

カートゥンブラー: セルアニメーションのための非写実的モーションブラー

川岸 祐也 初山 和秀 近藤 邦雄
埼玉大学

人やものの動きが網膜に残る残像現象と同じ効果を与えるために、コンピュータアニメーションでは一般的に写実的なモーションブラーが用いられる。一方、セルアニメーションではこの効果を与えるために、また違った非写実的な誇張表現が用いられている。

数値モデルのキャラクタによるアニメーションの制作においてセルアニメーション風の表現を目的とするならば、従来のセルアニメーションで用いられる非写実的なモーションブラーを用いる必要がある。

本論文では、セルアニメーションにおいて用いられる非写実的なモーションブラーを分類し、カートゥンブラーとして体系化、およびそのアルゴリズムを提案する。本提案手法により、ユーザはいくつかのパラメータ制御により所望の効果を容易に得られるようになる。

Cartoon Blur: Non-Photorealistic Motion Blur

KAWAGISHI YUYA, HATSUYAMA KAZUhide
and KONDO KUNIO
Saitama University

Motion blur is a well-established technique to prevent strobing. It makes fast moving objects blur. On the other hand, different expressions, Non-photorealistic motion blur, are used in cel animation. We present techniques for emphasizing motion of cartoon objects by introducing geometry into the cartoon scene. We call this Non-photorealistic Motion blur "Cartoon Blur". In order to realize Cartoon blur, we classified the expressions used in cel animation, and analyzed diversity of each expression to implement some parameters for animators to control the expressions.

1. はじめに

コンピュータアニメーションではキャラクタのフレーム間における大きな動きを滑らかにするために、写実的なモーションブラーが用いられる。一方、セルアニメーションでは、この効果を得ることや動きの強調表現を目的として、また違った非写実的なモーションブラーが用いられる(図 1¹⁾)。

現在、セルアニメーションのデジタル化が進み、数値モデルのキャラクタを用いたコンピュータアニメーションが制作されるように

なった。

さまざまなレンダリングの手法が研究され用いられているが、従来のセルアニメーションにおける非写実的な表現を目的とする表現を行なう場合、そこに馴染むコンピュータアニメーションの適切なモーションブラーは、非写実的なモーションブラーである。

この目的を達成するための関連研究としては、Hsu ら²⁾によるものが挙げられる。Hsu らは、セルアニメーションの分野で「スピードライン」と呼ばれる手法を、キャラクタモデルの後方に細長い三角ポリゴンを生成する

ことで表現している。

Masu³⁾は、セルアニメーションにおいて用いられるモーションプラーを含めた非写実的な表現を用いることにより、静止画に動きの方向を示す情報を加えるという研究を行っている。

本研究では、セルアニメーションにおいて用いられる、非写実的なモーションプラーを分類し、数値モデルのキャラクタに対し半自動的に生成することを目的としている。さらにユーザが場面や状況に応じた所望の効果を思考錯誤の上得られるよう、分類される各表現を分析し、必要と考えられる制御パラメータを設けることも目的としている。

本研究により、セルアニメーションにおいて用いられる、非写実的なモーションプラーをカートゥンプラーとして体系化する。そして、本提案手法により、コンピュータアニメーションにおいてカートゥンプラーを生成し、パラメータを用いてユーザの意図する効果を得るための制御を可能とする。

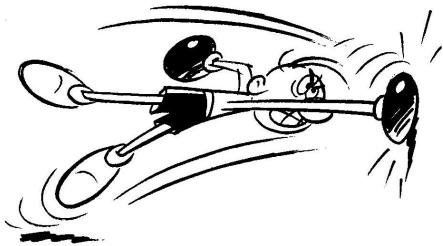


図1 非写実的なモーションプラー

2. セルアニメーションにおける表現方法の分類と分析

本研究ではセルアニメーションにおいて用いられる非写実的なモーションプラーについて分類・分析し、コンピュータアニメーションにおいて実現するための条件について調査を行った。

2.1 セルアニメーションの表現方法の分類

セルアニメーション制作において、アニメータはモーションプラーを表現するために、セルアニメーションの画風や状況などを考慮し様々な表現方法を用いる。中には共通項を持たない表現方法もあるが、多くはいくつかの

