

ホモグラフィーを用いた画像修復に基づく 拡張現実感におけるマーカの除去

Marker Hiding in Augmented Reality Based on Image Inpainting Using Homography

山崎将由, 河合紀彦, 佐藤智和, 横矢直和

Masayoshi YAMASAKI, Norihiko KAWAI, Tomokazu SATO and Naokazu YOKOYA

奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

(〒 630-0192 奈良県生駒市高山町 8916-5, {masayoshi-y, norihiko-k, tomoka-s, yokoya}@is.naist.jp)

Abstract : This report proposes a new marker hiding method in Augmented Reality which is based on image inpainting using homography. Conventionally, the whole input image except a marker area is searched for a texture pattern similar to the pattern around the target marker area, and the similar pattern is copied onto the target area for hiding the marker. However, this approach sometimes generates unnatural textures because it copies view-dependent texture patterns without considering perspective distortion. In our approach, on the assumption that an area around the marker is planar, the marker area is filled in by compensating for the appearance of the input image as if the scene is observed from right above the marker to realize natural marker hiding.

Key Words: *Augmented Reality, Image Inpainting, Diminished Reality*

1. はじめに

拡張現実感 (Augmented Reality; AR) の研究においては、これまでカメラとマーカの相対的な位置・姿勢を算出するために、人工的な正方形マーカが広く用いられてきた [1]。しかし、このようなマーカに基づく AR では、マーカが常に画像中に映る必要があるため、マーカの存在により、マーカ以外の現実物体と仮想物体のシームレスな融合ができずユーザに違和感を与えるという問題がある。この問題に対して、画像中の不要な物体を取り除き、物体の背景画像をリアルタイムで違和感なく合成する隠消現実感 (Diminished Reality; DR) の研究が行われている [2, 3, 4]。DR は、マーカの背面に存在する実際のテクスチャを用いる手法 [2] と用いない手法 [3, 4] に大別できるが、本研究では、後者に着目する。

後者の手法の場合、実際のテクスチャの代わりとなるテクスチャをマーカ領域に生成する必要があり、このための手法がいくつか提案されている。Siltanen は、マーカ領域周辺の輝度値からマーカ領域のテクスチャを生成する手法 [3] を提案している。この手法は、マーカ領域内の各画素の値をマーカ周辺の特定の 8 点の平均輝度値で置き換えることで、高速にテクスチャを合成する。しかし、周辺のテクスチャが複雑な場合には違和感のないテクスチャを生成することが難しい。これに対して、マーカ領域周辺のテクスチャパターンと類似したパターンをマーカ以外の領域から探索し、コピーすることで欠損修復する画像修復 (Image Inpainting)

を応用した手法 [4] が提案されている。この手法では、複雑なテクスチャをマーカ領域に生成できる。ただし、一般的な画像修復手法では、参照されるテクスチャが透視投影効果により幾何学的に歪んでいる場合、適切なテクスチャが修復の事例として選択されず、違和感のある画像が生成される場合があり、文献 [4] の手法においてもこの問題は解決されていない。また、連続するフレームにおいて、修復に用いられるテクスチャの参照位置が変化する場合もあるため、生成されるテクスチャの時間的な変化に違和感が生じることがある。

本研究では、マーカが環境中に固定されマーカ周辺が平面であることを前提とし、マーカを真上から見た画像に射影変換することで、視点位置に依存せず透視投影効果による歪みのないテクスチャを用いた修復を行う。また、生成したテクスチャをマーカ領域に重なるようにフレーム毎に逆射影変換し、合成することで、テクスチャの時間的な連続性が保たれたマーカの除去を実現する。

2. 画像修復を用いたマーカの除去

本研究では、図 1 に示すように、まずオフライン処理として、マーカを含む環境を撮影し、マーカを真上から見たような画像に射影変換するホモグラフィー行列を求め、画像修復によりマーカを除去する。以後、オンライン処理として、カメラの動きに応じてオフライン処理と同様にホモ

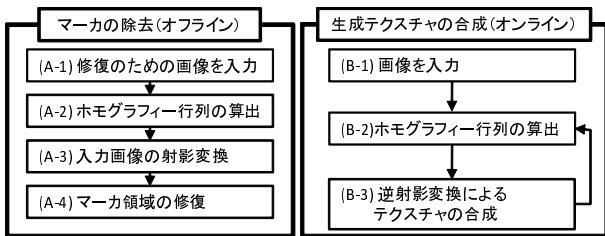


図 1: 処理の流れ

グラフィー行列を求め、オフライン処理で生成したテクスチャをマーカ領域に逆射影変換し、マーカの上に実時間で重畳する。以下、各処理について述べる。

2.1 テクスチャの歪みを考慮したマーカの除去

本研究では、入力画像をマーカを真上から見たような画像に射影変換することで、透視投影効果によるテクスチャの歪みを取り除き、画像修復手法 [5] による高品質な修復を行う。具体的には、画像中から正方形マーカの四隅の点の座標を抽出し、これらの 4 点が正方形に射影変換されるようなホモグラフィ行列 H を求める。次に、ホモグラフィ行列 H を用いて、画像全体を射影変換する。最後に、文献 [5] の手法によりマーカ領域の修復を行う。本手法は、修復対象領域とそれ以外の領域間のテクスチャのパターン類似度に基づくエネルギー関数を用い、類似パターンの探索と画素値の更新を繰り返すことでエネルギーを最小化し、最適なテクスチャを生成する。

