

GNSS データに基づくロケーションベース MR 可視化システムの構築

Development of a Location-based MR Visualization System based on GNSS Data

中祖諒大¹⁾ 大川博史²⁾ 樫山和男³⁾ 琴浦毅⁴⁾
Ryoudai Nakaso and Hiroshi Okawa and Kazuo Kashiya

¹⁾修士 中央大学 理工学研究科 学生 (〒 112-8551 東京都文京区春日 1-13-27, E-mail: a19.pj7j@g.chuo-u.ac.jp)

²⁾株式会社エイト日本技術開発 (〒 164-8601 東京都中野区本町 5-33-11, E-mail: ookawa-hi@ej-hds.co.jp)

³⁾工博 中央大学 理工学研究科 教授 (〒 112-8551 東京都文京区春日 1-13-27, E-mail: kaz.90d@g.chuo-u.ac.jp)

⁴⁾五洋建設株式会社 (〒 112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8, E-mail: tsuyoshi.kotoura@mail.penta-ocean.co.jp)

This paper presents a location-based MR visualization system based on GNSS data for work support at construction sites. This system uses a GNSS receiver capable of centimeter-level positioning by network RTK surveying, and superimposes a 3D model onto real space accurately and automatically. In order to verify the validity and effectiveness, this system is applied to the visualization for the underground structures and compares the accuracy of the superimposed position by performing marker-based superimposition.

Key Words : Mixed Reality, Hololens2, Location-based

1. はじめに

近年、建設業界では作業支援を目的とした可視化技術の導入及び利用が進められている。可視化技術の一つである Mixed Reality(以後、MR)は頭部装着型の専用のデバイスを必要とするというデメリットがある一方で、可視化時は両手が自由な状態となるため安全を確保できるというメリットがある。このような点から、建設現場で利用する場合似たような技術である AR(Augmented Reality)[1]と比較してより有用であると考えられる。

著者らはこれまで、マーカーベース MR 可視化システムの構築を行ってきた [2]。しかし、この手法は現地において正確にマーカーを設置する手間がかかる他、移動を伴う可視化においては移動距離が大きくなると重畳精度が大幅に下がるという問題点があった。そこで本研究ではロケーションベース手法に着目した。ロケーションベース手法は衛星からの位置情報を基に可視化位置を決定する手法であり、現地においてマーカーを設置する手間が省けるため、マーカーを設置できない海上やマーカーを認識できない夜間でも可視化が可能である。また、重畳精度は取得する位置情報の精度に依存するため、高精度な GNSS 受信機を用いることで高精度な重畳が可能となる。本研究は GNSS データに基づくロケーションベース MR 可視化システムの構築を目的とし、本手法の妥当性と有効性について、従来のマーカーベース MR 手法との比較のもとに行った。

2. MR 可視化システム

本システムのフローチャートを図-1 に示す。

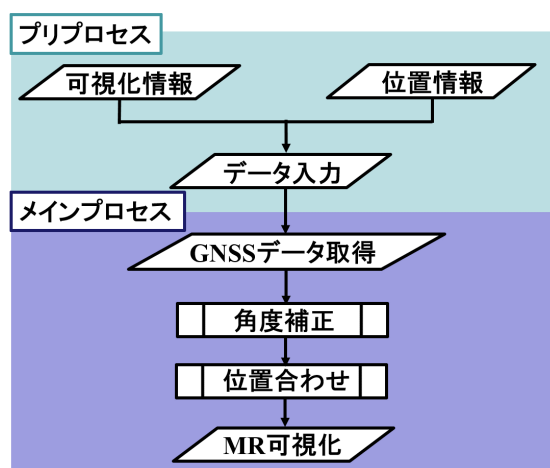


図-1 フローチャート



図-2 可視化時の Hololens2 装着の様子

(1) 開発環境

本研究では、統合開発環境として Unity を使用し、開発キットとして MRTK を使用した。デバイスには、図-2

表-1 GNSS 受信機の測位状態の定義

数値表記	測位状態	推定精度
0	即位不可	8
1	単独測位	3.0 m
2	相対測位	40 cm
5	float(RTK 測位完了前段階)	20 cm
4	fixed(RTK 測位完了)	2 cm



