

行動心理と体験学習に基づく VR 避難訓練システム MisasTer-System の開発

菊池晶陽^{†1} 大井翔^{†2} 後藤壮史^{†3} 佐野睦夫^{†1}

概要：本研究では、学校の教育現場で行われる避難訓練において、“児童・生徒・学生”のための避難行動の知識の蓄積、意識付けを目指す避難訓練システムの開発を目的とする。日本では、東日本大震災などの多くの自然災害が発生しており、近年では台風による被害や南海トラフ地震も予想されており、災害に対する理解が必要であり、小中学校における義務教育で学ぶことがふさわしいと言われている。これまでに VR 技術を活用した避難訓練システムは開発されているが、消火活動訓練など、学校現場における“児童・生徒・学生”が行わない訓練が多く、避難指導者側を訓練するシステムとなっている。そのため、児童・生徒・学生などの避難を優先して行う人々の意識は変わらないと考えられる。そこで本研究では、“避難する”ということに着目し、行動心理と体験学習に基づく VR 避難訓練システムの開発し、小学生 6 名を対象に実験を実施し、システムの活用について検討した。

1. はじめに

日本では、多くの自然災害が発生している。台風、地震、またそれらの 2 次災害として水害や火災などが主である。その中でも地震は世界的に見ても非常に多く世界中で起きているマグニチュード 6 の地震の 2 割が日本で起きていると言われている[1]。それらの災害に対する理解が必要である。日本での自然災害の多さから各自治体や学校団体での避難訓練活動が重要視されている。そのため学校の先生などの“避難指導者側”や小学生児童などの未成年以下の“避難優先者側”共に避難訓練をしている現場においては知識が養われているよう考える。

しかしながら、現状の義務教育課程において防災訓練は「総合的な学習の時間」の 1 つのテーマとして取り上げられることがほとんどである。近年では、義務教育課程における避難訓練でも力を入れて行っている学校もあるが、臨場感などが欠け、年に数回同じような内容のためにルーチンワークとなっている場合もある。加えて、実際に自然災害に遭遇した場合、普段避難活動をし慣れた場所であるとは限らない。

そのため、普段見慣れた場所以外での避難行動の知識を一人一人が持たなくてはならない。

近年では、予測されている大規模自然災害に対しての VR 技術を用いた支援システムが多く開発されている。しかし、その多くは消火機材の使用、避難ルートの確保・誘導であるなどの避難指導者側に軸を置いた物である。そのため、“児童・生徒・学生”などの避難を優先して行う人たちは防災・避難に対しての意識が今までと変わらないため指導者側がいくら避難指示を出しても適切な行動がわからず被

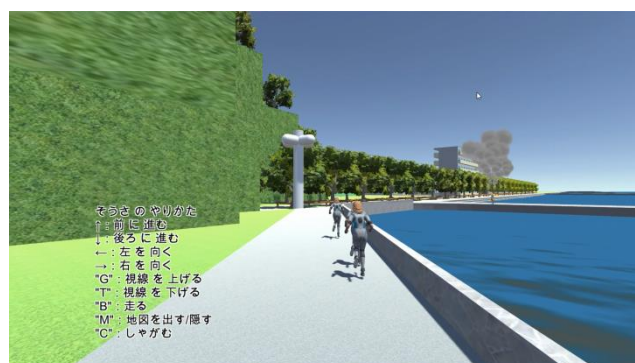


図 1. MisasTer-System

災してしまう恐れがある。

そこで、本研究では学校現場における避難を優先して行う者である“児童・生徒・学生”が主体的に訓練をする“避難する”ということに着目し、図 1 に示す Mixed disaster Training System (MisasTer-System) という VR 避難訓練システムの開発を行う。

本システムは、12 歳未満の児童も対象としている。そのまた、単眼で VR 体験行うことのできるハコスコという段ボール型の簡易 VR 機材を使い、仮想空間上で実際には住んでない場所や地域での防災・避難行動体験を行うシステムである。これは、VR の特性上、普段訓練することの困難なことを体験するという特性上、普段住んでいる場所では、ある程度の防災教育がされているとし、今回は修学旅行や家族旅行など避難場所などの知識があまりない場所をターゲットとした。また、体験時には、集団の心理行動を考慮し NCP を配置することで、実際の避難時に近い環境を再現する。

^{†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} 立命館大学 情報理工学部 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1 丁目 1-1

