

I-079

水溜りの映り込みと波紋を考慮したビルボードによる降雨情景表現手法

A Billboard Technique for Real Time Rendering of Puddle in Rainy Scenes

松原 典子[†]
Noriko Matsubara安 ベヌア友章[†]
Tomoaki Benua Yasu高橋 時市郎[†]
Tokiiichiro Takahashi

1. まえがき

3DCG を用いて降雨情景を表現する手法は数多く研究されている[1][2][3]。より写実的な降雨情景を表現するためには、個々の雨滴に光の反射や透過を行う必要がある。そのため、リアルタイム性を求められるアプリケーションへの応用は難しい。本研究では、ビルボードを用いた降雨情景表現の手法に加えて、水溜りの映り込みと波紋を考慮した、よりリアリティのある降雨情景をリアルタイムで表現することを目的とする。

2. 従来研究

吉田ら[1]は、予め複数個の雨滴の軌跡を1枚の画像に描画したテクスチャを用意しておく。そのテクスチャをビルボードにマッピングして表示する手法を提案した。

Gargら[2]は、1粒の雨滴テクスチャを、視点、光源位置、雨滴の物理モデルを基に生成した雨滴テクスチャデータベースから取り出し、ビルボードにマッピングして表示する手法を提案している。これらの手法は、ビルボードを用いることにより、降雨情景のレンダリングコストを抑えている。

しかしながら、吉田らの手法[1]では、降雨量が増えると、画面全体が明るくなってしまふ。これは、ビルボードにマッピングされている雨滴の軌跡を描いたテクスチャが白く輝度も高いためである。本来、降雨量が多ければ雨雲が多く、厚くなるため、天空光が弱くなり、全体的に暗くなるはずである。

筆者ら[3]は、Gargらの手法[2]をベースにシステムを開発してきた。筆者らのシステムでは、降雨量や降雨が鉛直面となす角度を制御できる。しかしながら、リアリティ向上のために改良の余地がある。本稿では、降雨によって生じる水溜りと、その水面に生じる波紋を表現することによって、より写実的な降雨情景の生成を目指す。

3. 降雨情景表現

先に提案した手法[3]では、雨滴を模したテクスチャ(以下、雨滴テクスチャと呼ぶ)をビルボードにマッピングし、画面に対し、鉛直下向きに平行移動させることで、降雨情景を表現した。キーボード操作により、描画する雨粒の数と向きを変更することができる。また、異なる透過率の雨滴テクスチャをカメラからの距離によって切り替えることで、遠景のかすみを表現する。

3.1 雨滴テクスチャの生成

雨滴テクスチャには、Gargら[2]によって開発された雨滴テクスチャ(図1)を使用した。Gargらの雨滴テクスチャは、雨滴以外の画素に透過率が設定されていない。そこで、透過率を設定した雨滴テクスチャを作成した(図2)。

[†] 東京電機大学大学院 工学研究科
Graduate School of Engineering, Tokyo Denki University

雨滴画像に透過率を設定したことにより、雨の透明感も表現することができる。

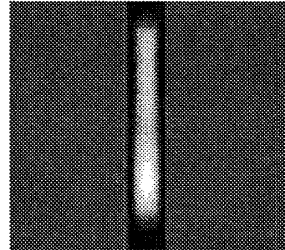


図1 Gargらの雨滴
テクスチャ例[2]

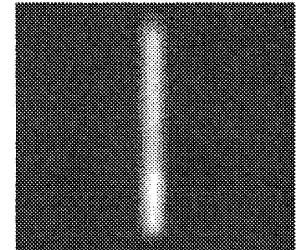


図2 作成した
雨滴テクスチャ

3. 2 ビルボードアニメーション

雨滴テクスチャがマッピングされたビルボードを、3D空間上にランダムに配置し、鉛直下向きに等速で平行移動させることにより、雨滴が落下する様子を表現した。また、雨滴が地面の位置に到達したら、降り始めの位置に戻るよう設定することによって、雨滴が降り続けている様子を表現した。

