

(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2014-94182  
(P2014-94182A)

(43) 公開日 平成26年5月22日(2014.5.22)

(51) Int.Cl.

A61B 3/10 (2006.01)  
A61B 3/14 (2006.01)

F 1

A 61 B 3/10  
A 61 B 3/14W  
F

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号  
(22) 出願日特願2012-247753 (P2012-247753)  
平成24年11月9日 (2012.11.9)(71) 出願人 000001007  
キヤノン株式会社  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
(74) 代理人 100076428  
弁理士 大塚 康徳  
(74) 代理人 100112508  
弁理士 高柳 司郎  
(74) 代理人 100115071  
弁理士 大塚 康弘  
(74) 代理人 100116894  
弁理士 木村 秀二  
(74) 代理人 100130409  
弁理士 下山 治  
(74) 代理人 100134175  
弁理士 永川 行光

最終頁に続く

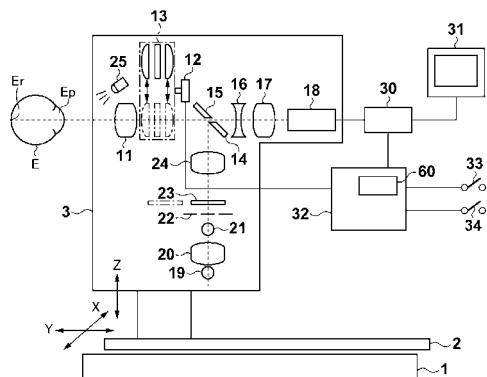
(54) 【発明の名称】 眼科装置およびアライメント判定方法

## (57) 【要約】

【課題】 眼科装置において、前眼部のアライメント完了の判定を自動的により確実に行えるようにする。

【解決手段】 分割プリズムを通して取得された被検眼の前眼部の観察像を用いて被検眼とのアライメントの完了を判定する眼科装置は、観察像の、分割プリズムの境界に平行で境界から同距離にあるラインペアの各線上の瞳孔像の位置に基づいて、アライメントの合否を判定する。眼科装置は、境界からの距離が異なる複数のラインペアについて、アライメントの合否を判定し、得られた判定結果に基づいてアライメントが完了したか否かを判断する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

分割プリズムを通して取得された被検眼の前眼部の観察像を用いて前記被検眼とのアライメントの完了を判定する眼科装置のアライメント判定方法であって、

前記観察像の、分割プリズムの境界に平行で前記境界から同距離にあるラインペアの各ライン上の瞳孔像の位置に基づいて、アライメントの合否を判定する判定工程と、

前記境界からの距離が異なる複数のラインペアについて前記判定工程を実行させて得られる判定結果に基づいてアライメントが完了したか否かを判断する判断工程と、を有することを特徴とするアライメント判定方法。

**【請求項 2】**

前記判断工程では、前記境界からの距離が短いラインペアから順に前記判定工程を実行させ、合格の判定結果が得られた時点でアライメントが完了したと判断して残りのラインペアについて前記判定工程を実行させないことを特徴とする請求項 1 に記載のアライメント判定方法。

**【請求項 3】**

前記判断工程では、前記複数のラインペアの全てについて判定工程を実行して得られた複数の判定結果の少なくとも一つが合格を示す場合に、アライメントが完了したと判断することを特徴とする請求項 1 に記載のアライメント判定方法。

**【請求項 4】**

前記判断工程では、前記複数のラインペアの全てにおいてアライメントが不合格であった場合に、アライメントが未完了であると判断することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のアライメント判定方法。

**【請求項 5】**

分割プリズムを通して取得された被検眼の前眼部の観察像を用いて前記被検眼とのアライメントの完了を判定する眼科装置のアライメント判定方法であって、

前記観察像から前眼部照明の反射像を検出する検出工程と、

前記観察像において、前記反射像と重ならないように、分割プリズムの境界に平行で前記境界から同距離にあるラインペアを設定する設定工程と、

前記観察像の、前記設定工程で設定された前記ラインペアの各ライン上の瞳孔像の位置に基づいてアライメントが完了したか否かを判定する判定工程と、を有することを特徴とするアライメント判定方法。

**【請求項 6】**

前記設定工程では、予め用意された、前記境界からの距離が異なる複数のラインペアのうちの一つのラインペアを選択して用いることを特徴とする請求項 5 に記載のアライメント判定方法。

**【請求項 7】**

前記複数のラインペアは、隣接する他のラインペアのラインとの距離が、推定される前眼部照明の反射像の大きさよりも大きいことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載のアライメント判定方法。

**【請求項 8】**

前記判断工程では、前記観察像において前記ラインペアの各ライン上に存在する瞳孔像のエッジ位置と、前記観察像におけるスプリット中心の位置とに基づいて、アライメントの合否判定を実施することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のアライメント判定方法。

**【請求項 9】**

分割プリズムを通して取得された被検眼の前眼部の観察像を用いて前記被検眼とのアライメントが完了したか否かを判定する眼科装置のアライメント判定方法であって、

前記観察像における瞳孔像の、分割プリズムの境界により分割された 2 つの瞳孔部分の各々の重心を算出する計算工程と、

前記観察像における前記計算工程で算出された 2 つの重心の位置と、前記観察像における

10

20

30

40

50

るスプリット中心の位置とに基づいて、前記被検眼とのアライメントが完了したか否かを判定する判定工程と、を有することを特徴とするアライメント判定方法。

【請求項 10】

前記計算工程では、前記観察像の、分割プリズムの境界に平行で前記境界から同距離にある一組のラインにより挟まれた範囲に存在する瞳孔像の部分を用いて、前記 2 つの重心を計算することを特徴とする請求項 9 に記載のアライメント判定方法。

【請求項 11】

前記観察像から前眼部照明の反射像を検出する検出工程を更に有し、

前記検出工程で前記反射像が検出された場合には前記計算工程と前記判定工程を実行し、前記検出工程で前記反射像が検出されなかった場合には、前記観察像の分割プリズムの境界に平行で前記境界から同距離にあるラインペアの各ライン上の瞳孔像の位置に基づいてアライメントの合否を判定することを特徴とする請求項 9 または 10 に記載のアライメント判定方法。

【請求項 12】

前記観察像から検出された前眼部照明の 2 つの反射像の位置がスプリット中心に対して非対称である場合にアライメントが未完了であると判断する工程を更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載のアライメント判定方法。

【請求項 13】

前記観察像における瞳孔像の大きさに基づいてアライメントが完了したか否かを判定する工程を更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載のアライメント判定方法。

【請求項 14】

分割プリズムを通して取得された被検眼の前眼部の観察像を用いて前記被検眼とのアライメントの完了を判定する眼科装置であって、

前記観察像の、分割プリズムの境界に平行で前記境界から同距離にあるラインペアの各ライン上の瞳孔像の位置に基づいて、アライメントの合否を判定する判定手段と、

前記境界からの距離が異なる複数のラインペアに対する前記判定手段の判定結果に基づいてアライメントが完了したか否かを判断する判断手段と、を備えることを特徴とする眼科装置。

