Vol.2019-CG-174 No.2
2019/6/27

形状の特徴を考慮した 3D キャラクターモデルの顔の形状転写

渡邊 正人[1,a)]　金森 由博[1,b)]　三谷 純[1,c)]

概要：3DCG キャラクターの顔は、同じキャラクターであっても表現やスタイルによってバリエーションがあり、別のモデルを一から作るには手間がかかる。本研究では、3DCG キャラクターの顔モデルの形状を、目標とするスタイルの顔モデルに近づける変形手法を提案する。この変形には、変形対象の概形を表現した粗いグラフ構造を用い、非剛体位置合わせを適用する。この際、グラフ構造が目や鼻のような顔の特徴的形状に沿うように指定することで、顔の特徴的形状を保ちつつ、できるだけ歪みのない変形を行う。以上により、目標となるキャラクターの顔に近い顔モデルを半自動的に生成でき、デザイナーの行う手作業の大幅な削減が期待できる。

Feature-aware Face Transfer for 3D Characters

Abstract: Facial models of 3DCG characters have large variations even for an identical character and modeling such variations from scratch is labor-intensive. In this study, we present a method for deforming an input facial model such that it resembles a reference model. We apply non-rigid registration to the input model using a coarse graph structure that approximates the model geometry. Specifically, we explicitly integrate the landmark points of characteristic shapes such as eyes and nose into the coarse graph to retain the characteristic shapes during deformation. Consequently, we expect that the proposed method can reduce designers' burden of manual tasks substantially.

1. はじめに

3DCG キャラクターの制作過程で重要となるのは、キャラクターの特徴を作りこむことである。特にキャラクターの特徴を決める最も重要な要素である、目や鼻、輪郭のような顔のパーツの形状の作りこみは必要不可欠である。しかし、これらの特徴的な形状にはバリエーションが多く、同じキャラクターでもその表現やスタイルの違いによって形状が大きく異なるため、同じキャラクターの別モデルを手作業で一から作るという作業には手間がかかってしまう。また、既存のモデルの顔のパーツを変形させて別モデルを作る場合も、目標とするモデルのスタイルや表現に相応しい誇張や単純化を行うには高度な技術が要求される。そこで本稿では、既存のモデルを利用した、キャラクターモデルの顔の形状の自動的な変形手法を提案する。ユーザに変形させる顔のソースモデルと変形のヒントとなるターゲットモデルを入力として与えさせ、ソースモデルを自動変形することで、デザイナーの行う手作業の大幅な削減を目指す。ソースモデルの形状をターゲットモデルの形状に近づけるために、王の研究 [5] で用いられている形状変形手法、およびその基となる変形用グラフ [4] を用いて、ソースモデルの形状変形を行う。変形用グラフとはモデルの概形を捉えたグラフ構造である。また、キャラクターの顔には目や鼻などの特徴的な形状があるため、それらを考慮した形状変形が必要である。そこで本手法では、キャラクターの顔の特徴的な形状を捉えた特徴点を定義し、これを基にした変形用グラフによる形状変形を行う。これにより、顔の特徴的な形状を崩さないように、ソースモデルをターゲットモデルの形状に近づける。さらに本手法では、2 つのモデル間で対応する部分を繰り返し探索しながら行う非剛体の位置合わせを、変形用グラフを用いて実現する技術 [2] を導入することで、変形の際に発生するメッシュの歪みを軽減する。

[1] 筑波大学
Tennoudai 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki, 305-8573, Japan
[a)] sleepqueen513@gmail.com
[b)] kanamori@cs.tsukuba.ac.jp
[c)] mitani@cs.tsukuba.ac.jp

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan

2. 関連研究

2.1 キャラクターの顔の 3D モデルの形状変形

3DCG キャラクターの顔の形状変形を行う研究には、キャラクターのデフォルメ化の研究などがある。例えば Shen らの研究 [3] では、入力されたモデルの胴体部分を小さくし頭部を大きくするように変形することでモデルのデフォルメを行っている。頭部の変形に関しては、頭部に組み込んだボーンを基に形状を球形に近似するように変形している。しかし、この手法では顔の形状を球形に近づけるだけで、目の位置を下げたりするような細かな変形を行うことができないため、十分に顔のデフォルメ化を行うことができない。

