



遠隔ライブ・記録映像の全方位マルチ視聴 XR メタバースシステムに関する研究

An XR Metaverse system for omnidirectional multi-viewing of remote live and recorded videos

菊地勇輔¹⁾, 小島優希也¹⁾, ヤェム ヴィボル¹⁾, 長井超慧¹⁾, 池井 寧²⁾
Yusuke KIKUCHI, Yukiya OJIMA, Yukie NAGAI, Vibol YEM, and Yasushi IKEI

- 1) 東京都立大学システムデザイン学部 (〒191-0065 東京都日野市旭が丘 6-6, kikuchi-yusuke4@ed.tmu.ac.jp)
2) 東京大学大学院情報理工学系研究科 (〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1, ikei@vr.u-tokyo.ac.jp)

概要：多数のユーザが同時にバーチャル空間に参加するメタバースでは、実世界に連携する多様な活動を行えることがその発展に必要である。本研究では、遠隔の実世界の映像を共有する XR 型のメタバースを開発している。多人数の参加者が複数の実世界地点の全周視点を得ること、そして、その遠隔視点を与える複数のアバターロボットを操作するユーザに全周の立体視を与える構成のプロトタイプを構築した。さらに同様の構成で記録された実世界映像を体験できる機能を与えた。

キーワード：メタバース, テレプレゼンス, XR, 実世界, ライブ映像

1. はじめに

今後展開されるメタバースでは、実世界に連携する多様な活動を行えることが必要である。通常の VR 空間を基礎としたメタバースとは異なり、実世界空間をメタバースの一部として体験する際、複数ユーザが自由な視点を得ることは容易ではない。これまでのテレプレゼンス研究、テレグジスタンス研究では、単独の操縦者が自己の遠隔身体としてのアバターロボットの地点の自由な視野を得ることが行われてきた。しかし、遠隔地点の臨場感を得るために重要となる全方位の立体視と見回し、および自由な移動などの機能はまだ今後の展開が期待されている。我々は、移動可能な遠隔の全方位ライブ映像と多数の記録映像世界を複数のユーザが体験できるメタバースシステムのプロトタイプを構築している。本稿ではその概要を紹介する。

2. 全方位マルチ視聴 XR メタバースシステム

我々はこれまでの研究で全方位立体視カメラを利用することで、遠隔の任意視点の全方位立体視を可能とするシステムを提案した[1,2]。現在、このカメラシステム (TwinCam) を搭載した複数のアバターロボットを、操作者が自己の身体として移動と環境観察を可能しつつ、現地の作業者等と対話する手法を開発している[3,4]。さらに、このアバターの視点位置を多数の参加者が共有して、自由な方位を見ることを可能とする機能を構築した。この際、他者の視線方向を、空間内の点として描画することで匿名の他者の視線を共有可能としている。視聴対象としては、実世界空間のライブ映像に加えて、過去に移動しながら撮

影されたアーカイブ映像にも没入して追体験できる構成となっている。これらの実空間リアルタイム映像、アーカイブ映像、そして通常のメタバースに多い CG 仮想空間を瞬時に切り替えて多人数が体験できるシステムを構築した。さらに本システムの部分機能の検証を行った。

3. システムの機能

本研究のシステムの概要を図 1 に示す。これは以下の機能を有する。

- 2 眼全天周撮影カメラ (TwinCam) と遠隔走行指示機能を搭載した複数のアバターロボットシステム
- ステレオ視+単眼視リアルタイム視点共有型映像配信機能 (50 名弱までの参加者)
- リアルタイム実空間、記録映像および CG 空間からなる XR メタバース空間制御機能

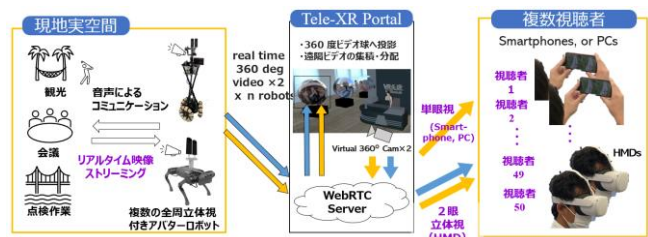


図 1: XR メタバースシステムの概要

3.1 アバターロボットシステム (実世界視点操作系)

本研究では、全地球カメラ (THETA Z1, リコー) 2 台を用

いた全方位立体視テレプレゼンシステム TwinCam をアバターロボットに搭載した. TwinCam はカメラレンズの方位を一定に固定したまま視差を作る機構であり, 観察者の頭部回転時の運動ぼけや見かけの遅延なしに遠隔映像を観察可能である. これにより VR 酔いの発生も抑制されている. このアバターロボットは, portal のオペレータまたは 1 名の映像視聴者が game pad または Quest 2 controller で操縦可能である. アバターロボットの構成を図 2 に示す.

