

2007年度 卒業論文

漫画的動線によるカメラの位置を考慮した
スピード表現の研究

指導教員：渡辺 大地講師

メディア学部 ゲームサイエンス
学籍番号 M0104491
川崎 真吾

2007年度 卒業論文概要

論文題目

漫画的動線によるカメラの位置を考慮した
スピード表現の研究

メディア学部

学籍番号：M0104491

氏名

川崎 真吾

指導
教員

渡辺 大地講師

キーワード

動線表現、スピード表現、3DCG、ノンフォトリアリスティック、漫画

3DCGにおける映像表現において、ノンフォトリアリスティックな表現を再現するための研究が盛んに行われている。研究の中の一つに漫画やアニメ的な表現を目指したものがある。これは、3DCGで作られた映像画面に漫画やアニメのような手書き感や見せ方の表現を目的としたもので、トゥーンレンダリングを用いて輪郭線を強調したり、セル画調のような色の見せ方の表現などがある。研究の成果はアニメや3DCGのTVゲームなど幅広い媒体に使われている。本研究では、3DCG上で漫画等で使われている誇張表現に注目し、その中でも漫画のような動線によるスピード表現の研究も目指す。動線は漫画などで使われている物の動きを表現する方法で、物事の理解の促進を促す誇張表現の一つである。現在では動線に関する研究もあり、動線効果を3DCG上で再現しようという研究もいくつかある。既に研究によって再現されている動線を描写する手法に加え、描写した動線をカメラの位置が変わった場合に、動線を視認可能にするためやスピードを誇張できるようにするために動線の描画位置を書き換えることが本研究の目的とする。動線の描画に際し、形状を示すモデルとは別に動線を発生させる頂点を設定した点群モデルを用意し、点群モデルの頂点から動線を発生させる手法をとる。特定のフレーム数分の点群モデルの頂点の位置情報を保存し、それを基に点群モデルの頂点を通った軌跡上に線を描写する。動線を描画する際にカメラの位置やモデルの移動方向等の情報も含めて、動線の位置の変更程度を計算して動線の位置変更を行うことで、動線の描写方向・描写位置を変えることを実現する。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景・目的	1
1.2	論文構成	6
第2章	本研究の実現手法の提案	7
2.1	使用するモデルについて	7
2.2	頂点の取得方法と動線の描き方	9
2.3	本研究で用いる動線の表現	11
2.4	動線に与える変化	14
第3章	検証と考察	21
3.1	有効性の検証	21
3.2	実験・分析	24
3.3	問題点の考察	26
第4章	まとめ	28
	謝辞	29
	参考文献	30

第 1 章

はじめに

1.1 研究背景・目的

近年、3DCGにおけるノンフォトリリスティックな表現の研究[1][2][3][4]が進んできている。ノンフォトリリスティックな表現というのは非写実的な映像表現のことで、水墨画調や水彩画調、絵画調など様々な映像表現を3DCG上で再現する研究[5][6][7]が多く行われており、その成果はゲームやアニメーションなどでも幅広く利用している。従来のアニメーション（漫画やセルアニメーションなどの2D画像等）では様々な特有の表現[8]が使用されており、特に誇張表現は代表的である。誇張表現は理解の促進や注目を集めるなどの効果があり、そのアニメーションの表現を3DCGで実現する事を目指した研究もある。そこで本研究ではスピードの誇張表現を研究対象とし、スピード誇張表現を3DCG上でリアルタイムで実現することを目指す。物体の動きの表現に関する研究[9][10]は多数あり、3DCG上で実現するための手法もそれぞれ異なった考え方を基に多くの方法がある。非写実的なスピード表現に関する研究の一つとして、大林らの”3Dアニメーションのためのカトゥーンブラー”[11]がある。この研究では、3DCG上で漫画的なスピード感を実現するために、スピードを表現する際の2Dアニメーション的な効果を「線」、「残像」、「ゆがみ」の3種類に分類している。分類した効果をそれぞれ個別に実際に3DCG上で再現し、3Dでありながらも2D的な映像を作ることに成功し

た。以下の図 1.1、図 1.2、図 1.3 に「線」、「残像」、「ゆがみ」をそれぞれ実装した画像を示す。



図 1.1: 線によるスピード表現



図 1.2: 残像によるスピード表現



図 1.3: ゆがみによるスピード表現

小林らの研究では、モデルの移動方向・移動の後方を計算し、数フレーム間動線を描画する方法を取っている。描画を行う際、パラメーターを設定することで線の長さ、開始距離、太さ、色など自由に変更できる。本研究では、この研究に習い3種に分類した内の「線」の効果に注目する。漫画等では動きを表現するための線を動線 [12] と呼ぶ。動線の解釈は多様で、スピード誇張表現や動きを表すものとして捉えた動線に関する研究 [13] など多くある。漫画等では、図 1.4 のように正面からのパンチの動作を動線で誇張表現したものや図 1.5 のように方向性やスピード、移動量等を動線で表現している。



図 1.4: 正面からのパンチ

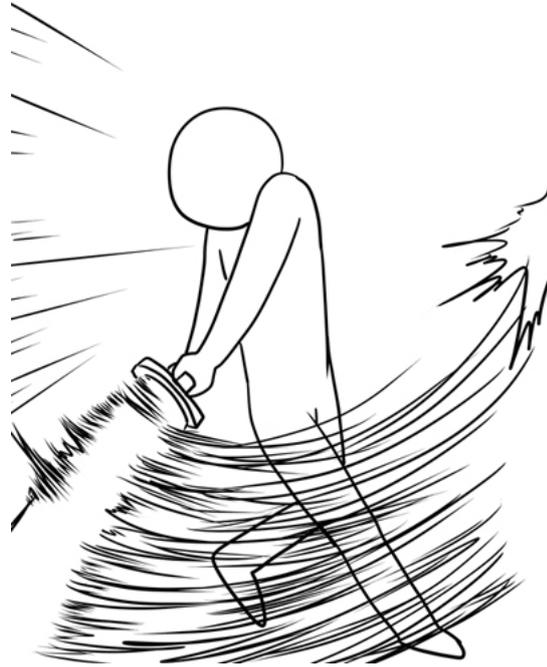


図 1.5: 方向性やスピードなどの表現

他の先行研究として、古野泰による”3DCGにおける漫画的なスピード誇張表現に関する研究”[14]がある。この研究では、境界線のモデルを変形させる方法とパーティクルを使用する方法を用いて、漫画の特徴的スピード表現である境界線のブレによるスピード誇張表現を実現している。特にパーティクルを用いた方法により、境界線のブレによる漫画的なスピード誇張表現を再現するのに成功している。モデルにあるパーティクル発生源が通過した軌跡上にパーティクル粒子を置いていくという手法を使っており、多数の粒子を置くことにより線状に見える。以下の図 1.6 にパーティクルを用いて境界線のブレを生成した実装画像を示す。



