

(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3月5日(05.03.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/045023 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 3/11 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/031292
- (22) 国際出願日: 2019年8月8日(08.08.2019)
- (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 2018-161041 2018年8月30日(30.08.2018) JP
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 米家 惇(YONEYA, Makoto); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 N T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 中尾 直樹, 外 (NAKAO, Naoki et al.); 〒1600022 東京都新宿区新宿三丁目1番22号 新宿NSOビル6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, 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, 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,

(54) **Title:** EYE INFORMATION ESTIMATION DEVICE, EYE INFORMATION ESTIMATION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 眼情報推定装置、眼情報推定方法、プログラム

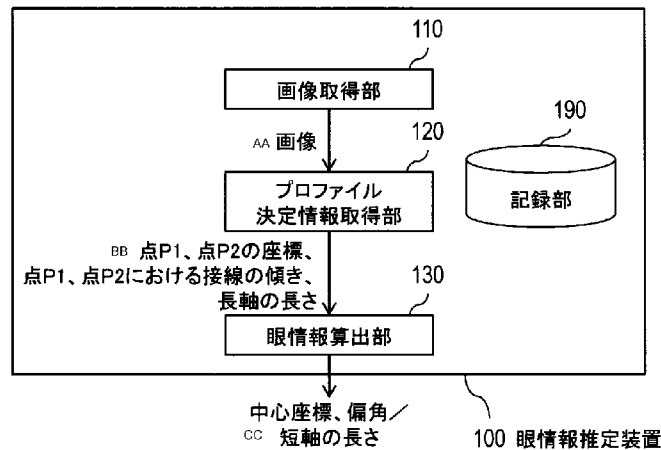


図1

100 Eye information estimation device
110 Image acquisition unit
120 Profile determination information acquisition unit
130 Eye information calculation unit
190 Storage unit
AA Image
BB Coordinates of point P1, point P2. Inclination of tangential line for point P1, point P2
; Length of major axis
CC Center coordinates, deflection angle/length of minor axis

(57) **Abstract:** Provided is technology that makes it possible to estimate position/size information relating to a pupil or an iris using a captured image of the eyeball of a subject, even if a portion of the pupil or the iris is hidden in the image. The invention is provided with: a profile determination information acquisition unit that acquires, from a captured image of the eyeball of a subject, the coordinates (x_1, y_0) , (x_2, y_0) of two points P1,P2 which are on a prescribed line included in the image and which correspond to the outer edge of the pupil or

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

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

添付公開書類:

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

the iris, and the inclination θ_1, θ_2 of tangential lines of an ellipse at the points P1, P2 when assuming that the shape of the pupil or the iris is an ellipse; and an eye information calculation unit that, assuming R is the length of the major axis of the ellipse, uses the coordinates $(x_1, y_0), (x_2, y_0)$ of the points P1, P2, the inclination θ_1, θ_2 of the tangential lines of the ellipse at the points P1, P2, and the length R of the major axis of the ellipse to calculate the center coordinates (x_c, y_c) and the deviation angle ψ of an ellipse representing the position of the pupil or the iris, and/or the length R_b of the minor axis of the ellipse representing the size of the pupil or the iris.

(57) 要約: 対象者の眼球を撮影した画像において瞳孔または虹彩の一部が隠れていたとしても、当該画像を用いて瞳孔や虹彩に関する位置/大きさの情報を推定することができる技術を提供する。対象者の眼球を撮影した画像から、当該画像に含まれる所定の行の上にある瞳孔または虹彩の外縁に対応する2つの点P1、点P2の座標 $(x_1, y_0), (x_2, y_0)$ と瞳孔または虹彩の形状を楕円であると仮定した場合の点P1、点P2における楕円の接線の傾き θ_1, θ_2 とを取得するプロファイル決定情報取得部と、Rを楕円の長軸の長さとし、点P1、点P2の座標 $(x_1, y_0), (x_2, y_0)$ と点P1、点P2における楕円の接線の傾き θ_1, θ_2 と楕円の長軸の長さRとを用いて、瞳孔または虹彩の位置を表す楕円の中心座標 (x_c, y_c) と偏角 ψ 、及び/または、瞳孔または虹彩の大きさを表す楕円の短軸の長さ R_b を算出する眼情報算出部とを含む。

明 細 書

発明の名称：眼情報推定装置、眼情報推定方法、プログラム
技術分野

[0001] 本発明は、瞳孔や虹彩に関する位置／大きさの情報を推定する技術に関する。

背景技術

[0002] 瞳孔は、人が見ている領域の輝度や心理状態に応じて大きさが変化することが知られている。この瞳孔の大きさや位置の変化を用いることにより、例えば、音の顕著度合いを推定することができる（参考特許文献１）。

（参考特許文献１：特開２０１５－１３２７８３号公報）

参考特許文献１で用いた瞳孔の大きさや位置の変化の推定には、例えば、眼球運動計測器と呼ばれる専用の装置（非特許文献１）や非特許文献２に記載の方法を用いることができる。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献１：tobii pro, [online], [平成３０年６月６日検索], インターネット<URL:https://www.tobiipro.com/ja/?gclid=EAIaIQobChMI9dzRgfq92wIVlYePCh2l1ge6EAAYASAAEgLqy_D_BwE>

非特許文献２：Nystrom, M., Hooge, I., Holmqvist, K., "Post-saccadic oscillations in eye movement data recorded with pupil-based eye trackers reflect motion of the pupil inside the iris", Vision Research, Vol. 92, pp.59-66, 2013.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 非特許文献１にあるような一般的な眼球運動計測器では、カメラで撮影した画像を用いて瞳孔の大きさを計測する。具体的には、撮影した画像から瞳孔のエッジ（外縁）を検出し、検出したエッジの点の集合に対して円フィッ

