

令和 元年 6 月 21 日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2018

課題番号：15K12126

研究課題名（和文）セルアニメーションにおける顔振り動作の描画に関する分析とモデル化

研究課題名（英文）Analysis and Modeling of drawings for hand drawing animation of face turning motion

研究代表者

齋藤 豪（Saito, Suguru）

東京工業大学・情報理工学院・准教授

研究者番号：00323832

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：手描きアニメーションで用いられている独特な描画技法は、3次元的な幾何形状を仮定した場合、大きな歪みを含んでいるものの、観ているものには特段の違和感がないという高度に記号化された優れた表現法であると言える。しかし、その技法は文書化されていたり式で表されているものではない。本研究では日本のアニメーションで表現に用いられている描画法について特に顔の振り向き時の描画に注目し、画像データを収集した後、特徴抽出手法を用い、その描画法の特徴明確を試みている。ノウハウとして曖昧であった描画法の特徴を特徴ベクトルで表現し、その係数を変化させることで生じる像の変化から描画法の特徴を可視化することを実現している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、アニメーション用の作画は現場での訓練により身につけられていたが、制作システムの変化、制作費や製作期間に起因する問題により、そのような環境が減りつつある。またコンピュータの導入による制作補助に関しても、ノウハウに関して工学的に応用可能な技術的記述が見られず、実装が困難な状況である。本研究では、アニメーションでの特徴的な描き方を描画者が学習するためにも、コンピュータによる描画補助の手法を開発するためにも応用可能なアニメーションの分析法を提案している。また多次元特徴量からの分析方法については、さらに改善可能であり、描画分析法として発展する可能性を秘めている。

研究成果の概要（英文）：Techniques used in hand drawing animation create expressive images acceptable without strange feeling, though those include distortions if those are assumed to be a projection of geometric shapes. However, those are difficult to be described as text or equation. In this study, drawing techniques for turning face motion in Japanese hand drawing animation is focused. Collecting face drawn images and analysing of them with a feature extraction method, several characteristics of the techniques were clarified and visualized as face images.

研究分野：コンピュータグラフィクス、画像処理

キーワード：手描きアニメーション  
ティックレンダリング  
描画法分析  
線画 動画  
振り向き描写  
作画  
コンピュータグラフィクス  
ノンフォトリアリス

## 1. 研究開始当初の背景

日本の商業アニメーションは、半世紀に渡って独特な描画技法を発達させてきた。この描写技法は観ているものには特段の違和感がないものの、3次元的な幾何形状を仮定した場合、大きな歪みを含んでいるという高度に記号化された優れた表現法であると言える。しかしながらどう優れているかの調査研究もないまま、今日3次元コンピュータグラフィクスにより製作が置き換えられてしまおうとしている。

## 2. 研究の目的

本研究では日本のアニメーションにおいて表現に用いられている描画法についてデータに基づきまず3次元的な幾何形状の単純投影像とは異なることを明らかとする。さらに、特徴量分析手法を用いて、その描画法の特徴を明確にし、これまでノウハウとして曖昧であった技法の特徴の可視化を行う。これらをキャラクターの振り向き動作についての描画を対象に行う。

## 3. 研究の方法

研究期間の前期においては、テレビ放映された1作品の主人公である一人の女性キャラクターの全話での一定の大きさ以上で描かれた振り向きの描写に関してデータの分析を行った。まず顔面上の特徴点を定め、動画の各コマ毎に描かれている顔に対して人手により特徴点座標の登録を行った。人手で行ったのは、省略された表現法を用いて描画されている絵から人が知覚する特徴点の位置を記録するためである。次にその特徴点の振り向き映像内での軌跡の類似性を楕円曲線を介して測った。また3次元コンピュータグラフィクスで作成した振り向き映像に対しても同様に顔面上の特徴点の軌跡の類似性を計測し比較を行った。

研究期間の中期では、1キャラクターの振り向き動作の連続動画はデータ収集に限界があることから、登場キャラクターが多様な1つの放映作品の全話から顔領域を切り出し、それに対して顔方位をラベル付けすることでデータベースの構築を行った。

研究期間の後期では、中期で作成したデータベースを拡充し、各顔画像に特徴点座標を付与し、それらに基づく特徴量を定義した後、特徴量抽出手法を適用して次元削減してアニメーション特有の描画法に関する特徴量を抽出した。

