

令和元年6月6日現在

機関番号：14701

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12571

研究課題名（和文）写真を用いた雲のモデリング

研究課題名（英文）Cloud Modeling from a Single Photograph

研究代表者

岩崎 慶（Iwasaki, Kei）

和歌山大学・システム工学部・准教授

研究者番号：90379610

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：屋外景観の画像生成（レンダリング）において、雲は重要な要素の一つである。雲の形状をモデリングするための手法はいままでに数多く提案されてきたが、写実的な3次元の雲を生成することは未だに挑戦的な研究課題である。本研究では、1枚の写真から雲のボリュームテクスチャを自動的にモデリングする手法を提案する。入力データとして、雲の写真と流体シミュレーションによって生成した例示となる雲のボリュームテクスチャ（以降、例示ボリュームと呼ぶ）を用意する。出力となる雲のボリュームテクスチャは、レンダリング結果が入力写真と類似するように例示ボリュームから合成する。

研究成果の学術的意義や社会的意義
画像から表面形状や照明情報を推定するインバースレンダリングの従来研究では、不透明か透明な材質しか扱っていない。本研究は、画像から半透明ボリュームの密度分布を推定するものであり、新たなインバースレンダリング研究の一つとなりうる。

研究成果の概要（英文）：We propose a modeling method of clouds from a single photograph. To synthesize realistic images of outdoor scenes, modeling of 3D clouds is necessary. However, synthesizing realistic clouds is still a difficult task. To address this problem, we propose an example-based volume texture synthesis to model non-homogeneous density volumes. Our method prepares an example cloud volume data using a physically-based fluid simulator. Then the output cloud volume is automatically synthesized from the example cloud volume data so that its rendered image becomes similar to the clouds in the input photograph. In contrast to the previous texture synthesis methods, our method synthesizes density volumes taking into account scattering and transmittance of light. We show several cloud volumes whose rendered images are similar to the input photograph.

研究分野：コンピュータグラフィックス

キーワード：モデリング 雲

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

テクスチャは映像のリアリティを向上させる重要な要素であり、多くの映像製作に利用されている。2次元テクスチャの作成は、実際の写真を撮影すればよいため、比較的容易に作成できる。しかしながら、3次元のボリュームテクスチャは単純な写真撮影では取得できず、簡単に作成することは難しい。

屋外景観において重要な要素である雲を表現するためには、雲の密度分布を格納したボリュームテクスチャを生成する必要がある。従来、雲のボリュームテクスチャを生成するためには、手続き型モデリングや流体シミュレーションなどの順問題アプローチが用いられてきた。これらの順問題アプローチでは、所望の結果を得るために多くのパラメータを調整する必要があり、雲のボリュームテクスチャを生成するために多大な負担を要するという問題がある。特に、流体シミュレーションは計算コストが高いため、様々な形状の雲を簡単に作成することは困難である。

2. 研究の目的

本研究では、1枚の写真から雲のボリュームテクスチャを自動的にモデリングする手法を提案する。入力データとして、雲の写真と流体シミュレーションによって生成した例示となる雲のボリュームテクスチャ(以降、例示ボリュームと呼ぶ)を用意する。出力となる雲のボリュームテクスチャは、レンダリング結果が入力写真と類似するように例示ボリュームから合成する。また、雲のモデリングの効率化や例示ボリュームを効率的に作成するために、雲などの関与媒質の輝度を効率的に計算する手法の開発や、流体シミュレーションの高速化・効率化に関する研究を行った。

3. 研究の方法

提案法は、例示ボリューム内の近傍ボクセル（以降ボクセルブロックと呼ぶ）を合成することで、ボリュームテクスチャを生成する（図1参照）。ボクセルブロックをレンダリングし、全てのボクセルブロックの中で、レンダリング画像が入力写真の一部に最も近いボクセルブロックを探索する。探索したボクセルブロックを、出力のボリュームテクスチャにコピーする（図1参照）。ボクセルブロックのレンダリングでは、ボクセルブロック内部における光の散乱・減衰をシミュレーションする必要があるため、計算コストが高い処理となっている。さらに、1つの例示ボリュームにつき膨大な数のボクセルブロックが存在するため、探索処理が提案法のボトルネックとなっている。本研究ではボクセルブロックの光の散乱・減衰を前計算しておくことによって、ボクセルブロックのレンダリング処理を高速化する。

