

2013年度 卒業論文

切り込み型髪ハイライトの
インタラクティブ生成に関する研究

指導教員：渡辺 大地 講師

三上 浩司 准教授

メディア学部 ゲームサイエンス ゲームイノベーション プロジェクト

学籍番号 M0110213

佐藤 佑香

2013年度 卒業論文概要

論文題目

切り込み型髪ハイライトの
インタラクティブ生成に関する研究

メディア学部

学籍番号：M0110213

氏名

佐藤 佑香

指導
教員

渡辺 大地 講師
三上 浩司 准教授

キーワード

3DCG、アニメ、ハイライト
髪、シェーダー、インタラクティブ

近年、セルアニメ調のトゥーンレンダリングなど、ノンフォトリアリスティックな画像を生成する研究が盛んである。セルアニメ調の陰影や輪郭線など、手描きの部分を表現する研究だけではなく、キャラクターの動きを3DCG上で実現する手法の提案や、コンテンツ作品に着目し3DCGで表現するなど、セルアニメ調の研究は多岐に渡る。中でも髪の表現は多く研究されている。現実に近い髪の集合や、2Dアニメ作品で描かれる髪の束を3DCG上で再現したものがある。2Dアニメ作品の髪の表現は、1本1本描くのではなく束として描く。この束を3DCGで再現すると、表面に凹凸のあるモデルになる。セルアニメ調の表現として、最も明るい部分を明度の高い色で着色するハイライトがある。このハイライトは髪に描き入れると、現実の光の反射とは違い、線や丸のような形状を持ったハイライトで描かれることが多い。本研究では、このあらかじめ決められた形状のハイライトを、キャラクターの動きやカメラの動きに合わせて、位置の移動や変化を再現する。セルアニメ調のこういったハイライトを3Dモデルで再現する場合、テクスチャに直接描く手法がよく用いられている。この手法は簡易にハイライトを表現できるが、視点方向を移動した場合、モデルの凹凸によって、ハイライトが線ではなく髪の形状に沿ったのこぎり状になる。ハイライトをシェーダーで表現する手法もあるが、この手法もテクスチャと同様、多方向からの視点で常に同じ形状を保てるわけではない。これらの手法では、複数の髪の束の上に描かれる、長い横線のハイライトを表現するには不足がある。横線のハイライトは、顔の左右の向きやカメラ方向の変化で、位置の移動や長さが伸縮する。この変化が顕著に表れる。そこで、本研究では、頭部の片側から切り込む形のハイライトの生成方法を提案する。この切り込み型のハイライトの再現では、シェーダーで描画したハイライトをバッファリングで髪モデルと合成し、リアルタイムなキャラクターの動きに対応させ、かつ多方向からの視点に対応した形状の保持を実現した。ハイライト形状の変化は、ユーザがパラメータ操作でインタラクティブに行えるようにした。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究の背景と目的	1
1.2	論文の構成	10
第2章	提案手法	11
2.1	髪の高ライトの生成	11
第3章	提案手法の検証	16
3.1	本手法を用いた結果	16
第4章	まとめ	20
4.1	髪の高ライトの生成	20
	謝辞	22
	参考文献	23

目 次

1.1	現実の髪のハイライト例 (©storia Co., Ltd.)	2
1.2	アニメのハイライト例 (©西尾維新 / 講談社・アニプレックス・シャフト)	2
1.3	目標とする切り込み型ハイライト例 (©NHK Japan Broadcasting Corporation)	3
1.4	切り込み型のハイライト上向きの例 (©NHK (Japan Broadcasting Corporation))	4
1.5	切り込み型のハイライト下向きの例 (©NHK (Japan Broadcasting Corporation))	4
1.6	横顔のハイライトが短く変化する例 (©NHK (Japan Broadcasting Corporation))	4
1.7	切り込み型の形状のハイライトを正面から映した例 (©ABC・東映アニメーション)	5
1.8	位置がばらつき形状が乱れたハイライトの例 (©ABC・東映アニメーション)	6
1.9	髪が揺れた場合の形状が乱れたハイライトの例 (©ABC・東映アニメーション)	7
1.10	トゥーンシェーディングの例 (©NBGI/PROJECT iM@S)	8
1.11	トゥーンシェーディングの例 (©2012 NEXON Korea Corporation. G THING SOFT.)	8
3.1	正面の向きにハイライトを合成した結果画像	17
3.2	上向きの顔にハイライトを合成した結果画像	18
3.3	下向きの顔にハイライトを合成した結果画像	18
3.4	横向きの顔にハイライトを合成した結果画像	18
3.5	斜め向きの顔にハイライトを合成した結果画像	19

