

ARKit を用いた地下埋設物の AR 可視化システムの構築

中央大学 洲崎 文哉

中央大学 檜山 和男

五洋建設株式会社 琴浦 毅

五洋建設株式会社 石田 仁

公益財団法人九州先端科学技術研究所 吉永 崇

1. はじめに

近年、様々な分野において拡張現実感 (Augmented Reality, AR) 技術¹⁾²⁾を用いた活用事例が数多く報告されており、土木分野においても様々な諸活動において活用されている³⁾。

著者らはこれまで、地下埋設物に対する AR 可視化システムの構築⁴⁾を行ってきた。著者らの既往のシステムでは、使用した端末は特殊なセンサーを搭載しており、機種依存性が高く移植性の面で課題があった。

そこで本研究では、一般的なスマートフォン・タブレット端末の OS である iOS に対応した ARKit⁵⁾を用いて、地下埋設物に対する AR 可視化システムの構築を行った。具体的には、地下埋設物の設計および施工・維持管理における利用を対象とし、地下埋設物の CAD モデルを設計図面上に重畳させる AR 可視化を行うシステムと施工・維持管理段階における活用として、現地において CAD モデルを重畳させる AR 可視化を行うシステムの構築を行った。これらの適用例を通して本システムの有用性について検討を行った。

2. 本システム概要

まず本報告では、本システムの概要について述べる。本システムは、図-1 にそって行う。

2.1 開発環境

本研究では、総合開発環境としてゲーム開発プラットフォームである Unity を用いる。また、AR システムの開発キットとして、iOS に対応する ARKit を用いる。ARKit⁵⁾とは、Apple による iPhone と iPad の単眼カメラを使って動作する開発者向けの AR 開発キットである。また、デバイスは Apple のタブレット端末である iPadPro を用いた。

2.2 データ入力

データ入力では、重畳させる可視化情報とマーカー画像を入力する。可視化情報としては、図-2 に示すような平面直角座標系における座標と形状情報を持つ地下埋設物の CAD モデルを用いる。なお、Unity との互換性が高い FBX 形式のデータへ変換を行ったモデルを用いる。また、図-3 のような開口部モデルも用いる。開口部モデルの詳細については、後で述べる。

2.3 マーカー認識・初期位置合わせ

本研究では、初期位置合わせに ARKit の機能である画像トラッキングを用いる。画像トラッキングは、あらかじめマーカーとして設定した任意画像の特徴点を検出する

機能である⁵⁾。図-4 に示すように、デバイスのカメラ映像がマーカーとして設定した任意画像を検出し、その座標と角度を可視化するモデルに与えることで、重畳位置を決定する。

2.4 姿勢補正

本研究では、初期位置合わせに画像トラッキングを用いた後、画像トラッキングから ARKit のワールドトラッキングへ切り替える。ワールドトラッキングとは、カメラ映像から得られる特徴点の変化とデバイスに搭載されているモーションセンサーによりデバイスの加速度・傾き・方向などの慣性測定から現実空間とバーチャル空間との対応関係を推定する機能である⁵⁾。ワールドトラッキングを用いることで、マーカー画像を認識していない場合でも、可視化したモデルは与えられた座標位置に重畳され続けるため、マーカー画像をカメラ映像内にとらえ続ける必要がなくなり、自由な視点での AR 可視化が可能になる。

