

2008年度 卒業論文

和紙の特徴を考慮したちぎり絵制作の
デジタル化手法に関する研究

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 M0105497
石川 真

2008年度 卒業論文概要

論文題目

和紙の特徴を考慮したちぎり絵制作の
デジタル化手法に関する研究

メディア学部

学籍番号：M0105497

氏名

石川 真

指導
教員

渡辺 大地講師

キーワード

和紙、ちぎり絵、輪郭線、繊維、アルファブレンド

ちぎり絵とは、紙や和紙などをちぎって貼っていくという絵画手法である。また複数の和紙を重ねることで、水彩画や油絵で用いる絵具では表現できない立体感や色調を生み出すことができ、それが和紙ちぎり絵の魅力でもある。「ちぎって貼る」というちぎり絵の作品の中でも和紙で作るちぎり絵は難しく、和紙の色や模様が多彩にあるため、ちぎる場所によってはイメージに合わなかったりする。事前にシミュレーションを行うことで和紙の様々な模様を納得いくまで繰り返し破り、納得いく模様のパーツを破ることができ、よりよいちぎり絵を作成するための手助けができる。

ちぎり絵シミュレーションに関する既存研究では、ちぎり絵を制作する上で和紙で作ることを考慮していないため、和紙を破いた時の輪郭線から和紙の繊維が表現されていない。また、和紙の重なり合いによる色合いの変化などが表現されていない。そこで本研究では実際に和紙の輪郭線の画像から、輪郭線から和紙の繊維がどのようにでているかの特徴を挙げ、その特徴を表現することで和紙の破断表現と、アルファブレンドという手法を用いて和紙の重なり合いの表現をし、和紙を考慮したちぎり絵シミュレーションを作成した。

最後に本研究の手法を適用したものを実際の破った和紙の輪郭線の画像から定義した和紙の繊維の特徴が表現できているかを検証し、さらに実際に和紙を重ねたものと本手法によるシミュレーションとを比較し検証した。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景と目的	1
1.2	論文構成	4
第2章	和紙の特徴を考慮した表現手法の提案	5
2.1	目標とするシミュレーション	5
2.2	切り抜いた形の生成	6
2.3	輪郭線の修正	7
2.4	輪郭線から繊維の生成	9
2.5	和紙の重なり表現手法	12
第3章	検証と考察	15
3.1	検証	15
3.2	問題点	19
第4章	まとめ	21
	謝辞	23
	参考文献	24

目 次

1.1	ちぎり絵の例	2
1.2	ちぎり絵制作過程のデジタル化	2
1.3	紙と和紙の輪郭線の違い	3
2.1	形を作る	6
2.2	切り取った形	6
2.3	輪郭線の修正処理の過程	8
2.4	輪郭線の修正結果	9
2.5	実際の和紙を破いたときの繊維の様子	10
2.6	特徴1の描画処理の過程	11
2.7	特徴2の描画処理の過程	11
2.8	繊維の描画結果	12
2.9	アルファブレンド	12
2.10	アルファブレンドを用いた重な表現結果	13
3.1	シミュレーション結果	16
3.2	輪郭線の拡大図	17
3.3	和紙の重なり比較	17
3.4	和紙ちぎり絵の比較	18
3.5	和紙の種類	20

第 1 章

はじめに

1.1 研究背景と目的

ちぎり絵 [1][2][3][4] とは、紙や和紙などをちぎって貼っていくという絵画手法である。紙は日常生活においてありふれたものだが、折る、曲げる、くしゃくしゃに丸める、切る、破る、など様々な形状操作ができ、それに応じて多彩な表情を見せる。この中でも「ちぎって貼る」という手法は、ちぎって重ねていくことによりちぎり絵独特の雰囲気表現できる。色彩には、和紙独特の色調・模様を主に活用し、和紙にも色々な種類 [5][6] が存在する。また複数の和紙を重ねることで、水彩画や油絵で用いる絵具では表現できない立体感や色調を生み出すことができる。作り方も簡単なことから誰でも手軽に楽しめる日本古来からある工芸である。一見、「ちぎって貼る」という動作から簡単に作ることができるようだが、ちぎり絵を作るのは大変である。図 1.1 にちぎり絵の例を示す。それは和紙の色や模様、種類が多彩にあるため、なにも考えずにちぎっていってしまうとイメージにそぐわないものができ上がってしまうためである。和紙は有限な素材でもあるため、何度も失敗を繰り返してしまえば無駄になってしまう。これを回避するためにも事前のシミュレーションが有効である。この事前にシミュレーションを行うことで、和紙の様々な模様を納得いくまで繰り返し破り、重ねることができ、よりよいちぎり絵を作成するための手助けができる。



図 1.1: ちぎり絵の例

コンピュータ上で紙を折ったり曲げたりしてできる形をシミュレーションする方法については、折り紙を再現する研究 [7][8] などで、いくつか提案がある。他にも紙の破断表現の研究 [9][10]、紙の持つ幾何学的な特徴に着目した研究 [11]、数学アルゴリズムや工学分野への応用 [12][13]、紙の厚さや重なりを可視化することで構造の把握を容易にするための研究 [14][15] もある。紙に関する多くの研究が行われているがちぎり絵シミュレーションの分野はあまり研究されていない。

