不適正な状態から適正な状態に変えたり、或いは顔支持部12により顔が適正に支持されていないことを被検者に注意喚起したりすることができる。

10

【0118】

再判定制御部132は、顔支持部12による顔の支持位置が変更された場合に、統括制御部90の各部（前眼部像取得部100、瞳孔像検出部102、及び判定部104）を制御して、既述のステップS1からステップS7Aまでの処理を繰り返し実行させる。これにより、上記第2実施形態で説明した顔支持判定処理が繰り返し実行される。なお、既述の図11に示した第1実施形態と同様に、既述のステップS1からステップS7までの処理を繰り返し実行させてもよい。

【0119】

20

以下、顔支持部12により顔が適正に支持されていると判定部104が判定するまで、ステップS14A、ステップS1からステップS7A（ステップS7）までの処理が繰り返し実行される。

【0120】

このように第3実施形態では、被検者の顔が顔支持部12に適正に支持されていない場合に、顔支持部12による顔の支持位置を変更した上で顔支持判定処理を繰り返し実行することで、検者が何らの操作を行うことなく眼科装置10を次以降の処理（ステップS9～S11）に自動的に移行させることができる。これにより、検者の手間を減らすことができる。

【0121】

30

[その他]

上記各実施形態では、ステレオカメラ20（第1カメラ20a及び第2カメラ20b）を例に挙げて説明したが、3以上の複数のカメラで被検眼Eの撮影を行ってもよい。この場合にも、前眼部像取得部100が、複数のカメラの中の第1カメラ20aにより撮影された前眼部像D1と、複数のカメラの中の1以上の第2カメラ20bにより撮影された前眼部像D2と、を繰り返し取得する。また、第1検出部102aが第1カメラ20aにより撮影された前眼部像D1ごとに瞳孔像116を検出する。さらに、推定部102bが1以上の第2カメラ20bにより撮影された前眼部像D2ごとに存在範囲118を推定（テンプレート120を作成）する。さらにまた、第2検出部102cが1以上の前眼部像D2ごとに存在範囲118内からの瞳孔像116の検出を行う。そして、判定部104は、1以上の前眼部像D2ごとに存在範囲118内からの瞳孔像116の連続検出回数が所定回数に達したか否かを判定する。

40

【0122】

上記各実施形態では、第1カメラ20a及び第2カメラ20bにより連続撮影された前眼部像D1、D2に基づき、瞳孔像検出部102による前眼部像D1、D2ごとの瞳孔像116の検出と判定部104による顔支持判定と、を実行しているが、顔支持判定に用いるカメラは1つであってもよい。

【0123】

この場合には、前眼部像取得部100が、第1カメラ20a及び第2カメラ20bのいずれか一方により連続撮影された前眼部像D1又は前眼部像D2（以下、単一前眼部像と

50

いう)を繰り返し取得する。また、瞳孔像検出部102が、単一前眼部像ごとに瞳孔像116を繰り返し検出する。そして、判定部104は、単一前眼部像内での瞳孔像116の位置が被検眼Eの固視微動に応じた範囲(既述の存在範囲118に相当)に収まる状態が一定時間継続するか否かに基づき顔支持判定を行う。これにより、1つのカメラを用いて顔支持判定を行うことができる。

【0124】

またこの場合には、前眼部像取得部100が、対物レンズ43を通して前眼部Eaを連続撮影可能な撮像光学系50(本発明の前眼部観察系に相当)から前眼部Eaの観察像を繰り返し取得してもよい。この場合にも、第1カメラ20a及び第2カメラ20bのいずれか一方を用いた場合と同様の手法で顔支持判定を行うことができる。

10

【0125】

上記各実施形態では、演算制御ユニット22が測定ヘッド14に内蔵されているが、ベース11及び測定ヘッド14等の外部に設けられていてもよい。すなわち本発明の眼科装置10は遠隔診療に対応する装置にも適用される。

