

2008年度 卒業論文

板野サーカスの特徴を持つミサイルアニメーション
におけるカメラワークの自動生成に関する研究

指導教員：三上 浩司講師

メディア学部 ゲームサイエンスプロジェクト

学籍番号 M0105389

藤江 広行

2008年度 卒業論文概要

論文題目

板野サーカスの特徴を持つミサイルアニメーション
におけるカメラワークの自動生成に関する研究

メディア学部

学籍番号：M0105389

氏名

藤江 広行

指導
教員

三上 浩司講師

キーワード

アニメーション、板野サーカス、自動化、カメラワーク、3DCG

近年、3DCGは技術力の向上やソフトウェアの普及により、様々な分野に幅広く利用されている。それはアニメ作品においても顕著で、これまでセル画で描かれていた映像表現を3DCGに置き換える場合も多々見られるようになった。またアニメ作品には、アニメーターが生み出した特有の動作表現をするものがあり、それらは「板野サーカス」や「金田アニメーション」などと呼ばれ、様々な作品に使用されている。しかしそれらのアニメーションは基本的にそのアニメーターの感覚によって作成されているため体系化されておらず、制作者が一部に限定されてしまうという問題がある。

本研究では板野一郎によって作り出されたミサイルアニメーション、通称「板野サーカス」のカメラワークのアルゴリズムを分析、体系化して自動化を行う。板野サーカスとは、アニメ「マクロス」シリーズなどの作品で使われている、板野一郎によって生み出された特有のミサイルアニメーションである。板野サーカスの特徴として大量のミサイルや目が追い付かないほどの速度で展開される回避行動などが挙げられ、スピード感やアクロバティックな挙動、臨場感などが印象的な映像表現である。

まず板野サーカスが表現されているシーンをマクロスシリーズの劇場作品やOVA作品を元に分析した。その結果、板野サーカスの一連の流れを発射、飛翔、回避シーンに分類し、各シーンにおけるターゲットとミサイルの主要な位置関係が明らかになった。また板野サーカスにおけるカメラの動き方、その特徴的な要素を抽出し、それらを組み込んだ上でカメラの動きを自動生成するツールを開発した。

そして実際の板野サーカスの映像と自動生成した映像を比較してもらい、検証を行った。その結果、「スピード感」「アクロバティックな動き」「臨場感」の点で、のきなみ再現できていることが分かった。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	既存研究	2
1.3	研究目的	2
1.4	論文の構成	2
第2章	板野サーカスにおけるカメラワーク	3
2.1	映像を基にしたカメラワークの分析	3
2.2	全体の流れ	7
2.3	各シーンごとの要素の配置	8
2.3.1	ターゲット及びミサイルの動き	8
2.3.2	パターンの組み合わせ	11
2.4	カメラの動き	12
2.5	その他の表現	13
2.5.1	動きの誇張表現	13
2.5.2	ミサイルの表現	13
2.5.3	煙のアニメーション	14
第3章	カメラワーク自動化手法	15
3.1	ターゲットの挙動	15
3.2	ミサイルの挙動	17
3.3	カメラワークの計算方法	18
3.3.1	回避シーンにおけるカメラの挙動	18
3.3.2	画角の変化	19
第4章	自動生成結果及び検証	21
4.1	生成されたアニメーション	21
4.2	検証	22
4.2.1	検証方法	22
4.2.2	アンケート内容	22

第5章	調査結果及び考察	25
5.1	調査結果	25
5.2	考察	28
第6章	まとめ	30
	謝辞	31
	参考文献	32

目 次

2.1	パターン 1 の例	9
2.2	パターン 2 の例	9
2.3	パターン 1 の例	10
2.4	パターン 2 の例	10
2.5	パターン 3 の例	10
2.6	パターン 4 の例	10
2.7	パターン 1 の例	11
2.8	パターン 2 の例	11
2.9	パターンの組み合わせ	12
3.1	エルミート曲線	16
3.2	連結したエルミート曲線	17
3.3	回避シーンのパターン 1 におけるミサイルの配置	18
3.4	ターゲット、ミサイル、カメラの焦点の位置関係	19
3.5	画角が広角になる例	20
4.1	実行結果	21
4.2	映像 B	24

表 目 次

2.1	抽出した板野サーカス映像	4
2.2	板野サーカスの各シーンのミサイル配置 1	5
2.3	板野サーカスの各シーンのミサイル配置 2	6
2.4	シーンの流れの種類と個数	8
2.5	発射シーンのターゲットとミサイルの配置パターン	9
2.6	飛翔シーンのターゲットとミサイルの配置パターン	10
2.7	回避シーンのターゲットとミサイルの配置パターン	11
5.1	アンケート結果	26
5.2	質問 1 において 1. 板野サーカスを知らない人のみの結果	27
5.3	質問 1 において 2. 板野サーカスの名前は知っている人のみの結果	27
5.4	質問 1 において 3. 板野サーカスの特徴も知っている人のみの結果	28

第 1 章

はじめに

1.1 背景

近年、3DCG は技術力や効率性の向上によって、テレビ番組やゲーム等に幅広く利用されている。同様にアニメ制作にも積極的に利用されており、その背景としてコンピュータ性能の向上や 3DCG ソフト性能の向上によりアニメーション制作が容易になった事などがあげられる。それによって、それまで手描きで作成されていたアニメーションを 3DCG で制作したり、プログラムを用いて自動的に生成することが増えてきた [1][2][3][4][5]。

またアニメ作品において、アニメータが生み出した特有の動作表現をするものが存在する。それらは「板野サーカス」や「金田アニメーション」などと、それを開発したアニメータの名称で呼ばれ、様々な作品に活用されている。しかしそのような特有のアニメーションは基本的にその法則性が厳密には体系化されておらず、アニメータの感覚によって作成されている。よって制作には経験が必要となり、制作者がごく一部に限定されてしまい、製作時間がかかってしまう問題がある。

本研究では、そのような映像表現のうち、「板野サーカス」と呼ばれる映像表現に着目した。

板野サーカスとは、アニメータである板野一郎が考案した映像表現であり、具体的には、画面内を縦横無尽に動き回るキャラクターをミサイル等が追跡する、と

いった映像を指し、スピード感やオブジェクトのアクロバティックな動き、臨場感が特徴的である。

1.2 既存研究

先行研究として、作田涼の、板野サーカスの特徴を持ったミサイルアニメーション作成時の作業効率化手法 [6] がある。この研究では従来の手作業でキーフレームアニメーションを付けていく手法に対し、入力したパラメータを元に自動的にミサイルの軌道を計算するという手法を提案した。そして板野サーカス表現におけるミサイルの動きを 3 種類に分類、その動きを分析して、自動化を行った。結果としてモーション作成時の作業時間を短縮することが出来た。しかしミサイルの特殊な軌道、煙の表現など、他の特徴表現が実装できておらず、また処理が重いという問題があった。

板野サーカスの特徴を持ったミサイルをシミュレートしたツールは少数ではあるが存在する [7][8]。このようにミサイルのシミュレータは存在するが、板野サーカス表現のカメラワークを考慮して作られたツールは皆無である。

1.3 研究目的

本研究では板野一郎によって作り出されたミサイルアニメーション、通称「板野サーカス」のアルゴリズムをカメラワークの面から分析、体系化して自動化を行うことで、アニメーション制作の際の作業効率化を図る。

