

AR とスマートフォン HMD を用いた 災害疑似体験システムとその予備実験

光原 弘幸^{*1}, 入江 祐生^{*2}, 獅々堀 正幹^{*1}

^{*1} 徳島大学大学院社会産業理工学研究部

^{*2} 徳島大学大学院先端技術科学教育部

An AR- and Smartphone HMD-based System for Simulated Disaster Experience and its Preliminary Experiment

Hiroyuki Mitsuvara^{*1}, Hiroki Irie^{*2}, Masami Shishibori^{*1}

^{*1} Graduate School of Technology, Industrial and Social Sciences, Tokushima University

^{*2} Graduate School of Advanced Technology and Science, Tokushima University

Many disasters have occurred around the world and disaster education is getting more important. In recent years, ICT-based disaster education (ICTDE) has attracted attention. We developed some types of ICTDE such as ICT-based evacuation drill (ICTBED). ICTBED, which can be regarded as simulated disaster experience, adopts a geo-fencing framework and expresses disaster situations corresponding to location or time by digital materials presented on mobile devices (e.g., smartphone). To heighten the reality of ICTBED, we focused on ICTBED that combines AR (Augmented Reality) and a smartphone-based HMD (Head-Mounted Display). Then, we implemented a mobile application that realized the combination and conducted a preliminary experiment using the application.

キーワード: Augmented Reality, スマートフォン HMD, 災害疑似体験, ICT 活用型防災教育

1. はじめに

地震・津波, 台風, 洪水といった災害から命を守るために防災教育の充実は欠かせない. 著者らはこれまで, ICT 活用型防災教育⁽¹⁾として, ICT 活用型避難訓練 (ICT-Based Evacuation Drill: ICTBED)⁽²⁾⁽³⁾, 避難指示疑似体験⁽⁴⁾, デジタル防災マップ作成⁽⁵⁾などに取り組んできた. これらの取組では, 学習者が防災を自分事として学ぶことをめざし, 実世界 (主に学習者の生活圏) におけるリアリティの高い学びに焦点を当てている.

リアリティの高い避難訓練を実現するアプローチとして, VR の活用が挙げられる. 例えば, Chittaro と Sioni は, テロ攻撃からの避難を題材にした VR シリアスゲームを開発した⁽⁶⁾. また, Gong らは Kinect

センサを導入した VR 地震避難シミュレーションを開発した⁽⁷⁾.

本研究では ICTBED を対象に, リアリティを向上させるデジタル教材として AR に着目し, マーカレスおよびマーカ型 AR を用いた ICTBED を開発してきた⁽⁸⁾⁽⁹⁾. 近年, スマートフォン HMD (Head-Mounted Display) が普及してきており, AR と組み合わせて使用されることも多い. このような組み合わせは ICT 活用型防災教育でも見られる. 例えば, 板宮は深度センサ搭載スマートフォンを HMD として採用し, オクルージョンを考慮した浸水 (洪水や津波) の AR 表現を可能にしている⁽¹⁰⁾. 本研究でも, AR 提示デバイスとしてスマートフォン HMD を採用した ICTBED を開発している⁽¹¹⁾.

2. AR とスマートフォン HMD を用いた ICTBED

AR とスマートフォン HMD を用いた ICTBED（以下、AR-ICTBED と記す）は、ICTBED のリアリティを向上させることで、訓練参加者がより真剣に避難（災害）を疑似体験できるようにし、防災を自分事として考えられるようになることをめざす。

2.1 ICTBED の概要

ICTBED は、特定の場所で携帯情報端末（スマートフォンやタブレット）にデジタル教材を提示する Geo-fence の枠組みを採用しており、携帯情報端末を持った訓練参加者に対して、避難場所に制限時間内に到達することを求める。

避難訓練は平時に実施される。ICTBED は実世界における避難（災害）の疑似体験とみなすことができるが、いかにして訓練参加者に「自分は今、平時ではなく災害時にいる」と思わせるか、言い換えれば、いかにして仮想的な災害状況に没入させるかが重要になってくる。本研究では、没入感の向上はリアリティの向上によってもたらされ、リアリティには状況的リアリティと視聴覚的リアリティがあると考えている。そして、それぞれのリアリティを、災害シナリオとデジタル教材により向上させることをめざしている。

