

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5055166号
(P5055166)

(45) 発行日 平成24年10月24日(2012.10.24)

(24) 登録日 平成24年8月3日(2012.8.3)

(51) Int.Cl.

F I

G O 6 T 7/20 (2006.01)

G O 6 T 7/20 3 O O B

G O 6 T 1/00 (2006.01)

G O 6 T 1/00 3 4 O A

請求項の数 9 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2008-51121 (P2008-51121)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成20年2月29日 (2008.2.29)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2009-211180 (P2009-211180A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成21年9月17日 (2009.9.17)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成23年2月28日 (2011.2.28)		弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二
		(74) 代理人	100130409
			弁理士 下山 治
		(74) 代理人	100134175
			弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 眼の開閉度判定装置、方法及びプログラム、撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

画像を入力する入力手段と、
前記入力手段により入力された画像から人物の顔を検出する顔検出手段と、
前記顔検出手段により検出された顔から眼の開閉状態に係わる特徴量を算出する特徴量算出手段と、
前記特徴量算出手段により算出された特徴量と所定時間前に入力された画像から検出された顔より算出された特徴量との差を特徴変化量として算出する変化量算出手段と、
前記特徴量算出手段により算出された特徴量と前記変化量算出手段により算出された特徴変化量とに重みを設定する重み付け手段と、
前記重み付け手段により重みが設定された前記特徴量と前記特徴変化量とに基づいて前記顔検出手段により検出された顔における眼の開閉度合いを算出する開閉度算出手段と
を具備することを特徴とする眼の開閉度判定装置。

【請求項2】

前記特徴量算出手段は、
前記入力手段により所定時間内に入力された複数の画像各々から検出された人物の顔より当該人物の眼の開閉状態に係わる特徴量を算出し、
前記開閉度算出手段は、
前記特徴量算出手段により前記複数の画像各々から算出された複数の特徴量における最大値と最小値との差が、予め設けられた閾値と所定の関係である場合には、前記重み付け

された特徴量だけに基づいて前記顔検出手段により検出された顔における眼の開閉度合いを算出する

ことを特徴とする請求項 1 記載の眼の開閉判定装置。

【請求項 3】

前記特徴量算出手段は、

前記入力手段により所定時間内に入力された複数の画像各々から検出された人物の顔より当該人物の眼の開閉状態に係わる特徴量を算出し、

前記重み付け手段は、

前記特徴量算出手段により前記複数の画像各々から算出された複数の特徴量に基づいて前記特徴量と前記特徴変化量とに対して設定する重みを変更する

10

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の眼の開閉度判定装置。

【請求項 4】

前記特徴量算出手段は、眼の開閉状態に係わる特徴量として瞳孔の特徴量を算出し、

前記重み付け手段は、

前記特徴量算出手段により前記複数の画像各々から算出された複数の特徴量における最大値と最小値との差が所定閾値より小さい場合には、前記特徴量よりも前記特徴変化量に設定する重みを大きくする

ことを特徴とする請求項 3 記載の眼の開閉度判定装置。

【請求項 5】

前記特徴量算出手段は、眼の開閉状態に係わる特徴量として瞳孔の特徴量を算出し、

20

前記重み付け手段は、

前記特徴量算出手段により前記複数の画像各々から算出された複数の特徴量における最大値と最小値との差が所定閾値より大きい場合には、前記特徴変化量よりも前記特徴量に設定する重みを大きくする

ことを特徴とする請求項 3 記載の眼の開閉度判定装置。

【請求項 6】

前記開閉度算出手段により算出された眼の開閉度合いを閾値処理することにより眼の開閉判定を行う開閉判定手段

を更に具備することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の眼の開閉度判定装置。

【請求項 7】

30

情報処理装置の眼の開閉度判定方法であって、

入力手段が、画像を入力する入力工程と、

顔検出手段が、前記入力工程により入力された画像から人物の顔を検出する顔検出工程と、

特徴量算出手段が、前記顔検出工程により検出された顔から眼の開閉状態に係わる特徴量を算出する特徴量算出工程と、

変化量算出手段が、前記特徴量算出工程により算出された特徴量と所定時間前に入力された画像から検出された顔より算出された特徴量との差を特徴変化量として算出する変化量算出工程と、

重み付け手段が、前記特徴量算出工程により算出された特徴量と前記変化量算出工程により算出された特徴変化量とに重みを設定する重み付け工程と、

40

開閉度算出手段が、前記重み付け工程により重みが設定された前記特徴量と前記特徴変化量とに基づいて前記顔検出工程により検出された顔における眼の開閉度合いを算出する開閉度算出工程と

を含むことを特徴とする眼の開閉度判定方法。

【請求項 8】

コンピュータを、

画像を入力する入力手段、

前記入力手段により入力された画像から人物の顔を検出する顔検出手段、

前記顔検出手段により検出された顔から眼の開閉状態に係わる特徴量を算出する特徴量

50

算出手段、

前記特徴量算出手段により算出された特徴量と所定時間前に入力された画像から検出された顔より算出された特徴量との差を特徴変化量として算出する変化量算出手段、

前記特徴量算出手段により算出された特徴量と前記変化量算出手段により算出された特徴変化量とに重みを設定する重み付け手段、

前記重み付け手段により重みが設定された前記特徴量と前記特徴変化量とに基づいて前記顔検出手段により検出された顔における眼の開閉度合いを算出する開閉度算出手段

として機能させるためのプログラム。

【請求項 9】

画像を入力する入力手段と、

前記入力手段により入力された画像から人物の顔を検出する顔検出手段と、

前記顔検出手段により検出された顔から眼の開閉状態に係わる特徴量を算出する特徴量算出手段と、

前記特徴量算出手段により算出された特徴量と所定時間前に入力された画像から検出された顔より算出された特徴量との差を特徴変化量として算出する変化量算出手段と、

前記特徴量算出手段により算出された特徴量と前記変化量算出手段により算出された特徴変化量とに重みを設定する重み付け手段と、

前記重み付け手段により重みが設定された前記特徴量と前記特徴変化量とに基づいて前記顔検出手段により検出された顔における眼の開閉度合いを算出する開閉度算出手段と、

前記開閉度算出手段により算出された眼の開閉度合いを閾値処理することにより眼の開閉判定を行う開閉判定手段と、

前記開閉判定手段による眼の開閉度判定の結果に基づいて撮影する撮像手段と

を具備することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、眼の開閉度判定装置、方法及びプログラム、撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、静止画、動画を含む画像から顔を検出する技術が知られており（非特許文献 1）、その検出された顔における眼の開閉度を判定する技術が知られている。

【0003】

この技術に関連して、特許文献 1 では、眉毛と瞳孔間の距離、若しくは眉毛と瞳孔の面積比を所定の基準と比較することでその変化量を算出し、眼の開閉度を判定する技術が提案されている。

【0004】

また、特許文献 2 では、眼領域において、白色領域と黒色（瞳孔）領域を夫々グルーピングした後、黒色領域が変化した場合に瞬きが行なわれていると判定する技術が提案されている。

【0005】

また、特許文献 3 では、眼を閉じる直前の眼の状態と頬笑み表情などの表情変化に伴う眼の状態とを区別するため、眼の開閉度を判定する処理を複数用意し、夫々の判定結果の論理積を使用した結果に基づき眼の開閉度を判定する技術が提案されている。

【特許文献 1】特開平 09 - 044685 号公報

【特許文献 2】特開平 11 - 242744 号公報

【特許文献 3】特開 2004 - 192551 号公報

【非特許文献 1】御手洗祐輔，森克彦，真継優和，“選択的モジュール起動を用いたConvolutional Neural Networksによる変動にロバストな顔検出システム”，FIT（情報科学技術フォーラム），LI-013，2003

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

無表情状態で眼が完全に開いているときの眼の大きさ（上下瞼間の距離や瞳孔の見え方など）には個人差が存在する。例えば、図19に示す人物Aのように、眼を完全に開いている無表情状態（状態1）において瞳孔が完全に見えている人物もいれば、図19に示す人物Bのように、眼を完全に開いている無表情状態（状態4）において瞳孔の一部が隠れている人物も存在する。

【0007】

無表情状態で眼の大きさに個人差が存在する場合、1枚の画像のみで眼の開閉度状態を判定してしまうと、図19に示す人物Aの状態2と図19に示す人物Bの状態4とを同じ眼の開閉度状態として判定してしまう。そのため、例えば、撮像装置による撮影に際して、図19に示す人物Aの状態2を失敗撮影とした場合、図19に示す人物Bの状態4まで失敗撮影となってしまう。

10

【0008】

また、複数枚の画像の変化量を使用して眼の開閉度状態を判定する場合、図19に示す人物Aの状態1から状態2への変化量と、図19に示す人物Bの状態4から状態5への変化量とが同じ変化量となる。そのため、人物Aの状態2と人物Bの状態5とを同じ状態として判定してしまう。したがって、例えば、撮像装置による撮影に際して、図19に示す人物Aの状態2を撮影成功とした場合、図19に示す人物Bの状態5も撮影成功となってしまう。

