

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-215549
(P2013-215549A)

(43) 公開日 平成25年10月24日(2013.10.24)

(51) Int.Cl.
A61B 3/11 (2006.01)

F I
A61B 3/10 A

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2013-12703 (P2013-12703)
 (22) 出願日 平成25年1月25日 (2013.1.25)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-61203 (P2012-61203)
 (32) 優先日 平成24年3月16日 (2012.3.16)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
 (74) 代理人 100089118
 弁理士 酒井 宏明
 (72) 発明者 中島 哲
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

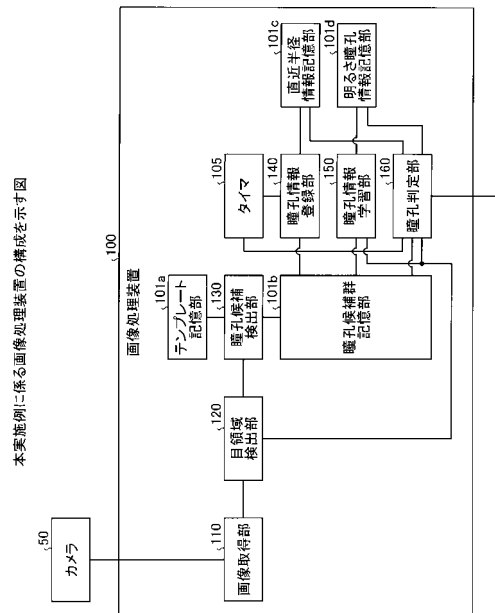
(54) 【発明の名称】 画像処理装置、画像処理プログラムおよび画像処理方法

(57) 【要約】

【課題】 瞳孔を精度良く検出すること。

【解決手段】 本実施例に係る画像処理装置100は、瞳孔情報登録部140が、瞳孔を精度良く検出した時点の瞳孔の情報を、直近半径情報記憶部101cに記憶させておく。そして、本実施例にかかる画像処理装置100は、瞳孔候補検出部130が、瞳孔の候補を検出し、瞳孔判定部160は、瞳孔の候補の大きさと、直近半径情報記憶部101cに記憶された瞳孔の大きさの情報とを基にして、瞳孔を判定する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

瞳孔の大きさの情報を記憶する記憶部と、
目領域の画像から円形でない瞳孔の候補を検出する瞳孔候補検出部と、
前記瞳孔候補検出部が検出した瞳孔の候補の形状を補完し、形状を補完した瞳孔の候補の大きさと、前記記憶部に記憶された瞳孔の大きさとを基にして、各瞳孔の候補から瞳孔を判定する瞳孔判定部と
を有することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

前記目領域の画像から円形の瞳孔を検出し、検出した瞳孔の大きさを前記記憶部に記憶させる瞳孔情報登録部を更に有することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

10

【請求項 3】

前記目領域の画像から円形の瞳孔を検出した場合に、検出した瞳孔の大きさと前記目領域の明るさとを対応付けた明るさ瞳孔情報を前記記憶部に更に記憶させる瞳孔情報学習部を更に有し、

前記瞳孔情報登録部は、瞳孔を検出した検出時刻と、瞳孔の大きさとを対応付けて前記記憶部に記憶させ、

前記瞳孔判定部は、瞳孔の候補を検出した時刻と、前記記憶部の検出時刻との差が所定時間以上の場合に、目領域の明るさと前記明るさ瞳孔情報とを比較して、瞳孔の大きさを特定し、特定した瞳孔の大きさを基にして、各瞳孔の候補から瞳孔を判定することを特徴とする請求項 2 に記載の画像処理装置。

20

【請求項 4】

コンピュータに、

瞳孔の大きさの情報を記憶装置に記憶し、

目領域の画像から円形でない瞳孔の候補を検出し、

前記瞳孔の候補の形状を補完し、形状を補完した瞳孔の候補の大きさと、前記記憶装置に記憶された瞳孔の大きさとを基にして、各瞳孔の候補から瞳孔を判定する

各処理を実行させることを特徴とする画像処理プログラム。

【請求項 5】

コンピュータが、

瞳孔の大きさの情報を記憶装置に記憶し、

目領域の画像から円形でない瞳孔の候補を検出し、

前記瞳孔の候補の形状を補完し、形状を補完した瞳孔の候補の大きさと、前記記憶装置に記憶された瞳孔の大きさとを基にして、各瞳孔の候補から瞳孔を判定する

各処理を実行することを特徴とする画像処理方法。

30

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、画像処理装置等に関する。

【背景技術】

40

【0002】

利用者の視線を検出し、検出結果を利用してコンピュータを操作する視線インターフェース技術が存在する。視線インターフェースを利用することで、利用者は、マウスやキーボードを操作しなくても、画面上を目視することで、目視した位置に対するズーム操作や、目視した物体の選択操作等を行うことができる。

【0003】

視線インターフェースは、角膜反射法を用いて視線を検出する。角膜反射法は、近赤外線光源を用いて角膜上に反射を発生させ、反射の中心と瞳孔の中心とを画像処理により求める。そして、角膜反射法は、反射の中心と瞳孔の中心との位置関係から、利用者の視線を検出する。

50

【0004】

ここで、上記の角膜反射法は、画像処理により瞳孔を正確に検出することが前提となっている。このため、例えば、瞳孔が瞼の下に移動した場合でも、瞳孔の位置を検出することが求められる。以下において、瞳孔を検出する従来技術の一例について説明する。

【0005】

従来技術1では、目を撮影した画像の中から、円形に近い部分を瞳孔として推測し、推測した部分を、円形に補完する。そして、従来技術1では、予め定義したテンプレートと、円形に補完した画像とのテンプレートマッチングを実行することで瞳孔を検出する。

