



HMD 視点映像のプロジェクト投影による VR 体験共有 において共同注意を促す手法の提案

A Method for Promoting Joint Attention During Shared VR Experiences via a Projection of HMD User's View

新道明吉¹⁾, 福島政期²⁾, ハウタサーリ アリ³⁾, 苗村健³⁾

Akiyoshi SHINDO, Shogo FUKUSHIMA, Ari HAUTASAARI, and Takeshi NAEMURA

1) 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, ashin@nae-lab.org)

2) 九州大学 大学院システム情報科学研究所 (〒 819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744, shogo@ait.kyushu-u.ac.jp)

3) 東京大学大学院 情報学環 (〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1, {ari, naemura}@nae-lab.org)

概要: HMD 単体では, 付近にいる HMD 非装着者との VR 体験の共有が難しい. 既存手法では HMD に 프로젝터를載せ, 視点映像を頭部の動きに合わせて投影する方法があり, 非装着者は VR 映像を把握できるようになった. しかし, 装着者は現実世界の状況が視認できないため, 非装着者が映像を注視して一緒に体験に参加しているか把握できない. 本研究では非装着者の VR 映像への注視を感じられる VR 体験共有手法を提案する.

キーワード: HMD, コミュニケーション, 映像表現, Joint Attention

1. はじめに

Head Mounted Display (HMD) 単体で VR 体験を行う際に, テレビモニターで動画を見たり, ゲームをしたりする場合とは異なり, 周囲にいる HMD 非装着者たちからは装着者がどのような VR 体験をしているのか様子が見えず, 装着者も周囲の現実世界の状況が見えないため, 複数人での VR 体験が実現できない.

一般的な解決策として, テレビモニターに HMD 装着者が見ている映像をそのまま映す共有方法がある. この方法では非装着者はただ固定された平面映像を受動的に見るだけになってしまい, 没入感が低い体験になる. このデメリットを解決した手法として, 非装着者も装着者と同じように身体を動かしてバーチャル世界を眺められるよう, HMD 上に 프로젝터를載せることで, 視点映像が装着者の頭の向きに合わせて動くという CoVR システム (図 1) がある [1, 2]. しかし, このシステムでは装着者から見て, 周囲の非装着者たちがそもそも映像に注目しているか, VR 体験に参加してくれているかが把握できないという課題がまだある.

周囲の非装着者たちが映像を見て一緒に体験していることを装着者が把握できるようにするために, 本研究では CoVR システムにおいて HMD の映像表現を複数提案し, それらが装着者に与える影響を比較する実験計画を報告する.

2. 関連研究

複数人での VR 体験の共有において, 本稿では以下の 3 つの要素を定義する.

- 非装着者の Physical Engagement

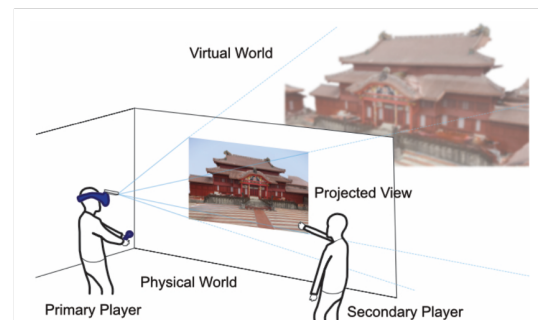


図 1: CoVR のシステム概要 [2]

- 参加者の Shared Gaze
- 参加者の Joint Attention

Physical Engagement とは身体の動きを伴うことである. 一般に HMD 装着者が VR コンテンツを遊ぶ際に, 「まるでその空間の中にいる」という感覚を感じることができ, また空間内において, 何か行動をする際には身体の動きを利用してバーチャル空間に対してインタラクションを行うことになる. つまり, 人間が現実空間において行う動作をそのまま反映していると言える. そのため, 非装着者にとっても身体的な動きを伴う方がより VR 体験を感じ取ることができるという.

Shared Gaze と Joint Attention はスムーズなコミュニケーションを取るために重要な概念になる [3]. Shared Gaze は集団が共通のものに注目している状態を指し, 会話の意図を掴みやすくなる. Joint Attention は相手の注目している対象が認識できる状態を指し, 会話時の安心感を与える.

