

2007年度 卒業論文

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

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 M0104188

作田 涼

2007年度 卒業論文概要

論文題目

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

メディア学部

学籍番号：M0104188

氏名

作田 涼

指導
教員

渡辺 大地講師

キーワード

アニメーション、板野サーカス、MEL、3DCG

近年、3DCG アニメーションは技術やコンピュータの性能の向上により、幅広い分野で活用されている。これによりアニメの作品の中でも、従来の手書きにはないリアルで存在感のある表現が可能となった。また、3DCG ソフトの性能の向上から 3DCG アニメーション制作が容易になったことや、作業のやり直しに手間がかからないという利点があり、新しい手法として取り入れられている。しかし、3DCG アニメーションの複雑な動きは依然としてアニメーターの手作業により制作されており、制作の際の手間や制作時間がかかってしまう事が問題視されている。そこで本研究では、複雑なアニメーションの1つとして板野サーカスと呼ばれるアニメーションに着目した。板野サーカスとは、アニメ「マクロス」シリーズなどの映像作品で使われている独特のアニメーションの表現である。この板野サーカスの特徴として、激しく動く目標物と背景の動きやカメラの画角を用いた表現、誇張表現によるリズム感などがあるが、最大の特徴として追尾する大量のミサイルの動きがある。本研究ではこのミサイルの動きに着目し、制作工程の効率化を行う。板野サーカスにおけるミサイルは、目標への最短距離を飛行する秀才タイプ、目標の未来位置を予測して飛行する優等生タイプ、画面内を激しく動き回る劣等性タイプの3種類に分類できる。そこで、それぞれミサイルアニメーションのアルゴリズムを明確化し、板野サーカスの構成要素を分析することで、3DCG ミサイルアニメーション作成時のミサイルの動作を自動的に生成するための適切な関数を設計した。この関数の値を変更することにより、誰でも簡単な操作で3種類のミサイルの特徴や動き、本数などの制御が可能になる。そしてそれらの数値を元に3DCG ソフトである Maya の MEL というスクリプト言語を用いて自動生成ツールを開発し、従来手法で作られたモーションと自動生成によるモーションを作業量の面から比較し、実用性を検証した。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究の背景と目的	1
1.2	本論文の構成	3
第2章	板野サーカス	4
2.1	3種類のミサイル	4
2.2	速度変化の誇張表現	5
2.3	カメラの画角	6
第3章	ミサイルアニメーション作成の半自動化手法について	7
3.1	MELを用いた実装	7
3.2	ミサイルアニメーションの実装手法	8
3.3	ミサイルに設定するパラメータ	8
3.4	各タイプのミサイルごとの誘導方法	12
3.5	ミサイルの煙の生成	14
第4章	結果と考察	15
4.1	生成したアニメーション	15
4.2	半自動生成と既存手法との比較	18
4.3	現状での問題点	19
第5章	まとめ	20
	謝辞	21
	参考文献	22

目 次

2.1	3種類のみサイル	5
2.2	カメラの画角の違い	6
3.1	みサイルの発射角度	9
3.2	誘導精度の例	10
3.3	誘導性能の例	11
3.4	秀才タイプのみサイルの軌道	13
3.5	優等生タイプのみサイルの軌道	13
3.6	劣等性タイプのみサイルの軌道	14
4.1	実行結果 1	16
4.2	実行結果 2	17
4.3	Nekofight	18

第 1 章

はじめに

1.1 研究の背景と目的

近年、3DCG は技術力や効率性の向上により、テレビ番組や映画、ゲームなどの幅広い分野で活用されている。アニメの作品の中でも、従来の手書きにはないリアルで存在感のある表現が可能となった。また、3DCG ソフトの性能の向上から 3DCG アニメーション制作が容易になったことや、作業のやり直しに手間がかからないという利点があり、新しい手法として取り入れられている。高性能なコンピュータの普及に伴い、3DCG の需要と発展 [1] はめざましいものとなっている。以前は処理能力の関係上、クオリティに限界があった繊細なモデリングや、多くの物体を同時に動かすアニメーションも作成可能になってきた。しかし、リアルで複雑な表現が可能になった反面、そのようなアニメーションは依然としてアニメーターが手作業で制作しており、制作の際の手間や制作時間がかかってしまう事が問題視されている。アニメーション制作の先行の手法としてキーフレームアニメーションという手法がある [2][3][4]。キーフレームアニメーションとは、任意の時間軸を表すフレームに、オブジェクトの位置や形状などの状態をキーとして登録し、中間のモーションをコンピュータに計算させて作るアニメーションのことを言う。キーを設定すると、ファンクションカーブというオブジェクトの状態変化を表す線をフレーム内に生成する [5]。この線を手動で調節することが可能だが、微妙な曲線などにより生成されるモーションを扱うのはなれないと難しい [6]。