辻合の研究 [16][17] では、ちぎり絵の「ちぎって貼る」部分のみシミュレーションすることができる。図 1.2 は辻合の手法によるちぎり絵シミュレーションを示す。



図 1.2: ちぎり絵制作過程のデジタル化

このちぎり絵シミュレーションでは破いた形の輪郭線が直線的であったり、和紙のように輪郭線から繊維が飛び出ているような表現がない。これはこの研究が紙(洋紙)のちぎり絵のシミュレーションを目標としているため、和紙の特徴を表す必要がなく、元々輪郭線から繊維がでていない作りになっているのが原因である。「ちぎって貼る」ことまでしか表現していないため、和紙の重なり合いによる色の変化が表現されていないことが問題として挙げられる。

次に実際に紙(洋紙)と和紙による違いを示す。図 1.3 は紙と和紙を破いた時の様子をそれぞれ表したものである。



(a) 紙の輪郭線の様子



(b) 和紙の輪郭線の様子

図 1.3: 紙と和紙の輪郭線の違い

図 1.3(a) は紙を破った時の輪郭線から繊維が伸びている様子もなく直線的である。これに対し図 1.3(b) では、輪郭線からの繊維が長く出ていることが分かる。これは、和紙が紙よりも繊維が長く、繊維同士の絡みも和紙の方が強いためである。この他にも紙と和紙の違いは色々あるがその詳しい違いは日本折紙協会 [18] や 冨樫 [19] が述べている。

本研究では上記で述べたように輪郭線から和紙の繊維を表現すること、和紙の重なり合いによる色合いの変化を表現することを実装し、和紙の特徴を考慮したちぎり絵シミュレーションを作成することを目的とする。先行研究ではちぎり絵の工程の中でも「ちぎって貼る」という部分のみ表現可能であったが、そこに破

れた後の輪郭線に繊維を表現をし、アルファブレンド [20] を用いて和紙の重なり合いを表現することで、和紙ちぎり絵を再現する手法を提案する。そして、最後に本研究の手法を適用したものと、実際に和紙をシミュレーションと同じ形に破いたものを比較し効果を検証する。

1.2 論文構成

本論文では、第2章では本研究で目標とする表現と、それを実現するための手法について具体的な手順などを示す。第3章では本手法を実際に適用したものが、第2章で述べる表現ができているか検証を行う。第4章で本研究のまとめと今後の課題を述べる。

第 2 章

和紙の特徴を考慮した表現手法の提案

本章では和紙の特徴を考慮したちぎり絵シミュレーションを再現する手法を述べる。2.1 節で本研究で目標とするもの、2.2 節で破りたい形にするためまず大まかな形に切り取るという手法を述べる。2.3 節では 2.2 節ででき上がった形の輪郭線を修正し、より和紙を手で破いたような表現手法を述べる。2.4 節では実際の和紙の輪郭線の様子から繊維の特徴を定義し、それを 2.3 節でできた輪郭線に付与していくための手法について述べていく。2.5 節では和紙の重なった時の色合いの変化をアルファブレンドを用いて表現する手法について述べる。

2.1 目標とするシミュレーション

本手法では和紙の特徴である輪郭線から繊維のはみ出した紙の破断シミュレーションを作成するにあたり、以下のことを目標とする。

- ・和紙の特徴を考慮したちぎり絵シミュレーションを作成する

この点を達成するため、和紙を破いた際の輪郭線に繊維の表現を加え、和紙の重なり合いによる色合いの変化を実装し、ちぎり絵シミュレーションを作成する。

2.2 切り抜いた形の生成

ここでは本手法で用いる和紙を破りたい形を大まかに作成するアルゴリズムについて説明する。図 2.1 は和紙を破るにあたり使用する和紙と和紙を切り抜く形を表している。この 2 つの画像は事前に用意しておく必要がある。



図 2.1: 形を作る

図 2.1(a) は元になる和紙をイメージスキャナでコンピュータに取り込んだものを使用する。図 2.1(b) は和紙を破りたい形であるが、これは白と黒で作成されている画像でなくてはならない。破りたい形の白を切り取る部分、黒を残す部分として和紙の画像を切り取る。

図 2.2 は以上の処理を用いた結果を示す。



図 2.2: 切り取った形

このままでは輪郭線に和紙の特徴としての繊維が表れておらず、輪郭線が直線のままである。これでは和紙を破いたときのような表現ではなく、はさみのような鋭利なもので紙を切り落としたかのような表現である。そこで次節の処理を追加して輪郭線を修正し、和紙を破いた表現に近づける。

2.3 輪郭線の修正

ここでは輪郭線を修正し、手で破いたような表現にするアルゴリズムについて解説する。まずこの手法を行ううえで次の3点をあらかじめ定義しておく。

1. 時計回りに和紙を破く
2. 一定の力で破く
3. 背景色を統一しておく

以上の3点を考慮した上で本手法のアルゴリズムに入る。

まず輪郭線を修正する際、注意しておくことは紙には破れやすい方向がある点である。それは「紙目」と呼ばれる繊維の流れだが、和紙は複雑に繊維が絡み合っているため「紙目」がなく、そのため破れにくい。そこで繊維の濃度が同じだと同じ繊維で構成されているとし、それを繊維の流れとして考え、その繊維の流れが破れやすい方向とする。これによって輪郭線を修正し、破いたような表現をする。