【0126】

上記各実施形態では、被検眼Eの眼特性の取得として眼底Efの眼底撮影像及びOCT画像の取得を例に挙げて説明を行ったが、被検眼Eの眼屈折力、眼圧、角膜内皮細胞の数、及び角膜形状などの各種の眼特性の取得を行う眼科装置10にも本発明を適用することができる。

20

【符号の説明】

【0127】

10…眼科装置
 12…顔支持部
 12a…顎受け
 12b…額当て
 12c…電動昇降機構
 14…測定ヘッド
 14a…眼底カメラユニット
 14b…OCTユニット
 16…操作部
 17…電動駆動機構
 18…モニタ
 20…ステレオカメラ
 20a…第1カメラ
 20b…第2カメラ
 22…演算制御ユニット
 30…照明光学系
 43…対物レンズ
 50…撮像光学系
 70…フォーカス光学系
 80…OCT光学系
 90…統括制御部
 100…前眼部像取得部
 102…瞳孔像検出部
 102a…第1検出部
 102b…推定部
 102c…第2検出部
 102d…繰り返し制御部
 104…判定部
 106…報知制御部

30

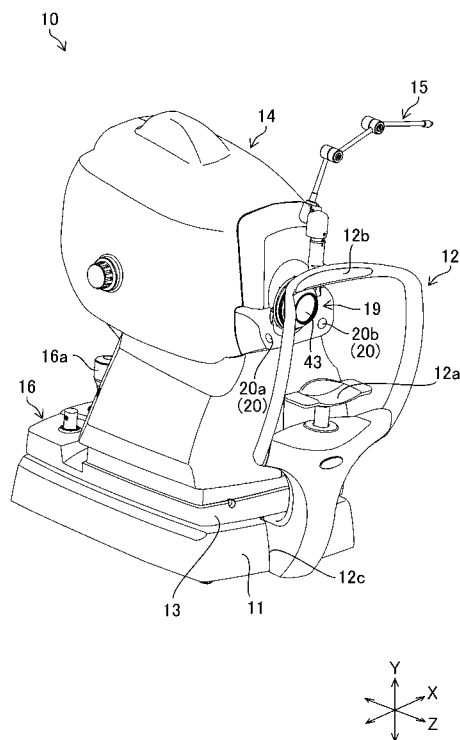
40

50

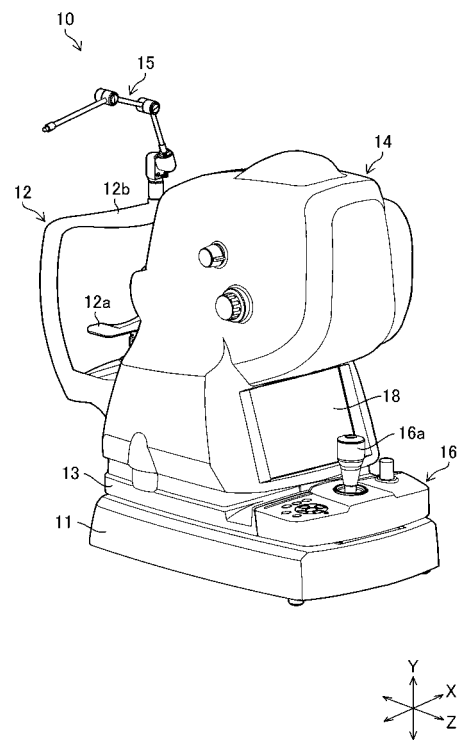
108…相対位置検出部
 110…アライメント制御部
 112…眼特性取得制御部
 116…瞳孔像
 118…存在範囲
 120…テンプレート
 120a…形状情報
 120b…存在範囲情報
 124…警告情報
 D1、D2…前眼部像
 E…被検眼
 Ea…前眼部
 Ef…眼底

