



屋外空間における体験共有のための Location-Based AR システムの構築

An outdoor Location-Based Augmented Reality system for experience sharing

渡辺雄大¹⁾, セレスタプラギャン¹⁾, 謝淳¹⁾, ジャンヒョンドゥ²⁾, 和田浩³⁾, 川村洋平⁴⁾, 北原格⁵⁾

Yudai Watanabe, Shrestha Pragyam, Xie Chun, Jang Hyongdoo, Hiroshi Wada, Yohei Kawamura, and Itaru Kitahara

- 1) 筑波大学 大学院システム情報工学研究群 (〒 305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1, {watanabe.yudai, shrestha.pragyam, xie.chun}@image.iit.tsukuba.ac.jp)
- 2) ハンファマイニングサービスオーストラリア (hyongdoo.jang@gmail.com)
- 3) 東京国立博物館 (〒 110-8712 東京都台東区上野公園 13-9, wada-h6p@nich.go.jp)
- 4) 北海道大学 (〒 060-0808 北海道札幌市北区北 8 条西 5 丁目, kawamura@eng.hokudai.ac.jp)
- 5) 筑波大学 計算科学研究センター (〒 305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1, kitahara@ccs.tsukuba.ac.jp)

概要: AR は文化財施設における教育や伝承において広く利用されている。AR 提示を実現する要件の一つが幾何学的整合性であるが、これを再現するためには、観察視点位置および姿勢を正確に求める必要がある。しかし、GNSS に代表される大規模屋外空間を対象とした従来測距技術の精度は十分とは言い難い。また僻地では、ネットワークを介した測距精度の向上が難しいことも文化財展示特有の課題である。本研究では、準天頂衛星システム「みちびき」を導入し、屋外の文化財展示を対象とした Location-Based AR システムを提案する。みちびきの PPP-RTK 測位により、基地局設置や事前準備を必要としない、高精度な位置情報の取得を実現する。展示サイトにおける AR 提示の実証実験を通じ、提案方式の効果を検証する。

キーワード: Augmented Reality, Location-Based AR, GNSS, 準天頂衛星システム, 文化財

1. はじめに

拡張現実 (Augmented Reality, AR) は、計算機の演算性能の向上、5G などの高速大容量通信技術の普及、AR 機器の低価格化などを背景に、社会的認知が広がり、様々な分野での利用が進んでいる。AR は過去の記録や体験を現実空間に重ね合わせて 3 次元的に視覚化できるため、博物館や文化財保護施設などで、文化・技能の教育や伝承を目的とした展示に積極的に導入されている。これらの施設で利用される AR コンテンツの多くは、土器や工芸品のような小規模な文化財を対象としているが、複数の文化的遺構が屋外に並ぶ吉野ケ里遺跡や、登り窯などの大規模な文化財に対しても、AR コンテンツの重畳表示が求められている。

屋外での測位技術として最も普及しているのは GPS に代表される全球測位衛星システム (Global Navigation Satellite System, GNSS) である。Location-Based システムとして、GNSS 測位機能付きのウェアラブルデバイスを用いてユーザの位置情報を取得し、その場所の過去の風景を VR 提示するシステム [1] が開発されている。一方で、位置情報に基づいた AR 技術は、Location-Based AR と呼称され、徐々に現実的に可能なものになりつつある。大規模な屋外空間

において当時の様子を AR 提示することができれば、文化財やその周辺空間を含めた人々の営みの可視化が可能となるため非常に有益であると考えられるが、現実空間とコンテンツの幾何学的整合性の再現が求められる AR を実現するには GNSS の測位精度は十分とは言い難い [2]。

