

皺の個人性を考慮した経年変化顔画像合成

サフキン パーベル[†] 桑原 大樹[†] 川井 正英[†] 加藤 卓哉[†] 森島 繁生[‡]

早稲田大学[†] 早稲田大学理工学術院総合研究所[‡]

1. はじめに

犯罪者や行方不明者の長期的な捜索において、対象人物の顔の印象は加齢に伴い変化する。具体的には、顔にしみやくすみ、皺が発生し、顔形状のたるみといった特徴が見られるようになる。このような変化を推測し、作成した顔画像は対象人物発見のための手がかりとして有用である。そのため、対象人物の過去・未来の顔を合成する経年変化顔合成技術が求められている。

Maejima ら[1]は、実データの統計に基づく皺モデルを入力顔画像に転写し、同一環境で撮影された顔画像の年齢別データベースを用いて入力顔画像を小片画像（以下、パッチ）単位で再構成することで、経年変化顔画像を合成する手法を提案した。この手法は、顔の形状や各パーツの個人性を保持し、パッチ単位の再構成によりぼけた印象のないしみやくすみといった肌の特徴や皺の合成を可能にしている。しかし、統計に基づく皺モデルの転写により合成される皺の特徴は一律になり、人物の皺の位置や形状によって決まる皺の個人性を考慮していないという問題があった。これに加え、年代間で皺の位置と形状の連続性が保持されない問題があった。

そこで本稿では、加齢に伴い発生する皺が表情皺に起因するという知見 [2]に基づき、笑顔画像の表情皺を用いて皺の個人性を考慮した経年変化顔画像合成手法を提案する。まず、表情変化時の顔画像（以下、表情変化顔画像）と無表情顔画像を用意し、表情変化顔画像の形状を無表情顔画像の形状に正規化する。正規化された顔画像の表情皺を無表情顔画像に転写することで、人物の皺の個人性を反映した画像を生成する。最後に、年齢別データベースを用いて表情皺転写結果をパッチ単位で再構成して目標年齢の印象を付加することで経年変化顔画像を得る。このとき、表情皺領域での再構成で小さなパッチサイズで特徴を詳細にみることにより、得られる結果は年代間で皺の位置と形状が連続な、人物の皺の個人性を考慮したものになる。

2. 無表情顔画像への表情皺転写

Magenat-Thalman ら[2]は、同じ位置で繰り返し生じる表情皺は、皮膚の機能低下により年齢に従い皺として停滞することを示した。ゆえに、表情変化顔画像の表情皺を無表情顔画像へ転写することは、経年変化後の皺の個人性を表現する手がかりになるといえる。

図1に人物の無表情顔画像と表情変化顔画像をそれぞれ示す。この2つの画像において、それぞれ顔の特徴点を取得する。その後、これらの特徴点情報を用いて表情変化顔の形状を無表情顔にあうように正規化することで、図2に示す正規化画像を得る。正規化の際、特徴点の数を増やすために本手法では Radial Basis Functions を用いた。ここで Magenat-Thalman らの主張により、正規化画像において経年変化時に影響を及ぼすのは表情皺のある領域のみであるといえる。そのため、正規化画像の表情皺のみを無表情顔画像へ転写する手法を提案する。

まず、向田らの手法[3]を用いて表情皺検出を行う。具体的には、正規化画像に適応型二値化を適用し、画素が連続する領域にそれぞれラベルをつける。その後、ラベル付けされた領域に対して評価関数を設け、閾値処理により表情皺の検出を行う。最後に、向田らのこの手法に加え本手法では顔領域による皺形状の妥当性を考慮して検出された領域を除去する処理を適用した。具体的には、目のある領域近傍で検出される縦長の皺や、口のある領域近傍で検出される横長の皺を除去した。

表情皺検出結果（図3）を用いて無表情顔画像へ表情皺を Perez らの[4]手法により転写する。ここで、表情皺の太さ、長さを正確に転写するため、表情皺転写の際に指定する領域は表情皺検出結果に膨張フィルタをかけて領域を広げたものを用いる。求めたい画素の輝度値を f 、無表情顔画像の輝度値を f^* 、正規化画像上の表情皺を指定する領域内の輝度勾配を \mathbf{v} とすると、式(1)を用いて無表情顔画像へ表情皺を転写する。

$$\min \int_{\Omega} |\Delta f - \mathbf{v}|^2 \text{ with } f|_{\partial\Omega} = f^*|_{\partial\Omega} \quad (1)$$

