

水域環境におけるGNSSデータを用いた ロケーションベースAR可視化システムの構築 Development of a Location-based AR visualization system using GNSS data for water environment

21N3100030B 鈴木 雅大 (計算力学研究室)
Masahiro SUZUKI / Computational Mechanics Lab.

Key Words : Augmented Reality, GNSS, visualization, water environment

1. はじめに

近年、可視化技術は建設分野においても、計画・設計・施工・維持管理において有効に用いられている。これらは、合意形成ツールとなるだけでなく、生産性の向上・業務の効率化の面からも有用な方法として普及している¹⁾。可視化技術の中で、AR (Augmented Reality: 拡張現実) がある。現実に対しCGを用いた仮想の空間を重畳する可視化手法であり、現実空間との親和性が高いことから、現場での利用において有用性の高い手法である。ARには様々な仮想空間の重畳手法がある中で、既往研究ではマーカーベースARの構築を行ってきた²⁾³⁾⁴⁾。マーカーベースARとは、QRコードのような画像を重畳の基準点として可視化を行う手法である。特徴として、マーカーの設置と、カメラのトラッキングに精度が依存することが挙げられる。そのため、海洋などの周辺に特徴点となる箇所が少ない環境や、マーカーを正確に固定できない環境では、重畳の精度が低下する場合がある。

著者らは以上の点に着目し、位置情報に基づき重畳を行うロケーションベースARの構築を行った。本研究では、水域環境に対し本システムを適用するとともに、マーカーベースとの比較から本システムの有用性を評価する。

2. ロケーションベースAR可視化システム

(1) システム概要

本システムでは、GNSSから取得した高精度な位置情報に基づき仮想空間の重畳を行う。そのため、マーカーによる位置合わせを不要とし、半自動的な重畳を行うことが可能となる。また、リアルタイムに更新する位置情報を基に、移動による重畳のズレを補正するため、カメラ映像によるトラッキングが不要となる。

(2) 可視化デバイスとフローチャート

本システムにて使用する機器とシステムのフローチャートを図-1に示す。本システムでは、総合開発環境であるUnity ver.2020.3.24fにて作成したアプリケーションを用いてAR可視化を行う。さらに、高精度な位置情報(NMEA)を取得可能にするため、サブメーター級高精