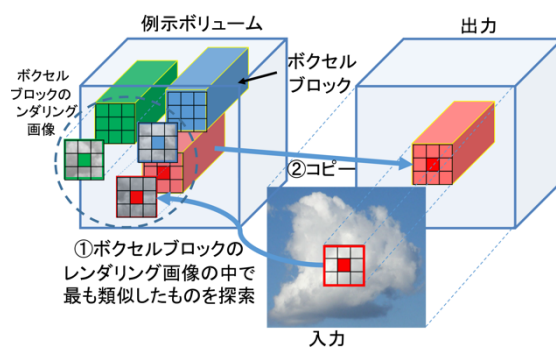


図1. 提案法の概要

4. 研究成果

図2と図3に提案法による結果画像を示す。全ての結果はIntel Core-i7 4790 3.60 GHz CPUの汎用PC上で作成した。例示となる雲のボリュームデータは137個の雲の密度データからなり、流体シミュレーションによって生成した。雲のボリュームデータの解像度は30から60である。前処理に要する時間は約4分である。図3(a)(b)に示される雲の密度データの解像度は64x61x20であり、このデータを生成するのに18秒要している。図(c)(d)に示される雲の密度データの解像度は60x48x30であり、このデータを生成するのに16秒要している。図(e)(f)に示される雲の密度データの解像度は128x60x82であり、このデータを生成するのに67秒要している。

