

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4679123号  
(P4679123)

(45) 発行日 平成23年4月27日 (2011.4.27)

(24) 登録日 平成23年2月10日 (2011.2.10)

(51) Int.Cl. F 1  
A 6 1 B 3/10 (2006.01) A 6 1 B 3/10 M

請求項の数 4 (全 14 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-341557 (P2004-341557)                  (22) 出願日 平成16年11月26日 (2004.11.26)                  (65) 公開番号 特開2006-149501 (P2006-149501A)                  (43) 公開日 平成18年6月15日 (2006.6.15)                  審査請求日 平成19年11月9日 (2007.11.9)</p>	<p>(73) 特許権者 000143282                  株式会社コーナン・メディカル                  兵庫県西宮市宮西町10番29号                  (74) 代理人 100065868                  弁理士 角田 嘉宏                  (74) 代理人 100106242                  弁理士 古川 安航                  (72) 発明者 外村 孝次                  兵庫県西宮市宮西町10番29号 株式会                  社コーナン・メディカル内                    審査官 島田 保</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フォトレフラクター

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

左右の被検眼に対応すべく左右に並列に配置された一対のカメラであって、それぞれが、被検眼を照明するための照明光源、および、被検眼の眼底によって反射された上記照明光源からの照明光を撮影する撮影光学系を含んでなるカメラと、撮影光学系によって撮影された撮影画像を処理し演算する画像処理演算部、および、この演算結果に基づいて被検眼の屈折力を測定する画像測定部を含む解析装置とを備え、前記各照明光源が前記撮影光学系の対物レンズの外側に配置された実質的に三角形の光源であり、その三角のうちの一つの角部が対物レンズの中心に最も近い側に位置するように構成されてなるフォトレフラクター。

10

【請求項2】

上記一対のカメラと単一の解析装置とを接続する切換装置をさらに備えており、該切換装置が、一対のカメラそれぞれから出力される画像情報を交互に切り換えて上記画像処理演算部に送るように構成されてなる請求項1記載のフォトレフラクター。

【請求項3】

上記切換装置が、撮影光学系による撮影時に、上記カメラの各照明光源を、対応するカメラからの画像情報出力の切り換えと同期して交互に切り換えて点灯させるように構成されてなる請求項2記載のフォトレフラクター。

【請求項4】

左右の前記各照明光源は、前記撮影光学系の前端に設けられた対物レンズの外周縁の外側

20

において同心円上に設けられた第 1 の光源、第 2 の光源および第 3 の光源からなり、  
前記第 1 の光源は、左右の対物レンズの中心同士を結ぶ仮称直線上であって対物レンズの  
外側に配置され、前記第 2 の光源と前記第 3 の光源は、前記第 1 の光源を基準位置として  
120° 間隔で配置されてなる請求項 1 記載のフォトレフラクター。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はフォトレフラクターに関する。さらに詳しくは、フォトレフラクション法を用  
いて被検眼の屈折力を測定するためのフォトレフラクターに関する。

【背景技術】

【0002】

フォトレフラクション法は、被検眼に照明光を照射し、眼底からの反射光の瞳孔におけ  
る割合から眼光学系の屈折力を求めるものである。具体的には、フォトレフラクターとい  
う光学機器を用い、瞳孔を通ってくる眼底で反射した上記光をフォトレフラクターのカメ  
ラによって撮影し、瞳孔における明るいクレッセントの瞳孔半径方向の寸法の瞳孔径に対  
する割合を検出し、下記理論式(1)によって屈折力を得るものである(たとえば、非特  
許文献 1 参照)。

【0003】

$$R = 1 - \{ e L / 2 r ( A + L ) \} \quad ( 1 )$$

ここで、R は瞳孔直径に対する瞳孔中の明るいクレッセントの寸法割合、すなわち図 1  
0 における  $D / 2 r$  を意味するものである。D は明るいクレッセント K の瞳孔半径方向の  
長さであり、r は被検眼の瞳孔の半径である。A は被検眼の屈折力であり、e は上記カメ  
ラの対物レンズ 51 の端部 51 a から照明光源(ストロボ) 52 までの距離である。L は  
被検眼とカメラの対物レンズ 51 との離間距離(測定距離) S の逆数である( $L = 1 / S$   
)。なお、照明光源 52 は一個のみ配設されている。

【0004】

上式の通り、明るいクレッセント K の割合 R は、その他の条件が一定であるとする  
と、被検眼の屈折力 A によって異なる。すなわち、一定条件下で測定された明るいクレッ  
セントの割合 R から、下式(2)によって被検眼の屈折力 A が算出される。

【0005】

$$A = \{ e L / 2 r ( 1 - R ) \} - L \quad ( 2 )$$

このようにして求めた明るいクレッセント K の割合 R と屈折力 A との関係の一例を図 1  
1 に示す。図 1 1 において、横軸は被検眼の屈折力 A (単位:ジオプリー)を表し、縦  
軸は明るいクレッセントの割合 R (1.0 を 100% とする)を表す。図示のごとく上式  
によれば屈折力の計測不能域 I が生じる。この計測不能域 I を挟んだ両側、つまり屈折力  
のプラス側とマイナス側、にクレッセントが生じているが、瞳孔においてこれらのクレッ  
セントが出現する方向は正反対となる。また、屈折力のマイナスおよびプラスの絶対値が  
大きいほど計測精度が大幅に低下する。

【非特許文献 1】魚里博、「フォトレフラクション法」、眼科、金原出版、1991年、  
Vol. 33、No. 12 このフォトレフラクション法に用いられる従来のフォトレフ  
ラクターは一つのカメラで被検者の両眼を同時に撮影するものである。両眼を同時に撮影  
することにより、両眼の不同視や斜視を判定することができ、また、左右の被検眼それ  
ぞれの屈折力を測定をする場合にも時間の短縮になる。