表 目 次

3.1 実行環境	16
--------------------	----

第 1 章

はじめに

1.1 研究の背景と目的

近年、デジタルコンテンツでは3次元コンピュータグラフィクス (3DCG) を用いて手描きの絵に近い画像を生成できるノンフォトリアリスティックレンダリング (NPR) が盛んである。NPR の中でも、3DCG モデルをセルアニメ調に見せるトゥーンレンダリングがある。セルアニメでは、諧調を減らし、キャラクターの影とベースの色を分け、陰影を明らかにする表現を行っている。トゥーンレンダリングでは、手描きのアニメやイラストを3DCG でレンダリングする技術で、盛んに用いられている。

Lake ら [1] は、3D モデルを用いてセルアニメ調の輪郭線と陰影をつける手法の提案した。藤堂ら [2]、Barla ら [3] は3D モデル自体にセルアニメ調の陰影を付ける手法を提案した。藤堂らの手法では、シェーダーで人物や物体そのものに付く陰を表現し、リアルタイムに陰影を動かすことができる。Barla らは、テクスチャを使用した陰影付けの表現を実現した。

セルアニメ調の表現は、3DCG モデルを手描きに見せる表現だけでなく、キャラクター独特の動きを実現するものもある。独特な動きとは、全てのフレームの動きを描写するのではなく、動きの弾力や勢いの表現のために、一部のフレーム間の動きを意図的に描写しないことがある。Kondo ら [4] は、セルアニメ調の弾力

のある動きを、マウスなどの操作でユーザが意図的に演出ができるようなキャラクターモデルの形状制御を実現した。

こうしたセルアニメの誇張表現の1つに、光の表現がある。アニメ作品ではキャラクターの、光の反射によって明るく光るハイライトの部分を手描きで表現している。キャラクターを主線と陰影付けの線、ハイライトの線を指定する原画・動画を元に、着色の段階で1枚ずつ描き入れている。

アニメをアナログで制作していた時代から、デジタルで制作を行う現在もこれは同様に行われている [5][6][7]。現在ではデジタル彩色の次の工程である特殊効果 [8] で、グラデーションをハイライトとして入れる作品 [17][10] も増えているが、ベースとなる手描きのハイライトが大半を占めている。図 1.1 は現実の髪の毛の質感が影響した複雑な反射を示している。この図とは違い、図 1.2 は髪と目の反射部分のような曲線や、点・縦線での表現など簡易な表現が様式美化している。



図 1.1: 現実の髪の毛のハイライト例 (©storia Co., Ltd.)

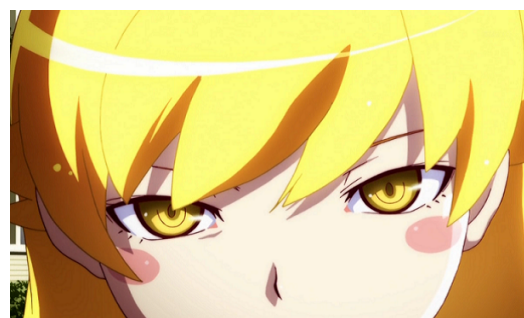


図 1.2: アニメのハイライト例 (©西尾維新 / 講談社・アニプレックス・シャフト)

アニメでのハイライトは、デザインとしてキャラクターに着色されている場合が多い。光源の変化に対して髪の毛のハイライトの入る位置が変化する状況を描いたとして、必ずしも光源方向に対してハイライトが描かれているわけではないため、手描きのハイライトは必ずしも現実に則さない表現である。