2.2節で得た結果に対し、上記の処理を行う。図2.3では処理の詳しい流れを図示している。

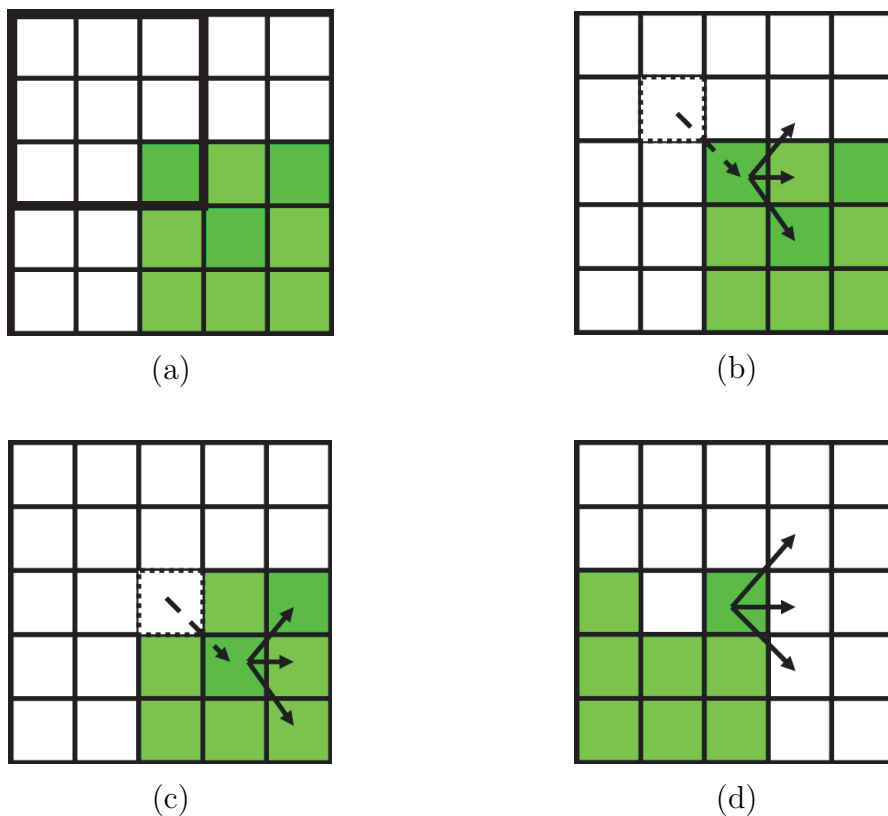


図 2.3: 輪郭線の修正処理の過程

図 2.3(a) は、画面の隅から 3×3 の太枠内のピクセルの色を調べていく。ピクセルとはデジタル画像を構成する単位であり、色のついた「点」である。デジタル画像は正方形(まれに長方形)のピクセルを規則正しく縦横に並べることで一枚の画像を表現している。この 3×3 の太枠が画像左上隅から右に順番に移動していき、端に行き着いたらまた左端に戻り 1 ピクセル分下に行き、そこからまた右端まで進む。太枠内の右下のピクセルが背景色以外の色を検知したらそこに中心を移動する。そして図 2.3(b) のように中心としたピクセルの色と、そのピクセルの右上、右、右下のピクセルを比較し、中心が一番色の変化の低い場所へ移動する。それとこのままでは輪郭線がいきなり白に変わり、不自然になるので、中心の下、数ピクセルから輪郭線に近づくにつれ徐々に透過する。そして移動する際は図 2.3(c) のように中心を白にしてから次のピクセルに移動し、また中心とその

隣の右上、右、右下のピクセルを比較していく。最終的に図 2.3(d) のように、比べるピクセルの色が全て白だったら、時計回りに 90 °回転し比較するピクセルを右下、下、左下に変えて進む。これを輪郭線に対し一周行うことで修正する。

2.2 節の処理の結果に上記の処理を行った結果が図 2.4 である。

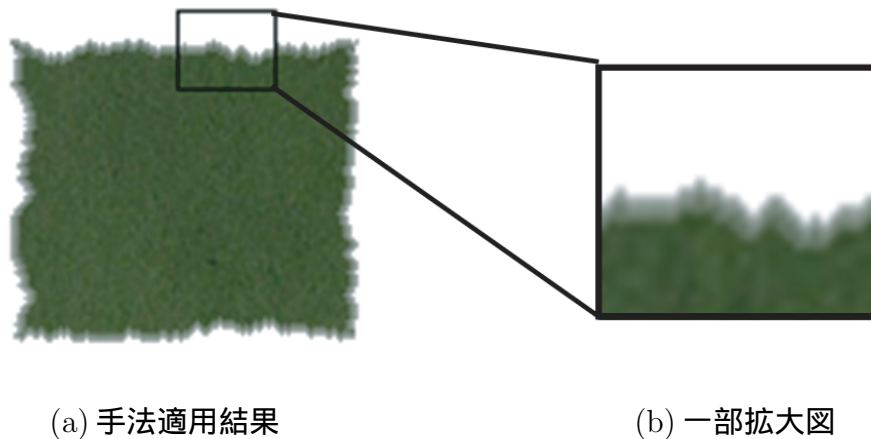


図 2.4: 輪郭線の修正結果

図 2.4(a) は輪郭線が修正され、この状態が和紙を破ってちぎり絵のパーツを作った状態とする。図 2.4(b) の拡大図をみるとよりはっきり輪郭線が変わっていることが確認でき、輪郭線に近づくとつれ透過されていく様子も確認できる。しかし、ここでも輪郭線から繊維が飛び出るような手法を追加していないため、ただ紙を破いたような表現で止まっている。そこで次節の処理を追加し、輪郭線から繊維が飛び出ているような表現をする。