【請求項 15】

分割プリズムを通して取得された被検眼の前眼部の観察像を用いて前記被検眼とのアライメントの完了を判定する眼科装置であって、

前記観察像から前眼部照明の反射像を検出する検出手段と、

前記観察像において、前記反射像と重ならないように、分割プリズムの境界に平行で前記境界から同距離にあるラインペアを設定する設定手段と、

前記観察像の、前記設定手段により設定された前記ラインペアの各ライン上の瞳孔像の位置に基づいてアライメントが完了したか否かを判定する判定手段と、を備えることを特徴とする眼科装置。

【請求項 16】

分割プリズムを通して取得された被検眼の前眼部の観察像を用いて前記被検眼とのアライメントが完了したか否かを判定する眼科装置であって、

前記観察像における瞳孔像の、分割プリズムの境界により分割された 2 つの瞳孔部分の各々の重心を算出する計算手段と、

前記観察像における前記計算手段により算出された 2 つの重心の位置と、前記観察像におけるスプリット中心の位置とに基づいて、前記被検眼とのアライメントが完了したか否かを判定する判定手段と、を備えることを特徴とする眼科装置。

【請求項 17】

前記観察像から前眼部照明の反射像を検出する検出手段を更に備え、

前記検出手段で前記反射像が検出された場合には前記計算手段と前記判定手段がアライメントの完了の判定を実行し、前記検出手段で前記反射像が検出されなかった場合には、

10

20

30

40

50

前記観察像の分割プリズムの境界に平行で前記境界から同距離にあるラインペアの各ライン上の瞳孔像の位置に基づいてアライメントの合否を判定することを特徴とする請求項16に記載の眼科装置。

【請求項18】

前記観察像から検出された前眼部照明の2つの反射像の位置がスプリット中心に対しても非対称である場合にアライメントが未完了であることを判断する手段を更に備えることを特徴とする請求項14乃至17のいずれか1項に記載の眼科装置。

【請求項19】

請求項1乃至13のいずれか1項に記載の眼科装置のアライメント方法の各工程をコンピュータに実行させるためのプログラム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、眼科医院等において用いられる眼科装置およびそのアライメント判定方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般に、眼底カメラでは、被検眼の前眼部観察において、光路内に補助連続光学系を挿入し、瞳孔と撮影光軸の調整や対物レンズと被検眼の作動距離の調整といったアライメントが行われる。そして、アライメントが完了したと判定された時点で補助レンズ光学系を光路内から離脱させ、眼底の観察、ピント合わせの後に撮影が行われる。一般に、前眼部観察では、観察光学系の光路内に補助レンズ光学系としての像分離プリズム（分割プリズム）が挿入され、被検眼と装置光学系のアライメントの合否が前眼部画像（前眼スプリット像）から観察される（特許文献1）。また、前眼部観察において前眼部を撮像し、その画像信号からアライメントの完了を自動的に検出することも提案されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2003-245253号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上述のような眼底カメラにおいて前眼部観察における前眼部の画像信号を処理する際に、前眼部照明の反射の影響などで、瞳孔の検出あるいはアライメント完了の検出（アライメント判定）に失敗することがあった。この場合、眼底カメラは前眼部観察状態から眼底観察状態へと自動的に遷移することができず、操作者が前眼のアライメント判定を自ら行い、前眼部観察状態から眼底観察状態へマニュアルで切り替える必要が生じる。そのため、眼底カメラにおける円滑な操作に支障をきたすことがあった。

【0005】

本発明は上述の課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、前眼部のアライメント完了の判定を自動的により確実に行えるようにすることにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の目的を達成するための本発明の一態様による眼科装置のアライメント判定方法は、

分割プリズムを通して取得された被検眼の前眼部の観察像を用いて前記被検眼とのアライメントの完了を判定する眼科装置のアライメント判定方法であって、

前記観察像の、分割プリズムの境界に平行で前記境界から同距離にあるラインペアの各ライン上の瞳孔像の位置に基づいて、アライメントの合否を判定する判定工程と、

前記境界からの距離が異なる複数のラインペアについて前記判定工程を実行させて得ら

50

れる判定結果に基づいてアライメントが完了したか否かを判断する判断工程と、を有する。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、前眼部のアライメント完了の判定を自動的により確実に行えるようになる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】実施形態による眼底カメラの構成例を示す図。

10

【図2】前眼部分離プリズムの正面図。

【図3】前眼部像を映出したモニタの正面図。

【図4】前眼観察時の瞳孔の位置とアライメントの状態を説明するための図。

【図5】第一実施形態の前眼部アライメント判定処理を示すフローチャート。

【図6】第一実施形態の前眼部アライメント判定処理を示すフローチャート。

【図7】第一実施形態のアライメント判定を説明するための図。

【図8】第二実施形態の前眼部アライメント判定処理を示すフローチャート。

【図9】第二実施形態のアライメント判定を説明するための図。

【図10】第三実施形態のアライメント判定を説明するための図。

【図11】第三実施形態の前眼部アライメント判定処理を示すフローチャート。

20

【図12】第四実施形態の前眼部アライメント判定処理を示すフローチャート

【図13】第五実施形態の前眼部アライメント判定処理を示すフローチャート

【図14】第五実施形態のアライメント判定を説明するための図。

【発明を実施するための形態】

【0009】

本発明の実施形態に関して、詳細に説明を行う。以下の例では、眼底カメラを例に説明を行うが、特にこれに限られるものではなく、分割プリズムを通して取得された被検眼の前眼部の観察像を用いてアライメントの完了の判定を行なう眼科装置であれば本発明を適用することができる。たとえば、OCT (Optical coherence tomography) やトノメータなどの眼科撮影装置・計測機などにも本発明が適応可能であることは明らかである。

【0010】

30

[第一実施形態]

図1は第一実施形態における眼底カメラの構成例を示す図である。基台1上に前後左右(X-Y方向)に可動な水平部可動台2が構設され、光学系本体3がこの水平部可動台2上に上下(Z方向)に移動可能に設けられている。

【0011】

光学系本体3内においては、被検眼Eに対向する対物レンズ11の光軸上に、駆動部12により光路に出し入れ可能な補助レンズ光学系13、孔あきミラー14が配置されている。さらに、対物レンズ11の光軸上には、孔あきミラー14の孔に配置された撮影絞り15、光軸上を移動可能なフォーカスレンズ16、撮影レンズ17、撮像部18が配置されている。

【0012】

被検眼Eを照明する照明光学系の光路には、観察光源19、コンデンサレンズ20、閃光を発する撮影光源21、リング状の開口を有する絞り22、挿入離脱自在に配置された赤外光を遮断する赤外光カットフィルタ23、リレーレンズ24が配列されている。赤外光の定常光を発する観察光源19から孔あきミラー14に向かうこれらの光学部材の配列により撮影光学系が構成されている。また、対物レンズ11の近傍には、被検眼の前眼部照明を行なうための赤外光源25が設けられ、前眼部照明部を構成している。なお、赤外光源25は、たとえば、赤外LED等により構成される。