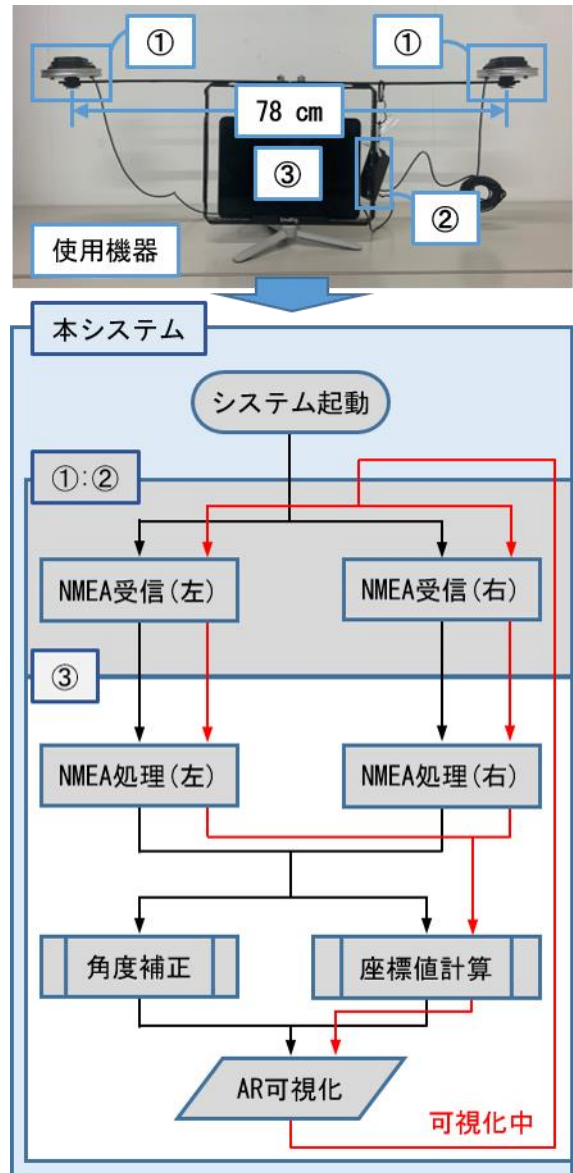


図-1 本システムの概要

度GNSS受信機であるCORE社製のCohac ∞ QZNEO (図-1: ②)を2台使用する。受信機に接続したアンテナ (図-1: ①)を可視化デバイス (図-1: ③)の中心から左右等間隔に設置した。可視化デバイスにはApple社製のiPad Proを使用している。

また、可視化デバイスとGNSS受信機はUDP通信にて接続し、可視化アプリケーションとNMEAの送受信を行う(図-2)。UDP通信の特徴として、複数機器の接続が可能であり、高速通信が可能であるため採用した。受信したNMEAから重畳に必要な位置情報等を抜き出し、重畳位置計算を行う。

(3) 重畳手法

本システムでは、平面直角座標系に基づき仮想空間を重畳させる。ここで、各GNSS受信機が取得する位置情報(緯度・経度)を平面直角座標系の座標値に変換する必要がある。計算式については参考文献を参照されたい⁵⁾⁶⁾。また、計算条件として世界測地系のGRS80楕円体に従うとし、長半径 a を6,378,137.00[m]、逆扁率 F を298.257222101として計算を行う。

これらの計算で求めた各GNSS受信機の座標値の平均値を、可視化デバイスの座標値として重畳を行う。なお、各GNSS受信機の位置情報は1秒ごとに更新を行うため、以上の計算も同様に再計算を行う。

また、重畳計算を行うにあたり、仮想空間の座標軸を平面直角座標系と対応させる必要がある。本システムでは、仮想空間の座標系 (x, y, z) を平面直角座標系の(東, 標高, 北)と対応させる。

a) 角度補正

以上より、仮想空間の設定を行った。しかしながらアプリケーションの性質上、システム起動時に可視化デバイスの位置を原点とし、重力ベクトルの逆方向を y 軸、それに伴いデバイスのカメラ方向を z 軸とした左手系の座標系が構築される。そのため、仮想空間と現実空間に方位のズレが生じる。したがって図-3に示す通り、設置した2台のGNSS受信機の位置関係から方向角を式(1)を用いて計算する。

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{z_R - z_L}{x_R - x_L} \right) \quad (1)$$

ここで、平面直角座標系に変換した左右のGNSS受信機の座標値をそれぞれ (x_L, y_L, z_L) :GNSS受信機左、 (x_R, y_R, z_R) :GNSS受信機右と表記している。以上から平面における子午線と z 軸のズレを修正した。さらに、子午線方向と真北のズレ(真北方向角)を計算し、以上を補正角とする。これらの補正計算は、システム起動時に一度行われ、可視化中のデバイスの回転は可視化デバイスのジャイロセンサーによって制御する。

b) 座標値計算

重畳のイメージを図-4に示す。現実空間における可視化デバイスの位置と可視化対象を重畳する位置が図-4 B)のような関係にある場合、可視化3次元モデルの座標値は、現実空間と仮想空間を重ね合わせた場合における可視化位置を仮想空間の原点とみなした「現実空間

