

# 災害状況再現・対応能力訓練システムの開発と 学校教員を対象とした地震発生時の初期対応訓練の実践

高橋 亨輔<sup>1,a)</sup> 井面 仁志<sup>1</sup> 白木 渡<sup>1</sup> 磯打 千雅子<sup>1</sup>

受付日 2016年8月17日, 採録日 2017年2月9日

**概要:** 本研究の目的は、災害時の危機的な状況下で、いかに適切な状況判断ができるか、その判断をもとにいかに適切な意思決定を行い行動に移せるか、これら一連の訓練を通して災害時の対応能力を養成するシステムの開発である。2011年東日本大震災では、広範囲の揺れや巨大な津波により、多くの教員や児童が被災した。従来、学校現場で実施される防災訓練は、マニュアルに記載された基本的な行動手順を確認することを目的としているが、現実の災害では、教員にとって想定を超える事態が発生する可能性もあり、教員自らが適切に状況判断し、素早い意思決定のもとに行動することが求められる。そこで、本研究では、災害時の実践的な対応能力の養成を目的とした災害状況再現・対応能力訓練システムを開発する。提案システムは、まず、大型スクリーンに投影されるバーチャルリアリティ（Virtual Reality：VR）映像と、教室の机や教科書などの現実の物を組み合わせ、バーチャルとリアルを融合して訓練体験者が災害時の臨場感を体感できる環境を構築する。次に、この環境下で対応行動をとる訓練ができるように、訓練体験者の行動に応じて災害状況が切り替わる訓練シナリオを開発する。最終的には、小学校教員を対象とした地震発生時の初期対応訓練シナリオを開発し、学校教員を対象とした訓練の実践事例と訓練システムの運用を通じて、開発したシステムの有用性や効果を検証する。

**キーワード:** 訓練システム, バーチャルリアリティ, 防災教育, 学校防災, 震災

## Development of a Simulation System for Reproduction of Disaster Situations and Its Application to Practicable Initial Response Training for School Teachers in Earthquake Disaster

KYOSUKE TAKAHASHI<sup>1,a)</sup> HITOSHI INOMO<sup>1</sup> WATARU SHIRAKI<sup>1</sup> CHIKAKO ISOUCHI<sup>1</sup>

Received: August 17, 2016, Accepted: February 9, 2017

**Abstract:** This study aimed to develop a disaster risk reduction training system for school teachers to develop their practicable disaster response capabilities. Education for disaster risk reduction is important in protecting lives. However, conventional disaster reduction education in school in Japan has been delivered in accordance with procedures from the disaster reduction education manual. Although this conventional education material is effective to learn fundamental action steps, it does not provide guideline for the development of practicable response capabilities during disasters. In this study, an attempt is made to develop a simulation system for reproduction of disaster situations. First, an environment is developed to experience disaster situations by using virtual reality image projected on a large screen and real props. Feature of the proposed system is to reproduce disaster situations through a mix of real and virtual space. Next, in order to train response capabilities in this environment, a dynamically changing training scenario is developed. This scenario can switch scenes in response to the trainee's behavior. Finally, the proposed system is applied to practicable initial response training for school teachers in earthquake disaster. A training example for school teachers is presented to demonstrate the usefulness of the proposed system.

**Keywords:** training system, virtual reality, disaster risk reduction education, school disaster prevention, earthquake

## 1. はじめに

2011年東日本大震災では、広範囲の揺れや想定を超える巨大な津波により、多くの学校施設で被害が発生した [1]. さらに、当時の津波浸水予測では浸水域外であった津波指定避難所の小学校が津波により被災するなど、多くの教員や児童生徒の命が失われた。東日本大震災以降、文部科学省は、学校における今後の防災教育・防災管理などを見直している。これを受け各学校では防災対策が積極的に実施されている。文部科学省は、2011年7月に「東日本大震災を受けた防災教育・防災管理等に関する有識者会議」を設置し、2011年9月に中間とりまとめ [2], 2012年7月には最終報告 [3] を公表している。2012年4月には「学校安全の推進に関する計画」[4] が閣議決定され、上記有識者会議の中間とりまとめの内容を含んだ今後5年間の防災教育・防災管理などの考え方と施策の方向性が示されている。ハード面では、全国の小中学校における耐震化率が2011年の73.3%から、2015年には95.6%まで上昇している [5]. ソフト面では、文部科学省が東日本大震災の教訓をふまえた「学校防災マニュアル（地震・津波災害）作成の手引き」[6] を2012年3月に作成し、学校防災マニュアルの整備や充実を図っている。

しかし、東日本大震災では、約4割の学校で、「教職員自身が被災者であり行動がとれなかった」、「教職員間の意思疎通がうまくいかなかった」、「マニュアルに規定している以上の事項が発生したため有効に機能しなかった」など、事前に想定していた以上の事態が発生し、災害対策の校内組織が有効に機能しなかったという報告がされている [7]. ハード・ソフトの対策が推進されても、災害時には、想定外の事態の発生は避けられない可能性がある。したがって、今後このような想定外の事態に対応していくには、想定にとらわれない対応能力を備えなければならない。教員自らが、災害時の想定を超える事態に対して、適切に状況判断し、素早い意思決定のもとに行動に移すことができる実践的な対応能力が必要となる。

そこで、本研究では、災害時の実践的な対応能力の養成を目的とした災害状況再現・対応能力訓練システム（以下、訓練システムという）を開発する。提案システムは、災害時の状況を再現・模擬し、その危機的な状況下で、いかに適切な状況判断ができるか、その判断をもとにいかに適切な意思決定を行い行動に移せるか、これら一連の訓練を通して災害時の対応能力を養成する。具体的には、まず、訓練効果を高めるために、大型スクリーンに投影されるバーチャルリアリティ（Virtual Reality：VR）映像<sup>\*1</sup>と、教室の机や教科書などの現実の物を組み合わせて、バーチャル

とリアルを融合して訓練体験者が災害時の臨場感を体感できる環境を構築する。次に、この環境下で対応行動をとる訓練ができるように、訓練体験者の行動に応じて災害状況が切り替わる訓練シナリオを開発する。最終的には、小学校教員を対象とした地震発生時の初期対応訓練シナリオを開発し、訓練の実践事例と訓練システムの運用を通じて、開発したシステムの有用性や効果を検証する。

## 2. 防災教育の現状と課題

### 2.1 学校現場における防災教育の現状

東日本大震災を受けた防災教育・防災管理などに関する有識者会議が示した、東日本大震災以降の今後5年間の防災教育・防災管理などの考え方と施策の方向性では、児童生徒に対する防災教育の重要項目として、『災害発生時に児童生徒自らが危険を予測し、回避するための「主体的に行動する態度」の育成』があげられている [3]. 教員について明記はされていないが、児童生徒を指導する立場である教員にも同様の能力が求められる。また、同会議の中間とりまとめでは、教員に対しては、災害発生時の状況を的確に判断し、児童生徒などの安全確保のために適切な指示や支援をすることが求められており、教員の資質向上や研修の充実が望まれている [2].

しかし、従来、学校現場で実施されてきた防災教育は、知識や技術の習得を目的とするものが多く、習得した知識や技術の活用を目的とした教育はほとんど実施されていない。したがって、危険を予測し、回避するための主体的に行動する態度の育成につながっていない。たとえば、多くの学校現場では、授業中に地震が発生し、児童が机の下に隠れ、その後に避難場所である校庭に集合するといった、地震発生時の避難訓練を実施している。しかし、こうした訓練は、あらかじめ次に起こる状況が分かっており、災害時の想定を超える事態が発生する中で対応するための能力は身につかない。秦ら [8] も、従来、学校現場で実施される防災訓練は、手順の確認にとどまっており、基本的な型を徹底させることを主眼にしていると指摘しており、従来の防災訓練を、失敗が起きないし、課題が見つからない訓練であると批判している。そのうえで、秦ら [8] は、主体性や危険を予測し、回避する能力を育成するために、より実践的である緊急地震速報を活用した抜き打ち型の防災訓練を提案している。

さらに、教員に対する研修においても、災害に直面した際の対応能力の習得を目的とした教育はほとんど実施されてこなかった。教員を対象とした研修には、各都道府県の教育委員会が実施する防災教育指導者向け研修会や、独立行政法人教員研修センターが実施する学校安全教育指導者

<sup>1</sup> 香川大学  
Kagawa University, Takamatsu, Kagawa 761-0396, Japan  
a) k.taka@eng.kagawa-u.ac.jp

\*1 本システムのVR映像は、体験者の動作に連動した視点変更を有しておらずCG動画に近いものであるが、災害状況を体感可能としているという広義の意味でVR映像という用語を用いる。

研修などがある [9]。しかし、研修内容は、防災専門家による講演や図上訓練などのワークショップが多く、防災意識の啓発や防災に関する基本的な知識や技術の習得を目的としており、学習した知識や技術を活用して災害に直面した際の対応能力の習得に直接つながるものではない。

