

体験共有における投射について

Projection in Experience Sharing

大山英明^{*1}
Eimei Oyama

床井浩平^{*2}
Kohei Tokoi

城間直司^{*3}
Naoji Shiroma

^{*1} 産総研
AIST

^{*2} 和歌山大学
Wakayama University

^{*3} 茨城大学
Ibaraki University

中村壮亮^{*4}
Sousuke Nakamura

米村朋子^{*5}
Tomoko Yonemura

鈴木夏夫・大森隆司・岡田浩之^{*3}
Natsuo Suzuki, Takashi Omori & Hiroyuki Okada

^{*4} 法政大学
Hosei University

^{*5} 明海大学
Meikai University

^{*6} 玉川大学
Tamagawa University

It is possible to share experiences of other person by reproducing the sensory information of the person in the same posture as the person experienced. We will introduce ‘Experience Sharing System,’ by which we can share the other person’s experiences, describe various ‘projections’ in experience sharing, and report preliminary evaluation experiment of experience sharing system.

1. はじめに

ウェアラブル技術、ユビキタス技術の進展により、人が見たり、聞いたりしている視覚・聴覚情報を記録・配信することが、可能になりつつある。小説、コミック、テレビ、映画等のメディア作品の相当の部分を、様々な体験を読者・視聴者に追体験させる作品が占めているが、VR/テレイグジスタンス技術の進展に伴って、より高い臨場感を持って、様々な体験の追体験が可能になりつつある。

現実には様々な経験を体験している人(実体験者)が、ヘッドマウントディスプレイやウェアラブルマイクホン(アレイ)等のセンサによって、その感覚情報を記録・送信し、それを、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)やヘッドホン等の感覚情報再生デバイスを装着した人(追体験者)が、体験者が体験した状態(体勢)で、再生することによって、実体験者の経験を仮想的に追体験できる。これは、JST CREST「パラサイトヒューマンネットによる五感情報通信・環境センシング・行動誘導」(FY2007-2012)において、前田らにより作業訓練用に提案された技術[Maeda 2011]であるが、HTC Vive や Oculus Rift CV1 を始めとして、広視野・高解像度の HMD が本格的に普及すれば、臨場感の高いメディアとして、爆発的に普及する可能性がある。これを、我々は体験共有システムと呼んでいる。暦本らの Jack In Head[Kasahara 2014]や、南澤らや株式会社アシックスによる東京マラソンの疑似体験の提供[ASICS 2016]を始めとして、体験共有技術について、活発に研究開発と応用が進められている。既に、HTC 社や Oculus 社他の商用 HMD には、様々な場所の 360 度動画画像を見ることが可能なアプリケーションが提供されており、疑似的な世界旅行が可能となっている。

文献[大山 2017a]において、テレイグジスタンス[Tachi 2015][館 2015]や遠隔行動誘導[Oyama 2016]における投射・異投射[鈴木 2016]について述べた。本発表では、体験共有シ

テムについて紹介し、体験共有における、追体験者の手から HMD 画像上の実体験者の手や追体験者の手の CG への投射・異投射について述べる。さらに、体験共有における投射・異投射について本格的実験を行うための、体験共有システム試作機を用いた準備的な評価実験の結果を報告する。

2. 体験共有技術

2.1 体験共有の概念

時間的・空間的に遠隔地にいる実体験者の体験を、追体験者が、臨場感を持って追体験するためには、まず、実体験者の体験時の感覚情報を記録・配信する必要がある。全ての感覚情報を記録・配信することが、理想ではあるが、再生技術の普及状況の観点から、短期的には、視覚情報と聴覚情報、並びに、視覚センサと聴覚センサの位置・姿勢情報の記録が重要となる。図1に示すように、ウェアラブル(ステレオ/マルチ)カメラによって撮影された、体験者の見ている映像に近い映像を、追体験者の HMD に送って、再生し、ウェアラブルマイクホンアレイによって記録された、体験者の聞いている音に近い音を、ヘッドホンに送って、再生することにより、追体験者は実体験者の体験を、高い臨場感で追体験可能である。図1に、体験共有の概念図を示す。