ティングをかけることにより、瞳孔径及び瞳孔の中心位置を求める。そのため、撮影した画像中に瞳孔全体が含まれている必要があり、半瞬目のような状態では、瞳孔径が過小評価される上に、瞳孔の中心位置もずれるという問題がある。また、虹彩は通常上下が眼瞼に遮蔽されているため、市販の眼球運動計測器では検出することができない。

[0005] 非特許文献2では、瞳孔の中心位置を基準として水平方向に走査することにより虹彩のエッジを検出した上で中心位置を求めているため、瞳孔中心と虹彩中心は垂直方向について常に同じ位置を出力する。そのため、非特許文献2の方法では垂直方向の位置情報については信頼することができない。また、そもそも水平方向の位置情報についても、虹彩の中心位置と瞳孔の中心位置が上下でずれている場合には、非特許文献2の方法では正確な情報が得られないという問題がある。

[0006] そこで本発明では、対象者の眼球を撮影した画像において瞳孔または虹彩の一部が隠れていたとしても、当該画像を用いて瞳孔や虹彩に関する位置／大きさの情報を推定することができる技術を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一態様は、対象者の眼球を撮影した画像から、当該画像に含まれる所定の行の上にある瞳孔または虹彩の外縁に対応する2つの点P1、点P2の座標 (x_1, y_0) 、 (x_2, y_0) と、瞳孔または虹彩の形状を楕円であると仮定した場合の点P1、点P2における楕円の接線の傾き θ_1 、 θ_2 とを取得するプロフィール決定情報取得部と、Rを前記楕円の長軸の長さとし、前記点P1、点P2の座標 (x_1, y_0) 、 (x_2, y_0) と、前記点P1、点P2における楕円の接線の傾き θ_1 、 θ_2 と、前記楕円の長軸の長さRとを用いて、瞳孔または虹彩の位置を表す前記楕円の中心座標 (x_c, y_c) と偏角 ϕ 、及び／または、瞳孔または虹彩の大きさを表す前記楕円の短軸の長さ R_b を算出する眼情報算出部とを含む。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、対象者の眼球を撮影した画像において瞳孔または虹彩の一部が隠れていたとしても、当該画像を用いて瞳孔や虹彩に関する位置／大

きさの情報を推定することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]眼情報推定装置 100 の構成の一例を示すブロック図。

[図2]眼情報推定装置 100 の動作の一例を示すフローチャート。

[図3]隣接する 2 行の上にある瞳孔（虹彩）の外縁に対応する 4 つの点の一例を示す図。

[図4]眼情報算出部 130 の構成の一例を示すブロック図。

[図5]眼情報算出部 130 の動作の一例を示すフローチャート。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の実施の形態について、詳細に説明する。なお、同じ機能を有する構成部には同じ番号を付し、重複説明を省略する。

[0011] <技術的背景>

位置／大きさの情報を推定する対象は、瞳孔または虹彩とする。また、瞳孔や虹彩の位置／大きさの推定には、対象者の眼球を撮影した画像を用いる。推定に際して、撮影した画像中の瞳孔や虹彩の形状は楕円であると仮定する。したがって、瞳孔や虹彩の位置／大きさは、楕円の中心座標、偏角／長軸の長さ、短軸の長さとして推定されることになる。具体的には、対象者の眼球を撮影した画像に含まれる所定の行の上にある瞳孔または虹彩の外縁に対応する 2 つの点 P1、点 P2 の座標とこれらの点における楕円（つまり、推定対象である瞳孔または虹彩を表す楕円）の接線の傾きから、楕円のプロファイルである中心座標、偏角、長軸の長さ、短軸の長さを推定する。その際、所定のサンプリング周波数で画像を撮影している間、長軸の長さは変化しないものと仮定する。つまり、当該画像から長軸の長さを取得できるものとする。以下、その長さを R とする。

[0012] 以上より、瞳孔や虹彩の位置／大きさを推定する問題は、楕円上の点 P1、点 P2 の座標 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) と当該 2 点における楕円の接線の傾き θ_1 、 θ_2 と楕円の長軸の長さ R から楕円の中心座標 (x_c, y_c) 、偏角 ϕ 、長軸の長さ R_a 、短軸の長さ R_b を求める問題に帰着する（ただし、 $R_a=R$ である）。

[0013] なお、対象者の眼球を撮影した画像から、点P1、点P2の座標 (x_1, y_0) , (x_2, y_0) 、当該2点における楕円の接線の傾き θ_1 , θ_2 、楕円の長軸の長さRを求める方法については、後述する。

[0014] 以下、上記問題を解く手順について説明する。一般に、2次元平面上の任意の位置にある楕円は、以下の方程式により表される。

[0015] [数1]

$$\left(\frac{(x-x_c)\cos\psi + (y-y_c)\sin\psi}{R_a} \right)^2 + \left(\frac{-(x-x_c)\sin\psi + (y-y_c)\cos\psi}{R_b} \right)^2 = 1$$

[0016] ここでは、上記問題を解くために、任意の位置にある楕円がx軸上の点(1, 0)、y軸上の点(0, 1)を通り、点(1, 0)においてx軸、点(0, 1)においてy軸に接する楕円に対応するように座標変換し、当該変換後の楕円が以下の式で表されることを用いて計算を行う。

