

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2986441号

(45) 発行日 平成11年(1999)12月6日

(24) 登録日 平成11年(1999)10月1日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 6 T 1/00
17/00

識別記号

F I

G 0 6 F 15/62

3 8 0

3 5 0 A

請求項の数1 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願平10-14270	(73) 特許権者	592179296 株式会社エイ・ティ・アール人間情報通信研究所 京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地
(22) 出願日	平成10年(1998)1月27日	(72) 発明者	磯野 勝宣 京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地 株式会社エイ・ティ・アール人間情報通信研究所内
(65) 公開番号	特開平11-213132	(72) 発明者	張 正友 京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地 株式会社エイ・ティ・アール人間情報通信研究所内
(43) 公開日	平成11年(1999)8月6日	(74) 代理人	弁理士 深見 久郎 (外2名)
審査請求日	平成10年(1998)1月27日	審査官	後藤 彰

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 任意表情を持つ3次元顔モデルの生成方法

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 同一人物、同一表情で顔の向き異なる2枚の入力画像から表情に関する知識を用いて任意表情を持つ表情3次元ユークリッド構造を生成する生成方法であって、

第1の表情と第2の表情のペアからなる表情顔サンプルからそれぞれの画像上に特徴点を指定し、第2の表情の特徴点座標から第1の表情の特徴点座標を引くことにより表情差分ベクトルを求める第1のステップ、前記表情差分ベクトルを入力画像および入力画像から復元された表情3次元ユークリッド構造に加えることによる擬似表情画像と擬似表情ユークリッド構造を生成する第2のステップ、前記表情3次元ユークリッド構造上の特徴点を画像上に投影した点の座標は、表情差分ベクトルを用いて得られ

2

た擬似表情画像上の特徴点の座標に等しいという拘束条件と、表情3次元ユークリッド構造の特徴点座標は、表情差分ベクトルを用いて得られた擬似表情ユークリッド構造に等しいという拘束条件をマハラノビス距離の二乗で定式化する第3のステップ、および前記拘束条件を用いて非線形最小自乗法を用いて表情3次元ユークリッド構造の生成を行なう第4のステップを備えた、任意表情を持つ3次元顔モデルの生成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は任意表情を持つ3次元顔モデルの生成方法に関し、特に、ビデオ会議システムやバーチャルリアリティやVRMLなどのコンテンツなどに利用でき、復元された3次元ユークリッド構造は完全には正確でないが必ずしも正確な表情を必要とし

10

ないアプリケーションに有効な任意表情を持つ3次元顔モデルの生成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】少ない実画像から任意方向、任意表情の顔画像を生成する技術としてたとえば向川康博，中村裕一，太田友一，“複数の顔画像の組合せによる任意方向・任意表情の顔画像の生成，”電子情報通信学会論文誌(D-II)，Vol. J80-D-II，No. 6，pp. 1555-1562，1997(文献1)あるいはD. Beymer, A. Shashua, and T. Poggio, “Example Based Image Analysis and Synthesis,” A. I. Memo No. 1431, MIT AI Lab., 1993(文献2)などがある。

【0003】また、3次元物理モデルを用いて任意表情の生成を行なっているものとしては、D. Terzopoulos and K. Waters, “Analysis and synthesis of facial image sequences using physical and anatomical models,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, VOL.15, No.6, pp. 569-579, June 1993(文献3)またはY. Lee, D. Terzopoulos, and K. Waters, “Realistic modeling for facial animation,” In Computer Graphics, Annual Conference Series, pp. 55-62. ACM SIGGRAPH, 1995(文献4)などがある。

【0004】さらに、同一人物、同一表情で顔の向き異なる2枚の実画像から3次元モデルを復元するアプローチは、Z. Zhang, K. Isono, and S. Akamatsu, “Euclidean structure from uncalibrated images using fuzzy domain knowledge: Application to facial images synthesis,” In Proceedings of the International Conference on Computer Vision (ICCV '98), pp. 784-789 India, January 1998(文献5)において紹介されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述の文献1, 文献2の方法の最終目的は画像生成であり、3次元ユークリッド構造の復元ではない。しかし、バーチャルリアリティなどでは、画像だけでなく、3次元モデルを必要とする場合が多くある。また、文献1では、顔の向き指定のために参照画像を用いている。このため、いろいろな方向の画像が欲しいときには、それに応じた参照画像を複数枚用意する必要がある。

