

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：14201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11375

研究課題名（和文）四次元情報proxyを用いた任意時空間画像生成手法の開発

研究課題名（英文）Arbitrary-viewpoint and -time image rendering using 4-D information proxy

研究代表者

佐藤 智和（SATO, TOMOKAZU）

滋賀大学・データサイエンス学部・教授

研究者番号：50362835

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究項目では、視点依存テクスチャマッピングと視点依存ジオメトリの双方を融合することで、高品位な画像生成を実現する手法を開発した。特に、自由視点画像生成において生じるアーティファクト（例えば、テクスチャのぼやけ、欠落、実画像との差異）および、オクルージョンの低減を重視した高品質な自由視点画像生成を実現している。また、取得した画像群そのものでは再現不可能な遮蔽領域のテクスチャを自動生成する手法についても研究を実施し、従来は困難であった、欠損領域の修復結果の評価および、評価結果に基づく修復の高品位化を実現する手法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題では、これまで実現されてこなかった運動物体を含む一般的な実シーンに対する高品位な任意時空間映像の生成手法を開発することが目的である。当該分野においては、これまでシーンの三次元復元と自由視点画像生成に関する研究がそれぞれ独立に推進されてきたが、それら単独での性能向上には限界がある。本研究では、これら三次元復元手法と自由視点画像生成手法の双方における映像処理を高度に融合することで、手法単独での性能向上限界を超えた高品位な任意時空間画像の生成を実現することに意義がある。

研究成果の概要（英文）：In this research, we have developed a method to realize high-quality image generation by fusing both viewpoint-dependent texture mapping and viewpoint-dependent geometry. In particular, we focused for realizing high-quality free-viewpoint image generation that reduces artifacts (for example, blurring and distortion of texture). We have also developed a method for automatically generating textures in occluded areas that cannot be reproduced with the acquired images themselves. The method can evaluate the repair results of defective areas by itself, which was difficult in the conventional researches.

研究分野：コンピュータビジョン

キーワード：自由視点画像生成 画像修復 三次元復元

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

画像群を入力とする三次元復元手法は、主にカメラの動きを推定する **Structure from motion(SfM)**法、密なシーン構造を復元する **Multi-View Stereo(MVS)**法として、コンピュータビジョンの分野において広く研究されてきた。また、三次元復元結果を活用した自由視点画像生成手法を用いることで、任意の視点からの復元結果の写実的な見えを再現することが可能となりつつある。しかし、従来研究においては、三次元復元処理が難しい運動物体領域、復元の曖昧性が生じる **texture less** 領域、複雑な形状を有する領域、死角領域などにおいて、復元性能が低下することから、これらに対応する自由視点画像上の領域に歪み、欠損やアーティファクトが生じる問題があった。

2. 研究の目的

本研究課題では、これまで実現されてこなかった運動物体を含む一般的な実シーンに対する高品位な任意時空間映像の生成手法を開発することが目的である。当該分野においては、これまでシーンの三次元復元と自由視点画像生成に関する研究がそれぞれ独立に推進されてきたが、それら単独での性能向上には限界がある。本研究では、これら三次元復元手法と自由視点画像生成手法の双方における映像処理を高度に融合することで、手法単独での性能向上限界を超えた高品位な任意時空間映像の生成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、三次元復元手法を基本とした自由視点画像生成において課題となっている画像生成の品質、画像欠損の問題、画像提示時における違和感の低減、を対象として、(1)視点依存ジオメトリ、視点依存テクスチャマッピングの融合による高品位な画像生成手法の開発、(2)画像上のデータの欠損問題の解決、に取り組んだ。また、(3)自由視点映像を proxy として用いることで、実シーンから仮想シーンへの遷移をシームレスに実現する情報提示手法を開発した。

4. 研究成果

(1)視点依存ジオメトリ、視点依存テクスチャマッピングの融合による高品位な画像生成手法の開発

本研究項目では、視点依存テクスチャマッピングと視点依存ジオメトリの双方を融合することで、画像上のテクスチャの欠損が生じにくく、高品位な画像生成を実現する手法を開発した。特に、自由視点画像生成において生じるアーティファクト（例えば、テクスチャのぼやけ、欠落、実画像との差異）および、オクルージョンの低減を重視した高品質な自由視点画像生成を実現している。図1は、開発した手法のフローチャートである。本手法では、レーザスキャナを用いて計測したシーンの三次元情報と全方位画像群を入力として、計測された点群にあらかじめ局所平面をあてはめ、密なデプスマップを生成しておく。次に、自由視点画像生成のステージでは、視点に応じた視点依存デプスマップの生成と視点依存テクスチャマッピングによる画像生成を行う。

