

# 豪雨時のワイパーによる排水のリアルタイム表示

田中 直幸<sup>†</sup> 田中 敏光<sup>†</sup> 佐川 雄二<sup>†</sup>  
 名城大学<sup>†</sup>

## 1. はじめに

豪雨時には大量の雨水がフロントガラスを流れ落ちるため、背景が歪んで見える。ドライビングシミュレータで豪雨を再現するには、歪みによる視認性の低下を表示する必要がある。

雨天時のフロントガラスの表現手法はすでに研究されているが、多くの手法では1つの雨滴を1つの粒子として扱う[1]ため、雨量が増えるとフレームレートが低下して、リアルタイム表示できなくなる。この対策として、ガラス面上の水の分布を格子モデルで表現する手法[2]が提案された。この手法の計算コストは雨量に依存しないので、豪雨の状態もリアルタイム表示できる。本研究では、先行研究にワイパーによる排水処理を追加して、土砂降り状態でのフロントガラス上の雨水の移動をリアルタイム表示する。

## 2. 先行研究

岩崎ら[2]は、フロントガラスを格子に区切り、各区画にその場所の雨水の量を記録した。

各区画の雨水は周囲8近傍の区画からの圧力により移動する。これを流出と流入に分けて処理する。流出では、図1に示すように、8近傍のそれぞれと水量を比較し、注目区画の水量が比較する区画の水量より多い場合に限り、差に比例した雨水をその区画に移動する。ただし、斜め方向は距離の差を考慮して、移動量を $1/\sqrt{2}$ 倍にしている。また、移動する水量の合計が区画の水量以下となるように比例係数を定めている。流入では、注目する区画の水量が比較する区画より少ない場合に限り移動を行う。移動量は流出と同じ方法で算出する。これらの処理により、各区画の水量は均一化される。

各区画の雨水は重力や風力などの外力を受ける。外力による移動では、まず外力ベクトルの合力を求める。次に、8近傍の中で合力方向にある1ないし2区画を選んで、合力の向きと大きさから移動する水量を決定する。

Real time simulation of heavy rain considering the drainage of the wiper

<sup>†</sup>Naoyuki Tanaka, Toshimitsu Tanaka, Yuji Sagawa  
<sup>†</sup>Meijo University

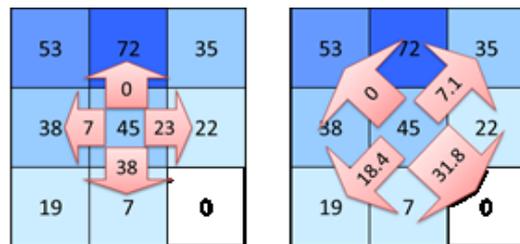


図1 拡散処理による雨水の移動

処理速度の点から、格子の解像度を画像の解像度より低くしている。このため、表示においては、格子の水量をバイキュービック補間で高解像度化して各画素における水量を求める。

格子の解像度は雨粒の形状を表示するには足りないため、落下直後の短時間だけ雨粒を粒子として処理する。この状態の雨粒はその位置に軸対象のポテンシャルを置き、その値をガラス面の水量に直接加算することで表示する。雨粒は時間ともに小さくなり、消滅する。その水量は、雨粒の位置を含む格子の区画に加算される。

## 3. 提案手法

ワイパーによる雨水の移動を表現するため、図2に示すように、ワイパーの巡回方向にワイパーと共に移動する格子を設定する。ワイパーがフロントガラス上の格子のある区画を通過するとき、ワイパーブレードがその区画の中心を横切る位置を求める。そして、通過する区画の水の全量を、横切る位置に接したワイパー格子の区画に移動する。

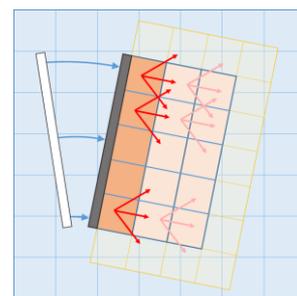


図2 ワイパー格子

ワイパー格子を使うことで、ワイパーに押された水の移動はワイパー格子の移動で置き換えられる。このため、ワイパー格子内では雨水の偏りをならず拡散処理と、重力や遠心力などの外力による雨水の移動を行う。

ワイパーで排水された雨水はワイパー格子のワイパーに隣接する図2のオレンジ色の区画に移動

するので、ワイパー格子内の雨水の量はワイパーに近いほど多くなる。このため、拡散処理では雨水をワイパーから遠ざかる方向に移動する。移動量はフロントガラスの格子と同じ手法で算出する。

