

博士学位論文

災害リスクコミュニケーションのための
デジタルツールの効果に関する研究

平成 30 年 3 月

齋藤 美絵子

岡山県立大学大学院

情報系工学研究科

災害リスクコミュニケーションのための デジタルツールの効果に関する研究

目次

第1章 序論

1.1 本研究の背景	1
1.2 災害リスクコミュニケーションの現状	3
1.2.1 地域住民が参加する能動型防災活動	
1.2.2 デジタルツールの活用	
1.3 本研究の目的と本論文の構成	18
参考文献	21

第2章 電子洪水ハザードマップにおけるインタラクティブ機能の有効性

2.1 緒言	23
2.2 電子洪水ハザードマップに必要な機能	24
2.3 インタラクティブ機能をもつハザードマップ	28
2.3.1 電子化のために必要なデータとシステム構成	
2.3.2 避難施設の詳細情報表示機能	
2.3.3 避難施設探索機能	
2.3.4 経路探索機能	
2.4 評価実験	36
2.4.1 実験方法	
2.4.2 アンケートの回答と分析	
2.5 結言	43
参考文献	44

第3章 洪水対策の理解における浸水 AR 表現の有効性

3.1 緒言	45
3.2 現状の防災 AR アプリとその問題点	46
3.2.1 防災 AR アプリの特徴	
3.2.2 現状の問題点	
3.3 防災 AR アプリに必要な機能	51
3.4 評価実験	51
3.4.1 実験方法	
3.4.2 アンケートの回答と分析	
3.5 結言	62
参考文献	64

第4章 避難所設備の理解における三次元 CG オブジェクトを用いた AR アプリの有効性

4.1 緒言	65
4.2 避難所運営訓練の課題とデジタルツールによる解決	66
4.3 避難所設備	68
4.4 避難所設備 AR アプリ	71
4.4.1 AR 技術の概要	
4.4.2 AR アプリの開発	
4.4.3 3DCG オブジェクトの制作	
4.5 評価実験	76
4.5.1 実験方法	
4.5.2 アンケートの回答と分析	
4.6 結言	81
参考文献	82

第5章 結論	
5.1 本研究のまとめ	83
5.2 今後の展望	86
謝辞	87
本論文に関する研究業績	88
原著論文	
国際会議議事録	
口頭発表	

第1章

序論

1.1 本研究の背景

我が国は、世界の他の国に比べ、気象、地形、地質などの自然条件から様々な災害が発生しやすい特性を有しており、これまで多くの自然災害に見舞われてきた。これに対して、従来より、国や地方自治体などの公的機関によって多くのハード対策、例えば、堤防や防潮堤の建設、耐震補強などが講じられてきた。また、緊急時の避難所設置と運営などの発災時の支援計画も策定されてきた。しかしながら、このような公的機関中心でかつハード面に偏った対策だけでは不十分であることが阪神・淡路大震災、東日本大震災など近年の大災害の経験から明らかになり、これからの災害対策においては以下の2点が必要であると指摘されている。

一点目は、ソフト対策である。ソフト対策とは、構造物に頼らない被害軽減手法のことを指し、ハザードマップの整備・配布や防災教育、訓練、観測システム、避難システムなど、さまざまな例があげられる。構造物は、計画超過外力には耐えられず、その能力を超えるハザードに対しての被害は避けられないが、ソフト対策では、適切な判断により、避難という方法で人的被害を避けることが可能になる。東日本大震災で津波が堤防をゆうに超え、多くの構造物が破壊されてしまったことと、釜石東中学校の生徒らの適切な判断と行動によって、鶴住居小学校の児童とあわせて計約600人全員が無事に避難した「釜石の奇跡」がそれらを表している。また、ソフト対策は利用者一人ひとりが理解・利用・行動することで効果を発揮するため、大規模な公共事業が中心で公的機関任せであったハード対策と比べて利用者の理解のしやすさや使いやすさに配慮し整備され、利用者の能動的な災害対策姿勢にも繋がる。

二点目は、公的機関による支援である「公助」に全面的に頼るのではなく、自助・共助による災害対応力を醸成することである。大規模広域災害時、発災直後は様々な理由で公的機関による救助や支援が届かないことも多く、自力で数十時間から数日間

を過ぎなければならぬことは稀ではない。過去の大災害で「公助（公的機関による支援）の限界」が明らかになったことで、自助（自分の身・命は自分で守る）、共助（近隣の人と互いに助け合う）が重要であるという考え方が多くの国民に認識されるようになり、役割分担や連携が災害による被害を軽減することも理解されるようになってきた。平成 26 年（2014 年）度版防災白書 [1.1] によると、国民の意識の中でも「公助に重点を置くべき」という回答が減少し、「自助・共助・公助のバランスを取るべき」という回答が増加していることから、国民一人ひとりの自助力・共助力の向上が求められている。

ソフト対策は、人が行動しなければ効果を発揮しないため、国民一人ひとりの災害対応力の向上が求められる。それは、すなわち、自助力・共助力の向上といえる。そして、国民一人ひとりの自助力・共助力を向上するためには、行政の支援のもと、住民を巻き込んだ取り組みが必須である。平成 25 年の「災害対策基本法」の改正において、地区居住者等による地域コミュニティレベルでの防災活動に関する計画である地区防災計画制度が創設される [1.2] など、法的にもそのような取り組みが強く促されている。中でも、「災害リスクコミュニケーション」を行うことが極めて重要である。「災害リスクコミュニケーション」は、行政、地域コミュニティ、世帯、年齢や性別といった属性の異なる個人などの利害関係者（ステークホルダ）が意見を交換し、相互理解を進めながら、権限と責任の分配を定めていくことを目的としており、それぞれの当事者意識を醸成することができるため、災害対策においては自助・共助の基盤となる。災害リスクコミュニケーションを適切に行わなければ、自助力・共助力の向上には繋がらないのである。

なお、リスクコミュニケーションは、化学物質や食品の安全性、原子力発電など、様々な分野で用いられている。文部科学省によって、平成 26 年 3 月 27 日に発表された「リスクコミュニケーションの推進方策」 [1.3] では、『平常時』に焦点を当てたうえで、リスクコミュニケーションの定義を『リスクのより適切なマネジメントのために、社会の各層が対話・共考・協働を通じて、多様な情報及び見方の共有を図る活動』としている。また、同書では、リスクコミュニケーションの概念について、『個人や専門分野によって理解の方向性や力点が異なる』ことが指摘されており、『リスク及びリスクコミュニケーションについて検討や議論を行う際には、いかなる意味でこれらの言葉を用いているのかを明確にする必要がある。』としている。

本論文では、災害におけるリスクコミュニケーションを扱う。そのため、災害リスクと災害リスクコミュニケーションを次のように定義する。まず、災害リスクを地震や豪雨等の自然現象によって各人が被る損害や損失（怪我や病気、最悪の場合は死亡といった身体的被害や、住宅や家財等の被害）の恐れを主観的に認知したものと定義する。また、災害リスクコミュニケーションとは、学校教育や自主防災組織活動の現場などにおいて、災害リスクや災害リスクの対処法の説明と防災訓練や避難所模擬運営などの活動を組み合わせて行い、参加者に単に知識のみを伝達するのではなく、リスク対処への主体的な姿勢を身につけることを促す実践的な活動のことと定義する。別の言い方をすると、地域で想定される災害に対し、地域の関係者がそれぞれの立場から、可能なかぎり人や物の被害を少なくするために情報交換を行うことにより自身の対策に繋げるという目的で行われる活動を指す。

先に紹介した「釜石の奇跡」では、釜石東中学校の生徒たちが、揺れが収まりきらないうちから避難を呼びかける声をあげ、「災害時は率先避難者になる」という役割を自覚し行動している。そして、その中学生達の行動に従うかたちで小学生や保育園児、近隣の高齢者達が避難を促されており、近隣関係者の中で信頼関係が構築できていたことが推測できる。中学生をはじめとする避難者らは、予め決めておいた避難場所である「ございしょの里」に到着した後も、そこが安全ではないと判断し、さらに上方へと避難を継続している。このことから、想定にとらわれず状況に応じた判断・行動ができていたことがうかがえる。これら一連の行動は、当事者の災害対応力が計画超過外力を克服した事例であり、まさに災害リスクコミュニケーションの効果といえる。

以下、本章では災害におけるリスクコミュニケーションの現状と課題について整理し、本研究で取り組む内容について述べる。

1.2 災害リスクコミュニケーションの現状

災害リスクコミュニケーションは主に避難訓練などの「防災活動」の中で行われる。しかしながら、全ての防災活動がリスクコミュニケーションにつながるわけではない。

防災活動は、

- ・個人で取り組むものと
- ・地域住民の参加によって複数人で取り組むもの

に分類でき、活動形態として

- ・参加者にとって能動的な活動と
- ・参加者にとって受動的な活動

に分けることができる。この2つの軸に具体的な防災活動を分類したものが図 1.1 である。

災害リスクコミュニケーションは、図 1.1 の右上部に位置する「地域の住民による能動型防災活動」を手段としている。例えば、災害対応ゲーム“クロスロード”は、正に、災害リスクコミュニケーションを学ぶために開発された防災ゲームとして知られている [1.4]。リスクコミュニケーションは、送り手からの一方的な情報発信ではなく、双方向性を重視するものであるため、受け手である一般の人々からの関心や意思表示がなければ成立しない [1.5] ことから、複数の参加者が能動的な姿勢で取り組む活動でなければ災害リスクコミュニケーションを行うことができないのである。

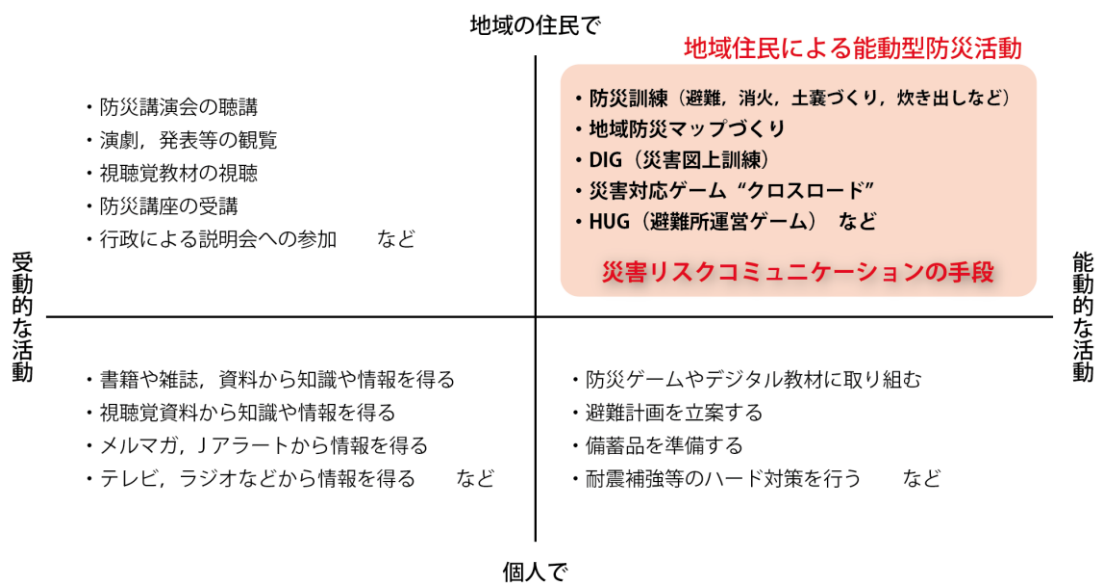


図 1.1 防災活動の分類

次項では「地域の住民による能動的防災活動」の具体例を紹介し、これらの特徴と課題について検討する。

1.2.1 地域住民が参加する能動型防災活動

全国で数多く実施されている地域住民が参加する能動型防災活動の典型的な事例として、「防災訓練」「地域防災マップづくり」「DIG (Disaster Imagination Game / 災害図上訓練)」「災害対応カードゲーム “クロスロード”」「HUG (Hinanzyo Unei Game / 避難所運営ゲーム)」の5つを挙げる。これらは、災害リスクコミュニケーションの手段として最も知られている。その特徴や課題は次の通りである。

防災訓練は、想定される災害に対して実際に模擬訓練を行い、所要時間や難しさ等を相互に確認し、その後の対策に繋げるものである。かつて、防災の日（9月1日）に全国各地で開催されていた一斉防災訓練は、1980～1990年代では1000万人以上が参加し、最も多いときで1600万人が参加した年もあったが、2000年に入ってから激減しており、現在では30万人程度の規模と言われている。この桁違いの減少の原因として、形骸化されたプログラムにおける意義や効果に対する疑問、訓練会場の確保や設営とそれにもとない多額の経費が必要となること、開催日の気温や各人の都合などが考慮され訓練日が分散し縮小していったことなどがある。行動変容の動機が模擬訓練という実体験からのみであることと実施や参加のハードルの高さが課題である。

地域防災マップづくりについては、平成28年11月に岡山県総社市で開催された事例を紹介する。内容は、住民による居住地区のまちあるきを基にした地域防災マップづくりであった。土曜日の午前中という限られた時間で、主旨および作業内容の説明の後、グループに分かれて地区のまちあるきを行う。この時、グループワークを主導するファシリテータの他に、地域防災マップに掲載する情報をポラロイド撮影する係、撮影場所を地図に記録する係、ポラロイド写真に番号を記入すると共にコメントを添えた一覧表を作成する係、と分業体制をとる。一見すると非効率な体制に見えるが、これにより参加者自身の住む地区を複数人で歩きながら、普段は見落としている危険箇所や災害時の避難場所などについて、会話を交えながら見つけ、相互に確認しながら

ら進めていくことができる。しかし、時間内に地区全てを網羅することはできないため、地域防災マップを完成させるというよりも、その作成手順を体験し学習するという役割を持っていることから安全情報の伝達においても意見交換においても十分ではないことや、学習したノウハウを維持・継続するためには同規模の役割を担う参加者を確保しなければならないことなどが課題である。

DIG (Disaster Imagination Game / 災害図上訓練) も数名のグループワークの形式で行い、地域で大きな災害が発生する事態を想定し、地域の地図と地図の上にかける透明シート、油性ペンを用いて、危険が予測される地帯または事態を透明シートの上に書き込んでいく訓練である。事前に危険を予測できると同時に、避難経路、避難場所、即応性ある避難準備の徹底、地域住民や関係機関において如何なる対策や連携が必要かの検討など、参加者の間で共有することが可能となり、先に説明した地域防災マップづくりと併用して実施されることも多い。このワークショップでは、具体的な対策や対処についての検討が中心となるため、参加者それぞれが自身にとっての災害リスクについて意見を持っていることが求められる。充実した災害リスクコミュニケーションの場にするためには、事例2の地域防災マップづくりと同様の課題に加えて、参加者が事前に災害リスクやリスク対処に関する意見や考えを持っていることが望ましい。

災害対応カードゲーム「クロスロード」は、カードを用いたゲーム形式による防災教育教材である。ゲームの参加者は、カードに書かれた事例を自らの問題として考え、YES か NO かで自分の考えを示すとともに、参加者同士が意見交換を行いながら、ゲームを進めていくことで、様々な意見や価値観を参加者同士が共有することを目的としている。災害対応においては、必ずしも正解があるとは限らず、また、過去の事例が必ずしも参考にならないこともある。災害対応ゲームを通じ、それぞれの災害対応の場面で、誰もが誠実に考え対応すること、また、そのためには災害が起こる前から考えておくことが重要であることに気付くねらいがある。課題は、防災マップづくりや DIG と同様に多様な意見や価値観を共有するため様々な立場の参加者を確保しなければならないことである。加えて、DIG と同様に参加者が事前にリスクやリスク対処に関する意見や考えを持っていることが望ましい。

HUG (Hinanzyo Unei Game / 避難所運営ゲーム) は、避難所運営を皆で考えるためのひとつのアプローチとして、静岡県によって2007年に開発されたもので、避難者

の年齢や性別、国籍やそれぞれが抱える事情が書かれたカードを、避難所の体育館や教室に見立てた平面図にどれだけ適切に配置できるか、また避難所で起こる様々な出来事にどう対応していくかをグループワーク形式で模擬体験する。参加者は、このゲームを通して災害時要援護者への配慮をしながら部屋割りを考え、また炊き出し場や仮設トイレの配置などの生活空間の確保、視察や取材対応といった出来事に対して、思いのままに意見を出しあったり、話し合ったりしながらゲーム感覚で避難所の運営を学ぶことができる手法である。また、災害時と同様に、急な条件変更や突然のアクシデントなども断続的に提示され、じっくり検討するための時間が与えられない状況そのものも模擬体験するよう設計されている。課題については、クロスロードと同様である。

さらに、これらの事例の他にも、優れた能動型防災活動を行う学校や自治会、自主防災組織等 [1.6] は各地にあるが、異なる地域や集団の間でそのノウハウを共有することは難しく、手法や実施はそれぞれの主体に委ねられているのが現状である。能動型防災活動の実践現場が抱える課題として、「何から始めたらいいのかわからない(知識・経験不足への不安)」こと、「時間や予算が確保できない(学習日程・指導計画・経費との兼ね合い)」こと、「実施しても継続できない(管理職・担当者の不在や不足)」ことなどが指摘されており [1.7]、実施の難しさは、内容の他に、方法、コスト、人、に起因する。そのような問題を少しでも解消すべく、消防庁は、平成 26 年 3 月に「実践的な防災訓練の普及に向けた事例調査報告書」 [1.8] を公表している。これは、全国で実施される防災訓練の底上げを図ることを目的として、他のモデルとなるような実践的な防災訓練の事例調査を行い、地方公共団体等への情報提供を行ったもので有意義な資料ではあるが、事例紹介に留まっているのが現状である。

内閣府の中央防災会議においても、平成 25 年に、実践的な防災行動定着に向けた課題として、想定外の事態に対する行動力の養成を挙げ、「住民等が具体的な防災行動に取り組む前提として、住民等自身が、まず災害に遭遇することをイメージし、被災を我が事であると認識し、死にも繋がるような想定外の事態に直面した場合にも適切に判断・行動できるようにする必要」があり、「行動力を養成するためには、直接講義や双方向型のワークショップ等、人を介した実践的なコミュニケーションが必要」と述べると同時に、能動型防災活動の手法を主導することのできる人材の不足や、ノウハウの共有、ニーズと人材のマッチングについて、課題と捉えていることも述べて

いる [1.9].

