

(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
2018年3月1日(01.03.2018)



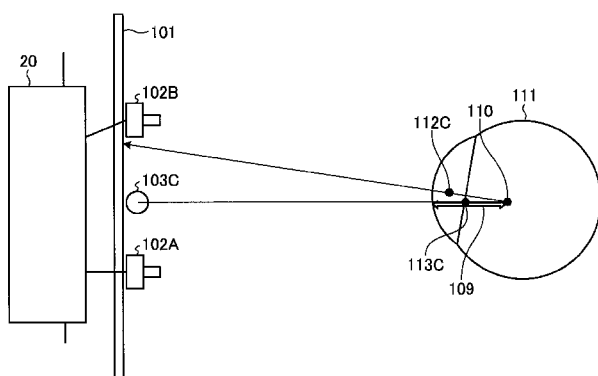
(10) 国際公開番号

WO 2018/037685 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 3/113 (2006.01) *H04N 5/225* (2006.01)
G06T 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/022594
- (22) 国際出願日: 2017年6月19日(19.06.2017)
- (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 2016-163556 2016年8月24日(24.08.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社 J V C ケンウッド (JVC KENWOOD CORPORATION) [JP/JP];
〒2210022 神奈川県横浜市神奈川区守屋町
3丁目12番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 首藤 勝行 (SHUDO, Katsuyuki);
〒2210022 神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 株式会社 J V C ケンウッド 知的財産部内 Kanagawa (JP). 箱嶋 修二 (HAKOSHIMA, Shuji); 〒2210022 神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 株式会社 J V C ケンウッド 知的財産部内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 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, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,

(54) Title: LINE-OF-SIGHT DETECTION DEVICE, LINE-OF-SIGHT DETECTION METHOD, AND COMPUTER PROGRAM

(54) 発明の名称: 視線検出装置、視線検出方法、及びコンピュータプログラム



(57) Abstract: A line-of-sight detection device (199) comprises: an image data acquiring unit (202) for acquiring image data of a subject's face illuminated with detection light emitted by a light source (103); a line-of-sight detecting unit (216) for detecting the line of sight of the subject on the basis of the image data; an image processing unit (206) for performing image processing on the image data to generate a facial characteristics image and a spectacle reflection image showing an image of a light source reflected in spectacles worn on the face; and a display control unit (208) for displaying, on a display device, the characteristics image and the spectacle reflection image in different display modes in a synthesized image obtained by synthesizing the characteristics image and the spectacles reflection image.

(57) 要約: 視線検出装置(199)は、光源(103)から射出された検出光が照射される被験者の顔の画像データを取得する画像データ取得部(202)と、画像データに基づいて被験者の視線を検出する視線検出部(216)と、画像データを画像処理して顔の特徴部画像及び顔に装着されたメガネにおける光源の反射像を示すメガネ反射画像を生成する画像処理部(206)と、特徴部画像とメガネ反射画像とが合成された合成画像において、特徴部画像とメガネ反射画像とを異なる表示形態で表示装置に表示させる表示制御部(208)と、を備える。

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, 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,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：

視線検出装置、視線検出方法、及びコンピュータプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、視線検出装置、視線検出方法、及びコンピュータプログラムに関する。

背景技術

[0002] 視線検出技術の一つとして角膜反射法が知られている。角膜反射法は、光源から射出された赤外光を被験者に照射し、赤外光が照射された被験者の眼をカメラで撮影し、角膜表面における光源の反射像である角膜反射像に対する瞳孔の位置を検出して、被験者の視線を検出する方法である。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2010-244156号公報

発明の概要

[0004] 被験者がメガネを装着している場合、被験者に照射された赤外光がメガネで反射する可能性がある。赤外光がメガネで反射すると、視線の検出精度が低下する可能性がある。例えば、カメラの視野領域においてメガネにおける光源の反射像と被験者の眼とが重なった場合、角膜反射像及び瞳孔を検出することが困難となる。角膜反射像及び瞳孔が良好に検出されない場合、被験者の視線の検出精度が低下する。

[0005] 本実施形態は、メガネを装着した被験者の視線の検出精度の低下を抑制できる視線検出装置、視線検出方法、及びコンピュータプログラムを提供することを目的とする。

[0006] 本実施形態は、光源から射出された検出光が照射される被験者の顔の画像データを取得する画像データ取得部と、前記画像データに基づいて前記被験者の視線を検出する視線検出部と、前記画像データを画像処理して前記顔の

特徴部画像及び前記顔に装着されたメガネにおける前記光源の反射像を示すメガネ反射画像を生成する画像処理部と、前記特徴部画像と前記メガネ反射画像とが合成された合成画像において、前記特徴部画像と前記メガネ反射画像とを異なる表示形態で表示装置に表示させる表示制御部と、を備える視線検出装置を提供する。

[0007] 本実施形態によれば、メガネを装着した被験者の視線の検出精度の低下を抑制できる視線検出装置、視線検出方法、及びコンピュータプログラムが提供される。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、第1実施形態に係る視線検出装置の一例を模式的に示す斜視図である。

[図2]図2は、第1実施形態に係る表示装置とステレオカメラ装置と光源と被験者の眼球との位置関係を模式的に示す図である。

[図3]図3は、第1実施形態に係る視線検出装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

[図4]図4は、第1実施形態に係る視線検出装置の一例を示す機能ブロック図である。

[図5]図5は、第1実施形態に係る角膜曲率中心の位置データの算出方法を説明するための模式図である。

[図6]図6は、第1実施形態に係る角膜曲率中心の位置データの算出方法を説明するための模式図である。

[図7]図7は、第1実施形態に係る視線検出方法の一例を示すフローチャートである。

[図8]図8は、メガネを装着した被験者の瞳孔とステレオカメラ装置と光源との関係を模式的に示す図である。

[図9]図9は、ステレオカメラ装置の視野領域においてメガネにおける光源の反射像の少なくとも一部が被験者の瞳孔と重なっている状態を示す模式図である。

[図10]図10は、メガネを装着した被験者の瞳孔とステレオカメラ装置と光源との関係を模式的に示す図である。

[図11]図11は、第1実施形態に係る位置合わせ支援処理の一例を示すフローチャートである。

[図12]図12は、第1実施形態に係る画像データ取得部に取得された画像データの一例を模式的に示す図である。

[図13]図13は、第1実施形態に係る2値化された画像データの一例を模式的に示す図である。

[図14]図14は、第1実施形態に係る被験者の顔の特徴部画像の一例を模式的に示す図である。

[図15]図15は、第1実施形態に係る輝度が低下された特徴部画像の一例を模式的に示す図である。

[図16]図16は、第1実施形態に係るメガネ反射画像の一例を模式的に示す図である。

[図17]図17は、第1実施形態に係る特徴部画像とメガネ反射画像とが合成された合成画像の一例を模式的に示す図である。

[図18]図18は、第1実施形態に係る表示装置の一例を示す図である。

[図19]図19は、第1実施形態に係るキャリブレーション処理の一例を説明するための模式図である。

[図20]図20は、第1実施形態に係るキャリブレーション処理の一例を示すフローチャートである。

[図21]図21は、第1実施形態に係る視線検出処理の一例を説明するための模式図である。

[図22]図22は、第1実施形態に係る視線検出処理の一例を示すフローチャートである。

[図23]図23は、第2実施形態に係る位置合わせ支援処理における第1カメラ、第2カメラ、第1光源、及び第2光源の作動のタイミングを示すタイミングチャートである。

[図24]図24は、第2実施形態に係る位置合わせ支援処理の一例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明に係る実施形態について図面を参照しながら説明するが、本発明はこれに限定されない。以下で説明する実施形態の構成要素は、適宜組み合わせることができる。また、一部の構成要素を用いない場合もある。

[0010] 以下の説明においては、3次元のグローバル座標系を設定して各部の位置関係について説明する。所定面のX軸と平行な方向をX軸方向とし、X軸と直交する所定面のY軸と平行な方向をY軸方向とし、X軸及びY軸のそれぞれと直交するZ軸と平行な方向をZ軸方向とする。所定面はXY平面を含む。

[0011] <第1実施形態>

第1実施形態について説明する。図1は、本実施形態に係る視線検出装置100の一例を模式的に示す斜視図である。視線検出装置100は、例えば発達障がいの診断を支援する診断支援装置に使用される。

[0012] [視線検出装置の概要]

図1に示すように、視線検出装置100は、表示装置101と、ステレオカメラ装置102と、光源103とを備える。

[0013] 表示装置100は、液晶ディスプレイ(LCD: liquid crystal display)又は有機ELディスプレイ(OELD: organic electroluminescence display)のようなフラットパネルディスプレイを含む。

[0014] 本実施形態において、表示装置100の表示画面101Sは、XY平面と実質的に平行である。X軸方向は表示画面101Sの左右方向であり、Y軸方向は表示画面101Sの上下方向であり、Z軸方向は表示画面101Sと直交する奥行方向である。

[0015] ステレオカメラ装置102は、被験者を撮影して被験者の画像データを取得する。ステレオカメラ装置102は、異なる位置に配置された第1カメラ102A及び第2カメラ102Bを有する。ステレオカメラ装置102は、

表示装置 101 の表示画面 101S よりも下方に配置される。第 1 カメラ 102A と第 2 カメラ 102B とは X 軸方向に配置される。第 1 カメラ 102A は、第 2 カメラ 102B よりも -X 方向に配置される。第 1 カメラ 102A 及び第 2 カメラ 102B はそれぞれ、赤外線カメラを含み、例えば波長 850 [nm] の近赤外光を透過可能な光学系と、近赤外光を受光可能な撮像素子とを有する。

[0016] 光源 103 は、検出光を射出する。光源 103 は、異なる位置に配置された第 1 光源 103A 及び第 2 光源 103B を含む。光源 103 は、表示装置 101 の表示画面 101S よりも下方に配置される。第 1 光源 103A と第 2 光源 103B とは X 軸方向に配置される。第 1 光源 103A は、第 1 カメラ 102A よりも -X 方向に配置される。第 2 光源 103B は、第 2 カメラ 102B よりも +X 方向に配置される。第 1 光源 103A 及び第 2 光源 103B はそれぞれ、LED (light emitting diode) 光源を含み、例えば波長 850 [nm] の近赤外光を射出可能である。なお、第 1 光源 103A 及び第 2 光源 103B は、第 1 カメラ 102A と第 2 カメラ 102B との間に配置されてもよい。

[0017] 図 2 は、本実施形態に係る表示装置 101 とステレオカメラ装置 102 と光源 103 と被験者の眼球 111 との位置関係を模式的に示す図である。

[0018] 光源 103 は、検出光である赤外光を射出して、被験者の眼球 111 を照明する。ステレオカメラ装置 102 は、第 1 光源 103A から射出された検出光が眼球 111 に照射されたときに第 2 カメラ 102B で眼球 111 を撮影し、第 2 光源 103B から射出された検出光が眼球 111 に照射されたときに第 1 カメラ 102A で眼球 111 を撮影する。

[0019] 第 1 カメラ 102A 及び第 2 カメラ 102B の少なくとも一方からフレーム同期信号が出力される。第 1 光源 103A 及び第 2 光源 103B は、フレーム同期信号に基づいて検出光を射出する。第 1 カメラ 102A は、第 2 光源 103B から射出された検出光が眼球 111 に照射されたときに、眼球 111 の画像データを取得する。第 2 カメラ 102B は、第 1 光源 103A か

ら射出された検出光が眼球 111 に照射されたときに、眼球 111 の画像データを取得する。

[0020] 眼球 111 に検出光が照射されると、検出光の一部は瞳孔 112 で反射する。瞳孔 112 で反射した光は、ステレオカメラ装置 102 に入射する。また、眼球 111 に検出光が照射されると、角膜反射像 113 が眼球 111 に形成される。角膜反射像 113 は、角膜表面における光源 103 の反射像である。角膜反射像 113 からの光は、ステレオカメラ装置 102 に入射する。

[0021] 第 1 カメラ 102 A 及び第 2 カメラ 102 B と第 1 光源 103 A 及び第 2 光源 103 B との相対位置が適切に設定されることにより、瞳孔 112 からステレオカメラ装置 102 に入射する光の強度は低くなり、角膜反射像 113 からステレオカメラ装置 102 に入射する光の強度は高くなる。すなわち、ステレオカメラ装置 102 で取得される瞳孔 112 の画像は低輝度となり、角膜反射像 113 の画像は高輝度となる。ステレオカメラ装置 102 は、取得される画像の輝度に基づいて、瞳孔 112 の位置及び角膜反射像 113 の位置を検出することができる。

[0022] [ハードウェア構成]

図 3 は、本実施形態に係る視線検出装置 100 のハードウェア構成の一例を示す図である。図 3 に示すように、視線検出装置 100 は、表示装置 101 と、ステレオカメラ装置 102 と、光源 103 と、コンピュータシステム 20 と、入出力インターフェース装置 30 と、駆動回路 40 と、出力装置 50 と、入力装置 60 と、音声出力装置 70 とを備える。コンピュータシステム 20 は、演算処理装置 20 A 及び記憶装置 20 B を含む。コンピュータプログラム 20 C が記憶装置 20 B に記憶されている。

[0023] コンピュータシステム 20 と、駆動回路 40 と、出力装置 50 と、入力装置 60 と、音声出力装置 70 とは、入出力インターフェース装置 30 を介してデータ通信する。

[0024] 演算処理装置 20 A は、CPU (central processing unit) のようなマ

イクロプロセッサを含む。記憶装置 20B は、ROM (read only memory) のような不揮発性メモリ又は RAM (random access memory) のような揮発性メモリを含む。演算処理装置 20A は、記憶装置 20B に記憶されているコンピュータプログラム 20C に従って演算処理を実施する。

[0025] 駆動回路 40 は、駆動信号を生成して、表示装置 101、ステレオカメラ装置 102、及び光源 103 に出力する。また、駆動回路 40 は、ステレオカメラ装置 102 で取得された眼球 111 の画像データを、入出力インターフェース装置 30 を介してコンピュータシステム 20 に供給する。

[0026] 出力装置 50 は、フラットパネルディスプレイのような表示装置を含む。なお、出力装置 50 は、印刷装置を含んでもよい。入力装置 60 は、操作されることにより入力データを生成する。入力装置 60 は、コンピュータシステム用のキーボード又はマウスを含む。なお、入力装置 60 が表示装置である出力装置 50 の表示画面に設けられたタッチセンサを含んでもよい。音声出力装置 70 は、スピーカを含み、例えば被験者に注意を促すための音声を出力する。

[0027] 本実施形態においては、表示装置 101 とコンピュータシステム 20 とは別々の装置である。なお、表示装置 101 とコンピュータシステム 20 とが一体でもよい。例えば視線検出装置 100 がタブレット型パーソナルコンピュータを含む場合、タブレット型パーソナルコンピュータに、コンピュータシステム 20、入出力インターフェース装置 30、駆動回路 40、及び表示装置 101 が搭載されてもよい。

[0028] 図 4 は、本実施形態に係る視線検出装置 100 の一例を示す機能ブロック図である。図 4 に示すように、入出力インターフェース装置 30 は、入出力部 302 を有する。駆動回路 40 は、表示装置 101 を駆動するための駆動信号を生成して表示装置 101 に出力する表示装置駆動部 402 と、第 1 カメラ 102A を駆動するための駆動信号を生成して第 1 カメラ 102A に出力する第 1 カメラ入出力部 404A と、第 2 カメラ 102B を駆動するための駆動信号を生成して第 2 カメラ 102B に出力する第 2 カメラ入出力部 4

04Bと、第1光源103A及び第2光源103Bを駆動するための駆動信号を生成して第1光源103A及び第2光源103Bに出力する光源駆動部406とを有する。また、第1カメラ入出力部404Aは、第1カメラ102Aで取得された眼球111の画像データを、入出力部302を介してコンピュータシステム20に供給する。第2カメラ入出力部404Bは、第2カメラ102Bで取得された眼球111の画像データを、入出力部302を介してコンピュータシステム20に供給する。

[0029] コンピュータシステム20は、視線検出装置100を制御する。コンピュータシステム20は、画像データ取得部202と、入力データ取得部204と、画像処理部206と、表示制御部208と、光源制御部210と、カメラ制御部211と、位置検出部212と、曲率中心算出部214と、視線検出部216と、距離データ取得部218と、記憶部220と、出力制御部222とを有する。コンピュータシステム20の機能は、演算処理装置20A、記憶装置20B、及び記憶装置20Bに記憶されているコンピュータプログラム20Cによって発揮される。

[0030] 画像データ取得部202は、第1カメラ102A及び第2カメラ102Bを含むステレオカメラ装置102によって取得された被験者の顔の画像データを、入出力部302を介してステレオカメラ装置102から取得する。画像データは、デジタルデータである。被験者の顔の画像データは、眼球111の画像データを含む。ステレオカメラ装置102は、光源103から射出された検出光が照射される被験者の顔を撮影する。画像データ取得部202は、光源103から射出された検出光が照射される被験者の顔の画像データを、入出力部302を介してステレオカメラ装置102から取得する。

[0031] 入力データ取得部204は、入力装置60が操作されることにより生成された入力データを、入出力部302を介して入力装置60から取得する。

[0032] 画像処理部206は、画像データ取得部202で取得された画像データを画像処理する。画像処理部206は、画像データを画像処理して、被験者の顔の特徴部分の画像を示す特徴部画像、及び被験者の顔に装着されたメガネ

における光源 103 の反射像を示すメガネ反射画像を生成する。

[0033] 表示制御部 208 は、特定の画像を表示装置 101 に表示させる。本実施形態において、表示制御部 208 は、画像処理部 206 で生成された特徴部画像とメガネ反射画像とが合成された合成画像を表示装置 101 に表示させる。表示制御部 208 は、特徴部画像とメガネ反射画像とが合成された合成画像において、特徴部画像とメガネ反射画像とを異なる表示形態で表示装置 101 に表示させる。表示装置 101 における表示形態は、画像の輝度、色、明度、及び彩度の少なくとも一つを含む。本実施形態において、表示制御部 208 は、メガネ反射画像を特徴部画像よりも強調して表示装置 101 に表示させる。例えば、表示制御部 208 は、合成画像において、メガネ反射画像を特徴部画像よりも高輝度で表示装置 101 に表示させる。なお、表示制御部 208 は、合成画像において、メガネ反射画像を特徴部画像よりも高明度で表示装置 101 に表示させてもよいし、高彩度で表示装置 101 に表示させてもよい。

