

FIT 論文フォーマット  
隠消現実感と PoTS 映像学

森 尚平<sup>†</sup>  
Shohei Mori

## 1. はじめに

実世界に電子情報を重畳する拡張現実感 (Augmented Reality; AR) や複合現実感 (Mixed Reality; MR) [1]とは真逆の概念として隠消現実感 (Diminished Reality; DR) が存在する [2] (図 1) . 隠消現実感とは複合現実感技術に根差す技術的体系であり, 患者の体内の可視化, 景観を乱す電信柱の除去, 見通しの悪い道路の透視等, 正にスーパーマンの X-ray Vision を体現する可視化技術である. 視覚的な物体除去や不可視領域の可視化を実現する鍵は, 体験者視点において遮蔽される空間を観測・記述・再構成することであり, この点において PoTS 映像学と深い関係にあると言える. 本稿では, PoTS 映像学に関連付けながら, この隠消現実感技術の歴史的概観を行い, その要素技術について述べる.

## 2. 隠消現実感の歴史的概観

### 2.1 Mediated Reality

Diminished Reality なる概念は, 1994 年に S. Mann によって提唱された Mediated Reality [3]に端を発する. Mediated Reality は, 視覚的拡張を目的とした AR・MR に加え, 視覚情報を減少 (Diminish) させることを目的とした DR を内包する概念である. 図 2 は, 実空間, Virtual Reality (VR), AR/MR, Mediated Reality における体験者が受け取る光線の違いを表した図である. 筆者が文献[3]の図 2 に基づいて新たに作成した.

図 2 (a) は現実世界において体験者が受け取る光線を示す. この図の中で, 円形の物体は三角と四角形の物体によって遮蔽されているため, 体験者から確認できるのは三角形と四角形の物体のみである. VR においては (図 2 (b)), 全ての実物体からの光線は Head-Mounted Display (HMD) により遮蔽されており, 体験者は仮想物体である星形の物体のみから光を受け取る. 図 2 (c) において, 体験者は, 実空間 (図 2 (a)) と仮想空間 (図 2 (b)) の両方の光線を同時に受け取ることができる. これはビデオシースルーないし光学シースルー HMD を利用した AR/MR を表す. 最後に, 図 2 (d) の Mediated Reality においては, 全ての光線を取捨選択できる状態にある. つまり, 実物体である三角形及び四角形からの光線が HMD を介して恣意的に遮断される一方で, 円形の物体からの光線は透過する. これが DR である. 当然, 体験者は仮想物体からの光線も受け取ることも可能であり, これは, DR と AR/MR を併用可能であることを表す.

当初の Mediated Reality での DR の例は, Diminish の言葉通り, 現実の情報を減少させることが主であった. 例



(a) 実空間 (b) AR/MR ((a) に花瓶を合成) (c) DR ((a) から机を除去)

図 1 AR/MR による物体重畳と DR による物体除去

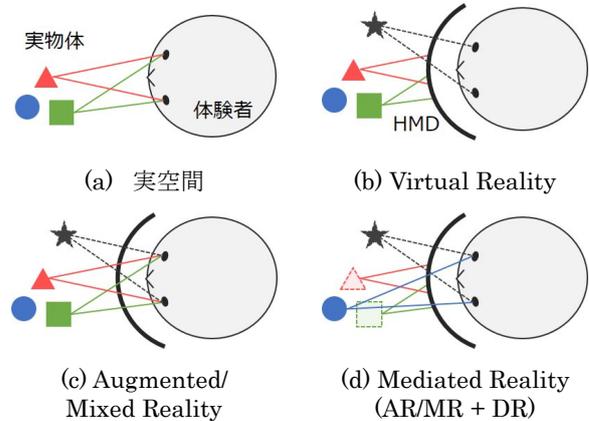


図 2 実空間, VR, AR/MR, DR において体験者が受け取る光線の違い

えば, HMD 上に表示されるテキストを確認しやすいように周辺の色情報を減らしたり [3], 不要な情報が書かれた看板を有意義な情報に置き換えたり [4] といったものである. いずれも, 本来得られる光線を電子的に生成される光線为上書きする方法であり, ここまでは, AR/MR の範疇に納まっていたと言える.