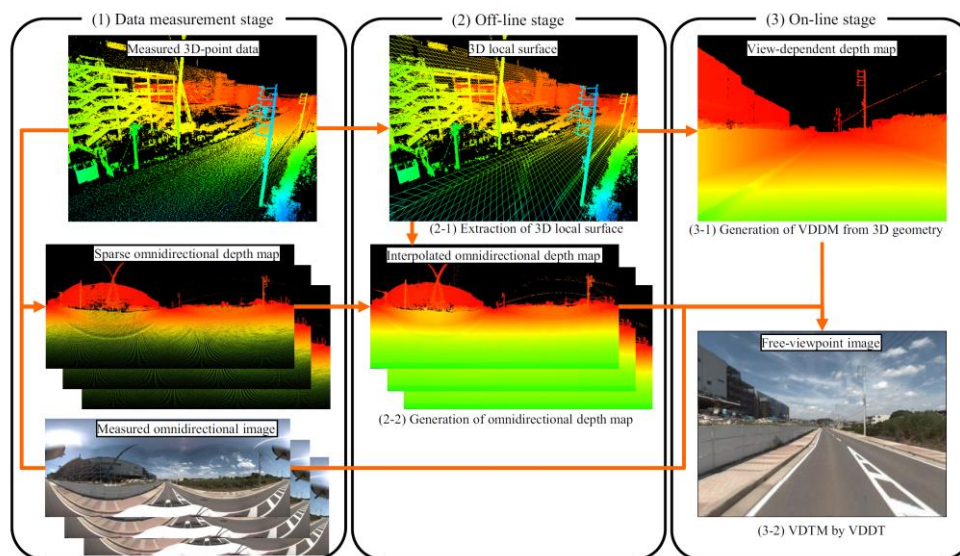


図1. 視点依存ジオメトリ、テクスチャマッピングの融合による高品位な画像生成手法の概要

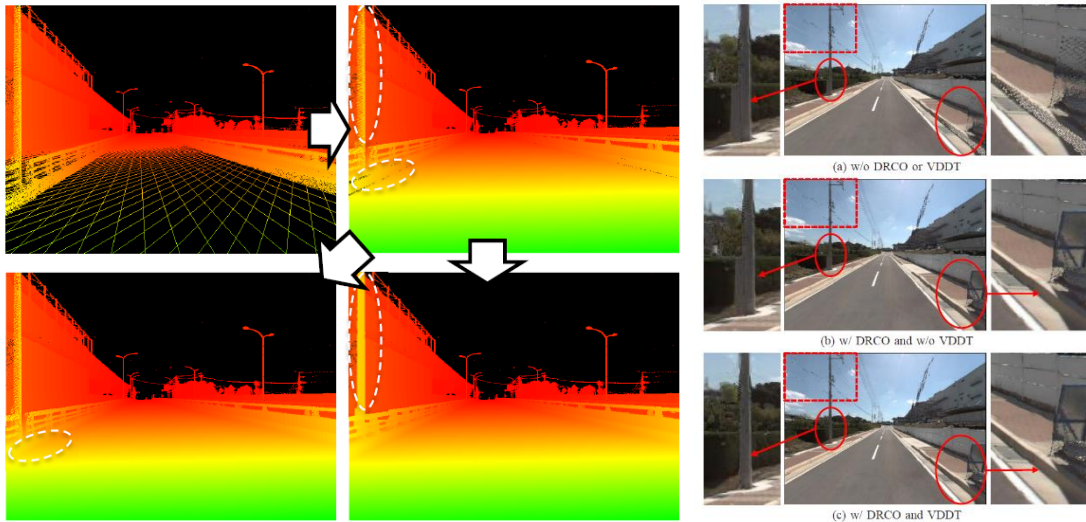


図 2. 提案手法を用いたデプス補完の効果と生成画像上でのアーティファクトの低減

図 2 は、局所平面あてはめの効果を示したものである。同図左は、元々存在する疎な点群および点群にあてはめられた局所平面を可視化したもの、および提案手法によるデプス補完の効果を表したものである。従来手法のように、単に画像上での奥行値の補完を実行した場合、同図右上のように、正しく奥行値の前後関係が補完されず、前景の一部が背景に溶け込む、またはデータの欠損が生じている。我々の手法を用いることで、同図下のように、個々の物体に対する輪郭を正しく再現することができている。また図中右の生成画像上においても、提案手法(c)を用いることで、従来手法で生じていた物体輪郭の問題を緩和できていることが分かる。

