

Mixed Reality技術を用いた文化財の復元

— 飛鳥京、江戸城、一乗谷 —

角田 哲也（株式会社アスカラボ）

1. はじめに

登呂遺跡は、近年、複合現実感（MR: Mixed Reality）技術を用いて失われた文化財をデジタル的に復元する試みが行われている。MRではHMD（Head-Mounted Display）などを用いて、現実世界とComputer Graphics（CG）を実時間で重ね合わせて表示することが可能となっている。この技術によりCGで描いた文化財があたかも現実世界に出現したかのように見せることができる。

東京大学池内・大石研究室では、MR技術を用いて古代飛鳥京を復元する「バーチャル飛鳥京プロジェクト」に取り組んでいる¹⁾。株式会社アスカラボは、本プロジェクトを母体として、研究成果の社会還元を目的に設立された大学発ベンチャーである。本稿では、池内・大石研究室で開発された基盤技術をもとに、アスカラボが提供するMR遺跡復元サービスの概要を説明し、飛鳥京、江戸城、一条谷における導入事例を紹介する。

2. MR技術による遺跡復元

（1）MRシステムの概要

例として、ビデオスルー型のHMDと磁気センサを用いたMRシステムにおける処理の流れを説明する。HMDに装着されたカメラにより、現実世界の画像を取得する（図1）。同時にHMDに取り付けられた磁気センサにより、カメラの位置姿勢を推定する。推定されたカメラ位置姿勢情報をもとに、あらかじめ用意された3次元仮想世界において、合

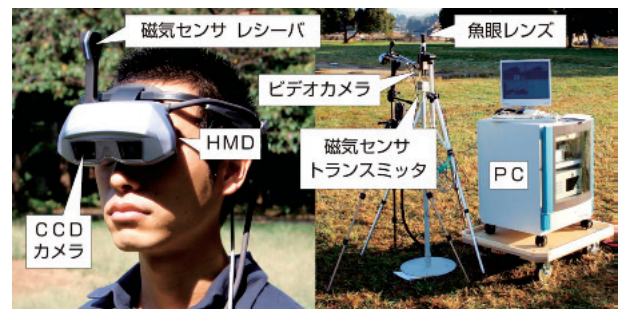


図1 MRシステムの例

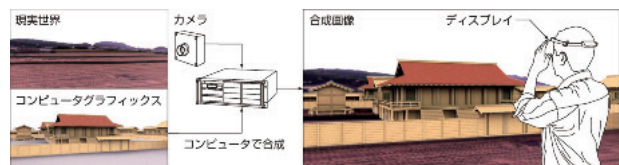


図2 MRシステムの処理の流れ

成対象となるCGモデルをレンダリングする。カメラ撮影画像にCGモデルを重ね合わせた合成画像をHMDに表示することによって、ユーザはあたかも自分の目の前の風景にCGモデルが出現したかのような体験を得ることができる（図2）。

（2）光学的整合性実現技術

池内・大石研究室では、MRシステムにおける合成画像の現実感を高めるために、光学的整合性実現技術を開発している²⁾。

この提案手法では、事前段階において様々な方向から仮想物体に光をあて、周囲に落ちる影を基礎画像として取得する。次に、魚眼レンズ付きカメラや全方位カメラで推定した天空の光源分布をもとに、明るさのパラメータと、事前生成した基礎画像との線形和を求め、仮想物体の影画像を生成する。そして、仮想物体の周囲に配置した影付け平面に影画像

