

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2008年1月17日 (17.01.2008)

PCT

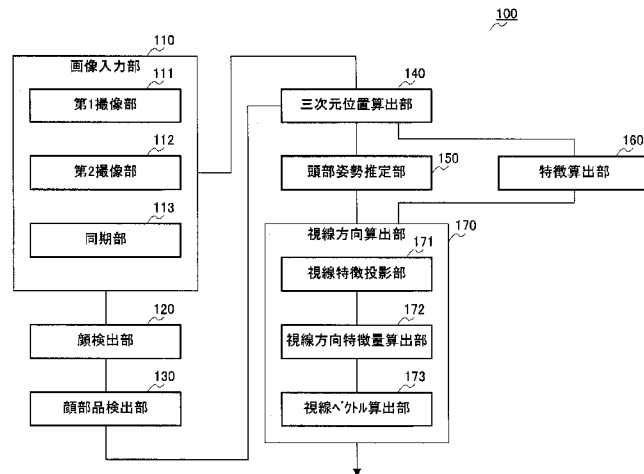
(10) 国際公開番号
WO 2008/007781 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 3/113 (2006.01) G06T 1/00 (2006.01)
G01B 11/26 (2006.01) G06T 7/60 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/064011
- (22) 国際出願日: 2007年7月13日 (13.07.2007)
- (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2006-194892 2006年7月14日 (14.07.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 築澤 宗太郎 (TSUKIZAWA, Sotaro).
- (74) 代理人: 鷺田 公一 (WASHIDA, Kimihito); 〒2060034 東京都多摩市鶴牧1丁目24-1 新都市センタービル5階 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK,

[続葉有]

(54) Title: VISUAL AXIS DIRECTION DETECTION DEVICE AND VISUAL LINE DIRECTION DETECTION METHOD

(54) 発明の名称: 視線方向検出装置および視線方向検出方法



- | | |
|----------------------------------|---|
| 110 IMAGE INPUT UNIT | 150 HEAD POSTURE ESTIMATION UNIT |
| 111 FIRST IMAGING UNIT | 170 VISUAL AXIS DIRECTION CALCULATION UNIT |
| 112 SECOND IMAGING UNIT | 171 VISUAL AXIS FEATURE PROJECTION UNIT |
| 113 SYNCHRONIZATION UNIT | 172 VISUAL AXIS DIRECTION FEATURE AMOUNT CALCULATION UNIT |
| 120 FACE DETECTION UNIT | 173 VISUAL AXIS VECTOR CALCULATION UNIT |
| 130 FACE PARTS DETECTION UNIT | 160 FEATURE CALCULATION UNIT |
| 140 3D POSITION CALCULATION UNIT | |

(57) Abstract: Provided is a visual axis direction detection device capable of obtaining a highly accurate visual axis direction detection result without performing a particular calibration for each of examinees. The device (100) includes: a feature calculation unit (160) which calculates as a reference position, a 3D position of the center of a face of an examinee whose visual axis direction is to be detected, from a 3D position of two face parts positioned symmetrically, and calculates as a feature position, a 3D position of the center of the right and left pupils of the examinee in the horizontal direction; a visual axis direction feature amount calculation unit (172) for calculating

[続葉有]

WO 2008/007781 A1



TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

a shift amount of the feature position from the reference position in the horizontal direction as a visual axis direction feature amount; and a visual axis vector calculation unit (173) for calculating the visual axis direction of the examinee according to the visual axis direction feature amount.

(57) 要約: 被検者ごとのキャリブレーションを特に行うことなく、高い精度の視線方向検出結果を得ることができ、視線方向検出装置。この装置(100)は、左右対称に位置する2つの顔部品の三次元位置から、視線方向の検出の対象となる被検者の顔の中心の三次元位置を、基準位置として算出するとともに、左右の瞳中心の三次元位置から、被検者の左右の瞳中心の左右方向における中心の三次元位置を、特徴位置として算出する特徴算出部(160)と、左右方向における基準位置に対する特徴位置のずれ量を、視線方向特徴量として算出する視線方向特徴量算出部(172)と、視線方向特徴量に基づいて、被検者の視線方向を算出する視線ベクトル算出部(173)とを有する。

明 細 書

視線方向検出装置および視線方向検出方法

技術分野

[0001] 本発明は、人の視線方向を検出する視線方向検出装置および視線方向検出方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、人の視線の方向を検出することにより、その人の注意の対象や意図を特定することが、多くの分野で注目されている。人間の視線方向の検出を非接触で行う技術が、従来提案されている(たとえば、特許文献1および特許文献2参照)。

[0003] 特許文献1記載の視線認識装置は、ステレオカメラを使用して視線方向の検出の対象となる人(以下「被検者」という)を撮影し、撮影した画像を解析して、被検者の瞳の中心と、片方の目の目頭および目尻の三次元位置を検出する。次に、目頭および目尻が眼球の外側球面上に位置する前提で、目頭の位置と目尻の位置および眼球半径に基づいて、被検者の眼球の中心の三次元位置を特定する。そして、眼球中心を始点とし、瞳中心を終点とするベクトルを、被検者の視線方向を示すベクトルとして算出する。

[0004] また、特許文献2記載の視線方向検出装置は、ステレオカメラで撮影した被検者の画像を解析し、被検者の瞳の中心と、被検者の瞳の輪郭が通る平面の三次元位置を求める。そして、瞳の輪郭が通る平面の法線のうち、瞳の中心を通る線の方角を、被検者の視線方向として検出する。

特許文献1:特開2003-15816号公報

特許文献2:特開2004-255074号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、目頭および目尻の形状や視覚的特徴には、個人差が大きい。したがって、上記した特許文献1記載の装置では、高い精度の視線方向検出結果を得るためには、被検者ごとに、実際の視線方向と検出される目頭および目尻の位置との関

係を測定により特定し、視線方向の算出に用いる各種パラメータの校正を行う必要がある。すなわち、被検者ごとに、装置の校正(キャリブレーション)を行わなくてはならないため、手間が掛かるだけでなく、装置が複雑化するという問題がある。

[0006] また、視覚的に検出される瞳の輪郭の状態も、睫および瞼の態様や、眼鏡およびコンタクトレンズの有無により、個人差が大きい。したがって、上記した特許文献2記載の装置においても、高い精度の視線方向検出結果を得るためには、特許文献1記載の装置と同様に、被検者ごとに装置のキャリブレーションを行う必要がある。

[0007] 本発明の目的は、被検者ごとのキャリブレーションを特に行うことなく高い精度の視線方向検出結果を得ることができる視線方向検出装置および視線方向検出方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の視線方向検出装置は、左右対称に位置する2つの顔部品の三次元位置から、視線方向の検出の対象となる被検者の顔の中心の三次元位置を、基準位置として算出する基準位置算出手段と、左右の瞳中心の三次元位置から、前記被検者の左右の瞳中心の左右方向における中心の三次元位置を、特徴位置として算出する特徴位置算出手段と、左右方向における前記基準位置に対する前記特徴位置のずれ量を、視線方向特徴量として算出する視線方向特徴量算出手段と、前記視線方向特徴量に基づいて、前記被検者の視線方向を算出する視線方向算出手段とを具備する構成を採る。

[0009] 本発明の視線方向検出方法は、左右対称に位置する2つの顔部品の三次元位置から、視線方向の検出の対象となる被検者の顔の中心の三次元位置を基準位置として算出するとともに、左右の瞳中心の三次元位置から、前記被検者の左右の瞳中心の左右方向における中心の三次元位置を特徴位置として算出する特徴算出ステップと、左右方向における前記基準位置に対する前記特徴位置のずれ量を、視線方向特徴量として算出する視線方向特徴量算出ステップと、前記視線方向特徴量に基づいて、前記被検者の視線方向を算出する視線方向算出ステップとを有するようにした。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、左右の瞳中心の三次元位置や、目頭などの左右対称に位置する2つの顔部品の三次元位置という、高い検出精度で取得できかつ検出精度に個人差が少ないようなパラメータから、被検者の視線方向を検出することができる。すなわち、被検者ごとのキャリブレーションを特に行うことなく、高い精度の視線方向検出結果を得ることができる。

図面の簡単な説明

- [0011] [図1]本発明の実施の形態1に係る視線方向検出装置の構成を示すブロック図
[図2]本発明の実施の形態1における視線方向検出装置による視線方向検出処理の流れを示すフローチャート
[図3]本発明の実施の形態1における画像入力部で取得されるステレオ画像対の一例を示す説明図
[図4]本発明の実施の形態1における視線方向ベクトルに関する各パラメータの関係を示す説明図
[図5]本発明の実施の形態2に係る視線方向検出装置の構成を示すブロック
[図6]本発明の実施の形態2における視線方向検出装置による視線方向検出処理の流れを示すフローチャート
[図7]本発明の実施の形態2における視線方向ベクトルに関する各パラメータの関係を示す説明図
[図8]本発明の実施の形態3に係る視線方向検出装置の構成を示すブロック図
[図9]本発明の実施の形態3における視線方向検出装置による視線方向検出処理の流れを示すフローチャート
[図10]本発明の実施の形態3における視線方向ベクトルに関する各パラメータの関係を示す説明図
[図11]本発明の実施の形態4に係る視線方向検出装置の構成を示すブロック図
[図12]本発明の実施の形態4における視線方向検出装置による視線方向検出処理の流れを示すフローチャート
[図13]本発明の実施の形態4における視線方向ベクトルに関する各パラメータの関係を示す説明図

[図14]本発明の実施の形態5に係る視線方向検出装置の構成を示すブロック図

[図15]本発明の実施の形態5における選択情報テーブルの内容の一例を示す図

[図16]本発明の実施の形態5における視線方向検出装置による視線方向検出処理の流れを示すフローチャート

[図17]本発明の実施の形態6に係る視線方向検出装置の構成を示すブロック図

[図18]本発明の実施の形態6における視線方向検出装置による視線方向検出処理の流れを示すフローチャート

[図19]本発明の実施の形態6における重み情報の内容の一例を示す図

[図20]本発明の実施の形態6における重み情報の内容の他の例を示す図

発明を実施するための最良の形態

[0012] 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

[0013] (実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1に係る視線方向検出装置の構成を示すブロック図である。本実施の形態の視線方向検出装置100は、たとえば、よそ見運転など、車の運転者に対して事故発生の危険を警報する警報装置に併設されるものであり、運転者の視線方向を検出するための装置である。ここで、視線方向の検出とは、被検者の目を始点とし被検者の注視対象を終点とするベクトルと、方向を同一とするベクトル(以下「視線ベクトル」という)を検出することを示す。

[0014] 図1において、視線方向検出装置100は、画像入力部110、顔検出部120、顔部品検出部130、三次元位置算出部140、頭部姿勢推定部150、特徴算出部160、および視線方向算出部170を有する。また、画像入力部110は、第1撮像部111、第2撮像部112、および同期部113を有し、視線方向算出部170は、視線特徴投影部171、視線方向特徴量算出部172、および視線ベクトル算出部173を有する。

[0015] 画像入力部110は、被検者を撮影して画像を入力し、入力画像を、顔検出部120および三次元位置算出部140へ出力する。

[0016] 画像入力部110において、第1撮像部111および第2撮像部112は、図示しないイメージセンサをそれぞれ備えており、異なる位置で被検者を撮影する。イメージセンサは、たとえば、レンズと、CCD(charge coupled device)またはCMOS(complement

ary metal oxide semiconductor)により構成される。また、第1撮像部111および第2撮像部112の、入力画像と撮像位置との関係を定義する内部パラメータや、第1撮像部111および第2撮像部112の撮像位置を定義する外部パラメータは、既知である。ここで、たとえば、内部パラメータには、焦点距離、画像中心座標、画素サイズ、およびレンズ歪み係数が含まれ、外部パラメータには、並進ベクトルおよび回転行列が含まれる。また、同期部113は、第1撮像部111と第2撮像部112が同期したタイミングで撮像を行うように制御する。すなわち、画像入力部110は、ステレオカメラとして機能し、第1撮像部111と第2撮像部112でほぼ同時刻に撮像された2つの画像の組(以下「ステレオ画像対」という)を出力する。なお、イメージセンサとして上記したCCDやCMOSを用いる場合には、画像入力部110は、デジタルステレオカメラとして機能する。

[0017] 顔検出部120は、画像入力部110により入力される画像から、被検者の顔(以下単に「顔」という)の画像の領域を検出し、顔の画像の領域(以下「顔領域」という)を示す顔領域情報を、ステレオ画像対のうち顔領域が検出された画像とともに、顔部品検出部130へ出力する。

[0018] 顔部品検出部130は、顔検出部120により入力される画像から、同じく顔検出部120により入力される顔領域情報に基づいて、顔の中心を基準として顔に左右対称に位置する部品(以下「顔部品」という)を検出する。すなわち、顔部品検出部130は、顔部品に対応する画像を検出する。この顔部品は、たとえば、目頭、目尻、鼻孔、口角、眉頭、眉尻である。また、顔部品検出部130は、検出した顔部品(顔部品に対応する画像)に基づいて、被検者の左右の瞳中心(瞳中心に対応する画像)を検出する。そして、顔部品検出部130は、検出した各顔部品および瞳中心の、顔領域が検出された画像における二次元位置を示す顔部品二次元位置情報を、三次元位置算出部140へ出力する。

[0019] 三次元位置算出部140は、画像入力部110から入力されるステレオ画像対、顔部品検出部130から入力される顔部品二次元位置情報、および上記した画像入力部110の既知の内部パラメータおよび外部パラメータに基づいて、各顔部品の三次元位置を算出する。そして、三次元位置算出部140は、各顔部品の三次元位置を示す顔

部品三次元位置情報を、頭部姿勢推定部150および特徴算出部160へ出力する。

[0020] 頭部姿勢推定部150(顔方向推定手段)は、三次元位置算出部140から入力される顔部品三次元位置情報から、顔正面の方向を示すベクトル(以下「顔正面ベクトル」という)を、被検者の頭部(以下単に「頭部」という)の姿勢を示す頭部姿勢パラメータとして取得する。具体的には、頭部姿勢推定部150は、左右で対応する2つの顔部品を含む3つ以上の顔部品のそれぞれの三次元位置を通る平面を算出し、その平面の法線ベクトルを、頭部姿勢パラメータとして取得する。そして、頭部姿勢推定部150は、取得した頭部姿勢パラメータを、視線方向算出部170へ出力する。

[0021] 特徴算出部160は、三次元位置算出部140により入力される顔部品三次元位置情報から、被検者の視線(以下単に「視線」という)の特徴を示す視線特徴パラメータを取得する。視線特徴パラメータは、視線方向に対応して移動する点である視線方向特徴点の三次元位置(特徴位置)と、視線方向特徴点の移動を判別する際の基準となる視線方向基準点の三次元位置(基準位置)から成る。具体的には、視線方向特徴点は、左右の瞳中心の midpoint であり、視線方向基準点は、左右で対応する2つの顔部品(たとえば左右の目頭)の midpoint である。そして、特徴算出部160は、取得した視線特徴パラメータを、顔部品三次元位置情報とともに、視線方向算出部170へ出力する。

[0022] 視線方向算出部170は、頭部姿勢推定部150から入力される頭部姿勢パラメータと、特徴算出部160から入力される視線特徴パラメータおよび顔部品三次元位置情報に基づいて、視線ベクトルを算出する。

[0023] 視線方向算出部170において、視線特徴投影部171は、視線方向特徴点を、視線方向基準点の基となった左右で対応する2つの顔部品を通る直線に垂直に投影した、視線特徴投影点の三次元位置を算出する。視線方向特徴量算出部172は、視線方向基準点に対する視線特徴投影点のずれ量を、視線方向の特徴を示す量(以下「視線方向特徴量」という)として算出する。視線ベクトル算出部173は、視線方向特徴量と顔正面ベクトルに基づいて、視線ベクトルを算出する。視線方向算出部170は、算出された視線ベクトルを、視線方向検出結果として、たとえば上記した警報装置へ出力する。

- [0024] 視線方向検出装置100は、図示しないが、CPU(Central Processing Unit)と、制御プログラムを格納したROM(Read Only Memory)と、CPUの作業用メモリとしてのRAM(Random Access Memory)とを備えている。すなわち、上記した視線方向検出装置100の各部の機能は、CPUが制御プログラムを実行することにより実現される。
- [0025] 以上の構成を有する視線方向検出装置100の動作について、以下、詳細な説明を行う。
- [0026] 図2は、視線方向検出装置100による視線方向検出処理の流れを示すフローチャートである。この視線方向検出処理は、たとえば、上記した警報装置の起動を示す信号の入力や、ユーザ操作による処理開始の指示をトリガとして開始される。
- [0027] 図2のステップS1000において、画像入力部110は、第1撮像部111および第2撮像部112により撮像された2つの画像を、ステレオ画像対として入力する。
- [0028] 図3は、画像入力部110で取得されるステレオ画像対の一例を示す説明図である。ステレオ画像対400は、上記したように、第1撮像部111で撮像された画像(以下「第1画像」という)401と、第2撮像部112で撮像された画像(以下「第2画像」という)402から成る。ここで、第1撮像部111は、頭部をやや左側からみる位置に配置され、第2撮像部112は、頭部をやや右側からみる位置に配置されている。したがって、第1画像401と第2画像402は、同期部113の制御によりほぼ同時に撮像されたものであるが、異なった画像となっている。
- [0029] 画像入力部110は、上記したようにデジタルステレオカメラとして機能する場合には、たとえば、PPM(Portable Pix Map file format)形式の画像データとして、第1画像401および第2画像402を取得する。画像入力部110は、取得した画像データを、画像入力部110に備えられた図示しない記憶部(たとえば、上記したRAMの所定のメモリ空間)に一時的に記憶させる。そして、顔検出部120および三次元位置算出部140は、この記憶部から、PPM形式の画像データを取得する。
- [0030] 図2のステップS1100において、顔検出部120は、ステップS1000で入力されたステレオ画像対400のうち、第1画像401に対し、顔領域403の検出を行い、上記した顔領域情報を生成する。なお、顔検出部120は、第1画像401のみを画像入力部110から取得するようにしてもよい。

