

# 豪雨時土砂災害避難体験 VR の開発と防災教育への適用

VR FOR EVACUATION OF LANDSLIDES DURING HEAVY RAIN

- DEVELOPMENT AND PRACTICE IN DISASTER PREVENTION EDUCATION -

土田 孝<sup>1</sup>・橋本 涼太<sup>2</sup>・内田 龍彦<sup>3</sup>・山中 勝司<sup>4</sup>・和泉 公明<sup>4</sup>・川崎 梨江<sup>5</sup>

Takashi TSUCHIDA, Ryota HAS HIMOTO, Tatsuhiko UCHIDA, Katsushi YAMANAKA,

Kimiaki IZUMI and Rie KAWASAKI

<sup>1</sup> 広島大学防災・減災研究センター (〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1, ttuchida@hiroshima-u.ac.jp)

<sup>2</sup> 広島大学大学院先進理工系科学研究科 (〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1, ryota-hashimoto@hiroshima-u.ac.jp)

<sup>3</sup> 広島大学大学院先進理工系科学研究科(〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1, utida@hiroshima-u.ac.jp)

<sup>4</sup> 東広島市消防局東広島消防署 (〒739-0021 東広島市西条町助実 1173-1 hgh226567@city.higashihiroshima.lg.jp)

<sup>5</sup> 広島大学大学院総合科学研究科総合科学専攻(〒739-8521 東広島市鏡山 1-7-1, d162815@hiroshima-u.ac.jp)

**Key Words** : virtual reality, debris flow, evacuation, disaster prevention, Western Japan heavy rain disaster

## 1. はじめに

2018 年 7 月西日本豪雨によって、広島県では広い範囲で甚大な土砂災害や洪水災害が発生し、死者 109 名、行方不明者 5 名の人的被害が発生した<sup>1)</sup>。人的被害のうち土砂災害による死者は 87 名にのぼり死者 109 名の約 80%を占めた。広島県では 2014 年 8 月 20 日未明に発生した広島豪雨災害においても 74 名が犠牲となった<sup>2)</sup>。豪雨時の土砂災害における人的被害を軽減することは、広島県の大きな課題となっている。

2018 年の豪雨災害の後に広島県が実施したアンケート調査によると、土砂災害警戒区域内の住民で何らかの避難行動をとった人は 30%であり、内訳は避難所あるいは親戚友人宅への避難が 13%、自宅内避難が 17%であった。避難した人のうち災害発生前に避難した人は 21%で、65%は災害発生後に避難した<sup>3)</sup>。これより、早期避難を実行した人の割合は依然として少ないといえる。

広島大学と東広島市消防局は、豪雨時における市民の早期避難を促すため、バーチャルリアリティ (VR) の技術を活用した豪雨時土砂災害避難体験 VR を開発した。防災への VR の活用は、1997 年に目黒ら<sup>4)</sup>が災害時の建物からの避難訓練の方法として VR を用いた避難行動シミュレーションが有効であると報告しているが、火災が

発生した建物からの避難を体験する VR は製品化され普及している。中本ら<sup>5)</sup>は地震災害を対象とした VR の開発を、堀田ら<sup>6)</sup>は吹雪時の視界を VR で体験する技術を報告している。水災害を対象とした研究としては、板宮ら<sup>7)</sup>がスマートフォン用ヘッドマウントディスプレイを用いた高潮想定没入体験システムの開発を報告しており、植野ら<sup>8)</sup>はスマートフォンで閲覧可能な VR 体験型津波避難シミュレーションシステムを報告している。このように、建物火災、地震、高潮、津波、洪水、吹雪に対する防災訓練ツールとして VR の活用が進められてきた。土砂災害については、神戸市と(株)理経による VR が 2018 年から防災研修に使用されている<sup>9)</sup>。住宅地に土石流が流れ込む動きを再現し、土石流の恐ろしさを体験することで早期避難の意識を高めることを目的としている。