キーフレームアニメーションは細かい部分の調整が可能で時間をかけて完成を迫るのには適した手法である。しかし、多数のオブジェクトが入り乱れるような複雑なアニメーションを作成する際などに、製作工程においてオブジェクトの速度や動きのつけ方などアニメーターの感性に左右される部分も大きく、作業量も膨大になってしまう。このように作業量が多いモーション作成は難しく、そこに時間を割くのは効率が悪い。このような問題から、アニメーション制作工程において複雑なアニメーション以外の部分に割ける時間の割合が少なくなってしまうという問題がある。これらの問題を解決するためには、モーション生成の簡略化が重要となってくる。そこで本研究は、複雑な動きをするアニメーションの一つである「板野サーカス」と呼ばれるアニメーション表現 [7] に着目し、その特徴であるミサイルアニメーションのアルゴリズムを明確化する。板野サーカスとは、アニメ「マクロス」シリーズ [8] などで使われている独特のアニメーションの表現である。これは、激しく動く目標物に対し大量のミサイルがそれを追尾するという特徴を持っている。板野サーカスという名前は、この動きを作ったアニメーターの板野一郎に由来している。本研究では板野サーカスの構成要素を分析し、ミサイルの動作を自動的に生成するための適切な関数を設計する。具体的には、ミサイルの発射点と目標点を選択し、入力したパラメータを元にプログラム側で自動的にミサイルのアニメーションを生成するようにする。これらの機能を 3DCG 制作システムである Maya [9] の MEL [10][11] というスクリプト言語を用いて実装する。既存の板野サーカスを擬似的に再現するツールとして Nekoflight [12] というものがあるが、これは多くのミサイルを飛ばすという点が重視されており、板野サーカスの再現度という点ではまだ問題が残る。そこで、本研究の手法を単純なアニメーションに対して実装し、これを元に従来のモーション生成手法と比較し、自動生成の有用性を検証する。

1.2 本論文の構成

2章では板野サーカスとはどういったものかを説明する。3章では板野サーカスの特徴を持ったミサイルアニメーションの自動生成手法について説明する。4章では実際に生成されたミサイルアニメーションと既存手法で作成されたミサイルアニメーションを比較し、作業時間やクオリティを比較した考察を述べる。5章では本研究の成果と課題を述べる。

第 2 章

板野サーカス

本研究では、特徴的な表現手法を持つアニメーションとして「板野サーカス」というアニメーションの動きに注目する。

板野サーカスの要素を大きく分けると、まず攻撃を回避する目標物があり、次に追尾する大量のミサイルの動きがある。さらに目標物の動きに合わせた背景の動きによって、映像に迫力を持たせている。また、表現の特徴として、速度変化の誇張表現を用いることによるリズム感と、目標物と同じ空間に視聴者を置き、あたかもカメラで目標物を追いかけるように撮影しているかのような表現がある。また、目標物とカメラの距離に応じてカメラの画角 [13] を変更することによる遠近感の表現も重要視している [7][14]。以下にそれぞれの特徴の詳細を述べる。

2.1 3種類のミサイル

板野サーカスにおいて、目標に向けて発射されるミサイルには以下の3つの種類がある。

1. 秀才タイプ
2. 優等生タイプ
3. 劣等生タイプ

まず、まっすぐに目標を追いかけていくタイプがある。これは、発射すると目標の座標へ最短距離で飛ぶルートを取るミサイルである。以下これを秀才タイプと呼ぶ。次に、目標の先読みをするタイプがある。これは目標の未来位置を予測し、その点への最短距離を飛ぶルートをとるミサイルである。以下これを優等生タイプと呼ぶ。最後に、だたメチャクチャに飛ぶタイプがある。これはカメラに対して目立つような軌道を取り、目標へ向かわずに動き回るミサイルである。以下これを劣等生タイプと呼ぶ。以上の3種類のミサイルを混ぜて発射することにより、迫力のあるシーンを演出している。以下の図 2.2 は3種類のミサイルの動きを示している。