【0013】

撮像部18の出力は、画像データの記憶、演算制御機能を有する画像制御部30に接続

40

50

されている。画像制御部 30 の出力はモニタ 31 に接続されており、更に画像制御部 30 に操作表示制御部 32 の出力が接続されている。操作表示制御部 32 には、撮像部 18 から得られる観察像に基づいて被検眼とのアライメントの合否を自動的に判定するためのアライメント判定部 60 が内蔵されている。アライメント判定部 60 によりアライメント判定が合格した場合は、操作表示制御部 32 はアライメントが完了したと認識する。そして、操作表示制御部 32 は、駆動部 12 により補助レンズ光学系 13 を対物レンズ 11 の光軸から離脱させ、観察状態を前眼部観察状態から眼底観察状態へ自動的に切り替える。なお、操作表示制御部 32 は、不図示の CPU を有し、アライメント判定部 60 は該 CPU が所定のプログラムを実行することにより実現されるものとするが、これに限られるものではなく、たとえば FPGA などにより構成されてもよい。操作表示制御部 32 には、図示しない発光制御部を介して撮影光源 21 を発光させる撮影スイッチ 33、前眼 / 眼底切換えスイッチ 34、駆動部 12、が接続されている。

10

## 【0014】

補助レンズ光学系 13 には、図 2 に示すように、片面の中央部上半分 40a と、下半分 40b に異なる傾斜を持つ分割プリズム 40 が設けられており、左右別々の光線を偏向するように構成されている。また、分割プリズム 40 の裏面にはアライメントマーク 40c が形成されている。撮影に際して、撮影者は被検者を眼底カメラの正面に着座させ、先ず前眼部を赤外光で観察しながら、被検眼 E と眼底カメラとの概略の位置合わせ（アライメント）を行う。そのため、電源オンの直後に操作表示制御部 32 は、駆動部 12 を自動的に駆動して補助レンズ光学系 13 を光路内に挿入し、更に前眼部照明用の赤外光源 25 を点灯する。こうして、眼底カメラは前眼部観察状態に設定される。

20

## 【0015】

撮影者は図示しない操作部を用いて、プリズム 40 に描いてあるアライメントマーク 40c が、モニタ 31 上で最もピントが合うようにフォーカスレンズ 16 を調整する。このとき、前眼部観察状態においては、自動的にフォーカスレンズ 16 が、所定位置に至るよう構成すると、さらに使い勝手が良い。

30

## 【0016】

前眼部観察状態において、赤外光カットフィルタ 23 は光路外に離脱されている。図 3 は撮像部 18 により撮影される前眼部観察像 E f' を示す。プリズム 40 の作用により被検眼と光学系の作動距離（ワーキングディスタンス）が正しくない場合には、瞳孔の上半分の画像 40a' と、下半分の画像 40b' が左右にずれる。操作者は瞳孔の中心が、スプリット中心 O に一致するように被検眼との上下左右の方向のアライメントを実施する。なお本実施形態では、このアライメントの作業自体を操作者が実施した例を記載しているが、これに限定されるものではない。たとえば、眼底カメラが、撮像部 18 により得られる前眼部観察像を処理して、自動的にアライメントを実施するようにしてもよい。

40

## 【0017】

図 4 は瞳孔の位置とアライメントの状態を説明するための図である。図 4 では、図 3 の瞳孔部分のみを切り出して示している。図 4 (a) では、上下の瞳孔が左右にずれており、作動距離の調整が不足していることがわかる。図 4 (b) では、作動距離は合致しているが、瞳孔の中心がスプリットの中心 O から左方向にずれている。図 4 (c) では、作動距離・左右方向のアライメントは合致しているが、瞳孔の中心がスプリット中心 O から下方向にずれている。図 4 (d) では、瞳孔の中心がスプリットの中心にあり、プリズム 40 によるずれもないことから、アライメントが合致している（アライメントが完了している）状態が表されている。

50

## 【0018】

アライメント判定部 60 は、前眼部観察像 E f' に対し、プリズム 40 を介して撮像部 18 により撮影された観察像である前眼スプリット像を画像解析し、前眼部アライメントの合否を判定する。以下、アライメント判定部 60 による、前眼部アライメントの合否の判定方法について説明する。図 5 は、本実施形態の前眼部アライメント判定方法のフローチャートである。

## 【0019】

アライメント判定部60は、撮像部18より前眼部の観察像を取得し(S501)、瞳孔の中心がスプリット中心上(あるいはスプリット中心から所定の範囲)にあるかどうかを判定する(S502)。瞳孔の中心がスプリット中心上にないと判定された際には、判定をNGとして処理を終了する(S502でNO、S507)。他方、スプリット中心上に瞳孔があると判定された場合、アライメント判定部60は、観察像から瞳孔を検出する(S502でYES、S503)。瞳孔の検出において、アライメント判定部60は、観察像の2値化をおこなう。2値化を行う際には、あらかじめ決められた閾値により2値化を行ってもよいが、観察像の平均値や、ヒストグラムなどの画像情報を計算して、これらに基づいて2値化のための閾値を決定するようにしてもよい。

10

## 【0020】

つぎに2値化された観察像から検出された瞳孔の大きさを判定し、観察像中の瞳孔が小瞳孔であるかどうかの判定を行う(S504)。観察像中の瞳孔の大きさがあらかじめ決められた大きさよりも小さい場合には、判定をNGとして本処理を終了する(S504でNG、S507)。この判定は、2値化された瞳孔部分の面積を計算することにより実現できるが、たとえば、以下のようにしてもよい。すなわち、

- (1)スプリット像の上側の瞳孔の横幅の最大値
- (2)スプリット像の上側の瞳孔のスプリット中心からの高さ
- (3)スプリット像の下側の瞳孔の横幅の最大値
- (4)スプリット像の下側の瞳孔のスプリット中心からの高さ

20

をもとめ、(1)、(3)のいずれか、および、(2)と(4)の和が、想定する瞳孔径よりも大きいかどうかで判別する。瞳孔の大きさが想定する瞳孔径より小さい場合には、判定をNGとして本処理を終了する(S504でNG、S507)。なお、最大値や高さ、瞳孔径は、たとえばピクセル値で表されたものであってもよい。

## 【0021】

観察像(スプリット像)における瞳孔の大きさが予めきめられた大きさ以上であった場合、アライメント判定部60は、アライメント判定を行う(S504でOK、S505)。以下、S505で行われるアライメント判定について、図6のフローチャートを参照して詳細に説明する。

