

(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
2024年10月3日(03.10.2024)



(10) 国際公開番号
WO 2024/201645 A1

(51) 国際特許分類:
A61B 3/11 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/012153

(22) 国際出願日: 2023年3月27日(27.03.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 日本電気株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 梅松 旭美 (UMEMATSU, Terumi); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 大西 祥史 (ONISHI,

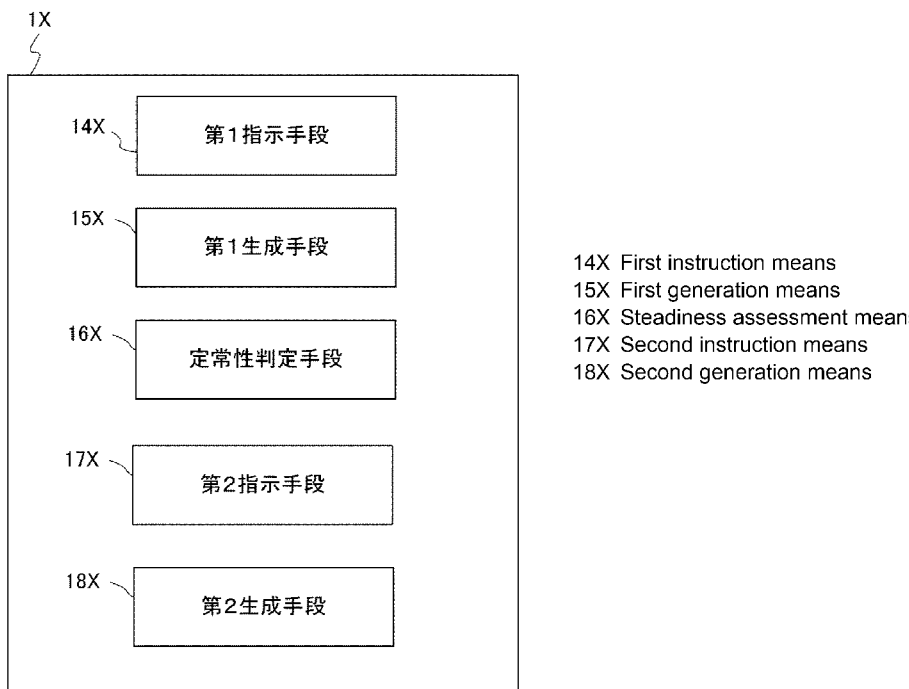
Yoshifumi); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 中村 聡延, 外 (NAKAMURA, Toshinobu et al.); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目16番10号 VPO 京橋3階 東京セントラル特許事務所内 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, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,

(54) Title: IMAGE PROCESSING DEVICE, IMAGE PROCESSING METHOD, AND STORAGE MEDIUM

(54) 発明の名称: 画像処理装置、画像処理方法及び記憶媒体



(57) Abstract: A first instruction means 14X of an image processing device 1X instructs a subject to be in a first state in which the subject is looking at a position ahead at a first distance. A first generation means 15X generates first pupil information, which is information relating to the pupils of the subject, on the basis of an image generated by an imaging means when the subject is in the first state. A steadiness assessment means 16X assesses, on the basis of the first pupil information, whether the pupils are steady when the subject is in the first state. If it is assessed that the pupils are steady, a



MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

second instruction means 17X instructs the subject to be in a second state in which the subject is looking at a position ahead by a second distance shorter than the first distance. A second generation means 18X generates second pupil information, which is information relating to the pupils of the subject, on the basis of an image generated by the imaging means when the subject is in the second state.

(57) 要約: 画像処理装置 1 X の第 1 指示手段 1 4 X は、被検者が第 1 距離だけ先を視認する第 1 状態になるように指示する。第 1 生成手段 1 5 X は、被検者が第 1 状態の場合において撮影手段が生成した画像に基づき、被検者の瞳孔に関する情報である第 1 瞳孔情報を生成する。定常性判定手段 1 6 X は、第 1 瞳孔情報に基づき、被検者の第 1 状態での瞳孔の定常性の有無を判定する。第 2 指示手段 1 7 X は、定常性があると判定した場合に、被検者が第 1 距離より短い第 2 距離だけ離れて先を視認する第 2 状態となるように指示する。第 2 生成手段 1 8 X は、被検者が第 2 状態の場合において撮影手段が生成した画像に基づき、被検者の瞳孔に関する情報である第 2 瞳孔情報を生成する。

明 細 書

発明の名称：画像処理装置、画像処理方法及び記憶媒体

技術分野

[0001] 本開示は、画像による近見反応の計測に関する処理を行う画像処理装置、画像処理方法及び記憶媒体の技術分野に関する。

背景技術

[0002] 被検者を撮影した顔画像に基づき被検者の瞳孔の計測を行うシステムが知られている。例えば、特許文献1には、2台設けられたカメラからの映像信号に基づき、被検者の瞳孔の領域を検出し、瞳孔面積、瞳孔直径、瞳孔の位置の解析などを行うシステムが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開WO2002/003853

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 一般に、近見反応の計測では、専用の装置又はシステムが必要となっていた。一方、セルフケアなどを目的として日常的に近見反応に関する計測を行う場合には、被検者本人が簡便に計測を実行できることが望ましい。

[0005] 本開示は、上述した課題を鑑み、被検者を撮影した画像から被検者の近見反応に関する情報を好適に生成することが可能な画像処理装置、画像処理方法及び記憶媒体を提供することを目的の一つとする。

課題を解決するための手段

[0006] 画像処理装置の一の態様は、

被検者が第1距離だけ先を視認する第1状態になるように指示する第1指示手段と、

前記被検者が前記第1状態の場合において撮影手段が生成した画像に基づき、前記被検者の瞳孔に関する情報である第1瞳孔情報を生成する第1生成

手段と、

前記第 1 瞳孔情報に基づき、前記被検者の前記第 1 状態での前記瞳孔の定常性の有無を判定する定常性判定手段と、

前記定常性があると判定した場合に、前記被検者が前記第 1 距離より短い第 2 距離だけ離れて先を視認する第 2 状態となるように指示する第 2 指示手段と、

前記被検者が第 2 状態の場合において前記撮影手段が生成した画像に基づき、前記瞳孔に関する情報である第 2 瞳孔情報を生成する第 2 生成手段と、を有する画像処理装置である。

[0007] 画像処理方法の一の様子は、

コンピュータが、

被検者が第 1 距離だけ先を視認する第 1 状態になるように指示し、

前記被検者が前記第 1 状態の場合において撮影手段が生成した画像に基づき、前記被検者の瞳孔に関する情報である第 1 瞳孔情報を生成し、

前記第 1 瞳孔情報に基づき、前記被検者の前記第 1 状態での前記瞳孔の定常性の有無を判定し、

前記定常性があると判定した場合に、前記被検者が前記第 1 距離より短い第 2 距離だけ離れて先を視認する第 2 状態となるように指示し、

前記被検者が第 2 状態の場合において前記撮影手段が生成した画像に基づき、前記瞳孔に関する情報である第 2 瞳孔情報を生成する、

画像処理方法である。なお、「コンピュータ」は、あらゆる電子機器（電子機器に含まれるプロセッサであってもよい）を含み、かつ、複数の電子機器により構成されてもよい。

[0008] 記憶媒体の一の様子は、

被検者が第 1 距離だけ先を視認する第 1 状態になるように指示し、

前記被検者が前記第 1 状態の場合において撮影手段が生成した画像に基づき、前記被検者の瞳孔に関する情報である第 1 瞳孔情報を生成し、

前記第 1 瞳孔情報に基づき、前記被検者の前記第 1 状態での前記瞳孔の定

常性の有無を判定し、

前記定常性があると判定した場合に、前記被検者が前記第 1 距離より短い第 2 距離だけ離れて先を視認する第 2 状態となるように指示し、

前記被検者が第 2 状態の場合において前記撮影手段が生成した画像に基づき、前記瞳孔に関する情報である第 2 瞳孔情報を生成する処理をコンピュータに実行させるプログラムが格納された記憶媒体である。

発明の効果

[0009] 被検者を撮影した画像から被検者の近見反応に関する情報を好適に生成することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]第 1 実施形態に係る近見反応計測システムの概略構成を示す。

[図2]近見反応計測システムが 1 台の端末装置である場合の近見反応の計測時の様子を示す。

[図3]各実施形態に共通する画像処理装置のハードウェア構成の一例を示す。

[図4]第 1 実施形態における近見反応計測処理に関する画像処理装置の機能ブロックの一例である。

[図5]被検者の顔を撮影したカメラ画像の一例である。

[図6]遠見の状態から近見の状態へ切り替わった時の瞳孔サイズの時間変化を示すグラフの一例である。

[図7]近見指示後に再び遠見指示を行った場合に認識される輻輳度の時間変化を示すグラフの一例である。

[図8]第 1 実施形態における近見反応計測処理に関するフローチャートの一例である。

[図9]第 2 実施形態における近見反応計測システムの概略構成を示す。

[図10]第 3 実施形態における画像処理装置のブロック図である。

[図11]第 3 実施形態において画像処理装置が実行するフローチャートの一例である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面を参照しながら、画像処理装置、画像処理方法及び記憶媒体の実施形態について説明する。

[0012] <第1実施形態>

(1) システム構成

図1は、第1実施形態に係る近見反応計測システム100の概略構成を示す。近見反応計測システム100は、可視光カメラにより被検者6の顔を撮影した画像に基づいて被検者6の近見反応を簡易的に計測するシステムであって、主に、画像処理装置1と、入力装置2と、出力装置3と、記憶装置4と、カメラ（撮像装置）51を含む計測装置5とを備える。被検者6は、例えば、健康状態の管理（セルフケアを含む）を目的として、近見反応計測システム100により自身の近見反応の計測を簡易的に行う。

[0013] 画像処理装置1は、カメラ51が生成する被検者6の顔画像（時系列にて得られる所定枚数の画像列である映像を含む、以下同じ）に基づき、被検者6の近見反応の計測を行い、計測結果の出力を行う。画像処理装置1は、通信網を介し、又は、無線若しくは有線による直接通信により、入力装置2、出力装置3、記憶装置4及び計測装置5と、データ通信を行う。

[0014] 入力装置2は、ユーザ入力（手入力）を受け付けるインターフェースである。なお、入力装置2を用いて情報の入力を行うユーザは、被検者6本人であってもよく、被検者6を管理又は監督する者であってもよい。入力装置2は、例えば、タッチパネル、ボタン、キーボード、マウス、音声入力装置などの種々のユーザ入力用インターフェースであってもよい。入力装置2は、ユーザの入力に基づき生成した入力信号を、画像処理装置1へ供給する。

[0015] 出力装置3は、画像処理装置1から供給される出力信号に基づき、所定の情報を出力する。この場合、出力信号は、表示信号又は音声信号の少なくとも一方を含んでいる。そして、出力装置3は、画像処理装置1から供給される表示信号に基づいて、情報の表示を行い、画像処理装置1から供給される音声信号に基づいて、情報の音声出力を行う。出力装置3は、例えば、ディスプレイ又はプロジェクタなどの表示装置と、スピーカーなどの音声出力装

置との少なくとも一方を含む。

[0016] 記憶装置 4 は、近見反応の計測等に必要な各種情報を記憶するメモリである。記憶装置 4 は、画像処理装置 1 に接続又は内蔵されたハードディスクなどの外部記憶装置であってもよく、フラッシュメモリなどの記憶媒体であってもよい。また、記憶装置 4 は、画像処理装置 1 とデータ通信を行うサーバ装置であってもよい。また、記憶装置 4 は、複数の装置から構成されてもよい。

[0017] 計測装置 5 は、可視光カメラであるカメラ 5 1 を含む 1 又は複数のセンサである。例えば、計測装置 5 は、被検者 6 の近見反応の計測環境下での外光の光量変化を検知するための照度センサを含んでもよい。計測装置 5 は、各センサが計測した信号を画像処理装置 1 へ供給する。以後では、カメラ 5 1 が生成する画像を「カメラ画像」とも呼ぶ。カメラ 5 1 は、「撮影手段」の一例である。

[0018] 図 1 に示す近見反応計測システム 100 の構成は一例であり、当該構成に種々の変更が行われてもよい。例えば、画像処理装置 1 と、入力装置 2 と、出力装置 3 と、記憶装置 4 と、計測装置 5 とは、スマートフォンやタブレット端末等として 1 台の端末装置により実現されてもよい。