いずれの活動においても、実施そのものの難しさや参加者の確保が共通の課題であり、災害リスクコミュニケーションとしてより効果を発揮するためには、参加者が事前に自身の災害リスクについての意見を持っていることが必要である。しかし、多くの活動において、限られた実施時間の中では災害対策の知識を伝達することで啓蒙を図るか、ワークショップ形式等で強制的に意見交換の時間を設けることでリスクコミュニケーションの一部を経験させるに留まっており、リスクコミュニケーションが適切に行われていない。例えば、防災訓練では情報の伝達に多くの時間を割いており、関係者間の意見交換が十分に行われておらず、関係者間の意見交換を主とした DIG やクロスロード、HUG においては、情報の伝達のための時間はほとんど割かれていないため、参加者個々の知識が不十分な場合がある。

以上の事例より、能動型防災活動における問題は以下の3つに整理できる。

問題Ⅰ) 実施に長時間を要する

問題Ⅱ) 実施内容によって参加を訴求できていない

問題Ⅲ) 参加者の知識が不足している

これらの問題により、現状では適切なリスクコミュニケーションを行うことは困難となっている。この問題を軽減するための方策としてデジタルツールの利用が挙げられる。実際、訓練や防災マップづくりワークショップにおいてデジタルツールが利用されるケースが増加している。そこで、次項では、デジタルツールの利用について述べる。

1.2.2 デジタルツールの活用

インフラの整備や個人のデジタル端末所有率の向上¹、デジタル技術の発展により、

¹ 無作為に抽出した10～70歳代の総社市民189名にアンケートを実施した。その結果、50歳代までの市民の約70%がスマートフォン等の端末を所有し日常的に使用しており、電子地図の使用頻度は、60歳代以下の世代で平均50%以上の市民が日常的に使用していることが分かった。このことから、ハザー

ハザードマップや災害想定を伝達するツールとしてデジタル技術が利用されており、前項で述べた災害リスクコミュニケーションが行われる能動型防災活動においても多用されている。例えば、Web GIS (Geographic Information System) を使用した電子ハザードマップや、モバイル AR (Augmented Reality) 機能を用いた災害想定アプリなどである。

能動型防災活動において防災活動の目的と、そこで活用されている参加者向けデジタルツールの関係を図 1.2 に示す。前項で述べた能動型防災活動は、その目的として「自然現象などのハザードを知る」「地域のハザードを知る」「リスク対処を検討する」「リスク対処を疑似体験する」という大きく 4 つに分けることができ、それぞれに対応する具体的な防災活動と、使用されているデジタルツールがある。

「自然災害などのハザードを知る (一般的・過去の災害理解)」という目的は、能動型防災活動のイントロダクションや、受動型防災活動で果たされている。そこで活用されているデジタル技術は、過去の災害の写真や映像アーカイブを電子地図上の示すものや、CG による流体力学アニメーションなどの提示資料において活用されている。

「地域のハザードを知る (身近な対象への災害理解)」という目的は、防災まちあるきを含む防災マップづくりの活動で果たされている。この活動で利用されているデジタル技術は、エアタグといった位置情報 AR を活用してまちあるきを支援するものや、地図作りを支援する GIS などである。

「リスク対処を検討する (避難計画の立案)」という目的は、災害図上訓練で果たされており、ここでも主に電子地図が活用されている。

「リスク対処を疑似体験する (対処行動の準備)」という目的は、各種訓練や災害対応ゲーム“クロスロード”、避難所運営ゲームで果たされており、ここでは災害状況を示すヴァーチャルリアリティ (VR) 技術が活用されている。

以上の、現在普及している参加者向けデジタルツールは、位置情報に関するデジタル技術 (GIS やロケーションベース AR) を活用したツールと、シミュレーションのための現実感 (三次元 CG や VR) に関するデジタル技術を活用したツールの大きく 2 つに分けられることがわかる。

ドマップや防災アプリについて若者に限らず市民の受容環境が整っていることが明らかになった。

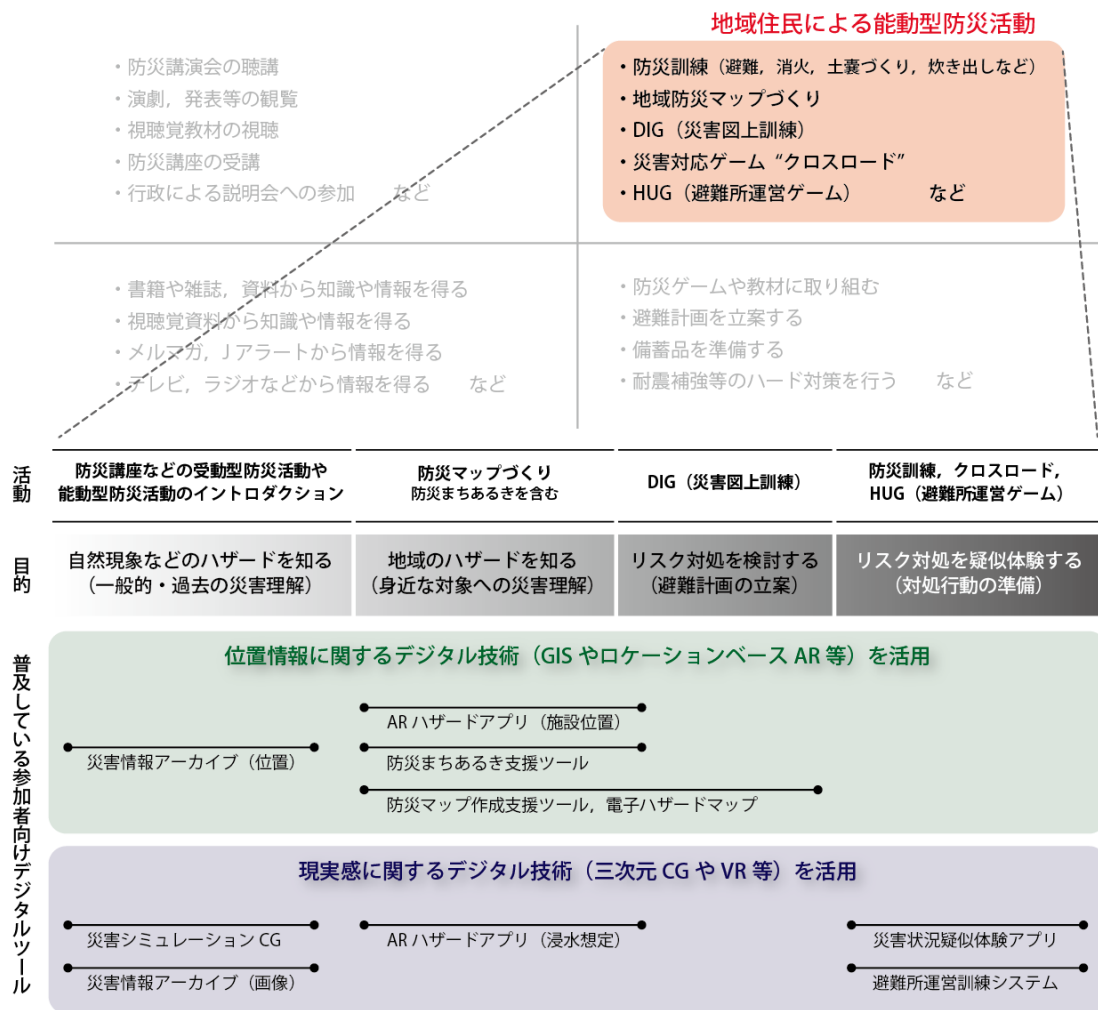


図 1.2 防災活動の目的とデジタルツール活用の関係

さらに，我が国の災害リスクコミュニケーションのための能動型防災活動において，既に，デジタル技術を活用したツールが使用され，様々な考察が報告されていることから，既存事例や先行研究を整理し表 1.1 に示すとともに，事例毎に災害リスクコミュニケーションにおける問題を解決しているか，または，解決に寄与しているかについて述べ，本研究で取り組むべき課題，位置づけを明確にする。

表 1.1 既存デジタルツールの役割とその評価

		名称(または概要)	公表されている評価
位置情報 デジタル 技術	ツール ①	防災まちあるき支援ツール [1.10]	地図読み取りの補助ツールとしての効果
	ツール ②	デジタル防災マップ作成支援 [1.11]	ハザードマップ作成補助ツールとしての効果
	ツール ③	GIS, 電子地図 [1.12]	GISによる地図制作の楽しさの効果
現実感 デジタル 技術	ツール ④	石巻津波伝承 AR とまちあるき [1.13]	災害を想像する効果 災害を理解することへの効果
	ツール ⑤	AR 浸水シミュレーション [1.14]	手軽さ・参加しやすさに対する効果
	ツール ⑥	AR 津波シミュレーション [1.15]	3DCG+メガネデバイスによる立体理解の効果
	ツール ⑦	VR 災害状況疑似体験教材 [1.16]	災害を想像する効果 危機感を感じることへの効果
	ツール ⑧	避難所運営訓練システム STEP [1.17]	災害を想像する効果

細川 [1.10] は、防災まちあるきにおけるリスクコミュニケーションを支援するため、AR技術を用いた防災情報提示ツールを開発し、訓練などにおいて評価実験を行っている。開発されたツールは、まちあるきをしながら、最寄りの防災拠点等のハザードマップ掲載情報や、過去の災害履歴、要救助者等の情報が『エアタグ²』により提示されることで、ユーザが、自身と情報の位置関係を体感的に理解することができるものとなっている。これは、従来型ハザードマップの問題である「地図を読み取る能力」に替わる役割ということができ、このようなツールを用いることで参加者を支援する

² エアタグとは、セカイカメラにおける情報の単位として、また、「デジタルなポストイット」と表現されたことで、その名称と概念が定着した。現在ではセカイカメラ以外にもその名称は用いられている。主にGPSや無線LANを使用した位置情報、あるいは時間情報なども利用して、「場所」と「情報」が紐付けられ表示される。エアタグが貼られた場所においてARアプリに連動するカメラを起動することで閲覧できる。タグをタップするとさらに詳細情報が表示されるものもある。

ことは有用である。間接的にはあるが、地図読み取りの難しさを解決することで、実施時間の短縮が期待できるものである。

吉野ら [1. 11] は、電子媒体を利用したハザードマップや防災マップの提供および作成を支援するシステムが多く存在することと、防災マップの作成過程が、地域の人の同士の交流や連携（つまり、防災リスクコミュニケーション）を支援するために利用できるといわれていることに注目し、災害発生前から利用可能なオフライン対応型災害時避難支援システム「あかりマップ」を利用し、地域の防災マップを作成する実験を行い、情報通信技術を用いた防災マップ作成における利用可能性や問題点などを考察している。地域住民によって情報通信技術を用いて防災マップを作る際に、密集した場所への情報の登録方法や情報の提示方法の工夫が必要であることや、情報の正確性の確保への貢献も可視化する仕組みが必要であることを述べており、地域住民による情報通信技術を用いた防災マップの作成のために、情報通信技術に慣れた学生と一緒に防災マップの作成を実施する手法が有効であると報告している。これは、ハザードマップ作成過程を補助するためのデジタルツールの利便性とその効果に関する研究であり、これら2つの先行事例から、デジタルツールの活用により作業を補助し活動の効率を向上させることで能動型防災活動の実施時間を短縮することが可能であるといえる。

小山ら [1. 12] は、災害のためのソフト対策における「持続性維持」がきわめて重要であるとし、家庭や学校での対策が未だ万全ではないことから、小学4～6年生の親子を対象に防災・減災意識の持続性維持を目標とした防災・減災イベントにおいてGISを活用している。イベントは、午前がGISを使った地図作り体験、午後がアルミ缶と紙パックで炊飯を行う、通称「サバメシ」と呼ばれるサバイバル・メシタキ体験という二部構成であった。午前中の地図作り体験では、親子1組につき1台のノートパソコンを貸し出し、パートナー学生の補助を受けながら「大分市における高齢化率マップ」を作成している。高齢化社会がすすむ中で、地域による高齢者の「みまもり活動」行われていることから、どの地域で優先的に高齢者の「みまもり活動」を展開すべきかについて電子地図が意思決定ツールとなることを期待してテーマ設定をしたことが述べられている。加えて、大分市のハザードマップ（津波・地震、洪水）を提示し概要を解説し災害想定を事前に知ることの重要性について説明している。イベント後の参加者評価では、「大分市における高齢化率マップ」の作成について、「すごく

楽しかった」「楽しかった」とのポジティブな評価が75～80%であったことが述べられており、大学生の補助や指導を受けながらパソコン作業を行うことで小学生でも操作を行うことができたため、肯定的な評価に繋がったと考察している。しかし、電子地図の意思決定ツールとしての効果については報告されておらず、持続性維持についても追跡調査が必要となるため以降の課題とされている。

中川ら [1. 13] は、石巻市において津波被害を伝承するために、本人らが開発・無償公開している『石巻津波伝承ARアプリ』を参照しながら、防災まちあるきを行った実践事例を紹介し、デジタルツールを活用した体験型震災学習プログラムとしての有効性を検証している。『石巻津波伝承ARアプリ』は、同一地点の「過去・現在・未来」を即座に参照できるほか、ARを活用した津波実績浸水深や、透過度変更の機能により、参加者が、自らの操作に合わせて自分が立つ場所の異なる側面を次々と表示させることができ、インタラクティブな体験を創出するものであると述べられている。更に、視覚情報だけにとどまらず、被災者の実体験に関する聴覚情報も含め、マルチメディアで震災情報を提供されている。参加者の質問紙評価の結果は、「震災発生直後の写真が見られる」ことに対して100%から肯定的評価を得ている。また、「震災発生当時やその後のことがよくわかった」、「震災をより身近に感じた」という項目において、肯定的評価が90%を超えており、震災被害の理解や、我が事感に有効であることがわかる。参加者の感想からも、このプログラムが「追体験機能を果たしていることが確認された」とも報告されており、実際の被災地として記録し伝承する役割を十分に果たすプログラムであることがわかる。その他、このアプリを用いた防災まちあるきの利点としては、プログラム参加者が、かさばる写真資料等を持ち歩く必要がないことや、専用端末を必要とせず無償公開していることから、準備する端末の数によって参加者数を限定する必要がないことも補足されており、問題Ⅲだけでなく、問題ⅠやⅡの解決に寄与できる活動の効率化も果たしている。しかしながら、実際の被災地でなければ成立しないツールであるため、汎用性や応用性が低いことが課題である。

富岡ら [1. 14] は、GPS (Global Positioning System) による現在地の特定と、LP (Laser Profiler) による高精度の地盤高構築による現実的な想定浸水深が推算できその結果を想定浸水深としてアニメーションによりファインダー越しに重畳するARシステムを日本航業株式会社より技術支援（「既存の浸水想定ARシステム」の使用）を受けて被験者実験により評価した。被験者が行う操作は、このARシステムがインス

トールされたiPadを手に取り、見たい方向を画面に映して眺めるだけであり、「システムの手軽さ」や「システムの分かりやすさ」について高評価であった。また、ARシステムに「ゲーミフィケーション」を取り入れることで、これまで訓練に参加しなかった市民も面白さや楽しさを理由に参加することが示唆されている。

津波リスクの可視化にAR技術を活用した亀田ら [1. 15] は、複雑な津波想定結果を直感的に把握できるようにするためにAR技術を活用しており、3D-CGで制作された詳細な神戸市の都市模型（ヴァーチャルジオラマ）に、流体表現された3D-CGの海水が海から市街地へ移動する動的なシミュレーションの可視化に成功している。AR技術にて可視化される都市模型は卓上サイズの縮尺であるため、視覚的に街中にいるという感覚ではないが、このシミュレーションを見る際はメガネデバイスを用いるため、スマートフォンやタブレットを使って見るよりもより身体感覚に近いといえる。これにより、都市における津波リスクを俯瞰・鳥瞰ではあるが様々なアングルから確認できること、都市の構造を確認した上で、津波が到達し市街地が浸水していく様子を直感的に把握することが可能になっている。この研究から、AR技術による可視化の利点として、多方向から見ることで立体および空間の確認が容易になることがあげられる。しかし、用いられているCG画像は都市模型・海水ともにポリゴンに無地の白色または水色をマッピングしたのみであり、災害画像としてのリアリティは無い。実際、シミュレーション画像のリアリティがリスク認知に与える効果については評価されていない。

板宮 [1. 16] は、高臨場感（没入感）が得られ尚且つ低コストで実現できる災害状況疑似体験教材としてARアプリを開発した。従来の訓練では「煙体験用テント」を準備し、直接その中を通り抜けることで視界の悪さや呼吸の難しさを知るといったものがあつたが、ゴーグル型のディスプレイを装着することで（視覚情報だけではあるが）煙が充満した状況を疑似体験できる。これにより、実施者においても参加者においても訓練の実施・参加が容易になるため、問題ⅠとⅡを解決している。技術的には、ハードウェアとして、スマートフォンと紙製ゴーグル及び防災情報サーバを用い、スマートフォンにインストールしたアプリにおいて、現在地における災害想定（煙、浸水）を実風景に重畳された様子を見ることができ、さらに、重畳されるCG画像は2画面に分割し視差を付けて表示することで立体視を実現している。このARアプリを紙製簡易ゴーグルに装着して覗くことで立体的に3D-CGを見ることができ、

360度見渡すことができる。被験者実験により、「浸水深をイメージできたか」「危機感を感じたか」という項目に関して、ハザードマップよりもこのARアプリの評価が高く、危機意識向上への効果が示されている。ただし、水面の表現はUnityに標準で備わっている機能を改善したもので、水害時の泥水や瓦礫が混ざった表現ではないことと、災害情報の理解に関する評価を行っていないことが課題といえる。

元吉ら [1. 17] は、若い世代の防災意識を高める一つのツールとして、広域災害における避難所運営訓練システム（略称はSTEP）を開発した。このシステムは、広域災害における避難所運営の仮想訓練システムで、4～8名程度のグループに分かれた参加者に、広域災害時の疑似体験を通じて、災害に対するイマジネーションを高め、避難所運営のリハーサルをするという直接的効果と、災害に対する防災意識を高めるといった間接的効果を目的としている。参加者へ仮想の被災状況を説明する際や、訓練を簡便化するためにTJS2というスクリプト言語で開発したプレゼンテーション画面を使用すること、先導役であるインストラクターの業務負担を軽減するためにデュアルディスプレイ機能を使用するなど、活動の効率を向上するためにデジタルツールが活用されていた。また、参加者に避難所の具体的なイメージを抱かせるために阪神・淡路大震災のビデオ映像を視聴させており、参加者は具体的なイメージを得ていたが、時代の変化によって永続的に使用できるものではないことが課題といえる。

以上の先行研究より、能動型防災活動の問題Ⅰ～Ⅲについてデジタルツールによる解決の状況を表1. 2に示す。地図を使用する際の補助的な役割により実施者や参加者の利便性を高めるものは、実施時間の短縮に寄与できるため問題Ⅰを解決しているといえ、ARアプリを搭載したタブレット等デジタルツールの操作が容易であることやゲーミフィケーションを用いることで楽しみを感じさせること、デジタル技術を用いることで自身の操作によって地域の地図を作ることができるといった、デジタルツールによる体験を促すものは参加やリピートへの効果が高く、問題Ⅱを解決するものである。参加者の知識・リスク認知に差があるという問題Ⅲについては、情報理解の効果について扱っているものが少なく、また評価が不十分であり、過去の災害の映像から被害を理解させる効果については評価されていたが、今後想定される災害をイメージさせる際に用いるCG画像のリアリティについてその効果を扱っているものは無かった。人々がデジタル技術を用いたツールを使って災害に遭遇することをより現実的に

イメージするためには、視覚的リアリティについて効果を明らかにする必要があるが、視覚要素の違いがその有効性に対してどのように影響を与えるかも明らかでない。

災害リスクコミュニケーションにおけるデジタルツールの活用の多くは、参加者や実施者の作業や活動を簡便化したり効率化したりするという点で評価されているもので、情報理解や、災害によって想定される被害イメージといった参加者の知識に対する効果についての評価が不十分であるため、本研究で取り組む。次節で本研究の目的を述べる。

表1.2 各デジタルツールによる問題解決の状況

位置情報デジタル技術	ツール①	問題Ⅰ	○	活動効率の向上について効果があり実施時間を短縮できる	
		問題Ⅱ	○	参加者の負担軽減に間接的に寄与している	
		問題Ⅲ	-	電子地図における情報理解の効果について対象としていない 想定される被害イメージの効果について対象としていない	
	ツール②	問題Ⅰ	○	活動効率の向上について効果があり実施時間を短縮できる	
		問題Ⅱ	○	参加者の負担軽減に間接的に寄与している	
		問題Ⅲ	-	電子地図における情報理解の効果について対象としていない 想定される被害イメージの効果について対象としていない	
	ツール③	問題Ⅰ	-	活動効率や時間短縮の効果について対象としていない	
		問題Ⅱ	○	参加者の楽しさに寄与している	
		問題Ⅲ	-	電子地図における情報理解の効果について対象としていない 想定される被害イメージの効果について対象としていない	
	現実感デジタル技術	ツール④	問題Ⅰ	○	実施者の負担軽減に間接的に寄与している
			問題Ⅱ	○	手軽さによる参加者の負担軽減に間接的に寄与している
			問題Ⅲ	△	○：過去に発生した災害を想像・理解する効果がある ×：実際の被災地以外では実施できない
ツール⑤		問題Ⅰ	○	効率の向上による実施時間の短縮に間接的に寄与している	
		問題Ⅱ	○	手軽さ・楽しさによる参加者増加の効果を明らかにしている	
		問題Ⅲ	-	AR アプリにおける情報理解の効果について対象としていない 想定される被害イメージの効果について対象としていない	
ツール⑥		問題Ⅰ	-	実施時間の短縮について対象としていない	
		問題Ⅱ	-	参加者確保について対象としていない	
		問題Ⅲ	△	○：自然現象を理解する効果がある -：想定される被害イメージ（CG 画像のリアリティ）の効果について対象としていない	
ツール⑦		問題Ⅰ	○	実施者の負担軽減に効果がある	
		問題Ⅱ	○	参加者の負担軽減に効果がある	
		問題Ⅲ	△	○：災害を想像する効果・危機感を感じる効果がある -：想定される被害イメージ（CG 画像のリアリティ）の効果について対象としていない	
ツール⑧	問題Ⅰ	○	実施者の負担軽減に効果がある		
	問題Ⅱ	○	参加者の負担軽減に効果がある		
	問題Ⅲ	△	○：災害を想像する効果・危機感を感じる効果がある ×：過去の災害の避難所映像を使用しており永続使用ができない		

1.3 本研究の目的と本論文の構成

災害リスクコミュニケーションが行われる能動型防災活動は、効果が期待されながらも頻繁な実施や参加者確保が難しく、適切なコミュニケーションが行われていない。限られた実施時間の中で、参加者各人が適切な災害リスクコミュニケーションを行うためには、参加者が事前に「自然現象をはじめとするハザードや避難所の位置、避難経路といった防災情報」、「災害によって想定される被害イメージや被害シミュレーション情報」といった知識を保有し、それらの知識を自身の立場に照らし合わせ、主観的な災害リスクを認知しておく必要がある。

住民参加による能動型防災活動において利用されているデジタルツールは、位置情報に関するデジタル技術を活用したものと現実感に関するデジタル技術を活用したものの大きく2つに分けることができるが、その多くは、参加者や実施者の作業や活動を簡便化したり効率化したりするという点で評価されているもので、参加者の知識不足に対する効果や、CG 画像のリアリティが与える影響についての評価が不十分である。以上を踏まえて、本研究ではそれらの効果を検証する。特に、技術向上や普及による利便性により開発や公開が進んでいながらも効果が明らかとなっていない、電子ハザードマップのインタラクティブ機能が利用者の情報理解および主体性に与える効果と、AR 技術を用いたリアリティ表現が内容理解に与える効果、3DCG を用いて特殊な防災設備を AR 表示することで被災後の具体的な行動イメージに与える効果を明らかにすることを目的とする。

なお、本研究では、岡山県総社市の洪水ハザードマップおよび総社市常盤公園の防災設備を用いたデジタルコンテンツを実験用に作成し、被験者実験を行う。

まず、主な災害情報を洪水（水害）とする理由として、大きな震災は広範囲に甚大な被害を及ぼすが、頻度としては数十年に一度という程度である一方、水害は、2013 年台風 26 号による伊豆大島土石流災害、2014 年 8 月の広島土砂災害、2015 年 9 月関東・東北豪雨、2017 年 7 月の九州北部豪雨など、計画規模を超える豪雨災害が多発しており、多くの国民が直面している。また、浸水や洪水は地震や火山とは異なり、突然襲われるものとは限らず、その多くは雨量や気象予報などから比較的推測しやすいものであるにも拘らず、判断の遅れや誤りが人的被害に繋がっている事例が現在に

