

## 顔画像の3次元化における3DMMの損失関数

長門 伊吹

李 嘉誠

能登 正人

神奈川県大学大学院工学研究科工学専攻電気電子情報工学領域

## 1 はじめに

現在、顔認識技術の分野において、個人識別やVRの発展などに伴い顔画像を3次元化する研究が盛んに行われている[1]。しかしながら、マスクやサングラスなどの装着や、顔にかかる影があると個人識別に必要な特徴量の抽出が不十分になる。したがって遮蔽物の余計な情報がノイズとなり、正確な3次元化が困難になることが問題となっている。本研究では、単一顔画像の3次元化に広く用いられている3D Morphable Model (3DMM)の精度向上を目的とし、その達成のために色彩の計算に使用する損失関数を提案する。評価実験の結果、マスクやサングラス、影などが顔の3次元化に与える影響を一部抑制する働きが確認できた。

## 2 関連研究

## 2.1 3DMM

3DMMは様々な分野で応用されている。最近の研究では複雑でコストのかかる最適化の代わりに、Convolutional Neural Network (CNN)を使用した単一画像からの顔の3次元化を行う研究[2]がある。本研究ではこれを参考にCNNを使用した教師あり学習済みの3DMMを使用している。

## 2.2 損失関数

既存の3DMMで使用されている色の損失関数を式(1)に示す。

$$L_{pho} = \frac{\sum_{i \in \mathcal{M}} A_i \cdot \|I_i - I'_i\|_2}{\sum_{i \in \mathcal{M}} A_i} \quad (1)$$

ここで、 $i$ は画素座標、 $\mathcal{M}$ は再構成される顔領域、 $\|\cdot\|_2$ は $L_2$ ノルム、 $A$ は学習済みの肌色ベースマスクである。

## 2.3 Basel Face Model

文献[3]では生成的な3D形状およびテクスチャモデルであるBasel Face Model (BFM)を公開し、いくつかの顔認識タスクへの適用を示している。スキャンデ

## 3DMM Loss Function to Make Face Image 3D

Ibuki Nagato, Jiacheng Li and Masato Noto  
Field of Electrical, Electronics and Information Engineering,  
Course of Engineering, Graduate School of Engineering, Kanagawa University

バイスが改善されたことにより形状とテクスチャの精度が向上し、少しずつモデルも改善されている。この3D顔モデルは様々な合成方法により、多種多様な状況やセンサを使用して取得した2D画像に適合させることが可能となる。また、今回の研究で3次元化の原形となる顔にこのBFMの3D顔画像を使用している。

## 3 提案手法

本研究では3DMMの計算に使用されている色の損失関数に着目した。この数値を低く抑えることで障害物による色や影の過度な干渉を抑えることが可能となる。そこで、計算に対数を組み合わせることで損失関数の値を低く抑えられる新たな損失関数を提案する。また、対数を計算する際に、真数が1未満になるのを防ぐ必要があるため $1 +$ 真数で対数の計算を行う。式(2)にその損失関数を示す。

$$L_{logpho} = \frac{\sum_{i \in \mathcal{M}} A_i \cdot \|\log(1 + I_i) - \log(1 + I'_i)\|_2}{\sum_{i \in \mathcal{M}} A_i} \quad (2)$$

## 4 実験

## 4.1 実験設定

実際に既存の3DMM[2]と今回の提案手法である対数を組み合わせた3DMM、2つの3次元顔画像の生成結果を比較することで実験を行った。実験には一般公開されている顔画像のデータセットであるAFLW2000[4]からサングラスをしている顔画像を選出し使用した。図1に使用したデータセットの画像例を示す。

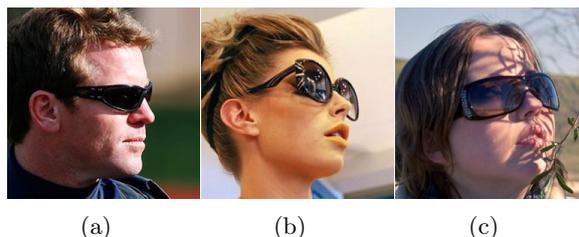


図1: 実験に使用した画像

## 4.2 結果と考察

既存の 3DMM を使用した 3D 顔画像と提案手法の 3DMM を使用した 3D 顔画像をそれぞれ図 2, 図 3 に示し, 実験に使用した画像の各損失関数の値を表 1 に示す. また, AFLW2000 で公開されている各顔画像に付与されている 68 個のランドマークを Ground Truth とした提案手法と既存の 3DMM の誤差率, Mean Absolute Percentage Error (MAPE) を表 2 に示す.

