

2018 年度 卒 業 論 文

キャラクターイラストの線画に対する
陰影の自動生成に関する研究

指導教員：渡辺 大地 准教授

メディア学部 ゲームサイエンス プロジェクト

学籍番号 M0115001

青木 明優花

2018 年 9 月

2018年度 卒業論文概要

論文題目

キャラクターイラストの線画に対する
陰影の自動生成に関する研究

メディア学部

学籍番号：M0115001

氏名

青木 明優花

指導
教員

渡辺 大地 准教授

キーワード

イラスト、陰影、キャラクタ、
テクスチャマッピング、レイヤー

近年、コンピュータを用いてイラストを描く人が増加しており、ツールの機能向上と描画手法の発展からクオリティの高いイラストを仕上げることができるようになった。イラストのクオリティを上げる重要なポイントはいくつかあるが、そのポイント1つに陰影があげられる。陰影付けの作業には慣れが必要であり、仮に作業に慣れたとしても作業時間や負荷が大きいという問題がある。また、陰影の形状やイラスト全体のバランスによって描き直しを必要とする反復作業も多い。グラフィックソフトには陰影色の自動調整機能や、デッサン人形を表示する補助機能があるが、陰影付けを行う機能はない。

陰影付けの方法に3Dモデルを使った手法があるが、3Dモデルの作成には非常に手間がかかる。1枚のイラストに対する陰影は物理的な厳密性よりも、イラスト全体の印象によって位置や形状が変わる。3Dモデルの使用ではユーザの望む陰影の形状にならない場合がある。

本研究では、イラストへの陰影付け作業の支援を目的とし、イラスト画を直接用いた陰影付けの手法の提案をする。イラストの中でもキャラクタに対する陰影付けに着目した。

手法の概要としては、イラスト画から首の形状の簡易モデルを作成し、それに対して陰影を描いたテクスチャを描画する。そしてカメラの方向から見える陰影の部分を抽出する。抽出した陰影をグラフィックソフトを用いて、イラストに合成するという手法である。結果、イラスト画を元にして陰影を生成することができ、キャラクタの3Dモデルの作成の必要がない汎用性の高い、イラストに対する陰影生成ツールの実現の可能性を示せた。しかし、陰影を抽出した後イラストに合成する作業に手間がかかることや、顔を傾けている場合に本手法では対応できていない問題があった。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景	1
1.2	論文構成	3
第2章	陰影について	4
2.1	陰影の付き方	4
2.2	塗り方による陰影の違い	7
2.3	首の陰影について	8
2.3.1	陰影の表現の違い	9
2.3.2	首の形状による分類	10
第3章	提案手法	12
3.1	手法の概要	12
3.2	陰影描画用モデルの生成	12
3.3	陰影テクスチャの描画	15
3.4	陰影部分の抽出	17
3.5	線画への陰影合成	18
第4章	検証と考察	20
4.1	検証	20
4.2	考察	25
第5章	まとめ	26
	謝辞	27
	参考文献	28

目 次

2.1	球体の陰影の付き方 (左上)	5
2.2	球体の陰影の付き方 (右上)	5
2.3	球体の陰影の付き方 (上)	6
2.4	陰影とハイライト	6
2.5	明暗境界線	7
2.6	反射光	7
2.7	首の陰影 (1 カゲ)	9
2.8	首の陰影 (2 カゲ)	9
2.9	首の陰影 (3 カゲ)	9
2.10	カゲあり線画	10
2.11	カゲあり線画 (1 影)	10
2.12	男女の首の違い	10
2.13	年齢による首の違い	11
2.14	描き方による首の違い	11
3.1	首の陰影描画用モデルの例 1	13
3.2	首の陰影描画用モデルの例 2	13
3.3	テクスチャ画像の例	14
3.4	テクスチャ画像にメッシュの各頂点を対応付けた結果	14
3.5	描画した首の陰影描画用モデル	15
3.6	陰影テクスチャ画像	15
3.7	陰影テクスチャを描画したもの	16
3.8	作成した陰影テクスチャ画像	17
3.9	テクスチャ画像に対応する光源の位置	17
3.10	陰影部分を抽出したもの	18
3.11	線画	18

3.12 陰影を合成する過程	18
3.13 陰影合成結果	19
4.1 線画画像 1	20
4.2 線画画像 2	20
4.3 線画画像 1 の首	21
4.4 線画画像 2 の首	21
4.5 陰影描画モデルの結果 (正面)	21
4.6 陰影を合成したイラスト (正面)	21
4.7 陰影描画モデルの結果 (右)	22
4.8 陰影を合成したイラスト (右)	22
4.9 陰影描画モデルの結果 (左)	22
4.10 陰影を合成したイラスト (左)	22
4.11 陰影描画モデルの結果 (正面上)	23
4.12 陰影を合成したイラスト (正面上)	23
4.13 陰影描画モデルの結果 (正面下)	23
4.14 陰影を合成したイラスト (正面下)	23
4.15 陰影描画モデルの結果 2(正面)	24
4.16 陰影を合成したイラスト 2(正面)	24
4.17 陰影描画モデルの結果 2(左)	24
4.18 陰影を合成したイラスト 2(左)	24
4.19 陰影描画モデルの結果 2(正面下)	24
4.20 陰影を合成したイラスト 2(正面下)	24

第 1 章

はじめに

1.1 研究背景

近年、無料でイラストの投稿や公開をし、評価やコメントを交換できる pixiv(ピクシブ)[1] や TINAMI(チナミ)[2]、ニコニコ静画 [3] 等のイラスト投稿系 SNS が増え、さまざまな人がイラストの公開を簡単にできるようになった。イラストを描くときにコンピュータを用いる人も増加しており、ツールの機能向上と描画手法の発展からクオリティの高いイラストを仕上げられるようになった。グラフィックソフトには、有料ソフトの CLIP STUDIO PAINT[4]、PhotoshopCC[5]、ペイントツール SAI[6]、無料ソフトでは MediBang Paint Pro[7]、FireAlpaca[8] 等がある。これらのグラフィックソフトには現在さまざまなツールがある。ペンやブラシ、グラデーションのカスタマイズや、ベクターレイヤーを使用した線の太さや変形や、色調調整などが出来る。ツールについての研究は多く行われており、岡ら [9] は陰影付けを行うグラデーションの効率的な生成手法を提案している。ラフスケッチを線画に自動変換するツール [10] や、動物の毛並みを簡単に表現できるツール [11] などの研究もある。またイラスト制作に適した合成 [12] や変形 [13]、補完 [14] についての研究も行われている。