においても少なくないことは改善すべきことである。水害対策において、これまでのハード対策（治水工事）では防ぎきれない被害を減らすため、防災教育や避難計画などのソフト対策を強化し自助・共助により被害を最小化するという、防災から減災への方向転換が求められているためである。

次に、モデル地域として岡山県総社市を採用する理由は、総社市が中国地方の中でも山陽地方に属し、市域を北西から南に一級河川である高梁川が貫流していること、市街地となっている中央部は元来、高梁川の氾濫原で小盆地を形成しており、河川氾濫におけるリスクはハード対策により軽減されているが、近年では、台風や集中豪雨などによる内水氾濫により、度々冠水・浸水被害に見舞われていること、また、市の人口6.8万人のうち外国人居住者が1千人を超え、岡山県立大学への進学を期に総社市内へ転入する大学生も多く、加えて、桃太郎に登場する鬼のモデルとされる温羅伝説、備中国分寺や大小多数の古墳など、遺跡・史跡も多く観光客も訪れる街であり、土地勘のない人々も一定数存在する地方都市であるためである。以上のことから、総社市を実験用コンテンツのモデルとすることについては妥当である。

また、本研究で実験を行う際の被験者は大学生とする。防災教育や災害対応力の育成において、若い世代を対象とすることが重要であると指摘されており、東日本大震災における津波避難の結果からも再認識された [1. 18]。今日、災害対応力を備えた人材を育成することで、長期的に災害に強い社会へと変容することが求められているにも拘らず、地域での防災活動に参加する若者は多くない。若く、健康で体力があることと、災害対応力が高いことは必ずしも一致せず、若い世代を対象にデジタルツールの効果について検証する必要がある。加えて、高齢者や障がい者、妊婦や乳幼児といった災害時要援護者に代表される、自力で避難することが困難な人を対象とするデジタルツールの活用とその効果については、固有の配慮を加味する必要があるため、本研究では優先せず今後の課題とする。

本論文は本章を含め、全5章により構成されている。本章を除いた2章以降の概要を以下に述べる。

第2章では、電子洪水ハザードマップにおけるインタラクティブ機能について、その利便性が向上している一方で、それらの有効性に関して十分な評価がなされているとは言えないことから、ハザードマップの本質的役割である、災害に先立って避難計画を立案することで防災意識の向上と減災につなげることへの関係性に注目し、避難計

画立案におけるインタラクティブ機能の評価を行う。

第3章では、災害情報の理解において災害イメージのリアリティの効果について評価されていないことから、洪水ハザードマップをスマートフォンアプリとして展開する際に付加されることが主流といえるAR機能を用いた「浸水シミュレーション」の浸水表現を対象に、水色透過画像と氾濫時に近い泥水画像とでは提示する情報の理解に対する効果が異なるのか、被験者実験により調査する。

第4章では、避難所運営訓練において、若年層の運営意欲が低いこと、発災後に使用することが想定される非常用便槽や仮設トイレ、簡易型のかまど等の設備を日常時に目にする機会が極めて低いこと、避難所運営や避難所生活については実感を伴ってイメージできないことなどから、防災設備をリアリティのある3DCG画像とAR技術によって可視化するオリジナルアプリを開発し、設備の理解や避難所生活に対する理解に対する効果について調査する。

第5章では、終章として本研究をまとめている。本研究の全体像として、目的、プロセス、方法、結果について述べ、これまでの研究を総括し今後の展望を述べる。

参考文献

- [1.1] 平成 28 年版 防災白書, 内閣府. (参照日 2018. 2. 20)
<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h28/>
- [1.2] 共助による地域防災力の強化, 内閣府 (参照日 2018. 2. 20)
http://www.bousai.go.jp/kyoiku/pdf/guidline_separate.pdf
- [1.3] リスクコミュニケーションの推進方策, 文部科学省. (参照日 2018. 2. 20)
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/064/houkoku/_icsFiles/afieldfile/2014/04/25/1347292_1.pdf
- [1.4] 矢守克也, 吉川肇子, 綱城剛「防災ゲームで学ぶリスク・コミュニケーション クロスロードへの招待」, ナカニシヤ出版, 2005 年
- [1.5] 吉川肇子, 「リスク・コミュニケーションー相互理解とよりよい意思決定をめざして」, 福村出版, 1999 年
- [1.6] 自主防災組織「加古川グリーンシティ防災会」公式サイト (参照日 2018. 2. 20)
http://www.greencity.sakura.ne.jp/greencity_bousaikai/
- [1.7] 宮崎賢哉, 「第 13 回防災教育のすすめ～命を守る防災教育の考え方と実践事例-前編～」, 災害救援ボランティア推進委員会, 2014 年 7 月 9 日. (参照日 2018. 2. 20)
<http://www.saigai.or.jp/info/2014/0709161005.html>
- [1.8] 実践的な防災訓練の普及に向けた事例調査報告書, 消防庁. (参照日 2018. 2. 20)
http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/zisenteki_bousaikunren_hukyu/houkokusyo_20140325.pdf
- [1.9] 実践的な防災行動定着のための取組, 中央防災会議 第 2 回防災対策実行会議資料, 内閣府. (参照日 2018. 2. 20)
<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/jikkoukaigi/02/pdf/2.pdf>
- [1.10] 細川直史, 「消防防災分野における拡張現実の活用」, 映像情報メディア学会誌 vol. 66, No. 11, pp. 928-933, 2012

- [1.11] 吉野孝, 濱村朱里, 福島拓, 江種伸之, 「災害時支援システム“あかりマップ”の地域住民による防災マップ作成への適用」情報処理学会論文誌 58(1), 215-224, 2017-01-15
- [1.12] 小山拓志, 土居晴洋, 森松真弥, 内山庄一郎, 「GIS およびサバメシを活用した防災・減災イベント -実施報告とその効果-」, 大分大学高等教育開発センター紀要, 第6号, pp.65-82, 2014
- [1.13] 中川政治, 尾形和昭, 佐藤翔輔, 他, 「ICTを活用した仮想体験型震災学習プログラムの開発-東日本大震災で被災した石巻市における「防災まちあるき」実践事例-」, 地域安全学会論文集No.26, p1-8, 2015
- [1.14] 富岡祥平, 小山真紀, 「AR技術を用いた防災教育ツールの活用に向けた社会実験について」, 平成25年度近畿地方整備局研究発表会論文集, 防災・保全部門: No.22, 2013
- [1.15] 亀田知沙, 高橋智幸, 「AR技術を活用した津波リスクの可視化手法の開発」, 可視化情報学会論文集, Vol.36(2016)号, No.5, p.32-39,
- [1.16] 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 報告書, 2016, 2月.
- [1.17] 元吉忠寛, 松井豊, 竹中一平, 他, 「広域災害における避難所運営訓練システムの構築と防災教育の効果に関する実験的研究」, 地域安全学会論文集(7), 425-432, 2005
- [1.18] 片田敏孝, 「人が死なない防災」, 集英社, 2012年

第2章

電子洪水ハザードマップにおけるインタラクティブ機能の有効性

2.1 緒言

洪水・土砂災害ハザードマップは、洪水発生時に想定される浸水や土砂災害、避難に関する情報を地図にまとめたものであり、洪水氾濫の発生を前提に、住民の避難を促すことで人的被害を軽減することを主な目的としている。ハザードマップの効果を最大限に発揮するためには、全ての住民がハザードマップを認知し、その記載内容を十分に理解することを通して、洪水・土砂災害に関する住民間のリスクコミュニケーションの手段として活用される必要がある。

これまでのハザードマップは、印刷物やそれを PDF ファイルに変換してインターネットで公開するといった、紙または静止画のものが主流であったが、今日、徐々に GIS(地理情報システム)による電子ハザードマップを目にするようになってきた。例えば、岡山県では全県統合型 GIS [2.1] の中で災害情報が公開され電子ハザードマップと同様の役割を担っている。しかし、それらのほとんどは情報を種類別レイヤに分け、表示・非表示を選択する機能のみであり、多量の図形データの読み込み等のために表示に時間がかかるものも多い。

そのような中、大分県国東市が公開している電子ハザードマップ [2.2] は、洪水想定区域や土石流危険箇所など、表示させたい項目を選択することで該当区域が Google Map に表示されるようになっており、さらに、指定した場所の近傍の避難施設の提示や、避難施設への最短経路探索などのインタラクティブな機能が試みられている。

これらはハザードマップの電子化によって初めて実現できる機能であり、利便性を高めるものと期待されるが、その有効性に関して十分な評価がなされていない。特にハザードマップの本質的役割である、災害に先立って避難計画を立案する

ことで防災意識の向上と減災につなげる [2.3] ことへの関係が明らかではない。

また、電子ハザードマップには、上記のような災害前に使用するものとは別に、発災時の使用を想定しているものも検討されている。例えば、財団法人河川情報センターが発表した GIS 版洪水ハザードマップの試作 [2.4] では、浸水報告地点とその観測時間を入力することで、現在および一定時間後の浸水範囲を想定・表示され、さらに浸水想定範囲が避難勧告や避難指示の発令時期であるかを判断して、避難方向、避難施設とともに表示される。この電子ハザードマップの特徴は、実際に災害が起こった際に、災害状況に合わせた避難行動および予想される被害をリアルタイムに知ることが出来る点である。本研究はこれと異なり、被害が起きる前に、適切な避難行動を検討・習得するツールとしての電子ハザードマップを対象とする。

研究の目的は、従来の印刷物または静止画によるハザードマップについてアンケート調査を中心に問題点を抽出することで、電子ハザードマップに必要な機能を明らかにし、その機能の有効性を被験者実験により検証することである。以下 2.2 では電子ハザードマップに必要な機能について検討し、2.3 で電子ハザードマップのインタラクティブ機能を説明、2.4 で評価実験の方法、および結果について述べる。

2.2 電子ハザードマップに必要な機能

従来の紙または静止画のハザードマップにどのような問題があるのか、総社市が発行する「洪水・土砂災害ハザードマップ」を具体的な事例とし、アンケート調査により抽出した。被験者は、総社市を含む同県内在住の 18 歳から 42 歳の男女 240 名であるが、2015 年に岡山県が実施した「県民満足度調査（防災対策編）[2.5]」において、「地域のハザードマップを持っているか・知っているか」という質問に「全く知らない」と答えた割合が 41.3%と最も高く、「見たことはないが知っている」と回答した人を加えても最高（62%）となる 20 歳代³ が、ハザードマップの見方等の習熟度に差がないと考え、被験者のうち岡山県立大学の在学学生 210 名を対象に集計した。また、

³ なお、地域のハザードマップについて「全く知らない」と「見たことはないが知っている」と答えた人の合計は、30 歳代が 46.7%、40 歳代が 37.2%、50 歳代が 35%、60 歳代が 39%、70 歳代が 46.3% である。

同調査の「若者の災害への備えが低い」という結果⁴より、この年齢層へ防災・減災について訴求する必要があると考えたためである。

調査は、質問に対してあらかじめ用意しておいた5段階の回答の中から最も近いものを選択するという回答方法とした。被験者全員に図 2.1 を A4 用紙に出力して配布し、手元で閲覧しながら回答させた。

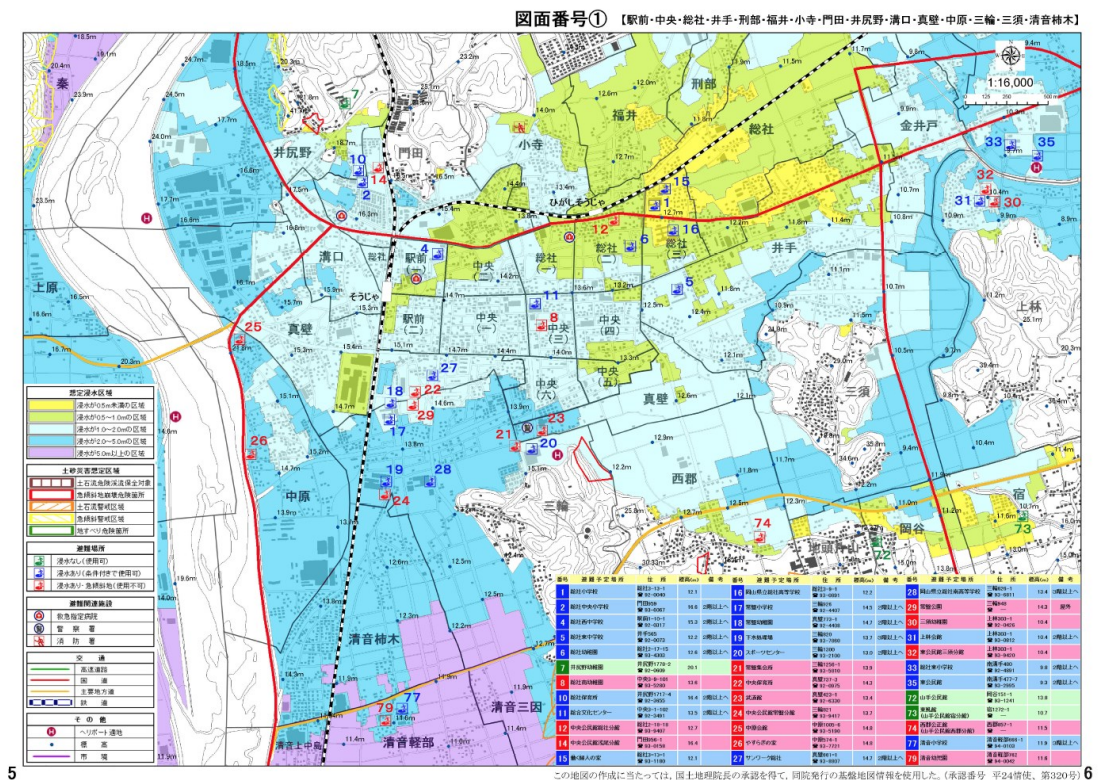


図 2.1 総社市 洪水・土砂災害ハザードマップ (印刷物)

このハザードマップから直感的に情報を読み取ることができるかという質問に対しては、表 2.1 より、約 56% (117 人/210 人中) の人が「わからない～全くできない」と回答した。ここでの情報とは、避難計画を立案するための根拠となる「1: 想定浸水区域」、「2: 想定土砂災害区域」、「3: 避難場所の位置」、「4: 避難場所の詳細」、「5: その他 (交通網, 地名, 地形, 標高, 病院, 警察署, ヘリポート適地, 等)」を

⁴ 「特に対策をしていない」と回答した人は、年齢別で 20 歳代が 4 割程度 (37.0%)、職業別でも学生が 4 割 (40%) と高くなっている。

意図していたが、質問文に具体的な項目を示すと回答を誘導する懸念があるため、読み取れた情報を被験者に複数回答可として自由記述させることで何種類の情報を得たかということや、特定の場所を想定するなど具体性をもって情報を得たか漫然と得たのかを判断した。

「情報を読み取ることがややできた・かなりできた」と回答した被験者（93人）は、全員が自由記述欄に記述しており、「1:想定浸水区域」について72人、「3:避難場所の位置」について41人の順に記述が多く、28人が複数種類の情報を記述していた。しかし、具体性をもたず漫然とした記述をした人も51人おり、誤った記述も3人あった。以上より、著者らが意図した情報を読み取っているが、不十分であるにも拘らず自己評価が甘いため「ややできた・かなりできた」と回答している被験者がいることも分った。

「わからない～全くできない」と回答した被験者（117人）で自由記述欄に記述した人は74人であった。その中で、「1:想定浸水区域」について45人、「3:避難場所の位置」について23人、「5:その他」について14人の順に記述が多く、複数種類の情報を得ていた人は19人であった。誤った記述をした人は7人いた。この群についても著者らが意図した情報を読み取っているが、その一部を得ているというものであった。

また、両群に共通して、被験者が読み取った情報の多くは「1:想定浸水区域」であり、次に多かった「3:避難場所の位置」との差も大きいことから、ハザードマップに記載されている情報は多岐に渡るにも拘らず被験者が得た情報は偏っており情報を多面的に得られていないこと、自身にとって身近な土地のハザードマップを示しているにも拘らず主体的に情報を得られていないことがわかった。

一人ひとりが自身に適した情報を収集し避難計画を立案するためには、多面的に情報を得ることが求められるため、この結果は好ましいとは言えない。

また、ハザードマップに掲載されている浸水や土砂災害の想定情報などから被災状況が想像できるかを調べる質問では、表2.2より、65%（136人/210人中）の人が「わからない～全くできない」という結果であった。被害についてイメージすることが困難であるということは避難行動についてもイメージできないということに繋がる。実際にこのハザードマップを見ることで、自身の被災時の行動を考えてみようと思う人は約半数しかいなかった（表2.3）。水害時の誤った行動が人的被害に直結すること、

洪水ハザードマップが人的被害を軽減するために整備されていることから、ハザードマップを閲覧した人全員が被災時の行動を考えることが望ましく、半数という数字は不十分と考えられる。

表 2.1 図 2.1 から直感的に情報を読み取ることはできますか? [人(%) n=210]

かなりできた	ややできた	わからない	あまりできない	全くできない
1 (0.5)	92 (44)	26 (12)	77 (37)	14 (6.5)

表 2.2 図 2.1 を見て被災状況が想像できますか? [人(%) n=210]

かなりできた	ややできた	わからない	あまりできない	全くできない
6 (3)	67 (32)	58 (28)	51 (24)	27 (13)

表 2.3 図 2.1 を見て被災時の行動を考えてみようと思いますか? [人(%) n=210]

とても思う	やや思う	わからない	あまり思わない	全く思わない
11 (5)	99 (47)	36 (17)	52 (25)	11 (5)

また、自由記述欄には次のような指摘があった。

- ・ 避難施設の番号を見つけるのが困難
- ・ 地図上の数字と避難施設リストの番号が対応しているようには見えない
- ・ 避難施設の外観がわからない
- ・ 避難施設の個別条件が分かりにくい
- ・ 条件によっては使用できない避難施設も同等に掲載されている
- ・ 全体的に情報量が多く読み取りにくい
- ・ 色と浸水深情報の関係が分かりにくい
- ・ 浸水の深さが実感できない
- ・ 地図上の距離感がつかみにくい
- ・ 被災時にどのように行動したらよいかわからない

このような個別の意見から読み取れたことも含め考察し、静止画ハザードマップの問題を2つに分けた。

1つめは、「情報量や表示の過不足に関する問題（以下、問題1という）」で、利用者が情報を得ようと思っても、「必要な情報がなかなか見つけ出せない」「知りたい情報が掲載されていない」「不要な情報が掲載されている」等の意見が根拠となっている。この問題の原因は、当該ハザードマップが、市全域を18のエリアに区分けされ、それぞれのエリアごとに『想定浸水区域（5段階）・想定土砂災害区域（5種類）・避難施設（82カ所かつ使用条件3種類）・避難関連施設・交通情報・その他の情報』という多大な情報が、静止画という性質上、もれなく一様に記されているため、利用者が自分に必要な情報のみを得ることが困難であることが考えられる。

2つめの問題は、浸水深の実感や地図上の距離感など「避難行動の手がかりとなる情報が得られない問題（以下、問題2という）」である。この理由として、ハザードマップの見方（どこからどこへ避難するのかという状況設定）が利用者に委ねられており、実際には漠然とした見方しかできない利用者が多く、状況によって避難先の候補が異なるということを静止画で提示することが困難であるからだと考えられる。

鈴木ら [2.6] は、ハザードマップについて、市民が「知りたい」と思い、正しく理解でき、防災・減災行動につながるものでなければ価値がなく、もっと詳細に知りたいと思う人への案内も必要であると述べていることから、このようなハザードマップが、洪水・土砂災害に関する住民のリスク受容の手段として活用されることは非常に難しい。

2.3 インタラクティブ機能をもつハザードマップ

2.2であげた問題1と2を電子化によるインタラクティブ機能によって適切に解決するため、問題をさらに分析する。

まず、情報量や表示の過不足に関する問題1について、災害情報における過不足を解消するためには、利用者に合わせて情報をコントロールするという視点が必要である。そして、コントロールの方法は情報によって異なり、大きく3つに分けることが

できる。例えば、浸水範囲や避難施設といった一般的な情報かつ利用者側にあらかじめ概念がある情報については、画面に表示する情報量を利用者の操作によって増減するという機能が適している（機能①）。利用者によって一度に把握できる情報量や比較検討の際の対象数は異なるため、一度に画面に表示させる情報量を利用者の操作によって選択できることで、自身のペースでハザード情報を収集し、理解が進むことが期待できる。次に、理解するための難易度が高い情報や、利用者によって必要性が異なる情報については、段階を追って情報を提示する機能が適している（機能②）。ある情報を得たうえでさらに理解を深めるための情報は、前提となる情報を先に提示しなければならないため提示の順番が重要であり、より詳しく知りたい(知ってほしい)情報は、利用者が得たいと思う前から提示すべきではなく、これ以上詳細な情報を必要としない利用者にとっても同様である。最後に、利用者ごとの局所的な情報については、利用者の指定により計算機側が情報を絞り込んで提示する機能が適している（機能③）。具体的な避難行動を検討するのは個々の利用者であるため、利用者に関連する情報を絞り込んで提示することは「自分のための情報」として意識付けることができる。