3. 適用例

適用例として、設計図面上での CAD モデルの AR 可視化と現地での CAD モデルの AR 可視化を行ったため、この二つの適用例について述べる。

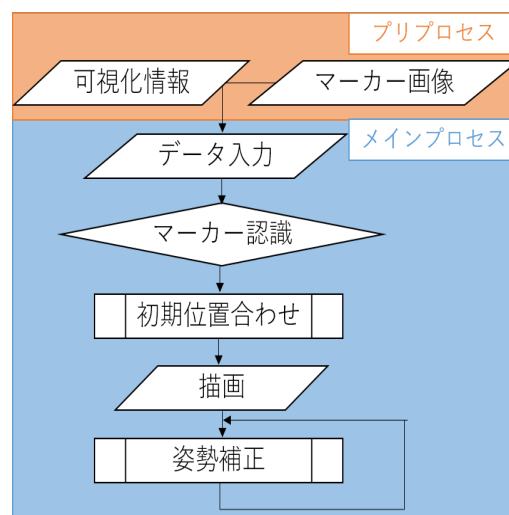


図-1 本システムにおけるフローチャート

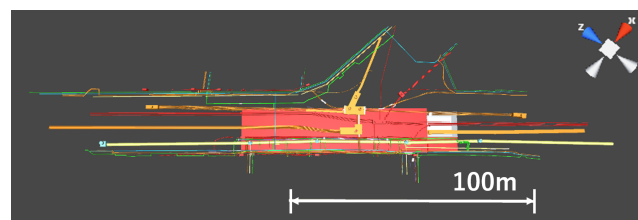


図-2 CAD から作成されたモデル

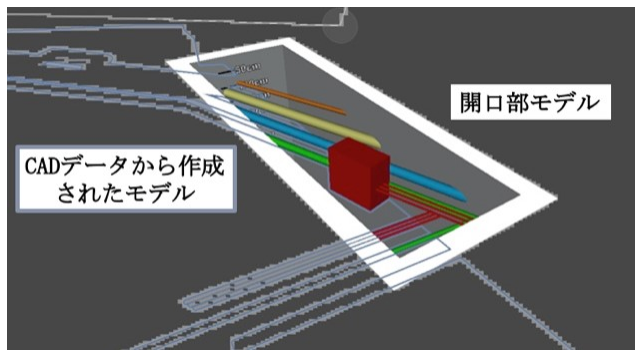


図-3 開口部モデル

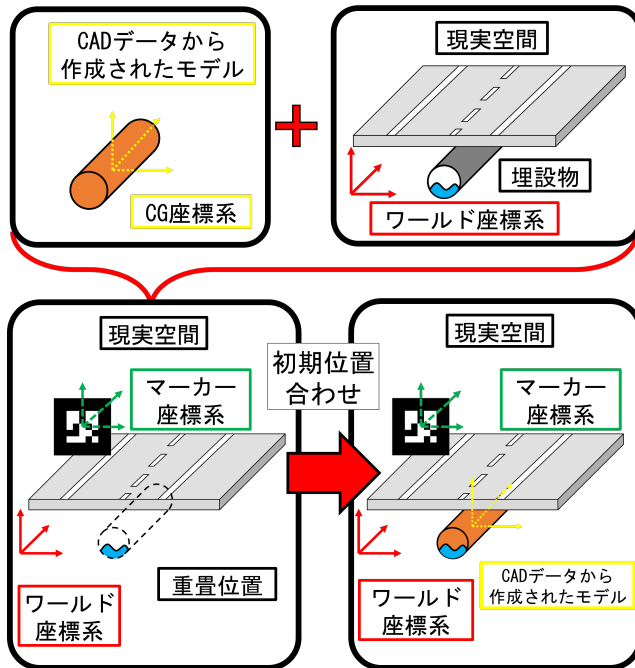


図-4 位置合わせ手法

3.1 設計図面上での CAD モデルの AR 可視化

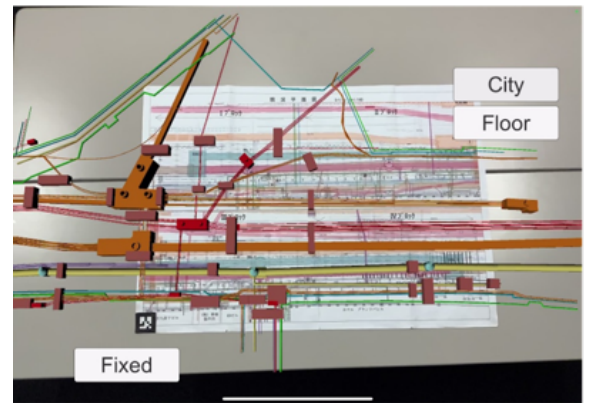
設計段階における活用として、地下埋設物の CAD モデルを設計図面上に重畳させる AR 可視化を行った。