イラストのクオリティを上げる重要なポイントはいくつかあるが、そのポイントの一つに陰影

があげられる。陰影付けの作業には慣れが必要であり、仮に作業に慣れたとしても作業時間や負荷が大きいという問題があげられる。また、陰影の形状やイラスト全体のバランスによって描き直しを必要とする反復作業も多い。グラフィックソフトには陰影色の自動調整機能や、デッサン人形を表示する補助機能があるが、陰影付けを行う機能はない。

陰影付けの方法には、3D モデルを使った手法がある。コンピュータグラフィックスを用いた表現として、絵画やイラストなどの表現に近い画像を生成するノンフォトリアリスティックレンダリング [15][16][17] がある。このノンフォトリアリスティックレンダリングの中で、よく見かける手法であるトゥーンレンダリングにより、3D モデルを 2D のイラスト風にレンダリングする。そのレンダリング結果をイラストに合成するという手法で、セルアニメーションの作成等で使われている。しかし、3D モデルの作成には非常に手間がかかるため、人物等のキャラクターは簡単なモデルで影付けの補助に使用されることが多い。小野ら [18] や吉田ら [19] はセルアニメーションから 3D モデルを容易に生成する方法を提案しているが、今回対象とするイラスト 1 枚に対する陰影付けでは、3D モデルを生成するメリットはあまりない。また、1 枚のイラストに対する陰影は物理的な厳密性よりも、イラスト全体の印象によって位置や形状が変わる。キャラクターの 3D モデルの使用ではユーザの望む陰影の形状にならない場合がある。

そこで本研究では、キャラクターイラストへの陰影付け作業の支援を目的とし、イラスト画を直接用いた陰影付けの手法の提案をする。イラストの中でもキャラクターに対する陰影付けに着目した。手法の概要としては、イラスト画から首の形状の簡易モデルを作成し、それに対して陰影を描いたテクスチャを描画する。そしてカメラの方向から見える陰影の部分を抽出する。抽出した陰影をグラフィックソフトを用いて、イラストに合成するという手法である。提案手法で、イラスト画を元にして陰影を生成することができた。しかし、陰影を抽出した後にイラストに合成する作業に手間がかかることや、顔を傾けている場合に本手法では対応できていない問題を確認した。

1.2 論文構成

本論文は全 5 章で構成する。第 2 章では陰影について説明を行う。第 3 章では本研究の手法を説明する。第 4 章では検証と考察を行う。第 5 章で本研究の成果と意義をまとめ、今後の展望について述べる。

第 2 章

陰影について

本章では、陰影について説明する。2.1 節では陰影がどのように付くかを述べる。2.2 節ではイラストではどのように陰影が描かれるのかについて述べる。2.3 節では首に出来る陰影の分析について述べる。

2.1 陰影の付き方

図 2.1 は左上に光源あるときの球体の様子をイラストで示したものである。左上に光源がある場合、図 2.1 のように球体には陰影 (カゲ) ができる。図 2.2 は右上に図 2.3 は上に光源がある場合の球体の陰影である。このように光源の位置によって陰影の付き方が違う。陰影は 2 種類あり、物体自体にできるシェードと、物体が落とすシャドウがある。また、光源の反射により光る部分をハイライトという。光源の位置によって陰影やハイライトの付き方は変化する。図 2.4 はシェードとシャドウ、ハイライトを示したものである。イラストでは図 2.4 のようにはっきりと明暗を分ける塗り方や、現実に近い緩やかに変化していく塗り方がある。暗部と明部の境目を明暗境界線といい、この境界を越えるとシェードになる。明暗境界線は物体の形や見る位置によって形状が変化し、やわらかな光源になると境界も曖昧で緩やかになる。図 2.5 は明暗境界線を示したも

のである。光が床や壁、物体等に反射した光を反射光といい、反射光が当たる部分は明部より暗くなる。図 2.6 は反射光を反映したものである。反射光が当たることでシェードの形は変化する。このように陰影は光源の強さや位置、反射光によって変化する。

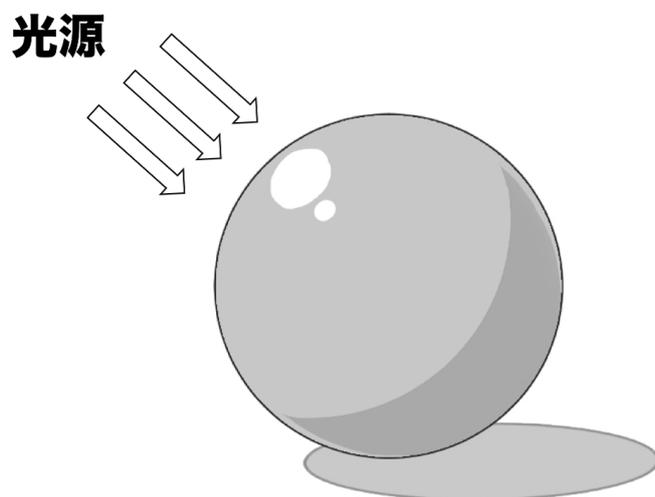


図 2.1 球体の陰影の付き方 (左上)

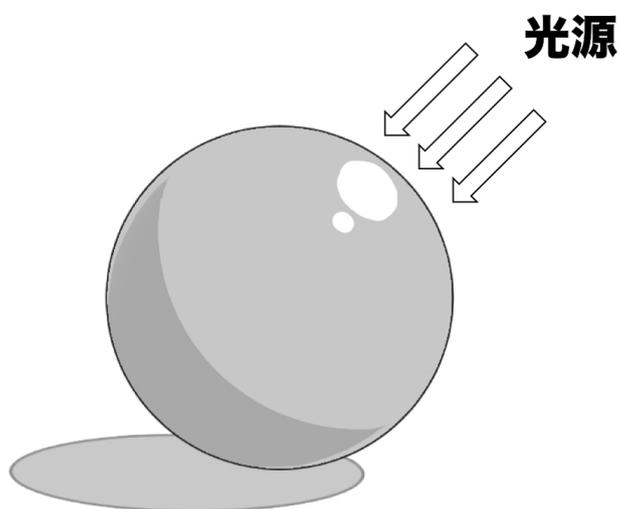


図 2.2 球体の陰影の付き方 (右上)

