



VR 理科教材の自学習効果の検討

Investigation of the effect of VR science teaching materials on self-learning

金森結良¹⁾, 寺田裕樹²⁾, 猿田和樹²⁾, 陳国躍²⁾

Yura KANAMORI, Yuki TERATA, Kazuki SARUTA, and Guoyue CHEN

1) 秋田県立大学大学院 システム科学技術研究科

(〒015-0055 由利本荘市土谷家海老ノ口 84-4, M27p004@akita-pu.ac.jp)

2) 秋田県立大学 システム科学技術学部

(〒015-0055 由利本荘市土谷家海老ノ口 84-4, terata/saruta/ch@akita-pu.ac.jp)

概要: 本研究は, 家庭での自習を想定し, 先行研究で開発された「電流と磁界」単元向け VR 教材に操作導入シーンを実装した. 中学生を対象として, 先行研究と同様に教科書群と VR 教材群にわけ自習を実施した. 各群について自習前後のテスト, 操作性 (SUS) および VR 酔い (SSQ) を評価した. その結果, 自習前後のテストの点数は各群間において有意な差は認めなかった. しかし, 事前操作導入により操作への安心感と理解度の向上は確認できた. また, SUS および SSQ ともに統計的有意差は認められなかった.

キーワード: 教育・訓練, 理科教材

1. はじめに

近年, VR の特性を活かした教育研究が注目されている. 土手らが開発したオンライン型の VR 教材では, 学習者が VR 空間で天体の動きを操作しつつ対話的に学ぶことができ, 非言語的なコミュニケーションを介して空間認識の向上が期待されている. 一方で, VR 酔いといった問題点も指摘されている[1].

文部科学省は, 令和元年に提唱した GIGA スクール構想において, ICT を活用した教育環境の整備を進め, 生徒一人ひとりに最適化された学びや資質・能力の育成を目指している[2]. この構想では, 1 人 1 台端末や通信環境の設備とともに, 時間や距離といった制約を超えて個別で最適な学びや支援を実現する次世代の学校像が示されている.

藤原らの先行研究では, 電流や磁界, 力の向きといった不可視要素を可視化した VR 教材を構築した[3]. さらに, この教材を用いることで学習者の概念理科がどのように向上するかを評価した. その結果を基に, 学習による理解の深まりや振り返りの効果を評価できるよう自習前後テストの一部問題を重複し, 学習指導要領に関連する理解度評価を強化するため質問内容を改善した後, 中学生を対象に VR 教材群と教科書群に分けて学習効果を比較した. その結果, VR 教材群の自習後テストの平均点は教科書群よりも高かったものの, 統計的に有意な差は認められなかった($p=0.59$). また, 重複させた 4 問のうち 3 問で VR 教材

群の方が高い正答率を示したが, これも統計的な有意差はなかった. 統計的に有意な差が認められなかった要因として, 自習前の段階で VR 教材群の得点が既に高く, 学習による得点の伸び幅に大きな差が生じなかったことが原因と考える.

加えて, ユーザビリティを評価する SUS[4]は 69.09, VR 酔いの程度を評価する SSQ[5]は 16.92 と概ね良好な評価を得た. しかし, 「VR 教材の操作に慣れるのが難しい」, 「時間内に終わらない人がいる」といった課題が明らかになった. 特に SUS の質問項目「この VR 教材を使いこなすには専門家のサポートが必要だと思う」といった項目が平均 3.5 と比較的高く, 操作性の向上が求められていることがわかった.

そこで, 教材の操作性向上を図るため, 操作に慣れることを目的として導入シーンを作成し, 大学生を対象にその有無が操作性やユーザビリティに与える影響を調べた[6]. そこで, 本論文ではその導入シーンを加え, 中学生を対象に学習効果, 操作性およびユーザビリティを評価することを目的とした.