[0034] 光源制御部 210 は、光源駆動部 406 を制御して、第 1 光源 103 A 及び第 2 光源 103 B の作動状態を制御する。光源制御部 210 は、第 1 光源 103 A と第 2 光源 103 B とが異なるタイミングで検出光を射出するように第 1 光源 103 A 及び第 2 光源 103 B を制御する。また、光源制御部 210 は、第 1 光源 103 A から射出される検出光の光量、及び第 2 光源 103 B から射出される検出光の光量を制御する。第 1 光源 103 A から射出される検出光の光量の制御は、第 1 光源 103 A の発光強度の制御及び第 1 光源 103 A の発光時間の制御の少なくとも一方を含む。同様に、第 2 光源 103 B から射出される検出光の光量の制御は、第 2 光源 103 B の発光強度の制御及び第 2 光源 103 B の発光時間の制御の少なくとも一方を含む。本実施形態において、光源制御部 210 は、第 1 光源 103 A から射出される検出光の光量と、第 2 光源 103 B から射出される検出光の光量とが同一になるように、第 1 光源 103 A 及び第 2 光源 103 B を制御する。

[0035] カメラ制御部 211 は、第 1 カメラ入出力部 404 A 及び第 2 カメラ入出

力部404Bを制御して、第1カメラ102A及び第2カメラ102Bを含むステレオカメラ装置102の作動状態を制御する。カメラ制御部211は、第1カメラ102Aにおける検出光の露出値、及び第2カメラ102Bにおける検出光の露出値を制御する。第1、第2カメラ102A、102Bにおける検出光の露出値(exposure value)とは、検出光で照明された被験者の顔から第1、第2カメラ102A、102Bの光学系を介して撮像素子に入射する検出光の露出量をいう。第1、第2カメラ102A、102Bにおける検出光の露出値の制御は、第1、第2カメラ102A、102Bのシャッター速度の制御、及び第1、第2カメラ102A、102Bの光学系の絞り値の制御の少なくとも一方を含む。

[0036] 位置検出部212は、画像データ取得部202で取得された眼球111の画像データに基づいて、瞳孔中心の位置データを検出する。また、位置検出部212は、画像データ取得部202で取得された眼球111の画像データに基づいて、角膜反射中心の位置データを検出する。瞳孔中心は、瞳孔112の中心である。角膜反射中心は、角膜反射像113の中心である。位置検出部212は、被験者の左右それぞれの眼球111について、瞳孔中心の位置データ及び角膜反射中心の位置データを検出する。

[0037] 曲率中心算出部214は、画像データ取得部202で取得された眼球111の画像データに基づいて、眼球111の角膜曲率中心の位置データを算出する。

[0038] 視線検出部216は、画像データ取得部202で取得された眼球111の画像データに基づいて、被験者の視線を検出する。被験者の視線は、被験者が見ている視線方向を示す視線ベクトルを含む。視線検出部216は、眼球111の画像データから取得された瞳孔中心の位置データ及び角膜曲率中心の位置データに基づいて、被験者の左右それぞれの眼球111の視線ベクトルを検出する。

[0039] また、視線検出部216は、検出した視線ベクトルに基づいて、被験者の注視点の位置データを検出する。本実施形態において、被験者の注視点は、

被験者の視線ベクトルと表示装置１０１の表示画面１０１Ｓとの交点を含む。本実施形態において、注視点の位置データとは、グローバル座標系で規定される被験者の視線ベクトルと表示装置１０１の表示画面１０１Ｓとの交点の位置データをいう。

[0040] 距離データ取得部２１８は、表示装置１０１の表示画面１０１Ｓと被験者の顔との距離データを取得する。距離データ取得部２１８は、位置検出部２１２で検出された瞳孔中心の位置データに基づいて、距離データを検出する。グローバル座標系における瞳孔中心の位置データが検出されることにより、表示装置１０１の表示画面１０１Ｓの中心と被験者の眼球１１１との距離が算出される。距離データ取得部２１８は、表示装置１０１の表示画面１０１Ｓの中心と被験者の眼球１１１との距離を、表示装置１０１の表示画面１０１Ｓと被験者の顔との距離データとして取得する。

[0041] 記憶部２２０は、コンピュータプログラム２０Ｃ及び各種のデータを記憶する。

[0042] 出力制御部２２２は、表示装置１０１、出力装置５０、及び音声出力装置７０の少なくとも一つにデータを出力する。出力制御部２２２は、例えば被験者の左右それぞれの眼球１１１の注視点の位置データを表示装置１０１又は出力装置５０に表示させる。

[0043] [視線検出の原理]

次に、本実施形態に係る視線検出の原理について説明する。以下の説明では、主に曲率中心算出部２１４の処理の概要について説明する。曲率中心算出部２１４は、眼球１１１の画像データに基づいて、眼球１１１の角膜曲率中心の位置データを算出する。

[0044] 図５及び図６は、本実施形態に係る角膜曲率中心１１０の位置データの算出方法を説明するための模式図である。図５は、１つの光源１０３Ｃで眼球１１１が照明される例を示す。図６は、第１光源１０３Ａ及び第２光源１０３Ｂで眼球１１１が照明される例を示す。

[0045] まず、図５に示す例について説明する。光源１０３Ｃは、第１カメラ１０

2 Aと第2カメラ102 Bとの間に配置される。瞳孔中心112 Cは、瞳孔112の中心である。角膜反射中心113 Cは、角膜反射像113の中心である。図5において、瞳孔中心112 Cは、眼球111が1つの光源103 Cで照明されたときの瞳孔中心を示す。角膜反射中心113 Cは、眼球111が1つの光源103 Cで照明されたときの角膜反射中心を示す。

[0046] 角膜反射中心113 Cは、光源103 Cと角膜曲率中心110とを結ぶ直線上に存在する。角膜反射中心113 Cは、角膜表面と角膜曲率中心110との中間点に位置付けられる。角膜曲率半径109は、角膜表面と角膜曲率中心110との距離である。

[0047] 角膜反射中心113 Cの位置データは、ステレオカメラ装置102によって検出される。角膜曲率中心110は、光源103 Cと角膜反射中心113 Cとを結ぶ直線上に存在する。曲率中心算出部214は、その直線上において角膜反射中心113 Cからの距離が所定値となる位置データを、角膜曲率中心110の位置データとして算出する。所定値は、一般的な角膜の曲率半径値などから事前に定められた値であり、記憶部220に記憶されている。

[0048] 次に、図6に示す例について説明する。本実施形態においては、第1カメラ102 A及び第2光源103 Bと、第2カメラ102 B及び第1光源103 Aとは、第1カメラ102 Aと第2カメラ102 Bとの中間位置を通る直線に対して左右対称の位置に配置される。第1カメラ102 Aと第2カメラ102 Bとの中間位置に仮想光源103 Vが存在するとみなすことができる。

[0049] 角膜反射中心121は、第2カメラ102 Bで眼球111を撮影した画像における角膜反射中心を示す。角膜反射中心122は、第1カメラ102 Aで眼球111を撮影した画像における角膜反射中心を示す。角膜反射中心124は、仮想光源103 Vに対応する角膜反射中心を示す。

[0050] 角膜反射中心124の位置データは、ステレオカメラ装置102で取得された角膜反射中心121の位置データ及び角膜反射中心122の位置データに基づいて算出される。ステレオカメラ装置102は、ステレオカメラ装置

102に規定されるローカル座標系において角膜反射中心121の位置データ及び角膜反射中心122の位置データを検出する。ステレオカメラ装置102について、事前にステレオ較正法によるカメラ較正が実施され、ステレオカメラ装置102の3次元のローカル座標系を3次元のグローバル座標系に変換する変換パラメータが算出される。その変換パラメータは、記憶部220に記憶されている。

[0051] 曲率中心算出部214は、ステレオカメラ装置102で取得された角膜反射中心121の位置データ及び角膜反射中心122の位置データを、変換パラメータを使って、グローバル座標系における位置データに変換する。曲率中心算出部214は、グローバル座標系で規定される角膜反射中心121の位置データ及び角膜反射中心122の位置データに基づいて、グローバル座標系における角膜反射中心124の位置データを算出する。

[0052] 角膜曲率中心110は、仮想光源103Vと角膜反射中心124とを結ぶ直線123上に存在する。曲率中心算出部214は、直線123上において角膜反射中心124からの距離が所定値となる位置データを、角膜曲率中心110の位置データとして算出する。所定値は、一般的な角膜の曲率半径値などから事前に定められた値であり、記憶部220に記憶されている。

[0053] 図6を参照して説明したように、光源が2つある場合でも、光源が1つである場合の方法と同様の方法で、角膜曲率中心110が算出される。

[0054] 角膜曲率半径109は、角膜表面と角膜曲率中心110との距離である。したがって、角膜表面の位置データ及び角膜曲率中心110の位置データが算出されることにより、角膜曲率半径109が算出される。

[0055] このように、本実施形態においては、グローバル座標系における角膜曲率中心110の位置データ、角膜反射中心124の位置データ、及び瞳孔中心112Cの位置データが算出される。

[0056] 視線検出部216は、瞳孔中心112Cの位置データ及び角膜曲率中心110の位置データに基づいて、被験者の視線ベクトルを検出することができる。また、距離データ取得部218は、瞳孔中心112Cの位置データに基

づいて、表示装置 101 の表示画面と眼球 111 を含む被験者の顔との距離データを取得することができる。

[0057] [視線検出方法]

次に、本実施形態に係る視線検出方法の一例について説明する。図 7 は、本実施形態に係る視線検出方法の一例を示すフローチャートである。本実施形態においては、視線検出装置 100 と被験者とを適正な相対位置に調整する位置合わせ支援処理（ステップ S100）と、角膜曲率中心 110 の位置データの算出処理及び瞳孔中心 112 C と角膜曲率中心 110 との距離データの算出処理を含むキャリブレーション処理（ステップ S200）と、視線検出処理（ステップ S300）が実施される。

[0058] （位置合わせ支援処理）

位置合わせ支援処理について説明する。被験者の顔にメガネが装着されている場合、光源 103 から射出され被験者の顔に照射された検出光の少なくとも一部が、メガネのレンズで反射する可能性がある。

[0059] 図 8 は、メガネ 170 を装着した被験者の瞳孔 112 とステレオカメラ装置 102 と光源 103 との関係を模式的に示す図である。図 8 は、メガネ 170 における光源 103 の反射像 172 の位置と被験者の瞳孔 112 の位置とがステレオカメラ装置 102 の視野領域において合致している状態を示す。図 9 は、ステレオカメラ装置 102 の視野領域においてメガネ 170 における光源 103 の反射像 172 の少なくとも一部が被験者の瞳孔 112 と重なっている状態を示す模式図である。

[0060] 図 8 及び図 9 に示すように、メガネ 170 のレンズにおいて光源 103 の反射像 172 が形成され、ステレオカメラ装置 102 の視野領域において反射像 172 と被験者の瞳孔 112 とが重なる場合、ステレオカメラ装置 102 は、被験者の瞳孔 112 及び角膜反射像 113 の画像データを良好に取得することが困難となる。瞳孔 112 及び角膜反射像 113 が良好に検出されない場合、被験者の視線の検出精度が低下する。

[0061] 図 10 は、メガネ 170 における光源 103 の反射像 172 の位置と被験

者の瞳孔１１２の位置とがステレオカメラ装置１０２の視野領域において合致していない状態を示す模式図である。図１０に示すように、メガネ１７０のレンズにおいて光源１０３の反射像１７２が形成されても、ステレオカメラ装置１０２の視野領域において反射像１７２と被験者の瞳孔１１２とが重ならない場合、ステレオカメラ装置１０２は、被験者の瞳孔１１２及び角膜反射像１１３の画像データを良好に取得することができる。瞳孔１１２及び角膜反射像１１３が良好に検出される場合、被験者の視線の検出精度の低下が抑制される。

[0062] 本実施形態において、視線検出装置１００は、キャリブレーション処理（ステップＳ２００）及び視線検出処理（ステップＳ３００）が開始される前に、メガネ１７０を装着した被験者とステレオカメラ装置１０２及び光源１０３との相対位置が図１０に示す状態になるように、被験者又は測定者を支援する。すなわち、視線検出装置１００は、キャリブレーション処理（ステップＳ２００）及び視線検出処理（ステップＳ３００）が開始される前に、ステレオカメラ装置１０２の視野領域において反射像１７２と被験者の眼とが重ならないように、被験者の顔の位置、顔の向き、メガネ１７０の位置、及びメガネ１７０の向きの少なくとも一つの調整を被験者又は測定者に促すための処理を実施する。

[0063] 図１１は、本実施形態に係る位置合わせ支援処理の一例を示すフローチャートである。図１１に示すように、位置合わせ支援処理（ステップＳ１００）は、光源１０３から検出光を射出して被験者の顔に照射する工程（ステップＳ１０１）と、光源１０３から射出された検出光が照射された被験者の顔の画像データを取得する工程（ステップＳ１０２）と、取得した画像データを２値化する工程（ステップＳ１０３）と、２値化された画像データから顔の特徴部分の画像を示す特徴部画像を生成する工程（ステップＳ１０４）と、生成された特徴部画像の輝度を調整する工程（ステップＳ１０５）と、被験者の顔に装着されたメガネ１７０における光源１０３の反射像１７２を示すメガネ反射画像を生成する工程（ステップＳ１０６）と、特徴部画像とメ

ガネ反射画像とを合成する工程（ステップS 1 0 7）と、特徴部画像とメガネ反射画像とが合成された合成画像を表示装置 1 0 1 に表示させる工程（ステップS 1 0 8）とを含む。

[0064] 光源 1 0 3 から検出光が射出される（ステップS 1 0 1）。検出光が照射された被験者の顔の画像データがステレオカメラ装置 1 0 2 によって取得される。被験者の顔の画像データは、第 1 カメラ 1 0 2 A 及び第 2 カメラ 1 0 2 B の少なくとも一方によって取得される。本実施形態においては、被験者の顔の画像データが第 1 カメラ 1 0 2 A によって取得される。なお、被験者の顔の画像データが第 2 カメラ 1 0 2 B によって取得されてもよい。なお、第 1 カメラ 1 0 2 A で取得された画像データ及び第 2 カメラ 1 0 2 B で取得された画像データの両方が使用されてもよい。

[0065] 画像データ取得部 2 0 2 は、検出光が照射された被験者の顔の画像データをステレオカメラ装置 1 0 2 から取得する（ステップS 1 0 2）。図 1 2 は、本実施形態に係る画像データ取得部 2 0 2 に取得された画像データの一例を模式的に示す図である。図 1 2 は、検出光である赤外光が被験者の顔に照射されたときにステレオカメラ装置 1 0 2 で撮影された、画像処理が実施される前の画像データである生データ（raw data）を示す。

[0066] 画像処理部 2 0 6 は、画像データ取得部 2 0 2 で取得された画像データを画像処理する。本実施形態において、画像処理部 2 0 6 は、画像データ取得部 2 0 2 で取得された画像データを 2 値化する（ステップS 1 0 3）。図 1 3 は、本実施形態に係る 2 値化された画像データの一例を模式的に示す図である。

[0067] 画像データの 2 値化とは、規定された閾値に基づいて、複数の画素からなる画像データを白と黒の 2 階調に変換する処理をいう。ステップS 1 0 3 においては、規定された第 1 閾値に基づいて 2 値化が実施される。画像処理部 2 0 6 は、画素の輝度が第 1 閾値以上である場合にはその画素を白色に置換し、画素の輝度が第 1 閾値未満である場合にはその画素を黒色に置換する処理を実施する。なお、2 値化における第 1 閾値は、予め定められた固定値で

もよいし、取得された画像データの複数の画素の輝度のうち最高値と最低値との中間値でもよいし、輝度分布における中間値でもよい。2値化は、2値化した結果画像の白の画素の割合に応じて第1閾値を決定するp-タイル法、輝度ヒストグラムが2つの極大値を有するときにヒストグラムの谷の底値を第1閾値とするモード法、画像の輝度ヒストグラムがある閾値で2つのクラスに分割されるときにクラス間分散が最も大きくなるように第1閾値を決定する判別分析法の少なくとも一つに基づいて実施されてもよい。

[0068] 次に、画像処理部206は、2値化された画像データから顔の特徴部分の画像を示す特徴部画像を生成する（ステップS104）。本実施形態において、特徴部画像は、被験者の顔における輪郭画像を含む。図14は、本実施形態に係る被験者の顔の輪郭画像174Mの一例を模式的に示す図である。図14に示すように、本実施形態において、輪郭画像174Mは、2値化された画像データの白部分と黒部分との境界を示すエッジ画像を含む。ステップS104において生成された輪郭画像174Mの輝度は、第1閾値以上である。

[0069] 特徴部画像の生成において、画像処理部206は、2値化された画像データのエッジ検出を実施する。画像データのエッジ検出とは、複数の画素からなる画像データにおいて、画素の輝度が急激に変化している境界を検出する処理をいう。画像処理部206は、例えば隣り合う画素の輝度について微分処理を実施してエッジ検出してもよいし、テンプレートマッチングによりエッジ検出してもよい。画像データのエッジ検出が実施されることにより、図14に示すような被験者の顔における輪郭画像174Mが生成される。

[0070] 顔における輪郭画像174Mは、被験者の顔の輪郭画像、被験者の瞼の輪郭画像、被験者の瞳孔の輪郭画像、被験者の鼻の孔の輪郭画像、被験者の口の輪郭画像、及び被験者の顔に装着されたメガネ170の輪郭画像の少なくとも一つを含む。本実施形態において、輪郭画像174Mは、被験者又は測定者が輪郭画像174Mを見たとき、輪郭画像174Mから瞳孔112の位置を認識又は推測できる画像であればよい。

[0071] 次に、画像処理部206は、生成された輪郭画像174Mの輝度を調整する（ステップS105）。本実施形態において、画像処理部206は、ステップS104で生成した輪郭画像174Mの輝度を低下させる。ステップS105において生成された輪郭画像174Mの輝度は、第1閾値よりも低い。図15は、本実施形態に係る輝度が低下された輪郭画像174Mの一例を模式的に示す図である。図15は、輪郭画像174Mの輝度が50 [%]に低下された例を示す。

[0072] また、画像処理部206は、被験者の顔に装着されたメガネ170における光源103の反射像172を示すメガネ反射画像を生成する（ステップS106）。図16は、本実施形態に係るメガネ反射画像172Mの一例を模式的に示す図である。本実施形態において、画像処理部206は、ステップS102で取得された画像データ（図12参照）を2値化して、メガネ反射画像172Mを生成する。

[0073] ステップS106においては、ステップS103において規定された第1閾値よりも高い第2閾値が規定される。画像処理部206は、第1閾値よりも高い第2閾値に基づいて、画像データ取得部202で取得された画像データを2値化する。画像処理部206は、画素の輝度が第2閾値以上である場合にはその画素を白色に置換し、画素の輝度が第2閾値未満である場合にはその画素を黒色に置換する処理を実施する。これにより、輝度が高い反射像172のみが抽出され、図16に示すようなメガネ反射画像172Mが生成される。

[0074] 次に、画像処理部206は、ステップS104で生成されステップS105で輝度調整された輪郭画像174M（図15参照）と、ステップS106で生成されたメガネ反射画像172M（図16参照）とを合成して合成画像176Mを生成する（ステップS107）。図17は、本実施形態に係る輪郭画像174Mとメガネ反射画像172Mとが合成された合成画像176Mの一例を模式的に示す図である。図17に示すように、合成画像176Mにおいて、メガネ反射画像172Mの輝度は、輪郭画像174Mの輝度よりも