^{†3} 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. 従来研究

近年、「南海トラフ巨大地震」や「首都直下型地震」といった大きな自然災害の発生確率が 30 年以内で 70～80%と予測されている[2]. それに対して早急な対応が求められている. しかし、現状の日本の教育現場では防災に関する教育は総合的な活動の時間などの 1 つのテーマとして扱われている現状がある. 現在では、VR や MR を用いた避難訓練・消火訓練のシステムが多く開発されている. NEC らは実物の消火器をコントローラとして利用して消火活動をキッチン回りなどの場所を想定した仮想体験を開発した[3]. しかし、このシステムは実際の消火器をコントローラとして使用しているため体験用に大量に個数を用意するにはコストが大きく掛かる. 中本らは、屋内で地震による家具転倒やガス栓が元での出火を体験し、家具の留め具や日頃からのガスの元栓をしめるなどの行動を行うことで減災につながることで繰り返すことで学ぶことを体験できるシステムを開発した[4]. このシステムは、ある一定のシナリオを元に進行されるため体験者がシナリオに作用させることが出来ない. また板宮らはハコスコとスマートフォンを使用したシステムを開発した[5]. スマートフォンのカメラを通してリアルタイムで現場を解析してその場での被災を仮想体験できる. このシステムは実際の現場を被害想定することが出来るためよりリアルに感じる. しかし、その被害想定をする現場に行かなくていけない MR としての欠点がある. 谷本らも、小学生児童らを対象とした VR 空間において学校内で火災が起こった際の避難訓練および消火活動に関して、教育工学の ARCS モデルに基づいたシステムを開発した[6]. 体験者の気づきを誘発し、防災に対する知識を獲得できる. このシステムでは、教室から火災で逃げる場合、各地に配置されている防犯ベルを鳴らし他の人にも知らせから逃げるなどの被害を軽減できるなどの情報を VR 体験中にナビゲーションしながら行動することができる. 他にも、煙が充満している場所では姿勢を低くして避難する. 消火訓練では、VIVE 機器を利用した実際の体験者の手の動きを反映した消火活動の仮想体験もある. このシステムは、防災・避難の行動時に今の状況に対してナビゲーション形式で表示される. その指示通りに行動を行うことにより体験者自身に考えや自主性を欠いてしまうという欠点がある. また、消火活動や火災の周知というのは学校の先生などの“避難指導者側”の取り組みであり生徒ら“避難優先者側”の行動ではないと考える.

上記に記した従来研究の課題に対して、本研究では、以下の対策を以ってシステムを開発する.

- ① これまで開発したシステムに、体験中に体験者とは別の行動をするモデル Non Player Character (NPC) を追加することで、より災害時に近い体験ができることと、“追従性”[7]を伴った行動を見ることで避難時におけ

る行動分析を行う.

- ② 普段の避難訓練では体験することのできない災害訓練を VR によって訓練することができるシステムの開発を行う.
- ③ 小学生児童ら“避難優先者側”を対象としたシステムの開発を目指す. また、システム内では体験者に対するナビゲーションを極力減らす.

①については、NPC が逃げたりするという実際の災害時に似た体験ができると考えたため、将来、自律した防災・避難行動が取れるようになることや指導者として適格な指示を出来るようになるのではないかと考えている. ②については実際の小学校教諭と協議をした結果、VR を用いると普段は体験することのできないことが体験でき、海なし県では普段体験できない避難訓練をすることができる、そのことが重要であるという意見を頂いた. ③については“避難優先側”の人たちに避難での適切な行動を学んでもらう. その中でナビゲーション形式ではなく体験者自身の考えを基に行動してもらうことで体験者自身の記憶にも残り防災意識の向上につながると考えている.

3. MisasTer-System

本研究において、実際の小学校で活用することができるかを小学校教諭と協議しつつシステムの開発を進めていくとともに、実際に開発するシステムの評価を行うために、本実験を行う予定である. このシステムを開発することで近い将来発生すると予測されている自然災害に対しても自身の自立した考えを持って避難行動を行えるようになることや体験者が避難指導者側になった時に適切な避難指示が出来るようになるのが目的である. 本研究の体験では、散策時の被災に対しての体験者自身の思う行動してもらう. 図1ではよりリアルさを増すために1人称視点にしている.

3.1 開発環境

開発環境は Unity で仮想現実の世界を作成する. 作成する際、Sketch Up というフリーソフトを用いて作成した建物をステージに配置していく. 図2に GoogleMap から見た海岸沿いの様子を Sketch Up と Unity で作成したものを示す.

