

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3872778号  
(P3872778)

(45) 発行日 平成19年1月24日(2007.1.24)

(24) 登録日 平成18年10月27日(2006.10.27)

(51) Int. Cl. F I  
**G06T 7/00 (2006.01)**  
 G06T 7/00 300F  
 G06T 7/00 350Z  
 G06T 7/00 510B

請求項の数 21 (全 20 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2003-274788 (P2003-274788)                  (22) 出願日 平成15年7月15日(2003.7.15)                  (65) 公開番号 特開2004-38987 (P2004-38987A)                  (43) 公開日 平成16年2月5日(2004.2.5)                      審査請求日 平成15年7月15日(2003.7.15)                  (31) 優先権主張番号 2002-041406                  (32) 優先日 平成14年7月15日(2002.7.15)                  (33) 優先権主張国 韓国(KR)                  (31) 優先権主張番号 2002-087920                  (32) 優先日 平成14年12月31日(2002.12.31)                  (33) 優先権主張国 韓国(KR)</p>	<p>(73) 特許権者 390019839                  三星電子株式会社                  Samsung Electronics                  Co., Ltd.                  大韓民国京畿道水原市靈通区梅灘洞416                  (74) 代理人 100064414                  弁理士 磯野 道造                  (72) 発明者 金 泰 均                  大韓民国 京畿道 龍仁市 器興邑 舊葛                  里 365-3番地                  (72) 発明者 金 ▲尚▼ 龍                  大韓民国 京畿道 龍仁市 水枝邑 上▲                  見▼里 30番地 盛源アパート 118                  桐 1204号</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 結合された成分記述子を用いた顔検索方法及びその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力された顔画像を成分別に分割する成分分割部と、

前記分割された各成分をLDA変換によってそれぞれの成分記述子に変換する第1 LDA変換部と、

前記それぞれの成分記述子を結合するベクトル合成部と、

前記ベクトル合成部で結合された結果をGDA変換によって顔記述子に変換する第2 GDA変換部と、

入力されたクエリ顔画像の顔記述子と画像DB内の顔画像の顔記述子とを比較し、前記入力されたクエリ顔画像と前記画像DB内の顔画像との類似度を判断する類似判断部とを含むことを特徴とする結合された成分記述子を用いた顔検索装置。

10

【請求項2】

入力された顔画像を成分別に分割する成分分割部と、

前記分割された各成分をLDA変換によってそれぞれの成分記述子に変換する第1 LDA変換部と、

前記変換されたそれぞれの成分記述子を結合するベクトル合成部と、

前記ベクトル合成部で結合された結果をLDA変換によって顔記述子に変換する第2 LDA変換部と、

入力されたクエリ顔画像の顔記述子と画像DB内の顔画像の顔記述子とを比較し、前記入力されたクエリ顔画像と前記画像DB内の顔画像との類似度を判断する類似判断部とを

20

含むことを特徴とする結合された成分記述子を用いた顔検索装置。

【請求項 3】

前記第 1 L D A 変換部は、

前記分割された各成分を L D A 変換によってそれぞれの成分記述子に変換する成分別 L D A 変換部と、

前記変換されたそれぞれの成分記述子を一次元ベクトルにそれぞれ正規化するベクトル正規化部とを含むことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の結合された成分記述子を用いた顔検索装置。

【請求項 4】

前記成分別 L D A 変換部及び前記ベクトル正規化部は分割された成分別に多数構成されることを特徴とする請求項 3 記載の結合された成分記述子を用いた顔検索装置。 10

【請求項 5】

前記画像 D B 内の各顔画像を学習して計算された変換マトリックス又は変換係数が格納された変換マトリックス / 変換係数 D B をさらに含み、前記第 1 L D A 変換部又は前記第 2 L D A / G D A 変換部は、前記格納された変換マトリックス又は変換係数を用いて L D A 又は G D A 変換を行うことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の結合された成分記述子を用いた顔検索装置。

【請求項 6】

前記画像 D B は各顔画像に対する顔記述子を格納し、

前記入力されたクエリ顔画像と画像 D B 内の顔画像との比較は、前記入力されたクエリ顔画像の顔記述子と、前記画像 D B に格納された各顔画像に対する顔記述子との比較であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の結合された成分記述子を用いた顔検索装置。 20

【請求項 7】

前記分割された各成分は互いに一部オーバーラップすることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の結合された成分記述子を用いた顔検索装置。

【請求項 8】

前記分割された各成分は目、鼻又は口を基準として分割されることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の結合された成分記述子を用いた顔検索装置。

【請求項 9】

前記類似判断部は、 30

前記入力されたクエリ顔画像と類似の前記画像 D B 内の第 1 類似顔画像、及び前記第 1 顔画像と類似の第 2 類似顔画像を抽出し、

前記第 2 類似顔画像と前記入力されたクエリ顔画像との類似度を用いて、前記入力されたクエリ顔画像と前記画像 D B 内の顔画像との類似度を判断することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の結合された成分記述子を用いた顔検索装置。

【請求項 10】

前記入力されたクエリ顔画像と前記画像 D B 内の顔画像との類似度は、

$$\text{Joint } S_{q,m} = S_{q,m} + \sum_{k=1}^M S_{q,h^{1st}k} \cdot S_{h^{1st}k,m} + \sum_{k=1}^M S_{q,h^{1st}k} \sum_{l=1}^L S_{h^{1st}k,h^{2nd}l} \cdot S_{h^{2nd}l,m}$$

による類似度の計算によって判断されるが、 40

$S_{q,m}$  は前記入力されたクエリ顔画像 (q) と前記画像 D B 内の各顔画像 (m) との類似度、

$S_{q,h^{1st}k}$  は前記入力されたクエリ顔画像 (q) と前記第 1 類似顔画像との類似度、

$S_{h^{1st}k,m}$  は前記第 1 類似顔画像と前記画像 D B 内の各顔画像 (m) との類似度、

$S_{h^{1st}k,h^{2nd}l}$  は前記第 1 類似顔画像と前記第 2 類似顔画像との類似度、

$S_{h^{2nd}l,m}$  は前記第 2 類似顔画像と前記画像 D B 内の各顔画像 (m) との類似度を

それぞれ示し、

M は前記第 1 類似顔画像の個数、

L は前記第 1 類似顔画像別の前記第 2 類似顔画像の個数を示すことを特徴とする請求項 50

9 記載の結合された成分記述子を用いた顔検索装置。

【請求項 1 1】

入力された顔画像を成分別に分割する段階と、  
 前記分割された各成分を L D A 変換によってそれぞれの成分記述子に変換する段階と、  
 前記それぞれの成分記述子を結合する段階と、  
 前記結合された段階を G D A 変換によって顔記述子に変換する段階と、  
 入力されたクエリ顔画像の顔記述子と画像 D B 内の顔画像の顔記述子とを比較し、前記  
 入力されたクエリ顔画像と前記画像 D B 内の顔画像との類似度を判断する段階とを含むこ  
 とを特徴とする結合された成分記述子を用いた顔検索方法。

【請求項 1 2】

入力された顔画像を成分別に分割する段階と、  
 前記分割された各成分を L D A 変換によってそれぞれの成分記述子に変換する段階と、  
 前記それぞれの成分記述子を結合する段階と、  
 前記結合された段階を L D A 変換によって顔記述子に変換する段階と、  
 入力されたクエリ顔画像の顔記述子と画像 D B 内の顔画像の顔記述子とを比較し、前記  
 入力されたクエリ顔画像と前記画像 D B 内の顔画像との類似度を判断する段階とを含むこ  
 とを特徴とする結合された成分記述子を用いた顔検索方法。

