

タイムライン MR システムにおける光学的整合手法の検討

加藤雄大[†] 中村文彦[†] 木村朝子[†] 柴田史久[†]

[†] 立命館大学大学院情報理工学研究科

1. はじめに

我々の研究室では、複合現実感 (MR) [1, 2] と隠消現実感 (DR) [3] を応用した時系列複合現実感 (通称, タイムライン MR) という概念を提唱している [4]. 従来の MR が現実と仮想を実時間で融合する技術であるのに対し, タイムライン MR は, 時間軸上の異なる時間におけるリアル同士の合成を目的としている. タイムライン MR を実現する上で解決すべき課題の 1 つに, 過去画像の色や影が不自然に見える光学的整合性の問題がある [5]. そこで本研究では, この問題を解決する過去画像の提示手法の開発を目指す.

2. 光学的整合手法の設計

2.1. 概要

本研究では, 過去画像を現実光景に光学的に整合するように提示することにより, 自然なタイムライン MR 体験を可能にすることを目指す. 現実光景は HMD に装着されたカメラや遠隔地に設置されたカメラなどによって撮影された光景が用いられる. 本研究では過去画像と現実光景との日照条件などに起因する色の違いに着目し [6], 過去画像と現実光景の境界部分における色の違いによって生じる違和感を体験者に知覚させないことを目標とする. 過去画像と現実光景の境界における色の違いを低減するためのアプローチは大きく分けて 2 通りの手法が考えられる. 1 つは過去画像の色を調整する手法で, もう 1 つは現実光景の色を調整する手法である.

2.2. 過去画像の色を調整する手法

この手法では, 現実光景と光学的に整合するように過去画像の色を調整する一方で, 過去画像に存在する対象物の色は変化しないように処理する必要がある. 具体的には, 過去画像と現実光景の境界において, 過去画像の色が現実光景に合わせて徐々に変化していくことによって, 過去画像が現実光景に馴染むことを目指す. そのため, 過去画像の色を徐々に変化させる処理と, 現実光景の色の情報を取得し, それを

過去画像に反映させる処理が必要である.

2.3. 現実光景の色を調整する手法

この手法では, 過去画像周辺の領域については色を調整し, それ以外の領域では現実光景の色が変化しないように処理する必要がある. 具体的には, 過去画像と現実光景の境界において, 現実光景の色を過去画像に合わせて徐々に変化させることによって, 過去画像が現実光景に馴染むことを目指す. これを実現するためには, 現実光景の色を徐々に変化させる処理と, 過去画像の色の情報を取得し, それを現実光景に反映させる処理が必要である.

3. 光学的整合手法の実装

3.1. 過去画像の色を調整する処理の実装

過去画像の色を調整する手法として, 過去画像の不透明度を場所によって変化させる手法を実装した. 過去画像の座標 (u, v) における不透明度 $\alpha(u, v)$ は式 (1) によって計算した.

$$\alpha(u, v) = \begin{cases} (2u/\text{width})(2v/\text{height}) \\ (2u/\text{width})(2(1-v)/\text{height}) \\ (2(1-u)/\text{width})(2v/\text{height}) \\ (2(1-u)/\text{width})(2(1-v)/\text{height}) \end{cases} \quad (1)$$

ただし, width は過去画像の横幅, height は縦幅である. 不透明を白として可視化したものを図 1 に示す. また, 現実光景の色を過去画像に反映させる方法として, 過去画像に隣接する現実光景のピクセル情報を参照する処理を実装した.