ICTBED は、携帯情報端末アプリを用いて実施される。このアプリは、読み込んだ災害シナリオに基づいて、特定の場所や時間でデジタル教材を提示する。

2.1.1 災害シナリオ

災害シナリオは、3 つのシーンを組み合わせることで災害状況を表現する。各シーンには、デジタル教材を提示するカットが少なくとも1つ存在する。災害シナリオは、条件により分岐する（次のシーンやカットを変更する）こともできる。

(1) Stay シーン

場所に対応づけられたシーンであり、訓練参加者はその場所で立ち止まってデジタル教材を閲覧する。

(2) Interrupt シーン

時間（指定日時やシーンからの経過時間）に対応づけられたシーンであり、訓練参加者はその時間

に立ち止まってデジタル教材を閲覧する。

(3) Move シーン

Stay シーンの間に割り当てられたシーンであり、訓練参加者は次の Stay シーンへ移動する。

2.1.2 デジタル教材

シーン内のカットで提示されるデジタル教材は、動画やスライドショーだけでなく、AR により目の前に災害状況が広がっているように見せる。

2.2 実装

AR-ICTBED は、専用の Android アプリを用いて実施される。このアプリの実装において、マーカ型 AR フレームワークとして Vuforia⁽¹²⁾を採用した。したがって、ICTBED 実施には、事前にマーカを用意（実世界に設置）しておく必要がある。災害状況を表現するための重畳表示 3 次元 CG は、Unity3D⁽¹³⁾により描画している。

訓練参加者は、Move シーンで AR マーカを探し、AR マーカをスマートフォン HMD のカメラで撮影・認識することで、当該 Stay シーンに入り、そのシーン内のカットで指定された AR を閲覧する（図 1）。なお、Move シーン（移動時）において、訓練参加者はスマートフォン HMD を装着して移動しなくてもよい。

2.3 AR による災害状況の提示例

AR-ICTBED で提示される災害状況の例を示す（表 1）。Stay シーンから Move シーンへの移行、災害状況 AR とともに提示された選択式質問への回答は、スマートフォン HMD のリアルタイム映像に重畳表示されたボタンを注視する（一定時間視線を合わせる）ことで実現している。

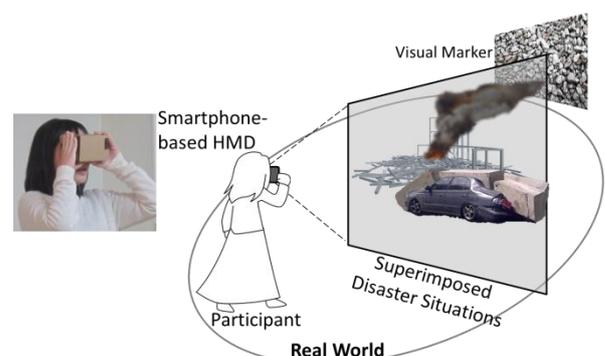


図 1 AR-ICTBED の概要

表 1 AR による災害状況提示例

災害状況	提示例
水（津波、洪水）	
炎	
煙	
割れた窓（破片）	
割れ目（床）	
倒壊した壁	
負傷者	

3. 予備実験

小中学生向けの教育イベントにおいて、予備実験として AR-ICTBED を実施し、以下について調査した。

- 災害状況 AR はリアルか
- 災害状況 AR に恐怖を感じられるか
- AR-ICTBED は楽しいか
- AR-ICTBED は防災意識を向上させるか
- AR-ICTBED に今後も参加したいか

3.1 設定

イベントの制約上、予備実験は屋内の一教室で実施された。その教室に小規模な迷路状の通路を作り、その通路（床や壁）に AR マーカを設置した。参加者は「イベント中に大地震が発生した」という想定のもと、同行スタッフとともに通路を歩いてゴールをめざしながら、AR マーカの場所で対応する災害状況（表 1 で示した災害状況）を見た（図 2）。制限時間は設定しなかったが、スタートからゴールまでの所要時間を約 5 分とした。

避難訓練というよりも災害疑似体験といえる本予備実験では、同行スタッフが各災害状況について参加者に短く解説したり、参加者の思考を促進したりした。例えば、煙が充満している災害状況では「煙を避けるためにできるだけ低い姿勢で逃げるようにしよう」、負傷者が倒れている災害状況では「負傷者を自分一人で助けられそう？」「負傷者を助けられそうになれば、自分の命を優先して逃げよう」などと発言した。

