



不可視要素を可視化した VR 理科教材の構築と 自習用途としての評価

Building of VR science teaching materials that visualize invisible elements and
Evaluation as a self-study use.

藤原美樂¹⁾, 寺田裕樹²⁾, 猿田和樹²⁾, 陳国躍²⁾

Miraku FUJIWARA, Yuki TERATA, Kazuki SARUTA, and Guoyu CHEN

- 1) 秋田県立大学大学院 システム科学技術研究科 (〒015-0055 由利本荘市土谷字海老ノ口 84-4, m24p013@akita-pu.ac.jp)
- 2) 秋田県立大学 システム科学技術学部 (〒015-0055 由利本荘市土谷字海老ノ口 84-4, terata/saruta/chen@akita-pu.ac.jp)

概要 : VR 技術を活用することで, 実験や観察の技能を身に着け, 探究する力と態度を養うことが期待できる. しかし, 授業計画の構築において指導者の工学的知識の不足などにより, VR を利用したシステムの導入が困難な場合がある. 本研究では家庭での自習を想定し, 不可視要素を可視化した実験体験が可能な VR 理科教材を構築した. 大学生を対象として VR 理科教材と教科書による自習の効果を比較した結果, VR 理科教材による自習の効果は見られなかった.

キーワード : 教育・訓練, 理科教材

1. はじめに

平成 29 年に文部科学省が告示した中学校学習指導要領理科編には, 教科の目標として, 中学校理科においてどういった能力の育成を目指しているかが示されている[1]. ここには, 実験や観察に関する基本的な技能を身に着け, 科学的に探究する力と, 自ら探究しようとする態度を養うことが掲げられている. VR 技術を活用することで, これらの目標を達成し, 学習者の理解度向上につながる事が期待できる.

一方で, 初等中等教育を対象とした VR を利用した教育システムの実装・研究例が多くないという課題がある. これは, 学校教育の現場に導入する場合, 指導カリキュラム構築において, 教員や指導者の工学的知識の不足が想定され, そういった現場での議論をしなければならないという問題があると考えられている[2]. この問題は VR 技術の導入のみでは解決できず, 指導者に対する工学的知識向上の教育のための時間がかかることが想像に難くない.

そこで, 本論文では指導者を必要としない家庭での自習を想定し, 電流や磁界を可視化した実験体験が可能な VR 理科教材 (以下 VR 理科教材) を構築し, VR 理科教材を使用した自習と教科書を使用した自習を比較する. VR 理科教材の自習用途としての効果を明らかにするとともに,

VR 理科教材の課題点について報告する.

2. VR 理科教材

本 VR 理科教材で学習可能な内容は中学 2 年生で学習する「電流と磁界」の単元である. この単元を選定した理由は, 電流, 磁界およびそれらから受ける力は目に見えない不可視要素のため, VR による学習に適していると考えたからである. この教材を使用する生徒は, 学校教育にてこの単元が学習済みであり, VR 理科教材を自習用途として使用することを想定する. 図 1 に VR 理科教材の仮想空間を示す.



図 1. VR 理科教材の仮想空間

本 VR 理科教材は Meta Quest 2 で動作する. Meta Quest

2 は PC を必要としない，スタンドアロンで動作する VRHMD である．VR 理科教材の開発環境は Unity である．VR 理科教材の動作フレームレートは 72 Hz に設定した．

2.1 学習内容

本 VR 理科教材は電流と磁界の単元の中の，電流周りの磁界と電流が磁界から受ける力について学習できる．

2.1.1 電流周りの磁界

導線に電流を流したときの電流周りの磁界を学習する項目である．仮想空間内には直線型，円型，引き延ばしたコイルの 3 種類の導線を模したオブジェクトが表示されている．図 2 に導線オブジェクトを示す．電流周りの磁界は磁力線で学ぶために，磁力線の概形と磁界の向きが分かるオブジェクトが導線オブジェクトと共に表示される．