3.2. 現実光景の色を調整する処理の実装

現実光景の色を調整する手法として, 過去画像の周囲を取り囲むように不透明度を制御可能なオブジェクトを Unity 上で配置する処理を実装

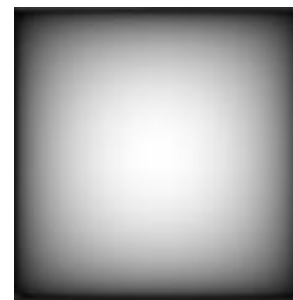


図 1: 不透明度を可視化した画像



図 2: 従来の提示手法



図 3: 過去画像の色を調整する手法



図 4: 現実光景の色を調整する手法

した．各オブジェクトの座標 (u, v) における不透明度 $\alpha(u, v)$ は，描画位置によって式(2)から(9)で適切なものが適用される．具体的には，過去画像の左端に沿うように配置されるものは式(2)によって計算される．同様に，下端，上端，右端に沿うものはそれぞれ式(3)，式(4)，式(5)によって計算される．また，過去画像の左下の頂点とオブジェクトの右上の頂点が一致するように配置されるものは式(6)，過去画像の右下，右上，左上の頂点に対応するものはそれぞれ式(7)，式(8)，式(9)によって計算される．色は，隣接する過去画像のピクセル情報を参照して決定する．

$$\alpha(u, v) = u/\text{width} \quad (2)$$

$$\alpha(u, v) = 1 - v/\text{height} \quad (3)$$

$$\alpha(u, v) = v/\text{height} \quad (4)$$

$$\alpha(u, v) = 1 - u/\text{width} \quad (5)$$

$$\alpha(u, v) = (u/\text{width})(1 - v/\text{height}) \quad (6)$$

$$\alpha(u, v) = (1 - u/\text{width})(1 - v/\text{height}) \quad (7)$$

$$\alpha(u, v) = (1 - u/\text{width})(v/\text{height}) \quad (8)$$

$$\alpha(u, v) = (u/\text{width})(v/\text{height}) \quad (9)$$

3.3 動作確認

図 2 に光学的整合手法を行わない従来の提示方法の結果を，図 3 に過去画像の色を調整する手法の処理結果を，図 4 に現実光景の色を調整する手法の処理結果を示す．図 2 と比較して，図 3 および図 4 では過去画像と現実光景の境界部分が視覚的に目立たなくなっていることが分かる．一方で，過去画像の色を調整する手法では，状況によって対象物が見えにくくなる，現実光景によって隠されていた領域が見えてしまうといった問題があった．また，現実光景の色を調整する手法では，画像の周辺に配置する半透明オブジェクトの数が少な過ぎると滑らかに光景を変化させることが難しく，多すぎると色が細分化してしまうため，適切に設定しなければならないという問題や，オブジェクトの描画に時間がかかる

ため，動画に対して適用することができないという問題があった．

4. むすび

本稿では，タイムライン MR における光学的整合手法について，その設計と実装および動作結果について述べた．具体的には，タイムライン MR システムにおける光学的整合性の問題について整理し，過去画像と現実光景の境界部分において色が滑らかに変化することを目指し，過去画像の色を調整する手法と現実光景の色を調整する手法の 2 種類を実装した．今後の研究課題として，過去画像の色を調整する手法では，過去画像の提示位置や角度によって周辺の現実光景が変化する場合の対応などが挙げられる．現実光景の色を調整する手法では，過去光景に動画を用いる場合のような過去画像が変化する場合の対応や，過去画像の周囲に配置する半透明オブジェクトの配置数および大きさの決定方法などが挙げられる．また，これらの手法がタイムライン MR 体験の自然さへ与える影響を評価する必要がある．

参考文献

- [1] Y. Ohta and H. Tamura (eds.): “Mixed Reality -Merging real and virtual worlds”, *Ohmsha & Springer-Verlag*, 1999.
- [2] B. MacIntyre and M. A. Livingston (eds.): “(Special Session) Moving mixed reality into the real worlds”, *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 25, No. 6, pp. 22 – 56, 2005.
- [3] 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～，*日本バーチャルリアリティ学会論文誌*，Vol. 16, No. 2, pp. 239 – 250, 2011.
- [4] 柴田史久，他：時系列複合現実感 (Timeline MR) の概念形成と諸問題の考察，*日本バーチャルリアリティ学会第 62 回複合現実感研究会*，MR2021-1, 2021.
- [5] R. Azuma: “A survey of augmented reality”, *Presence*, vol.6, No.4, pp.355 – 385, 1997.
- [6] 福田 知弘，他：拡張現実感による照明シミュレーションのための色票を用いた光学的整合性の実現手法，*日本建築学会環境系論文集*，Vol. 78, No. 690, p.661 – 668, 2013.