

VR 避難訓練の振り返りを支援する視線可視化

Gaze Visualization for Supporting Reflection in VR-based Evacuation Training

伊井 千尋^{*1}, 市野 有朔^{*2}, 光原 弘幸^{*3}

Chihiro Ii^{*1}, Yusaku ICHINO^{*2}, Hiroyuki MITSUHARA^{*3}

^{*1} 徳島大学工学部理工学科

^{*1} Faculty of Science and Technology, Tokushima University

^{*2} 徳島大学大学院創生科学研究科

^{*2} Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Tokushima University

^{*3} 徳島大学大学院社会産業理工学研究部

^{*3} Graduate School of Technology, Industrial and Social Sciences, Tokushima University

Email: c612001343@tokushima-u.ac.jp

あらまし：避難訓練は災害から身を守るための備えとして重要である。本研究では、VR 避難訓練システムにおける避難行動の振り返り支援として視線可視化機能を実装した。この機能は、HMD から取得した訓練参加者の視線データをヒートマップやビームなどの表現手法で3次元空間に可視化する。実験を通じて、視線可視化は自身の注視行動をより鮮明に思い出させ、それに起因する気づきを与える可能性が示唆された。また、気づきの内容が可視化表現に影響を受ける可能性も示唆された。

キーワード：避難訓練, Virtual Reality, 振り返り, 視線, 可視化

1. はじめに

我が国は地震をはじめとする災害の脅威にさらされている。そんな中、避難訓練は災害から自身の命を守る身近な備えとして、学校や地域を中心に広く取り込まれてきた。近年、避難訓練の多様化のひとつとして、VR(Virtual Reality)避難訓練が挙げられる。

本研究では、メタバースを採用した VR 避難訓練システムを開発しており⁽¹⁾、訓練中の避難行動を記録し3次元空間に再生する振り返り支援を実装した⁽²⁾。現在、振り返り支援の拡充として、訓練中の参加者の視線可視化に取り組んでいる。

本稿では以降、視線可視化機能の実装とその実験的評価について述べる。

2. 視線可視化機能

本研究では、Kolb の経験学習モデル⁽³⁾を適用した避難訓練モデルを採用している。このモデルでは、避難訓練が具体的経験と能動の実験に、避難訓練の振り返りが省察的観察と抽象的概念化に該当し、これらを繰り返すことで、訓練効果の向上を目指す。

2.1 先行研究

先行研究であるメタバース内避難訓練システムは、徳島大学のキャンパスを3次元空間に再現した多人数同時参加型の VR 避難訓練である⁽¹⁾。“通常時”、“緊急時”、“振り返り”の3モードがあり、通常時モードでは他者と会話できたり授業を受講できたりするが、特定の条件を満たすと3次元空間内で地震が発生し、緊急時モードに切り替わる。ユーザは避難するかしないかを自分で判断・行動しなければならない。振り返りモードでは、訓練中の避難行動をリプレイ再生する振り返り支援が提供される⁽²⁾。リプレイ再生では再生、一時停止、巻き戻し、視点切り替え(一人称/三人称)が可能である

2.2 視線可視化機能

避難訓練の振り返り支援を拡充するにあたり、人間の認知行動の重要な要素である視線に着目した。大学キャンパス VR 内で避難経路探索行動を視線から検証した研究⁽⁴⁾はあるが、振り返りは扱われていない。

本研究では、アイトラッキング機能搭載 HMD (Head-Mounted Display)である VIVE Pro Eye を採用し、訓練中の参加者の3次元視線情報(アバタの目の位置に配置したカメラの位置座標と、視線ベクトルのオブジェクトとの衝突点である視点座標)をフレームごとにログとして記録する。そして、そのログに基づいて3次元オブジェクトを配置または移動させることで視線を可視化する。

複数の視線可視化表現を実装しており、視線の累積(積み重ね)、視線の遷移(移動)に分類される。

(1) 視線の累積に焦点を当てた可視化表現

避難開始から現在(リプレイ再生経過時間)までのすべての視線情報を可視化する。

- ヒートマップ：視点座標に半透明オブジェクトを配置して可視化する。視点が多く累積するほど、その部分にあるオブジェクトの色が濃くなるように見えていく(図1左)。
- 点群と線：視点座標にオブジェクトを配置し、それらをラインで時系列に数珠繋ぎにして可視化する。

(2) 視線の遷移に焦点を当てた可視化表現

現時点(リプレイ再生時刻)の視点情報を可視化し、リアルタイムで追従する。

- ビーム：アバタの目の位置(HMD)と視点座標をラインで結んで可視化する(図1右)。
- ポインタ：視点座標にオブジェクトを移動させて可視化する。



図1 視線可視化の様子
(左：ヒートマップ，右：ビーム)