ワイパー格子の外に拡散した雨水はフロントガラス格子に戻す必要がある。この処理を行うために、ワイパー格子を一回り大きく定義する。図2の薄い黄色の部分が増大された区画である。この区画に移動した雨水は、その時点で重なった位置にあるフロントガラスの格子に移動する。輪郭の格子は雨水の受け渡しだけに使うため、拡散処理の対象からは外す。

ワイパーが旋回方向を変えるときには、図3のように、ワイパー格子のそれぞれの区画について、そこに保存されている水量の全てをフロントガラス格子の対応する位置にある区画に移動する。そして、次に旋回する方向に空の格子を付け直す。フロントガラスの格子に移動した水は重力と拡散処理で下方に移動するため、ワイパーから離れた雨水がフロントガラス面を流れ落ちる様子を表示できる。

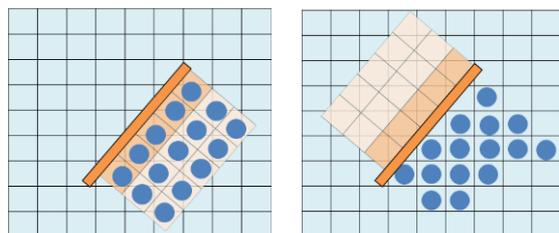


図3 格子間での水量の移動

ワイパー格子の雨水も、フロントガラス格子と同様に、バイキュービック補間で高解像度化してから画像の各画素に加算する。つまり、フロントガラス格子の水量とワイパー格子の水量は独立して処理され、画像上で合成される。その後、各画素の水量から法線マップを求め、その値に応じて背景画像の参照位置を変えることで、雨水による背景の歪みを表示する。

#### 4. 実験結果

図4と図5は各画素の水量を濃淡で表した画像である。図4ではワイパーは左から右へ移動しており、ワイパーの右側にワイパーに押されて移動する雨水が白く表示されている。ワイパーが右に進むにつれて、集められる雨水が増えるため、白い部分が広がっている。一方、ワイパーの左側は水が除かれて、黒く平坦になっている。

図5では、ワイパーから離れた雨水が落下していく様子を示している。ワイパーから離れた直

後はワイパー格子が折り返した場所が白く表示されているが、時間とともに雨水が拡散して灰色に変わる。また、雨水の落下により、上部から暗くなっていく。

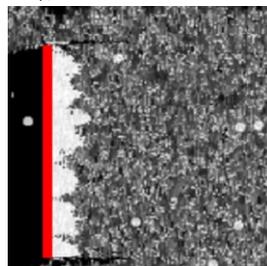


図4 ワイパーに押された移動

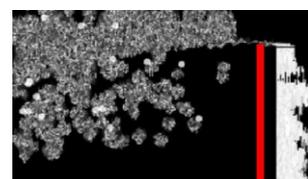


図5 折り返し後の雨水の落下

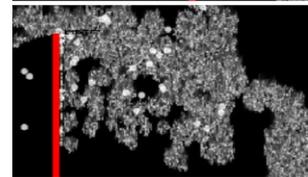
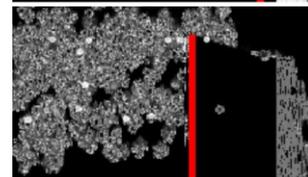
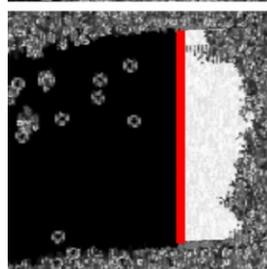


図6 図4の右側から作った画像

図6は図4右側の分布を使って生成した画像である。ワイパーの右側は雨水により背景が歪んでいるが、左側は水が除去されて背景がはっきりと表示されている。

#### 5. まとめ

土砂降り時のフロントガラスを流れる雨水を、ワイパーの前縁に設置した格子を使って移動する手法を提案した。画像生成実験により、豪雨時のワイパーによる排水をリアルタイムで表示できることを確認した。

#### 文献

- [1] 後藤 他：“フロントガラスを流れる雨滴の実時間表示”，電気学会論文誌 C, Vol.129-C, No.12, pp. 2152-2158 (2010)
- [2] 岩崎 他：“豪雨時の車のフロントガラスのCGシミュレーション”，照明学会東海支部若手セミナー予稿集, pp.1-2 (2012)