20

【0009】

このように撮像装置において撮影された画像が、失敗、成功のいずれであるかの判断は、撮像装置を使用するユーザによって異なってくるため、眼の大きさの個人差に依存せずに、眼の開閉度状態を高精度に検出する必要がある。例えば、上述した特許文献3の技術では、複数の眼の開閉度判定結果の組み合わせを利用して眼の開閉度を判定しているが、夫々の眼の開閉度判定結果は眼を開いている、若しくは眼を閉じているという2値出力である。そのため、この技術によっても、眼の大きさの個人差に依存せずに、眼の開閉度状態を高精度に検出することはできない。

【0010】

ここで、1枚の画像から眼の開閉度状態を判定する方法と、複数枚の画像の変化量から眼の開閉度状態を判定する方法とのそれぞれを用いて眼の開閉度を判定する場合について考えてみる。ここでは、例えば、図20に示す状態1から状態2へ眼の開閉度が変化した場合と、図20に示す状態4から状態5へ眼の開閉度が変化した場合とを判定する場合を例に挙げる。

30

【0011】

図20に示す状態1（黒眼面積10）から状態2（黒眼面積5）に眼が変化した場合、その黒眼面積の変化量は5となり、また、状態2における黒眼面積の絶対量は5となる。そして、眼閉じと判定する絶対量の閾値を6（絶対量が6より小さい場合に眼閉じと判定）、眼閉じと判定する変化量の閾値を4（変化量が4より大きい場合に眼閉じと判定）とした場合、絶対量、変化量による判定結果はともに眼閉じとなる。また、図20に示す状態4（黒眼面積5）から状態5（黒眼面積0）に眼が変化したときに、これと同様の判定を行なった場合にも全く同じ結果が得られ、絶対量、変化量による判定結果はともに眼閉じとなる。このように従来提案されている眼の開閉度判定方法では、図20に示す状態2と状態5とを同じ眼の開閉度状態であると判定してしまう。

40

【0012】

そこで、本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、眼の大きさの個人差によらず、眼の開閉度を高精度に検出できるようにした眼の開閉度判定装置、方法及びプログラム、撮像装置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】

【0013】

50

上記目的を達成するため、本発明の一態様による眼の開閉度判定装置は、画像を入力する入力手段と、前記入力手段により入力された画像から人物の顔を検出する顔検出手段と、前記顔検出手段により検出された顔から眼の開閉状態に係わる特徴量を算出する特徴量算出手段と、前記特徴量算出手段により算出された特徴量と所定時間前に入力された画像から検出された顔より算出された特徴量との差を特徴変化量として算出する変化量算出手段と、前記特徴量算出手段により算出された特徴量と前記変化量算出手段により算出された特徴変化量とに重みを設定する重み付け手段と、前記重み付け手段により重みが設定された前記特徴量と前記特徴変化量とに基づいて前記顔検出手段により検出された顔における眼の開閉度合いを算出する開閉度算出手段とを具備することを特徴とする。

【0014】

また、本発明の一態様は、情報処理装置の眼の開閉度判定方法であって、入力手段が、画像を入力する入力工程と、顔検出手段が、前記入力工程により入力された画像から人物の顔を検出する顔検出工程と、特徴量算出手段が、前記顔検出工程により検出された顔から眼の開閉状態に係わる特徴量を算出する特徴量算出工程と、変化量算出手段が、前記特徴量算出工程により算出された特徴量と所定時間前に入力された画像から検出された顔より算出された特徴量との差を特徴変化量として算出する変化量算出工程と、重み付け手段が、前記特徴量算出工程により算出された特徴量と前記変化量算出工程により算出された特徴変化量とに重みを設定する重み付け工程と、開閉度算出手段が、前記重み付け工程により重みが設定された前記特徴量と前記特徴変化量とに基づいて前記顔検出工程により検出された顔における眼の開閉度合いを算出する開閉度算出工程とを含むことを特徴とする。

【0015】

また、本発明の一態様によるプログラムは、コンピュータを、画像を入力する入力手段、前記入力手段により入力された画像から人物の顔を検出する顔検出手段、前記顔検出手段により検出された顔から眼の開閉状態に係わる特徴量を算出する特徴量算出手段、前記特徴量算出手段により算出された特徴量と所定時間前に入力された画像から検出された顔より算出された特徴量との差を特徴変化量として算出する変化量算出手段、前記特徴量算出手段により算出された特徴量と前記変化量算出手段により算出された特徴変化量とに重みを設定する重み付け手段、前記重み付け手段により重みが設定された前記特徴量と前記特徴変化量とに基づいて前記顔検出手段により検出された顔における眼の開閉度合いを算出する開閉度算出手段として機能させる。

【0016】

また、本発明の一態様による撮像装置は、画像を入力する入力手段と、前記入力手段により入力された画像から人物の顔を検出する顔検出手段と、前記顔検出手段により検出された顔から眼の開閉状態に係わる特徴量を算出する特徴量算出手段と、前記特徴量算出手段により算出された特徴量と所定時間前に入力された画像から検出された顔より算出された特徴量との差を特徴変化量として算出する変化量算出手段と、前記特徴量算出手段により算出された特徴量と前記変化量算出手段により算出された特徴変化量とに重みを設定する重み付け手段と、前記重み付け手段により重みが設定された前記特徴量と前記特徴変化量とに基づいて前記顔検出手段により検出された顔における眼の開閉度合いを算出する開閉度算出手段と、前記開閉度算出手段により算出された眼の開閉度合いを閾値処理することにより眼の開閉判定を行う開閉判定手段と、前記開閉判定手段による眼の開閉度判定の結果に基づいて撮影する撮像手段とを具備することを特徴とする。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、眼の大きさの個人差によらず、眼の開閉度を高精度に検出できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本発明に係わる眼の開閉度判定装置、方法及びプログラム、撮像装置の一実施の形態について添付図面を参照して詳細に説明する。

【 0 0 1 9 】

(実施形態 1)

図 1 は、本発明の実施の一形態に係わる撮像装置 1 0 0 の構成の一例を示す図である。なお、本実施形態においては、撮像装置 1 0 0 が電子スチルカメラである場合を例に挙げて説明する。

【 0 0 2 0 】

1 0 1 は、撮像レンズ群であり、1 0 2 は、絞り装置及びシャッタ装置を備えた光量調節装置である。1 0 3 は、撮像レンズ群を通過した被写体像としての光束を電気信号に変換する C C D (Charge-Coupled Devices) や C M O S (Complimentary Metal Oxide Semiconductor) 等の撮像素子である。1 0 4 は、撮像素子 1 0 3 のアナログ信号出力にクランプ処理、ゲイン処理等を行なうアナログ信号処理回路である。1 0 5 は、アナログ信号処理回路 1 0 4 の出力をデジタル信号に変換する A / D 変換器である。

10

【 0 0 2 1 】

1 0 7 は、デジタル信号処理回路であり、A / D 変換器 1 0 5 からのデータ或いはメモリ制御回路 1 0 6 からのデータに対して所定の画素補間処理や色変換処理などを行なう。また、デジタル信号処理回路 1 0 7 は、撮影した画像データを用いて所定の演算処理を行い、得られた演算結果に基づいて T T L 方式の A W B (オートホワイトバランス) 処理を行なう。更に、デジタル信号処理回路 1 0 7 は、その撮影した画像データに対して特定被写体の顔検出処理、眼の開閉度合い判定処理 (以下、眼の開閉度判定処理と略す) を実行する。特定被写体の顔検出処理、眼の開閉度判定処理には、メモリ (後述するメモリ 1 0 8) に格納されたデータが用いられる。

20

【 0 0 2 2 】

システム制御回路 1 1 2 は、上述した演算結果に基づき露出制御回路 1 1 3、焦点制御回路 1 1 4 に対する制御を実行する T T L (スルー・ザ・レンズ) 方式の A F (オートフォーカス) 処理、A E (自動露出) 処理、E F (ストロボプリ発光) 処理を行なう。

【 0 0 2 3 】

メモリ制御回路 1 0 6 は、アナログ信号処理回路 1 0 4、A / D 変換器 1 0 5、デジタル信号処理回路 1 0 7、メモリ 1 0 8、デジタル / アナログ (以下、D / A とする) 変換器 1 0 9 を制御する。これにより、A / D 変換器 1 0 5 で A / D 変換されたデータはデジタル信号処理回路 1 0 7、メモリ制御回路 1 0 6 を介してメモリ 1 0 8 に書き込まれる。また、A / D 変換器 1 0 5 で A / D 変換されたデータは、直接メモリ制御回路 1 0 6 を介して、メモリ 1 0 8 に書き込まれる場合もある。

30

【 0 0 2 4 】

メモリ 1 0 8 は、例えば、表示装置 1 1 0 に表示するデータを記憶している。メモリ 1 0 8 に記録されているデータは、D / A 変換器 1 0 9 を介して T F T、L C D 等の表示装置 1 1 0 に出力されて表示される。また、メモリ 1 0 8 は、撮影した静止画や動画を含む画像を格納する。なお、メモリ 1 0 8 は、所定枚数の静止画や所定時間分の動画を格納するのに十分な記憶量を備えている。これにより、複数枚の静止画を連続して撮影する連写撮影やパノラマ撮影の場合にも、高速かつ大量の画像書き込みをメモリ 1 0 8 に対して行なうことができる。また、メモリ 1 0 8 は、システム制御回路 1 1 2 の作業領域としても使用することが可能である。なお、撮影した静止画や動画はインターフェース 1 1 1 を使用して C D - R O M、フロッピーディスク (登録商標)、ハードディスク、磁気テープ、光磁気ディスク、不揮発性メモリカード等の記録媒体に書き込んでもよい。

