# ⑹ 水害の被災イメージ構築を支援する複合現実を用いた災害状況再現システムの提案

松田　知樹[1]・高橋　亨輔[2]・井面　仁志[3]

[1]非会員　香川大学大学院　創発科学研究科創発科学専攻（〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20）
E-mail: s22g307@kagawa-u.ac.jp

[2]正会員　香川大学准教授　創造工学部創造工学科（〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20）
E-mail: takahashi.kyosuke@kagawa-u.ac.jp

[3]正会員　香川大学教授　創造工学部創造工学科（〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20）
E-mail: inomo.hitoshi@kagawa-u.ac.jp

本研究では複合現実（Mixed Reality：MR）技術を活用し，水害の被災イメージ構築を支援する災害状況再現システムを提案する．提案システムを用いて，豪雨災害における被害の発生する可能性がある地域や実際に過去に災害が発生した地域にて，想定される災害及び過去に発生した災害を再現する．これにより，地域に住んでいる住民が災害のリスクについて共通認識を持ち，地域の危険個所などについて認識する支援を試みる．

***Key Words:*** *mixed reality, extended reality, disaster prevention, visualization*

## 1. はじめに

日本では，時間雨量 50mm 以上の豪雨の年間発生回数は増加傾向にある．2012 年から 2021 年までの過去 10 年間に約 98%以上の市町村で水害・土砂災害が発生している [1]．今後さらに豪雨による浸水の被害が増大することを予測される．このため，水害に対するリスクについて考える必要がある．

一般に，災害リスクを把握するためにリスクコミュニケーション [2]が実施される．しかし，人々の災害リスクに対する理解度や認知度は被災経験の有無や，防災に関する知識の有無によってもさまざまである．そこで，本研究では，災害リスクについて共通認識を持ち，住民の方々がコミュニケーションをとりながら地域の災害リスクを把握する支援を行うシステムを提案する．

本研究では，複合現実（Mixed Reality：MR）を用いて水害の被災イメージ構築を支援する災害状況再現システムを提案する．被災イメージ構築支援には，XR 技術（eXtended Reality：XR）のひとつである MR を活用する．MR とは，デバイス自体が周囲の現実空間の形状を認識し，その形状をもとにバーチャル情報を配置・表示させる技術である．MR は 3D オブジェクトの現実空間上での位置情報を算出することで，3D オブジェクトが現実に存在するように表現が可能となっている．

提案システムでは．MR 技術を活用し，豪雨災害時に発生する降雨，浸水や流木などの堆積物の再現を行う．想定される災害の場合は，想定される災害のデータから，過去の再現の場合は，過去の災害記録を基に浸水の高さ，降雨の強さ，流木，堆積物を配置し，想定される災害や当時の災害状況の再現を行う．

## 2. システムの概要

### ⑴ 提案システムのコンセプト

本研究では，現地で災害を再現することで，利用者の被災イメージを構築するシステムを開発する．システムに必要な機能として，災害再現機能，書き込み機能，空間共有機能とシーン保存機能が考えられる．

災害再現機能は，MR を用いて災害へのリスクを視覚的に把握するための機能である．書き込み機能は危険個所や再現時に必要なことを書き込むことを可能とし，住民間のリスクコミュニケーションを支援する．空間共有機能では住民同士で同じ MR の映像を見ながら，共通の

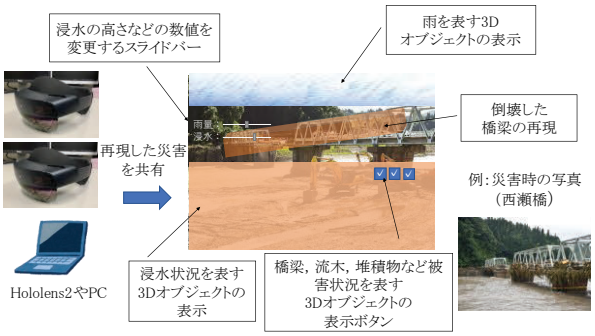



**図-1**　災害状況再現システムの概要図

被災イメージ構築を支援する．シーン保存機能では 1 度再現した災害を多くの人に体験してもらうためにシーンを保存し，再度同じ災害映像を閲覧可能とする．著者らは災害調査支援として MR を用いたシステムを開発している [3]が，本システムを水害の被災イメージ構築支援に用いるように改良する．

