

点群情報を用いた DR 技術の実装とその有効性の評価 DR Technology using Point Cloud Information and its Evaluation

小野 貴輝*¹ 新井 浩志*¹
Takaki Ono Hiroshi Arai

1. はじめに

近年、拡張現実 (AR:Augmented Reality) 技術を用いることによって遮蔽物などで見えない領域を可視化する隠消現実感 (以下 DR:Diminished Reality) の研究が行われている^{[1][4]}。DR では大きく分けて以下の 3 段階の処理が行われる。1 段階目はユーザが見ているカメラ映像中の遮蔽物の領域 (ROI: Region of Interest) を決定する処理、2 段階目は実空間におけるユーザカメラの位置と姿勢を推定する処理、3 段階目は遮蔽物が消えた後の画像を生成する処理である。

本研究では、遮蔽物に AR マーカを貼り付けることにより 1 段階目と 2 段階目の処理については簡易的な実装とした上で、3 段階目の処理については RGB-D カメラから取得した点群情報を基にユーザ視点に応じた画像生成する手法を実装した。従来研究では DR 技術の評価方法として物体認識の精度検証^[2]、姿勢推定の精度検証^[3]、処理速度の検証^[5]などが行われて来た。しかしながら、遮蔽物の裏側の情報を DR で表示する最終的な目的は、交差点の死角の情報を表示することによって交通事故を削減することや、隠背景側で動作するドローンやロボットを正確に操作することなどである。このためには DR を用いて背景側の物体の三次元の位置関係等を人間が正しく認識できるかどうかが重要であるが、その様な評価をした事例はない。そこで本報告では 3 段階目の処理について背景側物体の位置関係を正確に認識することが可能かどうかを評価した。

2. 提案手法

本研究では、壁に仮想的な矩形の窓が開いていて、窓を通して向こう側が見える状態を DR で再現する。壁に AR マーカを貼り、その AR マーカを仮想的な窓とみなす。すなわち 1 段階目の処理ではユーザ視点の画像の中の AR マーカの領域を ROI とする。また、2 段階目のユーザカメラの位置と姿勢の取得は AR マーカの見え方を基にマーカ座標系とカメラ座標系の変換行列を求めることにより実現する。3 段階目については背景側に RGB-D カメラを設置し、点群情報を取得して仮想的に配置したユーザカメラの位置から見える映像を生成してユーザカメラの画像に重畳表示する方法を用いる。

DR システムの概要を図 1 に示す。障害物となる壁に AR マーカを貼り、壁の裏側の AR マーカの位置に RGB-D カメ

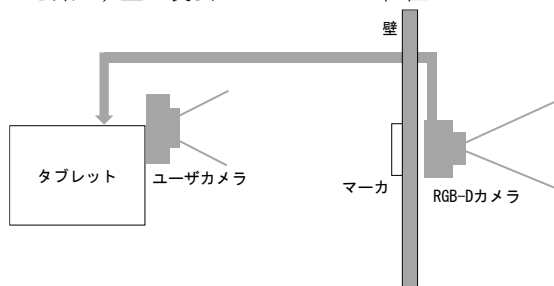


図 1 システム概要図

*1 千葉工業大学大学院工学研究科

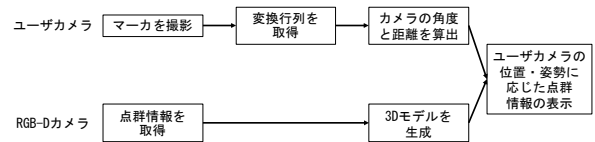


図 2 処理の流れ

ラを設置し、背景側の点群情報を取得する。ユーザはスマホかタブレットを持ち、壁に写った AR マーカを見ることでユーザの位置と視点方向に応じて AR マーカに重畳表示された点群画像を見ることができる。

