

顕微鏡操作の自己学習 VR システム

A VR-based Self-learning System of Microscope Operation

情報工学専攻 金子 ひかる
Information and System Engineering, Hikaru KANEKO

1 序論

現在、日本の中等教育において、観察器具の操作技能の習得が含まれており、「中学校学習指導要領理科(平成29年告示)」[1]には教科の目標として「観察器具の操作、観察記録の仕方などの技能を身に付けること」と定められている。これには授業時間内で学習時間を確保する必要があるが、科学技術振興機構による「平成24年度中学校理科教育実態調査集計結果(速報)」[2]によると、平成24年度の生徒による観察・実験の実施頻度が平成20年度に比べて低下している。また、同調査の教員への質問項目から、「時間」と「物」の不足が実施頻度低下の原因であると考えられる。そこで、観察器具の一つである顕微鏡に着目する。「令和元年度 理科教育設備に関する充足調査 調査報告 中学校 理科実験設備整備状況(保有率)」[3]によると、標準数より顕微鏡の保有率が低い中学校が全体の75%以上を占めていることから、備品不足であることが分かる。その原因として考えられる費用に関しては器具が破損する可能性から、ランニングコストの増大が懸念される。そのほかの学習方法として紙及び電子媒体を用いた方法があるが、実践的な学習が行えず、学習指導要領に定められた目標を達成できない問題がある。

近年、教育分野における X-Reality (XR) 技術の活用の有効性に関心が高まっている [4]。XR 技術は「リアルな体験に基づく学習が可能になり、知識の吸収が劇的に向上する」、「学習時の認知負荷を軽減できる」という特長を有する。そこで、本研究では XR 技術を用いた自己学習システムを構築し、新たな学習方法を提案する。

本研究では、主として顕微鏡操作の未習熟者に、時間や場所の制約がなく高い学習効果を得られる方法で、正しい操作を理解させることを目的とする。目標の達成度を評価するためにユーザ実験を行い、アンケートにおいて被験者の過半数から提案システムに対して肯定的な意見を得られた場合に目標を達成したとみなす。

2 提案システム

本研究では、前述した課題を解決するために、VR 技術を用いて、ユーザが VR 空間内で仮定の顕微鏡を操作することで学習するシステムを提案する。ユーザは仮定の顕微鏡を実際に手を動かして操作することで、実器の使用に近い実践的な学習を可能とする。

提案システムは、PC、HMD、ワイヤレスコントローラ、ダイヤル式入力デバイスから構成される(図1)。ダイヤル式入力デバイスは、顕微鏡操作の手順の中でも特に重要な調節ねじの操作において操作性及び没入感を高めるために採用する。ユーザはコントローラ及びダイヤル式入力デバイスを使用してシステムを操作する。また、提案システムは、ユーザの操作の正誤判定を行い、誤りと判定した場合は警告を発する。警告は映像と音声により表現され、ユーザに誤操作を認識させる。

提案システムは、HMD として HTC VIVE Pro を採用する。その理由は、中価格帯で解像度が高く、付属のワイヤレスコントローラは手を動かして操作することを可能とするためである。また、本研究ではシミュレーションシステムとして物理演算エンジンを搭載した Unity を使用してシステムを構築する。

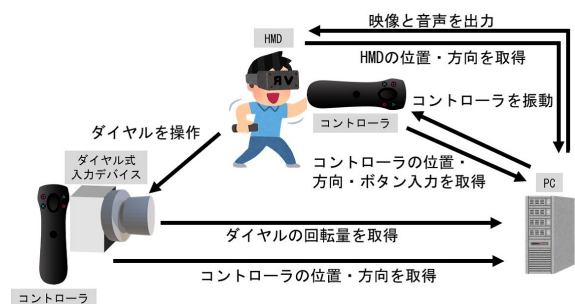


図1: システム構成

提案システムは、ユーザの操作の正誤を判定する。ユーザの操作が誤りと判定される条件は「現在の手順で操作すべき対象以外のオブジェクトを操作すること」と「現在の手順の操作が完了していない状態で次の操作へ移行すること」の2つである。各手順における操作すべき対象及び完了条件は予めシステムに設定

