

2012年度 卒業論文

新しいスリットアニメーション
制作手法の提案

指導教員：渡辺 大地 講師
三上 浩司 准教授

メディア学部 ゲームサイエンスプロジェクト
学籍番号 M0109218
謝 維亜

2012年度 卒業論文概要

論文題目

新しいスリットアニメーション
制作手法の提案

メディア学部

学籍番号：M0109218

氏名

謝 維亜

**指導
教員**

渡辺 大地 講師
三上 浩司 准教授

キーワード

スリットアニメ、アモーダル補完、錯覚、
錯視、トリックアート

スリットアニメーションは、錯視を取り入れた娯楽作品の一つである。1枚の静止の画像の上にスリットシートをスライドさせることで、動きがあるアニメーションに見える作品である。しかし従来の作成手法では、画像の認識度を保つため、実現できるアニメーションのコマ数が限られている。

本研究は、より多くのコマのスリットアニメーションを実現するため、新しい制作手法を提案した。そして提案された新しい制作手法をもとに、コマ数の多いスリットアニメーションが容易に制作できる支援ツールを開発した。このツールを用いれば、ユーザーがスリットシートを上下と左右両方向にスライドでき、最大36コマのスリットアニメーションを作成できる。また、スリットアニメーションの錯視効果の仕組みを調査し、コマ数が多いスリットアニメーションの認識度について検証した。

評価の結果、よりコマ数の多いスリットアニメーションの実現において、本研究が提案した制作手法が有効であることを示した。また、本研究が提案した制作手法は、特に二系統の動きを持つアニメーションの実現に適していることを示した。

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	5
第2章	提案手法	6
2.1	スリットアニメーションの作り方	6
2.2	多コマスリットアニメーションの実現	8
2.3	スリットアニメーション制作支援ツールの開発	12
第3章	評価と検証	15
3.1	制作支援ツールの制作効率の評価	15
3.2	提案手法と従来手法のアニメーション認識度の評価	16
3.3	多コマスリットアニメーションの認識度についての評価	17
第4章	結論	19
4.1	まとめ	19
4.2	問題点と今後の展望	19
	謝辞	21
	参考文献	22

目 次

1.1	スリットアニメーション (Animated Optical Illusions)	2
1.2	従来の単軸方向スライド仕様	4
1.3	本研究が提案する二軸方向スライド仕様	4
2.1	連番画像を用意して「コマ数」を決める	6
2.2	縞模様のスリットシートの作り方	7
2.3	連番画像をスリットシートを使って編集	8
2.4	編集された画像を一枚に合成	8
2.5	スリット単位の減少により合成画像の違い	9
2.6	本研究が提案する画像を二回処理する方法	10
2.7	二系統の動きがあるアニメーション	12
2.8	本研究が開発した制作支援ツールの実行画面	13
3.1	従来手法と提案手法で作ったスリットアニメーション	16

表 目 次

3.1	評価を行うコンピューターの主の仕様	15
3.2	作業時間の評価結果	16
3.3	従来手法と提案手法を対比した評価結果	17
3.4	多コマスリットアニメーションの認識度の評価結果	18

第 1 章

はじめに

1.1 研究背景と目的

スリットアニメーション (Animated Optical Illusions) は、錯視を取り入れた娯楽作品の一つである [1]。あらかじめアニメーションにする数コマの画像を、一定の法則に従い一枚の画像に合成し、さらにその画像の上に縞模様が描かれた透明のスリットシートをスライドさせることで、一枚の画像上でアニメーションを表現できる。縞模様のスリットからアニメーションを見ることにより、スリットアニメーションと呼ばれている。スリットシートをスライドするだけで、静止画像がアニメーションに見えることが、スリットアニメーションの最大の魅力と言える。また、他のアニメーション作品が一方向的に再生すると違い、スリットアニメーションは、ユーザーが自分の手でスリットシートをスライドするので、より高いインタラクティブ性を持つことも特徴の一つである。これらの特徴により、スリットアニメーションは娯楽作品、玩具として、広く使われている [2]。図 1.1 はスリットアニメーションの一例である。

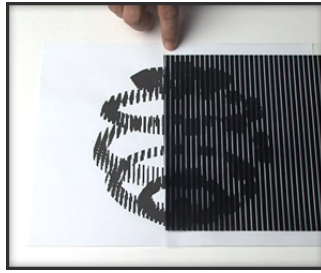


図 1.1: スリットアニメーション (Animated Optical Illusions)

