

流体シミュレーションを応用したモーショングラフの生成

内田裕
東京工科大学メディア学部
m011206803@edu.teu.ac.jp

菊池司
東京工科大学
kikuchitks@stf.ac.jp

キーワード: モーショングラフ, 流体シミュレーション

1 はじめに

モーショングラフは動いている被写体を撮影した時に生じるブレであり、その形は被写体と同じ形を保ちつつ残像として残る。しかしアニメーションや漫画の二次元の世界においては、オブジェクトがどのように動くかをわかりやすく見せる場合に非写実的なモーショングラフの表現を用いる。これらは、モーショングラフの表現の省略方法として非常に便利であり、同じオブジェクトを複数描かずとも軌道が読み、動きの流れが認識できる (図 1)。



図 1 非写実的なモーショングラフ (参考文献[1]より)

一方、近年の日本のアニメーションにおいて、従来の手書き作画と併用する形で 3DCG による画像生成が使われる場合が増えている。この場合、手書きアニメーション風にレンダリングされた 3DCG 映像が使われるため、モーショングラフに関しても写実的なものだけではなく表現の多様性が必要となってきた。

そこで本研究では、モーショングラフに流体シミュレーションを取り入れ、オブジェクトが高速で動いた瞬間にオブジェクトの周囲で巻き起こる乱流現象を可視化する形でモーショングラフを表現する手法を提案する。

2 関連研究

川岸ら [1] は、2次元アニメーションや漫画などで用いられる非写実的なモーショングラフを「カートゥングラフ」と定義し、体系化を行った。その中で、線、残像、および歪みの3種類に分類し、それぞれをCGで再現する手法を提案した。そして、大林ら [2] は川岸らが提案したカートゥングラフを 3DCG に応用するための手法を提案した。Schmidら [3] は、TAO (Time Aggregate Object) という

データ構造を提案し、これを応用してアニメーションに高品質なモーショングラフを付加する手法を提案した。さらに、Tian-Chen [4] は流体力学を応用したモーショングラフをリアルタイム 3DCG に応用する手法を提案した。しかしながら、これらの研究例では、オブジェクトが高速で動いた瞬間にオブジェクトの周囲で巻き起こる乱流現象を可視化する形でモーショングラフを表現したものはない。

3 オブジェクト周囲に巻き起こる乱流現象

高速で運動するオブジェクトの周囲に巻き起こる乱流速度場を、グリッドベースによるオイラー法 [2,3] を用いて計算する。この手法では、以下の非圧縮性ナビエ・ストークス流体方程式を用いる。

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} = -(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \nabla^2 \mathbf{u} + \mathbf{f} \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0 \quad (2)$$

ここで、 \mathbf{u} は速度ベクトル、 t は時間、 ρ は流体の密度を表す定数、 p は圧力、 ν は動粘性係数、 \mathbf{f} は外力を表す。本手法では、外力にはオブジェクトの運動から引き起こされる力を考慮することとする。

式 (1)、および (2) から計算された速度場にしたがって、オブジェクトから発生させたパーティクルを運動させる。この際、発生するパーティクルは発生した箇所のオブジェクトとおなじ材料を有するものとする。このパーティクルをレンダリングすることで、オブジェクトの残像が乱流によって揺らめくようなモーショングラフを生成することができる。

4 PBVR (particle-based volume rendering)

前述のように発生させたパーティクルを利用して、パーティクルベースボリュームレンダリング (PBVR : particle-based volume rendering) を行う。

小山田らが提案した PBVR [7] では、パーティクル生成とパーティクル投影という 2 つの処理ステップから構成されているが、本研究では粒子生成は前述のパーティクル生成で完了しているため、パーティクル投影だけで画像を得ることができる。

PBVR を用いることにより、シミュレーション空間の密

度関数を計算することなく画素値を得ることが可能となる。

5 これまでの成果と今後の予定

モーシオンブラーの軌道が見えやすいオブジェクトの形として、初めに剣のモデリングを行い、アニメーションを加えた。次に、アニメーションの軌跡に沿って、その動線方向を外力ベクトルとし、式 (1)、および (2) のナビエ・ストークス方程式によって流体計算を行った。そして、剣のモデルからパーティクルを発生させ、速度場にしたがって運動させた後、パーティクルデータを PBVR によって可視化した (図 2, 図 3)。

