

## 統計情報を用いた年齢変化顔画像の生成

磯野 勝宣<sup>†</sup> 橋本 隆之<sup>†</sup> 堀 雅和<sup>†</sup>

本論文では、1枚の顔画像から年齢変化画像を生成する方法として、年齢データベースから得られる差分情報を用いる手法を提案した。さらに、加齢時の皺の強調や、減齢時の皺の除去について検討を行い、より自然な年齢変化画像の生成を可能とした。本手法を用いて青年の減齢/加齢変化および高齢者の減齢変化の画像を生成し、年齢推定実験を行った結果、おおむね所望の年齢に変化していることが確認された。さらに、減齢においては肌平滑化処理を行うことによって有意にその推定年齢が下がっており、本手法での肌平滑化処理が減齢画像生成に有効に機能していることが確認された。

## Facial Aging Simulation Based on Facial Domain Knowledge

KATSUNORI ISONO,<sup>†</sup> TAKAYUKI HASHIMOTO<sup>†</sup> and MASAKAZU HORI<sup>†</sup>

In this paper, we propose a method to synthesize aging images using facial domain knowledge with respect to aging. Average differences of shape and texture between two age groups, such as youth and old are extract from the database as the knowledge. Using the knowledge, aging images are synthesized. Moreover how to smooth facial skin is studied. Using proposed method, aging images such as younger face or older face were synthesized. As a result, we experimentally proved that this method is efficient for synthesizing aging images.

### 1. はじめに

非言語的コミュニケーションの手段としての「顔」が伝える情報を分析・合成する技術は、工学だけでなく、心理学や美容、芸術などさまざまな分野で注目を集めている。

これまで、顔の表情を分析・合成しようという試みが多く行われている<sup>1)~3)</sup>。表情に加えて、さらに年齢変化に関する情報をも自在に処理できるようになれば、より広い分野での応用が期待できる。

顔の年齢変化画像を生成する研究としては、異なる年代の平均顔をもとに、年代間の差分を形状とテクスチャそれぞれについて求め、それらを対象画像と合成することにより年齢変化を行う手法がある<sup>4),5)</sup>。これらの手法では、皺などの情報も平均化されたものとなるため、皺の表出状態などにおいて、自然な年齢変化を表現できるとは限らない。また、主に加齢変化を対象としており、減齢変化については十分に考慮されていない。また、カージオイド変換を用いて顔形状を変

化させる手法<sup>6)</sup>もあるが、テクスチャについては検討されていない。

本論文では、年代間の差分情報を用いる手法をベースに、皺やシミの表出状態をも考慮した年齢変化画像の生成手法について提案する。

ここで、たとえば将来の顔を生成する場合、実際の年齢変化を正確に予測することは不可能である。しかし、エンタテイメントやアミューズメントなどへの応用を考えた場合、必ずしも正確な情報を必要とせず、情報の受け手である人間にとって自然であるかどうかが重要となる。そこで、本論文では「忠実な年齢変化の再現」ではなく、「自然な年齢変化の生成」を目的とする。

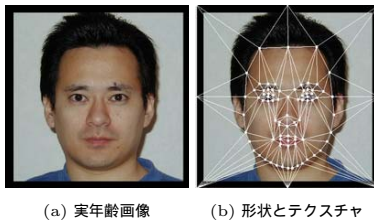
### 2. 年齢変化画像の生成

図1(a)のような無表情・正面の顔画像(実年齢画像)が与えられた場合、その人物の減齢画像や加齢画像を生成する手法について検討する。

年齢変化に関する要素としては、顔形状の変化とそれともなうテクスチャの変化が考えられる。そこで、顔画像を顔の特徴点を頂点として生成される三角形パッチの集合(形状)と、各画素の輝度値(RGB値)

<sup>†</sup> インテック・ウェブ・アンド・ゲノム・インフォマティクス株式会社

INTEC Web and Genome Informatics Corporation



(a) 実年齢画像 (b) 形状とテクスチャ

図1 入力データ

Fig.1 Input data.

の集合(画像そのもの:テクスチャ)の2つに分けて考える(図1(b)).

実年齢画像からの減齡/加齡画像の生成は,年齢変化にともなう形状およびテクスチャの変化を異なる年代間の差分情報として抽出し,それらを実年齢画像に加えることで行う.