図 1.6: パーティクルを使用した境界線のブレ表現

上記 2 つの様に漫画的な動きの効果は既に 3DCG 上で実現しているが、まだカメラの位置を考慮した効果の表現は実現していない。先行研究の多くが物体の通った軌跡上のみスピードを表現する動線描写を施すため、特定のカメラポジションからでは再現した動線効果も薄くなったり、動線そのものが視認できなくなる問題がある。動線効果を失う場合の説明として、剣の振り下ろしのアニメーションを正面から見た場合を例として説明する。図 1.7、図 1.8 で剣の振り下ろしアニメーションに対し、既存手法にて動線描画を行った横からの視点と正面からの視点から得ることのできる画像を示す。

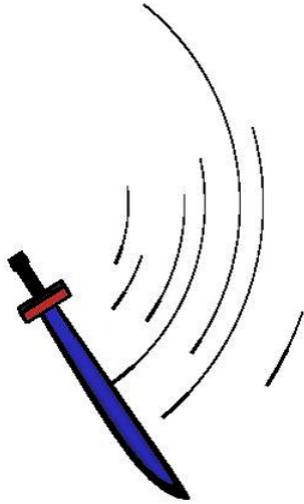


図 1.7: 横からの視点



図 1.8: 正面からの視点

図のように、モデルの通過した軌跡上に動線描写をただけでは、カメラが動きに対し横方向にある場合には動線によるスピード表現を視認できるが、正面の場合など特定のポジションにある場合、十分な効果が得ることはできない。

そこで本研究では、上記の問題点を改善するためカメラの位置を考慮したスピードを誇張するための動線表現をリアルタイムに実現する手法を提案する。線の描画までの考え方は前述のパーティクル粒子に似た方法を取る。つまり、モデルの動線を発生させたい部分（以後、動線発生源）が通過した位置を基に動線を描画する。描画する際にはモデルの中心点の位置と移動方向・カメラの位置情報を利用して、動線の描画位置をカメラの位置に対応して見えやすくなるよう変更する。例えば、図 1.6 のようにモデルの後ろに線が隠れてしまい視認できなくなる状態や、想定していた線による効果が薄くなりそうな場合に、視認しやすくなる位置に線を描画するのである。この手法により、カメラの位置を考慮した線によるスピード表現を実現した。最後に、本研究手法により実現したスピード表現の効果を検証する。

1.2 論文構成

本論文では、第2章で動線の本研究に合う描画方法とカメラの位置に応じた動線の描画変更方法の解説について述べる。第3章でこの研究による動線描画を行った場合と行っていない場合を比較して検証するための実験の概要と結果、また発生した問題点について考察を述べる。最後に第5章で、本研究のまとめを述べる。

第 2 章

本研究の実現手法の提案

本章では、本研究が提案する動線の描画手法について解説を行う。まず、3.1 節で使用するモデルの解説と行う。次の 3.2 節で動線を描写を行う方法を説明し、3.3 説では先行研究で既に可能とされている動線の変化を本研究に合うよう再現した方法を述べる。最後の 3.4 節で本研究が提案する動線の描画位置変更の方法を解説する。

2.1 使用するモデルについて

本研究では、様々な角度のカメラポジションに対応して動線描画を行うため、カメラの位置によって動線を発生させる部分の頂点（以後、動線発生源の頂点）の位置を変える手法をとる。そのために 1 つの物体を表現するには、形状を視認できるように作成したポリゴンモデルと動線発生源の頂点を作成した点群モデルを作成し、この 2 つのモデルを併用して再現する事とする。形状を示すポリゴンモデルは、表現したい形状を成す為の最低限の頂点数だけで作成し、可視状態にしてポリゴンモデルが見えるようにする。動線発生源の頂点を示す点群モデルは、物体が動いた場合の動線を発生させたい場所に頂点を作成し、不可視状態にする。点群モデルの頂点の初期位置として、形状モデルの輪郭線上に動線発生源の頂点を

置くこととする。点群モデルの頂点から動線を描画するわけだが、カメラ位置や動作のスピード等の要因の影響により動線の発生元の点群モデルの頂点位置を変更する必要があるため、形状モデルと点群モデルは別個のデータとして作成しておくのである。不可視にする理由は、動線を描画する際に頂点の存在する位置情報のみを取得できればよく、また動作を行っていない時に点が見えていてはおかしいため不可視にする。それにより、動作を行っていない時は頂点は見えず、動作を行った際には作成した頂点から発生する動線のみを視認できるようになる。形状を示すポリゴンモデルが動作を行った場合は、動線発生源の頂点を示す点群モデルがポリゴンモデルを追従するという関係性を持たせる。本研究では剣を象ったポリゴンモデルと動線発生源の頂点を示す点群モデルを1つ用意し、図 2.1. にて剣の形状を示すポリゴンモデル、図 2.2 にて動線の発生源を持つ頂点情報のみを用意した点群モデルの画像を示す。

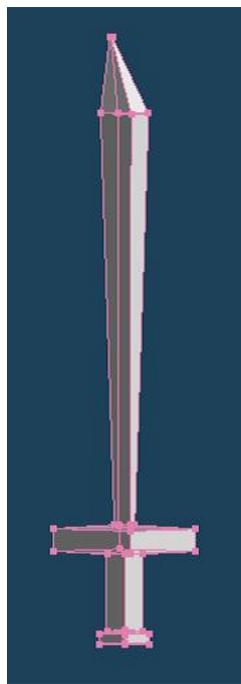


図 2.1: 剣の形状を生成したポリゴンモデル

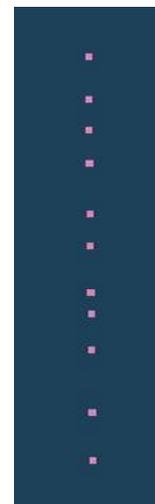


図 2.2: 動線を発生させたい頂点のみの点群モデル

次に本研究では動線を用いるため、モデルをアニメのような印象を与えるよ

うに輪郭線の強調として境界線の描画を行う。漫画や2Dアニメーションでは、物体を描く際は輪郭線で形状を象っており、動線という2D的な表現を再現するにはモデルも2D的に見せる必要がある。3DCG上で輪郭線を描画することは、よりセル画調に近い画像が得られ、本研究において動線や境界線のブレを表現する際に都合が良い。2次元の手書きアニメーションのように見せる方法はトゥーンレンダリングなどがあり、輪郭線の描画についての研究 [15][16][17] も多くある。本研究では”米国マンガ調セルシェーディングに関する研究” [17] にて述べられる手法を用いて、輪郭線の強調を行う。以上の処理を行った結果、以下のような剣のモデル画像図 2.3 を得た。

