

(4) ARKit を用いた 地下埋設物の AR 可視化システムの構築と重畳の高精度化の検討

洲崎 文哉¹・檜山 和男²・琴浦 毅³・石田 仁⁴・吉永 崇⁵

¹学生会員 中央大学大学院 理工学研究科都市人間環境学専攻 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)

E-mail: a16.5tdx@g.chuo-u.ac.jp

²正会員 中央大学教授 理工学部 都市環境学科 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)

E-mail: kaz@civil.chuo-u.ac.jp

³正会員 五洋建設株式会社 技術研究所(〒 329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1)

E-mail: tsuyoshi.kotoura@mail.penta-ocean.co.jp

⁴正会員 五洋建設株式会社 技術研究所(〒 329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1)

E-mail: Hitishi.Ishida@mail.penta-ocean.co.jp

⁵非会員 公益財団法人 九州先端科学技術研究所(〒 814-0001 福岡県福岡市早良区百道浜 2-1-22)

E-mail: yoshinaga@isit.or.jp

本論文は、iOS に対応した ARKit を用いて、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ものである。本システムの活用として、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。また、現地における CAD モデルの重畳の精度を向上させるために、既設構造物にマーカーを設置する方法について検討を行った。

Key Words: *Augmented Reality, ARKit, underground structure, visualization*

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。また、モデルの重畳位置を決定する際に、三脚によるマーカー設置を行なっていたため、重畳する際に細かい位置・角度調整が必要になり、正しく重畳するのに手間と時間がかかる問題点があった。

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。また、現場における CADモデルの重畳の精度を向上させるために、既設構造物にマーカーを設置する方法について検討を行った。

2. 本システム概要

本システムにおけるフローチャートを図-1 に示す。

(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。ARKit⁶⁾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 の

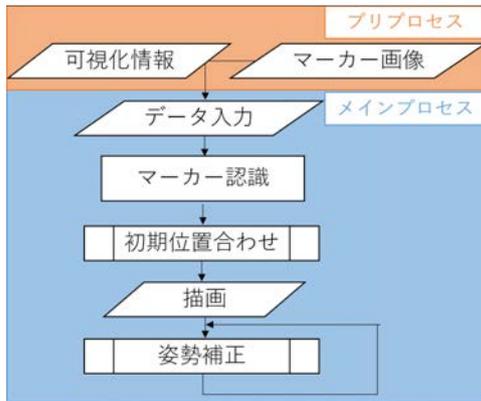


図-1 本システムにおけるフローチャート

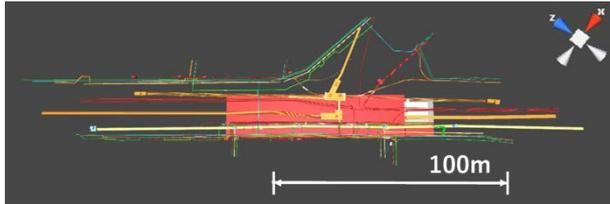


図-2 CADデータから作成されたモデル

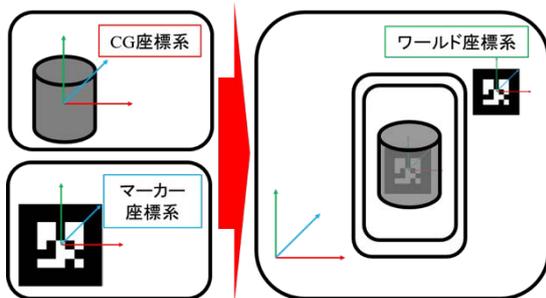


図-3 初期位置合わせ手法

11インチ（第3世代）を用いた。

(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。

(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⁹⁾。図-3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。