## 4. 研究成果

前期の成果として、得られた特徴点の軌跡の類似性についてデータの可視化手法を用いることで、類似性の偏りを可視化し、それが3次元コンピュータグラフィクスで作成されたアニメーションでの類似度の偏りとは異なることを示した(図1)。これらは研究代表者の以前の研究での3次元キャラクターモデルの回転で作成したアニメーションはカメラの画角や撮影位置の調整を行っても手描きのアニメーションに近づけることは難しいという結果と合わせ、単

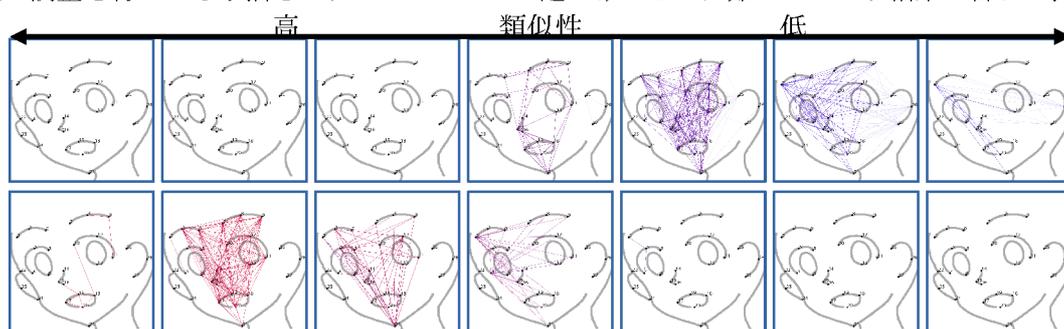


図1 手描きアニメーション（上段）と3次元CGアニメーション（下段）での特徴点の軌跡間の類似度の違い

純な投影像では手描きのアニメーション表現を置き換え得ないことを表わしていると考えられる。

中期の成果は、後期に活用するデータベースの構築であるが、その方位ラベル付けに関してアニメーションの顔から受ける顔方位角の観るものによる差異の程度を方位ラベル付けを2名で行うことで測定した。図2がその結果であり、一貫性が高いことを確認した。また、機械学習によってアニメーション顔画像の顔方位推定が可能であるかを実験を行い検証した。結果正面から極端に離れた角度では精度が落ちるものの、それ以外では一定の精度を確保できることを示した。

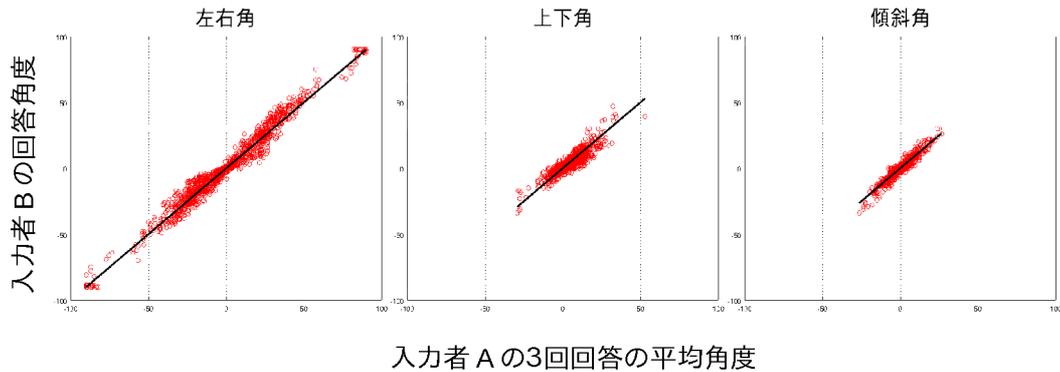


図2 手描きアニメーションから感じる顔の方位角の個人差

後期の成果として、手描きアニメーションの描画特徴を確認できる手法の提案を行った。この手法はまず、中期で作成した手描きアニメーション顔画像データベースの各顔画像に特徴点を付与し、また同様の形式の3次元CGアニメーションに対するデータも用意し、それらを方位角度で分けられた部分集合に含まれる顔画像について全ての2特徴点間の位置関係を基礎とする特徴ベクトルを定義した後に手描きアニメーションから作成された特徴ベクトルの平均を原点とする特徴空間を作成した後、NMF(Non-Negative Matrix Factorization)による次元削減を行っておく。次元削減後の特徴ベクトルで張る空間内にリアルな3次元CGの投影像の特徴ベクトルの写像を用意した後、特徴ベクトルの値を変化させることで手描きアニメーションらしい像へと変換することができる(図3)。これにより、特徴ベクトルの持つ意味すなわち手描きアニメーションに特徴的な描画法をパラメータを制御することで理解することができる。