40

【 0 0 2 5 】

表示装置 1 1 0 は、撮影した画像データを逐次表示することができ、この場合、電子ファインダとして機能する。表示装置 1 1 0 は、システム制御回路 1 1 2 の指示により任意に表示をオン / オフすることが可能であり、表示をオフにした場合は、オンにした場合に比較して、この撮像装置 1 0 0 の電力消費を大幅に低減できる。また、システム制御回路 1 1 2 でのプログラムの実行に応じて、文字、画像等を用いて動作状態やメッセージ等を表示する。

50

【 0 0 2 6 】

1 1 1 は、メモリカードやハードディスク等の記録媒体との I / F (インターフェース) である。撮像装置 1 0 0 は、このインターフェース 1 1 1 を用いて、他のコンピュータやプリンタ等の周辺機器との間で画像データや画像データに付属した管理情報を転送し合うことができる。このインターフェース 1 1 1 を P C M C I A カードや C F (コンパクトフラッシュ (登録商標)) カード等の規格に準拠したものにより構成した場合、各種通信カードを接続すれば、インターフェース 1 1 1 は通信インターフェースとして機能する。各種通信カードとしては、L A N カードやモデムカード、U S B カード、I E E E 1 3 9 4 カード、P 1 2 8 4 カード、S C S I カード、P H S 等の通信カード、等が挙げられる。

10

【 0 0 2 7 】

システム制御回路 1 1 2 は、撮像装置 1 0 0 全体の動作を制御する。システム制御回路 1 1 2 内のメモリに、このシステム制御回路 1 1 2 の動作用、又は特定被写体の顔や眼の開閉度を認識する定数、変数、プログラム等を記憶している。なお、C D - R O M、フロッピーディスク、ハードディスク、磁気テープ、光磁気ディスク、不揮発性メモリカード等を使用して、システム制御回路 1 1 2 内のメモリに記憶されているこれらの定数、変数、プログラム等を変更することができる。

【 0 0 2 8 】

露出制御回路 1 1 3 は、光量調節装置 1 0 2 の絞り装置、シャッタ装置を制御する。焦点制御回路 1 1 4 は撮像レンズ群 1 0 1 のフォーカシング、ズーミングを制御する。露出制御回路 1 1 3、焦点制御回路 1 1 4 は T T L 方式を用いて制御されており、撮影した画像データをデジタル信号処理回路 1 0 7 によって演算した演算結果に基づき、システム制御回路 1 1 2 が露出制御回路 1 1 3、焦点制御回路 1 1 4 に対して制御を行なう。

20

【 0 0 2 9 】

ここで、図 2 を用いて、図 1 に示す撮像装置 1 0 0 における処理の流れの一例について説明する。なお、この処理を実行するプログラムは、例えば、システム制御回路 1 1 2 内のメモリに記憶されており、システム制御回路 1 1 2 の制御の下、この処理は実行される。

【 0 0 3 0 】

この処理は、電源投入などにより開始される。この処理が開始されると、システム制御回路 1 1 2 は、内部のメモリの各種フラグや制御変数等を初期化する (ステップ S 1 0 0)。続いて、システム制御回路 1 1 2 は、撮像装置 1 0 0 のモード設定状態を検知する。モードとしては、例えば、眼瞋り防止撮影モード等がある。

30

【 0 0 3 1 】

ここで、撮影モード以外のモードが検知された場合 (ステップ S 1 0 1 でその他モード)、撮像装置 1 0 0 は、選択されたモードに応じた処理を実施した後 (ステップ S 1 0 2)、ステップ S 1 0 1 の処理に戻る。また、眼瞋り防止撮影モードなどの撮影モードが検知された場合には (ステップ S 1 0 1 で撮影モード)、システム制御回路 1 1 2 は、電源の残容量や動作状態に問題があるか否かを判断する。この結果、問題があれば (ステップ S 1 0 3 で N O)、システム制御回路 1 1 2 は、表示装置 1 1 0 を用いて画像や音声により所定の警告表示を行なった後 (ステップ S 1 0 4)、ステップ S 1 0 1 の処理に戻る。また、問題がなければ (ステップ S 1 0 3 で Y E S)、システム制御回路 1 1 2 は、記録媒体の動作状態が撮像装置 1 0 0 の動作、特に記録媒体に対する画像データの記録再生動作に問題があるか否かを判断する。

40

【 0 0 3 2 】

この結果、問題があれば (ステップ S 1 0 5 で N O)、システム制御回路 1 1 2 は、上記同様に、表示装置 1 1 0 を用いて画像や音声により所定の警告表示を行った後 (ステップ S 1 0 4)、ステップ S 1 0 1 の処理に戻る。また、記録媒体に問題がなければ (ステップ S 1 0 5 で Y E S)、システム制御回路 1 1 2 は、表示装置 1 1 0 を用いて画像や音声により撮像装置 1 0 0 の各種設定状態のユーザーインターフェース (以下、U I とする

50

）表示を行なう（ステップS 1 0 6）。なお、表示装置 1 1 0 の画像表示がオンであれば、表示装置 1 1 0 を用いて画像や音声により撮像装置 1 0 0 の各種設定状態のUI表示を行ってもよい。このようにしてユーザにより各種設定がなされる。

【0033】

ここで、システム制御回路 1 1 2 は、表示装置 1 1 0 の画像表示をオン状態に設定する（ステップS 1 0 7）。更に、システム制御回路 1 1 2 は、撮影した画像データを逐次表示するスルー表示状態の設定を行なう（ステップS 1 0 8）。スルー表示状態では、メモリ 1 0 8 に書き込まれたデータを表示装置 1 1 0 に逐次表示することにより、電子ファインダ機能が実現される。

【0034】

その後、撮像装置 1 0 0 では、撮影者などのユーザによってシャッタースイッチが押下されたか否かが判定される。シャッタースイッチが押下されなければ（ステップS 1 0 9 でNO）、ステップS 1 0 1 の処理に戻る。シャッタースイッチが押下されたならば（ステップS 1 0 9 でYES）、システム制御回路 1 1 2 は、顔検出処理を実施する（ステップS 1 1 0）。顔検出処理では、撮像素子 1 0 3 から入力された画像データを低解像度に圧縮し、その圧縮した画像データから人物の顔検出を行なう。具体的には、間引き処理などを行なうことによって画像データを低解像度に圧縮し、画像データを、例えば、640×480 [pixel] にした後、顔検出を行なう。顔検出の方法としては、例えば、エッジのような低次特徴から眼や口のような高次特徴を階層的に検出し、最終的に顔の重心位置を検出するコンボリューションニューラルネットワーク（CNN）が知られている（非特許文献1）。CNNを用いることにより、眼や口の重心位置を求めることができる。

【0035】

このようにして人物の顔が検出されると、システム制御回路 1 1 2 は、当該検出された人物の顔に対して所定のAE・AF制御を実施するとともに（ステップS 1 1 1）、撮影した画像をスルー表示する（ステップS 1 1 2）。ここで、システム制御回路 1 1 2 は、ステップS 1 1 0 において検出された眼・顔の検出位置を使用して各人物の眼の開閉度を判定する（ステップS 1 1 3）。眼の開閉度判定処理の詳細については後述する。

【0036】

その後、システム制御回路 1 1 2 は、眼の開閉度判定処理の結果に基づいて撮像装置 1 0 0 による撮影の実行有無を決める。具体的には、眼が閉じていると判定された場合には、撮像装置 1 0 0 による撮影を行わず（ステップS 1 1 4 でNO）、強制終了するか否かの判断を行なう。強制終了するならば（ステップS 1 1 9 でYES）、そのままこの処理を終了し、強制終了しないならば（ステップS 1 1 9 でNO）、再度、顔検出処理を行なった後（ステップS 1 1 8）、ステップS 1 1 2 の処理へ戻る。

【0037】

また、眼が開いていると判定された場合には、撮像装置 1 0 0 による撮影処理が実施される（ステップS 1 1 4 でYESの後、ステップS 1 1 5）。撮影処理が実施された後、システム制御回路 1 1 2 は、その撮影画像をクイックレビュー表示した後（ステップS 1 1 6）、当該撮影した高解像度画像をフラッシュメモリなどの記録媒体に符号化して記録させる（ステップS 1 1 7）。つまり、顔検出処理には、間引き処理などによって圧縮された低解像度画像を使用するが、記録には、高解像度画像を使用する。

【0038】

ここで、図3を用いて、図2に示すステップS 1 1 3における眼の開閉度判定処理の詳細について説明する。

【0039】

この処理が開始されると、システム制御回路 1 1 2 は、まず、ステップS 1 1 0 で検出された眼・顔の位置を使用して画像正規化処理を行なう（ステップS 2 0 0）。この正規化処理では、例えば、図4に示すように、低解像度に圧縮された入力画像 3 0 0 の各顔の向きを正立にする。また、両眼幅が所定画素（例えば、50画素）となり、更に、切り出した画像の幅と高さとは所定画素（例えば、120×120）となるようにアフィン変換