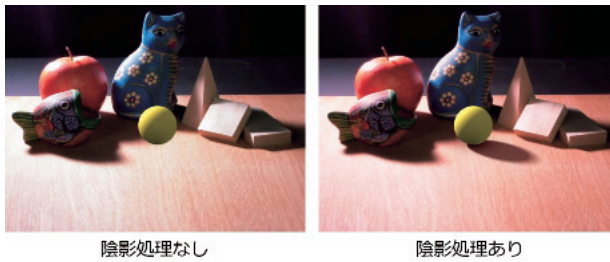


図3 光学的整合性実現技術

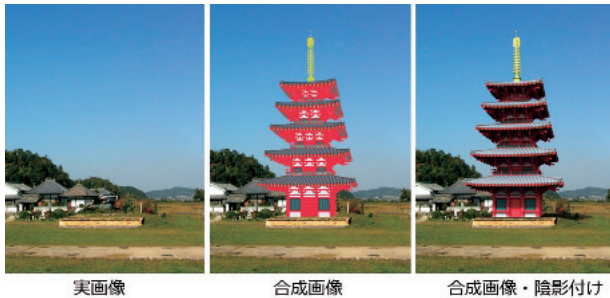


図4 屋外における建築物の陰影表現

をマッピングすることにより、実光源環境に対応する仮想物体の影をリアルタイムに表現することができる（図3）。この技術により、光源環境が刻々と変化する屋外環境においても、仮想物体の影を違和感なく表現し、合成画像の現実感を向上させることが可能となる（図4）。

（3）クラウド型MRシステム

また、池内・大石研究室では、ネットワークを利用したクラウド型のMRシステムを開発している。

従来のMRシステムは基本的にスタンドアロン形式であり、1台で1人のユーザにしか対応できなかった。しかし、実際の観光ガイドやツアーでは、同じ解説を複数人で聞く場面が多く、人数分のMRシステムを用意するのはコストがかかるという問題があった。そこで、MRシステムにおける実画像取得とCG合成処理を全方位カメラとサーバで行い、CG合成された全方位画像を複数のクライアントに送信することで、各ユーザが任意の方向を向いて自由に全方位画像を見られる、という手法が提案されている（図5）。

処理負荷の高い実画像キャプチャとCGレンダリング及び両者の合成を高性能なサーバで行い、クラ



図5 クラウド型MRシステムの処理の流れ

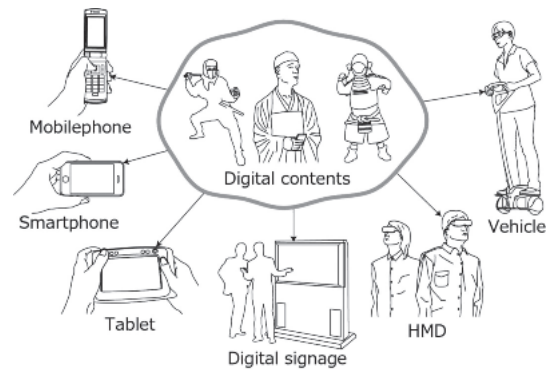


図6 クラウド型MRシステムの将来像

イアントでは受信した全方位画像から端末のセンサ情報等を用いて任意領域を切り取って表示するだけでよいので、比較的スペックの低いモバイル端末やタブレットでも実現することができる。また、大画面のデジタルサイネージ端末をクライアントに用いて、複数ユーザに同じ画面を見せてもよい。

将来的には、クラウド上のサーバにCGや解説映像／音声等のコンテンツを集約して、次々と新規開発されるハードウェアの差異を吸収しながら、マルチプラットフォーム／マルチユーザのクラウド型MRシステムを実現することが期待される（図6）。

3. MR遺跡復元サービス

（1）MR遺跡復元の利点

MR技術を用いた文化財の復元には以下の3つの利点がある。

1. 遺構上に復元モデルを表示することが可能
2. 復元案の修正・変更が容易
3. 文化財の保存と活用を両立

第1に復元したCGモデルを遺構上に合成表示することによって遺跡の現状と復元状態をわかりやすく対比することができる。またユーザを外界から遮



図7 HISTOREALITYのイメージ図
(画像提供：後藤克典)

断せずに、実世界の環境情報をそのまま利用することが可能である。そのため視覚的・聴覚的な感覚や現場の雰囲気など、従来のVR（Virtual Reality）コンテンツでは味わえない臨場感を体験することができる。