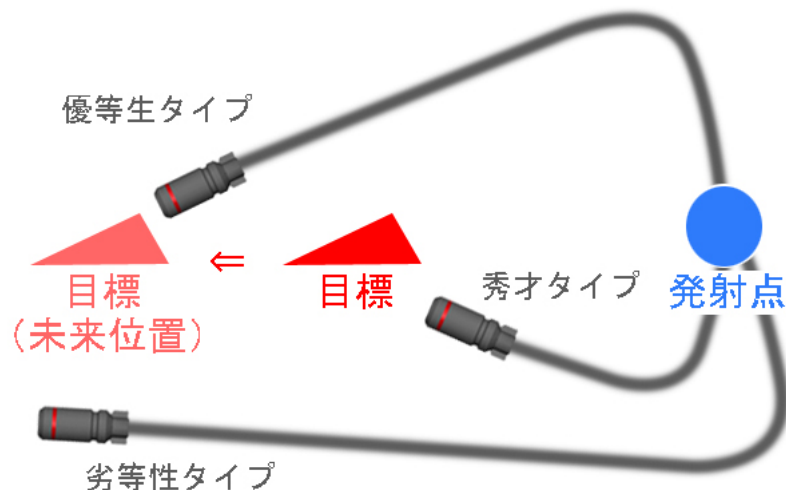


図 2.1: 3種類のミサイル

2.2 速度変化の誇張表現

アニメーションの表現手法の一つとして、動きの誇張 [15][16][17][18] がある。これは、対象物の動きを極端にすることにより、その動作を印象付けるというものである。板野サーカスでは、この誇張表現の中でも特に速度変化の誇張表現を重要視して作成している。速度変化の誇張表現とは、動作開始時または次動作移行時に動きをためる、動作終了時に動きをつめることにより急激な速度変化を表現

するものや、実際の速度よりも加速・減速することにより移動速度を強調する手法を表す。この誇張が持つ効果として、映像にメリハリを生むことや動きに迫力を与えることが可能となる。

2.3 カメラの画角

カメラの画角 [19] とは一般的にカメラの焦点距離のことを指し、焦点距離が長いと遠くのものをはっきりとした形で写すことができるが、一方で範囲は狭くなってしまふ。逆に焦点距離が短いと範囲を広く写すことができるが、遠くのものぐやがんでしまふ。板野サーカスでは、目標物とカメラの距離に応じてカメラの画角を変化させている。これにより、遠近感の表現を強調することができる。以下の図 2.3 は、カメラの画角の違いによる写る範囲を示している。

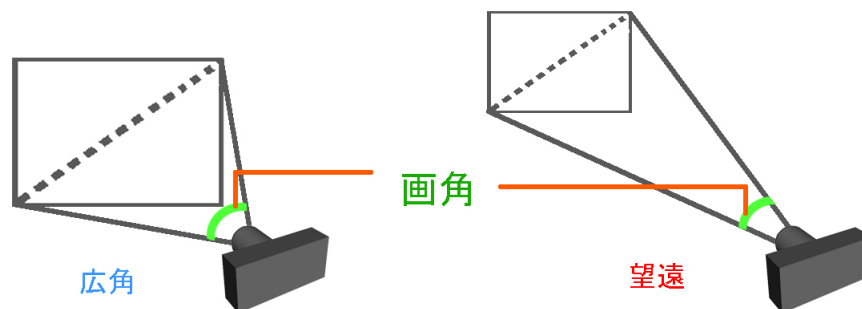


図 2.2: カメラの画角の違い

第 3 章

ミサイルアニメーション作成の半自動化手法について

第 1 章で述べたアニメーション制作における問題点の解決策として、入力に必要な情報と操作を簡略化し、作業時間の短縮を実現する。Maya で板野サーカスの特徴を含むアニメーションを作成する際に、目標物を指定しミサイルのパラメータを入力することにより、ミサイルアニメーションを自動的に生成できるようにする。

以下、3.1 節では実装に使用した MEL というスクリプト言語について説明する。3.2 節ではどのようなプロセスで板野サーカスの自動生成を行うかを説明する。3.3 節ではミサイルに設定するパラメータについて具体的に説明する。3.4 節ではミサイルの誘導方法とその差について説明する。3.5 節ではミサイルの煙の生成方法について説明する。

3.1 MEL を用いた実装

MEL とは Maya Embedded Language の略で、Maya を操作するためのスクリプト言語である。MEL の利点の一つに、インタプリタ言語であるということがある。典型的なプログラミング言語がソースコードのコンパイルとリンクを必要とするのに対して、インタプリタ言語は直ちに実行が可能となっている。これにより、

MEL を記述、デバッグ、テストするという行動を全て外部コンパイラやデバッガを用いずに Maya の中で行うことができる。MEL の欠点としては、インタプリタ言語であるため C++ プログラムなどと比べても動作が重いということがある [11]。本研究では、実装をこの MEL を用いて行う。