ここで,差分情報は,年齢サンプルデータベース(サンプルDB)を用意し,サンプルDB内の平均情報として抽出される<sup>3)</sup>.平均情報を用いることにより,個人差による影響を少なくすることができ,また,その一方で,個人差によらない顔の年齢変化に関する共通性を抽出することができる.さらに,皺やシミなどの表出状態をも考慮することで,より自然な年齢変化画像の生成が可能となる.

### 2.1 形状の年齢変化

異なる年代間の形状についての差分情報(差分形状)を形状間に対応する特徴点の座標の差としてとらえ,サンプルDBより抽出する.ある人物について,実年齢の年代をA,年齢変化後の年代をBとした場合の年齢変化形状の取得手順の概略を以下に示す.

- (1) サンプルDB内の年代Aおよび年代Bの平均顔形状を求める.2つの平均形状間に対応する特徴点ごとの座標の差分を求め,これを平均差分形状とする.
- (2) 対応する特徴点ごとに平均差分形状を対象人物の実年齢形状に加え,年齢変化形状を得る.

### 2.2 テクスチャの年齢変化

異なる年代間のテクスチャについての差分情報(差分テクスチャ)をテクスチャ間に対応する画素の輝度値(RGB値)の差としてとらえ,差分形状と同様に,サンプルDBより抽出する<sup>3)</sup>.年齢変化テクスチャの取得手順の概略を以下に示す.

- (1) サンプルDB内の年代Aおよび年代Bそれぞれの平均顔テクスチャを求める.2つの平均テクスチャ間に対応する画素ごとの輝度値の差分を求め,これを平均差分テクスチャとする.
- (2) 対応する画素ごとに平均差分テクスチャを対象人物の実年齢テクスチャに加え,年齢変化テクスチャ

を得る.

## 3. 年齢変化における皺の強調・除去

平均顔は複数の顔画像の物理特徴を平均化して生成されるため,個人によってその出現が不規則である皺などの情報は打ち消され,非常に滑らかな肌を持った画像となる.そのため,求められた平均差分テクスチャには皺やシミといった情報が十分に含まれない可能性がある.

したがって,年齢変化時には,平均顔から得られる差分情報だけでなく,加齡変化における皺の強調や減齡変化における皺の除去処理が必要となってくる.

### 3.1 加齡テクスチャ

平均顔はその性質上,高齢者平均顔においても皺が薄くなってしまっている.そのため,たとえば青年画像から高齢者画像への差分テクスチャを考えた場合,高齢化における皺の情報が存在はするものの非常に薄い皺となる.そこで,加齡変化の差分テクスチャにアンシャープマスクをかけ,皺情報のみを強調する処理を行う.

### 3.2 減齡テクスチャ

減齡変化に必要な皺の除去処理に関する研究としては,皺やシミを検出し,それらをフィルタ処理することで肌の平滑化を行う研究がいくつか行われている<sup>7),8)</sup>.これらの手法は,皺やシミが薄い場合は有効であるが,深い皺を持つ高齢者を考えた場合,その除去には限界がある.さらに,青年や幼年への変化を考えた場合,明らかな皺やシミの除去だけでは不十分であり,肌全体の若返りが必要である.

#### 3.2.1 肌の平滑化処理

肌の色を「色相(H)」、「彩度(S)」、「明度(I)」に分けて考える.H成分は肌の色合いを表す.S成分は,色の鮮やかさを表し,その値の差が大きい部分がシミやくすみとなって現れる.I成分は,顔の濃淡情報であり,画像上で皺は明度の差の大きい部分に表れてくる.

上述のように,平均顔は,皺やシミのほとんどない滑らかな肌を持っている.そこで,平均顔から得られる彩度,明度情報と実年齢画像から得られるそれらの情報との間で,重み付き平均を取ることによって,肌の平滑化処理を行う.なお,H成分は,個人の肌の基準となる色合いを表しており,合成処理は行わず,その値を保持する.

$$\mathbf{H}_{new} = \mathbf{H}_{ori}, \quad (1)$$

$$\mathbf{S}_{new} = \omega_S \mathbf{S}_{ori} + (1 - \omega_S) \mathbf{S}_{ave}, \quad (2)$$

$$\mathbf{I}_{new} = \omega_I \mathbf{I}_{ori} + (1 - \omega_I) \mathbf{I}_{ave}. \quad (3)$$

