

令和元年6月26日現在

機関番号：33934

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01292

研究課題名(和文) 氾濫流下におけるヘッドマウントディスプレイ型高精度車避難疑似体験システムの開発

研究課題名(英文) Development of the high precision vehicle evacuation virtual experience system under flooded conditions utilizing head mounted display

研究代表者

板宮 朋基 (Itamiya, Tomoki)

愛知工科大学・工学部・教授(移行)

研究者番号：60583896

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、実験および数値計算による物理量を考慮した実測データを組み込み、津波や高潮、大雨による洪水など氾濫流下におけるHMD型高精度車避難疑似体験システムを開発した。ヘッドマウントディスプレイ(HMD)を用いることにより、省スペース・低コストで効果的な没入疑似体験を可能にした。没入感を増すために、HMDによる全天周映像表示に加えて、氾濫流に押し流されるときに車の衝撃力や振動を体感できる機構を追加した。自治体主催の防災訓練やイベントにおいて体験展示を行い、延べ約3000名が体験した。体験者は本システムが危機意識向上や対策行動の動機付けに有効と評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今後発生が想定される南海トラフ巨大地震において、津波の危険性が高い沿岸部では日常的に自動車利用率の高い地域が多だけでなく、地元住民以外にもその場所を自動車で偶然にも訪れていた観光客などへの避難行動の支援が必要である。本研究では、実験および数値計算による氾濫流速や浸水深の実測情報を基にした、氾濫流下におけるヘッドマウントディスプレイ型高精度車避難疑似体験システムを開発した。本システムを体験することにより、車避難の危険性を容易に実感することができ、津波や高潮発生時における安易な車避難を防ぎ、車避難の犠牲者をゼロに近づける防災教育・啓発活動に役立てることができた。

研究成果の概要(英文)：In this research, we incorporated the measured data considering physical quantity by experiment and numerical calculation, and developed the HMD type high precision car evacuation simulation system under the flood such as tsunami, storm surge and flood caused by heavy rain. The use of a head-mounted display (HMD) enables space-saving, low-cost and effective immersion simulation experience. In order to increase the sense of immersion, in addition to the full sky image display by the HMD, a mechanism that can sense the impact force and vibration of the car when it is swept away by a flood is added. A total of approximately 3,000 people experienced the experience display at disaster prevention drills and events organized by the local government. Those who experienced this experience evaluated that this system was effective in raising crisis awareness and motivating measures.

研究分野：バーチャルリアリティ

キーワード：ドライビングシミュレーター バーチャルリアリティ 津波 洪水 疑似体験 防災 VR 人工現実

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

東日本大震災では、自動車避難を行った人は全体の約 6 割近くに達する。避難開始位置から適切な避難場所までを徒歩で避難することが困難な場合や、家族に高齢者や乳幼児がいる場合など、車を利用せざるを得ない状況が現実である。しかしながら、車避難は予期せぬ渋滞や通行止めへの遭遇など多くの課題があり、浸水リスクが高くなると考えられる。今後発生が想定される南海トラフ巨大地震において、津波の危険性が高い沿岸部では日常的に自動車利用率の高い地域が多いだけでなく、地元住民以外にもその場所を自動車でも偶然にも訪れていた観光客などへの避難行動の支援も必要である。中央防災会議では、津波避難時の適切な自動車利用に関して、ドライバーを中心に啓発や教育を充実させることも検討に挙げられている。バーチャルリアリティ（人工現実感）を用いた疑似体験は、映像への没入感を高めるために複数のモニタや大型スクリーンを利用するシステムが多い。榊らは、PC 用モニタを複数台用いた津波体験ドライビングシミュレータを開発したが、持ち運びは困難である。一方、ヘッドマウントディスプレイ（HMD）は、省スペースで没入感が高い疑似体験が可能かつ携帯性に優れている。運用コストを低く抑えることができるため、地域の防災訓練等で体験会を実施することが容易である。

### 2. 研究の目的

本研究では、実験および数値計算による氾濫流速や浸水深の実測情報を基にした、氾濫流下におけるヘッドマウントディスプレイ型高精度車避難疑似体験システムを開発する。最終的に、本システムを利用することにより、車避難の危険性を容易に実感することができ、津波や高潮発生時における安易な車避難を防ぎ、車避難の犠牲者をゼロに近づける防災教育・啓発活動に役立つ。

### 3. 研究の方法

本研究では、実験および数値計算による物理量を考慮した実測データを組み込み、津波や高潮、大雨による洪水など氾濫流下における HMD 型高精度車避難疑似体験システムを開発する。ヘッドマウントディスプレイ（HMD）を用いることにより、省スペース・低コストで効果的な没入疑似体験を可能にする。研究期間内の主な目標として、以下の 4 点を挙げる。