- [0031] 顔検出部120は、たとえば、第1画像401のうち、あらかじめ用意した平均顔の顔領域を表す特徴画像との相関が最も高い画像部分を特定することにより、顔領域403を検出する。具体的には、顔検出部120は、第1画像401から、特徴となる画像部分を複数抽出し、抽出した各画像部分と、特徴画像とを比較する。そして、抽出した画像部分のうち、特徴画像との類似度が最も高いものを、顔領域403に決定する。
- [0032] 顔検出部120は、たとえば、第1画像401のガボール特徴量を算出し、あらかじめ用意しておいた特徴画像のガボール特徴量と照合して、その差分の絶対値の逆数を、この類似度として用いるようにすればよい。ここで、ガボール特徴量とは、画像にガボールウェーブレット変換を施すことにより算出される、画像の特徴を示す値である。
- [0033] また、顔検出部120は、第1画像401を解析して肌色の領域を検出したり、楕円形に近い形状の領域を検出したり、統計的パターン識別手法を用いることにより、顔領域403を検出するようにしてもよい。なお、第1画像401または第2画像402において顔領域403の検出を行うことが可能であれば、上記以外の各種手法を適用してもよいことは勿論である。
- [0034] 顔部品は、当然ながら顔に位置している。したがって、このように顔領域403を検出しておくことにより、顔部品の探索の対象となる領域を顔に絞ることができ、処理の高速化を図ることができる。
- [0035] ステップS1200において、顔部品検出部130は、ステップS1100で生成された顔領域情報を基に、第1画像401の顔領域403を探索領域として、第1画像401から、顔部品404を検出する。ただし、顔部品検出部130は、たとえば、左右の目頭と左の口角というように、少なくとも2種類の顔部品を検出するとともに、少なくとも1種類については左右の両方を検出する。ここで、顔部品404として、左右の口角、左右の目頭、左右の目尻を検出したものとする。これらの顔部品404は、上記したように、顔の中心を基準として左右対称に位置している。
- [0036] 顔部品検出部130は、たとえば、分離度フィルタを用いて第1画像401の顔領域403の各位置の分離度を検出し、分離度が高い箇所の中から、顔部品404に該当するものを特定することにより、顔部品404を検出する。具体的には、顔部品検出部13

0は、顔領域と顔部品との位置関係をあらかじめ記憶または学習しておき、分離度が高い箇所のうち、尤度が高い箇所を顔部品404として検出する。または、顔部品検出部130は、平均顔の画像を部分的に切り取った画像部分から作成された画像部品のテンプレートを用意しておき、第1画像401の顔領域403の各所に対してテンプレートマッチングを行って類似する箇所を探索することにより、顔部品404を検出するようにしてもよい。

[0037] ステップS1300において、顔部品検出部130は、ステップS1100で生成された顔領域情報を基に、第1画像401の顔領域403を探索領域として、第1画像401から、被検者の瞳中心405を検出する。

[0038] 顔部品検出部130は、たとえば、顔部品404のうち目尻と目頭を含む領域に対して円形分離度フィルタを適用し、最も輝度の分離度が高い円中心を、瞳中心405として検出する。ただし、このとき、ソーベル(Sobel)フィルタを用いたエッジ検出や、大津の閾値法を用いた輝度の二値化などにより瞼を検出し、上下瞼に挟まれた領域内のみを検出対象範囲とすることが望ましい。または、顔部品検出部130は、目尻と目頭を含む領域において、水平方向および垂直方向のそれぞれで輝度をとって、それぞれの輝度とが小さい点を瞳中心405とするようにしてもよい。なお、瞳中心405の検出を行うことが可能であれば、上記以外の各種手法を適用してもよいことは勿論である。

[0039] ステップS1400において、三次元位置算出部140は、ステップS1000で取得されたステレオ画像対400、ステップS1200で検出された顔部品404、およびステップS1300で検出された瞳中心405に基づいて、顔部品404および瞳中心405の三次元位置を算出する。具体的には、三次元位置算出部140は、第1画像401と第2画像402のそれぞれにおける顔部品404および瞳中心405の二次元位置と、上記した第1撮像部111と第2撮像部112の内部パラメータおよび外部パラメータを基に、ステレオ法により、顔部品404および瞳中心405の三次元位置を算出する。そして、三次元位置算出部140は、算出した各顔部品の三次元位置を、顔部品三次元位置情報として、頭部姿勢推定部150および特徴算出部160へ出力する。

[0040] 三次元位置算出部140は、たとえば、第2画像402に対してテンプレートマッチング

を行うことにより、顔部品404および瞳中心405の第2画像402における対応点の位置を検出する。具体的には、三次元位置算出部140は、第1画像401における各顔部品404と瞳中心405を含む画像部分のそれぞれをテンプレートとするとともに、第1画像401における各顔部品404と瞳中心405のエピポーラ線を第2画像402に対して引く。そして、エピポーラ線上で、対応するテンプレートに最も相関の高い箇所を探索して、顔部品404および瞳中心405の対応点の第2画像402における位置を特定する。

[0041] なお、三次元位置算出部140は、第1画像401を基に顔を三次元モデル化して、第2画像402における対応点の探索範囲を限定するようにしてもよい。このように、顔部品404および瞳中心405の対応点の探索領域を絞ることにより、処理の高速化を図ることができる。また、三次元位置算出部140は、顔の形状を三次元モデル化した上で、特徴が顕著な顔部品405の対応点の探索を優先させて、顔全体の三次元形状として考えた際に矛盾が生じないように、残りの対応点を探索するようにしてもよい。顔部品404および瞳中心405の三次元位置の検出を行うことが可能であれば、上記以外の各種手法を適用してもよいことは勿論である。

[0042] ステップS1500において、頭部姿勢推定部150は、ステップS1400で検出された顔部品404の三次元位置に基づいて、頭部の姿勢を推定し、頭部姿勢パラメータを取得する。

[0043] 頭部姿勢推定部150は、たとえば、ステップS1200で取得された顔部品404のうち、左右の口角と左右の目頭の4点を通る平面を特定し、その法線ベクトルを算出する。そして、算出した法線ベクトルを、顔正面ベクトル、つまり頭部姿勢パラメータとする。なお、実際には上記した4点のすべてを通る平面を常に取得することは難しいため、各点から引いた垂線の長さの二乗和が最小となる平面を特定し、その法線ベクトルを顔正面ベクトルとする。または、たとえば、左右の口角と一方の目頭の3点を通る平面を特定し、その法線ベクトルを顔正面ベクトルとしてもよい。または、左右の目頭を結ぶベクトルと、いずれかの目頭と左右の口角の中点を結ぶベクトルを求め、これらの2つのベクトルの外積をとることにより、顔正面ベクトルを求めるようにしてもよい。また、平面を算出する際の評価方法として、M推定などのロバスト推定手法を用いても

よい。なお、顔正面ベクトルの算出を行うことが可能であれば、上記以外の各種手法を適用してもよいことは勿論である。

- [0044] ステップS1600において、特徴算出部160は、ステップS1400で検出された瞳中心405および顔部品404の三次元位置に基づいて、視線特徴パラメータを取得する。
- [0045] 特徴算出部160は、左右の瞳中心405の三次元位置から、左右の瞳中心405の midpoint の三次元位置を特定し、特定した点を上記した視線方向特徴点とする。また、特徴算出部160は、たとえば、顔部品404のうち左右の目頭の三次元位置から、左右の目頭の midpoint の三次元位置を特定し、特定した点を上記した視線方向基準点とする。
- [0046] なお、左右の目尻の midpoint、左右の口角の midpoint など、顔に左右対称に存在する他の顔部品404の midpoint を、視線方向基準点としてもよい。また、左右の目尻と左右の口角というように、左右対称の顔部品を複数組選定し、それぞれの各点の重心を視線方向基準点としてもよい。すなわち、視線方向基準点は、顔が左右対称となっている前提で、顔の左右方向の中心に位置する点である。特徴算出部160は、視線特徴パラメータだけでなく、視線方向基準点の基となった顔部品404の三次元位置に関する情報も、視線方向算出部170へ出力する。
- [0047] ステップS1700において、視線特徴投影部171は、ステップS1600で取得された視線特徴パラメータおよび顔部品三次元位置情報に基づいて、視線方向特徴点を、視線方向基準点の基となった左右の対応する2つの顔部品404を通る直線へ投影し、その投影点を、視線特徴投影点として取得する。
- [0048] 視線特徴投影部171は、たとえば、左右の目頭の midpoint が視線方向基準点とされた場合には、視線方向特徴点から左右の目頭を通る直線へ垂線を下ろし、この垂線と左右の目頭を通る直線との交点を、視線特徴投影点として取得する。また、たとえば、3点以上の顔部品404の重心が視線方向基準点とされた場合には、顔部品404を左右に分け、左右それぞれの顔部品404の重心を通る直線に対して、垂線を下ろすようにすればよい。
- [0049] ステップS1800において、視線方向特徴量算出部172は、ステップS1600で取得

された視線方向基準点と、ステップS1700で取得された視線特徴投影点に基づいて、視線方向特徴量を算出する。

[0050] 図4は、視線方向ベクトルに関する各パラメータの関係を示す説明図であり、被検者の目とその周辺部分を上方からみた状態で示している。ここでは、左右の目頭の中点が視線方向基準点とされた場合を例として説明を行う。

[0051] 図4に示すように、視線方向基準点 F_c は、左目頭501と右目頭502の中点である。また、瞳中心503が移動すると、視線方向特徴点504も移動し、視線特徴投影点 E_c も左右の同じ方向に同じ距離だけ移動する。したがって、瞳中心503が、顔正面を向いたときの位置に対して左右方向にずれ量 d だけ移動した場合、視線特徴投影点 E_c も、視線方向基準点 F_c に対して左右方向にずれ量 d だけ移動する。ここで、視線方向基準点 F_c を基準とするずれ量 d および顔正面ベクトル512を基準とする角度について、顔を正面からみたときの左方向を正とする。

[0052] ずれ量 d は、視線方向特徴量であり、視線方向特徴点504が視線方向基準点 F_c よりも左側にある場合には、たとえば、以下に示す式(1)を用いて求められる。また、視線方向特徴点504が視線方向基準点 F_c よりも右側にある場合には、ずれ量 d は、たとえば、以下に示す式(2)を用いて求められる。

[0053] [数1]

$$d = \left| \overrightarrow{E_c F_c} \right| \quad \dots\dots (1)$$

[数2]

$$d = -\left| \overrightarrow{E_c F_c} \right| \quad \dots\dots (2)$$

[0054] ステップS1900において、視線ベクトル算出部173は、ステップS1900で算出された視線方向特徴量に基づいて、視線ベクトル511と顔正面ベクトル512とが成す角を算出し、視線ベクトル511を算出する。そして、算出した視線ベクトル511を、たとえば、上記した警報装置へ出力する。

[0055] 顔を基準としたときの瞳中心503の回転中心は、眼球中心505に一致するため、視線ベクトル511は、眼球中心505を始点とし瞳中心503を終点とするベクトルで示すことができる。したがって、眼球半径を r としたとき、視線ベクトル511と顔正面ベクトル

512とが成す角 θ に関して、以下の式(3)が成り立つ。

[0056] [数3]

$$\frac{d}{r} = \sin \theta \quad \dots\dots (3)$$

[0057] したがって、視線ベクトル511と顔正面ベクトル512とが成す角 θ は、たとえば、以下の式(4)を用いて求められる。

[0058] [数4]

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{d}{r}\right) \quad \dots\dots (4)$$

[0059] なお、眼球半径 r は、成人であれば個人差は少ないため、あらかじめ定めた値を用いることができる。また、年齢や性別、人種といった被検者の特性に合わせて、眼球半径 r の値を切り変えたり、被検者の実際の眼球半径を測定し、測定結果を用いるようにしてもよい。

[0060] ここで、三次元位置算出部140で三次元位置を表現するのに使用する座標系、つまり第1撮像部111および第2撮像部112の撮像位置を基準とした座標系を、ステレオカメラ座標系というものとする。また、視線方向基準点の基となった左右で対応する2つの顔部品404(図4では、左目頭501と右目頭502)を通る直線を x 軸とし、顔正面ベクトル512と平行な z 軸を有する座標系を、顔座標系というものとする。

[0061] 顔座標系における顔正面ベクトル512の各成分を、 $(0, 0, f_z)$ とし、顔座標系における視線ベクトル511の各成分を、 (g_x, g_y, g_z) とすると、視線ベクトル511は、たとえば、以下の式(5)を用いて求められる。

[0062] [数5]

$$[g_x \ g_y \ g_z \ 1] = [0 \ 0 \ f_z \ 1] \cdot \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots\dots (5)$$

[0063] 顔座標系の各軸は、ステレオカメラ座標系で表現可能なベクトルまたは特徴を基に定義される。したがって、顔座標系で表現される視線ベクトル511は、ステレオカメラ

座標系においても表現することが可能である。したがって、第1撮像部111および第2撮像部112の外部パラメータから、たとえば視線ベクトルが外界のどの方向を向いているかを検出することができる。

[0064] たとえば、ステレオカメラ座標系における視線ベクトル511の各成分を(G_x, G_y, G_z)とし、顔座標系からステレオカメラ座標系へ回転行列および並進ベクトルをそれぞれR、Tとすると、ステレオカメラ座標系における視線ベクトル511は、たとえば、以下の式(6)を用いて求められる。

[0065] [数6]

$$[G_x \ G_y \ G_z] = [g_x \ g_y \ g_z] \cdot R + T \quad \dots\dots (6)$$

[0066] なお、回転行列Rおよび並進ベクトルTは、顔正面ベクトル512を算出する際に用いた顔部品3点の座標から取得することが可能である。

[0067] ステップS2000において、視線方向検出装置100は、視線ベクトル511を検出する処理の終了判定を行う。この終了判定は、たとえば、上記した警報装置の停止を示す信号の入力や、ユーザ操作による処理停止の指示の有無を判別することにより行われる。処理を終了すると判定した場合には(S2000:YES)、そのまま一連の処理を終了する。処理を終了しないと判定した場合には(S2000:NO)、ステップS1000へ戻り、再びステレオ画像対400を入力し、視線ベクトル511の検出を行う。

[0068] ただし、視線方向検出装置100を構成する複数の処理部で並行して処理を進められる場合には、直前に取得されたステレオ画像対400から視線ベクトル511が取得される前に、次のステレオ画像対400の取得を行うようにしてもよい。また、画像入力部110は一定周期ごとに撮像を行うようにしてもよい。この場合には、視線方向検出装置100は、ステップS2000の終了判定を早期に行い、視線ベクトル511を検出する処理を終了することを判定したときに、画像入力部110の撮像を停止させる。なお、ステップS1000からステップS1900までの処理に要する時間を短縮すればするほど、よりリアルタイムに近い視線方向検出を実現できることと、ステップS1000の処理間隔を短くすればするほど、より細やかな視線方向検出を実現できることは、いうまでもない。

- [0069] このようにして、視線方向検出装置100は、被検者がどの方向を見ているかを、視線ベクトル511として検出し、警報装置へ出力する。
- [0070] 警報装置では、たとえば、ステレオカメラ座標系において、フロントガラスの領域、サイドミラーの領域、カーナビゲーション装置の液晶パネルの領域などを記憶しており、入力される視線ベクトル511を基に、運転者がどの領域に視線を向けているかを監視する。そして、たとえば、左右にハンドルを切る操作が行われる際に、ハンドルを切る側のサイドミラーに運転者の視線が向いていない場合には、サイドミラーを確認するよう警告を行う。これにより、ハンドルを切る際の巻き込み事故を未然に防ぐことが可能となる。
- [0071] 以上説明したように、本実施の形態によれば、人間の左右の瞳中心が、顔正面の方向を見ているときには顔に左右対称に配置され、他の方向を見る際には連動して動くという、人間の顔に一般的に共通する特徴を利用し、視線方向の検出を行うようにした。具体的には、左右の瞳中心の三次元位置と、顔の中心を基準として顔に左右対称に位置する顔部品の三次元位置とを検出し、左右の瞳中心の midpoint、顔の中心に対する左右方向のずれ量を検出し、そのずれ量と眼球半径に基づいて視線方向を検出するようにした。
- [0072] これにより、高い検出精度で取得することが可能であり、かつ検出精度に個人差が少ないパラメータから、視線方向を検出することができる。したがって、被検者ごとのキャリブレーションを特に行うことなく、高い精度の視線方向検出結果を、安定して得ることができる。また、たとえば、ステレオカメラによる低解像度の撮影像からでも、高い精度の視線方向検出結果を安定して得ることができる。すなわち、ステレオカメラの解像度を低く抑えることができ、装置の低コスト化を図ることができる。
- [0073] また、人間の顔に左右対称に存在する顔部品を利用して、ステレオカメラ座標系などの特定の座標系における顔正面の方向を検出するので、検出した視線方向を特定の座標系で表現することができ、検出結果の利用価値を高めることができる。また、ステレオカメラで撮影した画像に基づいて、左右の瞳中心の midpoint、顔の中心に対する左右方向のずれ量を検出するので、非接触での視線方向検出を実現することができ、各種分野に柔軟に適用することができる。さらに、上記した人間の顔に共通

する特徴を利用するだけでなく、個人差の少ない眼球半径を既知の値とすることで、被検者ごとのキャリブレーションが全く不要となる。これにより、より短時間で視線方向検出を開始することができるとともに、使用者への負担を軽減することができる。すなわち、より簡便かつ気軽に、人間の視線方向を検出することが可能となる。

[0074] 特に、車の運転者に対して事故の危険性を警報する警報装置に適用するような場合、ステレオカメラを使用して非接触での視線方向検出を行う必要があるが、運転時の車内の明るさや照明状態の変動が大きいと、画像に影などの不確定要素が入りやすい。したがって、このような警報装置には、本実施の形態による視線方向検出装置は、特に有用である。