1.4 論文の構成

第 2 章では板野サーカスの説明と、板野サーカスの流れを分析したものを解説する。第 3 章ではカメラワークの自動生成手法について説明する。第 4 章では実際に生成したアニメーションの解説及び検証方法の説明をする。第 5 章では検証結果から得られた考察を行う。第 6 章で全体のまとめ、今後の課題を述べる。

第 2 章

板野サーカスにおけるカメラワーク

板野サーカスとは、アニメーターである板野一郎が考案した映像表現であり、具体的には、画面内を縦横無尽に動き回るキャラクターをミサイル等が追跡する、といった映像を指す。代表作に『伝説巨神イデオン』[9]があり、その後『超時空要塞マクロス』[10]など有名な作品で脚光を浴びる。その後もマクロスシリーズ[11]等、様々な作品で使用され、現在でも数人の弟子が板野サーカス表現を用いた映像を制作している。

2.1 映像を基にしたカメラワークの分析

今回板野サーカスを研究するにあたって、板野一郎が制作に参加した作品のうち 3 作品を視聴し、板野サーカスと思しきシーンを抽出した(表 2.1)。結果として『超時空要塞マクロス 愛・おぼえていますか』[12]から 9 個、『マクロスプラス MOVIE EDITION』[13]から 7 個、『マクロス ゼロ』[14]から 14 個のシーンを抽出できた。本研究ではこれらを元に板野サーカス表現の分析を行った。

表 2.1: 抽出した板野サーカス映像

番号	作品名	開始時間
1	超時空要塞マクロス 愛・おぼえていますか	00:06:57
2	"	00:07:45
3	"	00:08:01
4	"	00:38:06
5	"	01:13:31
6	"	01:14:02
7	"	01:41:04
8	"	01:42:32
9	"	01:43:19
10	マクロスプラス MOVIE EDITION	00:43:43
11	"	00:44:13
12	"	01:21:24
13	"	01:21:29
14	"	01:21:48
15	"	01:23:46
16	"	01:39:09
17	マクロス ゼロ 第1話	00:02:41
18	"	00:05:16
19	マクロス ゼロ 第2話	00:00:54
20	"	00:01:24
21	"	00:01:27
22	"	00:02:13
23	マクロス ゼロ 第3話	00:20:21
24	"	00:25:28
25	マクロス ゼロ 第4話	00:02:51
26	"	00:05:52
27	マクロス ゼロ 第5話	00:09:57
28	"	00:10:01
29	"	00:10:03
30	"	00:23:42

(表 2.2)(表 2.3) は、各シーンのミサイルの発射及び飛行位置、方向を示したものである。一つのシーンに複数あるものは、上から順にそのシーンが連続すること

を示す。

表 2.2: 板野サーカスの各シーンのミサイル配置 1

超時空要塞マクロス 愛・おぼえていますか					
番号	発射シーン		飛翔シーン		回避シーン
1	画面左横	画面右横	カメラ側	画面奥	-
2	画面左奥	画面右手前	カメラ側	画面奥	-
3	画面左奥	画面右手前	-	-	画面右手前 画面左奥
4	画面左奥	画面右手前	画面左手前	画面右奥	画面右奥 画面左手前
5	画面奥	画面手前	-	-	画面手前 画面奥 画面手前 画面左奥
6	画面奥	画面手前	-	-	画面左手前 画面右奥 画面奥 画面手前
7	画面奥	画面手前	カメラ側	画面奥	-
8	画面右奥	画面左手前	カメラ掠め	画面左奥	-
9	画面右奥	画面左手前	カメラ掠め	画面左奥	-
マクロスプラス MOVIE EDITION					
番号	発射シーン		飛翔シーン		回避シーン
10	画面左奥	画面右手前	画面右手前	画面左奥	画面左手前 画面右奥
11	-	-	-	-	画面手前 画面右奥
12	画面右手前	画面左奥	画面右手前	画面左奥	画面右手前 画面左奥
13	画面右奥	画面左手前	-	-	画面手前 画面左奥
14	画面左奥	画面右手前	-	-	画面左手前 画面右奥
15	画面右奥	画面左手前	画面右手前 カメラ側	画面左奥 画面奥	-
16	画面左横	画面右横	-	-	画面手前 画面左奥

はそのシーン間に別のカットが挿入されていることを示す。

表 2.3: 板野サーカスの各シーンのミサイル配置 2

マクロスゼロ 第1話					
番号	発射シーン		飛翔シーン		回避シーン
17	画面右横	画面左横	画面右奥	画面左手前	画面左手前 画面右奥
18	-		画面奥	画面手前	画面奥 画面手前 画面右手前 画面左奥 画面手前 画面奥
マクロスゼロ 第2話					
番号	発射シーン		飛翔シーン		回避シーン
19	-		-		画面奥 画面手前
20	画面左奥	画面右手前	-		画面手前 画面奥
21	画面右奥	画面左手前	-		画面右手前 画面奥
22	画面右奥	画面左手前	カメラ側	画面奥	-
マクロスゼロ 第3話					
番号	発射シーン		飛翔シーン		回避シーン
23	-		-		画面右手前 画面左奥
24	画面奥	画面手前	-		画面手前 画面奥
マクロスゼロ 第4話					
番号	発射シーン		飛翔シーン		回避シーン
25	カメラ側	画面奥	カメラ側	画面奥	-
26	-		-		画面手前 画面奥
マクロスゼロ 第5話					
番号	発射シーン		飛翔シーン		回避シーン
27	-		-		画面右横 画面左横
28	画面左奥	画面右手前	-		-
29	-		-		画面右手前 画面左奥
30	画面右奥	画面手前	カメラ掠め	画面右奥	-

はそのシーン間に別のカットが挿入されていることを示す。

板野サーカスの特徴として挙げられるのは、ミサイルの一斉発射、レンズ効果を利用したダイナミックなカメラワーク、画面内を高速機動するキャラクター、ミサイルや煙の軌跡アニメーションなどである [15]。これらターゲット（回避行動をとるもの）、ミサイル（ターゲットを追尾するもの）、カメラワーク（それらを撮影するもの）の3要素の特有の配置パターンによって「板野サーカス」と呼ばれる映像表現が生まれる。

2.2 全体の流れ

板野サーカスの全体の流れは、分析の結果、以下のように区分けできることがわかった。

(1) 発射シーン

板野サーカスが開始する。発射装置からミサイルがターゲットに向けて発射される。基本的にターゲットが画面に映っていることはない。

(2) 飛翔シーン

発射したミサイルがターゲットに向かって飛翔するシーンである。この時点で発射装置は画面外にあり、ターゲットは回避行動をとっていない。ターゲットが回避せずにミサイルが命中した場合も含まれる。

(3) 回避シーン

飛来するミサイルをターゲットが回避するシーンである。時間的、挙動的に板野サーカスの中心部分となる。

板野サーカスは上記の順にシーンを切り替えることで表現していることがわかった。しかし中にはシーンの間にキャラクター描写などのカットを挿入している場合がある。通常はイマジナリーラインと呼ばれる物体Aと物体Bを繋ぐ線分を二つの連続したカット間で越えてはならないという、映像表現上での制約がある [5]。しかし、キャラクターの描写等を挿入することで制約を解消することができるため、より自由なカメラワークが実現可能である。

