

2013年度 卒業論文

2D対戦型格闘ゲームのモーション制作における  
類似画像検索を利用した素材流用の補助

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 M0110138  
菊地 響平

2013年度 卒業論文概要

論文題目

2D 対戦型格闘ゲームのモーション制作における  
類似画像検索を利用した素材流用の補助

メディア学部

学籍番号：M0110138

氏名

菊地 響平

指導  
教員

渡辺 大地 講師  
三上 浩司 准教授

キーワード

2D 対戦型格闘ゲーム、ドット絵、SIFT 特徴量、3DCG

ドット絵は、ピクセル単位での描画を行うことによって制作される画像の表現手法のひとつである。低解像度および少ない色数での表現力に優れていることから、多くのゲームソフトの制作において活用されてきた。現代においても色数や画素数の限られた携帯ゲーム機やモバイル端末上のゲームでは未だに主要な制作手段として用いられている。

ドット絵の制作には独自のノウハウが必要だが、現在ドット絵を専門として素材制作を行う 2D グラフィックアーは少なくなってきた。それに加えて近年ではゲーム自体の高解像度化にあわせて必要とされる素材の大きさ自体も大きくなっている。そのため、以前よりもドット絵の制作にかかる時間および労力が増大するという問題が発生している。

特に 2D 対戦格闘ゲームにおいてその影響は顕著である。ひとつのキャラクターを完成させるために少なくとも数百枚、多いときには千枚以上のドット絵を描かなければならないため、高解像度の素材の制作には大きな労力がかかる。

この問題の解決のための手段のひとつとして、近年の 2D 対戦型格闘ゲームでは、ドット絵の制作過程において 3D モデルを利用するケースがある。本研究ではこの 3D モデルを使った制作手法に加えて、同じくドット絵制作の省力化の手段のひとつである、ドット絵素材を流用する手法に着目する。

3D モデルから出力した、ドット絵を描くための下絵に対して、SIFT 特徴量による類似画像検索をかける。これにより、ドット絵素材の流用が出来る可能性が高い画像を発見しやすくなる。この手法によって、これまであまり省力化の工夫がなされていなかったドット絵の仕上げ工程にかかる労力を減少させることを提案した。

実際に提案手法による画像のマッチングを行った結果、従来の方法で流用可能な画像を選定するのに実作業時間で約 97 分かかるのに対し、提案手法は約 29 分で行うことが出来た。精度の面でも、全体を通して一定以上の精度で画像のマッチングをすることができた。結果として、2D 対戦格闘ゲームにおけるドット絵の効率化が期待できることがわかった。

# 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	8
第2章	先行研究	9
2.1	ドット絵のデザイン画を扱った研究	9
2.2	ドット絵の輪郭線を扱った研究	10
第3章	提案手法	12
3.1	作業工程の全体像	12
3.2	3Dによるモーション作成	12
3.3	2D画像のレンダリング	13
3.4	SIFT特徴量の抽出	15
3.5	類似パーツの検索	16
第4章	検証と考察	17
4.1	検証	17
4.2	考察	26
第5章	まとめ	30
	謝辞	32
	参考文献	33

# 目 次

1.1	一般的なイラストの例	
	©TYPE-MOON/ECOLE . . . . .	2
1.2	一般的なドット絵の例	
	©TYPE-MOON/ECOLE . . . . .	2
1.3	同シリーズの 2D 対戦型格闘ゲームの新旧ドット絵比較	
	©SNK PLAYMORE . . . . .	4
1.4	2D 対戦型格闘ゲームにおける特に大きなドット絵の例	
	©ARC SYSTEM WORKS . . . . .	5
1.5	ドット絵の素材流用の例 (1)	
	©スゲノ トモアキ . . . . .	7
1.6	ドット絵の素材流用の例 (2)	
	©SUBTLE STYLE . . . . .	7
3.1	作業工程のフローチャート . . . . .	12
3.2	検証に使用した鏡音リン_act2.pmd . . . . .	13
3.3	本研究のためにパーツ分けを分割した鏡音リン_act2.pmd . . . . .	14
3.4	ドット絵の下絵用に出力した鏡音リン_act2.pmd . . . . .	15
3.5	SIFT 特徴量の抽出 . . . . .	16
4.1	検証に使用したモーショ一覧 . . . . .	18
4.2	検証に使った頭の画像 . . . . .	21
4.3	検証に使った上半身の画像 . . . . .	22
4.4	検証に使った下半身の画像 . . . . .	23
4.5	検証に使った左腕の画像 . . . . .	24
4.6	検証に使った左手の画像 . . . . .	25
4.7	前後の向きが逆でも提案手法にマッチしてしまう例 . . . . .	26
4.8	同じ方向を向いていてもマッチングしない例 . . . . .	27
4.9	布のなびきに関係なく高い精度でマッチングする例 . . . . .	28
4.10	一部類似しているが、流用は出来ない7番と59番 . . . . .	28
5.1	流用の可否を判断するシステムイメージ . . . . .	31

# 表 目 次

4.1	頭に対するマッチングの結果 . . . . .	21
4.2	上半身に対するマッチングの結果 . . . . .	22
4.3	下半身に対するマッチングの結果 . . . . .	23
4.4	左腕に対するマッチングの結果 . . . . .	24
4.5	左手に対するマッチングの結果 . . . . .	25

# 第 1 章

## はじめに

### 1.1 研究の背景と目的

ドット絵は、コンピュータ上での画像の表現手法のひとつである。ピクセル単位で画像を描画することによって、低解像度の制約下でも最大限の表現効果を発揮できるのが特徴である。基本的に、最終的に描画された画像だけでなく、ドットを意識した画の制作工程も含めてドット絵として呼称される。従って、写真や高解像度のイラストの解像度や色数を操作したものなどは、ドット絵とは呼ばれない。

ドット絵は、低解像度および少ない色数での表現力に優れていることから、多くのビデオゲームソフトの制作で活用されてきた。旧来のゲームハードの多くは解像度や発色数、CPU 速度などに制約があった。そのため、ファイルサイズの大きなビットマップ画像やベクトル画像を用いることができなかった。特に移動するオブジェクトに関しては、スプライトという小さな画像単位で扱う必要がある。従って、ゲーム中で表示するキャラクターなどは、このスプライト内に収めるために大きくデフォルメを施す必要があった。そういった限られた解像度・色数の中で、グラフィックの美しさや視認性を最大限に追求するために、ドット絵は多く活用されてきた。

現代においても、画素数や色数の限られた携帯ゲーム機やモバイル端末上のゲームでは未だに主要な制作手段として用いられている。次の図 1.1 と図 1.2 は、2D 対戦型格闘ゲーム『MELTY BLOOD』シリーズ [1] のキャラクター「シエル」を描

いたフルカラーの一般的なイラストと、幅 70 ピクセル、高さ 104 ピクセル、32 色のドット絵を拡大したものである。



図 1.1: 一般的なイラストの例  
©TYPE-MOON/ECOLE



図 1.2: 一般的なドット絵の例  
©TYPE-MOON/ECOLE

ドット絵は少ない画素数で描画が行われているため、拡大するとピクセルが目立つ粗い絵になってしまう。しかし、一般的なイラストよりも解像度・色数が限られた環境の中でも最大限の表現を行うことができる。

また、近年の据え置き型のハードおよびアーケード筐体を利用したゲームのうち、2D 対戦型格闘ゲームでは多くの場合ドット絵が用いられている。これは、フレーム単位でプレイヤー同士のかけひきが行われる 2D 対戦型格闘ゲームというゲームジャンルの性質上、少しでも表示する際の処理が軽い素材を使用して制作することが望ましいためである。