30

## 【0022】

第一実施形態のアライメント判定では、図7に示されるように、前眼部の観察像において、分割プリズムの境界(前眼スプリット位置71)と平行で境界から同距離にあるラインペア[11, 12]および[13, 14]が設定される。なお、ラインペア[11, 12]および[13, 14]の境界からの距離はそれぞれ異なっており、ラインペア[11, 12]の境界からの距離の方がラインペア[13, 14]の境界からの距離よりも短い。そして、ラインペアの各ラインにおける瞳孔像の位置に基づいてアライメントの合否が判定される。なお、ラインにおける瞳孔像の位置は、以下に詳述するようにライン上における瞳孔像のエッジの位置により検出される。以下、ラインペアにおける瞳孔のエッジ位置に基づいたアライメントの合否判定について、図6のフローチャートを参照して説明する。

40

## 【0023】

まず、アライメント判定部60は、図7に示すようなラインペア[11, 12]を設定する(S601)。つぎにラインペアのラインごとに切り出された2値化された画像データから、ライン上における瞳孔のエッジを検出し、それらの検出位置に基づいて評価値を計算する(S602)。より具体的には、以下のように行われる。

## 【0024】

図7のように、ライン11上の瞳孔のエッジ位置をP1, P2、ライン12上の瞳孔エッジ位置をP3、P4とする。いま、点Piの座標を(x\_i, y\_i)とする。また設計上の前眼スプリット像の中心位置であるスプリット中心を点O(x\_o, y\_o)とする。評価値は、ライン11、12上のそれぞれにおける瞳孔のエッジ位置から以下の式1～式6に

50

より算出される。

瞳孔の長さ(下)	$a_1 = x_4 - x_3$	(式1)
水平方向のずれ量1	$a_2 = x_3 - x_1$	(式2)
水平方向のずれ量2	$a_3 = x_4 - x_2$	(式3)
瞳孔の長さ(上)	$a_4 = x_2 - x_1$	(式4)
中心からのずれ量	$a_5 = x_0 - x_3$	(式5)
中心からのずれ量	$a_6 = x_4 - x_0$	(式6)

#### 【0025】

次に、アライメント判定部60は、評価値 $a_1 \sim a_6$ を用いて、以下の式7～式11の全ての条件を満足するかどうかを判定し(S603)、全ての条件を満足した場合にアライメントがOKであると判定する(S603でYES、S608)。

- 1	$a_2 + 1$	[pixel]	(式7)
- 1	$a_3 + 1$	[pixel]	(式8)
- 1	$a_5 + 1$	[pixel]	(式9)
- 1	$a_6 + 1$	[pixel]	(式10)
- 1	$a_4 - a_1 + 1$	[pixel]	(式11)

#### 【0026】

他方、式7～式11のいずれかの条件が満たされない場合、判定結果は不合格であり、アライメント判定部60は、別のラインペア[13.14]について同様の評価値計算、判定処理を行う(S603でNO、S604、S605、S606)。そして、式7～式11の全ての条件を満足した場合には、アライメントがOKであると判定する(S606でYES、S608)。他方、ラインペア[13.14]を用いても式7～式11のいずれかの条件が満たされなかった場合(不合格の場合)、アライメント判定部60は、アライメントがNGであると判定する(S606でNO、S607)。なお、本実施形態では、ラインペア[11.12]の判定がNG(不合格)の場合、ラインペア[13.14]の判定を実施している。このようにすれば、仮にラインペア[11.12]上に前眼部照明の反射像があり、これにより瞳孔部分のエッジ位置P1, P2を間違って検出したとしても、別のラインペアで判定が行われるため、前眼部照明の影響を受けずに判定を実施することが可能である。

#### 【0027】

隣接するラインペアの間隔、すなわち11と13の距離、12と14の距離は、前眼部照明の写りこみがある場合の推定されるスポットサイズ(反射像のサイズ)よりやや大きい程度の間隔があることが望ましい。このようにすれば、ラインペア[11,12]とラインペア[13,14]のいずれかが反射像の影響を回避できるので、設定するラインペアが2ペアで済む。但し、分割プリズムの境界からラインペアまでの距離をあまり大きすぎると、瞳孔が円状になっているため、その曲率によりP1～P4の検出位置が敏感に変わってしまう。したがって、分割プリズムの境界からラインペアまでの距離は必要以上に大きくしないことが好ましい。

#### 【0028】

なお、上記では2つのラインペアを設定した例を説明したが、3つ以上の複数のラインペアを設定するようにしてもよい。この場合、隣接するラインペアの間隔を、反射像のサイズよりも小さくすることができるが、少なくとも最も境界に近いラインペアと最も境界から離れたラインペアとの間隔は反射像のサイズよりも大きくなるようにする。また、この場合、分割プリズムの境界からの距離が短いラインペアから順に採用してアライメントの合否判定を行うようになると、上述の曲率の影響の観点から好ましい。設定されたラインペアについて順次にアライメントの合否判定を行い、合格の判定結果が得られた時点でアライメントが完了したと判断され、それ以降のラインペアについては、合否判定は行われない。また、全てのラインペアについてアライメントの合否判定が行われても合格の判定結果が得られなかった場合は、アライメントが未完了であると判断される。

#### 【0029】

10

20

30

40

50

また本実施形態では、第一のラインペアの判定を行ってNGであった場合に第二のラインペアの判定を行っているが、双方の評価値を計算し、それらを用いて判定を行ってもかまわない。この場合も2つのラインペアに限られることはなく、3つ以上のラインペアを用いて評価値を算出し、アライメント判定を行なうようにしてもかまわない。そして、複数のアライメントの合否の判定結果のうち、一つでも合格の判定結果があれば、操作表示制御部32は、アライメントが完了したと判断する。逆に、全ての判定結果においてNGであれば、操作表示制御部32は、アライメントが未完了であると判断する。

【0030】

図5のフローチャートにおいて、アライメント判定結果が合格になると、操作表示制御部32は、アライメントが完了したと判断し、観察状態を前眼部から眼底へと切り替える(S505でOK、S506)。より具体的には、駆動部12に補助レンズ光学系13を光路から離脱させ、眼底カメラを眼底観察状態に遷移させる。他方、アライメント判定結果が不合格になると、操作表示制御部32は、アライメントが未完了であると判断し、前眼部の観察状態を維持する(S505でNG、S507)

10

【0031】

なお、眼底観察状態では、操作表示制御部32は、前眼部照明用の赤外光源25を消灯し、眼底照明赤外光を発する観察光源19を点灯する。このとき、赤外光カットフィルタ23は光路外に離脱している。観察光源19を発した赤外光は、コンデンサレンズ20により集光され、撮影光源21、リング状開口を有する絞り22の開口を通過してリレーレンズ24を通り、孔あきミラー14の周辺のミラー部により左方に反射される。孔あきミラー14で反射した赤外光は対物レンズ11、被検眼Eの瞳孔Epを通して眼底Erを照明する。

20

【0032】

このように赤外光で照明された眼底像は、再び対物レンズ11、撮影絞り15、フォーカスレンズ16、撮影レンズ17を通り、撮像部18に結像し電気信号に変換される。この信号は画像制御部30に入力されモニタ31に表示される。撮影者はこのモニタ31に映った映像を見ながら、図示しない操作部を用いてフォーカスレンズ16を移動し、ピント合わせ及び撮影範囲の確認を行い、問題がなければ、撮影スイッチ33を操作する。こうして眼底撮影が行われる。