第2にCGモデルの修正・変更を容易に行うことができる。発掘調査の進展から復元案の修正が生じた場合、実物や復元模型を部分的に修正することは困難である。しかしMRではCGモデルの修正や差し替えを容易に行うことが可能である。

第3に遺跡の保存と活用という2つの要求に同時に応えることができる。一般に考古学的見地からは発見された遺跡は現状保存が原則と考えられている。しかし観光振興の観点から文化財の整備や活用を求められる場合も多い。MRでは実世界の遺跡に影響を与えることなく効果的な活用も可能となる。

アスカラボでは、このようなMR技術の特徴を生かして、HISTOREALITYというMR遺跡復元サービスを提供している（図7）。

(2) 導入の流れ

MR遺跡復元サービス導入の流れを説明する。

1) コンテンツ制作

まず、遺跡の復元図面や模型をもとに、復元CGモデルを作成する（図8）。地元の研究機関や資料館等と協力し、復元が不明な部分については、同時代の建築様式や類似の遺跡を参考に、時代考証を行う。

この際、CGの使用目的やターゲット端末の処理スペックに応じて、適切な密度でCGモデルを作成することが重要である。建物の内部構造など、見せ

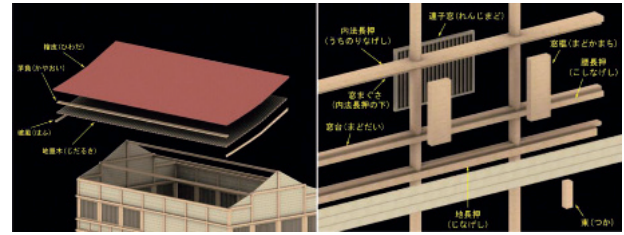


図8 復元CGモデルの作成



図9 バーチャル飛鳥京アプリの画面例

る必要がない場合は省略した方が、アプリのサイズや描画FPSを向上させることができる。ただし、CGモデルの規模が大きく、水面表現の特殊効果等もあり、モバイル端末でのリアルタイムレンダリングが難しい場合は、あらかじめ書き出しておいたアニメーションを画像ベースで表示する方法もある。この場合、事前に生成しておいたパス以外の任意のウォークスルーや視点移動はできないが、事前作業の時間が許す限り品質の高いCG映像を作り込むことができる。

また、HMDやタブレット画面のメニュー構成やシーン遷移、ユーザインタフェースの設計・デザインを行う（図9）。同時にターゲットとして想定した対応言語ごとに解説の台本作成、ナレーション収録・編集、BGMや効果音の追加を行う。

さらに、必要に応じて現地での全方位画像撮影を行う。撮影画像の用途としては、VR型コンテンツの背景に用いたり、春夏秋冬の四季やイベント時の様子を撮影して、アプリ上で追体験できるようにしたりすることが想定される。

2) ソフトウェア開発

アスカラボでは、各種プラットフォームに対応した基幹ソフトウェアAsukaVisionを開発している。本ソフトでは前述の東京大学開発技術を実装し、さらにプラグインによる機能拡張も可能である。導入にあたっては、基本的にAsukaVisionの各機能モ



図10 バーチャル飛鳥京アプリの運用風景

ジュールを土台にしながら、プロジェクトごとのニーズに応じた独自機能を追加していく。

3) ハードウェア組み込み

ターゲットとなるハードウェアを選定するにあたっては、企画を実現するために必要なスペック(処理性能や画面サイズ・重量・防水性等)、価格と供給の安定性、保守サービスの有無等を総合的に考慮する。場合によっては、開発の初期にテスト機を複数用意して、事前に動作検証を行うこともある。

対応端末を決定したら、コンテンツ制作を並行して進めつつ、適時ダミー素材を用いた組み込みテストや現地での動作検証を行いながら、ソフト開発を進める。システムテスト・運用テストを経て、完成したソフトを本番用の端末にインストールし、運用マニュアルをもとに現地スタッフの研修・トレーニングを行う。

