

実時間観測の援用により移動物体への拡張を可能にした 隠消現実感の実現

堀田 勝^{†1} 坂内 大樹^{†2} 森 尚平^{†4} 池田 聖^{†1} 柴田 史久^{†1} 木村 朝子^{†1} 田村 秀行^{†3}

立命館大学 情報理工学部^{†1} 同 大学院情報理工学研究科^{†2} 同 総合科学技術研究機構^{†3} 慶應義塾大学 理工学部^{†4}

1. はじめに

隠消現実感 (Diminished Reality; DR) は、実在する物体を視覚的に隠蔽・消去・透過する技術である [1]。DR は、体験者視点において除去対象物体によって遮蔽された領域 (隠背景) を別視点から観測・変換・合成することで可視化する。この技術は、静的な背景の画像を可能な限り多視点で事前取得しておく「事前観測型 DR」といくつかの多視点カメラを配置して背景画像をその場で取得する「実時間観測型 DR」に分けて開発されてきた。本研究では、事前観測型 DR において物体が剛体のみならば移動することを許すために実時間観測を援用するアプローチをとる。

2. 事前観測型 DR と実時間観測型 DR

事前観測型 DR における実時間観測の援用方法及び、事前観測型 DR と実時間観測型 DR の利点と欠点は次の通りである。

事前観測型 DR: 過去に撮影されたシーンの情報から隠背景を推定する手法である。

【利点】除去対象がない状態で事前に様々な視点から隠背景を観測して隠背景のデータを生成できるため、体験時視点に近い多視点の背景画像を取得できる。

【欠点】照明変化や移動物体など、背景撮影時からの変化が DR 処理結果に写らない。

実時間観測型 DR: DR 処理と同じタイミングで、体験者視点とは異なる位置にある隠背景観測用カメラから隠背景を観測し、隠背景のデータを生成する手法である。

【利点】実時間で観測した背景を用いるため、実時間上の背景の変化が DR 処理結果に写る。

【欠点】隠背景生成のために使用できるカメラの視点数が物理的制約によって少なく、隠背景が観測できない死角部分が発生する。隠背景観測にレンジファインダを用いる場合、センサの精度の限界からクラックが目立つ。

本論文では、実時間で移動物体が隠背景中を移動する場合に、移動物体以外には事前観測型 DR をそのまま利用し、移動物体には実時間観測を行い、直前に観測された多視点のデータを事前観測データとして重畳する事で、クラックの軽減とスペキュラの変化の反映を図る。

3. 提案手法

提案手法は、静的な隠背景に関する処理と移動物体データに関する処理で構成される。図 1 にシステムの構成例を示す。提案手法では隠背景の観測に RGB-D カメラ、体験者視点に RGB カメラを用いる。これらの位置関係は事前に較正する。

3.1 静的な隠背景の観測・描画

静的な隠背景については事前に十分な観測を行うことができるため、3D 幾何モデルを作成する方法や、Light

“Expanding Pre-Observation-Based Diminished Reality with Moving Objects by Using Real-Time Observation”

