

# 視覚的なパラメータ設定に基づく 安定した炎のシミュレーション

## Flame Simulation Based on Visual Parameters

学籍番号：201921638

氏名：田代 祐美伽

Tashiro Yumika

コンピュータグラフィックス (CG) の分野において、自然現象をより正確に再現することができる物理シミュレーション技術の研究が数多く行われている。中でも、炎は映画やゲームなどでも多用される自然現象の一つであり、様々なシミュレーション手法が研究されてきた。炎は流体と同じ性質を持つため、流体シミュレーション手法の一種である粒子法を用いた先行研究が多くある。最新の研究では、GPU などによる並列計算によりリアルタイムでのシミュレーションも可能となっているが、力学ベースでのシミュレーションは計算結果が発散しやすく、現象の複雑さから多くのパラメータを調整しなければならず、形状制御をしながら安定したシミュレーション結果を得ることが難しい。そこで本研究では、位置ベースの PBF (Position Based Fluid) と陰解法を用いて計算を安定させ、視覚的なパラメータによってユーザが容易に形状を制御できるような炎のシミュレーション手法を提案する。

先行研究では力学ベースでシミュレーションを行っており、加速度や速度を時間積分して位置を計算している。そのため、積分による誤差が蓄積し計算結果が発散しやすい。それに対し、制約条件に近づくよう反復的に位置を修正していく位置ベースでのシミュレーション (PBF) を導入することで、不自然な挙動を見せたり発散してしまったりすることをなくすことができる。また、炎のシミュレーションでは熱の計算も必要となるが、従来法では陽的な手法を用いていたため、ユーザが熱の伝わりを表すパラメータやタイムステップ幅を大きくしたときに不安定になっていた。ユーザによるパラメータ制御を容易にするために、本研究では熱計算に陰解法を適用する。以上のように、PBF で位置計算を、陰解法で熱計算を安定化させることで、パラメータを変更しても安定した計算結果が得られるシミュレーションを行う。

安定したシミュレーション手法に加え、ユーザが簡単に炎の形状を制御できるようにするため、炎の規模を変えるパラメータ volume、高さを変えるパラメータ height、広がり具合を変えるパラメータ spread、乱れ具合を変えるパラメータ turbulence の 4 つのパラメータを提案する。物理的なパラメータから視覚的な形状変化に直接対応するパラメータに変換することで、CG や物理学に精通していないユーザでも容易に制御できる炎の CG シミュレーションを実現する。

以上の手法を実装し、炎らしいシミュレーション結果が得られることと、提案する 4 つのパラメータが実際に視覚的な形状変化と対応することを確認した。しかし、パラメータの数値と炎の大きさが線形に変化していないパラメータがあるため、フィードバック制御などを用いて調整する必要があることや、リアルタイムでのシミュレーションが実現できなかったため、GPU を用いた高速化が今後の課題である。

研究指導教員：三河 正彦

副研究指導教員：藤澤 誠