

リアルワールドメタバースにおける Wi-Fi 受信強度と LiDAR によるユーザの位置姿勢推定法

井上 蓮太[†] 江崎 佑真[‡] 中村 文彦[†] 木村 朝子[†] 柴田 史久[†]

立命館大学 情報理工学部[†] 立命館大学大学院 情報理工学研究科[‡]

1. はじめに

人工現実感 (Virtual Reality; VR) や複合現実感 (Mixed Reality; MR) への期待が高まりつつある。これに伴い安価なヘッドマウントディスプレイ (Head Mounted Display; HMD) が普及するに連れて、メタバースという概念へと注目が集まり始めた。Niantic の提唱する「リアルワールドメタバース」は、現実世界を基盤とする新たな形態のメタバースである[1]。現実世界の地理情報を活用して位置に応じた仮想のコンテンツを表示し、現実世界の体験を豊かにすることを目指しており、我々はこの一環として、リアルワールドメタバースを活用した「MR キャンパス」を構想している。MR キャンパスでは、現実の大学のキャンパスをデジタルツインとして VR 空間上に構築し、大学、すなわち MR 空間にいる現地ユーザと VR 空間上のリモートユーザ間でのインタラクションの実現を目指す。これには現地ユーザの位置姿勢、特に頭部位置姿勢を実時間でトラッキングし、VR 空間上にアバタとして提示できる必要がある。しかし、現在普及している MR HMD は部屋の中での利用を想定しており、建物全体のような広域でのトラッキングや類似構造を持つ空間の区別が不可能である。

屋内でユーザの位置を測位する技術については、様々な提案がなされている。Cock らは、Wi-Fi 受信強度と気圧センサ等を歩行者の屋内測位に活用することにより、オフィスビルにおいてフロアを判定する手法を提案している[2]。暦本らは、Wi-Fi 信号強度を用いた広域での位置推定システムを提案し、GPS 同等の精度を実現している[3]。

2. 提案システム

本研究では、実時間でのユーザの位置姿勢推定に Wi-Fi 受信強度と LiDAR を組み合わせるこ

とを試みる。これにより、建物内における似た構造を持つ空間の区別、広域でのトラッキングを可能とし、結果の位置姿勢を MR 空間へと反映するシステムの実現を目指す。

システムの処理の流れを以下に示す。

【事前準備】

- ① 3次元地図作成: LiDAR を用いて各フロアの3次元地図を作成する。
- ② Wi-Fi 受信強度マップの作成: 建物を複数ブロックに分割し、各ブロックで受信できるアクセスポイントの MAC アドレスと受信強度を①の3次元地図上の座標と共に記録する。

【位置姿勢推定】

- ③ Wi-Fi 受信強度による位置推定: 受信強度を記録したブロックの中から、現在地がいずれに当てはまるかを推定する。
- ④ LiDAR による位置姿勢推定: ③で得たブロックの中心座標を初期位置として、①の3次元地図と LiDAR から得られた3次元点群を NDT (Normal Distributions Transform) スキャンマッチングの手法でマッチングを行い、ユーザの位置姿勢を推定する。

【MR 情報提示】

- ⑤ MR 情報提示: ④の位置姿勢推定結果をもとに、位置姿勢に応じた MR 情報を提示する。

3. 動作確認と結果

システムを試作し、動作確認を行った。システム構成を図1に、外観を図2に示す。Wi-Fi アンテナには TP-Link Archer T3U Plus, LiDAR には Velodyne VLP-32, ROS2 を動作させる PC には Dell Inspiron 5406, ルータには Samsung Galaxy Z Flip3 5G のテザリング機能, HMD には Meta Quest 3 を用いた。動作確認では、LiDAR や PC は台車に搭載し、ユーザが台車を

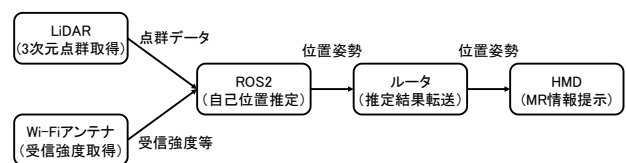


図1: システム構成図

User Position and Orientation Estimation Using Wi-Fi Signal Strength and LiDAR in the Real-World Metaverse

[†]College of Information Sci. and Eng., Ritsumeikan University

[‡]Graduate School of Information Sci. and Eng., Ritsumeikan University

押しながら移動した。広範囲を歩行するため、MR 情報を提示するプログラムは Meta Quest 3 においてスタンドアロン方式で実行した。なお、Quest 3 の境界線機能および位置トラッキング機能は無効化し、回転のみのトラッキングとした。

動作確認は、立命館大学大阪いばらきキャンパス H 棟内で類似したフロア構造を持つ 5 階と 8 階で行った (図 3, 図 4)。動作確認では 2 か所のエレベータを使い、5 階と 8 階を一周するように移動した。図中の矢印と番号は移動方向と順番を示しており、1, 2, 3 の経路を順に移動した。また、MR 空間での提示情報として各部屋の前に部屋の名称を示す仮想オブジェクトを配置した。