本研究では、現実の防災訓練を工夫する秦ら [8] のアプローチとは異なり、システムを活用して災害に直面した際の対応能力の習得を目的とした訓練を提案する。

## 2.2 関連研究

近年、シミュレーションシステムを活用した防災教育教材の開発がさかんに行われている。片田ら [10] は、地域住民の津波避難の検討支援として、津波災害シナリオ・シミュレータを開発している。このシミュレータでは、災害情報の伝達、避難状況や津波氾濫による人的被害の発生などの津波災害時の社会状況を地図上に再現する。地域住民はコンピュータの画面上に提示されるシミュレーション状況を閲覧し、避難のタイミングを検討する。

本研究と同様に VR を活用した防災教育教材には、目黒ら [11] や、坪田ら [12] のシステムがある。目黒ら [11] は大規模地下街の避難行動をシミュレーションし、その結果を VR 空間内に表示し、コンピュータの画面上で閲覧できるようにしている。VR を用いることで、天井カメラからの視点、壁際の避難者の視点、他の避難者と一緒に避難している避難者の視点など様々な視点から、避難の様子を確認できる。坪田ら [12] は可搬性のある没入型 VR システムを開発し、防災教育を実施している。没入型 VR システムは、3面の大型スクリーンで構成されており、スクリーン上に地震災害時の被害映像や、震災シミュレーション映像が投射できる。大型スクリーンで高解像度・広視野角を確保することで、体験者が没入感を得られるようにしている。

意思決定や行動を考慮した防災教育教材として、浦野ら [13] はスマートフォンを用いた災害体験ゲームシステムを開発している。このシステムでは、利用者が実際に地域を歩きながら、スマートフォン上に表示される様々な災害イベントを体験して、その際の状況把握と正しい対処方法の知識獲得を目的としている。

これらの研究は、防災意識の啓発や災害リスク認知の向上を目的としており、災害の状況をイメージしやすくするツールとして情報システムを活用している。本研究で開発する訓練システムは、災害の状況をイメージしやすくするために VR を用いているが、従来の防災教育教材とは異なり、訓練体験者の行動を通じて、災害発生時の対応能力の習得を目指している点に特長がある。

対応能力養成を目的とした訓練システムとして、Lapland 大学 Medical Course の訓練システム (ENVI) があげられる [14]。ENVI は、救急救命士や医療従事者を対象としており、VR による映像と救命訓練用人形など現実の物を組

み合わせた対応型訓練を実施している。ENVI のコンセプトは、システム開発上参考となっているが、本研究では学校教員の災害時の対応能力養成を目的としており、ENVI とは訓練の対象者、目的や訓練シナリオの構築方法が異なる。

## 3. 訓練システムのコンセプト

本訓練システムの最終目標は、災害時の実践的な対応能力を備えた人材の養成である。本研究では、その第 1 段階として、災害時の危機的な状況下で、適切な状況判断と意思決定を行い、その結果を行動に移すという、災害時の一連の行動が体感可能な訓練システムを開発する。

Ripley [15] は、災害時に人間は時間の経過とともに「否認」、「思考」、「決定的瞬間」における行動の 3 つの段階をたどると指摘している。「否認」は、正常化の偏見ともいわれ、目の前に危険が迫ってくるまで、その危険を認めようとしない心理傾向を指す。この「否認」は、周りの様子をうかがう、凍りついて体が動かないなどの行動の立ち遅れとして現れる。次の段階の「思考」は異常事態を把握した後、どのように行動すべきかを考える段階である。そして、最後に「決定的瞬間」において実際に行動を起こす。

従来の防災教育は、防災に関する知識や技術の習得が主であり、これは、「思考」の段階で正しい行動を選択するうえで有効である。しかし、災害時に対応するための実践力を備えるうえでは、行動の選択に有効となる知識や技術を学ぶだけでなく、学習した知識や技術を活用して災害に直面した際の対応能力を習得するための訓練が必要である。

本研究では、これを実現するために、災害時の状況を再現し、その危機的な状況下で、Ripley [15] の述べる「否認」、「思考」、「決定的瞬間」における行動の一連の流れが体感可能な訓練システムを開発する。システムの実現に必要な要件として、本研究では、以下に示す 3 つの要件、要件 1) 災害時の臨場感を体感できる環境の構築、要件 2) 様々な状況判断と意思決定が行動につながる訓練シナリオの開発、要件 3) 訓練を継続し発展させる運用環境の構築を設定している。

### 3.1 災害時の臨場感を体感できる環境の構築

災害時の臨場感を体感するには、訓練体験者が災害時の状況をイメージし、その状況下に没入できるような環境を構築する必要がある。災害時の臨場感を与えるための工夫として、現実の防災訓練では、校内放送を使って地震発生時の環境音を流す、怪我人役の人物を設定する、火災の発生を体感できる人体に無害な煙発生装置を用いるといった方法がとられる。しかし、こうした訓練を実施するには、事前準備時間や備品購入などの手間がかかる。さらに、地震発生時の建物内の揺れの様子、児童が怪我をするといった現実では再現し難い状況も存在する。

そこで本研究では、バーチャルとリアルを融合して災害を疑似体験可能な環境を構築する。具体的には、大型スクリーンに投影されるVR映像により災害環境を再現し、現実の教室の机や教科書など物を組み合わせて、対応行動を実感可能な環境を構築する。VR映像による臨場感を高めるには、体験者の視界を覆うヘッドマウントディスプレイを装着する方法も考えられる。しかし、本研究では、机の下に隠れる、避難口のドアを開けるなどの動作を実際に体験者に行ってほしく、現実の物も活用する方法を採用する。これは、対応行動の習得には、「思考」から「決定的瞬間」における行動を自らの体を動かして体感することが重要と考えるためである。

### 3.2 様々な状況判断と意思決定が行動につながる訓練シナリオの開発

学校現場で実施される防災訓練は、あらかじめ訓練のシナリオを定め、そのシナリオに従って行動できるかを確認する。しかし、現実の災害は、訓練とは異なりシナリオどおりには進まない。たとえば、避難中に児童生徒が怪我をする、あらかじめ定められていた1次避難場所が液状化で使用できないなど教員にとって想定外の事態が発生する可能性がある。教員は、こうした状況に直面した場合でも、得られた情報から適切に状況判断し、素早い意思決定のもとに行動する能力が求められる。

この能力を身に着けるためには、訓練体験者に様々な想定外の状況を提示し、その状況下における最適な行動を選択する訓練が必要である。そこで、本研究では、訓練体験者の行動にとまらぬ、動的に進行する分岐型の訓練シナリオを開発する。訓練体験者はシステムのスクリーン上に表示される映像を見ながら、自らの体を動かして対応行動をとる。訓練体験者の行動に応じてシーンを切り替えることで、体験者の状況判断と行動に応じた対応訓練が実現できる。

事前にシナリオを知らされない訓練としては災害図上訓練DIG (Disaster Imagination Game : DIG) [16] や避難所HUG (Hinanzyo Unei Game : HUG) [17] などのブラインド型状況付与訓練があげられる。これらの訓練の対象者は、災害対策本部や避難所運営本部などの運営本部である。訓練の目的は、訓練実施者から付与される様々な状況分析と対応を通じて、組織間の対応や連携を検証することである。一方、本システムは、災害状況を視覚的に付与する形で再現し、直観による判断の対応行動を個人が体感する訓練システムである。

### 3.3 訓練を継続し発展させる運用環境の構築

訓練を通じて、発災時に行動できる人材を育成し、個人の対応能力を向上・維持するためには、訓練を定期的に繰り返し実施する必要がある。しかし、毎回の訓練で訓練シ

ナリオに変化が見られない場合、訓練体験者も状況が予測でき、対応能力の向上や維持に有効な訓練とならない。

そこで本研究では、訓練を継続して実施できる運用環境を構築するために、訓練シナリオが容易に追加変更できる仕組みを構築する。繰り返し訓練を実施する中で、訓練体験者が得られた新たな気づきや訓練体験者の行動から、さらに訓練効果が期待できる新たなシナリオを開発する。これにより、個々人の対応能力に応じて段階的に学習できる環境やシステムの継続した運用を目指す。

## 4. 訓練システムの実装

システム開発においては、災害時の時々刻々と変化する状況を再現し、一連の流れとして再現すること、訓練体験者の行動に応じて状況が変化することが求められる。本章では、これを実現するためのシステム構成や訓練シナリオ構成を説明する。

