

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-350498
(P2006-350498A)

(43) 公開日 平成18年12月28日(2006.12.28)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G06T 1/00 (2006.01)	G06T 1/00 340A	5B057
G06T 3/40 (2006.01)	G06T 3/40 A	5C076
H04N 1/387 (2006.01)	H04N 1/387 101	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2005-173334 (P2005-173334)
(22) 出願日 平成17年6月14日 (2005.6.14)

(71) 出願人 000005201
富士フイルムホールディングス株式会社
東京都港区西麻布2丁目26番30号
(74) 代理人 100073184
弁理士 柳田 征史
(74) 代理人 100090468
弁理士 佐久間 剛
(74) 復代理人 100104189
弁理士 福尾 勲将
(72) 発明者 李 元中
神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地
富士写真フイルム株式会社内

最終頁に続く

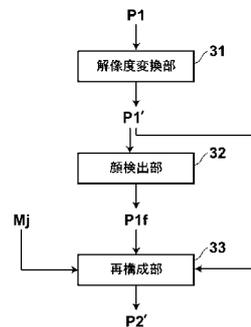
(54) 【発明の名称】 画像処理装置および方法並びにプログラム

(57) 【要約】

【課題】 AAMの手法を用いてより簡易に入力画像の解像度を変換する。

【解決手段】 解像度変換部31が補正後の画像P1の解像度を変換し、顔検出部32が解像度変換後の画像P1から顔部分P1fを検出する。再構成部33が、顔検出部32によって検出された顔部分P1fを、人間の顔部分が表された複数のサンプル画像に基づいてAAMの手法によって生成された、画像P1と同一の解像度を有する数学モデルMjに適應させ、適應後の顔部分を表す画像を再構成して、解像度が変換された画像P2を取得する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

入力画像の少なくとも所定の構造物の部分を所望の解像度に変換する解像度変換手段と

、
所定の構造物が表された、前記所望の解像度と同一の解像度を有する複数の画像に対して所定の統計処理を行うことによって得られた統計的特徴量により前記構造物が表現されたモデルと、

解像度変換後の前記入力画像中の前記構造物を前記モデルに適應させ、適應後の前記構造物を表す画像を再構成する再構成手段とを備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

前記所定の構造物が人間の顔であることを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記入力画像中の前記構造物を検出する検出手段をさらに備え、

前記再構成手段が、前記モデルに、検出された前記構造物を適應させることによって、前記画像を再構成するものであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記入力画像中の前記構造物の属性を取得し、前記所定の構造物の属性毎に該構造物が表現された複数の前記モデルから、取得された属性に応じた前記モデルを選択する選択手段をさらに備え、

前記再構成手段が、選択されたモデルに前記構造物を適應させることによって、前記画像を再構成するものであることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の画像処理装置。

【請求項 5】

入力画像の少なくとも所定の構造物の部分を所望の解像度に変換し、

所定の構造物が表された、前記所望の解像度と同一の解像度を有する複数の画像に対して所定の統計処理を行うことによって得られた統計的特徴量により前記構造物が表現されたモデルに、解像度変換後の前記入力画像中の前記構造物を適應させ、適應後の前記構造物を表す画像を再構成することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 6】

コンピュータを、

入力画像の少なくとも所定の構造物の部分を所望の解像度に変換する解像度変換手段と

、
所定の構造物が表された、前記所望の解像度と同一の解像度を有する複数の画像に対して所定の統計処理を行うことによって得られた統計的特徴量により前記構造物が表現されたモデルと、

解像度変換後の前記入力画像中の前記構造物を前記モデルに適應させ、適應後の前記構造物を表す画像を再構成する再構成手段として機能させることを特徴とする画像処理プログラム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、入力画像の解像度を変換する画像処理装置および方法並びに画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムに関するものである。

【背景技術】**【0002】**

近年、人物の顔をカメラで撮影して得られる顔画像を用いて、統計的画像処理を行う研究が進められている。また、この統計的画像処理を用いて、入力画像の解像度を変換する手法も提案されている（特許文献 1 参照）。この手法は、顔画像の集合を学習データとし、A A M（Active Appearance Models）の手法を利用して顔画像をモデル化し、このモデ

10

20

30

40

50

ルを用いて入力された顔画像の解像度を変換するものである。具体的には、顔画像の解像度を変換することにより階層化し、階層化された顔画像を用いることにより解像度が異なる複数のモデルを生成し、入力画像の解像度を検出し、検出された解像度に応じたモデルを用いて入力画像の特徴パラメータを取得する。そして、特徴パラメータを取得したモデルとは異なる解像度（すなわち所望とする解像度）のモデルに、取得した特徴パラメータを用いて解像度を変換された画像を取得するものである。

【特許文献1】特開2002-170112号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

10

しかしながら、上記特許文献1に記載された手法は、入力画像の解像度の変換をモデルを用いて行っているため、その処理が煩雑となる。

【0004】

本発明は上記事情に鑑みなされたものであり、AAMの手法を用いて入力画像の解像度をより簡易に変換することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明による画像処理装置は、入力画像の少なくとも所定の構造物の部分を所望の解像度に変換する解像度変換手段と、

所定の構造物が表された、前記所望の解像度と同一の解像度を有する複数の画像に対して所定の統計処理を行うことによって得られた統計的特徴量により前記構造物が表現されたモデルと、

20

解像度変換後の前記入力画像中の前記構造物を前記モデルに適應させ、適應後の前記構造物を表す画像を再構成する再構成手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0006】

本発明による画像処理方法は、入力画像の少なくとも所定の構造物の部分を所望の解像度に変換し、

所定の構造物が表された、前記所望の解像度と同一の解像度を有する複数の画像に対して所定の統計処理を行うことによって得られた統計的特徴量により前記構造物が表現されたモデルに、解像度変換後の前記入力画像中の前記構造物を適應させ、適應後の前記構造物を表す画像を再構成することを特徴とするものである。

30

【0007】

さらに、本発明による画像処理プログラムは、コンピュータに上記の画像処理方法を実行させる（上記各手段として機能させる）ものである。

【0008】

次に、本発明による画像処理装置、方法およびプログラムの詳細について説明する。

【0009】

本発明による「(所定の)構造物を表現するモデル」の具体的実現手法としては、AAM(Active Appearance Models)の手法を利用することが考えられる。AAMは、モデルに基づいて画像の内容の解釈を試みるアプローチの1つであり、例えば、顔を解釈の対象とする場合、学習対象となる複数の画像中の顔部分の形状や、形状を正規化した後の輝度の情報に対して主成分分析を行うことによって顔の数学モデルを生成し、新たな入力画像中の顔部分を、数学モデルにおける各主成分と各主成分に対する重みづけパラメータで表現し、顔画像を再構成する手法である(T.F.クーツ(Cootes), G.J.エドワーズ(Edwards), C.J.テイラー(Taylor)、「動的見えモデル(Active Appearance Models)」、第5回計算機視覚欧州会議報(In Proc. 5th European Conference on Computer Vision)、ドイツ、シュプリンガー(Springer)、1998年、vol.2、p.p.484-498;以下、参考文献1とする)。

