



VR ゲームを用いた水難事故の体験型学習システムの構築

Development of an Immersive Virtual Reality Serious Game to Enhance Water Accident Behavioral Responses

岩橋健太¹⁾, 恩田逞¹⁾, 富永悠太¹⁾, 西野洋介¹⁾

Kenta IWAHASHI, Takuma ONDA, Yuuta TOMINAGA, and Yousuke NISHINO

1) 東京都立多摩科学技術高等学校 IT 領域（〒184-0004 東京都小金井市本町 6 丁目 8-9）

概要: 我が国において、水難事故による被害は絶えず発生しているが、いまだに決定的な解決策が存在していない。本研究は、水難事故の件数減少に役立ちうるものとして、VR を活用した体験型の学習ゲームに着目し、水難事故体験 VR ソフトの開発およびその効果の検証を実施した。これにより、水難事故の対策において体験型の学習ゲームを利用した学習方法にある一定の効果がある事を明らかにする。

キーワード: 水難事故, 河川, VR, 体験型ゲーム

1. 背景

我が国において、水難事故は絶えず発生している。例として挙げれば、2023 年の水難事故の発生者数は 1392 名、うち 743 名が死者、行方不明者となっている[1]。また、図 1 に示すように、同年夏季の場所別の水難事故の発生件数は、海が最多であり、次いで河川が多くなっているが[2]、死者数に注目すると、河川は海と大差ない。よって、河川での水難事故は海と比較して死亡率が高いと考えられ、我が国の河川における水難事故者及び水難事故死亡者を減らすべく策を講じる必要があると考えた。

事故の件数減少の一助となれるものとして、体験型の学習ゲームがある。災害という、日常生活において体験する機会がほとんどない事柄に関して、仮想空間での訓練という手法が有効であるとされる[3]。火災、地震、水害に関しては既に開発されているが[4][5]、水難事故の体験型の学習ゲームは存在しない上、被害者側として体験できる機会

も少ない。本研究では、水難事故体験 VR ソフトの開発およびその効果の検証を実施した。

2. 設計

使用する機器、環境等は表 1 に示すとおりである。

2.1 入力

プレイヤーからの入力は、Oculus Quest 2 ヘッドセット

表 1: 使用した環境

OS	Windows 11
ゲームエンジン	Unreal Engine 5.3.2
VR デバイス	Oculus Quest 2

およびコントローラから入力される。コントローラを、手で水をかくように動かすことで、水中を動かすることができる。

2.2 ゲームプレイ

最初に川の中でおぼれている状態で図 2 の (d) の周辺の水中に発生 (スポーン) する。毎スポーン時に、水流、岩の位置、スポーンポイントは変化する。また、プレイヤーには「体力」という変数が与えられ、この値が減少すると動きづらさなどが変化する。また、値が 0 となった場合はゲームオーバーとなる。体力が 0 になることなく、指定されたエリア (川岸など) に到達すればゲームクリアとなる。体力が減少する条件は、プレイヤーの動きが多い、顔が水中にある、障害物 (岩など) に衝突する、などである。なお、体力は回復することはない。実際のプレイの様子を図 3, 4, 5 に示す。

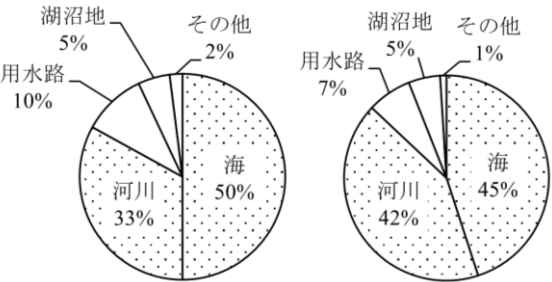


図 1: 2023 年夏季の場所別水難事故発生件数および死者数の割合[2]

