

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4682373号

(P4682373)

(45) 発行日 平成23年5月11日(2011.5.11)

(24) 登録日 平成23年2月18日(2011.2.18)

(51) Int.Cl.

F I

G 0 6 T 1/00 (2006.01)

G 0 6 T 1/00 3 4 0 A

H 0 4 N 1/387 (2006.01)

H 0 4 N 1/387

請求項の数 4 (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願2005-318654 (P2005-318654)
 (22) 出願日 平成17年11月1日(2005.11.1)
 (65) 公開番号 特開2007-128171 (P2007-128171A)
 (43) 公開日 平成19年5月24日(2007.5.24)
 審査請求日 平成20年3月26日(2008.3.26)

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願(平成17年度独立行政法人情報通信研究機構「民間基盤技術研究促進制度」研究テーマ: 人間情報コミュニケーションの研究開発)、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)

(73) 特許権者 393031586
 株式会社国際電気通信基礎技術研究所
 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
 (74) 代理人 100098305
 弁理士 福島 祥人
 (72) 発明者 向田 茂
 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
 (72) 発明者 安藤 広志
 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

審査官 佐藤 実

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 顔画像合成装置、顔画像合成方法および顔画像合成プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対象者の顔画像から指定された年齢または年齢層の顔画像を合成する顔画像合成装置であって、

予め複数人の顔画像を記憶する記憶手段と、

前記記憶手段に記憶された複数人の顔画像から複数人のしみまたはしわを検出する検出手段と、

前記記憶手段に記憶された複数人の顔画像から年齢または年齢層に対応する平均顔形状である年齢形状特徴を生成する生成手段と、

前記検出手段により検出された複数人のしみまたはしわから年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルを作成する作成手段と、

対象者の顔画像からしみまたはしわを有しない顔形状を抽出する抽出手段と、

前記生成手段により生成された年齢形状特徴のうち指定された年齢または年齢層に対応する年齢形状特徴に基づいて前記抽出手段により抽出された対象者の顔形状を変形させる変形手段と、

前記作成手段により作成された年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルのうち指定された年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルを前記変形手段により変形された対象者の顔形状に合致するように変形した後、変形後のしみモデルまたはしわモデルを前記対象者の顔画像に適用することにより指定された年齢または年齢層に対応する顔画像を合成する適用手段とを備え、

10

20

前記作成手段は、顔画像の複数に分割された領域ごとに複数人からしみの数または面積を抽出し、抽出された前記領域ごとのしみの数または面積を前記領域ごとに昇順または降順に並べた場合に、略中央に位置する前記しみの数または面積を有する顔画像の領域を選択し、選択された領域のしみを結合したものをしみモデルとして作成し、複数人の顔画像のしわ成分を前記生成手段により生成された年齢形状特徴に合成し、しわ成分の重なり度合いが最も大きくなるようにしわ成分の位置をずらし、ずらした後のしわ成分の輝度を積算し、積算されたしわ成分の輝度を人数で割り、得られた輝度が基準値を超える領域をしわモデルのしわとして設定することを特徴とする顔画像合成装置。

【請求項 2】

前記検出手段は、前記記憶手段に記憶された各顔画像において各画素の輝度と周辺領域の輝度との差に基づいて小塊を抽出し、抽出された前記小塊からしみまたはしわを検出することを特徴とする請求項 1 記載の顔画像合成装置。

10

【請求項 3】

対象者の顔画像から指定された年齢または年齢層の顔画像を合成する顔画像合成方法であって、

予め複数人の顔画像を記憶するステップと、

前記記憶された複数人の顔画像から複数人のしみまたはしわを検出するステップと、

前記記憶された複数人の顔画像から年齢または年齢層に対応する平均顔形状である年齢形状特徴を生成するステップと、

前記検出された複数人のしみまたはしわから年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルを作成するステップと、

20

対象者の顔画像からしみまたはしわを有しない顔形状を抽出するステップと、

前記生成された年齢形状特徴のうち指定された年齢または年齢層に対応する年齢形状特徴に基づいて前記抽出された対象者の顔形状を変形させるステップと、

前記作成された年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルのうち指定された年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルを前記変形された対象者の顔形状に合致するように変形した後、変形後のしみモデルまたはしわモデルを前記対象者の顔画像に適用することにより指定された年齢または年齢層に対応する顔画像を合成するステップと、

前記作成するステップは、顔画像の複数に分割された領域ごとに複数人からしみの数または面積を抽出し、抽出された前記領域ごとのしみの数または面積を前記領域ごとに昇順または降順に並べた場合に、略中央に位置する前記しみの数または面積を有する顔画像の領域を選択し、選択された領域のしみを結合したものをしみモデルとして作成し、複数人の顔画像のしわ成分を前記生成された年齢形状特徴に合成し、しわ成分の重なり度合いが最も大きくなるようにしわ成分の位置をずらし、ずらした後のしわ成分の輝度を積算し、積算されたしわ成分の輝度を人数で割り、得られた輝度が基準値を超える領域をしわモデルのしわとして設定することを含むことを特徴とする顔画像合成方法。

30

【請求項 4】

コンピュータにより実行可能で、対象者の顔画像から指定された年齢または年齢層の顔画像を合成する顔画像合成プログラムであって、

40

予め複数人の顔画像を記憶する処理と、

前記記憶された複数人の顔画像から複数人のしみまたはしわを検出する処理と、

前記記憶された複数人の顔画像から年齢または年齢層に対応する平均顔形状である年齢形状特徴を生成する処理と、

前記検出された複数人のしみまたはしわから年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルを作成する処理と、

対象者の顔画像からしみまたはしわを有しない顔形状を抽出する処理と、

前記生成された年齢形状特徴のうち指定された年齢または年齢層に対応する年齢形状特徴に基づいて前記抽出された対象者の顔形状を変形させる処理と、

前記作成された年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルのうち指定さ

50

れた年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルを前記変形された対象者の顔形状に合致するよう変形した後、変形後のしみモデルまたはしわモデルを前記対象者の顔画像に適用することにより指定された年齢または年齢層に対応する顔画像を合成する処理とを、前記コンピュータに実行させ、

前記作成する処理は、顔画像の複数に分割された領域ごとに複数人からしみの数または面積を抽出し、抽出された前記領域ごとのしみの数または面積を前記領域ごとに昇順または降順に並べた場合に、略中央に位置する前記しみの数または面積を有する顔画像の領域を選択し、選択された領域のしみを結合したものをしみモデルとして作成し、複数人の顔画像のしわ成分を前記生成された年齢形状特徴に合成し、しわ成分の重なり度合いが最も大きくなるようにしわ成分の位置をずらし、ずらした後のしわ成分の輝度を積算し、積算されたしわ成分の輝度を人数で割り、得られた輝度が基準値を超える領域をしわモデルのしわとして設定することを含むことを特徴とする顔画像合成プログラム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、顔画像合成装置、顔画像合成方法および顔画像合成プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、顔画像におけるしみおよびしわを操作することにより、顔画像の年齢印象を変化させること（加齢処理）が可能な顔画像合成装置およびその方法が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

20

【0003】

このような顔画像合成装置においては、例えば目、鼻、口等の顔パーツ（顔部品）の形状を操作することにより年齢印象の異なる顔画像が合成される。

【0004】

従来、第1の方法としてコンピュータグラフィックス（CG）によるしみおよびしわを顔画像に合成する方法と、第2の方法としてしみおよびしわを有する顔画像からしみおよびしわを抽出し、抽出したしみおよびしわを操作する方法とがある。

【特許文献1】特開2005-92349号公報

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来のコンピュータグラフィックス（CG）によるしみおよびしわを顔画像に合成した場合、合成後の顔画像には不自然さが残る。

【0006】

また、しみおよびしわがほとんどない若年者から、しみおよびしわを抽出することが非常に困難である。その結果、若年者を対象とした加齢処理を行うことができない。

【0007】

本発明の目的は、若年者の顔画像を年齢操作することが可能で、かつ年齢操作後の顔画像に不自然さを残さない顔画像合成装置、顔画像合成方法および顔画像合成プログラムを提供することである。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

第1の発明に係る顔画像合成装置は、対象者の顔画像から指定された年齢または年齢層の顔画像を合成する顔画像合成装置であって、予め複数人の顔画像を記憶する記憶手段と、記憶手段に記憶された複数人の顔画像から複数人のしみまたはしわを検出する検出手段と、記憶手段に記憶された複数人の顔画像から年齢または年齢層に対応する平均顔形状である年齢形状特徴を生成する生成手段と、検出手段により検出された複数人のしみまたはしわから年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルを作成する作成手段と、対象者の顔画像からしみまたはしわを有しない顔形状を抽出する抽出手段と、生成手段

50

により生成された年齢形状特徴のうち指定された年齢または年齢層に対応する年齢形状特徴に基づいて抽出手段により抽出された対象者の顔形状を変形させる変形手段と、作成手段により作成された年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルのうち指定された年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルを変形手段により変形された対象者の顔形状に合致するよう変形した後、変形後のしみモデルまたはしわモデルを対象者の顔画像に適用することにより指定された年齢または年齢層に対応する顔画像を合成する適用手段とを備え、作成手段は、顔画像の複数に分割された領域ごとに複数人からしみの数または面積を抽出し、抽出された領域ごとのしみの数または面積を領域ごとに昇順または降順に並べた場合に、略中央に位置するしみの数または面積を有する顔画像の領域を選択し、選択された領域のしみを結合したものをしみモデルとして作成し、複数人の顔画像のしわ成分を生成手段により生成された年齢形状特徴に合成し、しわ成分の重なり度合いが最も大きくなるようにしわ成分の位置をずらし、ずらした後のしわ成分の輝度を積算し、積算されたしわ成分の輝度を人数で割り、得られた輝度が基準値を超える領域をしわモデルのしわとして設定するものである。

10

【 0 0 0 9 】

本発明に係る顔画像合成装置においては、記憶手段により予め複数人の顔画像が記憶され、検出手段によりそれらの顔画像から複数人のしみまたはしわが検出される。また、記憶手段に記憶された複数人の顔画像から年齢または年齢層に対応する平均顔形状である年齢形状特徴が生成手段により生成される。さらに、検出手段により検出された複数人のしみまたはしわから年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルが作成手段により作成される。

20

【 0 0 1 0 】

一方、抽出手段により対象者の顔画像からしみまたはしわを有しない顔形状が抽出される。さらに、生成手段により生成された年齢形状特徴のうち指定された年齢または年齢層に対応する年齢形状特徴に基づいて抽出手段により抽出された対象者の顔形状が変形手段により変形される。それにより、対象者の顔形状を指定された年齢または年齢層に対応する顔形状に年齢操作することができる。また、作成手段により作成されたしみモデルまたはしわモデルのうち指定された年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルが、変形手段により変形された対象者の顔形状に合致するよう変形された後、変形後のしみモデルまたはしわモデルが対象者の顔画像に適用手段により適用される。それにより、

30

【 0 0 1 1 】

このように、指定された年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルが対象者の顔画像に適用されることによって、従来のコンピュータグラフィックス（ＣＧ）によるしみおよびしわのモデルを顔画像に合成した場合のような合成後の顔画像に残る不自然さの発生を防止することができる。それにより、対象者の顔画像を所望の年齢または年齢層に対応する自然な顔画像に年齢操作することができる。

【 0 0 1 2 】

また、作成手段により作成されたしみモデルまたはしわモデルを用いることにより、しみおよびしわがほとんどない若年者の顔画像に対しても年齢操作を容易に行うことが可能となる。

40

しみの位置は人ごとに異なるが、しみの数および面積は同じ年齢または年齢層の人に共通している。したがって、顔画像の複数に分割された領域ごとに、その領域ごとで略中央に位置される標準的なしみの数または面積を有する対象者の領域が選択され、選択された領域のしみが結合されたものをしみモデルとして用いることにより、しみモデルの信頼性を向上することができる。また、複数人のしわのうち共通する領域をしわモデルとすることにより、所望の年齢または年齢層に相応の自然な顔画像を得ることができる。

【 0 0 1 9 】

検出手段は、記憶手段に記憶された各顔画像において各画素の輝度と周辺領域の輝度との差に基づいて小塊を抽出し、抽出された小塊からしみまたはしわを検出してもよい。

50

【 0 0 2 0 】

この場合、記憶手段に記憶された各顔画像において各画素の輝度と周辺領域の輝度との差に基づいて小塊が検出手段により検出され、検出された小塊からしみまたはしわが検出手段により検出される。ここで、小塊とは、顔画像内で周辺領域の輝度に比べてより低いまたは高い輝度を有する画素が連結した領域をいう。

【 0 0 2 1 】

しみは皮膚表面の色の異なる部分であるため、各画素の輝度と周辺領域の輝度との差に基づいてしみに相当する小塊を検出することができる。また、しわは皮膚表面の凹凸により構成される陰影であるため、各画素の輝度と周辺領域の輝度との差に基づいてしわに相当する小塊を検出することができる。このように検出された小塊を用いることで、しみおよびしわを容易に検出することが可能となる。

10

【 0 0 2 2 】

第2の発明に係る顔画像合成方法は、対象者の顔画像から指定された年齢または年齢層の顔画像を合成する顔画像合成方法であって、予め複数人の顔画像を記憶するステップと、記憶された複数人の顔画像から複数人のしみまたはしわを検出するステップと、記憶された複数人の顔画像から年齢または年齢層に対応する平均顔形状である年齢形状特徴を生成するステップと、検出された複数人のしみまたはしわから年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルを作成するステップと、対象者の顔画像からしみまたはしわを有しない顔形状を抽出するステップと、生成された年齢形状特徴のうち指定された年齢または年齢層に対応する年齢形状特徴に基づいて抽出された対象者の顔形状を変形させるステップと、作成された年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルのうち指定された年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルを変形された対象者の顔形状に合致するよう変形した後、変形後のしみモデルまたはしわモデルを対象者の顔画像に適用することにより指定された年齢または年齢層に対応する顔画像を合成するステップと、作成するステップは、顔画像の複数に分割された領域ごとに複数人からしみの数または面積を抽出し、抽出された領域ごとのしみの数または面積を領域ごとに昇順または降順に並べた場合に、略中央に位置するしみの数または面積を有する顔画像の領域を選択し、選択された領域のしみを結合したものをしみモデルとして作成し、複数人の顔画像のしわ成分を生成された年齢形状特徴に合成し、しわ成分の重なり度合いが最も大きくなるようにしわ成分の位置をずらし、ずらした後のしわ成分の輝度を積算し、積算されたしわ成分の輝度を人数で割り、得られた輝度が基準値を超える領域をしわモデルのしわとして設定することを含むものである。

