

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：32703

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04971

研究課題名（和文）確かな物理法則に基づくAR疑似体験を用いた氾濫浸水災害教育システムの構築

研究課題名（英文）Development of The Flood Disaster Education System utilizing Augmented Reality Based on Reliable Physical Law

研究代表者

板宮 朋基（ITAMIYA, Tomoki）

神奈川歯科大学・歯学部・教授

研究者番号：60583896

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、相似則を満たした水理模型実験で得られる漂流物の移動や回転速度の実測データや津波・高潮氾濫の数値計算シミュレーションで得られる高精度な氾濫浸水情報など、確かな物理法則に基づいたAR氾濫浸水災害教育システムの構築を行った。一般的なスマートフォンやタブレット端末で稼働するアプリとして幅広く提供し、日常的な利用を可能にすることを実現した。本アプリの体験者が被災リスクを正確にイメージして危機感を実感でき、実際の避難行動につながったどうかを調査し、有用性と一般普及のための課題を明らかにできた。愛知県や東京都、神奈川県複数の小学校・中学校・高校で実証活動を行い、高い評価を得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

東日本大震災から10年以上経過し、震災を知らない児童・生徒たちが増えている現実に直面している中で、本研究の成果のAR浸水体験アプリの活用により、津波や洪水などの氾濫浸水災害の危険性を「自分のこと」として日常的に実感することを可能にした。アプリ体験者の年齢による教育効果の差や一般普及のための課題を明らかにできた。

NHKの「水害から命を守るプロジェクト」に本アプリが採用され、全国の放送局で活用されるようになった。横浜市が制作した「横浜市避難ナビ」の防災AR機能にも採用され、アプリの一般配信が開始された。国連防災機関UNDRRの公式SNSでも紹介された。新たな防災教育ツールとしての分野を切り開けた。

研究成果の概要（英文）：In this study, we constructed an AR inundation disaster education system based on solid physical laws, including measured data on the movement and rotation speed of drifting objects obtained from hydraulic model experiments that satisfy the similarity law, and highly accurate inundation information obtained from numerical simulations of tsunami and storm surge inundation. The system is widely available as an application that can be used on general smartphones and tablet terminals and can be used on a daily basis. We investigated whether or not the application enabled users to accurately visualize disaster risks, realize a sense of crisis, and take actual evacuation actions, and clarified the usefulness of the application and issues to be addressed for its general dissemination. We conducted demonstration activities at several elementary schools, junior high schools, and high schools in Aichi, Tokyo, and Kanagawa Prefectures, and obtained high evaluations.

研究分野：画像処理学

キーワード：拡張現実 防災教育 シミュレーション 津波 浸水

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

2011年3月の東日本大震災や2018年7月の西日本豪雨などにおける教訓から、災害発生時における迅速かつ的確な避難を可能にするための対策が求められている。片田ら(2005)や関谷ら(2016)によると、災害時の避難行動には、「身に及ぶ危険性意識」「リスク認知」が大きく影響しているとされる。適切な避難行動のためには、災害特性「揺れ=津波」「大雨=洪水、低地浸水」が連想できることや避難場所・避難ルートを知識として知っているだけでなく、「逃げなければ危ない」や「家族をこんな危険な目に遭わせてはいけない」など「自分のこととして」実感することが重要である。小・中学校や自治体では、避難訓練や防災イベント等において、ハザードマップや被災地の写真を用いた講話などを行い、各地域に潜在している被災リスクや適切な避難行動の周知が進められている。各自がリスクを把握するためにはハザードマップの中から自宅や学校を探し出し、凡例を見ながら浸水深を読み取り、その数値をもとに被災状況をイメージしなければならない。また、ハザードマップには水流の表現が行われていない。そのため、小・中学生などの低年齢層では氾濫浸水災害の正確なイメージは容易ではない。そこで、AR(拡張現実)の技術を活用して、現実の風景に発災状況を重ねて表示させる取り組みが行われている。板宮(研究代表者)ら(2018)は、3D奥行きセンサ付きスマートフォンと紙製ゴーグルのみを用いて、体験者の周囲の人物や建造物の輪郭に沿うようにCG(コンピュータ・グラフィックス)の水面が表示され、1m以下の低い水位からリアルな浸水表現が可能になるAR浸水疑似体験アプリを開発した。水流も表現しているが、反射波の表現が無いなど、確かな物理法則に基づいた表現ではない。そのため、体験者に誤解を生じさせ、適切な避難行動につながらないなどの悪影響を及ぼす懸念があった。