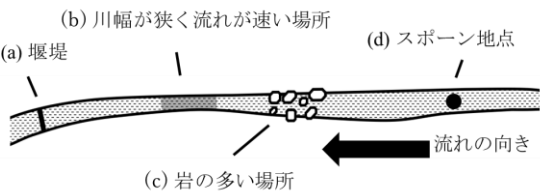


図 2: 使用マップの概略図



図 3: プレイ中のスクリーンショット

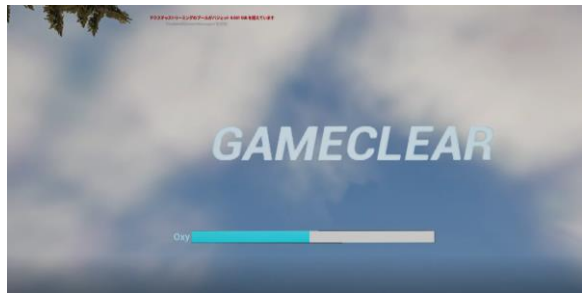


図 4: ゲームクリア時のスクリーンショット



図 5: ゲームオーバー時のスクリーンショット

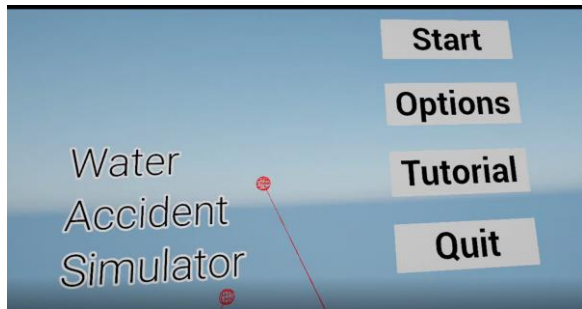


図 6: メインメニューのスクリーンショット

3. 検証

本ゲームの教育的有効性を検証するために、実験を実施した。被験者は表 2 のとおりである。

表 2: 被験者のプロフィール

人数 (男, 女)	12 (11, 1)
年齢層	12 ~ 17 歳

実験参加者は以下の 2 つのグループに分けられ、学習した。

グループ 1:

公益財団法人河川財団の映像教材[6]を観る

グループ 2:

映像教材[6]に加えて、我々の VR ゲームを体験する
学習後、両グループの被験者は 5 段階 (-2, -1, 0, 1, 2) リッ
カートアンケートに回答した。アンケートの評価の観点を
いかに示す。

3.1 自己効力感

自己効力感 (self-efficacy) は、いわば「自分なら問題に
対処できる」という自信であり、実際の行動や態度変容に
強く影響するとされる心理的要因である。高い自己効力感
を持つ人は、困難な状況でも行動を起こしやすく、持続力
がある[7][8]。災害行動研究でも「知識だけでなく自己効力
感が行動意図に影響する」ことが知られている[9]。内容は
以下の通りである。

1. あなたは強い水流に流された時に、対応できると思
いますか？
2. あなたは川で障害物に引っかかった時に、対応でき
ると思いますか？

3.2 学習効果の自己評価

参加者自身が「学びやすかった」と感じるかどうかは、
学習内容の定着や再訓練意欲、推奨意向に大きく関与する。
自己報告型の学習評価が学習成果の一部として有用であ
る[10]。この質問はグループ 2 の被験者のみが回答した。
内容は以下の通りである。

1. 「本 VR ゲームで水難事故時の推奨行動を、既存教
材 (映像教材など) よりも容易に学べた」と思います
か？

3.3 没入感・楽しさ

没入感や楽しさは、学習意欲、集中力、記憶定着に密接
に関わるとされ、特にシリアスゲーム分野で重要な指標で
ある。シリアスゲームによる学習は、情動的な関与を高め、
行動変容に寄与するとされ[11]、没入型ゲームは学習効果
やモチベーションにおいて高い成果を示すとされる[12]。
この質問はグループ 2 の被験者のみが回答した。内容は以
下の通りである。

1. グラフィックスは自然でしたか？
2. 水中での視覚エフェクトは自然でしたか？
3. 操作性は自然でしたか？
4. このゲームは楽しかったと思いますか？

4. 結果

4.1 自己効力感

各人の得点は離散値（0～5）であることから、Mann-Whitney U 検定を用いて分析した。有意水準は 0.05 とする。自己効力感の結果は、表 4 および図 8 のようになった。この結果からは、VR ゲームによって自己効力感のレベルの有意な向上は示されなかった。

表 3 自己効力感テストの Mann-Whitney U 検定の結果

問 No.	グループ 1	グループ 2	U 検定
1	$M = 0.00$ $\sigma = 1.53$	$M = -1.00$ $\sigma = 1.64$	$U = 7.0$ $p = 1.0$
2	$M = -1.00$ $\sigma = 1.15$	$M = -1.00$ $\sigma = 0.71$	$U = 10.0$ $p = 0.49$