【0006】一方、文献3, 文献4の方法は、3次元物理モデルを用いて任意の表情の生成を行なっている。しかし、この方法では、基本となる3次元物理モデルが必要であり、それらを取得するためには、レーザ光などを利用した特殊な計測装置が必要となることや、筋肉配置などの細かな知識が必要となってくる。さらに、表情パラメータの調節は微妙かつ困難であり、顔画像を自然なものとするのが難しく、その計算量も膨大になってしまうという問題点もある。

【0007】それゆえに、この発明の主たる目的は、物理モデルなどの構築を行なうことなく、少ない実画像からより自然な任意表情を持った3次元モデルを生成する生成方法を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】この発明は同一人物、同一表情で顔の向き異なる2枚の入力画像から表情に関する知識を用いて任意表情を持つ表情3次元ユークリッド構造を生成する生成方法であって、第1の表情と第2の表情のペアからなる表情顔サンプルからそれぞれの画像上に特徴点を指定し、第2の表情の特徴点座標から第1の表情の特徴点座標を引くことにより表情差分ベクトルを求める第1のステップと、表情差分ベクトルを入力画像および入力画像から復元された表情3次元ユークリッド構造に加えることによる擬似表情画像と擬似表情ユークリッド構造を生成する第2のステップと、表情3次元ユークリッド構造上の特徴点を画像上に投影した点の座標は、表情差分ベクトルを用いて得られた擬似表情画像上の特徴点の座標に等しいという拘束条件と、表情3次元ユークリッド構造の特徴点座標は、擬似表情ユークリッド構造に等しいという拘束条件をマハラノビス距離の二乗で定式化する第3のステップと、これらの拘束条件を用いて非線形最小自乗法を用いて表情3次元形状の生成を行なう第4のステップを含む。

【0009】

【発明の実施の形態】図1はこの発明の一実施形態の全体の構成を示すブロック図であり、図2は図1の表情差分データ抽出部のブロック図であり、図3は入力実画像を示す図であり、図4は特徴点を示す画像である。

【0010】次に、図1～図4を参照して、この発明の一実施形態について説明する。図1において、入力画像1はたとえば図3に示すような同一人物(人物P)、同一表情(表情A)で、顔の向き異なる2枚の無校正実画像が特徴点抽出部10に入力される。このとき、人物Pの別の表情(表情B)の画像は与えられていない。

【0011】特徴点抽出部10は、入力画像の特徴点の抽出を汎用グラフィックスワークステーションの対話処理機能を利用して行なう。すなわち、表示された入力画像から目視で特徴点を検出し、マウス操作によって入力画像表面上を移動するカーソルを用いて特徴点の位置を特定する。今回、図4に示すように、83点の特徴点を用いた。

【0012】表情Aの3次元ユークリッド構造復元処理部20は、カメラモデルをアフィンカメラで近似することにより、前述の文献5の手法を用いて表情Aのユークリッド構造を復元する。表情A(通常は中立表情)から表情B(笑顔など)への表情変化を考えたとき、顔の特徴点を与えられているとすると、表情変化は表情Aの特徴点と、その特徴点に対応する表情Bの特徴点の3次元座標および3次元差分ベクトルと2次元差分ベクトルを

求める画像座標における差分ベクトルとして与えることができる。人物 P の表情 B の画像は与えられていないので、人物 P の表情変化時の差分ベクトルを入力画像から直接得ることはできない。そこで、表情顔サンプルを用意し、その表情顔サンプルを用いて差分ベクトルの取得を行なう。