40

【0010】

「所定の構造物」は、モデル化に適したものの、すなわち、その構造物の画像中における

50

形状や色の変動が一定の範囲に収まるもの、特に、統計処理を行うことによって形状や色についての説明力のより高い統計的特徴量が得られるものであることが好ましい。また、画像中の主題部分であることが好ましい。具体例としては人間の顔が挙げられる。

【0011】

「所定の構造物が表された画像」は、所定の構造物を実際に撮影することによって得られた画像であってもよいし、シミュレーションによって生成された画像であってもよい。

【0012】

「所定の統計処理」としては、所定の構造物を、その構造物を表す画素の数よりも少ない次元数の統計的特徴量に圧縮して表すことができる次元圧縮処理が好ましい。具体例としては主成分分析等の多変量解析手法が考えられる。また、「所定の統計処理」として主成分分析を行った場合、「統計的特徴量」とは、主成分分析によって得られる複数の主成分を意味する。

10

【0013】

なお、上記の説明力の高低とは、所定の統計処理が主成分分析である場合を例にすると、上位の主成分ほど説明力が高く、下位主成分ほど説明力が低いという意味になる。

【0014】

また、「統計的特徴量」は、1つの統計的特徴量であってもよいし、複数の統計的特徴量であってもよい。

【0015】

「入力画像中の(所定の)構造物」は、自動的に検出するようにしてもよいし、手動で検出するようにしてもよい。また、本発明は、入力画像中の前記構造物を検出する処理(手段)をさらに有していてもよいし、入力画像から構造物の部分を予め検出しておいてもよい。

20

【0016】

また、本発明におけるモデルを所定の構造物の属性毎に複数準備しておき、入力画像中のその構造物の属性を表す情報を取得し、取得された属性に応じてモデルを選択する処理(手段)を付加し、選択されたモデルに入力画像中のその構造物を適応させることによって、画像を再構成するようにしてもよい。

【0017】

ここで、「属性」とは、例えば、所定の構造物が人間の顔の場合、性別や年齢、人種等が考えられる。また、個人を特定する情報であってもよい。この場合には、属性毎のモデルは個人毎のモデルを意味する。

30

【0018】

この「属性」の具体的取得方法としては、画像に対する公知の認識処理(例えば、特開平11-175724号公報記載)や、GPS情報等の画像の付帯情報からの推定・取得が考えられる。

【0019】

「その構造物を表現するモデルに、入力画像中のその構造物を適応させる」とは、入力画像中のこの構造物をモデルによって表現するための演算処理等を意味する。具体的には、上記のAAMの手法を用いた場合を例にすると、数学モデルにおける各主成分に対する重みづけパラメータの値を求めることを意味する。

40

【発明の効果】

【0020】

本発明の画像処理方法および装置並びにプログラムによれば、入力画像の少なくとも所定の構造物の部分が所望の解像度に変換され、所定の構造物が表された、所望の解像度と同一の解像度を有する複数の画像に対して所定の統計処理を行うことによって得られた統計的特徴量により構造物が表現されたモデルに、解像度変換後の入力画像中の構造物を適応させ、適応後の構造物を表す画像が再構成される。このように、本発明によれば、上記特許文献1と比較して、入力画像の解像度の変換をモデルを用いて行っていないため、解像度変換の処理自体に公知の任意の手法を用いることができ、これにより煩雑な処理を行

50

うことなく、簡易に入力画像の解像度を変換することができる。

【0021】

なお、この構造物を人間の顔とした場合には、顔が画像中の主題部分となっていることが多いため、その主題部分に最適化した解像度の変換を行うことが可能になる。

【0022】

また、入力画像中のその構造物を検出する処理（手段）を付加した場合には、その構造物の自動検出が可能になり、操作性が向上する。

【0023】

また、本発明におけるモデルを所定の構造物の属性毎に複数備えるとともに、入力画像中のその構造物の属性を取得し、取得された属性に応じたモデルを選択する処理（手段）を付加し、選択されたモデルに入力画像中のその構造物を適応させることによって、画像を再構成するようにした場合、入力画像中のその構造物を、より適切なモデルに適応させることが可能になるため、処理精度が向上する。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明する。

【0025】

図1は、本発明の実施形態となるデジタル写真プリンタのハードウェア構成を模式的に表したものである。図に示したように、このデジタル写真プリンタは、フィルムスキャナ51、フラットヘッドスキャナ52、メディアドライブ53、ネットワークアダプタ54、ディスプレイ55、キーボード56、マウス57、ハードディスク58、および写真プリント出力機59が演算・制御装置50に接続された構成となっている。

20

【0026】

演算・制御装置50は、CD-ROM等の記憶媒体からインストールされたプログラムの実行により、この装置内のCPUや主記憶装置、各種入出力インターフェースと連携して、画像の入力、補正、加工、出力のフローを制御したり、画像の補正や加工のための画像処理の演算を行ったりするものである。本発明による解像度変換処理はこの装置で行われる。

【0027】

フィルムスキャナ51は、現像機（図示なし）によって現像済みのAPSネガフィルムや135ネガフィルムを光電的に読み取って、これらのネガフィルムに記録されている写真画像を表すデジタル画像データP0を取得するものである。

30

【0028】

フラットヘッドスキャナ52は、Lサイズ写真プリント等のハードコピーに表された写真画像を光電的に読み取って、デジタル画像データP0を取得するものである。

【0029】

メディアドライブ53は、メモ리카ードやCD、DVD等の記録媒体に記録された写真画像を表す画像データP0を取得するものである。また、これらの記録媒体に、出力対象の画像データP2を書き込むことも可能である。なお、このメモ리카ードには、例えば、デジタルカメラによって、撮影された画像の画像データが書き込まれている。また、CDやDVD等には、例えば、前回のプリント注文時に、フィルムスキャナによって読み取られた画像の画像データが書き込まれている。

40

【0030】

ネットワークアダプタ54は、公知のネットワークフォトサービスシステムにおける注文受付機（図示なし）から画像データP0を取得するものである。この画像データP0は、ユーザからの写真プリントの注文に基づく画像データであり、ユーザのパソコンからインターネット経由で送信してきたものである。また、ラボ店の店頭設置された写真注文受付機から送信されてきたものであってもよい。

【0031】

ディスプレイ55は、このデジタル写真プリンタにおける画像の入力、補正、加工、出

50

力のための操作画面を表示するものであり、操作内容を選択するためのメニューや処理対象の画像等が表示される。また、キーボード 5 6 やマウス 5 7 は、処理内容を指示するものである。

