

合焦判定に基づくマルチカメラ画像からの全焦点自由視点画像合成

○ 高橋 桂太, 苗村 健 東京大学大学院情報理工学系研究科

All in-Focus Free-Viewpoint Image Synthesis from Multi-Camera Input Based on Focus Measurement

○ K. TAKAHASHI and T. NAEMURA School of Inform. Scien. & Tech., The Univ. of Tokyo

Abstract: This paper introduces an image-based rendering method that can produce all in-focus free-viewpoint images from multi-camera input. In order to achieve all in-focus rendering, we extended light field rendering method by introducing multiple assumed depths and a focus measurement algorithm.

1 はじめに

近年, マルチカメラ画像を入力として, 自由視点画像を合成する手法について多くの研究がなされてきた [1, 2, 3]. 一般に, 高品質な合成を行うためには, 事前にコンピュータビジョン技術によって復元された被写体の形状情報を用いることが多い [4]. 一方, 筆者らは, 事前の形状復元を前提としない light field rendering 法 [3] を用いて, 高品質な画像をリアルタイムに合成する新しい手法を提案してきた [5, 6, 7]. 本稿では, 提案手法の概略と実験結果について報告する.

2 画像合成のアルゴリズム

本稿では, カメラを, 並行かつ等間隔に, 2次元アレイ状に配置して, 多視点画像を撮影する場合を想定する. 多視点画像の撮影は, 空間を満たす光線を各カメラの位置で離散的にサンプリングする処理と捉えることができる. 一方, 自由視点画像合成の際には, サンプル光線を補間することで, 所望の視点位置に達するすべての光線の色を求める必要がある. このとき, 必要な光線の色は, 被写体表面上で, その光線と同一の点から発しているサンプル光線を用いて補間されることが望ましい.

light field rendering 法 (以下, LFR 法) [3] は, 被写体の形状が未知であることを前提とした手法である. この手法では, 被写体全体を単一の仮定平面で近似して, 光線の補間を行う. 結果として, 合成画像上では, 仮定平面付近の物体は鮮明に合成されるが, それ以外の物体には歪が生じる. この現象は, 原理的には違いがあるものの, カメラの焦点ぼけに類似した現象である [8].

筆者らは, LFR 法を拡張し, 高品質な画像をリアルタイムで合成する手法を提案してきた [5, 6, 7]. この手法では, まず, 所望の視点位置に対して, 仮定平面の位置を移動しながら, 通常の LFR 法によって複数枚の画像を合成する. 次に, これらの画像の鮮明な領域を検出して統合することにより, その視点位置に対する最終的な一枚の画像を得る. 仮定平面の移動範囲が被写体全体を適切にカバー

できていれば, この処理によって, 被写体全体を鮮明に捉えた全焦点画像を合成することができる.

本手法の鍵となるのは, 合成画像の鮮明な領域を検出する処理 (合焦判定と呼ぶ) である. 以下, その原理について簡単に述べる. LFR 法では, 所望の光線の色は, 仮定平面上の同一の点から発するサンプル光線を用いて補間される. このとき, 補間の方法は一通りではなく, 該当する複数のサンプル光線に対して, どのように重みをつけるか, という点で自由度がある. ここで, 興味深い性質として, 仮定平面付近の被写体は, いずれの補間方法でもほとんど同様に合成されるのに対して, 仮定平面から離れた被写体は, 補間方法ごとに見え方が異なる, という点がある. したがって, 同一の仮定平面に対して, 補間方法が異なる 2 枚以上の画像を合成し, それらの画像の差分を評価することで, “合焦” 領域を検出することができる. これが, 筆者らの提案する “合焦判定” 法の基本的な原理である. 理論的な詳細や具体的なアルゴリズムについては, 文献 [5, 7] を参照されたい.

3 実験

実験には, PC (Pentium 4 3.2 GHz, メモリ: 2.0 GB) と, 汎用のグラフィックスカード (GeForce FX 5800, ビデオメモリ: 128 MB) を用いた. 入力として, 街の模型を被写体として, 81 視点 (9×9) で撮影された多視点画像を用いた. それぞれの解像度は, 256×192 画素とした. 合成画像の解像度は, 256×256 画素とした.