ドット絵の一般的な制作手順は次のようなものである [2][3][4]。

1. ドット絵の元となるイラスト、デザイン画を用意する
2. ドット絵の輪郭となる線画を描く
3. 輪郭線内の各領域内を着色して下塗りとする
4. 下塗りを元として陰影を描きこむ
5. 輪郭線への彩色など、細部への描き込みを行う

## 6. アニメーションさせる必要がある場合、同様の作業を必要枚数分行う

ドット絵の制作では、ピクセルを手作業でひとつずつ配置していくため、独自のノウハウが必要となる。そのノウハウを習得し、ドット絵専門で素材制作を行う 2D グラフィックアーは現在では少なくなっている。

さらに近年、ゲーム自体の高解像度化にあわせて、必要とされる素材の画像サイズが大きくなっている。そのため、ドット絵の制作にかかる時間および労力が増大するという問題が発生している。高解像度化の影響は、2D 対戦型格闘ゲームにおいて特に顕著なものとなっている。その理由は、2D 対戦型格闘ゲームが、もともと素材として必要になるドット絵のアニメーションの枚数が多いジャンルだからである。ひとつのキャラクターを完成させるために少なくとも数百枚、多いときには千枚以上のドット絵を描かなければならない。図 1.3 は 2D 対戦型格闘ゲーム『THE KING OF FIGHTERS』シリーズ [5] のキャラクター「草薙京」の旧シリーズ (『THE KING OF FIGHTERS 2002 (以下 KOF2002)』) および新シリーズ (『THE KING OF FIGHTER XIII (以下 KOF13)』) でそれぞれ実際に使用されているドット絵を比較した画像である。KOF2002 のドット絵については、原寸のものと、KOF13 と同程度の大きさに拡大したものを重ねて表示している。



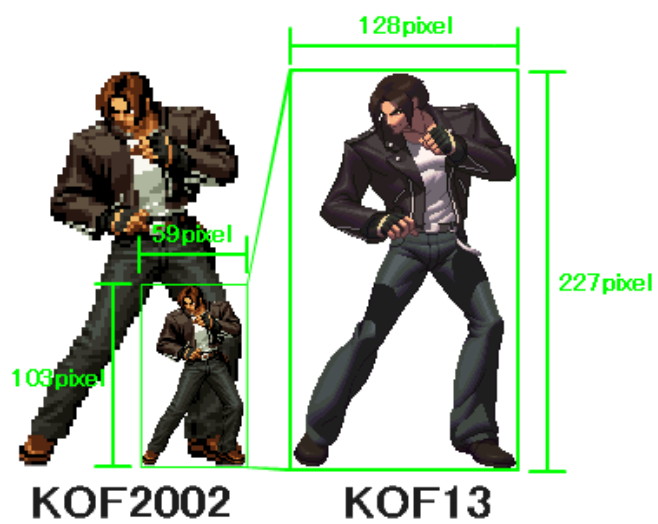


図 1.3: 同シリーズの 2D 対戦型格闘ゲームの新旧ドット絵比較  
©SNK PLAYMORE

旧シリーズのドット絵の幅 59 ピクセル、高さ 103 ピクセルに比べ新シリーズのドット絵では幅 128 ピクセル、高さ 227 ピクセルと面積では 4 倍以上の大きさになっている。

また、図 1.4 は現在市販されている 2D 対戦型格闘ゲームの中でも比較的新しく、特に大きなドット絵が使われている作品である、『BLAZBLUE』シリーズ [6] のキャラクター「ノエル=ヴァーミリオン」のゲーム中で使用されているドット絵である。



図 1.4: 2D 対戦型格闘ゲームにおける特に大きなドット絵の例  
©ARC SYSTEM WORKS

こちらは幅 206 ドット、高さ 440 ドットと上で例に挙げた KOF13 よりさらに大きなドット絵を使用している。これは、KOF13 が実際のゲーム画面上でドット絵を 2 倍に拡大して表示しているのに対し、BLAZBLUE ではドット絵を原寸のまま表示していることによる違いである。表示形式が異なっている理由としては、KOF13 が立体感を重視し、写実的な陰影を描きこんだグラフィックを使用しているのに対し、BLAZBLUE はシンプルなアニメ調のグラフィックを使用しているため、拡大

するとドットの荒さが目立ってしまうということが挙げられる。

このように、2D 対戦型格闘ゲームで使用されるドット絵素材は、従来の数倍の大きさが求められるようになっている。それに比例して、制作にかかる時間・労力も増加している。この問題の解決のための手段のひとつとして、近年ではドット絵の制作過程において3D モデルを利用するようになったケースが存在する。先に例として挙げた KOF13 と BLAZBLUE の 2 作品も、ドット絵を制作する際に 3D を活用している代表的な作品である [7][8][9][10]。3D モデルを利用してドット絵を制作する場合、次のような手順で制作を行う。

1. ドット絵の元となるイラスト、デザイン画を容易する
2. デザイン画を参考にしたキャラクターの 3D モデルを制作する
3. キャラクターに任意のポーズをつけた後、画像として出力する
4. 出力結果を下絵として、通常のドット絵制作と同じ手順の制作を行う

制作に 3D を利用することで、ひとつの 3D モデルから多くの下絵を制作することが可能になる。また、複数人の制作者が下絵を制作することにより発生する、作画のブレを無くすることができる。この手法には、現状では問題点がふたつある。ひとつは、レンダリングされた画像は輪郭や陰影の境界が曖昧になることが通例であり、ドット絵用のパレットを整理するための手間が必要になること。もうひとつは、下絵をもとにして最終的に素材としてゲーム内で使用するドット絵を制作する「清書」の工程にかかる労力が、これまでの手法と大差が無いことである。

本研究の対象は、高解像度の 2D 対戦型格闘ゲーム内で使用されるキャラクターのドット絵である。3D を利用した制作に加え、それより以前からドット絵制作の省力化の手段として用いられている「素材の流用」に着目した手法を提案する。これによって、これまであまり省力化の工夫がなされていなかった、制作の終盤にかかる労力の減少を図る。

ドット絵は色数が少なく、画像のサイズ自体も小さいため、類似した画像が出来やすい。そのような見た目が共通している部位を素材として流用することで、ドット絵を描く労力を減らすことが出来る。図 1.5 および図 1.6 は 2D 対戦型格闘ゲーム『ヴァンガードプリンセス』[11]のキャラクター「忽那ゆい」と 2D 対戦型格闘ゲーム『アカツキ電光戦記』[12]のキャラクター「アカツキ」において、実際にドット絵の一部分を素材として他のドット絵に流用して制作されている部分を例示したものである。