[0019] 図 2 は、近見反応計測システム 100 が 1 台の端末装置（例えばスマートフォン）である場合の近見反応の計測時の様子を示す。図 2 に示すように、被検者 6 は、端末装置である近見反応計測システム 100 を把持し、カメラ 5 1 の撮影範囲に自身の顔が含まれるように端末装置の向きを調整している。近見反応計測システム 100 は三脚等に固定してもよい。そして、被検者 6 は、図 2 に示す状態において、近見反応計測システム 100 が出力する指示（ガイダンス）に従い、遠見及び近見を順に行い、近見反応の計測を近見反応計測システム 100 に実行させる。

[0020] （２）ハードウェア構成

図 3 は、画像処理装置 1 のハードウェア構成を示す。画像処理装置 1 は、ハードウェアとして、プロセッサ 11 と、メモリ 12 と、インターフェース

13とを含む。プロセッサ11、メモリ12及びインターフェース13は、データバス90を介して接続されている。

[0021] プロセッサ11は、メモリ12に記憶されているプログラムを実行することにより、画像処理装置1の全体の制御を行うコントローラ（演算装置）として機能する。プロセッサ11は、例えば、CPU（Central Processing Unit）、GPU（Graphics Processing Unit）、TPU（Tensor Processing Unit）などのプロセッサである。プロセッサ11は、複数のプロセッサから構成されてもよい。プロセッサ11は、コンピュータの一例である。

[0022] メモリ12は、RAM（Random Access Memory）、ROM（Read Only Memory）、フラッシュメモリなどの各種の揮発性メモリ及び不揮発性メモリにより構成される。また、メモリ12には、画像処理装置1が実行する処理を実行するためのプログラムが記憶される。なお、メモリ12が記憶する情報の一部は、画像処理装置1と通信可能な1又は複数の外部記憶装置により記憶されてもよく、画像処理装置1に対して着脱自在な記憶媒体により記憶されてもよい。また、メモリ12は、記憶装置4の少なくとも一部として機能してもよい。

[0023] インターフェース13は、画像処理装置1と他の装置とを電氣的に接続するためのインターフェースである。これらのインターフェースは、他の装置とデータの送受信を無線により行うためのネットワークアダプタなどのワイアレスインターフェースであってもよく、他の装置とケーブル等により接続するためのハードウェアインターフェースであってもよい。

[0024] なお、画像処理装置1のハードウェア構成は、図3に示す構成に限定されない。例えば、画像処理装置1は、入力装置2、出力装置3、記憶装置4、及び計測装置5の少なくともいずれかを含んでもよい。

[0025] （3）近見反応計測処理の概要

次に、近見反応の計測に関する処理である近見反応計測処理について説明する。概略的には、画像処理装置1は、被検者6に遠見を指示した後に生成

されるカメラ画像に基づいて被検者6の瞳孔が定常状態となったか否か判定する。そして、画像処理装置1は、被検者6の瞳孔が定常状態となった場合に被検者6に近見を指示し、当該指示後に生成されるカメラ画像から認識した被検者6の時系列の瞳孔に関する情報に基づいて、近見反応に関する指標を算出する。これにより、画像処理装置1は、カメラ画像に基づいて近見反応を好適に計測することが可能となる。

[0026] 図4は、近見反応計測処理に関する画像処理装置1の機能ブロックの一例である。画像処理装置1のプロセッサ11は、機能的には、第1指示部14と、第1瞳孔情報生成部15と、定常性判定部16と、第2指示部17と、第2瞳孔情報生成部18と、近見反応出力部19と、を有する。なお、図4では、データの授受が行われるブロック同士を実線により結んでいるが、データの授受が行われるブロックの組合せは図示されるものに限定されない。後述する他の機能ブロックの図においても同様である。

[0027] 第1指示部14は、近見反応の計測を開始すべきと判定した場合に、被検者6が遠見の状態となるように被検者6への指示（「遠見指示」とも呼ぶ。）を行う。具体的には、第1指示部14は、所定距離（「第1距離」とも呼ぶ。）先の場所に焦点を合わせることが被検者6に指示する。「第1距離」は、被検者6が遠見の状態であるとみなせる焦点距離であり、例えば、焦点距離が実質的に無限遠となる6 m以上の距離となる。従って、例えば、第1指示部14は、6 m以上先の場所に焦点を当てることを指示する表示信号又は音声信号の少なくとも一方を含む出力信号を生成し、出力信号をインターフェース13を介して出力装置3に供給する。これにより、第1指示部14は、被検者6への遠見指示の出力を出力装置3に実行させる。第1指示部14は、遠見指示の出力を行った場合に、遠見指示の出力を行ったことを第1瞳孔情報生成部15に通知する。

[0028] ここで、近見反応の計測を開始すべきか否かの判定について補足説明する。第1指示部14は、例えば、近見反応の計測の開始を指示する入力装置2による所定のユーザ入力を検知した場合に、近見反応の計測を開始すべきと

判定する。他の例では、第1指示部14は、予め計画された近見反応の計測タイミングになった場合に、近見反応の計測を開始すべきと判定する。この場合、計測タイミングに関する情報は、記憶装置4又はメモリ12に予め記憶されている。

[0029] 第1瞳孔情報生成部15は、第1指示部14による指示の出力後から定常性判定部16によって被検者6の瞳孔の定常性があると判定されるまでの期間、カメラ51からインターフェース13を介して取得されるカメラ画像に基づき、被検者6の瞳孔に関する情報を生成する。上述の期間では、第1瞳孔情報生成部15は、焦点距離が第1距離（例えば無限遠）となる場所を被検者6が見ている状態（即ち遠見の状態であり、「第1の状態」とも呼ぶ。）であるとみなし、遠見の状態での被検者6の瞳孔に関する情報を生成する。被検者6の瞳孔に関する情報を「瞳孔情報」とも呼ぶ。本実施形態では、第1瞳孔情報生成部15は、瞳孔情報として、被検者6の瞳孔サイズ（例えば瞳孔径）と、被検者6の目の輻輳（即ち、より目の状態）の度合い（「輻輳度」とも呼ぶ。）とを少なくとも算出する。瞳孔径及び輻輳度の具体例については後述する。第1瞳孔情報生成部15は、第1瞳孔情報生成部15が生成した瞳孔情報（「第1瞳孔情報」とも呼ぶ。）を、定常性判定部16及び近見反応出力部19に供給する。

[0030] 定常性判定部16は、第1指示部14による遠見指示の出力後、第1瞳孔情報に基づき、カメラ画像から認識される被検者6の瞳孔が定常性を有しているか否かを判定する。この場合、定常性判定部16は、第1指示部14による遠見指示後には被検者6が遠見の状態であるとみなし、遠見の状態において認識される被検者6の瞳孔の定常性の有無を判定する。そして、定常性判定部16は、定常性があると判定した場合、処理を開始すべきことを第2指示部17及び第2瞳孔情報生成部18に通知する。

[0031] ここで、定常性の有無の基準について補足説明する。定常性判定部16は、例えば、遠見指示後において、

（a）被検者6の焦点が変化していない

(b) 対光反応がない

(c) 瞳孔サイズが安定している

の条件 (a) ~ (c) が所定時間継続して全て満たされた場合に、定常性があると判定し、条件 (a) ~ (c) のいずれかが所定時間継続して満たされていない場合に、定常性がないと判定する。上述の所定時間の長さは、例えば、記憶装置 4 又はメモリ 12 等に予め記憶された既定値である。

[0032] まず、条件 (a) について説明する。定常性判定部 16 は、例えば、第 1 瞳孔情報生成部 15 から直前の所定時間において供給された瞳孔情報が示す時系列の輻輳度に基づき、条件 (a) が満たされるか否か判定する。そして、定常性判定部 16 は、所定時間において輻輳度が実質的に変化していない場合に、条件 (a) が満たされると判定し、所定時間において輻輳度が実質的な変化がある場合に、条件 (a) が満たされないと判定する。この場合、例えば、定常性判定部 16 は、上述の所定時間内に得られた所定個数の輻輳度の分散、最大値と最小値の差、又は、その他のばらつきを表す統計量と所定の閾値との比較に基づき、輻輳度が実質的に変化しているか否か判定する。上述の閾値は、例えば、記憶装置 4 又はメモリ 12 等に予め記憶されている。

[0033] 次に、条件 (b) について説明する。定常性判定部 16 は、例えば、直前の所定時間において計測装置 5 が計測した時系列の光量（照度）に基づき、条件 (b) が満たされるか否か判定する。具体的には、定常性判定部 16 は、計測装置 5 が計測した照度が上述の所定時間において実質的に変化していない場合に、条件 (b) が満たされると判定し、計測装置 5 が計測した照度が上述の所定時間において実質的な変化がある場合に、条件 (b) が満たされないと判定する。この場合、例えば、定常性判定部 16 は、上述の所定時間内に得られた所定個数の照度の計測値の分散、最大値と最小値の差、又は、その他のばらつきを表す統計量と所定の閾値との比較に基づき、照度が実質的に変化しているか否か判定する。上述の閾値は、例えば、記憶装置 4 又はメモリ 12 等に予め記憶されている。

[0034] 他の例では、定常性判定部 16 は、時系列での瞳孔サイズに基づき、条件 (b) が満たされるか否か判定してもよい。この場合、条件 (b) は、後述する条件 (c) と同一の条件となる。

[0035] 次に、条件 (c) について説明する。定常性判定部 16 は、例えば、第 1 瞳孔情報生成部 15 から直前の所定時間において供給された瞳孔情報が示す時系列の瞳孔サイズの実質的な変化の有無に基づき、条件 (c) が満たされるか否か判定する。この場合、定常性判定部 16 は、上述の所定時間内に得られた瞳孔情報に基づく所定個数の瞳孔サイズの分散、最大値と最小値の差、又は、その他のばらつきを表す統計量と所定の閾値との比較結果に基づき、瞳孔サイズの実質的な変化の有無を判定する。上述の閾値は、例えば、記憶装置 4 又はメモリ 12 等に予め記憶されている。

[0036] 第 2 指示部 17 は、定常性判定部 16 が定常性があると判定した場合に、被検者 6 が近見の状態となるように被検者 6 への指示（「近見指示」とも呼ぶ。）を行う。具体的には、第 2 指示部 17 は、所定距離（「第 2 距離」とも呼ぶ。）先の場所に焦点を合わせることを被検者 6 に指示する。上述の「第 2 距離」は、被検者 6 が近見の状態であるとみなせる焦点距離であり、第 1 距離よりも短い距離（例えば、50cm 未満の距離）となる。例えば、図 2 に示される構成（即ち被検者 6 が近見反応計測システム 100 である端末装置を把持している構成）では、第 2 指示部 17 は、被検者 6 が把持した端末装置に備えられたカメラ 51 に焦点を当てることを指示する表示信号又は音声信号の少なくとも一方を含む出力信号を生成し、出力信号をインターフェース 13 を介して出力装置 3 に供給する。これにより、第 1 指示部 14 は、被検者 6 への近見指示の出力を出力装置 3 に実行させる。第 1 指示部 14 は、近見指示の出力を行った場合に、近見指示の出力を行ったことを第 1 瞳孔情報生成部 15 に通知する。

[0037] 第 2 瞳孔情報生成部 18 は、第 2 指示部 17 による近見指示の出力後から所定時間（例えば数秒）が経過するまでの期間、カメラ 51 からインターフェース 13 を介して取得されるカメラ画像に基づき、被検者 6 の時系列での

瞳孔情報を生成する。上述の期間では、第1瞳孔情報生成部15は、焦点距離が第2距離となる場所を被検者6が見ている状態（即ち近見の状態であり、「第2の状態」とも呼ぶ。）であるとみなし、近見の状態での被検者6の時系列での瞳孔サイズ及び輻輳度を含む瞳孔情報を生成する。第2瞳孔情報生成部18は、第2瞳孔情報生成部18が生成した瞳孔情報（「第2瞳孔情報」とも呼ぶ。）を、近見反応出力部19に供給する。

[0038] 近見反応出力部19は、第1瞳孔情報生成部15から供給される第1瞳孔情報と、第2瞳孔情報生成部18から供給される第2瞳孔情報とに基づき、近見反応に関する指標（「近見反応指標」とも呼ぶ。）を算出し、近見反応指標の算出結果に関する情報を出力装置3により表示又は音声出力する。この場合、近見反応出力部19は、第1瞳孔情報生成部15から最後に供給された第1瞳孔情報（即ち定常性判定部16が定常性ありと判定した時点での遠見の状態での瞳孔情報）と、第2瞳孔情報生成部18から供給された時系列の第2瞳孔情報と、に基づき、近見反応指標を算出する。算出すべき近見反応指標の種類は、近見反応計測システム100が適用されるアプリケーションによって異なり、その具体例については「（4）瞳孔情報及び近見反応指標」及び「（7）アプリケーション」のセクションにて後述する。