DR の処理の流れを図 2 に示す。ユーザカメラで AR マーカを撮影し、マーカ座標系からユーザ座標系への変換行列を取得し、ユーザカメラから見た AR マーカの位置・姿勢推定を行う。RGB-D カメラで得られた点群情報は RGB-D カメラの座標系での 3D モデルである。その 3D モデルがユーザカメラの位置からどのように見えるかは RGB-D 座標系でのユーザカメラの位置・姿勢の情報が必要である。しかし、今回は簡略的にユーザカメラは RGB-D カメラの位置にあるものと仮定して、ユーザカメラの姿勢に応じて点群の 3D モデルの表示イメージを決定し、これを AR マーカの領域に重畳表示した。ユーザカメラ映像中の AR マーカの領域、すなわち ROI の領域のみに表示するために、ユーザカメラ映像の ROI に相当する 3D モデルの表示イメージの領域をユーザカメラ映像に重畳表示した。

3. 位置の認識精度の評価

3.1 実験概要

提案手法の有効性を評価するために、以下の 4 つの手法について比較評価した。

実窓：壁に穴を空け実際の窓の見え方を確認する手法

LCD：RGB-D カメラの代わりに通常の Web カメラを設置し、マーカの場所に固定して設置した LCD に背景側のカメラ画像をそのまま表示する手法

DR2D：RGB-D カメラの代わりに通常の Web カメラを設置し、この Web カメラ画像に対してユーザカメラの位置・姿勢推定結果に応じたトリミングとアフィン変換を行い表示する手法

DR 点群：2 節で述べた背景側の点群情報を表示する手法

実験環境の上面図を図 3(a)、側面図を図 3(b)に示す。壁のユーザ側に AR マーカを貼り、背景側に AR マーカと同じ高さになるよう RGB-D カメラまたは Web カメラを設置する。このカメラから 1.5 m の距離にある一辺 1.5 m の正方形領域を 3×3 メッシュに区切り、地上 1.6 m の場所に直径 7.5 cm のカラーボールを置く。4 隅にはコーナーのマークとして水色のカラーボールを置く。さらに他の交点のうち、ユーザカメラから見て奥の辺上の 1 ヶ所、右又は左の端の辺の 1 ヶ所、そして中央の 4 交点のうち 1 ヶ所に赤色、黄色、緑色のいずれかのカラーボールを配置し、この位置を回答してもらった。実験風景を図 4 に示す。また、DR 点群の見え方の様子を図 5 に示す。

3.2 手順

14人の被験者に対して3.1節で述べた4つの手法を試してもらい、背景側の赤、黄、緑のカラーボールが図3(a)のメッシュのどの交点にあるかを回答してもらった。14人は4グループに分け4つの手法の実施順番を変えた。またカラーボールの配置は都度変更した。LCDの場合はユーザの立ち位置によって背景側の見え方は変わらないが、実窓、DR2D、DR点群はユーザの立ち位置によって背景側の見え方が変わる。このことが背景側のカラーボールの位置認識に影響すると考えられる。このためこの3通りについては壁から約1m以上離れていれば自由に動いてよいものとした。

3.3 結果

表1に4つの手法それぞれの正答率を示す。この表ではユーザから見て図3(a)の奥の辺上のカラーボールを「奥」、右又は左の端の辺のカラーボールを「端」、そして中央の4ヶ所のうちの1ヶ所にあるカラーボールを「中」とした。合計の正答率は実窓が最も高く、LCDとDR2Dは合計の正答率が同じとなった。提案手法であるDR点群では合計の正答率が低くなったが、奥にあるカラーボールの正答率はLCDとDR2Dよりも高くなった。

DR2Dはユーザ自らがタブレットを持って移動することでカラーボールの位置関係を認識しやすくなるという利点がある。しかしながら、Webカメラの画像の一部をトリミングして表示しているためにWebカメラの画像をそのまま表示したLCDより視野角が狭くなっており、利点と欠点が相殺してLCDとDR2Dの合計の正答率が同じになったと考える。DR点群は実装上の都合で表示される点群が粗かったことと、ユーザカメラの位置に応じた表示処理を行わなかったことが認識率の低さの原因と考えられる。しかし、三次元モデルである点群は二次元画像より距離の認知がしやすくなったため奥にあるカラーボールの正答率が高くなったと考えられる。