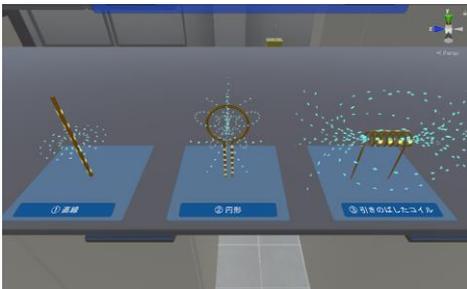


図 2. 導線オブジェクト

2.1.2 電流が磁界から受ける力

実験を通じて，磁界の中で電流を流したコイルの様子を学習する項目である．図 3 に実験装置を通じた学習の様子を示す．

はじめに，図 3 の左図のように実験装置の組み立てを体験する．U 字型の磁石とコイルの 2 つを取り付けられる．その際，取り付け先の場所がハイライトされる．取り付けが終わると，図 3 の右図のように実験装置を操作しながらコイルの様子を観察して学習を進める．電源の切り替え，磁石の向き，流す電流の大きさを変えられる．

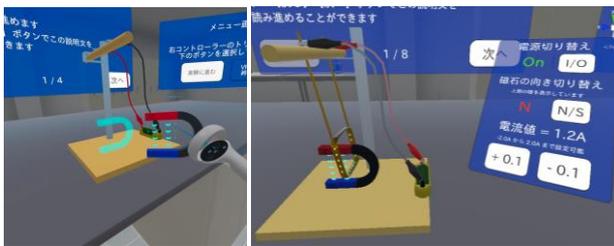


図 3. 実験装置を通じた学習の様子

また，この単元の範囲では「右ねじの法則」や「フレミングの左手の法則」のように，指の指す向きに対応して電流や磁界の向きを覚えることが知られている．図 4 に，ハンドトラッキング機能を利用した様子を示す．図 4 のように，VR 理科教材使用者の手の動きに連動して，手の位置に矢印型のオブジェクトを重量表示する機能を実装した．

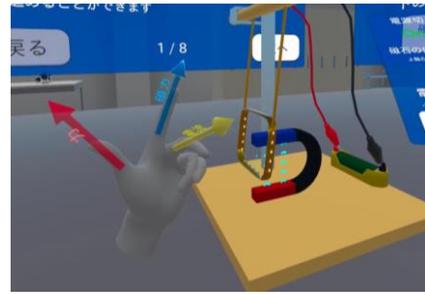


図 4. ハンドトラッキング機能を利用した様子

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（以降，教科書群）と，VR 理科教材である場合（以降，VR 理科教材群）で，その学習効果を比較する．教科書群の自習に使用する教材は『新しい科学 2』(pp.274-281)とした[3]．これは，秋田県の鹿角市を除く公立中学校において使用されている教科書であったためである[4]．学習効果の比較は自習前テスト，自習後テスト，アンケートによる評価をもとに検討する．

3.1 自習前テスト

単元の基礎的な知識を問うテストである．語句や用語を解答する問題が 8 問，図を見て解答する問題が 2 問の合計 10 問（各 1 点，合計 10 点）で構成されている．このテストは後述する自習後テストの点数を比較する際に，各群に振り分けられた被験者の学力の偏りを小さくするために実施する．

3.2 自習後テスト

不可視要素の可視化が影響する部分を中心に問うテストである．図を見て解答する問題が 8 問，短文を読んで解答する問題が 2 問の合計 10 問（各 1 点，合計 10 点）で構成されている．このテストの点数を両群で比較することで，理解度の向上度合いや，VR 理科教材が自習に効果的かを判断する．

3.3 アンケート

教科書群と VR 理科教材群でアンケートが異なる．

3.3.1 テスト関連アンケート

自習前テストと自習後テストの難易度と回答時間を問うアンケートである．このアンケートは両群に実施する．難易度は「簡単・普通・難しい」の 3 択，回答時間は「短い・普通・長い」の 3 択で回答するアンケートである．

