

# XR による遠隔コミュニケーションのための 映像共有手法に関する研究

菊地勇輔<sup>1)</sup>, 長井超慧<sup>1)</sup>, ヤエム ヴィボル<sup>1)</sup>, 池井 寧<sup>2)</sup>

1) 東京都立大学 (〒191-0065 東京都日野市旭が丘 6-6, kikuchi@vr.sd.tmu.ac.jp)

2) 東京大学 (〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1, ikei@vr.u-tokyo.ac.jp)

**概要:** 本研究では、遠隔地に臨場感高く参加し共同作業を行うための全方位ライブ立体視および多人数単眼視共有映像の提示を可能とする遠隔 XR アバターロボットシステムを開発している。本稿ではシステムの構成、共有遠隔 3D 空間の知覚精度、および Tele-XR システム機能の予備実証について述べる。

**キーワード:** XR, 遠隔対話, アバターロボット, リアルタイム全方位 4K 立体視, 多人数視点共有

## 1. はじめに

近年、TV 会議システムで遠隔にいる人物と話すことは一般的となったが、同じ空間を共有しているという臨場感とは十分とはいえない。また、建築物、機械構造、屋外など 3D 空間の特性情報が重要な場合には特に問題がある。

本稿では遠隔地であっても同じ空間で共同作業をできると感じられるコミュニケーションを可能にする Tele-XR (cross reality) システムへの試作について述べる。

## 2. 遠隔対話支援システム (Tele-XR) の構成

### 2.1 移動型カメラシステム

これまでの研究で全天球カメラ (THETA, Ricoh Co., Ltd.) を 2 台用いた全方位ライブ 4K 立体視テレプレゼンシステム (TwinCam[1]) を構築した [2]。これは世界座標系でカメラレンズの方位を一定に固定することにより、頭部回転時の運動ブラーや見かけの遅延がなく VR 酔いを軽減することを可能とする。また、正しい両眼視差を伴った 4K 3D 映像を伝送することが可能となっている。

### 2.2 リアルタイム両眼立体視・単眼視映像配信システム

上記の研究では 1 対 1 のコミュニケーションを対象としたシステムを構築した [3]。つまり、遠隔地をライブ立体視できるのは 1 名の体験者であった。本研究では、1 対多の配信を行うことで、1 名の立体視体験者と異なる方位を見る多数 (サーバ性能に依存<sup>1)</sup>) の単眼視体験者が、同じ視点 (同じカメラ映像) を共有することが可能となっている。これは、実世界でのカメラの数を削減でき、かつ同一視点に立った対話ができる利点がある。

システムの構成を図 1 に示す。現場のアバターロボットに搭載された TwinCam の映像 (4K x2) は、WebRTC のサーバに 5G/WiFi 経由で送信される。サーバは Selective Forwarding Unit(SFU) として 1 対多の配信を行う。両眼立体視を行う 1 名の観察者は、その頭部回転情報をアバター

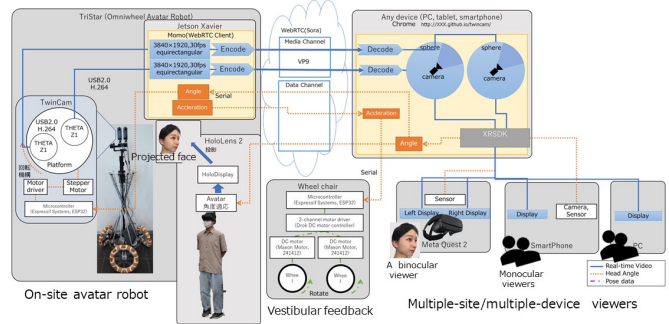


図 1: Tele-XR システム全体構成

ロボットに転送し TwinCam カメラを回転する。他の観察者は、同じ方向を見るときは両眼立体視であるが、他の方向を見るときは単眼視映像に切り替わる。

観察者側のインターフェースはブラウザで HMD を利用可能にする WebXR を利用した。Quest2 などの HMD, iPhone, Android のスマートフォン, PC によってアバターロボットのカメラの視点を共有することが可能となっている。立体視をしている 1 名の観察者は、前庭感覚ディスプレイに着座することでカメラの運動を身体刺激で受けることができる。

### 2.3 アバタ, 共有仮想物体, XR ポータル

HMD を装着し立体視をする観察者は、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 グラスを装着してカメラ位置に観察者の 3D リアルアバタを見る。同時に共有仮想物体も現地空間に提示でき、3D 空間で確認や指示を行うことができる。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に接続される。

<sup>1</sup>現在の単一マシン構成で約 22 人

### 3. 対話者のリアリティと共有物体知覚の評価

XR 提示された観察者アバターのリアリティと共有物体の知覚精度を検証した。実験参加者は大学(院)生 9 名で平均年齢は 23.2 歳である。紙面制約のため知覚精度の結果を示す。