[0075] なお、本実施の形態の視線方向検出装置では、顔の左右方向における瞳の移動に対応した視線方向検出のみを行うようになっているが、通常、人の瞳は上下方向に比べて左右方向により大きく移動するため、被検者の注意の対象や意図を特定するための情報として、十分に利用価値の高い検出結果を得ることができる。また、顔の上下方向における瞳の移動に対応した視線方向検出の技術と組み合わせてもよいことは勿論である。

[0076] (実施の形態2)

以上説明した実施の形態1では、左右の瞳中心の midpoint の左右方向のずれ量を算出する際に、視線特徴投影点を用いたが、本実施の形態では、顔の左右方向における中心に位置する基準面を算出し、算出された基準面(対称面)を用いる。

[0077] 図5は、本発明の実施の形態2に係る視線方向検出装置の構成を示すブロック図であり、実施の形態1の図1に対応するものである。

[0078] 図5において、本実施の形態の視線方向検出装置200は、図1に示す視線方向算出部170に代えて、視線方向算出部270を有している。視線方向算出部270は、図1に示す視線特徴投影部171および視線方向特徴量算出部172に代えて、視線基準面算出部271および視線方向特徴量算出部272を有している。

[0079] 視線方向算出部270において、視線基準面算出部271は、顔の対称面に相当する視線基準面の三次元位置(基準位置)を算出する。視線方向特徴量算出部272は、視線基準面に対する視線方向特徴点のずれ量を、視線方向特徴量として算出す

る。

[0080] 図6は、視線方向検出装置200による視線方向検出処理の流れを示すフローチャートであり、実施の形態1の図2に対応するものである。

[0081] ステップS1000からステップS1600までの処理は、図2と同様である。ステップS1600で、特徴算出部160が視線特徴パラメータを取得すると、ステップS1710へ進む。

[0082] ステップS1710において、視線基準面算出部271は、ステップS1400で取得された顔部品三次元位置情報と、ステップS1600で取得された視線特徴パラメータとに基づいて、上記した視線基準面を算出する。ここで、視線基準面は、視線方向基準点の基となった左右で対応する2つの顔部品404を通る直線を法線とし、視線方向基準点を通る平面と定義する。

[0083] 視線基準面算出部271は、まず、視線方向基準点Fcの基となった左右で対応する2つの顔部品404を結ぶベクトル(以下「顔部品ベクトル」という)を算出する。そして、算出した顔部品ベクトルと、視線方向基準点に基づいて、視線基準面を算出する。

[0084] 図7は、視線方向ベクトルに関する各パラメータの関係を示す説明図であり、実施の形態1の図4に対応するものである。

[0085] 図7に示すように、視線基準面601は、視線方向基準点Fcの基となった左右で対応する2つの顔部品404(図7では、左目頭501と右目頭502)を通る直線と直交し、視線方向基準点Fcを通る。顔部品ベクトル611の各成分を、(a, b, c)とし、視線方向基準点Fcの座標を、 (x_f, y_f, z_f) とすると、視線基準面601は、たとえば、以下の式(7)で示される。

[0086] [数7]

$$a(x - x_f) + b(y - y_f) + c(z - z_f) = 0 \quad \dots\dots (7)$$

[0087] ステップS1810において、視線方向特徴量算出部272は、ステップS1600で取得された視線方向特徴点504と、ステップS1710で算出された視線基準面601に基づいて、視線基準面601に対する視線方向特徴点504のずれ量dを算出する。

[0088] ずれ量d、つまり視線方向特徴量は、視線方向特徴点504の座標を、 (x_p, y_p, z_p)

とすると、視線方向特徴点504が視線基準面601よりも左側にある場合には、たとえば、以下の式(8)を用いて求めることができる。また、視線方向特徴点504が視線基準面601よりも右側にある場合には、ずれ量dは、たとえば、以下に示す式(9)を用いて求められる。

[0089] [数8]

$$d = \frac{|a(x_p - x_f) + b(y_p - y_f) + c(z_p - z_f)|}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} \quad \dots\dots (8)$$

[数9]

$$d = -\frac{|a(x_p - x_f) + b(y_p - y_f) + c(z_p - z_f)|}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} \quad \dots\dots (9)$$

[0090] 図6において、以上のようにステップS1810で視線方向特徴量が算出されると、ステップS1900へ進む。ステップS1900以降の処理については、図2と同様であり、ステップS1900において、視線ベクトル511が算出される。この演算には、たとえば、眼球半径rを既知の値として、実施の形態1の式(3)、式(4)、式(5)、および式(6)を用いればよい。

[0091] このように、本実施の形態によれば、実施の形態1と同様に、被検者ごとのキャリブレーションを特に行うことなく、高い精度の視線方向検出結果を、安定して得ることができる。また、実施の形態1における視線方向特徴量の精度は、視線方向投影点と視線特徴点との距離、つまり視線方向基準点の基となる顔部品の選定によって変動するが、本実施の形態では視線基準面を基準とするため、このような精度のばらつきを抑えることができる。したがって、実施の形態1と比較して、視線ベクトルの検出精度を向上させることができる。

[0092] (実施の形態3)

たとえば車を運転中の人の視線方向検出を行う場合、広い範囲で顔の向きを変えるため、一時的に片目しか撮像できないことがある。そこで、本実施の形態では、両目を撮像できたときの情報を記憶しておき、一時的に片目しか撮像できないことがあっても、継続的に視線方向を検出できるようにする。

- [0093] 図8は、本発明の実施の形態3に係る視線方向検出装置の構成を示すブロック図であり、実施の形態1の図1に対応するものである。
- [0094] 図8において、本実施の形態の視線方向検出装置300は、図1に示す特徴算出部160および視線方向算出部170に代えて、特徴算出部360および視線方向算出部370を有している。視線方向算出部370は、図1に示す視線特徴投影部171および視線方向特徴量算出部172に代えて、視線特徴投影部371および視線方向特徴量算出部372を有している。また、視線方向検出装置300は、特徴記憶部365を有している。
- [0095] 特徴算出部360は、三次元位置算出部140から入力される顔部品三次元位置情報から、視線特徴パラメータを取得するとともに、左右の瞳中心の距離である瞳間距離を算出する。ただし、本実施の形態では、視線特徴パラメータは視線方向基準点を含んでいればよく、必ずしも視線方向特徴点を含む必要はない。
- [0096] 特徴記憶部365は、特徴算出部360で算出される瞳間距離を記憶する。
- [0097] 視線方向算出部370において、視線特徴投影部371は、左右の瞳中心のうち、適切な方の瞳中心を、視線方向基準点の基となる顔部品404を通る直線へ投影した投影点(以下「顔部品投影点」という)を算出する。視線方向特徴量算出部372は、顔部品投影点と、視線特徴パラメータと、特徴記憶部365に記憶されている瞳間距離に基づいて、視線方向特徴量を算出する。
- [0098] 図9は、視線方向検出装置300による視線方向検出処理の流れを示すフローチャートであり、実施の形態1の図2に対応するものである。
- [0099] ステップS1000からステップS1500までの処理は、図2と同様である。ステップS1500で、頭部姿勢推定部150が頭部姿勢パラメータを取得すると、ステップS1550へ進む。
- [0100] ステップS1550において、特徴算出部360は、視線特徴パラメータ(視線方向基準点)を取得するとともに、被検者の左右の瞳中心の三次元位置を基に、瞳間距離を算出し、特徴記憶部365に記憶させる。過去の情報が特徴記憶部365に既に記憶されている場合には、新たに算出した瞳間距離で記憶内容を更新する。
- [0101] ただし、顔が横を向いていたり、眼鏡のレンズへの映り込みが激しいなどして、ステ

ップS1000で、第1撮像部111および第2撮像部112の両方が、左右の瞳中心の両方を撮像できなかった場合には、視線方向特徴点の取得と、瞳間距離の算出および記憶は行わずに、そのままステップS1600へ進む。また、同一の被検者について過去に取得された瞳間距離が特徴記憶部365に既に記憶されている場合も、瞳間距離の算出および記憶を行わずに、そのままステップS1600へ進むようにしてもよい。

[0102] ステップS1600において、特徴算出部360は、ステップS1400で検出された瞳中心405および顔部品404の三次元位置に基づいて、視線特徴パラメータを取得し、ステップS1720へ進む。

[0103] ステップS1720において、視線特徴投影部371は、ステップS1400で取得された顔部品三次元位置情報と、ステップS1600で取得された視線特徴パラメータとに基づいて、左右の瞳中心のいずれかを、視線方向基準点の基となった左右の対応する2つの顔部品404を通る直線へ投影し、その投影点を、顔部品投影点として取得する。

[0104] ステップS1820において、視線方向特徴量算出部372は、ステップS1550で取得された視線方向基準点と、ステップS1720で取得された顔部品投影点に基づいて、視線方向特徴量を算出する。

[0105] 図10は、視線方向ベクトルに関する各パラメータの関係を示す説明図であり、実施の形態1の図4に対応するものである。

[0106] 図10に示すように、瞳中心503が移動すると、視線方向基準点 F_c の基となった2つの顔部品404(図10では、左目頭501と右目頭502)が通る直線に投影された左右の顔部品投影点 E_p の midpoint 701の三次元位置(特徴位置)も、左右方向に同じずれ量だけ移動する。したがって、瞳中心503が、顔正面を向いたときの位置に対して左右方向にずれ量 d だけ移動した場合、左右の顔部品投影点 E_p の midpoint 701も、視線方向基準点 F_c に対して左右方向にずれ量 d だけ移動する。

[0107] ずれ量 d は、視線方向特徴量であり、瞳間距離を L_{eye} とすると、左右の顔部品投影点 E_p の midpoint 701が視線方向基準点 F_c によりも左側にある場合には、たとえば、以下に示す式(10)を用いて求められる。また、左右の顔部品投影点 E_p の midpoint 701が視線方向基準点 F_c によりも右側にある場合には、ずれ量 d は、たとえば、以下に示す式

(11)を用いて求められる。

[0108] [数10]

$$d = \left| \overrightarrow{E_p F_c} - 0.5L_{eye} \right| \quad \dots\dots (10)$$

[数11]

$$d = -\left| \overrightarrow{E_p F_c} - 0.5L_{eye} \right| \quad \dots\dots (11)$$

[0109] 上記した式(10)および式(11)により算出される値は、左右の顔部品投影点 E_p のいずれを採用してもそれぞれ同一となる。したがって、視線方向特徴量を算出する際には、左右の顔部品投影点 E_p のうち任意の一方を採用することができる。これは、視線方向基準点 F_c と瞳間距離 L_{eye} を取得すれば、左右の瞳中心503のうちいずれか一方の三次元位置のみから、視線方向特徴量を算出できることを意味する。すなわち、必ずしも左右の瞳の両方を撮像する必要がなく、たとえば、顔が横を向き、一時的に片目しか撮像できなくても、継続して視線方向特徴量を算出できる。

[0110] 図10において、以上のようにステップS1820で視線方向特徴量が算出されると、ステップS1900へ進む。ステップS1900以降の処理については、図2と同様であり、ステップS1900において、視線ベクトル511が算出される。この演算には、たとえば、眼球半径 r を既知の値として、実施の形態1の式(3)、式(4)、式(5)、および式(6)を用いればよい。

[0111] このように、本実施の形態によれば、実施の形態1および実施の形態2と同様に、被検者ごとのキャリブレーションを特に行うことなく、高い精度の視線方向検出結果を、安定して得ることができる。また、瞳間距離を記憶しておくことにより、左右の顔部品投影点の midpoint を片方の瞳中心から特定できるので、片目しか撮像できなくても、正面方向に対する瞳中心の左右方向のずれ量を常に取得することができる。

[0112] すなわち、本実施の形態によれば、顔の向きや、髪や眼鏡の縁、光の反射などの原因により、被検者の片目しか撮像できない場合でも、視線方向を検出することができ、高い精度の視線方向検出結果をより安定的に得ることができる。たとえば、顔が左向きならば右目、右向きならば左目というように、第1撮像部111および第2撮像部

112から向かって顔の向きと逆側の瞳の中心を、三次元位置の検出の対象として選択すればよい。

[0113] なお、瞳間距離は、別途検出を行ったり、初期値として入力することにより、あらかじめ記憶しておくようにしてもよい。さらに、左右の瞳中心の両方が検出されているときには、実施の形態1または実施の形態2で説明した手法により視線方向特徴量を算出し、片方の瞳中心しか検出できないときにのみ本実施の形態で説明した手法を適用するようにしてもよい。この場合、左右の瞳中心の両方が検出されているか否かを判別し、判別結果に応じて処理を切り変えるようにすればよい。

[0114] (実施の形態4)

実施の形態4では、実施の形態3で説明した片方の瞳中心の三次元位置を用いた視線方向検出を、実施の形態2で説明した視線基準面を用いて行う場合について説明する。

[0115] 図11は、本発明の実施の形態4に係る視線方向検出装置の構成を示すブロック図であり、実施の形態2の図5および実施の形態3の図8に対応するものである。

[0116] 図11において、本実施の形態の視線方向検出装置600は、図8に示す視線方向算出部370に代えて、視線方向算出部670を有している。視線方向算出部670は、図8に示す視線特徴投影部371および視線方向特徴量算出部372に代えて、図5に示す視線基準面算出部271と、視線方向特徴量算出部672とを有している。

[0117] 視線方向算出部670において、視線方向特徴量算出部672は、視線基準面算出部271により算出された視線基準面の三次元位置と、特徴算出部360により算出された視線特徴パラメータと、特徴記憶部365に記憶されている瞳間距離とに基づいて、視線方向特徴量を算出する。

[0118] 図12は、視線方向検出装置600による視線方向検出処理の流れを示すフローチャートであり、実施の形態2の図6および実施の形態3の図9に対応するものである。

[0119] ステップS1000からステップS1600までの処理は、図9と同様である。また、ステップS1710およびステップS1900以降の処理は、ステップS1810の処理をステップS1830の処理に代えたことを除き、図6と同様である。

[0120] ステップS1830において、視線方向特徴量算出部672は、ステップS1400で検出

された瞳中心の三次元位置と、ステップS1550で求められた瞳間距離と、ステップS1710で求められた視線基準面とに基づいて、視線方向特徴量を算出する。

[0121] 図13は、視線方向ベクトルに関する各パラメータの関係を示す説明図であり、実施の形態2の図7および実施の形態3の図10に対応するものである。

[0122] 図13に示すように、瞳中心503が、顔正面を向いたときの位置に対して左右方向にずれ量dだけ移動した場合、左右の瞳中心503の midpoint である視線方向特徴点504も、視線基準面601に対して左右方向にずれ量dだけ移動する。また、左右の瞳中心503を結ぶ線は視線基準面601と直交する。したがって、左右いずれかの瞳中心503の視線基準面601からの距離Dと、瞳間距離 L_{eye} との差分が、ずれ量dとなる。

[0123] 顔部品ベクトル611の各成分を(a, b, c)とし、視線方向基準点Fcの座標を(x_f, y_f, z_f)とし、左右いずれかの瞳中心の座標を(x_q, y_q, z_q)とすると、瞳中心503の視線基準面601からの距離Dは、たとえば、以下の式(12)で示される。

[0124] [数12]

$$D = \frac{|a(x_q - x_f) + b(y_q - y_f) + c(z_q - z_f)|}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} \quad \dots\dots (12)$$

[0125] したがって、視線方向特徴量であるずれ量dは、演算に使用する瞳中心503が視線方向基準点Fcによりも左側にある場合には、たとえば、以下に示す式(13)を用いて求められる。また、演算に使用する瞳中心503が視線方向基準点Fcによりも右側にある場合には、ずれ量dは、たとえば、以下に示す式(14)を用いて求められる。

[0126] [数13]

$$d = D - 0.5L_{eye} = \frac{|a(x_q - x_f) + b(y_q - y_f) + c(z_q - z_f)|}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} - 0.5L_{eye} \quad \dots\dots (13)$$

[数14]

$$d = -(D - 0.5L_{eye}) = -\left(\frac{|a(x_q - x_f) + b(y_q - y_f) + c(z_q - z_f)|}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} - 0.5L_{eye} \right) \quad \dots (14)$$

上記した式(13)および式(14)により算出される値は、左右の瞳中心503のいずれを採用してもそれぞれ同一となる。したがって、実施の形態3と同様に、視線方向特

微量を算出する際には、左右の瞳中心503のうち任意の一方を採用することができる。

[0127] このように、本実施の形態によれば、実施の形態3と同様に、片目しか撮像できなくても視線方向検出を行うことができ、高い精度の視線方向検出結果をより安定的に得ることができる。更に、視線基準面を基準とし、瞳中心の三次元位置をそのまま演算に用いるため、実施の形態3と比較して視線ベクトルの検出精度を向上させることができる。

[0128] (実施の形態5)

実施の形態5では、左右両方の目の瞳中心の三次元位置が取得可能な場合に、取得される三次元位置の信頼度がより高い方の目を用いて視線方向検出を行う場合について説明する。

[0129] 顔の向きが左右のいずれかに振れているときに、ステレオカメラとして機能する第1撮像部111および第2撮像部112のイメージセンサ(以下「カメラ」という)からみて奥側となる目は、カメラに対する奥行きが大きいことから、相対的に小さい画像で撮像される。また、撮像のための光源として投光器をカメラ付近に置くような場合には、カメラからみて横を向くことになる奥側の目は、光が当たりにくいことから、画像上で黒つぶれしてしまうことが多い。したがって、カメラの光軸に対して、顔の向きが左右のいずれかに大きく振れているとき、カメラからみて奥側の目の画像は、精度が大きく低下することがある。

[0130] 画像の精度が低下すると、瞳中心の三次元位置の検出精度も低くなる。したがって、両目を撮像可能であっても手前側の目の瞳中心の三次元位置のみを用いて視線方向検出を行うことで、安定した検出精度を確保することができる。そこで、本実施の形態では、左右いずれの目が手前側にあるか否かを顔の向きから判断し、より高い信頼度で情報を得ることができる手前側の目から得られる情報と視線基準面とを用いて視線方向検出を行う。