20

30

【 0 0 2 3 】

本発明に係る顔画像合成方法においては、予め複数人の顔画像が記憶され、それらの顔画像から複数人のしみまたはしわが検出される。また、記憶された複数人の顔画像から年齢または年齢層に対応する平均顔形状である年齢形状特徴が生成される。さらに、検出された複数人のしみまたはしわから年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルが作成される。

【 0 0 2 4 】

一方、対象者の顔画像からしみまたはしわを有しない顔形状が抽出される。さらに、生成された年齢形状特徴のうち指定された年齢または年齢層に対応する年齢形状特徴に基づいて抽出された対象者の顔形状が変形される。それにより、対象者の顔形状を指定された年齢または年齢層に対応する顔形状に年齢操作することができる。また、作成されたしみモデルまたはしわモデルのうち指定された年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルが、変形された対象者の顔形状に合致するよう変形された後、変形後のしみモデルまたはしわモデルが対象者の顔画像に適用される。それにより、指定された年齢または年齢層に対応する対象者の顔画像が合成される。

40

【 0 0 2 5 】

このように、指定された年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルが対象者の顔画像に適用されることによって、従来のコンピュータグラフィックス（CG）に

50

よるしみおよびしわのモデルを顔画像に合成した場合のような合成後の顔画像に残る不自然さの発生を防止することができる。それにより、対象者の顔画像を所望の年齢または年齢層に対応する自然な顔画像に年齢操作することができる。

【 0 0 2 6 】

また、作成されたしみモデルまたはしわモデルを用いることにより、しみおよびしわがほとんどない若年者の顔画像に対しても年齢操作を容易に行うことが可能となる。

しみの位置は人ごとに異なるが、しみの数および面積は同じ年齢または年齢層の人に共通している。したがって、顔画像の複数に分割された領域ごとに、その領域ごとで略中央に位置される標準的なしみの数または面積を有する対象者の領域が選択され、選択された領域のしみが結合されたものをしみモデルとして用いることにより、しみモデルの信頼性を向上することができる。また、複数人のしわのうち共通する領域をしわモデルとすることにより、所望の年齢または年齢層に相応の自然な顔画像を得ることができる。

10

【 0 0 2 7 】

第3の発明に係る顔画像合成プログラムは、コンピュータにより実行可能で、対象者の顔画像から指定された年齢または年齢層の顔画像を合成する顔画像合成プログラムであって、予め複数人の顔画像を記憶する処理と、記憶された複数人の顔画像から複数人のしみまたはしわを検出する処理と、記憶された複数人の顔画像から年齢または年齢層に対応する平均顔形状である年齢形状特徴を生成する処理と、検出された複数人のしみまたはしわから年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルを作成する処理と、対象者の顔画像からしみまたはしわを有しない顔形状を抽出する処理と、生成された年齢形状特徴のうち指定された年齢または年齢層に対応する年齢形状特徴に基づいて抽出された対象者の顔形状を変形させる処理と、作成された年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルのうち指定された年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルを変形された対象者の顔形状に合致するよう変形した後、変形後のしみモデルまたはしわモデルを対象者の顔画像に適用することにより指定された年齢または年齢層に対応する顔画像を合成する処理とを、コンピュータに実行させ、作成する処理は、顔画像の複数に分割された領域ごとに複数人からしみの数または面積を抽出し、抽出された領域ごとのしみの数または面積を領域ごとに昇順または降順に並べた場合に、略中央に位置するしみの数または面積を有する顔画像の領域を選択し、選択された領域のしみを結合したものをしみモデルとして作成し、複数人の顔画像のしわ成分を生成された年齢形状特徴に合成し、しわ成分の重なり度合いが最も大きくなるようにしわ成分の位置をずらし、ずらした後のしわ成分の輝度を積算し、積算されたしわ成分の輝度を人数で割り、得られた輝度が基準値を超える領域をしわモデルのしわとして設定することを含むものである。

20

30

【 0 0 2 8 】

本発明に係る顔画像合成プログラムにおいては、予め複数人の顔画像が記憶され、それらの顔画像から複数人のしみまたはしわが検出される。また、記憶された複数人の顔画像から年齢または年齢層に対応する平均顔形状である年齢形状特徴が生成される。さらに、検出された複数人のしみまたはしわから年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルが作成される。

【 0 0 2 9 】

一方、対象者の顔画像からしみまたはしわを有しない顔形状が抽出される。さらに、生成された年齢形状特徴のうち指定された年齢または年齢層に対応する年齢形状特徴に基づいて抽出された対象者の顔形状が変形される。それにより、対象者の顔形状を指定された年齢または年齢層に対応する顔形状に年齢操作することができる。また、作成されたしみモデルまたはしわモデルのうち指定された年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルが、変形された対象者の顔形状に合致するよう変形された後、変形後のしみモデルまたはしわモデルが対象者の顔画像に適用される。それにより、指定された年齢または年齢層に対応する対象者の顔画像が合成される。

40

【 0 0 3 0 】

このように、指定された年齢または年齢層に対応するしみモデルまたはしわモデルが対

50

象者の顔画像に適用されることによって、従来のコンピュータグラフィックス（ＣＧ）によるしみおよびしわのモデルを顔画像に合成した場合のような合成後の顔画像に残る不自然さの発生を防止することができる。それにより、対象者の顔画像を所望の年齢または年齢層に対応する自然な顔画像に年齢操作することができる。

【００３１】

また、作成されたしみモデルまたはしわモデルを用いることにより、しみおよびしわがほとんどない若年者の顔画像に対しても年齢操作を容易に行うことが可能となる。

しみの位置は人ごとに異なるが、しみの数および面積は同じ年齢または年齢層の人に共通している。したがって、顔画像の複数に分割された領域ごとに、その領域ごとに略中央に位置される標準的なしみの数または面積を有する対象者の領域が選択され、選択された領域のしみが結合されたものをしみモデルとして用いることにより、しみモデルの信頼性を向上することができる。また、複数人のしわのうち共通する領域をしわモデルとすることにより、所望の年齢または年齢層に相応の自然な顔画像を得ることができる。

10

【発明の効果】

【００３２】

本発明によれば、コンピュータグラフィックス（ＣＧ）によるしみおよびしわのモデルを顔画像に合成した場合のような合成後の顔画像に残る不自然さの発生を防止することができる。それにより、対象者の顔画像を所望の年齢または年齢層に対応する自然な顔画像に年齢操作することができる。また、しみおよびしわがほとんどない若年者の顔画像に対しても年齢操作を容易に行うことが可能となる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【００３３】

（１）基本思想

最初に、本発明に係る顔画像合成装置および顔画像合成方法の基本思想について説明する。

【００３４】

しみおよびしわは、人が生きて行く過程で外界から受ける様々な影響から皮膚が変化し、蓄積されたものである。しみは、皮膚内部の組織が変化し、色素が沈着したものである。一方、しわは、皮膚が曲がることを繰り返し、固定化された皮膚上の溝である。

【００３５】

このような理由で、しみは皮膚の凹凸でできた陰影ではなく、画像上において皮膚表面の色の異なる部分として存在する。しわは皮膚上の溝であるから、画像上において皮膚表面上の凹凸により構成される陰影である。

30

【００３６】

（２）顔画像合成装置の構成

次に、図１のブロック図を用いて本実施の形態の顔画像合成方法を実行するための顔画像合成装置の構成を説明する。

【００３７】

画像処理装置５０は、ＣＰＵ（中央演算処理装置）５０１、ＲＯＭ（リードオンリメモリ）５０２、ＲＡＭ（ランダムアクセスメモリ）５０３、入力装置５０４、表示装置５０５、外部記憶装置５０６、記録媒体駆動装置５０７および印刷装置５０８を含む。

40

【００３８】

入力装置５０４は、キーボード、マウス、スキャナ、デジタルカメラ等からなり、各種指令、データおよび画像を入力するために用いられる。ＲＯＭ５０２にはシステムプログラムが記憶される。記録媒体駆動装置５０７は、ＣＤ（コンパクトディスク）ドライブ、ＤＶＤ（デジタルバーサタイルディスク）ドライブ、ＦＤ（フレキシブルディスク）ドライブ等からなり、ＣＤ、ＤＶＤ、ＦＤ等の記録媒体５０９に対してデータの読み書きを行う。

【００３９】

記録媒体５０９には、顔画像合成プログラムが記録されている。この顔画像合成プログ

50

ラムは、各種画像処理プログラムを含む。

【0040】

外部記憶装置506は、ハードディスク装置等からなり、記録媒体駆動装置507を介して記録媒体509から読み込まれた顔画像合成プログラムおよび各種データを記憶する。CPU501は、外部記憶装置506に記憶された顔画像合成プログラムをRAM503上で実行する。

【0041】

表示装置505は、液晶表示パネル、CRT（陰極線管）等からなり、各種画像等を表示する。印刷装置508は、各種画像等を印刷する。

【0042】

なお、顔画像合成プログラムを記録する記録媒体509として、ROM等の半導体メモリ、ハードディスク等の種々の記録媒体を用いることができる。また、顔画像合成プログラムを通信回線等の通信媒体を介して外部記憶装置506にダウンロードし、RAM503上で実行してもよい。

【0043】

（3）しみ／しわモデル作成処理

以下、図2のフローチャートを参照しながら、図1の顔画像合成装置によるしみ／しわモデル作成処理について説明する。

【0044】

ここでは、各年齢または各年齢層の複数の対象者の顔画像に基づいて各年齢または各年齢層のしみ／しわモデルを作成する処理について説明する。この場合、デジタルカメラ等により得られた対象者の顔画像（以下、原画像と称する）が画像データとして外部記憶装置506に記憶されているものとする。

【0045】

画像データは、赤色画像データ、緑色画像データおよび青色画像データからなる。後述するしみおよびしわの検出は、緑色画像データを用いて行われる。この場合、赤色画像データは肌の色に近いので、肌の色と異なる緑色画像データを用いることにより、しみおよびしわを正確に検出することができる。

【0046】

また、原画像における顔パーツ（目、鼻、口等）の位置を示す位置情報も予め取得され、外部記憶装置506に記憶されているものとする。顔パーツの位置情報は、人の入力操作により取得されてもよく、原画像から自動的に取得されてもよい。

【0047】

最初に、CPU501は、対象者の人数Mおよび年齢Nを取得する（ステップS1）。なお、CPU501は、上記年齢Nの代わりに対象者の年齢層を取得してもよい。例えば取得された年齢層が20歳台の場合には、上記対象者の年齢が20歳～29歳に限定される。

【0048】

次に、CPU501は、外部記憶装置506から原画像を取得する（ステップS2）。取得された原画像は、RAM503の第1のバッファ領域に記憶される。

【0049】

続いて、CPU501は、取得した原画像から明領域を検出し、2値化された明領域画像を作成する（ステップS3）。ここで、明領域とは、原画像において平均輝度よりも高い輝度を有する領域をいう。明領域画像の作成処理の詳細については後述する。明領域画像は、RAM503の第2のバッファ領域に画像データとして記憶される。

【0050】

さらに、CPU501は、原画像から暗領域を検出し、2値化された暗領域画像を作成する（ステップS4）。ここで、暗領域とは、原画像において平均輝度よりも低い輝度を有する領域をいう。暗領域画像の作成処理の詳細については後述する。暗領域画像は、RAM503の第3のバッファ領域に画像データとして記憶される。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 1 】

次いで、CPU 501は、明領域画像および暗領域画像の各々において、ブロップ（小塊）の抽出およびラベリングを行う（ステップS5）。なお、ブロップとは、明領域画像または暗領域画像において“1”の値を有する画素が連結する小さな塊の領域をいう。ここで、値が“1”の注目画素の周辺（8個の近傍）に値が“1”の画素がある場合に、値が“1”の周辺の画素と注目画素とを連結領域とみなす。そして、複数のブロップにそれぞれラベルが付される（ラベリング）。ブロップの抽出およびラベリングの詳細については後述する。ラベリングされた明領域画像および暗領域画像は、RAM 503の第4および第5のバッファ領域にそれぞれ画像データとして記憶される。

【 0 0 5 2 】

10

次に、しみおよびしわを検出し、しみ成分およびしわ成分を生成する（ステップS6）。この場合、ブロップの形状および大きさからしみおよびしわをそれ以外の領域（例えば顔パーツ）から区別することができる。例えば、しみは、顔の大きさに比べて小さく、かつ円に近いまたは多少歪んだ形状を有する。しわは、線状または細長い形状を有するが、顔の大きさと比較して著しく長くなることはない。しみとして検出されたブロップに基づいてしみ成分が生成され、しわとして検出されたブロップに基づいてしわ成分が生成される。しみおよびしわの検出ならびにしみ成分およびしわ成分の生成処理の詳細については後述する。しみ成分およびしわ成分は、RAM 503の第6および第7のバッファ領域にそれぞれ画像データとして記憶される。

【 0 0 5 3 】

20

続いて、CPU 501は対象者の顔形状を抽出する（ステップS7）。そして、CPU 501は、対象者の人数Mから1を減算（ステップS8）した後、上記人数Mが0となったか否かを判別する（ステップS9）。人数Mが0となっていない場合、CPU 501は、ステップS2の処理に戻り、ステップS2～S8の処理を繰り返す。

【 0 0 5 4 】

上記ステップS9の処理において、人数Mが0となった場合、つまり全ての対象者について上記ステップS2～S8の処理が終了した場合には、CPU 501は、これらの対象者の年齢形状特徴（平均顔形状）を作成する（ステップS10）。

【 0 0 5 5 】

次に、CPU 501は、しわモデル作成処理（ステップS11）およびしみモデル作成処理（ステップS12）を行う。なお、しみモデル作成処理が終了すれば、しみ／しわモデル作成処理が終了することとなる。

30

【 0 0 5 6 】

（4）しわモデル作成処理

図3は、しわモデル作成処理を示すフローチャートである。しわモデル作成処理で用いられるしわ成分は複数の階調を有する多値画像である。

【 0 0 5 7 】

図3に示すように、最初に、CPU 501は、各対象者のしわ成分を、上記ステップS10の処理で作成した年齢形状特徴に合成する（ステップS21）。

【 0 0 5 8 】

40

次に、CPU 501は、マッチング係数Pの最大値を検出する（ステップS22）。ここで、マッチング係数Pについて説明する。図4は、マッチング係数Pを説明するための説明図である。なお、図4（a）、（b）および後述の図4（c）においては、年齢形状特徴は図示されていない。