分析した30個の板野サーカスにおいて、発射シーン、飛翔シーン、回避シーンと一連で続いたものは4個、発射シーンのみで構成されたものは1個、発射シーンと飛翔シーンで構成されたものは9個、発射シーンと回避シーンで構成されたものは9個、飛翔シーンと回避シーンで構成されたものは1個、回避シーンのみで構成されたものは6個見られた(表2.4)。

表 2.4: シーンの流れの種類と個数

発射シーン	飛翔シーン	回避シーン	個数
			1
			9
			4
			9
			1
			6

2.3 各シーンごとの要素の配置

各シーンにおける、ターゲットとミサイルの画面内の位置、及び機動について、今回分析した 30 個から、その中でも多く見られたものをまとめた。ただし左右どちらの方向に向かって飛んでいるかの違いは考慮しない。

2.3.1 ターゲット及びミサイルの動き

(1) 発射シーン

発射装置がミサイルを発射する。発射するミサイル群は多少扇状に広がりながらターゲットに向かって飛翔する。分析の結果、多く見られた発射パターンは画面奥から手前方向に発射するものが 18 個、画面横から反対の横方向へ発射するものが 3 個である。

ミサイルの発射を写すシーンなので、基本的にターゲットが画面内に表示されていることは少ない。

表 2.5: 発射シーンのターゲットとミサイルの配置パターン

	パターン 1	パターン 2
ターゲット	画面外で飛行	
ミサイル	画面奥から 手前方向に発射	画面横から 横方向に発射

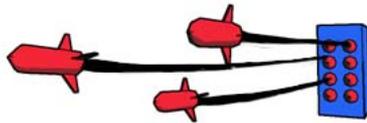


図 2.1: パターン 1 の例

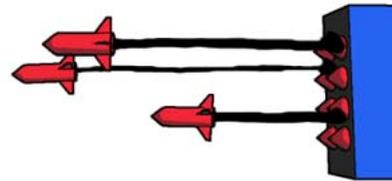


図 2.2: パターン 2 の例

(2) 飛翔シーン

ミサイルがターゲットへ向けて真直ぐに飛翔する。よく見られたパターンはカメラの周囲（カメラの背後）から画面奥方向へミサイルが飛翔していくものが6個、画面手前側から奥方向へ飛翔するものが4個、左右奥側からカメラを掠めるように飛翔してくるものが3個、画面奥側から手前側へ飛翔するものが2個あった。

発射シーン同様ミサイルが重要な要素であり、ターゲットの重要度は低い。この時点では回避行動を取っていない。

表 2.6: 飛行シーンのターゲットとミサイルの配置パターン

	パターン 1	パターン 2	パターン 3
ターゲット	画面奥方向に飛行	画面奥方向に飛行	画面外で飛行
ミサイル	カメラ側から 画面奥方向に飛行	画面手前側から 奥方向に飛行	カメラを掠めるように 画面横方向に飛行
	パターン 4		
ターゲット	画面手前方向に飛行		
ミサイル	画面奥側から 手前方向に飛行		

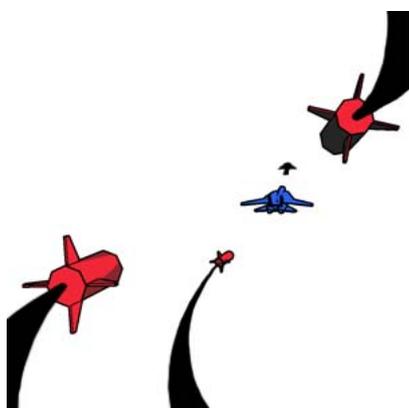


図 2.3: パターン 1 の例

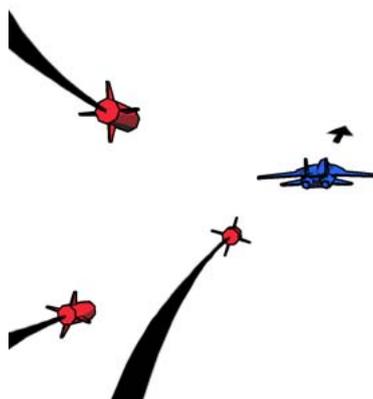


図 2.4: パターン 2 の例

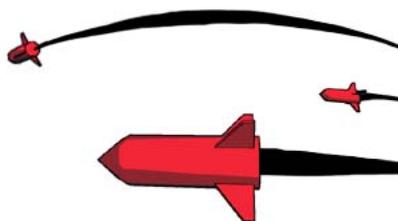


図 2.5: パターン 3 の例

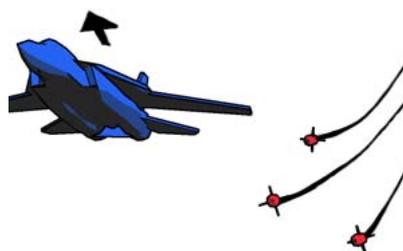


図 2.6: パターン 4 の例

(3) 回避シーン

ミサイルがターゲットに向かって飛行する。ターゲットは目まぐるしく動き回り、カメラがその機動に追いついていないかのような演出がある。飛行パ

ターンのバリエーションが多く、大分するとターゲットが画面奥側もしくは左右に飛行し、ミサイルがカメラの周囲や手前側から飛行していくものが19個、画面手前を飛ばすターゲットに対して画面奥から手前に飛行するものが4個見られた。またカメラの周囲からターゲットに向けて常にミサイルが発射され続ける場合がある。この時画面を横切る煙がスピード感を強調している。

表 2.7: 回避シーンのターゲットとミサイルの配置パターン

	パターン 1	パターン 2
ターゲット	画面奥又は左右方向に飛行	画面手前方向に飛行
ミサイル	カメラ (手前) 側から 奥方向に飛行	画面奥側から 手前方向に飛行

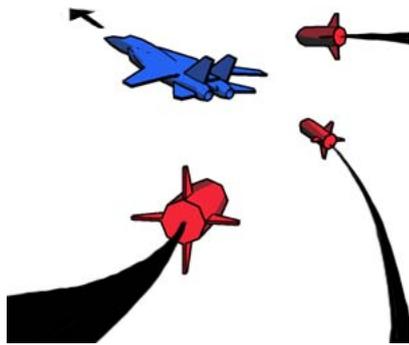


図 2.7: パターン 1 の例

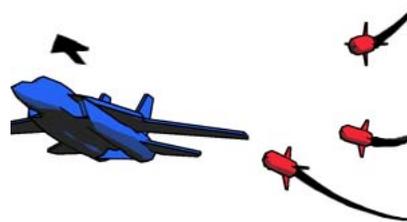


図 2.8: パターン 2 の例

2.3.2 パターンの組み合わせ

シーンの切り替わりにおいて、実際に見られたパターンの繋ぎ方を集計し、実線で繋ぎ、その回数を示したものが(図 2.9)である。実線が出ていないものはそのシーンで板野サーカスが終了していることを表わす。

