マイクロポイント

－ノンスーパーサンプリング エイリアシングフリー アルゴリズム－

Micro Point

－Non super-sampling aliasing free algorithm－

高桑 昌男[†]　飯倉 宏治[‡]
Masao Takakuwa[†]　Koji Iigura[‡]

†フリーランス　‡静岡理工科大学
† Freelance　‡ Shizuoka Institute of Science and Technology

Abstract　There are many rendering techniques using point-based super-sampling. By the super-sampling, more sampling gets more quality. But how many samples do we need? We can only estimate this from statistics. In this research, we introduce a new concept Micro point. Using the Micro point, we get aliasing free images without super-sampling.

1. はじめに

ポイントサンプリングに基づくレンダリング手法では、スーパーサンプリングにより、ピクセル領域内のサンプル数を増やすことで、サンプリングミスの確率が軽減され、生成される画像の品質向上が期待できる。一方、夜空の一点に浮かぶ超新星のように極小領域に高輝度が集中する事例では、サンプリングミスを回避する適正なサンプル数を見積もることは極めて困難である。

本研究において、マイクロポイントと呼ぶ、不確定性原理の発想に基づく、新しい概念を導入する。マイクロポイントを用いたレンダリング手法では、スーパーサンプリングを行うことなく、シーン中の高周波成分を正確に捕らえることができる。その結果、従来の手法では莫大な計算コストを要した、夜空の星や毛髪など、ピクセルサイズ以下の領域を占めるオブジェクトに対し、計算コストを飛躍的に改善する事ができる。

2. 関連研究

高周波成分によるエイリアシングに関しては様々な手法が提案されている。

2.1. スーパーサンプリング法、再分割法

ポイントサンプリングに基づくスーパーサンプリング、再分割法は、多くの手法が提案されている [1,2,3,4,5,6]。しかし、適正なサンプル数は、統計的評価以上の評価方法は提案されていない。

2.2. 領域サンプリングによる方法

ラスタライズ時に線分やポリゴンのピクセルあたりの専有面積を考慮する手法[7]、ビームトレーシング[8]や円錐トレーシング[9]などがある。前者にはアンチエイリアシング対象のピクセルに対し奥行情報やシェーディングをどのように行うかが課題であり、後者は実装が複雑になり実用化が難しいという問題がある。

3. マイクロポイント

3.1. 基本概念

不確定性原理の基では、プランク長以下の領域で、速度と位置を同時に決定できない。このことが、量子力学の根本原理となっている。不確定性原理のプランク長をピクセル領域に、速度を不透明度、位置を占有率に置換えたのが、本研究で導入するマイクロポイントの基礎概念である。

マイロポイントにおいては、ピクセル領域内で、不透明度=0.1、占有率=50% の三角形と、不透明度=1.0、占有率=5% の球体は、同一のものとして扱われる。

また、従来のレンダリング手法においては、輝度、法線ベクトル、接ベクトル、u,v、du,dv などの値は、オブジェクト形状の特徴を示す従属値として定義されるが、マイクロポイントにおいては、ピクセル領域内のオブジェクト形状は不確定として扱わず、ピクセル領域内の独立した分散確率として、輝度、法線ベクトル、u,v 値などを定義する。

3.2. 正規化

マイクロポイントでは、不透明度の値を変化させることで、常に占有率=100%になるよう正規化する。上述の例では、不透明度=0.05、占有率=100％となる。結果、原理的にサンプリングミスが発生することがなく、スーパーサンプリングが不要となる。このスキームは、テクスチャマッピングにも拡張され、エイリアシングの原因となるピクセルに対する高周波成分を持つテクスチャについても、それぞれのテクセルのピクセルへの占有率として同様に扱われる。

3.3　サンプリング定理

サンプリング定理に基づき、マイクロポイントは、ピクセルを 2×2 に分割したサブピクセル領域で定義される。

4. マイクロポイントによるレンダリング手順

4.1. ダイシング

オブジェクトに付随する分散情報（輝度、法線、U,V・・・）を用いオブジェクトをオブジェクト片へとダイシングを行う。ダイシングは、分散が十分に小さくなるよう調整される。その結果、mipmap[10]のような恣意的手法も不要となる。

