

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6071002号
(P6071002)

(45) 発行日 平成29年2月1日(2017.2.1)

(24) 登録日 平成29年1月13日(2017.1.13)

(51) Int. Cl.		F I			
G06T	1/00	(2006.01)	G06T	1/00	340A
G06T	7/00	(2017.01)	G06T	7/00	300E

請求項の数 7 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2013-558675 (P2013-558675)	(73) 特許権者	000004237
(86) (22) 出願日	平成25年2月8日(2013.2.8)		日本電気株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/053105		東京都港区芝五丁目7番1号
(87) 国際公開番号	W02013/122009	(74) 代理人	100079108
(87) 国際公開日	平成25年8月22日(2013.8.22)		弁理士 稲葉 良幸
審査請求日	平成28年1月12日(2016.1.12)	(74) 代理人	100109346
(31) 優先権主張番号	特願2012-31319 (P2012-31319)		弁理士 大貫 敏史
(32) 優先日	平成24年2月16日(2012.2.16)	(74) 代理人	100117189
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 江口 昭彦
		(74) 代理人	100134120
			弁理士 内藤 和彦
		(74) 代理人	100109586
			弁理士 土屋 徹雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 信頼度取得装置、信頼度取得方法および信頼度取得プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

画像に対して適用した場合に、検出対象の所定部位に関する部位らしさを出力する識別器の情報を記憶する識別器記憶部と、

入力画像に含まれる画像領域について、前記識別器の情報に基づいて前記部位らしさを求める部位らしさ取得部と、

前記求めた部位らしさに基づいて、前記入力画像における前記所定部位の位置を決定する部位位置決定部と、

前記所定部位の基準位置に関する情報を記憶する基準位置情報記憶部と、

前記基準位置の情報に基づいて、前記所定部位の基準位置と、前記所定部位の前記決定した位置との差分情報を求める差分取得部と、

前記差分情報と前記部位らしさとに基づいて、入力画像が検出対象の画像である可能性を示す信頼度を求める信頼度取得部と、
を備えることを特徴とする信頼度取得装置。

【請求項2】

前記検出対象は顔であることを特徴とする請求項1記載の信頼度取得装置。

【請求項3】

前記識別器記憶部及び前記基準位置情報記憶部はそれぞれ、複数の所定部位について識別器の情報、基準位置の情報を記憶しており、

前記部位らしさ取得部、前記部位位置決定部、前記差分取得部はそれぞれ、各所定部位

10

20

について、部位らしさを取得し、所定部位の位置を決定し、差分情報を求めることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の信頼度取得装置。

【請求項 4】

前記信頼度取得部は、前記信頼度と、前記信頼度とは異なる方法により求めた 1 以上の追加信頼度とに基づいて、統合信頼度を求めることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の信頼度取得装置。

【請求項 5】

前記差分取得部は、ロバスト推定の手法を用いて、前記位置決定部において決定した部位位置が外れ値であるかどうかに基づいて差分情報を求めることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の信頼度取得装置。

10

【請求項 6】

コンピュータが、
画像に対して適用した場合に、検出対象の所定部位に関する部位らしさを出力する識別器の情報を記憶する識別器記憶部を参照して、入力画像に含まれる画像領域について、前記識別器の情報に基づいて前記部位らしさを求め、

前記求めた部位らしさに基づいて、前記入力画像における前記所定部位の位置を決定し、

前記所定部位の基準位置に関する情報を記憶する基準位置情報記憶部を参照して、前記基準位置の情報に基づいて、前記所定部位の基準位置と、前記所定部位の前記決定した位置との差分情報を求め、

20

前記差分情報と前記部位らしさとに基づいて、入力画像が検出対象の画像である可能性を示す信頼度を求める、
信頼度取得方法。

【請求項 7】

コンピュータに、
画像に対して適用した場合に、検出対象の所定部位に関する部位らしさを出力する識別器の情報を記憶する識別器記憶部を参照して、入力画像に含まれる画像領域について、前記識別器の情報に基づいて前記部位らしさを求める機能と、

前記求めた部位らしさに基づいて、前記入力画像における前記所定部位の位置を決定する機能と、

30

前記所定部位の基準位置に関する情報を記憶する基準位置情報記憶部を参照して、前記基準位置の情報に基づいて、前記所定部位の基準位置と、前記所定部位の前記決定した位置との差分情報を求める機能と、

前記差分情報と前記部位らしさとに基づいて、入力画像が検出対象の画像である可能性を示す信頼度を求める機能と、
を実現させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、信頼度取得装置、信頼度取得方法、信頼度取得プログラムに関する。

40

【背景技術】

【0002】

画像中から対象（例えば、顔領域）の位置を特定する検出技術が、これまでに数多く提案されている。このような検出技術では、入力画像が与えられたときに、画像領域が対象であるか否かを判定する識別器を用いて、入力画像中を満遍なく探索することで対象の検出を行う場合が多い。

【0003】

ここで、顔検出で用いられる識別器は、通常、顔領域を切り出した画像と顔を含まない画像を大量に用意し、学習を行って生成する。しかし、顔か否かを判別するのに必要な情報を完全に含んだ学習用の画像群を用意することは困難なため、一般的に、構築された識

