

熊本市における仮想洪水体験システムの普及に関する試み

傳田正利・新屋孝文・原田大輔・小池俊雄

1. はじめに

強靱性・持続性・包摂性のある水災害対策のためには、地域社会のステークホルダーが水災害へのリスクを正確に認識し、事前の準備と水災害時の適切な対応行動を行う必要がある¹⁾。

気候変動の影響による水災害の激甚化に伴い、水災害時の避難の遅れが問題となっている。特に水災害に遭った経験がない、または、少ない地域住民が、水災害状況を想像できないことが一つの要因と考えられる。

こうした課題に対応するため、土木研究所 ICHARMでは、仮想洪水体験システム（Virtual Flood Experience System：VFES）の開発・改良、普及を行なっている。

普及の取り組みとして、熊本県熊本市で開催された第4回アジア・太平洋水サミット（以下「水サミット」という。）に先立って熊本市と協働したVFESの普及、および、VFESの体験会を通じた水防災意識の向上に関する分析の概要を報告する。

2. VFESの概要と普及への取り組み

2.1 VFESの概要²⁾

近年、バーチャルリアリティ（Virtual Reality：VR）に代表される可視化・仮想体験技術が向上し、通常の生活では想像しにくい非日常的な状況を高いリアリティで表現することが可能となっている。

ICHARMではこれらの技術を活用し、仮想洪水体験システム（VFES）を開発した。このシステムは、基盤地図情報、国土数値情報、UAV、および、地上レーザスキャナを組み合わせ詳細な空間情報を再現し、これにRRIモデルとiRICによる水の動きを重ね合わせて洪水時の状況を表現するシステムである（図-1）。VFESの体験者は、

仮想空間上での洪水体験に加え、状況の変化に応じて体験者自ら行動を判断しながらの避難訓練を行うことができる。

2.2 VFESの普及への取り組み

VFESは仮想洪水下における避難行動の分析等、研究目的には有用だが、一般への普及を目指すうえでは、2点の課題がある。

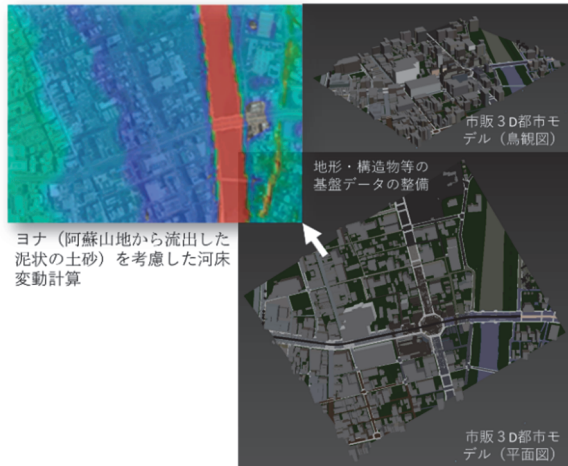
1点目は、UAV、および、地上レーザスキャナを用いた空間情報の収集・作成、リアリティの確保には、多額コストを必要とする点である。特に広範囲な都市部の場合には、人工建造物のデータ作成に多額のコストが必要となる。

2点目は、仮想空間内において、避難行動等による視点の移動を伴いながら水理計算に基づくデータ・水の動きを表現するため、高度な計算描画能力を有する高額なVR機材が必要となる点である。より多くの人にVFESを体験してもらうには、安価な機材で動作するシステムに改良する必要がある。

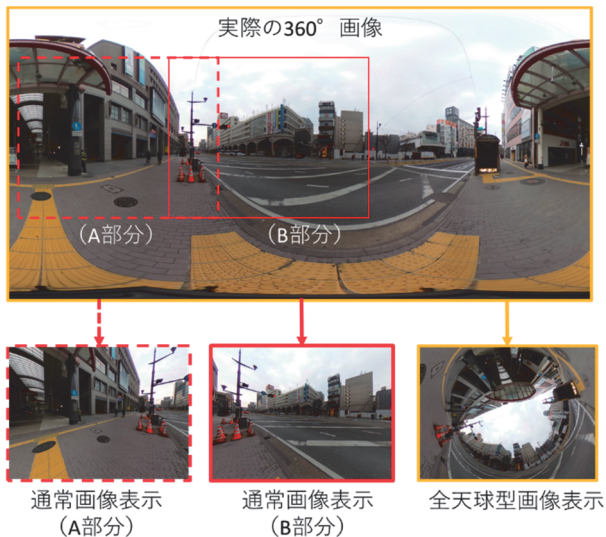
1点目の課題には、市販されている既存の3次元空間データを活用し、地表面、建造物の境界データを用いて空間情報を作成する方法とした。



