



避難訓練アプリケーション DeVA を活用した 避難行動者の傾向調査

Study on Behavior Tendency of Evacuee using DeVA

福本考生¹⁾, 松下智晴¹⁾, 菊池晶陽¹⁾, 大井翔¹⁾, 後藤壮史²⁾, 佐野睦夫¹⁾
Takao Fukumoto, Tomoharu Matsushita, Akihiro Kikuchi, Ooi Sho, Takeshi Goto, and Mutsuo Sano

1) 大阪工業大学 情報科学部 (〒573-0196 大阪府枚方市北山 1-79-1)

2) 奈良県王寺町立王寺小学校 (〒636-0012 奈良県北葛城郡王寺町本町 2-6-16)

概要:我々はこれまでに避難者を対象とした避難訓練アプリケーション DeVA の開発を行っている。DeVA は NPC による災害心理モデルを組み込み、様々なシナリオを体験し、避難者の行動とその評価を振り返ることで、避難者に防災意識を定着されるアプリケーションである。しかし、一部の避難者の体験を確認したところ、同じ行動パターンで作業的になっている体験者がいた。そこで、本研究では DeVA によって災害時における避難者の防災行動を調査し、今後のシステム改善につなげるものである。

キーワード: 防災教育, VR, 避難訓練, 振り返り, 行動分析

1. はじめに

日本では、様々な自然災害が起きている。台風や地震、その 2 次災害として火災や津波が発生している。そういった自然災害の中で地震に関しては、マグニチュード 6 以上の地震が世界中で起きているうちおよそ 20% が日本で起きている[1]。また国土交通省によれば、30 年以内に南海トラフ地震、首都直下地震といったマグニチュード 7~9 の大規模地震が発生すると言われている[2]。またこれらの地震による最大被害は、南海トラフ巨大地震の被害想定が死者約 32.3 万人、経済被害約 220 兆円であり、首都直下地震の被害想定が死者約 2.3 万人、経済被害約 95 兆円であり、切迫する巨大地震・津波等の被害を最小化するための防災・減災対策が課題となっている[3]。

また地震や津波からの対策においては、学校や自治体での避難訓練などが行われているが、学校の中で避難路の確認や地域の連携といったものが多い。また一斉に行うために、訓練者が本人の考えが行動に反映されない場合もある。そして何度か行われている避難訓練も内容がマンネリ化していることも問題として考えられる。

我々はこれまでに小学生児童を対象とし、図 1 に示すような避難訓練アプリケーションである Disaster Experience VR App (DeVA) の開発を行った[4]。

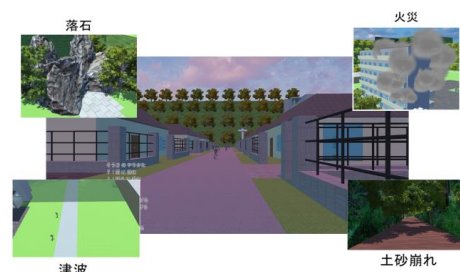


図 1 避難訓練アプリケーション DeVA

このアプリケーションにおいて体験者と同じく避難行動をする Non Player Character(NPC)やシルエットによる体験者の避難行動評価を行っている。この NPC は、体験者が操作しないキャラクターであり、このシステムではより現実に近い環境の再現、周りに惑わされないようにするために配置している。しかし、以前の実験では「NPC は人についていくことの危険性を考察するものとして不十分である」とある[4]。

そこで本研究では、NPC が体験者に与える影響の調査、また評価方法による振り返りが体験者に与える効果についての調査を行った。実験として、DeVA システムを体験してもらった小学生と大学生の避難行動の結果を分析し、年齢による避難行動違い、振り返りなどの DeVA システムに関する調査などを実施した。