1. 段波および循環流発生装置付開水路と模型を用いた実験による氾濫流下における車の挙動特性および衝撃・持続波圧による流体力のモデル化
2. 実験および数値計算による氾濫流の浸水深および流速の時空間データベースの構築
3. 1. および 2. の実測データを基にした HMD 型高精度車避難疑似体験システムの開発
4. 従来手法（ハザードマップ、大型スクリーン投影）と本システムとの防災教育・啓発効果の比較検証と定量的評価

### 4. 研究成果

本研究では、実測データを基にした氾濫流下での高精度 HMD 型車避難疑似体験システムの開発を行った。

1-1) 氾濫流下における車挙動特性を把握できた（小笠原）。フルードの相似則を満足した精巧な車の模型を 3D プリンターで作成し、2 台の高速度デジタルビデオカメラを用いて、定常流および非定常流の氾濫流下における車の 3 次元挙動を撮影した。さらに、異なる角度から撮影した 2 枚以上の同期画像を基に、DLT 法より車の 3 次元空間座標を算出し、漂流する車の軌跡および速度を求めた。実験に用いた開水路は、長さ 10m、幅 1m、高さ 0.8m の計測区間を有し、循環流および段波を発生させることを可能にした。容量式波高計およびプロペラ流速計などの計測機器を用いて、定常流および非定常流の 2 種類の氾濫流下における浸水深および流速を計測し、時刻歴データベースの構築を行った。

1-2) 車に作用する衝撃・持続波圧による流体力のモデル化（小笠原）。車模型の各面に圧力センサーを埋め込み、2 種類の氾濫流を発生させて衝撃波圧および持続波圧を計測し、車に作用する流体力のモデル化を構築して、疑似体験システムへの導入を図った。

1-3) IPCC の温暖化シナリオの基、今世紀末までの海洋環境場において熱力学的平衡に達する最強台風が東京・伊勢・大阪の 3 大湾に襲来したとき、台風渦位ボーガスおよび大気-海洋-波浪-氾濫流結合モデルで高潮氾濫流を予測し、浸水深や流速等の面的情報をデータベース化した（村上）。

2-1) これらの実測値や数値計算結果を反映した HMD 型津波体験ドライビングシミュレータシステムを開発した（板宮）。HMD ドライビングシミュレータに、実験と数値計算による浸水深や氾濫流速データの入力インターフェースを追加した。バーチャル空間内に 3 次元的に映し出される水面と車の動きは、実測データに基づく挙動が反映されるような機能を追加した。氾濫流と車が接触した際の物理挙動を精密化する際に計算負荷が大きくなることが考えられたため、HMD における全天周コンピュータグラフィックス映像の描画更新速度に影響が出ないようにメッシュの最適化処理を行った。

2-2) 全天周映像に振動体感機能を加味した高精度システムに改良した。（板宮）。没入感を増すために、HMD による全天周映像表示に加えて、氾濫流に押し流されるときに車の衝撃力や振動を体感できる機構を追加した。

2-3) スマートフォンと紙製 HMD を用いた AR 簡易型津波疑似体験アプリも開発し、防災訓練

等で多人数同時に疑似体験を行うことが可能になった。

2-4) 本 HMD 型津波体験ドライビングシミュレータシステムを愛知県西尾市総合防災訓練や名古屋モーターショー併催 ITS ワールドなどに展示し、一般来場者が体験した。その場でアンケート調査を実施し、3000 名が体験した。体験者は危機意識向上や対策行動の動機付けに有効と評価した。ハザードマップや東日本大震災の際の車載カメラの映像と比較した有用性の評価実験を行い、住民の危機意識の向上および津波や洪水発生時の車避難の危険性と新たな対策の必要性を啓発できることが示された。また、NHK や民放のニュース番組において紹介され、知名度が高い桐谷美鈴氏などが本システムを体験した様子が全国放映され、車避難のリスクと対策の必要性の周知に貢献した。



図 1 本システム設置の様子



図 2 本システムの表示例

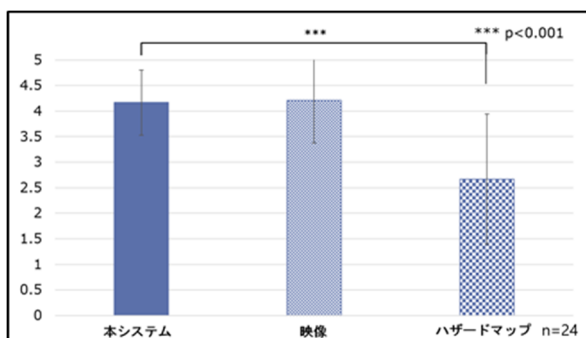


図 3 本システムと他手法との比較 1  
「危機感を感じましたか」

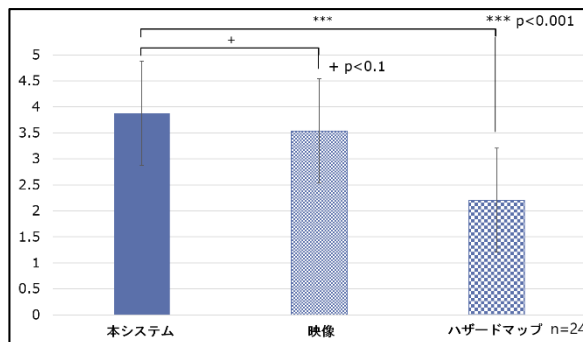


図 4 本システムと他手法との比較 2  
「対策行動を起こそうと思いましたか」

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 10 件)

①板宮朋基, 村上智一, 小笠原敏記, 川崎浩司, 下川信也. スマートフォン用ヘッドマウントディスプレイを用いた高潮想定没入体験システムの開発, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 査読有, Vol. 74, No. 2, pp. I\_773-I\_778, 2018. 9.

