

隠消現実感基幹技術の高度化と適用対象の拡大(1) ～形状変化や視野内移動を伴う動的な除去対象物体への展開～

木引 諒^{†1} 安田 直樹^{†2} 田村 秀行^{†3} 木村 朝子^{†1} 柴田 史久^{†1}

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

1. はじめに

隠消現実感 (Diminished Reality; DR)は実空間に存在する物体を視覚的に隠蔽・消去・透過する技術で、複合現実感 (Mixed Reality; MR) の発展形である[1]. 我々は、DR の技術基盤構築を目指し、隠背景事前観測型 DR (POB-DR)を中心とした基幹要素技術開発を体系的に進めている。まず、隠背景も除去対象物体も静的である場合から始め、MR よりも厳しい条件下で幾何学的整合や光学的整合を達成する方法を提案し、研究課題を整理してきた。次の一步として、隠背景中に移動物体を含む場合を試みた[2]。さらに、除去対象物体が静的でない場合への拡張にも着手している。比較的単純な場合から始め、一定の成果を得るとともに、解決すべき研究課題を得たので、その結果を報告する。

2. 動的除去対象の DR 実現に向けて

2.1 本研究における問題設定

本研究が扱うシーンは、実在する除去対象物体が静的でない場合、即ち(剛体であっても)外観が時間的に変化する場合や、DR 体験時に視野内で移動する場合や、その両方が同時に起こる場合である。前者であっても、場所が固定している場合は、除去対象領域の指定を広めに取れば、従来の POB-DR 法で対処できるが、物体が視野内で移動する場合には、新たな手法が必要となる。

動的な物体が単一でなく、複数が混在していて、視野内で交錯する場合も考える。また、ある動物体は除去せずに、指定した動物体だけを視覚的に除去するという複雑な課題にも挑戦することを目指している。

2.2 条件緩和：隠背景画像獲得の時期と画角・画質

我々の POB-DR 法の基本形は、体験時には DR 対象は移動できないので、それゆえに事前に何らかの方法で隠背景画像を観測しておいて、それを重畳描画して実時間 DR 処理を達成するものであった。ここで、事前観測時と体験時で、カメラ(レンズの画角、解像度等)、撮影角度、照明条件が異なると、単純な重畳描画では幾何学的 and/or 光学的不整合が生じ、DR 処理が複雑になった。

ところが、本研究のように対象物体が視野内で移動する場合には、体験時の少し前に同一カメラでの隠背景観測が可能であり、日照条件も殆ど変化しないなら、不整合問題は大幅に緩和され、移動物体の特定と位置姿勢推定に多くの計算資源を割くことができる。

2.3 体験者カメラの移動

VR, AR/MR と同様、DR でも体験者が位置姿勢や視線方向を自由に変えても、それに追従した実時間映像の提示するのが基本形である(図 1)。体験者と除去対象物体が独立して自由に移動した場合には、問題が複雑に

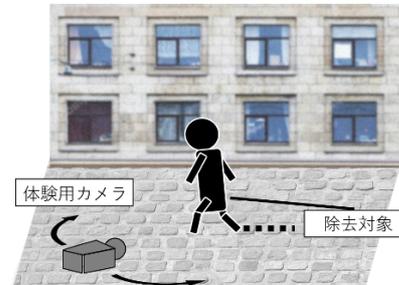


図 1 動的な除去対象物体に対する DR 処理のイメージ

なるが、現実の応用課題には動きに制約を課すことができる。例えば、監視カメラの場合には定点での固定観測や、せいぜいパン、チルト程度のカメラワークが現実的である。そのため、本研究では、体験者視点カメラの移動の条件を、以下のような段階に分類した。

- (1) カメラ視点位置固定：視点移動を行わず視点固定。
- (2) 制限したカメラワーク：位置固定、パン、チルト回転のみを行う。
- (3) 制限した移動：回転を行わず、3 軸方向への移動。
- (4) 自由な移動：回転・移動を共に制限なく行う。