高い。

[0075] 輪郭画像 174 Mは、輪郭を示す画素と、輪郭以外の背景を示す画素とを含む。メガネ反射画像 172 Mは、反射像 172 を示す画素と、反射像 172 以外の背景を示す画素とを含む。輪郭画像 174 Mとメガネ反射画像 172 Mとの合成においては、輪郭画像 174 Mの画素と、その輪郭画像 174 Mの画素に対応するメガネ反射画像 172 Mの画素とが合成される。輪郭画像 174 Mの画素の輝度は多値であり、輪郭画像 174 Mのうち輪郭を示す画素は、灰色とみなすことができる。メガネ反射画像 172 Mのうち反射像 172 を示す画素は、白色とみなすことができる。輪郭画像 174 Mのうち輪郭以外の背景を示す画素、及びメガネ反射画像 172 Mのうち反射像 172 以外の背景を示す画素は、黒色とみなすことができる。輪郭画像 174 Mの画素と、その輪郭画像 174 Mの画素に対応するメガネ反射画像 172 Mの画素との合成において、白色の画素、灰色の画素、及び黒色の画素のいずれか2つの画素が合成されるとき、輝度が高い画素が合成画像 176 Mの画素として選択される。すなわち、輪郭画像 174 Mのうち輪郭を示す灰色の画素と、メガネ反射画像 172 Mのうち背景を示す黒色の画素とが合成される場合、輪郭画像 174 Mとメガネ反射画像 172 Mとの合成画像 176 Mの画素は灰色である。輪郭画像 174 Mのうち背景を示す黒色の画素と、メガネ反射画像 172 Mの画素のうち反射像 172 を示す白色の画素とが合成される場合、輪郭画像 174 Mとメガネ反射画像 172 Mとの合成画像 176 Mの画素は白色である。

[0076] 表示制御部 208は、輪郭画像 174 Mとメガネ反射画像 172 Mとが合成された合成画像 176 Mを表示装置 101に表示させる（ステップ S108）。メガネ反射画像 172 Mは、輪郭画像 174 Mよりも高輝度である。メガネ反射画像 172 Mは、第2閾値以上の高輝度であり、輪郭画像 174 Mは、第1閾値よりも低輝度である。本実施形態において、メガネ反射画像 172 Mの輝度は100 [%] であり、輪郭画像 174 Mの輝度は50 [%] である。そのため、メガネ反射画像 172 Mは、輪郭画像 174 Mよりも

強調して表示装置 101 に表示される。

[0077] 図 18 は、本実施形態に係る表示装置 101 の一例を示す図である。図 18 に示すように、表示制御部 208 は、表示装置 101 の表示画面 101S において、メガネ反射画像 172M と輪郭画像 174M との合成画像 176M を表示させる第 1 表示領域 101A と、アニメーションを表示させる第 2 表示領域 101B とを形成する。図 18 に示すように、表示制御部 208 は、メガネ反射画像 172M を輪郭画像 174M よりも高輝度で表示装置 101 に表示させる。

[0078] 本実施形態において、表示制御部 208 は、メガネ反射画像 172M を第 2 閾値以上の高輝度で表示装置 101 に表示させ、輪郭画像 174M を第 1 閾値よりも低輝度で表示装置 101 に表示させる。

[0079] また、本実施形態において、表示制御部 208 は、輪郭画像 174M とメガネ反射画像 172M とを異なる色で表示装置 101 に表示させる。本実施形態において、表示制御部 208 は、輪郭画像 174M をオレンジ色で表示し、メガネ反射画像 172M を黄色で表示する。なお、表示制御部 208 は、輪郭画像 174M とメガネ反射画像 172M とを異なる明度又は彩度で表示装置 101 に表示させてもよい。例えば、メガネ反射画像 172M が輪郭画像 174M よりも高明度又は高彩度で表示装置 101 に表示されてもよい。

[0080] コンピュータシステム 20 は、ステレオカメラ装置 102 で取得された被験者の顔の画像データをリアルタイムで画像処理し、表示装置 101 の第 1 表示領域 101A に表示させる。すなわち、表示装置 101 には、合成画像 176M の動画が表示される。

[0081] 合成画像 176M が表示装置 101 に表示されることにより、被験者又は測定者は、表示装置 101 に表示された合成画像 176M を見ながら、ステレオカメラ装置 102 の視野領域において光源 103 の反射像 172 と被験者の眼とが重ならないように、被験者の顔の位置又は向きを調整したり、メガネ 170 の位置又は向きを調整したりすることができる。このように、画

像処理された被験者の姿が表示装置 101 に表示されるため、被験者又は測定者は、違和感又は嫌悪感を抱くことなく、被験者の顔の位置又は向きを調整したり、メガネ 170 の位置又は向きを調整したりすることができる。

[0082] また、本実施形態においては、表示制御部 208 は、表示装置 101 の表示画面 101S において寸法及び位置が固定されたガイド線 180 を表示画面 101S に表示させる。本実施形態において、ガイド線 180 は、四角形を形成する。ガイド線 180 は、第 1 表示領域 101A において、合成画像 176M と重なるように表示される。被験者又は測定者は、合成画像 176M を見ながら、被験者の眼が四角形のガイド線 180 の内側に配置されるように、被験者の顔の位置を調整することができる。

[0083] 第 2 表示領域 101B には、例えば幼児健診においてアニメーションが表示される。幼児健診においては、椅子に腰掛けた保護者の膝の上に幼児が座った状態で、幼児の視線検出が実施される。視線検出装置 100 と幼児の顔との相対位置は、保護者が幼児の顔の位置又は向きを調整したり、測定者が視線検出装置 100 の位置又は向きを調整したりすることによって調整される。視線検出装置 100 と幼児の顔との相対位置を調整する期間において、幼児を表示装置 100 に注視させるために、第 2 表示領域 101B には、幼児の注意を引き付けるアニメーションが表示される。なお、第 2 表示領域 102B に表示される表示データは、動画でもよいし静止画でもよい。幼児の注意を引き付けることができる表示データであればよい。

[0084] また、本実施形態においては、表示装置 101 の表示画面 101S と被験者の眼又は顔との距離データが距離データ取得部 218 に取得される。距離データ取得部 218 は、ステレオカメラ装置 102 で取得した被験者の眼球 111 の画像データに基づいて、瞳孔 112 を検出し、グローバル座標系における瞳孔中心 112C の位置を算出する。距離データ取得部 218 は、グローバル座標系における瞳孔中心 112C の位置を算出することにより、表示装置 101 の表示画面 101S の中心と被験者の眼との距離を算出することができる。

[0085] 表示制御部208は、距離データ取得部218で取得された距離データを表示装置101に表示させる。

[0086] 本実施形態においては、表示装置101の表示画面101Sと被験者の眼との距離を示すスケール190の画像データが表示装置101に表示される。また、表示装置101の表示画面101Sと被験者の眼との距離の目安として、「ちかい」、「よい」、「とおい」の文字データが表示装置101に表示される。表示制御部208は、距離データ取得部218で取得された距離データに基づいて、スケール190に沿ってインジケータ192を移動させる。表示装置101の表示画面101Sと被験者の眼との距離が適正值である場合、表示制御部208は、インジケータ192を「よい」に移動させる。表示装置101の表示画面101Sと被験者の眼との距離が適正值よりも短い場合、表示制御部208は、インジケータ192を「ちかい」に移動させる。表示装置101の表示画面101Sと被験者の眼との距離が適正值よりも長い場合、表示制御部208は、インジケータ192を「とおい」に移動させる。

[0087] 被験者の顔は、ステレオカメラ装置102の光学系の焦点位置に配置されることが好ましい。表示装置101の表示画面101Sと被験者の眼との距離についての適正值は、ステレオカメラ装置102の光学系の焦点位置に被験者の眼又は顔が配置される距離である。被験者又は測定者は、インジケータ192を見ながら、インジケータ192が「よい」に配置されるように、被験者の顔の位置を調整することができる。

[0088] 以上により、位置合わせ支援処理が実施される。

[0089] (キャリブレーション処理)

次に、キャリブレーション処理について説明する。本実施形態においては、位置合わせ支援処理(ステップS100)が実施された後、角膜曲率中心110の位置データの算出処理、及び瞳孔中心112Cと角膜曲率中心110との距離データの算出処理を含むキャリブレーション処理(ステップS200)が実施される。

- [0090] 図19は、本実施形態に係るキャリブレーション処理の一例を説明するための模式図である。キャリブレーション処理は、角膜曲率中心110の位置データを算出すること、及び瞳孔中心112Cと角膜曲率中心110との距離126を算出することを含む。
- [0091] 被験者に注視させるための目標位置130が設定される。目標位置130は、グローバル座標系において規定される。本実施形態において、目標位置130は、例えば表示装置101の表示画面101Sの中央位置に設定される。なお、目標位置130は、表示画面101Sの端部位置に設定されてもよい。
- [0092] 表示制御部208は、設定された目標位置130に目標画像を表示させる。これにより、被験者は、目標位置130を注視し易くなる。
- [0093] 直線131は、仮想光源103Vと角膜反射中心113Cとを結ぶ直線である。直線132は、目標位置130と瞳孔中心112Cとを結ぶ直線である。角膜曲率中心110は、直線131と直線132との交点である。曲率中心算出部214は、仮想光源103Vの位置データと、目標位置130の位置データと、瞳孔中心112Cの位置データと、角膜反射中心113Cの位置データとに基づいて、角膜曲率中心110の位置データを算出することができる。
- [0094] 図20は、本実施形態に係るキャリブレーション処理（ステップS200）の一例を示すフローチャートである。出力制御部222は、表示装置101の表示画面101Sに目標画像を表示させる（ステップS201）。被験者は、目標画像を注視することにより、目標位置130を注視することができる。
- [0095] 次に、光源制御部210は、光源駆動部406を制御して、第1光源103A及び第2光源103Bのうち一方の光源から検出光を射出させる（ステップS202）。ステレオカメラ装置102は、第1カメラ102A及び第2カメラ102Bのうち検出光を射出した光源からの距離が長い方のカメラで被験者の眼を撮影する（ステップS203）。

- [0096] 次に、光源制御部 210 は、光源駆動部 406 を制御して、第 1 光源 103 A 及び第 2 光源 103 B のうち他方の光源から検出光を射出させる（ステップ S 204）。ステレオカメラ装置 102 は、第 1 カメラ 102 A 及び第 2 カメラ 102 B のうち検出光を射出した光源からの距離が長い方のカメラで被験者の眼を撮影する（ステップ S 205）。
- [0097] 瞳孔 112 は、暗い部分としてステレオカメラ装置 102 に検出され、角膜反射像 113 は、明るい部分としてステレオカメラ装置 102 に検出される。すなわち、ステレオカメラ装置 102 で取得される瞳孔 112 の画像は低輝度となり、角膜反射像 113 の画像は高輝度となる。位置検出部 212 は、取得される画像の輝度に基づいて、瞳孔 112 の位置データ及び角膜反射像 113 の位置データを検出することができる。また、位置検出部 212 は、瞳孔 112 の画像データに基づいて、瞳孔中心 112 C の位置データを算出する。また、位置検出部 212 は、角膜反射像 113 の画像データに基づいて、角膜反射中心 113 C の位置データを算出する（ステップ S 206）。
- [0098] ステレオカメラ装置 102 によって検出された位置データは、ローカル座標系で規定される位置データである。位置検出部 212 は、記憶部 220 に記憶されている変換パラメータを使用して、ステレオカメラ装置 102 で検出された瞳孔中心 112 C の位置データ及び角膜反射中心 113 C の位置データを座標変換して、グローバル座標系で規定される瞳孔中心 112 C の位置データ及び角膜反射中心 113 C の位置データを算出する（ステップ S 207）。
- [0099] 曲率中心算出部 214 は、グローバル座標系で規定される角膜反射中心 113 C と仮想光源 103 V とを結ぶ直線 131 を求める（ステップ S 208）。
- [0100] 次に、曲率中心算出部 214 は、表示装置 101 の表示画面 101 S に規定される目標位置 130 と瞳孔中心 112 C とを結ぶ直線 132 を算出する（ステップ S 209）。曲率中心算出部 214 は、ステップ S 208 で算出

した直線 1 3 1 とステップ S 2 0 9 で算出した直線 1 3 2 との交点を求め、この交点を角膜曲率中心 1 1 0 とする（ステップ S 2 1 0）。

[0101] 曲率中心算出部 2 1 4 は、瞳孔中心 1 1 2 C と角膜曲率中心 1 1 0 との距離 1 2 6 を算出して、記憶部 2 2 0 に記憶する（ステップ S 2 1 1）。記憶された距離は、ステップ S 3 0 0 の視線検出において、角膜曲率中心 1 1 0 を算出するために使用される。

[0102] （視線検出処理）

次に、視線検出処理について説明する。視線検出処理は、キャリブレーション処理の後に実施される。視線検出部 2 1 6 は、眼球 1 1 1 の画像データに基づいて、被験者の視線ベクトル及び注視点の位置データを算出する。

[0103] 図 2 1 は、本実施形態に係る視線検出処理の一例を説明するための模式図である。視線検出処理は、キャリブレーション処理（ステップ S 2 0 0）で求めた瞳孔中心 1 1 2 C と角膜曲率中心 1 1 0 との距離 1 2 6 を用いて、角膜曲率中心 1 1 0 の位置を補正すること、及び補正された角膜曲率中心 1 1 0 の位置データを使って注視点を算出することを含む。

[0104] 図 2 1 において、注視点 1 6 5 は、一般的な曲率半径値を用いて算出された角膜曲率中心から求めた注視点を示す。注視点 1 6 6 は、キャリブレーション処理で求められた距離 1 2 6 を用いて算出された角膜曲率中心から求めた注視点を示す。

[0105] 瞳孔中心 1 1 2 C は、キャリブレーション処理において算出された瞳孔中心を示し、角膜反射中心 1 1 3 C は、キャリブレーション処理において算出された角膜反射中心を示す。

[0106] 直線 1 7 3 は、仮想光源 1 0 3 V と角膜反射中心 1 1 3 C とを結ぶ直線である。角膜曲率中心 1 1 0 は、一般的な曲率半径値から算出した角膜曲率中心の位置である。

[0107] 距離 1 2 6 は、キャリブレーション処理により算出した瞳孔中心 1 1 2 C と角膜曲率中心 1 1 0 との距離である。

[0108] 角膜曲率中心 1 1 0 H は、距離 1 2 6 を用いて角膜曲率中心 1 1 0 を補正

した補正後の角膜曲率中心の位置を示す。

[0109] 角膜曲率中心 110H は、角膜曲率中心 110 が直線 173 上に存在すること、及び瞳孔中心 112C と角膜曲率中心 110 との距離が距離 126 であることから求められる。これにより、一般的な曲率半径値を用いる場合に算出される視線 177 は、視線 178 に補正される。また、表示装置 101 の表示画面 101S 上の注視点は、注視点 165 から注視点 166 に補正される。

[0110] 図 22 は、本実施形態に係る視線検出処理（ステップ S300）の一例を示すフローチャートである。なお、図 22 に示すステップ S301 からステップ S307 までの処理は、図 20 に示したステップ S202 からステップ S208 までの処理と同様であるため説明を省略する。

[0111] 曲率中心算出部 214 は、ステップ S307 で算出した直線 173 上であって、瞳孔中心 112C からの距離がキャリブレーション処理によって求めた距離 126 と等しい位置を角膜曲率中心 110H として算出する（ステップ S308）。

[0112] 視線検出部 216 は、瞳孔中心 112C と角膜曲率中心 110H とを結ぶ視線ベクトルを求める（ステップ S309）。視線ベクトルは、被験者が見ている視線方向を示す。視線検出部 216 は、視線ベクトルと表示装置 101 の表示画面 101S との交点の位置データを算出する（ステップ S310）。視線ベクトルと表示装置 101 の表示画面 101S との交点の位置データが、グローバル座標系で規定される表示画面 101S における被験者の注視点の位置データである。

[0113] 視線検出部 216 は、グローバル座標系で規定される注視点の位置データを、二次元座標系で規定される表示装置 101 の表示画面 101S における位置データに変換する（ステップ S311）。これにより、被験者が見つめる表示装置 101 の表示画面 101S 上の注視点の位置データが算出される。

[0114] [作用及び効果]

以上説明したように、本実施形態によれば、位置合わせ支援処理（ステップS100）において、画像データ取得部202に取得された被験者の顔の画像データが画像処理部206において画像処理される。画像処理部206は、取得された画像データから、顔の輪郭画像（特徴部画像）174Mとメガネ反射画像172Mとを抽出して、合成画像176Mを生成する。画像処理部206において生成された合成画像176Mは、表示装置101に表示される。そのため、被験者又は測定者は、表示装置101に表示された合成画像176Mを見ながら、ステレオカメラ装置102の視野領域において光源103の反射像172と被験者の眼とが重ならないように、被験者の顔の位置又は向きを調整したり、被験者の顔に装着されているメガネ170の位置又は向きを調整したりすることができる。したがって、位置合わせ支援処理（ステップS100）の後に実施される視線検出処理（ステップS300）においては、ステレオカメラ装置102の視野領域において光源103の反射像172と被験者の眼とが重ならない状態で、視線検出が実施される。これにより、反射像172の影響が十分に抑制された状態で、瞳孔112及び角膜反射像113が良好に検出される。そのため、メガネ170を装着した被験者の視線の検出精度の低下が抑制される。

[0115] 本実施形態においては、図12に示したような生データが表示装置101に表示されるのではなく、図17及び図18に示したような合成画像176Mが表示装置101に表示される。本実施形態において、被験者に照射される検出光は赤外光である。赤外光が照射されたときの被験者の顔の生データは、可視光が照射されたときの被験者の顔の生データに比べて、被験者又は測定者に違和感又は嫌悪感を与える可能性が高い。例えば、赤外光が照射されたときの被験者の顔の生データにおいては、瞳孔が白く表示されたり、血管が浮き出るように表示されたり、髭が過度に黒く表示されたりして、被験者に違和感又は嫌悪感を与える可能性が高い。

[0116] 本実施形態においては、被験者の顔の生データが画像処理されて合成画像176Mが生成され、生成された合成画像176Mが表示装置101に表示

される。そのため、被験者又は測定者は、違和感又は嫌悪感を抱くことなく、表示装置 101 に表示された合成画像 176 M を見ながら、被験者の顔の位置又は向きを調整したり、メガネ 170 の位置又は向きを調整したりすることができる。

[0117] また、幼児健診において視線検出装置 100 が使用される場合、被験者及び測定者のみならず、保護者に違和感又は嫌悪感を与えることが抑制される。

[0118] また、本実施形態においては、2 値化を含む画像処理により、生データからメガネ反射画像 172 M が生成される。メガネ反射画像 172 M が生成されることにより、メガネ 170 における赤外光の反射状態が明確に把握される。そのため、被験者又は測定者は、ステレオカメラ装置 102 の視野領域において光源 103 の反射像 172 と被験者の眼とが重ならないように、被験者の顔の位置又は向きを調整したり、被験者が装着しているメガネ 170 の位置又は向きを調整したりすることができる。