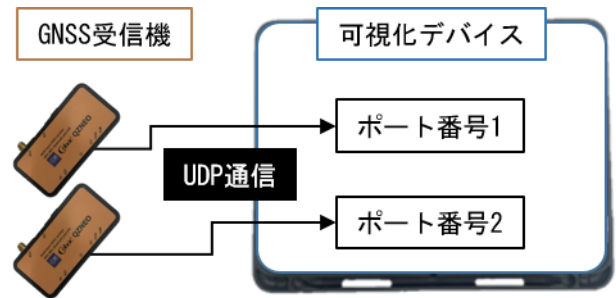


図-2 本可視化機器間の通信

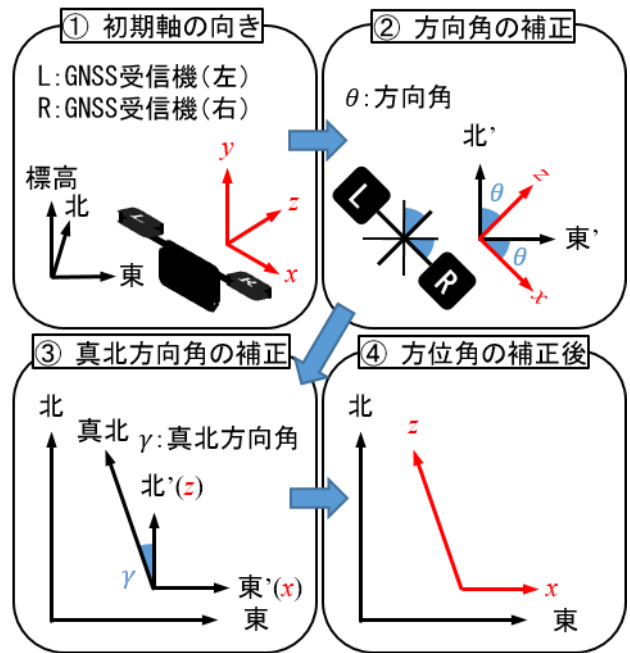
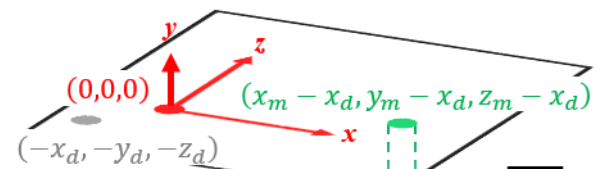
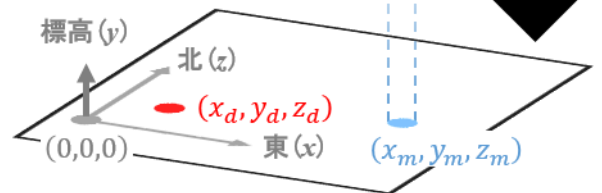


図-3 方位角の補正

A) 仮想空間



B) 現実空間



- 平面直角座標系原点
- 重畳位置
- 可視化デバイス位置
- 可視化3次元モデル

図-4 重畳位置計算

における可視化位置から重畳位置までの距離」とする(図-4A)。これらの計算は1秒ごとに実行され、移動による3次元モデルの座標値のズレを補正する。

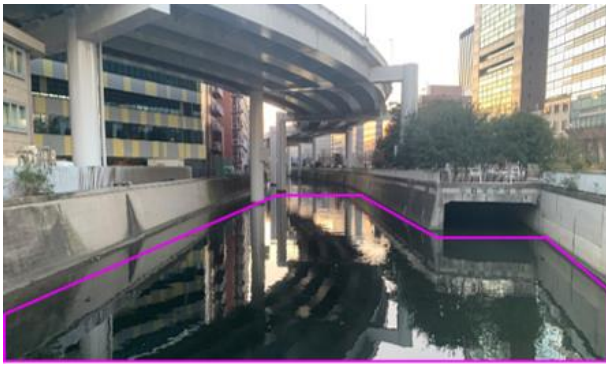


図-5 可視化対象 (河川流れ)

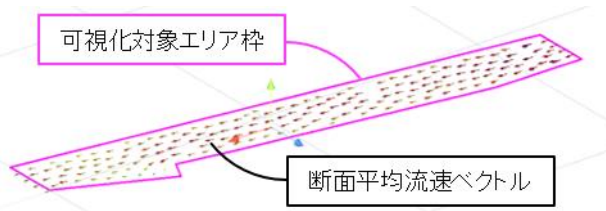


図-6 可視化対象 3次元モデル

3. 適用例

本システムを用いた水域環境における可視化の適用例を示す。ここで、マーカーベースARと可視化結果の比較から有効性を検証し、適用性の検証として、海岸構造物に適用した可視化結果を評価する。

