

見た目の転送を用いた疎な多視点画像からの流体ボリュームのモデリング

Fluid Volume Modeling from Sparse Multi-view Images by Appearance Transfer

岡部 誠^{1,4} 土橋 宜典^{2,4} 安生 健一^{3,4} 尾内 理紀夫¹
Makoto Okabe^{1,4} Yoshinori Dobashi^{2,4} Ken Anjyo^{3,4} Rikio Onai¹

1 電気通信大学

2 北海道大学

3 オール・エル・エム・デジタル

4 科学技術振興機構 CREST

1 The University of Electro-Communications

2 Hokkaido University

3 OLM Digital, Inc.

4 JST, CREST

1. はじめに

炎、煙、爆発など、流体の視覚効果は映像製作に欠かせない。コンピュータ・グラフィクス(CG)において、流体は最重要課題の1つとして長年研究されてきた。しかし、流体アニメーションの製作は未だ難しく時間の掛かる作業であり、映像製作の工程の中でボトルネックの1つとなっている。

流体アニメーションの製作には大きく3つの手法がある。1つ目の流体シミュレーションは様々な種類の流体をリアルに作る事ができる[1]。しかし、流体シミュレータへの入力パラメータなど抽象的なものであるため、出力される映像との関係が掴みにくい。専門家でも望みの流体を得るまでに、多くの試行錯誤が必要である。2つ目は動画の編集である[2]。多くの映像製作会社は独自の動画データベースを持つ。ポスト・プロダクション担当のアーティストはデータベースから適切な流体動画を選び、動画編集ツールでシーンに重ね合わせることで流体効果を演出する。しかし、2次元の動画ではカメラが動くシーンなど、3次元的效果が必要な場合に対応できない。3つ目はイメージ・ベース・モデリングである[3,4,6]。流体を複数のカメラで異なる方向から撮影し、それを基に3次元流体アニメーションを作る。この手法は入力(多視点動画)と出力(3次元流体)の関係は分かりやすいが、複数カメラを用いての撮影作業が面倒である。

本稿では単一視点や直交2視点などの非常に疎な多視点画像から3次元流体ボリュームをモデリングする手法を提案する。入力の視点数が少ないので、複数カメラの設置やキャリブレーションなど、撮影者の負担が軽減される。一方、入力の視点数が少ないとモデリングに必要な情報が不足する。図2(上段)は最小二乗法(LSM)[6]でモデリングしたボリュームである。水平方向に回転し、他の視点(15度、45度、75度の方向)から見ると不自然にボケて見えるように感じる。この理由は「人は入力(図2の左端と右端)の見た目を覚えていて、他の視点から見ても同様の見た目を期待するため」

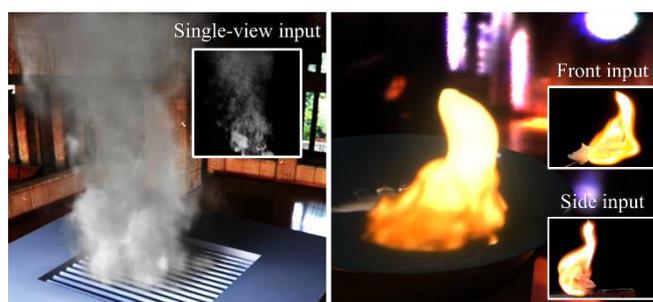


図1: 単一視点(左)や直交2視点(右)など、非常に疎な多視点動画から3次元流体アニメーションを作る。Autodesk Maya 2015の流体シミュレータを用いて流体の見た目や動きを編集することが可能(左図では乱気流を加えた)。

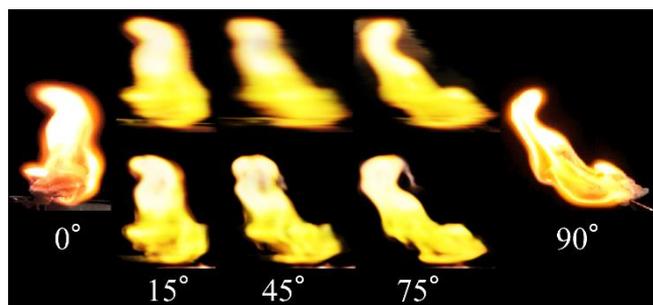


図2: 左端と右端を入力画像とし、LSMでモデリングしたボリュームを上段、提案手法でモデリングしたボリュームを下段に示す。

というのが我々の仮説である。

提案手法は見る人のこの「期待」に応えるようにボリュームをモデリングする。あらゆる方向から見た時にボリュームが入力画像と似た見た目を持つよう、ボリューム・モデリングの新しいエネルギー関数を定義し、それを簡単で効率の良い繰り返しアルゴリズムで最小化する。図2(下段)に示すように、提案手法でモデリングしたボリュームはあらゆる方向から見てもボケておらず、自然な見た目を持つ。画像が与えられると、提案手法は自動的にボリュームをモデリングする。

データベースの流体動画を扱うアーティストは、選んだ動画を単にそのまま使うのではなく、望ましい映像を作るため必ず編集を行う。我々も流体アニメーションを編集するため、Autodesk Maya 2015の流体シミュレータを用いて流体の見た目や動きを編集できる手法を提案する(図1)。