2. 関連研究

これまで日本において被害の大きな地震が起きており、災害に対する対策が必要である近年、防災のために様々な避難訓練システムが開発されている。孫らはスマホアプリを用いて津波からの避難対策を促進させる避難訓練システムを作成した[5]。このシステムでは多くの人に効果的なフィードバックを与えることが難しいことを課題としていた。また住民自身が主体的に効率的な避難対策を模索するツールとしての役割を果たすシステムである。しかし災害時の状況再現ができていない問題がある。また、中本らは VR を用いて被災体験とその対策を繰り返すことによって防災の意識を高めるための防災教育システムを開発した[6]。このシステムでは、体験者に家具の転倒や火災、津波といったものを被災する映像とその被災の対策をする映像を繰り返し見せることによって、体験者の意識に働きかけて防災対策の再検討を行ってもらうことを目的としている。しかしこのシステムでは実際に自分の行動がシステムに反映されることがあまりない。

NPC の研究に関して藤村らは率先避難者の有効性を検証する研究を行った[7]。このシステムでは自然災害のうち、水害に着目し、率先避難者の避難促進効果を検証する実験を行い、率先避難者を視認した場合に視認しなかった場合より早く避難行動を開始することを確認している。Liu らは性格や感情が考慮された NPC を用いた地震避難のための仮想プラットフォームを開発した[8]。この研究では、OCEAN モデルを用いて個人の情報や地震が起きた際の周りの状況から、NPC の表情と行動を生成することによって、より現実に近い災害環境を再現した。その結果として、学習結果の向上につながった。

以上のことからこの研究での立ち位置は、仮想空間において災害を再現し、体験者の行動によってシナリオの変わることによって防災知識を得ることができるシステム、そして NPC の間違った行動に左右されず、避難できるようになるシステムを開発することである。そのために NPC の行動によって体験者にどのような影響があるかを知ることが目的となる。

3. システム概要

Disaster Experience VR App (DeVA) は VR 技術による臨場感ある状況の中で避難を行い、防災意識を向上させるためのシステムである。

本システムではスマートフォン、ハコスコ、Gamepad を用いる。スマートフォンをハコスコに装着し、体験者がそれを身に着ける。

3.1 マップ

マップに関しては、評価として地震前と地震後にマップを見ていたかという項目がある。マップは指定されたボタンを押すことで閉じ開きすることができる。そしてボタンを押してからマップを開くまでの時間に関して、地震が起きる前まではほぼタイムラグなく表示される。しかし地震が起きた後では表示までに 3 秒の時間がかかる。

これは東日本大震災の際に、携帯電話の通信料が通常に比べて 60 倍に達し、最大 9 割の通信料を規制することとなった[10]。この通信料の再現のために、マップ表示までの時間の差を設けた。

そして図 2 に体験の際に表示されるマップを示す。避難所が 5 つ表示されており、A は平地の避難所、B・C はマンションで避難ビルとなっているが、火災現場となっている可能性がある。D・E は高台となっているが落石や土砂災害の可能性がある。そして①、②は体験を始めたときの地点である。

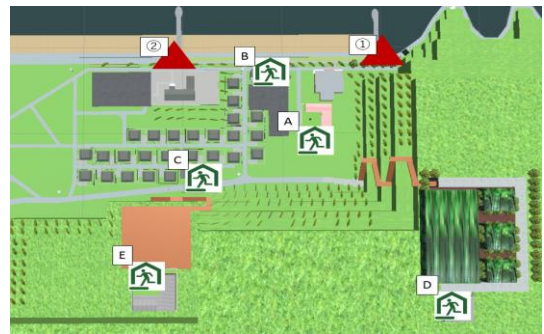


図 2 マップ

3.2 Non Player Character

広瀬は、発煙実験において 1 人であるより大勢の人という時の方が危険回避行動することが遅れると記述しており[9]、周りの人間が避難行動にも影響するといった点を再現するため、NPC を配置することとした。