【 0 0 5 9 】

年齢形状特徴に図4（a）に示す一方の対象者のしわ成分を合成する（上述のステップS21）。この一方の対象者のしわ成分の面積をAとする。

【 0 0 6 0 】

同様に、一方の対象者のしわ成分が合成された年齢形状特徴に、図4（b）に示す他方の対象者のしわ成分を合成する（上述のステップS21）。この他方の対象者のしわ成分

50

の面積をBとする。

【0061】

ここで、上記一方および他方の対象者のしわ成分が年齢形状特徴のほぼ同じ位置にあるものとして、一方の対象者のしわ成分が合成された年齢形状特徴に、他方の対象者のしわ成分を合成すると、図4(c)に示すように、面積Aを有する一方の対象者のしわ成分と面積Bを有する他方の対象者のしわ成分とが重なり合う。この重なり合っできたしわ成分(以下、重なりしわ成分と呼ぶ:図4(c)において黒色の領域)の面積をCとする。

【0062】

このように算出された重なりしわ成分の面積Cを用いて、CPU501はマッチング係数Pを下記式に基づいて算出する。

【0063】

$$P = C / A + C / B \quad \cdots (1)$$

次に、CPU501は、一方の対象者のしわ成分または他方の対象者のしわ成分の位置をずらすことにより、重なり度合いが最も大きくなる位置を検出し、その位置における上記マッチング係数Pを当該マッチング係数Pの最大値として検出する(上述のステップS22)。なお、しわ成分の位置をずらす処理は、例えば9画素×9画素の領域上で行われる。

【0064】

次に、CPU501は、マッチング係数Pの最大値が所定値(例えば、0.5)以上であるか否かを判別する(図3のステップS23)。マッチング係数Pの最大値が所定値以上である場合に、CPU501は、ずらした後のしわ成分の輝度を積算する(ステップS24)。

【0065】

次に、上記ステップS24の処理後、および上記ステップS23においてマッチング係数Pの最大値が所定値未満である場合に、CPU501は、全てのしわ成分について処理が終了したか否かを判別する(ステップS25)。全てのしわ成分について処理が終了した場合、CPU501は、全ての対象者の処理が終了したか否かを判別する(ステップS26)。

【0066】

上記ステップS26の処理において全ての対象者の処理が終了した場合、CPU501は、積算されたしわ成分の輝度を対象者の人数で割った後(ステップS27)、所定の基準値(例えば、輝度が3)以下のしわ成分の領域を消去する(ステップS28)。これにより、輝度が基準値を超える領域がしわモデルのしわ成分として設定される。

【0067】

一方、上記ステップS25の処理において全てのしわ成分について処理が終了していない場合、CPU501はステップS22の処理に戻り、ステップS22～S25の処理を繰り返す。

【0068】

また、上記ステップS26の処理において全ての対象者の処理が終了していない場合、CPU501はステップS22の処理に戻り、ステップS22～S26の処理を繰り返す。これにより、複数の対象者のしわ成分の輝度がマッチング係数Pを最大とする状態で積算される。

【0069】

次に、上記ステップS28の処理の後、CPU501は、上記のように作成されたしわモデルを外部記憶装置506に記憶させる(ステップS29)。なお、しわモデル作成処理では、重なりしわ成分の領域を除く領域のうち基準値を超えない領域も、しわモデルのしわ成分の一部として設定してもよい。

【0070】

(5) しみモデル作成処理

10

20

30

40

50

以下、しみモデル作成処理（ステップ S 1 2）について図面を参照しながら説明する。

【 0 0 7 1 】

図 5 は、対象者の原画像を簡略化した模式図である。

【 0 0 7 2 】

図 5 の対象者の原画像を複数の領域に区画する。例えば、頭の先端部から目の中心までの範囲を領域 F 1 とし、目の中心から口の中心までの範囲を領域 F 2 とし、口の中心からあごの先端部までの範囲を領域 F 3 とする。

【 0 0 7 3 】

例えば、対象者 A、対象者 B、対象者 C、対象者 D および対象者 E がいる場合において、領域 F 1 における対象者 A のしみの数を 1 2 個、対象者 B のしみの数を 2 0 個、対象者 C のしみの数を 5 個、対象者 D のしみの数を 1 0 個、対象者 E のしみの数を 8 個とする。領域 F 1 において対象者 A ~ E が有するしみの数を多い順（または少ない順）に並べた場合に、1 0 個のしみを有する対象者 D が中間に位置する。

10

【 0 0 7 4 】

このような結果に基づいて、領域 F 1 では対象者 D のしみをしみモデルのしみ成分として設定する。領域 F 2 および領域 F 3 においても同様に、各対象者が有するしみの数を多い順（または少ない順）に並べた場合に、中間に位置する対象者のしみをしみモデルのしみ成分としてそれぞれ設定する。なお、上記の例では、しみの数に基づいてしみモデルを設定したが、これに限定されるものではなく、しみの面積（総面積）に基づいてしみモデルを設定してもよい。

20

【 0 0 7 5 】

しみの位置は人ごとに異なるが、しみの数および面積は同じ年齢または年齢層の人に共通している。したがって、本実施の形態の方法を用いることにより、信頼性が向上されたしみモデルを作成することができる。

【 0 0 7 6 】

上記の例では、説明の簡略化のため対象者の人数を 5 名（対象者 A ~ E）としたが、実際には 1 0 0 名以上を対象者としてすることが好ましい。また、対象者の数が偶数の場合には、上記中間に位置する対象者として複数人（例えば 2 人）のしみをしみモデルのしみ成分として設定してもよい。

【 0 0 7 7 】

しみ / しわモデル作成処理により作成されたしわモデルおよびしみモデルを、それぞれ図 6（a）および図 6（b）に示す。

30

【 0 0 7 8 】

（ 6 ）モデル適用処理

次に、しみモデルおよびしわモデルを、ある対象者の原画像に適用するためのモデル適用処理について説明する。

【 0 0 7 9 】

図 7 は、モデル適用処理を示すフローチャートである。

【 0 0 8 0 】

図 7 に示すように、C P U 5 0 1 は、対象者の原画像を取得する（ステップ S 3 1）。本例の場合、C P U 5 0 1 は、図 8（a）に示す 2 0 歳の女性の原画像を取得するものとする。

40

【 0 0 8 1 】

次に、C P U 5 0 1 は年齢操作後の年齢を取得する（ステップ S 3 2）。この場合、作業者が画像処理装置 5 0 の入力装置 5 0 4 を操作することにより、年齢操作後の年齢が決定される。例えば、作業者は年齢操作後の年齢として 4 0 歳代、5 0 歳代、6 0 歳代および 7 0 歳代を選択することができる。

【 0 0 8 2 】

続いて、C P U 5 0 1 は、対応する年齢形状特徴、しみモデルおよびしわモデルを選択（ステップ S 3 3）した後、上記年齢形状特徴に基づいて原画像の顔形状を変形する（ス

50

テップ S 3 4)。

【 0 0 8 3 】

次に、CPU 5 0 1 は、しみモデルおよびしわモデルを変形された顔形状に合致するよう変形する (ステップ S 3 5)。

【 0 0 8 4 】

その後、CPU 5 0 1 は、原画像に変形されたしみモデルおよびしわモデルを適用する (ステップ S 3 6)。

【 0 0 8 5 】

4 0 歳代のしみモデルおよびしわモデルを原画像に適用した結果を図 8 (b) に示し、7 0 歳代のしみモデルおよびしわモデルを原画像に適用した結果を図 8 (c) に示す。

10

【 0 0 8 6 】

(7) 本実施の形態における効果

このように、本実施の形態においては、しみ / しわモデル作成処理によりしみモデルおよびしわモデルを作成し、これらを対象者の原画像に適用することによって、コンピュータグラフィックス (C G) によるしみおよびしわを顔画像に合成した場合のような合成後の顔画像に残る不自然さの発生を防止することができる。それにより、年齢操作後の結果における信頼性を向上することができる。

【 0 0 8 7 】

また、しみ / しわモデル作成処理により作成したしみモデルおよびしわモデルを用いることにより、しみおよびしわがほとんどない若年者の原画像に対しても年齢操作を容易に行うことが可能となる。

20

【 0 0 8 8 】

(8) 明領域画像および暗領域画像の作成

次に、図 2 のしみ / しわモデル作成処理における明領域画像の作成 (ステップ S 3) および暗領域画像の作成 (ステップ S 4) について説明する。

【 0 0 8 9 】

図 9 は、注目画素および周辺画素の一例を示す図である。また、図 1 0 および図 1 1 は、明領域画像の作成処理を示すフローチャートである。さらに、図 1 2 および図 1 3 は、暗領域画像の作成処理を示すフローチャートである。

【 0 0 9 0 】

30

図 9 に示すように、原画像 1 0 0 の水平方向を X 方向とし、垂直方向を Y 方向とする。図 9 の例では、原画像 1 0 0 の X 方向の画素数は 5 1 2 であり、Y 方向の画素数も 5 1 2 である。注目画素 3 0 0 の周囲の 1 0 画素 × 1 0 画素の領域を周辺領域 2 0 0 と呼ぶ。

【 0 0 9 1 】

明領域画像の作成処理および暗領域画像の作成処理では、注目画素 3 0 0 を 1 画素ずつシフトさせながら、周辺領域 2 0 0 内の輝度の平均値に基づいて注目画素 3 0 0 の値を決定する。

【 0 0 9 2 】

図 1 0 および図 1 1 の明領域画像作成処理においては、まず、CPU 5 0 1 は、注目画素 3 0 0 および周辺領域 2 0 0 を設定する (ステップ S 4 1)。

40

【 0 0 9 3 】

次に、周辺領域 2 0 0 内の画素の輝度の平均値を算出する (ステップ S 4 2)。そして、注目画素 3 0 0 の輝度値と平均値との差を算出する (ステップ S 4 3)。

【 0 0 9 4 】

次いで、注目画素 3 0 0 の輝度値と平均値との差が正の所定値以上か否かを判別する (ステップ S 4 4)。

【 0 0 9 5 】

注目画素 3 0 0 の輝度値と平均値との差が正の所定値以上の場合には、“ 1 ” を注目画素 3 0 0 の画素値に設定する (ステップ S 4 5)。注目画素 3 0 0 の輝度値と平均値との差が正の所定値より低い場合には、“ 0 ” を注目画素 3 0 0 の画素値に設定する (ステッ

50

プ S 4 6)。

【 0 0 9 6 】

その後、注目画素 3 0 0 が X 方向の最後の画素か否かを判別する (図 1 1 のステップ S 4 7)。注目画素 3 0 0 が X 方向の最後の画素でない場合は、注目画素 3 0 0 および周辺領域 2 0 0 を X 方向に 1 画素分シフトする (ステップ S 4 8)。そして、ステップ S 4 2 に戻り、ステップ S 4 2 ~ S 4 7 の処理を繰り返す。

【 0 0 9 7 】

ステップ S 4 7 において注目画素 3 0 0 が X 方向の最後の画素の場合には、注目画素 3 0 0 が Y 方向の最後の画素か否かを判別する (ステップ S 4 9)。注目画素 3 0 0 が Y 方向の最後の画素でない場合は、注目画素 3 0 0 を X 方向の最初の画素に戻し、注目画素 3 0 0 および周辺領域 2 0 0 を Y 方向に 1 画素分シフトする (ステップ S 5 0)。そして、ステップ S 4 2 に戻り、ステップ S 4 2 ~ S 4 9 の処理を繰り返す。

10

【 0 0 9 8 】

ステップ S 4 9 において注目画素 3 0 0 が Y 方向の最後の画素の場合には、明領域画像作成処理を終了する。

【 0 0 9 9 】

このようにして、原画像 1 0 0 において平均輝度よりも高い輝度を有する明領域を示す明領域画像が作成される。

【 0 1 0 0 】

次に、図 1 2 および図 1 3 の暗領域画像作成処理においては、まず、CPU 5 0 1 は、注目画素 3 0 0 および周辺領域 2 0 0 を設定する (ステップ S 5 1)。

20

【 0 1 0 1 】

次に、周辺領域 2 0 0 内の画素の輝度の平均値を算出する (ステップ S 5 2)。そして、注目画素 3 0 0 の輝度値と平均値との差を算出する (ステップ S 5 3)。

【 0 1 0 2 】

次いで、注目画素 3 0 0 の輝度値と平均値との差が負の所定値以下か否かを判別する (ステップ S 5 4)。

【 0 1 0 3 】

注目画素 3 0 0 の輝度値と平均値との差が負の所定値以下の場合には、“ 1 ” を注目画素 3 0 0 の画素値に設定する (ステップ S 5 5)。注目画素 3 0 0 の輝度値と平均値との差が負の所定値よりも高い場合には、“ 0 ” を注目画素 3 0 0 の画素値に設定する (ステップ S 5 6)。

30

【 0 1 0 4 】

その後、注目画素 3 0 0 が X 方向の最後の画素か否かを判別する (図 1 3 のステップ S 5 7)。注目画素 3 0 0 が X 方向の最後の画素でない場合は、注目画素 3 0 0 および周辺領域 2 0 0 を X 方向に 1 画素分シフトする (ステップ S 5 8)。そして、ステップ S 5 2 に戻り、ステップ S 5 2 ~ S 5 7 の処理を繰り返す。

【 0 1 0 5 】

ステップ S 5 7 において注目画素 3 0 0 が X 方向の最後の画素の場合には、注目画素 3 0 0 が Y 方向の最後の画素か否かを判別する (ステップ S 5 9)。注目画素 3 0 0 が Y 方向の最後の画素でない場合は、注目画素 3 0 0 を X 方向の最初の画素に戻し、注目画素 3 0 0 および周辺領域 2 0 0 を Y 方向に 1 画素分シフトする (ステップ S 6 0)。そして、ステップ S 5 2 に戻り、ステップ S 5 2 ~ S 5 9 の処理を繰り返す。

40

【 0 1 0 6 】

ステップ S 5 9 において注目画素 3 0 0 が Y 方向の最後の画素の場合には、暗領域画像作成処理を終了する。

【 0 1 0 7 】

このようにして、原画像 1 0 0 において平均輝度よりも低い輝度を有する暗領域を示す暗領域画像が作成される。

【 0 1 0 8 】

50

図 1 4 は、原画像の一例を示す図であり、図 1 5 は、明領域画像の一例を示す図である。上記の明領域画像の作成処理により、図 1 4 の原画像 1 0 0 から図 1 5 の明領域画像 6 0 0 が作成される。なお、図 1 4 中の各数字は輝度を示す。