【請求項 1 3】

前記 L D A 変換によってそれぞれの成分記述子に変換する段階は、  
 前記分割された各成分を L D A 変換によってそれぞれの成分記述子に変換する段階と、  
 前記変換されたそれぞれの成分記述子を一次元ベクトルにそれぞれ正規化する段階とを  
 含むことを特徴とする請求項 1 1 又は 1 2 記載の結合された成分記述子を用いた顔検索方  
 法。

【請求項 1 4】

前記 L D A 変換又は前記 G D A 変換は、画像 D B 内の各顔画像を学習して計算された変換  
 マトリックス又は変換係数を用いて行われることを特徴とする請求項 1 1 又は 1 2 記載の  
 結合された成分記述子を用いた顔検索方法。

【請求項 1 5】

前記判断された類似度に基づいて検索された前記画像 D B 内の顔画像を出力する段階をさ  
 らに含むことを特徴とする請求項 1 1 又は 1 2 記載の結合された成分記述子を用いた顔検  
 索方法。

【請求項 1 6】

前記入力されたクエリ顔画像と画像 D B 内の顔画像との比較は、前記入力されたクエリ顔  
 画像の顔記述子と前記画像 D B 内の各顔画像に対する顔記述子との比較であることを特徴  
 とする請求項 1 1 又は 1 2 記載の結合された成分記述子を用いた顔検索方法。

【請求項 1 7】

前記分割された各成分は互いに一部オーバーラップすることを特徴とする請求項 1 1 又は  
 1 2 記載の結合された成分記述子を用いた顔検索方法。

【請求項 1 8】

前記分割された各成分は目、鼻又は口を基準として分割されることを特徴とする請求項 1  
 1 又は 1 2 記載の結合された成分記述子を用いた顔検索方法。

【請求項 1 9】

前記類似度判断段階は、  
 前記入力されたクエリ顔画像と類似の前記画像 D B 内の第 1 類似顔画像、及び前記第 1  
 顔画像と類似の第 2 類似顔画像を抽出する段階と、  
 前記第 2 類似顔画像と前記入力されたクエリ顔画像との類似度を用いて、前記入力され  
 たクエリ顔画像と前記画像 D B 内の顔画像との類似度を判断する段階とを含むことを特徴  
 とする請求項 1 1 又は 1 2 記載の結合された成分記述子を用いた顔検索方法。

【請求項 2 0】

前記第 1 類似顔画像と第 2 類似顔画像を抽出する段階は、

10

20

30

40

50

前記入力されたクエリ顔画像と前記画像DB内の各画像との類似度を判断する1次類似度判断段階と、

前記1次類似度判断結果に基づいて高い類似度の順に第1類似顔画像を抽出する段階と、

前記第1類似顔画像と前記画像DB内の各画像との類似度を判断する2次類似度判断段階と、

前記2次類似度判断結果に基づいて高い類似度の順に第1類似顔画像別に第2類似顔画像を抽出する段階とを含むことを特徴とする請求項19記載の結合された成分記述子を用いた顔検索方法。

【請求項21】

前記入力されたクエリ顔画像と前記画像DB内の顔画像との類似度は、

$$\text{Joint } S_{q,m} = S_{q,m} + \sum_{k=1}^M S_{q,h^{1st}_k} \cdot S_{h^{1st}_k,m} + \sum_{k=1}^M S_{q,h^{1st}_k} \sum_{l=1}^L S_{h^{1st}_k,h^{2nd}_l} \cdot S_{h^{2nd}_l,m}$$

による類似度の計算によって判断されるが、

$S_{q,m}$ は前記入力されたクエリ顔画像(q)と前記画像DB内の各顔画像(m)との類似度、

$S_{q,h^{1st}_k}$ は前記入力されたクエリ顔画像(q)と前記第1類似顔画像との類似度、

$S_{h^{1st}_k,m}$ は前記第1類似顔画像と前記画像DB内の各顔画像(m)との類似度、

$S_{h^{1st}_k,h^{2nd}_l}$ は前記第1類似顔画像と前記第2類似顔画像との類似度、

$S_{h^{2nd}_l,m}$ は前記第2類似顔画像と前記画像DB内の各顔画像(m)との類似度を

それぞれ示し、

Mは前記第1類似顔画像の個数、

Lは前記第1類似顔画像別の前記第2類似顔画像の個数を示すことを特徴とする請求項19記載の結合された成分記述子を用いた顔検索方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、結合された顔成分記述子を用いた顔検索方法及びその装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、顔検索技術は、特定人により入力された顔画像(以下、「クエリ顔画像」という。)を基準として、既にデータベース(以下、「DB」という。)に格納された顔画像(以下、「学習顔画像」という。)と比較することにより、入力されたクエリ(QUERY)顔画像と同一、あるいは最も類似の学習顔画像をDBから検索するものである。

【0003】

予め格納された学習顔画像と最も類似の顔画像を検索する際に、正確な検索結果を得るためには、一人の顔画像に対しては、顔画像の照明、ポーズ、表情変換などを問わず、その顔画像のアイデンティティ(identity)を最もよく区分可能な特徴でその人の顔画像がデータ化されなければならない、多数人の顔画像が格納された大容量顔画像DBを考慮したとき、簡略な類似度判断方法が求められる。

【0004】

通常、顔画像はピクセルに区分され、1つのコラムのベクトルで表現されるが、そのベクトルの次元が非常に大で、正確性を提供しつつ少量のデータで画像を表現し、入力された顔画像と最も類似の顔画像を、予め格納された顔画像データベースから検索する際、少ない計算量で検索を行うために多くの研究が行われてきた。

【0005】

現在、正確性を提供しつつ少量のデータで顔画像を表現して、少ない計算量で検索を行う方法としては、固有顔(Eigenface)を用いた主成分分析(PCA; Prin

10

20

30

40

50

Principal Components Analysis)方法や、クラス(人)別分散を最大にしクラス内(一人の様々な画像間)分散を最小とするプロジェクション(変換マトリックス)Wを学習によって決定し、決定されたプロジェクションWを用いて顔画像を所定の記述子で表現する線形判別分析方法(LDA; Linear Discriminant Analysis)などが使用されている。

【0006】

また、検索性能の向上のために全体顔画像をそのままデータで表現せず、幾つかの顔成分(例えば、目、鼻、口など)に分割し、分割された各顔成分から独立的に特徴ベクトルを抽出した後、各成分別加重値を考慮して比較することにより顔検索を行う方法が使用されている。分割された各顔成分に対しLDA方法を適用して顔検索を行う方法は、韓国特許出願第2002-23255号などに開示されている。

10

【非特許文献1】T.K. キム(T.K. Kim)他著,「Component-based LDA Face Descriptor for Image Retrieval」,(英国),ブリティッシュ マシン ビジョン カンファレンス(BMVC; British Machine Vision Conference),2002年9月2~5日

【非特許文献2】バウダット G.(BAUDAT G.)他著,「Generalized Discriminant Analysis Using A Kernel Approach」ニューラル コンピューテーション(Neural Computation),2000年

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところが、このような方法は、各成分の特徴ベクトルデータを全体的に比較するため、大容量の学習顔を比較すると、比較すべき特徴ベクトルデータが急激に増加するので、データ処理が非効率的で処理時間も遅延するという問題があり、成分間の関係が十分反映できないため、顔検索の正確度が足りなかった。

【0008】

本発明は、かかる問題点を解決するためのもので、顔成分別に生成されている成分記述子を結合して低次元の顔記述子を生成して比較することにより、顔検索に必要なデータ量及び検索時間を節減し、かつ正確な検索を行うことが可能な、結合された成分記述子を用いた顔検索方法及びその装置を提供することを目的とする。