[0119] また、本実施形態においては、2 値化及びエッジ検出を含む画像処理により、生データから輪郭画像 174 M が生成される。上述のように、輪郭画像 174 M は、被験者の顔の輪郭画像、被験者の瞼の輪郭画像、被験者の瞳孔 112 の輪郭画像、被験者の鼻の孔の輪郭画像、被験者の口の輪郭画像、及び被験者の顔に装着されたメガネ 170 の輪郭画像の少なくとも一つを含む。これらの輪郭画像 174 M は、被験者又は測定者がその輪郭画像 174 M を見たとき、被験者の眼の位置を認識又は推測できる画像である。例えば、顔の輪郭画像が表示装置 101 に表示されれば、被験者又は測定者は、顔の輪郭画像に基づいて、被験者の眼のおおよその位置を認識又は推測することができる。同様に、例えば、鼻の孔の輪郭画像又はメガネ 170 の輪郭画像が表示装置 101 に表示されれば、被験者又は測定者は、鼻の孔の輪郭画像又はメガネ 170 の輪郭画像に基づいて、被験者の眼のおおよその位置を認識又は推測することができる。また、被験者の瞳孔の輪郭画像が表示装置 101 に表示されれば、被験者又は測定者は、被験者の眼の位置を認識するこ

とができる。被験者の眼の位置を認識又は推測できる輪郭画像 174 Mが表示装置 101 に表示されることにより、被験者又は測定者は、表示装置 101 に表示された輪郭画像 174 M及びメガネ反射画像 172 Mに基づいて、眼と反射像 172 との相対位置を認識することができ、ステレオカメラ装置 102 の視野領域において光源 103 の反射像 172 と被験者の眼とが重ならないように、被験者の顔の位置又は向きを調整したり、被験者が装着しているメガネ 170 の位置又は向きを調整したりすることができる。

[0120] また、本実施形態において、表示制御部 208 は、合成画像 176 Mにおいて、輪郭画像 174 Mとメガネ反射画像 172 Mとを異なる表示形態で表示装置 101 に表示させる。上述のように、表示形態は、輝度、色、明度、及び彩度の少なくとも一つを含む。これにより、被験者又は測定者は、輪郭画像 174 Mとメガネ反射画像 172 Mとを十分に区別することができる。

[0121] また、本実施形態においては、表示制御部 208 は、メガネ反射画像 172 Mを輪郭画像 174 Mよりも高輝度で表示装置 101 に表示させる。これにより、被験者又は測定者は、メガネ反射画像 172 Mを迅速に認識することができる。

[0122] また、本実施形態においては、輝度についての第 1 閾値及び第 1 閾値よりも高い第 2 閾値が規定され、画像処理部 206 は、第 2 閾値以上の輝度のメガネ反射画像 172 Mを生成し、第 1 閾値よりも低い輝度の輪郭画像 174 Mを生成する。表示制御部 208 は、メガネ反射画像 172 Mを第 2 閾値以上の高輝度で表示装置 101 に表示させ、輪郭画像 174 Mを第 1 閾値よりも低輝度で表示装置 101 に表示させる。本実施形態においては、一例として、メガネ反射画像 172 Mの輝度を 100 [%] とした場合、輪郭画像 174 Mの輝度が 50 [%] に調整される。これにより、メガネ反射画像 172 Mの輝度と輪郭画像 174 Mの輝度との差が十分に設けられる。そのため、被験者又は測定者は、輪郭画像 174 Mとメガネ反射画像 172 Mとを十分に区別することができる。したがって、被験者又は測定者は、表示装置 101 に表示された合成画像 176 Mを見ながら、ステレオカメラ装置 102

の視野領域において光源 103 の反射像 172 と被験者の眼とを合致させないための調整を円滑に実施することができる。

[0123] また、本実施形態においては、表示装置 101 の表示画面 101S と被験者の顔との距離データが表示装置 101 に表示される。本実施形態においては、距離データとして、スケール 190 及びインジケータ 192 が表示装置 101 に表示される。表示装置 101 に表示される距離データは、視線検出処理において、被験者の顔が Z 軸方向の最適な位置に配置されるように、被験者又は測定者を支援する。したがって、被験者又は測定者は、表示装置 101 のインジケータ 192 を見ながら、表示装置 101 及びステレオカメラ装置 102 に対して最適な距離に被験者の顔を配置することができる。例えば、ステレオカメラ装置 102 の光学系の焦点位置が固定されている場合、被験者と表示装置 101 及びステレオカメラ装置 102 との距離が短過ぎると、視線検出処理において瞳孔 112 及び角膜反射像 113 を精度良く検出することが困難となる。また、被験者と表示装置 101 及びステレオカメラ装置 102 との距離が長過ぎると、ステレオカメラ装置 102 によって取得される被験者の眼の画像が小さくなってしまい、視線検出処理において瞳孔 112 及び角膜反射像 113 を精度良く検出することが困難となる。距離データが表示装置 101 に表示されることにより、被験者又は測定者は、表示装置 101 に表示された距離データを見ながら、Z 軸方向において最適な位置に被験者の顔を配置することができる。

[0124] また、本実施形態においては、表示制御部 208 は、表示装置 101 の表示画面 101S において寸法及び位置が固定されたガイド線 180 を表示画面 101S に表示させる。表示装置 101 に表示されるガイド線 180 は、視線検出処理において、被験者の顔が X 軸方向及び Y 軸方向の最適な位置に配置されるように、被験者を支援する。これにより、被験者又は測定者は、ガイド線 180 に基づいて、視線検出処理において被験者の顔を最適な位置に配置することができる。

[0125] なお、本実施形態においては、第 1 閾値及び第 1 閾値よりも高い第 2 閾値

が規定され、メガネ反射画像 1 7 2 M の輝度は第 2 閾値以上であり、輪郭画像 1 7 4 M の輝度は第 1 閾値よりも低いこととした。輝度について 1 つの閾値が規定され、メガネ反射画像 1 7 2 M の輝度が閾値以上であり、輪郭画像 1 7 4 M の輝度が閾値未満でもよい。

[0126] <第 2 実施形態>

第 2 実施形態について説明する。以下の説明において、上述の実施形態と同一又は同等の構成要素については同一の符号を付し、その説明を簡略又は省略する。

[0127] 上述の実施形態においては、位置合わせ支援処理において、光源 1 0 3 から一定の光量で検出光が射出され、輝度についての第 1 閾値及び第 1 閾値よりも高い第 2 閾値が規定され、第 1 閾値よりも低輝度の輪郭画像 1 7 4 M と第 2 閾値よりも高輝度のメガネ反射画像 1 7 2 M とを画像処理によって生成する例について説明した。

[0128] 本実施形態においては、光源 1 0 3 から射出される検出光の光量が調整され、光量が調整された検出光が被験者の顔に照射されたときにステレオカメラ装置 1 0 2 で取得された画像データに基づいて、輪郭画像 1 7 4 M 及びメガネ反射画像 1 7 2 M が生成される例について説明する。

[0129] 本実施形態において、画像処理部 2 0 8 は、光源 1 0 3 から第 1 光量の検出光が射出されたときにステレオカメラ装置 1 0 2 で取得された被験者の顔の画像データと、光源 1 0 3 から第 1 光量よりも大きい第 2 光量の検出光が射出されたときにステレオカメラ装置 1 0 2 で取得された被験者の顔の画像データとに基づいて、輪郭画像 1 7 4 M 及びメガネ反射画像 1 7 2 M を生成する。

[0130] 本実施形態においては、位置合わせ支援処理において、第 1 光源 1 0 3 A から第 1 光量の検出光が射出され、第 2 光源 1 0 3 B から第 1 光量よりも大きい第 2 光量の検出光が射出される。第 1 光源 1 0 3 A と第 2 光源 1 0 3 B とは検出光を交互に射出する。ステレオカメラ装置 1 0 2 の第 2 カメラ 1 0 2 B は、第 1 光源 1 0 3 A から検出光が射出されたときの被験者の顔の画像

データを取得し、第1カメラ102Aは、第2光源103Bから検出光が射出されたときの被験者の顔の画像データを取得する。

[0131] 光源103から射出される検出光の光量は、光源103から射出される光の総量を示す全光束 $[lm]$ 又は光度 $[cd]$ を含む。光量が大きい場合、被験者の顔に照射される検出光の照度は高くなる。光量が小さい場合、被験者の顔に照射される検出光の照度は低くなる。

[0132] 図23は、本実施形態に係る位置合わせ支援処理における第1カメラ102A、第2カメラ102B、第1光源103A、及び第2光源103Bの作動のタイミングを示すタイミングチャートである。図23に示すように、第1光源103Aと第2光源103Bとは検出光を交互に射出する。第1カメラ102Aは、第2光源103Bからの検出光の射出と同期して、被験者の顔の画像データを取得する。第2カメラ102Bは、第1光源103Aからの検出光の射出と同期して、被験者の顔の画像データを取得する。第1カメラ102Aが画像データを取得するときに第2光源103Bから射出される検出光の光量は、第2カメラ102Bが画像データを取得するときに第1光源103Aから射出される検出光の光量よりも大きい。

[0133] 本実施形態においては、第1カメラ102Aが作動したとき、すなわち第1カメラ102Aのシャッターが開いたとき、第1カメラ102Aの撮像素子に光が入射する。撮像素子に入射した光は電気信号に変換される。電気信号はUSB (universal serial bus) 信号に変換された後、第2光源103Bを作動させるためにコンピュータシステム20に転送される。すなわち、第1カメラ102Aのシャッターが開くタイミングで、第1カメラ102Aに対応した第2光源103Bから検出光が射出される。第2カメラ102B及び第1光源103Aについても同様である。

[0134] なお、本実施形態においては、暗瞳孔を検出するため、第1カメラ102Aが作動するとき、第1光源103A及び第2光源103Bのうち第1カメラ102Aから離れた位置に配置されている第2光源103Bから検出光が射出され、第2カメラ102Bが作動するとき、第1光源103A及び第2

光源 103B のうち第 2 カメラ 102B から離れた位置に配置されている第 1 光源 103A から検出光が射出される。なお、明瞳孔を検出する場合、第 1 カメラ 102A が作動するとき、第 1 光源 103A 及び第 2 光源 103B のうち第 1 カメラ 102A に近い位置に配置されている第 1 光源 103A から検出光が射出され、第 2 カメラ 102B が作動するとき、第 1 光源 103A 及び第 2 光源 103B のうち第 2 カメラ 102B に近い位置に配置されている第 2 光源 103B から検出光が射出される。

[0135] なお、第 1 カメラ 102A 及び第 2 光源 103B が作動した後、第 2 カメラ 102B 及び第 1 光源 103A が作動するまでの時間は短く、第 2 カメラ 102B 及び第 1 光源 103A が作動した後、第 1 カメラ 102A 及び第 2 光源 103B が作動するまでの時間は長い。第 1 カメラ 102A 及び第 2 光源 103B が作動した後、第 2 カメラ 102B 及び第 1 光源 103A が作動するまでの時間が短いので、ほぼ同じタイミングで左右のステレオ画像を取得することができる。

[0136] 本実施形態においては、位置合わせ支援処理において、第 1 カメラ 101A で取得された画像データに基づいて輪郭画像 174M が生成され、第 2 カメラ 101B で取得された画像データに基づいてメガネ反射画像 172M が生成される。換言すれば、第 2 光源 103B から射出された大光量の検出光が照射された被験者の顔の画像データに基づいて輪郭画像 174M が生成され、第 1 光源 103A から射出された小光量の検出光が照射された被験者の顔の画像データに基づいてメガネ反射画像 172M が生成される。

[0137] 第 1 カメラ 102A で被験者の顔の画像データを取得するとき、被験者の顔は大光量の検出光で照明されている。そのため、第 1 カメラ 102A で取得された画像データを規定の閾値に基づいて 2 値化した場合、例えば図 13 に示したように、2 値化された画像データの複数の画素の大部分が白色に変換される。すなわち、メガネ 170 のみならず被験者の顔全体が白色に変換される。2 値化された画像データについてエッジ検出が実施されることにより、輪郭画像 174M が生成される。

[0138] 一方、第2カメラ102Bで被験者の顔の画像データを取得するとき、被験者の顔は小光量の検出光で照明されている。そのため、第2カメラ102Bで取得された画像データを規定の閾値に基づいて2値化した場合、例えば図16に示したように、2値化された画像データの複数の画素のうち反射像172に相当する画素のみが白色に変換され、被験者の顔に相当する画素は黒色に変換される。すなわち、小光量の検出光で照明された被験者の顔の画像データが2値化されることにより、メガネ反射画像172Mが生成される。

[0139] 図24は、本実施形態に係る位置合わせ支援処理の一例を示すフローチャートである。

[0140] 光源制御部210は、第2光源103Bから大光量の検出光を射出させる。大光量の検出光で照明された被験者の顔の画像データは、第1カメラ102Aによって取得される（ステップS111）。

[0141] 画像データ取得部202は、第1カメラ102Aから画像データを取得する。画像処理部206は、第1カメラ102Aで取得された画像データである第1画像データを規定の閾値に基づいて2値化する（ステップS112）。これにより、図13に示したような画像データが生成される。

[0142] 画像処理部206は、2値化された第1画像データについてエッジ検出する。これにより、図14に示したような輪郭画像174Mが生成される（ステップS113）。

[0143] 次に、画像処理部206は、輪郭画像174Mの輝度調整を実施する（ステップS114）。画像処理部206は、輪郭画像174Mの輝度を低下させる。これにより、図15に示したような輪郭画像174Mが生成される。

[0144] 輝度調整された輪郭画像174Mは、記憶部220に記憶される（ステップS115）。

[0145] 次に、位置検出部212は、第1画像データにおける左右の眼の瞳孔中心112Cの位置を算出する（ステップS116）。

[0146] 次に、光源制御部210は、第1光源103Aから小光量の検出光を射出

させる。小光量の検出光で照明された被験者の顔の画像データは、第2カメラ102Bによって取得される（ステップS117）。

[0147] 画像データ取得部202は、第2カメラ102Bから画像データを取得する。画像処理部206は、第2カメラ102Bで取得された画像データである第2画像データを規定の閾値に基づいて2値化する（ステップS118）。これにより、図16に示したような画像データが生成される。すなわち、第2画像データが2値化されることにより、メガネ反射画像172Mが生成される。

[0148] 本実施形態において、ステップS118で使用される第2画像データを2値化するための閾値と、ステップS112で使用される第1画像データを2値化するための閾値とは、同一の値である。

[0149] 生成されたメガネ反射画像172Mは、記憶部220に記憶される（ステップS119）。

[0150] 次に、画像処理部206は、記憶部220に記憶されている輪郭画像174Mとメガネ反射画像172Mとを合成する（ステップS120）。これにより、図17に示したような合成画像176Mが生成される。

[0151] 次に、位置検出部212は、第2画像データにおける左右の目の瞳孔中心112Cの位置を算出する（ステップS121）。

[0152] 次に、曲率中心算出部214は、ステップS116において第1画像データに基づいて算出した瞳孔中心112Cの位置データ及びステップS121において第2画像データに基づいて算出した瞳孔中心112Cの位置データの少なくとも一方に基づいて、グローバル座標系における瞳孔中心112Cの位置を算出する（ステップS122）。

[0153] 次に、距離データ取得部218は、ステップS122で算出した瞳孔中心112Cの位置データに基づいて、表示装置101の表示画面101Sと被験者の顔との距離データを算出する（ステップS123）。

[0154] 表示制御部208は、ステップS120において生成された合成画像176Mを表示装置101に表示させる（ステップS124）。また、表示制御

部 208 は、ステップ S 123 で算出された距離データを表示装置 101 に表示させる。上述の実施形態と同様、表示制御部 208 は、距離データとして、スケール 190 及びインジケータ 192 を表示装置 101 に表示させる。

[0155] なお、位置合わせ支援処理においては、表示装置 101 の表示画面 101S と被験者の顔とのおおよその距離データが分かればよい。したがって、ステップ S 122 においては、左右の目の瞳孔中心 112C の位置データのうち、いずれか一方の目の瞳孔中心 112C の位置データに基づいて、表示装置 101 の表示画面 101S と被験者の顔との距離データが算出されてもよい。あるいは、左右の目の瞳孔中心 112C の位置データの平均値に基づいて、表示装置 101 の表示画面 101S と被験者の顔との距離データが算出されてもよい。

[0156] 以上説明したように、本実施形態によれば、位置合わせ支援処理において、光源 103 から射出される検出光の光量を変更される。これにより、画像処理において使用される輝度についての閾値は 1 つで済む。そのため、視線検出装置 100 を制御するためのコンピュータプログラム 20C の簡素化が図られる。例えば、位置合わせ処理において光源 103 の光量を変更するだけで、位置合わせ支援処理において使用されるコンピュータプログラム 20C の内容と、視線検出処理において使用されるコンピュータプログラム 20C の内容とに大きな差異を設けなくて済む。

[0157] なお、本実施形態においては、光源 103 から射出される検出光の光量を制御して、輪郭画像 174M 及びメガネ反射画像 172M を取得することとした。すなわち、第 1 カメラ 102A で被験者の顔の画像データを取得するとき、被験者の顔を大光量の検出光で照明し、大光量の検出光で照明された被験者の顔の画像データに基づいて、輪郭画像 174M を生成し、第 2 カメラ 102B で被験者の顔の画像データを取得するとき、被験者の顔を小光量の検出光で照明し、小光量の検出光で照明された被験者の顔の画像データに基づいて、メガネ反射画像 172M を生成することとした。画像データ取得

部 2 0 2 が検出光で照明された被験者の顔を撮影する第 1, 第 2 カメラ 1 0 2 A、1 0 2 B から被験者の顔の画像データを取得するとき、画像処理部 2 0 6 は、第 1, 第 2 カメラ 1 0 2 A、1 0 2 B で撮影され画像データ取得部 2 0 2 に取得された第 1 の露光量の被験者の顔の画像データと、第 1 の露光量よりも小さい第 2 の露光量の被験者の顔の画像データとに基づいて、輪郭画像 1 7 4 M 及びメガネ反射画像 1 7 2 M を生成してもよい。

[0158] 第 1, 第 2 カメラ 1 0 2 A、1 0 2 B によって取得される被験者の顔の画像データの露光量は、光源 1 0 3 の発光強度、光源 1 0 3 の発光時間、及び第 1, 第 2 カメラ 1 0 2 A、1 0 2 B の露出値の少なくとも一つに基づいて調整可能である。上述のように、光源制御部 2 1 0 は、第 1, 第 2 光源 1 0 3 A、1 0 3 B の発光強度及び第 1, 第 2 光源 1 0 3 A、1 0 3 B の発光時間を制御することができる。カメラ制御部 2 1 1 は、第 1, 第 2 カメラ 1 0 2 A、1 0 2 B のシャッター速度及び光学系の絞り値の少なくとも一方を制御して撮像素子における露出値を制御することができる。