10

20

30

40

50

と切り出しとを行なう。図 4 に示す一例では、入力画像 3 0 0 が正規化された結果、顔画像 3 0 1 及び顔画像 3 0 2 が得られている。

【 0 0 4 0 】

続いて、システム制御回路 1 1 2 は、正規化された画像に対して図 5 に示すような眼領域を設定する（ステップ S 2 0 1）。図 5 に示す一例では、眼領域 3 0 3 は、左上の座標を（ 1、1 0 ）とし、右下の座標を（ 1 2 0、6 0 ）として設定されている。

【 0 0 4 1 】

眼領域の設定が済むと、システム制御回路 1 1 2 は、眼領域に対して画像補正処理（例えば、輝度補正処理）を行なう（ステップ S 2 0 2）。輝度補正処理では、眼領域の輝度ヒストグラムを作成した後、その輝度ヒストグラムを伸張させ、各画素の輝度値を変更する。

10

【 0 0 4 2 】

輝度補正処理が済むと、システム制御回路 1 1 2 は、輝度補正処理がなされた輝度補正画像の眼領域から瞳孔特徴を検出する（ステップ S 2 0 3）。瞳孔特徴の検出には、顔検出同様に予め瞳孔を検出するように学習した瞳孔検出用の CNN を使用する。なお、瞳孔検出用の CNN は、正解として瞳孔領域、不正解として瞳孔以外の領域を与え、瞳孔が存在する領域のみ CNN の各ニューロンが高い値を出力するように学習させておく。ステップ S 2 0 2 で輝度補正された輝度補正画像を瞳孔検出用の CNN に投入した場合、例えば、図 6 に示すような、ニューロン出力値が得られる。

【 0 0 4 3 】

20

続いて、システム制御回路 1 1 2 は、瞳孔特徴の検出結果を使用して瞳孔特徴量を算出する（ステップ S 2 0 4）。本実施形態における瞳孔特徴量は、式（ 1 ）に示すように、時刻 t [s] に所定閾値 I_{th} 以上となる出力値 $counter(t)$ の数となる。なお、瞳孔特徴量以外に、上下瞼に相当するエッジ間の距離などを使用してもよい。ここで、式（ 2 ）に示すように、眼の開閉度の判定対象となる（ 1 枚の）画像から抽出した瞳孔特徴量を $Feature1(t)$ とする。

【 0 0 4 4 】

【数 1】

$$if \quad I(x, y) \geq I_{th} \Rightarrow Counter(t) + 1 \quad (1)$$

【 0 0 4 5 】

30

【数 2】

$$Feature1(t) = Counter(t) \quad (2)$$

【 0 0 4 6 】

特徴量算出処理が済むと、システム制御回路 1 1 2 は、当該算出した瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ の特徴変化量 $Feature2(t)$ を算出する（ステップ S 2 0 5）。特徴変化量 $Feature2(t)$ は、式（ 3 ）に示すように、瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ と、所定特徴量（ここでは、以前に算出した瞳孔特徴量 $Feature1(t_n)$ ）との差を求めることで算出する。なお、以前に算出した瞳孔特徴量 $Feature1(t_n)$ とは、瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ を算出するよりも所定時間前（例えば、500 [ms]）に算出した瞳孔特徴量である。ここで、式（ 3 ）の n には、人間が無意識に瞬きをした時の平均的な時間を設定する。例えば、人間が眼を開いている状態から眼を閉じる状態までの平均的な時間が 500 [ms] であれば、 $n = 500$ [ms] に設定する。

40

【 0 0 4 7 】

【数 3】

$$Feature2(t) = |Counter(t_n) - Counter(t)| \quad (3)$$

【 0 0 4 8 】

特徴変化量算出処理が済むと、システム制御回路 1 1 2 は、このようにして求められた瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ 、特徴変化量 $Feature2(t)$ 、夫々についての眼の開閉度を算出する（ステップ S 2 0 6、ステップ S 2 0 7）。なお、本実施形態に

50

おいては、眼を閉じている度合い（眼瞑り度） $BlinkDegree(t)$ により眼の開閉度を表す場合について説明するが、勿論、眼を開いている度合いにより目の開閉度を表してもよい。

【0049】

ここで、瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ に基づく眼の開閉度 $BlinkDegree1(t)$ は、式(4)に示すように、瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ を所定の関数 $func_1$ に代入することで求められる。また、瞳孔特徴量 $Feature2(t)$ に基づく眼の開閉度 $BlinkDegree2(t)$ は、式(5)に示すように、特徴変化量 $Feature2(t)$ を所定の関数 $func_2$ に代入することで求められる。

【0050】

【数4】

$$BlinkDegree1(t) = func_1(Feature1(t)) \quad (4)$$

【0051】

【数5】

$$BlinkDegree2(t) = func_2(Feature2(t)) \quad (5)$$

【0052】

ここで、システム制御回路112は、式(6)に示すように、夫々の眼の開閉度（ $BlinkDegree1(t)$ 、 $BlinkDegree2(t)$ ）に重み（ w_1 、 w_2 ）付けを行なった後、それらを足し合わせる（ステップS208）。これにより、最終的な眼の開閉度 $BlinkDegree(t)$ が算出される（ステップS209）。なお、本実施形態における重み（ w_1 、 w_2 ）は、（1，1）であるものとする。

【0053】

【数6】

$$BlinkDegree(t) = w_1 \times BlinkDegree1(t) + w_2 \times BlinkDegree2(t) \quad (6)$$

【0054】

図7は、所定の関数 $func_1$ により算出される眼の開閉度の値の分布を示している。図7に示すように、眼の開閉度の判定対象となる（1枚の）画像から算出した瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ が大きい程、眼の開閉度 $BlinkDegree1(t)$ は小さくなる。つまり、瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ が大きい程、眼を開いていると判定される可能性が高くなる。

【0055】

図8は、所定の関数 $func_2$ により算出される眼の開閉度の値の分布を示している。図8に示すように、特徴変化量 $Feature2(t)$ が大きい程、眼の開閉度 $BlinkDegree2(t)$ も大きくなる。つまり、特徴変化量 $Feature2(t)$ が大きい程、眼を閉じている、或いは、眼の開閉途中であると判定される可能性が高くなる。

【0056】

図3に戻り、最終的な眼の開閉度算出処理が実施されると、システム制御回路112は、眼を閉じているか、眼を開いているかの2値判定を行なう。この判定は、眼の開閉度 $BlinkDegree(t)$ を閾値処理することにより行なわれる（ステップS210）。そして、 $BlinkDegree(t)$ と閾値との関係（閾値以上或いは以下）に基づき「眼開き」、或いは「眼閉じ」を返して（ステップS211）、この処理を終了する。

【0057】

図9、図10は、眼の開閉状態の判定に際して、眼の開閉度の判定対象となる画像から算出した瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ と、その特徴変化量 $Feature2(t)$ とを使用することにより得られる効果を説明する図である。

【0058】

図9は、眼の開閉幅の大きい人物A、眼の開閉幅の小さい人物Bの各状態における眼の開閉度の算出結果を示す図である。なお、上述した通り、 $BlinkDegree1(t)$ は、眼の開閉度の判定対象となる画像の瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ に基づき算出した眼の開閉度である。 $BlinkDegree2(t)$ は、瞳孔特徴量 $Featur$

10

20

30

40

50

$e1(t)$ と以前に算出した瞳孔特徴量 $Feature1(t_n)$ との差を示す特徴変化量 $Feature2(t)$ に基づき算出された眼の開閉度である。 $BlinkDegree(t)$ は、最終的な眼の開閉度を示し、重みが付与された $BlinkDegree1(t)$ 及び $BlinkDegree2(t)$ を足し合わせたものである。

【0059】

まず、人物Aの眼が状態1（眼開き状態）から状態1'（眼開き状態）に変化した場合について考えてみる。この場合、状態1'（眼開き状態）で瞳孔がはっきり表れているため、瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ は大きい値となる。したがって、眼の開閉度 $BlinkDegree1(t)$ は小さい値となる。また、状態1（眼開き状態）から状態1'（眼開き状態）へは、瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ に変化が少ない。そのため、以前に算出した瞳孔特徴量 $Feature1(t_n)$ との特徴変化量 $Feature2(t)$ に基づき算出した眼の開閉度 $BlinkDegree2(t)$ も小さい値となる。よって、重み(1, 1)付けされた後、最終的に算出される眼の開閉度 $BlinkDegree(t)$ は、「0.0」となる。

10

【0060】

また、人物Aの眼が状態1（眼開き状態）から状態2（半眼状態）に変化した場合について考えてみる。この場合、状態2（半眼状態）で瞳孔領域の一部だけが表れているため、瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ は中程度（例えば、0から1の間くらいの値）の値となる。したがって、眼の開閉度 $BlinkDegree1(t)$ も中程度の値となる。また、状態1（眼開き状態）から状態2（半眼状態）へは、瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ が多少変化する。そのため、以前に算出した瞳孔特徴量 $Feature1(t_n)$ との特徴変化量 $Feature2(t)$ に基づき算出した眼の開閉度 $BlinkDegree2(t)$ も中程度の値となる。よって、重み(1, 1)付けされた後、最終的に算出される眼の開閉度 $BlinkDegree(t)$ は、「1.0」となる。

20

【0061】

同様に、人物Aの眼が状態1（眼開き状態）から状態3（眼閉じ状態）に変化した場合について考えてみる。この場合、瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ に基づき算出した眼の開閉度 $BlinkDegree1(t)$ は大きい値となる。また、特徴変化量 $Feature2(t)$ に基づき算出した眼の開閉度 $BlinkDegree2(t)$ も大きい値となる。よって、重み(1, 1)付けされた後、最終的に算出される眼の開閉度 $BlinkDegree(t)$ は、「2.0」となる。

