

マスク画像を用いたパーティクル配置による結露現象の再現

君和田一樹^{†1} 向井智彦^{†1}

概要: 結露のような大量の水滴のCG表現にはパーティクルシミュレーションが適しているが、個々のパーティクルの配置を制御するには作業コストが大きい。本研究では、マスク画像を利用しパーティクルを配置する手法を考案する。その際、パーティクル領域同士の凝着を防ぐためのマスク画像を処理する。提案法を用いることで、結露における水滴の形状を模した画像など様々なマスク画像と類似した水滴画像を生成できる。

キーワード: 結露, パーティクルシミュレーション, 画像処理

Particle-Based Simulation of Dew Condensation Using Mask Images

KAZUKI KIMIWADA^{†1} TOMOHIKO MUKAI^{†1}

Abstract: Particle simulations are suitable to creation of CG scene with a large amount of water drops like dew condensation. Manual control of individual particles, however, requires a large amount of production costs. In this research, we examine a method to design layouts of particles using a mask image. The binary image is first generated using a texture synthesis method so as to mimic shape of water drops in the condensation, and then modified using several image processing techniques to optimize the layout of particles. Our system generates many types of scene with water drops using arbitrary mask images.

Keywords: Dew condensation, Particle simulation, Image processing

1. はじめに

流体シミュレーションを用いた液体のCG表現は、川の流れやガラス表面に付着した水滴などの再現に効果的である。しかし、結露のような大量の水滴を扱う場合、個々の水滴を独立に制御するのは作業コストが大きい。そこで、水滴の配置を自動決定するための様々な手法が研究されている。例えば、物体に付着する水滴の物理シミュレーション法[1]では、物理的に正確な水滴の形状変化を計算できる。しかし、この手法は結露のような高密度に配置された水滴に必ずしも適したものではなく、また水滴の大きさや配置を手動で変更するのは困難である。そこで本研究では、二値画像を用いて水滴パーティクルの配置を設計する方法を提案する。具体的には、任意に与えられたマスク画像の白画素上にパーティクルを配置することを基本アイデアとし、自然な水滴画像を生成するためにマスク画像に対していくつかの画像処理を施す。二値画像は各種テクスチャ生成ツールや、あるいは手動でも簡単に描画できることから、アーティストの作業が容易になる。

2. 提案アルゴリズム

実際の結露現象を模したマスク画像を生成する手順を示す。まず、実際の結露には多角形の水滴が敷き詰められるように発生する特徴と、水滴の大きさがランダムになる

という2つの特徴が現れる。これらの特徴を持った二値画像を生成するため、Adobe Photoshopに搭載されているステンドグラスフィルタを使用する。このフィルタを用いることで、図1(a), (b)に示すように、大きさがランダムな多角形を画像中に敷き詰めるように生成できる。なお、画像を生成する際、以下のパラメータを入力することで図形の形状を制御する。

- セルの大きさ: 描画される多角形の大きさ
- 境界線の太さ: 描画される多角形間の境界線の太さ

ここで、結露において前者は水滴の大きさに、後者は水滴間の間隔を制御するパラメータに対応する。なお、図1(a)は大きなセルに太い境界線を発生させた結果、図1(b)は小さなセルに細い境界線を発生させた結果である。こうしてステンドグラスフィルタで生成されるグレースケール画像を二値化することで、パーティクル配置の目標とする白色領域を決定する。

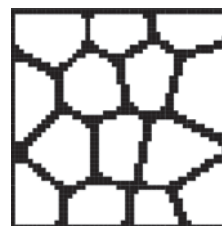


図1(a) 大きいセルに太い境界線を発生させた画像
Figure 1(a) An image with large cells and thick borderlines.

^{†1} 東海大学
Tokai University

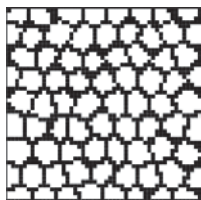


図 1(b) 小さいセルに細い境界線を発生させた画像

Figure 1(b) An image with small cells and thin borderlines.