【0006】

しかしながら、一つのカメラで一時に撮影した一つの画像に被検者の左右両眼が含まれ  
るため、各被検眼の瞳孔の像が小さいものとなる。その結果、瞳孔内に出現したクレッ  
セントの量を解析するには、瞳孔の像が小さすぎて十分な計測精度を得ることができない。  
また、屈折力に関する種々の分析を行うには情報量が不足することにもなる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

## 【0007】

本発明は前述した課題を解消するためになされたものであり、左右の被検眼を同時に撮影することは可能であり、撮影された左右の各被検眼の瞳孔像についての情報量が多いため、計測精度が高く、種々の屈折力分析を行うことができる、被検眼の屈折力のスクリーニングに好適なフォトレフラクターを提供することを目的としている。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

本発明のフォトレフラクターは、左右の被検眼に対応すべく左右に並列に配置された一対のカメラであって、被検眼を照明するための照明光源、および、被検眼の眼底によって反射された上記照明光源からの照明光を撮影する撮影光学系を含んでなるカメラと、撮影光学系によって撮影された撮影画像を処理し演算する画像処理演算部、および、この演算結果に基づいて被検眼の屈折力を測定する画像測定部を含む解析装置とを備えている。そして、上記各照明光源を、撮影光学系の対物レンズの外側に配置された実質的に三角形の光源とし、その三角のうちの一つの角部が対物レンズの中心に最も近い側に位置するように構成している。この構成により、撮影光学系の光軸から遠い光源の影響度の低下を防止しつつ照明光源の明るさを向上させることができる。

10

## 【0009】

一個のカメラによって一個の被検眼を撮影画面一杯の大きさで撮影することができるので、倍率を拡大して瞳孔像を十分な大きさで撮影することができる。しかも、被検者の左右両眼を同時に撮影することができる。その結果、測定精度が向上すること、および、撮影画像から得られる情報量が大幅に増大する。

20

## 【0010】

上記一対のカメラと単一の解析装置とを接続する切換装置をさらに備えており、この切換装置が、一対のカメラそれぞれから出力される画像情報を交互に切り換えて上記画像処理演算部に送るように構成されているフォトレフラクターが好ましい。単一の解析装置であっても、左右両眼を実質的に同時に撮影してその画像を解析することができるからである。さらに、左右両眼をほぼ同一条件で同時に撮影することができることになるので、不同視や斜視を判断することができ、さらに、左右の眼を個別に撮影する場合より測定時間を短縮することができる。

30

## 【0011】

上記切換装置が、撮影光学系による撮影時に、上記カメラの各照明光源を、対応するカメラからの画像情報出力の切り換えと同期して交互に切り換えて点灯させるように構成されているのが好ましい。一方のカメラによる撮影時に、他方のカメラの照明による影響を防止しうるからである。

## 【0014】

さらに、左右の前記各照明光源は、前記撮影光学系の前端に設けられた対物レンズの外周縁の外側において同心円上に設けられた第1の光源、第2の光源および第3の光源からなり、前記第1の光源は、左右の対物レンズの中心同士を結ぶ仮称直線上であって対物レンズの外側に配置され、前記第2の光源と前記第3の光源は、前記第1の光源を基準位置として120°間隔で配置されていてもよい。かかる照明光源の配置により、対物レンズの中心（撮影光学系の光軸）の中心に被検眼の瞳孔中心が一致するとすれば、左右の対物レンズの中心同士を結ぶ仮想直線（水平線とする）上の第1の光源の瞳孔中心からの離間距離は、水平線の上下の第2及び第3の光源の瞳孔中心からの離間距離より大きい。これにより、水平線の上下の照明光源が、瞳孔の上下に存在する瞼やまつげの影響を受けにくくなる。

40

## 【発明の効果】

## 【0015】

本発明に係るフォトレフラクターによれば、撮影された左右の各被検眼の瞳孔像についての情報量が多いため、計測精度が高く、種々の屈折力分析を行うことができる。そして、その照明光源の構成により、撮影光学系の光軸から遠い光源の影響度の低下を防止しつ

50

つ照明光源の明るさを向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

添付図面を参照しつつ本発明のフォトレフラクターの実施形態を説明する。

【0017】

図1は本発明にかかるフォトレフラクターの一実施形態を概略的に示すブロック図である。図2(a)はハンディータイプのフォトレフラクターの使用状態を示す図であり、図2(b)は設置型のフォトレフラクターの使用状態を示す図である。

【0018】

図1に示すように、本フォトレフラクター1は被検眼Eを撮影する光学ヘッド2と、この光学ヘッド2によって撮影された画像を解析する解析装置3と、光学ヘッド2から解析装置3への撮影画像出力を制御し、且つ、光学ヘッド2の照明を制御するための切換装置4とを備えている。そして、上記解析装置3には撮影画像や解析結果を表示するための表示装置5が接続されている。さらに、被検者の照合事項等を入力する入力装置(キーボード等)や撮影開始ボタン等が設置されたインターフェース装置24が配設されている。

10

【0019】

上記光学ヘッド2は図2(a)に示すような手で保持するハンディータイプのものでもよく、また、図2(b)に示すような架台23に設置したものでもよい。いずれのタイプであっても、検査者が解析装置3に連結された表示装置5によって被検眼Eを観察しつつ撮影を行う。そして検査者が光学ヘッド2に接続された解析装置(たとえばパーソナルコンピュータ)3を操作することにより、撮影画像の処理および演算、ならびに、処理演算結果に基づいた被検眼Eの屈折力の測定が行われる。上記表示装置5はこの測定結果をも表示する。

20

【0020】

図3~図5に示す上記光学ヘッド2は前述したうちのハンディータイプのものであり、手によって保持する保持ハンドル6を備えている。この光学ヘッド2には、被検者の左右の眼をそれぞれ撮影するための一対のカメラ7が内蔵されている。この一対のカメラ7は左カメラ7Lと右カメラ7Rであり、後述するように被検者の左眼LEと右眼REとに対応するように配置されている。左右のカメラ7L、7Rにはそれぞれ撮影光学系8L、8Rが配設されている。左右の撮影光学系8L、8Rは互いにほぼ平行となるように構成されている。各撮影光学系8L、8Rはその前端に対物レンズ10L、10Rを有し、後端には撮像用のCCD20L、20Rを有している。両CCD20L、20Rは相互に独立してその感度を変更することが可能である。