[https://doi.org/10.2208/jscejoe.74.I\\_773](https://doi.org/10.2208/jscejoe.74.I_773)

②板宮朋基, 吉村達之. 複合現実による災害想定没入体験アプリ Disaster Scope の開発と避難訓練における活用, 日本災害情報学会論文誌 災害情報, 査読有, No. 16-2, pp. 191-198, 2018. 7. [http://www.jasdis.gr.jp/\\_userdata/04paper/back\\_number/16-2.pdf](http://www.jasdis.gr.jp/_userdata/04paper/back_number/16-2.pdf)

③板宮朋基. バーチャル・リアリティを活用した災害想定没入体験によるレジリエンス教育. 内閣官房 国土強靱化 民間の取組事例, 査読無, 353, 2018. 5.

[https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo\\_kyujinka/h29\\_minkan/pdf/2353.pdf](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyujinka/h29_minkan/pdf/2353.pdf)

④水野辰哉, 小笠原敏記. 水位上昇に伴う流れの作用を受けた自動車の運動特性に関する実験, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 査読有, Vol. 73, No. 2, I\_1165-I\_1170, 2017. 9.

[https://doi.org/10.2208/kaigan.73.I\\_1165](https://doi.org/10.2208/kaigan.73.I_1165)

⑤川崎浩司, 下川信也, 村上智一. 超巨大台風による伊勢湾湾奥部における高潮浸水予測, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 査読有, Vol. 72, No. 2, p. I\_211-I\_216. 2017. 9.

[https://doi.org/10.2208/kaigan.72.I\\_211](https://doi.org/10.2208/kaigan.72.I_211)

〔学会発表〕（計 15 件）

- ①佐藤瑠聖, 熊谷憲一, 小笠原敏記. 自動車を伴った津波段波の建物に及ぼす衝突力に関する水理実験, 土木学会東北支部技術研究発表会, 2019.3.
- ② H. Tohara, T. Itamiya, The immersive disaster experience AR smartphone-application "Disaster Scope", The 16th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry (VRCAI2018), pp.62, 2018.12.
- ③山本怜央, 宮向井剛, 田代イサム, 那須田陽平, 板宮朋基. 低水位氾濫流の危険性を実感できる拡張現実スマートフォンアプリの開発, 第 23 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 34D-4. 2018.9.
- ④熊谷憲一, 水野辰哉, 小笠原敏記. 陸上遡上津波下における自動車群の漂流挙動に関する水理実験, 土木学会東北支部技術研究発表会, 2018.3.
- ⑤水野辰哉, 小笠原敏記, 氾濫流に伴う自動車の漂流挙動に関する水理模型実験, 土木学会東北支部技術研究発表会, 2017.3.
- ⑥小林亮斗, 平野克典, 鈴木静馬, 足立智也, 板宮朋基. 洪水時の車避難の危険性を実感できる模擬運転装置の開発と実用. 第 21 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 396-397. 2016.9.
- ⑦ T. Itamiya, The Virtual Tsunami using Head-Mounted Display for Disaster Risk Reduction and Education, IEEE ICCSE 2016 The 11th International Conference on Computer Science & Education in Nagoya, pp.11, 2016.8.

〔図書〕（計 1 件）

- ①板宮朋基: VR / AR 技術の開発動向と最新応用事例, 第 12 章第 2 節「AR 災害疑似体験アプリ」, 第 3 節「VR 津波体験ドライビングシミュレーター」, 技術情報協会, pp.482-500, 2018.2.

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年:  
国内外の別:

○取得状況（計 0 件）

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年:  
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

<https://researchmap.jp/itamiya/>

[https://www.youtube.com/channel/UCXAUphmD\\_a0q1Q2f\\_Qtg0uw](https://www.youtube.com/channel/UCXAUphmD_a0q1Q2f_Qtg0uw)

## 6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 小笠原 敏記

ローマ字氏名: Toshiki Ogasawara

所属研究機関名：岩手大学  
部局名：理工学部  
職名：准教授  
研究者番号（8桁）：60374865

研究分担者氏名：村上 智一  
ローマ字氏名：Tomokazu Murakami  
所属研究機関名：国立研究開発法人防災科学技術研究所  
部局名：水・土砂防災研究部門  
職名：主任研究員  
研究者番号（8桁）：80420371

(2)研究協力者  
研究協力者氏名：  
ローマ字氏名：

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。