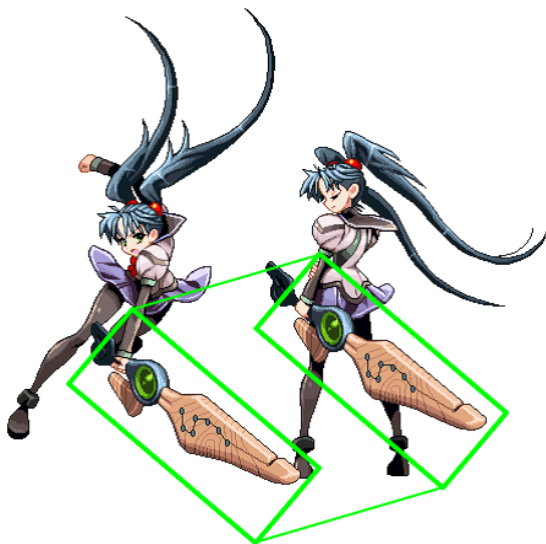


図 1.5: ドット絵の素材流用の例 (1)  
©スゲノ トモアキ

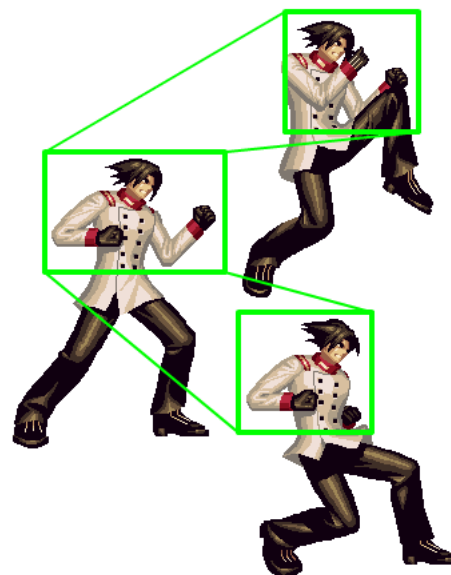


図 1.6: ドット絵の素材流用の例 (2)  
©SUBTLE STYLE

本研究では、ドット絵の下書き用に制作した全てのモーションを、3D モデルを部分毎に分けてレンダリングし、それら出力画像の SIFT 特徴量を抽出する。そして、任意の部位と他のモーションの対応する部位で特徴点をマッチングする。そのマッチングの結果を参照して、ドット絵の素材が流用できる箇所を簡単に確認できるようにする。それによって、2D 対戦型格闘ゲームに使用するドット絵のアニメーション制作の効率化を目指す。

## 1.2 論文の構成

本論文は全 5 章で構成する。まず第 2 章では、これまでに行われてきたドット絵の制作に関わる研究について述べる。第 3 章では SIFT 特徴量を用いて 3D を利用したドット絵制作の効率化を図る本研究の提案手法を述べ、第 4 章では提案手法の検証と、その結果の考察を行う。最後に、第 5 章で本研究のまとめを述べる。

## 第 2 章

# 先行研究

### 2.1 ドット絵のデザイン画を扱った研究

松島らの「シームカービング手法を用いた人物ドット絵制作の効率化手法」では、ドット絵の実制作ではなく、その前段階であるデザイン画を扱ってドット絵制作の効率化を図っている [13]。デザイナーが用意したオリジナルのデザイン画を複数パーツに分け、シームカービングによる画像変形を用いることによって、人物のドット絵制作の参考にするためのデフォルメ画像を簡易的に作成するというものである。

この研究はパーツ毎のバランスが悪くなることがあることや、画像変形の過程でディテールが潰れてしまうことがあることなどの欠点は存在するが、既存の手法でデフォルメ画像を作成するのと比べて、所要時間を数分の一に短縮することに成功している。

ドット絵の基部となるデザイン画の作成は3Dモデルの利用の有無に関わらず行われるため、一定の精度でデフォルメが行えるようになれば、この研究で扱われている手法はドット絵の制作において広く利用できると考えられる。

しかし、この研究はあくまでドット絵を描画するための準備段階の工程を短縮するためのものであり、実際のドット絵の描画工程にかかる労力を削減することはできない。

## 2.2 ドット絵の輪郭線を扱った研究

ドット絵の制作の初期段階で、下書きとして描画が行われる輪郭線を扱った研究は多く行われている。鈴木らは、アーティストの描いた既存のドット絵の輪郭線形状の調査を行い、その結果として次のような特徴を見つけている [14][15]。

- 4近傍の画素と接続している、連続した細線で表現される
- 4近傍でもブロック状の接続がされている場合は非細線とし、輪郭線として扱わない
- 8近傍接続の斜線が多用される

鈴木らは、これを元に Canny edge detector に対してドット絵を作成することに特化した変更を行い、既存画像を元にした従来よりも自然なドット絵風の輪郭線を描画することに成功している [16]。しかし、この鈴木らの提案した手法には元画像からの輪郭線の抽出時のパラメータの設定が必要で、完全な自動化が行われていない。また、画像を少ない色数で表現するための減色処理に関しても、ピクセルアートの作成対象に応じて適切な色深度にするための設定をする必要がある。

滝本らはこの各対象画像に最適な減色画像を作成するために、人間の許容色差に着目した最大距離アルゴリズムに基づいたクラスタリング法を提案した。得られたクラスタリング結果を Canny edge detector の閾値の決定に利用することで、ピクセルアートによるキャラクタ画像作成の完全自動化を図っている [17]。この手法では人が見て違和感のない減色画像が作成可能であり、さらに従来法の課題であったピクセルアート化における複数の適切なパラメータが設定可能であることを実験的に示している。

しかし、これらの手法はあくまで既に修正の必要でない段階の画像をピクセルアート化するための手法である。従って、輪郭線や陰影の境界が曖昧なことが多い3Dモデルから出力した下絵のピクセルアート化には、適していないと考えられる。

松島らは、3D モデルから取得した3次元情報を用いてエッジ抽出と細線化を行い、3D モデルの形状に即しつつドット絵の特徴を満たした細線を得る手法を提案している [18]。この手法により3D モデルを用いつつも、ドット絵の特徴である輪郭線を持った、「アーティストの描くものに近いドット絵」を結果画像として得ることができる。しかし、現状では3D モデルの外周を形成する輪郭線は描画できるが、3D モデル内に形成される輪郭線が描画できないという問題がある。

このように、これまでに行われたドット絵に関する研究には、3D を利用したドット絵の描画や、ドット絵の制作工程の後半に行われる細部への描き込みによる仕上げ作業を扱ったものが少ない。また、仕上げ作業の労力を減らす研究についても、その手法は完成されたものではない。そのため、ドット絵の仕上げ作業には多くの労力と時間が必要となるのが現状である。

本研究で提案する手法では、ドット絵の仕上げ作業自体を簡略化するのではなく、仕上げ作業によって完成したドット絵を出来る限り流用してアニメーションを制作する。それによって、これまであまり省労力化が行われてこなかった、ドット絵の仕上げ作業にかかる労力や時間の削減を図る。



# 第 3 章

## 提案手法

### 3.1 作業工程の全体像

本研究の提案手法は、図 3.1 に示した工程を経て行われる。

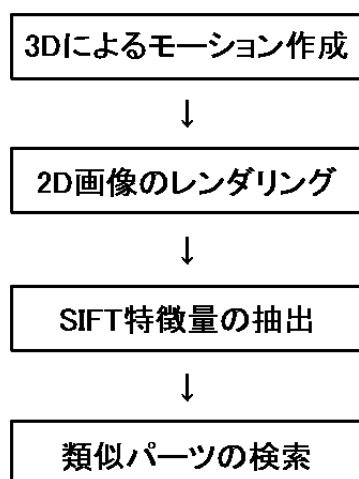


図 3.1: 作業工程のフローチャート

### 3.2 3D によるモーシヨソ作成

まず、ドット絵を描くための下絵となり、また本研究で類似部位の検出のために使用する 3D モデルと、そのモーシヨソを準備する。3D モデルは後で特徴点の抽出を部位毎に行う関係上、主要な部位を分けて制作する。

図 3.2 は今回提案手法を試行するために用意したモデルである、フリーソフト「MikuMikuDance」に付属しているあにまさ氏制作の3Dモデル鏡音「リン\_act2.pmd」の画像である [19]。



図 3.2: 検証に使用した鏡音リン\_act2.pmd

### 3.3 2D 画像のレンダリング

3D モデルおよび、モーションの用意ができれば、それを 2D の画像へとレンダリングする。通常の 3D モデルを利用したドット絵の制作では、下絵とするための 3D モデルの全体図をレンダリングするのみだが、提案手法では、各部位の特徴点の抽出のために主要な部位毎に分けたレンダリング画像も出力する。