共通した代表的で効果的な手法を合わせた表現を行なっている。

ここでは、様々な表現手法を調査し、それぞれの表現を構成する基本的な表現に細分化を行なった。その分類結果は表1のようになる。

表1 表現方法の分類

線	軌跡に沿った線
残像	キャラクタのコピー
ゆがみ	ぎざぎざにした輪郭



図2 線・残像・ゆがみの表現例

(1) 線による表現

セルアニメーションの分野ではスピードラインと呼ばれる、移動方向に対し後方に軌跡を表すように描かれる線である。

(2) 残像による表現

キャラクタ全体、またはその一部、輪郭が移動方向に対し後ろ側にずらして描かれるコピーである。

(3) ゆがみによる表現

キャラクタの後方の輪郭をぎざぎざにすることにより表される形状変形である。

2.2 セルアニメーションの表現方法の分析

写実的なモーションプラーはキャラクタの過去の情報を利用して生成される。同様に、カートゥンプラーの生成においても過去の情報を利用する。

3つの分類における表現はすべて、キャラクタの移動方向に対して後方に施されているため、キャラクタの一連の動きの流れと、動きに対するキャラクタの部位の位置を把握する処理が必要となる。

また、同じ分類に属してはいても、それぞれの表現を構成する要素の違いで特徴が変わる。その多様性を実現するために下にあげられる要素を制御するパラメータが必要となる。

(1) 線のカートウンブラー

線の本数・太さ・線を描き始める（終える）点・キャラクターの移動量と長さの対応関係。

(2) 残像のカートウンブラー

キャラクターの移動量と残像数の対応関係。複数の残像における残像の間隔。残像が過去にさかのぼる過程で衰退するキャラクターの要素。

(3) ゆがみのカートウンブラー

ゆがみの形状パターン。キャラクターの移動量とゆがみの度合の対応関係。

3. カートウンブラー生成における処理

ここでは、前節による分析をもとに、アニメーションの制作においてカートウンブラーを導入し生成するための処理について述べる。

アニメーションを生成する処理の入出力関係に対し、カートウンブラーの生成を行う処理の位置付けは図3のようになる。

アニメーションの生成処理ではキャラクターを表わす面、面を構成する頂点データとキャラクターの動作を制御するデータが入力として与えられ、動画が得られる。カートウンブラーは、その2つの入力データを利用し生成される。

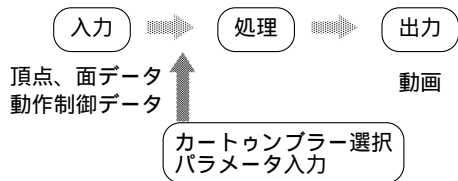


図3 アニメーション生成の入出力とカートウンブラー

3.1 カートウンブラー生成アルゴリズムの概要

本提案手法によるカートウンブラー生成のアルゴリズムの概要は図4のようになる。処理は大きく2つからなり、カートウンブラーを生成するキャラクターの対象部位を求める処理と、対象部位に対して行われる各カートウンブラーを生成する処理からなる。