静止の画像がスリットシートをスライドすることでアニメーションに見える理由は、スリットシートを移動する度に、画面を隠す位置が違うことにより、見える画面が変わるからである。そしてその見える画面の変換が高速に繰り返すことにより、アニメーションに見えるのである [3][4]。我々人間の脳は、不完全な視覚情報に対し、ある程度で情報の意味を判別、認識、そして不完全の部分を補完する能力を持っている [5]。スリットアニメーションのような、連番画像の遮蔽されている部分が、見る人の脳内に自動的に被遮蔽部の輪郭を補完する視覚認知現象は、アモーダル補完 (Amodal perception) [6][7] と呼ばれている。

アモーダル補完について、幾何学、神経心理学に基づいて、数多くの研究成果があげられてきた [8][9][10]。一般的に、遮蔽物の背後で輪郭線が連続して知覚される場合、かつオブジェクトと遮蔽物の接合部などによる奥行配置や整合的な境界の割り当てが決定される時、遮蔽部のアモーダル補完と主観的輪郭が成立すると認識されている [6][11]。つまり、アモーダル補完の発生条件として、第一に遮蔽されている部分が遮蔽されていない部分との連続性が知覚できること、第二にオブジェクトが遮蔽物の奥にあることが判別できることがある。

スリットアニメーションの場合、スリットシートとしての縞自体の色が、画像の背景と画像のオブジェクトより暗い色であることが条件である。そのため、縞の色が黒にするのがほとんどである。

不完全な視覚情報を元にした、人間の視覚認知における補完能力についての研

究は、姜銀来の研究 [5] がある。姜らの研究は、人間の視覚補完能力を定量化し、評価することができた。この研究で、姜らは完全な画像を不完全な画像に処理する際、画像を一回の抹消処理で抹消する面積を抹消単位、画像を抹消する面積が画像本来の面積に占める割合を抹消比率として定義した。

この研究によると、人間が不完全な視覚情報に対する補完の正確性は、画像を抹消する単位の拡大、画像が抹消される比率の拡大に連れ低下する傾向がある。そして、視覚補完の正確性にもっとも影響力が高いのが、画像の抹消単位である。抹消単位が小さい場合、抹消比率が90%を超えても、被験者の多くは、正しい視覚補完ができる。一方、抹消比率が80%以上の場合、抹消単位拡大につれ、視覚補完の正確性が急激に減少する。

スリットアニメーションは、この研究で行った実験と高い類似性を持っている。アニメーションのコマ数が6を超えた場合、抹消比率が83%に達し、これ以上アニメーションのコマ数を増やすと、視覚補完の正確性が大きく減少することになる。この理由から、従来の制作手法では、6コマ以上のスリットアニメーションを実現することが難しい。

本研究は、従来のスリットアニメーションの制作手法の上に、スリットシートを上下と左右二軸方向にスライドできる仕様を提案し、よりコマ数の多いスリットアニメーション（以下：多コマスリットアニメーション）の実現を試みた。図1.2と1.3はそれぞれ従来手法のスリットアニメーションと提案手法のスリットアニメーションを示す。