[0017] [数2]

$$(x-1)^2 + (y-1)^2 + 2\alpha xy = 1 \quad (|\alpha| \leq 1)$$

[0018] ここで、 α のことをハイパーパラメータという。

[0019] 以下、詳しく説明する。点P1における楕円の接線と点P2における楕円の接線の交点Cの座標 (x_s, y_s) は、点P1、点P2の座標 (x_1, y_0) , (x_2, y_0) 、当該2点における楕円の接線の傾き θ_1 , θ_2 を用いて次式により表せる。

[0020] [数3]

$$\begin{pmatrix} x_s \\ y_s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{x_1 \tan \theta_1 - x_2 \tan \theta_2}{\tan \theta_1 - \tan \theta_2} \\ y_0 + \frac{(x_1 - x_2) \tan \theta_1 \tan \theta_2}{\tan \theta_1 - \tan \theta_2} \end{pmatrix} \cdots (1)$$

[0021] ここで、交点Cが点(0, 0)、点P1が点(1, 0)、点P2が点(0, 1)にそれぞれ対応するように座標系を変換して得られる楕円の方程式は、

[0022]

[数4]

$$\vec{q}_1 = \begin{pmatrix} \frac{1}{x_1 - x_2} \\ \frac{1}{(x_1 - x_2) \tan \theta_2} \end{pmatrix}$$

$$\vec{q}_2 = \begin{pmatrix} \frac{-1}{x_1 - x_2} \\ \frac{1}{(x_1 - x_2) \tan \theta_1} \end{pmatrix}$$

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

[0023] として、次式により表現できる。

[0024] [数5]

$$(\vec{q}_1 \cdot \vec{x} - 1)^2 + (\vec{q}_2 \cdot \vec{x} - 1)^2 + 2\alpha(\vec{q}_1 \cdot \vec{x})(\vec{q}_2 \cdot \vec{x}) = 1$$

[0025] すると、楕円のプロファイル、つまり、中心座標(x_c , y_c)、偏角 ϕ 、長軸の長さ R_a 、短軸の長さ R_b は、ハイパーパラメータ α を用いて、以下のように表現できる。

[0026]

[数6]

$$x_c = \frac{(x_1 - x_s) + (x_2 - x_s)}{\alpha + 1} + x_s \quad \dots(2a)$$

$$y_c = \frac{2(y_0 - y_s)}{\alpha + 1} + y_s \quad \dots(2b)$$

$$\psi = -\frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\lambda_1 + \lambda_2}{1 - \lambda_1 \lambda_2 + \frac{(\lambda_1 - \lambda_2)^2}{2(\alpha - 1)}} \right) \quad \dots(3)$$

$$R_{a,b}^2 = \left(\frac{y_0 - y_s}{\alpha + 1} \right)^2 \left\{ \frac{f_1 + f_2}{2} - \alpha f_0 \pm \left\{ (f_1 \alpha - f_0)(f_2 \alpha - f_0) + \left(\frac{f_1 - f_2}{2} \right)^2 \right\} \right\} \quad \dots(4)$$

[0027] ただし、

[0028] [数7]

$$x_s = \frac{x_1 \tan \theta_1 - x_2 \tan \theta_2}{\tan \theta_1 - \tan \theta_2} \quad \dots(5a)$$

$$y_s = y_0 + \frac{(x_1 - x_2) \tan \theta_1 \tan \theta_2}{\tan \theta_1 - \tan \theta_2} \quad \dots(5b)$$

$$\lambda_1 = \frac{x_1 - x_s}{y_0 - y_s} \left(= \frac{1}{\tan \theta_1} \right) \quad \dots(6a)$$

$$\lambda_2 = \frac{x_2 - x_s}{y_0 - y_s} \left(= \frac{1}{\tan \theta_2} \right) \quad \dots(6b)$$

$$f_0 = 1 + \lambda_1 \lambda_2 \quad \dots(7a)$$

$$f_1 = 1 + \lambda_1^2 \quad \dots(7b)$$

$$f_2 = 1 + \lambda_2^2 \quad \dots(7c)$$

[0029] である。ここで、式(4)中の $R_{a,b}^2$ は、 R_a^2 または R_b^2 の意味であり、式(4)の右辺の値（つまり、土を用いて表される2つの値）のうち小さい方が R_b^2 、大きい方

が R_a^2 であることを意味する。また、式(4)の右辺の平方根が R_a 、 R_b となる。

[0030] なお、長軸の長さに対する短軸の長さの比 $r(=R_b/R_a)$ も、ハイパーパラメータ α を用いて以下のように表現することができる。

[0031] [数8]

$$r^2 = \frac{1-\alpha^2}{(1+\alpha)^4} \cdot \frac{(y_0 - y_s)^2 (x_1 - x_2)^2}{R_a^4} \quad \dots(8)$$

[0032] 以下、式(2a)と式(2b)をハイパーパラメータ α を用いた中心座標 (x_c, y_c) の表現という。同様に、式(3)をハイパーパラメータ α を用いた偏角 ϕ の表現、式(4)をハイパーパラメータ α を用いた長軸の長さ R_a の表現、ハイパーパラメータ α を用いた短軸の長さ R_b の表現、式(8)をハイパーパラメータ α を用いた長軸の長さに対する短軸の長さの比 r の表現という。また、ハイパーパラメータ α のことを楕円プロファイルの表現に用いるハイパーパラメータともいう。

[0033] したがって、上記表現を用いれば、式(4)を用いて $R_a=R$ となるハイパーパラメータ α （ただし、 $|\alpha| \leq 1$ ）を求めることにより、中心座標 (x_c, y_c) 、偏角 ϕ 、短軸の長さ R_b を求めることができる。