30

【0009】

また、本発明は、顔検索の際、入力顔だけでなく、これと類似の学習顔を比較基準として適用することにより、さらに正確な顔検索率を提供することが可能な、結合された成分記述子を用いた顔検索方法及びその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】

【0010】

前記課題を解決するために、本発明の一実施例に係る結合された成分記述子を用いた顔検索装置は、入力された顔画像を成分別に分割する成分分割部と、前記分割された各成分をLDA変換によってそれぞれの成分記述子に変換する第1LDA変換部と、前記それぞれの成分記述子を結合するベクトル合成部と、前記ベクトル合成部で結合された結果をGDA変換によって顔記述子に変換する第2GDA変換部と、入力されたクエリ顔画像の顔記述子と画像DB内の顔画像の顔記述子とを比較し、前記入力されたクエリ顔画像と前記画像DB内の顔画像との類似度を判断する類似判断部とを含む(請求項1)。

40

【0011】

本発明の他の実施例に係る結合された成分記述子を用いた顔検索装置は、入力された顔画像を成分別に分割する成分分割部と、前記分割された各成分をLDA変換によってそれぞれの成分記述子に変換する第1LDA変換部と、前記変換されたそれぞれの成分記述子を結合するベクトル合成部と、前記それぞれの成分記述子を結合するベクトル合成部と、

50

前記ベクトル合成部で結合された結果をLDA変換によって顔記述子に変換する第2 LDA変換部と、入力されたクエリ顔画像の顔記述子と画像DB内の顔画像の顔記述子とを比較し、前記入力されたクエリ顔画像と前記画像DB内の顔画像との類似度を判断する類似判断部とを含む(請求項2)。

【0012】

前記第1 LDA変換部は、前記分割された各成分をLDA変換によってそれぞれの成分記述子に変換する成分別LDA変換部と、前記変換されたそれぞれの成分記述子を一次元ベクトルにそれぞれ正規化するベクトル正規化部とを含む(請求項3)。

【0013】

前記成分別LDA変換部及び前記ベクトル正規化部は、分割された成分別に多数構成されることが望ましい(請求項4)。 10

【0014】

本発明はまた、前記画像DB内の各顔画像を学習して計算された変換マトリックス又は変換係数が格納された変換マトリックス/変換係数DBをさらに含み、前記第1 LDA変換部又は前記第2 LDA/GDA変換部は、前記格納された変換マトリックス又は変換係数を用いてLDA又はGDA変換を行うことができる(請求項5)。

【0015】

前記画像DBは各顔画像に対する顔記述子を格納し、前記入力されたクエリ顔画像と画像DB内の顔画像との比較は、前記入力されたクエリ顔画像の顔記述子と、前記画像DBに格納された各顔画像に対する顔記述子との比較であることが望ましい(請求項6)。 20

【0016】

本発明において、前記分割された各成分は互いに一部オーバーラップする(請求項7)。

【0017】

前記分割された各成分は目、鼻又は口を基準として分割されることが望ましい(請求項8)。

【0018】

前記類似判断部は、前記入力されたクエリ顔画像と類似の前記画像DB内の第1類似顔画像、及び前記第1顔画像と類似の第2類似顔画像を抽出し、前記第2類似顔画像と前記入力されたクエリ顔画像との類似度を用いて、前記入力されたクエリ顔画像と前記画像DB内の顔画像との類似度を判断することができる(請求項9)。 30

【0019】

前記入力されたクエリ顔画像と前記画像DB内の顔画像との類似度は、

$$\text{Joint } S_{q,m} = S_{q,m} + \sum_{k=1}^M S_{q,h^{1st}_k} \cdot S_{h^{1st}_k,m} + \sum_{k=1}^M S_{q,h^{1st}_k} \sum_{l=1}^L S_{h^{1st}_k,h^{2nd}_l} \cdot S_{h^{2nd}_l,m}$$

による類似度の計算によって判断されるが、 $S_{q,m}$ は前記入力されたクエリ顔画像(q)と前記画像DB内の各顔画像(m)との類似度、 $S_{q,h^{1st}_k}$ は前記入力されたクエリ顔画像(q)と前記第1類似顔画像との類似度、 $S_{h^{1st}_k,m}$ は前記第1類似顔画像と前記画像DB内の各顔画像(m)との類似度、 $S_{h^{1st}_k,h^{2nd}_l}$ は前記第1類似顔画像と前記第2類似顔画像との類似度、 $S_{h^{2nd}_l,m}$ は前記第2類似顔画像と前記画像DB内の各顔画像(m)との類似度をそれぞれ示し、Mは前記第1類似顔画像の個数、Lは前記第1類似顔画像別の前記第2類似顔画像の個数を示す(請求項10)。 40

【0020】

上記目的を達成するために、本発明の一実施例に係る結合された成分記述子を用いた顔検索方法は、入力された顔画像を成分別に分割する段階と、前記分割された各成分をLDA変換によってそれぞれの成分記述子に変換する段階と、前記それぞれの成分記述子を結合する段階と、前記結合された段階をGDA変換によって顔記述子に変換する段階と、入力されたクエリ顔画像の顔記述子と画像DB内の顔画像の顔記述子とを比較し、前記入力されたクエリ顔画像と前記画像DB内の顔画像との類似度を判断する段階とを含む(請求 50

項 1 1 )。

【 0 0 2 1 】

本発明の他の実施例に係る結合された成分記述子を用いた顔検索方法は、入力された顔画像を成分別に分割する段階と、前記分割された各成分を L D A 変換によってそれぞれの成分記述子に変換する段階と、前記それぞれの成分記述子を結合する段階と、前記結合された段階を L D A 変換によって顔記述子に変換する段階と、入力されたクエリ顔画像の顔記述子と画像 D B 内の顔画像の顔記述子とを比較し、前記入力されたクエリ顔画像と前記画像 D B 内の顔画像との類似度を判断する段階とを含む (請求項 1 2 )。

【 0 0 2 2 】

前記 L D A 変換によってそれぞれの成分記述子に変換する段階は、前記分割された各成分を L D A 変換によってそれぞれの成分記述子に変換する段階と、前記変換されたそれぞれの成分記述子を一次元ベクトルにそれぞれ正規化する段階とを含む (請求項 1 3 )。

【 0 0 2 3 】

前記 L D A 変換又は前記 G D A 変換は、画像 D B 内の各顔画像を学習して計算された変換マトリックス又は変換係数を用いて行われる (請求項 1 4 )。

【 0 0 2 4 】

また、本発明に係る結合された成分記述子を用いた顔検索方法は、前記判断された類似度に基づいて検索された前記画像 D B 内の顔画像を出力する段階をさらに含むことができる (請求項 1 5 )。

【 0 0 2 5 】

前記入力されたクエリ顔画像と画像 D B 内の顔画像との比較は、前記入力されたクエリ顔画像の顔記述子と前記画像 D B 内の各顔画像に対する顔記述子との比較であることが望ましい (請求項 1 6 )。

【 0 0 2 6 】

前記分割された各成分は、互いに一部オーバーラップする (請求項 1 7 )。

【 0 0 2 7 】

前記分割された各成分は目、鼻又は口を基準として分割されることが望ましい (請求項 1 8 )。

【 0 0 2 8 】

前記類似度判断段階は、前記入力されたクエリ顔画像と類似の前記画像 D B 内の第 1 類似顔画像、及び前記第 1 顔画像と類似の第 2 類似顔画像を抽出する段階と、前記第 2 類似顔画像と前記入力されたクエリ顔画像との類似度を用いて、前記入力されたクエリ顔画像と前記画像 D B 内の顔画像との類似度を判断する段階とを含む (請求項 1 9 )。