アニメ作品の髪の毛のハイライト表現には複数の種類がある。その中でも、多くの作品に使われている曲線のハイライトを図 1.3 で曲線のハイライトの例として示す。



図 1.3: 目標とする切り込み型ハイライト例 (©NHKJapan Broadcasting Corporation)

曲線のハイライトの中でも、現実のハイライトと比べ誇張的に表現しているものがあり、本研究では、そのハイライトを切り込み型ハイライトと呼称する。本研究では、切り込み型ハイライトを対象として、リアルタイム 3DCG で再現する。切り込み型ハイライトは、頭部の端から端へ切り込んだ形状をしており、ハイライトを表す線の太さが極端に細いものや、太いものがある。図 1.3 で、切り込み型ハイライトの例を示す。

また、切り込み型ハイライトは、カメラ方向によって形状が変化する。このような切り込み型のハイライトは顔とカメラ方向の上下の動きに対応して弧の向きが変わる。図 1.4 は顔が上を向いた場合のハイライトである。図 1.5 は顔が下を向いた場合のハイライトである。顔が横向き、斜め向きの場合は、正面と背後から見たハイライトと比較し線の長さが短くなるという特徴も持っている。図 1.6 で横顔のハイライトが短く変化する例を示す。



図 1.4: 切り込み型のハイライト上向きの例 ©NHK (Japan Broadcasting Corporation)

図 1.5: 切り込み型のハイライト下向きの例 ©NHK (Japan Broadcasting Corporation)



図 1.6: 横顔のハイライトが短く変化する例 ©NHK (Japan Broadcasting Corporation)

アニメ作品で髪表現は、現実と違い1本1本の髪の毛ではなく房として表現されているため、特徴的な髪の動きに合わせて、ハイライトの表現も髪の1本ではなく房や前髪など大きなまとまりに反射しているように描かれる。キャラクターの行動などの動きの他に、このような髪の動きやまとまりを表現する手法がある。杉崎ら [11][12] は房としてまとまったセルアニメ調の髪の動きをシミュレーション

し、キーフレーム間の動きを滑らかに繋ぐ手法を提案した。Nobleら [13] は、独特な髪のまとまりを 3DCG で再現する手法を提案した。

2D 作品での髪のハイライトは、目のハイライトより変化の頻度が高い。キャラクターの動きや光源の方向、演出によって、作品ごとの基本的な形状から頻繁に変化する。このような変化の他に、光源のない洞窟など、暗闇でもハイライトが常に描かれるという特徴があり、髪のハイライトはセルアニメ調の表現では欠かせない表現の一部となっている。セルアニメ調のハイライトを、スペキュラーの反射やハイライトを焼きこんで独自に表現したり、テクスチャで表現している人も少なくない [14][15][16]。

現在のコンテンツ作品では、髪のハイライトは主にテクスチャで表現している [17]。キャラクターモデルの髪のテクスチャに直接ハイライトを描きこみ [18]、常にハイライトを固定の位置で理想とする形状を簡易に表示させることができるが、視点方向が移動すると 3D モデルに貼りつけたハイライトがデザインとは異なった形状で投影される。図 1.7 のハイライトでは、視点をキャラクターモデルの顔の高さの位置に置くと切り込み型のハイライトが意図した形状として映ることを示す。



図 1.7: 切り込み型の形状のハイライトを正面から映した例 (©ABC・東映アニメーション)

しかし、別の視点からキャラクターモデルを見た場合、髪が動いているとハイライトの投影形状は乱れ、のこぎり状になる。図1.8は視点方向の変化で投影されたハイライト形状が異なった形として表示されている様子である。また、図1.9で髪が揺れた場合のハイライトの例を示す。2Dのアニメでは、この切り込み型のハイライトは顔の上下によって弧の向きが上下逆になるが、視点方向が変化しても弧の形状は曲線を保ったまま上下反転する。

この手法でハイライトの投影形状が異なる理由は、キャラクターモデルが2Dのアニメ作品のデザインを3D化しているためである。2Dのキャラクターは髪の色が房の集合でできているため、細い1本1本では起きない、房ごとの盛り上がりができしまい、歪んだように見える。