[0034] <第1実施形態>

以下、図1～図2を参照して、眼情報推定装置100を説明する。図1は、眼情報推定装置100の構成を示すブロック図である。図2は、眼情報推定装置100の動作を示すフローチャートである。図1に示すように眼情報推定装置100は、画像取得部110と、プロファイル決定情報取得部120と、眼情報算出部130と、記録部190を含む。記録部190は、眼情報推定装置100の処理に必要な情報を適宜記録する構成部である。

[0035] 図2に従い眼情報推定装置100の動作について説明する。

[0036] [画像取得部110]

S110において、画像取得部110は、対象者の眼球を撮影した画像を取得し、出力する。ここで、画像撮影に用いるカメラは、スマートフォンのカメラのようなサンプリング周波数が比較的低いカメラを想定しているが、

サンプリング周波数が高いカメラを用いてもよい。なお、カメラは、左右両方の眼球を撮影するように設定してもよいし、いずれか一方の眼球のみを撮影するように設定してもよい。以下では、一方の眼球のみを撮影するように設定しているものとする。

[0037] [プロファイル決定情報取得部 120]

S120において、プロファイル決定情報取得部120は、S110で取得した画像を入力とし、当該画像に含まれる所定の行の上にある瞳孔または虹彩の外縁に対応する2つの点P1、点P2の座標 (x_1, y_0) 、 (x_2, y_0) と、瞳孔または虹彩の形状を楕円であると仮定した場合の点P1、点P2における楕円の接線の傾き θ_1 、 θ_2 と、当該楕円の長軸の長さRとをプロファイル決定情報として取得し、出力する。以下、点P1、点P2の座標 (x_1, y_0) 、 (x_2, y_0) 、点P1、点P2における楕円の接線の傾き θ_1 、 θ_2 、楕円の長軸の長さRを取得する方法について説明する。

[0038] 点P1、点P2の座標 (x_1, y_0) 、 (x_2, y_0) は、例えば、参考非特許文献1に記載された方法を用いて瞳孔または虹彩の領域／境界を検出することにより、取得することができる。

(参考非特許文献1：Daugman, J, “Probing the uniqueness and randomness of IrisCodes: Results from 200 billion iris pair comparisons”, Proceedings of the IEEE, Vol.94, No.11, pp.1927-1935, 2006.)

[0039] 点P1、点P2における楕円の接線の傾き θ_1 、 θ_2 は、所定の行に隣接する行の上にある瞳孔または虹彩の外縁に対応する点の座標と、点P1、点P2の座標 (x_1, y_0) 、 (x_2, y_0) とを用いて取得することができる。具体的には、以下のようにして求める。まず、所定の行に隣接する行のうち、画像中、上側に位置する行の上にある瞳孔または虹彩の外縁に対応する2つの点P1'、点P2'の座標を (x_1', y_0') 、 (x_2', y_0') とし、傾き θ_1' 、 θ_2' を次式により求める(図3参照)。

[0040]

[数9]

$$\theta_1' = \arctan \frac{y_0' - y_0}{x_1' - x_1}$$

$$\theta_2' = \arctan \frac{y_0' - y_0}{x_2' - x_2}$$

[0041] 同様に、所定の行に隣接する行のうち、画像中、下側に位置する行の上にある瞳孔または虹彩の外縁に対応する2つの点P1''、点P2''の座標を(x_1'' , y_0''), (x_2'' , y_0'')とし、傾き θ_1'' , θ_2'' を次式により求める。

[0042] [数10]

$$\theta_1'' = \arctan \frac{y_0'' - y_0}{x_1'' - x_1}$$

$$\theta_2'' = \arctan \frac{y_0'' - y_0}{x_2'' - x_2}$$

[0043] そして、傾き θ_1 , θ_2 を、傾き θ_1' , θ_2' , θ_1'' , θ_2'' を用いて次式により求める。

[0044] [数11]

$$\theta_1 = \frac{\theta_1' + \theta_1''}{2}$$

$$\theta_2 = \frac{\theta_2' + \theta_2''}{2}$$

[0045] つまり、傾き θ_1 , θ_2 は、所定の行に隣接する行のうち、画像中、上側に位置する行の上にある瞳孔または虹彩の外縁に対応する2つの点の座標と点P1、点P2の座標(x_1 , y_0), (x_2 , y_0)とを用いて計算した傾きと、所定の行に隣接する行のうち、画像中、下側に位置する行の上にある瞳孔または虹彩の外縁に対応する2つの点の座標と点P1、点P2の座標(x_1 , y_0), (x_2 , y_0)とを用いて計算した傾きの平均値として求められる。

[0046] 楕円の長軸の長さRは、画像に含まれる瞳孔または虹彩の外縁に対して楕円フィッティングを行った結果として得られる長軸の長さとして取得する。

[0047] [眼情報算出部 1 3 0]

S 1 3 0 において、眼情報算出部 1 3 0 は、S 1 2 0 で取得した点P1、点P2の座標 (x_1, y_0) , (x_2, y_0) 、点P1、点P2における楕円の接線の傾き θ_1 , θ_2 、楕円の長軸の長さRを入力とし、点P1、点P2の座標 (x_1, y_0) , (x_2, y_0) と、点P1、点P2における楕円の接線の傾き θ_1 , θ_2 と、楕円の長軸の長さRとを用いて、瞳孔または虹彩の位置を表す楕円の中心座標 (x_c, y_c) と偏角 ϕ 、及び／または、瞳孔または虹彩の大きさを表す楕円の短軸の長さ R_b を算出し、楕円の中心座標 (x_c, y_c) と偏角 ϕ 、及び／または、楕円の長軸の長さ R_a と短軸の長さ R_b を出力する。なお、長軸の長さ R_a については、入力された値Rを出力すればよい。