筆者らが開発した VR は、豪雨時における避難の判断に至る過程を中心とした状況を再現し、体験者が早期避難の重要性を認識することを目的とした。ヘッドマウントディスプレイ (HMD) を装着した体験者は、豪雨の状況が変化する中で避難の判断を迫られるが、判断が遅れて自宅に留まらざるを得ない状況となって土石流に襲われる。本 VR のシナリオは西日本豪雨災害において自宅で土石流に襲われた被災者の体験に基づいている。本文では、VR 開発のコンセプトと経緯、シナリオの概要、防災教育に活用した結果について報告する。

## 2. 土砂災害避難体験 VR の特徴と開発の経緯

東広島市は、瀬戸内海に面する南部の安芸津町を除くと、西条盆地など中国山地の中に点在する小盆地で構成されている。市域（面積 635.16km<sup>2</sup>、人口約 19 万 6 千人）の多くは標高 200m 以上であり、東へは沼田川、南へは黒瀬川、西へは瀬野川が流れている。主要な道路・鉄道はこれらの河川に沿って立地し、住宅地も河川と道路・鉄道の沿線に形成されているため、前面に小河川と主要道路、背後に土砂災害危険渓流をもつ山地という住宅が数多く存在し、ほとんどが土砂災害警戒区域に指定されている。このような東広島市の特徴を考慮して、本 VR のシナリオの作成にあたっては、豪雨の中で避難の判断を迫られる中で判断が遅れて避難が間に合わない状況を体験し、早期避難の重要性を新式することを目的とした。

2018 年 5 月にシナリオの検討を開始したが、7 月 6 日と 7 日に西日本豪雨災害が発生した。この災害で上記のシナリオの目的に合致した経験を有する被災者に体験の聞き取り調査への協力を要請し、了解が得られたので 2018 年 10 月に調査を実施した。

図-1 は土石流によって被災した家屋と背後の渓流の関係を示す模式図である。VR のシナリオ作成の元となった被災箇所のヒアリング結果（対象者：1 世帯 2 名）は以下の通りであった。

被災者の住宅から 400m の距離に設置されていた広島県の雨量観測所における雨量は 7 月 5 日より断続的に時間 5～20 mm の降雨が続き、6 日 20 時に時間雨量が 20 mm を示し、降り始めからの累積雨量が 240 mm に達した。表-1 は 7 月 6 日の防災情報の発令状況である。被災者が仕事から帰宅したときは既に大雨特別警報が発令されており、20 時頃から避難所へ向かう準備をはじめた。21 時頃に勝手口から外を見たところ隣接する空き地を濁流が流れており避難できない状態であった。その後、しばらくして地面が削れるような地鳴りが近づいてくるのに気づき、自宅の 2 階に避難するために階段を登る途中で土石流が山側から家屋に到達した。轟音が少しおさまった後、山と反対側のベランダに避難したが周囲は岩や木で取り囲まれていて車での避難ができない状況であった。土石流が収まった後に避難するため階段を降りると、1 階は土砂で埋まっていたので、埋まっていない靴を取り出し膝下程度の深さの濁流が流れる中を歩いて国道まで出た後、避難所である小学校に避難した。

## 3. シナリオの作成とその概要

被災者の聞き取り調査に基づき VR のシナリオを作成した。図-2～図-4 にシナリオの概要と画像の例を示す。図中の「心の声」は声優により吹き込んだ声であり、被

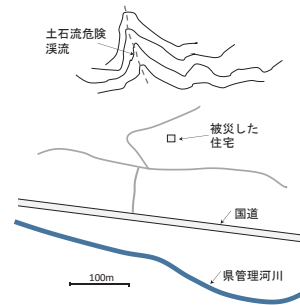


図-1 被災者の家と土石流が発生した渓流の関係

表-1 2018 年 7 月 6 日の防災情報の発令状況

| 時間        | 防災情報                      |
|-----------|---------------------------|
| 6 日 10:06 | 気象庁が大雨警報（土砂、浸水）を発令（土砂、浸水） |
| 6 日 17:50 | 広島県と気象庁が土砂災害警戒情報を発令       |
| 6 日 18:50 | 市内全域に避難勧告（土砂）を発令          |
| 6 日 19:40 | 気象庁が大雨特別警報（土砂、浸水）を発令      |
| 6 日 19:45 | 市内全域に避難指示（緊急、土砂・洪水）を発令    |