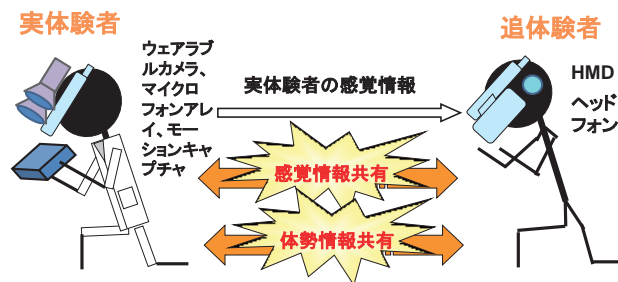


図1 体験共有の概念図

連絡先: 大山英明, 産業技術総合研究所, 〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 つくば中央第二, 029-861-7298, 029-861-3388(FAX), eimei.oyama@aist.go.jp

体勢情報の共有は、主として視覚情報の共有により実現される。実体験者の視線方向は、視線方向を示す CG 図形をカメラ画像に AR 表示することにより提示し、それにより追体験者が実体験者の視線方向に追従する。実体験者の視線方向のカメラ画像に映っている身体の部位の状態や地面の状態から、模倣すべき体勢を推測し、それを体験者が真似る。実体験者のウェアラブルカメラに写らない身体情報については、ウェアラブルなモーションキャプチャ等を利用して取得し、後述する AR 表示により体勢情報の共有を図る。カメラ追体験者の HMD の視野に表示できない身体情報についても、AR 表示を利用する。

ただし、通常、追体験者は実体験者の頭部運動に十分高速・高精度に追従できるわけでは無く、追体験者の頭部姿勢と実体験者のカメラ画像との間に不整合が発生し、これは VR 酔いを発生させることが多い。また、常時追従することは疲労を伴う。画像安定化技術を利用した視覚情報の非同期共有技術 [Shiroma 2010][Kondo 2011]により、これらの悪影響を低減可能である。

2.2 体験共有のための AR 表示

特に全周囲カメラを利用した場合に顕著であるが、追体験者が実体験者の視線方向をカメラ画像から把握するのは容易では無い。カメラ画像に視線方向の情報を付加することが不可欠である。体験共有のための AR 表示として、実体験者の視線方向を示す図形の表示が不可欠であり、その一例として、視線マーカーと呼ばれる実体験者の視線方向を示す CG 図形を表示する手法がある [Maeda 2011]。視線方向を示す矢印状の CG 図形でも提示可能である [Shiroma 2010]。また、カメラに映っていない、身体情報の提示技術として、実体験者の全身画像を提示する手法がある [Suzuki 2017][大山 2017b]。図 2 に体験共有のための AR 表示の一例を示す。

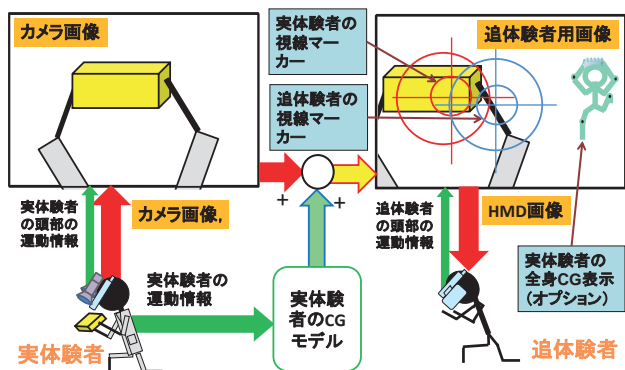


図 2 体験共有のための AR 表示

なお、遠隔行動誘導の技術を利用し、追体験者の CG 画像をカメラ画像に重畳表示する機能も容易に実現できる。追体験者の手の CG 画像があることで、より正確な模倣が可能と期待できるが、一方で、実体験者の注意が分散するため、臨場感に影響がある可能性がある。

3. 体験共有における投射・異投射

トレイグジスタンスや遠隔行動誘導と違って、体験共有の場合、HMD に表示される実体験者の身体は、追体験者の意図に従って動いてくれる分けでは無く、模倣する対象である。よって、トレイグジスタンスや遠隔行動誘導のように、追体験者の身体

が実体験者の身体に単純に投射・異投射されるわけではない。体験共有においては、追体験者が実体験者に「なりきり」、すなわち、追体験者が、実体験者の過去の動作から、将来の動作パターンを予測し、実体験者の映像と十分に同期して動作を行うことで、「身体感/身体所有感」が向上し、投射・異投射といえる関係が生じる可能性がある。

