

3次元キャラクタにおけるアニメ風髪モーションの自動生成

Automatic generation of anime-like hair motion of 3D characters

古川健次
Furukawa Kenji

仲田晋
Nakata Susumu

立命館大学
Ritsumeikan University

In the process of Japanese anime production, three-dimensional computer graphics (3DCG) plays important roles for cost reduction and quality improvement. However, it is difficult to produce anime-like motions of 3D characters since Japanese anime has their own motions. Especially with the hair of the 3D character, in order to produce the motion of Japanese anime-like hair motion, physics-based calculation often produces undesirable results. The purpose of this research is to enable creators to automatically generate hair motion for Japanese anime of 3D characters. We formulate the anime-like hair motion based on a typical technique used in traditional Japanese animation.

1. はじめに

日本のアニメ市場は年々拡大を続けており、日本の重要な産業の1つとなっている。2016年のTVアニメのタイトル数は356本となっており、2000年以前の最高本数である1999年の149本よりも倍以上のタイトル数が放送されていることになる[一般社団法人日本動画協会 17]。TVアニメの制作分数を比べてみても、2016年では115805分となっており、2000年の75890分よりも1.5倍以上になっている[一般社団法人日本動画協会 17]。しかし、増加し続けるアニメの需要に対して、十分な制作時間や人材が確保できていない現状があり[実態調査プロジェクト委員会 15]、作業の軽減や効率化が求められている。

これらの問題に対し、近年では作業効率化やクオリティ向上を目的として、アニメに3DCGが導入されることが増えてきた。アニメで3DCGを使用する利点としては、3DCGモデルは一度作れば繰り返し使うことができることや、作画と違って制作する人が違っても一定のクオリティが保たれることなどが挙げられる。アニメにおける3DCGは主に、機械や背景などに使われることが多く、メインのキャラクタなどは作画のままであった。しかし、2010年代からは、3DCGで表現することが難しいとされていた人間のキャラクタにも、3DCGが用いられるようになってきており、日本のアニメにおける3DCGの需要が高まっている。

3DCGの見た目を作画アニメに近づける研究や技術は多々あり、最新の3DCGアニメでは、アニメを見慣れた人でないと見分けがつかないほどのクオリティとなっている。しかし、作画アニメと3DCGアニメの動きを比べると明らかな違いが生じてしまう。これは、日本のアニメ作品が、少ない作画枚数で動きを表現するために、写実的とは違った、独自の手法を用いて作られていることによるものである。

その中でも特に、髪の動きは違和感が大きい。これは、作画アニメの髪が物理法則に従っていない動きをしているのに対し、3DCGでは物理演算で自動的に動かされていることが多いからである。3DCGの髪を作画の動きに近づけるには、手動でモーションを調整する必要があり、非常に手間がかかってしまう。よって、3DCG上で作画アニメの手法に基づいた髪のモーションを自動生成する手法が必要である。

本研究の目的は、作画アニメの髪の動きを、3DCG上で自動生成できるようにすることである。具体的な入出力としては、骨格を設定済みの3Dキャラクタを入力とし、作画風の髪モーションを出力とする。

この研究の課題は、作風やアニメーターによって変化し、画一的でない作画アニメにおける髪の動き方を、どのように1つのモデルとして定義するかということである。この課題に対し、本研究では、作画アニメの最も代表的な手法を数式で表すことで解決する。

この研究の目的を達成することにより、3Dキャラクタで作画アニメの髪の動きを容易に再現することが可能となる。これにより、アニメ制作における労力の削減や、クオリティの向上に繋げることができる。

2. 関連研究

2.1 作画アニメの動きに関する研究

作画アニメと3DCGアニメの動きの違いを解消しようとした研究は多々ある。北村らの研究[北村 13]では、各フレームの移動量から、適切なフレームの削除とコピーを行うことで、日本の作画アニメで使われているリミテッドアニメーションと呼ばれる手法を、3DCG上で再現した。また、今間らの研究[今間 11]では、作画アニメから抽出した動きを3DCGのスケルトンに適用させることで、作画アニメの動きを再現した。

これらの研究は、作画アニメの動きを3DCG上で再現しようとした研究である。これらの研究に、作画アニメの髪の動きのような、局所的で作画アニメ特有である動きを再現する方法を取り入れることができれば、より作画アニメの動きに近づけられる。