2. 導入シーンの概要

本論文で用いた導入シーンは 3 つのシーンで構成されており, 「ボタンの使い方」, 「スライダーの使い方」, 「物の持ち方」に分かれている. 図 1 に「物の持ち方」の練習風



図 1:「物の持ち方」の練習風景

景を示す。各シーンでは、動画とテキストによる説明がパネルに表示され、赤文字で注意点を、黄色文字でコントローラーボタン名を強調することで、学習者が視覚的に理解しやすいようにしている。また、すべての説明を確認しないと次のシーンへと進めない仕様にすることで、学習者が確実に基本操作を取得できるように工夫した。

3. 評価方法

本論文では、自習に使用する教材が教科書である場合(以下、教科書群)と、VR 教材である場合(以下、VR 教材群)で、その学習効果を比較する。実験内容は先行研究[3]を参考にして設計しており、評価には同研究で用いられた自習前テスト、自習後テストおよびアンケートをもとに評価をした。

3.1 自習前テスト

自習前テストは学習前の基礎知識の確認および自習後テストとの比較による学習効果の評価を目的として実施した。テストは、語句や用語の記述問題 6 問と、図を見て解答する問題 4 問の計 10 問で構成されている。

3.2 自習後テスト

自習後テストは学習後の理解度と知識定着を測定するため、語句や用語の記述問題 5 問と、図を見て解答する問題 5 問の計 10 問で構成されている。自習前テストと重複する問題 4 問により、知識の定着度を直接評価できるようになっている。

3.3 アンケート

アンケートはテスト関連アンケートと学習効果・学習意欲に関するアンケート、VR 関連アンケートに分けて実施した。テスト関連アンケートと学習効果・学習意欲に関するアンケートは両群に対して実施し、VR 関連アンケートは VR 教材群のみを対象とした。

3.3.1 テスト関係アンケート

自習前後テストの難易度と解答時間の妥当性を確認するためのアンケートであり、難易度は「簡単」、「普通」、「難しい」の 3 段階、解答時間は「短い」、「普通」、「長い」の 3 段階から選択して回答させた。難易度が「普通」、解答時間が「普通」または「長い」と回答した被験者が多数である場合、テストは妥当であると判断した。

3.3.2 学習効果・学習意欲に関するアンケート

表 1 に学習効果・学習意欲に関するアンケートを示す。学習の理解に効果を与えたかどうかをアンケートに回

表 1:学習効果・学習意欲に関するアンケート

	強くそう思わない <-> 強く思う う
1. 自宅で自習をするときに、 VR 教材を利用したいと思う	1 - 2 - 3 - 4 - 5
2. 自宅で自習をするときに、 VR 教材を繰り返し利用したいと思う	1 - 2 - 3 - 4 - 5
3. VR 教材は分野の学習に役に立ったと思う	1 - 2 - 3 - 4 - 5
4. 自分から進んで VR 教材を使って 自習したいと思う	1 - 2 - 3 - 4 - 5
5. VR 教材は教科書やワークより 分かりやすいと思う	1 - 2 - 3 - 4 - 5
6. VR 教材の文章による説明は 分かりやすかったと思う	1 - 2 - 3 - 4 - 5
7. 電流や磁界を可視化した部分は 分かりやすかったと思う	1 - 2 - 3 - 4 - 5
8. 実験装置を使った学習は 分かりやすかったと思う	1 - 2 - 3 - 4 - 5

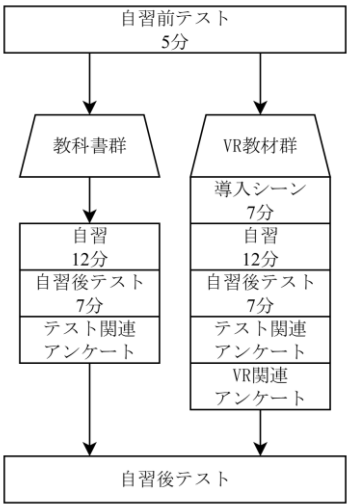


図 2:実験手順

答してもらうことで評価する。表 1 は VR 教材群の被験者に使用したもので、評価を 1～5 の 5 段階とし、それぞれの質問項目の平均で評価した。一方、教科書群の被験者には質問 1～4 の 4 項目のみを実施し、「VR 教材」を「テキスト教材」に変更して実施した。質問 5～8 については VR 教材群の被験者にのみ実施している。

