

2012年度 卒業論文

イラスト制作における
フリル線画の生成支援に関する研究

指導教員：渡辺 大地 講師

メディア学部 ゲームサイエンスプロジェクト
学籍番号 M0109032
石井 勇輝

2012年度 卒業論文概要

論文題目

イラスト制作における
フリル線画の生成支援に関する研究

メディア学部

学籍番号：M0109032

氏名

石井 勇輝

指導
教員

渡辺 大地 講師

キーワード

イラスト、フリル、
生成支援、手間、削減

イラスト制作において、フリルを用いた表現がある。形状を手描き、もしくはパターンブラシを用いて制作する手法が一般的ではあるが、奥行きを表現するためには、複製元の画像を個々に変形する必要があるため、手間を要する。レースのような複雑な模様をフリルを描画したい場合はさらに顕著になり、多大な労力がかかる。本研究では、複雑な模様のフリルの線画生成を支援することに特化したツールを制作する。短時間で一般的手法と同等の作品を制作することを目的とする。

提案手法では、指定した位置を基準にテクスチャ画像を描画し、フリルの形状を生成する。中央と端に設定した値を変化させることで、様々な形状に変形し、調整できる。

次に、一般的手法と提案手法で同一の作品を制作し、それぞれかかる時間について検証する実験を行った。その結果、全ての被験者が提案手法の方が早く制作でき、フリル線画制作の効率化に成功した。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景	1
1.2	論文構成	5
1.3	色の定義	5
第2章	提案手法	6
2.1	立体表現方法	6
2.2	テクスチャ画像の準備	6
2.3	ユーザの操作手順	7
2.4	生成のアルゴリズム	8
2.5	基準点の生成	9
2.6	テクスチャの生成	11
2.7	生成画像の出力	13
第3章	実装と評価	14
3.1	検証実験	14
3.1.1	制作作品	14
3.1.2	実験環境	15
3.1.3	実験方法：一般的手法	16
3.1.4	実験方法：提案手法	16
3.2	検証結果	16
3.2.1	練習時間	16
3.2.2	制作時間	17
3.2.3	完成度	17
3.3	形状の調整	20
3.4	提案手法に効果的なテクスチャ	22
3.5	考察	23
第4章	まとめ	24
	謝辞	25

目 次

1.1	イラストで描いたフリル	1
1.2	市販のブラシの一例	3
1.3	複雑な模様をフリル化した例	3
1.4	正面・側面のフリルの定義	4
1.5	提案手法を用いたツールを使用して制作した作品	4
2.1	テクスチャ画像	7
2.2	フリル画像とメイン画像のレイヤ構造	8
2.3	フリル生成の様子	8
2.4	半径の算出	9
2.5	xz 平面上の点 $P_{w=9}$ の模式図	10
2.6	P_i と P'_i の位置関係	11
2.7	テクスチャ生成完了後	12
2.8	出力待機状態	13
3.1	被験者に見せた見本画像	15
3.2	被験者 A1 が従来手法で制作した作品	18
3.3	被験者 A1 が提案手法で制作した作品	18
3.4	被験者 A2 が従来手法で制作した作品	18
3.5	被験者 A2 が提案手法で制作した作品	18
3.6	被験者 A3 が従来手法で制作した作品	18
3.7	被験者 A3 が提案手法で制作した作品	18
3.8	被験者 B1 が従来手法で制作した作品	19
3.9	被験者 B1 が提案手法で制作した作品	19
3.10	被験者 B2 が従来手法で制作した作品	19
3.11	被験者 B2 が提案手法で制作した作品	19
3.12	被験者 B3 が従来手法で制作した作品	19
3.13	被験者 B3 が提案手法で制作した作品	19
3.14	ユーザが調整できる 4 つの値	20
3.15	テクスチャ調整画像 1	21
3.16	テクスチャ調整画像 2	21

3.17 テクスチャ調整画像3	21
3.18 テクスチャ調整画像4	21
3.19 テクスチャ1のフリル画像	22
3.20 テクスチャ2のフリル画像	22
3.21 テクスチャ3のフリル画像	22
3.22 テクスチャ4のフリル画像	22

表 目 次

3.1	練習時間 (分)	16
3.2	制作時間 (分)	17
3.3	テクスチャ調整値	20

第 1 章

はじめに

1.1 研究背景

近年、アニメやゲームを代表するイラストにおいて、図 1.1 のようなフリルを用いた表現がある。



図 1.1: イラストで描いたフリル

フリルとは、衣服の袖や裾などに装飾されるひだ飾りのことで、実物のフリルは、幅の狭い布の片側にギャザーを寄せたり、プリーツをたたむなどして制作する。ギャザーは「寄せ集める」という意味で、縫い糸を引っ張って布を縮めることにより、しわを出したり、ひだを寄せたりする手法のことを指す。プリーツは布地を端から端まで一定間隔ごとに折りたたみ、ひだを作る手法である。ひだの取

り方や形によって名称も異なり、様々な種類のフリーツが存在する。実物のフリルの性質には様々なものがある [1][2][3][4][5][6][7][8][9] が、本研究では、フリルがよく装飾されるスカートや袖口などの形状は、人体の形状の都合上、円形になることが多い点に注目する。

フリルを使用したイラスト作品は、インターネット上のイラストコミュニケーションサイト [10][11][12][13][14] などで確認できる。イラストにおけるフリル線画の一般的制作手法は、手描きおよびパターンブラシの2つである。