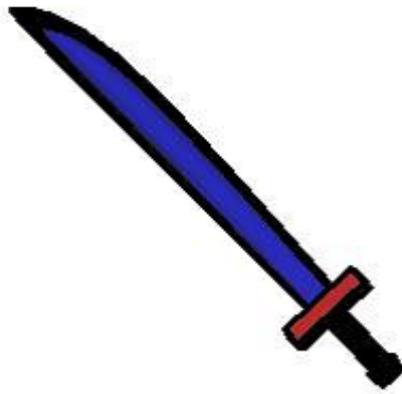


図 2.3: 輪郭線を強調表現したモデル画像

以後、この輪郭線の処理を施したモデルを使用する。

2.2 頂点の取得方法と動線の描き方

物体の軌跡上に動線を描くのは既に様々な手法にて実現されているが、ここでは本研究に見合うための動線を描く方法の解説を行う。

まず、前述にてモデルを作る際に剣の形状を生成したモデルと動線発生源の頂

点のみのモデルを分けたのは説明したが、動線の発生源の頂点のみのモデルに剣の形状のモデルが動いた場合と同じ動作を行う設定を施しておく。剣の形状を生成しているモデルが動けば、動線発生源の頂点を持つモデルも動くようにする。剣を振り下ろすアニメーションを行う際には、動線発生源の頂点情報を取得する。アニメーション時には動線発生源の頂点も一緒に動くので、動線を描画したい特定のフレーム数分の動線発生源の位置情報を取得・保存を行えるよう設定する。保存した動線発生源の位置情報の箇所同士を線を描画して結び、これを保存したフレーム数分全部に行う。以下の図 2.4 に線を描画した状態を示す。

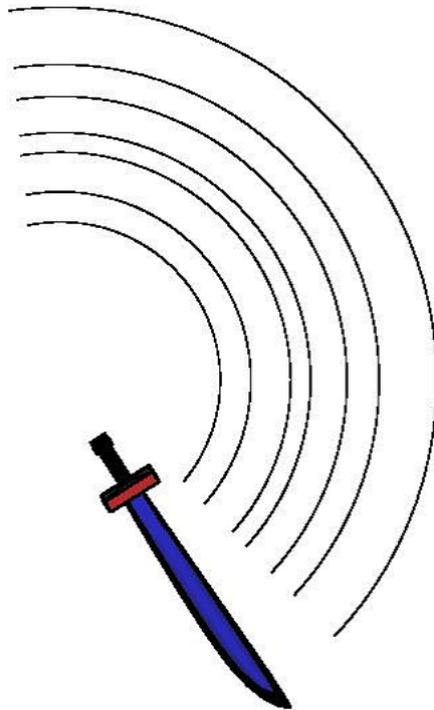


図 2.4: 動線発生源の通過した軌跡上に動線を描画

図 2.4 は仮として 50 フレーム数分の動線発生源の頂点情報を取得・保存している。特定のフレーム数分の頂点情報を参照することにより、スピードに応じた長さの線を描画できる。つまり、モデルの動くスピードが速ければ、1 フレーム間の頂点の移動距離は増え、描画する線が長くなる。逆に遅ければ、描画する線は短

くなる。

2.3 本研究で用いる動線の表現

次に上記で描画した動線をより漫画的に見せるような処理を施す。スピードに応じた動線の長さは、フレーム数による動線発生源の位置情報の保存数で再現できるので、それ以外の動線の表現を以下に示す。

- 動線の太さ
- 動線の発生するタイミング・消えるタイミング
- 動線の本数

以上の3つの動線の表現を取り入れる。

まず動線の太さについては動線の発生源に近い部分程太く、遠い程細く見せるといった処理を行う。この太さに関しては、図 1.4 を見て分かるように実際に漫画で使われている技術である。この処理は、動線発生源の保存した頂点のフレーム番号情報を参照し、新しいフレームの頂点同士を結んだ線ほど太くするといった計算を行う。以下、図 2.5 に新しいフレームの動線発生源の頂点同士程を太くする手法を示した図を、図 2.6 に動線の太さの変更を実装した画像を示す。