3.3.3 VR 関連アンケート

VR 教材のユーザビリティを評価するために SUS, VR 酔いの程度を評価するために SSQ を実施する。なお, SSQ は先行研究と同じように総合指標である Total Score を用いる。さらに、VR 教材の所感を自由記述で回答してもらった。

4. 実験方法

図 2 に実験手順を示す。最初に、被験者全員に対して自習前テストを実施する。次に教科書群は 12 分間の自習を行う。その後自習後テストとテスト関連アンケートを実施

表 2: 自習前後のテスト結果

平均	VR 教材群	教科書群
自習前	5.43	5.70
自習後	5.26	5.86

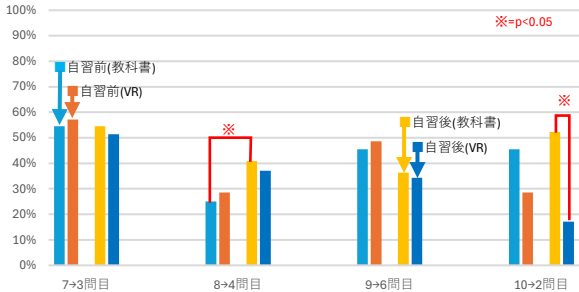


図 3: 自習前後の重複した問題の正答率

表 3: テストの難易度の調査結果

難易度	簡単	普通	難しい
自習前	6	40	33
自習後	3	45	31

表 4: 解答時間の調査結果

解答時間	短い	普通	長い
自習前	7	62	10
自習後	12	62	5

表 5: SUS および SSQ の結果

	SUS	SSQ
先行研究	69.09	16.92
本実験	75.07	22.12
P 値	0.121	0.923

する。

VR 教材群は、導入シーンで操作方法を確認した後に、VR 教材を使用して 12 分間の自習を行う。その後、7 分間の自習後テストと、テスト関連アンケート、VR 関連アンケートを実施する。なお、本実験は中学 2 年生を対象に教科書群 44 名、VR 教材群 35 名の計 79 名に実施した。

5. 実験結果

表 2 に自習前後のテストの結果、図 3 に VR 教材群と教科書群の自習前後の重複した問題の正答率を示す。

表 2 より自習後テストの結果は教科書群の方が高い結果となったが、有意な差は認められなかった($p=0.151$)。また、図 3 より重複させた問題のうち、VR 教材群では「電流がつくる磁界」に関する問題の正答率が大きく低下した。

次に、テスト関係アンケートの結果として、表 3 にテス

表 6: 学習効果・学習意欲に関するアンケートの結果

平均	VR 教材群	教科書群
1 問目	3.60	4.09
2 問目	3.51	3.91
3 問目	4.20	4.34
4 問目	3.77	3.80
5 問目	3.60	
6 問目	3.71	
7 問目	4.40	
8 問目	4.34	

トの難易度の調査結果、表 4 に解答時間の調査結果を示す。

表 3 より自習前後どちらのテストも 4 割が「難しい」と回答した。この結果は、習いたてに実験したことが影響を与えていると考える。表 4 より解答時間は妥当であったと考える。

表 5 に SUS および SSQ の結果を示す。SUS および SSQ を先行研究と比較するため、それぞれに 2 標本 t 検定を実施した。P 値を下部に示す。その結果、SUS および SSQ のスコアに先行研究と比較して統計的な有意差は認められなかった。ただし、SUS の平均スコアは先行研究が 69.09 であったのに対し、本実験では 75.07 と高いスコアを示した。特に、先行研究の課題として挙げられていた「この VR 教材を使いこなすには専門家のサポートが必要だと思う」という項目では、先行研究のスコアが 3.5 であったのに対し、本実験では 2.4 と低下し、良好な結果となり有意差が認められた($p=0.012$)。一方、SSQ の平均スコアは先行研究が 16.92、本実験が 22.12 となり、先行研究の方が低く、VR 酔いが少ない良好な結果であった。

