

水災害・危機管理意識の向上に資するリスク・コミュニケーションシステムの開発

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 30～令 4

担当チーム：水災害研究グループ

研究担当者：新屋孝文、傳田正利

【要旨】

近年頻発する水災害時に生じる地域住民の避難遅れが深刻な問題となっている。水災害が迫りつつあるときに、一人一人が想像力を高めて事前に行動するための心理的な“ラストワンマイル”を埋めるとともに、ハード整備や土地利用の誘導による平時からの対策についての合意形成を進め、水災害に対してレジリエントな社会を構築していくことが求められている。本研究は、目標①：水災害の統合的な再現、可視化、目標②：心理プロセスの特徴を踏まえたシステム設計の達成のため、個人にとっては一般的に極めて稀な事象である水災害を仮想空間において疑似体験できる仮想洪水体験システムを開発した。新潟県阿賀町における令和元年（2019年）台風19号時の水災害に適応した結果、水災害状況の再現性の検証を行い、良好な水災害再現状況を確認した。

キーワード：水災害、危機管理意識、リスク・コミュニケーション、VR、避難訓練

1. はじめに

全国で頻発する水災害時における、地域住民の避難遅れに伴う危険への遭遇は、重要な課題である。水災害という非日常的な困難状況と水災害時に遭遇する危険性を、行政・地域住民が事前に共有し備える、リスク・コミュニケーションシステムが必要となる。しかし、上記のような水災害のリスク・コミュニケーションは、口頭や写真、断片的な映像での伝承に留まっている。こうした状況の中、研究期間中に **Virtual Reality**（以下、「VR」と記述する。）の技術が飛躍的に進展したため、仮想空間内で正確に再現した水災害状況を体験することが可能になった。

このような背景から、土木研究所は、発展した VR 技術を活用し、仮想空間で水災害状況を体験し避難訓練までを行える仮想洪水体験システム（**Virtual Flood Experience System**:以下、「VFES」と記述する。）を開発した。

平成 30 年度～令和 2 年度は、達成目標①で掲げた「水害の統合的な再現、可視化」の効果を検証するため、VR を用いた水災害状況の疑似体験が水災害の認知・危険性の伝達を可能にするかの検証を行い、良好な結果を得た^{1) 2)}。令和 3 年度～令和 4 年度までは、達成目標②：心理プロセスの特徴を踏まえたシステム設計を行なった。本報告では、最終成果である VFES を中心にその概要を報告する。

2. 研究の方法

2.1 仮想洪水体験システムの概要^{3) 4)}

VFES は、測量技術、水理・水文学及び VR 技術を組み合わせ、仮想空間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)水文学・水理学部、(3)仮想現実統合部の 3 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）。

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。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)による点群測量や写真測量により形状や景観要素を補完した後、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小さい景観再現を可能にする。

ただし、UAV や TLS 等の点群測量は現地調査等に高額な費用を必要とするほか、コンピュータ上での景観再現には描画機能が優れた映像出力装置など高額な機材を必要とする。そのため、汎用的に用いることが難しい場合もあるため、背景画像を 360° 写真等で代用し現地測量コストの低減する方法も開発している⁵⁾。

水文学・水理学部は、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) を用いている。流況解析は、河道内及び氾濫域で生じる水位・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 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。

仮想現実統合部は、空間情報部及び水文学・水理学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。この作業には、ゲームエンジン (Unity 社 : Unity、Epic 社 : Unreal Engine 等) を用いる。ゲームエンジンは、VFES の目的を達成する上で 2 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 エフェクトにより、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) である。VFES の体験者は、アバターを介して、時間や場所の制約がなく仮想現実内で

動ログをとることが出来るため、仮想空間における避難行動時の心理分析への発展が期待される (図-1)。

VFES の開発は、目標① : 水害の統合的再現、可視化、目標② : 心理プロセスの特徴を踏まえたシステム設計の達成を目指しながら実施した。

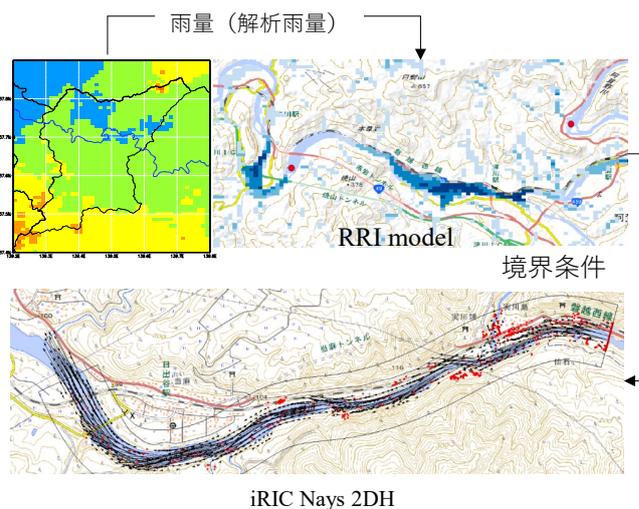
達成目標① : 水害の統合的再現、可視化に関しては、解析雨量等、近年の雨量観測技術の発展、データ配信による活用可能性の向上に対応したデータを入力情報として用いている。それを元に流出と特定区間の流況を再現し、ゲームエンジンを用いて統合化するシステムとしている。