[0048] 以下、図4～図5を参照して眼情報算出部 1 3 0 について説明する。図4は、眼情報算出部 1 3 0 の構成を示すブロック図である。図5は、眼情報算出部 1 3 0 の動作を示すフローチャートである。図4に示すように眼情報算出部 1 3 0 は、交点座標計算部 1 3 1 と、プロファイル算出部 1 3 2 を含む。

[0049] 図5に従い眼情報算出部 1 3 0 の動作について説明する。

[0050] [交点座標計算部 1 3 1]

S 1 3 1 において、交点座標計算部 1 3 1 は、点P1、点P2の座標 (x_1, y_0) , (x_2, y_0) と点P1、点P2における楕円の接線の傾き θ_1 , θ_2 とを用いて、これらの接線の交点Cの座標 (x_s, y_s) を計算する。具体的には、式(1)により交点Cの座標 (x_s, y_s) を計算する。

[0051] [プロファイル算出部 1 3 2]

S 1 3 2 において、プロファイル算出部 1 3 2 は、点P1、点P2の座標 (x_1, y_0) , (x_2, y_0) と、S 1 3 1 で計算した交点Cの座標 (x_s, y_s) とを用いて、ハイパーパラメータ α (ただし、 $|\alpha| \leq 1$)を求めることにより、楕円の中心座標 (x_c, y_c) と偏角 ϕ 、及び／または、楕円の短軸の長さ R_b を算出する。以下、具体的に説明する。

[0052] まず、プロファイル算出部 1 3 2 は、点P1、点P2の座標 (x_1, y_0) , (x_2, y_0)

と、交点Cの座標(x_s , y_s)とを用いて、ハイパーパラメータ α を用いた長軸の長さ R_a の表現(つまり、式(4))を求める。

[0053] 次に、プロファイル算出部132は、式(4)の長軸の長さ R_a の表現と長軸の長さ R を用いて、ハイパーパラメータ α を決定する。具体的には、式(4)の値が R となる α ($|\alpha| \leq 1$)を求めることになる。なお、式(4)の値が R となる α が $|\alpha| \leq 1$ を満たさない場合には、当該画像から瞳孔または虹彩の位置／大きさを推定することができない(推定不能)と判断し、以下説明するプロファイルの算出を行わないものとする。

[0054] そして、プロファイル算出部132は、上記決定した α を用いて、式(2a)、式(2b)、式(3)より、楕円の中心座標(x_c , y_c)と偏角 ψ を算出する。また、プロファイル算出部132は、上記決定した α を用いて、式(4)より、楕円の短軸の長さ R_b を算出する。なお、眼情報算出部130が、眼情報として瞳孔または虹彩の位置を表すプロファイルを出力する場合は、楕円の中心座標(x_c , y_c)と偏角 ψ のみを算出すればよいし、眼情報として瞳孔または虹彩の大きさを表すプロファイルを出力する場合は、楕円の短軸の長さ R_b のみを算出すればよい。

[0055] なお、左右両方の眼球を撮影した画像を用いる場合は、S120～S130までの処理を各眼球に対して実行するようにすればよい。

[0056] 本実施形態の発明によれば、対象者の眼球を撮影した画像において瞳孔または虹彩の一部が隠れていたとしても、当該画像を用いて瞳孔や虹彩に関する位置／大きさの情報を推定することが可能となる。

[0057] <変形例1>

上述の説明では、長軸の長さ R は画像から取得するものとして説明した。しかし、この方法に限らず、別の方法で長軸の長さ R を求め、それを利用するようにしてもよい。例えば、成人の虹彩の大きさは時間的に大きく変化しないので、過去に既に虹彩の大きさを求めていてデータとして保有しているのであれば、カメラと眼球の距離に基づいて長軸の長さ R の推定値を計算し、利用するようにしてもよい。この場合、例えば、長軸の長さ R は記録部190に事

前に記録しておくようにすればよい。

[0058] <変形例 2>

上述の説明では、画像中の所定の一行に関するプロファイル決定情報からプロファイル（瞳孔または虹彩の位置／大きさを表すプロファイル）を算出するものとして説明したが、プロファイル算出方法はこの方法に限るものではない。例えば、同一画像中の（楕円（の一部）が含まれる）複数の行に対して、S 1 2 0～S 1 3 0までの処理を繰り返し実行することにより、複数のプロファイルを取得し、当該取得した複数のプロファイルから求めた代表値（例えば、平均値等）をプロファイルとして出力するようにしてもよい。

[0059] <補記>

本発明の装置は、例えば単一のハードウェアエンティティとして、キーボードなどが接続可能な入力部、液晶ディスプレイなどが接続可能な出力部、ハードウェアエンティティの外部に通信可能な通信装置（例えば通信ケーブル）が接続可能な通信部、CPU（Central Processing Unit、キャッシュメモリやレジスタなどを備えていてもよい）、メモリであるRAMやROM、ハードディスクである外部記憶装置並びにこれらの入力部、出力部、通信部、CPU、RAM、ROM、外部記憶装置の間のデータのやり取りが可能なように接続するバスを有している。また必要に応じて、ハードウェアエンティティに、CD-ROMなどの記録媒体を読み書きできる装置（ドライブ）などを設けることとしてもよい。このようなハードウェア資源を備えた物理的実体としては、汎用コンピュータなどがある。

[0060] ハードウェアエンティティの外部記憶装置には、上述の機能を実現するために必要となるプログラムおよびこのプログラムの処理において必要となるデータなどが記憶されている（外部記憶装置に限らず、例えばプログラムを読み出し専用記憶装置であるROMに記憶させておくこととしてもよい）。また、これらのプログラムの処理によって得られるデータなどは、RAMや外部記憶装置などに適宜に記憶される。

