

## パッチ単位の法線推定による三次元顔形状復元

野沢 綸佐 加藤 卓哉 野澤 直樹 サフキン パーベル 森島 繁生<sup>†</sup>

早稲田大学 <sup>†</sup>早稲田大学理工学術院総合研究所 / JST CREST

### 1 はじめに

近年、一枚の顔画像から三次元顔形状を復元する試みが多くなされている。例えば、顔形状を復元することで犯罪捜査における犯人の追跡や、エンタテインメントの分野において撮影された人物の顔から3Dアバターを作成し、ゲームに登場させることなどが挙げられる。

一枚の顔画像のみを入力とし三次元顔形状復元を行う手法として前島ら [1] は、顔特徴点情報と統計モデルを用いた三次元顔形状復元の手法を提案した。しかし、頬など顔特徴点の分布が疎な領域では、個人の特徴を反映した顔形状の復元を行うことが困難である。一方 Kemelmacher ら [2] は、陰影情報から三次元形状の復元を行う Shape-from-Shading を顔画像に用いる手法を提案した。この手法では、統計データを用いずに、細部の個性を反映した顔形状の復元に成功している。しかし、本来顔は部位ごとに異なる反射特性を持つにも関わらず、顔全体をランバート面と仮定しているため、皺などの情報が失われてしまう場合がある。

そこで本研究では、顔特徴点よりも密な情報を持ちつつ、ランバート面の仮定を行わない三次元顔形状復元手法の提案を行う。仮定として、「同一光源下である場合、顔は小片領域(以降、パッチ)単位に着目すれば、その領域内の陰影と法線の間密接な関係がある」とする。次にこの仮定に基づき、顔の輝度値と法線情報を有する画像を矩形に切り分けたパッチ単位で、Visiolization 法 [3] を適用し、法線情報を推定することで三次元顔形状復元を行う。本手法を用いることで、顔特徴点を用いた従来手法では困難であった頬など、細部にいたるまでの三次元顔形状復元が可能となっている。

### 3D Face Reconstruction using Patch-Based Normal Estimation

Tsukasa NOZAWA, Takuya KATO, Naoki NOZAWA, Savkin Parvel and Shigeo MORISHIMA<sup>†</sup>  
Waseda University

169-8555, Tokyo, Japan

<sup>†</sup>Waseda Research Institute for Science and Engineering / JST CREST

169-8555, Tokyo, Japan

### 2 パッチデータベースの構築

法線推定の際に用いる、輝度値パッチと法線パッチからなるパッチデータベースを構築する。

まず、三次元計測器を用いて三次元顔形状データと、それに対応するテクスチャ画像を同一照明環境下で取得する。ここで、肌の色の個人差を少なくするためにテクスチャ画像はグレースケール画像へと変換する。また、顔領域の重心位置を合わせることで、顔位置の正規化を行う。次に、得られた三次元顔形状より頂点ごとの法線を計算する。ここで、本手法では得られた法線情報を画像としてパッチに分けるため、法線の各成分を RGB 値へと変換し、画素ごとに法線情報を有する法線マップ画像を作成する。最後に、得られたテクスチャ画像と法線マップ画像を重複させながらラスト順にパッチに切り分け、それぞれの輝度値パッチと法線パッチを位置によって対応付けを行い、対応位置のデータベースへと格納する。以上の処理を複数人のデータに対して同様に行うことで、位置ごとに輝度値パッチと法線パッチの対応ペアが格納された、パッチデータベースを構築する。

### 3 法線推定

本章では、パッチデータベースを用いた法線推定について述べる。法線推定の概要を図1に示す、ここで  $(i, j)$  はパッチ選択をしている部分の位置を示している。本研究では、最適なパッチを選択するために式 (1) に示すような評価関数を用いる。

$$E = \alpha d_{GlobalL} + \beta d_{LocalL} + \beta d_{LocalN} \quad (1)$$

式 (1) 中の  $d_{GlobalL}$  は、位置  $(i, j)$  のデータベース中のパッチと、入力画像との間における全体の輝度値の類似度を示す。また  $d_{LocalL}$ ,  $d_{LocalN}$  は、位置  $(i, j)$  においてすでに再構成済みの部分と、その部分に対応する位置  $(i, j)$  のデータベース中のパッチの重複部分との間における輝度値と法線の類似度を示す。さらに、 $\alpha$ ,  $\beta$  は重み係数を示す。これらの類似度を考慮することで、パッチと入力画像との陰影の近さを保ちつつ、パッチ間の陰影の連続性も保つようなパッチを評価するこ

とが可能となる．この式 (1) を用いて入力画像の位置  $(i, j)$  に対し，最も類似度の高いと評価された輝度パッチと法線パッチを対応する位置のデータベースからラスタ順に選択することで，入力画像の法線情報を推定する．また，本研究では周辺位置のデータベースに対しても同様な評価を行う．これにより，各顔パーツの位置が個人間で異なる状況への対応が可能になる．