【 0 1 0 9 】

(9) ブロップの抽出およびラベリング

次に、ブロップの抽出およびラベリングについて説明する。図 1 6 および図 1 7 は、ブロップの抽出およびラベリングを説明するための図である。

【 0 1 1 0 】

ここで、ブロップの抽出とは、明領域画像または暗領域画像において値が “ 1 ” の画素の連結領域をブロップとして抽出することをいう。また、ラベリングとは、個々のブロップを識別するために各ブロップにラベルを付すことをいう。

10

【 0 1 1 1 】

図 1 5 に示した明領域画像 6 0 0 において、注目画素を X 方向に 1 画素分シフトしつつ、注目画素の左側、左斜め上、上側または右斜め上に値が “ 1 ” の画素が存在するか否かを調べる。最初に注目画素の値が “ 1 ” となったときに、その注目画素にラベル “ A ” を付す。次に、注目画素の値が “ 1 ” であり、左側、左斜め上、上側または右斜め上に値が “ 1 ” の画素が存在する場合に、注目画素に値が “ 1 ” の画素と同じラベル “ A ” を付す。注目画素の値が “ 1 ” であり、左側、左斜め上、上側または右斜め上に値が “ 1 ” の画素が存在しない場合には、注目画素に別のラベル “ B ” を付す。

20

【 0 1 1 2 】

注目画素を X 方向の最後の画素までシフトした後、注目画素を X 方向の最初の画素に戻しかつ Y 方向に 1 画素分シフトし、上記の処理を行う。注目画素が X 方向および Y 方向の最後の画素になるまで上記の処理を繰り返す。

【 0 1 1 3 】

上記の処理により、図 1 6 に示すように、明領域画像 6 0 0 のブロップ 6 0 1 にラベル “ A ” および “ B ” が付され、ブロップ 6 0 2 にラベル “ C ” が付されている。

【 0 1 1 4 】

次に、図 1 6 の明領域画像 6 0 0 において、注目画素を X 方向および Y 方向の最初の画素に戻し、注目画素を X 方向に 1 画素分シフトしつつ、注目画素の左側、左斜め上、上側または右斜め上にラベルが付された画素が存在するか否かを調べる。注目画素にラベルが付されており、かつ左側、左斜め上、上側または右斜め上に異なるラベルが付された画素が存在する場合には、注目画素のラベルと同じラベルを持つ画素を全て左側、左斜め上、上側または右斜め上の画素と同じラベルに変更する。

30

【 0 1 1 5 】

注目画素を X 方向の最後の画素までシフトした後、注目画素を X 方向の最初の画素に戻しかつ Y 方向に 1 画素分シフトし、上記の処理を行う。注目画素が X 方向および Y 方向の最後の画素になるまで上記の処理を繰り返す。

【 0 1 1 6 】

その結果、図 1 7 に示すように、ブロップ 6 0 1 内のラベル “ B ” がラベル “ A ” に変更される。

40

【 0 1 1 7 】

このようにして、値が “ 1 ” の画素の連結領域をブロップとして抽出することができるとともに、ラベルにより個々のブロップを識別することができる。

【 0 1 1 8 】

図 1 7 の明領域画像 6 0 0 では、ラベル “ A ” によりブロップ 6 0 1 が識別され、ラベル “ C ” によりブロップ 6 0 2 が識別される。

【 0 1 1 9 】

暗領域画像についても、同様にしてブロップの抽出およびラベリングが行われる。

【 0 1 2 0 】

(1 0) しみ成分およびしわ成分の生成

50

次に、ラベリングされたブロップからしみおよびしわを検出する処理ならびにしみ成分およびしわ成分を生成する処理について説明する。

【 0 1 2 1 】

(a) しみの検出

一般的な顔の知識より、しみは顔に対して大きな領域を占めるものではなく、十分に小さい。しかし、著しく小さいブロップは観察者が知覚できないであろうことから、しみとはしない。また、しみの形状は、円に近いが、または円から多少歪んだ形状である。

【 0 1 2 2 】

ここで、しみとして検出されなかったブロップはすべて除去する（画素値を 0 とする）。

10

【 0 1 2 3 】

(b) しわの検出

一般的な顔の知識より、しわは顔の大きさと比較して著しく長いものではない。また、しわの形状は、直線状または曲線状である。一方、顔パーツの輪郭線も同様な形状を示している場合がある。しかし、人が顔を観察する場合にもこれらの局所的な画像のみからはしわと顔パーツの輪郭線とを識別することが難しいことがしばしばある。人は、このような場合に、顔という知識を利用していると考えられる。そこで、ブロップに、顔パーツの一部が含まれていれば、そのブロップは顔パーツの輪郭線とみなす。

【 0 1 2 4 】

ここで、しわとして検出されなかったブロップはすべて除去する（画素値を 0 とする）。

20

【 0 1 2 5 】

図 1 8 は原画像の基準長さを説明するための図である。図 1 9 はしみおよびしわの検出処理を示すフローチャートである。図 2 0 はブロップの例を示す図である。

【 0 1 2 6 】

しみおよびしわの検出処理では、図 1 8 に示すように、原画像の両眼の中心間の水平方向の距離 L_1 と、両眼の間の中点と口との間の垂直方向の距離 L_2 に係数を乗算した値とを比較し、それらのうち長い方の距離を基準長さとし、抽出されたブロップの寸法を規格化する。

【 0 1 2 7 】

ここでは、図 2 0 (a) ~ (h) のブロップ B 1 ~ B 8 からしみおよびしわを検出するものとする。図 2 0 において、各ブロップ B 1 ~ B 8 が内接する長方形の領域を処理領域 7 0 0 と呼ぶ。

30

【 0 1 2 8 】

各ブロップ B 1 ~ B 8 の横の長さ w は、ブロップ B 1 ~ B 8 の X 方向の最大座標と最小座標との差であり、処理領域 7 0 0 の横の長さに対応する。また、各ブロップ B 1 ~ B 8 の縦の長さ h は、ブロップ B 1 ~ B 8 の Y 方向の最大座標と最小座標との差であり、処理領域 7 0 0 の縦の長さに対応する。

【 0 1 2 9 】

まず、CPU 5 0 1 は、ブロップの画素数が所定値 P_1 以上であるか否かを判別する（ステップ S 7 1）。ブロップの画素数が所定値 P_1 よりも少ない場合には、そのブロップを排除する（ステップ S 7 9）。それにより、小さすぎるブロップが排除される。

40

【 0 1 3 0 】

ブロップの画素数が所定値 P_1 以上の場合には、CPU 5 0 1 は、ブロップの縦横比と密度との関係値 f_a が所定値 K 以上であるか否かを判別する（ステップ S 7 2）。所定値 K は 0 よりも大きく 1 よりも小さい値に設定される。

【 0 1 3 1 】

ここで、関係値 f_a は次式により求められる。

【 0 1 3 2 】

$$f_a = \alpha [1 - | (4 / \pi) \{ \tan^{-1} (w / h) - (\pi / 4) \} |] + (1 - \alpha) ($$

50

$\beta s / w h) \dots (2)$

上式(2)において、 w はブロックの横の長さ、 h はブロックの縦の長さ、 s はブロックの画素数、 α および β はそれぞれ所定の係数である。

【0133】

上式(2)の第1項の $[1 - |(4/\pi) \cdot \{\tan^{-1}(w/h) - (\pi/4)\}|]$ において、 $\tan^{-1}(w/h)$ の値はX方向に対して処理領域700の対角線がなす角度を表す。ブロックの縦横比 w/h が1の場合には、対角線の角度が45度となり、第1項の上記の値は1となる。ブロックの縦横比 w/h が0または ∞ に近い場合には、対角線の角度が90度または0度に近くなり、第1項の上記の値は約0となる。

【0134】

例えば、図20(a)、(b)、(c)のブロックB1、B2、B3では、第1項の上記の値は1となり、図20(d)のブロックB4では、第1項の上記の値は0となる。

【0135】

また、上式(2)の第2項において、 $s / w h$ の値は、処理領域700内のブロックの密度を表す。

【0136】

例えば、図20(a)、(d)のブロックB1、B4では、第2項の上記の値は1に近くなり、図20(b)、(g)、(h)のブロックB2、B7、B8では、第2項の上記の値は0に近くなる。

【0137】

係数 α は、縦横比および密度の重みを調整するために用いられ、 $0 < \alpha < 1$ となるように設定される。したがって、形状が正方形または円形に近くかつ密度が高い場合には、関係値 f_a は1に近くなる。

【0138】

例えば、図20(a)のブロックB1では、関係値 f_a が1に近くなる。

【0139】

ブロックの縦横比と密度との関係値 f_a が所定値K以上の場合には、CPU501は、ブロックの画素数が所定値P2以下であるか否かを判別する(ステップS77)。所定値P2は所定値P1よりも大きい値に設定される。

【0140】

ブロックの画素数が所定値P2以下でない場合、すなわち所定値P2よりも大きい場合には、CPU501はそのブロックを排除する。それにより、大きすぎるブロックが排除される。

【0141】

ステップS77においてブロックの画素数が所定値P2以下の場合には、CPU501は、そのブロックをしみと判定する(ステップS78)。この場合、図20(a)のブロックB1がしみと判定される。

【0142】

それにより、画素数が所定値P1以上所定値P2以下であり、かつ縦横比と密度との関係値 f_a が所定値K以上のブロックがしみと判定される。例えば、図20(a)のブロックB1は、画素数が所定値P1以上所定値P2以下の場合にしみと判定され、画素数が所定値P1よりも小さいかまたは所定値P2よりも大きい場合に排除される。

【0143】

ステップS72において縦横比と密度との関係値 f_a が所定値Kよりも小さい場合には、CPU501は、ブロックの大きさと密度との関係値 f_b が所定値L以上であるか否かを判別する(ステップS73)。所定値Lは0よりも大きく1よりも小さい値に設定される。

【0144】

ここで、関係値 f_b は次式により求められる。

【0145】

10

20

30

40

50

$$f_b = \max(w, h) / s \quad \dots (3)$$

上式(3)において、 $\max(w, h)$ はブロップの横の長さ w および縦の長さ h のうち長い方の値を示す。また、 s はブロップの画素数である。

【0146】

細い線では、関係値 f_b は1に近くなり、太い線では、関係値 f_b は0に近くなる。

【0147】

ブロップの大きさと密度との関係値 f_b が所定値 L 以上でない場合、すなわち所定値 L よりも小さい場合には、CPU501はそのブロップを排除する(ステップS76)。

【0148】

例えば、図20(c)のブロップB3では、関係値 f_b が0に近くなる。したがって、ブロップB3は排除される。

【0149】

ステップS73においてブロップの大きさと密度との関係値 f_b が所定値 L 以上の場合には、CPU501はブロップのばらつきの度合い f_c が所定値 M 以上であるか否かを判別する(ステップS74)。所定値 M は0よりも大きく1よりも小さい値に設定される。例えば、所定値 M は0.12である。

【0150】

この場合、ブロップのばらつきの度合い f_c は、ブロップ内の画素のうちブロップの重心からの距離が標準偏差 σ の2倍よりも長い画素の割合で定義される。ばらつきの度合い f_c は次式により求められる。

【0151】

$$f_c = u / s \quad \dots (4)$$

上式(4)において、 s はブロップの画素数である。また、 u は、ブロップの重心 $W0$ を中心とする円 C 外の画素の数である。

【0152】

ブロップのばらつきの度合い f_c が所定値 M よりも小さい場合には、CPU501はそのブロップを排除する。

【0153】

例えば、図20(e), (f), (h)のブロップB5, B6, B8では、ばらつきの度合い f_c の値が小さくなる。したがって、ブロップB5, B6, B8は排除される。

【0154】

ステップS74においてブロップのばらつきの度合い f_c が所定値 M 以上の場合には、CPU501は、ブロップをしわと判定する(ステップS75)。

【0155】

それにより、画素数が所定値 $P1$ 以上であり、縦横比と密度との関係値 f_a が所定値 K よりも小さく、大きさと密度との関係値 f_b が所定値 L 以上であり、かつばらつきの度合い f_c が所定値 M 以上であるブロップがしわと判定される。

【0156】

例えば、図20(b), (d), (g)のブロップB2, B4, B7では、ばらつきの度合い f_c が大きくなる。したがって、ブロップB2, B4, B7はしわと判定される。

【0157】

上記のようにしてしみまたはしわとして検出されたブロップについて、原画像に基づいてしみ成分またはしわ成分を生成する。

【0158】

まず、しみとして検出されたブロップと、しわとして検出されたブロップとを振り分ける。

【0159】

しみ成分の生成では、しみとして検出されたブロップ外の画素の値を“0”とする。ブロップ内の各画素について、その画素を中心に含む10画素×10画素の周辺領域内の画

10

20

30

40

50

素の輝度の中央値を算出し、原画像の輝度値と中央値との差の絶対値を算出し、差の絶対値をしみ成分の画素の値とする。しみ成分の生成では、暗領域画像に対応するしみ成分が生成される。

【 0 1 6 0 】

同様に、しわ成分の生成では、しわとして検出されたブロップ外の画素の値を“ 0 ”とする。ブロップ内の各画素について、その画素を中心に含む 10 画素 × 10 画素の周辺領域内の画素の輝度の中央値を算出し、原画像の輝度値と中央値との差の絶対値を算出し、差の絶対値をしわ成分の画素の値とする。しわ成分の生成では、暗領域画像に対応するしわ成分および明領域画像に対応するしわ成分が生成される。

【 0 1 6 1 】

図 2 1 はしみ成分またはしわ成分の一例を示す図である。ブロップ 6 0 1 A , 6 0 2 A 外の画素の値は“ 0 ”とされる。ブロップ 6 0 1 A , 6 0 2 A 内の各画素の値は、原画像において、その画素を中心に含む 10 画素 × 10 画素の周辺領域内の画素の輝度の中央値を算出し、原画像の輝度値と中央値との差の絶対値を算出することにより得られる。

【 0 1 6 2 】

(1 1) 顔画像の形状の操作

次に、対象者の原画像の顔画像に対して年齢が異なる顔画像を合成する方法について説明する。この方法を用いて顔画像の形状を操作することにより、「ある顔画像の人物が若く見られるならばこんな感じ」、「老けて見られるならばこんな感じ」という印象を得ることができる。なお、上記方法を実施するための画像処理装置の構成は図 1 の画像処理装置 5 0 の構成と同じである。