10

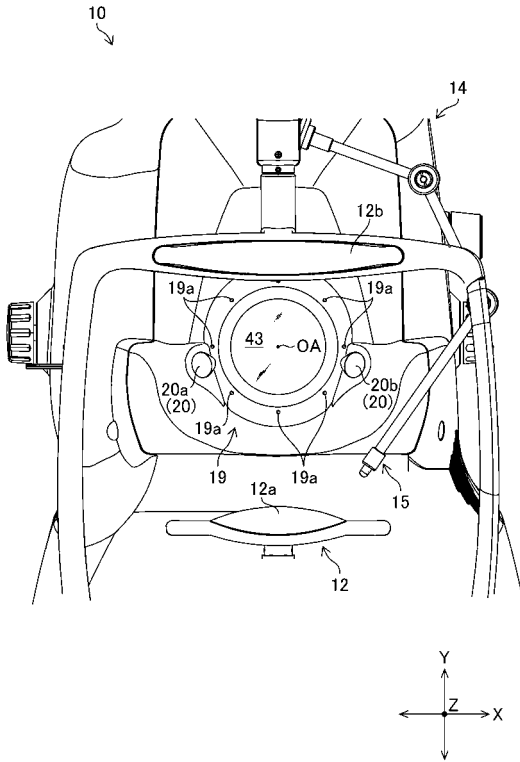
【図1】



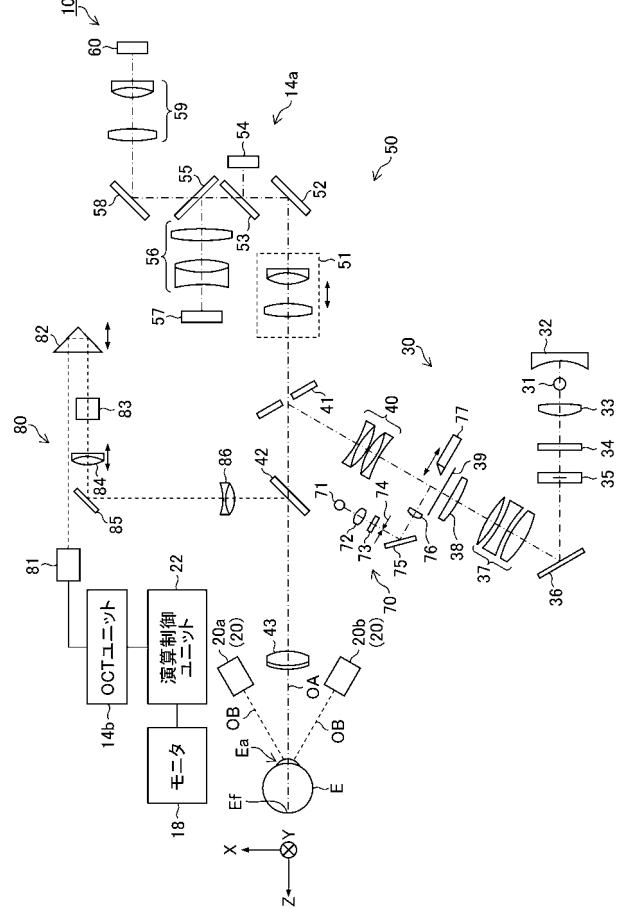
【図2】



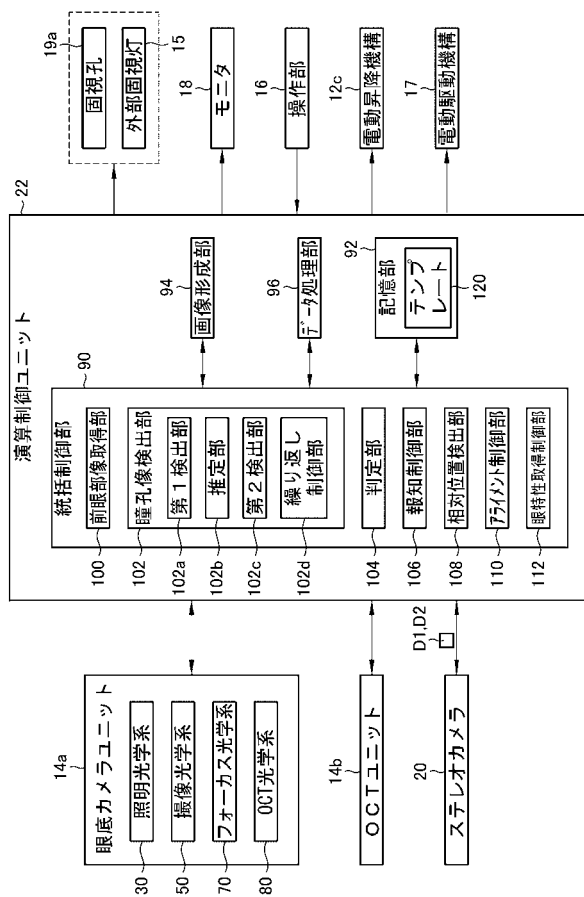
【 図 3 】



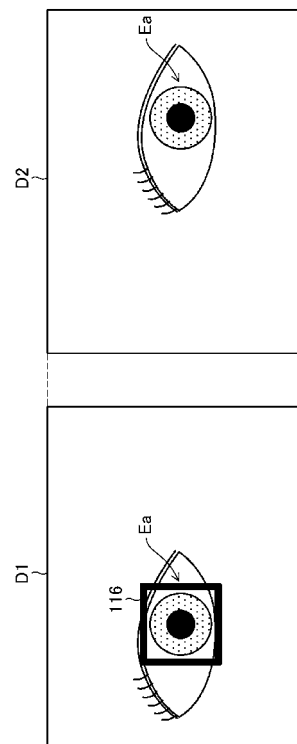
【図 4】



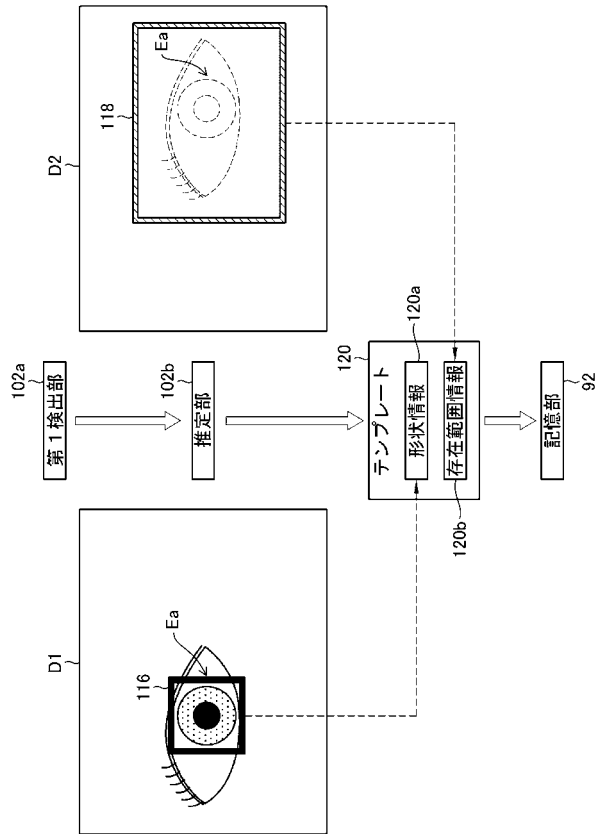
