

3D キャラクタにおけるスケッチベース表情生成手法とその評価

Sketch-based Synthesis of Facial Expression for 3D Character Models and its Evaluation

大場 誉幸[†] 土橋 宜典[†]
Takayuki Oba Yoshinori Dobashi

1. はじめに

現在、3D キャラクターモデルは映画やゲーム、テレビアニメなど多くの場面で用いられている。3D モデルの表情変化は、頂点数が同じで形状の異なる複数の3次元モデルの線形和により表現するブレンドシェイプ法を用いて行われることが多いが、思い通りの表情を作るためには3D ソフトに関する知識や技術が要求される。そこで本稿では、スクリーンに直接描画したスケッチから自動的に3D モデルの表情を生成する手法を提案する。本研究の目的は、図1(a)のようなユーザーが描いたスケッチ形状に完全に一致する表情を合成することである。

2. 関連研究

ユーザーが与える二次元スケッチに対して3D モデルの顔形状を変化させるという研究はいくつか存在する。Cetinaslan らの手法[4]では、スケッチによって顔の表面に曲線を描き、その曲線を変形させることでそれに追従して表情を変化させている。しかし、本手法のようにスケッチに完全に一致することを目的とはしていない。Han らの手法[5]では、深層学習によってスケッチと同じ表情をした顔モデルを作成している。しかし、学習が必要であり、既存のモデルの表情を生成することには適していない。

3. 提案手法

3.1 スケッチの入力

ユーザーは、3D モデルが表示された画面上に、口の形などの目的形状をスケッチで与える(図1(a)参照)。入力されたスケッチは3D モデルの表面上に転写され、以降、文献[1]と[2]の手法を組み合わせることでこれに一致する表情を生成する。

3.2 モデルの変形

まず、文献[1]の手法により、目標のスケッチ形状に近い顔形状を求める。この手法では、ブレンドシェイプ法によって自然な表情が合成できるが、スケッチ形状への完全な一致は難しく、無理に一致させようとすると顔形状が破綻する(図1(b)参照)。次に、得られた顔形状を入力として、文献[2]の方法により、スケッチ形状に完全に一致する顔形状を求める(図1(c)参照)。このように、二つの処理を組み合わせることでスケッチ形状に一致し、また顔全体も適切に変形するような処理を行う。これらの処理は以下のように定式化できる。

$$\mathbf{B}_{\text{out}} = F_2(\mathbf{P}_{\text{usr}}, \mathbf{B}_{\text{tmp}}), \mathbf{B}_{\text{tmp}} = F_1(\mathbf{P}_{\text{usr}}, \mathbf{B}_0 \cdots \mathbf{B}_n, \alpha) \quad (1)$$

ここで、 \mathbf{B}_{out} は文献[2]の方法を表す関数 F_2 によって得られ

[†]北海道大学 Hokkaido University

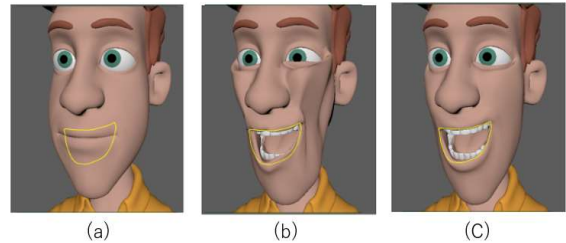


図1 黄線はスケッチを示す

る顔形状で、ユーザスケッチを表す点列 \mathbf{p}_{usr} を満たすよう計算される。 \mathbf{B}_{tmp} は関数 F_2 の初期値として使われる顔形状で、これは文献[1]を表す関数 F_1 によって計算される。 $\mathbf{B}_0 \cdots \mathbf{B}_n$ はブレンドシェイプ法に使われる事前に用意された顔形状、 α は一致度を調整するパラメータである。本稿ではこの値として0.1を用いた。

3.3 メッシュとスケッチとの対応関係の探索

3.2節の変形を行うためには、口や目などを表すモデル上の頂点列とスケッチを表す点列との対応関係を決める必要がある。例えば、図2に示すように、口の形をスケッチとして与えた場合、口の輪郭を表す頂点(図中緑点)と、図2(b)に示される入力スケッチ(赤線)上の位置(図中青点)との対応関係を決め、これに注目して提案手法の処理を行うことで顔全体の頂点が補正される。

もし図2(b)左画像のように不適切な対応関係を用いた場合、図2(c)左画像のように顔形状は不適切になる。

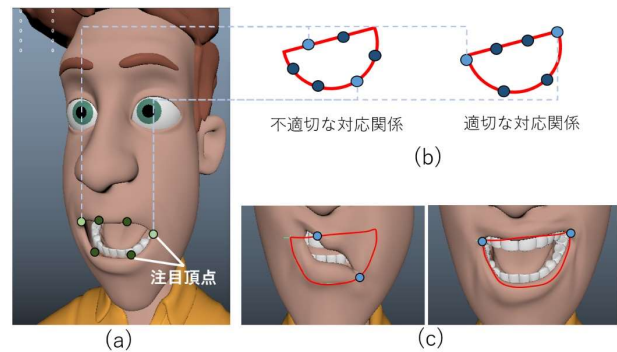


図2 モデルとスケッチとの対応関係。赤線はスケッチを示す。

以降、モデル上の頂点を注目頂点と呼び、これと対応するスケッチ上の点との関係を、モデルとスケッチの対応関係と呼ぶ。また、どの頂点を注目頂点とするかはあらかじめユーザーが与えておく必要がある。例えば、口の形を入力するため、図2(a)の緑点を注目頂点とするには、ユーザーはこの頂点の頂点番号を入力する必要がある。