【0006】

従来技術2は、上記の従来技術1のテンプレートマッチングをベースとした技術である。従来技術2では、動画像の処理において、あるフレーム画像で対象物が検出出来なかった場合に、前のフレーム画像の検出結果を用いて補完する。例えば、従来技術2では、フレーム画像1の領域Aで対象物を検出した場合に、次のフレーム画像2でも、領域Aと同領域付近に対象物が存在するはずといったルールを適用する。

10

【0007】

従来技術3は、瞳孔の候補を複数検出した場合に、瞳孔の候補のサイズや外接矩形面積比等を用いて、複数の瞳孔の候補の中からいずれかを選択する技術である。例えば、従来技術3では、サイズについて、瞳孔の候補の領域の高さと、幅とが3～30ピクセル以内であれば、瞳孔とみなす。従来技術3では、利用者が、事前に瞳孔が取り得る値をサイズとして設定しておく。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開平6-274269号公報

【特許文献2】特開2009-254691号公報

【非特許文献】

【0009】

【非特許文献1】「自律移動ロボット用人検出方法」松下電工技報 Vol.53 No.2

【非特許文献2】「Haar-like特徴を用いたAdaBoostによる交通流計測」ViEw2009論文集 p.104

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、上述した従来技術では、瞳孔を精度良く検出することができないという問題があった。

【0011】

例えば、従来技術1では、目の領域の中に鼻の影などが目に映り込んでいる場合に、かかる映り込みと、瞳孔とを区別することができない。また、瞳孔の位置は瞬間的に大きく移動するため、従来技術2の前提となるルールが適用できない場合がある。また、従来技術3で利用されるサイズは、瞳孔の取り得る大まかな範囲を指定するものであるため、類似するサイズの瞳孔の候補が複数存在する場合には、正確な瞳孔を選択することが難しかった。

40

【0012】

開示の技術は、上記に鑑みてなされたものであって、瞳孔を精度良く検出することが出来る画像処理装置、画像処理プログラムおよび画像処理方法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】

開示の画像処理装置は、記憶部、瞳孔候補検出部、瞳孔判定部を有する。記憶部は、瞳孔の大きさの情報を記憶する。瞳孔候補検出部は、目領域の画像から円形でない瞳孔の候

50

補を検出する。瞳孔判定部は、瞳孔候補検出部が検出した瞳孔の候補の形状を補完し、形状を補完した瞳孔の候補の大きさと、記憶部に記憶された瞳孔の大きさとを基にして、各瞳孔の候補から瞳孔を判定する。

【発明の効果】

【0014】

開示の画像処理装置によれば、瞳孔を精度良く検出することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】図1は、本実施例に係る画像処理装置の構成を示す図である。

10

【図2】図2は、テンプレート情報のデータ構造の一例を示す図である。

【図3】図3は、瞳孔候補記憶部のデータ構造の一例を示す図である。

【図4】図4は、直近半径情報のデータ構造の一例を示す図である。

【図5】図5は、明るさ瞳孔情報のデータ構造の一例を示す図である。

【図6】図6は、目の領域の一例を示す図である。

【図7】図7は、瞳孔候補検出部の処理を説明するための図である。

【図8】図8は、尤度を算出する処理を説明するための図である。

【図9】図9は、尤度が所定の閾値未満となる場合の瞳孔候補群記憶部のデータ構造の一例を示す図である。

【図10】図10は、画像処理装置の処理の一例を説明するための図である。

20

【図11】図11は、明るさ瞳孔情報を生成する処理手順を示すフローチャートである。

【図12】図12は、本実施例に係る画像処理装置が瞳孔を判定する処理手順を示すフローチャートである。

【図13】図13は、画像処理プログラムを実行するコンピュータの一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下に、本願の開示する画像処理装置、画像処理プログラムおよび画像処理方法の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。

30

【実施例1】

【0017】

図1は、本実施例に係る画像処理装置の構成を示す図である。図1に示すように、この画像処理装置100は、カメラ50に接続される。画像処理装置100は、テンプレート記憶部101a、瞳孔候補群記憶部101b、直近半径情報記憶部101c、明るさ瞳孔情報記憶部101dを有する。また、画像処理装置100は、タイマ105、画像取得部110、目領域検出部120、瞳孔候補検出部130、瞳孔情報登録部140、瞳孔情報学習部150、瞳孔判定部160を有する。

【0018】

カメラ50は、撮像範囲の画像を撮影する撮像装置である。本実施例では、例えば、カメラ50が撮影した画像には、利用者の顔画像が含まれているものとする。カメラ50は、撮影した画像のデータを、画像処理装置100に順次出力する。

40

【0019】

テンプレート記憶部101aは、様々な半径のテンプレート情報を記憶する記憶部である。図2は、テンプレート情報のデータ構造の一例を示す図である。例えば、図2に示す例では、半径の異なる円形のテンプレート1A、1B、1Cが含まれる。

【0020】

瞳孔候補群記憶部101bは、瞳孔の候補に関する各種の情報を記憶する記憶部である。図3は、瞳孔候補記憶部のデータ構造の一例を示す図である。図3に示すように、瞳孔候補記憶部101bは、ID (Identification)、X座標、Y座標、半径、尤度を対応付

50

ける。IDは、瞳孔の候補を一意に識別する情報である。X座標、Y座標は、画像データ上の瞳孔の座標を示す情報である。半径は、瞳孔の候補の半径を示す情報である。尤度は、瞳孔の候補が、瞳孔である確からしさの度合いを示す情報である。尤度が大きいほど、より確からしい。

【0021】

直近半径情報記憶部101cは、後述の瞳孔情報登録部140が最後に検出した瞳孔の大きさの情報を記憶する記憶部である。瞳孔情報登録部140が最後に検出した瞳孔の大きさの情報を、直近半径情報と表記する。図4は、直近半径情報のデータ構造の一例を示す図である。図4に示すように、この直近半径情報は、直近半径および時刻を対応付ける。直近半径は、瞳孔情報登録部140が最後に検出した瞳孔の半径を示す情報である。時刻は、瞳孔情報登録部140が、最後に瞳孔を検出した時刻を示す情報である。直近半径情報は、瞳孔情報登録部140が瞳孔を検出する度に更新される。

