

## 顔の特徴点にもとづくアニメーションの顔描画における特徴の分析

山川圭介<sup>†</sup> 齋藤豪<sup>††</sup><sup>†</sup>東京工業大学 工学部 <sup>††</sup>東京工業大学 大学院 情報理工学院

## 1 研究背景と目的

アニメのキャラクターの顔は、実際の人間の頭部とは異なって描画をされることが多い。

横顔から斜めの顔を何フレームか経過して正面を向くアニメの振り向き表現において、宮田ら [1] はアニメの顔と 3D モデルでの差異を示した。しかし、アニメの顔と 3D モデルで顔がどのように異なっているのかは説明されていない。

そこで、アニメの顔と 3D モデルからつくられた画像に特徴点を入力し、特徴点間の方角にもとづいて作成された特徴量を用いた分析で、特定の方向を向いたアニメの顔と 3D モデルがどのように異なっているかを明らかにする。

## 2 データセットの用意

アニメの顔画像 1650 枚と 3D モデルから作成した顔画像 598 枚 × 3 種に対して顔の向きを左右角、上下角、傾斜角の 3 つの角度で記録する。また、顔に 34 の特徴点を打ち、顔の構成要素の場所を記録する [2]。アニメの顔画像は、アニメ「SHIROBAKO」からキャラクターの顔をフレームごとに切り出し、3D モデルの顔画像はアニメの顔画像に存在する顔の向きの範囲で回転させ、平行投影で作成した。次に、特徴点から特定の方向を向いたアニメの顔画像を基準に特徴量を作成する。特徴点の任意の 2 点のうち一般的に上側にある点を始点として、もう一方の点の方角を求める。その後、各画像の同組の 2 点から同様に求める方角と、特定の方向を向いたアニメの顔画像群の同組の平均の方角とのずれ  $\theta$  を時計回りと反時計回りで求め、180 度を超える値を 0 とする。また、特徴点を打てないことによる特徴量の欠損値を 0 とする。以上により、 ${}_{34}C_2 \times 2 = 1122$  個の非負の特徴量を作成する。

各データを特徴量であらわした行列  $V$  に対して、NMF(式 (1))[3] を用いて、特徴量数の削減を行う。

$$V \approx W \times H \quad (1)$$

$W$  は特徴量削減後の各データがもつ特徴量の値、 $H$  は  $V$  と  $W$  の関係を表す係数行列である。

特徴量削減後の特徴量の個数  $n$  は、正面を向いたアニメの顔画像群の平均を基準に特徴量を作成したときに、主成分分析を用いて  $V$  の特徴量の削減を行った場合に累積寄与率が 90% を超えない最大の個数である  $n = 42$  を選択した。

## 3 特徴量削減後の特徴量の意味推定

分析したい特徴量の値のみを増加させたときに、特定の方向を向いたアニメの平均顔からどの程度、特徴点群の座標が変わるのかを調べることで特徴量の分析を行う。分析したい特徴量のみ正の値をもつデータ  $w$  に  $H$  をかけて、特徴量削減前の特徴量の復元を行う。 $w \times H$  が時計回りの角度のずれ  $\theta_1$  と、反時計回りの角度のずれ  $\theta_2$  のどちらも正の値をもつとき、 $(\theta_1, \theta_2)$  を  $(\max(\theta_1 - \theta_2, 0), \max(\theta_2 - \theta_1, 0))$  に変換する。

$w \times H$  を満たす特徴点群は幾何学的に存在しないこともあるため、式 (2) の誤差関数を小さくする特徴点群の座標を求める。

$$E = \|w \times H - v_k\|^2 \quad (2)$$

$v_k$  は 34 の特徴点群から作成される特徴量であり、勾配法を用いて特徴点を移動させる操作を一定数繰り返す。

## 4 分類に有効な特徴量の候補の選定

アニメと 3D モデルの顔画像の分類に有効な特徴量を選定するために、特徴量削減後の特徴量から両者を分類する決定木を作成する [4]。決定木の作成にはランダムフォレストを用いる。また、決定木の一度の分岐に用いられる特徴量の個数は  $\sqrt{n}$  とし、決定木の深さの最大値を 4 として 1000 本作成する。

決定木の 1 回目の分岐によく用いられる特徴量ほど、また、特定の方向を向いた顔画像のなかで特徴量の最大値が大きいほど特徴点群の変化がわかりやすく説明に適していると考えられる。そこで、ランダムフォレストで作成される決定木の 1 回目の分岐に選ばれた回数を特徴量ごとに記録し、選出回数が多く特徴量の値で最大値がしきい値以上の特徴量が顔画像においてもつ意味の分析を行う。

## 5 分析結果

## 5.1 正面顔でのアニメと 3D モデルの顔画像の分析

正面を向いたアニメの顔画像群の平均を基準に特徴量を作成し、正面を向いたアニメと 3D モデルの顔画像を分類する決定木で選出回数も多く、特徴量の値で

An analysis of anime face with feature points

<sup>†</sup> Keisuke YAMAKAWA<sup>††</sup> Suguru SAITOFaculty of Engineering, Tokyo Institute of Technology (<sup>†</sup>)  
School of Computing, Tokyo Institute of Technology (<sup>††</sup>)