[0159] 第 1 カメラ 1 0 2 A で被験者の顔の画像データを取得するとき、光源制御部 2 1 0 が第 2 光源 1 0 3 B の発光強度を強くしたり、光源制御部 2 1 0 が第 2 光源 1 0 3 B の発光時間を長くしたり、カメラ制御部 2 1 1 が第 1 カメラ 1 0 2 A のシャッター速度を遅くしたり、カメラ制御部 2 1 1 が第 1 カメラ 1 0 2 A の光学系の絞り値を小さくしたりすることによって、第 1 カメラ 1 0 2 A に取得される被験者の顔の画像データの露光量を大きくし、画像処理部 2 0 6 が、大きい露光量の被験者の顔の画像データに基づいて、輪郭画像 1 7 4 M を生成してもよい。また、第 2 カメラ 1 0 2 B で被験者の顔の画像データを取得するとき、光源制御部 2 1 0 が第 1 光源 1 0 3 A の発光強度を弱くしたり、光源制御部 2 1 0 が第 1 光源 1 0 3 A の発光時間を短くしたり、カメラ制御部 2 1 1 が第 2 カメラ 1 0 2 B のシャッター速度を速くしたり、カメラ制御部 2 1 1 が第 2 カメラ 1 0 2 B の光学系の絞り値を大きくしたりすることによって、第 2 カメラ 1 0 2 B に取得される被験者の顔の画像データの露光量を小さくし、画像処理部 2 0 6 が、小さい露光量の被験者の

画像データに基づいて、メガネ反射画像 172 M を生成してもよい。

[0160] なお、本実施形態においては、輪郭画像 174 M は、第 1 カメラ 102 A によって取得される第 1 画像データから生成され、メガネ反射画像 172 M は、第 2 カメラ 102 B によって取得される第 2 画像データから生成される。輪郭画像 174 M とメガネ反射画像 172 M とが別々の画像データから生成されるものの、位置合わせを支援する観点から、十分な精度を有する合成画像 176 M が生成される。

[0161] なお、上述の実施形態において、メガネ 170 のレンズは、視力調整機能を有する度付きレンズでもよいし、視力調整機能を有しない度無しレンズでもよい。また、メガネ 170 は、遮光機能を有してもよいし有しなくてもよい。本実施形態において、メガネ 170 はサングラスを含む。

[0162] また、メガネ 170 は被験者の顔に装着されていなくてもよい。本実施形態において、メガネ 170 とは、視線検出装置 100 と被験者の眼との間に配置された、光透過機能を有する光学部材を含む概念である。

[0163] なお、上述の実施形態において、メガネ反射画像 172 M は輪郭画像 174 M よりも高輝度であることとした。メガネ反射画像 172 M の輝度が、輪郭画像 174 M の輝度と同一でもよいし、輪郭画像 174 M の輝度よりも低くてもよい。メガネ反射画像 172 M の輝度と輪郭画像 174 M の輝度とが近似する場合、メガネ反射画像 172 M と輪郭画像 174 M とは異なる色で表示されることが好ましい。

[0164] なお、上述の実施形態においては、被験者の顔の特徴部画像が、エッジ検出によって生成される輪郭画像であることとした。特徴部画像は、被験者又は測定者がその特徴部画像を見たとき、被験者の眼の位置を認識又は推測できる画像であればよく、エッジ検出によって取得される輪郭画像でなくともよい。

産業上の利用可能性

[0165] 本実施形態は、メガネを装着した被験者の視線の検出の実施に好適である。

符号の説明

[0166] 20 コンピュータシステム、20A 演算処理装置、20B 記憶装置、20C コンピュータプログラム、30 入出力インターフェース装置、40 駆動回路、50 出力装置、60 入力装置、70 音声出力装置、100 視線検出装置、101 表示装置、101S 表示画面、102 ステレオカメラ装置、102A 第1カメラ、102B 第2カメラ、103 光源、103A 第1光源、103B 第2光源、103C 光源、103V 仮想光源、109 角膜曲率半径、110 角膜曲率中心、111 眼球、112 瞳孔、112C 瞳孔中心、113 角膜反射像、113C 角膜反射中心、121 角膜反射中心、122 角膜反射中心、123 直線、124 角膜反射中心、126 距離、130 目標位置、165 注視点、166 注視点、170 メガネ、172 反射像、172M メガネ反射画像、174M 輪郭画像（特徴部画像）、176M 合成画像、180 ガイド線、190 スケール、192 インジケータ、202 画像データ取得部、204 入力データ取得部、206 画像処理部、208 表示制御部、210 光源制御部、211 カメラ制御部、212 位置検出部、214 曲率中心算出部、216 視線検出部、218 距離データ取得部、220 記憶部、222 出力制御部、302 入出力部、402 表示装置駆動部、404A 第1カメラ入出力部、404B 第2カメラ入出力部、406 光源駆動部。

請求の範囲

- [請求項1] 光源から射出された検出光が照射される被験者の顔の画像データを取得する画像データ取得部と、
- 前記画像データに基づいて前記被験者の視線を検出する視線検出部と、
- 前記画像データを画像処理して前記顔の特徴部画像及び前記顔に装着されたメガネにおける前記光源の反射像を示すメガネ反射画像を生成する画像処理部と、
- 前記特徴部画像と前記メガネ反射画像とが合成された合成画像において、前記特徴部画像と前記メガネ反射画像とを異なる表示形態で表示装置に表示させる表示制御部と、
- を備える視線検出装置。
- [請求項2] 前記表示形態は、輝度、色、明度、及び彩度の少なくとも一つを含む、
- 請求項1に記載の視線検出装置。
- [請求項3] 前記特徴部画像は、前記顔における輪郭画像を含む、
- 請求項1又は請求項2に記載の視線検出装置。
- [請求項4] 前記表示制御部は、前記メガネ反射画像を前記特徴部画像よりも高輝度で前記表示装置に表示させる、
- 請求項1又は請求項3に記載の視線検出装置。
- [請求項5] 第1閾値及び前記第1閾値よりも低い第2閾値が規定され、
- 前記画像処理部は、前記第1閾値以上の高輝度の前記メガネ反射画像を生成し、前記第2閾値以下の低輝度の前記特徴部画像を生成する、
- 請求項1、請求項3又は請求項4のいずれか一項に記載の視線検出装置。
- [請求項6] 前記画像データ取得部は、前記検出光で照明された前記顔を撮影するカメラから前記画像データを取得し、

前記画像処理部は、前記カメラで取得された第1の露光量の前記画像データと、前記第1の露光量よりも小さい第2の露光量の画像データとに基づいて、前記特徴部画像及び前記メガネ反射画像を生成する、
請求項1から請求項5のいずれか一項に記載の視線検出装置。

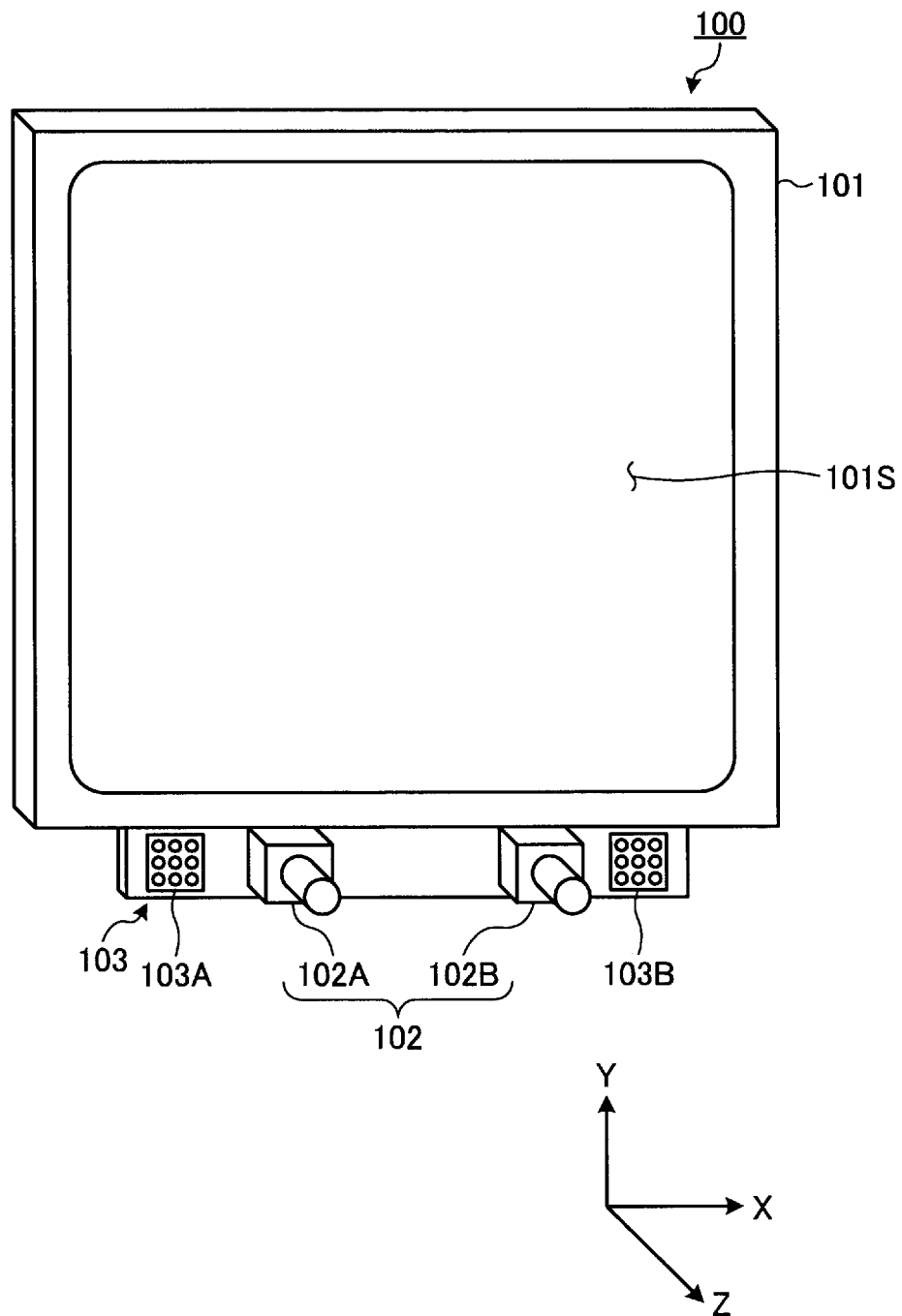
[請求項7] 前記光源の発光強度及び前記光源の発光時間を制御する光源制御部と、
前記カメラにおける前記検出光の露出値を制御するカメラ制御部と、
を備え、
前記画像データの露光量は、前記光源の発光強度、前記光源の発光時間、及び前記カメラの露出値の少なくとも一つに基づいて調整される、
請求項6に記載の視線検出装置。

[請求項8] 前記画像処理部は、前記光源から第1光量の前記検出光が射出されたときに取得された前記画像データと、前記光源から前記第1光量よりも大きい第2光量の前記検出光が射出されたときに取得された前記画像データとに基づいて、前記特徴部画像及び前記メガネ反射画像を生成し、
前記光源は、異なる位置に配置された第1光源及び第2光源を含み、
前記第1光源から第1光量の前記検出光が射出され、前記第2光源から前記第2光量の前記検出光が射出され、
前記第1光源と前記第2光源とは前記検出光を交互に射出する、
請求項1から請求項5のいずれか一項に記載の視線検出装置。

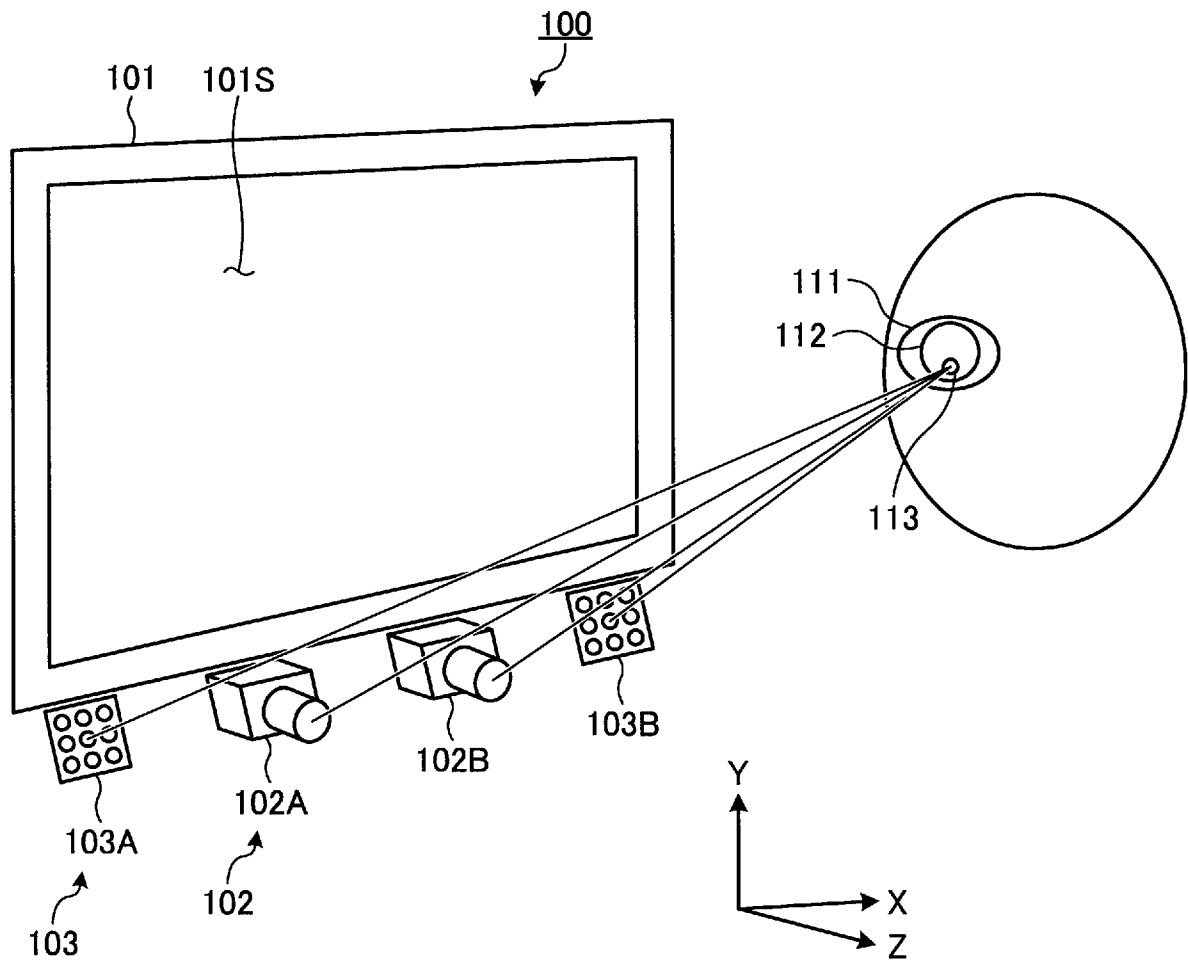
[請求項9] 前記表示装置の表示画面と前記顔との距離データを取得する距離データ取得部を備え、
前記表示制御部は、前記距離データを前記表示装置に表示させる、
請求項1から請求項8のいずれか一項に記載の視線検出装置。

- [請求項10] 前記表示制御部は、前記表示装置の表示画面において寸法及び位置が固定されたガイド線を前記表示画面に表示させる、
請求項1から請求項9のいずれか一項に記載の視線検出装置。
- [請求項11] 光源から射出された検出光が照射される被験者の顔の画像データを取得することと、
前記画像データを画像処理して前記顔の特徴部画像及び前記顔に装着されたメガネにおける前記光源の反射像を示すメガネ反射画像を生成することと、
前記特徴部画像と前記メガネ反射画像とが合成された合成画像において、前記特徴部画像と前記メガネ反射画像とを異なる表示形態で表示装置に表示させることと、
前記画像データに基づいて前記被験者の視線を検出することと、
を含む視線検出方法。
- [請求項12] コンピュータに、
光源から射出された検出光が照射される被験者の顔の画像データを取得することと、
前記画像データを画像処理して前記顔の特徴部画像及び前記顔に装着されたメガネにおける前記光源の反射像を示すメガネ反射画像を生成することと、
前記特徴部画像と前記メガネ反射画像とが合成された合成画像において、前記特徴部画像と前記メガネ反射画像とを異なる表示形態で表示装置に表示させることと、
前記画像データに基づいて前記被験者の視線を検出することと、
を実行させるコンピュータプログラム。

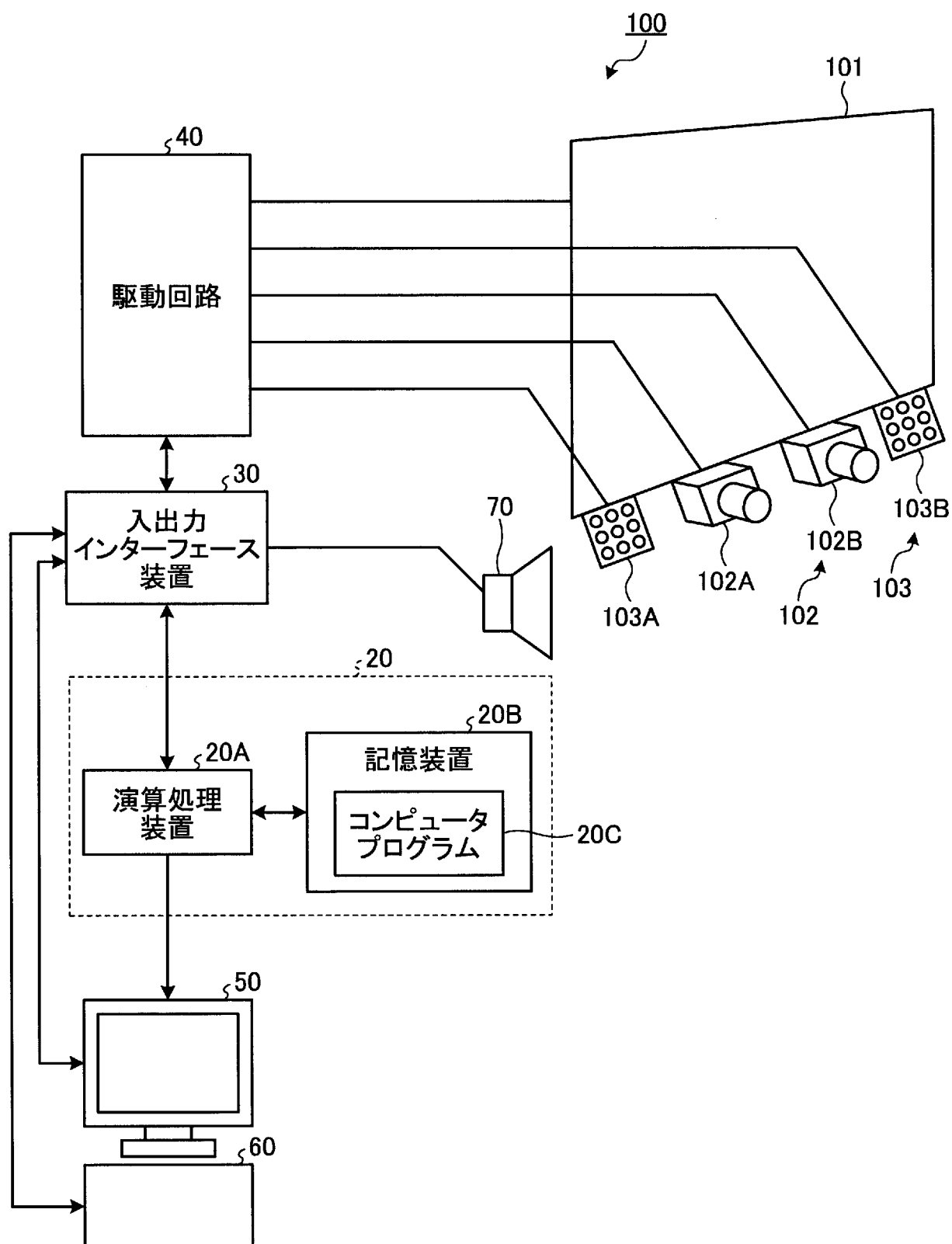
[図1]