30

【0062】

これに対して、人物Bの眼が状態4（眼開き状態）から状態4'（眼開き状態）に変化した場合について考えてみる。この場合、瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ から算出した眼の開閉度 $BlinkDegree1(t)$ は中程度の値となる。また、特徴変化量 $Feature2(t)$ に基づき算出した眼の開閉度 $BlinkDegree2(t)$ は小さい値となる。よって、重み(1, 1)付けされた後、最終的に算出される眼の開閉度 $BlinkDegree(t)$ は、「0.5」となる。

【0063】

また、人物Bの眼の状態が状態4（眼開き状態）から状態5（眼閉じ状態）に変化した場合について考えてみる。この場合、瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ に基づき算出した眼の開閉度 $BlinkDegree1(t)$ は大きい値となる。また、特徴変化量 $Feature2(t)$ に基づき算出した眼の開閉度 $BlinkDegree2(t)$ は中程度の値となる。よって、重み(1, 1)付けされた後、最終的に算出される眼の開閉度 $BlinkDegree(t)$ は、「1.5」となる。

40

【0064】

このようにして算出された眼の開閉度 $BlinkDegree(t)$ の分布を図10に示す。図10に示すように、人物A及び人物Bの各状態における眼の開閉度は、夫々異なる値が算出されている。すなわち、眼の大きさの個人差によらず、眼の開閉度状態を高精度に検出できている。

50

【0065】

以上のように実施形態1によれば、判定対象となる画像から得られた瞳孔特徴量と、その瞳孔特徴量と以前に算出した瞳孔特徴量との差を示す特徴変化量と、に基づき算出した眼の開閉度を重み付けし、それを足し合わせて最終的な眼の開閉度を算出する。これにより、眼の大きさの個人差によらず、眼の開閉状態を高精度に検出することができる。

【0066】

なお、上述した実施形態1においては、重み付けを行なった後、最終的な眼の開閉度を算出していたが、必ずしも重み付けを行なう必要はなく、場合によっては重み付け処理を行わずに、最終的な眼の開閉度を算出するようにしてもよい。

【0067】

10

(実施形態2)

次に、実施形態2について説明する。なお、実施形態2における装置の構成や全体動作の流れは、実施形態1で説明した図1及び図2と同様となるため、その説明については省略し、ここでは、相違点についてのみ説明する。相違点としては、実施形態1の図3で説明した眼の開閉度判定処理にある。

【0068】

図11を用いて、実施形態2に係わる眼の開閉度判定処理の流れについて説明する。なお、説明の重複を防ぐため、実施形態2では、実施形態1で説明した詳細な処理(例えば、瞳孔特徴量の検出方法や算出の仕方)についての説明は省略し、相違点を示す大きな流れについてのみ説明する。

20

【0069】

この処理が開始されると、システム制御回路112は、まず、(図2の)ステップS110で検出された顔における眼が開かれた状態を推定する。より詳細には、眼の開かれた状態を推定し、その眼の状態が所定の眼の状態(本実施形態においては、眼が細い)に該当するか調べる。眼が細い人物の眼は、例えば、普通に眼を開いている状態であっても、瞳孔領域の多くの部分が隠れている。

【0070】

ここで、開眼状態時における眼の状態を推定するため、システム制御回路112は、実施形態1と同様の方法により、瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ を算出する(ステップS300)。瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ の算出は、所定時間経過するまで繰り返し行なわれる(ステップS301でNO)。すなわち、所定時間内に次々入力されてくるフレーム画像各々から瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ を算出する。なお、所定時間とは、人間が瞬きをする平均的な時間である。つまり、所定時間(例えば、5秒)内に瞬きが必ず行なわれればよい。

30

【0071】

所定時間が経過すれば(ステップS301でYES)、システム制御回路112は、ステップS300で複数のフレーム画像から算出した瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ に基づいて眼の状態を推定する(ステップS302)。すなわち、ステップS300において、所定時間(時刻 $t = t_1[s]$ から時刻 $t = t_{n1}[s]$)内に算出した瞳孔特徴量 ($Feature1(t_1) \cdots Feature1(t_{n1})$)を参照することにより開かれた状態における眼を推定する。

40

【0072】

図12は、 $t = t_1[s]$ から時刻 $t = t_{n1}[s]$ までに算出された瞳孔特徴量 ($Feature1(t_1) \cdots Feature1(t_{n1})$)を示している。

【0073】

所定の眼の状態(眼が細い)に該当するか否かは、 $t = t_1[s]$ から時刻 $t = t_{n1}[s]$ までに算出した瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ の幅 ($L = Feature1Max - Feature1Min$)に基づき判定される。具体的には、瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ の幅 (L) が所定閾値 L_{th} よりも大きければ、開眼時に瞳孔領域の多くの部分が隠れていないと判定する。一方、瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ の幅 (L)

50

が所定閾値 L_{t_h} 以下となれば、開眼時に瞳孔領域の多くの部分が隠れている（眼の細い人物）と判定する。

【0074】

所定の眼の状態でなければ（ステップS303でNO）、システム制御回路112は、時刻 $t = t_{n_1} [s]$ で（1枚の）画像から算出した瞳孔特徴量 $Feature1(t_{n_1})$ だけを用いて $BlinkDegree(t_{n_1})$ を算出する（ステップS304）。なお、瞳孔特徴量 $Feature1(t_{n_1})$ だけを使用して眼の開閉度 $BlinkDegree(t_{n_1})$ を算出することは、重み w_2 を0に設定することと同等の処理となる。

【0075】

また、所定の眼の状態、すなわち、眼が細いと判定した場合（ステップS303でYES）、システム制御回路112は、実施形態1同様の方法により瞳孔特徴量と特徴変化量との両方を用いて眼の開閉度を算出する（ステップS305）。具体的には、時刻 $t = t_{n_1} [s]$ で（1枚の）画像から算出した瞳孔特徴量 $Feature1(t_{n_1})$ と、特徴変化量 $Feature2(t_{n_1})$ とを使用して眼の開閉度 $BlinkDegree(t_{n_1})$ を算出する。なお、特徴変化量 $Feature2(t_{n_1})$ は、瞳孔特徴量 $Feature1(t_{n_1})$ と、以前に入力された画像から算出した瞳孔特徴量 $Feature1(t_{n_1 - n_1'})$ ($1 \leq n_1' < n_1$) との差である。この場合における重み (w_1, w_2) は (1, 1) に設定する。

【0076】

その後、システム制御回路112では、当該算出された眼の開閉度 $BlinkDegree(t_{n_1})$ を閾値処理することで眼の開閉状態を判定し、その結果（眼閉じ、眼開き）を返す（ステップS306）。そして、この処理は終了する。

【0077】

以上のように実施形態2によれば、図13に示す人物Aのように所定の眼の状態でない、つまり眼の細い人物でなければ、（1枚の）画像から得られた特徴量だけを使用して眼の開閉度 $BlinkDegree(t_{n_1})$ を算出する。一方、図13に示す人物Bのように、所定の眼の状態、つまり眼の細い人物であるならば、（1枚の）画像から得られた特徴量とその特徴変化量とを使用して眼の開閉度 $BlinkDegree(t_{n_1})$ を算出する。このように眼の状態に基づいて眼の開閉度の算出方法を切り替えることで、眼の大きさの個人差によらず高精度な眼の開閉度状態を判定することができる。これにより、高精度な眼の開閉状態の検出を最小限の処理コストで実現させることができる。

【0078】

（実施形態3）

次に、実施形態3について説明する。なお、実施形態3における装置の構成は、実施形態1で説明した図1と同様となるため、その説明については省略し、ここでは、相違点についてのみ説明する。

【0079】

図14は、実施形態3に係わる撮像装置100における処理の流れの一例について説明する。なお、ステップS400からステップS408までの処理は、実施形態1の図2におけるステップS100からステップS108までの処理と同様となるため、その説明については省略する。

【0080】

ステップS409において、ユーザにより第1のスイッチ（ピント合わせスイッチ）が押下されると（ステップS409でYES）、実施形態1同様に、顔検出処理、AE・AF制御処理、スルー表示処理が実施される（ステップS410～S412）。スルー表示後、所定時間の間、瞳孔特徴量の算出が行なわれる（ステップS413）。すなわち、実施形態2同様の方法により、所定時間内（時刻 $t = t_2 [s]$ から時刻 $t = t_{n_2} [s]$ ）に次々入力されてくるフレーム画像各々から瞳孔特徴量を算出する。

【0081】

ここで、ユーザにより第2のスイッチ（撮影スイッチ）が押下されると（ステップS414でYES）、撮影が行なわれる（ステップS415）。この場合、眼の開閉状態に関わらず撮影が行なわれる。このとき、撮影された撮影画像は、図1に示すメモリ108に一時的に記憶される。なお、メモリ108には、撮影された高解像度画像とは別に眼の開閉判定用に使用する圧縮された低解像度も記憶される。

【0082】

また、ステップS414において、第2のスイッチが押下されなかった場合には（ステップS414でNO）、再度、顔検出処理（ステップS420）、スルー表示処理（ステップS421）が行なわれた後、ステップS413の処理に戻る。