光源

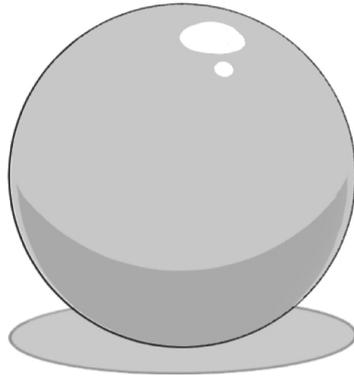
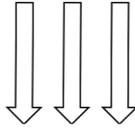


図 2.3 球体の陰影の付き方 (上)

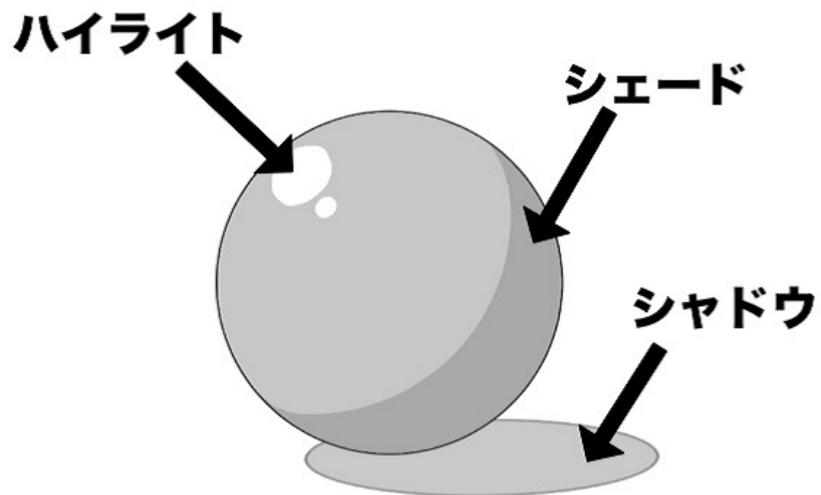


図 2.4 陰影とハイライト

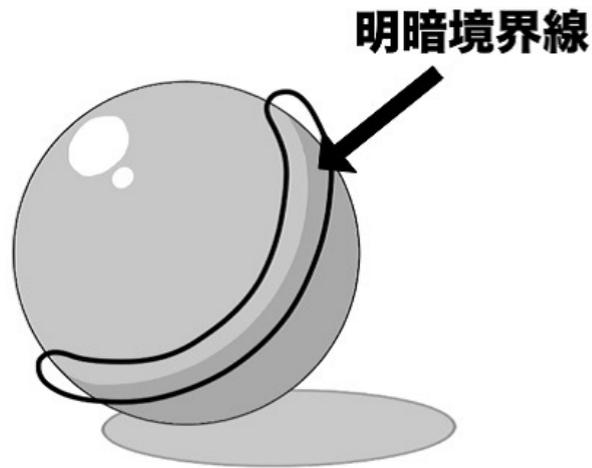


図 2.5 明暗境界線

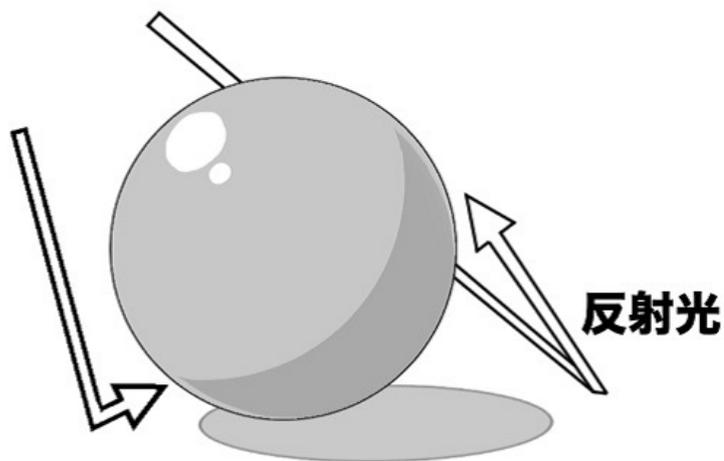


図 2.6 反射光

2.2 塗り方による陰影の違い

2.1 節で説明したように、陰影は光源の強さや位置、反射光によって形や濃さが変化する。イラストにおける陰影では、イラストの塗り方によっても変化する。アニメ塗りや水彩塗り、厚塗り、ブラシ塗り、ギャルゲ塗りなど、グラフィックスソフトを使用したさまざまな塗り方があり、こ

れらを混合した塗り方もある。グラフィックソフトでイラストを描く際には、レイヤーという機能がよく使用される。セル画のようにレイヤーは1枚1枚の階層のようになっており、それらを重ねることで1枚のイラストにすることができる機能である。一般的にイラストの塗りは、ベースカラー(配色)、ハイライト、陰影(1カゲ)でレイヤー構成されている[20]。ハイライトと陰影は、色の濃さを2、3段階まで細かく描かれることもある。また、これにオーバーレイなどのレイヤーが追加されることもある。塗られる陰影の1段階目の濃さを1カゲ、1カゲより濃い2段階目の濃さを2カゲ、2カゲより濃い3段階目の濃さを3カゲと本研究では呼称する。ハイライトと陰影の段階の組み合わせと、グラフィックソフトで使えるツールであるグラデーションやぼかし、エアブラシなどを組み合わせることで、さまざまな塗り方となる。

本研究では、キャラクターの線画に対して色を塗る過程での陰影付けの補助を目的とするため、アニメ塗りや水彩塗りなどの、キャラクターの線画に対して色を付ける塗り方を対象とする。

2.3 首の陰影について

首に対する陰影の表現を調査した。約400枚のイラストに対して、分析と分類を行った。

2.3.1 陰影の表現の違い



図 2.7 首の陰影 (1 カゲ)



図 2.8 首の陰影 (2 カゲ)



図 2.9 首の陰影 (3 カゲ)

図 2.7、図 2.8、図 2.9 はキャラクターの首の陰影を示したものである。まず、1 カゲ、2 カゲ、3 カゲで分類することができた。図 2.7 は首に対して頭部から落ちている 1 カゲのみであるが、図 2.8、図 2.9 は顔に近く暗くなる部分を 2 カゲ、3 カゲとして塗っている。また、図 2.7、図 2.8、図 2.9 のように 1 カゲ、2 カゲ、3 カゲの境がはっきりしているものと、3 カゲから 2 カゲ、2 カゲから 1 カゲ、1 カゲからベースカラーにグラデーションしているものでも、分類することができた。