自己位置姿勢推定結果を図 5, 図 6, 図 7 に、MR 空間に情報提示した様子を図 8 に示す。図中の黄色い線は推定された移動の軌跡を表している。図から、フロアを移動した際に推定フロアも正しく切り替わり、またエレベータを出た際に推定の初期位置が実際の位置に近い場所になっていることがわかる。これは、Wi-Fi による推定が正しく機能していることを示している。一方、エレベータを降りた際に軌跡が乱れているが、これは推定が収束するまで若干時間がかかっていたことを示している。また図 8 では、部屋の前に部屋番号を表示できていることがわかる。

4. まとめ

本研究では、Wi-Fi 受信強度と LiDAR を用いて自己位置姿勢を推定する試みを行った。結果、建物内での広域な自己位置姿勢推定を実現するとともに、類似構造を持つ空間を区別できることが分かった。課題としては、精度の向上や屋外への対応が挙げられる。今回の試作では LiDAR を台車に搭載したため、ユーザの身体による遮蔽が生じ、壁に接近した際に精度が低下する場合があった。また HMD の位置トラッキング機能は無効化したため、HMD の回転においてドリフトが生じた。今後は、LiDAR をユーザ頭部に装着した上で、これらの課題の解決を図る。

参考文献

- [1] Y. Higaki: Building the real-world metaverse, 2022.
URL: <https://nianticlabs.com/news/building-the-real-world-metaverse>, (Accessed: 2025/01/06)
- [2] C. D. Cock *et al.*: Floor Number Detection for Smartphone-based Pedestrian Dead Reckoning Applications, 2021 Int'l Conf. on Indoor Positioning and Indoor Navigation
- [3] 暦本純一 他: PlaceEngine: 実世界集合知に基づく WiFi 位置情報基盤, インターネットコンフェレンス 2006

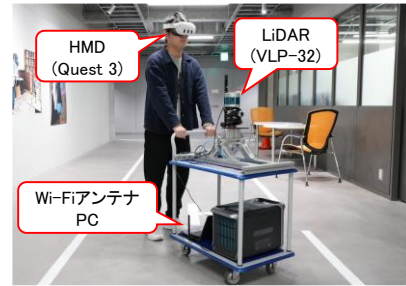


図 2 : システムの外観

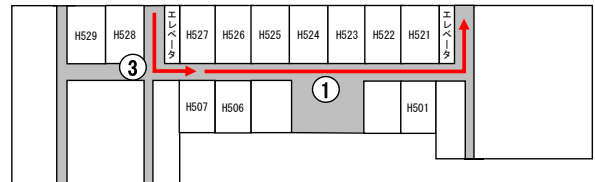


図 3 : H 棟 5 階のマップ

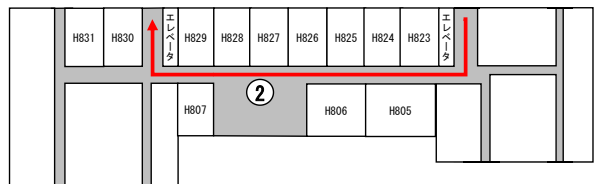


図 4 : H 棟 8 階のマップ

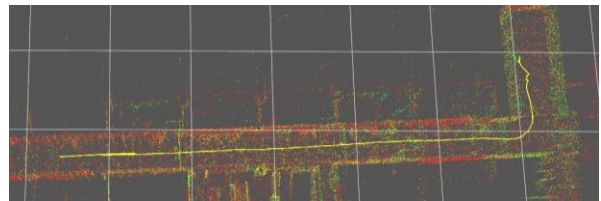


図 5 : 5 階 (経路 1) を移動した際の軌跡の様子

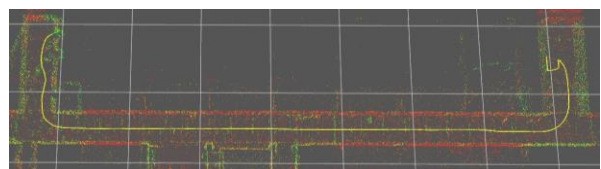


図 6 : 8 階 (経路 2) を移動した際の軌跡の様子

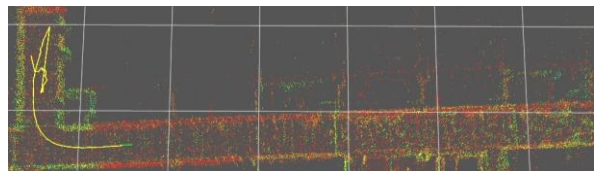


図 7 : 5 階 (経路 3) を移動した際の軌跡の様子



図 8 : MR に反映した様子