このシステムの NPC は 10~20 体ほど出現し、図 3 の A~E の避難所の中で高所、D や E など高台にある避難所や B や C といった避難ビルの上階に火災現場の近くを通らないといった適切な行動、または不適切な避難行動を体験者と共に行う。NPC の避難場所は、適切な場所が 50%、不適切な場所が 50%と分かれており、その中でも複数ある場合体験ごとにランダムに設定される。この NPC の行動を体験者が見ることで避難行動に影響を与えることが目的となる。

3.3 シルエットによるフィードバック

避難完了後に表示されるスコア画面を図 3 に示す。この評価項目として左から順に避難状況、火災現場を避けたか、地震中の移動、地図の事前確認、地震後の地図確認の 5 つに対してシルエットとその点数が表示される。適切な行動がとれていない場合、シルエットが黒く表示される。



図 3 スコア画面

4. 実験

4.1 実験概要

DeVA の実験は過去に 2020 年 11 月 16 日 (月) に、奈良県王寺町立王寺小学校の小学 5 年生 20 名に、本アプリを用いた実験と 2021 年 7 月 9 日 (金), 2021 年 7 月 12 日 (月) に、大阪工業大学の生徒 6 名に、DeVA を用いて図 4 のように評価実験を行い、その時の行動分析を行った。

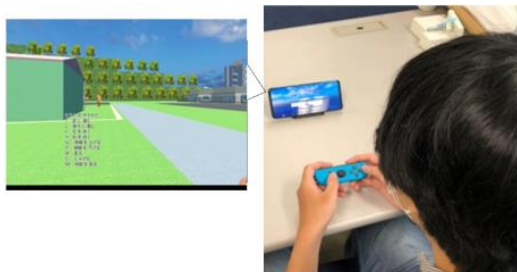


図 4 実験の様子

実験では 1 人ずつ 20 分の時間の中で、5 つの評価項目を満たせるよう目指すよう促した。体験者にはスマートフォンを使って本システムを体験してもらい、そして体験中の災害に対し、体験者の意志で自由に避難行動してもらい、

システムの体験後に質問紙調査と口頭試問を行った。

本実験の実施に辺り、大阪工業大学倫理委員会および立命館大学における人を対象とする研究倫理審査委員会の審査 (衣笠-人-2019-30)、また大阪工業大学における人を対象とする倫理委員会の審査 (2020-18) に基づき実施する。

4.2 質問紙調査と口頭試問について

大学生 6 名に対するシステム体験後の質問紙調査の項目と回答結果を表 1 に示す。また小学生と比較するため、以前行った小学生の結果を表 2 に示す[4]。

また口頭試問では行動の軌跡などでは分からない行動指針や怖いといった感情について質問した。

また質問紙調査項目に関しては「1: とでも当てはまる, 2: 当てはまる, 3: どちらともいえない, 4: 当てはまらない, 5: 全く当てはまらない」の 5 段階のリッカートスケールを用いた評価を依頼した。

5. 実験結果と考察

DeVA の体験結果について、表 1 に大学生の結果、表 2 に小学生の結果を示す。

表 1 大学生に対する実験の質問紙調査項目

質問番号	質問内容	評価項目の分布				
		1	2	3	4	5
②	防災訓練アプリの体験内容は、印象に残った。	3	2	1	0	0
③	防災訓練アプリの操作は簡単で、分かりやすかった。	0	1	4	1	0
④	防災訓練アプリは、安全な避難方法は分かった。	0	1	3	2	0
⑤	防災訓練アプリは、様々な二次災害を体験することができた。	2	2	2	0	0
⑥	防災訓練アプリで、日頃から防災に意識を向けようと思った。	1	2	2	1	0