M は中央値、 σ は標準偏差を表す。

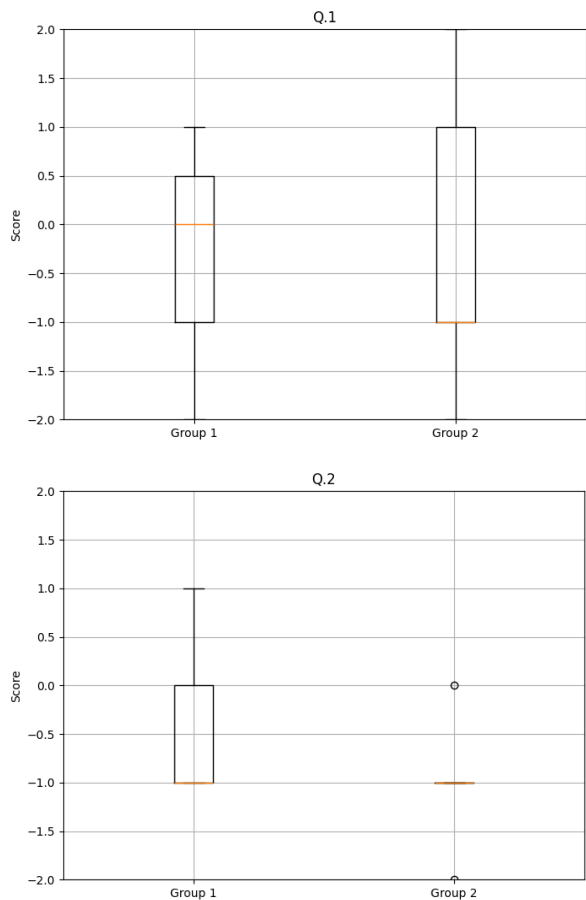


図 7: 自己効力感テストの箱ひげ図

4.2 学習効果の自己評価

学習効果の自己評価の結果は、表 4 および図 8 のようになった。この結果から、参加者は VR ゲームが水難事故発生時の適切な対応の習得を促進したと感じたことは示された。

表 4 訓練効果の自己評価テストの結果

問 No.	グループ 2
1	$M = 1.0$ $\sigma = 0.71$

M は中央値、 σ は標準偏差を表す。

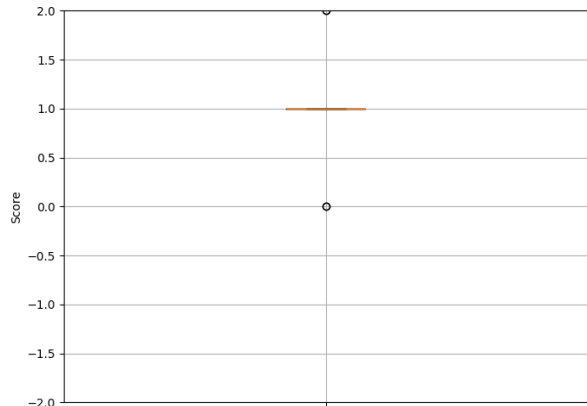


図 8: 学習効果の自己評価テストの箱ひげ図

4.3 没入感・楽しさ

訓練効果の自己評価の結果は、表 5 および図 9 のようになった。この結果によって、参加者は VR ゲームによって水難事故に関して楽しい学習ができたと感じたことが示された。また、グラフィックスはある程度自然だったと考えられる。

表 5 没入感・楽しさテストの結果

問 No.	グループ 2
1	$M = 1.00$ $\sigma = 0.71$
2	$M = 1.00$ $\sigma = 0.83$
3	$M = 0.0$ $\sigma = 0.93$
4	$M = 2.0$ $\sigma = 0.71$