50

別器はある程度の検出間違いを伴う。このような検出間違いには二種類あり、顔領域を顔と判定できず見逃す場合（未検出）と、顔ではない領域を誤って顔と判定する場合（誤検出）があり、後者について、その数を減らすための技術が幾つか知られている。

【0004】

例えば、特許文献1には、顔の誤検出を低減する方法として、顔として検出した領域の色が肌色かどうかを判定に用いる手法が記載されている。

【0005】

また、特許文献2には、顔の誤検出を低減する方法として、顔のテクスチャと形状に関する統計的なモデルを用いる方法が記載されている。この方法では、統計的なモデルのパラメータを調整し、このモデルから生成される顔画像と、顔検出結果に基づき顔領域として切り出した画像との輝度値の差分を最小化する。なお、モデルから生成される顔画像と、顔検出結果に基づき顔領域として切り出した画像とはそれぞれ、顔形状に関して正規化されている。そして、最小化した輝度値の差分が所定の閾値以上の場合、検出結果は誤検出であると判定する。通常、顔に関する統計的なモデルは、顔以外の画像の表現力が乏しいため、仮に、顔検出結果に基づき切り出した画像が顔でない場合（誤検出）、モデルから生成される顔画像と顔検出結果に基づき切り出した画像との輝度値の差分は大きくなると考えられる。特許文献2記載の方法は、このような知見に基づき、輝度値の差分により顔検出結果が真に顔であるか否かを判定するものである。

【0006】

また、非特許文献1には、顔の誤検出を低減する方法として、サポートベクタマシン（SVM）により顔の誤検出判定器を学習し、この判定器を顔検出結果に基づいて切り出した領域に対して適用することで、より積極的に誤検出を除去する手法が提案されている。この方法では、ガボールウェーブレット変換により抽出される画像特徴量をSVMで学習し、対象領域のテクスチャが顔らしいか否かを識別する識別器を構築する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2009 123081

【特許文献2】特開2010 191592

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】山下ら，「顔検出の高性能化のための誤検出除去手法」，電子情報通信学会技術研究報告PRMU2004-102

【非特許文献2】D. Cristinacce and T. F. Cootes, "A Comparison of Shape Constrained Facial Feature Detectors," In 6th International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition 2004, Korea, pages 357-380, 2004.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、特許文献1の方法では、顔として検出した領域における色が肌色かどうかに基づき顔か否かを判定しているため、肌色以外の背景については顔以外の領域として除去できる一方、背景に肌色に近い領域が含まれている場合や、照明変動の影響で顔の肌の色が変化する場合に、顔か否かを適切に判定できないといった問題があった。

【0010】

また、特許文献2の方法では、検出した顔領域と顔に関する統計的なモデルとの、輝度画像に関する差分を用いている。この場合、照明や表情などが複雑に変化する環境では顔領域の輝度値も複雑に変化するため、検出した顔領域と統計的なモデルとの輝度画像の差分値がどの程度の大きさであれば誤検出であるかを固定的に決めることが難しい。そのため、輝度画像の差分値に基づいて顔か否かを判定する方法は、精度が十分に得られないといった問題があった。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

さらに、非特許文献1の方法では、ガボールウェーブレット変換による画像特徴量を、検出した顔領域の全体から抽出し、その特徴量を顔か否かの判定に用いている。しかし、顔検出器が背景などの顔ではない領域を誤って顔と判定するケースは、そもそもその領域に顔らしいテクスチャが含まれていることが誤検出の原因になっていると考えられ、この場合、検出した顔領域の全体から抽出した画像特徴量は、対象領域が顔らしいことを示す可能性がある。そのため、非特許文献1の方法のように、検出した顔領域の全体から抽出した画像特徴量で判定する方法では、精度が十分に得られず、顔の誤検出を低減することは難しいといった問題があった。

【 0 0 1 2 】

これらの問題は、顔以外を検出対象とする場合においても生じる問題である。

【 0 0 1 3 】

そこで、本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであり、誤検出などの検出間違いを低減すべく、入力画像が検出対象の画像（例えば、顔画像）であるか否かを判定するための信頼度を高い精度で求めることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 4 】

本発明の一側面に係る信頼度取得装置は、画像に対して適用した場合に、検出対象の所定部位に関する部位らしさを出力する識別器の情報を記憶する識別器記憶部と、入力画像に含まれる画像領域について、前記識別器の情報に基づいて前記部位らしさを求める部位らしさ取得部と、前記求めた部位らしさに基づいて、前記入力画像における前記所定部位の位置を決定する部位位置決定部と、前記所定部位の基準位置に関する情報を記憶する基準位置情報記憶部と、前記基準位置の情報に基づいて、前記所定部位の基準位置と、前記所定部位の前記決定した位置との差分情報を求める差分取得部と、前記差分情報に基づいて、入力画像が検出対象の画像である可能性を示す信頼度を求める信頼度取得部と、を備える。

