

アニメ調イラストからの変形ベースの 3D 顔モデリング手法 A Deformation-Based 3D Face Modeling from Anime-Style Illustrations

秋元 優希[†] 佐藤 周平[‡] 櫻井 快勢^{‡*}
Yuki Akimoto Syuhei Sato Kaisei Sakurai

1. はじめに

近年、アニメ調の人型キャラクターの 3D モデルは、アニメやゲーム制作において広く利用されるようになってきている。しかし、こうしたモデルの作成には多大な手間と時間を要する。これは、モデルが多数の多角形ポリゴンによって構成されており、その編集を手作業で行う必要があるためである。

この問題に対し、より効率的にモデルを生成するため、我々は顔のイラストから 3D モデルを自動的に生成する手法の研究に取り組んできた[1]。この以前の手法では、入力されたイラストおよびユーザが指定した顔パーツ情報をもとに三次元の輪郭線を作成し、それを境界条件としてポアソン方程式を解くことでモデルを生成していた。しかし、この手法には以下のような課題が存在する。第一に、ポアソン方程式を解く際に、入力と近いモデルの深度マップを準備する必要がある。第二に、深度マップの詳細が出力モデルに反映されないよう単調な関数による近似を行ったため、モデル表面に横縞状の凹凸が生じてしまう。第三に、側面イラストに正面からは見えない領域が描かれている場合、それが原因で顎の形状が不自然に尖ることがある。

本研究では、これらの課題を解決するために、三次元の輪郭線に基づき、Scott らが提案した変形手法[2]を応用して参照モデルを変形することにより、アニメ調の 3D 顔モデルを生成する手法を提案する。

2. 提案手法

本手法の手順は以下の通りである。まず、正面と左側面が描かれた白背景のイラスト 2 枚を入力する。次に、各イラストにおいてユーザが顔パーツの範囲を指定する。これを基に、顔全体および各パーツの輪郭線を抽出し、正面と側面の対応付けを行うことで三次元の輪郭線を生成する。そして、参照モデルの輪郭線上に配置した制御点の目標位置を、入力から得られた三次元輪郭線（以下、目標輪郭線）上に設定して変形を行うことで、Scott らの手法[2]を応用して参照モデルを変形する。座標系は、正面イラストの横方向を x 軸、両イラストの縦方向を y 軸、側面イラストの横方向を z 軸としている。

2.1 顔パーツの指定

まず、ユーザはマウス操作により、おおよそのパーツ範囲を矩形で指定する。この操作は、正面イラストの両眉、両目、鼻、口、側面イラストの左眉、左目、口に対して行う。続いて、黒目および白目を含む領域を塗りつぶすようにして指定する。全ての領域を手作業で指定する手間を軽

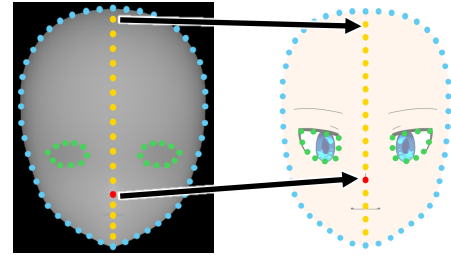


図 1: 参照モデル上の制御点(左)とその移動先(右).

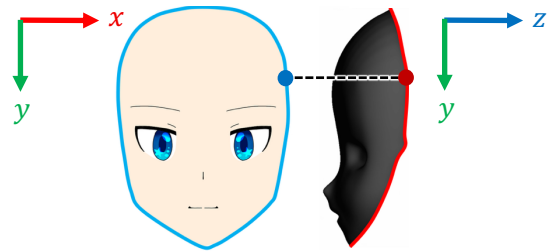


図 2: 入力の正面顔輪郭線(青)に対応する既存モデルの横顔輪郭線(赤)

