

(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
2020年7月30日(30.07.2020)



(10) 国際公開番号
WO 2020/152732 A1

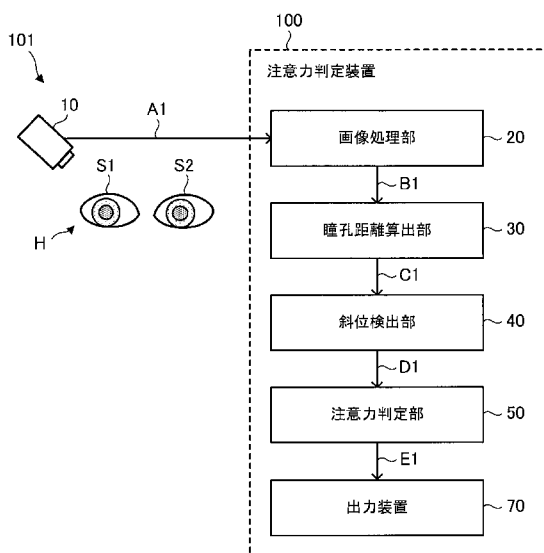
- (51) 国際特許分類:
A61B 5/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/001586
- (22) 国際出願日: 2019年1月21日(21.01.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 常道 大智 (TSUNEMICHI Daichi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 山形 洋一, 外 (YAMAGATA Yoichi et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木2丁目1

6番2号 甲田ビル4階 特許業務法人 山形・佐藤特許事務所 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, 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, JP, 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,

(54) Title: ATTENTIVENESS DETERMINATION APPARATUS, ATTENTIVENESS DETERMINATION SYSTEM, ATTENTIVENESS DETERMINATION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 注意力判定装置、注意力判定システム、注意力判定方法、およびプログラム



(57) Abstract: An attentiveness determination apparatus (100) has an image processing unit (20), a pupil distance calculation unit (30), a phoria detection unit (40), and an attentiveness determination unit (50). The image processing unit (20) outputs a first reference coordinate, a second reference coordinate, a first pupil coordinate, and a second pupil coordinate. The pupil distance calculation unit (30) calculates at least one position component of the first pupil coordinate relative to the first reference coordinate and at least one position component of the second pupil coordinate relative to the second reference coordinate. The phoria detection unit (40) outputs a phoria detection result indicating the states of a first eye (S1) and a second eye (S2). The attentiveness determination unit (50) determines the attentiveness of a person (H) on the basis of the phoria detection result.

- 20 Image processing unit
- 30 Pupil distance calculation unit
- 40 Phoria detection unit
- 50 Attentiveness determination unit
- 70 Output device
- 100 Attentiveness determination apparatus



WO 2020/152732 A1

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：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：注意力判定装置（100）は、画像処理部（20）と、瞳孔距離算出部（30）と、斜位検出部（40）と、注意力判定部（50）とを有する。画像処理部（20）は、第1の基準座標、第2の基準座標、第1の瞳孔座標、および第2の瞳孔座標を出力する。瞳孔距離算出部（30）は、第1の基準座標に対する第1の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分と、第2の基準座標に対する第2の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分とを算出する。斜位検出部（40）は、第1の眼球（S1）および第2の眼球（S2）の状態を示す斜位検出結果を出力する。注意力判定部（50）は、斜位検出結果に応じて人（H）の注意力を判定する。

明 細 書

発明の名称：

注意力判定装置、注意力判定システム、注意力判定方法、およびプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、注意力判定装置、注意力判定システム、注意力判定方法、およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] 人の顔画像から飛越眼球運動を検出し、検出された飛越眼球運動の発生頻度に基づいて、その人の注意力レベル（単に「注意力」とも称する）を判定する情報提示装置が提案されている（例えば、特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平11-276461号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に記載の情報提示装置は、高速な眼球運動であるサッカードを検出し、検出されたサッカードの発生頻度に基づき、操作者の注意力レベルを判定する。しかしながら、サッカードのような高速な眼球運動を撮影するためには、高フレームレートで撮影が可能なカメラが必要である。その結果、情報提示装置のコストが増加する。

[0005] 本発明は、上述の問題を解決するためになされたものであり、低フレームレートで撮影された画像を用いて人の注意力を判定することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一態様に係る注意力判定装置は、撮影された、人の第1の眼球および第2の眼球を含む画像を用いる注意力

判定装置であって、

前記第1の眼球についての第1の基準座標と前記第2の眼球についての第2の基準座標とを前記撮影された画像内に設定し、前記第1の眼球の瞳孔の前記画像内における座標である第1の瞳孔座標および前記第2の眼球の瞳孔の前記画像内における座標である第2の瞳孔座標を算出し、前記第1の基準座標、前記第2の基準座標、前記第1の瞳孔座標、および前記第2の瞳孔座標を出力する画像処理部と、

前記第1の基準座標に対する前記第1の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分と、前記第2の基準座標に対する前記第2の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分とを算出する瞳孔距離算出部と、

前記第1の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分と前記第2の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分とを用いて前記第1の眼球および前記第2の眼球の状態を示す斜位検出結果を出力する斜位検出部と、

前記斜位検出結果に応じて前記人の注意力を判定する注意力判定部とを有する。

本発明の他の態様に係る注意力判定装置は、

撮影された、人の第1の眼球および第2の眼球を含む画像を用いる注意力判定装置であって、

前記第1の眼球についての第1の基準座標と前記第2の眼球についての第2の基準座標とを前記撮影された画像内に設定し、前記第1の眼球の瞳孔の前記画像内における座標である第1の瞳孔座標および前記第2の眼球の瞳孔の前記画像内における座標である第2の瞳孔座標を算出し、前記第1の基準座標、前記第2の基準座標、前記第1の瞳孔座標、および前記第2の瞳孔座標を出力する画像処理部と、

前記第1の基準座標に対する前記第1の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分と、前記第2の基準座標に対する前記第2の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分とを算出する瞳孔距離算出部と、

前記第1の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分および前記第2の瞳

孔座標の前記少なくとも1つの位置成分を正規化し、正規化された値を瞳孔距離補正值として出力する瞳孔距離補正部と、

前記瞳孔距離補正值を用いて前記第1の眼球および前記第2の眼球の状態を示す斜位検出結果を出力する斜位検出部と、

前記斜位検出結果に応じて前記人の注意力を判定する注意力判定部とを有する。

[0007] 本発明の他の態様に係る注意力判定システムは、前記注意力判定装置を有する。

[0008] 本発明の他の態様に係る注意力判定方法は、

人の第1の眼球および第2の眼球を含む撮影画像を用いて前記人の注意力を判定する注意力判定方法であって、

前記第1の眼球についての第1の基準座標と前記第2の眼球についての第2の基準座標とを前記撮影画像内に設定し、

前記第1の眼球の瞳孔の前記撮影画像内における座標である第1の瞳孔座標および前記第2の眼球の瞳孔の前記撮影画像内における座標である第2の瞳孔座標を算出し、

前記第1の基準座標、前記第2の基準座標、前記第1の瞳孔座標、および前記第2の瞳孔座標を出力し、

前記第1の基準座標に対する前記第1の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分と、前記第2の基準座標に対する前記第2の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分とを算出し、

前記第1の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分と前記第2の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分とを用いて前記第1の眼球および前記第2の眼球の状態を示す斜位検出結果を出力し、

前記斜位検出結果に応じて前記人の注意力を判定する。

本発明の他の態様に係る注意力判定方法は、

人の第1の眼球および第2の眼球を含む撮影画像を用いて前記人の注意力を判定する注意力判定方法であって、

前記第1の眼球についての第1の基準座標と前記第2の眼球についての第2の基準座標とを前記撮影画像内に設定し、

前記第1の眼球の瞳孔の前記撮影画像内における座標である第1の瞳孔座標および前記第2の眼球の瞳孔の前記撮影画像内における座標である第2の瞳孔座標を算出し、

前記第1の基準座標、前記第2の基準座標、前記第1の瞳孔座標、および前記第2の瞳孔座標を出力し、

前記第1の基準座標に対する前記第1の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分と、前記第2の基準座標に対する前記第2の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分とを算出し、

前記第1の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分および前記第2の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分を正規化し、

正規化された値を瞳孔距離補正值として出力し、

前記瞳孔距離補正值を用いて前記第1の眼球および前記第2の眼球の状態を示す斜位検出結果を出力し、

前記斜位検出結果に応じて前記人の注意力を判定する。

[0009] 本発明の他の態様に係るプログラムは、

人の第1の眼球および第2の眼球を含む撮影画像を用いて前記人の注意力を判定する注意力判定方法をコンピュータに実行させるプログラムであって、

前記第1の眼球についての第1の基準座標と前記第2の眼球についての第2の基準座標とを前記撮影画像内に設定し、

前記第1の眼球の瞳孔の前記撮影画像内における座標である第1の瞳孔座標および前記第2の眼球の瞳孔の前記撮影画像内における座標である第2の瞳孔座標を算出し、

前記第1の基準座標、前記第2の基準座標、前記第1の瞳孔座標、および前記第2の瞳孔座標を出力し、

前記第1の基準座標に対する前記第1の瞳孔座標の少なくとも1つの位置

成分と、前記第2の基準座標に対する前記第2の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分とを算出し、

前記第1の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分と前記第2の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分とを用いて前記第1の眼球および前記第2の眼球の状態を示す斜位検出結果を出力し、

前記斜位検出結果に応じて前記人の注意力を判定する。

本発明の他の態様に係るプログラムは、

人の第1の眼球および第2の眼球を含む撮影画像を用いて前記人の注意力を判定する注意力判定方法をコンピュータに実行させるプログラムであって、

前記第1の眼球についての第1の基準座標と前記第2の眼球についての第2の基準座標とを前記撮影画像内に設定し、

前記第1の眼球の瞳孔の前記撮影画像内における座標である第1の瞳孔座標および前記第2の眼球の瞳孔の前記撮影画像内における座標である第2の瞳孔座標を算出し、

前記第1の基準座標、前記第2の基準座標、前記第1の瞳孔座標、および前記第2の瞳孔座標を出力し、

前記第1の基準座標に対する前記第1の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分と、前記第2の基準座標に対する前記第2の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分とを算出し、

前記第1の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分および前記第2の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分を正規化し、

正規化された値を瞳孔距離補正值として出力し、

前記瞳孔距離補正值を用いて前記第1の眼球および前記第2の眼球の状態を示す斜位検出結果を出力し、

前記斜位検出結果に応じて前記人の注意力を判定する。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、低フレームレートで撮影された画像を用いて人の注意力

を判定することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の実施の形態1に係る注意力判定システムの構成を概略的に示すブロック図である。

[図2]実施の形態1における注意力判定方法の工程の一例を示すフローチャートである。

[図3]人の第1の眼球、第2の眼球、および鼻の位置と、撮影画像内におけるこれらの要素の位置との間の対応関係を示す図である。

[図4]瞳孔距離の算出方法を示す図である。

[図5] (A) から (D) は、人の両眼の眼球運動の例を示す図である。

[図6] (A) から (D) は、人の片眼の眼球運動、具体的には、斜位状態の例を示す図である。

[図7] (A) は、注意力判定装置のハードウェア構成の一例を示す図であり、(B) は、注意力判定装置100のハードウェア構成の他の例を示す図である。

[図8]本発明の実施の形態2に係る注意力判定システムの構成を概略的に示すブロック図である。

[図9]実施の形態2における注意力判定方法の工程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

[0012] 実施の形態1.

