

# 電子回路設計について学ぶ VR 教材

## VR Learning Contents for learning Electronic Circuit Design

田村 綾太郎, 山岸 芳夫  
Ryotaro TAMURA<sup>\*1</sup>, Yoshio YAMAGISHI<sup>\*2</sup>  
新潟工科大学 工学部 工学科

<sup>\*1</sup>Niigata Institute of Technology, Department of Engineering, Faculty of Engineering

**あらまし**：本研究は、電子回路学習における理解促進を目的として、VR を活用した電子回路設計教材を開発するものである。VR の没入型環境を活かし、抵抗、コンデンサ、コイル、トランジスタ、オペアンプといった基本的な電子素子を三次元空間上で配置・接続しながら学習できる環境を構築する。学習者は回路図や数式による説明に加え、回路構成や動作結果を視覚的に確認しつつ、操作を行うことで、理論と回路動作の対応関係を理解することができる。本教材により、学習場所や設備に依存しない電子回路学習環境を提供し、初学者にとっての学習効果向上を目指す。

キーワード：VR, 電子回路, 回路設計

### 1. はじめに

電気電子回路の学習は、工学分野における重要な基礎の一つである。抵抗、コンデンサ、コイル、トランジスタ、オペアンプといった基本的な電子素子について、それぞれの特性や動作原理を理解し、回路内での役割を把握することは、電子回路を学ぶ初学者にとって重要な学習段階である。しかし、回路学習では回路図記号や数式による説明が中心となるため、理論と実際の回路動作を結び付けて理解することが難しいという課題がある。

従来の学習方法としては、教科書や講義による理論学習に加え、実機を用いた回路製作や実験が行われてきた。一方で、実機実験には電源装置、計測機器、各種電子部品などの設備が必要であり、学習環境の整備にコストや物理的な制約が伴う。また、学習場所が実験室などに限定されることが多く、学習者が自分のペースで繰り返し試行することが難しい場合がある。これらの要因は、初学者が継続的に回路学習へ取り組む上での障壁となり得る。

一方、仮想現実 (VR: Virtual Reality) 技術を活用した学習環境が近年注目されている。VR を用いることで、PC と HMD (ヘッドマウントディスプレイ) があれば場所を選ばずに学習を行うことが可能となり、実験室に依存しない回路学習環境を構築できる。また、高価な電源装置や計測機器、消耗する電子部品を必要とせず、回路構成や条件を安全かつ容易に変更できる点は、学習教材として有用である。

本研究では、抵抗、コンデンサ、コイル、トランジスタ、オペアンプを対象とした、アナログ電子回路学習用 VR 教材の開発を行う。各電子素子の動作原理を学習した後、その内容を確認する回路を仮想空間上で構成・動作させることで、理論と回路動作の対応関係を直感的に理解できる学習環境を構築する。

さらに、場所や設備に依存しない柔軟で継続的な電子回路学習の実現を目指す。

### 2. 先行研究

VR を用いた電気電子回路の教材についての先行研究の一例としては渡辺らによる「VR で学ぶ電気

回路の動作<sup>(1)</sup>」が挙げられる。先行研究では、VR 上に配置されている電源や抵抗などの基本的回路要素をキーボードやマウスにて、操作・配置し、それらの接続によって回路の挙動を学べるシステムが構築されている。

この研究は、従来の紙面や 2 次元シミュレーションツールでは得られにくかった「空間的な理解」を促進するという点がある一方で、「システムの拡張性が低く、直流回路しか作れない」、「キー操作は使いにくい」などの問題点が示されている。

本研究では上記の先行研究の成果を踏まえ、より高度な回路が自由に作成でき、能動的な操作が可能な回路シミュレーション教材の開発を目的とする。

### 3. 開発環境及び動作環境

本教材のシステム構成を図 1 に示す。本教材は VR 空間を Unity<sup>(2)</sup> で構築し、回路の解析には Ngspice<sup>(3)</sup> を用いるが、これらがデータを直接送受信するのは困難なため、FastAPI<sup>(4)</sup> を Ngspice のフロントエンドとすることで両者を仲介する形を取っている。使用する HMD は Meta Quest 3<sup>(5)</sup> である。

