

リアルワールドメタバースの実現に向けた クロスバース・プラットフォームの構築(4) —アバタの全身位置姿勢共有法—

山田 一輝[†] 中村 文彦[‡] 木村 朝子[‡] 柴田 史久[‡]

立命館大学大学院 情報理工学系研究科[†] 立命館大学 情報理工学部[‡]

1. はじめに

近年、現実世界を基盤にデジタル情報を重ねる複合現実(MR)環境の発展に伴い、現実空間のデジタルツインを活用した新たな協働形態が注目されている。Niantic社が提唱する「リアルワールドメタバース」は、現実世界の地理的情報に基づいた体験設計を重視し、現実空間と仮想空間の接続による持続的な社会的インタラクションの実現を目指す概念である[1]。こうした背景のもと、本研究グループでは現地(MR空間)側ユーザと遠隔(VR空間)側ユーザが同一の空間を共有しながらコミュニケーションできるクロスバース・プラットフォームの構築を進めている。具体的には、大学キャンパスを対象とするMRキャンパスを構想し、現実のキャンパスのデジタルツインをVR空間上に再現することで、現地参加者と遠隔参加者が相互に存在感を伴って交流可能な場の実現を目指す(図1)。

このような遠隔協働において、アバタの外見や身体部位の可視範囲の違いが社会的存在感に影響することが報告されており[2]、MRキャンパスにおいても全身アバタ共有の重要性が示唆される。

本稿では、複数の推定方式で得られた身体情報を共通形式で統合し、同一座標系上でアバタの全身位置・姿勢を共有する手法を提案する。提案システムは、HMD装着者と非装着者の双方に対応し、ネットワーク経由で複数参加者の全身アバタを同期することで、MRキャンパスにおける円滑なコミュニケーションを支援する。

2. 提案システム

2.1 システム構成

提案システムは、入力部と共有部、座標系整

Toward a Real-World Metaverse: Development of a Cross-Verse Platform, Part 4 - A Method for Full-Body Avatar Pose and Position Sharing -

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

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

合処理の3要素から構成される(図2)。

入力部：ユーザ端末に搭載されたトラッキング手段によって取得した身体情報を、アバタのボーンに反映し、全身トラッキングを行う。

共有部：入力部で得られた各ボーン的位置・回転情報を、新たに生成したネットワークアバタへ反映、ネットワーク経由で送信・同期する。

座標系整合処理：複数端末間で同一空間を共有するために座標系を一致させる。

2.2 入力部のトラッキング

本システムでは、HMD装着者と非装着者で利用可能なトラッキング手段が異なることを前提に、それぞれの出力を共通表現へ変換してネットワークアバタへ同期することで、全参加者の全身姿勢をR-V空間に反映する。

HMD装着者：Meta Movement SDKのInside-Out Body Tracking (IOBT)を用いる。IOBTを用いて上半身動作を推定し、下半身はMeta社が開発したGenerative Legsアルゴリズムを使用し補完する。

HMD非装着者：現地に設置したRGBカメラ映像を入力として、GoogleのMediaPipe Pose Estimationにより人物姿勢を推定する。

2.3 共有部のボーン共有方式

異なるトラッキング方式間で共通に扱える表

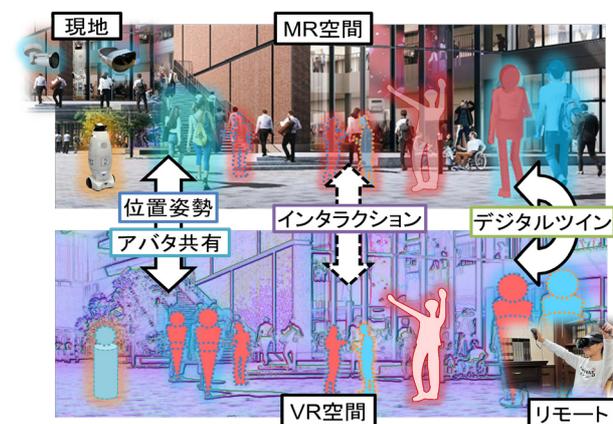


図1 MRキャンパスのコンセプト

現を得るため、本システムでは Unity Humanoid のボーン構造を共通フォーマットとして採用する。HMD 非装着者の姿勢推定に用いる MediaPipe の出力も Unity 空間上で Humanoid 構造へ変換可能であるため、Humanoid における主要な 20 ボーンを共通の共有対象とした。

さらに、HMD 装着者については、手指の詳細な動作を表現するため、共通ボーンに加えて手のボーン情報を拡張的に共有する。手指のボーンは左右各 5 指を対象とした計 30 ボーンを追加で共有する。