図1は、本発明の実施の形態1に係る注意力判定システム101の構成を概略的に示すブロック図である。

注意力判定システム101は、撮像部10と、撮像部10によって撮影された人Hの第1の眼球S1および第2の眼球S2を含む画像を用いる注意力判定装置100とを有する。

注意力判定装置100は、画像処理部20と、瞳孔距離算出部30と、斜位検出部40と、注意力判定部50とを有する。注意力判定装置100は、

第1の眼球S1および第2の眼球S2を含む画像を用いて人Hの注意力を判定する。注意力判定装置100は、さらに出力装置70を有してもよい。

[0013] 撮像部10によって撮影される画像は、例えば、人Hの顔を含む画像である。撮像部10は、少なくとも人Hの第1の眼球S1および第2の眼球S2を含む画像を撮影する。すなわち、撮像部10によって撮影される人Hの顔を含む画像は、少なくとも人Hの第1の眼球S1および第2の眼球S2を含む画像である。本実施の形態では、第1の眼球S1は、人Hの右眼であり、第2の眼球S2は、人Hの左眼である。撮像部10によって撮影される画像は、静止画または動画でもよい。

[0014] 通常、撮像部10は、人Hの第1の眼球S1、第2の眼球S2、および鼻S3を含む画像を撮影する。この場合、撮像部10によって撮影される人Hの顔を含む画像は、人Hの第1の眼球S1、第2の眼球S2、および鼻S3を含む画像である。

[0015] 第1の眼球S1および第2の眼球S2は、注意力判定部50によって判定される対象である。

[0016] 撮像部10によって撮影された画像を「撮影画像A1」と称する。撮像部10は、撮影画像A1を出力する。本実施の形態では、撮像部10は、人Hの顔を含む画像を周期的または連続的に撮影し、撮影画像A1を周期的または連続的に出力する。

[0017] 撮像部10は、撮影画像A1を記憶するメモリを有してもよい。この場合、撮像部10は、撮影画像A1をメモリに記憶することができ、メモリに記憶された撮影画像A1を出力することができる。

[0018] 撮像部10から出力された撮影画像A1は、画像処理部20に入力される。

[0019] 図2は、上述の注意力判定システム101における人Hの注意力を判定する注意力判定方法の工程の一例を示すフローチャートである。

[0020] ステップST1では、第1の眼球S1についての第1の基準座標と第2の眼球S2についての第2の基準座標とが撮影画像A1内に設定される。

- [0021] ステップS T 2では、第1の眼球S 1の瞳孔2 4（第1の瞳孔または右瞳孔とも称する）の撮影画像A 1内における座標である第1の瞳孔座標および第2の眼球S 2の瞳孔2 5（第2の瞳孔または左瞳孔とも称する）の撮影画像A 1内における座標である第2の瞳孔座標が算出される。
- [0022] ステップS T 3では、第1の基準座標、第2の基準座標、第1の瞳孔座標、および第2の瞳孔座標が出力される。
- [0023] ステップS T 4では、第1の基準座標に対する第1の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分と、第2の基準座標に対する第2の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分とが算出される。
- [0024] ステップS T 5では、第1の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分と第2の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分とを用いて第1の眼球S 1および第2の眼球S 2の状態を示す斜位検出結果が出力される。
- [0025] ステップS T 6では、斜位検出結果に応じて人Hの注意力が判定される。
- [0026] ステップS T 7では、注意力状態E 1が出力される。
- [0027] 以下に、上述の注意力判定方法を具体的に説明する。
- [0028] 画像処理部2 0は、撮影画像A 1を取得する。画像処理部2 0は、撮影画像A 1を用いて出力座標B 1を生成し、生成された出力座標B 1を出力する。出力座標B 1は、画像処理部2 0によって算出された少なくとも1つの座標を含むデータである。出力座標B 1は、例えば、少なくとも1つの基準座標、第1の瞳孔座標R e（右瞳孔座標とも称する）、および第2の瞳孔座標L e（左瞳孔座標とも称する）を含む。出力座標B 1は、さらに、鼻座標N tなどの他の座標を含んでもよい。
- [0029] 図3は、人Hの第1の眼球S 1、第2の眼球S 2、および鼻S 3の位置と、撮影画像A 1内におけるこれらの要素の位置との間の対応関係を示す図である。

図3に示される直交座標系において、x軸方向（x軸）は、撮影画像A 1内の横方向を示し、y軸方向（y軸）は、撮影画像A 1内のx軸方向に直交する方向、すなわち、縦方向を示す。

- [0030] ステップS T 1では、画像処理部20は、撮影された画像（すなわち、撮影画像A1）内に少なくとも1つの基準座標を設定する。本実施の形態では、第1の眼球S1についての基準座標（第1の基準座標とも称する）と、第2の眼球S2についての基準座標（第2の基準座標とも称する）とを撮影画像A1内に設定する。
- [0031] 本実施の形態では、画像処理部20は、第1の眼球S1についての基準座標として第1の眼球S1の目頭26の座標を選択し、第1の眼球S1についての基準座標を第1の目頭座標Rcに設定する。同様に、画像処理部20は、第2の眼球S2についての基準座標として第2の眼球S2の目頭27の座標を選択し、第2の眼球S2についての基準座標を第2の目頭座標Lcに設定する。
- [0032] 本実施の形態では、第1の眼球S1についての基準座標として第1の目頭座標Rcを用いるが、他の座標を第1の眼球S1についての基準座標として用いてもよい。同様に、第2の眼球S2についての基準座標として第2の目頭座標Lcを用いるが、他の座標を第2の眼球S2についての基準座標として用いてもよい。第1の眼球S1および第2の眼球S2についての基準座標として同じ座標を用いてもよい。
- [0033] 第1の目頭座標Rcは、第1の眼球S1の目頭26の撮影画像A1内における座標であり、第2の目頭座標Lcは、第2の眼球S2の目頭27の撮影画像A1内における座標である。
- [0034] 第1の目頭座標Rcは、例えば、座標(Rcx, Rcy)で表され、第2の目頭座標Lcは、例えば、座標(Lcx, Lcy)で表される。Rcxは、目頭26のx座標、すなわち、x軸における目頭26の位置を示す。Rcyは、目頭26のy座標、すなわち、y軸における目頭26の位置を示す。Lcxは、目頭27のx座標、すなわち、x軸における目頭27の位置を示す。Lcyは、目頭27のy座標、すなわち、y軸における目頭27の位置を示す。
- [0035] ステップS T 2では、画像処理部20は、第1の瞳孔座標Reおよび第2

の瞳孔座標 L_e を算出する。第1の瞳孔座標 R_e は、第1の眼球 S_1 の瞳孔24の撮影画像 A_1 内における座標である。第2の瞳孔座標 L_e は、第2の眼球 S_2 の瞳孔25の撮影画像 A_1 内における座標である。鼻座標 N_t は、撮影画像 A_1 内における鼻 S_3 の鼻先端28の座標である。鼻先端28は、鼻 S_3 の y 軸方向における先端部である。

[0036] 第1の瞳孔座標 R_e は、例えば、座標 (R_{ex}, R_{ey}) で表され、第2の瞳孔座標 L_e は、例えば、座標 (L_{ex}, L_{ey}) で表され、鼻座標 N_t は、例えば、座標 (N_{tx}, N_{ty}) で表される。 R_{ex} は、瞳孔24の x 座標、すなわち、 x 軸における瞳孔24の位置を示す。 R_{ey} は、瞳孔24の y 座標、すなわち、 y 軸における瞳孔24の位置を示す。 L_{ex} は、瞳孔25の x 座標、すなわち、 x 軸における瞳孔25の位置を示す。 L_{ey} は、瞳孔25の y 座標、すなわち、 y 軸における瞳孔25の位置を示す。 N_{tx} は、鼻先端28の x 座標、すなわち、 x 軸における鼻先端28の位置を示す。 N_{ty} は、鼻先端28の y 座標、すなわち、 y 軸における鼻先端28の位置を示す。

[0037] ステップ ST_3 では、画像処理部20は、少なくとも1つの瞳孔座標および少なくとも1つの基準座標を、出力座標 B_1 として出力する。本実施の形態では、画像処理部20は、第1の瞳孔座標 R_e 、第2の瞳孔座標 L_e 、第1の基準座標、および第2の基準座標を出力する。

[0038] 例えば、画像処理部20が第1の基準座標としての第1の目頭座標 R_c と第2の基準座標としての第2の目頭座標 L_c を設定した場合、画像処理部20は、第1の瞳孔座標 R_e 、第2の瞳孔座標 L_e 、第1の目頭座標 R_c 、および第2の目頭座標 L_c を出力座標 B_1 として出力する。この場合、出力座標 B_1 は、例えば、1次元配列（すなわち、 $B_1 = [R_{ex}, R_{ey}, L_{ex}, L_{ey}, R_{cx}, R_{cy}, L_{cx}, L_{cy}]$ ）として表される。

[0039] 図4は、瞳孔距離の算出方法を示す図である。

出力座標 B_1 は、瞳孔距離算出部30に入力される。瞳孔距離算出部30は、出力座標 B_1 を用いて、瞳孔距離31（第1の瞳孔距離とも称する）、

瞳孔距離 32（第2の瞳孔距離とも称する）、瞳孔距離 33（第3の瞳孔距離とも称する）、瞳孔距離 34（第4の瞳孔距離とも称する）、瞳孔距離 35（第5の瞳孔距離とも称する）、および瞳孔距離 36（第6の瞳孔距離とも称する）を算出する。

[0040] 瞳孔距離算出部 30は、瞳孔距離 31, 32, 33, 34, 35, および 36を周期的に算出する。これにより、瞳孔距離算出部 30において時系列データが算出される。

[0041] 具体的には、瞳孔距離算出部 30は、撮影画像 A1内の第1の基準座標に対する第1の瞳孔座標 R_e の少なくとも1つの位置成分と、撮影画像 A1内の第2の基準座標に対する第2の瞳孔座標 L_e の少なくとも1つの位置成分とを周期的に算出する。本実施の形態では、第1の瞳孔座標 R_e の位置成分は、瞳孔距離 31, 33, および 35であり、第2の瞳孔座標 L_e の位置成分は、瞳孔距離 32, 34, および 36である。

[0042] 瞳孔距離 31は、第1の基準位置から瞳孔 24までの距離である。撮影画像 A1内では、瞳孔距離 31は、第1の基準座標としての第1の目頭座標 R_c から第1の瞳孔座標 R_e までの距離である。本実施の形態では、撮影画像 A1内の第1の目頭座標 R_c から第1の瞳孔座標 R_e までの距離を R とする。

[0043] 瞳孔距離 32は、第2の基準位置から瞳孔 25までの距離である。撮影画像 A1内では、瞳孔距離 32は、第2の基準座標としての第2の目頭座標 L_c から第2の瞳孔座標 L_e までの距離である。本実施の形態では、撮影画像 A1内の第2の目頭座標 L_c から第2の瞳孔座標 L_e までの距離を L とする。

