



# 太陽の方向と実物の見えの解析に基づく 重畳 CG の色味補正

山本弥大<sup>1)</sup>, 古川亮<sup>1)</sup>, 宮崎大輔<sup>1)</sup>, 馬場雅志<sup>1)</sup>, 日浦慎作<sup>1)</sup>

1) 広島市立大学大学院 情報科学研究科 (〒731-3194 広島市安佐南区大塚東 3-4-1, 082-830-1500)

**概要:** ARdome は現在の原爆ドームの実写画像に対して被爆前の姿の CG を重ねて表示するアプリである。本研究では ARdome の重畳 CG の陰影と色味に実際の光源環境が考慮されていないという光学的整合性についての問題点の改善を図る。まず、陰影の問題点に対して、太陽の方向を推定して陰影付けを行う。また、色味の問題点に対して、原爆ドームの壁面の画像と復元 CG の壁面の画像からヒストグラムを作成し、標準偏差と平均から復元 CG の色味補正を行う。これにより、天気と時間の変化に応じて、背景との矛盾の少ない重畳 CG を描画することが可能となる。

**キーワード:** AR, 色味, 光源, 光学的整合性

## 1. はじめに

近年、実写画像に CG を合成する技術である AR (拡張現実) が発展しており、さまざまな場面で利用されている。被爆都市であり平和を重んじる広島ではこのような技術を用いた携帯端末アプリでのサービスを平和活動の一環として提供している。我々の研究グループでは、世界遺産である原爆ドームの実写画像に対して被爆前の姿の CG を重ね合わせ原爆の被害の大きさや悲惨さを体感できるアプリである ARdome を開発している [1]。先行研究では、この重畳 CG は色味や陰影を考慮されておらず、背景画像に対して不自然な描画になっていた。ユーザーにより強い印象を与えるためには、実環境に近い重畳 CG の描画が必要であり、アプリの使用に耐えうる動作速度も維持しなければならない。本研究ではカメラからリアルタイムに取得された原爆ドームの壁面の色情報を参照した色味補正と、太陽の方向を考慮した陰影付けを行うことで、背景画像に合わせた自然な重畳 CG の描画を行う。

## 2. 関連研究

Debevec らは仮想物体の周囲の光源状況を金属球に写った周囲のシーンから推定し、仮想物体を実環境でリアルに描画する方法を提案した [2]。この方法は、金属球を撮影する必要があるため、状況によっては利用できない。

また、Richter-Trummer らは、RGB-D センサで同時計測された形状データと画像データを利用し、対象物体の材質特性と光源環境を同時に推定する手法を提案した [3]。この手法は、対象物体の形状と、様々な方向からの画像が必要であり、画像データが少ない場合には適用できない。

Hold-Geoffroy らは、一枚の画像データのみから、Con-

volution Neural Network(CNN) によって光源環境を推定する手法を提案しているが、大量の画像データの学習が必要であり、また、携帯端末では CNN の実行は、負荷が高いという問題点がある [4]。

## 3. システムの概要

開発中の AR アプリである ARdome の処理の流れを図 1 に示す。ユーザーが携帯端末を実際の原爆ドームに向けると、カメラでリアルタイムに撮影された画像に、被爆前の原爆ドーム (広島県産業奨励館) の CG 画像が重畳表示される。

まず、被爆前の原爆ドームの CG を描画するにポリゴンデータとテクスチャデータを読み込む。次に背面カメラより画像を取得し画面に表示する。次にカメラ画像とプレート画像でプレートマッチングを行いカメラ画像上

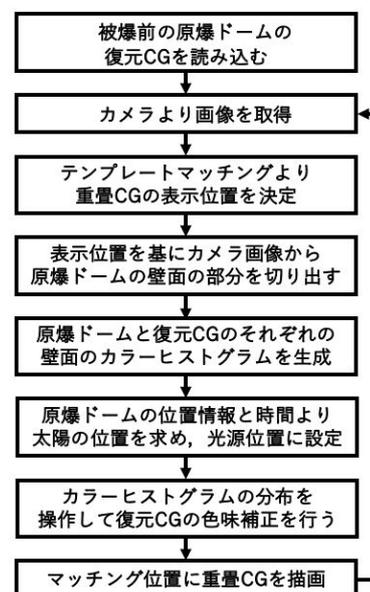


図 1: 全体の流れ

の原爆ドームの位置座標を求める [1] .