なお、追体験者の手の CG 画像を表示する機能を利用すると、実体験者の動作により正確に同期して動くことが可能となり、実体験者の手に対する追体験者の「身体所有感」の向上が期待される一方で、自分の意志に従って動作する CG の手があることで、自分の意志通りには動かない実体験者の手に対する「身体感/身体所有感」が低下し、結果として、追体験の臨場感を低下させることも予想される。これについては、5章の評価実験で検討を進める。

現時点で、体験共有においては、追体験者への触覚フィードバックは開発途上であるが、追体験者への触覚刺激のタイミングを変化させることで、「身体感/身体所有感」を変化させることが可能となる可能性がある。

4. 準備的な評価実験

近年普及した VR デバイスを用いて、体験共有システムを試作した。これを用いて、体験共有における臨場感について、準備的な評価実験を行った。

4.1 体験共有システム試作機

図 3 に、近年普及した VR デバイスを用いて試作した体験共有試作システムの構成の一例を示す。

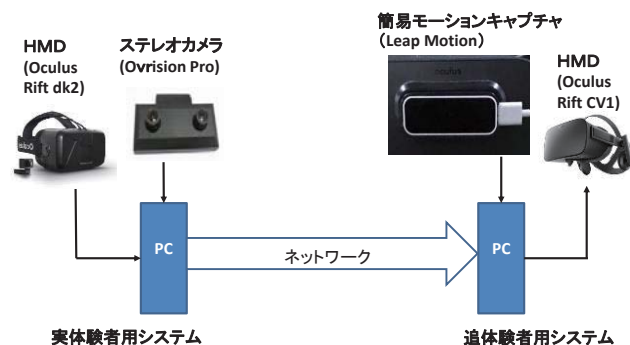


図 3 体験共有システム試作機のハードウェア構成

実体験者用 HMD は Oculus Rift dk2 で有り、追体験者用 HMD は Oculus Rift CV1 である。実体験者用 HMD はステレオカメラ Ovrvision Pro を搭載し、ステレオカメラ画像を取得して、ネットワークを通じて、追体験者用 PC に送信し、追体験者の HMD に表示することが可能である。同時に、HMD の姿勢を Oculus Rift dk2 の SDK を利用して取得し、追体験者用 PC に送る。実体験者の視線方向は、HMD の姿勢より近似的に計算する。追体験者の視線方向も、Oculus Rift CV1 の SDK を利用して取得した、追体験者の HMD の姿勢から近似的に計算する。追体験者用 HMD には、実体験者と追体験者の視線方向を示す円錐台状の視線マーカーをカメラ画像に表示可能であり、実体験者と追体験者で見る方向を同期させることが可能である。

図 2 にあるように、本来の体験共有システムでは、追体験者側の HMD に、追体験者の運動を計測するモーションキャプチャの搭載は必須ではないが、2.2 で述べたように、本試作システムでは、追体験者の HMD に、簡易な手のモーションキャプチャ

ャ Leap Motion を搭載し、それにより取得した追体験者の手の CG 画像を追体験者の HMD に AR 表示可能である。

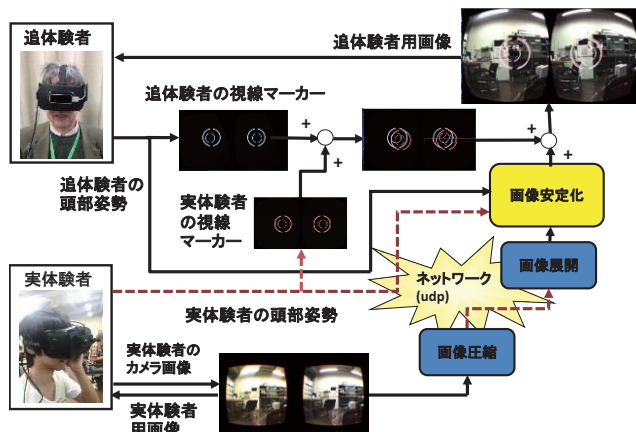


図4 体験共有システム試作機の情報処理

本試作システムのソフトウェアは、床井が中心となって開発している、テレグジスタンス型ロボット操縦/遠隔行動誘導/体験共有のための AR 表示のためのオープンソースソフトウェア「TED」[大山 2017][床井 2017]を用いて実現している。図4に体験共有システムの情報処理の概要を示す。



