

水災害時の早期避難の実現に向けて VRを用いた仮想洪水体験システムの可能性

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 主任研究員 でんだ まさとし 傳田 正利

1. はじめに

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。この問題は、水災害に遭った経験がない、または経験が少ない地域住民が、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。そのため地域住民が、その居住地における水災害時のリスクや状況を想像・体験できる方法が必要となる。

また、水災害時の貴重な経験の記録や教訓の伝承は、口頭、写真及び映像等によって行われる。これらは貴重な情報ではあるが、断片的な情報の伝承にとどまっている面がある。そこで水災害に関する地域住民の貴重な経験・教訓を連続したストーリーにして再現し、他地域の住民や後世のためにわかりやすい形で伝承する方法が必要となる。

このような課題に対応するため、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（通称 ICHARM（アイチャーム））では、仮想洪水体験システム（Virtual Flood Experience System: 以下、「VFES」という）の開発・改良、現地適用を通じた実用性の検証を行っている。

本稿では、VFESの概要、新潟県東蒲原郡阿賀町（以下、「阿賀町」という）におけるVFESの

適用事例を紹介する。また、阿賀町住民の水災害経験の教訓を伝承する「教訓伝承用VR」作成の取り組みについて報告する。

2. 仮想洪水体験システムの概要

(1) システム構成

VFESは、測量技術、河川工学及びVR（Virtual Reality：仮想現実）を組み合わせ、仮想現実における水災害体験を可能にするシステムである。VFESは、①空間情報部、②水文・水理計算部、③VRを用いた仮想現実統合部の三つの部分から構成されている。以下に、各部の詳細を説明する（図-1）。

① 空間情報部

空間情報部は、国土地理院が提供する基盤地図情報に含まれる数値標高モデル・基本項目を用いて、地形、建築物の外周線、道路縁等の基本的な空間情報を作成する。

基盤地図情報は、位置精度が担保された空間情報の広域な提供を目的とするため、建築物、橋梁、道路の詳細な形状や、景観的要素（壁面の色相等）には十分な精度がない。そのため、これを補完するため、UAV（Unmanned Aerial Vehicle：通称ドローン）やTLS（Terrain Laser Scanner：地上レーザースキャナー）を用いた点群測量や写真

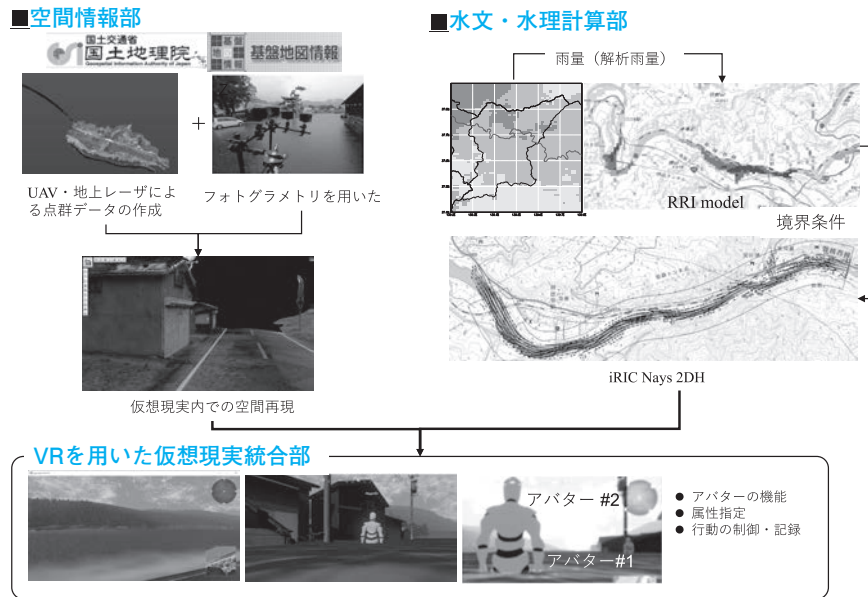


図-1 VFESの概要

測量により形状や景観要素を補完した後、最終的に3DCADを用いて空間情報の高度化を行う。この作業を行うことにより、人間の目に違和感のない景観再現を可能にする。この3次元空間情報を仮想現実統合部へ読み込む。