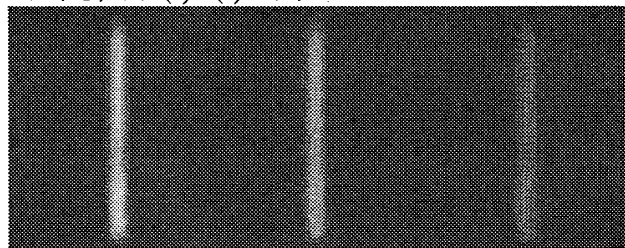
3. 3 降雨パラメータの変更

キーボード操作により、雨滴の数、雨滴の降雨方向等の降雨パラメータを変更できるインタフェースを開発した。降雨アニメーション起動時は、雨滴の数は10,000、降雨方向が鉛直方向となす降雨角度は0度に設定されている。キーボードの「↑」と「↓」キーにより、雨滴の数を1,000ずつ増減させることができる。また、「←」と「→」キーにより、雨滴の降雨角度を±5度ずつ変更させることができる。雨粒は最大80,000、降雨角度は±70度まで変更できる。

3. 4 かすみの表現

前節までの手法では、奥にある雨滴までもはつきり見えてしまう。本来、奥にある雨滴は、光の散乱・減衰によってかすんで見えるはずである。そこで、かすみの効果を導入する。

XNAでは、ビルボードにフォグを適用出来ないため、元の雨滴テクスチャと透過率の異なる雨滴テクスチャを3種類作成し、かすみの効果を実現することにした。図2の雨滴テクスチャの透過率を3/4、1/2、1/4とした雨滴テクスチャを、図3(a)~(c)に示す。



(a)図2の3/4 (b)図2の1/2 (c)図2の1/4

図3. 透過率を変更した雨滴テクスチャ

カメラからの距離が遠くなるにつれて、雨滴テクスチャの透過率が低くなるように雨滴を配置する。かすみの表現を加えて、雨滴の数を 20,000、降雨角度を 30 度にして生成した降雨アニメーションの一コマを図 4 に示す。

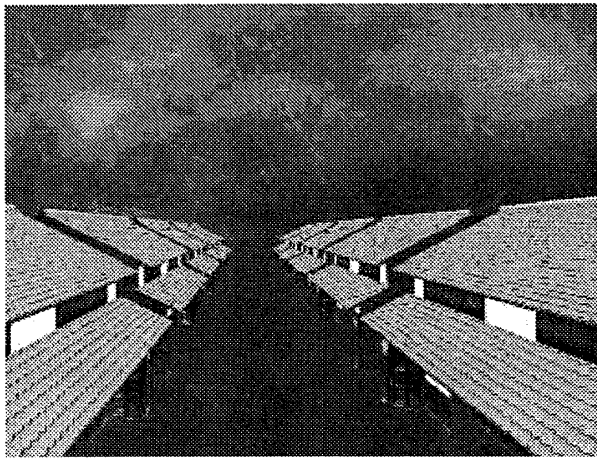


図 4. 降雨方向の変更とかすみの効果を加えた降雨情景

4. 水溜りと波紋の表現

降雨時の地面では、雨水が溜まり、水溜りができる。水溜りは、周囲の物体を映り込ませ、雨滴が当たると、水面に波紋ができる。

これらの水溜りの特徴を表現するために、水溜りのモデルと、波紋テクスチャをマッピングしたビルボードを用意した。

4. 1 水溜りの生成

水溜りの実写画像から、水溜り部分のみを抽出して、水溜りのテクスチャを作成した。このテクスチャをポリゴンにマッピングして、水溜りモデルとした。水溜りモデルは地面上に配置する。また、水溜りの水面部分のみに映り込みを生じるように、マスク画像を用意する。

水溜りへの映り込みを表現するために Beam Tracing [4]を用いた。Beam Tracingにより、水溜りへの映り込みをリアルタイムで表現することが出来た。図 5 に示すように、地面に生じた水溜りに家屋が映り込んでいる。