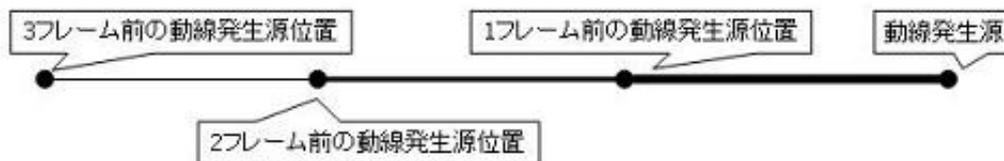


図 2.5: 太さの違いを描写する図

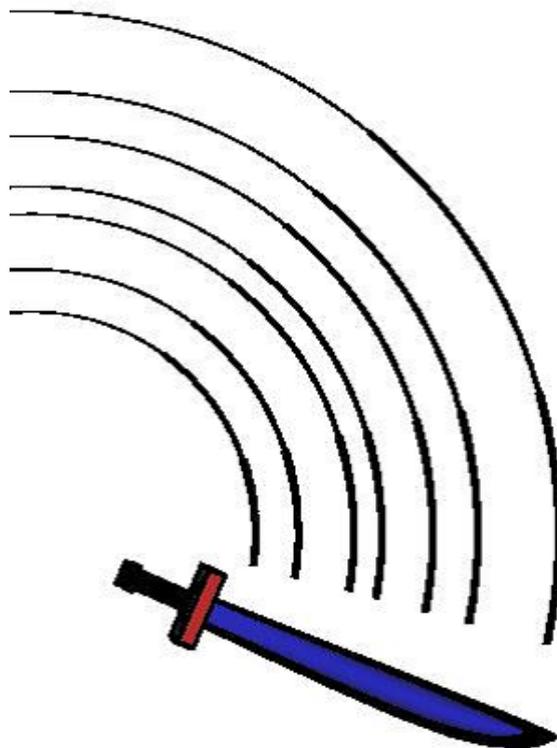


図 2.6: 太さの違いを実装した図

次に動線の発生するタイミングと消えるタイミングを実装する。動線の発生源が通過した位置全てに線を引くのでは、振り下ろしの動作の度に描画するそれぞれの動線の長さは毎回同じになる。そこで、乱数を利用して動線の発生する・消えるタイミングにばらつきを与える。動画の描画開始フレームと描画終了フレームを n, m とそれぞれ定義する。描画する動線 1 本 1 本に動線描画の開始フレームを示す n に、乱数を用いてランダムに 1 から 48 までの数値を入れる。動線の描画を開始する際に n に設定されたフレームから動線描画処理を行う。消えるタイミングについては、動線描画の終了フレームを示す m には乱数を用いてランダムに $(n+1)$ の値から 50 までの数値を入れる。 m の数値分のフレームまで保存している動画発生源の頂点情報を参照して動線を描画するようにする。以上を踏まえて、動線を描画するフレームは n フレーム目から m フレーム目までと設定する。各々の

動線に設定する開始フレーム n と終了フレーム m は一つのアニメーションが終わる度に取得しなおすことにより、アニメーションを行う度に長さの違う動線を描く事が可能となる。以下の図 2.7 にて、動線の発生タイミングをずらした状態を、図 2.8 にて実際に実装した画像を示す。

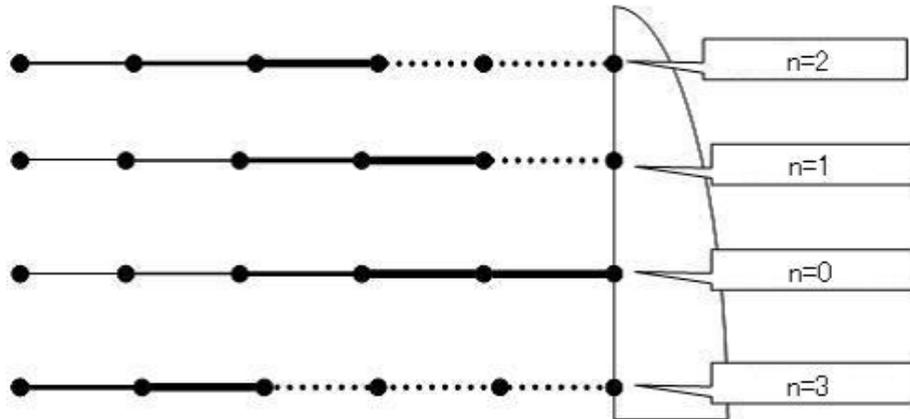


図 2.7: 動線の発生タイミングの変動の仕方

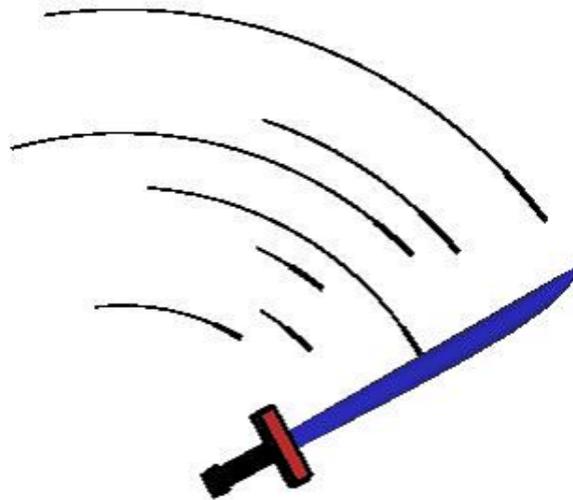


図 2.8: 動線の発生・消えるタイミングの変動を実装画面

最後に動線の本数だが、本数を決定するための数値 r を動線 1 本 1 本に用意し、乱数を用いてランダムに 1 から 100 までの数値を入れる。動線を描画する際に r が任意に決定した数値以下であれば、描画するように設定する。つまり、 r は動線を描画する確立のためのパーセンテージを表す。本研究では任意の数字を 70 とし、 $r > 70$ の条件を満たす場合に動線を描画する様設定し、70 パーセントの確立で動線が描画されるようにする。各々の動線に設定する r は一つのアニメーションが終わる度に取得しなおすことにより、アニメーションを行う度に描画されない動線が所々発生し、毎回違う動線群を描画することが可能となる。以上の項目を実行する動線を描画することで、より漫画的な動線描画に近づける。

2.4 動線に与える変化

モデルがアニメーションを行う際に動線描画を付随させる事が可能となった次は、カメラの位置が変わっても動線効果を失わないように、またはより効果的に見せるための描画処理を行う。動線効果を失う場合の例として、剣の振り下ろしのアニメーションを正面から見た場合がある。先行研究で行っている物体の移動の軌跡上に動線描画を行った場合、カメラが物体の横にある場合と正面にある場合に得ることのできる画像を図 2.9、図 2.10 で示す。

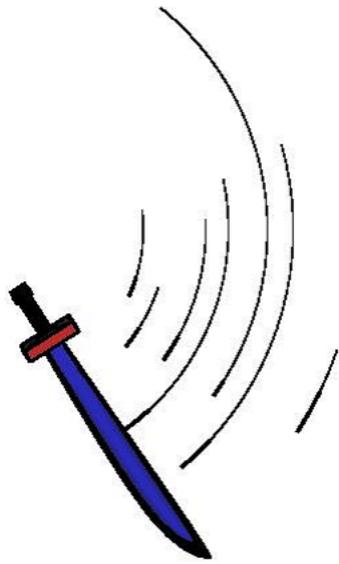


図 2.9: 横からの視点



図 2.10: 正面からの視点

このように、モデルの通過した軌跡上に動線描写をただけでは、カメラが正面のときなど特定のポジションにある場合、十分な効果が得ることはできない。その問題点を改善するための描画処理の手順は

