

Augmented Earth

—拡張現実感によるバーチャル地球とリアル地球の融合—

1. 背景

近年, Google 社の Google Earth, マイクロソフト社の Virtual Earth など, 一般ユーザが無料で使用できるバーチャル地球儀ソフトが開発されている. これらは従来の地図検索サービスに航空写真や都市の 3 次元モデルを重ね込むことにより, インターネット上に仮想的な都市空間を形成している. 現在, 各社によって都市モデルの計測・追加が盛んに行われており, 仮想地球上の 3 次元モデルは日々拡大している. さらに, SketchUp, Virtual Earth-3DVIA などの仮想地球にモデルを自由に追加できる 3 次元 CG モデリングソフトが無償で提供されており, 一般ユーザによる都市・建築モデルの制作も行われている.

一方, CG で表現された仮想世界と現実世界を融合する拡張現実感技術 (AR: Augmented Reality) の研究開発が盛んに行われている. AR ではヘッドマウントディスプレイやハンドヘルド PC などの映像表示装置とカメラを用いて現実世界の撮影画像に CG を重ね合わせることで, あたかも CG で描いた仮想物体が現実世界に出現したかのように見せることができる. AR は機械製造工程・保守作業における作業支援, 観光地等での注釈・情報提示によるナビゲーション, 医療・建築分野でのシミュレーション, ゲーム・エンターテインメント分野, 遺跡の復元など, 幅広い応用が期待されている.

2. 目的

本プロジェクトでは, バーチャル地球儀ソフトによって表現されるインターネット上の 3 次元都市モデルを AR 技術を用いて実世界へ合成表示することを目的とする. インターネット上で共有される 3 次元モデルを利用することにより, 一般ユーザが手軽に利用できる AR アプリケーションの開発環境を実現する. 本システムにより, 遺跡の復元, 過去の町並みの再現, 建築・都市開発のシミュレーション, 広告, 販売促進, キャラクターの表示などを目的とした AR サービスを構築することができる.

3. 開発の内容

Google 3D ギャラリーから選択した任意のモデルを Google Earth 上に表示し, USB カメラで撮影した実画像に対象モデルを合成表示するソフトウェアを作成した. 図 1 に合成処理の流れを示す.

まず Google Earth から建築物モデルを抽出する過程について説明する. 本プロジェクトでは, Google Earth のクライアントウィンドウから描画後の 2 次元画像を抽出することによって, 画像の重ね合わせによる高速合成を実現する. そのため, Google Earth 上から抽出したいモデルの背景に, あらかじめ用意した黒い画像をレイヤとして配置することにより, バックグラウンドとターゲットモデルの分離を容易にする. 合成処理では Google Earth クライアントウィンドウのハンドルを取得し, 描画後のビットマップ画像から画像処理によってターゲットモデルの表示領域を抽出する.

