

多相流体シミュレーションを可能とする
非圧縮性 SPH 法の開発
MultiIISPH: An Extended Implicit Incompressible SPH
for Multi-fluid Flow

学籍番号：201721702

氏名：渡辺 拓希

Watanabe Hiroki

流体の運動をシミュレートする技術として、粒子法シミュレーションの一種である Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) 法は長きにわたり研究されてきた。SPH 法は、現在までに数多くの自然現象シミュレーションに応用されており、本研究で取り扱う多相流体流れもまたシミュレーションの対象となっている。多相流体流れをシミュレートする場合、流体間における正確な相互作用計算が重要となる。そしてそれを実現するためには、流体境界における正確な密度計算と非圧縮性の確保が必要となる。しかし、それぞれの要素を満たした SPH 法は存在するものの、両方を満たした SPH 法に関しては未だ提案されていない。

本論文では、粒子密度を用いた密度計算を導入し、また粒子密度をベースとした圧力のポアソン方程式を解くことで、両方の要素を満たした SPH 法を実現する。密度計算に関して、従来の SPH 法では、近傍にある他の流体の物理量パラメータに依存した計算を行うため、境界付近で正確な密度分布を求めることができない。一方粒子密度は近傍の粒子分布のみに依存するパラメータであり、それ以外の物理量パラメータからの影響を受けない。この性質を利用した密度計算を導入することで、近傍の粒子を自身と同じ種類の流体であるとみなすことができ、境界付近で正確な密度分布を得ることができる。非圧縮性に関して、本手法では非圧縮性 SPH 法の一つである Implicit Incompressible SPH (IISPH) を用いる。IISPH は、圧力のポアソン方程式を反復法で解くことにより非圧縮性を保つ手法である。ここで解いている圧力のポアソン方程式をさらに粒子密度ベースの式に修正することで、多相流体シミュレーションを非圧縮で行うことができる。提案法を用いて複数の液体の相互作用、また表面張力計算の補正を用いた気泡シミュレーションを行い、相互作用計算の安定性向上を含め、従来法では不可能だったシーンを再現することが可能となった。

今後の発展として、現段階では気泡シミュレーションにおける気泡の発生については考慮していない。正確な相互作用計算が維持できるような気泡の生成法を考案することで、表現できるシーンの幅が広がると考えている。また、GPU による並列計算を行うことで、大幅な計算時間の短縮を目指す。

研究指導教員：三河 正彦

副研究指導教員：藤澤 誠