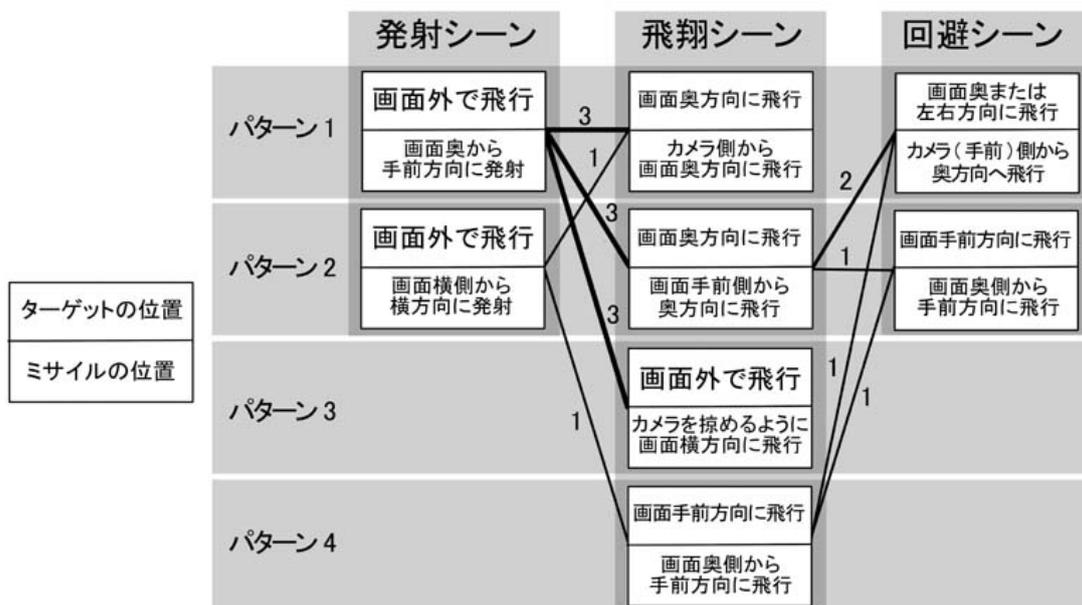


図 2.9: パターンの組み合わせ

2.4 カメラの動き

カメラは、ターゲットとミサイルが先述した配置パターンのような位置関係で画面に納まるように移動する。他にも板野サーカス特有の動作をするものがあり、その一つに画角の変化がある。

画角とは、カメラで撮影される写真に写される光景の範囲を角度で表したものである [16]。カメラと被写体の位置関係が一定の場合において、画角が広がると被写体との距離を拡大して写す。通常よりも被写体は遠方に見え、被写体と背景との遠近感が強まる。またレンズ縁に遠近法的な歪みが生じ、物体の像が歪曲して写る。

逆に画角が狭くなると被写体との距離を縮小して写す。通常よりも被写体は近くに見え、被写体と背景との遠近感が弱まる。

板野サーカスにおいては、目標物とカメラの距離に応じて画角を変化させ、目標物が近距離ならば広角、遠距離ならば望遠に画角を変化させている。これによ

り背景との遠近感を強調し、空間に奥行きを感じさせ、ダイナミックな動きに見せることができる。

他にも主観的な視点で被写体を追いかけて、対象をフレームイン、アウトさせたり、一瞬カメラの動きを遅らせることで臨場感を演出している。

2.5 その他の表現

2.5.1 動きの誇張表現

アニメーションの表現手法の一つに、動きの誇張がある [17][18][19][20]。これは対象物の動きを極端に描写することで、動きを印象付けるというものである。板野サーカスにおいては、この誇張表現の中でも速度変化の誇張が頻繁に活用されている。

速度変化の誇張表現には、“溜め”と“詰め”、“誇張”がある。動作開始時に動きを溜め、動作終了時に動きを詰めることで動作に緩急をつけ、急激な速度変化を表現する。また実際の速度よりも加速・減速させて描写することで移動速度を強調する。この手法を利用することにより、映像にメリハリを生み、迫力を与える。

2.5.2 ミサイルの表現

ターゲットに向けて発射されるミサイルにはその機動によって3種類に分類される [6]。

(1) 秀才タイプ

ターゲットに向かって最短距離を飛行する。

(2) 優等生タイプ

ターゲットの未来位置を予測してその場所へ飛行する。

(3) 劣等生タイプ

ターゲットに向かわずに適当に飛行する。

これら 3 種のミサイルを織り交ぜて飛行させることでミサイルの軌道に多様性を持たせつつ、目を引く演出をしている。

2.5.3 煙のアニメーション

ミサイルから出る噴射煙も板野サーカスでは重要な要素の一つである。いくらミサイルが派手に飛行しても、サイズが小さいためにその姿が見えづらい。そこで噴射煙をミサイルの軌跡上に残すことでミサイルの軌跡を描いている。

第 3 章

カメラワーク自動化手法

板野サーカス表現のカメラワークを自動生成する際に、板野サーカスの特徴的な要素を抽出し、それらを踏まえてプログラムを作成することで板野サーカスの映像表現を目指す。以下がプログラムで実装する、板野サーカス表現におけるカメラワークに関しての基本要素および特徴的な要素である。

基本要素

- ・ターゲットとミサイルがパターン通りの配置になるようにカメラを配置する
- ・基本的にターゲットに焦点を当てて撮影する

特徴要素

- ・ターゲットとの距離に応じてカメラの画角が変化する
- ・カメラの動きをターゲットに比べて少し遅らせる

3.1 ターゲットの挙動

ターゲットの挙動を設定する際、プログラム上ではオブジェクトを移動させる為には位置を直接指定するか、移動ベクトルを与えるのが一般的だが、縦横に滑らかに細かく移動するような動きを付けるのには向いていない。よって今回はエルミート曲線を用いてターゲットの挙動を設定した。

エルミート曲線とは、セグメントの両端点とそこでの導関数が与えられた時に、それらを補間するものである。つまり始点 p_0 及びその法線 p_1 と、終点 p_2 及びその法線 p_3 の4点の座標により一つの曲線セグメントが決定する。0~1.0の範囲で動く入力変数を u とすると、エルミート曲線を表す式は(式 3.1) と表せる。

$$f(u) = (2p_0 + p_1 - 2p_2 + p_3)u^3 + (-3p_0 - 2p_1 + 3p_2 - p_3)u^2 + p_1u + p_0 \quad (3.1)$$

(図 3.1) では点 A を起点に、方向ベクトル AB から出発して、方向ベクトル CD の始点 C で終わるカーブを描く。

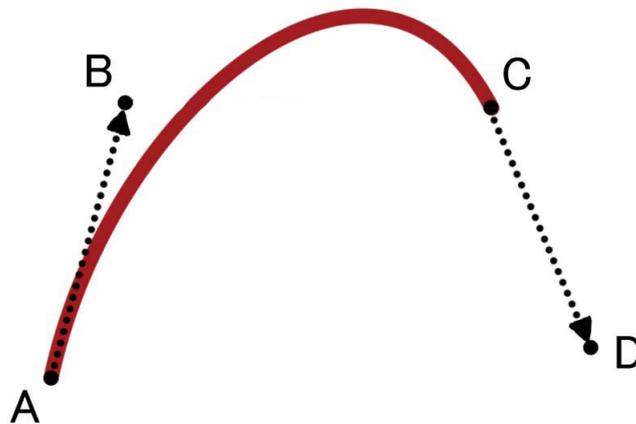


図 3.1: エルミート曲線

今回作成したプログラムでは、あらかじめ作成したエルミート曲線を百分割し、それらの分割点を順次指定して移動させることで動きを付けている。しかしこの状態ではターゲットの速度が等速運動である他、軌道が単調なものになってしまうため、分割したエルミート曲線を複数個繋げることでターゲットの速度を変化させている(図 3.2)。

