

日本のセルアニメーションにおける振り向き動作時の顔描画に関する分析

宮田 愛 (指導教員：齋藤 豪)

1 はじめに

セルアニメーションにおいてキャラクタは現実の動きで描かれるのではなく強調や簡略化が加えられ現実ではありえない動作や形が描かれることが多い。特に日本のセルアニメーションでは、1秒間あたりに使用するフレーム数が少ないためにその傾向は顕著である。しかし、それらのキャラクタの変形や非現実的な動作はアニメーションとして見たときに視聴者に違和感を与えない場合が多い。すなわち、ただ単純に3DCGモデル等を画面に投影したものと異なるが、見るものに違和感を与えないようなセルアニメーション特有の描画方法が存在すると言える。しかし、このような特徴を持つセルアニメーションの描画方法についての科学的な分析はわずかである[1][2]。そこで、現実にはありえないが違和感を感じないセルアニメーションの描画方法を客観的に分析することに着目する。

本研究では、セルアニメーションと3DCGモデルのキャラクタの振り向き動作時に目や鼻、口といった顔の要素に特徴点を取り、その特徴点間の距離と特徴点の軌跡を用いて分析をし考察を行う。

2 データの収集

本研究では、文献[3]と同様にセルアニメーションに関しては2011年に放映されたアニメ『アイドルマスター』[4]全話よりその登場人物である天海春香の振り向き動作の映像を、3DCGに関しては天海春香に似せて作られた3DCGモデル[5]を用いて作成した振り向き動作の映像を対象とする。

それらの映像中のキャラクタの顔に対し28点の特徴点[6]を文献[2]のシステムを用いて人手により入力し基礎データとする。

3 2つの2特徴点間の距離に関する分析

3.1 分析方法

真野らの研究[2]と同様に、特徴点間の関係を調べるために2つの2特徴点間の距離について考える。1つの振り向き動作から得られる動画枚数は少ないので収集したすべての振り向き動作をまとめて分析を行うこととする。

2特徴点間の距離の長さをそれぞれ d_i, d_j とし、その相関係数を $\rho_{d_i d_j}$ とすると、 $\rho_{d_i d_j}$ は次で計算できる。

$$\rho_{d_i d_j} = \frac{Cov(d_i, d_j)}{\sqrt{V(d_i)}\sqrt{V(d_j)}}$$

ただし、 $Cov(d_i, d_j)$ は共分散、 $V(d_i), V(d_j)$ はそれぞれ d_i, d_j の標準偏差である。

この $\rho_{d_i d_j}$ をセルアニメーション、3DCGの映像それぞれについて求め、それらを $\rho^A_{d_i d_j}, \rho^C_{d_i d_j}$ とする。

セルアニメーションでの2つの2特徴点間の距離同士の相関係数を横軸に、それに対応する3DCGモデルでの相関係数を縦軸とした点($\rho^A_{d_i d_j}, \rho^C_{d_i d_j}$)を打ったグラフを作成する。もしセルアニメーションと3DCGモデルの描画に差がないとすれば、特徴点間の距離同

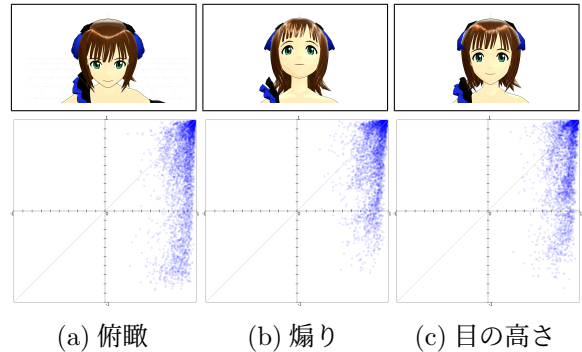


図 1: 両目、両眉の14点の距離間の相関

士の相関係数は似た値をとり、直線 $y = x$ 上に並ぶはずである。

3.2 結果と考察

キャラクタの顔において目の辺りが特に重要であると考え、両目、両眉の14点の距離間の相関をセルアニメーションは全てのフレームについて、3DCGモデルの映像は画角やキャラクタの位置、カメラの位置によって分類を行い計算しグラフを作成する。相関係数は-1から1の値を取るため、グラフの原点はグラフのちょうど中央となっている。