3.2 ミサイルアニメーションの実装手法

ミサイルアニメーションの実装は、まず初期状態の決定を行う。これはミサイルを発射する際に必要な情報で、ミサイルの発射数と初速度、そして発射する際の発射角度である。360 を発射本数で割った数が発射角度となり、与えた初速度で発射する。次に発射後の挙動の制御を行う。これはミサイルの種類と動きの決定に必要な情報で、ミサイルの誘導性能と誘導精度、爆発反応距離と先読みの有無である。誘導性能によってミサイルがどの程度目標の方向を向くかを決定し、誘導精度によってミサイルの軌道を決定する。先読みの有無を変更することによりミサイルが目標の未来位置に向かうかどうかを決定し、最後にミサイルが目標に着弾したと判断する距離を設定する。これらの情報を入力して MEL を実行することによりミサイルアニメーションを自動生成する。

3.3 ミサイルに設定するパラメータ

前節で述べたパラメータの具体的な内容について説明する。ミサイルアニメーション生成の際、まずはあらかじめ用意したミサイルのモデルデータを読み込む。そしてそのミサイルモデルの発射点と狙う目標を設定し、以下の 7 つのパラメータを与えることによりアニメーションを生成する。

1. 発射数

ミサイルの発射数は、3 種類それぞれに設定することが出来る。発射数の欄に整数値を入力することにより、その本数分の処理が行われる。

2. 初速度

本研究の手法では、ミサイルの状態を速さの変化によってのみ制御している。ユーザーが初速ベクトルを与え、速さの増加量を設定していく事になる。そして Maya 上でミサイルの動きを向きと速さで表し、それぞれ独立して制御していく。

3. 発射角度

ミサイルを発射する際、入力された発射角度ごとに発射点から円状に拡散して発射を行う。拡散して発射した状態の例が図 3.3 である。例えば、入力した値が 60 ならば、60 度、120 度、180 度 … というように 60 度ごとに発射することになる。

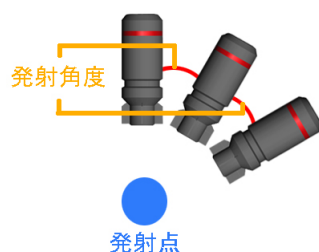


図 3.1: ミサイルの発射角度

4. 誘導性能

誘導性能とは、ミサイルを目標に向かわせる力を表す値である。この値があらかじめユーザーが設定した最小値のときミサイルは目標に全く影響されずに飛行し、最大値のときに完全に目標に向かって飛行する。これは、Maya の Constraint の機能を用いて実装した。目標を親、ミサイルを子としてペアレントすることにより、子であるミサイルを親である目標の方向に向かわせることが出来る。このペアレントによって、ユーザーは初速度と速さの増加量の

値を最初に入力するだけで、ミサイルの速さと速さの増加量の処理は Maya によって自動的に行われる。その際、子の transrate の値にキーフレームを挿入すると、子のアトリビュートに BlendAim1 という値が設定される。この値が最小値から最大値の範囲でミサイルの誘導性能となる。

5. 誘導精度

誘導精度とは、発射してから着弾するまでのミサイルの飛行ルートがどれだけ大回りするかという値で、値が大きいほどミサイルは目標に向かって最短距離の飛行ルートを取る。誘導精度を d としたとき、以下の図 3.1 に数値による軌道の変化の例を示す。

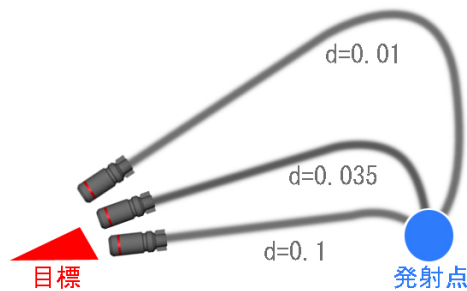


図 3.2: 誘導精度の例

誘導性能の値を P 、フレーム数を n とするとき、ミサイルの誘導性能を以下の式で決定する。

$$P(n) = P(n - 1) + d \quad (3.1)$$

ミサイルを発射した時点では P の値は最小値であり、フレームが進むにしたがって誘導精度 d の値が加算され徐々に最大値に近づくことにより、板野サーカスに見られる曲線的なミサイルの動きを表現した。このとき、ミサイルの方向ベクトルを V_m 、target の方向を向く方向ベクトルを V_p 、現在のフレームを n とすると、 $n+1$ フレームでの方向ベクトル V を次の式で求める。

$$\mathbf{V}(n+1) = \frac{(1 - P(n))\mathbf{V}_m + P(n)\mathbf{V}_p}{|(1 - P(n))\mathbf{V}_m + P(n)\mathbf{V}_p|} |\mathbf{V}_m| \quad (3.2)$$

