

カメラアレイ設計のためのゲームエンジンを用いた 撮影シミュレーションプラットフォームの開発

栗原 健斗[†] 黒木 帝聡[‡] 花光 宣尚[‡] 小池 崇文[†]

[†] 法政大学情報科学部 [‡] Enhance Experience Inc.

1. はじめに

カメラアレイとは、様々な視点から撮影した多視点画像を撮影する装置である。カメラアレイは、様々なアプリケーションへの応用が期待されるライトフィールドの撮影に用いられる。例えば Overbeck ら [1] は、16 台のカメラを配置したカメラアレイを回転させながら、全周ライトフィールドを撮影している。

カメラアレイの開発には、カメラ選定に始まり、カメラ配置や構造、配線の設計、物理的実装など作業量が多く、高コストになる課題がある。我々も、カメラ配置の検討をおこなっている [2] が、より柔軟に設計できるツールを望んでいる。そのため、シミュレーションプラットフォームで、事前にカメラアレイで撮影した多視点画像を取得できると、開発コストの削減が期待できる。

我々は、カメラアレイ開発のための撮影シミュレーションプラットフォームを提案し、実装をおこなった。実カメラでの撮影画像とバーチャル空間に配置したカメラ（以下、バーチャルカメラ）で撮影したシミュレーション画像を比較し、このプラットフォームの有効性を示す。

2. 提案手法

本研究では、カメラアレイの設計のためのツールとなる撮影シミュレーションプラットフォームを提案する。本プラットフォームでは、実カメラと同仕様のバーチャルカメラをバーチャル空間に配置し、バーチャル空間に配置した被写体（以下、バーチャル被写体）を撮影し、多視点画像を取得する。本プラットフォームは、実空間での撮影画像を再現するため、写実的なレンダリングが必要である。

本プラットフォームは、ゲームエンジン上に実装する。これにより、使用者は、被写体やカメラ配置等を容易に変更可能となる。加えて、多視点画像の取得が可能となるため、撮影後の処理アルゴリズムの事前検討も可能となり、カメラアレイのパラメータ仕様決定が容易になると期待できる。

3. 実装

本プラットフォームは、写実的なリアルタイムレンダリングを得意とする Unreal Engine 上で実装した。加えて、Unreal Engine では、バーチャルカメラの仕様を変更できるため、様々な実カメラを再現できる。

宮脇らの研究 [3] では、ある一方向に振動する光のみを通過させる偏光フィルタを用いて、鏡面反射成分を遮断して反射光を分離した。しかし、一部の拡散反射成分

も遮断しているため、正確な分離ができていない。Unreal Engine では、シェーダにより、反射光を拡散反射成分と鏡面反射成分に分離計算することも可能であり、特殊な光学系への対応も期待できる。

4. 実験

まず、実空間で撮影をおこなう。次に、実空間での撮影環境を Unreal Engine 上に再現し撮影する。最後に、バーチャルカメラでの撮影画像の画質評価をおこなう。

4.1. 実空間での撮影環境の設定

照明は、色温度 5500K、最大 960lm をもつ LED ビデオライトを 2 台用いる。SONY 製のデジタルカメラ Cyber-shot DSC-RX0（以下、RX0）と、深度カメラとして Intel 製の RealSense Depth Camera D455（以下、D455）を用いる。各辺約 2m の暗室内を撮影環境とした。各カメラの仕様は、表 1 の通りである。加えて、RX0 の絞り値は、4.0 で ISO 感度は、125、シャッタースピードは、1/60 秒となっている。

表 1: RX0 と D455 のカメラの仕様パラメータ

パラメータ	RX0 の仕様	D455 のデプスカメラの仕様
センサー幅高比	16 : 9	3 : 2
焦点距離	7.7 mm	2.08 mm
撮影距離	0.5 m ~	0.5 ~ 6.0 m
対角画角	84°	95.8°
解像度	4800 × 2704	1280 × 720

RX0 は、高さ 1.0m、被写体は、高さを 0.78m、各ライトを 0.89m と 1.1m の高さに設置した。被写体と RX0 の距離は、1.0m である。一つのライトを RX0 から被写体の方向に 0.1m、RX0 から被写体を見て左側 0.02m 離れた場所に設置した。もう一つのライトは、RX0 から被写体の方向に -0.1m、RX0 から被写体を見て右側 0.02m 離れた場所に設置した。

D455 は、高さ 1.0m に設置し、被写体は、床に設置した台座の上にあり、床から 0.76m の高さに位置する。被写体と D455 の距離は、1.25m である。

4.2. バーチャル空間での撮影環境の設定

照明は、Unreal Engine で実装されている面光源を用いた。ライトの色温度と最大の明るさは、実空間で用いたライトと同様である。Unreal Engine 上に、実カメラと同仕様のバーチャルカメラを配置するために、RX0 と D455 に基づいたバーチャル RX0 とバーチャル D455 を作成する。各仕様は、4.1 章と表 1 に示した通りである。バーチャル被写体は、多視点画像から 3D モデルを作成するフォトグラメトリソフトウェアの RealityCapture を用いて作成した。

バーチャルカメラとバーチャル被写体とライトの配置は、4.1 章と同様である。Unreal Engine 上での多視点画像の同時撮影は、実装が画困難であったため、0.1 ミリ秒ごとに視点を変更し、各視点ごとにおこなった。

4.3. 撮影結果

RX0 で撮影した被写体は、図 1(a) のぬいぐるみと図 1(c) のマネキンである。D455 では、ぬいぐるみ、暗室及び台座を被写体とした。バーチャル RX0 での撮影は、ぬいぐるみとマネキンの 3D モデルを被写体とした。バーチャル D455 での撮影は、ぬいぐるみ、暗室及び台座の 3D モデルを被写体とした。暗室と台座は、Unreal Engine で実装されている平面オブジェクトと円柱オブジェクトで再現した。

