

(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2017-102748

(P2017-102748A)

(43) 公開日 平成29年6月8日(2017.6.8)

(51) Int.Cl.		F I				テーマコード (参考)
G06T 7/00	(2017.01)	G06T 7/00	350B			5B057
G06T 1/00	(2006.01)	G06T 7/00	300G			5L096
		G06T 1/00	340A			

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2015-236043 (P2015-236043)	(71) 出願人	000004352
(22) 出願日	平成27年12月2日 (2015.12.2)		日本放送協会
		(74) 代理人	110001807
			特許業務法人磯野国際特許商標事務所
		(72) 発明者	望月 貴裕
			東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日
			本放送協会放送技術研究所内
		(72) 発明者	齋藤 雅浩
			東京都渋谷区神南二丁目2番1号 日本放
			送協会 放送センター内
		Fターム(参考)	5B057 AA16 BA02 CC03 CE09 DA07
			DB02 DC16 DC30 DC33 DC40
			5L096 CA02 DA02 EA35 FA06 FA32
			FA35 FA67 FA69 JA11 KA04

(54) 【発明の名称】 瞳画像学習装置、瞳位置検出装置及びそのプログラム

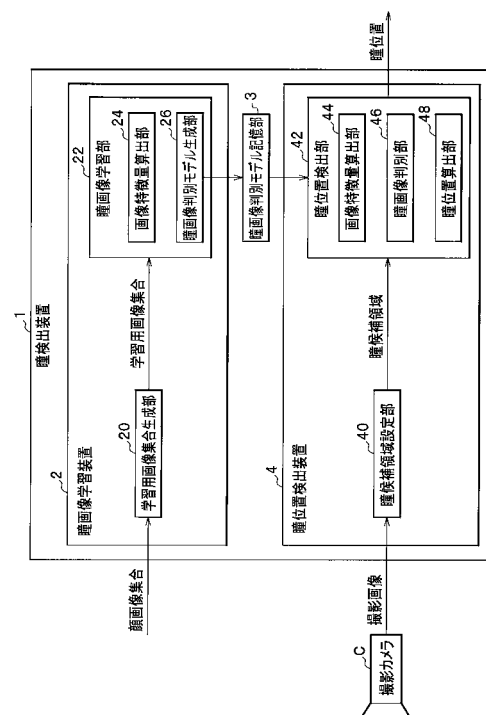
(57) 【要約】

【課題】本願発明は、高解像度の瞳拡大画像を撮影できない場合でも、簡易な構成で瞳位置を検出する。

【解決手段】

瞳検出装置1は、瞳画像学習装置2が、エッジに関する画像特徴量を算出する画像特徴量算出部20と、画像特徴量を機械学習することで、瞳画像判別モデルを生成する瞳画像判別モデル生成部26とを備え、瞳位置検出装置4が、人物の顔領域を切り出した顔画像に瞳候補領域を設定する瞳候補領域設定部40と、瞳候補領域に設定された窓領域について、エッジに関する画像特徴量を算出する画像特徴量算出部44と、窓領域の画像特徴量を瞳画像判別モデルに入力し、窓領域が瞳画像であるか否かを判別する瞳画像判別部46と、瞳画像であると判別された窓領域に含まれる瞳位置を算出する瞳位置算出部48と備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

人物の瞳領域を切り出した瞳画像と、前記人物の瞳以外の顔領域を切り出した非瞳画像との集合である学習用画像集合から、前記瞳画像を判別する瞳画像判別モデルを生成する瞳画像学習装置であって、

前記学習用画像集合に含まれる瞳画像及び非瞳画像のそれぞれについて、エッジに関する画像特徴量を算出する第 1 画像特徴量算出部と、

前記瞳画像の画像特徴量及び前記非瞳画像の画像特徴量を機械学習することで、前記瞳画像判別モデルを生成する瞳画像判別モデル生成部と、
を備えることを特徴とする瞳画像学習装置。

10

【請求項 2】

前記第 1 画像特徴量算出部は、前記エッジに関する画像特徴量として、異なるスケールで延長されたエッジのヒストグラムである多重スケールエッジヒストグラムを算出することを特徴とする請求項 1 に記載の瞳画像学習装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の瞳画像学習装置が生成した瞳画像判別モデルを用いて、撮影画像に含まれる人物の瞳位置を検出する瞳位置検出装置であって、

前記撮影画像に含まれる前記人物の顔領域を切り出した顔画像に、当該顔領域よりも小さいサイズの瞳候補領域を設定する瞳候補領域設定部と、

前記学習用画像集合と同じサイズの窓領域を前記瞳候補領域に設定し、前記窓領域について、エッジに関する画像特徴量を算出する第 2 画像特徴量算出部と、

前記窓領域の画像特徴量を前記瞳画像判別モデルに入力することで、前記窓領域が前記瞳画像であるか否かを判別する瞳画像判別部と、

前記瞳画像であると判別された窓領域に含まれる瞳位置を算出する瞳位置算出部と、
を備えることを特徴とする瞳位置検出装置。

20

【請求項 4】

前記第 2 画像特徴量算出部は、前記窓領域を前記瞳候補領域の異なる位置に設定し、各窓領域について、前記エッジに関する画像特徴量を算出し、

前記瞳画像判別部は、前記各窓領域が前記瞳画像であるか否かを判別し、

前記瞳位置算出部は、前記瞳画像であると判別された全ての窓領域の中心座標を求め、求めた前記中心座標の平均値を前記瞳位置として算出することを特徴とする請求項 3 に記載の瞳位置検出装置。