[0044] 瞳孔距離 33は、横方向における第1の基準位置から瞳孔 24までの距離である。撮影画像 A1内では、瞳孔距離 33は、撮影画像 A1内の横方向における第1の基準座標としての第1の目頭座標 R_c から第1の瞳孔座標 R_e までの距離である。本実施の形態では、撮影画像 A1内の横方向における第1の目頭座標 R_c から第1の瞳孔座標 R_e までの距離を R_h とする。

[0045] 瞳孔距離34は、横方向における第2の基準位置から瞳孔25までの距離である。撮影画像A1内では、瞳孔距離34は、撮影画像A1内の横方向における第2の基準座標としての第2の目頭座標Lcから第2の瞳孔座標Leまでの距離である。本実施の形態では、撮影画像A1内の横方向における第2の目頭座標Lcから第2の瞳孔座標Leまでの距離をLhとする。

[0046] 瞳孔距離35は、縦方向における、第1の基準位置から瞳孔24までの距離である。撮影画像A1内では、瞳孔距離35は、撮影画像A1内の縦方向における第1の基準座標としての第1の目頭座標Rcから第1の瞳孔座標Reまでの距離である。本実施の形態では、撮影画像A1内の縦方向における第1の目頭座標Rcから第1の瞳孔座標Reまでの距離をRvとする。

[0047] 瞳孔距離36は、縦方向における、第2の基準位置から瞳孔25までの距離である。撮影画像A1内では、瞳孔距離36は、撮影画像A1内の縦方向における第2の基準座標としての第2の目頭座標Lcから第2の瞳孔座標Leまでの距離である。本実施の形態では、撮影画像A1内の縦方向における第2の目頭座標Lcから第2の瞳孔座標Leまでの距離をLvとする。

[0048] 画像処理部20が、第1の基準座標および第2の基準座標として第1の目頭座標Rcおよび第2の目頭座標Lcをそれぞれ選択した場合、距離Rhは、 $|Rcx - Rcx|$ で表され、距離Lhは、 $|Lcx - Lcx|$ で表され、距離Rvは、 $|Rcy - Rcy|$ で表され、距離Lvは、 $|Lcy - Lcy|$ で表される。

[0049] この場合、距離Rは、距離Rhおよび距離Rvを用いて式(1)のように表され、距離Lは、距離Lhおよび距離Lvを用いて式(2)のように表される。

[数1]

$$R = \sqrt{Rh^2 + Rv^2}$$

・・・ (1)

[数2]

$$L = \sqrt{Lh^2 + Lv^2}$$

．．． (2)

[0050] ステップS T 4では、瞳孔距離算出部30は、算出された距離R h, L h, R v, L v, R, およびLを瞳孔距離出力C 1として出力する。瞳孔距離出力C 1は、例えば、1次元配列（すなわち、C 1 = [R h, L h, R v, L v, R, L]）として表される。

[0051] 瞳孔距離出力C 1は、斜位検出部40に入力される。斜位検出部40は、第1の瞳孔座標R eの少なくとも1つの位置成分と第2の瞳孔座標L eの少なくとも1つの位置成分とを用いて予め定められた期間における、瞳孔24の位置の変動と瞳孔25の位置の変動とを算出する。さらに、斜位検出部40は、瞳孔24の位置の変動および瞳孔25の位置の変動の算出結果を用いて人Hの眼球運動を判定する。

[0052] すなわち、斜位検出部40は、時系列データとしての瞳孔距離出力C 1の成分の変動を用いて、人Hの眼球運動を判定する。瞳孔距離出力C 1の成分は、距離R h, L h, R v, L v, R, およびLである。

[0053] 具体的には、斜位検出部40は、瞳孔距離出力C 1の成分の変動を用いて、人Hの両眼の状態が、人Hの両眼の眼球運動（両眼球運動状態とも称する）か片眼の眼球運動（例えば、斜位状態）かを判定する。例えば、瞳孔24の位置の変動および瞳孔25の位置の変動の両方が閾値以上または閾値以下であるとき、斜位検出部40は、人Hの両眼の状態が両眼球運動状態であると判定する。一方、瞳孔24の位置の変動および瞳孔25の位置の変動の一方が閾値以上であり、他方が閾値より小さいとき、斜位検出部40は、第1の眼球S 1および第2の眼球S 2の一方が斜位状態（すなわち、眼位ずれ）であると判定する。斜位検出部40が用いる閾値は1個の閾値でもよく2個以上の閾値でもよい。

[0054] 瞳孔距離出力C 1の成分の変動は、例えば、分散で示される。

[0055] 斜位検出部40が両眼球運動状態か斜位状態かを判定するので、その判定結果に応じて人Hの注意力を判定することができる。

[0056] 図5(A)から図5(D)は、人Hの両眼の眼球運動(すなわち、両眼球運動状態)の例を示す図である。

図5(A)は、固視状態を示す。固視状態は、左右の眼球が固定された状態であり、人Hが視対象を注視している状態である。

[0057] 図5(B)は、横方向における視線移動状態を示す図である。

例えば、距離 R_h が増加し、距離 L_h が減少したとき、人Hの視線は右を向いていると判定される。一方、距離 R_h が減少し、距離 L_h が増加したとき、人Hの視線は左を向いていると判定される。

[0058] 図5(C)は、縦方向における視線移動状態を示す図である。

例えば、距離 R_v および距離 L_v が増加するとき、人Hの視線は上を向いていると判定される。一方、距離 R_v および距離 L_v が増加するとき、人Hの視線は下を向いていると判定される。距離 R および距離 L が増加するとき、人Hの視線は斜めを向いていると判定される。

[0059] 図5(D)は、輻輳運動状態を示す図である。

輻輳運動は、両眼を鼻側に寄せる運動である。すなわち、輻輳運動状態は、人Hの両眼が輻輳運動を行っている状態である。例えば、距離 R_h および距離 L_h が減少するとき、人Hの両眼の状態は、輻輳運動状態であると判定される。

[0060] 人Hの両眼の眼球運動は、図5(A)から図5(D)に示される例に限られない。例えば、距離 R_h および距離 L_h が増加するとき、人Hの両眼が開散運動を行っているとして判定される。開散運動は、両眼を耳側に寄せる運動である。

[0061] 図6(A)から図6(D)は、人Hの片眼の眼球運動、具体的には、斜位状態の例を示す図である。

一般に、人の眼位として、例えば、両眼視の眼位、融像除去眼位、生理学的安静位、および絶対的安静位がある。両眼視の眼位では、外眼筋および内

眼筋を緊張させて両眼視機能が働く。融像除去眼位では、左右の眼球に入力される像を融像するための融像性輻輳を除去する。生理学的安静位は、例えば、深い睡眠下に見られ、眼筋の刺激を受ける状態が最小限になる。絶対的安静位は、例えば、死後に見られ、眼筋があらゆる刺激から解放される。

[0062] 斜位とは、通常は眼筋を緊張させて両眼視機能を有しているが、潜在的に融像除去眼位を有することであり、眼筋の緊張が不十分になった場合に一時的に融像除去眼位に近づく状態のことである。両眼視機能が働いている状態から融像性輻輳が失われていくと、片眼に斜位として眼位ずれが見られるようになり、視線の方向は人により異なる。

[0063] 例えば、距離 R の分散値である分散値 σ_r が閾値 T_r 未満であり且つ距離 L の分散値である分散値 σ_l が T_l 以上であるとき、斜位検出部40は、人 H （すなわち、第1の眼球 S_1 および第2の眼球 S_2 ）が図6（A）から図6（D）に示される斜位状態の一つであると判定することができる。

[0064] 図6（A）は、外斜位状態を示す。外斜位状態は、第1の眼球 S_1 の瞳孔および第2の眼球 S_2 の瞳孔の一方が耳側に寄っている状態である。例えば、図6（A）に示されるように、距離 R_h が一定であり距離 L_h が増加するとき、第1の眼球 S_1 および第2の眼球 S_2 は、外斜位状態であると判定される。同様に、距離 R_h が増加し距離 L_h が一定であるとき、第1の眼球 S_1 および第2の眼球 S_2 は、外斜位状態であると判定される。

[0065] 図6（B）は、内斜位状態を示す。内斜位状態は、第1の眼球 S_1 の瞳孔および第2の眼球 S_2 の瞳孔の一方が鼻側に寄っている状態である。例えば、図6（B）に示されるように、距離 R_h が一定であり距離 L_h が減少するとき、第1の眼球 S_1 および第2の眼球 S_2 は、内斜位状態であると判定される。同様に、距離 R_h が減少し距離 L_h が一定であるとき、第1の眼球 S_1 および第2の眼球 S_2 は、内斜位状態であると判定される。

[0066] 図6（C）は、上斜位状態を示す。上斜位状態は、第1の眼球 S_1 の瞳孔および第2の眼球 S_2 の瞳孔の一方が上側に寄っている状態である。例えば、図6（C）に示されるように、距離 R_v が一定であり距離 L_v が増加する

とき、第1の眼球S1および第2の眼球S2は、上斜位状態であると判定される。同様に、距離R_vが増加し距離L_vが一定であるとき、第1の眼球S1および第2の眼球S2は、上斜位状態であると判定される。

[0067] 図6(D)は、下斜位状態を示す。下斜位状態は、第1の眼球S1の瞳孔および第2の眼球S2の瞳孔の一方が下側に寄っている状態である。例えば、図6(D)に示されるように、距離R_vが一定であり距離L_vが減少するとき、第1の眼球S1および第2の眼球S2は、下斜位状態であると判定される。同様に、距離R_vが減少し距離L_vが一定であるとき、第1の眼球S1および第2の眼球S2は、下斜位状態であると判定される。

[0068] 斜位状態は、図6(A)から図6(D)に示される例に限定されない。例えば、外斜位状態および内斜位状態の一方と上斜位状態および下斜位状態の一方とが同時に生じているとき、第1の眼球S1および第2の眼球S2は、斜め方向の斜位であると判定される。

[0069] 斜位検出部40が人Hの両眼の状態を判定する場合、斜位検出部40は、例えば、時系列データを用いて、瞳孔距離出力C1に含まれる各成分の分散値 σ_{rh} 、 σ_{lh} 、 σ_{rv} 、 σ_{lv} 、 σ_r 、および σ_l を算出する。この場合、時系列データは、斜位検出部40に周期的に入力される瞳孔距離出力C1である。

[0070] 分散値 σ_{rh} は、予め定められた期間内に斜位検出部40に入力された距離R_hの分散値である。分散値 σ_{lh} は、予め定められた期間内に斜位検出部40に入力された距離L_hの分散値である。分散値 σ_{rv} は、予め定められた期間内に斜位検出部40に入力された距離R_vの分散値である。分散値 σ_{lv} は、予め定められた期間内に斜位検出部40に入力された距離L_vの分散値である。分散値 σ_r は、予め定められた期間内に斜位検出部40に入力された距離Rの分散値である。分散値 σ_l は、予め定められた期間内に斜位検出部40に入力された距離Lの分散値である。