3. 本課題での DR 手法と実験結果

本研究は多様な場合に適用できる包括的かつ高度な手法の開発を目指すのではなく、場合々々に応じて、なるべく単純な手法を使い分けて問題解決をはかる方針を採用している。

3.1 カメラ視点固定の場合

まず視点位置が固定の場合を考え、比較的単純な背景差分法で移動物体を検出することを試みた。

(A) 隠背景の観測

DR 体験前に、移動物体がない状態での RGB 画像を取得し、その第 1 フレーム目を隠背景(基準画像)として保存する。

(B) 除去対象物体の指定とマスク領域の決定

通常の DR 処理では、図 2 (a)のように物体を囲む形で除去対象を指定し、図形内部を隠背景画像で置き換えるマスク領域とする。こうした矩形の場合は、その大きさにより、境界部で微妙に DR 結果が異なることがある。

背景差分により動物体抽出する場合には、上記矩形領域をマスク領域とする必要がない。差分値が一定以上の画素が構成する領域を DR マスク領域候補とできるからである。ただし、単純な差分だけでは、照明のゆらぎ、カメラ位置推定の誤差等により、望ましくないノイズが検出される。これは、閾値処理後の 2 値画像の膨張収縮処理で対処することができる(図 2(b))。

(C) 隠背景の重畳描画

上記で作成したマスク領域は、物体の移動とともに位置も形状も変化するが、そのマスク領域の応じた隠背景画像領域を重畳描画することにより、DR 処理が実行できる。境界部に違和感が生じる場合には、これまで開発

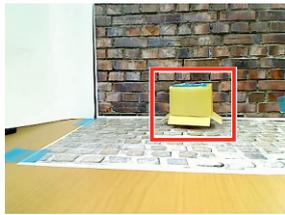
^{†1} “Advanced Studies of Basic Methods in Diminished Reality (1)

-Handling Target Objects That Are Not Fixed in Shape and Position-”

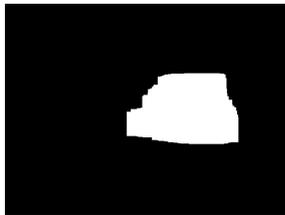
^{†1} Graduate School of Information Sci. and Eng., Ritsumeikan University

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

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



(a) 対象シーン例と除去対象

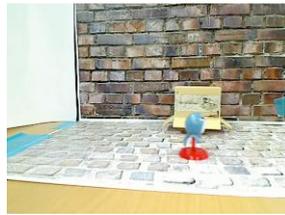


(b) DR 対象マスク領域

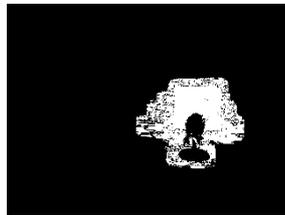


(c) 最終的な DR 処理結果

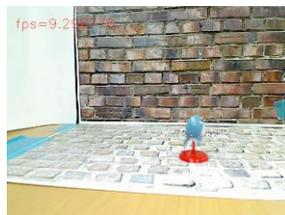
図 2 体験者視点固定&単一移動物体に対する DR 処理



(a) 2つの移動物体の交錯



(b) 手前の物体は除去対象外に

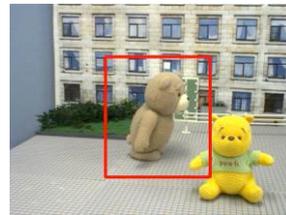


(c) 後の移動物体のみを消去

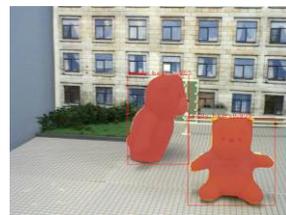
図 3 体験者視点固定&複数移動物体に対する DR 処理



(a) 移動物体は左奥だけ



(b) CSRT 法で正しく検出

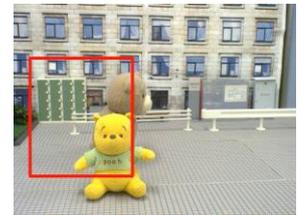


(c) Mask R-CNN 法は熊を認識

図 4 物体追跡手法を用いた検出結果 (交差しない場合)