30

【請求項 5】

前記第 2 画像特徴量算出部は、前記エッジに関する画像特徴量として、異なるスケールで延長されたエッジのヒストグラムである多重スケールエッジヒストグラムを算出することを特徴とする請求項 3 又は請求項 4 に記載の瞳位置検出装置。

【請求項 6】

コンピュータを、請求項 3 から請求項 5 の何れか一項に記載の瞳位置検出装置として機能させるための瞳位置検出プログラム。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】**【0001】**

本願発明は、瞳画像を判別する瞳画像判別モデルを生成する瞳画像学習装置、この瞳画像判別モデルを用いて、撮影画像に含まれる人物の瞳位置を検出する瞳位置検出装置及びそのプログラムに関する。

【背景技術】**【0002】**

従来より、映像（動画）から瞳位置を検出する手法は、運転者の視線方向の特定、番組視聴者や会議参加者の集中度推定、照明光強度の調整など、様々な分野で利用されている（特許文献 1～7）。

50

【0003】

特許文献1, 2に記載の発明は、対象者の頭部に装着した撮影カメラ（ヘッドマウントデバイス）で瞳拡大画像を撮影し、瞳位置を検出するものである。また、特許文献3, 4に記載の発明は、車室内に取り付けた撮影カメラで対象者（運転者）の瞳拡大画像を撮影し、視線方向を特定するものである。また、特許文献5～7に記載の発明は、複数台の撮影カメラで対象者の顔を撮影し、各撮影カメラで撮影した顔画像から、対象者の視線方向を特定するものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

10

【特許文献1】特開2012-050837号公報

【特許文献2】特開2011-224213号公報

【特許文献3】特開2009-157736号公報

【特許文献4】特開2011-086125号公報

【特許文献5】特開2014-094186号公報

【特許文献6】特開2012-022646号公報

【特許文献7】特開2012-217524号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

20

しかし、特許文献1～4に記載の発明は、対象者の頭部に撮影カメラを装着し、又は、対象者の顔の近くに撮影カメラを配置することで、撮影カメラを対象者の顔に接近させた状態で高解像度の瞳拡大画像を撮影する必要がある。言い換えると、特許文献1～4に記載の発明は、高解像度の瞳拡大画像を撮影できない場合、瞳位置を検出することができない。

また、特許文献5～7に記載の発明は、複数台の撮影カメラが必要となるので、装置の大型化、複雑化を招いてしまう。

【0006】

そこで、本願発明は、高解像度の瞳拡大画像を撮影できない場合でも、簡易な構成で瞳位置を検出可能とする瞳画像学習装置、瞳位置検出装置及びそのプログラムを提供することを課題とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

前記した課題に鑑みて、本願発明に係る瞳画像学習装置は、人物の瞳領域を切り出した瞳画像と、人物の瞳以外の顔領域を切り出した非瞳画像との集合である学習用画像集合から、瞳画像を判別する瞳画像判別モデルを生成する瞳画像学習装置であって、第1画像特徴量算出部と、瞳画像判別モデル生成部と、を備える構成とした。

【0008】

かかる構成によれば、瞳画像学習装置は、第1画像特徴量算出部によって、学習用画像集合に含まれる瞳画像及び非瞳画像のそれぞれについて、エッジに関する画像特徴量を算出する。

40

また、瞳画像学習装置は、瞳画像判別モデル生成部によって、瞳画像の画像特徴量及び非瞳画像の画像特徴量を機械学習することで、瞳画像判別モデルを生成する。この瞳画像判別モデルは、エッジに関する画像特徴量を学習しているため、1台の撮影カメラで人物が撮影された撮影画像から、高い正確性で瞳画像の判別を可能とする。

【0009】

また、前記した課題に鑑みて、本願発明に係る瞳位置検出装置は、本願発明に係る瞳画像学習装置が生成した瞳画像判別モデルを用いて、撮影画像に含まれる人物の瞳位置を検出する瞳位置検出装置であって、瞳候補領域設定部と、第2画像特徴量算出部と、瞳画像判別部と、瞳位置算出部と、を備える構成とした。

50

【0010】

かかる構成によれば、瞳位置検出装置は、瞳候補領域設定部によって、1台の撮影カメラで撮影された撮影画像に含まれる人物の顔領域を切り出した顔画像に、当該顔領域よりも小さいサイズの瞳候補領域を設定する。

また、瞳位置検出装置は、第2画像特徴量算出部によって、瞳候補領域について、エッジに関する画像特徴量を算出する。

【0011】

また、瞳位置検出装置は、瞳画像判別部によって、瞳候補領域の画像特徴量を瞳画像判別モデルに入力することで、瞳候補領域が瞳画像であるか否かを判別する。この瞳画像判別モデルは、エッジに関する画像特徴量を学習しているため、1台の撮影カメラで人物が撮影された撮影画像から、高い正確性で瞳画像の判別を可能とする。

