

ReplayExpo: VRのためのリプレイ鑑賞空間の構築

田川紘都^{†1} 橋本直^{†1}

VR体験の振り返りは、ユーザ視点のプレイ動画や体験風景を撮影した動画を見返す方法にとどまっている。我々は、VRにおいてより充実した振り返り体験を作ることを目的に、VRのリプレイ鑑賞のためのVR空間「ReplayExpo」を提案する。ReplayExpo内には、VRコンテンツの体験におけるハイライトシーンを時空間的に切り取ったものが複数展示される。鑑賞者は、自他の体験を行動情報の可視化を利用しながら三人称視点で観察することができる。本稿では、ReplayExpoの概要と実装方法を説明し、開発中のプロトタイプを用いて予備実験を行った結果について報告する。

1. はじめに

スポーツや観光のようなエンタテインメント体験では、体験中に撮影された写真や動画を使って体験後に振り返りが行われることがある。体験の振り返りには、体験中にはない気づきによって、学びを得たり面白く感じたりする効果がある。より良い振り返りのためには、より多くの気づきを得られる環境作りが重要である。

近年、VR機器の民生品が普及し始めており、医療や防災のシミュレーションをVRで行うことも一般的になってきている。今後は、VRにおいても振り返りを行うことが想定される。現在、VR体験における振り返りは、ユーザ視点のプレイ動画や体験風景を撮影した写真と動画を見返す方法にとどまっている。

体験の振り返りにおいては、主観視点だけで見返すより客観視点も含めて見ることでより多くの気づきを得られることが知られている。徳田ら[1]は、姿勢学習において、1人称視点での振り返りと3人称視点での振り返りを行った。その結果、3人称視点の方が学習中に正しく姿勢を確認できることが示唆された。VR体験の振り返りにおいても、3人称視点で見返すことが必要だろう。

体験中の記録をすべて提示することは、多くの情報を提供できる反面、ユーザの負担が高くなることが想定される。大西ら[2]は、長時間の映像を脈拍や音声を用いて要約した映像を提示することで、体験の全てを振り返るよりも、ユーザにかかる負担が低いことを示唆した。VR体験の振り返りにおいても、すべてを見返すのではなく、重要な部分だけを見返すことでユーザにかかる負担を減らすことができると考えられる。

体験の振り返りには自身の体験を他者と共有するという楽しみ方もある。プカブカメラ[3]では、手に持つ風船に取り付けたカメラで旅行中の自身と周囲の様子を合わせて撮影することで、他者に当時の様子を説明しやすい映像を作成した。その映像で振り返ることで、ユーザやその友人にとっても楽しい振り返りになることが示唆された。VR体験の振り返りにおいても、他者と自身の体験を共有するこ

とで、振り返り自体を楽しいものにすることが可能であると考えられる。

以上のことから我々は、VRにおいてより充実した振り返り体験を作ることを目的に、VRのリプレイ鑑賞のためのVR空間「ReplayExpo」を提案する。ReplayExpo内には、VRコンテンツの体験におけるハイライトシーンを時空間的に切り取ったものが複数展示される。鑑賞者は、ReplayExpo内を自由に移動し、自他の体験を行動情報や視線情報の可視化を利用しながら三人称視点で観察することができる。本稿では、ReplayExpoの概要と実装方法を説明し、開発中のプロトタイプを用いて予備実験を行った結果について報告する。

2. 関連研究

2.1 体験を振り返るためのインタラクション

AvatAR[4]では、人物行動解析のために3次元の人物動作軌跡と、人の詳細な動きや姿勢を示すアバタを組み合わせた、人体運動データ可視化のための没入型分析環境を構築している。ユーザは、自身または他者の行動が3次元表示されているものを見ながら、軌跡、ヒートマップ、オブジェクトとの接触点などの表示を利用して行動を振り返ることができる。デジタルレールウェイミュージアム[5]では、VR空間を自由に歩き回る際、ユーザに空間内の重要な箇所を提示する方法として、床に矢印のついたヒートマップを表示している。このように、空間データの解析には、動作の軌跡や視線ヒートマップなどの表示が有用である。