10

【0022】

明るさ瞳孔情報記憶部101dは、明るさと瞳孔の半径との関係を示す明るさ瞳孔情報を記憶する記憶部である。図5は、明るさ瞳孔情報のデータ構造の一例を示す図である。図5の横軸は明るさを示し、図5の縦軸は半径を示す。図5に示すように、明るくなるにつれて、瞳孔の半径は小さくなる。明るさ瞳孔情報は、後述する瞳孔情報学習部150によって生成される。

【0023】

上記の各記憶部101a~101dは、RAM(Random Access Memory)、ROM(Read Only Memory)、フラッシュメモリ(Flash Memory)などの半導体メモリ素子に対応する。または、各記憶部101a~101dは、ハードディスク、光ディスクなどの記憶装置に対応する。

20

【0024】

タイマ105は、時刻情報を瞳孔情報登録部140および瞳孔判定部160に出力するタイマである。

【0025】

画像取得部110は、カメラ50から順次画像データを取得し、画像データを目領域検出部120に出力する処理部である。

【0026】

目領域検出部120は、画像データから、目の領域を検出する処理部である。目領域検出部120は、目の領域の情報を、瞳孔候補検出部130に出力する。図6は、目の領域の一例を示す図である。

30

【0027】

目領域検出部120が、目の領域を検出する処理の一例について説明する。目領域検出部120は、画像データから、目らしい特徴を持つ領域を、目の領域として検出する。例えば、目領域検出部120は、画像データから円形状の領域を特定し、該円形状周辺の輝度値が、画像データの他の領域の輝度値と比較して低い場合に、該円形状周辺の領域を目の領域として検出する。その他、目領域検出部120は、公知の技術を利用して、目の領域を抽出してもよい。例えば、公知技術には<「部分特徴テンプレートとグローバル制約による顔器官特徴の抽出」電子情報通信学会論文誌、D-II、情報・システム、II-情報処理J77-D-2(8)、1601-1609、1994-08-25>がある。

40

【0028】

上記公知技術は、顔全体の形状の変化より局所部分、つまり目等の顔器官のコーナー部分の変化が小さいという性質を用いて、目等の領域を検出する技術である。顔器官を検出する場合、顔全体の形状を一つの単位として扱くと、個人性や表情、照明条件、顔の向きなどによって、対象となる画像が変形し、認識結果が安定したいためである。例えば、公知技術は、顔器官の部分特徴を表す部分特徴テンプレート(PFT:Partial Feature Template)を利用する。

【0029】

50

部分特徴テンプレートは、例えば、目のコーナー部分のエッジ画像を2値化して得られたパターンを一般化して作成されたモデルであり、エッジ部分、非エッジ部分、非処理部分の三つの部分に構成される。例えば、目領域検出部120は、かかる部分特徴テンプレートと、画像データとをマッチングして、類似度を計算し、類似度が閾値以上となる領域を、目の領域として検出する。その他の具体的な処理は、上記公知技術に開示されているため、ここでは説明を省略する。

【0030】

また、目領域検出部120は、目の領域の明るさを算出し、算出した明るさの情報を、瞳孔情報学習部150および瞳孔判定部160に出力する。例えば、目の領域の明るさは、目の領域に含まれる各画素の輝度値の平均値に対応する。

10

【0031】

瞳孔候補検出部130は、目の領域の情報から、瞳孔の候補を検出し、検出結果を瞳孔候補群記憶部101bに記憶させる処理部である。以下において、瞳孔候補検出部130の処理について具体的に説明する。瞳孔候補検出部130は、目の領域の情報を取得する度に、下記の処理を繰り返し実行し、瞳孔候補群記憶部101bを更新する。

【0032】

図7は、瞳孔候補検出部の処理を説明するための図である。図7に示すように、瞳孔候補検出部130は、目の領域の情報10上を、テンプレート2を走査させ、テンプレート2の輪郭と一部一致する領域を、瞳孔の候補として検出する。瞳孔候補検出部130は、テンプレート2の情報を、テンプレート記憶部101aから取得する。図7に示すテンプレート2は、図2に示したテンプレート1A、1B、1Cのいずれかに対応する。瞳孔候補検出部130は、ある大きさのテンプレート2の走査が終了した後に、テンプレート2の大きさを変更し、上記処理を繰り返し実行することで、瞳孔の候補を検出する。

20

【0033】

瞳孔候補検出部130は、瞳孔の候補をテンプレートにより検出した場合には、IDと、瞳孔の候補のX座標、Y座標、半径を対応付けて、瞳孔候補群記憶部101bに記憶させる。ここで、瞳孔の候補のX座標、Y座標は、瞳孔の候補をテンプレートによって円形に補完した場合の、中心座標とする。また、瞳孔の候補の半径は、瞳孔の候補をテンプレートによって円形に補完した場合の、円の半径とする。

【0034】

また、瞳孔候補検出部130は、瞳孔の候補から尤度を算出する。図8は、尤度を算出する処理を説明するための図である。図8において、2はテンプレートを示し、3は瞳孔の候補に対応する。瞳孔候補検出部130は、テンプレート2の円周上にある画素p1の輝度値と、該画素p1に隣接するテンプレート2外側の画素p2の輝度値とを比較する。瞳孔候補検出部130は、画素p1と画素p2との各組みにおいて、画素p1の輝度値と画素p2の輝度値との差が閾値以上となる画素p1の数を計数する。以下の説明において、画素p1の輝度値と画素p2の輝度値との差が閾値以上となる画素p1の数を円周画素数と表記する。

30

【0035】

瞳孔候補検出部130は、式(1)を基にして、瞳孔の候補の尤度を算出する。式(1)において、Tは、テンプレート上の画素p1の総数である。Nは、円周画素数である。瞳孔候補検出部130は、瞳孔の候補毎に図8に示した処理を実行し、瞳孔の候補毎に尤度をそれぞれ算出する。瞳孔候補算出部130は、算出した尤度を、瞳孔候補群記憶部101bに記憶させる。