そして、瞳位置検出装置は、瞳位置算出部によって、瞳画像と判別された瞳候補領域に含まれる瞳位置を算出する。

【発明の効果】

【0012】

本願発明によれば、以下のような優れた効果を奏する。

本願発明に係る瞳画像学習装置は、エッジに関する画像特徴量を学習した瞳画像判別モデルを生成し、本願発明に係る瞳位置検出装置は、1台の撮影カメラで人物が撮影された撮影画像から、この瞳画像判別モデルを用いて瞳位置を検出する。このように、本願発明によれば、高解像度の瞳拡大画像を撮影できない場合でも、複数台の撮影カメラを必要とせず簡易な構成で瞳位置を検出可能とする。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本願発明の実施形態に係る瞳検出装置の構成を示すブロック図である。

【図2】(a)は瞳領域の選択を説明する説明図であり、(b)は瞳画像の生成を説明する説明図である。

【図3】(a)は瞳以外の顔領域の選択を説明する説明図であり、(b)は非瞳画像の生成を説明する説明図である。

【図4】(a)及び(b)は多重スケールエッジ方向ヒストグラムの算出を説明する説明図である。

【図5】(a)及び(b)は多重スケールエッジ接続角度ヒストグラムの算出を説明する説明図である。

【図6】左瞳候補領域及び右瞳候補領域の設定を説明する説明図である。

【図7】窓領域のスライドを説明する説明図である。

【図8】(a)及び(b)は正規化顔領域画像における瞳位置の算出を説明する説明図である。

【図9】(a)及び(b)は撮影画像上への瞳位置の変換を説明する説明図である。

【図10】瞳画像学習処理のフローチャートである。

【図11】瞳位置検出処理のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本願発明の実施形態について、適宜図面を参照しながら詳細に説明する。なお、同一の機能を有する手段には同一の符号を付し、説明を省略した。

【0015】

[瞳検出装置の構成]

図1を参照し、本願発明の実施形態に係る瞳検出装置1の構成について、説明する。

瞳検出装置1は、瞳画像の判別に利用する瞳画像判別モデルを生成すると共に、その瞳画像判別モデルを用いて、撮影画像に含まれる瞳位置を検出するものである。図1のように、瞳検出装置1は、瞳画像学習装置2と、瞳画像判別モデル記憶部3と、瞳位置検出装置4とを備える。

【0016】

<瞳画像学習装置>

瞳画像学習装置2は、後記する学習用画像集合から、瞳画像を判別する瞳画像判別モデルを生成するものである。図1のように、瞳画像学習装置2は、学習用画像集合生成部20と、瞳画像学習部22とを備える。

【0017】

学習用画像集合生成部20は、外部より入力された顔画像集合から学習用画像集合を生成するものである。

顔画像集合とは、人物の顔領域が撮影された顔画像の集合である。この顔画像集合は、瞳画像判別モデルの正確性を向上させるため、様々な人物の顔画像や、同一人物であっても顔の向きが異なる顔画像を含んでいることが好ましい。

学習用画像集合とは、人物の瞳領域を切り出した瞳画像と、人物の瞳以外の顔領域を切り出した非瞳画像との集合である。

【0018】

例えば、学習用画像集合生成部20は、入力された顔画像集合に含まれる各顔画像を、予め設定されたサイズ（幅W1×高さH1）に変換する。次に、学習用画像集合生成部20は、変換した顔画像をディスプレイ（不図示）に表示し、図2（a）のように、予め設定されたサイズ（幅R×高さR）の矩形状の瞳領域90を瞳画像学習装置2の利用者に選択させる。そして、学習用画像集合生成部20は、図2（b）のように、選択された瞳領域90を瞳画像として切り出す。

【0019】

また、学習用画像集合生成部20は、図3（a）のように、ディスプレイに表示された顔画像から、瞳領域90と同一サイズの瞳以外の顔領域（非瞳領域）91を瞳画像学習装置2の利用者に選択させる。そして、学習用画像集合生成部20は、図3（b）のように、選択された非瞳領域91を非瞳画像として切り出す。

【0020】

その後、学習用画像集合生成部20は、切り出した瞳画像及び非瞳画像の集合を、学習用画像集合として瞳画像学習部22に出力する。

なお、学習用画像集合生成部20は、教師あり機械学習を行うために、瞳画像に正解データであることを示す識別情報を付加し、非瞳画像に不正解データであることを示す識別情報を付加してもよい。

また、学習用画像集合生成部20は瞳画像学習装置2の外部にあって、瞳画像学習装置2は学習用画像集合を外部から取り込むこととしてもよい。

【0021】

瞳画像学習部22は、学習用画像集合生成部20から入力された学習用画像集合を学習するものであり、画像特徴量算出部（第1画像特徴量算出部）24と、瞳画像判別モデル生成部26とを備える。

【0022】

画像特徴量算出部24は、学習用画像集合に含まれる瞳画像及び非瞳画像のそれぞれについて、エッジに関する画像特徴量（例えば、既知のエッジ方向ヒストグラム）を算出するものである。

【0023】

ここで、瞳位置を正確に検出するために、瞳を囲む円や眼の輪郭等の形状を重視した画像特徴量を用いることが好ましい。そこで、画像特徴量算出部24は、エッジに関する画像特徴量として、多重スケールエッジヒストグラムを算出する。

この多重スケールエッジヒストグラムとは、異なるスケールで延長されたエッジのヒストグラムのことであり、多重スケールエッジ方向ヒストグラムや多重スケールエッジ接続角度ヒストグラムが含まれる。