[0131] 図14は、本発明の実施の形態5に係る視線方向検出装置の構成を示すブロック図であり、実施の形態4の図11に対応するものである。

[0132] 図14において、本実施の形態の視線方向検出装置700は、図11に示す視線方向

算出部670に代えて、視線方向算出部770を有している。視線方向算出部770は、図11に示す視線方向特徴量算出部672に代えて、水平顔向き判定部774、選択情報格納部775、使用特徴選択部776、および視線方向特徴量算出部772を有している。

- [0133] 視線方向算出部770において、水平顔向き判定部774は、頭部姿勢推定部150で取得された顔正面ベクトルから、ステレオカメラ座標系における水平方向の顔の向きを判定し、顔がカメラからみて左向きか右向きかを示す顔向き情報を生成する。
- [0134] 選択情報格納部775は、顔の向きに対応付けて左右のいずれの目を選択すべきかを予め記述した選択情報テーブルを格納する。
- [0135] 図15は、選択情報テーブルの内容の一例を示す図である。
- [0136] 図15に示すように、選択情報テーブル775aには、カメラからみたときの顔の向きと、視線方向検出の演算に使用すべき左右の目とが記述されている。「左向き」という顔の向きには、使用すべき目として「右目」が対応付けられている。「右向き」という顔の向きには、使用すべき目として「左目」が対応付けられている。すなわち、選択情報テーブル775aは、手前側に位置する目、つまり、より安定した精度で視線方向を検出することができる方の目を、顔の向きに対応付けて記述している。
- [0137] 図14の使用特徴選択部776は、選択情報テーブル775aを参照して、水平顔向き判定部774により生成された顔向き情報が示す顔の向きから、使用すべき目を選択する。そして、使用特徴選択部776は、左右のいずれの目を選択したかを示す瞳選択情報を生成する。
- [0138] 視線方向特徴量算出部772は、顔部品三次元位置情報と、視線基準面の三次元位置と、視線特徴パラメータと、瞳間距離と、使用特徴選択部776により生成された瞳選択情報とに基づいて、視線方向特徴量を算出する。
- [0139] 図16は、視線方向検出装置700による視線方向検出処理の流れを示すフローチャートであり、実施の形態4の図12に対応するものである。
- [0140] 図16に示す視線方向検出処理は、ステップS1830の処理をステップS1750～S1840の処理に代えたことを除き、図12と同様である。
- [0141] ステップS1750において、水平顔向き判定部774は、ステップS1500で取得され

た顔正面ベクトルに基づいて、ステレオカメラ座標系における顔の向きが左右のいずれであるかを判定する。そして、水平顔向き判定部774は、判定結果、つまり左向きか右向きかを示す顔向き情報を、使用特徴選択部776へ出力する。

- [0142] カメラ座標系における顔向きの左右の判定は、たとえば、以下のようにして行う。水平顔向き判定部774は、顔正面ベクトルをステレオカメラ座標系で表した場合の水平成分を取得する。そして、ここでは顔を正面からみたときの左方向を正としていることから、水平顔向き判定部774は、顔正面ベクトルの水平成分が正の場合には、顔は左向きであると判定し、顔正面ベクトルの水平成分が負の場合には、顔は右向きであると判定する。
- [0143] なお、顔正面ベクトルの水平成分の値をそのまま顔向き情報としてもよい。この場合には、顔向き情報は、値の正負により、左向きか右向きかを示す。また、顔向き情報は、顔が右向きの場合は0、左向きの場合には1というように、2つ以上の予め定められた値により、顔の向きを示すようにしてもよい。
- [0144] ステップS1760で、使用特徴選択部776は、入力された顔向き情報が示す顔の向きに対応する目を、選択情報テーブル775aを参照して選択する。そして、使用特徴選択部776は、選択した目を示す瞳選択情報を生成し、生成した瞳選択情報を、視線方向特徴量算出部772へ出力する。
- [0145] なお、顔向き情報をそのまま瞳選択情報としてもよい。この場合、たとえば、顔向き情報が値の正負により左向きか右向きかを示すものであれば、瞳選択情報は、値の正負により、右目か左目かを示す。また、瞳選択情報は、左目を選択した場合は0、右目を選択した場合には1というように、2つ以上の予め定められた値により、左右の目を示すようにしてもよい。
- [0146] ステップS1840で、視線方向特徴量算出部772は、瞳選択情報が示す目の瞳中心の三次元位置に基づいて、実施の形態4と同様に、視線方向特徴量であるずれ量 d を求める。たとえば、視線方向特徴量算出部772は、瞳選択情報が右目を示す場合には、実施の形態4で例示した式(13)を用い、瞳選択情報が左目を示す場合には、実施の形態4で例示した式(14)を用いる。
- [0147] なお、顔正面ベクトルの水平成分が0の場合には、顔向き情報または瞳選択情報を

生成する際や、視線方向特徴量算出部772での演算手法を決定する際に、選択肢のいずれかに割り振ればよい。

[0148] このように、本実施の形態によれば、顔の向きから手前側の目を判断し、手前側の目のみを用いて視線方向検出を行う。これにより、視線方向検出において安定した検出精度を確保することができる。また、逐次検出される顔方向ベクトルから顔の向きを判断するので、精度の安定した視線方向検出を継続させることができる。

[0149] なお、本実施の形態では、視線基準面に対する瞳中心の距離からずれ量 d を求める場合について説明したが、実施の形態3のように、視線方向基準点に対する顔部品投影点の距離からずれ量 d を求める場合に適用してもよい。この場合には、視線特徴投影部371で、瞳選択情報が示す方の目から顔部品投影点を取得すればよい。

[0150] (実施の形態6)

実施の形態6では、左右両方の目からそれぞれ得られる視線方向特徴量に、顔の向きに応じた重み付けを行って視線方向検出を行う場合について説明する。

[0151] 陰になった側の目から取得される三次元位置の信頼度は、顔が左右に大きく振れているときには低いが、カメラの光軸方向に近付けば近づくほど高くなる。また、被検者が至近距離を注視しているなどして左右の瞳中心を結ぶ線分と視線基準面とが垂直ではない場合や、取得した瞳間距離の精度が低い場合、片方の目のみを使用すると、視線方向検出精度が低下する。そこで、本実施の形態では、陰になった側の目から得られた情報と手前側の目から得られた情報に、顔の向きに応じた重み付けを行い、積極的に両方の目を用いて視線方向検出を行う。

[0152] 図17は、本発明の実施の形態5に係る視線方向検出装置の構成を示すブロック図であり、実施の形態5の図14に対応するものである。

[0153] 図17において、本実施の形態の視線方向検出装置800は、図14に示す視線方向算出部770に代えて、視線方向算出部870を有している。視線方向算出部870は、図14に示す水平顔向き判定部774、選択情報格納部775、使用特徴選択部776、および視線方向特徴量算出部772に代えて、水平顔向き角度算出部874、重み情報格納部875、特徴重み決定部876、および視線方向特徴量算出部872を有している。

- [0154] 視線方向算出部870において、水平顔向き角度算出部874は、頭部姿勢推定部150で取得される顔正面ベクトルから、カメラの光軸方向に対する顔の向きの水平方向における角度を、水平顔向き角度として算出する。
- [0155] 重み情報格納部875は、重み情報を格納する。重み情報は、水平顔向き角度に、左右の目から得られる情報の信頼度のバランスに応じた値を、左目から得られた情報に対して掛けるべき重み係数(以下「左目重み係数」という)として予め対応付けた情報である。重み情報は、たとえば、水平顔向き角度の離散的な値に対応付けて左目重み係数を記述するテーブル形式や、水平顔向き角度の関数として左目重み係数を決定する関数形式とすることができる。
- [0156] 図18は、テーブル形式の重み情報の内容の一例を示す図である。
- [0157] 図18に示すように、テーブル形式の重み情報876aは、左目重み係数を、水平顔向き角度の増加に従って1から0へと徐々に減少する値として記述している。すなわち、顔が右を向けば向くほど、左目重み係数は大きくなり、顔が左を向けば向くほど、左目重み係数は小さくなる。これは、顔が右を向けば向くほど、右目から得られる情報の信頼度が低くなり、顔が左を向けば向くほど、左目から得られる情報の信頼度が低くなるためである。図18に示すように、顔が大きく左右を向いている場合には、陰になっている側の目の重みを0とし、顔が正面方向(カメラの光軸方向)付近の方向にある場合には、左右とも同じ重みにすることにより、処理負荷を軽減することができる。
- [0158] 図19は、関数形式の重み情報の内容の一例を示す図である。
- [0159] 図19に示すように、関数形式の重み情報876bも、左目重み係数を、水平顔向き角度の増加に従って1から0へと徐々に減少する連続する値として定義している。関数形式の重み情報876bを用いた場合、テーブル形式の重み情報876aを用いた場合よりもより細やかに左目重み係数を決定することができる。
- [0160] 図17の特徴重み決定部876は、重み情報を用いて、水平顔向き角度算出部874で算出された水平顔向き角度から左目重み係数を取得する。そして、特徴重み決定部876は、取得した左目重み係数を、視線方向特徴量であるずれ量を算出する際の重みを表す特徴重み情報として、視線方向特徴量算出部872へ出力する。

[0161] 視線方向特徴量算出部872は、顔部品三次元位置情報と、視線基準面の三次元位置と、視線特徴パラメータと、瞳間距離と、特徴重み決定部876で取得された特徴重み情報とに基づいて、視線方向特徴量を算出する。

[0162] 図20は、視線方向検出装置800による視線方向検出処理の流れを示すフローチャートであり、実施の形態5の図16に対応するものである。

[0163] 図20に示す各処理は、ステップS1750～S1840の処理をステップS1770～S1850の処理に代えたことを除き、図16と同様である。

[0164] ステップS1770で、水平顔向き角度算出部874は、ステップS1500で取得された顔正面ベクトルに基づいて、カメラの光軸方向に対する顔の向きの水平成分の角度を、水平顔向き角度として算出し、算出した水平顔向き角度を特徴重み決定部876へ出力する。

[0165] 水平顔向き角度の算出は、たとえば、以下のようにして行う。水平顔向き角度算出部874は、ステレオカメラ座標系における顔正面ベクトルの水平成分、垂直成分、および光軸方向成分を、それぞれ (X_{fc}, Y_{fc}, Z_{fc}) とすると、たとえば以下の式(15)を用いて、水平顔向き角度 θ_h を求める。

[0166] [数15]

$$\theta_h = \sin^{-1} \left(\frac{X_{fc}}{\sqrt{X_{fc}^2 + Z_{fc}^2}} \right) \quad \dots\dots (15)$$

[0167] ステップS1780で、特徴重み決定部876は、入力された水平顔向き角度に対応する左目重み係数を、重み情報格納部875に格納された重み情報に基づいて決定し、決定した左目重み係数から、右目から得られた情報に対して掛けるべき重み係数(以下「右目重み係数」という)を算出する。そして、特徴重み決定部876は、左目重み係数と右目重み係数とを、特徴重み情報として視線方向特徴量算出部872へ出力する。

[0168] 特徴重み決定部876は、左目重み係数を W_l としたとき、右目重み係数 W_r を、たとえば以下の式(16)を用いて求める。

[0169] [数16]

$$W_r = 1 - W_l \quad \dots\dots (16)$$

[0170] なお、視線方向特徴量算出部872で、式(16)を用いて右目重み係数を算出するようにしてもよい。この場合には、特徴重み決定部876は、左目重み係数のみを特徴重み情報として視線方向特徴量算出部872へ出力する。

[0171] ステップS1850で、視線方向特徴量算出部872は、左右の瞳中心の三次元位置から得られる情報に対し、特徴重み情報が示す重み付けを行い、視線方向特徴量であるずれ量dを求める。

[0172] 左右の瞳中心の三次元位置から得られる情報に対する重み付けは、たとえば、以下のようにして行う。視線方向特徴量算出部872は、顔部品ベクトル611の各成分を(a, b, c)、視線方向基準点Fcの座標を(x_f, y_f, z_f)、右目の瞳中心の座標を(x_r, y_r, z_r)、右目の瞳中心の座標を(x_l, y_l, z_l)とすると、右目を用いた場合のずれ量d_rと、左目を用いた場合のずれ量d_lとを、たとえば、以下の式(17)、(18)を用いて求める。

[0173] [数17]

$$d_r = \frac{|a(x_r - x_f) + b(y_r - y_f) + c(z_r - z_f)|}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} - 0.5L_{eye} \quad \dots\dots (17)$$

[数18]

$$d_l = - \left(\frac{|a(x_l - x_f) + b(y_l - y_f) + c(z_l - z_f)|}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} - 0.5L_{eye} \right) \quad \dots\dots (18)$$

[0174] そして、視線方向特徴量算出部872は、求めたずれ量d_r、d_lに、右目重み係数W_rと左目重み係数をW_lとをそれぞれ乗じた値の和を取ることににより、つまり以下の式(19)を用いることにより、最終的な視線方向特徴量としてのずれ量dを算出する。

[0175] [数19]

$$d = W_r d_r + W_l d_l \quad \dots\dots (19)$$

[0176] なお、重み付けは、左右の目それぞれから個別に求めたずれ量から、視線ベクトル

と顔正面ベクトルとが成す角 θ をそれぞれ算出し、算出された2つの値に対して対応する重み係数を乗じてよい。

[0177] 具体的には、たとえば、視線方向特徴量算出部872は、まず、右目を用いた場合のずれ量 d_r および左目を用いた場合のずれ量 d_l を算出し、算出結果と、右目重み係数 W_r および左目重み係数を W_l とを、視線ベクトル算出部173へ出力する。そして、視線ベクトル算出部173は、眼球半径 r と、ずれ量 d_r 、 d_l から、以下の式(20)、(21)を用いて、右目を用いた場合の視線ベクトルと顔正面ベクトルとが成す角 θ_r と、左目を用いた場合の視線ベクトルと顔正面ベクトルとが成す角 θ_l とを求める。

[0178] [数20]

$$\theta_r = \sin^{-1}\left(\frac{d_r}{r}\right) \quad \dots\dots (20)$$

[数21]

$$\theta_l = \sin^{-1}\left(\frac{d_l}{r}\right) \quad \dots\dots (21)$$

[0179] そして、視線ベクトル算出部173は、求めた角 θ_r 、 θ_l に、右目重み係数 W_r と左目重み係数を W_l とをそれぞれ乗じた値の和を取ることににより、つまり以下の式(22)を用いることにより、最終的な視線方向特徴量としてのずれ量 d を算出する。

[数22]

$$\theta = W_r\theta_r + W_l\theta_l \quad \dots\dots (22)$$

[0180] このように、本実施の形態によれば、左右の目から得られた情報に信頼度に応じた重み付けを行い、積極的に両方の目を用いて視線方向検出を行う。これにより、視線方向検出の精度の安定化を図ることができる。

[0181] なお、撮影条件、瞳間距離の検出精度、および水平顔向き角度と、瞳中心の三次元位置の検出精度との関係を、実験により予め解析し、解析結果から、視線方向検出の精度が最も安定する重み付けを各水平顔向き角度ごとに求めておくことにより、視線方向検出の精度の更なる安定化を図ることができる。また、撮影条件に応じて内容の異なる重み情報を用意しておき、撮影条件に応じて使い分けるようにしてもよい。

。

[0182] また、本実施の形態では、視線基準面に対する瞳中心の距離からずれ量 d を求める場合について説明したが、実施の形態3のように、視線方向基準点に対する顔部品投影点の距離からずれ量 d を求める場合に適用してもよい。この場合、視線特徴投影部371で、左右両方の目から顔部品投影点を取得し、視線方向特徴量算出部372で、それぞれのずれ量を求めた後、特徴重み情報に従って重み付けを行えばよい。

[0183] 以上説明した各実施の形態では、車の運転者の視線方向に基づいて事故の危険性を警報する警報装置に適用する場合を例として説明を行ったが、人間の視線方向に基づいて処理を行う他の各種装置に適用してもよいことは勿論である。

[0184] このような装置としては、たとえば、テレビジョンや音響スピーカなどの情報提示機器や、監視カメラなどの安全状態監視機器、スチールカメラやビデオカメラなどの映像記録機器、ロボットなどの生活補助機器、ビデオゲームや体感ゲームなどの遊戯機器などが挙げられる。他にも、たとえば、車の運転者が見ていると推定される画像を入力して記録する映像記録装置、ロボットがユーザやロボット自身の状況を把握するための周辺情報把握装置、ビデオゲームのゲーム内容の状態を変化させるためのゲーム状態更新装置、眼球の動きに関する検査をするための医療機器が挙げられる。

。

[0185] また、視線方向の検出の対象となる被検者は、人間に限定されるものではない。顔の中心を基準として左右対称に位置する2つの顔部品を有し、かつ瞳中心を検出可能な動物であれば、本発明を適用してその視線方向を検出することが可能である。

[0186] 2006年7月14日出願の特願特願2006-194892の日本出願に含まれる明細書、図面および要約書の開示内容は、すべて本願に援用される。

産業上の利用可能性

[0187] 本発明に係る視線方向検出装置および視線方向検出方法は、被検者ごとのキャリブレーションを特に行うことなく、高い精度の視線方向検出結果を得ることができる視線方向検出装置および視線方向検出方法として有用である。具体的には、パーソナルコンピュータ、OA (office automation) 機器、携帯電話機などの情報端末や、自動

車、飛行機、船、電車などの移動手段に搭載される情報提供装置として有用である。また、監視装置、警報装置、ロボット、映像音響再生装置などの情報入力装置としても応用できる。