[0071] 斜位検出部40は、各成分の分散値と、その分散値に対応する予め定められた閾値（「変動閾値」とも称する）とを比較する。

[0072] 分散値 σ_{rh} に対応する閾値は、閾値 T_{rh} である。分散値 σ_{lh} に対応する閾値は、閾値 T_{lh} である。分散値 σ_{rv} に対応する閾値は、閾値 T_{rv} である。分散値 σ_{lv} に対応する閾値は、閾値 T_{lv} である。分散値 σ_r に対応する閾値は、閾値 T_r である。分散値 σ_l に対応する閾値は、閾値 T_l である。

[0073] 閾値 T_{rh} 、 T_{lh} 、 T_{rv} 、 T_{lv} 、 T_r 、および T_l の各々は、予め定められた値である。例えば、各閾値として、予め定められた期間における瞳孔距離出力 C_1 に含まれる各成分の分散値を用いてもよく、固視状態における時系列データから得られる分散値に重みを与えて得られる値を用いてもよい。

[0074] 例えば、斜位検出部40は、第1の眼球 S_1 についてのデータが第1の条件（すなわち、 $\sigma_{rh} < T_{rh}$ 、 $\sigma_{rv} < T_{rv}$ 、且つ $\sigma_r < T_r$ ）を満たすか判定し、第2の眼球 S_2 についてのデータが第2の条件（すなわち、 $\sigma_{lh} < T_{lh}$ 、 $\sigma_{lv} < T_{lv}$ 、且つ $\sigma_l < T_l$ ）を満たすか判定する。

[0075] 第1の条件（すなわち、 $\sigma_{rh} < T_{rh}$ 、 $\sigma_{rv} < T_{rv}$ 、且つ $\sigma_r < T_r$ ）の場合、斜位検出部40は、人Hの第1の眼球 S_1 が固視状態であると判定する。

[0076] 一方、第1の条件を満たさない場合、斜位検出部40は、人Hの第1の眼球 S_1 が固視状態ではないと判定する。すなわち、斜位検出部40は、第1の眼球 S_1 がいずれかの方向に運動していると判定する。

[0077] 第2の条件（すなわち、 $\sigma_{lh} < T_{lh}$ 、 $\sigma_{lv} < T_{lv}$ 、且つ $\sigma_l < T_l$ ）の場合、斜位検出部40は、人Hの第2の眼球 S_2 が固視状態であると判定する。

[0078] 一方、第2の条件を満たさない場合、斜位検出部40は、人Hの第1の眼球 S_1 が固視状態ではないと判定する。すなわち、斜位検出部40は、第2の眼球 S_2 がいずれかの方向に運動していると判定する。

[0079] 第1の眼球 S_1 および第2の眼球 S_2 についてのデータが第1の条件および第2の条件の両方を満たさないとき、斜位検出部40は、第1の眼球 S_1

および第2の眼球S2が、上下方向への視線移動、左右方向への視線移動、輻輳運動、または開散運動などの両眼球運動を行っているとは判定する。言い換えると、第1の眼球S1および第2の眼球S2についてのデータが第1の条件および第2の条件の両方を満たさないとき、斜位検出部40は、第1の眼球S1および第2の眼球S2の状態が、両眼球運動状態であると判定する。

[0080] 第1の眼球S1および第2の眼球S2についてのデータが第1の条件および第2の条件のうち的一方のみを満たすとき、斜位検出部40は、人Hの片眼における眼位のずれが生じているとは判定する。この場合、斜位検出部40は、人Hの状態は、斜位状態であると判定する。言い換えると、斜位検出部40は、第1の眼球S1および第2の眼球S2の一方が斜位状態であると判定する。

[0081] 人Hの両眼の挙動を判定することにより、第1の眼球S1および第2の眼球S2が両眼球運動状態か、第1の眼球S1および第2の眼球S2のうち的一方が斜位状態であるかを判定することができる。

[0082] 斜位検出部40は、第1の眼球S1および第2の眼球S2が両眼球運動状態であるか、または第1の眼球S1および第2の眼球S2のうち的一方が斜位状態であるかさえ判定すればよい。斜位検出部40における上述の判定方法は一例であり、種々の判定条件が組み合わされていてもよい。

[0083] ステップST5では、斜位検出部40は、判定結果を斜位検出結果D1として出力する。斜位検出結果D1は、第1の眼球S1および第2の眼球S2の状態を示す。例えば、斜位検出結果D1は、第1の眼球S1および第2の眼球S2が両眼球運動状態であるか、または第1の眼球S1および第2の眼球S2のうち的一方が斜位状態であるかを示す。

[0084] 斜位検出結果D1は、注意力判定部50に入力される。ステップST6では、注意力判定部50は、斜位検出結果D1に応じて人Hの注意力を判定し、判定結果を注意力状態E1として生成する。

[0085] 注意力状態E1は、例えば、注意力低下状態または注意力維持状態である

。この場合、注意力低下状態は、人Hの注意力が低い状態であり、注意力維持状態は、人Hの注意力が高い状態である。

[0086] 例えば、斜位検出結果D1が両眼球運動状態を示す場合、注意力判定部50は、人Hが注意力維持状態であると判定し、注意力維持状態を示す信号である注意力状態E1を生成する。一方、斜位検出結果D1が斜位状態を示す場合、注意力判定部50は、人Hが注意力低下状態であると判定し、注意力低下状態を示す信号である注意力状態E1を生成する。

[0087] ステップS T7では、注意力判定部50は、注意力状態E1を出力する。注意力状態E1は、例えば、モニタ、ヘッドアップディスプレイ、スピーカ、または振動器などの出力装置70に入力される。出力装置70は、例えば、注意力状態E1に応じて少なくとも画像（例えば、静止画または動画）、音声、および振動の1つを出力する。注意力状態E1が注意力低下状態でない場合、出力装置70は何も出力しなくてもよい。

[0088] 図7（A）は、注意力判定装置100のハードウェア構成の一例を示す図である。

図7（B）は、注意力判定装置100のハードウェア構成の他の例を示す図である。

[0089] 注意力判定装置100は、例えば、少なくとも1つのプロセッサ108aおよび少なくとも1つのメモリ108bで構成される。プロセッサ108aは、例えば、メモリ108bに格納されるプログラムを実行するCentral Processing Unit（CPU）である。この場合、注意力判定装置100の機能は、ソフトウェア、ファームウェア、またはソフトウェアとファームウェアとの組み合わせにより実現される。ソフトウェアおよびファームウェアはプログラムとしてメモリ108bに格納することができる。これにより、注意力判定装置100の機能（例えば、本実施の形態で説明される注意力判定方法）を実現するためのプログラムは、コンピュータによって実行される。

[0090] メモリ108bは、コンピュータで読み取り可能な記録媒体であり、例え

ば、RAM (Random Access Memory) およびROM (Read Only Memory) などの揮発性メモリ、不揮発性メモリ、または揮発性メモリと不揮発性メモリとの組み合わせである。

[0091] 注意力判定装置100は、単回路または複合回路などの専用のハードウェアとしての処理回路108cで構成されてもよい。この場合、注意力判定装置100の機能は、処理回路108cで実現される。

[0092] 上述のように、実施の形態1における注意力判定装置100は、人Hにおける眼位ずれが生じているかを検出する。したがって、注意力判定装置100は、低フレームレートで撮影された画像を用いて注意力を判定することができる。これにより、注意力判定装置100は、高速な眼球運動であるサッカーボールを検出する装置に比べて、CPUの高い処理能力を必要としない。その結果、注意力判定装置100の製造コストを下げることができる。

[0093] 実施の形態1に係る注意力判定システム101は、注意力判定装置100を有する。したがって、注意力判定システム101は、上述の注意力判定装置100の利点と同じ利点を持つ。

[0094] 実施の形態2.

図8は、本発明の実施の形態2に係る注意力判定システム201の構成を概略的に示すブロック図である。

[0095] 図9は、上述の注意力判定システム201における人Hの注意力を判定する注意力判定方法の工程の一例を示すフローチャートである。

[0096] ステップST1では、第1の眼球S1についての第1の基準座標と第2の眼球S2についての第2の基準座標とが撮影画像A1内に設定される。

[0097] ステップST2では、第1の眼球S1の瞳孔の撮影画像A1内における座標である第1の瞳孔座標および第2の眼球S2の瞳孔の撮影画像A1内における座標である第2の瞳孔座標が算出される。

[0098] ステップST3では、第1の基準座標、第2の基準座標、第1の瞳孔座標、および第2の瞳孔座標が出力される。

[0099] ステップST4では、第1の基準座標に対する第1の瞳孔座標の少なくとも

も1つの位置成分と、第2の基準座標に対する第2の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分とが算出される。

[0100] ステップS T 5では、第1の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分および第2の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分が正規化される。

[0101] ステップS T 6では、正規化された値が瞳孔距離補正值として出力される。

[0102] ステップS T 7では、瞳孔距離補正值を用いて第1の眼球S 1および第2の眼球S 2の状態を示す斜位検出結果が出力される。

[0103] ステップS T 8では、斜位検出結果に応じて人Hの注意力が判定される。

[0104] ステップS T 9では、注意力状態E 1が出力される。

[0105] 実施の形態2では、実施の形態1と異なる構成および動作を主に説明する。

[0106] 実施の形態2に係る注意力判定システム201は、注意力判定装置100の代わりに注意力判定装置200を有する。実施の形態2では、注意力判定装置200は、撮像部10によって撮影された人Hの第1の眼球S 1、第2の眼球S 2、および鼻S 3を含む画像を用いる。

[0107] 注意力判定装置200は、撮像部10と、画像処理部20と、瞳孔距離算出部30と、斜位検出部40と、注意力判定部50と、瞳孔距離補正部60とを有する。すなわち、実施の形態2に係る注意力判定装置200は、実施の形態1で説明した、撮像部10と、画像処理部20と、瞳孔距離算出部30と、斜位検出部40と、注意力判定部50とに加えて、瞳孔距離補正部60を有する。注意力判定装置200は、さらに出力装置70を有してもよい。

[0108] 注意力判定装置200は、第1の眼球S 1、第2の眼球S 2、および鼻S 3を含む画像を用いて人Hの注意力を判定する。

[0109] 注意力判定装置200のハードウェア構成は、実施の形態1で説明したハードウェア構成と同じでもよい。この場合、注意力判定装置200のハードウェア構成は、図7(A)または図7(B)に示されるハードウェア構成で

ある。

[0110] ステップS T 2において、画像処理部20は、第1の瞳孔座標R eおよび第2の瞳孔座標L eに加えて、第1の眼球S 1の第1の目頭座標R c、第2の眼球S 2の第2の目頭座標L c、および鼻座標N tをさらに算出する。

[0111] ステップS T 3では、画像処理部20は、少なくとも1つの瞳孔座標、鼻座標N t、および少なくとも1つの基準座標を、出力座標B 2として出力する。本実施の形態では、画像処理部20は、第1の瞳孔座標R e、第2の瞳孔座標L e、鼻座標N t、第1の基準座標、および第2の基準座標を、出力座標B 2として出力する。