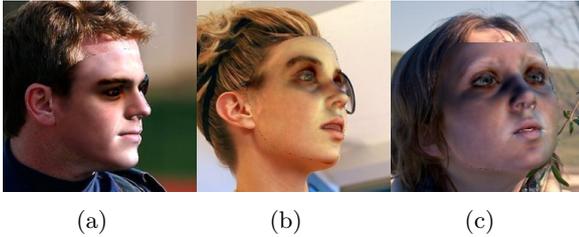


図 2: 既存の 3DMM 画像

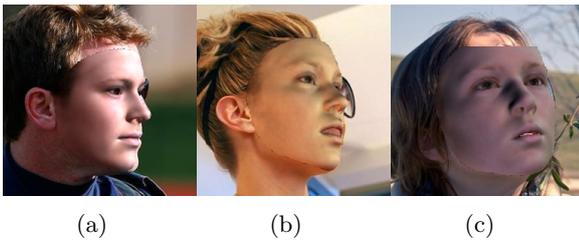


図 3: 提案した 3DMM 画像

表 1: 損失関数の比較

損失関数	(a)	(b)	(c)
$L_{pho}$	0.149396	0.165295	0.188226
$L_{logpho}$	0.003898	0.002403	0.003057

表 2: MAPE

	提案 3DMM	既存 3DMM
MAPE(\%)	5.10	5.38

図 2 から既存の 3DMM では生成した 3D 顔画像にサングラスの色が過度に干渉し, 目元の色に影響がでていることがわかる. それと比較して図 3 では提案手法の 3DMM で生成した 3D 顔画像に対するサングラスの色の過度な干渉を抑え, 目元の色への影響が減少していることがわかる. 表 1 からは式 (2) を使用した提案手法の方がどの画像も損失関数の値が小さいことが確認できる. この数値を低く算出することで 3D 顔画

像を生成する際の障害物の色の干渉が抑えられたことがわかる. 表 2 の MAPE は提案手法の方が誤差率が少なく良い結果を示している. また, 図 3 の 3D 顔画像の目元は図 2 の目元に比べて単純な形状が生成されている. 損失関数の影響を抑えた分, 今回使用した 3D 顔画像の基礎となっている BFM の目元の形状があまり変化せずにそのまま生成されていると考えられる.

## 5 おわりに

本研究では, サングラスなどの顔の障害物による 3DMM で生成した 3D 顔画像への過度な干渉を解決するために, 損失関数に対数を組み合わせた手法を提案した. 結果として過度な干渉を抑えられたが, 形状変化にも影響がでた. 単一画像からの生成のため, どうしても読み取る 2D 顔画像の色や影が生成した 3D 顔画像の形状に影響を与えてしまう. サングラスなどの障害物の影響を抑えつつ, その隠れた領域の正確な形状を生成できる 3DMM の構築が今後の課題となる.

## 参考文献

- [1] Cao, C., Weng, Y., Lin, S. and Zhou, K.: 3D Shape Regression for Real-time Facial Animation, *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 32, No. 4, pp. 1–10 (2013).
- [2] Deng, Y., Yang, J., Xu, S., Chen, D., Jia, Y. and Tong, X.: Accurate 3D Face Reconstruction With Weakly-Supervised Learning: From Single Image to Image Set, *Proceedings of the 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, pp. 285–295 (2019).
- [3] Paysan, P., Knothe, R., Amberg, B., Romdhani, S. and Vetter, T.: A 3D Face Model for Pose and Illumination Invariant Face Recognition, *Proceedings of the 2009 Sixth IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance*, pp. 296–301 (2009).
- [4] Köstinger, M., Wohlhart, P., Roth, P. M. and Bischof, H.: Annotated Facial Landmarks in the Wild: A Large-scale, Real-world Database for Facial Landmark Localization, *Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Computer Vision Workshops*, pp. 2144–2151 (2011).