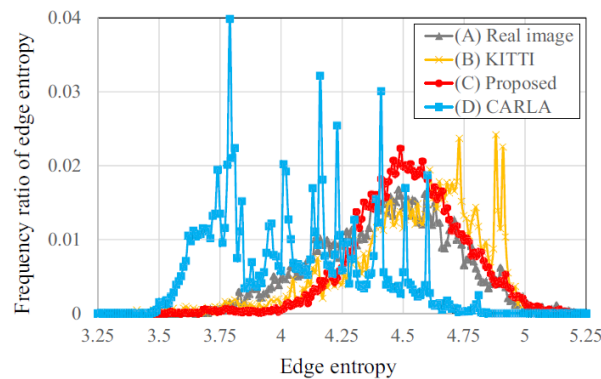


図 3. エッジエントロピーの比較

提案手法の効果について、実画像から得られる特徴量と、提案手法および従来手法から得られる特徴量を比較することで、定量評価を行った。図 3 は、特徴量としてエッジエントロピーを用い、比較を行った結果である。提案手法(C)は、従来手法と比較して、実画像と類似した特徴が抽出されていることを確認した。また、画像認識に用いられる別の特徴量である GoogLeNet の特徴量を用いた比較を行い、同様の結果が得られることを確認した。また、本研究においては、動的シーンの扱いとして、自由視点画像生成上に CG で同物体を重畳合成する方法についても試作を行い、特に Ray-Tracing によって、環境マッピングを行うことで写実的な画像合成が実現できることを示した(図 4 参照)。

なお、報告書作成時点では本研究の成果は学術論文誌に投稿済み(査読中)であり、発表論文には掲載していない。



図 4. 自由視点画像上への運動物体の重畳合成結果

(2) 画像上のデータの欠損問題の解決手法の開発

自由視点画像生成において、運動物体・静止物体を含むシーンにおいてオクルージョンが生じた場合、その裏側のテクスチャは存在せず、そのままでは違和感のある画像生成となる。このため、本研究課題においては、取得した画像群そのものでは再現不可能な遮蔽領域のテクスチャを自動生成する手法について研究を実施した。図5は、開発した手法によって特定の物体(画像中の赤色の領域)の裏側に遮蔽された領域を推定するプロセスを可視化したものである。



図5. データ欠損修復のプロセス(左:オリジナル画像、右:修復結果)

本研究では、深層学習を用いて、人間が違和感を覚えやすい領域を学習させ、これを用いて段階的に違和感のある領域を削減する手法を開発した。具体的には、画像修復プロセスにおいて、違和感があると考えられる領域を手で指定したデータセットを作成するとともに、画像上から図6に示すような様々な特徴量を抽出し、その特徴量と違和感のある、なしの関連を自動抽出するネットワークを構成した。

本研究の推進により、従来は困難であった、欠損領域の修復結果の評価および、評価結果に基づく修復の高品位化を実現した。

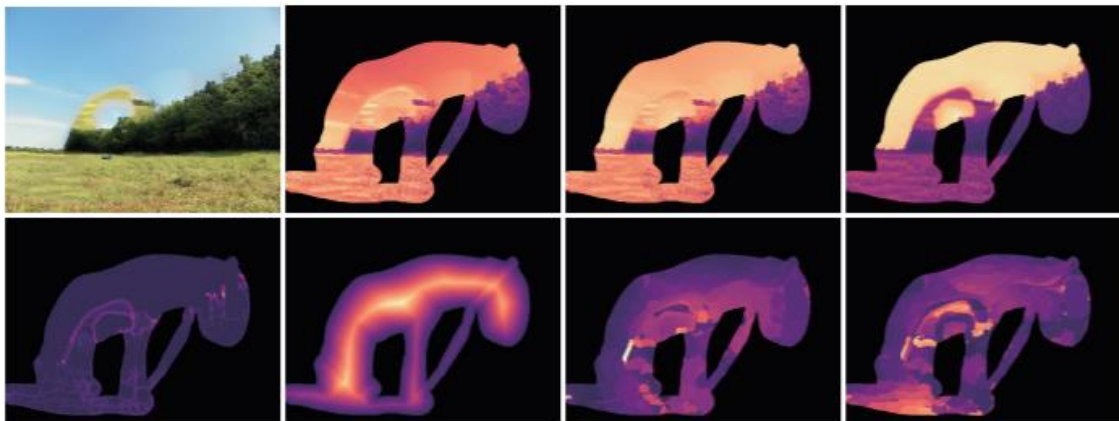


図6. 画像修復結果から抽出した様々な特徴量を可視化したもの

(3) 実シーンから仮想シーンへの遷移に関する手法の開発

自由視点画像生成による応用の一つとして、写実的なVRシーンの構築がある。ただし、既存のVR型システムでは、体験者はCGで構築された仮想世界に唐突に投げ出されるため、今自分がその世界に居るといった感覚(現実感・実在感・迫真性)に乏しいという課題があった。我々はこの感覚をイマココ感と呼び、イマココ感を維持するための手法について、複数の異なる方法を検討・実装し、被験者実験によるイマココ感の向上効果について検証した。図7は、提案手法のイメージと全方位画像をマッピングした簡易3Dモデル