3.2 方法

まず、参加者に HMD による視力低下などのリスクを説明し、リスクを理解した上でスマートフォン HMD での体験を希望した参加者に限りスマートフォン HMD による AR-ICTBED を体験してもらった。スマートフォン HMD での体験を希望しない参加者には、タブレットでの AR-ICTBED を体験してもらった。なお、本予備実験では立体視を採用しなかった。

AR-ICTBED の体験直後、参加者には簡単なアンケートに回答してもらった。



図 2 AR-ICTBED の実施時

3.3 結果と考察

192名の参加者（小中学生）がAR-ICTBEDを体験し、アンケートに回答した（表2）。Q1以外は5段階リッカート尺度（1～5）を採用した。一部の質問に回答していない参加者がいた。

質問Q1に対して、約90%の参加者が「はい」と回答した。リアルだと感じた災害状況を参加者に尋ねたところ、水、煙、負傷者、割れた窓と回答する参加者が多かった。何名かの参加者は「割れた窓がもっともリアルだった」と感想を述べた。これは、窓が割れるアニメーションをガラスが割れる効果音とともにAR提示していたことに起因すると考えられる。このことから、リアリティ向上には視覚だけでなく聴覚の効果も重要であるといえる。

質問Q2は、Q1にも関連すると考えられ、高い平均値が期待された。しかし、Q2の平均値3.55は強い恐怖を表していない。また、41名の参加者が「2.（怖いとは）思わなかった」または「1. まったく思わなかった」と回答した。本研究では、いたずらに恐怖心を煽るようなARは必ずしもめざしていないが、参加者により真剣に災害を疑似体験してもらうために、どの程度の恐怖感が防災教育に適しているのかを検証したい。なお、「負傷者のCGがリアルではない」という意見があった。他の災害状況も含めて、CGをよりリアルにすることも検討する必要がある。

表 2 アンケート結果

質問	回答
Q1. 表示されたAR（災害状況）はリアルだった	はい=172名 いいえ=17名
Q2. 表示されたARは怖かった	平均値=3.55 標準偏差=1.25
Q3. この避難訓練は楽しかった	平均値=4.48 標準偏差=0.73
Q4. この避難訓練で防災意識が高まった	平均値=4.18 標準偏差=0.80
Q5. この避難訓練にまた参加したい（学校の授業などで）	平均値=4.33 標準偏差=0.83

質問Q3の平均値は4.48であり、良好といえる。楽しさと真剣さは相反する要素とも考えられ、バランスを十分に検討する必要があるが、防災や避難訓練に興味のない人にとって、楽しさは参加の動機づけに有効だと考えられる。

質問Q4の平均値は4.18であり、良好といえる。体験前の防災意識の程度にもよるが、目の前に広がる災害状況をARで見たことで、印象的な災害疑似体験となり、防災意識が向上したと考えられる。

質問Q5の平均値は4.33であり、良好といえる。再参加に意欲的であることは、別の災害想定でもAR-ICTBEDを実施する必要性の高さを表していると考えられる。また、学校防災教育へのAR-ICTBED導入も受け入れられやすいと期待される。

スマートフォンHMDとタブレットでアンケート結果を集計したところ、それぞれ、Q1について「はい」と回答した参加者は153名（168名中）と19名（20名中）、Q2の平均値について3.52と3.75、Q3の平均値について4.48と4.45、Q4の平均値について4.19と4.1、Q5の平均値について4.35と4.15であった。このように、デバイスによってアンケート結果に大きな差は生じなかった。スマートフォンHMDの採用が難しい場合に、タブレットでも同様の効果が期待できる。

以上の結果から、AR-ICTBEDは小中学生に十分受け入れられ、防災教育としても有効であると結論づけたい。

4. おわりに

本稿では、AR-ICTBED とその予備実験について述べた。AR-ICTBED は、視聴覚的リアリティの向上をめざして、AR とスマートフォン HMD の組み合わせに着目し、AR マーカに対応した災害状況を表現するために、3次元 CG をリアルタイム映像へ重畳表示している。予備実験の結果から、AR-ICTBED は小中学生に十分受け入れられ、防災教育としても有効であると結論づけた。しかし、この予備実験には限界がある。例えば、小学校低学年の参加者がリアリティの有無を判断できるか、といった疑問が残る。さらに、リアリティを2値回答（有無）のアンケートで評価することの妥当性など、リアリティの評価方法について十分議論する必要がある。