通信基盤には Photon Fusion 2 を用い、通信データは Photon クラウドを介して各参加端末へ配信される。

2.4 座標系整合処理

複数端末間で同一空間を共有するためには、参照座標系の一致が不可欠である。現地 MR 参加者間の座標系一致には、Mixed Reality Utility Kit (MRUK) の空間共有機能を用いる。最初に参加した MR 端末 (Host) が部屋情報を読み込み、床アンカーの位置・向きを基準とする共有参照フレームを生成して他端末へ配信する。2 人目以降の MR 端末 (Guest) は、受信した参照フレームに基づいて自身の空間を整列させることで、同一物理空間内で座標系を一致させる。

遠隔 VR 参加者は物理空間のスキャンや空間共有を実行できないため、Host 端末が配信した共有参照フレーム (床アンカーの Pose) を受信し、VR リグの原点に対するオフセットとして適用することで、VR 側の座標系を共有参照フレームへ整列させる。これにより、MR 参加者と VR 参加者が共に同一の参照座標系上でアバタを視認可能になる。

3. 動作確認と評価

3.1 実験条件

提案システムの動作確認と性能評価を行うた

め、MR 空間および VR 空間の双方で実験を実施した。評価指標は、アバタの全身姿勢共有に伴うネットワーク遅延であり、MR キャンパスにおける円滑なコミュニケーションを確保するため、目標値を 250ms 未満と設定した [3]。実験用 HMD には Meta Quest 3 を用い、比較条件は以下の通りである。

- ・ 共有ボーン条件
 - (i) 主要な 20 ボーンのみ
 - (ii) 主要な 20 ボーン+手指 30 ボーン
- ・ 参加人数条件
 - 1 人参加および 2 人参加

3.2 結果と考察

測定結果では、全条件で目標値を大きく下回った。主要 20 ボーンのみを共有した場合の平均遅延は 84.54ms、手指の 30 ボーンを含めた場合は 86.87ms であり、参加人数が増加しても、遅延の増加は数ミリ秒程度に留まった。最も遅延が大きかった条件は、MR 空間における 2 人参加・手指ボーンを含む場合で 87.8ms であった。

4. むすび

本稿では、アバタの全身位置・姿勢を R-V 空間へ共有する手法を提案した。提案システムは、HMD 装着者と非装着者の双方に対応する複数トラッキング方式の統合を、Unity Humanoid の共通のボーン形式に基づいて実現した。Photon Fusion 2 を用いたネットワーク共有の評価では、手指ボーンを含めた場合に約 2~4ms 程度の遅延増加がみられたものの、いずれの条件でも平均遅延は 100ms 未満であり、MR キャンパスにおけるリアルタイムな相互作用を実現可能な性能を有していることが確認された。

今後は、(1) 参加人数の増加に伴う遅延特性の詳細分析、(2) システムのスケラビリティの評価、(3) ユーザ体験評価を進め、MR キャンパスにおける持続的な協働環境の構築を目指す。

参考文献

- [1] Niantic, "The Metaverse is a Dystopian Nightmare. Let's Build a Better Reality." <https://nianticlabs.com/news/real-world-metaverse?hl=en>, 2021. Accessed: 2025-12-26.
- [2] B. Yoon, H. Kim, G. A. Lee, M. Billinghurst, and W. Woo: "The Effect of Avatar Appearance on Social Presence in an Augmented Reality Remote Collaboration," 2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR 2019), pp. 547-556, 2019.
- [3] F. Zaman, C. Anslow, A. Chalmers, and T. Rhee: "MRMAC: Mixed Reality Multi-user Asymmetric Collaboration", International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2023), pp. 591-600, 2023

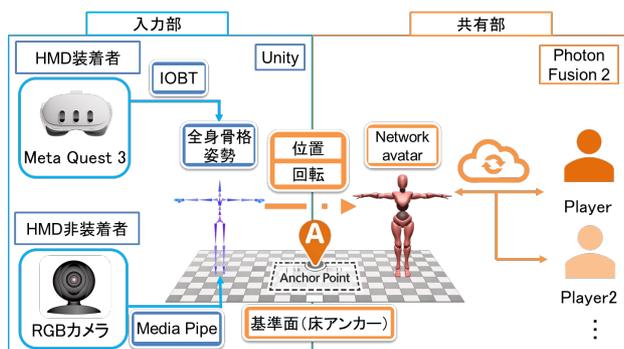


図 2 提案システムの構成