

基礎知識の異なる学生を対象とした WebXR 工学実験システムの評価 Evaluation of WebXR-based Engineering Experiment System for Students with Different Basic Knowledge

満江 祐人[†] 手島 裕詞[†] 坂口 彰浩[†] 上原 信知[‡] 杉本 和英[‡]

Yuto Mitsue Yuji Teshima Akihiro Sakaguchi Nobutomo Uehara Kazuhide Sugimoto

1. はじめに

国立高等専門学校（以下、高専）は、技術者育成に特化した高等教育機関であり、創造的かつ実践的な能力を備えた人財を輩出することを基本理念としている。特に、専門分野における工学実験を重視したカリキュラム設計がなされており、専門知識の定着と実験スキルの習得を目標に教育を実践している。そのため工学実験の役割は大きく、ICT の活用や実験スタイルの進化などによって更なる高度化が求められている。

そのような中、佐世保高専では WebXR を用いた工学実験システムを開発し、実証実験によって有効性を検証した^[1]。対象は電子制御工学科 2 年生であり「ホイートストンブリッジによる抵抗の測定」の実験である。アンケート調査によりシステムの有効性を検証した結果、オンライン環境を活用したテラーメード型工学実験の可能性を示すとともに、「学びの達成感」においては 3 次元仮想環境における機器の対話的な操作が有効であることが示された。

しかしながら、従来研究では、一つのクラスを対象としたアンケートによる評価であったため、基礎知識が異なる学生に対する理解度に関しては評価ができていない。

そこで、本稿では WebXR を用いた工学実験システムを、基礎知識の異なる学生（12 名）を対象として実施し、その有効性を理解度テストとアンケートによって検証した。ここで、対象となる学生は高専専攻科生であり、本科の所属学科が「機械（以下、M）：4 名」、「電気電子（以下、E）：3 名」、「物質（以下、C）：5 名」の学生である。なお今回の実験は電気系の実験のため各学科のカリキュラムからは理解度は E、M、C の順に高いと考えられる。

本稿では、専攻科の授業内で WebXR を用いた工学実験を実施し、実験前後の理解度テストおよびアンケート調査の結果によって教育システムの有効性を確認できたので報告する。

2. WebXR 工学実験システム

本稿では、XR は VR（仮想現実感）を指すこととし、VR は「仮想空間に現実と本質の同等の環境を作る技術」と定義する。また、本研究では XR 工学実験システムを容易に導入し、かつ安全に、安定して実験が行えるように以下に示すシステム要件で開発を行っている。

- ・HMD 装着を前提としない（VR 酔いへの対応）
- ・ウォークスルーを限定する（映像酔いへの対応）
- ・ブラウザ上で動作させる（導入コストへの対応）



図 1 WebXR を用いた工学実験システム

2.1 工学実験の実施方法

本研究では、「ホイートストンブリッジによる抵抗の測定」を再現した XR 工学実験システムを用いて実験を行った。また、実験システムに変換抵抗器を導入する改良を加えた。WebXR を用いて再現した工学実験システムを図 1 に示す。

また、本実験では従来の実験に対して実験手順や内容の再設計を行った。従来実験では機器の操作のみであったため、ブリッジ回路の原理についての理解が進んでいなかった。そのため、ブリッジ回路に関する説明を追加し、さらに機器計測の前にブリッジ回路による抵抗の理論値を計算する実験記録シートを導入することで実験機器とブリッジ回路の関係を理解できるようにした。

また、仮想の可変抵抗器を導入し、接続抵抗の増減によるブリッジ電流の変化を視覚的に確認できるようにした。

3. 理解度テストおよびアンケート調査の考察

WebXR を用いた工学実験の実施前後に実験の原理について理解度テストを行った。また、実験の最後にアンケート調査を実施した。

理解度テストでは、ホイートストンブリッジについての基礎的な知識を問う以下の 3 項目を用意し、同様の内容で実験の前後 2 回実施した。なお、ブリッジ回路の抵抗計算は実験前後で異なる計算になるようにしている。

- ・ホイートストンブリッジの使い方を説明する。
- ・ホイートストンブリッジの用途を説明する。
- ・ブリッジ回路の抵抗を計算する。

また、アンケートでは、5 段階評価で回答を求め、実験に対する肯定的な回答から順に 5～1 になるように質問項目を用意した。さらに、すべての質問項目に対して回答理由のコメントを求めた。以上の検証より、(I) 基礎知識の違いによる理解度の変化、(II) 基礎知識の違いによる

[†] 佐世保工業高等専門学校 National Institute of Technology, Sasebo College

[‡] (独) 国立高等専門学校機構 National Institute of Technology, Headquarter

表 1 理解度テストの平均 (事前・事後)