$\omega (\leq 1)$  は重み係数であり,任意に決定することがで

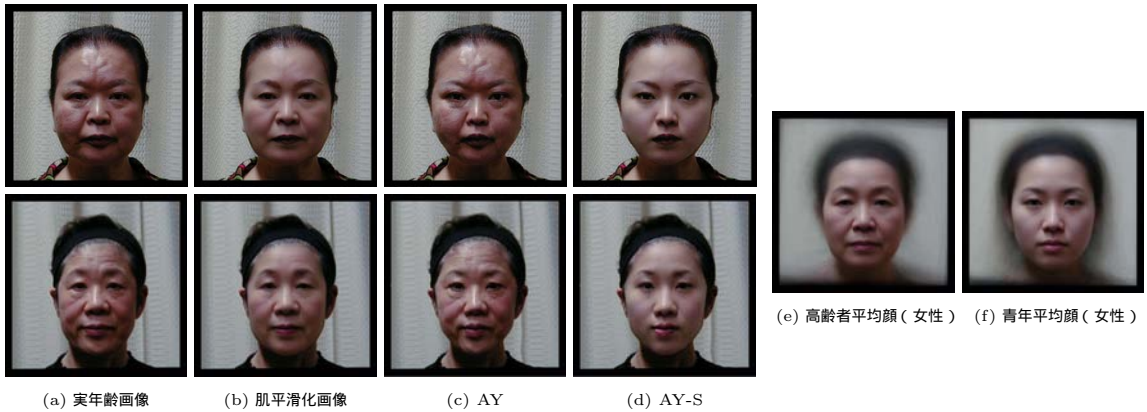


図2 高齢者画像の年齢変化と平均顔

Fig.2 Sample images of synthesized aging images (aged-person) and average faces.

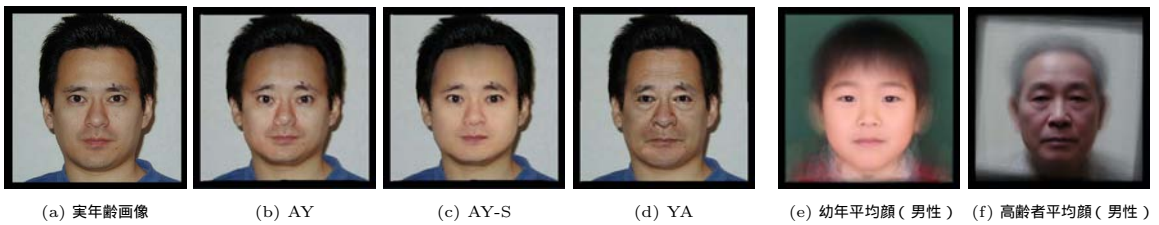


図3 青年画像の年齢変化と平均顔

Fig.3 Sample images of synthesized aging images (young-adult) and average faces.

きる。

平均顔との合成を行うことにより、その年代に特徴的な情報(たとえば高齢者の深く刻まれた鼻唇溝や目の下のたるみなど)を保持したまま、それら以外の皺やシミの除去が可能となる。さらに、重み付き平均をとることにより、たとえば、現在の年齢から年齢幅の小さい減齢画像を生成したい場合は、実年齢画像の重みを高くし、逆に年齢幅の大きい減齢画像を生成したい場合は、平均顔画像の重みを高くするなど、年齢変化幅に合わせた肌テクスチャの生成が可能となる。図2(b)に肌平滑化処理を行った画像を示す。

得られた肌平滑化画像に2.2節で求められた差分テクスチャを加えることで、減齢画像の生成を行う。なお、肌平滑化処理は肌領域にのみ適用するものとし、個人性を顕す眉、目、口については処理を行わないものとする。

#### 4. 評価実験

評価方法としては、生成された画像と対象人物の実際の画像を比較する方法が一般的である。しかし、本手法で生成された年齢変化画像は、必ずしもその人物の正確な年齢変化表現とは限らない。そこで、生成された年齢変化画像の年齢推定実験により、手法の妥当

