

【研究成果報告時/研究成果の概要】様式-2-ウ**洪水浸水シナリオ体験型避難支援webアプリ「雨トレ」の開発****株式会社ウエスコ 参事 松田 哲裕**

水害時における住民の対応行動については、過去の多くの災害で教訓や課題が指摘されてきたにも関わらず、長年十分な改善が見られない。このため、災害の「素振り（災害発生前に災害発生を想定して対応行動を確認したり実施したりする）」と「振り返り（事象が落ち着いた段階で自身が取った対応行動を評価し再検討する）」に焦点を当て、水理解析シミュレーションをもとに宝塚市川面地区の南分会の住民の方と訓練アプリ開発を行った。不確実性が高い水害時の避難判断の「躊躇」を web 上で水害を疑似的に体験し、「躊躇」を定量的に評価するツールを構築した。

当該地区の住民らに web アプリを体験していただいた結果、時間進行とともに水害が顕著になるにつれ、避難判断の躊躇が減じられることが確認できた。このツールを用いて、今後、参加者の属性、地域性を踏まえて、迅速な避難判断に資する訓練ツールとして発展させていきたい。

Key Words : 氾濫解析、水害疑似体験、webアプリ、避難判断、躊躇

1. はじめに

昨今、水害に関して予警報に類する情報は格段に整備されているが、情報を受け取り適切な避難行動を促す取り組みには課題が多く残されている。

本研究では、スマホ等で操作可能なwebアプリにより、避難判断のタイミングや様々な避難行動の選択肢を、リアルな水害シナリオを体験しながら提供する訓練ツール「雨トレ」を開発し、宝塚市川面地区の自主防災組織と連携しながら持続的に改良し、効果的に地域防災力を高めることを目的とする。

2. 研究の方法

本研究は、津波避難支援アプリ「逃げトレ」の開発者の矢守教授（京都大学防災研）、「防災スイッチ」の考案者の竹之内准教授（香川大学創造工学部）との共同研究により、避難行動と洪水氾濫の挙動の相互関係を住民一人一人に対し、個別に学習する機会を効果的に提供するものがある。

(1) 洪水挙動の推定

宝塚市川面地区は、二級河川武庫川の左岸に位置し、急峻な長尾連山から流れ出る荒神川、大堀川に囲まれた低地が市街化されたエリアで、現在でも度々、内水浸水被害が生じている。このような地域で武庫川が溢れ、堤防が決壊する事態となった場合の適切な避難行動は容易ではなく、様々なシナリオを想定した持続的、可変的な個別の訓練の継続が重要となる。

このため、過去に振った雨のパターンを参考に、起こりうる雨のパターンに対し、内水浸水、支川の氾濫、武庫川本川の決壊時に想定される時空間的な氾濫状況を内外水統合的に解析できる水理モデル

により定量的に評価するものとする。水理解析には、iRIC Project (<https://i-ric.org/>) が無償で提供する iRIC Nays2DFlood ver. 5.0 を用いる。

(2) 水害シナリオの検討

水害時の避難行動の適否は、その時をいかに想像し、適切な意思決定をあらかじめ体験し、慣れしておくことに尽きる。このため、洪水挙動のシミュレーション結果を基に、浸水の時空間的な変化を google_earth 等により 3D 可視化するとともに、地域内の具体的な場所での浸水状況をパース図などで表現する。

これらを用いて、実際に洪水浸水リスクの高い川面地区自主防災会（南分会）の住民とワークショップを開催し、水害時にどのような状況が起こりうるか、そしてどのような判断に躊躇するかを想像していただき、水害時に想定されるマルチシナリオの地域固有のデータを習得する。

(3) WEBアプリの開発

津波避難支援アプリ「逃げトレ」の主な機能を参考にしつつ、洪水版の「雨トレ」を開発が比較的容易な、webアプリとして開発する。

スマートフォン上で操作することを前提とした画面遷移を基本とし、システム構成と主な機能については、「逃げトレ」に準じ、以下を想定している。

a) 訓練設計

トップ画面では、ゲームが煩雑になるのを避けるために、川面地区の世帯構成の標準的な家族をモデルとして登場させ、自分事としてイメージしやすいキャラ設定とした（図-1 参照）。