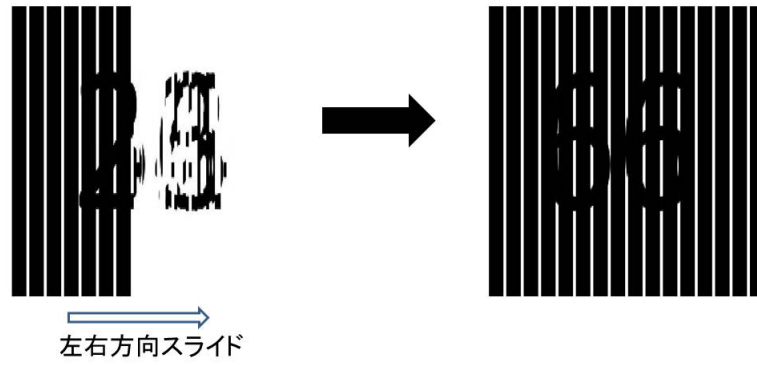


図 1.2: 従来の単軸方向スライド仕様

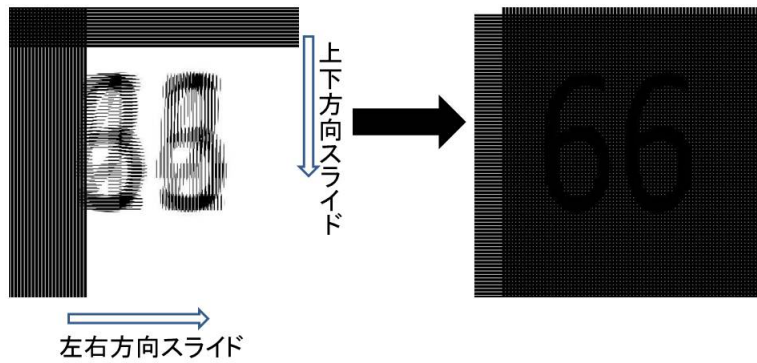


図 1.3: 本研究が提案する二軸方向スライド仕様

近年、パソコンによる画像編集とカラープリンターの普及により、錯視を利用した「だまし絵」などの芸術作品のつくりが容易になり、新しいタイプの錯視効

果が続々と発表されてきている [12][13][14][15]。本研究はより多くの人がスリットアニメーションに対する理解を深めるべく、誰でもスリットアニメーションを手軽に制作できるように、スリットアニメーションの制作支援ツールを開発した。さらに、スリットアニメーションの錯視効果の仕組みを調査し、多コマスリットアニメーションの認識度について検証した。

1.2 論文構成

本論文の構成は次の通りである。2では本研究の提案手法および作成ツールについて述べる。3では本研究が行った評価の結果と検証について述べる。4では本研究のまとめ、今後の展望について述べる。

第 2 章

提案手法

2.1 スリットアニメーションの作り方

スリットアニメーションの作り方として、まず、あらかじめアニメーションにする連番画像を用意する。この連番画像の枚数を「コマ数」とする。図 2.1 は連番画像の用意とコマ数の決め方を示す。



図 2.1: 連番画像を用意して「コマ数」を決める

次にスリットシートを作成する、スリットシートは、コマ数に合わせて、一定の幅を空けて、縦縞模様をつくる。この一定の幅を「スリット単位」とする。スリッ

ト単位の設定は基本的に作成者が自由に設定できるが、作成するスリットシート全体の幅の一割以下の数値が望ましい。縞模様の色は、幅の広い遮蔽部を黒、間に挟む空き部を白にするのがほとんどである。黒の幅を B 、白の幅を W 、スリット単位を e 、コマ数を F にして、次の数式 (2.1) と (2.2) に従い、縞模様を作る。

$$B = (F - 1)e \quad (2.1)$$

$$W = e \quad (2.2)$$

最後に作った画像を OHP シートなど透明のフィルムに印刷し、スリットシートが完成する。図 2.2 はスリットシートの作成方法を示す。

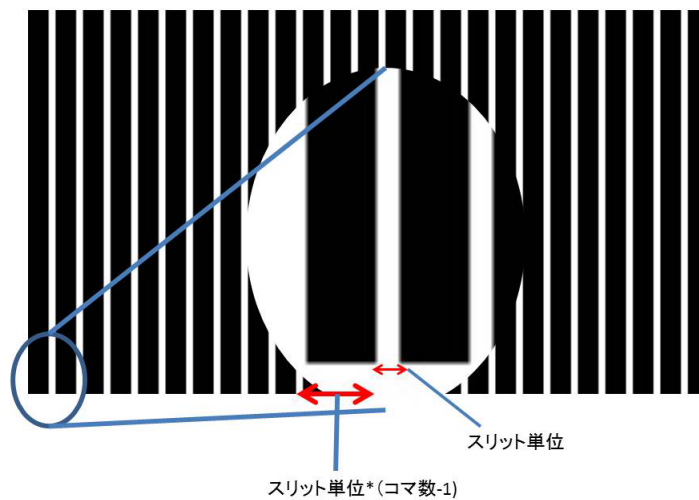


図 2.2: 縞模様のスリットシートの作り方

次に、連番画像をそれぞれ編集する。連番画像を編集する手順は、次のように行う。

1. 最初の一枚の画像をスリットシートと重ねる。

2. 画像が白の隙間に当てはまる部分だけ残して、黒の縞に隠す部分を全部白に塗りつぶす。
3. 二枚目の画像をスリットシートと重ねる。
4. スリットシートの位置を、前の一枚と重ねた時より「スリット単位」の幅を右にずらす。
5. 「2」の処理を繰り返す。