3.3.2 VR 関連アンケート

VR 理科教材の操作感を問うために SUS[5]，VR 酔いの度合いを測定するために SSQ[6]を実施する．なお，SSQ は酔いの症状別の Nausea, Oculomotor, Disorientation について測定可能であるが，本実験においては酔いの総合指標である Total Score を用いる，VR 理科教材の所感を自由記述で回答するアンケートを実施する．これらのアンケートは VR 理科教材群のみに実施する．

4. 実験方法

図5に実験手順を示す。はじめに5分間の自習前テストを実施する。このテスト得点をもとに、平均点の差が小さくなるように教科書群とVR理科教材群に振り分ける。

教科書群は3章にて述べた教科書を利用して8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を実施する。

VR理科教材群はVR理科教材の操作方法の説明を受けたのち、8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。

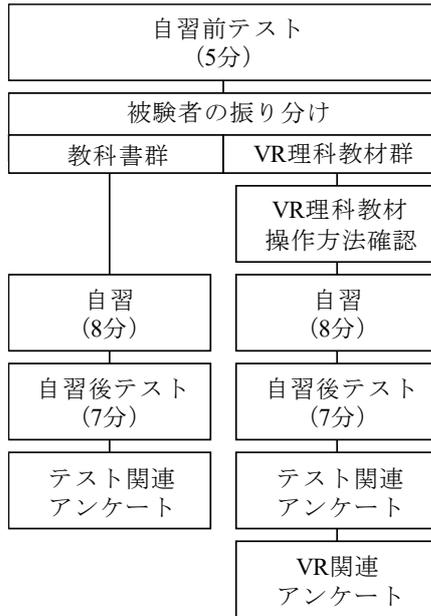


図5. 実験手順

なお、本実験は大学生7名に実施した。また、被験者を4名と3名のグループとし、グループごとに実験を実施した。4名のグループは各群2名に、3名のグループは教科書群1名、VR理科教材群2名に振り分けた。

5. 実験結果

表1に自習前テストと自習後テストの結果を示す。

表1. 自習前テストと自習後テストの結果

被験者	自習群	自習前	自習後
A	VR	9	9
B	VR	7	10
C	教科書	9	10
D	教科書	9	9
E	VR	6	6
F	VR	9	6
G	教科書	6	9

教科書群は3名、VR理科教材群は4名に振り分けた。自習前テストの平均値は、教科書群が8.00に対し、VR理科教材群は7.75になるように振り分けた。自習後テストの平均値は、教科書群が9.33に対し、VR理科教材群は7.75であった。教科書群の方がVR理科教材群より点数が

高かったことから、本実験で構築したVR理科教材による自習の効果は見られなかった。

表2にテスト関連アンケートの結果を示す。

表2. テスト関連アンケートの結果

被験者	難易度 自習前	難易度 自習後	解答時間 自習前	解答時間 自習後
A	普通	普通	普通	普通
B	簡単	普通	長い	普通
C	簡単	簡単	普通	普通
D	普通	普通	普通	長い
E	簡単	簡単	普通	普通
F	普通	難しい	普通	普通
G	普通	普通	普通	普通

難易度について、自習前テストと自習後テストどちらも「普通」と回答した被験者がほとんどであった。また、解答時間についても、「普通」と回答した被験者がほとんどであったことから、本研究で作問したテストが及ぼす影響は少ないとみられる。

また、表3に、VR理科教材群に実施したSUS、SSQアンケートのスコアの結果を示す。

表3. SUS、SSQアンケートのスコアの結果

被験者	SUS	SSQ
A	37.5	67.32
B	77.5	48.62
E	95.0	11.22
F	32.5	63.58

VR理科教材を使用した場合のSUSスコアとSSQスコアは被験者によってばらつきが見られたが、強い負の相関が見られた($r = -0.912$)。ゆえに、VR酔いを抑えつつ、ユーザビリティを向上させる手法を講じなければならない。