また、水害シナリオについて、ゲームから様々な「躊躇」を体験してもらうために、内水進行→外水氾濫という甚大な水害シナリオに絞って設定した。

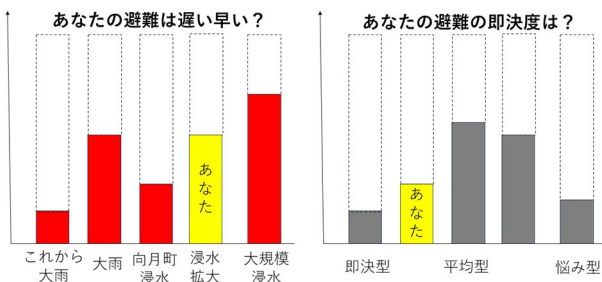
登場人物



図-1 川面地区の平均的な世帯キャラの設定



図-2 シナリオに川面地区の時系列状況のイラスト



あなたの避難は他の人と比べてどうでしょうか？

図-3 避難の躊躇を可視化するグラフィイメージ

a) 訓練ステージ

訓練ステージでは、ハザードマップ、気象情報や近隣の状況、関係者からの情報などをキャラクターの会話と背景（実際の川面地区の風景とシナリオに応じた天候を表現）を時系列で示し（図-2参照）、避難先（在宅避難か避難所へ移動か）ならびに避難開始のタイミングを決定する。なお、シナリオは複数用意し、参加者が1回で飽きないように配慮した。

c) 振り返りステージ

判定と振り返りのステージで、「躊躇」の定量化を試みた。判断ロジックは、シナリオが示されてから避難決定のボタンを押すまでの時間をログし、他の参加者の累計値と比較できるようにweb上でリアルタイム表示するグラフ（図-3参照）で示すようにした。

また、シナリオ上の時間進行上、どのタイミング、避難を決断したかについて、専門的知見からフィードバックを与えるメッセージを示すこととした。

2 カ年研究用（R5 提出）

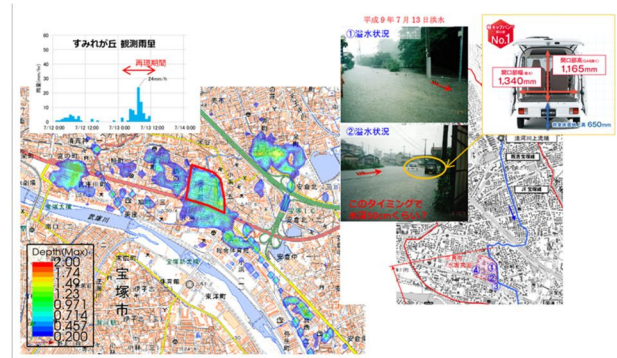


図-4 川面地区の浸水実績の再現(H9.7豪雨)



図-5 google earthによる浸水状況の可視化

(4) webアプリの公開

川面地区自主防災組織では、年1回、シンポジウムを開催し、喫緊の話題や自分たちの活動を発表する場を設けている。また、各世帯にも定期的に周知する媒体として、「川面新聞」を年数回発行している。

今回開発したwebアプリは、これらの場でQRコードを公開し、多くの方に使ってみる環境を提供した。

3. 研究の結果

(1) 洪水挙動の推定

川面地区内では、大堀川へ雨水が吐けず、内水浸水が度々生じていたことから、特に著名な出水を対象として、再現性の確認を行った（図-4参照）。

用いたiRIC Nays2DFloodモデルは、二次元氾濫解析モデルで、河道一次元は取り扱わない。このため、計算対象エリアの主要河川はメッシュを凹ませて表現し、武庫川の氾濫は別途構築した流出解析モデルにより求めたハイドログラフを用いて、堤防高を越水する流量を横流入として与えた。

また、解析結果をリアルに可視化するため、google earth上に3D表示を行った（図-5参照）。

(2) 水害シナリオの検討

水害シナリオは風雨が時間経過とともに強まり、武庫川が破堤して氾濫するまでの降雨や浸水状況を基に5段階で設定した（図-6参照）。各段階において、地域住民が普段何をしていて、切迫度を踏まえたどの時点で避難するかについて、ワークショップを開催しアンケートを取った。