手描きとは、ペンタブレットなどのデバイスを用いて形状を手動で生成することを指す。実物の用紙に鉛筆で描いたものをスキャナで読み込むことでも同様の結果が得られる。手描きによる問題点は、造形を全て手動で行うため、描く量が増えるほど手間がかかる点である。模様付きの布地で模ったフリルを表現する場合、模様が複雑であるほど手動での描画は困難を極める。これを解決する手段として、無地のフリルを描画した後に、模様のパターンを別途テクスチャ素材として用意し、貼り付け、変形することで手間を省くことができる。しかし、フリルの形状に合わせてテクスチャの形状を個別に変形して貼り付けなければならないため、複雑な模様のフリルを制作することは手間を要するのが現状である。

パターンブラシとは、あらかじめ登録した画像を帯状に続けて形状を描画していく機能である。パターンブラシを自作することもできるが、商品として売られているものもある。図 1.2 は市販のブラシ [15] で形成可能なフリルである。この手法による問題点は、奥行きを考慮した描画が困難である点である。人物が着ている服のような立体を想定して適用するには、ユーザが部分ごとに手動で変形して貼り付ける必要がある。

以上のことから、図 1.3 のような複雑な模様のフリルの制作は困難を極める。これは、正面部分 (図 1.4 青枠) の生成は容易であるが、側面部分 (図 1.4 緑枠) は個別に手動で変形する必要があり、多大な手間を要するからと考察する。

まとめると、2つの一般的な手法にはそれぞれ以下の問題点がある。

- 手描き：適用箇所ごとに変形する手間がかかる。

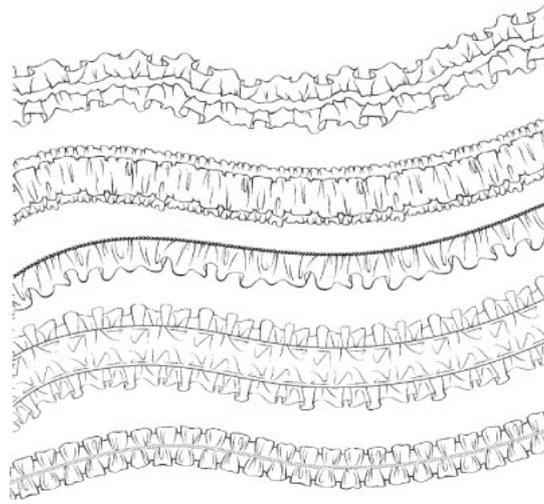


図 1.2: 市販のブラシの一例

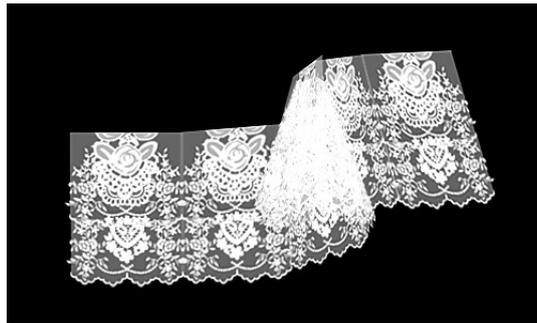


図 1.3: 複雑な模様の布地をフリル化した例

- パターンブラシ：奥行き表現が困難。

以上の問題点を解決するために、以下の点に特化したツールを提案する。

- 複雑な模様のフリルの形成。
- 奥行きを考慮した全体形状の生成。
- 制作時間の短縮。

以上を踏まえて、本研究では、複雑な模様のフリルを、奥行きを考慮して生成するツールを制作する。そして、短時間で一般的手法と同等の作品を制作するこ

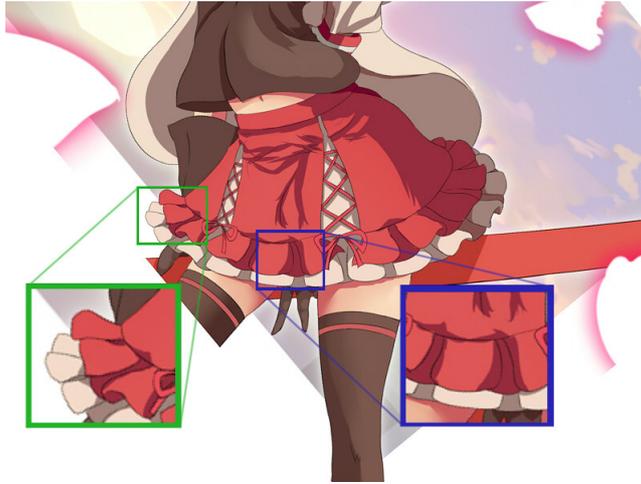


図 1.4: 正面・側面のフリルの定義

とを目的とする。

図 1.5 は、提案手法を用いたツールを使用して制作した作品である。本ツールはフリルの輪郭の形成のみで、彩色は考慮していないが、他のペイントツールを使用すれば図のように仕上げることができる。2次元平面上にフリルを形成し、テクスチャ画像としてフリルのパターンを読み込み、連続して貼り付けることで全体を形成している。テクスチャ画像を変更することで、様々な形状のフリルを制作できる。