避難行動の手がかりとなる情報が得られない問題2については、避難計画の前提となる起点や目的地を意識させたうえで計算機が一例として避難経路案を示す機能④や、具体的な避難行動について例を示す機能⑤により解決する。ハザード情報を提示し認知・理解させることと、自身の避難についてイメージさせることは異なるため、一例として避難経路を示したり、状況に応じた行動指南を示したりすることで、より局所的または個別的に利用者に避難計画の立案を訴求することができる。

洪水分野の電子ハザードマップで提示する情報をこれらの機能①～⑤に具体的に対応づけたものが表2.4である。

本研究ではこれらのうち①～④についてGISを利用し総社市の洪水・土砂災害ハザードマップを電子化した。以下、具体的な説明を項に分けておこなうが、①の機能については、既存の電子ハザードマップにおいて多く実現されている機能であるため、この章での説明は②～④のみとする。⑤は、①～④の機能よりも想定されるユーザの状況が多岐に渡るため実装が複雑となるうえ、個別の利用者が避難行動を開始すべきタイミングの根拠や避難経路上の障害物など実装に必要なデータが入手できていない。よって、本研究では機能②～④の実装とその効果の検証を推進し、機能⑤につ

いては今後の課題とする。

表2.4 電子ハザードマップに備えるべきインタラクティブ機能

問題との関係	番号	機能の名称と内容
問題1を解決する 情報に優先度を設けて表示する機能	機能①	表示情報量の加減機能
		想定浸水深や避難施設など、あらかじめ項目によって分けたレイヤについて表示のON/OFFを利用者が選択できる。
	機能②	避難施設の詳細情報表示機能 地図上の避難施設を認識した後、その外観写真や住所、電話番号、標高などの、より詳しい情報を得たい場合のみ利用者の操作によって表示させる。
問題2を解決する 避難経路や避難行動について具体例を示す機能	機能③	避難施設探索機能 利用者が指定する任意の起点から近傍の避難施設を計算機によって絞り込んで表示する。
	機能④	経路探索機能 利用者が指定する任意の起点から近傍の避難施設への経路を計算機によって探し表示する。
機能⑤		行動指示機能 状況に応じて避難方法(その場に留まる、垂直避難をするなど)や、対応を変えなければならない注意点などを理解させるための行動指南を表示する。

2.3.1 電子化のために必要なデータとシステム構成

総社市の電子ハザードマップを開発していくためには、総社市の想定浸水被害や避難施設の情報をまとめたデータが必要となる。本研究では、総社市がまとめた、同市内の一級河川の氾濫による想定浸水区域、想定土砂災害区域、およびその際の避難施設のデータを使用する。なお、使用するデータは総社市役所から提供していただいたものであるが同様のものが国土交通省のホームページ [2.7] より無料で入手できる

ので、日本全国に適用可能である。加えて、道路の情報は国土交通省が作成したオープンデータを利用する。

総社市から提供された想定浸水区域、想定土砂災害区域のデータそれぞれ該当する災害区域の経緯度情報はポリゴンデータとしてまとめられており、避難施設のデータは避難施設ごとに名称や住所、標高、経緯度などがまとめられている。

次に、開発する電子ハザードマップのシステム構成の概要について述べる(図 2.2)。行政から提供された想定浸水区域等のデータはレイヤに分けられて、出力処理を通じて電子地図上に出力される。ユーザの指定した位置の近傍の避難施設や避難経路は専用のプログラムにより探索し出力処理で動的なレイヤとして生成され地図上に表示される。なお電子地図は、国土地理院発行の電子国土基本図 [2.8] を使用する。また、出力処理では全ての地理情報の表示に OpenLayers ライブラリ⁵ を利用している。

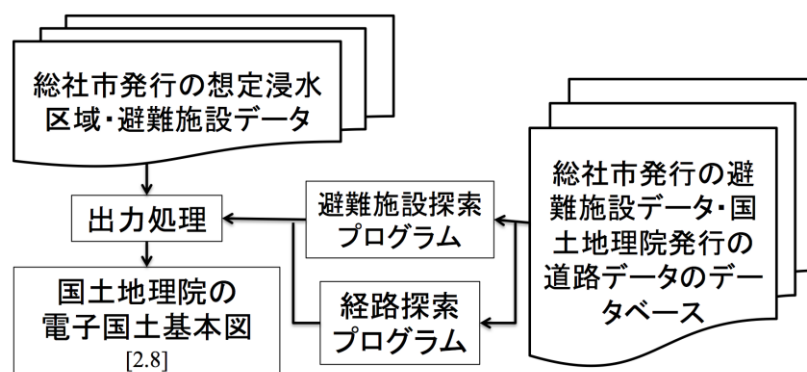


図2.2 システムの全体構成

⁵ <http://openlayers.org>

電子ハザードマップの画面構成は、大きく4つのエリアからなる(図2.3)。画面上部のヘッダエリアと下部のフッタエリア、中央の電子地図エリアと、地図左側の凡例エリアである。これらは常に表示される。電子地図エリアと凡例エリアがメインであり、ヘッダエリアにはタイトルやグローバルメニューを配置し、フッタエリアには管理者情報や関連リンク等を配置した。凡例エリアには、5種類の想定浸水区域、同じく5種類の想定土砂災害区域、3種類の避難施設の計13種類の項目を並べ、それぞれ設けられたチェックボックスの操作によって、該当する項目の表示のON/OFFを切り替えることができる。また、ユーザが操作した時のみ表示される避難施設の詳細情報は、ヘッダエリアにレイヤ表示される。

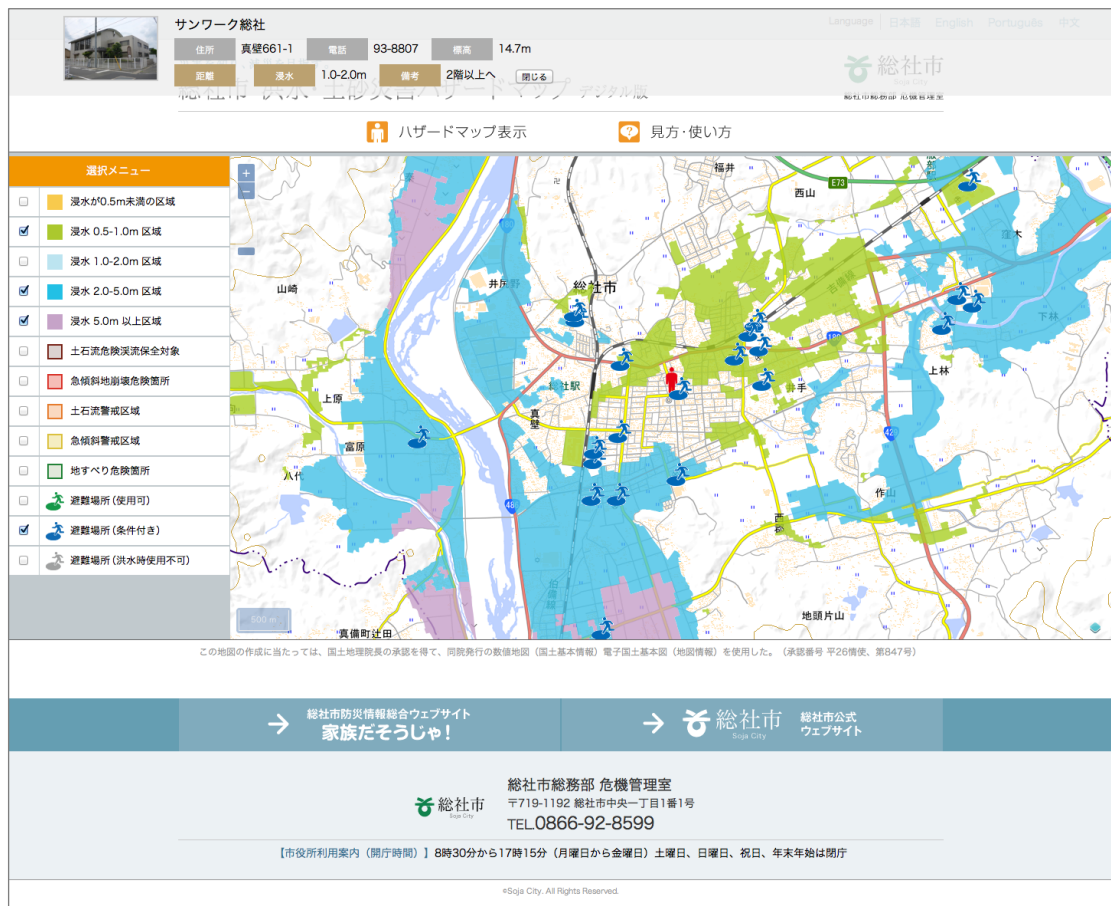


図2.3 画面の表示例

2.3.2 避難施設の詳細情報表示機能

避難施設のレイヤが表示された際、任意の避難施設アイコンにマウスカーソルを合わせると、当該避難施設の詳細情報（避難施設の外観写真・施設名称・住所・電話番号・標高・浸水想定・備考）を記載したレイヤをヘッダエリアにスライドインで表示する。この詳細情報は、不要になったら閉じるボタンで非表示にすることができる。

また、利用者が地図上の任意の地点を指定すると、その位置を示す人型マーカと、後述する避難施設探索プログラムで探索された近傍の避難施設が地図に表示される。この際に地図上に表示された避難施設にマウスカーソルを合わせた場合は、先程述べた詳細情報の項目に加えて、指定位置から当該避難施設までの直線距離（km）が避難施設詳細情報に表示される。

2.3.3 避難施設探索機能

避難施設検索機能では、利用者が指定する任意の起点から直線距離で最も近く、かつ、想定浸水深が起点と同等かそれよりも浅い場所にある5カ所の避難施設を表示する。

利用者が任意の位置を起点として情報を得ることができるため、起点を示す人型のマーカを表示することとした。起点を指定するとその経緯度情報を取得し、人型マーカの位置を更新する。

また、避難施設検索機能では、凡例のチェックボックスで表示する避難施設アイコンとは異なる専用アイコンを表示する。この専用アイコンは、「浅」「同」「深」の3種類とし、人型マークと避難場所を結ぶ直線上の浸水状況を表す。地形的情報を無視し直線で結んだ場合において、浸水区域を通らない場合は「浅」、人型マークと同じ、もしくは、浅い区域を通る場合は「同」、人型マークよりも深い区域を通る場合は「深」のアイコンを表示する。これは、起点との相関関係にあるため、単に情報表示のON/OFFを選択するもとは異なり、電子化ならではのインタラクティブ機能の一つといえる。

一部の想定浸水区域、利用者の位置を示すマーカー、5カ所の避難施設が表示されている状態を図 2.4 に示す。

避難施設探索プログラムでは、利用者の指定した地点(人型マーカーの位置)から直線距離で最も近い避難施設を5カ所探し、避難施設の詳細情報、指定位置からの直線距離、予想浸水深をリストにして出力処理に送る。避難施設の探索は PostgreSQL⁶ の拡張機能 PostGIS で実装している。



図 2.4 起点から近傍5カ所の避難所が表示された画面

⁶ <http://www.postgresql.org/>

2.3.4 経路探索機能

経路探索機能では、先に述べた避難施設検索で表示された5カ所の避難施設に対し、人型マークからその避難施設までの間の最短経路を探索し、地図上に表示する。このときの最短経路の定義は、国土地理院発行の道路データパーツを繋いでいく際に最も近い距離にある道路の端を選択し構成される経路のことであり、国土地理院が道路として定義していない私道をはじめとする近隣住民にとって通行可能な通路は含まない。

なお、最も近い避難施設までの経路は緑色線で、その他の4カ所への経路は黒色線で表示する（図2.5）。

Sanwork Sotsha
住所 真壁661-1 電話 93-8807 標高 14.7m
距離 0.49km 浸水 1.0-2.0m 備考 2階以上へ

Language | 日本語 | English | Portuguese | 中文

総社市
総社市総務部 危機管理室

ハザードマップ表示 見方・使い方

選択メニュー

- 浸水が0.5m未満の区域
- 浸水 0.5-1.0m 区域
- 浸水 1.0-2.0m 区域
- 浸水 2.0-5.0m 区域
- 浸水 5.0m 以上区域
- 土石流危険渓流保全対象
- 急傾斜地崩壊危険箇所
- 土石流警戒区域
- 急傾斜警戒区域
- 地すべり危険箇所
- 避難場所(使用可)
- 避難場所(条件付き)
- 避難場所(洪水時使用不可)

この地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図（国土基本情報）電子国土基本図（地図情報）を使用した。（承認番号 平26情使、第847号）

→ 総社市防災情報総合ウェブサイト 家族だそうじゃ！

→ 総社市 総社市公式ウェブサイト

総社市 総務部 危機管理室
〒719-1192 総社市中央一丁目1番1号
TEL.0866-92-8599

【市役所利用案内（開庁時間）】 8時30分から17時15分（月曜日から金曜日）土曜日、日曜日、祝日、年末年始は閉庁

©Sotsha City. All Rights Reserved.

図 2.5 起点から避難施設までの経路と詳細情報の表示

探索は Post GIS に登録した道路情報(節点に位置が付与されたグラフ)を用いて、A*法で実装している。

静止画のハザードマップにおいて、いくつかの避難施設を候補として比較検討するという見方は、掲載されている様々な情報を読み解く能力がなければできないが、本研究で実装した機能により、利用者にとって必要な情報のみをインタラクティブに提示することができ、利用者は膨大な情報に埋もれることなく容易に優先度の高い避難施設情報を得ることができると考える。

2.4 評価実験

2.2 であげた 2 つの問題を解決するため、①～④の機能を実装した。問題 1 を解決する機能①～③と、問題 2 を解決する機能④について、有効性を検証するために被験者実験を行った。

2.4.1 実験方法

まず、被験者 57 名を 19 名ずつ A～C の 3 群に分けた。各群とも被験者 1 人に対して 1 台のパソコンを提供した。パソコンには群に応じて次に示すような機能を持つ電子ハザードマップをセットした。

- ・ A 群：電子地図に想定浸水・避難施設情報をレイヤで ON/OFF 表示し、避難施設にマウスを合わせることでその詳細情報を提示する機能 = 機能①②
- ・ B 群：A + 避難施設探索機能 = 機能①②③
- ・ C 群：B + 経路探索機能 = 機能①②③④

各群に対して、最初に電子ハザードマップの操作方法を説明したあと、実験者側で

指定した位置を自宅と仮定して自由に情報収集をしてもらった。その後パソコンから離れてアンケートに回答してもらった。実験の様子を図 2.6 に示す。



図 2.6 実験風景

なお、ここで説明した操作方法とは、画面内でクリック等の操作ができる箇所を紹介のことである。なぜなら、実験用電子ハザードマップの初期画面は「白地図」の状態であり、掲載内容を被験者の操作で表示する必要があるためである。電子ハザードマップにおける最適な初期画面についての検討や操作性についての検討は、電子化によって新たに生じる重要な検討項目であるが、今回の実験では操作方法の説明により対応することに留めた。さらに、静止画のハザードマップを用いたアンケート調査の際には地図の凡例等は説明しておらず、電子ハザードマップにおいても同様に説明しないことで条件を統一している。

被験者は岡山県立大学の在大学生で各群 19 名、計 57 名である。「2.2 電子ハザードマップに必要な機能」のアンケート調査と被験者属性を同等にするため在大学生としたが、同一人物は含んでいない。加えて、被験者全員に洪水時の避難行動についての知識の有無の自己評価（5段階）と、総社市の洪水ハザードマップを知っているかを質問した。それによると、洪水時の避難や行動について知識が「あまりない」、「全くない」と回答した人は 60% (34/57 名)、総社市の洪水ハザードマップを「知らなかった」

と回答した人は 84% (48/57 名) であったため、災害知識にばらつきが出にくく、被験者として妥当であると判断する。

2.4.2 アンケートの回答と分析

水害が起こった際に、実験で仮定した自宅から実際に避難する避難施設を決めたかについて質問したところ、決めたと回答した人は、A 群では 94% (18/19 名)、B 群では 89% (17/19 名)、C 群では 100% (19/19 名) という高い結果であった。この結果から、記載情報を収集するだけでなく、得られた複数種類の情報を根拠に自身の判断で優先順位を設けることができたと考えられる。

避難施設を決めたと回答した人に、何を考慮して決めたかを「距離」「予想浸水深」「その他」の選択肢から複数回答可で選んでもらった結果、表 2.5 より、「距離」と回答した人は、A 群では回答者の 100% (18/18 名)、B 群では 88% (15/17 名)、C 群では 79% (15/19 名) であった。このことから、避難施設を決める上で避難施設までの「距離」は重要な要因と考えられる。

しかし、水害において避難施設を選定する際、「距離」だけを考慮することは好ましいとは言えず、「予想浸水深」についても「距離」と同等か、場合によってはそれ以上に考慮することが望ましい。避難施設を選定する際、「予想浸水深」を考慮したと回答した人は、A 群では 33% (6/18 名)、B 群では 65% (11/17 名)、C 群では 84% (16/19 名) となっていることから、A→B→C 群になるにつれて割合が増えている。近傍 5 カ所を絞り込んで表示する機能③と、避難経路を表示する機能④が増えることで、「距離」と「浸水深」を同等に考慮するようになることが推測できる。浸水深を考慮する人数の割合が群間で異なるか否かについて、フィッシャーの直接確率法（正確確率検定）を適用したところ、 $P=0.0073$ を得た。さらに、A・B の 2 群に対しては $P=0.094$ 、A・C の 2 群に対しては $P=0.0025$ 、B・C の 2 群に対しては $P=0.26$ であったため、A・C の 2 群間では有意水準 1% で有意差があった。

表 2.5 実際に避難する避難施設を決めた理由

(複数回答可) [人(%)]

	距離	予想浸水深	その他	回答者
A 群	18 (100)	6 (33)	0 (0)	18 (100)
B 群	15 (88)	11 (65)	3 (17)	17 (100)
C 群	15 (79)	16 (84)	5 (26)	19 (100)

また、何を考慮して避難施設を決めたかについて複数回答した人数も、A 群では 33% (6/18 名)、B 群では 53% (9/17 名)、C 群では 79% (15/19 名) となっていることから、A→B→C 群になるにつれて割合が増えている。この結果に対して、フィッシャーの直接確率法（正確確率検定）を適用したところ、 $P=0.020$ を得た。さらに、A・B の 2 群に対しては $P=0.31$ 、B・C の 2 群に対しては $P=0.16$ となり、有意差はなかったが、A と C の 2 群に対しては $P=0.0081$ であったため、機能④を備えた C 群についてのみ A 群との間に有意水準 1% で有意差があると考えられ、機能①～④を備えることは、機能①～③を備えているものと比べて避難先を選定する際に考慮する項目を増加させる効果があるといえる。（表 2.6）

表 2.6 避難施設を決める際に考慮した項目数 [人(%)]

	複数	単数	回答者
A 群	6 (33)	12 (67)	18 (100)
B 群	9 (53)	8 (47)	17 (100)
C 群	15 (79)	4 (21)	19 (100)

次に、避難施設までの実際の避難ルートについて考えたか質問したところ、表 2.7 より、「はい」と回答した人は、A 群では回答者の 77% (10/13 名)、B 群では 73% (13/18 名)、C 群では 86% (12/14 名) であることから、機能④の有無に拘らず 7 割以上の人 が避難ルートについて考えることが分かる。機能④を備えていない A、B 群と比較し て、C 群の方が避難ルートについて考える人の割合は高くなっているように見えるが、 A～C 群の 3 群間を比較したところ、それぞれの間に有意差が確認できなかったため、 機能④を備えていることが避難ルートについての助けとなっているとはいえない。機能 ①～④を備えた電子ハザードマップであれば、7 割以上の人 が避難ルートについて 考えていることはインタラクティブ機能による効果と推測するが、経路探索機能を備 えることが、特出して利用者にとって避難ルートを考えるための助けとなっているわ けではない。

表 2.7 避難施設までの実際の避難ルートについて考えましたか? [人(%)]

	はい	いいえ	回答者
A 群	10 (77)	3 (23)	13 (100)
B 群	13 (73)	5 (27)	18 (100)
C 群	12 (86)	2 (14)	14 (100)

フィッシャーの直接確率法（正確確率検定）による 3 群間の比較結果 (P=0.68)

探索機能である機能③と④の利便性について調べたところ、機能③を備えた B 群 (19 人) C 群 (19 人) とともに「とても (便利だと) 思う・やや思う」とポジティブ な回答をした人が 100%であり、B 群と C 群の間に差はなかった (表 2.8, 2.9)。し かし、任意の起点が表示されることについては 8 割を超える人が「とても思う」と評 価しているのに対して、近傍 5 カ所の避難所を絞り込んで表示させることについては、 B 群で「とても思う」と評価した人は 6 割に留まった (表 2.9)。これは、起点が人型 マークにより可視化されていることで、全避難所を表示した状態でも近傍 5 カ所は目

視で理解することできるため、特に5カ所に絞り込まれることについて100%の人が強い有用性を感じるわけではないと考えられる。

表 2.8 任意の起点が表示されること(機能③)は便利だと思いましたか? [人(%)]

	とても思う	やや思う	あまり思わない	全く思わない
B群	16(84)	3(16)	0	0
C群	15(80)	4(20)	0	0

マン・ホイットニーのU検定による2群間の比較結果 (P=0.68)

表 2.9 近傍5カ所の避難所が示されること(機能③)は便利だと思いましたか? [人(%)]

	とても思う	やや思う	あまり思わない	全く思わない
B群	12(63)	7(37)	0	0
C群	16(84)	3(16)	0	0

マン・ホイットニーのU検定による2群間の比較結果 (P=0.15)