(a) オープンスカイ環境

(b) 非オープンスカイ環境

図-3 計測環境

に示す Microsoft 社製の頭部装着型コンピューターデバイスである Hololens2 を用いた。位置情報を取得する GNSS 受信機には、コア社製の QZNEO を用いた。また、GNSS 受信機から Hololens2 に位置情報を送信する際の通信プロトコルには、同時に複数の端末と通信が可能であり、通信速度が TCP 通信と比較してより速い UDP 通信を採用した。

(2) GNSS 受信機の位置情報精度

表-1 に本機の受信状態の定義を示す [3]。あらかじめ、本機の位置情報を精度を確認するため、図-3 に示すオープンスカイ環境 (a) と非オープンスカイ環境 (b) にて 24 時間受信位置の変化について計測を行った。このとき、受信状態はオープンスカイ環境で表中の 4 の fixed、非オープンスカイ環境で 5 の float であった。以後、受信状況は表中の数値表記を用いる。図-4 図-5 に計測結果から算出した偏差の分布を示す。図より、1 秒毎に受信する位置情報の変動幅は、オープンスカイ環境ならば数 cm であり、本システムに適用可能であることが分かった。

(3) プリプロセス

可視化情報の入力では、可視化するモデルの 3D データを入力する。本研究では、埋設管モデルを用いた。位置情報の入力ではモデルの重畳位置の緯度、経度、楕円体高を入力する。

(4) メインプロセス

アプリケーション起動時の初期設定では、デバイスの位置を原点とし鉛直上向きを y 軸の正、デバイスの正面方向を z 軸の正とした左手系の座標系が構築される。しかし、本システムは位置合わせの際、北を z 軸、東を

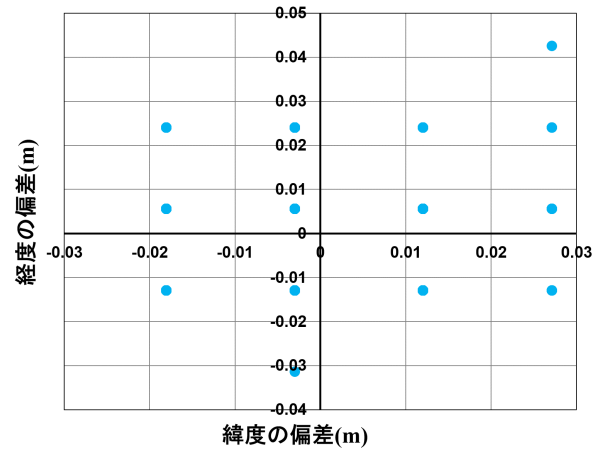


図-4 オープンスカイ環境での値の範囲

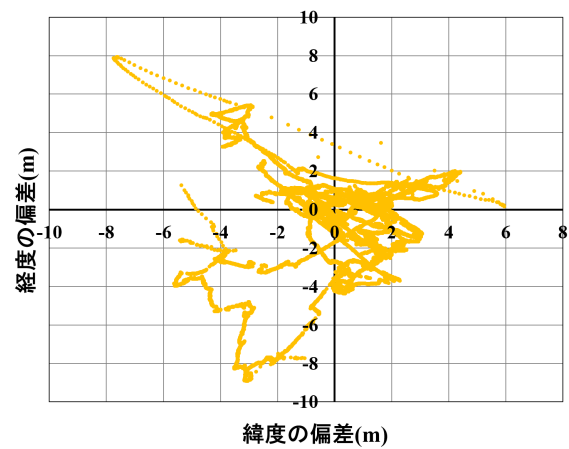


図-5 非オープンスカイ環境での値の範囲

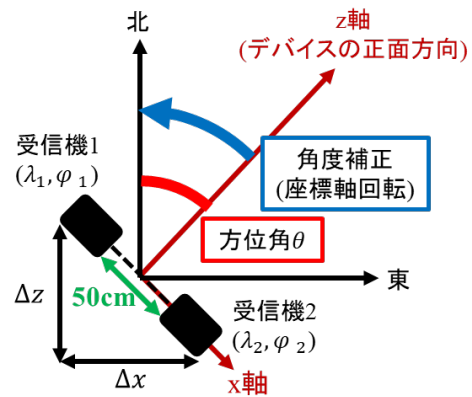


図-6 角度補正手法

x 軸、鉛直方向を y 軸を対応させ、それぞれ緯度、経度、楕円体高を用いて計算を行う。よって、図-6 に示すように北と z 軸、東と x 軸を一致させるために角度補正を行う。アプリケーション起動時の 2 台の GNSS 受信機が取得する位置情報の緯度差 $\Delta z(m)$ 、経度差 $\Delta x(m)$ からデバイスの正面方向の方位角の大きさ θ を算出する。y 軸周りに θ 座標系を回転させることで角度補正が完了

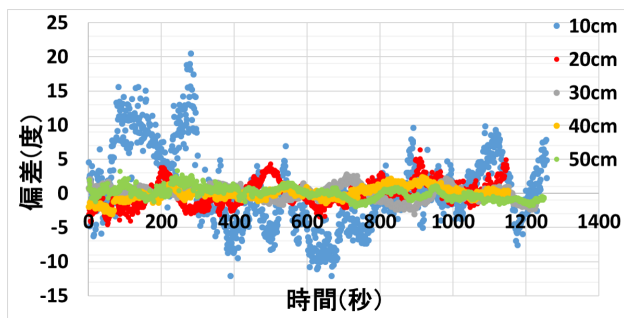


図-7 各距離間の偏差



・可視化モデル: 管径0.5m, 長さ10mの円管

図-8 3D モデルを用いた角度補正精度の比較

する。補正された座標系において、重畳位置の位置情報とデバイス位置の位置情報の差からデバイスから重畳位置までの距離を算出し重畳位置を決定する。位置情報は一秒毎に更新されるためデバイスの移動にも対応している。なお、デバイス位置には2台のGNSS受信機が取得する位置情報の平均値を用いる。また、緯度、経度に関しては単位が度であるため、円周の公式を用いてメートルに変換を行う。

3. 角度補正精度検証

角度補正は位置情報を基に行われるため、その精度は取得する位置情報の精度に影響される。また、位置情報の誤差が角度補正の精度に与える影響の大きさは、2台の受信機間の距離によって変化することが考えられる。そこで、2台の受信機間の距離と角度補正精度の関係を検証により評価し、最も精度が高くなる距離間を本システムに採用することとする。なお、可視化時2台のGNSS受信機はHololens2の上部に設置するため、最大距離は50cmとした。

(1) 計測結果の偏差の比較

偏差の範囲から精度の比較及び評価を行うため、10cmから50cmの5種類の距離でそれぞれ約20分間ずつ方位角の計測を行った。図-7に各距離間の計測結果から算出した偏差を示す。結果から、距離間が30cm以上の場合は偏差の範囲が狭く精度が高いことが分かった。一方で、距離間が10cmと20cmの場合は偏差の範囲が大きく精度が低いことから本システムでは不採用とした。

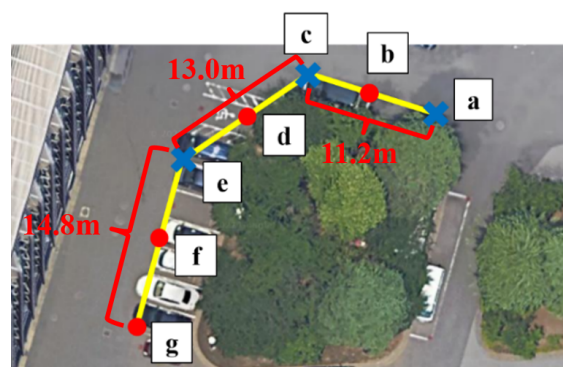


図-9 実施環境

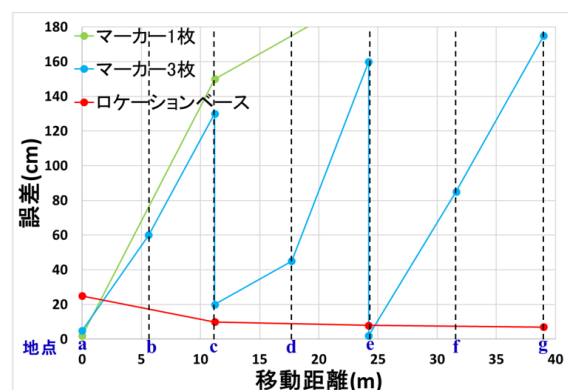


図-10 重畳精度の変化

(2) 3D モデルを用いた比較

高精度を確認した30cmから50cmの距離間について、3Dモデルの重畳精度から角度補正精度の比較及び評価を行う。各距離間で5回ずつモデルの重畳を行い、結果を同じ場所から撮影し写真を合成することで視覚的に判断をする。なお、重畳位置は画像奥行き方向の白線上である。図-8に各距離間の重畳結果の画像を示す。結果から、距離間が大きくなるほど角度補正精度が向上することが分かった。よって、本システムでは2台の受信機間の距離は50cmを採用した。

4. 適用例

(1) 移動距離と重畳精度の関係

a) 実施環境

実施環境は図-9に示す中央大学後楽園キャンパス内の中庭である。可視化対象は水道管を模した総延長約40mの円柱の3Dモデルである。移動距離と重畳精度の関係を評価方法として、地点aからgに移動し各地点において重畳位置の誤差を計測することで行う。また、既往研究であるマーカーベース手法でも同様の可視化を行重畳精度の比較を行う。なお、マーカーベース手法においては、マーカーは地点a、地点c、地点eの3箇所に設置した。

b) 適用結果

図-10に各地点における重畳位置の誤差の大きさを表したグラフを示す。結果から、本システムであるロケーションベース手法は地点gにおいても重畳位置の誤差

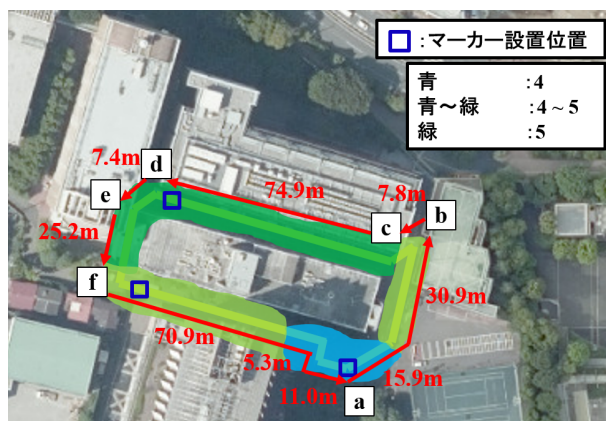


図-11 実施環境

の大きさが小さいことから、マーカーベース手法と比較して移動距離が大きくなっても高精度を維持できることが分かった。要因として、マーカーベース手法はデバイスのカメラで周囲の特徴点を取得することでデバイスの移動を感知しモデルの重畳位置を調節するのに対し、ロケーションベース手法はデバイス位置の位置情報を1秒毎に取得しモデルの重畳位置を再計算するためと考えられる。マーカーベース手法は地点cや地点eにおいて重畳位置の誤差は大きく、マーカーを再認識することで精度が戻ったことから、移動が伴う可視化においては複数のマーカーの設置が必要なが分かった。

(2) 街中を想定した仮想埋設管可視化への適用

a) 実施環境

実施環境は図-11に示す中央大学後楽園キャンパスの1号館周辺である[4]。実際に街中で可視化を行う場合、周辺の高層建築物により電波が反射することで到達が遅れ、正確な測位が困難となるマルチパスが発生することが考えられる。よって、本適用例においても周辺に高層建築物がある範囲を一部採用している。ここで、図において青色の範囲はGNSS受信機の受信状況の数値表記で4、緑色の範囲は5を表す。可視化対象は水道管を模した総延長約250mの円柱の3Dモデルである。重畳精度の評価方法として、地点aからf、そして一周後の地点aを含めた計7地点において重畳位置の誤差の大きさを計測することで移動距離と位置情報精度、及び重畳精度の関係を検証、評価する。また、既往研究であるマーカーベース手法でも同様の可視化を行い重畳精度について比較を行うことで、本システムの有用性を評価する。

b) 適用結果

図-12に本手法における可視化結果を、図-13に移動距離と取得する位置情報精度、及び各地点における重畳位置の誤差の大きさを現したグラフを示す。結果から、本システムであるロケーションベース手法は移動距離が大きくなっても高精度を維持できる一方で、受信状況が悪化する環境においてはマーカーベース手法と比較して大幅に精度が低いことが分かった。

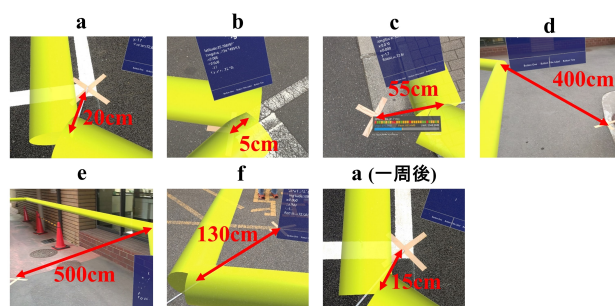


図-12 本手法における可視化結果

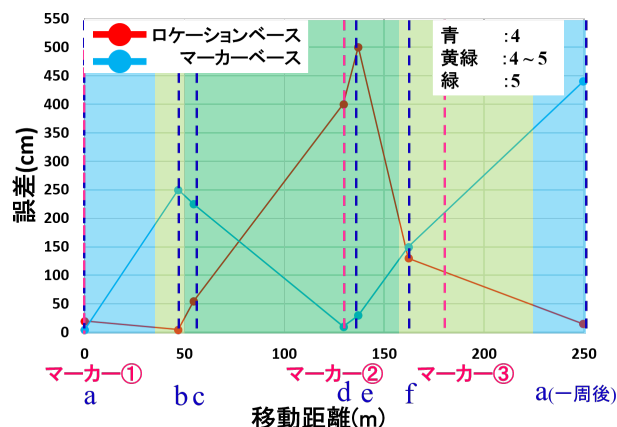


図-13 重畳精度の変化

5. おわりに

本研究では、GNSSデータに基づくロケーションベースMR可視化システムの構築として、システムの構築及び仮想埋設管可視化への適用を行い、以下の結論を得た。

- 2台の受信機間の距離に応じて角度補正の精度は向上する。
- 移動距離が大きくなった場合においても本手法は高精度を維持することができる。
- GNSSデータの受信状況が良いオープンスカイ環境下では本手法の妥当性と有効性手法を確認した。一方で、受信状況が悪い非オープンスカイ環境下では、マーカーベース手法が適している。

今後は、本システムを海上等を含む様々な可視化対象に適用を行う予定である。

参考文献

- [1] 洲崎文哉, 榎山和男, 吉永崇, 琴浦毅, 石田仁: 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精度の高精度化の検討, 土木学会論文集 F3, Vol.77, No.2, pp.I131-I139, 2021.
- [2] 川越健生, 藤飛, 榎山和男, 吉永崇, 琴浦毅, 石田仁: MR技術を用いた地下埋設物の可視化システムの構築, 土木学会論文集 F3, Vol.78, No.2, pp.I73-81, 2022.
- [3] <https://www.core.co.jp/service/gnss/qzneo/dl/qzneofileserver> (入手 2023.3.29)
- [4] <https://www.gsi.go.jp/> (入手 2023.3.29)