我々の提案手法では、ユーザの動作軌跡表示、ヒートマップ表示、オブジェクトとの接触点表示に加えて、切り取り空間の回転による自由視点からの振り返りを提供する。

2.2 ハイライトシーンの探索手法

日常生活や旅行で撮影した写真と動画からハイライトシーンを抽出する手法が提案されている。中村ら[6]は、時間、空間、人間関係を利用し、それぞれから絞り込み探索および近傍検索を行う手法を提案している。MIAOW[7]は、大量の画像を、時間、位置、人物情報に基づいて分析と閲覧をすることができる画像ブラウザである。この研究では、

^{†1} 明治大学

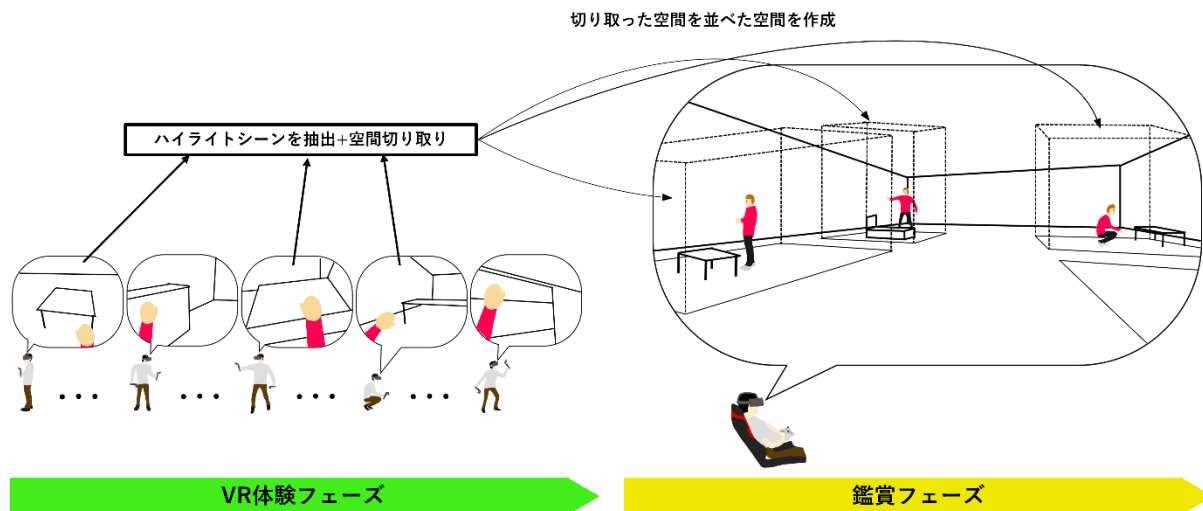


図1 ReplayExpo の概念図

個人生活のログを分析する実験を行い、時間、位置、人物情報による検索手法が個人の人間関係や行動範囲を分析することに有用であることが示唆された。このように、大量の写真や長時間の映像を見返す際には、重要なシーンをユーザに提示することで、行動を分析しやすくすることやユーザの負担を低くすることができる。

我々の提案手法では、VR体験の開始時・終了時、ユーザの注視、ユーザの動作、VR空間内のオブジェクトとのアクション、周囲の音などを基にハイライトシーンを定める。

2.3 振り返りを楽しくするインタラクション

eXLoop[8]は、ビデオゲームを遊ぶ様子をその場で再確認することで楽しさを強化することを目指した。ビデオゲームを親しい関係の複数人で楽しむプレイヤーの様子を映像で記録し、楽しんでいる姿をゲームプレイ中に提示することで、楽しみの強化につながることを示唆された。Behind the Photo[9]では、写真撮影時の周囲の様子を見せることで、写真を撮影するに至った経緯を理解できることや鑑賞体験が楽しくなることが示唆された。このように、体験中の動作を親しい関係の複数人で見返すことやユーザの周囲の様子を見返すことに楽しさがある。