図1.8: 位置がばらつき形状が乱れたハイライトの例 (©ABC・東映アニメーション)



図 1.9: 髪が揺れた場合の形状が乱れたハイライトの例 (©ABC・東映アニメーション)

もう1つの手法として、トゥーンシェーディングで描画するものがある。トゥーンシェーディングとは、セルアニメのような陰影を濃い色で表現するシェーディングのことである。この手法を用いた場合、2Dのアニメのように髪のベースの色を活かしたハイライトを表現することが可能である。図 1.10 ではハイライトの色を髪のテクスチャに合わせて表現したトゥーンシェーディングを示す。しかし、トゥーンシェーディングは 3D モデル自体に明暗の計算を行うため、本研究で目的とする形状を考慮しないハイライトにはならない。図 1.11 では髪のメッシュに沿ったトゥーンシェーディングのハイライトを示す。



図 1.10: トゥーンシェーディングの例
(©NBGI/PROJECT iM@S)



図 1.11: トゥーンシェーディングの例
(©2012 NEXON Korea Corporation.
G THING SOFT.)

このようなハイライト形状を制御できない手法に対し、先行研究に安生ら [19] の自由な形状変化を行えるハイライトシェーダーがある。このハイライトシェーダーはキャラクターモデルのどの箇所にもユーザの自由なハイライトを、クリック&ドラッグの直感的な操作で描きこむことが可能である。ハイライトシェーダーは、リアリスティックなハイライトではなく、より 2D アニメで行われるアニメーターの意図を含んだ動きを、キーフレームで設定ができるよう作られている。本研究で目的とするハイライトをこのシェーダーで作成した場合、モデルのメッシュに沿ったハイライトになるため、形状が変形してしまう。このハイライトシェーダーは、今回目的とするモデルの形状を考慮しないハイライトに比べ、より現実に近いスペキュラ 反射を表現する手法である。

また、髪モデリング自体をなだらかな曲面にしハイライトシェーダーを当てる手法を Shin ら [20] が提案しているが、この手法では髪の凹凸が激しいキャラクターモデルには適用できず、どのようなキャラクターモデルでもハイライト形状

の改善ができるわけではない。

本研究の目的とするハイライトは、これらの手法で再現できないため、先行手法と同様にシェーダーを用いて髪のハイライトに特化させ、キャラクターモデルの髪の凹凸形状に左右されない、2D アニメの特徴を持ったハイライトを提案する。テクスチャ手法・トゥーンシェーディング・ハイライトシェーダーで対応できない線のハイライトを目標とし、現在でも多く用いられる表現の、片側から切り込む形のハイライトを生成する。この切り込み型の図1.3のハイライトは、キャラクターの頭部の端から端へ向かって描きこまれ、簡略化したハイライトの形状として多くの作品で描かれている。

このハイライトはキャラクターが、視点に向かって正面・背面方向が最も長く描かれ、横・斜めなどキャラクターが回転した場合、ハイライトが短くなるという特徴がある。横の長さが場合によっては半分ほどの長さに変化することもあり、形状の変化が顕著にわかるハイライトである。これらと、形状がアニメ作品特有の誇張的な形であることを踏まえ、このハイライトを目的のものとした。

本研究ではリアルタイム 3DCG におけるセルアニメ調のハイライトを、2D アニメ作品の手書き調に表現することを目的とする。目標の切り込み型髪ハイライトを生成するため、トゥーン調のキャラクターモデルにハイライトを当てる。このキャラクターモデルには、凹凸形状に沿わないハイライトという条件を満たすため、髪オブジェクトの表面がなだらかではないモデルを用意した。

ハイライトの再現には、視点方向の移動に対応させなければならないため、シェーダーでハイライトの形状を生成する。ハイライトは球体モデルに1度描画し、キャラクターモデルと髪テクスチャにのハイライト位置を表示させる部分にかけたマスクをスクリーン上に合成する。ハイライト形状の変化を決定する方法として、インタラクティブな操作を可能にするためパラメータを設定した。