本研究は、カメラ画像の原爆ドームと復元 CG との、色味と光源の矛盾を解消するための処理を行う。光源については日中での利用を仮定し、主な光源である太陽位置を推定し、利用する。曇りの天候による色味の変化には、リアルタイムに撮影された原爆ドームの壁面の色情報をもとに CG の色味の補正を行うことで対応する。処理の概要は以下の通りである。まず、求めた画像上の原爆ドーム位置から壁面画像を切り出す。切り出した原爆ドームの壁面の部分と復元 CG の壁面の部分のカラーヒストグラムを生成する。次に撮影時間と原爆ドームの位置情報から太陽の位置を求める。求めた太陽の位置から陰影付けを行う。復元 CG のカラーヒストグラムの分布を原爆ドームのカラーヒストグラムの分布に合わせ、復元 CG の色味補正を行う。求めた座標にテンプレートと対応した大きさ・向きで重畳 CG を描画する。

#### 4. 太陽の方向を利用した陰影付け

現実に近い陰影付けを行うためには、太陽の方向を推定する必要がある。原爆ドームの位置 (緯度・経度) と原爆ドームの正面方向の方位角を既知としたとき、これらの情報と撮影時間から原爆ドームに対する太陽の位置である高度 (仰角)  $h$  と方位角  $\Theta$  を求めることができる。高度  $h$  と方位角  $\Theta$  は次式により求めることができる。

$$h = \arcsin(\sin(\phi) \sin(\delta) + \cos(\phi) \cos(\delta) \cos(t)) \quad (1)$$

$$\sin \Theta = \cos(\delta) \sin(t) / \cos(h) \quad (2)$$

$$\cos \Theta = (\sin(h) \sin(\phi) - \sin(\delta)) / \cos(h) / \cos(\phi) \quad (3)$$

$$\Theta = \arctan 2(\sin \Theta, \cos \Theta) + \pi \quad (4)$$

ただし、 $\delta$  は太陽赤緯、 $t$  は時角、 $\phi$  は観測地点の北緯とする。このように推定した太陽の方向を光源方向として陰影付けを行う。推定した光源方向を用いてレンダリングする際、撮影方向も必要となるが、撮影方向は、携帯端末の GPS を用いて、対象物体とカメラとの位置関係から求めることができるものとする。

#### 5. 復元 CG の色味補正

復元 CG の壁面のテクスチャの色味をカメラ画像の原爆ドームの壁面の色味に寄せることで背景画像に馴染んだ自然な色味の実現を試みる。

カメラ画像の原爆ドームの色情報を参照するため、色情報を取得するための画像をカメラ画像から作成する必要がある。我々が開発中の AR アプリ (ARdome) では、カメラに写った原爆ドームと復元 CG の位置合わせのためにテンプレートマッチングを用いている。位置合わせの際に求められた最も類似した座標を基に、原爆ドームの壁面の部分を切り出す。また、色味補正を行う前の復元 CG の壁面の部分も取得しておく。これら 2 つの画像から色情報を取得し、色味補正を行う。