【 0 1 6 3 】

以下では、画像が個人の顔画像であり、複数の形態的特徴が目、口等の顔パーツ（顔部品）の形状特徴を構成する L 個の特徴点（ x, y ）の 2 次元座標であり、属性が年齢である場合を説明する。ここで、L は、2 以上の整数であり、x は顔画像における x 座標、y は顔画像における y 座標である。

【 0 1 6 4 】

本実施の形態では、まず、個人の顔画像を表す特徴ベクトル（形状特徴ベクトル）として、L 個の特徴点（ x, y ）の 2 次元座標だけでなく、画像には直接関係はないが、年齢特徴に強く影響を与える既知の属性値（年齢属性値）に重みを加えたものを変量 a として加え、以下に示すように、主成分分析（PCA）による次元圧縮を行う。

【 0 1 6 5 】

具体的には以下の手順で行う。個人の顔画像の形状特徴ベクトルは、次式のように、 $2L + 1$ 次元のベクトル F_i （ $i = 1, 2, \dots, M$ ）として表す。M は主成分分析に用いる個人の顔画像の数である。

【 0 1 6 6 】

$$F_i = [x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, \dots, x_L, y_L, a]^T \quad \dots (5)$$

上式（5）において、T は転置を示す。すべての顔画像の形状特徴ベクトルの平均値が形状特徴ベクトル空間の中心に配置されるように各要素（変量）から平均 F_{AV} を引く。

【 0 1 6 7 】

$$\Delta F_i = F_i - F_{AV} \quad \dots (6)$$

次に、上式（6）を用いて新たに顔特徴空間 G を次式（7）により定義する。

【 0 1 6 8 】

$$G = [\Delta F_1, \Delta F_2, \dots, \Delta F_M] \quad \dots (7)$$

そして、次式（8）により顔特徴空間 G の共分散行列 S を求める。

【 0 1 6 9 】

$$S = G G^T \quad \dots (8)$$

上式（8）より求められた共分散行列 S に対して次式（9）により特異値分解を行うことにより、各固有ベクトルを顔特徴空間 G の主成分として求めることができる。

【 0 1 7 0 】

10

20

30

40

50

$$S = U D U^T \quad \dots (9)$$

Uはユニタリ行列であり、各列が固有ベクトルとなる。すなわち、ユニタリ行列Uの第1列には第1番目～第M番目の顔画像における第1主成分の主成分得点が順に並び、第2列には第1番目～第M番目の顔画像における第2主成分の主成分得点が順に並び、第3列には第1番目～第M番目の顔画像における第3主成分の主成分得点が順に並ぶ。同様に、ユニタリ行列Uの第M列には第1番目～第M番目の顔画像における第(2L+1)主成分の主成分得点が並ぶ。Dは対角行列であり、対角成分が各主成分の固有値である。すなわち、対角行列Dの対角成分は、第1主成分～第(2L+1)主成分の固有値 $\lambda_1 \sim \lambda_{2L+1}$ である。

【0171】

10

ここで得られた第1主成分は、後述するように、属性値として加えた成分(年齢)の影響を強く受けており、第1主成分の主成分得点の値は、年齢属性値を強く反映したものになる。

【0172】

ここで、第1主成分の標準偏差を σ_1 とし、その3倍を形状特徴の変化範囲とする。主成分の固有値は主成分の分散であることから、第1主成分の標準偏差 σ_1 は、第1主成分の固有値 λ_1 より次式(10)のようになる。

【0173】

$$\sigma_1^2 = \lambda_1 \quad \dots (10)$$

第1主成分の標準偏差 σ_1 の3倍の範囲、すなわち $-(3/2)\sigma_1$ から $+(3/2)\sigma_1$ の範囲を顔形状(形状特徴)の変化範囲とする。この変化範囲にすべての顔画像のうち90%以上が属する。 $+(3/2)\sigma_1$ を第1主成分の主成分得点とし、他の主成分の主成分得点を0とする主成分特徴ベクトルを P_{max} とする。また、 $-(3/2)\sigma_1$ を第1主成分の主成分得点とし、他の主成分の主成分得点を0とする主成分特徴ベクトルを P_{min} とする。主成分特徴ベクトル P_{max} はM個の顔画像より求められる平均顔画像において最年長(または最年少)の顔画像に対応し、主成分特徴ベクトル P_{min} はM個の顔画像により求められる平均顔画像において最年少(または最年長)の顔画像に対応する。

【0174】

$$P_{max} = [+(3/2)\sigma_1, 0, 0, \dots, 0]^T \quad \dots (11)$$

$$P_{min} = [-(3/2)\sigma_1, 0, 0, \dots, 0]^T \quad \dots (12)$$

上式(11)、(12)の主成分特徴ベクトル P_{max} 、 P_{min} より顔形状ベクトル F_{max} 、 F_{min} を再構成する。顔形状ベクトル F_{max} は最年長(または最年少)の平均顔画像を表し、顔形状ベクトル F_{min} は最年少(または最年長)の平均顔画像を表す。そして、次式のように、顔形状ベクトル F_{max} と顔形状ベクトル F_{min} との差を年齢特徴を表す特徴ベクトル(年齢特徴ベクトル)Fとして抽出する。

【0175】

$$F = F_{max} - F_{min} \quad \dots (13)$$

ただし、年齢特徴ベクトルFには属性値は必要ないため、年齢特徴ベクトルFは年齢属性値を削除した2L次元のベクトルとする。

【0176】

$$F = [x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_{2L}, y_{2L}]^T \quad \dots (14)$$

上式(14)の年齢特徴ベクトルFは、最年長の平均顔画像と最年少の平均顔画像との間での各特徴点の移動量を表している。例えば、変数 x_1 は1番目の特徴点のx座標の移動量を表し、変数 y_1 は1番目の特徴点のy座標の移動量を表す。

【0177】

上式(14)の年齢特徴ベクトルFを用いて次のようにして特定の個人のオリジナル顔画像からその個人の異なる年齢の顔画像を合成することができる。

【0178】

まず、特定の個人のオリジナル顔画像の形状特徴ベクトル F^I を次式のように構成する

50

。

【 0 1 7 9 】

$$F^I = [x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_{2L}, y_{2L}]^T \quad \dots (15)$$

上式 (15) の変数 $x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_{2L}, y_{2L}$ はオリジナル顔画像の L 個の特徴点の x 座標および y 座標である。

【 0 1 8 0 】

次に、上式 (14) の年齢特徴ベクトル F の各変数 $x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_{2L}, y_{2L}$ に合成割合 b を乗算し、次式の修正ベクトル F' を算出する。

【 0 1 8 1 】

$$F' = [bx_1, by_1, bx_2, by_2, \dots, bx_{2L}, by_{2L}]^T \quad \dots (16)$$

上式 (15) のオリジナル顔画像の形状特徴ベクトル F^I に上式 (16) の修正ベクトル F' を次式のように加算または減算し、年齢特徴をマッピングした形状特徴ベクトル F^S を作成する。

【 0 1 8 2 】

$$F^S = F^I \pm F' \quad \dots (17)$$

上式 (17) の形状特徴ベクトル F^S から顔画像を再構成することによりオリジナル顔画像に対して年齢が異なる顔画像を合成することができる。この場合、上式 (16) における合成割合 b の値を任意に設定することにより、任意の年齢の顔画像を合成することが可能となる。

【 0 1 8 3 】

図 2 2 および図 2 3 は図 1 の画像処理装置において実行される画像処理プログラムの処理を示すフローチャートである。ここでは、ある年齢の個人のオリジナル顔画像からその個人の他の年齢の顔画像を合成する方法の例を示す。

【 0 1 8 4 】

まず、CPU 5 0 1 は、入力装置 5 0 4 により入力された複数の個人の顔画像を画像データとして外部記憶装置 5 0 6 に記憶する (ステップ S 9 1)。この場合、予めデータベースに記憶された複数の個人の顔画像の画像データを用いてもよい。

【 0 1 8 5 】

次に、CPU 5 0 1 は、外部記憶装置 5 0 6 に記憶された画像データに基づいて各顔画像の複数の特徴点の座標値を抽出する (ステップ S 9 2)。本実施の形態では、各特徴点の x 座標および y 座標を抽出する。

【 0 1 8 6 】

次に、CPU 5 0 1 は、各顔画像の年齢属性値を取得する (ステップ S 9 3)。年齢属性値は、各顔画像ごとに入力装置 5 0 4 により入力してもよく、あるいは各顔画像ごとに予めデータベースに記憶された年齢属性値を用いてもよい。本実施の形態では、後述する年齢知覚実験により得られた見かけの年齢を年齢属性値として用いる。

【 0 1 8 7 】

さらに、CPU 5 0 1 は、各顔画像ごとに抽出された複数の特徴点の座標値および年齢属性値を用いて各顔画像の形状特徴ベクトル F_i (式 (5) 参照) を構成する (ステップ S 9 4)。

【 0 1 8 8 】

次いで、CPU 5 0 1 は、複数の顔画像の形状特徴ベクトル F_i から式 (6) ~ (10) に従って主成分分析により第 1 主成分の固有値 σ_1 を算出する (ステップ S 9 5)。また、CPU 5 0 1 は、第 1 主成分の固有値 σ_1 を用いて式 (11) の第 1 主成分の主成分特徴ベクトル P_{max} , P_{min} を構成する (図 2 3 のステップ S 9 6)。

【 0 1 8 9 】

次に、CPU 5 0 1 は、第 1 主成分の固有値 σ_1 を用いて式 (11) の第 1 主成分の顔形状ベクトル F_{max} , F_{min} を再構成し (ステップ S 9 7)、式 (12) の年齢特徴を表す年齢特徴ベクトル F を抽出する (ステップ S 9 8)。

【 0 1 9 0 】

次いで、CPU501は、年齢特徴ベクトルFを用いて特定の個人のオリジナル顔画像から所望の年齢の顔画像を合成する（ステップS99）。

【0191】

このようにして、画像処理プログラムを画像処理装置において実行することにより複数の個人の顔画像を用いて年齢特徴に密接に関連する顔形状の特徴を年齢特徴ベクトルFとして抽出することができ、さらに抽出した顔形状の特徴を用いて特定の個人のオリジナル顔画像から所望の年齢の顔画像を合成することができる。

【0192】

上記のように、本実施の形態の画像処理装置、画像処理方法および画像処理プログラムにより未知の顔画像を合成することができるので、それらを犯罪捜査等に利用することができる。

10

【0193】

なお、上記実施の形態では、画像の形態的特徴として顔形状の特徴を表す複数の特徴点の座標値を用いているが、画像の形態的特徴として肌の色合い、しみ、しわ等のテクスチャ（肌合い）を用いることもできる。また、年齢の知覚は、顔内部の形状だけではなく、髪型等を考慮してもよい。

【0194】

さらに、上記実施の形態では、属性として見かけの年齢を用いているが、属性として見かけの年齢の代わりに実年齢を用いてもよい。また、属性として表情、人種、性別、体形等の他の属性を用いてもよい。

20

【0195】

属性が実年齢の場合、上記実施の形態の画像処理方法を適用することにより、複数の個人の顔画像を用いて実年齢の特徴に密接に関連する顔形状の特徴を抽出することができ、さらに抽出した顔形状の特徴を用いて特定の個人のオリジナル顔画像から実年齢の異なる顔画像を合成することができる。

【0196】

属性が表情の場合、喜怒哀楽等の表情をそれぞれ異なる値で表し、上記実施の形態の画像処理方法を適用することにより、複数の個人の顔画像を用いて表情の特徴に密接に関連する顔形状の特徴を抽出することができ、さらに抽出した顔形状の特徴を用いて特定の個人のオリジナル顔画像から表情の異なる顔画像を合成することができる。

30

【0197】

属性が人種の場合、異なる複数の人種をそれぞれ異なる値で表し、上記実施の形態の画像処理方法を適用することにより、複数の個人の顔画像を用いて人種の特徴に密接に関連する顔形状の特徴を抽出することができ、さらに抽出した顔形状の特徴を用いて特定の個人のオリジナル顔画像から人種の異なる顔画像を合成することができる。

【0198】

属性が性別の場合、男女の性別を異なる値で表し、上記実施の形態の画像処理方法を適用することにより、複数の個人の顔画像を用いて性別の特徴に密接に関連する顔形状の特徴を抽出することができ、さらに抽出した顔形状の特徴を用いて特定の個人のオリジナル顔画像から性別の異なる顔画像を合成することができる。

40

【0199】

属性が体形の場合、異なる体形を異なる値で表し、上記実施の形態の画像処理方法を適用することにより、複数の個人の顔画像を用いて体形の特徴に密接に関連する顔形状の特徴を抽出することができ、さらに抽出した顔形状の特徴を用いて特定の個人のオリジナル顔画像から体形の異なる顔画像を合成することができる。

【0200】

また、上記実施の形態では、画像が個人の顔画像である場合を説明したが、これに限定されない。例えば、画像が動物の画像であってもよい。

【0201】

（12）請求項の各構成要素と実施の形態の各部との対応関係

50

本実施の形態においては、外部記憶装置 506 が記憶手段に相当し、CPU 501 が検出手段、作成手段、抽出手段、適用手段、生成手段、変形手段およびコンピュータに相当する。

【実施例】

【0202】

1. 予備実験

個人の顔の経年変化に関わる形状特徴について考える場合、主成分分析の変量に与える属性値として、実年齢を利用すればよい。しかし、顔の経年変化では、形状とともに、しみやしわ、肌のきめ等も変化することは経験的にも明らかである。本実施例では、経年変化により変化する顔の形状特徴ではなく、みかけの年齢、つまり若く見える顔や、老けて見える顔の形状の特徴について検討した。そして、みかけの年齢の属性値として、実年齢を与えたのでは不十分であるため、みかけの年齢の属性値を求めるために年齢知覚実験（年齢評定実験）を行った。

【0203】

1-1. 手続

年齢知覚実験における実験刺激には、本願出願人が収集して作成した表情顔画像データベースから、日本人男女各 142 名の無表情、正面向き、実年齢が 10 代後半から 30 代後半の顔画像を用いた。また、顔画像は 512 × 512 ピクセルのカラー画像であり、顔が枠内に十分入る大きさであった。被験者は大学生（18 才～22 才）の男性 25 名および女性 22 名であった。

