

仮想洪水体験システムの開発

— 洪水災害の「ジブンゴト化」に向けて —

国立研究開発法人 土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター水災害研究グループ上席研究員 栗林 大輔

1. はじめに

近年、気候変動の影響により、多大な被害をもたらす洪水災害が激甚化・頻発化している。このような状況下においても、住民の避難率は低いままであり、防災政策上の大きな課題となっている。例えば、国土交通省の調査では、約3割の人が「周辺の状況が変化してから逃げている」という結果¹⁾が出ている。これは、洪水災害自体は、日本各地で毎年のように発生しているものの、実際に洪水被害を経験することはほとんどなく、そのため洪水災害が「ジブンゴト化」できず、自分が洪水に巻き込まれる可能性はないと思っている人が少なからずいるということを示している。

避難行動をとらない理由等を尋ねた市町村向けアンケート²⁾において、「自分は大丈夫との思い込み」「自宅等が危険であることを知らない」と回答した割合が多く、リスク情報が自分自身の安全や生活に直接影響することが、真実味をもって伝わっていないことがわかる。ハザードマップ等の情報だけでは自分自身ととるべき避難行動がわからないという

意見³⁾もあり、平時に伝達されたリスク情報が災害時に適切な行動につながっていないことが課題である。

心理学では経験と失敗を繰り返すことにより適切な行動を習得⁴⁾することが知られており、災害発生が予見されるときに自分自身とるべき避難行動の習得においても有効であると考えられるが、災害に対して失敗した対応を繰り返し経験することは、現実の世界では困難である。

一方で、洪水災害に対しては、洪水発生の原因となる降雨の予測技術が発達し、事前に洪水はん濫発生に備えることが可能であり、適切な知識を得、訓練することで、被害軽減を図ることが可能である。

上記課題に対し、多様な住民が、平時において、洪水リスク情報が自分自身の安全や生活に直接関係することを直感的に理解し、いざという発災時に適切な行動がとれるようになる技術開発と社会実装が必要である。

そこで水災害・リスクマネジメント国際センター（以下、「ICHARM」という）では、洪水シミュレーションにより忠実に再現された浸水域や浸水深さ（ハザード情報）を、現実世界の建物・道路など

を再現した仮想空間で可視化し、仮想の洪水として体験でき、かつその時の避難行動や心理状況が分析可能な仮想洪水体験システム（Virtual Flood Experience System: 以下 VFES という）を開発した。また、VFES を教育活動に適用し、生徒が防災リテラシーを向上させることができるか等、仮想洪水体験システムの防災教育への適用可能性について検討した。

2. システムの開発

(1) システムの概要

システムの概要図を図-1に示す。システムは、仮想洪水の計算と、仮想洪水を表現する仮想空間の構築が重要となる。仮想洪水の計算では、ICHARMで開発した「降雨流出氾濫モデル（RRI モデル）」などを用いて、氾濫域や浸水深さなどが算出可能である。仮想空間の構築については、国土交通省が主導する、日本全国の都市モデルの整備・オープンデータ化プロジェクトである、PLATEAU（プラトール）⁵⁾の詳細なデータを利用できるが、まだ全国レベルで整備されていないため、全国で整備されている基盤地図情報⁶⁾も利用可能としている。これらの要素技術を組



図-1 仮想洪水体験システムの概要

み合わせ、日本全国の各都市において、仮想空間内に洪水を再現できる VFES を構築している。

VFES は使用用途に応じて 2 種類のバージョンがあり、3 次元都市モデルの詳細な作りこみが可能な、Unity (ユニティ) というゲーム開発プラットフォームを用いて作成した「ユニティ版」と、データが軽く、操作性も高いために生徒に対するハンズオン教育に利用しやすい、ものづくりゲームの一種である Minecraft (マイクラフト) を用いて作成した「マイクラフト版」が存在する。また、いずれについても、いわゆる Google は必要とせず、小中学校で学校から生徒に配布されているような、タブレットで体験できるシステム構成とし、特別な機器をなるべく用意することなく、洪水を体験できることを目指している。