初期位置合わせにおいて、設計図面に対するCADモデルのAR可視化では、図-4のように設計図面の左下にマーカー画像を張り付けて行う。

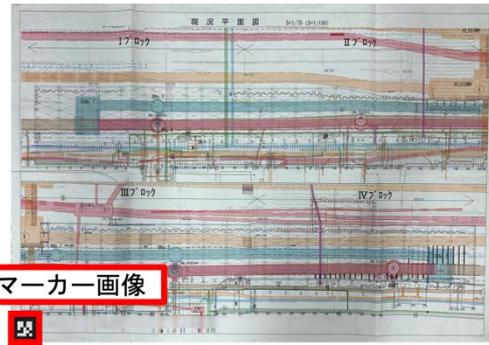


図-4 マーカー画像を貼り付けた設計図面



a) 三脚を用いたマーカー設置 b) 既往構造物を用いたマーカー設置

図-5 マーカーの設置方法

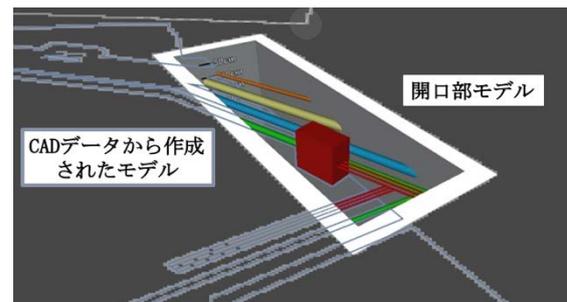
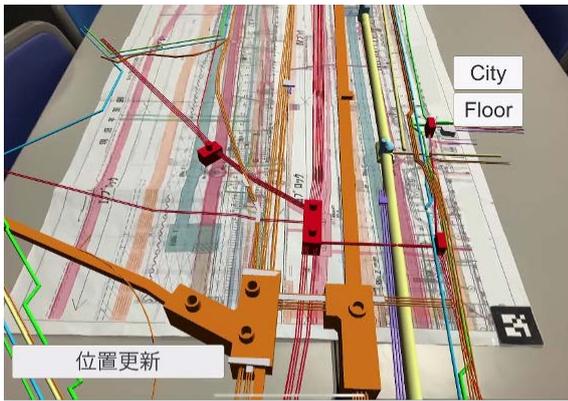


図-6 開口部モデル

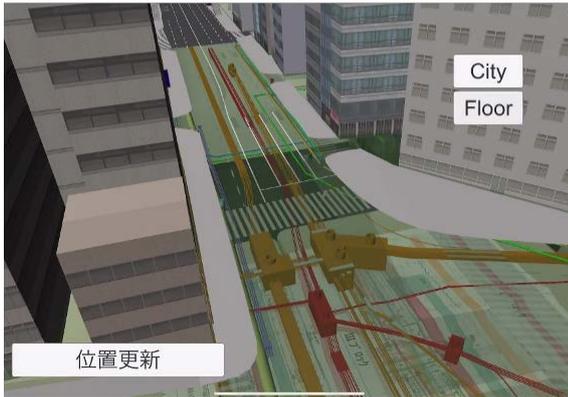
現地でのCADモデルのAR可視化では、既往のシステムでは図-5の(a)のように、三脚を用いて行っていた⁴⁾。しかし、三脚によるマーカー設置では、人の手で位置・角度を決定するため、正しく重畳するのに手間と時間がかかる問題点があった。そこで本研究では、現地におけるCADモデルの重畳の精度を向上させるために、図-5の(b)のように平面座標が分かる既設構造物に対してマーカー設置を行う。図-5の(b)のように、既設構造物に対し、マーカー画像を設置することで、CADモデルを現地において簡便にかつ高精度に重畳することが可能となる。

(4) 描画

ARにおける地下埋設物の可視化では、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。そのため、既往研究でも用いられていた図-6のような見える範囲を限定する開口部モデルを用いる⁴⁾。開口部モデルを用いることで、地表面より下にあることを



(a) 埋設物のみ



(b) 都市モデルの表示及び半透明化

図-7 設計図面上での AR 可視化結果

認識できるよう工夫する。

本研究では、より鉛直方向の位置が分かるように、開口部モデルに対して目盛りと底面の高さを変更できる機能を追加した。

(5) 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⁹⁾。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. 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。

