

可視化による直感的理解の促進を目的とした電気回路学習支援システムの開発
Development of an electrical circuit learning support system for promoting intuitive understanding by visualization

○岩崎匠良¹, 星野貴弘²

*Takura Iwasaki¹, Takahiro Hoshino²

Abstract: According to a recent research, in Japan, to understand electric circuit theory is difficult for students. One of the reasons is difficulty to interpret intuitive senses of the electric phenomena since it is invisible unlike mechanical phenomena. The purpose of this research is to develop learning support system for electric circuit theory that helps intuitive understanding by outputting an electric circuit model that can visually capture physical quantities in an electric circuit using a 3D model.

1. はじめに

近年, 国立教育政策研究所によって小学校を対象に実施された調査^[1]によると, 電気に関する単元について, 多数の教師は「児童が興味・関心をもちやすい」単元であると回答した. しかしその一方で, これらの単元が「児童が理解しやすい」単元であると回答した教師は少数であった. また, 小中学生にこれらの単元に対する理解度を問う質問において, 小学生では「よくわかった」と回答した児童の割合は他の単元と比較して低くなっていた. また, 中学生では約半数が「よくわからなかった」と回答し, さらに半数以上の生徒が「嫌いだった」と回答した^[2]. これらの調査結果より, 電気に関する単元は生徒・児童にとって初めは興味を持ちやすい単元であるものの, 理解しづらいために興味を失ってしまう生徒・児童が多いと考えられる.

このような課題が存在する背景として, 電気現象は目に見えないため, 直感的理解を得ることが難しいという点が考えられる. そこで本研究では, 電気回路における物理量を視覚的に捉えることができる電気回路の学習モデルを出力し, 電気回路への直感的な理解を促す電気回路学習支援システムの開発を行う. システムの開発には, Unity を用いる.

2. 提案システムの概要

<2.1>システムの流れ

提案するシステム全体の流れを Fig.1 に示す. まず回路図作成機能により, 学習者はマウス操作により 3D モデルを表示したい電気回路図を作成する (Fig.1 上画面). 回路図の作成後画面右下の矢印ボタンを押すと, 回路の検出・解析が行われ 3D モデルの表示画面に遷移する. 3D モデル表示画面には, 回路を解析して得られたパラメータから, 次節で説明する対応関係に基づき 3D モデルが配置される (Fig.1 下画面).

<2.2>学習モデルの概要

Table.1 に電気回路と 3D モデルの対応関係を示す. また, この対応関係に基づいて出力される電気回路の学習モデルを Fig.2 に示す. このモデルでは電位を床からの高さ, 抵抗にかかる電圧を斜面の落差と対応させている. また, モデル内には電流を表す球の流れがあり, 電流の大きさをこの球の単位時間当たりの流量と対応させている. 直流電源としては球を電源電圧の高さ分持ち上げるスクリーコンベア式の機構によって表現した. 抵抗については斜面上のこぶ (隆起部) によって表現しており, 詳細は 3.1 節で説明する.

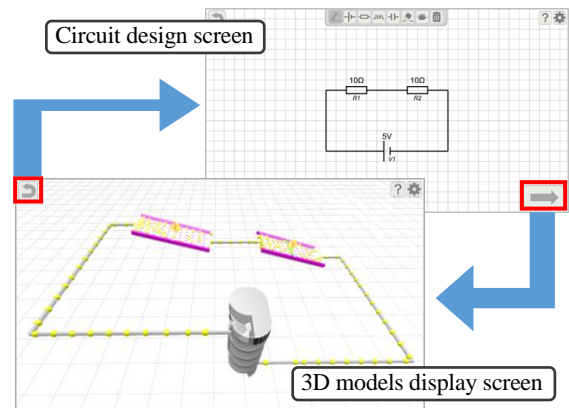


Fig.1. Overview of the proposal system

Table.1. Correspondence with electric circuit

Electric circuit	3D model
Electrical Potential	Height
Voltage (Potential difference)	Head drop
Current	Amount of balls per second
DC power source	Screw conveyor type mechanism
Resistance	Bumps on slope