### 4.1 訓練システムの構成

訓練システムの構成を図1に示す。訓練システムは縦約6m×横約8mの室内に設置されている。訓練システムは、大型スクリーン、5.1chサラウンドの音響装置、教室の机や教科書など現実の物と訓練シナリオ再生サーバ類から構成される。スクリーンはアクリル製の透明パネルであり、パネルの背面からプロジェクターを用いて映像を投射する。1面のスクリーンの大きさは、約80インチ(W:1,628mm×H:1,220mm)で、これを水平方向に3面並べる。室内の周囲5カ所にはスピーカを設置し、映像に合わせて音声を再生する。室内には、教員用の教卓、児童用の机と椅子や教室の出入口ドアなどの現実の物を配置する。室内の周囲は暗幕で覆われており、訓練実施時には訓練への没入感を高める目的で室内の照明を暗くする。

スクリーンに投影する映像の再生や切替は、訓練シナリオ再生サーバが管理する。訓練システムでは、スクリーンに投影する災害時の映像として、VR映像、動画や静止

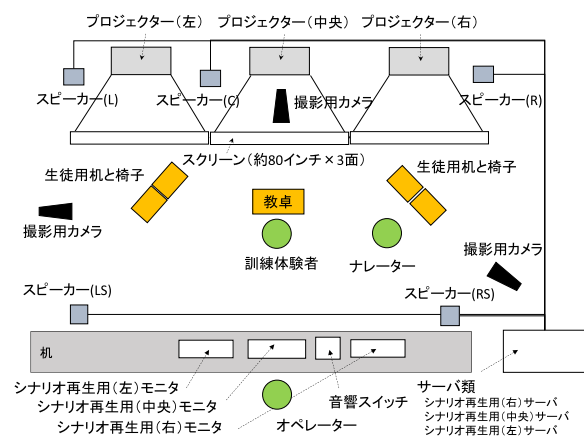


図1 訓練システムの構成

Fig. 1 Configuration of the training system.



図 2 訓練システムの全景  
Fig. 2 Overview of the training system.

画を表示できる。訓練シナリオ再生サーバは全部で3台あり、それぞれが中央スクリーン、左スクリーンと右スクリーンの映像再生に対応する。訓練シナリオ再生時は、中央スクリーンの訓練シナリオ再生サーバがマスターサーバとなり、左右スクリーンと同期をとりながら映像を再生する。

訓練中はオペレータとファシリテータの2人が訓練体験者の行動を支援する。オペレータは、シーンの切替えや音響管理など訓練システムを操作し、訓練全体の進行を管理する。ファシリテータは、訓練システムと訓練体験者の橋渡し役となり、シナリオの状況説明や訓練体験者の行動を促すなど訓練の臨場感作りを支援する。

訓練システムの全景を図2に示す。図2は、小学校の教室で地震が発生した状況を再現した場面である。図2の手前の人物が教員役の訓練体験者であり、奥側の人物が児童役の訓練体験者である。類似するシステムの構成として、坪田ら[12]のVR環境でも臨場感や没入感を高めるために、体験者の視界の大半を占める大型スクリーンが用いられている。本研究で開発するシステムは、災害時の状況を再現するだけでなく、訓練体験者が再現した状況下で対応行動をとることを目的としており、地震発生時に机の下に隠れるといった動作は自らが体を動かして実践することを前提として開発している。このため、災害時の状況すべてをコンピュータにより再現するのではなく、教室の机や教科書などの現実の物を用いることで、訓練体験者がより現実に近い状況で訓練できるように工夫している。

## 4.2 初期対応訓練シナリオの開発

### 4.2.1 訓練シナリオの構成

4.1節で説明した災害時の臨場感を体感できる環境下で対応行動をとる訓練ができるように、本研究では、訓練体験者の行動に応じて災害状況が切り替わる訓練シナリオを開発する。訓練体験者がより現実に近い状況で訓練できるためには、訓練体験者の行動の自由度をどう確保するかが課題である。訓練体験者の意思をシステムに伝える方法と

表 1 VR 映像の設定ファイル

Table 1 Configuration files of VR image.

| ファイル名称   | 説明                                   |
|----------|--------------------------------------|
| 環境定義     | 日時、天候、地震の震度や津波の規模などの災害環境を設定          |
| レイアウト定義  | 海、山、道路や建物など立地環境を設定                   |
| アイテム定義   | 机、椅子やロッカーなど物に関する3Dオブジェクトの位置やモーションを設定 |
| キャラクター定義 | 人物の表情、位置やモーションを設定                    |
| 質問定義     | シーン中に表示する状況説明文や質問文を設定                |

して、キーボードやゲーミングコントローラによる入力と考えられるが、行動の自由度は低くなる。また、Microsoft社のKinectなどのセンサを用いて音声認識や行動認識することも考えられるが、開発コストが高い。さらに、認識精度が低いと訓練体験者の行動に応じた適切なシーンが提示できない。そこで、本研究では、フローチャート形式であらかじめシーンを用意し、訓練体験者の行動をオペレータが観測し、分岐選択することで、体感型の訓練を実現する手法を用いることにした。

訓練シナリオは複数のシーンから構成されるフローチャートである。各シーンは、VR映像、動画や静止画から構成される。このうち、VR映像のシーンは、表1に示す5つのテキスト形式の設定ファイルから構成される。設定ファイル内の項目をエディタなどで修正することで、シーンの追加や変更が容易にできる。シーン中への3Dオブジェクトの配置や移動といった変更内容であれば、情報学を専攻する大学生などコンピュータの基本的な操作ができる者が数時間の作業で実施できる。

### 4.2.2 初期対応訓練シナリオの開発プロセス

本システムは、オペレータが訓練体験者の行動を観測しシーンを分岐選択することで、訓練体験者の行動に応じた災害状況を提示する。このために、訓練体験者がとりうる行動に応じたシーンをあらかじめ作成する。そして、各シーンを組み合わせて訓練のフローチャートとする。シーンの単位は状況変化であり、時間経過によるものだけでなく、体験者からのフィードバック、すなわち行動や発言によるものを含む。

初期対応訓練シナリオは、文部科学省が公表する「学校防災マニュアル（地震・津波災害）作成の手引き」[6]に記載されている初期対応と二次対応の一部とを含む。ここで、初期対応は、地震発生直後の安全確保のための対応であり、二次対応は、地震の揺れが収まった後、次に発生する災害からの避難対応である。本研究で開発した初期対応訓練シナリオの概要を表2に示す。訓練体験者は、小学校2年生の教員役を演じる。教室で授業中に震度6強の海溝型地震（南海トラフ巨大地震）が発生する。教員は教室内の安全を確保後、児童生徒を1次避難場所である校庭まで誘導する。本シナリオでは中・高学年児童に比べて教員

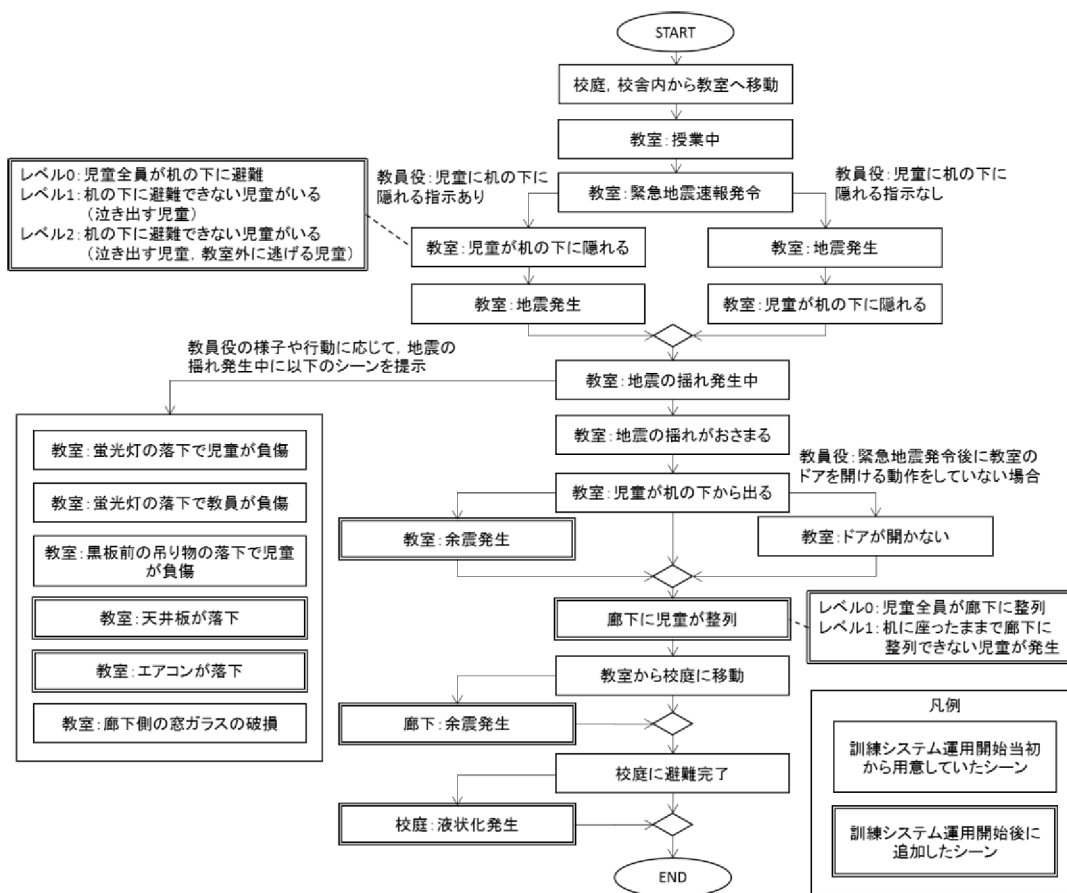


図 3 初期対応訓練のフローチャート

Fig. 3 Flowchart overview of initial response training scenario.