[0039] ここで、近見反応出力部19が出力装置3に出力させる近見反応指標の算出結果に関する情報は、算出された近見反応指標そのものを示す情報であってもよく、近見反応指標に基づき推定した被検者6の状態等に関する情報であってもよい。後者の例については、「（7）アプリケーション」のセクションにて具体的に説明する。近見反応出力部19は、算出した近見反応指標の算出結果に関する情報を出力するための出力信号（即ち、表示信号又は音声信号の少なくとも一方）を生成し、出力信号をインターフェース13を介して出力装置3に供給する。これにより、近見反応出力部19は、近見反応指標の算出結果に関する情報を出力装置3に出力させる。

[0040] なお、近見反応出力部19は、第1瞳孔情報を用いずに時系列の第2瞳孔情報に基づいて近見反応指標を算出してもよい。この場合、時系列の最初に

得られた第2瞳孔情報を遠見の状態での瞳孔情報とみなし、上述の近見反応指標を算出する。

[0041] また、画像処理装置1は、第1指示部14、第1瞳孔情報生成部15、定常性判定部16、第2指示部17、第2瞳孔情報生成部18、及び近見反応出力部19の処理を所定回数実行することで、所定回数分の近見反応指標を算出してもよい。この場合、近見反応出力部19は、所定回数分の近見反応指標の時間平均又はその他の代表値を算出し、算出結果を出力装置3に出力させる。これにより、統計処理が行われた高精度な近見反応指標を出力することができる。

[0042] また、近見反応出力部19は、近見の状態から遠見の状態への切替に伴う被検者6の反応を示す指標（「遠見反応指標」とも呼ぶ。）をさらに算出してもよい。この場合、第2指示部17による近見指示後、再び第1指示部14が遠見指示を行い、当該遠見指示後に第1瞳孔情報生成部15が生成する時系列の第1瞳孔情報（及び直前の第2瞳孔情報）に基づき、近見反応出力部19は、遠見反応指標を算出する。この具体例については、「(7) アプリケーション」のセクションにて説明する。

[0043] なお、図4において説明した第1指示部14、第1瞳孔情報生成部15、定常性判定部16、第2指示部17、第2瞳孔情報生成部18及び近見反応出力部19の各構成要素は、例えば、プロセッサ11がプログラムを実行することによって実現できる。また、必要なプログラムを任意の不揮発性記憶媒体に記録しておき、必要に応じてインストールすることで、各構成要素を実現するようにしてもよい。なお、これらの各構成要素の少なくとも一部は、プログラムによるソフトウェアで実現することに限ることなく、ハードウェア、ファームウェア、及びソフトウェアのうちのいずれかの組合せ等により実現してもよい。また、これらの各構成要素の少なくとも一部は、例えばFPGA（Field-Programmable Gate Array）又はマイクロコントローラ等の、ユーザがプログラミング可能な集積回路を用いて実現してもよい。この場合、この集積回路を用いて、上記の各構成

要素から構成されるプログラムを実現してもよい。また、各構成要素の少なくとも一部は、ASSP (Application Specific Standard Produce)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) 又は量子プロセッサ (量子コンピュータ制御チップ) により構成されてもよい。このように、各構成要素は、種々のハードウェアにより実現されてもよい。以上のことは、後述する他の実施の形態においても同様である。さらに、これらの各構成要素は、例えば、クラウドコンピューティング技術などを用いて、複数のコンピュータの協働によって実現されてもよい。

[0044] (4) 瞳孔情報及び近見反応指標

まず、瞳孔情報の具体例について説明する。図5は、被検者6の顔を撮影したカメラ画像の一例である。

[0045] 画像処理装置1は、被検者6の顔を撮影したカメラ画像から任意の画像認識技術に基づき、被検者6の目（ここでは両目）9a、虹彩9b、瞳孔9cの各領域を認識する。そして、画像処理装置1は、認識した各領域に基づき、後述する瞳孔サイズと輻輳度とを示す瞳孔情報を算出する。

[0046] 例えば、画像処理装置1は、矢印90の長さに相当する瞳孔サイズ（即ち、瞳孔径）を算出する。なお、画像処理装置1は、両目について瞳孔サイズを夫々算出し、さらに算出した瞳孔サイズの平均を示す瞳孔情報を生成してもよい。

[0047] 他の例では、画像処理装置1は、輻輳度の一例として、矢印91の長さに相当する瞳孔間距離を算出する。このように、画像処理装置1は、両目に基づき輻輳度を算出することで、正確な輻輳を認識することが可能である。この場合、カメラ画像は、被検者6の両目を少なくとも撮影した画像となっており、画像処理装置1は、カメラ画像における両目の瞳孔9cの位置に基づき、輻輳度を算出する。なお、画像処理装置1は、被検者の片目のみ撮影されたカメラ画像に基づいて、瞳孔情報を算出してもよい。この場合、例えば、画像処理装置1は、輻輳度として、目9aの両端に対する瞳孔9cの中心

の相対位置（即ち、矢印 9 3 及び 9 4 の長さに相当する距離）を算出してもよい。このように、画像処理装置 1 は、目 9 a における瞳孔 9 c の相対位置を示す値を輻輳度として算出してもよい。

[0048] ここで、画像処理装置 1 は、瞳孔サイズ及び瞳孔間距離などを、カメラ画像上での画素数に基づくサイズから所定の尺度のサイズ（例えば実サイズ）に変換する正規化処理を行い、正規化された瞳孔サイズ及び瞳孔間距離を示す瞳孔情報を生成してもよい。この場合、例えば、画像処理装置 1 は、虹彩 9 b のサイズが個人差が少なく、かつ、経年変化しないという特性を利用し、虹彩 9 b のサイズに基づき、瞳孔サイズ及び瞳孔間距離を正規化してもよい。この場合、例えば、虹彩 9 b の画像上のサイズと、正規化後の虹彩 9 b のサイズとの関係を示す情報が記憶装置 4 又はメモリ 1 2 等に予め記憶されており、画像処理装置 1 は、この情報を参照して上述の正規化を行う。他の例では、視点の異なる複数のカメラがカメラ 5 1 として近見反応計測システム 1 0 0 に設けられている場合には、画像処理装置 1 は、S f M (S t r u c t u r e F r o m M o t i o n) などの任意の三次元復元技術に基づき、複数のカメラのカメラ画像から被検者 6 の顔を三次元復元することで、瞳孔サイズ及び瞳孔間距離の実サイズを認識してもよい。

[0049] 次に、近見反応指標の具体例について説明する。まず、瞳孔サイズから得られる近見反応指標について説明する。図 6 は、近見反応に伴う瞳孔サイズの時間変化を示すグラフの一例である。

[0050] この場合、近見指示を行った時刻「t 1」後、被検者 6 は遠見から近見に切替えることに起因して、被検者 6 の瞳孔サイズ（ここでは瞳孔半径とする）は潜時を経て最大値「D m a x」から徐々に減少していき、時刻「t 2」において最小値「D m i n」となる。その後、瞳孔サイズは再び拡大し、時刻 t 2 から所定時間後の時刻「t 3」付近において定常状態となる。

[0051] この場合、例えば、画像処理装置 1 は、近見反応指標として、矢印 9 5 の長さ（即ち、 $D_{max} - D_{min}$ ）に相当する最大瞳孔収縮量、サイズ D_{max} とサイズ D_{min} との比に相当する最大瞳孔収縮率、線 9 6 の傾きに相

当する瞳孔収縮速度、線 97 の傾きに相当する再拡張速度などを算出する。

なお、線 96 の傾きは、瞳孔サイズの減少期間での瞳孔サイズの減少速度に相当し、線 97 の傾きは、瞳孔サイズの増加（再拡張）期間での瞳孔サイズの増加速度に相当する。

[0052] なお、瞳孔サイズに基づく近見反応指標は、上述した指標に限らず、遠見から近見への切替の前後期間において計測される時系列の瞳孔サイズに基づく任意の指標であってもよい。また、画像処理装置 1 は、瞳孔サイズに基づく遠見反応指標についても、上述した近見反応指標と同様に算出してもよい。

[0053] 次に、輻輳度に関する近見反応指標について説明する。図 7 は、第 2 指示部 17 による近見指示後に再び第 1 指示部 14 による遠見指示を行った場合に認識される輻輳度の時間変化を示すグラフの一例である。ここでは、一例として、輻輳度は、より目の度合いが高いほど大きい値となるものとする。

[0054] 図 7 の例では、近見指示を行った時刻「t 11」後、被検者 6 は遠見から近見に切替えることに起因して、輻輳度は潜時を経て最小量から徐々に増大していきその後定常状態となる。さらに、定常状態になった時刻「t 12」において遠見指示が行われ、被検者 6 が近見から遠見に切替えることに起因して輻輳度は潜時を経て徐々に減少していき、時刻「t 13」付近において定常状態となる。

[0055] この場合、例えば、画像処理装置 1 は、近見反応指標として、図 6 の例と同様、遠見の状態に対応する輻輳度の最小値と近見の状態に対応する輻輳度の最大値との差（矢印 95 a の長さに相当）と、輻輳度の増加速度（矢印 97 a の傾きに相当）とを算出する。また、例えば、画像処理装置 1 は、遠見反応指標として、近見の状態に対応する輻輳度の最大値と遠見の状態に対応する輻輳度の最小値との差（矢印 98 a の長さに相当）と、近見から遠見への切替に伴う輻輳度の減少期間での輻輳度の減少速度（矢印 96 a の傾きに相当）とを算出する。ここで、上述した輻輳度の最大値と最大値との差は、輻輳度の変化の度合いであり、以後では「輻輳量」とも呼ぶ。また、上述の

増加速度と減少速度を、以後では、「輻輳度の変化速度」とも呼ぶ。輻輳量及び輻輳度の変化速度は、「輻輳の度合いの変化に関する指標」の例である。

[0056] なお、輻輳度に基づく近見反応指標は、上述した指標に限らず、遠見から近見への切替の前後期間において計測される時系列の輻輳度に基づく任意の指標であってもよい。同様に、輻輳度に基づく遠見反応指標は、上述した指標に限らず、近見から遠見への切替の前後期間において計測される時系列の輻輳度に基づく任意の指標であってもよい。

[0057] (5) 処理フロー

図8は、画像処理装置1が実行する近見反応計測処理に関するフローチャートの一例である。

[0058] まず、画像処理装置1は、被検者6に遠見を指示する遠見指示を出力装置3により出力する（ステップS11）。そして、画像処理装置1は、ステップS11後にカメラ51が生成する時系列のカメラ画像の各々に基づいて、被検者6の瞳孔情報（即ち、第1瞳孔情報）を生成する（ステップS12）。

[0059] そして、画像処理装置1は、ステップS12にて得られる瞳孔情報等に基づいて、被検者6の瞳孔の定常性の有無を判定する（ステップS13）。この場合、画像処理装置1は、ステップS12にて直前の所定期間において生成された所定個数分の瞳孔情報に基づき、瞳孔の定常性の有無を判定する。そして、画像処理装置1は、被検者6の瞳孔について定常性があると判定した場合（ステップS13；Yes）、ステップS14へ処理を進める。一方、画像処理装置1は、被検者6の瞳孔について定常性がないと判定した場合（ステップS13；No）、引き続きステップS12において、カメラ51が生成する最新のカメラ画像に基づき瞳孔情報を生成する。

[0060] 次に、被検者6の瞳孔について定常性があると判定後、画像処理装置1は、被検者6に近見を指示する近見指示を出力装置3により出力する（ステップS14）。そして、画像処理装置1は、ステップS14後にカメラ51が

生成する時系列のカメラ画像の各々に基づいて、被検者6の瞳孔情報（即ち、第2瞳孔情報）を生成する（ステップS15）。そして、画像処理装置1は、瞳孔情報に基づいて近見反応指標を算出する（ステップS16）。この場合、画像処理装置1は、ステップS15で得られた時系列の第2瞳孔情報（及びステップS12で得られた第1瞳孔情報）に基づいて、1又は複数種類の近見反応指標を算出する。なお、画像処理装置1は、ステップS11～ステップS16を複数回繰り返すことで得られる複数回分の近見反応指標のサンプルに基づき、種類ごとの近見反応指標の時間平均（又はその他の代表値）を算出してもよい。

