

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：12612

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25730071

研究課題名(和文)3次元流体動画データベースの構築と利用による新しい映像製作手法

研究課題名(英文)Construction of 3D fluid database and movie production by using it

研究代表者

岡部 誠 (Okabe, Makoto)

電気通信大学・情報理工学(系)研究科・助教

研究者番号：40557211

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：水、炎、煙、爆発等の流体表現は、映画やTVドラマにおいて必要不可欠な要素である。一方、映像製作現場において、流体の扱いは監督やデザイナーが最も時間とお金を費やす表現の1つである。そこで、誰でも簡単に3次元流体が作れるよう、一般的なCTスキャン技術を拡張し、動画1つを入力すれば、自動的に3次元流体アニメーションが生成できる手法を提案し、コンピュータグラフィックスのトップ会議SIGGRAPHで発表した。

研究成果の概要(英文)：Visual effects of fluid phenomena, such as fire, smoke, and explosion, are indispensable in modern movie production, and fluids have been important research topics in computer graphics for decades. We propose a method of image-based modeling of fluids, which takes sparse multi-view images (e.g., only a single view or a pair of front and side views). We presented this method at SIGGRAPH 2015, which is a top conference of computer graphics.

研究分野：コンピュータ・グラフィックス

キーワード：動画 Computed Tomography 流体 画像解析 認知心理学

1. 研究開始当初の背景

水、炎、煙、爆発等の流体表現は、映画やTVドラマにおいて必要不可欠な要素である。流体表現が一度も登場しない映像作品は存在しないと言っても過言ではなく、特に作品中でアクシデントや災害を演出する際には主役級に重要であり、細やかに演出されている。一方、映像製作現場において、流体の扱いは監督やデザイナーが最も時間とお金を費やす表現の1つであるため、コンピュータグラフィックスのトップの学会、SIGGRAPHにおいても毎年、最重要トピックの1つとして議論されている。流体映像は3次元物理シミュレーション、もしくは撮影された動画を加工して表現されるが、本提案は後者をメインに扱いつつ、本研究の最後には両者の融合を試みる。

実際、テレビ局や映像プロダクション等、プロフェッショナルな映像製作の現場は大量の流体動画を持っていて、各社独自に流体動画データベースを構築して映像製作の効率化を図っている。しかし、素材は全て2次元動画であるため、編集もフィルムの切り貼りのような2次元的なものに留まり、後でカメラを動かして視点を変える等、3次元的な編集が出来ない。これは3次元映画が主流になりつつある現代において、表現的に重大な欠陥である。かと言って全ての映像を3次元シミュレーションで作れば良いか？と言えば、計算コスト及びリアリティの点で非現実的である。申請者は流体動画素材の表現力を2次元から3次元へ格上げする。

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ことができる[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次元的な効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。

2. 研究の目的

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(図1)。

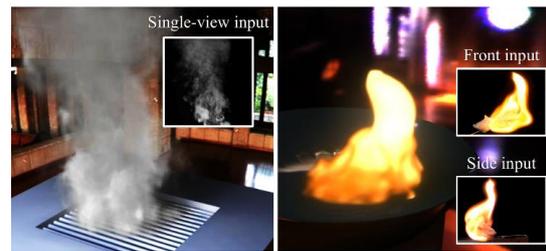


図1: 単一視点(左)や直交2視点(右)など、非常に疎な多視点動画から3次元流体アニメーションを作る。Autodesk Maya 2015の流体シミュレータを用いて流体の見た目や動きを編集することが可能(左図では乱気流を加えた)。

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」というのが我々の仮説である。

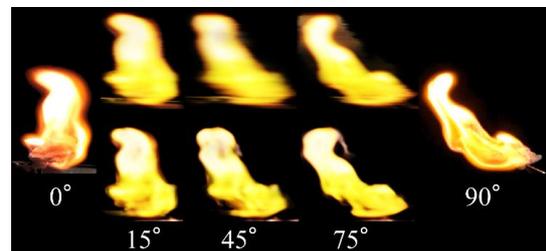


図2: 左端と右端を入力画像とし、LSMでモデリングしたボリュームを上段、提案手法でモデリングしたボリュームを下段に示す。

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、それを簡単に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).