【図 5】



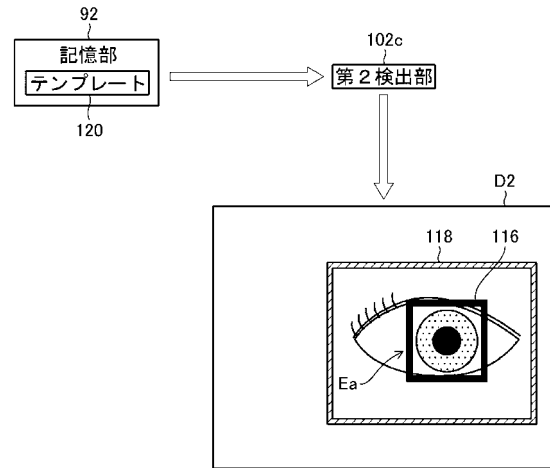
【图 6】



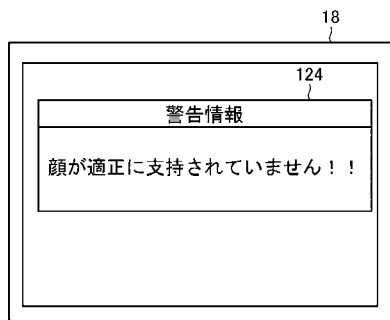
【図 7】



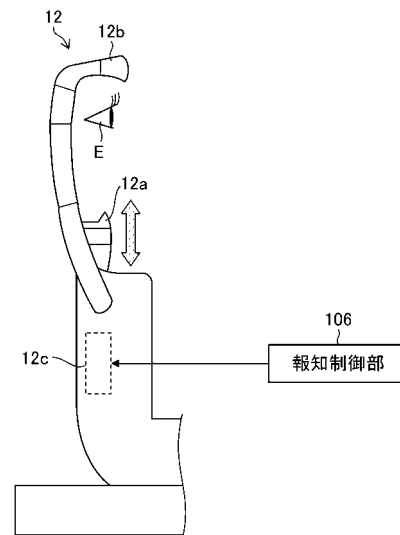
【図 8】



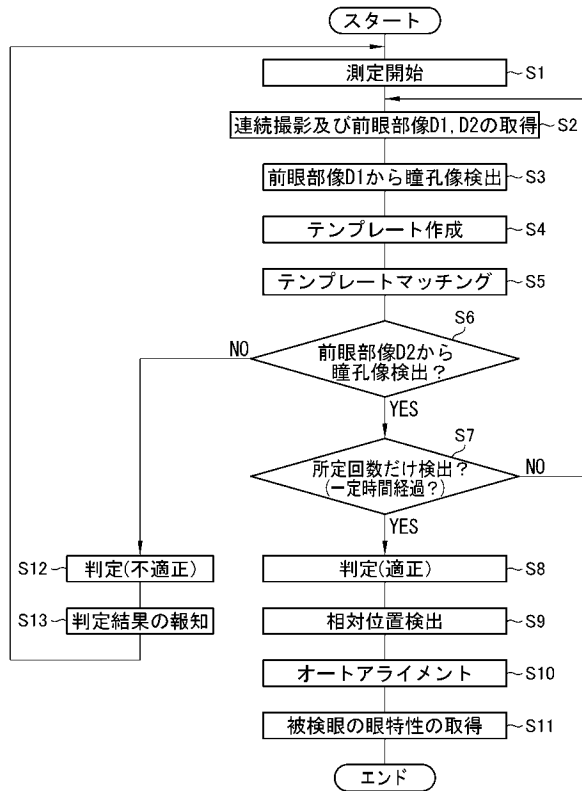
【図 9】



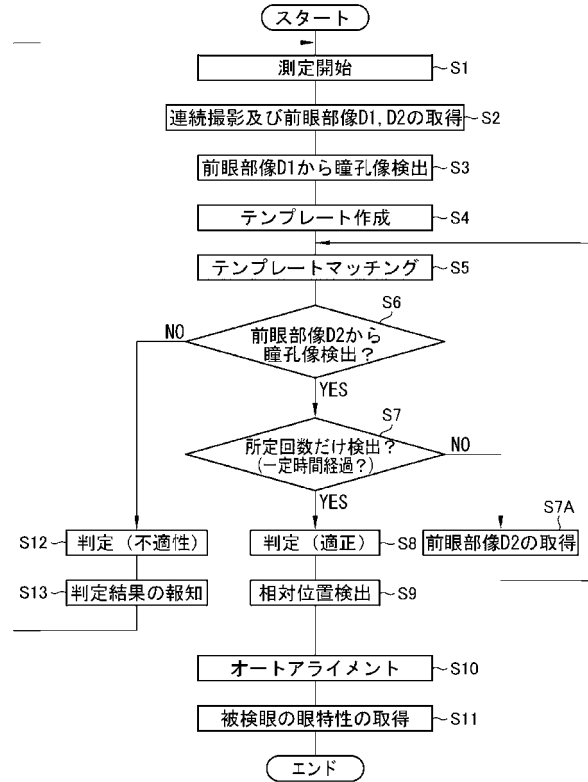