(2) システムの特徴

本システムの特徴は、「作成面」「利用面」別に、以下の 7 つに整理できる。

<作成面>

- 「どこでも」…日本全国どの町を対象としても、短い期間でオープンデータ (プラトーや基盤地図情報) を用いた 3D 都市モデル構築が可能
- 「だれでも」…ユニティは無料でも配布されている一般的に利用されているゲームエンジン、マイクラフトは全世界で使用されているとともに、文部科学省の「プログラミング教育ポータル」でも紹介されており、とっつきや

すいソフトウェアを使用

- 「リアルに」…東京大学と連携して開発した、3D 都市モデルと 360 度映像群を用いた、よりリアルな街の仮想空間の実現

<利用面>

- 「手軽に」…WebGL (Web Graphics Library) の採用により、個人所有や学校配布のスマートフォンやタブレットで体験可能
- 「複数人で」…避難の社会性 (あの人逃がたから私も逃げる) を分析できる
- 「記録できる」…どのような避難行動をしたかが記録でき、避難の心理分析が可能
- 「加工できる」…学校授業や地域コミュニティにおいて誰でも容易に加工可能

以上のような特徴を有するシステムを構築することで、プラトーが整備されていない地域であっても、日本全国で、リアルな仮想洪水をより多くの被験者が体験することを可能とした。このシステムを利用することにより、仮想空間で過去の災害や将来起こり得る災害に対する、失敗も含めた疑似体験を通して洪水災害をジブンゴト化し、防災リテラシー向上や非常時の適時適切な行動につなげることが可能となる。

(3) システムの構築例

前述のように、VFES には「ユニティ版」と「マイクラフト版」の 2 種類があり、

3 次元建物データに何を使用するかに応じてさまざまなバージョンが存在する。ここでは、システムの構築例として図 2 に 4 つ紹介する。

左上は、長野市を対象にした「ユニティ版」で、基盤地図情報をもとにして構築している。右上は、札幌市を対象にした「ユニティ版」で、プラトーのデータをもとに構築している。いずれも手法は同じであるが、使用データによって街並みの再現性が異なることがわかる。一方、左下は倉敷市美観地区を対象とし、現地で取得した点群測量データをもとに作成した「ユニティ版」である。これは、点群測量をもとにモデル化していて、リアリティは高い分、コストがかかる。ただし、特徴的な何棟かだけを忠実に再現し、他の一般的な建物はコピーを利用することで、街並みを十分に再現できることが分かっている。右下は、茨城県常総市を対象とした「マイクラフト版」で、中学生の生徒が構築した都市モデルである。

3. 活用事例

本稿では、システムの実際の活用事例をいくつか紹介する。ICHARM では、主に 2022 年度以降、過去に大きな洪水被害を受けた新潟県阿賀町、茨城県常総市、北海道芽室町、長野市内での活動を中心に、日本各地の都市・流域で、生徒を対象とした各種教育活動、洪水教訓動画の作成、自治体での防災訓練での使用、および一般向けの洪水体験会などを実施してきた。特に芽室町においてはこれまで