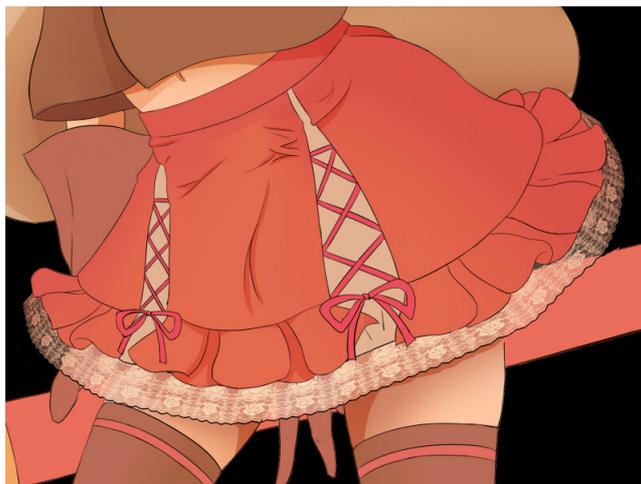


図 1.5: 提案手法を用いたツールを使用して制作した作品

次に、一般的手法と提案手法でそれぞれ同じ作品を制作する実験を行った。その結果、全ての被験者が一般的手法よりも提案手法の方が短時間で仕上がり、制作時間を短縮することに成功した。したがって、フリル線画制作の効率化を達成したと言える。

1.2 論文構成

本論文は、本章を含め全4章からなる。第2章では、前章で挙げた問題点を改善する提案手法について述べる。第3章では、被験者に一般的手法と提案手法を用いて、それぞれで同じ作品を制作する実験とその結果について述べる。第4章では、本研究を通じた研究の成果をまとめる。

1.3 色の定義

本論文では、以下の2色はRGBが以下の値であると定義する。

- 黒 (R0, G0, B0)
- 白 (R255, G255, B255)

第 2 章

提案手法

2.1 立体表現方法

宮澤ら [16][17] が提案した 3 次元形状を誇張するための投影変換手法がある。これは 3 次元空間上に物体を置き、2 つの定数を変移することで物体の形状は変形せずに出力画像の誇張具合を調整するというものである。この手法に則れば、フリルを 3 次元空間上に配置し、定数を変移することで立体的に見せることができる。しかし、本研究ではフリルを適用する画像は 2 次元のイラスト画像であり、この手法を用いてフリルの誇張具合を調整すると、定数を変移する度に適用画像とフリルにずれが生じてしまう。よって本研究では、2 次元空間上にフリル画像を生成し、手前に相当する箇所を拡大し、奥に相当する箇所を縮小することで立体表現を行う。

2.2 テクスチャ画像の準備

テクスチャ画像は、そのままフリルの模様となるため、あらかじめ用意しておく。本手法では、線画を黒で出力するため、グレースケールでの制作を推奨する。黒と白の間の中間色を使用することで、半透明にすることも可能である。図 2.1 は、今回、例として使用したテクスチャ画像である。この画像を複製、変形させることでフリルを形成していく。



図 2.1: テクスチャ画像

2.3 ユーザの操作手順

あらかじめ他のペイントソフトでフリルを適用する画像を制作しておく。図 2.2 では、2つ並んだ平面画像のうち奥の人物の画像のことを指す。これを以降「メイン画像」と呼称する。ユーザは以下の手順で本ツールを操作する。

1. メイン画像を読み込む。
2. テクスチャ画像を読み込む。
3. フリルを適用したい位置に、点を並べていく。
4. 配置した点を基準に、テクスチャ画像が並び、フリルを形成する。
5. フリルの長さ、密度、向きの値を調整する。
6. 生成したフリルのみの画像を出力する。

使用後は、ペイントソフトで生成画像を読み込み、メイン画像のレイヤに重ね、次の編集段階（色塗りなど）に移る。図 2.2 は、生成したフリル画像とメイン画像のレイヤ構造を示している。画像出力時にメイン画像を消し、フリル画像のみにする理由は、後にフリル画像単体での編集ができるようにするためである。

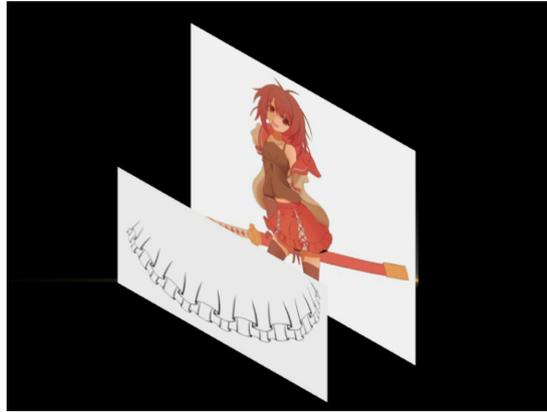


図 2.2: フリル画像とメイン画像のレイヤ構造

2.4 生成のアルゴリズム

メイン画像は平面上に表示する。まず、生成したい箇所の最端を指定し、始点の座標 xy を決定する。以降、生成したい箇所に沿って点を指定していき、それぞれの xy 座標を決定する。配置した点を基準に、フリルを生成する。図 2.3 は、点を配置している途中の図である。