30

【0021】

両撮影光学系8L、8Rは被検眼Eが対物レンズ10から所定の離間距離(測定距離)となるようにフォーカスされている。たとえばこの測定距離を1mとする。1mと設定したときには±10cm程度のずれは検査上問題はない。測定距離(1m)を確保できるように光学ヘッド2に距離計を設置しておいてもよい。そして、この設定測定距離を基準として許容離間距離の範囲内に被検眼が入っているときに測定可能という表示を発するよう構成することができる。両撮影光学系の光軸8La、8Raは、上記測定距離に被検眼があるときに、平均的な被検者の左眼LEおよび右眼REそれぞれの瞳孔中心に一致するように方向付けられている。たとえば、上記両撮影光学系は、その光軸8La、8Raが平均的な被検者の左右両眼の瞳孔中心同士の離間距離だけ離間し、且つ、互いに平行となるように配置される。

40

【0022】

かかる構成によれば、左右の各カメラ7L、7Rがその撮影画面の中央に各被検眼の瞳孔を捉えるように撮影することができるので、簡単なレンズ系であっても高精度な良質の瞳孔画像を得ることができる。

【0023】

左右のカメラ7L、7Rはそれらの撮影光学系8L、8Rに対応する照明光源9L、9

50

Rを有している。照明光源9としては近赤外光を発光する赤色LED（発光ダイオード）が用いられている。各照明光源9L、9Rはそれぞれ三個の組であり、光学ヘッド2の前面であって、撮影光学系の前端の各対物レンズ10L、10Rの外周円の外側の同心円上に120°間隔に取り付けられている。両対物レンズ10L、10Rの中心同士を結ぶ仮想直線HL上であって各対物レンズの外側に位置基準となる光源9L1、9R1が配置され、これから反時計方向に120°変位した位置にそれぞれ二つ目の光源9L2、9R2が配置され、これから反時計方向に120°変位した位置にそれぞれ三つ目の光源9L3、9R3が配置されている。

#### 【0024】

かかる照明光源の配置による利点の一例は以下のとおりである。対物レンズの中心（撮影光学系の光軸）8aの中心に被検眼の瞳孔中心が一致するとすれば、対物レンズ10L、10Rの中心同士を結ぶ仮想直線（水平線とする）HL上の照明光源9L1、9R1の瞳孔中心からの離間距離は、水平線HLの上下の照明光源9L2、9R2、9L3、9R3の瞳孔中心からの離間距離より大きい。これは、水平線HLの上下の照明光源が、瞳孔の上下に存在する瞼やまつげの影響を受けにくいことを意味する。

#### 【0025】

各照明光源は他の照明光源とは独立してその明るさを変更することができる。これと前述のCCDの感度の個別調整とにより、左右の被検眼の特性の差（たとえば、左右の被検眼の網膜反射に差がある場合など）に応じてカメラの感度や照明強度を変更することが可能となる。

#### 【0026】

カメラ7の前面に左右の照明光源9L、9Rの六組をセットにして設置するための取り付け板11が配設されている。六組の照明光源9を設置した取り付け板11を照明光源ユニットと呼ぶ。取り付け板11はカメラ7の対物レンズ10が露出する開口を有し、対物レンズ10の周囲にネジ11a等の固定手段によって着脱自在に取り付けられるものである。

#### 【0027】

また、光学ヘッド2の前面における両カメラ7L、7Rの間には被検者が固視するための固視灯12が配設されている。固視灯12は被検眼Eの視軸をカメラの対物レンズ10の方に向けるためのものであるが、厳密に視軸を撮影光軸8aに一致させる必要はない。被検者の顔をほぼカメラ7に向けうるものであればよい。そのために、固視灯12としては、可視光LEDや電子発音器など、被検者がカメラ7を注視することを促しうるものを採用することができる。さらに、図示しないが、上記保持ハンドル6に光学ヘッド2の作動開始ボタンや、前述した撮影開始ボタンなどを設置してもよい。

#### 【0028】

図1を参照しつつ解析装置3を説明する。解析装置3は、光学ヘッド2によって撮影され、切換装置4によって入力される画像情報を受け入れるビデオキャプチャー13を備え、このビデオキャプチャー13に接続された画像合成部14および画像処理演算部15を備えている。ビデオキャプチャー13に受け入れられた画像情報は画像合成部14に出力される。画像合成部14では、左カメラ7Lによって撮影された左眼の画像と右カメラ7Rによって撮影された右眼の画像とが左右に並ぶように合成され、これがあたかも一つのカメラで左右の両被検眼が同時に撮影されているように表示装置5のカメラ画像表示部16に連続表示される（図6参照）。図6中の符号16aは通常のカメラ画像を表示する画面であり、符号16bはカメラのピントを合わせるために画像の倍率を高くして視認性を向上させた画面である。

#### 【0029】

一方、ビデオキャプチャー13から画像処理演算部15に送られた画像情報はここで画像処理され、屈折力測定のために種々の演算がなされる。演算されたデータは画像処理演算部15から画像測定部17に送られる。画像測定部17では屈折力の値が決定される。さらに、必要に応じて種々の判定基準に基づいて屈折力の正常、異常等が判定される。撮

10

20

30

40

50

影画像を画像処理し、このデータを演算して屈折力を決定する（屈折力の測定）一連の動作に連続して、この測定結果を種々の判定基準に基づいて判定する動作をも実行させるプログラムを図示しない記憶装置に格納しておくのがよい。

