

物体の形状による堆積への影響を考慮した埃の高速描画手法の提案

佐藤 樹[†] 小澤 禎裕[†] 持田 恵佑[†] 谷田川 達也[†] 森島 繁生[‡]

早稲田大学[†] 早稲田大栄光学術院総合研究所/JST ACCEL[‡]

1. はじめに

コンピュータ・グラフィックス (以後, CG と記す) の写実性は, 洗練されたレンダリング・アルゴリズムが多数研究され, 現実と見間違ふほどになった。しかしながら, 多くの CG は非常に写実的である一方で, 現実世界において見られるようなサビや傷のような汚れの表現が乏しく, 近年でも, このような汚れ表現を扱うための研究が数多くなされている [3]。本稿では, そのような汚れ表現の中でも埃の表現に着目し, リアルな埃の堆積感をリアルタイムに実現するためのレンダリング手法を提案する。

ここでは, 埃のレンダリング表現に関する既存手法を簡単に紹介する。Hsu らは埃の堆積する範囲が, 経験的に Phong の鏡面反射モデルで記述できると考えた [1]。そこで, 埃の発生源を光源と見立てたときの反射光の強さに比例するように埃の密度を決定した。Bo らは物体の表面に埃が堆積した状態で反射特性を計測し, そこから計算した BRDF により埃の質感を表現した [4]。しかし, これらの研究はいずれも埃による光の拡散反射を物体表面での反射で近似しているため, 埃の堆積感を扱うことができなかった。

実際には, 埃の繊維一本一本をメッシュとして表現し, 適切な物理パラメータを割り当てることで物理的にも正確な埃の表現を得ることは可能である。しかしながら, このような表現を用いる場合には, 埃繊維のモデリングおよびレンダリングに相応の作業時間, 計算時間を要するため, 埃のような補助的な表現に対する手法として実用的であるとは言い難い。

そこで, 本研究では, 埃繊維のモデリングおよびレンダリングの両方を簡易的な方法でリアルに実現するための手法を提案する。本研究は, 動物の毛皮を高速にレンダリングするための手法である Shell 法 [2] を応用することで, 繊維感のある埃の表現を試みる。Shell 法

は一般に垂直方向に伸びる繊維に対して用いられるが, 本研究では新たに実際の埃の構造を模した埃テクスチャを生成することで繊維を表現する。加えて, Hsu らの手法 [1] で用いられた堆積密度の考え方をシャドウマップ法と組み合わせることで, 物体の形状による影響を考慮した埃の堆積表現を試みる。

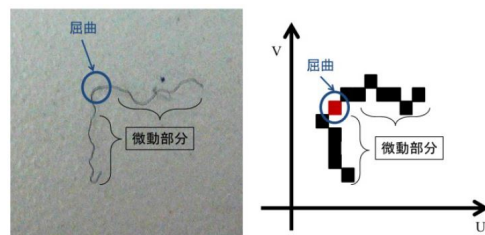


図1 繊維画像の解析方法

2. 埃の繊維表現

本研究の基となる Shell 法は層状に連なったメッシュに対して, 点が描画された類似テクスチャを割り当てることで, 垂直方向に伸びる毛を表現する手法である [2]。提案法では, Shell 法に用いるテクスチャを埃の繊維を模したテクスチャ (以後, 埃テクスチャと記す) に置き換えて, リアルな埃表現を実現する。

埃テクスチャの作成手順は大きく二つのステップに分けられる。第一ステップでは埃繊維の一端に相当する初期点をランダムにサンプルする。その後, 初期点から点を確率的に移動させて, 一本一本の毛を繰り返し描いていく。毛の成長方向を決定する確率分布は図1のような繊維の画像を解析することで得る。この解析では, 一本の繊維を微動部分と屈曲部分の二つの部分に分割する。微動部分では, 繊維が少しずつ方向を変えながら成長していくのに対して, 屈曲部分では繊維の成長方向が大きく変化する。微動部分における成長方向は, 繊維画像を二値化することで得られた画像 (図1右) を元に計算される。画像中のある黒色の画素において, 周囲 26 ピクセルのどの方向に別の黒色の画素が存在するかを確率的に表現したもので, 微動部分の成長方向を決定する。屈曲部分に関しては, 屈曲が起こる確率をあらかじめ与えておき, 屈曲が起こると判断された場合に微動部分の大局的な成長方向を表すパラメータを変化させ, 運動確率

「Shape-Aware Modeling of Dust Accumulation and its Rendering」

[†]Tatsuki SATO [†]Sadahiro OZAWA [†]Keisuke MOCHIDA

[†]Tatsuya YATAGAWA, [†]Waseda University

[‡]Shigeo MORISHIMA, [‡]Waseda Research Institute of Science and Technology/JST ACCEL