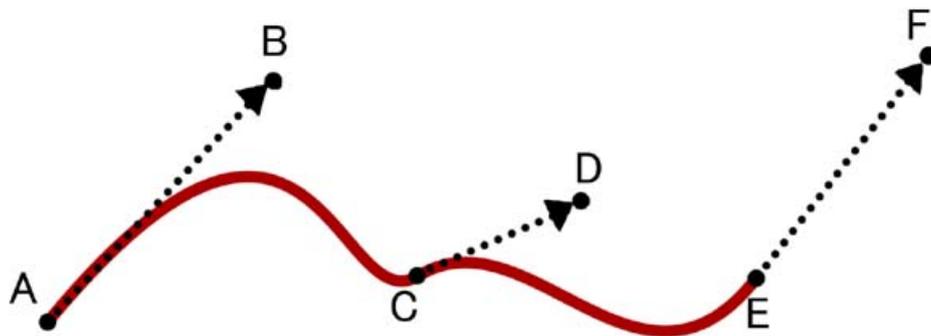


図 3.2: 連結したエルミート曲線

3.2 ミサイルの挙動

ミサイルの挙動はターゲットを目標地点としてミサイルの前方向に加速していくものである。しかしこれでは直進すればするほど加速してしまい、ターゲットを追い抜いてしまう。板野サーカス表現ではターゲットの真後ろに張り付くように飛行する傾向があるので、ミサイルとターゲットの距離を計測し、その距離によって加速値を増減させることで、ミサイルがターゲットから離れているときは加速値を高く、近いときは低くなるように設計した。これによってミサイルはターゲットに近づくたびに次第に減速し、ターゲットを追い抜かずに背後を飛行することになる。

配置パターンによってはミサイルがカメラの周囲から飛んでいくものがある。これを表現するためにミサイルの発射位置を 40 度間隔で円周状に配置している (図 3.2)。この中心位置にカメラを配置することで、カメラの周囲からミサイルが飛んでいくような映像が表現できる。本プログラムではターゲットに設定した当たり判定に接触すると爆発オブジェクトである球体を生成し、ミサイルがカメラの周囲に移動、再発射させている。

またミサイルの目標地点をターゲットの前方、後方に設定したものを加えることで、ミサイルの機動に多様性を持たせた。

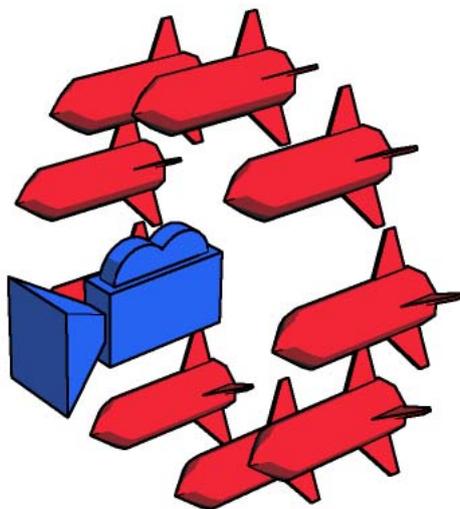


図 3.3: 回避シーンのパターン 1 におけるミサイルの配置

煙の表現に関しては、透明状態にした板状のポリゴンに煙のテクスチャを張ることで表現した。

3.3 カメラワークの計算方法

3.3.1 回避シーンにおけるカメラの挙動

カメラの挙動は基本的にターゲットに追従する形で行われる。ターゲットの挙動を付ける際に作成したエルミート曲線を利用し、ターゲットが移動した後の位置を基準として、そこから x 軸、 y 軸、 z 軸に任意の距離平行移動した位置がカメラの位置となる。さらにカメラの焦点をターゲットとミサイルの中間地点に設定した (図 3.4)。これらによってターゲットとミサイルの距離が離れたとしてもある程度は画面内に収めることができ、ターゲットの機動に追い付けず、カメラの反応が一瞬遅れる演出が可能となった。また平行移動する距離を変更することによってターゲットがフレームイン・アウトする頻度を調節できる。

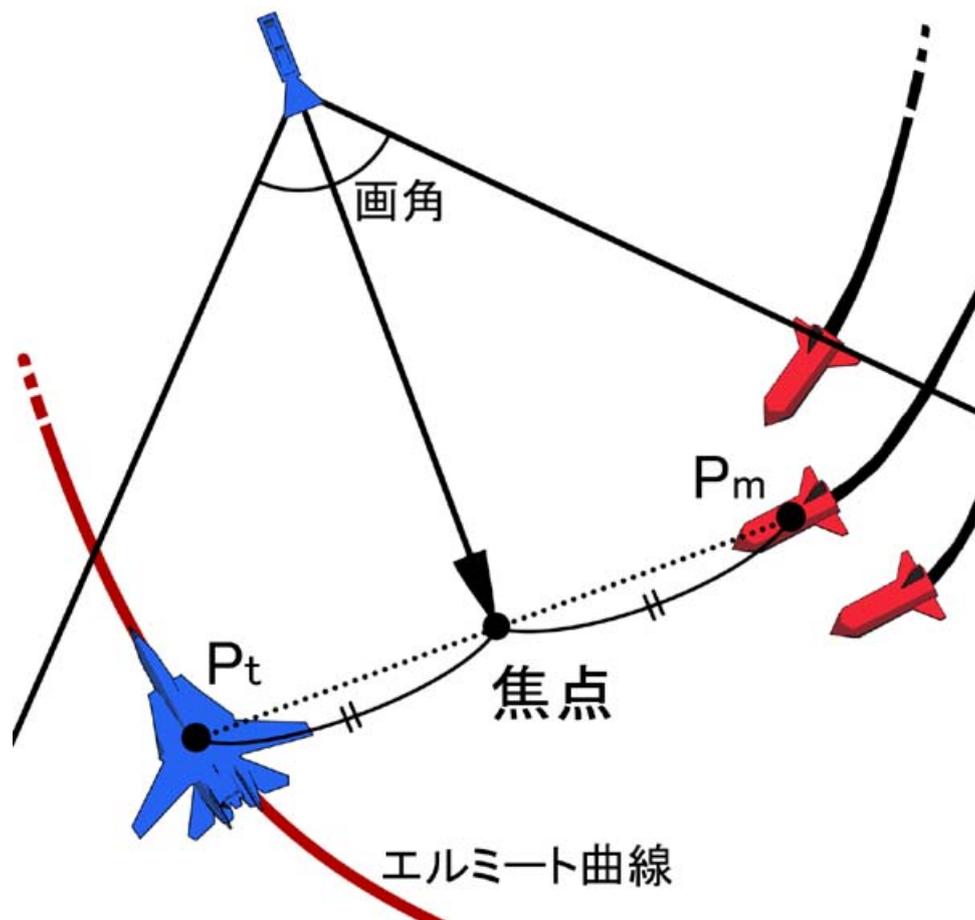


図 3.4: ターゲット、ミサイル、カメラの焦点の位置関係

3.3.2 画角の変化

カメラの焦点距離 f 、及び画角 θ の算出はそれぞれ (式 3.2)(式 3.3) で表わす。 W はカメラの写野の横サイズである。

$$f = \frac{W}{2 \tan \frac{\theta}{2}} \quad (3.2)$$

$$\theta = 2 \arctan \frac{W}{2f} \quad (3.3)$$

本研究で作成したプログラムでは、ターゲットとカメラの座標位置の相対距離によって画角を変化させている。前回フレームと今回フレームの彼我の相対距離を

計測し、距離が離れていれば画角を望遠に、逆に近づいていれば広角に変化させる。しかしこのままでは望遠になった時に被写体が大きくなり、広角になった時に被写体が小さくなってしまい、映像が急激に前後してしまう。そこでターゲットとカメラの距離を計測し、前回計測した数値と比べ、距離が離れていればカメラをドリーアウト、近付いていればドリーインさせるように設定した(図 3.5)。