3D モデルの全体図をレンダリングする場合、最終的に制作するドット絵と同じ画像サイズでレンダリングするのが望ましい。しかし、そのサイズでは画像の一部が潰れてしまうなどして画像の情報が損なわれる可能性もある。そのため、各部位のレンダリングはそれよりも大きな画像サイズで行った方が、特徴点のマッチングの精度は上がる。

図 3.3 は各部位の画像の特徴点の抽出のために、鏡音リン\_act2.pmd から「頭」「上半身」「下半身」「右腕」「右手」「左腕」「左手」「右脚」「右足」「左脚」「左足」の 11 の部位を分割し、MikuMikuDance で出力したものである。



図 3.3: 本研究のためにパーツ分けを分割した鏡音リン\_act2.pmd

これらのレンダリングには、ドット絵の下絵として利用する都合上、色数が少なく色の境界がはっきりしていることが必要とされる。そのため、レンダリングにはトゥーンシェーダーを用いる。

図 3.4 は鏡音リン\_act2.pmd を、同じく検証時に使用したミーフォ茜氏のトゥーンシェーダ「HAToon2」を使って MikuMikuDance で出力したものである [20]。



図 3.4: ドット絵の下絵用に出力した鏡音リン\_act2.pmd

### 3.4 SIFT 特徴量の抽出

部位毎にレンダリングした全ての画像に対して SIFT 特徴量の抽出を行い、それぞれのファイルの特徴点を記録したキーファイルを作成する。

SIFT とは Scale-Invariant Feature Transform の略で、画像特徴点の検出および特徴点の記述を行うアルゴリズムである。画像検索システム等で利用されており、画像の回転やスケールの変化、照明の変換等に対して頑健な特徴点を記述することができる [21][22][23][24]。本研究での SIFT 特徴量の抽出には、WEB 上で公開されているデモプログラム「siftDemoV4」を使用した [25]。siftDemoV4 は SIFT 特徴量を抽出し、その結果をキーファイルとして記録する sift.exe と、キーファイルを元にして 2 つの画像の特徴点をマッチングし、画像同士の類似度を数値化する match.exe の 2 つの実行ファイルで構成されている。

図 3.5 は、デモプログラムに付属している 2 つの画像で特徴量の抽出を行い、特徴点のマッチング結果を出力した場合の画像である。このように、SIFT 特徴点のマッチングを行うと、双方の画像の形状が類似した部分を抽出することができる。



図 3.5: SIFT 特徴量の抽出

SIFT 特徴量の抽出は単色の画像ファイルである pgm ファイルを用いて行うため、3D からのレンダリング時に pgm ファイルでの出力を行うか、出力後に画像ファイルを pgm ファイルに変換する必要がある。

### 3.5 類似パーツの検索

用意した画像ファイルおよびキーファイルを元に、基準となる 1 つの画像に対して同じ部位の全ての画像ファイルとの特徴点のマッチングを行う。このうち、一定以上のマッチング数の値が出たファイルに関しては、元にした画像ファイルと類似したものであると考えられる。それらについては実際に画像ファイルの内容を確認して比較し、素材の流用が可能であると判断できたのであれば実際に流用を行う。

# 第 4 章

## 検証と考察

### 4.1 検証

実際に 3D モデルから 2D 画像を出力して SIFT 特徴量の抽出およびマッチングを行い、本手法の効果を検証する。OHRSM T 氏の作成したモーション [26] からいくつかをリン\_act2.pmd に読み込ませ、画像として出力する。この画像群は 11 のモーションから構成され、そのフレーム数の合計は 100 フレームとなっている。図 4.1 は実際に検証に使用した 100 フレーム分の画像である。各モーションの左上にはそれぞれのモーションにつけた番号、各フレームの下には 1 から 100 までの通し番号が表記してある。

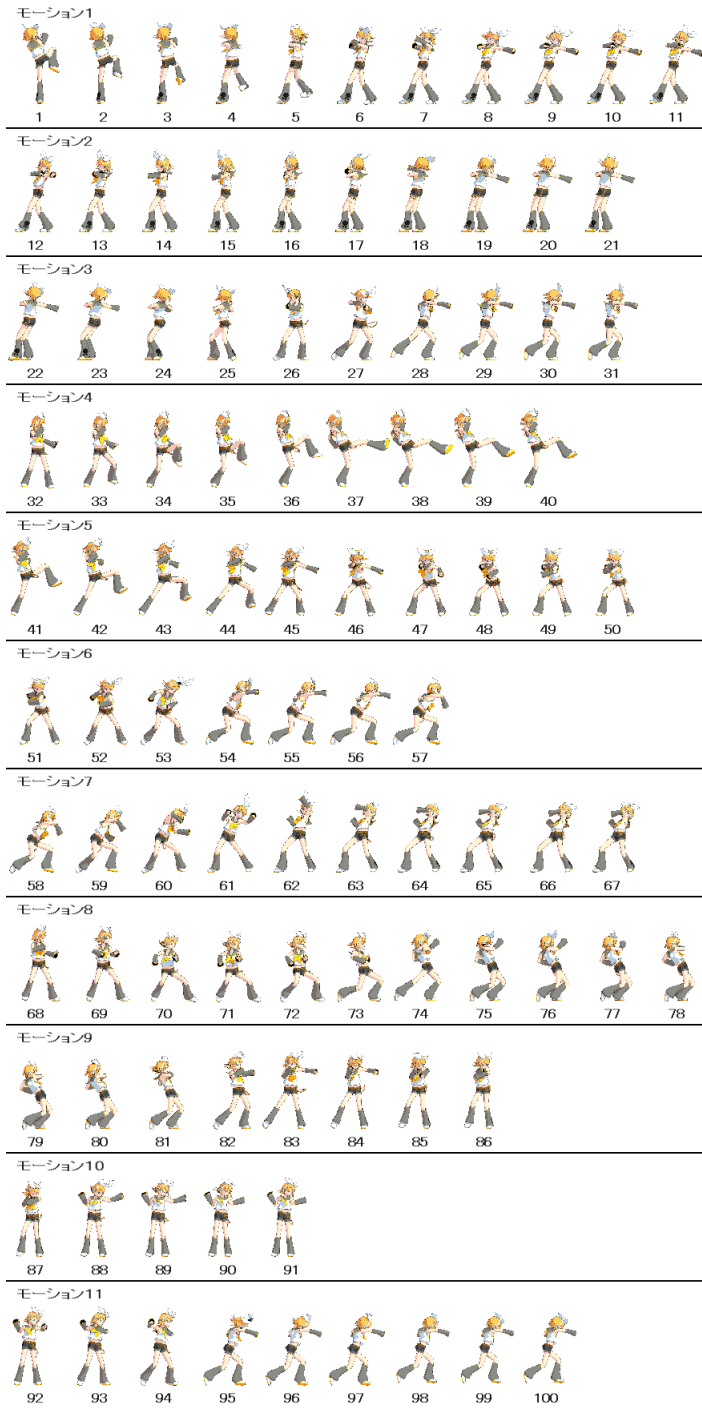


図 4.1: 検証に使用したモーション一覧

本研究ではリン\_act2.pmd を「頭」「上半身」「下半身」「右腕」「右手」「左腕」「左手」「右脚」「右足」「左脚」「左足」の 11 の部位に分割し、それぞれの部位毎に、検証に使う 100 フレームの画像を出力する。部位毎の画像は、マッチングの精度を向上させるために下絵の 2 倍の大きさで出力する。その後、出力した合計 1100 枚の画像ファイル全てに対して siftDemoV4 で SIFT 特徴量の抽出を行った。