図 2.10 カゲあり線画



図 2.11 カゲあり線画 (1 影)

図 2.10 は線画で影を表現しているものである。図 2.10 のように、線画の時点で最も暗い部分が線と同じ色で塗られている場合もある。図 2.11 は図 2.10 に対して 1 カゲを入れたものである。線画の時点で影が付けられている場合があることを考慮する必要がある。

2.3.2 首の形状による分類

男性と女性の首の形状の違いや、肉付きによる形状の違いがある。

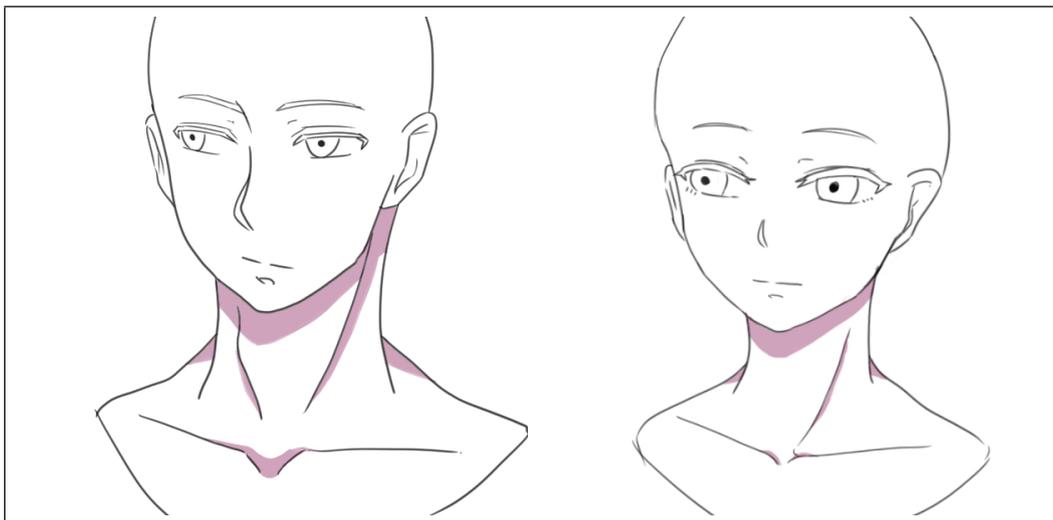


図 2.12 男女の首の違い

図 2.12 は男女の首の違いによる陰影の付き方の違いを示したものである。男性は喉仏や首筋の立体感を出す胸骨舌骨筋の線が描かれ、陰影の付く場所が違う。

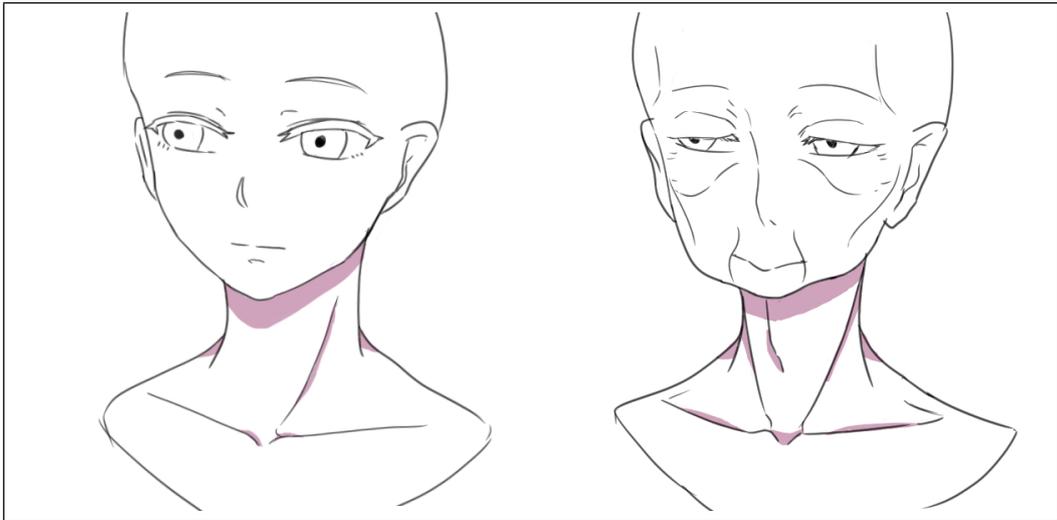


図 2.13 年齢による首の違い

図 2.13 は年齢の違いによる陰影の付き方の違いを示したものである。年を取ると肉が落ちていくので、骨が浮き上がる。

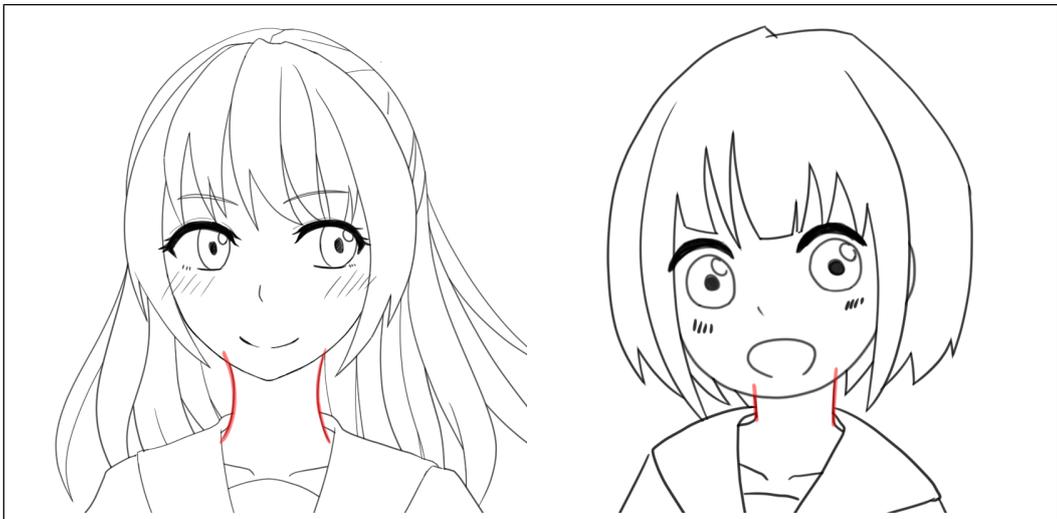


図 2.14 描き方による首の違い

図 2.14 はキャラクターの描き方による首の形状の違いを示したものである。赤い色の部分が首の形状である。正面から見ても首の形状はイラストによって違う。

男女や年齢、描き方によって首の形状が変わるため、陰影の形状も変化する。

第 3 章

提案手法

本章では、光源の位置によって変化する陰影を生成し、イラストに合成する手法について述べる。3.1 節では手法の概要を述べ、3.2 節では陰影の描画に使用するモデル生成の手法を述べる。3.3 節では陰影テクスチャの描画についてを述べ、3.4 節では陰影の抽出について述べる。3.5 節では、抽出した陰影とイラストの合成について述べる。