【0013】次に、図2を参照して差分データの取得動作について説明する。顔サンプル301は多人数分の表情Aと表情Bのペアからなり、顔の向きはすべて正面向きである。特徴点抽出部302は、顔サンプルの特徴点の抽出を汎用グラフィックスワークステーションの対話処理機能を利用して行なう。すなわち、表示された入力画像から目視で特徴点を検出し、マウス操作によって入力画像表面上を移動するカーソルを用いて特徴点の位置を特定する。この際、特徴点としては、入力画像上の特徴点と対応する点を指定する。

【0014】差分ベクトル算出部303は、それぞれの顔サンプルのペアにおいて、表情Aと表情Bの差分ベクトルを求め、空間における差分ベクトルと、画像上における差分ベクトルの2種類の差分ベクトルを用いる。

【0015】3次元差分ベクトルは、複数人の表情Aと表情Bの3次元データのペアを用意し、表情Aと表情Bの各特徴点における差分ベクトルを計算する。同様に、画像差分ベクトルは、表情Aと表情Bの正面画像のペアからなる複数の画像サンプルから表情A画像と表情B画像の差分ベクトルを求める。

【0016】表情差分データ算出部304は、前述の差分ベクトルはガウス分布に従うものとし、3次元平均差分ベクトル M_i 、共分散行列 σ_i を求める。同様に、画像平均差分ベクトル m_i および共分散行列 σ_i を求める。

【0017】なお、今回は3次元データとして3次元レンジデータを用いたが、異なるデータから取得しても問題はない。また、サンプルで用いる3次元データおよび画像データは大きさと向きに関して正規化が行なわれているものとする。

以上により得られた擬似画像上の特徴点の座標を用いて擬似画像の生成を次のようにして行なう。初めに、入力画像を特徴点を頂点とする三角パッチに分割する。次に、それぞれの特徴点を第(1)式で求めた位置に移動し、変形された三角形パッチに対して入力画像のテクスチャをマッピングする。これにより、人物Pの擬似表情

$$M^V_i = M^A_i + \sum_{s=1}^n \sigma_s M_i \quad \dots (1)$$

ここで、 σ_s は、それぞれ3次元構造における表情強度と顔の大きさに関する重み係数である。

【0023】なお、擬似表情データの生成を行わずに、別の人物の表情B画像および表情B3次元構造を直接用いることも可能である。しかし、別の人物のデータを用いた場合、生成結果は不自然なものとなってしまう。これは、顔の形状は人によつて異なるため、形状による影響が生成画像に現われてしまうためと考えられる。そのため、今回は平均差分データを用いて擬似表情データの生成を行ない、個人形状による影響を少なくす

【0018】図1の擬似表情Bデータ生成処理部40は、入力画像と表情差分ベクトルとを用いて、擬似表情データの生成を行なう。人物Pの表情Bの擬似画像は上述の平均差分ベクトル m_i を人物Pの画像(表情A)に加えることにより得ることができる。上述の m_i は、正面画像を用いて得られたものであるため、人物Pの画像も正面画像である必要がある。

【0019】入力画像の1枚として、2枚の入力画像のうち1枚の正面画像が与えられている場合は、与えられた正面画像を用いればよいが、もしも入力画像として正面画像が与えられていない場合は、2枚の入力画像から文献5の方法を用いて復元されたユークリッド構造を用いて正面画像を得ることができる。また、 m_i は多数の画像サンプルの平均であるため、データが平均化され、表情変化が比較的小さく出てしまうおそれがある。さらに、画像サンプルと人物Aの正面画像の大きさの違いについても考慮する必要がある。そこで、 m_i に表情強度に関する重み σ_s と、画像の大きさに関する重み σ_d を掛け、 σ_d を任意に決定するものとし、 σ_s は、顔サンプル画像の両目尻を結ぶ直線と口の両端の midpoint の距離 d^A 、人物Pの正面画像の両目尻を結ぶ直線と口の両端の midpoint の距離を d とすると、

$$\sigma_d = d / d^A$$

となる。 m^V_i を擬似画像上の特徴点座標、 m^A_i を人物Pの正面画像(表情A)の特徴点座標とすると、 m^V_i は次式で表わすことができる。

【0020】B画像を得ることができる。

【0021】同様に、文献5の手法を用いて得られた人物Pのユークリッド構造 M^A_i と3次元表情差分ベクトル M_i を用いて、擬似表情Bユークリッド構造 M^V_i を得ることができる。