図 2.3: フリル生成の様子

本手法では、実際にテクスチャを配置するのは xy 平面上であり、 z 成分は含まない。しかし、座標を計算する段階では z 成分を考慮する。

2.5 基準点の生成

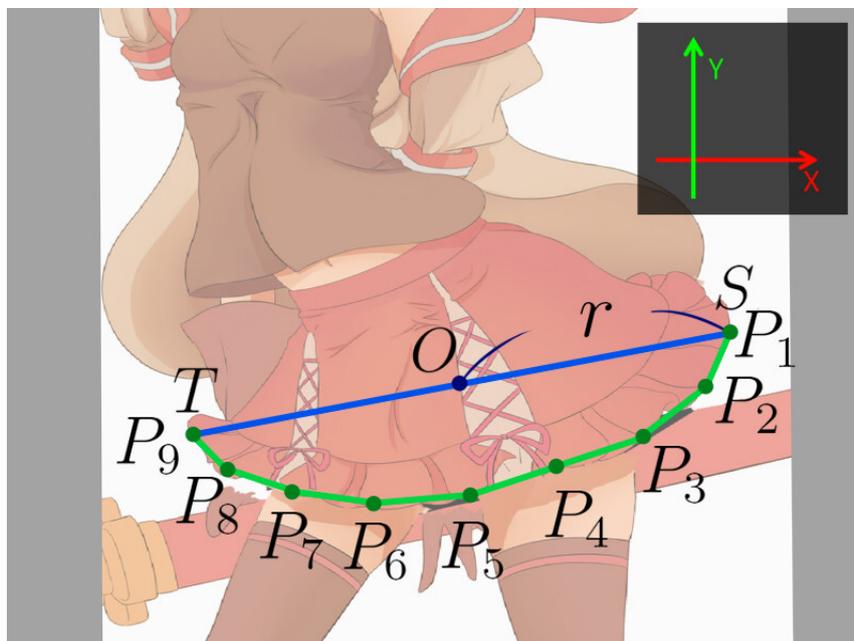


図 2.4: 半径の算出

xy 座標を指定して配置したそれぞれの点を $P_i (i = 1, 2, 3, \dots, w)$ とし、 w 個の頂点を配置した際の P_1 を始点 S 、 P_w を終点 T とする。図 2.4 は、始点 S 、終点 T と点 P_i の関係を示した図である。始点 S と終点 T を直径とし、 xy 平面に対して垂直な円を円 A とする。それぞれの点 P_i の z 成分は、円 A の周座標上の点から値を取得する。理由は、1 章で述べた性質の通り、主なフリルの装飾元であるスカートの裾や袖口などは円形であることが多いからである。

式 (2.1) は、円 A の半径 r を求める式である。

$$r = \frac{\sqrt{(S_x - T_x)^2 + (S_y - T_y)^2}}{2} \quad (2.1)$$

円 A の中心を O とする。 r が求まり、三角関数を用いることで円 A の円周上の点の z 成分が求まる。まずは、 P_i の O からの x 成分の距離を求める。式 (2.2) は、点 P_i の O からの x 成分の距離 d_i を求める式である。

$$d_i = |r - \{S_x - (P_i)_x\}| \quad (2.2)$$

式(2.3)は、点 P_i の z 成分を求める式である。

$$(P_i)_z = \frac{\sqrt{r^2 - d_i^2}}{2} \quad (2.3)$$

以上で、円 A の周上に点 P_i を配置することができた。図 2.5 は、以上の処理を終えた xz 平面上の点 P_i の位置を示した図であり、ここでは、配置した頂点数 $w = 9$ としている。円 A の円周座標を $(P_i)_z$ に代入することで、始点 S から終点 T までなめらかに配置できた。これがフリル生成の基準線となり、テクスチャ画像を生成する。

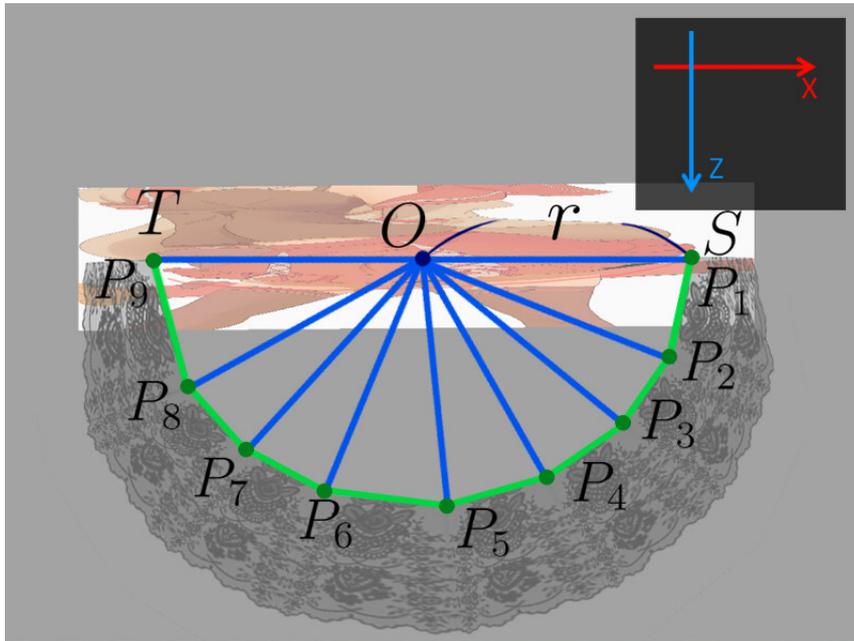


図 2.5: xz 平面上の点 $P_{w=9}$ の模式図

2.6 テクスチャの生成

点 P_i の座標を元に点 P'_i を生成する。 P'_i は、 OP_i の延長線上に存在する。 $P_iP'_i$ の距離を q_i とする。 q_i は $(P'_i)_x = O_x$ のとき最大値 k をとる。 また、 P'_1 もしくは P'_w のとき最小値 l をとる。 k および l の値はユーザが変更できる。

以上から、 $\angle POS = \angle P'OS$ が成り立つため、式 (2.4) が成り立つ。

$$(P'_i)_x = (P_i)_x + (q_i)_x \quad (2.4)$$

点 $P_j (j = 2, 3, 4, \dots, w)$ 、点 P_{j-1} 、点 P'_{j-1} 、点 P'_j から成る四角形の面にテクスチャを貼り付けてフリル画像を生成する。