【0024】

多重スケールエッジ方向ヒストグラムは、図4（a）のように、Kピクセルだけ離れた

10

20

30

40

50

画素 9 2 の局所的なエッジ 9 3 だけでなく、 $K \times n$ ピクセル離れた画素 9 2 までは連続した場合、スケール n のエッジ 9 3 として扱う。この多重スケールエッジ方向ヒストグラムは、図 4 (b) のように、スケール 0 からスケール $N-1$ まで、0 度～179 度のエッジ方向 θ 毎に、エッジ 9 3 の出現頻度（画像中の個数）を表している。

なお、 N はスケールの多重数であり、 $1 \leq n \leq N$ を満たす。

【0025】

多重スケールエッジ接続角度ヒストグラムは、図 5 (a) のように、エッジ 9 3 A と、そのエッジ 9 3 A の端点となる画素 9 2 A を中心とした半径 R の円内に、端点となる画素 9 2 B が存在するエッジ 9 3 B との接続角度 ϕ に基づいたものである。この多重スケールエッジ接続角度ヒストグラムは、図 5 (b) のように、スケール 0 からスケール $N-1$ ま

10

【0026】

ここで、画像特徴量算出部 2 4 は、エッジに関する画像特徴量として、多重スケールエッジ方向ヒストグラム又は多重スケールエッジ接続角度ヒストグラムの一方のみを算出してもよい。また、画像特徴量算出部 2 4 は、多重スケールエッジ方向ヒストグラム又は多重スケールエッジ接続角度ヒストグラムの両方を算出し、これらを要素とする多次元の画像特徴量として扱ってもよい。

【0027】

なお、多重スケールエッジ方向ヒストグラム及び多重スケールエッジ接続角度ヒストグラムは、下記の参考文献に詳細に記載されているため、これ以上の説明を省略する。

20

参考文献：震災映像アーカイブス検索システムへの類似画像検索技術の適用、望月貴裕他、2014 年映像情報メディア学会年次大会 (ITE Annual Convention 2014)

【0028】

瞳画像判別モデル生成部 2 6 は、画像特徴量算出部 2 4 が算出した瞳画像の画像特徴量及び非瞳画像の画像特徴量を機械学習することで、瞳画像判別モデルを生成するものである。この瞳画像判別モデル生成部 2 6 は、既知の機械学習を利用でき、サポートベクターマシン、ニューラルネットワーク等の教師あり機械学習を行うことが好ましい。そして、瞳画像判別モデル生成部 2 6 は、生成した瞳画像判別モデルを瞳画像判別モデル記憶部 3

30

【0029】

<瞳画像判別モデル記憶部>

瞳画像判別モデル記憶部 3 は、瞳画像判別モデル生成部 2 6 が生成した瞳画像判別モデルを記憶するメモリ、ハードディスク (HDD: Hard Disk Drive) 等の記憶装置である。

なお、瞳画像判別モデル記憶部 3 は、瞳画像学習装置 2 に備えられてもよく、瞳位置検出装置 4 に備えられてもよい。

【0030】

<瞳位置検出装置>

瞳位置検出装置 4 は、瞳画像判別モデル記憶部 3 に記憶された瞳画像判別モデルを用いて、撮影画像に含まれる人物の瞳位置を検出するものである。図 1 のように、瞳位置検出装置 4 は、瞳候補領域設定部 4 0 と、瞳位置検出部 4 2 とを備える。

40

【0031】

瞳候補領域設定部 4 0 は、1 台の撮影カメラ C で撮影された撮影画像に含まれる人物の顔領域を切り出した顔画像に、当該顔領域よりも小さいサイズの瞳候補領域を設定するものである。この撮影画像は、撮影映像（動画）を構成するフレーム画像である。

すなわち、瞳位置検出装置 4 は、以下で説明する処理を各フレーム画像に施すと、撮影映像の瞳位置を検出、追跡することが可能となる。

【0032】

まず、瞳候補領域設定部 4 0 は、一般的な撮影カメラ C から入力された撮影画像に既知

50

の顔領域検出処理（例えば、OpenCV）を施すことで、撮影画像に含まれる矩形状の顔領域を検出し、検出した顔領域を切り出して顔領域画像を生成する。この撮影画像に含まれる顔領域の左上座標を（ x_f , y_f ）とし、撮影画像に含まれる顔領域のサイズを（幅 w_f ×高さ h_f ）とする。

【0033】

次に、瞳候補領域設定部40は、図6のように、生成した顔領域画像を予め設定されたサイズ（幅 w_f ×高さ h_f ）に変換することで、正規化顔領域画像94を生成する。そして、瞳候補領域設定部40は、正規化顔領域画像94に左右の瞳候補領域95（左瞳候補領域95L及び右瞳候補領域95R）を設定する。その後、瞳候補領域設定部40は、設定した左右の瞳候補領域95を瞳位置検出部42に出力する。

10

【0034】

ここで、図6のように、左瞳候補領域95L及び右瞳候補領域95Rの左上座標、幅及び高さは、以下の式で定義される。つまり、左瞳候補領域95L及び右瞳候補領域95Rは、縦横の比率がそのまま、正規化顔領域画像94の縮小したサイズとなる。なお、係数 $R1$, $R2$, $R3$, $R4$ は、0以上1未満の値で予め設定される。