### 1. オープニング（画像-1）

7/6 17:10 自宅リビングルームでテレビの前に座っている。

**心の声**「広島市出身のぼくは東広島市の河川が見える山間の土地に家を建てた。週末の近づいた 2018 年 7 月 6 日…」

### 2. 雨が続く中、気象警報を最初に受け取る。九州に大雨特別警報（画像-2）が発令された。

7/6 窓の外では雨がかなり強くなっている。

**テレビ**「大雨特別警報が、福岡県、佐賀県、長崎県内に発令されました。」

**心の声**「九州の方だし、ここは逃げるほどではないだろう。外の様子は…雨は強いけど、よくある雨だし。」



画像-1 VR のオープニング画面



画像-2 一階の居間でテレビを見ていると、臨時ニュースとして防災情報が流れる。

図-2 土砂災害避難体験 VR のシナリオ（その 1）

験者はHMDと効果音、さらには「心の声」を聞くことで状況を擬似体験する。

図のように、被験者は自宅でテレビを通じて豪雨に関する防災情報を入手し、家の外の雨の様子を観察する。当初は避難を要する雨ではないと判断するが、大雨特別警報が発令されるとともに急激に降雨が強まったため、避難所への避難を決断する。

しかし、避難の準備に時間がかかり、家の外に出ようとしたときには、道路が川のようになっていたため避難所への移動が危険であると判断する。自宅に戻る場面では、2つの選択肢を用意した。1つは2階に避難するか、

### 3. 再度気象警報を受け取る：広島県に大雨特別警報

7/6 19:40 薄ら明かりの中、雨はさらに強く、濁った水が道路を流れている。

**テレビ**「広島県に大雨特別警報が出ました。数十年に一度しかないような重大な災害が起こる可能性があります。直ちに身の安全を図ってください。」

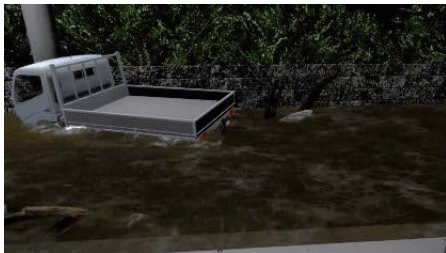
**心の声**「逃げたほうが良いかも…。まてよ、そういえばおじさんが避難所ではシャワーを使えなかったといていたな。急いでシャワーに入ってから行こう。懐中電灯とかどこにあったっけ？」

### 4. 外へ避難しようとするが、

**心の声**「リュック、懐中電灯、携帯電話、着替えと…。色々準備していたら少し遅くなっちゃったな。」

7/6 20:30 準備ができたので避難所に行くためドアを開ける。すると、道が川のようになっている。(画像-3)

**心の声**「なんだこれ…。これは避難所まで行くのは無理だな…。とにかく中に戻ろう。」



画像-3 家の玄関前の道路が川のような状態に。

### 5. 家の中での行動の選択

**心の声**「どうしよう…。もう逃げられない」

**選択肢1**：あなたはどのように行動しますか？  
A. 1Fのリビングでテレビのニュースを確認する  
B. 2Fに移動して、携帯電話で状況を確認する

### 6. 2階に避難するが、

2階に移動を選択。

**選択肢2**：あなたはどのように行動しますか？  
A. 道路側から離れ、山の斜面側の寝室に移動  
B. 山の斜面から離れ、道路側の書斎に移動

図-3 土砂災害避難体験VRのシナリオ(その2)

1階の居間にいるか、であり、次に2階の山側の寝室か道路側の書斎かを選択する。これは、広島県内で住宅の山側から土砂が1階の居間に流入する事例が多く、2階への垂直避難の重要性を認識させるためである。被験者は2階の道路側の書斎に避難するが、大きな音とともに土石流が1階と2階の寝室に流れ込み、かろうじて助かる、という内容である。時間は約9分40秒である。