表 2 初期対応訓練シナリオの概要

Table 2 Overview of initial response training scenario.

|        |  |
|--------|--|
| 訓練目的   | 教室内で地震が発生した場合に、教室内の物が落ちてこない・倒れてこない・移動してこない場所を把握し、児童の安全確保や避難誘導などの指示ができるようになること                    |
| 達成目標   | 地震発生時に教員がとらなければならない行動について具体的なイメージを持つことができる<br>具体的なイメージを持って実際に行動をとることができる<br>地震発生時の教室内の児童生徒を誘導できる |
| 対象者    | 学校教員 (小学校の学級担任)  |
| シナリオ概要 | 訓練者は小学校 2 年生の担任である。午後の授業中に地震が発生した。教室内での安全確保をし、避難場所である校庭に避難する。                                    |

の支援が必要となる 2 年次の低学年児童を設定している。

初期対応訓練のフローチャートを図 3 に示す。このフローチャートの作成手順は次のとおりである。まず基本シナリオとして、教室で地震が発生し、教員や児童の安全を確保後、校庭に避難するという初期対応の一連の流れを作成する。これは、学校防災マニュアル [6], 東日大震災関連の報告書や書籍 (たとえば、文献 [18] や [19] など) を基に教室から校庭に避難するまでの教員がとるべき対応行動や震災時とった対応行動を調査し作成した。教室での地震発生時の初期対応は、学校の立地条件によらず基本的には

類似しており、教室内で児童生徒や教員自身の安全を確保し、校庭や体育館などの避難場所に児童生徒を誘導するというものである。

次に、その基本シナリオに教員にとって想定外となるようなシーンを追加する。著者らは、2012 年より香川県学校防災アドバイザー派遣事業に携わっており、香川県内の複数の幼小中高校を訪問し学校現場の防災訓練を視察している。想定外となるようなシーンは、実際の防災訓練を視察する中で見られた、注意しなければならない事態を含めている。具体的には、机の下に避難した児童に対して、机の脚を持ち固定する指示ができていないか、教員自身の安全確保ができていないか、地震発生時に出口の確保ができていないかなどである。さらに、いくつかのシーンには難易度を設定し、分岐を追加する。

フローチャートのシーンの分岐例を図 4 に示す。シーンの分岐条件は、訓練シナリオの難易度によって分岐するシーン、訓練体験者がある行動や発言をしていない、またはできていなければ分岐するといったものである。これらの遷移は、オペレータが訓練体験者の行動を観察して選択する。図 4 は、図 3 のフローチャート中のシーン「教室：緊急地震速報発令」における分岐を示している。このシーンは、教員役が緊急地震速報発令中に、「机の下に隠れて」

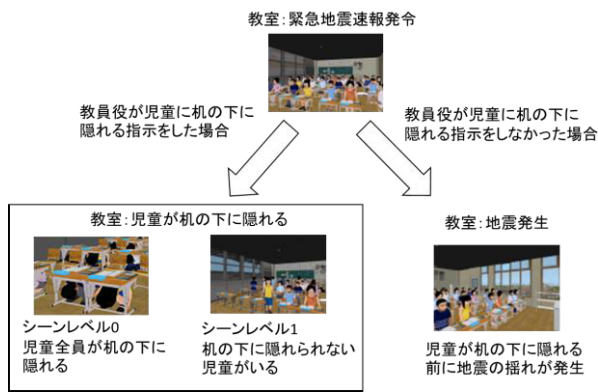


図 4 シーンの分岐例

Fig. 4 An example of scene transition.

など、児童に机の下に隠れるように指示をした場合と指示をしなかった場合によって、大きく 2 つに分岐する。教員役が指示をしなかった場合は、児童が教室内の椅子に座っている状態で地震が発生する「教室：地震発生」のシーンに遷移する。教員役が指示をした場合は、「教室：児童が机の下に隠れる」シーンに遷移する。このシーンは、いくつか難易度が設定されており、児童全員が机の下に避難するが、机の下に避難できない児童がいるといった内容が含まれる。

オペレータがこのように教員役の行動に応じてシーンを切り替えることで、教員役の訓練体験者にとっては、自らの対応行動に応じて状況が変化していく体感が得られる。あらかじめ用意しているシーン以外の行動を訓練体験者がとる可能性もあるが、この場合は、ファシリテータが説明で補うなどしている。

本システムはシーンを追加変更することで、システムの運用開始後においてもシナリオを改善できる。図 3 のフローチャート内の 2 重枠線のシーンは、訓練システムの運用開始後に訓練体験者の意見を反映して追加したシーンである。この詳細は、5.2 節の訓練システムの運用およびシナリオの改善で説明する。

### 4.3 訓練の実施方法

訓練中はオペレータとファシリテータの 2 人が訓練体験者の行動を支援する。訓練システムを用いた訓練の流れは次のとおりである。訓練体験者は、スクリーンの前に立ち、スクリーンに提示される映像を見ながら、その状況に応じて自由に行動する。オペレータは、訓練体験者の行動を観察し、その行動に応じてシーンを切り替える。これにより、状況判断と意思決定をして行動するという訓練が実施できる。特に、訓練体験者からは、自らが状況判断し意思決定した行動に応じて、次々と状況が変わるといった体感が得られるため、より実践的な訓練を実施できる。

さらに、訓練は体験するだけでなく、自身の行動を振り返り、次の段階の訓練に活かすことが重要である。この

ため、訓練システムでは、訓練の様子を 3 カ所に設置してあるビデオカメラを用いて記録する。訓練終了後にはファシリテータと訓練体験者が撮影した映像を見ながら、訓練中の行動の良かった点や悪かった点を振り返る。

## 5. 訓練の実践と有用性の検証

本研究の目的は、災害時の危機的な状況下で、適切な状況判断と意思決定を行い、その結果を行動に移すという、災害時の一連の行動が体感可能な訓練システムの開発である。本章では、初期対応訓練の実践事例と訓練システムの運用を通じて、3 章で述べた訓練システムのコンセプトを満たす訓練が実践できているかを検証する。

### 5.1 初期対応訓練の実践事例

本研究では、小学校教員への初期対応訓練の実践事例から、訓練システムの要件 1) 災害時の臨場感を体感できる環境の構築、要件 2) 様々な状況判断と意思決定が行動につながる訓練シナリオの開発が達成できているかを検証する。

#### 5.1.1 訓練の概要

初期対応訓練は、2015 年 11 月に K 小学校の全教員 24 人を対象に実施した。訓練時間は約 60 分であり、シナリオの異なる初期対応訓練を 2 回実施した。1 回目の訓練シナリオは、従来の学校防災マニュアルで定められているような地震発生時の適切な対応行動ができるかを確認するものである。2 回目の訓練シナリオは、1 回目の訓練よりも想定外の事態の発生を増やし、教員が想定外の事態に対して適切に対応できるかを確認するものである。1 回目の訓練は、訓練の受講生 1 人が教員役、4 人が児童役であり、残りは見学者である。2 回目の訓練は、1 人が教員役、6 人が児童役であり、残りは見学者である。1 回目と 2 回目の訓練シナリオで、教員役や児童役は異なる受講生から選んでいる。

受講生全員には、訓練中に気がついた内容を記録するために、事前と事後の振り返りシート 2 枚を配布している。訓練終了後には、訓練システムの有用性を検証するアンケートを実施した。以下では、当日の訓練の流れを説明する。

#### (1) 訓練の導入

訓練開始時には、ファシリテータが受講生全員に対して、訓練の前提条件を説明する。説明項目は、訓練システムの使用方法、小学校の立地環境や校舎の築年数、日時や担当児童数などである。本訓練の設定は、香川県内の市街地に立地する小学校である。校舎は 3 階建ての鉄筋コンクリート造で、耐震性は確保されている。また、地震発生直後の津波や土砂崩れの危険性は低いとしている。