ハイライトの動きは、アニメーターの意図を含んだ動きをするよう、目的とする形状の動きの特徴を視点方向の移動に合わせてハイライトが移動と伸縮をするよう再現をした。このハイライトの移動や伸縮の変化をするときに、シェーダー

の描画に球体モデルを用いることでなだらかな髪の実現を行うことができる。

再現したハイライトは、2D のアニメ作品のキャラクターに描き込まれた髪のハイライトの形状と、ユーザが操作する視点方向の移動による動きと動きによる形状の変化を比較して、本手法を実装したプログラムを用い、3DCG 上で 2D アニメと比較したハイライトの検証を行う。

1.2 論文の構成

本論文は全 4 章で構成する。第 2 章では 2D アニメ作品のハイライトを、3DCG 上での切り込み型ハイライトの生成について考案した提案手法を述べる。第 3 章では行った提案手法の検証と、その結果の考察を行う。最後に、第 4 章で本研究のまとめを述べる。

第 2 章

提案手法

2.1 髪の毛のハイライトの生成

本章では髪の毛のハイライトの生成を行う手法を述べる。本手法では、目的とする切り込み型髪の毛ハイライトをシェーダーで球体モデルに描画し、生成したハイライトのみの画像をキャラクターモデルの髪の毛オブジェクトと合成することで表現を行う手法である。

切り込み型ハイライトの生成には、ハイライトを描画する球体モデル・ハイライトを合成するキャラクターモデルの髪の毛オブジェクト・キャラクターモデルの髪の毛テクスチャマスク、これら 3 つの要素が必要となる。ハイライトを合成する過程ではフレームバッファを使用する。3 つの要素を合成するに当たり、各要素のレンダリング結果を CPU に一時的に保存し、スクリーン上に 3 つを合成する。

1 つ目の要素として、ユーザーがパラメータでハイライトの形状・ハイライト位置を調整した、切り込み型ハイライトを球体モデルに当てる。このハイライトはシェーダーで生成するため、照射している球体モデル上を滑らかに動くようになっている。

パラメータでは、カメラの移動に合わせたハイライトの上下移動と、頭部の左右の動きに合わせたハイライト横幅の伸縮を設定し、カメラの移動に対して形状の変化ができる。

切り込み型ハイライトは、球の表面上の各点を繋げたものをハイライト領域として判定し、ハイライト領域の塗り分けを行う。

2つ目に、作成したハイライトを当てる、キャラクターモデルの髪オブジェクトをレンダリングする。この髪オブジェクトに貼り付けられたテクスチャに、髪以外の部分へハイライトを表示させないようにするための髪テクスチャマスク画像を用意する。

3つ目の要素の髪テクスチャマスク画像は、髪テクスチャのUV展開図黒で塗りつぶし、テクスチャ部分のみを他の色で着色する。このときマスクの中で黒く塗りつぶした部分にはハイライトを表示しないため、ハイライトを表示させたくない部分を調整できる。

これらの要素をバッファリングし、合成したものをスクリーン上に表示する。この過程を行うことで髪のハイライトが生成できる。

切り込み型ハイライトのハイライト領域を求めるために、球体モデルにシェーダーを当て、ハイライトの領域を作成する。ハイライトを描画する球体モデルは、キャラクターの頭部オブジェクトと同一の座標、同一の大きさに設定してある。ハイライトの内積値を $d = A \cdot N$ とする。

キャラクターの頭上方向のベクトルを A 、球体表面の法線ベクトルを N 、ユーザー入力によって値を設定するハイライト領域の最大縦幅を e 、ハイライト領域の最大縦幅に対して倍率を計算する項を g 、 A 方向にハイライト領域の位置を移動するための項を f としたとき、球体表面の各点においてハイライト領域であると判定するための条件を式 (2.1) に示す。

$$-\frac{eg}{2} + f < A \cdot N < \frac{eg}{2} + f \quad (2.1)$$

つぎに、 A 方向にハイライト領域の位置を移動するための項 f を求める。実際のアニメ作品において、髪のどの位置にハイライト領域を描画するかは作品やキャラクターごとに異なるため、本研究ではユーザーがハイライト領域の位置を調整