されており、システムは各手順において操作すべき対象とユーザが操作している対象を比較し、異なる場合は誤りと判定する。さらに、システムは各オブジェクトの状態を確認し、完了条件を満たしているかどうかを判定する。

提案システムは、ユーザが誤った操作をした場合、警告を発することでユーザに誤操作を認識させる。システムは、視覚情報として画面全体を徐々に赤色に変化させ、画面中央の最前面に警告文を表示する。また、ステージの位置の調節では、レンズとプレパラートが接触すると、プレパラートが割れるアニメーションを生成する。さらに、システムは警告文を表示すると同時に、聴覚情報として警告音を再生する。

提案システムの有する特徴を以下に示す。

- VR 空間内で仮定の顕微鏡を実際に手を動かして操作することで、実践的な学習が可能で学習意欲が向上する。
- 多くのデバイスを必要とせず、それらは比較的安価であり、準備及び片付けに手間がかからない。
- ユーザの学習を支援する情報の提示に加えて、現実では得られない失敗の VR 技術による体験が学習内容の理解を促す。

3 実装結果

システム画面を図 2、警告が表示されている様子を図 3 に示す。

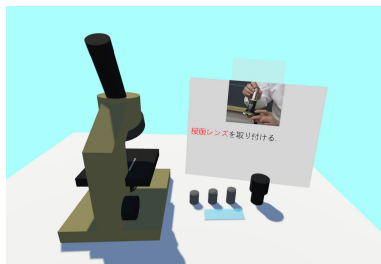


図 2: システム画面



図 3: 警告

4 実験・評価

本研究で設定した目標の達成度を評価するために、ユーザ実験及びアンケートを実施する。被験者は日本の中等教育を受けた、理系大学生及び大学院生 6 名、社会人 6 名の計 12 名である。

テスト結果について、手順の並び替え問題の点数の推移及び名称問題の結果 (図 4) は 2 つのグループの間に大きな差は見られなかった。また、事前アンケートで実験器具等の操作を理解することに対して苦手意識があると回答した被験者 (B6 以外) も提案システムを使用することで獲得点数が上がっている。したがって、ユーザは提案システムの使用により紙媒体を使用した学習方法と同程度の学習効果を得られると言える。



図 4: テスト結果

アンケートは 5 段階評価とし、評価値が小さいほど肯定的、大きいほど否定的を表す。

表 1: 操作性について (1)

(1.1) 以下の操作において、本システムの操作方法と実際の操作方法との違いを感じたか。	1	2	3	4	5
(1.1.1) レンズの取り付け	6	3	1	2	0
(1.1.2) 反射鏡の調整	3	6	1	2	0
(1.1.3) プレパラートの設置	4	4	0	4	0
(1.1.4) 調節ねじの操作	7	2	1	1	1
(1.1.5) レボルバーの回転	2	5	1	3	1
(1.1.6) プレパラートの位置調整	2	7	0	3	0
(1.1.7) 観察	6	5	1	0	0

表 2: 操作性について (2)

質問	1	2	3	4	5
(1.2) ダイヤル式入力デバイスと調節ねじの仮想オブジェクトの位置のずれを感じたか。	0	6	0	6	0
(1.3) ハンドトラッキングにより取得された手の位置にずれを感じたか。	0	9	0	3	0
(1.4) ハンドトラッキングにより取得された手の位置を頼りに、ダイヤル式入力デバイスに手を誘導することができたか。	4	7	1	0	0
(1.5) ハンドトラッキングにより取得された手の位置を頼りに、コントローラに手を誘導することができたか。	7	5	0	0	0
(1.6) コントローラによる操作とダイヤル式入力デバイスによる操作の切り替えは煩雑であると思うか。	3	6	2	1	0
(1.7) 調節ねじの操作においてダイヤル型入力デバイスは有効であると思うか。	9	3	0	0	0

提案システムの操作方法と実際の操作方法の違いについて、表1の質問(1.1.1)から質問(1.1.7)の全てで被験者の過半数から違いを感じなかった(1または2)という回答が得られ、操作方法は概ね実器に近いと言える。一方で、質問(1.1.3)では4名の被験者が、質問(1.1.5)では4名の被験者が違いを感じた(4または5)と回答した。さらに、コントローラではなく手を用いて操作できたら良いとの意見も得られた。したがって、提案システムにおけるプレパラートの設置とレボルバの回転の操作方法は改善の余地がある。これらにはコントローラを捻る動作やハンドトラッキングを使用することで実際の操作により近づくと考えられる。