#### (2) 初期対応訓練 (1 回目) の実施

受講生全員は体験前に、地震発生時の対応行動を思い返しイメージするため、事前振り返りシートに記入する。記

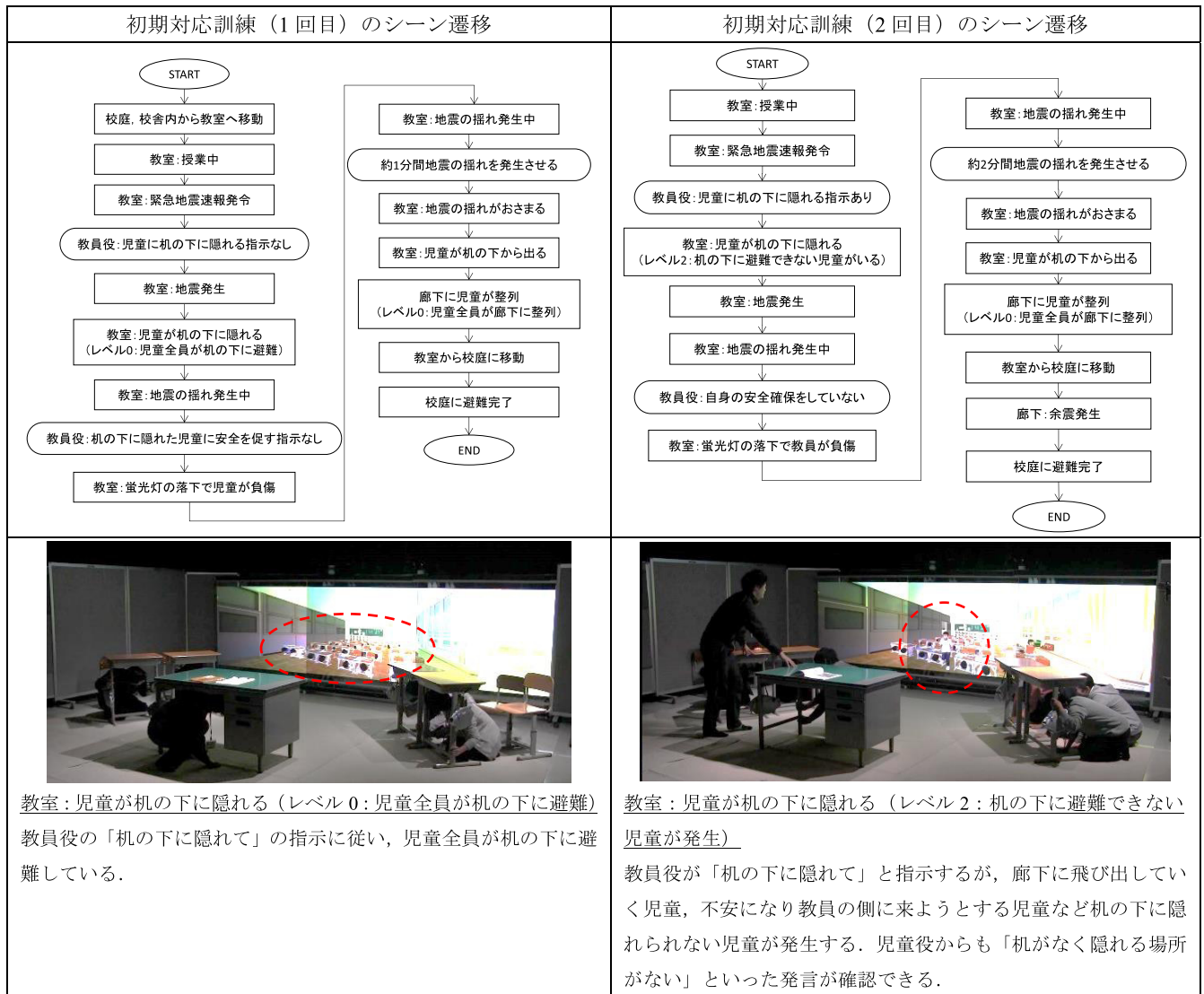


図5 初期対応訓練1回目と2回目のシナリオの変化  
 Fig. 5 Difference of the first training and the second training.

入内容は、「教室で授業中に地震が発生した場合、以下に示す5つの場面であなたならどのような行動をとりますか、また何に注意しますか」というものである。5つの場面は、①緊急地震速報が鳴ったとき、②地震の揺れが発生している間、③揺れがおさまったあと、④避難場所（校庭）に児童を誘導するとき、⑤避難場所（校庭）に全校児童が集合したあとである。

1回目の訓練シナリオは、地震発生時の基本的な対応行動を確認するものであり、想定外となる事態はあまり発生させない。ただし、教員役への注意を促すため、教員役が地震発生中に自身の安全を確保していない場合は「教室：蛍光灯の落下で教員が負傷」のシーンを提示、教員役が児童に安全確保の指示をできていない場合は、「教室：蛍光灯の落下で児童が負傷」のシーンを提示などする。

(3) 振り返り（1回目）の実施

訓練終了後は、ビデオカメラで撮影した1回目の訓練の様子を閲覧しながら、教員や児童の行動を振り返る。ファ

シリテータは、行動のポイントを説明する。受講生全員は、どのような行動が良かったか、変えたほうが良かった部分はあるかなどを議論する。また、事後振り返りシートに教員役の行動の良かった点、課題点や改善点を記入する。

(4) 初期対応訓練（2回目）の実施

初期対応訓練（1回目）と同様に訓練をもう一度実施する。ただし、2回目の訓練シナリオは、1回目よりも想定外となるようなシーンの提示を多く含めるようにする。具体的には、図3に示したように地震発生直後に机の下に避難できない児童がいる「教室：児童が机の下に隠れる（レベル2：児童が机の下に避難できない児童がいる）」のシーンや、廊下で避難中に余震が発生する「廊下：余震発生」のシーンを提示する。さらに、ファシリテータは児童役に自身が小学校2年生だった場合に、起こりうる問題行動をとってもよいとの指示をする。

(5) 振り返り（2回目）の実施

振り返り（1回目）と同様に訓練の様子を撮影した動画を



表 3 Q1) から Q3) の 5 段階評価の結果  
Table 3 Result of five grades evaluation.

| 設問                          | 平均値  | 標準偏差 |
|-----------------------------|------|------|
| Q1) 訓練内容に満足したか              | 4.64 | 0.47 |
| Q2) 訓練システムにより災害時の臨場感を感じられたか | 4.54 | 0.50 |
| Q3) 訓練は今後の自身の行動に生かせると思うか    | 3.80 | 0.50 |

表 4 Q4) 受講者が瞬時の状況判断や意思決定に困り、うまく行動できないと感じた場面

Table 4 Result of question number 4.

| 設問                       | 件数 |
|--------------------------|----|
| 机の下に避難する場面               | 5  |
| 地震の揺れが発生している中で児童に指示を出す場面 | 14 |
| 自分が怪我をした場面               | 13 |
| 児童が怪我をした場面               | 19 |
| 廊下から校庭まで避難する場面           | 9  |
| その他初期対応の場面               | 2  |

閲覧しながら、教員や児童の行動を振り返る。また、1 回目と同様に事後振り返りシートに、教員役の行動の良かった点、課題点や改善点を記入する。

当日の訓練の様子を図 5 に示す。図 5 の上部は、訓練 1 回目と 2 回目のシーン遷移を示している。図 5 中の四角形は、図 3 のフローチャートのシーンと対応する。図 5 中の角丸四角形は、オペレータの判断によるシーンの分岐条件である。初期対応訓練の 1 回目と 2 回目では同じシーンでも発生する事態が異なる。たとえば、地震の揺れが発生するシーンでは、1 回目は教員役の「机の下に隠れなさい」という呼びかけで、児童全員が机の下に隠れるが、2 回目は不安になり教員のもとに駆け寄ってくる児童、教室外に出ていく児童が発生している。このように、同じシーンでも異なる事態を発生させることで、次に何が起こるか分からない災害時の状況を再現するようにしている。

### 5.1.2 訓練実施後のアンケートによる評価

訓練終了後に、受講生全員に訓練システムの評価に関するアンケートを実施した。アンケート設問は、Q1) 訓練内容に満足したか、Q2) 訓練システムによる体験を通じて災害時の臨場感を感じることができたか、Q3) 訓練は今後の自身の行動に生かせると思うか、の 3 項目を確認する 5 段階評価の設問、Q4) 瞬時の状況判断や意思決定に困り、うまく行動につながらないような場面について回答する選択式の設問、Q5) 訓練システムの評価点や改善点を確認する自由記述の設問である。Q1) から Q3) の 5 段階評価の設問は 5 を最高、1 を最低評価とする。

アンケートの結果を表 3、表 4、表 5 に示す。表 5 は集計した記述のうち、一部抜粋したものを掲載する。表 3

表 5 自由記述の内容  
Table 5 Opinion of free description.

