

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2023年9月28日(28.09.2023)



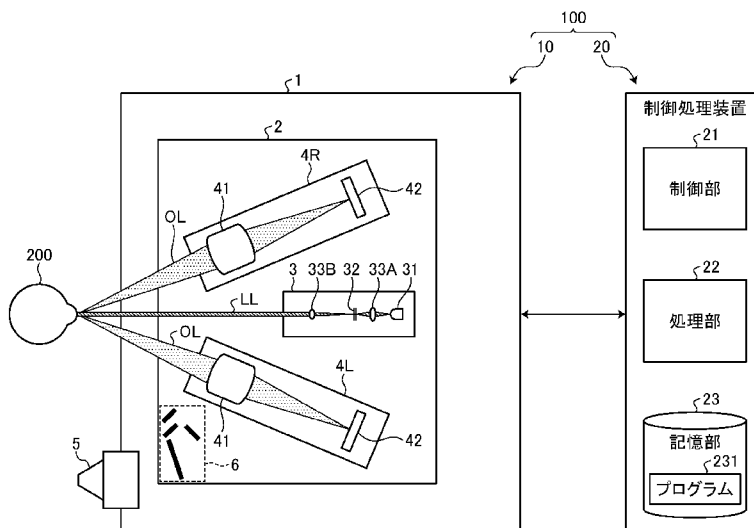
(10) 国際公開番号  
**WO 2023/181779 A1**

- (51) 国際特許分類:  
A61B 3/135 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/006670
- (22) 国際出願日: 2023年2月24日(24.02.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2022-045372 2022年3月22日(22.03.2022) JP
- (71) 出願人: ソニーグループ株式会社(SONY GROUP CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 小林 素明 (KOBAYASHI, Motoaki); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 大月 知之(OOTSUKI, Tomoyuki); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 勝木 祐伍 (KATSUKI, Yugo); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人 酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,

(54) Title: INSPECTION SYSTEM

(54) 発明の名称: 検査システム

【図1】



20 Control processing device  
21 Control unit  
22 Processing unit  
23 Storage unit  
231 Program

(57) Abstract: This inspection system (100) is provided with: a measurement unit (2) which is movable so as to change the angle relative to an eyeball (200) of a subject and is rotationally movable about an axis of rotation that is an eye axis of the eyeball (200); a lighting unit (3) which is mounted in the measurement unit (2) and irradiates the eyeball (200); a first camera unit (4L) which is mounted in the measurement unit (2) and captures an image of the eyeball (200); and a second camera unit (4R) which is mounted in the measurement unit (2) and captures an image of the eyeball (200). In the



WO 2023/181779 A1

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

inspection system, the first camera unit (4L) and the second camera unit (4R) are movable independently from each other on the measurement unit (2) so as to change the angle relative to the eyeball (200).

(57) 要約: 検査システム (100) は、被検者の眼球 (200) に対する角度を変えるように移動可能であり、且つ、眼球 (200) の眼軸を回転軸として回転移動可能な測定ユニット (2) と、測定ユニット (2) に搭載され、眼球 (200) を照射する照明ユニット (3) と、測定ユニット (2) に搭載され、眼球 (200) を撮像する第1のカメラユニット (4L) と、測定ユニット (2) に搭載され、眼球 (200) を撮像する第2のカメラユニット (4R) と、を備え、第1のカメラユニット (4L) 及び第2のカメラユニット (4R) それぞれは、眼球 (200) に対する角度を変えるように測定ユニット (2) 上を独立に移動可能である。

## 明 細 書

**発明の名称**： 検査システム

**技術分野**

[0001] 本開示は、検査システムに関する。

**背景技術**

[0002] 例えば特許文献1は、検眼用の顕微鏡によって観察される眼球を撮像する装置を開示する。

**先行技術文献**

**特許文献**

[0003] 特許文献1：特開2016-159073号公報

**発明の概要**

**発明が解決しようとする課題**

[0004] 特許文献1の装置は、医師の手動操作を必要とする。また、各種の検査に適した態様で眼球を撮像できるようにはなっていない。

[0005] 本開示の一側面は、検査に適した態様で眼球を撮像することを可能にする。

**課題を解決するための手段**

[0006] 本開示の一側面に係る検査システムは、被検者の眼球に対する角度を変えるように移動可能であり、且つ、眼球の眼軸を回転軸として回転移動可能な測定ユニットと、測定ユニットに搭載され、眼球を照射する照明ユニットと、測定ユニットに搭載され、眼球を撮像する第1のカメラユニットと、測定ユニットに搭載され、眼球を撮像する第2のカメラユニットと、を備え、第1のカメラユニット及び第2のカメラユニットそれぞれは、眼球に対する角度を変えるように測定ユニット上を独立に移動可能である。

**図面の簡単な説明**

[0007] [図1]実施形態に係る検査システムの概略構成の例を示す図である。

- [図2]各ユニットの移動の例を模式的に示す図である。
- [図3]隅角領域検査の例を示す図である。
- [図4]角膜検査の例を示す図である。
- [図5]水晶体検査の例を示す図である。
- [図6]水晶体検査の例を示す図である。
- [図7]水晶体検査の例を示す図である。
- [図8]チン小帯の検査の例を示す図である。
- [図9]角膜内皮細胞検査の例を示す図である。
- [図10]反射鏡ユニットを用いた撮像の例を模式的に示す図である。
- [図11]反射鏡ユニットの形状の例を示す図である。
- [図12]固視標の提示の例を示す図である。
- [図13]固視標の提示の例を示す図である。
- [図14]固視標の提示の例を示す図である。
- [図15]画像処理の例を示すフローチャートである。
- [図16]図15のステップS2の詳細の例を示すフローチャートである。
- [図17]図15のステップS3の詳細の例を示すフローチャートである。
- [図18]図15のステップS4の詳細の例を示すフローチャートである。
- [図19]図15のステップS5の詳細の例を示すフローチャートである。
- [図20]図15のステップS6の詳細の例を示すフローチャートである。
- [図21]制御処理装置20のハードウェア構成の例を示す図である。

### 発明を実施するための形態

- [0008] 以下に、本開示の実施形態について図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下の各実施形態において、同一の要素には同一の符号を付することにより重複する説明を省略する。
- [0009] 以下に示す項目順序に従って本開示を説明する。
0. 序
  1. 実施形態
    1. 1. 前眼部検査

1. 2. 隅角領域検査
1. 3. 角膜検査
1. 4. 水晶体検査
1. 5. チン小帯検査
1. 6. 角膜内皮細胞検査
1. 7. 反射鏡ユニット
1. 8. 固視標
1. 9. 画像処理
2. 変形例
3. ハードウェア構成の例
4. 効果の例

#### [0010] 0. 序

眼科医は、診察の際にスリットランプ（細隙灯等とも呼ばれる）を使って患者の眼の状態を診断している。スリットランプは、100年以上前に発明され、現在も主流なアナログな眼科診断装置である。現在は、この他にも種々のデジタル化された検査機器が開発され、診断に使われているが、それぞれ単機能の検査を行う装置となっている。診断のワークフローは、医師の診察前に、検査室で各種の検査機器で事前検査を行った後に、診察室で医師によるスリットランプを用いた診断を行う。その後、疑われる疾患に応じて、再び、検査室で必要な検査を、別の検査機器で行う。最後にもう一度、診察室に戻って、医師が診断を行う。このような一連の流れで、多くの眼科医の診断が行なわれている。

[0011] 上述のような事前検査、診察、再検査、再診察というワークフローのため、診断までの時間が多くかかっている現状がある。また、検査機器が複数あって、それぞれで行なっているため、検査室のスペースを要し、それぞれの機器を準備するコストもかかっている。事前検査の時に、単体で一度に必要な検査を予め一通り終えたり、さらには、検査結果を提示したりすることができれば、一度の診察で診断が行えるので、ワークフローを大幅に迅速化で

きる。

[0012] 現状のスリットランプは画像データの撮像機能が無い物が一般的で、撮像機能を付加した物でも、低解像度な単眼撮像装置しかない。このため、事前に検査室で、医師の診断に用いる事ができるレベルの画質、かつ3次元のデータ（3Dデータ）を取得できる装置がない。特許文献1の技術も、スリットランプの構造そのものは、従来と変わらないため、医師が手動で操作して使う装置となっている。事前に検査室でデータ取得を行う使い方には適さない、という課題がある。また、角膜細胞、チン小帯、角膜の立体形状、水晶体の立体形状等のデータも取得して、診断に役立てたい場合があるが、それらのデータを取得する事は出来ないので、必要に応じて、診断ごとに別々の検査装置を使って行う必要もある。

[0013] 例えば上述の課題の少なくとも一部が、開示される技術によって対処される。例えば、所望の条件で被検眼を照らす照明ユニット、及び、2つの撮像ユニットが用いられる。検査の内容に応じて、照明ユニットの照明方法、照明ユニット及び撮像ユニットの位置等が最適条件に調整され撮像される。それとともに解析が行われ、診断に用いるための情報の提示等も行われる。

#### [0014] 1. 実施形態

図1は、実施形態に係る検査システムの概略構成の例を示す図である。検査システム100は、眼の検査、診断等に用いられる。検査対象の眼の眼球部分を、眼球200と称し図示する。検査システム100は、撮像装置10と、制御処理装置20とを含む。図1には、上方からみた（平面視した）眼球200及び撮像装置10の配置が模式的に示される。

[0015] 撮像装置10は、眼球200を撮像する。撮像装置10は、ベースユニット1と、測定ユニット2と、照明ユニット3と、カメラユニット4Lと、カメラユニット4Rと、隅角鏡ユニット5と、反射光学系ユニット6とを含む。この例では、測定ユニット2及び隅角鏡ユニット5は、ベースユニット1に搭載される。照明ユニット3、カメラユニット4L、カメラユニット4R及び反射光学系ユニット6は、測定ユニット2に搭載される。

- [0016] 照明ユニット3は、眼球200に照明光LLを照射することにより、眼球200を照明する。照明光LLの例は、スリットランプ光であり、この場合、照明光LLは、光路と直交する面において、スリット形状（長方形形状）を有する。照明光LLはスリットランプ光以外の光であってよく、スリット形状以外の形状を有してよい。他の形状の例は、ランダムドットパターン形状、グリッドパターン形状等である。以下では、照明光LLがスリット形状を有するスリットランプ光であるものとして説明する。
- [0017] 照明ユニット3は、光源31と、光学系33Aと、スリット32と、光学系33Bとを含む。光源31は、例えば、LED（Light Emitting Diode）、LD（Laser Diode）等を含んで構成される。光源31は、切り替えて用いることが可能な複数の光源であってよい。光源の例は、白色光光源、赤外光光源等である。
- [0018] 光源31によって出力された照明光LLは、光学系33Aによって集光されてからスリット32によってスリット状に絞られ、光学系33Bによって平行光にコリメートされて出力される。スリット32の幅は制御可能であり、従って、照明光LLの幅（スリットランプ光の幅）を調整可能である。
- [0019] カメラユニット4L及びカメラユニット4Rは、眼球200、より具体的には、眼球200のうち、照明ユニット3からの照明光LLによって照明されている部分（例えば断面）を撮像する。眼球200からカメラユニット4L及びカメラユニット4Rに向かう光を、観察光OLと称し図示する。カメラユニット4L及びカメラユニット4Rは、観察光OLを受光することによって、眼球200を撮像する。
- [0020] カメラユニット4Lは、測定ユニット2から眼球200をみたときに、カメラユニット4Rよりも左側に位置する第1のカメラユニット（左カメラユニット）である。カメラユニット4Rは、カメラユニット4Lよりも右側に位置する第2のカメラユニット（右カメラユニット）である。カメラユニット4L及びカメラユニット4Rは、同一の構成を有してよい。
- [0021] カメラユニット4L及びカメラユニット4Rそれぞれは、対物ズーム光学

系41と、イメージセンサ42を含む。例示される対物ズーム光学系41は、対物レンズである。対物ズーム光学系は、変倍式の光学系を含む意味に解されてよい。イメージセンサ42は、対物ズーム光学系41を介して観察（例えば拡大観察）された眼球200を撮像する。

[0022] カメラユニット4Lの対物ズーム光学系41及びイメージセンサ42と、カメラユニット4Rの対物ズーム光学系41及びイメージセンサ42とは、それぞれ独立に制御可能である。カメラユニット4Lの倍率及びカメラユニット4Rの倍率も独立に設定できる。このようなカメラユニット4L及びカメラユニット4Rは、互いに異なる位置、角度、倍率等で眼球200を撮像するグリノー式のステレオカメラとして機能する。

[0023] カメラユニット4L及びカメラユニット4Rによって撮像された眼球200の画像のデータは、撮像装置10から制御処理装置20に送られる。なお、「画像」及び「撮像」は、「映像」及び「撮影」を含む意味に解されてよい。矛盾の無い範囲において、画像及び撮像は、映像及び撮影に適宜読み替えられてよい。また、以下では、画像のデータを、単に画像等ともいう。

[0024] 隅角鏡ユニット5及び反射光学系ユニット6は、眼球200の隅角領域を撮像する際に用いられる。隅角鏡ユニット5は、隅角鏡を含んで構成される。反射光学系ユニット6は、照明光LLや観察光OLを反射させる光学素子を含んで構成される。

[0025] 図示しない患者台等が設けられてよい。患者台は、患者の顎を載せて安定させる顎乗せ台、顎を当て付けて安定させる顎受け、及び、眼球200の位置を安定させるために一定方向を見続けるための固視標等を含んで構成されてよい。それらはユニット化された状態で撮像装置10に組み入れられて（例えば一体化されて）よい。患者台を利用することで、撮像装置10に対する眼球200の位置を安定化することができる。

[0026] 撮像装置10に含まれる上述の各ユニットは、それぞれが独立に移動可能である。各ユニットの移動は、例えば図示しない電動駆動機構又は装置によって独立に制御される。



- [0027] 図2は、各ユニットの移動の例を模式的に示す図である。眼球200の眼軸を、眼軸EAと称し、一点鎖線で模式的に図示する。
- [0028] ベースユニット1の移動が、矢印AR1A、矢印AR1B及び矢印AR1Cで模式的に示される。ベースユニット1は、眼球200に対して前後方向、左右方向及び上下方向に移動可能である。ベースユニット1上の各ユニット、例えば照明ユニット3、カメラユニット4L及びカメラユニット4R等を、眼球200の検査に適した位置にアライメントし易くなる。
- [0029] 測定ユニット2の移動が、矢印AR2A及び矢印AR2Bで模式的に示される。矢印AR2Aで示されるように、測定ユニット2は、眼球200（の眼軸EA）に対する角度を変えるように、例えば眼球200又はその前端部近傍を回転中心として移動可能である。矢印AR2Aに示される測定ユニット2の移動は、眼球200に対して水平方向に相対位置をスイングする移動ともいえる。矢印AR2Bで示されるように、測定ユニット2は、眼球200の眼軸EAを回転軸として回転移動可能である。また、測定ユニット2を移動させることで、照明ユニット3、カメラユニット4L、カメラユニット4R及び反射光学系ユニット6の配置（相対位置）を固定したまま、それらのユニットを移動させることができる。
- [0030] 照明ユニット3、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rは、例えば図2に示されるようにデフォルト配置される。照明ユニット3は、眼球200から照明ユニット3に向かう直線（この例では眼軸EA）が照明ユニット3の中心を通るように方向付けられる。カメラユニット4L及びカメラユニット4Rは、照明ユニット3を挟んで互いに反対側に配置される。図2において破線で示されるように、カメラユニット4Lは、眼球200からカメラユニット4Lに向かう直線がカメラユニット4Lの中心を通るように方向付けられる。カメラユニット4Rは、眼球200からカメラユニット4Rに向かう直線がカメラユニット4Rの中心を通るように方向付けられる。
- [0031] 照明ユニット3の移動が、矢印AR3で模式的に示される。カメラユニット4Lの移動が、矢印AR4Lで模式的に示される。カメラユニット4Rの

移動が、矢印A R 4 Rで模式的に示される。上述の矢印A R 2 Aで示される測定ユニット2の移動と同様に、照明ユニット3、カメラユニット4 L及びカメラユニット4 Rそれぞれは、眼球2 0 0に対する角度を変えるように、測定ユニット2上を独立に移動可能である。

[0032] 測定ユニット2上において、照明ユニット3、カメラユニット4 L及びカメラユニット4 Rそれぞれの眼球2 0 0に対する角度を独立に制御することができる。例えば、カメラユニット4 L及びカメラユニット4 Rの内角角度を変更したり、カメラユニット4 L及びカメラユニット4 Rの位置関係を維持したまま一緒に移動させたりすることができる。

[0033] 隅角鏡ユニット5の移動が、矢印A R 5で模式的に示される。隅角鏡ユニット5は、眼球2 0 0と測定ユニット2との間の位置（挿入位置）と、そうでない位置（退避位置）との間で、挿脱可能に移動可能である。より具体的に、挿入位置は、眼球2 0 0と、照明ユニット3並びにカメラユニット4 L及びカメラユニット4 Rの少なくとも一方のカメラユニットとの間の位置である。図2に示される例では、挿入位置は、眼球2 0 0と、照明ユニット3及びカメラユニット4 Lとの間の位置である。挿入位置は、照明光L L及びカメラユニット4 Lの観察光O Lの光路上の位置である。退避位置は、照明光L L及びカメラユニット4 Lの観察光O Lの光路外の位置である。退避位置は、照明ユニット3、カメラユニット4 L及びカメラユニット4 Rの移動を妨げない任意の位置であってよい。