【 0 0 3 2 】

ハードディスク 5 8 には、このデジタル写真プリンタを制御するプログラムが記憶されている他、フィルムスキャナ 5 1、フラットヘッドスキャナ 5 2、メディアドライブ 5 3、ネットワークアダプタ 5 4 において取得された画像データ P 0 や、画像補正後の画像データ P 1、画像加工後の画像データ（出力対象の画像データ）P 2 も一時的に記憶される。

【 0 0 3 3 】

写真プリント出力機 5 9 は、出力対象の画像を表す画像データ P 2 に基づいたレーザーによる印画紙への走査露光、現像、乾燥を行うとともに、プリント情報等の裏印字、印画紙のプリント単位での切断や注文単位でのソート等を行うものである。なお、写真プリントの方式は、レーザー露光熱現像転写方式等であってもよい。

【 0 0 3 4 】

図 2 は、このデジタル写真プリンタの機能と処理の流れを示すブロック図である。図に示したように、機能の観点からは、このデジタル写真プリンタは、写真プリント対象の画像の画像データ P 0 を入力する画像入力手段 1 と、画像データ P 0 を入力として、所定の画像処理条件に基づく画像処理を行って、画像データ P 0 による画像（以下、画像データとその画像データによる画像を同じ符号で表す）の画質の自動補正を行う画像補正手段 2 と、自動補正後の画像データ P 1 を入力として、操作者からの指示に基づいた画像処理を行う画像加工手段 3 と、加工済みの画像データ P 2 を入力として、写真プリントの出力や記録メディアへの出力を行う画像出力手段 4 とから構成されている。

【 0 0 3 5 】

画像補正手段 2 では、階調補正、濃度補正、色補正、シャープネス補正、ホワイトバランス調整、およびノイズ軽減・除去等の処理が行われる。また、画像加工手段 3 では、画像補正手段 2 による処理結果の手作業による修正や、トリミング、拡大・縮小、セピア化、白黒化、装飾フレームとの合成等の画像の加工が行われる。また、拡大・縮小の際に本発明による解像度変換処理が行われる。

【 0 0 3 6 】

このデジタル写真プリンタの操作とこのプリンタで行われる処理の流れは以下のようになる。

【 0 0 3 7 】

まず、画像入力手段 1 による画像データ P 0 の入力が行われる。操作者は、現像済みのフィルムに記録された画像からのプリント等の出力を行う場合には、そのフィルムをフィルムスキャナ 5 1 にセットしておき、メモ리카ード等の記録メディアに記録された画像データからのプリント等の出力を行う場合には、その記録メディアをメディアドライブ 5 3 にセットしておく。一方、ディスプレイ 5 5 には、画像データの入力元を選択する画面が表示され、操作者はキーボード 5 6 やマウス 5 7 の操作によって、入力元の選択を行う。入力元としてフィルムが選択された場合には、フィルムスキャナ 5 1 は、セットされたフィルムを光電的に読み取り、デジタル変換することによって、生成された画像データ P 0 を演算・制御装置 5 0 に送信する。写真プリント等のハードコピー原稿が選択された場合には、フラットヘッドスキャナ 5 2 は、セットされた写真プリント等のハードコピー原稿を光電的に読み取り、デジタル変換することによって、生成された画像データ P 0 を演算・制御装置 5 0 に送信する。メモ리카ード等の記録メディアが選択された場合には、演算・制御装置 5 0 は、メディアドライブ 5 3 にセットされたメモ리카ード等の記録メディアに記憶されている画像データ P 0 を読み込む。また、ネットワークフォトサービスシステムや店頭での写真受付注文機による注文の場合には、演算・制御装置 5 0 が、ネットワークアダプタ 5 4 経由で画像データ P 0 を受信する。このようにして取得された画像データ P 0 は、ハードディスク 5 8 に一時的に記憶される。

10

20

30

40

50

【0038】

次に、画像補正手段2が、画像データP0による画像に対する自動画質補正処理を行う。具体的には、演算・制御装置50で実行される画像処理プログラムにより、予め、このデジタル写真プリンタに設定されているセットアップ条件に基づいて、公知の階調補正、濃度補正、色補正、シャープネス補正、ホワイトバランス調整、およびノイズ軽減・除去等の処理が行われ、補正後の画像データP1が出力される。出力された画像データP1は演算・制御装置50のメモリに格納される。なお、ハードディスク58に一時的に記憶するようにしてもよい。

【0039】

その後、画像加工手段3は、補正後の画像P1のサムネイル画像を生成し、ディスプレイ55に表示させる。図3(a)は、ディスプレイ55に表示される画面の一例である。操作者が、表示されたサムネイル画像を確認し、画質の手動補正が必要なものや、画像の加工の注文があるものを、マウス57やキーボード56の操作によって選択すると(図3(a)では左上の画像DSCF0001を選択)、図3(b)に一例を示すように、選択されたサムネイル画像が拡大されてディスプレイ55に表示されるとともに、その画像に対する手動補正や加工の処理内容を選択するボタンが表示される。操作者は、表示されたボタンの中から所望のものをマウス57やキーボード56の操作によって選択し、必要に応じて、選択された処理内容のさらに詳細な設定等を行う。画像加工手段3は、選択された処理内容に応じた画像処理を行い、加工済みの画像データP2を出力する。出力された画像データP2は演算・制御装置50のメモリに格納される。なお、ハードディスク58に一時的に記憶するようにしてもよい。また、以上の画像加工手段3による、ディスプレイ55への画面表示、マウス57やキーボード56による入力の受付、手動補正や加工の画像処理等は、演算・制御装置50で実行されているプログラムによって制御される。

【0040】

最後に、画像出力手段4が、画像P2の出力を行う。ここでは、演算・制御装置50が、ディスプレイ55に出力先を選択する画面を表示させ、操作者は、マウス57やキーボード56の操作によって、所望の出力先を選択する。演算・制御装置50は、選択された出力先に対して画像データP2を送信する。写真プリント出力を行う場合には、画像データP2は写真プリント出力機59に送信され、画像P2が写真プリントとして出力される。CD等の記録メディアに出力を行う場合には、メディアドライブ53にセットされたCD等に画像データP2の書き込みが行われる。

【0041】

ここで、画像加工手段3によって行われる本発明による解像度変換処理の詳細について以下に説明する。図4は、解像度変換処理の詳細を表すブロック図である。図に示したように、加工済みの画像P1の解像度を変換する解像度変換部31と、解像度変換後の画像P1中の顔部分P1fを検出する顔検出部32と、人間の顔部分が表された複数のサンプル画像に基づいてAAM(前記の参考文献1参照)の手法によって生成された数学モデルMに、検出された顔部分P1fを適応させ、適応後の顔部分を表す画像を再構成して解像度変換済みの画像データP2を得る再構成部33とによって、解像度変換処理が実現される。ここで、画像P2は解像度変換処理のみが行われた画像であり、画像P2は上述したトリミング、セピア化、白黒化、および装飾フレームとの合成等の処理が施された後の画像である。なお、これらの処理の制御は演算・制御装置50にインストールされたプログラムによって行われる。