| 番号 | 内容  |
|----|---|
| 1  | 教師側で予想外の出来事が起きたという場面を実際に経験できてとてもよかったです。   |
| 2  | 1 つの指示でどのような動きが起こるか経験でき、指示の大切さを実感できました。   |
| 3  | 学校での訓練は地震規模や避難方法が事前に周知されていることが多く、心づもりもできているが、今回のように突然の事態への対応は、頭と体がなかなか動かないことがあらためて分かった。普段から意識して知識を少しずつ増やしていくことが大切だと感じました。 |
| 4  | 実際に体験してみて困ることやあわてることがとても多かったです。訓練体験はとても貴重な体験でよかったです。  |
| 5  | 実際に体験することで、自分自身がどう反応し、どう対応するかが分かり、自己理解にも役立ちました。体験すること、実践することの大切さを実感しました。ありがとうございます。                                       |
| 6  | 訓練システムによる体験があったので、地震発生時には、どんなことが起こるかよくわかった。私たちがどのようにして子供たちを守らなければいけないかもう一度しっかりと考えていかなければと思いました。                           |
| 7  | 予想外のことが起き、自分が全く具体的場面を想定できていないと感じ、大変勉強になりました。  |
| 8  | 子ども達が非常時のときにこんな反応をするのかということを知ることができました。繰り返しのイメージをして、もしもの時に落ち着いた行動、声かけをしていけるようにしておきたいです。                                   |
| 9  | 学校で毎年避難訓練をしているが、落下物や避難路での状況など頭ではわかっているが、思っている以上のことが起きる可能性のあることが実感できた。児童の命はもちろんだが、自分の命も守らなければならないと思った。                     |
| 10 | 訓練システムを体験させていただき、ある程度の臨場感を感じることができ、適切な対応の仕方でも理解できたが、やはり実際に起こった場合、子供がどのような反応をするか、どのようなことが起こるか予測できないこともあるので不安は残る。           |

より、Q1) 訓練内容に満足したかは、平均 4.64 と高い評価が得られた。Q2) 訓練システムにより災害時の臨場感を感じられたかどうかについても、平均 4.54 と高い値が得られた。Q3) 訓練は今後の自身の行動に生かせると思うかは、平均 3.80 であった。Q3) の設問を 3 と評価した受講生は、「今回知ったことを繰り返し練習しておかないといけないと感じました」といった理由をあげていた。表 4 に示す Q4) 受講生が瞬時の判断に困った場面は、児童が怪我をした場面が 19 件と最も多く、続いて地震の揺れが発生している中で児童に指示を出す場面が 14 件、自分が怪我をした場面が 13 件であった。Q4) のすべての選択候補が選ばれており、特に地震の揺れが発生しているシーンの件数が

多い。表5の自由記述からは、訓練に対する肯定的な評価が多いことが分かる。意見の詳細は5.3節で検証する。

## 5.2 訓練システムの運用およびシナリオの改善

本研究では、訓練システムの運用状況や訓練実施にともなうシナリオの改善状況から、訓練システムの要件3)訓練を継続し発展させる運用環境の構築を達成できているかを検証する。

### 5.2.1 訓練システムの運用状況

訓練システムは、2014年10月より運用を開始している。1回の訓練の受講者数は、訓練スペースの都合上、最大25人程度である。5.1節の実践事例に示されるように訓練システムの特性上、1回の訓練で体験可能な者は、教員役2人、児童役8人程度であり、残りは見学者となる。2014年10月1日から2016年7月31日の間で延べ91回の訓練を実施している。そのうち、教員役の訓練体験者が129人であり、見学者を含めた受講者数は1,017人である。主な受講者は、一般からの申し込み、学校関係者、地域のイベントの利用や防災関係の視察などである。学校関係者に限定すると16回の訓練を実施し、延べ349人が体験している。そのうち教員役体験者は39人である。

学校関係者の場合は、業務に関する手続きの関係上、団体での使用が多い状況である。個人を対象とした利用が少ないが、年に3件ほど、定期的な実施される研修で使用されているなど、継続した運用が実施できている。

### 5.2.2 訓練実施にともなう訓練シナリオの改善

訓練システムを運用する中で、受講者からの意見や要望を反映して、初期対応訓練のシーンを複数追加している。訓練システム運用開始当初における初期対応訓練のフローチャートは、図3の実線枠のシーンから構成されていた。その後、運用が進むにつれて、図3の二重線枠のシーンを追加した。これらは、訓練の中で受講者から得た下記のような意見を反映したものである。

- 緊急地震速報が流れた時点で、パニックになる子や、立ち上がって逃げ出す子がいるかもしれない。
- 支援が必要な子が多数発生した場合の対応はどうするか。
- (校庭への避難開始時に)机の下の画面から、いきなり廊下に進む画面ではなく、まず教室内で整列させて避難の体制を整える(括弧内は著者補足)。
- 廊下を避難しているときに別のクラスの列に出会ったり、余震が起こったりする。

シーンの追加変更は、4.2節で説明した設定ファイルを編集して実施している。3Dモデルの専門的な知識がない者でも可能であり、1時間程度の作業時間で実現できる。ただし、新しい3Dモデルやモーションの作成が必要となるシーンは、システム上は追加可能であるが、3Dモデル作成の専門的な知識が必要となり、容易ではない。たとえ

ば、「避難開始時に児童がタタメット(防災ずきん)をかぶるが、うまくかぶれない児童がいる可能性がある」といった要望に対して、タタメットのモデルや、児童がタタメットをかぶるモーションが必要となり、シーンに反映させることができなかった。この対応方法としては、現実の物とVRを効果的に組み合わせることによる対応があげられる。上記のタタメットの要望に対しては、訓練システム室に設置している机の横にタタメットを吊り下げ、避難時に教員役や児童役が使用するようにするなど、現実の行動で対応するようにした。このように運用に応じてシーンを段階的に増やしており、訓練内容が改善できている。

## 5.3 訓練システムの有用性に関する検証

本節では、3章で述べた訓練システムコンセプトの3要件がどの程度達成されたかを考察する。その上で、本研究で提案する訓練システムの訓練効果や導入効果を検証する。

### 5.3.1 訓練システムコンセプトの3要件の達成状況

本研究では5.1節の小学校教員への初期対応訓練の実践事例から、訓練システムの要件1)災害時の臨場感を体感できる環境の構築と、要件2)様々な状況判断と意思決定が行動につながる訓練シナリオの開発が達成できているかを検証する。また、5.2節の訓練システムの運用状況およびシナリオ改善から、訓練システムの要件3)訓練を継続し発展させる運用環境の構築が達成できているかを検証する。

5.1節の表3より、Q2)訓練システムにより災害時の臨場感を感じられたかどうかは平均4.54と高い値が得られている。5.1節の初期対応訓練の実践事例と、これまでに実施したアンケートの自由記述の意見から考察すると、訓練体験者が臨場感を感じる要因は、臨場感ある環境の構築に関連するものと、訓練体験者の行動に応じて災害状況が切り替わる訓練シナリオに関するものに大別される。

要件1)について、臨場感ある環境の構築に関連する評価としては、これまでのアンケートから「スクリーン、音などで臨場感を十分感じられた」など大型スクリーンと音響装置を用いたシステム構成や、「映像を見て実感できた。児童の動きもリアルでよかった」などVR映像による状況の分かりやすさが評価されている。訓練シナリオに関連する臨場感の評価としては、表5の自由記述における「1つの指示でどのような動きが起こるか経験でき、指示の大切さが実感できました(番号2)」の意見のように教員役の指示や行動に応じて、状況が変化していくことが評価されている。これまでのアンケートからも、「動画で物が落ちたり、余震がきたりととてもリアルだったので」、「先生の指示で児童が反応するのがよい」、「教師の声かけによって子どもの反応が違ったから」など訓練シナリオに関連する臨場感が評価されている。これは、静止画や動画は状況提示のみであるが、体験者の行動をシーン中に伝えることができるVR映像の効果であると考えられる。

一方、体験者の臨場感を阻害する要因として、シーン切替時のロード時間や体験者の行動に応じたシーンが提示できない際の待ち時間があげられる。これらはわずかに数秒の中断であるが、体験者の行動に戸惑いが生じることになる。訓練実施中に生じる体験者の戸惑いは、ファシリテータの補足説明により低減させるようにしている。訓練システムの運用開始時には、訓練体験者が、自身の行動がどこまで反映されるか分からない、何を行動してよいか分からないといった戸惑いを生じることがあった。これに対しては、ファシリテータが事前に訓練システムの利用法を十分に説明することで解消できている。したがって、訓練システムの要件 1) 災害時の臨場感を体感できる環境の構築は達成できていると考える。

要件 2) について、表 4 に示す Q4) の結果からも受講者にとって、瞬時の判断に困る状況が再現できていたと判断できる。表 5 の自由記述からは、「教師側で予想外の出来事が起きたという場面を実際に経験できてとてもよかったです (番号 1)」といった意見のように、「予想外 (番号 1 や 7)」、「思っている以上のことが起きる (番号 9)」といった単語が見られ、受講生にとって、想定外となる事態を発生することができていたと考えられる。それ以外にも、教員の指示で児童が反応する、教員の声かけで状況が変化する、といった行動に応じたシーンの切り替わりが評価されている。したがって、効果的な訓練シナリオが開発できており、要件 2) も達成できていると考える。