3.1 手法の概要

本研究では、C++ と FK[21] を用いて首の簡易モデルを作成し、それに対して陰影が描かれたテクスチャを貼り付ける。陰影が描かれたテクスチャをいくつかの光源の方向分用意し、選択できるプログラムを作成する。

3.2 陰影描画用モデルの生成

陰影が付く場所を計算するために、陰影を描画するモデルを生成する。図 3.1 は、首の陰影描画用モデルである。モデルは複数枚の 3 角形テクスチャを組み合わせ作成する。首の陰影を示すのに首の形状に合わせたモデルが必要なため、3 角形テクスチャを組み合わせ円柱を生成する。作成

したものが図 3.2 である。図 3.2 のように、メッシュの各頂点の 3 次元空間の位置ベクトルを移動することで、円柱から変形を可能とし、イラストの首の形状に合わせたモデルの生成を実現する。図 3.3 はテクスチャ画像に対し、メッシュの各頂点の位置を対応付けた例である。メッシュの各頂点とテクスチャ画像を対応付けた結果のモデルが、図 3.4 である。図 3.5 は実際に描画した首の陰影描画用モデルである。

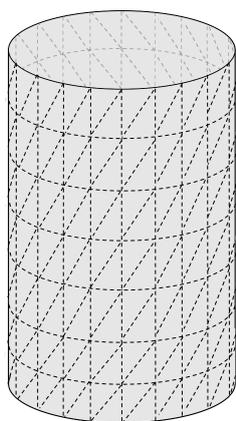


図 3.1 首の陰影描画用モデルの例 1

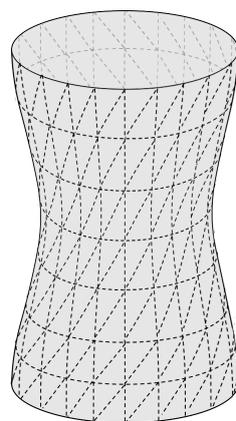


図 3.2 首の陰影描画用モデルの例 2

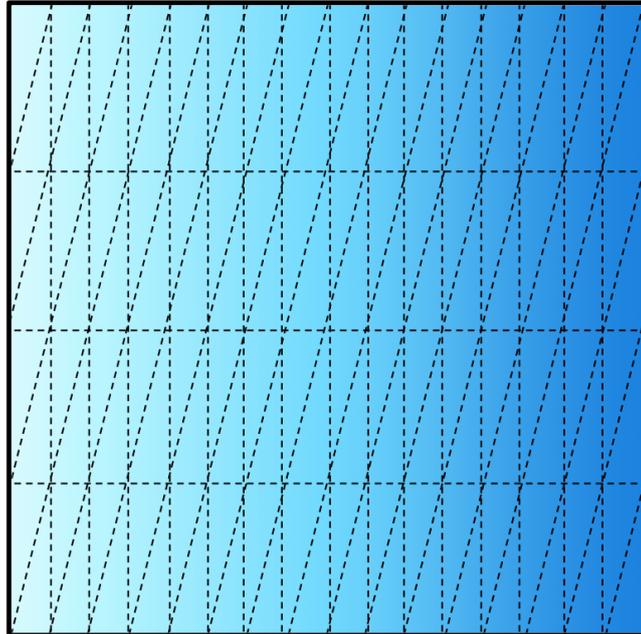


図 3.3 テクスチャ画像の例

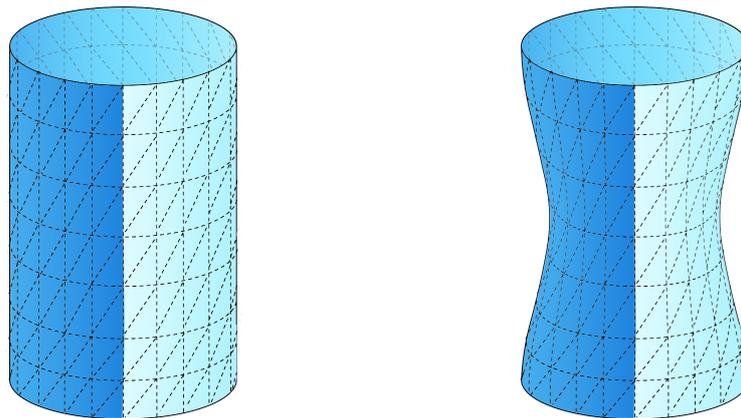


図 3.4 テクスチャ画像にメッシュの各頂点を対応付けた結果

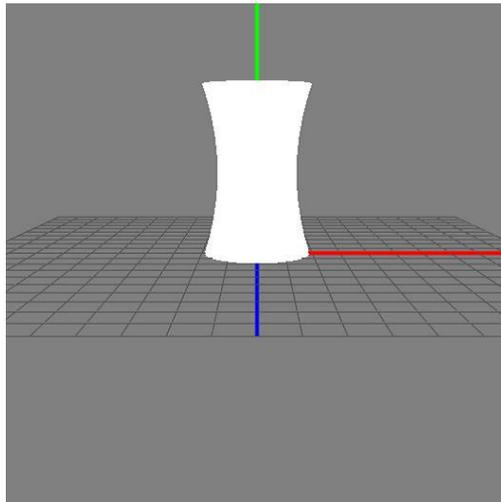


図 3.5 描画した首の陰影描画用モデル

3.3 陰影テクスチャの描画

まず、陰影テクスチャ画像を用意する。図 3.6 は陰影テクスチャの例で、キャラクターから見て正面の位置に光源を置いた時の陰影の形となっている。紫色の部分が陰影部分である。白色の部分は透過度を表す数値である α 値が 0 の透明部分である。