40

【0036】

尤度 = $N / T \cdot \dots (1)$

【0037】

瞳孔情報登録部140は、瞳孔候補群記憶部101bを基にして、直近半径情報を生成する処理部である。瞳孔情報登録部140は、瞳孔候補群記憶部101bを参照し、尤度が所定の閾値を超え、各瞳孔の候補のうち、尤度が最大となる瞳孔の候補を、瞳孔である

50

と判定する。瞳孔情報登録部 140 が瞳孔と判定した瞳孔の候補の半径を直近半径と表記する。瞳孔情報登録部 140 は、直近半径と、タイマ 105 から取得する時刻とを対応付けた直近半径情報を生成し、直近半径情報記憶部 101c に記憶させる。

【0038】

例えば、図 3 を用いて、瞳孔情報登録部 140 の処理について説明する。所定の閾値を「0.8」とする。図 3 に示す例では、所定の閾値を超え、尤度が最大となる瞳孔の候補は、ID「1」の瞳孔の候補となる。この場合には、直近半径は「5」となる。

【0039】

なお、瞳孔情報登録部 140 は、所定の閾値を超える瞳孔の候補が存在しない場合には、瞳孔候補群記憶部 101b のデータが更新されるまで、処理を待機する。瞳孔情報登録部 140 は、瞳孔候補群記憶部 101b のデータが更新された場合には、上記処理を再度実行する。瞳孔情報登録部 140 は、最新時刻の直近半径情報を、直近半径情報記憶部 101c に登録する。

【0040】

瞳孔情報学習部 150 は、瞳孔候補群記憶部 101b を基にして、明るさ瞳孔情報を生成する処理部である。瞳孔情報学習部 150 は、瞳孔候補群記憶部 101b を参照し、尤度が所定の閾値を超え、各瞳孔の候補のうち、尤度が最大となる瞳孔の候補を、瞳孔であると判定する。瞳孔情報学習部 150 は、判定した瞳孔の半径と、目の領域の明るさを対応付けて、明るさ瞳孔情報を生成する。

【0041】

瞳孔情報学習部 150 は、明るさの情報を、目領域検出部 130 から取得する。瞳孔情報学習部 150 が、各瞳孔の候補から、瞳孔を判定する処理は、上記の瞳孔情報登録部 140 と同様である。瞳孔情報学習部 150 は、瞳孔候補群記憶部 101b のデータが更新される度に、上記処理を繰り返し実行することで、明るさ瞳孔情報を生成する。

【0042】

瞳孔判定部 160 は、瞳孔候補群記憶部 101b、直近半径情報記憶部 101c、明るさ瞳孔情報記憶部 101d を基にして、瞳孔を判定する処理部である。瞳孔判定部 160 は、判定結果を外部装置に出力する。例えば、判定結果には、瞳孔の中心座標が含まれる。外部装置は、角膜反射法により視線を検出する視線検出装置に対応する。

【0043】

まず、瞳孔判定部 160 は、瞳孔候補記憶部 101b を参照し、尤度が所定の閾値を超える瞳孔の候補が存在するか否かを判定する。瞳孔判定部 160 は、尤度が所定の閾値を超える瞳孔の候補が存在する場合には、各瞳孔の候補のうち、尤度が最大となる瞳孔の候補を、瞳孔であると判定する。

【0044】

続いて、尤度が所定の閾値を超える瞳孔の候補が存在しない場合について説明する。瞳孔判定部 160 は、現在の時刻と、直近半径情報の時刻とを比較する。瞳孔判定部 160 は、現在の時刻を、タイマ 105 から取得する。瞳孔判定部 160 は、直近半径情報を、直近半径情報記憶部 101c から取得する。以下において、現在の時刻と、直近半径情報の時刻との時間差が所定の時間未満の場合と、所定の時間以上の場合に分けて、瞳孔判定部 160 の処理について説明する。

【0045】

現在の時刻と、直近半径情報の時刻との時間差が、所定の時間未満の場合について説明する。瞳孔判定部 160 は、直近半径情報の半径に最も近い半径の瞳孔の候補を、瞳孔として判定する。図 9 は、尤度が所定の閾値未満となる場合の瞳孔候補群記憶部のデータ構造の一例を示す図である。図 9 を用いて、瞳孔判定部 160 の処理を説明する。なお、所定の閾値を「0.8」とする。また、直近半径情報に含まれる直近半径を「3」とする。

【0046】

瞳孔判定部 160 は、直近半径に最も近い半径の瞳孔の候補を、瞳孔として判定する。図 9 に示す例では、直近半径「3」に最も近い半径の瞳孔の候補は、ID「2」の瞳孔の

10

20

30

40

50

候補となる。このため、瞳孔判定部 160 は、ID「2」の瞳孔の候補を、瞳孔として判定する。

【0047】

現在の時刻と、直近半径情報の時刻との時間差が、所定の時間以上の場合について説明する。瞳孔判定部 160 は、現在の明るさと、明るさ瞳孔情報とを比較して、現在の明るさに対応する半径を判定する。瞳孔判定部 160 は、現在の明るさの情報を、目領域検出部 120 から取得する。瞳孔判定部 160 は、明るさ瞳孔情報を、明るさ瞳孔情報記憶部 101d から取得する。瞳孔判定部 160 は、現在の明るさに対応する半径に最も近い半径の瞳孔の候補を、瞳孔として判定する。

【0048】

例えば、現在の明るさに対応する半径を「4」とする。図9に示す例では、直近半径「4」に最も近い半径の瞳孔の候補は、ID「3」の瞳孔の候補となる。このため、瞳孔判定部 160 は、ID「3」の瞳孔の候補を、瞳孔として判定する。