ここで、 Ω は表情皺領域を広げたものを表す。これにより得られる画像は、皺の個人性を反映したもの（図3）となる。

Aging face synthesis considering wrinkle individuality
Pavel SAVKIN[†] Daiki KUWAHARA[†] Masahide KAWAI[†]
Takuya KATO[†]
Shigeo MORISHIMA[‡]
[†]Waseda University
[‡]Waseda Research Institute for Science and Engineering

3. 転写結果再構成による経年変化顔画像合成

年齢別データベースを用いて表情皺転写結果をパッチ単位で再構成することで年代の印象を付加した経年変化顔画像を合成する．年齢別データベースは，同一環境で撮影された 20 代から 70 代の人物の顔画像を全て男女別，年代ごとに分類され，入力人物の色味に正規化されることで構築される．ここで，パッチサイズの大きさによって再構成結果は変化する．具体的には，パッチサイズが大きいほど目標年齢の平均的な年齢特徴を反映し，小さいほど入力人物の現在の特徴を反映することができる．本手法では，皺は入力人物の現在の特徴を，肌は平均的な年齢特徴をそれぞれ表現するため，肌と皺によってパッチサイズを変更して再構成を行う．

そこで，表情皺のある領域，ない領域を指定してそれぞれサイズの異なるパッチ単位の再構成を行う．表情皺のあるパッチは図 3 の領域で指定され，小さいパッチサイズで再構成する．このとき，RGB ユークリッド距離が最小となるパッチを選択する．これにより選択されるパッチは，入力人物の色味を考慮したものになる．表情皺のないパッチは図 3 の領域以外を指し，大きいパッチサイズで再構成する．このとき，RGB ユークリッド距離と勾配方向ヒストグラムの距離の重み付け線形和が最小となるパッチを選択する．これにより選択されるパッチは，色味に加え入力人物の肌の微細な類似性を考慮したものになる．最後に，Maejima ら[1]の手法により再構成結果を無表情顔画像に合成し，経年変化顔画像を得る．

4. 結果

無表情顔画像と笑顔画像（図 1）を入力とし，本手法によりそれぞれ 40 代，50 代，60 代へ経年変化させた時の結果（図 4）と Maejima らの手法で経年変化させた結果（図 5）を示す．従来手法と比較して，法令線や目元の皺が表情皺転写結果のものに近い結果が得られた．また，年代間の変化に着目すると，従来手法と比較して皺の位置，形状の連続性が保持された結果が得られた．

5. まとめと今後の課題

本稿では，表情変化顔画像の表情皺を用いて，皺の個人性を考慮した経年変化顔画像を合成する手法を提案した．笑顔画像の表情を無表情顔画像に転写し，年齢別データベースを用いて表情皺転写結果をパッチ単位で再構成することで，経年変化顔画像を合成した．今後の課題としては，額の皺や肌の質感が不連続になる問題があ



図 1.無表情顔画像と表情変化顔画像(笑顔画像)



図 2.正規化画像 図 3.表情皺検出結果と転写結果

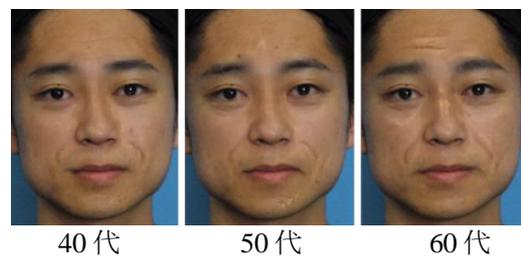


図 4. 提案手法

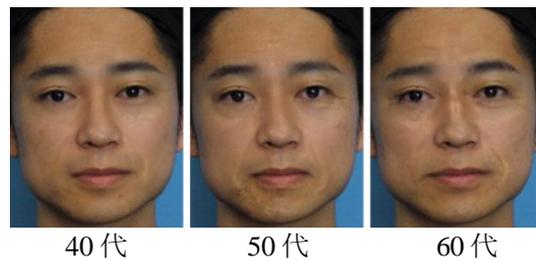


図 5. Maejima et al. 2013.[1]

るため，再構成の際のパッチ間の連続性を考慮する手法の提案が挙げられる．また，顔形状のたるみを表現する手法の提案や，正規化画像作成方法の検討等が挙げられる．

謝辞 本研究は，文部科学省の平成 26 年度社会システム改革と研究開発の一体的推進による「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] Maejima et al. Facial Aging Simulator Based on Patch-based Facial Texture Reconstruction, ACPR, 2013.
- [2] Magnenat-Thalman et al. A Computational Skin Model: Fold and Wrinkle Formation, Information Technology in Biomedicine, IEEE, 2002.
- [3] 向田ら. しみ・しわ情報を用いた顔画像の年齢操作, 電子情報通信学会, 2003.
- [4] Perez et al. Poisson Image Editing, SIGGRAPH, 2003.