

地下埋設物における MR 可視化システムの構築

中央大学大学院	学生員	○ 藤 飛
中央大学	正会員	檜山 和男
九州先端科学技術研究所	非会員	吉永 崇
五洋建設	正会員	琴浦 毅
五洋建設	正会員	石田 仁

1. はじめに

近年, AR/MR 可視化技術は, 建設分野における様々な分野・用途に対して適用が試みられている. 既往の研究では, 筆者らは, 空間の 3 次元形状の認識と自己位置の推定を同時に行う SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) 技術を搭載したスマートフォンを用いた地下構造物・埋設物の AR 可視化システムの構築を行ってきた¹⁾. しかしスマートフォンによる AR 可視化は, 画面が小さく, また可視化を行う際に手が塞がってしまう, という使用上のデメリットがある²⁾.

そこで本報告では, 着装型の MR デバイス HoloLens 2 に着目して重畳の精度を向上させる手法および可視化に関する検討を行い, 地下構造物におけるシステムの現場検証を行う.

2. 開発環境

本研究では, Mixed Reality Toolkitt-Unity(MRTK)version 2.5 ライブラリを用いた MR 可視化システムの構築を行う. 開発環境は Unity 2019.4.11f1(64-bit) を使用し, プログラミング言語は C#を用いた. 本システムでは, MRTK を用いることにより, 空間でのインタラクションのためのクロスプラットフォームの入力システム, 基本コンポーネント, 共通の構成要素が備わっているため, HoloLens 2 向けのアプリケーションの開発を高速化することが期待できる³⁾.

3. 本研究の概要

HoloLens 2 を用いた施工現場における地下構造物の MR 可視化のフローチャートを図-1 に示す. 各工程について以下に示す.

(1) 入力データ

可視化情報である 3D の CAD モデルを図-2 に示す, これは施工現場における地下構造物及び施工前後の構造躯体をモデリングしたものである. 全てのモデルを統合開発環境 Unity に対応した fbx 形式に変換し入力データとして与える.

(2) オブジェクトの設定

図-2 に示したモデルを Unity に導入し, モデルの座標を現実世界のモデルの対応物座標を合わせて位置合わせ作業を行う. 重畳する際に, HoloLens 2 では本体に搭載されている環境認識カメラによって現実世界の形状を把握し自分の位置を推定する機能がある. それにより重畳した CAD モデルは HoloLens 2 が移動しても設置した場所にとどま

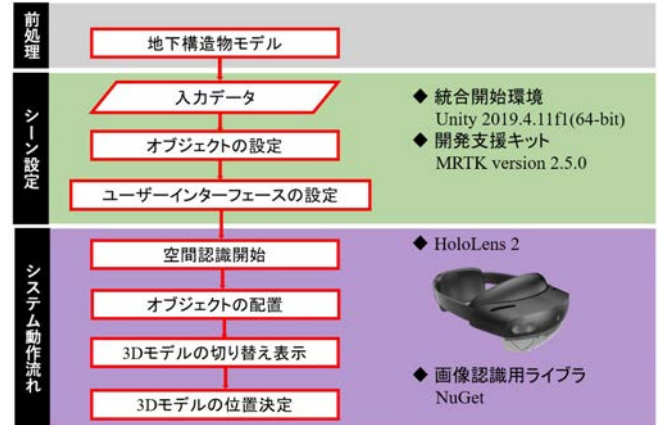
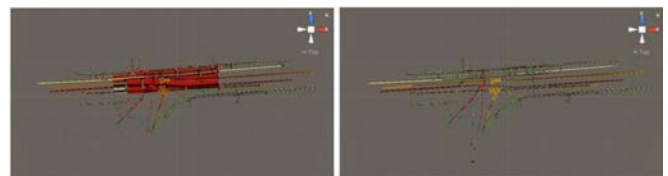


図-1 本システムのフローチャート



(1) 撤去改造工事前埋設物モデル (2) 撤去改造工事後埋設物モデル

図-2 3D の CAD モデル

ることができる.

(3) ユーザーインターフェースの設定

a) 初期位置合わせ

本研究では初期位置合わせに HoloLens 2 QR コードトラッキング機能を使用する. QR コードの検出は HoloLens 2 の環境認識カメラで行われ, その検出した QR コードの座標と角度を 3D モデルに与えることで, 重畳位置を決定する. なお, QR コードマーカーは座標既知の既設構造物用に設置し, 地面から 1.5m の高さに貼り付ける.

b) 操作盤

モデルの切り替え, モデルの配置などのイベントを実現するため, 本システムでは図-3 に示す操作盤というものを作成した. 図に示すように, 操作盤モデルはメインメニュー, 三つサブメニューにより構成される. メニューの機能について以下に説明する.