3.2 設定と仮想空間

本研究では、体験者が観光地に赴いた際に自然災害により被災した場面を想定している. そのため、仮想空間のステージも現実にある場所を模して作成した. 今回避難フィールドに選んだ場所は、三重県伊勢市にある夫婦岩付近のである. 理由として、観光名所であることの他に、図3に示すような国土地理院が提供している重ねるハザードマップ[8]の情報も考慮した. 図3のハザードマップでは、津波による被害を色の濃さ、また津波に対する避難場所を記し



図 2. Sketch up と Unity で作成した仮想空間



図 3. ハザードマップ



図 4. 体験中の周辺情報

ている。図 3 では、平地と山岳部分が両立しており、そのどちらにも避難場所が存在する。そのため体験者の考え次第では逃げ方に差が出る可能性がある。また、朝日新聞が提供している南海トラフ巨大地震被害想定[9]でも、津波到達最短時間に猶予があることが理由である。

図 4 では体験中に仮想空間上での体験者の置かれた状況をお知らせとして表示している部分を示す。内容として、「近海での地震が予測されているため万が一に備えた行動をするように」ということが書かれている。

3.3 行動心理モデル

本体験では、仮想空間に体験者が操作するキャラクタだけでなく自動でその場を歩く NPC を用意する。目の前に NPC が逃げている場面になった際の NPC の行動を適切・不適切の両方を用意することで体験者の行動が心理的に変

わるかどうかを見る。また、体験を開始した直後に災害に見舞われるのでは体験者がその場面对して身構えながら体験が始まってしまう。そのため、開始直後ではなく少し操作した後に災害に遭い自身の意志を以って避難行動を取ってもらうように設計する。

3.4 体験後の評価基準

本体験での避難成功、または被災後に体験者の行動を 100 点満点で評価する。今回の評価基準は実際の小学校教員との協議で決定した。

評価項目と点数の位置内訳は以下の表 1 に示し、各項目について説明する。

① 避難状況（配点 30 点）

体験中の自然災害に対して、体験者が仮想空間上で無事に避難することが出来たかを評価している項目である。

◎：今回想定している体験内では最も適切な場所に避難できたことを示す。

○：比較的安全な場所に避難できたことを示す。

△：避難は成功したが、適切ではない場所に避難したことを示す。

×：体験中に避難できず、被災したことを示す。

② 火災現場を避けたか（配点 20 点）

体験中の自然災害の発生で起きた 2 次災害である火災の現場を避けて避難することが出来たかを評価している項目である。

◎：避難時に火災現場に近づかずに避難行動を行ったことを示す。

△：避難時に火災現場の近くを通ったことを示す。

×：△よりも近い場所を通ったことを示す。

③ 地震中の移動

体験中に発生する地震直後の動きを正しく行えたかを評価している項目である。

◎：地震発生直後の行動が適切であることを示す。

△：地震発生直後の行動が不適切であることを示す。

×：△よりも不適切であることを示す。

④ 事前確認

体験者が初めて訪れる場所に対して、周辺地図などの確認が出来ているかを評価する項目である。

◎：事前確認が行われていることを示す。

表 1. 評価点数の項目

項目	評価と点数				配点
	◎	○	△	×	
避難状況	30	20	10	0	
火災現場を避けたか	20		10	0	
地震中の移動	20		10	0	
事前確認	15			0	
地震後の確認	15			0	

×：事前確認が行われていないを示す。

⑤ 地震後の確認

地震発生後に地図などの周辺状況を確認し避難所の場所を把握出来ているかを評価する項目である。

◎：地震発生後に周辺の確認が出来ていることを示す。

×：地震発生後に周辺の確認が出来ていないことを示す。

また、体験中の避難で被災した場合や、体験中に達成できなかった場所は以下の図 5, 6 のように各項目で“???”として表示される。体験者はこの評価項目を見て自分の行動で何が出来ていなかったのかを考えて行動を改変して貰おう。

3.5 振り返り機能

体験後に、体験者のとった行動と適切な行動を比較し、適切な行動を学ぶフィードバックする。フィードバックすることは、自身の行動に対する気づきを与えるうえで重要な機能の一つである[10]。本研究では、自身の行った行動と、それに対する知識を与えることで、災害発生時に適切に行動できるような知識を与える。

図 7 では、避難完了後に体験者の避難場所についての振り返り画面である。ここでは、津波に対する平地避難を行ったため今よりも高い場所（垂直避難）を行うように促している。