図1は3DCGモデルの映像についてカメラの位置を俯瞰、煽り、目の高さに分類を行った結果を示している。図1(a)(b)(c)のいずれにおいても点の分布は $y = x$ から大きくずれていることから、カメラの位置に寄らずセルアニメーションと3DCGモデルの映像では傾向が大きく異なることが分かる。カメラの画角やキャラクタの位置によって分類を行った結果においても同様にセルアニメーションと3DCGの映像とは傾向が大きく異なっていた。

4 特徴点の軌跡

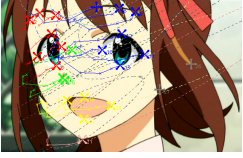
キャラクタを作画する際、アニメーターは先に動きの概略として軌道線と呼ばれる曲線を描き、その曲線に沿って作画を行うことが多い[7]。そのため出来上がったアニメーションの振り向き動作時の顔の特徴点の軌跡もその曲線に沿っていると思われる。振り向き動作を空間での回転運動だと仮定すると顔の要素の特徴点の軌跡は画面上では楕円になることから軌道線や軌跡を楕円の円弧であると仮定し分析を行う。

4.1 曲線同士の類似度の定義

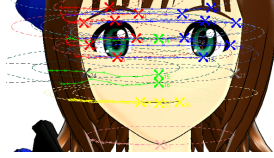
2つの曲線の類似度を求めるために、サンプリング数に寄らない曲線同士の形状の類似度を求める曲線のマッチング手法[8]を採用する。入力曲線を A, B 、 $m = |A|$ 、 $v_\alpha(t) = B(\alpha(t)) - A(t)$ とすると、類似度を $D(A, B)$ は、

$$D(A, B) = \min_{\alpha} \int_0^m \|\dot{v}_\alpha(t)\| dt \quad (1)$$

と表すことができる。 $D(A, B)$ の値が小さいほど類似度が高く、大きいほど類似度が低い。



(a) セルアニメーション



(b) 3DCG

図 2: 特徴点の軌跡と楕円

4.2 特徴点の軌跡と楕円

特徴点の軌跡と楕円の関係を見るために、あらかじめ用意した楕円群の中から特徴点の軌跡の曲線と最も類似度の高い楕円を式 (1) を用いて求め、セルアニメーションと 3DCG の一つの振り向き動作について可視化を行った結果を図 2 に示す。楕円群は傾き θ は 10 度刻みで範囲は $-80 \leq \theta \leq 80$ 、長軸/短軸 α は 1 刻みで範囲は $1 \leq \alpha \leq 10$ 、短軸の長さ r は 10 刻みで範囲は $50/\alpha < r < 600/\alpha$ で定義される楕円で構成されている。

セルアニメーションにおいて軌跡と類似度の最も高い楕円には大きく異なったものが選ばれているのに対し、3DCG では似通った楕円が選ばれていることが分かる。そこで、選ばれた楕円の非一様性について分析を行う。

4.3 分析方法

セルアニメーションにおける特徴点の軌跡はサンプリング数が少ないため、一つの特徴点の軌跡に対して最も類似度の高い楕円を求めてしまうと安定した楕円が得られないと考え、特徴点の軌跡同士の類似度を求めそのとき用いられた楕円について分析を行う。

あらかじめ用意した楕円から切り出した弧 $E(\theta\alpha\sigma_s\sigma_e)$ を用いて、2 つの軌跡 L_1, L_2 が最も類似した楕円のパラメータ $(\theta_{ij}\alpha_{ij})$ を次式で定義する。

