

H-073

拡張コンセントリックモザイクによる深度歪補正

Depth Correction with Extended Concentric Mosaics

巴図 斯仁
Siren Batu

山本 強
Tsuyoshi Yamamoto

北海道大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University

1 まえがき

近年、複数の実写画像から新しい画像をレンダリングする Image-Based Rendering (IBR) 手法が注目を集め、数多くの研究が行われている。1991年 Adelson ら [1] は光線空間を位置、方向、光周波数、時間の7次元関数として記述し、それを Plenotic Function と呼んだ。以来、この Plenotic Function を構築するための研究が数多く行われ、代表的なものとして、Lumigraph[3]、Light Field[2] などがある。また、本研究が特に注目したコンセントリックモザイク [4] も、そのひとつである。コンセントリックモザイクの特徴としては、アルゴリズムが単純、システムコストが安い、データサイズが小さいなどがあげられるが、深度不連続による歪という大きな問題点がある。この問題を解消するため、本研究では、拡張コンセントリックモザイクというシステムを提案する。

2 コンセントリックモザイク

2.1 コンセントリックモザイクの構築

コンセントリックモザイクとは、同心円周上に移動する複数のスリットカメラからの映像より合成されたモザイク画像の組である [4]。図1は代表的なコンセントリックモザイク撮影システムである。各カメラはスリットカメラであり、一つの縦のスリットのみを撮影する。各カメラからのスリット画像を図2に示すように、横に並べることにより、カメラ台数と同じ数のモザイク画像が構築される。

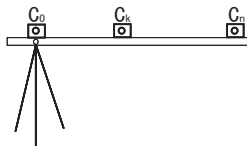


図1 コンセントリックモザイク撮影システム

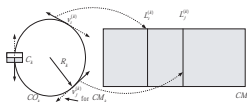


図2 コンセントリックモザイクの構築

また、実際の応用においては、複数のスリットカメラの代わりに、一台の通常のビデオカメラを回転させることで、構築することが可能である。この場合は通常の画像が撮影され、コンセントリックモザイクは各フレームの同じ番目の縦ラインを並べることで作成される。この方法では、一台のカメラだけを用いるためシステムがシンプルであるが、再構築できる領域がカメラの水平画角

に大きく制限され、半径が次の式で与えられる円の内部となる。 $R * \sin(h_{fov}/2)$ 、ここで h_{fov} はカメラの水平画角を表し、 R はカメラの移動する円の半径である。

2.2 新しい視点での画像の生成

上述の円内部の任意の視点での画像はこれらのコンセントリックモザイクを用いて生成することが可能である。図3のように、新しい画像を構築するアルゴリズムは極めて単純であり、基本的には視点の位置と向きに応じて必要なスリット画像 (画像の縦ライン) を見つけ出すのみである。しかし、実際には、一部のスリット画像のみがコンセントリックモザイクに保存されているため、その他のスリット画像は補間を用いて求める必要がある。

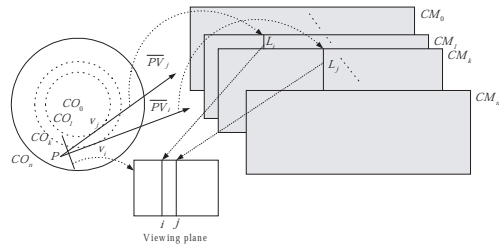


図3 新しい視点での画像生成

2.3 深度不連続による歪

上で紹介したように、新しい視点での画像は、異なるカメラからの縦ラインを並べることにより構築される。理論上、このような合成が可能なのは、シーンが無制限遠方にある時のみである。つまり、コンセントリックモザイクはシーンを無限遠方にあると仮定していることになる。しかし、実際の応用においては、このような仮定が成り立たないため、生成される画像に深度不連続による歪が生じる。詳細については、第4章で具体的な画像例を挙げて説明する。このような歪はコンセントリックモザイクにおける画質劣化の主な原因であり、その補正が困難であった。その主な対処法としては、ある適当な深度値を用いて結果画像をスケールする方法が用いられてきたが、シーン全体が同じ深度値を持っている時のみ有効である [4]。これに対して、提案手法の拡張コンセントリックモザイクは、正確な深度推定を可能にすることにより、この問題を解消する。

3 拡張コンセントリックモザイク

3.1 拡張コンセントリックモザイクの構築

提案システムの主な特徴は、従来のカメラ (画角 180 度未満) の代わりに 360 度の画角を持つパノラ画像撮影システムを用いる。つまり、本システムは、パノラマカ