## 4. 中学校、高校、自治会・自主防災組織を対象とした防災教育での利用とその効果

東広島市消防局では、2019年4月より、開発したVRを用いて市内の中学校、高校、地域の自治会及び自主防災組織を対象として防災教育を実施した。写真-1と写真-2は中学校で全校生徒411名を対象に本VRを用いた防災教育を実施している状況である。生徒1名がHMDを装着してVR体験を行い、他の生徒はスクリーンに表示されている体験者がHMDで見ている映像を視聴するという方法で実施した(HMDを装着する生徒を交代して2回実施)。本VRを防災教育に使用する場合、時間の関係でHMDを装着して体験できる人の数は2名程度に限られるので、多くの参加者は体験者が見ている映像を視聴して「間接的に体験」することになる。ここでは、体験者の映像を視聴するだけの参加者もVRを用いた防災教

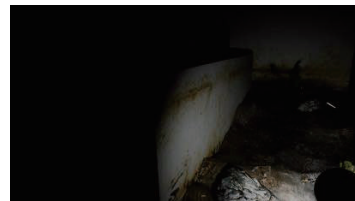
### 7. 大音声とともに土石流の発生

**心の声**「なんだろう…。さっきから変なニオイがする。そういえば4年前に被害したおじさんも災害の前に変なニオイがしたといていたな。」

飛行機の離陸時の音を身近で聞くような音聞き、数秒後に映像はブラックアウト

廊下に出て懐中電灯で足元や周囲を照らすと、山側の部屋に土砂が流入し、土砂はドアを破って廊下にまであふれている。階段の下を覗くと1階も土砂で埋まっている。(画像-4)

**心の声**「山側の部屋にいたら危なかったな。」



画像-4 真っ暗の中懐中電灯で足元や周囲を照らす

### 8. エンディング

- 川沿いの避難経路は陥没する危険性が高くなっています。安全な早めの避難を心がけましょう。
- 土石流発生前には、山からの水が急に濁り始めたり、ニオイが発生したりする場合があります。
- 山側を避けて二階に避難することによって避難を免れる場合があります。二階に避難するときは靴を持っていきましょう。
- 本VRは西日本豪雨災害の被災者の体験をもとに作成しました。貴重な体験を今後の防災に活かしましょう。

図-4 土砂災害避難体験VRのシナリオ(その3)

育の参加者と考え、効果について検討を行った。

表-2に防災教育の実施個所と参加者を示す。表のように、東広島市内のすべての中学校と高校で実施したほか、自治会・自主防災組織を対象とした防災教育、地域の防災イベントにVR体験コーナーを設置して実施した。実施後にHMDを装着した体験者、体験者の映像を視聴した参加者（視聴者）にアンケート調査を行い、VRを用いた防災教育の効果を調べた。

図-5(a)は、アンケート回答者(体験者と視聴者)3,225名の年齢分布である。中学生と高校生の回答が多いので15歳未満が最多で1,959名で、15～19歳が946名となっている。それ以外の年齢層は自主防災組織等の回答者であり、60歳以上の198名が多い。これは多くの自治会・自主防災組織において60歳以上のシニア年代が中心的な役割を果たしているためである。最も回答が少ない年代は20～29歳、30～39歳であった。図-5(b)はアンケートに回答した体験者100名の年齢分布であるが、中学生が38名で一番多く、次が60歳以上の26名であった。

VRによる防災教育実施後のアンケートにおいて、防災に関する意識を調査するため、以下の質問を行った。

設問1 ハザードマップにより住んでいる場所の災害の危険性や避難場所を確認しているか？

設問2 災害に備えて避難袋と携帯品を用意するなどの準備をしているか？

設問1、2への全体および年齢別の回答を図-6と図-7に示した。ハザードマップによる確認については年齢が上の参加者ほど実施されていたが、「十分確認」は50%以下であった。避難準備に関しては、年齢に関係なく「準備していない」が50%前後で「不十分」を合せると90%以上が準備不足を認めていた。以上の結果は今回の回答者は災害に対する備えが十分ではないことを示すが、これは前述した広島県による調査結果とも対応していると考えられる。

