

# 周辺環境の3Dメッシュモデル構築に基づくCGオブジェクトへの物理作用を考慮したビデオスルー型HMD用ARシステム

竹内 一平<sup>†</sup> 小池 崇文<sup>†</sup>

法政大学情報科学部<sup>†</sup>

## 1. 提案手法

本研究ではビデオスルー型HMDから得られた現実世界の環境の映像上に現実世界の物体と同様に環境から物理作用を受けるCGオブジェクトを合成するARシステムを提案する。CGオブジェクトへの物理作用を考慮することによってCGオブジェクトの挙動を現実世界の物体の挙動に近づける。

## 2. 関連研究

提案ARシステムで現実世界の環境を認識するために、センサー等を用いて現実世界の環境のマップの作成と位置姿勢の推定を行う Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) 技術を用いる。従来のカメラを用いたSLAM技術ではDavisonらの手法[1]やKleinらの手法[2]のようなRGBカメラから得られた映像から画像パッチ、コーナー点などの特徴点を抽出しマップの構築とカメラの位置姿勢推定を行うものが多い。しかし、これらの研究は映像内から抽出した一部分の情報しか利用しないため環境の地形情報を完全には表すことができない課題があった。その課題を克服する為に近年ではNewcombeらの手法[3]やKahlerらの手法[4]のようなRGBカメラやRGBDカメラを用いて得られた深度を基にマップとして3Dメッシュモデルを作成し、それを用いてカメラの位置姿勢推定を行うSLAM技術が提案されている。

## 3. ARシステムの構成

本研究のARシステムではゲームエンジンであるUnityを用いて実装する。ARシステムの構成図を図1に示す。Kahlerらの手法[4]を元に作成したアプリケーション(InfiniTAM[5])を用いて環境のマップとなる3Dメッシュモデルを作成する。Unityの仮想空間上に作成した3Dメッシュモデルと映像に合成するCGオブジェクトを配置し、Unityの物理演算機能を用いてCGオブジェクトが環境から受ける物理作用をシミュレートする。また、Unityの仮想空間上に仮想カメラを配置しInfiniTAM[5]を用いて得られたビデオスルー型HMDの位置姿勢のパラメータを用いて仮想カメラを動かす。この時、マップ内の仮想カメラの初期位置を環境内のビデオスルー型HMDの初期位置と合わせる。これにより環境内での

ビデオスルー型HMDの位置姿勢とマップ内での仮想カメラの位置姿勢を一致させる。仮想カメラから得られた映像をビデオスルー型HMDから得られた環境の映像に重ね合わせCGオブジェクトの合成を行い、合成結果をビデオスルー型HMDに提示する。

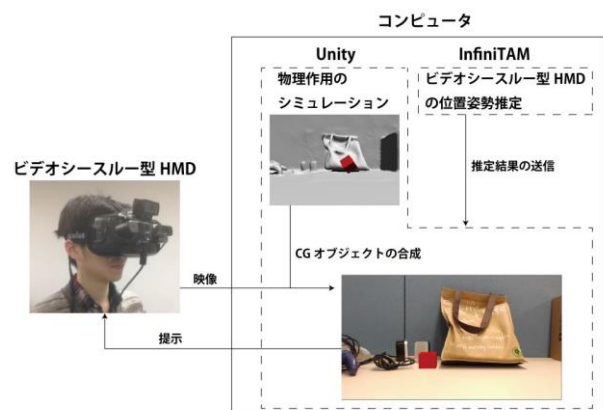


図1 ARシステム構成図

### 3.1. 機材

合成映像の提示にはOculus VR社のHMDであるOculus Rift DK2を使用する。本研究ではOculus Riftの前面に現実世界の環境の映像を取得するためのRGBカメラとInfiniTAMを運用するためのRGBDカメラを取り付けることでビデオスルー型HMDを作成する。RGBカメラはLogicool社のLogicool HD Pro Webcam C920R、RGBDカメラはAsus社のAsus Xtion Pro Liveを使用する。以下の図1に本研究で作成したビデオスルー型HMDを示す。



図2 ビデオスルー型HMD

Augmented Reality System for Video See-through Head Mounted Displays with Physical Action Affected Computer Graphics Objects Based on 3D Mesh Model Construction of Surrounding Environments

<sup>†</sup>Ippei TAKEUCHI, Takafumi KOIKE

<sup>†</sup>Faculty of Information Science, Hosei University  
Tokyo, Koganei-shi, 3-7-2 Kajino-chou