幾何学的な整合性を再現し、建造物や地形の所定の位置に AR コンテンツを正確に配置するためには、観察位置の正確な位置姿勢情報が必要である。QR コードなどに代表されるビジュアルマーカを用いる手法では、コンテンツを重ねたい位置にマーカを配置し、撮影映像から検出したマーカ上に AR コンテンツを表示するため、観察視点の正確な位置姿勢情報を必ずしも必要としないが、立体的な被写体への重畳が難しいことや、文化財へのマーカ配置が難しい状況での利用が実用上の課題である。VPS (Visual Positioning Service) は、事前に計測した点群データに基づき観測視点の位置情報を推定し、コンテンツの提示位置姿勢を決定する。しかし、事前計測データやそれにアクセスするための通信環境が必要であることや、遮蔽などによってオンサイトで計測する点群の精度が低下すると、重畳精度が低下する点が課題である。本研究では上述した従来研

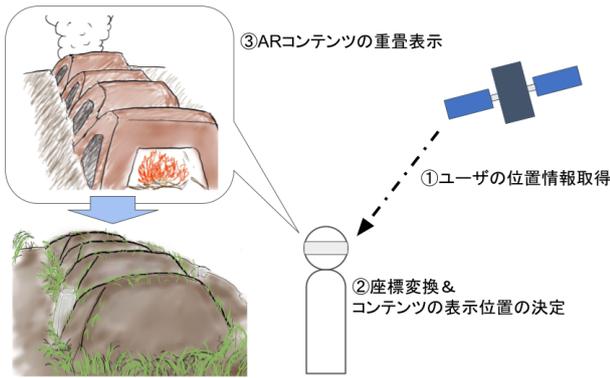


図 1: システムのイメージ

究の課題を鑑み、以下の要件を満たす Location-Based AR の実現を目指す。

1. 大規模屋外展示物を対象とした AR 提示を実現する。
2. 通信環境を必要とせず、システム単体で動作する。
3. マーカ配置など事前の環境整備を必要としない。

2. 関連研究

Ling ら [3] は RTK (Real Time Kinematic)-GNSS 測位手法と SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) による自己位置推定を組み合わせ、AR 表示を行う手法を提案した。この手法により、GNSS による高精度な Location-Based AR が可能となることが確認された。この RTK-GNSS は、2 点の基地局間の差を用いて位置情報を取得する測位手法であり、基地局間で通信する必要がある。しかし、文化財施設が位置する場所が必ずしも通信環境が良く、ビルの遮蔽などが無い理想的な環境であるとは限らない。また、専門家ではない体験者の利用を想定すると、複雑な事前準備を必要とせずにデバイス単体で動作することが望ましいと考えられる。

Ruyu ら [4] は 2D の板を組み合わせた簡易的な建物データと SLAM を用いる手法を提案した。この手法は微弱な GPS 環境下においても高精度かつ堅牢で、計算効率も良いという点で利点がある。Ogawa ら [5] は多くの建物が乱立する都市空間におけるオクルージョン手法を提案した。位置情報は GPS、都市 3D モデルは Mapbox を使用し、インスタンスセグメンテーションと組み合わせることで高精度な AR におけるオクルージョンを実装した。しかし、これらの手法は建物が多くある都市空間などでは有効だが、建物の少ない空間においては有効ではない。

3. 提案手法

本研究では準天頂衛星システム「みちびき」を利用し、関連研究の問題点を解消した Location-Based AR システムの提案する。図 1 に提案するシステムのイメージ図を示す。

3.1 みちびきによる高精度測位

準天頂衛星システム「みちびき」は内閣府宇宙開発戦略推進事務局が運用する日本を含むアジア・オセアニア地域をカバー範囲とする GNSS である。みちびきは現在、4 機

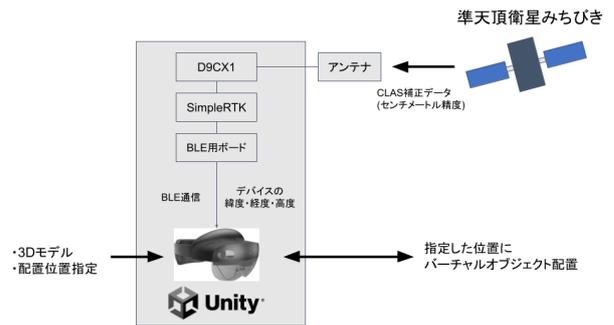


図 2: システム構成図

運用されており、少なくとも常に 1 機は日本の真上にあるように設計されている。これにより、ビルの影や山岳地帯など、従来の GNSS では信号が届きにくい地点でも安定した受信が可能である。