提案システムの概要を**図-1** に示す．**図-1** 右下は，災害時の状況を表す写真の例である．提案システムはこの写真を基に，図-1 の中心にあるような災害状況を再現する．再現を行う際は，スライドバーによる浸水の高さなどの数値の変更，3D オブジェクト表示ボタンの入力による橋梁，流木などの 3D オブジェクトの表示および配置を行う．複数台の HoloLens2 使用する場合は HoloLens2 間で 3D オブジェクト位置の同期を行う．また，HoloLens2 の台数以上に参加者がいる場合は PC などの他のデバイスへ災害再現の影像を共有することができる．

### ⑵　複合現実デバイスの概要

本研究では，複合現実デバイスとして Microsoft HoloLens2 を用いる．HoloLens 2 は，使用者の周囲の現実世界にデジタルコンテンツを投影することができるヘッドマウントディスプレイ型のデバイスである．また，開発者向けのツールやプラットフォームも提供されており，HoloLens2 を活用したさまざまなアプリケーションの開発や HoloLens2 複数台での空間共有などが可能である．

### ⑶　開発環境

提案システムの開発環境は次の通りである．HoloLens2 のアプリケーション開発は，ゲームエンジン統合開発環境 Unity と Visual Studio 2022 で開発を行う．Unity 上では Mixed Reality Toolkit（MRTK）活用する．MRTK は事前にアプリ開発で使われる機能や 3D オブジェクトを搭載しているため，Unity 上での 複合現実アプリの開発時間を短縮できるというメリットがある．基本的には MRTK と災害の状況をもとに，雨，浸水，流木や橋梁などの Unity の 3D オブジェクトを活用し作成を行う．

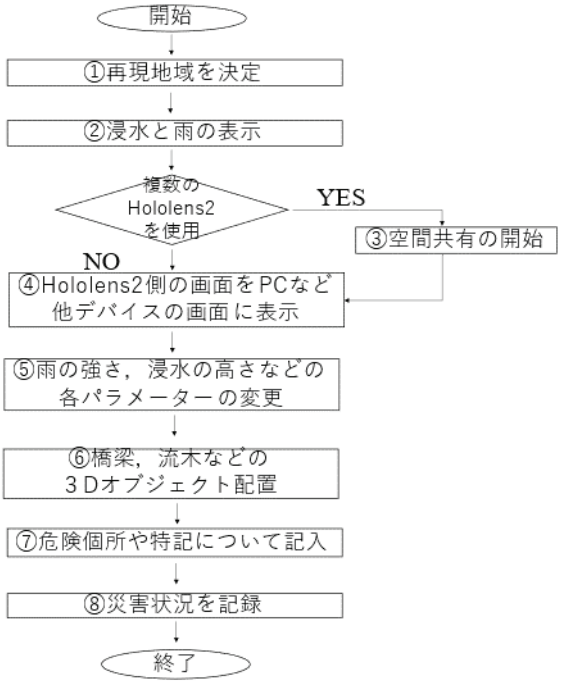



**図-2**　システム利用の流れ

### ⑷　システム利用の流れ

システムの利用の流れを以下の**図-2** に示す．本システムの利用の流れとしては，① 災害を再現する地域の決定し，今回の再現場所を決定，② システムを起動し，浸水，雨 3D オブジェクトの表示する．③2 台以上の HoloLens2 を用いて本システムを使用する際は空間共有による複数台の HoloLens2 上の 3D オブジェクトの場所を同期させる，④ HoloLens2 の台数以上に参加者がいる場合は PC などの他のデバイスを用いて再現された災害の影像を共有する，⑤ 想定数値や証言をもとに浸水の高さと雨の強さなどのパラメーターの変更を行う，⑥ 橋梁，流木などの 3D オブジェクトを証言があった場所に配置する，⑦ 危険個所やその他の特記事項についてシステム上の記入を行う，⑧ 再現した災害の位置座標の状態や動画，写真に保存し記録するといった流れで利用を行う．