すべての連番画像が処理されるまで上記「3」「4」「5」の手順を繰り返す。図 2.3 は連番画像の編集方法を示す。

最後にそれぞれ処理された連番画像を一枚の画像に合成する。図 2.4 は処理済の連番画像を合成する方法を示す。

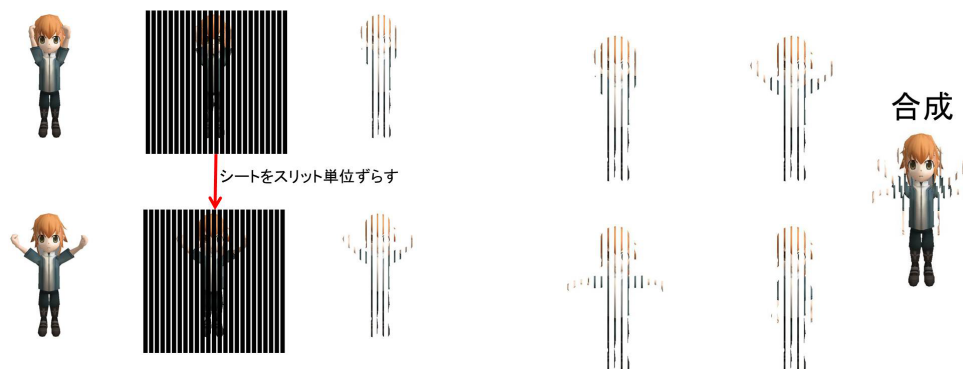


図 2.3: 連番画像をスリットシートを使って編集

図 2.4: 編集された画像を一枚に合成

2.2 多コマスリットアニメーションの実現

連番画像を処理する際、スリットシートにある縞模様の一個分が抹消単位として考えられる。また、アニメーションのコマ数が増えるにつれ、抹消比率が大きくなる。画像全体の高さを H 、抹消比率を d 、抹消単位を De 、コマ数を F 、スリット単位を e にすると、それぞれの数式 (2.3) と (2.4) が成立する。

$$De = (F - 1)eH \quad (2.3)$$

$$d = \frac{F - 1}{F} \quad (2.4)$$

例えばアニメーションのコマ数が3, スリット単位が2, 画像全体の高さが60の場合。画像の抹消単位が240, 抹消比率が66%になる。コマ数が6, スリット単位が5の場合、画像の抹消単位が1500, 抹消比率が83%になる。

従来のスリットアニメーションは、スリットシートが左右の単軸方向にしかスライドできない。また、視覚補完の正確性を保つため、実現できるコマ数が限られている。この理由は、スリットアニメーションのコマ数が6の場合、抹消比率が83%に達し、これ以上コマ数を増えると同時に、抹消単位が拡大し、視覚補完の正確性が大きく減少する。その結果、画像を認識できなくなってしまうからである。

画像を認識しやすくするために、スリット単位の減少が有効である。スリット単位を減少すれば、抹消単位が小さくなり、視覚補完がしやすくなる。図2.5はスリット単位の減少により、画像の認識がしやすくなる様子を示している。

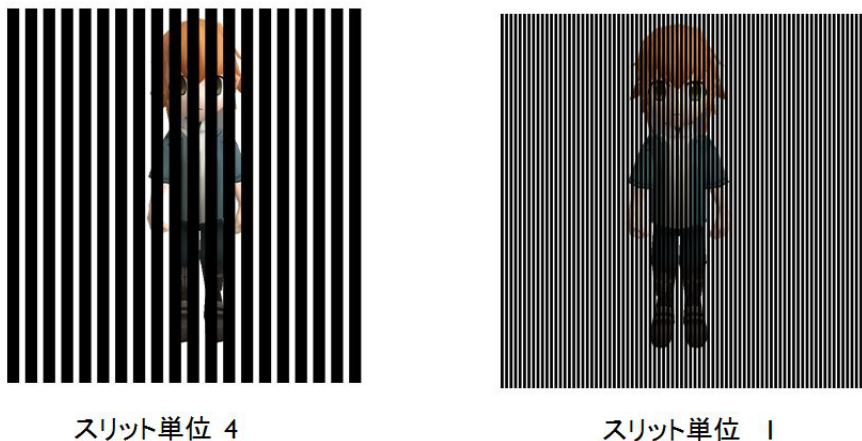


図 2.5: スリット単位の減少により合成画像の違い

しかし、スリットアニメーションの場合、スリット単位は抹消単位に影響すると同時に、ユーザーがスリットアニメーションを見るとき、違う画像を見るたびにスリットシートを移動する距離にも影響する。スリット単位が極端に小さい場合、ユーザーがスリットシートを少し移動すると、アニメーションが何コマも飛ばしてしまい、アニメーションの鑑賞が困難になる。ゆえにスリットアニメーションの制作は、ある程度大きさのスリット単位を保つ必要がある。

本研究は、スリットシートを左右と上下の二軸方向にスライドできるようにし、スリット単位を維持するまま抹消単位をさらに縮小することで、スリットアニメーションのコマ数の増加に伴う抹消単位の増加を抑え、視覚補完の正確性とスリットアニメーションの操作性を両方維持して、よりコマ数の多いスリットアニメーションの実現手法を提案する。