(1) 河川流れの可視化

本システムの適用例として、河川流れ解析の可視化を示す。可視化対象は、図-5に示す東京都文京区に位置する神田川とし、平面直角座標系では9系に従う。可視化に用いる解析データは既往研究⁴⁾にて解析されており、断面平均流速ベクトルとして出力されている。

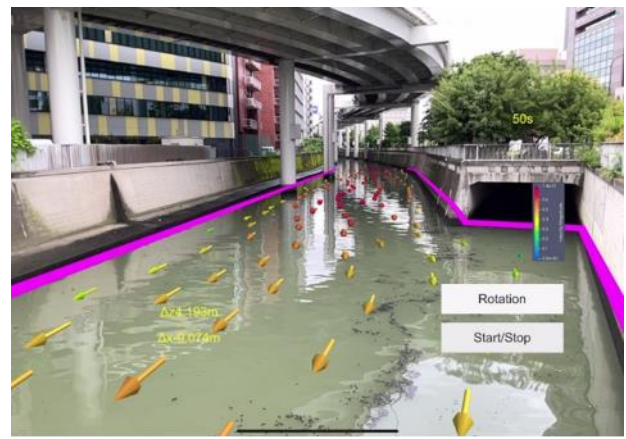
a) プリプロセス

プリプロセスにて本可視化データの3次元モデル化を行った。さらに、AR可視化時に重畳の精度を明確にするため、可視化範囲を示す枠を別途作成し、断面平均流速ベクトルモデルとともに表示する (図-6)。

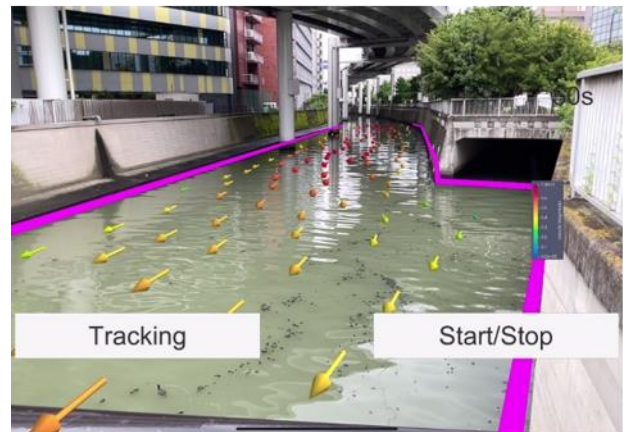
また、本可視化モデルは重畳に用いる地理座標を有していない。そのため、地理院地図⁶⁾及び基準点成果等閲覧サービス⁷⁾を使用し、モデルの任意の点に対し地理座標を付与した。

b) 可視化結果

本システムを用いた可視化結果を図-7A)に示す。可視化エリア枠と現実空間における可視化対象のズレは小さく、概ね精度良く重畳されていることが分かる。また、本システムの有効性を評価するために、同様の可視化モデルを使用し、マーカーベースARによる可視化を行った。マーカーベースARによる可視化結果を図-7B)に示す。これらの可視化結果の比較から、マーカーベ



A) ロケーションベースARの可視化結果



B) マーカーベースARの可視化結果

図-7 可視化結果



図-8 可視化対象 (海岸構造物)

ースARと同程度の重畳精度を確認している。一方で、ロケーションベースARについては、付与した地理座標正確であると言えないため、別途検証が必要である。

(2) 海岸構造物の可視化

地理座標を有する3次元データの可視化例として、岡山県岡山市東区宝伝地先に設置されている海岸構造物 (消波ブロック) を示す (図-8: 左)。平面直角座標系では5系に従う。マルチビーム音響測深機によって点群データと、その地理座標が取得されたものであり、地理座標の付与は不要である。