図-1 VFESの概要



(a)市販の3D都市モデルを用いて氾濫シミュレーションの地形、都市部の建築物データの作成を省力化



(b)景観再現の描画を360°カメラ画像で代用し描画処理を省力化

図-2 VFES普及のための省力化の概要

2点目の課題には、空間情報の作成を限定するため、360°カメラ画像を用いて遠景と近景の空間情報の作成を省略する方法とし、計算描画能力を負荷のないようにした(図-2)。

これらの対応により、広範囲で詳細な空間情報を必要とするVFESの制作コストを削減し、普及を図っている。

3. 熊本市・白川流域へのVFESの適用の背景と対象地域概要

3.1 熊本市・白川流域へのVFESの適用の背景

水サミットは、アジア太平洋地域における、急速な人口増加、経済発展、気候変動による水不足

や水質汚濁、洪水被害の増大などの水に関する声を取りまとめ、世界の優先課題として提起するとともに、地域の英知を結集し、課題の解決を図るための水の国際会議である²⁾。

74万市民の水道水源の全てを地下水でまかなう熊本市では、市域の範囲を超えた「熊本地域」の官産学、NPOや住民の連携・協働のもと、地下水保全の取り組みを展開し良質な水道水を持続的に利用する環境活動に取り組んでいる³⁾。

また、近年、地震に加えて幾多の水害にも見舞われ、地域社会の強靱性が求められる地域でもあることから、住民等の水災害リスクへの意識向上を図る気運が高まり、ICHARMと熊本市とで連携してVFESの適用に取り組んだものである。

こうした「包摂性」、「持続性」、「強靱性」を伴う熊本地域の取り組みは、水問題の解決を目指す多くの国々に有効なヒントとなり、「議長サマリー」等の成果文書にも活かされたところである。

3.2 白川流域

白川は熊本県の中央部に位置する河川で、その源を根子岳(標高1,443m)に発し、阿蘇カルデラ内を流下し、熊本平野を貫流し有明海に注ぐ流路延長74km、流域面積480km²の一級河川である⁴⁾。

白川沿川においては、昭和28年(1953年)6月、昭和55年(1980年)8月、平成2年(1990年)7月、平成24年(2012年)7月と、過去から多くの洪水が発生している。その中でも昭和28年6月の大水害は、「6.26水害」と呼ばれ凄まじかった濁流と市街地を埋め尽くした泥土の被害は、半世紀以上経った今でも語り継がれている⁴⁾。

地元で「ヨナ」と呼ばれる上流の阿蘇山地から流出した泥状の土砂を大量に含んだ氾濫流によって熊本市内は一面泥の海と化した⁵⁾。



写真-1 熊本市の中心繁華街である城東校区

ICHARMでは、既往研究において中山間地の洪水再現に取り組んだ実績があったことから、その知見を応用し、都市部における洪水再現として、6.26水害により大きな被害を受けた都市部の水災害時の状況の推定に取り組んだ。

熊本市との連携・協議を通して、都市部の中でも城東校区を洪水状況の推定地域として選定した(写真-1)。城東校区は、熊本中心部の複数の町・丁に位置した大商業地区で、16の自治会があり、昼夜間人口の格差が激しい区域である⁶⁾。

3.3 熊本市城東校区における洪水状況の推定方法とVFESによる洪水推定状況の比較

2022年1月に、城東校区を含む熊本市中心部の主要交差点において、360°カメラを用いた360°画像撮影を行った。市街地のため、多くの人影の映り込みが予想されたため、早朝(午前7:00前後)の人通りの少ない時間に360°画像を3枚撮影し、これらの画像を比較し人影を除去した。

また、3次元市販地図データから河床変動計算用地形及び構造物データを取り出し、ヨナの流下による河床変動を考慮した氾濫シミュレーションを行った⁷⁾。

パターン1は、避難想定路を無事通過できるギリギリの時間で設定し、パターン2は、その1時間後の避難を行うこととした。同じ避難経路であるにも関わらず、洪水状況は大きく異なり、避難



パターン1



パターン2

図-3 簡易型VFESによる洪水推定状況の比較



写真-2 簡易型VFES体験会の概要

行動が遅れるほど避難困難度が高まることがわかる(図-3)。

3.4 城東校区自治会員へのVFESの体験会の開催とアンケート調査の実施

2022年2月に城東校区の住民を対象に、水災害に関するアンケート調査を行った。その後、2022年3月26日、熊本市役所において、城東校区自治会員16名、熊本市役所15名の参加をいただきVFES体験会を実施した(写真-2)。

VFES体験会では、ICHARMが、気候変動に伴う降雨の激甚化と水災害リスクの増加、白川流域の地形・地質の特徴、熊本市及び城東校区の水災害リスクに関する発表を行った後、簡易型VFESを体験いただき、水災害への備えについて参加者と議論した。