3. 研究の方法

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。

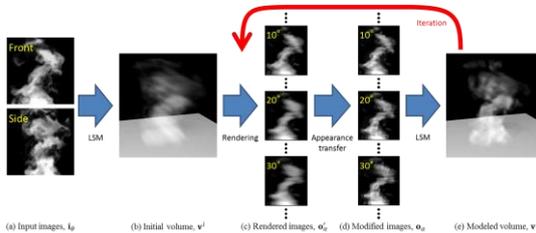


図 3: 提案手法の処理の流れ。

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。

4. 研究成果

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。

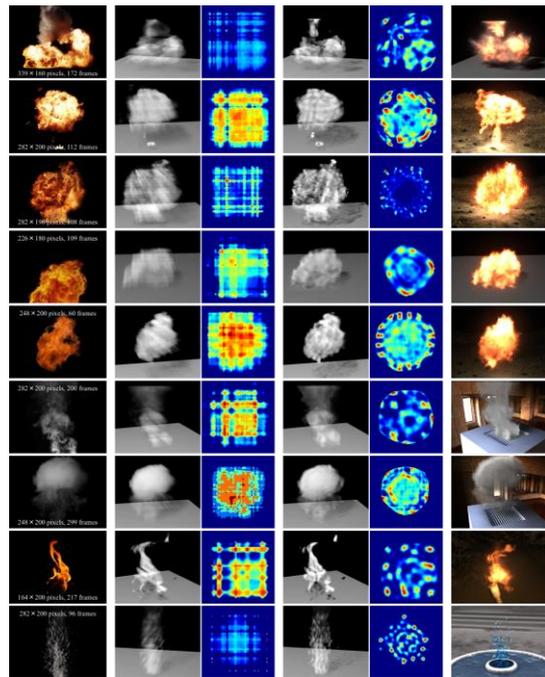


図 4: 単一視点の動画から作った流体アニメーション。左から右に、入力動画のフレーム、ST-SAD でモデリングしたボリュームとそのスライス、提案手法でモデリングしたボリュームとそのスライス、Autodesk Maya 2015 でレンダリングした最終結果。

以上により、本研究のタイトルである「3 次元流体動画データベースの構築と利用による新しい映像製作手法」の前半が完成された。即ち、2 次元流体の動画データベースが存在すれば、そこから自動的に 3 次元流体のデータベースを構築できる。

後半の「利用」という点においては、それらを用いて上記のアニメーション結果を作るところに留まっていて、当初の計画であった 3 次元動画データベースからの知識抽出や、スケッチベースインタフェースの実装には至っていない。これは、前半部分の研究が面白くなり、後半まで手が回らなかった、というのが正直な理由である。これについて、以下に述べる。

上で得られた研究成果では、煙や炎などの 3 次元流体を題材として扱った。提案手法は伝統的な CT スキャン・アルゴリズムの拡張である。数学的な理論は統計学と最適化手法に基づいて設計されており、汎用的で、あらゆるサイノグラムに適用できるものなので、今後は人体、臓器、樹木、植物など、様々の物体に適用範囲が広がる可能性がある。それによって、例えば、臓器の 3 次元形状を得たいが、そこまでの精度が必要とされないようなアプリケーションの場合、X 線写真の撮影回数を大幅に減らし、患者の時間的な負担と肉

体的な負担の両方を軽減できる可能性がある。また、1枚の写真から樹木や植物の3次元形状をモデリングできれば、映画やゲームなどを製作しているコンテンツ産業の需要にも応えられる。

以上のように考え、この前半部分を追求し、流体のみでなく、応用範囲の広い技術の開発に取り組んでいた。ところが、実際に臓器や樹木のサイノグラムを用意して実験すると、満足いくような結果が得られないことが分かってきた。これは、現在使用している見た目に関する統計量が臓器や樹木のようなシャープな構造を多数持つ形状に対応しないためと考察している。そして、シャープな構造に対応した統計量として、テクスチャ画像の分析と合成に関する研究や、近年、注目を集めている deep learning に基づく統計量の検討を始めようとしている段階で、今回の研究機関は終わりを迎えることとなった。引き続き、本研究を推進し、1枚の画像や、手書きのスケッチからでも、あらゆる3次元物体を手軽にモデリングできるような技術の研究していきたい。

<引用文献>

- 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., Krimerman, 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.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① Makoto Okabe, Yoshinori Dobashi, Ken

Anjyo, Rikio Onai: Fluid Volume Modeling from Sparse Multi-view Images by Appearance Transfer, ACM Transactions on Graphics, volume 34, issue 4, pp. 93:1-93:10 (2015).