できるパラメータを用いる。また、切り込み型ハイライトは、カメラに映るキャラクターの向きによって、その領域の位置が上下に移動する特徴を持つ。本研究では、キャラクターとカメラの向きによるハイライト位置の変動を再現する。また、ユーザーが意図しない変形・ハイライト領域位置の上下の移動を防ぐために、ハイライト位置に上限と下限を設ける。

ユーザー入力によるハイライト領域の位置調整パラメータを h 、キャラクターとカメラの向きによる変動を計算する項を k 、ハイライト位置の上限パラメータを i 、下限パラメータを j としたとき、 f を式 (2.2) に示す。

$$f = \max(\min(h + k, i), j) \quad (2.2)$$

キャラクターとカメラの向きによる変動を計算する項 k を求める。まず、キャラクターの正面方向ベクトルを B 、カメラの頭上方向のベクトルを C としたとき、 B を C に正射影したベクトル D を求める。 D を式 (2.3) に示す。

$$D = \frac{B \cdot C}{|C|^2} C \quad (2.3)$$

$Y = (0, 1, 0)$ としたとき、式 (2.4) によって求めた D を用いて、 k を式 (2.4) に示す。

$$k = D \cdot Y \quad (2.4)$$

切り込み型ハイライトは、カメラに映ったキャラクター側頭部の端から端に縦幅が先細る切り込み形状をしている。本研究では、ユーザーが設定したハイライト領域の最大縦幅に対して、カメラに映ったキャラクター側頭部の端から端の方向に向かって、値が連続的に変化する倍率 g をかけることで、最大幅から側頭部に向かって先細る、切り込み型ハイライトの形状を表現する。また、切り込み型ハイライトの横幅は、キャラクターとカメラの向きによって伸縮する。

切り込み形状を計算する項を l 、切り込み型ハイライトの横幅を計算する項を m 、ユーザーが切り込む位置を調整するためのパラメータを n としたとき、ハイライト領域の縦幅倍率 g を式 (2.5) に示す。

$$g = \min(l - m - n, 1) \quad (2.5)$$

切り込み形状を計算する項 l について求める。まず、カメラの位置を O 、キャラクターの位置を P 、カメラからキャラクターに向かう方向ベクトルを $E = \frac{P - O}{|P - O|}$ としたとき、カメラからキャラクターに向かう方向ベクトル E とキャラクターの頭上方向 A の外積 F を式 (2.6) に示す。

$$F = E \times A \quad (2.6)$$

つぎに、式 (2.6) で求めた F と、球の法線ベクトル N から、切り込み形状を計算する項 l を式 (2.7) に示す。

$$l = \frac{F \cdot N + 1}{2} \quad (2.7)$$

切り込み型ハイライトの横幅を計算する項 m を求める。まず、キャラクターの頭上方向ベクトル A 、正面方向ベクトル B からキャラクターの側面方向ベクトル $G = A \times B$ を求める。カメラの正面方向ベクトルを H としたとき、 H を B に正射影したベクトル I と、 H を G に正射影したベクトル J を計算し、 I と J の合成ベクトル K を求める。 K を式 (2.8) に示す。

$$K = \frac{H \cdot B}{|B|^2} B + \frac{H \cdot G}{|G|^2} G \quad (2.8)$$

ユーザー入力によるハイライト領域の横幅調整パラメータを r としたとき、キャラクターの正面方向ベクトル B と、式 (2.8) で求めた K から、切り込み型ハイライトの横幅を計算する項 m を式 (2.9) に示す。

$$m = \min\left(\frac{\mathbf{K}}{|\mathbf{K}|} \cdot \mathbf{B} + 1, 1 - r\right) \quad (2.9)$$

第 3 章

提案手法の検証

3.1 本手法を用いた結果

この章では、第 2 章で述べた生成手法から実際にハイライトをキャラクターモデルに当て検証を行う。本手法の検証を行うために使用した環境は次の表 3.1 の通りである。