導入後も、ユーザの利用形態を観察したり、アンケートで意見を求めたりして、システムの改良やコンテンツの追加等を行いながら、サービスの魅力を高めていく(図10)。

4. 導入事例

池内・大石研究室とアスカラボがこれまで取り組んだ遺跡復元MRシステムの開発事例を紹介する。

(1) 飛鳥京

奈良県高市郡明日香村において、古代の飛鳥京を村全域で再現する「バーチャル飛鳥京プロジェクト」を行っている。2004年から研究プロジェクトが開始され、川原寺、飛鳥浄御原宮のエリアを中心に復元CGモデルの作成を進め、現在では飛鳥京の中心部と、飛鳥寺、水落遺跡のエリアも復元している(図



図11 飛鳥京復元CGモデル
(画像提供：東京大学池内・大石研究室)



図12 MOVERIO BT-200向け石舞台古墳アプリ

11)。また、石舞台古墳の築造過程や、高松塚古墳の壁画を解説するコンテンツも作成している(図12)。

ハードウェアは、キヤノン社製MR PlatformやVuzix社製Wrap1200VR等のHMD、iPad Air、iPad mini等のタブレット端末を用いている。石舞台古墳における実証実験では、セイコーエプソン社製のスマートグラス、MOVERIO BT-200を利用した。

(2) 江戸城

近畿日本ツーリスト株式会社と共同で、江戸城ツアー向けのアプリを開発した(図13)。端末はMOVERIO BT-200を用いている。

ツアーでは、現在の皇居東御苑をガイドと散策しながら、大手門や大広間など、あらかじめ定められた見どころスポットでスマートグラスを装着すると、江戸時代の様子を再現したCG合成映像を体験できる仕組みになっている(図14)。

また、技術的な工夫として、ガイドが持つタブレットからBluetoothを用いて各端末にシナリオ制御信号を送る機能を開発した。これにより、ツアー参加



図13 江戸城天守閣の復元イメージ



図14 江戸城大広間の復元イメージ



図15 ガイド用タブレット画面

者はクライアント端末でメニュー選択をしなくても、スマートグラスをかけているだけで自動的に再生される映像を見ることができる。また、ガイドが遠隔で各端末の言語設定やシーン再生も行うことができるため、ツアー前の準備を簡略化し、特定のユーザが映像を見逃した等のトラブルにも個別に対応することができる（図15）。

(3) 一乗谷朝倉氏遺跡

福井市の一乗谷朝倉氏遺跡において、朝倉館と復原町並みを散策しながら、戦国時代の風景を体験できるアプリを開発した（図16）。端末はiPad Air2を用いている。

本アプリの特徴としては、端末に内蔵のGPSを用いて、あらかじめ設定した各説明ポイント付近の有効範囲に入らないと、解説映像が再生されず、映像



図16 一乗谷アプリトップメニュー画面



図17 一乗谷アプリ解説画面の例



図18 一乗谷アプリクイズ画面の例

を見た後はその場所のスタンプが入手できる仕組みにしてある（図17）。これによって、ユーザが積極的に遺跡を歩き回る動機づけを行うことができる。

また、解説終了後にその場所にちなんだクイズを

出題し、4択で回答できるように設定してある（図18）。全説明ポイントを回ってスタンプラリーを完了し、さらにクイズの正解率が高いユーザには粗品を渡すなどして、遺跡の解説を見るだけでなくゲーム感覚でガイドを楽しめる工夫を施している。

謝辞

ご協力いただいた東京大学池内・大石研究室、明日香村、国営飛鳥歴史公園、近畿日本ツーリスト株式会社、福井市に対して、この場を借りて謝意を表する。

【参考文献】

- 1) 角田哲也、大石岳史、池内克史 2008「高速陰影表現手法を用いた飛鳥京MRコンテンツの開発とその評価」『映像情報メディア学会誌』 Vol.62、No. 9、pp.1466-1473
- 2) 角田哲也、大石岳史、池内克史 2008「影付け平面を用いた複合現実感における高速陰影表現手法」『映像情報メディア学会誌』 Vol.62、No. 5、pp.788-795