4. 実験

実験に要する時間は事前説明と同意で 10 分程度、実験実施に 25 分程度の合計 35 分程度である。本実験は、時間が許す限り体験をしてもらい評価点 100 点を目指してもらおう。

本実験は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（2019-19）に基づき実施する。また、作成するシステムを本学の大学生および奈良県王寺町立王子小学校の児童に体験してもらおう。なお、人数は小学生 6 名で実施した。

実験は以下の手順で行った。初めに、図 1 の今回のシステムを小学生には PC 画面で体験してもらおう。体験中に遭う自然災害に対して自身の考えに基づいて行動してもらおう。この際、体験者の防災・避難行動について評価をする。体験終了後、その体験者自身の行動と適切な行動[11][12]を見せるフィードバックを行う。

図 8 では実際に小学生を対象とした実験を行った様子である。この実験後、体験したシステムについて操作性や内容についてのアンケートを実施し今後の発展に活かす。

今回、アンケートはリッカート尺度を用いた 5 段階評価であり、項目は以下の通りである。

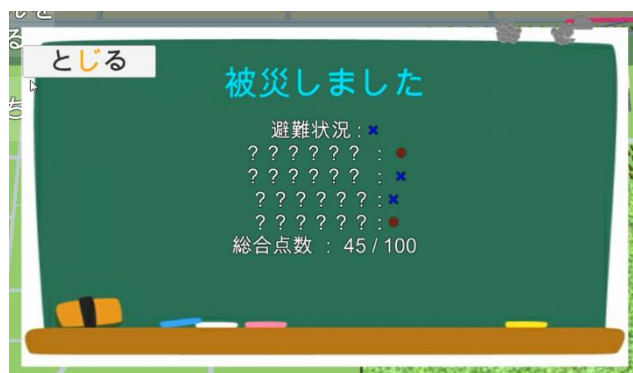


図 5. 被災した際の評価

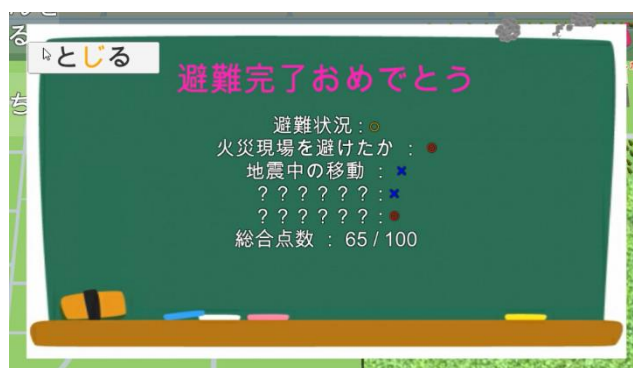


図 6. 避難した際の評価

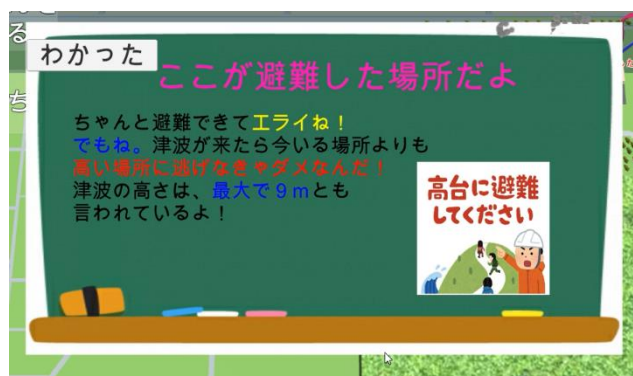


図 7. 避難完了後の振り返り



図 8. 小学生を対象とした実験の様子

- ① 防災訓練システムを繰り返し行うやる気が出た
- ② 防災訓練システムの体験後の振り返りは、分かりやす

かった

- ③ 防災訓練システムで、日頃から防災に意識を向けようと思った。

以上の3項目に対して、それぞれに回答した理由を聞く記述、最後に体験を通して感じたことを自由記述してもらうアンケートとなっている。

5. 結果

小学生に行った実験後のアンケートの結果を図9に示す。

また、体験者から自由記述にて得られたコメントを以下にシステム面・シナリオ面・防災面・その他・体験者のサポータ面に主題分析し一部抜粋する

● システム面

- ・アナウンス、避難している人、津波がリアルだった
- ・点数が表示されて繰り返すやる気が出た
- ・操作方法が分かりやすかった

● シナリオ面

- ・操作の練習があつてよかった
- ・避難している時の行動が出来ていないのが分かった
- ・行動に分からないことがあったから直したい
- ・避難場所やルートでアドバイスが貰えた