分類	事前(/3点)	事後(/3点)
M	0.50	2.75
E	2.33	3
C	0	2.8
平均	0.75	2.83

XR 工学実験システムのアンケート評価、(III) 可変抵抗器の導入による有効性の評価の3項目に焦点を当て検証するとともに、今後の導入拡大に向けた留意点を抽出する。実験の前後の理解度テストおよびアンケートの回答結果を表 1, 2 に示す。

まず表 1 より、(I) 基礎知識の違いによる理解度の変化について検証する。すべての異なる基礎知識を持つグループにおいて、事前の理解度テストより事後のスコアが上昇したことが読み取れる。このことから、基礎知識の異なる学生であっても、理解度が向上したことが確認できる。また、C, M のグループの事前理解度テストは平均が 1 点を下回っているが、事後テストでは 2.7 点以上となっていることから、基礎的な知識がなくても XR 工学実験システムを利用した実験で基礎知識の理解が進んでいる。

次に、表 2 のアンケート結果から、(II) 基礎知識の違いによる XR 工学実験システムのアンケート評価について検証する。

表 2 より、全体評価 (平均) はすべての項目において 4.5 以上であり、全体で肯定的にとらえられていることが読み取れる。特に、①②では XR を用いたシステムであっても、原理の理解および目的データの取得ができることが得られた。回答理由のコメントでも、「操作方法、仕組みが完全に理解できた」、「操作しやすくスムーズに計測を行えた」などの意見が上がっていた。一方、グループ別にみると①において C の結果が 4.2 となっている。高い評価ではあるが、基礎知識がある E との差がでている。事前事後のテストからは理解度の上昇を確認しているが、C は基礎知識が少ないグループであり、すぐに知識を定着させるフェーズには入りにくいと考えられる。そのため、アンケートでは低い評価として回答した学生が多かったと考えられる。

次に、表 2③の結果より、XR システムを実験に用いることに対して、有効であると評価していることが読み取れる。

表 2 アンケート結果 (平均) と内訳

アンケート項目	平均	M	E	C
① XR(VR)システムでのデータ計測とその後の処理によって原理を理解できたか。	4.50	4.50	5.00	4.20
② XR(VR)システムでの実験において、記録すべき計測データの取得はできたか。	4.92	5.00	4.67	5.00
③ XR(VR)システムのようにいつでも、どこでも機材が扱えるシステムは、体験を伴う学びにおいて有効であると思うか。	4.92	5.00	4.67	5.00
④ 本実験を通して、XR(VR)システムを用いるスタイルは「学びの達成感」があるか。	4.50	4.50	4.33	4.60
⑤ 可変抵抗器を取り付けた実験を行うことによって、ブリッジ回路の原理の理解に役立ったか。	4.50	5.00	3.67	4.60

回答コメントでも「機器が用意できない場合でも、学習できるから有効だと思う」など、XR システムによる実験の利点が肯定的に受け入れられている。また、④から、XR による実験であっても「学びの達成感」が得られたことで、XR システムへの満足度が高かったことも理由として考えられる。

最後に、(III) 可変抵抗器の導入による有効性の検討をする。本稿では、従来研究のシステムに加え、新たに計測対象として可変抵抗器を導入した。可変抵抗器の値を任意に変更することで、ブリッジ回路の理解促進を図ったものである。表 2⑤より、可変抵抗の導入は原理の理解の助けになったという意見が多いことがわかる。ただし、基礎知識を持っている E は、他のグループと比較して低い評価となった。E は前提知識があるため、理解度向上の評価としては低くなったと考えられる。

4. おわりに

本稿では、WebXR を用いた工学実験システムによる教育効果の検証のため、基礎知識の異なる専門分野の学生を対象とし、事前事後の理解度テストとアンケートによって実験システムの有効性を検証した。その結果、XR を用いたシステムで工学実験を行うことで、基礎知識がない学生でも実験内容の理解ができていたことが示された。また、XR を用いる工学実験に対して異なる専門分野の学生であっても肯定的に捉えて学習していくことを確認した。さらに実験システムに導入した可変抵抗器は、原理の理解に有効であることが示された。以上より、XR を用いた工学実験を教育現場へ導入することの有効性を確認することができた。

今後は、より多くの被験者を対象とした実証実験を行い、詳細な教育効果を検証していく予定である。また、ブレンデッドスタイルの実験計画や遠隔環境での検証を考えている。

参考文献

- [1] 満江祐人, 手島裕詞, 坂口彰浩, 上原信知, 杉本和英 “WebXR を用いた工学実験システムの開発” 電子情報通信学会 ET 研究会 (信学技法) (2022-3)