[0061] そして、画像処理装置1は、近見反応指標の算出結果に関する情報を出力装置3により出力する（ステップS17）。この場合、画像処理装置1は、適用されるアプリケーションに応じ、算出した近見反応指標から老化現象の有無、疲労の有無、神経系疾患の有無などに関する被検者6の状態を判定し、その判定結果を出力装置3により出力してもよい。なお、アプリケーションの例については後述する。

[0062] （6）変形例

次に、上述した実施形態の変形例について説明する。以下の変形例は任意に組み合わせて上述した実施形態に適用してもよい。

[0063] （変形例1）

画像処理装置1は、遠見指示及び近見指示において、カメラ画像から認識した被検者6の虹彩のサイズに基づいて、被検者6とカメラ51との距離（撮影距離）が予め定めた距離となるように、ガイダンスを出力してもよい。

[0064] この場合、例えば、ステップS11において、画像処理装置1は、遠見指示を出力すると共に、カメラ画像から被検者6の虹彩のサイズを認識する。そして、画像処理装置1は、認識した虹彩のサイズが適正サイズ範囲に属するか否かを判定する。上述の適正サイズ範囲は、近見反応計測処理に好ましい距離範囲内となるような撮影距離の範囲に対応する虹彩のサイズの範囲であり、例えば記憶装置4又はメモリ12等に予め記憶された範囲である。そし

て、画像処理装置 1 は、認識した虹彩のサイズが適正サイズ範囲外である場合には、撮影距離を調整すべき旨を被検者 6 に指示する情報を出力装置 3 に出力させる。この場合、画像処理装置 1 は、認識した虹彩のサイズが適正サイズ範囲より小さい場合には、撮影距離を短くすることを指示し、認識した虹彩のサイズが適正サイズ範囲より大きい場合には、撮影距離を長くすることを指示する。画像処理装置 1 は、ステップ S 14 等においても同様に、カメラ画像から被検者 6 の虹彩のサイズを認識し、認識した虹彩のサイズが適正サイズ範囲に属するか否かの判定結果に基づいて、撮影距離に関するガイダンスを出力してもよい。

[0065] 本変形例によれば、画像処理装置 1 は、撮影距離が近見反応の計測に適した距離となるように好適に調整することができる。

[0066] (変形例 2)

時系列の第 2 瞳孔情報の取得は必須ではなく、画像処理装置 1 は、近見の状態での少なくとも 1 時点での第 2 瞳孔情報を取得してもよい。

[0067] この場合、例えば、近見反応出力部 19 は、第 2 指示部 17 による遠見指示後の所定時刻に生成されたカメラ画像に基づく第 2 瞳孔情報と、第 2 指示部 17 による遠見指示前の最後に生成された第 1 瞳孔情報とに基づき、近見反応指標を算出する。上述の所定時刻は、例えば、図 6 における時刻 t_1 と時刻 t_2 との間に相当する時刻（即ち瞳孔サイズの減少期間内の時刻）であってもよく、定常時刻 t_3 付近の時刻（即ち、瞳孔の状態が定常状態となった時刻）であってもよい。前者の例では、近見反応出力部 19 は、第 1 瞳孔情報が示す瞳孔サイズと第 2 瞳孔情報が示す瞳孔サイズとの差を、最大瞳孔収縮率として算出することができる。また、後者の例では、近見反応出力部 19 は、第 1 瞳孔情報が示す瞳孔サイズと第 2 瞳孔情報が示す瞳孔サイズとの差を、定常状態での近見と遠見の瞳孔サイズの差として算出することができる。

[0068] (7) アプリケーション

次に、近見反応計測システム 100 のアプリケーションについて例示する

。以下のアプリケーションでは、近見反応計測システム 100 は、算出した近見反応指標に基づき、被検者 6 の状態（特に健康に関する状態）を推定し、被検者 6 の状態の推定結果を出力する。ここでは、近見反応計測システム 100 のアプリケーションの具体例として、加齢による機能低下の定量把握に関するアプリケーション、眼精疲労の定量把握に関するアプリケーション、及び両眼視異常の検知に関するアプリケーションについて例示する。

[0069] (7-1) 加齢による機能低下の定量把握

加齢による機能低下の定量把握に関するアプリケーションでは、例えば、画像処理装置 1 は、近見反応指標として、遠見の状態での瞳孔サイズ（即ち瞳孔サイズの最大値 D_{max} ）と、近見の状態での瞳孔サイズ（即ち瞳孔サイズの最小値 D_{min} 又は再拡張後の瞳孔サイズ）と、瞳孔収縮速度、輻輳量、及び輻輳度の変化速度等と、を夫々算出する。そして、画像処理装置 1 は、算出した各種の近見反応指標の算出値と、近見反応指標の参考値とを比較し、被検者 6 の加齢による機能低下の度合いを定量的に推定する。そして、画像処理装置 1 は、推定結果を出力装置 3 に出力する。上述の参考値は、被検者 6 の年齢における一般的な各種の近見反応指標の基準値であってもよく、被検者 6 の近見反応指標の算出値の過去の算出値であってもよい。また、上述の参考値は、加齢による機能低下の有無又はレベルを判定するための閾値であってもよい。

[0070] ここで、画像処理装置 1 は、被検者 6 の加齢による機能低下の度合いを推定するモデルを用い、当該モデルが出力する情報を出力装置 3 に出力させてもよい。上述のモデルは、式、ルックアップテーブル、又はニューラルネットワークなどの機械学習モデル等であり、例えば、各種の近見反応指標の算出値（又は当該算出値と参考値との差等）を入力とした場合に加齢による機能低下の度合いに関する推定結果（例えば被検者 6 の推定年齢など）を出力する。上述のモデルのパラメータ等は、予め記憶装置 4 又はメモリ 12 等に記憶されている。また、画像処理装置 1 は、算出した各種の近見反応指標の算出値と対応する参考値とを比較可能に示したグラフなどを表示してもよい。

。

[0071] このようなアプリケーションによれば、被検者6は、簡便に被検者6自身で近見反応の計測を自身が所有するスマートフォンなどを用いて行い、加齢による機能低下を定量把握することができる。そして、画像処理装置1は、加齢による機能低下の予防活動の提案、加齢による機能低下の予防効果のみえる化などを行うことも可能であり、被検者6であるユーザの加齢による機能低下の予防活動の継続意識を高めることができる。

[0072] (7-2) 眼精疲労の定量把握

眼精疲労の定量把握に関するアプリケーションでは、画像処理装置1は、例えば、近見反応指標として、最大瞳孔収縮率、瞳孔収縮速度、再拡張速度、及び輻輳量等を算出する。そして、画像処理装置1は、算出した各種の近見反応指標の算出値と、近見反応指標の参考値とを比較し、被検者6の眼精疲労の度合いを定量的に推定する。そして、画像処理装置1は、推定結果を出力装置3に出力する。上述の参考値は、被検者6の年齢における一般的な各種の近見反応指標の基準値であってもよく、被検者6の近見反応指標の過去の算出値であってもよい。また、上述の参考値は、被検者6の眼精疲労の有無又はレベルを判定するための閾値であってもよい。

[0073] ここで、画像処理装置1は、被検者6の眼精疲労の度合いを推定するモデルを用い、当該モデルが出力する情報を出力装置3に出力させてもよい。上述のモデルは、式、ルックアップテーブル、又はニューラルネットワークなどの機械学習モデル等であり、例えば、各種の近見反応指標の算出値（又は当該算出値と参考値との差等）を入力とした場合に被検者6の眼精疲労の度合いに関する推定結果を出力する。上述のモデルのパラメータ等は、予め記憶装置4又はメモリ12等に記憶されている。また、画像処理装置1は、被検者6の眼精疲労の度合いを表す情報として、算出した各種の近見反応指標の算出値と対応する参考値とを比較可能に示したグラフなどを表示してもよい。

[0074] このようなアプリケーションによれば、被検者6は、簡便に被検者6自身

で近見反応の計測を自身が所有するスマートフォンなどを用いて行い、眼精疲労を定量把握することができる。

[0075] (7-3) 両眼視異常の検知

次に、両眼視異常（スマートフォンの使用による内斜視も含む）の検知に関するアプリケーションについて説明する。

[0076] このアプリケーションでは、画像処理装置 1 は、例えば、近見反応指標として、最大瞳孔収縮率、瞳孔収縮速度、輻輳量、及び輻輳度の変化速度等、を算出する。また、本アプリケーションでは、画像処理装置 1 は、近見反応指標に加えて、遠見反応指標を算出する。従って、画像処理装置 1 は、第 2 指示部 17 による近見指示後、再び第 1 指示部 14 による遠見指示を行い、当該遠見指示後に第 1 瞳孔情報生成部 15 が生成する時系列の第 1 瞳孔情報（及び直前の第 2 瞳孔情報）に基づき、遠見反応指標を算出する。これにより、画像処理装置 1 は、近見の状態から遠見の状態への切替に伴う被検者 6 の反応に伴う瞳孔拡大率、瞳孔拡大速度、輻輳量、及び輻輳度の変化速度等、を算出する。なお、「瞳孔拡大率」は、近見の状態での瞳孔サイズに対するその後の遠見の状態での瞳孔サイズの比であり、「瞳孔拡大速度」は、近見の状態から遠見の状態への切替によって生じる瞳孔サイズの拡大期間における瞳孔サイズの拡大速度である。

[0077] そして、画像処理装置 1 は、算出した各種の近見反応指標及び遠見反応指標の算出値と、各種の近見反応指標及び遠見反応指標の参考値とを比較し、被検者 6 の両眼視異常を推定する。そして、画像処理装置 1 は、推定結果を出力装置 3 に出力する。上述の参考値は、被検者 6 の年齢における一般的な各種の近見反応指標及び遠見反応指標の基準値であってもよく、被検者 6 の近見反応指標及び遠見反応指標の過去の算出値であってもよい。また、上述の参考値は、被検者 6 の両眼視異常の有無又はレベルを判定するための閾値であってもよい。

[0078] なお、近見反応において輻輳しても縮瞳しない状態、又は、近見の状態から遠見の状態への切替に伴う被検者 6 の反応において輻輳度が当初の遠見の

ときの輻輳度に戻らない状態のいずれかに該当する場合には、両眼視異常が生じている可能性が高い。従って、上述した閾値は、上述のいずれかの状態に該当するか否かを判定するための基準値となるように設定されるとよい。

[0079] このようなアプリケーションによれば、被検者6は、簡便に被検者6自身で近見反応の計測等を自身が所有するスマートフォンなどを用いて行い、両眼視異常の判定結果を把握することができる。また、画像処理装置1は、両眼視異常の判定結果に応じた予防活動の提案や予防効果のみえる化などを行うこともでき、被検者6による両眼視異常に関する予防活動の継続意識を高めることができる。なお、このアプリケーションは、被検者6のセルフチェックのみならず、被検者6が未成年である場合の親によるチェックにも活用することが可能である。

[0080] <第2実施形態>

図9は、第2実施形態における近見反応計測システム100Aの概略構成を示す。第2実施形態に係る近見反応計測システム100Aは、サーバとして機能する画像処理装置1Aと、被検者が使用し、クライアントとして機能する端末装置8とを有する。画像処理装置1Aと端末装置8とは、ネットワーク99を介してデータ通信を行う。以後では、第1実施形態と同一構成要素については、適宜同一符号を付し、その説明を省略する。

[0081] 端末装置8は、被検者となる利用者（ユーザ）が使用する端末であり、入力機能、表示機能、通信機能、及び撮像機能を有し、図1に示される入力装置2、出力装置3、及びカメラ51を含む計測装置5等として機能する。端末装置8は、例えば、パーソナルコンピュータ、スマートフォンなどのタブレット型端末、PDA（Personal Digital Assistant）などであってもよい。端末装置8は、カメラ51が出力する被検者の顔画像を、ネットワーク99を介して画像処理装置1Aに送信する。

[0082] 画像処理装置1Aは、図2に示す画像処理装置1のハードウェア構成と同一のハードウェア構成を有し、画像処理装置1Aのプロセッサ11は、第1実施形態において説明した図4に示される機能ブロックを有する。そして、

画像処理装置 1 A は、カメラ画像を端末装置 8 からネットワーク 9 9 を介して受信し、被検者の近見反応計測処理を実行する。また、画像処理装置 1 A は、端末装置 8 からの表示要求に基づき、処理結果を出力するための出力信号を、ネットワーク 9 9 を介して端末装置 8 へ送信する。