4. まとめ

本研究では、背景側の点群情報を用いたDRシステムを実装し、平面画像を表示した場合等と比較して有効性の評

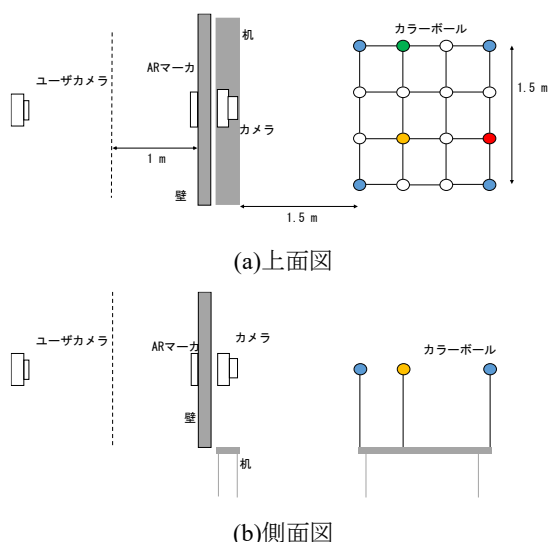


図3 実験環境イメージ図

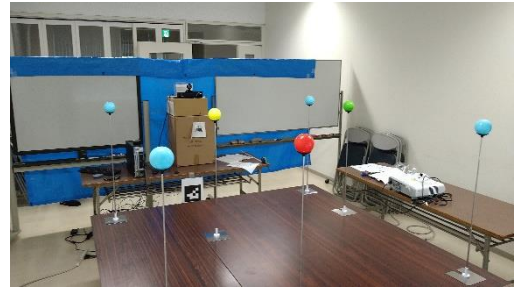


図4 実験時の背景側の様子

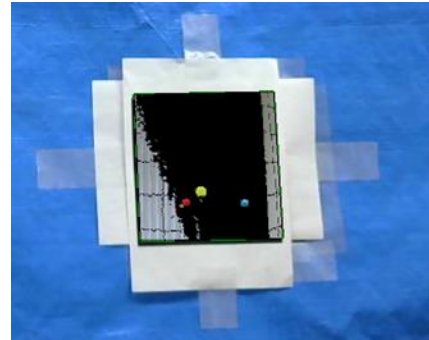


図5 DR点群の表示の様子

表1 カラーボールの位置認識正答率

位置	実窓	LCD	DR2D	DR点群
奥	100.0%	78.6%	85.7%	92.9%
中	64.3%	71.4%	71.4%	28.6%
端	100.0%	92.9%	85.7%	57.1%
合計	88.1%	81.0%	81.0%	59.5%

価を行った。結果として点群情報を用いた場合の正答率は低かった。今回は背景側の物体の位置関係だけを評価したが、今後は物体の大きさを正しく把握できるか、そして、障害物の手前にある物体と陰背景側にある物体の位置関係を正しく認識できるかなどを評価していく予定である。

参考文献

- [1] S. Mori, S. Ikeda, H. Saito: "A survey of diminished reality: Techniques for visually concealing, eliminating, and seeing through real objects", *IPSI Trans. Comput. Vis. Appl.*, Vol. 9, No. 17, 2017.
- [2] D. Kido, T. Fukuda, N. Yabuki: "Diminished reality system with real-time object detection using deep learning for onsite landscape simulation during redevelopment", *Environmental Modelling and Software* 131, 104759, 2020.
- [3] K. Oishi, S. Mori, H. Saito: "An Instant See-Through Vision System using a Wide Field-of-View Camera and a 3D-Lidar", *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pp. 344-347, 2017.
- [4] H. Sasanuma, Y. Manabe, N. Yuta: "Diminishing Real Objects and Adding Virtual Objects Using a RGB-D Camera", *International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pp. 117-120, 2016.
- [5] 山崎賢人, 岡原浩平, 木村朝子, 柴田史久: "画像接合技術に基づく広視野画像のための隠消現実感達成法", *情報処理学会論文誌*, Vol.9, No.1, pp. 34-42, 2021.