

インクドロップのビジュアルシミュレーション

Visual simulation of inkdrop in water,

齊藤 駿輔
指導教員 菊池 司

東京工科大学 メディア学部 菊池司研究室

本研究では、インクを水中に落としたときの特徴的な挙動を 3DCG の流体シミュレーションで再現し、文字の形に合わせてインクドロップの挙動制御を可能としている。自然科学の法則に沿ったシミュレーションだけでなく、デザインの分野での使用も期待できる。

キーワード：流体シミュレーション，制御可能，パーティクル，インクドロップ

1. 研究背景

近年、デジタル技術の進展により、視覚効果（以下 VFX 称する）およびコンピュータグラフィックス（以下 CG）の分野でリアルな物理現象の再現がますます重要視されている。特に、3次元コンピュータグラフィックス（以下 3DCG）を用いて流体の動きや挙動を精密に再現することは、映画制作、ゲーム開発、科学的シミュレーションなどでのリアリティの向上に不可欠である。そこで、本研究ではインクを水中に落とした際に見られるインクドロップの様子を、流体力学の支配方程式であるナビエ-ストークス方程式を応用したオイラーの方程式を採用し、3DCG で表現する方法に加え、水中のインクの挙動を制御可能にし、意図した形に変化させる手法を提案する。

2. 研究目的

本研究では、流体力学に基づいたインクドロップの様子を 3DCG でシミュレーションできるようにし、そのパラメータ制御を簡易的に行えるようにする。また、水中での挙動の制御を可能とし意図した形に変化できるようにすることで、デザインの分野等の制作での利用を目的とした。

2. 本研究の新規性

3DCG ソフトウェアを使用することで、インクド

ロップの再現は可能であるが、インク内で混合している物質の数値や割合を簡易的に制御できるものではない。また、水中での挙動制御を目的とする物は見つからなかった。

本研究では、流体力学に基づいたインクドロップの様子を 3DCG でシミュレーションできるようにし、そのパラメータ制御を簡易的に行えるようにする。また、水中での挙動の制御を可能とし意図した形に変化できるようにすることで、デザインの分野等の制作での利用を目的とした。

3. インクドロップの定義

本研究では、インクドロップとは液体にインクを垂らしたときに液体中にインクが広がる現象と定義する。インク内の成分の割合や、絵具を使用した場合はどのくらい溶けているかによって挙動が変化する。

4. 研究手法

3DCG で流体をシミュレーションする分野では流体力学における支配方程式である、以下に示すナビエ-ストークス方程式と連続の式を解く。

ナビエ-ストークス方程式における、 ρ は流体の密度、 \mathbf{u} は速度場、 ν は動粘性係数、 p は圧力、 \mathbf{f} は外力である。また、(1)の式は左から移流項、圧力項、粘性項、外力項を表している。移流項は速度場の非線形性を示し、流体の動きを表している。これ

により、流体の速度場が流れや渦の発生、乱流などの複雑な挙動を表現することができる。圧力項は発散を制御して圧力を均一に調整し、流体内の質量が変化しないように制御している。これにより、物理的に現実的な流体の挙動を表現することができる。粘性項は速度場の滑らかさや減衰を表現する。

5. シミュレーション手法

シミュレーションするにあたり Houdini 内の DOP Network という機能を利用する。また液体ごとに流体となるジオメトリオブジェクトを作成し、そのジオメトリオブジェクトをパーティクルに変換して液体表現を行う。

それぞれのパーティクルに、密度 “density”、粘度 “viscosity” を付与し、そのパーティクル内のどのくらいを占めるかのパラメータで設定可能とした。

本研究では、インクの成分の分析からインクの成分を3分し、パラメータの違いを設けることで挙動を再現した。

6. 結果

本研究では、3DCG ソフトウェア上でビジュアルシミュレーションを行う手法について提案した。ナビエストークス方程式とその連続の式を解くことでインクドロップを再現することが可能である。また、インクドロップの挙動制御が可能となっており、意図した形に遷移させることができる。インクドロップの自然科学上のリアリティのあるシミュレーションだけでなく、デザインの分野での使用も期待できる。

7. 今後の展望

今後は、インクドロップの挙動制御を難しい形への適用を目指す。また、遷移させる形に寄ってインクの落とす数や量を変化する機能の実装、アニメーションの精度向上が課題として挙げられる。

8. 参考文献

- [1] 林彦力, “拡散現象を制御可能とした水と墨汁の流体シミュレーション”, 画像電子学会研究会 11-02-02, (参照 2024-08-12).
- [2] KENTARO NAGASAWA, “Mixing Sauces: A Viscosity Blending Model for Shear Thinning Fluids”, ACM Transactions on Graphics, Volume 38, Issue 4, Article No.: 95, July 2019, pp 1-17, (参照 2024-08-13).
- [3] 田中健大, “FLIP と 1/f ノイズによる水中砂塵のプロシージャルアニメーション”, 学術科学会文誌 Vol..15 No.2 pp55-65, https://www.jstage.jst.go.jp/article/ar-tsci/15/2/15_55/_pdf, (参照 2024-08-13).
- [4] 株式会社 UBE 化学分析センター, “インクの組成分析”, https://www.ube.co.jp/usal/documents/o393_142.htm, (参照 2024-08-13).
- [5] Houdini, “流体”, sidefx, <https://www.sidefx.com/ja/docs/houdini/fluid/index.html>, (参照 2024-08-14).
- [6] CGWORLD, “Online Tutorials”, CGWORLD, <https://tutorials.cgworld.jp>, (参照 2024-08-13).