【0049】

次に、画像データの一例を用いて、画像処理装置 100 の処理の一例を説明する。図10は、画像処理装置の処理の一例を説明するための図である。

【0050】

図10に示す例では、画像処理装置 100 は、画像 11a、11b、11c、11d の順に処理を行う。各画像 11a ~ 11d は、目領域検出部 120 により検出される目の領域の画像である。画像 11a、11b、11c、11d の時刻をそれぞれ、 t 、 $t+1$ 、 $t+2$ 、 $t+3$ とする。

【0051】

画像 11a の処理について説明する。画像処理装置 100 の瞳孔候補検出部 130 は、テンプレートマッチングを実行し、画像 11a から瞳孔の候補を検出する。例えば、瞳孔候補検出部 130 は、画像 11a から、瞳孔の候補 12a、12b を検出する。瞳孔の候補 12b の尤度が所定の閾値以上であり、瞳孔の候補 12b の尤度は、瞳孔の候補 12a の尤度よりも大であるとする。画像処理装置 100 の瞳孔判定部 160 は、瞳孔の候補 12b を瞳孔であると判定する。また、画像処理装置 100 の瞳孔情報登録部 140 は、瞳孔 12b の半径を直近半径とした直近半径情報を生成する。

【0052】

画像 11b の処理について説明する。画像処理装置 100 の瞳孔候補検出部 130 は、テンプレートマッチングを実行し、画像 11b から瞳孔の候補を検出する。例えば、瞳孔候補検出部 130 は、画像 11b から、瞳孔の候補 13a、13b、13c を検出する。瞳孔の候補 13a ~ 13c の尤度を、所定の閾値未満とする。瞳孔判定部 160 は、直近の瞳孔 12b の半径と、円形に補完した瞳孔の候補 14a、14b、14c の半径とを比較して、瞳孔を判定する。瞳孔の候補 13a、13b、13c を補完したものを、それぞれ 14a ~ 14c とする。画像処理装置 100 は、瞳孔 12b の半径に最も近い瞳孔の候補 14b を瞳孔として判定する。なお、画像 11b の時刻と、直近半径情報の時刻との時間差を、所定時間未満とする。

【0053】

画像 11c の処理について説明する。画像処理装置 100 の瞳孔候補検出部 130 は、テンプレートマッチングを実行し、画像 11c から瞳孔の候補を検出する。例えば、瞳孔候補検出部 130 は、画像 11c から、瞳孔の候補 15a、15b、15c、15d を検出する。瞳孔の候補 15a ~ 15d の尤度を、所定の閾値未満とする。瞳孔判定部 160 は、直近の瞳孔 12b の半径と、円形に補完した瞳孔の候補 16a、16b、16c、16d の半径とを比較して、瞳孔を判定する。瞳孔の候補 15a、15b、15b、15d を補完したものを、それぞれ 16a ~ 16d とする。画像処理装置 100 は、瞳孔 12b の半径に最も近い瞳孔の候補 16b を瞳孔と判定する。なお、画像 11c の時刻と、直近半径情報の時刻との時間差を、所定時間未満とする。

【0054】

10

20

30

40

50

なお、画像 11c の時刻と、直近半径情報の時刻との時刻差が所定時間以上の場合には、瞳孔判定部 160 は、現在の明るさと、明るさ瞳孔情報とを比較して、明るさに対応する半径を判定する。そして、瞳孔判定部 160 は、明るさに対応する半径を基にして、各瞳孔の候補から、瞳孔を判定する。

【0055】

画像 11d の処理について説明する。画像処理装置 100 の瞳孔候補検出部 130 は、テンプレートマッチングを実行し、画像 11d から瞳孔の候補を検出する。例えば、瞳孔候補検出部 130 は、画像 11d から、瞳孔の候補 17a、17b、17c を検出する。瞳孔の候補 17c の尤度が所定の閾値以上であり、瞳孔の候補 17c の尤度は、瞳孔の候補 17a、17b よりも大であるとする。画像処理装置 100 の瞳孔判定部 160 は、瞳孔 17c を瞳孔であると判定する。また、画像処理装置 100 の瞳孔情報登録部 140 は、瞳孔の候補 17c の半径を直近半径とした直近半径情報を生成する。

10

【0056】

次に、本実施例に係る画像処理装置が明るさ瞳孔情報を生成する処理の処理手順について説明する。図 11 は、明るさ瞳孔情報を生成する処理手順を示すフローチャートである。図 11 に示す処理は、画像データを取得したことを契機にして実行される。図 11 に示すように、画像処理装置 100 は、画像データを取得し（ステップ S101）、目領域を検出する（ステップ S102）。

【0057】

画像処理装置 100 は、テンプレートマッチングを実行し（ステップ S103）、尤度を算出する（ステップ S104）。画像処理装置 100 は、尤度が閾値以上となる瞳孔候補が存在するか否かを判定する（ステップ S105）。画像処理装置 100 は、尤度が閾値以上となる瞳孔の候補が存在しない場合には（ステップ S105, No）、ステップ S101 に移行する。

20

【0058】

一方、画像処理装置 100 は、尤度が閾値以上となる瞳孔の候補が存在する場合には（ステップ S105, Yes）、尤度が最大となる瞳孔の候補を瞳孔と判定する（ステップ S106）。

【0059】

画像処理装置 100 は、目領域内の明るさを算出し（ステップ S107）、明るさと瞳孔の半径との関係を明るさ瞳孔情報記憶部 101d に登録し（ステップ S108）、ステップ S101 に移行する。

30

【0060】

次に、本実施例に係る画像処理装置が瞳孔を判定する処理の処理手順について説明する。図 12 は、本実施例に係る画像処理装置が瞳孔を判定する処理手順を示すフローチャートである。図 12 に示す処理は、画像データを取得したことを契機にして実行される。図 12 に示すように、画像処理装置 100 は、画像データを取得し（ステップ S201）、目領域を検出する（ステップ S202）。

【0061】

画像処理装置 100 は、テンプレートマッチングを実行し（ステップ S203）、尤度を算出する（ステップ S204）。画像処理装置 100 は、尤度が閾値以上となる瞳孔の候補が存在するか否かを判定する（ステップ S205）。