【 0 0 2 9 】

前記第 1 類似顔画像と第 2 類似顔画像を抽出する段階は、前記入力されたクエリ顔画像と前記画像 D B 内の各画像との類似度を判断する 1 次類似度判断段階と、前記 1 次類似度判断結果に基づいて高い類似度の順に第 1 類似顔画像を抽出する段階と、前記第 1 類似顔画像と前記画像 D B 内の各画像との類似度を判断する 2 次類似度判断段階と、前記 2 次類似度判断結果に基づいて高い類似度の順に第 1 類似顔画像別に第 2 類似顔画像を抽出する段階とを含む (請求項 2 0 )。

【 0 0 3 0 】

10

20

30

40

前記入力されたクエリ顔画像と前記画像DB内の顔画像との類似度は、

$$\text{Joint } S_{q,m} = S_{q,m} + \sum_{k=1}^M S_{q,h^{1st,k}} \cdot S_{h^{1st,k},m} + \sum_{k=1}^M S_{q,h^{1st,k}} \sum_{l=1}^L S_{h^{1st,k},h^{2nd,l}} \cdot S_{h^{2nd,l},m}$$

による類似度の計算によって判断されるが、 $S_{q,m}$ は前記入力されたクエリ顔画像(q)と前記画像DB内の各顔画像(m)との類似度、 $S_{q,h^{1st,k}}$ は前記入力されたクエリ顔画像(q)と前記第1類似顔画像との類似度、 $S_{h^{1st,k},m}$ は前記第1類似顔画像と前記画像DB内の各顔画像(m)との類似度、 $S_{h^{1st,k},h^{2nd,l}}$ は前記第1類似顔画像と前記第2類似顔画像との類似度、 $S_{h^{2nd,l},m}$ は前記第2類似顔画像と前記画像DB内の各顔画像(m)との類似度をそれぞれ示し、Mは前記第1類似顔画像の個数、Lは前記第1類似顔画像別の前記第2類似顔画像の個数を示す(請求項21)。

10

【発明の効果】

【0031】

本発明によれば、成分別に分割された成分記述子を結合して1つの顔記述子とすることにより、データ処理分量を著しく節減し、かつ正確な検索を行うことができるうえ、顔検索時間も短縮させることができる。

【0032】

さらに、顔検索の際、入力顔だけでなく、これと類似の学習顔を比較基準として適用するジョイント検索方法を使用することにより、さらに向上した検索正確度を提供することが可能となる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

以下、本発明を添付図面に基づいて詳細に説明する。

まず、本発明に適用されたLDA(Linear Discriminant Analysis; 線形判別分析)方法について説明する。

【0034】

LDA方法のような学習方法を適用すると、エンコードの際に照明変化及びポーズ変化を除去することができる。特に、LDA方法は、身元学習例として2つ以上の顔画像が登録された顔認識シナリオを効率よく処理することができる。

【0035】

30

一方、LDA方法は、同一性(identity)の異なるクラス(他人)間の分離がよく表現されるようにする方法であって、同一性の変化や照明又は表情の変化などの他の要因による画像の変化を区分することが可能な方法である。また、LDAは、分類に有用であるようにデータを表現するということからみてクラス特定方法(Class Specific Method)である。従って、ある人が登録時とは異なる照明で認識を試みた場合、この変化の原因が照明の変化なので依然として同一人であると判別を下すことができる。これは、変換後、互いに異なる同一性をもつクラスに属する顔画像間の分散は最大とし、互いに異なる同一性をもつクラスに属する顔画像間の分散は最小とする変換を算出することにより達成される。

【0036】

40

以下、LDA方法について簡単に説明する。

C個のクラス $\{X_1, X_2, \dots, X_C\}$ 中のいずれかに属するN個のイメージ集合 $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ が与えられると、LDAは、クラス間分散(between-class scatter)とクラス内分散(within-class scatter)の比が最大となるように線形変換マトリックスWを選択する。

【0037】

クラス間分散マトリックス $S_B$ 及びクラス内分散マトリックス $S_W$ は次の数式1で定義される。

【数1】

$$S_B = \sum_{i=1}^c N_i (\mu_i - \mu)(\mu_i - \mu)^T$$

$$S_w = \sum_{i=1}^c \sum_{x_k \in X_i} (x_k - \mu_i)(x_k - \mu_i)^T$$

【0038】

10

ここで、 $\mu$  は全体イメージの平均イメージ、 $\mu_i$  はクラス  $X_i$  の平均イメージ、 $N_i$  はクラス  $X_i$  の顔画像数をそれぞれ示す。もしクラス内分散マトリックス  $S_w$  が唯一 (singular) でなければ、LDA はクラス間分散マトリックスのデターミナント (Determinant) に対するクラス内分散マトリックスのデターミナントの比を最大にする正規直交行列 (Orthonormal Matrix)  $W_{opt}$  を求める。すなわち、LDA プロジェクションマトリックスは、次の数式 2 で表現される。

【数2】

$$W_{opt} = \arg \max_W \frac{|W^T S_B W|}{|W^T S_w W|} = [w_1 \ w_2 \ \Lambda \ w_m]$$

20

解集合  $\{w_i \mid i = 1, 2, \dots, m\}$  は、 $m$  個の最大固有値  $\{\mu_i \mid i = 1, 2, \dots, m\}$  に対応して生成された固有ベクトル  $S_B$  及び  $S_w$  の解である。

【0039】

次に、本発明の LDA 記述子について説明する。

本発明は、イメージ変化に対する良好な線形性及び強靱性を有する成分基盤接近方法と LDA 方法とを組み合わせたものである。LDA 方法は、分離された顔の成分に個別的に適用され、このような適用により正確性が改善される。

30

【0040】

まず、学習顔画像集合に対し、LDA 変換マトリックスが抽出される。N 個の学習画像  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  が与えられると、全画像は、成分分割定義によって L 個の顔成分に分離される。各成分分割領域は、全て合わせられて k 番目の成分に対し  $\{z_1^k, z_2^k, \dots, z_n^k\}$  のようにベクトル形式で表現される。すると、各成分同士の集合に対し、LDA 変換マトリックスが学習される。k 番目の顔成分に対し、対応する LDA マトリックス  $W^k$  が計算される。最後に、LDA 変換マトリックスの集合  $\{W^1, W^2, \dots, W^L\}$  は以後の学習段階又は検索段階のために格納される。

【0041】

学習顔画像集合に対し、顔画像 X から顔成分に対応する L ベクトル  $z = \{z^1, z^2, \dots, z^L\}$  が抽出される。LDA 特徴ベクトル (すなわち、成分記述子) の集合  $y = \{y^1, y^2, \dots, y^L\}$  は、顔成分に対応する LDA 変換マトリックスによって変換することによりそれぞれ求められる。特徴ベクトルは  $y^k = (W^k)^T z^k$ ,  $k = 1, 2, \dots, L$  によって計算される。従って、成分基盤 LDA 方法に対し、顔画像 X は LDA 特徴ベクトル、すなわち成分記述子  $\{y^1, y^2, \dots, y^L\}$  によって簡潔に表現される。

40

【0042】

つまり、LDA 方法を適用するためには学習によって成分別 LDA 変換マトリックス  $W^k$  が計算されなければならない。また、以後入力されるクエリ顔画像は計算された LDA 変換マトリックス  $W^k$  を用いて  $y^k = (W^k)^T z^k$  によって LDA 変換される。

【0043】

50

次に、本発明に適用された G D A ( G e n e r a l D i s c r i m i n a n t A n a l y s i s ; 一般線形判別分析) 方法について説明する。

