

ユーザの簡易的操作による インタラクティブな加齢変化顔合成

溝川あい[†] 中井宏紀[†] 前島謙宣[†] 森島繁生[†]

近年、エンタテインメントやセキュリティへの応用を目的とした顔の経年変化画像を合成する研究が多くなされている。Tazoe らの提案した経年変化顔合成手法では、きめの乱れやくすみといった年齢特有の肌の質感の表現が可能である。しかし、皺が鮮明に表現できないといった問題や、結果が元画像の照明環境や肌の色に大きく影響されるという問題があった。また、加齢に伴う皺の付き方は多岐に渡るため、多様な皺を考慮する必要がある。本稿では、皺領域を二値化し照明環境や肌の色による影響を軽減し、且つユーザが書き足した曲線からリアルな年齢皺を付加した経年変化顔合成手法を提案する。

Interactive Facial Aging Synthesis by user's simple operation

AI MIZOKAWA[†] HIROKI NAKAI[†]
AKINOBU MAEJIMA[†] SHIGEO MORISHIMA[†]

Many studies on an aged face image synthesis have been reported with the purpose of security application such as investigation for criminal or kidnapped child and entertainment applications. Tazoe et al. proposed a facial aging technique that described skin texture such as rough or dull skin which helped in determining a person's age. However, in their method, representing wrinkles—one of the most important elements in reflecting age characteristics—is difficult. Additionally, the influence by lighting conditions and individual skin color is significant. Also, It is difficult to infer the location and shape of future wrinkles because they depend on individual factors. Therefore, we have to consider several possibilities of wrinkles locations. In this paper, we propose an aged face image synthesis method that can create plausible aged face images and is able to represent wrinkles at any optional location user want to add them by adding artificial freehand wrinkles with photorealistic quality.

1. はじめに

人間の顔は、加齢に伴い徐々に変化していく。内的要因による変化もあれば、日光や空気の乾燥といった外部からの刺激による変化もある。そしてその変化の種類は大きく二つに分類できる。一方は、肌の質感の変化である。一般的に高齢になるにつれて、皺の数が増しそれぞれの皺が深くなったりしみが出現し肌の色が全体的にくすんだりといった質感変化が起こる。もう一方は、目や口といったパーツの形状の変化である。目尻や口角は歳を取るにつれて下降していく傾向がある。

近年、以上のような顔の経年変化を予測するアプリケーションが、エンタテインメント分野で普及しており、セキュリティ分野への応用の期待も高まっている。エンタテインメント分野では、Hour Face のようなスマートフォン用アプリケーション等が挙げられる。これは、スマートフォンで撮影した顔写真に対して、簡易的に老化や若返りの加工を行うアプリケーションである。このようなアプリケーションは、スマートフォンの急速な普及に伴い、人気が高まっている。一方、セキュリティ分野においては、行方不明者や犯罪者の捜査支援への利用が期待されている。平成 23

年時点で日本国内における行方不明者数は、約 8 万人[1]に上っており、また世界中には指名手配犯として顔を公開されている。これらの人物を探し出すことは非常に困難で、その原因の一つとなっているのが、加齢に伴う顔の変化である。そのため、過去の顔写真一枚から現在の顔を予測することは人物検索において非常に有用である。しかし、経年変化顔合成技術は発展途上であり、技術の更なる向上のために次のような研究がおこなわれてきた。

Suo ら[2]は、現在の顔は直前の状態のみから決まるという仮定の下、枝分か類的に、目や鼻等主なパーツに加え眉や皺といった細かい部分まで、それぞれのパーツを独立に経年変化させる手法を提案している。しかし、この手法では、枝分かれ構造の末端過程に進むほど元の個性が薄れていくといった問題がある。

また、我々の先行研究である Tazoe ら[3]は、レンジスキャンデータに基づいて生成された正確な 3 次元形状を有する個人顔モデルに対して、顔の 3 次元形状と 2 次元テクスチャを独立に経年変化処理を施すことにより、経年変化顔画像を生成する手法を提案した。3 次元形状に関しては、レンジスキャナにより取得した個人の 3 次元形状から各パーツの大きさを計測し、全データベースから得られた年齢に伴うパーツの大きさの変化の近似直線に基づき変化させることにより、形状の経年変化を表現している。2 次元テ

