

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 19 日現在

機関番号：14603

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700118

研究課題名(和文)ビデオスルー拡張現実感における画像中からの現実物体の除去に関する研究

研究課題名(英文) Research on removal of real objects from images in video see-through augmented reality

研究代表者

河合 紀彦 (Kawai, Norihiko)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：30610670

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、画像中の現物物体を除去し、その欠損領域に違和感のないテクスチャを実時間で合成する隠消現実感の手法を、除去対象が拡張現実感マーカの場合と一般物体の場合に分けて開発した。対象が拡張現実感マーカの場合、マーカが平面上に存在するという仮定のもと、画像修復によりマーカの背景画像を生成し、それを毎フレーム幾何学的・光学的に補正しマーカ領域に重畳することで、マーカの実時間除去を実現した。対象が一般物体の場合は、SLAM手法に基づくカメラの位置姿勢および除去対象物体の背景形状の推定および対象がマーカの場合と同様のアプローチの統合により三次元的なシーンに対応した一般物体の実時間除去を実現した。

研究成果の概要(英文)：This study developed diminished reality methods for visually removing real objects from video images in real time in video see-through augmented reality. Specifically, we developed two methods for the cases when target objects are augmented reality markers and general objects. For augmented reality markers, we achieved real-time marker removal by automatically detecting AR markers and generating background images behind markers using image inpainting, and overlaying the generated images on the marker regions with geometric and photometric corrections. For general objects, we first estimated camera poses and geometry behind a target object on the basis of a SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) technique. We then achieved real-time removal of general objects for a 3D scene by generating background images using image inpainting and overlaying the generated images with geometric and photometric corrections using the estimated camera poses and background geometry.

研究分野：画像・映像処理、複合現実感

キーワード：隠消現実感 画像修復 拡張現実感 物体除去 背景推定

1. 研究開始当初の背景

動画像中からの物体の実時間除去は、拡張現実感を用いたナビゲーション、過去・未来都市の仮想体験等において、拡張現実感マーカや現在の建造物（建物、看板等）のような視覚的に不要な物体の除去に用いることができる。これまでも、画像修復を利用し動画像中から実時間で物体を除去することを目指した研究は行われてきたが、以下のような問題が残されている。(1)入力画像での見え方のままのテクスチャを参照し修復するため、透視投影歪みが大きい場合には高品質な修復が難しい。(2)フレーム毎に修復処理が行われ、テクスチャの幾何学的な時間的連続性が考慮されていない。(3)照明条件の変化によるテクスチャの時間的な明度変化が考慮されていない。(4)背景がほぼ平面であると仮定しているため、背景の形状が複雑な場合には、カメラの動きの夜生成テクスチャの幾何学的変化に違和感が生じる。このため、動画像中から現実物体を違和感なく取り除くことができるシーンは限定的であった。

2. 研究の目的

本研究課題では、画像中の物体の除去の中でも、画像修復手法を用いるアプローチに着目し、上記の問題・課題を解決し、視覚的に不要な現実物体を空間的・時間的に違和感なく取り除くことで、拡張現実感におけるCGと現実環境のさらなるシームレスな融合を実現することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究課題では、除去対象が拡張現実感マーカの場合、一般的な物体の場合に分け、それぞれ開発を行った。

(1) 拡張現実感マーカの場合

透視投影歪みの補正による画像修復の高品質化

画像の透視投影歪みによる画像修復の品質の低下を防ぐため、マーカが平面上に存在するという仮定のもと、入力画像をマーカを真正面から見たような画像に射影変換することで、透視投影歪みの補正を行った。この画像に対して画像修復を適用することで、高品質な修復結果を得る工夫を行った。

画像修復と幾何学的・光学的補正の並列処理

一般的に、画像修復処理は数秒程度の時間を要する。このため、毎フレームの画像に対して画像修復処理を適用すると実時間では動作しない。このため、あるキーフレームに対して画像修復を適用する処理と、毎フレーム画像修復により生成された背景画像を幾何学的・光学的に補正する処理を並列に行うことで、実時間処理を実現した。また、幾何学的な時間的連続性を保つために、図1に示す