[0034] 反射光学系ユニット6の移動が、矢印A R 6で模式的に示される。反射光学系ユニット6は、隅角鏡ユニット5と、照明ユニット3及びカメラユニット4 Lとの間の位置とそうでない位置との間で、挿脱可能に移動可能である。反射光学系ユニット6のこれらの位置は、上述の隅角鏡ユニット5の挿入位置及び退避位置と同様であるので、説明は繰り返さない。

[0035] 図1に戻り、制御処理装置2 0について説明する。制御処理装置2 0は、制御部2 1と、処理部2 2と、記憶部2 3とを含む。

[0036] 制御部2 1は、撮像装置1 0の各ユニットを制御することにより、撮像装

置 10 による眼球 200 の撮像を制御する。例えば、制御部 21 は、ベースユニット 1 の移動を制御する。制御部 21 は、測定ユニット 2 の移動を制御する。制御部 21 は、照明ユニット 3 の移動を制御し、また、照明ユニット 3 による照明を制御する。照明制御は、パラメータ制御を含む。パラメータの例は、照明光 LL の形状（スリット幅等）、波長、照度等の内部パラメータ、照明ユニット 3 の位置、向き、姿勢等の外部パラメータ等である。

[0037] 制御部 21 は、カメラユニット 4 L の移動を制御し、また、カメラユニット 4 L による撮像を制御する。撮像制御は、パラメータ制御を含む。パラメータの例は、カメラユニット 4 L の焦点距離、焦点位置（対物ズーム光学系 41 の倍率を含む）等の内部パラメータ、カメラユニット 4 L の位置、向き、姿勢等の外部パラメータ等である。同様に、制御部 21 は、カメラユニット 4 R の移動を制御し、また、カメラユニット 4 R による撮像を制御する。

[0038] 処理部 22 は、撮像装置 10 によって撮像された眼球 200 の画像を処理する。眼球 200 の検査に関する画像、例えば、眼球 200 の診断に供することのできる画像等が生成される。画像に基づく眼球 200 の診断が行われてもよい。

[0039] 記憶部 23 は、制御処理装置 20 で用いられる情報を記憶する。記憶部 23 に記憶される情報として、プログラム 231 が例示される。プログラム 231 は、コンピュータを制御処理装置 20 として機能させるための制御処理プログラム（ソフトウェア）である。

[0040] 上述の検査システム 100 によれば、各ユニットの移動を独立に制御できるので、各種の検査に適したさまざまな態様で眼球 200 を撮像することができる。検査システム 100 を用いれば、医師によるスリットランプの操作等は不要であり、医師以外の者が検査者となり得る。例えば医師による診断の前に検査システム 100 を用いて各種の検査を行っておくことで、診断のワークフローを大幅に迅速化できる。

[0041] 検査のいくつかの例について述べる。とくに説明がある場合を除き、撮像装置 10 の各ユニットの移動等は、制御処理装置 20 の制御部 21 によって

制御される。カメラユニット4 L及びカメラユニット4 Rの倍率は、撮像対象の撮像に適した倍率に設定される。また、とくに説明がある場合を除き、カメラユニット4 L及びカメラユニット4 Rの倍率は、同じ倍率に設定されるものとする。

[0042] 1. 1. 前眼部検査

例えば前眼部検査が最初に行われる。検査者の指示に従い、被験者（患者）は、顎載せ台に顎を載せ、額受けに額を当ててから、固視標を見る。その状態で、被験者の眼球200の中心と照明ユニット3の中心とが合うように（眼球200の眼軸EAが照明ユニット3の中心を通るように）、ベースユニット1が移動する。一例として、固視標からの投光光が被験者の眼球200の角膜で反射して生じる像と、照明ユニット3の照明光LLの中心位置とが一致し、先鋭度が最も良くなる位置に、ベースユニット1の位置が調整される。なお、ベースユニット1の移動は、検査者が手動で制御してもよい。

[0043] 測定ユニット2上の照明ユニット3、カメラユニット4 R及びカメラユニット4 Lは、先に説明した図1や図2に示される位置関係を有するように配置される。カメラユニット4 L及びカメラユニット4 Rは、照明ユニット3を挟んで互いに反対側に配置される。

[0044] 上記の状態、図2の矢印AR2Aに示されるように、測定ユニット2が眼球200に対する角度を変えるように移動する。この移動とともに、カメラユニット4 L及びカメラユニット4 Rそれぞれが、眼球200の前眼部を撮像する。測定ユニット2の移動をスキャン動作とする撮像が行われる。これにより、医師がスリットランプを用いて観察する眼球200の前眼部に対応する画像が得られる。

[0045] 得られた画像は、制御処理装置20の記憶部23に記憶され、また、処理部22によって処理される。例えば、眼球200の前眼部の診断に供することのできる画像が生成され、また、図示しないモニタ等によって表示される。画像はリアルタイム表示されてもよい。

[0046] 処理部22は、上述の前眼部検査で得られた画像に基づく診断を行ってよ

い。種々の公知のアルゴリズム（機械学習モデルを含む）が用いられてよい。処理部22によって眼球200の部位のさらなる検査の要否が判断され、必要な検査の項目等に関する情報が検査者に提示される。検査システム100を用いた眼球200の部位のさらなる検査が行われる。検査対象となり得る眼球200の部位の例は、隅角領域、角膜、水晶体等であり、例えばこの後で述べるような検査が行われる。

[0047] 1. 2. 隅角領域検査

図3は、隅角領域検査の例を示す図である。眼球200の隅角領域の状態を全周にわたって把握できるように、眼球200が撮像される。先に説明した隅角鏡ユニット5が用いられ、この例では反射光学系ユニット6も用いられる。隅角鏡ユニット5及び反射光学系ユニット6は、眼球200と、照明ユニット3及びカメラユニット4Lとの間の位置に配置される。照明ユニット3は、反射光学系ユニット6及び隅角鏡ユニット5を介して眼球200の隅角領域を照射する位置に配置される。カメラユニット4Lは、隅角鏡ユニット5及び反射光学系ユニット6を介して眼球200の隅角領域を撮像する位置に配置される。

[0048] 図3に示される例では、反射光学系ユニット6内の光学素子（ミラー等）が、照明ユニット3からの照明光LLを、隅角鏡ユニット5に向けて反射する。隅角鏡ユニット5内には、例えば一定間隔で反射鏡が円周方向に等ピッチで配置されている。隅角鏡ユニット5内の反射鏡は、反射光学系ユニット6からの照明光LLを、眼球200の隅角領域に向けて反射する。眼球200の隅角領域が照明光LLによって照明される。

[0049] また、隅角鏡ユニット5内の反射鏡が、眼球200の隅角領域からの観察光OLを、反射光学系ユニット6に向けて反射する。反射光学系ユニット6内の光学素子は、隅角鏡ユニット5からの観察光OLを、カメラユニット4Lに向けて反射する。眼球200の隅角領域が、カメラユニット4Lによって観察される。

[0050] 上記の状態、図3の矢印AR2Bに示されるように、測定ユニット2が

眼球200の眼軸EAを回転軸として回転移動する。この移動とともに、カメラユニット4Lが、眼球200の隅角領域を撮像する。回転方向に沿って、眼球200の隅角領域が撮像される。例えば全周にわたる隅角領域が撮像されるまで、測定ユニット2が回転移動する。

[0051] 得られた画像は、制御処理装置20の記憶部23に記憶され、また、処理部22によって処理される。例えば、眼球200の隅角領域の診断に供することのできる画像が生成されたり、モニタ表示されたりする。表示の様はとくに限定されないが、例えば、隅角鏡ユニット5内の各反射鏡に対応する画像が並べて表示されたり、円環状に繋がった一枚のドーナツ形状の画像が表示されたりしてよい。

[0052] 1. 3. 角膜検査

図4は、角膜検査の例を示す図である。隅角鏡ユニット5及び反射光学系ユニット6の図示は省略する。眼球200の角膜の状態を把握できるように、眼球200が撮像される。照明ユニット3は、眼球200の正面に配置される。眼球200の眼軸EAは、照明ユニット3の中心を通る。照明ユニット3からの照明光LLが、眼球200の角膜に照射される。

[0053] カメラユニット4L及びカメラユニット4Rは、眼球200に対して角度を有するように、照明ユニット3を挟んで互いに反対側に配置される。より具体的に、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rは、それぞれの眼球200に対する角度の大きさが同じになるように、眼球200の眼軸EAを軸対称として配置される。

[0054] この状態で、矢印AR2Bに示されるように、測定ユニット2が、眼球200の眼軸EAを回転軸として回転移動する。この移動とともに、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rが、眼球200の角膜を撮像する。回転方向に沿って、眼球200の角膜が撮像される。例えば1周分の角膜が撮像されるまで、測定ユニット2が回転移動する。

[0055] 得られた画像は、制御処理装置20の記憶部23に記憶され、また、処理部22によって処理される。例えば、眼球200の角膜の診断に供すること

のできる画像が生成されたり、モニタ表示されたりする。また、画像に基づいて、眼球200の角膜の形状が算出される。例えば、角膜の形状のデータが構築され、形状が復元される。

[0056] なお、処理部22によって算出される眼球200の部位の形状は、3次元形状であってよい。矛盾の無い範囲において、形状は3次元形状に適宜読み替えられてよい。

[0057] 1. 4. 水晶体検査

図5～図7は、水晶体検査の例を示す図である。眼球200の水晶体の形状や水晶体内の混濁分布を把握できるように、眼球200が撮像される。

[0058] 図5には、赤道部を含む水晶体の形状を把握するための撮像の例が示される。照明ユニット3は、眼球200に対して角度を有する位置に配置される。照明ユニット3から照明光LLが、眼球200の水晶体に照射される。

[0059] カメラユニット4L及びカメラユニット4Rは、内向角度を有するように配置され、眼球200を撮像する。眼球200を正面から見たときには虹彩の後ろに隠れて見えない水晶体の赤道部も撮像される。赤道部を含む水晶体の撮像は、例えば白内障手術に有用である。白内障手術では、最終的な眼内レンズの落ち着く深さの予測、眼内レンズが乱視矯正用である場合に矯正効果を減弱する原因となる眼内レンズの水晶体嚢内での回転の起きやすさの把握、眼内レンズが調節眼内レンズである場合の適切なサイズの選定等が事前に行われる。眼球200の水晶体赤道部の形状を把握しておくことは重要である。

[0060] 上述のようにカメラユニット4L及びカメラユニット4Rが配置された状態で、矢印AR2Bに示されるように、測定ユニット2が、眼球200の眼軸EAを回転軸として回転移動する。それとともに、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rが、眼球200の水晶体、より具体的には水晶体の赤道部を撮像する。例えば1周分の水晶体が撮像されるまで、測定ユニット2が回転移動する。

[0061] 図6には、水晶体の混濁分布を把握するための撮像の例が示される。上述

の図5と同様に、照明ユニット3は、眼球200に対して角度を有する位置に配置される。照明ユニット3から照明光LLが、眼球200の水晶体に照射される。

[0062] この状態で、照明ユニット3、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rがそれらの位置関係（角度）を維持したまま、眼球200に対する角度を変えるように一緒に移動する（矢印AR3、矢印AR4L及び矢印AR4R）。この移動とともに、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rが、眼球200の水晶体を撮像する。移動方向に沿って、異なる角度から眼球200の水晶体が撮像される。照明ユニット3、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rの移動方向に沿って、眼球200の水晶体が撮像される。

[0063] 図7に示されるように、測定ユニット2の回転がさらに組み合わせられてよい。照明ユニット3、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rの移動、並びに、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rによる撮像が終わると、矢印AR2Bに示されるように、測定ユニット2が、眼球200の眼軸EAを回転軸として回転移動する。それとともに、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rが、眼球200の水晶体を撮像する。測定ユニット2の回転方向、並びに、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rの移動方向に沿って、眼球200の水晶体が撮像される。例えば1周分の水晶体が撮像されるまで、測定ユニット2が回転移動する。

[0064] なお、照明ユニット3、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rの位置関係は、上述の図5～図7に示される例に限定されない。例えば、照明ユニット3は、カメラユニット4Lとカメラユニット4Rとの間に位置していてもよい。

[0065] 得られた画像は、制御処理装置20の記憶部23に記憶され、また、処理部22によって処理される。例えば、眼球200の水晶体の診断に供することのできる画像が生成されたり、モニタ表示されたりする。また、画像に基づいて、眼球200の水晶体の形状が算出されたり、水晶体内の混濁分布が算出されたりする。



[0066] 1. 5. チン小帯検査

図8は、チン小帯の検査の例を示す図である。眼球200のチン小帯の状態を全周にわたって把握できるように、眼球200が撮像される。照明ユニット3は、眼球200のチン小帯を照明できるように、眼球200に対して角度を有する位置に配置される。照明ユニット3からの照明光LLが、眼球200のチン小帯に照射される。

[0067] カメラユニット4L及びカメラユニット4Rの少なくとも一方のカメラユニットが、眼球200のチン小帯を観察できるように、眼球200に対して角度を有する位置に配置される。この例では、カメラユニット4Lが、眼球200に対して角度を有する位置に配置され、眼球200のチン小帯を撮像する。

[0068] この状態で、矢印AR2Bに示されるように、測定ユニット2が、眼球200の眼軸EAを回転軸として回転移動する。この移動とともに、カメラユニット4Lが、眼球200のチン小帯を撮像する。移動方向に沿って、眼球200のチン小帯が撮像される。例えば1周分のチン小帯が撮像されるまで、測定ユニット2が回転移動する。

[0069] 得られた画像は、制御処理装置20の記憶部23に記憶され、また、処理部22によって処理される。例えば、眼球200のチン小帯の診断（脆弱性診断等）に供することのできる画像が生成されたり、モニタ表示されたりする。

[0070] 1. 6. 角膜内皮細胞検査

図9は、角膜内皮細胞検査の例を示す図である。眼球200の角膜内皮細胞の状態を把握できるように、眼球200が撮像される。照明ユニット3は、眼球200における撮像対象の角膜内皮の法線に対して角度を有する位置に配置される。照明ユニット3からの照明光LLが、眼球200の角膜内皮細胞に照射される。

[0071] カメラユニット4Lは、眼球200における撮像対象の角膜内皮の正面に配置される。角膜の中心の角膜内皮が撮像対象の場合には、図9に示される

ように、カメラユニット4 Lは、眼球200の正面に配置される。眼球200の眼軸EAは、カメラユニット4 Lの中心を通る。カメラユニット4 Lの対物ズーム光学系41の倍率は、角膜全体を観察できる倍率（比較的低い倍率）に設定される。

[0072] カメラユニット4 Rは、撮像対象の角膜内皮の法線を挟んで照明ユニット3とは反対側に、撮像対象の角膜内皮の法線を軸対称として配置される。角膜の中心の角膜内皮が撮像対象の場合には、図9に示されるように、照明ユニット3及びカメラユニット4 Rは、眼球200の眼軸EAを軸対称として配置される。カメラユニット4 Rの対物ズーム光学系41の倍率は、角膜内皮細胞を観察できる倍率（比較的高い倍率）に設定される。

[0073] 上記の状態で、カメラユニット4 Lが、眼球200の角膜全体を撮像する。照明ユニット3の照明光LL（スリットランプ光）は、眼球200の角膜が照らせる程度の広い幅を有するように制御される。そして、カメラユニット4 Lによって撮像された画像の中心が眼球200の角膜の中心と一致するように、ベースユニット1の位置が調整される。

[0074] 次に、カメラユニット4 Rが、眼球200の角膜内皮細胞を撮像する。照明ユニット3の照明光LLは、眼球200の角膜内皮細胞の範囲だけに対応する狭い幅を有するように制御される。

[0075] 具体的に、矢印AR2 Aに示されるように、測定ユニット2が眼球200に対する角度を変えるように移動する。この移動とともに、カメラユニット4 Rが、水平方向において眼球200の角膜中心を通る線に沿って、眼球200の角膜内皮細胞を撮像する。また、矢印AR2 Bに示されるように、測定ユニット2が、眼球200の眼軸EAを回転軸として回転移動する。角膜中心を通る上述の線が傾けられる。この移動とともに、カメラユニット4 Rが、眼球200の角膜内皮細胞を撮像する。

[0076] 得られた画像は、制御処理装置20の記憶部23に記憶され、また、処理部22によって処理される。例えば、角膜内皮細胞の診断に供することのできる画像が生成されたり、モニタ表示されたりする。角膜内皮細胞の数や大

きさの分析が行われたり、その結果がモニタ表示されたりしてもよい。

[0077] 例えば以上で説明したような眼球200の各部位に対応する各種の検査が、検査システム100によって行われる。医師による診断に先だって、各種の検査に対応する画像等を事前に取得することができる。医師は、診断時にその場でスリットランプを使って観察しなくとも、事前に取得された画像等に基づいて診断を行うことができる。従って、冒頭で述べたような診断のワークフローを大幅に迅速化することができる。