【0083】

ステップS415において、撮影が行なわれると、システム制御回路112は、低解像度に圧縮された画像を使用して眼の開閉判定処理を行なう（ステップS416）。この眼の開閉度判定処理の詳細については後述する。

【0084】

ここで、システム制御回路112は、撮像装置100にクイックレビューを表示させる（ステップS417）。このとき、眼の開閉度判定処理により眼が閉じていると判定された場合には、例えば、“再度撮影しますか？”など再撮影を促すメッセージ表示を行なう。なお、再撮影を促すような表示を行なわないで強制的に再撮影を行なわせるようにしてもよい。

【0085】

ユーザーが再撮影を行なうことを所望しなかった場合には（ステップS418でNO）、システム制御回路112は、メモリ108に記憶されている高解像度の撮影画像をフラッシュメモリ等に記録させる（ステップS419）。そして、この処理は終了する。また、ユーザーが再撮影を行なうことを所望した場合には（ステップS418でYES）、システム制御回路112は、次のフレーム画像に対して顔検出を行なうとともに（ステップS420）、スルー表示を行なう（ステップS421）。その後、ステップS413の処理に戻る。

【0086】

ここで、図15を用いて、図14に示すステップS416における眼の開閉度判定処理の詳細について説明する。なお、説明の重複を防ぐため、実施形態3では、実施形態1及び実施形態2で説明した詳細な処理（例えば、瞳孔特徴量の検出方法や算出の仕方）についての説明は省略し、相違点を示す大きな流れについてのみ説明する。

【0087】

この処理が開始されると、システム制御回路112は、まず、（図14の）ステップS413で算出された時刻 $t = t_2 [s]$ から時刻 $t = t_{n2} [s]$ までの瞳孔特徴量（ $Feature1(t_2) \cdots Feature1(t_{n2})$ ）を参照する。そして、（図14の）ステップS410又は（図14の）ステップS420で検出された顔における眼が開かれた状態を推定する（ステップS500）。なお、所定の眼の状態か否かの判定は、実施形態2同様に、所定時間内の瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ の最大値と最小値の幅（ L ）を所定閾値 L_{th} と比較することによって行なわれる。なお、時刻 $t = t_2 [s]$ から時刻 $t = t_{n2} [s]$ までの瞳孔特徴量（ $Feature1(t_2) \cdots Feature1(t_{n2})$ ）は前述したように図1のメモリ108に記憶されている。

【0088】

判定の結果、所定の眼の状態、すなわち、眼が細いと判定された場合（ステップS501でYES）、重み決定処理が実施される（ステップS502）。重み決定処理の詳細については後述する。この重み決定処理後、システム制御回路112は、実施形態1同様に、重み付け等の処理を行なった後、最終的な眼の開閉度 $BlinkDegree(t_{n2})$ を算出する（ステップS503）。すなわち、瞳孔特徴量と特徴変化量との両方を用いて眼の開閉度を算出する。

【0089】

10

20

30

40

50

また、所定の眼の状態でない、つまり眼が細くなければ（ステップS501でNO）、システム制御回路112は、実施形態1同様に、重み付け等の処理を行なった後、最終的な眼の開閉度 $BlinkDegree(t_{n2})$ を算出する（ステップS503）。この場合も、瞳孔特徴量と特徴変化量との両方を用いて眼の開閉度を算出することになる。

【0090】

その後、システム制御回路112では、当該算出された眼の開閉度 $BlinkDegree(t_{n2})$ を閾値処理することで眼の開閉状態を判定し、その結果（眼閉じ、眼開き）を返す（ステップS504）。そして、この処理は終了する。

【0091】

ここで、図16を用いて、図15に示すステップS502における重み決定処理の詳細について説明する。ここでは、重み決定に際して、 $L_{th1} > L_{th2}$ の関係を有する閾値を用いる場合について説明する。なお、重みは、例えば、予め用意されたテーブルを使用することにより決定する。

【0092】

この処理が開始されると、システム制御回路112は、まず、（図14の）ステップS413で算出された所定時間内における瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ の幅（ L ）が $L > L_{th1}$ の関係を有するか否かの判定を行なう。 $L > L_{th1}$ となれば（ステップS600でYES）、重み（ w_1, w_2 ）は、（1, 1）に決定され（ステップS601）、この処理は終了する。

【0093】

$L > L_{th1}$ でなければ（ステップS600でNO）、 $L_{th1} < L < L_{th2}$ の関係を有するか否かの判定が行なわれる。 $L_{th1} < L < L_{th2}$ となれば（ステップS602でYES）、重み（ w_1, w_2 ）は、（1, 2）に決定され（ステップS603）、この処理は終了する。一方、 $L < L_{th2}$ となれば（ステップS602でNO）、重み（ w_1, w_2 ）は、（1, 5）に決定され（ステップS604）、この処理は終了する。つまり、所定時間内における瞳孔特徴量 $Feature1(t)$ の最大値と最小値の幅（ L ）が小さくなる程、眼の開閉度 $BlinkDegree2(t_{n2})$ の重み w_2 を大きくする。

【0094】

なお、図15、図16で説明した処理では、所定の眼の状態（眼の細い）に該当する場合にのみ、設定する重みを変更していたが、これに限られない。例えば、所定の眼の状態でない場合、例えば、眼の大きい人物である場合に、重み w_1 を重み w_2 よりも大きくしてもよい。

【0095】

図17、図18は、所定の眼の状態を検出した場合に、特徴変化量 $Feature2(t_{n2})$ に基づき算出された眼の開閉度 $BlinkDegree2(t_{n2})$ の重み w_2 を大きくすることにより得られる効果を説明する図である。

【0096】

所定の眼の状態ではない、つまり眼が細くない図17に示す人物Aに対しては、 $BlinkDegree1(t_{n2})$ の重み w_1 と眼の開閉度 $BlinkDegree2(t_{n2})$ の重み w_2 を1:1にする。

【0097】

これに対して、所定の眼の状態である、つまり、図17に示す人物Bのような眼の細い人物に対しては、 $BlinkDegree1(t_{n2})$ の重み w_1 と眼の開閉度 $BlinkDegree2(t_{n2})$ の重み w_2 を1:2とする。すなわち、重み w_2 を大きくしてやる。これにより、人物Aの状態2と、人物Bの状態4'とを区別できる。更に、眼が細くない人物Aの状態3と、眼が細い人物Bの状態5とを同じ眼の開閉度として判定することもできる。

【0098】

また、図18に示す人物Bのように、眼が非常に細い人物に対しては、特徴変化量 Fe

10

20

30

40

50

ature 2 (t_{n2}) に基づき算出した眼の開閉度 $BlinkDegree 2 (t_{n2})$ の重み w_2 を更に大きくする。これにより、眼の大きさの個人差によらない眼の開閉度判定を行なうことができる。

【 0 0 9 9 】

以上のように実施形態 3 によれば、所定時間内における瞳孔特徴量の変化により眼の開閉状態の判定対象となる人物の眼の大きさが所定の眼の状態（眼が細い）であるか否かを判定し、その結果に基づいて重み付けを変更し、眼の開閉度を判定する。これにより、眼の大きさによらず、より高精度な眼の状態を検出することができる。

【 0 1 0 0 】

以上が本発明の代表的な実施形態の一例であるが、本発明は、上記及び図面に示す実施形態に限定することなく、その要旨を変更しない範囲内で適宜変形して実施できるものである。

【 0 1 0 1 】

例えば、上述した実施形態 2 及び 3 においては、所定の眼の状態として、眼が細い状態を判定する場合について説明したが、これに限られず、所定の眼の状態として眼の大きな状態を判定するようにしてもよい。この場合にも、上記同様の処理が行なえることは言うまでもない。

【 0 1 0 2 】

また、上述した実施形態 2 及び 3 においては、所定の眼の状態を推定する際に、所定時間内における瞳孔特徴量 $Feature 1 (t)$ の最大値と最小値の幅 (L) を所定閾値 L_{th} と比較することにより行なっていたが、これに限られない。例えば、所定時間内における瞳孔特徴量 $Feature 1 (t)$ の平均値と所定閾値とを比較することにより所定の眼の状態を推定してもよい。

【 0 1 0 3 】

また、上述した実施形態 1 ~ 3 で説明した処理は、その一部、若しくは全てを組み合わせ実施してもよい。例えば、実施形態 2 で説明した眼の開閉度の判定を方法を切り替える処理と、実施形態 3 で説明した重み決定処理とを組み合わせ実施してもよい。

【 0 1 0 4 】

なお、本発明は、ソフトウェアのプログラムをシステム或いは装置に直接或いは遠隔から供給し、そのシステム或いは装置に内蔵されたコンピュータが該供給されたプログラムコードを読み出して実行することにより実施形態の機能が達成される場合をも含む。この場合、供給されるプログラムは実施形態で図に示したフローチャートに対応したコンピュータプログラムである。

【 0 1 0 5 】

したがって、本発明の機能処理をコンピュータで実現するために、該コンピュータにインストールされるプログラムコード自体も本発明を実現するものである。つまり、本発明は、本発明の機能処理を実現するためのコンピュータプログラム自体も含まれる。その場合、プログラムの機能を有していれば、オブジェクトコード、インタプリタにより実行されるプログラム、OS (Operating System) に供給するスクリプトデータ等の形態であってもよい。