[†] 早稲田大学
Waseda University

クスチャに関しては、Visio-lization 法[4]に基づき合成を行っている。この手法では、入力画像を正方形パッチ状に分割し、目標とする年齢のパッチデータベースの中から HSV 表色系で最も距離の近いパッチを用いて顔を再構成することにより、きめや毛穴といった年齢特有の肌の質感を表現した顔画像を生成する。しかしながら、パッチを色情報のみで選択しているため、目のように輪郭部分で色の濃淡の違いが明確である部分は形状の違いを反映したパッチが選択されるが、皺周辺のような色の変化が曖昧である部分に関しては、パッチの選択が皺の形状以上に照明環境や肌の色に大きく影響されてしまう。そのため、皺の付いたパッチが選択されず、生成画像の年齢が若い印象を与えてしまうといった問題がある。また他の問題として、加齢に伴う皺の付き方は多岐に渡るため、一意の合成結果を定めることは困難であり、複数の皺の付き方の可能性を考える必要があるということが挙げられる。そこで、本稿では、二次元顔画像において、照明環境や肌の色による影響されずにリアルな皺を付加することと数種類の皺の付き方のシミュレーションを可能にすることを目標とする。

具体的には、ユーザが自由に顔画像へ手書きで付加した皺に最も近い形状の皺をデータベースの中から選択し付加する。その際、皺領域を適応的に二値化することで照明環境や肌の色による影響を軽減し、さらに先行研究による加齢顔合成結果に、選択された皺を Poisson Image Editing[5]を用いて自然な合成を行う。以上の手法より、照明環境や肌の色による影響を受けずに多種類の皺を鮮明に表現する経年変化顔画像合成を実現した。

2. 年齢別顔画像データベース

本研究では、人物の 2 次元顔画像をデータベースとして使用する。データベース画像の条件は、

- 正面を向いていること
- 眼鏡等装着物のない状態であること
- 髪が顔パーツを隠していないこと
- 極端に暗い照明環境でないこと
- 被撮影者の年齢が既知であること

である。データベース中のそれぞれの画像の顔の大きさや照明条件が正確に揃っている必要はない。

データベースに使用した画像の例を図 1 に示す。データベースは男性 1013 人、女性 983 人から構成され、年代分布は図 2 に示すとおりである。

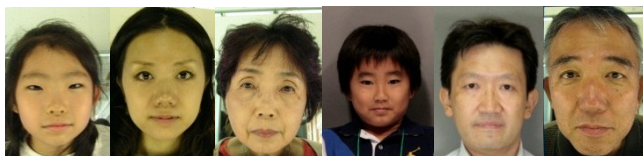


図 1 データベース画像例

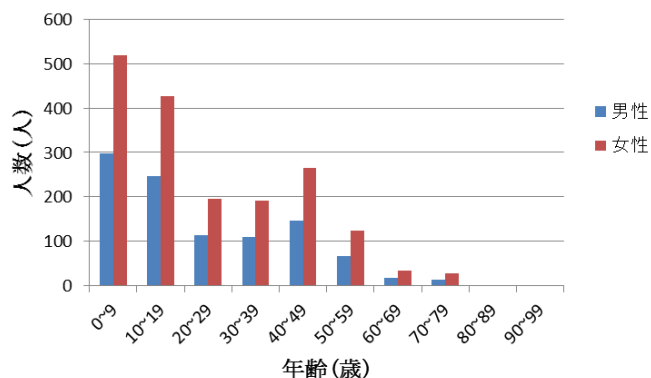


図 2 データベース年代分布

3. 提案手法

3.1 入力画像からの皺の切り出し

本節では、ユーザが簡易的なインタフェースを用いて手書きで皺を付加した二次元顔画像を入力画像として、手書き皺部分の切り出しを行う。

まず、入力画像として用いる元画像(図 4(a))に、ユーザが希望する位置に手書きで皺を付加する(図 4(b))。このとき、皺を付加する際のペンの色は問わない。

次に、各顔パーツの位置合わせのために、顔画像を予め算出しておいた 10 歳刻みの年代別平均 3 次元形状(頂点数 661 点)へのマッピングを行う。この平均 3 次元形状は、各年代の 3 次元形状データベースを頂点毎に座標位置の平均をとることにより作成されたものである。