各カートウンブラーを生成する処理が行なわれる前に、軌跡を求める処理、後方の辺を判断する処理が共通に行なわれる（図5）。

軌跡は、キャラクターを構成する各頂点につい

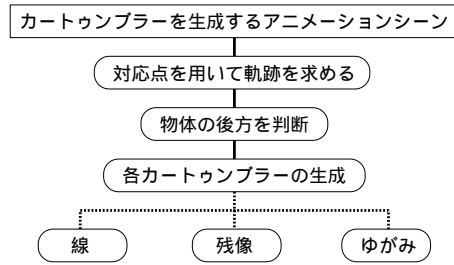


図4 カートウンブラー生成アルゴリズムの概要

て、現在の位置の情報と過去の位置の情報を用い補間して得られる。この軌跡から、単位時間における頂点の運動方向のベクトルを得る。

このキャラクターを構成する頂点の運動方向のベクトル V_1 と頂点間を結ぶ辺のベクトル V_2 に対して垂直なベクトル V_2' との内積

$$V_1 \cdot V_2' = x_1 y_2 - y_1 x_2$$

を求める。この内積の正負により、辺が移動方向に対して後方であるかどうか判断される。

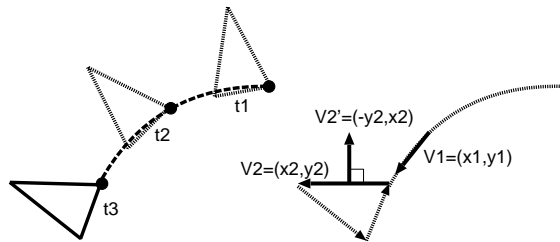


図5 対応点を用いた軌跡，後方の辺の判断

3.2 各カートウンブラー生成のアルゴリズム

対象となる線分に対し、各カートウンブラーを生成するアルゴリズムとパラメータによる制御を以下に示し。図6にアルゴリズムによって各カートウンブラーが生成される様子を示す。

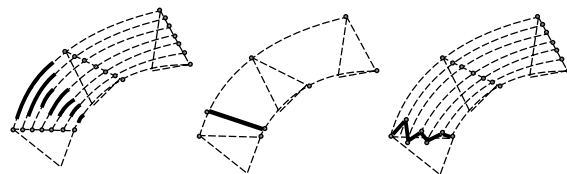


図6 各カートウンブラーの適用

(1) 線のカートウンブラー

カートウンブラーを生成する対象となる

線分を、線分の長さに応じた数で分割する。この分割数とその線分の後方に描かれる線の最大本数となる。

分割点のそれぞれの軌跡を求める。軌跡は長さに応じた分割数の線分からなり、フレーム間のキャラクタの移動量に応じた長さの線分が描かれる。

線を描く開始点や終了点は、はじめに得られた軌跡の長さの何割の点から描き始め、何割の点で描き終えるかということ移動量に関係なく指定し、制御可能にする。

太さは、描かれる線分の各点列において x 方向、y 方向にさらに加えて塗り潰すピクセル数を指定し、制御可能にする。

色は、線の開始点・終了点における RGB の値を指定することで制御可能にする。

(2) 残像のカートウンブラー

カートウンブラーを生成する対象となる線分の両端点の軌跡を求める。

キャラクタの現在の点からどれほど離れた点に残像を生成するか、ユーザの指定により決定する。その位置の線分が残像として描かれる。

ユーザは残像数も指定し、はじめに得られた残像とキャラクタとの間に等間隔に線分を描くことで複数の残像を生成する。

過去にさかのぼる過程で衰退していくキャラクタの要素を、ユーザは線の太さ、濃度という選択肢から指定する。線の太さは過去にさかのぼる過程で細くなり、濃度は線のカートウンブラーと同様に、RGB による指定を行い変化させる。