王の研究 [5] では、キャラクターモデルの顔のデフォルメを行うために、 D'Arcy Thompson の生物学理論に基づく簡易な幾何変形 [1] を応用している。この手法は、近縁種の形状の変化を簡易な幾何変形で表すものである。この変形手法を基に、王の研究ではキャラクターモデルの目の位置を下げ、顎を丸くするような幾何変形関数が設計されている。しかし、デフォルメされたキャラクターの顔の形状はバリエーションが豊富であるため、必ずしも目標とするデフォルメされたキャラクターの顔に近い顔に変形することはできない。またこの研究は、キャラクターモデルの顔の形状をデフォルメすることを目的としているため、汎用的な形状変形を行うことはできない。

2.2 変形用グラフ

変形用グラフ [4] とはモデルの概形をとらえたグラフ構造である。モデルのメッシュ表面に均一に配置されたグラフのノードを操作することで、モデルの形状変形を行う。モデルの同じ頂点に影響を与えるノード間に接続関係を設け、その接続関係にあるノードの変形に制約を加えることで、操作するノードのアフィン変換から接続関係にあるノードの最適なアフィン変換を計算できる。

2.3 Non-Rigid ICP

Non-Rigid ICP とは、二つのモデル間で対応する点を繰り返し探索しながら、非剛体を変形し位置合わせをする技術である。Li らの研究 [2] では、変形用グラフを用いて Non-Rigid ICP を実現している。まずソースモデルとターゲットモデルの剛体変換を揃える。ソースモデル上に配置した変形用グラフの各ノードに対応する点をターゲットモデルから探索し、その対応点を用いて変形用グラフの最適化を行う。メッシュの変形後に再度対応点を探索し最適化をするという処理を繰り返していくことで、正確にターゲットモデルに形状に近づけることができる。

3. 王の手法

王の研究 [5] では、入力される 3D キャラクターモデルの身体形状を参照用の 3D キャラクターモデルの身体形状に近づけることを目的としている。そこで、ソースモデルとターゲットモデルそれぞれに変形用グラフを配置し、ソースモデルのグラフをターゲットモデルのグラフに近づけることで、ソースモデルの身体形状をターゲットモデルに近づくように変形している。

王の研究では変形用グラフのノードとして、グラフの変形を制御する制御ノードと、グラフの接続を維持させることで、モデルの形状を崩さないようにするためのノードの 2 種類のノードを定義している。制御ノードをモデルに組み込まれたボーンの周りに均一になるように配置することで、両モデル間でのノードの位置的な対応をとっている。

4. 提案手法

提案手法では、変形させるキャラクターの顔のソースモデルと、変形の目標となるターゲットモデルを入力として用いる。ソースモデルに対して、前節で述べた王の手法と同様に、変形用グラフを配置し、ソースモデルのグラフノードをターゲットモデルの対応点に近づけることで、ソースモデルの形状変形を行う。しかし王の手法のように、顔のモデルに組み込んだボーン周りに均一に制御ノードを配置した変形用グラフを用いると、顔の形状が崩れてしまう。これは、キャラクターの顔には目や鼻のような特徴的形状があるのに対し、変形用グラフの制御ノードはそれを考慮せずに配置されていることが原因である。そこで本稿では、キャラクターの顔の特徴的な形状を考慮するために、顔の特徴点を定義し、これを制御ノードとして組み込んだ新しい変形用グラフを提案する。これにより、キャラクターの顔の特徴的な形状を崩さずに、ソースモデルの形状をターゲットモデルに近づくように形状変形できる。

提案手法の流れを図 1 に示す。提案手法では 2 つのモデルに加えて、両モデルの顔の特徴点も入力として与える。また提案手法では、形状変形に Non-Rigid ICP を導入するため、変形用グラフはソースモデルのみに配置し、対応点の探索処理でターゲットモデル上から選んだ対応点にノードを近づけるように最適化を行う。

4.1 顔の特徴点

本手法における顔の特徴点とは、キャラクターの顔の特徴的な形状に沿って配置された点である。提案手法では、図 2 の緑色の点に示すようにキャラクターの眉、目、鼻、口、耳に計 36 個の特徴点を定義している。これらの点は、画面上に手作業で指定した点を顔モデル上に逆投影して配置する。

