
パーティクルシステムを用いた 噴水のアニメーション

花田 俊輔

金田 和文

(広島大学 大学院工学研究科)

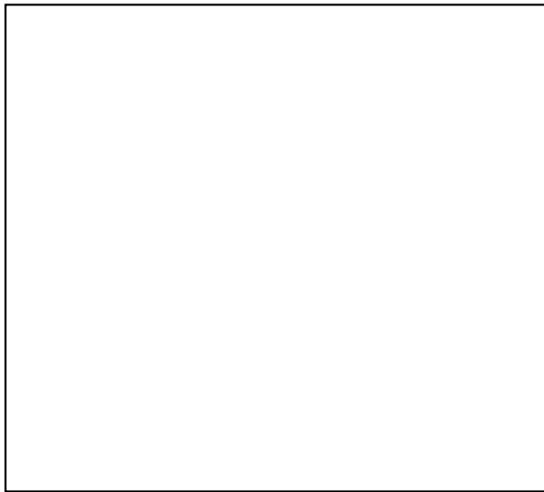
研究の背景

CGを用いた景観設計

建築物完成後の周囲の景観への視覚的影響や
建築物の見え方を事前に評価可能

公園の景観設計では …… 噴水や遊具などを含めて表示

水のアニメーション



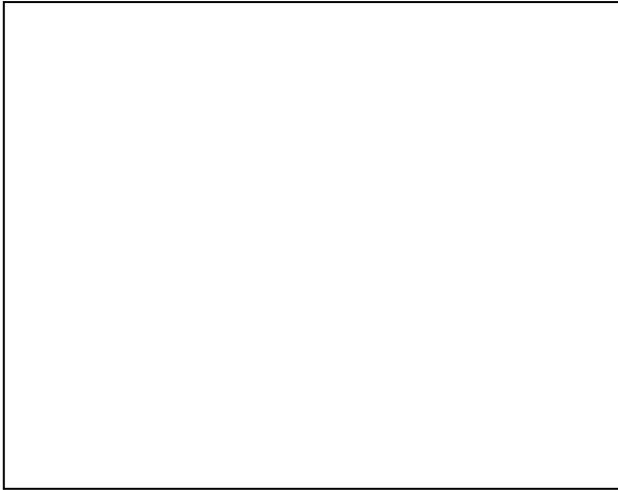
水滴の飛散[Golam 99]



ドライブシミュレータ[池田 99]

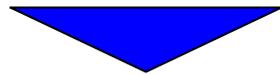
研究の背景

噴水のアニメーション



噴水のアニメーション[田坂 02]

- リアルな表示が行われていない
- 水流が表現できてない
- 飛散現象が表現できてない



動きや形状をリアルに表現するための
シミュレーション



実際の噴水

研究の目的

研究の目的

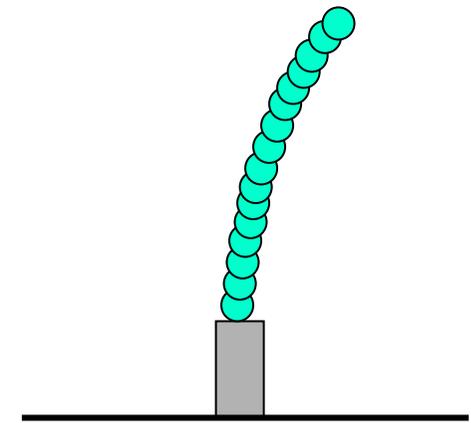
噴水のリアルなアニメーションの作成

シミュレーション手法

噴水中の水滴の軌道シミュレーション

レンダリング手法

環境マッピングを用いた水滴のレンダリング[松本02]