【0022】

これにより、より自然な表情を持った3次元ユークリッド構造の復元を行なうことができる。

【0024】表情B3次元ユークリッド構造生成処理部50は、画像と3次元構造の幾何学的関係から、3次元構造画像上に投影したものは画像と等しくならなければならない。しかし、上述の方法で得られた擬似画像は、顔画像サンプルから得られた差分データを用いており、擬似3次元構造は3次元レンジデータから得られた差分データを用いているため、これらのデータは独立しており、幾何学的関係は正しくない。そこで、画像と3次元

構造との幾何学的関係を満足させるため、次のような拘束条件を与える。

【0025】(1) 表情B 3次元ユークリッド構造の特徴点を画像上に投影した点の座標は、擬似表情画像上の特徴点の座標に等しい。

【0026】(2) 表情B 3次元ユークリッド構造の特徴点座標は擬似表情Bユークリッド構造に等しい。

【0027】擬似画像の特徴点を m^v_i , それらの点の*

$$d^2_m = (m^v_i - m^b_i)^T \dots^{-1} m_i$$

擬似表情Bユークリッド構造の特徴点を M^v_i , 求める表情B 3次元ユークリッド構造の特徴点の座標を M^b_i とする。擬似表情Bユークリッド構造が人物Pの正しい表情モデルを表わしているとする、 M^b_i はM

$$d^2_u = (M^v_i - M^b_i)^T \dots^{-1} m_i$$

上述の方法を用いて、擬似表情Bデータとしての擬似画像と擬似表情ユークリッド構造の生成を行ない、 d^2_m と d^2_u の総和が最小になるように、非線形最小自乗法

$$J = d^2_m + d^2_u \min .$$

得られた M^b_i から三角パッチを生成し、基本画像から得られるテクスチャをマッピングすることにより、人物 P・表情Bの表情B 3次元ユークリッド構造を得ることができる。

【0031】図5はこの発明の一実施形態によって得られた表情画像の一例を示す図である。この図5では、表情強度に関する重み係数は、 $w_s = 1.5$ とした。開口時の口内部のテクスチャは、基本画像から得ることはできないので、画像サンプル内の任意の幸福(開口)画像より得られたものを用いた。

【0032】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、同一人物、同一表情で顔の向き異なる2枚の入力画像と、表情のデータから任意表情を持つ顔の3次元構造を生成する方法において、表情データは顔サンプル画像と3次元顔サンプルデータから統計分析により得られ、得られた表情データから擬似表情画像、3次元擬似表情構造を生成し、画像と3次元構造の幾何学的関係から得られる拘束条件をマハラノビス距離最小で与え、非線形最小自乗法により表情3次元構造を生成するようにしたので、2枚の画像が与えられれば、そこから任意の表情を持った3次元形状の復元を行なうことができる。しかも、一旦3次元形状が復元できれば、任意の方向の画像も容易に作成することができる。さらに、複数の参照画像や3次元物理モデルを用いる必要がなくなり、パーチャルリ

* ユークリッド空間における座標を M^b_i とすると、もし擬似画像が人物Pの正しい表情画像を表わしているとする、 M^b_i の画像面への投影座標

$$m^v_i = G M^b_i + t$$

は、 m^v_i (共分散行列 m_i) に等しくなるはずである。この拘束条件はマハラノビス距離の二乗で表わすことができる。

【0028】

$$(m^v_i - m^b_i) \dots (3)$$

m^v_i (共分散行列 m_i) に等しくなるはずである。この拘束条件はマハラノビス距離の二乗で表わすことができる。

【0029】

$$(M^v_i - M^b_i) \dots (4)$$

により、人物P・表情Bにおける特徴点の3次元ユークリッド座標 M^b_i を求める。

【0030】

$$\dots (5)$$

アリティなど3次元モデルを必要とするアプリケーションに応用できる。さらに、いろいろな表情を生成することにより、顔表情アニメーションなども簡単に作成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施形態の全体の構成を示すブロック図である。