(3) ゆがみのカートウンブラー

カートウンブラーを生成する対象となる線分を、線分の長さに応じた数で分割する。

その分割点のそれぞれの軌跡を求める。

両端点は不動とし、各頂点をそれぞれの軌跡に沿って交互に、ずらす大きさを変えて、ぎざぎざになるように移動させる。

ぎざぎざの形状を決めるずらす大きさの変化のパターンはユーザが指定する。

ゆがみの度合いは、キャラクタの移動量に反映させる度合いをユーザが指定することで制御される。

4. 描画実験

4.1 パラメータによる制御例

ここでは、カートウンブラーのパラメータによる制御例をいくつか示す。

● 線の本数の制御

図 7 は、最大本数に対する割合を指定することで本数の制御が行われた結果を示している。

● 線の色制御

図 8 は、線を描き始める開始点、描き終える終了点の RGB の指定により色の濃度変化の制御が行われた結果を示している。

● 残像数の制御

図 9 は、シーンの中でキャラクタが最も大きな移動を行うフレームにおいて生成される残像数の指定により、残像数の制御が行われた例を示している。

● 残像の間隔の制御

図 10 は、現在から最も遠い過去の点に生成される残像の位置の指定により、残像の間隔の制御が行われた例を示している。

● ゆがみの形状パターンの制御

図 11 は、ゆがみを生成する対象の辺の各分割点のずらし方を決める、ゆがみの形状パターンを用意し、それぞれが生成された例を示している。

● ゆがみの度合いの制御

図 12 は、キャラクタの移動量に反映させる度合いを指定することにより、ゆがみの度合いの制御が行われた例を示している。

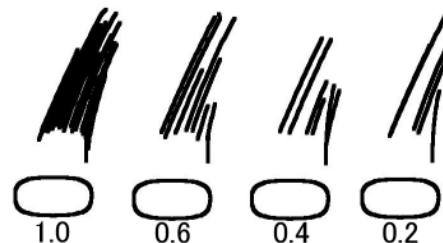


図 7 線の本数の制御

4.2 カートウンブラー生成の描画例と評価

ここでは手書きの背景画像⁴⁾に数値モデルの

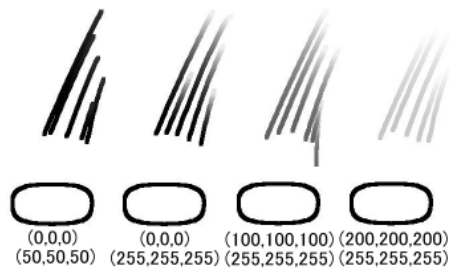


図 8 線の色の制御

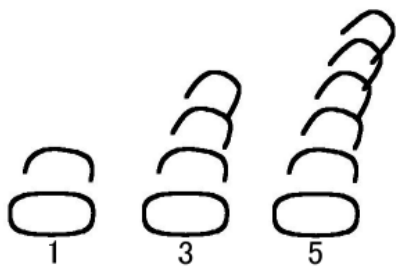


図 9 残像数の制御

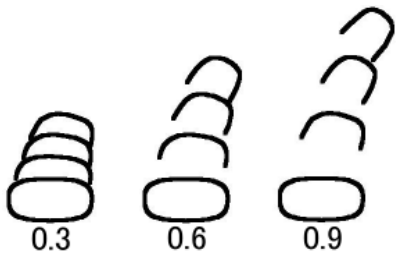


図 10 残像の間隔の制御



図 11 ゆがみの形状パターンの制御

キャラクタを重ねてアニメーションを作成し入力データとし、出力としてカートウンブラーの生成を得る描画実験を行なった。

図 13に見られる車が数値モデルのキャラクタであり、特に車体を表す面に対し、ある値のパラメータ入力をし、カートウンブラーを生成する。

セルアニメーションでは、各分類の表現が単独または複数合わせて用いられる。図 14, 図

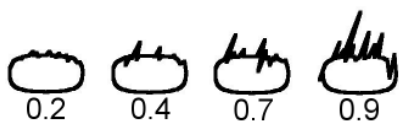


図 12 ゆがみの度合いの制御

15は、線、残像のカートウンブラーを単独で生成した例であり、図 16は線とゆがみのカートウンブラーを合成して生成した例である。

制御パラメータにより、自動的に生成されたカートウンブラーに対し、加工を加え印象の異なる効果が得られた。

5. ま と め

本研究では、非写実的なモーションブラーをカートウンブラーとして数値モデルのキャラクタを用いたコンピュータアニメーションの表現手法に導入することを目的とした。

そのため、まずセルアニメーションにおいて用いられる非写実的なモーションブラーの分類・分析を行った。これにより、3つの基本的な表現方法に分類することができた。

そして、その分析をもとに、カートウンブラーを生成するアルゴリズムを提案した。

本研究による成果は以下の通りである。

- (1) 本提案手法により、与えられたアニメーションのデータをもとに、カートウンブラーの自動生成を可能にした。
- (2) いくつかの制御パラメータにより、ユーザが所望する効果を得るための試行錯誤を可能にした。

また、以下の課題があげられる。

- (1) 複雑なキャラクタの形状におけるカートウンブラー生成のための分析と、実現アルゴリズムの提案
- (2) 複数の座標系を持つキャラクタの動作に対応したカートウンブラーの生成アルゴリズムの提案