方向ベクトルの変化の例として以下の図 3.2 に最小値を 0、最大値を 1 としたときの様子を示す。

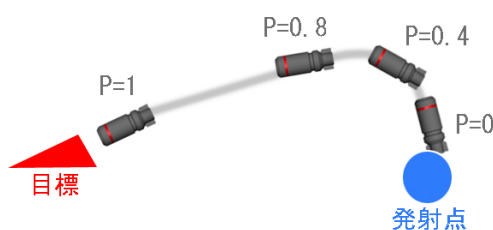


図 3.3: 誘導性能の例

6. 爆発反応距離

ミサイルと目標の距離が設定した値以下になったときにミサイルが爆発したとみなし、爆発の処理を行う。この距離を爆発反応距離とする。爆発の処理は、まずミサイルオブジェクトをシーンに読み込んだ段階で爆発オブジェクトとして Sphere を作成する。そしてミサイルにペアレントを行い、常にミサイルと同じ座標に存在するようにする。作成された Sphere の Visibility というアトリビュートを off に設定する。これによって Sphere は非表示状態になる。この状態でミサイルを発射し、ミサイルと目標との距離が爆発反応距離以下になったときミサイルの速さと加速度を 0 に設定して空間上に固定し、ミサイルに設定されている Sphere の Visibility の値を on にする。その結果、爆発した座標に Sphere を表示することで、爆発を表現した。

7. 先読みの有無

2.2.1 で説明した 3 種類のミサイルのうち、優等生タイプを構成する要素である目標の未来位置への攻撃を行うかどうかの切り替えを可能とした。目標物

が等速度直線運動を行ったときに到達する位置を想定する目標物の未来位置とする。等速度直線運動を行う時間を F とし、1 フレームを時刻の単位とする。先読みの値には on か off を入力し、on ならば先読みを行い、off を入力すると先読みを行わない。先読みの値を on に設定した場合、目標の前方に新たに target2 というオブジェクトを作成する。この target2 の座標を T とし、target1 の座標を Q 、フレーム数を n とし、目標物の未来位置に target2 を置くものとする。それを以下の式を持って実現する。

$$T(n) = Q(n) + (Q(n) - Q(n - 1))F \quad (3.3)$$

優等生タイプは自動的に target2 に AimConstraint され、秀才タイプと同様に target2 を目指して飛行する。

3.4 各タイプのミサイルごとの誘導方法

MEL を実行すると firePoint という立方体オブジェクトを作成する。これがミサイルの発射点となる。この firePoint を、Maya の機能の 1 つであるペアレント機能を用いてミサイルを発射するオブジェクトを親とし firePoint を子としてペアレントを行う。また、シーン内に Sphere2 という名前の球オブジェクトを作成し、オブジェクト名を target1 に変更する。これがミサイルの狙う物体となる。そして目標を親とし、target1 を子としてペアレントを行う。これによって target1 の位置情報を目標に固定し、ミサイルが目標を狙うようになる。次に入力したパラメータを元にミサイルの軌道の計算を行い、3 種類のミサイルを表現する。

- 秀才タイプ

秀才タイプは、誘導性能の値を最大値、先読みの値を off に設定したミサイルである。これは、発射後は誘導精度の値に応じて曲線を描きつつ、最終的

には target1 の方向に完全に向くミサイルになっている。図 3.4 は、秀才タイプのミサイルの軌道である。



図 3.4: 秀才タイプのミサイルの軌道

- 優等生タイプ

優等生タイプは、誘導性能の値を最大値、先読みの値を on に設定したミサイルである。これは、発射後は目標の未来位置を予測し、そこに向かって飛行するミサイルになっている。図 3.5 は、優等生タイプのミサイルの軌道である。

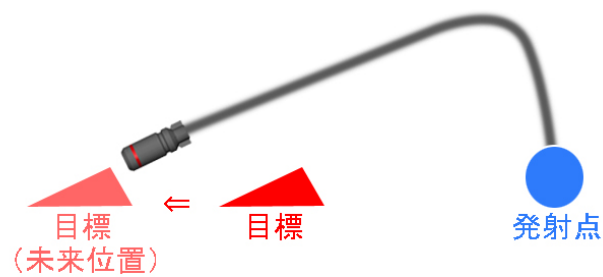


図 3.5: 優等生タイプのミサイルの軌道

- 劣等生タイプ

劣等生タイプは、誘導性能の値に最小値より大きく最大値より小さい任意の値を設定する。この値が最大値に近づくほど正確に目標の方向を向くコースを取る。先読みは行わないため、先読みの値は off に設定する。誘導性能が設定した最大値未満なので目標の方向を向かないため、目標から外れた方向に飛んでいくコースを取る。図 3.6 は、劣等生タイプのミサイルの軌道である。