### 2.2 Diminish から Remove へ

AR/MR が電子的に生成した物体を重畳する加算の処理とするならば, DR は除去対象物体によって隠される光景 (隠背景) を電子的に再現し, 負の情報として加算する処理, つまり減算の処理と捉えることができる (図 3) . DR を実現するためには, 隠背景を観測し, 電子的に記述することで, 体験時に体験者視点に合わせて再構成できる必要がある. 一旦, 隠背景を再構成する手はずが整えば, あとは AR/MR と同じ要領で, 隠背景を除去対象物体に上書きすることができ, これが物体除去に相当する. これは, AR/MR の方法論的な拡張と考えることができる.

こうした方法論が確立され, 物体の視覚的除去を目指す研究が多数発表されるようになったのは 2000 年代に入ってからのことである. こうして, DR は新しい情報提示技

<sup>†</sup> 慶應義塾大学 理工学部



図3 視覚情報の加算と減算（負の加算）で捉えるAR/MRとDR

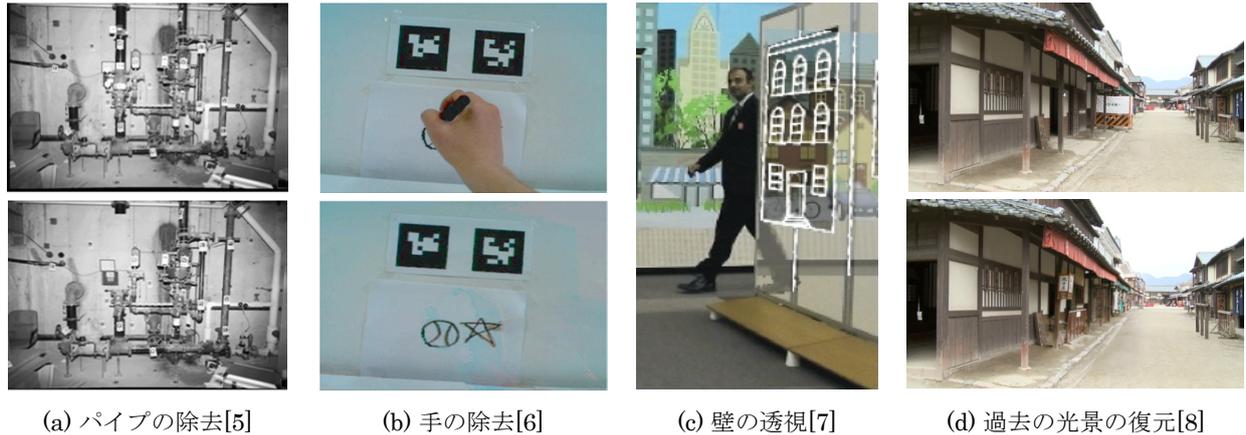


図4 DRによって可能になる新たな体験型映像表現

術として期待されるようになった。例えば、工場内のパイプを除去してその上からさらに新たなCGのパイプを合成して見せる[5]（図4(a)）、遮蔽物に隠される光景を可視化する[6]（図4(b)）、壁の向こうを覗き見る[7]（図4(c)）、過去の光景を現視点にて再構成する[8]（図4(d)）、といった新たな表現が可能となった。

### 3. 隠消現実感の実現と技術的課題

#### 3.1 隠背景の観測と記述

除去対象物体によって遮蔽される光線を獲得するために、まずは隠背景を観測する必要がある。DRは、隠背景観測方法によって、事前観測型DRと実時間観測型DRの2つに大別できる。それぞれで可能になる表現が異なり、その後には扱うべき問題の種類と難易度が異なる。

##### 3.1.1 事前観測

除去対象物体が存在するより前の光景を観測することが許されるならば、その光景をライトフィールド[10]等で十分な視点数で保存しておけばよい。この方法で、映画撮影の事前準備であるロケハン時に理想的な光景を撮影・保存しておき、映画撮影時にそれを一部再構成したり[8]（図4(d)）、観光地といった特定の場所であれば、インターネット上の画像を集めて現視点で再構成することで映像に映り込む人物を除去したり[9]といったことが可能となる。

事前観測を行う大抵の目的は、理想とする光景を事前に保存することであり、既存の自由視点画像生成法の枠組みを当てはめやすい。体験者視点の移動可能範囲がある程度限定でき、また、除去対象の存在しない段階での光景が隠背景となるため、体験時視点に近い視点位置で画像を保存することができることから高精度な除去結果を得ることが

できる（図5(a)）。こうした利点の一方で、屋外利用を想定した場合、事前観測時と体験時では、大きく照明が異なるため、光学的整合を保つための何らかの対策が必要となる（図6）。また、当然、背景が動的に変化する等の状況には利用できない。