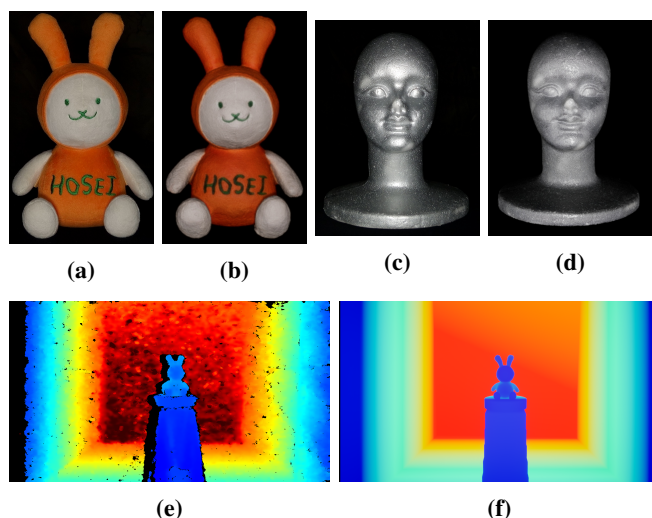


図 1: 実空間と Unreal Engine 上での撮影画像。(a) と (c) は RX0, (b) と (d) はバーチャル RX0, (e) は D455, (f) はバーチャル D455 での撮影画像である。

図 1(a) と図 1(c) の被写体に比べ、図 1(b) と図 1(d) のバーチャル被写体は、それぞれ少しサイズが小さい。また、図 1(e) に比べて、図 1(f) は、ノイズのない正確な深度マップとなった。

4.4. 画質評価

バーチャル RX0 による撮影画像の画質評価には、SSIM, LPIPS [4] 及び PSNR を用いる。SSIM は、0.90 以上の場合、見た目に問題がないほど類似していると評価する。LPIPS は、得られた値が 0.0 に近い値ほど類似していると評価する。PSNR は、画素ごとの平均二乗誤差を求める。そのため、本研究で撮影した 2 種類の画像では、低い値になると予想できる。したがって、PSNR での評価値は、あくまで参考値とし、30.0 以上、もしくは近い値で、類似度が高いと評価する。

画質評価の計算結果は、次のようになった。ぬいぐるみでは、SSIM で 0.971, LPIPS で 0.046, PSNR で 33.641 となった。マネキンでは、SSIM で 0.941, LPIPS で 0.044, PSNR で 29.319 となった。SSIM では、共に 0.90 を超え、LPIPS では、共に非常に小さい値となり、SSIM と LPIPS で高い評価を得られた。PSNR では、30.0 を超えない場合があったが、29.31 と、30.0 に近い値が得られた。以上の結果から、バーチャル RX0 での撮影画像が RX0 での撮

影画像に類似していることが分かった。そのため、このプラットフォームで多視点画像をシミュレーションでき、カメラアレイの開発コストを削減できる。

5. 考察

実撮影画像とバーチャル撮影画像では、画像上での被写体の大きさや、見た目に関して視認できる差異が確認できる。被写体の大きさは、フォトグラメトリ実施時の、実物体の測定誤差が影響していると思われる。また、見た目に関しては、フォトグラメトリで作成した 3D モデルは、表面の反射特性の見た目に影響するシェーディングパラメータを十分に含んでいないため、現時点では、フォトグラメトリで作成した 3D モデルの質感設定は、手動で実施する必要がある。

図 1(f) は、深度情報が正確ではあるが、ノイズがないため、明らかに類似度が低い。D455 で撮影する画像を再現するには、ノイズを含んだ画像の方が望ましい。

6. 課題

本プラットフォームでは、現時点でカメラの影響による幾何補正と色補正を実施していない。そのため、例えば広角レンズのカメラをモデルにした場合、バーチャルカメラでの撮影画像の歪みが大きくなる。加えて、センサーが変わると、同じ被写体でも撮影画像の色が異なってしまう。

D455 の深度画像は、図 1(e) に示したようにノイズが多くみられる。これは、測定原理により、必ず発生すると考えて良い。今後は、このノイズをシミュレートする必要がある。

7. まとめ

本研究では、カメラアレイの開発コストを削減するために、Unreal Engine を用いて撮影シミュレーションプラットフォームを開発した。本プラットフォームの有効性を示すために、実空間と同様の撮影環境を Unreal Engine 上に再現し実験をおこなった。バーチャル RX0 での撮影画像が RX0 での撮影画像と類似度が高い結果を得た。本プラットフォームを用いることで、カメラアレイの開発コストが下がることが期待される。

参考文献

- [1] Ryan S. Overbeck, Daniel Erickson, Daniel Evangelakos, Matt Pharr, and Paul Debevec, "A System for Acquiring, Processing, and Rendering Panoramic Light Field Stills for Virtual Reality," ACM Transactions on Graphics, 2018.
- [2] 三石悠叶, 小池崇文, "人物の自由視点画像作成時におけるカメラアレイ最適配置の検討," 情報処理学会第 82 回全国大会講演論文集, 2020.
- [3] 宮脇志歩, 黒木帝聡, 花光宣尚, 小池崇文, "偏光を用いた多視点撮影による自由視点画像生成の高画質化," 情報処理学会第 83 回全国大会講演論文集, 2021.
- [4] Richard Zhang, Phillip Isola, Alexei A. Efros, Eli Shechtman, and Oliver Wang, "The Unreasonable Effectiveness of Deep Features as a Perceptual Metric," 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2018.