1. 形状モデルの通過した軌跡平面とカメラの視線ベクトルのなす角度を計算する
2. 計算した角度から動線の描画位置を変更する

この2つである。

本研究での形状モデルを読み込んだ時の初期配置の様子を図 2.11 で示す。形状モデルである剣の配置は剣の切っ先を上に向けて直立状態にし、刃は右に向けて配置する。

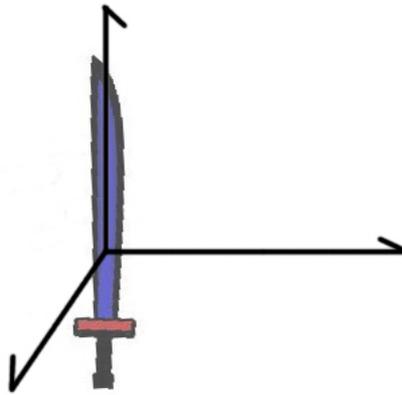


図 2.11: 形状モデルの配置

処理の1つ目である形状モデルの通過した軌跡平面とカメラの視線ベクトルのなす角度を求めるに際し、まず形状モデルの通過した軌跡平面の法線ベクトルとカメラの視線ベクトルのなす角度を求める必要がある。形状モデルの通過した軌跡平面の法線ベクトルを N 、カメラの視線ベクトルを V_1 、この2つのなす角度を θ_1 とする。以後、 θ の角度は度数法で表すこととする。

$$\theta_1 = \cos^{-1} \left(\frac{N_1 \cdot V_1}{|N_1| |V_1|} \right) \quad (0^\circ \leq \theta_1 \leq 180^\circ) \quad (2.1)$$

(2.1) 式で求めた θ_1 から、形状モデルの軌跡平面と V_1 のなす角度 θ_2 を求める。(2.2) 式にて、 θ_2 を求める式を示す。

$$\theta_2 = 90^\circ - \theta_1 \quad (-90^\circ \leq \theta_2 \leq 90^\circ) \quad (2.2)$$

(2.2) 式で求めた θ_2 の計算結果から、物体の動作に対しカメラが存在する場所を判定する。 θ_2 が0度に近いほど、カメラが移動方向に対し正面側にあることになる。 θ_2 の数値から、物体の動作とカメラの位置関係を導き出した次は、 θ_2 の計算結果から動線の描画位置を変更する方法を述べる。モデルの動作の正面方向にカ

カメラがあると判定した場合、動線がモデルの後ろに隠れないように動線の発生源が通過した軌跡上から動線を散らすよう設定する。動線を散らす方向についてだが、本研究の振り下ろしのモーション時に正面からのカメラアングルで見た場合、形状モデルの側面方向に動線を散らすのが効果的である。その処理によって、図 2.14 のように正面から見た場合に動線が左右に散って見えるようになる。実際に動線の散らしを実装し、モデルの動作に対しカメラが横・斜め・正面にある場合に得ることのできる画像を図 2.12、図 2.13、図 2.14 に示す。

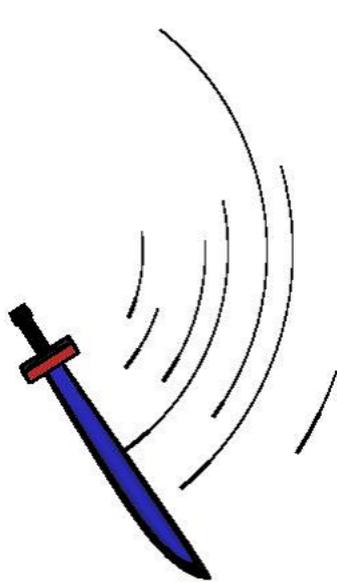


図 2.12: カメラ:横

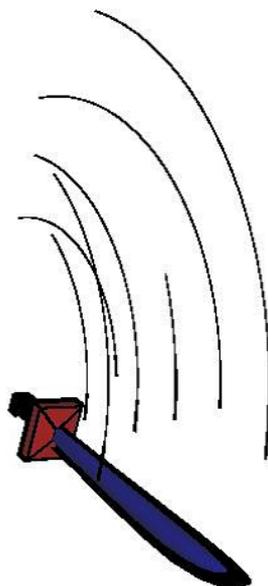


図 2.13: カメラ:斜め

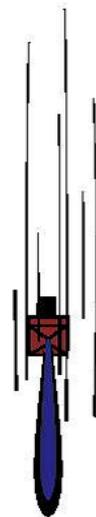


図 2.14: カメラ:正面

上図の様に、カメラがモデルの横にある場合は軌跡上に動線を描画する様にし、正面方向に近いほど動線を左右にずらし、描画した動線を全て視認できるようにする。

次に散らしを実装するにあたり、算出すべき事が2つある。

- 動線の描画位置の散らしを開始する場合のカメラの位置とモデルの移動方向の位置関係
- 散らしとして動線を移動させる距離

の2つがあり、後者の移動させる距離を決めるためにモデルとカメラの位置関

係と距離の2つの要素を考慮する必要がある。

カメラがポリゴンモデルの移動方向に対して正面方向に存在すると判定して散らしを行うには、横方向と正面方向と区別するための基点となる角度を決める必要がある。基点を設けるのは、動線の描画位置を左右にずらす際の切り替わりの不自然さを減らすため、ポリゴンモデルの動作に対しカメラの位置が正面と横の間となる斜めの位置に移った時から徐々に動線の描画位置を散らした方が滑らかに変化していき、急に变化したという違和感を与えなくするためである。本研究では区別の基点となる角度は50度と設定し、(2.2)式で求める θ_2 が50以下の数値になった場合に散らしを開始する。

動線を左右に散らす距離の計算に際し、動線1本1本の移動距離をモデルの大きさから算出する s と動線の移動距離を示す p を用意する。最初に定義するポリゴンモデルの大きさによる移動距離は、ポリゴンモデルの中心と動線発生源の頂点の2点間の距離の値を s に入れる。次にモデルの移動方向に対するカメラの位置も散らしの移動距離を決定する時の重要な要素の1つとする。下の(2.3)式が、カメラとモデルの位置関係とモデルの大きさを考慮した動線を散らす際の移動距離を算出する計算式である。

$$p = \frac{100 - 2\theta}{100} s \quad (2.3)$$

(2.3)式は、移動させる距離 p にカメラの位置による補正を与えてあり、 θ_2 が0である真正面に近いほど動線描画の開始位置を p の値分移動させて、 θ_2 の値が50に近いほど p の値の少ししか移動させない様にする。図2.15にて、カメラがモデルの動作に対し正面にある場合に保存している動線発生源の頂点の位置をずらした場合の模様を示す。

