

CG 表示のための滝が凍結するシミュレーション

畔柳 有希 (指導教員：田中 敏光)

名城大学 理工学部

1. はじめに

水の流れをCG映像で表示する手法は数多く提案されているが、水の凍結の表現手法は少数しか報告されていない。その中で、坂ら(1)は滝が凍結する過程を表示する手法を提案した。この手法では、滝から落下した水が途中で冷やされて滝壺やその周りに凍りつく様子を、高さマップを使って表現している。しかし、粒子の数が十分ではないので、凹凸の大きな尖った氷が表示されてしまう。また、平均気温で凍結を判断しているため、夜間の冷え込みの効果は考慮されていない。本研究では、坂らの手法を改良して、より実物に近い滝の凍結の表示を目指す。

2. 滝のモデル

本研究では、滝壺付近から上に成長する氷筈の成長をシミュレーションする。滝口から落下した流水が落下中に冷却し、滝壺付近で凍結する様子を、次のように表現する。

2.1 水流の運動

水の流れはパーティクルシステムで表現する。粒子には、位置、速度ベクトル、質量、温度のパラメータを持たせる。粒子の初期位置は滝の上端とする。初速度は一定で、飛び出す方向は垂直方向に $-30 \sim 30$ 度、水平方向に $-30 \sim 30$ 度の範囲でそれぞれランダムに選ぶ。水滴の直径は $0 \sim 35\text{mm}$ の範囲でランダムに選ぶ。質量・表面積・体積は直径から計算する。

2.2 水滴の冷却

水滴は落下中に大気に熱を奪われて温度が下がる。このとき、水滴は大気によって十分に冷やされ、気温と同じ温度になると仮定する。ただし、水滴の最低温度は過冷却状態を考慮して -5 度とする。

2.3 気象条件

気象台発表の日々の最低／最高気温から1日の温度変化を推定し、1時間ごとに気温を更新する。風向きは一定とする。風力は、落下する水滴が拡散するように、一定の周期で変動させる。日照は氷を融かす要因としては重要だが、今回のモデルには含めない。

2.4 氷の成長

滝壺を中心として高さマップを置き、その各セルの値を増加することで氷の成長を表現する。また、同じ大きさの2次元マップを用意して、そこにそれぞれの位置の表面温度を記録する。

1ステップごとに粒子の高さと高さマップとを比較し、衝突を判定する。衝突したときの水滴の温度が 0 度以下、かつ、衝突地点の温度が 0 度以下であれば、水滴はその場で凍結する。このとき、水滴の質量に相当する値の高さマップを増やす。その他の場合は凍結せずに流れ落ちる。氷に衝突した場合は、表面が温められて氷は融ける。このとき、水滴と氷の温度差と水滴の質量とに比例した値だけ、高さマップを減らす。地面に衝突した場合は、水滴の温度により地面の温度が変化する。

流れ落ちる水滴により氷の表面が滑らかになる様子を表現するため、1日ごとに高さマップを平滑化する。

3. 氷の生成実験

以上の手法で12月から4月までの氷の成長をシミュレーションした。図1にこのとき用いた気温の変化を、図2に各月の末日の氷の画像を示す。

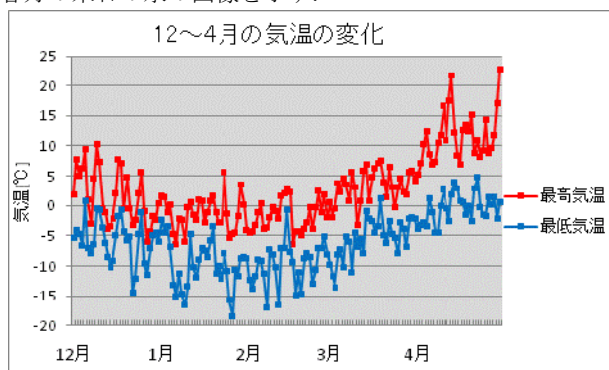


図1 12~4月の気温の変化

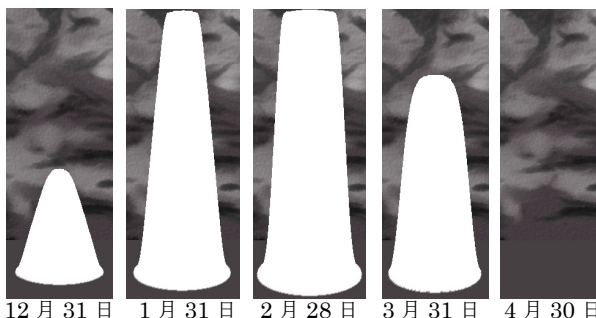


図2 氷の画像

上の画像には、気温が低くなる12月から2月にかけて氷が成長し、気温が高くなる3月から4月には氷が融ける様子が示されている。気温に応じた氷の成長と縮小を表すことができた。

4. まとめ

滝の凍結をシミュレーションする手法を改良した。水滴の数の増加や日ごとの平滑化処理を加えることで、滑らかな氷が表示できた。また、1時間毎の気温を使うことにより、氷の成長の様子を改善した。

5. 今後の課題

本研究では、氷が滑らかになりすぎてしまった。今後は、この問題を解決するため、風の揺らぎ等の乱れの要素を加え、水滴の分散を表現する。また、日照の影響を考慮し、日照による氷の融解も表現する。そして、映像をリアルにするため、氷が融けて質感が変化する様子をレンダリングする手法を検討する。

参考文献

(1) 坂この実 他：CGによる滝の凍結する表現，照明学会若手セミナー予稿集，pp. 34-35 (2009-3-7)