請求の範囲

- [1] 左右対称に位置する2つの顔部品の三次元位置から、視線方向の検出の対象となる被検者の顔の中心の三次元位置を、基準位置として算出する基準位置算出手段と、
- 左右の瞳中心の三次元位置から、前記被検者の左右の瞳中心の左右方向における中心の三次元位置を、特徴位置として算出する特徴位置算出手段と、
- 左右方向における前記基準位置に対する前記特徴位置のずれ量を、視線方向特徴量として算出する視線方向特徴量算出手段と、
- 前記視線方向特徴量に基づいて、前記被検者の視線方向を算出する視線方向算出手段と、
- を有する視線方向検出装置。
- [2] 所定の2つの位置で撮像を行い、ステレオ画像を入力する画像入力手段と、
- 前記画像入力手段により入力されるステレオ画像から、前記顔部品に対応する画像および前記瞳中心に対応する画像を検出する顔部品検出手段と
- 前記画像入力手段が撮像を行う前記所定の2つの位置と、前記顔部品検出手段の検出結果に基づいて、前記顔部品および前記瞳中心の三次元位置を算出する三次元位置算出手段と、
- をさらに有する請求項1記載の視線方向検出装置。
- [3] 左右対称に位置する2つの顔部品を少なくとも含む3つ以上の顔部品の三次元位置に基づいて、前記被検者の顔正面の方向を推定する顔方向推定手段、をさらに有し、
- 前記視線方向算出手段は、
- 前記視線方向特徴量、眼球半径、および前記被検者の顔正面の方向に基づいて、前記被検者の視線方向を算出する、
- 請求項1記載の視線方向検出装置。
- [4] 左右の瞳中心の中点を左右対称に位置する所定の2つの顔部品を通る直線に垂直に投影した点としての視線特徴投影点を取得する視線特徴投影手段、をさらに有し、

- 前記視線方向特徴量算出手段は、
前記所定の2つの顔部品の中点に対する前記視線特徴投影点のずれ量を、前記視線方向特徴量として算出する、
請求項1記載の視線方向検出装置。
- [5] 左右対称に位置する所定の2つの顔部品の三次元位置に基づいて、前記被検者の顔の左右方向における中心に位置する基準面を算出する視線基準面算出手段、をさらに有し、
前記視線方向特徴量算出手段は、
前記基準面に対する前記被検者の左右の瞳中心の中点のずれ量を、前記視線方向特徴量として算出する、
請求項1記載の視線方向検出装置。
- [6] 左右の瞳中心の距離を、瞳間距離として記憶する特徴記憶手段と、
左右のいずれかの瞳中心を左右対称に位置する所定の2つの顔部品を通る直線に垂直に投影した点としての顔部品投影点を取得する視線特徴投影手段と、をさらに有し、
前記視線方向特徴量算出手段は、
前記2つの所定の顔部品の中点に対する前記顔部品投影点のずれ量を前記瞳間距離の半分の距離で補正した値を、前記視線方向特徴量として算出する、
請求項1記載の視線方向検出装置。
- [7] 前記画像入力手段により入力されるステレオ画像から、顔の領域を検出する顔検出手段、をさらに有し、
前記顔部品検出手段は、
前記画像入力手段により入力されるステレオ画像のうち、顔の領域のみを探索対象として、前記顔部品に対応する画像および前記瞳中心に対応する画像の検出を行う、
請求項2記載の視線方向検出装置。
- [8] 左右の瞳中心の距離を、瞳間距離として記憶する特徴記憶手段と、
左右対称に位置する所定の2つの顔部品の三次元位置に基づいて、前記被検者

の顔の左右方向における中心に位置する基準面を算出する視線基準面算出手段と、
をさらに有し、

前記視線方向特徴量算出手段は、

前記基準面に対する左右のいずれかの瞳中心のずれ量を前記瞳間距離の半分の距離で補正した値を、前記視線方向特徴量として算出する、

請求項1記載の視線方向検出装置。

- [9] 前記被検者の顔正面が左右のいずれに向いているかを判定する顔向き判定手段と、

前記顔向き判定手段により判定された顔正面の左右の向きから、前記左右の瞳中心のうち手前側に位置する瞳中心を選択する特徴選択手段と、をさらに有し、

前記視線特徴投影手段は、

前記特徴選択手段により選択された瞳中心から前記顔部品投影点を取得する、

請求項6記載の視線方向検出装置。

- [10] 前記被検者の顔正面が左右のいずれに向いているかを判定する顔向き判定手段と、

前記顔向き判定手段により判定された顔正面の左右の向きから、前記左右の瞳中心のうち手前側に位置する瞳中心を選択する特徴選択手段と、をさらに有し、

前記視線方向特徴量算出手段は、

前記特徴選択手段により選択された瞳中心から前記視線方向特徴量を取得する、

請求項8記載の視線方向検出装置。

- [11] 前記画像入力手段の光軸方向に対する前記被検者の顔正面の向きの水平方向における角度を算出する顔向き角度算出手段と、

前記顔向き角度算出手段により算出された角度に応じて、前記左右の瞳中心のそれぞれから得られた情報に対する重み付けを決定する特徴重み決定手段と、をさらに有し、

前記視線特徴投影手段は、

前記左右の瞳中心のそれぞれから前記顔部品投影点を取得し、

前記視線方向特徴量算出手段は、

前記左右の瞳中心のそれぞれから得られた情報に対して前記特徴重み決定手段で決定された重み付けを行った値から、前記視線方向特徴量を算出する、
請求項6記載の視線方向検出装置。

[12] 前記画像入力手段の光軸方向に対する前記被検者の顔正面の向きの水平方向における角度を算出する顔向き角度算出手段と、

前記顔向き角度算出手段により算出された角度に応じて、前記左右の瞳中心のそれぞれから得られた情報に対する重み付けを決定する特徴重み決定手段と、をさらに有し、

前記視線方向特徴量算出手段は、

前記左右の瞳中心のそれぞれから前記視線方向特徴量を算出し、

前記視線方向算出手段は、

前記左右の瞳中心のそれぞれから算出された前記視線方向特徴量または前記視線方向特徴量から得られた前記被検者の視線方向に対して前記特徴重み決定手段で決定された重み付けを行った値から、前記被検者の視線方向を算出する、
請求項8記載の視線方向検出装置。

[13] 前記視線方向算出手段は、

前記視線方向特徴量を分子とし前記眼球半径を分母とする値の逆正弦を、前記顔正面の方向に対する前記視線方向の水平方向における角度として算出する、

請求項3記載の視線方向検出装置。

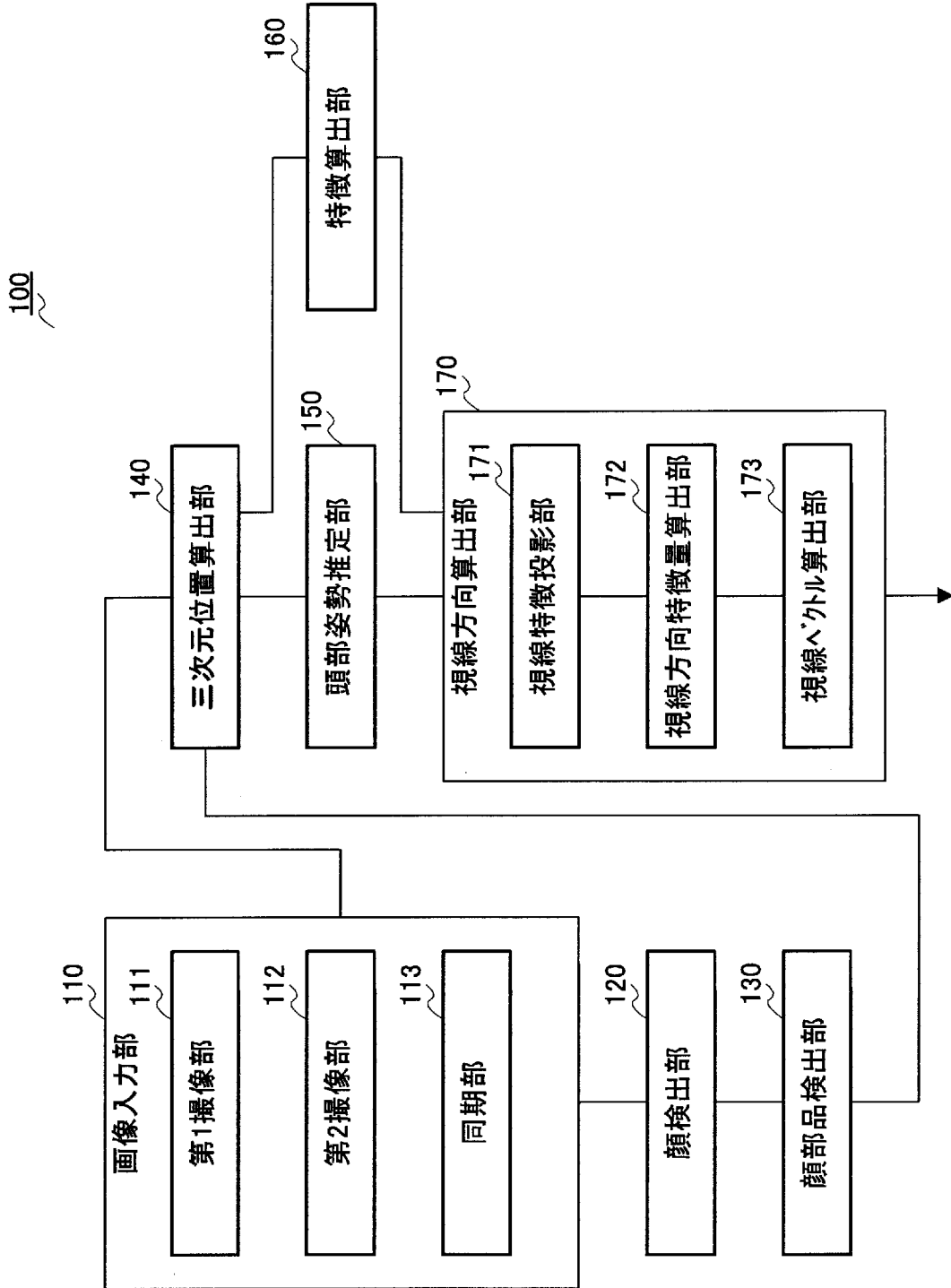
[14] 左右対称に位置する2つの顔部品の三次元位置から、視線方向の検出の対象となる被検者の顔の中心の三次元位置を基準位置として算出するとともに、左右の瞳中心の三次元位置から、前記被検者の左右の瞳中心の左右方向における中心の三次元位置を特徴位置として算出する特徴算出ステップと、

左右方向における前記基準位置に対する前記特徴位置のずれ量を、視線方向特徴量として算出する視線方向特徴量算出ステップと、

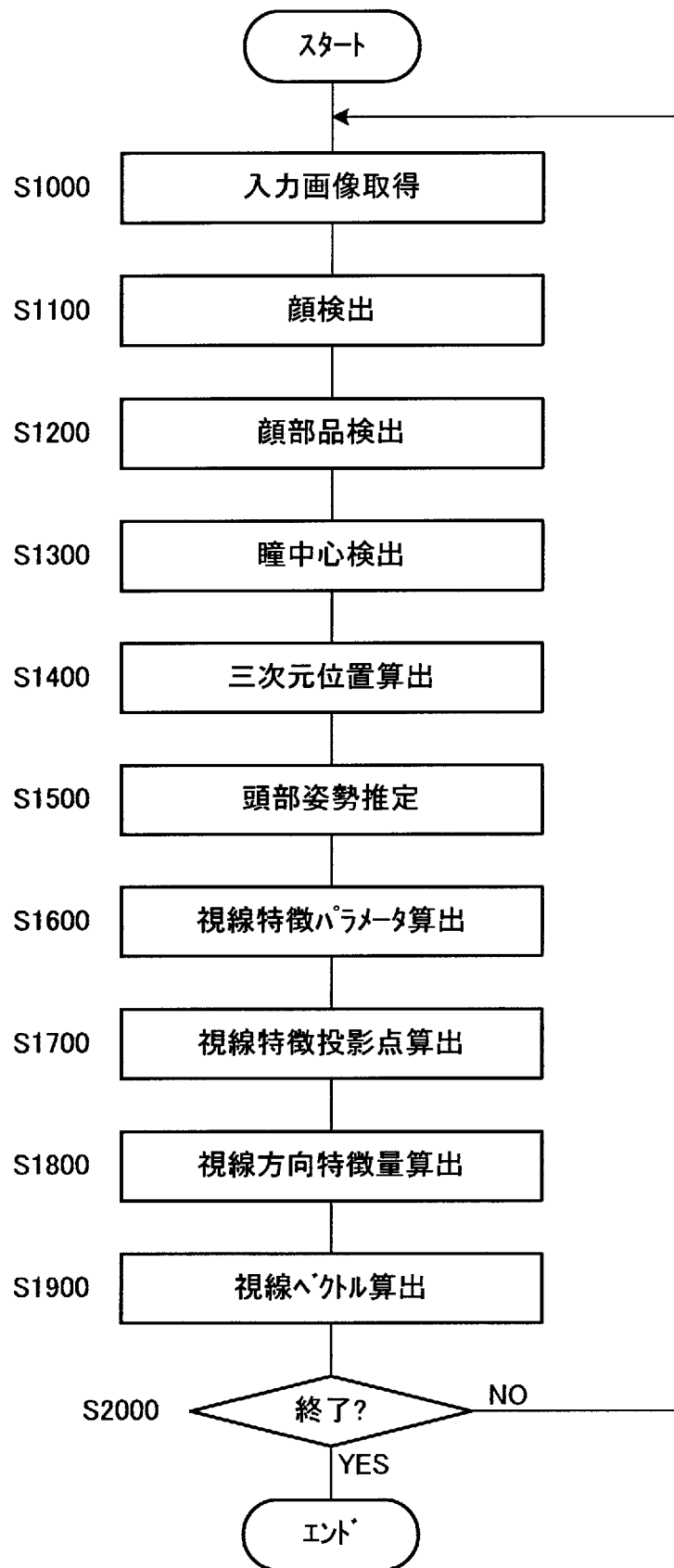
前記視線方向特徴量に基づいて、前記被検者の視線方向を算出する視線方向算出ステップと、

を有する視線方向検出方法。

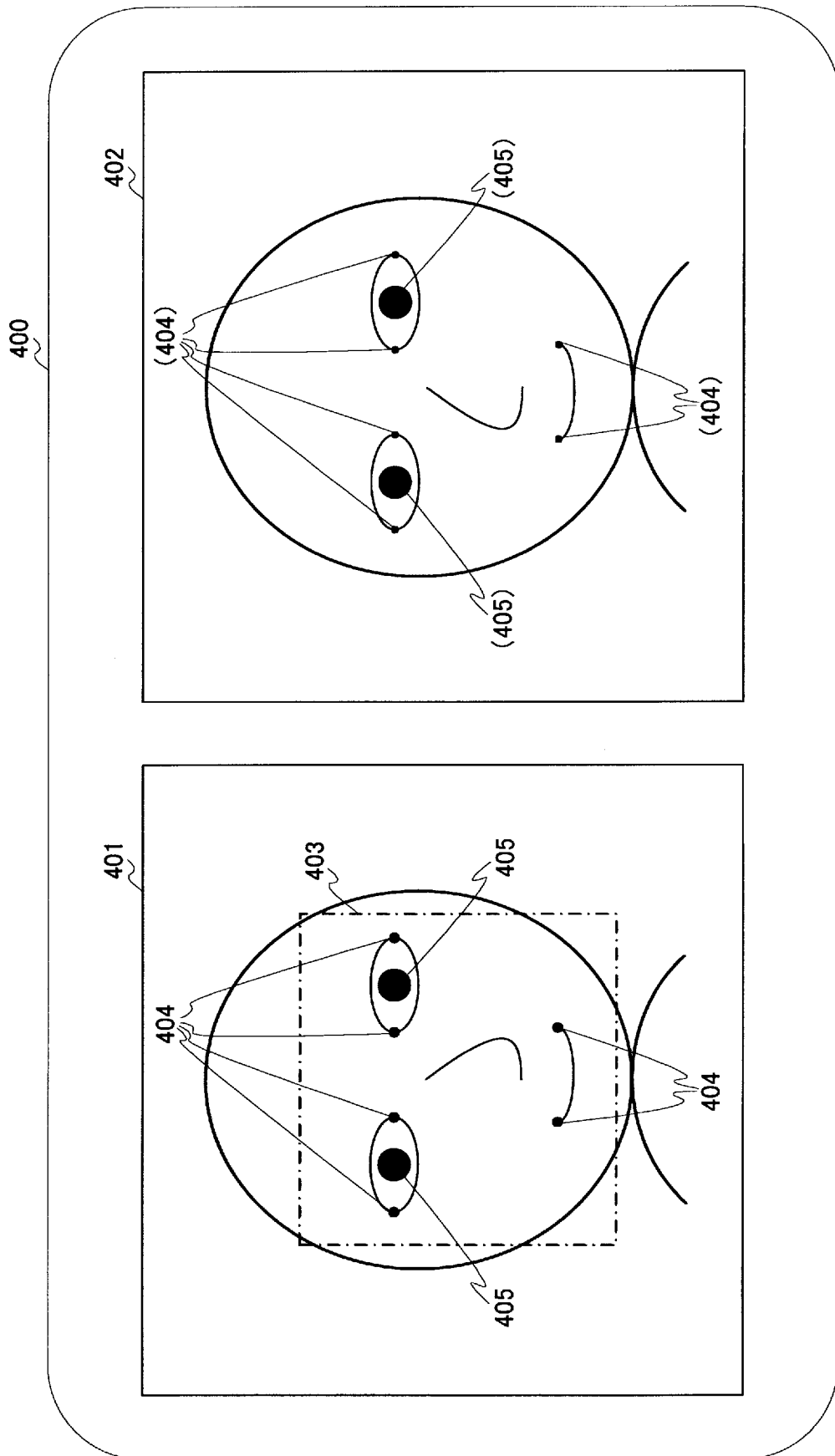
[図1]