3.1.1 可視化情報・操作

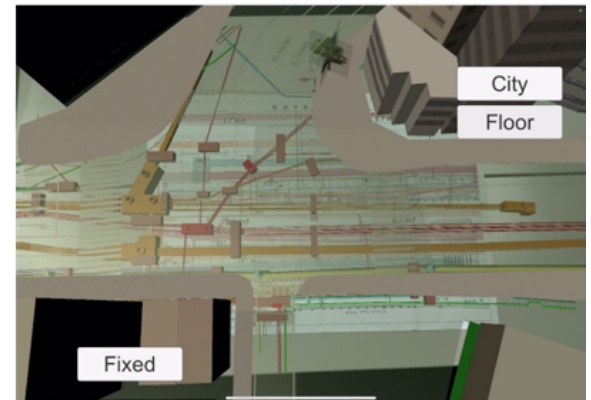
3次元の座標を持った地下埋設物を表した CAD モデルから作成された図-2 のモデルを図面に合わせて縮尺したものと地下埋設物の地上部分にあたる都市モデルを可視化する。また操作として、ディスプレイ上のボタン操作で、都市モデルの表示・都市モデルの地面部分の半透明化を行う。

3.1.2 可視化結果

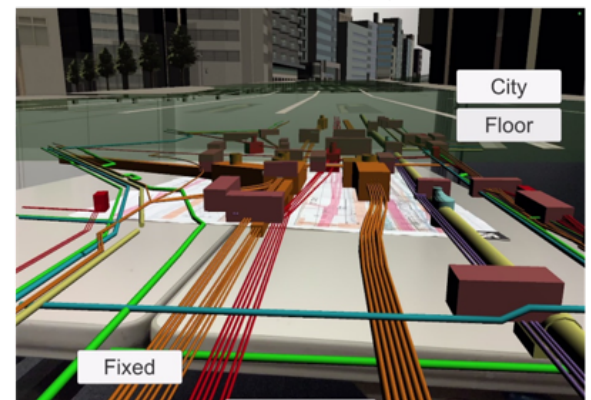
屋内での可視化を行った結果を図-5 に示す。図-5 の (a) に示すように屋内での可視化において安定して可視化が行えることが確認できた。また、図-5 の (b) のように、都市モデルを併せて重畳し、都市モデルの地面部分を半透明化することで、現実空間での埋設物の位置が、視覚的から容易に理解できることが確認できた。また、図-5 の (c) のように、側面から見ることで、設計図面からでは分からなかった 3次元形状と上下関係が容易に分かる。



(a) 地下埋設物のみ



(b) 地表面の半透明化



(c) 側面

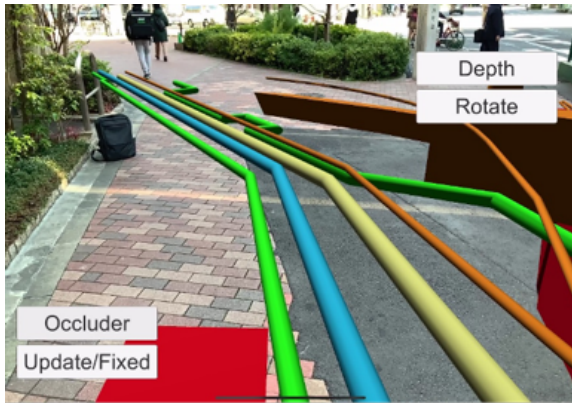
図-5 可視化結果 (1)

3.2 現地での CAD モデルの AR 可視化

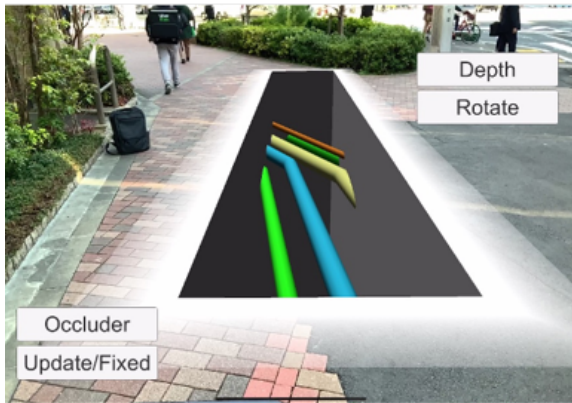
施工・維持管理段階における活用として、現地において CAD モデルを重畳させる AR 可視化を行った。