2. 提案手法

疎な多視点画像(図3-a)が入力されると、LSMを適用して初期ボリューム(図3-b)を作る。このボリュームは図2(上段)のように他の視点から見るとボケており、また図3-bのように斜め上から見下ろすとグリッド構造が見え不自然である。

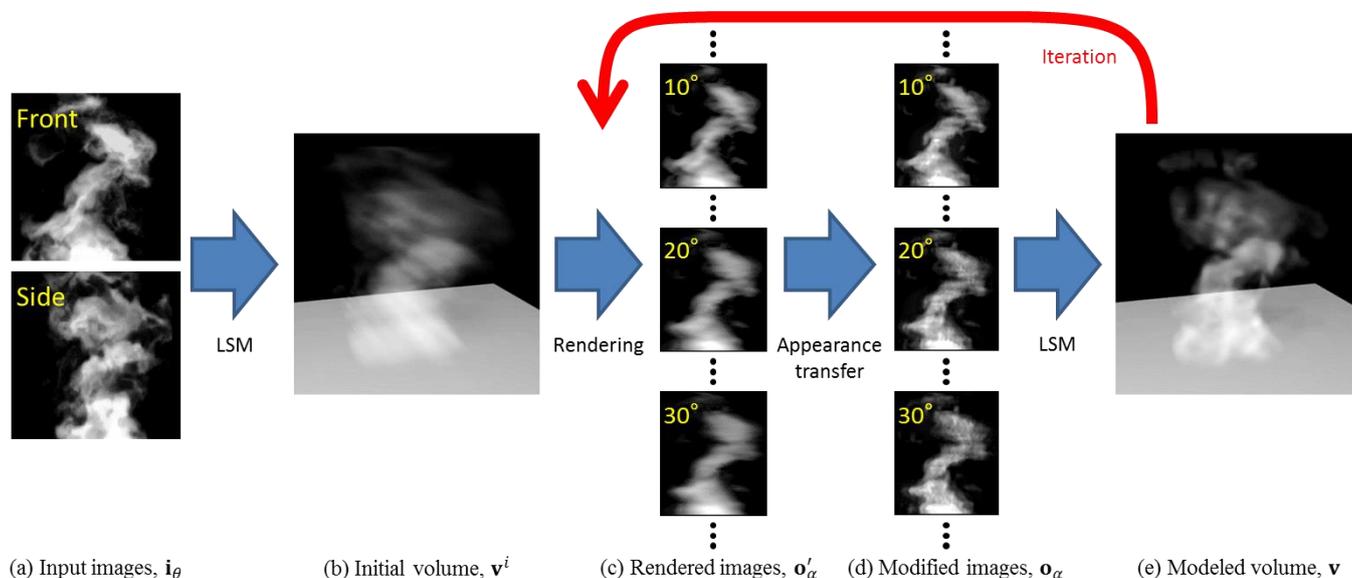


図3: 提案手法の処理の流れ。

提案手法は次の3ステップを繰り返す。1) 現在のボリュームを多視点方向に投影してレンダリングする。今回は縦軸周りに180°の方向に投影し、180枚の投影画像をレンダリングした(図3-c)。2) テクスチャ分析・合成手法[5]を用い、各投影画像が入力画像(図3-a)と似た見た目を持つよう修正する(図3-d)。3) 修正した画像にLSMを適用し、3次元ボリュームを得る(図3-e)。今回の実験では、以上の3ステップを8回繰り返した。以上のアルゴリズムは輝度画像を入力とし、密度場のボリュームを作る。

多視点動画が入力された時は、上記のアルゴリズムを各動画フレーム毎に独立に適用する。結果として得られるボリューム・シーケンスは時間的な一貫性が保障されない。そこで、Autodesk Maya 2015の流体シミュレータにボリューム・シーケンスを読み込み、動画から測定したオプティカル・フローを用いて滑らかな流体アニメーションをレンダリングする。この時、流体シミュレータのレンダリング・パラメータを編集することで色付けができる(密度値が色にマッピングされる)。また、乱気流など、流体の動きに関するパラメータを編集することもできる。

3. 結果と考察

提案手法をCG画像(図3)と実際の流体を撮影した画像(図1, 2, 4)の両方に適用した。図1(左)と図4に単一視点で撮影された流体動画から作った流体アニメーションを示す。

図4には入力動画の解像度とフレーム数を示す。単一視点の場合、流体を正面及び真横から見た画像が同一である、と仮定してモデリングを行う。図4のスライスに示すように、結果のボリュームは対角線に対して左右対称となる。比較としてstochastic tomography (ST-SAD) [3]の結果を載せた。ST-SADの結果が四角く、グリッド構造を持つのに対し、提案手法の結果は丸みがあり、有機的な構造を持っている。