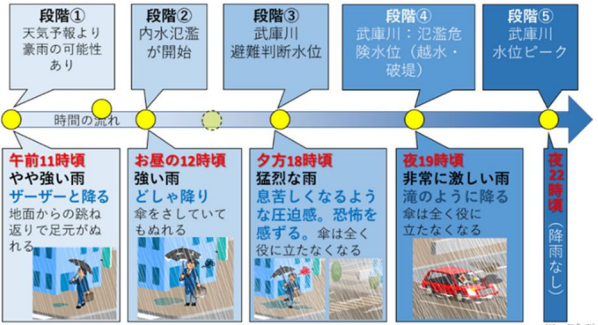


図-6 洪水シナリオの設定

表-1 住民に「その時間何をしているか（避難するか）」についてのアンケート票

時刻	休日(家族全員が在宅)の 12 時頃
雨の様子	強い雨、どしゃ降り 傘をさしていてもぬれる
地域の浸水状況	
Q1. あなた自身やご家族は、この時間どのようなことをしていると思いますか。一番近いものをひとつ選んでください。 ☐ 仕事 ☒ 家事 ☐ 趣味 ☐ 外出 ☐ 子供の世話 ☐ 避難準備 ☐ 災害への備え ☐ その他()	
Q2. Q1 の具体的な内容を書いてください。 内 容：買い物に行く (1週間分のまとめ買い) 理 由：水災害が気になるものの、1週間のご飯の準備が必要のため	
Q3. あなたがこの時間に避難をする可能性は何%くらいだと思いますか？ (20)%	

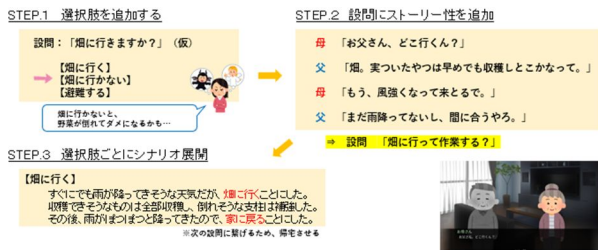


図-7 アンケート結果に基づくシナリオ設定

アンケートでは、災害が迫る状況化において、平時の活動はどの段階で変化するか（避難も含め）を聞き（表-1参照）、その結果をそのまま、シナリオ作成に反映した（図-7参照）。したがって、データは、参加した人たちの主観性によるものであるが、地域性と捉えることとした。