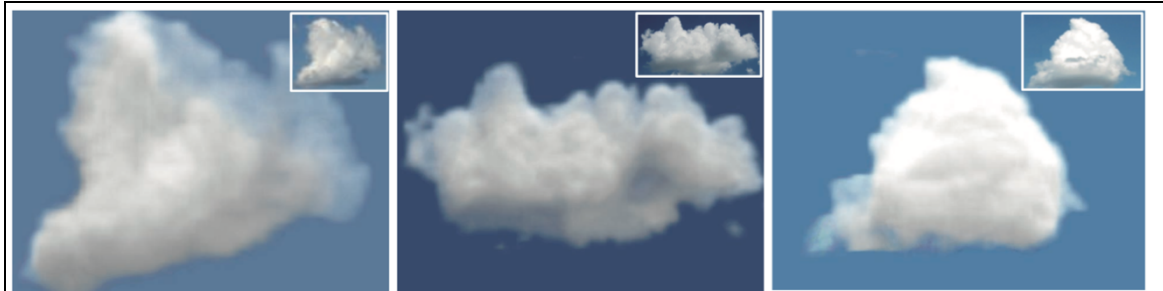


図2. 提案法による結果画像。右上の画像が入力画像。

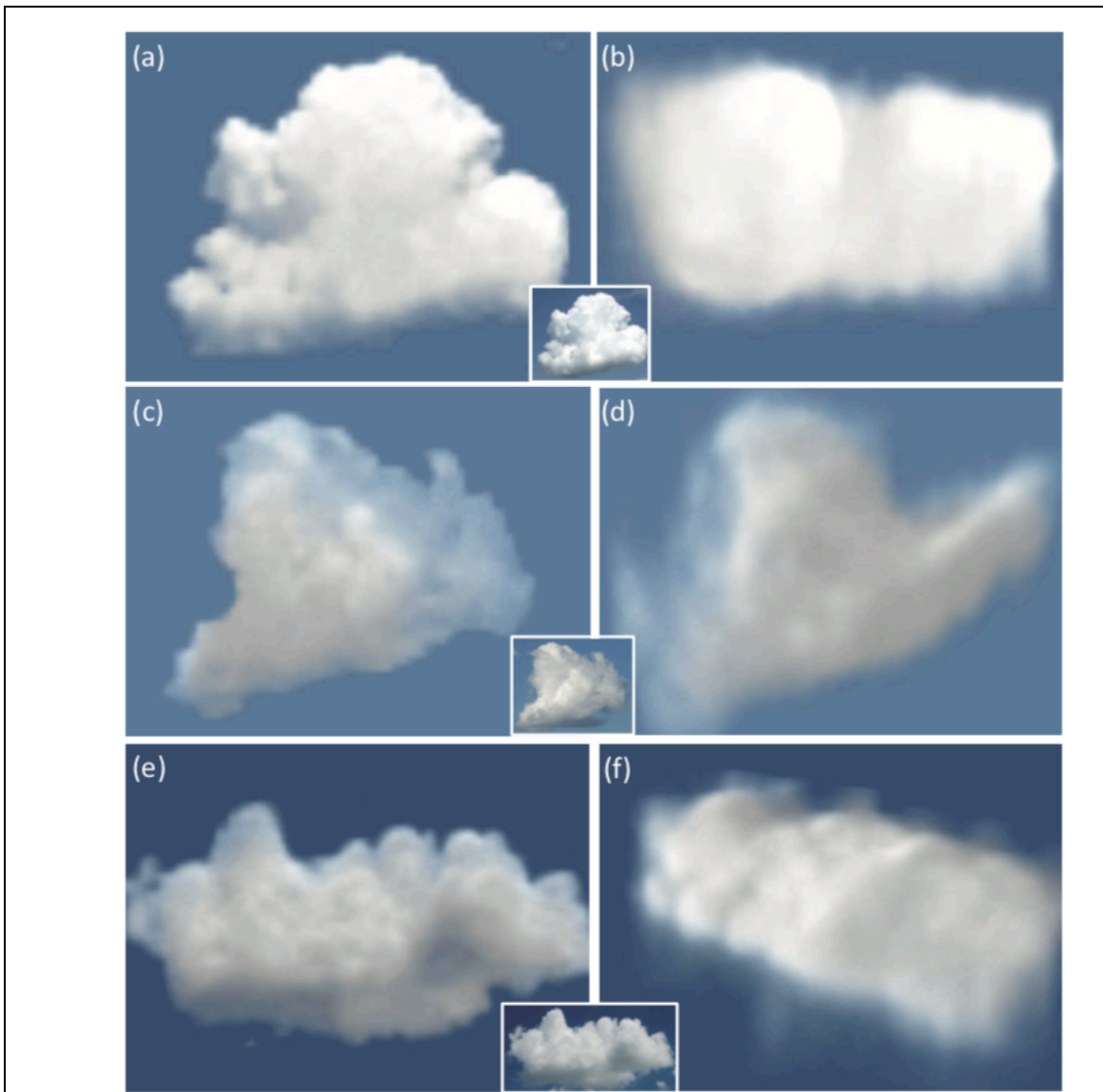


図3. 提案法によってモデリングされた雲と視点を変えたレンダリング結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4 件)

- ① Hirokazu Sakai, Kosuke Nabata, Shinya Yasuaki, Kei Iwasaki, A method for estimating the errors in many-light rendering with supersampling, Computational Visual Media, 査読有, 2019 (in printing).
<https://doi.org/10.1007/s41095-019-0137-0>
- ② Junki Tsuruga, Kei Iwasaki, Sawtooth Cycle Revisited, Computer Animation and Virtual Worlds (CASA2018), 査読有, Vol. 29, No. 3-4, pages e1836, 2018.
<https://doi.org/10.1002/cav.1836>
- ③ Yoshinori Dobashi, Kei Iwasaki, Yonghao Yue, Tomoyuki Nishita, Visual simulation of clouds, Visual Informatics, 査読有, Vol. 1, pp. 1-8, 2017.
<https://doi.org/10.1016/j.visinf.2017.01.001>
- ④ Kosuke Nabata, Kei Iwasaki, Yoshinori Dobashi, Tomoyuki Nishita, An Error Estimation Framework for Many-light Rendering, Computer Graphics Forum, 査読有, Vol. 35, pp. 431-439, 2016.
<https://doi.org/10.1111/cgf.13040>

〔学会発表〕(計 10 件)

- ① Hirokazu Sakai, Kosuke Nabata, Shinya Yasuaki, Kei Iwasaki, Error Estimation for Many-light Rendering with Supersampling, SIGGRAPH ASIA 2018 Technical Briefs, 2018.
<https://doi.org/10.1145/3283254.3283264>
- ② 酒井 広和, 名畑 豪祐, 安明 真哉, 岩崎 慶, スーパーサンプリングを用いた多光源レンダリングのための誤差推定法, VC2018, 2018.
- ③ 鶴賀 淳樹, 岩崎 慶, マルチグリッド法のための N サイクルの提案, Visual Computing/グラフィクスと CAD 合同シンポジウム 2017, 2017.
- ④ Kei Iwasaki, Yoshinori Dobashi, Makoto Okabe, Example-based Synthesis of Three-dimensional Clouds from Photographs, Computer Graphics International 2017, short paper, 2017.
<https://doi.org/10.1145/3095140.3095168>
- ⑤ Ryosuke Enotani, Shinya Yasuaki, Kei Iwasaki, Yoshinori Dobashi, Tomoyuki Nishita, Importance Caching for Homogeneous Participating Media, The Image Electronics and Visual Computing Workshop 2017.
- ⑥ 岩崎 慶, 名畑 豪祐, 関与媒質のレンダリングのための誤差推定法, コンピュータグラフィクスとビジュアル情報学研究会, Vol. 2017-CG-168, No. 8, pp.1-6, 2017.
- ⑦ 鶴賀 淳樹, 岩崎 慶, SawTooth サイクルの拡張による圧力場計算の高速化, 情報処理学会全国大会, 2X-04, 2017.
- ⑧ 大垣 公輔, 佐藤 周平, 岩崎 慶, 西田 友是, 複数の far-field 格子を用いた流体シミュレーション, 情報処理学会全国大会, 2X-05, 2017.
- ⑨ 上西 直人, 佐藤 周平, 岩崎 慶, 西田 友是, 領域削減の自動化による Wavelet Turbulence の効率化, 情報処理学会全国大会, 2X-06, 2017.
- ⑩ 安明 真哉, 名畑 豪祐, 岩崎 慶, 関与媒質の多光源レンダリングのための誤差推定法, 情報処理学会第 79 年全国大会 6X-01, 2017.

〔図書〕(計 1 件)

Yoshinori Dobashi, Shizuo Kaji, Kei Iwasaki, Mathematical Insights into Advanced Computer Graphics Techniques, Springer Publishing Company, Incorporated ©2018, ISBN:9811328498 9789811328497, pp. 1-163, 2018.

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年:
国内外の別:

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：
ローマ字氏名：
所属研究機関名：
部局名：
職名：
研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：
ローマ字氏名：

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。