

画素追跡法によるエイリアシング除去*

1U-6

新谷幹夫†

NTT ヒューマンインタフェース研究所‡

1 はじめに

離散画像を生成する上で、離散化歪(エイリアシング)除去は避けて通れない問題であり、多くの人々を悩まし続けている。最も典型的なエイリアシング除去処理は、1画素内に複数の標本点をとる方法(super-sampling)である。この手法の大きな問題点は、情景の複雑さ(ポリゴン数等)に応じて処理量が増大する点にある。

本稿では、画素追跡法と呼ぶ新しいエイリアシング除去法の概要を示す。本手法は、動画像の空間エイリアシングを効率的に除去するもので、

- 処理量が情景の複雑さに依存しない、
- 簡単な画像処理で実現される、
- レンダリング処理に依存しない、

などの利点をもつ。

2 原理

まず、画像が等速度 v で移動する系列 $f(x;t)$ を考える。このとき、初期画像 f_0 を用いて、

$$f(x;t) = f_0(x - vt)$$

と系列を表すことができる。

図1でメッシュは画素領域を、丸はサンプル位置を示す。整数点 $\{k\}$ でサンプルするとすれば、 $t = 0$ で $f(k;0) = f_0(k)$ なる像点がサンプルされる。この像点のうち、特に k_0 に注目してみる。時刻 $l = 1, 2, 3, \dots$ においても、各サンプル位置で像点

$f(k;l) = f_0(k - vl)$ がサンプルされる。時刻 l において、像点 k_0 が移動した点 $k_0 + vl$ に最も近いサンプルを k_l とし、 $d_l = (k_0 + vl) - k_l$ とすれば、

$$f(k_l;l) = f_0(k_0 - d_l) \\ |d_l| \leq 0.5$$

となる。すなわち、サンプル (k_l, l) は初期画像 f_0 における画素 k_0 内のサンプルと等価となる。したがって、これらの重みつき平均、

$$\sum_l w(d_l) f(k_l;l) = \sum_l w(d_l) f_0(k_0 - d_l) \quad (1)$$

により、エイリアシングの除去が可能となる。ただし、 $w(x)$ は適当なエイリアシング除去フィルタである。

式1は、以下のように一般化される。時刻 t_0 における像点 x_0 の時刻 t における位置を $\chi(t; x_0, t_0)$ と記述することにする。このとき、画像系列 $f(x;t) = f_0(\chi(t_0; x, t))$ に対し、フィルタ

$$C \sum_{k,l} f(k;l) w(k_0 - \chi(t_0; k, l)) D_\chi$$

は理想的なエイリアシング除去フィルタとして働くことが証明できる。ただし、 $D_\chi = (\partial \chi / \partial x)$ は画像の伸縮を補正する因子、 C は正規化定数である。流れの関数 χ は、カメラパラメータ・物体の位置等アニメーションデータから算出される。この手法では像点の画素位置を追跡するので、画素追跡法と呼ばれる。

証明に必要な条件は、画像の動き χ がサンプリングパターンと相関を持たないことで、任意の整数 n, m に対し、

$$\lim_{T \rightarrow \infty} (1/T) \int_{-T/2}^{T/2} \exp(2m\pi i \chi + 2n\pi i t) dt = 0 \quad (2)$$

*Anti-aliasing by Pixel Tracing Filter

†Mikio Shinya

‡NTT Human Interface Labs

が成立することである。このことは、例えば画像が不動である場合 ($\chi(t'; x, t) \equiv x$)、画素追跡法で新たなサンプルが集められず、エイリアシング除去が行えないことから理解できる。証明の詳細については、文献 [1] を参照されたい。

3 隠れ面の処理

前述の理論は、像の流れが一意的であることを前提にしている。しかし、動物体が他の物体を隠すとき、その境界には複数の流れが存在する。したがって、隠れ面を扱うためには、1) 複数の流れを分離する、2) 分離されたそれぞれの流れに画素追跡フィルタを施す、3) フィルタの結果を再合成する、という処理が必要である。

流れの分離は、移動のベクトルを比較することによりできる。すなわち、サンプル $(k_0, t = l_0)$ と $(k_1, t = l_1)$ は、

$$\|k_0 - \chi(l_0; k_1, l_1)\| \leq d_{th}$$

$$\|k_1 - \chi(l_1; k_0, l_0)\| \leq d_{th}$$

が成り立つとき、同じ流れに属すると判定する。ただし、 d_{th} は適当なしきい値で、例えば 0.5 pixel などにとる。

フィルタ結果の合成は、 z 値に基づく α -blending で行うことができる。

4 実験

実験例を図 2 に示す。物体は、幅 1/8 pixel、水平線から 1 度傾いた細い長方形である。原画像ではエイリアシングのため長方形が点線となっているが、32 フレームを用いた画素追跡法により連続的な線となり、128 フレームでは解析解とほぼ同一な結果が得られる。

5 まとめ

新しいエイリアシング除去法、画素追跡法を提案した。本手法はアニメーションデータを用いてサブピクセル情報を集める。このため、高速な処理が可能となる。

謝辞 日頃ご指導頂く高野所長、酒井部長、立石リーダーおよびグループ員諸氏、CSK 梶山分室長に深謝する。

参考文献

- [1] Mikio Shinya, Spatial anti-aliasing for animation sequences with spatio-temporal filtering, Proceedings of SIGGRAPH'93, p.289, 1993.

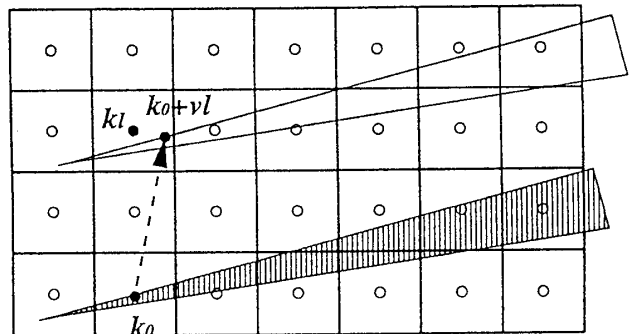


Figure 1: Pixel tracing

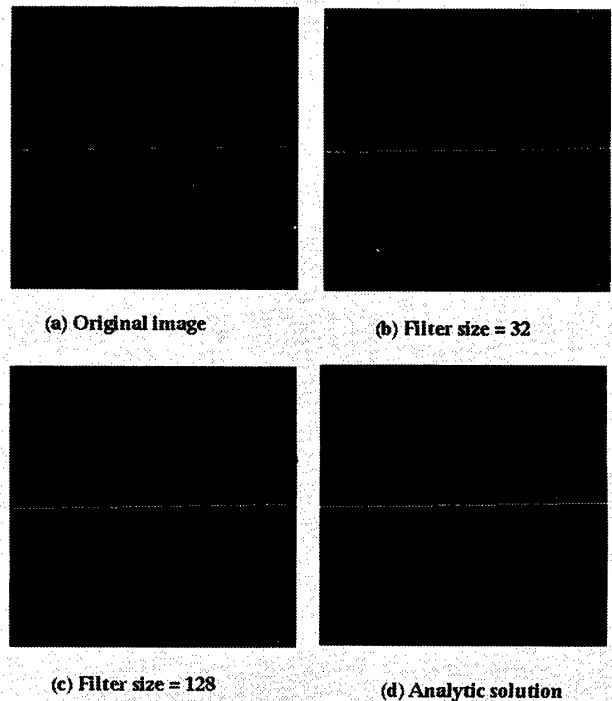


Figure 2: Thin rectangle