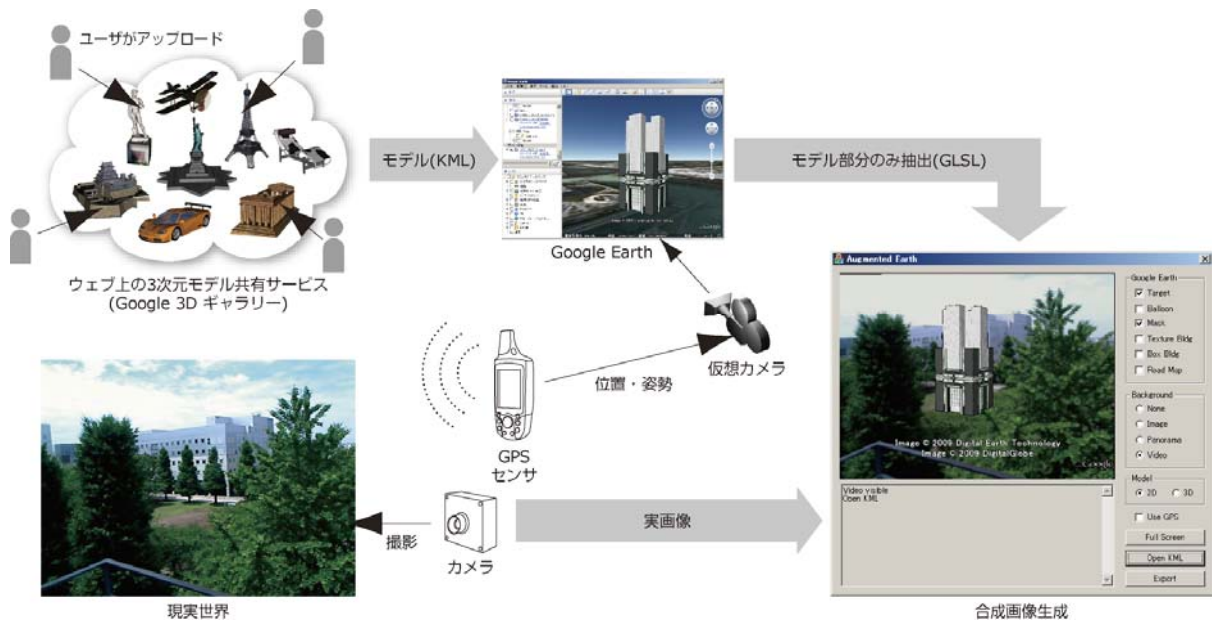


図 1 合成処理の過程

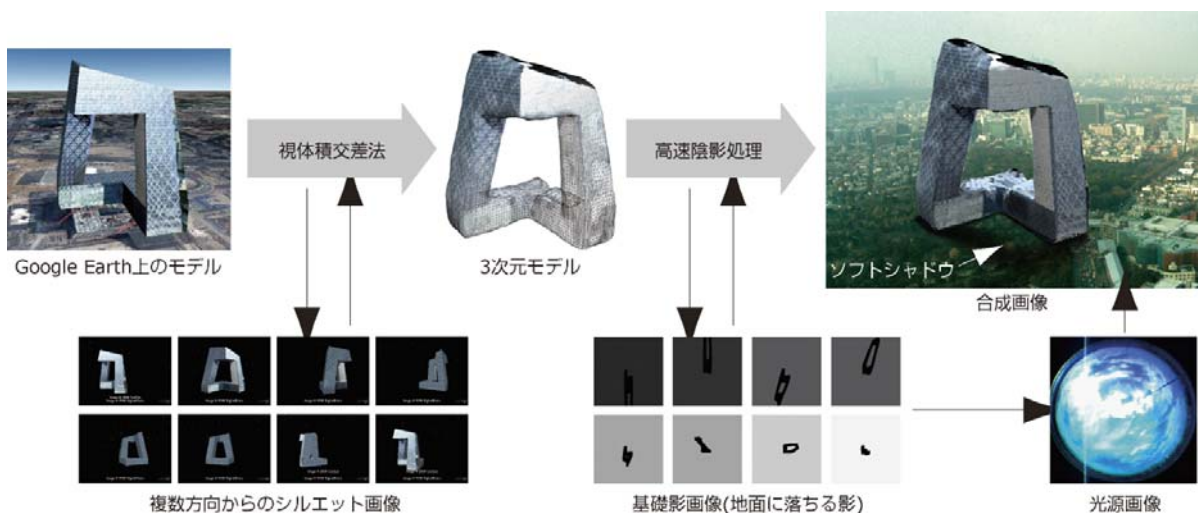


図 2 光学的整合性の実現(仮想物体の陰影表現)

次に USB カメラの撮影画像にモデルを合成する. 本プロジェクトでは撮影時のカメラの位置・姿勢を GPS・3 次元センサを用いて取得し, Google Earth のカメラパラメータに反映することにより, 仮想物体と実画像の幾何学的整合性を実現する. 抽出したモデルと実画像の合成は, プログラマブル・シェーダ (GLSL) を用いて GPU で画素ごとに並列計算することにより実時間での処理が可能となった.

さらに, 実世界の光源環境に対応した仮想物体の陰影表現を行うことにより, 仮想物体と実画像の光学的整合性を実現した. 図 2 に処理の内容を示す. まず対象モデルを仮想空間内で複数方向から撮影し, シルエット画像を作成する. そして視体積交差法を用いてシルエット画像から物体内部とされる領域の論理積をとることにより, 対象物体の表面形状を生成する. 次に, 前処理段階で対象モデルの周囲に配置した光源から生成される物体の影を描画し, 基礎影画像として保存する. 逐次処理段階では, 魚眼レンズを装着したカメラ