我々の提案手法では、ハイライトシーンを複数展示した空間 ReplayExpo を生成し、空間を歩きながら体験を見返したりすることや他者と一緒に空間内に入り自他の体験を鑑賞しながら振り返ることで楽しさを演出する。

3. ReplayExpo

3.1 概要

ReplayExpo は、VRのリプレイ鑑賞のためのVR空間である。ReplayExpoの空間生成方法と鑑賞方法について説明する。

ReplayExpoの概念図を図1に示す。まず、ユーザは一般的なVR体験と同様にHMDを装着し、VRコントローラを用いてVR体験をする。VR体験中、毎フレームユーザの動作と視線情報が記録される。記録はVR体験開始時から終了時まで行われる。記録したユーザの動作と視線情報から、VR体験中のハイライトシーンが複数抽出され、このシーンを時空間的に切り取ったVR空間が生成される。切り取った空間はReplayExpo内に自動的に展示される。

ユーザはReplayExpo内を移動し、行動情報や視線情報の可視化を用いて振り返る。可視化の機能には、記録された人物の姿勢、動作、足跡、体験中の視線を把握できる視界の表示やヒートマップの表示などがある。ユーザはこれらの機能を用いることで、VR体験における、ユーザの行動を詳細に振り返り、新たな気づきや学びを得る機会を得る。

3.2 システムの処理手順

VR体験の際にユーザの動作と視線情報が記録される。ユーザの動作を取得するため、HMDとVRコントローラの位置と姿勢が記録される。ユーザの動作をより正確に取得するためにVR用のトラッカーを用いる場合は、その位置と姿勢も記録される。視線情報は、HMDに内蔵されたアイトラッカーを用いて視線の方向が記録される。

(1) ハイライトシーンの判定

以下に示すタイミングの前後数秒間をハイライトシーンとする。

VR 体験開始時と終了時：VR 体験開始時と終了時の 2 つを展示することにより、ReplayExpo 内で体験の始まりと終わりがわかりやすくなる。複数のハイライトシーンを振り返る場合、始めと終わりがあることで振り返り体験のまとまりが良くなる可能性がある。

最も驚いたとき：HMD と VR コントローラの位置の記録から、フレーム間で位置の差が最も大きかったタイミングを最も驚いたときと判定する。このタイミングの前後には、ユーザが体験中印象に残ったシーンが含まれる可能性がある。

オブジェクトの凝視をやめたとき：HMD から取得した視線情報をもとに、1 つのオブジェクトだけを連続で見ていた時間を測定する。体験中、最もオブジェクトを長時間連続で見てから目を離れたタイミングを、凝視をやめたときと判定する。このタイミングの前後には、凝視に至った経緯やユーザが目移りしたシーンが含まれる可能性がある。

最もその場であたりを見回した時間が長いとき：HMD から取得した姿勢情報をもとに、見回した時間を取得する。体験中、一定時間同じ場所にとどまっている中で最も見回した時間が長いタイミングを判定する。このタイミングの前後には、立ち止まることになった経緯やその場から動いた理由がわかるシーンが含まれる可能性がある。

最もユーザの周囲の音が大きかったとき：体験中、現実世界で周囲の音声を録音し、最も大きい音を記録したタイミングを、周囲の音が大きかったときと判定する。このタイミングの前後には、周囲の人が盛り上がった経緯や盛り上がるの余韻がわかるシーンが含まれる可能性がある。

(2) 切り取り空間の生成

上記のハイライトシーンを基準に、切り取り空間の生成を行う。ユーザを中心に数 m 四方の空間の切り取りを行う。現在の実装では、切り取り空間のサイズは 5m×5m とした。その場合の切り取り空間生成の様子を図 2 に示す。