入力顔画像から、Zhang ら[6]の手法により顔の特徴的な部位(目・鼻・口・眉・輪郭)の特徴点 89 点を抽出する。抽出される 89 点の特徴点に対し、予め頂点数 661 点の 3 次元一般顔モデル(図 3(a))の頂点との対応点を定めておき、Radial Basis Functions Transformation (RBFT) により、一般顔モデルの形状を入力顔画像の形状に整合する。これにより対応点に関しては、特徴点と一致し、対応点以外の点に関しても補間により滑らかに整合を行うことが可能となる。そして、整合後顔モデルと年代別平均形状顔モデルの 661 頂点の対応から、入力画像を年代別平均形状顔モデルへテクスチャマッピングする。このようにして、年代別形状へマッピングされた 2 次元の顔画像を生成する。(図 4(c))

続いて、年代別平均形状へマッピングした画像から、最初に書き加えた皺部分のみを矩形で切り出す。切り出す領域は、皺として書き加えられた画素すべてを覆う、最小の矩形とする。その際、皺部分は黒画素、それ以外は白画素としておく。(図 4(d))

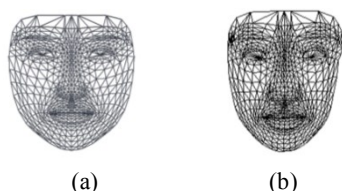


図3 メッシュモデル

(a) 一般顔モデル, (b) 40 代平均形状顔モデル

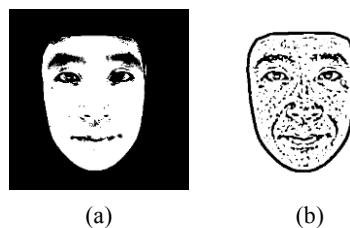


図6 二値化処理の比較

(a)通常の二値化, (b)適応型二値化

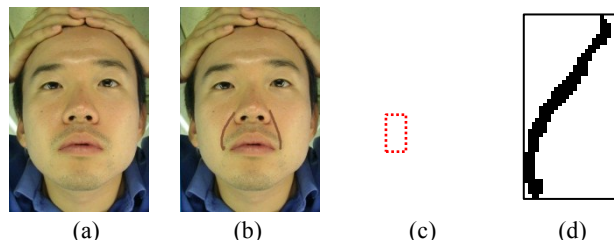


図4 入力画像からの皺の抽出

(a) 元画像, (b) 手書き皺付加画像,

(c) 40 代平均形状へのマッピング画像, (d) 皺領域画像

3.2 データベース画像からの皺の抽出

本節では、データベースの顔画像からの皺の抽出について述べる。

まず、3.1 節と同様の方法で、データベース内の画像（図 5(a)）に対して年代別平均形状へのマッピングを行う（図 5(b)）。続いて、適応型二値化処理を施す。適応型二値化とは、一枚の画像に対して局所的に適切な閾値を決めることにより、全体的な輝度の分布よりも、狭い領域での輝度の差を明確にすることができる処理である。一枚の画像に対して指定したサイズのブロック内で輝度の平均値をとり、その値をブロック内の二値化閾値としている。本稿では、 $300 \times 300[\text{pixel}]$ の画像に対して、ブロックサイズを $13[\text{pixel}]$ とした。例として、データベース画像に対して通常の二値化処理を行った結果画像と適応型二値化を行った結果の比較を図 6 に示す。続いて、適応型二値化画像からノイズ除去を行う。具体的には、上下左右連結していない $1[\text{pixel}]$ の黒点を除去する処理を行う（図 5(c)）。最後に、入力画像で切り出した皺領域と同一座標部分をデータベースの皺領域として切り出す（図 5(e)）。

