

繊維構造を考慮した埃の高速描画手法

安達翔平[†] 宇梶弘晃[†] 小坂昂大[†] 森島繁生[†]

早稲田大学[†]

1. はじめに

CGにおいて、汚れの表現は写実性の付与に大きく貢献している。本稿では、どのような場所にも存在する埃の堆積効果に着目した。Hsuらは埃の堆積範囲を数式化し、その関数に従ったShadingを行うことで埃の堆積を表現した^[1]。また、Boらは物体に堆積する埃の反射特性を実測し、計測結果をBRDFにより再現した^[2]。しかし、どちらの手法も埃の堆積による厚みを表現できておらず、更に、構成要素の大半を占める繊維自体も表現できていない。

よって本稿では、LeyngelらによるShell法^[3]と呼ばれる階層状のTexture Mappingを用いることで、近似的なボリュームレンダリングを行い、堆積の厚みの表現の実時間処理を実現する。また、Shell法に用いるTextureとして、埃の構成要素である繊維構造を考慮したTextureを作成することで、従来の表現手法よりも、より写実的な埃の表現を行う手法を提案する。

2. 提案手法

埃の堆積表現に対して考慮しなければならない要素は、堆積範囲、堆積量、堆積物体の3点である。本研究では堆積範囲に関してはHsuらの関数を用いる。堆積量、堆積物体の表現に対しては、新しいTexture生成を用いた描画手法を提案する。

2.1. 埃の堆積範囲

提案法で扱う堆積範囲はHsuらと同様の関数を用い、埃の堆積範囲を以下の関数で定義した。

$$D = \frac{K}{s} + \left(1 - \frac{K}{s}\right) \cos^s \theta \quad (1)$$

このモデルでは埃の堆積量 D を、物体表面の法線ベクトルと埃の原因方向ベクトルの内積値 $\cos \theta$ 、埃自体の粘着性 K 、物体表面の滑りやすさ s のパラメータを用いて制御する。

2.2. 埃の堆積量

提案法では堆積量の立体表現を実時間で行うためにShell法を用いた描画を行う。Shell法はオブジェクトの法線方向にポリゴンを積層させ

各層に対応したTextureをマッピングすることにより立体表現を高速に行う手法である。よって、提案法では繊維表現の可能なTextureを積層させ、埃の描画を行う。しかし、実際に堆積している埃の表面は平坦ではなく、繊維構造由来の隆起が発生している。そこで提案法では、埃のランダムな隆起をPerlin noiseを用いて制御した。Perlin noiseは一般的なノイズとは異なり、一定の連続性を持つ値を返す特徴があり、プロシージャルな生成が可能となっている。このPerlin noiseの輝度値に従い階層状にマッピングしたTextureの描画範囲を閾値判定することで埃の積層表面に凹凸を発生させ、繊維の堆積に由来する隆起を表現した。

2.3. 埃の堆積物体

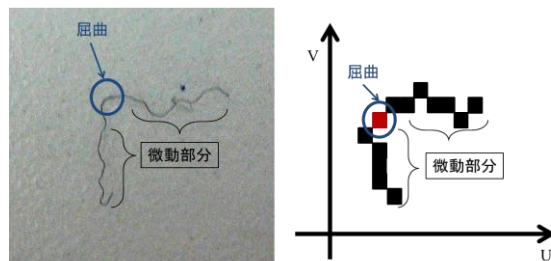
本研究では、Texture生成を行い、先行研究の欠点に挙げた繊維表現を実現した。Textureを生成する際に、初期位置となる点をTexture上に配置する。そこから、複数のパラメータを与え、点の運動の軌跡を描画することで繊維表現を実現するTextureの生成を行う。以下にその工程を示す。

2.3.1. 初期点の配置方法

TextureのUV座標上でランダムな位置を与え、その座標を動点の初期位置に設定する。しかし、完全にランダムに点を配置した場合、全ての表面上で埃の密度が一様になる。そこでTexture上に点を配置する際に、先述したPerlin noiseの輝度値によって点を配置する確率を制約し、輝度値に対応した自然な密度の変化表現が可能となった。

2.3.2. 動点の軌跡の描画

埃の描画を動点の軌跡として描画する上で、図1に実際の埃とモデル化した埃を示す。



(a)実際の埃 (b)モデル化した埃
図1. 実際の埃とTexture上でモデル化した埃

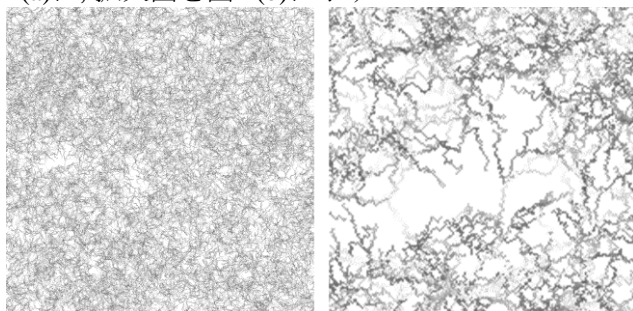
「Real Time Rendering of Dust Considered Fiber Structure」
[†]Shohei ADACHI [†]Hiroaki UKAJI [†]Takahiro KOSAKA
[†]Shigeo MORISHIMA, [†]Waseda University