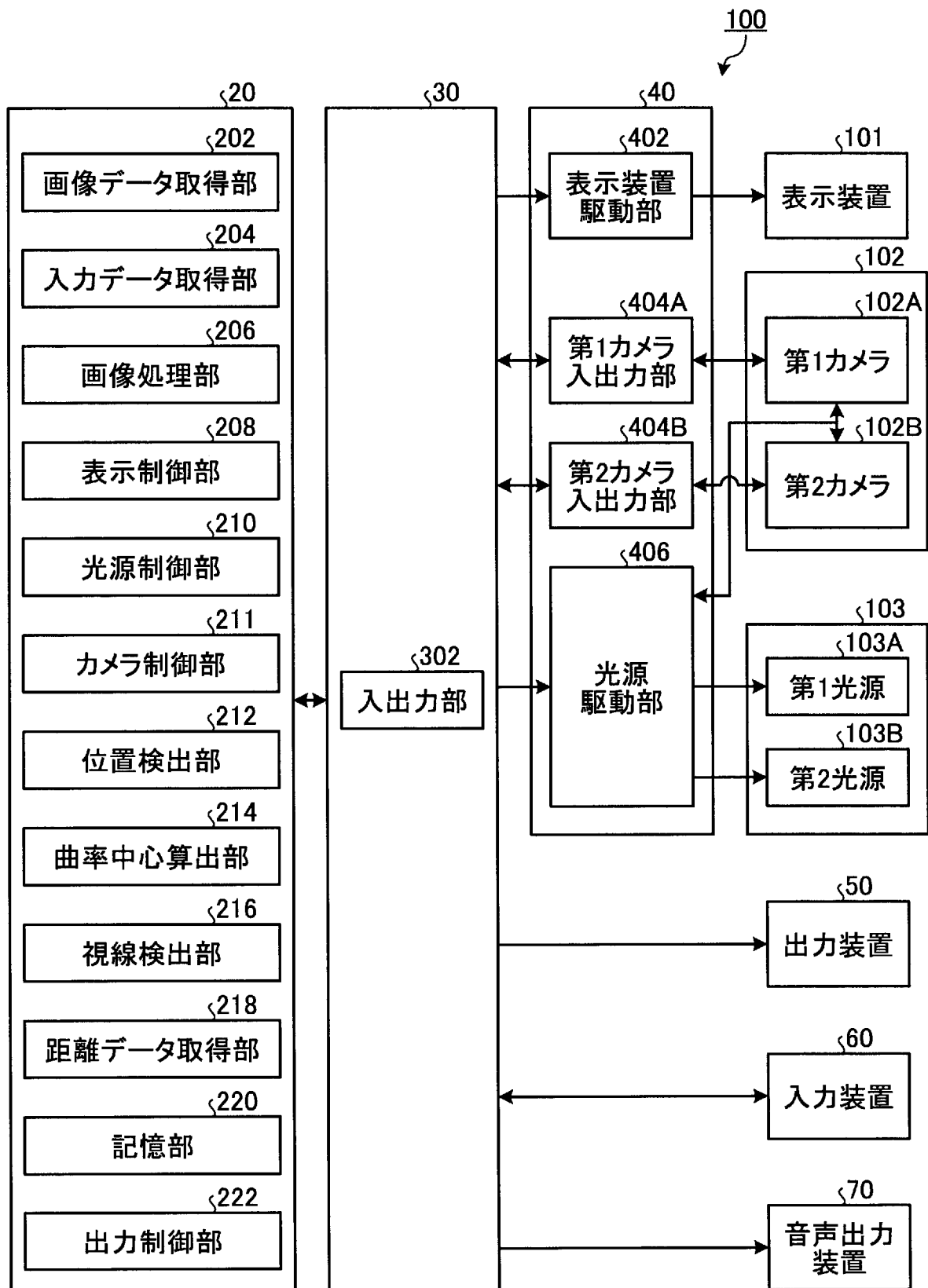
[図2]



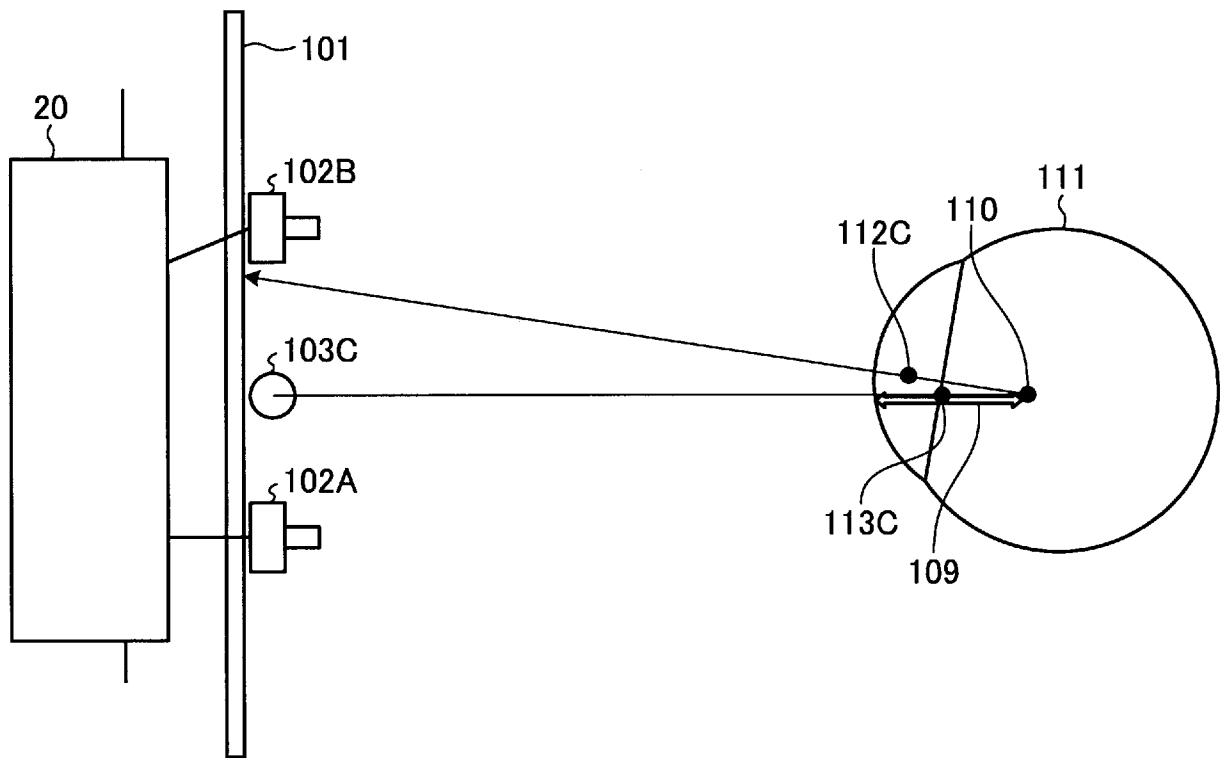
[図3]



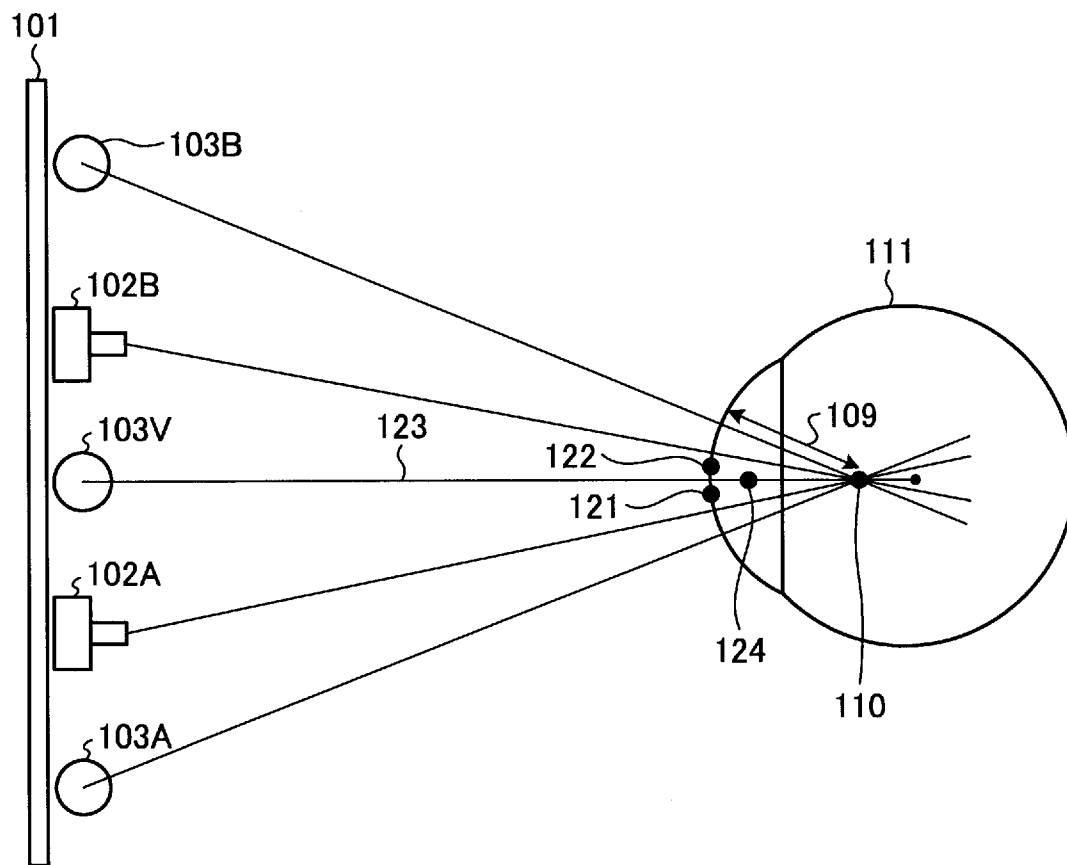
[図4]



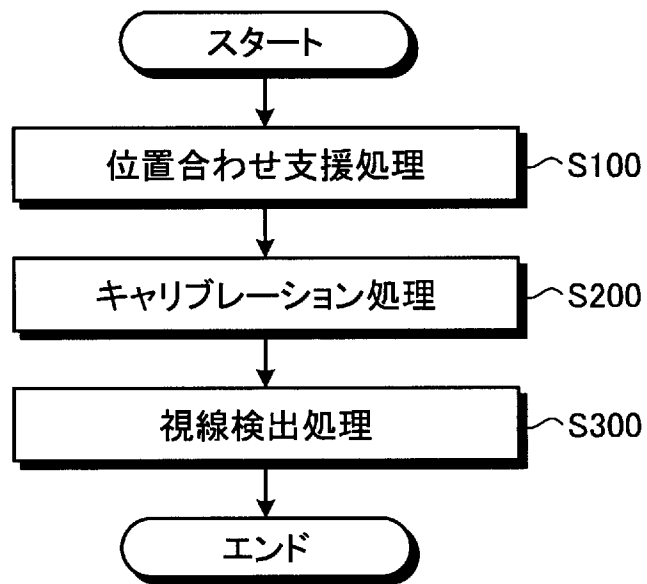
[図5]



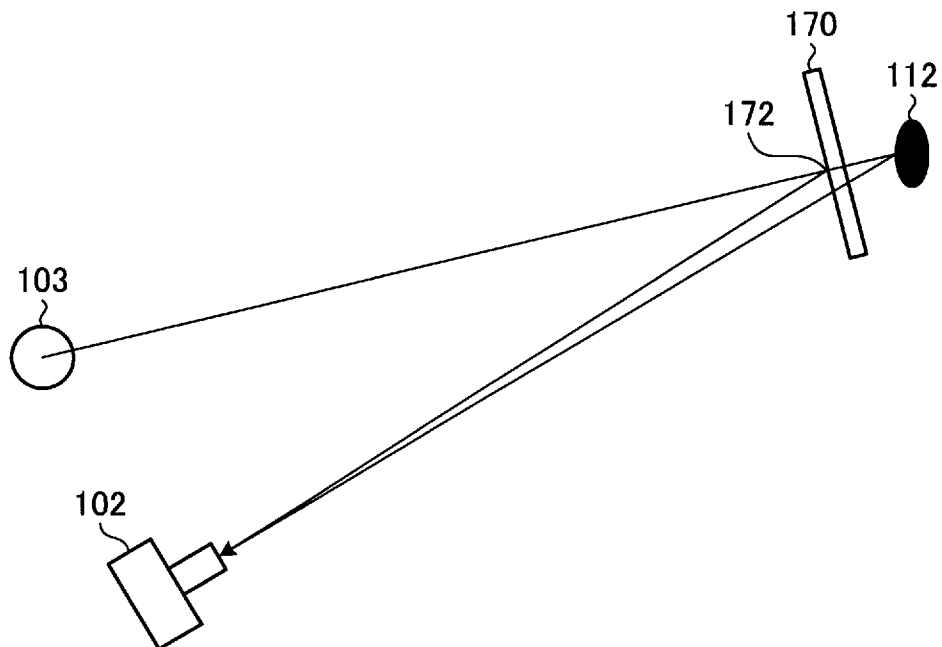
[図6]



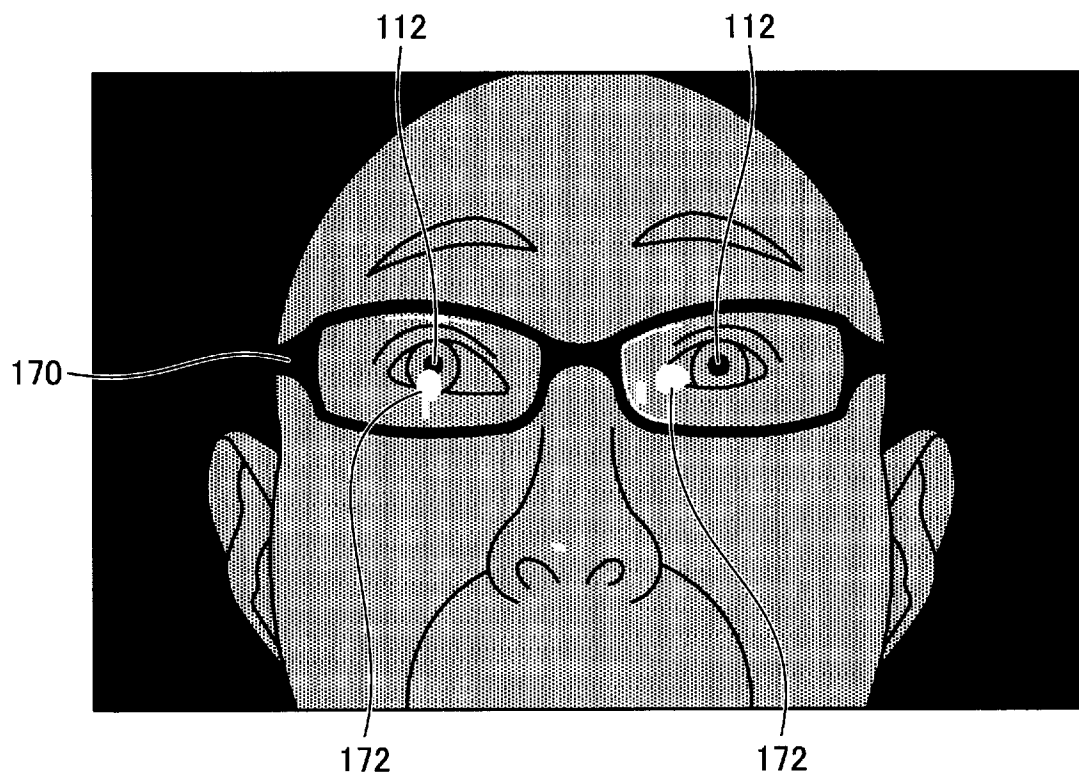
[図7]



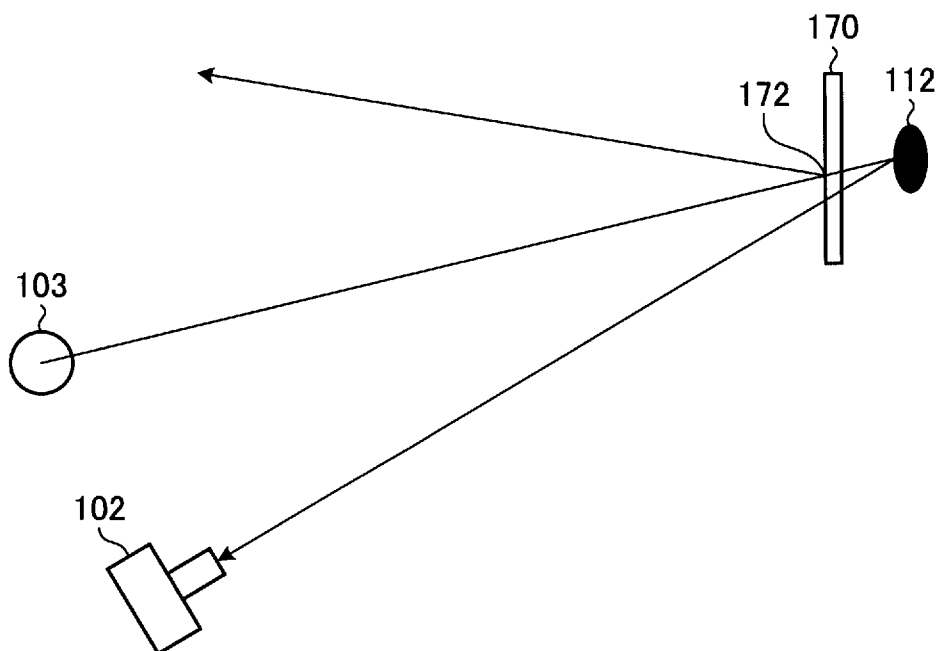
[図8]