今回は、用意した 11 モーションのうち、モーション 1 に該当する 11 フレームを対象にして検証を行う。検証する部位にはそれぞれ異なった形状・特徴を持つ頭、上半身、下半身、左腕、左手の 5 つの部位を選択した。選択した 5 つの部位の、モーション 1 の 11 フレームそれぞれの画像に対して、他の全てのフレーム画像 99 枚とのマッチングを行う。そしてそのマッチング結果と、実験者が主観的に流用が可能であると判断したフレームの数を比較することで、提案手法の効果を検証する。検証の際には、日置氏が作成した、複数の SIFT 特徴点のマッチング結果を csv ファイルにリスト化して出力するプログラムを利用した。

この方法で検証を行うにあたり、SIFT の特徴点が何ポイント以上マッチしたものを流用可能とするかの基準値を用意する必要がある。今回は、マッチング結果を元にして複数の画像を実験者が実際に確認し、元の特徴点の数に関わらず高い精度で類似性の判別が出来ていると判断した、9 ポイント以上のキーポイントの一致を基準値とした。実際にはそれよりもポイント数が下回った場合でも画像の形状が類似している可能性はあるが、曖昧な判断に拠らない具体的な数値を出すために、今回は 8 ポイント以下のキーポイントの一致では流用が不可能だと判断されたものとして扱う。

また、実験者の主観的判断で流用が可能なフレームを判断する際、形状が似ていても角度が著しく違う等の理由で流用の際に大きな修正が必要となるフレームについては、流用が出来ないフレームとして扱った。

この検証の結果を、次の表 4.1、表 4.2、表 4.3、表 4.4、表 4.5 に示した。図 4.2、図 4.3、図 4.4、図 4.5、図 4.6 はそれぞれの表に対応した部位のうち、検証時にマッチングの元画像となった 11 フレーム分の画像である。



表において、フレーム番号はマッチングの基準としたフレームの通し番号で、それ以外はマッチングの対象とした 99 枚の画像の内、それぞれの条件に合致した画像の枚数である。提案手法枚数は、SIFT 特徴量のマッチングで 9 ポイント以上のキーポイントの一致があるものの枚数である。自己判断枚数は、実験者の判断によりドット絵の素材として流用が可能であると判断したものの枚数である。余剰一致枚数は、提案手法では合致しているが、自己判断枚数では合致しなかったものの枚数である。不足一致枚数は、提案手法では合致しなかったが、自己判断枚数では合致したものの枚数である。

なお、検証の際にはマッチングの精度だけでなく、作業効率の比較を行うために作業にかかった時間の計測も行った。作業時間の計測は、自己判断については判断にかかった時間を計測する。提案手法については、流用可否の判断時間に加えて SIFT 特徴量の抽出に必要な工程（部位毎の画像出力、特徴点の検出、特徴点のマッチング）にかかった時間も含めて計測した。

表 4.1: 頭に対するマッチングの結果

フレーム番号	提案手法枚数	自己判断枚数	余剰一致枚数	不足一致枚数
1	12	8	5	1
2	3	2	1	0
3	2	1	2	1
4	0	0	0	0
5	0	2	0	2
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	5	3	4	2
9	5	3	2	0
10	2	3	0	1
11	2	3	1	2

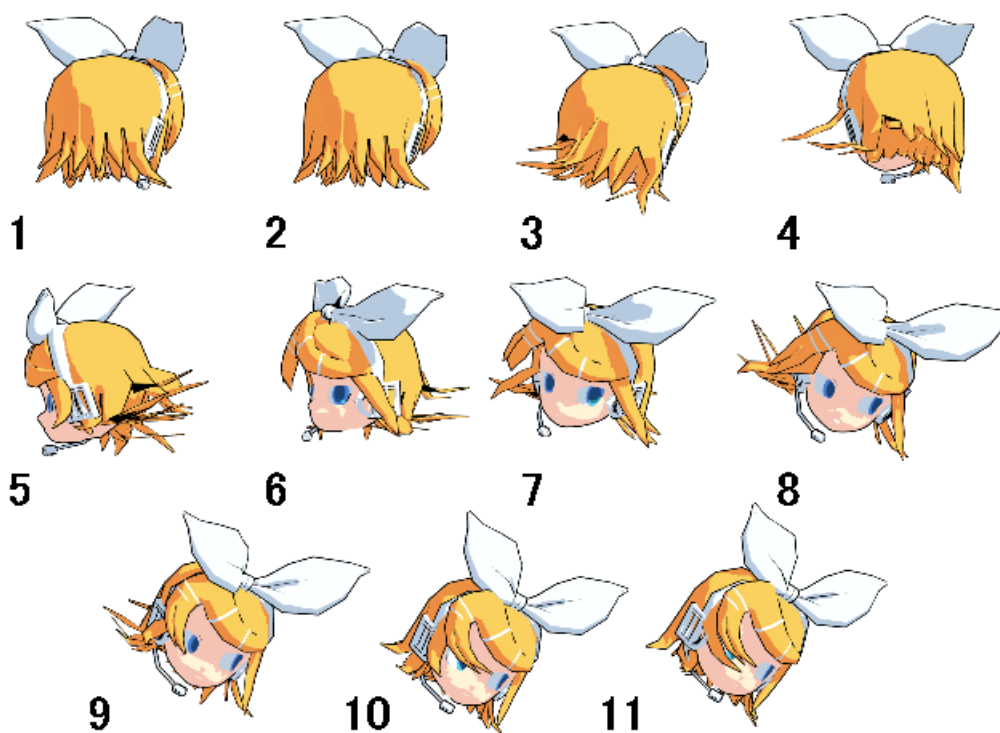


図 4.2: 検証に使った頭の画像

表 4.2: 上半身に対するマッチングの結果

フレーム番号	提案手法枚数	自己判断枚数	余剰一致枚数	不足一致枚数
1	1	1	0	0
2	2	2	0	0
3	0	1	0	1
4	0	1	1	0
5	1	1	0	0
6	2	1	1	0
7	3	2	1	0
8	3	2	1	0
9	3	2	1	0
10	3	2	1	0
11	2	2	0	0