M は中央値、 σ は標準偏差を表す。

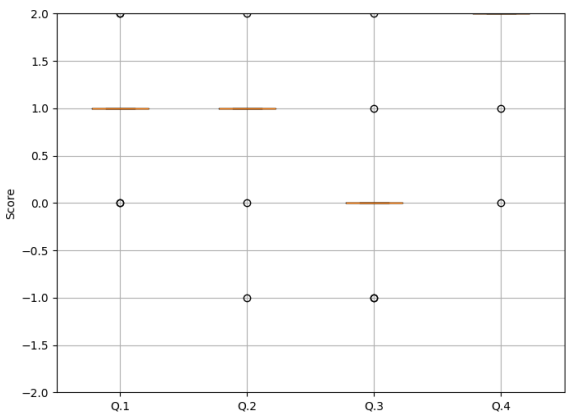


図 9: 没入感・楽しさテストの箱ひげ図

5. 考察

サンプル数が 12 人と少ないため、十分な統計的検証には至っていない。しかしながら、本件で指摘した課題の解

決につながる予備的な証拠を得られたと考えられ、今後の類似研究に活かせるのではと考えられる。自己効力感に関して(サンプルの少ない現状で分析、考察を行うのは危ういかもしいないが)、「VR ゲームを使用した群が使用していない群と比較して自己効力感が高くなる」という我々の予想と、現状の結果とが反している。この理由に関して、VR ゲームをクリアできたかできなかったかで自己効力感が増えるのではないかと考えた。そこで、次回以降の検証では VR ゲームをクリアできたかどうかを統計に含み、そこに差が生じるかを検証したいと考えている。

6. 結論

本研究では、水難事故を高い没入感で体験できる VR シリアスゲームの開発及びその有効性の検証を実施した。その結果、現時点で本 VR ゲームは、従来の教育方法と比較して、水難事故発生時の適切な行動に関する知識及び自己効力感を上昇させることに効果があることが示された。ただ、本 VR ゲームが従来と比較して楽しいと感じられる学習方法であることも示された。フューチャーワークとしては、本 VR ゲームに教育的価値を付加させることが第一にある。

参考文献

- [1] 警察庁生活安全局生活安全企画課 令和 5 年における水難の概況等
(https://www.npa.go.jp/publications/statistics/safetylife/c/hiiki/r05_suinan_gaikyou.pdf)
- [2] 警察庁生活安全局生活安全企画課 令和 5 年夏期における水難の概況
(https://www.cfa.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/8ba2930c-14b6-4ebd-8ace-4eb67a74c1f4/40cebd04/20240213_councils_child-safety-actions-review-meetings_202302_03.pdf)
- [3] Aksoy E. Comparing the Effects on Learning Outcomes of Tablet-Based and Virtual Reality-Based Serious Gaming Modules for Basic Life Support Training: Randomized Trial. *JMIR Serious Games*. 2019 May 1;7(2):e13442. doi: 10.2196/13442. PMID: 31042153; PMCID: PMC6660122.
- [4] 防災訓練用VRシリーズ ～地震、火災、水害をVRで体験！～ (<https://www.rikei.co.jp/product/611/>)
- [5] Feng, Zhenan & Gonzalez, Vicente & Amor, Robert & Spearpoint, Michael & Thomas, J. & Sacks, Rafael & Lovreglio, Ruggiero & Cabrera-Guerrero, Guillermo. (2020) . An immersive virtual reality serious game to enhance earthquake behavioral responses and post-earthquake evacuation preparedness in buildings. *Advanced Engineering Informatics*. 45. 101118. 10.1016/j.aei.2020.101118.
- [6] (水難事故防止！) 安全な川遊びのために 【第2部 大人向け】
<https://youtu.be/I7KEz6DYCiM?si=nTgcEgalbEY2a-LF>
- [7] Bandura, A. (1977) . Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84 (2) , 191–215. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.2.191>
- [8] Bandura, A. (1982) . Self-efficacy mechanism in human agency. *American Psychologist*, 37 (2) , 122–147. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.37.2.122>
- [9] Stajkovic, A. D., & Luthans, F. (1998) . Self-efficacy and work-related performance: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 124 (2) , 240–261. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.124.2.240>
- [10] Bellotti, Francesco & Kapralos, Bill & Lee, Kiju & Moreno Ger, Pablo & Berta, Riccardo. (2013) . Assessment in and of Serious Games: An Overview. *Advances in Human-Computer Interaction*. 2013. 10.1155/2013/136864.
- [11] L. Chittaro and R. Ranon, "Serious Games for Training Occupants of a Building in Personal Fire Safety Skills," 2009 Conference in Games and Virtual Worlds for Serious Applications, Coventry, UK, 2009, pp. 76-83, doi: 10.1109/VS-GAMES.2009.8.
- [12] Boyle, Elizabeth & Hainey, Thomas & Connolly, Thomas & Gray, Grant & Earp, Jeffrey & Ott, Michela & Lim, T. & Ninaus, Manuel & Madeiras Pereira, Joao & Ribeiro, Claudia. (2015) . An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games. *Computers & Education*. 10.1016/j.compedu.2015.11.003.