40

【0062】

画像処理装置 100 は、尤度が閾値以上となる瞳孔の候補が存在する場合には（ステップ S205, Yes）、尤度が最大となる瞳孔の候補を瞳孔と判定し、直近半径情報を更新する（ステップ S206）。画像処理装置 100 は、ステップ S201 に移行する。

【0063】

画像処理装置 100 は、尤度が閾値以上となる瞳孔の候補が存在しない場合には（ステップ S205, No）、直近半径情報の時刻から所定時間以上経過しているか否かを判定する（ステップ S207）。

50

【0064】

画像処理装置100は、直近半径情報の時刻から所定時間以上経過している場合には（ステップS207, Yes）、明るさに対応する半径を基準にして、瞳孔の候補から瞳孔を判定し（ステップS208）、ステップS201に移行する。

【0065】

画像処理装置100は、直近半径情報の時刻から所定時間以上経過していない場合には（ステップS207, No）、直近半径を基準にして、瞳孔の候補から瞳孔を判定し（ステップS209）、ステップS201に移行する。

【0066】

次に、本実施例に係る画像処理装置100の効果について説明する。画像処理装置100は、予め、瞳孔を精度良く検出できた場合に、かかる瞳孔の大きさを学習しておく。そして、画像処理装置100は、目領域から検出した瞳孔の候補を補完し、補完した瞳孔の候補の大きさと、予め学習しておいた直近の瞳孔の大きさを基にして、各瞳孔の候補から瞳孔を判定する。このため、例えば、瞳孔が瞼の下に移動した場合にでも、瞳孔を精度よく検出することができる。

【0067】

また、画像処理装置100は、瞳孔を精度良く検出する度に、直近半径情報を更新するので、瞳孔の変化に順次対応して、瞳孔を精度よく検出することができる。

【0068】

また、画像処理装置100は、瞳孔の大きさを学習した時刻から所定時間経過した後に、瞳孔の候補から瞳孔を判定する場合には、明るさと瞳孔の大きさとの関係を基にして、現在の明るさに対応する瞳孔の大きさを特定する。そして、画像処理装置100は、特定した明るさに対応する瞳孔の大きさと、瞳孔の候補の大きさを基にして、瞳孔を判定する。このため、明るさに応じて変動する瞳孔の大きさに対応して、精度良く、瞳孔を判定することができる。

【0069】

ところで、上記の画像取得部110、目領域検出部120、瞳孔候補検出部130、瞳孔情報登録部140、瞳孔情報学習部150、瞳孔判定部160等の各処理部は、下記の装置に対応する。例えば、各処理部は、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) や、FPGA (Field Programmable Gate Array) などの集積装置に対応する。また、各処理部は、例えば、CPUやMPU (Micro Processing Unit) 等の電子回路に対応する。

【0070】

また、実施例に示した画像処理装置100の各構成要素は機能概念的なものであり、必ずしも物理的に図示の如く構成されていることを要しない。すなわち、各装置の分散・統合の具体的形態は図示のものに限られず、その全部または一部を、各種の負荷や使用状況などに応じて、任意の単位で機能的または物理的に分散・統合して構成することができる。さらに、各装置にて行われる各処理機能は、その全部または任意の一部がCPUおよび当該CPUにて解析実行されるプログラムにて実現され、あるいは、ワイヤードロジックによるハードウェアとして実現され得る。

【0071】

図13は、画像処理プログラムを実行するコンピュータの一例を示す図である。図13に示すように、コンピュータ200は、各種演算処理を実行するCPU201と、入力装置202と、ディスプレイ203とを有する。また、コンピュータ200は、記憶媒体からプログラム等を読み取る読み取り装置204と、ネットワークを介して他のコンピュータとの間でデータの授受を行うインターフェース装置205とを有する。また、コンピュータ200は、カメラ206を有する。また、コンピュータ200は、各種情報を一時記憶するRAM207と、ハードディスク装置208を有する。そして、各装置201~208は、バス209に接続される。

【0072】

10

20

30

40

50

ハードディスク装置 208 は、画像取得プログラム 208 a、目領域検出プログラム 208 b、瞳孔候補検出プログラム 208 c、瞳孔情報登録プログラム 208 d、瞳孔情報学習プログラム 208 e、瞳孔判定プログラム 208 f を記憶する。CPU 201 は、各プログラム 208 a ~ 208 f を読み出して、RAM 207 に展開する。

【0073】

画像取得プログラム 208 a は、画像取得プロセス 207 a として機能する。目領域検出プログラム 208 b は、目領域検出プロセス 207 b として機能する。瞳孔候補検出プログラム 208 c は、瞳孔候補検出プロセス 207 c として機能する。瞳孔情報登録プログラム 208 d は、瞳孔情報登録プロセス 207 d として機能する。瞳孔情報学習プログラム 208 e は、瞳孔情報学習プロセス 207 e として機能する。瞳孔判定プログラム 208 f は、瞳孔判定プロセス 207 f として機能する。

10

【0074】

例えば、画像取得プロセス 207 a は、画像取得部 110 に対応する。目領域検出プロセス 207 b は、目領域検出部 120 に対応する。瞳孔候補検出プロセス 207 c は、瞳孔候補検出部 130 に対応する。瞳孔情報学習プロセス 207 e は、瞳孔情報学習部 150 に対応する。瞳孔判定プロセス 207 f は、瞳孔判定部 160 に対応する。

【0075】

なお、各プログラム 208 a ~ 208 f については、必ずしも最初からハードディスク装置 208 に記憶させておかなくてもよい。例えば、コンピュータ 200 に挿入されるフレキシブルディスク (FD)、CD-ROM、DVD ディスク、光磁気ディスク、IC カードなどの「可搬用の物理媒体」に各プログラムを記憶させておく。そして、コンピュータ 200 がこれらから各プログラム 208 a ~ 208 f を読み出して実行するようにしてもよい。