a) プリプロセス

今回の可視化では、可視化デバイスへの負荷を考慮し、点群データから作成したTINにより3次元モデル化したものを可視化する (図-8: 右)。

本可視化対象の可視化時における課題として、海水面によって目視可能な部分が限定され、重畳の判別が難しい点が挙げられる。本システムでは、この点を解決するため簡易的な海水面のモデルを表示する。消波ブロックモデルが表示される部分を限定することで、より直感的に判別し易くすることを目的とする。また、海水面の上昇・下降に対応するため、海上保安庁のサイト⁸⁾に公開されている観測データ（5分毎瞬間値）をリアルタイムに取得することで、海水面モデルの制御を行う。今回は、可視化対象近海の宇野リアルタイムデータを使用した。

b) 可視化結果

可視化対象と可視化結果を図-9に示す。可視化対象全体的に精度よく重畳されていることを確認した。また、図-9 A) 及びB) は視点の異なる詳細部の可視化結果である。図-9 A) では、複数の消波ブロックに対し3次元モデルの面が重畳されていることが確認できる。図-9 B) は図-9 A) から50m程度移動した可視化視点である。こちらも同様に精度良く重畳されており、位置情報を用いたトラッキングにより、移動によるズレが非常に小さく可視化が行われていることが確認できる。

さらに、図-9 C) に示す海水面を表示した可視化結果では、非表示の可視化結果と比較し、重畳位置を直感的に判断し易いことが確認できる。

一方で、高さ方向の座標値として使用している標高の値は、GNSSの特性上、緯度経度と比較して精度が低いため手動での補正が必要となった。また、可視化中の画面移動により、ジャイロセンサーの誤差が蓄積する課題が挙げられた。

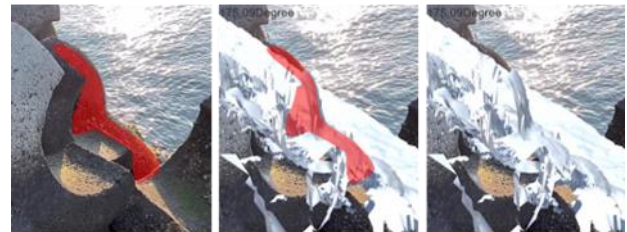
4. おわりに

本研究では、水域環境におけるAR可視化を行うため、GNSSから取得する位置情報を基に重畳を行うロケーションベースAR可視化システムの構築を行った。また、同様の可視化対象を用いたマーカーベースARの可視化結果と本システムの比較を行った。さらに、適用性を評価するため海岸構造物に本システムを適用し、以上の可視化結果から以下の結論を得た。

- 河川流れの可視化に適用した本システムと既往研究を基に構築したマーカーベースARの可視化結果の比較では、同程度の可視化結果を得ることができ、有効なシステムであることを確認した。
- 海岸構造物の可視化に適用した本システムの可視化結果から、周辺に特徴点が少ない環境における可視化においても重畳や移動によるトラッキングが正確に行われ、有効な手法であることを確認した。



A) 可視化結果1



B) 可視化結果2



C) 海水面の表示

図-9 可視化対象（海岸構造物）

今後の課題として、高さ方向の精度向上と、画面移動によるトラッキングのズレの改善に関する検討を行い、より水深の深い海中構造物の可視化に適用することが挙げられる。

参考文献

- 1) 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，55巻，6号，pp.483-488，2016.
- 2) 洲崎文哉，榎山和男，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 F3，77巻，2号，pp.I_131-I_139，2021.
- 3) 池田直旺，花立麻衣子，榎山和男，車谷真緒，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F3，73巻，2号，pp.II_48-II_54，2017.
- 4) 花立麻衣子，菅田大輔，榎山和男，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証，土木学会論文集F3，72巻，2号，pp.I_192-I_199，2016.
- 5) 河瀬和重：Gauss-Krüger投影における経緯度及び平面直角座標相互間の座標換算についてのより簡明な計算方法，国土地理院時報，121号，pp.109-124，2011.
- 6) 国土地理院：<https://www.gsi.go.jp/>（入手 2023.2.1）
- 7) 基準点成果等閲覧サービス：<https://sokuseikagis1.gsi.go.jp/top.html>（入手 2023.2.1）
- 8) 海上保安庁宇野リアルタイム観潮データ：<https://www1.kaiho.mlit.go.jp/TIDE/gauge/gauge.php?s=0115>（入手 2023.2.1）