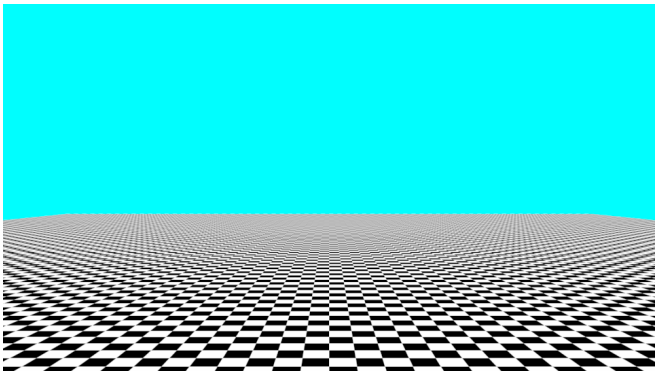
4.2.マイクロポイント生成

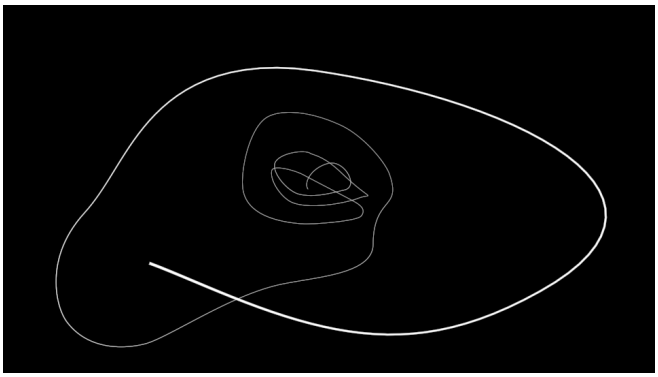
オブジェクト片を視点座標系に変換し、スクリーン空間上のマイクロポイントへ変換を行う。マイクロポイント生成時、画像生成のために必要なシェーディング関連情報や奥行情報の最大値および最小値を各マイクロポイントの属性値として保持する。

4.3. マイクロポイント列から色およびα値を決定

一般的に、各ピクセルには複数のマイクロポイントが格納される。奥行情報の範囲が重複するものは１つのマイクロポイントへと合成を行い、手前から奥へと、マイクロポイントの不透明度情報を用いて半透明合成を行う。

サンプル画像





※画像は、PDF ファイルを 600%に拡大して確認ください。

5. 結論および拡張

マイクロポイントを用いることで、ピクセルサイズ以下の高周波成分を正確に取扱う事が可能となり、スーパーサンプリングなしに、高周波成分に”直接”起因するエイリアシングを完全に除去できる事を確認した。故に、今後のスーパーサンプリング関連の研究に価値を見出すのは、極めて困難である。

マイクロポイントの実装は、マイクロポリゴンのそれと類似しており、ポイントクラウドとも親和性が高い。ディープシャドウマップ、被写界深度表現、アンビエントオクルージョン、カラーブリーディング、モーションブラー、SH、VPL など、商用プロダクトで必須となる各種手法に対しても、容易に拡張できる[11,12,13,14,15]。

6. 今後の課題

マイクロポイントの検証過程において、高周波成分同士の干渉に起因する低周波成分の周期性（モアレ）除去については、従来手法では解決困難であるという推測を得た。近々、取組むべき課題である。

7. 結び

量子力学が、古典物理学から現代物理学へと変革の扉を開いたマイルストーンであったように、マイクロポイントは、古典レンダリングから現代レンダリングへの道標となるポテンンシャルを秘めている。GPU 実装による高速化、プロダクションパイプラインの改革など、マイクロポイントの道程には、広大な地平、無限の可能性が一望でき、今後のレンダリング研究の王道として位置づけられる。

文　献

[1] J. E. Warnock ： “A Hidden Surface Algorithm for Computer Generated Halftone Pictures”, Dept. Comp. Sci. U. of Utah (June 1969)

[2] L. Carpenter ： “The A-buffer, an Antialiased Hidden Surface Method”, Proc. SIGGRAPH, 18, 3, pp.103-108(July 1984)

[3] R. Cook, L. Carpenter, E. Catmull ： “The Reys Image Rendering Architecture”, Proc. SIGGRAPH, 21, 4, pp.95-102(July 1987)

[4] R. Cook, T. Porter, L. Carpenter ： “Distributed Ray Tracing”, Proc. SIGGRAPH, 18, 3, pp.137-145(July 1984)

[5] J. Painter, K. Sloan ：“Antialiased Ray Tracing by Adaptive Progressive Refinement”, Proc. SIGGRAPH, 23, 3, pp.281-288(July 1989)

[6] W. Jakob, S. Marschner ：“Manifold Exploration: A Markov Chain Monte Carlo technique for rendering scenes with difficult specular transport”, Proc. SIGGRAPH (To appear) (August 2012)

[7] S. Gupta, R. F. Sproull ：“Filtering Edges for Gray-Scale Displays”, Proc. SIGGRAPH, 15, 3, pp.1-5(August 1981)

[8] P. S. Heckbert, P. Hanrahan ： “Beam tracing polygonal objects”, Proc. SIGGRAPH, 18, 3, pp.119-127(July 1984)

[9] J. Amanatides ： “Ray Tracing with Cones”, Proc. SIGGRAPH, 18, 3, pp.129-135(July 1984)

[10] L. Williams ： “Pyramidal parametrics”, Proc. SIGGRAPH, 17, 3, pp.1-11(July 1983)

[11] T. Lokovic, E. Veach ： “Deep shadow maps”, Proc. SIGGRAPH, pp.385-392(July 2000)

[12] A. Keller ：“Instant radiosity”, Proc. SIGGRAPH, pp.49-56(August 1997)

[13] I. Wald, C. Benthin, P. Slusallek, “interactive global illumination in complex and highly occluded environments”, Proc. EGRW, pp.74-81(2003)

[14] P. H. Christensen ： “Point-based Approximate Color Bleeding”, Pixar Technical Memo #08-01(July 2008)

[15] 高桑昌男 ： “スーパー・サンプリングにおけるアンチ・エリアシング法”, NICOGRAPH/MMCA, (1999)

†フリーランス
〒251-0028 神奈川県藤沢市本鵠沼 3-4-3
E-mail: tacwon@gmail.com

‡静岡理工科大学 総合情報学部 コンピュータシステム工学科
〒437-8555 静岡県袋井市豊沢 2200-2
TEL 0538-45-0111　E-mail: iigura@cs.sist.ac.jp