表 3.1: 実行環境

OS	Windows7
CPU	AMD Phenom (tm) II X6 1090T 3.20 GHz
GPU	GeForce GTX 470

アニメーターの意図を含んだハイライトを目的としているため、2D のアニメ作品のキャラクターに描き込まれた髪の毛のハイライトの形状と、ユーザが操作する視点方向の移動による動きと動きによる形状の変化を比較して、本手法の検証を行う。

ハイライトを生成するためにユーザが操作可能なパラメータは複数ある。ハイライトを描画する球体モデルの大きさと座標位置が変更でき、キャラクターモデルの頭部の形状に合った位置を調整できる。生成したハイライトは、頭部の上下の高さ・ハイライトの縦幅・ハイライトの横の長さで形状を変化させることができる。形状を決定させ、視点方向が移動した場合ハイライトも追従し移動するため、上下の視点移動を行った場合の、ハイライトの位置の上限下限を制限するこ

とができる。横の視点移動ではハイライトの伸縮を調整できる。また、現在のアニメ作品のハイライトは、白色で着色するのではなく、髪の色に似た半透明のハイライトが多いため、ハイライトの色をカラーサークルで調整できる。

このパラメータで調整を行い、目的としていたハイライト形状の、頭の片側から伸びる切り込み型のハイライトを生成した。この形状は、キャラクターの顔が正面と背面を向いている状態で横幅が髪の端から端まで届く最も長いサイズになる。パラメータはハイライト位置の高さと縦幅、横の長さを調整した。図 3.1 は正面の向きの顔に合成したハイライトを映した例である。正面と背面のキャラクターの向きに顔の上下の動きが加わると、切り込み型のハイライトが弓形になり、弧の上下の向きが反転する。この上下の動きをさせたま目的の形状を保つために、ハイライトの上限下限移動を制限した。図 3.2 は上向きの顔に顔に合成したハイライトを映した例である。図 3.3 は下向きの顔に合成したハイライトを映した例である。この反転の動きに合わせ、ハイライトの位置が視点に追従し上下する。図 3.4 では、斜めと横方向の顔の向きでハイライトが短くなる特徴を示している。パラメータでは横幅の伸縮を設定した。



図 3.1: 正面の向きにハイライトを合成した結果画像



図 3.2: 上向きの顔にハイライトを合成した結果画像



図 3.3: 下向きの顔にハイライトを合成した結果画像



図 3.4: 横向きの顔にハイライトを合成した結果画像



図 3.5: 斜め向きの顔にハイライトを合成した結果画像

テクスチャ手法やトゥーンシェーディング、ハイライトシェーダーによるハイライト表現と比較し、多方向からの視点の動きに対応した、モデルのメッシュの凹凸形状に影響を受けないリアルタイムなハイライトのインタラクティブ生成を実現できた。

第 4 章

まとめ

4.1 髪の高ライトの生成

本研究では、3DCG 上でセルアニメ調の髪の高ライトを生成するための手法を提案した。2D のアニメ作品では、日光の下で高ライトは自由に形状が変化し、向きの反転などが頻繁に起きる。更に暗闇など、光源の無い場所でも高ライトが描かれている。2D アニメ作品の高ライトは、現実の高ライトのように常に光源の方向に当たっているわけではなく、キャラクターの向きでその形状や長さが変化するため、独自の規則のようなものがある。そのため光源方向は考慮せず、視点方向に常に高ライトを生成することにした。

2D の髪の高ライトのように、滑らかな曲面に当たっているように映る高ライトを表現するために、球体モデルに高ライトを当て合成した。シェーダーで生成した高ライト部分と、キャラクターモデルの髪オブジェクト、髪マスクを 3 つ合成することで、キャラクターモデルの移動や動きに同期させ、リアルタイムに高ライトを生成した。これにより 2D 作品を 3DCG 上で表現することが可能となった。パラメータの設定により、高ライトの色や球体モデル側の大きさとその位置の制御、高ライトの基準線の移動など行えるようにしたため、他のキャラクターモデルを用いてもこの高ライトを生成することを可能にさせた。また、この初期設定を行うことで、アニメーターの意図する高ライトの動きの特徴を、インタラクティブに再現できる。