2. 研究の目的

津波や洪水などの氾濫浸水災害の危険性を「自分のこと」として実感するために、ARの技術を活用した防災教育は有用である。近年の技術革新によって、ARにおける表現力は大幅に向上し、現実との違和感が少ないリアルなCG表現も可能になった。しかし、物理法則的に正しくない表現は体験者に誤解を生じさせ、悪影響を及ぼす懸念もある。そこで本研究では、平時における災害への危機意識の向上を目的として、相似則を満たした水理模型実験で得られる漂流物の移動や回転速度の実測データや津波・高潮氾濫の数値計算シミュレーションで得られる高精度な氾濫浸水情報など、確かな物理法則に基づいたAR氾濫浸水災害教育システムの構築を行う。一般的なスマートフォンで稼働するアプリとして幅広く提供し日常的な利用を可能にすることを旨とする。本システムの体験者が被災リスクを正確にイメージして危機感を実感でき、実際の避難行動につながったどうかを長期的に調査し、有用性と一般普及のための課題を明らかにする。

3. 研究の方法

本研究は、愛知工科大学・神奈川歯科大学(板宮)を研究拠点として、岩手大学(小笠原)、防災科学技術研究所(村上)が相互に連携して実施する。図1に本研究の流れと役割分担の概要を示す。研究の流れは以下の4段階の過程で進められる。

1st Phase → 水理模型実験および氾濫数値シミュレーションによる実測データ取得

実験は、計測区間が長さ10m、幅1m、高さ0.8mの開水路(岩手大学所有)を用いて行う。3Dプリンタで自動車やコンテナなどの漂流物を縮尺1/25で精巧に作成し、定常流・段波を発生させ、同期させた4台の高速度デジタルビデオカメラより、単体および複数での漂流物の3次元運動を撮影する。異なる角度で撮影した複数の同期画像を基に、DLT法を用いて漂流物の3次元

空間座標を算出し、移動・回転速度等を算出する。⇒担当：小笠原

数値計算では、H28 台風 10 号のように東北地方でも高潮災害の危険性が高まるため、現在/将来気候から予想される最大高潮条件や東北地方太平洋沖地震の断層破壊条件を各々与えた氾濫計算を行う。計算モデルは、高潮の浸水による建物の影響を考慮できるように改良した 3 次元高潮シミュレータ T-STOC を用いる。氾濫浸水状況を 3 次元的に表現するため、数値標高モデル DSM を用いて建物や道路の影響を考慮する。⇒担当：村上

2nd Phase → 防災情報サーバ(Web-API)の構築

1st Phase で得られた諸物理量を、新規に開発する防災情報サーバに蓄積する。自治体から提供されるハザードマップの GIS データを利用し、GPS 内蔵スマートフォンから位置情報(緯度・経度)を指定することによって、サーバに保存された想定浸水深や水流の方向・速度、想定漂流物の諸物理量をリアルタイムに返信可能な Web-API を構築する。⇒担当：板宮

3rd Phase → AR 氾濫浸水災害疑似体験アプリの開発

スマートフォン内蔵のカメラで撮影されたリアルタイム映像に、スマートフォンの位置情報とハザードマップの GIS データを連動させ、その場所で想定される氾濫流況を時・空間解像度の高い 3D-CG で重ねて表示する。スマートフォンに紙製ゴーグルを装着し没入体験を可能にする。確かな物理法則に基づいた水流と漂流物の表現を実現する。一般的なスマートフォンやタブレット端末のカメラ映像のみから奥行きを感知し、リアルな浸水表現を一般的なスマートフォン上で実現する。⇒担当：板宮

4th Phase → 氾濫浸水災害没入体験型防災教育の実施と評価

本システムの実証活動は、南海トラフ巨大地震の津波浸水範囲を踏まえた避難計画を策定した愛知県西尾市立白浜小学校などをモデル校とし、AR 氾濫浸水災害疑似体験を活用した防災教育を実施する。同一の被験者に複数の時期に渡ってアンケート調査と生体計測(脈拍・血圧・脳波等)を行い、教育効果を長期的に測定・評価する。