^{†1} College of Information Sci. and Eng., Ritsumeikan University

^{†2} Graduate School of Information Sci. and Eng., Ritsumeikan University

^{†3} Research Organization of Sci. and Tech., Ritsumeikan University

^{†4} Faculty of Sci. and Tech., Keio University



図 1 提案手法の撮影イメージ

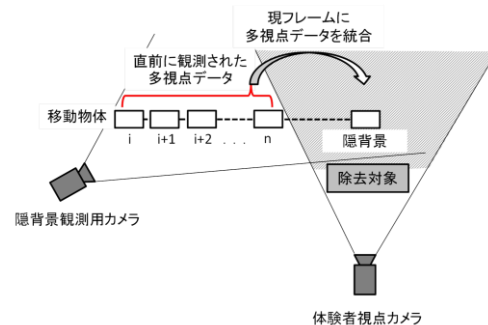


図 2 直前に観測した多視点データを統合

Field を構築するなどの方法により隠背景データを用意し、体験者視点に合わせて描画する。

3.2 移動物体の観測・描画

移動物体が隠背景に入る前の複数フレームから移動物体を抽出して再構築する (図 2)。

移動物体データに関する処理は、移動物体領域の抽出、3D 点群の統合、視点依存画像の 3D 点群への割り当ての 3 つの処理がある。

(1) 移動物体領域の抽出

事前観測した背景の RGB 画像と距離画像、現フレームの RGB 画像、距離画像を使用した背景差分を用いて、差分が閾値以上の画素を移動物体領域として抽出する。しかし、この抽出方法のみでは、移動物体と背景の色が似た画素や、距離の差が発生しなかった画素は抽出されない。そこで、スーパーピクセルを用いて、RGB 画像と距離画像の背景差分では抽出できなかった領域の抽出をする。スーパーピクセルの物体の輪郭に沿って RGB 画像を分割する特性を利用し、抽出できなかった移動物体領域を抽出する。スーパーピクセルの領域の内、移動物体として抽出された領域が大部分を占めていた場合、同じスーパーピクセルに属した抽出されなかった領域は移動物体領域と推定できる。本手法では、各スーパーピクセルの領域のうち、RGB 値・距離値の閾値以上の差分がある領域が一定の割合を超えたスーパーピクセルを、移動物体領域として抽出する。また、本手法では、SLIC[2]を用いることにより、RGB 画像をスーパーピクセルに分割した。

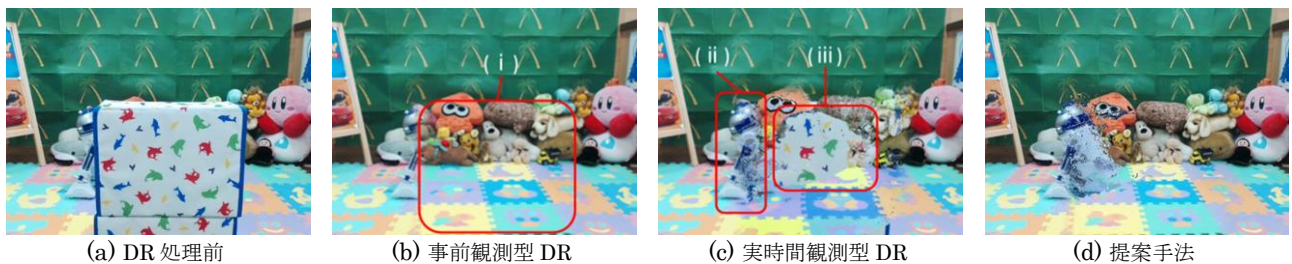


図3 DR処理結果の比較

(2) 3D点群の統合

移動物体は剛体であるため、2つの3D点群の座標系間の位置姿勢変換行列が得られる Iterative Closest Point (ICP) [3]を用いることで、時系列の異なる3D点群を一つの座標系に統合する。まず、隠背景観測用カメラから、移動物体が隠背景に入り込む前の複数フレーム f_i ($i = 1, 2, \dots, n, \dots$) とそれに対応する3D点群 C_i を取得しておく(図2)。3D点群 C_i ($i = 1, \dots, n-1$) をICPを用いて $C_i = n$ の座標系に変換して C とする。

(3) 視点依存画像の3D点群への割り当て

移動物体の位置に応じたスペキュラを反映できるように、3D点群 C に対し、 f_k ($k = 1, 2, \dots, n-1$) のいずれかをを用いて各点の色を決定する。まず、 f_k ($k = 1, 2, \dots, n-1$) と $f_i = n$ の間の距離を $d_{n,k}$ とする。次に、事前に作成した C をICPにより、 $f_j = n+j$ ($j = 1, 2, \dots$) との変換行列を求める。よって、 $f_i = n$ 座標系から $f_j = n+j$ 座標系までの距離及び事前較正により計算できる $f_i = n$ と f_{cur} との距離から、 $f_i = n+j$ 座標系から f_{cur} 座標系までの距離が求まる。これを d_{n+j}^{cur} とすると、次の式(1)を満たす $f_{i_{opt}}$ を視点依存画像として3D点群へと割り当てる。