[0112] 例えば、実施の形態1と同様に画像処理部20が第1の基準座標としての第1の目頭座標R cと第2の基準座標としての第2の目頭座標L cを設定した場合、画像処理部20は、第1の瞳孔座標R e、第2の瞳孔座標L e、鼻座標N t、第1の目頭座標R c、および第2の目頭座標L cを出力座標B 2として出力する。この場合、出力座標B 2は、例えば、1次元配列（すなわち、 $B 2 = [R e x, R e y, L e x, L e y, R c x, R c y, L c x, L c y, N t x, N t y]$ ）として表される。

[0113] 出力座標B 2は、瞳孔距離算出部30に入力される。ステップS T 4では、瞳孔距離算出部30は、出力座標B 2を用いて、瞳孔距離31, 32, 33, 34, 35, および36に加えて、目頭距離37および鼻筋距離38を周期的に算出する。これにより、瞳孔距離算出部30において時系列データが算出される。

[0114] 目頭距離37は、第1の眼球S 1と第2の眼球S 2との間の距離である。具体的には、目頭距離37は、第1の眼球S 1の目頭26と第2の眼球S 2の目頭27との間の距離である。撮影画像A 1内では、目頭距離37は、第1の目頭座標R cから第2の目頭座標L cまでの距離である。本実施の形態では、撮影画像A 1内の第1の目頭座標R cから第2の目頭座標L cまでの距離をDとする。

[0115] 鼻筋距離38は、目頭距離37の中点P 1と鼻先端28との間の距離であ

る。撮影画像 A 1 内では、鼻筋距離 38 は、中点 P 1 から鼻座標 N t までの距離である。本実施の形態では、撮影画像 A 1 内の中点 P 1 から鼻座標 N t までの距離を N とする。

[0116] 距離 D は式 (3) のように表される。

[数3]

$$D = \sqrt{(Lcx - Rcx)^2 + (Lcy - Rcy)^2}$$

... (3)

[0117] 距離 N は式 (4) のように表される。

[数4]

$$N = \sqrt{\left(\frac{(Lcx + Rcx)}{2} - Ntx\right)^2 + \left(\frac{(Lcy + Rcy)}{2} - Nty\right)^2}$$

... (4)

[0118] 瞳孔距離算出部 30 は、算出された距離 R h, L h, R v, L v, R, L, D, および N を瞳孔距離出力 C 2 として出力する。瞳孔距離出力 C 2 は、例えば、1次元配列（すなわち、C 2 = [R h, L h, R v, L v, R, L, D, N]）として表される。

[0119] さらに、瞳孔距離算出部 30 は、算出された距離 D および N を基準値出力 G として出力してもよい。基準値出力 G は、例えば、1次元配列（すなわち、G = [D, N]）として表される。

[0120] 瞳孔距離出力 C 2 および基準値出力 G は、瞳孔距離補正部 60 に入力される。ステップ S T 5 では、瞳孔距離補正部 60 は、少なくとも 1 つの任意の値を用いて、瞳孔距離、すなわち、第 1 の瞳孔座標 R e の少なくとも 1 つの位置成分および第 2 の瞳孔座標 L e の少なくとも 1 つの位置成分を正規化する。

[0121] 本実施の形態では、瞳孔距離補正部 60 は、目頭距離 37（すなわち、距離 D）または鼻筋距離 38（すなわち、距離 N）を用いて、瞳孔距離、すなわち、第 1 の瞳孔座標 R e の少なくとも 1 つの位置成分および第 2 の瞳孔座

標 L_e の少なくとも 1 つの位置成分を正規化する。

[0122] 具体的には、瞳孔距離補正部 60 は、目頭距離 37 を用いて、瞳孔距離 33 および瞳孔距離 34 を正規化する。例えば、瞳孔距離 33 は、 R_h/D によって正規化され、瞳孔距離 34 は、 L_h/D によって正規化される。

[0123] 瞳孔距離補正部 60 は、鼻筋距離 38 を用いて、瞳孔距離 35 および瞳孔距離 36 を正規化する。例えば、瞳孔距離 35 は、 R_v/N によって正規化され、瞳孔距離 36 は、 L_v/N によって正規化される。

[0124] 瞳孔距離補正部 60 は、正規化された瞳孔距離 35 を用いて、瞳孔距離 31 を更新する。例えば、更新された瞳孔距離 31 は、式 (5) のように表される。

[数5]

$$R = \sqrt{(Rh/D)^2 + (Rv/N)^2}$$

．．． (5)

[0125] 瞳孔距離補正部 60 は、正規化された瞳孔距離 36 を用いて、瞳孔距離 32 を更新する。例えば、更新された瞳孔距離 32 は、式 (6) のように表される。

[数6]

$$L = \sqrt{(Lh/D)^2 + (Lv/N)^2}$$

．．． (6)

[0126] ステップ ST6 では、瞳孔距離補正部 60 は、正規化された値（すなわち、正規化された位置成分）を瞳孔距離補正值 F として出力する。瞳孔距離補正值 F は、例えば、1次元配列（すなわち、 $F = [R_h/D, L_h/D, R_v/N, L_v/N, R, L]$ ）として表される。

[0127] 瞳孔距離補正值 F は、斜位検出部 40 に入力される。ステップ ST7 では、斜位検出部 40 は、瞳孔距離補正值 F を用いて第 1 の眼球 S1 および第 2

の眼球S 2の状態を示す斜位検出結果を出力する。具体的には、斜位検出部40は、瞳孔距離補正值Fの変動を用いて、人Hの眼球運動、すなわち、人Hの両眼の状態を判定する。より具体的には、斜位検出部40は、瞳孔距離補正值Fの変動を用いて、人Hの両眼の状態が、人Hの両眼の眼球運動か片眼の眼球運動かを判定する。斜位検出部40は、判定結果を斜位検出結果として出力する。

[0128] 斜位検出部40が人Hの両眼の状態を判定する場合、斜位検出部40は、例えば、時系列データを用いて、瞳孔距離補正值Fに含まれる各成分の分散値を算出する。この場合、時系列データは、斜位検出部40に周期的に入力される瞳孔距離補正值Fである。

[0129] 斜位検出部40は、各成分の分散値と、その分散値に対応する予め定められた閾値（「変動閾値」とも称する）とを比較する。

[0130] 実施の形態1で説明したように、斜位検出部40は、斜位検出部40は、第1の眼球S1についてのデータが第1の条件を満たすか判定し、第2の眼球S2についてのデータが第2の条件を満たすか判定し、判定結果を斜位検出結果D1として出力する。

[0131] 斜位検出結果D1は、注意力判定部50に入力される。さらに基準値出力G、すなわち、目頭距離37の時系列データおよび鼻筋距離38の時系列データが、注意力判定部50に入力される。図8に示される例では、基準値出力Gは、瞳孔距離算出部30から注意力判定部50に入力される。ただし、基準値出力Gは、瞳孔距離算出部30以外の構成要素（例えば、斜位検出部40または瞳孔距離補正部60）から注意力判定部50に入力されてもよい。

[0132] ステップST8では、注意力判定部50は、目頭距離37の時系列データを用いて目頭距離37の分散値 σ_d を算出し、鼻筋距離38の時系列データを用いて分散値 σ_n を算出する。注意力判定部50は、算出された分散値を変動閾値と比較する。

[0133] 具体的には、注意力判定部50は、算出された分散値 σ_d と変動閾値Td

とを比較し、算出された分散値 σ_n と変動閾値 T_n とを比較する。

[0134] 変動閾値 T_d は、予め定められた値である。例えば、変動閾値 T_d として、予め定められた期間における目頭距離37の分散値を用いてもよく、固視状態における時系列データから得られる分散値に重みを与えて得られる値を用いてもよい。同様に、変動閾値 T_n は、予め定められた値である。例えば、変動閾値 T_n として、予め定められた期間における鼻筋距離38の分散値を用いてもよく、固視状態における時系列データから得られる分散値に重みを与えて得られる値を用いてもよい。

[0135] 時系列データ（具体的には、目頭距離37についての分散値 σ_d および鼻筋距離38についての分散値 σ_n ）が注意力条件（すなわち、 $\sigma_d < T_d$ 且つ $\sigma_n < T_n$ ）を満たす場合、人Hの顔の向きの変化が小さい。したがって、時系列データが注意力条件（すなわち、 $\sigma_d < T_d$ 且つ $\sigma_n < T_n$ ）を満たす場合、注意力判定部50は、人Hが注意力低下状態であると判定し、注意力低下状態を示す注意力状態E1を生成する。

[0136] 一方、分散値 σ_d が変動閾値 T_d 以上である場合、人Hの顔の向きは、Pitch方向（図3ではy軸方向）に大きく動いている。分散値 σ_n が変動閾値 T_n 以上である場合、人Hの顔の向きは、Yaw方向（図3ではx軸方向）に大きく動いている。

[0137] すなわち、時系列データ（具体的には、目頭距離37についての分散値 σ_d および鼻筋距離38についての分散値 σ_n ）が注意力条件を満たさない場合、（すなわち、 $\sigma_d < T_d$ 且つ $\sigma_n < T_n$ ）、人Hの顔の向きは、Pitch方向およびYaw方向に大きく動いている。この場合、注意力判定部50は、人Hが周囲を十分に視認していると判定する。したがって、時系列データが注意力条件を満たさない場合、注意力判定部50は、人Hが注意力維持状態であると判定し、注意力維持状態を示す注意力状態E1を生成する。

[0138] ステップST9では、注意力判定部50は、注意力状態E1を出力する。

[0139] 実施の形態2における注意力判定装置200は、実施の形態1における注意力判定装置100の利点と同じ利点を有する。

[0140] さらに、実施の形態 2 に係る注意力判定装置 200 は、目頭距離 37 および鼻筋距離 38 を用いて人 H の注意力を判定する。目頭距離 37 および鼻筋距離 38 は、人 H の固定の指標とみなすことができる。したがって、瞳孔距離（例えば、瞳孔距離 33, 34, 35, および 36）を、目頭距離 37 または鼻筋距離 38 で正規化することにより、人 H の顔の向きの変化に起因する瞳孔距離の変動の影響を軽減することができる。その結果、瞳孔距離（例えば、瞳孔距離 33, 34, 35, および 36）の時系列データの解析の精度を高めることができる。

[0141] 注意力判定装置 200 を有する注意力判定システム 201 は、上述の注意力判定装置 200 の利点と同じ利点を持つ。

[0142] 以上に説明した各実施の形態における特徴は、互いに適宜組み合わせることができる。

符号の説明

[0143] 10 撮像部、 20 画像処理部、 30 瞳孔距離算出部、 40 斜位検出部、 50 注意力判定部、 60 瞳孔距離補正部、 70 出力装置、 100, 200 注意力判定装置、 101, 201 注意力判定システム。

請求の範囲

[請求項1]

撮影された、人の第1の眼球および第2の眼球を含む画像を用いる注意力判定装置であって、

前記第1の眼球についての第1の基準座標と前記第2の眼球についての第2の基準座標とを前記撮影された画像内に設定し、前記第1の眼球の瞳孔の前記画像内における座標である第1の瞳孔座標および前記第2の眼球の瞳孔の前記画像内における座標である第2の瞳孔座標を算出し、前記第1の基準座標、前記第2の基準座標、前記第1の瞳孔座標、および前記第2の瞳孔座標を出力する画像処理部と、

前記第1の基準座標に対する前記第1の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分と、前記第2の基準座標に対する前記第2の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分とを算出する瞳孔距離算出部と、