20

【0076】

以上の各実施例を含む実施形態に関し、さらに以下の付記を開示する。

【0077】

(付記 1) 瞳孔の大きさの情報を記憶する記憶部と、
目領域の画像から円形でない瞳孔の候補を検出する瞳孔候補検出部と、
前記瞳孔候補検出部が検出した瞳孔の候補の形状を補完し、形状を補完した瞳孔の候補の大きさと、前記記憶部に記憶された瞳孔の大きさとを基にして、各瞳孔の候補から瞳孔を判定する瞳孔判定部と
を有することを特徴とする画像処理装置。

30

【0078】

(付記 2) 前記目領域の画像から円形の瞳孔を検出し、検出した瞳孔の大きさを前記記憶部に記憶させる瞳孔情報登録部を更に有することを特徴とする付記 1 に記載の画像処理装置。

【0079】

(付記 3) 前記目領域の画像から円形の瞳孔を検出した場合に、検出した瞳孔の大きさと前記目領域の明るさとを対応付けた明るさ瞳孔情報を前記記憶部に更に記憶させる瞳孔情報学習部を更に有し、

40

前記瞳孔情報登録部は、瞳孔を検出した検出時刻と、瞳孔の大きさとを対応付けて前記記憶部に記憶させ、

前記瞳孔判定部は、瞳孔の候補を検出した時刻と、前記記憶部の検出時刻との差が所定時間以上の場合に、目領域の明るさと前記明るさ瞳孔情報とを比較して、瞳孔の大きさを特定し、特定した瞳孔の大きさを基にして、各瞳孔の候補から瞳孔を判定することを特徴とする付記 2 に記載の画像処理装置。

【0080】

(付記 4) コンピュータに、
瞳孔の大きさの情報を記憶装置に記憶し、
目領域の画像から円形でない瞳孔の候補を検出し、

50

前記瞳孔の候補の形状を補完し、形状を補完した瞳孔の候補の大きさと、前記記憶装置に記憶された瞳孔の大きさを基にして、各瞳孔の候補から瞳孔を判定する

各処理を実行させることを特徴とする画像処理プログラム。

【0081】

(付記5) 前記記憶装置に記憶する処理は、目領域の画像から円形の瞳孔を検出し、検出した瞳孔の大きさを前記記憶装置に記憶することを特徴とする付記4に記載の画像処理プログラム。

【0082】

(付記6) 前記瞳孔の大きさを記憶する処理は、瞳孔を検出した検出時刻と、瞳孔の大きさを対応付けて前記記憶装置に記憶させ、

前記目領域の画像から円形の瞳孔を検出した場合に、検出した瞳孔の大きさと前記目領域の明るさを対応付けた明るさ瞳孔情報を前記記憶装置に更に記憶させる処理を更に実行させ、

前記瞳孔を判定する処理は、瞳孔の候補を検出した時刻と、前記記憶装置の検出時刻との差が所定時間以上の場合に、目領域の明るさと前記明るさ瞳孔情報とを比較して、瞳孔の大きさを特定し、特定した瞳孔の大きさを基にして、各瞳孔の候補から瞳孔を判定することを特徴とする付記5に記載の画像処理プログラム。

【0083】

(付記7) コンピュータが、

瞳孔の大きさの情報を記憶装置に記憶し、

目領域の画像から円形でない瞳孔の候補を検出し、

前記瞳孔の候補の形状を補完し、形状を補完した瞳孔の候補の大きさと、前記記憶装置に記憶された瞳孔の大きさを基にして、各瞳孔の候補から瞳孔を判定する

各処理を実行することを特徴とする画像処理方法。

【0084】

(付記8) 前記記憶装置に記憶する処理は、目領域の画像から円形の瞳孔を検出し、検出した瞳孔の大きさを前記記憶装置に記憶することを特徴とする付記7に記載の画像処理方法。

【0085】

(付記9) 前記瞳孔の大きさを記憶する処理は、瞳孔を検出した検出時刻と、瞳孔の大きさを対応付けて前記記憶装置に記憶させ、

前記目領域の画像から円形の瞳孔を検出した場合に、検出した瞳孔の大きさと前記目領域の明るさを対応付けた明るさ瞳孔情報を前記記憶装置に更に記憶させる処理を更に実行し、

前記瞳孔を判定する処理は、瞳孔の候補を検出した時刻と、前記記憶装置の検出時刻との差が所定時間以上の場合に、目領域の明るさと前記明るさ瞳孔情報とを比較して、瞳孔の大きさを特定し、特定した瞳孔の大きさを基にして、各瞳孔の候補から瞳孔を判定することを特徴とする付記8に記載の画像処理方法。

【符号の説明】

【0086】

- 50 カメラ
- 100 画像処理装置
- 110 画像取得部
- 120 目領域検出部
- 130 瞳孔候補検出部
- 140 瞳孔情報登録部
- 150 瞳孔情報学習部
- 160 瞳孔判定部