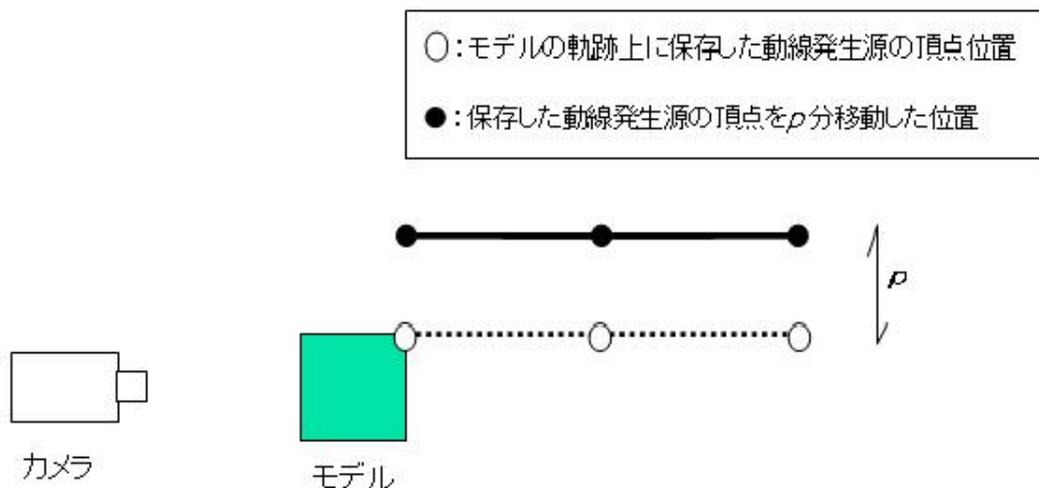


図 2.15: 散らしを実装した場合の動線発生源の位置変更

図 2.15 のように動線の発生源を動かすことによって、図 2.14 にある動線がモデルの軌跡上でなく左右に散らした動線描画ができる。実装した散らしにより、モデルの移動方向に対しカメラがどの位置にあっても動線を視認できるようになり、スピードを強調できるようになる。

次に、モデルとカメラの距離を考慮して動線の散らしの移動距離の補正を行う。モデルの中心とカメラのそれぞれの位置を割り出して 2 点間の距離を求めて、2 点間の距離が近ければ動線の移動距離を短めに、遠ければ動線の移動距離を長くする。モデルの中心とカメラの 2 点間の距離を示す l と動線の散らしの移動距離の変更倍率を示す c 、 c と l の比を示す α 、 c の限界値と示す β を用意する。モデルの中心とカメラの 2 点間の距離を求めて絶対値を出して l に入れる。 $l=0$ の時に c は初期値の 0 とする。 α と β の値は状況に合わせた適応値を設定する。以上を踏まえ、 c を求める計算式を (2.4) 式とし、最終的な p の値を求める計算式を (2.5) 式とした。(2.4) 式に関して、本研究中ではモデルの大きさの関係上 α の値を $\frac{1}{1000}$ とし、 β の値を 2 とした。

$$c = \min(\alpha l, \beta) \tag{2.4}$$

$$p = \frac{100 - 2\theta}{100} sc \tag{2.5}$$

第 3 章

検証と考察

本章では、本研究手法を用いて動線描画を行う動画がスピード誇張表現として機能しているか、カメラの位置によって動線の描画位置を変更することが滑らかに再現できているかを検証する。また、カメラをモデルの正面においた場合の本研究の動線描画の効果を実験するため、動線描画位置を変更する本研究手法の動画と先行研究手法であるモデルの軌跡上に動線を描画する動画を比較し、アンケートによる有用性の実験を行う。

本研究では、3次元グラフィックツールキットである「Fine Kernel Tool Kit」[18]を使用し作成したもので実験を行う。

3.1 有効性の検証

まず、本研究手法で再現した動線描画の有効性の検証を行う。カメラが剣モデルの振り下ろしのアニメーションを横から見た視点で得られる動画の流れを図3.1に示す。

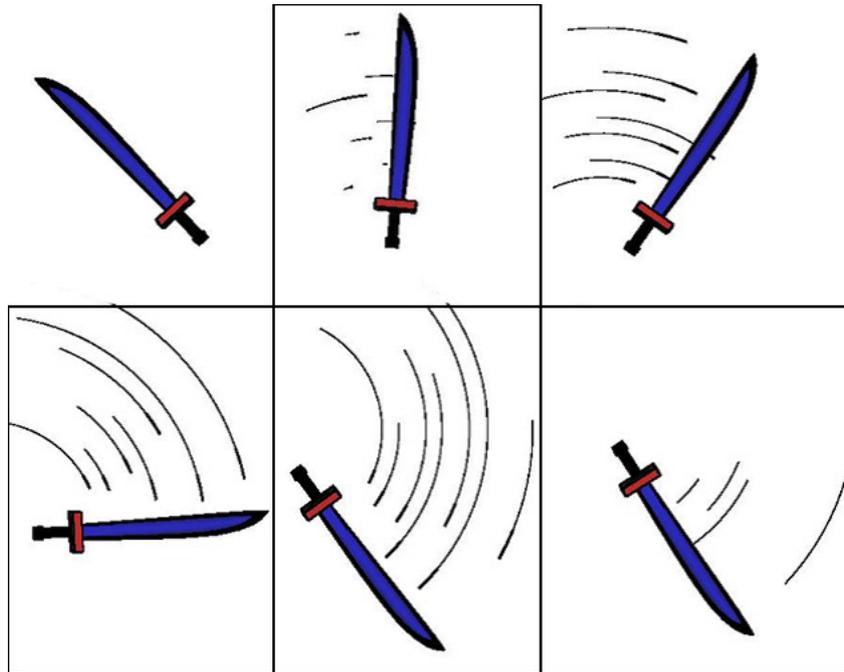


図 3.1: モデルの動作方向の横にカメラがある場合に得られる画像の流れ

動線描画手法の提案時に動線描画の条件として設けた 3 つのポイントがある。

- 動線の太さ
- 動線の発生するタイミング・消えるタイミング
- 動線の本数

の 3 点は、漫画等で用いられている動線の表現技法を本研究にて動線をより勢いを強調する表現として再現するために必要な項目である。図 3.1 の振り下ろしの画像を検証した結果、本研究手法で描画した動線において上記の 3 点のポイントも表現できており、漫画で使われている動線効果を再現できているのが分かる。また、振り下ろしのアニメーションを行うごとに、動線の長さや発生するタイミングが異なっており、同じ動線描写を続けるという単調な表現になることはなかった。