【0042】

この数学モデルMは、図5のフローチャートに基づいて生成されたものであり、上記のプログラムとともに予めインストールされている。以下では、この数学モデルMの生成過程について説明する。

【0043】

まず、サンプルとなる人間の顔部分が表された複数の顔画像(サンプル画像)の各々に対して、図6に示すように、顔形状を表す特徴点を設定する(ステップ#1)。ここでは

、特徴点の数は122箇所とする(ただし、図6では簡潔に表現するため60箇所しか表していない)。各特徴点は、例えば、1番目の特徴点は左目の左端、38番目の特徴点は眉の間の中央というように、顔のどの部位を示すものであるかが予め定められている。また、各特徴点は、手作業によって設定してもよいし、認識処理によって自動的に設定するようにしてもよいし、自動的に設定後、必要に応じて手作業で修正するようにしてもよい。

【0044】

次に、各サンプル画像中に設定された特徴点に基づいて、顔の平均形状を算出する(ステップ#2)。具体的には、各サンプル画像における、同じ部位を示す特徴点毎の位置座標の平均を求める。

10

【0045】

さらに、各サンプル画像における顔形状を表す特徴点とその平均形状の位置座標に基づいて主成分分析を行う(ステップ#3)。その結果、任意の顔形状は次式(1)によって近似することができる。

【数1】

$$S = S_0 + \sum_{i=1}^n p_i b_i \quad (1)$$

【0046】

ここで、 S は顔形状の各特徴点の位置座標を並べて表現される形状ベクトル($x_{11}, y_{11}, \dots, x_{122}, y_{122}$)であり、 S_0 は平均顔形状における各特徴点の位置座標を並べて表現される平均顔形状ベクトル、 p_i は主成分分析によって得られた顔形状についての第*i*主成分を表す固有ベクトル、 b_i は各固有ベクトル p_i に対する重みづけ係数を表す。図7は、主成分分析によって得られた上位2つの主成分の固有ベクトル p_1 、 p_2 に対する重みづけ係数 b_1 、 b_2 の値を変化させた場合の顔形状の変化の様子を模式的に表したものである。変化の幅は、サンプル画像の各々の顔形状を上式(1)で表した場合における重みづけ係数 b_1 、 b_2 の値の標準偏差 s_d に基づいて、 $-3s_d$ から $+3s_d$ までの間であり、各主成分についての3つの顔形状の真ん中のものは平均値の場合である。この例では、主成分分析の結果、第1主成分としては顔の輪郭形状に寄与する成分が抽出されており、重みづけ係数 b_1 を変化させることによって、細長い顔($-3s_d$)から丸顔($+3s_d$)まで顔形状が変化することがわかる。同様に、第2主成分としては口の開閉状態と顎の長さに寄与する成分が抽出されており、重みづけ係数 b_2 を変化させることによって、口が開いた状態で顎の長い顔($-3s_d$)から口が閉じられた状態で顎が短い顔($+3s_d$)まで顔の形状が変化することがわかる。なお、 i の値が小さいほど、形状に対する説明力が高い、すなわち、顔形状への寄与が大きいことを意味する。

20

30

【0047】

次に、各サンプル画像をステップ#2で得られた平均顔形状に変換(ワーピング)する(ステップ#4)。具体的には、各特徴点について、各サンプル画像と平均顔形状との間でのシフト量を算出し、そのシフト量に基づいて、式(2)から(5)の2次元5次多項式により各サンプル画像の画素毎の平均顔形状へのシフト量を算出し、各サンプル画像を画素毎に平均顔形状へワーピングする。

40

【数 2】

$$x' = x + \Delta x \quad (2)$$

$$y' = y + \Delta y \quad (3)$$

$$\Delta x = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^{n-i} a_{ij} \cdot x^i \cdot y^j \quad (4)$$

$$\Delta y = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^{n-i} b_{ij} \cdot x^i \cdot y^j \quad (5)$$

10

【0048】

ここで、 x 、 y は各サンプル画像中の各特徴点の座標、 x' 、 y' はワーピングされる平均顔形状上の座標、 Δx 、 Δy は平均形状へのシフト量、 n は次数、 a_{ij} 、 b_{ij} は係数である。なお、多項式近似の係数は最小自乗法を用いて求める。このとき、ワーピング後の座標が整数ではなく小数点以下を含む位置に移動する画素については、4近傍から1次近似で画素値を求める。つまり、ワーピング後の座標を囲む4つの画素に対して、ワーピング後の座標から各画素の座標までの距離に比例して画素値をそれぞれ分配するようにする。図8は、2つのサンプル画像について、各々の画像中の顔形状を平均顔形状に変換した状態を表したものである。

20

【0049】

さらに、平均顔形状に変換後のサンプル画像毎の各画素のR、G、B三原色の画素値を変数として主成分分析を行う(ステップ#5)。その結果、任意の顔画像の平均顔形状下でのR、G、B三原色の画素値は次式(6)によって近似することができる。

【数 3】

$$A = A_0 + \sum_{i=1}^m q_i \lambda_i \quad (6)$$

30

【0050】

ここで、 A は平均顔形状下での各画素のR、G、B三原色の各々の画素値を並べて表現されるベクトル($r_1, g_1, b_1, r_2, g_2, b_2, \dots, r_m, g_m, b_m$) (r, g, b は各々R、G、Bの三原色の画素値、1から m は各画素を識別する添え字、 m は平均顔形状での総画素数)であるが、ベクトルの成分の並び順は上記の順に限定されず、例えば、($r_1, r_2, \dots, r_m, g_1, g_2, \dots, g_m, b_1, b_2, \dots, b_m$)のような順であってもよい。また、 A_0 は平均顔形状における各サンプル画像の画素毎のR、G、B三原色の各々の画素値の平均値を並べて表現される平均ベクトル、 q_i は主成分分析によって得られた顔のR、G、B三原色の画素値についての第 i 主成分を表す固有ベクトル、 λ_i は各固有ベクトル q_i に対する重みづけ係数を表す。なお、主成分の順位 i の値が小さいほど、R、G、B三原色の画素値に対する説明力が高い、すなわち、R、G、B三原色の画素値への寄与が大きいことを意味する。