図 3.6: 劣等性タイプのミサイルの軌道

3.5 ミサイルの煙の生成

ミサイルの煙は、Maya の機能の 1 つであるパーティクルを用いて作成した。パーティクルは 3DCG アニメーションにおいて特殊効果を表現するのによく用いられる [20]。数値を変えるだけで簡単に複雑な効果を作成できる点や、変更がリアルタイムに反映されるという利点がある。ただし、処理が非常に重くなるという欠点がある。

第 4 章

結果と考察

自動生成されたミサイルアニメーションに対し、作業効率とクオリティについての検証を行う。

4.1 生成したアニメーション

本研究で実際に生成したミサイルアニメーションがどのようなものを以下に示す。図 4.1、図 4.2 は、本研究で作成したツールの実行画面である。

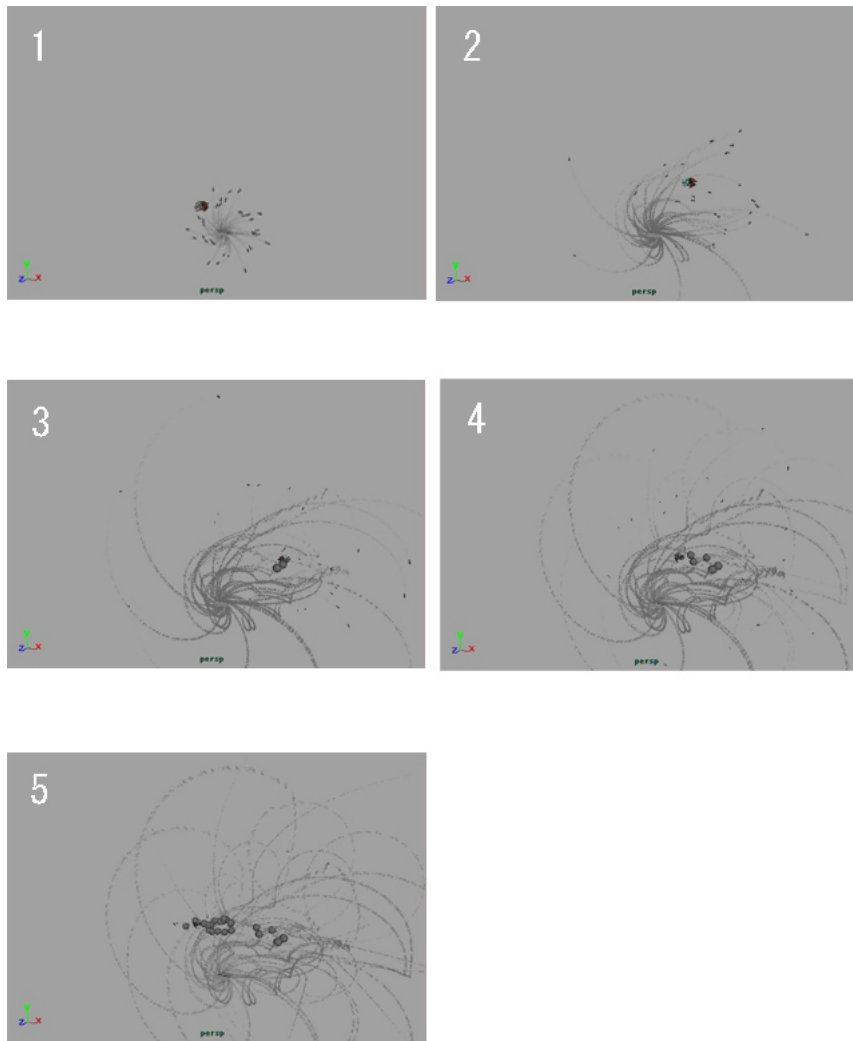


図 4.1: 実行結果 1

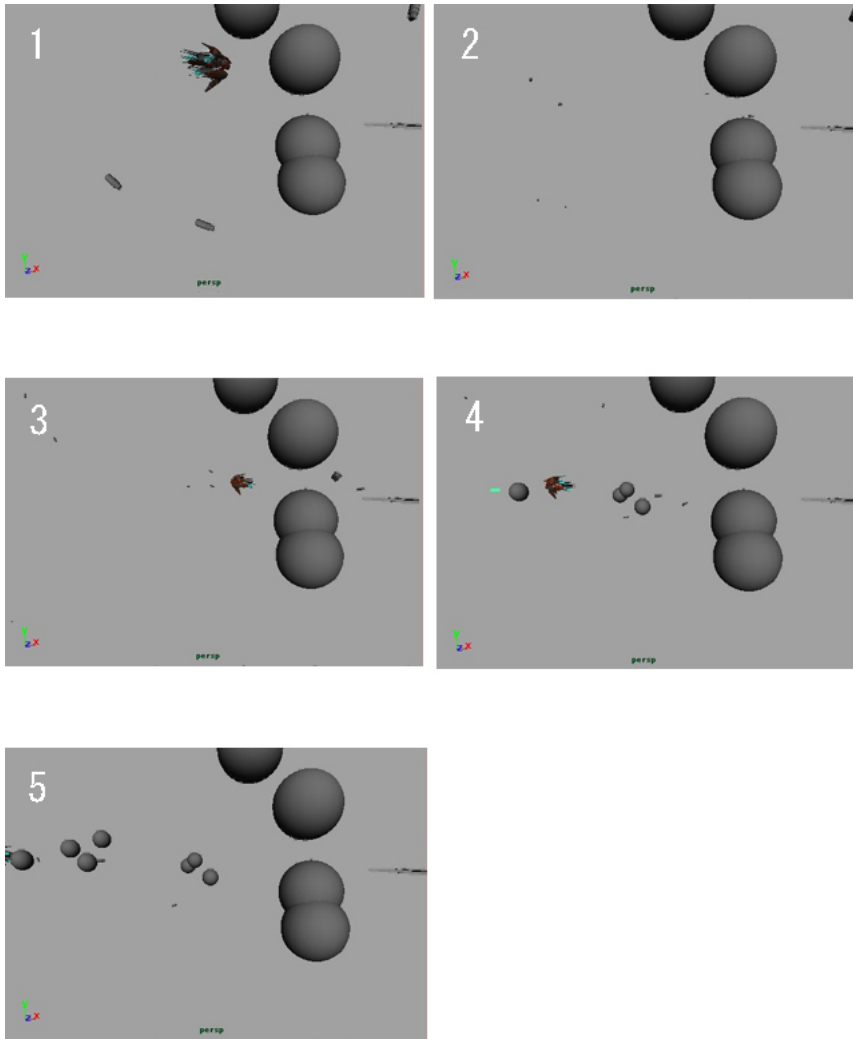


図 4.2: 実行結果 2

4.2 半自動生成と既存手法との比較

生成の効率は既存のキーフレーム法よりもかなり楽なものとなっている。3種類
のミサイルにパラメータを与えるだけで自動的にミサイルアニメーションを生成
するため、特別な操作は必要ない。パラメータの数値を変えるだけで速度や機動
も制御できるので様々な状況に対応できる。パラメータを入力するだけで全ミサ
イルの処理を行うので、複雑な手順や手間をかけることなくモーション作成が行
える点で既存手法より扱いやすくなったといえる。また1章で述べたように、板
野サーカスを擬似的に再現する既存のツールとしてNekoflight[12]というものがある
が、これは板野サーカスの特徴である3種類のミサイルという要素が考慮され
ておらず、板野サーカスの再現度という点において本研究の手法のほうが優れて
いると言える。図4.3は、Nekoflightの実行画面である。