【0204】

実験は、次の手順で行われた。被験者は、モニタに表示される顔画像の年齢を推定し、表 1 に示す年齢評定カテゴリの中で最も適するカテゴリを選択するように求められた。

【0205】

【表 1】

カテゴリ	年齢
0	～15才
1	15～20才
2	20～25才
3	25～30才
4	30～35才
5	35～40才
6	40～45才
7	45才～

【0206】

表 1 に示すように、年齢を 8 つのカテゴリに分類し、それらのカテゴリに年齢の若い順に 0～7 の評定値を与えた。

【0207】

1-2. 結果

顔画像ごとに評定値の平均および標準偏差を求めた。図 24 は顔画像ごとの評定値の平均を降順に並び替えてプロットした図である。図 24 の横軸は、142 名の顔画像を示し、縦軸は、各顔画像の評定値の平均を示す。三角印および丸印はそれぞれ男性および女性の顔画像の評定値の平均を表す。

【0208】

個々の顔画像より得られた標準偏差から顔画像の性別ごとに平均を求めた。標準偏差の平均は、男性の顔画像では 0.85、女性の顔画像では 0.89 であった。つまり、男女

の顔とも±5才程度の誤差で年齢が推定されたことになる。

【0209】

なお、男女で顔画像は異なり、顔画像間に関連もないため、顔画像間の比較には意味がない。

【0210】

2. 年齢特徴抽出実験

次に、上記の年齢知覚実験により得られた見かけの年齢属性値を用いて顔年齢特徴抽出実験を行った。顔情報に見かけの年齢属性値を付加する場合（以下、属性値付加条件と呼ぶ）と、顔情報に見かけの年齢属性値を付加しない場合（以下、属性値なし条件と呼ぶ）とで、抽出される形状特徴の比較を行った。

【0211】

2-1. 手続き

顔画像の形状特徴には、本願出願人が開発した顔画像合成システム（FUTON）（蒲池みゆき，向田茂，吉川左紀子，加藤隆，尾田正臣，赤松茂，“顔・表情認知に関する心理実験のための顔画像合成システム - FUTON System -”，信学技法，HIP97-39，pp.73-80，Jan.1998および向田茂，蒲池みゆき，赤松茂，“顔画像合成システム（FUTON system）におけるマニュアルサンプリングの評価”，信学技法，HIP99-49，pp.13-18，Nov.1999参照）のデフォルト特徴点83点の座標値を用いた。

【0212】

図25は顔特徴ベクトルの変量として用いた特徴点を示す図である。図25において、83点の特徴点を黒丸で示し、各特徴点を識別するために符号を付している。

【0213】

顔画像としては、予備実験で用いた男女の各142枚の顔画像を用いた。ただし、顔幅（特徴点Fr3，Fl3間の長さ）が230ピクセルになるように、また両目の瞳を結ぶ直線が水平になるように正規化した。

【0214】

男女の顔画像ごとに、属性値なし条件および属性値付加条件のそれぞれにおいて主成分分析による次元圧縮を行った。

・属性値なし条件

従来手法の属性値なし条件では、顔情報（形状特徴ベクトルの変量）として、83点の特徴点の座標値のみを用いた。1枚の顔画像を166次元の形状特徴ベクトル F_N として表した。

【0215】

$$F_N = (x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, \dots, x_{83}, y_{83})^T$$

・属性値付加条件

属性値付加条件では、顔情報として（形状特徴ベクトルの変量）、83点の特徴点の座標値に加え、予備実験で得られた各顔画像の評定値の平均値を100倍した値を、見かけの年齢属性値 a として用いた。そして、1枚の顔画像を167次元の形状特徴ベクトル F_A として表した。

【0216】

$$F_A = (x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, \dots, x_{83}, y_{83}, a)^T$$

得られた主成分ごとの固有値から、その主成分の変化量を決定し、主成分ごとに形状特徴ベクトルを再構成後、視覚的にその差を比較した。

【0217】

2-3. 結果

男女それぞれの顔画像について、属性値なし条件および属性値付加条件から得られた各主成分における主成分得点を分析した。もし、主成分が年齢変化に強く関与しているのであれば、顔画像を年齢順に並べたとき、主成分上の各顔画像の主成分得点は昇順あるいは降順に並んでいるはずである。そこで、男女の顔画像での各条件で得られた主成分のうち

第 1 主成分から第 3 主成分までの主成分得点をプロットした。

【 0 2 1 8 】

図 2 6 (a) は男性の顔画像において属性値なし条件で得られた上位主成分の主成分得点を示す図、図 2 6 (b) は女性の顔画像において属性値なし条件で得られた上位主成分の主成分得点を示す図である。また、図 2 7 (a) は男性の顔画像において属性値付加条件で得られた上位主成分の主成分得点を示す図、図 2 7 (b) は女性の顔画像において属性値付加条件で得られた上位主成分の主成分得点を示す図である。図 2 6 および図 2 7 の横軸は見かけの年齢 (評定値) の高い順に並べた顔画像を示し、縦軸は主成分得点 (PC score) を示す。四角印は第 1 主成分の主成分得点を示し、丸印は第 2 主成分の主成分得点を示し、三角印は第 3 主成分の主成分得点を示す。

10

【 0 2 1 9 】

図 2 6 (a) , (b) に示すように、属性値なし条件では、男性の顔画像および女性の顔画像とも、年齢順に並べられた顔画像の主成分得点がほぼ昇順あるいは降順に並ぶ主成分を見つけることができなかった。

【 0 2 2 0 】

一方、図 2 7 (a) , (b) に示すように、属性値付加条件では、男性の顔画像および女性の顔画像とも、第 1 主成分の主成分得点がほぼ順に並んだ形で示された。

【 0 2 2 1 】

これらの結果から、属性値付加条件で得られた第 1 主成分が顔画像の見かけの年齢に影響を与える特徴と密接に関係していることがわかった。

20

【 0 2 2 2 】

次に、各主成分がどのような形状変化に関わっているのかを視覚的に確認するために、確認する主成分の固有値から得られた変化範囲を用いて、それぞれ顔パーツの特徴点の座標を再構成した。以下に示すように、属性値付加条件での主成分の顔形状への影響を調べた。

【 0 2 2 3 】

図 2 8、図 2 9、図 3 0 および図 3 1 は男性の顔画像において属性値付加条件で得られた第 1 主成分、第 2 主成分、第 3 主成分および第 4 主成分をそれぞれ用いて再構成した顔形状を示す図である。また、図 3 2、図 3 3、図 3 4 および図 3 5 は女性の顔画像において属性値付加条件で得られた第 1 主成分、第 2 主成分、第 3 主成分および第 4 主成分をそれぞれ用いて再構成した顔形状を示す図である。図 2 8 ~ 図 3 5 において、(a) および (b) は見かけの年齢が両極端の顔形状を示している。

30

【 0 2 2 4 】

再構成した顔画像から各主成分の 2 枚の顔形状を比較した。各主成分が形状的な特徴の変化とどのように関係しているかを、主観的な印象として挙げると次のようになる。男性の顔画像について属性値付加条件で得られた第 1 主成分では、眉の内側が上下に変化、外側は内側とは逆向きに上下に変化する。鼻と口は上下に変化し、口の幅は若干狭まったり、広がったり、そしてあごがやや大きくなったり、小さくなったりする。第 2 主成分では、額が拡大縮小し、眉の外側が水平方向へ変化し (眉の大きさが変わる)、両目の間隔もやや広くなったり、狭くなったりし、そして、鼻、口およびあごが大きく上下に変化する。第 3 主成分では、眉の内側が上下に変化し、外側は若干水平方向に変化する。鼻と口は大きく上下に変化し、あごは四角くややえらの張ったような形や、少し小さく、とがった形に変化する。第 4 主成分では、額の大きさが急激に変化し、眉の内側が大きく上下に変化する。そして、鼻および口の左側が若干水平方向に変化し、あごの左側がごくわずかに変化する。

40

【 0 2 2 5 】

一方、属性値なし条件では、第 1 主成分は属性値付加条件の第 2 主成分とほぼ同じ変化を示し、第 2 主成分は属性値付加条件の第 3 主成分とほぼ同じ変化を示した。以降の主成分についても同様であった。

【 0 2 2 6 】

50

女性の顔画像について属性値付加条件で得られた第1主成分では、口が上下に変化し、幅が広くなったり狭くなったりする。そして、あごがやや大きくなったり、小さくなったりする。第2主成分では、男性の顔画像について属性値付加条件で得られた第2主成分とほぼ同様であった。第3主成分では、額が拡大縮小し、眉の内側は若干上下に変化し、そして鼻と口は若干左側で水平方向に変化し、あごはややえらの張ったような形や、少し小さく、とがった形になる。第4主成分では、顔輪郭、鼻、口が若干右側で変化する。そして、顔輪郭については横幅が変化する。

【0227】

一方、属性値なし条件では、男性の顔画像と同様に、第1主成分は属性値付加条件の第2主成分とほぼ同じ変化を示し、第2主成分は属性値付加条件の第3主成分とほぼ同じ変化を示した。以降の主成分についても同様であった。

10

【0228】

2 - 3 . 考察

各主成分における主成分得点の分布から見ると、属性値なし条件と、属性値付加条件の第2主成分以降では、顔画像を見かけの年齢順に並べたときに、主成分得点が全く昇順あるいは降順になっていなかったことから、これらの主成分は見かけの年齢に影響を与える特徴と密接に関係しているとは言えない。一方、属性値付加条件の第1主成分では、見かけの年齢順に顔画像を並べたとき、男女の顔画像とも、主成分得点はほぼ順に並んでいたこと、さらには年齢知覚実験（年齢評定実験）で得られたデータ（評定値）の分布と第1主成分のデータ（主成分得点）の分布はよく似た分布を示していることから、属性値付加条件で得られた第1主成分は、見かけの年齢に影響を与える形状特徴と密接に関係していると言える。

20

【0229】

各主成分の主成分得点の値を変え、顔パーツの特徴点座標に再構成させた特徴点の座標の変化についても、属性値付加条件の第1主成分は、解剖学的な知見による青年期の加齢変化とほぼ合っているように見える。

【0230】

本発明に係る画像処理方法では、顔の形状情報である特徴点の座標値だけでなく、直接顔画像の構成には関係のない見かけの年齢という属性値を加えて主成分分析を行うことにより、第1主成分の主成分得点が定量的にも年齢変化との関係を示していること、第1主成分から再構成した顔形状において定性的にも妥当な変形を観察できたことから、見かけの年齢に密接に関係する形状特徴を得られることを示している。

30

【0231】

3 - 1 . 個人の顔画像へのマッピング

年齢特徴抽出実験により得られた見かけの年齢特徴を個人の顔画像へマッピングした。

【0232】

図36は対象者の顔画像に年齢形状特徴をマッピングすることにより年齢の異なる顔画像を合成した結果を示す図である。

【0233】

図36(a)は20歳の対象者の原画像を示し、図36(b)は年齢が40歳に見えるように合成した顔画像を示し、図36(c)は年齢が70歳に見えるように合成した顔画像を示す。合成割合は、いずれも年齢特徴抽出実験の属性値付加条件の第1主成分の変化量の $\pm 50\%$ とした。

40

【0234】

合成の手順は次の通りである。対象者の顔画像から、FUTONで用いる83点の特徴点を取得し、オリジナル顔画像の形状特徴ベクトル F^I を特徴点の座標値を用いて、166次元のベクトル F^I とする。

$$F^I = (x_1, y_1, x_2, x_3, \dots, x_{166}, y_{166})^T \dots (15)$$

オリジナル顔画像の形状特徴ベクトル F^I と、見かけの年齢特徴ベクトル F の各要素に合成割合0.5を乗じた修正ベクトル F' を加算あるいは減算し、年齢特徴をマッピング

50

した顔形状ベクトル F^S を作成した。

【0235】

$F' = (0.5x_1, 0.5y_1, 0.5x_2, 0.5y_2 \dots, 0.5x_{83}, 0.5y_{83})^T \dots (16)$
 $F^S = F^I \pm F' \dots (17)$

そして、顔形状が F^I から F^S へと変化する形状モーフィング（顔合成技術）を F U T O N で行った。

【0236】

以上のように、上記実施例では、顔画像の形状特徴ベクトルに画像とは直接関係のない見かけの年齢という属性値を変量として加え、主成分分析を行うことにより、見かけの年齢変化に密接に関連する形状特徴を抽出することが可能であることが示された。

10

【産業上の利用可能性】

【0237】

本発明は、原画像から異なる年齢印象を有する顔画像を合成するために利用することができ、犯罪捜査、尋ね人の捜索およびスキンケアのシュミレーション等の種々の目的に利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0238】

【図1】本実施の形態の顔画像合成方法を実行するための顔画像合成装置の構成を示すブロック図である。

20

【図2】顔画像合成装置によるしみ／しわモデル作成処理を示すフローチャートである。

【図3】しわモデル作成処理を示すフローチャートである。

【図4】マッチング係数 P を説明するための説明図である。

【図5】対象者の原画像を簡略化した模式図である。

【図6】しみ／しわモデル作成処理により作成されたしわモデルおよびしみモデルを示す図である。

【図7】モデル適用処理を示すフローチャートである。

【図8】(a) は 20 歳の女性の原画像の写真であり、(b) は 40 歳代のしみモデルおよびしわモデルを原画像に適用した結果の写真であり、(c) は 70 歳代のしみモデルおよびしわモデルを原画像に適用した結果の写真である。

30

【図9】注目画素および周辺画素の一例を示す図である。

【図10】明領域画像の作成処理を示すフローチャートである。

【図11】明領域画像の作成処理を示すフローチャートである。

【図12】暗領域画像の作成処理を示すフローチャートである。

【図13】暗領域画像の作成処理を示すフローチャートである。

【図14】原画像の一例を示す図である。

【図15】明領域画像の一例を示す図である。

【図16】プロップの抽出およびラベリングを説明するための図である。

【図17】プロップの抽出およびラベリングを説明するための図である。

【図18】原画像の基準長さを説明するための図である。

40

【図19】しみおよびしわの検出処理を示すフローチャートである。

【図20】プロップの例を示す図である。

【図21】しみ成分またはしわ成分の一例を示す図である。

【図22】図1の画像処理装置において実行される画像処理プログラムの処理を示すフローチャートである。

【図23】図1の画像処理装置において実行される画像処理プログラムの処理を示すフローチャートである。

【図24】顔画像ごとの評定値の平均を降順に並び替えてプロットした図である。

【図25】顔特徴ベクトルの変量として用いた特徴点を示す図である。

【図26】(a) は男性の顔画像において属性値なし条件で得られた上位主成分の主成分

50

得点を示す図であり、(b)は女性の顔画像において属性値なし条件で得られた上位主成分の主成分得点を示す図である。

【図27】(a)は男性の顔画像において属性値付加条件で得られた上位主成分の主成分得点を示す図であり、(b)は女性の顔画像において属性値付加条件で得られた上位主成分の主成分得点を示す図である。