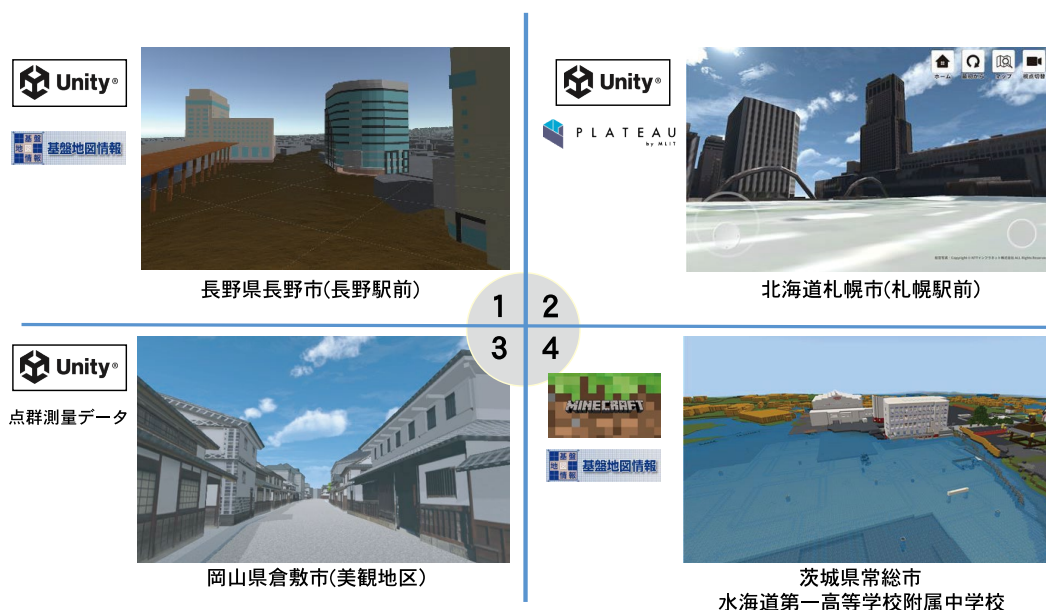


図 2 仮想洪水体験システムの構築例

机上訓練として行われていた行政職員・民間企業の水害対応訓練の一部を、本システムを活用して仮想空間上で実施した。また、常総市の水海道第一高等学校附属中学校や松本市立菅野中学校では、先生と協力・連携し、複数コマの防災授業を実施した。図－3に各都市での主な活用事例（体験会など）、図－4に各都市での活用事例（教育活動）を挙げる。

以下、教育活動における本システムの活用可能性を検討するために、今後の防災を担う中学生・高校生を対象に実施した教育活動、洪水時における教訓を分かりやすく伝えるために作成した教訓動画、システムを広く周知するために実施した体験会などについて詳述する。

（1）国土交通省と連携した「洪水防災学習」

前述の通り、大規模な洪水災害が国内外で頻発しているが、洪水災害に効果的に対応するためには、洪水の危険性を知った上で、いざという時にどのように行動すべきか事前に考えておくことが求められる。

このため、国土交通省では、台風の接近によって河川の水位が上昇する時に、自分自身がとる標準的な防災行動を時系列的に整理してとりまとめる「マイ・タイムライン」の取組を進めている⁷⁾。

2023年1月から2月にかけて、ICHARMと国土交通省関東地方整備局下館河川事務所が連携し、「マイ・タイムライン」とVFESを組み合わせ、今後の防災を担う中学生・高校生を対象にした「洪水防災学習」を実施した。茨城県教育庁ならびにつくば市教育局のご協力を得ながら希望校を募り、以下の6校で実施した。参加者は、各校で7人～30人であった。

茨城県立竹園高校・茨城県立結城特別支援学校・茨城県立並木中等教育学校・つくば市立学園の森義務教育学校・つくば市立谷田部東中学校・つくば市立手代木中学校

「洪水防災学習」は、各校により若干の内容の順番の違いはあるものの、いずれもおおむね90分間で以下のように実施した。まず、ICHARMが準備したパソコンを用い、ICHARM研究員からの導入説明の後、一人あるいは複数人でVFESでの洪水体験を30分間で行った。体験は、小貝川沿いで洪水リスクが高いとされるつくば市上郷地区に体験者が居住してい

ると仮定し、パソコン上で再現した上郷地区にて、民家（自宅）から指定避難場所（上郷小学校）までアバター（仮想空間上の自分）を操作するものとした。具体的には、避難前に民家（自宅）にて水位や雨量などの情報をさまざまな媒体（テレビ、スマートフォンなど）で入手し、指定避難場所（上郷小学校）への避難途中では避難支援者への声掛けなど行いな

がら、いかにうまく避難したかを得点形式で表現するものとして制作した。各体験者のお互いの避難の様子は、大画面で逐次確認できるため、体験者が大きく盛り上がりを見せる場面もあった。