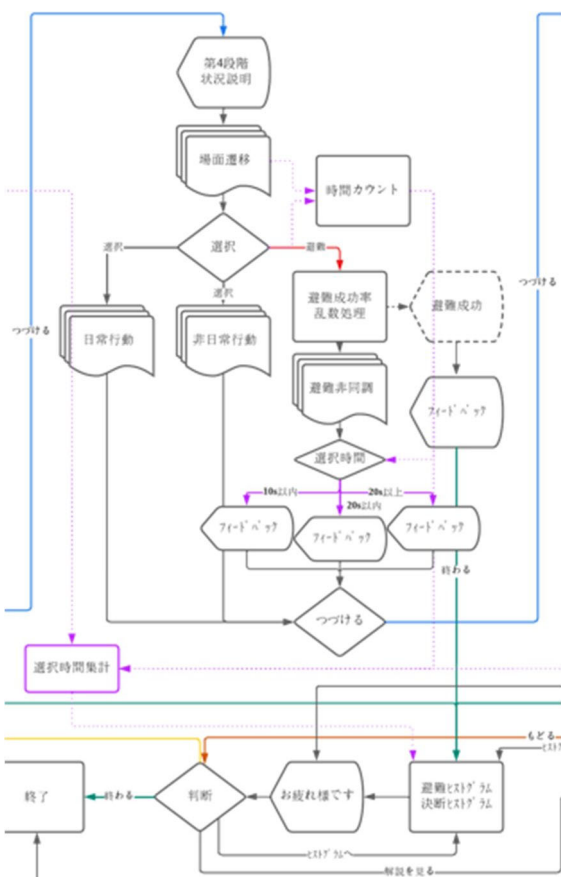


図-8 webアプリシステムアーキテクチャー

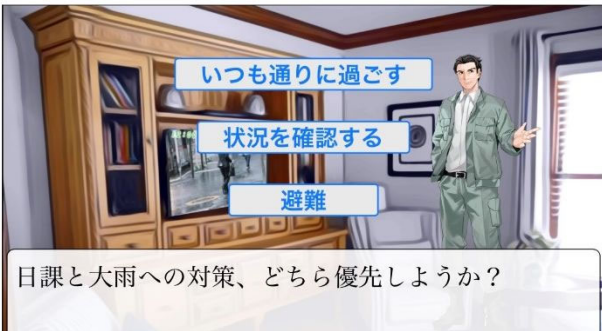


図-9 webアプリの選択肢画面

(3) WEBアプリの開発

webアプリ開発にあたって、システムアーキテクチャーを作成した（図-8参照）。このシステムアーキテクチャーに基づき、時間進行に沿って、それぞれのフェーズでのシナリオ（キャラクターによるやりとり）をきめ細かく描いたそれぞれのシーン・風雨の強まり方の背景画（（図-9、表-2参照）を埋め込み、選択肢を設定した。

また、各段階で避難判断まで至った場合には、それぞれの段階での避難選択に対する講評を示すようにした（図-10参照）。

さらに、「躊躇」という心理的な行動をwebアプリの反応時間を取得することで可視化したが、これにより、様々な気づきを得るために、さらに振り返りを示唆するように最終画面を構成した（図-11参照）。

表-2 各フェーズにおける背景画の設定

No	シーン	差分	使用場所
1	ホーム画面	朝9時：曇り	
2	高台①	昼12時：大雨(どしゃぶり)	段階3-5
	高台②	夕方17時：猛烈な雨	段階5-5
3	避難場所①	朝9時：曇り・モブほとんど無し	段階1
	避難場所②	昼11時-12時：大雨・モブ表情無し-まばら	段階2・段階3
	避難場所③	夕方15時：非常に激しい雨・モブ表情無し-混乱	段階4
	避難場所④	夕方17時：猛烈な大雨・モブ表情無し-大混乱	段階5
4	自室①	朝9時：小雨	段階1-1
	自室②	昼12時：大雨(どしゃぶり)	段階3-1・3-2
	自室③	夕方17時：さらに大雨	無し
5	リビング①	朝9時：曇り	段階1all
	リビング②	朝11時：やや強い雨	段階2all
	リビング②-2	昼12時：大雨(どしゃぶり)	段階3-3,4,5,6
6	リビング③④	昼12時：大雨(どしゃぶり) TV画面：ニュースとポータル	段階3-1,2
	リビング③④-2	夕方15時：非常に激しい雨 TV画面：ニュースとポータル	段階4all
	リビング③④③	夕方17時：猛烈な雨 TV画面：ニュースとポータル	段階5all
7	庭①	朝9時：曇り	段階1-2
8	庭②	朝9時：曇り	段階1-7(1-4) 1-9
	庭②-2	朝11時：やや強い雨	段階2-2,6
	庭③	夕方17時：猛烈な雨 ブランター倒れている	段階5-2,4,5
9	庭④	夕方15時：非常に激しい雨 家の前に土嚢	段階4-1
	庭④-2	夕方17時：猛烈な雨 家の前に土嚢	段階5-5
10	路地A①	朝11時：やや強い雨	段階2-1
	路地A②	朝11時・昼12時：豪雨	段階2-1・3-6
	路地A③	夕方15時：非常に激しい雨+道路冠水	段階4-1,2,3,4,5
	路地A④	夕方17時：猛烈な雨+床上浸水	段階5-1
11	路地B③	夕方15時：非常に激しい雨+道路冠水	段階4-1,2,3,4,5
12	路地 大堀川	朝11時：やや強い雨	段階2-3
13	神社だんじり	朝9時：曇り	段階1-3
14	畑	朝9時：曇り	段階1-8
15	阪急オアシス	朝11時：やや強い雨	段階2-4