40

【0051】

図9は、主成分分析によって得られた主成分のうち第 i_1 、第 i_2 の主成分を表す固有ベクトル q_{i_1} 、 q_{i_2} に対する重みづけ係数 λ_{i_1} 、 λ_{i_2} の値を変化させた場合の顔の画素値の変化の様子を模式的に表したものである。変化の幅は、サンプル画像の各々の顔の画素値を上式(6)で表した場合における重みづけ係数 λ_{i_1} 、 λ_{i_2} の値の標準偏差 s_d に基づいて、 $-3s_d$ から $+3s_d$ までの間であり、各主成分についての3つの顔画像の中央のものは平均値の場合である。この例では、主成分分析の結果、第 i_1 主成分としてはヒゲの有無に寄与する成分が抽出されており、重みづけ係数 λ_{i_1} を変化させる

50

ことによって、ヒゲの濃い顔 ($-3s_d$) からヒゲのない顔 ($+3s_d$) まで変化することがわかる。同様に、第 i_2 主成分としては顔にかかる影の状態に寄与する成分が抽出されており、重みづけ係数 i_2 を変化させることによって、顔の右側に影がかかった顔 ($-3s_d$) から左側に影がかかった顔 ($+3s_d$) まで変化することがわかる。なお、各主成分がどのような要素に寄与しているかは人間の解釈によって決定される。

【0052】

本実施形態では、サンプル画像として、人間の顔が表された複数の顔画像を用いているので、顔の輝度の相違に寄与する成分が第 1 主成分として抽出されるものとする。第 1 主成分の固有ベクトル q_1 に対する重みづけ係数 1 の値を変化させた場合、例えば、画像 P_0 中の顔部分 P_1f の輝度が変化する。なお、顔の輝度の相違に寄与する主成分が必ずしも第 1 主成分として抽出されている必要はない。顔の輝度の相違に寄与する成分が第 K 主成分 ($K > 1$) として抽出されている場合には、以下の説明の「第 1」を「第 K 」に置き換えて考えることができる。また、顔の輝度の相違が 1 つの主成分のみによって表現される必要はなく、複数の主成分が顔の輝度の相違を説明することもありうる。

10

【0053】

以上のステップ # 1 から # 5 までの処理によって、顔の数学モデル M が生成される。すなわち、この数学モデル M は、顔形状を表す複数の固有ベクトル p_i と、平均顔形状下での顔の画素値を表す固有ベクトル q_i によって表現されるものであり、各固有ベクトルの合計数が、顔画像を形成する画素数よりも大幅に少ない、次元圧縮されたものとなっている。なお、上記参考文献 1 記載の実施例では、約 $10,000$ 画素により形成される顔画像に対して 122 の特徴点を設定して上記の処理を行うことによって、顔形状についての 23 の固有ベクトルと顔の画素値についての 114 の固有ベクトルで表される顔画像の数学モデルが生成され、各固有ベクトルに対する重みづけ係数を変化させることによって、 90% 以上の顔形状や画素値のバリエーションを表現できることが示されている。

20

【0054】

さらに、本実施形態では、サンプル画像の解像度を種々変更して数学モデル M を作成する。具体的には、元のサンプル画像にガウスフィルタを施した後に 1 画素毎に間引きして縮小サンプル画像を生成し、これを所定回数繰り返して解像度が異なる複数の階層の縮小サンプル画像を作成する。そして各階層の縮小サンプル画像を用いて、階層毎に数学モデル M_j (j は階層数) を生成する。なお、 j の値が小さいほど解像度が小さいものとし、 j の値が 1 大きくなる毎に解像度は $1/4$ になるものとする。ここで、以降の説明においては、階層化した数学モデル M_j を総称して数学モデル M と称するものとする。

30

【0055】

次に、この数学モデル M を利用した AA の手法に基づく解像度変換処理の流れについて、図 4 を参照しながら説明する。

【0056】

まず、解像度変換部 31 が画像データ P_1 を読み込み、画像 P_1 の解像度を変換する。具体的には、線形補間や 3 次補間等の公知の補間処理を画像データ P_1 に施すことにより解像度変換後の画像 P_1 を得ることができる。

【0057】

次に、顔検出部 32 が、画像 P_1 中の顔部分 P_1f を検出する。具体的には、特表 2004-527863 号公報 (参考文献 2) に記載されているような固有顔表現と画像自体との相関スコアを用いる方法の他、知識ベース、特徴抽出、肌色検出、テンプレートマッチング、グラフマッチング、統計的手法 (ニューラルネットワーク、SVM、HMM) 等の様々な公知の手法を用いることができる。なお、画像 P_1 がディスプレイ 55 に表示された際に、マウス 57 やキーボード 56 の操作により、手作業で顔部分 P_1f を指定するようにしてもよいし、自動検出の結果を手作業で修正するようにしてもよい。

40

【0058】

次に、再構成部 33 は、顔部分 P_1f の解像度と同一の解像度の階層の数学モデル M_j を選択し、顔部分 P_1f を選択した数学モデル M_j に適応させる処理を行う。具体的には

50

、上記式(1)、(6)の上位の主成分の固有ベクトル p_i 、 q_i に対する重みづけ係数 b_i 、 i から順に係数の値を変化させながら、上記式(1)、(6)に基づいて画像を再構成し、再構成された画像と顔部分 P_{1f} との差異が最小となる時の重みづけ係数 b_i 、 i を求める(詳細は、参考文献2参照)。なお、重みづけ係数 b_i 、 i の値は、モデル生成時のサンプル画像を上記(1)、(6)で表したときの b_i 、 i の分布の標準偏差 s_d に基づき、例えば $-3s_d$ から $+3s_d$ までの範囲の値のみを許容し、 $-3s_d$ より小さい場合には $-3s_d$ に設定し、 $+3s_d$ より大きい場合には $+3s_d$ に設定する。これにより、モデルの誤適応を回避することができる。

【0059】

そして再構成部33は、求めた重みづけ係数 b_i 、 i を用いて画像 P_1 を再構成し、解像度が変換された画像データ P_2 を取得する。 10

【0060】

以上のように、本発明の実施形態となる解像度変換処理によれば、解像度変換され、顔検出部32によって検出された画像 P_1 中の顔部分 P_{1f} を、人間の顔部分が表された複数のサンプル画像に基づいてAAMの手法によって生成された数学モデル M_j に適応させ、適応後の顔部分を表す画像 P_2 を再構成するようにしたものである。このため、上記特許文献1と比較して、画像 P_1 の解像度の変換を公知の任意の手法を用いて行うことができ、これにより煩雑な処理を行うことなく、簡易に入力画像の解像度を変換することができる。

【0061】

なお、上記の実施形態では、画像 P_1 の全体の解像度を変換しているが、画像 P_1 における顔の部分のみをトリミングし、トリミングした顔の部分のみの解像度を変換してもよい。 20