2.4 輪郭線から繊維の生成

ここでは 2.3 節で得た結果に対して輪郭線に繊維の表現を付与する。図 2.5 は実際の和紙を左から右方向に対して和紙を破ったものである。

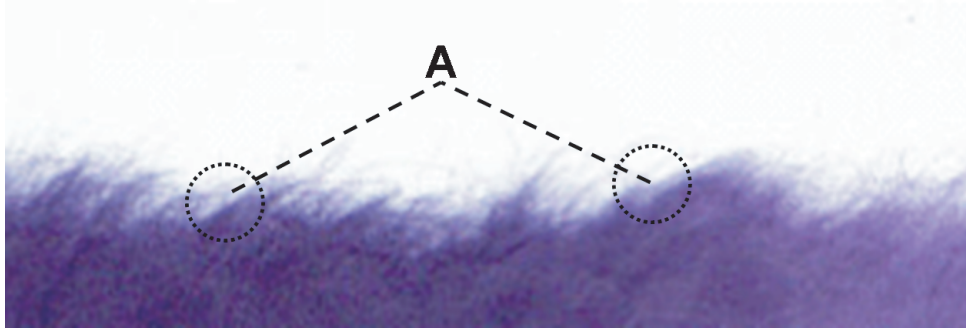


図 2.5: 実際の和紙を破いたときの繊維の様子

この和紙を破ったときの輪郭線の様子から特徴を挙げていく。まず第1点目としては輪郭線の繊維を見ると、どれも一様に繊維が破いた方向に向いているという特徴がある。これは破った際に繊維が引っ張られた方向に向いたためである。繊維の長さを見てみると、一部分を除きほぼ同程度の長さであり、それ程大きな違いは見られないことがわかった。第2点目は図 2.5、A の部分に注目すると、破る力の進行方向は右手なので、輪郭線が山なりの所では繊維が確認しづらいという点である。これは繊維が右に向いていてもそこに和紙の輪郭線が重なり、繊維が確認しづらく、重なったことで和紙の色が少し濃くなっている。以上の2点から本手法では和紙の輪郭線から出る繊維を表現する際、

1. 繊維は破った方向に向け、同じ形、同じ長さにする。
2. 輪郭線が山なりの所では繊維が重なるので、輪郭線の色を濃くする。

とした。上記2点の特徴を輪郭線に出すため、特徴1を図 2.6 に、特徴2を図 2.7 にそれぞれ描画する手法を図示している。

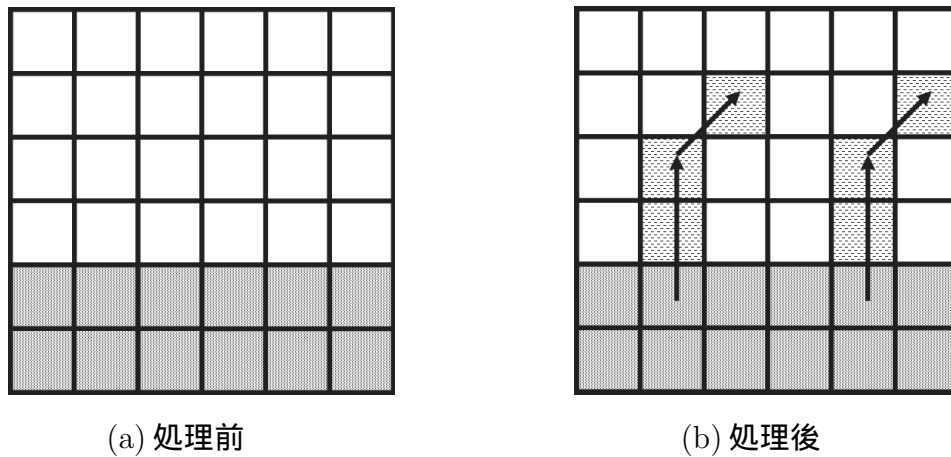


図 2.6: 特徴 1 の描画処理の過程

図 2.6(a) のように輪郭線が直線の場合、一定感覚で繊維が飛び出し、破った方向に繊維が向く。本手法では右周りに破ることを想定するため繊維は右手に向ける。結果、図 2.6(b) で矢印で表した部分に繊維として表示する。図中では透過処理は行っていないが、先端になるにつれ、透過処理をかけ繊維を表現する。