実現する方法は、横縦二種類の縞模様のスリットシートを作成する。そして連番画像の処理は、片方のスリットシートと重ねて処理を行った後、さらにもう片方のスリットシートと重ねて処理する。図 2.6 は本研究が提案する連番画像の処理方法を示す。

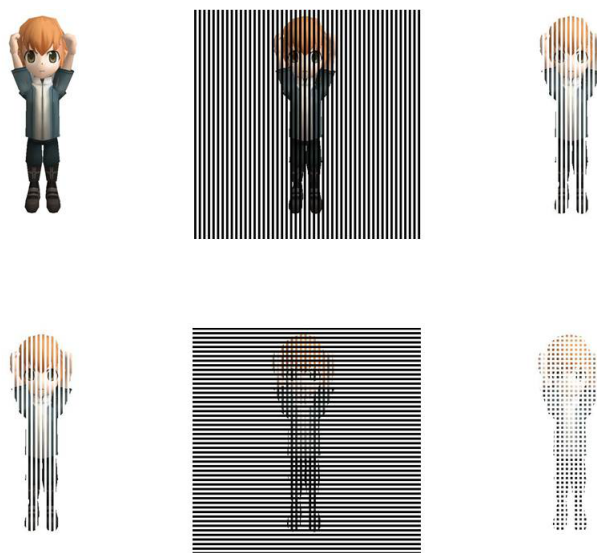


図 2.6: 本研究が提案する画像を二回処理する方法

新しく提案した制作手法では、従来の制作手法で成り立つ数式(2.3)と(2.4)に加え、さらに数式(2.5)と(2.6)が成立する。そのうち、「 F_w 」は左右移動するスリットシートのコマ数を示す、「 F_h 」は上下移動するスリットシートのコマ数を示す、 De' は提案手法を用いて、変更した抹消単位を示す、 W が画像全体の幅を示す。

$$F = F_w \cdot F_h \quad (2.5)$$

$$De' = \begin{cases} De \cdot \frac{W}{F_w H + F_h W} & (F_w \neq 1, \text{かつ } F_h \neq 1 \text{ のとき}) \\ De & (F_w = 1, \text{或いは } F_h = 1 \text{ のとき}) \end{cases} \quad (2.6)$$

例えば、幅400cm、高さ300cmの画像で、コマ数が12、スリット単位が1cmにして、スリットアニメーションを作る場合。従来の制作手法では、抹消比率が91.6%、抹消単位が 3300cm^2 になるが、本研究の提案手法を用いて、コマ数を横4、縦3に分割して作る場合、抹消単位が 550cm^2 になる。コマ数を横6、縦2に分割して作る場合、抹消単位が 507.69cm^2 になる。

また、本研究が提案した制作手法は、特に二系統の動きを持つアニメーションの表現に適している。例えば図2.7のように、このアニメーションの動きが、キャラクターの回転と腕の上下の二系統に分けることができる。この二系統の動きをそれぞれ二軸方向のスリットシートに対応付けると、スリットシートの左右移動でキャラクターが回転、上下移動でキャラクターが腕を上下することができる。

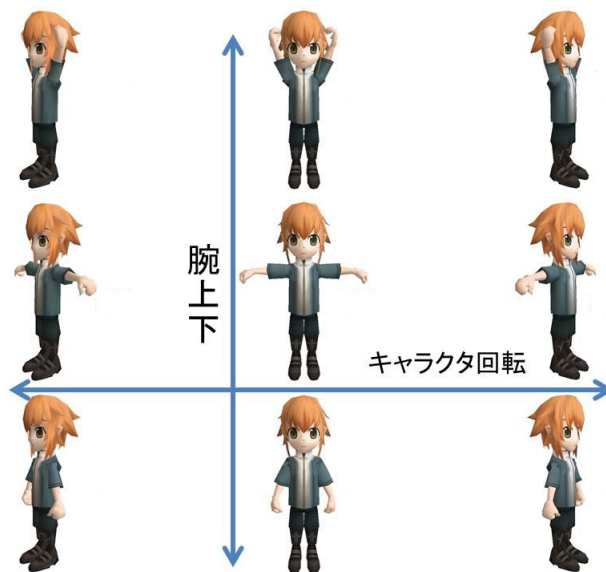


図 2.7: 二系統の動きがあるアニメーション

このように、本研究が提案した制作手法で、横と縦の二軸方向にそれぞれ別系統の動きを付けることで、よりインタラクティブ性が高いスリットアニメーションを表現することができる。