VRによる防災教育の効果に関して、以下の4つの質問を行い同意～不同意の回答を求めた。

設問3 体験を通して土砂災害に関する知識が増えた。

設問4 体験を通して早期避難の意識が高まった。

設問5 家族や友人に本VRの体験を勧めたいと思う。

設問6 体験VRの時間は適切であった。

これらの設問への全体および年齢別の回答を図-8～11に示した。設問3は、本VRによる土砂災害の知識への効果を聞いているが、「増えた」に対して全体では83%が「強くそう思う」、「そう思う」と回答した。年齢層が若いほど「強くそう思う」という回答が多かったが、自由記述欄にも中学生、高校生に「自宅では2階にそして山から遠い部屋に避難することが重要ということを知って知った」という回答が多かった。設問4は早期避難の意識の変化について聞いている。「高まった」に対して、全体で50%以上が「強くそう思う」と回答し、「そう思う」を合わせると84%であった。設問5の家族や友人に



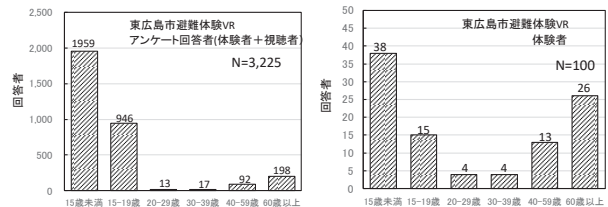
写真-1 東広島市立向陽中学校でのVR体験



写真-2 HMDを装着した体験者（東広島市立向陽中学校）

表-2 土砂災害避難体験VRによる防災教育の実施状況

| 分類                     | 実施個所                             | 参加者(体験者と視聴者) |
|------------------------|----------------------------------|--------------|
| 中学校                    | 東広島市立向陽中学校、河内中学校など10校            | 1,992名       |
| 高校                     | 県立西条農業高校、黒瀬高校など4校                | 888名         |
| 自治体・自主防災組織、地域の防災イベントなど | 黒瀬町八畝ヶ畑団地住民自治協議会、板城西自主防災組織など14団体 | 343名         |



(a) VRの体験者と視聴者 (b) VRの体験者のみ  
図-5 VRへのアンケート回答者の年齢分布

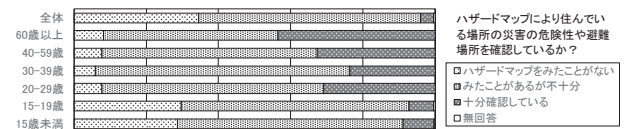


図-6 設問1（ハザードマップによる確認）への回答

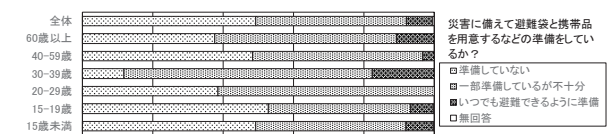


図-7 設問2（日頃の避難準備）への回答

本VRの体験を進めたいかという問いについては、「強くそう思う」と「そう思う」の和は68%であり、設問3に

比べてやや低かった。これは、VR について自由記述欄で「怖かった」という印象があったことも影響していることが考えられる。以上の結果より、本 VR による防災教育が豪雨時の土砂災害の危険と早期避難の重要性の認知を高める一定の効果があったと考えられる。

VR を防災教育の場で活用する際には所要時間をどう設定するかが問題となる。体験者に VR の時間が適切かどうかを尋ねた設問 6 については、全体の 78% が「適切であった」に強く同意あるいは同意という回答であった。自由記述欄では、前半のテレビからの防災情報の部分がよりコンパクトにできる、との指摘があった。