また、みちびきは PPP (Precise Point Positioning)-RTK 測位という基地局やネットワーク環境を必要としない測位法を提供しているため、基地局の設置を必要とせず、単体で高精度な位置情報の取得が可能である。CLAS (Centimeter Level Augmentation Service) と呼ばれるセンチメートル単位での測位補強サービスを提供しているため、10m 程度誤差のある従来の GPS と比較すると非常に高い測位精度である。

3.2 システム構成

図 2 に我々が提案するシステムの構成図を示す。AR コンテンツを提示するデバイスは Microsoft 社の Hololens2 を使用する。衛星測位システムの位置情報データ受信には u-blox 社製 RTK 受信 IC 「ZED-F9P」を搭載した「SimpleRTK」ボードを使用する。みちびきの位置情報補正データ受信には「D9CX1」を使用する。みちびきの L6 帯信号受信 IC 「NEO-D9C」を搭載しており、CLAS や高精度測位補正システム (MADOCA, Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis) の補正データを受信することができる。受信した補正データを ZED-F9P に転送することでより高精度な測位を行うことが可能になる。取得した位置情報データは BLE (Bluetooth Low Energy) 通信を用いて Hololens2 上のアプリケーションに送信する。これらのボードは Hololens2 の頭部固定バンド付近に装着する。

Hololens2 上で起動するアプリケーションは AR 開発環境の Unity を用いて構築する。提示する AR コンテンツには、MRTK と XR Interaction toolkit というライブラリを使用して制作する。このライブラリは、マルチプラットフォームに対応しているため、OpenXR に対応していれば Meta Quest3 などの Hololens2 以外のデバイスでもアプリケーションを動かすことができる。

コンテンツは緯度・経度・高度と 3D モデルをアプリケーション内で設定することで表示できる。ここでは Unity 上で 3D モデルを配置するため、経緯度の座標から平面直角座標系の座標に変換する必要がある [6]。

4. おわりに

本研究では屋外の文化財での体験共有を目的とした高精度な Location-Based AR システムの構築手法について検討した。アジア・オセアニア地域のみを対象とした GNSS「みちびき」を利用することによって、高精度な AR 提示システムの実現を試みる。

今後は、システムを実装し、位置合わせや AR 提示の評価を行う。さらに、SLAM 等を用いた AR コンテンツ表示位置精度の向上と、コンテンツへのインタラクション機能の追加を行うことで現場利用が可能なロバスト性の高いシステムの構築を目指す。

本研究の一部は JSPS 科研費 23H00024, 24H00078 によるものである。

参考文献

- [1] 凸版印刷株式会社. "ストリートミュージアム". <https://www.streetmuseum.jp/>. (Accessed on 07/06/2024).
- [2] 曽根俊則. "遺跡における vr/ar 技術利用の現状". https://repository.nabunken.go.jp/dspace/bitstream/11177/6269/1/BB22691369_027_036.pdf. (Accessed on 07/06/2024).
- [3] Frank Fong Ling, Carmine Elvezio, Jacob Bullock, Steve Henderson, and Steven Feiner. "a hybrid rtk gnss and slam outdoor augmented reality system". In *2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, pp. 1044–1045, 2019.
- [4] Ruyu Liu, Jianhua Zhang, Shengyong Chen, and Clemens Arth. Towards slam-based outdoor localization using poor gps and 2.5d building models. In *2019 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, pp. 1–7, 2019.
- [5] Takaya Ogawa and Tomohiro Mashita. Occlusion handling in outdoor augmented reality using a combination of map data and instance segmentation. In *2021 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*, pp. 246–250, 2021.
- [6] 国土地理院. "経緯度を換算して平面直角座標、子午線収差角及び縮尺係数を求める計算". <https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/surveycalc/algorithm/bl2xy/bl2xy.htm>, 2013. (Accessed on 07/06/2024).