Fig.1 は, 入力カメラの位置とは異なるある視点位置で, LFR 法によって合成された画像である. サンプル光線の重み付けについては, 一般的な手法である, quadra-linear interpolation [3] を用いた. 仮定平面は, それぞれ, 背景面 (左), 後方の建物 (中央), および手前の建物 (右) の位置に配置されている. これらの画像では, 仮定面付近のみが鮮明に合成される, 焦点ぼけの効果が観察される.

提案手法では, 合焦判定を行うため, それぞれの仮定平面において, Fig.1 に示した画像 (モード 1 による合成) に加えて, 異なる補間方法を用いて, もう 1 枚の画像 (モー



Fig. 1: Synthesized images by light field rendering (with mode 1): The assumed depths are at the background (left), at the farther building (center), and at the nearer building (right), respectively.



Fig. 2: Synthesized images by mode 1 (left) and mode 2 (right) at the same assumed depth.



Fig. 3: All in-focus synthesis by our method.

ド2による)を合成する。モード2では、入力多視点画像を1つおきに間引いた 5×5 視点の画像に対して、quad-linear interpolationを適用する。同一の仮定平面において、モード1および2のLFR法で合成された画像の例を、Fig.2に示す。仮定平面は後方の建物の位置に配置されている。これらの画像において、焦点が合っている部分は、ほとんど同一に見えるが、焦点が合っていない部分には、相違がある。提案手法では、この性質を利用して、合焦判定を行う。

Fig.3に、仮定平面の数を10とし、提案手法によって合成した全焦点画像を示す。すなわち、この画像は、同一の視点位置に対して、仮定平面の位置を移動しながら合成した10枚の画像から、焦点が合っている領域を選択的に統合したものである。結果として、被写体全体を鮮明に捉えた、視覚的に良好な画像が合成できていることが分かる。

現在の実装では、LFR法は、OpenGLのテクスチャマッピング機能を利用してグラフィックスハードウェア上で実現しており、合焦判定処理は、並列化ライブラリを用いてCPU上で行っている。上記の環境で、処理レートは10.2fpsであり、視点位置の移動に対して、ほぼインタラクティブにレンダリングを行うことが可能である。

4 まとめ

本稿では、カメラアレイ画像を入力とし、LFR法と合焦判定を用いて、全焦点自由視点画像を合成する手法に

ついて報告した。本手法では、事前の形状復元を前提とせず、インタラクティブに高品質な自由視点画像を合成することができる。今後は、非正方格子状のカメラアレイへの適用や、動的なシーンへの適用について検討する。

謝辞: 本研究では、「筑波大学多視点画像データベース」を使用しました。有益な議論をしてくださった東京大学の原島博教授に感謝します。

参考文献

- [1] 藤井, “3次元統合画像符号化の基礎検討”, 東京大学工学部博士論文 (1994).
- [2] 柳澤ほか. “光線空間を用いた3次元物体の操作”, テレビ誌, 50, 9, pp. 1345–1351 (1996).
- [3] M. Levoy and P. Hanrahan, “Light Field Rendering”, *ACM SIGGRAPH*, pp. 31–42 (1996).
- [4] H. -Y. Shum et al., “Survey of Image-Based Representations and Compression Techniques”, *IEEE Trans. CSVT*, 13, 11, pp. 1020–1037 (2003).
- [5] K. Takahashi et al., “All in-Focus View Synthesis from Under-Sampled Light Fields”, *ICAT*, pp. 249–256 (2003).
- [6] K. Takahashi and T. Naemura, “All in-Focus Light Field Viewer”, *ACM SIGGRAPH Posters* no. 48 (2004).
- [7] K. Takahashi et al., “A Focus Measure for Light Field Rendering”, To appear in *IEEE ICIP* (2004).
- [8] A. Isaksen et al., “Dynamically Reparameterized Light Fields”, *ACM SIGGRAPH*, pp. 297–306 (2000).