30

【0033】

撮影スイッチ33の入力を検知した操作表示制御部32は、赤外光カットフィルタ23を光路内に挿入し、撮影光源21を発光する。撮影光源21を発した光は絞り22の開口を通過し、赤外光カットフィルタ23により可視光のみが透過しレンズ22を通り、孔あきミラー14の周辺のミラー部により左方に反射される。孔あきミラー14で反射された可視光は、対物レンズ11、瞳孔Epを介して眼底Erを照明する。このように照明された眼底像は、再び対物レンズ11を通り、撮影絞り15、フォーカスレンズ16、撮影レンズ17を通り、撮像部18に結像し電気信号に変換され、モニタ31に表示される。

【0034】

以上のような第一実施形態によれば、前眼部観察像への前眼部照明の写りこみがある場合でも、アライメント判定を失敗することなく、確実に判定を行うことが可能である。そして、このようなアライメント判定部60を備えたことにより、アライメント判定が正確に行えるだけでなく、操作性が非常に向上するという格別な効果が得られる。

40

【0035】

[第二実施形態]

図8は第二実施形態のアライメント判定部60の動作を説明するためのフローチャートである。第一実施形態との違いは、前眼部観察像を取得した後、前眼部照明の反射輝点があるかを検出し、水平ラインペア上に前眼部照明がある場合には、水平ラインペアの位置を変更して判定を行うところに特徴がある。以下、フローチャートに沿って説明を行う。

【0036】

まず、S501で取得された前眼部観察像(S503による2値化の前の前眼部観察像

50

)を取得する。続いて、前眼部照明の反射像を検出するために、画像の2値化をおこなう(S 8 0 1)。前眼部照明部分は、輝度としては非常に高くなっている。画像データとしては、最大値に飽和していることが多い。したがって、ある閾値よりも大きい値で2値化をすれば、前眼部照明の反射像を検出することができる。本実施形態では、たとえば8ビットの映像信号(最大値が255)で240以上の輝度値を有する部分を前眼部照明と想定し、S 8 0 1で実行される2値化の閾値を240とし、前眼部観察像を2値化する。

#### 【0037】

続いて、アライメント判定部60は、ラインペア[11、12]上の少なくともいずれかに前眼部照明の反射像があるかどうかを判定する。図9はこの時の状態を模式的にあらわしている。もしライン11、12上のいずれにも反射像が存在しないのであれば、ラインペア[11、12]を用いたアライメントの合否判定が行われる(S 8 0 2でNO、S 8 0 4)。なお、このときの判定式は第一実施形態と同様であり、また、瞳孔のエッジ位置を検出するのに用いられる画像は、S 5 0 3で得られた2値化画像である。

10

#### 【0038】

他方、図9(a)のように、ライン11上に前眼部照明の反射像がある場合には、ラインペア[11、12]を用いた合否判定は行わずに、前眼部照明の反射像が存在しないラインペア[13、14]を用いた合否判定を行なう(S 8 0 2でYES、S 8 0 3)。ここで、ラインペア[11、12]とラインペア[13、14]の間隔を反射像の推定されるサイズより大きくすれば、2つのラインペアの少なくとも何れかは反射像が存在しないことになるので、上述のように2つのラインペアを用意しておけば十分である。

20

#### 【0039】

但し、第二実施形態においても、第一実施形態と同様に3つ以上のラインペアを用いることができるることは明らかである。また、3つ以上のラインペアを用いる場合は、瞳孔像の曲率の影響の観点から、第一実施形態と同様に分割プリズムの境界からの距離が短いラインペアから順に選択するようにすべきである。

#### 【0040】

また、複数のラインペアから反射像を回避したラインペアを選択する代わりに、反射像の領域を回避する位置にラインペアを設定し、設定したラインペアを用いてアライメントの合否を判定するようにしてもよい。

30

#### 【0041】

以上のように、第二実施形態によれば、前眼部観察像への前眼部照明の反射による誤判定を防止し、確実にアライメント判定を行うことが可能となる。

#### 【0042】

##### [第三実施形態]

上述の第一、第二実施形態では、ラインペア上の瞳孔のエッジ位置から観察像における瞳孔の位置を検出してアライメントの合否を判定しているのに対し、第三実施形態では、瞳孔の一部の面積をもとめ、その重心を計算し、アライメントの合否判定を行う。図10は第三実施形態による重心の算出を説明する図であり、図11は、第三実施形態によるアライメント判定部60によるアライメントの合否判定の処理を説明するフローチャートである。

40

#### 【0043】

アライメント判定部60は、S 5 0 3の2値化により得られた2値化画像中の瞳孔部分について、図10に示されるように、スプリット像(観察像)中の瞳孔像の部分AとBに対して、重心を計算し、評価値を計算する(S 1 1 0 1)。部分Aと部分Bは、スプリット境界線1001(分割プリズムの境界)と平行で、スプリット境界線1001から同一の距離はなれた一組のラインペア(ラインmとラインm')を設定する。部分Aはスプリット境界線1001と直線mで囲まれた瞳孔の面積、部分Bはスプリット境界線1001と直線m'で囲まれた瞳孔の面積である。

#### 【0044】

アライメント判定部60は、さらに部分Aの重心P5(x5, y5)と部分Bの重心P

50

6 (  $x_6, y_6$  ) と、スプリット中心  $O ( x_0, y_0 )$  とから、以下の式 15 ~ 式 17 により評価値を算出し、式 18 ~ 式 20 の判定式を用いてアライメント定をおこなう。

前後方向の判定式:  $a_7 = x_6 - y_5$  (式 15)

上下方向の判定式:  $a_8 = ( y_5 + y_6 ) / 2 - y_0$  (式 16)

左右方向の判定式:  $a_9 = ( x_5 + x_6 ) / 2 - x_0$  (式 17)

#### 【0045】

そして、アライメント判定部 60 は、以上の評価値  $a_7 \sim a_9$  が以下の式 18 ~ 式 20 に示される条件を全て満足するか否かを判定する (S1102)。そして、評価値  $a_7 \sim a_9$  が式 18 ~ 式 20 に示される条件を全て満足する場合は、アライメントがOKであると判定し (S1102 YES, S1103)、そうでなければアライメントはNGであると判定する (S1102 NO, S1104)。

10

- 1  $a_7 + 1$  [ 単位: pixel ] (式 18)

- 1  $a_8 + 1$  [ 単位: pixel ] (式 19)

- 1  $a_9 + 1$  [ 単位: pixel ] (式 20)

#### 【0046】

このような重心を用いた計算によりアライメント判定を行うことで、仮に部分 A、部分 B に前眼部照明が写りこんでいても、瞳孔部分の面積を計算する大きさをスポットサイズ (前眼部照明の反射像のサイズ) よりも十分に大きくすれば、誤差を低減できる。また第二実施形態のように前眼部照明の反射像の検出をあわせて行い、反射像が部分 A、部分 B に含まれないように平行ラインペア  $m, m'$  を設定するようにしてもよい。反射像が入らないように平行ラインペア  $m, m'$  を設定することで、より精度が向上する。