【 0 0 1 5 】

また、本発明の一側面に係る信頼度取得方法では、コンピュータが、画像に対して適用した場合に、検出対象の所定部位に関する部位らしさを出力する識別器の情報を記憶する識別器記憶部を参照して、入力画像に含まれる画像領域について、前記識別器の情報に基づいて前記部位らしさを求め、前記求めた部位らしさに基づいて、前記入力画像における前記所定部位の位置を決定し、前記所定部位の基準位置に関する情報を記憶する基準位置情報記憶部を参照して、前記基準位置の情報に基づいて、前記所定部位の基準位置と、前記所定部位の前記決定した位置との差分情報を求め、前記差分情報に基づいて、入力画像が検出対象の画像である可能性を示す信頼度を求める。

【 0 0 1 6 】

また、本発明の一側面に係るプログラムは、コンピュータに、画像に対して適用した場合に、検出対象の所定部位に関する部位らしさを出力する識別器の情報を記憶する識別器記憶部を参照して、入力画像に含まれる画像領域について、前記識別器の情報に基づいて前記部位らしさを求める機能と、前記求めた部位らしさに基づいて、前記入力画像における前記所定部位の位置を決定する機能と、前記所定部位の基準位置に関する情報を記憶する基準位置情報記憶部を参照して、前記基準位置の情報に基づいて、前記所定部位の基準位置と、前記所定部位の前記決定した位置との差分情報を求める機能と、前記差分情報に基づいて、入力画像が検出対象の画像である可能性を示す信頼度を求める機能と、を実現させるためのものである。

【 0 0 1 7 】

なお、本発明において、「部」とは、単に物理的手段を意味するものではなく、その「部」が有する機能をソフトウェアによって実現する場合も含む。また、1つの「部」や装置が有する機能が2つ以上の物理的手段や装置により実現されても、2つ以上の「部」や装置の機能が1つの物理的手段や装置により実現されても良い。

10

20

30

40

50

【発明の効果】**【0018】**

本発明によれば、入力画像が検出対象の画像であるか否かを判定するための信頼度を高い精度で求めることが可能となる。

【図面の簡単な説明】**【0019】**

【図1】本実施形態の顔領域信頼度算出装置1の構成例を示す図である。

【図2】本実施形態の顔領域信頼度算出装置1の動作を示すフローチャートである。

【図3】画像入力部が入力する画像の例を示す図である。

【図4】顔の写った画像において、顔特徴点信頼度生成装置が対象とする顔特徴点を示す図である。

10

【図5】右目の瞳中心の信頼度画像の例を示す図である。

【図6】右目の瞳中心周辺の信頼度画像において、信頼度が最大となる位置を示す図である。

【発明を実施するための形態】**【0020】**

以下、検出対象を顔とし、顔の部位に関する部位らしさとして、目や鼻といった顔の部位に対応する特徴点（顔特徴点）の特徴点らしさ（顔特徴点信頼度）を用いる場合を例に、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

【0021】

20

図1は、本発明の実施形態である顔領域信頼度算出装置1の構成例を示す図である。図1に示すように、本発明による顔領域信頼度算出装置1は、データ処理装置100と、記憶装置200とを含む。データ処理装置100は、顔画像入力部110と、顔特徴点信頼度生成部120と、顔特徴点位置決定部130と、顔特徴点位置差分計算部140と、顔領域信頼度算出部150とを含む。記憶装置200は、顔特徴点識別器記憶部210と、顔形状モデル記憶部220とを含む。なお、図示しないが、顔領域信頼度算出装置1は、従来の顔検出器を備えていてもよい。

【0022】

顔特徴点識別器記憶部210は、顔特徴点ごとに、画像に対して適用した場合に顔特徴点らしさを出力する顔特徴点識別器の情報を記憶する。このような顔特徴点識別器は、種々の従来技術を用いて生成することができる。

30

【0023】

顔形状モデル記憶部220は、顔の部位の基準位置に関する情報として、顔特徴点の位置（座標）に関する統計分布に基づき、顔特徴点の基準位置を規定する顔形状モデルの情報を記憶する。このような顔形状モデルとしては、例えば顔特徴点ごとに複数人の顔特徴点の平均座標を基準位置として規定するモデル、各顔特徴点の位置座標を要素とするベクトル X を考え、複数の顔画像から得られるベクトル X を主成分分析して得られる部分空間を規定するモデル、顔特徴点の基準位置をパラメトリック関数で規定するモデル、入力画像のサイズおよび顔の撮影位置が固定された環境において、顔特徴点の平均位置（画像座標系における位置）を保持したモデルなどを考えることができる。

40

【0024】

顔画像入力部110は、処理対象となる入力画像を取得する。

【0025】

顔特徴点信頼度生成部120は、入力画像に含まれる画像領域（画素を含む）について、顔特徴点識別器記憶部210に記憶されている顔特徴点識別器の情報に基づいて顔特徴点らしさを求め、顔特徴点らしさの分布を表す信頼度画像を生成する。

【0026】

顔特徴点位置決定部130は、顔特徴点信頼度生成部120が生成した信頼度画像に基づいて、入力画像における顔特徴点（検出特徴点）の位置を決定する。

【0027】

50

顔特徴点位置差分計算部 140 は、顔形状モデル記憶部 220 に記憶されている顔形状モデルに基づいて顔特徴点の基準位置を求め、かかる顔特徴点の基準位置と、顔特徴点位置決定部 130 が決定した検出特徴点の位置の差分情報を求める。