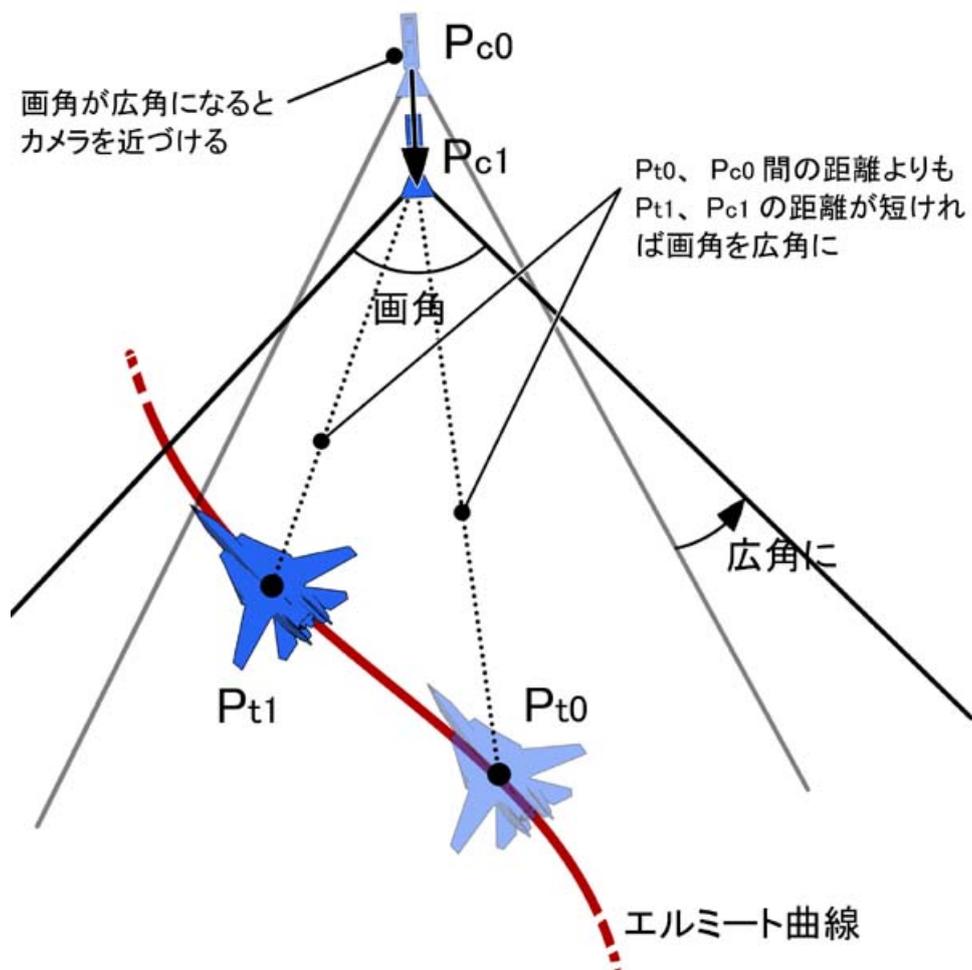


図 3.5: 画角が広角になる例

第 4 章

自動生成結果及び検証

4.1 生成されたアニメーション

本研究では C++ 言語で FK ライブラリ [21] を使い、板野サーカス表現自動生成プログラムを作成した。自動生成したアニメーションがどのようなものかを以下に示す。(図 4.1) は、本研究で作成したプログラムの実行画面である。



図 4.1: 実行結果

4.2 検証

結果として、本研究で設定した、板野サーカスの特徴と考えられる要素を持ったミサイルアニメーションの自動化に成功した。

次にこの自動生成したアニメーションを実際の板野サーカス映像と比べ、客観的に再現できているか検証を行った。

4.2.1 検証方法

- 実験方法

協力者に実際の板野サーカスの映像 A と自動生成した映像 B(図 4.2) を順に見せ、アンケートに答えてもらう。映像は繰り返し見せるものとする。なお、自動生成したアニメーションは発射シーンから順にパターン 1 パターン 2 パターン 1 の組み合わせで生成したものであり、両映像は AVI 形式、画像サイズは 640 × 480、動画時間はそれぞれ約 1 分である。

- 調査対象

21 人

- 調査時期

2009 年 1 月

- 調査目的

自動生成した映像は客観的に板野サーカス表現を再現しているか、再現できていないとしたら、どこに問題があるのかを調査する。

4.2.2 アンケート内容

アンケートの問は以下の通りである。評価方法は 1. 以外を『再現できていない～再現できている』の 5 段階で評価した。

1. 板野サーカスを知っていますか？

2. 実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B はスピード感が再現されていたか？

3. 実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B はアクロバティックな動きが再現されていたか？

4. 実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は臨場感が再現されていたか？

5. 実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は板野サーカス表現を再現できていると思いますか？