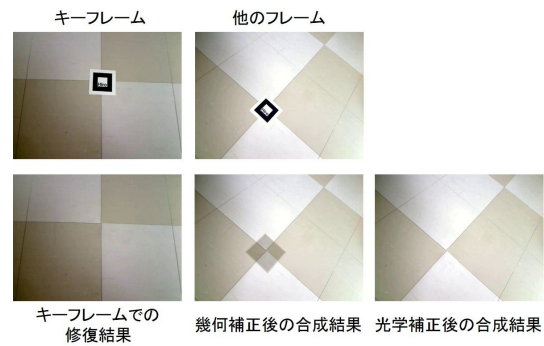


図1 生成画像の幾何学的・光学的補正

ように、マーカにより得られるカメラ位置姿勢を用いて画像修復により生成した背景画像を射影変換することで、フレーム間の幾何学的な整合性を保った。光学的な補正については、画像修復に用いたキーフレームと現在のフレームにおけるマーカ周辺の輝度変化を算出し、次にエネルギー最小化により、マーカ領域における輝度変化を推定し、それを生成した背景画像に反映することで、光源環境が変わった場合にも光学的に違和感のないテクスチャの生成を行った。

(2) 一般物体の場合

三次元的なシーンに対応するための対象シーンの解析

本研究では、除去対象物体の背景が複数の平面で構成されているという仮定のもと、まずSLAM手法によりカメラの位置姿勢と対象物体周辺の特徴点の三次元座標を推定し、特徴点を分類し、分類したクラスごとに平面を当てはめることで、物体背景の形状を推定した。

透視投影歪みの補正による画像修復の高品質化

前述の対象シーン解析により、対象シーンに当てはめた各平面について、図2に示すように平面を真正面から見たような画像に入力画像を射影変換するとともに、平面ごとの画像に分割し画像修復に用いる事例を制限することで、三次元的なシーンに対しても高品質な修復結果を得る工夫を行った。

画像修復と幾何学的・光学的補正の並列処理

一般物体の場合も、マーカの場合と同様にあるキーフレームに対して画像修復を適用する処理と、毎フレーム画像修復により生成された背景画像を幾何学的・光学的に補正する処理を並列に行うことで、実時間処理を実現した。ただし、三次元的なシーンに対応するため、前述の処理により求めた各平面および、毎フレームSLAM手法により得られるカメラ位置姿勢を用いることで、各平面に対応する画像ごとに、幾何学的・光学的な補正を行い

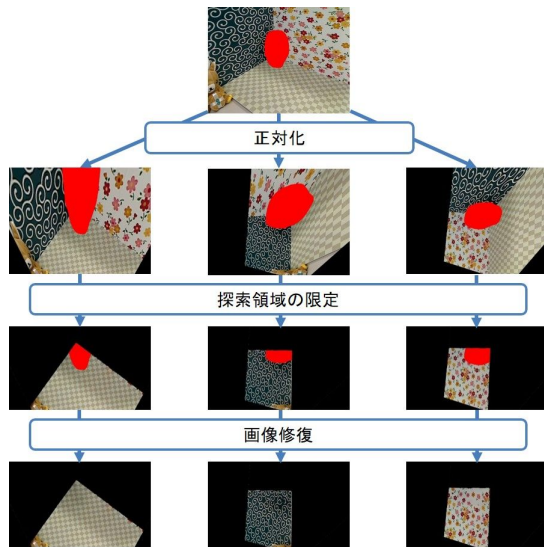


図 2 三次元的なシーンに対する画像修復

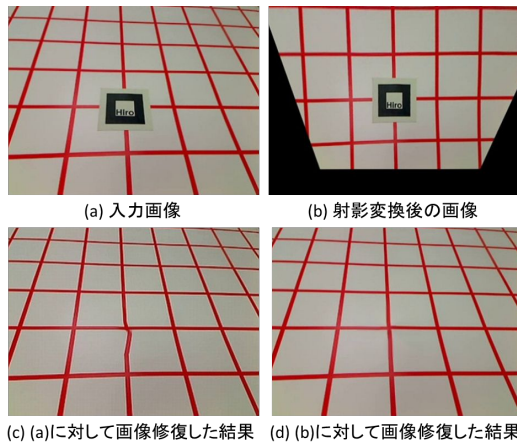


図 3 透視投影歪みの補正効果

それらを統合することで、三次元的なシーンにおいても幾何学的・光学的な整合性を実現した。

4. 研究成果

提案手法の有効性を示すために、動画像を用いてマーカの除去および一般物体の除去実験を行った。対象が拡張現実感マーカの場合と一般物体の場合に分けて成果を述べる。

(1) 拡張現実感マーカの場合

まずマーカを用いた透視投影歪みの補正による画像修復への効果を確認するために、歪みを補正した場合としなかった場合の画像修復の結果を比較した。図 3 より、透視投影歪みを補正した場合、補正しなかった場合よりも高品質な画像修復結果が得られることを確認した。次に、2 つのマーカを置いた環境において、カメラを自由に動かしかつ光源環境を変化させて実験を行った。図 4 にマーカ除去結果を示す。図 4 より、カメラの位置姿勢および光源環境の違いに関わらずマーカが違和感なく除去されていることを確認した。