20

#### 【0047】

また第三実施形態では、スプリット境界線 1001 と直線  $m$ 、スプリット境界線 1001 と直線  $m'$  に囲まれた領域の瞳孔の面積により判定をおこなったが、スプリット境界線 1001 の上と下の瞳孔部分の全体の面積を用いてもよい。ただし瞳孔の上側は、被検眼によつては、瞳孔に瞼がかぶっている場合があるため、面積を正しく計算することができない可能性がある。そこで、上記のように、平行ラインペア  $m, m'$  により部分 A、部分 B を設定し、瞼がかかる可能性がある瞳孔の上側と、それに対向する下側の位置を除外した方が好ましい結果が得られる。

30

#### 【0048】

以上のように第三実施形態の形態によれば、前眼部観察像への前眼部照明の写りこみに対しても、判定を失敗することなく、確実に判定を行うことが可能となる。

#### 【0049】

##### [ 第四実施形態 ]

第四実施形態と上述の第一 ~ 第三実施形態との違いは、アライメント判定において、前眼部照明の反射像を検出し、反射像が検出された場合には重心判定を実施し、反射像が検出されない場合には水平ライン判定を実施する点にある。ここで、重心判定とは第三実施形態で説明したアライメント判定であり、水平ライン判定とは第一または第二実施形態で説明したアライメント判定である。このようにすることにより、計算量の多い重心判定だけに頼らないため、計算をおこなうアライメント判定部 60 (CPU) の負担を軽減することができる。

40

#### 【0050】

以下、図 12 のフローチャートに沿って第四実施形態によるアライメントの合否判定を説明する。図 12 のフローチャートは、図 5 の S505 のアライメント判定処理において実行される合否判定処理である。したがって、アライメント判定処理が実行される前に、S501 ~ S504 の処理 (瞳孔が中心上にあるかないかの判定、および小瞳孔判定) が実行される。瞳孔が中心上にあるかないかの判定 (S502) では、大きくアライメントがずれてしまつて瞳孔が中心上にない場合にはそれ以降の処理を行わないようにすることができ、CPU にかかる負担を軽減できる。また、瞳孔があまりに小さい場合には、評価値の誤差が大きくなつたり、前眼部照明の影響が大きくなつたりする。そのため、小瞳孔

50

と判定された場合には、自動で眼底部の観察への切替を行うと好ましくないケースや、操作者に小瞳孔であることを理解させるためにも自動で切り替えない方が良いケースがあり、アライメント判定は実行しないようにしている（S 5 0 4）。アライメント判定部 6 0 は、前眼部観察像から前眼部照明の検出を行う（S 1 2 0 1）。なお、前眼部照明の検出は、S 8 0 1 で説明したとおりである。そして、アライメント判定部 6 0 は、前眼部照明の反射像が観察画像に存在するかどうかを判定する（S 1 2 0 2）。前眼部照明の反射像が観察画像に存在する場合には、第三実施形態で説明した重心判定を実施する（S 1 2 0 2 で Y E S、S 1 2 0 4）。他方、観察画像において前眼部照明の反射像が検出されなかった場合には、第一実施形態で説明したような水平ラインを用いたアライメント判定を実施する（S 1 2 0 2 で N O、S 1 2 0 3）。

10

#### 【 0 0 5 1 】

なお、本実施形態では、1組のラインペア [ 1 1、1 2 ] を用意しておけばよい。S 1 2 0 3 あるいは S 1 2 0 4 で実行されたアライメント判定によりアライメントが O K と判定されれば、アライメントの判定結果を O K として処理を S 5 0 6 へ進める（S 1 2 0 3 で O K または S 1 2 0 4 で O K、S 1 2 0 5）。また、実行されたアライメント判定によりアライメントが N G と判定されれば、判定結果を N G として処理を S 5 0 7 へ進める（S 1 2 0 3 で N G または S 1 2 0 4 で N G、S 1 2 0 6）。また、S 1 2 0 2 において、観察像に反射像が存在するか否かを判定したが、ラインペア上に反射像があるか否かを判定するようにしてもよい。この場合、ラインペア上に反射像が無ければラインペアを用いたアライメント判定を行ない、ラインペア上に反射像が有れば重心を用いたアライメント判定を行う。

20

#### 【 0 0 5 2 】

以上のような第四実施形態によれば、前眼部観察像への前眼部照明の写りこみに対しても、アライメント判定を失敗することなく、確実に判定を行うことが可能となる。

#### 【 0 0 5 3 】

##### 〔 第五実施形態 〕

第五実施形態のアライメント判定部 6 0 によるアライメント判定方法は、第二実施形態で説明したアライメント判定方法に改良を加えたものである。一般に眼底カメラでは、前眼部照明の反射像が現れる x 方向の位置がスプリット中心の x 座標（= x 0 ）に対して対称になるように設計されていることを考慮して、前眼部照明の反射像の位置とスプリット中心の位置に応じた判定を追加している。以下、図 1 3 のフローチャートを参照して説明する。

30

#### 【 0 0 5 4 】

図 1 3 は第二実施形態の図 8 に対応した、本実施形態のアライメント判定のフローチャートであり、図 8 と同様の処理には図 8 のステップ番号と同一のステップ番号が付与されている。図 1 3 では、前眼照明の反射像を検出するための 2 値化を行なって前眼照明を検出する処理（S 8 0 1）を実施した後に、前眼照明の 2 つの反射像の位置がスプリット中心に対して対称であるか非対称であるかを判定する処理（S 1 3 0 1）が追加されている。

40

#### 【 0 0 5 5 】

S 1 3 0 1 における前眼部照明の位置の判定は図 1 4 のように実施される。まず、アライメント判定部 6 0 は、前眼部照明の位置と、スプリット中心の位置関係から、図 1 4 に示した評価値 a 1 0, a 1 1 を求める。つぎにこれら評価値 a 1 0 と a 1 1 を比較し、以下の式 2 1 に基づいて前眼部照明の反射像の位置の対称性を判定する（S 1 3 0 1）。

$$-1 \quad a 1 1 - a 1 0 \quad + 1 \quad [ \text{単位: pixel} ] \quad (\text{式 2 1})$$

#### 【 0 0 5 6 】

評価値が式 2 1 の条件を満たさない場合（判定が N G の場合）は、被検眼と光学系の位置が横方向にずれていることになるため、アライメント判定を N G としてアライメント判定処理を終了する（S 1 3 0 1 で N G、S 8 0 7）。他方、評価値が式 2 1 の条件を満たす場合（判定が O K の場合）には、水平ラインペアを用いたアライメント判定（S 8 0 2