(3) ReplayExpo の生成

上記で生成した切り取り空間を並べた空間である ReplayExpo を生成する。ReplayExpo 全体のサイズは、切り取り空間のサイズと数に依存し、すべてを収容できる必要がある。切り取り空間を並べた ReplayExpo の 1 例を図 3 に示す。ユーザはこの空間内を自由に動き、振り返りを行う。各切り取り空間（以降、ブース）は、振り返り開始時には記録の再生を停止している。各ブースにユーザが近づくことで記録の再生が始まり、再生が終わった場合は少し時間を空けて始めから再生される。各ブースから離れた場合は停止する。

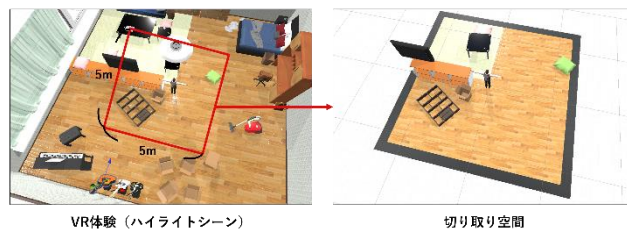


図 2 切り取り空間の生成

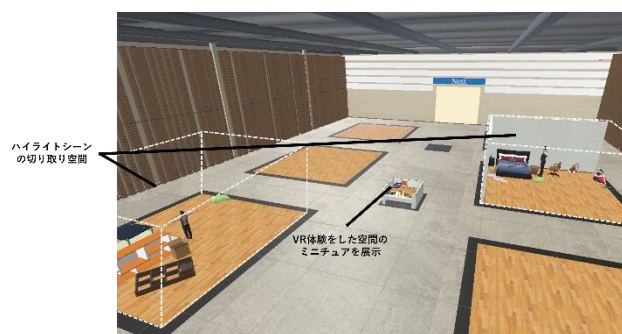


図 3 ReplayExpo の様子

3.3 鑑賞機能

ReplayExpo での振り返りにおいてユーザが使用できる鑑賞機能を以下に示す。

ブースに表示されている動作の早送りや早戻し：切り取られた空間内で、ユーザが見たい部分をピンポイントで見返すことに利用される。

視線ヒートマップの可視化：空間内でユーザが見ていた場所にヒートマップを表示する。体験を通して、ユーザがよく見ていた場所を特定することや、見ていなかった場所を特定することに利用される。

視界範囲の可視化：体験中の視界範囲がわかる視錐台が表示される。空間内の特定のオブジェクトがその人から見えているのか、障害物にさえぎられて見えていないのかを判断することに利用される。