例えば、「あのビルとても大きいね」という会話が合った場合に話し相手が同じビルに注目している Shared Gaze の状態であれば、話し相手はどのビルを指しているのか把握しているため、会話の意図が掴みやすく、スムーズなコミュニケーションが可能になる。一方、Joint Attention の状態は話し相手の注目が意図するビルに注目していること、すなわち話し相手に行う会話がしっかり伝わっているという安心感を話し手が得られる状態である [3]。

VR の体験共有という本文脈では、Shared Gaze はバーチャル空間内で共通のバーチャルオブジェクトに注目しているという意味で用いる。また、Joint Attention についても装着者がバーチャル空間のどこに注目しているのか、そして現実にいる非装着者がそもそもバーチャル空間に注目しているのか把握できている状態を表すこととする。バーチャル空間と現実空間にいる人の Joint Attention が成立することで、装着者にとっては周囲の人が自身が体験しているバーチャル世界に関心を持っていると感じ取ることができるといえる。逆に Joint Attention が成立しない場合は、例えば複数人でバーチャル観光を行う際に、装着者が、周囲の人が映像に注目して話を聞いている前提で観光物に関する説明をしているつもりでも、実際には注目していない可能性があるが、装着者には把握できないため、そのまま説明し続けてしまい、コミュニケーションの空振りが発生するという問題がある。また、仮に周囲の人が映像に注目してくれていても、説明している装着者は周囲の人が本当に見たり聞いたりしてくれているのか確信が持てないという不安を持ってしまうことも考えられる。

2.1 複数の HMD を用いる VR 体験共有

複数人で VR 体験をする上で単純な解決策は、HMD を複数用意して周囲の人も一緒に HMD を装着してバーチャル世界に入る方法である。この方法では全員が没入感の高い VR 体験を行うことが可能であり、能動的にバーチャル世界を探索できるという利点がある。しかし、その自由度の高さゆえに、Shared Gaze の状態にするのが難しい。

2.2 CoVR

CoVR システム [1, 2] は Physical Engagement と Shared Gaze の両方を満たす手法である。CoVR は図 1 のように HMD の頭部に載せたプロジェクタから、HMD 装着者が見ている映像を映し出すという手法であり、装着者の視点、つまり、頭の動きに合わせてプロジェクタ投影映像と一緒に動く仕組みになっている。この手法の利点はまず装着者の視点映像を投影しているため、装着者が注目しているものが周囲の人に伝わりやすく、また周囲の人も同じバーチャル世界の映像に注目できているため、Shared Gaze が成立している。また、装着者がバーチャル世界での右の方向を向く時、プロジェクタの映像も右に動くため、周囲の非装着者たちも装着者と一緒に首を右を向ける行為を行い、Physical Engagement も発生した体験となる。

しかし、この CoVR 手法は Joint Attention の要素がまだ足りないと考えている。非装着者の体験を重視した手法

であるが、装着者に向けてはまだ十分に考慮していない。つまり、この手法において装着者は、周囲にいる非装着者が一緒に同じ映像を見て、体験に参加しているのか常には把握できないと考えている。

そのため、本研究では CoVR システムに対して HMD の表現を工夫することで、非装着者たちが映像に注目していることを装着者が把握できる Joint Attention の要素を加える手法を提案する。

3. 提案システム

提案で解決したいことは既存の CoVR システム [1] に HMD 装着者がリアルタイムで周囲にいる人のプロジェクタ映像への注目を認識できる (Joint Attention が成立している) ことで、これを実現するために以下の 2 つのステップがある。

- 周囲の人の注目をどうセンシングするか
- センシング結果をどう装着者に提示するか

3.1 センシング方法

プロジェクタ映像に注目しているということは、積極的に装着者の VR 体験に関与していることを表すため、その積極性を生かすことを考える。本研究では非装着者になるべく VR 体験に関与できるようにするためにも、1 人 1 台コントローラを持ってもらい、それをプロジェクタ投影された映像の範囲に向けることで映像に注目している判定を行い、装着者にフィードバックすることを考える (図 2)。カメラなどを用いて撮影された映像から周囲の非装着者たちの視線を分析するという手法も考えられるが、非装着者は VR 体験に関して受動的になってしまい、目的にそぐわないため、採用しないことにする。CoVR システムの特徴上、プロジェクタ投影映像は装着者が見ている方向によって、投影場所が変化するため、もし周囲の人が映像に注目していれば投影場所の変化に気づいて、それに合わせてコントローラを動かしたりすることができ、逆に映像に注目していない人は投影場所の動きに気づかないため、周囲の映像への注目状態をセンシングできると考えている。実装について、コントローラの向きに関してはトラッキング装置によってバーチャル空間内での位置と向きが取得できるようになっているため、バーチャル空間内のコントローラの指す先がバーチャル空間内で実際にプロジェクタで投影している範囲に入っているかどうかを判定することができるようになっている。

3.2 装着者への表示方法

コントローラをプロジェクタ投影映像の範囲に向けているという非装着者たちの情報は HMD 映像上に表示することを考え、その上でも 2 つのコンセプトをもとに提案する。なお、プロジェクタ映像も HMD と同じ映像が映るため、同じ表現がかかっているものとする。1 つ目の表現は図 3 のように、画面の端に情報として表示する表現手法 (表現 A とする) であり、表示する情報の中身は、現在コントローラを投影映像の範囲に向けている人数 (正確にはコン