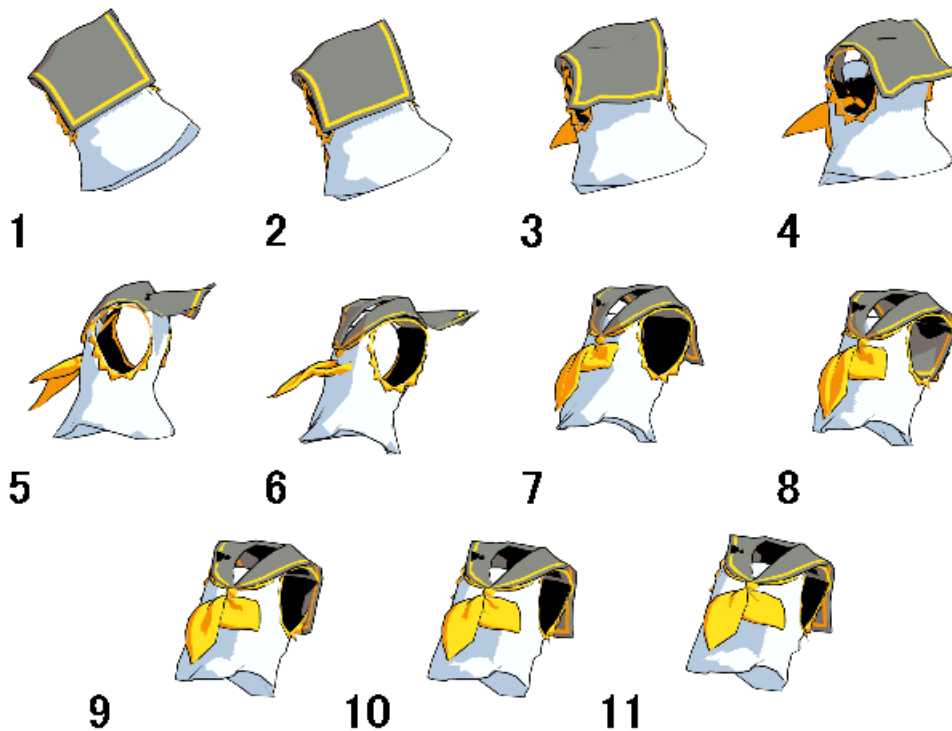


図 4.3: 検証に使った上半身の画像

表 4.3: 下半身に対するマッチングの結果

フレーム番号	提案手法枚数	自己判断枚数	余剰一致枚数	不足一致枚数
1	1	0	1	0
2	2	0	2	0
3	0	0	0	0
4	3	3	0	0
5	2	2	1	1
6	0	0	0	0
7	4	4	0	0
8	6	5	1	0
9	4	4	0	0
10	4	4	0	0
11	4	4	0	0

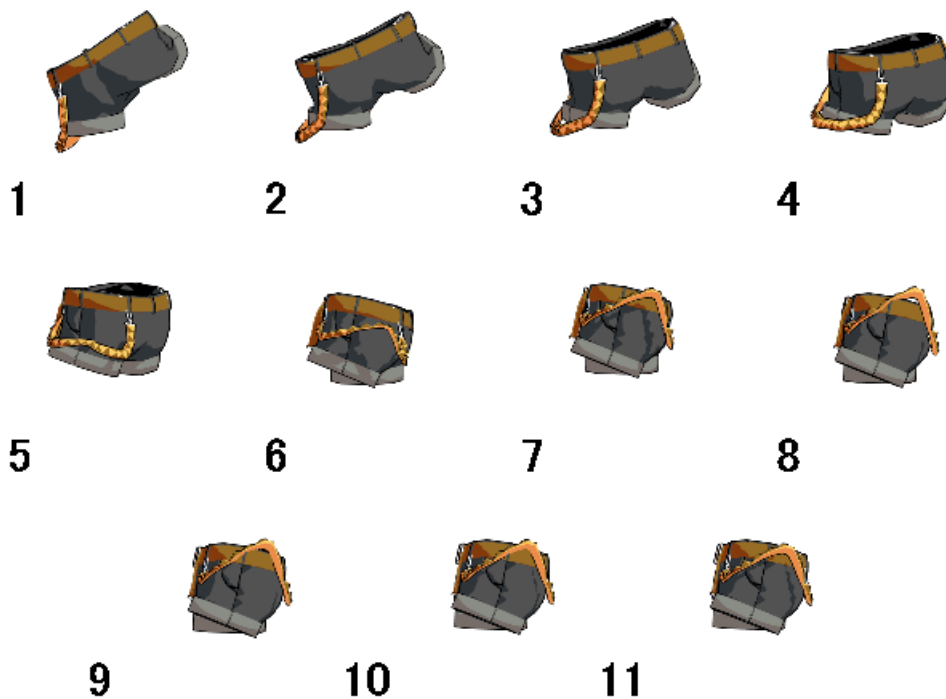


図 4.4: 検証に使った下半身の画像

表 4.4: 左腕に対するマッチングの結果

フレーム番号	提案手法枚数	自己判断枚数	余剰一致枚数	不足一致枚数
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	1	0	1	0
8	2	4	0	2
9	4	4	2	2
10	4	4	2	2
11	4	4	2	2

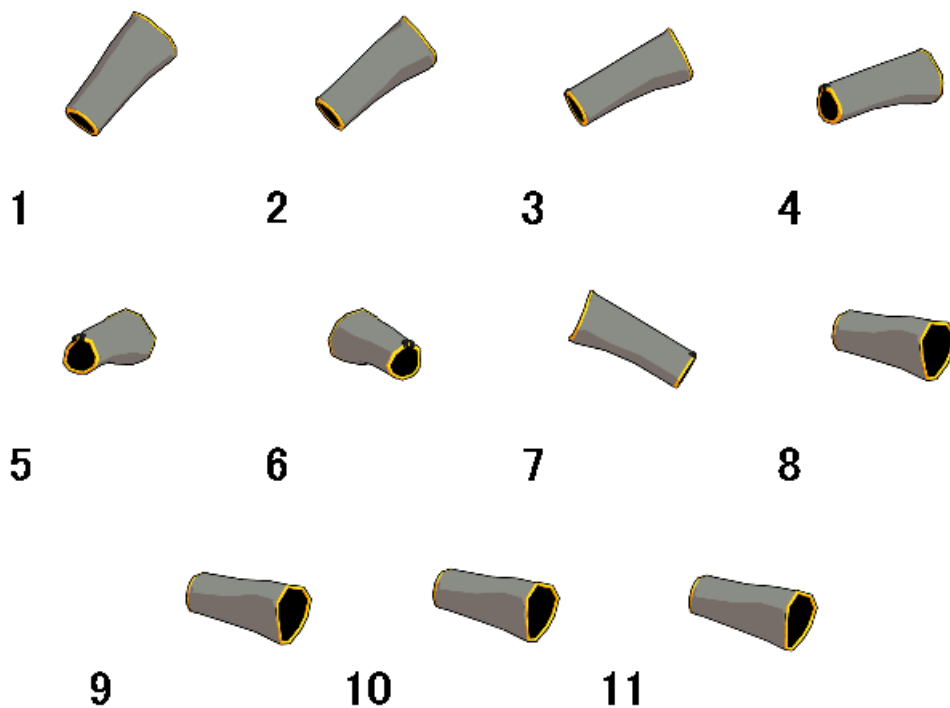


図 4.5: 検証に使った左腕の画像

表 4.5: 左手に対するマッチングの結果

フレーム番号	提案手法枚数	自己判断枚数	余剰一致枚数	不足一致枚数
1	1	1	0	0
2	2	1	1	0
3	2	1	1	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	9	9	0	0
9	9	9	0	0
10	9	9	0	0
11	6	9	3	3