【 0 0 3 0 】

そして、上記判定の結果が表示装置 5 の結果表示部 1 8 に表示される（図 7）。図 7 中の符号 1 8 a は通常のカメラ画像を表示する画面であり、符号 1 8 b は瞳孔中の明るいクレッセント K などを観察しやすくするために画像の倍率を高くして視認性を向上させた画面である。符号 1 8 c は左右眼について別々に屈折力値を判定した結果（たとえば「右眼：近視（要治療）」）を表示する画面である。これらとともに、被検者の照合事項、クレッセントの測定条件、判定基準、屈折力値などを表示してもよい。また、プリンタなどの出力部（図示せず）によって検査結果を出力することも可能である。

10

【 0 0 3 1 】

図 1 ではカメラ画像表示部 1 6 と結果表示部 1 8 とを別の画面として表しているが、かかる構成に限定されることはない。たとえば、単一の表示画面を備えておき、時間差をとってこの画面にカメラ画像および測定結果や判定結果を表示するようにしてもよい。

【 0 0 3 2 】

上記切換装置 4 は、光学ヘッド 2 の照明の切換制御を行う照明切換部 2 1 と、光学ヘッド 2 から解析装置 3 への撮影画像出力の切換制御を行うカメラ出力切換部 2 2 とを含んでいる。これは、二つのカメラ 7 L、7 R によって撮影された画像を単一のキャプチャー 1 3 に取り込むために、いわゆるタイムシェアリングを行うことにより左右眼の実質的な同時撮影を実現するためであり、一の被検眼に対して異なる方向から照射された照明光による撮影画像を同時に解析して表示するためである。この作用を図 8 および図 9 を参照しつつ説明する。

20

【 0 0 3 3 】

図 8 はカメラによる被検眼の観察時（ファインダー時）および測定結果表示時における切換装置 4 によるカメラ 7 の出力の切り換えおよび照明光源 9 の点灯の切り換えの一例を示すタイミングチャートである。図 8 における横軸は時間軸であり、全図とも一致（同期）している。図 8（a）は左カメラ 7 L の画像出力のオンオフを示し、図 8（b）は右カメラ 7 R の画像出力のオンオフを示している。このオンオフ動作はカメラ出力切換部 2 2 によって制御される。また、図 8（c）は左右のカメラそれぞれにおける一部の照明光源 9 L 1、9 R 1 の点灯状況を示し、図 8（d）は左右のカメラそれぞれにおける残余の照明光源 9 L 2、9 L 3、9 R 2、9 R 3 の点灯状況を示している。この点灯の切換は照明切換部 2 1 によって制御される。

30

【 0 0 3 4 】

図 9 は屈折力測定時における切換装置 4 によるカメラ 7 の出力の切り換えの一例を示すタイミングチャートである。図 9 における横軸は時間軸であり、全図とも一致（同期）している。図 9（a）は左カメラ 7 L の画像出力のオンオフを示し、図 9（b）は右カメラ 7 R の画像出力のオンオフを示している。このオンオフ動作はカメラ出力切換部 2 2 によって制御される。また、図 9（c）は左カメラ 7 L の照明光源 9 L 1、9 L 2、9 L 3 の点灯状況を示し、図 9（d）は右カメラ 7 R の照明光源 9 R 1、9 R 2、9 R 3 の点灯状況を示している。この点灯の切換は照明切換部 2 1 によって制御される。また、図 9（c）および図 9（d）における縦軸は後述するように照明強度をも表している。

40

【 0 0 3 5 】

まず図 8 を参照しつつ、被検眼の観察時（ファインダー観察時）、すなわち、検査者が両カメラ 7 L、7 R を通して被検者の両眼を観察するときの切換制御を説明する。このとき、一方のカメラ 7 L は一方の被検眼（左眼）を撮影し、他方のカメラ 7 R は他方の被検眼（右眼）を撮影しているが、両カメラの画像出力をほぼ同時に単一の解析装置 3 に入力させるために両カメラ 7 L、7 R の画像出力を、切換装置 4 によって短時間ピッチで交互に切り換えて（図 8（a）および図 8（b）参照）解析装置 3 に入力するようにしている。たとえば上記時間ピッチは 1 / 30 秒である（1 フレームが 1 / 30 秒）。このとき、

50

左右の被検眼に対してほぼ同一条件で照明している。すなわち、両カメラともに各対物レンズの外側にある位置基準の照明光源 9 L 1、9 R 1 のみが点灯を継続し（図 8（a）および図 8（b）参照）、他の光源 9 L 2、9 R 2、9 L 3、9 R 3 は消灯したままである（図 8（c）および図 8（d）参照）。このように、きわめて短時間を見れば（厳密には）左右眼の撮影画像は時期を異にして解析装置 3 へ入力されてはいるが、実質的には左右眼の同時撮影画像を解析装置 3 に取り込んでいるとみなせる。

【0036】

このようにして、切換装置 4 によって切り換えつつ解析装置 3 に受け入れられた左右眼の撮影画像を、画像合成部 1 4 によって左眼画像が左に位置し右眼画像が右に位置した状態に合成したうえで、これをカメラ画像表示部 1 6 に表示する。そうすると、カメラ画像表示部 1 6 ではあたかも左右両眼が同時に一つのカメラで撮影されているように表現される。

10

【0037】

ついで図 9 を参照しつつ、被検眼の屈折力測定時におけるカメラ 7 の出力および光源 9 の点灯の切り換えを説明する。このときもタイムシェアリングによって左右眼の実質的に同時撮影の画像を解析装置 3 に取り込む。すなわち、図 9（a）および図 9（b）に示すように、カメラ出力切換部 2 2 によって両カメラ 7 L、7 R の画像出力を短時間ピッチで交互に切り換えて解析装置 3 へ入力するようにしている。たとえば上記時間ピッチは 1 / 5 秒である（1 フレームが 1 / 5 秒）。以上の 1 フレーム当たりの時間や間隔は変更可能である。