図 2.6 は、以上の定義にしたがった P_i と P'_i の位置関係を示した図である。

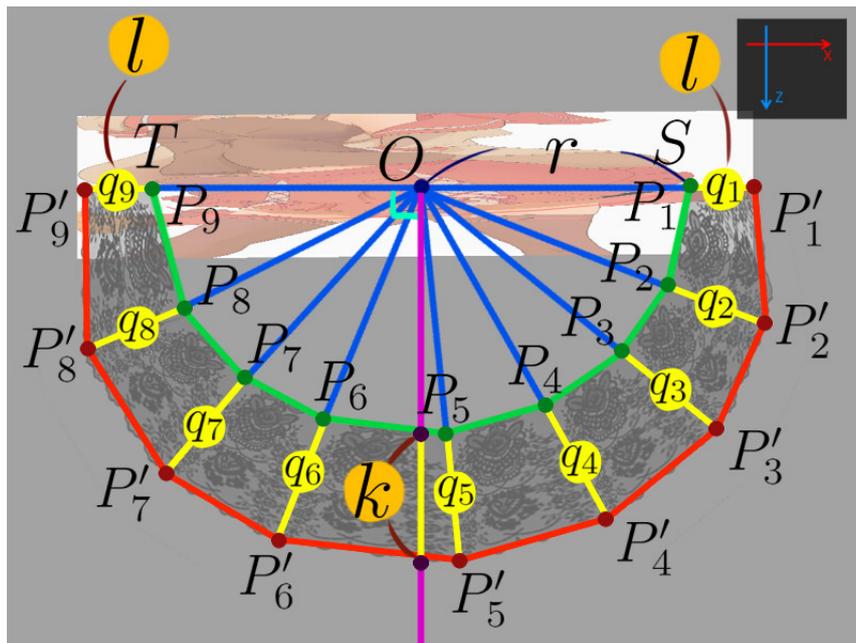


図 2.6: P_i と P'_i の位置関係

式 (2.5) は、 q_i の値を求める式である。

$$q_i = k \sin \left(\frac{(P_i)_z}{r} \right) + l \cos \left(\frac{(P_i)_z}{r} \right) \quad (2.5)$$

q_i の x 成分を求め、式 (2.4) に当てはめれば $(P_i)_x$ は求まる。式 (2.6) は、 q_i の x 成分を求める式である。

$$(q_i)_x = q_i \frac{d_i}{r} \quad (2.6)$$

最後に、 y 成分についてだが、 q_i と同様の処理を行う。 $(P'_i)_y$ は $(P'_i)_x = O_x$ のとき最大値 m をとる。また、 P'_1 もしくは P'_w のとき最小値 n をとる。 m および n の値はユーザが変更できる。

式 (2.7) は、点 P'_i の y 成分を求める式である。

$$(P'_i)_y = m \sin \left(\frac{(P_i)_z}{r} \right) + n \cos \left(\frac{(P_i)_z}{r} \right) + (P_i)_y \quad (2.7)$$

以上の処理で、点 P' の座標は連続したなめらかな曲線を描く。図 2.7 は、上記の処理を実行し、フリルの形状生成が完了した図である。端から端にかけてなめらかに生成できた。



図 2.7: テクスチャ生成完了後

2.7 生成画像の出力

k 、 l 、 m 、 n の値を変移し、形状の調整が完了したら、生成形状を画像データとして出力する。まず、生成形状以外のオブジェクトを非表示にして、背景を白にする。図 2.8 は出力待機状態の図である。この状態でスクリーンショットを撮影し、画像ファイルとして保存する。これをペイントツールで読み込み、輝度を透明度に変換することで、白の部分が透明色となる。

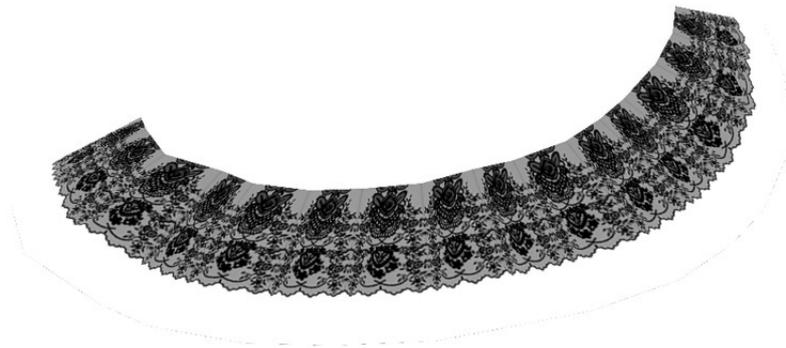


図 2.8: 出力待機状態

第 3 章

実装と評価

本章では、1章で述べた一般的手法と、2章で述べた提案手法を比較し、検証する。提案手法を用いたフリル生成支援ツールは、グラフィック API 社の OpenGL[18] をベースとした 3D グラフィックツールキットである Fine Kernel Tool Kit System[19] を使用し制作した。

3.1 検証実験

被験者は一般的手法と提案手法を利用し、それぞれ作品を制作した。被験者が操作に慣れることによる検証データの偏りを防ぐため、A グループ、B グループの 2 つに分けた。A グループは一般的手法、B グループは提案手法から実施した。6 名の被験者が 3 名ずつに分かれて検証した。

3.1.1 制作作品

メイン画像のスカートの淵全てにフリルを装飾した作品を制作する。図 3.1 は、実験の際に被験者に見せた見本画像である。キャラクタ本体の上にスカートのレイヤがあり、最終的にその間にフリル画像レイヤを配置する。被験者は、見本画像を例に、中央付近が手前に飛び出し、端が奥になるように作品を制作した。