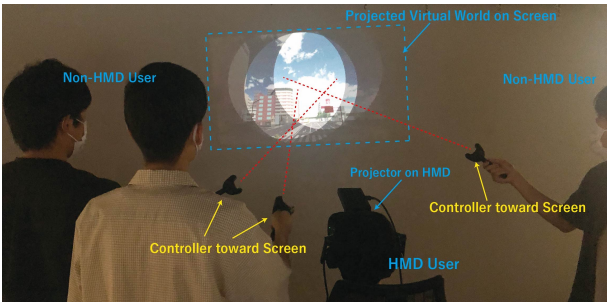


図 2: 3.2 節の表現 B を用いた時の提案システムの風景

表 1: 提案する 2 つの表現の特徴

	注目人数	注目場所	映像の見やすさ
表現 A	○	×	○
表現 B	○	○	×

トローラの数)である。この人数はリアルタイムで更新される。2つ目は図4のように映像全体にエフェクトをかけている状態がデフォルトにあり、コントローラを向けると、コントローラの先の位置から一定の大きさの円の分だけ、映像上のエフェクトが解消され、人数が増えるごとに解消度合いが増えていき、周囲の非装着者たち全員が同じ箇所に向けると元のエフェクトがない映像が映るようになっていく。この表現手法は非装着者たちがHMDの画面を作り上げていくというコンセプトで設計しており、非装着者たちがコントローラを向けないと映像が見づらくすることで、自然とコントローラを向ける動作を促すことを狙いとしている。また、コントローラを向けることで円の存在から装着者も周囲の非装着者たちの体験への関与を感じられるようになっていると考えられる。この2つの表現手法の特徴を表1に示す。どちらの表現もプロジェクタ映像に注目している人数は把握できるものとなっている。表現Aは映像のどこに注目しているかは読み取れないが、映像の端に情報を載せている関係で、映像は大きく障害しないという特徴がある。一方で表現Bは注目している場所は把握できるが、映像はエフェクトをかけている関係上、見づらくなっている。ただ、表現Bはあえて映像を見づらくすることで非装着者たちがコントローラを向けることを促している。

4. 実験計画

前章で取り上げた2つの表現手法を適用した場合に、どちらがよりJoint Attentionの成立を促すことができたのか比較実験を行う。装着者と複数人の非装着者から構成される実験を行うが、実験の統制をとるために片方を実験の目的や内容を把握していない実験参加者とし、もう片方を統制をとるために実験の内容を把握している協力者として、2種類の実験を行うこととする。以降では装着者を実験参加者とした場合に関する実験計画を述べる。非装着者たちを実験参加者とする実験については今後の課題とする。



図 3: 表現 A (3 人がコントローラを向けている場合)



図 4: 表現 B (周囲には全部で 3 人いて、3 人全員がコントローラを向けている場合)

4.1 実験概要と評価方法

装着者の実験では、同じ実験参加者に、提案する2種類のHMD表現をそれぞれ体験してもらう。各実験後、

- 装着者が周囲にいる非装着者たちとコミュニケーションができている感覚
- 非装着者たちが体験に関与してくれている感覚

の項目を評価するためにいくつかの質問項目を用意し、リッカート尺度などの数値で回答するアンケートを行う。具体的な質問項目は今後の課題とする。各参加者について2つの表現手法を体験してもらうため、アンケートの回答結果から対応のある検定を行い、有意差があるかを分析する。

4.2 実験の流れ (計画段階)

HMD装着者が1人、非装着者が3人の合わせて4人でバーチャル観光ツアーを行ってもらおう。装着者がバーチャル内を移動し、非装着者はHMD上のプロジェクタ投影映像を見て参加する。今回行う予定の実験は装着者に関する検証なので、実験参加者は装着者のみで、非装着者の3人に関しては実験目的や内容を把握している協力者が担当する。ただし、実験参加者(装着者)には、非装着者が実験内容を把握していることは伝えない。装着者の役割は、HMDを装着してもらい、バーチャル内の決められたコースに従って、VIVEコントローラを用いて移動しながら、周囲の人に向けてバーチャル内の様子を実況を行うことである。ツアー実況の目的や動機を装着者に与えるために、非装着者がツアー終了後に観光ツアーの印象を測るために確認クイズを行うことを装着者に伝える。確認クイズでは、図5のような画像を並べて、ツアー中に見覚えのある建物やオブジェクトを数ある画像の中からすべて選んでもらう(選択肢には



図 5: 参加者に事に見せるツアー実況の参考画像

ツアー中に出てこないダミー画像も含まれると伝える) という形式をとり、この確認サイズのサンプルを事前に見せておくことで、特徴のある建物やオブジェクトを中心に実況すればよいという方針を与える。