(a) 視野内で 2 体が交差



(b) 後の熊は位置を誤検出



(c) 半分隠された熊は不認識

図 5 物体追跡手法を用いた検出結果 (交差する場合)

してきた POB-DR 法の後処理で解決できる。

背景や移動物体を種々変えて実験し、体験者の視点固定で単一移動物体の場合は、上記のような簡単な手法で図 2 (c) のような DR 結果が得られることを確認した。

3.2 除去対象移動物体が複数存在する場合

体験者カメラの視野内に除去対象物体が複数存在する場合 (図 3 (a)) でも、基準画像との差分値が安定して得られる場合は、すべて上記の方法で DR 処理できる。

次に、指定した移動物体だけを除去し、他はそのまま残しておきたい場合を考える。現時点では万能の方法は考案できていないが、色情報や反射率等の付加条件で除去対象から外すことができれば、図 3(b) のようにマスク領域の対象外とし、図 3(c) のように、片方の移動物体を除去せずに残すことができる。

3.3 制限したカメラ回転での DR 実験

カメラ固定では用途も限られるので、移動物体を追跡したり、回り込んで側面から DR 処理したくなる。2.3 の(1)~(4)のいずれであっても、隠背景観測時や体験時にカメラ姿勢決定が完璧であれば、上記のような背景差分法で十分対処できる。しかしながら、現実には完全なマッチングができるほどの高精度は期待できず、それが種々の不具合の原因となる。

さらに、DR 体験時の視点移動に自由度を与えられても、あらゆるカメラワークを想定した隠背景を準備しておくことはできない。このため、限られた隠背景映像セットを準備しておき、視点位置補間等で近似的に DR 体験時のマスク領域を埋める方法を採用することになる。それでどのような不都合が生じるかを分析・検討するのも、本研究の目的である。

その基礎実験のために、プレイバック可能なロボットアームの先端にビデオカメラを装着し、1軸のみの回転移動で物体を実時間追跡する動画撮影を可能とした。こ

うして撮り貯めた映像セット (複数の連続静止画像の系列) をもとに、下記のような DR 処理実験を行った。

3.4 物体追跡手法の利用

背景差分法よりも発展性のある方法として、移動物体の追跡手法を導入して、DR マスク領域を生成する方向へと研究を進めた。具体的には、既に評価の高い 2 つの方法 (OpenCV 収録の CSRT 法と深層学習を用いた Mask R-CNN 法[3]) を用いて物体追跡と検出を行った。

前者は移動物体のみを検出でき、後者では学習対象のカテゴリに合致する物体が (静止していても) 検出できる。複数の物体が離れている場合にはいずれも良好な結果が得られるが (図 4)、視野内で交差している場合には殆ど対処できない (図 5)。また、検出できていてもマスク領域として不十分な場合や誤分類もあるので、その誤動作原因を分析し、場合ごとに対処方法を練っている。

4. むすび

隠消現実感における POB-DR 法を、動的な除去対象物体へと適用対象を拡大し、カメラ固定、カメラ回転に対応した手法を検討した。今後はカメラ移動の自由度を拡大しつつ、移動物体検出の精度向上や DR マスク領域の整形に工夫を凝らし、DR 技術体系の構築を一步步前進させる予定である。

参考文献

- [1] 森尚平, 他: “隠消現実感の技術的枠組と諸問題~現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] M. Horita, et al.: “Empowering a POB-diminished reality method to handle rigid moving objects with real-time observation,” USB Memory Proc. Asia Pacific Workshop on Mixed and Augmented Reality (APMAR 2017) (2017)
- [3] K. He, et al.: “Mask R-CNN,” Int. Conf. on Computer Vision (ICCV) 2017, pp. 2980 - 2988 (2017).