【0062】

また、上記の実施形態では、数学モデル M_j が各階層に1つだけ存在するようにしていたが、各階層において、人種別、年齢別、性別等の属性別に複数の数学モデル M_i ($i = 1, 2, \dots$) を生成しておいてもよい。図10は、この場合の解像度変換処理の詳細を表すブロック図である。図に示したように、画像 P_1 に基づいて、画像中の被写体の属性情報 A_K を取得する属性取得部34と、取得した属性情報 A_K に基づいて、その属性を有する被写体を表すサンプル画像のみから生成された数学モデル M_K を選択するモデル選択部35とを有している点で、上記の実施形態(図4)とは異なる。 30

【0063】

ここで、複数の数学モデル M_i は、例えば、同じ人種、年代、性別等を有する被写体を表すサンプル画像のみから前述の方法(図5参照)に基づいて各々生成されたものであり、サンプル画像における共通の属性を表す属性情報 A_i と関連づけられて記憶されている。また、各モデル M_i について階層化された数学モデルが生成されている。

【0064】

属性取得部34は、画像 P_0 に対する公知の認識処理(例えば、特開平11-175724号公報記載)を行うことによって、被写体の属性を判定し、属性情報 A_K を取得してもよいし、撮影時に被写体の属性を画像データ P_0 の付帯情報としてヘッダ等に記録しておき、記録された情報を取得するようにしてもよい。また、付帯情報に基づいて被写体の属性を推定するようにしてもよい。例えば、撮影場所のGPS情報があれば、そのGPS情報に対応する国や地域を特定することができるので、撮影された被写体の人種をある程度推定することができることに着目し、GPS情報と人種情報を関連づける参照テーブルを予め用意しておき、撮影時にGPS情報を取得して画像データ P_0 のヘッダ領域に記録するデジタルカメラ(例えば、特開2004-153428号公報記載)で得られた画像データ P_0 を入力として、画像データ P_0 のヘッダ領域に記録されているGPS情報を取得し、取得したGPS情報に基づいて前記の参照テーブルを参照し、そのGPS情報に関連づけられた人種情報を被写体の人種として推定することが考えられる。 40

【0065】

モデル選択部 35 は、属性取得部 34 によって得られた属性情報 A K と関連づけられた数学モデル M K を取得し、再構成部 33 は、画像 P 1 の顔部分 P 1 f を数学モデル M K に適応させる。

【0066】

このように、複数の属性に応じた数学モデル M i を予め用意しておき、モデル選択部 35 が、属性取得部 34 で取得した属性 A K と関連づけられた数学モデル M K を選択し、再構成部 33 が、選択された数学モデル M K に顔部分 P 1 f を適応させるようにした場合には、数学モデル M K には属性 A K の違いに起因する顔形状や輝度のバリエーションを説明する固有ベクトルは存在しないので、顔形状や輝度を決定する他の要因を表す固有ベクトルにのみ基づいて、顔部分 P 1 f を表現することが可能になり、処理精度が向上する。

10

【0067】

なお、処理精度の向上の観点からは、属性別の数学モデルをさらに特化させ、被写体の個人別の数学モデルを構築しておくことが好ましい。この場合には、画像 P 0 と個人を特定する情報とを関連づけておく必要がある。

【0068】

また、上記の実施形態では、数学モデルは予めデジタル写真プリンタにインストールされているものとしているが、人種別の数学モデルを予め準備しておき、そのプリンタの出荷先の国や地域によって、インストールする数学モデルを変えることも処理精度の向上の観点からは好ましい。

【0069】

さらに、この数学モデルを生成する機能をデジタル写真プリンタに実装するようにしてもよい。具体的には、図 5 のフローチャートに基づいて説明した処理を行わせるプログラムを演算・制御装置 50 にインストールしておけばよい。また、出荷時にはデフォルトの数学モデルをインストールしておき、そのデジタル写真プリンタへの入力画像を用いて、その数学モデルをカスタマイズ（変更）できるようにしたり、デフォルトの数学モデルとは異なる新たなモデルを生成するようにしたりすることも考えられる。これは、前記のように個人別のモデルを生成する場合に特に有効である。

20

【0070】

また、上記の実施形態では、顔形状と R, G, B 三原色の画素値についての別個の重みづけ係数 b_i 、 i によって、個別の顔画像を表現していたが、顔形状と R, G, B 三原色の画素値のバリエーションには相関性があることから、重みづけ係数 b_i 、 i を結合して得られるベクトル $(b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, 1, 2, \dots, i, \dots)$ に対してさらに主成分分析を行うことにより、次式 (7)、(8) に示したように、顔形状と R, G, B 三原色の画素値の両方を制御する新しいアピアランスパラメータ c を得ることができる。

30

【数 4】

$$S = S_0 + Q_S c \quad (7)$$

40

$$A = A_0 + Q_A c \quad (8)$$

【0071】

ここで、アピアランスパラメータ c とベクトル Q_S によって平均顔形状からの形状の変動分が表現され、アピアランスパラメータ c とベクトル Q_A によって顔の画素値の平均からの画素値の変動分要素が表現される。

【0072】

このモデルを用いた場合には、再構成部 33 は、アピアランスパラメータ c の値を変化させながら、上記式 (8) に基づいて平均顔形状下での顔の画素値を求め、さらに、上記

50

式(7)に基づいて平均顔形状からの変換を行うことによって、顔画像を再構成し、再構成された画像と顔部分P1fとの差異が最小となる時のアピアランスパラメータcを求めることになる。

【0073】

本発明の他の実施形態としては、上記の解像度変換処理をデジタルカメラに実装することが考えられる。すなわち、デジタルカメラの画像処理機能として実装した場合である。図11は、このようなデジタルカメラの構成を模式的に表したものである。図に示すように、このデジタルカメラは、レンズ、絞り、シャッター、CCD等からなり、被写体の撮像を行う撮像部71、撮像部71のCCDに蓄積された電荷によるアナログ信号をデジタル化して、デジタル画像データP0を得るA/D変換部72、画像データP0等に対して各種画像処理を行う画像処理部73、メモ리카ードに記録する画像データの圧縮処理やメモ리카ードから読み込んだ圧縮形式の画像データに対する伸長処理を行う圧縮/伸長部74、ストロボ等からなり、ストロボ発光を行うストロボ部75、各種操作ボタン等からなり、撮影条件や画像処理条件等の設定を行う操作部76、画像データが記録されるメモ리카ードとのインターフェースとなるメディア記録部77、液晶ディスプレイ等からなり、スルー画や撮影された画像、各種設定メニュー等を表示する表示部78、前記各部による処理の制御を行う制御部70、および制御プログラムや画像データ等を記憶する内部メモリ79を有している。

10

【0074】

ここで、図2の画像入力手段1は撮像部71とA/D変換部72、画像補正手段2は画像処理部73、画像加工手段3は画像処理部73と操作部76と表示部78、画像出力手段4はメディア記録部77によって、制御部70による制御の下で内部メモリ79も使用しつつ、各々の機能が実現される。

