

GPUと粒子法を用いたガラス細工体験システム

瀬田陽平

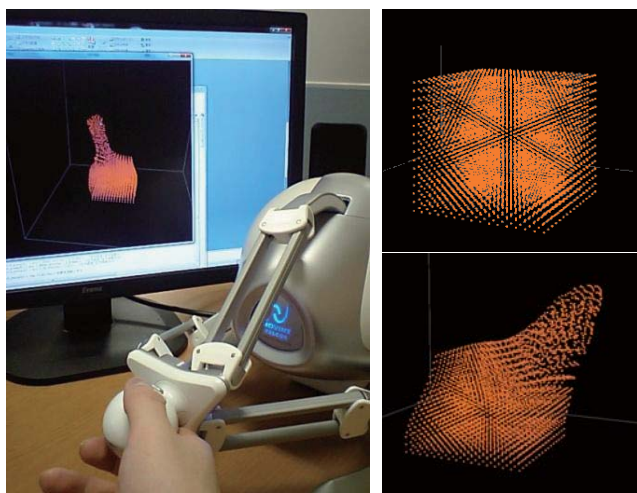
東京工科大学大学院

渡辺大地

東京工科大学

背景と目的

近年、GPGPUの発展により、従来長い計算時間をかけてシミュレーションを行っていた流体や粘弾性体などの物理シミュレーションを用いたシステムの対話的な操作が比較的安価なGPUを用いることでも可能になり、それらを用いたシステムの研究が盛んに行われている。また一方でCGの分野では様々な芸術手法を擬似的に体感可能なシステムの研究がなされてきている。その中でも、ガラスのような高い粘性を帯びた流体の変形について、既存のガラス細工体験システムでは形状の分裂が行えない等の問題があった。そこで本研究ではガラス細工の変形をGPGPU技術を用い対話的に流体シミュレーションを行うことで表現し、より現実に近い変形操作が可能なガラス細工体験システムを実現することを目的とする。



提案手法

本手法では、ガラス細工の形状を粒子モデルにより表現し、3次元位置入力が可能なデバイスを用いユーザーが任意の粒子を選択し、デバイスの移動速度を選択中の粒子へ与えることでガラス細工の変形操作を表現した。粒子の運動は質量保存則を表す連続の式と非圧縮性流体の支配方程式

であるNavier-Stokes方程式により記述し、流体としての挙動を表現した。式(1)は連続の式であり、式(2)はNavier-Stokes方程式である。

$$\nabla \cdot \mathbf{v} = 0 \quad (1)$$

$$\rho \frac{D\mathbf{v}}{Dt} = -\nabla p + \mu \nabla^2 \mathbf{v} + \mathbf{f} \quad (2)$$

ρ 、 \mathbf{v} 、 p 、 μ 、 \mathbf{f} はそれぞれ密度、速度ベクトル、圧力、粘性係数、外力を表し外力には重力とデバイス操作による力を含む。式(1)は粒子の質量を定数とすることでこれを満たした。式(2)の右辺第一項と第二項はそれぞれ、圧力項と粘性項であり、個々の粒子での値を得るため、本手法ではSPH法[1]を用いて離散化し、粒子に作用する力を求めた。粘性項の粘性係数 μ はその流体の粘性の強さを表し、本手法では高温状態でのガラスの粘性係数の物性値からガラスの変形に適している温度域での値を粒子モデルの粘性係数として設定した。粒子の作用力から速度を求め、速度の時間微分に従い粒子を移動し、これをガラスモデルの変形挙動とした。本手法で用いた粒子の作用力計算は、並列化することが可能であるため、NVIDIA CUDAを用いたGPGPU実装により並列処理を行い高速化を図った。これらにより対話的な操作が可能なガラスモデル変形システムを実現した。

今後の展望

- シミュレーション結果のフィードバックによるガラスの変形時の感触の表現
- 反射屈折を考慮したガラスの質感表現

参考文献

- [1] Gingold, R. A. and J. J. Monaghan (1977): Smoothed particle hydrodynamics: theory and application to non-spherical stars. *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 181, pp.375-89.