

3D 顔モーフィングモデルを用いた表情訓練システム

富沢 貴大[†] Prima Oky Dicky Ardiansyah[†] 伊藤 久祥[†]岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科[†]

1. はじめに

近年、顔画像を用いた表情認識技術は、会話中における表情変化の自動分析など広く応用されている。医療・福祉の分野では、表情の表出が困難な患者のための訓練支援を目的としたシステムが開発されているが、表出された状態と理想状態の差異を定量的に示す必要がある。本研究では、3D 顔モーフィングモデルを利用した表情訓練システムの開発を試み、簡易モデルと詳細モデルを用いた表情訓練システムを実装し、実験を通じて当該システムの性能を検証する。

2. 既存の手法

伊藤ら (2007) は、顔画像から感情マップによる大まかな表情訓練画像の生成に加え、顔の Action Unit (AU) を抽出し当該画像から訓練対象の表情を詳細に設定可能な表情訓練システムを開発した¹⁾。これは、生成した表情を元に撮影された顔画像から特徴点を抽出し、現状の表情と訓練表情との誤差を可視化する。当該システムは、顔に疾患を有する患者を対象に実験を行っており、診療・診断支援への応用を検討している²⁾。しかし、当該システムの評価は利用者又は医師の主観により、定量的な分析はみられない。

3. 提案手法

本研究では、表情訓練のために顔の形状を考慮が必要とする観点から、2種類の3D顔モデル（簡易／詳細）を用いた。本モデルは、Ekman (2012) に基づく6種の基本表情（怒り、嫌悪、恐怖、幸福、悲しみ、驚き）を表現できる³⁾。以下にそれぞれの処理の手順を示す。

3.1 簡易モデルを用いた表情訓練システム

簡易モデルを用いた表情訓練システムは、富沢ら (2016) が開発した線形結合を用いる⁴⁾。本システムでは、カメラから取得した顔画像から特徴点を抽出し、3D顔モデルの特徴点との類似度を用い各表情の表出度を推定する。使用する3D顔モデルは Sumner と Popovic (2004) のモデル⁵⁾に

嫌悪と恐怖の表情を追加し、Ekman に基づく6種の基本表情を生成したものである。無表情のモデルを基準にこれらのモデルを線形結合することで、複数の表情を表現可能な3D顔モーフィングモデルを生成する。3D顔モデルの特徴点と顔画像の特徴点との類似度は重回帰分析を利用して算出し、その結果の最小誤差をモーフィングモデルに適用することで表情を生成している。

3.2 詳細モデルを用いた表情訓練システム

詳細モデルを用いた表情訓練システムは、主成分分析 (Principal Component Analysis; PCA) によって複数人の顔から生成した3D顔モデルを用いる。本システムでは、顔画像から取得した顔の特徴点を、PCAで算出された平均顔に対して適応させて表情の表出度を算出する。使用するモデルは、Huberら (2016) が年齢、人種の異なる169人の顔を3Dスキャナーで取得したものである⁶⁾。表情の表出度は以下の手順で算出する。まず、3D顔モデルの平均顔 \bar{v} に主成分 $\{M_1, M_2, \dots, M_i\}$ のPCA空間における3D顔モデルの座標 α と標準偏差 σ 、主成分 v の積を合計して3D顔モデル S を生成する。 S は式 (1) で求められる。

$$S = \bar{v} + \sum_i^M \alpha_i \sigma_i v_i \quad (1)$$

次に、Huberら (2016) の手法を用い、各表情の表出パラメータを最小二乗法で算出する⁷⁾。この手法では、表情 $\{L_1, L_2, \dots, L_j\}$ の表出パラメータ ψ と各表情の3D顔モデルの座標 B を累積した合計を3D顔モデル S に加えることで表情を合成する。 S は式 (2) で求められる。

$$S = \bar{v} + \sum_i^M \alpha_i \sigma_i v_i + \sum_j^L \psi_j B_j \quad (2)$$

4. 3D顔モデルの再現性の検証

簡易3D顔モデルと詳細3D顔モデルについて、それぞれ表情訓練への利用が可能かを検証するため、被験者に指定した表情を真似てもらい、両モデルと顔の形状の相関を検証した。

4.1 検証内容

図1は検証の流れを示す。俳優の顔画像6枚を用意し、被験者5名に表情を真似てもらった時の顔を撮影する。俳優の顔画像と被験者の顔画像

Development of Expression Training System Based on 3D-morphable Model

Takahiro TOMIZAWA[†] PRIMA Oky Dicky Ardiansyah[†] Hisayoshi ITO[†][†] Graduate School of Software and Information Science, Iwate Prefectural University.