2.2 作画アニメの髪に関する研究

作画アニメの髪を3DCG上で再現しようとした研究も多々ある。石塚の研究[石塚 10]では、作画アニメで見られる髪の集束と分裂を3DCG上で再現した。また、Sakaiらの研究[Sakai 13]では、陰関数曲面モデルを用いることで、髪の集束と分裂の他にも、なめらかなシェーディングと動きを実現した。さらに、森らの研究[森 16]では、ベジエ関数と軸変形FFDを用いることで、髪幅の変形もできるようにした。

これらの研究によって、作画アニメの髪の集束や分裂、髪幅の変形などの形状の変化を、再現できるようになった。しかし、作画アニメの特有の髪の動きについては考慮されていない。こ

これらの研究に作画アニメ特有の髪の毛の動きを取り入れることができれば、より作画アニメの髪に近づけることができる。

3. 提案手法

3.1 髪の毛の動きの分析

本研究の目的を達成するために、作画アニメの髪の毛の動きを定義する必要がある。そのために、作画アニメの教科書や実際のアニメの調査、さらにアニメーターへの聞き取り調査を行った。

最初に、作画アニメと 3DCG アニメにおける髪の毛の動きを比べたときに、具体的に何が違うのかを調べた。作画アニメでの髪の毛の動きは、髪の毛の根本から髪先に向けて波打つように動いていることが多かった。それに対し、3DCG アニメでは波打つようには動かずに、根本を軸として全体が回転しているように動いていることが多かった。また、作画アニメの髪の毛の動きは周期的な動きを繰り返すのに対し、3DCG アニメの髪の毛の動きは不規則な動きをしていることが多かった。このような違いが生じる原因としては、作画アニメの髪の毛の動きが、作画枚数削減や表現を誇張するために、3DCG アニメの物理的な動きとは、違った動きをしているからであると考えられる。

次に、アニメ制作の教科書やアニメーターへの聞き取りから、作画アニメの髪の毛を動かす際の描き方を調べた。その結果、作画アニメにおける髪の毛の動かし方には、ある共通する手法が存在することが見て取れた。その手法を用いて髪となる線を動かした例を、図 1 に示す。この手法は球状の空気の塊が髪に沿って動いているように描くことで、髪を動かすという手法である。実際のアニメでも、多くの作品でこの手法と見られる動かし方が見て取れた。

この手法の根源を調べたところ、日本アニメーションの父と称されている政岡憲三が、アニメーターの新人育成のために作った、「政岡憲三動画講義録」においても、同様の手法が記述されていた[萩原 15]。これらの調査から、球状の空気の塊が髪に沿って動いているように描く手法が、作画アニメにおいて髪を動かす際の、代表的な手法であるとした。この手法を数式で定義し、数値的に表せるようにすることで、3DCG 上で再現することとした。

3.2 髪の毛の動きの定義

前項で定義した作画アニメの代表的な手法を、3DCG 上で数値的に再現できるようにするために、手法を数式化する。数式化するために、前項で定義した手法を以下の 3 つの要素に分解した。

1. 球状の空気の塊が髪に沿って移動する。
2. 重力の影響を受ける。
3. 根本はあまり動かさず、先端に近づくほどよく動く。

この 3 つの要素を数式で表し、掛け合わせていくことで、作画アニメの髪の毛の動きを 3DCG 上で再現できるようにする。

1 つ目の要素である、球状の空気の塊が髪に沿って移動する動きを定義した式を、以下のように示す(1)。

$$f_1(x, t) = \sin\left(\frac{x}{k} - t + \frac{\pi}{2}\right) \quad (0 \leq x \leq \pi) \quad (1)$$

この式において、 k は波の波長を調整するパラメータであり、 k を大きくすると波長が大きくなる。また、 t は時間、 x は髪の毛の根本からの距離を表し、根本の値を 0 とし、髪先の値が π である。

次に、2 つ目の要素である重力による影響を、 $f_1(x, t)$ に掛け合わせた式を、以下のように示す(2)。

$$f_2(x, t) = -\frac{1}{s}\left(f_1(x, t) + \frac{1}{s}\right) \quad (0 \leq x \leq \pi) \quad (2)$$