次に振り下ろしのアニメーション中にカメラを横からモデル動作の正面に移動させ、カメラ位置に合わせて動線の描画位置を変更する効果の検証を行う。下に

剣の振り下ろしのアニメーションをカメラを横から正面に動かした流れの画像を図 3.2 に示す。

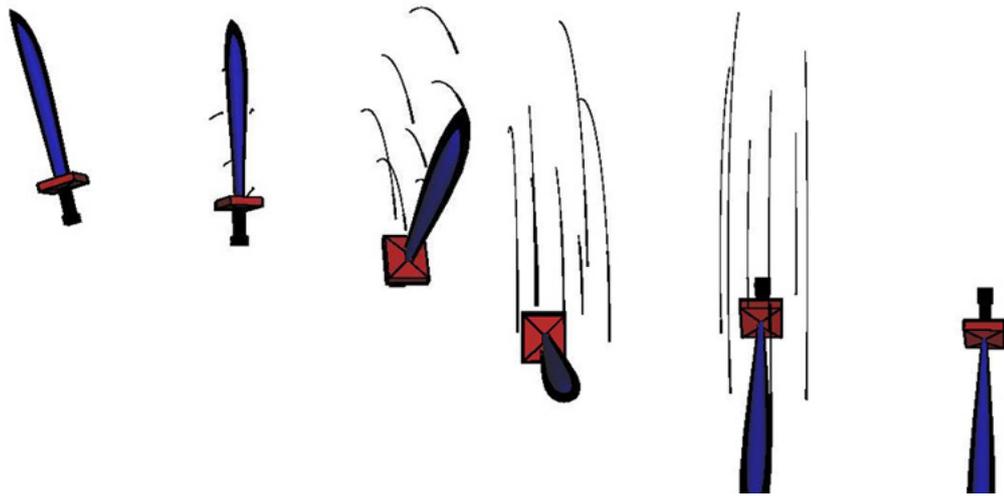


図 3.2: カメラの視点：横から正面への流れ

3章で求めた3点の θ の角度が50度以内に入った瞬間から動線の描写位置が変わっていく様設定しており、図 3.2 にてカメラが正面側に移動するのに連動して、動線が徐々に左右に散らばっていく効果を再現しているのが分かる。角度により徐々に散らすという効果は、特にカメラが横から正面にゆっくり動く場合に効果を発揮していた。モデルに対しカメラが斜めに位置した時から徐々に動線を左右に散らすことにより、動線の位置が変わったという違和感を減らしているのである。

次にカメラと剣モデルの距離についての検証を行う。カメラと剣モデルの距離に関して距離が近い場合の画像を図 3.3、遠い場合の画像をと図 3.4 にて示す。距離が近い場合の画像の時は(2.3)式で用いる l_2 の値は1.0で、距離が遠い場合の画像では l_2 の値は3.0となっており、カメラがこれ以上モデルから離れても動線は左右に散らないようになっている。

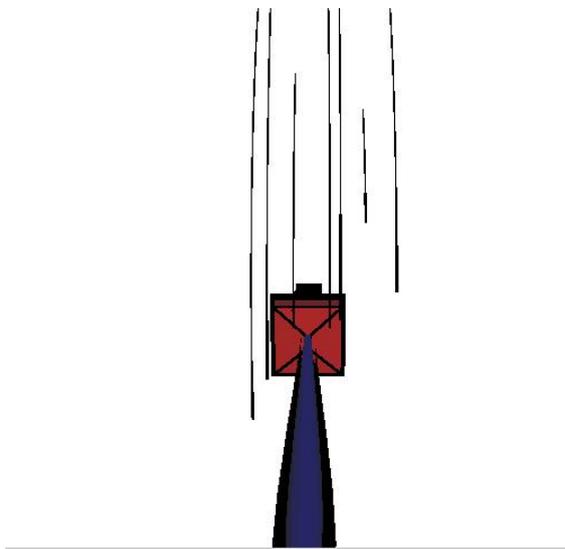


図 3.3: 距離が近い場合

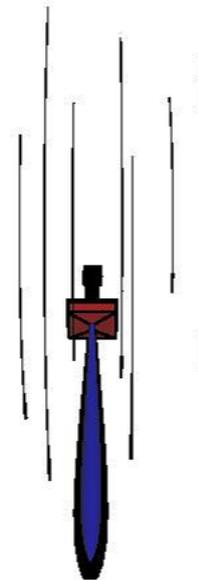


図 3.4: 距離が遠い場合

図 3.3、図 3.4 からカメラと剣モデルの距離により動線の描画位置に違いがあることが分かる。カメラと剣モデルの距離によって動線の散らす距離を変化させることは、大事な要素の一つである。カメラと剣モデルが近い場合、動線とモデルが離れていては動線が浮いてしまうことがあり、カメラがモデルより左右に向けた場合にモデルがカメラ画像に映らず動線だけ映るという事態も考えられる。このような意図しない場面を防ぐためにも、カメラとモデルの距離が近い場合はモデルと動線も近めに描写するようにし、距離が遠い場合は左右に広めに散るようにしている。この処置によりカメラが遠くにあるためにモデルが小さく写ってしまうような場合も勢いを強調することが視認しやすくなる。

3.2 実験・分析

次にアンケートにより、本研究にて再現した動線の位置を変更することが先行研究の動線表現より勢いを強調することが出来ているか実験する。本研究のカメラの位置に対応して動線の描画位置を変更する動画と、先行研究で多く見られるモデルの動いた軌跡上に動線を描写する動画の二つを見てもらう。以後、アンケー

トの文面中には本研究手法は A、先行研究手法は B と記述することとする。

実験の詳細内容は図 3.5 で示す。

実験方法	用意した 2 つの動画を見て回答してもらう
調査対象	回答者 25 名
調査事項	カメラが正面にある場合の動画 A・B を比較し、勢いを強く感じるのはどちらか
回答項目	1 Aの方が勢いがあると強く思う 2 どちらかというともAの方が勢いが思う 3 変わらないと思う 4 どちらかというともBの方が勢いが思う 5 Bの方が勢いがあると強く思う