次に、画像中の白色領域に対してラベリング[2]を行う。この処理により白の画素の連結領域を抽出し、ラベル番号を割り当てる。その後、抽出した個々の領域に対して収縮処理[2]を行う。この処理を行う理由は、パーティクルを配置する際、隣り合うパーティクル領域同士が凝着することを防ぐためである。そして、白い画素それぞれの座標上にパーティクルを配置する。最後に、生成したパーティクルをメタボール経由でポリゴンへ変換する。これにより領域内のパーティクル同士を凝着させ、元画像と類似した水滴モデルを生成する。

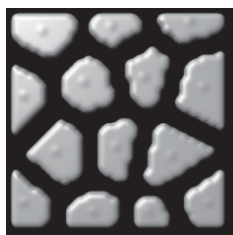


図 2 図 1(a)をもとにして生成される水滴モデル

Figure 2 Water drop model generated using Figure 1(a).

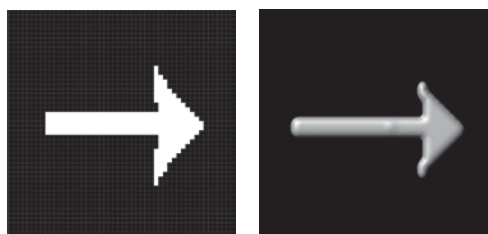


図 3 矢印画像をもとにした水滴モデル生成

Figure 3 Synthesis using arrow image

3. 実験結果

図 2 は図 1(a)を元画像として生成された結露を表す水滴モデルであり、元画像と類似した形状が得られていることが確認できる。また、図 3 には矢印を描画した二値画像をもとにした場合の実行結果を示す。このように、スタンドグラスフィルタで生成した画像以外の二値画像を用いた場合でも、元画像と類似した水滴モデルを生成できる。なお、元画像の大きさは図 2・図 3 とともに 50×50 ピクセルであり、計算時間は 1 秒以内であった。

ただし、現状では大きく分けて 3 つの問題点が残されている。まず 1 点目は、生成される水滴モデルが元画像よりも小さくなる点である。これは元画像に収縮処理を行った影響で、白い画素の領域が縮小されたためと考えられる。次に 2 点目は、生成される水滴モデルに界面張力が実装されていない点である。図 4 は図 2 の水滴モデルを横から見た際の画像である。本手法では、重力をはじめとした物理法則が考慮されないため、実際の水滴は横から見ると半円形に見えるのに対し、本手法を用いて生成される水滴モデルは図 4 のように平坦になってしまう。各領域の重心点に向かって高く積み上げるように追加のパーティクルを配置する方法が考えられるが、その検証は今後の課題である。



図 4 図 2 の水滴モデルを横から見た際の画像

Figure 4 Lateral view of water drop models of Figure 2.

最後の問題点は、個々の水滴モデルの大きさのばらつきが小さいことである。実際の結露ではいくつもの水滴が凝着した大きなものから目視で確認できないほど小さなものまで様々な大きさの水滴が不規則に敷き詰められている。それに対して、スタンドグラスフィルタを用いた方法ではこのばらつきを再現できない。多角形の大きさにばらつきを持たせ画像中に敷き詰める画像生成アルゴリズムを考案する必要がある。

4. おわりに

本研究では、結露を直感的かつ容易に制作する手法として、結露を模した二値画像を用いてパーティクルの配置を制御する手法を考案した。また、結露を模したもの以外の様々な二値画像と類似した水滴モデルを生成できた。本手法の利点として、個々のパーティクルの配置を白画素の描画によって代替できる簡易性が挙げられる。一方、収縮処理の影響で生成されるモデルが元画像よりも小さくなる欠点や、物理法則が考慮されないために横から見た際に生成されるモデルが水滴に見えなくなる欠点、生成されるモデルの大きさのばらつきが、実際の結露に比べて小さい欠点があるため、今後のさらなる改善が必要である。

参考文献

- [1] Wang, H., Mucha, P. and Turk, G., Water Drops on Surfaces, ACM Transactions on Graphics, 2005, 24(3), pp. 921-929.
- [2] 江尻 正員ら, デジタル画像処理, CG-ARTS 協会, 2004.