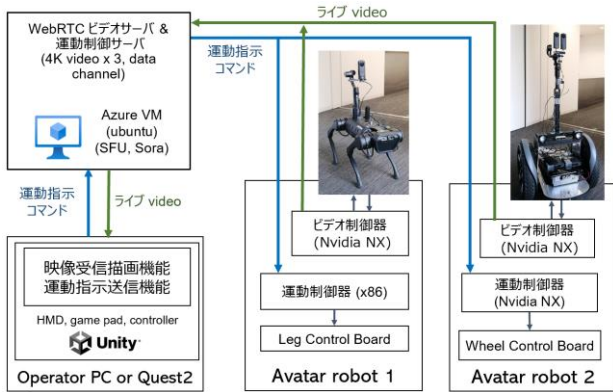


図2: アバターロボット制御システムの構成

3.2 リアルタイム, 二眼, 単眼視映像配信システム

アバターロボットからのリアルタイム映像は, 全方位立体視が可能であり, そのために HMD を装着した操縦者の頭部方位情報を TwinCam に送信しそのレンズ位置を一致させるために水平回転する. この全方位立体視可能映像は, 特定方位についての立体視となるため, 操縦者と同じ方位を見る参加者は同じ立体視野を得ることができる. それとは別の方位を見る参加者は, 単眼視映像となるように制御される (図 3). 2 台のカメラの映像を結合して不要なカメラ筐体が視野に入らないように構成している. 通信状況が良い場合に, 50 名弱のユーザに 4K の equirectangular 映像(H.264)を左右 2CH 提示することが可能である.

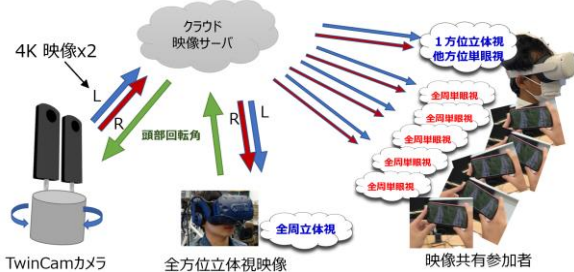


図3: 映像共有制御システムの構成

3.3 Tele-XR Portal

多様な世界を探索するための入場空間として, 図 4 の Tele-XR Portal を構築している. この VR 空間に 3.1 節のアバターロボットの実世界空間の視野を複数配置するとともに, 各地の実世界空間を過去に撮影した映像をアーカイ

ブとしてそろえている. アバターロボットの視野映像は, オペレータの操縦によって視点位置が決まるが, その映像を共有する多数の参加者は, 任意の方位を観察可能である. 観察者は最初に XR ポータルの仮想カメラに接続され, ポータルの管理者の誘導で現地アバターロボットやアーカイブ映像に接続され, グループツアーの体験となる.

HMD を装着して立体視する観察者は, アバターロボットの視点位置で, 現地の作業者と対話できるが, その観察者の頭部アバタをカメラ位置に AR (augmented reality) 提示することで, 現地作業者は観察者の顔を見て対話することが可能となる. 現地作業者は, MR グラスを装着するか, smart phone を TwinCam カメラに向けるとその位置に AR で観察者の 3D リアルアバタを見ることができる. 共有仮想物体を現地空間に提示することで, 空間の位置や形状の確認や指示を行うことができる.

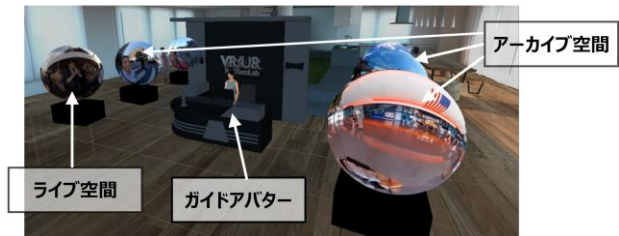


図4: Tele-XR Portal の空間

4. システムの機能の実証実験

4.1 多人数視点共有の検証

81 台の PC または Smart phone が共有 VR 空間に同時に参加した場合のシステムの機能の一部を確認した. 参加者は, 学内 (都立大学) の 1 つの講義室の無線 LAN アクセスポイントに同時接続している条件で, 視野映像の中央 (視線方向と見做す) を, 変動するターゲットに合わせて追跡するタスクを行わせた. その際, 他者の視線を表す赤い点を視野に描画する設定とした. 図 5 は, 黄色の円盤ターゲットを追跡中の画像である. 通信条件が悪いため, フレームレートが低く, 精度の高い追跡は困難であったが, 目標に従って視線位置 (PC ではスクロールによる中央配置. Smart phone では画面の向きによる中央配置) の追跡が行われていることが確認できた.