参 考 文 献

- 1) Harold Whitaker, John Halas, “アニメーションのタイミング技法”, ダヴィッド社, p27(1983)
- 2) Siu Chi Hsu and Irene H. H. Lee. “Drawing and Animation Using Skeletal Strokes”, In *Proceedings of ACM SIGGRAPH 94*, pages 109-118. 1994.
- 3) Maic Masuch. “Speedlines: Depicting Motion in Motionless Pictures”, ACM SIGGRAPH 99 Technical sketch.
- 4) 宇田川一彦, 金子満, “テレビアニメを作る”, 画像情報教育振興協会, p37(1990)

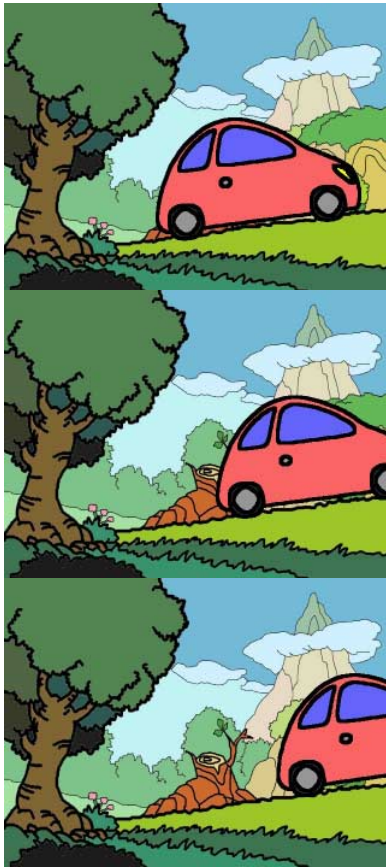


図 13 入力アニメーション

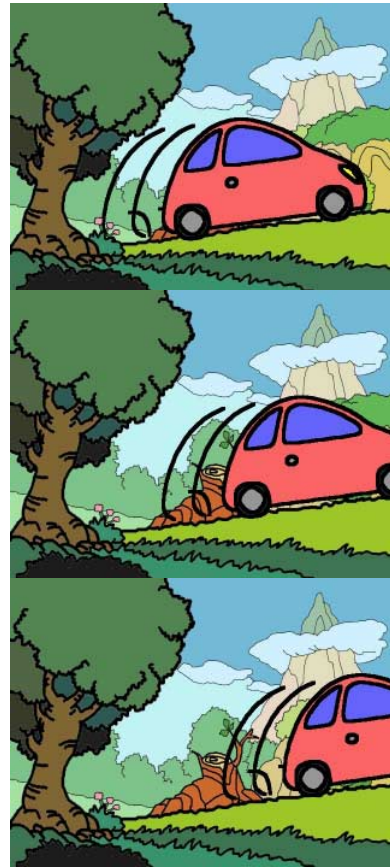


図 15 残像のカートウンブラーの例

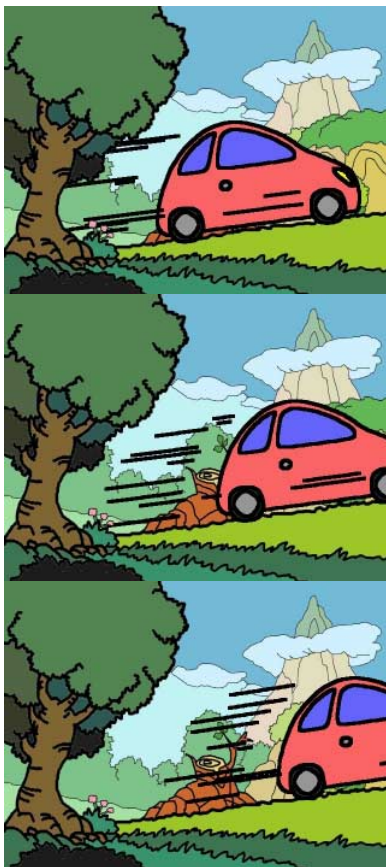


図 14 線のカートウンブラーの例



図 16 線とゆがみのカートウンブラーの例