10

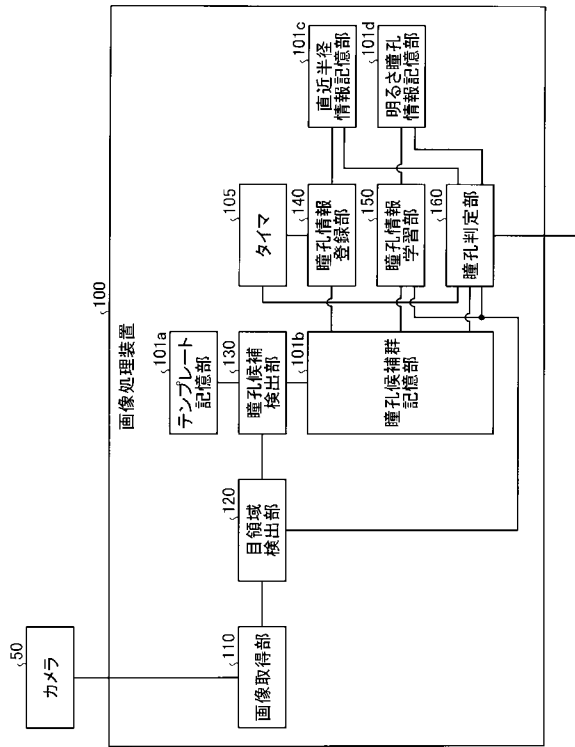
20

30

40

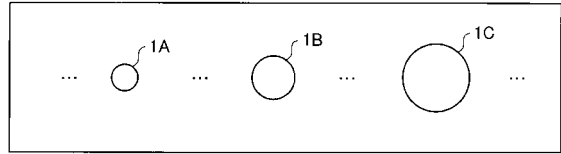
【 図 1 】

本実施例に係る画像処理装置の構成を示す図



【 図 2 】

テンプレート情報のデータ構造の一例を示す図



【 図 3 】

瞳孔候補記憶部のデータ構造の一例を示す図

ID	X座標	Y座標	半径	尤度
1	100	150	5	0.94
2	80	120	3	0.83
3	85	100	4	0.71
4	90	110	8	0.53

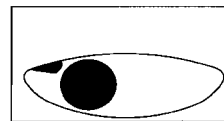
【 図 4 】

直近半径情報のデータ構造の一例を示す図

直近半径	時刻
3	8:50

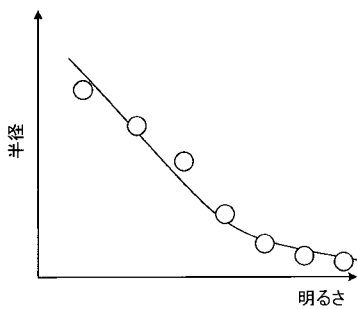
【 図 6 】

目の領域の一例を示す図



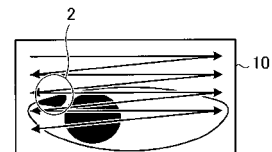
【 図 5 】

明るさ瞳孔情報のデータ構造の一例を示す図



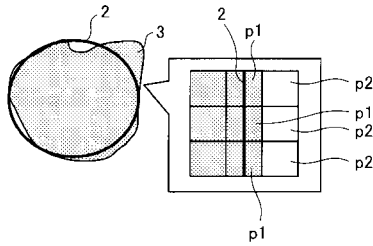
【 図 7 】

瞳孔候補検出部の処理を説明するための図



【 図 8 】

尤度を算出する処理を説明するための図



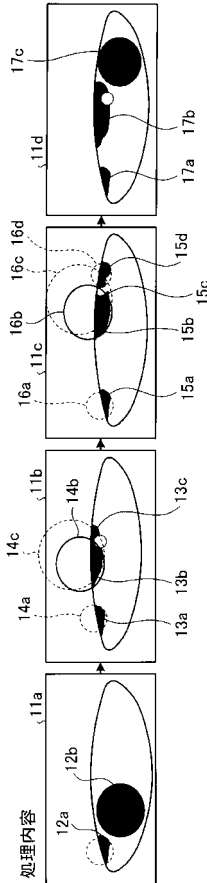
【 図 9 】

尤度が所定の閾値未満となる場合の瞳孔候補群記憶部のデータ構造の一例を示す図

ID	X座標	Y座標	半径	尤度
1	100	150	5	0.54
2	80	120	3	0.51
3	85	100	4	0.41
4	90	110	8	0.33

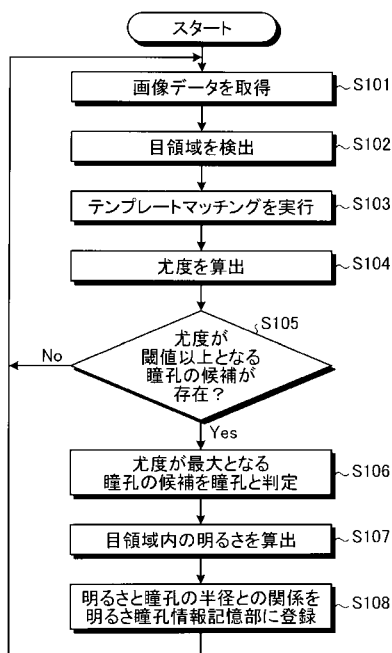
【 図 1 0 】

画像処理装置の処理の一例を説明するための図



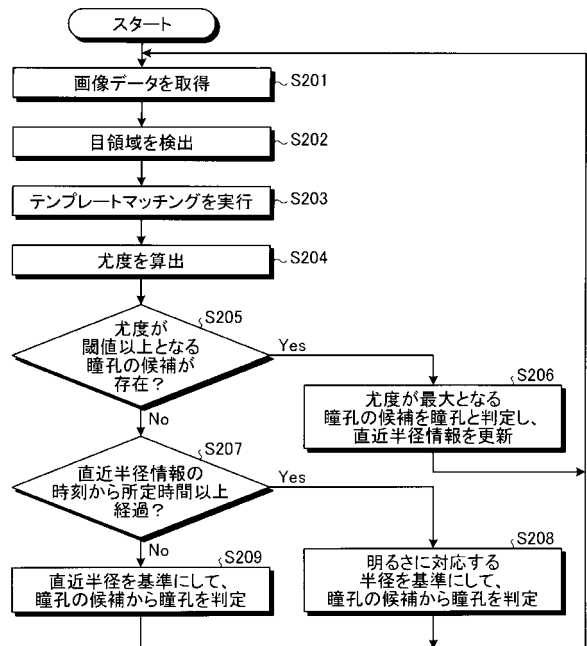
【 図 1 1 】

明るさ瞳孔情報を生成する処理手順を示すフローチャート



【 図 1 2 】

本実施例に係る画像処理装置が瞳孔を判定する処理手順を示すフローチャート



画像処理プログラムを実行するコンピュータの一例を示す図