図中の微動部分とは単位繊維中の進行方向を変えない程度の微小な折れ曲がりのことを指し、屈曲部分とはその繊維の進行方向自体を変化させる大きな折れ曲がりが発生している部分を指す。あるピクセル上の点に、上記の微動部分と屈曲部分を考慮した運動をさせるために、現在のピクセルから次のピクセルに遷移する際に、周囲8ピクセルのどれを選択するかを制御するための確率分布を与える運動確率マップを作成する。微動部分を再現する際は、運動確率マップに従い、進行方向の角度 θ に最も近い3ピクセルのみを選択して運動することで再現し、屈曲部分を再現する際は、この進行方向を基準にして屈曲角度 θ を任意の運動回数時に再変更し、運動確率マップを再設定する。新しくできた運動確率マップに従って運動することで、屈曲表現を実現した。繊維の長さはピクセルの運動回数によって制御する。また、屈曲する角度の大きさは生成するマップの確率分布の配置により制御を行う。また、屈曲角度を何度変更するかによって、単位繊維中の屈曲回数を制御する。この運動に従って通過した座標上を描画することで、多数の繊維を表現する Texture を生成する。

2.3.3. 点の輝度値設定

配置した点の輝度値はすべて同座標の Perlin noise の輝度値を参照した。そして、一枚の Texture 中でもある程度の奥行表現を行うために、単位繊維中において、動点が運動する度に輝度を減衰させた。また、繊維の細さをある程度近似的に表現するため、繊維を半透明にし、Texture を生成した。

以上の工程を踏まえて生成した Texture を図 2(a)に、拡大図を図 2(b)に示す。



(a)生成 Texture (b)拡大図
図 2. 生成した Texture と拡大図

3. 実装結果

提案手法を用いて Texture を生成する。このとき、各ポリゴンにマッピングする Texture は繊維の本数を減衰させて層数に対応した枚数作成し、密度

の高いものから下層ポリゴンにマッピングする。オブジェクトに適用した結果を図 3 として以下に示す。また同様のオブジェクトにおける拡大図を図 4 として以下に示す。

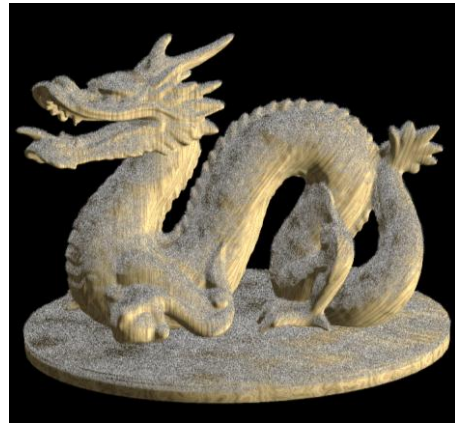


図 3. オブジェクトへの適用結果

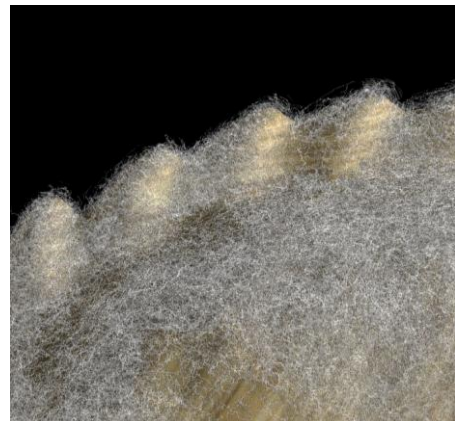


図 4. オブジェクトの拡大図

4. まとめ

本稿では、Perlin noise を用いて堆積量の表現を行い、専用の Texture を生成することで、埃の構成要素である繊維自体の描画を提案した。本研究で作成した Texture はプロシージャル生成が可能であり、Shell 法を用いているために、繊維の集合という、多数の頂点を必要とする描画対象を高速に描画することが実現した。今後の課題としては、繊維に由来するライティングの考慮や、パラメータ制御している利点を利用した、カビや苔などの異なる対象の表現が挙げられる。

参考文献

- [1] Hsu.S.C, et al. Simulating Dust Accumulation, IEEE CG and Appl,15,1,pp.18-22,1995.
- [2] Bo.S, et al. Time-Varying BRDFs, IEEE TVCG, 13, 3, pp.595-609,2007.
- [3] J.Lengyel, et al.Real-Time Fur over Arbitrary Surface,I3D'01pp.227-232,2001.