【図 10】



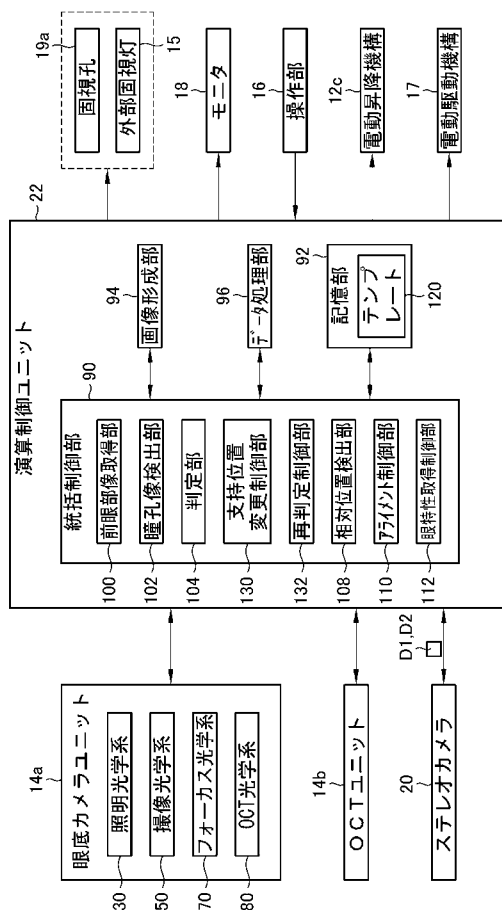
【図 1 1】



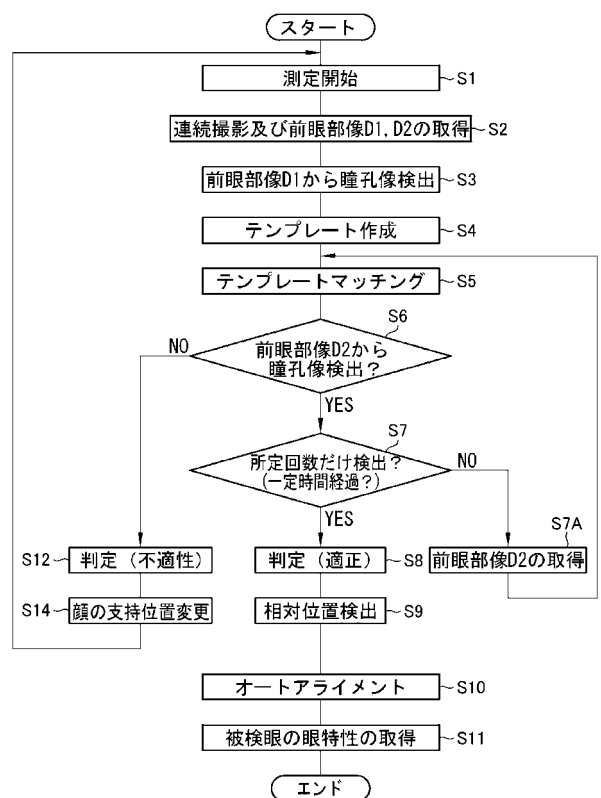
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

(72)発明者 大木 拓也
東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 株式会社トプコン内

(72)発明者 青木 弘幸
東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 株式会社トプコン内

(72)発明者 小野 佑介
東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 株式会社トプコン内

F ターム(参考) 4C316 AA09 AA22 AB02 AB11 AB16 FA06 FA18 FC02 FZ01