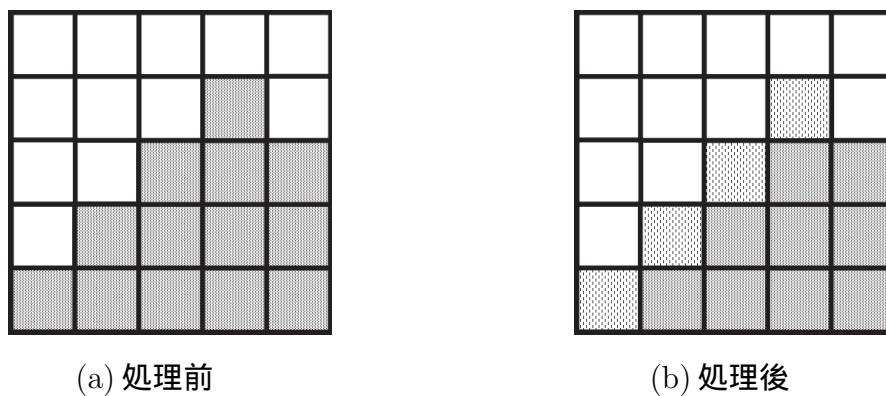


図 2.7: 特徴 2 の描画処理の過程

図 2.7(a) のように輪郭線が山の形になっていると、繊維がぶつかって重なり色が濃くなるようにしたいので、図 2.7(b) ののピクセル中の模様が変わっている部分のピクセル中の色を濃くする。

2.3 節の処理に上記 2 つの処理を加えた結果が、図 2.8 の最終的な和紙の破断表現になる。この結果輪郭線から繊維が飛び出している和紙の破れ跡を表現した。

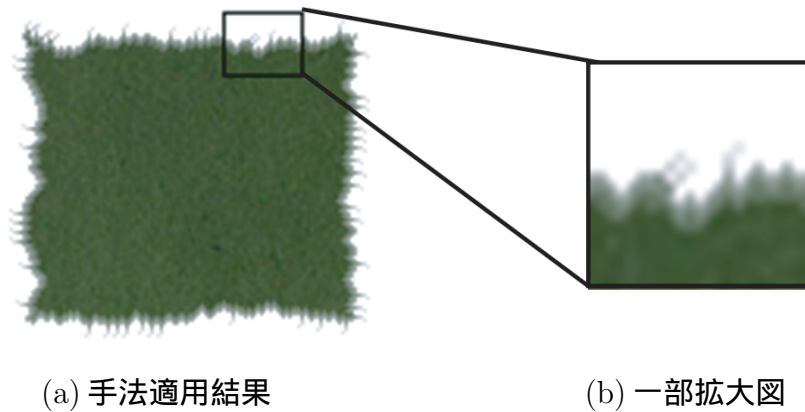


図 2.8: 繊維の描画結果

2.5 和紙の重なり表現手法

ここでは和紙の重なり合いを表現するため、アルファブレンドを用いて表現する。図 2.9 はアルファブレンドの原理を図示している。

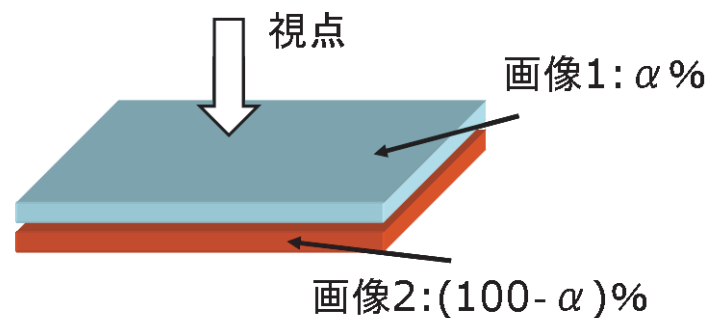


図 2.9: アルファブレンド

画像を2枚重ねた時にどちらをどれくらいの割合で表示するのかというのがアルファブレンドという手法になる。その表示する値は α 値と呼ばれるものであり、 α 値は0~100の値となっている。0が完全な透明の状態であり、値が増えるにつれ不透過になっていき、100になると完全な不透過になる。この手法を和紙を重ねた時の表現に活用する。

和紙は細かい隙間があって通気性に優れていることと、透光性に優れていることで、重ねた時に下にきた和紙の色が透けて見えるといった場合がある。この透けて見える度合いは、1枚の和紙は全て同じ厚さでできているため、和紙全体で一定の値とする。よって和紙全体に同じ α 値を設定し和紙の重なりを行う。