【0035】

右瞳候補領域の左上座標 $(x_r, y_r) = (R1 \times w_f, R3 \times h_f)$
 右瞳候補領域の幅 $w_r = R2 \times w_f$
 右瞳候補領域の高さ $h_r = R4 \times h_f$
 左瞳候補領域の左上座標 $(x_l, y_l) = ((1 - R1 - R2) \times w_f, R3 \times h_f)$
 左瞳候補領域の幅 $w_l = R2 \times w_f$
 左瞳候補領域の高さ $h_l = R4 \times h_f$

20

【0036】

瞳位置検出部42は、瞳候補領域設定部40より入力された左右の瞳候補領域95から、瞳位置を検出するものであり、画像特徴量算出部（第2画像特徴量算出部）44と、瞳画像判別部46と、瞳位置算出部48とを備える。

【0037】

画像特徴量算出部44は、左右の瞳候補領域について、エッジに関する画像特徴量を算出するものである。本実施形態では、画像特徴量算出部44は、学習用画像集合と同じサイズ（幅 R ×高さ R ）の窓領域を左右の瞳候補領域95に設定する。そして、画像特徴量算出部44は、異なる位置に設定された各窓領域について、画像特徴量算出部24と同一の画像特徴量を算出する。

30

【0038】

具体的には、画像特徴量算出部44は、図7のように、右瞳候補領域95Rに窓領域96を設定し、この窓領域96の画像特徴量を算出する。次に、画像特徴量算出部44は、窓領域96をスライドさせた後（破線で図示）、その位置で窓領域96の画像特徴量を算出する。このように、画像特徴量算出部44は、右瞳候補領域95Rの全範囲から画像特徴量を算出するまで、窓領域96のスライドと画像特徴量の算出とを繰り返す。

【0039】

なお、画像特徴量算出部44では、窓領域96のスライド量を任意に設定できる。

40

また、画像特徴量算出部44では、窓領域96のスライド方法も任意に設定できる。例えば、画像特徴量算出部44は、右瞳候補領域95Rの左上から右下まで、ラスタスキャンのように窓領域96をスライドさせてもよい。

また、画像特徴量算出部44は、右瞳候補領域95Rと同様、左瞳候補領域95Lについても窓領域96の画像特徴量を算出する。

【0040】

瞳画像判別部46は、左右の瞳候補領域95について、画像特徴量算出部44が算出した各窓領域96の画像特徴量を瞳画像判別モデルに入力することで、各窓領域96が瞳画像であるか否かを判別するものである。

【0041】

50

ここで、窓領域 96 の画像特徴量を瞳画像判別モデルに入力すると、その窓領域 96 が瞳画像である確率が瞳画像判別モデルから出力される。従って、瞳画像判別部 46 は、瞳画像判別モデルが出力した確率の閾値処理により、各窓領域 96 が瞳画像であるか否かを判別する。例えば、瞳画像判別部 46 は、瞳画像判別モデルからの確率が予め設定された閾値以上であれば、その窓領域 96 が瞳画像であると判別する。一方、瞳画像判別部 46 は、瞳画像判別モデルからの確率が閾値未満であれば、その窓領域 96 が瞳画像でないと判別する。

【0042】

瞳位置算出部 48 は、左右の瞳候補領域 95 について、瞳画像判別部 46 により瞳画像であると判別された窓領域 96 の瞳位置を算出するものである。

本実施形態では、瞳位置算出部 48 は、図 8 (a) のように、左右の瞳候補領域 95 について、瞳画像であると判別された全ての窓領域 96 の中心座標を求める。そして、瞳位置算出部 48 は、図 8 (b) のように、右瞳候補領域 95 R から求めた中心座標の平均値を、正規化顔領域画像 94 における右瞳位置 97 R として算出する。さらに、瞳位置算出部 48 は、左瞳候補領域 95 L から求めた中心座標の平均値を、正規化顔領域画像 94 における左瞳位置 97 L として算出する。

【0043】

次に、瞳位置算出部 48 は、図 9 のように、正規化顔領域画像 94 における右瞳位置 97 R を撮影画像 98 の座標に変換し、変換した座標を右瞳位置 99 R として出力する。また、瞳位置算出部 48 は、正規化顔領域画像 94 における左瞳位置 97 L を撮影画像 98 の座標に変換し、変換した座標を左瞳位置 99 L として出力する。

【0044】

ここで、図 9 のように、左瞳候補領域 95 L 及び右瞳候補領域 95 R の左上座標、幅及び高さは、以下の式で定義される。なお、右瞳位置 97 R の座標を (X_{pr}, Y_{pr}) とし、左瞳位置 97 L の座標を (X_{pl}, Y_{pl}) とする。また、右瞳位置 99 R の座標を (x_{pr}, y_{pr}) とし、左瞳位置 99 L の座標を (x_{pl}, y_{pl}) とする。

【0045】

$$\begin{aligned} x_{pr} &= x_f + (w_f / W_f) \times X_{pr} \\ y_{pr} &= y_f + (h_f / H_f) \times Y_{pr} \\ x_{pl} &= x_f + (w_f / W_f) \times X_{pl} \\ y_{pl} &= y_f + (h_f / H_f) \times Y_{pl} \end{aligned}$$

【0046】

[瞳画像学習処理]