[0078] 1. 7. 反射鏡ユニット

例えば上述の水晶体検査（図5～図7）やチン小帯検査（図8）では、眼球200の正面ではなく、眼球200（の眼軸EA）に対してある程度大きな角度を有する位置に、照明ユニット3やカメラユニット4を配置する必要がある。その角度が大きいと、照明や撮像が被検者の顔の造作によって妨げられたり、被検者のまつ毛が撮像画像に含まれてしまったりする問題が生じ得る。このような問題に対処するために、反射鏡ユニットが用いられてよい。図10及び図11を参照して説明する。

[0079] 図10は、反射鏡ユニットを用いた撮像の例を模式的に示す図である。例示される反射鏡ユニット7は、先に説明した隅角鏡ユニット5と同様の形状を有する。この反射鏡ユニット7も、他のユニットと同様に、撮像装置10の構成要素であってよい。反射鏡ユニット7は、隅角鏡ユニット5と同様に、挿入位置と退避位置との間で挿脱可能に移動可能である。反射鏡ユニット7は、隅角鏡ユニット5と同じ場所に隅角鏡ユニット5と交換して取り付けられてもよいし、隅角鏡ユニット5とは異なる場所に配置されてもよい。

[0080] 反射鏡ユニット7は、枠体71と、枠体71によって支持される本体72と、本体72に設けられた反射鏡73とを含む。本体72は、照明光LL及び観察光OLを透過させる材料で構成される。

[0081] 反射鏡ユニット7の本体72は、枠体71によって支持される基部721と、基部721から眼球200に向かって延在する延在部722とを含む。延在部722の断面積（例えば眼球200の眼軸EAと直交する面の面積）

は、基部721から離れるにつれて小さくなる。反射鏡73は、延在部722の側面の少なくとも一部に設けられる。

[0082] 図10に示される例では、反射鏡ユニット7は、眼球200の水晶体の赤道部の撮像に用いられ、眼球200と、照明ユニット3、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rとの間に配置される。反射鏡ユニット7の反射鏡73は、照明ユニット3からの照明光LLを、眼球200の水晶体の赤道部に向けて反射する。また、反射鏡73は、眼球200の水晶体の赤道部からの観察光OLを、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rに向けて反射する。

[0083] 上記のように反射鏡ユニット7が配置された状態で、照明ユニット3、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rは、反射鏡ユニット7が配置されていない場合（例えば図5～図7）よりも、眼球200に対する角度が小さくなる位置に配置される。換言すれば、反射鏡ユニット7の反射鏡73は、照明ユニット3、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rの眼球200に対する角度を小さくできるように、照明光LL及び観察光OLを反射する。これにより、上述のような被検者の顔の造作に起因して撮像が困難になるという問題が解消される。被検者によらず、赤道部を含む眼球200の水晶体を明瞭に撮像することができる。水晶体以外の眼球200の部位、例えばチン小帯についても同様である。

[0084] なお、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rの一方のカメラユニットだけが用いられてもよい。具体的には、撮像対象の眼球200の部位の3次元形状を把握する場合には、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rの両方のカメラユニットが用いられる。。そうでない場合には、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rの一方のカメラユニットだけを用いれば足りる。

[0085] 図11は、反射鏡ユニットの形状の例を示す図である。本体72の基部721から延在部722をみたときの延在部722及び反射鏡73の形状のいくつかの例が示される。

- [0086] 図11の(A)に例示される反射鏡ユニット7の延在部722は、円錐形状の先端部を取り除いた形状を有する。反射鏡73は、延在部722の側面にフィットするように、延在部722の側面全体にわたって設けられる。この場合、反射鏡ユニット7を固定したままで、照明ユニット3、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rを回転移動させながら眼球200を撮像することができる。画像が歪曲する可能性があるが、その場合は、制御処理装置20の処理部22で補正処理を行えばよい。
- [0087] 図11の(B)に例示される反射鏡ユニット7の延在部722は、多角錐の先端部を取り除いた形状を有する。反射鏡73は、延在部722の側面にフィットするように、延在部722の側面全体にわたって設けられる。この場合も、反射鏡ユニット7を固定したままで、照明ユニット3、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rを回転移動させながら眼球200を撮像することができる。反射鏡73の平面の接合部での画像の不連続性が生じる可能性があるが、眼球200の処理部22によって不連続性を吸収する処理を行えばよい。
- [0088] 図11の(C)に例示される反射鏡ユニット7の延在部722は、円錐形状の先端部を切り取った形状を有する。反射鏡73は、平面形状を有し、延在部722の側面の一部に設けられる。この例では1枚の反射鏡73が設けられるが、2枚以上の反射鏡73が設けられてもよい。反射鏡ユニット7を、照明ユニット3、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rと一緒に回転移動させることで、眼球200を撮像することができる。それぞれの角度で広範囲の歪のない明瞭な画像が得られる。
- [0089] 反射鏡ユニット7は、眼球200に接触した状態で用いられてもよいし、眼球200から離れた状態（非接触状態）で用いられてもよい。接触状態で用いる場合には、角膜表面の収差の影響を受けず、また、角膜と空気の界面での臨界角度の影響を受けないため、より広い角度での観察が可能になる。眼球200に対する侵襲性は存在するが、検査時の麻酔等による対処が可能である。非接触状態で用いる場合は侵襲性の問題は無い。

## [0090] 1. 8. 固視標

被検者の顔の形状等によっては、眼球200の水晶体の赤道部やチン小帯の撮像が依然として困難な場合もあり得る。この問題は、眼球200の向き、すなわち被検者の目線を変えることで解消し得る。一実施形態において、眼球200の向きを誘導するための固視標が被検者に提示された状態で、眼球200が撮像されてよい。図12～図14を参照して説明する。

[0091] 図12～図14は、固視標の提示の例を示す図である。眼球200の向きに相当する被検者の目線を、目線Eと称し矢印で図示する。固視標を、固視標Fと称し図示する。

[0092] 図12には、目線Eを下方向に誘導する固視標Fが例示される。図12の(A)に示されるように、目線Eがまっすぐな場合、照明光LLが上瞼、額等に遮られ、眼球200を撮像することができない。図12の(B)に示されるように、眼球200の下側に固視標Fが表示される。目線Eが下方向に移動し、これに応じて、異なる位置や角度から照明光LLが照射される。照明光LLは遮られずに眼球200に到達し、眼球200が撮像される。

[0093] 図13には、目線Eを上方向に誘導する固視標Fが例示される。図13の(A)に示されるように、目線Eがまっすぐな場合、照明光LLが下瞼等に遮られ、眼球200を撮像することができない。図13の(B)に示されるように、眼球200の上側に固視標Fが表示される。目線Eが上方向に移動し、これに応じて、異なる位置や角度から照明光LLが照射される。照明光LLは遮られずに眼球200に到達し、眼球200が撮像される。

[0094] 図14には、目線Eを横方向に誘導する固視標Fが例示される。図14の(A)に示されるように、目線Eがまっすぐな場合、照明光LLが鼻等に遮られ、眼球200を撮像することができない。図14の(B)に示されるように、眼球200の横側に固視標Fが表示される。目線Eが横方向に移動し、これに応じて、異なる位置や角度から照明光LLが照射される。照明光LLは遮られずに眼球200に到達し、眼球200が撮像される。

[0095] なお、固視標Fを被検者に提示するための装置（固視標装置）も、撮像装

置 10 の構成要素であってよい。固視標 F が被検者に提示された状態で、照明ユニット 3 が眼球 200 を照明し、カメラユニット 4 L 及びカメラユニット 4 R の少なくとも一方のカメラユニットが眼球 200 を撮像する。これにより、被検者の顔の形状等に起因して撮像対象の眼球 200 の部位の撮像が困難になることを回避することができる。被検者の顔の形状等によらず、網羅的に検査を行うことができる。

[0096] 上記のように固視標 F を用いると、眼球 200 が通常とは異なる方向を向いている状態で、眼球 200 の部位が撮像される。制御処理装置 20 の処理部 22 は、そのような状態での撮像によって得られた画像と、通常の状態での撮像された他の画像とを統合する。例えば、画像から得られる特徴量に基づいて、画像に示される部位どうしの位置合わせが行われる。特徴量の例は、虹彩、血管、組織等のテクスチャ特徴量、形状の特徴量等である。

[0097] 1. 9. 画像処理

制御処理装置 20 の処理部 22 による画像処理（信号処理）についてさらに説明する。制御処理装置 20 の処理部 22 は、撮像装置 10 からの画像に基づいて、眼球 200 の各部位の形状を算出したり、混濁分布を算出したりする。例えば、角膜前面形状、角膜後面形状、水晶体形状（赤道部含む）等が算出されたり、水晶体内の混濁分布が算出されたりする。

[0098] 眼球 200 の部位の多くは、空気とは異なる屈折率を有する。そのような部位を照明光 LL や観察光 OL（以下、単に「光線」とも称する。）が通過すると、光線が屈折する。撮像された眼球 200 の各部位の画像は、光線の屈折の影響を含み得る。光線の屈折を考慮した光線追跡を行うことで、各部位の形状をより正確に算出することができる。

[0099] 屈折を考慮した光線追跡は、例えば、（a）光線が入射する部位の形状、（b）光線の入射位置や方向、及び、（c）光線の入射前後の部位の屈折率、に基づいて行われる。（a）が把握できれば（b）も把握できるし、（c）には代表値や実測値を用いることができる。このため、（a）を把握することがとくに重要になる。

- [0100] 制御処理装置 20 の処理部 22 は、眼球 200 の部位の形状を算出する際に、それよりも手前（撮像装置 10 側）に位置する部位の形状を先に算出する。そして、処理部 22 は、上述の（a）～（c）のように、手前の部位の形状、光線の入射位置や方向、及び、光線の屈折を考慮した光線追跡を行ったうえで、その奥に位置する部位の形状を算出する。光線の屈折を考慮しない場合よりも高精度な算出が可能になる。具体例について、図 15～図 20 を参照して説明する。
- [0101] 図 15 は、画像処理の例を示すフローチャートである。この例では、最終的に、眼球 200 の水晶体の 3 次元形状、及び、水晶体内の 3 次元の混濁分布が算出される。とくに説明がある場合を除き、各処理は、制御処理装置 20 の処理部 22 によって実行される。
- [0102] ステップ S1 において、撮像装置 10 で眼球 200 が撮像される。ここでは、角膜検査及び水晶体検査に関する撮像が行われるものとする。詳細は先に説明したとおりであるので、説明は繰り返さない。
- [0103] ステップ S2～ステップ S5 において、角膜前面形状、角膜後面形状、赤道部を含む水晶体前嚢形状、及び、赤道部を含む水晶体後嚢形状が、この順に復元（算出）される。これらの部位は、水晶体後嚢に至るまでの光線が通る順に位置している。また、ステップ S6 において、水晶体の 3 次元混濁が再構築（混濁分布が算出）される。ステップ S2～ステップ S6 の各ステップの詳細について、図 16～図 20 を参照して説明する。
- [0104] 図 16 は、図 15 のステップ S2 の詳細の例を示すフローチャートである。ステップ S21 において、カメラユニット 4L によって撮像された眼球 200 の画像に基づいて、画像上の角膜表面の位置が検出される。具体的な処理として、ステップ S21a におけるグレースケール化・2 値化、ステップ S21b における輪郭抽出、及び、ステップ S21c における角膜前面部分の選択が例示される。このような処理による画像上の物体の位置を検出する技術自体は公知であるので、これ以上の詳細な説明は省略する。
- [0105] ステップ S22 において、カメラユニット 4R によって撮像された眼球 2



00の画像に基づいて、画像上の角膜表面の位置が検出される。具体的な処理は、上述のステップS21と同様である。なお、以下では、カメラユニット4Lによって撮像された眼球200の画像を、単にカメラユニット4Lの画像ともいう。カメラユニット4Rによって撮像された眼球200の画像を、単にカメラユニット4Rの画像ともいう。

[0106] ステップS23において、先のステップS21及びステップS22での角膜表面の位置の検出結果と、事前キャリブレーション情報とに基づいて、対応点が検出される。事前キャリブレーション情報の例は、先にも述べた照明ユニット3、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rの内部パラメータ、外部パラメータ等である。事前キャリブレーション情報に基づいて、互に対応するカメラユニット4Lの画像中の各位置（各点）及びカメラユニット4Rの画像中の各位置（各点）が検出される。

[0107] ステップS24において、三角測量が行われる。先のステップS24で検出された各対応点が測距される。三角測量自体は公知であるので、詳細な説明は省略する。三角測量の結果に基づいて、角膜前面形状が算出される。

[0108] ステップS25において、カメラユニット4Lの画像及びカメラユニット4Rの画像に基づいて、眼球運動が算出される。撮像が行われている間の眼球200の向きの変化等が算出される。

[0109] ステップS26において、眼球運動補正が行われる。先のステップS24での三角測量の結果に基づいて算出された角膜前面の形状が、先のステップS25で算出された眼球運動に基づいて補正される。撮像が行われている間の眼球200の向きの変化等の影響が取り除かれる。運動量補正された角膜前面形状が算出される。

[0110] 図17は、図15のステップS3の詳細の例を示すフローチャートである。先に説明した図16と比較すると、とくに、これまでに形状が算出された手前に位置する部位を通る光線の屈折が考慮される点において相違する。この後で説明する図18～図20も同様である。重複する説明は適宜省略する。

- [0111] ステップS 3 1において、カメラユニット4 Lの画像及びカメラユニット4 Rの画像に基づいて、画像上の角膜後面の位置が検出される。ステップS 3 2において、眼球運動が算出される。ステップS 3 3において、先のステップS 2で算出された角膜前面の形状及びその位置と、先のステップS 3 2で算出された眼球運動とに基づいて、各部位の形状の位置合わせが行われる。
- [0112] ステップS 3 4において、先のステップS 3 1で検出された角膜後面位置と、事前キャリブレーション情報と、先のステップS 3 3で位置合わせされた各部位の形状と、角膜の屈折率とに基づいて、屈折を考慮した光線追跡（屈折あり光線追跡）が行われ、対応点が検出される。ステップS 3 5において、三角測量が行われる。先のステップS 3 4で検出された各対応点が測距され、角膜後面形状が算出される。
- [0113] 図1 8は、図1 5のステップS 4の詳細の例を示すフローチャートである。ステップS 4 1において、カメラユニット4 Lの画像及びカメラユニット4 Rの画像に基づいて、画像上の水晶体前囊の位置が検出される。ステップS 4 2において、眼球運動が算出される。ステップS 4 3において、先のステップS 2で算出された角膜前面の形状及びその位置と、先のステップS 3で算出された角膜後面の形状及びその位置と、先のステップS 4 2で算出された眼球運動とに基づいて、各部位の形状の位置合わせが行われる。
- [0114] ステップS 4 4において、先のステップS 4 1で検出された水晶体前囊の位置と、事前キャリブレーション情報と、先のステップS 4 3で位置合わせされた各部位の形状と、角膜及び房水の屈折率とに基づいて、屈折を考慮した光線追跡が行われ、対応点が検出される。ステップS 4 5において、三角測量が行われる。先のステップS 4 4で検出された各対応点が測距され、水晶体前囊の形状が算出される。
- [0115] 図1 9は、図1 5のステップS 5の詳細の例を示すフローチャートである。ステップS 5 1において、カメラユニット4 Lの画像及びカメラユニット4 Rの画像に基づいて、画像上の水晶体後囊の位置が検出される。ステップ

S 5 2 において、眼球運動が算出される。ステップ S 5 3 において、先のステップ S 2 で算出された角膜前面の形状及びその位置と、先のステップ S 3 で算出された角膜後面の形状及びその位置と、先のステップ S 4 で算出された水晶体前嚢の形状及びその位置と、先のステップ S 5 2 で算出された眼球運動とに基づいて、各部位の形状の位置合わせが行われる。

[0116] ステップ S 5 4 において、先のステップ S 5 1 で検出された水晶体後嚢の位置と、事前キャリブレーション情報と、先のステップ S 5 3 で位置合わせされた各部位の形状と、角膜、房水及び水晶体の屈折率とに基づいて、屈折を考慮した光線追跡が行われ、対応点が検出される。ステップ S 5 5 において、三角軽量が行われる。先のステップ S 4 4 で検出された各対応点が測距され、水晶体後嚢形状が算出される。

[0117] 図 2 0 は、図 1 5 のステップ S 6 の詳細の例を示すフローチャートである。ステップ S 6 1 において、カメラユニット 4 L の画像及びカメラユニット 4 R の画像に基づいて、画像上の水晶体表面の照明光 L L の入射位置が検出される。ステップ S 6 2 において、眼球運動が算出される。ステップ S 6 3 において、先のステップ S 2 で算出された角膜前面の形状及びその位置と、先のステップ S 3 で算出された角膜後面の形状及びその位置と、先のステップ S 4 で算出された水晶体前嚢の形状及びその位置と、先のステップ S 6 2 で算出された眼球運動とに基づいて、各部位の形状の位置合わせが行われる。

[0118] ステップ S 6 4 において、先のステップ S 6 1 で検出された水晶体表面の照明光 L L の入射位置と、事前キャリブレーション情報と、先のステップ S 6 3 で位置合わせされた各部位の形状と、角膜・房水・水晶体の屈折率とに基づいて、屈折を考慮した水晶体内の照明光 L L 進行方向が算出される。ステップ S 6 5 において、照明光 L L の進行方向面にカメラ画像に現れる混濁（カメラ画像混濁情報）が投影され、水晶体の 3 次元の混濁分布が算出される。3 次元混濁情報が得られる。