【0028】

顔領域信頼度算出部 150 は、顔特徴点位置差分計算部 140 で求めた差分情報に基づいて、入力画像が顔画像である可能性を示す顔領域信頼度を算出する。

【0029】

次に、顔領域信頼度算出装置 1 の動作について、図面を参照して説明する。図 2 は、図 1 に示す顔領域信頼度算出装置 1 の動作を示すフローチャートである。

【0030】

まず、顔画像入力部 110 が、処理対象となる入力画像を取得する（ステップ S111）。

【0031】

次に、顔特徴点信頼度生成部 120 が、入力画像に含まれる画像領域について、顔特徴点識別器記憶部 210 に記憶されている顔特徴点識別器の情報に基づいて顔特徴点らしさを求め、顔特徴点らしさの分布を表す信頼度画像を生成する（ステップ S112）。

【0032】

次に、顔特徴点位置決定部 130 が、S112 で生成した信頼度画像に基づいて、入力画像における顔特徴点（検出特徴点）の位置を決定する（ステップ S113）。

【0033】

次に、顔特徴点位置差分計算部 140 が、顔形状モデル記憶部 220 に記憶されている顔形状モデルに基づいて顔特徴点の基準位置を求め、かかる顔特徴点の基準位置と、S113 で決定した検出特徴点の位置との差分情報を求める（ステップ S114）。

【0034】

次に、顔領域信頼度算出部 150 が、S114 で求めた差分情報に基づいて、入力画像が顔画像である可能性を示す顔領域信頼度を算出する（ステップ S115）。

【0035】

本実施形態によれば、顔領域信頼度算出部において、目や鼻、口などの部位の顔特徴点の位置が顔らしい配置をしているか否かに基づいて顔領域信頼度を算出しているため、顔領域信頼度をより高い実用的な精度で算出することができる。かかる顔領域信頼度を用いることで、顔検出器が背景などの顔ではない領域を誤って顔領域として検出してしまう場合においても、検出した顔領域が真に顔であるか否かを精度良く判定することが可能となる。

【0036】

次に、本発明の実施形態の構成と動作とについて、具体的な実施例を用いて説明する。

【0037】

図 1 に示す本発明による顔領域信頼度算出装置 1 において、データ処理装置 100 は、例えば、パーソナルコンピュータや携帯情報端末等の情報処理装置を用いて構成することができる。また、記憶装置 200（顔特徴点識別器記憶部 210、顔形状モデル記憶部 220）は、例えば、半導体メモリまたはハードディスクによって構成することができる。

【0038】

顔画像入力部 110、顔特徴点信頼度生成部 120、顔特徴点位置決定部 130、顔特徴点位置差分計算部 140、および、顔領域信頼度算出部 150 は、データ処理装置 100 において、例えば、CPU（Central Processing Unit）が記憶部に格納されたプログラムを実行することにより実現することができる。なお、データ処理装置 100 の各部は、その一部又は全部がハードウェアとして実現されてもよい。例えば、顔画像入力部 110 は、デジタルカメラ、スキャナなどの撮像部を含んでいてもよく、また外部装置と通信して入力画像を取得するための通信モジュール等を備えていてもよい。

【0039】

10

20

30

40

50

顔画像入力部 110 は、顔領域信頼度を算出する対象の入力画像を取得する。取得する入力画像は、従来の顔検出器によって検出された顔領域画像であってもよいし、デジタルカメラ等によって人物を撮像した画像であってもよい。

【0040】

図3は、入力画像の例を示す図である。入力画像には、顔の他に背景が含まれていてもよい。顔領域信頼度算出装置1が顔検出器を備える場合、デジタルカメラ等で撮像した画像に対して顔検出処理を行って顔領域画像を切り出し、入力画像として用いることができる。

【0041】

顔特徴点信頼度生成部120は、顔画像入力部110が取得した入力画像に対して、顔特徴点識別器記憶部210に記憶されている顔特徴点識別器を適用し、例えば入力画像の各画素について、目や鼻などの顔の各部位に対応する顔特徴点らしさを求める。

【0042】

図4は、顔特徴点の例を示す図である。図4において、顔特徴点は×印で示されている。本実施例では、図4に示すように、左右の眉の両端部、左右の目の中央部および両端部、鼻の下部、口の両端部および中央部の14点を顔特徴点として用いる。なお、顔特徴点は図4に示す例に限られず、14点以外、例えば1点であってもよい。

【0043】

顔特徴点信頼度生成部120は、顔特徴点ごとに、顔特徴点らしさを画素値とする信頼度画像を生成する。図4に示す例では、信頼度画像は14個生成されることになる。なお、顔特徴点識別器を適用して顔特徴点らしさを計算するための手法は、従来提案されている種々の手法を用いることが可能である。例えば、非特許文献2のように、入力画像の領域全体に、ViolaとJonesによるHaar-like特徴にもとづくAdaBoostを用いて構成した顔特徴点ごとの識別器を適用することで信頼度画像を生成してもよい。このように、顔特徴点識別器の学習の際に、照明や表情の変動に頑健な画像特徴量および学習アルゴリズムを用いることで、照明や表情変動に頑健な顔領域信頼度を算出することが可能となる。