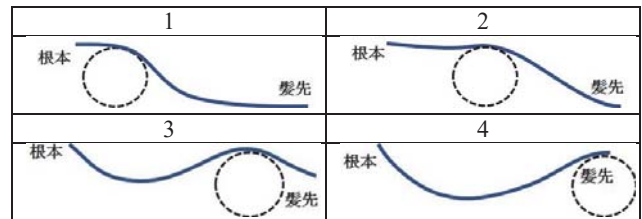


図 1: 作画アニメにおける髪の毛の動かし方の例

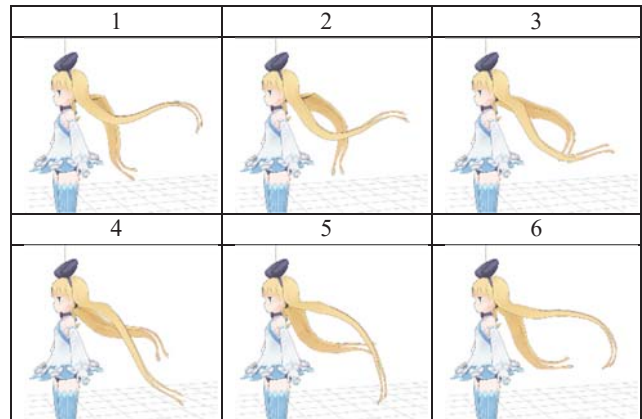


図 2: 提案手法の適用例

モデル: ニコニ立体ちゃん(株式会社ドワンゴ) [ドワンゴ 14]

この式において、 s は振幅の大きさと重力を調整するパラメータであり、 s を小さくすると振幅と重力による傾きは大きくなる。

最後に 3 つ目の要素である、根本はあまり動かさず、先端に近づくほどよく動く要素を、 $f_2(x, t)$ に掛け合わせた式を、以下のように示す(3)。

$$f_3(x, t) = a\left(\frac{x}{\pi}\right)^p f_2(x, t) \quad (0 \leq x \leq \pi) \quad (3)$$

この式において、 p は髪の毛の根本の動き具合を調整するパラメータである。 p を大きくするほど根本付近が動きにくくなり、髪先と根本の動きの差が大きくなる。また、 a は最終的な波の形を調整するためのパラメータである。

これらより、作画アニメにおける髪の毛の動かし方の代表的な手法を数式化したものを $f_3(x, t)$ とする。この式を骨格が設定済みの 3D キャラクタの髪の毛の骨格に適用させることで、作画アニメの髪の毛の動きを 3DCG 上で再現する。3D キャラクタの髪の毛の骨格は、髪の毛の根本から髪先まで、直線状に配置されているものとする。また、実際に 3D キャラクタに適用させた例を図 2 に示す。ソフトウェアは MMM(MikuMikuMoving)を用いて、3D キャラクタは株式会社ドワンゴが配布しているニコニ立体ちゃん[ドワンゴ 14]を使用した。この結果から、実際の 3D キャラクタの髪に対して本手法を適用させても、問題なく動作することが分かる。

4. 実験

4.1 目的と方法

本手法によって生成したモーションが、実際の作画アニメに近づけられていることを、実験で数値的に証明する。

実験の準備として、提案手法で生成した髪の毛のモーションと作画アニメの髪の毛の動きが比較できるようにするために、作画アニメの髪にボーンとジョイントを配置する。ボーンとジョイントの位置は、髪束の中心となる位置に配置する。これにより、生成した髪の毛のモーションと作画アニメの髪の毛の動きが比較できるようになる。

表 1: 比較に使用したアニメ一覧

番号	作品タイトル	比較箇所
1	舞-HiME(2004) [サンライズ 04]	26話 12:47
2	魔法少女リリカルなのは StrikerS(2007) [セブン・アークス 07]	2話 8:06
3	劇場版 艦これ(2016) [ディオメディア 16]	53:27
4	劇場版 艦これ(2016) [ディオメディア 16]	58:09
5	戦姫絶唱シンフォギア AXZ(2017) [サテライト 17]	1話 7:26
6	戦姫絶唱シンフォギア AXZ(2017) [サテライト 17]	2話 8:54