2.3 スリットアニメーション制作支援ツールの開発

本研究の二軸方向のスリットシート移動の提案をもとに、スリットアニメーション制作支援ツールを開発した。図 2.8 は、制作支援ツールの実行画面である。

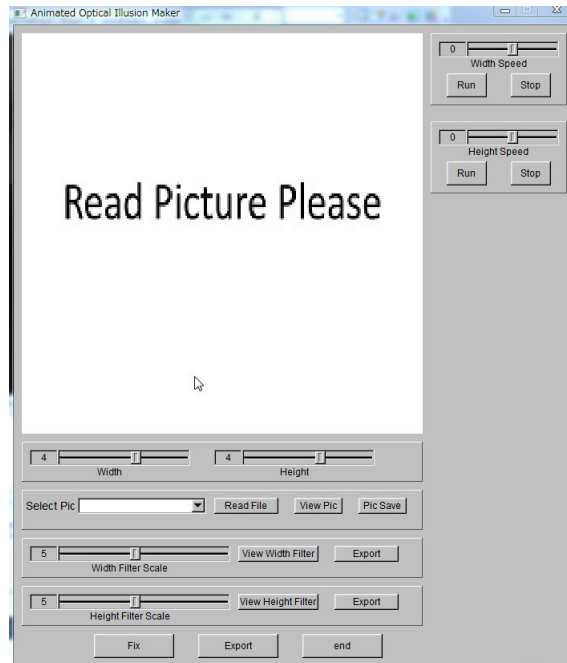


図 2.8: 本研究が開発した制作支援ツールの実行画面

この支援ツールは、Fast Light Toolkit と Fine Kernel ToolKit System のライブラリを用いて、Microsoft Visual C++ 2010 Express の環境下で制作した [16][17]。中央のブロックはコマ数に関する設定である。Width と Height のスライダーは、スリットアニメーションの横と縦のコマ数を指定できる。縦のコマ数を 1 に指定すると、従来の制作手法と同じように作ることもできる。次のブロックは連番画像に関する設定である。プルダウンリストは、アニメーションとなる連番画像の番号を指定し、それぞれ Read File ボタンで画像を読み込み、View Pic ボタンで画像プレビュー、Pic Save で連番画像を設定。次のブロックはスリットシートに関する設定である。Width Filter Scale と Height Filter Scale でそれぞれ横と縦のスリット単位を指定できる。View Width Filter と View Height Filter は作成された横、縦のスリットシートをプレビュー、Export でスリットシートを画像として出力できる。一番下にある三つのボタン、Fix ボタンを押せば、これまで読み込んだ画像を指定したコマ数とスリット単位に基づいて、それぞれ編集してスリッ

トアニメーションとして合成する。Export ボタンは現在の表示画面を画像として出力する。End ボタンはプログラムを終了する。

また、右上にあるパネルは、作成したスリットシートを速度指定して移動させることができる。実際にスリットアニメーションを再生する様子をコンピューター上でリアルタイムでシミュレーションすることができる。

第 3 章

評価と検証

3.1 制作支援ツールの制作効率の評価

本研究で開発した多コマスリットアニメーション制作支援ツールがスリットアニメーションの制作において効率よく制作が行えるかを評価した。

表 3.1: 評価を行うコンピューターの主の仕様

液晶ディスプレイ	NVIDIA GeForce 9800 GTX/9800 GTX+
解像度	1920*1080
OS	Windows 7 Enterprise
CPU	Intel (R) Core (TM) 2 Duo CPU E8500 3.16GHz 2
メモリ	4.00 GB

それぞれ本研究の支援ツールと一般の画像編集ソフト (Adobe Photoshop CS5.5) [18] を使い、同じ内容のスリットアニメーションを作成し、作業時間を比べた。両方ともに連番画像をあらかじめ用意した。作成する内容は、それぞれ「横片方向の6コマアニメーション」、「横3、縦3、計9コマアニメーション」、「横6、縦6、計36コマアニメーション」。また、Adobe Photoshop CS6を使う側は、画像編集に慣れている熟練者、あらかじめ作成方法と手順を理解し、練習を行った。

評価の結果、本研究が開発した支援ツールを使うことで、特に多コマのスリットアニメーションの制作においての効率性向上が顕著であった。

表 3.2: 作業時間の評価結果

	横 6 コマ	横 3 コマ 縦 3 コマ	横 6 コマ 縦 6 コマ
本研究の支援ツール	1.3 分	1.5 分	6 分
Adobe Photoshop CS5.5	4.2 分	21 分	109.8 分

3.2 提案手法と従来手法のアニメーション認識度の評価

1.1 に述べている通り、抹消比率が 80 % を超えると、抹消単位が視覚補完の正確性に対する影響が顕著にある。本研究で行った実験は、特に抹消比率が 80 % 以上、つまりコマ数が 6 以上のスリットアニメーションの認識度に対する評価に着目した。本研究が提案した上下と左右双方向にスライドできる多コマスリットアニメーションと従来のスリットアニメーションの認識度を評価した。