メラを円周上に移動させることにより、コンセントリックモザイクを構築する。図4は提案システムの概念図

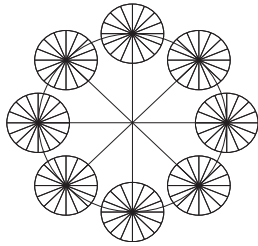


図4 拡張コンセントリックモザイク撮影システムである。大きな円はパノラマ撮影システムが移動する円周を表し、小さい円の中心はカメラの撮影位置を表し、小さい円内部の放射状の線はパノラマ画像の各縦ラインである。まず、本提案システムにおいて、再構築可能な範囲はカメラの回転する円内部すべてである。さらに本システムの一番大きな特徴は、パノラマ画像の水平解像度が撮影点の数の二倍である時、撮影されたすべての画像のすべての縦ラインに対して、完全同じ方向を持つもう一つの縦ラインが存在する。したがって、まず、各パノラマ画像の外向きの部分を用いることで一つコンセントリックモザイクを構築することができる。これをプライマリコンセントリックモザイクと呼ぶことにする。これは従来のコンセントリックモザイクと同じものである。これに加えて、我々のシステムでは、各パノラマ画像の内向きの部分を用いることで、もう一つのコンセントリックモザイクを構築することができる。これをセカンダリコンセントリックモザイクと呼ぶことにする。つまり、提案システムはコンセントリックモザイクペアを構築することができる。この特徴は、我々のシステムを従来のシステムと区別するものであると同時に、拡張コンセントリックモザイクと呼んでいる理由でもある。

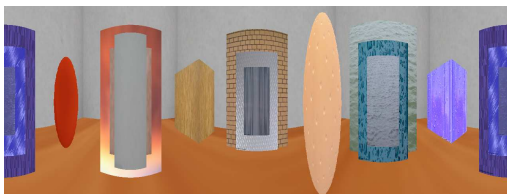


図5 プライマリモザイク



図6 セカンダリモザイク

図5と図6は提案システムによる一つコンセントリックモザイクペアの例である。ペアをなす二つのモザイク画像は縦のラインごとに対応する。つまり、ワールド空間の点は、二つのモザイクにおいて、同じインデックスをもつ縦のライン上に投影される。このような特長により、縦のラインごとの一次元マッチングにより各ピクセルの深度を推定することが可能になる。

3.2 拡張コンセントリックモザイクによる深度推定

上で述べたように、提案システムはコンセントリックモザイクペアを構築することができる。同じく、任意の新しい視点に対して、二つのコンセントリックモザイクにより、二つの画像を生成することができる。当然、生成された二つの画像も縦のラインごとに対応する。その一つは従来のコンセントリックモザイクから生成される画像とまったく同じである。また、シーンが無限遠方にある時、二つの画像は完全一致するが、通常は異なる画像である。残念ながら、二つの画像はいずれも正しい画像ではないが、提案手法では、この二枚の画像から深度を推定し、歪補正を行い、正しい画像を生成することが可能である。

4 実装結果

提案システムをCG画像を用いて実装し、実験を行った。図7と図8はそれぞれプライマリモザイクとセカンダリモザイクにより生成されたサンプル画像である。図7の画像は従来のシステムから生成される画像に相当する。また、比較のため、正しい画像を図9に示した。図の赤い球に注目すると、従来の手法では縦横比が失われ、楕円になっている。また、三つの平面に注目すると、一番前の平面は実際より大きく見え、真ん中の平面に関しては、実際に見えるべき部分の一部が見えてないことがわかる。図10は図7と図8の画像を用いて深度を推

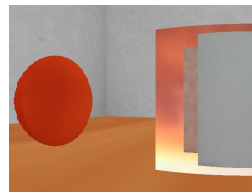


図7 プライマリ画像

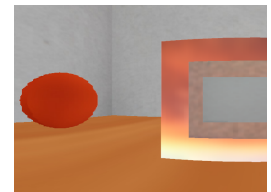


図8 セカンダリ画像

定し、推定した深度値をもとに深度補正を行った最終結果である。推定の誤差により、局所的なエラーはあるものの、各物体の大きさ、空間的な位置関係などに関しては、ほぼ正確である。

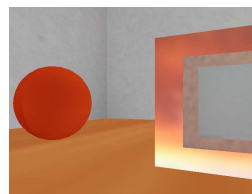


図9 正しい画像

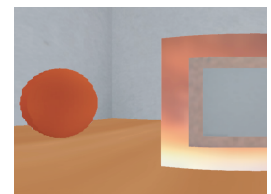


図10 結果画像

参考文献

- [1] E. H. Adelson and J. Bergen, "The plenoptic function and the elements of early vision," Computational Models of Visual Processing, MIT Press, Cambridge, MA, pp.3-20, 1991.
- [2] M. Levoy and P. Hanrahan, "Light field rendering," Computer Graphics (SIGGRAPH' 96), pp.31-42, Aug. 1996.
- [3] S. J. Gortler, R. Grzeszczuk, R. Szeliski, and M. F. Cohen, "The lumigraph," Computer Graphics (SIGGRAPH' 96), pp.43-54, Aug. 1996.
- [4] H. Y. Shum and L. W. He, "Rendering with Concentric Mosaics," Computer Graphics (SIGGRAPH' 99), pp.299-306, Aug. 1999.