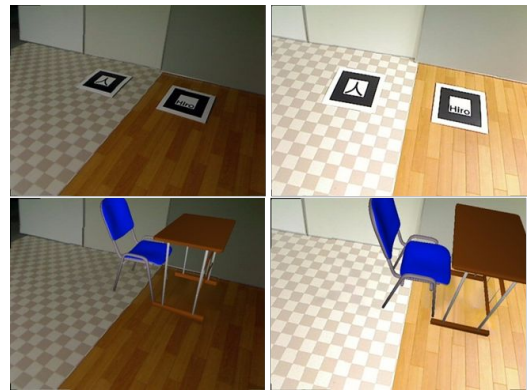


図 4 マーカの除去例

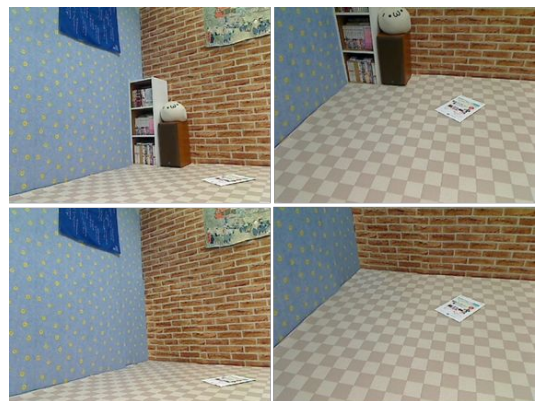


図 5 一般物体の除去例

(2) 一般物体の場合

様々なシーンへ提案手法を適用し実験を行った。図 5 に結果の一例を示す。図 5 より、三次元的なシーンに対して違和感のない物体除去が実現できていることを確認した。また、提案手法は約 20~30fps で動作し、実時間処理ができていることを確認した。

以上のように、三次元的なシーンに対しても適用できる手法を開発したが、依然適用できる環境には制限がある。今後、隠消現実感の実用化に向けて、開発した手法をさらに発展させることで、より様々なシーンに対しても適用できる隠消現実感実現手法を開発する必要がある。

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 3 件)

(1) 河合 紀彦: "インペインティングとその隠消現実感への応用", システム制御情報学会誌, Vol. 58, No. 10, pp. 426-431, Oct. 2014. 査読無
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009864855>

(2) N. Kawai, M. Yamasaki, T. Sato, and N. Yokoya: "Diminished reality for ar marker hiding based on image inpainting with

reflection of luminance changes", ITE Trans. on Media Technology and Applications, Vol. 1, No. 4, pp. 343-353, Oct. 2013. 査読有
DOI: 10.3169/mta.1.343

(3) 河合 紀彦: "画像中の不要物除去のための画像インペインティング", 映像情報メディア学会誌, Vol. 67, No. 8, pp. 666-669, Aug. 2013. 査読無
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009646300>

〔学会発表〕(計 14 件)

(1) 河合 紀彦: "AR マーカ除去のための実時間背景画像変形", 複合現実感研究会, 2015 年 1 月 22 日 ~ 1 月 23 日, 奈良先端科学技術大学院大学(奈良県生駒市)

(2) N. Kawai: "Diminished reality based on image inpainting for visually removing real objects in real time", International Display Workshops, 2014 年 12 月 3 日 ~ 12 月 5 日, 朱鷺メッセ(新潟県新潟市)

(3) 河合 紀彦: "画像修復を用いた隠消現実感", 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU), 2014 年 7 月 28 日 ~ 7 月 31 日, 岡山コンベンションセンター(岡山県岡山市)

(4) N. Kawai: "Diminished reality using image inpainting", Int. Conf. on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV), 2014 年 6 月 15 日 ~ 6 月 17 日, Dhaka(Bangladesh)

(5) N. Kawai: "From image inpainting to diminished reality", Human-Computer Interaction International, 2014 年 6 月 22 日 ~ 6 月 27 日, Heraklion(Greece)

(6) N. Kawai: "Diminished reality by correction of perspective and color with image inpainting", SIAM Conf. on Imaging Science, 2014 年 5 月 12 日 ~ 5 月 14 日, Hong Kong(China)

(7) N. Kawai: "Diminished reality considering background structures", IEEE Int. Sympo. on Mixed and Augmented Reality (ISMAR2013), 2013 年 10 月 1 日 ~ 10 月 4 日, Adelaide(Australia)

(8) N. Kawai: "AR marker hiding based on image inpainting and reflection of illumination changes", IEEE Int. Sympo. on Mixed and Augmented Reality (ISMAR2012), 2012 年 11 月 6 日 ~ 11 月 8 日, Atlanta(USA)

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

河合 紀彦 (Norihiko KAWAI)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教

研究者番号 : 30610670