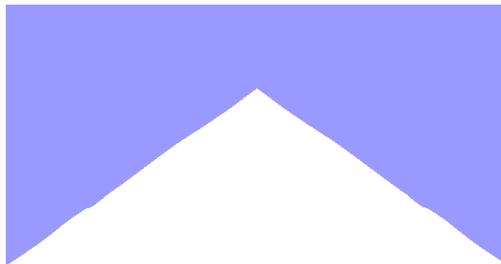


図 3.6 陰影テクスチャ画像

図 3.6 に対してメッシュの各頂点の位置を対応付け、図 3.5 で生成したモデルに図 3.6 のモデルを追加する。それを描画したものを図 3.7 に示す。

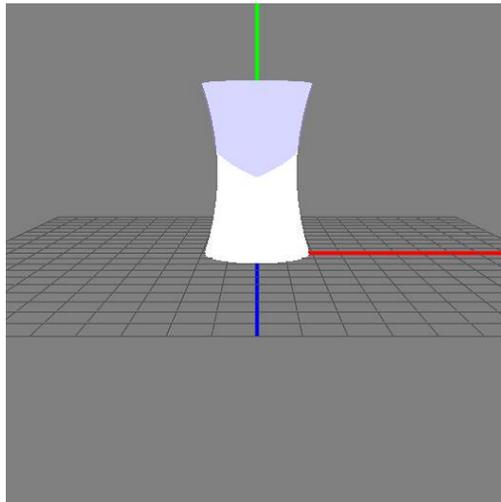


図 3.7 陰影テクスチャを描画したもの

陰影の濃さは光源の強さによって変化する。陰影の濃さは陰影テクスチャの α 値を変更する方法を使用する。これにより陰影の濃さを調整することが可能となる。図 3.5 のテクスチャを肌色にすることで、陰影が実際にイラストではどのような色となるのか確かめつつ、 α 値を変更することができる。

陰影テクスチャ画像はイラスト解体新書 [22] のライティングを参考にし、陰影テクスチャ画像を作成する。図 3.8 は作成したテクスチャ画像である。図 3.9 はテクスチャ画像それぞれの光源の位置を示したものである。

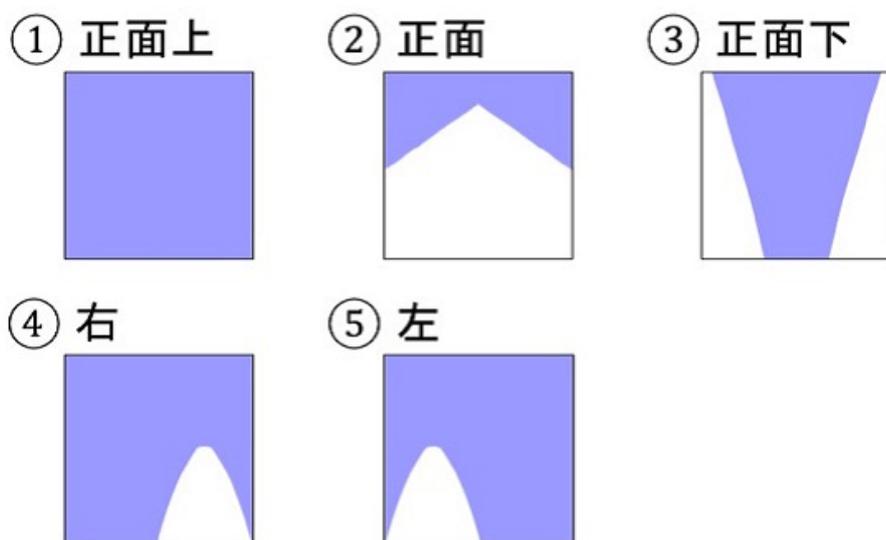


図 3.8 作成した陰影テクスチャ画像

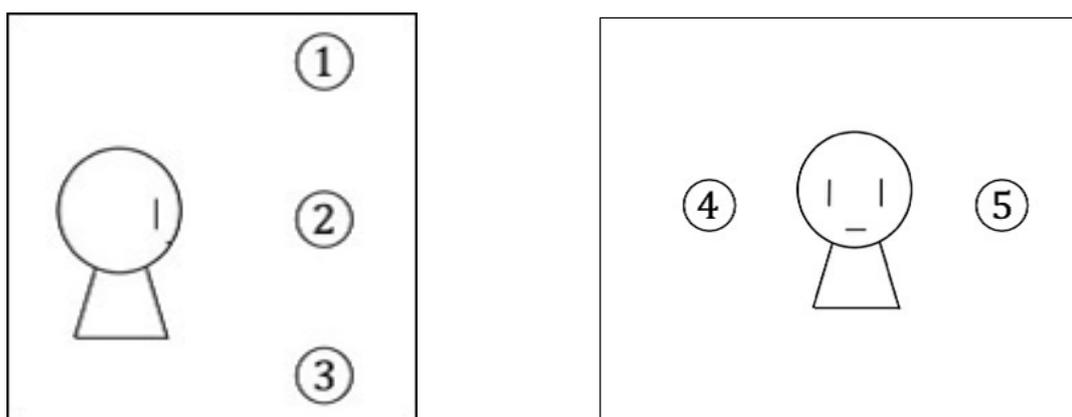


図 3.9 テクスチャ画像に対応する光源の位置

3.4 陰影部分の抽出

陰影描画用モデルに反映した陰影テクスチャの内、カメラに映っている陰影部分のみを抽出する。図 3.10 は図 3.7 から陰影部分のみを抽出したものである。



図 3.10 陰影部分を抽出したもの

3.5 線画への陰影合成

抽出した陰影を保存した画像を、実際にイラストに合成する。グラフィックソフトにあるクリッピング機能を使用し、首に対して陰影の合成を行う。また、陰影の大きさなどの微調整もグラフィックソフトで行う。クリッピングとは、画像の1部を切り取ることである。グラフィックソフトのクリッピング機能は、レイヤーにクリッピングマスクを設定することで使用できる。クリッピング状態のレイヤーは、1つ下のレイヤーの描画範囲を参照し、表示する領域を制限する機能である。本研究では、グラフィックソフトの CLIP STUDIO PAINT を使用する。



図 3.11 線画



図 3.12 陰影を合成する過程



図 3.13 陰影合成結果

図 3.11 は線画状態のイラストである。図 3.11 に対して、抽出した陰影を重ねたものが図 3.12 である。この陰影レイヤーを首の範囲を塗ったレイヤーにクリッピングされたものが図 3.13 である。このようにクリッピング機能を使用し、陰影をイラストに合成することができる。