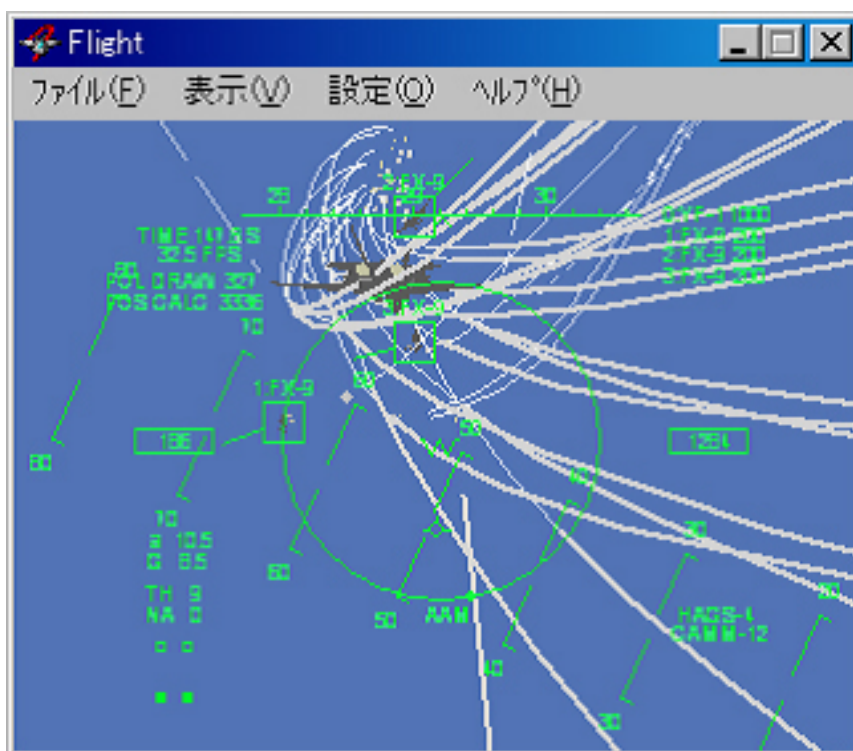


図 4.3: Nekoflight

4.3 現状での問題点

現状では3種類のミサイルの特徴を踏まえたアニメーションではあるが、いったん通り過ぎてから回り込むといったような特殊な動きやカメラの位置を意識したミサイルの機動という部分の実装がなされていない。ミサイルの煙にパーティクルを用いているため、計算の処理が重くなってしまうという問題がある。

第 5 章

まとめ

以上の検証結果より本手法は、板野サーカスの特徴を含んだミサイルアニメーション作成の際、デザイナーが手作業でキーフレームアニメーションをつけていく既存手法に対し、入力されたパラメータを元に自動的にミサイルの機動を計算するという新しい手法を提案した。それによって、モーション生成時の作業時間を短縮することが出来た。しかし、前章でも述べたようにミサイルの特殊な動きの実装が出来ていないという点や、処理が重いという点が課題として残っている。また、実際の板野サーカスではミサイルの煙自体がアニメーションすることもあるため、その点の実装も出来ていない。

また、本研究ではミサイルの動きのみに焦点を当てたが、実際の板野サーカスではカメラの画角や誇張表現も大きな特徴として挙げられる。これらの要素をモーション生成に取り込むことが出来れば、より板野サーカスらしいミサイルアニメーションの生成が可能となるだろう。

謝辞

本論文を締めくくるにあたり、ご指導頂きました本校メディア学部の渡辺大地講師に心より深く感謝いたします。また、ご指導頂きました本校メディア学部の三上浩司講師に心より深く感謝いたします。また、ご指導頂きました株式会社EENの取締役である小澤賢待さんに心より深く感謝いたします。また、本研究を進めるにあたり、相談に乗っていただいた教員の方々に深く感謝いたします。また、本研究を進めるにあたり、相談に乗っていただいた研究室のメンバーに深く感謝いたします。また、感動を与えてくれたアニメーターの板野一郎氏に深く感謝いたします。最後に、私を支えてくれた家族と、全ての友人に感謝いたします。

参考文献

- [1] 東京工科大学編, ”デジタルアニメマニュアル 2004-2005”, 東京工科大学 クリエイティブラボ,2005.
- [2] 尾沢直志, ”アニメ作画の仕組み キャラに命を吹き込もう!”, ワークスコーポレーション,2004.
- [3] CGWORLD vol.32, ワークスコーポレーション,2001.
- [4] 向井智彦, 栗山繁, 金子豊久, ”動作データ学習を用いた仮想人間のキーフレームアニメーション”, 電子情報通信学会論文誌 D- , Vol.J88-D- , No.1, pp. 78-87, 2005.
- [5] 古川大亮, ”3DCG アニメーションにおける「のこし」の表現に関する研究”, 電気通信大学, 人間コミュニケーション学科, 児玉研究室, 2003.
- [6] 土永まり子, ”3DCG 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, 渡辺研究室, 2006.
- [7] WEB アニメスタイル,
<<http://www.style.fm/as/index.shtml>>.
- [8] マクロス,
<<http://www.macross.co.jp/>>.

- [9] Autodesk Maya,
<<http://www.autodesk.co.jp/adsk/servlet/index?id=9882254&siteID=1169823>>.
- [10] Learning Maya 5 Foundation 日本語版, ボーンデジタル,2003.
- [11] David A.D.Gould, "Complete Maya Programming", 株式会社 ボーンデジタル, 2004.
- [12] Nekoflight,
<<http://homepage1.nifty.com/kaneko/nflight2.htm>>.
- [13] 日経トレンドィネット,
<<http://trendy.nikkeibp.co.jp/article/tec/camera/20040317/108178/>>.
- [14] CGWORLD vol.54, ワークスコーポレーション, 2003.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 気になる 教えます デジカメの「しくみ」, 第19回 カメラレンズの焦点距離と画角,
<<http://aska-sg.net/shikumi/019-20060201.html>>.

- [20] 白山晋, "CGにおける物理シミュレーション", 計算工学講演会論文集 Vol.5, pp. 43-46, 2000.