図5 体験共有における視線誘導の一例

図5に体験共有において、実体験者の視線を示す赤いマーカーに、追体験者の視線を示す青白いマーカーが追従している様子を示す。

図6に、体験共有システムによる体験共有の様子を示す。中央にあるパーティションを隔てて、右が実体験者で左が追体験者である。図3のシステムに加えて、実体験者は、ディスプレイとして片眼 HMD である VUFINE 社の VUFINE+ を装着して

おり、ヘルメット後方に装着した、外装を一部取り外した Oculus Rift dk2 は頭部姿勢センサとして利用している。

図7に Leap Motion を利用して生成した追体験者の手の CG 画像を実体験者のカメラ画像に重畳した AR 表示の一例を示す。

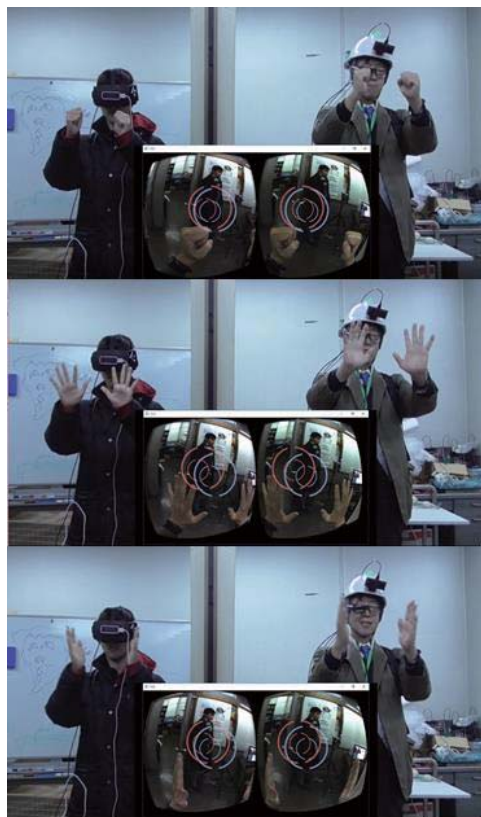


図6 体験共有の様子



図7 追体験者の手の CG 画像の重畳の様子

5. 準備的評価実験

体験共有システムは現時点でも開発中で有り、現状のシステムの提供する臨場感を評価するため、体験共有システム試作機の準備的な評価実験を行った。

体験として、二人組で行う少林寺拳法の約束練習を取り上げた。防御側が実体験者用システムを装着し、攻撃側の攻撃を受けて反撃する練習を繰り返す。防御側の体験を被験者が追体験した。防御側、攻撃側ともに、少林寺拳法の訓練を3年積み、3段の資格を取得している。

6人の被験者に以下の3つの条件で、少林寺拳法の約束練習を追体験してもらった。

【条件 1】ヘッドマウンテッドカメラで撮影した画像を固定ディスプレイで表示する。

【条件 2】(一般的な体験共有の条件)ヘッドマウンテッドカメラで撮影した画像を HMD で再生する。

【条件 3】ヘッドマウンテッドカメラで撮影した画像を HMD で再生するが、その時、追体験者の手の CG を重ねて表示する。

体験時間を一つの条件につき 1 分とし、約束練習の攻撃側と防御側には、前半 30 秒は簡単な単発の攻撃とそれに対する、単発の反撃を行ってもらい、後半 30 秒は連続した、複雑な攻撃とそれに対するより複雑な反撃をしてもらった。図 8 に体験共有システムを装着して、追体験している様子を示す。



図 8 実験の様子

各条件を体験する順番は、偏りが無いように、被験者毎に順繰りに変えている。各条件を体験する毎に、主観的臨場感と購買欲について、アンケートに回答してもらった。図 9 に、質問「臨場感」について、0(臨場感を感じない)から 100(現場にいるかのような臨場感を感じる)の間の数値で回答してもらった平均値(棒グラフ)と標準偏差(棒グラフ上端からの直線)を示す。