- ② 岩上 優美, 今泉 一哉, 安在 絵美, 中嶋 香奈子, 山下 和彦, 岡部 誠, 尾内理紀夫: 足圧分布画像を用いた足部アーチ分類手法の提案と検証, 電気学会論文誌 C, 135 巻, 5 号, pp. 505-512 (2015).

[学会発表] (計9件)

- ① Makoto Okabe, Yoshinori Dobashi, Ken Anjyo, Rikio Onai: Fluid Volume Modeling from Sparse Multi-view Images by Appearance Transfer, in Proc. SIGGRAPH 2015, pp. 93:1-93:10 (2015), Los Angeles, USA.
- ② Morgane Rivière, Makoto Okabe: Extraction of a cartoon's topology, ACM SIGGRAPH 2014 Posters, pp. 64 (2014), Vancouver, Canada.
- ③ Tatsuya Kurihara, Makoto Okabe, Rikio Onai: DDMixer2.5D: drag and drop to mix 2.5D video objects, ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST) 2013 Posters, pp. 69-70 (2013), St Andrews, UK.
- ④ Hiromi Hirano, Makoto Okabe, Rikio Onai: Detection of inserted text in images, in Proc. Mathematical Progress in Expressive Image Synthesis (MEIS) 2013, pp. 177-183 (2013), Fukuoka, Japan.
- ⑤ Makoto Okabe, Ken Anjyo, Rikio Onai: Single-view 3D Reconstruction by Learning 3D Game Scenes, in Proc. Mathematical Progress in Expressive Image Synthesis (MEIS) 2013, pp. 153-159 (2013), Fukuoka, Japan.
- ⑥ Syohei Sakiyama, Makoto Okabe, Rikio Onai: Animating images of cooking using video examples and image deformation, in Proc. Mathematical Progress in Expressive Image Synthesis (MEIS) 2013, pp. 171-176 (2013), Fukuoka, Japan.
- ⑦ Tomohiro Yamamoto, Makoto Okabe, Yusuke Hijikata, Rikio Onai: Semi-Automatic Synthesis of Videos of Performers Appearing to Play User-Specified Music, in Proc. International Conference in Central Europe on Computer Graphics,

Visualization and Computer Vision (WSCG) 2013, pp. 179-186 (2013), Plzen, Czech Republic.

- ⑧ Kenta Mizui, Makoto Okabe, Rikio Onai: Choreographing Amateur Performers Based on Motion Transfer between Videos, in Proc. International Conference on Multimedia Modelling (MMM) 2013, pp. 502-512 (2013), Huangshan, China.
- ⑨ Makoto Okabe, Yuta Kawate, Ken Anjyo, Rikio Onai: Video Retrieval based on User-Specified Appearance and Application to Animation Synthesis, in Proc. International Conference on Multimedia Modelling (MMM) 2013, pp. 110-120 (2013), Huangshan, China.

[図書] (計1件)

- ① Computer Graphics Gems JP 2015 - コンピュータグラフィックス技術の最前線 -, ボーンデジタル (2015), 山本 醍田, 鈴木 健太郎, 小口 貴弘, 徳吉 雄介, 白鳥 貴亮, 向井 智彦, 五十嵐 悠紀, 岡部 誠, 森本 有紀, 上瀧 剛, 坂東 洋介, 加藤 諒, “動画の誇張”, pp. 187-198.

[産業財産権]

○取得状況 (計1件)

名称: 画像処理装置、画像処理方法、ならびに、プログラム

発明者: 岡部 誠, 尾内 理紀夫, 平野 廣美

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特許 5758533

出願年月日: 2014年9月5日

取得年月日: 2015年6月12日

国内外の別: 国内及び国外

[その他]

ホームページ等

<http://makotookabe.com/FluidVolumeModeling/index-j.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡部 誠 (OKABE, Makoto)

電気通信大学・

大学院情報理工学研究科・助教

研究者番号: 40557211