【 0 0 4 4 】

G D A 方法は、非線形特徴抽出のために設計された方法である。G D A 方法の目的は、クラス間の分散と線形の場合で変形されたデータの全体分散間の比率を最大化する非線形分散を探索することにある。分散間の最大比率は L D A 方法と類似の固有値分散によって得られる。

【 0 0 4 5 】

非線形拡張は、オリジナル空間 Y からデータを関数 ( : Y Z ) によって新しい高次元特徴空間 Z にマッピングすることにより実行される。新しい空間 Z の高次元性問題はカーネル関数 ( k : Y × Y R ) を用いて防止される。カーネル関数の値 k ( y<sub>i</sub> , y<sub>j</sub> ) は、非線形的にマッピングされたベクトル ( y<sub>i</sub> ) と ( y<sub>j</sub> ) 、例えばデータが確実なマッピングなしで高次元空間と効率よく評価できる k ( y<sub>i</sub> , y<sub>j</sub> ) = ( y<sub>i</sub> )<sup>T</sup> ( y<sub>j</sub> ) のドット積と同一である。

【 0 0 4 6 】

y<sub>k, i</sub> が k 番目クラスの i 番目学習成分、M がクラスの数、N<sub>i</sub> が i 番目クラスでの成分数、N = ∑<sub>k=1</sub><sup>M</sup> N<sub>k</sub> が全成分の数をそれぞれ表示する。データが集中すると仮定すれば、非線形的にマッピングされたデータの全体分散マトリックス ( s c a t t e r m a t r i x ) は  $S_T = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^{N_k} \Phi(y_{k,i}) \Phi(y_{k,i})^T$  である。

【 0 0 4 7 】

非線形的にマッピングクラス間分散マトリックスは  $S_B = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^M N_k \Phi(\mu_k) \Phi(\mu_k)^T$  と定義され、ここで  $\Phi(\mu_k) = \frac{1}{N_k} \sum_{i=1}^{N_k} \Phi(y_{k,i})$  である。

【 0 0 4 8 】

G D A 方法の目的は、次の数式 3 のような比率を最大化するプロジェクションベクトル w Z を探索することにある。

【 数 3 】

$$\lambda = \frac{w^T S_B w}{w^T S_T w}$$

【 数 4 】

$$\lambda S_T w = S_B w$$

ここで、 $\lambda$  は固有ベクトル w に対応する固有値である。数式 3 を最大化するベクトル w Z が、一般化された固有値問題の解決策としてよく知られている。

【 0 0 4 9 】

カーネル関数を使用するために、全ての計算はドット積項で行われなければならない。これまで、プロジェクションベクトル w は、例えば次の数式 5 のような学習成分の線形組合せで表現される。

10

20

30

40

50

【数 5】

$$w = \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^{N_k} \alpha_{k,i} \Phi(y_{k,i})$$

【0050】

ここで、 $\alpha_{k,i}$  は一部の実際加重値である。数式 5 を用いて、数式 3 は次の数式 6 のように表現することができる。

【数 6】

$$\lambda = \frac{\alpha^T K W K \alpha}{\alpha^T K K \alpha}$$

10

ここで、ベクトル  $a = (a_k)$ 、 $k = 1, \dots, M$  及び  $a_k = (a_{k,i})$ 、 $i = 1, \dots, N_k$  である。

【0051】

カーネルマトリックス  $K (N \times N)$  は、例えば次の数式 7 のように非線形的にマッピングされたデータのドット積で構成される。

【数 7】

$$K = (K_{k,i})_{k=1, \dots, M, i=1, \dots, N_k}$$

20

ここで、 $K_{k,l} = (k(y_{k,i}, y_{l,j}))_{i=1, \dots, N_k, j=1, \dots, N_l}$  である。

【0052】

マトリックス  $W (N \times N)$  は次の数式 8 のようなブロック対角線マトリックスである。

【数 8】

$$W = (W_K)_{K=1, \dots, M}$$

ここで、前記対角線において、 $k$  番目のマトリックスは  $\frac{1}{N_k}$  と同一の全ての  
エリメントを有する。

30

【0053】

固有値問題を示す数式 (6) の解は、プロジェクションベクトル  $w \in Z$  を定義する係数ベクトル  $a$  を算出する。テストベクトル  $y$  のプロジェクションは次の数式 9 のように計算される。

【数 9】

$$w^T \Phi(y) = \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^{N_k} \alpha_{k,i} k(y_{k,i}, y)$$

40

前記したように、学習ベクトルは特徴空間  $Z$  に集中するものと仮定される。

【0054】

集中ベクトル  $(y)$  は次の数式 10 のように計算される。

【数 1 0】

$$\Phi(y)' = \Phi(y) - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^{N_k} \Phi(y_{k,i})$$

数式 1 0 は、データがドット積の項でのみ現れるため、集中したカーネルマトリックス  $K'$  ( $K$  の代わりに) を用いて暗示的に行われることができる。

【0 0 5 5】

集中したカーネルマトリックス  $K'$  は次の数式 1 1 のように計算される。

【数 1 1】

$$K' = K - \frac{1}{N} IK - \frac{1}{N} KI - \frac{1}{N^2} IKI$$

ここで、マトリックス  $I$  ( $N \times N$ ) は、1 と同一の全てのエレメントを有する。同様に、テストベクトル  $y$  は数式 9 によるプロジェクティングの前に数式 1 0 によって形成されなければならない。

【0 0 5 6】

テストベクトル  $y$  に対する数式 1 0 と数式 9 の適用はプロジェクションのために次の数式 1 2 を用いるのと同様である。

【数 1 2】

$$w^T \Phi(y)' = \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^{N_k} \beta_{k,i} k(y_{k,i}, y) + b$$

【0 0 5 7】

集中した係数  $\beta_{k,i}$  は次の数式 1 3 と数式 1 4 で計算される。

【数 1 3】

$$\beta_{k,i} = \alpha_{k,i} - \frac{1}{N} J \alpha$$

【数 1 4】

$$b = -\frac{1}{N} JKJ \alpha + \frac{1}{N^2} J \alpha JKJ$$

ここで、列ベクトル  $J$  ( $N \times 1$ ) は 1 と同一の全ての項を有し、 $b$  はバイアス ( $b i a s$ ) である。

【0 0 5 8】

つまり、GDA 方法を適用するためには、使用するカーネル関数が予め指定され、学習によって指定されたカーネル関数による変換係数 及び  $b$  が計算されなければならない。以後入力されるクエリ顔画像は指定されたカーネル関数、計算された変換係数 及び  $b$  を用いて数式 1 2 によって変換される。

【0 0 5 9】

本発明は、LDA 変換 (以下、「第 1 LDA 変換」という。) によって算出された全ての顔成分別特徴ベクトル、すなわち成分記述子を単一ベクトル  $y_i = [y_i^1, y_i^2, \dots, y_i^L]$  に結合し、さらに LDA 又は GDA 変換 (以下、「第 2 LDA / GDA 変換」という。) によって関連特徴ベクトル、すなわち顔記述子  $f_i$  を抽出することを提案する。本発明の結合された成分記述子を用いた顔検索方法及び装置は、後述する「1. 学習段階」による

10

20

30

40

50

学習が前提となり、以後検索するクエリ顔画像が入力される場合、「2. 検索段階」を行う。

【0060】

1. 学習段階

A. 複数の学習顔画像  $x_i$  に対して成分分割定義によって  $L$  個の顔成分に分離して学習し、 $L$  個の顔成分別に第1 LDA変換マトリックス  $W^k$ 、 $k = 1, 2, \dots, L$  を計算する。

B. 複数の学習顔画像  $x_i$  を前記計算された第1 LDA変換マトリックス  $W^k$ 、 $k = 1, 2, \dots, L$  を用いて  $y^k = (W^k)^T z^k$  によって第1 LDA変換し、LDA成分記述子  $y_i^1$ 、 $y_i^2$ 、 $\dots$ 、 $y_i^L$  を計算する。