図 2: カメラ画像の壁面  $\hat{I}_a$  と R チャンネルのヒストグラム

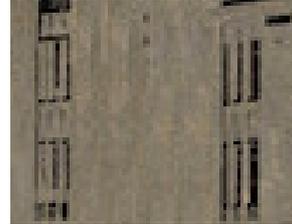


図 3: 復元 CG の壁面  $\hat{I}_b$  と R チャンネルのヒストグラム

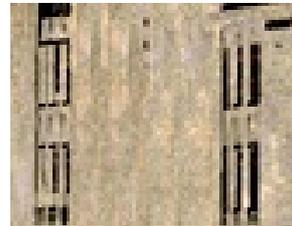


図 4: 補正後の復元 CG の壁面  $I'_b$  と R チャンネルのヒストグラム

カメラ画像を  $I_a$ 、復元 CG を  $I_b$  とする。原爆ドームの色情報を取得するため、カメラ画像から原爆ドームの壁面だけが残るように切り出した部分を  $\hat{I}_a$  とする。切り出した原爆ドームの壁面の部分  $\hat{I}_a$  と復元 CG の壁面の部分  $\hat{I}_b$  から、それぞれの色チャンネルごとに画素値の平均  $\bar{I}_a, \bar{I}_b$  と標準偏差  $S_a, S_b$  を求める。図 2 に  $\hat{I}_a$  の例、図 3 に  $\hat{I}_b$  の例をそれぞれ示す。カラーヒストグラムは R チャンネルのみを示している。求めた平均と標準偏差を用いて復元 CG のカラーヒストグラムの分布を原爆ドームのカラーヒストグラムの分布に寄せる。カメラ画像の原爆ドームに合わせた復元 CG の色  $I'_b$  を次式により求める。

$$I'_b = (I_b - \bar{I}_b) \frac{S_a}{S_b} + \bar{I}_a \quad (5)$$

復元 CG の壁面の部分である図 3 に原爆ドームの壁面の部分である図 2 を基に色味補正を行った場合、図 4 のように変化する。

#### 6. 実験

太陽の方向を正しく推定できているかを評価するため、実物の球と推定した太陽の方向を用いてレンダリングした球を比較した (図 5)。太陽の方向の比較のため、同じ観測方向と時間として球を撮影またはレンダリングを行った。また、色味補正は行っていない。図 5 から太陽の方向は正しく推定できていることがわかる。

色味補正の効果を評価するため、天気が晴れている場合と曇っている場合に分けて実験を行った。上から 1 段目を

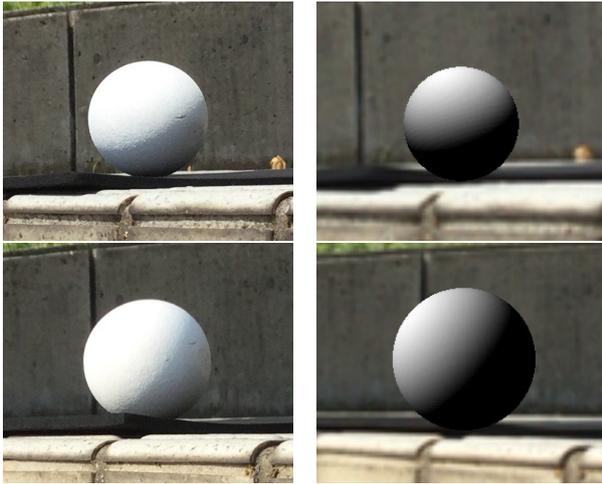


図 5: 右は実物の球 (真値), 左は推定した太陽の方向を用いてレンダリングした球. 上段と下段で観測した時間が違う.