本 VR では、HMD を装着した VR 体験者の映像を視聴するだけの参加者も VR を用いた防災教育の参加者として同じアンケートに回答してもらい整理を行った。しかし、VR 体験者と視聴した参加者では当然効果が違うことが考えられる。そこで、防災教育の効果に関する設問 4 と設問 5 について体験者と視聴者による比較を行った結果を図-12、13 に示した。早期避難の意識に関する設問 4 については体験者と視聴者でほとんど差がなかったが、家族・友人への体験の勧めに関する設問 5 については体験者において「強くそう思う」と「そう思う」の計が 83% で視聴者を 12% 上回った。

これらの結果は、VR 体験者が視ている映像と一緒に視聴している視聴者にも一定の効果があることを示唆している。しかし、視聴者は VR 体験者が見ている視界の範囲を映像として受動的に見ているだけであり、HMD を装着した体験者に比べ、より大きな差が表れるべきとも考えられる。今回の VR による防災教育の方法では、VR 体験者の視界を映像で見ることが視聴者にとっても「擬似的な」VR 体験となっており、通常の防災教育における映像資料等による効果よりも高い効果が得られた可能性があるが、今回のアンケートの結果のみでは客観的な評価はできておらず、今後科学的な検証が必要と考えられる。

災害体験 VR は、災害が起こった状況を被験者の視覚、聴覚を通じてリアルに再現することにより、日常では経験できない状況を疑似体験し災害への対応力を高めることを目的としている。このため疑似体験といえるリアリティが必要であるが、この点を確認するため自由回答欄のキーワードの分析を行った。今回のアンケートでは 2,752 名が自由記述欄に感想や要望を記載しており、使用されている言葉の頻度を調べた。表-3 に使用頻度の高い単語と回答例を示すが、頻度が高い言葉は、災害(696 回答)、避難(635)、リアル・すごい(499)、怖い・恐ろしい(339)、早め・早い(346)、準備(182)、家族(82)であった。これらの単語と表-3 の回答例をみると、本 VR には一定のリアリティがあったと推測できる。

本 VR を用いて防災教育を実施した東広島市消防局の担当者 57 名に、教育効果に関するアンケート調査を行った。回答者の年齢は 20 代から 60 代までで平均は約 40