[0119] 例えば以上のようにして、眼球 2 0 0 の所望の部位の 3 次元形状や混濁分

布を算出することができる。手前に位置する部位を通過する光線の屈折を考慮した光線追跡を行うことで、光線の屈折を考慮しない場合よりも、眼球200の部位の形状や混濁分布を正確に算出することができる。

[0120] 2. 変形例

開示される技術は、上記実施形態に限定されない。例えば、上記実施形態では、撮像装置10がカメラユニット4L及びカメラユニット4Rの2つのカメラユニットを備える場合を例に挙げて説明した。ただし、カメラユニットの数は1つでもよい。

[0121] カメラユニット4L及びカメラユニット4Rの一方のみが用いられる場合には、上記実施形態で説明したカメラユニット4Lとカメラユニット4Rの役割が入れ替えられてよい。

[0122] 上記実施形態では、検査システム100による検査対象の眼球200の部位として、前眼部、より具体的には、隅角鏡領域、角膜、水晶体、チン小帯及び角膜内皮細胞を例に挙げて説明した。当然ながら、これら以外の眼球200の部位も、検査システム100による検査対象に含まれてよい。

[0123] 矢印AR2Aのように測定ユニット2が眼球200に対して角度を変えるように移動する代わりに、矢印AR3、矢印AR4L及び矢印AR4Rのように照明ユニット3、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rと一緒に移動してもよい。矛盾の無い範囲において、測定ユニット2が眼球200に対する角度を変えるように移動することは、照明ユニット3、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rが眼球200に対する角度を変えるように一緒に移動すること、に読み替えられてよい。

[0124] 3. ハードウェア構成の例

図21は、制御処理装置20のハードウェア構成の例を示す図である。これまで説明した制御処理装置20は、例えば図21に示されるようなコンピュータ1000を含んで実現される。

[0125] コンピュータ1000は、CPU1100、RAM1200、ROM (Read Only Memory) 1300、HDD (Hard Disk Drive) 1400、通信

インターフェイス1500、及び入出力インターフェイス1600を有する。コンピュータ1000の各部は、バス1050によって接続される。

[0126] CPU1100は、ROM1300又はHDD1400に格納されたプログラムに基づいて動作し、各部の制御を行う。例えば、CPU1100は、ROM1300又はHDD1400に格納されたプログラム（図1のプログラム231等）をRAM1200に展開し、各種プログラムに対応した処理を実行する。

[0127] ROM1300は、コンピュータ1000の起動時にCPU1100によって実行されるBIOS (Basic Input Output System) 等のブートプログラムや、コンピュータ1000のハードウェアに依存するプログラム等を格納する。

[0128] HDD1400は、CPU1100によって実行されるプログラム、及び、かかるプログラムによって使用されるデータ等を非一時的に記録する、コンピュータが読み取り可能な記録媒体である。例えば、HDD1400は、制御処理装置20の記憶部23（図1）に相当し、プログラム231を記録する記録媒体である。

[0129] 通信インターフェイス1500は、コンピュータ1000が外部ネットワーク1550（例えばインターネット）と接続するためのインターフェイスである。例えば、CPU1100は、通信インターフェイス1500を介して、他の機器からデータを受信したり、CPU1100が生成したデータを他の機器へ送信したりする。

[0130] 入出力インターフェイス1600は、入出力デバイス1650とコンピュータ1000とを接続するためのインターフェイスである。例えば、CPU1100は、入出力インターフェイス1600を介して、キーボードやマウス等の入力デバイスからデータを受信する。また、CPU1100は、入出力インターフェイス1600を介して、ディスプレイやスピーカーやプリンタ等の出力デバイスにデータを送信する。また、入出力インターフェイス1600は、所定の記録媒体（メディア）に記録されたプログラム等を読み取

るメディアインターフェイスとして機能してもよい。メディアとは、例えば DVD (Digital Versatile Disc)、PD (Phase change rewritable Disk) 等の光学記録媒体、MO (Magneto-Optical disk) 等の光磁気記録媒体、テープ媒体、磁気記録媒体、または半導体メモリ等である。

[0131] 例えば、コンピュータ1000が実施形態に係る撮像装置10として機能する場合、コンピュータ1000のCPU1100は、RAM1200上にロードされたプログラムを実行することにより、制御処理装置20の機能を実現する。また、HDD1400には、プログラム231や、記憶部23内のデータが格納される。なお、CPU1100は、プログラムデータ1450をHDD1400から読み取って実行するが、他の例として、外部ネットワーク1550を介して、他の装置からこれらのプログラムを取得してもよい。

[0132] 4. 効果の例

以上で説明した技術は、例えば次のように特定される。開示される技術の1つは、検査システム100である。図1及び図2等を参照して説明したように、検査システム100は、測定ユニット2と、照明ユニット3と、カメラユニット4Lと、カメラユニット4Rと、を備える。測定ユニット2は、被検者の眼球200に対する角度を変えるように移動可能であり（矢印AR2A）、且つ、前記眼球の眼軸を回転軸として回転移動可能である（矢印AR2B）。照明ユニット3は、測定ユニット2に搭載され、眼球200を照射する。カメラユニット4Lは、測定ユニット2に搭載され、眼球200を撮像する第1のカメラユニットである。カメラユニット4Rは、測定ユニット2に搭載され、眼球200を撮像する第2のカメラユニットである。カメラユニット4L及びカメラユニット4Rそれぞれは、眼球200に対する角度を変えるように測定ユニット2上を独立に移動可能である（矢印AR4L、矢印AR4R）。

[0133] 上記の検査システム100によれば、測定ユニット2、照明ユニット3、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rそれぞれが独立に移動可能であ

る。それぞれの移動を組み合わせることで、各種の検査に適したさまざまな態様で眼球200を撮像することができる。

[0134] 図1及び図2等を参照して説明したように、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rが照明ユニット3を挟んで互いに反対側に配置された状態で、測定ユニット2が眼球200に対する角度を変えるように移動するとともに（矢印AR2A）、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rが眼球200の前眼部を撮像してよい。これにより、眼球200の前眼部を検査することができる。

[0135] 図2及び図3等を参照して説明したように、検査システム100は、眼球200と、照明ユニット3並びにカメラユニット4L及びカメラユニット4Rの少なくとも一方のカメラユニット（例えばカメラユニット4L）との間の位置（挿入位置）と、そうでない位置（退避位置）との間で移動可能（矢印AR5）な隅角鏡ユニット5を備え、隅角鏡ユニット5が眼球200と照明ユニット3及び少なくとも一方のカメラユニット（例えばカメラユニット4L）との間の位置に配置された状態で、測定ユニット2が眼球200の眼軸EAを回転軸として回転移動するとともに（矢印AR2B）、少なくとも一方のカメラユニット（例えばカメラユニット4L）が眼球200の隅角領域を撮像してよい。この場合、検査システム100は、隅角鏡ユニット5と、照明ユニット3及び少なくとも一方のカメラユニット（例えばカメラユニット4L）との間の位置とそうでない位置との間で移動可能な反射光学系ユニット6を備え、反射光学系ユニット6が隅角鏡ユニット5と照明ユニット3及び少なくとも一方のカメラユニット（例えばカメラユニット4L）との間の位置に配置された状態で、測定ユニットが眼球200の眼軸EAを回転軸として回転移動するとともに（矢印AR2B）、少なくとも一方のカメラユニット（例えばカメラユニット4L）が眼球200の隅角領域を撮像してよい。これにより、眼球200の隅角領域を検査することができる。

[0136] 図4等を参照して説明したように、照明ユニット3が眼球200の正面に配置され、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rが、それぞれの眼球

200に対する角度の大きさが同じになるように照明ユニット3を挟んで互いに反対側に配置された状態で、測定ユニット2が眼球200の眼軸EAを回転軸として回転移動するとともに（矢印AR2B）、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rが眼球200の角膜を撮像してよい。これにより、眼球200の角膜を検査することができる。

[0137] 図5～図7等を参照して説明したように、眼球200の水晶体を検査することもできる。例えば、図5を参照して説明したように、照明ユニット3が眼球200に対して角度を有する位置に配置された状態で、測定ユニット2が眼球200の眼軸EAを回転軸として回転移動するとともに（矢印AR2B）、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rが眼球200の水晶体を撮像してよい。これにより、赤道部を含む眼球200の水晶体の形状を把握することができる。図2及び図6等を参照して説明したように、照明ユニット3も、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rと同様に、眼球200に対する角度を変えるように測定ユニット2上を独立に移動可能であり、照明ユニット3が眼球200に対して角度を有する位置に配置された状態で、照明ユニット3、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rがそれらの位置関係を維持したまま眼球200に対する角度を変えるように一緒に移動するとともに、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rが眼球200の水晶体を撮像してよい。その場合には、図7を参照して説明したように、さらに、測定ユニット3が眼球200の眼軸EAを回転軸として回転移動するとともに、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rが眼球200の水晶体を撮像してよい。これにより、眼球200の水晶体の混濁分布を把握することができる。

[0138] 図8等を参照して説明したように、照明ユニット3並びにカメラユニット4L及びカメラユニット4Rの少なくとも一方のカメラユニット（例えばカメラユニット4L）が眼球200に対して角度を有する位置に配置された状態で、測定ユニット2が眼球200の眼軸EAを回転軸として回転移動するとともに（矢印AR2B）、少なくとも一方のカメラユニット（例えばカメ



ラユニット4 L) が眼球200のチン小帯を撮像してよい。これにより、眼球200のチン小帯を検査することができる。

[0139] 図1及び図9等を参照して説明したように、カメラユニット4 Lは、対物ズーム光学系4 1を含み、カメラユニット4 Rは、対物ズーム光学系4 1を含み、照明ユニット3が眼球200における撮像対象の角膜内皮の法線に対して角度を有する位置に配置され、カメラユニット4 Lが撮像対象の角膜内皮の正面に配置され、カメラユニット4 Rが撮像対象の角膜内皮の法線を挟んで照明ユニット3とは反対側に撮像対象の角膜内皮の法線を軸対称として配置された状態で、カメラユニット4 Lが眼球200の角膜全体を撮像し、測定ユニット2が眼球200に対する角度を変えるように移動し、及び、測定ユニット2が眼球200の眼軸EAを回転軸として回転移動するとともに(矢印AR2 A及び矢印AR2 B)、カメラユニット4 Rが眼球200の角膜内皮細胞を撮像してよい。これにより、眼球200の角膜内皮細胞を検査することができる。

[0140] 図10及び図11等を参照して説明したように、検査システム100は、眼球200と、照明ユニット3並びにカメラユニット4 L及びカメラユニット4 Rの少なくとも一方のカメラユニット(例えばカメラユニット4 L及びカメラユニット4 R)との間の位置と、そうでない位置との間で移動可能な反射鏡ユニット7を備え、反射鏡ユニット7が眼球200と照明ユニット3及び少なくとも一方のカメラユニット(例えばカメラユニット4 L及びカメラユニット4 R)との間の位置に配置された状態で、照明ユニット3及び少なくとも一方のカメラユニット(例えばカメラユニット4 L及びカメラユニット4 R)は、反射鏡ユニット7が配置されていない場合よりも、眼球200に対する角度が小さくなる位置に配置されてよい。これにより、被検者の顔の造作に起因して撮像が困難になるという問題が解消される。

[0141] 図12等を参照して説明したように、眼球200の向き(目線E)を誘導するための固視標Fが被検者に提示された状態で、照明ユニット3が眼球200を照明し、カメラユニット4 R及びカメラユニット4 Lの少なくとも一

方のカメラユニットが眼球200を撮像してよい。これにより、被検者の顔の形状等によらず、網羅的に検査を行うことができる。

[0142] 図1及び図2等を参照して説明したように、検査システム100は、眼球200に対して前後方向(矢印AR1A)、左右方向(矢印AR1B)及び上下方向(矢印AR1C)に移動可能なベースユニット1を備え、測定ユニット2は、ベースユニット1に搭載されてよい。これにより、ベースユニット1上の各ユニットを、眼球200の検査に適した位置にアライメントし易くなる。

[0143] 図1等を参照して説明したように、照明ユニット3は、眼球200に照明光LLを照射し、照明光LLは、スリットランプ光を含んでよい。これにより、スリットランプ光を用いた検査を行うことができる。

[0144] 図1及び図15～図20等を参照して説明したように、検査システム100は、カメラユニット4L及びカメラユニット4Rの少なくとも一方のカメラユニットによって撮像された眼球200の画像に基づいて、眼球200の部位の形状を算出する処理部22を備え、処理部22は、眼球200の部位のうち、手前に位置する部位の形状を算出し、その形状を通る光線の屈折を考慮した光線追跡に基づいて、それよりも奥に位置する部位の形状を算出してよい。例えば、処理部22は、眼球200の角膜前面の形状、眼球200の角膜後面の形状、眼球200の水晶体前囊の形状及び眼球200の水晶体後囊の形状を順に算出することにより、眼球200の水晶体の形状を算出してよい。処理部22は、眼球200の水晶体内の混濁分布を算出してもよい。これにより、光線の屈折を考慮しない場合よりも、眼球200の部位の形状や混濁分布を高精度に算出することができる。

[0145] なお、本開示に記載された効果は、あくまで例示であって、開示された内容に限定されない。他の効果があってもよい。

[0146] 以上、本開示の実施形態について説明したが、本開示の技術的範囲は、上述の実施形態そのままに限定されるものではなく、本開示の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。また、異なる実施形態及び変形例

にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

[0147] なお、本技術は以下のような構成も取ることができる。

(1)

被検者の眼球に対する角度を変えるように移動可能であり、且つ、前記眼球の眼軸を回転軸として回転移動可能な測定ユニットと、

前記測定ユニットに搭載され、前記眼球を照射する照明ユニットと、

前記測定ユニットに搭載され、前記眼球を撮像する第1のカメラユニットと、

前記測定ユニットに搭載され、前記眼球を撮像する第2のカメラユニットと、

を備え、

前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットそれぞれは、前記眼球に対する角度を変えるように前記測定ユニット上を独立に移動可能である、

検査システム。

(2)

前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットが前記照明ユニットを挟んで互いに反対側に配置された状態で、

前記測定ユニットが前記眼球に対する角度を変えるように移動するとともに、

前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットが前記眼球の前眼部を撮像する、

(1)に記載の検査システム。

(3)

前記眼球と、前記照明ユニット並びに前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットの少なくとも一方のカメラユニットとの間の位置と、そうでない位置との間で移動可能な隅角鏡ユニットを備え、

前記隅角鏡ユニットが前記眼球と前記照明ユニット及び前記少なくとも一

方のカメラユニットとの間の位置に配置された状態で、

前記測定ユニットが前記眼球の眼軸を回転軸として回転移動するとともに

、

前記少なくとも一方のカメラユニットが前記眼球の隅角領域を撮像する、

(1) 又は (2) に記載の検査システム。

(4)

前記隅角鏡ユニットと、前記照明ユニット及び前記少なくとも一方のカメラユニットとの間の位置とそうでない位置との間で移動可能な反射光学系ユニットを備え、

前記反射光学系ユニットが前記隅角鏡ユニットと前記照明ユニット及び前記少なくとも一方のカメラユニットとの間の位置に配置された状態で、

前記測定ユニットが前記眼球の眼軸を回転軸として回転移動するとともに

、

前記少なくとも一方のカメラユニットが前記眼球の隅角領域を撮像する、

(3) に記載の検査システム。

(5)

前記照明ユニットが前記眼球の正面に配置され、

前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットが、それぞれの前記眼球に対する角度の大きさが同じになるように前記照明ユニットを挟んで互いに反対側に配置された状態で、

前記測定ユニットが前記眼球の眼軸を回転軸として回転移動するとともに

、

前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットが前記眼球の角膜を撮像する、

(1) ~ (4) のいずれかに記載の検査システム。

(6)

前記照明ユニットが前記眼球に対して角度を有する位置に配置された状態で、

前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットが内向角度を維持したまま前記眼球に対する角度を変えるように一緒に移動するとともに、

前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットが前記眼球の水晶体を撮像し、

前記測定ユニットが前記眼球の眼軸を回転軸として回転移動するとともに、

前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットが前記眼球の水晶体を撮像する、

(1)～(5)のいずれかに記載の検査システム。

(7)

前記照明ユニットも、前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットと同様に、前記眼球に対する角度を変えるように前記測定ユニット上を独立に移動可能であり、

前記照明ユニットが前記眼球に対して角度を有する位置に配置された状態で、

前記照明ユニット、前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットがそれらの位置関係を維持したまま前記眼球に対する角度を変えるように一緒に移動するとともに、

前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットが前記眼球の水晶体を撮像する、

(1)～(6)のいずれかに記載の検査システム。

(8)

さらに、前記測定ユニットが前記眼球の眼軸を回転軸として回転移動するとともに、

前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットが前記眼球の水晶体を撮像する、

(7)に記載の検査システム。

(9)

前記照明ユニット並びに前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットの少なくとも一方のカメラユニットが前記眼球に対して角度を有する位置に配置された状態で、

前記測定ユニットが前記眼球の眼軸を回転軸として回転移動するとともに、

前記少なくとも一方のカメラユニットが前記眼球のチン小帯を撮像する、

(1) ~ (8) のいずれかに記載の検査システム。

(10)