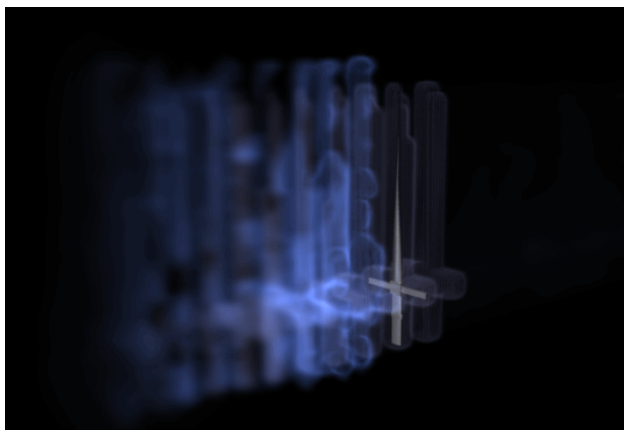


図 2 モーシオンブラーの例 1

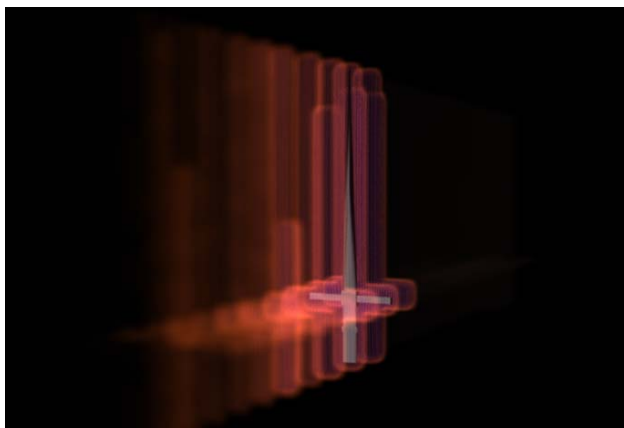


図 3 モーシオンブラーの例 2

6 まとめおよび今後の課題

本研究ではモーシオンブラーに焦点を置き、モーシオンブラーに流体シミュレーションを取り入れ、オブジェクトが高速で動いた瞬間にオブジェクトの周囲で巻き起こる乱流現象を可視化する形でモーシオンブラーを表現する手法を提案した。

流体シミュレーションを用いて複雑に揺らぎながら変化するモーシオンブラーは、単純にオブジェクトの残像が可視化されたモーシオンブラーなどと比較すると、表現の幅が広がる可能性を感じさせた。

今後の課題としては、オブジェクトの動きの種類を増や

すことに加え、流体計算の精度を高めること、流体の動きからさらに変化させることや、レンダリング手法の検討 (例えば、PBVR ではなくボリュームフォトンマップをアダプティブレイマーチング法によってレンダリングする手法などを採用するなど) が挙げられる。

参考文献

- [1] 川岸祐也, 初山和秀, 近藤邦雄. : ”カートゥンブラー: セルアニメーションのための非写実的モーシオンブラー”, 情報処理学会研究報告グラフィクスと CAD (CG) 2002(33(2002-CG-107)), pp.37-42, (2002)
- [2] 大林正一, 近藤邦雄. ”3DCG アニメーションのためのカートゥンブラー”. 第 67 回全国大会講演論文集, Vol. 67(4), pp. 229-230, (2005).
- [3] SCHMID J., SUMNER R. W., BOWLES H., GROSSM, : “Programmable motion effects”, SIGGRAPH 2010, (2010)
- [4] Tian-Chen Xu, En-Hua Wu, Mo Chen, Ming Xie : “Real-time motion effect enhancement based on fluid dynamics in figure animation”, SIGGRAPH 2011, (2011).
- [5] RASMUSSEN, N., NGUYEN, D. Q., GEIGER, W., AND FEDKIW, R. “Smoke simulation for large-scale phenomena. “ Proc. of SIGGRAPH 2003, pp. 703-707. (2003).
- [6] LENTINE, M., ZHENG, W., AND FEDKIW, R. “A Novel Algorithm for Incompressible Flow Using Only a Coarse Grid Projection. “ ACM Transactions on Graphics (TOG) – Proceedings of ACM SIGGRAPH 2010, Volume 29 Issue 4, Article No. 114. (2010).
- [7] 小山田耕二, 坂本尚久, “粒子ボリュームレンダリング –理論とプログラミング–”, コロナ社, (2010).