表 2.10 より、機能④についてはC群(19)のみが対象となるが「とても(便利だ)と思う」と回答した人が79%(15/19名)「やや思う」と回答した人が21%(4/19名)であり、いずれも高評価であることが分った。なお、機能③④を備えていないA群の「電子ハザードマップを使用してみたの感想(自由記述)」に、「避難経路は地図をみただけでは分かりにくい、避難ルートも表示してほしい」等の意見が20%(3/15名)あったことから、インタラクティブ機能は避難行動を検討するための手がかりとして利用者に求められていると言える。

表 2.10 避難経路が示されること(機能④)は便利だと思いましたか? [人(%)]

	とても思う	やや思う	あまり思わない	全く思わない
C群	15(79)	4(21)	0	0

また、表 2.11 より、探索機能と被験者の主体性について考察する。これは、被験

者が計算機の提案する情報を鵜呑みにし、自身で判断しなくなる恐れが懸念されるためである。結果は、避難施設および避難ルートについて、自動的に提案表示されたもの以外から選んだ被験者がそれぞれ 37% (14/38 名), 42% (5/12 名) 存在した。これにより、全ての被験者がインタラクティブ機能により提案される情報を鵜呑みにすることはなく主体的に判断する人もいることが分った⁷。

表 2.11 探索機能による情報表示と被験者の主体性について
表示されたもの以外から選んだ[人(%)]

	はい	いいえ	回答者
避難施設	14 (37)	24 (63)	38 (100)
避難ルート	5 (42)	7 (58)	12 (100)

以上より、電子ハザードマップの機能①～④が複数のハザード情報を収集することに効果があり、被験者は多面的に避難所を決定したり、決定した避難所までの経路を決定することができたことから、「情報量や表示の過不足に関する問題（問題 1）」と「避難行動の手がかりとなる情報が得られない問題（問題 2）」という 2 つの問題を解決したと言える。

なお、「電子ハザードマップを使用してみたの感想（自由記述）」の中に、次のような指摘があった。

- ・ 避難先までの方向は分ったが、距離や時間を想定しにくいと思った（A 群被験者）
- ・ 自分で決めたルートの距離が知りたい（B 群被験者）
- ・ 実際のルートや移動にかかる時間の目安がわかればもっと避難計画をたてやすいと思う（B 群被験者）
- ・ 災害が悪化した時不安な避難所もありそう（C 群被験者）

⁷ 今回の経路探索は現在地と避難所の浸水深は考慮するものの、基本的には最短経路探索であり、道路幅やカーブなどは考慮されていない。提示される経路がより人間の直観に合ったものであれば結果は当然変わりうる。

これらは、個別の状況を想定し情報を求める意見であり、避難にかかる時間や行動を開始すべきタイミング等についてもハザードマップに判断材料があれば考慮したいと考える利用者がいることが分った。これは、電子ハザードマップを使用したことで被験者がより多面的・主体的に情報を得たいと考えるようになったと考えられ、実装および検証に至らなかった機能⑤である利用者の状況に応じてその場に留まることや垂直避難を提案する「行動指示機能」の必要性についても裏付けられたと言える。

2.5 結言

本研究では、従来の印刷物または静止画によるハザードマップについてアンケート調査を中心に問題点を抽出し、「情報量や表示の過不足に関する問題（問題1）」と「避難行動の手がかりとなる情報が得られない問題（問題2）」を解決する必要があることが明らかになった。これら2つの問題を解決するために、電子ハザードマップに必要な機能として「①表示情報量の加減機能」「②（避難施設の）詳細情報表示機能」「③避難施設探索機能」および、「④経路探索機能」「⑤行動指示機能」を挙げた。そして、機能①～④の有効性を被験者実験により検証した結果、機能①～③により避難行動を検討するための手がかりとなることが分ったが、④経路探索機能が備わることにより、避難施設を決定する際、単に避難施設までの距離が近いということのみを判断材料とせず、予想浸水深も考慮するようになることと、避難施設決定のために考慮する項目数が増え、避難について多面的に考えるようになることが明らかとなった。計算機により自動的に提案された情報を利用して自身の判断ができる人がいることも分った。

今後の展望としては、本稿では扱わなかった「⑤行動指示機能」の有効性を検証し、小松らにより類型化された効果的な洪水ハザードマップ作成のための構成要素[2.9]を用いて、電子洪水ハザードマップで扱う要素を増加し、インタラクティブ機能により利用者が個々に必要とする情報を自動的に取捨選択し表示できるシステムへと発展させたい。

参考文献

- [2.1] おかやま全県統合型 GIS (参照日 2018. 2. 20)
<http://www.gis.pref.okayama.jp/map/top/index.asp>
- [2.2] 大分県国東市ハザードマップ (参照日 2018. 2. 20)
<http://www.city.kunisaki.oita.jp/soshiki/somu/about-html.html>
- [2.3] 片田敏孝, 児玉 真, 佐伯博人「洪水ハザードマップの住民認知とその促進に関する研究」, 水工学論文集, vol. 48, pp. 433-438, 土木工学会, 2004
- [2.4] 谷岡誠一, 滝波力「GIS 版洪水ハザードマップの試作」, 平成 18 年度河川情報シンポジウム講演集, 財団法人河川情報センター, 2006
- [2.5] 岡山県「県民満足度調査結果 (防災対策編)」 p16, 2015 (参照日 2018. 2. 20)
http://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/417913_3638304_misc.pdf
- [2.6] 鈴木康弘編「防災・減災につなげるハザードマップの活かし方」, p12, 岩波書店, 2015
- [2.7] 国土交通省 国土数値情報ダウンロード (参照日 2018. 2. 20)
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>
- [2.8] 国土地理院 電子国土基本図 (参照日 2018. 2. 20)
<http://www.gsi.go.jp/kibanjoho/kibanjoho40025.html>
- [2.9] 小松, 他「効果的な洪水ハザードマップ作成のための標準的表現手法の検討」, 地域安全学会論文集 No. 15, p265-p274, 地域安全学会, 2011

第3章

洪水対策の理解における浸水 AR 表現の有効性

3.1 緒言

ヴァーチャルリアリティ技術の一つである AR は、1990 年には命名され [3.1] 実現されていた技術ではあるが、その特殊性のため一般社会の日常生活と直接関係することが少なかった。しかし、2000 年以降、スマートフォンの高性能化とその普及に比例するように一般社会への普及が加速した。ユーザに特別な設備や能力を求めることなく使用することができる「モバイル AR」が実現したことで人々の関心は急速に高まり、その反面、キャンペーンや話題づくりに利用されては姿を消すという事例が多く出現した。この「AR であることそのもの」が目的のような時期を過ぎ、今日では、AR がどのように実用化され効果が得られるかが重要になりつつある。

そのような中、相次ぐ自然災害に対する国民一人ひとりの自助力と防災意識を向上するべく、防災のためのスマートフォンアプリが多数開発され無料で公開されている。近年では特に、AR の利点といわれる「直感的なわかりやすさ」に注目し、AR 技術を用いた防災アプリが開発され始めている。現在、日本で公開されている「防災」に関する iPhone アプリは 300 個に迫り、そのうちの 1 割程度に AR 技術が活用されている。

しかし、現時点では防災アプリにおける AR 活用はまだ開発途上といえ、その役割や効果について整理されていないことから、必ずしも効果的な表現形態になっていないという問題がある。

松崎ら [3.2] は災害対策として期待される AR の典型的な活用法を二つあげそれらの効果について述べている。1つは、シミュレーションに基づくトレーニングへの活用である。米リゾルブ・ファイヤー・アンド・ハザード・レスポンスの「AR トレーニング・ユニット」という消防士訓練が代表的な例である。これは災害発生前の平常時の利用を想定したもので、AR を用いることでリアリティを伴った疑似体験が可能となる点に AR が役立っている。もう1つは、災害発生時における避難誘導や方向指示などのナビゲーションへの活用である。煙や暗闇による視界不良といった避難の遅

れに対処するための AR 画面によるナビゲーションや、正常性バイアスに代表される避難を躊躇する人の心理に働きかけるコンテンツにも AR は有効であると期待されている。これは、AR が「一目でわかる」といった直感に働きかける役割があるためだと言える。

本章の目的は、この2つのうちの前者である平常時に使用することを前提とした、災害対策や個人の自助力向上に有用な防災 AR アプリについて必要な要素を明らかにすることである。

なお、災害の種類は洪水とする。日本では、頻繁に洪水が発生しており、2015 年に発生した「平成 27 年 9 月関東・東北豪雨」では、国が管理する 5 つの河川と都道府県が管理する 80 の河川で堤防の決壊や越水、堤防の欠損・崩落などが発生した [3. 3]。ハード面での洪水対策とあわせてソフト面からも洪水対策を強化することは、人的被害を減少させることにつながる。

本研究では、現在公開されている水害や洪水に関するものを中心に防災 AR アプリの調査を行い、その防災 AR アプリに必要な要素を検討する。そして、被験者実験によりそれらの効果を検証する。

3.2 現状の防災 AR アプリとその問題点

2016 年 1 月の時点で iPhone および iPad 用に無料（一部コンテンツ内課金あり）で公開されている防災 AR アプリ 23 個を対象に、どのような AR 技術と表現が使われているのかなど以下 7 項目について調査した（表 3. 1）。

- ① 防災 AR アプリの目的
- ② AR 機能とその見せ方
- ③ AR の形式（ロケーションベース型、マーカ型、マーカレス型の別）
- ④ AR 機能の利用条件
- ⑤ シミュレーション画像の有無（災害想定画像が重畳されるかどうか）
- ⑥ ナビゲーション機能の有無（エアタグによる情報提示を含む）
- ⑦ AR アプリの管理者や発行元

表 3.1 調査した防災 AR アプリ一覧

	アプリ名称	目的	AR 機能とその見せ方	AR TYPE	条件	シミュ	ナビ
1	eARthquake311:東日本大震災アーカイブ AR	伝承	被災記録写真, コメント, 映像メッセージ等を地図上及びエアタグにリンク	LB	現地	○	×
2	石巻津波伝承 AR	伝承	石巻まちあるき = 被災記録写真, 津波浸水実績 AR = シミュレーション (水色)	LB	現地	○	×
3	岩沼市防災アプリ	伝承	津波浸水実績 AR = シミュレーション (水色), スカイガイド = 主要施設をエアタグ表示	LB	現地	○	○
4	えびな元気ナビ	誘導	AR カメラ画面上で誘導する	LB	現地	×	○
5	みたチョ	誘導	避難ナビゲーション, 防災以外では AR マーカにかざして広告試聴	LB・M	現地	×	○
6	AR 津波ハザードマップ	HM	浸水シミュレーション (水色), 方向や距離情報を重畳しナビゲーション	LB	現地	○	○
7	AR ハザードスコープ Lite (東京 23 区版)	HM	浸水シミュレーション (水色), 方向や距離情報を重畳しナビゲーション	LB	現地	○	○
8	天サイ! まなぶくん 茅ヶ崎版	HM	浸水シミュレーション (水色), 方向や距離情報を重畳しナビゲーション	LB	現地	○	○
9	天サイ! まなぶくん 葛飾区版	HM	浸水シミュレーション (水色), 方向や距離情報を重畳しナビゲーション	LB	現地	○	○
10	名古屋市地震防災アプリ	HM	浸水シミュレーション (水色), 方向や距離情報を重畳しナビゲーション	LB	現地	○	○
11	にいがた防災アプリ	HM	浸水シミュレーション (水色), 方向や距離情報を重畳しナビゲーション	LB	現地	○	○
12	川口市ハザードマップ	HM	浸水シミュレーション (水色), 方向や距離情報を重畳しナビゲーション	LB	現地	○	○
13	三郷市ハザードマップ	HM	浸水シミュレーション (水色), 方向や距離情報を重畳しナビゲーション	LB	現地	○	○
14	アメミル	誘導	3D の雨雲 & 雨アニメーションが景色に重畳される	LB	現地	◎	×
15	防災情報 全国避難所ガイド	誘導	エアタグで避難所名称等の文字情報を重畳しナビゲーション	LB	現地	×	○
16	スマ防災害時ナビ	誘導	避難所等施設をエアタグ表示	LB	現地	×	○
17	KCB ガイド (高知ケーブルテレビ)	誘導	災害時ナビゲーション + データ放送連携, 避難所等施設をエアタグ表示	LB	現地	×	▲
18	いぶすきアプリ	観光	AR は防災部分ではない。観光名所をエアタグでナビ, AR マーカでスタンブラリー	LB・M	現地	×	▲
19	奄美市ナビ	観光	AR は防災部分ではない。観光名所をエアタグでナビ, AR マーカでスタンブラリー	LB・M	現地	×	▲
20	徳之島アプリ	観光	AR は防災部分ではない。観光名所をエアタグでナビ, AR マーカでスタンブラリー	LB・M	現地	×	▲
21	CTY アプリ	生活	不明	-	-	-	-
22	新潟ふるまち地域ナビゲーションアプリ	生活	不明 (ショッピング, 観光, イベントなどの他に施設/防災ページとして)	-	-	-	-
23	I-斑鳩市観光・防災ナビ	観光	AR は防災部分ではない。ユーザが作成したまちを 3D で表示できる。			×	×

HM : ハザードマップ, LB : Location based AR, M : Vision based AR のマーカ認識型, シミュ : シミュレーション, ナビ : ナビゲーション

3.2.1 防災 AR アプリの特徴

調査した防災 AR アプリの主な特徴をまとめると次の3点となる。

まず1つめは、平常時の利用を想定しているものが主流だということである。リアルタイムに気象情報と連動するアプリや一部機能は存在するが、緊急時に実用性をもったものは株式会社島津ビジネスシステムズが開発した『アメミル』のみであった。なお、このアプリは月額の有料会員に登録すると1時間先の雨量予測を見ることができ、無料会員は得られる情報が限られる。現状では、緊急時に実用性をもつ AR アプリが無料で公開されていないことがわかった。

2つめの特徴は、ロケーションベース AR（当該地でのみ機能する、GPS など位置情報を利用したもの）である。その大きな理由は、防災 AR アプリのほとんどが自治体の発行するハザードマップの応用展開であるからだと考えられる。任意の地点で「この場所は洪水時にどのくらいの浸水があるのか」という情報を表示する機能であることから、GPS との連動は必然といえる。

3つめの特徴は、シミュレーション機能とナビゲーション機能の両方を備えていながら、それぞれの役割が曖昧なことである。まず、シミュレーション機能として浸水を想定した画像がどのアプリも類似しており、水色透過画像をカメラファインダに重畳したもので、水害のリアリティは低い（図 3.1）。そして、ナビゲーション機能と重なっているものも、エアタグを用いた避難場所表示のみで具体的な誘導指示や誘導機能はない（図 3.2）。

その他、数は少なかったが、現在地における東日本大震災の浸水実績を AR で表示したりメッセージ動画の再生に AR を用いたり、津波災害の写真を表示することができる『石巻津波伝承 AR アプリ』や、『eARthquake311:東日本大震災アーカイブ AR アプリ』といった災害のアーカイブおよび伝承を目的としたものが公開されていることは、「シミュレーションに基づくトレーニング」と「避難誘導や方向指示などのナビゲーション」に次ぐ、第三の AR 活用の方向性であると考えられる。

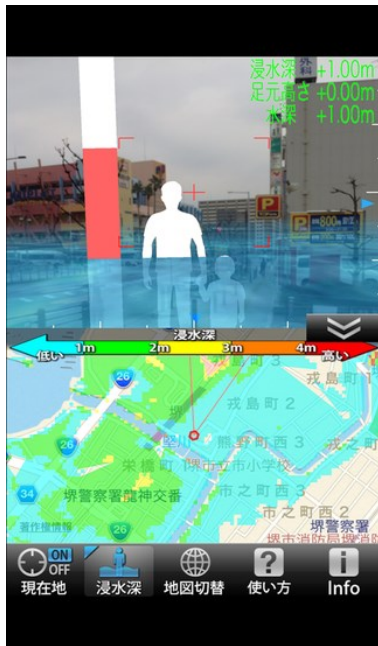


図 3.1 浸水の表現



図 3.2 避難所の表示

3.2.2 現状の問題点

これらの特徴から、現状の AR 災害アプリの主な問題点は以下の3つと考えられる。

まず1つめは、現状の多くのアプリが予想浸水深の情報や避難所の場所や方向など、データをARによって可視化しているところで留まっており、避難時の行動に関する指示をはじめとする災害知識を得るためのコンテンツはAR機能とは異なるページや階層で解説されていることである(図3.3)。この構造により、別々のページやメニューで得た情報および知識を紐付けて理解することは受け手に委ねられ、多くのユーザにとって具体的な知識の習得やその後の行動に結びつけにくいことが問題といえる。



図 3.3 メニュー画面とノウハウ集の画面

2つめの問題として、シミュレーションであるにも拘らず、リアリティが必ずしも高くない画像表現のみが用いられていることである。多くのシミュレーション機能は氾濫水を表すのに実際とは異なる水泳プールのような水色の透過画像を用いている。これは浸水時に水中がどうなっているかを分かりやすく示すためであると考えられる。しかしながら、実際の水は濁った泥色であり、水中の危険個所などが避難者からは分からない難しい状況になることが透過画像では伝わらない。これら異なった表現法の防災教育への有効性が明らかになっておらず、表現として不適切な可能性がある。

3つめの問題は、災害発生前の平常時利用を想定しているにも拘らず、シミュレーション／ナビゲーションの役割が明確ではないことである。災害発生前に AR を用いるなら、米国の消防士訓練に代表されるようなトレーニングを目的としたシミュレーション機能が充実していることが好ましいと考えるが、現状のアプリは「ハザード情報の提供」という役割に留まっており、シミュレーションに基づくトレーニングを目的としていない。シミュレーション機能が最も充実している現行のアプリ『石巻津波伝承 AR アプリ』は、中心市街地の現在の様子と震災前後の写真を重ねて見比べることができる。実際の被災写真を用いているためリアリティが高く、さらにその場所の浸水高を知ることができるのはシミュレーション機能として充実しているといえる。しかし、震災の風化を防ぐ為に作られたアプリであり、トレーニングを目的とされてはいない。

3.3 防災 AR アプリに必要な要素

平時に防災教育目的で使用することを前提とした防災 AR アプリの改善に向け、前節であげた問題に対する解決策を提案する。

第一の問題に対しては、AR を用いて表示するシミュレーション画像とそれに紐づく災害知識を関連づけて表示する構成にすることで解決を図る。さらに、「現実の景色」→「AR による氾濫シミュレーション画像」→「文字によるインストラクション」と段階的に同一画面上に表示する構成とすることで、AR の利点といわれる「直感的なわかりやすさ」に「理解の確実性」を付加することができると思う。

第二の問題に対しては、シミュレーション画像として現状の多くの防災 AR アプリで表示される水色透過画像の効果および実際の氾濫時に近い泥水画像の効果を明らかにすることで解決を図る。「ドアが空けられなくなる水位は地面から 30cm」といった知識情報と、「浸水後の避難時は水中が見えないため脱げない紐靴を選ぶこと」といったシミュレーション情報では同じ画像を用いて説明することが適切とは考えにくいことから、「知識情報」は浸水時に水中がどうなっているかを視覚的に分かりやすく示す水色透過画像が効果的であり、「シミュレーション情報」はリアリティのある泥水の画像を提示することとする。

第三の問題に対しては、トレーニングを促す機能およびアプリ使用による成果などを表現する機能を備えることで解決できる。これについては、本研究で扱わず今後の課題とする。

3.4 評価実験

今回は、解決策 1 と 2 の効果を検証することができる実験用コンテンツを作成し、それぞれの効果を評価する。

まず、具体的なインストラクションの有無についてその効果を検証する。AR 画面にインストラクションを付加するものとししないものとは内容理解の効果が異なるのか、別々の被験者群にそれぞれの実験用教材を閲覧させ、実験後に実施するテスト

の得点により評価を行う。

次に、解決策2については、ARで重畳するリアリティ（CG表現）の違いが①内容理解および②意識向上に与える効果を明らかにする。ここで、①の内容理解については、位置や深さに関する「知識情報」と、状況把握のための「シミュレーション情報」とを大きく2つに分け、それぞれに対して水色画像と泥水画像では理解に差が出るのか、また、情報と画像の効果的な組み合わせがあるのかについて、実験後に実施するテストの得点により評価を行う。また、②の意識向上については実験前後に実施したアンケートの比較や自由記述の感想から分析する。

3.4.1 実験方法

国土交通省の「ハザードマップ作成の手引き」に記載されている住民へ周知されるべき情報から解説が望まれる項目を選出して『洪水対策のための実験用教材』を制作した。形態はARアプリを模したウェブサイトで、内容は以下の6項目とした。なお、前半の3項目を「知識情報」、後半の3項目を「シミュレーション情報」と分類する。

- (1) 大人にとって歩行が難しくなる水位の目安は50cmであること。
- (2) 大人にとってドアが開けられなくなる水位の目安は30cmであること。
- (3) 用水路付近で冠水時に避難できる水位の目安は10cmであること。
- (4) 避難時の履物は脱げにくい紐靴を選ぶこと。
- (5) 避難時の服装は水を通す素材を選ぶこと。
- (6) 浸水後の避難時には足下を確認する長い棒を持つておくこと。