C. 各学習顔画像  $x_i$  別にLDA成分記述子  $y_i^1$ 、 $y_i^2$ 、 $\dots$ 、 $y_i^L$  をベクトル正規化した後、単一ベクトル  $y_i = [y_i^1, y_i^2, \dots, y_i^L]$  に結合する。

ベクトル正規化は  $a' = \frac{a}{\|a\|}$  によって行われ、ここで、 $a$  は長さ  $n$  を有するベクトル

を示す。

D. 結合された単一ベクトルを学習して所定の第2変換(LDA又はGDA)に必要な変換マトリックス又は変換係数などを計算する。

第2 LDA変換が適用される場合には、学習によって結合された単一ベクトルに対する第2 LDA変換マトリックス  $W$  を計算し、第2 GDA変換が適用される場合には、使用するカーネル関数を指定し、学習によって指定されたカーネル関数による変換係数及び  $b$  を計算する。

E. 複数の学習顔画像  $x_i$  に対し、学習によって計算された変換マトリックス又は計算された変換係数を用いて、第1 LDA変換及び第2 LDA/GDA変換が適用された顔記述子  $f_i$  を算出する。

【0061】

2. 検索段階

A. 入力されたクエリ顔画像  $x$  に対し、成分分割定義によって  $L$  個の顔成分に分離し、分離された成分別に学習段階で計算された  $L$  個の顔成分別第1 LDA変換マトリックス  $W^k$ 、 $k = 1, 2, \dots, L$  を用いて第1 LDA変換を行う。

B. 入力されたクエリ顔画像  $x$  に対するLDA成分記述子  $y_i^1$ 、 $y_i^2$ 、 $\dots$ 、 $y_i^L$  をベクトル正規化した後、単一ベクトル  $y_i = [y_i^1, y_i^2, \dots, y_i^L]$  に結合する。

C. 結合された単一ベクトルに対し、第2 LDA変換が適用された場合には、学習段階で計算された第2 LDA変換マトリックス  $W$  を用いて第2 LDA変換を行い、第2 GDA変換が適用された場合には、指定されたカーネル関数、学習によって指定された変換係数及び  $b$  を用いて第2 GDA変換を行うことにより、顔記述子  $f$  を算出する。

D. 入力されたクエリ顔画像  $x$  に対して算出された顔記述子  $f$  と前記「1. 学習段階、E.」で算出された学習顔画像の顔記述子  $f_i$  との類似度を所定の類似度判断方法によって判断する。

【0062】

参考として、学習段階で計算された第1 LDA変換マトリックス  $W^k$ 、第2 LDA変換マトリックス  $W^{2nd}$ 、又は第2 GDA変換の際に利用される変換係数及び  $b$  などの変換マトリックス又は変換係数は、検索段階以前に予め計算されて格納されていなければならないが、前記学習顔画像の顔記述子  $f_i$  (以下、 $z = f$ ) は、学習段階で予め算出されて格納されるか、あるいはクエリ顔画像が入力される際にクエリ顔画像と共に算出されることができる。

【0063】

以下、全体的な手続に対する詳細は図面を参照して説明する。図1は本発明の一実施例による顔検索装置の構成図である。

【実施例】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 4 】

本発明の一実施例による顔検索装置は、大きくカスケード ( c a s c a d e d ) L D A 変換部 1 0、類似判断部 2 0、及び学習顔画像が格納された画像 D B 3 0 から構成され、カスケード L D A 変換部 1 0 を介して入力されたクエリ顔画像の顔記述子  $z$  が算出される。類似判断部 2 0 は、画像 D B 3 0 内の学習顔画像の顔記述子  $z_i$  と算出されたクエリ顔画像の顔記述子  $z$  との類似度を所定の類似度判断方法によって判断して検索結果を出力する。出力される検索結果は最高の類似度を有する学習顔画像、あるいは高い類似度の順に検索されて整列された学習顔画像である。

## 【 0 0 6 5 】

学習顔画像の顔記述子  $z_i$  は、学習段階で予め算出されて画像 D B 3 0 に予め格納され、あるいはクエリ顔画像が入力される際、学習顔画像及びクエリ顔画像と共にカスケード L D A 変換部 1 0 に入力されて算出されることができる。本発明の一実施例による類似度判断方法については、図 4 に関する発明の詳細な説明で後述する。

## 【 0 0 6 6 】

前記したカスケード L D A 変換部 1 0 の構成を図 1 に基づいて詳細に考察する。まず、図 5 ( a ) に示すような顔画像が入力される画像入力部 1 0 0 と、画像入力部 1 0 0 を介して入力された画像を成分別に、すなわち目、鼻又は口を基準として L 個の成分別に分割する成分分割部 2 0 0 とを含む。成分分割部 2 0 0 で分割された例示的な顔画像は、図 5 ( b ) に示されている。図 5 ( b ) では目、鼻、口を基準として総 5 つの成分に分割し、分割された各成分は互いに一部オーバーラップしている。

## 【 0 0 6 7 】

前記分割の際、各成分を互いにオーバーラップさせる理由は、成分分割によって顔の特徴が一部損傷することを防止するためである。

## 【 0 0 6 8 】

成分分割部 2 0 0 で分割された L 個の顔成分は、第 1 L D A 変換部 3 0 0 によって L D A 変換されてそれぞれの成分記述子に変換される。第 1 L D A 変換部 3 0 0 は、成分分割部 2 0 0 で分割された L 個の各成分を L D A 変換してそれぞれの成分記述子に変換する L 個の L D A 変換部 3 1 0 と、各 L D A 変換部 3 1 0 で変換された成分記述子をベクトル正規化する L 個のベクトル正規化部 3 2 0 とを含む。前記したように、成分記述子のベクトル正規化は次の式を用いてなされる。

## 【 0 0 6 9 】

$$a' = \frac{a}{\|a\|}$$

ここで、 $a$  は長さ  $n$  を有するベクトルである。

## 【 0 0 7 0 】

L 個の L D A 変換部 3 1 0 は、画像 D B 3 0 内の学習顔画像の学習結果に基づいて変換マトリックス / 変換係数 D B 6 0 0 に格納された各成分別第 1 L D A 変換マトリックス  $W^k$ 、 $k = 1, 2, \dots, L$  を用いて、入力されたクエリ顔画像の各成分を L D A 変換する。例えば、図 5 ( b ) の額を含んで分割された成分を  $k = 1$  とするとき、前記額を含んで分割された成分は  $W^1$  によって L D A 変換され、右目を含んで分割された成分を  $k = 2$  とするとき、前記額を含んで分割された成分は  $W^2$  によって L D A 変換される。

## 【 0 0 7 1 】

参考として、本実施例において、L 個で表現された L D A 変換部 3 1 0 及びベクトル正規化部 3 2 0 は、多数の顔成分を並列処理あるいは順次処理することが可能な 1 つの L D A 変換部 3 1 0 及びベクトル正規化部 3 2 0 に変更することができる。

## 【 0 0 7 2 】

L 個のベクトル正規化部 3 2 0 でベクトル正規化された L 個の成分記述子は、ベクトル合成部 4 0 0 で 1 つのベクトルに結合され、結合されたベクトルは L 個に分割された成分

10

20

30

40

50

が結合されるので、L次元で構成される。

【0073】

ベクトル合成部400で結合された単一ベクトルは、第2LDA変換部又は第2GDA変換部(以下、「第2LDA/GDA変換部」という)500でさらにLDA又はGDA変換される。

