



# 記憶の長期定着を目的とした VR 教材の設計と 教育効果の検証

Design of VR teaching aid for long-term memory retention and verification of educational effects.

須藤隼人<sup>1)</sup>, 佐藤将大<sup>2)</sup>, 氏原慎吾<sup>3)</sup>

Hayato SUDO, Shodai SATO, Shingo UJIHARA

- 1) 学校法人角川ドワンゴ学園 S 高等学校 (〒330-4204 茨城県つくば市作谷 578-2, hayato\_21s1100284@nnn.ed.jp)
- 2) 株式会社バーチャルキャスト (〒060-0031 北海道札幌市中央区北一条東 4-1-1, shodai\_sato@virtualcast.jp)
- 3) 学校法人角川ドワンゴ学園 (〒135-0032 東京都江東区福住 2 丁目 5-4, shingo\_ujihara@nnn.ac.jp)

**概要** : VR 技術の教育分野での活用に関してはこれまで多くの報告が行われているが, 特定の技能習得を目的としての活用が多い. 本研究の目的は VR を活用した体験を伴う学習と記憶の長期定着との関連性を検証することである. バーチャル空間内での視覚的観察体験を可能とした教材を設計し, その教材を用いた実験授業を行った. 実験授業は 17 人の有志被験者を対象に実施され, 実験授業直後と実験授業を実施した 10 日後に学習内容の記憶定着調査を行なった. 調査結果を分析したところ, VR 教材を用いた学習をした実験群は, 統制群と比較してわずかではあるが, 学習内容の長期的な記憶保持効果が期待できることがわかった.

**キーワード** : バーチャルリアリティ, 教育, 教材開発, エピソード記憶

## 1. はじめに

バーチャルリアリティ(VR)技術の進歩に伴い, 医療や産業分野をはじめとする多くの分野にて, VR の活用が進んでいる. 教育分野も例外ではなく, 教育分野での VR 活用についてはこれまでに多くの報告が行われている.

教育分野での VR 活用の方法として, 特定の技能を習得することを目的としたトレーニング教材として, あるいは認知スキル習得を目的とした教材としての活用が多い [1]. 一方で, VR を用いた学習において, 学習内容の記憶への定着に関する研究は, 各研究の条件設定の要素が多岐に渡ることが原因で体系的な整理がされていない[2].

人間が長期的に保持する記憶(長期記憶)は「陳述記憶」と「非陳述記憶」に大別される. 「陳述記憶」は言葉として表現できる類の記憶であり, 「非陳述記憶」は言葉では表現できず, 身体的動作として蓄積される類の記憶である[3]. 「陳述記憶」のうち「エピソード記憶」は, 自身の体験に紐づいて, 体験事象に関する知識や周辺状況等が長期的に保持される記憶である. エピソード記憶による学習内容の記憶保持を目指した安全教育プログラム実践が報告されており[4], 単に文字や記号として記憶する学習と比較して, 学習効果が期待できる.

そこで本研究では, VR 内での視覚的観察体験とエピソード

記憶の関係に注目し, 視覚的観察体験学習を実現可能な VR 教材の設計・開発を行った. 本稿では, 設計・開発した VR 教材の仕様と, VR 教材の効果検証実験について解説する. また, 検証実験から得られた結果について報告する.

## 2. VR 教材の設計と開発

本研究では, VR 教材を実装するバーチャル空間のプラットフォームに VirtualCast[5]を使用した. 三次元モデルの作成および後述するバーチャル空間内で作動する可視化エフェクトは, 株式会社バーチャルキャストのデザイナーとエンジニアに開発を依頼した.

### 2.1 教材で取扱う学習内容

本研究で設計した VR 教材で扱う内容は, 「特定地域の気候特徴と伝統的住居の工夫との関係」とした. 具体的には, ノルウェーに見られる屋根の上に土と草を乗せた草屋根住居と, カンボジアに見られる床面を地面から高い位置に置く高床式住居を取り扱った.

上述の学習内容を選定した理由は, 特定の専門知識に偏重しておらず, 学習者が事前に保有している知識量が学習効果の検証結果へ与える影響が少ないと考えられるためである.

