

# 輝度変動情報を用いた煙の ボリュームレンダリングアニメーションの近似

千葉 裕介 小池 崇文

法政大学情報科学研究科

## 1. はじめに

本論文では、輝度変動情報を用いたボリュームレンダリングアニメーションの近似手法を提案する。輝度変動情報とは明るさの動き情報であり、本手法では煙の動きを表現するために用いる。ボリュームレンダリングをしていない任意シーンに対して、煙を表現する輝度変動情報を合成することで、ボリュームレンダリングによって作られたアニメーション(以下、目標動画)を近似する。本手法を用いることで、ボリュームレンダリングにおける計算コストの削減とアニメーション生成時間の短縮が可能となる。

## 2. 関連研究

コンピュータグラフィックス(以下 CG)で、煙や雲などの空気中の媒質による吸収や散乱を考慮することをボリュームレンダリング[1]という。ボリュームレンダリングは、媒質を考慮しないレンダリングに比べ、計算量が増える。したがって、アニメーションを生成する場合も、時間がかかる。アニメーション作成時の計算コストを抑える方法として、静止画に対して任意の処理を行い、動きを与える手法がある。

河邊らは、1枚の静止画に対して時間的に変化する輝度変動情報を投影することで、静止画に錯覚的な動きを与えた[2]。しかし、[2]は実世界の静止画のみを対象としており、CGなどの静止画を対象としていなかった。

岡部らは、流体ビデオのデータベースから流体の最適な動き情報を取得し、静止画内の流体に動き情報を合成することでアニメーションを生成した[3]。しかし、質の良いアニメーションが得られる一方で、流体ビデオのデータベースを用意する必要がある。

本研究では、媒質を考慮せずにレンダリングした静止画に対し、輝度変動情報を合成する。これにより、ボリュームレンダリングを用いて生成されたアニメーションを近似する。

## 3. 提案手法

媒質を考慮せずに任意のシーンをレンダリングした静止画(以下、基準画像)を1枚用意し、輝度変動情報を合成することで、動画を生成する。まず、基準画像をレンダリングする。次に、基準画像に合成する輝度変動情報を生成する。輝度変動情報は、煙や炎などを表現する際に用いられるパーリンノイズ[3]をもとに作成する。最後に、基準画像に輝度変動情報を乗算合成することで、目標動画を近似する。合成して作成された動画を合成動画とする。提案手法の概要を図1に示す。

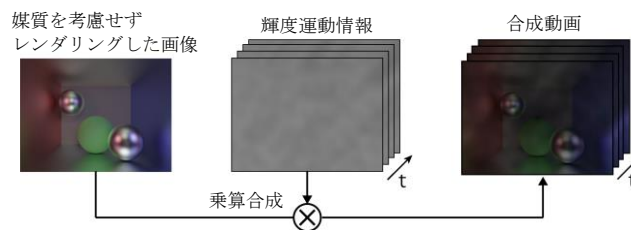


図1: 提案手法の概要

### 3.1. 基準画像のレンダリング手法

基準画像のレンダリングには、Multiplexed Metropolis Light Transport (MMLT) [4]を用いる。MMLTは、マルコフ連鎖モンテカルロ法と多重重点的サンプリングを組み合わせ、非常に効率的にパス構築を行う。マルコフ連鎖モンテカルロ法は、CGのレンダリング手法である。また、多重重点的サンプリングは、モンテカルロ法の分散を抑え、CGの品質を高める。

### 3.2. 輝度変動情報の生成

輝度変動情報は、煙や炎などを表現に用いられるパーリンノイズをもとに作成する。パーリンノイズは、CGを写実的にするためのテクスチャ作成技法であり、時間的・空間的に変化する値を生成する。関数としては、座標と時間を引数としている。本実装では、座標を基準画像の縦横の座標とし、時間を輝度変動情報の全フレームのうち何フレーム目かと定義した。

ノイズの周波数や振幅を変えたノイズをオクターブと呼ぶ。オクターブを複数組み合わせる手法をオクターブパーリンノイズと呼び、本実

Approximation of Volume Rendering for Smoke Animation using Brightness Variation Information

Yusuke CHIBA, Takafumi KOIKE

Faculty of Computer and Information Sciences, Hosei University, Tokyo, Koganei-shi, 3-7-2 Kajino-chou