【図28】男性の顔画像において属性値付加条件で得られた第1主成分を用いて再構成した顔形状を示す図である。

【図29】男性の顔画像において属性値付加条件で得られた第2主成分を用いて再構成した顔形状を示す図である。

【図30】男性の顔画像において属性値付加条件で得られた第3主成分を用いて再構成した顔形状を示す図である。

10

【図31】男性の顔画像において属性値付加条件で得られた第4主成分を用いて再構成した顔形状を示す図である。

【図32】女性の顔画像において属性値付加条件で得られた第1主成分を用いて再構成した顔形状を示す図である。

【図33】女性の顔画像において属性値付加条件で得られた第2主成分を用いて再構成した顔形状を示す図である。

【図34】女性の顔画像において属性値付加条件で得られた第3主成分を用いて再構成した顔形状を示す図である。

【図35】女性の顔画像において属性値付加条件で得られた第4主成分を用いて再構成した顔形状を示す図である。

20

【図36】対象者の顔画像に年齢形状特徴をマッピングすることにより年齢の異なる顔画像を合成した結果を示す図である。

【符号の説明】

【0239】

50 画像処理装置

100 原画像

200 周辺領域

300 注目画素

501 CPU

30

502 ROM

503 RAM

504 入力装置

505 表示装置

506 外部記憶装置

507 記録媒体駆動装置

508 印刷装置

509 記録媒体

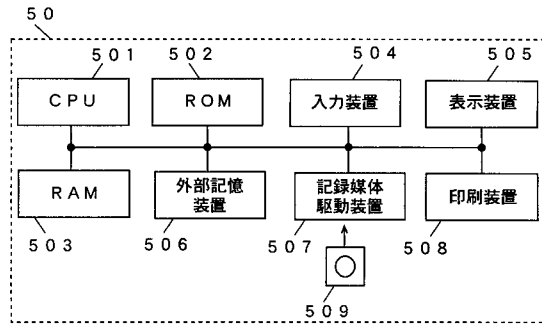
601, 602, 601A, 602A, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7

プロップ

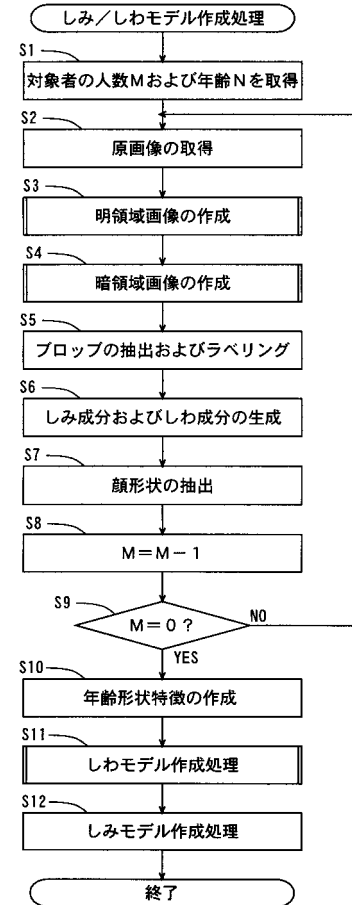
40

700 処理領域

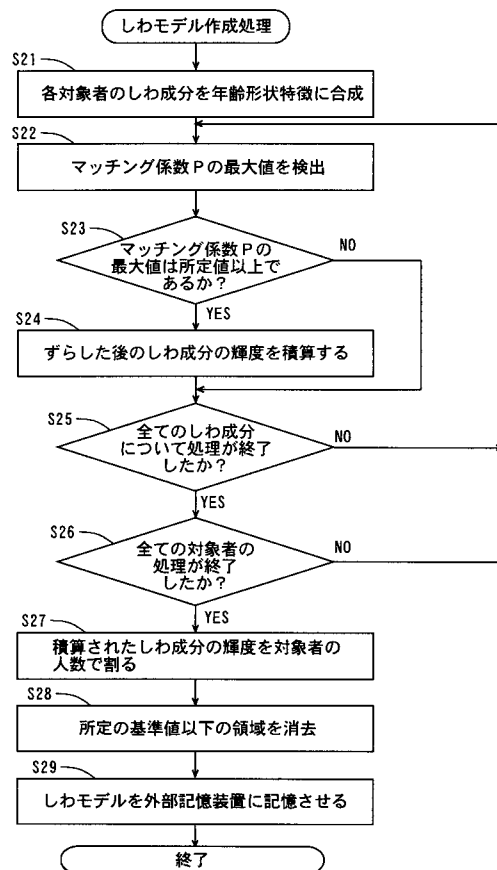
【図 1】



【図 2】

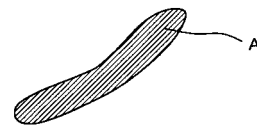


【図 3】

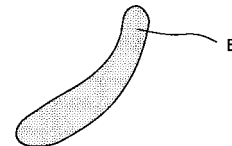


【図 4】

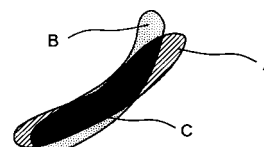
(a)



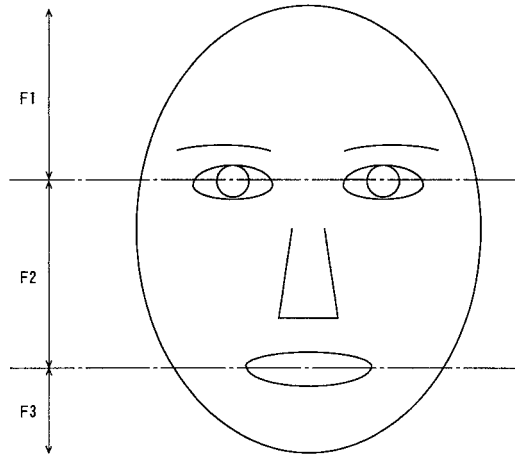
(b)



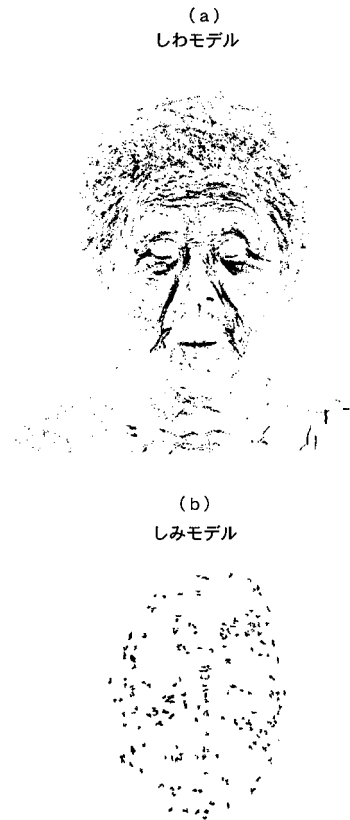
(c)



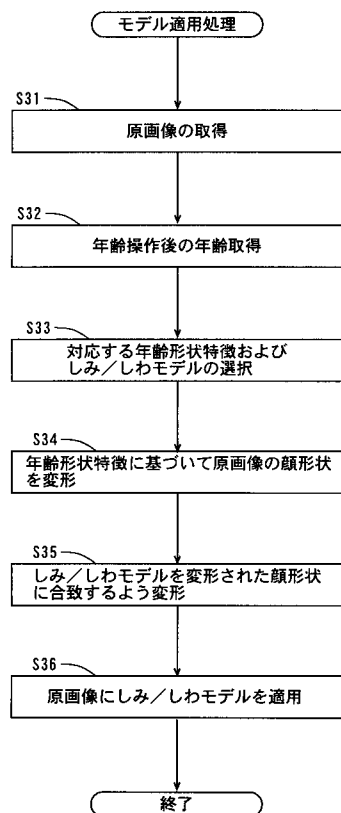
【図 5】



【図 6】



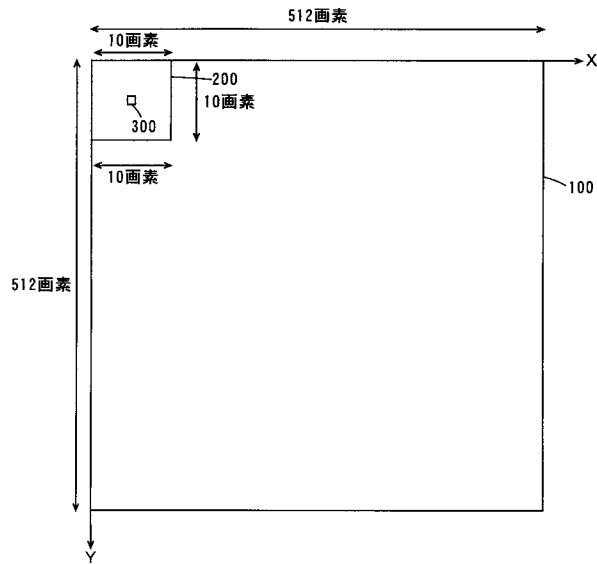
【図 7】



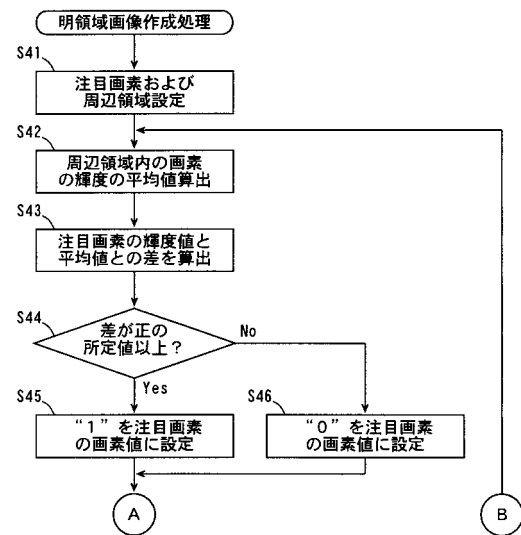
【図 8】



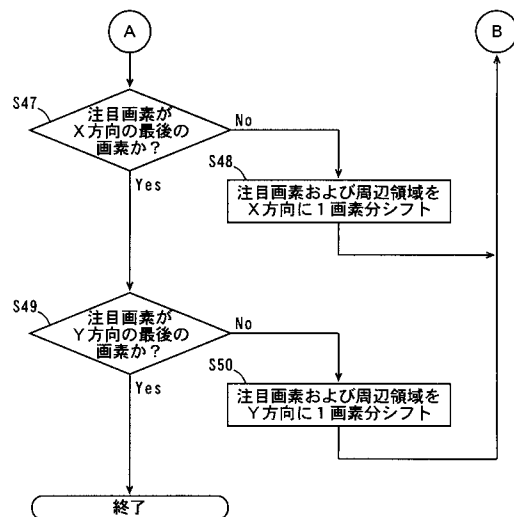
【図 9】



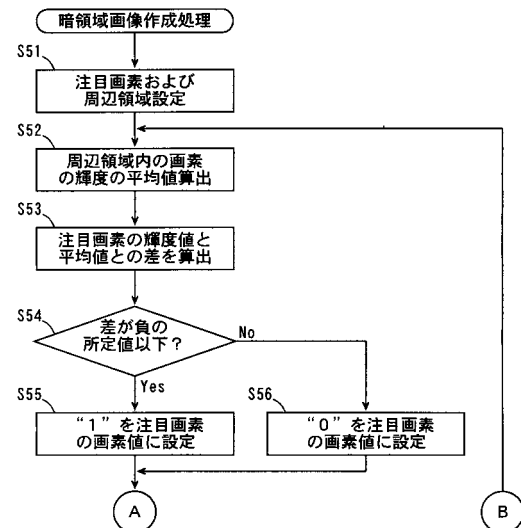
【図 10】



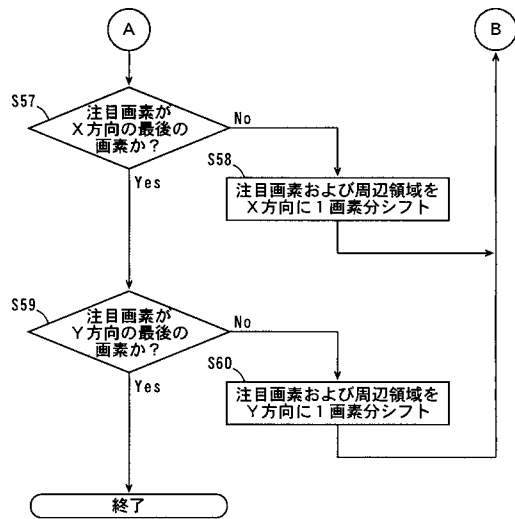
【図 11】



【図 12】



【図 13】



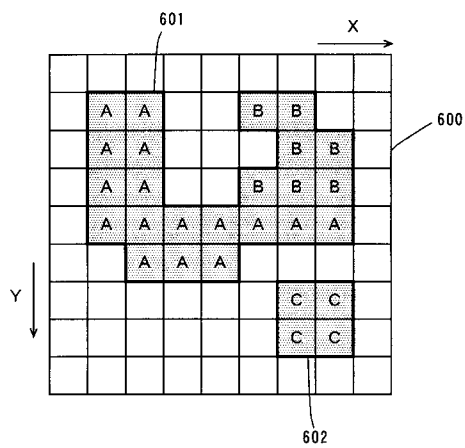
【図 14】

										X
1	2	3	1	3	2	1	2	3		
3	50	55	3	2	50	51	2	2		
3	53	54	1	1	2	50	52	1		
1	53	50	2	2	52	50	52	2		
3	51	52	52	51	50	53	51	3		
1	1	50	52	50	3	3	3	3		
3	1	1	1	3	2	52	53	1		
3	3	3	3	1	3	51	52	2		
2	1	2	1	3	2	1	1	3		
										Y