## 2.2 VR 教材

図 1 に、バーチャル空間内に実装した草屋根住居(a)と高床式住居(b)の三次元モデルを示す。バーチャル空間内に三次元的に住居を再現し、学習者はそれらの住居における気候的特徴に対応した工夫点を視覚的に観察体験する。

気候的特徴に対応した草屋根住居の工夫点を視覚的に観察できる可視化エフェクトを図 2 に示す。図 2(a), (c) に示される住居は、草屋根住居ではない通常の木造住居であるが、これは草屋根住居とそうでない通常の木造住居との比較学習用に用意したモデルである。図 2(b), (d), (e) に示される住居は草屋根住居である。図 2(a) は通常の木造住居内に吹き込む隙間風を可視化している。草屋根住居では屋根の上に載った草の重みによって木材の隙間が圧縮され、隙間風が住居の中に吹き込まなくなる。その様子は図 2(b) のように描写される。図 2(c) は建物内の熱が木造の屋根を透過し、外部に漏出する様子を可視化している。草屋根住居では、草と土の断熱効果により、室内の熱が外部に漏出しにくくなる。その様子は図 2(d) のように描写される。図 2(e) は草の蒸散により発生する水滴と、水滴の蒸発により吸収される気化熱を赤色の矢印で描写している。また、気化熱により周囲の気温が下がる様子をイメージしやすくするため、青色の矢印を追加した。

高床式住居についても同様に、気候的特徴に対応した工夫点を視覚的に観察できる可視化エフェクトを図 3 に示

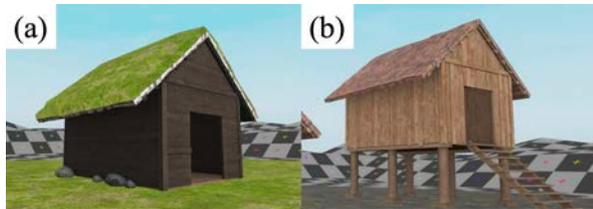


図 1：バーチャル空間内に再現した草屋根住居(a)と高床式住居(b)