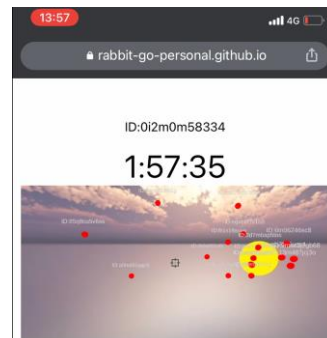


図5: VR空間の参加者の視点の共有

4.2 国際ライブ映像伝送の検証

クラウドサーバを利用した遠距離の映像転送の実証として、ニューヨークのライブ映像を日野市で受信した際の映像とデータを図 6 に示す。World Trade Center 駅の下で 5G wifi ルータを THETA カメラに各 1 台割り当てて、両眼映像を送信した。電波条件の変動に依存するが、この時点では右のグラフに見られるように 4K 映像, 30 fps での受信が可能となっている。

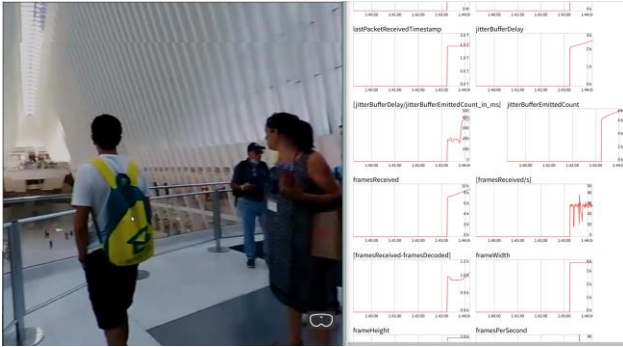


図6: World Trade Center 駅の Oculus からの映像受信



図7: 手持ち TwinCam ユニット(左)と送信現場の状況(右)

図 7 左は、アバターロボットの代わりに現地担当者が手持ちで TwinCam カメラを移動するための撮影ユニットである。下部のケース内に画像送信制御コンピュータ(Nvidia NX)を 2 台内蔵し、下部にバッテリーが装着されている。2 台の 5G ルータはバックパックに収納した。東京の観察者が HMD で見まわしを行うと、THETA カメラ下部のモータにより視差が対応する位置まで回転する。図 7 右は現場での映像送信状況である。

図 8 は、屋外（ブルックリン橋 Park Pier 1）からの映像受信実験の際の記録映像である。HMD (Quest 2)を装着した東京の観察者に、現場から音声で観察方向(左右, 正面)を指示すると即座に TwinCam ユニットが回転運動を行うことが確認され、遅延は全く感じられなかった。なお、図 8 の映像中に浮かぶボタンは、観察者が映像ソースを変更して、どちらかのカメラの映像による単眼視または両眼視を選択できる開発用の機能である。



図8: Brooklyn Bridge Park Pier1 からの受信映像

5. おわりに

本論文では、遠隔のアバターロボットを操縦してライブ立体映像を取得する機能、現地の作業者がカメラを移動してコミュニケーションを図りながら現場映像を送信する機能、さらに過去に記録した映像を送信する機能を内蔵し、多数の参加者が実世界空間の共有体験を得ることが可能な XR メタバースシステムの構成を示した。部分機能の実証として、多人数の視線を共有表示すること、ニューヨークの各地の映像をライブ送信することを行い、基本機能が実現できていることを確認した。

今後は、さらにシステムの通信状態等の特性データを計測すると同時に、ユーザ・エクスペリエンスの評価を行う予定である。

謝辞 本研究は、総務省 SCOPE #191603003, 科研費 18H04118, 21K19785, 18H03283 および都立大学 local-5G プロジェクトの支援により実施された。ここに謝意を表す。

参考文献

- [1] 池井, 田代: 特許 67521425. US Patent 11006028.
- [2] Kento Tashiro, Toi Fujie, Yasushi Ikei, Tomohiro Amemiya, Koichi Hirota, and Michiteru Kitazaki: TwinCam: Omnidirectional Stereoscopic Live Viewing Camera Reducing Motion Blur during Head Rotation. In Proceedings of SIGGRAPH '17 Emerging Technologies, Los Angeles, CA, USA, July 30 -August 03, 2017.
- [3] Yusuke Kikuchi, Yukiya Ojima, Ryoto Kato, Minori Unno, Vibol Yem, Yukie Nagai, Yasushi Ikei, Dual Robot Avatar: Real-time Multispace Experience Using Telepresence Robots and Walk Sensation Feedback Including Viewpoint Sharing for Immersive Virtual Tours, ACM Siggraph 2022, Emerging Technologies, 8-11 Aug. 2022, Vancouver.
- [4] 小島優希也, 菊地勇輔, ヤエム ヴィボル, 池井 寧, テレプレゼンスロボットと歩行感覚フィードバックを用いたリアルタイムマルチ空間の体験, 第 27 回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2022.