動作軌跡の可視化：ユーザの動作軌跡が表示される。動作軌跡は、環境内の全体的な動作の概要を把握するために利用される。

足跡の可視化：人がどこに移動したのか、どのくらいの速度で移動したかを把握することに利用される。

空間の回転：ブースを回転させることができる。これにより、ブースを下から覗いたり上から見下ろしたりすることができ、行動をさまざまな角度から見返すことができる。

現在の実装において、4 種の可視化機能を使用したときの様子を図 4 に示す。

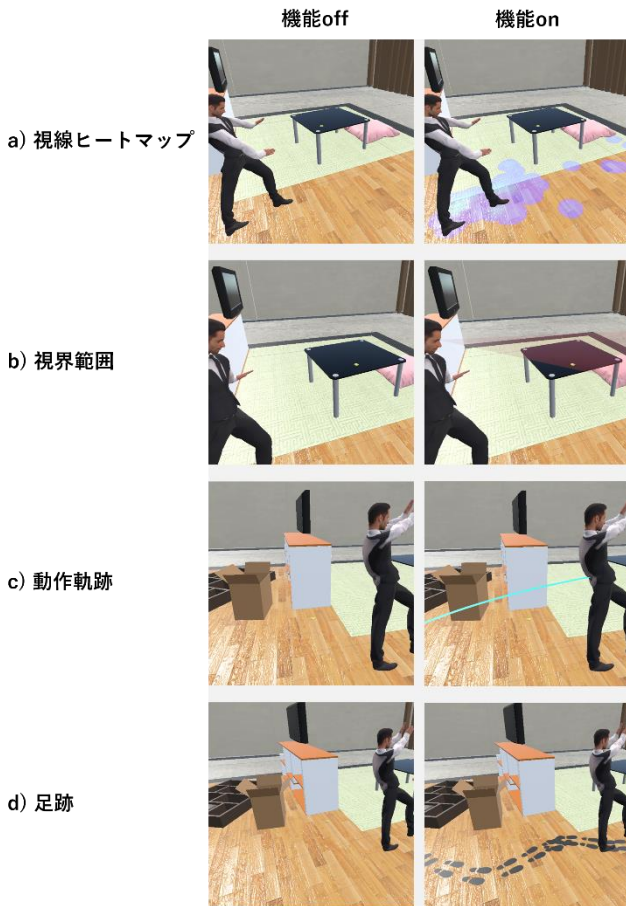


図4 可視化機能を使用した様子

4.3 実験手順

まず、参加者には図5に示すように、頭にHMD、両手にVIVEコントローラ、両膝と両足首にVIVEトラッカーを装着させた。次に、VR空間内にあるコインを探すゲームをプレイさせた。制限時間は5分間とした。コイン探しゲームをプレイさせたVR空間全体の様子を図6に、VR空間内にあるコインの配置の様子を図7に示す。その後、コイン探しゲームの自己評価を図るアンケートに回答するように指示した。アンケートを表1に示す。回答は7段階のリッカート尺度(0:全くそう思わない～6:非常にそう思う)によって行われた。アンケート回答後、ReplayExpoを用いて振り返りを最短5分最長15分行った。その後、再び表1のアンケートに回答させ、振り返りをふまえての気づきや考えの変化を問うインタビューを行った。

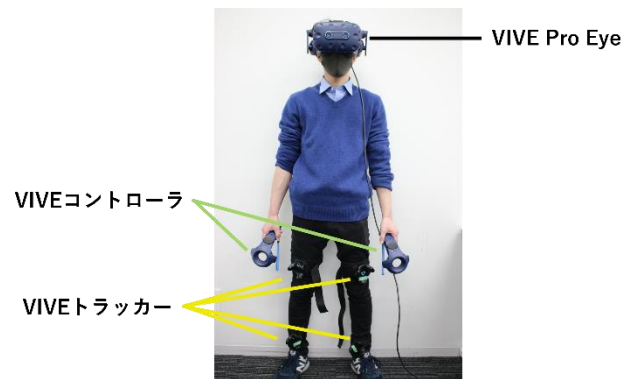


図5 デバイスを装着した参加者の様子

4. プロトタイプ実験

4.1 目的

本実験では、以下の2点について調査する。

- 提案手法によってVR空間内での自分の行動について新たな気づきを得られるか
- 提案手法の機能がどのように活用されるのか

4.2 概要

開発したReplayExpoのプロトタイプを用いて実験を行った。参加者は20歳から25歳までの4人(男性2人、女性2人)である。

実験用のVRコンテンツとして、20m×20mのVR空間内にある30個のコインを探すゲームを作成した。このコイン探しゲームをReplayExpoを用いて振り返る。このプロトタイプにおいては、ReplayExpoで展示するハイライトシーンとして、VR体験開始時、最も驚いたとき、最もその場あたりを見回した時間が長いとき、VR体験終了時のそれぞれ前後20秒間を採用した。切り取り空間のサイズは5m×5mとした。ReplayExpoで鑑賞機能を使用するために、ゲームパッド(DUALSHOCK4)を利用した。VRシステムにはVIVEProEye、VIVEコントローラ、VIVEトラッカーを使用し、ソフトウェアの開発にはUnity2021.1.25flを使用した。