表 2 小学生に対する実験の質問紙調査項目

質問番号	質問内容	評価項目の分布				
		1	2	3	4	5
②	防災訓練アプリの体験内容は、印象に残った。	5	11	4	0	0
③	防災訓練アプリの操作は簡単で、分かりやすかった。	8	6	3	2	1
④	防災訓練アプリは、安全な避難方法が分かった。	8	5	5	2	0
⑤	防災訓練アプリは、様々な二次災害を体験することができた。	9	6	2	1	1
⑥	防災訓練アプリで、日頃から防災に意識を向けようと思った。	6	11	1	0	2

※⑤: -名記述なし

5.1 小学生と大学生の行動

表 1, 表 2 から①の項目については小学生, 大学生共に 80%以上が当てはまると答えている。そのためこのシステムを通して災害について考えるきっかけとなったと考えられる。しかし⑥の項目では小学生の方では 80%以上当てはまると答えているのに対し、大学生では 50%である。大学生の当てはまると答えなかった生徒は④の項目で当てはまると答えていなかった。また「以前から防災での教えがあったため避難できた」とコメントしていた大学生もいたため、小学生の防災の知識よりも大学生の知識の方が多いことから新しい知識として安全な避難方法が明確に分からず差が出たのだと考えられる。

避難体験回数における高所への移動回数, 2 つのマンションへの移動回数とマンションの 1 階とそれより上の階への避難した回数についてまとめた物を表 3 に示す。

表 3 高所への避難分布

データ	大学生		小学生	
	回数	比率 (%)	回数	比率 (%)
避難体験回数	35	—	43	—
高所への移動	22	62.8	12	27.90
高台への移動	21	60.0	9	20.93
A: マンション (海岸沿い)	5	—	10	—
A: マンション (海岸沿い) : 1階	5	100	9	90.0
A: マンション (海岸沿い) : 上階	0	0	1	10.0
C: マンション (高台寄り)	3	—	7	—
C: マンション (高台寄り) : 1階	2	66.7	5	71.4
C: マンション (高台寄り) : 上階	1	33.3	2	28.6

表 3 から高所への移動が小学生は避難体験回数 43 回に対し、12 回のおよそ 30%と大学生の 35 回に対し 22 回のおよそ 60%では高所へ逃げた割合が 2 倍近くになっている。また大学生の中に海に近い低地の場所に住んでいて「高所への避難を小さい頃から聞いていた」とコメントしていたため、小学生はあまり定着していないのではないと考えられる。このことから小学生は高所への避難の意識が低い可能性があるといえる。また高所に行くことができるマンションに関しては、A と C において高所に向かったかという点で割合に大きな差は見られないためマンションへの避難という点においては小学生と大学生共に上に避難しようという意識は低いと考えられる。

5.2 NPC について

実験を行った大学生に対し、どういった理由で避難行動を行っているか口頭試問を行ったところ、6 人中 5 人が NPC に影響されていると答えた。小学生の中にも「この人についていこう」といったコメントもあった。また体験の中で NPC についていったことで、高台を目指し始めた体

験者も大学生，小学生にも見られた。

そして土砂災害の起きる可能性のある高台の避難所に行くためには，土砂災害の起きる道と舗装されており土砂災害の起きない道路の選択がある。この選択がある地点に行った回数は大学生，小学生共に 7 回であった。その中で土砂崩れによって被災したのは共に 3 回であった。そして大学生，小学生を合わせた 14 回の選択について 3 回 NPC が土砂災害に遭う道に行く光景を見た結果，3 回とも土砂災害に遭っている。

これらのことから実装された NPC が体験者に影響を与える効果は見られたといえる。また NPC についていくことへの危険性という点については，土砂災害の際には理解できた可能性があるが，NPC が選択に関与したのは大学生，小学生の体験回数 78 回の中で 3 回であるため，体験者の多くに与えることができたかという点において不十分であると考えられる。

5.3 シルエットによるフィードバック

実験を行った大学生に対し，シルエットによるフィードバックについて口頭試問を行ったところ 6 人中 5 人が「分かりづらい」と答えた。また大学生に限らず小学生も何が適切でないか分からないといったコメントもあった。