【図2】図1に示した表情差分データ抽出部の具体的なブロック図である。

【図3】入力画像の一例を示す図である。

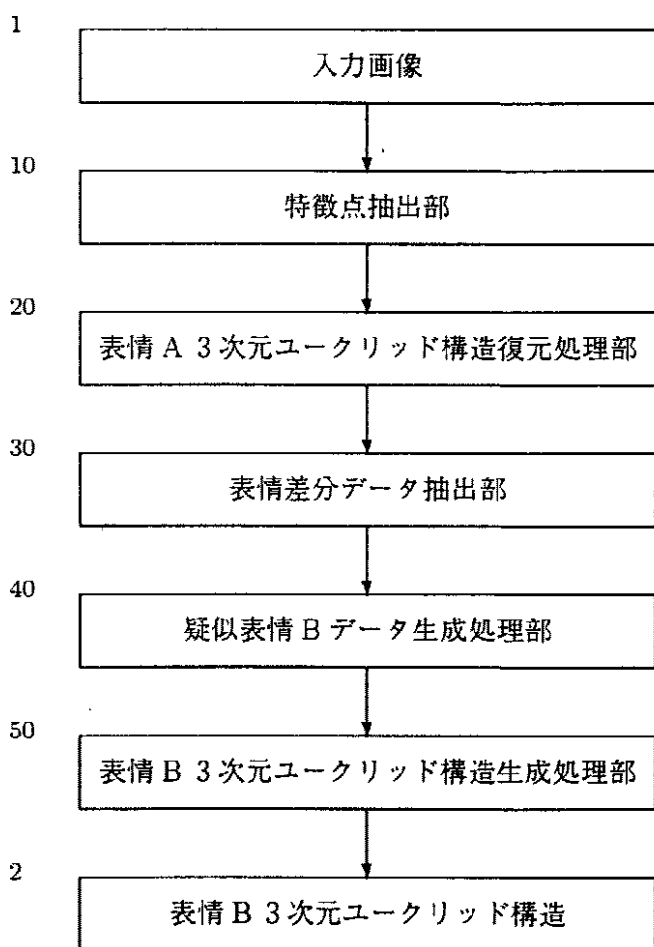
【図4】入力画像に特徴点を示した図である。

【図5】この発明の一実施形態によって生成された画像の例を示す図である。

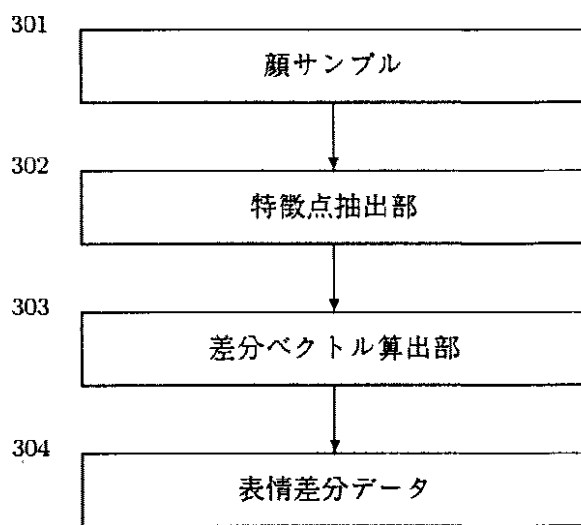
【符号の説明】

- 1 入力画像
- 2 表情B 3次元ユークリッド構造
- 10 特徴点抽出部
- 20 表情A 3次元ユークリッド構造復元処理部
- 30 表情差分データ抽出部
- 40 擬似表情Bデータ生成処理部
- 50 表情B 3次元ユークリッド構造生成処理部
- 301 顔サンプル
- 302 特徴点抽出部
- 303 差分ベクトル算出部
- 304 表情差分データ