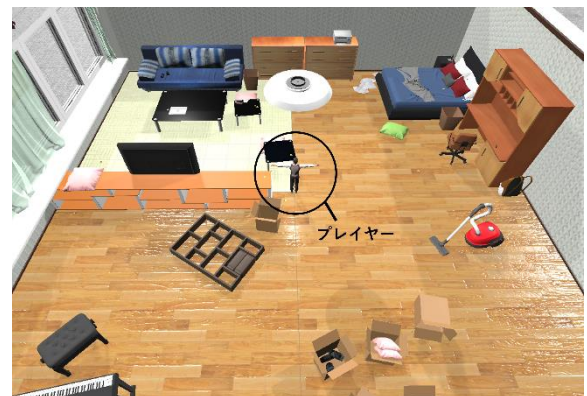


図6 コイン探しを行うVR空間全体の様子

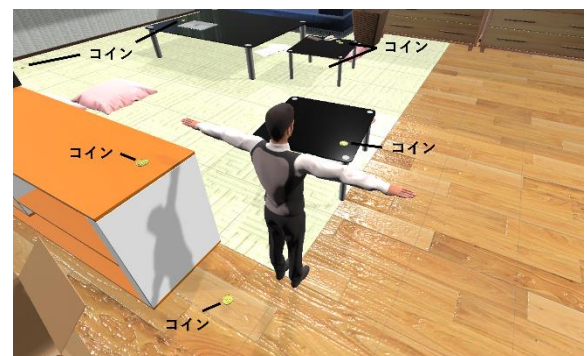


図7 コイン探しを行うVR空間内のコインの配置

表1 コイン探しゲームの自己評価を図るアンケート

Q1	広範囲を探せていたと思う
Q2	注意深く探せていたと思う
Q3	隠れていたものを見つけられていたと思う
Q4	細かいところまで見れていたと思う
Q5	首振りや箱の中の探索などの動作に無駄がなかったと思う(無駄のない動きができていたと思う)
Q6	適切な戦略で探せていたと思う
Q7	効率的に探せていたと思う

(*: p<.05)

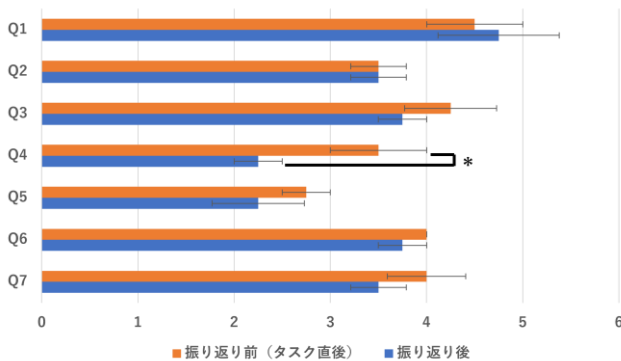


図8 コイン探しの自己評価を図るアンケートの回答結果

4.4 実験結果

コイン探しゲームの自己評価を図るアンケート結果を図8に示す。振り返りによるコイン探しゲームの自己評価の変化を調査するため、対応のあるt検定を行った。そのうち、細部まで探索を行ったかを問う質問(Q4)では、振り返り後の平均値が振り返り前の平均値よりも有意に低い結果となった(p<.05)。以上のことから、ReplayExpoで体験を振り返ることで、ユーザの中でどれだけ細かく探索できていたかに関する意識が変わったことが示唆された。

4.5 参加者のコメント

振り返りをふまえての気づきや考えの変化を問うインタビューで、参加者4人から得られたコメントを以下に示す。

- 視界範囲の表示で、コインが視界に入っているのに見逃していたことがわかった。
- 視線ヒートマップで、探索していない部分があったことがわかった(コインはそこにはなかったけど)。
- 空間の回転で、上から見ることで空間全体とアバタの位置関係がよくわかった。ただ、空間が回転するのではなく、自分の視点が幽体離脱のように動いてくれればいいかとも思った。
- 開始時、下は見るのに上は見えないことに気づいた。