この実験タスクを表現 A と表現 B で 2 回行うため、それにあわせて 2 種類の観光ツアーのコースが必要になる。観光ツアーを行う街の 3D モデルは ZENRIN 社が提供するフリーアセットを利用して作成した [4]。練習用コースも含めて 3 つのコースを作成している。順序効果を考慮して、提案表現の 2 通りと、実際に実況する観光ツアーのコース 2 通りを掛けた 4 通りの組合せについて実験を行うとする。最初にコースの移動や実況ツアーの練習、2 つの表現手法について試してもらうための練習時間を設ける。各実験タスク終了後にアンケートに回答してもらう。

非装着者に関する実験中のふるまいに関しては、表現 A では常にプロジェクタ映像を追いかけるようにコントローラを向けてもらうよう指示する。装着者が急に首を振ってプロジェクタの位置が急激に変化する場合、わずかな時間だけ数字が減ってしまうことがあるが、その場合は仕方がないため、なるべくすぐプロジェクタ映像を追いかけるように指示する。表現 B に関しては、表現 A と同様にプロジェクタ映像を追いかけてもらうが、なるべく中心に向けるように指示する。そして、装着者から向けてほしい場所の指示があった場合は従うように伝える。

4.3 実験デザインのパラメータ設計

今回行う実験タスクではなるべく両ツアーコースの差による実験への影響を最小限に抑えるために、移動コースにおける、スタートからゴールまでの距離、左に曲がる回数、右に曲がる回数、実況における特徴的な建物やオブジェクトの数をなるべくそろえるように設計している。まず、コース上では左に曲がる回数と右に曲がる回数はそれぞれ 3 回ずつで統一している。U ターンや斜めに曲がる道はコース上にはない。スタートからゴールまでの距離についてもなるべく等しくなるように設計した。バーチャル内の移動では、コントローラのボタンを 1 回押すごとに一步移動する仕組みにしているため、ゴールに着くまでに押したボタン回数を 2 つのコース (コース A, コース B とする) で 5 回ずつ交互に測定し比較した。2 名の方に協力してもらい、測定したところ、1 人目はコース A に関して平均が 565.0 回、

コース B が 563.4 回、2 人目は両コースでどちらも 566.8 回となった。特徴的なオブジェクトの数に関しては、参加者に事前に見せる実況の参考画像の枚数を統一させる。

次に、提案する 2 つの表現手法について、まず表現 A では、数字の位置、大きさ、文字色のパラメータがある。テレビのニュースを参考に、時刻が左上表記になっていたため、本手法でも左上に設計した。また、数字が見やすいかつ、コンテンツを大きく阻害しないことを考えて本システムで実験してみた結果、図 3 のような大きさと赤色の文字に設計した。表現 B では、初期状態の暗さとコントローラを向けた際の明るくなる円の大きさのパラメータがある。初期状態の暗さについては、完全に真っ暗の状態では、ツアー実況を行う上で、街の構造が把握しづらいことから、周囲の非装着者に見てほしい場所を指示するためのきっかけが失われてしまうため、景色と看板等の文字が少しだけ見えるように設計する。明るくなる円の大きさについては、体験を大きく阻害しないことと円の位置がわかることのバランスを考慮して設計する。

5. 結論と今後の課題

本研究では、既存の CoVR システムで装着者に対して非装着者たちの状況を常に示すために、HMD 映像上に黒いエフェクトをかけ、周囲の非装着者たちがコントローラをプロジェクタ映像に向けることで元の明るさの映像に近づくという表現と、コントローラを向けている人数を数字で HMD 上に表示させる表現手法を提案した。そしてこの 2 つの表現手法に関して、どちらが Joint Attention の要素をより満たせたかを調べるための実験方法についても計画している。今後は質問項目を定め、実際にこの実験方法に従って実験を行い、効果を検証する。そして非装着者たちに関する実験についても計画し、Joint Attention を促せたか調べる。

参考文献

- [1] I. Kamei, C. Han, T. Hiraki, S. Fukushima and T. Naemura: “CoVR: Co-located Virtual Reality Experience Sharing for Facilitating Joint Attention via Projected View of HMD Users”, SIGGRAPH Asia 2020 Emerging Technologies, pp. 1–2, 2020.
- [2] 亀井郁夫, 韓燦教, 平木剛史, 福嶋政期, 苗村健: HMD 視点映像のプロジェクタ投影による VR 体験の共有, 日本バーチャルリアリティ学会第 25 回大会論文集, pp. 1–4, 2020.
- [3] S. W. Nowell, L. R. Watson, R. A. Faldowski and G. T. Baranek: “An Initial Psychometric Evaluation of The Joint Attention Protocol”, Journal of Autism and Developmental Disorders, Vol. 48, No. 6, pp. 1932–1944, 2018.
- [4] ZENRIN 社: <https://www.zenrin.co.jp/contents/product/service/3d/asset/index.html>, 最終アクセス: 2022-7-18.