20

【0038】

このとき、照明切換部 2 1 の制御により、左右の被検眼に対して以下のごとく照明光源 9 が点滅する。すなわち、図 9（c）に示すように、左眼に対しては、左カメラ 7 L からの画像出力を解析装置 3 へ入力する 1 / 5 秒間に、左カメラ 7 L の照明光源 9 L 1、9 L 2、9 L 3 のみがこの順にそれぞれ 1 / 30 秒を置いて 1 / 30 秒間点灯する。ついで 1 / 30 秒を置いて右カメラ 7 R からの画像出力が解析装置 3 へ 1 / 5 秒間入力されるが、この間は図 9（d）に示すように、右眼に対して右カメラ 7 R の照明光源 9 R 1、9 R 2、9 R 3 のみがこの順にそれぞれ 1 / 30 秒を置いて 1 / 30 秒間点灯する。このようにして、左右両眼はそれぞれ異なる三方向（120° 間隔）からの照明によって撮影される。このように、照明の切り換えとカメラ出力の切り換えとが同期させられている。

30

【0039】

また、図 9（c）および図 9（d）の縦軸は前述のとおり照明強度を示している。図示のように、画像出力の解析装置 3 への入力ごとに照明強度を変更することもできる。すなわち、図示の範囲で、各カメラ 7 L、7 R の初回の画像出力時には照明強度を 1.0 とした場合、第二回目の画像出力時には照明強度を 0.5 としている。この強度の比は一例である。このように、照明強度を変えてほぼ同時に画像データを取得することにより、たとえば、両画像の比較によって撮影結果の信頼性を評価することができるという利点を得られる。また、被検眼の特性により、万が一強弱いずれか一方の照明強度では照明過多や照明不足が生じるときでも、他方の強度の照明による撮影が成功する可能性が極めて高いため、取り直しの必要が無くなる。

40

【0040】

以上のごとくして解析装置 3 へ入力された左右両眼の画像はそれぞれ画像処理演算部 1 5 において画像処理され、屈折力測定のために種々の演算がなされる。演算されたデータは画像測定部 1 7 において種々の指標に基づいて屈折力の測定がなされ、その結果が表示装置 5 の結果表示部 1 8 に表示される（図 7 の符号 1 8 c 参照）。このとき、屈折力測定時に撮影された被検眼画像も同時に表示することができる（図 7 の符号 1 8 b 参照）。さらに、現時点での（測定が終了して結果が表示されている時点）カメラ画像を併せて表示することもできる（図 7 の符号 1 8 a 参照）。

【0041】

以上のごとく、一個のカメラによって一個の被検眼を撮影画面一杯の大きさに撮影する

50

ことができるので、倍率を拡大して瞳孔像を十分な大きさに撮影することができる。しかも、被検者の左右両眼を同時に撮影することができる。その結果、測定精度が向上すること、および、撮影画像から得られる情報量が大幅に増大するので種々の解析および診断が可能となる。また、前述したように左右の各カメラ 7 L、7 R が簡単なレンズ系であっても高精度な良質の瞳孔画像を得ることができることも相俟って、たとえば、瞳孔直径に対する瞳孔中の明るいクレッセントの寸法割合を算出する際にも精度の高い算出値が得られる。

#### 【 0 0 4 2 】

加えて、左右両眼を同時に撮影することができ、これらを左右に組み合わせて表示することができるので、この画面をファインダーとして利用できる。その結果、撮影倍率を大幅に拡大しても、従来的一個のカメラで左右両眼を撮影するときと同等の事前観察機能（ファインダー機能）を発揮しうる。さらに、左右両眼をほぼ同一条件で同時に撮影することができるので、不同視や斜視を判断することができ、さらに、個別に撮影する場合より測定時間を短縮することができる。

10

#### 【 0 0 4 3 】

上記結果表示部 1 8 に表示されている測定時の被検眼画像は、前述した 1 2 0° 間隔の三方向からの照明によって撮影された三種の画像を合成したものとすることができる。すなわち、画像合成部 1 4 によって三種の画像を合成し、その状態のまま結果表示部 1 8 に表示させることが可能である。たとえば、三種の画像を色分けして（たとえば青、赤、緑）表示することができる。三種の画像を合成して表示することにより、一枚の撮影画像から瞬きなどの一瞬の不正常を発見することが可能となる。同時に、上記三種の画像は画像処理演算部 1 5 から画像測定部 1 7 に送られ、この画像情報から乱視軸の測定等がなされる。

20

#### 【 0 0 4 4 】

図 3 に示すように、各照明光源 9 L 1、9 L 2、9 L 3、9 R 1、9 R 2、9 R 3 はいずれも三個の LED 1 9 が正三角形に配置されたものである。すなわち、対物レンズ 1 0 に最も近い LED 1 9 a が、対物レンズ 1 0 の中心から半径方向に延びる（撮影光学軸 8 a に垂直に放射状に延びる）1 2 0° 毎の仮想直線上に配置され、他の二個の LED 1 9 b、1 9 c は上記 LED 1 9 a より外側で上記仮想直線を挟んだ両側にほぼ線対称に配置されている。

30

#### 【 0 0 4 5 】

これは、照明光源に安価な LED を用いながら照明強度を向上させる手法である。現在の LED は、一個では撮影用照明として十分な明るさを発揮し得ないので複数個（三個）を用いるが、乱視軸の算出時の誤差を無くす観点からはこの複数個の LED をできるだけ対物レンズ中心から半径方向に延びる仮想直線上に一直線に収束配置するのが望ましい。しかし、照明光源が対物レンズ 1 0 の半径方向に遠ざかるほど、撮影画像に対する照明の影響度（照明の効果）が低下する。そこで、それを防止するために半径方向に遠ざかるほど照明強度を上昇させ（LED 1 9 の個数を増やし）、出来る限り半径方向の仮想直線上に収束するように照明光源を構成したのが上記 LED の配置である。かかる構成によれば、一個では明るさが不足しがちな安価な LED 1 9 を複数個用いて、一個の LED の照明による画像をそのまま明るくした画像を得ることができる。すなわち、クレッセントの明暗が識別できる高輝度の画像を得ることができる。