表 6 に学習効果・学習意欲に関するアンケートの結果を示す。なお、質問 5～8 は VR 教材群のみの質問であるため、教科書群の該当欄は空欄となっている。全ての項目で 3.5 以上と高い平均値を示した。7、8 問目の平均が 4 以上と可視化した部分、実験装置を使った学習が理解しやすいと思う人が多いことがわかった。

表 7 に VR 理科教材の所感を問うアンケートで得られた回答を示す。良い点として、「普段見えないところを見えるようになりとてもわかりやすかった」、「操作の手順が簡単で理解しやすかった」といった回答がある一方、悪い点として「上手く使いこなせなかった」、「慣れるまでに時間がかかる」と導入シーンの改良が必要なことが明らかになった。

6. 考察

本実験では、VR 教材群の「電流が作る磁界」に関する問題の正答率が、自習前後で大きく低下する結果が得られた。この要因として、教科書や授業では実験を通じて知識

表 7:学習効果・学習意欲に関するアンケートの結果

良い点	・ 普段見えないところを見えるようになりとてもわかりやすかった.
	・ 操作の手順が簡単で理解しやすかった.
悪い点	・ 上手く使いこなせなかった.
	・ 慣れるまでに時間がかかる.
感想	・ VR 教材はとてもわかりやすく感じた.
	・ 磁界を可視化して、理解できていなかったところが、理解できるようになった.

を定着させているのに対し、VR 教材にはそのような実験的な活動が不足しており、学習内容の理解が十分に深まらなかった可能性が考えられる。また、被験者がこの内容を学び始めたばかりで、定着度が低かった影響も否定できない。

一方、操作性については、SUS 全体のスコアが先行研究よりも向上し、特に先行研究で課題とされていた「専門家のサポートが必要だと思う」という項目で有意な改善が認められた。しかし、自由記述の回答からも示唆されるように、依然として物を持つ操作に苦戦する被験者が多く見られ、物を持つ練習シーンの改良が必要であると考えられる。

7. まとめ

本研究では、中学 2 年生で学習する「電流と磁界」の単元を VR 空間内で学習可能な VR 理科教材を用い、その学習効果や操作性、ユーザビリティについて評価した。VR 理科教材と教科書による自習と比較した結果、学習効果に有意な差は認められなかったが、SUS のスコアは先行研究より向上し、特に先行研究で課題とされていた操作性の項目

で有意な改善が見られた。一方で、VR 教材群では「電流が作る磁界」の問題の正答率が低下するなど、教材内容に課題が残ることも明らかになった。

今後は、VR 教材内での実験的な確認活動の充実や、物を持つ操作のさらなる改善を検討し、学習効果の向上につなげていく必要がある。

参考文献

[1] 土手絢心, 北村史, 瀬戸崎典夫, 協働的に月の満ち欠けのしくみを学ぶオンライン型 VR 教材の開発, 日本教育工学会論文誌, 45 巻 Suppl.号, 2021, pp.217-220.

[2] GIGA スクール構想の実現パッケージ : https://www.mext.go.jp/content/20200219-mxt_jogai02-000003278_401.pdf, 最終アクセス日(2025.07/13)

[3] Miraku Fujiwara, Yuki Terata, Kazuki Saruta, Guoyue Chen, Improvement of VR Science Teaching Materials that Visualize Invisible Elements and Evaluation as a Self-study Use, International Conference on Artificial Reality and Telexistance Eurographics Symposium on Virtual Environments 2023, Poster & Demo.

[4] John Brooke: SUS – A quick and dirty usability scale, Usability Evaluation in Industry, CRC Press, pp.189-194, 1996.

[5] Robert S. Kennedy, Norman E. Lane, Kevin S. Berbaum, Michael G. Lilienthal: Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness, The International Journal of Aviation Psychology, volume 3(3), pp.203-220, 1993.

[6] 金森結良, 寺田裕樹, 猿田和樹, 陳国躍, VR 理科教材の事前操作導入シーンの効果, 電気関係学会東北支部連合大会, 2025 年 9 月