[0083] このように、第 2 実施形態における画像処理装置 1 A は、端末装置 8 のユーザとなる被検者の近見反応の計測に関する処理を行い、近見反応の計測結果を端末装置 8 により好適に被検者に提示することができる。

[0084] <第 3 実施形態>

図 10 は、第 3 実施形態における画像処理装置 1 X のブロック図である。画像処理装置 1 X は、主に、第 1 指示手段 1 4 X と、第 1 生成手段 1 5 X と、定常性判定手段 1 6 X と、第 2 指示手段 1 7 X と、第 2 生成手段 1 8 X と、を有する。なお、画像処理装置 1 X は、複数の装置により構成されてもよい。

[0085] 第 1 指示手段 1 4 X は、被検者が第 1 距離だけ先を視認する第 1 状態になるように指示する。第 1 指示手段 1 4 X は、例えば、第 1 実施形態又は第 2 実施形態における第 1 指示部 1 4 とすることができる。

[0086] 第 1 生成手段 1 5 X は、被検者が第 1 状態の場合において撮影手段が生成した画像に基づき、被検者の瞳孔に関する情報である第 1 瞳孔情報を生成する。第 1 生成手段 1 5 X は、例えば、第 1 実施形態又は第 2 実施形態における第 1 瞳孔情報生成部 1 5 とすることができる。

[0087] 定常性判定手段 1 6 X は、第 1 瞳孔情報に基づき、被検者の第 1 状態での瞳孔の定常性の有無を判定する。定常性判定手段 1 6 X は、例えば、第 1 実施形態又は第 2 実施形態における定常性判定部 1 6 とすることができる。

[0088] 第 2 指示手段 1 7 X は、定常性があると判定した場合に、被検者が第 1 距離より短い第 2 距離だけ離れて先を視認する第 2 状態となるように指示する。第 2 指示手段 1 7 X は、例えば、第 1 実施形態又は第 2 実施形態における第 2 指示部 1 7 とすることができる。

[0089] 第 2 生成手段 1 8 X は、被検者が第 2 状態の場合において撮影手段が生成

した画像に基づき、被検者の瞳孔に関する情報である第2瞳孔情報を生成する。第2生成手段18Xは、例えば、第1実施形態又は第2実施形態における第2瞳孔情報生成部18とすることができる。

[0090] 図11は、第3実施形態において画像処理装置1Xが実行するフローチャートの一例である。まず、第1指示手段14Xは、被検者が第1距離だけ先を視認する第1状態になるように指示する（ステップS21）。第1生成手段15Xは、被検者が第1状態の場合において撮影手段が生成した画像に基づき、被検者の瞳孔に関する情報である第1瞳孔情報を生成する（ステップS22）。定常性判定手段16Xは、第1瞳孔情報に基づき、被検者の第1状態での瞳孔の定常性の有無を判定する（ステップS23）。第2指示手段17Xは、定常性があると判定した場合に、被検者が第1距離より短い第2距離だけ離れて先を視認する第2状態となるように指示する（ステップS24）。第2生成手段18Xは、被検者が第2状態の場合において撮影手段が生成した画像に基づき、被検者の瞳孔に関する情報である第2瞳孔情報を生成する（ステップS25）。

[0091] 第3実施形態によれば、画像処理装置1Xは、被検者の近見反応に伴う瞳孔情報を好適に取得することができる。

[0092] なお、上述した各実施形態において、プログラムは、様々なタイプの非一時的なコンピュータ可読媒体（non-transitory computer readable medium）を用いて格納され、コンピュータであるプロセッサ等に供給することができる。非一時的なコンピュータ可読媒体は、様々なタイプの実体のある記憶媒体（tangible storage medium）を含む。非一時的なコンピュータ可読媒体の例は、磁気記憶媒体（例えばフレキシブルディスク、磁気テープ、ハードディスクドライブ）、光磁気記憶媒体（例えば光磁気ディスク）、CD-ROM（Read Only Memory）、CD-R、CD-R/W、半導体メモリ（例えば、マスクROM、PROM（Programmable ROM）、EPROM（Erasable PROM）、フラッシュROM、RAM（Random Access Memory））を含む。また、プログラムは、様々なタイプの一時的なコンピュータ可読媒体（transitor

y computer readable medium) によってコンピュータに供給されてもよい。一時的なコンピュータ可読媒体の例は、電気信号、光信号、及び電磁波を含む。一時的なコンピュータ可読媒体は、電線及び光ファイバ等の有線通信路、又は無線通信路を介して、プログラムをコンピュータに供給できる。

[0093] その他、上記の実施形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載され得るが以下には限られない。

[0094] [付記 1]

被検者が第 1 距離だけ先を視認する第 1 状態になるように指示する第 1 指示手段と、

前記被検者が前記第 1 状態の場合において撮影手段が生成した画像に基づき、前記被検者の瞳孔に関する情報である第 1 瞳孔情報を生成する第 1 生成手段と、

前記第 1 瞳孔情報に基づき、前記被検者の前記第 1 状態での前記瞳孔の定常性の有無を判定する定常性判定手段と、

前記定常性があると判定した場合に、前記被検者が前記第 1 距離より短い第 2 距離だけ離れて先を視認する第 2 状態となるように指示する第 2 指示手段と、

前記被検者が第 2 状態の場合において前記撮影手段が生成した画像に基づき、前記瞳孔に関する情報である第 2 瞳孔情報を生成する第 2 生成手段と、を有する画像処理装置。

[付記 2]

前記第 2 瞳孔情報に基づいて、前記被検者の近見反応に関する指標を算出する近見反応算出手段をさらに有する、付記 1 に記載の画像処理装置。

[付記 3]

前記近見反応算出手段は、前記第 2 状態となるように指示が行われた後に生成された時系列の前記第 2 瞳孔情報に基づいて、前記指標を算出する、付記 2 に記載の画像処理装置。

[付記 4]

前記第 1 瞳孔情報と前記第 2 瞳孔情報は、輻輳の度合いと前記瞳孔のサイズとに関する情報を含む、付記 1 に記載の画像処理装置。

[付記 5]

前記画像は、前記被検者の両目を少なくとも撮影した画像であり、

前記第 1 生成手段及び前記第 2 生成手段は、前記画像における前記両目の瞳孔の位置に基づき、前記輻輳の度合いを算出する、付記 4 に記載の画像処理装置。

[付記 6]

前記定常性判定手段は、焦点が変化の有無、対光反射の有無、及び前記瞳孔のサイズの変化の有無に基づき、前記瞳孔の定常性の有無を判定する、付記 1 に記載の画像処理装置。

[付記 7]

前記第 1 指示手段は、前記第 2 瞳孔情報の生成後、前記被検者が前記第 1 状態になるように再指示を行い、

前記近見反応算出手段は、前記第 2 瞳孔情報と、前記再指示後に生成された前記第 1 瞳孔情報と、に基づいて、前記被検者が前記第 2 状態から前記第 1 状態に切り替わったときの反応に関する指標を算出する、付記 2 に記載の画像処理装置。

[付記 8]

前記近見反応算出手段は、前記指標として、前記瞳孔のサイズの最大値、前記サイズの最小値、前記瞳孔の最大収縮率、前記瞳孔の収縮速度、前記瞳孔の再拡張速度、又は輻輳の度合いの変化に関する指標の少なくともいずれかを算出する、付記 2 に記載の画像処理装置。

[付記 9]

前記近見反応算出手段は、前記指標に基づき推定した前記被検者の状態に関する情報を出力装置により出力する、付記 2 に記載の画像処理装置。

[付記 10]

前記近見反応算出手段は、前記指標に基づき推定した前記被検者の加齢に

よる機能低下の度合いを、前記状態に関する情報として出力する、付記 9 に記載の画像処理装置。

[付記 1 1]

前記近見反応算出手段は、前記指標に基づき推定した前記被検者の眼精疲労の度合いを、前記状態に関する情報として出力する、付記 9 に記載の画像処理装置。

[付記 1 2]

前記近見反応算出手段は、前記指標に基づき推定した前記被検者の両眼視異常に関する情報を、前記状態に関する情報として出力する、付記 9 に記載の画像処理装置。

[付記 1 3]

コンピュータが、
被検者が第 1 距離だけ先を視認する第 1 状態になるように指示し、
前記被検者が前記第 1 状態の場合において撮影手段が生成した画像に基づき、前記被検者の瞳孔に関する情報である第 1 瞳孔情報を生成し、
前記第 1 瞳孔情報に基づき、前記被検者の前記第 1 状態での前記瞳孔の定常性の有無を判定し、
前記定常性があると判定した場合に、前記被検者が前記第 1 距離より短い第 2 距離だけ離れて先を視認する第 2 状態となるように指示し、
前記被検者が第 2 状態の場合において前記撮影手段が生成した画像に基づき、前記瞳孔に関する情報である第 2 瞳孔情報を生成する、
画像処理方法。

[付記 1 4]

被検者が第 1 距離だけ先を視認する第 1 状態になるように指示し、
前記被検者が前記第 1 状態の場合において撮影手段が生成した画像に基づき、前記被検者の瞳孔に関する情報である第 1 瞳孔情報を生成し、
前記第 1 瞳孔情報に基づき、前記被検者の前記第 1 状態での前記瞳孔の定常性の有無を判定し、

前記定常性があると判定した場合に、前記被検者が前記第 1 距離より短い第 2 距離だけ離れて先を視認する第 2 状態となるように指示し、

前記被検者が第 2 状態の場合において前記撮影手段が生成した画像に基づき、前記瞳孔に関する情報である第 2 瞳孔情報を生成する処理をコンピュータに実行させるプログラムが格納された記憶媒体。

[0095] 以上、実施形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上記実施形態に限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、本願発明のスコープ内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。すなわち、本願発明は、請求の範囲を含む全開示、技術的思想にしたがって当業者であればなし得るであろう各種変形、修正を含むことは勿論である。また、引用した上記の特許文献及び非特許文献の各開示は、本書に引用をもって繰り込むものとする。

符号の説明

- [0096] 1、1 A、1 X 画像処理装置
- 2 入力装置
 - 3 出力装置
 - 4 記憶装置
 - 5 計測装置
 - 8 端末装置
 - 1 1 プロセッサ
 - 1 2 メモリ
 - 1 3 インターフェース
 - 5 1 カメラ
 - 9 0 データバス
 - 9 9 ネットワーク
 - 1 0 0、1 0 0 A 近見反応計測システム

請求の範囲

- [請求項1] 被検者が第1距離だけ先を視認する第1状態になるように指示する第1指示手段と、
- 前記被検者が前記第1状態の場合において撮影手段が生成した画像に基づき、前記被検者の瞳孔に関する情報である第1瞳孔情報を生成する第1生成手段と、
- 前記第1瞳孔情報に基づき、前記被検者の前記第1状態での前記瞳孔の定常性の有無を判定する定常性判定手段と、
- 前記定常性があると判定した場合に、前記被検者が前記第1距離より短い第2距離だけ離れて先を視認する第2状態となるように指示する第2指示手段と、
- 前記被検者が第2状態の場合において前記撮影手段が生成した画像に基づき、前記瞳孔に関する情報である第2瞳孔情報を生成する第2生成手段と、
- を有する画像処理装置。
- [請求項2] 前記第2瞳孔情報に基づいて、前記被検者の近見反応に関する指標を算出する近見反応算出手段をさらに有する、請求項1に記載の画像処理装置。
- [請求項3] 前記近見反応算出手段は、前記第2状態となるように指示が行われた後に生成された時系列の前記第2瞳孔情報に基づいて、前記指標を算出する、請求項2に記載の画像処理装置。
- [請求項4] 前記第1瞳孔情報と前記第2瞳孔情報は、輻輳の度合いと前記瞳孔のサイズとに関する情報を含む、請求項1に記載の画像処理装置。
- [請求項5] 前記画像は、前記被検者の両目を少なくとも撮影した画像であり、
- 前記第1生成手段及び前記第2生成手段は、前記画像における前記両目の瞳孔の位置に基づき、前記輻輳の度合いを算出する、請求項4に記載の画像処理装置。
- [請求項6] 前記定常性判定手段は、焦点が変化の有無、対光反射の有無、及び