20

【0075】

次に、このデジタルカメラの操作と処理の流れについて説明する。

【0076】

まず、撮影者によるシャッターの全押し操作によって、撮像部71がレンズに入射した被写体光をCCDの光電面に結像させ、光電変換の後、アナログ画像信号を出力し、A/D変換部72が、出力されたアナログ画像信号をデジタル画像信号に変換し、デジタル画像データP0として出力することによって、画像入力手段1として機能する。

30

【0077】

次に、画像処理部73が、階調補正処理、濃度補正処理、色補正処理、ホワイトバランス調整処理、およびシャープネス処理等を行い、補正後の画像データP1を出力することによって、画像補正手段2として機能する。

【0078】

ここで、画像P1が表示部78により液晶ディスプレイに表示される。表示レイアウトとしては、図3(a)に示したサムネイル形式による複数の画像の表示が考えられる。撮影者は、操作部76の操作ボタンの操作により、加工対象の画像を選択して拡大表示し、メニュー選択によりさらなる画像の手動補正や解像度変換等の加工を行い、加工済みの画像データP2を出力する。ここで、解像度変換処理は、制御部70が、内部メモリ79に記憶されている解像度変換プログラムを起動し、内部メモリ79に予め記憶されている数学モデルMを用いた前述の解像度変換処理(図4等参照)を画像処理部73に行わせることによって実現される。

40

【0079】

そして、圧縮/伸長部74が画像データP2をJPEG等の圧縮形式に基づく圧縮処理を行い、メディア記録部77経由でこのデジタルカメラに装填されたメモ리카ードに圧縮後の画像データを書き込むことによって、画像出力手段4の機能が実現される。

【0080】

このように、本発明の解像度変換処理をデジタルカメラの画像処理機能として実装することによって、上記のデジタル写真プリンタの場合と同様の効果を得ることができる。

50

【0081】

なお、手動補正や加工処理は、メモリカードに一旦記録された画像に対しても行えるようにしてもよい。具体的には、メモリカードに記憶されている画像データを圧縮/伸長部74が伸長(解凍)した後、伸長済みの画像データによる画像を表示部78の液晶ディスプレイに表示し、撮影者が、前記と同様の操作によって所望の画像処理を選択し、画像処理部73が、選択された画像処理を行う。

【0082】

また、図10で説明した被写体の属性別の数学モデルをデジタルカメラに実装してもよいし、図5で示した数学モデルの生成処理を実装してもよい。ここで、個々のデジタルカメラによる撮影の被写体となる人物はある程度限定されることが多いことから、そのデジタルカメラで主に被写体となる人物の顔についての個人別の数学モデルを生成するようにすれば、顔の個人差による変動のないモデルを生成できるため、その人物の顔に対する解像度変換処理をきわめて高い精度で行うことが可能になる。

【0083】

上記の実施形態のほか、本発明の解像度変換処理をパソコン等に行わせるプログラムを、画像編集ソフトウェアに組み込むことも考えられる。これにより、ユーザは、このソフトウェアが記憶されているCD-ROM等の記憶媒体からパソコン等にインストールしたり、インターネット上の所定のサイトからこのソフトウェアをダウンロードしてインストールしたりすることによって、自分のパソコンでの画像の編集加工の1パターンとして、本発明の解像度変換処理を利用することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0084】

【図1】本発明の実施形態となるデジタル写真プリンタのハードウェア構成を模式的に示した図

【図2】本発明の実施形態となるデジタル写真プリンタおよびデジタルカメラの機能と処理の流れを示すブロック図

【図3】本発明の実施形態となるデジタル写真プリンタおよびデジタルカメラのディスプレイに表示される画面の一例を示す図

【図4】本発明の一態様となる解像度変換処理の詳細を表すブロック図

【図5】本発明における顔の数学モデルを生成する処理の流れを表すフローチャート

【図6】顔の特徴点の設定例を表す図

【図7】顔形状に対する主成分分析によって得られた主成分の固有ベクトルに対する重みづけ係数の値を変化させた場合の顔形状の変化の様子を模式的に表した図

【図8】サンプル画像中の顔形状を平均顔形状に変換し、平均顔形状下での輝度の様子を表した図

【図9】顔の画素値に対する主成分分析によって得られた主成分の固有ベクトルに対する重みづけ係数の値を変化させた場合の顔の画素値の変化の様子を模式的に表した図

【図10】本発明の一態様となる解像度変換処理の発展的態様を表すブロック図

【図11】本発明の他の実施形態となるデジタルカメラの構成を模式的に示した図

【符号の説明】

【0085】

- 1 画像入力手段
- 2 画像補正手段
- 3 画像加工手段
- 4 画像出力手段
- 3 1 解像度変換部
- 3 2 顔検出部
- 3 3 再構成部
- 3 4 属性取得部
- 3 5 モデル選択部

10

20

30

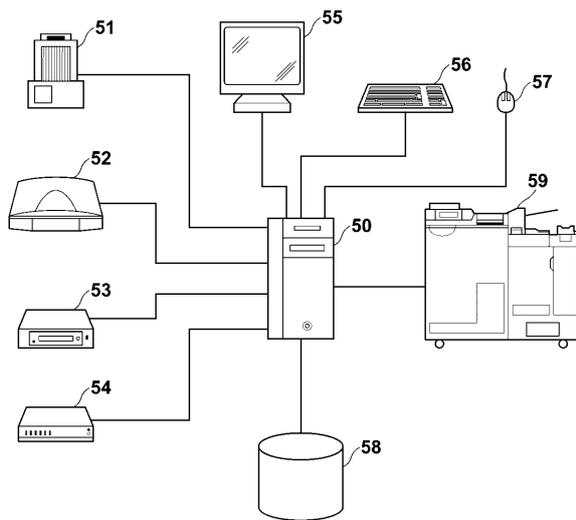
40

50

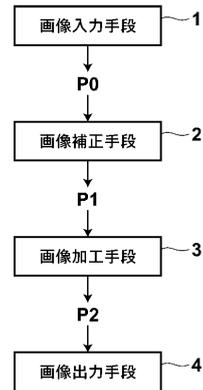
- 5 1 フィルムスキャナ
- 5 2 フラットヘッドスキャナ
- 5 3 メディアドライブ
- 5 4 ネットワークアダプタ
- 5 5 ディスプレイ
- 5 6 キーボード
- 5 7 マウス
- 5 8 ハードディスク
- 5 9 写真プリント出力機
- 7 0 制御部
- 7 1 撮像部
- 7 2 A / D 変換部
- 7 3 画像処理部
- 7 4 圧縮 / 伸長部
- 7 5 ストロボ部
- 7 6 操作部
- 7 7 メディア記録部
- 7 8 表示部
- 7 9 内部メモリ