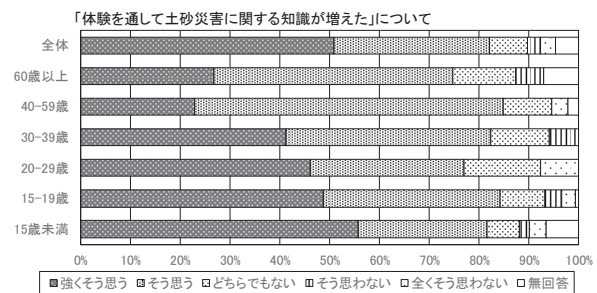


図-8 設問 3 (土砂災害に関する知識の増加) への回答

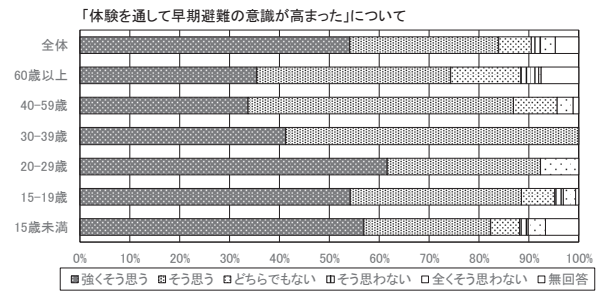


図-9 設問 4 (早期避難の意識の高まり) への回答

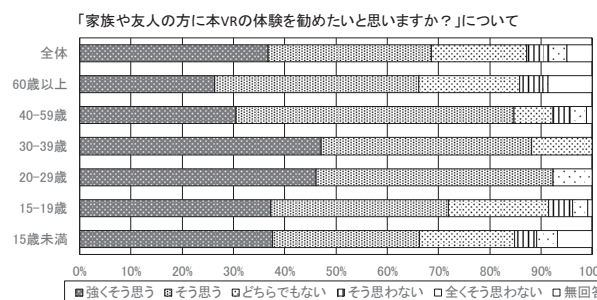


図-10 設問 5 (VR の体験を薦めたいか) への回答

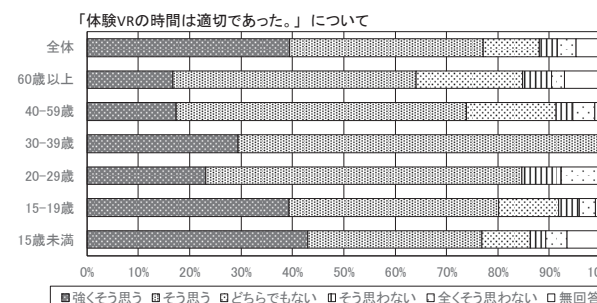


図-11 設問 6 (VR の時間) への回答

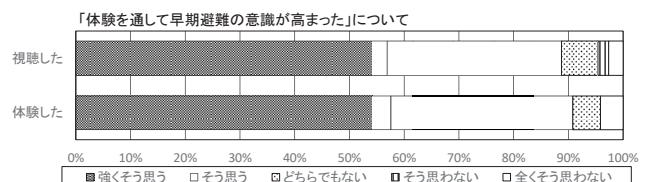


図-12 設問 4 に対する視聴者と体験者の回答の比較

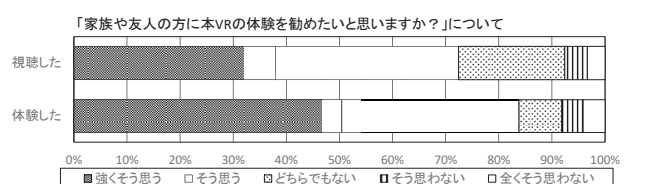


図-13 設問 5 に対する視聴者と体験者の回答の比較

歳である。回答者に「これまでの防災教育の方法（災害のビデオの上映と講話）と比較したとき、本 VR を用いた防災教育の効果についてどのように感じているか」と質問し、その回答のまとめを図-14 に示した。図のように、効果は非常に高い、高い、やや高いの回答はそれぞれ 17.5%、29.8%、38.6%であり、計 86%の回答がこれまでの防災教育と比較して効果があると回答している。改善点と課題については、VR 体験に約 10 分以上を要する（装置の装着などの時間を含め）ため、より多くの人に体験してもらうための短縮版の作成などが挙げられた。

## 5. まとめ

近年さまざまな災害について防災教育への VR の適用が研究されている。本研究は、豪雨時の土砂災害について早期避難を適切に判断する訓練を目的とした VR の開発である。本研究の内容をまとめると以下ようになる。

- 1) VR は、降雨が豪雨に急激に変化する中で避難の判断が遅れて避難ができず、自宅で土石流に襲われた状況を体験し、早期避難の重要性について意識を高めることを目的とした。
- 2) 2019 年 4 月より本 VR を用いた防災教育を東広島市の中学校・高校、地域の自治会、自主防災組織を対象として実施した。多数が参加する防災教育は、HMD を装着した体験者のほか体験者以外の参加者（視聴者）が大型のスピーカーで音声を聴きながら体験者が視ている画像を視聴するという方法で実施した。
- 3) VR の体験者と視聴者としての参加者計 3,225 人に実施したアンケート調査の結果、回答者の 88%が「早期避難の意識が高まった」と回答した。本 VR の目的に対して効果があったと考えられるが、今後より厳密な検証が必要である。