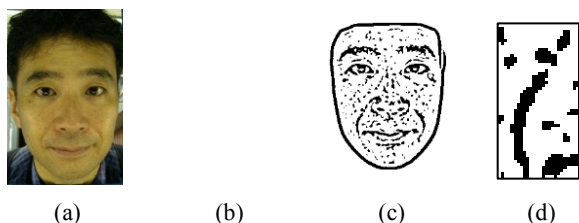


図5 データベース画像からの皺の抽出

(a)データベース元画像, (b)平均形状へのマッピング画像,
(c)適応型二値化画像, (d)ノイズ除去画像, (e)皺領域画像

3.3 最適な皺の選択

本節では、3.1 節で得た入力画像中の皺領域と 3.2 節で得たデータベース画像中の皺領域を比較し、データベースの中で最も入力画像の皺の形状に近い皺を含む顔画像を選択する。具体的には、切り出した領域において入力画像とデータベースを画素単位で比較し、同じ座標における輝度値が一致するピクセル数の最も多いものを、入力皺に最も形状に近い最適な皺として選択する。図 7 に概念図を示す。また、3.1 節で手書きにより付加した皺に、データベース中で最も形状に近いと選択された皺を図 8 示す。

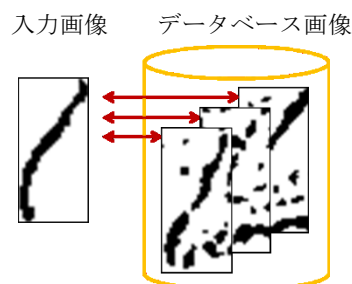


図7 最適な皺の選択（概念図）

(a) (b)

図8 入力画像(a)と最適な皺を含む顔画像(b)

3.4 皺の合成

本研究では先行研究の手法により生成された結果画像へ皺の付加を行うため、初めに先行研究の手法による経年変化顔の生成を行う。

24 歳男性を入力画像として、45 歳へ経年変化させた合成結果の例を図 9 に示す。パッチデータベースには男性 45 ± 3 歳の画像 104 枚を使用した。

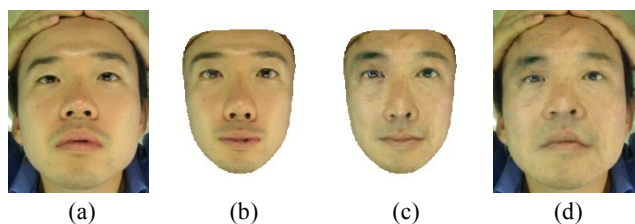


図9 Tazoe らの手法による経年変化顔の生成

(a)元画像(24 歳), (b)平均形状へのマッピング画像,
(c)パッチタイリングによる 45 歳への経年変化画像,
(d)入力画像へのマッピング画像

続いて, 3.3 節で選択された皺を, 生成した加齢顔に合成する. その際, 皺の勾配を維持しつつ且つ違和感なく合成するために, Poisson Image Editing を用いる. Poisson Image Editing とは, 二枚の画像の勾配領域でのブレンディングを可能にする手法であり, ここでは選択された皺の勾配を保持しつつ結果画像へ転写する. 3.3 節で選択した最適な皺画像 (図 8(b)) を, 生成した経年変化顔(図 9(d))に対して, 合成した結果を図 12(d)1 段目に示す.

最後に, 上で得た正規化されている状態の皺合成画像 (図 10) を正規化前の個人形状マッピングする. 入力画像へマッピングした結果を図 11 に示す.

4. 結果と考察

提案手法を異なる被験者に対して適用した結果を図 12 に示す. また, 図 13 に Tazoe らの手法による結果との比較を示す.

図 12 から, 入力皺と形状の近い皺が自然に付加されていることが見て取れる. また, 図 13 に示すように, 従来手法結果と比較しても, 皺が付加されたことでより高齢らしい印象を表現できていると言える.

