

VRを用いた氾濫シミュレーションシステムの開発

北山若葉^{†1} 川合康央^{†2}

概要: 都市の内水氾濫をシミュレーションすることができる基盤システムの開発を行った。対象地区として、多摩川に接する神奈川県川崎市登戸駅周辺とする。浸水の時系列的な変化を再現するとともに、VRを用いた一人称視点での避難シミュレーションも行うことができるものとした。これにより、氾濫の危険のある地点を事前に確認することができるとともに、経路を想定した避難体験も行うことができるシステムとなっている。

1. はじめに

近年、地球温暖化やヒートアイランドの影響を受け、我が国ではゲリラ豪雨や線状降水帯などの気象災害が増加している。これにより、都市部での洪水や氾濫などの水害も増えている。気象災害により、自宅等から避難する必要が発生した場合、事前に避難場所を認知していない場合や、内水氾濫等による道路閉鎖が起こる可能性が高い道路を知らずに避難しようとして、立ち往生する可能性などがあり、結果、速やかな避難ができず、被災してしまう危険がある。少しでもその被害を抑えるためには、最新の気象情報を確認することや、事前の災害対策の準備、災害発生時の素早い非難行動などが重要である。

本研究では、神奈川県川崎市に位置する登戸駅周辺を対象とし、多摩川の外水氾濫と内水氾濫が起こった際、どのように浸水が進行するのか、浸水時に避難場所に向かうにはどのようなルートがあるのかなどのシミュレーションを行うことができる基盤システムの開発を行った。

本システムでは、避難場所の確認や経路の確認、実際に氾濫が起きた際の被害状況などを事前に把握することができるものである。さらに、VRを用いて一人称視点で体験することによって、よりリアルな水害の被害状況、避難の体験を行うことができ、実際に災害が起きた際に、落ち着いて行動することができるのではないかと考える。ゲームのようなインタフェースで、VRを用いて感覚的に操作してシミュレーションを行うことができるため、児童を含む様々な人々に体験してもらうことが可能である。

2. 先行研究

ゲームエンジンを用いたシミュレーションや、水害に関する様々な先行研究が存在する。

2.1 水害にシミュレータに関する研究について

桑沢ら[1]は、水害における避難計画の策定や防災教育の実施の支援を目的としたシナリオ・シミュレータを開発している。この研究で開発されたシミュレータは、水害時の

災害情報の伝達や、住民の避難行動、洪水の氾濫状況などを総合的に表現し、空間的・時間的關係から、人的被害の発生状況を再現するものとなっている。また、このシミュレータを防災教育ツールとして活用した事例を紹介しており、シミュレータにすることによって防災講演会等で活用しており、わかりやすく説明することが可能だとしている。

2.2 ゲームエンジンを用いた水害シミュレーションに関する研究

川合ら[2]は、ゲームエンジンを用いて、津波の避難行動シミュレーションシステムを開発している。この研究では、自律的に避難するエージェントを、在住者と来街者、その中で成人、児童、高齢者の三つに分け、地理情報データをもとに相模湾沿岸地区の避難行動をシミュレーションするというものである。ゲームエンジンを用いることで、どの避難場所にもどの程度人が集まるのか、被災者はどの箇所にもどの程度発生するのかなどを、わかりやすく可視化している。この研究により、内陸部でも大きな被害が発生する箇所が可視化されており、ゲームエンジンを用いて分かりやすく表示したことで危険な地点を確認できる。

2.3 格子法と粒子法を用いた流水表現について

内藤ら[3]は、ゲームエンジンを用いた水害シミュレーションを開発している。この研究では、水害の表現について格子法と粒子法を用いて検討している。粒子法は、3次元の地理モデルとアセットを用いることで、可視化に優れたものとなっている。一方、格子法は粒子法より開発コストがかかるものの、より正確に時系列に応じた水の動きを再現することが可能であり、更に3次元モデルを使用することによって、より分かりやすいシミュレーションが可能であるとしている。

2.4 これらを踏まえた本研究について

これらの先行研究を踏まえ、本研究では水害における被害と避難のシミュレーションを行うことができる基盤システムを開発する。シミュレータとすることで分かりやすく体験してもらうことを目標とし、ゲームエンジンとVRを用いた表現により、よりリアルなシミュレーションを行う

^{†1} 文教大学

ことが可能である。

また、本システムでは内水氾濫による避難状況の可視化を目指しているため、今後、避難エージェントを配置し、それぞれに移動速度等を設定し、避難状況を確認することができるシステムを実装する。

3. システムの開発

本システムは、川崎市の登戸駅周辺を対象とし、時間経過で増えていく水を配置し、氾濫した際の水の増え方を可視化、そして避難場所までの経路の確認や所要時間をシミュレーションすることができるシステムとなっている。

3.1 開発環境について

本システムの開発環境を表 1、システム構成図を図 1 に示す。

表 1 開発環境

OS	開発環境
Windows 11 Home	Unity 2022.3.2f1 Visual Studio Code 2017 Cesium for Unity PLATEAU Oculus Quest 2

ゲームエンジンは Unity を使用した。また、川崎市の地理空間情報については、Cesium が提供している Cesium for Unity プラグインを利用し、国土交通省が公開しているオープンデータ PLATEAU[4]から、3D Tiles 形式の建物データを表示させている。開発に使用した言語は C# である。