達成目標② : 心理プロセスの特徴を踏まえたシステム設計に関しては、人間の思考・行動を中心に据える「ヒューメイン」の視点を重視し、水災害時に避難が必要となる地域住民が居住地の近くで起こりえる水災害の可能性を模擬体験できるシステムとした。研究・

■空間情報部



■水文学・水理学部



VRを用いた仮想現実統合部



図-1 VFES の概要

水災害を体験できる。またアバターは、例えば若年層が高齢者の運動能力のもとで避難行動を行う等、任意の設定で避難時に他者が直面する困難を疑似体験できる。また、アバターの位置情報を連続的に記録する行

開発当初はヘッドマウントディスプレイ (Head Mounted Display : HMD) を用いて、視覚的に体験する



図-2 阿賀町の概要

だけであったが、研究・開発の進展に伴い、アバターを用いて仮想的に再現した水災害状況の中を避難できるシステムへ発展させた。これに伴い、水災害に遭遇する可能性を感じ、水災害時の状況に関心がある住民が、VR という新しい技術への興味と併せて、水災害を体験してみたいという動機の形成を促すと考えている。

また、模擬体験を通して水災害時の適切な行動を自身で考えながら学ぶことで、水災害時の適切な判断や行動への認識や早期避難の実現の可能性を高められると考えている。

3. 新潟県阿賀町における適用

VFES の実用性を検証する目的で、令和元年（2019年）台風第 19 号時における阿賀野川流域上流部にある水災害が生じた実川島地区に VFES を適用した（図-2）。流域地形の空間情報は基盤地図情報を用い、建築物は点群測量結果と 3DCAD による建築物再現、写真測量によるテクスチャの貼りこみを行い再現した。雨量データは解析雨量、流出計算は RRI モデル、流況計算に関しては iRIC (Nays2DH)⁶⁾ を用いて平面流況再現を行った。

実際の水災害時の状況と VFES による水災害の再現性を比較した。再現性の比較に関しては、新潟県提供による痕跡水位の測量データを比較対象とした。また、被災した地域住民がリアリティを評価した。

4. 結果と考察

図-3 に VFES の適用結果を示す。VFES は水災害状況を適切に再現し、冠水域の水際線は、痕跡水位の測量データとほぼ一致する結果となった。水災害時のリアリティの再現精度に関しては、堤防、橋梁の設置位置の微妙なずれ、建築物や橋梁等の構造物の色相が鮮



図-3 阿賀町における水災害状況の再現（俯瞰図）



図-4 水災害状況の再現（地域住民の目線の高さにアングルを設定）

やすすぎる点、洪水時の濁水の透明度が濁りすぎている以外は、地域住民から概ね良好な評価を得た。その後、色相の補正等を通して、リアリティの改善を確認した（図-4）。

VFES の開発・適用により、達成目標とした①水害の統合的な再現、可視化、②心理プロセスの特徴を踏まえたシステム設計、を達成できたと考えている。また、VFES の構築に際して、現地測量等で多大なコストを必要とする空間情報部において、背景画像を360°写真等で代用し現地測量コストの低減する方法にも取り組めた点も大きな進展があったと考えている。

5. おわりに

本研究課題で開発された VFES は、引き続き改良を進め、水災害時の避難訓練システムとしての発展・地域社会への適用を行っている。

その一環として、2023年2月に行われた第9回洪水管理に関する国際会議（9th International Conference on Flood Management）で行われた一般公開シンポジウムにおいては、つくば市内の中学生、高校生及び大学生が参加する VFES を用いた仮想洪水下における避難行動訓練競技会を行った。VFES を適切な避難行動をとった場合には加点、改善すべき避難行動をとった場合には減点が行われるネットゲームとして発展させ、参加者から好評を得た。

今後、より多くの体験者が、同時に避難行動訓練が可能なシステムへ発展させ、地域住民が水災害に関する理解を深める機会を増やす活動に発展させる予定である。

参考文献

- 1) 栗林大輔・大原美保・小藪剛史・澤野久弥：イメージ映像での洪水疑似体験による洪水意識および減災行動意欲向上に関する考察. 日本災害情報学会誌pp.35-46、 No.18-1 Jan.2020
- 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2020講演予稿集、pp.96-97、 2020.
- 3) 傳田正利・諸岡良優・藤兼雅和・栗林大輔：災害「我がこと感」を醸成する洪水リスクコミュニケーションシステム、建設マネジメント技術、2020年3月号、pp22-25、 2020.
- 4) 傳田正利・新屋孝文：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、建設マネジメント技術、2023年3月号、 I_601-I_606、 2021.
- 5) 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、第28巻、pp.12-15、2022.
- 6) iRIC ソフトウェア：<https://i-ric.org/ja/>

Development of a risk communication system to improve water-related disaster risk awareness

Research Period: FY2018-2022

Research Team: Risk Team, Water Hazard and Risk Management Research Group

Author: SHINYA Takafumi

DENDA Masatoshi

Abstract: In this study, we developed the Virtual Flood Experience System, which can reproduce water disasters in a virtual space and allow users to experience them virtually. We used the system to reproduce the flood disaster caused by Typhoon No.19 in 2019 in Aga Town, Niigata Prefecture, and confirmed the good reproducibility of water-related disasters and its potential as a risk communication tool for users to understand the risks related to water-related disasters.

Keywords: water-related disaster, crisis management awareness, risk communication, virtual reality, evacuation training