1 : 日大理工・院[前]・電気 2 : 日大理工・教員・電気

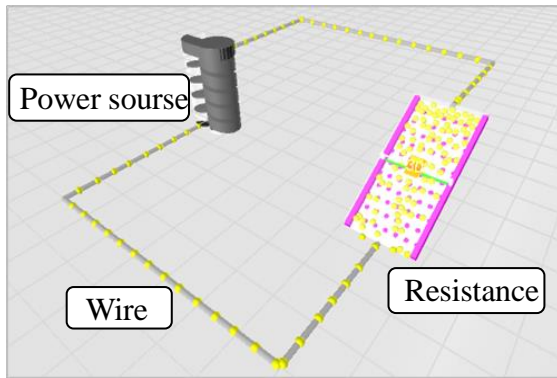


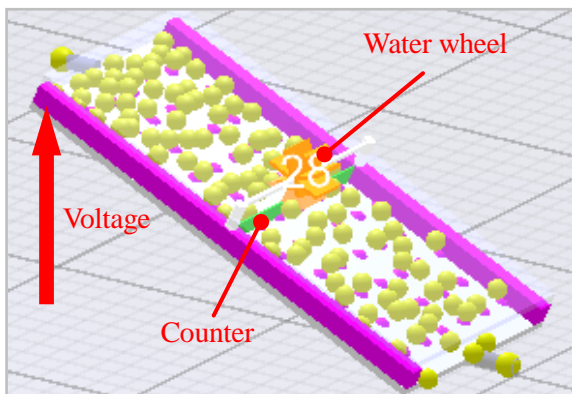
Fig.2 Electric circuit learning model

3. 学習モデルの構成要素

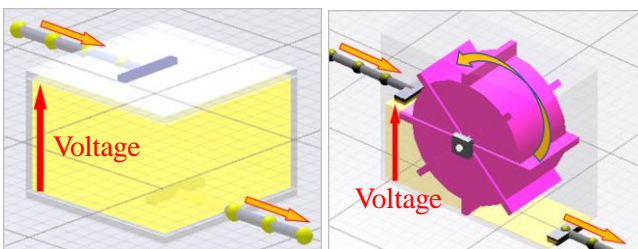
<3.1>抵抗のモデル化

抵抗の 3D モデルを Fig3(a)に示す. 3D モデル上の抵抗は, 斜面上の複数のこぶが回路内の球の流れを妨げるという形で表現した. また, 抵抗の中央部には球の流量を数えるカウンターと消費電力の大きさを示す水車のような機構を設置しており, 各抵抗を流れる電流や消費電力の大きさを比較することができる.

このモデルでは, 斜面の落差やこぶの数を変化させると球の流量も変化するというようなことがイメージでき, 抵抗値や電圧を変化させることによって電流がどのように変化するかを直感的に理解しやすいものとなっているため, オームの法則における電圧・抵抗値・電流の関係の理解を助ける効果を期待する.



(a) Resistance



(b) Capacitor

(c) Inductor

Fig.3 3D model of circuit elements

<3.2>コンデンサのモデル化

コンデンサの 3D モデルを Fig.3(b)に示す. 3D モデル上のコンデンサは, 流れる電流の大きさに応じて二枚の板の間の空間にエネルギーが貯まっていき, 上下に広がるという形で表現した. この二枚の板の距離は電圧に対応している. また, 静電容量は板の面積に対応しており, 静電容量が大きいほど板の面積が大きくなり, その間に蓄積されるエネルギー量も大きくなる.

<3.3>コイルのモデル化

コイルの 3D モデルを Fig.3(c)に示す. 3D モデル上のコイルは, 質量の大きい歯車が入り口と出口の領域を分断するような形で表現した. 歯車は質量が大きいことから, 慣性により静止状態と回転状態との間で相互に移行がしづらいという特徴を持ち, これによってコイルの電流の変化を妨げる性質を表現している. また, インダクタンスは歯車の質量 (可視化のため見た目上は軸の太さ) に対応しており, インダクタンスが大きいほど歯車の慣性モーメントが大きくなる.

4. まとめと今後の課題

本研究では, 電気回路における物理量を視覚的に捉えさせ電気回路への直感的な理解を促すことを目的とした電気回路学習支援システムの開発を行った. 学習者自身が作成した回路に対応した 3D モデルを出力する機能の開発と直流回路におけるいくつかの回路素子の 3D モデルについて示した.

今後は主にシステムの有効性を検証するための評価実験について, 計画・実行を進めていく. 具体的には, システムの利用前後に簡単なテストを行うことで本システムの有用性を検証する予定である. また, 理解のしやすさやシステムの使用感についてはアンケート調査を行いたいと考えている. さらに, 評価実験より得られたアンケート結果などのフィードバックから, 現状のシステムの改良を行う予定である.

参考文献

- [1] 国立教育政策研究所:「平成 24 年度 小学校学習指導要領実施状況調査」
https://www.nier.go.jp/kaihatsu/shido_h24/index.htm
(参照 2022.8)(2013)
- [2] 国立教育政策研究所:「平成 25 年度 中学校学習指導要領実施状況調査」
https://www.nier.go.jp/kaihatsu/shido_h25/index.htm
(参照 2022.8)(2013)
- [3] 石橋直:「電気回路学習における不正確なモデルと初学者の誤概念との関連性」電気学会研究会資料教育フロンティア研究会 FIE-20-010 pp.7~12(2020)