##### 3.1.2 実時間観測

空間中にカメラを配置することができるならば、動的な隠背景を実時間観測することができる。例えば、除去対象物体の背後にカメラを設置する等して、作業領域を実時間で可視化したり（図4(b)）、体験者視点において壁の向こうを可視化したりできる（図4(c)）。隠背景と体験者視点は同時に撮影されるため、照明変化に対する対処法は基本的に不要であり、光学的整合が保たれやすい。

ライトフィールドカメラ[11][12]のように、空間中に密なカメラアレイを配置できれば、合成開口法によって特定の物体にのみ焦点を当てることが可能となる[13]。これを応用して、隠背景にのみ焦点を当てることで、それより手前にある除去対象物体を大きくぼかし、事実上不可視にすることができる。しかし、カメラを空間に広く配置する必要があるため、利用するハードウェア自体が除去対象物体以上に邪魔になってしまう。

この物理的制約から、カメラは空間中に疎に配置するケースが多く、そのため、奥行情報を利用するケースが多い（図5(b)）。例えば、除去対象を無視して隠背景を再構成する方法[14][15]が存在する。こうした手法では、体験者の視点とは異なる位置で撮影された画像を変換するという原理から、一般に背景は完全拡散反射面で構成されているという前提がおかれる。また、観測・記述・再構成すべてを実時間処理可能な枠組みを用意する必要がある。

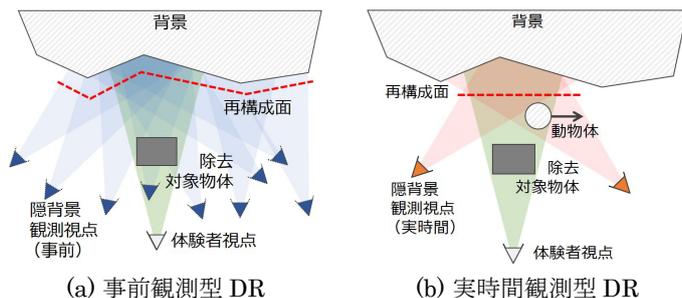


図 6 事前観測型 DR と実時間観測型 DR におけるカメラ配置

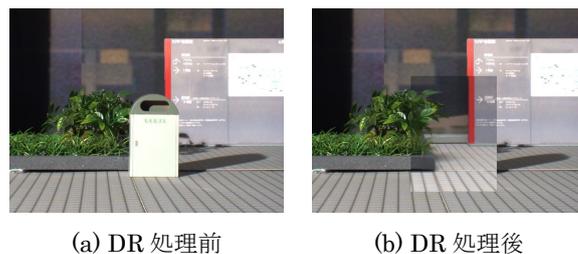


図 5 事前観測型 DR において必然的に発生する光学的不整合の例. 左: DR 処理前, 右: DR 処理後

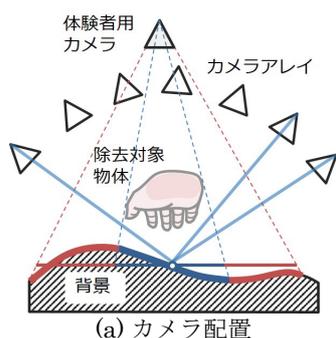


図 7 ライトフィールドを利用した DR 処理の例

### 3.2 隠背景の再構成

観測・記述した隠背景を体験時視点に合わせて再構成することで物体を視覚的に除去する. 一般的に知られる自由視点画像生成法とは異なり, 体験時視点における除去対象領域以外は現視点の光景をそのまま利用できるため, 除去対象領域を特定し, その領域内でのみ, 隠背景の自由視点画像を生成する. そのため, 実空間と背景の再構成結果は幾何学的・光学的に整合が取れている必要がある. 即ち, 体験者視点の位置姿勢推定, 除去対象物体の検出・追跡, 光学的整合法に関する処理が必要となる.

### 4. 今後の展開

これまで述べてきた通り, DR は Computer Vision (CV), Computer Graphics (CG), そして AR/MR 技術を集結することで実現できる. より具体的には, 3 次元再構築, カメラ位置姿勢推定, 自由視点画像生成, 再照明付与, こういった技術の発展と共に, これらを高効率にまとめ上げることで DR 処理結果の向上が図られてきた[15][16]. ここに PoTS 映像学の関連技術が導入されることで, 更なる基礎技術の発展と応用範囲の拡大が期待される.