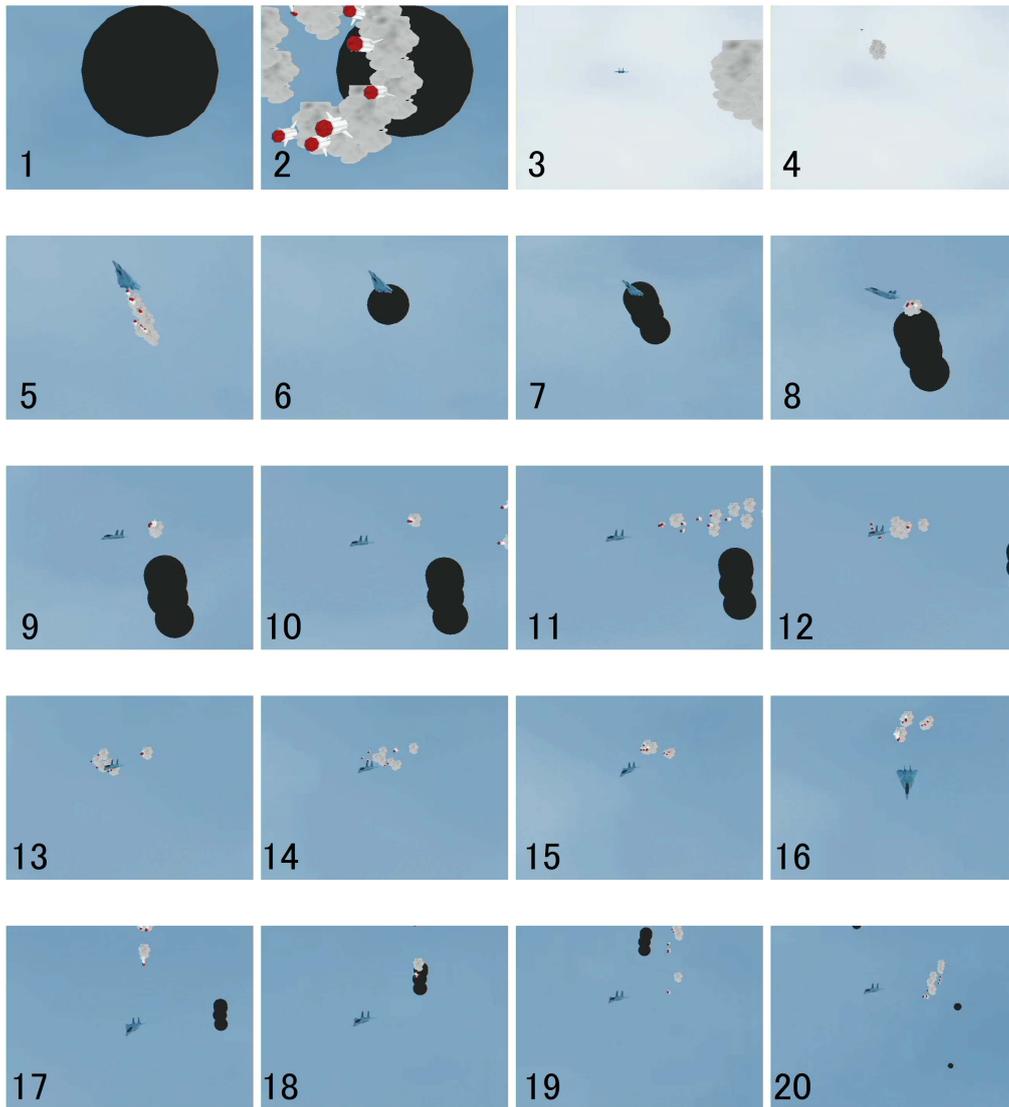


图 4.2: 映像 B

第 5 章

調査結果及び考察

5.1 調査結果

調査結果を(表 5.1)に示す。

協力者 21 人のうち、質問 1 の「板野サーカスを知っていますか？」に対して、板野サーカスを「知らない」と答えた人は 2 人、「名前は知っている」と答えた人が 4 人、「特徴も知っている」と答えた人が 15 人いた。

質問 2 の「実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B はスピード感が再現されていましたか？」に対して、「4. それなりに再現できている」と答えた人が 14 人と、最も多かった。

質問 3 の「実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B はアクロバティックな動きが再現されていましたか？」に対して、「4. それなりに再現できている」と答えた人が 15 人と、最も多かった。「5. 再現できている」と答えた 4 人を含めると、他の質問に比べて最も高い数値が見られた。

質問 4 の「実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は臨場感が再現されていましたか？」に対して、「4. それなりに再現できている」と答えた人が 9 人と最も多かったが、「2. あまり再現できていない」が 4 人、「3. どちらともいえない」が 7 人と、他の質問に比べて多少低い数値が多く見られた。

質問 5 の「実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は板野サーカス表現を再

現できていると思いますか？」に対して、「4. それなりに再現できている」が17人と、最も多かった。

また(表 5.2)(表 5.3)(表 5.4) はそれぞれ、質問1の「1. 知らない」「2. 名前は知っている」「3. 特徴も知っている」ごとに集計したものである。結果では、板野サーカスの知識があるか否かで回答傾向に違いは見られない。

表 5.1: アンケート結果

質問 1	板野サーカスを知っていますか？				
回答	1. 知らない	2. 名前は知っている	3. 特徴も知っている		
回答数	2	4	15		
質問 2	実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は スピード感が再現されていましたか？				
回答	1. 再現 できていない	2. あまり再現 できていない	3. どちらとも いえない	4. それなりに 再現できている	5. 再現 できている
回答数	0	2	1	14	4
質問 3	実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は アクロバティックな動きが再現されていましたか？				
回答	1. 再現 できていない	2. あまり再現 できていない	3. どちらとも いえない	4. それなりに 再現できている	5. 再現 できている
回答数	0	0	2	15	4
質問 4	実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は 臨場感が再現されていましたか？				
回答	1. 再現 できていない	2. あまり再現 できていない	3. どちらとも いえない	4. それなりに 再現できている	5. 再現 できている
回答数	0	4	7	9	1
質問 5	実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は 板野サーカス表現を再現できていると思いますか？				
回答	1. 再現 できていない	2. あまり再現 できていない	3. どちらとも いえない	4. それなりに 再現できている	5. 再現 できている
回答数	0	1	2	17	1

表 5.2: 質問 1 において 1. 板野サーカスを知らない人のみの結果

質問 2	実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は スピード感が再現されていましたか？				
回答	1. 再現 できていない	2. あまり再現 できていない	3. どちらとも いえない	4. それなりに 再現できている	5. 再現 できている
回答数	0	1	0	1	0
質問 3	実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は アクロバティックな動きが再現されていましたか？				
回答	1. 再現 できていない	2. あまり再現 できていない	3. どちらとも いえない	4. それなりに 再現できている	5. 再現 できている
回答数	0	0	1	1	0
質問 4	実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は 臨場感が再現されていましたか？				
回答	1. 再現 できていない	2. あまり再現 できていない	3. どちらとも いえない	4. それなりに 再現できている	5. 再現 できている
回答数	0	1	0	1	0
質問 5	実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は 板野サーカス表現を再現できていると思いますか？				
回答	1. 再現 できていない	2. あまり再現 できていない	3. どちらとも いえない	4. それなりに 再現できている	5. 再現 できている
回答数	0	0	1	1	0

表 5.3: 質問 1 において 2. 板野サーカスの名前は知っている人のみの結果

質問 2	実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は スピード感が再現されていましたか？				
回答	1. 再現 できていない	2. あまり再現 できていない	3. どちらとも いえない	4. それなりに 再現できている	5. 再現 できている
回答数	0	0	0	3	1
質問 3	実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は アクロバティックな動きが再現されていましたか？				
回答	1. 再現 できていない	2. あまり再現 できていない	3. どちらとも いえない	4. それなりに 再現できている	5. 再現 できている
回答数	0	0	0	3	1
質問 4	実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は 臨場感が再現されていましたか？				
回答	1. 再現 できていない	2. あまり再現 できていない	3. どちらとも いえない	4. それなりに 再現できている	5. 再現 できている
回答数	0	1	2	1	0
質問 5	実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は 板野サーカス表現を再現できていると思いますか？				
回答	1. 再現 できていない	2. あまり再現 できていない	3. どちらとも いえない	4. それなりに 再現できている	5. 再現 できている
回答数	0	0	1	3	0

表 5.4: 質問 1 において 3. 板野サーカスの特徴も知っている人のみの結果

質問 2	実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は スピード感が再現されていましたか？				
回答	1. 再現 できていない	2. あまり再現 できていない	3. どちらとも いえない	4. それなりに 再現できている	5. 再現 できている
回答数	0	1	1	10	3
質問 3	実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は アクロバティックな動きが再現されていましたか？				
回答	1. 再現 できていない	2. あまり再現 できていない	3. どちらとも いえない	4. それなりに 再現できている	5. 再現 できている
回答数	0	0	1	11	3
質問 4	実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は 臨場感が再現されていましたか？				
回答	1. 再現 できていない	2. あまり再現 できていない	3. どちらとも いえない	4. それなりに 再現できている	5. 再現 できている
回答数	0	2	5	7	1
質問 5	実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は 板野サーカス表現を再現できていると思いますか？				
回答	1. 再現 できていない	2. あまり再現 できていない	3. どちらとも いえない	4. それなりに 再現できている	5. 再現 できている
回答数	0	1	0	13	1