10

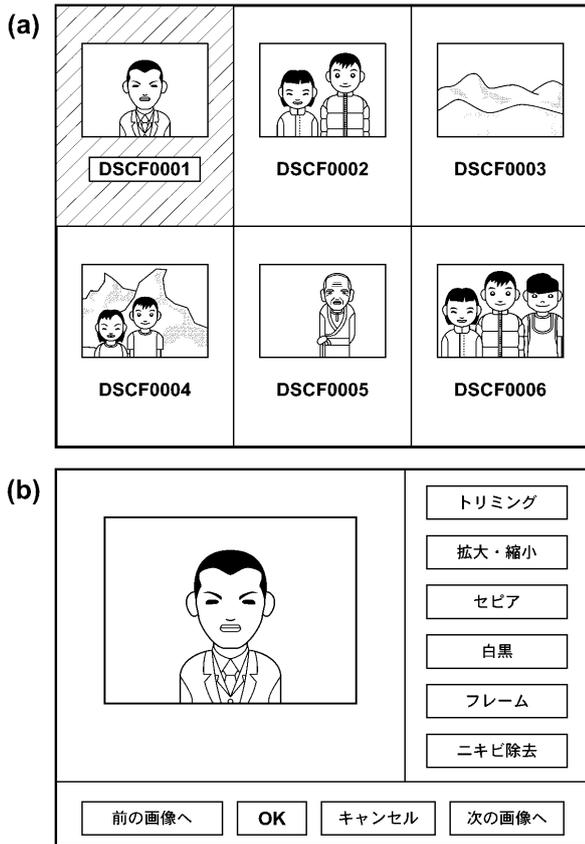
【 図 1 】



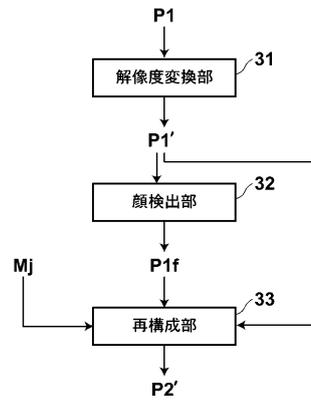
【 図 2 】



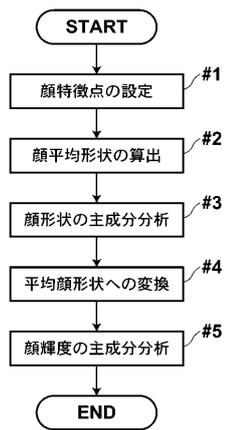
【 図 3 】



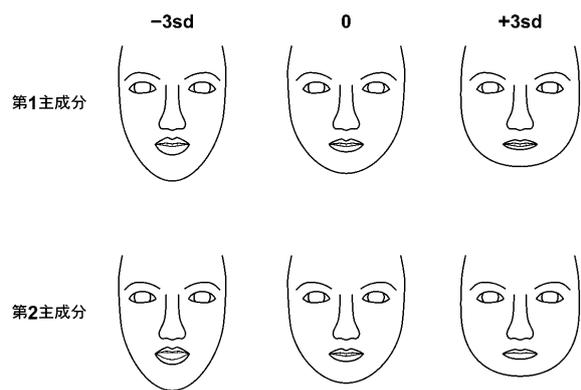
【 図 4 】



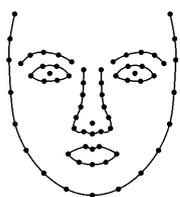
【 図 5 】



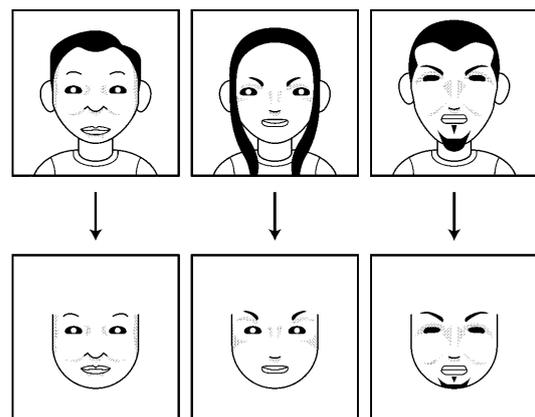
【 図 7 】



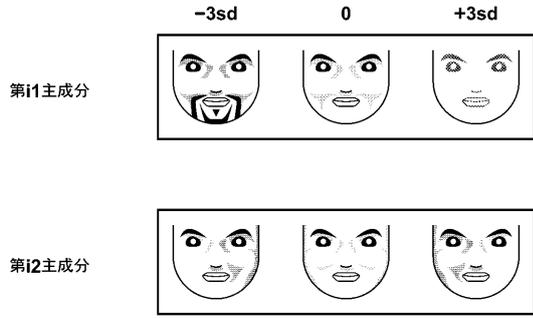
【 図 6 】



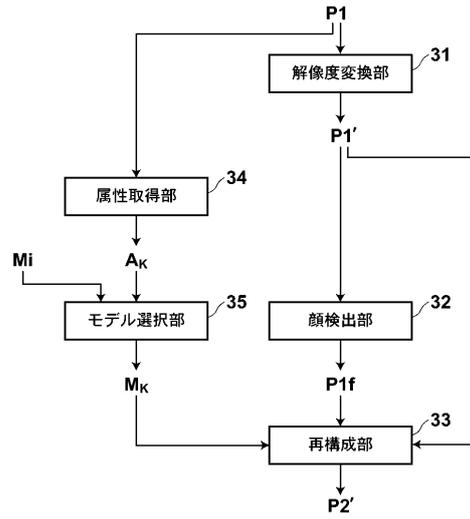
【 図 8 】



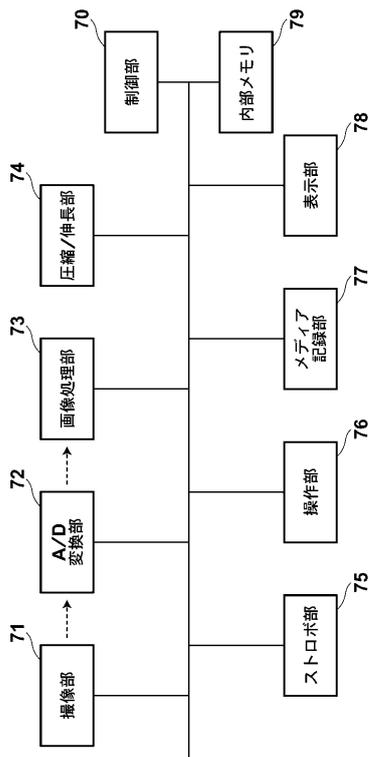
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5B057 BA02 CA01 CA08 CA12 CA16 CB01 CB08 CB12 CB16 CC04
CD02 CD05 CE02 CE03 CE06 CE11 CE17 CF05 DA20 DB02
DB06 DB09 DC05 DC09
5C076 AA01 AA21 AA22 BA06 BB04 BB06