実験用教材はA～Cの3種類を用意した。

A：現実の景色に水色の透過画像を重畳して見せる。既存の防災ARアプリに最も多い表現（図3.4）。

B：Aの重畳画面に文字によるインストラクションを付加して見せる（図3.5）。

C：Bと同じ構成で、重畳するCGを水色透過画像ではなく泥水不透過画像を用いて見せる（図3.6）。



図 3.4 実験用教材 A



図 3.5 実験用教材 B



図 3.6 実験用教材 C

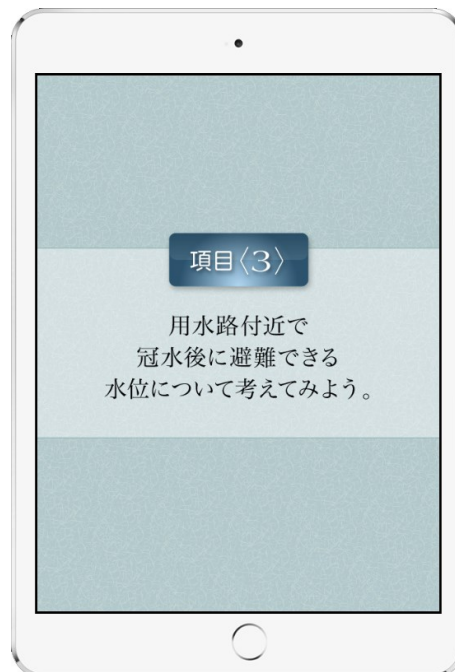


図 3.7 項目タイトル

インストラクションの有無による効果を検証する際は A と B を比較, リアリティの効果を検証する際は B と C を比較するよう, 検証する要素以外は統一して作成した。なお, 実験用教材は統一して作成しているが, A と B の 2 群間を比較する実験と, B と C の 2 群間を比較する実験は目的が異なる別々の実験である。よって, A・B・C の 3 群間の検定および, A と C の 2 群間の比較は行っていない。

実験用教材 A~C すべての冒頭に目次を設けると共に各項目にタイトル画面を設け, どの群の被験者でも表示内容について事前に心構えや想像ができるようにした。特に実験用教材 A にはインストラクションが無いため, 何について考えるための AR 画像なのかを知らせる役割となる (図 3.7)。

さらに, AR を模した CG 画像が重畳される前の通常の風景写真を事前に表示するようにした。つまり, 実験材料は, [項目タイトル] → [通常の風景画像] → [AR を模した CG 画像] → [インストラクション (B と C のみ)] という流れで閲覧させる。

被験者

18 歳から 24 歳の岡山県立大学の在学学生 78 名が参加した。これは, 防災教育や災害対応力の育成において, 若い世代を対象とすることが重要であることと, 平成 27 年度に岡山県が実施した「県民満足度調査結果 (防災対策編) [3.4]」より, 災害に対する備えを実施しているかという質問に「特に対策をしていない」と回答した年代は 20 歳代が 4 割程度 (37.0%) と高くなっており, 被験者の災害対策能力にばらつきが出にくいと考えたためである。

実験手続き

課題 1 (学習課題): 被験者を A~C の 3 群に分け, それぞれに対応する実験用教材 A~C を 1 回通り閲覧させた。閲覧時間に制限はないが閲覧回数は 1 回に限った。これは AR が「直感的な理解」を助けるツールとして期待されていることと, 閲覧回数による理解のばらつきを避けるためである。

課題 2 (計算課題): 課題 1 を終えた被験者は即座に 300 から 3 ずつ引いた答えを次々と計算する作業を 1 分間行った。これにより, 単なる暗記であるか内容を理解し知識習得に至っているかを区別する。

課題 3 (再生課題): 課題 2 を終えた被験者は, その内容を理解し記憶しているか

どうかを確かめるためのテストに取り組んだ。また、実験用教材に対する主観的な評価に関するアンケート（表 3.2）に回答した。

以上、この実験手続きについては、認知心理学の先行研究 [3.5] を参考にした。

表 3.2 主観評価の項目

	質問内容	評価
Q1	今回の画像を見て、実際の水害や洪水被害を具体的にイメージできましたか？	1 から 4 の 4 段階で評価
Q2	今回の画像を見て、冠水時・洪水時に落ち着いて避難できそうだと思いましたか？	1 から 4 の 4 段階で評価
Q3	今回の画像を見ることは、水害対策を理解することに役立ちましたか？	1 から 4 の 4 段階で評価
Q4	今回と同じような形態（閲覧したもの）で他の内容について機会があれば見てもよいと思いますか？	1 から 4 の 4 段階で評価
Q5	今後、水害やそれ以外の災害に対する「対策」について知ろうと思いますか？	1 から 4 の 4 段階で評価

3.4.2 アンケートの回答と分析

インストラクションの有無による効果

まず、被験者 A 群と B 群の正答率を比較する。A 群は、6 項目の正答率は平均で 27% であったことから、インストラクションなしで具体的な知識を得ることは困難であることがわかる（図 3.8）。しかし、項目 4 の「避難時の履物はどんな種類を選ぶべきか？」という問いに正解することができた被験者が 17 名と 6 割を超えている点については、「脱げにくさ」を根拠に正解した人が 7 名、怪我の恐れを考慮して回答した人は 4 名であったことから、インストラクション無しの水色透過画像でも水中で履物が脱げる恐れを想像することができることが読み取れる。

B 群の正答率は、6 項目の平均で 87% であった（図 3.9）。しかも、A 群では項目によって正解にばらつきが見られたが、B 群では項目による正解のばらつきは見られなかった。これにより、AR 画像とインストラクションを併用することで、項目を問わ

ず内容理解に効果があるといえる（表 3.3）.

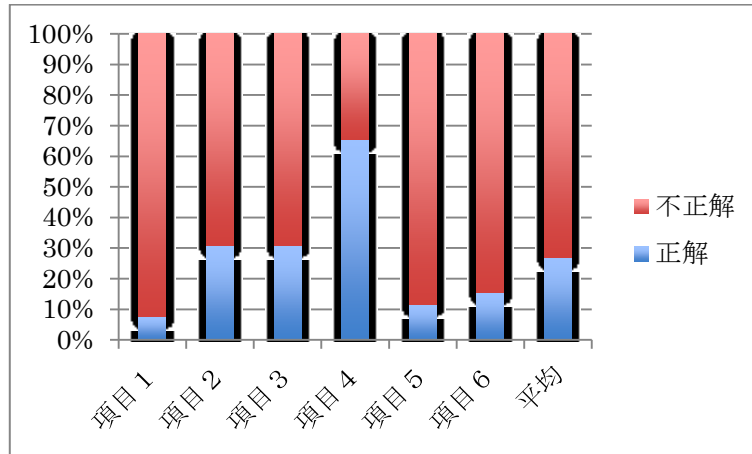


図 3.8 被験者 A の正答率

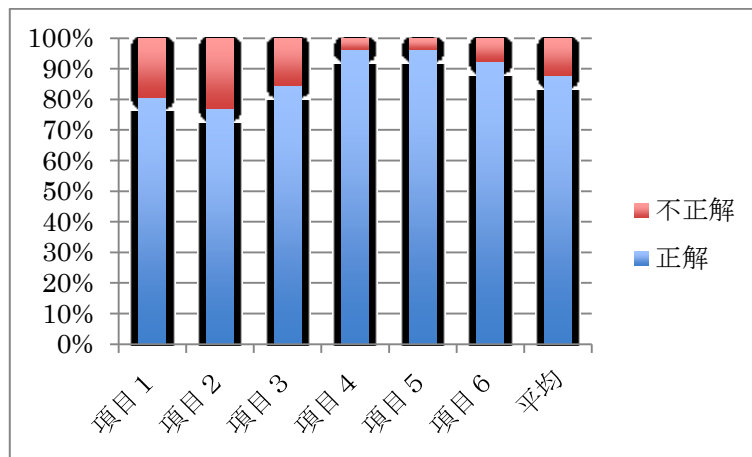


図 3.9 被験者 B の正答率

表 3.3 A 群・B 群の回答結果 (人)

	項目1		項目2		項目3		項目4		項目5		項目6	
	正	誤	正	誤	正	誤	正	誤	正	誤	正	誤
A 群	2	24	8	18	8	18	17	9	3	23	4	22
B 群	21	5	20	6	22	4	25	1	25	1	24	2
P	<0.0001		0.0008		0.0001		0.0049		<0.0001		<0.0001	

P：ピアソンのカイ二乗検定による2群間の比較結果

次に、主観評価として「実際の水害や洪水被害を具体的にイメージできましたか？」という質問に4段階で評価させたところ、A群には「あまりできなかった」と回答した人が7名いたが、B群では1名のみであった(表3.4) この結果から、浸水画像が同じ水色透過画像であっても、インストラクションが付加されることで水害や洪水被害を具体的にイメージすることができるといえる。また、「今回の画像を見ることは水害対策を理解することに役立ちましたか？」という質問に対して、A群は、「かなり役立った/やや役立った」とポジティブに回答した人が合計で21名、「あまり役立たなかった」とネガティブに回答した人が4名であったのに対し、B群はポジティブな回答が26名全員から得られた(表3.6)。「他の内容について機会があれば見てもよいと思いますか？」という質問についても、A群は「あまり思わない」と回答した人が5名いるのに対し、B群では1名のみであった(表3.7)。これらの結果から、インストラクションを付加することで、ユーザにとって「水害をイメージしやすく」「情報理解に役立つ」ツールとなり、「また見てもよい」というリピートや継続に効果があるといえる。

さらに、自身が閲覧した実験用教材について「気に入った点」と「気に入らなかった点」について複数回答可として自由記述させたところ、A群から「画像だけでは何を読み取れば良いのかわからない」という主旨の記述が12名からあった。これに対し、B群からは「何を読み取ればよいのかわからない」という主旨の記述は無かった。さらに、「段階的な情報提示が理解を助けた」という主旨の記述がB群とC群合計8名からあったこと、実験用教材6項目の閲覧時間がAは平均1分57秒、Bは2分24秒、Cは2分05秒であったことから、BとCは文字を読まなければならなかったにも拘らず長い時間を要せず正解したという結果から、「直感的なわかりやすさ」に「理解の確実性」を付加できたといえる。

表 3.4 実際の水害や洪水被害を具体的にイメージできたか (人)

A 群	かなりできた	やや役できた	あまりできなかった	全くできなかった
	1	18	7	0
B 群	かなりできた	やや役できた	あまりできなかった	全くできなかった
	4	21	1	0

マン・ホイットニーのU検定による2群間の比較結果 (P=0.012)

表 3.5 落ち着いて避難できそうだったか (人)

A 群	かなり思った	やや思った	あまり思わなかった	全く思わなかった
	0	10	15	1
B 群	かなり思った	やや思った	あまり思わなかった	全く思わなかった
	0	13	10	3

マン・ホイットニーの U 検定による 2 群間の比較結果 (P=0.41)

表 3.6 水害対策の理解に役立ったか (人)

A 群	かなり役立った	やや役立った	あまり役立たなかった	全く役立たなかった
	2	19	4	0
B 群	かなり役立った	やや役立った	あまり役立たなかった	全く役立たなかった
	13	13	0	0

マン・ホイットニーの U 検定による 2 群間の比較結果 (P=0.00033)

表 3.7 他の内容も見てみてもよいか (人)

A 群	とてもそう思う	ややそう思う	あまり思わない	全く思わない
	7	14	5	0
B 群	とてもそう思う	ややそう思う	あまり思わない	全く思わない
	13	12	1	0

マン・ホイットニーの U 検定による 2 群間の比較結果 (P=0.041)

表 3.8 今後、対策を知ろうと思うか (人)

A 群	とてもそう思う	ややそう思う	あまり思わない	全く思わない
	11	14	1	0
B 群	とてもそう思う	ややそう思う	あまり思わない	全く思わない
	9	15	2	0

マン・ホイットニーの U 検定による 2 群間の比較結果 (P=0.50)

リアリティの効果

AR を用いたシミュレーション画像のリアリティについて効果を調べるため、被験者 B 群の正答率 (図 3.9) と C 群の正答率 (図 3.10) を比較する。被験者 B 群の 6 項

目の正答率は平均で 87%であったのに対し、被験者 C 群の 6 項目の正答率は平均で 89%と差は見られなかった。さらに、前半 3 項目は知識情報、後半 3 項目はシミュレーション情報に関する質問であるので、我々の仮説によれば、前半は水色透過画像、後半は泥水画像の効果がそれぞれ高いことが予測されるが、実験結果を見ると、前半である項目 1 と 3 についても泥水画像の C 群の正答率が平均 94%と B 群よりも高く、後半である項目 4 については C 群よりも B 群の方が僅か 1 名ではあるが正解者が多かった。よって、テストの正答率からは立証できなかった (表 3.9)。

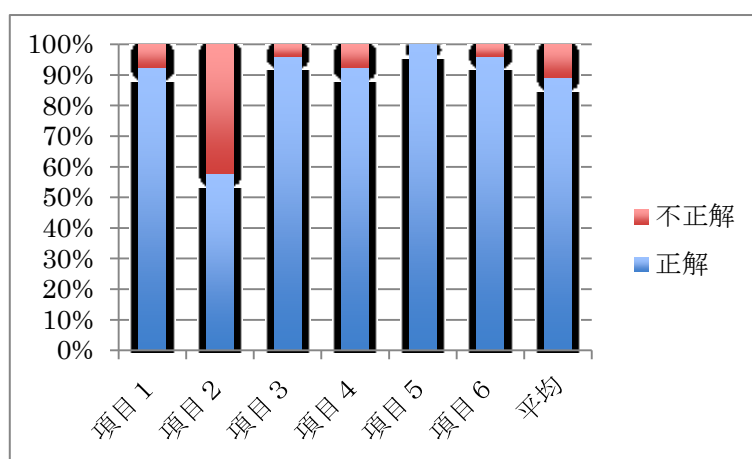


図 3.10 被験者 C 群の正答率

表 3.9 B 群・C 群の回答結果 (人)

	項目 1		項目 2		項目 3		項目 4		項目 5		項目 6	
	正	誤	正	誤	正	誤	正	誤	正	誤	正	誤
B 群	21	5	20	6	22	4	25	1	25	1	24	2
C 群	24	2	15	11	25	1	24	2	26	0	25	1
P	0.22		0.14		0.16		0.55		0.31		0.55	

P: ピアソンのカイ二乗検定による 2 群間の比較結果

加えて、項目 2 の正答率について注目したい。項目 2 は「浸水時、大人の力でドアが開けられなくなる水位は何センチ以上か?」という問いで、泥水画像を用いた C 群で正解できた被験者は 26 名中 15 名であった。正答率に加えて、主観評価を得るための自由記述においても、「浸水時の画像が重なった部分が全くわからなくなる」「も

う少し透明にしてほしい」といった、泥水が不透明であることを気に入らないと記述した人が26名中4名おり、不透明であることが深さの目安や印象を妨げてしまう恐れがあると判断できる。

なお、前半3項目のうち項目2のみ不正解が突出しているのは、項目1と3には被験者にとって水位の目安として利用できる大人と子どものシルエットを表示したが項目2には表示しなかったため、水位や深さに関する手がかりがなかったことが影響していると推察できる(図3.11)。なお、項目2に人のシルエットを表示しなかったのは写真の構図がクローズアップであったためである。



図 3.11 浸水画像の透明・不透明の違い

主観評価の項目で、「水害対策を理解することに役立ちましたか?」という質問では、B群・C群ともにポジティブな評価であったが、「とてもそう思う」と回答した人が、B群では13名おりC群では5名であった。この結果から、「役立つ」という観点においては、泥水画像よりも水色透過画像の方が評価が高いといえる(表3.12)。この結果からも、水の表現が不透明であるとユーザの対策理解を支援できない場合があることが推測できる。

その他の項目では「実際の水害や洪水被害を具体的にイメージできましたか?」と

いう質問では評価が同数であり（表 3.10）、「冠水時・洪水時に落ち着いて避難できそうだと思いますか？」という質問についても、ポジティブな回答とネガティブな回答に分かれてはいるものの、B群とC群に差はなかった（表 3.11）。「今回と同じような形態（閲覧したもの）で他の内容について機会があれば見てみてもよいと思いますか？」、「今後、水害やそれ以外の災害に対する対策について知ろうと思いませんか？」という質問では、「とてもそう思う／ややそう思う」と回答をした人はB群・C群ともに多く評価は高いが、B群とC群の間に有意差はなかった（表 3.13, 表 3.14）。この結果から、ユーザの防災意識向上においては画像のリアリティの影響は無いといえる。

自由記述による感想では、水色の透過画像を用いたA・Bの被験者には、「水にリアリティがない」といった主旨の記述をした人が合計で6名いたが、C群にはリアリティがないという記述は見られず、「水の濁り具合が実際に近い」「水の表現が良い」といった記述や「実際の状況がイメージしやすかった」という主旨の記述が26名中10名からあった。これらの結果から、水位や深さについての目安を伴って理解したい情報は透過画像の方がユーザにとって負担が少なく、水害をイメージしやすいのは泥水画像であるといえる。

表 3.10 実際の水害や洪水被害を具体的にイメージできたか（人）

B群	とてもそう思う	ややそう思う	あまり思わない	全く思わない
	4	21	1	0
C群	とてもそう思う	ややそう思う	あまり思わない	全く思わない
	4	21	1	0

マン・ホイットニーのU検定による2群間の比較結果 (P=1.0)

表 3.11 落ち着いて避難できそうだったか（人）

B群	とてもそう思う	ややそう思う	あまり思わない	全く思わない
	0	13	10	3
C群	とてもそう思う	ややそう思う	あまり思わない	全く思わない
	1	13	12	0

マン・ホイットニーのU検定による2群間の比較結果 (P=0.44)

表 3.12 水害対策の理解に役立ったか (人)

B 群	とてもそう思う	ややそう思う	あまり思わない	全く思わない
	13	13	0	0
C 群	とてもそう思う	ややそう思う	あまり思わない	全く思わない
	5	21	0	0

マン・ホイットニーのU検定による2群間の比較結果 (P=0.021)

表 3.13 他の内容も見てみてもよいか (人)

B 群	とてもそう思う	ややそう思う	あまり思わない	全く思わない
	13	12	1	0
C 群	とてもそう思う	ややそう思う	あまり思わない	全く思わない
	9	17	0	0

マン・ホイットニーのU検定による2群間の比較結果 (P=0.31)

表 3.14 今後、対策を知ろうと思うか (人)

B 群	とてもそう思う	ややそう思う	あまり思わない	全く思わない
	9	15	2	0
C 群	とてもそう思う	ややそう思う	あまり思わない	全く思わない
	6	19	1	0

マン・ホイットニーのU検定による2群間の比較結果 (P=0.55)

3.5 結言

実験により、AR 画像とそれに紐づく情報を同一画面へ表示することで内容理解に効果があることがわかった。また、AR によるシミュレーション画面に関連する文字情報を付加することで、ユーザにとって「水害をイメージしやすく」「情報理解に役立つ」ツールとなり、「また見てもよい」というリピートや継続に効果があることも明らかとなった。情報を伝達する際に水色透過画像を用いる場合と、泥水画像を用いる場合とによって、リスク認知に差はみられなかったが、浸水の画像表現が不透明で

あるとき、画面内に浸水深を理解する手がかりとなる情報が無い場合は、水色透明画像の方が情報を理解しやすい傾向がある。リアリティによって内容理解を助ける情報の種類が異なるという仮説においては、大きな差はみられなかったが、このようなAR画像による比較実験を行った例は見当たらないため、この実験は有意義であったと考えている。また、水害をイメージしやすいのはリアリティのある泥水画像であるが、今後の災害対策への姿勢や意識の向上についてはいずれも評価が高く、CG画像のリアリティによって効果に大きな差はないという結果であった。

災害対策としてのAR活用について期待される典型的な2つの役割である「災害発生前のシミュレーション」と「災害発生時のナビゲーション」のうち、前者の「災害発生前のシミュレーション」において、必要な要素を仮説として挙げ、その仮説の正否を被験者実験により検証した。今後は、今回の実験で検証できなかったトレーニング機能の効果についても取り組みたい。

参考文献

- [3.1] 蔵田武志, 清川清, 大隈隆史 (2015) 『AR (拡張現実) 技術の基礎・発展・実践』 科学情報出版.
- [3.2] 日経コミュニケーション編集部 (2009) 『AR のすべて ケータイとネットを変える拡張現実』 日経 BP.
- [3.3] 平成 27 年 9 月関東・東北豪雨に係る洪水被害及び復旧状況等について, 国土交通省関東地方整備局. (参照日 2018. 2. 20)
http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000638258.pdf
- [3.4] 岡山県「県民満足度調査結果 (防災対策編)」 p16, 2015 (参照日 2018. 2. 20)
http://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/417913_3638304_misc.pdf
- [3.5] 林聖将, 石井健太郎, 開一夫 (2014) 『防災マニュアルの内容理解を促進する挿絵の条件』 2014 年度日本認知科学会第 31 回大会.