噴水における実際の現象

実際の現象

- ・水滴の落下
- ・水流の大きさの変化
- ・連続した水の射出
- ・水流から小さな水滴への飛散
- ・水の動きに伴うブレ

実現方法

- ・重力、空気抵抗力の考慮
- ・正規分布に従った大きさの変化
- ・射出時間間隔の設定



パーティクルシステム

噴水は流体であるため表示が困難

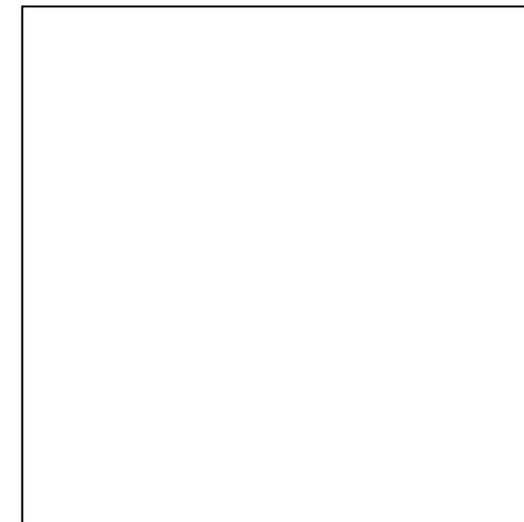
→ パーティクルシステムを用い、簡単かつ高速に表示

パーティクルシステム

火や水などの特定形状を持たない物質を
多数の粒子を用い、動きを含めリアルに表現する手法

水滴が持つ情報

- ・位置
- ・質量
- ・速度
- ・形状



火の表現[Inakage 92]

水滴の位置、速度算出

水滴にかかる力

重力

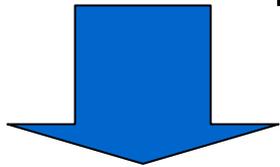
$$F_g = mg$$

m : 水滴の質量
 g : 重力

空気抵抗力

[平山 68]

$$F_{at} = -\frac{CS\rho_a}{2} |\mathbf{v}_t|^2 \frac{\mathbf{v}_t}{|\mathbf{v}_t|}$$



