

降雨による水滴の落下シミュレーションとウェットマップの生成

droplet simulation and generating wet map by rainfall

島田 敬¹⁾
指導教員 菊池 司,

1) 東京工科大学 メディア学部 メディア学科 菊池研究室

キーワード: シミュレーション, 流体, CG

1. はじめに

コンピュータグラフィックスによる自然現象の再現は、コンピュータの歴史の中でも最初期から行われて続けている分野である。古くはCGシミュレーションが行えるのは国家機関の研究施設など、ごく一部でしか利用されていなかったが、技術の進歩に伴い、パーソナルコンピュータ一般家庭へと普及していったことで、コンピュータ技術もまた飛躍的に進歩、広域化していった。現在では研究分野のみならず、映像、エンターテインメント、医療、防災など様々な分野においてCGによるヴィジュアルシミュレーションは利用されており、より様々なシミュレーション手法の研究が行われている。そのうち、流体のシミュレーションは、川や土砂、海の波といった、大規模なシミュレーションが主流であり、水滴といった小規模なシミュレーションは傍流であるといえる^{[1][2]}。本研究では、降雨とそれによって物体表面に発生する水滴、および表面上の「濡れ」を再現する新しいヴィジュアルシミュレーション手法を考案するものである。

2. 流体シミュレーション概要

流体の動きをコンピュータ上で再現するためには、流体の動きを計算しなければならない。19世紀に Henri Navier, George Gabriel Stokes らによって定式化された Navier-Stokes 方程式によって、複雑で難解な流体の動きを計算に算出することが可能となった。Navier-Stokes 方程式は粘性が考慮された運動方程式である。それまでの流体力学において使われていたオイラー方程式では、粘

性を表すことができなかったため、粘度のある流体の算出は困難であった。現在の流体のシミュレーションにおいて、Navier-Stokes 方程式はほとんどの計算手法において利用されている。

$$\text{基礎方程式} \quad \frac{\partial u}{\partial t} + (u \cdot \nabla)u = \nu \nabla^2 u - \frac{1}{\rho} \nabla p + \int_{ext} \quad (1)$$

$$\text{粘性拡散項} \quad \int_i^{visc} = \mu \sum_j m_j \frac{u_j - u_i}{\rho_j} \nabla W_{vis}(x_j - x_i) \quad (2)$$

$$\text{圧力項} \quad \int_i^{pres} = - \sum_j m_j \frac{p_i + p_j}{2\rho_j} \nabla W_{pres}(x_j - x_i) \quad (3)$$

図1 Navier-Stokes 方程式

本研究では、流体を再現するためのパーティクルの制御手法に粒子法を利用している。粒子法では、流体そのものを計算点である粒子で表して算出する手法である^[2]。粒子法では複雑な形状のシミュレーションを可能としており、流体の些細な動きを表現することが可能となっている。

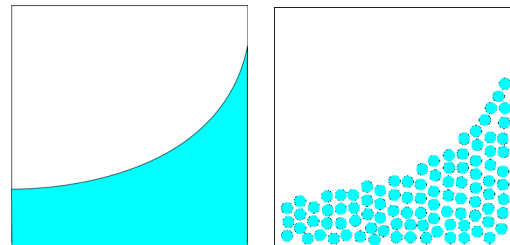


図2 粒子法による流体再現

3. シミュレーション手法

3.1 降雨のシミュレーション

降雨とは、雲の中の水滴が重力によって落下することで発生する。雨の起点となる Grid オブジェク

トを生成し、その表面に降雨パーティクルを生成する。降雨パーティクルの制御には Houdini において物理演算の機能を持つ DOP を使用する。降雨パーティクルは重力の力と風の力を受け、僅かにぶれながら下へと落下していく。また、降雨の内、ベースオブジェクト(後述)に接触するものは、接触地点にて停止し、Hit の属性を持つ。

3.2 水滴のシミュレーション

水滴には、重力の影響を受けて上から下へと移動し表面張力に沿って落下する動的な水滴、重力の影響を受けず、出現点から移動せず動的な水滴との接触によって融合、消去される静的な水滴の二種類を生成する、はじめにコンピュータ空間上に二種類の水滴を付加するベースオブジェクトを設置する。このベースオブジェクトの表面上に二種類の水滴それぞれの発生位置を表す出現点となるパーティクルを生成する。このうち、動的な水滴は降雨パーティクルの Hit 属性を持つものの周辺に発生する。動的な水滴の生成には、DOP を使用する。DOP 内部では、動的な水滴の出現点から発生するパーティクルの量、液体の持つ力、パーティクルにかかる重力を設定し、パーティクルとして出現する。静的な水滴には、物理学的な力は持たせないため、DOP 内部では発生させない。静的な水滴の出現点に沿って、3次元データである球体メッシュを配置し、それを変形させ水滴の形状を作り出す。この時点で静的な水滴はメッシュデータであるが、メッシュからパーティクルに変換を行う。動的な水滴であるパーティクルが静的な水滴であるパーティクルに接近したとき、静的なパーティクルは削除される。これらのパーティクルをメッシュデータに変換することで、水滴の再現を行っている。

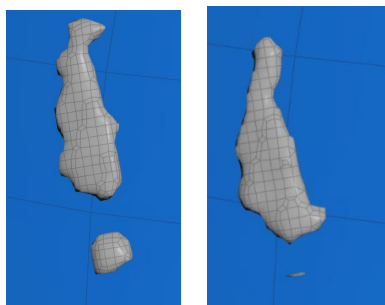


図3 動的な水滴と静的な水滴の衝突

3.3 ウェットマップの生成

ウェットマップの生成のため、ベースオブジェクト表面上に表面パーティクルを生成する。水滴表現のためのパーティクルと降雨パーティクルの液体パーティクル、そして表面パーティクルに、wetness という新しい属性を付加する。wetness は液体パーティクルに 1、表面パーティクルに 0 の値を持つ。水滴の持つ wetness は一定範囲内の表面パーティクルに転写される。wetness を持つ表面パーティクルはベースオブジェクトに wetness を色情報に変換されて転写される。これによって水滴と降雨の動きに沿った濡れの表現を行っている。

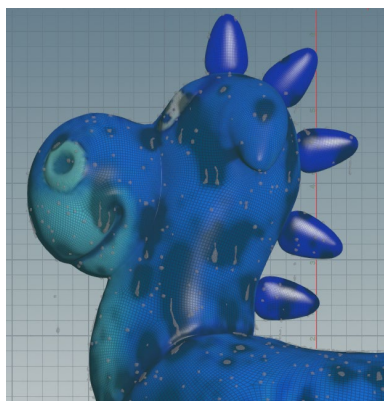


図4 濡れ表現

4. まとめと今後の展望

写実的な水滴のシミュレーションとそれによる濡れ表現の再現には成功することができた。現在の段階では水滴と降雨の関係性は薄い、より関係性を深めることによって、より現実的な見目のヴィジュアルシミュレーションが可能になると考えられる。

参考文献

- [1] Huamin Wang, Peter J. Mucha, Greg Turk 「Water Drops on Surface」
- [2] Eren Algan, Mustafa Kabak, Bulent Ozcuc, Tolga Capin 「Simulation of Water Drops on a Surface」
- [3] 名塚誠一 「粒子法による流れの数値解析」