を再計算させることで、屈曲を表現する。このような埃の繊維を模したモデルを複数重ね合わせることによって図2のようなテクスチャを各層に対して作成した。

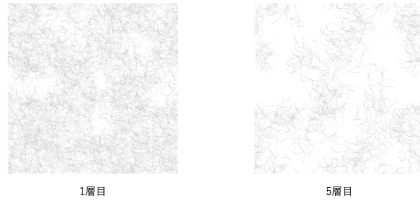


図2 埃テクスチャの例

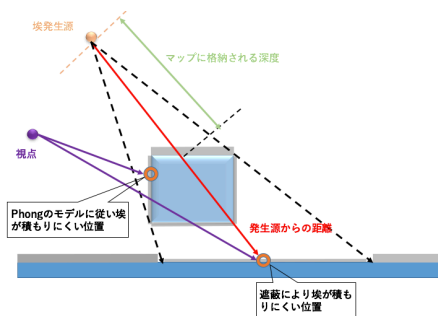


図3 シェドウマップを用いた遮蔽の考慮

3. 埃の堆積範囲および堆積量

提案法では、遮蔽を考慮した堆積範囲を求めるために、Hsuらの手法とシェドウマップ法を組み合わせた堆積範囲の計算法を提案する。埃の発生源を仮定した際に物体によって遮蔽される部分に埃は積もりにくいと考えられるため、図1に示すように、埃の発生源からのShadowMapを用いることによって遮蔽度を計算し、埃の積もる領域、堆積量を調整する。今回は埃の発生源を物体の周囲5箇所に設定し、遮蔽度の計算を行った。

前節の手法で作成したテクスチャを物体の法線方向に10層分マッピングする。この際、埃の堆積量は埃の発生源としておいた鉛直上方向に対して増加しやすいと仮定し、Phongの鏡面反射モデルも合わせて考慮する。また、単に法線方向にマッピングをすると埃表面が平坦になってしまうため、輝度値を用いてテクスチャをクリッピングすることで、埃堆積の凹凸変化を表現する。

4. 実装結果

提案法を用いた埃の生成結果を図4に示す。図を見て分かる通り、リアルな埃の堆積表現が得られているだけでなく、ドラゴンの口の中のような遮蔽された領域においては、適切に埃の堆積量が減っていることが分かる。提案法はGLSLを用いて実装されており、Intel(R)Core

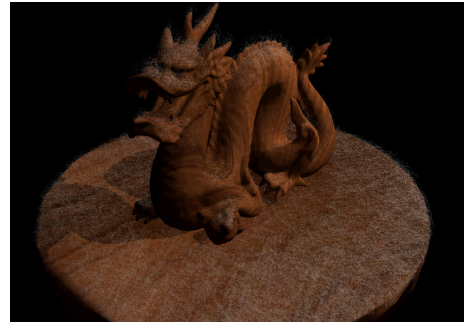


図4 提案法による埃の表現

i7 3.50GHz および NVIDIA GeForce GTX 1080 上で 500 FPS 前後の速度で動作する。

5. まとめ

本研究では、CGにおける汚れ表現の中で埃に着目し、リアルタイムに写実的な埃を実現する手法を紹介した。提案法では、Shell法を応用し、埃の繊維を模したテクスチャを用いることで堆積感のある埃の表現し、シャドウマップ法を応用することで物体の形状による堆積への影響を考慮した埃の堆積範囲、量を決定した。

今後は提案法により得られる画像と、実際の埃とを主観的に評価する他、堆積に使うパラメータを変化させることで砂やカビといった繊維以外の表現を実現について、研究を進めていきたい。

6. 謝辞

本研究の一部はJST/ACCEL, CRESTによった。

参考文献

- [1] S. Hsu and T. Wong, "Simulating dust accumulation," *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 15, no. 1, pp. 18–22, 1995.
- [2] J. Lengyel, E. Praun, A. Finkelstein, and H. Hoppe, "Real-time fur over arbitrary surfaces," in *Proceedings of the 2001 symposium on Interactive 3D graphics*. ACM, 2001, pp. 227–232.
- [3] S. Mérillou and D. Ghazanfarpour, "A survey of aging and weathering phenomena in computer graphics," *Computers & Graphics*, vol. 32, no. 2, pp. 159 – 174, 2008.
- [4] B. Sun, K. Sunkavalli, R. Ramamoorthi, P. Belhumeur, and S. Nayar, "Time-varying brdfs," in *Proceedings of the Second Eurographics Conference on Natural Phenomena*, ser. NPH'06, 2006, pp. 15–23.