● 防災面

- ・防災に意識を向けようと思った
- ・津波にのまれることが分かったから意識を向ける
- ・やってみて逃げる大切さが分かった

● その他

- ・だんだん分かるようになった
- ・楽しかった
- ・点数を上げたかった
- ・やっていて疲れた
- ・点数が取れて嬉しかった

● 体験者のサポータ

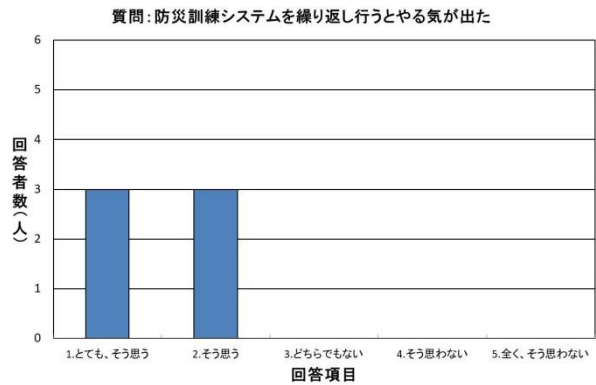
- ・山道が長く退屈そうに避難していた
- ・評価項目が分かった後、操作に作業感が出た
- ・体験者同士が近いので会話したり画面をのぞいたりしていた

6章ではこのアンケート、コメント結果について考察していく。

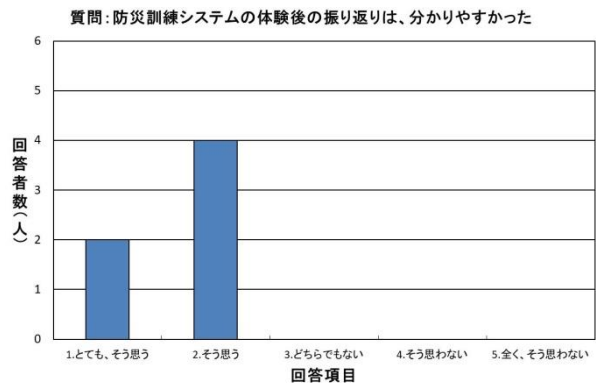
6. 考察

この章では5章の結果について考察していく。

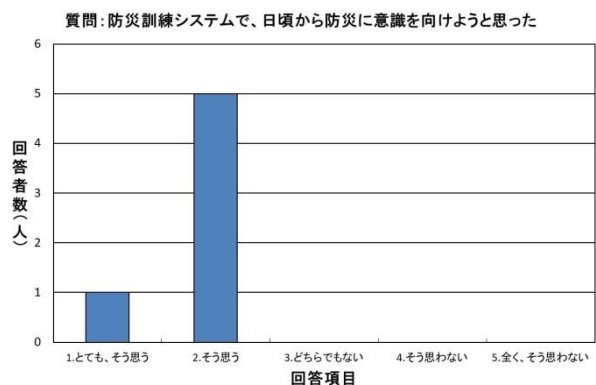
表の「防災訓練システムを繰り返し行くとやる気が出た」というアンケートに対しては、「1. とてもそう思う」、「2. そう思う」と回答した人が3名ずつであった。これは、本システムである「MisasTer-System」の達成目標の1つである「繰り返して行うことで体験者に防災・避難の知識を蓄



(a) 防災訓練システムを繰り返し行くとやる気が出た



(b) 防災システムの体験後の振り返りは、分かりやすかった



(c) 防災システムで、日頃から防災に意識を向けようと思った

図9 アンケート各項目でのグラフ

えてもらう」の「繰り返して行う」を体験者が肯定したと言える。また、回答1と2で別れたのは今回のシステムがスタート位置とシナリオが固定であったため体験者によってはやる気は出るが1を選ぶほどでないという考えになったのではないかと考察する。

次に表の「防災システムの体験後の振り返りは、分かりやすかった」というアンケートに対しては、「1. とてもそう思う」が2名、「2. そう思う」が4名であった。これも

全員が肯定的な回答をしてくれている。これも達成目標である「体験者に適切な避難知識が身につく」の“適切な避難知識”が小学生対象でも分かりやすく記すことが出来たと言える。回答の2が1に比べて多くなってしまったのは、体験後の評価項目に“???”を用いた結果、体験者の中には理解が難しいと感じた人もいたのではないかと考察する。