参考文献

- [1] Bridson, R., and Müller-Fischer, M. 2007. Fluid simulation: Siggraph 2007 course notes. In ACM SIGGRAPH 2007 Courses, 1–81.
- [2] Bhat, K. S., Seitz, S. M., Hodgins, J. K., and Khosla, P. K. 2004. Flow-based video synthesis and editing. ACM Trans. Graph. 23, 3, 360–363.
- [3] Gregson, J., Krimmerman, M., Hullin, M. B., and Heidrich, W. 2012. Stochastic tomography and its applications in 3d imaging of mixing fluids. ACM Trans. Graph. 31, 4, 52:1–52:10.
- [4] Hasinoff, S. W., and Kutulakos, K. N. 2007. Photo-consistent reconstruction of semitransparent scenes by density-sheet decomposition. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 29, 5, 870–885.
- [5] Heeger, D. J., and Bergen, J. R. 1995. Pyramid-based texture analysis/synthesis. In Proc. of SIGGRAPH '95, 229–238.
- [6] Ihrke, I., and Magnor, M. 2004. Image-based tomographic reconstruction of flames. In Proc. of SCA '04, 365–373.

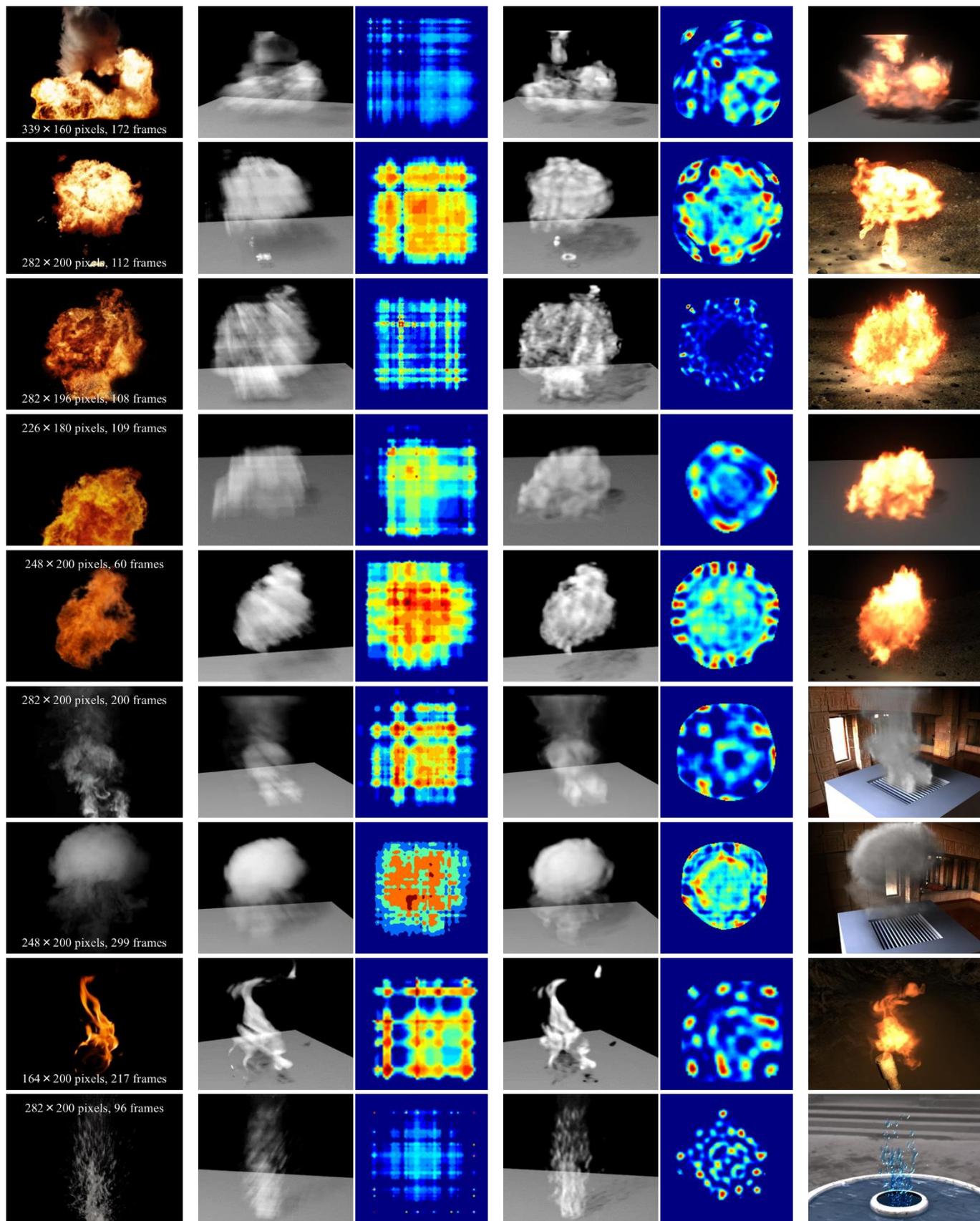


図 4: 単一視点の動画から作った流体アニメーション. 左から右に, 入力動画のフレーム, ST-SAD でモデリングしたボリュームとそのスライス, 提案手法でモデリングしたボリュームとそのスライス, Autodesk Maya 2015 でレンダリングした最終結果.