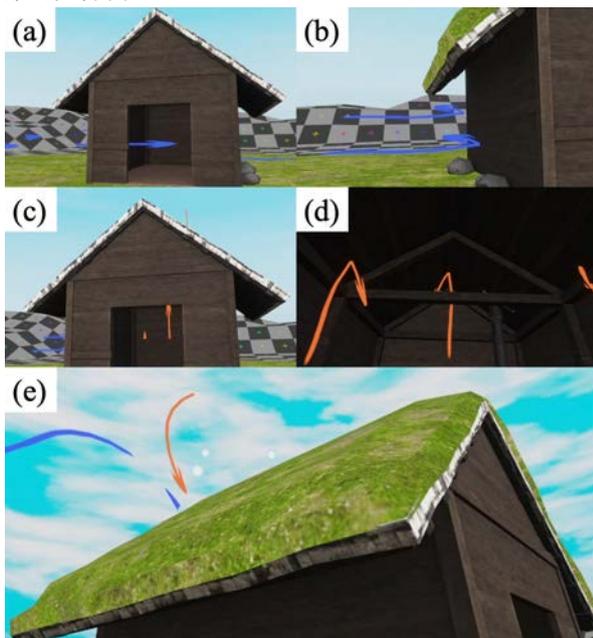


図 2：ノルウェーの気候的特徴に対応した草屋根住居の工夫を可視化したエフェクト

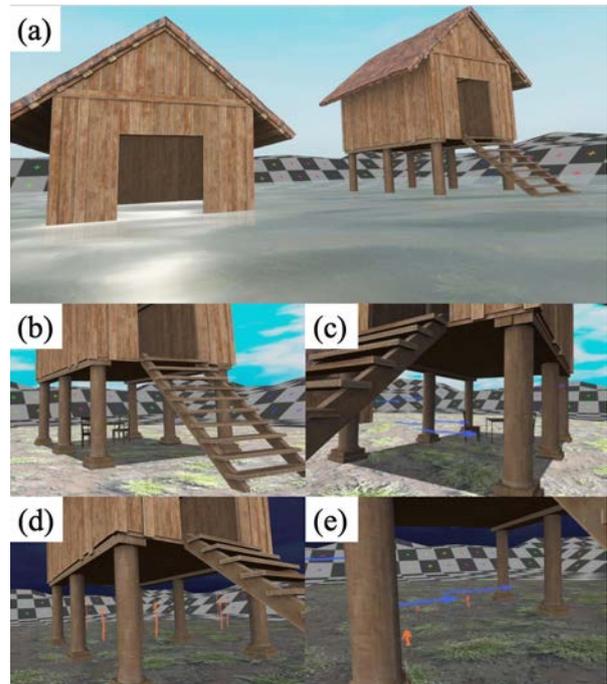


図 3：カンボジアの気候的特徴に対応した高床式住居の工夫を可視化したエフェクト

す。カンボジアでは、雨季に大量の雨が降り続くことで水害が起こることがある。図 3(a) は水害が発生した際の浸水の様子を可視化している。高床式でない通常の住居には浸水しているのに対し、高床式住居では床上の居住スペースには浸水していない様子を観察することが可能である。カンボジアの乾季では、風通しがよく日陰になる床下スペースで、強い直射日光を避けて生活する。図 3(b) は日向部分と床下の日陰部分の対比を、図 3(c) は日陰に風が吹き込む様子を描写して可視化している。図 3(d) は、乾季の夜間に地面から放射される熱を可視化している。図 3(e) は夜間に床下部分に風が吹き抜けることにより、地面からの放射熱が籠りにくい様子を可視化している。

上述した可視化エフェクトは、授業開始後に時間経過とともに自動で再生され、各エフェクトに合わせて解説のナレーションが再生される。学習者はエフェクトが自動再生される空間内を自由に動き、様々な視点から観察体験をすることができる。また、それぞれの可視化エフェクトでは、断熱効率や気化熱として吸収された熱エネルギー量などの物理的・定量的な演算は考慮しておらず、視覚的なイメージのしやすさを重視した。

## 3. 実験授業の実践

### 3.1 実験参加者

17 人の被験者を対象に 2023 年 6 月 27 日に実験授業を実施した。被験者は公募により集められた。17 人のうち VR を一度でも使用したことがある被験者は 15 名であった。また、VR を使用した経験のある被験者の VR 使用頻度は、「週に 5~6 回」が 1 人、「週に 1~2 回」が 1 人、「月に 1~2 回」が 3 人、「年に 1~2 回」が 4 人、「過去に使用したことがある程度」が 6 人であった。

3.2 実験概要

被験者を8人の統制群と9人の実験群に分けて実験授業を実施した。実施した実験授業の過程を表1に示す。統制群、実験群はどちらもVR機器を装着し、バーチャル空間内に投影される映像授業を視聴する。映像授業は、導入と学習内容の紹介・解説を行う前半部分と、学習内容の総括・まとめを行う後半部分に分けて作成した。映像授業の前後半の間に、実験群ではVR観察体験を挿入した。統制群は事前に録画したVR観察体験の様子をバーチャル空間内に投影し、それを視聴するのみとした。映像授業の内容と再生時間は統制群と実験群とで統一した。VR観察体験に関しても、時間経過で自動的にナレーションが再生され、3Dオブジェクトが動作する仕様のため、統制群と実験群とで内容と再生時間に差異は生じない設計とした。

3.3 調査

3.3.1 調査問題

VR教材の教育効果測定のため、実験授業終了直後と実験授業実施日の10日後に記憶調査テストを実施した。それぞれの記憶調査テストの設問は同一であり、統制群と実験群で問題への正答率の差からVR教材の使用と記憶保持の関係を検証する。記憶調査テストの問題を図4に示す。

表1：実験授業の過程

過程	時間(分)	活動内容
導入	5	授業者の挨拶 HMDの装着方法、装着後の操作の説明
HMD装着	5	HMD、イヤホン、コントローラーを装着する 装着に不慣れな被験者の補助を行う
映像授業を視聴	25	統制群
		映像授業(前半) + VR体験の録画を視聴 + 映像授業(後半)
		実験群
記憶調査テスト	15	記憶調査テストに回答する