## 3.　システムの実装

提案システムは，災害再現機能，書き込み機能，空間共有機能とシーン保存機能を有する．表-1 に提案システムの仕様を示し，各機能の実装について説明する．

### ⑴ 災害再現機能

#### a)　雨の再現

雨の再現は Unity Asset Store で公開されている Legacy

Particle Pack というビジュアルエフェクトの中にある雨の 3D オブジェクトを用いる．この雨オブジェクトのコンポーネントを変更すること雨の状況を変更することが可能である．雨の強さは Emission モジュールの Rate over time プロパティを用いて設定する．Rate over time プロパティは 1 秒間に発生させる雨粒の数を表している．本システムでは 0 から 30000 の値を設定できるようにした．この値をスライドバーによって動的に値を変更することで調節する．

**b) 浸水の再現**

浸水の再現は Unity Asset Store で公開されている Dynamic Water Physics 2 という物理エンジンを用いる．Dynamic Water Physics 2 は浮力を計算する水オブジェクトのシミュレーターである．この物理エンジンを用いると後述する d) 堆積物の再現に用いる各 3D オブジェクトに浮力を設定できる．また，Hololens2 が現実空間の物体を把握できるため，この 3D オブジェクトを活用することで枝分かれなどの分流なども再現することが可能である．

浸水オブジェクトの高さ，角度は Transform モジュールの Position の y 軸，Rotation の x 軸のプロパティを用いて設定する．水の流れは Water Pro Daytime の FX/Water シェダーの Wave scale プロパティを用いることで水の流れの速さが変更できる．しかし，現在は Wave scale を反映せずに実装をしている．

**c) 風の再現**

風の再現は Unity の Wind Zone コンポーネント内 Main と Turbulence のプロパティを用いて設定する．このコンポーネント内の発生する風の強さを変更することで風の強さを変更することができる．風の音は無風，強風，暴風の 3 種類から音を変更する．

**d) 堆積物の再現**

堆積物の再現は橋梁，流木，木箱，石の 3D オブジェクトが用意されており，橋梁，流木，木箱は前述した Dynamic Water Physics 2 に付随している 3D オブジェクトを用いる．石は Unity Asset Store で公開されている Rock Package の 3D オブジェクトを用いる．これらの 3D オブジェクトをボタンから状況に近いものを選択し，3D オブジェクトをカーソルでつかみ移動させることで現実空間を把握した状態で配置する．

### ⑵ 書き込み機能

書き込み機能は災害状況の再現の際において危険個所や特記する事柄が発生した場合に情報を書き込むことができる機能である．書き込み機能は現実空間に直接書き込みを行う機能とメモオブジェクトを用いて書き込みを行う機能がある．

現実空間に直接書き込みを行う機能は Unity の Trail Renderer コンポーネントを使用し，HoloLens2 でシステムを実装した際に親指と人差し指でつまむことで記載したいことをペンのように記入することができるスクリプトを用いることで実装している．

メモオブジェクトを用いて書き込みを行う機能は MRTK の TMP_KeyboardInputField クラスを用いる．メモオブジェクトを選択し，メモオブジェクトをクリックすることで表示されるキーボードに文字を入力するか，キーボード上の音声入力ボタンを入力し，音声入力することも可能である．

**表-1** 提案システムの仕様

| 機能 | 要素 | 項目 | 機能内容 |
|---|---|---|---|
| 災害再現機能 | 雨 | 強さ | EmissionモジュールのRate over timeプロパティを用いて変更 |
| | | 角度 | 風の変化によって雨の角度を変更 |
| | | 音 | Rain Makerの中にある音源を用いて変更 |
| | 浸水 | 深さ | TransformモジュールのPositionのy軸のプロパティの変更 |
| | | 角度 | TransformモジュールのRotationのx軸のプロパティの変更 |
| | | 流れ | Water Pro DaytimeのFX/WaterシェダーのWave scaleプロパティを用い手変更 |
| | | 変化 | 現実空間を把握することで枝分かれなどの表現 |
| | 風 | 音 | 無音，強風，暴風の3種類の音源を変更 |
| | | 強さ | UnityのWind ZoneコンポーネントMainとTurbulenceのプロパティを用いて変更 |
| | 堆積物 | 物体の配置 | 橋梁，石，流木などの堆積物を現実空間上に配置 |
| 書き込み機能 | 書き込み | 記入 | MR空間上直接もしくはメモオブジェクトにに補足を書き込む |
| 空間共有機能 | 空間共有 | 空間共有 | 複合現実での映像を他のデバイスと共有することで複数人で作成した災害を視聴する |
| シーン保存機能 | 配置記録 | 配置記録 | オブジェクトの配置状態を保存し再度同じ場所で再現をすることが可能 |