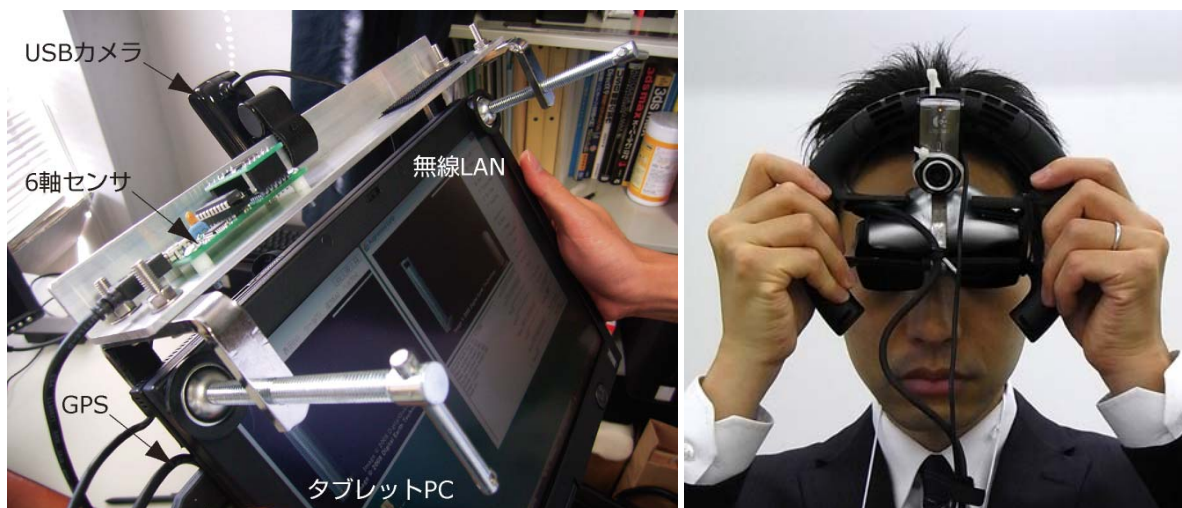


図 3 試作したビューア



図 4 合成画像

などで上空の空や太陽など光源環境を撮影し、実世界の光源分布を推定する．推定した光源強度パラメータをもとに、あらかじめ生成してあった基礎影画像の線形結合を求めることにより、その時の実世界光源環境に対応した仮想物体の影を生成することができる．実画像に対して影の落ちる領域の画素値を減衰させることにより、実世界の地面に落ちる仮想物体の影を表現する．

開発したソフトウェアを用いて実世界に仮想物体を合成するビューアを試作した．図 3 にタブレット型とヘッドマウント型の 2 種類のプロトタイプを示す．タブレット型ビューアはタブレット PC 上部にアルミ製アングルをクランプで固定し、センサやカメラ等を設置したものである．当初は 3 軸加速度・3 軸地磁気測定可能な 3 次元センサを用いてカメラ姿勢の推定を行ったが、回転角の検出誤差やノイズが大きかったため高精度ジャイロセンサに切り替えた．ジャイロセンサでは角速度、加速度、地磁気をそれぞれ 3 軸で計測し、さらにジャイロスコプのドリフト累積を防ぐため、重力計と電子コンパスの測定値を利用している．一方、ヘッドマウント型ビューアは HMD と USB カメラを組み合わせたものであり、HMD に内蔵のトラッカーを用いることによってユーザの姿勢を推定している．

図4に本システムによる合成画像の例を示す。図3のヘッドマウント型ビューアを用いて室内で撮影した実画像に Google 3D ギャラリーから抽出した CG キャラクターを重ね込んでいる。HMD 内のトラッカーを用いて実画像と仮想物体の位置合わせを行い、ユーザの視点移動に対して CG モデルの位置は保持されるようになっている。ユーザはビューアを通してあたかもウェブ上の 3 次元 CG コンテンツが現実世界に出現したかのように感じることができる。

4. 従来の技術(または機能)との相違

本プロジェクトで開発したソフトウェアの特徴は、ウェブ上の仮想世界で表現された 3 次元モデルを AR 技術により現実世界に融合できる点である。従来の VR・AR システムは基本的にスタンドアローンであり、コンテンツ間の連携やモデルの共有という概念が少なかった。そこで、ウェブ上の消費者生成 3 次元モデルを共有することによって、仮想世界と実世界双方にまたがる AR プラットフォームを構築し、インターネットの 3 次元仮想空間サービスと AR サービスの相互の発展を促すことが期待できる。

5. 期待される効果

本プロジェクトで開発した Augmented Earth は、仮想地球儀ソフト Google Earth 上に表現される 3 次元都市モデルを AR 技術によって実世界に合成表示する。Google Earth から画像処理によって仮想物体の 3 次元形状を取得し、GPS、3 次元センサと光源撮影カメラの情報を用いることで、幾何学的・光学的整合性を実現した現実感の高い合成画像を生成することができる。本ソフトウェアを利用することで、ウェブ上の消費者生成メディアを実世界に高精度に投影することが可能となる。システムの適用分野としては観光産業、建設・不動産産業、エンターテインメント産業が挙げられる。例えば屋外の遺跡を復元した CG モデルを本システムで合成表示すれば、観光客に過去の町並みや人々の暮らしの様子を見せることができる。従来の VR システムに比べて遺跡現地の環境を生かした効果的な展示が可能となる。

6. 普及の見通し

今後の課題としては、位置合わせ精度の向上、光源取得方法の改良、そしてウェブブラウザでの実装が挙げられる。AR ビューアはハードウェアの進歩によって今後さらに小型化・軽量化することができる。一般ユーザを対象としてビューアを配布し、ウェブブラウザ上で本ソフトウェアを動作させることが可能になれば、全世界で 4 億人いると言われている Google Earth ユーザを対象とした AR サービスを提供することが期待できる。

7. 開発者名

角田哲也（東京大学生産技術研究所 特任助教）

大石岳史（東京大学大学院情報学環・学際情報学府 特任講師）

工藤雷太（東京大学大学院情報学環・学際情報学府 修士課程）