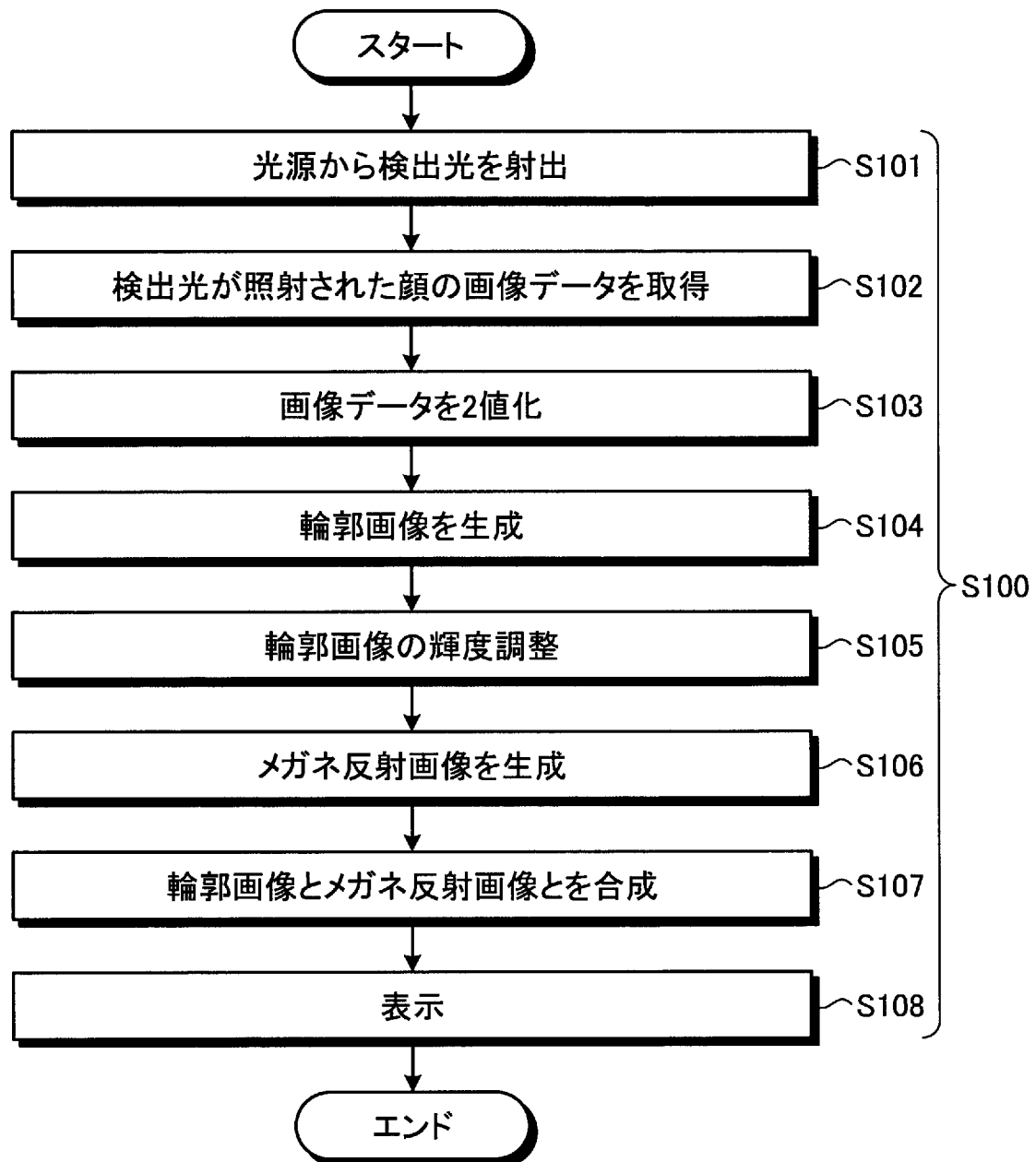
[図9]



[図10]



[図11]



[図12]



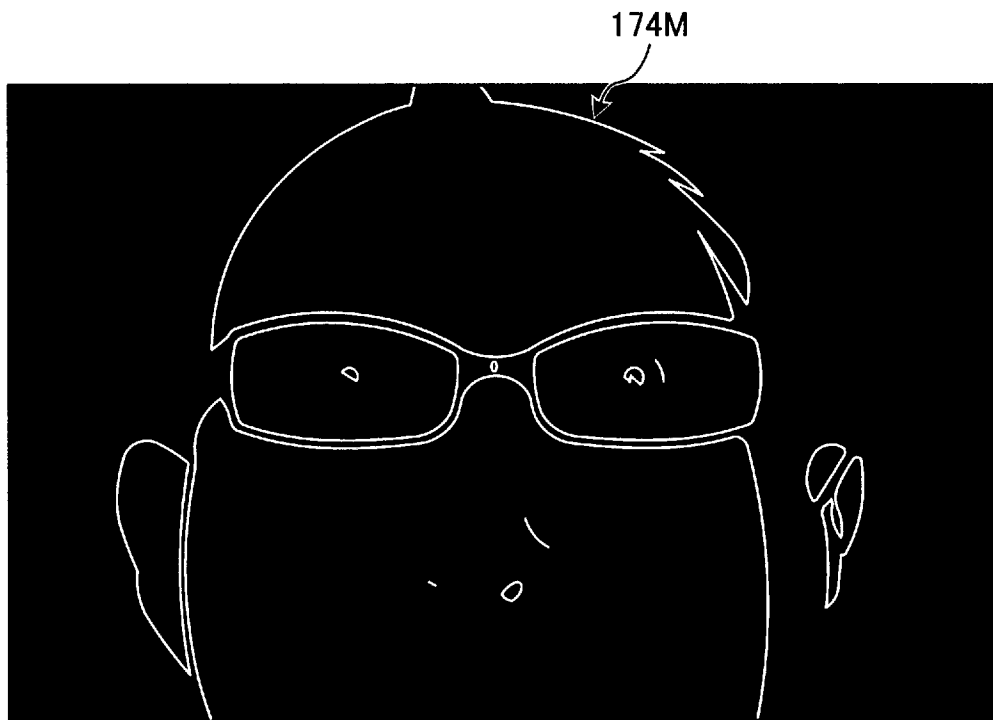
[生データ]

[図13]

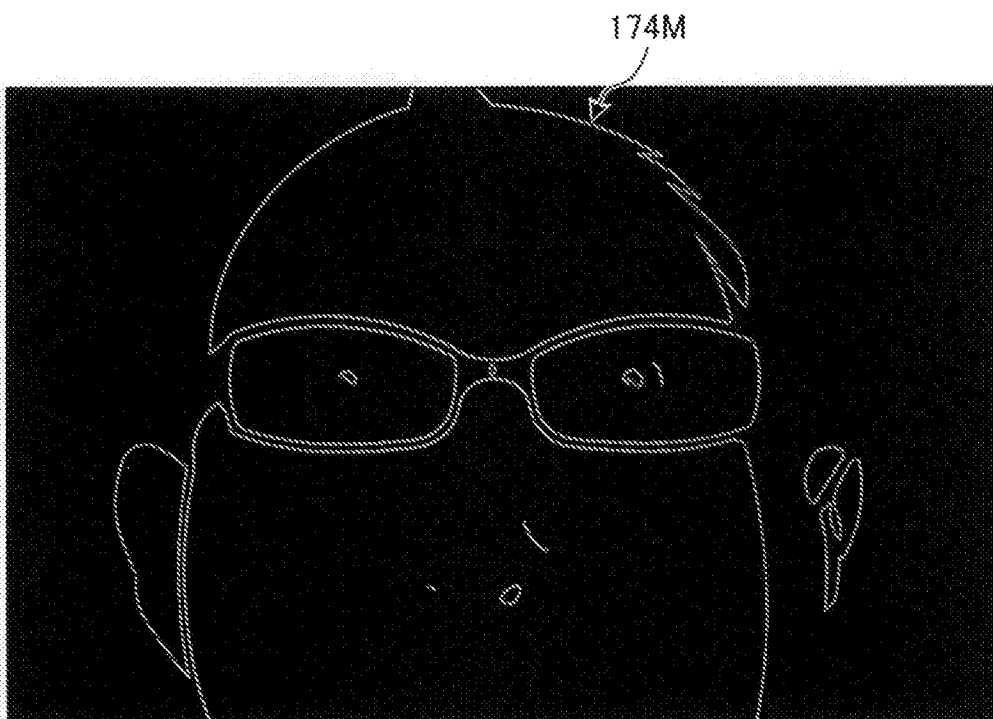


[2値化]

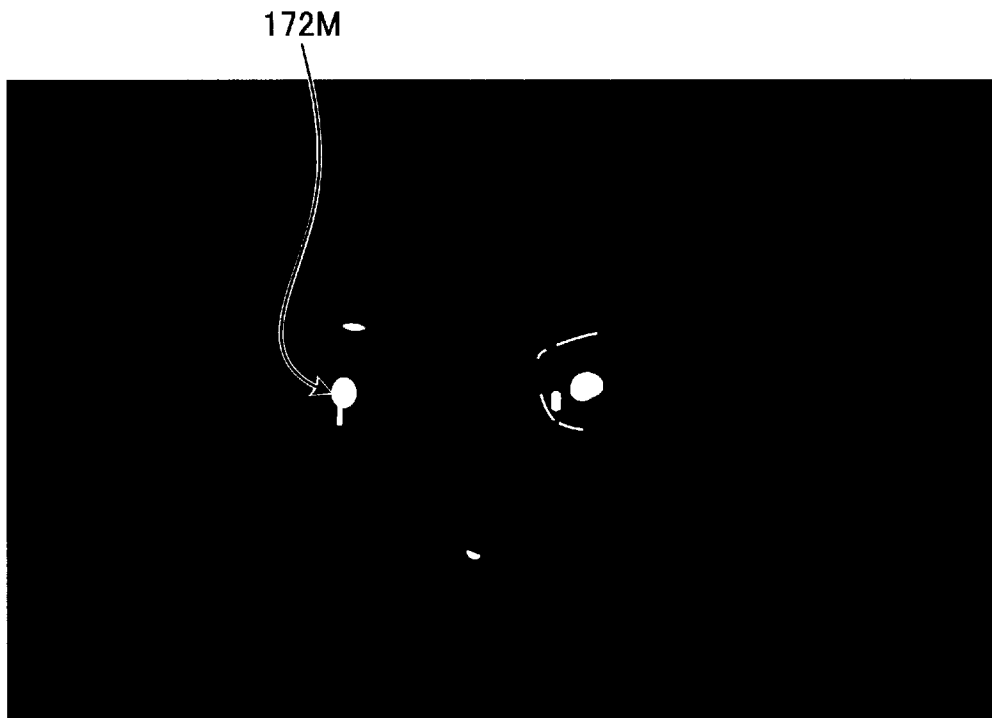
[図14]



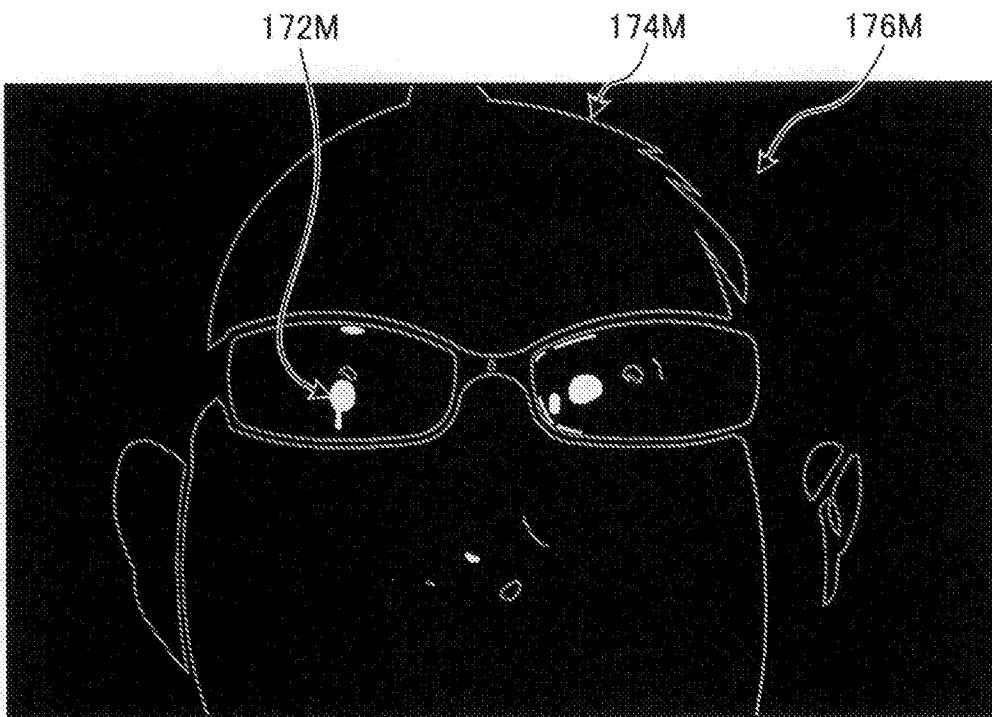
[図15]



[図16]

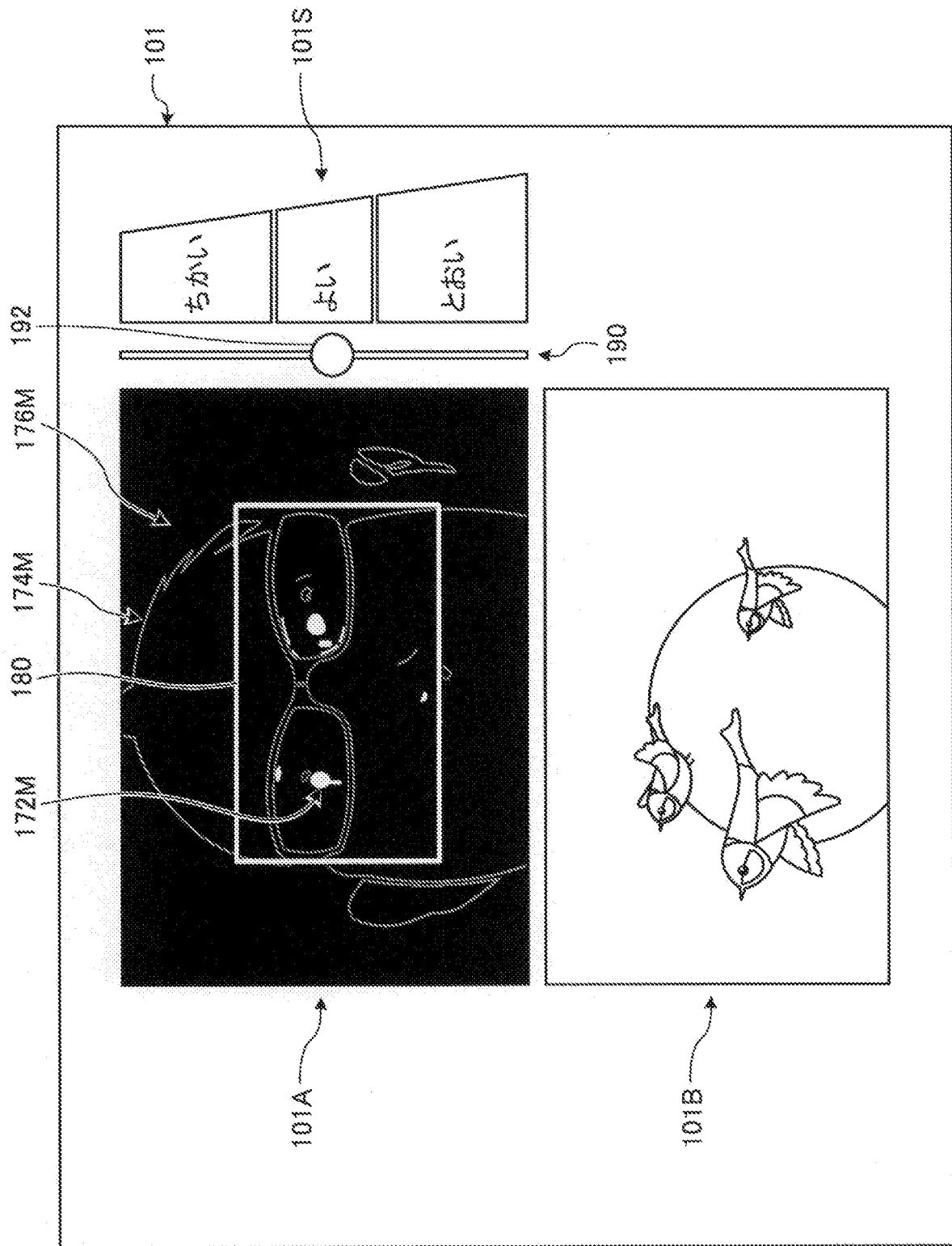
[メガネ
反射画像]

[図17]