【図 1】



【図 2】



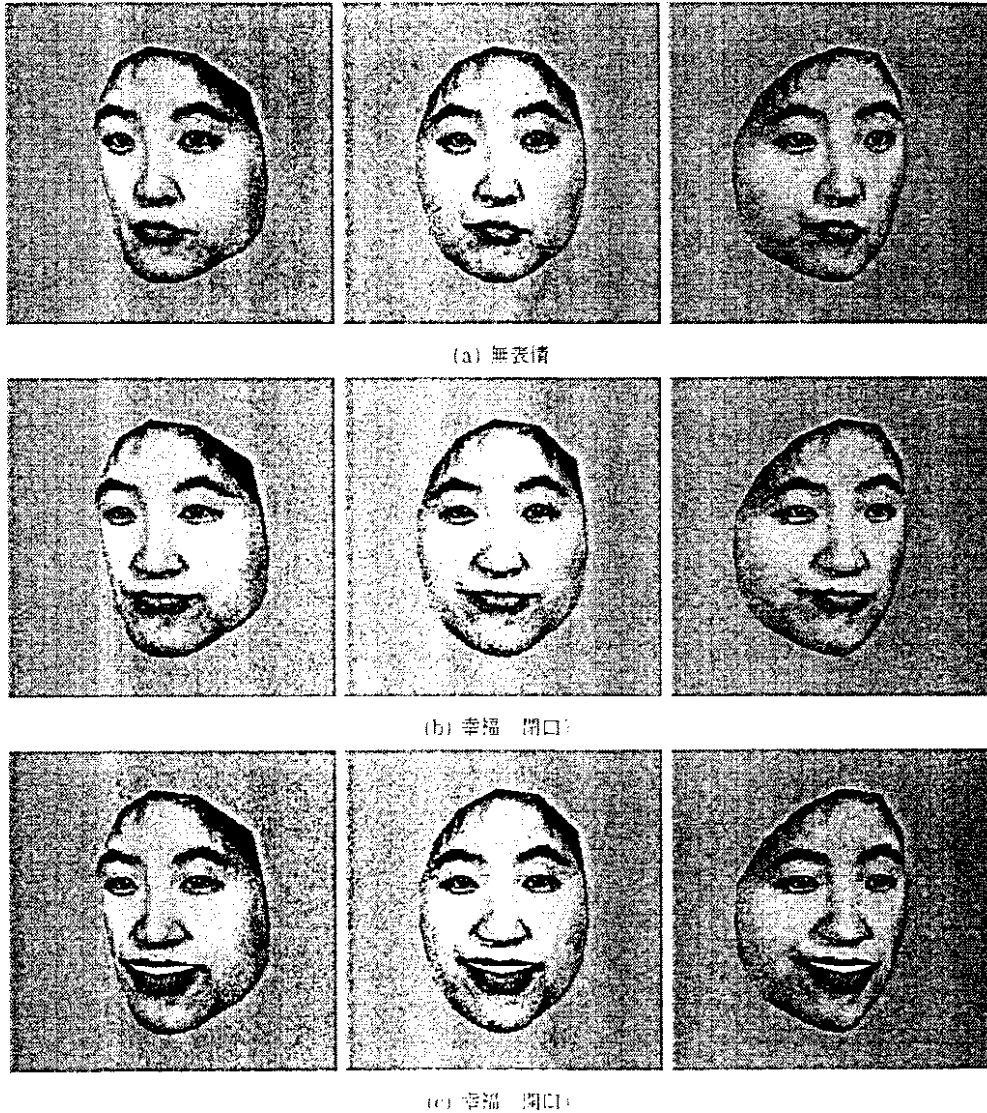
【図 4】



【図 3】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 赤松 茂
 京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷
 5 番地 株式会社エイ・ティ・アール人
 間情報通信研究所内

(56)参考文献 特開 平 9 - 62865 (J P , A)
 特開 平 8 - 63503 (J P , A)
 小松功児, " 顔面像からの顔の 3 次元
 形状の推定とその表情の変更 ", 電子情
 報通信学会論文誌 (D - I I),
 1990年 5 月, 第73巻, 第 5 号, p . 707
 - 716

(58)調査した分野(Int.Cl.⁶, D B 名)

G06T 1/00

G06T 7/00 - 7/60

G06T 15/00

G06T 17/00 - 17/50