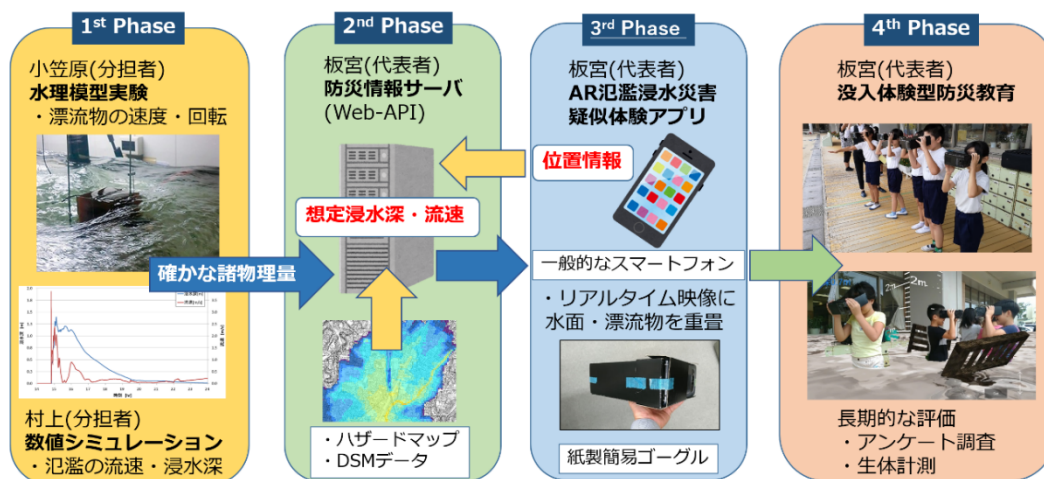


図 1 本研究の流れと役割分担の概要

4. 研究成果

概ね当初の計画通り進行することができた。しかし、新型コロナウイルス感染症拡大の影響で、4th Phase で予定していた生体計測を実施することはできなかった。3rd Phase で開発したアプリは iPhone/iPad/Android 等のスマートフォンやタブレットにおいて稼働するアプリ「Disaster Scope」として提供し、汎用的なデバイスによる日常的な利用を可能にした。本アプリの体験者が被災リスクを正確にイメージして危機感を実感でき、実際の避難行動につながったどうかを調査し、有用性と一般普及のための課題を明らかにできた。実証活動のひとつとして、2020 年 2

月に東京都三鷹市立第七小学校における全登校児童 334 名対象の避難訓練に、同月に同市立高山小学校における 5 年生児童登校者全員の 120 名を対象とした避難訓練に活用した。アンケート調査の結果、本アプリは小学校児童に対して危機意識の向上と日頃からの対策の必要性を喚起でき、有用性が示唆された。学年ごとに分析したところ、「本アプリの体験を通して災害にそなえる行動をおこそうと思いましたか」の質問に対して、1～3 年生の「すごく思う」は 65%であったが、4～6 年生は 73%であり、学年が上がるにつれて本システムの評価が高い傾向にあることが分かった。特に、1 年生の評価が予想より高くないことが顕著であったため、AR 体験と教室における防災授業の内容を密接に連携させ、低学年の理解度の向上を図ることが必要であることが明らかになった。愛知県や神奈川県複数の小学校・中学校・高校で実証活動を行い、高い評価を得られた。図 2, 3 に小学校における本アプリの利用例を示す。

2021 年度から開始した NHK の「水害から命を守るプロジェクト」に本研究で開発したアプリが採用され、全国の放送局で活用されている。ニュース番組の水害啓発コーナーでの利用のほか、各放送局のスタッフが小中学校に出向いて行う防災授業において本アプリが活用されている。複数の自治体の水害啓発ポスターに、本アプリを用いて作成された水害シミュレーション画像が利用され、市民の啓発に活用されている。2021 年に横浜市が制作した「横浜市避難ナビ」の「防災 AR 機能」にも採用され、370 万人の市民向けにアプリの一般配信が 2022 年 3 月から開始された。また、国連防災機関 UNDRR の公式 SNS でも日本発のユニークな防災教育の取り組みとして 2021 年から 2022 年にかけて 7 回紹介された。世界的学術出版社 Springer Nature より出版された書籍の 1 章に本研究の成果が掲載された¹⁾。図 4 に NHK 番組での活用例、図 5 に横浜市避難ナビの表示例を示す。