その後、再度、2022年2月の調査と同じアンケート調査を行い水災害意識に関する変化を分析した。

4. 結果と考察

VFES体験会を通して把握できた点は、①日常的な空間で水災害を疑似体験することは、より自分にも水災害のリスクが降りかかることの理解を促すことを確認でき(図-4)、②一般市民、行政関係者が同じ場で体験を行うことで、行政・市民が一体となったリスクコミュニケーションが進むことである。

本報告は、熊本市城東校区の事例だけで極めて限定的な結果ではある。しかし、日常の空間での洪水疑似体験は、自分の生活範囲で洪水が起こる可能性を認知するのに十分な効果があることを確認した。

今後は、他の地域での実証も含めて、洪水疑似体験とアンケート項目の対応関係のより深い分析を行いたい。

Q. 洪水から自分の身や家を守るのは自分たち自身だ？

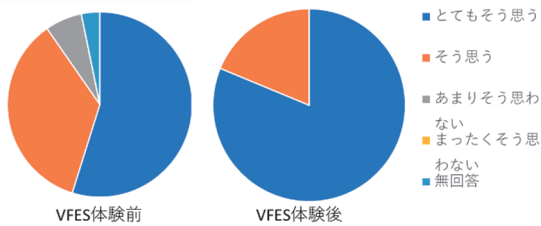


図-4 VFES体験会のアンケート調査の概要

5. VFESの今後の発展性

VFESは、普及を目指した省力化の進展により導入にかかるコストを下げることで、多くの区域に適用が可能となった。今後、多くの取り組みに活用できると考えられる。VFESの研究面・実務面での特筆すべき今後の可能性は、洪水時の人の「こころ」の動きの理解を促す点にある。

心理学は、内観報告に頼る研究に客観的に確かめることができる刺激（Stimulus）と、それに対応する反応（Response）との結合関係に着目することにより飛躍的に発展した⁸⁾。VFESは、様々な洪水状況の刺激をデジタル空間で作り出し、それに対する人間の反応を理解する実験心理学的アプローチにより、洪水時特有の心理状態をより深く理解し、早めの避難行動を動かす社会的な取り組みを考察し、リアルの世界で実践する手段として大いなる発展が期待できる。

6. まとめ

熊本県熊本市において、市販の3D都市モデルデータ、360°画像、流出計算・洪水計算を仮想空間で結合し、体験できる簡易型仮想洪水体験システムを開発した。その結果、身近な空間の洪水

リスクをわかりやすく伝達できた。同時に、行政・市民間のリスクコミュニケーションを進展させる可能性を把握できた。

謝 辞

熊本市には、城東校区における調査・研究・開発において多大な協力を頂いた。国土交通省九州地方整備局熊本河川国道事務所には、白川における関係資料・情報の提供に多大な協力を頂いた。ここに、深甚なる謝意を表する。

参考文献

- 1) 小池俊雄、吉谷 崇、白川植樹、澤田忠信、宮代信夫、井上雅也、三阪和弘、町田 勝、藤田浩一郎、河野真巳、増田 満、鈴木孝衣、深田伊佐夫、相ノ谷修通：環境問題に対する心理プロセスと行動に関する基礎的考察、水工学論文集、2003 年 47 巻、pp. 361～366
- 2) 傳田正利、諸岡良優、藤兼雅和：国土数値情報等と氾濫シミュレーションを用いた仮想洪水体験システムの開発、安全工学シンポジウム、pp.96～97、2020
- 3) 熊本市：第4回アジア・太平洋水サミット 熊本市ポータルページ、
<https://www.city.kumamoto.jp/kankyo/hpKiji/pub/detail.aspx?c_id=5&id=40805&class_set_id=3&class_id=501>（入手 2022.8.8）
- 4) 九州地方整備局熊本河川国道事務所：白川水系河川整備計画本文
<http://www.qsr.mlit.go.jp/kumamoto/river/shirakawa/shirakawa_kasenseibi/shirakawa_seibi_honbun.html>（入手 2022.8.8）
- 5) 中村晋一郎：洪水と確率、基本高水をめぐる技術と社会の近代史、東京大学出版会、pp.39～40、2021
- 6) 熊本市：城東校区
<https://www.city.kumamoto.jp/chuo/hpkiji/pub/List.aspx?c_id=5&class_set_id=10&class_id=1376>
- 7) 原田大輔、江頭進治：豪雨時の浮遊砂の流出と河床変動に伴う洪水氾濫 ―白川のヨナ洪水を例に―、土木学会論文集 B1（水工学）、2022（印刷中）。
- 8) 鹿取廣人・杉本敏夫・鳥居修晃：心理学、pp.14、東京大学出版会

傳田正利



土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター
主任研究員、博士（工学）
Dr. DENDA Masatoshi

新屋孝文



土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター
上席研究員
SHINYA Takafumi

原田大輔



土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター
専門研究員、博士（工学）
Dr. HARADA Daisuke

小池俊雄



土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター
センター長、工博
Dr. KOIKE Toshio