2.2 生成されたテクスチャの合成

オンライン処理では、オフライン処理で生成した画像の修復領域の四隅に入力画像上のマーカの四隅の点を射影するようなホモグラフィ行列 H をフレーム毎に求め、修復領域周辺のテクスチャを逆行列 H^{-1} により逆射影変換し、マーカ上に重畳する。この時、実画像と重畳画像の境界部においてこれらをブレンディング処理することで、テクスチャの継ぎ目の違和感を低減する。

3. 実験

提案手法の有効性を示すために、実環境中にマーカを 1 つ配置し、マーカの除去を行った。図 2 にオフライン処理の実験結果を示す。図 2(a) は入力画像、図 2(b) は射影変換した画像、図 2(c) はマーカ領域を修復した結果である。図 2 から、入力画像中の透視投影効果による歪みを取り除き、マーカ領域を違和感なく修復できていることがわかる。図 3 に様々な方向からマーカを撮影した場合のオンライン処理の合成結果を示す。合成結果から、生成されたテクスチャをカメラの動きに合わせて逆射影変換し合成することで、視点位置を変化させた場合でも多くの場合違和感なくマーカを除去できることを確認した。ただし、図 3(d) のようにオフライン処理で画像修復した時のハイライトの位置とオンライン処理でのハイライトの位置が異なると、生成したテクスチャと入力画像の間に輝度値の違いが発生し、違和感を生じることがある。なお、本実験では、入力画像 (320 × 240 画素) に対し PC (CPU: Intel Core2 Duo 3.0GHz, メモ

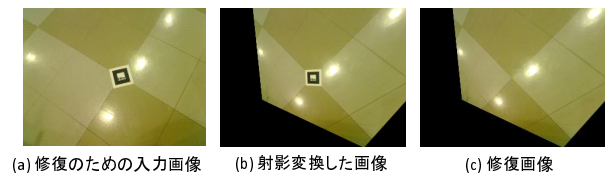


図 2: オフライン処理の実験結果

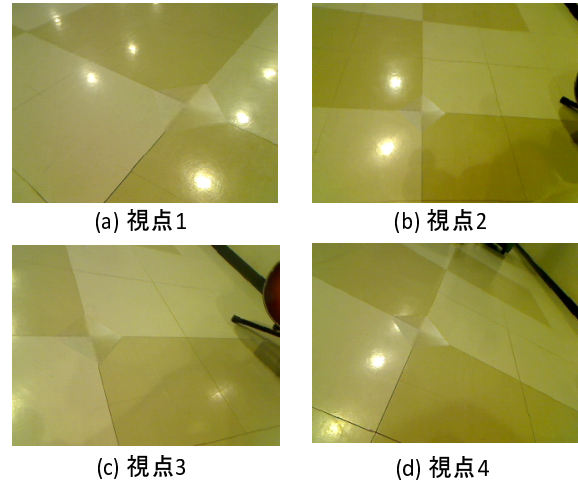


図 3: 様々な方向から見た場合の合成結果

リ: RAM 2.0GB) を用いて処理を行った場合、ビデオレート (30fps) での処理を実現した。

4. まとめ

本稿では、マーカを真上から見たような画像に変換することで透視投影による歪みを取り除き、そのテクスチャを用いて画像修復を行うことで違和感のないマーカの除去を実現する手法を提案した。実験により、マーカの見え方が変化した場合でも違和感のないテクスチャを合成できることを確認した。今後は、光源環境の変化を反映したテクスチャの生成を行う予定である。また、オフライン処理のない DR を実現するために、画像修復手法の高速化及び、修復とテクスチャ合成の並列処理の枠組みを検討する。

謝辞 本研究の一部は科学研究費補助金 (基盤研究 A, No. 23240024) による。

参考文献

- [1] H. Kato, H. Billinghurst: Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-Based Augmented Reality Conferencing System, In Proc. IWAR, pp. 85-94, 1999.
- [2] 中島武真, 一刈良介, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行: 隠消現実感における隠背景面復元の画質的整合の実現, 信学技報, Vol. 110, No. 381, PRMU2010-195, pp. 359 - 364
- [3] S. Siltanen: Texture Generation over the Marker Area, In Proc. ISMAR, pp. 253-254, 2006.
- [4] J. Herling, W. Broll: Advanced Self-contained Object Removal for Realizing Real-time Diminished Reality in Unconstrained Environments, In Proc. ISMAR, pp. 207-212, 2010.
- [5] N. Kawai, T. Sato and N. Yokoya: Image Inpainting Considering Brightness Change and Spatial Locality of Textures and Its Evaluation, In Proc. PSIVT, pp. 271-282, 2009.