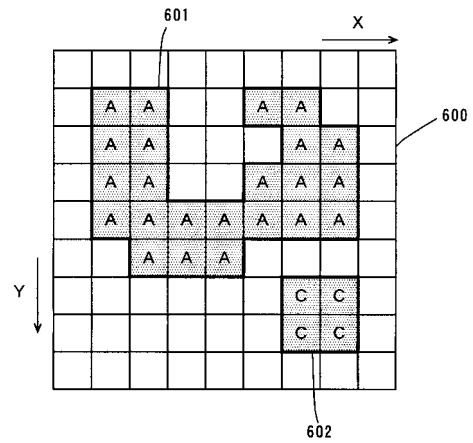
【図 15】

										X
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	0	0	1	1	0	0		
0	1	1	0	0	0	1	1	0		
0	1	1	0	0	1	1	1	0		
0	1	1	1	1	1	1	1	0		
0	0	1	1	1	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	1	1	0		
0	0	0	0	0	0	1	1	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0		
										Y

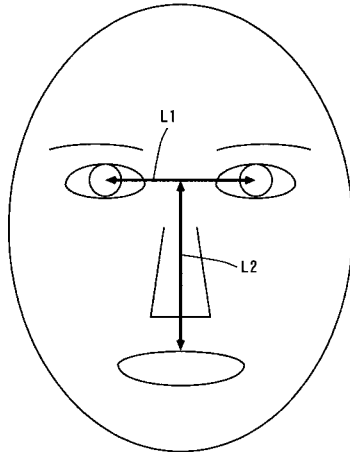
【図 16】



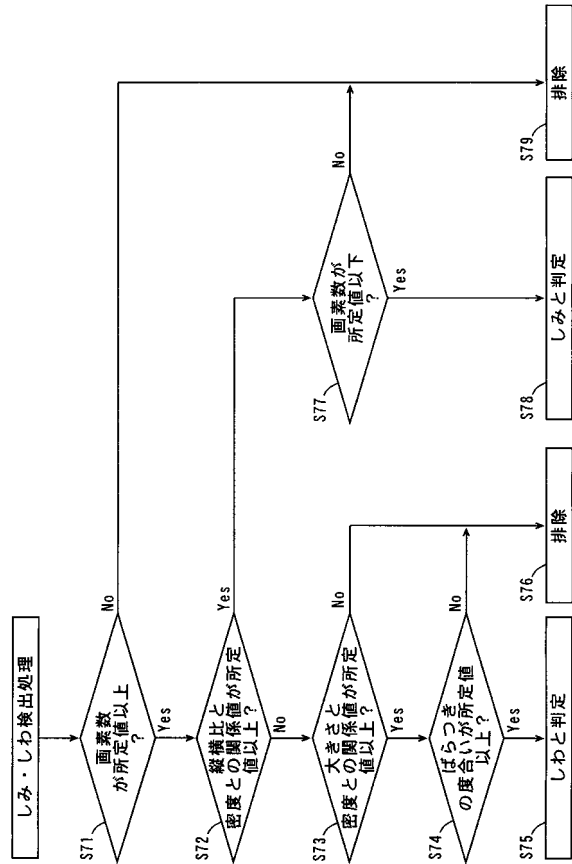
【図 17】



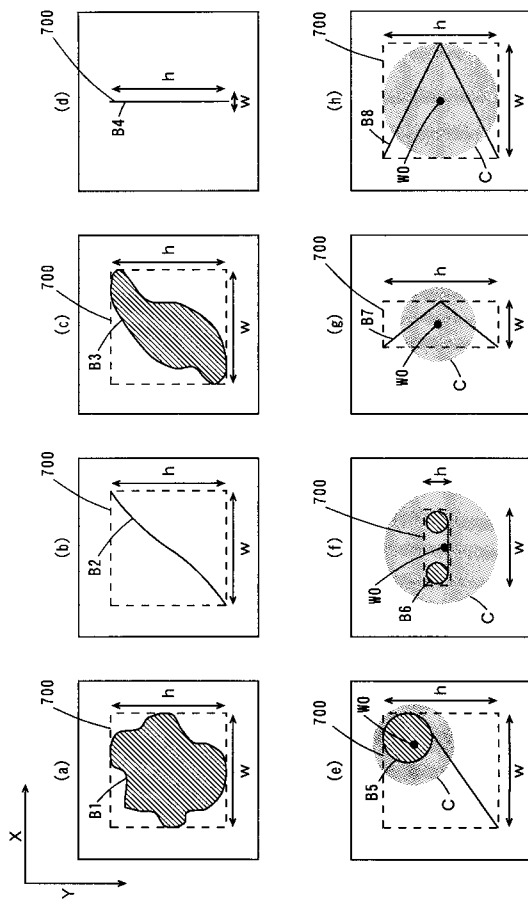
【図18】



【図19】



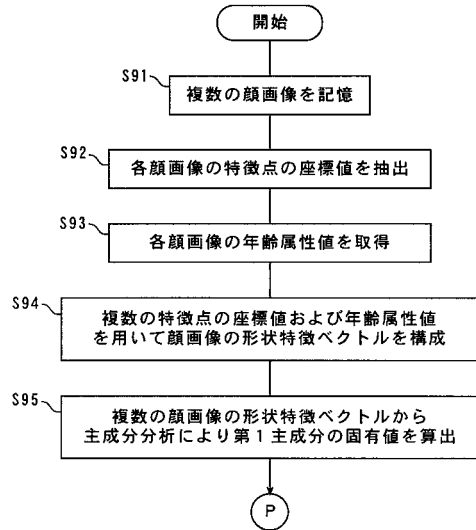
【図20】



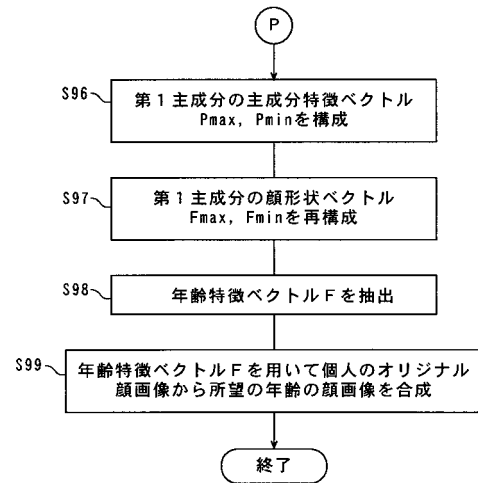
【図21】

601A										X	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Y	
0	48	53	0	0	48	49	0	0	0		
0	51	52	0	0	0	48	50	0	0		
0	51	48	0	0	49	48	50	0	0		
0	49	50	50	49	48	51	49	0	0		
0	0	48	50	48	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	50	51	0	0		
0	0	0	0	0	0	49	50	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
602A										600	

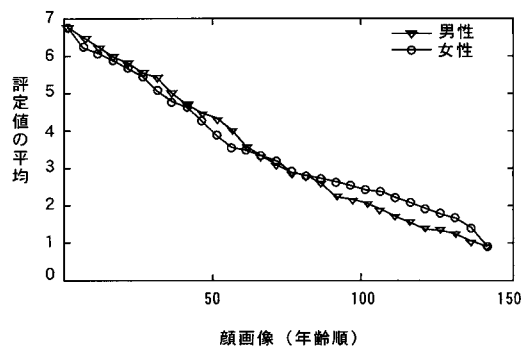
【図 2 2】



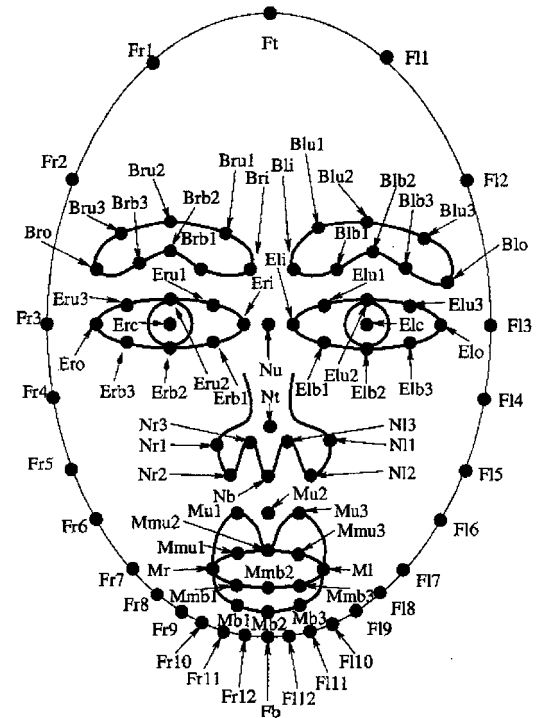
【図 2 3】



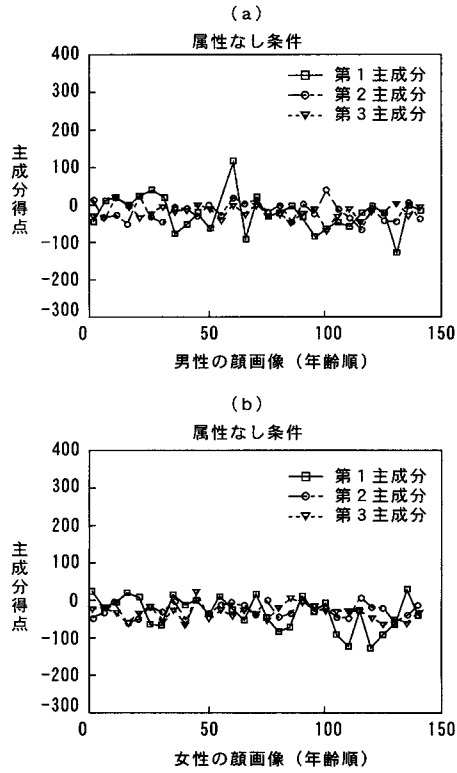
【図 2 4】



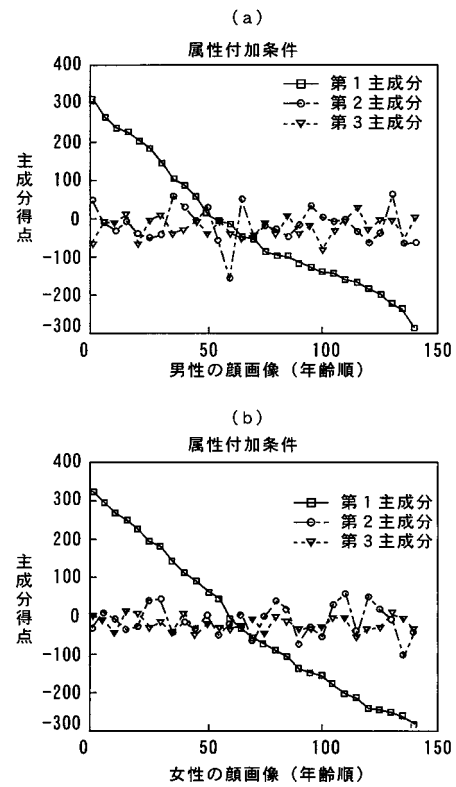
【図 2 5】



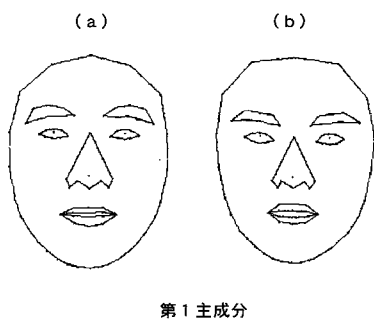
【図 26】



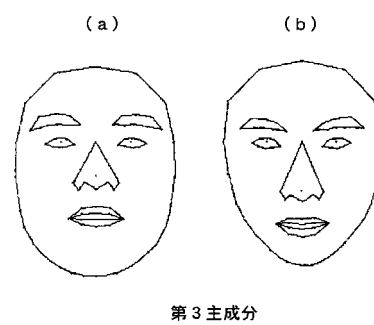
【図 27】



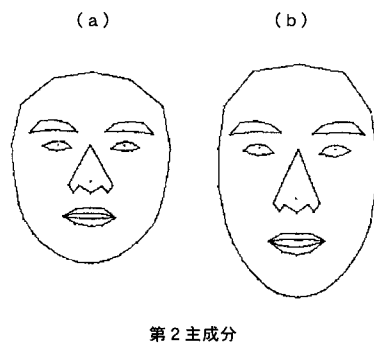
【図 28】



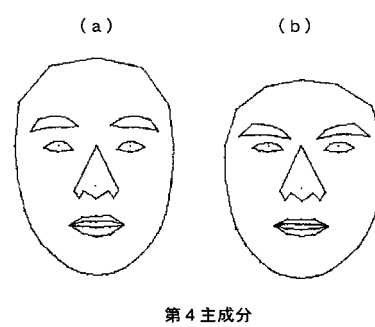
【図 30】



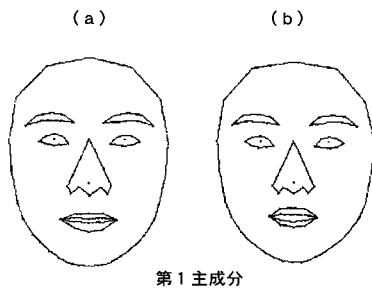
【図 29】



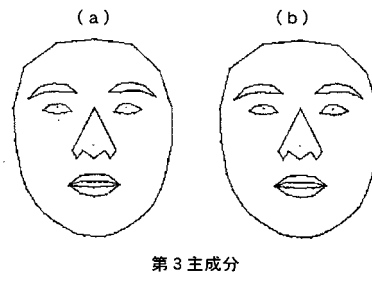
【図 31】



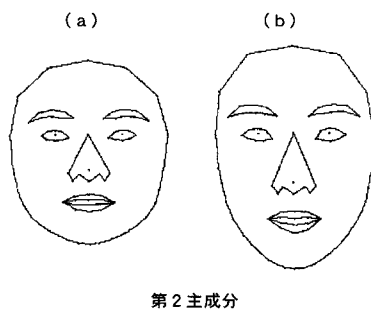
【図 3 2】



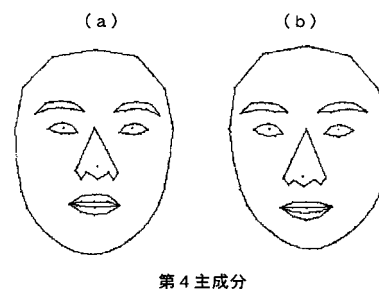
【図 3 4】



【図 3 3】



【図 3 5】



【図 3 6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-092349(JP,A)

向田茂 外一名,しみ・しわに着目した顔画像の年齢操作,映像情報メディア学会誌,(社)映像情報メディア学会,2005年 5月 1日,第59巻 第5号,第761~768頁

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

G06T 1/00
H04N 1/387