第 4 章

検証と考察

本章では、作成した陰影テクスチャ画像それぞれでどのような結果が出力できたかを検証し、それについての考察を述べる。

4.1 検証

図 4.1、図 4.2 は線画のイラストである。図 4.3 と図 4.4 は、首の形状が違う。図 4.3 は首の輪郭が湾曲しており、図 4.4 は、直線である。図 4.3、図 4.4 は、図 4.1、図 4.2 の首元を拡大したものである。



図 4.1 線画画像 1



図 4.2 線画画像 2



図 4.3 線画画像 1 の首



図 4.4 線画画像 2 の首

これに対して、陰影テクスチャ画像ごとに結果がどのようになったかを示していく。まずキャラクターの顔の正面の方向に光源がある場合の陰影テクスチャの結果を図 4.5、図 4.6 に示す。

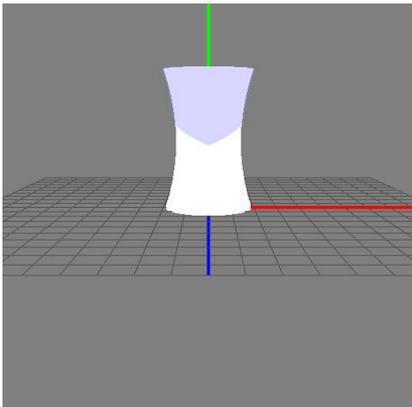


図 4.5 陰影描画モデルの結果 (正面)



図 4.6 陰影を合成したイラスト (正面)

次に、キャラクターの顔の右の方向に光源がある場合の陰影テクスチャの結果を図 4.7、図 4.8 に示す。

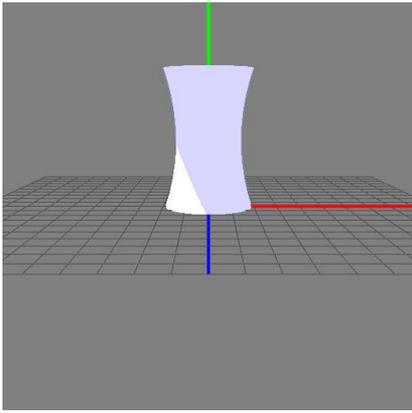


図 4.7 陰影描画モデルの結果 (右)



図 4.8 陰影を合成したイラスト (右)

次に、キャラクターの顔の左の方向に光源がある場合の陰影テクスチャの結果を図 4.9、図 4.10 に示す。

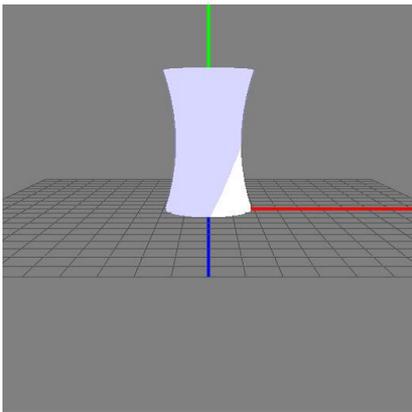


図 4.9 陰影描画モデルの結果 (左)



図 4.10 陰影を合成したイラスト (左)

キャラクターの顔の正面の上の方向に光源がある場合の陰影テクスチャの結果を図 4.11、図 4.12 に示す。

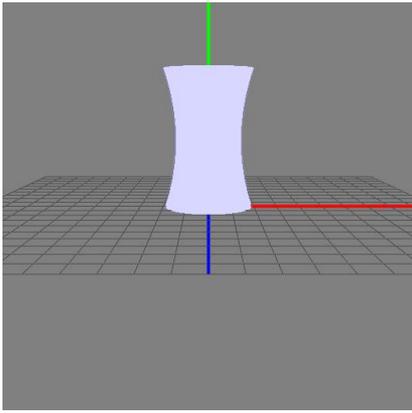


図 4.11 陰影描画モデルの結果 (正面上)



図 4.12 陰影を合成したイラスト (正面上)

キャラクターの顔の正面の下の方に光源がある場合の陰影テクスチャの結果を図 4.13、図 4.14 に示す。

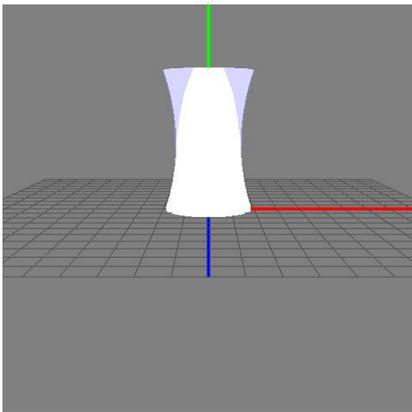


図 4.13 陰影描画モデルの結果 (正面下)



図 4.14 陰影を合成したイラスト (正面下)

最後に首の形状の違うイラストにも合成を行う。図 4.15、図 4.16 はキャラクターの顔の正面方向に光源があり、図 4.17、図 4.18 はキャラクターの顔の右方向に光源があり、図 4.19、図 4.20 はキャラクターの顔の正面下方向に光源があることを考えた陰影テクスチャ画像を使用している。

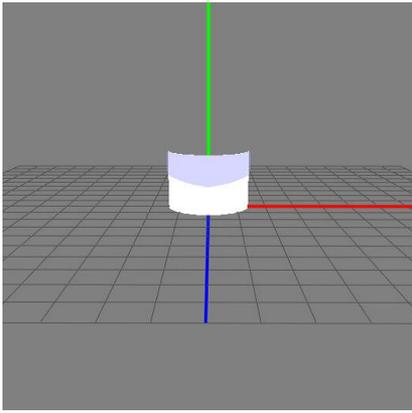


図 4.15 陰影描画モデルの結果 2(正面)



図 4.16 陰影を合成したイラスト 2(正面)

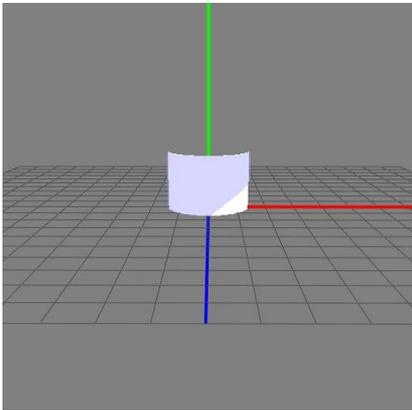


図 4.17 陰影描画モデルの結果 2(左)



図 4.18 陰影を合成したイラスト 2(左)