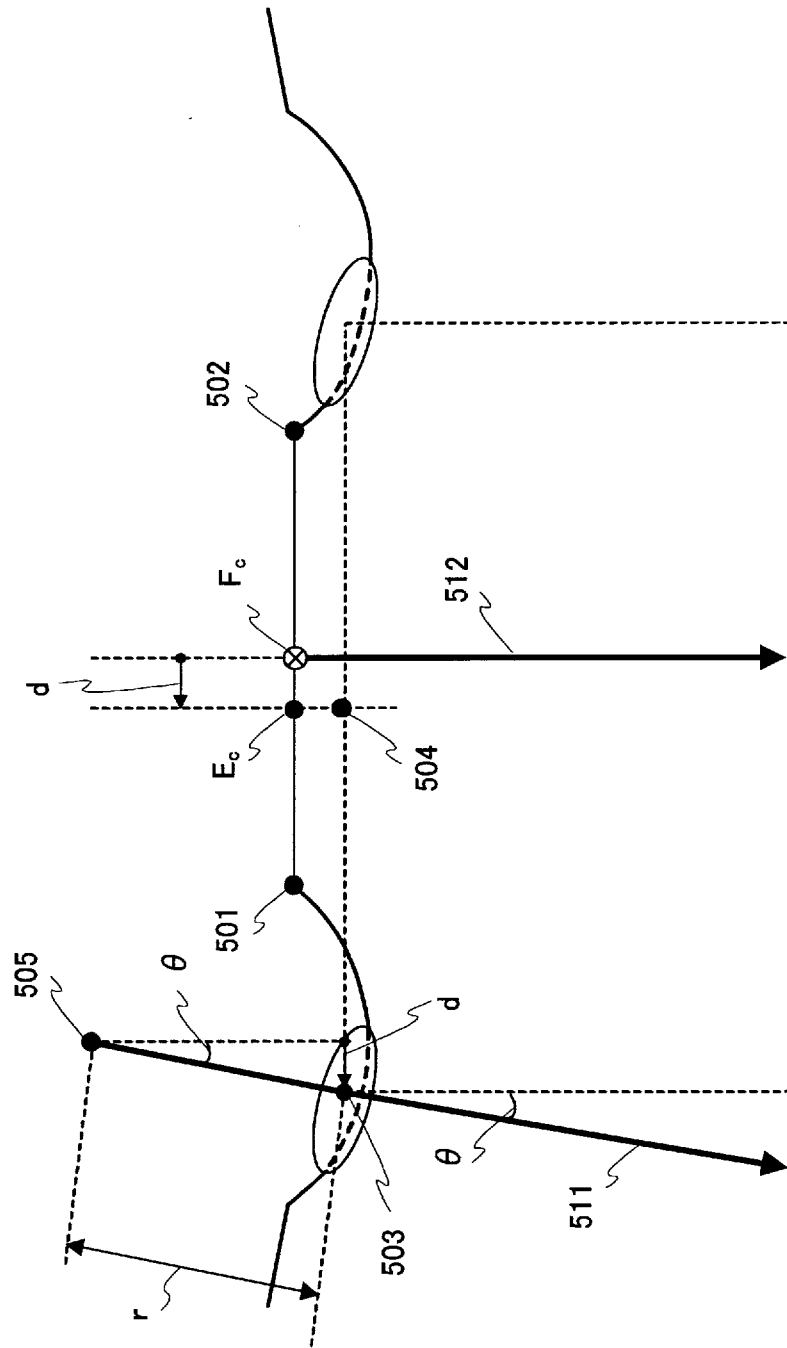
[図2]



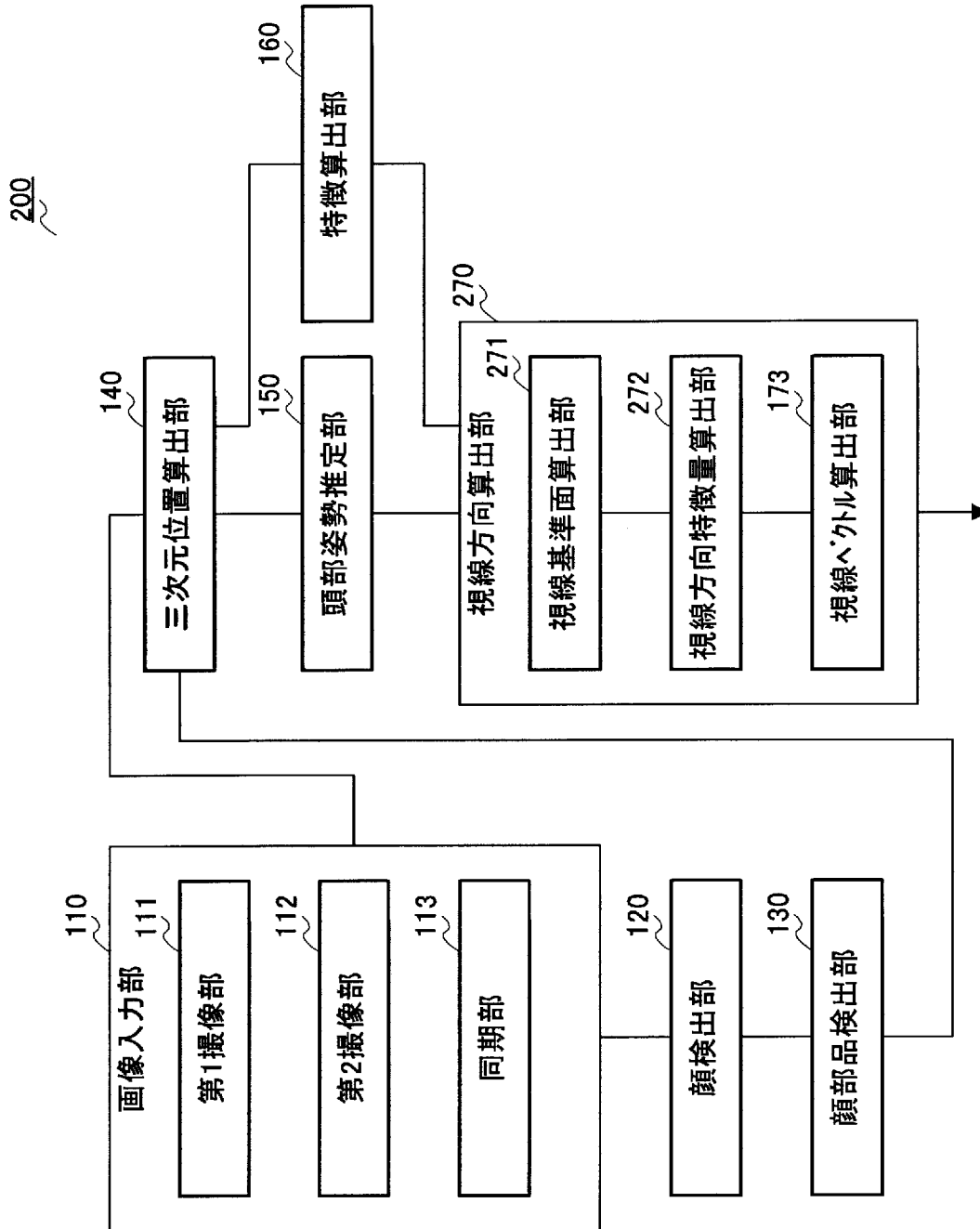
[図3]



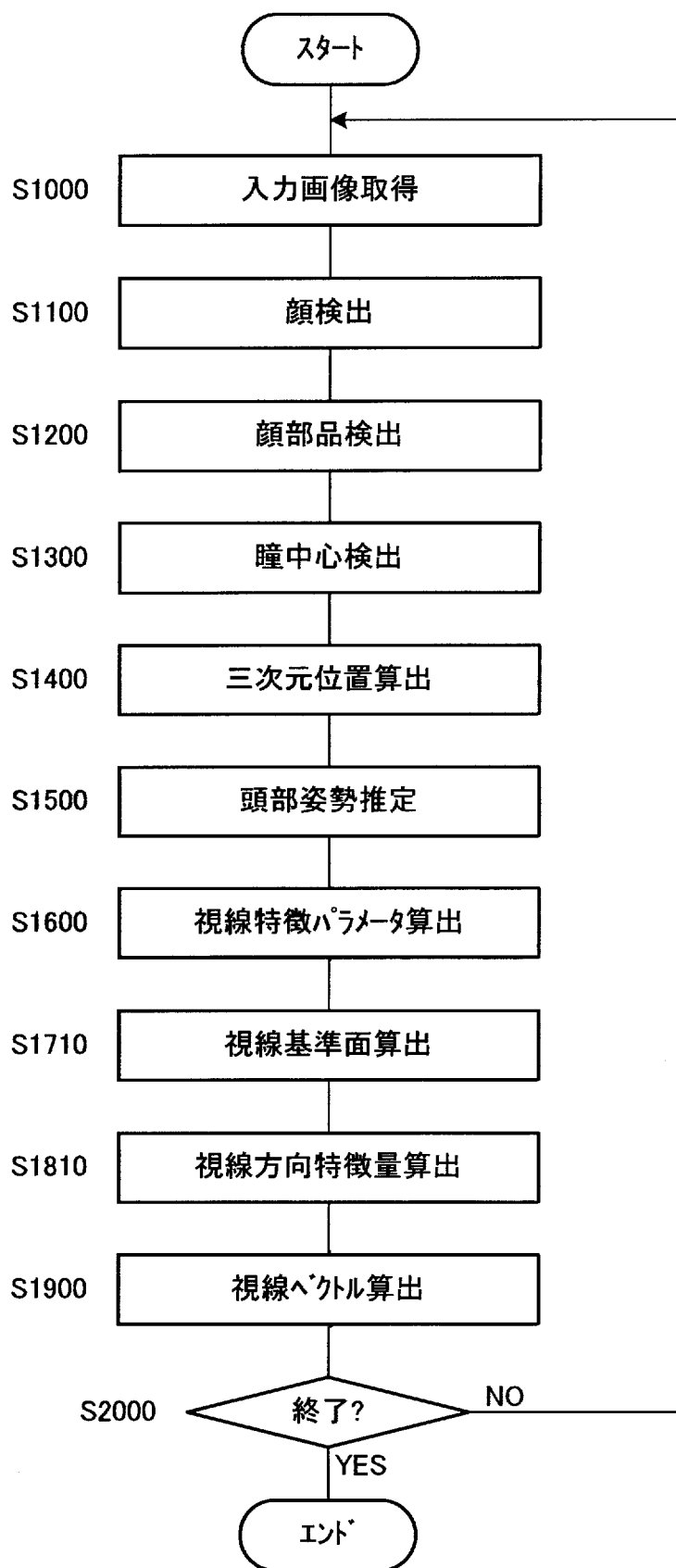
[図4]



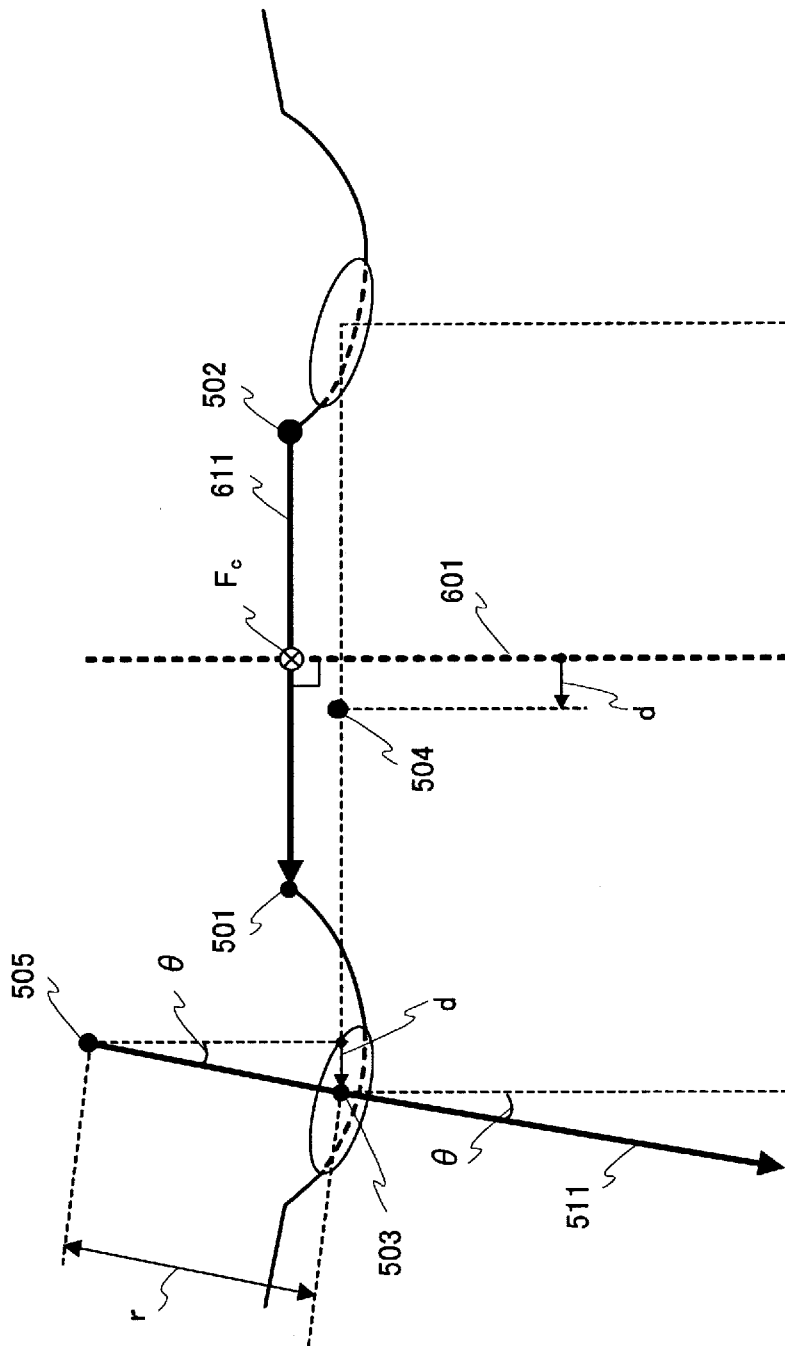
[図5]



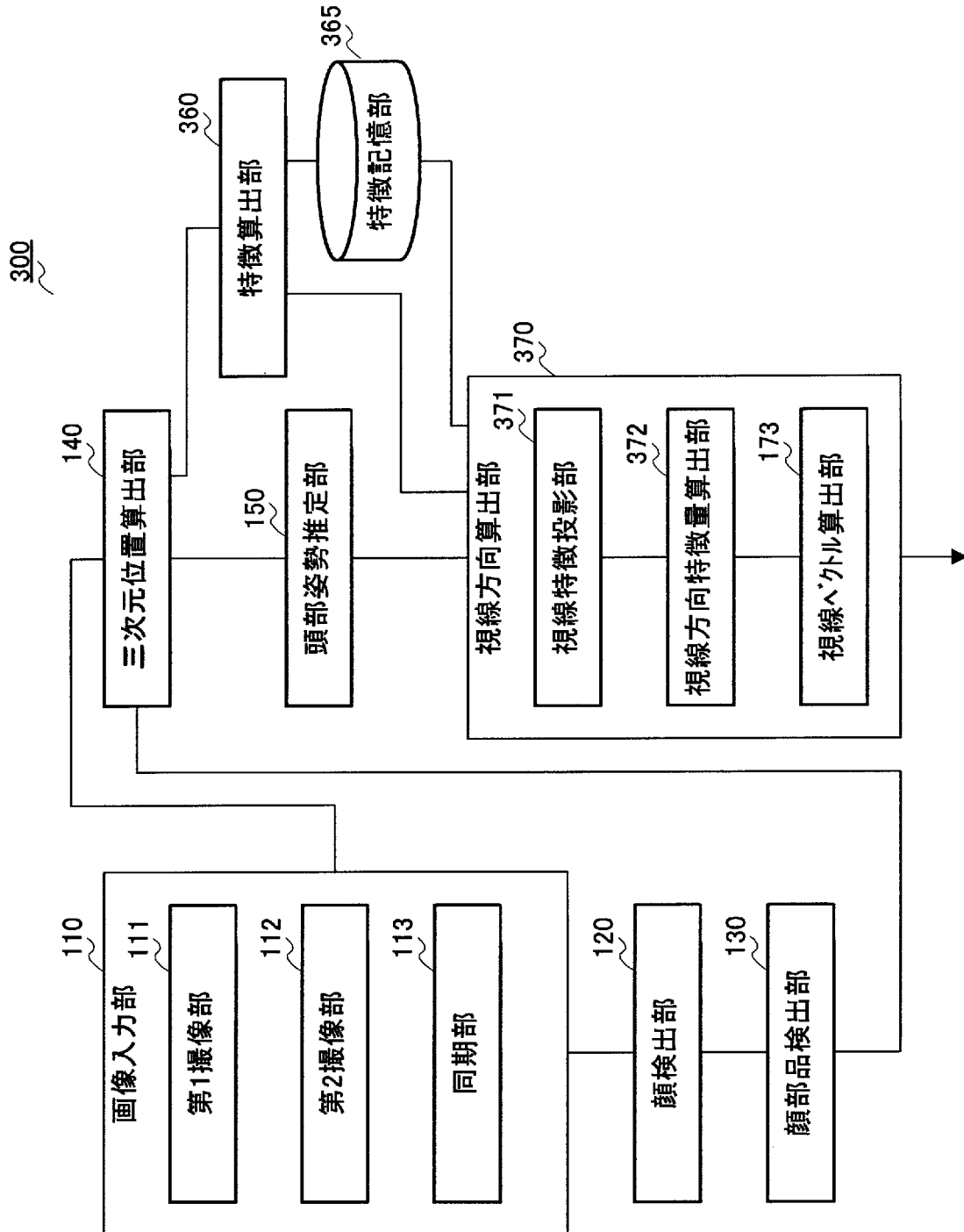
[図6]