表2の質問(1.2)では被験者の半数がずれを感じた(4または5)と回答した。これは、ダイヤル式入力デバイスの固定が不十分であったことが理由として考えられる。また、質問(1.3)では、75%以上の被験者からずれを感じない(1または2)という回答が得られた。ハンドトラッキングを使用した手の誘導に関する質問(1.4)及び質問(1.5)では、ともに90%以上の被験者から誘導できた(1または2)という回答が得られた。さらに、事前アンケートでハンドトラッキングの使用経験が少ないと回答した被験者からも肯定的な回答が得られた。これは、ハンドトラッキングの精度が十分に高く、ずれが小さいことが理由として考えられる。コントローラとダイヤル式入力デバイスの操作の切り替えの煩雑さについて、質問(1.6)では75%以上の被験者から煩雑でない(1または2)という回答が得られ、それらの操作の切り替えは容易と言える。質問(1.7)では被験者の全員から肯定的な回答が得られたことから、調節ねじの操作におけるダイヤル式入力デバイスの採用は適切と言える。

表 3: 表示情報について

質問	1	2	3	4	5
(2.1) 警告は操作しながら確認するうえで視認性が高いと思うか。	2	7	2	1	0
(2.2) 警告の音による表現は、誤操作を認識するのに有効であると思うか。	8	2	1	1	0
(2.3) 誤操作の結果(ガラスが割れる)のアニメーションによる表現は誤操作を認識するのに有効であると思うか。	11	1	0	0	0
(2.4) 警告の表現により、誤操作をなくそうという意識が高まったか。	4	8	0	0	0
(2.5) 操作説明は操作しながら確認するうえで視認性が高いと思うか。	6	6	0	0	0

表示情報について、表3の質問(2.1)では75%以上の被験者から肯定的な回答が得られたことから、警告

の表示方法は視認性が高く適切と言える。一方で、警告が頻繁に発せられると視界が遮られて操作が阻害されるという意見が得られ、警告を表示する範囲及び場所に関しては改善の余地がある。これは、他のオブジェクトと重ならない場所に警告を表示することで解決できると考えられる。

質問(2.2)及び質問(2.3)では75%以上の被験者から肯定的な回答が得られたことから、音声とアニメーションによる警告の表現はユーザに誤操作を認識させるのに有効と言える。一方で、警告音が騒がしいという意見が得られた。これは、警告音の音量とパターンを変更することで改善できると考えられる。

質問(2.4)では被験者の全員から高まった(1または2)という回答が得られた。また、質問(2.4)と質問(2.1)及び質問(2.3)の間に弱い正の相関が、質問(2.4)と質問(2.2)の間に正の相関が見られた。これらから、特に音による警告の表現が誤操作をなくす意識の向上に有効と考えられる。

操作説明の表示方法について、質問(2.5)では被験者の全員から肯定的な回答が得られたことから、操作説明は視認性が高いと言える。

表 4: システムについて

質問	1	2	3	4	5
(3.1) 本システム内で実際に手を動かして操作できることが理解度の向上に有効であると思うか。	9	1	2	0	0
(3.2) 本システム内で実際に手を動かして操作できることが記憶の定着に有効であると思うか。	9	3	0	0	0
(3.3) 本システム内で失敗が体験できることが理解度の向上に有効であると思うか。	9	3	0	0	0
(3.4) 本システム内で失敗が体験できることが記憶の定着に有効であると思うか。	8	3	1	0	0
(3.5) 本システムは実器を使用した学習よりも手間がかからないと思うか。	1	7	3	1	0
(3.6) 本システムは紙及び電子媒体よりも学習意欲は増進したか。	7	5	0	0	0
(3.7) システム内に「顕微鏡操作」以外にも多数の学習コンテンツがあった場合、使用の手間や導入コスト等の欠点をカバーできると思うか。	3	9	0	0	0
(3.8) 自分が観察したい試料が取り込める機能が実装された場合、本システムをより使用したいと思うか。	7	4	1	0	0