従来の制作手法で、横方向 9 コマ、スリット単位 2 と横方向 16 コマ、スリット単位 1 のスリットアニメーション。加えて提案した制作手法で、横 3、縦 3 計 9 コマ、スリット単位 2 と横 4、縦 4 計 16 コマ、スリット単位 1 のスリットアニメーションを作成した。図 3.1 は評価に使ったスリットアニメーションである。

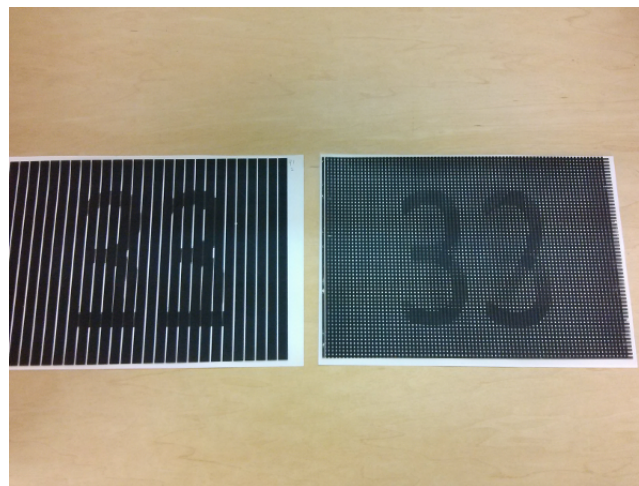


図 3.1: 従来手法と提案手法で作ったスリットアニメーション

スリットアニメーションを見る人に対し、「この画像からスリットアニメーション

ンはよく見えますか」と質問し、その答えは「A:よく見えます」、「B:ちょっと見づらいが見えます」、「C:なかなか見えません」、「D:全然見えません」の四段階から評価する。今回の評価は、16人に答えてもらった。

表 3.3: 従来手法と提案手法を対比した評価結果

	A	B	C	D
従来手法				
9コマ	4	6	3	3
16コマ	2	4	8	2
提案手法				
9コマ	8	7	1	0
16コマ	5	7	4	0

評価の結果、6コマ以上のスリットアニメーションにおいて、本研究が提案した制作方法が、従来の制作方法より認識度が高く、有効であることを証明した。

3.3 多コマスリットアニメーションの認識度についての評価

1.1で述べる通り、視覚補完の正確性は、画像を抹消する単位の拡大、画像が抹消される比率の拡大に連れ低下する傾向がある。また2.1で述べる通り、抹消比率はスリットアニメーションの総コマ数と比例して拡大する。特に多コマスリットアニメーションの場合、アニメーションのコマ数が多ければ、同時に抹消比率が拡大し、視覚補完が困難になることも意味する。本研究は、いくつのコマ数とスリット単位を組み合わせたスリットアニメーションを作成し、それらを複数の人に観賞し、評価することで、多コマスリットアニメーションの認識度を検討した。

提案した制作手法で、横3、縦3計9コマ、横4、縦4計16コマ、横6、縦6計36のスリットアニメーションを作成する。

作成したものは、それぞれ9人に見てもらい、評価した。スリットアニメーションを見る人に対し、「この画像からスリットアニメーションはよく見えますか」と

質問し、その答えは「A:よく見えます」、「B:ちょっと見つらいが見えます」、「C:なかなか見えません」、「D:全然見えません」の四段階から評価する。

表 3.4: 多コマスリットアニメーションの認識度の評価結果

	A	B	C	D
9コマスリット単位4	4	6	3	3
9コマスリット単位5	3	4	6	3
9コマスリット単位6	1	0	11	4
16コマスリット単位2	3	8	4	1
16コマスリット単位3	1	3	4	8
16コマスリット単位4	0	1	5	10
36コマスリット単位1	1	9	6	0
36コマスリット単位2	0	0	4	12
36コマスリット単位3	0	0	0	16

評価の結果、9コマの場合、スリット単位が5以上拡大すると、認識度が顕著に低下する。16コマの場合、スリット単位が3以上に拡大すると、認識度が顕著に低下する。36コマの場合、スリット単位が1以外ほとんど認識できなくなる。

第 4 章

結論

4.1 まとめ

本研究は、スリットアニメーションをフォーカスし、スリットアニメーションの従来の制作手法に対し、より多コマのスリットアニメーションの実現を目指し、二軸方向スライドできるスリットアニメーションを制作手法を提案した。そのためにスリットアニメーションを容易に作成できる制作支援ツールを開発した。また、この方法がよりコマ数の多いスリットアニメーションの実現に対して有効の手段であることを示した。