5. おわりに

5.1 結論

本研究では, 皺領域を二値化することで, 照明環境や肌の色による影響が軽減されたパッチ選択を可能とし, さらに Poisson Image Editing による合成を行うことで自然な皺の付加を実現した. また, 手書きのインタフェースを用いることで, ユーザが疑似的な皺を手書きで書き足すという簡単な操作のみで, リアルな経年変化顔画像を作成することが可能となった.

5.2 今後の課題

本研究では, 手書きで疑似的な皺を付加することにより, その皺と形状に近い且つリアルな皺を表現した. 今後は主観評価実験を行い合成結果の妥当性の評価を行う予定である. また, 今回付加する皺によって合成結果の皺の形状を自由に操作することはできたが, 皺の濃さ等については操

作することができていないため, 今後は皺の濃さや深さといった形状以外のパラメータを自由に調整する方法を検討する必要がある. さらに, テクスチャのみの変化だけでなく, 3 次元形状に関しても経年変化を行うことを検討している.

謝辞 本研究は, 文部科学省の科学技術戦略推進費による「安全・安心な社会のための犯罪・テロ対策技術等を実用化するプログラム」の一環として実施されました.

参考文献

- 1) 平成 23 年中における行方不明者の状況 / 1 総数
<http://www.npa.go.jp/safetylife/seianki/H23yukuehumeisha.pdf>
- 2) Suo, J. Min, F. Zhu, S. Shan, S. Chen, X.; A Multi-Resolution Dynamic Model for Face Aging Simulation, CVPR2007, Conference Publications, pp.1-8 (2007)
- 3) Tazoe, Y. Gohara, H. Maejima, A. Morishima, S.: Facial aging simulator considering geometry and patch-tiled texture, SIGGRAPH2012 Posters Article No.90 (2012).
- 4) Mohammed, U. Prince, S. Kautz, J.: Visualization: Generating Novel Facial Images, ACM Transactions on Graphics (Proceedings SIGGRAPH 2009), 28(3), No. 4, pp.57(1)-57(8) (2009).
- 5) Perez, P. Gangnet, M. Blake, A.: Poisson Image Editing, SIGGRAPH2003 Posters Pages, pp.313-318 (2003).
- 6) Zhang, L. Ai, H. Tsukiji, S. Lao, S.: A Fast and Robust Automatic Face Alignment System, 10th IEEE International Conference on Computer Vision 2005, demo program, Beijing, China (2005).



図 12 皺合成結果

(a)手書き皺付加画像, (b)平均形状へのマッピング画像, (c) (b)の皺に最適な皺を含む顔画像,
(d)図 3.8(c)と最適皺の合成結果, (e)入力画像へのマッピング画像

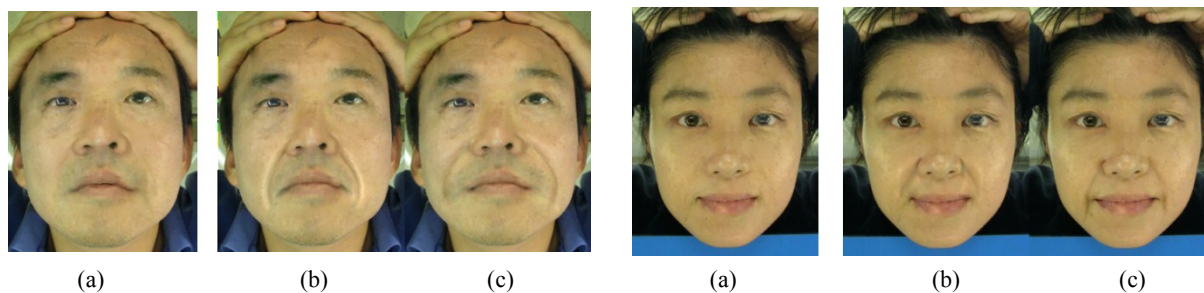


図 13 従来手法結果との比較

(a)Tazoe らによる合成結果(45 歳), (b)(c)本手法による合成結果