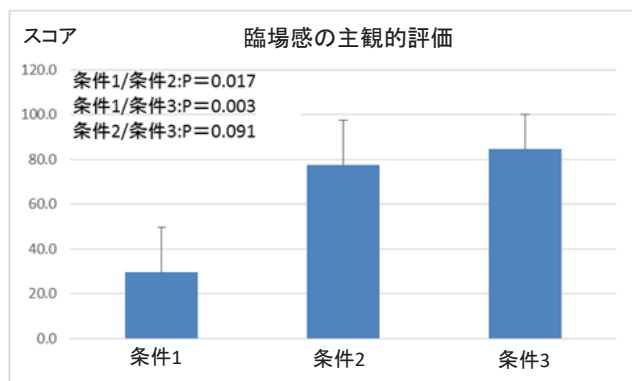


図 9 臨場感に関するアンケート結果

各条件の組に対して、等分散を仮定した両側 t 検定を行った。条件 1 と条件 2, 条件 1 と条件 3, 条件 2 と条件 3 について、それぞれの p 値は、0.017, 0.004, 0.091 であった。固定ディスプレイに対して、HMD を用いた体験共有システムの方が、有意に臨場感が高く($p=0.017, 0.004 < 0.05$), その優位性が確認できた。統計的有意差は確認できないが($p=0.091 > 0.05$), 追体験者の手の CG の AR 表示が、臨場感に貢献する可能性が示唆されている。その可能性の検証のため、アンケート項目をより詳細に設計し、被験者を増やし、より精度の高い評価実験を行う必要がある。

アンケートでは、視野の狭さや実体験者の動作が速く、追従が困難であったことが報告された。現在、より広視野のステレオカメラの利用を検討中である。

6. おわりに

本稿では、体験共有システムについて紹介し、体験共有時における投射・異投射について述べ、体験共有システムの準備的な評価実験について報告した。今回試作した体験共有システムは開発中で有り、より実用性を高めたシステムの開発を進めるとともに、プロジェクション科学の知見に基づいて、体験共有の評価を行う実験を進める予定である。

謝辞

実験に協力いただいた、東大少林寺拳法部、加藤 慎 正拳士と遠坂 優 正拳士に深謝いたします。

参考文献

- [ASICS 2016] ASICS Japan, 平成 28 年 2 月 24 日プレスリリース, ウェアラブルデバイスを用いた新たなスポーツ体験のシステムを公開, <https://corp.asics.com/jp/press/article/2016-02-24>, 2016.
- [Kasahara 2014] Shunichi Kasahara, et al., LiveSphere: Immersive Experience Sharing with 360 Degrees Head-mounted Cameras, Proc. of UIST2014, 2014.
- [Kondo 2011] Daisuke Kondo, et al., View Sharing System for Motion Transmission, in the 2nd Augmented Human International Conference (AH'11), 2011.
- [Maeda 2011] Taro Maeda, et al., Immersive Telecollaboration with Parasitic Humanoid: How to Assist Behavior Directly in Mutual Telepresence, ICAT 2011, Osaka, Nov. 30, 2011.
- [Oyama 2016] Eimei Oyama, et al., Behavior Navigation System for Harsh Environments, Advanced Robotics, Vol. 30, Issue 3, pp. 151-164, 2016.
- [大山 2017a] 大山英明, 他, プロジェクション工学からプロジェクション科学へ, JSAI2017, 2017.
- [大山 2017b] 大山英明, 他, TelExistence Display System (TED): テレイグジスタンス/遠隔行動誘導/体験共有のための AR 表示オープンソースソフトウェア, SI2017, 2017.
- [Shiroma 2010] Naoji Shiroma and Eimei Oyama, Asynchronous Visual Information Sharing System with Image Stabilization, Proc. of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) 2010, pp. 2501-2506, 2010.
- [鈴木 2016] 鈴木宏昭, プロジェクション科学の展望, 016 年度日本認知科学会第 33 回大会論文集, 2016.
- [Suzuki 2017] Yuuya Suzuki, et al., Omnidirectional Traveling Instruction for Behavior Navigation, Proc. of ICSR 2017, 2017.
- [Tachi 2015] Susumu Tachi, Telexistence, 2nd edition, World Scientific, 2015.
- [舘 2015] 舘 暉, テレイグジスタンス, 日本ロボット学会誌, Vol. 33, No. 4, pp. 215-221, 2015.
- [床井 2017] Kohei Tokoi, <https://github.com/tokoik/ted/>, 2017.