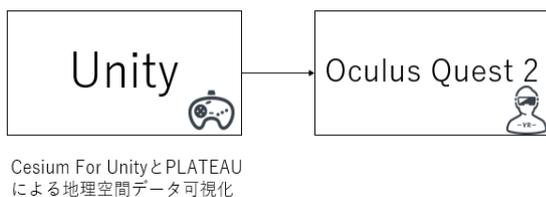


図 1 システム構成図

3.2 水面の表現

水面の表現として、Unity の FluXY - 2.5D fluid simulator[5] アセットを使用した。氾濫水位と内水氾濫箇所については、国土交通省が公開している「重ねるハザードマップ」[6]と川崎市上下水道局が提供している「内水ハザードマップ」[7]を参考にして配置を行った。

Cesium for Unity に PLATEAU の建物データを表示させた地形に、本アセットの水を配置することで、よりリアルな水の動きが表現できる。



図 2 水面上昇前のマップ

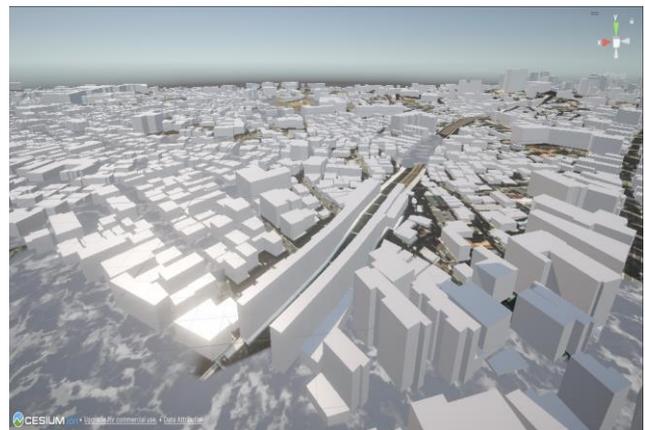


図 3 水面上昇後のマップ

経時的に水量が増えることで、地形が高く水が溜まるまでに時間的な余裕がある地点はどこかを確認したり、低い地点は危険な場所として認知でき、現在地から近い避難所を確認したりすることができる。

3.3 VR での動作

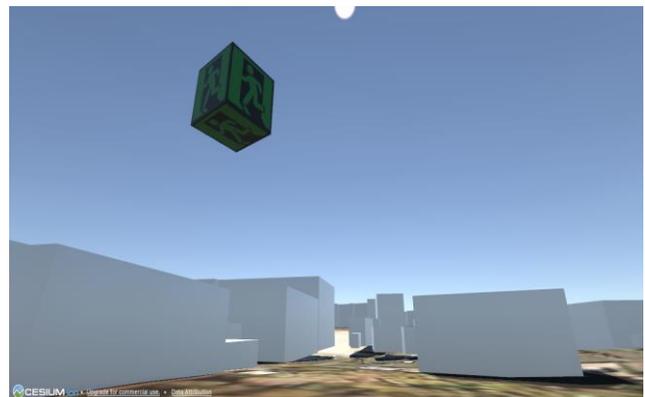


図 4 一人称視点の避難モード画面

本システムはヘッドマウントディスプレイ Oculus Quest2 での動作を想定したシステムとなっている。俯瞰視点では、都市に段階的に水が溜まっていく過程を観察し、実際に街

中の浸水状況の確認や避難を行うことができる。避難シミュレーションを VR で行うことによって、よりリアルな避難体験をすることができると思う。

4. まとめ

本研究では、神奈川県川崎市の登戸駅周辺を対象とした、多摩川の外水氾濫や内水氾濫をシミュレーションすることができるシステムの開発を行った。

Cesium for Unity と PLATEAU による都市 3 次元モデルと、FluXY アセットによる水の表現により、VR 空間でのリアルなシミュレーションが可能となった。俯瞰視点では、どの地点がより危険か、そして避難場所までの距離などを確認することができ、一人称視点では実際に避難することが可能になっている。

今後の展望として、内水氾濫によって避難が遅れ孤立する危険などについて、仮想避難エージェントを複数用意してシミュレーションすることができるモードの実装を行うこととする。また、現状のシステムは、処理動作の重さが課題となっている。システム軽量化について、マップの制限や描写での対応を行っているが、上記の機能を追加するにあたって、さらに対応が必要となる。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP 23K11728 及び文教大学共同研究費の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 桑沢敬行, 片田敏孝, 及川康, 児玉真. 洪水を対象とした災害総合シナリオ・シミュレータの開発とその防災教育への適用. 土木学会論文集 D, 2008, Vol.64, No.3, pp. 354-366.
- [2] 川合康央, 海津ゆりえ. ゲームエンジンを用いた津波ハザードマップ. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2019 論文集, 2019, pp.285-288.
- [3] 内藤大喜, 武谷龍, 川合康央. ゲームエンジンを用いた水害シミュレーションシステム. 日本デザイン学会研究発表大会 概要集 日本デザイン学会 第 69 回研究発表大会, 一般社団法人 日本デザイン学会, 2022, p.400.
- [4] 国土交通省: PLATEAU; <https://www.mlit.go.jp/plateau/> (2023/12/15 参照)
- [5] FluXY - 2.5D fluid simulator | 物理エンジン | Unity Asset Store <https://assetstore.unity.com/packages/tools/physics/fluxy-2-5d-fluid-simulator-203795?locale=ja-JP> (2023/12/15 参照)
- [6] 国土交通省: 重ねるハザードマップ; 国土地理院, <https://disaportal.gsi.go.jp/> (2023/12/15 参照)
- [7] 川崎市上下水道局: 内水ハザードマップについて; <https://www.city.kawasaki.jp/800/page/0000125074.html> (2023/12/15 参照)