[0061] ハードウェアエンティティでは、外部記憶装置（あるいはROMなど）に

記憶された各プログラムとこの各プログラムの処理に必要なデータが必要に応じてメモリに読み込まれて、適宜にCPUで解釈実行・処理される。その結果、CPUが所定の機能（上記、…部、…手段などと表した各構成要件）を実現する。

[0062] 本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更が可能である。また、上記実施形態において説明した処理は、記載の順に従って時系列に実行されるのみならず、処理を実行する装置の処理能力あるいは必要に応じて並列的にあるいは個別に実行されるとしてもよい。

[0063] 既述のように、上記実施形態において説明したハードウェアエンティティ（本発明の装置）における処理機能をコンピュータによって実現する場合、ハードウェアエンティティが有すべき機能の処理内容はプログラムによって記述される。そして、このプログラムをコンピュータで実行することにより、上記ハードウェアエンティティにおける処理機能がコンピュータ上で実現される。

[0064] この処理内容を記述したプログラムは、コンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録しておくことができる。コンピュータで読み取り可能な記録媒体としては、例えば、磁気記録装置、光ディスク、光磁気記録媒体、半導体メモリ等のようなものでもよい。具体的には、例えば、磁気記録装置として、ハードディスク装置、フレキシブルディスク、磁気テープ等を、光ディスクとして、DVD（Digital Versatile Disc）、DVD-RAM（Random Access Memory）、CD-ROM（Compact Disc Read Only Memory）、CD-R（Recordable）／RW（ReWritable）等を、光磁気記録媒体として、MO（Magneto-Optical disc）等を、半導体メモリとしてEEPROM（Electrically Erasable and Programmable-Read Only Memory）等を用いることができる。

[0065] また、このプログラムの流通は、例えば、そのプログラムを記録したDVD、CD-ROM等の可搬型記録媒体を販売、譲渡、貸与等することによっ

て行う。さらに、このプログラムをサーバコンピュータの記憶装置に格納しておき、ネットワークを介して、サーバコンピュータから他のコンピュータにそのプログラムを転送することにより、このプログラムを流通させる構成としてもよい。

[0066] このようなプログラムを実行するコンピュータは、例えば、まず、可搬型記録媒体に記録されたプログラムもしくはサーバコンピュータから転送されたプログラムを、一旦、自己の記憶装置に格納する。そして、処理の実行時、このコンピュータは、自己の記録媒体に格納されたプログラムを読み取り、読み取ったプログラムに従った処理を実行する。また、このプログラムの別の実行形態として、コンピュータが可搬型記録媒体から直接プログラムを読み取り、そのプログラムに従った処理を実行することとしてもよく、さらに、このコンピュータにサーバコンピュータからプログラムが転送されるたびに、逐次、受け取ったプログラムに従った処理を実行することとしてもよい。また、サーバコンピュータから、このコンピュータへのプログラムの転送は行わず、その実行指示と結果取得のみによって処理機能を実現する、いわゆるASP (Application Service Provider) 型のサービスによって、上述の処理を実行する構成としてもよい。なお、本形態におけるプログラムには、電子計算機による処理の用に供する情報であってプログラムに準ずるもの（コンピュータに対する直接の指令ではないがコンピュータの処理を規定する性質を有するデータ等）を含むものとする。

[0067] また、この形態では、コンピュータ上で所定のプログラムを実行させることにより、ハードウェアエンティティを構成することとしたが、これらの処理内容の少なくとも一部をハードウェア的に実現することとしてもよい。

請求の範囲

- [請求項1] 対象者の眼球を撮影した画像から、当該画像に含まれる所定の行の上にある瞳孔または虹彩の外縁に対応する2つの点P1、点P2の座標(x_1, y_0), (x_2, y_0)と、瞳孔または虹彩の形状を楕円であると仮定した場合の点P1、点P2における楕円の接線の傾き θ_1, θ_2 とを取得するプロフィール決定情報取得部と、
- Rを前記楕円の長軸の長さとし、
- 前記点P1、点P2の座標(x_1, y_0), (x_2, y_0)と、前記点P1、点P2における楕円の接線の傾き θ_1, θ_2 と、前記楕円の長軸の長さRとを用いて、瞳孔または虹彩の位置を表す前記楕円の中心座標(x_c, y_c)と偏角 ϕ 、及び／または、瞳孔または虹彩の大きさを表す前記楕円の短軸の長さ R_b を算出する眼情報算出部と
- を含む眼情報推定装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の眼情報推定装置であって、
- 前記眼情報算出部は、
- 前記点P1、点P2の座標(x_1, y_0), (x_2, y_0)と、前記点P1、点P2における楕円の接線の傾き θ_1, θ_2 とを用いて、これらの接線の交点Cの座標(x_s, y_s)を計算する交点座標計算部と、
- 前記点P1、点P2の座標(x_1, y_0), (x_2, y_0)と、前記交点Cの座標(x_s, y_s)とを用いて、ハイパーパラメータ α (ただし、 $|\alpha| \leq 1$)を求めることにより、前記楕円の中心座標(x_c, y_c)と偏角 ϕ 、及び／または、前記楕円の短軸の長さ R_b を算出するプロフィール算出部とを含む
- ことを特徴とする眼情報推定装置。
- [請求項3] 請求項1または2に記載の眼情報推定装置であって、
- 前記プロフィール決定情報取得部は、
- 前記所定の行に隣接する行の上にある瞳孔または虹彩の外縁に対応する点の座標と、前記点P1、点P2の座標(x_1, y_0), (x_2, y_0)とを用いて、前記点P1、点P2における楕円の接線の傾き θ_1, θ_2 を取得する