図 3.1: 被験者に見せた見本画像

3.1.2 実験環境

- 全ての被験者は、こちら側で指定したパソコン、マウス、タブレットを使用する。
- ペイントソフトはペイントツール SAI[20]（以降「SAI」）を使用する。
- ペンタブレットとマウスのどちらか、あるいは両方使用するかは被験者が決定する。
- ペンタブレット、マウスは被験者が最も使い易い設定にする。
- テクスチャ画像、メイン画像はこちら側で用意する。

どちらの手法も、制作に必要な手順を教え、練習する。練習は、被験者が制作手順を理解する最低限のところまでとする。最低限とは、見本の形状を作るために必要な操作が指示通りに実行でき、編集結果が編集ツール上に反映できた状態を指す。練習にかかった時間も計測した。

3.1.3 実験方法：一般的手法

一般的手法では、SAIのみで作業が完結する。テクスチャ画像が新規レイヤとして取り込み済みの状態から実験を始める。テクスチャ画像のレイヤを複製し、「矩形選択」モードの「自由変形」「拡大縮小」「自由な形」「回転」機能を使い形を整える。以降はこの工程を繰り返し、最後に制作したレイヤを全てスカートレイヤの下に移動し、位置や角度、大きさを整えて完成である。

3.1.4 実験方法：提案手法

提案手法では、ツールを使用し、2章で説明した手順でフリル画像を制作し、出力する。出力画像をSAIで読み込み、編集ファイルに貼り付ける。以降は従来手法と同様の手順で仕上げる。

3.2 検証結果

3.2.1 練習時間

以下の表 3.1 は、被験者ごとの一般的手法および提案手法の練習時間である。Aグループは一般的手法を先に、Bグループは提案手法から先に検証した。

表 3.1: 練習時間 (分)

被験者	一般的手法	提案手法
A1	3:21	3:17
A2	2:03	5:02
A3	3:40	4:01
B1	3:23	4:20
B2	2:09	3:28
B3	2:36	4:55

提案手法の方が制作手順を実行できるまでに時間を要していることがわかる。

3.2.2 制作時間

一般的手法と提案手法それぞれの作品制作にかかった作業時間を計測した。以下の表 3.2 は、被験者ごとの一般的手法および提案手法の作品制作時間である。A グループは一般的手法を先に、B グループは提案手法から先に検証した。

表 3.2: 制作時間 (分)

被験者	一般的手法	提案手法
A1	6:55	2:06
A2	8:03	3:11
A3	4:30	3:02
B1	14:14	8:40
B2	9:37	3:06
B3	13:38	2:28

全ての被験者が、提案手法の方が制作時間が短くなっていることがわかる。平均すると 6 分 54 秒の短縮に繋がった。

3.2.3 完成度

提案手法を用いた作品は、一般的手法を用いて制作した作品と比べて遜色無い完成度であるかを見る。図 3.2 から図 3.13 は、被験者が一般的手法、提案手法でそれぞれ制作した作品である。

被験者 A1 は、一般的手法 (図 3.2) と提案手法 (図 3.3) を比べると、遜色無い完成度であることが見て取れる。

被験者 A3 は、一般的手法 (図 3.6) では、立体的な表現や隣合うテクスチャを揃えることに苦勞していた。提案手法 (図 3.7) では、一般的手法で苦勞した点は問題無く編集でき、なめらかな形状の作品に仕上がった。