表 2: 提案手法と作画アニメの比較結果

番号	ボーンの角度差平均	ジョイントの位置差平均
1	18.1°	13.8%
2	19.2°	9.68%
3	10.9°	7.01%
4	7.39°	4.67%
5	10.6°	5.65%
6	9.76°	7.51%

表 3: 物理演算と作画アニメの比較結果

番号	ボーンの角度差平均	ジョイントの位置差平均
5	27.1°	11.0%

具体的な実験内容としては、提案手法で生成した髪の毛のモーションと作画アニメの髪の毛の動きを比較し、ジョイント位置の位置ズレとボーンの角度のズレをそれぞれ出す。また、参考として物理演算で動かした髪の毛のモーションと作画アニメの髪の毛の動きでも、同じ比較を行う。ズレの数値が、物理演算のものよりも小さければ、生成したモーションが作画アニメに近づけられているということが言える。実験で使用した作画アニメを表 1 に示す。また、物理演算は、MMD(MikuMikuDance)のものを使用した。

4.2 結果

提案手法で生成したモーションと作画アニメの動きを比較した結果を表 2 に示す。さらに、物理演算で生成したモーションと作画アニメの動きを比較した結果を表 3 に示す。

結果から、提案手法で生成したモーションは物理演算のものよりも、作画アニメとのズレが小さい値となっているので、5 番の作画アニメの再現に関しては、物理演算よりも作画アニメに近づけられているということが言える。

5. まとめ

本研究では作画アニメの髪の毛の動きを、3DCG 上で再現した。本研究の目的を達成する上で、作画アニメの髪の毛の動きをどのように定義し、3DCG 上で再現するかということが課題となっていた。この課題に対し、作画アニメの代表的な手法を数式化し、3D キャラクタのボーンに適用することで解決した。

本研究の今後の展望としては、作画アニメでよく見られる、髪の毛の集束と分散を考慮した動きなどが考えられる。また、本研究では、キャラクタやカメラが移動した場合の髪の毛の動きは考慮していない。作画アニメでは、カメラやキャラクタの動きに合わせて髪

のなびく方向が変わることはよくあるので、この要素を考慮した髪の毛の動かし方を新たに考える必要がある。

参考文献

- [一般社団法人日本動画協会 17] 一般社団法人日本動画協会:アニメ産業レポート, 2017.
- [実態調査プロジェクト委員会 15] 実態調査プロジェクト委員会:アニメーション制作者実態調査報告書 2015, 公益社団法人日本芸能実演家団体協議会, 2015.
- [北村 13] 北村真紀, 金森由博, 三谷純, 福井幸男, 鶴野玲治:リミテッドアニメ風表現のためのモーションタイミング調整法, 情報処理学会研究報告グラフィクスと CAD, Vol. 2013-CG-153, No. 24, pp. 1-6, 2013.
- [今間 11] 今間俊博, 斎藤隆文, 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, Vol. 2011-CG-144, No. 2, pp. 1-7, 2011.
- [石塚 10] 石塚真貴男:3DCG における作画アニメ調髪束先の形状変形手法に関する研究, 東京工科大学大学院, 修士論文, 2010.
- [Sakai 13] Takeyuki Sakai: Skeleton-based cartoon hair modeling using blobby model, SIGGRAPH Asia 2013 Posters, Article No.17, 2013.
- [森 16] 森拓也, 渡辺大地:作画アニメ調髪動作の自動生成, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 40, No. 11, pp. 45-48, 2016.
- [萩原 15] 萩原由加里:政岡憲三とその時代「日本アニメーションの父」の戦前と戦後, 青弓社, 2015.
- [ドワンゴ 14] 株式会社ドワンゴ:ニコニ立体ちゃん, <http://3d.nicovideo.jp/alicia/>, 2018/02/19
- [サンライズ 04] サンライズ:舞-HiME, 2004.
- [セブン・アークス 07] セブン・アークス:魔法少女リリカルなのは StrikerS, 2007.
- [ディオメディア 16] ディオメディア:劇場版 艦これ, 2016.
- [サテライト 17] サテライト:戦姫絶唱シンフォギア AXZ, 2017.