第4章

避難所設備の理解における三次元CG オブジェクトを用いたARアプリの有効性

4.1 緒言

避難体制の確認，初期消火の方法，負傷者の運搬やAEDの使い方をはじめとする救命処置法など，緊急性が高く命にかかわる行動に習熟するため，防災訓練などの取り組みが行われている．消防法により定められた防火対象物（学校，病院，工場，事業所，興行場，百貨店など）では，消火，通報，避難の訓練を定期的実施しなければならないことも重なって，消防訓練や避難訓練には参加したことがあるという人も多い．一方，大規模災害が発生した後，最も多くの，且つ，あらゆる人が直面するのは，避難所での生活やそこでの責務の遂行である．これは年齢や性別を問わず，また，被災者に限らずボランティアという立場でも関わる人がいるため，全ての人にとって避難所の役割に対する理解や，担う役割に関する技術の習得し相互に共有するというリスクコミュニケーションが必要である．しかし，避難所運営や避難所での生活を想定した訓練はあまり行われておらず，経験者は多くない．災害対策基本法により，自治体は地域防災計画にもとづき，避難所の指定・運営・管理を行うこととされているが，市役所が被災するなどによる公助の限界が明らかとなり，発災直後は住民自らが避難所運営を担う必要があると指摘されていることから，住民による避難所運営について取り組む訓練やワークショップの必要性はますます高まっている．

避難所運営を皆で考えるためのひとつのアプローチとして，HUG（Hinanzyo Unei Game / 避難所運営ゲーム）が開発されたことは1章で述べたが，HUGの他にも，避難所運営のための訓練やワークショップが少しずつ実施され始めている．これらについても，防災マップづくりや災害図上訓練などと同様に，限られた実施時間において最大限の効果を発揮するためには，現状の取り組みの課題を整理し，デジタルツールによる補完や改善の余地を探ることが必要である．

そこで、第4章では、災害発生前の避難所運営訓練におけるデジタルツール活用について検討する。以下、4.2では避難所運営訓練の先行研究から問題点やデジタルツールに期待される効果について述べ、4.3では避難所設備について説明する。4.4でARアプリの開発について説明し、4.5で被験者実験と回答の分析について述べる。

4.2 避難所運営訓練の課題とデジタルツールによる解決

渡辺 [4.1] は、住民側が避難所の運営についてどのように考えているのか、また、どのような住民が協力意思を持っているのかなど、2012年9月に埼玉県飯能市で実施された九都県市合同防災訓練の参加者を対象とした調査から明らかにしている。そこで、避難所の運営に関して誰が中心になって行うことが望ましいかを調べる項目において、「住民」「行政」「ボランティア・NPO」「設置場所の教員」の4つから選択し回答させた結果、救援物資の分配については、回答者全体では「住民」と「行政」に二分されるが、年齢層別にみると、20歳代は半数近くが「ボランティア・NPO」と回答しているのに対し、50～60歳代の回答は「住民」が多かった。被災者の要望事項とりまとめについては、回答者全体では「行政」が最も多く、特に、20～30歳代では「行政」を頼る傾向が顕著で、60歳代になると逆に「住民」の方が多かった。このことから、特に若い年齢層ほど運営意欲が低いことが明らかとなった。もし避難所が高齢者のみで運営されると、他の世代の視点に気づけなかったり、理解できなかったりすることにより、様々な利用者の意見が反映されないという問題が生じる。従って、若年層にも避難所運営の意欲を醸成するため、避難所における当事者意識を高めることが必要である。

災害発生時の避難所運営を想定した炊き出し研修を企画・実施した小野寺ら [4.2] は、『非常時のための訓練が必要なことは誰もがわかっている、実際には強制的な要素がないと参加しようという気持ちにはなかなかならないのも実情である』と述べ、楽しめる要素を含め、時間を作っても参加したくなる研修を企画することや、実施場所や実施時間帯、研修規模などの工夫で気軽に参加できる企画を重視し、100名を超える参加者の確保に成功している。大学構内の広場で昼休みに実施し、事前に参加申

し込みをした人に加えて当日参加者も受け入れることで、通りがかった学生などの参加が増えたことから、気軽に参加できることが参加者確保の要因であることが明らかとなっている。研修内容は、情報の伝達が中心であり、アンケート結果からも、体験させた時短メニューである「牛乳パックホットサンド」「焼きマシュマロ」「薫製」の味や調理の簡単さについて理解させることができた点について評価している。この研究の中で、実施会場である大学構内の「ほっと広場」は、災害避難場所として位置付けられており、災害時に利用するための「防災パーゴラ」が1つと、「防災かまどベンチ」が2つ設置されているにも拘らず、学内の多くの人々がこれらの存在を知らないこと、知っていたとしても使用方法がわからない実情について指摘している。非常用の設備があっても、その利用方法を知らなければ意味がなく、『今後の防災訓練の中で、実際に使用する場面を作っていく必要がある』と述べているが、そのためには訓練の実施時間を延長する必要が生じるため、参加者確保の要因である「気軽な参加」との両立が困難になる。

避難所運営を理解するために災害リスクシナリオを用いたワークショップをデザインした坪川ら [4.3] は、『参加者が単純に災害事象やリスクを理解するだけではなく、その結果として現状の枠組みをどのように組み替えてゆけば、危機に対処できるのかという思考が生まれてくることが重要である。(中略) これを実現するための第一歩としては、災害リスクに関する認識を地域で共有できる枠組みを作ることが極めて重要である。』と述べており、相互理解の促進と責務の共有を目的とする災害リスクコミュニケーションと合致している。災害後に最も地域の連携が求められる避難所運営という局面に限定し、専門家と受講者という一方的な研修関係を形成せず、参加者全員がともに議論を分かち合い、問題解決に至る体験を重視するワークショップを企画した。そのワークショップにおける課題処理の流れは、(1) 事態に対する共通イメージの形成、(2) 課題に対する理解、(3) 当座の対応策、次善策の検討、決定、(4) 予防策、事前軽減策の検討、(5) 具体的なアクションプランの設計、となっている。この(1) 事態に対する共通イメージの形成において、ワークショップ内で参加者自身が状況をイメージするための時間を確保する必要があることと、(2) 課題に対する理解において、参加者の中には課題によってイメージが浮かばないこともあるためファシリテータが適宜助言をする必要があることが指摘されている。これは、1章で紹介した元吉らが開発した避難所訓練システムの開発過程[4.4]

においても同様の課題として述べられており、参加者の体験や知識によって、状況や出来事に対して感じる臨場感や現実感が大きく異なっていたことが報告されている。

これらの先行研究から、避難所運営訓練における現状の問題として、以下の3点があげられる。1つ目は、若年層の避難所運営に関する意欲が低いことである。2つ目は、避難所設備の存在や使い方が知られていないことで、3つ目は、避難所での課題を具体的にイメージできない参加者がいることである。これらを解決するために、ヴァーチャルリアリティの一つであるARによって補完できるのではないかと考えた。特に、避難所運営時に使用する可能性が高く、平常時にはあまり目にするののできないものである避難所設備（仮設トイレやかまどなど）をARによって可視化する。写真でもこれらの機能は十分伝達できるのではないとも考えられるが、坪川らの研究において、状況理解のための表現媒体としてどのようなものが望ましいか比較検討する必要が指摘されていることから、本研究では、ARアプリと写真を比較することとする。

4.3 避難所設備

岡山県総社市の防災公園である常盤公園に備えられている「平常時にはあまり目にするののできない設備」であり、かつ「避難所運営時には使用する可能性が高い設備」は、以下の4つである。

1つめは「非常用便槽と仮設トイレ」である（図4.1）。避難場所に応じた穴数と便槽要領が確保でき、災害時の集中・大量使用に対応できること。整備費が比較的安価で、維持管理の手間や費用もほとんどかからないこと、組み立て式と異なり、テントブースの設営のみで利用が可能であることなどが導入の利点である。総社市の常盤公園には、仮設トイレ10基を設けることができ、便座は、和式、洋式、多目的の3種類のタイプを用意している。しかし、平常時はマンホールによく似た形状の蓋が地面を塞いでおり、それがトイレの機能をもっていることも気付かれにくい。また、その非常用便槽の上に設置される組み立て式のテントブースは、公園内の備蓄倉庫に収納されており、いつでも誰でも組み立てることや、設置された様子を見ることはできない。また、常盤公園での住民参加型の防災訓練において、実際に組み立て作業を行っ

た際、説明書を読み取ることが困難なため組み立てに時間を要し、また、元通りに梱包できないことから備蓄倉庫の収納を変更しなければならない等の問題が生じた。実物を組み立てたからこそ気付いた視点であり重要なことではあるが、市の担当者は「頻繁には設営できない」と懸念していた。

2つめは「耐震性貯水槽」である（図4.2）。耐震性貯水槽は、水道の配水管路に設置されていることから、常時水道水が循環しており、水質が保全されている。災害時に水道管が破損などで配管の水圧が下がると緊急遮断弁が自動的に作動し、貯水槽内に水が貯留されることになる。給水方法は、エンジンポンプや停電時にも利用できるよう手動でくみ上げることも可能である。常盤公園の耐震性貯水槽は、グラウンドの東の端に埋設されており、災害時には50立方メートルの飲料水を貯水できる。災害時に必要とされる飲料水は、1人当たり1日3リットルと言われており、50立方メートルは、5000人の3日分の量である。耐震性貯水槽は、常盤公園の施工時に地中に埋められるため、ほぼ永久的にその姿を目視することはできず、このような災害援助設備の存在自体を認知されにくい。

3つめの「かまどベンチ（図4.3）」は、ベンチの座面を外すと、炊き出し用のかまどになる。この座面は、かまど付近の地面に直接施工されている構造のため、主に調理台としての使用が想定されている。常盤公園には2基設置されている。このサイズのかまどには45リットルの大鍋が2個設置でき、約300人分の汁物が調理できる。

4つめの「かまどスツール（図4.4）」も、かまどベンチと同様に、座面を外すと炊き出し用のかまどになる。座面は完全に切り離すことができるため、離れた場所でテーブルとして使用できる。常盤公園には3基設置されている。平常時には腰掛けとして公園利用者に愛用されている設備であるが、被災時にはかまどとして使用することができる二面性をもった設備である。



図4.1 仮設トイレ (写真：総社市提供)



図4.2 耐震性貯水槽 (写真：総社市提供)



図4.3 かまどベンチ (写真：総社市提供)



図4.4 かまどスツール (写真：総社市提供)

4.4 避難所設備 AR アプリ

4.4.1 AR 技術の概要

ARで情報を表示させるための方式は、Location based ARとVision based ARの大きく2つに分けられる。Location based ARとは、GPSの位置情報にナビゲーションシステムなどの情報を付加する技術で、エアタグによるナビゲーション [4.5] や、位置情報を利用した浸水想定アプリ『ARハザードスコープ』 [4.6] などが挙げられる。一方で、Vision based ARは、更にマーカ型とマーカレス型の2つに分けられる。マーカ型は、カメラがマーカと呼ばれるカード状の画像を認識すると紐付けられたCGが投影される技術で、マーカは移動が可能のため、どこでも投影が可能である。マーカレス型は、実在する物体等の特徴点をマーカ型の特徴点の代わりに用い、これらを認識すると紐付けられたCGが投影される技術である。マーカ型と異なり、実在する設備そのものをマーカ代わりにすることが可能なため、カード状のマーカを常設することで生じる維持管理や景観問題などの点においてメリットがある。しかし、リアルタイムに実空間の解析を行い、特徴点をトラッキングする必要があるため計算コストが高いのがデメリットである。

本研究では、任意の場所で防災設備を見ることが出来るARアプリを制作するため、Vision based ARのマーカ型を採用した。この方式を採用することで、時間や場所を問わず、マーカとなる画像を用意するだけでARを見ることが可能になるため、屋内外を問わず実施される訓練やワークショップに適している。なお、マーカは、白色領域に左右・上下が非対称の図形などが表示されたカードが主流であったが、本研究における開発時には、写真と文字を組み合わせた画像でも認識させることが可能になったため、常磐公園内の地面や路面の写真を背景に用いることで、地面にマーカを置いた際の違和感を軽減し、現地である常磐公園の実物のすぐ横でARを見る際にも馴染む(図4.5)。



図4.5 常磐公園の非常用便槽の上にARマーカ（紙製）を置いた様子

4.4.2 ARアプリの開発

本研究で開発した避難所設備提示ARアプリは、iPad内臓カメラを利用し、リアルタイムにマーカ画像の検出を行い、内臓カメラがマーカを認識するとマーカに紐づけられた避難所設備イメージ（三次元CGオブジェクト）を投影させるものである。投影の際は、マーカを基準とした座標に表示する。マーカおよび避難所設備イメージ（三次元CGオブジェクト）はアプリ内に内包し、完全にスタンドアロン状態で動作するものである。

開発したARアプリの概要を表4.1に示す。AR技術の開発環境としては、開発端末としてMacBook Proを用い、iOSアプリの開発およびビルドにはXcodeを利用し、三次元CGオブジェクトをアプリに描画するためOpenGLを利用した。OpenGLは、ハードウェアやOSに依存しない三次元グラフィックスのためのAPI（Application Programming Interface）であり、オブジェクトの描画やテクスチャマッピングなどを行うコマンドである。

表4.1 開発したARアプリの概要

プラットフォーム	iOS
実験端末	iPad
開発言語	Objective-C
インストール	開発端末に実験端末を直接接続しビルド&インストール ⁸

ARアプリの基本動作を以下に示す.

- (1) アプリ起動
- (2) iPad内臓カメラによる画像マーカの認識
- (3) 現実の風景内の画像マーカを基準とした座標に三次元CGオブジェクトを重畳
- (4) 文章による設備解説の表示選択 (表示させた場合は閉じるボタンで終了)
- (5) ホームボタンによってアプリ終了

4.4.3 3DCGオブジェクトの制作

三次元CGオブジェクトの作成には3DCG制作ソフトウェアのShadeを用い、設備のモデリングを行った(図4.6)。その際、各設備の設計図面をトレースすることで、プロポーシオンを忠実に再現した。テクスチャ効果の適用には、Photoshopを利用して作成した画像を用いた。Shadeの機能で色を割り当てることも可能であるが、今回のARアプリケーションでは照明の物理演算を使用しないため、ある程度どのような天候でも現実の風景に重畳したときに馴染むように、光源が特定されないような擬似的な陰影を描画したテクスチャ素材をPhotoshopで作成し、それをマッピングするという方法を選択した。

⁸ 本研究で開発したARアプリケーションは実験用であるため、App Storeへの登録申請等は行わず、開発端末に実験端末を直接接続し、ビルド&インストールを行った。これにより実機での使用が可能となった。

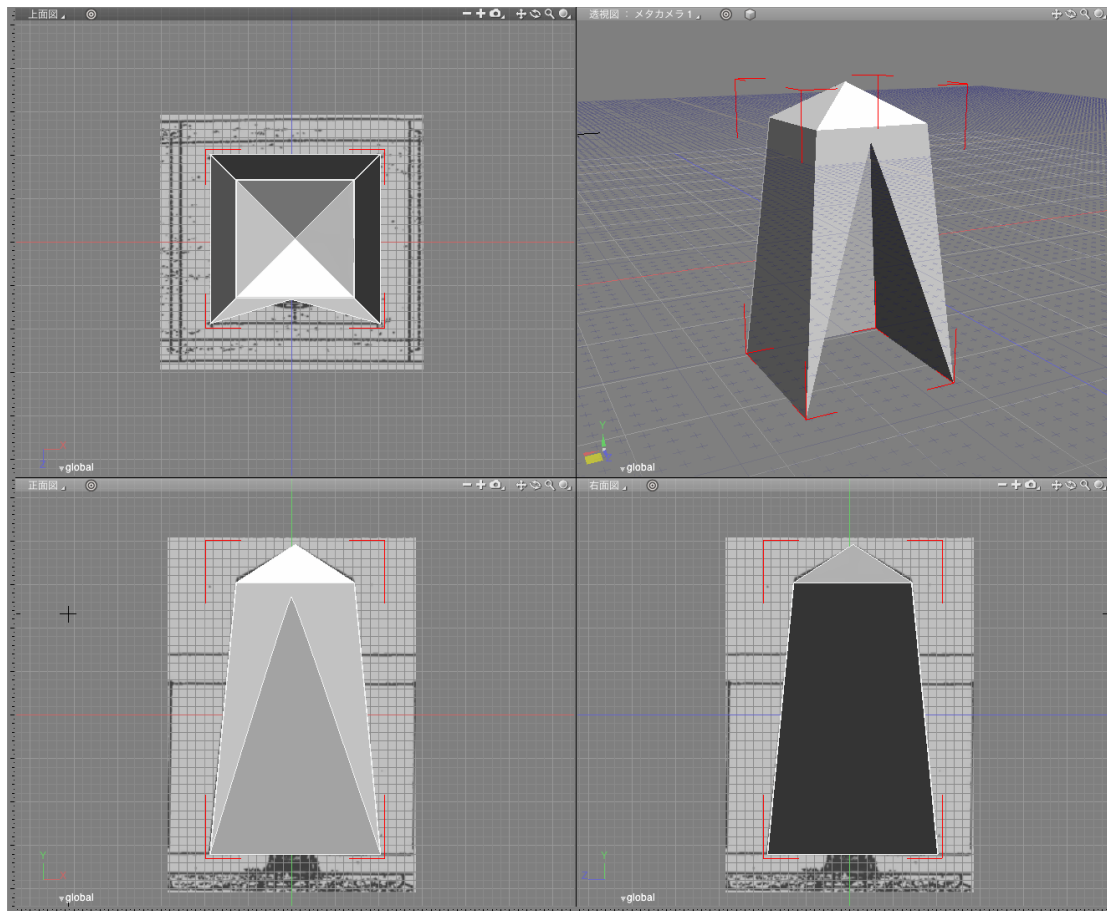


図4.6 3DCG制作アプリケーションShadeでのモデリング画面

完成した三次元CGオブジェクトをARアプリケーションにて表示させたものが図4.7～図4.10である。iPad画面に表示される三次元CGオブジェクトのサイズは、トリガとなるマーカのサイズに連動する。図4.7では50cm角に出力したマーカを認識した際の表示画面であり、図4.8～図4.10は、20cm角に出力したマーカを認識した際の表示画面であるためミニチュアのように見える。このように、マーカのサイズを大きくすれば、屋外で現寸サイズに近い感覚で視認することができ、マーカのサイズを小さくすることで、狭い場所や卓上などでも縮尺を保った状態のAR表示が可能となり、自宅や学校で観察学習することができる。

さらに、全ての三次元CGオブジェクトの表示に加えて文字による解説画面をレイヤ

表示させるようにし，言葉による補足（表4.2, 図4.11）も行った．これにより，ユーザは，避難所設備の基本的な情報を得る事ができる．



図4.7 仮設トイレ



図4.8 耐震性貯水槽

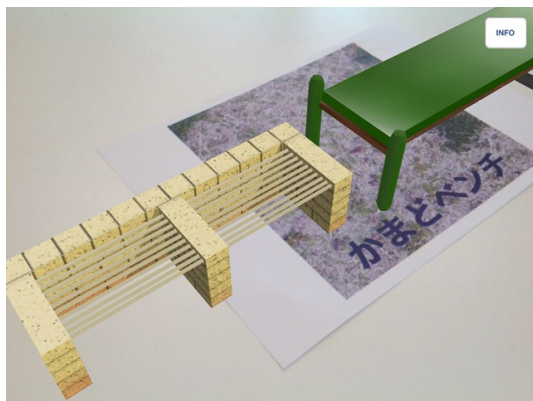


図4.9 かまど使用時の様子

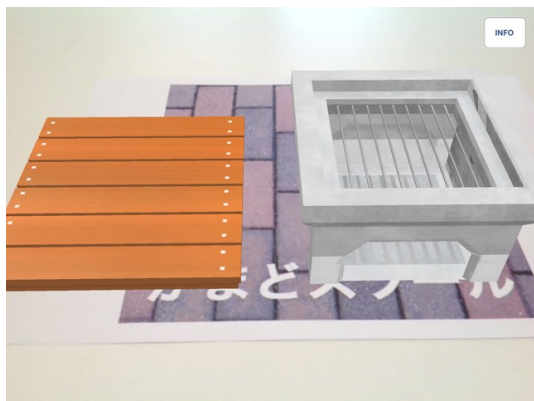


図4.10 かまど使用時の様子

表4.2 文章による説明

非常用便槽・トイレ	非常用便槽専用のマンホールのふたを外し、その上へ非常用トイレ（テント式）を組み立てれば、仮設トイレになります。ときわ公園の中に10基が設けられます。便座は、和式、洋式、多目的の3種類のタイプを用意しています。災害時に使用する際は、きれいに使用することを心がけたり、掃除なども協力して行うことで、気持ちよく使用することができます。
耐震性貯水槽	耐震性貯水槽には、常に新鮮な水道水が流れています。大きな揺れを感知したときに、貯水槽の両端にある弁が閉まることで、最新の水道水が貯水されるしくみです。50 m ³ の新鮮な飲料水を確保できます。これは5,000人の3日分の量の目安です。貯水槽からは専用のポンプを使って水をくみ上げます。ポンプは備蓄倉庫に収納されています。
かまどベンチ	ベンチの座面を外すと、炊き出し用のかまどになります。外した座面はテーブルとして使用できます。公園内に2基設置されています。災害時に炊き出しを行う際は、炊事や配膳を行う人にも食事が行き渡るよう、交代を心がけましょう。
かまどスツール	いすの部分を外すと、炊き出し用のかまどになります。外した座面はテーブルとして使用できます。公園内に3基設置されています。災害時に炊き出しを行う際は、炊事や配膳を行う人にも食事が行き渡るよう、交代を心がけましょう。

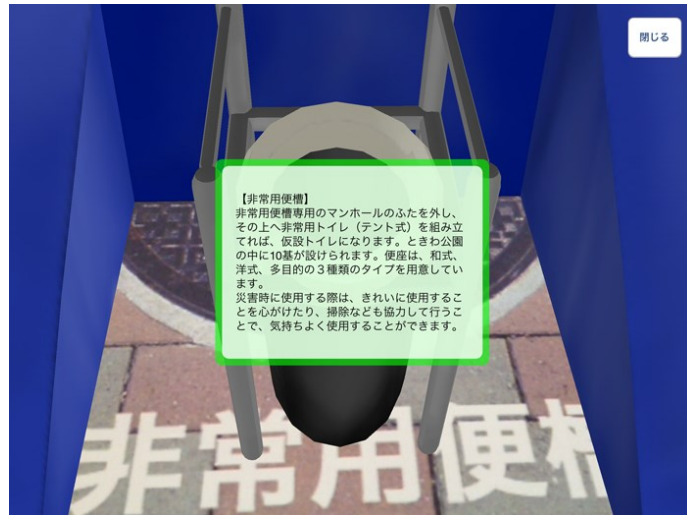


図4.11 文字による補足を表示した画面

4.5 評価実験

開発した避難所設備ARアプリを見ることで、臨場感や現実感をもって避難所設備をイメージすることができるか、危機意識の向上に有用であるかなどを検証するため、評価実験を行った。被験者を、避難所設備ARアプリを見る群と同じ内容のリーフレット（著者が作成し総社市民に配布されている常磐公園の設備紹介リーフレット、図4.12）を見る群とに分け、アンケートを実施し、主観評価の比較を行った。



図4.12 常盤公園の防災設備を紹介・解説するリーフレット

4.5.1 実験方法

実験用資材は以下の2種類を用意し、どちらか一方を閲覧するよう参加者に説明した。自由に閲覧してもらった後、閲覧した内容の評価をとった。評価項目を表4.3に示す。

A：常盤公園の防災設備を紹介するARアプリ（三次元CGオブジェクトとして現実の風景に重畳表示する）

B：常盤公園の防災設備を紹介するA3サイズリーフレット（実物の写真を掲載する）

表 4.3 評価項目

	質問内容	評価
Q1	直感的に情報を読み取ることはできましたか	1から5の5段階で評価
Q2	情報を読み取る気持ちになりましたか	1から5の5段階で評価
Q3	普段から災害に備える気持ちは高まりましたか	1から5の5段階で評価
Q4	災害時の自分の行動について考えてみようと思いましたか	1から5の5段階で評価
Q5	災害に対する現実感に変化しましたか	1から5の5段階で評価

被験者

18歳から22歳の岡山県立大学の在学生合計47名が参加した。これは、防災教育や災害対応力の育成において、若い世代を対象とすることが重要であることが指摘されいながら、渡辺 [4.1] の行った調査より、特に若い年齢層ほど避難所運営意欲が低い傾向にあることと、平成27年度に岡山県が実施した「県民満足度調査結果（防災対策編） [4.7]」より、災害に対する備えを実施しているかという質問に「特に対策をしていない」と回答した年代は20歳代が4割程度（37.0%）と高くなっており、被験者の災害対策能力にばらつきが出にくいと考えたためである。47名の被験者のうち、A（ARアプリ）を閲覧した被験者は28名、B（リーフレット）を閲覧した被験者は19名であった。

4.5.2 アンケートの回答と分析

実験で得られた評価結果を表 4.4 から表 4.6 に示す.