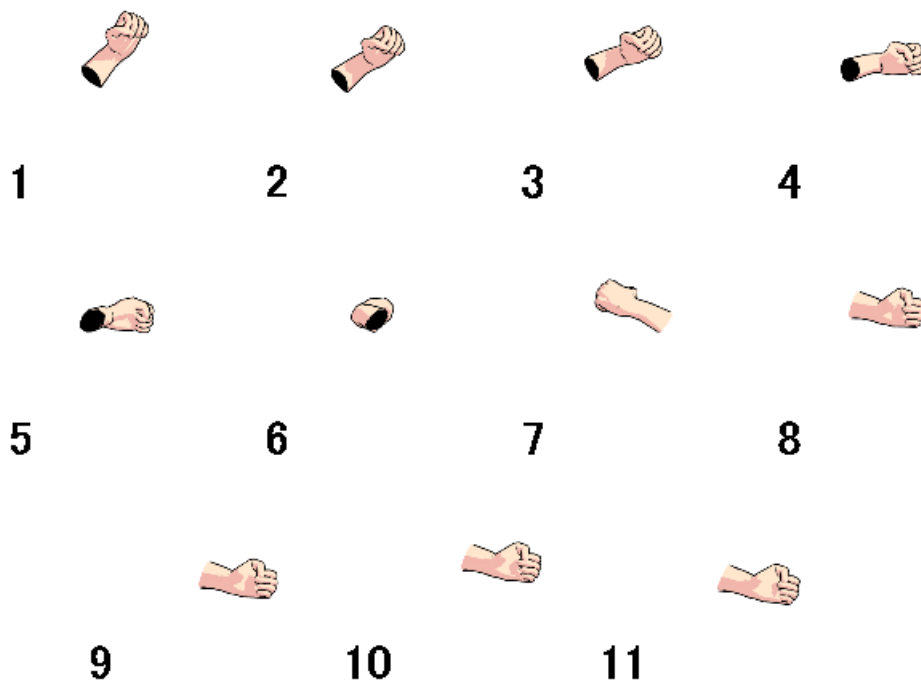


図 4.6: 検証に使った左手の画像

## 4.2 考察

各部位の提案手法によるマッチング結果に共通する特徴として、最初と最後の数枚に特徴点のマッチ数が多く集まっていることがわかる。これは、最初が行動をするための予備動作、最後が行動後の慣性による動作にあたり、大きな動きをしている部位が少ないためである。また、これらのフレームはポーズ自体が2D対戦格闘ゲームにおける基本的な構えに近い場合が多いため、他のモーションの最初および最後の部分と類似しやすいことも理由のひとつである。

逆に、モーションの中盤部分は動きが大きく、各部位の角度が著しく変わることが多いため、特徴点のマッチ数が少なくなりやすい。特に体幹から離れた手の部分では、体や腕のちょっとした動きでも大きく向きが変わり、特徴点がマッチしなくなるケースが多くなっている。

提案手法による頭のマッチングは、比較的マッチ数は多いものの、余剰一致や不足一致も多くなった。余剰一致については、後ろを向いた絵にマッチングをかけた際に、前を向いた絵がマッチするケースがいくつか存在した。頭のパーツは、頭頂部のリボンが、前後関係なく似た形に見える。また、後ろ髪の下部分が前からでも見えるようになっている。このことによって、前後の向きに関係なく類似していると判断されたのだと推測される。図4.7は、実際に向きが前後逆なのにも関わらず類似していると判断された画像の例である。

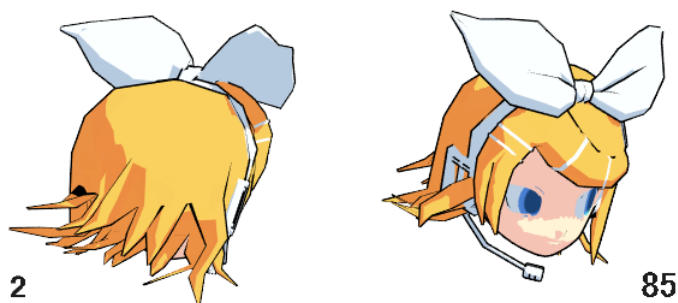


図 4.7: 前後の向きが逆でも提案手法にマッチしてしまう例

不足一致については、目や顎の形から考えると明らかに同じ方向を向いているにも関わらず、あまりマッチ数が多くない画像が存在した。これは、髪やリボンになびく動きが設定してあるため、その部分の形状が一致しないことに加え、これらの動きによって形状が似ている部分が隠されてしまうことがあるからだと考えられる。図 4.8 は、頭の向きは同じだが、マッチの条件を満たさなかった画像の例である。



図 4.8: 同じ方向を向いていてもマッチングしない例

提案手法による上半身のマッチングは、マッチ数が多く、不足一致もあまりないという結果になっている。頭と同様にリボンやセーラーの襟など、動作に合わせてなびくパーツが多いのにも関わらず、頭と違い不足一致があまり出ていない。理由としては、ひとつは頭のリボンや髪や毛と比べて上半身のリボンと襟は可動範囲が少ないということが考えられる。もうひとつは、水平角度から見ている限りセーラーの裾がリボンの端に隠れることがないため、近い角度を向いていれば確実にセーラーの裾部分の特徴点が一致するということが考えられる。また袖口の穴もどのような角度に向いていても形状がはっきりと出やすく、マッチングの精度を上げる一因となっている。図 4.9 は、リボンと襟の形状に差異があるにも関わらず、高い精度のマッチング結果が得られた画像の例である。

提案手法による下半身のマッチングは、不足一致がほとんどなく、精度の高いマッチングが出来ている。これはおそらく、頭や上半身と同程度の情報量を持っているのと同時に、頭のリボンや髪や毛、上半身のリボン、襟のように動作に合わ



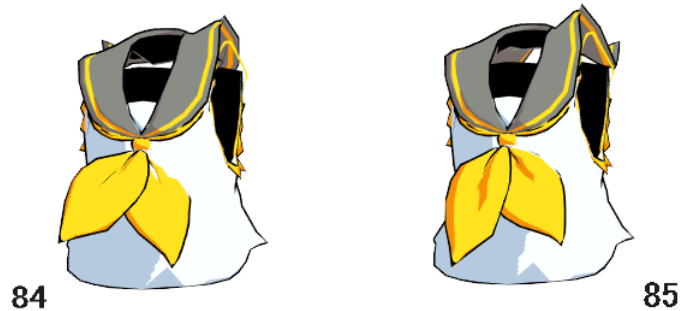


図 4.9: 布のなびきに関係なく高い精度でマッチングする例

せて激しく動く部分が少ないのが理由である。ベルトについているチェーン状のアクセサリは動作に応じて動くようになっているが、可動範囲が狭く、パーツ自体も小さいためマッチングにはそこまで大きく影響はしていないと考えられる。

右腕および右手のマッチングは、頭、上半身、下半身と比べてマッチ数が大幅に少なくなっている。これは、デザインがシンプルなために、特徴点の数が少ないことが原因だと考えられる。また、指部分の情報量が多いため、マッチングの精度は右手の方が右腕よりも良い結果が出ている。図 4.10 は向いている方向はほとんど同じだが、捻り方が違う右手画像 7 番と 59 番である。この 2 つは指の形などはある程度似ていることが確認できるが、素材として流用することは難しい。提案手法によるマッチングでも、ほとんど類似していないという結果が出ており、高い精度でマッチング出来ていることがわかる。



図 4.10: 一部類似しているが、流用は出来ない 7 番と 59 番

今回の検証では、余剰一致や不足一致の無い完全なマッチングはまだ出来てはいないが、全体を通して一定以上の精度で画像のマッチングができることがわかった。

また、流用可否を確認する作業工程に要する時間については、提案手法を使わずにチェックした場合は約 97 分かかった。提案手法を使った場合は、部位画像の出力および変換に約 4 分かかった。特徴量の抽出、マッチング時間に約 38 分かかった。マッチング結果をもとにした流用可否の判断に約 29 分かかった。提案手法での合計作業時間は約 71 分、また作業者が実際に作業を行わなければならない時間は流用可否の判断にかかる約 29 分となる。既存手法と比較すると、全体の時間で約 26 分、実作業時間で 68 分の作業時間の短縮が出来ており、本手法はドット絵の制作工程での労力の減少に一定の効果を上げることが出来ると言えるだろう。

## 第 5 章

### まとめ

本研究では、近年ドット絵制作の際に使われるようになった 3D モデルを利用した手法に着目し、一度描いたドット絵を流用する効率的なアニメーション作成を支援する手法を提案した。また、本手法を実際に試行し、提案手法を使用しなかったときと比較して少ない所要時間内に、一定以上の精度で素材の流用が可能な部位を各部位の画像群から発見出来る事を示した。