### 3.2. 仮想カメラの位置姿勢の決定

Unity の仮想空間上の仮想カメラの位置姿勢の決定は InfiniTAM[5] と Unity をそれぞれ別のプロセスとして起動し、InfiniTAM[5] によって推定されたビデオスラiser型 HMD の位置姿勢のパラメータを Unity に名前付きパイプを用いて送信することで行う。この際 InfiniTAM[5] のプロセスをサーバー、Unity のプロセスをクライアントとして扱う。図 2 にこの処理のフローチャートを示す。また、データの送受信を行う際に各プロセス間で同期を取るために共有のイベントを作成する。このイベントは初期値、手動リセットともに FALSE に設定する。InfiniTAM[5] 側は毎フレームイベントの値をチェックし、値が FALSE の場合イベントの値を TRUE に変更しパラメータの送信を行う。Unity 側は毎フレームこのイベントの値をチェックし、値が TRUE の場合送信されたパラメータの受信を開始する。パラメータの受信後、Unity 側はイベントの値を FALSE に戻す。ここで受信したパラメータを用いて仮想空間上の仮想カメラの位置姿勢を決定する。

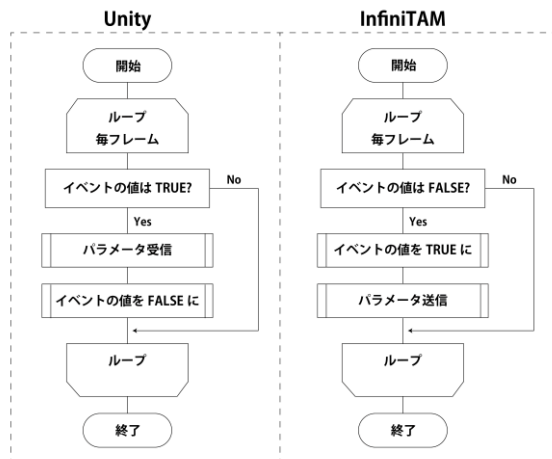


図3 プロセス間通信のフローチャート

### 3.3. 提示映像の作成

Unity 上で CG オブジェクトを合成する環境の映像は RGB カメラから Unity の API のクラス WebCamTexture を用いてテクスチャとして取得する。取得したテクスチャを Unity の仮想空間上の平面オブジェクトに貼り付け、平面オブジェクトを仮想カメラの撮影画面全体に映るように一定の距離を保ちながら追従させることで常に仮想カメラに環境の映像を映す。この仮想カメラを用いて CG オブジェクトを撮影することで CG オブジェクトの RGB カメラから得られた映像への重ね合わせを行う。CG オブジェクトのみ RGB カメラから得られた映像に重ね合わせるためには仮想空間上に配置されているメッシュモデルを除外して描画しなければならない。そこでメッシュモデルの描画に使うシェーダを置き換え、メッシュモデルを透明なものとして扱う。

### 4. 実験

提案した AR システムの精度を測定する。現実世界の環境上に 5cm×5cm×5cm の立方体を配置し、仮想空間上のマップ上のそれに対応した位置に同じ大きさの CG の

立方体を配置する。この状態で AR システムを運用し合成される立方体の合成位置の誤差をピクセルで測る。計測に用いた合成結果の映像の一部を図 4 に示す。



図4 実験結果(700×400 ピクセル)

この実験ではシステムの実行を始めた位置を基準としてそこから左右への並進移動と回転を含めた並進移動、高さを変えての左右への並進移動と回転を含めた並進移動などを行い様々な位置姿勢に対して誤差を計測する。実験の結果、本研究の AR システムはシステムの実行を始めた位置の付近においての並進移動では誤差が 1～15 ピクセル程度と少ないが(図 4(1), (3))、並進移動とともに回転を行うと誤差が 20～100 ピクセル程度になってしまうことが分かった(図 4(2), (4))。この誤差は高さを変える、並進移動を行うなどをして初期位置から離れるほど大きくなる傾向がある。

### 5. 課題

本 AR システムは実行開始地点の付近では誤差 10 ピクセル以内の精度を保つことができる。しかし、精度を保ちながら運用するにはある程度ユーザーの動きを制限しなければならない。ビデオスラiser型 HMD がどのような位置姿勢であっても精度を保つためにはシステム実行開始時の位置合わせだけでなく毎フレーム仮想カメラの映像と環境の映像の間で位置合わせを行うなどの改善が必要である。

### 文 献

- [1] Andrew J. Davison, “Real-Time Simultaneous Localization and Mapping with a Single Camera,” *Proc. Ninth IEEE International Conference on Computer Vision*, vol.2, pp.1403 – 1410, 2003
- [2] Georg Klein and David Murray, “Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces,” *Proc. International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR’07)*, 2007
- [3] Richard A. Newcombe, Steven J. Lovegrove, and Andrew J. Davison, “DTAM: Dense Tracking and Mapping in Real-Time,” *Proc. IEEE International Conference on Computer Vision*, pp.2320 – 2327, 2011
- [4] Olaf Kahler, Victor Adrian Prisacariu, Carl Yuheng Ren, Xin Sun, Philip Torr, and David Murray, “High Frame Rate Volumetric Integration of Depth Images on Mobile Devices,” *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 22, 2015
- [5] victorprad/InfiniTAM・GitHub, <https://github.com/victorprad/InfiniTAM>, 2016/1/6