性を検証した。

今回用いた年齢サンプルDBは、高齢者、青年、幼年の複数の人物の無表情・正面画像が格納されており、顔の位置、方向、大きさに関して正規化が行われている。年代別の人数構成は、高齢者は男性30名、女性67名、青年は男女とも60名、幼年は男性19名、女性20名である。特徴点は、顔パーツ上に83点とし(図1(b)), FUTONシステム<sup>9)</sup>を用いて手動で取得した。

##### 4.1 実験方法

実年齢画像として、高齢者、青年それぞれ16枚(DB内画像男女各4枚、DB外画像男女各4枚)を用意した。これらの画像はあらかじめ年齢推定実験が行われており、その結果は高齢者では男性62歳、女性58歳、青年では男女とも26歳であった。DB内外による差は見られなかった。

画像の生成条件としては、肌平滑化処理を行わない減齢画像生成(A Y条件)、肌平滑化処理を行った減齢画像生成(A Y-S条件)、加齢画像生成(Y A条件)とした。

実年齢画像が高齢者画像の場合は青年変化(A Y, A Y-S)を生成し、実年齢画像が青年画像の場合は、幼年変化(A Y, A Y-S)および加齢変化(Y A)を生成

した．画像生成例を図 2，図 3 に示す．なお，実験時には，髪や背景の影響を取り除くため，顔領域を楕円状に切り出し顔領域以外の部分を黒く塗りつぶした画像を用いた．被験者は 20 代～30 代前半の男女各 8 名であった．

年齢推定実験の手順を以下に示す．

- (1) 実年齢画像と年齢変化画像を 2 枚並べてモニタ上に表示する．
- (2) 被験者は，年齢変化画像に対して，その人物の年齢を推定する．
- (3) 被験者は，実年齢画像と年齢変化画像が同一人物と考えられるか 5 段階で評価する．

## 5. 結果および考察

青年画像の幼年変化に対する平均推定年齢は，AY 条件では，男性 24 歳，女性 18 歳，AY-S 条件では，男性 18 歳，女性 16 歳であった．t 検定を行った結果，男女とも有意差が見られ，肌平滑化処理の効果が確認された．加齢変化に対しては，平均推定年齢は男性 56 歳，女性 54 歳と高齢者に属しており，高齢者の実年齢画像の推定年齢とほぼ同様の値が得られた．

DB 内/外の影響については，減齢変化では，男性では DB 内 16 歳，DB 外 20 歳であり，女性では DB 内 13 歳，DB 外 18 歳であり，DB 内の画像が有意に若く評価された．加齢変化では，男女とも両者の間に有意な差は見られなかった．

減齢変化において，若年化には成功しているものの，その減齢幅は小さい．幼年 DB 内の画像（任意抽出，男女各 8 枚）の年齢推定実験結果では，男性 9 歳，女性 8 歳と，AY-S 条件での推定年齢と 10 歳近い差がある．また，DB 内/外にも有意な差が見られる．この原因としては，DB の構成人数が少ないことや女性では化粧の影響などが考えられ，今後の課題として残っている．

高齢者画像の年齢変化では，AY 条件での平均推定年齢は男性 63 歳，女性 53 歳であり，女性で有意な推定年齢の下降が見られるものの，年齢的には高齢者に属しており，差分情報のみでは減齢画像の生成には不十分であることを示している．一方，AY-S 条件での平均推定年齢は男性 28 歳，女性 29 歳と，青年画像の実年齢画像の推定年齢とほぼ一致しており，肌の平滑化処理により減齢変化生成がより効果的に行われたことを示している．

DB 内/外の違いによる影響については，条件間に有意な差は見られなかった．

実年齢画像と年齢変化画像が同一人物と考えられる

表 1 同一人物評価：各評定値の評価割合（％）  
Table 1 Evaluation result of same person.

生成条件 \ 評定値	5	4	3	2	1
高齢者(男)AY-S	21.9	39.1	10.9	18.7	9.4
高齢者(女)AY-S	21.9	46.9	10.9	14.0	6.3
青年(男)AY-S	18.8	23.4	20.3	20.3	17.2
青年(女)AY-S	29.7	17.2	14.1	25.0	14.0
青年(男)YA	28.1	35.9	6.3	17.2	12.5
青年(女)YA	20.3	28.1	21.9	20.3	9.4