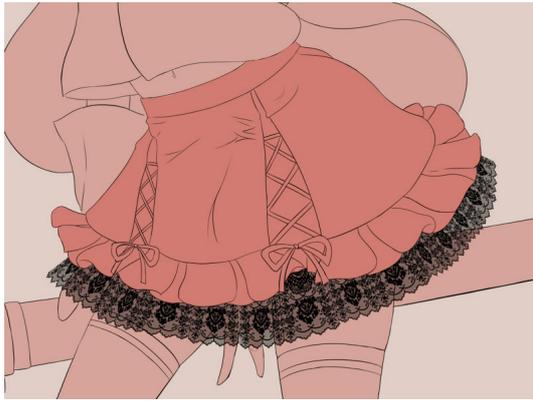


図 3.2: 被験者 A1 が従来手法で制作した作品

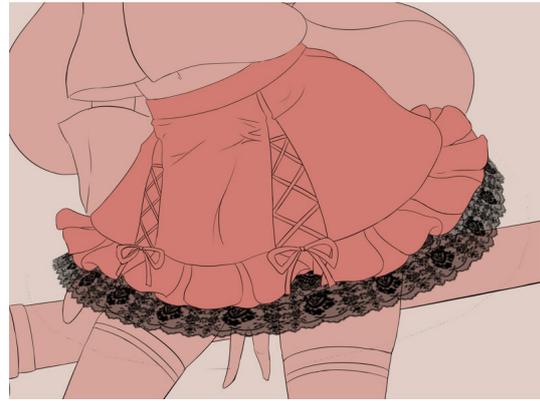


図 3.3: 被験者 A1 が提案手法で制作した作品



図 3.4: 被験者 A2 が従来手法で制作した作品



図 3.5: 被験者 A2 が提案手法で制作した作品



図 3.6: 被験者 A3 が従来手法で制作した作品



図 3.7: 被験者 A3 が提案手法で制作した作品



図 3.8: 被験者 B1 が従来手法で制作した作品

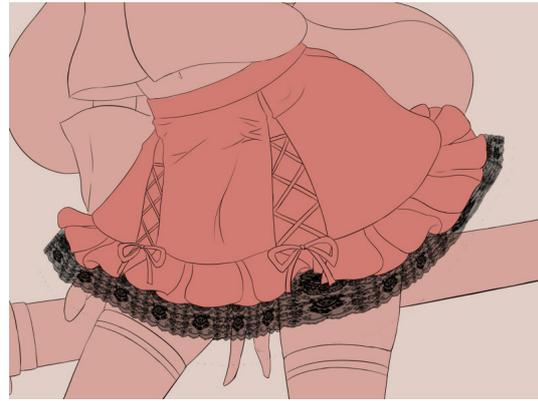


図 3.9: 被験者 B1 が提案手法で制作した作品



図 3.10: 被験者 B2 が従来手法で制作した作品



図 3.11: 被験者 B2 が提案手法で制作した作品



図 3.12: 被験者 B3 が従来手法で制作した作品



図 3.13: 被験者 B3 が提案手法で制作した作品

3.3 形状の調整

フリルの生成後に、2.6節で挙げた4つの値を変移することで、配置した点を固定してフリルの形状を変形できる。図3.14は、ユーザが調整できる4つの値を示した図である。

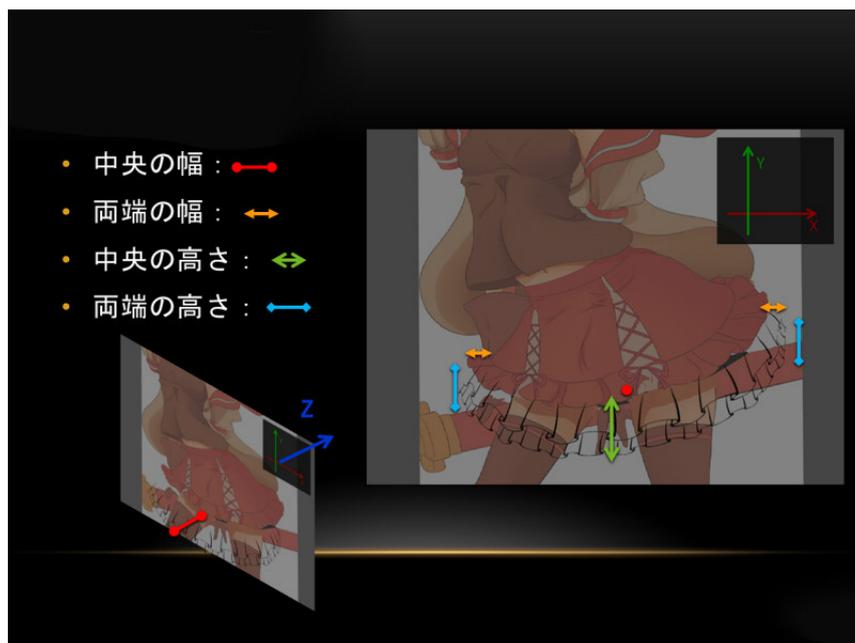


図 3.14: ユーザが調整できる4つの値

対応するキーを押すことで、それぞれの値を変移できる。これにより、出力形状にも差異が生じる。図3.15から図3.18は、4つの値をそれぞれ変移し、生成した形状を示す図であり、表3.3は、4枚の図のそれぞれの4つの値を表したものである。値が変移することで、生成する形状に差異があることがわかる。

表 3.3: テクスチャ調整値

変数	画像1	画像2	画像3	画像4
中央の幅 (k)	80.3	239.9	163.7	404.6
両端の幅 (l)	24.1	76.6	-23.9	-46.4
中央の高さ (m)	249.2	151.9	119.9	249.8
両端の高さ (n)	50.0	22.7	132.8	-16.9



図 3.15: テクスチャ調整画像 1



図 3.16: テクスチャ調整画像 2



図 3.17: テクスチャ調整画像 3



図 3.18: テクスチャ調整画像 4

3.4 提案手法に効果的なテクスチャ

図 3.19 から図 3.22 は、それぞれ異なるテクスチャ画像を用いて提案手法で制作したフリルである。テクスチャ画像は全てローズ&ティアラ [15] で市販されているパターンブラシ用画像を使用した。

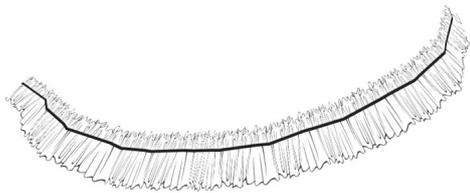


図 3.19: テクスチャ1のフリル画像

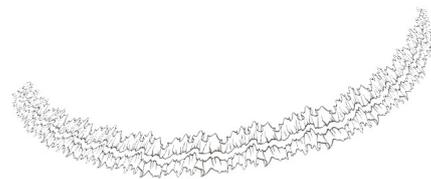


図 3.20: テクスチャ2のフリル画像

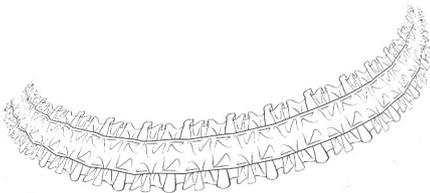


図 3.21: テクスチャ3のフリル画像

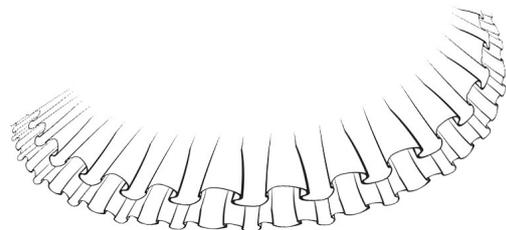


図 3.22: テクスチャ4のフリル画像

テクスチャ1 (図 3.19) やテクスチャ3 (図 3.21) のように、横方向に直線があるテクスチャは、繋ぎ目が角張り目立ってしまい、提案手法には向かないことがわかった。テクスチャ2 (図 3.20) のように不規則な形状をしたテクスチャおよびテクスチャ4 (図 3.22) のように縦方向に直線があるテクスチャは、角張りを感ぜせないなめらかな形状となり、提案手法に効果的であることがわかった。