前記第1のカメラユニットは、対物ズーム光学系を含み、

前記第2のカメラユニットは、対物ズーム光学系を含み、

前記照明ユニットが前記眼球における撮像対象の角膜内皮の法線に対して角度を有する位置に配置され、前記第1のカメラユニットが前記撮像対象の角膜内皮の正面に配置され、前記第2のカメラユニットが前記撮像対象の角膜内皮の法線を挟んで前記照明ユニットとは反対側に前記撮像対象の角膜内皮の法線を軸対称として配置された状態で、

前記第1のカメラユニットが前記眼球の角膜全体を撮像し、

前記測定ユニットが前記眼球に対する角度を変えるように移動し、及び、前記測定ユニットが前記眼球の眼軸を回転軸として回転移動するとともに、

前記第2のカメラユニットが前記眼球の角膜内皮細胞を撮像する、

(1) ~ (9) のいずれかに記載の検査システム。

(11)

前記眼球と、前記照明ユニット並びに前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットの少なくとも一方のカメラユニットとの間の位置と、そうでない位置との間で移動可能な反射鏡ユニットを備え、

前記反射鏡ユニットが前記眼球と前記照明ユニット及び前記少なくとも一方のカメラユニットとの間の位置に配置された状態で、

前記照明ユニット及び前記少なくとも一方のカメラユニットは、前記反射鏡ユニットが配置されていない場合よりも、前記眼球に対する角度が小さく

なる位置に配置される、

(1) ~ (10) のいずれかに記載の検査システム。

(12)

前記眼球の向きを誘導するための固視標が被検者に提示された状態で、  
前記照明ユニットが前記眼球を照明し、

前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットの少なくとも一方のカメラユニットが前記眼球を撮像する、

(1) ~ (11) のいずれかに記載の検査システム。

(13)

前記眼球に対して前後方向、左右方向及び上下方向に移動可能なベースユニットを備え、

前記測定ユニットは、前記ベースユニットに搭載される、

(1) ~ (12) のいずれかに記載の検査システム。

(14)

前記照明ユニットは、前記眼球に照明光を照射し、

前記照明光は、スリットランプ光を含む、

(1) ~ (13) のいずれかに記載の検査システム。

(15)

前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットの少なくとも一方のカメラユニットによって撮像された前記眼球の画像に基づいて、前記眼球の部位の形状を算出する処理部を備え、

前記処理部は、前記眼球の部位のうち、手前に位置する部位の形状を算出し、その形状を通る光線の屈折を考慮した光線追跡に基づいて、それよりも奥に位置する部位の形状を算出する、

(1) ~ (14) のいずれかに記載の検査システム。

(16)

前記処理部は、前記眼球の角膜前面の形状、前記眼球の角膜後面の形状、前記眼球の水晶体前囊の形状及び前記眼球の水晶体後囊の形状を順に算出す

ることにより、前記眼球の水晶体の形状を算出する、

(15)に記載の検査システム。

(17)

前記処理部は、前記眼球の水晶体内の混濁分布を算出する、

(16)に記載の検査システム。

## 符号の説明

- [0148] 100 検査システム
- 10 撮像装置
    - 1 ベースユニット
    - 2 測定ユニット
    - 3 照明ユニット
    - 31 光源
    - 32 スリット
    - 33A 光学系
    - 33B 光学系
    - 4L カメラユニット (第1のカメラユニット)
    - 4R カメラユニット (第2のカメラユニット)
    - 41 対物ズーム光学系
    - 42 イメージセンサ
    - 5 隅角鏡ユニット
    - 6 反射光学系ユニット
    - 7 反射鏡ユニット
    - 71 枠体
    - 72 本体
    - 73 反射鏡
  - 20 制御処理装置
    - 21 制御部
    - 22 処理部



- 2 3 記憶部
- 2 3 1 プログラム
- 2 0 0 眼球
- E A 眼軸
- F 固視標
- L L 照明光
- O L 観察光

## 請求の範囲

- [請求項1] 被検者の眼球に対する角度を変えるように移動可能であり、且つ、前記眼球の眼軸を回転軸として回転移動可能な測定ユニットと、前記測定ユニットに搭載され、前記眼球を照射する照明ユニットと、  
、  
前記測定ユニットに搭載され、前記眼球を撮像する第1のカメラユニットと、  
前記測定ユニットに搭載され、前記眼球を撮像する第2のカメラユニットと、  
を備え、  
前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットそれぞれは、前記眼球に対する角度を変えるように前記測定ユニット上を独立に移動可能である、  
検査システム。
- [請求項2] 前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットが前記照明ユニットを挟んで互いに反対側に配置された状態で、  
前記測定ユニットが前記眼球に対する角度を変えるように移動するとともに、  
前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットが前記眼球の前眼部を撮像する、  
請求項1に記載の検査システム。
- [請求項3] 前記眼球と、前記照明ユニット並びに前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットの少なくとも一方のカメラユニットとの間の位置と、そうでない位置との間で移動可能な隅角鏡ユニットを備え、  
前記隅角鏡ユニットが前記眼球と前記照明ユニット及び前記少なくとも一方のカメラユニットとの間の位置に配置された状態で、  
前記測定ユニットが前記眼球の眼軸を回転軸として回転移動すると

ともに、

前記少なくとも一方のカメラユニットが前記眼球の隅角領域を撮像する、

請求項 1 に記載の検査システム。

[請求項4]

前記隅角鏡ユニットと、前記照明ユニット及び前記少なくとも一方のカメラユニットとの間の位置とそうでない位置との間で移動可能な反射光学系ユニットを備え、

前記反射光学系ユニットが前記隅角鏡ユニットと前記照明ユニット及び前記少なくとも一方のカメラユニットとの間の位置に配置された状態で、

前記測定ユニットが前記眼球の眼軸を回転軸として回転移動するとともに、

前記少なくとも一方のカメラユニットが前記眼球の隅角領域を撮像する、

請求項 3 に記載の検査システム。

[請求項5]

前記照明ユニットが前記眼球の正面に配置され、

前記第 1 のカメラユニット及び前記第 2 のカメラユニットが、それぞれの前記眼球に対する角度の大きさが同じになるように前記照明ユニットを挟んで互いに反対側に配置された状態で、

前記測定ユニットが前記眼球の眼軸を回転軸として回転移動するとともに、

前記第 1 のカメラユニット及び前記第 2 のカメラユニットが前記眼球の角膜を撮像する、

請求項 1 に記載の検査システム。

[請求項6]

前記照明ユニットが前記眼球に対して角度を有する位置に配置された状態で、

前記測定ユニットが前記眼球の眼軸を回転軸として回転移動するとともに、

前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットが前記眼球の水晶体を撮像する、

請求項1に記載の検査システム。

[請求項7]

前記照明ユニットも、前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットと同様に、前記眼球に対する角度を変えるように前記測定ユニット上を独立に移動可能であり、

前記照明ユニットが前記眼球に対して角度を有する位置に配置された状態で、

前記照明ユニット、前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットがそれらの位置関係を維持したまま前記眼球に対する角度を変えるように一緒に移動するとともに、

前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットが前記眼球の水晶体を撮像する、

請求項1に記載の検査システム。

[請求項8]

さらに、前記測定ユニットが前記眼球の眼軸を回転軸として回転移動するとともに、

前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットが前記眼球の水晶体を撮像する、

請求項7に記載の検査システム。

[請求項9]

前記照明ユニット並びに前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットの少なくとも一方のカメラユニットが前記眼球に対して角度を有する位置に配置された状態で、

前記測定ユニットが前記眼球の眼軸を回転軸として回転移動するとともに、

前記少なくとも一方のカメラユニットが前記眼球のチン小帯を撮像する、

請求項1に記載の検査システム。

[請求項10]

前記第1のカメラユニットは、対物ズーム光学系を含み、

前記第2のカメラユニットは、対物ズーム光学系を含み、

前記照明ユニットが前記眼球における撮像対象の角膜内皮の法線に対して角度を有する位置に配置され、前記第1のカメラユニットが前記撮像対象の角膜内皮の正面に配置され、前記第2のカメラユニットが前記撮像対象の角膜内皮の法線を挟んで前記照明ユニットとは反対側に前記撮像対象の角膜内皮の法線を軸対称として配置された状態で、

前記第1のカメラユニットが前記眼球の角膜全体を撮像し、

前記測定ユニットが前記眼球に対する角度を変えるように移動し、及び、前記測定ユニットが前記眼球の眼軸を回転軸として回転移動するとともに、

前記第2のカメラユニットが前記眼球の角膜内皮細胞を撮像する、請求項1に記載の検査システム。

[請求項11]

前記眼球と、前記照明ユニット並びに前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットの少なくとも一方のカメラユニットとの間の位置と、そうでない位置との間で移動可能な反射鏡ユニットを備え、

前記反射鏡ユニットが前記眼球と前記照明ユニット及び前記少なくとも一方のカメラユニットとの間の位置に配置された状態で、

前記照明ユニット及び前記少なくとも一方のカメラユニットは、前記反射鏡ユニットが配置されていない場合よりも、前記眼球に対する角度が小さくなる位置に配置される、

請求項1に記載の検査システム。

[請求項12]

前記眼球の向きを誘導するための固視標が被検者に提示された状態で、

前記照明ユニットが前記眼球を照明し、

前記第1のカメラユニット及び前記第2のカメラユニットの少なくとも一方のカメラユニットが前記眼球を撮像する、

請求項 1 に記載の検査システム。

[請求項13] 前記眼球に対して前後方向、左右方向及び上下方向に移動可能なベースユニットを備え、

前記測定ユニットは、前記ベースユニットに搭載される、  
請求項 1 に記載の検査システム。

[請求項14] 前記照明ユニットは、前記眼球に照明光を照射し、

前記照明光は、スリットランプ光を含む、  
請求項 1 に記載の検査システム。

[請求項15] 前記第 1 のカメラユニット及び前記第 2 のカメラユニットの少なくとも一方のカメラユニットによって撮像された前記眼球の画像に基づいて、前記眼球の部位の形状を算出する処理部を備え、

前記処理部は、前記眼球の部位のうち、手前に位置する部位の形状を算出し、その形状を通る光線の屈折を考慮した光線追跡に基づいて、それよりも奥に位置する部位の形状を算出する、  
請求項 1 に記載の検査システム。

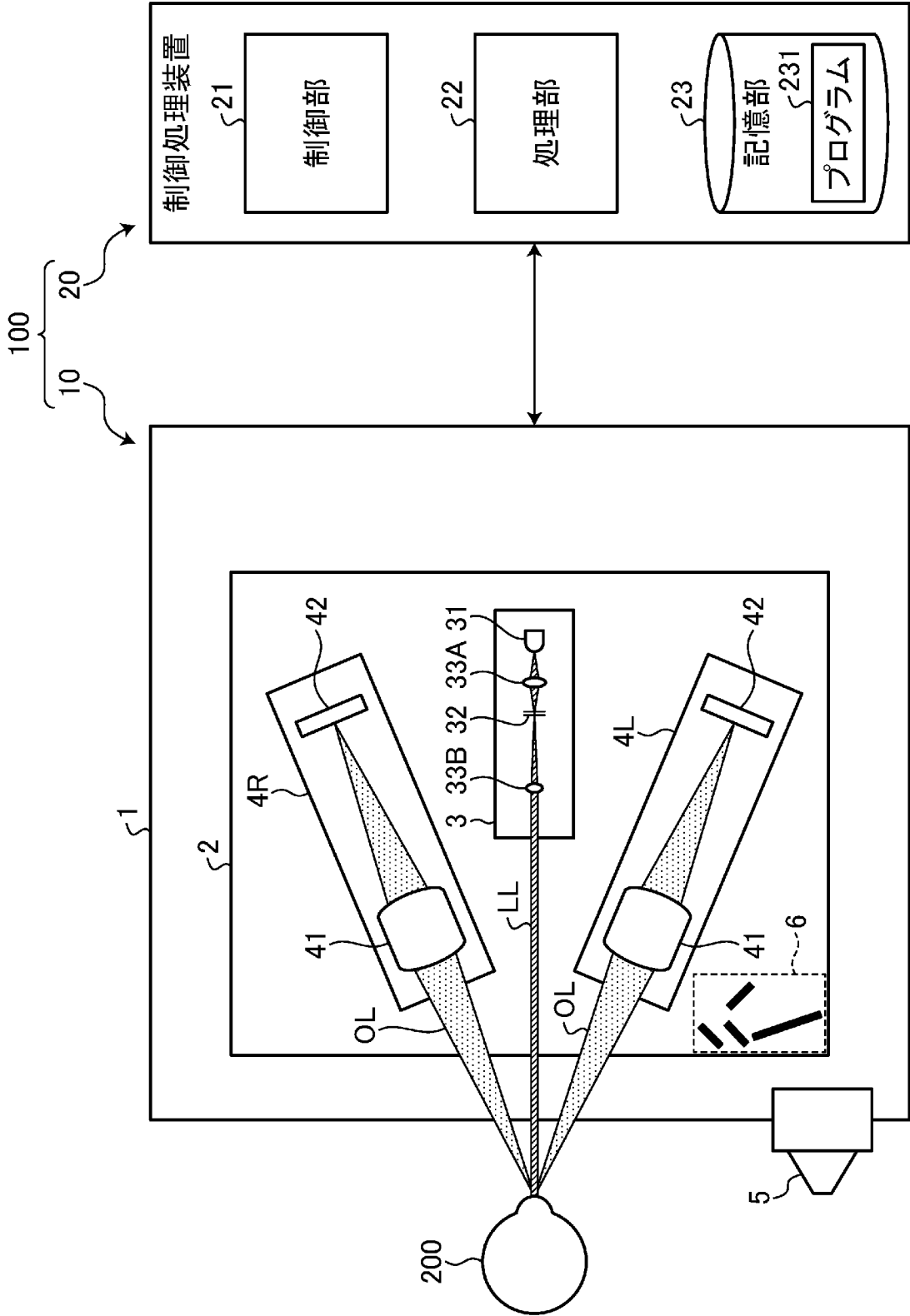
[請求項16] 前記処理部は、前記眼球の角膜前面の形状、前記眼球の角膜後面の形状、前記眼球の水晶体前嚢の形状及び前記眼球の水晶体後嚢の形状を順に算出することにより、前記眼球の水晶体の形状を算出する、

請求項 1 5 に記載の検査システム。

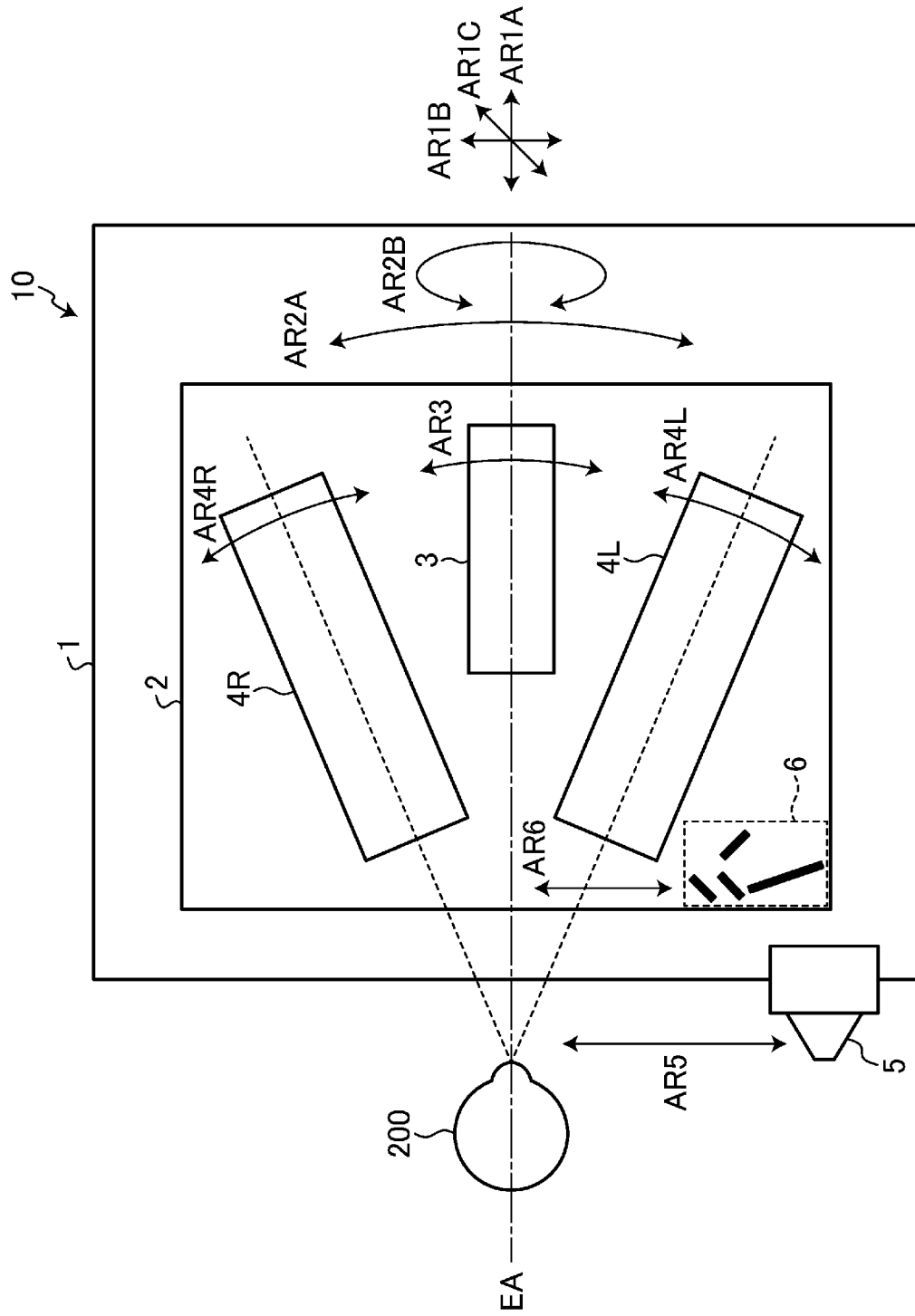
[請求項17] 前記処理部は、前記眼球の水晶体内の混濁分布を算出する、

請求項 1 6 に記載の検査システム。

[図1]