本研究の今後の課題として、子ども以外の参加者による評価実験などが挙げられる。また、小規模な災害疑似体験ではなく、本来の ICTBED のような避難訓練を対象に AR-ICTBED を実践する必要がある。近年、ARCore⁽¹⁴⁾や ARKit⁽¹⁵⁾といったマーカレス AR フレームワークが普及してきており、これらに対応する携帯情報端末も増えてきている。Vuforia7⁽¹²⁾では、マーカレス AR を実現するための平面検知が実装されている。マーカレス AR フレームワークを使用しない災害状況 AR として、Dong らは携帯情報端末の GPS や電子コンパスを活用したマーカレス AR により、災害状況（炎、竜巻、負傷者）を表現するシステムを開発した⁽¹⁶⁾。現在の AR-ICTBED はマーカ型であり、事前にマーカを準備する必要がある。AR-ICTBED のマーカレス AR 化も課題のひとつである。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 18H01054 の助成を受けた。教育イベントにおける AR-ICTBED の実施（予備実験）では、WBL 研究班の協力を得た。ここに感謝を記す。

参考文献

- (1) 光原弘幸: “ICT 活用型防災教育の現状と展望”, 教育システム情報学会誌, Vol.35, No.2, pp.66-80 (2018)
- (2) Mitsuhara, H., Inoue, T., Yamaguchi, K., Takechi, Y., Morimoto, M., Iwaka, K., Kozuki, Y., and Shishibori, M.: “Web-Based System for Designing Game-Based Evacuation Drills”, *Procedia Computer Science*, Vol.72, pp.277-284 (2015)
- (3) 光原弘幸, 井上武久, 山口健治, 武知康逸, 森本 真理, 上月康則, 井若和久, 獅々堀正幹: “考えさせる ICT 活用型避難訓練の実践”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.31, No.7, pp.65-72 (2017)
- (4) Mitsuhara, H., Iguchi, K., Shishibori, M.: “Using Digital Game, Augmented Reality, and Head Mounted Displays for Immediate-Action Commander Training”, *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, Vol.12, No.2, pp.101-117 (2017)
- (5) 光原弘幸, 井上武久, 山口健治, 武知康逸, 森本真理, 井若和久, 上月康則, 獅々堀正幹: “デジタル防災マップ作成支援システムとその防災授業利用”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.30, No.7, pp.89-96 (2016)
- (6) Chittaro, L. and Sioni, R.: “Serious games for emergency preparedness: Evaluation of an interactive vs. a non-interactive simulation of a terror attack”, *Computers in Human Behavior*, Vol.50, pp.508-519 (2015)
- (7) Gong, X., Liu, Y., Jiao, Y., Wang, B., Zhou, J., and Yu, H.: “A novel earthquake education system based on virtual reality”, *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol.E98.Dm No.12, pp.2242-2249 (2015)
- (8) Mitsuhara, H., Sumikawa, T., Miyashita, J., Iwaka K., and Kozuki, Y.: “Game-based evacuation drill using real world edutainment”, *Interactive Technology and Smart Education*, Vol.10, No.3, pp.194-210 (2013)
- (9) Kawai, J., Mitsuhara, H., and Shishibori, M.: “Game-based evacuation drill using augmented reality and head-mounted display”, *Interactive Technology and Smart Education*, Vol.13, No.3, pp.186-201 (2016)
- (10) 板宮朋基: “スマートフォンと紙製ゴーグルを用いた災害状況疑似体験教材の開発と実証活動”, 平成 28 年度東三河地域防災協議会受託研究 研究報告書 (2017)
- (11) 入江 祐生, 光原 弘幸, 獅々堀 正幹: “AR とスマート

フォン HMD を用いたインタラクティブ避難訓練システムの試作”, 教育システム情報学会第 42 回全国大会論文集, pp.311-312 (2017)

(12) Vuforia: <https://developer.vuforia.com/> (2018 年 12 月 11 日確認)

(13) Unity3D: <https://unity3d.com/jp> (2018 年 12 月 11 日確認)

(14) ARCore: <https://developers.google.com/ar/> (2018 年 12 月 11 日確認)

(15) ARKit: <https://developer.apple.com/jp/arkit/> (2018 年 12 月 11 日確認)

(16) Dong, H., Schafer, J., and Ganz, A.: “Augmented reality based mass casualty incident training system”, Proc. of 2016 IEEE Symposium on Technologies for Homeland Security, pp.1-4 (2016)