図2.10はこの手法を用いての和紙を重ね合わせる和紙と重ね合わせた結果を示す。

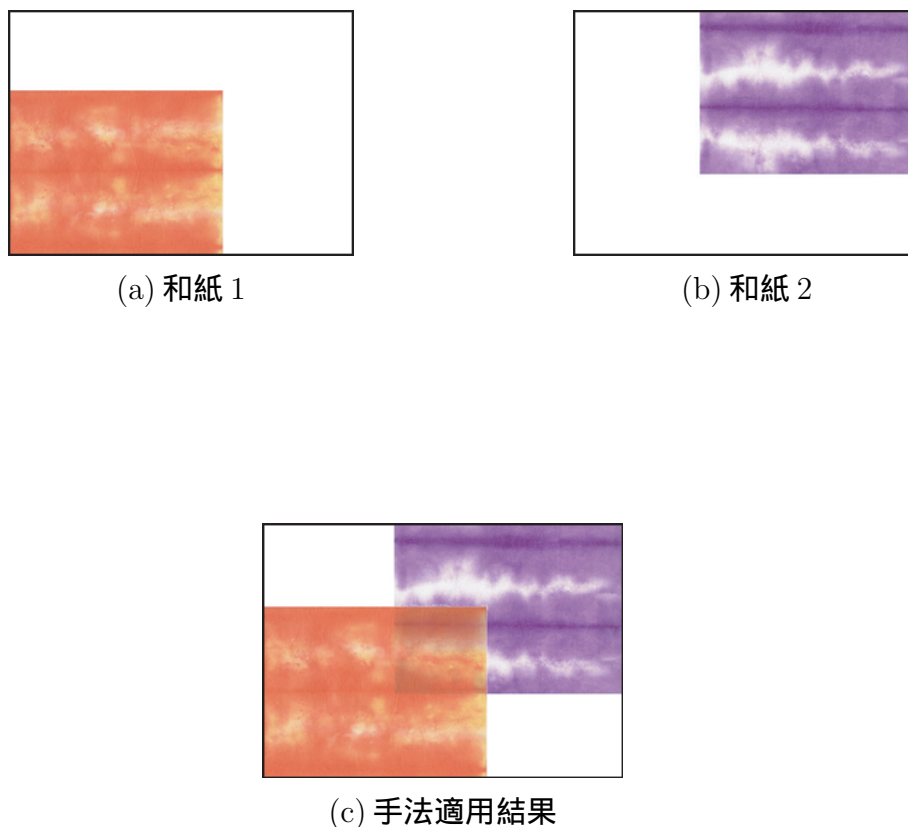


図 2.10: アルファブレンドを用いた重な表現結果

この結果重ね合わさった時に下になった和紙の色が透けて見えるといった表現とした。

第 3 章

検証と考察

本章では、提案した和紙の特徴の表現手法について検証と考察を行う。3.1 節では本手法を用いた場合、2.1 節で述べた表現ができているかについて検証する。また実際に簡単なちぎり絵を作成し、1.1 節で述べたちぎり絵シミュレーションに対しての効果を検証した。3.2 節では本手法の問題点について考察する。

3.1 検証

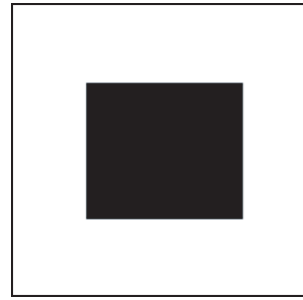
2.1 節で述べたように、和紙の特徴として以下の点に注目した。

- ・和紙の特徴を考慮したちぎり絵シミュレーションを作成する

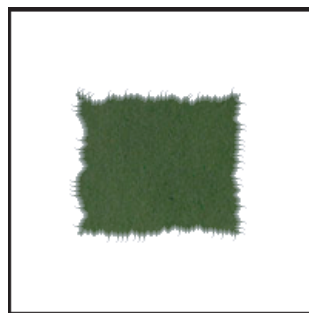
この点について本手法によって実現することができるかどうかを検証する。検証方法はシミュレーションで作成した和紙の破断表現の輪郭線が、実際の画像から得た特徴を表現できているか、和紙の重なり合いが表現できているかを検証する。そして和紙ちぎり絵シミュレーションとしての効果を検証していく。まず本手法を用いて和紙を破いてちぎり絵のパーツを作る表現について検証する。図 3.1 は和紙を破るための素材と破る形、シミュレーション結果をそれぞれ表している。



(a)



(b)



(c)

図 3.1: シミュレーション結果

図 3.1(c) の破いた和紙の輪郭線がギザギザになっており、和紙を破いた表現が再現していることが確認できた。その輪郭線から繊維が飛び出していて、和紙の特徴を表していることも同時に確認できた。これにより輪郭線が直線的ではなく、そこから繊維が出てくることで、上記 2 つの条件を満たしている。

次に輪郭線からの繊維が和紙の輪郭線の特徴を表現できているかを検証する。図 3.2 はシミュレーション結果の輪郭線を拡大したものを示す。

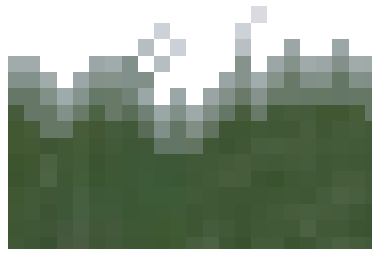
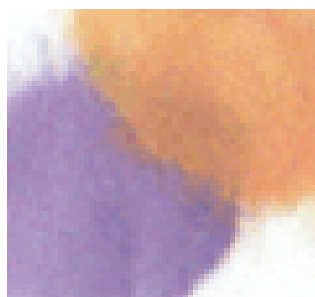


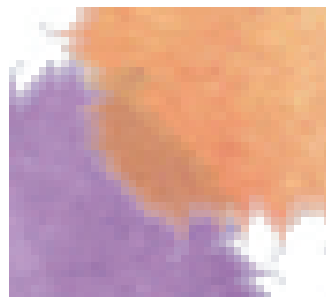
図 3.2: 輪郭線の拡大図

2.4 節で挙げた 2 つの特徴のうち、まず繊維が同じ方向に向いていることがわかる。これは、繊維が破いた方向を向くという特徴に基づいている。次に輪郭線が山なりになっている場所の色が濃くなっていることも確認できる。これは、繊維が右方向を向くがちょうど輪郭線と重なり、色が濃くなるといったことである。これらから 2.4 節で挙げた輪郭線からの繊維の特徴を表現できており、和紙を破った際の特徴を捉えていると言える。