減するため、グラフカット[3]を利用し、指定領域に近い色が似た領域を自動的に抽出する。

2.2 目標輪郭線の作成

横顔の鼻筋側輪郭と目の目標輪郭線を入力イラストとパーツ領域から生成する。鼻筋側の輪郭は、側面イラストを二値化して輪郭線を抽出し、顔の上端・下端で鼻筋側とその他に分割することで得られる。より滑らかな輪郭線とするため、複数のベジェ曲線で近似する。鼻筋側輪郭線は正面顔の中心線上に存在すると考えられるため、その x 座標を顔の中心に合わせる。

目の輪郭については、正面および側面イラストに対してユーザが指定した目の領域から輪郭線を抽出し、両者の対応付けを行う。まず、側面輪郭線の y 方向の幅・位置を正面の輪郭に合わせる。次に、目頭から上瞼、目尻、下瞼の順になるように両輪郭線の点を並び替える。目頭および目尻に相当する点は、顔の中心からの x 方向の距離に基づいて決定する。最後に、正面輪郭線上の各点と高さが等しい点を側面輪郭線上から探索し、対応する側面点の z 座標を目標輪郭の z 座標とする。

2.3 Scott らの手法を用いた参照モデルの変形

生成した目標輪郭線の座標を用いて、参照モデルを Scott らの手法[2]により変形する。Scott らは、画像上に複数のハンドルを配置し、それに追従する画像変形を実現する手法を提案している。この手法では、各ハンドルとそれが移動する目標位置、および任意の画素 v の座標から、 v の移動先を与える関数 f を移動最小二乗法によって求める。これ

[†] 法政大学 Hosei University

[‡] 法政大学/プロメテック CG リサーチ Hosei University, Prometech CG research

^{‡*} 株式会社サイバーエージェント CyberAgent, Inc.

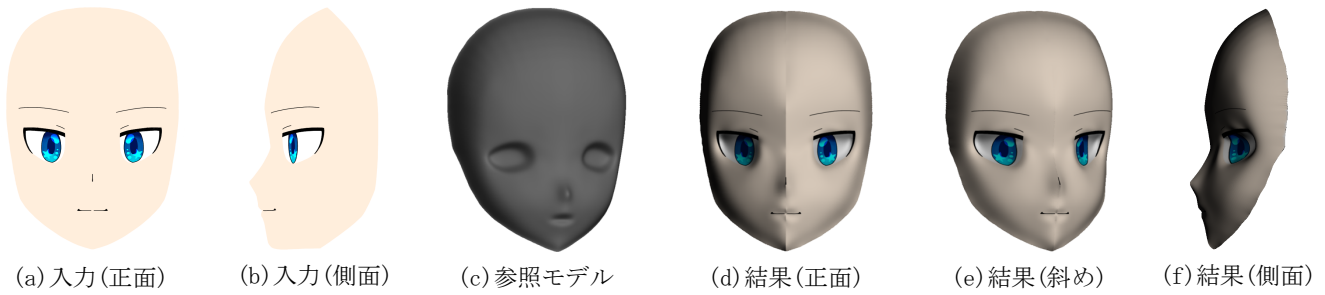


図3：入力イラストと変形前、変形後のモデル

は画像変形に用いられる手法であるが、三次元にも応用可能である。本手法では点をハンドルとし、剛体変換によって変形する。

変形の前に、制御点とその目標位置の座標を決定する。各制御点とそれに対応する目標位置の点は、それぞれ参照モデルおよび入力の輪郭線上に同じ順序で配置される。それらに基づいて変形し、変形後のモデルに対してスムージングを施す。以下では、制御点とその目標位置の決定方法について詳述する。

2.3.1 制御点の設定

図1左図のように、制御点を参照モデルの顔輪郭、目輪郭、顔の縦方向中心線上に配置する。なお、図中では2次元で表示しているが、実際にはいずれも三次元空間上に配置される。まず、顔輪郭上に制御点を設定する。参照モデルの深度マップを二値化して輪郭線を抽出し、対応画素の深度で三次元輪郭を作成する。そして、頭頂から一周するように、等間隔に制御点を配置する(図の青点)。次に、目輪郭にも配置する。輪郭の取得にはアニメ調モデルに多い、目が窪んだ構造を利用する。深度マップにラプラシアンフィルタを適用し、エッジ検出で輪郭を抽出する。顔と同様に深度を取得した後、目頭から上瞼を通り一周するよう等間隔に配置する(図の緑点)。最後に、顔の中心線上にも配置する。顔輪郭と同様に深度を取得した後、図の赤点で示す鼻の頂点で線を分割し、上からそれぞれにおいて等間隔に配置する(図の黄点および赤点)。後述するように、移動先の点も同様の手順で配置されるため、鼻の頂点は入力の鼻先(図1右図の赤点)へと移動するよう対応づけられる。