図 10 を参照し、瞳画像学習装置 2 による瞳画像学習処理について説明する (適宜図 1 参照)。

【0047】

図 10 のように、瞳画像学習装置 2 は、外部より顔画像集合が学習用画像集合生成部 20 に入力される (ステップ S1)。

瞳画像学習装置 2 は、学習用画像集合生成部 20 によって、人物の瞳領域を切り出した瞳画像を生成する (ステップ S2)。

瞳画像学習装置 2 は、学習用画像集合生成部 20 によって、人物の非瞳域を切り出した非瞳画像を生成する (ステップ S3)。

【0048】

瞳画像学習装置 2 は、画像特徴量算出部 24 によって、瞳画像及び非瞳画像のそれぞれについて、エッジに関する画像特徴量を算出する (ステップ S4)。

瞳画像学習装置 2 は、瞳画像判別モデル生成部 26 によって、瞳画像の画像特徴量及び非瞳画像の画像特徴量を機械学習することで、瞳画像判別モデルを生成する (ステップ S5)。

【0049】

[瞳位置検出処理]

10

20

30

40

50

図 1 1 を参照し、瞳位置検出装置 4 による瞳位置検出処理について説明する（適宜図 1 参照）。

【0050】

図 1 1 のように、瞳位置検出装置 4 は、1 台の撮影カメラ C から撮影画像が瞳候補領域設定部 40 に入力される（ステップ S 10）。

瞳位置検出装置 4 は、瞳候補領域設定部 40 によって、撮影画像に含まれる矩形状の顔領域を検出し、検出した顔領域を切り出して顔領域画像を生成する（ステップ S 11）。

瞳位置検出装置 4 は、瞳候補領域設定部 40 によって、顔領域画像から予め設定されたサイズの正規化顔領域画像を生成し、この正規化顔領域画像に左右の瞳候補領域を設定する（ステップ S 12）。

10

【0051】

瞳位置検出装置 4 は、画像特徴量算出部 44 によって、左右の瞳候補領域に窓領域を設定し、この窓領域の画像特徴量を算出する（ステップ S 13）。

瞳位置検出装置 4 は、瞳画像判別部 46 によって、各窓領域の画像特徴量を瞳画像判別モデルに入力し、各窓領域が瞳画像である確率を算出する（ステップ S 14）。

【0052】

瞳位置検出装置 4 は、瞳画像判別部 46 によって、瞳画像判別モデルで求めた確率の閾値処理により、各窓領域が瞳画像であるか否かを判別する（ステップ S 15）。

瞳位置検出装置 4 は、瞳画像判別部 46 によって、瞳画像であると判別された全ての窓領域の中心座標の平均値を瞳位置として算出する（ステップ S 16）。

20

【0053】

〔作用・効果〕

本願発明の実施形態に係る瞳検出装置 1 は、瞳画像学習装置 2 が、エッジに関する画像特徴量を学習した瞳画像判別モデルを生成し、瞳位置検出装置 4 が、この瞳画像判別モデルを用いて、1 台の撮影カメラ C で人物が撮影された撮影画像から瞳画像を判別する。従って、瞳検出装置 1 は、高解像度の瞳拡大画像を撮影できない場合でも、複数台の撮影カメラ C を必要とせず簡易な構成で瞳位置を検出することができる。

【0054】

さらに、瞳検出装置 1 は、瞳画像学習装置 2 及び瞳位置検出装置 4 が、エッジに関する画像特徴量として、多重スケールエッジ方向ヒストグラムや多重スケールエッジ接続角度ヒストグラムのように、長いエッジやエッジの接続方法に重みをおいた画像特徴量を用いるため、瞳位置をより正確に検出することができる。

30

【0055】

さらに、瞳検出装置 1 は、瞳位置検出装置 4 が、瞳画像であると判別された全ての窓領域の中心座標を求め、求めた中心座標の平均値を瞳位置として算出するため、瞳位置をより正確に検出することができる。

【0056】

前記した実施形態では、瞳位置検出装置 4 を独立したハードウェアとして説明したが、本願発明は、これに限定されない。例えば、コンピュータが備える CPU、メモリ、ハードディスク等のハードウェア資源を、瞳位置検出装置 4 として協調動作させる瞳位置検出プログラムで実現することもできる。このプログラムは、通信回線を介して配布してもよく、CD-ROM やフラッシュメモリ等の記録媒体に書き込んで配布してもよい。