今後の課題としては、この手法自体をより効率的に運用できる手法の考案が挙げられる。本手法では類似画像の検出後、最終的な流用の判断はドット絵制作者が各自で行う。そのため、効率よく画像毎のマッチ数を確認し、流用の可否を判断できるインターフェースを考案することで、より精度が高く、少ない所要時間での作業が可能となると考えられる。図 5 はそういった効率よく流用の可否を判断するシステムのイメージである。

	Rin-1	Rin-2	Rin-3	Rin-4	Rin-5	Rin-6	Rin-7	Rin-8	Rin-9	Rin-10	Rin-11
Rin-0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rin-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Rin-3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Rin-4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Rin-5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Rin-6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Rin-7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Rin-8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Rin-9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Rin-10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Rin-11	11	11						11			



	
---	---

図 5.1: 流用の可否を判断するシステムイメージ

また、もうひとつの効率的な運用方法として、ドット絵制作に使うツールとの連携が考えられる。マッチングの結果をその場でプレビューし、流用可能であると判断したら、制作ツール上の該当画像の上のレイヤーなどに仕上げ済みの部位画像を貼り付ける機能や、マッチング結果を元に流用可能な部位を先に紐付けておき、元画像に対して描き込みを行うと紐付けられた他の部位にも同様の描き込みが行われる機能など、提案手法にマッチした流用可能な画像を、より少ない工程で自然に流用できるようにすることが求められる。

# 謝辞

本研究を行うにあたり、多くのアドバイス・指導をしてくださった本研究室の先生方、先輩方に心よりの感謝を申し上げます。ありがとうございます。

また、提案手法の検証の準備を行うにあたり、日置優介くんが作成してくれたマッチング結果の記録プログラムが無ければ、途方も無い時間がかかったと思います。おかげさまで論文がきちんと書けました、ありがとう。

そして、自社タイトルのコンシューマ化に向けての作業で大変忙しいであろう時期に、貴重な時間を割いてお話を聞かせてくださったフランスパンのなりたさん、本当にありがとうございます。UNDER NIGHT IN-BIRTH、そしてフランスパンのこれからの展開を楽しみにしております。よろしく願いいたします。

ドット絵はもともとハードの制約から必要に迫られて生まれた技法ではありませんが、そこから今までに培われてきた文化や伝統、価値はもはやそういった枠を超えたものになっていると思います。それは、いくつもの企業が様々な工夫をしながら現在でもドット絵でのゲーム制作を続け、研究においても、いかに「ドット絵らしさ」を再現するかが重要視されていることからわかる通りです。

ドット絵がもっとも活躍した場のひとつであるアーケードゲーム業界は近年厳しい状況にありますが、今もソフトを作り続けている開発者の皆さんのおかげで、まだまだ熱は残っていると思っています。本研究が、何らかの形でそういった方々の力になることを願っております。

## 参考文献

- [1] 株式会社エコーソフトウェア/フランスパン.  
CONCERTO -MELTY BLOOD Official Information-.  
<http://meltyblood.info/>.
- [2] 瑞穂わか and 中村竜彦. GameGraphicsDesign ドット絵キャラの描き方. ソフトバンククリエイティブ, 日本, 2008.
- [3] 鯖戸昭史. ドット絵工房 - 誰でも使えるドット絵テクニックが満載!! エクスメディア, 日本, 2006.
- [4] Suguru.T. ドット絵職人 - すべてのパソコンに入っている「ペイント」ツールでつくる. エムディエヌコーポレーション, 日本, 2003.
- [5] 株式会社SNK プレイモア. THE KING OF FIGHTERS OFFICIAL WEB SITE.  
  
<http://kofaniv.snkplaymore.co.jp/>.
- [6] 株式会社アークシステムワークス. BLAZBLUE OFFICIAL PORTAL SITE.  
<http://blazblue.jp/>.
- [7] 株式会社SNK プレイモア. KOF XII 2D DOT GRAPHICS GALLERY 魂のグラフィック、その制作工程. [http://kofaniv.snkplaymore.co.jp/info/15th\\_anniv/2d\\_dot/creation/index.php](http://kofaniv.snkplaymore.co.jp/info/15th_anniv/2d_dot/creation/index.php).

- [8] 西川善司. 時代を超え受け継がれる「KOF イズム」とは。西川善司が挑む, AC「THE KING OF FIGHTERS XIII」開発者インタビュー.  
<http://www.cs.ubc.ca/~lowe/keypoints/>.
- [9] アークシステムワークス株式会社. アークシステムワークス株式会社 技術資料.  
<http://www.arcsystemworks.jp/official/company/tech.html>.
- [10] Spencer. The Art Of Blaz Blue Part2 - AnimationPhase. <http://www.siliconera.com/2012/02/09/the-art-of-blazblue-part-2-animation-phase/>.
- [11] スゲノトモアキ. 生存確認.  
<http://suge9.blog58.fc2.com/>.
- [12] SUBTLE STYLE. アカツキ電光戦記 Ausf.Achse.  
<http://subtlestyle.net/akatsukiaa/>.
- [13] 松島立弥 and 三上浩司. “シームカービング手法を用いた人物ドット絵制作の効率化手法. 情報科学技術フォーラム講演論文集 8(3), Vol. 8(3), pp. 293–294, 2009.
- [14] 鈴木和明 and 近藤邦雄. “ドット絵の分析とドット絵のための輪郭線描画・縮小手法. 画像電子学会, Vol. 219, pp. 35–42, 2005.
- [15] Suzuki Kazuaki and Kondo Kunio. “binary contour image down scaling for pixel art. 電子情報通信学会技術研究報告. IE, 画像工学 105(501), pp. 55–60, 2006.
- [16] 鈴木和明 and 齋藤豪 and 張英夏 and 近藤邦雄 and 中嶋正之. “単一オブジェクト写真からドット絵風のキャラクタ画像を生成する手法の提案. 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム J91-D(12), pp. 2961–2972, 2008.

- [17] 滝本 裕則 and 吉森 聖貴 and 満倉 靖恵. “許容色差に基づくピクセルアート自動生成. *The Journal of The Institute of Image Information and Television Engineers*, Vol. 66(11), pp. J399–J406, 2012.
- [18] 松島 立弥 and 渡辺 大地. “3d モデルによるキャラクタードット絵制作のための輪郭線生成手法. *画像電子学会*, Vol. 37(17), pp. 31–34, 2013.
- [19] 樋口 M. *VocaloidPromotionVideoProject*.  
<http://www.geocities.jp/higuchuu4/>.
- [20] ミーフォ茜. 【MMD/MME】HAToon2 とジェネレータ【ツール配布】.  
<http://seiga.nicovideo.jp/seiga/im3060770>.
- [21] David G. Lowe. “distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International Journal of Computer Vision*, Vol. 60(2), pp. 91–110, 2004.
- [22] 藤吉弘亘. “gradient ベースの特徴抽出 - sift と hog -. *情報処理学会 研究報告*, Vol. CVIM 160, pp. 211–224, 2008.
- [23] 藤吉弘亘. “一般物体認識のための局所特徴量 (sift と hog). *PCSJ/IMPS2008 ナイトセッション*, 2008.
- [24] Yushi Jing and Shumeet Baluja. “pagerank for product image search. *WWW '08 Proceedings of the 17th international conference on World Wide Web*, pp. 307–316, 2008.
- [25] David Lowe. *Demo Software: SIFT Keypoint Detector*.  
<http://www.cs.ubc.ca/~lowe/keypoints/>.
- [26] OHRSMT. 【MMD】はくちはコンボ動画.  
<http://www.nicovideo.jp/watch/sm19532830>.