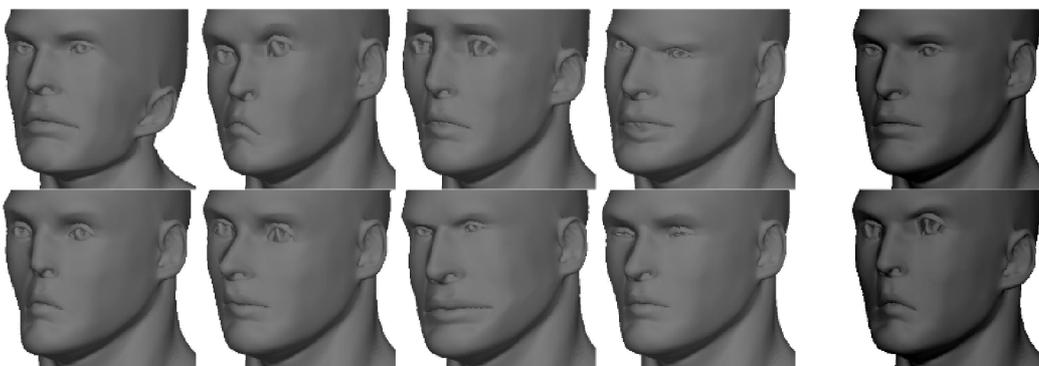


図3 3次元モデルの投影像(右上)を次元削減した特徴空間での特徴ベクトルの加工により、手描きアニメーションの特徴を強めた結果(右下)。左の8枚の画像は、次元削減後の特徴ベクトルの代表的なものの係数を変化させたもの。手描きアニメーションでの描画の特徴が分解されて誇張されている。

従来、アニメーション用の作画は現場での訓練により身につけられていたが、制作システム

の変化、制作費や製作期間に起因する問題により、そのような環境が減りつつある。またコンピュータの導入による製作補助に関しても、ノウハウに関して工学的に応用可能な技術的記述が見られず、実装が困難な状況である。本研究で提案したアニメーションの分析法は、アニメーションでの特徴的な描き方を描画者が確認するためにも、コンピュータによる描画補助の手法を開発するためにも応用可能である。また多次元特徴量からの分析方法については、さらに改善し発展が可能であると考えている。

## 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 10 件)

1) 山川 圭介 , 齋藤 豪 “顔の向き毎に決定された特徴空間を用いた顔 3D モデルの投影像からのアニメ風顔画像の生成” 情報処理学会第 81 回全国大会 2019

2) Keisuke Yamakawa, Suguru Saito, “Generating anime-like face images from projected 3D models” SIGGRAPH ASIA 2018

3) 山川 圭介 , 齋藤 豪 “顔の特徴点に基づく手描きと 3DCGアニメーションの顔の特徴比較” Visual Computing 2018

4) 山川 圭介 , 齋藤 豪 “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” 情報処理学会第 80 回全国大会 2018

5) Shohei Morikawa, Suguru Saito “Estimation of Face Orientations in Anime using CNN” Computer Graphics International 2017

6) 森川 将平 , 齋藤 豪 “ CNN を用いたアニメキャラクターの顔方位推定とその評価” Visual Computing 2017

7) 高崎 雄介 , 齋藤 豪 “手描きアニメーションの顔に対する方角知覚に関する分析” Visual Computing 2017

8) 森川 将平 , 齋藤 豪 “ CNN を用いたアニメキャラクターの顔方位推定 ” 電子情報通信学会総合大会 2017

9) Ai Miyata, Suguru Saito “Difference of the Facial Feature Point Loci in Turn Around Motions between 3DCG and Japanese Hand-drawn Animation” VRCAI2015

10) 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

## 6. 研究組織

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。