避難を選択したあなた！

あなたの良いところは、後の状況を見直し、より良い判断ができることです。
これは災害時に大変重要なことです。
そんなあなたでも日常生活を断ち切り避難に踏み切るのは大変難しいことです。
日ごろから避難タイミングについて考えておくとうれしいでしょう。

図-10 避難判断時に示される講評

避難のタイミングは他の人と比べてどうでしたか。
決断にどういった迷いがありましたか。
以上でゲームは終了です。

もし100点だったら
災害対策は増えることから始めましょう

開発：株式会社ウエスコ
協力：京都芸術デザイン専門学校
監修：香川大学工学部 竹之内准教授

おわる

もう一度
する

ヒストグラム
を見る

解説を
読む

図-11 最終画面での示唆を促す工夫

(4) WEBアプリの公開

川面地区自主防災会でのシンポジウムにて、webアプリのURLを試験的に公開し、参加者が各々スマートフォンでゲームに参加した。その結果はweb上でリアルタイムに集計し、シンポジウム参加者に対し、ゲームの結果をすぐさまフィードバックすることができ、各フェーズにおける選択状況とその葛藤時間のデータが取得できた。

これらより、段階2までは、普段いつもの行動や備えの行動をとる割合が劇的に変化するが、避難の決断に至っては、どの段階も概ね横這いであった。

各段階の選択状況と葛藤時間

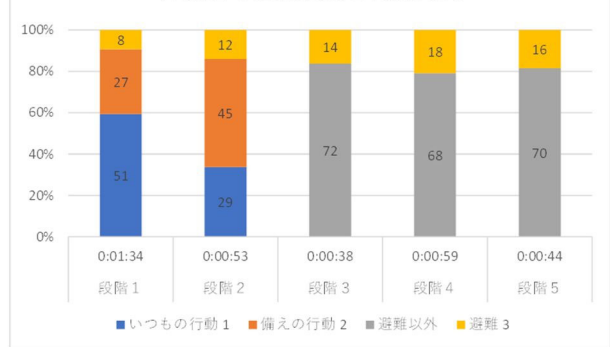


図-12 各段階の選択状況

葛藤時間の分布

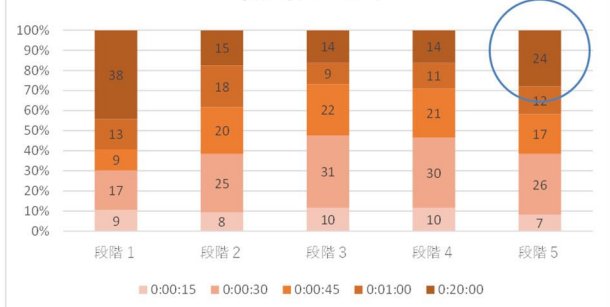


図-13 各段階の躊躇時間

また、躊躇時間（葛藤時間）については、段階1は初めて触る設問のため、除外すると、もっとも切迫性が高まった段階5においても躊躇時間が増大している点が注目される。

4. 結論

災害時の応急対応として最も重要な避難について、リアルさを追求した体験型のwebアプリにより、躊躇（葛藤）を定量化するという試みを行った。

詳細な実地形を反映したシミュレーション結果をもとに示した浸水状況のもっともらしさ、切迫度に対する避難決断の現実性などに対し、地域住民の感覚を反映するゲームアプリ構築の手順が示された。

また、住民らが豪雨時の避難を疑似体験できるツールを構築し、スマホ上で参加できるweb版ゲームアプリとすることで、誰でもどこでも参加できる機会提供の一手段を示した。

これらの手段を経て構築したwebアプリの完成度は、アプリの作成段階の住民の巻き込み方、アプリに参加する住民の年齢や地域性、住まい方など、今後、住民との対話を通じて発展させることで、より現実的な示唆を得られると考える。

謝辞：香川大学の竹之内准教授から適切なご指導を賜り、また、香川大学学生ならびに株式会社ウエスコ内の若手技術者に多くの支援を得た。ここに感謝の意を表す。