表 4.4 AR アプリの評価 [人 (%)]

n=28

AR アプリ(三次元 CG)	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
1. 全くそう思わない	0	0	0	1 (3.6)	1 (3.6)
2. あまりそう思わない	0	1 (3.6)	4 (14.3)	2 (7.1)	2 (7.1)
3. どちらでもない	2 (7.1)	1 (3.6)	6 (21.4)	5 (17.9)	5 (17.9)
4. ややそう思う	14 (50)	13 (46.4)	14 (50)	13 (46.4)	12 (42.9)
5. とてもそう思う	12 (42.9)	13 (46.4)	4 (14.3)	7 (25)	8 (28.6)

表 4.5 リーフレットの評価 [人 (%)]

n=19

リーフレット(写真)	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
1. 全くそう思わない	1 (5.3)	1 (5.3)	2 (10.5)	6 (31.6)	5 (26.3)
2. あまりそう思わない	1 (5.3)	4 (21)	4 (21)	3 (15.8)	5 (26.3)
3. どちらでもない	3 (15.8)	3 (15.8)	8 (42.1)	3 (15.8)	2 (10.5)
4. ややそう思う	10 (52.6)	10 (52.6)	5 (26.3)	7 (36.8)	7 (36.8)
5. とてもそう思う	4 (21)	1 (5.3)	0	0	0

表 4.6 A 群と B 群を比較した際のマン・ホイットニーの U 検定結果

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
P 値	0.043	0.00033	0.0076	0.0016	0.0011

評価項目 1 「直感的に情報を読み取ることはできましたか」については, AR アプリの方がリーフレットよりもポジティブな評価である「ややそう思う」「とてもそう思う」を選ぶ回答者の割合が高かった. マン・ホイットニーの U 検定で検定したとこ

る、 $p=0.043$ となり、有意水準 5% で有意であることがわかった。しかし、リーフレットの評価も決して低くはない。これは、設備を紹介するリーフレットの情報を読み取るために特別な能力を必要とせず、リーフレットの写真および文章による解説で十分に読み取ることが可能であったためと推察する。

評価項目 2 「情報を読み取る気持ちになりましたか」についても同様に、AR アプリの方がポジティブな評価が多く、「ややそう思う」「とてもそう思う」と回答した人の割合は、リーフレットでは 57% (11/19 名) であったのに対し、AR アプリでは 92% (26/28 名) であった。マン・ホイットニーの U 検定で検定したところ、 $p<0.01$ となり、有意水準 1% で有意であることがわかった。AR アプリを使用した被験者による自由記述でも、「能動的に見ることができて操作している感じが楽しい」「写真では見ることができない設備の後ろまで見られる」「いろんな角度から見てみたい」といった感想が得られたことから、リーフレットと比較して AR アプリの方が興味・関心に対する評価が高く、「見る気になる」効果があるといえる。

評価項目 3 「普段から災害に備える気持ちは高まりましたか」に関しても、AR アプリの方がポジティブな評価を選ぶ回答者の割合が高かった。加えて、リーフレットを閲覧した被験者の中には、「このような設備があると知らなかった」「勉強になった」との感想が記されており、避難所設備を認知したり、好意的に捉えたりしてはいるが、自身の主体的な備えに対する自由記述は見られなかった。

評価項目 4 「災害時の自分の行動について考えてみようと思いましたか」についても、評価項目 5 「災害に対する現実感に変化しましたか」についても、AR アプリの方がリーフレットよりもポジティブな評価を選ぶ回答者の割合が高かった。さらに、AR アプリを使用した被験者による自由記述において、「仮設トイレを使用する際の音や臭いを想像して心配になった」や「トイレを使う時、昼間はいいけど夜は電気はあるのか」といった、より具体的な感想が記されていたことや、「トイレのテント内の狭さがよく伝わってきた」「リアリティがある」といった感想から、三次元 CG をカメラに追従させて見せることができる AR アプリは、空間を把握しやすいこと、現実感をもって避難所設備をイメージすることができるかと推察する。一方、リーフレットの自由記述では、具体的な感想が見られなかった。リーフレットを閲覧することでは自身が防災設備を使用する様子までイメージできないことが推測でき、設備の写真では情報伝達に留まっているといえる。

4.6 結言

先行研究から、避難所運営訓練における問題を、「1. 若年層の避難所運営に関する意欲が低いこと」、「2. 避難所設備の存在や使い方が知られていないこと」、「3. 避難所での課題を具体的にイメージできない参加者がいること」の3点とし、これらを解決する一つの方法として、避難所運営時に使用する可能性が高く、平常時にはあまり目にするのできない避難所設備（仮設トイレ、耐震性貯水槽、かまどベンチなど）を三次元CGオブジェクトによって可視化するARアプリを開発し、大学生を被験者として評価を行った。

その結果、写真を用いたリーフレットと比較して、ARアプリでは、「情報を読み取る気持ちになる」という積極性に対する効果が高いことが明らかとなった。また、「普段から災害に備える気持ちになったか」という問いに対する評価も高く、防災意識の向上にも効果があり、さらに「災害時の自身の行動を考える」「災害に対する現実感が増した」といったリアリティの向上にも効果があった。これらは全て統計的な有意性が確認されている。

以上の結果より、避難所設備を可視化するARアプリは、若者の防災意識や、緊急時に使用する設備に基づいたリアリティの向上には効果があることが明らかとなったが、問題の1つ目である避難所運営に関する意欲に直接効果があるかどうかについては検討できなかった。今後は、避難所運営訓練等の参加前、または、最中にこのARアプリを使用することで、運営意欲の向上に効果があるか、訓練の実施時間の短縮など実施者や参加者の負担を軽減できるかについて評価を行う必要がある。

参考文献

- [4.1] 渡辺裕子, 「震災時に想定される避難所運営の課題 - 防災訓練参加者調査から - 」駿河台経済論集, 第23巻第1号, pp.77-102, 2013
- [4.2] 小野寺泰子, 水谷好成, 小田隆史, 他, 「災害発生時の避難所運営を想定した炊き出し研修の実践」, 宮城教育大学 教育復興支援センター紀要, 第3巻, pp.99-106, 2015
- [4.3] 坪川博彰, 長坂俊成, 臼田裕一郎, 「災害リスクシナリオを用いて避難所運営を理解する試み - 災害リスクガバナンス構造の再編を目指したリスクコミュニケーションに関する研究 - 」, 地域安全学会論文集, No10, pp.511-519, 2008
- [4.4] 松井豊, 竹中一平, 新井洋輔, 他, 「広域災害における避難所運営訓練システム (STEP) の開発過程と効果検証」, 筑波大学心理学研究 第30号, pp.43-49, 2005
- [4.5] 細川直史, 「消防防災分野における拡張現実の活用」, 映像情報メディア学会誌 vol.66, No.11, pp.928-933, 2012
- [4.6] 株式会社キャドセンター, 「AR ハザードスコープ」. (参照日 2018.2.20)
<https://www.cadcenter.co.jp/>
- [4.7] 岡山県「県民満足度調査結果 (防災対策編)」 p16, 2015 (参照日 2018.2.20)
http://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/417913_3638304_misc.pdf

第5章

結論

5.1 本研究のまとめ

災害リスクコミュニケーションのための能動型防災活動は、効果が期待されながらも頻繁な実施や参加者確保が難しく、適切なコミュニケーションが行われていない。限られた実施時間の中で、参加者各人が適切な災害リスクコミュニケーションを行うためには、参加者が事前に「自然現象をはじめとするハザードや避難所の位置、避難経路といった防災情報」、「災害によって想定される被害イメージや被害シミュレーション情報」といった知識を保有し、それらの知識を自身の立場に照らし合わせ、主観的な災害リスクを認知しておく必要がある。

近年の能動型防災活動において利用されているデジタルツールは GIS 技術といった位置情報に関するデジタル技術を活用したものと、VR や AR といった現実感に関するデジタル技術を活用したものの大きく2つに分けることができるが、その多くは、参加者や実施者の作業や活動を簡便化したり効率化したりするという点で評価されているもので、災害情報の理解に対する効果についての評価が不十分であるため、本研究では、その効果を検証した。

対象とするツールは、災害リスクコミュニケーションの手法で用いられるデジタルツールの中で、位置情報に関する代表的なデジタルツールである『電子ハザードマップ』と、現実感に関して開発・普及が進んでいるデジタルツールである『スマートフォン用 AR アプリ』とした。特に、技術向上や普及による利便性により開発や公開が進んでいながらも効果が明らかとなっていない、電子ハザードマップのインタラクティブ機能が利用者の情報理解および主体性に与える効果と、AR 技術を用いたリアリティ表現が内容理解に与える効果、3DCG を用いて特殊な防災設備を AR 表示することで避難所運営やそこでの生活における具体的な行動イメージに与える効果を明らかにすることを目的とした。

以下、本論文における各章の成果をまとめる。

第2章では、電子洪水ハザードマップにおけるインタラクティブ機能について、避難計画立案における有効性の評価を行った。近年、ハザードマップが電子化されるようになり、その利便性が向上している一方で、それらの有効性に関して十分な評価がなされているとは言えないことから、ハザードマップの本質的役割である、災害に先立って避難計画を立案することで防災意識の向上と減災につなげることへの関係に注目したものである。従来の印刷物または静止画によるハザードマップについてアンケート調査を中心に問題点を抽出し、「情報量や表示の過不足に関する問題(問題1)」と「避難行動の手がかりとなる情報が得られない問題(問題2)」を解決する必要があることを明らかにした。これら2つの問題を解決するために、電子ハザードマップに必要な機能として「①表示情報量の加減機能」「②(避難施設の)詳細情報表示機能」「③避難施設探索機能」および、「④経路探索機能」「⑤行動指示機能」を挙げる。これらの有効性を被験者実験により検証した結果、機能①～③により避難行動を検討するための手がかりとなるが、④経路探索機能が備わることにより、避難施設を決定する際、単に避難施設までの距離が近いということのみを判断材料とせず予想浸水深も考慮できるようになること、避難施設決定のために考慮する項目数が増え、避難について多面的に考えるようになることを明らかにしている。計算機により自動的に提案された情報を利用して自身の判断ができる人がいることも示した。

第3章では、防災ARアプリのうち「発災時の避難行動シミュレーション」に関するものとして浸水想定アプリを挙げ、備えるべき要素の妥当性を被験者実験により検証した。その結果、ARによるシミュレーションの際、関連する説明を同一画面上に付加することで内容理解に効果があり、水害をイメージすることにも役立つことや、繰り返しの利用を促す効果があることを明らかにした。浸水表現として水色透過画像を用いる場合と泥水画像を用いる場合とによって情報理解に差はみられなかったが、画面内に浸水深の手がかりとなる情報が無い場合は、泥水画像では情報を理解しにくいことが示唆された。また、水害をイメージしやすいのはリアリティのある泥水画像であるが、今後の災害対策への姿勢や意識の向上についてはいずれも評価が高く、CG画像のリアリティによって効果に大きな差はないということを示した。シミュレーション画像のリアリティによって内容理解を助ける情報の種類が異なるという仮説においては、大きな差はみられないが、アプリケーションによってリアリティの異なるAR

画像が乱立しているにも拘らず、このような比較実験を行った例は見当たらないため、今後のこの種のソフトウェア構築の際の基礎的な知見になると考えられる。

第4章では、先行研究から、避難所運営訓練における問題を、「1. 若年層の避難所運営に関する意欲が低いこと」、「2. 避難所設備の存在や使い方が知られていないこと」、「3. 避難所での課題を具体的にイメージできない参加者がいること」の3点とし、これらを解決するために、避難所運営時に使用する可能性が高く、平常時にはあまり目にするのできない避難所設備（仮設トイレ、耐震性貯水槽、かまどベンチなど）を三次元CGオブジェクトによって可視化するARアプリを開発し、大学生を被験者としてその評価を行った。その結果、写真を用いたリーフレットと比較して、「情報を読み取る気持ちになる」という積極性に対する効果が高いことが明らかとなった。また、「普段から災害に備える気持ちになったか」という問いに対する評価も高く、防災意識の向上にも効果があった。さらに「災害時の自身の行動を考える」「災害に対する現実感が変化した」といったリアリティの向上にも効果があることが分かった。

最後に、この研究によって得られた知見より、デジタルツールを設計する際の指針として以下を示す。

電子ハザードマップの設計指針

- ・ 地図上に表示させる情報はユーザに選択させること
- ・ 膨大な情報はユーザを起点に絞り込んで表示すること
- ・ デフォルトでは最低限の情報提示に留め
より詳しく知りたいユーザのニーズに応える構成にすること
- ・ 具体的な避難経路を提案表示すること

ARアプリの設計指針

- ・ ARによるシミュレーション画面では、関連する説明を同一画面へ表示すること
- ・ 水害情報を理解させる際 浸水画像のリアリティ（泥水色か水色か）は関係ない
- ・ 立体物や構造物は三次元CGを用いること

5.2 今後の展望

デジタルツールにより、避難時計画を多面的に考えたり、浸水想定情報を正確に理解できるようになったり、避難所での設備利用に対してリアリティを持ってイメージできるようになることが明らかとなったが、残された課題がいくつかある。第2章では、電子ハザードマップにおける「⑤行動指示機能」について扱わなかったため、その有効性を検証する必要がある。本研究で開発した電子洪水ハザードマップをもとに、扱う要素を増加し、インタラクティブ機能により利用者が個々に必要とする情報を自動的に取捨選択し表示できるシステムへと発展させることで検証が可能である。また、利用者が、計算機により提案された行動指示案を参考にする程度についても検討すべきである。第3章では、今回の実験で検証できなかったトレーニング機能の効果について明らかにする必要がある。現在、災害リスクコミュニケーション活動では、ファシリテータの能力に依存する防災訓練や図上訓練が主流であるが、人材の不足やノウハウの共有は重要な課題である。ARを用いた訓練の先行事例より、防災訓練や災害図上訓練においてARアプリのトレーニング機能が補完できる部分を挙げ、その効果を検証することで課題が解決できる。第4章については、問題の1つ目である避難所運営に関する意欲に直接効果があるかどうかについては検討できなかったため、避難所運営訓練等の参加前、または、最中にこのARアプリを使用することで、運営意欲の向上に効果があるか、訓練の実施時間の短縮など実施者や参加者の負担を軽減できるかについて評価を行う必要がある。そのためには、実際の訓練と連動した社会実験を行う必要があり、また、利用者だけでなくファシリテータや行政などの実施者に対する効果も加えることが重要である。

謝辞

本研究は、著者が社会人学生として、岡山県立大学大学院情報系工学研究科博士後期課程在学中に、岡山県立大学情報工学部 菊井玄一郎教授の御指導のもと行ったものです。

主指導教員である菊井教授には、著者の社会人学生という立場を最大限御考慮いただき、貴重な時間を費やして御指導くださいました。仕事と学業の両立の難しさにくじけそうになることもありましたが、それを乗り越えるために十分な多くの励ましとともに、あたたかい御支援と懇切な御指導を賜りました。心より感謝申し上げます。

副指導教員である岡山県立大学情報工学部 但馬康宏准教授には、研究から論文作成に至るまで、細部にわたる有益な御助言、御支援を賜りました。心より感謝申し上げます。

そして、本論文に関して数多くの有益な御助言を賜りました岡山県立大学情報工学部渡辺富夫教授 並びに 岩橋直人教授に心より感謝申し上げます。

また、岡山県立大学大学院情報系工学研究科を御修了された宇田一平さんには、システム実装の一部を御協力いただきました。心より感謝申し上げます。

また、総社市のハザード情報の御提供や、総社市洪水・土砂災害ハザードマップ(電子版)の一般公開にあたり多大なご理解と御協力をいただきました総社市総務課および危機管理室の皆様へ深く感謝致します。

各種アンケートにご協力いただいた総社市民の皆様、実験に被験者として協力していただいた岡山県立大学の学生の皆様に感謝致します。

最後に、著者を温かく見守り、研究に没頭する生活を可能にしてくれた家族に感謝します。

本論文に関する研究業績

原著論文

- [1] 齋藤美絵子, 宇田一平, 但馬康宏, 菊井玄一郎: 電子洪水ハザードマップのインタラクティブ機能の効果, 地域安全学会論文集 No. 29, pp. 107-113, (2016. 11)
- [2] 齋藤美絵子: デジタル技術を用いたウェブ版洪水・土砂災害ハザードマップの開発, 日本デザイン学会 デザイン学研究作品集 No. 20, pp. 78-81, (2015. 3)

国際会議議事録

- [1] Mieko Saito, Yasuhiro Tajima, Genichiro Kikui: Components of an augmented reality app effective in understanding flood disaster prevention, UPE12 conference, p77, Universidad de Lisboa. 12th Symposium of International Urban Planning and Environment Association - IUPEA. 06/2016
- [2] Mieko Saito, Yasuhiro Tajima, Genichiro Kikui: The development of a hazard map for disaster prevention using augmented reality, UPE11 conference, pp. 326-330, Universidad Nacional de La Plata. 11th Symposium of International Urban Planning and Environment Association - IUPEA. 09/2014

口頭発表

- [1] 齋藤美絵子, 宇田一平, 但馬康宏, 菊井玄一郎: 利用者に訴求する防災ARアプリの研究, 第7回横幹連合コンファレンス, A-7-4. (2016)

- [2] 齋藤美絵子, 宇田一平, 但馬康宏, 菊井玄一郎: 電子洪水ハザードマップのインタラクティブ機能の効果, 第39回地域安全学会研究発表会 (秋期), 地域安全学会論文集 No. 29, pp. 107-113 (2016)

- [3] 齋藤美絵子, 但馬康宏, 菊井玄一郎: 浸水想定ARアプリにおける画像表現の効果, 日本デザイン学会 第63回研究発表大会概要集, pp. 284-285 (2016)

- [4] 齋藤美絵子, 宇田一平, 但馬康宏, 菊井玄一郎: 洪水対策の理解に有用な防災ARアプリの要素, DRIS第5回合同研究会, 減災情報システム合同研究会, DRIS-2016-0309-02. (2016)

- [5] 齋藤美絵子, 宇田一平, 但馬康宏, 菊井玄一郎: 洪水・土砂災害ハザードマップの電子化の検討, DRIS第3回合同研究会, 減災情報システム合同研究会, DRIS-2015-0309-02. (2015)

- [6] 齋藤美絵子, 菊井玄一郎: 洪水・土砂災害ハザードマップのデザイン改善, 日本デザイン学会 第61回研究発表大会概要集, pp. 22-23, (2014)

- [7] 齋藤美絵子: 防災意識啓発のためのARアプリ開発, 日本デザイン学会 第60回研究発表大会概要集, pp. 70-71, (2013)