前記第1の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分と前記第2の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分とを用いて前記第1の眼球および前記第2の眼球の状態を示す斜位検出結果を出力する斜位検出部と、

前記斜位検出結果に応じて前記人の注意力を判定する注意力判定部と

を備えた注意力判定装置。

[請求項2]

前記第1の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分は、前記第1の基準座標から前記第1の瞳孔座標までの距離を含み、

前記第2の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分は、前記第2の基準座標から前記第2の瞳孔座標までの距離を含む

請求項1に記載の注意力判定装置。

[請求項3]

前記斜位検出部は、

前記第1の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分と前記第2の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分とを用いて、前記第1の眼球の瞳孔の位置の変動と前記第2の眼球の瞳孔の位置の変動とを算出

し、

前記第1の眼球の瞳孔の位置の変動および前記第2の眼球の瞳孔の位置の変動の算出結果を用いて、前記第1の眼球および前記第2の眼球の状態を判定する

請求項1または2に記載の注意力判定装置。

[請求項4]

前記第1の眼球の瞳孔の位置の変動および前記第2の眼球の瞳孔の位置の変動の両方が閾値以上または前記閾値以下であるとき、前記斜位検出部は、前記第1の眼球および前記第2の眼球が両眼球運動であると判定し、

前記第1の眼球の瞳孔の位置の変動および前記第2の眼球の瞳孔の位置の変動の一方が前記閾値以上であり、他方が前記閾値より小さいとき、前記斜位検出部は、前記第1の眼球および前記第2の眼球の一方が斜位状態であると判定する

請求項1から3のいずれか1項に記載の注意力判定装置。

[請求項5]

前記斜位検出結果は、前記第1の眼球および前記第2の眼球が両眼球運動状態であるか、または前記第1の眼球および前記第2の眼球のうちの一方が斜位状態であるかを示す請求項1から4のいずれか1項に記載の注意力判定装置。

[請求項6]

前記斜位検出結果が前記両眼球運動状態を示す場合、前記注意力判定部は、前記人が注意力維持状態であると判定し、

前記斜位検出結果が前記斜位状態を示す場合、前記注意力判定部は、前記人が注意力低下状態であると判定する

請求項5に記載の注意力判定装置。

[請求項7]

前記注意力判定部は、前記斜位検出結果に応じて、前記人の、前記注意力低下状態または前記注意力維持状態を示す信号を出力する請求項6に記載の注意力判定装置。

[請求項8]

撮影された、人の第1の眼球および第2の眼球を含む画像を用いる注意力判定装置であって、

前記第1の眼球についての第1の基準座標と前記第2の眼球についての第2の基準座標とを前記撮影された画像内に設定し、前記第1の眼球の瞳孔の前記画像内における座標である第1の瞳孔座標および前記第2の眼球の瞳孔の前記画像内における座標である第2の瞳孔座標を算出し、前記第1の基準座標、前記第2の基準座標、前記第1の瞳孔座標、および前記第2の瞳孔座標を出力する画像処理部と、

前記第1の基準座標に対する前記第1の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分と、前記第2の基準座標に対する前記第2の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分とを算出する瞳孔距離算出部と、

前記第1の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分および前記第2の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分を正規化し、正規化された値を瞳孔距離補正值として出力する瞳孔距離補正部と、

前記瞳孔距離補正值を用いて前記第1の眼球および前記第2の眼球の状態を示す斜位検出結果を出力する斜位検出部と、

前記斜位検出結果に応じて前記人の注意力を判定する注意力判定部と
を備えた注意力判定装置。

[請求項9] 前記人の前記第1の眼球および前記第2の眼球を含む前記画像を撮影する撮像部と、

前記請求項1から8のいずれか1項に記載の注意力判定装置と
を備えた注意力判定システム。

[請求項10] 人の第1の眼球および第2の眼球を含む撮影画像を用いて前記人の注意力を判定する注意力判定方法であって、

前記第1の眼球についての第1の基準座標と前記第2の眼球についての第2の基準座標とを前記撮影画像内に設定し、

前記第1の眼球の瞳孔の前記撮影画像内における座標である第1の瞳孔座標および前記第2の眼球の瞳孔の前記撮影画像内における座標である第2の瞳孔座標を算出し、

前記第1の基準座標、前記第2の基準座標、前記第1の瞳孔座標、および前記第2の瞳孔座標を出力し、

前記第1の基準座標に対する前記第1の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分と、前記第2の基準座標に対する前記第2の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分とを算出し、

前記第1の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分と前記第2の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分とを用いて前記第1の眼球および前記第2の眼球の状態を示す斜位検出結果を出力し、

前記斜位検出結果に応じて前記人の注意力を判定する、
注意力判定方法。

[請求項11]

人の第1の眼球および第2の眼球を含む撮影画像を用いて前記人の注意力を判定する注意力判定方法であって、

前記第1の眼球についての第1の基準座標と前記第2の眼球についての第2の基準座標とを前記撮影画像内に設定し、

前記第1の眼球の瞳孔の前記撮影画像内における座標である第1の瞳孔座標および前記第2の眼球の瞳孔の前記撮影画像内における座標である第2の瞳孔座標を算出し、

前記第1の基準座標、前記第2の基準座標、前記第1の瞳孔座標、および前記第2の瞳孔座標を出力し、

前記第1の基準座標に対する前記第1の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分と、前記第2の基準座標に対する前記第2の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分とを算出し、

前記第1の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分および前記第2の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分を正規化し、

正規化された値を瞳孔距離補正值として出力し、

前記瞳孔距離補正值を用いて前記第1の眼球および前記第2の眼球の状態を示す斜位検出結果を出力し、

前記斜位検出結果に応じて前記人の注意力を判定する、

注意力判定方法。

[請求項12]

人の第1の眼球および第2の眼球を含む撮影画像を用いて前記人の注意力を判定する注意力判定方法をコンピュータに実行させるプログラムであって、

前記第1の眼球についての第1の基準座標と前記第2の眼球についての第2の基準座標とを前記撮影画像内に設定し、

前記第1の眼球の瞳孔の前記撮影画像内における座標である第1の瞳孔座標および前記第2の眼球の瞳孔の前記撮影画像内における座標である第2の瞳孔座標を算出し、

前記第1の基準座標、前記第2の基準座標、前記第1の瞳孔座標、および前記第2の瞳孔座標を出力し、

前記第1の基準座標に対する前記第1の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分と、前記第2の基準座標に対する前記第2の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分とを算出し、

前記第1の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分と前記第2の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分とを用いて前記第1の眼球および前記第2の眼球の状態を示す斜位検出結果を出力し、

前記斜位検出結果に応じて前記人の注意力を判定する、プログラム。

[請求項13]

人の第1の眼球および第2の眼球を含む撮影画像を用いて前記人の注意力を判定する注意力判定方法をコンピュータに実行させるプログラムであって、

前記第1の眼球についての第1の基準座標と前記第2の眼球についての第2の基準座標とを前記撮影画像内に設定し、

前記第1の眼球の瞳孔の前記撮影画像内における座標である第1の瞳孔座標および前記第2の眼球の瞳孔の前記撮影画像内における座標である第2の瞳孔座標を算出し、

前記第1の基準座標、前記第2の基準座標、前記第1の瞳孔座標、

および前記第2の瞳孔座標を出力し、

前記第1の基準座標に対する前記第1の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分と、前記第2の基準座標に対する前記第2の瞳孔座標の少なくとも1つの位置成分とを算出し、

前記第1の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分および前記第2の瞳孔座標の前記少なくとも1つの位置成分を正規化し、