その後45分間程度、小中学生向けマイ・タイムライン検討ツールである「逃げキッド」を全員に配布し、国土交通省職員から「マイ・タイムライン」の説明



図－3 各都市での活用事例（体験会など）



図－4 各都市での活用事例（教育活動）

および演習を行った。上郷地区の想定浸水深や参加者自身の家庭の状況をチェックするところから始まり、台風発生から氾濫するまでの主な備えをクイズ形式で学習し、最後に「マイ・タイムライン」を実際に作成した。

全体的に演習にかかる時間が短い中、参加者はVFESで洪水の危険性を学びつつ、「マイ・タイムライン」演習で洪水時に準備すべき事柄を学習することができた。

(2) 中学校での教育活動への活用具体例

2024・2025年度には茨城県常総市の茨城県立水海道第一高等学校附属中学校において、それぞれ8コマの探求型学習を実施した。この学習では、災害に関することだけでなく、鬼怒川・小貝川の流域特性、河川改修と地域社会の歴史、2015年の関東・東北豪雨による常総市での被害に関すること等の講義と並行し、生徒が考える「水災害に強い理想の街」を仮想空間上に創出する取組を行なった。約40名の中学一年の生徒は、受動的な学習だけでなく、仮想空間上での洪水体験、自分達の理想の街をつくる能動的学習に積極的に取り組んだ。図-5の各画像は、生徒たちが考えた、「洪水に強く、元気な未来の街」の例である。例えば左上は、川に水門を設置し、洪水に強くなった街を再現している。左の真ん中は、川沿いに竹林を設けて洪水を防ぐという考え方を表現しているほか、賑わいのある駅前や街並みなどが表現されている。8コマの講義を通じて、生徒は防災面だけでなく「まちの未来」での面からユニークなアイデアを出すことができた。この「探求型学習」は、学校関係者にも高く評価され多くの授業視察を受ける等、好評を得た。

また、2025年度には、長野県松本市菅野中学校において8コマの水災害教育を実施した。2024年度の常総市での取組と同様、単に防災知識を教えることにとどまらず、生徒が暮らす地域の「地形」「自然」「歴史」と防災を関連付けながら、災害を自分自身の問題（ジブンゴト）として捉える力を育むことを重視した。

これら、中学校での実践活動を通じて、VFESは、生徒自らが都市モデル構築に参画することにより、防災教育だけでなく総合的な地域社会教育の推進にも寄与することが確認できた。



図-5 中学生が考えた、「洪水に強く、元気な未来の街」の例



図-6 洪水ハザードマップを仮想空間に再現した様子

(3) 洪水ハザードマップの3D化

前述のように、VFESの仮想空間は、高度な知識がなくともだれでも加工することが可能である。この特性を生かし、市内で配布されている洪水ハザードマップの洪水リスク情報を仮想空間上によりわかりやすく、中学生が再現することを試みた。図-6の左の画像は、水海道第一高等学校附属中学校の探求型学習において、生徒が作成した、学校の建物とグラウンドに、ハザードマップによる想定最大規模の洪水を再現した仮想空間の画像である。一方、右下の画像は冊子形式で常総町の全世帯に配布されている洪水ハザードマップである。どちらの画像が洪水状況を想像するのに適しているかは一目瞭然で、VFESでは、このような使い方をすることもでき、自分たちの住む街並みや建物を作りこみながら洪水の状況が

容易に理解することができる。これにより、洪水災害のジブンゴト化の促進も図ることができる。

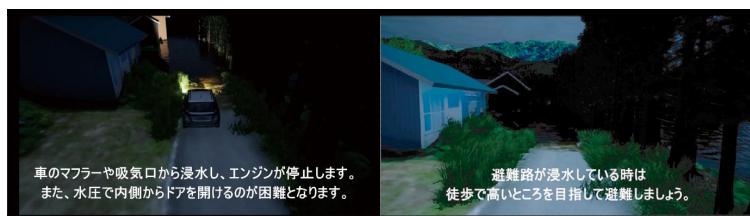
(4) 教訓動画の作成

新潟県阿賀町では、まちを流れる阿賀川の洪水シミュレーションを用いて、3種類のパターンの洪水教訓VRを日英版で開発した。図-7にそれらの画面を示す。1つ目は「経験に頼るのは危険」、2つ目は「車での避難は危険」、3つ目は「忘れ物を取りに帰らない」となっている。