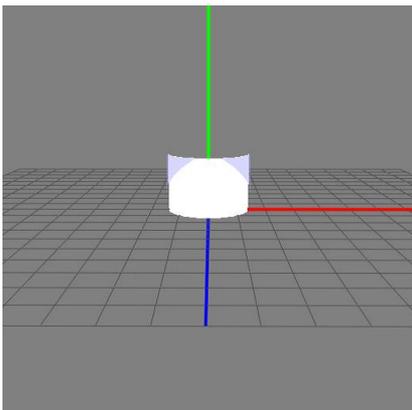


図 4.19 陰影描画モデルの結果 2(正面下)



図 4.20 陰影を合成したイラスト 2(正面下)

4.2 考察

本手法を用いることで、イラスト画から陰影を生成することができた。しかし、陰影を抽出した後に、イラストに合成する作業に手間がかかる。さらにイラストのキャラクターが顔を傾けている場合に本手法では対応できていない。

第 5 章

まとめ

本研究では、陰影テクスチャを複数枚用意し、それを陰影描画用モデルに描画することで陰影の生成をし、イラストに陰影を合成することができた。キャラクターの 3D モデルの作成の必要がない、汎用性の高いイラストに対する陰影の生成ツールの可能性を示せた。

今回の手法では陰影テクスチャは用意したものしか利用出来ず、光源の位置や陰影の表現の方法が限られてしまった。陰影テクスチャをユーザがパラメータを変えることによって、変形できるようにすることで、光源に対する陰影の作成とユーザが望む陰影を生成できるようになると考える。

また、今回の手法では 3D モデルを作成する手法などと比べて、簡単に陰影付けを行うことができるとは言えない。首の形状をイラストを参照して自動的に形状を変化したり、顔の部分に重なる部分を切り取ることが出来れば、イラストに合成しやすくなると考える。その際に角度も参照することが出来ればより正確な陰影を生成することもできると考える。

謝辞

本研究を進めるにあたり、多くのアドバイスや指導をしてくださった本研究室の先生方、先輩方に心より感謝いたします。また、相談に乗ってくれた友人達にも深く感謝いたします。

参考文献

- [1] pixiv, Inc. pixiv. <https://www.pixiv.net/>. 参照: 2018.07.07.
- [2] TINAMI, Co., Ltd. TINAMI. <http://www.tinami.com/>. 参照: 2018.07.07.
- [3] Co., Ltd DWANGO. ニコニコ静画. <http://seiga.nicovideo.jp/>. 参照: 2018.07.07.
- [4] Inc CELSYS. Clip studio paint. <https://www.clipstudio.net/>. 参照: 2018.02.13.
- [5] Co., Ltd Adobe Systems. adobe photoshop cc. <https://www.adobe.com/jp/products/photoshop.html>. 参照: 2018.02.13.
- [6] Inc Systemax. ペイントツール sai. <https://www.systemax.jp/ja/sai/>. 参照: 2018.07.07.
- [7] Inc MediBang. Medibang paint pro. <https://medibangpaint.com/>. 参照: 2018.07.07.
- [8] Inc PGN. Fire alpaca. <http://firealpaca.com/ja/>. 参照: 2018.02.13.
- [9] 岡良祐, 渡辺賢悟, 宮岡伸一郎. イラストにおける陰影描画支援手法. 全国大会講演論文集, 第72回, 人工知能と認知科学, pp. 641–642, mar 2010.
- [10] Edgar Simo-Serra, Satoshi Iizuka, Kazuma Sasaki, and Hiroshi Ishikawa. Learning to Simplify: Fully Convolutional Networks for Rough Sketch Cleanup. *ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH)*, Vol. 35, No. 4, 2016.

- [11] 田中由紀, 渡邊賢悟, 柿本正憲, 宮岡伸一郎. ペイントツールにおける動物の毛並みを表現する手法の提案. 第 75 回全国大会講演論文集, Vol. 2013, No. 1, pp. 277–278, mar 2013.
- [12] 岡良祐, 渡邊賢悟, 宮岡伸一郎. インタラクティブな勾配編集による Poisson 画像合成手法. 第 73 回全国大会講演論文集, Vol. 2011, No. 1, pp. 475–476, mar 2011.
- [13] 岡良祐, 渡邊賢悟, 宮岡伸一郎. Moving Least Squares Coordinates を用いたイラスト画像変形手法. 第 74 回全国大会講演論文集, Vol. 2012, No. 1, pp. 125–126, mar 2012.
- [14] 鈴木啓晃, 渡邊賢悟, 宮岡伸一郎. イラスト編集ツールにおける欠損補完処理手法の開発. 第 74 回全国大会講演論文集, Vol. 2012, No. 1, pp. 117–118, mar 2012.
- [15] 斎藤隆文. ノンフォトリアリスティック・レンダリング. 日本印刷学会誌, Vol. 51, No. 4, pp. 262–267, 2014.
- [16] 佐藤陽悦, 藤本忠博, 村岡一信, 千葉則茂. ポリゴンベース幾何モデルの水墨画調レンダリング法. 情報処理学会研究報告グラフィクスと CAD (CG) , Vol. 2001, No. 35(2001-CG-103), pp. 37–42, apr 2001.
- [17] 佐藤陽悦, 藤本忠博, 村岡一信, 千葉則茂. ストロークベースの水彩画調レンダリング法. 情報処理学会研究報告グラフィクスと CAD (CG) , Vol. 2001, No. 89(2001-CG-104), pp. 95–100, sep 2001.
- [18] 小野豊, 陳炳宇, 西田友是. セルアニメーションからの三次元キャラクタモデルの生成とその応用. 情報処理学会研究報告グラフィクスと CAD (CG) , Vol. 2003, No. 86(2003-CG-112), pp. 47–52, aug 2003.
- [19] 吉田武史, 高井那美, 高井昌彰. セルアニメーションを用いたキャラクター頭部 3D モデル生成支援. 情報処理学会研究報告グラフィクスと CAD (CG) , Vol. 2005, No. 116, pp. 1–5, nov 2005.
- [20] MUGENUP ,Inc. 徹底比較！ デジタルイラストの塗り方 10 種類. <https://ichi-up.net/>

2015/080. 参照:2018.07.20.

[21] 渡辺大地. Fine kernel toolkit system. <http://www.gamescience.jp/FK/>. 参照:
2018.07.13.

[22] ダテナオト, 式藤潔. イラスト解体新書. マイナビ出版, 東京都, 2018.