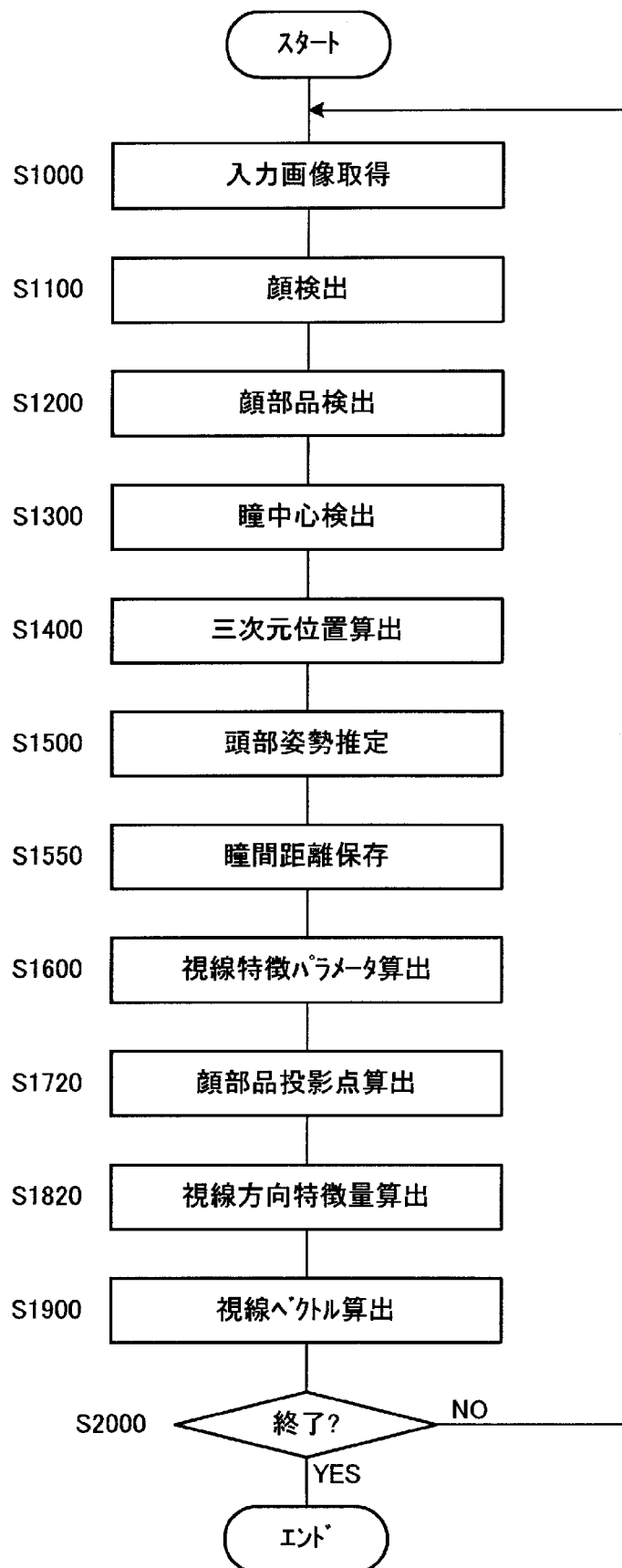
[図7]



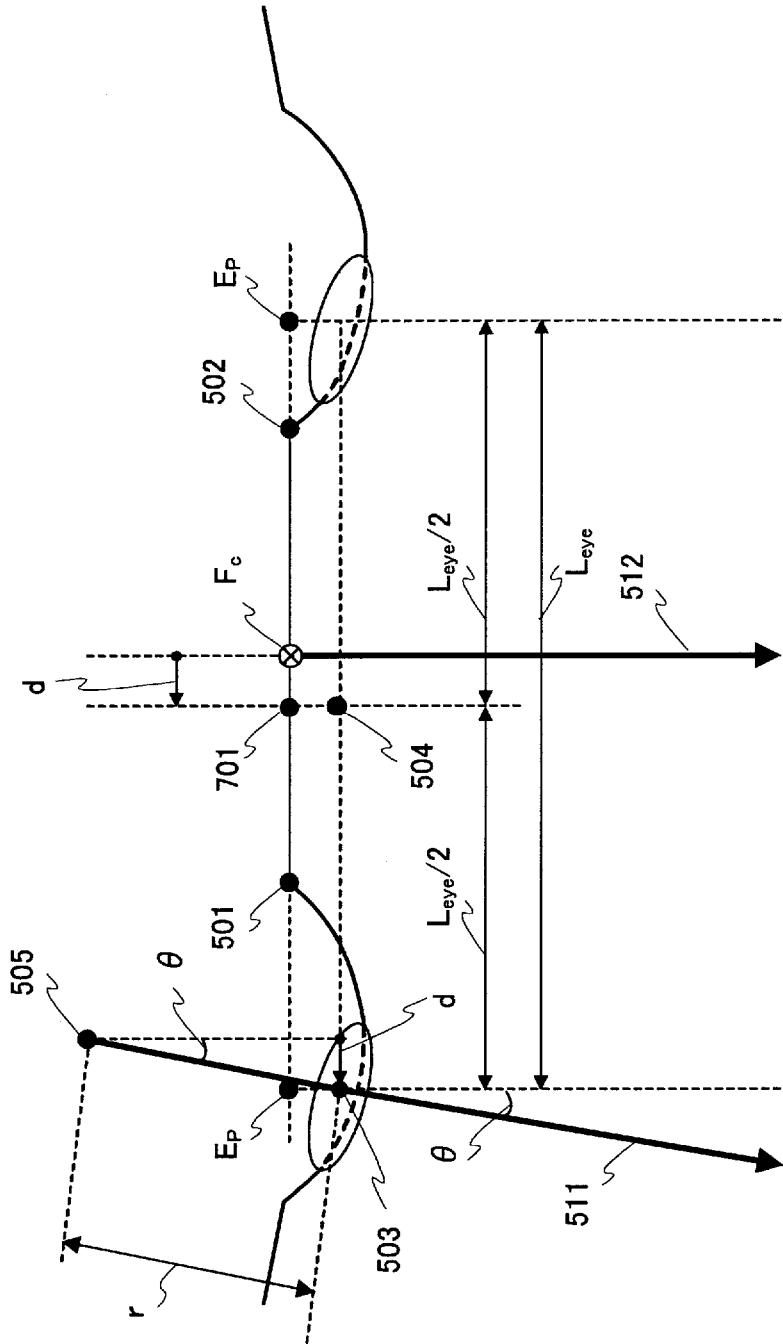
[図8]



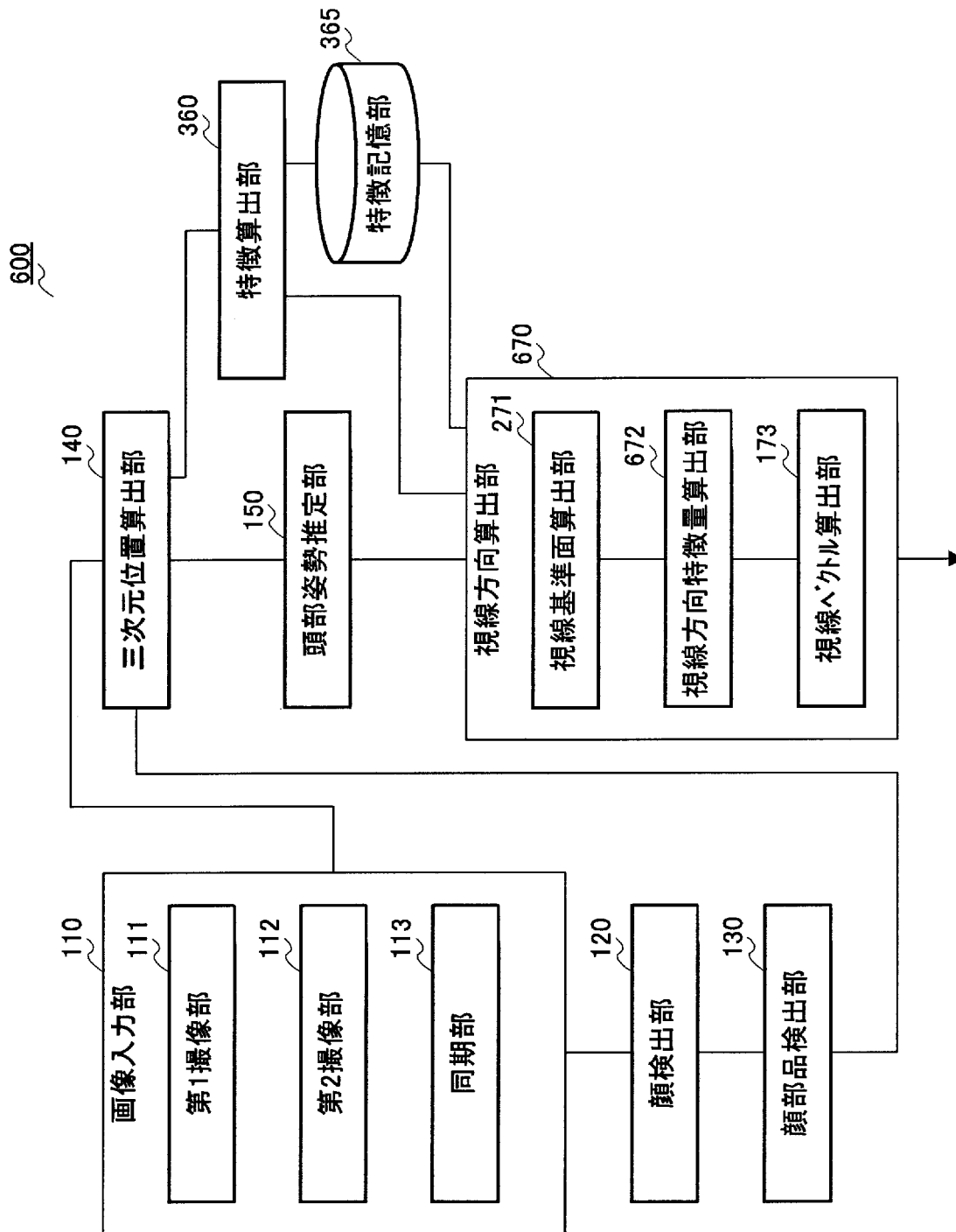
[図9]



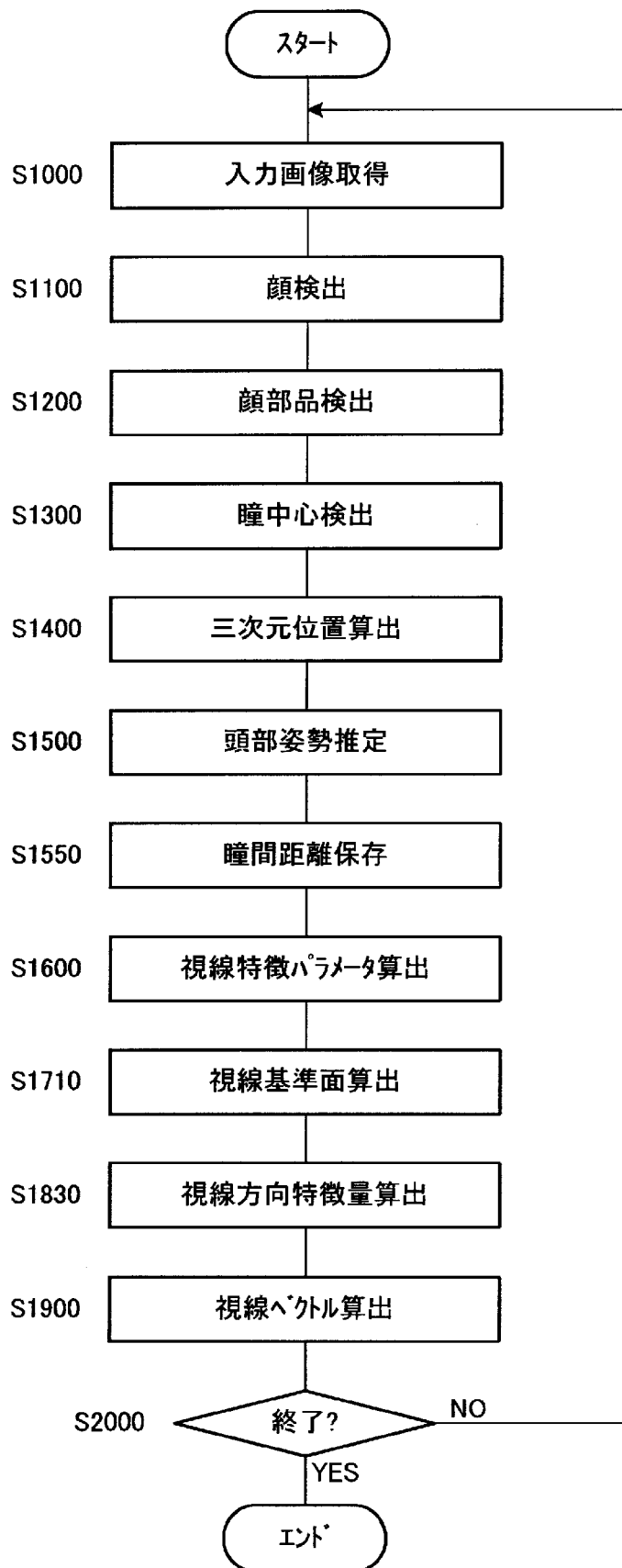
[図10]



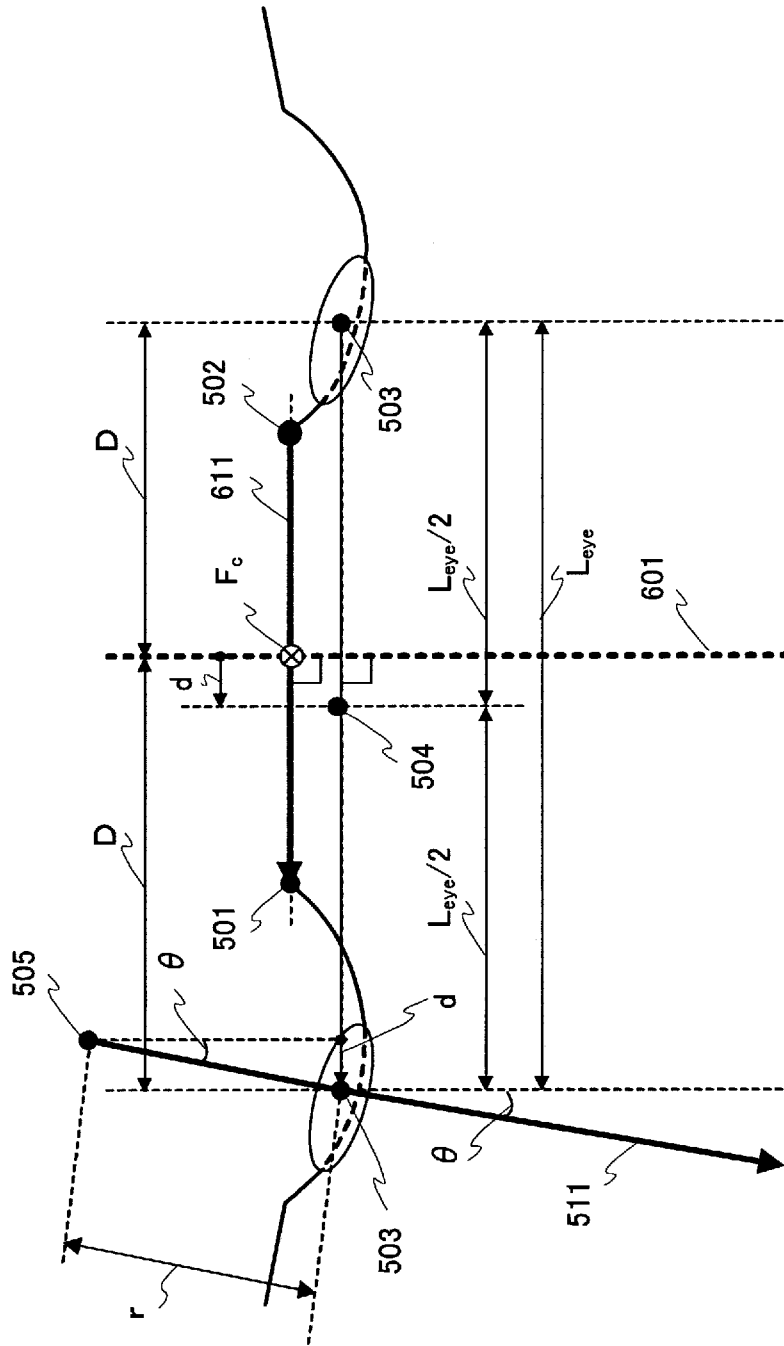
[図11]



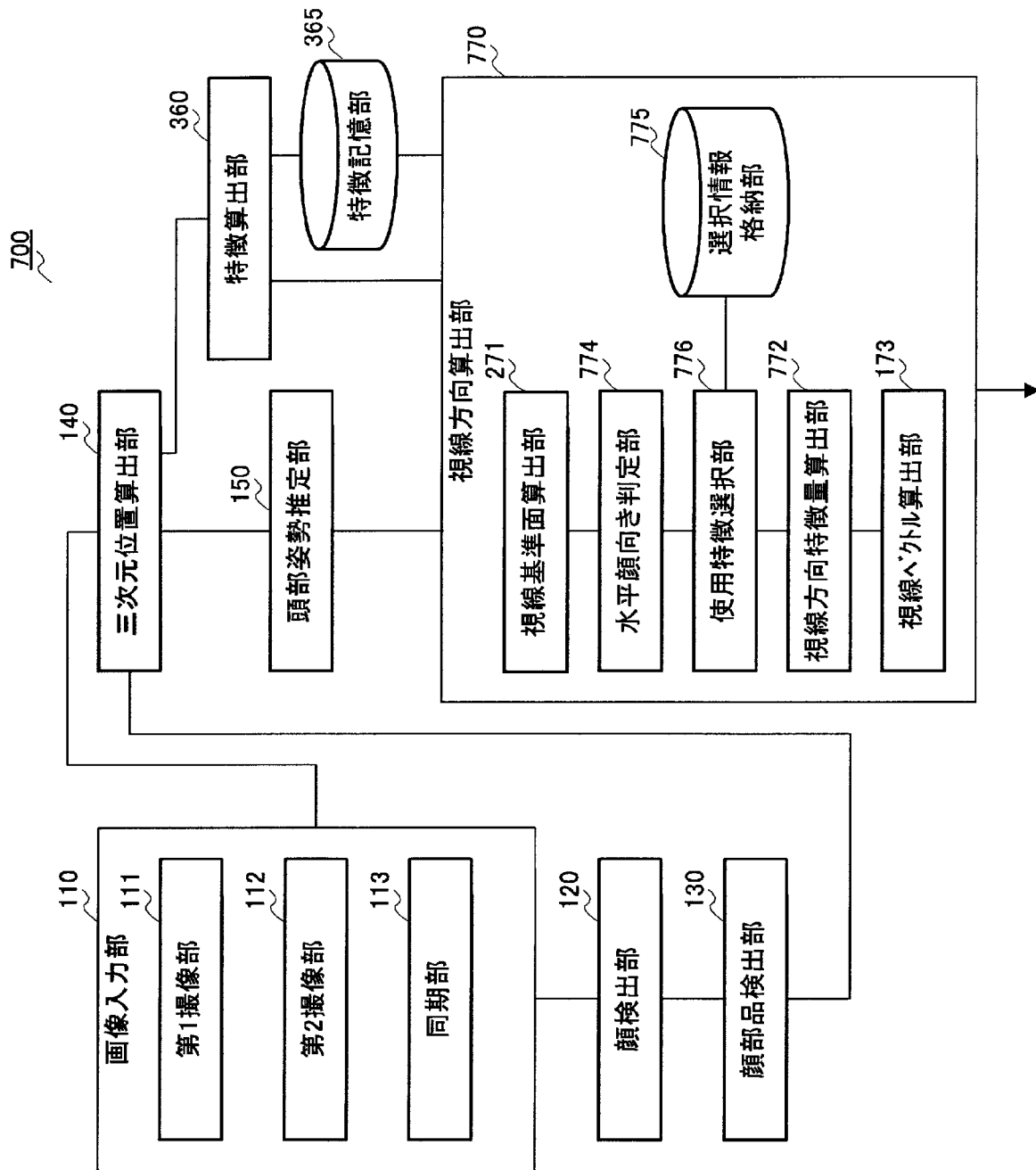
[図12]