$$i_{opt} = \arg \min(|d_{n+j}^{cur} - d_{n,k}|) \quad (1)$$

4. 実験

4.1 実験内容

提案手法において、移動物体が背景に存在した際に、移動物体をDR処理結果に写し出し、クラックが目立たないDR処理結果を実現できることを確認する。具体的には、事前観測型DRと実時間観測型DRを単体で行った際のDR処理結果と、提案手法を目視によって比較する。本実験では、静的な背景としてAutodesk社製ReMakeを利用し、テクスチャ付き3次元モデルを生成した。シーンは図1と同様のシーンで撮影し、体験者視点カメラにLogicool社製HD Pro WebCam C920を、隠背景観測用カメラにMicrosoft社製Kinect v2を用いた。

4.2 実験結果と考察

図3はそれぞれ、事前観測型DR (b)、実時間観測型DR (c)、提案手法 (d) を用いたDR処理結果である。図4は図3の一部を拡大した図である。図3 (b) ではクラックが生じていないが、移動物体が (i) の除去対象領域内に写っていない。また、図3 (c) では移動物体を写すことができているが、(ii) の領域はクラックが目立ち、(iii) の領域は、移動物体により隠背景観測用カメラからの死角が生じて隠背景が観測できず、除去対象が消し切れていない。これらの結果に対して、図3 (d) では (ii) の領域でクラックとなっていた箇所も移動物体を写すことができている。静的な背景箇所については、図3 (c) よりも見た目の差異が軽減できており、(iii) の領域で消しきれなかった除去

表 実時間観測型DRと提案手法の比較結果

	実時間観測型DR	提案手法
クラックの数の平均	169	66
クラックの大きさの平均 [画素]	5.2	3.5

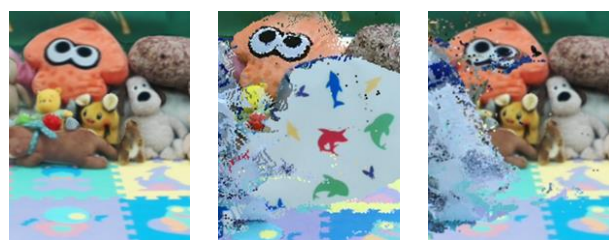


図4 DR処理結果の比較(拡大)

対象を消すことができていることがわかる。また、ICPの効果を確認するため、処理結果中の5フレームにおいて、実時間観測型DRのみの処理結果とICPを用いた提案手法による処理結果について、移動物体領域のクラックの数とその大きさの平均値で比較を行った。表からわかるように、移動物体が密に描画されており、ICPによる多視点観測の効果があることがわかる。

以上の結果から、提案手法により事前観測型DRの利点を活かしつつ、移動物体が背景中に存在する場合でも、その移動物体を写し出せることが示された。

5. むすび

本論文では、事前観測型DRにおいて隠背景中の剛体の移動を処理結果に写し出すべく、実時間観測を援用するアプローチをとった。本手法では、移動物体には実時間観測を行い、直前に観測された多視点のデータを事前観測データとして重畳する事で、クラックの軽減とスペキュラの変化の反映を実現した。

本研究の一部は、科研費・基礎研究(S)「複合現実型情報空間の表現力基盤強化と体系化」と学振・特別研究員奨励費(課題番号16J05114)「ライトフィールドカメラを用いた複合現実感及び隠消現実感に関する研究」による。

参考文献

[1] 森, 他: 隠消現実感の技術的枠組みと諸問題~実世界に実在する物体を視覚的に隠蔽・消去・透視する技術について~, 日本VR学会論文誌, Vol. 16, No. 2, pp. 239 - 250, 2011.
 [2] R. Achanta, et al.: "SLIC Superpixels Compared to State-of-the-art Superpixel Methods," IEEE Trans. on PAMI, vol. 34, No. 11, pp. 2274 - 2282, 2012.
 [3] S. Rusinkiewicz, et al.: "Efficient variants of the ICP algorithm," Proc. 3DIM, pp. 145 - 152, 2001.