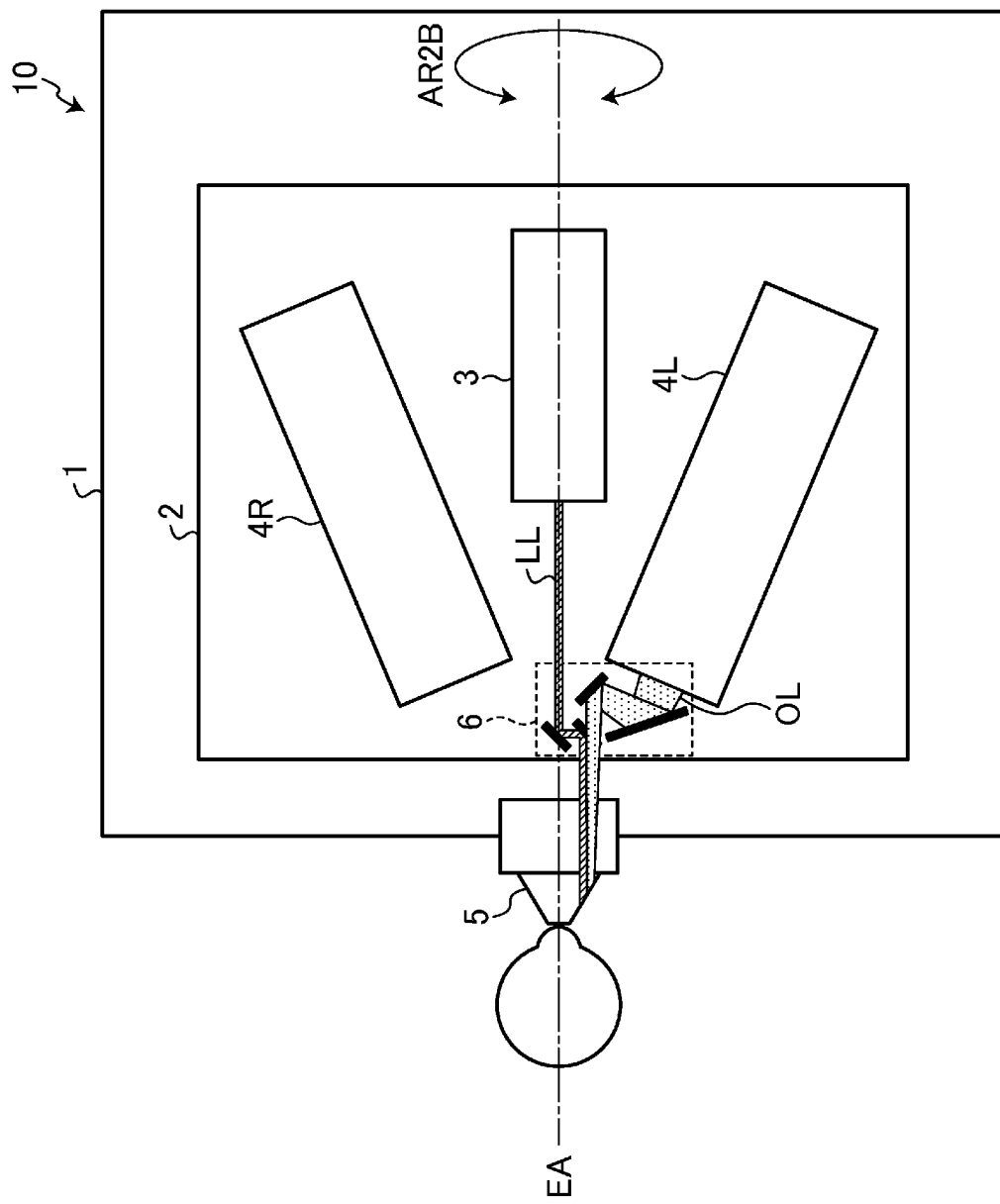


[図2]

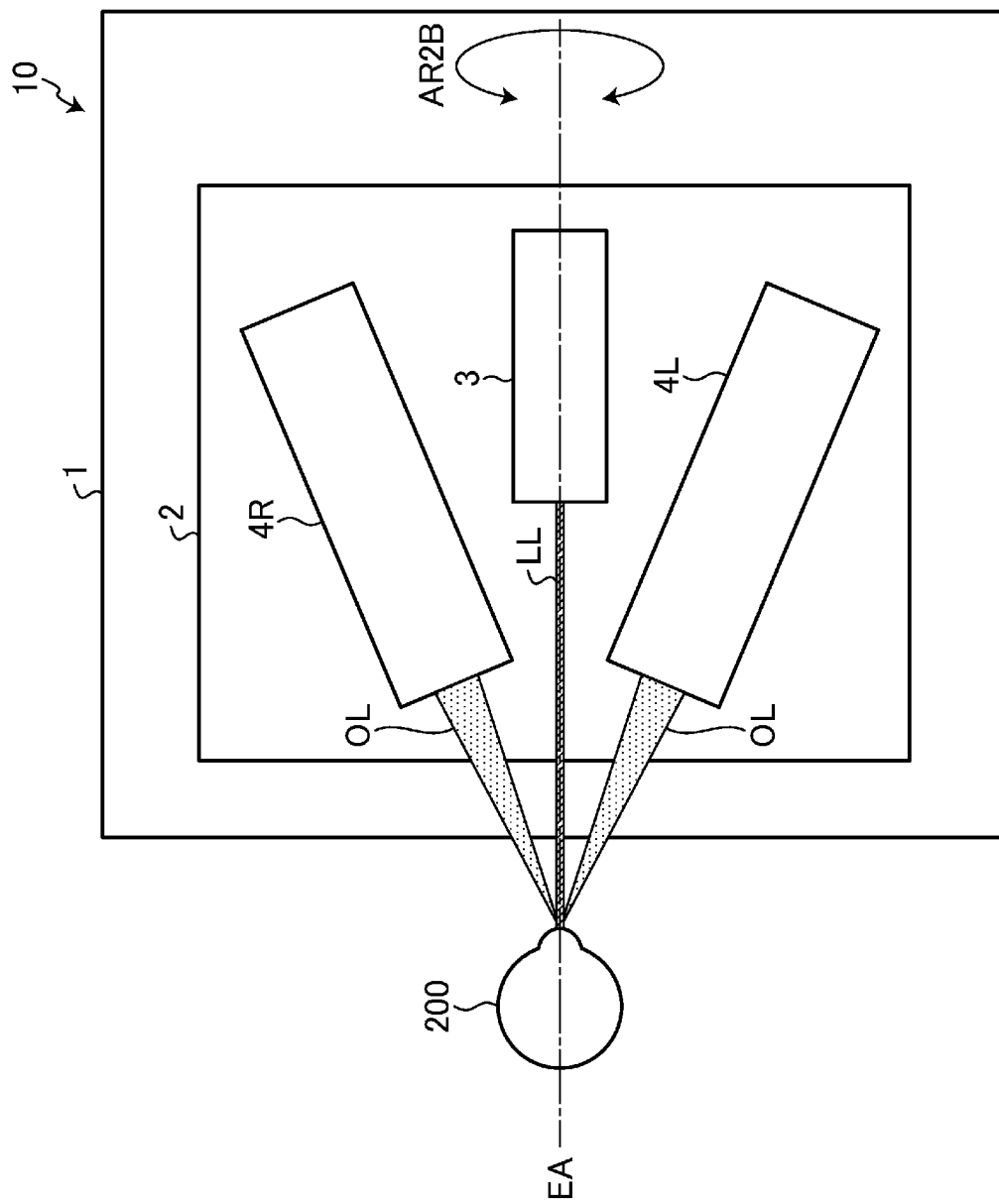




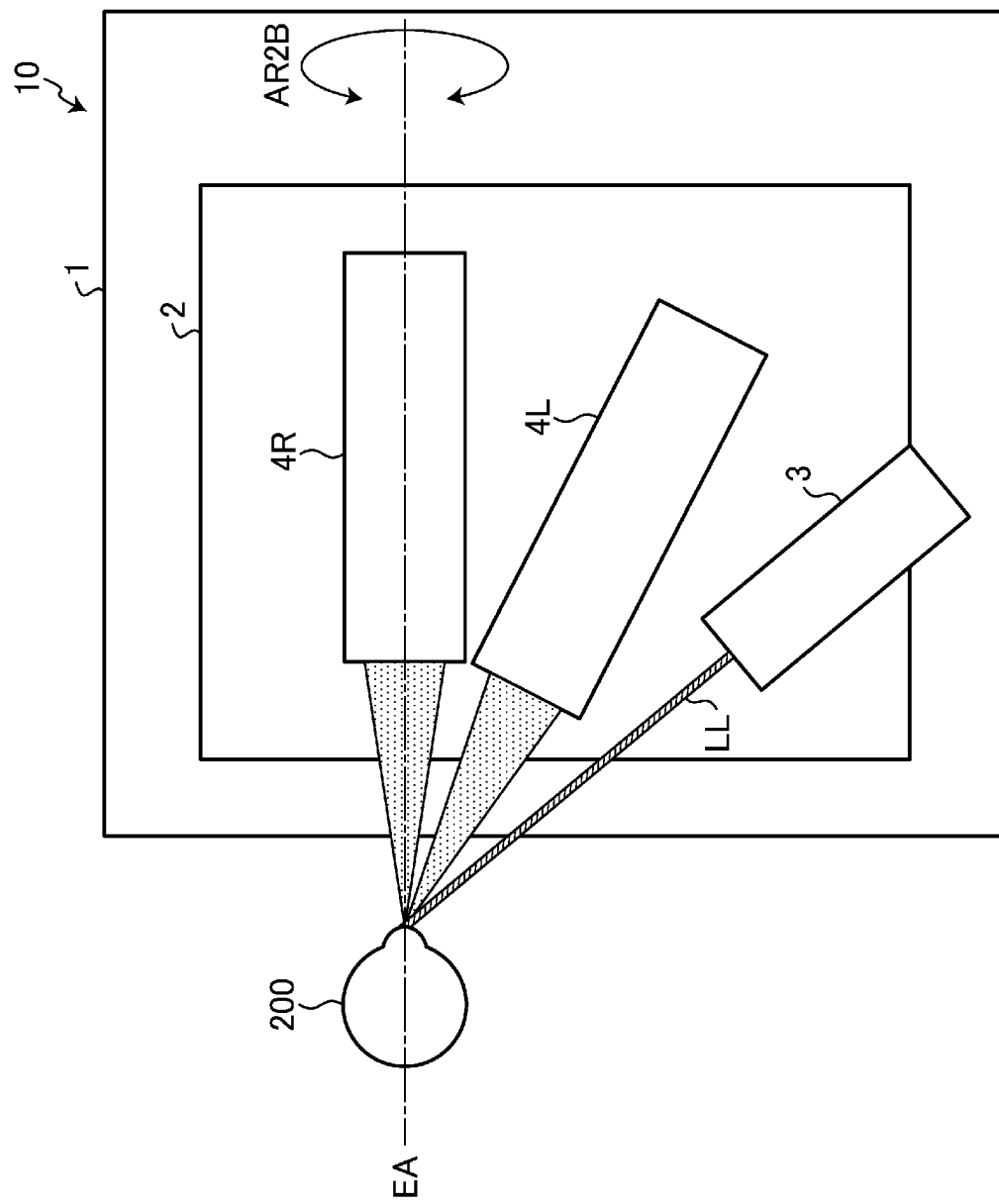
[図3]



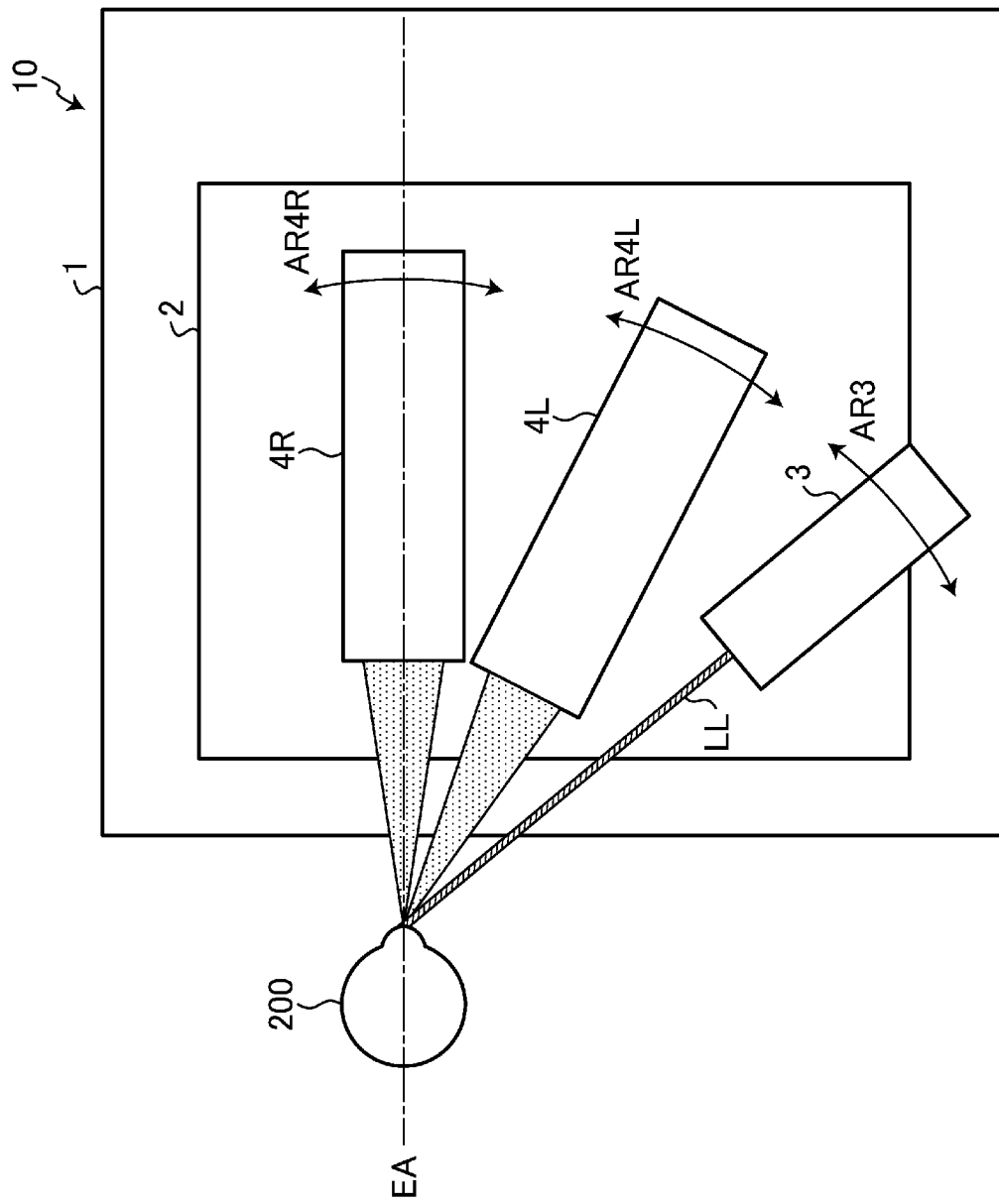
[図4]