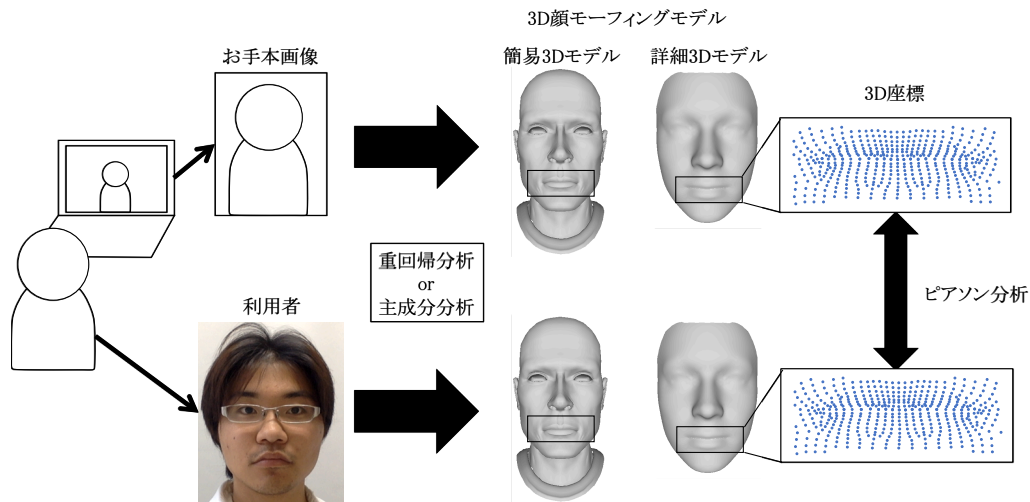


図1：検証の流れ

表1：簡易モデル同士の相関係数

被験者	俳優の画像					
	画像1	画像2	画像3	画像4	画像5	画像6
被験者1	0.49*	0.44*	0.29*	0.26*	0.33*	0.30*
被験者2	0.54*	0.44*	0.39*	0.25*	0.55*	0.25*
被験者3	0.41*	0.39*	0.40*	0.28*	0.31*	0.33*
被験者4	0.47*	0.45*	0.39*	0.38*	0.49*	0.30*
被験者5	0.46*	0.53*	0.54*	0.37*	0.50*	0.27*

(*: $p < 0.05$)

表2：詳細モデル同士の相関係数

被験者	俳優の画像					
	画像1	画像2	画像3	画像4	画像5	画像6
被験者1	0.49*	0.56*	0.79*	0.36*	0.38*	0.77*
被験者2	0.58*	0.62*	0.76*	0.42*	0.44*	0.78*
被験者3	0.63*	0.47*	0.62*	0.41*	0.42*	0.62*
被験者4	0.48*	0.48*	0.65*	0.37*	0.37*	0.77*
被験者5	0.56*	0.45*	0.72*	0.32*	0.33*	0.70*

(*: $p < 0.05$)

から生成した 3D 顔モデルをもとに、表情により変化しやすい口の 3D 座標を抽出しピアソンの相関係数を求める。簡易モデルは最小誤差結果の第1候補～第5候補までを誤差許容範囲とし、それぞれの相関係数を平均した結果とする。

4.2 検証結果

表1が被験者と呈示画像から生成した簡易モデル、表2が詳細モデル同士の相関係数を示す。簡易モデルでは画像3, 4, 6以外、詳細3D顔モデルでは全ての画像で俳優と被験者の顔の形状に有意な相関があり、一部の画像では相関が大きい。簡易モデルの有意で相関が小さい事例は、3D顔モデルの形状が極端な表情まで表現でき、元の顔表情よりも変化が強調されたことが原因と考える。一方、詳細モデルは平均3D顔モデルが実際の顔形状をもとに生成されたことから極端な表情になりにくく、元の表情に近似した結果が得られたと考える。

5. おわりに

本研究では、表情訓練システムのために開発した2種類の3D顔モデルの性能を評価し、詳細モデルが良好であることを確認した。今後は、より良い表現方法の検討や簡易モデルの推定精度の向上を行っていく。

参考文献

- 1)伊藤京子, 黒瀬啓之, 高見愛, 清水良介, 西田正吾: “目標表情を目指した表情トレーニングシステムの提案”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 107(59), pp. 19 - 24, (2007)
- 2)伊藤京子: “顔の疾患を有する患者に向けた表情トレーニング支援ツールの研究”, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol. 18 No. 3, pp. 19 - 24, (2016)
- 3)Ekman, P., Friesen, W.V.: 表情分析入門, 誠信書房 (2012)
- 4)富沢貴大, 今淵貴志, Prima, O.D.A, 伊藤久祥: “基本表情成分の線形結合による表情表出訓練支援システムの開発”, 第168回HCI研究会, Vol. 168 No. 10, pp. 1 - 3, (2016)
- 5)Sumner, R.W, Popovic, J: “Deformation Transfer for Triangle Meshes”, SIGGRAPH, Vol. 23, pp. 399 - 405, (2004)
- 6)Huber, P., Hu, G., Tena, R., Mortazavian, P., Koppen, W.P.: “A Multiresolution 3D Morphable Face Model and Fitting Framework”, VISAPP, Vol. 4, pp. 79 - 86, (2016)
- 7)Huber, P., Christmas, W., Kittler, J., Kopp, P., Ratsch, M.: “Real-Time 3D Face Fitting and Texture Fusion on In-the-Wild Videos”, IEEE, Vol. 24, pp. 437 - 441, (2016)