【0044】

図5は、右目中央部に対応する信頼度画像の例を示す図である。図5に示す例では、顔特徴点らしさが大きいほど、濃い黒で示されており、右目中央部以外に、左目の瞳中心付近、右眉付近、および鼻下付近において、右目中央部の顔特徴点らしさが大きい(右目中央部らしい)ことが示されている。

【0045】

顔特徴点位置決定部130は、顔特徴点信頼度生成部120が生成した信頼度画像に基づいて、入力画像における顔特徴点の位置を決定する。顔特徴点位置決定部130は、例えば、顔特徴点信頼度生成部120が生成した各信頼度画像において顔特徴点らしさが最大となる位置を、対応する顔特徴点の位置に決定することができる。または、信頼度画像において顔特徴点らしさが最大となる位置に代えて、顔特徴点位置の事前分布と顔特徴点らしさとの積が最大となる位置を顔特徴点の位置に決定してもよい。

【0046】

図6は、右目中央部に対応する信頼度画像において、顔特徴点らしさが最大となる位置を×印で示す図である。

【0047】

顔特徴点位置差分計算部140は、顔形状モデル記憶部220に記憶されている顔形状モデルに基づいて、顔形状モデルに基づいて決定される顔特徴点の基準位置(顔形状モデル特徴点)の位置を求め、かかる顔特徴点の基準位置と、顔特徴点位置決定部130が決定した入力画像における顔特徴点(検出特徴点)の位置との差分情報を、顔特徴点ごとに計算する。

【0048】

顔特徴点位置の差分情報の計算は、例えば、以下のように行う。なお以下では、顔形状

10

20

30

40

50

モデルとして、顔特徴点の基準位置が直接、顔形状モデル記憶部 220 に記録されているものとする。具体的には、本実施例では、顔形状モデルとして、図 4 に示す 14 点の顔特徴点について二次元の座標値 (28 個の値) がそれぞれ記録される。また、顔特徴点位置決定部 130 が決定した検出特徴点の位置は、同様に、図 4 に示す 14 点の顔特徴点についての二次元の座標値 (28 個の値) となる。

【0049】

顔形状モデル特徴点の座標系と、検出特徴点の座標系には相違があるため、これらの間の位置の差分を求めるには両者の座標系を揃える必要がある。そのため、まず、検出特徴点の座標 t から、顔形状モデル特徴点の座標 k への座標変換 p を求める。

【0050】

本実施例では、座標変換 p として、 x 軸方向の平行移動、 y 軸方向の平行移動、画面内方向の回転、およびスケールに関する座標変換であるヘルマート変換を用いる。この場合、座標変換 p は、式 (1) に示す、ヘルマート変換を規定する 4 つのパラメータ (p_a 、 p_b 、 p_c 、 p_d) により特定される。式 (1) の t は変換前、 u は変換後の座標である。

【0051】

【数 1】

$$\begin{pmatrix} u_x \\ u_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_a & p_b \\ -p_b & p_a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} p_c \\ p_d \end{pmatrix}$$

(1)

【0052】

また、本実施例では、ヘルマート変換 p のパラメータを最小二乗法により求める。この場合、検出特徴点 t をある座標変換 p により変換した際の顔形状モデル特徴点との二乗誤差 (式 (2)) を最小にする p が、求めるべきヘルマート変換のパラメータとなる。なお、式 (2) の N は、顔特徴点の数を表わし、図 4 に示す 14 点の顔特徴点について二乗誤差を計算する場合、 $N = 14$ となる。

【0053】

【数 2】

$$\sum_{i=1}^N \|p(t_i) - k_i\|^2$$

(2)

【0054】

このような式 (2) で表される二乗誤差を最小とする座標変換 p は、式 (3) より解析的に求めることができる。なお、式 (3) の n は最小二乗を求める際のデータ数、 $[z]$ は z の平均値である。

【0055】

10

20

30

40

【数 3】

$$p_a = \frac{[t_x][u_x] + [t_y][u_y] - n[t_x u_x + t_y u_y]}{[t_x]^2 + [t_y]^2 - n[t_x^2 + t_y^2]}$$

$$p_b = \frac{[t_y][u_x] - [t_x][u_y] - n[t_y u_x - t_x u_y]}{[t_x]^2 + [t_y]^2 - n[t_x^2 + t_y^2]}$$

$$p_c = \frac{1}{n} \{ [u_x] - p_a [t_x] - b [t_y] \}$$

$$p_d = \frac{1}{n} \{ [u_y] - p_a [t_y] - b [t_x] \}$$

10

(3)

20

【0056】

次に、求めた座標変換 p を用いて、式(4)に従って、顔特徴点ごとに顔形状モデル特徴点の座標 k と検出特徴点の座標 t のユークリッド距離を、差分として求める。

【0057】

【数 4】

$$\varepsilon_i = \|p(t_i) - k_i\|$$

(4)