前記瞳孔のサイズの変化の有無に基づき、前記瞳孔の定常性の有無を判定する、請求項 1 に記載の画像処理装置。

[請求項7] 前記第 1 指示手段は、前記第 2 瞳孔情報の生成後、前記被検者が前記第 1 状態になるように再指示を行い、

前記近見反応算出手段は、前記再指示後に生成された前記第 1 瞳孔情報に基づいて、前記被検者が前記第 2 状態から前記第 1 状態に切り替わったときの反応に関する指標を算出する、請求項 2 に記載の画像処理装置。

[請求項8] 前記近見反応算出手段は、前記指標として、前記瞳孔のサイズの最大値、前記サイズの最小値、前記瞳孔の最大収縮率、前記瞳孔の収縮速度、前記瞳孔の再拡張速度、又は輻輳の度合いの変化に関する指標の少なくともいずれかを算出する、請求項 2 に記載の画像処理装置。

[請求項9] 前記近見反応算出手段は、前記指標に基づき推定した前記被検者の状態に関する情報を出力装置により出力する、請求項 2 に記載の画像処理装置。

[請求項10] 前記近見反応算出手段は、前記指標に基づき推定した前記被検者の加齢による機能低下の度合いを、前記状態に関する情報として出力する、請求項 9 に記載の画像処理装置。

[請求項11] 前記近見反応算出手段は、前記指標に基づき推定した前記被検者の眼精疲労の度合いを、前記状態に関する情報として出力する、請求項 9 に記載の画像処理装置。

[請求項12] 前記近見反応算出手段は、前記指標に基づき推定した前記被検者の両眼視異常に関する情報を、前記状態に関する情報として出力する、請求項 9 に記載の画像処理装置。

[請求項13] コンピュータが、
被検者が第 1 距離だけ先を視認する第 1 状態になるように指示し、
前記被検者が前記第 1 状態の場合において撮影手段が生成した画像に基づき、前記被検者の瞳孔に関する情報である第 1 瞳孔情報を生成

し、

前記第 1 瞳孔情報に基づき、前記被検者の前記第 1 状態での前記瞳孔の定常性の有無を判定し、

前記定常性があると判定した場合に、前記被検者が前記第 1 距離より短い第 2 距離だけ離れて先を視認する第 2 状態となるように指示し、

前記被検者が第 2 状態の場合において前記撮影手段が生成した画像に基づき、前記瞳孔に関する情報である第 2 瞳孔情報を生成する、画像処理方法。

[請求項14]

被検者が第 1 距離だけ先を視認する第 1 状態になるように指示し、

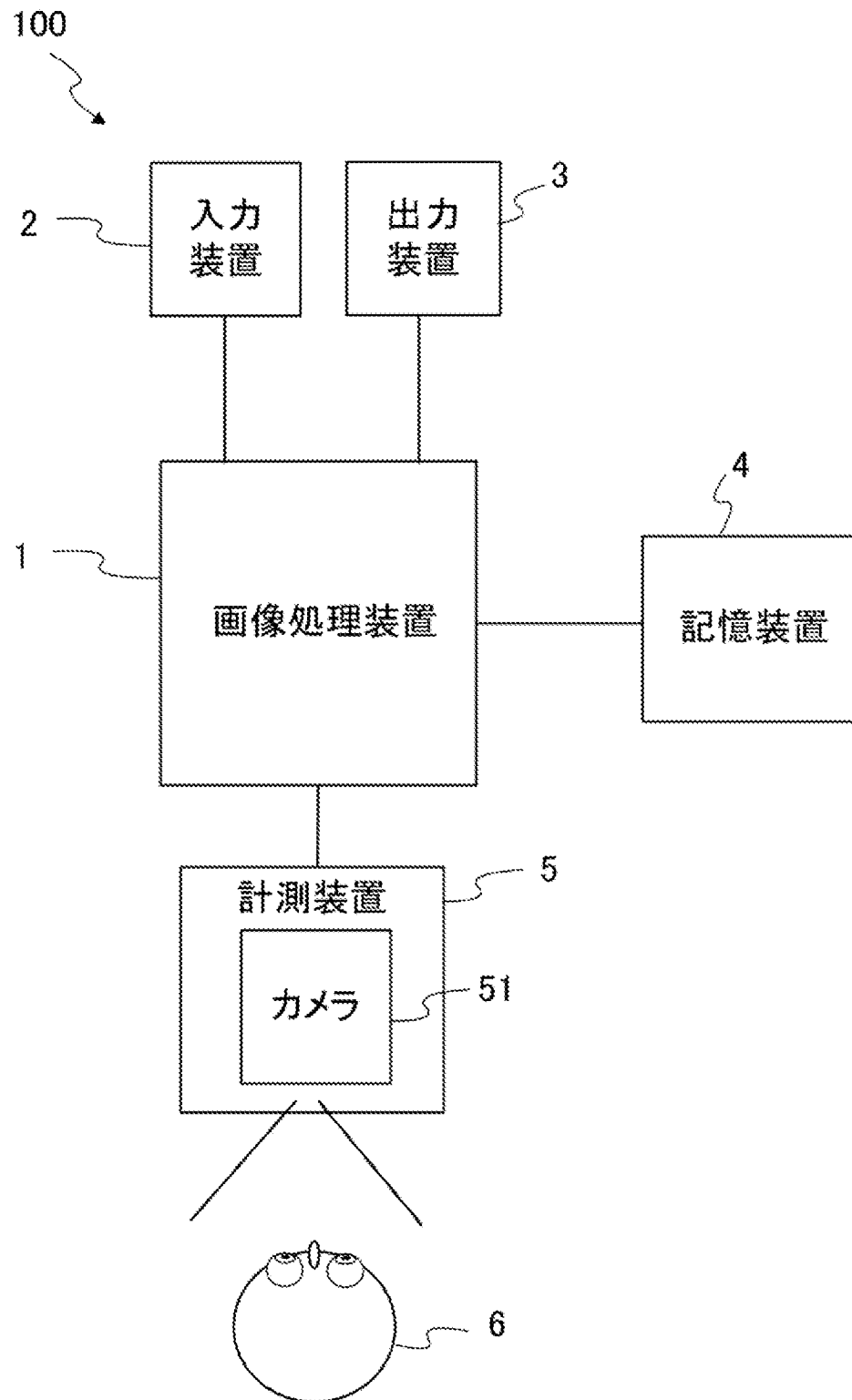
前記被検者が前記第 1 状態の場合において撮影手段が生成した画像に基づき、前記被検者の瞳孔に関する情報である第 1 瞳孔情報を生成し、

前記第 1 瞳孔情報に基づき、前記被検者の前記第 1 状態での前記瞳孔の定常性の有無を判定し、

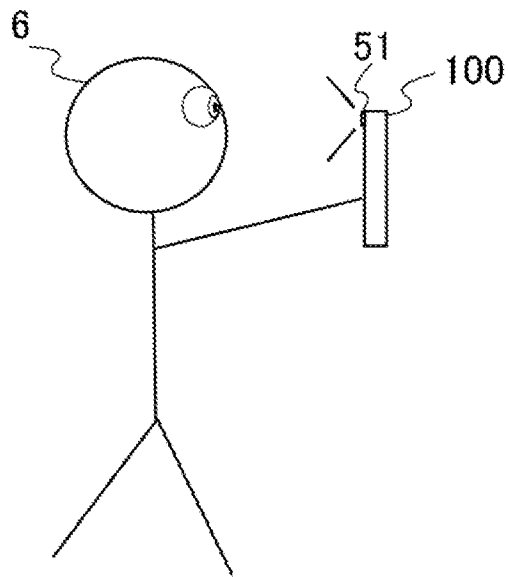
前記定常性があると判定した場合に、前記被検者が前記第 1 距離より短い第 2 距離だけ離れて先を視認する第 2 状態となるように指示し、

前記被検者が第 2 状態の場合において前記撮影手段が生成した画像に基づき、前記瞳孔に関する情報である第 2 瞳孔情報を生成する処理をコンピュータに実行させるプログラムが格納された記憶媒体。

[図1]

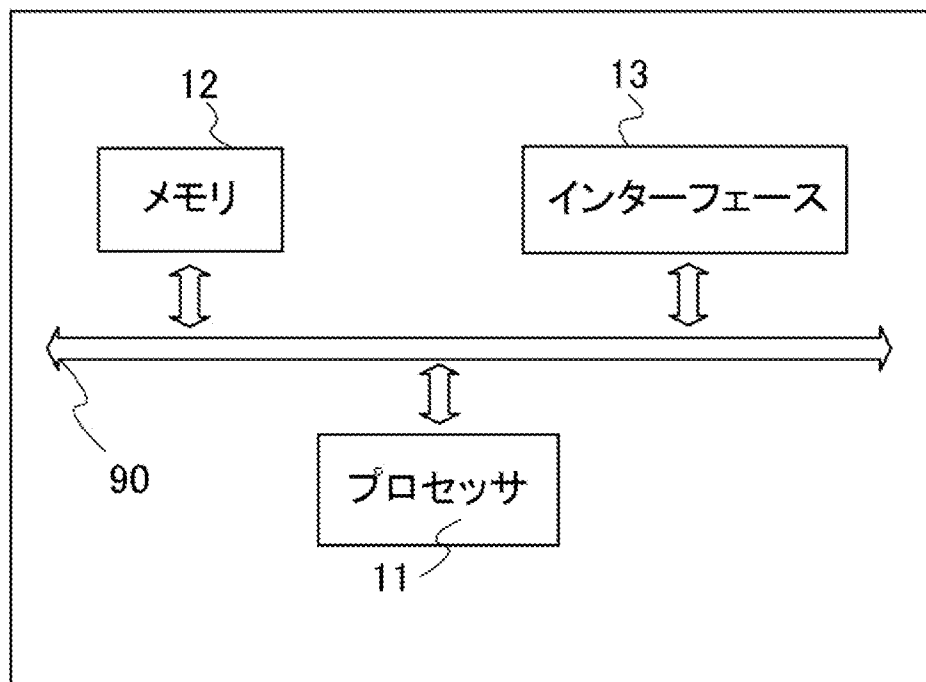


[図2]

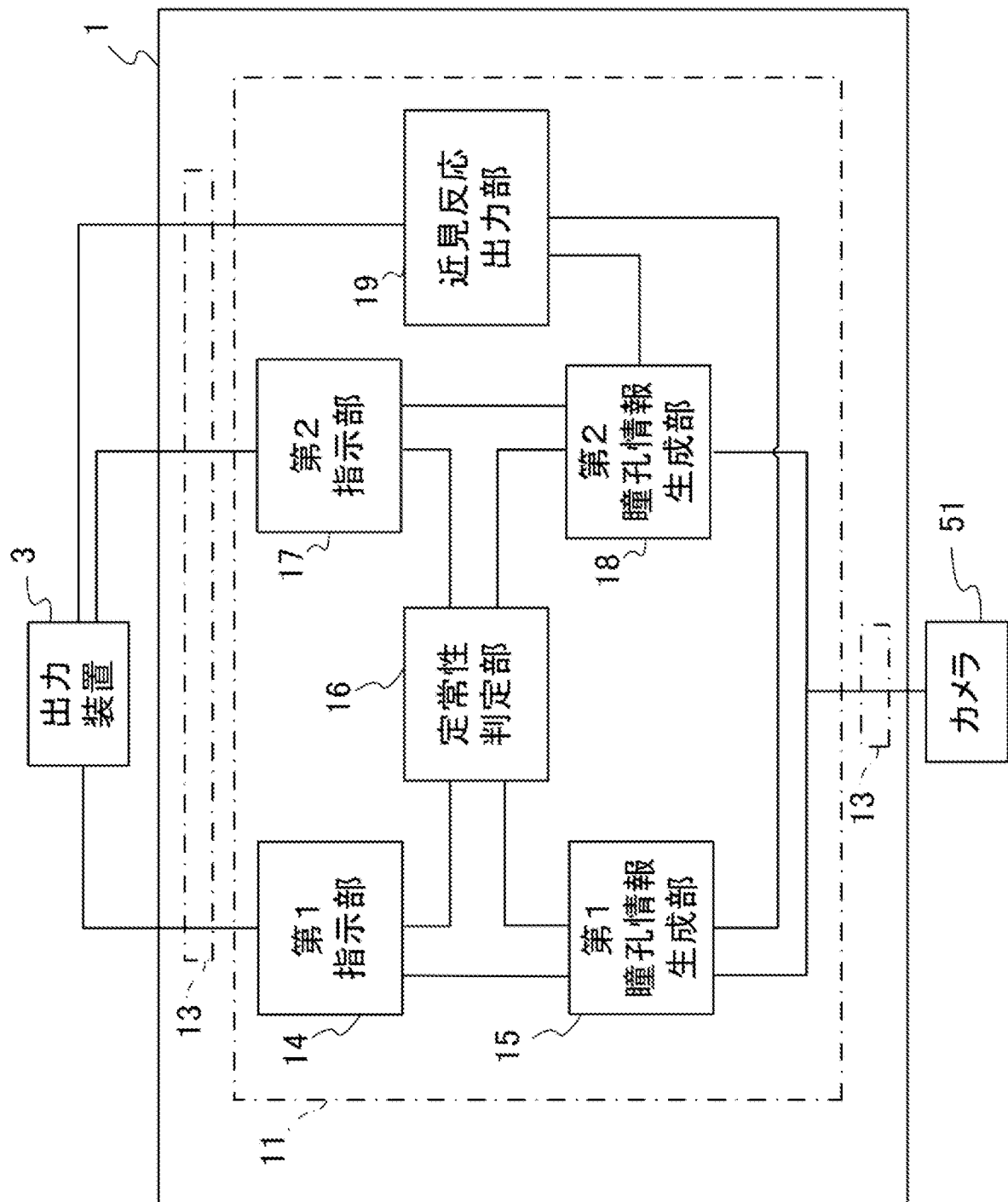


[図3]