提案システムの使用による学習の実践性について、表4の質問(3.1)及び質問(3.2)では80%以上の被験者から有効だという回答が得られた。さらに、その理由として実際の操作をイメージしやすいという意見が得られた。このことから、VR空間内で手を動かして操作することが理解度の向上及び記憶の定着に有効と

考えられる。また、質問 (3.3) 及び質問 (3.4) では 90% 以上の被験者から有効だという回答を得られた。さらに、失敗体験をできる点にとっても有用性を感じたという意見が得られた。これらから、誤操作の結果を体験できることが理解度の向上及び記憶の定着に有効と考えられる。そして、質問 (1.1.1) から質問 (1.1.7) の結果も合わせると、提案システムの使用によりユーザは実器の使用に近い実践的な学習が可能と言える。

提案システムの使用にかかる手間について、質問 (3.5) では 65% 以上の被験者から肯定的な回答を得られた。このことから、提案システムは実器を使用するよりも手間がかからないと言える。

学習意欲について、質問 (3.6) では被験者の全員から学習意欲が高まった (1 または 2) という回答を得られた。その理由として手を動かすことで楽しさを感じることや操作が容易で繰り返し使用しやすいことが挙げられている。さらに、質問 (3.6) と質問 (3.1) 及び質問 (3.3) の間に正の相関が見られた。また、学習意欲が増進した理由として「実際に手を動かして手順を確認し、観察できたから」という意見を得られた。そのため、提案システムによりユーザが実践的な学習を行えることが学習意欲の増進に繋がると考えられる。したがって、提案システムは紙及び電子媒体を使用した方法よりも学習意欲が増進すると言える。

質問 (3.7) では、被験者の全員から肯定的な回答を得られた。このことから、顕微鏡操作以外の学習コンテンツが用意されることで、1 つの学習コンテンツあたりにかかるコスト等が減少し、使用の手間や導入コストといった使用の障壁が緩和されると提案システムの有効性が向上すると考えられる。質問 (5.8) では、90% 以上の被験者から肯定的な回答を得られた。さらに、「自分の見たいものが見られるのであれば利用したい」という意見が得られた。本研究ではシステムに予め保存されている試料から観察するものを選ばせたため、観察の自由度が低いことが理由として挙げられる。これらから、ユーザが観察したい試料をシステムに取り込める機能を実装することで、より学習意欲が増進する可能性がある。

以上から、実器を使用する学習を提案システムで完全に代替することは困難だが、学習の補助的なシステ

ムとしての有効性はあると言える。

5 結論

本研究では、時間や場所の制約がなく高い学習効果を得られることを目的とした、顕微鏡操作の自己学習 VR システムを提案した。実験から、ユーザは提案システムの使用により実践的な学習が行え、学習意欲を高めた。一方で、一部の操作方法が実際の操作方法と異なると感じられたという意見があり、実機の使用を完全には代替できず、警告の表示方法に関しても否定的な意見を得られたため、改善の余地がある。

参考文献

- [1] 文部科学省: “中学校学習指導要領理科 (平成 29 年告示),”
https://www.mext.go.jp/content/1413522_002.pdf
(最終アクセス 2020 年 2 月 13 日)
- [2] 国立研究開発法人 科学技術振興機構: “平成 24 年度中学校理科教育実態調査集計結果 (速報),”
https://www.jst.go.jp/cpse/risushien/secondary/cpse_report_016.pdf
(最終アクセス 2020 年 2 月 13 日)
- [3] 公益社団法人 日本理科教育振興協会: “令和元年度 理科教育設備整備に関する充足調査 調査報告 中学校 理科実験設備整備状況 (保有率),”
<http://www.japsee.or.jp/wp-content/uploads/1chuu-hoyuritu.pdf>
(最終アクセス 2020 年 2 月 13 日)
- [4] Microsoft: “Immersive Experiences in Education,”
<https://edudownloads.azureedge.net/msdownloads/MicrosoftEducation.Immersive.Experiences.Education.2019.pdf>
(最終アクセス 2020 年 2 月 13 日)
- [5] 舘すすむ, 佐藤誠, 廣瀬通孝: “バーチャルリアリティ学,” 日本バーチャルリアリティ学会, 2011.