4.2 問題点と今後の展望

本研究が提案したスリットアニメーションの制作手法は、特に二系統の動きを持つアニメーションの表現に適している。しかし、動きが一系統のアニメーションの表現には適していない。アニメーションを最初から最後まで順番に再生したい場合、二枚のスリットシートを用いると、操作が難しく、うまく再生できない。動きが一系統のアニメーションの表現に適応性が低いことが、本提案手法の問題点といえるであろう。

また、スリットアニメーションの錯視効果について、まだ解明していない部分が多い [19][20]。例えば今回の研究は、色や明るさに関して認識度に対する影響は

考慮していない。評価に使う連番画像は、すべてモノクロである。スリットアニメーションにおいて、色や明るさが錯視効果にどのような影響を与えられるかは、今後の課題といえるのであろう。

謝辞

本研究を執筆するにあたり、始終ご指導を頂いた渡辺大地先生、三上浩司先生に心より感謝いたします。またお忙しい中でも何度も相談に乗っていただいた竹内亮太先生をはじめとするゲームサイエンスの先輩たちに感謝いたします。最後に、研究評価に協力していただいたコンテンツプロダクションプロジェクトのメンバーと一年間悲喜を共にしてくれたゲームサイエンスのメンバーに深くお礼申し上げます。本当にありがとうございました。

参考文献

- [1] 北岡明佳. トリック・アイズ グラフィックス NEO. カンゼン, 2010.
- [2] 藤本まさし. ちょっと不思議なぱらぱら漫画. <http://slitanimation.com/>.
- [3] ジョセフ・ジランド (Joseph Gilland) . 特殊効果アニメーションの世界 - エレメンタルマジック. ボーンデジタル, 2010.
- [4] Michael O'Rourke. 3次元コンピュータ・アニメーションの原理?3D コンピュータグラフィックスによるモデリング、レンダリング、アニメーション. 近代科学社; 第2版, 2000.
- [5] Yinlai Jiang. 視覚認知における補間能力の定量化とその脳の健康検査と機能増進への試み. 高知工科大学大学院 工学研究科 基盤工学専攻 博士 (工学) 学位論文, p. 13, 12 2008.
- [6] Rogers-Ramachandran Diane Ramachandran Vilayanur S. 行間を読む モーダル補完とアモーダル補完 (知覚は幻-ラマチャンドランが由る錯覚の脳科学). 別冊日経サイエンス, pp. 122-125, 2010.
- [7] 土屋 雅彦 宮内 裕子 石寺 永記. 主観的輪郭の形成に関する視覚情報処理モデル. 電子情報通信学会論文誌., pp. 873-880, 1993.
- [8] 白間綾石口彰. アモーダル補完が視覚探索に及ぼす影響は 偏心度に依存する. 心理学研究 2009年 第80巻 第2号, pp. 114-122, 2009.

- [9] 福島邦彦. アモーダル補完を行なう神経回路. 電子情報通信学会技術研究報告 : 信学技報, pp. 457–462, 2008.
- [10] 高島翠, 藤井輝男, 椎名健. アモーダル知覚における異方性. 基礎心理学研究, pp. 232–238, 2010.
- [11] Robert Breckon, Toby; Fisher. Amodal volume completion: 3d visual completion. *Computer Vision and Image Understanding*, pp. 499–526, 2005.
- [12] 北岡明佳. 錯視完全図解?脳はなぜだまされるのか? ニュートンプレス, 2007.
- [13] 杉原厚吉. 錯視図鑑 脳がだまされる錯覚の世界 . 誠文堂新光社, 2012.
- [14] ジャックニニオ. 錯覚の世界?古典から CG 画像まで. 新曜社, 2004.
- [15] 新井仁之. 視覚と錯視の数学的新理論の研究. Faculty of Graduate School of Mathematical Sciences <http://faculty.ms.u-tokyo.ac.jp/~surinews/arai.pdf>.
- [16] Matt Kennedy. The fast light toolkit library. <http://fltk.org/>.
- [17] Fine Kernel Project. Fine kernel toolkit system ユーザーズマニュアル. http://fktoolkit.sourceforge.jp/Document/FK_UsersManual_2_8_10.pdf.
- [18] 広田正康. Photoshop トレーニングブック. ソーテック社, 2009.
- [19] 山口真美. 赤ちゃんの視覚と心の発達. 東京大学出版会, 2008.
- [20] 山口 真美大塚 由美子. 乳児におけるモーダル補完・アモーダル補完の知覚. 基礎心理学研究, pp. 229–230, 2004.