40

#### 【 0 0 4 6 】

もちろん、三個の LED からなる構成に限定されることはなく、また、対物レンズ 1 0 の中心から遠い側の LED 1 9 b、1 9 c の位置を仮想直線について線対称とする必要はなく、仮想直線の両側に配置することにも限定されない。たとえば、照明光量を増大するために単一の大きな光源を用いる場合、マスク等を用いて照明光源を三角形にする。そして、その一頂点が上記直線上の対物レンズ 1 0 の中心に近い側に位置するようにし、他の二頂点が上記一頂点より外側（対物レンズ 1 0 の中心から遠い側）に配置してもよい。そのうちの一選択肢として上記仮想直線を挟んだ両側の位置がある。この仮想直線を挟ん

50

だ両側のうちの一選択肢として仮想直線について線対称となる位置がある。要するに、照明光量を増大するために光源の個数を増加したり発光面積を増加する場合、上記仮想直線上の各光源をほぼ三角状に形成または配列し、三角形の一つの角部が仮想直線上の対物レンズ中心に近い側に位置し、他の二つの角部が対物レンズ中心から遠い側であればよい。しかし、これら他の二つの角部は仮想直線を挟んだ両側に線対称位置とする方が、より良質な画像を得るうえで好ましい。

【0047】

以上のごとく構成されたフォトレフラクター1の操作の一例を簡単に説明する。まず、検査者は、光学ヘッド2から所定距離（たとえば、前述したように約1m）だけ離間した位置に被検眼が位置するように被検者を座らせる。

10

【0048】

検査者は、カメラ画像表示部16を観察しながら被検者の両眼がカメラ画像表示部16内に正しく位置づけられるように、光学ヘッド2を左右上下に動かして位置決めする。同時に被検眼にピントが合うようにカメラ画像表示部16を観察しながら光学ヘッド2を被検者に対して接近離間させて位置決めする。ついで、被検者に呼びかけて固視灯12を固視させる。

【0049】

測定スイッチをオンする。この測定スイッチとしてフットスイッチを採用してもよい。そうすると、切換装置4の作動により、たとえば図8および図9に示すごとく、照明光源が順次点滅し、カメラ7による撮影画像が順次解析装置3に取り込まれる。解析装置3では撮影画像が処理され、演算されてその結果が結果表示部18に表示され、屈折力測定が終了する。

20

【産業上の利用可能性】

【0050】

本発明のフォトレフラクターによれば、撮影光学系として高解像度の高価なレンズ系を用いる必要なく、左右の各被検眼について情報量の多い瞳孔像を得ることができる。その結果、測定精度が向上させることができ、また、種々の屈折力分析を行うことができるので、精度のよい屈折力スクリーニングが期待できる。

【図面の簡単な説明】

【0051】

30

【図1】本発明にかかるフォトレフラクターの一実施形態を概略的に示すブロック図である。

【図2】図2(a)はハンディータイプのフォトレフラクターの使用状態を示す図であり、図2(b)は設置型のフォトレフラクターの使用状態を示す図である。

【図3】図1のフォトレフラクターにおける光学ヘッドを示す正面図である。

【図4】図3の光学ヘッド内部の側面図である。

【図5】図3の光学ヘッド内部の平面図である。

【図6】図1のフォトレフラクターのカメラ画像表示部の一例を示す正面図である。

【図7】図1のフォトレフラクターの結果表示部の一例を示す正面図である。

【図8】図1のフォトレフラクターの切換装置による、カメラによる被検眼観察時（ファインダー観察時）および測定結果表示時の継時的なカメラ出力の切り換えおよび照明光源点灯の切り換える一例を示すタイミングチャートであり、(a)は左カメラの画像出力のオンオフを示し、(b)は右カメラの画像出力のオンオフを示し、(c)は左右のカメラそれぞれにおける一部の照明光源の点灯状況を示し、(d)は左右のカメラそれぞれにおける残余の照明光源の点灯状況を示している。

40

【図9】図1のフォトレフラクターの切換装置による、屈折力測定時における継時的なカメラ出力の切り換えおよび照明光源点灯の切り換える一例を示すタイミングチャートであり、(a)は左カメラの画像出力のオンオフを示し、(b)は右カメラの画像出力のオンオフを示し、(c)は左カメラの照明光源の点灯状況を示し、(d)は右カメラの照明光源の点灯状況を示している。

50

【図10】フォトレフラクション法の原理を示す図である。

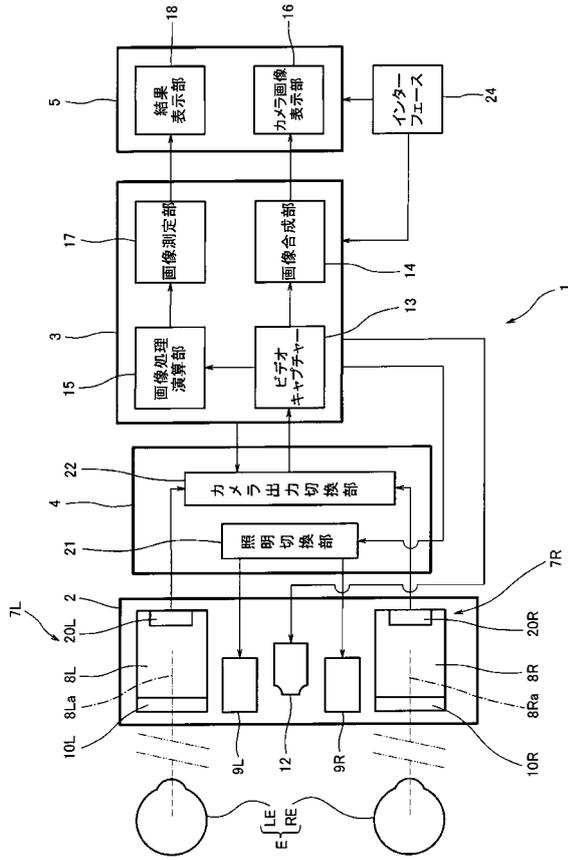
【図11】フォトレフラクション法による被検眼の屈折力を測定する方法を説明するグラフである。