VR 空間内でユーザが回路の構成を完了し実行ボタンを押すと、Ngspice で読み込み可能な Netlist 形式で回路データが自動生成される。このデータは FastAPI を経由して Ngspice に送信され、回路の動作解析が実行される。解析結果 (各ノードの電圧値や電流値など) は Unity に返送され、VR 空間上に図やエフェクトとして可視化される。

これにより、学習者は構築した回路の動作をその場で視覚的に確認することが可能になる。



図 1: システム構成

## 4. 教材内容

本教材は以下のパートに分けられている。

1. チュートリアル
2. 「素子解説」
3. 「ブレッドボードで作成」

初回に共通のチュートリアルを実施した後、各電子素子について「素子解説」と「ブレッドボードで作成」の2つのパートを順に学習する構成となっている。学習者は、抵抗を対象とした学習から開始し、その後、コンデンサ、コイル、トランジスタ、オペアンプへと段階的に進行する。

### 4.1 チュートリアル

教材の開始時には、学習者が VR 空間内での学習を円滑に進められるよう、視点移動、オブジェクトの持ち方、UI 操作といった、基本的な操作方法やオブジェクトとのインタラクションに慣れることを目的としたチュートリアルを用意している。

### 4.2 「電子素子解説」

「電子素子解説」パートでは、VR 空間内に配置された説明画面を用いて、一つの電子素子の基礎的な性質や役割を一つの単元にまとめて提示する。各単元において学習者は自らスライドを操作、閲覧し学習を進めることができる。

単元の末尾に当該素子を用いた課題回路が提示される。下記に示す「ブレッドボードで作成」パートで学習者が提示された回路を正しく構成できた場合のみ、次の単元へ移行可能としている。

本教材では、抵抗、コンデンサ、コイル、トランジスタ、オペアンプの順に学習を進め、単純な受動素子から能動素子へと段階的に内容を発展させる構成としている。図2に教材スライドの例を示す。

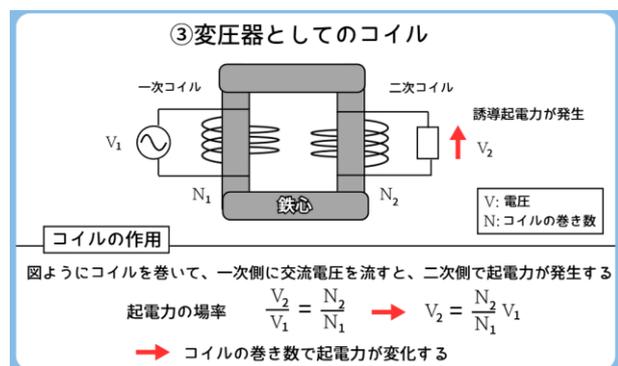


図2: 解説スライド

### 4.3 「ブレッドボードで作成」

「ブレッドボードで作成」パートでは、VR 空間内に電源、ファンクションジェネレータ、オシロスコープ、ブレッドボードが配置されている。学習者は専用の UI を操作することで、抵抗やコンデンサな

どの電子素子呼び出し、ブレッドボード上に配置して回路を構成する。

各機器の操作方法や接続方法は、実際の実験器具における使用感に近づけることを重視して設計しており、現実の回路実験への移行を意識した体験が可能である。これにより、学習者は仮想空間内で回路構成を行いながら、実機操作に必要な知識や手順を同時に習得できる。(図3)



図3: 作成画面

## 5. 検証実験

教材の学習効果を検証するため、新潟工科大学の学生6人を対象として、形成的評価を実施した。検証は事前テスト、教材を用いた学習、事後テスト、アンケートの順で行った。事前テストと事後テストは11問で構成され、抵抗、コンデンサ、コイル、トランジスタ、オペアンプについてそれぞれ問う内容となっている。

また、テストを終えた学習者には教材の改善のため、Google Formsを用いてアンケートを実施した。テストおよびアンケートの結果とその考察については発表時に報告する予定である。

### 参考文献

- (1) 渡辺修斗, 山岸芳夫. VRで学ぶ電気回路の動作. 教育システム情報学会 第47回全国大会 講演論文集 (2022), pp.183-184
- (2) Unity Technologies. Retrieved from <https://unity.com/ja>
- (3) Ngspice Project. Retrieved from <https://ngspice.sourceforge.io/>
- (4) FastAPI Retrieved from <https://fastapi.tiangolo.com/ja/>
- (5) Meta Platforms, Inc. Retrieved from <https://www.meta.com/jp/>