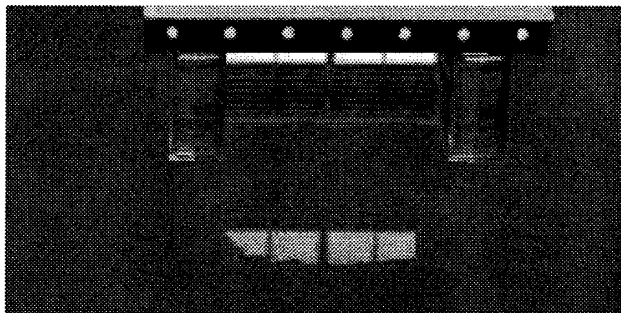


図 5. 家屋の映り込んだ水溜りの生成例

4. 2 雨滴により水溜りに生じる波紋の表現

4. 2. 1 波紋ビルボード

水面に生じる波紋を描いたテクスチャ（波紋テクスチャと呼ぶ）を作成する（図 6）。波紋テクスチャは、水面

が見えるように半透明にしておく。波紋テクスチャをマッピングしたビルボードを波紋ビルボードと呼ぶ。

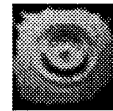


図 6 波紋テクスチャの例

4. 2. 2 波紋アニメーション

雨滴が水溜りに当たった瞬間を検出して、水溜りの水面より下に配置しておいた波紋ビルボードを、水溜りの水面より上に移動させ、波紋を表現する。次に、波紋が広がっていく様子を表現するために、波紋ビルボードを水溜りの大きさにまで拡大する。拡大した後、波紋ビルボードを、再び水溜りの水面の下に移動させながら、フェードアウトし、波紋が消滅する様子を表現する。この一連の動きを雨滴が水たまりに当たる度に行う。

波紋が生じた水溜りの様子を図 7 に示す。

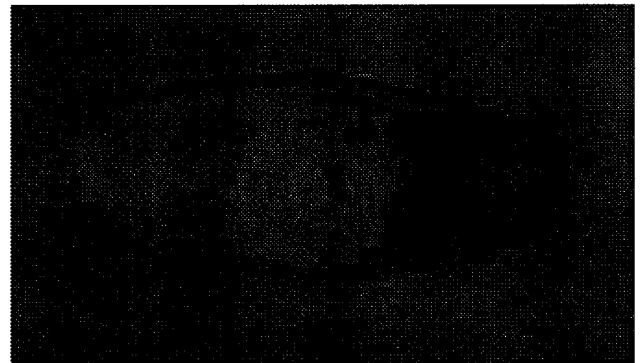


図 7 波紋が生じた水溜りの生成例

5. むすび

先に提案した降雨情景表現手法[3]に加えて、水溜りを考慮することによって、よりリアリティのある降雨情景を表現することが出来た。水溜りへの周囲の物体の映り込みと、雨滴が衝突した際に水溜りの水面に発生する波紋を表現した。

今後は、雨滴がはねる様子や、降雨量の変化に伴う天空光の変化についても検討を進めて行く。

参考文献

- [1] 吉田有希, 土橋宜典, 山本強, “ビルボードを用いた効率的な降雨シーンのレンダリング手法,” FIT2006 第5回情報科学技術フォーラム, J-005, pp.199-200 (2006).
- [2] Kshitiz Garg, Shree K. Nayar, “Photorealistic rendering of rain streaks,” ACM Transactions on Graphics (TOG), ACM SIGGRAPH 2006 Papers, Volume 25, Issue 3, pp.996-1002 (2006)
- [3] 松原典子, 田口博之, 森谷友昭, 高橋時市郎, “ビルボードによる降雨情景表現手法の検討”,平成 19 年度電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会 講演論文集, D-11-155 (2008).
- [4] P. Heckbert, P. Hanrahan, “Beam Tracing Polygonal Objects”, Computer Graphics (Proc. ACM SIGGRAPH '84), Vol.18, No.3, pp.119-127 (1984).