【 0 1 0 6 】

コンピュータプログラムを供給するためのコンピュータ読み取り可能な記録媒体としては以下が挙げられる。例えば、フロッピー（登録商標）ディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、MO、CD-ROM、CD-R、CD-RW、磁気テープ、不揮発性のメモリカード、ROM、DVD (DVD-ROM , DVD-R) などである。

【 0 1 0 7 】

その他、プログラムの供給方法としては、クライアントコンピュータのブラウザを用いてインターネットのホームページに接続し、該ホームページから本発明のコンピュータプログラムをハードディスク等の記録媒体にダウンロードすることが挙げられる。この場合、ダウンロードされるプログラムは、圧縮され自動インストール機能を含むファイルであ

10

20

30

40

50

ってもよい。また、本発明のプログラムを構成するプログラムコードを複数のファイルに分割し、それぞれのファイルを異なるホームページからダウンロードすることによっても実現可能である。つまり、本発明の機能処理をコンピュータで実現するためのプログラムファイルを複数のユーザに対してダウンロードさせるWWWサーバも、本発明に含まれるものである。

【0108】

また、本発明のプログラムを暗号化してCD-ROM等の記録媒体に格納してユーザに配布するという形態をとることもできる。この場合、所定の条件をクリアしたユーザに、インターネットを介してホームページから暗号を解く鍵情報をダウンロードさせ、その鍵情報を使用して暗号化されたプログラムを実行し、プログラムをコンピュータにインストールさせるようにもできる。

10

【0109】

また、コンピュータが、読み出したプログラムを実行することによって、前述した実施形態の機能が実現される他、そのプログラムの指示に基づき、コンピュータ上で稼動しているOSなどとの協働で実施形態の機能が実現されてもよい。この場合、OSなどが、実際の処理の一部又は全部を行ない、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される。

【0110】

更に、記録媒体から読み出されたプログラムが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書き込まれて前述の実施形態の機能の一部或いは全てが実現されてもよい。この場合、機能拡張ボードや機能拡張ユニットにプログラムが書き込まれた後、そのプログラムの指示に基づき、その機能拡張ボードや機能拡張ユニットに備わるCPU (Central Processing Unit) などが実際の処理の一部又は全部を行なう。

20

【図面の簡単な説明】

【0111】

【図1】本発明の実施の一形態に係わる撮像装置100の構成の一例を示す図である。

【図2】図1に示す撮像装置100における処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図3】図2に示すステップS113における眼の開閉度判定処理の流れの一例を示すフローチャートである。

30

【図4】画像正規化処理の概要の一例を示す図である。

【図5】瞳孔特徴の検出対象となる領域を設定する際の処理の概要の一例を示す図である。

【図6】瞳孔特徴検出結果の一例を示す図である。

【図7】所定の関数 f_{unc1} により算出される眼の開閉度の値の分布の一例を示す図である。

【図8】所定の関数 f_{unc2} により算出される眼の開閉度の値の分布の一例を示す図である。

【図9】実施形態1に係わる効果の一例を説明するための第1の図である。

40

【図10】実施形態1に係わる効果の一例を説明するための第2の図である。

【図11】実施形態2に係わる眼の開閉度判定処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図12】所定時間内における瞳孔特徴量の変化の一例を示す図である。

【図13】実施形態2に係わる効果の一例を説明するための第1の図である。

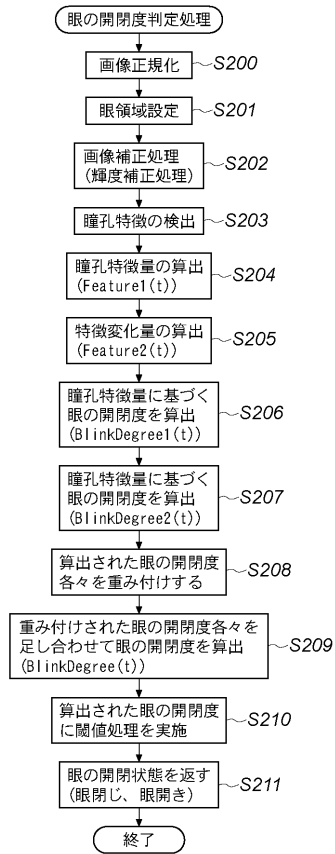
【図14】実施形態3に係わる撮像装置100における処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図15】図14に示すステップS416における眼の開閉度判定処理の流れの一例を示すフローチャートである。

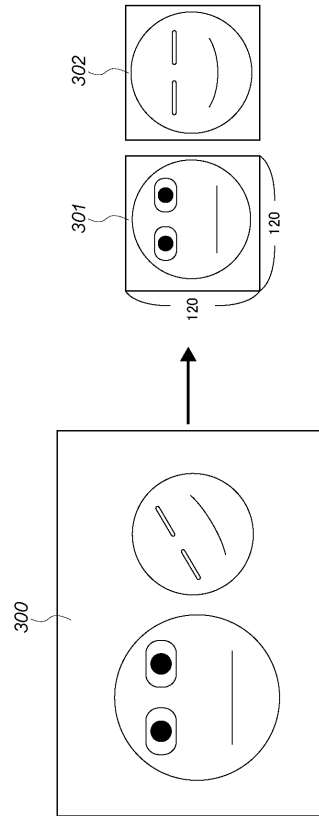
【図16】図15に示すステップS502における重み決定処理の流れの一例を示すフロ