40

【符号の説明】

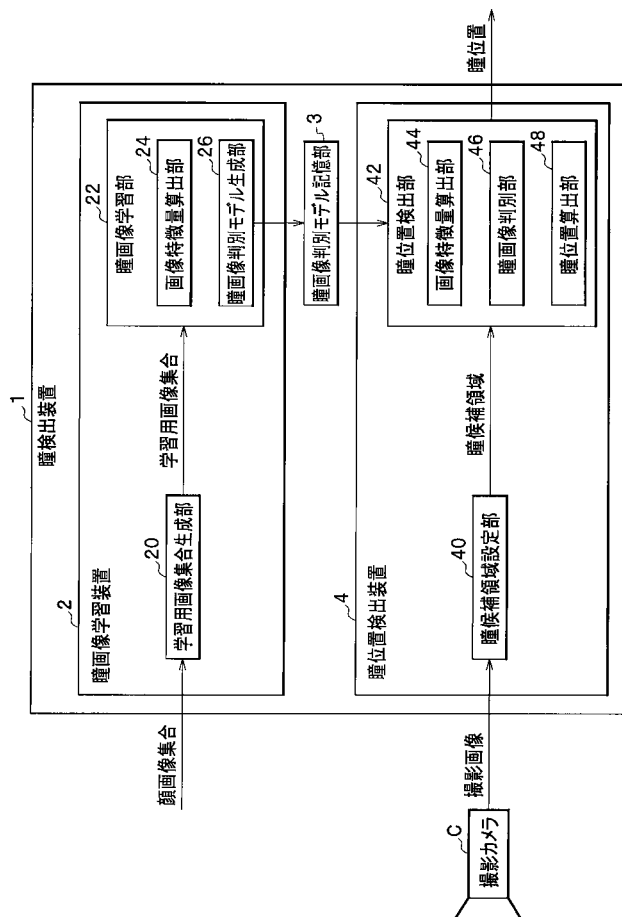
【0057】

- 1 瞳検出装置
- 2 瞳画像学習装置
- 3 瞳画像判別モデル記憶部
- 4 瞳位置検出装置
- 20 学習用画像集合生成部
- 22 瞳画像学習部

50

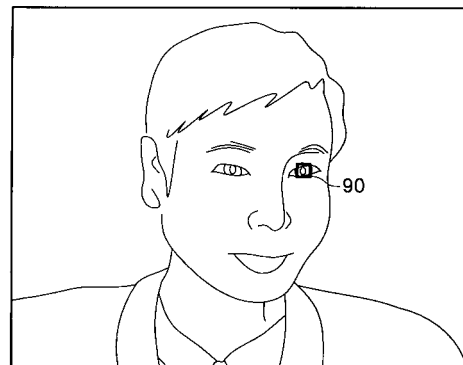
- 2 4 画像特徴量算出部（第 1 画像特徴量算出部）
- 2 6 瞳画像判別モデル生成部
- 4 0 瞳候補領域設定部
- 4 2 瞳位置検出部
- 4 4 画像特徴量算出部（第 2 画像特徴量算出部）
- 4 6 瞳画像判別部
- 4 8 瞳位置算出部

【図 1】

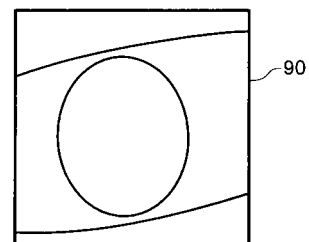


【図 2】

(a)

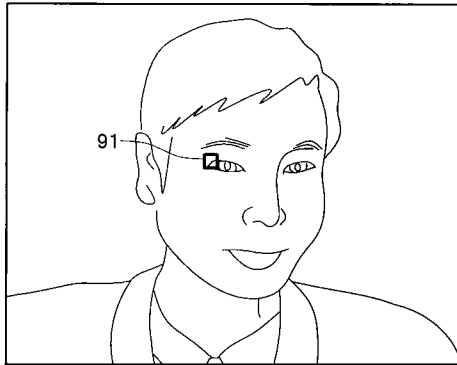


(b)

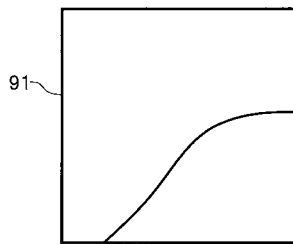


【図 3】

(a)

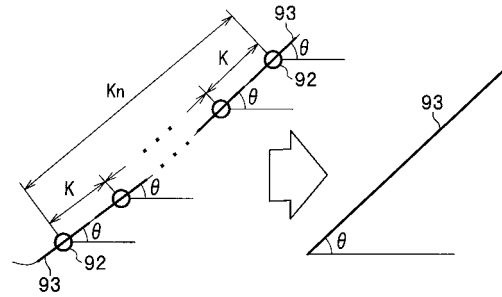


(b)

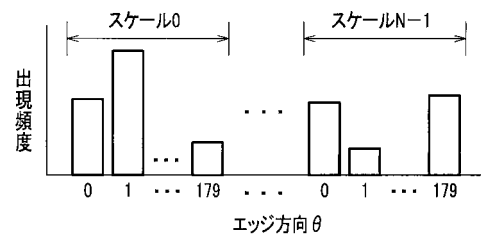


【図 4】

(a)

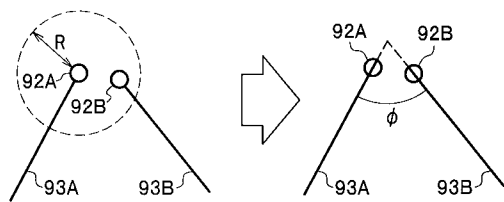


(b)