ことを特徴とする眼情報推定装置。

[請求項4]

眼情報推定装置が、対象者の眼球を撮影した画像から、当該画像に含まれる所定の行の上にある瞳孔または虹彩の外縁に対応する2つの点P1、点P2の座標 (x_1, y_0) , (x_2, y_0) と、瞳孔または虹彩の形状を楕円であると仮定した場合の点P1、点P2における楕円の接線の傾き θ_1 , θ_2 とを取得するプロファイル決定情報取得ステップと、

Rを前記楕円の長軸の長さとし、

前記眼情報推定装置が、前記点P1、点P2の座標 (x_1, y_0) , (x_2, y_0) と、前記点P1、点P2における楕円の接線の傾き θ_1 , θ_2 と、前記楕円の長軸の長さRとを用いて、瞳孔または虹彩の位置を表す前記楕円の中心座標 (x_c, y_c) と偏角 ϕ 、及び／または、瞳孔または虹彩の大きさを表す前記楕円の短軸の長さ R_b を算出する眼情報算出ステップとを含む眼情報推定方法。

[請求項5]

請求項1ないし3のいずれか1項に記載の眼情報推定装置としてコンピュータを機能させるためのプログラム。

[図1]

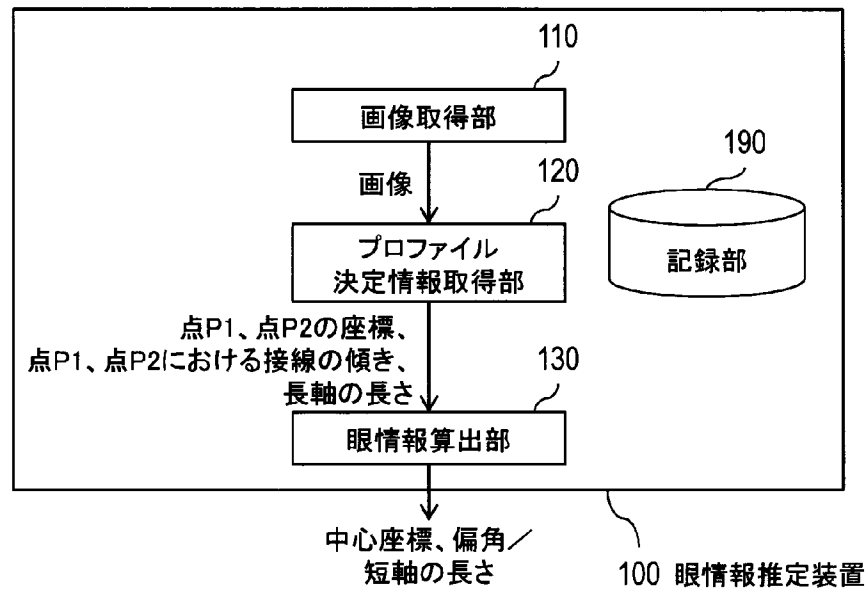


図1

[図2]

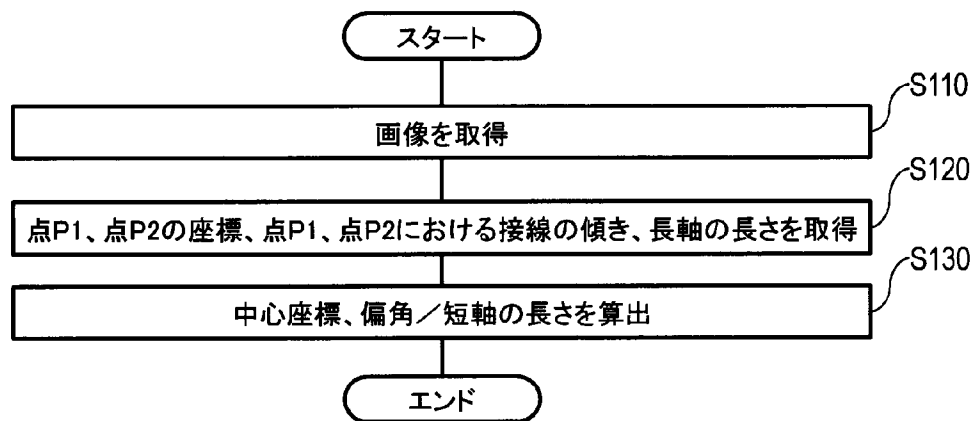


図2

[図3]

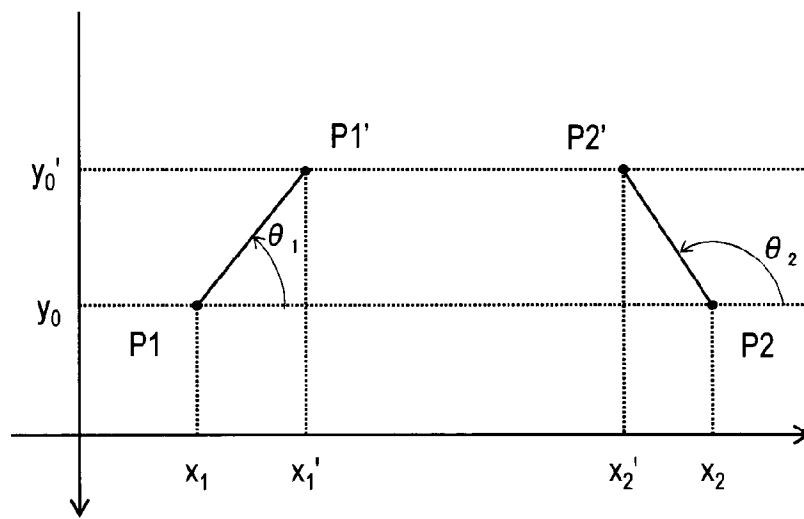


図3

[図4]