[図13]



[図14]

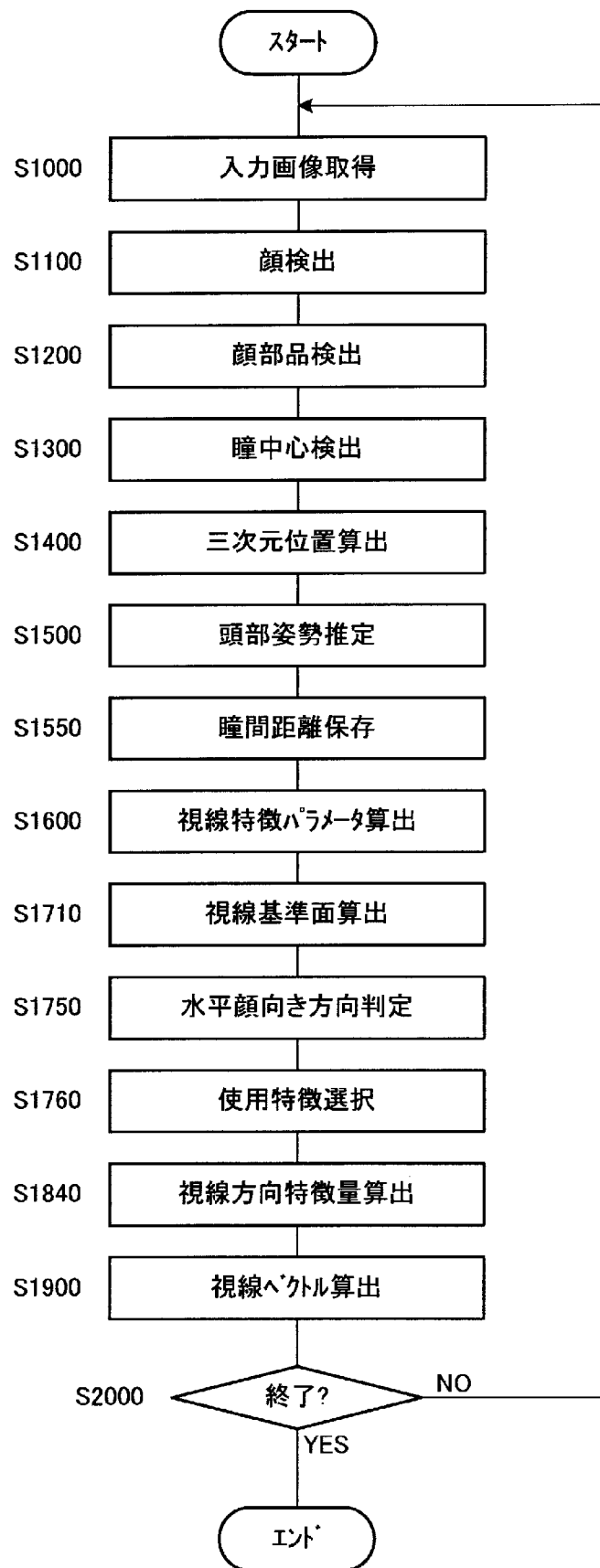


[図15]

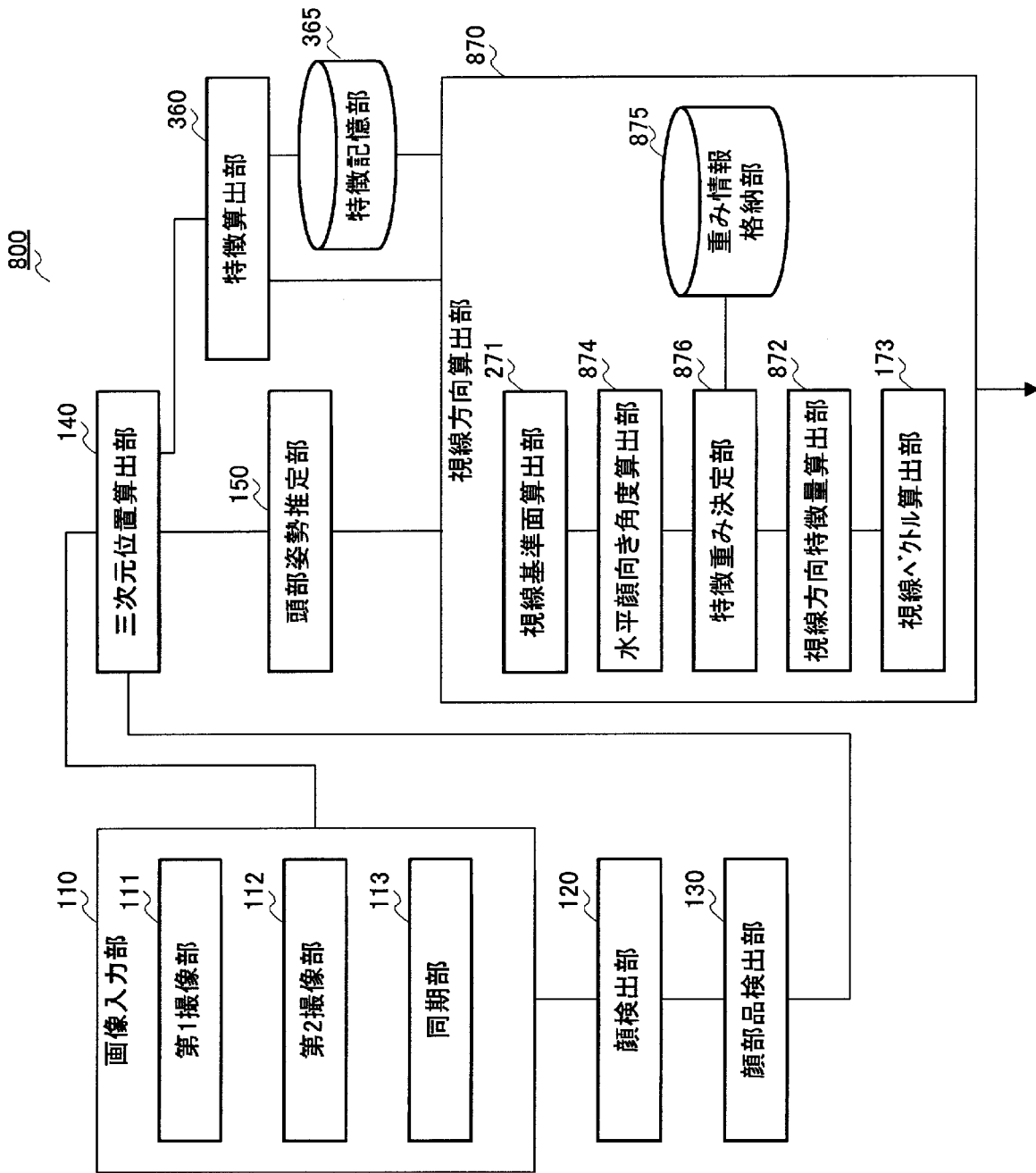
775a
~

顔の向き	使用すべき目
左向き	右目
右向き	左目

[図16]



[図17]



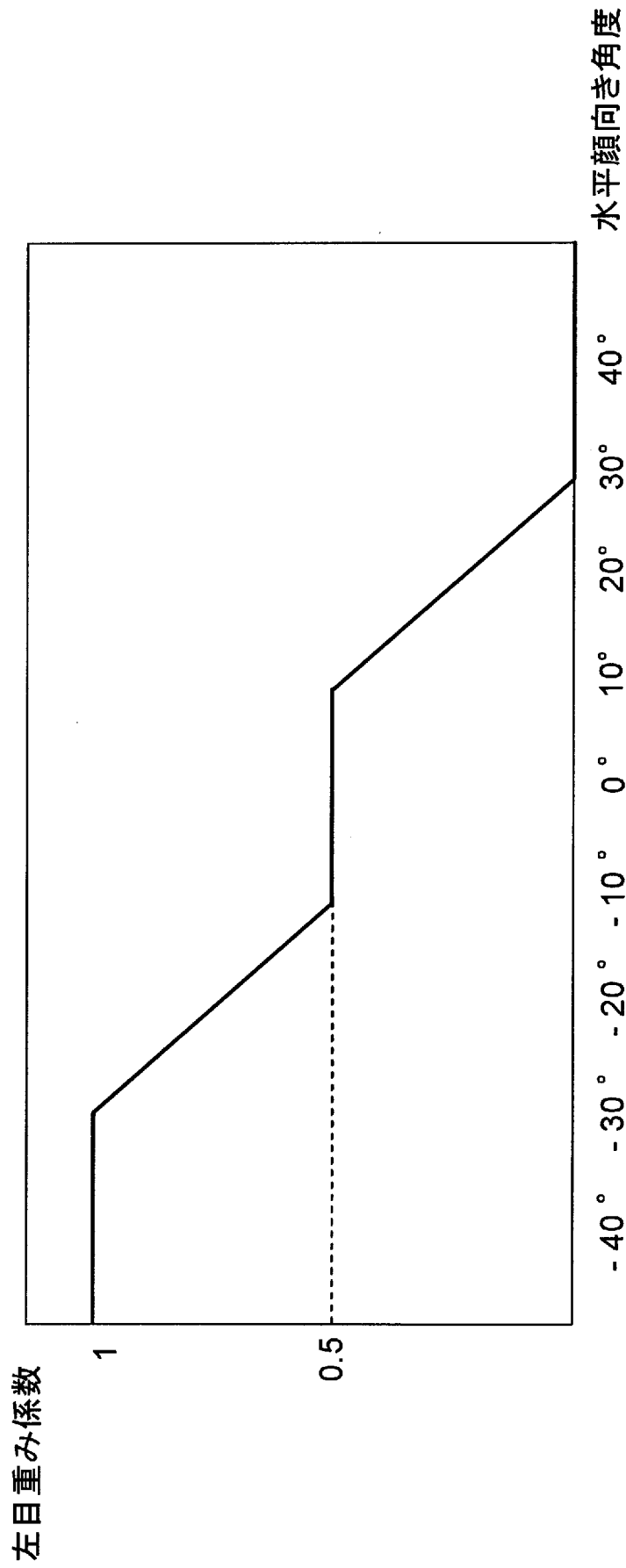
[図18]

876a

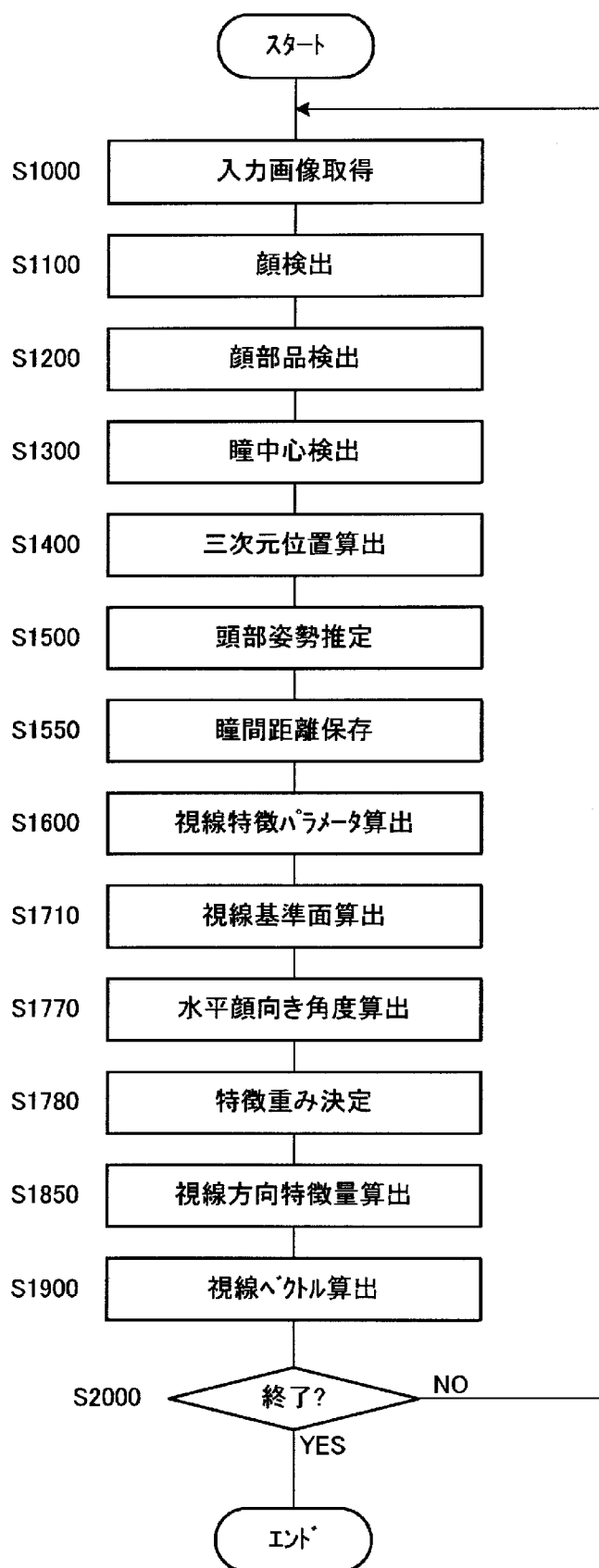
水平顔向き 角度[°]	左目重み 係数	水平顔向き 角度[°]	左目重み 係数	水平顔向き 角度[°]	左目重み 係数	水平顔向き 角度[°]	左目重み 係数	水平顔向き 角度[°]	左目重み 係数
-40	1	-20	0.75	0	0.5	20	0.25		
-39	1	-19	0.725	1	0.5	21	0.225		
-38	1	-18	0.7	2	0.5	22	0.2		
-37	1	-17	0.675	3	0.5	23	0.175		
-36	1	-16	0.65	4	0.5	24	0.15		
-35	1	-15	0.625	5	0.5	25	0.125		
-34	1	-14	0.6	6	0.5	26	0.1		
-33	1	-13	0.575	7	0.5	27	0.075		
-32	1	-12	0.55	8	0.5	28	0.05		
-31	1	-11	0.525	9	0.5	29	0.025		
-30	1	-10	0.5	10	0.5	30	0		
-29	0.975	-9	0.5	11	0.475	31	0		
-28	0.95	-8	0.5	12	0.45	32	0		
-27	0.925	-7	0.5	13	0.425	33	0		
-26	0.9	-6	0.5	14	0.4	34	0		
-25	0.875	-5	0.5	15	0.375	35	0		
-24	0.85	-4	0.5	16	0.35	36	0		
-23	0.825	-3	0.5	17	0.325	37	0		
-22	0.8	-2	0.5	18	0.3	38	0		
-21	0.775	-1	0.5	19	0.275	39	0		

[図19]

876b



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/064011

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B3/113(2006.01)i, G01B11/26(2006.01)i, G06T1/00(2006.01)i, G06T7/60(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, G01B11/26, G06T1/00, G06T7/60

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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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.
X Y	JP 2-224637 A (ATR communication Systems Research Laboratories), 06 September, 1990 (06.09.90), Full text; all drawings (particularly, Figs. 8 to 12 and explanations thereof; Figs. 15 to 17 and explanations thereof) (Family: none)	1-8, 13, 14 9-12
Y A	JP 2003-070742 A (Japan Science and Technology Corp.), 11 March, 2003 (11.03.03), Full text; all drawings & DE 68926192 C	9-12 1-8, 13, 14

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
05 October, 2007 (05.10.07)

Date of mailing of the international search report
23 October, 2007 (23.10.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

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, G01B11/26(2006.01)i, G06T1/00(2006.01)i, G06T7/60(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, G01B11/26, G06T1/00, G06T7/60			
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 1971-2007年 日本国実用新案登録公報 1996-2007年 日本国登録実用新案公報 1994-2007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 請求の範囲の番号	
X	J P 2-224637 A (株式会社エイ・テイ・アール通信システム研究 所) 1990. 9. 6	1-8、13、 14	
Y	全文全図 (特に第8~12図とその説明、第15~17図とその説明) (ファミリーなし)	9-12	
Y	J P 2003-070742 A (科学技術振興事業団) 2003. 3. 1	9-12	
A	1 全文全図 & D E 68926192 C	1-8、13、 14	
☐ 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 05. 10. 2007		国際調査報告の発送日 23. 10. 2007	
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) 信田 昌男	2Q 8530
		電話番号 03-3581-1101	内線 3292