要件 3) について、5.2 節の運用面の評価で示したとおり、継続した運用が実施できていること、運用にともないシナリオを改善できていることから、達成できていると考える。シナリオ改善では、VR 映像の開発コストが課題であるが、本研究では、設定ファイルの変更によるシーンの追加変更可能な仕組みを導入しており、この機能を活用することで運用が進みシナリオが蓄積できれば、シナリオの再利用も可能である。

### 5.3.2 訓練システムを用いた訓練の効果について

3 章では、災害時の「否認」、「思考」、「決定的瞬間」における行動の一連の流れが体感可能であることを訓練システムのコンセプトとして述べた。本訓練システムによる状況提示と訓練体験者の行動から、「思考」と「決定的瞬間」における行動は体感可能であると考えられる。さらに、表 5 の「突然の事態への対応は、頭と体がなかなか動かないことがあらためて分かった (番号 3)」のように、突発的に発生した事態に対して行動するという「否認」の体感を確認できる行動が見られる。これまで実施した訓練においても、「あせってしまった」、「頭では分かっていたが」、「頭の中が真っ白になった」といった意見が得られている。訓練体験者の中には、「机の下に隠れて」という発言を「机の中に隠れて」や「机の上に隠れて」などと言い間違える者もいた。これらの行動は、「否認」による行動の立ち遅れに該当する

ものと考えられる。ただし、「否認」をより体感するには、地震の揺れの映像に合わせて床も揺らすなどのさらなるリアリティの向上も有効であるといえる。

本訓練システムによる訓練効果は 2 点あり、行動を通じて災害を疑似体験することで新たな気づきを得られること、訓練体験者間で共通の被災イメージが構築できることがあげられる。前者については、表 5 の自由記述より、「体験すること、実践することの大切さを実感しました (番号 5)」や、「学校で毎年避難訓練をしているが、落下物や避難路での状況など頭では分かっている、思っている以上のことが起きる可能性のあることが実感 (番号 9)」などの意見に見られるように、頭で理解するだけでなく、行動することで新たな気づきを得られたと考えられる内容が含まれている。また、後者については、学校現場で実施される防災訓練と比較すると、「訓練体験者間でシミュレーション映像による被災状況を見るため、共通の被災イメージが構築でき、話し合いがしやすくなる」という意見が教員から得られている。従来の防災訓練では、文章などで想定条件を与えるのみであり、被災イメージの違いが教員間における認識のずれとして生じる可能性がある。一方、提案システムでは、受講者全員が共通の被災イメージを構築したうえで、「このような状況の場合どうしたらよかったか」などの議論ができるため、教員間における認識のずれを生じる可能性が低減されている。

5.1 節の初期対応訓練において、これらの訓練効果を確認した事例を以下に示す。まず、地震の揺れが発生している中、児童に指示を出す場面では、揺れの時間の長さから、「児童に声かけを続けるのが難しい」という意見が多く得られた。5.1 節の訓練は、南海トラフ巨大地震を想定しており、香川県では約 3 分程度の地震の揺れが想定されている。訓練では、1 回目は 1 分間、2 回目は 2 分間揺れを継続させたが、その間、教員は児童の安全を確保し、落ち着かせるように声かけを続けなければならない。訓練を通じて揺れの時間を実際に体感することにより、児童に声かけを続けることの難しさに気がついたと考えられる。

次に、児童が怪我をした場面では「揺れている中でも助けに行く」といった意見や、「どうしようもない状況で困った」という意見が受講生から得られた。振り返りにおいても、児童が怪我をした場合にどうするか、指示に従わなかった児童がいた場合にどうするか、という内容が教員間で議論になっており、教員間の共通認識を通じて新たな課題点が見つかったといえる。

また、初期対応訓練 2 回目では、教員役が児童に指示を出す際に教卓の机の引き出しを出して自らの頭を守るなど主体的な行動の変化が確認できている (図 6 参照)。この効果は、災害時の臨場感を体感できる環境構築と、訓練体験者の行動に応じて状況が切り替わる訓練シナリオが効果的に機能したためであると考えられる。その結果、Q1) の



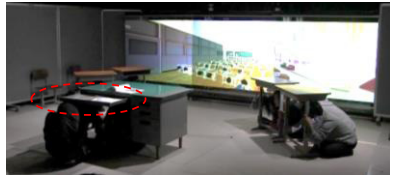
| 地震の揺れが発生 (01:18~02:16)  | 教員が落下物で負傷 (02:17~2:45)  | 約 60 秒間揺れを継続 (02:46~3:52)  |
|---|---|--|
|                                    |    |         |
| <p><u>児童役の行動</u><br/>「うまく隠れられない」、「怖いよー」といった発言がある。</p> <p><u>教員役の行動</u><br/>様々な問題が発生しているため、指示に集中し地震の安全確保ができていない。</p> | <p><u>シーン概要</u><br/>教員役が児童に指示を出しているが、自らの安全を確保していなかったため、教員に落下物が当たる。<br/>ファシリテータより、児童に指示を出すだけではなく、教員自身の身を守ることも必要との指摘をし、訓練を継続する。</p> | <p><u>教員役の行動</u><br/>「机の中に頭を入れて」「大丈夫、おさまるから」、「大丈夫」を繰り返す。また、教卓の机の引き出しを出して、頭を守る行動が確認できる。</p> |

図 6 教員役の行動の変化 (初期対応訓練 2 回目)

Fig. 6 Observed changes of teacher role trainee's behavior.

訓練体験の満足度や Q2) 臨場感を感じられたという評価につながったと考えられる。ただし、表 3 の Q3) 訓練は今後の自身の行動に生かせると思うかは、平均 3.80 と Q1) や Q2) と比較して低い。これは、今回の訓練により課題点が見つかったが、自身が災害時に対応するためには、1 回の訓練ではなく、繰り返し訓練を行う必要があることを述べたものだと判断できる。関連する意見として、表 5 の自由記述からは、「どのようなことが起こるか予測できないこともあるので不安は残る (番号 10)」などネガティブな表現が含まれている。しかし、これは体験を通じて、現状のままでは震災時の対応が不十分であることに気づいたことで得られた意見だと思われる。訓練体験者からは、「一度の訓練だけではなく」、「繰り返し訓練をすれば」といった意見があり、対応力を養成するためには、繰り返し訓練が必要であることが示されている。今後は、こうした訓練効果を定量的に評価する手法を開発や、体系的に学習するためのカリキュラムの開発が必要である。

### 5.3.3 訓練システムの導入効果について

本研究では、大型スクリーンに投影した VR 映像や音響設備による臨場感の構築と、訓練体験者の行動に応じて災害状況が切り替わるフローチャート形式の訓練シナリオにより、訓練体験者の対応能力を養成するシステムを開発している。しかし、本研究で開発したフローチャート形式のシナリオを用いて、ファシリテータが学校現場に赴き、教員や児童生徒が現実の教室で模擬訓練を行うことでも、同様の訓練を実施できる可能性も考えられる。ここでは、訓練システムと学内模擬訓練を比較し、訓練システムの導入効果を考察する。

学内模擬訓練のメリットは、現実の学校や廊下などを活用できるため、導入費用がかからず、実践型の訓練を実現できる点にある。一方、デメリットは、児童の怪我、余震

発生や火災など再現が難しい状況が存在する点にある。さらに、学内模擬訓練では、教員役や児童役など訓練の人数確保が課題となる。特に、ファシリテータに関する課題として、防災指導者となる教員自体が不足しており、教員のみで本研究で示した訓練を実施するのは困難である。専門家が学校に赴き、訓練を実施することも考えられるが、日程調整や出張費など人的なコストがかかる。

訓練システム導入のメリットは、1 人でも訓練が体験可能な点である。特に、5.3.2 項の本システムの訓練効果で述べた、災害を臨場感ある環境で疑似体験することと、訓練体験者間で共通の被災イメージが構築可能となる点は、学内模擬訓練では実現が困難である。一方、デメリットは、大型スクリーンや音響設備など施設設置による受講者側の利便性の低さや、システム操作のオペレータの存在などがあげられる。また、ファシリテータの関与が大きく、訓練効果はファシリテータに依存する可能性がある。ただし、ファシリテータは学内模擬訓練においても必要であり、訓練システム導入に限ったデメリットではない。訓練システム導入のデメリットである、施設設備およびオペレータの必要性に関しては、VR 映像の遠隔配信による遠隔訓練システム化や、訓練体験者の行動や発言分析に基づくシーン遷移の自動化により解決可能であると考えられる。