C : 空気抵抗係数
 S : 水滴の断面積
 ρ_a : 空気密度

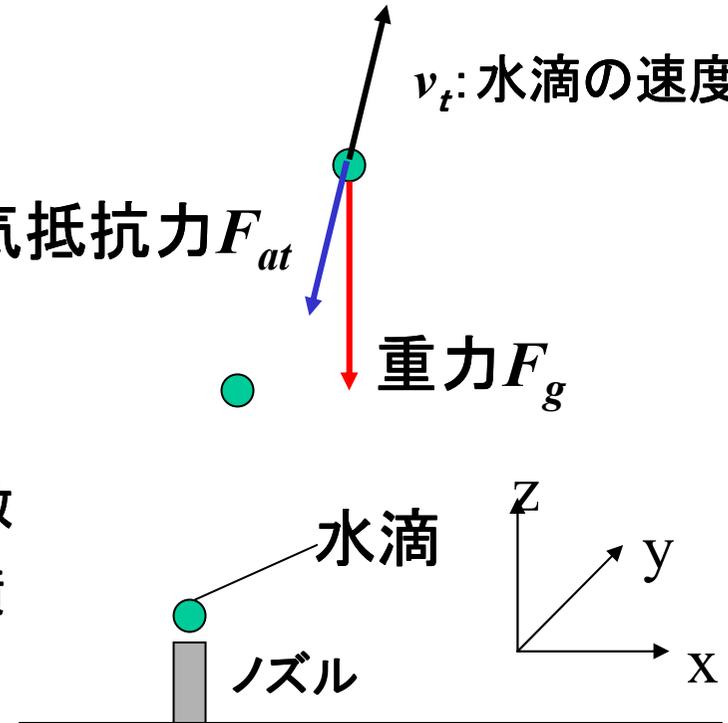
運動方程式

$$m\mathbf{a}_t = \mathbf{F}_g + \mathbf{F}_{at}$$

空気抵抗力 F_{at}

重力 F_g

v_t : 水滴の速度

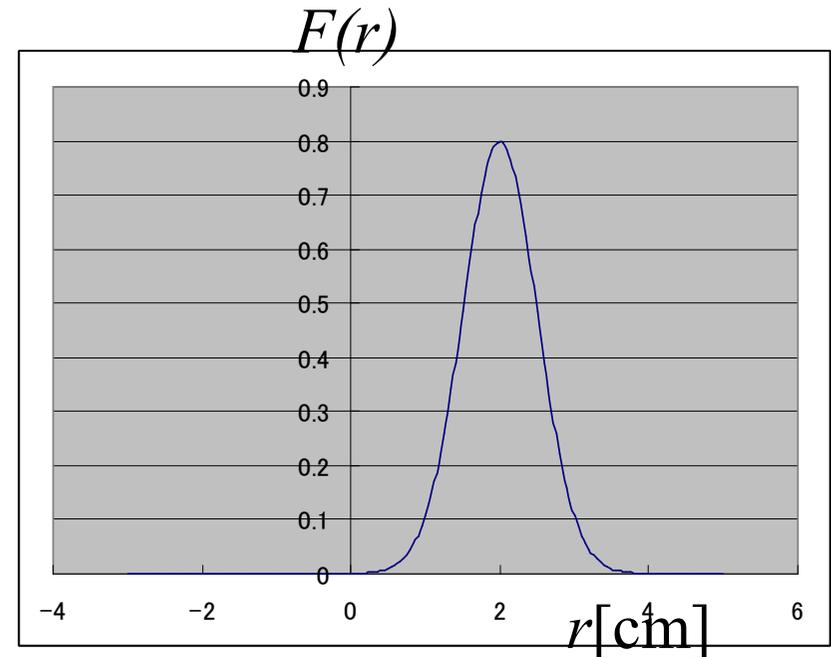


初速度: 噴水にあわせて設定
初期位置: ノズルの先端位置

水滴の半径

自然のゆらぎによる大きさの変化を表現

- 水滴の形状=球
- 水滴の平均半径=ノズルの半径
- 半径は正規分布により分布



水滴の半径大きさ r の分布

水流の表現

パーティクルシステムを使った水流の表現

水滴の射出時間間隔を適切に設定



連続的に水滴を表示し、水流を表現



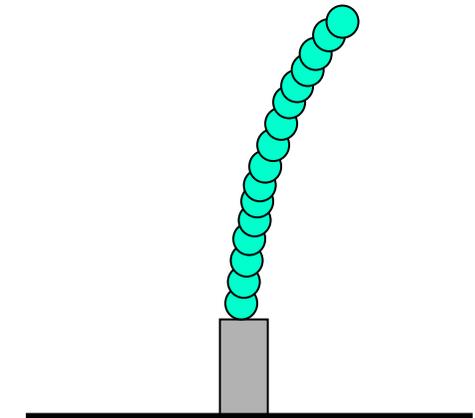
1/30秒ごとの水滴の射出

水滴の射出時間間隔 = 水滴の平均半径を最速時の速度で進む時間

$$\Delta t = r_{ave} / v_0$$

r_{ave} : 水滴の平均半径

v_0 : 水滴の初速度



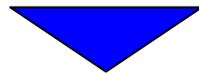
適用結果



平均半径 $r_{ave} = 2.0$ [cm] 標準偏差 $\sigma = 0.5$ [cm] 空気抵抗係数 $C = 0.3$
空気密度 $\rho_a = 1.2$ [kg/m³] 初速度 $v_0 = 10.05$ [m/s] (鉛直成分 10 m/s)

適用結果の考察

- ・射出時間間隔の適切な設定により水流の表現
- ・現在の射出間隔との設定方法と水滴の大きさの設定方法では小さな水滴が表示できない



自然のゆらぎの表現方法を変更する必要がある

- ・空気抵抗力の考慮により、自然な軌道が表示



空気抵抗力を考慮しなかった場合



空気抵抗力を考慮した場合

まとめ

- 水滴に作用する力を考慮した軌道シミュレーション

 自然な噴水の軌道の表現

- 水滴の射出時間間隔の適切な設定

 水流の表現

今後の課題

- 自然のゆらぎによる大きさの変化の表現
- 水が水流の周辺に飛散する現象を表現する手法の開発