【0074】

第2LDA/GDA変換部500は、画像DB30内の学習顔画像の学習結果に基づいて変換マトリックス/変換係数DB600に格納された第2LDA変換マトリックス $W^{nd}$ を用いて第2LDA変換を行うか(第2LDA変換部の場合)、又は変換マトリックス/変換係数DB600に格納された、予め格納されたカーネル関数、学習によって指定された変換係数及びbを用いて第2GDA変換を行うことにより(第2GDA変換部の場合)、顔記述子zを算出する。

10

【0075】

カスケードLDA変換部10でクエリ顔画像の顔記述子zが算出された後、類似判断部20は、画像DB30内に格納された学習顔画像の顔記述子 $z_i$ と算出されたクエリ顔画像の顔記述子zとの類似度を所定の類似度判断方法によって判断して検索結果を出力する。類似判断部20で使用される類似度判断方法としては、クエリ顔画像の顔記述子zと画像DB30内の学習顔画像の顔記述子 $z_i$ との正規化された相関(normalized correlation)を計算して単に類似度 $d(z_1, z_2)$ を計算する従来の方法又は図4を参照して説明されるジョイント検索方法などを適用することができる。

20

【0076】

参考として、従来の正規化された相関を計算して類似度 $d(z_1, z_2)$ を計算する方法は、 $d(z_1, z_2) = \frac{z_1 \cdot z_2}{\|z_1\| \|z_2\|}$ を用いて計算される。

【0077】

参考として、前記した本発明の一実施例に係る顔検索装置は、各モジュールがいずれもハードウェアで構成されるか、あるいは一部モジュールがソフトウェアで構成されるか、あるいは全てのモジュールがソフトウェアで構成されることができる。従って、本発明の一実施例に係る顔検索装置がハードウェア又はソフトウェアで構成されることは本発明の思想から逸脱しない。このように本発明の思想から逸脱することなくソフトウェアで構成されることによる修正と変更が可能である。

30

【0078】

次に、本発明の一実施例に係る結合された成分記述子を用いた顔検索方法を図2及び図3を参照して説明する。図2は本発明の一実施例に係る顔検索方法のフローチャートであり、図3は本発明の一実施例に係る顔検索方法の過程を示すブロック図である。

【0079】

まず、画像入力部100にクエリ顔画像xが入力されると、クエリ顔画像を成分分割部2で指定された成分分割定義に基づいてL個の顔成分に分割し(S10)、第1LDA変換部300内のL個のLDA変換部310で、画像DB30に格納された学習顔画像の学習結果に基づいて変換マトリックス/変換係数DB600に格納された各成分別第1LDA変換マトリックス $W^k$ 、 $k=1, 2, \dots, L$ を用いて、入力されたクエリ顔画像のL個の成分をそれぞれ第1LDA変換する(S20)。

40

【0080】

L個のLDA変換部310で第1LDA変換された成分記述子(CD1、CD2、...、CDL)は、L個のベクトル正規化部320によってベクトル正規化し(S30)、その後ベクトル合成部400で1つのベクトルに作る(S40)。

【0081】

ベクトル合成部400で1つのベクトルに結合された成分記述子は、第2LDA/GD

50

A変換部500によって第2LDA/GDA変換する(S50)。

【0082】

第2LDA変換部500の場合には、学習段階で計算された第2LDA変換マトリックス $W^{2nd}$ を用いて第2LDA変換を行い、第2GDA変換部500の場合には、指定されたカーネル関数、学習によって指定された変換係数及びbを用いて第2GDA変換を行うことにより、顔記述子zを算出する。

【0083】

その後、類似判断部20で、入力されたクエリ顔画像xに対して第2LDA/GDA変換部500から算出された顔記述子zと、画像DB30内の学習顔画像の顔記述子 $z_i$ との類似度を所定の類似度判断方法によって判断する(S60)。類似度による検索結果を出力する(S70)。前記したように、出力される検索結果は、最高の類似度を有する学習顔画像、あるいは高い類似度の順に検索されて整列された学習顔画像である。学習顔画像の顔記述子 $z_i$ は、学習段階で算出されて画像DB30に予め格納されるか、あるいはクエリ顔画像が入力される際、学習顔画像及びクエリ顔画像と共にカスケードLDA変換部10に入力されて算出されることができる。

10

【0084】

次に、本発明の一実施例に係る類似度判断方法を図4を参照して説明する。

本発明の一実施例では、類似度判断方法としてジョイント検索方法を使用するが、ジョイント検索方法は、類似判断部20が、クエリ顔画像を基準として類似度が所定の類似範囲内に該当する第1類似顔画像を高い類似度の順に画像DB30から抽出し、さらに第1類似顔画像を基準として類似度が所定の類似範囲内に該当する第2類似顔画像を抽出することにより、入力されたクエリ顔画像と画像DB30内の学習顔画像との類似度を判断する際、前記抽出された第1類似顔画像及び第2類似顔画像を一種の加重値として用いる方法である。

20

【0085】

本実施例では第2類似顔画像も抽出して類似度を判断したが、さらに第3又は第4類似顔画像など多数の類似顔画像まで拡張可能である。

【0086】

本発明に係るジョイント検索方法は、次の数式15で表現される。

【数15】

$$\text{Joint } S_{q,m} = S_{q,m} + \sum_{k=1}^M S_{q,h^{1st}k} \cdot S_{h^{1st}k,m} + \sum_{k=1}^M S_{q,h^{1st}k} \sum_{l=1}^L S_{h^{1st}k,h^{2nd}l} \cdot S_{h^{2nd}l,m}$$

30

ここで、 $S_{i,j}$ はイメージiとjとの類似度であり、 $h^{1st}$ 、 $h^{2nd}$ は第1、第2類似顔画像においてハイランクされた顔画像のインデックス(index)であり、 $S_{q,m}$ はクエリ顔画像qと画像DB30内の所定の学習顔画像mとの最終類似度である。

【0087】

参考として、 $S_{i,j}$ 自体は従来の相互相関、すなわち $S_{i,j} = d(z_1, z_2) = \frac{z_1 \cdot z_2}{\|z_1\| \|z_2\|}$ など様々

40

な類似度計算を適用することができる。

【0088】

数式15において、 $\text{Joint } S_{q,m}$ はクエリ顔画像qと画像DB30内の各顔画像mとの類似度、 $S_{q,h^{1st}k}$ はクエリ顔画像qと第1類似顔画像との類似度、 $S_{h^{1st}k,m}$ は第1類似顔画像と画像DB30内の各顔画像mとの類似度、 $S_{h^{1st}k,h^{2nd}l}$ は第1類似顔画像と第2類似顔画像との類似度、 $S_{h^{2nd}l,m}$ は第2類似顔画像と画像DB30内の各顔画像mとの類似度をそれぞれ示し、Mは第1類似顔画像の個数、Lは第1類似顔画像別の第2類似顔画像の個数を示す。

50

## 【0089】

次に、図4を参照して本発明の一実施例に係る類似度判断方法を説明する。

まず、クエリ顔画像と画像DB30内の学習顔画像との類似度を判断する1次類似度判断を行い(S61)、その後1次類似度判断結果に基づいて高い類似度の順に画像DB30から第1類似顔画像を抽出する(S62)。

## 【0090】

次に、抽出された第1類似顔画像と画像DB30内の学習顔画像との類似度を判断する2次類似度判断を行い(S63)、2次類似度判断結果に基づいて高い類似度の順に画像DB30から第1類似顔画像別に第2類似顔画像を抽出する(S64)。最後に、抽出された第1類似顔画像及び第2類似顔画像を用いてクエリ顔画像と画像DB30内の各学習顔画像との類似度 $S_{q,m}$ を計算して最終類似度を判断する(S65)。