図 3.5: 実験内容

とし、5 段階にて評価を取るものとする。

「カメラが正面にある場合の動画を比較し、勢いが強いと感じるのはどちらか」は、先行研究の考え方である物体の通過した軌跡上に動線描画を行っている動画と本研究の考え方であるカメラの位置により動線の描画位置の変更を行っている動画では、どちらの動画の方が直感的に勢いが強いと感じるかを問う質問である。先行研究の考え方をういた動画より本研究手法の動画の方が勢いの強い表現として認められれば、カメラの位置による動線の描画位置の変更によってスピード誇張表現を行うという研究意義が出るといえる。

以上の内容を踏まえ、本研究の動線表現がスピード誇張表現として機能しているかの検証を行う。 アンケートを行った結果は図 3.6 の通り。

回答項目	1 Aの方が勢いがあると強く思う	8
	2 どちらかというともAの方が勢いが思う	16
	3 変わらないと思う	0
	4 どちらかというともBの方が勢いが思う	0
	5 Bの方が勢いがあると強く思う	1

図 3.6: 実験結果

という結果がでた。

25人中8人が先行研究より本研究手法の方が勢いを強く感じると答え、16人は本研究手法の方が勢いをやや強く感じると答えた。また、1人は先行研究の方が勢いがあると答えた。動画から感じ取れる勢いの程度は人それぞれであるが、25人中24人のほぼ全員が本研究手法の方が先行研究手法より勢いを強く感じて取れると答えたことから、本研究手法は正面のカメラ位置に対応したスピード誇張表現として先行研究より適切な表現と考えられ、動線描画の位置を変更することは有効であるという分析ができる。

3.3 問題点の考察

本研究手法において、研究中または検証を行った結果判明した問題点について考察を行う。

長時間動線を描写する場合、動線自体が物体に見えてしまったり、カメラの位置を考慮して移動させた動線描写が浮いてしまうことがあげられる。動線によるスピード誇張表現は瞬間的な勢いを表現するのに向いており、スローな動きや長い時間の描写には向いていないことが分かる。動線の描画位置の変更を始める角度についても、本研究では50度からと設定して研究を行ったが、この角度はモデルの形状やアニメーションの質によっては様々な状況にあわせて設定を変える必

要がある。これらのことを修正できれば、より動線表現の幅は広がっていくものと考えられる。

第 4 章

まとめ

本研究では、リアルタイムなカメラの位置に対応して動線をスピード誇張表現として視認できる位置に変更できるように 3DCG 上で実現した。既存手法で実現されている太さや長さの状況に応じた変化などを、本研究の目指す動線表現に合うような手法を用いて表現もできたのではないかと考えられる。しかし、残された問題もあり、形状が複雑なモデルにはカメラの位置に応じた動線の描画位置の変更が上手くいかない、動線を違和感なく自然に見えるようにするための描画位置を書き換え始める角度の模索などが残った。

今後、これらの問題を解決することができ、より見やすい動線の見せ方を模索していくことが今後の課題である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、相談やアドバイス、ご指導をいただきました渡辺大地講師、三上浩司講師、中村太戯留講師、山路和紀講師、院生の方々に心より感謝致します。また、研究を行うに際し、協力し支えてくださった卒研室のメンバーの皆様にも御礼申し上げます。

参考文献

- [1] Amy Gooch, Bruce Gooch, Peter Shirley, Elaine Cohen, “ A Non-Photorealistic Lighting Model For Automatic Technical Illustration ”, SIGGRAPH 1998.
- [2] Allison W. Klein, Wilmot W. Li, Michael M. Kazhdan, Wagner T. Correa, Adam Finkelstein, Thomas A. Funkhouser ”Non-Photorealistic Virtual Environments”, SIGGRAPH 2000.
- [3] Lena Petrovic, Brian Fujito, Lance Williams, Adam Finkelstein, ”Shadows for Cel Animation”, SIGGRAPH 2000.
- [4] Robert D. Kalnins, Lee Markosian, Barbara J. Meier, Michael A. Kowalski, Joseph C. Lee, Philip L. Davidson, Matthew Webb, John F. Hughes, Adam Finkelstein ”WYSIWYG NPR: Drawing Strokes Directly on 3D Models”, SIGGRAPH 2002.
- [5] 川寄敬二, 中丸幸治, 大野義夫, ”NPR におけるストローク方向の決定と水墨画調レンダリングへの適応 ”, 芸術科学会論文誌 Vol.3 No.4, pp.235-243, 2004.
- [6] 中村大輔, 藤本忠博, 村岡一進, 千葉則茂, “ 水彩パース図風レンダリング法 ”, 芸術科学会論文誌 Vol.2 No.1, pp.40-50, 2003.
- [7] 丹治宏文, ”リアルタイム 3DCG ツールキット上での絵画調レンダリングの実装とその効果に関する研究 ”, 東京工科大学メディア学部卒業論文, 2002.

- [8] スコット・マクラウド, 岡田斗司夫・監訳, ”マンガ学”, 美術出版, 1998.
- [9] Alark Joshi and Penny Rheingans, ”illustration-inspired techniques for visualizing time-varying data”, IEEE Visualization, 2005.
- [10] Kennedy, J.M. and Merkas, ”Depictions of motion devised by a blind person”, Psychonomic Bulletin and Review, 2000.
- [11] 大林正一, 近藤邦雄, 今間俊博, 岩本賢一, “ 3DCG アニメーションのためのカトゥーンブレンダー ”, IGDA 日本 SIG-GT 第 8 回 「ノンフォトリアリスティックにおける生産性の向上へのアプローチ」, 2006.
- [12] マンガひょうげんろんサイト, マンガびと,
<<http://www.spacefan.ne.jp/~taro/index.html>>.
- [13] Maic Masuch, Stefan Schlechtweg, Ronny Schulz, “ Speedlines Depicting Motion in Motionless Pictures ”, SIGGRAPH 1999.
- [14] 古野泰, ”3DCG における漫画的なスピード誇張表現に関する研究”, 東京工科大学メディア学部卒業論文, 2006.
- [15] 徳永 克久, ”スプライン曲線によるトゥーンレンダリングの輪郭補完”, 早稲田大学理工学部情報学科卒業論文, 2006.
- [16] 小林宏嗣, 小山敏之, 中丸幸治, 大野義夫, ”3次元CGにおける多様な輪郭線の表現”, 第19回 NICOGRAPH 論文コンテスト論文集, 2003.
- [17] 鈴木隼人, ”リアルタイム3DCGにおける米国漫画調レンダリング手法”, 東京工科大学大学院メディア学研究科修士論文, 2004.
- [18] 渡辺大地, FK Tool Kit System,
<<http://www.media.teu.ac.jp/~earth/FK/>>.