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan

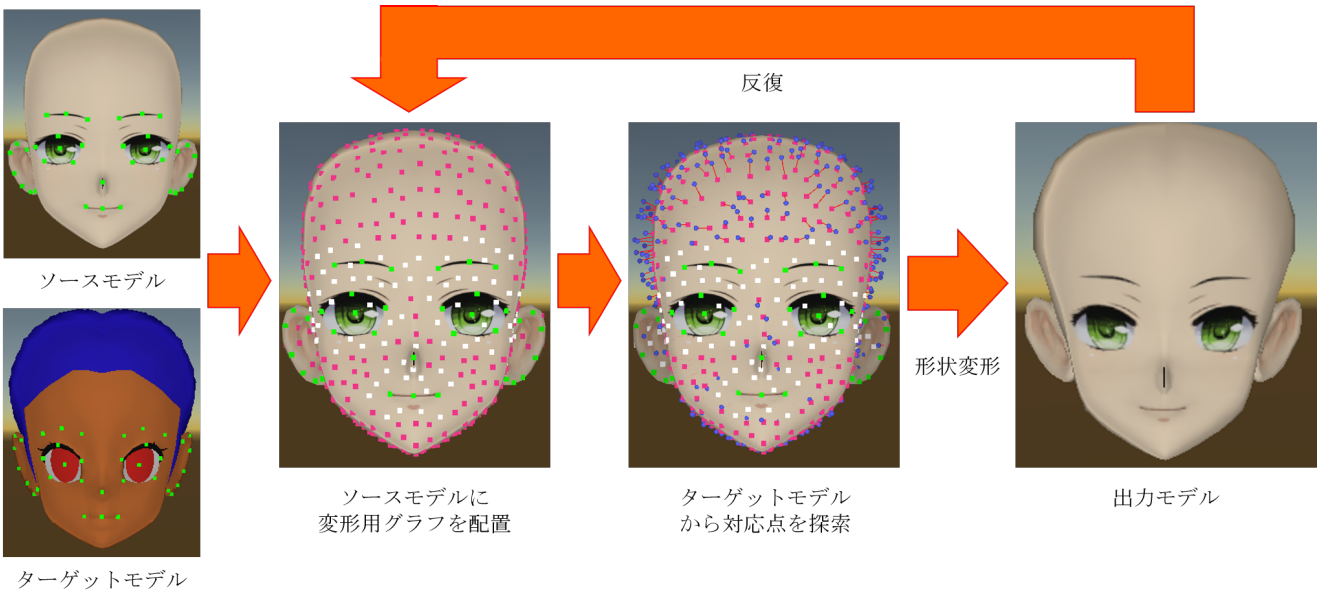

図 1 提案手法の流れ。ソースモデルとターゲットモデルの緑点はユーザ指定の特徴点を表す。

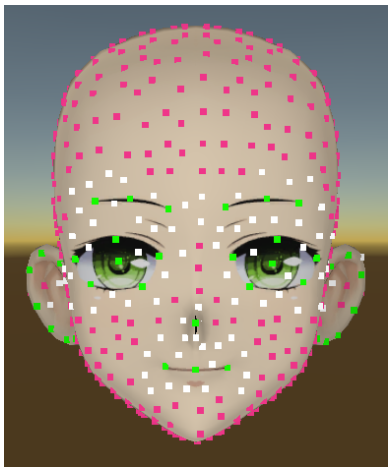

図 2 ソースモデルに変形用グラフを配置した図。

4.2 顔の特徴点を組み込んだ変形用グラフ

グラフのノードのうち顔の特徴点であるもの (図 2 の緑色の点) は制御ノードとし、ターゲットモデルに配置した対応する特徴点に近づけるように最適化を行う。その他メッシュ上に均等に配置するノードについては、顔の特徴点と近いノード (図 2 の白色の点) は顔の特徴的な形状を崩さないようにするため、制御ノードにはせずグラフの接続を維持するノードにし、それ以外のノード (図 2 の赤色の点) に対してターゲットモデル上の対応点を探索する処理を行う。