30

【0058】

なお、顔特徴点位置差分計算部 140 は、顔形状モデル特徴点の座標 k と検出特徴点の座標 t の差分を計算する際に、顔形状モデル特徴点の座標 k と検出特徴点の座標 t のユークリッド距離ではなくマハラノビス距離などの別の距離尺度を用いてもよい。

【0059】

さらに、顔特徴点位置差分計算部 140 は、顔特徴点位置決定部 130 で位置の決定に失敗した顔特徴点がある場合(例えば、サングラスやマスクによって顔特徴点が遮蔽されている状況や、入力画像が不鮮明で顔特徴点の位置の特定が困難な状況において、誤った位置が顔特徴点として決定される場合)、そのような顔特徴点を外れ値として扱って処理してもよい。具体的には、顔特徴点位置決定部 130 で決定した位置の顔特徴点らしさが所定の閾値以下の顔特徴点を、検出特徴点 t から顔形状モデル特徴点 k への座標変換 p を求める際に利用しない方法が考えられる。また、顔特徴点位置決定部 130 で決定した位置が、真の位置と比べて大きく外れた顔特徴点(例えば、右目の顔特徴点が、左目付近の位置に存在するとして決定されるような場合)を考慮しながら顔特徴点の位置の差分を計算するために、顔形状モデル特徴点の座標 k から検出特徴点の座標 t への座標変換 p を、ロバスト推定の手法により求めることができる。ロバスト推定は、従来提案されている種々の手法を用いることが可能である。

40

【0060】

ここで、顔特徴点位置差分計算部 140 においてロバスト推定を用いて座標変換 p を求める方法の一例として、最小メジアン法(LMedS(least median of squares)法)を用いて検出特徴点の座標 t から顔形状モデル特徴点の座標 k へ

50

のヘルマート変換 p を求める方法について説明する。

【 0 0 6 1 】

まず、図 4 に示す 1 4 個の顔特徴点から 2 個の顔特徴点をランダムに選択する。以下では、ランダムに選択された各顔特徴点に a および b を付して説明する。また、検出特徴点のうち、ランダムに選択された 2 個の顔特徴点に対応する座標の組を (t_a, t_b) とし、顔形状モデル特徴点のうち、ランダムに選択された 2 個の顔特徴点に対応する座標の組を (k_a, k_b) とする。なお、 k_a, k_b, t_a, t_b は、それぞれ座標値を表す二次元ベクトルである。

【 0 0 6 2 】

次に、座標の組 (t_a, t_b) から座標の組 (k_a, k_b) へのヘルマート変換 p のパラメータを求める。この場合、2 点から 2 点への変換のため、パラメータは一意に求まる。

【 0 0 6 3 】

次に、求めたヘルマート変換 p により、検出特徴点の座標 t の 1 4 点を座標変換し、変換された座標を u とおく。次に、座標 u と座標 k のユークリッド距離を、1 4 点の顔特徴点それぞれについて求め、1 4 点分の距離の中央値を保持する。

【 0 0 6 4 】

以上の処理を繰り返し、ユークリッド距離が最も小さいヘルマート変換 p を最終的に採用する。

【 0 0 6 5 】

顔領域信頼度算出部 1 5 0 は、顔特徴点位置差分計算部 1 4 0 で計算した顔特徴点ごとの位置の差分情報に基づいて、入力画像が顔画像である可能性を示す顔領域信頼度 J を算出し、記憶部に記憶する。記憶部に記憶された顔領域信頼度 J は、顔認識等の種々のアプリケーションによって読み出すことができ、その目的に応じて利用することができる。

【 0 0 6 6 】

顔領域信頼度 J の算出は、顔特徴点位置差分計算部 1 4 0 が算出した顔特徴点の位置の差分 から、式 (5) に従い、差分 を関数 により変換した値の中央値を計算することにより行うことができる。ここで関数 は、差分 の値が増加すると関数 の値が減少するような関数であり、例えば、式 (6) に示すシグモイド関数を用いる。ここで、式 (6) の a, b は、差分 の値が増加した場合に関数 の値をどの程度減少させるかを調整するパラメータであり、 a は負数である。

【 0 0 6 7 】

【数 5】

$$J = \text{med}(\sigma(\varepsilon_i))$$

(5)

【 0 0 6 8 】

【数 6】

$$\sigma(\varepsilon) = \frac{1}{1 + \exp(-a(\varepsilon - b))}$$

(6)

【 0 0 6 9 】

なお、顔領域信頼度算出部 1 5 0 は、顔特徴点の位置の差分 を関数 により変換した値の中央値を顔領域信頼度 J とするのではなく、差分 を関数 により変換した値の平均値を顔領域信頼度 J としてもよい。

【 0 0 7 0 】

10

20

30

40

50

また、顔領域信頼度算出部 150 は、顔領域信頼度 J を算出する際に、顔特徴点位置差分計算部 140 で求めた顔特徴点ごとの位置の差分に加えて、顔特徴点位置決定部 130 で求めた検出特徴点の位置における顔特徴点らしさを用いてもよい。