次に「防災システムで、日頃から防災に意識を向けようと思った」というアンケートに対しては、「1. とても思う」が1名、「2. そう思う」が5名であった。この質問も他と同様に全員が肯定的な回答を示してくれた。これも、本システムの達成目標である「体験者が本システムを体験することで日頃から防災に意識を向ける」を達成できたと言える。しかし、回答の1と2がアンケート中一番の差が出た。これは、小学生が体験することを基準としたトラウマを生まないシステム作りを行ったため、昨今ゲームなどを行う人によっては物足りず2の回答が多くなったのではないかと考察する。

最後に、体験後のコメントについては、各アンケート項目に対する自由記述や全体を通した自由記述を集計し表としてまとめている。これらのコメントの中でも「防災に関して」にある“(防災に対して) 出来るだけ意識しようと思った”、“津波にのまれたりしたから(意識を向ける)”、“やってみて、逃げるのが大切なのが分かった”は本システムが体験を通して体験者に災害時の防災・避難行動の重要性に気づきを与えることが出来たと言える。

また、“地震後の行動で、水位上昇している場所をはしる NPC に対して、「そっちはダメだから」といって方向を変えていた”というコメントがあった。これは本システム内に配置した体験者の行動を迷わせる NPC に関して体験者に「このままついて行っているのか」という考えを促し自分で考え・意思で行動させる行動心理としての役割を達成出来たことが言える。

逆に、他のコメント項目にある“キーボードの押しっぱなしが辛い”“やっていて疲れた”“評価項目が分かった後に体験者の操作に作業感が出た”に関しては今回体験を行ったバージョンではキーボードによる操作や一辺倒なシナリオ、小学生対象を基準としたシステム作りなどの要因により出たコメントであると考察する。

7. おわりに

結果と考察により今回開発した「MisasTer-System」は、小学生を対象とした体験を行うことで繰り返し行うモチベーションが出る。また体験後に小学生にも分かりやすい振り返りを行うことが出来、日頃から防災に意識を向けさせることが出来る。また、配置した NPC には体験者の行動に対して心理的な要因となりうるものが分かった。

謝辞

本研究の実験に当たり、奈良県王寺町立王寺小学校水谷学校長をはじめ、実験に協力いただいた児童の皆さんに感謝の意を示す。

参考文献

- [1] 国土技術センター：“国土を知る/意外と知らない日本の国土” <http://www.jice.or.jp/knowledge/japan/commentary12> , 2019/12/19
- [2] 平成年間をスキップか… 次はいつ「南海トラフ巨大地震」：ウェザーニューズ <https://weathernews.jp/s/topics/201903/300085/> , 2019/6/20
- [3] NEC Networks & System Integration Corporation: VR firefighting training simulator, https://www.nesic.co.jp/solution/bosai/vr_shouka.html, 2019/6/7
- [4] 中本涼菜, 谷岡遼太, 吉野孝, VRを用いた被災疑似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, 日本災害情報学会, pp.1-2, 2017.
- [5] 板宮 朋基・吉村達之, 複合現実による災害想定没入体験アプリ Disaster Scope の開発と避難訓練における活用, 日本災害情報学会誌, pp.191~198, 2018.
- [6] Sho Ooi, Taisuke Tanimoto and Mutsuo Sano, Virtual Reality Fire Disaster Training System for Improving Disaster Awareness, the 2019 8th International Conference on Educational and Information Technology (ICEIT), pp.301-307, 2019
- [7] 火災に関する基礎知識 #1 | 防災・減災 Tips | 防災ラボ <https://bousailab.com/wp/bousai-tips/fire-prevention/fire-knowledge-1/> , 2019/6/20
- [8] 重ねるハザードマップ -<https://disaportal.gsi.go.jp/maps/index.html> , 2019/10/10
- [9] 南海トラフ巨大地震 被害想定 http://www.asahi.com/special/nankai_trough/ , 2019/10/10
- [10] 和栗百恵, 「ふりかえり学習」-大学教育におけるふりかえり支援のために-, 国立教育政策研究所紀要 第139集, pp.85~100, 2010/3
- [11] 知ろう・備えよう災害対策 - 災害時の行動編 -, https://www.ms-ins.com/special/bousai/taisaku/tips_10/ , 2019/6/20
- [12] 知ろう・備えよう災害対策 - 災害時の行動編 - https://www.ms-ins.com/special/bousai/taisaku/tips_10/ , 2019/6/20