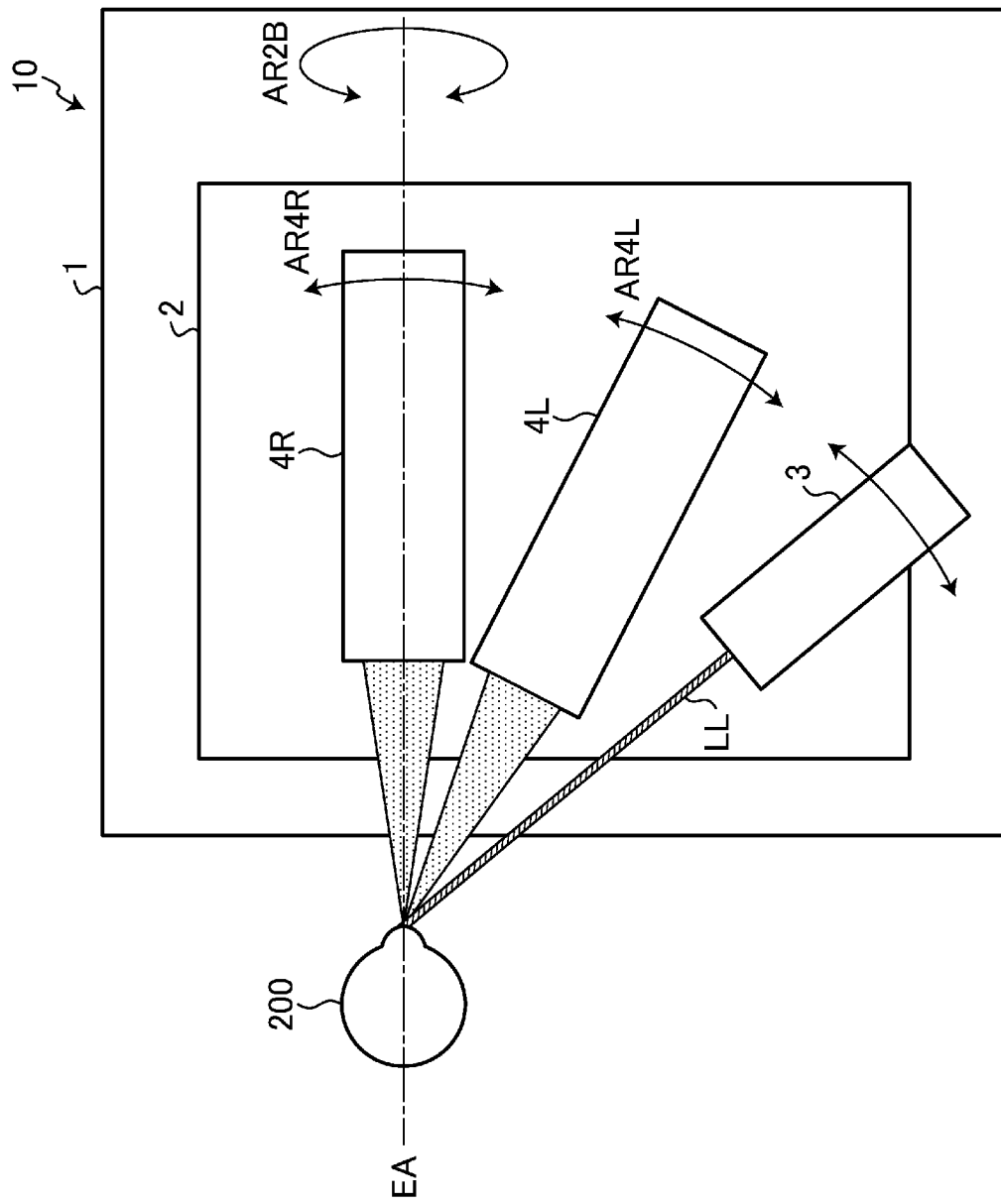
[図5]



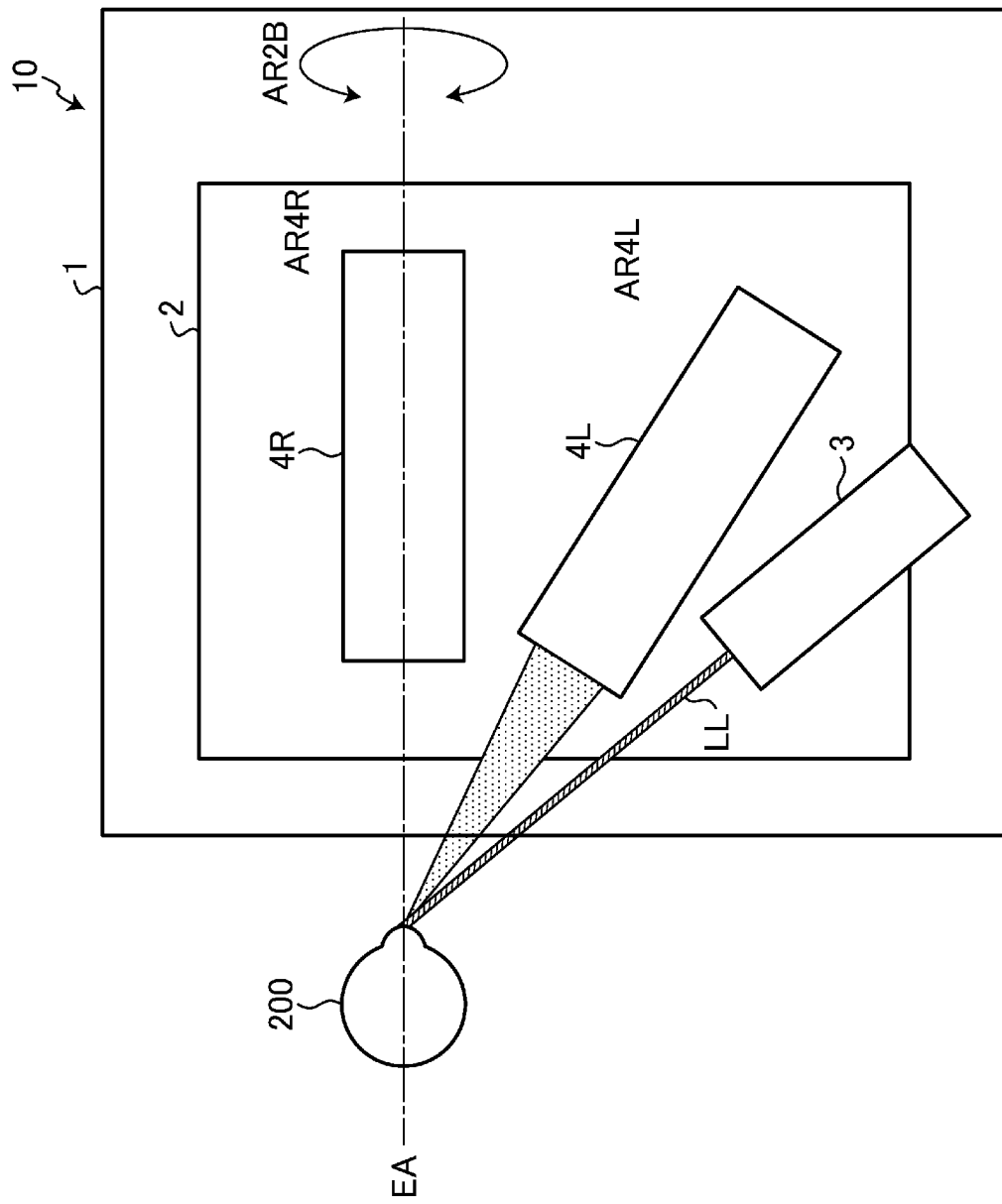
[図6]



[図7]

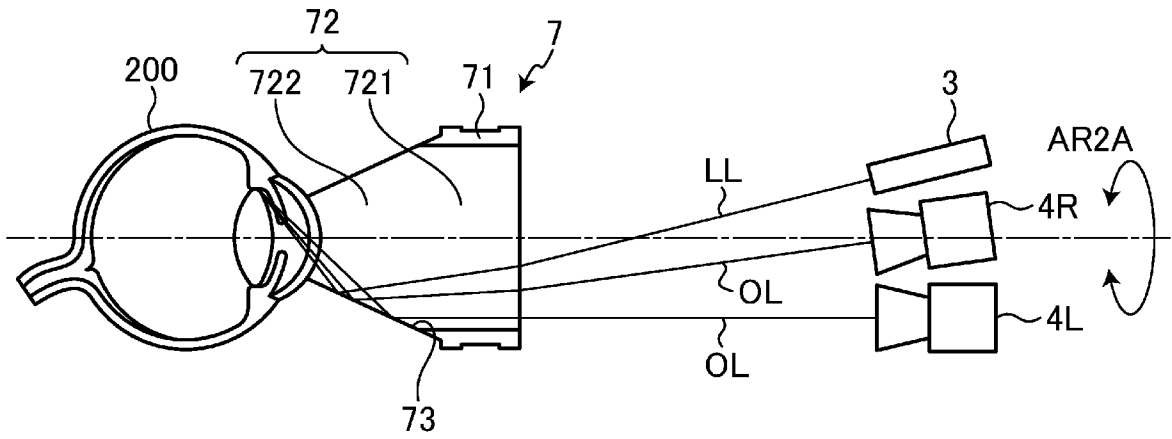


[図8]

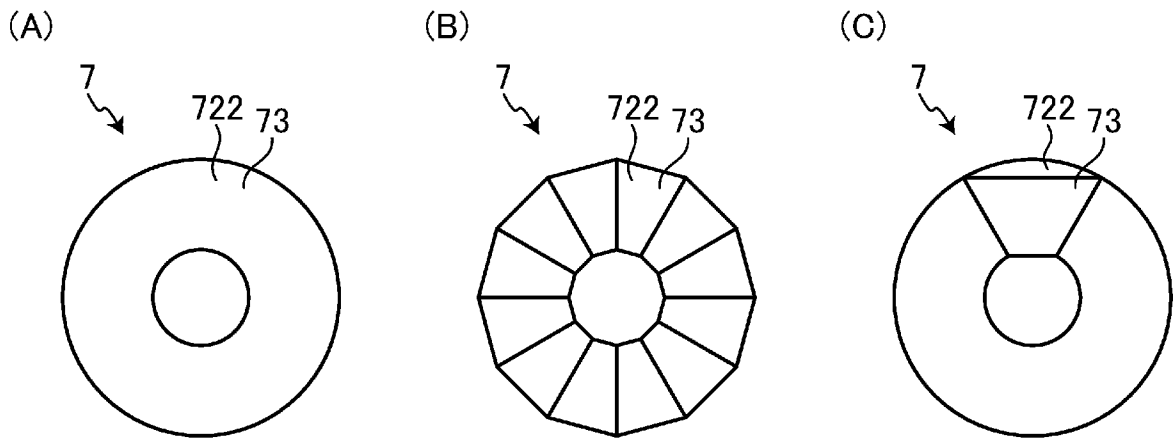




[図10]



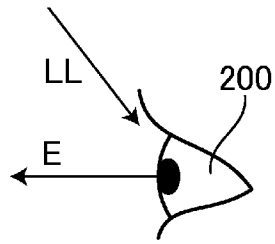
[図11]



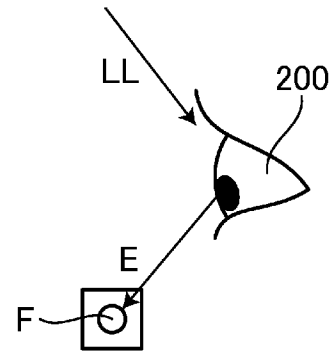


[圖12]

(A)

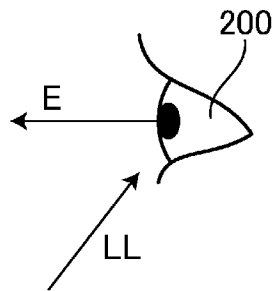


(B)

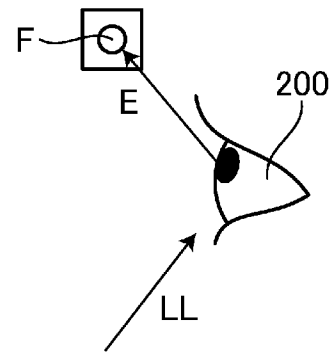


[圖13]

(A)

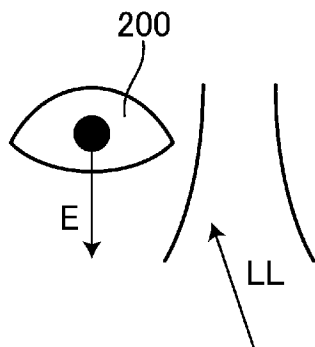


(B)

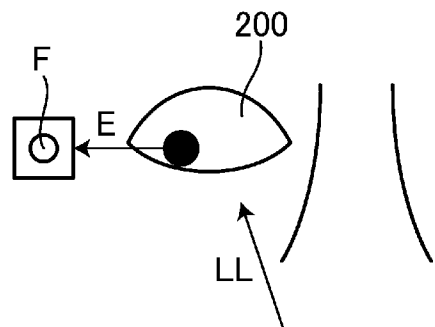


[圖14]

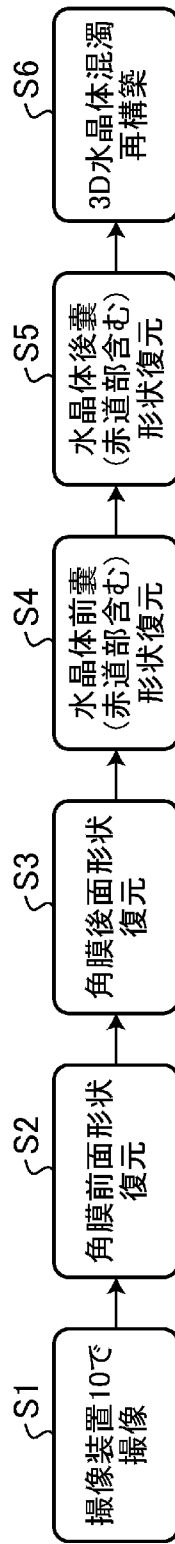
(A)



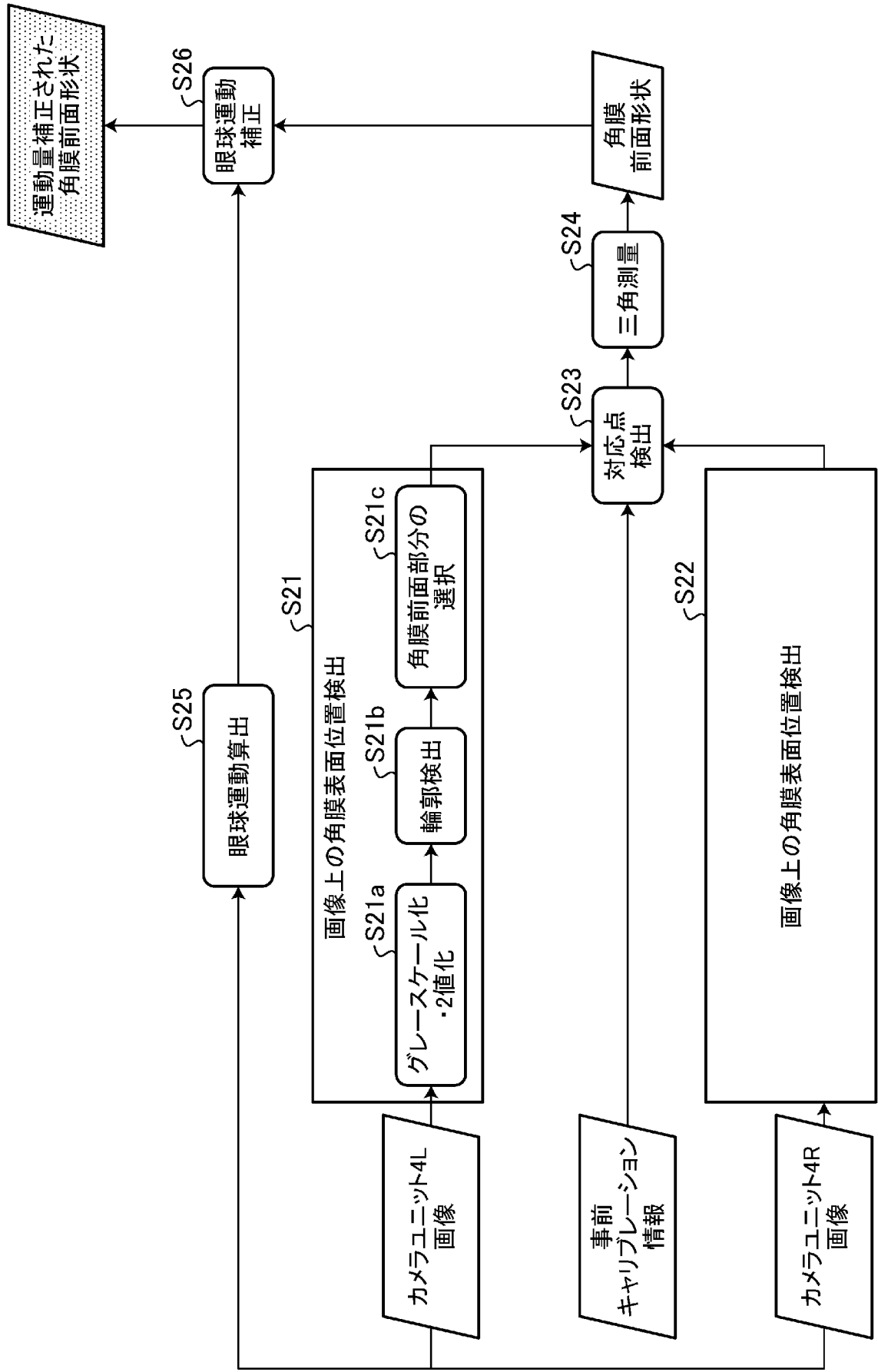
(B)