単純には, 実時間観測型 DR へのライトフィールドの応用が考えられる. 複数台配置したカメラで取得するライトフィールドから得られる光線の内, 除去対象物体からの光線をフィルタリングすることで, 除去対象領域を迂回するように光線を取得する方法が考えられる (図 7). この方法では明示的な奥行推定は行わないものの, 原理的には 3.1 節にて述べた方法と同じであるため, 隠背景は完全拡散反射面で構成されているという想定である. 仮に除去対象物体が動く場合は, ある特定の時間だけ除去対象領域を

観測することができるため, ここで事前観測型 DR を適用する等のハイブリッド手法を開発する等, 更なる発展が期待される.

### 5. むすび

本稿では, PoTS 映像学に関連付けて, DR の歴史を概観し, 要素技術について述べた. DR は, 除去対象物体によって隠される光景である隠背景を, 事前ないし実時間で観測・記述し, 体験者視点に合わせて再構成することで実現できる. この実現方法は, AR/MR の技術的拡張であると捉えることができることから, 今後も新しい情報提示技術としての発展が期待される.

### 参考文献

- [1] 特集 拡張現実感 (AR), 情報処理, Vol. 51, No. 4, 2010.
- [2] 森尚平, 一刈良介, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行: “隠消現実感の技術的枠組みと諸問題~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.
- [3] S. Mann: “Mediated reality,” TR 260, M.I.T. Media Lab Perceptual Computing Section, Cambridge, Ma, 1994.
- [4] S. Mann and J. Fung: “VideoOrbits on eye tap devices for deliberately diminished reality or altering the visual perception of rigid planar patches of a real world scene,” Proc. ISMAR 2001, pp. 48 - 55, 2001.
- [5] S. Zokai, J. Esteve, Y. Genc, and N. Navab: “Multiview paraperspective projection model for diminished reality,” Proc. ISMAR 2003, pp. 217 - 226, 2003.
- [6] A. Enomoto and H. Saito: “Diminished reality using multiple handheld cameras,” Proc. ACCV 2007, pp. 130 - 135, 2007.
- [7] P. Barnum, Y. Sheikh, A. Datta, and T. Kanade: “Dynamic seethroughs: Synthesizing hidden views of moving objects,” Proc. ISMAR 2009, pp. 111 - 114, 2009.

- [8] 李金霞, 齊藤純哉, 森尚平, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行 :  
 隠消現実感技術を用いた映画制作支援システム～概念設計と試  
 作システムの運用～, 第 20 回日本バーチャルリアリティ学会  
 大会論文集, 22B-1, pp. 294 – 297, 2015.
- [9] Z. Li, Y. Wang, J. Guo, L.-F. Cheong, and S. Z. Zhou:  
 “Diminished reality using appearance and 3D geometry of  
 internet photo collections,” Proc. ISMAR, pp. 11 - 19, 2013.
- [10] M. Levoy and P. Hanrahan: “Light field rendering,” Proc.  
 SIGGRAPH, pp. 31 - 42, 1996.
- [11] V. Vaish, B. Wilburn, N. Joshi, and M. Levoy: “Using plane  
 + parallax for calibrating dense camera arrays,” Proc.  
 CVPR, pp. 2 - 9, 2004.
- [12] R. Ng, M. Levoy, M. Bredif, G. Duval, M. Horowitz, and P.  
 Hanrahan: “Light field photography with a hand-held  
 plenoptic camera,” Tech. Rep. CSTR 2015-02, Stanford  
 Computer Science.
- [13] A. Isaksen, L. McMillan, and S. Gortler: “Dynamically  
 reparameterized light fields,” Proc. SIGGRAPH, pp. 297 – 306,  
 2000.
- [14] T. Hosokawa, S. Jarusirisawad, and H. Saito: “Online video  
 synthesis for removing occluding objects using multiple  
 uncalibrated cameras via plane sweep algorithm,” ACM/IEEE Int’l  
 Conf. on Distributed Smart Cameras 2009, pp. 1 - 8, 2009.
- [15] S. Meerits and H. Saito: “Real-time diminished reality for dynamic  
 scenes,” Proc. IWDR, pp. 43 - 59, 2015.
- [16] S. Mori, F. Shibata, A. Kimura, and H. Tamura: Efficient use of  
 textured 3D model for pre-observation-based diminished reality,”  
 pp. 32 - 39, 2015.