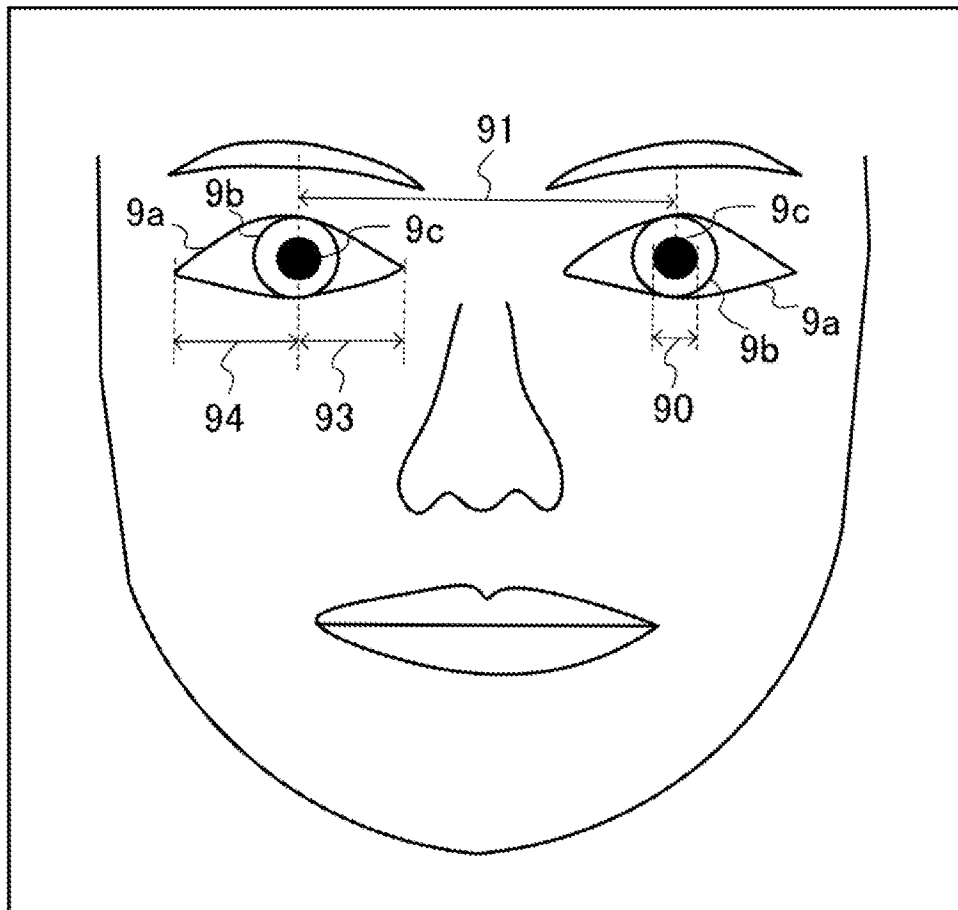
1



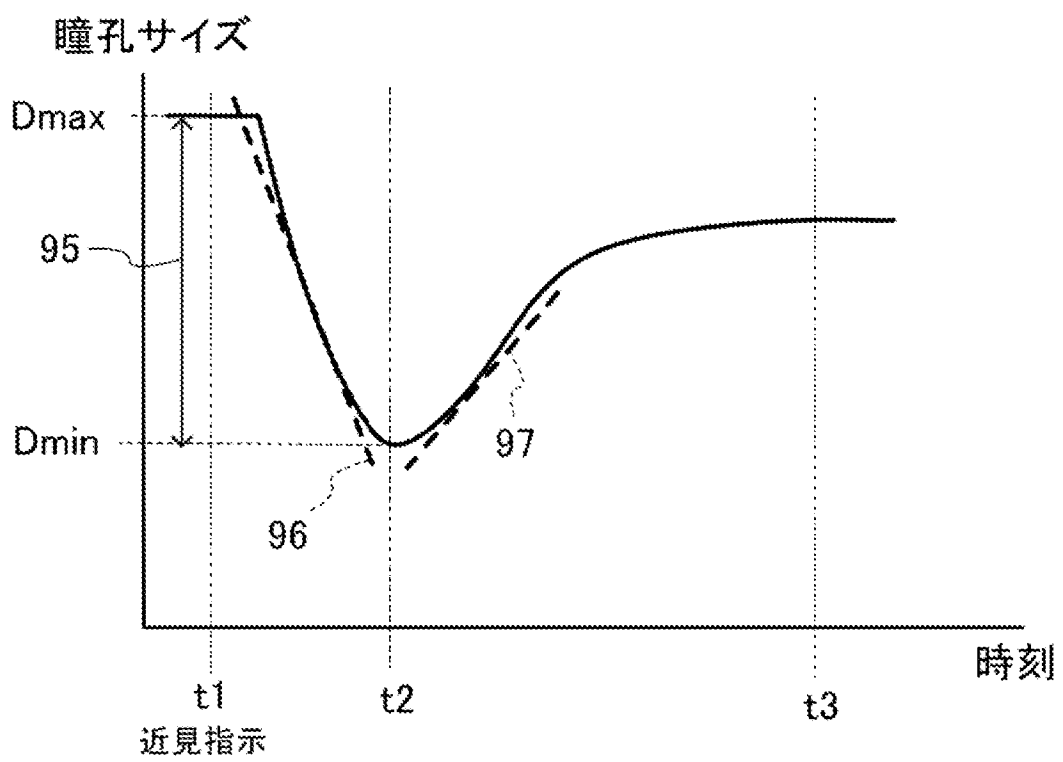
[図4]



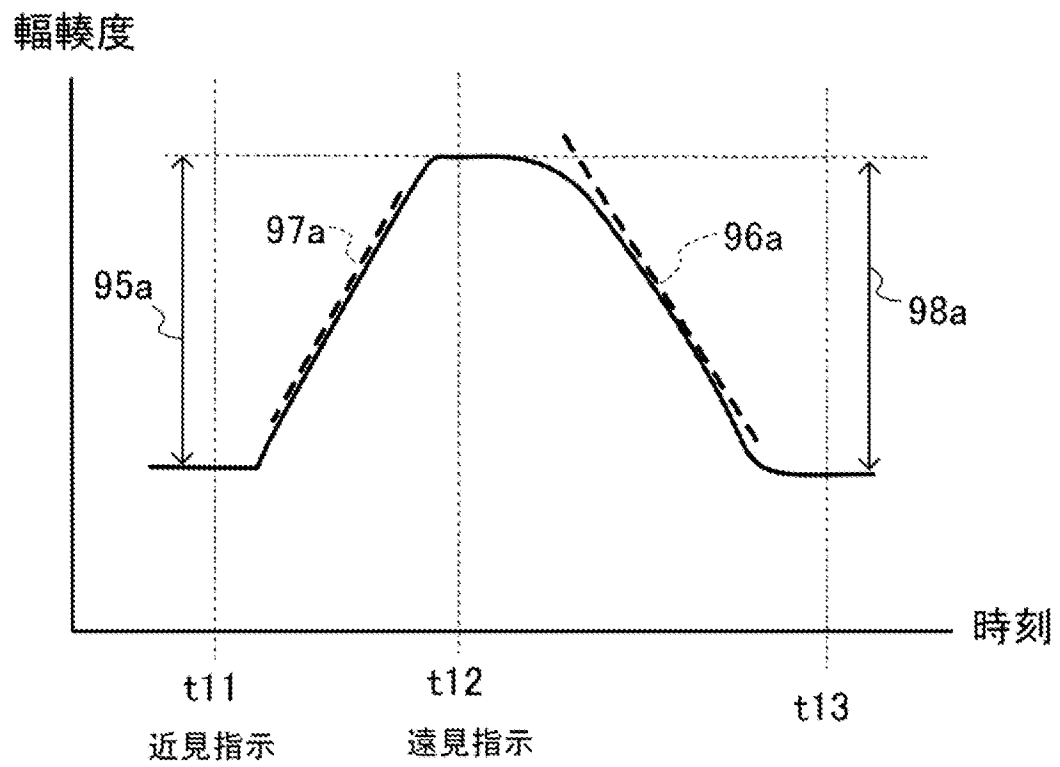
[図5]



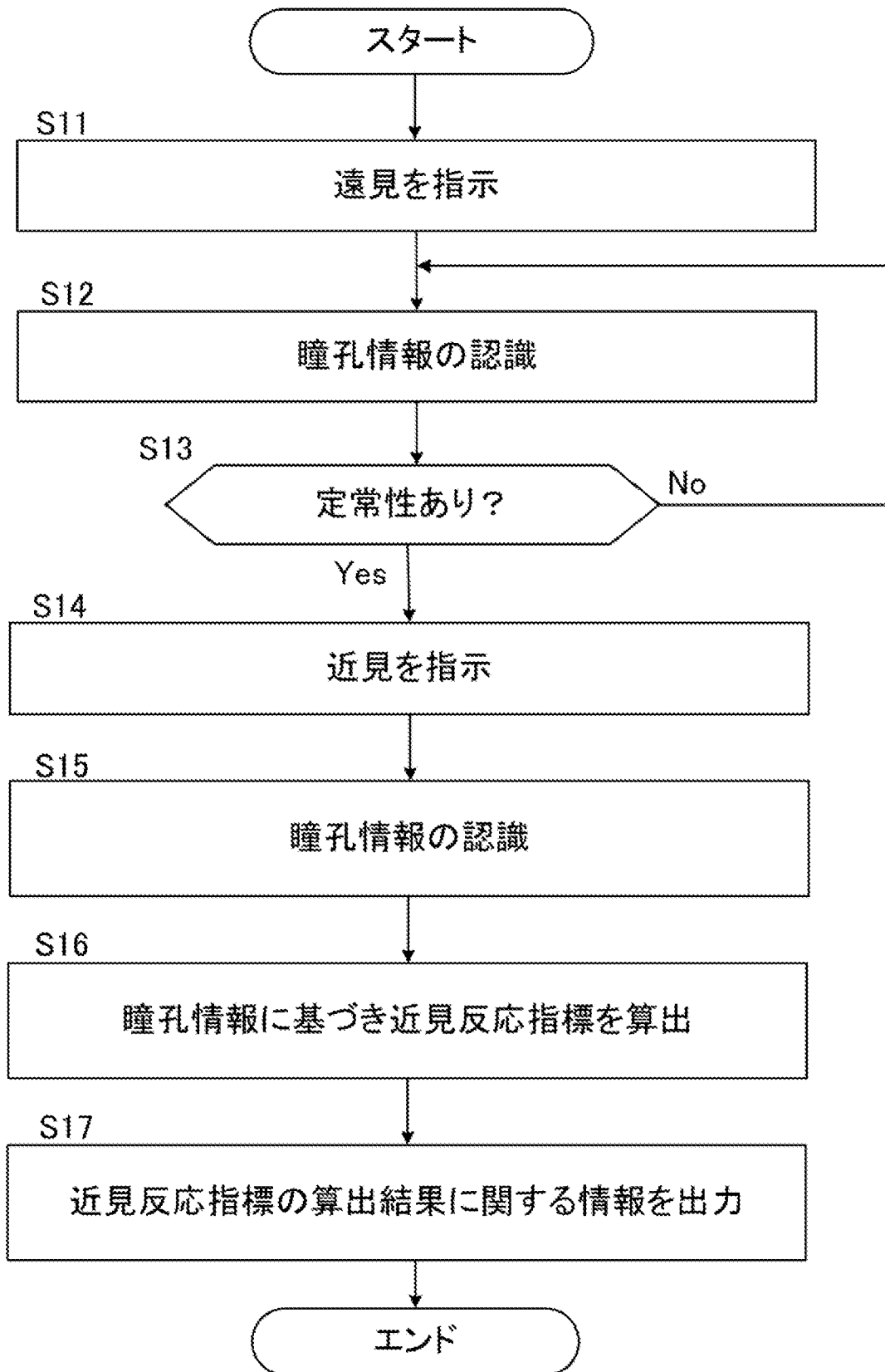
[図6]