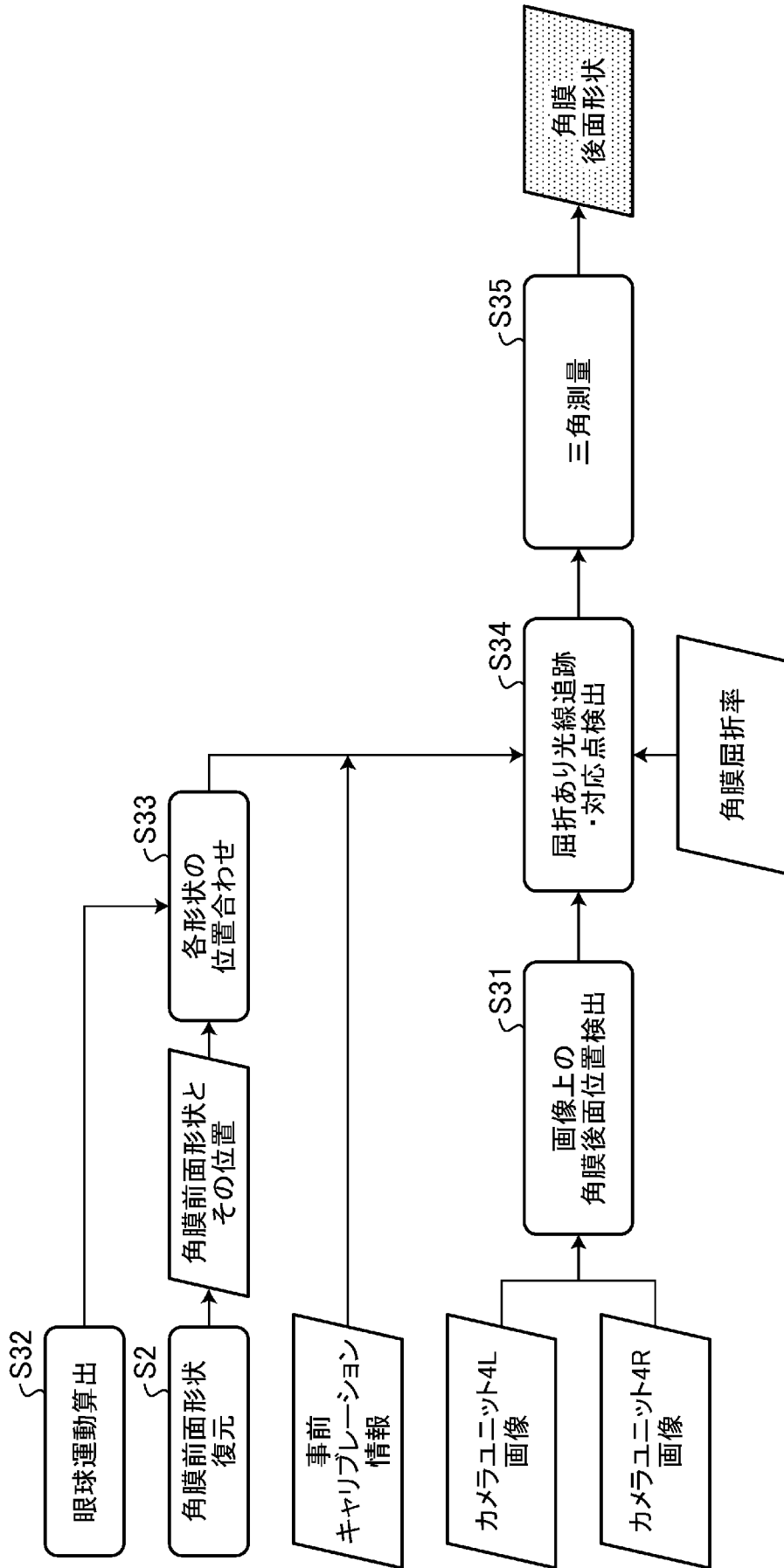
[図15]



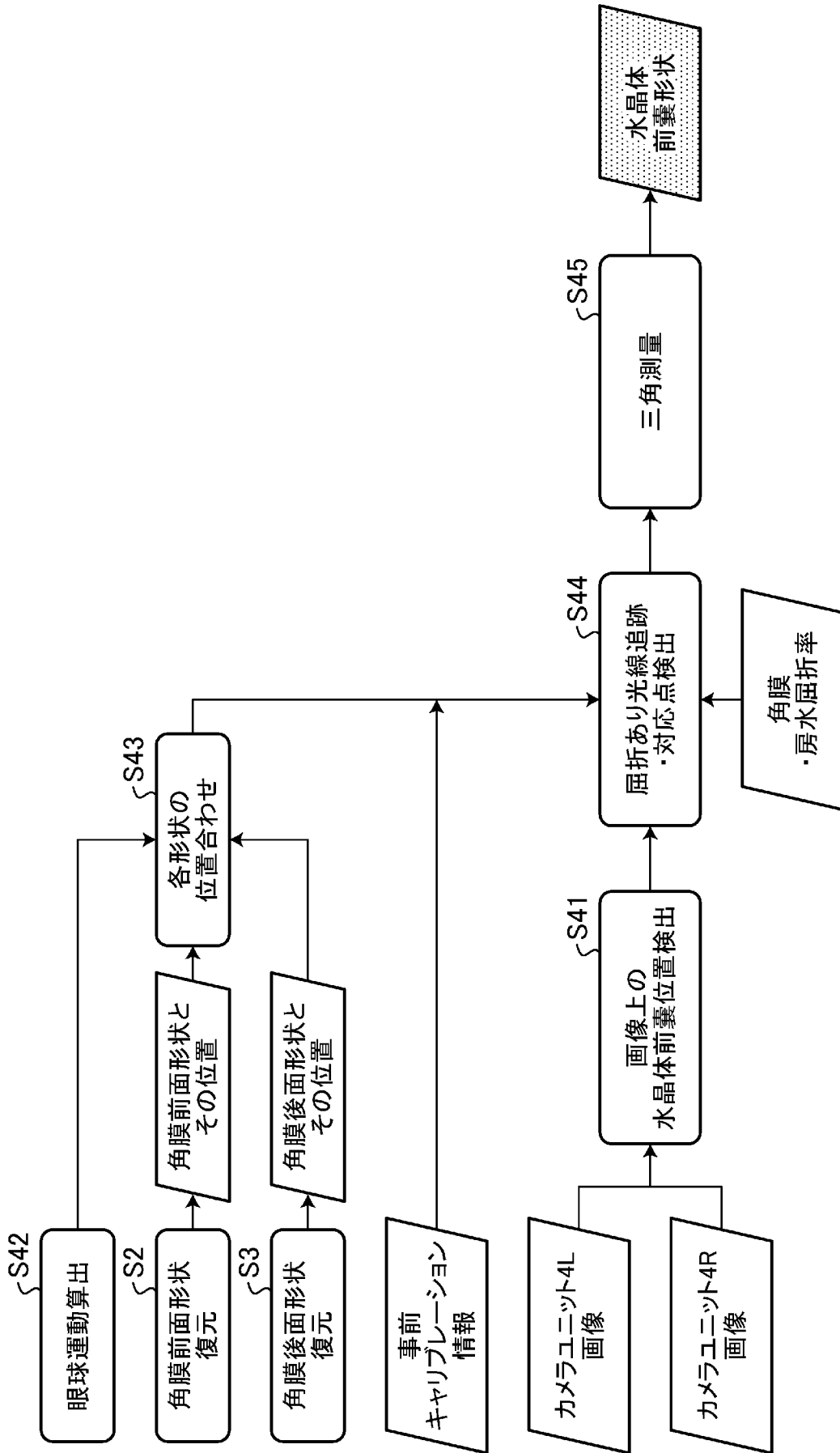
[図16]



[図17]

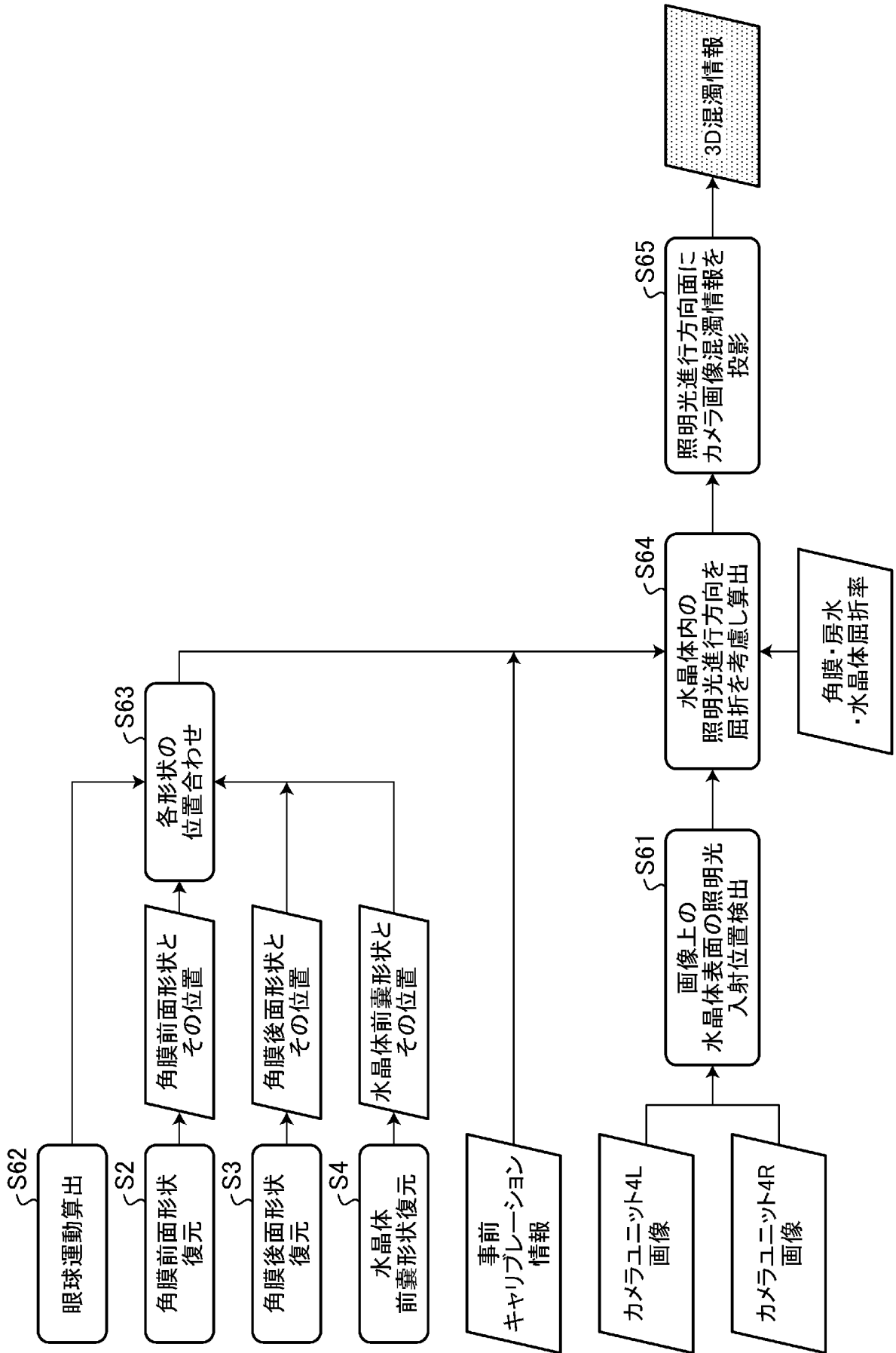


[図18]

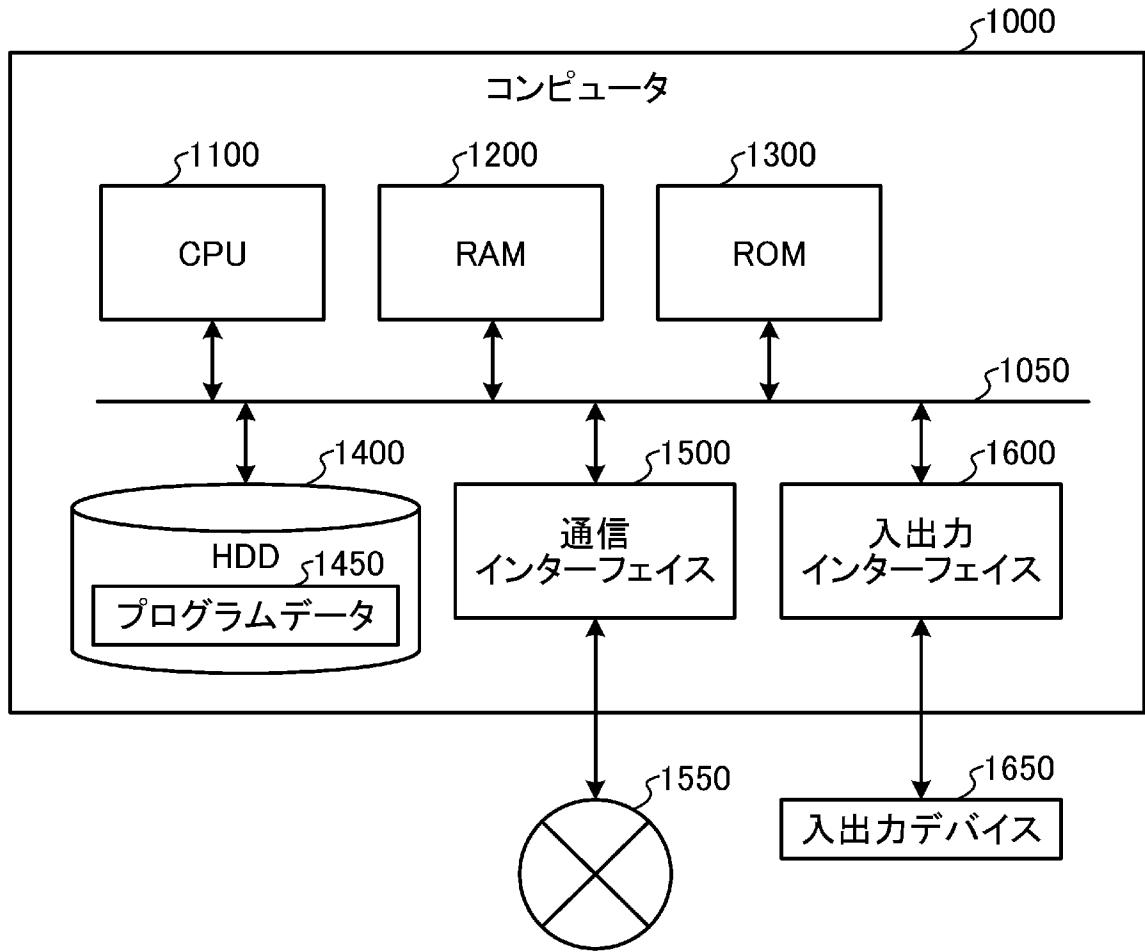




[図20]



[図21]





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/JP2023/006670**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
A61B 3/135(2006.01)j FI: A61B3/135		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61B3/135		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2020/189299 A1 (KABUSHIKI KAISHA TOPCON) 24 September 2020 (2020-09-24) entire text, all drawings	1-17
A	WO 2019/240151 A1 (KABUSHIKI KAISHA TOPCON) 19 December 2019 (2019-12-19) entire text, all drawings	1-17
A	JP 2019-154829 A (KABUSHIKI KAISHA TOPCON) 19 September 2019 (2019-09-19) entire text, all drawings	1-17
A	JP 2014-73248 A (KONAN MEDICAL INC.) 24 April 2014 (2014-04-24) entire text, all drawings	1-17
A	JP 2012-55337 A (NIDEK CO., LTD.) 22 March 2012 (2012-03-22) entire text, all drawings	1-17
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>06 April 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>18 April 2023</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2023/006670**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2020/189299	A1	24 September 2020	US	2022/0133144	A1	
entire text, all drawings							
WO	2019/240151	A1	19 December 2019	JP	2019-213734	A	
entire text, all drawings							
JP	2019-154829	A	19 September 2019	US	2021/0015363	A1	
entire text, all drawings							
JP	2014-73248	A	24 April 2014	(Family: none)			
JP	2012-55337	A	22 March 2012	(Family: none)			

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） A61B 3/135(2006.01)i FI: A61B3/135		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） A61B3/135 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2023年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2023年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2020/189299 A1 (株式会社トプコン) 24.09.2020 (2020 - 09 - 24) 全文, 全図	1-17
A	WO 2019/240151 A1 (株式会社トプコン) 19.12.2019 (2019 - 12 - 19) 全文, 全図	1-17
A	JP 2019-154829 A (株式会社トプコン) 19.09.2019 (2019 - 09 - 19) 全文, 全図	1-17
A	JP 2014-73248 A (株式会社コーナン・メディカル) 24.04.2014 (2014 - 04 - 24) 全文, 全図	1-17
A	JP 2012-55337 A (株式会社ニデック) 22.03.2012 (2012 - 03 - 22) 全文, 全図	1-17
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	06.04.2023	国際調査報告の発送日 18.04.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官）  増淵 俊仁 2Q 4747  電話番号 03-3581-1101 内線 3292	

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/006670

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2020/189299	A1	24.09.2020	US	2022/0133144	A1	
全文, 全図							
WO	2019/240151	A1	19.12.2019	JP	2019-213734	A	
全文, 全図							
JP	2019-154829	A	19.09.2019	US	2021/0015363	A1	
全文, 全図							
JP	2014-73248	A	24.04.2014	(ファミリーなし)			
JP	2012-55337	A	22.03.2012	(ファミリーなし)			