② 水文・水理計算部

水文・水理計算部は、流出解析と流況解析を行う。流出解析は、流域に降った雨から河川流量を推定する解析であり、VFESではRRI（Rainfall Runoff and Inundation model：降雨流出氾濫モデル）を用いている。

流況解析は、河道内で生じる水位・流量・流速等の空間的・時間的な変化を解析する手法である。VFESでは、iRIC（International River Interface Cooperative）に実装されるNays2DHを用いて平面流況解析を行う。VFESは流出解析を行い対象区間の流量を求めた後、流況解析を対象区間で行う。その結果を仮想現実統合部へ読み込む。

③ VRを用いた仮想現実統合部

仮想現実統合部は、空間情報部及び水文・水理計算部で解析した空間情報を仮想現実上で統合し、対象地の水災害状況を再現する。

この作業は、ゲームエンジン（Unity社：Unity, Epic社Unreal Engine等）を用いて行う。ゲームエンジンは、VFESの目的を達成する上で二つ

の利点を持つ。1点目は多彩なVRエフェクトを活用できる点である。VRエフェクトの活用で、よりリアルな水災害状況を再現できる。

2点目は、アバター（仮想現実上の分身）による疑似体験である。VFESの体験者は、アバターを介して、時間や場所の制約なく仮想現実内で水災害を体験できる。また、アバターは、運動能力等を任意に設定できるため、若年層が高齢者の運動能力を疑似体験できる等、避難時に他者が直面する困難を疑似体験できる。

3. 令和元年台風第19号時の適用

(1) 阿賀町の概要

VFESの可能性を検証するため、実際の水災害が発生した地域への適用実験を行った。VFESの適用地として、阿賀川・阿賀野川流域の阿賀町を選定した。阿賀川・阿賀野川は、河川長は210km、流域面積は7,710m²であり、流出量は日本第2位である（図-2）。

この豊かな流出量は、水力発電等を通して多くの恵みをもたらすが、水災害も発生させている。阿賀野川流域は、平成23（2011）年に過去最大の水災害が発生し、記憶に新しい令和元（2019）



図-2 阿賀町の概要¹⁾

年にも水災害が発生する等、水災害が多い地域でもある。水災害の多い阿賀川・阿賀野川流域の阿賀町の中でも、過去2回の浸水被害を受けた実川島地区（以下、「調査地」という）に着目し、VFESの適用を行った。

(2) 仮想洪水体験システムの再現性

調査地の空間情報を計測するため、2019年と2020年に現地調査を行った。2019年は地形、建築物の計測を行うためUAV、TLSによる測量を行い、2020年は写真測量を実施した。これらの現地測量結果を用いて流出解析・流況解析を行い、2019年の水災害状況を計算した。

図-3にVFESを用いた水災害状況の俯瞰図を示す。浸水域は痕跡調査の水際線と概ね一致し、水災害状況を良好に再現している。

図-4にゲームエンジンの機能を用いた家屋周辺の浸水状況を再現する。浸水状況はリアリティをもって再現され、水災害時、現地で撮影された写真と極めて類似した状況再現であった。



図-3 VFESを用いた水災害状況の俯瞰図



図-4 家屋周辺の浸水状況の再現

(3) 教訓伝承用VRの作成とその概要

① 水災害に関するヒアリング

調査地住民の水災害経験の教訓伝承用VRを、以下の流れで作成した。

令和3(2021)年10月に調査地住民にヒアリング調査を行った。ヒアリング調査では、平成23年7月新潟・福島豪雨、令和元年10月台風第19号時の、1)水災害の発生危険性に気付いた時期、2)避難決断の理由、3)避難行動の様態及び4)避難経路について、以上の四つの質問を行った。