最大値がしきい値以上の特徴量の値を平均顔から増加させたときの特徴点群の変化を図1に示す。図の左列は正面を向いたアニメの顔画像の平均顔である。右列はある特徴量を選び、その値として正面の顔画像群でその出現する最大値を与え、他の特徴量は平均顔と同じ値を与えて作成した顔画像である。ただし、下段で選んだ特徴量には、画像上で幾何的に左右対称な意味をもつ特徴量が存在するので、正面の顔画像における意味を分析するためにそれについても最大値を与えている。

図1上段は、値が大きいと決定木が3Dモデルの顔画像であると分類する、ある特徴量を変化させた結果である。目の特徴点が縦方向に移動し眉間の高さに近づいていることから、アニメのキャラクターの目は眉間との位置関係は維持したまま3Dモデルと比べて上下に大きく描かれると考えられる。また、目の下側の線の長さが上側の線の長さに近づいていることから、アニメのキャラクターの目の上側の線の長さは下側の線より長く描かれると考えられる。

図1下段は、値が大きいと決定木がアニメの顔画像であると分類する、ある特徴量を変化させた結果である。3Dモデルではどれも値が0に近く、アニメの中には大きな値を持つものが存在する。平均顔よりも目が縦長になり、眉が中央に寄る変化をすることから、アニメのキャラクターは目の縦横比や目と眉の位置関係がある程度自由であると考えられる。

この他のいくつかの特徴量でも、正面を向いたアニメの顔の特徴的な描画と考えられる説明が可能であった。

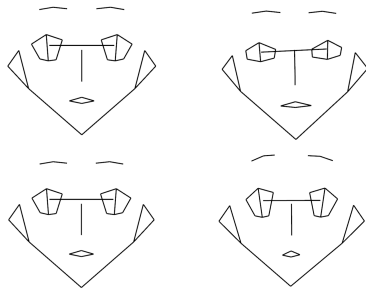


図1: 正面顔の決定木で選出回数の1番目に多い(上段)、2番目に多い(下段)特徴量を増加させたときの特徴点群の変化

## 5.2 斜めを向いている顔でのアニメと3Dモデルの顔画像の分析

顔が画面右方向に30度横を向いているアニメの顔画像群の平均を基準に特徴量を作成し、30度横を向いたアニメと3Dモデルの顔画像を分類する決定木で選出回数が多く、特徴量の値で最大値がしきい値以上の特徴量の値を平均顔から増加させたときの特徴点群の変化を図2に示す。図の左列は30度横を向いたアニメの顔画像の平均顔である。右列はある特徴量を選び、その値として30度横を向いた顔画像群でその出現する最大値を与え、他の特徴量は平均顔と同じ値を

与えて作成した顔画像である。

図2上段は、値が大きいと決定木が3Dモデルであると分類する、ある特徴量を変化させた結果である。値が増加すると左目の縦幅が小さくなることから、左目に関して図1上段と同じ傾向の描かれ方が斜め顔においても表れていると考えられる。

図2下段は、値が大きいと決定木がアニメの顔画像であると分類する、ある特徴量を変化させた結果である。平均顔と比べて顔のパーツが時計回りに回転し、両目、両眉の位置関係に傾斜がつく。3Dモデルを横30度に回転させてもこの傾斜がつかないことから、横30度を向いたアニメのキャラクタに特徴的な描画のされ方が表れていると考えられる。

この他のいくつかの特徴量でも、横30度を向いたアニメの顔の特徴的な描画と考えられる説明が可能であった。

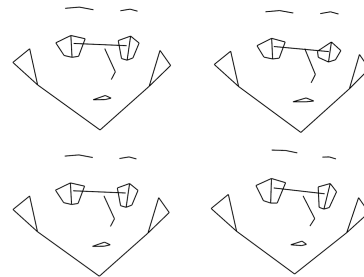


図2: 斜めを向いている顔の決定木で選出回数の1番目に多い(上段)、2番目に多い(下段)特徴量を増加させたときの特徴点群の変化の様子

## 6 まとめと今後の課題

特徴点間の方向にもとづいて作成された特徴量から、特定の方向を向いたアニメの顔と3Dモデルの分類に有効な特徴量を見つけ、その特徴量が顔画像においてもつ意味を分析することができた。そこから、アニメの顔の描画の特徴を複数説明することができた。しかし、特徴量の中には、複数の特徴量で組と考えられる特徴量があり、これらを同時に変化させたときの特徴点群の変化を調べることも必要であると考えられる。

今後の課題として、特徴量どうしの関係を考慮した変化量での分析や別のアニメの顔画像で同じ傾向が得られるかどうかの検証が挙げられる。

## 参考文献

- [1] 宮田愛, 齋藤豪. 特徴点の軌跡に基づく3DCGアニメーションと日本のセルアニメーションの振り向き描画の比較. *Visual Computing/グラフィクスとCAD合同シンポジウム* 2015, pp. 20:1-20:4, 2015.
- [2] 高崎雄介, 齋藤豪. 手書きアニメーションの顔に対する方向知覚に関する分析. *Visual Computing/グラフィクスとCAD合同シンポジウム* 2017, pp. 43:1-43:4, 2017.
- [3] Daniel D. Lee and H. Sebastian Seung. Algorithms for non-negative matrix factorization. In *NIPS*, pp. 556-562. MIT Press, 2000.
- [4] Masaki Oshita, Kei Yamamura, and Aoi Honda. Finding rules of attractive human poses using decision tree and generating novel attractive poses. In *Proceedings of the Computer Graphics International Conference, CGI '17*, pp. 33:1-33:6. ACM, 2017.