今後は、本 VR の効果を科学的に計測するとともに改善を行い、防災教育における効果を高めていきたい。

謝辞：本 VR は広島大学、東広島市と(株)理経が共同で実施した。(株)理経の貢献に感謝します。

## 参考文献

- 1) 土田孝：2018 年 7 月の西日本豪雨による土砂災害の特徴、地盤工学会誌、67(7)、1-3、2019。
- 2) 土田孝、森脇武夫、熊本直樹、一井康二、加納誠二、中井真司：2014 年広島豪雨災害において土石流が発生した溪流の状況と被害に関する調査、地盤工学ジャーナル、11(1)、33-52、2016。
- 3) 広島県：平成 30 年 7 月豪雨災害を踏まえた今後の水害・土砂災害対策のあり方検討会、第 2 回砂防部会資料 3-1、(参考資料)、2018 (参考年月日：2019.12.10)、[https://www.pref.hiroshima.lg.jp/uploaded/attachment\\_332033.pdf](https://www.pref.hiroshima.lg.jp/uploaded/attachment_332033.pdf)

表-3 自由記述の回答 2,752 人の中で多く使用された単語

| 単語      | 回答数 | 回答例  |
|---------|-----|--|
| 災害      | 696 | ・自分の地域がどのような災害を受けるのか具体的にわかり、イメージが大事だとわかった。   |
| 避難      | 635 | ・時間とともに被害が拡大することが分かった。今度から逃げようと思った。<br>・特別警報が発令された場合、すぐに避難袋や携帯品を持つなどして早く避難することが分かった<br>・避難所までのルートを体験したかった。           |
| リアル・すごい | 499 | ・VR がリアルでわかりやすかった。今度は体験してみたい。<br>・リアリティがあるので実体験しているようだった。  |
| 怖い・恐ろしい | 339 | ・怖い、リアルだった。<br>・雨の音や速報など忠実につくられていて、見るだけでも恐怖を覚えた。   |
| 早め・早い   | 346 | ・早めの避難が大切だと思った。私の住んでいる団地でも土砂災害が近くで起こったが避難しなかった。次に発生しそうなときは避難したいと思う。  |
| 準備      | 184 | ・特別警報が発令された場合、すぐに避難袋や携帯品を持つなどして早く避難することが分かった。<br>・市内の住民の多くは他人事との意識の人が多く、非常時持ち出し袋を持つように働きかけていますが、なかなか理解してもらえないのが実情です。 |
| 家族      | 82  | ・家族で話し合いたいと思った。  |

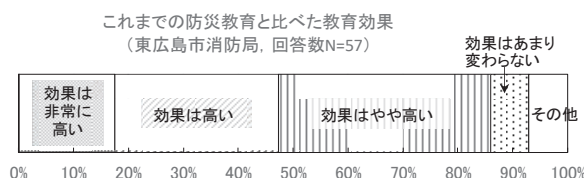


図-14 防災教育担当者によるこれまでの防災教育方法と比べた教育効果の評価

- 4) 目黒公郎、芳賀保則、山崎文雄、片山恒雄、バーチャルリアリティの避難行動シミュレータへの応用、土木学会論文集、556、197-207、1997。
- 5) 中本涼菜、谷岡遼太、吉野孝：VR を用いた被災体験とその対策を繰り返すことによる防災教育システムの提案、2017 年度情報処理学会関西支部支部大会講演論文集、6p、2017。
- 6) 堀田美月、菅原幸夫、亀田貴雄：防災意識向上を目的とした VR 吹雪の研究、雪氷研究大会講演要旨集、p.42、2019。
- 7) 板宮朋基、村上智一、小笠原敏記、川崎浩司、下川信也：ヘッドマウントディスプレイを用いた高潮想定没入体験システムの開発、土木学会論文集 B3、74(2)、I\_773-I\_778、2018。
- 8) 植野雄貴、陳詩凌、金澤功樹、大川博史、櫻山和男：防災教育のための VR 技術を用いた津波疑似体験システムの構築、土木情報学シンポジウム講演集、44、113-116、2019。
- 9) 神戸市役所：全国初 VR で土砂災害を疑似体験するプログラムを開発 (参考年月日：2019.12.10) [https://www.city.kobe.lg.jp/a57337/shise/press/press\\_back/2019/press\\_201903/20190311041901.html](https://www.city.kobe.lg.jp/a57337/shise/press/press_back/2019/press_201903/20190311041901.html)

(2020. 7. 1 受付)