【0071】

この場合、顔領域信頼度 J の算出は、顔特徴点ごとの位置の差分、顔特徴点ごとの顔特徴点らしさを s として、式 (7) に従い、差分を関数により変換した値の中央値（もしくは平均値）と、顔特徴点らしさ s の中央値（もしくは平均値）の重みつき和を計算することにより行うことができる。ここで、式 (7) の c は、顔特徴点位置の差分と顔特徴点らしさ s のバランスを調整するパラメータである。なお、 c は 0 から 1 の範囲の実数値である。

10

【0072】

【数 7】

$$J = c \times \text{med}(\sigma(\varepsilon_i)) + (1 - c) \times \text{med}(s_i)$$

(7)

【0073】

また、顔領域信頼度算出部 150 は、顔領域信頼度 J を算出する際に、顔特徴点位置差分計算部 140 で求めた顔特徴点ごとの位置の差分（またはそれに加えて、顔特徴点位置決定部 130 で求めた顔特徴点位置における顔特徴点らしさ s ）に、さらに、顔領域信頼度 J とは異なる手法で求めた追加の顔領域信頼度（例えば、従来の顔検出装置が出力する顔らしさを表す値）を 1 つないし複数用いて、統合顔領域信頼度を求めてもよい。

20

【0074】

例えば、顔特徴点ごとの位置の差分から式 (5) で算出した顔領域信頼度 J（または、差分と顔特徴点ごとの顔特徴点らしさ s とから式 (7) で算出した顔領域信頼度 J）と、追加の顔領域信頼度 J_0 から、式 (8) に従って、統合顔領域信頼度 \hat{J} を算出してもよい。ここで、式 (8) の d は、顔領域信頼度 J と追加顔領域信頼度 J_0 のバランスを調整するパラメータである。なお、 d は 0 から 1 の範囲の実数値である。

【0075】

【数 8】

$$\hat{J} = d \times J + (1 - d) \times J_0$$

(8)

【0076】

本実施例の構成によれば、顔領域信頼度取得部において、入力画像が全体的に検出対象（本実施例では、顔）らしいテクスチャを含んでいるか否かで信頼度を算出するのではなく、入力画像において検出した所定部位の位置（本実施例では、目や鼻、口などに対応する顔特徴点の位置）が、検出対象の所定部位らしい配置をしているか否かに基づいて、もしくはさらに検出した位置における部位らしさ（本実施例では、顔特徴点らしさ s ）に基づいて、顔領域信頼度を求めているため、顔領域信頼度をより高い実用的な精度で算出することができる。また、かかる顔領域信頼度を用いることで、顔検出器が背景などの顔ではない領域を誤って顔領域として検出してしまう場合においても、検出した顔領域が真に顔であるか否かを精度良く判定することが可能となる。

40

【0077】

本実施形態に係る顔領域信頼度算出装置、顔領域信頼度算出方法、及び顔領域信頼度算出プログラムは、顔検出、顔認証、表情認識等の顔画像を入力とする処理における高精度化に広く利用可能である。

【0078】

なお、本実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して

50

解釈するためのものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更/改良され得るととともに、本発明にはその等価物も含まれる。

【0079】

例えば、上述した実施形態では、顔領域信頼度算出装置において、部位らしさとして顔特徴点らしさを求める場合を例として説明したが、本発明はこのような構成に限られない。例えば、顔以外を検出対象とすることもできるし、部位らしさとして、特徴点らしさではなく、領域らしさなどを用いることもできる。すなわち、検出対象の部位らしさを出力する識別器を生成でき、また部位の基準位置を統計的に決定できる（モデルを生成できる）場合は、そのような検出対象、部位に対して本発明を適用して信頼度を求めることができる。

10

【0080】

以上、実施形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上記実施形態に限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、本願発明のスコープ内で当業者が実施し得る様々な変更をすることができる。

【0081】

本実施形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下には限られない。

(付記1) 画像に対して適用した場合に、検出対象の所定部位に関する部位らしさを出力する識別器の情報を記憶する識別器記憶部と、入力画像に含まれる画像領域について、前記識別器の情報に基づいて前記部位らしさを求める部位らしさ取得部と、前記求めた部位らしさに基づいて、前記入力画像における前記所定部位の位置を決定する部位位置決定部と、前記所定部位の基準位置に関する情報を記憶する基準位置情報記憶部と、前記基準位置の情報に基づいて、前記所定部位の基準位置と、前記所定部位の前記決定した位置との差分情報を求める差分取得部と、前記差分情報に基づいて、入力画像が検出対象の画像である可能性を示す信頼度を求める信頼度取得部と、を備えたことを特徴とする信頼度取得装置。

20

(付記2) 前記検出対象は顔であることを特徴とする付記1記載の信頼度取得装置。

(付記3) 前記識別器記憶部及び前記基準位置情報記憶部はそれぞれ、複数の所定部位について識別器の情報、基準位置の情報を記憶しており、前記部位らしさ取得部、前記部位位置決定部、前記差分取得部はそれぞれ、各所定部位について、部位らしさを取得し、所定部位の位置を決定し、差分情報を求めることを特徴とする付記1又は2記載の信頼度取得装置。

30

(付記4) 前記信頼度取得部は、前記差分情報と、前記求めた部位らしさとに基づいて、前記信頼度を求めることを特徴とする付記1乃至3のいずれかに記載の信頼度取得装置。