<p>問1: 気候の特徴に合わせて工夫された住居の一つとして「草屋根」があります。「草屋根」について、授業で扱った内容をもとに覚えていた範囲で問題に解答してください。</p> <p>問1-1: 伝統的にこの建築様式(工夫)を用いている国として授業内で紹介した国はどこか。国名を教えてください。</p> <p>問1-2: 問1の国の気候の特徴として最も当てはまるものを次の4つの選択肢から選択してください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・気温の年較差は少なく年中通して温暖である。また年中多雨である。スコールと呼ばれる激しい雨が降ることがある。</li> <li>・冬に雨が降り、夏は日差しが強く乾燥する。オリーブ、ブドウ、柑橘類などが栽培しやすい。</li> <li>・一年の中で雨季と乾季がはっきりと分かっている。雨季は降水量が多く、乾季は強い日差しが特徴である。</li> <li>・気温の年較差が大きく、冬は冷え込み平均気温が-3°Cを下回り、降雪する。夏は日照時間が長く平均気温が上がる。</li> <li>・一年のほとんどは水雪におおわれるが、夏では地表部に植物が生える。トナカイなどの遊牧が盛んである。</li> </ul> <p>問1-3: 「草屋根」には、気候の特徴を踏まえた工夫(メリット)が3点あります。高床式によって得られるメリットを理由を含めて記述してください。</p>
<p>問2: 気候の特徴に合わせて工夫された住居の一つとして「高床式住居」があります。「高床式住居」について、授業で扱った内容をもとに覚えていた範囲で問題に解答してください。</p> <p>問2-1: 伝統的にこの建築様式(工夫)を用いている国として授業内で紹介した国はどこか。国名を教えてください。</p> <p>問2-2: 問1の国の気候の特徴として最も当てはまるものを次の4つの選択肢から選択してください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・気温の年較差は少なく年中通して温暖である。また年中多雨である。スコールと呼ばれる激しい雨が降ることがある。</li> <li>・冬に雨が降り、夏は日差しが強く乾燥する。オリーブ、ブドウ、柑橘類などが栽培しやすい。</li> <li>・一年の中で雨季と乾季がはっきりと分かっている。雨季は降水量が多く、乾季は強い日差しが特徴である。</li> <li>・気温の年較差が大きく、冬は冷え込み平均気温が-3°Cを下回り、降雪する。夏は日照時間が長く平均気温が上がる。</li> <li>・一年のほとんどは水雪におおわれるが、夏では地表部に植物が生える。トナカイなどの遊牧が盛んである。</li> </ul> <p>問2-3: 「高床式住居」には、気候の特徴を踏まえた工夫(メリット)が3点あります。草屋根によって得られるメリットを理由を含めて記述してください。</p>

図4：調査問題

3.3.2 調査結果

調査の結果、実験群では授業実施直後の調査Iでの正答率が、72.22%であり、10日後に実施した調査IIでの正答率が56.67%であった。一方で統制群では、調査Iでの正答率が81.43%であり、調査IIでの正答率は67.14%であった。

両群の比較として、 $g = \frac{\text{調査II}[\%] - \text{調査I}[\%]}{100 - \text{調査I}[\%]}$  で定義される規格化ゲインg

を算出したところ、実験群はg=-0.56、統制群はg=-0.77となり、VR観察体験を行った実験群にわずかではあるが長期的な記憶保持が認められた。

なお、調査結果を分析する過程で、統制群の内1名の回答を例外値として除外した。当該被験者は、調査Iで全て「わからない」と回答していたが、調査IIでは全ての設問に回答をしていた。原因として、実験の際にVR機器トラブルにより当該被験者のみ進行が遅れが生じ、調査Iへの回答時間を十分に確保できなかったことが考えられる。

4. まとめ

本研究では、VRを活用した教材の設計を行い、バーチャル空間内での視覚的観察体験学習が、学習内容の記憶保持に与える影響を検証した。被験者17名を対象とした実験授業と記憶調査テストを実施し、調査テストの結果から、VR教材による視覚的観察体験学習を行った群は、映像授業のみを視聴した群と比較して、微差ではあるが、学習内容の記憶保持が示された。しかし、有意な差であるとは言いがたく、今後の追加検証が求められる。

謝辞 実験に参加した被験者の協力に感謝する。また、本研究は、UNIVERSITY of CREATIVITY(UoC)の取り組みをきっかけに起案され、実験はUoCの協力を得て行われた。最後に、教材開発を担当した株式会社バーチャルキャストの後藤大宗氏、加賀原駿介氏の協力に感謝する。

参考文献

- [1] L. Jensen, F. Konradsen: A review of the use of virtual reality head-mounted display in education and training, *Education and Information Technologies*, Vol. 23, pp. 15151-1529, 2018.
- [2] S. Smith: Virtual reality in episodic memory research : A review, *Psychonomic Bulletin & Review*, Vol. 26, pp. 1213-1237, 2019.
- [3] L. Squire: Memory systems of the brain : A brief history and current perspective, *Neurobiology of Learning and Memory*, Vol. 82, No. 3, pp. 171-177, 2004.
- [4] 松居俊典, 西岡彩美, 岡崎敏和 : 記憶のしくみを内包した新たな安全教育システム, *環境と安全*, Vol. 10, No. 3, pp. 197-204, 2019.
- [5] VirtualCast: <https://virtualcast.jp/home> (2023年7月20日確認)