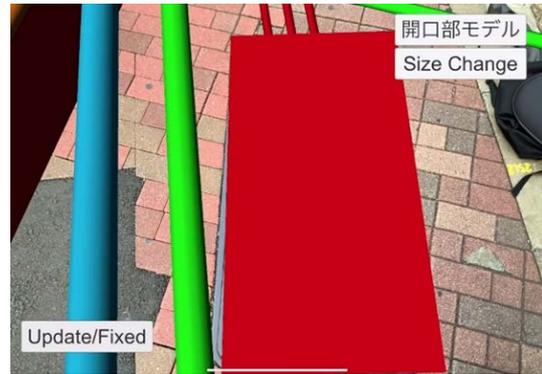


図-8 重畳位置が正しい様子

(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。

(2) 可視化結果

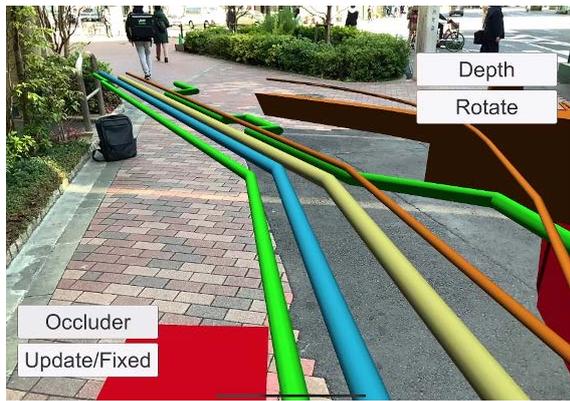
屋内での可視化を行った結果を図-7 に示す。図-7 の(a)に示すように屋内での可視化において安定して可視化が行えることが確認できた。また、図-7 の(b)のように、都市モデルを併せて重畳し、都市モデルの地面部分を半透明化することで、現実空間での埋設物の位置が、直観的に理解できることが確認できた。

4. 現地での CAD モデルの AR 可視化

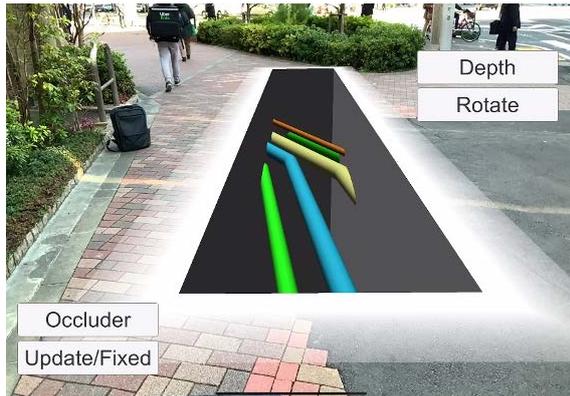
施工・維持管理段階における活用として、現地において CAD モデルを重畳させる AR 可視化を行った。

(1) 重畳の高精度化の検討

本研究では、マーカー設置を容易に行うために、図-5 の(b)のような既設構造物である街頭に対してマーカー設置を行った。また、マーカー画像を設置する既設構造物は、可視化する CAD モデルに合わせ、平面直角座標系で測量した座標を用いることで、重畳精度の向上を図る。マーカー画像を設置する際、あらかじめ高さを計測し、設定した高さにマーカー画像を設置する。また、マーカー画像自体が水平になるよう設置する必要がある。平面直角座標系を用いて、既設構造物に対しマーカーを設置することで、マーカー設置が容易になり、図-8 に示すように、マンホールとそのモデルが正しく重なることから、正しい位置に重畳されることが確認できた。



(a) 全体表示



(b) 開口部モデル

図-9 現地での AR 可視化結果

(2) 可視化情報・操作

CAD モデルのスケールは、図-2 に示す。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) 可視化結果

屋外での可視化を行った結果を図-9 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-9 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-10 の(a)に、底面の高さ変更した結果を図-10 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。

5. 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 モデルを設計画面上に重畳させる AR 可視化を行うシステムと施工・維

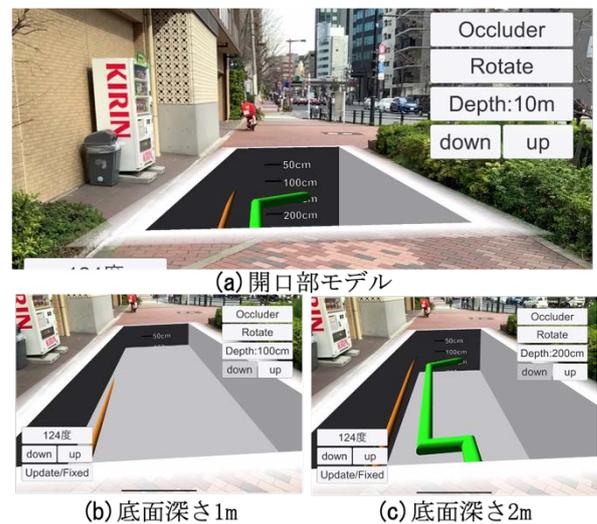


図-10 開口部の深さ変更

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。

- ARKit を用いた可視化は、屋内・屋外において安定して行えることが確認できた。
- 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。
- 現場において CAD モデルを重畳させる AR 可視化では、既設構造物に対しマーカーを設置することで、重畳が簡便にかつ高精度に行えることが確認できた。

今後は、移動による重畳のずれの低減、複数デバイスによる画面共有のシステム構築を行う予定である。

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，檜山 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 2020.6.14).