50

～S 8 0 7) が実行される。なお、前眼部照明が検出されなかった場合には S 1 3 0 1 から S 8 0 2 へ進むものとする。

【0 0 5 7】

このように反射像の位置の対称性の判定を実施することにより、被検眼とのアライメントがずれている場合には、反射像の位置が非対称であることが検出され、アライメントの合否を速やかに判定できるようになる。これにより、判定を行う C P U の負担が軽くなり、C P U のスペックを低減できるなど、優れた効果が得られる。また、前眼部観察像への前眼部照明の写りこみに関しても、判定を失敗することなく、確実に判定を行うことが可能となる。

【0 0 5 8】

なお、第五実施形態では反射像の位置の対称性が確認された場合に第二実施形態で説明したアライメント判定を実行するようしたがこれに限られるものではなく、第一～第四実施形態で示したアライメント判定を適用することができる。

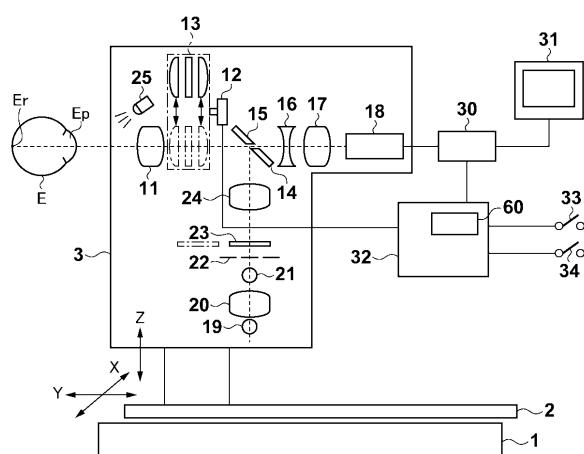
【0 0 5 9】

以上のとおり、第一～第五実施形態の眼科撮影装置によれば、前眼観察状態でのアライメントを自動で行うことができるとともに、前眼部照明光の反射の影響などによる瞳孔の検出失敗が低減され、誤検出となる確率を大幅に低減することができる。

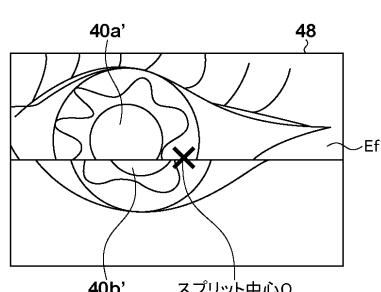
【0 0 6 0】

また、本発明は、以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェア（プログラム）を、ネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ（または C P U や M P U 等）がプログラムを読み出して実行する処理である。