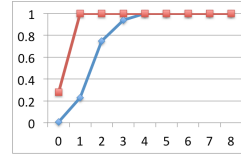
$$(\theta_{ij}\alpha_{ij}) = \underset{\theta\alpha}{\operatorname{argmin}} \left(\min_{r\sigma_s\sigma_e} D(L_i, E(\theta\alpha\sigma_s\sigma_e)) + \min_{r'\sigma'_s\sigma'_e} D(L_i, E(\theta\alpha r'\sigma'_s\sigma'_e)) \right) \quad (2)$$

ただし、曲線 L_1, L_2 内の特徴点数は 4 より大きく、 σ_s, σ_e は円弧の始点と終点とする。

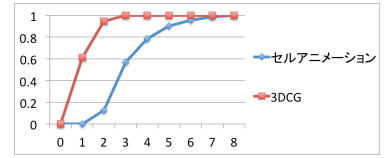
この楕円のパラメータ $(\theta_{ij}\alpha_{ij})$ をセルアニメーション、3DCG のすべての振り向き動作のすべての 2 つの特徴点の軌跡に対して求める。ここで、 $(\theta - 10n, \alpha - n) \leq (\theta, \alpha) \leq (\theta + 10n, \alpha + n)$ で定義される楕円を同一であるとみなすとする。そしてこの n についてセルアニメーションと 3DCG とで比較を行う。

4.4 結果と考察

特徴点のデータ入力時の誤差や、サンプリング数の少なさ、3DCG の映像は透視投影を用いていることから、すべての軌跡の楕円が同一だとみなされることは難しいと考え、今回は n の値を大きくしたときの振り向き動作ごとのすべての軌跡に対する楕円のうち、50% の楕円が同一の楕円だとみなされている振り向き動作の割合 (図 3(a)) と、80% の楕円が同一の楕円だとみなされている振り向き動作の割合 (図 3(b)) をみる。グラフの横軸は n 、縦軸は振り向き動作全体のう



(a) 50%



(b) 80%

図 3: 同一楕円の割合ごとの振り向き動作の割合

ち、それぞれの楕円の割合を満たす振り向き動作の割合である。図 3 (a)(b) どちらにおいてもセルアニメーションと 3DCG を比べると割合を満たすために必要な n の値がセルアニメーションの方が大きい。つまり、セルアニメーションの方が 3DCG に比べて用いられた楕円に非一様性があることが分かった。

5 まとめ

本研究では、セルアニメーションにおけるキャラクターの描画方法を分析するために 3DCG モデルの映像と比較を行った。いずれの分析においてもセルアニメーションと 3DCG の映像とは傾向が大きく異なることが分かった。

参考文献

- [1] 今間俊博, 齋藤隆文, 神谷由季. CG 化を妨げるアニメにおける動きの記号化. 情報処理学会研究報告. グラフィクスと CAD 研究会報告, Vol. 2011, No. 2, pp. 1–7, aug 2011.
- [2] 真野航, 齋藤豪. 日本のセルアニメにおけるキャラクターの振り向き動作時の顔描画に関する分析. 映像学技報 ヒューマンインフォメーション研究会, Vol. 37, No. 55, pp. 25–28, 2013.
- [3] 宮田愛, 齋藤豪, 真野航. 3DCG アニメーションとの比較による日本のセルアニメーションの顔描画分析. 第 76 回全国大会講演論文集, Vol. 2014, No. 1, pp. 343–344, 03 2014.
- [4] バンダイナムコゲームス. アイドルマスター, 2011.
- [5] <http://bowlroll.net/up/dl22731>.
- [6] Y. Wang, C.S. Chua, and Y.K. Ho. Facial feature detection and face recognition from 2D and 3D images. *Pattern Recognition Letters*, Vol. 23, No. 10, pp. 1191–1202, 2002.
- [7] 尾澤直志, ワークスコーポレーション. アニメ作画のしくみ. ワークスコーポレーション, 2006.
- [8] Alon Efrat, Quanfu Fan, and Suresh Venkatasubramanian. Curve matching, time warping, and light fields: New algorithms for computing similarity between curves. *Mathematical Imaging and Vision*, Vol. 27, pp. 203–216, 2007.