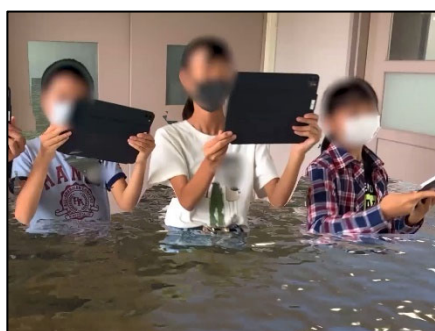


図 2 本アプリの利用例



図 3 本アプリの利用例（漂流物あり）



図 4 NHK 番組での活用例



図 5 横浜市避難ナビの表示例

1) Itamiya T : Emerging Technologies and Disaster Resilience: Practical Cases and Theories, Chapter 8: VR/ AR and its application to disaster risk reduction. Editors: M. Sakurai and R. Shaw: Springer Nature Singapore Private Limited, Singapore, 2021.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 NIMURA Masaki, KAWASAKI Koji, MURAKAMI Tomokazu, SHIMOKAWA Shinya, IIZUKA Satoshi, NISHIDA Shuzo	4. 巻 76
2. 論文標題 THREE-DIMENSIONAL NUMERICAL ANALYSIS OF STORM SURGE AROUND NAGOYA PORT BY POTENTIAL MAXIMUM TYPHOON WITH CONSIDERATION OF BUILDING CONFIGURATION AND LAYOUT	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3 (Ocean Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_222 ~ I_227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.76.2.I_222	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 ITAMIYA Tomoki	4. 巻 41
2. 論文標題 Visualization of Simulation Results Using VR/AR and Learning through Its Experience : Application to Disaster Risk Reduction Education	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 THE JOURNAL OF JAPAN SOCIETY FOR CLINICAL ANESTHESIA	6. 最初と最後の頁 109 ~ 114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2199/jjsca.41.109	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 板宮朋基	4. 巻 166
2. 論文標題 VR(人工現実感)とAR(拡張現実)の概要とアプリ作成方法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PEPARS	6. 最初と最後の頁 57 ~ 67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 川崎 浩司, 二村 昌樹, 村上 智一, 下川 信也, 尼子 順子	4. 巻 75巻2号
2. 論文標題 非構造格子海洋流動モデルFVCOMによる伊勢湾湾奥部の高潮浸水計算	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2(海岸工学)	6. 最初と最後の頁 223-228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.75.1_223	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 板宮朋基	4. 巻 Vol.105 No.2
2. 論文標題 バーチャル避難訓練 VR / ARの活用で災害を「自分のこと化」	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会誌	6. 最初と最後の頁 10-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 10件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 板宮朋基
2. 発表標題 拡張現実AR・バーチャルリアリティVRの防災教育への応用と効果
3. 学会等名 第26回震災対策技術展横浜 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 板宮朋基
2. 発表標題 VR・ARの最新応用事例～防災教育への応用を中心に～
3. 学会等名 会津産学懇話会10月定例会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 板宮朋基
2. 発表標題 VR・AR等を活用した新しい防災教育について
3. 学会等名 神奈川県教育委員会令和3年度防災教育研修講座 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 板宮朋基
2. 発表標題 VR/ARによるシミュレーション結果の可視化 体験化 経験化：防災教育と医療への応用
3. 学会等名 SSI2021-計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 板宮朋基
2. 発表標題 VR/ARによるシミュレーション結果の可視化 体験化 経験化：防災教育等への応用
3. 学会等名 第15回日本医学シミュレーション学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 板宮朋基，吉村達之
2. 発表標題 一般的なスマートフォンの空間認識機能を活用したAR災害疑似体験アプリの開発と避難訓練における活用
3. 学会等名 第25回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 板宮朋基
2. 発表標題 AR/VRを活用した防災教育（訓練）・啓蒙支援
3. 学会等名 災害時コミュニケーションを促進するICT利活用に関する首長研究会第4回職員勉強会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 板宮朋基
2. 発表標題 VR/ARで“もしも”の災害に備える～防災におけるITの役割や可能性
3. 学会等名 超教育協会第36回オンラインシンポ（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 板宮朋基
2. 発表標題 AR/VRを活用した防災教育・啓発アプリの開発と社会実装
3. 学会等名 第25回震災対策技術展横浜（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村優一，佐藤瑠聖，小笠原敏記
2. 発表標題 自動車を伴う段波衝突力に関する水理模型実験
3. 学会等名 土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 板宮朋基
2. 発表標題 AR/VR災害疑似体験アプリの開発と防災教育への応用
3. 学会等名 可視化情報学会 第47回可視化情報シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoki Itamiya
2. 発表標題 Disaster Scope: The Augmented Reality Floods and Smoke Simulated Experience Smartphone-Application
3. 学会等名 UNDRR Global Platform for Disaster Risk Reduction, Innovation Platform, Booth 15, Geneva (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 板宮朋基
2. 発表標題 AR/VRの避難訓練・防災教育への活用 ~災害リスクを「わがこと」化することの効果~
3. 学会等名 豊橋技術科学大学 安全安心地域共創リサーチセンター 防災講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Itamiya T, M.Sakurai, R.Shaw	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer Nature Singapore Private Limited, Singapore	5. 総ページ数 260
3. 書名 Emerging Technologies for Disaster Resilience Chapter 8 VR/ AR and its application to disaster risk reduction	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	小笠原 敏記 (OGASAWARA TOSHIKI) (60374865)	岩手大学・理工学部・教授 (11201)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	村上 智一 (MURAKAMI TOMOKAZU) (80420371)	国立研究開発法人防災科学技術研究所・水・土砂防災研究部門・主任研究員 (82102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関