3. 評価実験

視線可視化の有無および表現の違いが振り返りに及ぼす影響を調査するために比較実験を行った。調査する視線可視化表現として、ヒートマップ（視線の累積）とビーム（視線の遷移）を選択した。

3.1 実験設定

被験者である徳島大学生9名を、事前アンケートの「VR経験」「被災経験」の結果に基づいて以下の3グループに分割した。被験者にはそれぞれA1～A3, B1～B3, C1～C3のIDを振る。

- グループA (A1～A3)：ヒートマップによる視線可視化の振り返り
- グループB (B1～B3)：ビームによる視線可視化の振り返り
- グループC (C1～C3)：視線可視化なしで振り返り（先行研究における振り返り支援）

被験者はHMDを装着し、VR避難訓練を体験した後、振り返りを行った。訓練は地震発生後に講義棟6階（最上階）から1階の出口へ避難する内容となっており、途中で火災や負傷者（3次元オブジェクト）に遭遇するよう設計した。避難の仕方や経路は指示せず、被験者が1階の出口から屋外に避難した時点で避難完了とした。振り返りでは、操作方法を伝え、自由に避難行動を振り返るよう指示した。振り返り終了後、被験者は事後アンケートに回答した。

3.2 結果と考察

Q1「振り返りを行う際、どのような点に注目していましたか（選択式・複数回答可能）」には、各グループで2名が「自身の視線」と回答した。視線可視化の有無による差は見られなかったが、視線情報は振り返りにおける重要な要素であると考えられる。Q2「振り返りを通じて気づいたことをすべて書き出してください」、Q3「振り返りを通じて発見した自分の行動の傾向や癖をすべて書き出してください」、Q4「振り返りを通じて思いついた、よりよい避難するためのアイデアをすべて書き出してください」に対する各グループの回答数を表1に示す。各グループの視線情報に関する回答（「〇〇を見ていた」等の記述があるもの）について、グループAはA1, A2, A3, グループBはB1, B2, グループCはC3によるものであった。さらに、それらの回答から視点（見ていた箇所）を抽出すると、グループAやBでは「人」「進行方向以外」などの具体性の高いキー

表1 Q2～Q4に対する各グループの回答数

番号	Aの回答数	Bの回答数	Cの回答数
Q2	2	1	0
Q3	3	1	1
Q4	0	0	1
計	5	2	2

ワードが出現していたが、グループCでは「周囲」という抽象的な単語しか出現していなかった。これらの結果より、振り返り時の視線可視化は訓練参加者に対し“避難訓練中に自分がどこを見ていたか”を鮮明に思い出させ、それに起因する気づきを与える可能性がある。

また、視線可視化表現の違いに着目して回答を比較した結果、グループAでは「何か起きている場所をよく見ていた」「角で進行方向以外を覗く癖があった」といった、被験者自身の“注視する行為自体”に関する内容であったのに対し、グループBでは「人に視線がよって周囲の状況の把握が遅かった」「負傷者は目に入ったが助けようとしなかった」といった“被験者自身の行動”に注目した内容であった。ヒートマップは累積に焦点を当てた可視化表現であり、避難開始から現在（リプレイ再生時刻）までの視線情報を一度に可視化できたため、被験者自身の注視した対象の偏りに気づきやすかった可能性がある。一方、ビームは遷移に焦点を当てた可視化表現であるため、被験者が視線の移動を自身の行動のきっかけ、または要因の一つと捉えて振り返りを行ったのではないかと考えられる。

4. おわりに

本稿では、VR避難訓練の振り返りにおける視線可視化の実装と効果について述べた。今後の課題として、振り返り時間などの客観的データによる考察や別の可視化表現手法に関する実験に取り組むとともに、振り返り支援をさらに拡充させていく。

謝辞

本研究はJSPS科研費23H01004ならびに徳島大学令和4年度研究クラスター(No. 2202007)の支援を受けた。

参考文献

- (1) 大江海斗, 奥井翔麻, 市野有朔, 光原弘幸ほか: “メタバース内避難訓練システムの開発”, 教育システム情報学会研究報告会, Vol.38, No.5, pp.36-41 (2024)
- (2) 市野有朔, 大江海斗, 光原弘幸ほか: “避難訓練 VRにおけるリプレイ機能を用いた振り返り支援”, 第48回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.85-86 (2023)
- (3) Kolb, D.A.: “The Process of Experiential Learning”, Strategic Learning in a Knowledge Economy, pp.313-331 (2000)
- (4) Feng, Y., Duives, D.C., and Hoogendoorn, S.P.: “Development and evaluation of a VR research tool to study wayfinding behaviour in a multi-story building”, Safety Science, Vol.147, No.105573 (2022)