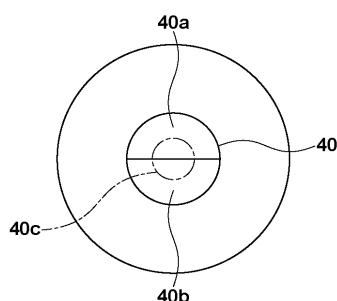
【図 1】



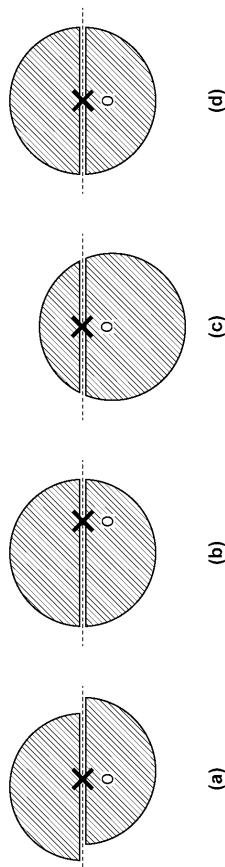
【図 3】



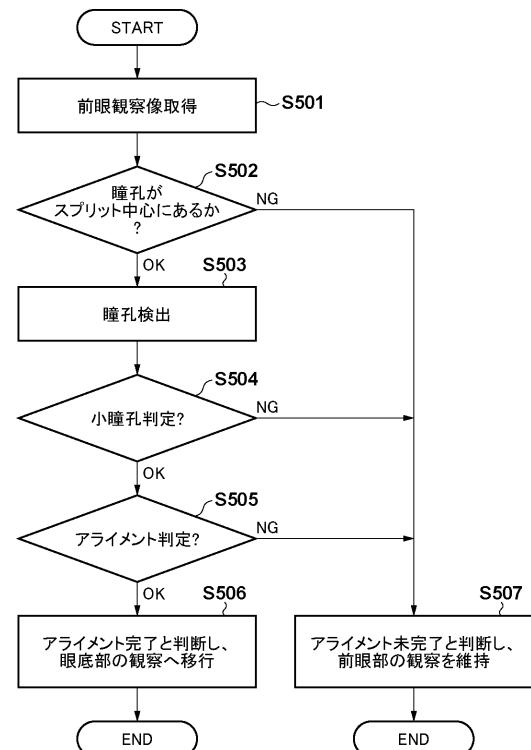
【図 2】



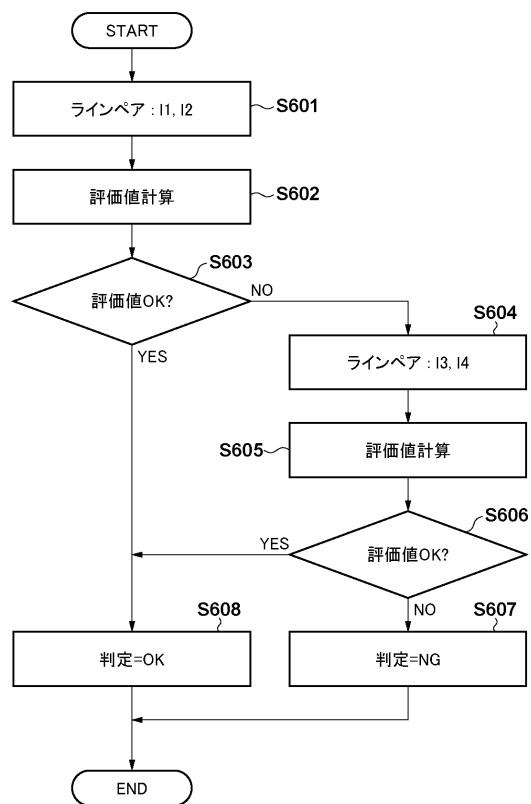
【図4】



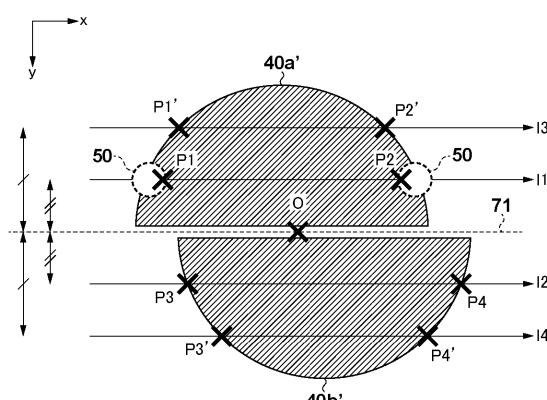
【図5】



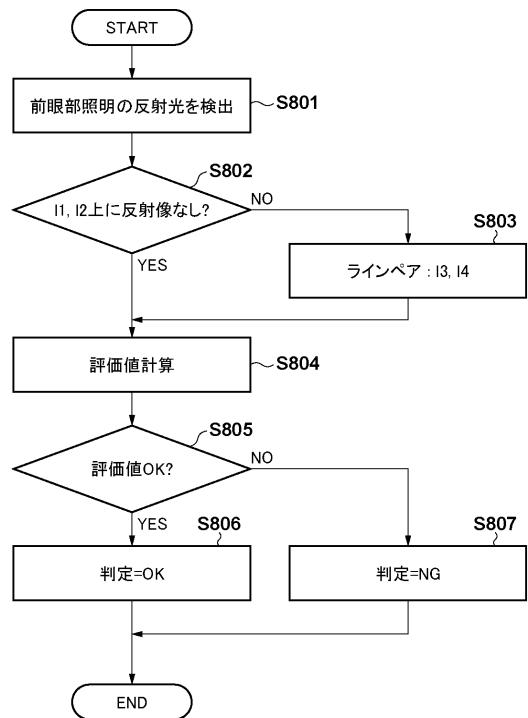
【図6】



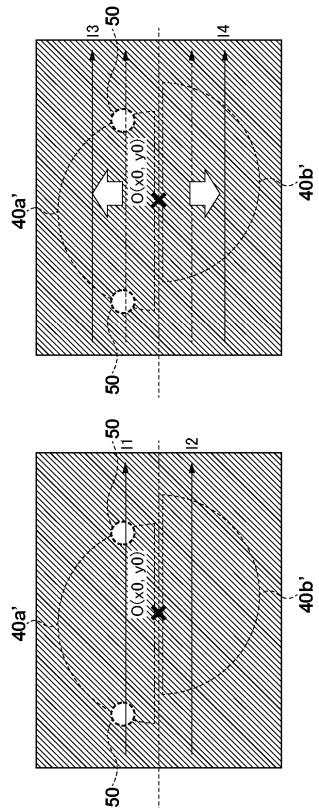
【図7】



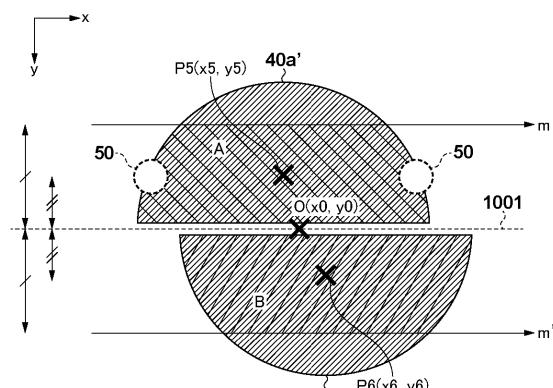
【 四 8 】



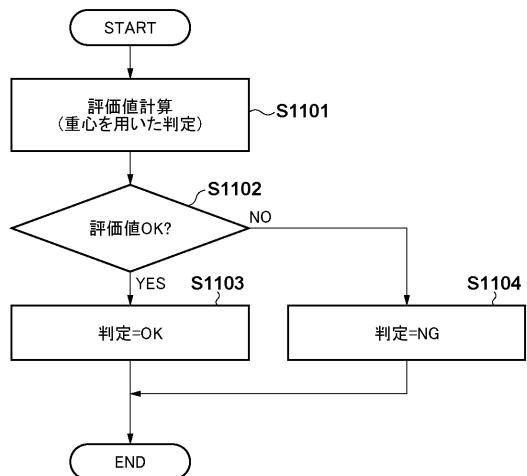
【 図 9 】



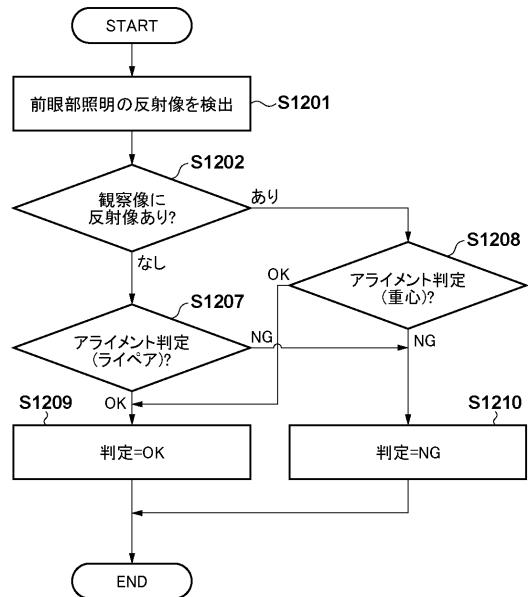
【 図 1 0 】



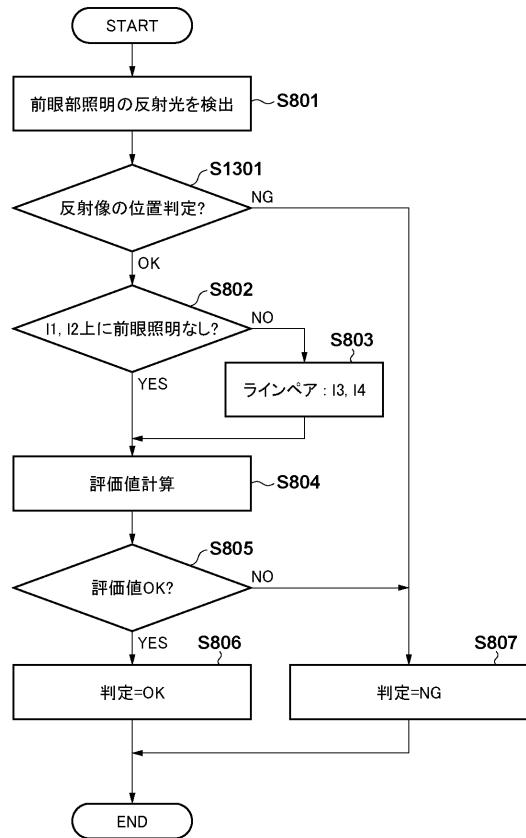
【 囮 1 1 】



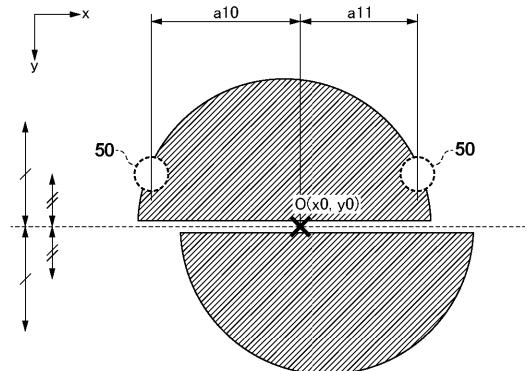
【図12】



【図13】



【図14】



---

フロントページの続き

(72)発明者 嵐野 治  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 川瀬 大輔  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内