しかし、このハイライトは複数種類の中での1種であり、その他の多くのハイライト表現に対応できるわけではない。よりアニメ作品のようなハイライトの、多くの形状の種類に対応できれば、2D アニメ作品に近付いた表現ができるようになるだろう。

謝辞

研究テーマの決定や、提案手法とその実装をするにあたり多くの指導をいただいた渡辺大地先生と三上浩司先生に心から感謝いたします。提案手法で悩み、実装という壁に当たったとき、多忙な中基礎から指導をしていただいた院生の方々に深く感謝します。行き詰ったときにアドバイスをもらった研究室のメンバーにも心から感謝します。皆様本当にありがとうございました。

参考文献

- [1] Lake A, Marshall C, Harris M, Blackstein, Stylized rendering techniques for scalable real-time 3D animation. Proceedings of Non-Photorealistic Animation and Rendering2000,13 - 20.
- [2] Hideki Todo, Ken-ichi Anjyo, William Baxter, Takeo Igarashi,Locally Controllable Stylized Shading, ACM Transactions on Graphics Volume 26, Issue 3, Article No.17 (SIGGRAPH2007), 2007.8
- [3] An extended toon shader, Pascal Barla; Joelle Thollot; Lee Markosian, X-Toon, International Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering (NPAR), 2006
- [4] Ryo Kondo, Takashi Kanai, Kenichi Anjo, DirectableAnimationofElasticObjects, ACM SIGGRAPHSymposium on Computer Animation (2005).
- [5] 京都アニメーション, 「京都アニメーション版 作画の手引き」, 京アニ出版部, 2010.
- [6] 京都アニメーション, 「京都アニメーション版 仕上げ・撮影の手引き」, 京アニ出版部, 2010.
- [7] アニメ人材育成・教育プログラム委員会, 「アニメの教科書」, アニメ人材育成・教育プログラム委員会, 2008.

- [8] 渡辺英雄, 日本の商業アニメーション制作に於けるデジタル化に関する研究, Memories of shonan institute of technology vol 47, No.1 ,2012.
- [9] 誠文堂新光社, 「アニメーションノート no.08 アニメーションのメイキングマガジン」, アニメーションノート編集部 編, 2007.
- [10] 4Gamer.net, いま , デジタルで生きていくということ, <<http://www.4gamer.net/games/000/G000000/20121009072/>>.
- [11] Eiji Sugisaki and Yizhou Yu, Simulation-based cartoon hair animation, In 13th International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision WSCG '05.
- [12] Eiji sugisaki, Computer-Assisted Animation Creation Techniques for Hair Animation and Shade, Highlight, and Shadow .Waseda University 2010.
- [13] P Noble, W Tang, Modelling and Animating Cartoon Hair with NURBS Surfaces, Proc. CG International 2004, pp. 60 - 67.
- [14] D-Creation, 反射, <<http://d-creation.sblo.jp/archives/200609-1.html>>.
- [15] Moch のごった煮 ~ Blog, つかさモデリング 天使の輪, <<http://mochmoch.blog88.fc2.com/blog-entry-75.html>>.
- [16] M M D プリキュア, 髪の毛のハイライトについて, <<http://blog.livedoor.jp/hutariwap/archives/4084302.html>>.
- [17] ワークスコーポレーション, 「CGWORLD vol.166」, ワークスコーポレーション書籍編集部, 2012.
- [18] ワークスコーポレーション, 「アニメーショングラフィックス 2013 CG-WORLD 特別編集版」, ワークスコーポレーション書籍編集部, 2012.

- [19] Ken-ichi Anjo, William Baxter, Shuhei Wemler, Tweakable Light and Shade for Cartoon Animation, Proceedings of the 4th international symposium on Non-photorealistic animation and rendering, 2006.
- [20] Shin J, Haller M, Mukundan R, A stylized cartoon hair renderer. Hollywood, CA, ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE '06), 14-16 Jun 2006.