かどうかの評価結果を表 1 に示す（AY-S 条件，YA 条件のみ）．結果は各評定値の割合を示している．高齢者の減齢変化では，男性 61%，女性 69%がほぼ同一人物と評価されている（4 点以上の割合）．逆に，別人と評価される割合（2 点以下の割合）は，男性 28%，女性 20%であった．

青年の年齢変化では，加齢変化においては，同一人物と評価される割合は男性 64%女性 48%であり，別人と評価される割合は，男女とも 30%であった．一方，幼年変化においては「同一人物」「別人」とともに同程度の割合となり，個人性の保持に課題を残している．

## 6. おわりに

本論文では，1 枚の画像から年齢変化画像を生成する方法として，差分情報を用いる手法について検討を行った．さらに，減齢変化時において必要不可欠となる，皺やシミの除去のための肌平滑化処理について実年齢画像と平均顔画像の間で明度，彩度の重み付き平均をとる方法を提案した．

評価実験の結果，本手法により，青年画像の幼年変化で課題を残したが，おおむね所望の年齢変化が行われており，減齢変化においては，肌平滑化処理が有効に機能していることが確認された．

謝辞 本研究は産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センターと共同で行ったものであり，顔画像データは同センターで 2002 年に撮影したものを使用した．

## 参考文献

- 1) 赤松 茂：コンピュータによる顔の認識—サーベイ，信学論(D-II)，Vol.J80-D-II，No.8，pp.2031-2046 (1997)．
- 2) 長谷川修，森島繁生，金子正秀：「顔」の情報処理，信学論(D-II)，Vol.J80-D-II，No.8，pp.2047-2065 (1997)．
- 3) 磯野勝宣，尾田政臣，向田 茂，赤松 茂：eBuilder：任意表情生成システムの開発 1 枚の顔写真からの任意表情静止画像/動画の生成，ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol.3，

- No.4, pp.1-10 (2001).
- 4) Rowland, D. and Perrett, D.: Manipulating Facial Appearance through Shape and Color, *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol.15, No.5, pp.70-76 (1995).
  - 5) Burson, N. and Schneider, T.: Method and apparatus for producing an image of a person's face at a different age, United States Patent 4276570 (1981).
  - 6) 中川雅通, 宗續敏彦, 角 義恭, 前原文雄, 千原國宏: 骨格モデルを用いた顔画像の年齢変化シミュレーション, 信学論(A), Vol.J80-A, No.8, pp.1312-1315 (1997).
  - 7) 荒川泰彦, 荒川 薫, 原島 博, 渡部宏明: 顔画像処理方法および顔画像処理装置, 公開特許公報特開 2000-105815 (2000).
  - 8) Shan, Y., Liu, Z. and Zhan, Z.: Image-Based Surface Detail Transfer, *Proc. International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'01)*, Hawaii, Vol.II, pp.794-799 (2001).
  - 9) 向田 茂: 顔画像合成システムと年齢特徴操作に関する研究, 博士論文, 奈良先端科学技術大学院大学 (2003).

(平成 15 年 8 月 29 日受付)

(平成 16 年 3 月 4 日採録)

(担当編集委員 和田 俊和)



磯野 勝宣

昭和 45 年生。平成 6 年慶應義塾大学大学院理工学研究科修士課程修了。同年(株)インテック入社。平成 8 年から 12 年にかけて(株)ATR 人間情報通信研究所に出向。現在、インテック・ウェブ・アンド・ゲノム・インフォマティクス(株)。ヒューマンインタフェースに関する研究に従事。博士(工学)。平成 10 年度電子情報通信学会学術奨励賞受賞。電子情報通信学会、ヒューマンインタフェース学会各会員。



橋本 隆之

昭和 48 年生。平成 9 年金沢大学工学部電気情報工学科卒業。同年(株)インテック入社。現在、インテック・ウェブ・アンド・ゲノム・インフォマティクス(株)。CG の研究開発に従事。



堀 雅和(正会員)

昭和 36 年生。昭和 59 年京都大学工学部数理工学科卒業。同年(株)インテック入社。平成 2 年から 4 年にかけてペンシルベニア州立大学大学院に留学。現在、インテック・ウェブ・アンド・ゲノム・インフォマティクス(株)。富山県立大学客員助教授。ヒューマンインタフェース技術をベースにしたシステムの企画・研究開発に従事。博士(情報科学)。IEEE, ACM, 日本ソフトウェア科学会各会員。