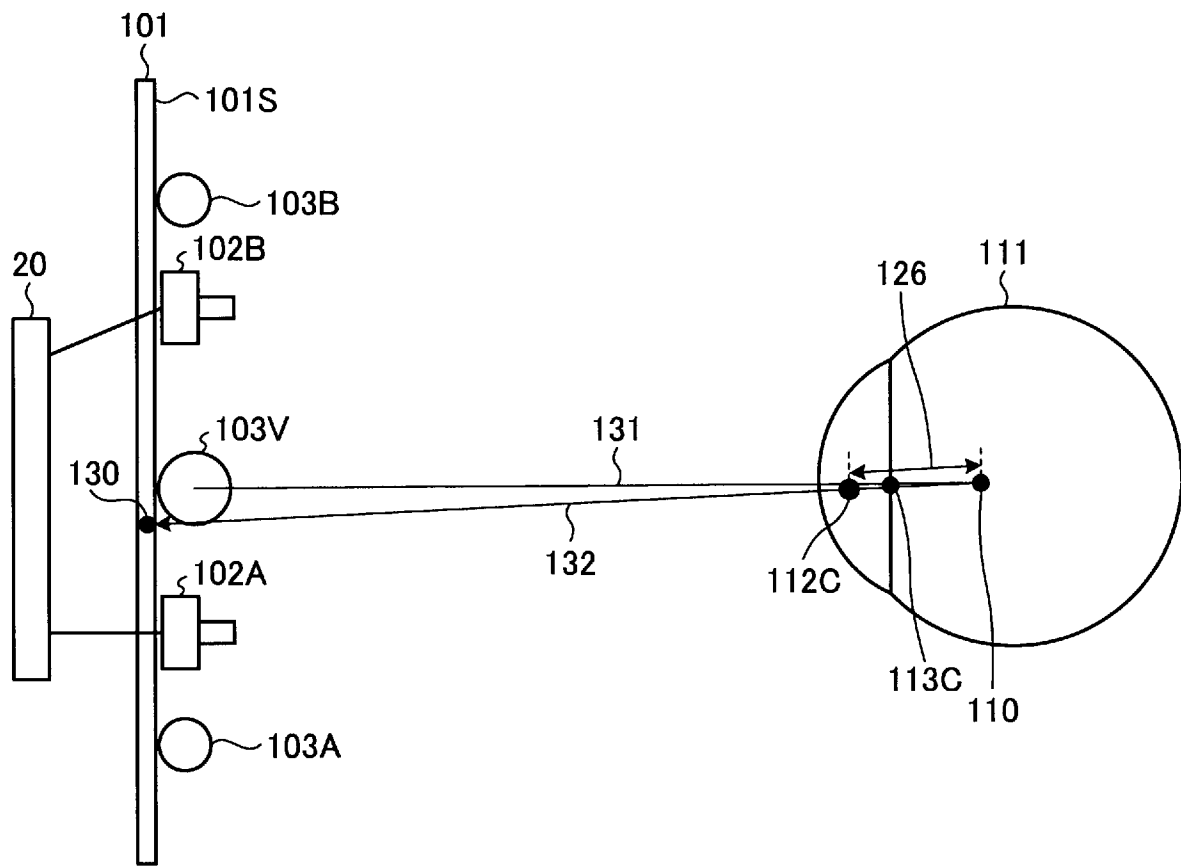


[合成画像]

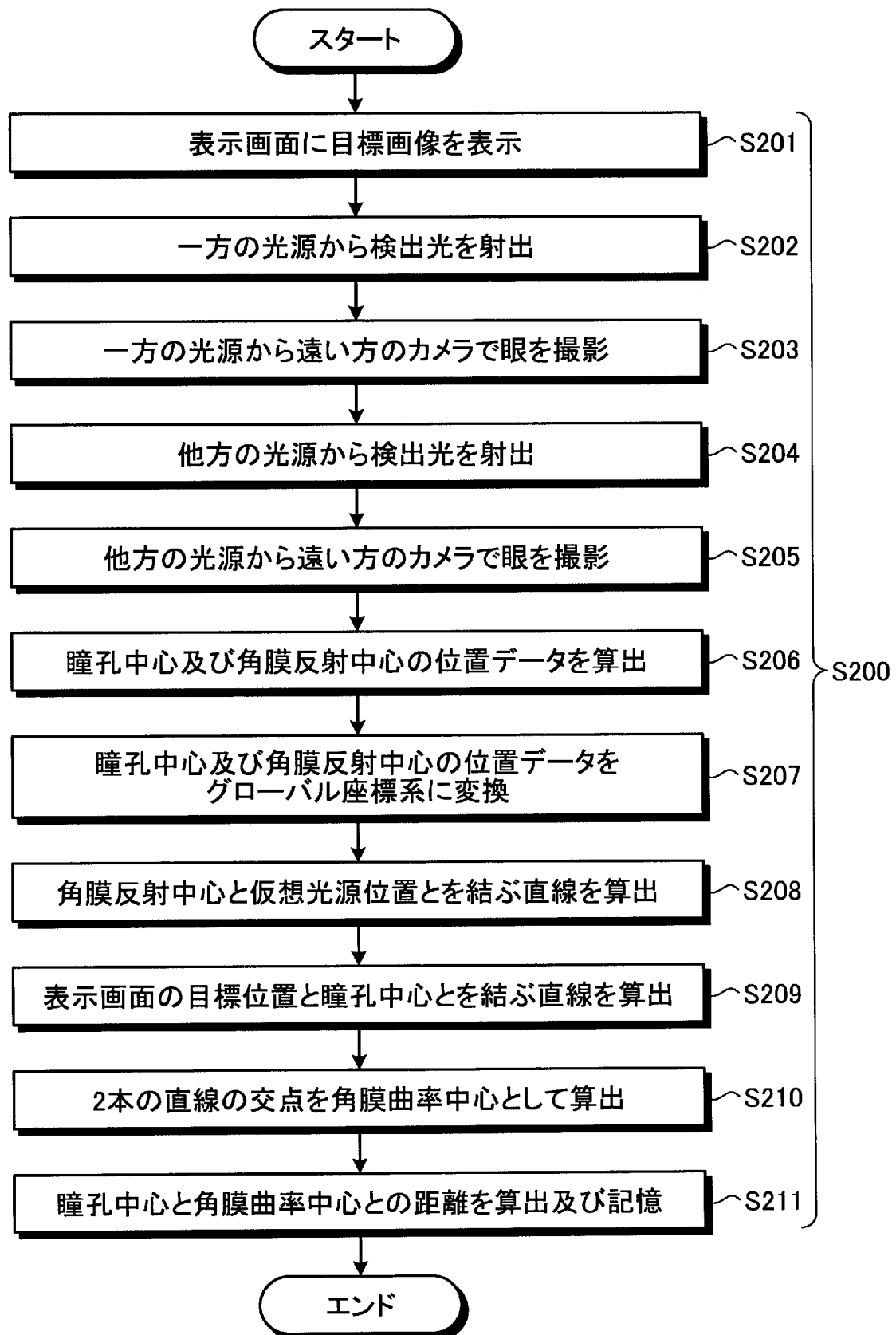
[図18]



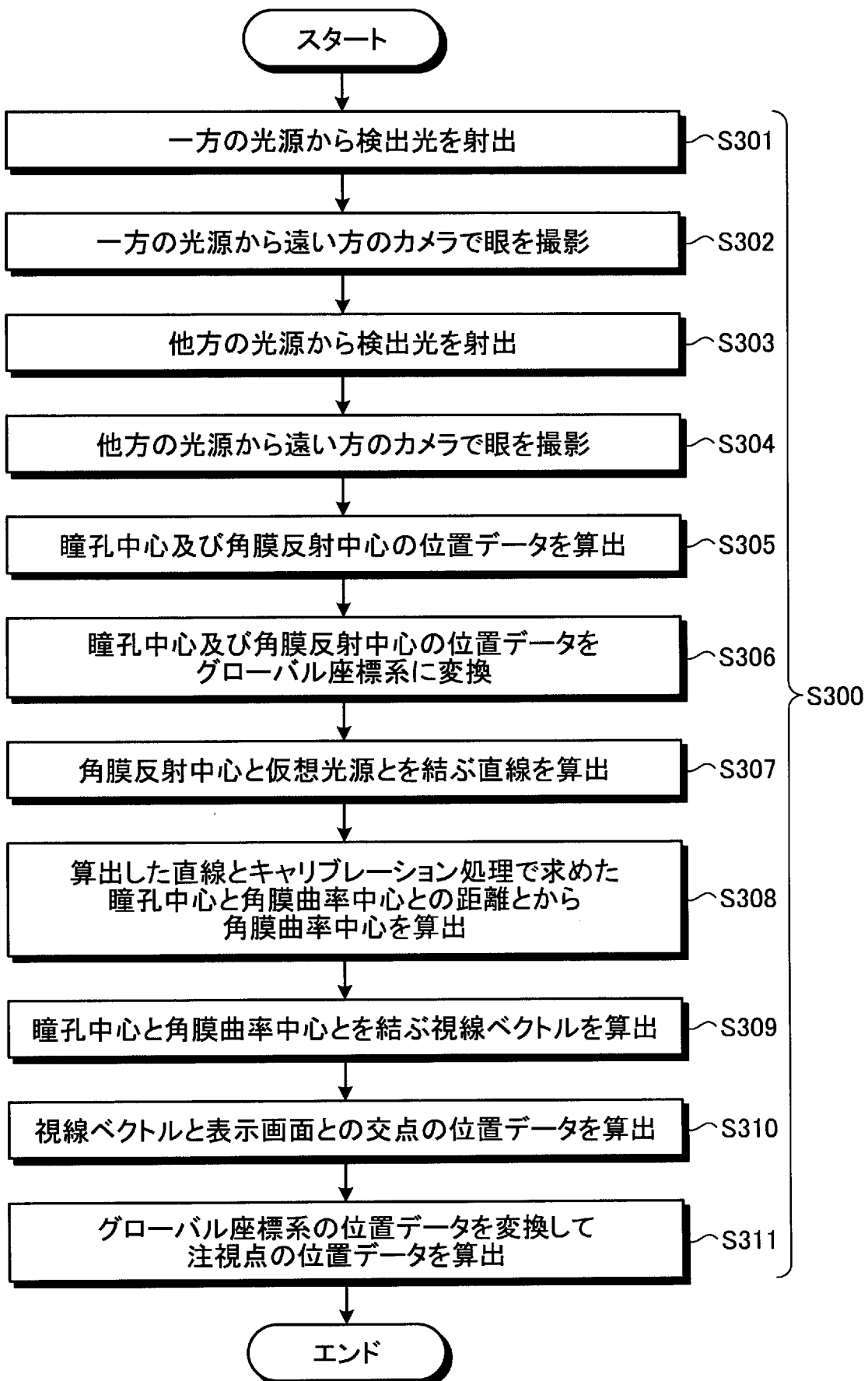
[図19]



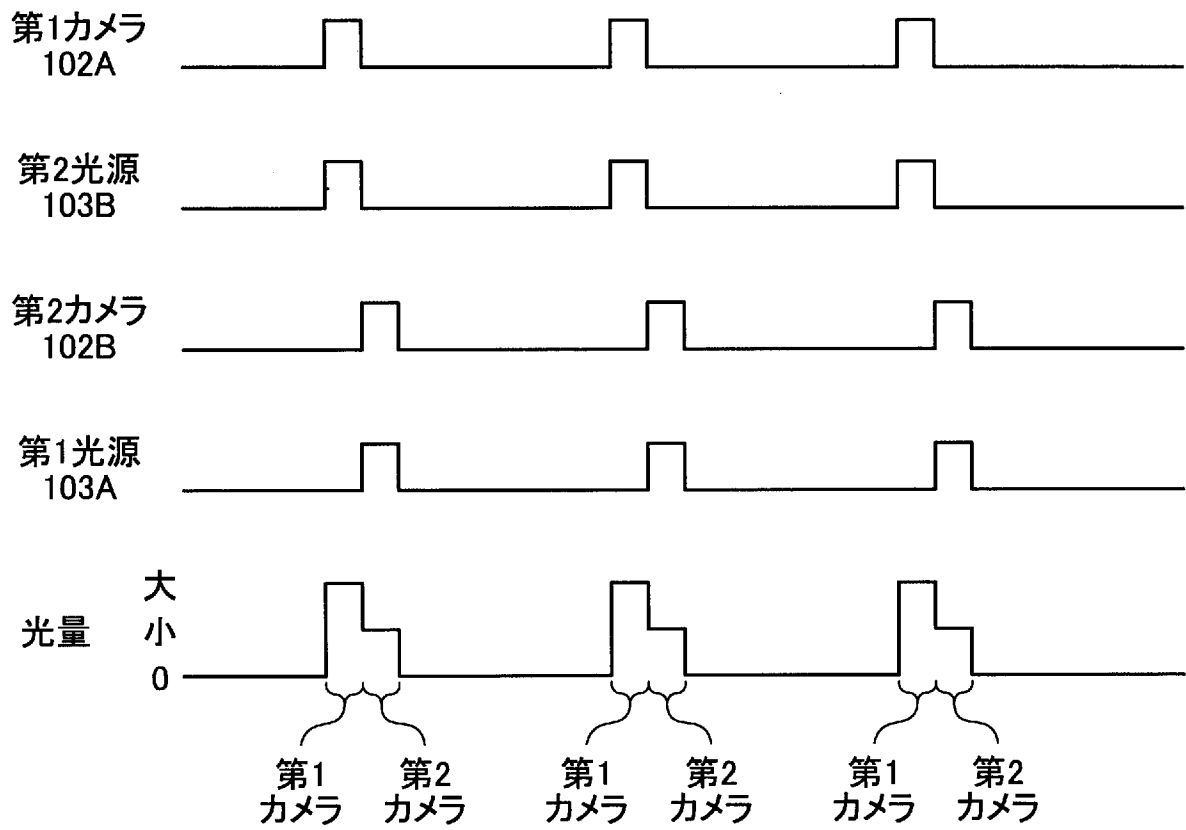
[図20]



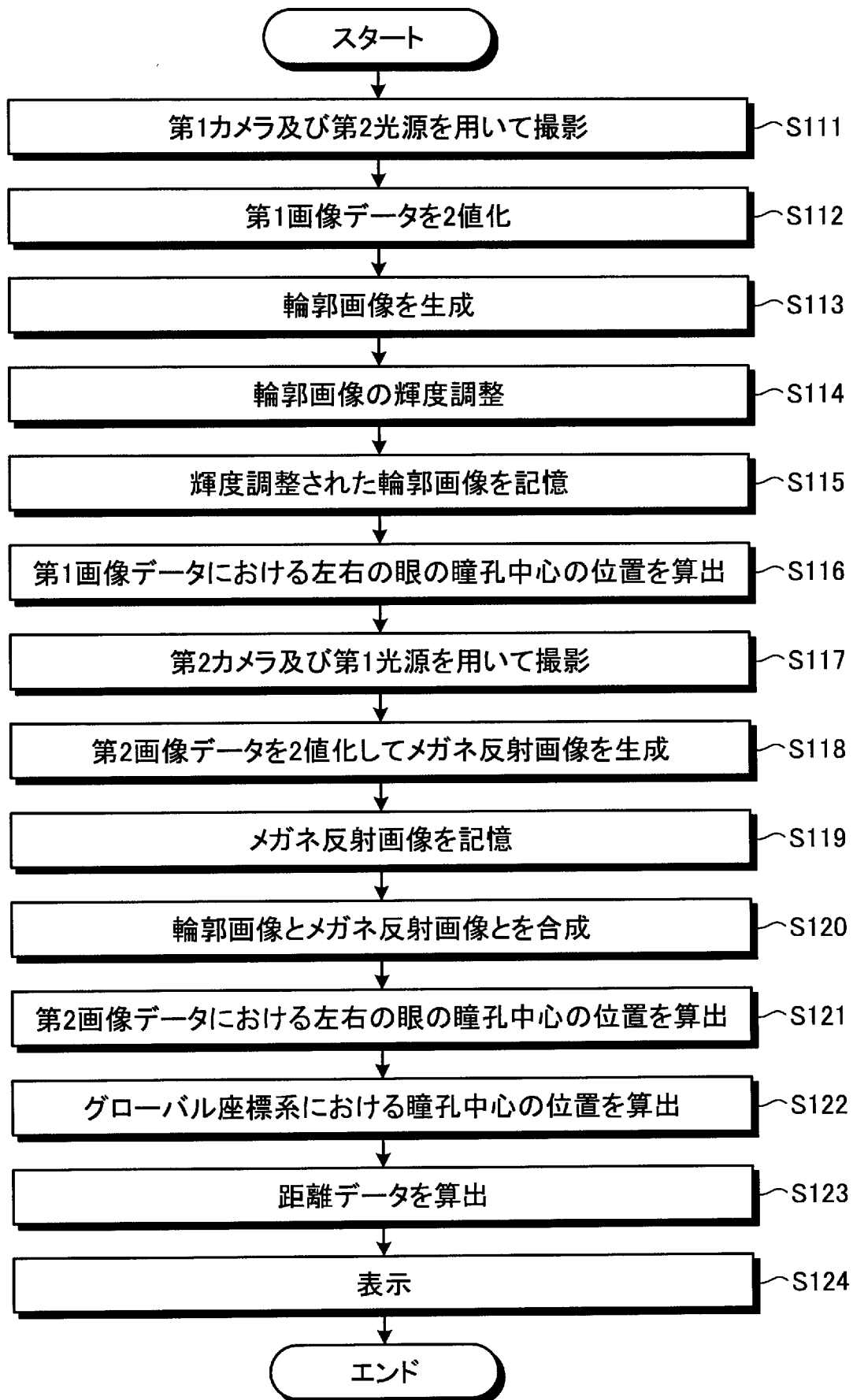
[図22]



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/022594

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B3/113(2006.01)i, G06T1/00(2006.01)i, H04N5/225(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B3/113, G06T1/00, H04N5/225

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-207536 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 28 July 2000 (28.07.2000), paragraph [0032] & US 6850631 B1 column 5, lines 39 to 53	1-12
A	JP 2005-185431 A (National University Corporation Shizuoka University), 14 July 2005 (14.07.2005), paragraph [0013] & US 2007/0279590 A1 paragraph [0128] & WO 2005/063114 A1	1-12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ 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
01 September 2017 (01.09.17)

Date of mailing of the international search report
12 September 2017 (12.09.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/022594

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-296382 A (Honda Motor Co., Ltd.), 27 October 2005 (27.10.2005), paragraph [0015]; fig. 3(a), 3(b) (Family: none)	1-12
A	JP 2009-254525 A (Calsonic Kansei Corp.), 05 November 2009 (05.11.2009), paragraph [0042] (Family: none)	1-12
A	JP 2007-4448 A (Honda Motor Co., Ltd.), 11 January 2007 (11.01.2007), paragraph [0021] (Family: none)	1-12
A	WO 2015/086617 A1 (EBISAWA Yoshinobu), 18 June 2015 (18.06.2015), page 19, line 29 to page 20, line 14 & JP 2016-539717 A & US 2016/0270655 A1 & CN 105828700 A	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. A61B3/113(2006.01)i, G06T1/00(2006.01)i, H04N5/225(2006.01)i

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））

Int.Cl. A61B3/113, G06T1/00, H04N5/225

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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	JP 2000-207536 A（沖電気工業株式会社）2000.07.28, [0032] & US 6850631 B1, 第5欄第39-53行目	1-12
A	JP 2005-185431 A（国立大学法人静岡大学）2005.07.14, [0013] & US 2007/0279590 A1, [0128] & WO 2005/063114 A1	1-12
A	JP 2005-296382 A（本田技研工業株式会社）2005.10.27, [0015], 図3(a), 3(b)（ファミリーなし）	1-12

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ 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矛盾するものではなく、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

01.09.2017

国際調査報告の発送日

12.09.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

増渕 俊仁

2 Q

4 7 4 7

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

C (続き) . 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	JP 2009-254525 A (カルソニックカンセイ株式会社) 2009. 11. 05, [0042] (ファミリーなし)	1-12
A	JP 2007-4448 A (本田技研工業株式会社) 2007. 01. 11, [0021] (ファミリーなし)	1-12
A	WO 2015/086617 A1 (EBISAWA Yoshinobu) 2015. 06. 18, 第 19 頁第 29 行目-第 20 頁第 14 行目 & JP 2016-539717 A & US 2016/0270655 A1 & CN 105828700 A	1-12