【符号の説明】

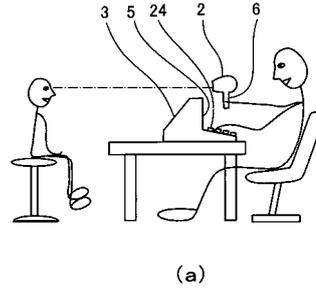
【0052】

1	フォトレフラクター	
2	光学ヘッド	
3	解析装置	
4	切換装置	
5	表示装置	10
6	保持ハンドル	
7	カメラ	
8	撮影光学系	
9	照明光源	
10	対物レンズ	
11	取付板	
12	固視灯	
13	ビデオキャプチャ	
14	画像合成部	
15	画像処理演算部	20
16	カメラ画像表示部	
17	画像測定部	
18	結果表示部	
19	LED	
20	CCD	
21	照明切換部	
22	カメラ出力切換部	
23	架台	
24	インターフェース	
A	屈折力	30
D	明るいクレセントの寸法	
E	被検眼	
e	対物レンズの端縁から照明光源までの距離	
K	(明るい)クレセント	
R	クレセントの寸法割合	
r	瞳孔の半径	
S	測定距離	

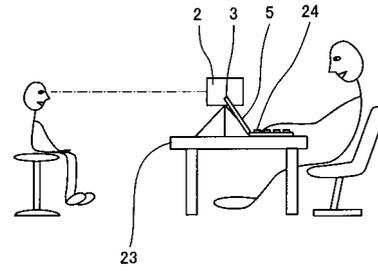
【図1】



【図2】

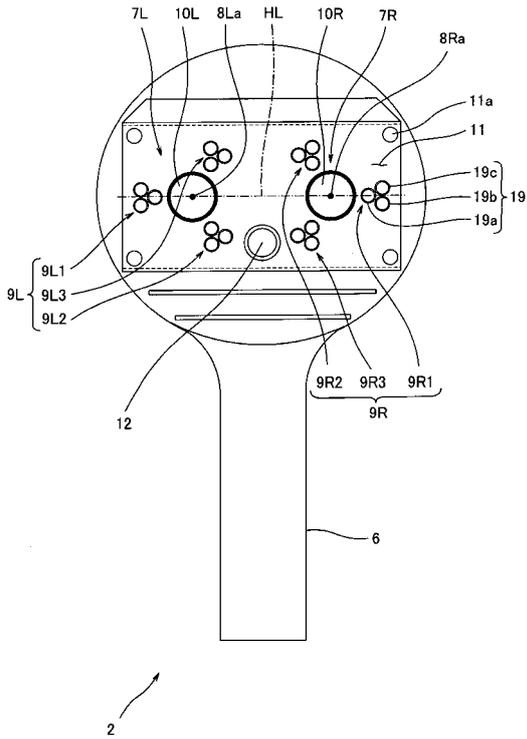


(a)

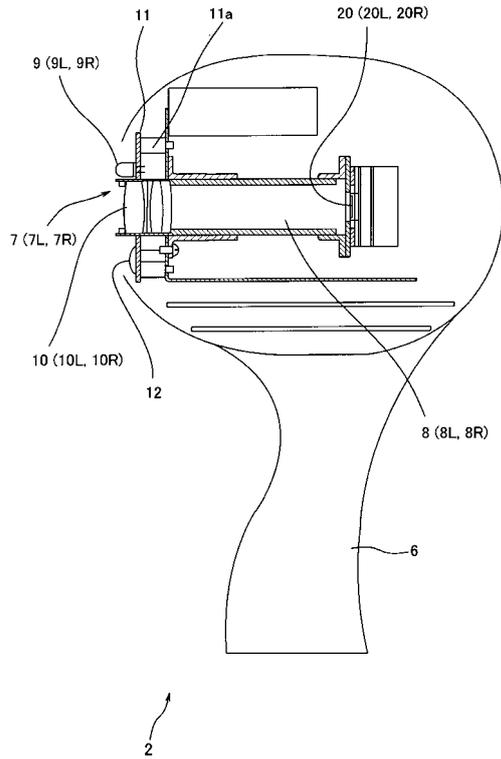


(b)