2.3.2 制御点を移動させる目標座標の計算

図1右に示すように、入力の顔・目の輪郭、顔の中心線上の点を変形の目標位置として設定する。目輪郭および中心線においては、第2.2節で生成した目標輪郭線上に、制御点と同様の方法で目標位置を設定する。図において、目輪郭の点は緑点、中心線上の点は黄点・赤点で示す。

顔輪郭については、以下のような三次元輪郭線を構築し、目標位置をその上に定める。正面から見た形状が入力の顔輪郭 C_i (図2の青線)に一致し、かつ側面から見た際の形状が参照モデルの横顔輪郭 C_r (図2の赤線)に対応するような輪郭線を作成する。ここで、 C_r は第2.3.1節で得られた参照モデルの三次元顔輪郭線と等しい。このとき、第2.2節で生成した鼻筋側輪郭線の上端および下端に C_r を整合させ、 C_i と C_r の間で高さが一致する点同士を対応付けることで、三次元位置を決定する。ただし、側面イラストには正面から見えない領域が描かれるため、そこから得られ

る深度は信頼性に欠ける場合がある。そのため、深度情報は参照モデルに基づく値を用いる。

3. 実験結果

図3は提案手法の結果である。入力は図3(a)(b)に示す顔の正面および側面のイラストである。図3(c)の参照モデルを変形し、図3(d)(e)(f)に示すモデルを生成した。これらはそれぞれ正面、斜め、側面からモデルを見たものである。制御点の影響度を示すパラメータ α (詳細は[2]参照)は1.0に設定した。顔輪郭やパーツの形状・位置は入力と参照モデルで大きく異なるが、提案手法により参照モデルを変形して利用したことで、目の位置や正面から見た顔輪郭、顔の中心線における形状が入力と一致している(図3(d)(e)(f))。このように入力に類似したモデルの用意が困難な場合でも、入力に沿ったモデルを生成できることが確認できた。また、以前の手法で問題であった横縞状の凹凸はなく、顎の尖りも改善された。

一方で、側面から見た際の目の形状が入力から乖離している問題が確認された。これは、目尻の尖った部分に制御点が移動できていないことが原因と考えられる。該当箇所は移動先として設定されているものの、周辺の制御点からの影響や参照モデルの丸みを帯びた目の形状により、完全な移動が困難であったと推察される。この問題は、 α の値をより大きくすることで改善が期待される。また、顔の中心線において横方向の傾きが大きい点も課題である。

4. おわりに

本稿では、Scottらの手法[2]を応用して参照モデルを変形し、アニメ調イラストから3D顔モデルを生成する手法を提案した。以前の手法[1]で見られた横縞状の凹凸や顎の尖りを改善し、入力に類似したモデルがなくとも、尤もらしい結果を生成できた。今後の課題として、目の形状の再現性向上や顔の中心線における傾きの低減が挙げられる。

参考文献

- [1] 秋元 優希, 佐藤 周平, 櫻井 快勢, “Diffusion Curves を用いたアニメ調の顔イラストからの半自動モデリング”, 情報処理学会 第87回全国大会, No. 6S-06, (2025).
- [2] A. Orzan, A. Bousseau, H. Winnemöller, P. Barla, J. Thollot, and D. Salesin, “Diffusion curves: a vector representation for smooth-shaded images”, ACM Trans. Graph., Vol. 27, No. 3, (2008).
- [3] C. Rother, V. Kolmogorov, and A. Blake, “GrabCut: interactive foreground extraction using iterated graph cuts”, ACM Trans. Graph., Vol. 23, No. 3, (2004).