- メインメニュー: ボタン操作で三つサブメニューの選択が可能.
- サブメニュー 1: 施工前後の埋設物モデルの切り替え

KeyWords: Mixed Reality, HoloLens 2, MRTK, 地下構造物の可視化

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 TEL: 03-3817-1815 E-mail: a19.f7fy@g.chuo-u.ac.jp

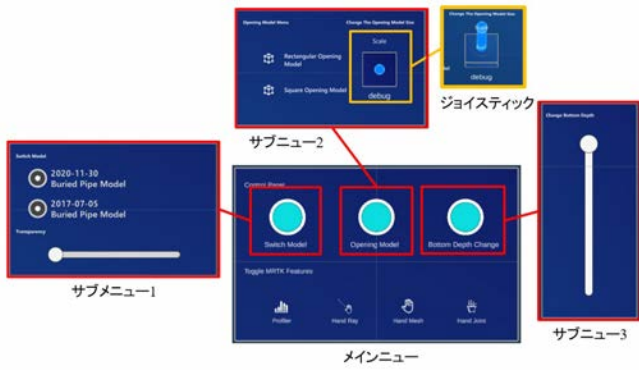


図-3 操作盤モデルの構成

とモデル全体の色透過率の変更が可能。

- サブメニュー 2：開口部モデル表示/非表示の切り替えると開口部のサイズの変更が可能。
- サブメニュー 3：スライダー操作で開口部モデルの底面の深さ変更が可能。

4. 施工現場における MR 可視化

施工維持管理における活用として、現場において地下埋設物の 3D モデルの MR 可視化を行った。図-4 に示すように、図-4(1) は撤去工事前のモデルの重畳結果となり、図-4(2) は撤去工事後のモデル重畳結果となる。また、モデルの透過率をスライダーで変えることで、モデル種類ごとに表示させることができる。しかし、一般に地下埋設物をマスキング処理することなく表示すると地上に浮いているように見えるという問題点が挙げられる。

そこで開口部モデルを用いたマスキング処理を行った。開口部モデルは、地面に穴を設置して、可視化したい地下埋設構築物の範囲を示す“覗き窓”である。なお、使用上の向上のために、ジョイスティックを用いて開口部モデルの大きさ変更するような機能を追加した。本システムでは、正方形と長方形二つ開口部モデルを用意した。図-5 に示すように、開口部モデルを用いることで、全体表示より違和感がなく地面下にあるように表現できていることが確認できた。また、開口部モデルのサイズ変更機能が正しく機能していることも確認できる。

最後に、開口部モデル底面の深さ変更を行った結果を図-3 に示す。底面の深さ変更を行うことで、鉛直方向に対する理解と全体表示で確認できなかった埋設物の埋まっている深さの理解が容易となる。

5. おわりに

本論文では、地下埋設物の設計・施工・維持管理を支援する可視化システムの構築を行った。具体的には、現地において CAD モデルを簡便にかつ正確に重畳させる MR 可視化システムの構築を行った。その結果、以下の結論を得た。

- 複数モデルを切り替える機能とモデルの透過率の変更を行う機能を追加したことで施工や維持管理等における諸作業を安全かつ効率的に行うことが可能となった。

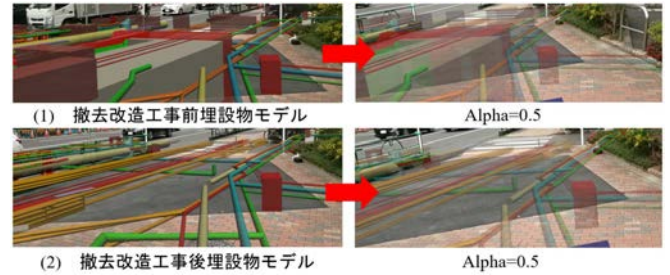


図-4 埋設物モデルのみ重畳結果

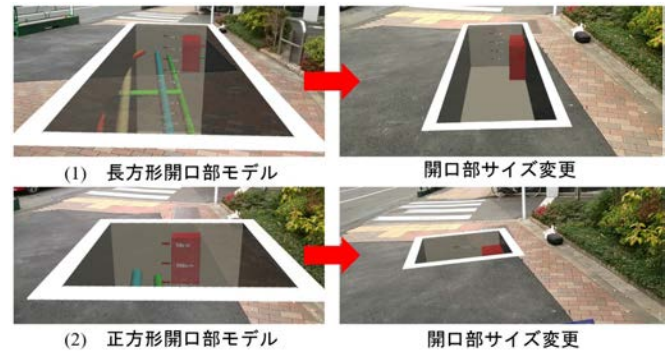


図-5 開口部モデル重畳結果及びサイズ変更

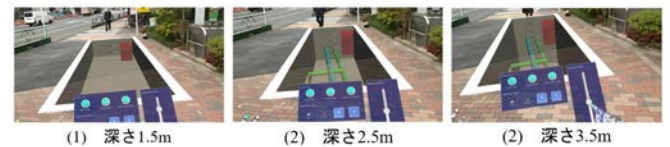


図-6 底面深さ変更を行った

- 地下構造物の可視化において、開口部モデルを用いることで違和感なく埋設物モデルを可視化できることが可能となった。
- 開口部モデル底面の深さ変更機能により使用性の向上を図ることが可能となり、全体表示で確認できなかった埋設物の埋まっている深さを分かるようになった。

今後の課題として、光度などの環境によるモデル表示の安定性の影響の検討と他の端末に画面共有する機能の作成などが挙げられる。

参考文献

- 1) 池田 直旺, 花立 麻衣子, 檜山 和男, 車谷 麻緒, 吉永 崇, 前田 勇司: SLAM 技術に基づく空間情報を用いた AR 可視化システムの構築とその適用性の検討, 土木学会論文集 F3(土木情報学), Vol. 73No2, pp. II 48-II 54, 2017.
- 2) 吉永 崇: 次世代 AR デバイスの紹介—Microsoft HoloLens と Google Tango の概要と利用事例—, 可視化情報学会誌, Vol.37, No.146, pp.128-133, 2017.07
- 3) MicrosoftMixedRealityToolkit v2.5.3:
<https://github.com/Microsoft/MixedRealityToolkit-Unity/releases>, 2021/01/10 閲覧.