例えば、#1「経験に頼るのは危険」動画では、前半で、川の水位は急に上がることもあるので、これまでの経験や直感に頼りすぎないことを述べ、後半では河川の水位について触れながら、上流の水位情報にも留意する重要性を述べてい



Lecture VR #1 “経験に頼るのは危険”



Lecture VR #2 “車での避難は危険”



Lecture VR #3 “忘れ物を取りに帰らない”

図ー7 3種類の教訓動画の作成

つながり、ひいては洪水被害の軽減に貢献できれば幸いである。

※本研究は、(国研)土木研究所傳田正利主任研究員、山下大輝研究員のもと、主にSIP（内閣府戦略的イノベーション創造プログラム）「スマート防災ネットワークの構築」において実施されたものである。

【参考文献】

- 1) 国土交通省：平成30年7月豪雨災害での水災害・土砂災害情報の活用状況ふりかえり
- 2) 総務省東北管区行政評価局ほか：水害や避難に関する意識調査報告書，2022
- 3) ハザードマップのユニバーサルデザインに関する検討会：「わかる・伝わる」ハザードマップのあり方について～あらゆる主体に向けたハザードマップの更なる普及に向けて～，2023
- 4) Sitken, S.B. : Learning through failure : The strategy of small losses. In B.M. Staw&L. L. Cummings(Eds.), Research in organizational behavior, Vol. 14(pp. 231-266), 1992
- 5) (一社)社会基盤情報流通推進協議会事務局G空間情報センターホームページ
https://front.geospatial.jp/plateau_portal_site/
- 6) 国土地理院 基盤地図情報サイト
<https://www.gsi.go.jp/kiban/>
- 7) 国土交通省水管理・国土保全局「マイ・タイムライン」
<https://www.mlit.go.jp/river/bousai/main/saigai/tisiki/soyozaiti/mytimeline/index.html>

る。これらの動画は、ICHARMが実施している JICA 研修でも使用している。

(5)一般向けの洪水体験会

2025年9月27日、(一助)大阪科学技術センターで開催された「SIP/BRIDGE 未来の科学フェス」に、マインクラフトで構築したVFES大阪市内版を出展し、当日予約された一般の方に体験いただいた。体験では、まず大阪の地形や洪水リスクを座学で学んだ上で、2種類の洪水シナリオに挑戦していただいた。一つは大阪駅付近の淀川の堤防が決壊し、梅田が早い段階で浸水して避難が難しくなるシナリオ（シナリオ1）。もう一つはより遠方で堤防が決壊し、梅田にも水は到達するものの、淀屋橋（大阪市役所）まで逃げ切る余裕があるシナリオ（シナリオ2）である。シナリオ1では多くの参加者が避難に失敗したが、より避難時間の猶予があるシナリオ2では、再び避難に失敗しないようシナリオ1での学習効果を活かしながら多くの参加者が効率的に避難し、避難に成功した。参加者からは「街並みや浸水がリアルで少し怖かった」「マイクラで防災を学べるのは面白い」といった声が寄せられた。保護者からも「子

どもと一緒に考えるよい機会になった」と好評であった。参加者の体験の様子を観察していると、失敗することが次の体験へのやる気を引き出して、学習効果を高めるとともに、成功体験が体験者に満足感を与え、さらなる学習効果向上につながるとうかがえた。

4. 今後の展望

上記のように、さまざまな取組を行っているが、今後も、教育活動や体験活動を通じた実証実験を継続して実施し、社会実装に向けた知見を蓄積しながらシステムの汎用化に向けた改良を行っていく予定である。

また、実証実験により、心理学の視点からシステムユーザーの避難行動の検証や、避難行動を確実にするために必要な各種防災知識や防災情報の質を明らかにすることも考えている。

そのうえ、さらなる教育活動を通じ、ユニティ版、マインクラフト版それぞれの構築マニュアルと、その指導要領をガイドラインとして併せてパッケージ化し、教育現場への普及活動を行うことも考えている。

本システムが、洪水のジブンゴト化に