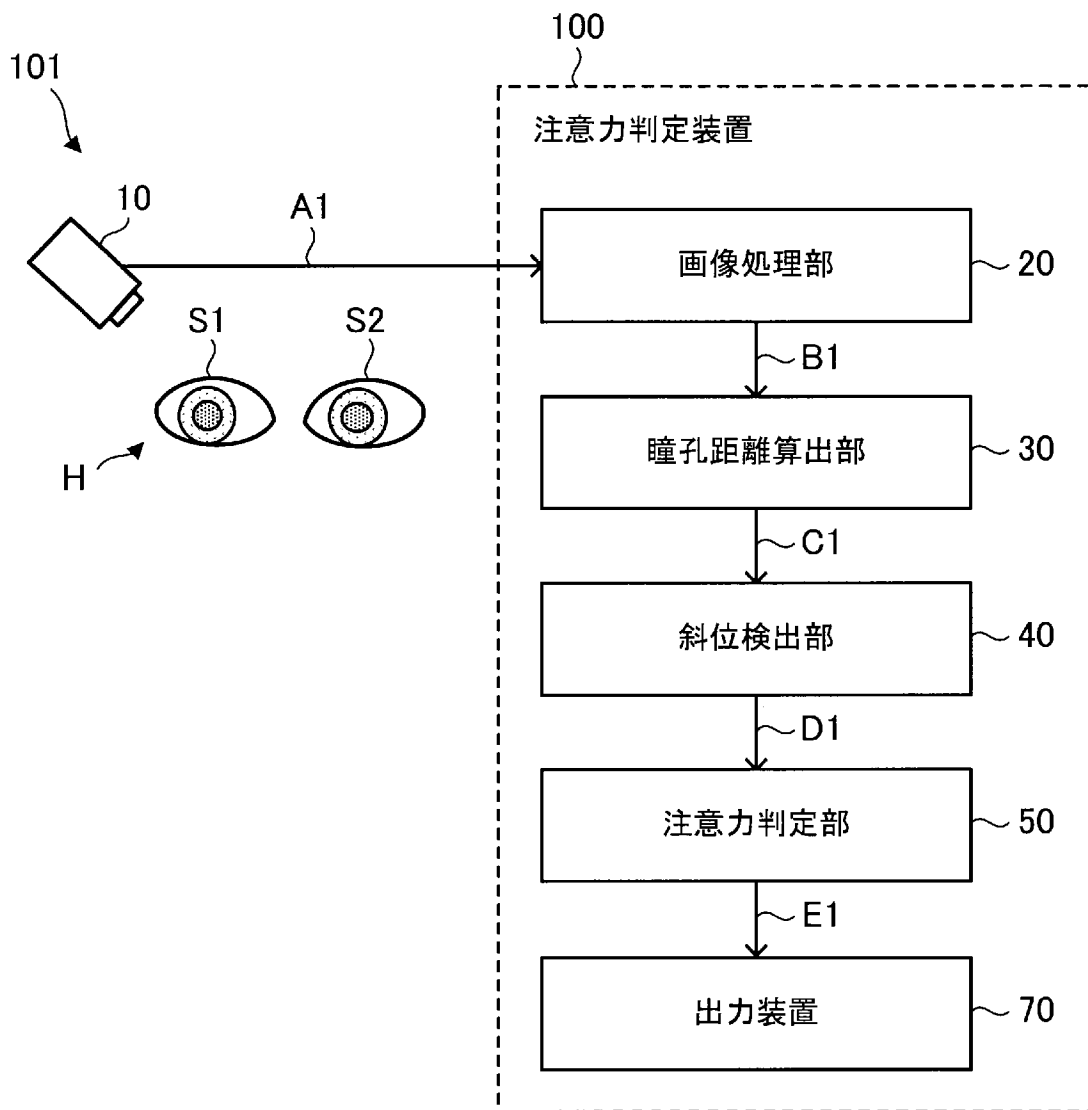
正規化された値を瞳孔距離補正值として出力し、

前記瞳孔距離補正值を用いて前記第1の眼球および前記第2の眼球の状態を示す斜位検出結果を出力し、

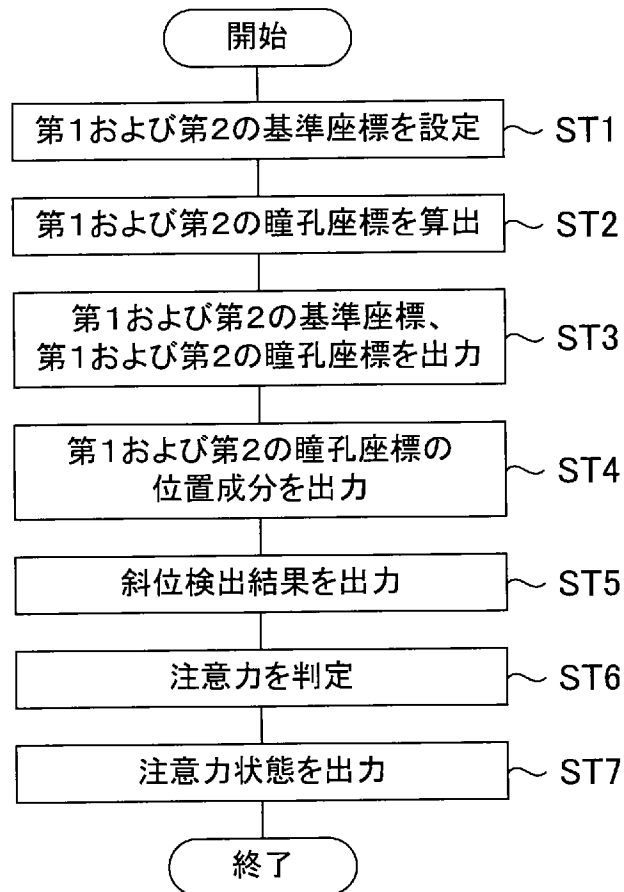
前記斜位検出結果に応じて前記人の注意力を判定する、

プログラム。

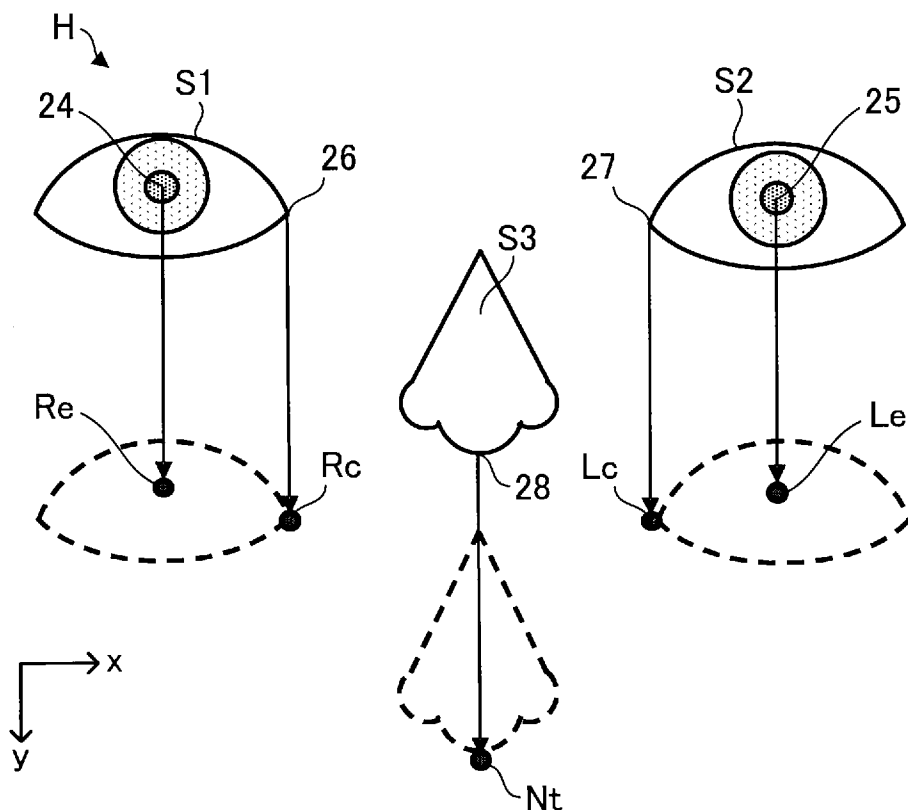
[図1]



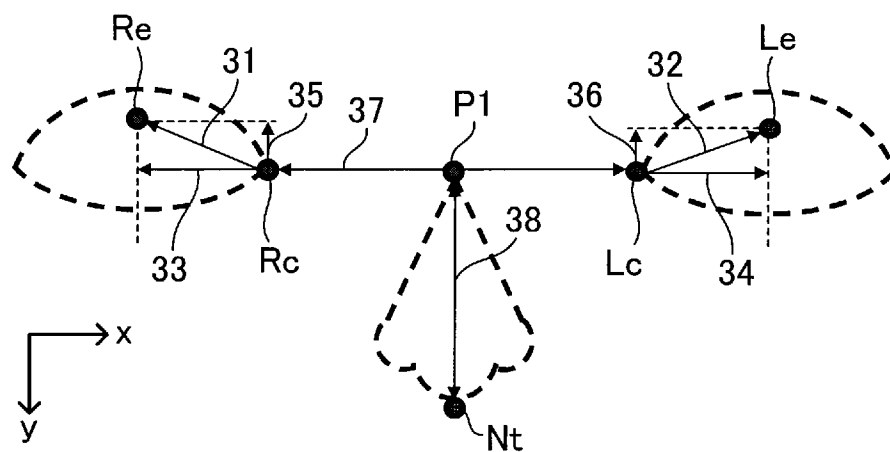
[図2]



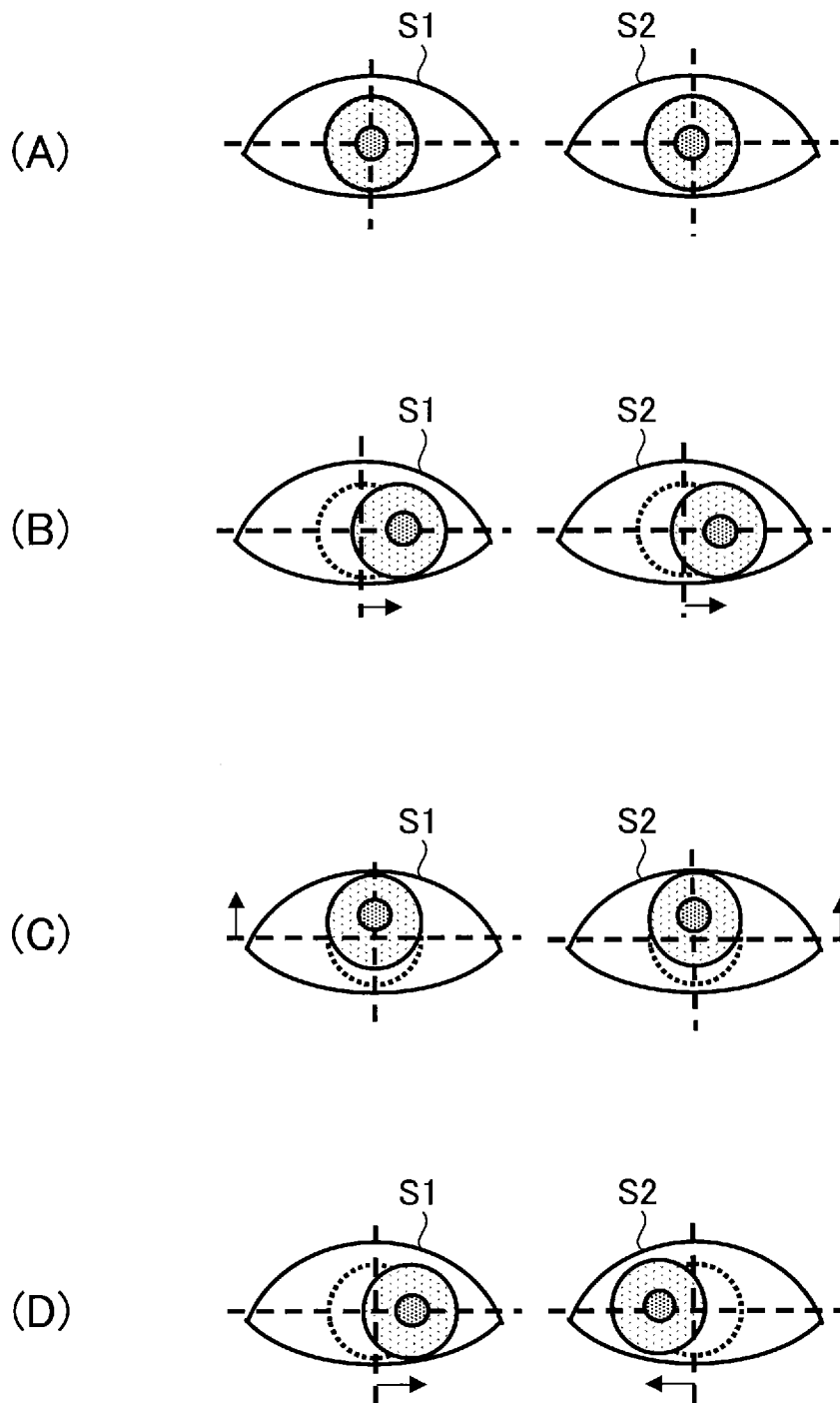
[図3]