4.3 対応点の探索

ターゲットモデル上の対応点を探索する処理では、まずソースモデルの各ノードに対して最も近い点をターゲットモデル上から k 個探索する (本稿の実験では $k = 10$ とした)。次に、探索した点のうちノードの法線と点の法線の内積が最も大きいものをそのノードの対応点とする。対応点の見つかったノードは制御ノードとし、対応点に近づくように最適化を行う。一方、対応点の見つからなかったノードはグラフの接続を維持するノードとする。

5. 実験結果

本研究では、提案手法の結果を示すために、 Unity3D でキャラクターモデルの顔の形状変形システムを試作した。実験で使用したキャラクターの顔モデルの数は 4 つである。使用した入力モデルの最大頂点数は 3,382、モデルごとの生成時間は 3 分以内である。変形の繰り返し回数は 5 回とした。

図 3 に本手法を適用した結果 (4 列目) を示す。実験では、図の左上のモデルをソースモデルとし、1 列目の 2〜4 行目のモデルをターゲットモデルとして使用した。また、提案手法との比較として、i) 王の体型変形の手法と同様にボーン周りに均一に制御ノードを配置する変形用グラフを用いた変形 (2 列目) と、ii) Non-Rigid ICP を導入せずに顔の特徴点を組み込んだ変形用グラフをソースモデルとターゲットモデルに配置する変形 (3 列目) も試みた。図より、変形用グラフを用いた変形により、ソースモデルの形状をターゲットモデルの形状に近づけるように変形できていることがわかる。また、ii) 顔の特徴点を変形用グラフの制御ノードとして組み込んだ変形用グラフによる結果と、i) 顔の特徴を考慮していない変形用グラフによる結果を比較すると、顔の特徴点を組み込むことで、鼻と口の位置・形状など、顔の特徴的な形状を崩さずに変形を行うことができている。さらに、Non-Rigid ICP を導入したものとそれ以外の手法を比較すると、特に目と耳の間の輪郭付近でみられる、変形後のメッシュに発生する歪みを軽減で

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan

図 3 提案手法の結果。1 行目はソースモデル (1 列目) と変形用グラフのノード配置位置、それ以降の行はターゲットモデル (1 列目) と出力結果を示している。出力結果は、ボーン周りに均一に制御ノードを配置する変形用グラフを用いた変形 (2 列目) 、Non-Rigid ICP を導入せずに顔の特徴点を組み込んだ変形用グラフを用いた変形 (3 列目) 、提案手法による変形 (4 列目) を示している。

きている。

6. まとめと今後の課題

本研究では、変形対象の顔モデル (ソースモデル) を目標となる顔モデル (ターゲットモデル) に近づけるために、顔の特徴点をノードとして組み込んだ変形用グラフを用いて Non-Rigid ICP を適用した。その結果、変形後のモデルのメッシュに発生する歪みを抑えつつ、キャラクターの顔の特徴的な形状を保ち、参照するターゲットモデルの形状に近づけるようにソースモデルの形状を変形させることができた。

今後の課題として、現時点では顔の特徴点は手作業で配置を行っているため、これを自動化しユーザの負担を減らしたい。また、後頭部に欠損のあるモデルは扱うことができないことや、顔の変形に合わせて髪の毛のモデルも形状変形させる必要があることなどが、今後対策すべき課題である。

参考文献

[1] Arthur, W.: *D'Arcy Thompson and the theory of transformations*, Nat Rev Genet. (2006).

[2] Li, H., Sumner, R. W. and Pauly, M.: Global Correspondence Optimization for Non-Rigid Registration of Depth Scans, *Comput. Graph. Forum*, Vol. 27, No. 5, pp. 1421–1430 (2008).

[3] Shen, L., Luo, S., Huang, C. and Chen, B.: SD Models: Super-Deformed Character Models, *Comput. Graph. Forum*, Vol. 31, No. 7-1, pp. 2067–2075 (2012).

[4] Sumner, R. W., Schmid, J. and Pauly, M.: Embedded deformation for shape manipulation, *ACM Trans. Graph.*, Vol. 26, No. 3, p. 80 (2007).

[5] 王　鵬：体型転写に基づく 3D キャラクターモデルのスーパーデフォルメ，修士論文，筑波大学大学院システム情報工学研究科 (2017).

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan