

(78) 小型 GNSS 受信機を用いた 水域環境における AR 可視化システムの構築

鈴木 雅大¹・大川 博史²・檜山 和男³

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: a17.6rjs@g.chuo-u.ac.jp

² 正会員 株式会社エイト日本技術開発 東京本社 技術本部 EJ イノベーションセンター

(〒164-8601 東京都中野区本町 5-33-11)

E-mail: ookawa-hi@ej-hds.co.jp

³ 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

本論文は、マーカー設置が不要なロケーションベース型 AR に着目し、小型 GNSS 受信機を用いて位置情報を取得して AR 可視化を行うシステムの構築を行った。小型 GNSS 受信機の位置情報の取得精度を確認するとともに、2 台の受信機を用いて角度補正を行うことで、簡便かつ高精度に重畳を行う手法を示した。本 AR 可視化手法の妥当性と有効性を検討するために、都市河川流れの可視化を例に従来のマーカー型 AR 可視化手法との比較を行った。

Key Words: *Augmented Reality, GNSS, superposition, riverflow, visualization,*

1. はじめに

近年の建設分野における DX (Digital Transformation) 推進により、XR (Cross Reality) 技術の活用が注目されている。その中でも、拡張現実 (Augmented Reality : 以降 AR とする) 技術は、現実空間に仮想空間を重畳でき、視覚的なイメージ把握を支援することができる。そのため、建設分野における AR 可視化は工事現場などの状況把握や施工後のイメージ、現場の周辺住民との合意形成等に積極的に導入されているほか、普段目視確認が困難な場所を可視化する技術としても利用されている。

著者らはこれまで、目視が困難な環境として、地上からの地下構造物の可視化や水域での流れの可視化をとりあげ、ビジョンベース型 AR の手法の 1 つであるマーカー型可視化システムの構築を行ってきた¹⁾²⁾。しかし、マーカー型 AR はマーカーの座標位置を特定する基準点がある場合には有効で正しい位置への重畳が可能であるが、周辺に基準点などがない海上や船上などでは、マーカーの座標位置を正しく設定することが難しく、正確な重畳は困難となることが考えられる。

そこで本論文では、このような環境に対し、マーカー

が不要なロケーションベース型 AR に着目し、ロケーションベース型 AR において重要となる位置情報を小型 GNSS 受信機を用いて取得して AR 可視化を行うシステムの構築を行った。従来のマーカー型 AR 手法との比較するために、地上での可視化事例として都市河川流れの可視化に本手法の適用を行った。比較結果から本システムの有効性を検証した。

2. AR 可視化システム

AR は、デジタル情報を利用し、可視化対象となる 3D モデルを可視化デバイスを通して現実空間に投影させる技術である。また、AR は可視化手法により、ビジョンベース型 AR とロケーションベース型 AR に大別される。

(1) ビジョンベース型 AR

ビジョンベース型 AR とは、マーカー画像やカメラから取り込んだ風景等を読み取り、3D モデルを重畳するシステムである。

ビジョンベース型 AR には、可視化モデルの重畳手法

によりマーカー型とマーカーレス型に分類される。

マーカー型 AR では、マーカーと呼ばれる QR コードなどの画像を予め用意する必要がある。3D モデルを表示したい場所にマーカーを設置することで可視化モデルの重畳位置を設定することが可能となる。

一方、カメラによって取り込んだ風景等を解析し、3Dモデルを表示させるシステムをマーカーレス型 AR と呼ぶ。マーカー型 AR の場合、認識率が高く 3D モデルの重畳位置のズレなく動作するが、マーカーの事前準備の必要性がある点や船上などの静止状態になりづらい場所での設置における重畳位置の正確性の低下はデメリットとなる。一方、マーカーレス型 AR は、マーカーを設置することが難しい場所での可視化で強さを発揮するが、特徴点となる周辺環境に依存するといった弱点がある。

(2) ロケーションベース型 AR

ロケーションベース型 AR は、GNSS (Global Navigation Satellite System) と呼ばれる衛星測位システムから得られた位置情報を元に可視化を行うシステムである。重畳の精度は GNSS の精度に依存し、屋内や高層ビル群に囲まれるエリアでは重畳位置の精度は大きく下がってしまう³⁾。一方で、マーカーの設置や周辺環境の特徴点を必要としないため、海上など周辺エリアに GNSS から送信される電波を遮るものの無いオープンスカイ環境下においてユーザビリティの高さを発揮する。

3. システム概要

(1) 使用機器

図-1 中に示す可視化用デバイスは Apple 社製の iPad Pro を使用した。また、可視化デバイスが取得する位置情報では、高精度な重畳が見込めないため、サブメーター級高精度 GNSS 受信機である CORE 社製の Cohac ∞QZNEO を 2 台使用した。本機は GPS・GLONASS・Galileo・BeiDou・QZSS・SBAS に対応し、2 周波 RTK 方式によりセンチメーター級測位が可能となる。

本システムのフローチャートを図-2 に示し、各項目について説明する。

(2) 開発環境

本研究では、総合開発環境としてゲームエンジンである Unity のバージョン 2020.3.24f1 を用いて可視化用アプリケーションを作成する。使用言語は C# であり、使用デバイスは前節の通りである。また、比較対象であるマーカー型 AR も同様の開発環境にてシステムを構築しており、ロケーションベース型 AR と可視化結果の比較を行った。



図-1 使用機器

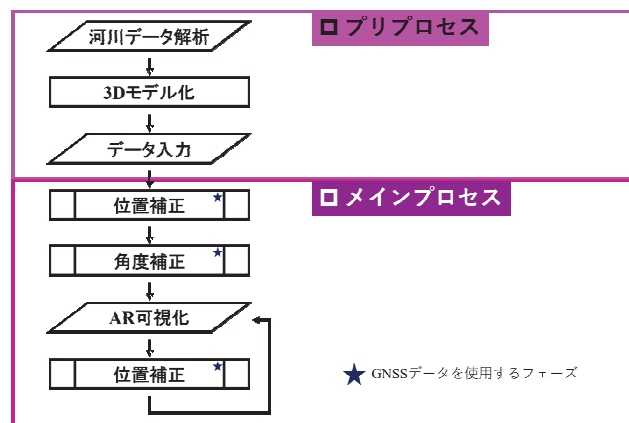


図-2 システムのフローチャート

(3) プリプロセス

a) 河川データ解析

可視化対象は、東京都内を流れる神田川とし、東京都文京区に位置する小石川橋上から可視化を行った。本データは既往研究「水環境流れ問題のためのマーカーレス AR システムの構築と適用性の検討」⁴⁾において解析が行われた水面流速ベクトルデータを使用し、可視化エリアを示す枠を Unity にて作成した。

b) 3D モデル化

解析されたデータの 0 秒から 99 秒の計 100 ステップを 3D モデルとして出力した。また、可視化にあたり 3D モデルのアニメーション化を施し、河川流れを表現している。

c) データ入力

モデリングした可視化対象 3D モデルを Unity に入力した。なお、入力した 3D モデルはローカル座標系内の座標を有していないため、重畳位置計算に用いる地理座標を地理院地図から取得し、3D モデルに付与する。この際、ローカル座標系の x, y, z 軸の向きをそれぞれ北向き、東向き、鉛直高さ方向に設定した。また、位置補正にて使用する GNSS データでは、緯度経度座標のみ取得している。そのため、y 座標には目線の高さから水面までの距離をデータ入力部にて入力している。

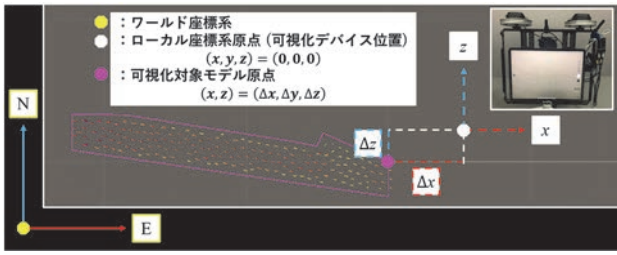


図-3 重畳位置計算

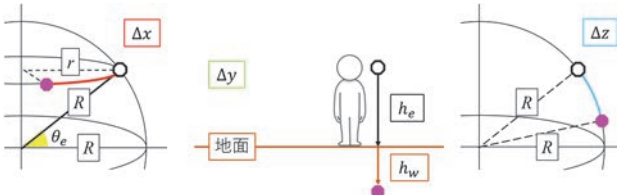


図-4 重畳位置計算方法

(4) メインプロセス

a) 位置補正

位置補正では、ワールド座標系内とローカル座標内の座標を合わせるため、可視化対象となる 3D モデルに座標値を与え、随時更新することで重畳位置を決定する。この際、図-3、図-4に示す通り対象モデルの座標値をそれぞれ $(x, y, z) = (\Delta x, \Delta y, \Delta z)$ として、式(1)、式(2)、式(3)、式(4)を用いて計算する。ここで、 R は赤道半径、 λ_m, ϕ_m はモデルの経度緯度、 λ_d, ϕ_d はGNSS受信機が送信する可視化デバイスの経度緯度を表しており、この可視化デバイスの経度緯度は設置した2台のGNSS受信機から取得した値の平均値を使用している。また、 h_e, h_w はそれぞれ地面から目線までの高さ、地面から水面までの距離を表している。

$$r = R \cos(\phi_m) \quad (1)$$

$$\Delta x = 2\pi r(\lambda_m - \lambda_d)/360 \quad (2)$$

$$\Delta y = -(h_e + h_w) \quad (3)$$

$$\Delta z = 2\pi R(\phi_m - \phi_d)/360 \quad (4)$$

以上の式で求められた座標は1秒ごとに更新が行われ、可視化デバイスを原点としたローカル座標系の値となる。すなわち、ワールド座標系(現実空間)内の可視化デバイスの動きによる可視化モデルとの相対位置のズレは、ローカル座標系内にて可視化モデルの座標値を更新することによって重畳位置の補正が随時行われる。

b) 角度補正

角度補正では、ワールド座標系とローカル座標系の各軸の向きをズレを計算し補正を行う。Unityではアプリケーションの起動時の正面方向をz軸、その右向きをx軸、上向きをy軸と設定するため、データ入力時に設定した軸の向きとのズレが生じるケースが多々あるためで

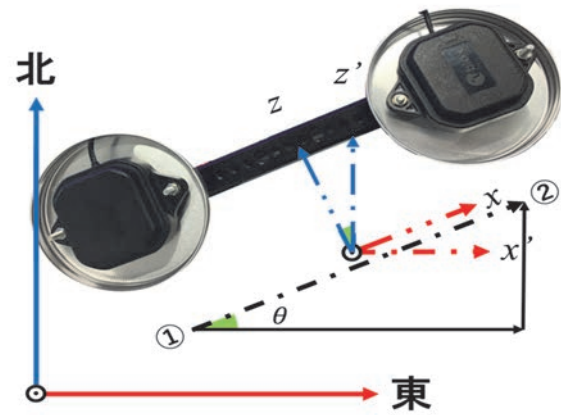


図-5 角度補正計算



図-6 GNSS受信機の精度検証

ある。よって図-5に示す通り、2台のGNSS受信機の位置関係から式(5)を用いて補正計算を行う。ここで、補正角を θ 、1台目のGNSS受信機の経度緯度を λ_1, ϕ_1 、2台目のGNSS受信機の経度緯度を λ_2, ϕ_2 とする。

$$\theta = \tan^{-1}\{(\lambda_2 - \lambda_1)/(\phi_2 - \phi_1)\} \quad (5)$$

c) AR可視化

可視化時の補正の手順として、アプリケーションを起動する際に、可視化デバイスを地面と垂直にすることで鉛直上向きにy軸が設定される。そのため、ユーザーインターフェースを用いてアプリケーション起動時の可視化デバイスの向きで角度補正を実行することで重畳位置の補正が行われる。

4. GNSS受信機の精度検証

ロケーションベース型ARの重畳精度はGNSS受信機の精度に依存する。そのため、本研究で使用するGNSS受信機の精度検証を行った。検証場所は東京都北区に位置する3級基準点を使用し、図-6の通り、基準点上にGNSS受信機アンテナを設置した。24時間データの取得を行い、式(1)、式(2)、式(4)を用いて基準点とGNSS受信

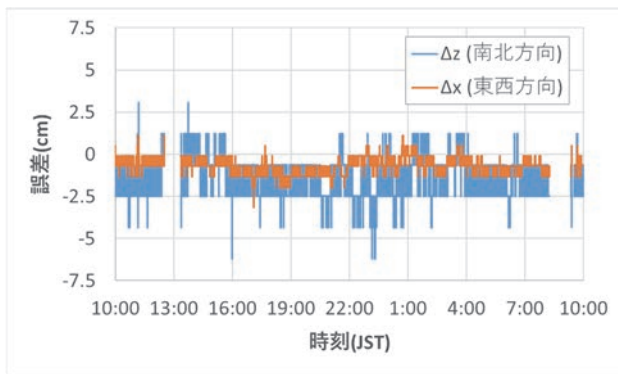


図-7 GNSS受信機24時間計測

表-1 GNSS受信機計測結果

南北方向 単位: cm		
北方向の最大誤差	南方向の最大誤差	誤差(絶対値)の平均
6.18	3.09	1.43
東西方向 単位: cm		
東方向の最大誤差	西方向の最大誤差	誤差(絶対値)の平均
3.16	1.12	0.73

機が取得したデータのズレを計算することにより GNSS 受信機の有用性を確認した。図-7、表-1に計測結果を示す。データ取得用デバイスのオーバーヒートによりデータの信頼性が確保できない時間帯は空白としているがその他の時間帯は数精度よくデータを取得できている。

5. 重畳結果

図-8 に示す本システムによる可視化結果では、角度補正を行うことで可視化エリア上に 3D モデルの位置が補正されていることが確認できる。

また、ロケーションベース型 AR とマーカー型 AR による可視化結果の比較において、マーカー重畳は重畳位置の精度が高いが、デメリットとしてマーカーの設置位置に正確性が依存する点が挙げられる。

一方の GNSS データを用いた重畳では、可視化を開始する際に垂直にデバイスを起動しなければならないが、マーカー重畳と同程度の精度を保持でき、かつ簡略なシステムを構築可能となった。

6. おわりに

本研究では、小型 GNSS 受信機を用いて正確な重畳を行うロケーションベース型 AR 可視化システムの構築を行った。従来のマーカー型 AR 手法との比較を行うために、地上での可視化事例として都市河川流れの可視化に本手法の適用を行った。本システムでは、マーカー設置

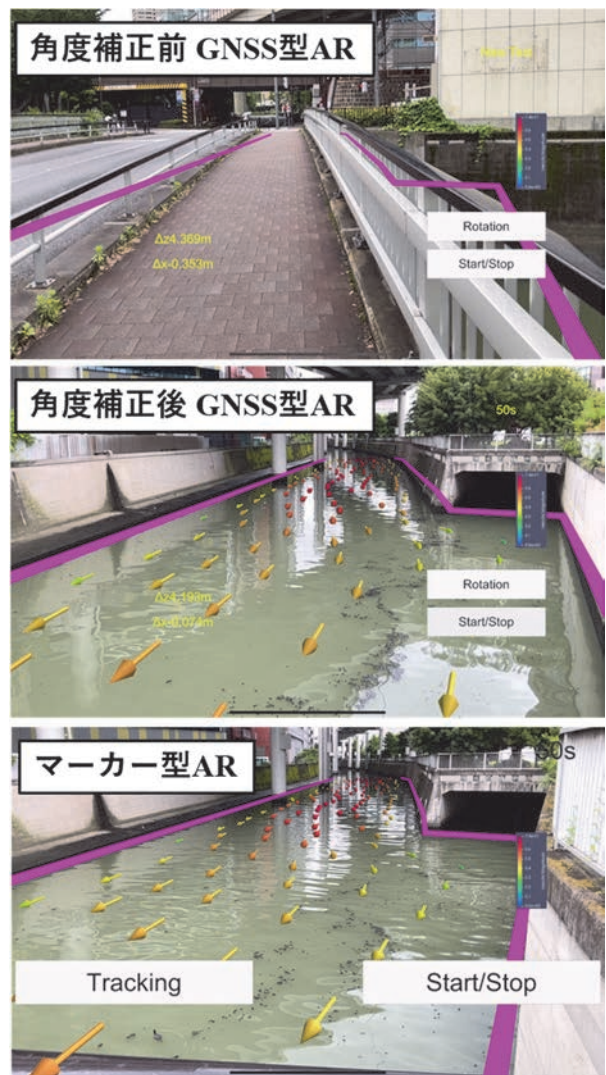


図-8 重畳結果の比較

を必要とせず、マーカー重畳と同程度の重畳精度が得られた。

今後は、より高精度に重畳するための仰角の補正等について検討する予定である。

参考文献

- 1) 洲崎文哉, 樫山和男, 琴浦毅, 石田仁, 吉永崇: 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, 土木学会論文集, 77 巻 2 号, p. I_131-I_139, 2021.
- 2) 池田直旺, 花立麻衣子, 樫山和男, 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, 73 巻 2 号, p. II_48-II_54, 2017.
- 3) 山下遼, 湯素華, 小花貞夫: 歩行者事故削減のため GPS と車両からの電波を用いた歩行者位置の高精度測位方式の提案と評価, 情報処理学会論文誌, 59 巻 1 号, pp. 113-123, 2018.
- 4) 花立麻衣子, 菅田大輔, 樫山和男, 宮地英生, 前田勇司, 西畑剛: 水環境流れ問題のためのマーカーレス AR システムの構築と適用性の検討, 土木学会論文集, 72 巻 2 号, pp. I_192-I_199, 2016.