3.5 考察

一般的手法では、テクスチャ同士のつなぎ目を合わせるために個別に頂点を合わせる必要があり、注意しなければ隙間ができてしまうため、制作に時間がかかる傾向が強かった。しかし、個別に納得がいくまで形状ができる自由度においては一般的手法は優れていると言える。

提案手法では、フリル線画の制作時間を大きく短縮した。基準点を動かさずに形状を変形することが可能になり、今まではやり直しに多大な手間がかかっていた調整を、リアルタイムで動的に確認しながらできるようになった点は、制作の効率化に繋がったと考える。イラストの制作経験が無い場合でも簡単に立体的な形状を作成できることから、初心者には有益であると言える。経験者であっても、制作を急ぐときや、下書きやイメージスケッチとして使用し、雰囲気を確認するといった使用用途が想定できる。見本がなくても生成箇所を指定すればフリルを付けることができるため、奥行きイメージが難しいユーザでも一定の完成度を期待できる。しかし、配置後に任意の頂点を移動できず、局所的な調整ができない問題点も上がった。配置した頂点を後から移動でき、かつ全体の形状を保つ機能があれば、より実用性が増すと考える。

第 4 章

まとめ

本研究では、提案手法を用いたツールを使用することで、複雑なテクスチャを用いたフリル線画を立体的な形状で描きたいときに、一般的手法よりも早く制作することができた。したがって、本研究の目的である、イラスト制作におけるフリル線画制作の効率化を達成した。今後、本研究の結果を利用することで、イラストレータがより短時間で作品を仕上げることや、時間がかかり過ぎて現実的ではなかった複雑なテクスチャを大量に用いた新しい表現が期待できる。

謝辞

本論文制作に当たり、終始丁寧にご指導下さった渡辺先生をはじめとする指導教員の方々、様々な助言を下された大学院生の方々全てに感謝の意を表します。本当にありがとうございました。

参考文献

- [1] 安部 智子, “フリルに関する一考察 (1),” **杉野女子大学短期大学部紀要** 36, 81-95 (1999).
- [2] 安部 智子, “製図に描かれない服飾造形の研究: フリルによる造形i,” **杉野服飾大学・杉野服飾大学短期大学部紀要** 2, 57-67 (2003).
- [3] USAKO, “U S A K Oの洋裁工房 ギャザーのよせ方.” <http://yousai.net/nui/ga/a.htm>.
- [4] 榎本 春栄, “パニエについての一考察: フリルのギャザー量と形状との関わりについて,” **和洋女子大学紀要家政系編** 43, 69-83 (2003).
- [5] 小峯 有華, “服飾専門学校講師 yuca 先生のクローズメイキング講座ギャザーフリルと円フリル.” <http://www.komineco.com/?p=305>.
- [6] 山田 民子, 柏原 智恵子, “イメージを形にする設計製作技術: フリルの場合,” **東京家政大学研究紀要. 2 自然科学** 51, 43-46 (2011).
- [7] 佐藤 眞知子, “幾何学を用いたオーガニック・デザインのドレスの研究,” **文化女子大学紀要 服装学・造形学研究** 39, 109-118 (2008).
- [8] NYA, “Fashion-heart.com.” <http://www.fashion-heart.com/index.htm>.
- [9] 株式会社カーリン, “FASHION PRESS.” <http://www.fashion-press.net/>.

- [10] ピクシブ株式会社, “pixiv.” <http://www.pixiv.net/>.
- [11] 株式会社ドワンゴ, “ニコニコ動画.” <http://seiga.nicovideo.jp/>.
- [12] TINAMI 株式会社, “TINAMI.” <http://www.tinami.com/>.
- [13] シックスシステム, “PIXSYS.” <http://www.pixsys.info/>.
- [14] 株式会社グローバライフ, “Comicle.” <http://co39.jp/pc/?smp1=1>.
- [15] ローズ&ティアラ, “ゴシック調服飾デザインパターン素材集 フリル編 EPS・PNG・コミスタ・イラストセット.” <http://rose-and-tiara.net/pg39.html>.
- [16] 宮澤 貴之, 望月 義典, 近藤 邦雄, 佐藤 尚, 島田 静雄, “3次元形状を誇張するための投影変換手法,” **テレビジョン学会誌** 50(10), 1543–1548 (1996).
- [17] 宮澤 貴之, 近藤 邦雄, 佐藤 尚, 島田 静雄, “形状を誇張するための投影変換法,” **全国大会講演論文集 第52回平成8年前期(2)**, 399–400 (1996).
- [18] OpenGL.org, “OpenGL.” <http://www.opengl.org/>.
- [19] 渡辺 大地, “Fine Kernel Tool Kit System.” <http://www.teu.ac.jp/media/~earth/FK/>.
- [20] 株式会社 SYSTEMAX, “ペイントツール SAI.” <http://www.systemax.jp/ja/sai/>.