装ではこの手法を用いた。式(1)にオクターブパーリンノイズの関数  $PN$  を示す。

$$PN(x/d1, y/d1, f/d2, O, P) \quad (1)$$

ここで、 $x$ と $y$ は画像内の座標、 $f$ はフレーム番号、 $d1$ はノイズの空間的な周波数を変えるためのパラメータ、 $d2$ は時間的な周波数を変えるパラメータ、 $O$ はオクターブ数、 $P$ はオクターブの影響力である。実験は、 $d1 = 30001, d2 = 2001, O = 10, P = 0.9$ で行った。

#### 4. 評価実験

100 フレームの輝度運動情報を基準画像に乗算合成し、動画を作成する。フレームレートは6fpsで作成した。そして、同じ条件の目標動画と比較を行う。目標動画と合成動画の生成にかかった時間はどちらも50時間である。定量的な画質評価手法である Peak Signal-to-Noise Ratio(以下 PSNR)と Structural Similarity(以下 SSIM)を用い、評価を行った。また、主観評価を行うため、アンケートも行った。

使用した PC は、Let's note CF-SZ6 である。CPU は、Intel Core i7-7500U で 8192MB であり、GPU は、Intel HD Graphics 620 で 128MB である。

##### 4.1 PSNR と SSIM による評価

PSNR と SSIM は、評価基準となる映像と評価対象の映像を用いて、映像の品質を表す評価尺度である。PSNR は客観的評価手法であり、SSIM は主観的評価手法である。どちらの手法も値が大きいくほど良い結果を表す。評価基準となる映像を目標動画、評価する映像を合成動画とする。全フレームでの PSNR と SSIM の平均値と目標とする値を表 1 に示す。

表 1 の目標とする値は、各評価手法で評価基準映像と評価対象映像の見分けがつかなくなるような値である。表 1 より、PSNR と SSIM の平均値は、どちらも目標とする値よりも低かった。

##### 4.2 アンケートによる評価

PSNR と SSIM では、合成動画の評価値は目標とする値よりも低くなった。そこで、主観評価を行うためにアンケートを実施した。被験者は、20代の男女12名(男性10名、女性2名)であり、目標動画と合成動画の2つを見て、質問項目に答えた。アンケートは、最も肯定的な回答を最高値の7とし、最も否定的な回答を最低値の1とする7段階とした。アンケート結果を表 2、表 3 に示す。

表 1 : PSNR と SSIM の平均値と目標値

	全フレームの平均値	目標とする値
PSNR	25.950	40 以上
SSIM	0.729	0.95 以上

表 2 : アンケート結果の各項目の平均値

	目標動画	合成動画
煙が動いているように感じたか	4.83	5.92
煙以外に動きを感じましたか	3.92	1.75

表 3 : より煙らしい動きを感じた被験者の割合

目標動画	合成動画
25%	75%

表 2 より、目標動画よりも合成動画に煙らしい動きを感じ、合成動画では煙以外の動きを感じにくい傾向であることが分かった。また、表 3 から、合成動画の方が煙らしい動きを感じやすい傾向にあることが分かった。

#### 5. 考察

表 3 で合成動画の割合が高くなった理由として、ノイズによる知覚の障害が挙げられる。目標動画内の各フレームで、レンダリング時に発生したノイズが見られた。動画内のノイズが煙以外の動きを被験者に知覚させたと考えられる。表 2 で、目標動画に対し被験者が煙以外の動きを感じたのも、これが原因だと推察する。

#### 6. 結論

本研究は、輝度変動情報を用いたボリュームレンダリングアニメーションの近似手法を提案した。主観評価では合成動画の方がより煙らしい動きを感じることが分かった。

評価手法には課題があるため、今後は適切な評価方法を検討し、評価を行う必要がある。

#### 文献

- [1] S. Marschner, "Volumetric Path Tracing", Cornell University, Oct.2015.
- [2] M. Okabe, K. Anjyo, T. Igarashi and H.P. Seidel, "Animating Pictures fluid using video", Computer Graphics Forum, Vol. 28, No. 2, pp. 677-686, April 2009.
- [3] Ken Perlin, "Improving Noise", In ACM Transactions on Graphics Vol.21, No.3, pp. 681-682, July 2002.
- [4] T. Hachisuka, A. S. Kaplanyan and C. Dachsbacher, "Multiplexed Metropolis Light Transport", ACM Transactions on Graphics, Vol.33, No.4, pp100:1-100:10, Jul. 2014.