#### 3.1 手法

実験参加者は、全天周カメラからの視野または MR グラスでカメラ近傍に提示される 2 つの仮想物体の位置関係を視認して回答する。視認条件は 3 水準で、HMD による 3 D カメラ映像空間内の仮想物体、MR グラスでカメラ近傍の実空間に 3 D で AR 提示される仮想物体、カメラ映像を単眼視で提示する平面ディスプレイの中の仮想物体 (図 3) である。仮想物体は、板状番号シート (図 2) とその近傍に置かれる 3 D 矢印である。3D 矢印はシート上方 100 mm から、60 度または 90 度の角度でいずれかの番号を指示する (2 水準の指示角度)。実験参加者はその番号を回答する。



図 2: 3D 番号シートと 3D 矢印 (仮想物体)

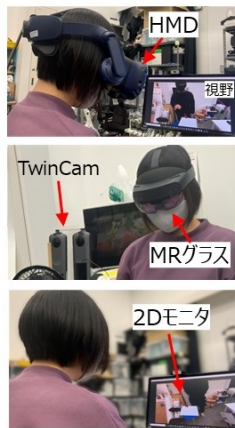


図 3: 視認条件 (3 水準)

#### 3.2 実験結果

実験結果の図 4 より、横方向の矢印の読み取り誤差は矢印の角度に傾斜がつくと大きくなる。HMD で 3 D 矢印の立体形状が正確に知覚されると誤差が小さい。2D フラットディスプレイの条件は通常の TV 会議の場合であるが、3D 空間の把握は行いにくい。

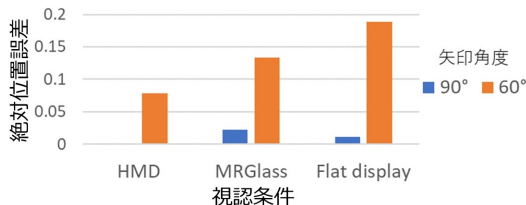


図 4: 横方向視認誤差

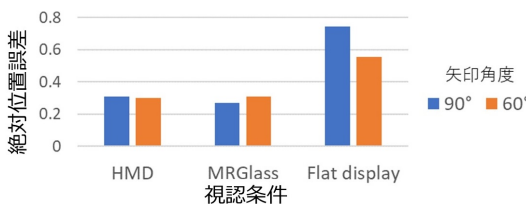


図 5: 奥行方向視認誤差

図 5 は奥行方向の誤差を示す。奥行き方向誤差は、2D フラットディスプレイの場合が大きく、3D の HMD, MR グラスでは同程度に小さくなっている。3D 矢印が立体に見えることで奥行き知覚が正確になっていることが現れている。実験参加者には、頭部位置を自由に変えて確認することを許可していたため、運動視差も利用して矢印の方向を立体的に視認することが可能であった。

### 4. Tele-XR システム機能の予備実証

本 Tele-XR システムの機能と Local 5G を利用した予備デモンストレーションを行った。開発中のアバターロボットの一部を図 6 に示す。図 7 は、移動型カメラシステム、リアルタイム単眼映像配信システム、5G 通信ルータを搭載した 4 足歩行ロボットとその映像である。映像は 5G の速度によるが 4K サイズである。歩行ロボットは遠隔の凹凸のある路面でも走行でき、遠隔体験の領域を拡大することが可能となる。



図 6: 開発中のアバターロボット群の一部

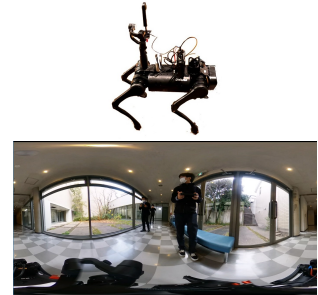


図 7: カメラ搭載歩行ロボットと配信映像

### 5. おわりに

本研究の Tele-XR システムでは、実世界のアバターロボット搭載の 2 眼全天球カメラからのリアルタイム全方位立体視映像を 1 名の遠隔体験者に提示し、それと同一の全方位映像を複数人に単眼視で提示することが可能である。遠隔実空間に VR と MR で提示される同一の仮想物体を共有した対話を実現し、立体視による視認誤差低減を実証した。

謝辞 辞本研究は、総務省 SCOPE(191603003)、JSPS 科研費 (JP18H04118、18H03283)、SCAT、JKA などの支援により実施された。ここに謝意を表する。

#### 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: Omni-directional 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] Yasushi Ikei, Vibol Yem, Kento Tashiro, Toi Fujie, Tomohiro Amemiya, Michiteru Kitazaki: Live Stereoscopic 3D Image With Constant Capture Direction of 360 Cameras for High-Quality Visual Telepresence, IEEE Virtual Reality and 3D User Interfaces 2019, pp. 431-439, 2019.