5.2 考察

調査結果からわかるように、それなりに再現されていると感じた人が多く見られた。その中で 4 番目の「実際の映像 A と比べて自動生成した映像 B は臨場感が再現されていましたか？」については他よりも数値が低かった。その理由は「遠目の映像が多かった」「自分の方にミサイルが飛んできている感じがしない」等が挙げられた。このことから、臨場感の演出にはカメラとターゲットの距離感が大事であるということが考えられる。他にも「煙の表現が足りない」といった意見も多く得られた。今回はミサイルの本数を 10 本、そして煙をミサイルの後部に張り付かせるように描画させているため、本来の板野サーカス表現のようなミサイルの軌跡を残す煙が再現できなかったことが要因とみられる。また「煙が少なく位置関係が掴みにくい」との意見もあったことから、何も比較物の存在しない空中や宇宙空間では、煙が残ることにより対象の位置や大きさを判別し、遠近感が強調されると考えられる。

また板野サーカスを知らないと答えた2人と、名前だけ知っていると言った4人と、特徴も知っていると言った15人の間で回答に特に差は見られなかった。板野サーカスの特徴を知っている人が多い中で概ね高い評価を得たので、本研究は板野サーカス表現の再現に一定の効果があったと考えられる。

第 6 章

まとめ

本研究では、板野サーカスをカメラワークの面から分析し、板野サーカスの流れを3つのシーン構成に分け、さらにターゲットとミサイルの配置パターンを数種類に分類、それらのうち頻度が高いものを代表的な配置パターンとして、これらをシーンごとに組み合わせることで板野サーカスの映像表現を体系化した。また板野サーカス表現をする上で特徴的な要素を抽出、それらを組み込んだモーション生成ツールを作成したことで自動的にカメラワークの挙動を生成する手法を提案した。そして実際の板野サーカスの映像と自動生成した映像を使用して検証を行い、結果として自動生成した映像はおおよそ板野サーカス表現を再現できていると分かった。これによって板野サーカス表現を制作する際のカメラワークのシュミレーションを手軽に行え、制作工程での作業効率化を図ることができる。

今後の発展として、各シーン間のカメラの切り替え等の追加が挙げられる。また今回はターゲットやミサイルの配置パターン定義では、左右どちらに飛んでいるかを考慮していない。つまりイマジナリーラインが想定されていないため、パターンの繋ぎ方によっては画面に違和感を感じる場合がある。他にも本研究ではあまり触れていない、板野サーカス特有のミサイルの特殊な挙動やターゲットの誇張動作、煙のアニメーションも、板野サーカス表現をする上で非常に重要な要素である。それらをモーション生成に取り入れることができれば、さらに真に迫った板野サーカス表現のシュミレーションが可能だろう。

謝辞

まずは担当講師である三上浩司先生に多大な感謝を。

どうやったらいいのかさっぱりだったプログラムを、懇切丁寧に分かりやすくこ
うやればいい、ああすればどうだろうと助言を与えてくれた皆様、また貴重な意
見を沢山頂いたアンケート協力者の皆様、忙しいながらも空いた時間で協力をし
てくれた先行研究者である作田涼様、ともに研究室で過ごし、ともに支えあい、と
もに1年を駆け抜けた同研究室の皆様、研究にかまけるあまり、これまでのように
精力的に活動できなかったサークルでも、心温かく接してくれた部員の皆様、調
子が悪くても研究せざるを得ない様な時期もありましたが、皆様のご助力のお陰
で何とかここまで漕ぎ着けました。この1年でお世話になった全ての方に贈りま
す。

本当にありがとうございました。

参考文献

- [1] 土永まり子, ”3DCG アニメーションにおける鳥のはばたきモーションの自動生成プログラム”, 東京工科大学, メディア学科, ゲームサイエンスプロジェクト, 2007.
- [2] 太田篤史, 田中敏光, 大西昇, ”3DCG におけるカメラワークの自動生成及び支援”, グラフィクスとCAD 研究会報告 Vol.2000, No.115, pp.61-66, 2000.
- [3] 大西正輝, 泉正夫, 福永邦雄, ”デジタルカメラワークを用いた自動映像生成”, 画像の認識・理解シンポジウム, pp.1-331, 2000.
- [4] 熊野雅仁, 岩本健, 有木康雄, 塚田清志, ”ボールと選手に着目したデジタルカメラワークの実現法 -デジタルシューティングによるサッカー解説映像生成システムに向けて-”, 映像情報メディア学会誌 Vol.59, No.2, 2005.
- [5] 東京工科大学編, ”デジタルアニメマニユアル 2008”, 東京工科大学, クリエイティブラボ, 2008.
- [6] 作田涼, ”板野サーカスの特徴を持ったミサイルのアニメーション作成時の作業効率化手法の提案”, 東京工科大学, メディア学科, ゲームサイエンスプロジェクト, 2007.
- [7] The Place Nearest Heaven.
<<http://members.jcom.home.ne.jp/to-ei/>>.

- [8] ミサイルが乱舞するデモプログラム.
<<http://homepage1.nifty.com/kaneko/missile.htm>>.
- [9] TV アニメーション, 伝説巨神イデオン, サンライズ,1980.
- [10] TV アニメーション, 超時空要塞マクロス, 毎日放送, タツノコプロ, アニメフレンド,1982.
- [11] MACROSS OFFICIAL WEB SITE.
<<http://www.macross.co.jp/>>.
- [12] 劇場版, 超時空要塞マクロス 愛・おぼえていますか, ビックウエスト, 毎日放送, タツノコプロ, 小学館,1984.
- [13] 劇場版, マクロスプラス MOVIE EDITION, バンダイビジュアル, ビックウエスト, ヒーロー, 毎日放送, 小学館,1995.
- [14] OVA, マクロス ゼロ, ビックウエスト, マクロスゼロ製作委員会,2002.
- [15] 板野一郎インタビュー - WEB アニメスタイル アニメの作画を語ろう.
<http://www.style.fm/as/01_talk/itano01.shtml>.
- [16] 焦点距離と画角の関係 - デジタルカメラ・デジカメの撮り方 テクニック集.
<http://www24.big.or.jp/~antares/photo_gallery/camera/camera4.html>.
- [17] 桑原明栄子, 牧野光則, ”CG アニメーション用誇張表現作成補助システムの提案”, 芸術科学会論文誌 Vol.2, No.1, pp.21-30, 2006.
- [18] 周宇, ”従来型アニメーションの誇張表現の抽出と活用手法の研究”, 東京工科大学大学院, バイオ・情報メディア研究科, メディアサイエンス専攻, 2006.
- [19] 佐藤修一, 近藤邦雄, 佐藤尚, 島田静雄, 金子満, ”アニメーション制作におけるキャラクターの動作強調手法 Motion Filter”, テレビジョン学会誌 Vol49, No.10, pp.1280-1287, 1995.

[20] 小林光弘, 近藤邦雄, ”コンピュータアニメーションのための動作強調手法”, 情報処理学会グラフィクスとCAD研究会 No.93-1, pp.1-5, 1998.

[21] Fine Kernel ToolKit System.

<<http://fktoolkit.sourceforge.jp/>>.