

# OpenGLとOpenCVによる 結露のシミュレーション

イマムカイリルビス (情報工学分野)

指導教員 柳川和徳

## 1 はじめに

ゲームで温度を表現するひとつの方法は、結露を表示することである。結露は、冷たい物体に水滴ができる現象である。例えば、冷たい飲み物のグラスの表面には結露が生じる。結露を表示することで、ある物体が低温であることをプレイヤーに伝えることができる。

本研究では、この現象のシミュレーションを OpenGL と OpenCV によって実装する。図 1 は処理手順の概要である。まず、パーティクルシステムから水滴のデータを取得してハイトマップを生成し、その位置データを ID マップに格納する。次に、光の屈折を計算するために、フラグメントシェーダを使ってハイトマップを元に法線マップを計算する。屈折の結果により、水滴を通して環境マップのどの部分が見えるかが決まる。

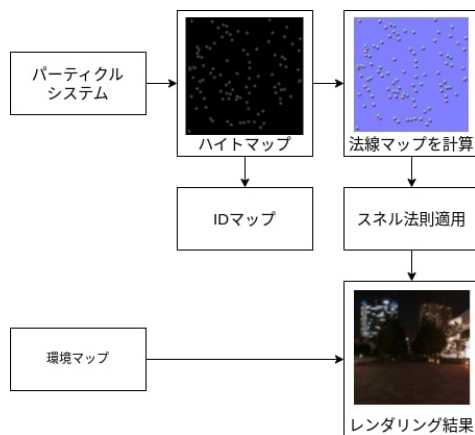


図 1: 処理の流れ

## 2 パーティクルシステム

すべての水滴の半径、位置、質量、密度等のデータを生成する。このデータは OpenCV を使って画像に変換される。

## 3 ハイトマップ

水滴の高さを表す二値画像である。半球形状となるように高さを設定している。

## 4 ID マップ

2 次元の配列で、各座標における水滴の有無を格納する。ハイトマップからハイト値をチェックすることで、ID マップはある座標に水滴があるかどうかを追跡する。水滴が重なっているかどうかを検出するために使用される。

## 5 法線マップ

水滴表面の法線ベクトルを表すために使用される。ハイトマップの導関数を計算することによって作成される。なお、この計算については、OpenGL のフラグメントシェーダ上で実行し、結果を保存せずに、代わりにスネルの法則 [2] を使用して光の屈折を計算するために使用される [1]。

## 6 環境マップ

周囲の環境を表現するために使用されるパノラマ画像である。環境マップは GPU に読み込まれ、屈折結果に基づいて参照し、水滴による背景の屈折を表現する。

## 7 進捗状況

現状、ほぼ適切に結露をレンダリングできている。しかし、使っているマップの解像度が低いため、図 2 に表示するように結果は画素の輪郭が目立っている。

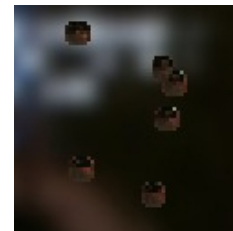


図 2: 現状のレンダリング結果

## 8 今後の課題

今後、以下のような実装を計画している：

- ・ハイトマップ生成アルゴリズムの改善。
- ・フレームごとにハイトマップを更新し、アニメーション効果を作成する。
- ・フレネル反射を計算し、結果にリアリズムを加える。

これらの改善により、シミュレーションがより現実的になると考えられる。

## 参考文献

- [1] Joey de Vries, “Learn OpenGL: Learn modern OpenGL graphics programming in a step-by-step fashion,” Kendall & Welling, 2020.
- [2] Douglas C. Giancoli, “Physics Principles with Application Sixth Edition,” Pearson Education International, 2005.