50

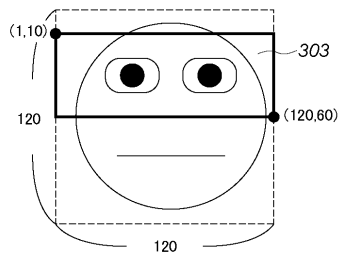
【図 3】



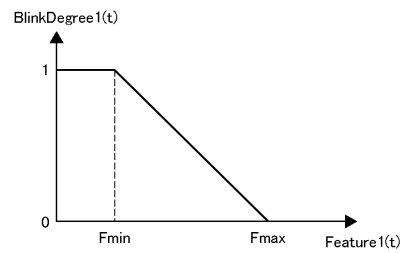
【図 4】



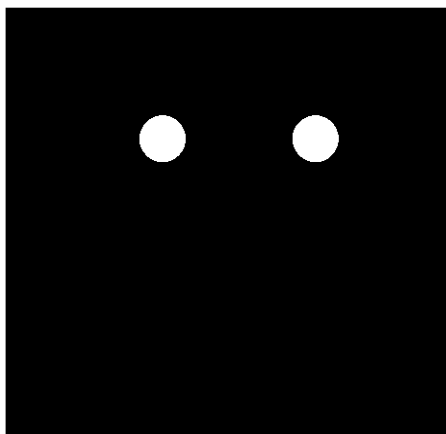
【図 5】



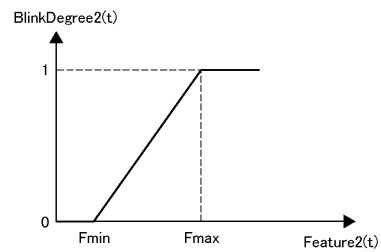
【図 7】



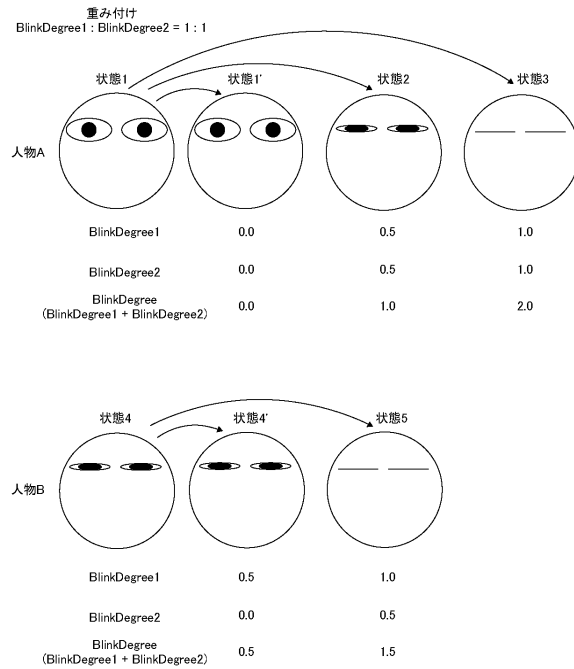
【図 6】



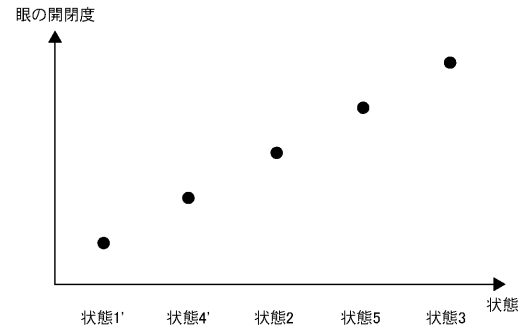
【図 8】



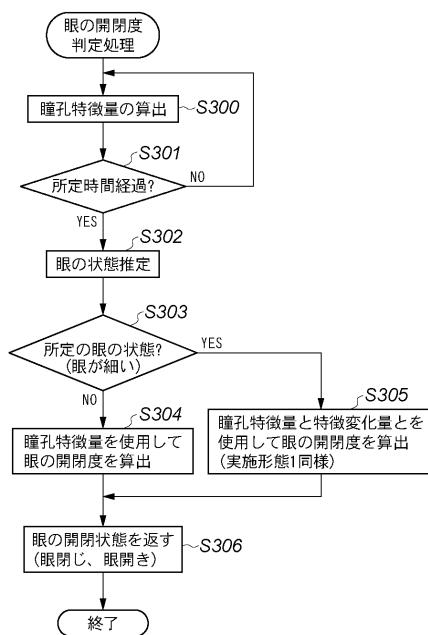
【図 9】



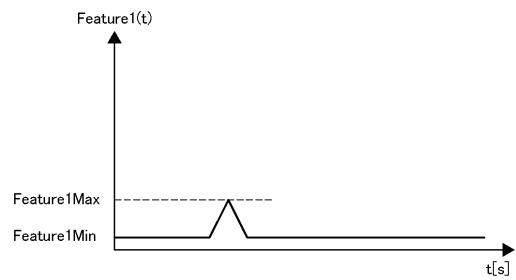
【図 10】



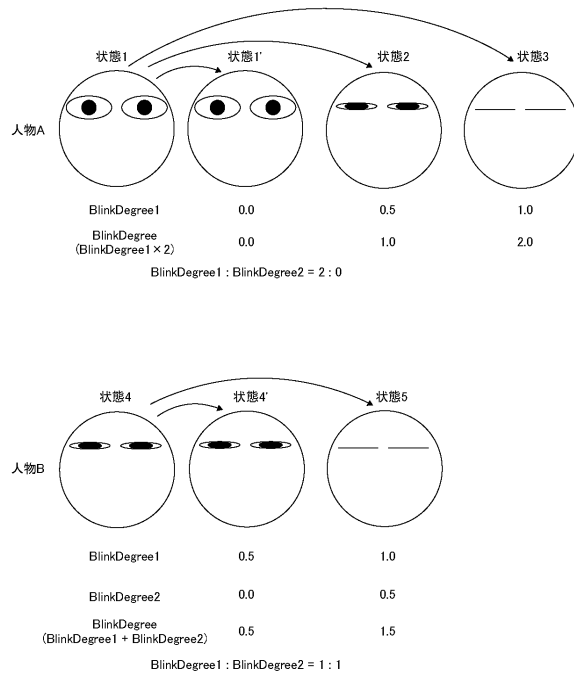
【図 11】



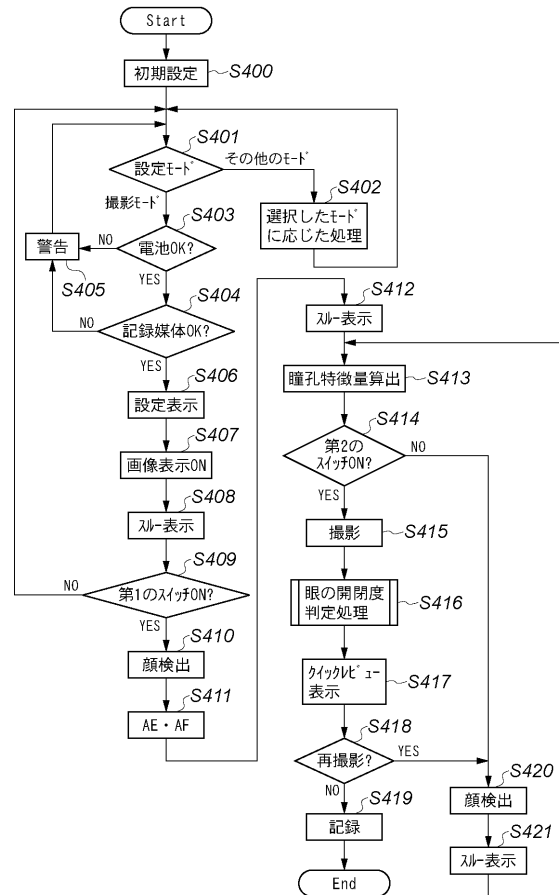
【図 12】



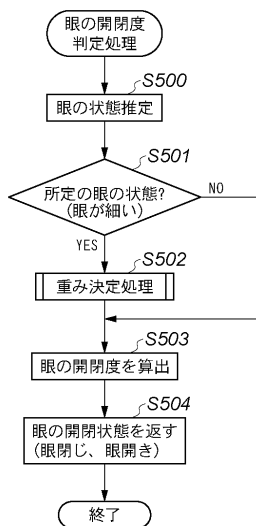
【図 13】



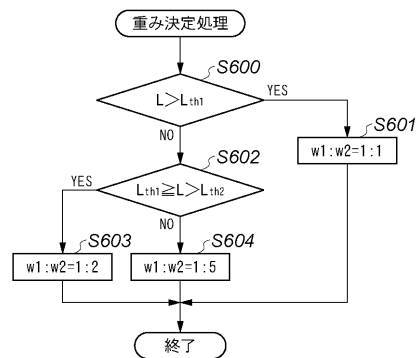
【図 14】



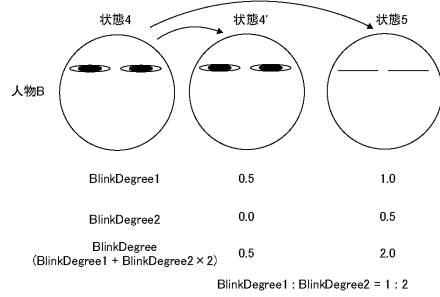
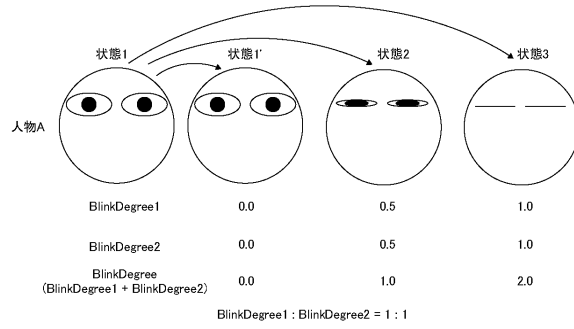
【図 15】



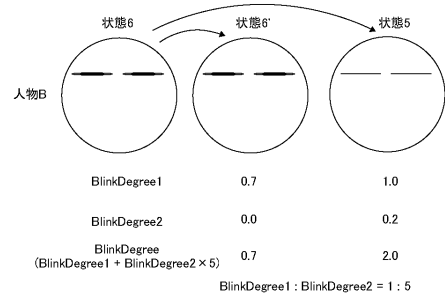
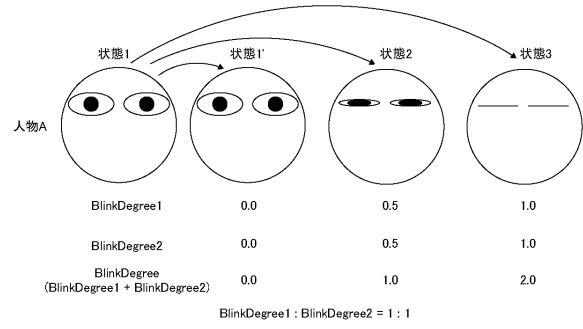
【図 16】



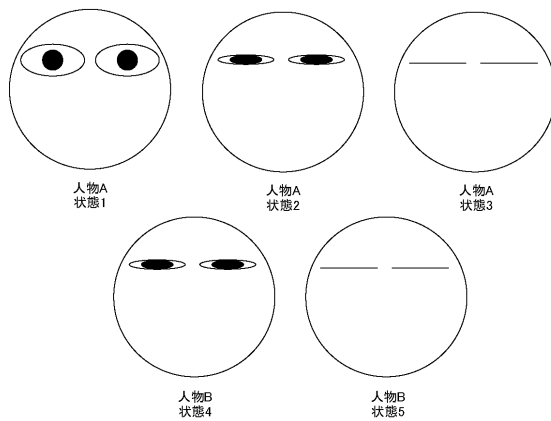
【図 17】



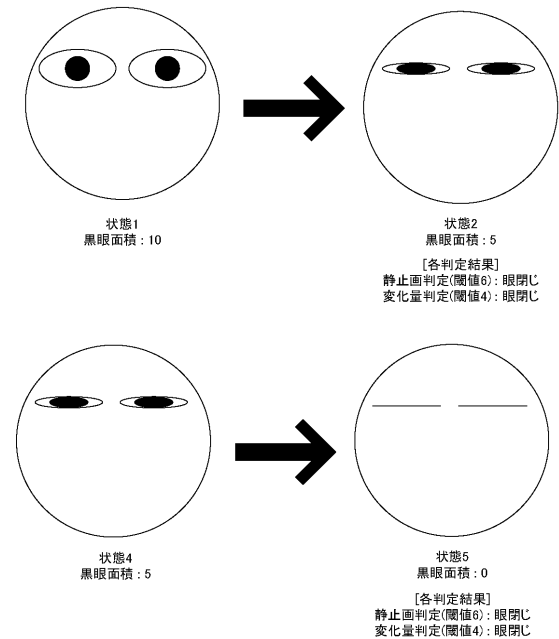
【図 18】



【図 19】



【図 20】



フロントページの続き

- (72)発明者 金田 雄司
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
- (72)発明者 真継 優和
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 新井 則和

- (56)参考文献 特開2004-192551(JP,A)
特開2001-211377(JP,A)
特開2000-123188(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G06T 1/00-7/60