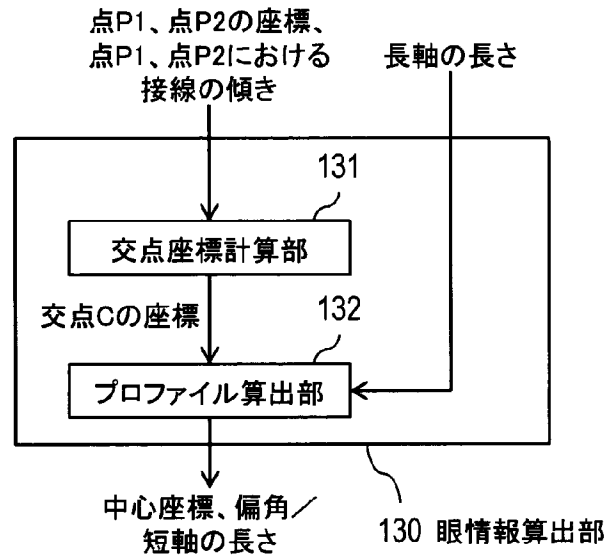


図4

[図5]

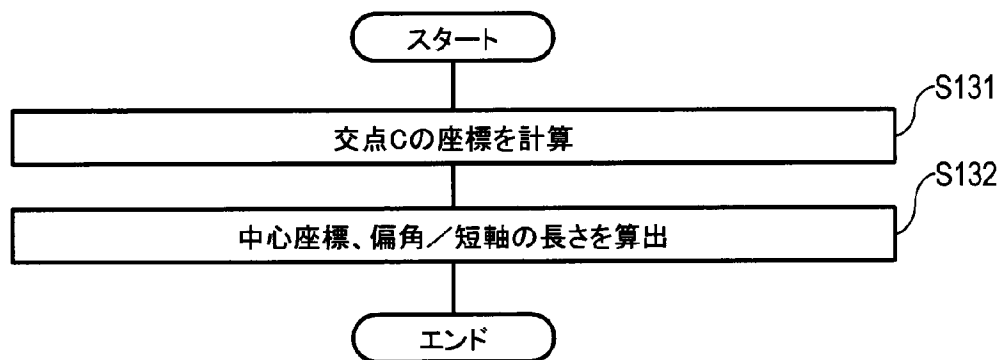


図5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/031292

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. A61B3/11 (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. A61B3/00-3/12, 3/13-3/16

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)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-115460 A (SAGA UNIVERSITY) 16 June 2011, paragraphs [0059], [0064]-[0071] (Family: none)	1-5
A	WO 2017/154348 A1 (TOPCON CORPORATION) 14 September 2017, paragraphs [0083]-[0094] & US 2019/0076012 A1 (paragraphs [0089]-[0100]) & JP 2017-158728 A	1-5

☒ 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

"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

"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
17 October 2019 (17.10.2019)

Date of mailing of the international search report
05 November 2019 (05.11.2019)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/031292

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	深谷 直樹, 高速楕円検出に基づく眼球運動のリアルタイム計測, デンソーテクニカルレビュー, 18 May 2007, vol. 12, no. 1, pp. 103-112, (FUKAYA, Naoki, "Real-time Measurement of Eye Movement Based on Fast Ellipse Detection", DENSO TECHNICAL REVIEW)	1-5
A	JP 9-313447 A (TOPCON CORPORATION) 09 December 1997, paragraph [0205] (Family: none)	1-5
A	JP 2004-28977 A (FUJI XEROX CO., LTD.) 29 January 2004, paragraphs [0084]-[0092] & US 2004/0004723 A1 (paragraphs [0158]-[0172])	1-5
A	渡辺 孝志, ハフ変換を用いた接線情報の抽出と欠損楕円の検出, 電子情報通信学会論文誌 D-II, December 1999, vol. J82-D-II, no. 12, pp. 2221-2229, (WATANABE, Takashi, "Extraction of Tangent Information and Detection of Broken Ellipses Using Hough Transform.", Proceedings D-II of IEICE)	1-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. A61B3/11 (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. A61B3/00-3/12, 3/13-3/16

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)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

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 2011-115460 A (国立大学法人佐賀大学) 2011.06.16, [0059], [0064]-[0071] (ファミリーなし)	1-5
A	WO 2017/154348 A1 (株式会社トプコン) 2017.09.14, [0083]-[0094] & US 2019/0076012 A1 ([0089]-[0100]) & JP 2017-158728 A	1-5

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

17.10.2019

国際調査報告の発送日

05.11.2019

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)

佐藤 秀樹

2 Q

3 1 5 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	深谷 直樹, 高速楕円検出に基づく眼球運動のリアルタイム計測, デンソーテクニカルレビュー, 2007.05.18, Vol.12, No.1, pp.103-112	1-5
A	JP 9-313447 A (株式会社トプコン) 1997.12.09, [0205] (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2004-28977 A (富士ゼロックス株式会社) 2004.01.29, [0084]-[0092] & US 2004/0004723 A1 ([0158]-[0172])	1-5
A	渡辺 孝志, ハフ変換を用いた接線情報の抽出と欠損楕円の検出, 電子情報通信学会論文誌 D-II, 1999.12, Vol. J82-D-II, No.12, pp.2221-2229	1-5