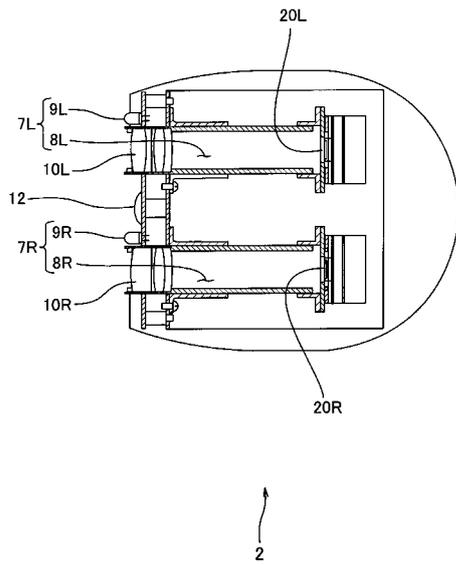
【図3】



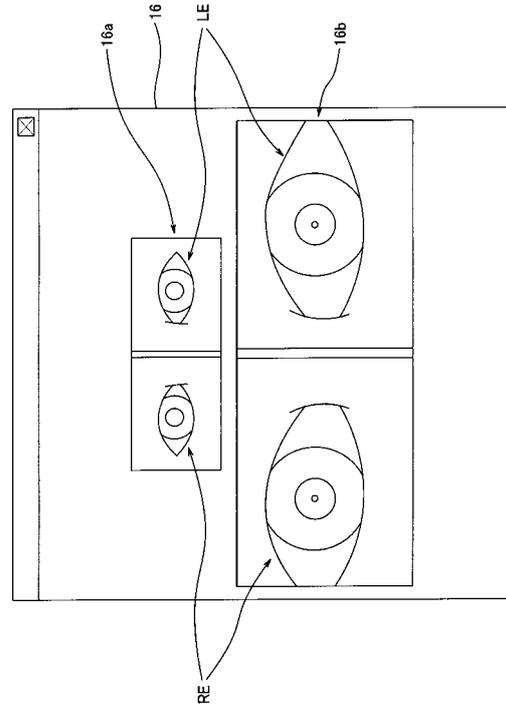
【図4】



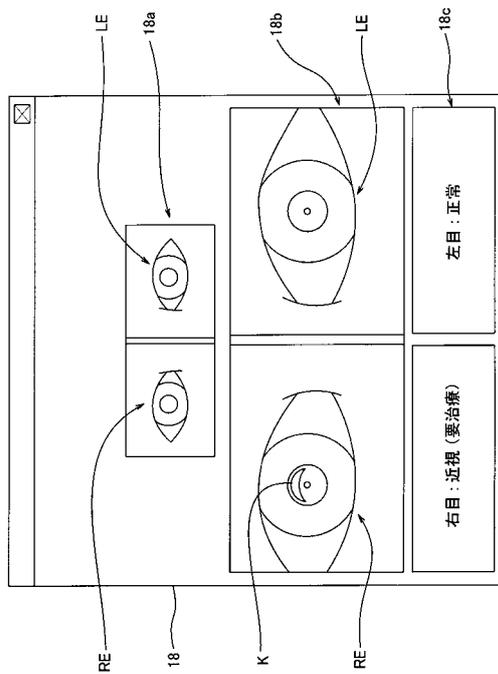
【図5】



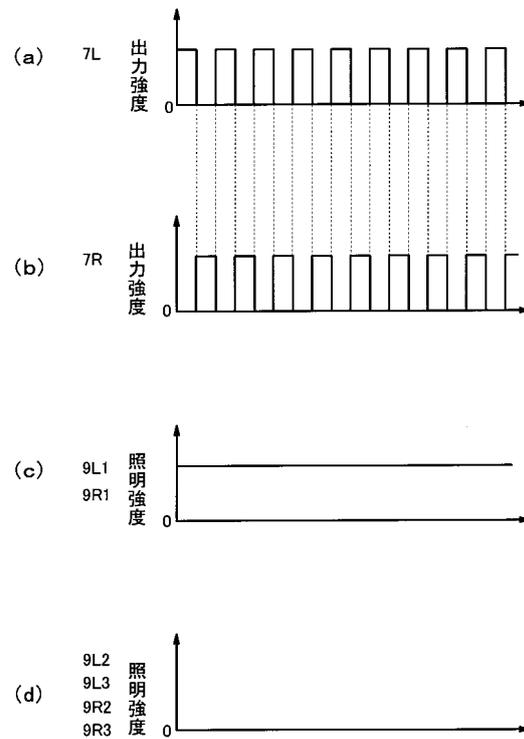
【図6】



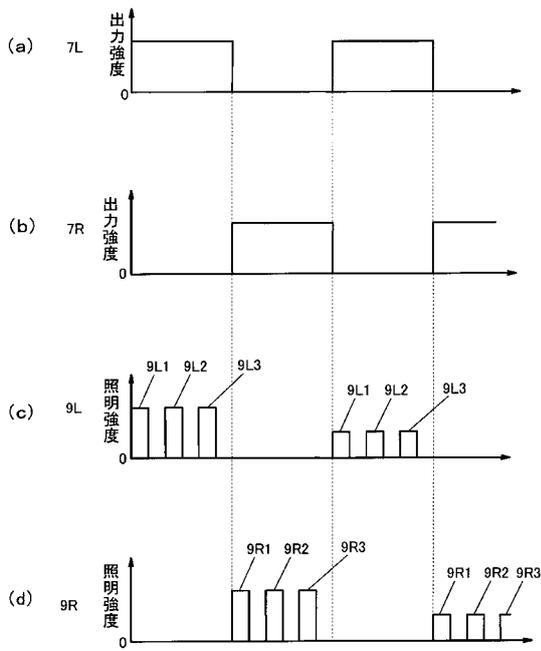
【図7】



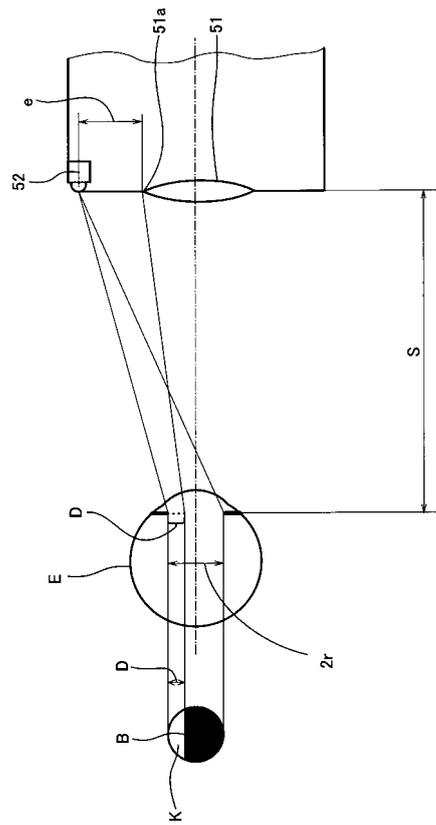
【図8】



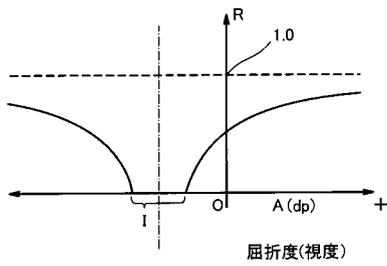
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平06-197866(JP,A)  
特開平05-317258(JP,A)  
特開平05-220112(JP,A)  
特開2002-010981(JP,A)  
特開平10-307314(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 3/10