水流のしぶき発生に関する考察

5AD－9

徳山 哲朗　山本 強　高井 昌彰
北海道大学工学部　北海道大学大型計算機センター

1 はじめに

本研究は、並列機などの特殊なハードウエアを用いずに一般の PC 上で、リアルタイムに水流の挙動のモデリングとレンダリングを行うことを目標としている。現在取り組んでいる課題は、Height Field 上の水からパーティクルへの変換によって、しぶきを発生させることである。そこで、この論文では、しぶきの発生に必要になると思われる Height Field 上の水の速度の算出手法と、しぶきの発生条件に関する考察を述べることにする。

2 水のモデリング

水のモデリングは、パーティクルモデルと Height Field モデル [1] を併用したものを用いている。パーティクルを Height Field 上の水に変換するアイディアは [1] にも用いられているが、本研究では、水をこの２つのモデル間で相互変換する事によって、モデリングを行う手法を提案する。ここでは、[1] で Height Field 上の水の移動を算出したのと同様な手法で、Height Field 上の速度の算出法を述べる。[1] から抜粋した式を次にしめす。u, h, d, g はそれぞれ、Height Field 上の速度、水面の高さ、水の量、重力加速度を表している。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + g\frac{\partial h}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + d\frac{\partial u}{\partial x} = 0$$

[1] ではこの２式をそれぞれ x、t に対して微分を行い、幾つかの項の影響を無視して水面の高さ h を算出しているが、本論文では、逆にそれぞれ t、x に関して微分を行う。その結果、

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - gd\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0$$

を得る。あとは、[1] と同様な手法で離散系で解き、n をステップ数、w を Height Field 上のグリッド数とすると、速度 u が次式によって求めることができる。

$$Mu_i(n) = 2u_i(n-1) - u_i(n-2)$$

$$M = \begin{pmatrix} j_0 & f_1 & & & & & \\ f_0 & j_1 & f_2 & & & & \\ & f_1 & j_2 & f_3 & & & \\ & & & \cdots & & & \\ & & & & f_{w-4} & j_{w-3} & f_{w-2} \\ & & & & & f_{w-3} & j_{w-2} \end{pmatrix}$$

$$j_k = 1 + g(\Delta t)^2\left(\frac{d_k + d_{k+1}}{(\Delta x)^2}\right)$$

$$f_k = -g(\Delta t)^2\left(\frac{d_k + d_{k+1}}{(\Delta x)^2}\right)$$

この式から明らかなように、水が与えられた場合、その場所における速度を、与えた水量によって変化させる必要がある。そうしなければ、速度はいつまでも変化しない。これは、速度が水量から直接求まるというよりも、水が速度を運ぶような形式になっているためである。

3 しぶきの発生

しぶきは、Height Field 上の水をパーティクルに変換することによって発生させる。そのために、水の速度と、水の増加量のパラメータを利用する。水の増加量がある閾値を越えた場合に、閾値以上の水をパーティクルに変換する。ここで、発生したパーティクルの初速度は、Height Field 上の速度と増加量で決定するようにして、ある範囲内でその方向がランダムに乱されるようにする。

4 まとめ

本論文で、パーティクルと Height Field の２つのモデル間で水を相互変換することによって、水のモデリングを行う手法を提案した。また、しぶきの発生に必要な速度の算出法を述べた。現段階では、しぶきの発生が不自然なので、さらなる改良を加えていきたいと考えている。

参考文献

[1] Michael Kass and Gavin Miller"Rapid,Stable Fluid Dynamics for Computer Graphics" Proc. SIGGRAPH'90(August 1990),pp 49-57

A Proposal of Water Spray Generation
Teturo Tokuyama, Tsuyoshi Yamamoto, Yoshiaki Takai
Hokkaido University