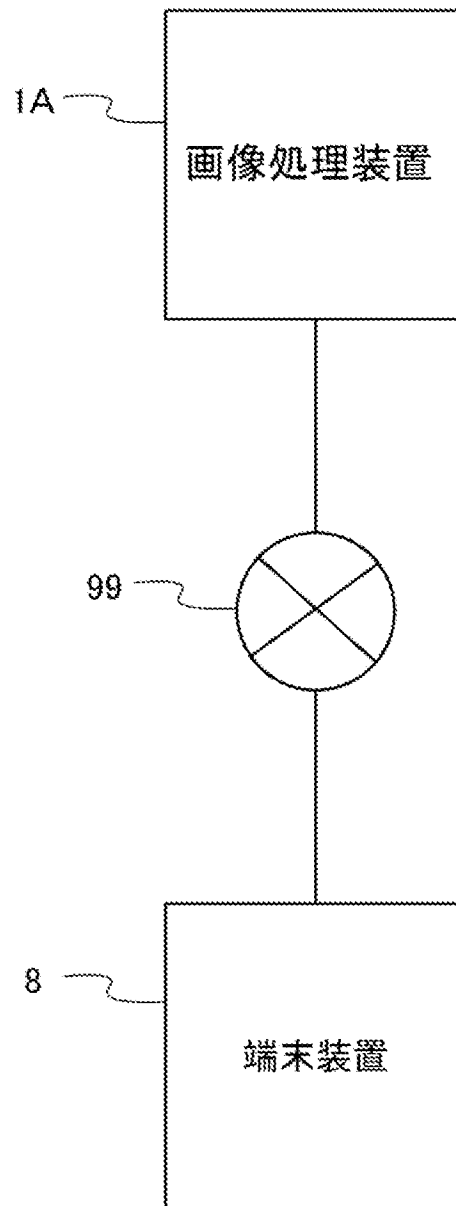
[図7]



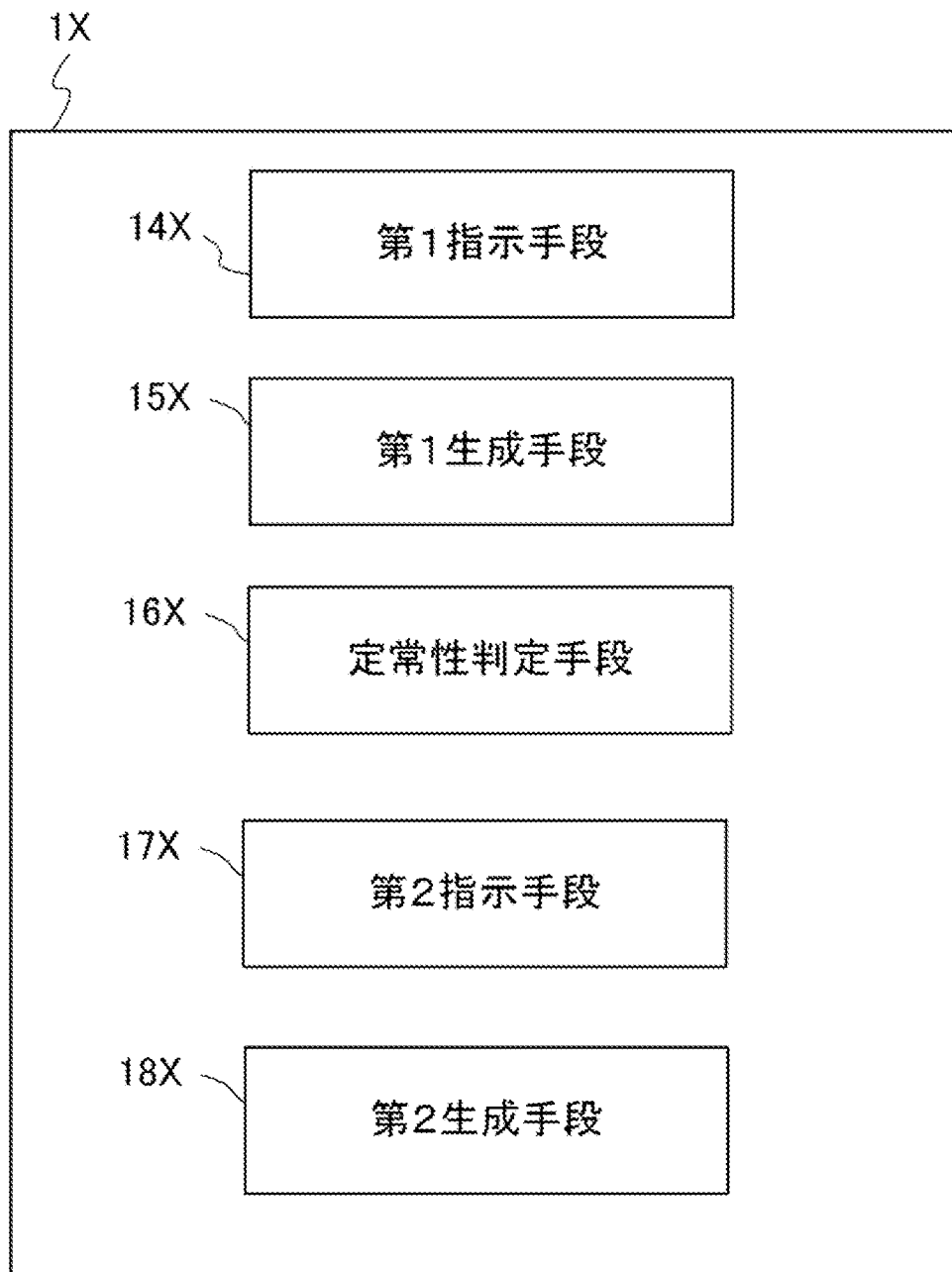
[図8]



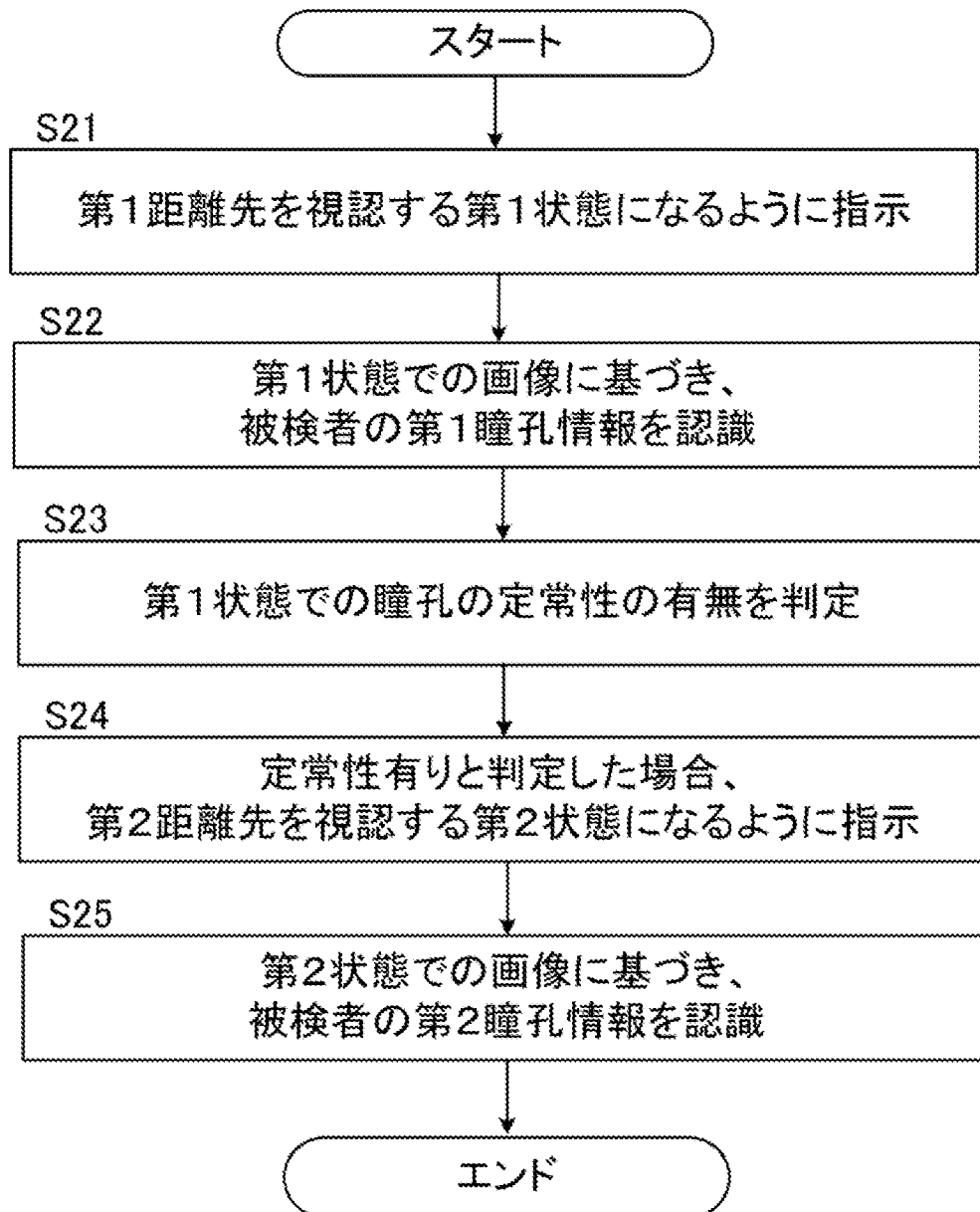
[図9]

100A

[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/012153

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 3/11(2006.01)i

FI: A61B3/11

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)

A61B3/00 - 3/18

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-230459 A (IWASAKI, Tsuneto) 02 September 2005 (2005-09-02) paragraphs [0009]-[0030], fig. 1-10	1-14
A	WO 2020/226133 A1 (MARIE FOUNDATION) 12 November 2020 (2020-11-12) paragraph [0092], fig. 4	1-14
A	WO 2002/003853 A1 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) 17 January 2002 (2002-01-17) description, p. 3, line 5 to p. 11, line 8, fig. 1-9	1-14



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

12 May 2023

Date of mailing of the international search report

23 May 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/012153

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2005-230459	A	02 September 2005	(Family: none)	
WO	2020/226133	A1	12 November 2020	US 2022/0223253 A1	
				paragraph [0104], fig. 4	
WO	2002/003853	A1	17 January 2002	US 2003/0098951 A1	
				paragraphs [0022]-[0061], fig. 1-9	
				EP 1302153 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） A61B 3/11(2006.01)i FI: A61B3/11		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） A61B3/00 - 3/18 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2023年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2023年 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2005-230459 A (岩崎 常人) 02.09.2005 (2005 - 09 - 02) [0009]-[0030]、図1-10	1-14
A	WO 2020/226133 A1 (一般財団法人Marie Foundation) 12.11.2020 (2020 - 11 - 12) [0092]、図4	1-14
A	WO 2002/003853 A1 (浜松ホトニクス株式会社) 17.01.2002 (2002 - 01 - 17) 明細書第3頁第5行目 - 第11頁第8行目、図1-9	1-14
☐ 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、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 12.05.2023	国際調査報告の発送日 23.05.2023	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 富永 昌彦 2Q 4461 電話番号 03-3581-1101 内線 3292	

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/012153

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2005-230459	A	02.09.2005	(ファミリーなし)	
WO	2020/226133	A1	12.11.2020	US 2022/0223253	A1
				[0104], Fig. 4	
WO	2002/003853	A1	17.01.2002	US 2003/0098951	A1
				[0022]-[0061], Figs. 1-9	
				EP 1302153	A1