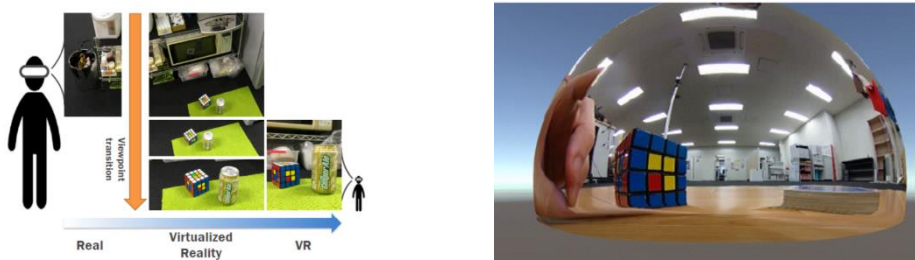


図7. 提案手法のイメージと全方位画像をマッピングした簡易3Dモデル

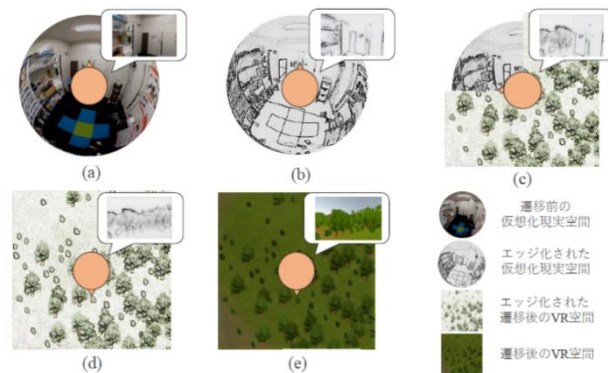


図 8. Gradual Replacement with Edge Filtering の模式図

ジおよび、現実世界と仮想世界の間の世界を生成するための簡易 3D モデルである。本研究では、簡易 3D モデルに全方位カメラで撮影された全天球動画像をテクスチャとして張り付けることで、これを実世界と仮想世界の Proxy とし、視点移動に応じた双方の中間世界の画像を生成することで、VR シーンへの連続的な遷移を実現した。

本研究では、提示する VR コンテンツの視点位置と、ユーザが実際に体験する場所に関連がある場合について、視点位置を実世界から VR 世界に連続的に遷移させることが有効であると考え、この方法によってどの程度イマココ感が保たれるかを検証した。この実験では、仮想化現実世界として、全方位カメラによってコンテンツ体験を行うシーンをあらかじめ撮影した全方位映像を用い、HMD を装着したユーザには、頭部の向きに応じた全方位画像の切り出し提示を行っている。VR シーンへの遷移は、この全方位映像を介して連続的に行われる。本実験において、大半のユーザは、全方位画像が事前に撮影されたものであることに気が付かず、実世界と仮想化現実世界のシームレスな遷移を実現した。実験では、多数の被験者を対象としたアンケート評価により提案手法を評価した。これにより、従来の Cutting や Fading と呼ばれるシーンの切り替え手法に対して、提案するインタフェースを用いた場合において有意にイマココ感が向上することを確認した。イマココ感の更なる向上を目指し、実世界、VR 世界間の遷移インタフェースに改良を施した。具体的には、実世界から仮想世界の遷移を行う際に、仮想化現実世界を介するこれまでのインタフェースにおいて、仮想化現実世界の情報量の一旦削減することで、空間の遷移に伴う違和感を低減させる Gradual Replacement with Edge Filtering 法を開発した。図 8 に本方式の模式図を示す。この例では、(a) 初めユーザは初期位置で撮影された全方位画像を見ているが、(b) 次第に視界がエッジ処理画像に変化し、視界が白黒になる。その後、(c) では従来法である Gradual Replacement を用いて、全方位シーンの一部を人の振り向きに応じて VR シーンに書き換える。最後に、(d) 視野が VR 空間に置き換われれば、その後 (e) 提示画像をカラー化し VR 空間への遷移が完了する。このような方式により、シーンの遷移における境界の違和感の軽減を行った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Tanaka Takahiro, Kawai Norihiko, Nakashima Yuta, Sato Tomokazu, Yokoya Naokazu	4. 巻 55
2. 論文標題 Iterative applications of image completion with CNN-based failure detection	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Visual Communication and Image Representation	6. 最初と最後の頁 56 ~ 66
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jvcir.2018.05.015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 S. Okeda, H. Takehara, N. Kawai, N. Sakata, T. Sato, T. Tanaka and K. Kiyokawa
2. 発表標題 Toward more believable VR by smooth transition between real and virtual environments via omnidirectional video
3. 学会等名 IEEE Int. Sympo. on Mixed and Augmented Reality (ISMAR2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	河合 紀彦 (KAWAI NORIHIKO) (30610670)	大阪工業大学・情報科学部・准教授 (34406)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------