5. 議論

今回、細部まで探索を行ったかを問う質問で、振り返り後の平均値が振り返り前の平均値よりも有意に低い結果となった。また、参加者のインタビューからは「視界範囲の表示で、コインが視界に入っているのに見逃していたことがわかった」「視線ヒートマップで、探索していない部分があったことがわかった」という意見が得られたことから、視線ヒートマップと視界範囲の可視化機能が、参加者のどれだけ細かく探索できていたかに関する意識を変えることに寄与したと考えられる。

今後の課題として、今回のプロトタイプでは体験中の動作を取得するためにVIVEトラッカーを装着して実験を行ったが、実験の参加者からはVIVEトラッカーが体験中に動作の邪魔になったという意見があった。そのため、非装着型のモーションキャプチャーを使用することを検討している。

現在は、ユーザ個人の体験を見返すにとどまっているが、開発段階で他者の体験を見てみたいという意見があった。ReplayExpo内に自身と他者の体験を切り取った空間を展示することによって、自身と他者の動作の比較できるようにしていくことを検討している。

6. まとめ

本稿では、VRにおいてより充実した振り返り体験を作することを目的に、VRのリプレイ鑑賞のためのVR空間「ReplayExpo」を提案した。

今後は、スポーツゲームや動きの大きいアクションゲームなどのVR体験をReplayExpoで振り返ることを予定している。それぞれの体験の振り返りに適した機能を追加することや多人数でReplayExpo内に入って振り返りを行うなどの実装と検証を行っていきたい。

参考文献

- 1) 徳田拓海, 花島諒, 持丸正明, 大山潤爾: バーチャルリアリティ技術を用いた身体姿勢の学習におけるマルチモーダルフィードバック効果に関する研究, 情報処理学会インタラクティブ, 2P01, pp. 345-350, 2022.
- 2) 大西杏菜, 阿部匡伸, 原直, “振り返り支援における効率的な映像要約のための自動収集ライブログ活用法, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 115, No. 27, LOIS2015-1, pp. 23-28, May 2015.
- 3) 山本翼, 杉浦裕太, 南澤孝太, 杉本麻樹, & 稲見昌彦. (2013). プラバカメラ: 浮遊カメラを用いた三人称視点による旅の記録体験の拡張 (<特集> アート & エンタテインメント 3). 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 18(3), 371-381.
- 4) Patrick Reipschläger, Frederik Brudy, Raimund Dachselt, Justin Matejka, George Fitzmaurice, and Fraser Anderson. 2022. AvatAR: An Immersive Analysis Environment for Human Motion Data Combining Interactive 3D Avatars and Trajectories. In Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '22).

Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 23, 1–15. <https://doi.org/10.1145/3491102.3517676>

5) 葛西寅彦, 菅田匠, 青木邦雄, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: デジタルレールウェイミュージアム～鉄道博物館におけるデジタル展示への取り組み, Vol.3, No.4, pp. 281-288, 2012.

6) 捧隆二, 佃洗撰, 中村聡史, 田中克己: 時間・空間・人物情報に基づくインタラクションによるライフログ画像の探索手法の提案, DEIM Forum 2012D9-4 (2012).

7) 五味愛, 伊藤貴之, 「何時, 何処で, 誰と」3つのメタ情報に基づく個人写真ブラウザ, 芸術科学会論文誌, Vol. 10, No. 1, pp. 36-47, 2011.

8) 秋山博紀, 渡邊恵太, 稲見昌彦, 五十嵐健夫, eXLoop: 楽しさの再帰による体験の強化システムの提案. WISS2010, December, 2010.

9) 佐竹滯, 橋本典久, 橋本直. Behind the Photo: 撮影の裏側を見せるフォトメディア. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) , 2019-HCI-181(17), pp.1-8.