以上の考察より、訓練システムコンセプトの 3 要件の達成状況を述べ、訓練システムの訓練効果と導入効果を具体的に説明した。その検証結果としては、災害時の実践的な対応能力を備えた人材養成のための第 1 段階の目標である、災害時の一連の行動が体感可能な訓練システムの開発はほぼ達成できているといえる。しかし、現状の訓練システムにも次のような課題点は存在する。すなわち、施設設置であることの受講者側の利便性や、オペレータやファシリテータなど運用人員の存在である。今後の課題としてシ

システムを遠隔制御することやより完全な運用の自動化なども考えられるが、そのためにも、今後も引き続き本訓練システムの積極的な運用を通じて、ノウハウを蓄積しつつ、詳細な評価と検証を継続することが重要であると考えている。

## 6. おわりに

本研究では、教員の災害時の対応能力向上を目指した訓練システムを開発した。開発したシステムは、想定を超える災害状況を再現・模擬し、その危機的な状況下で、いかに適切な状況判断ができるか、その判断をもとに適切な意思決定を行い行動に移せるか、これら一連の訓練を通して災害時の対応能力を養成する。

本研究では、訓練システムの要件として、要件 1) 災害時の臨場感を体感できる環境の構築、要件 2) 様々な状況判断と意思決定が行動につながる訓練シナリオの開発、要件 3) 訓練を継続し発展させる運用環境の構築の 3 要件を設定した。これらを実現する方法として、要件 1) について、大型スクリーンに投影される VR 映像と、教室の机や教科書など現実の物を組み合わせて、バーチャルとリアルを融合して訓練体験者が災害時の臨場感を体感できる環境を構築した。要件 2) について、訓練体験者がこの環境下で実践的に対応能力を習得できるように、訓練体験者の行動に応じて切り替わるフローチャート形式の訓練シナリオを開発した。要件 3) について、訓練シナリオが容易に追加変更できる仕組みを構築し、訓練を継続して実施できる運用環境を構築した。

本研究では、小学校教員を対象とした地震発生時の初期対応訓練シナリオを開発し、学校教員を対象とした訓練の実践事例と訓練システムの運用を通じて、開発したシステムの訓練効果や導入効果を検証した。教員を対象とした訓練の実践事例から、開発したシステムは訓練体験者の災害時の臨場感を高める支援ができていて、様々な状況判断と意思決定が行動につながる訓練を実施できていることを示した。訓練システムの運用面からは、訓練システムの運用状況や訓練シナリオ改善例を示し、訓練を継続し発展させる運用環境が構築できていることを示した。本訓練システムの訓練効果として、訓練体験者は行動を通じて新たな気づきを得られていること、体験者間で共通の被災イメージが構築できることがあげられる。

今後の課題として、訓練体験者が段階的に対応能力を身につけられるような体系的な学習カリキュラムの開発があげられる。また、訓練効果を定量的に評価するためにルーブリックなどの評価手法を用いた訓練効果の評価手法の開発があげられる。そして、開発した学習カリキュラムに基づく実践的な教育を実施して、体系的に防災教育の効果を確認し、教員に求められる災害時の対応能力を明らかにする必要がある。

## 参考文献

- [1] 文部科学省：災害に強い学校施設の在り方について—津波対策及び避難所としての防災機能の強化 (2014), 入手先 ([http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/shisetu/013/toushin/1344800.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shisetu/013/toushin/1344800.htm)) (参照 2016-08-08).
- [2] 文部科学省：「東日本大震災を受けた防災教育・防災管理等に関する有識者会議」中間とりまとめ (2011), 入手先 ([http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/sports/012/toushin/1311688.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/sports/012/toushin/1311688.htm)) (参照 2016-08-08).
- [3] 文部科学省：「東日本大震災を受けた防災教育・防災管理等に関する有識者会議」最終報告 (2012), 入手先 ([http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/sports/012/toushin/1324017.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/sports/012/toushin/1324017.htm)) (参照 2016-08-08).
- [4] 文部科学省：学校安全の推進に関する計画について (2012), 入手先 ([http://www.mext.go.jp/a\\_menu/kenko/anzen/1320286.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/anzen/1320286.htm)) (参照 2016-08-08).
- [5] 文部科学省：公立学校施設の耐震改修状況の調査結果について (2015), 入手先 ([http://www.mext.go.jp/component/b\\_menu/houdou/\\_icsFiles/fieldfile/2015/06/02/1358428.01.1.pdf](http://www.mext.go.jp/component/b_menu/houdou/_icsFiles/fieldfile/2015/06/02/1358428.01.1.pdf)) (参照 2016-08-08).
- [6] 文部科学省：「学校防災マニュアル (地震・津波災害) 作成の手引き」の作成について (2012), 入手先 ([http://www.mext.go.jp/a\\_menu/kenko/anzen/1323513.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/anzen/1323513.htm)) (参照 2016-08-08).
- [7] 文部科学省：東日本大震災における学校等の対応等に関する調査研究報告 (2012), 入手先 ([http://www.mext.go.jp/a\\_menu/kenko/anzen/1323511.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/anzen/1323511.htm)) (参照 2016-08-08).
- [8] 秦 康範, 酒井 厚, 一瀬英史, 石田浩一：児童生徒に対する実践的防災訓練の効果測定—緊急地震速報を活用した抜き打ち型訓練による検討, 地域安全学会論文集, No.26, pp.1-8 (2015).
- [9] 防災対策推進検討会議：防災意識の向上, 津波避難対策検討ワーキンググループ第 7 回会合, 内閣府防災情報のページ (2012), 入手先 (<http://www.bousai.go.jp/jishin/tsunami/hinan/7/pdf/3.pdf>) (参照 2016-08-08).
- [10] 片田敏孝, 桑沢敬行, 金井昌信, 細井教平：津波災害シナリオ・シミュレータを用いた尾鷲市民への防災教育の実施とその評価, 社会技術研究論文集, Vol.2, pp.199-208 (2004).
- [11] 目黒公郎, 藤田 卓：ポテンシャルモデルと VR を組み合わせた新しい避難シミュレーションツールの開発, 生産研究, Vol.54, No.6, pp.401-404 (2002).
- [12] 坪田慎介, 大野隆造：ポータブル VR システムを用いた防災教育の実施, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-2, pp.485-486 (2009).
- [13] 浦野 幸, 于 沛超, 遠藤靖典, 星野准一：実環境における災害体験ゲームシステムの開発, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.1, pp.357-366 (2013).
- [14] Tuulikki, K.: *Developing a Pedagogical Model for Simulation-based Healthcare Education*, Lapland University Press (2015).
- [15] Ripley, A.: *The Unthinkable*, Harmony (2008). 岡真知子 (訳)：生き残る判断生き残れない行動, 光文社 (2009).
- [16] 小村隆史, 平野 昌：図上訓練 DIG (Disaster Imagination Game) について, 地域安全学会論文報告集, No.7, pp.136-139 (1997).
- [17] 静岡県：避難所 HUG, 入手先 (<http://www.pref.shizuoka.jp/bousai/seibu/hug/07hug-shiryou/07hug-shiryou.html>) (参照 2016-11-09).
- [18] 株式会社ベネッセコーポレーション：震災時における学校対応の在り方に関する調査研究 (2012), 入手先 (<http://berd.benesse.jp/shotouchutou/research/detail1.php?id=3240>) (参照 2016-08-08).
- [19] 数見隆生：子どもの命は守られたのか—東日本大震災と学校防災の教訓, かもがわ出版 (2011).



高橋 亨輔 (正会員)

2012年関西大学大学院総合情報学研究科博士課程後期課程修了。同年香川大学危機管理研究センター特命助教，2015年香川大学工学部電子・情報工学科助教，現在に至る。博士（情報学）。ソフトウェアやWebシステム開発技術を応用したシステムの研究開発に従事。土木学会，日本材料学会各会員。



井面 仁志

1988年愛知教育大学大学院教育学研究科修士課程修了，同年香川職業訓練短期大学校情報システム科教官，2003年愛媛大学博士（工学），1997年香川大学工学部助教授，2009年同教授となり現在に至る。信頼性工学，防災教育に関する研究に従事。2014年科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞（理解増進）受賞。土木学会，日本材料学会，日本感性工学会等の各会員。



白木 渡

1974年3月関西大学大学院工学研究科修士課程修了。同年鳥取大学工学部助手，1981年11月同助教授。1998年香川大学工学部教授。2015年3月香川大学名誉教授。2015年4月香川大学特任教授，現在に至る。工学博士。土木学会安全問題研究委員長，平成26年度防災功労者内閣総理大臣表彰受賞。



磯打 千雅子

2011年3月香川大学大学院工学研究科博士課程修了。博士（工学）。2012年香川大学危機管理研究センター特命准教授，2016年香川大学四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構地域強靱化研究センター特命准教授。土木学会会員，地区防災計画学会理事。