10

## 【0091】

図6は従来顔検索方法と本発明の一実施例に係る顔検索方法によってそれぞれ得られた実験結果を示す。図6より、本発明の一実施例に係る顔検索方法の性能が従来方法に比べて向上したことが分かる。

## 【0092】

図6の縦軸に表記された「Holistic」は、顔画像を分割せず、全体に対してLDA変換を適用した場合であり、「LDA-LDA」は、本発明の一実施例に係る顔検索方法であって、第1LDA変換の後に第2LDA変換を適用した場合である。また、「LDA-GDA」は、本発明の他の実施例に係る顔検索方法であって、第1LDA変換の後、第2GDA変換を適用した場合である。「LDA-GDA」ではカーネル関数として放射基底関数(Radial Basis Function)を使用した。

20

## 【0093】

また、図6の横軸に表記された「実験1」は、160名の人に対し各5枚の顔画像、総800個の顔画像を学習顔画像として学習し、475名の人に対し各5枚の顔画像、総2375個のクエリ顔画像をクエリ顔画像としてテストした場合である。

## 【0094】

「実験2」は、337名の人に対し各5枚の顔画像、総1685個の顔画像を学習顔画像として学習し、298名の人に対し各5枚の顔画像、総1490個のクエリ顔画像をクエリ顔画像としてテストした場合であり、「実験3」は、総2285個の顔画像を学習顔画像として学習し、総2090個のクエリ顔画像をクエリ顔画像としてテストした場合である。

30

## 【0095】

図6の実験結果、本発明の一実施例に係る顔検索方法が従来方法に比べてANMRR(Average Normalized Modified Recognition Rate)とFIR(False Identification Rate)が向上したことが分かる。

## 【0096】

以上、添付図面と実施例に基づいて本発明を説明したが、本発明は、前記した実施例に限定されるものではない。また、当技術分野で通常の知識を有する者には、本発明の思想から逸脱することなく修正と変更が可能なのは明らかなことであろう。

40

## 【図面の簡単な説明】

## 【0097】

【図1】本発明の一実施例に係る顔検索装置の構成図である。

【図2】本発明の一実施例に係る顔検索方法のフローチャートである。

【図3】本発明の一実施例に係る顔検索方法の過程を示すブロック図である。

【図4】本発明の一実施例に係る類似度判断方法のフローチャートである。

【図5】本発明の一実施例に係る顔成分の分割過程を示す図である。

【図6】従来顔検索方法と本発明に係る顔検索方法を適用した実験結果を示す図である。

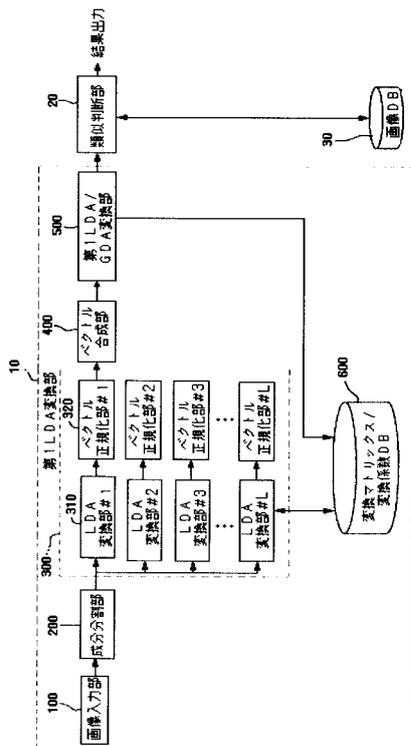
## 【符号の説明】

50

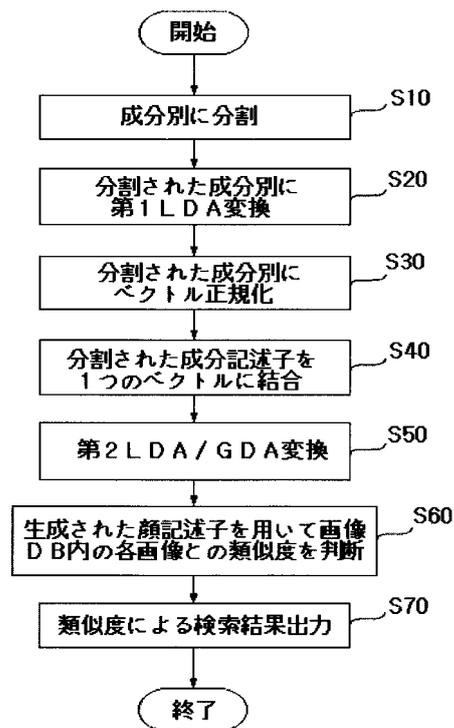
【 0 0 9 8 】

- 1 0   カスケード LDA 変換部
- 2 0   類似判断部
- 3 0   画像 D B
- 1 0 0  画像入力部
- 2 0 0  成分分割部
- 3 0 0  第 1 LDA 変換部
- 3 1 0  LDA 変換部
- 3 2 0  ベクトル正規化部
- 4 0 0  ベクトル合成部
- 5 0 0  第 2 LDA / GDA 変換部
- 6 0 0  変換マトリックス / 変換係数 D B

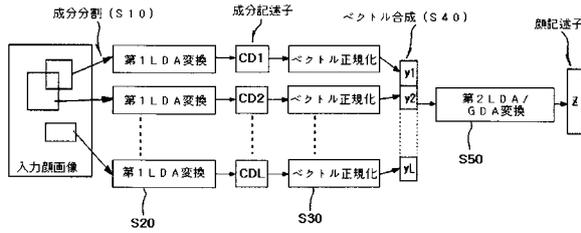
【 図 1 】



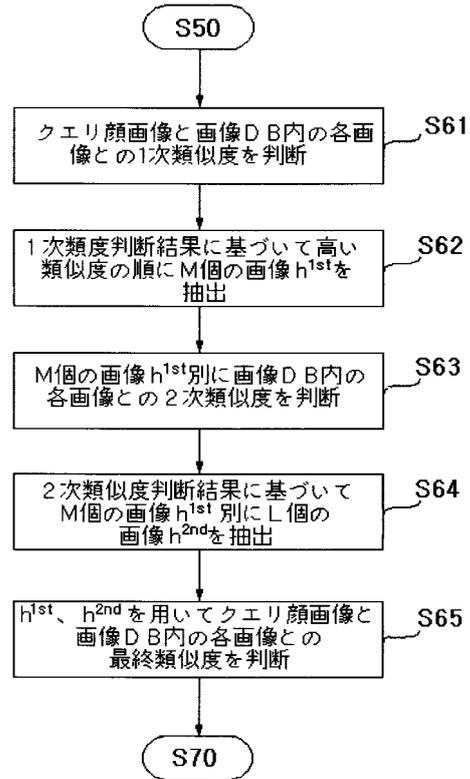
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

区分	実験1		実験2		実験3	
	ANMRR	FIR	ANMRR	FIR	ANMRR	FIR
Holistic	0.1448	0.0573	0.1267	0.0477	0.1950	0.0641
LDA - LDA	0.1257	0.0467	0.0898	0.0222	0.1466	0.0368
LDA - GDA	0.1031	0.0358	0.0677	0.0168	0.1108	0.0239

---

フロントページの続き

(72)発明者 奇 錫 哲

大韓民国 京畿道 龍仁市 器興邑 三星アパート 104桐 701号

(72)発明者 黄 元 俊

大韓民国 ソウル特別市 銅雀区 舍堂1洞 1005-2番地 301号

(72)発明者 金 鉉 優

大韓民国 京畿道 龍仁市 器興邑 三星綜合技術院 寄宿舍 A桐 213号

審査官 新井 則和

(56)参考文献 特開2001-092963(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 7/00