次に和紙の重なり合いによる色合いの変化が表現できているかについて検証する。図 3.3 は実際の和紙を重ねたものと、本手法によって和紙を重ねる表現をシミュレーションした結果の拡大図である。この結果からシミュレーションとして本手法が有効であるか検証した。



(a) 実物



(b) 本手法

図 3.3: 和紙の重なり比較

この結果、実際の和紙の重なりと本手法によるシミュレーション結果では大きな違いは見られず、実際の和紙の重なりと近い表現ができていけると言える。

図 3.4 は本手法を用いてちぎり絵を作成した結果と、実際にシミュレーションと同じ形に破いたものの画像である。

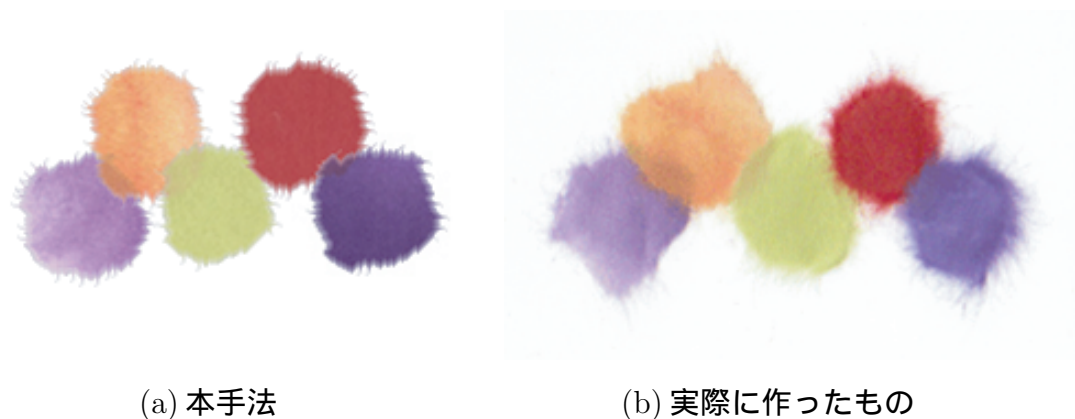


図 3.4: 和紙ちぎり絵の比較

まずシミュレーション結果からちぎった部分の和紙の模様がよくわかる。これで 1.1 節で述べたように、和紙の模様が多彩であるため、ちぎる場所によってイメージに合わないものができるのを防ぐことができる。このシミュレーションを事前に行うことにより和紙の色や模様などが参考になり、無駄に和紙を破って消費することをなくすことができる。

よって本手法による和紙の特徴を考慮したちぎり絵シミュレーションは、和紙を破った際に輪郭線からでる繊維の表現が特徴を捉えており、輪郭線が破ったように表現ができていいる。和紙の重なり合いによる色合いの変化を表現できている。これによって先行研究ではできなかった表現をできていると言える。そして和紙ちぎり絵シミュレーションとしても和紙の模様がどのように出てくるか、色合いの変化など確認することもでき、有効であることが分かった。

3.2 問題点

ここでは本手法の問題点について述べる。本手法の問題点について以下のような点を挙げる。

(A) 自由な形状の生成

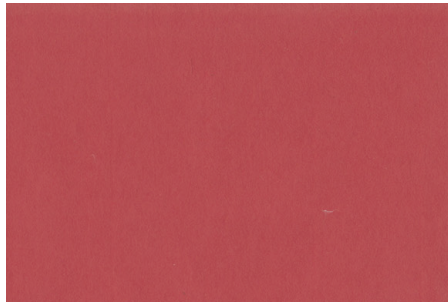
(B) よりリアルな繊維の表現

(C) 和紙には様々な種類がありそれらの全てに対応していない

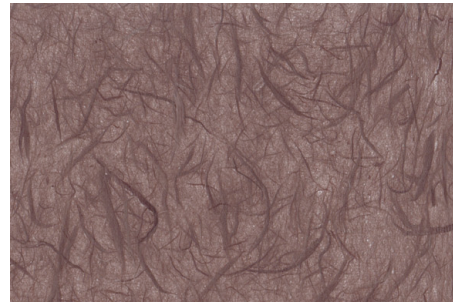
(A) は現在では事前に破る形を用意しておかなくてはならないため一度破りたい形を作成しておかなくてはならないといった問題点がある。この点はインタラクティブなシステムを作り、事前に形を用意せずいきなり破りたい形に破れるといったシステムを作ることで、手間を省くこともでき、よりよいものになると考える。

(B) は繊維の表現を実際の画像から見た特徴で表現したが、綿密な物理計算をして表現をすることによってよりリアルな和紙の破断表現をすることによって、シミュレーションとして実際の表現に近づけることで一層向上すると考える。

(C) は和紙にも様々な種類があり、その中でも本研究では和紙の中でも代表的な楮紙というものを想定しているため、種類の違う和紙でやると実際に破いたのでは全く違う形になる恐れがある。図 3.6 は楮紙と雲竜紙を示す。