適切な対応関係を探すために、本手法では、図 2(b)のように、口角の 2 点をスケッチ上のあらゆる位置に配置し、他の注目頂点はその 2 点の間に配置した。これらについて文献[1]の手法を適用した際に、以下で検討する条件が最も小さくなるようなものを正しい対応関係とした。

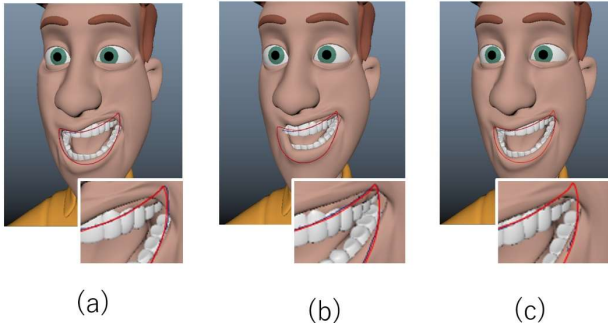


図 3

図 3(a)は文献[1]の処理を行った後の注目頂点と対応するカーブ上の位置との差の合計を比較し、これが最も小さいものを対応関係とした例である。この場合は、全体としては口の形はスケッチに一致しているが、口角の点に注目すると大きくずれていることがわかる。この状態で文献[2]の処理を行うと、メッシュの歪みなどが生じてしまう。

図 3(b)では、口の輪郭が注目頂点でどれだけ曲がっているかと、スケッチが注目頂点に対応する点でどれだけ曲がっているかを比較し、この誤差が小さくなるように変形を行った例である。この場合は、口角の角度が適切になり、顔全体の形状も自然である。しかし、スケッチの形状によっては全体が大きくなってしまふ。

図 3(d)は、対応する点同士の位置の差に、その点での曲がり具合を加算した値が小さくなるように対応関係を決めた例である。この場合は、全体としてもずれが少なく、また口角の位置が(a)に比べ一致しており、顔全体が笑っているように変形している。これより、本手法ではこの方法を用いた。この手法で用いた最小化項は式にすると以下のようになる。

$$\sum_{i \in M} (\|P_i - B_{tmp i}\|^2 + \beta |\theta_{P_i} - \theta_{B_{tmp i}}|) \quad (2)$$

$$\theta_{k_i} = \frac{k_{i-1} - k_i}{\|k_{i-1} - k_i\|} \cdot \frac{k_{i+1} - k_i}{\|k_{i+1} - k_i\|} \quad (3)$$

ここで、 M は注目頂点の集合を示し、 $B_{tmp i}$ はその対応関係で、文献[1]の処理を行って得られる形状の頂点 i の座標、 $P(i)$ はその対応関係での、頂点 i が移動してほしいカーブ上の位置を示す。 θ は頂点 i の前後に存在する頂点との関係から得られる角度であり、 β は係数を示す。

3.4 複数スケッチへの応用

3.節で述べた内容は、口の形、あるいは目の形など、特定の部位について一つのスケッチに合わせたものである。

これを応用し、複数のスケッチを与えた場合について検証した。図 4 は、目、口、眉を同時にスケッチとして与え、

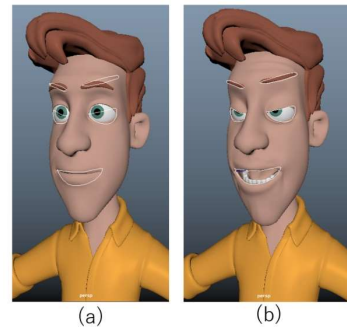


図 4 (a)複数スケッチの入力(白線). (b)スケッチに沿って変形した例.

提案手法を適用した場合である。スケッチに形状が一致していることがわかる。

4.2 スケッチとの一致度の評価

対応関係を計算し、顔形状が破綻しない範囲で文献[1]の処理のみを行った場合と、提案手法を用いた場合とでどれだけスケッチに一致しているかの評価を行った。評価は、スケッチと注目頂点によって構成される輪郭とをスクリーンに投影し、2次元平面上でどれだけ誤差があるかを調べた。いくつかの場合で調べた結果、どの場合でも二つの処理を組み合わせた提案手法がより一致しているという結果になった。

	ブレンドシェイプ 法のみ	提案手法
形状 1	1184	236
形状 2	2892	1202

図 5

4. まとめと今後の課題

本稿では入力スケッチと 3D モデルとの適切な対応関係を求め、Direct-Manipulation Blendshapes[1]と Laplacian Surface Editing[2]という二つの手法を組み合わせた手法を適用することでキャラクターモデルの表情を自然に変形するシステムを作成した。今後の課題として、対応関係を求める際の高速な処理の提案が求められる。

参考文献

- [1] J.P.Lewis, Ken Anjyo, "Direct-Manipulation Blendshapes" in IEEE CG&A 30, 4, 42-50 (2010)
- [2] SORKINE O., COHEN-OR D., LIPMAN Y., ALEXA M., ROSSL C., SEIDEL H. "Laplacian Surface Editing" In Proceedings of the Eurographics/ACM SIGGRAPH Symposium on Geometry Processing, 179-188. (2004)
- [3] Vincent For Blender 2.8x Eevee and Cycles Render <https://cloud.blender.org/p/characters/5718a967c379cf04929a4247>
- [4] Ver'onica Orvalho Ozan Cetinaslan. Direct manipulation of blendshapes using a sketch-based interface. Web3D '18, 2018.
- [5] X. Han, Chang Gao, Y. Yu, "DeepSketch2Face: a deep learning based sketching system for 3D face and caricature modeling," ACM Trans. on Graphics, Vol. 36, No. 4, Article 126 (2017).