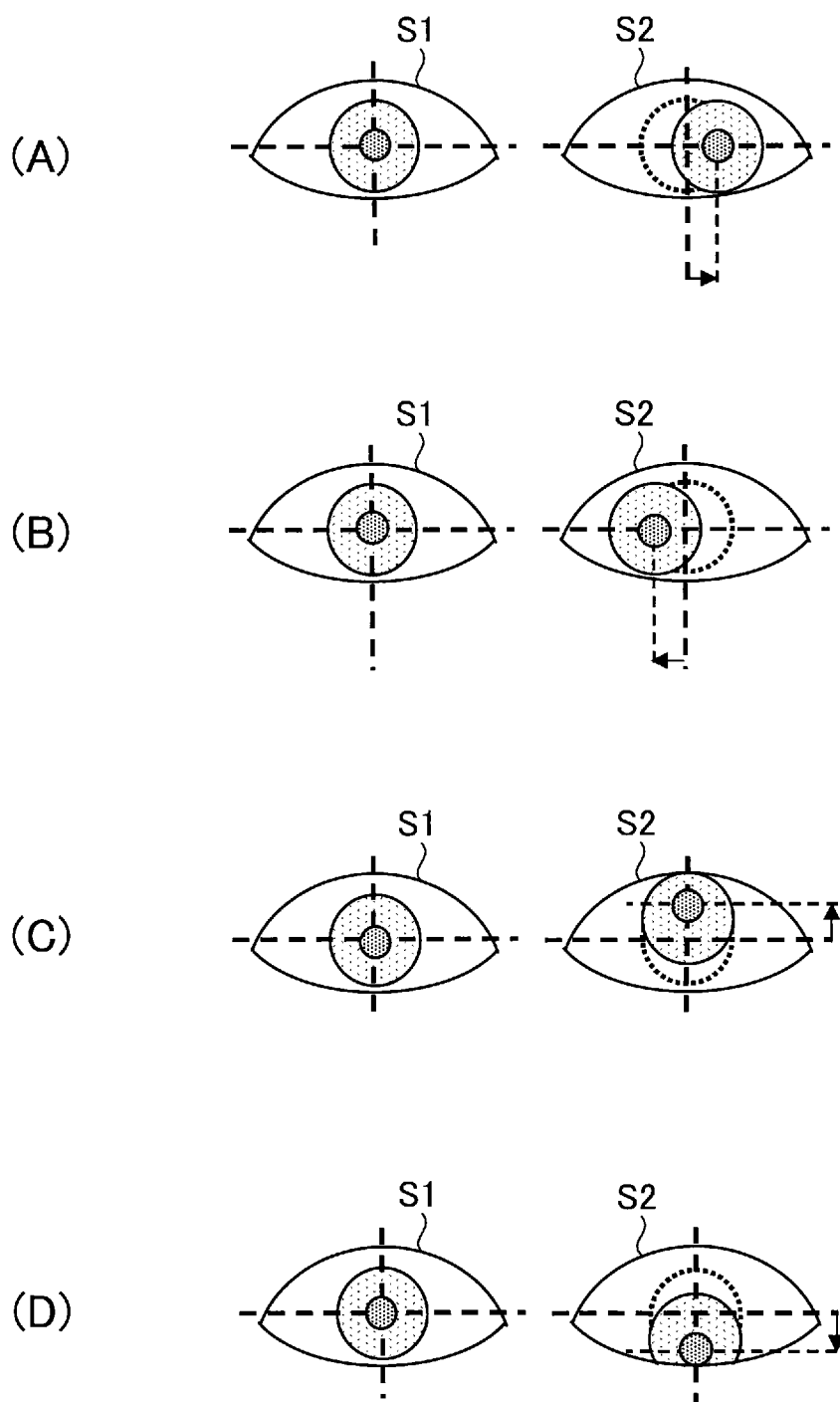
[図4]



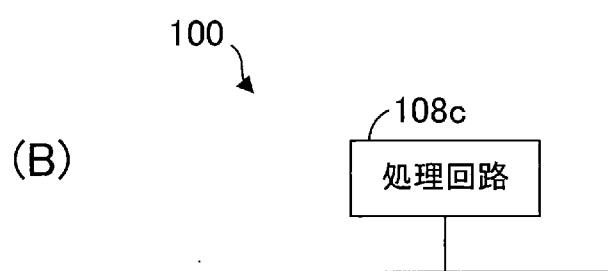
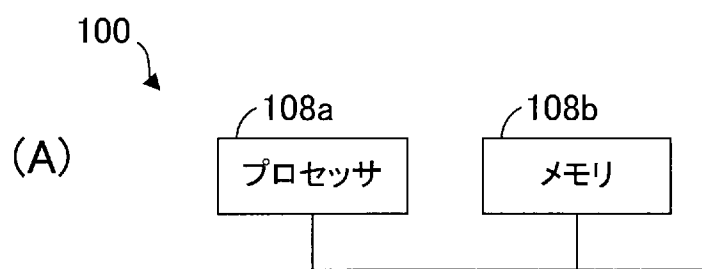
[図5]



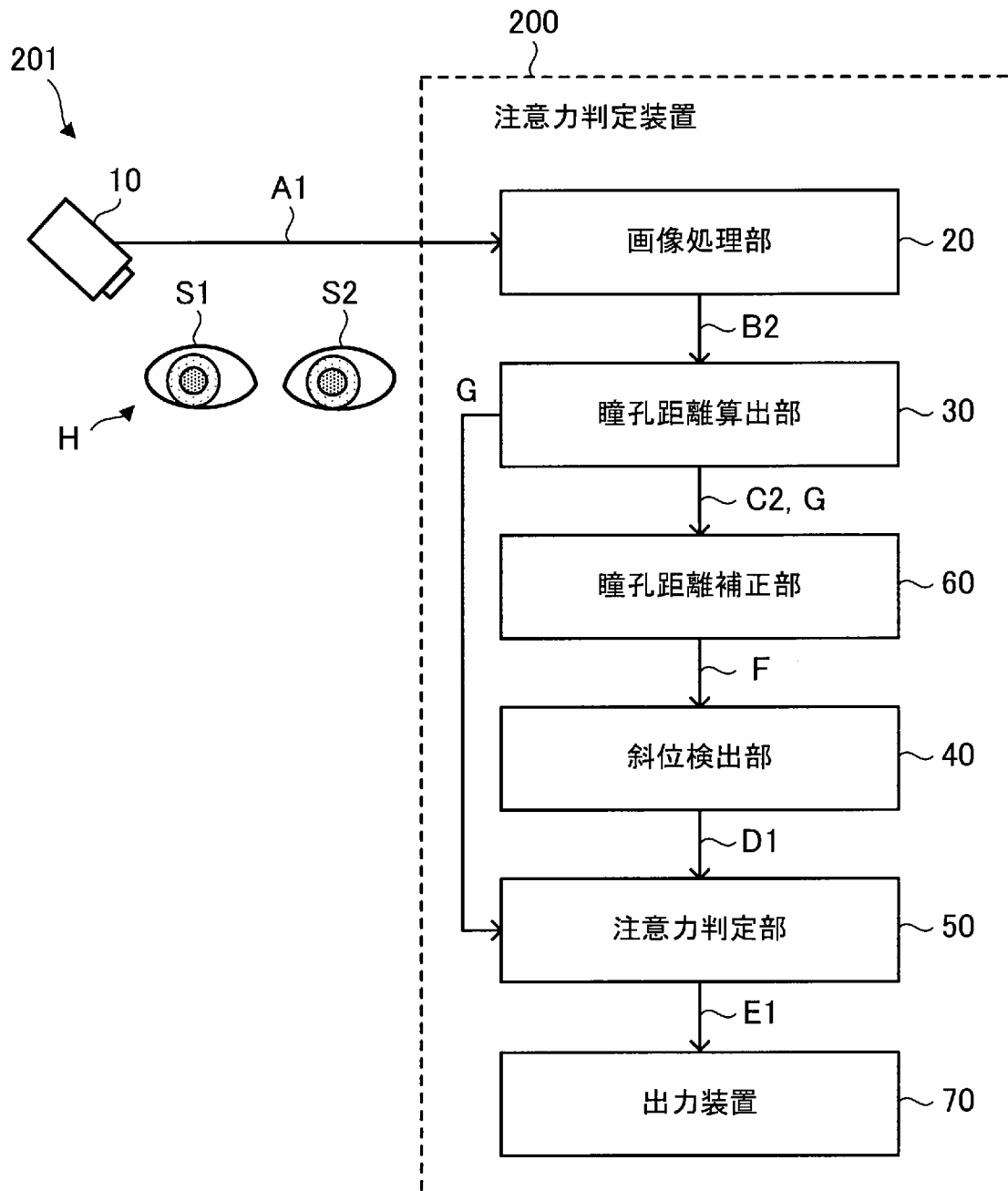
[図6]



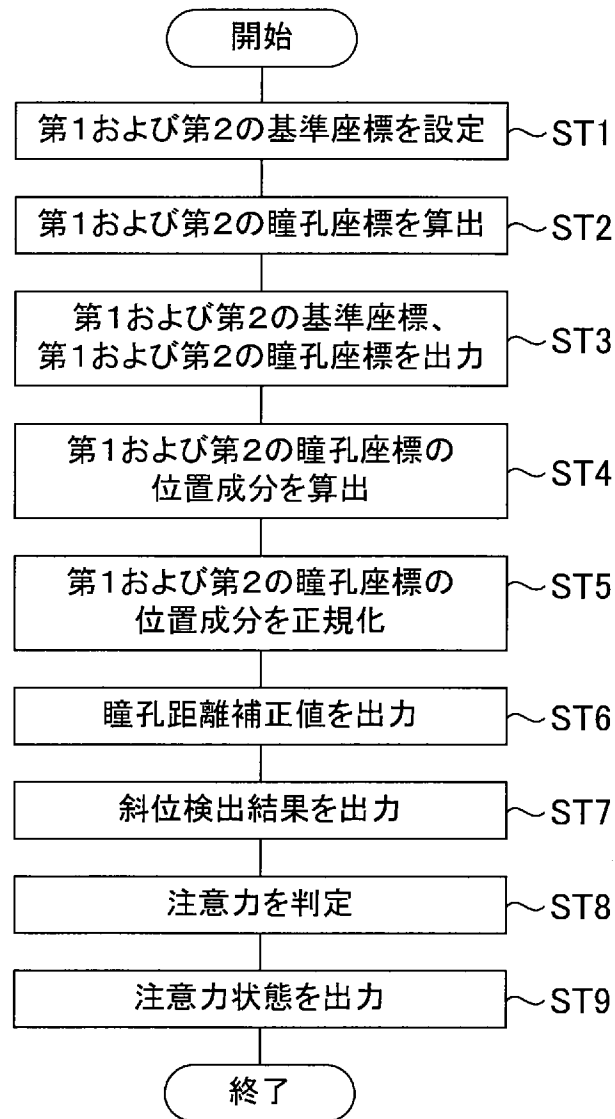
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/001586

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 Int.Cl. A61B5/16(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)
 Int.Cl. A61B5/06-5/22, 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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 11-276461 A (SUZUKI MOTOR CORPORATION) 12 October 1999, paragraphs [0015]-[0027], fig. 1-5 (Family: none)	1-13
A	JP 2017-202047 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 16 November 2017, paragraphs [0018]-[0019], [0022]-[0033], fig. 1-4 (Family: none)	1-13
A	JP 6432702 B1 (OMRON CORP.) 05 December 2018, paragraphs [0085]-[0086], fig. 9 (Family: none)	1-13
A	JP 6418342 B1 (OMRON CORP.) 07 November 2018, paragraph [0074], fig. 3 (Family: none)	1-13

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" 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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 28 March 2019 (28.03.2019)	Date of mailing of the international search report 09 April 2019 (09.04.2019)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. A61B5/16(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. A61B5/06 - 5/22, 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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 11-276461 A (スズキ株式会社) 1999. 10. 12, [0015]-[0027]、図 1-5 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 2017-202047 A (日本電信電話株式会社) 2017. 11. 16, [0018]-[0019], [0022]-[0033]、図 1-4 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 6432702 B1 (オムロン株式会社) 2018. 12. 5, [0085]-[0086]、図 9 (ファミリーなし)	1-13

☑ 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

28.03.2019

国際調査報告の発送日

09.04.2019

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)

富永 昌彦

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

2Q

4461

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 6418342 B1 (オムロン株式会社) 2018. 11. 07, [0074]、図 3 (ファミリーなし)	1-13