(a) 楮紙



(b) 雲竜紙

図 3.5: 和紙の種類

図 3.6(a) は楮紙、図 3.6(b) は雲竜紙という和紙の種類である。図 3.6(b) 雲竜紙には黒い細い模様のようなものがあるが、それは全て太い和紙の繊維である。この太い繊維は破ろうとしても結合している繊維の力が強く、輪郭線が大きく曲がってしまう場合や、破ることができない場合もある。このような和紙の種類による違いが他の和紙にもあり、この和紙の種類によつての破れ方の違いを本手法では解決できていない。これは、使用する和紙の画像をデータベース化し、それぞれ事前に和紙の種類を分類しておき、それを参照したときにそれぞれの違う処理の和紙の破れ方を適応すれば解決できる可能性がある。

第 4 章

まとめ

本論文の締めくくりとして、まとめと今後の展望に関して述べる。

本研究では、まず和紙の形を作る際に一度大まかな形を作り、その上で輪郭線を修正して和紙を破いた表現し、実際の輪郭線からでる和紙の画像を元に、繊維の特徴を定義しそれを表現することで輪郭線からでる和紙の繊維を表現することができた。この2つ手法から和紙の破断表現のシミュレーションを作成し、和紙の特徴を捉えた破断表現をすることができた。次に和紙の重なり合いの表現をアルファブレンドを用いて表現し、それが本物の和紙を重ねた時と同じような結果が得られた。この和紙の破断シミュレーションと、和紙の重なり合いのシミュレーションを合わせる事により和紙ちぎり絵のシミュレーションとしても有効であることがわかった。しかし、まだ3.2節で述べたように問題点もいくつか残っている。和紙を破る際に事前に破る形を決めておかななくてはならないこと、和紙を破いた際に輪郭線から出る繊維をもっとリアルに表現することなどが問題点として残っている。

今後の展望として、本研究ではできなかったインタラクティブなシステムを作って、色々な形を破れるようにすることを実装し、その他にも破いた際の輪郭線からもっとリアルな繊維の表現をしていくことでよりよいものができ上がる。それに加え和紙の種類による特徴を捉え、表現できる和紙の数を増やすことができれば、さらにリアルな和紙の破断シミュレーションになると同時に、こちらも和紙

ちぎり絵シミュレーションとして応用することができる。他にも現在はラスタ画像を使用しているが、ベクタ画像に応用できれば拡大しても滑らかな繊維が表現できるのではないかと考える。

謝辞

本研究を進めていくにあたりご指導頂いた、渡辺大地講師をはじめとするゲームサイエンスプロジェクトの皆様には感謝いたします。

参考文献

- [1] 財団法人日本和紙ちぎり絵協会, 「和紙ちぎり絵 しゅんこう」,
(<http://www.washi-chigirie.com/>).
- [2] 「和紙ちぎり絵 Vol.1」, 竹書房, 2006.
- [3] 小谷良枝, 「和紙ちぎり絵の魅力」, レーヴック, 2005.
- [4] 渡辺風紗絵, 「はじめてのちぎり絵」, 誠文堂新光社, 2005.
- [5] 全国手すき和紙連合会, (<http://www.tesukiwashi.jp/index.htm>).
- [6] シナジーマーケティング株式会社, 「日本文化いろは辞典」,
(<http://iroha-japan.net/iroha/C05paper/index.html>).
- [7] 三谷純, "折紙の展開図からの折りたたみ形状推定",
情報処理学会研究報告 Vol.2006, No.18 pp. 1-6, 2006-CG-122-(1).
- [8] 舘知宏, "Rigid Origami Simulation",
(<http://www.tsg.ne.jp/TT/software/index.html>).

- [9] 木谷佳将, "CG による紙の破断表現", FIT2007 予稿集, 2007.
- [10] 木谷佳将, "紙の破断の CG 表現",
平成 19 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, 2007.
- [11] 森継修一, "折り紙による 3 次元方程式の解法について",
日本応用数学会論文誌 Vol.16, 2006.
- [12] 日下貴之, 野島武敏, 勇田篤, "折り紙モデルに基づく放物曲面シェルのインフ
レータブル構造化" 材料力学部門講演会公演論文集 Vol.2002.
- [13] 齋藤淳, 野島武敏, "折り畳み/展開可能な構造モデルの検討",
年次大会講演論文集 Vol.2004, No.6 pp. 75-76.
- [14] 横山卓弘, 高井昌彰, "厚さを持った折り紙シミュレーションとその評価",
情報処理学会研究報告 Vol. 2000, No. 115 pp. 19-24, 2000-CG-101-4.
- [15] 三谷純, 鈴木宏正, "折り紙の構造把握のための形状構築と CG 表示",
情報処理学会論文誌 Vol.46, 2005.
- [16] 辻合秀一, "ちぎり絵制作過程のデジタル化",
日本図学会 2004 年度本部例会学術講演論文集, pp.7-8.
- [17] 辻合秀一, 溝口 悟, "デジタルちぎり絵の作成",
パーソナルコンピュータユーザ利用技術協会 Vol.26, 2001.
- [18] 紙の博物館, 「紙の講座」, (<http://www.papermuseum.jp/kouza.htm>).

[19] 和紙の博物館, (<http://www.hm2.aitai.ne.jp/row/index.html>).

[20] 北山洋幸, 「.NET Framework プログラミングテクニック vol.7」,
カットシステム, 2007.