自由記述の回答を分析し、避難に関わり、かつ、危険につながる行動の中から三つの教訓を選定した。その三つは「教訓① 経験や勘だけに頼るのは危険」、「教訓② 浸水箇所を車で避難するのは危険」、「教訓③ 浸水している場所に忘れ物を取りに帰るのは危険」である。この三つのトピックを教訓伝承用VRの題材とした。

② 教訓伝承用VRの概要と動画例

教訓伝承用VRの一例として、「教訓① 経験や勘だけに頼るのは危険」の画面構成を図-5に示す。VFESを用いて詳細に再現した調査地の水災害状況を示している。阿賀川・阿賀野川流域への雨があがった後、ダム放流量の増加に応じて生じ



水災害前

水災害後(画面左側にせき上げによる浸水を再現)

図-5 教訓伝承用 VR ①の画面

た現象を VR 動画で再現している。雨がかりに青空が広がり、水災害の危険性が去ったと誤認しやすい状況である。しかし、上流でダム放流がある流域においては、ダム放流量等を逐次確認し、慎重な行動が求められる点をまとめている。可能であれば、ダム放流量に関する避難判断基準を設け、適切なタイミングで避難することを推奨する内容となっている。

土木研究所での一般公開時の体験会において、教訓伝承用 VR ①は、実際の水災害の状況やその危険性をリアリティ高く伝え、実経験に基づく適切な水災害時の対応等をわかりやすい動画で伝達できたとして好評を得ている。

これらの取り組みは VFES の可能性を示している。今後は平易かつ安価な VFES の適用を可能とし、全国で頻発する水災害状況の再現や水災害時の適切な行動、水災害の教訓をわかりやすく伝承する取り組みへの活用が期待される。

4. VFES 研究の今後の展開

(1) より平易かつ安価な VFES 適用方法の検討

これまで報告したように有用な VFES であるが、VFES の構築には一定のコストが必要になる。最もコストを要する部分は空間情報の高精度化である。VFES は UAV、TLS 及び写真測量等を用い、空間情報の高精度化を行っている。しかし、現地測量を少なくすることでコストが低減できる。

現地測量を少なくするには、近年整備が進む 3 次元空間情報の利用や 360° 画像の利用が考えられる。3 次元空間情報に関しては、国土交通省が

を進める 3D 都市モデルの整備・活用プロジェクトである PLATEAU²⁾の活用を予定している。

360° 画像の利用に関しては、筆者らによる熊本市での取り組みのように、空間情報の詳細な再現を 360° 動画で代用する³⁾。この方法で現地調査を 1～2 日程度に短縮し、機材・後処理のコストも低減できる。今後はこれらの方法も含め、VFES の普及、水災害時の避難行動に関する研究への応用を進める予定である。

5. おわりに

本稿では、仮想洪水体験システム (Virtual Flood Experiment System : VFES) の概要、阿賀町での適用事例 (水災害状況の再現、教訓伝承用 VR の作成例)、VFES の可能性と普及にむけた方向性を報告した。

VFES は、まれな現象である水災害状況をリアリティ高く再現し、また、水災害に関する地域住民の貴重な経験・教訓を連続したストーリーにして再現する「教訓伝承用 VR」の作成等、多くの可能性を持つ技術であることを確認できた。

【参考文献】

- 1) 国土交通省 北陸地方整備局 阿賀野川河川事務所：阿賀野川水系河川整備計画、<<https://www.hrr.mlit.go.jp/agano/jigyouseibi/keikaku/2shou.pdf>> (入手 2023.01)
- 2) 国土交通省都市局：PLATEAU、<<https://www.mlit.go.jp/plateau/about/>> (入手 2023.01)
- 3) 傳田正利・新屋孝文・原田大輔・小池俊雄：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、土木技術資料、Vol.64, No.10, pp.12-15, 2022