3.2.1 可視化情報・操作

CAD モデルのスケールは、図-2 に示す。AR 可視化において、重畳させたモデルは現実空間の物体に対して実際の前後関係を正しく表現しておらず、モデルが手前に見えるようになってしまう。現地での CAD モデルの AR 可視化でも、距離感や深さ方向に対して違和感があり、地面に浮いているように見える問題点があった。原因として、実際は地表面以下である地下埋設物を AR 可視化したために、画面上では地表面があり、その上に地下埋設物のモデルが重畳されてしまうからである。そのため、開口部モデルを用いてマスキング処理をすることで、地表面より下

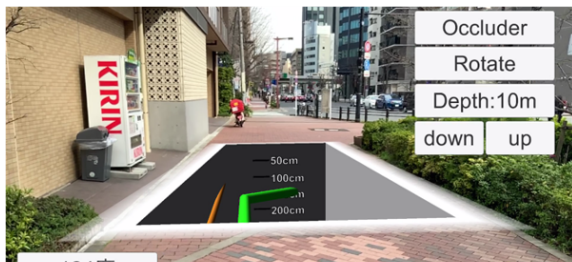


(a) 全体表示

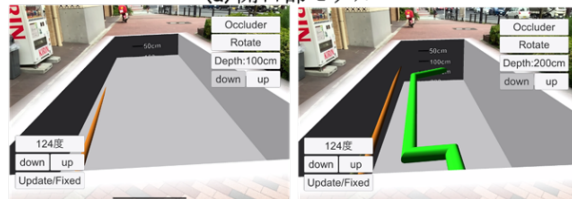


(b) 開口部モデル

図-6 可視化結果(2)



(a) 開口部モデル



(b) 底面深さ1m

(c) 底面深さ2m

図-7 開口部モデルの深さ変更

にあることを認識できるよう工夫する。また、重畳する際の違和感を軽減させるため、開口部モデルの周囲にはグラデーションを入れ、現実の映像になじませる工夫を行った。また、地表面と同じ高さに、透明で地表面以下を見せなくするようなマスキング処理をした平面を併せて重畳する。そのようにすることで、開口部モデルの範囲以外のCADモデルを見えなくすることができる。開口部モデルは、ディスプレイ上をタッチし、そのタッチした点の座標を取得し、開口部モデル自体の重畳位置を変更する。

3.2.2 可視化結果

屋外での可視化を行った結果を図-6に示す。マーカーをカメラ映像内に移していない場合でも、重畳が安定して継続されることが確認できた。図-6の(a)と(b)に示すように、開口部モデルを用いることで全体表示よりも違和感がないことが確認できた。次に、開口部モデルに目盛りを追加した結果を図-7の(a)に、底面の高さ変更した結果を図-7の(b),(c)に示す。目盛りと底面の高さ変更を用いることで、鉛直・深さ方向に対する理解が深まることが確認できた。

4. おわりに

本研究では、地下埋設物の設計・施工・維持管理を支援するAR可視化システムの構築を行った。設計段階における活用として、地下埋設物のCADモデルを設計図面上に重畳させるAR可視化を行うシステムと施工・維持管理段階における活用として、現地においてCADモデルを重畳させるAR可視化を行うシステムの構築を行った。その結果以下の結論を得た。

- 設計図面に対するCADモデルの可視化では、都市モデルの地面部分を半透明化することで、現実空間での埋設物の位置が、直観的に理解できることが確認できた。
- 開口部モデルを用いることで、地面より下にモデルがあるように表現でき、重畳した際の違和感の低減を行うことができた。
- 適用例を通して本システムの有用性を確認できた。

今後は、移動によるずれの定量化および改善方法の検討と実際に利用してもらうことを想定した使用性の向上を行う予定である。

参考文献

- 1) Sutherland, I. E. :A head-mounted three dimensional display, The AFIPS Fall Joint Computer Conference, pp.757-764, 1968.
- 2) Caudell,T.P.and Mizell,D.W.:Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes,IEEE Hawaii International Conference on System Sciences,pp.659-669,1992.
- 3) 矢吹 信喜：土木建設分野におけるVR/ARの活用に関する研究と実務への適用，計測と制御，Vol. 55, No6, pp. 483-488, 2016.
- 4) 池田 直旺，樫山 和男，吉永 崇，琴浦 毅，石田 仁：施工現場における地下構造物のAR可視化システムの構築，計算工学講演会論文集，Vol. 24, C-13-01, 2019.
- 5) AppleDeveloper: <https://developer.apple.com/jp/augmented-reality/>,(入手 2020.8.9).