### ⑶ 空間共有機能

空間共有機能は複数台の HoloLens2 の空間を共有する機能である．この機能を用いて複数人でコミュニケーションをとりながら災害状況を作り上げることが可能となる．

空間共有に関しては PUN（Photon Unity Network）を用いて開発を行う．PUN とはマルチユーザー環境を構築するためのフレームワークである．PUN を活用することで 3D オブジェクトやその周囲の空間の形状などを指す空間情報（アンカー）をほかの複合現実デバイスと共有し，複数のユーザで現実世界の同じ空間に配置されている 3D オブジェクトを視認することができる．

また，Hololens2 の台数以上に参加者がいる場合はデバイスポータルというソフトから PC などの他のデバイスでの災害再現の影像を共有する．

### ⑷ シーン保存機能

シーン保存機能とは実際に再現する際に配置したオブジェクトの位置，雨の強さ，浸水の高さなどのシーンの状態を HoloLens2 からの座標の情報や変更の状態を記録することで再び同じ場所で災害を再現する機能である．

## 4. システムの適用例

本論文では，災害再現機能と書き込み機能を実装した．**図-3** は災害を再現した様子である．**図-3** では雨，浸水の再現と 3D オブジェクトの配置し，災害を再現する機能がうまく再現できるか検証を行った．再現時，雨の強さと浸水の高さをスライドバーにより変更した．堆積物の配置に関しては流木と橋梁の 3D オブジェクトを配置した．また，橋梁の 3D オブジェクトの上に流木の 3D オブジェクトを配置することができるなど他の 3D オブジェクトを認識していることが確認できた．

**図-4** および **図-5** は書き込み機能を実装した様子である．**図-4** は現実空間上に情報を書き込みしている様子である．**図-4** では流れの向きやオブジェクトの詳細情報などの書き込みを行った．このように新たな説明や危険個所，気を付ける箇所などについて書き込むことが可能である．**図-5** は **図-4** と同様の情報をメモオブジェクト上に書き込んでいる様子である．

## 5. おわりに

本研究では，MR 技術を活用し，水害の被災イメージ構築を支援する災害状況再現システムを提案した．提案システムは，MR を用いて，豪雨災害における被害の発生する可能性がある地域や，実際に過去に災害が発生した地域にて，想定される災害や，過去に発生した災害状況を再現する．これにより，地域に住んでいる住民が災害のリスクについて共通認識を持ち，地域の危険個所などについて認識する支援を試みる．

本研究では，提案システムに必要となる 4 つの機能を説明し，災害再現機能と書き込み機能を実装した．本研究の今後の方針として，未実装の機能を実装したうえで，本研究でのシステムを活用し，現地の人に本システムを体験してもらうことにより本システムの有効性についての評価実験を行う予定である．また，評価実験から得られた評価をもとにシステムのさらなる改良，発展を行う予定である．



**図-3** 災害再現の様子




**図-4** 空間に情報を書き込みしている様子

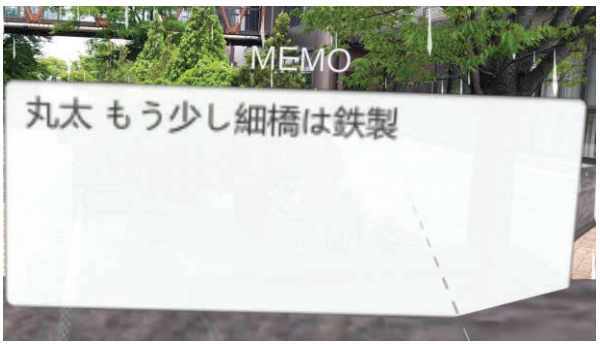



**図-5** メモオブジェクトに情報を書き込みしている様子

### 参考文献

1) 国土交通省：河川事業概要 2022，我が国の水害リスクの現状 https://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/kasen/gaiyou/panf/pdf/index2022.html（参照 2023-06-08）
2) 文部科学省：リスクコミュニケーションの推進方策 https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/064/houkoku/1347292.htm（参照 2023-06-08）
3) Matsuda, T., Takahashi, K., Inomo, H., Development of a Disaster investigation Support System Using Mixed Reality, *Proc. of Joint 12th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 23rd International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS 2022)*, Nov. 29-Dec.2, 2022, Ise-Shima, Mie, Japan, (4 pages), 2022.