最後に，入力画像の推定法線情報から三次元顔形状復元を行う．本手法では，入力画像のある点  $(x, y)$  における奥行き  $Z(x, y)$  を求めるために，式 (2) で示す最適化問題 [2] を解く．

$$E(Z(x, y)) = \left( Z(x + 1, y) - Z(x, y) + \frac{n_x}{n_z} \right)^2 + \left( Z(x, y + 1) - Z(x, y) + \frac{n_y}{n_z} \right)^2 \quad (2)$$

ここで， $(n_x, n_y, n_z)$  は点  $(x, y)$  における推定法線を示す．この式 (2) を解くことで，最終的な顔形状が出力される．

#### 4 結果と考察

成人男性 10 人分のデータベースを構築し，提案手法を用いて三次元顔形状復元した結果を図 2 に示す．今回は入力画像として，データベースと同様な照明環境で撮影された 300[Pixel]×300[Pixel] の正面顔画像を用いた．さらに法線推定では，パッチサイズ 3[Pixel]×3[Pixel]，周辺探索はパッチ 2 枚分に相当する 6[Pixel] 先までとした．また提案手法の優位性を示すために，同一の入力画像を前島ら [1] の手法で出力させた結果と比較を行った．図 2 より従来手法と比較して頬部分や鼻下など，より個人の特徴を反映した顔形状の復元が可能となっている．

#### 5 まとめと今後の課題

本研究では，パッチを用いることで，顔特徴点よりも密な情報を用いた，ランバート面の仮定を行わない三次元顔形状復元手法を提案した．また既存手法 [1] と比較して，より個性を反映した出力を得ることができた．しかし，本研究では入力画像の照明環境が，データベースを構築した際と極端に異なる場合では適用が難しい．また，データベース中の各データの回転・スケールの違いを考慮することができておらず，入力画像とデータベース中のパッチとの間で適切な比較を行うことができない場合が存在する．このために，適切な法線推定を行うことができず，出力が悪くなる場合

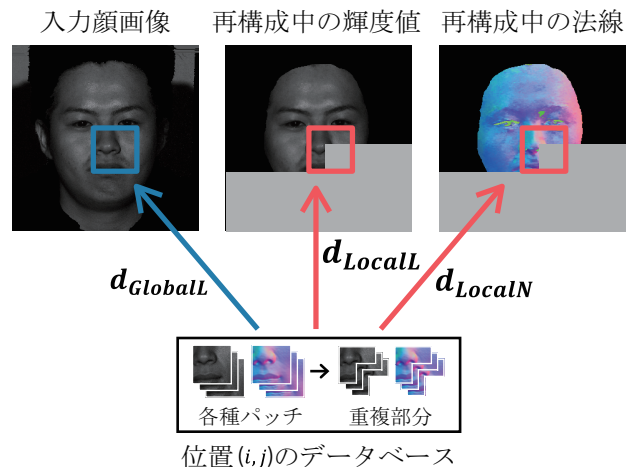


図 1: パッチタイリングを用いた法線推定の概要図

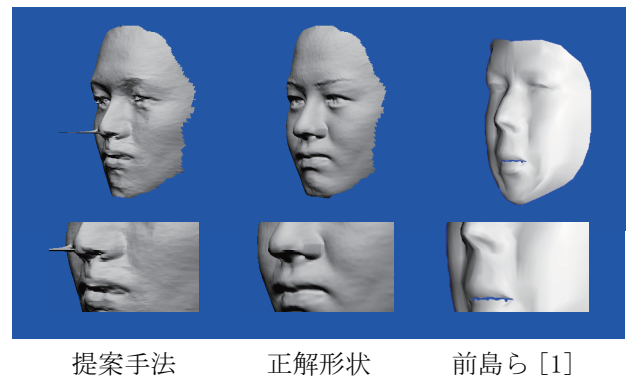


図 2: 本手法による出力結果と既存手法との比較

が生じている．よって今後の課題としては，以上の二点の改善を行い，手法の有用性を確立していくことが挙げられる．

#### 謝辞

本研究の一部は，JST CREST「OngaCREST プロジェクト」の支援を受けた．

#### 参考文献

- [1] 前島謙宣，森島繁生.: “顔変形モデルと顔形状分布制約に基づく単一画像からの 3次元顔モデル高速生成”，画像の認識・理解シンポジウム MIRU, 2010.
- [2] Kemelmacher-Shlizerman, I., and Basri, R.: “3d face reconstruction from a single image using a single reference face shape”, IEEE TPAMI, Vol.33, No.8, pp.394-405, 2011.
- [3] Mohammed, U., Prince, S. J. D., and Kautz, J.: “Visio-lization: Generating Novel Facial Images”, ACM TOG, Vol.28, 3, No.57, 2009.