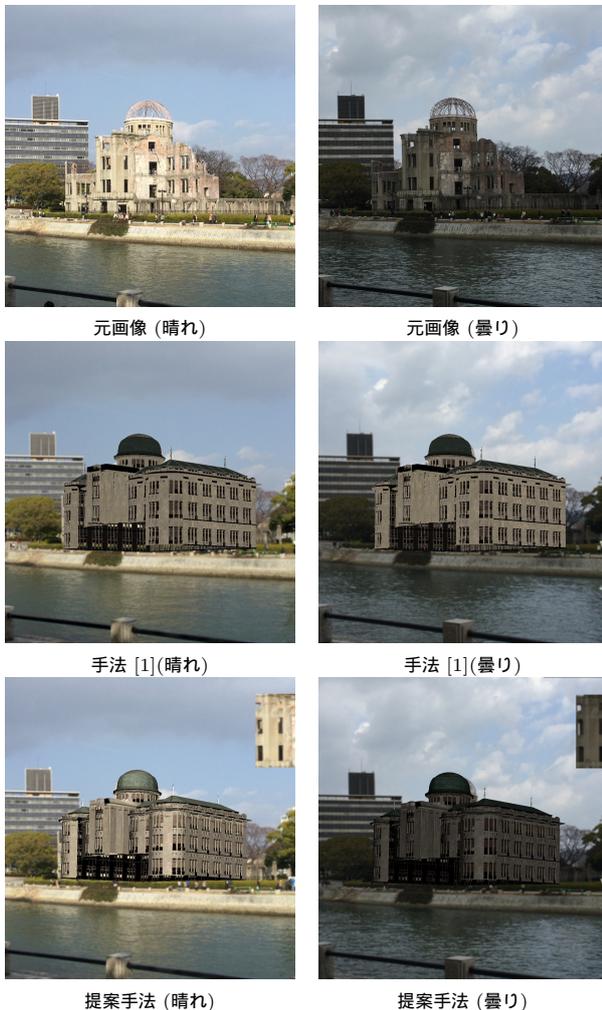


図 6: 天気別の重畳 CG の描画結果

原爆ドームの元画像, 2 段目を同時時間帯に取得した従来手法の結果画像, 3 段目を提案手法の結果画像としたものを図 6 に示す.

9 人にアンケートを行ったところ, 陰影付けに関しては 9 人から従来手法よりも自然な陰影付けが行われているという評価が得られた. また, 色味補正に関しても 9 人から従

来手法よりも元画像に対して自然な色味で CG を描画できているという評価が得られた.

## 7. むすび

本研究では太陽の方向を考慮した陰影付けとカメラからリアルタイムに取得された原爆ドームの壁面の色情報を参照した色味補正を行うことで, 背景画像に合わせた自然な重畳 CG の描画を行った. これにより, 陰影, 色味ともに従来手法よりも自然な重畳 CG の描画ができることがわかった. また, 色情報をリアルタイムに参照するため, 急な天気の変化による色味の変化にも対応が可能である.

原爆ドームの壁面は被爆の影響によって崩れていたり塗装がはがれたことによって被爆前の建物である広島県産業奨励館の壁面の色から変化している. 被爆前の建物の壁面の色を再現することが今後の課題として挙げられる.

## 参考文献

- [1] 坪石健志, 馬場雅志, 日浦慎作, 宮崎大輔, 青山正人, 古川亮: タブレット端末による原爆ドームと CG の実時間マーカーレス位置合わせ, 研究報告グラフィクスと CAD (CG), 2014(10), 1-2.
- [2] Paul Debevec: Rendering synthetic objects into real scenes: Bridging traditional and image-based graphics with global illumination and high dynamic range photography, In Proceedings of the 25th annual conference on Computer graphics and interactive techniques (pp. 189-198). ACM, 1998.
- [3] Thomas Richter-Trummer, Denis Kalkofen, Jinwoo Park, Dieter Schmalstieg: Instant Mixed Reality Lighting from Casual Scanning, In Mixed and Augmented Reality (ISMAR), 2016 IEEE International Symposium on (pp. 27-36). IEEE, 2016.
- [4] Yannick Hold-Geoffroy, Kalyan Sunkavalli, Sunil Hadap, Emiliano Gambaretto, Jean-Francois Lalonde: Deep Outdoor Illumination Estimation, In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (Vol. 1, No. 2, p. 6), 2017.