(付記5) 前記信頼度取得部は、前記信頼度と、前記信頼度とは異なる方法により求めた1以上の追加信頼度とに基づいて、統合信頼度を求めることを特徴とする付記1乃至4のいずれかに記載の信頼度取得装置。

(付記6) 前記差分取得部は、ロバスト推定の手法を用いて、前記位置決定部において決定した部位位置が外れ値であるかどうかに基づいて差分情報を求めることを特徴とする付記1乃至5のいずれかに記載の信頼度取得装置。

40

(付記7) コンピュータが、画像に対して適用した場合に、検出対象の所定部位に関する部位らしさを出力する識別器の情報を記憶する識別器記憶部を参照して、入力画像に含まれる画像領域について、前記識別器の情報に基づいて前記部位らしさを求め、前記求めた部位らしさに基づいて、前記入力画像における前記所定部位の位置を決定し、前記所定部位の基準位置に関する情報を記憶する基準位置情報記憶部を参照して、前記基準位置の情報に基づいて、前記所定部位の基準位置と、前記所定部位の前記決定した位置との差分情報を求め、前記差分情報に基づいて、入力画像が検出対象の画像である可能性を示す信頼度を求める、信頼度取得方法。

(付記8) コンピュータに、画像に対して適用した場合に、検出対象の所定部位に関する部位らしさを出力する識別器の情報を記憶する識別器記憶部を参照して、入力画像に含ま

50

れる画像領域について、前記識別器の情報に基づいて前記部位らしさを求める機能と、前記求めた部位らしさに基づいて、前記入力画像における前記所定部位の位置を決定する機能と、前記所定部位の基準位置に関する情報を記憶する基準位置情報記憶部を参照して、前記基準位置の情報に基づいて、前記所定部位の基準位置と、前記所定部位の前記決定した位置との差分情報を求める機能と、前記差分情報に基づいて、入力画像が検出対象の画像である可能性を示す信頼度を求める機能と、を実現させるためのプログラム。

【0082】

この出願は、2012年2月16日に出願された日本出願特願2012-31319号を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

【符号の説明】

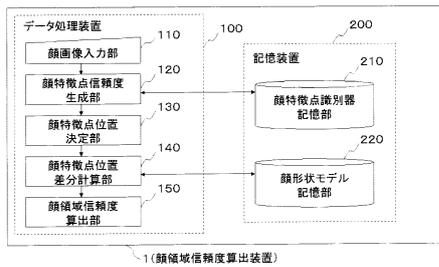
【0083】

- 1 顔領域信頼度算出装置 1
- 100 データ処理装置
- 110 顔画像入力部
- 120 顔特徴点信頼度生成部
- 130 顔特徴点位置決定部
- 140 顔特徴点位置差分計算部
- 150 顔領域信頼度算出部
- 200 記憶装置
- 210 顔特徴点識別器記憶部
- 220 顔形状モデル記憶部

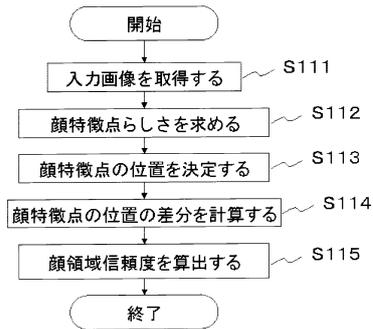
10

20

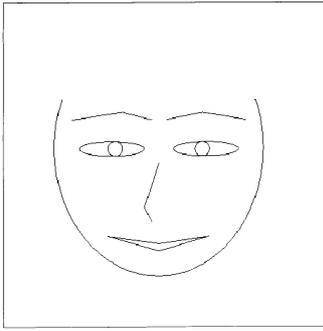
【図1】



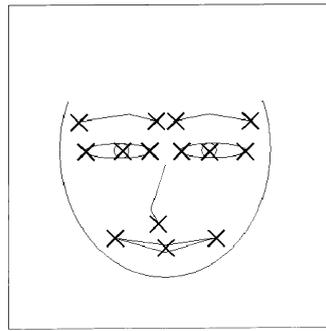
【図2】



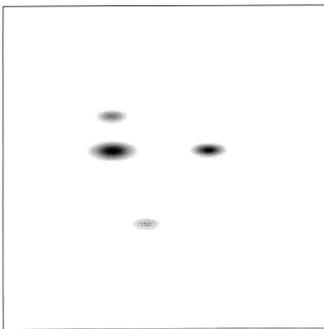
【図3】



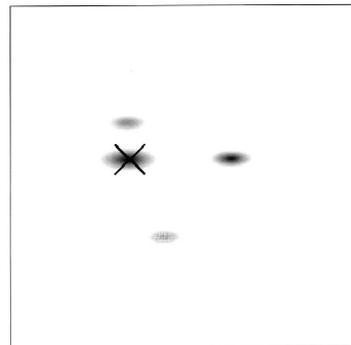
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 森下 雄介
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

審査官 広 島 明芳

(56)参考文献 特開2009-089077(JP,A)
特開2000-339476(JP,A)
特開2005-149506(JP,A)
特開2011-130203(JP,A)
国際公開第2011/148596(WO,A1)

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