表4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。良い点として不可視要素を可視化した部分や物体を把持して観察できる部分が挙げられた。一方、悪い点として仮想空間内の動きがVR酔いに影響を及ぼすことが示唆されたことや、操作の難しさに関する部分が挙げられた。

表4. VR理科教材の所感を問うアンケートの回答

良い点	<ul style="list-style-type: none"> 現実で見えない電流や磁場を見ることができて動きを視覚で捉えられた。 物を自分で動かして、学ぶ事ができる事。
悪い点	<ul style="list-style-type: none"> 左スティック移動と一緒に自分も動きそうになる。 コントローラーをおいて手を出現させる方法がやりにくい所 物を持つ動作には説明がもっと必要だったと思った。
感想	<ul style="list-style-type: none"> 慣れていた時とそうでない時で、モチベや集中度に差が出たと思った。 教材としては動きがつくため教科書などの紙媒体より良いと思った。

6. 考察

自習後テストの結果を見ると、教科書群の平均が VR 理科教材群の平均より高いことが分かる。これは VR 理科教材群の自習時間が短かったことが原因と考えられる。今回 VR 理科教材を利用した被験者 4 名のうち 3 名が VR コンテンツを体験したことが無い者であり、コントローラーの使用法や、仮想空間内における UI の操作に慣れておらず、8 分間の自習時間のうちにすべての学習項目を自習できなかったと考えられる。

SUS のスコアはばらつきがあるものの概ね低かった。このことについては、前述した操作に慣れていないことに加え、ハンドトラッキング機能を利用して、VR 理科教材の利用者の手の動きと連動する際に、仮想空間内に手が表示されるまでの時間が長くなる場合や表示されないことが原因と考えられる。

SSQ のスコアが高い原因としては、仮想空間内での移動や視点の回転が、現実の身体動作との差異を作ってしまったことが考えられる。

本実験では VR 理科教材を使用した自習の有効性は見られなかった。一方で、瀬戸崎らが開発した月の満ち欠けについて学ぶ探索型 VR 教材では、受動的視点移動と能動的視点移動の違いによる学習効果には差がなかったが、VR 教材の使用前後のテストを比較すると、使用後のテストが高評価であったと報告している[7]。実験方法や、使用教材など異なる点が多いが、学習者の理解度の点において異なる結果となった。また、瀬戸崎らによる実験では 1 回の学習活動を約 30 分に設定していた。本実験では自習時間を 8 分間としたが、実験時間の妥当性について検討が必要である。

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 理科教材を構築した。大

学生を対象とし、被験者 7 名のうち 4 名に対し VR 理科教材を使用した自習を行い、教科書を使用した自習と比較した。VR 理科教材による自習の効果は見られなかった。

VR 理科教材の悪い点として得られたフィードバックをもとに、VR 理科教材の操作感向上と VR 酔いの低減を検討すること、自習時間の妥当性について検討することが今後の課題である。

参考文献

- [1] 【理科編】中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説 : https://www.mext.go.jp/content/20210830-mxt_kyoiku01-100002608_05.pdf, 最終アクセス日(2023.07/14)
- [2] 山元翔: AR/VR の教育・学習支援システムへの利用と課題, 教育システム情報学会誌, Vol. 36, No. 2, pp. 49-56, 2019.
- [3] 梶田隆章ほか: 新しい科学 2, 東京書籍株式会社, 2021.02/10 発行
- [4] 令和 4 年度使用中学校教科用図書 県内採択地区等採択結果 | 美の国あきたネット : <https://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/59748>, 最終アクセス日(2023.07/14)
- [5] John Brooke: SUS – A quick and dirty usability scale, Usability Evaluation in Industry, CRC Press, pp.189-194, 1996.
- [6] 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.
- [7] 瀬戸崎典夫, 富永裕也, 森田裕介: 月の満ち欠けについて学ぶ探索型 VR 教材の開発, 日本教育工学会論文誌, 42(Suppl.), pp.89-92, 2018.