マップの項目では達成できない生徒がいたのは，地震の後にマップの表示までに時間がかかってしまうため，確認できないという思い込みをしてしまっているのだと考えられる。また小学生の実験の際には高台において，土砂崩れによって被災してしまった際に，「高い所がダメ」というコメントをしてしまっている。そういった点から小学生に限らず，避難の際に思い込みによって，誤った行動をとってしまう可能性があると考えられる。そして実験中に行動は改善されず，口頭でのフィードバックをするまでわからなかったことから DeVA には間違っただけの思い込みを指摘できる能力が不十分であるといえる。

6. 今後について

NPC に関しては 5.2 でも述べたように本システムでは NPC についていく危険性を理解させることは不十分であると考えた。そのことに加え，NPC について行くことで適切な行動ができた体験者がいたため NPC が体験者の選択に影響を与えることは大事である。そして小学生の実験データにおいて避難経路として避難所 A~B の間の道を最も通っていた。小学生の総避難回数 43 回に対し，24 回であった。24 回のうち，画面で避難行動，動いている NPC が見られた回数は 14 回であった。そのことから序盤は NPC が体験者の選択に影響を与えることが多いが，後になるほどその機会が失われているため，NPC が体験者に影響を与え続けるように改善する必要があると考える。また体験者個々に合わせたフィードバックが行えていないことが問題となる。

これらの点から DeVA には常に周りから影響を与える能力，個々に適したフィードバックをする能力が必要で

あると考えられるため，機械学習などの技術を用いてフィードバックに活かすことなどしてこれらの課題を解決していく。

謝辞 本研究の一部は，2020 年度公益財団法人関西エネルギー・リサイクル科学研究振興財団 総合防災災害分野 試験研究助成の支援を受けた。

参考文献

- [1] JICE 一般財団法人 国土技術研究センター，” 国土を知る/意外と知らない日本の国土”，
<https://www.jice.or.jp/knowledge/japan/commentary12>，(参照 2021/07/11)
- [2] 国土交通省，”知りたい！自身の備え”，
<https://www.mlit.go.jp/river/earthquake/future/index.html>，(参照 2021/07/11)
- [3] 国土交通省，”現状と課題”，
<https://www.mlit.go.jp/common/001095294.pdf>，(参照 2021/07/11)
- [4] 松下智晴，菊池晶陽，大井翔，後藤壮史，佐野睦夫：“DeVA：VR を用いた防災知識向上のための 避難訓練アプリケーションの開発”，情報処理学会インタラクション 2021 IPSJ Interaction 2021
- [5] 孫英英，矢守克也，鈴木進吾，李葉昕，杉山高志，千々和詩織，西野隆博，卜部兼慎：“スマホ・アプリで津波避難の促進対策を考える：「逃げトレ」の開発と実装の試み”，情報処理学会論文誌 Vol.58 No.1 205-214 (Jan. 2017)
- [6] 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
- [7] 藤村 幸大，藤見 俊夫，田中 歩夢，Mohamad F. N. AULADY：“VR を用いた率先避難者の有効性の検討”，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol.75, No.5 (土木計画学研究・論文集第 36 巻)，I_61-I_68, 2019.
- [8] T. Liu, Z. Liu, M. Ma, T. Chen, C. Liu and Y. Chai, "3D visual simulation of individual and crowd behavior in earthquake evacuation", SIMULATION, 2018, vol. 95, no.1, pp.65-81.
- [9] 広瀬 弘忠，“災害時の避難行動，” 東日本大震災関連調査 pp.130-133 ，
https://www.isad.or.jp/pdf/information_provision/information_provision/h25/higashinihon25_all.pdf，(参照 2021/07/22)
- [10] 東洋経済オンライン，《震災から何を学んだか》通信インフラ，<https://toyokeizai.net/articles/-/8909>，(参照 2021/07/11)