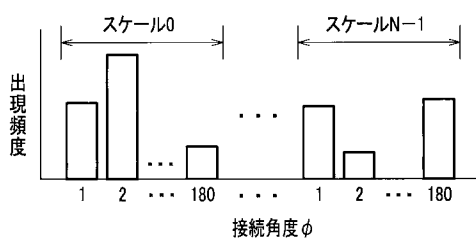


【図 5】

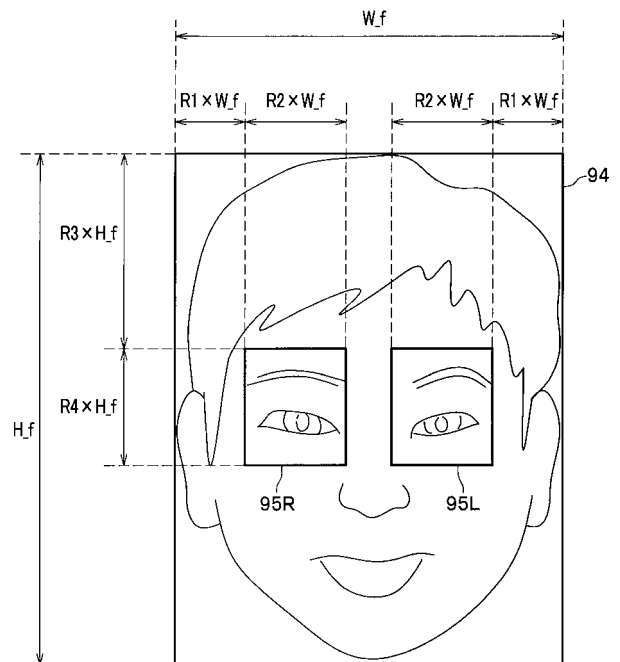
(a)



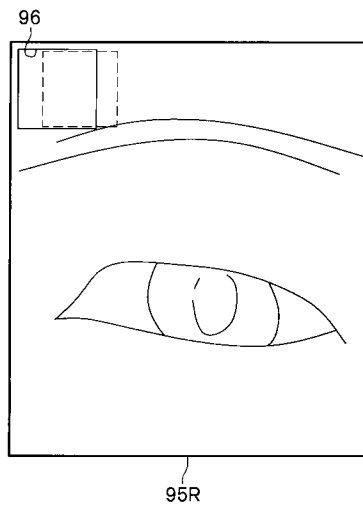
(b)



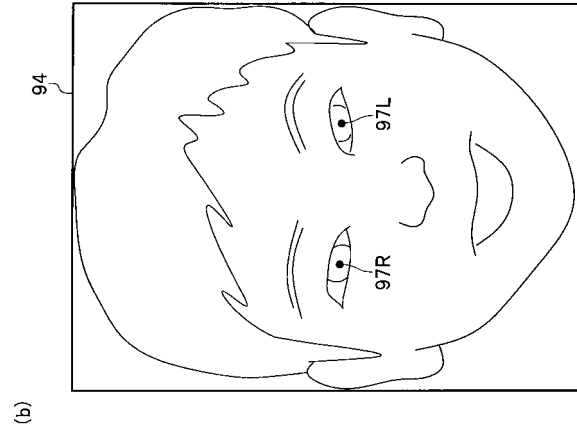
【図 6】



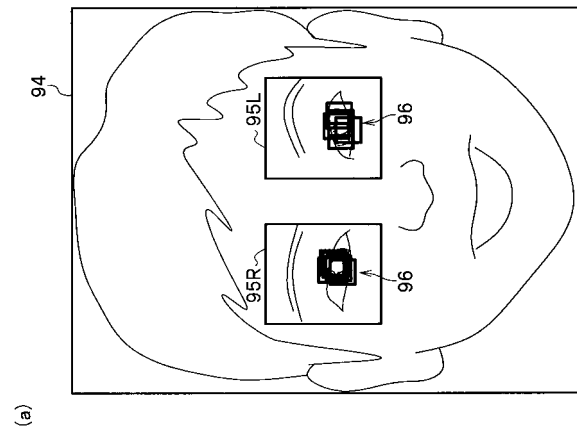
【図 7】



【図 8】

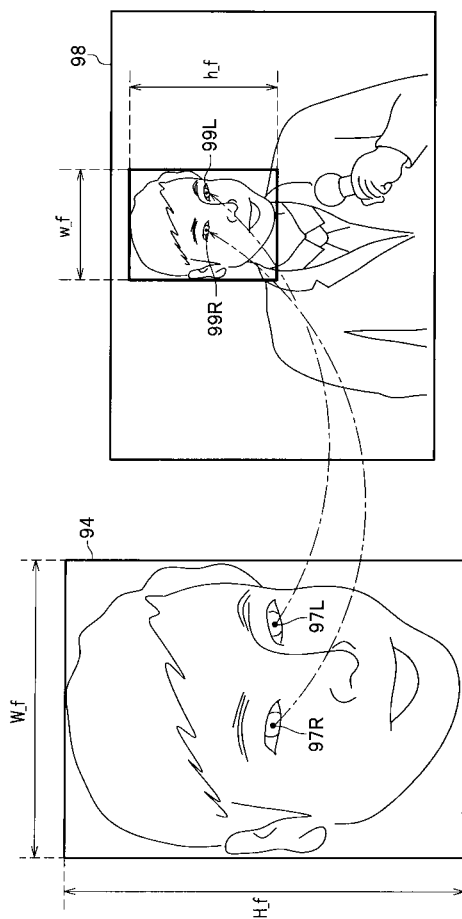


(b)

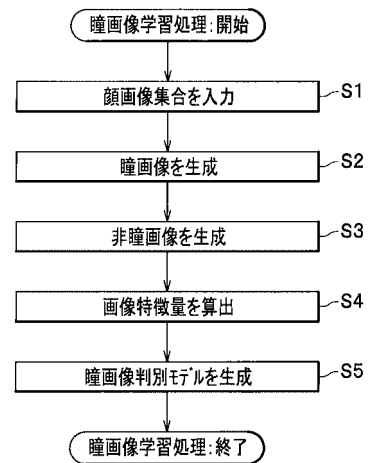


(a)

【図 9】



【図 10】



【図 1 1】

