

## 3D モデルを用いた電気回路学習支援システムの開発 Development of Learning Support System for Electric Circuit Using 3D Models

○岩崎匠良<sup>1</sup>, 星野貴弘<sup>2</sup>\*Takura Iwasaki<sup>1</sup>, Takahiro Hoshino<sup>2</sup>

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 phenomenon since it is invisible unlike mechanical phenomenon. 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 such as current, voltage, and resistance in an electric circuit using a 3D model. We use Unity in the development of learning support system since it is easy to create dynamical 3D models.

### 1. はじめに

2012年度に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「学習指導要領実施状況調査」<sup>1)</sup>によると、「電気の働き」や「電流の働き」といった電気に関する単元は、児童が興味をもちやすい単元であるかを教師に問う質問において、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かどうかを問う質問においては、「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、児童にこれらの単元に対する理解度を問う質問では、「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、「わからないことが多かった」「ほとんどわからなかった」と回答した児童の割合は他の単元と比較して高くなっていた。さらに2013年度に中学校を対象に実施された調査によると、電気に関する単元について、「よくわからなかった」と回答した生徒は約半数にまで上り、「嫌いだった」と回答した生徒は半数を超える結果となった。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、理解しづらい単元であることから内容が難化していくにつれ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、一般的な力学現象と違い電気現象は目に見えないため、その物理的意味を捉えづらく、直感的な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、電気回路における電流、電圧、抵抗といった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。教材の開発には、動的な3Dモデルを容易に作成できることからUnityを用いる。

### 2. 提案システム

#### <2.1>システムの全体像

本研究で提案するシステム全体の大まかな流れとしては、まず回路図設計機能により学習者が自ら回路を設計する。回路が設計された状態で画面を遷移させると、設計された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適切な箇所に適切なモデルが配置される。

#### <2.2>学習モデルの概要

Fig.1に出力される電気回路の学習モデルを、Table.1に電気回路と学習モデルの対応関係を示す。このモデルでは電位を床からの高さに対応させており、それに伴って抵抗にかかる電圧を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ンベア式の機構によって表現した。抵抗については複数の杭が立つ斜面によって表現しており、それに伴って抵抗値の大きさを斜面に立つ杭の本数に対応させている。

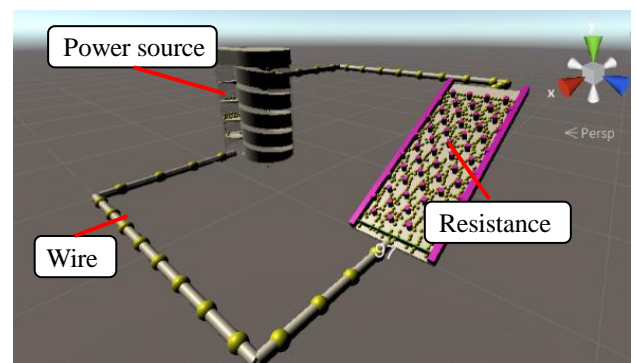


Fig.1 Electric circuit learning model

1 : 日大理工・院[前]・電気      2 : 日大理工・教員・電気

Table.1 Correspondence with electric circuit

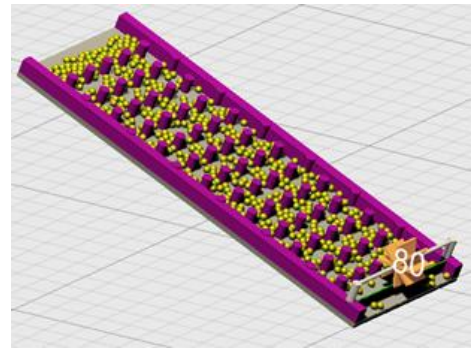
Electric circuit	Learning model
Potential	Height
Voltage(Potential difference)	Head drop
Current	Amount of balls flowing per second
DC power source	Screw conveyor type mechanism
Resistance	Slope with stakes
Resistance values	Number of stakes

### <2.3>学習モデルの構成要素

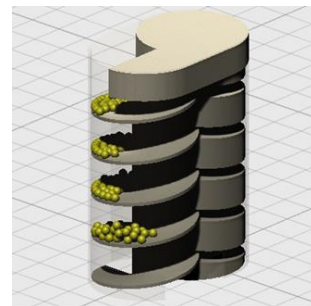
#### (1)抵抗のモデル化

モデル化した抵抗を Fig.2(a)に示す. 抵抗の学習モデルについては, 実際の抵抗の原理に基づいて, 斜面に立つ杭が回路内の球の流れを妨げるという形で表現した. このモデルでは「電圧, すなわち斜面の落差を変化させると斜面の勾配が変化し, 電流が変化する」また「抵抗値, すなわち杭の本数を変化させると球の流れを妨げる度合いが変化し, 電流が変化する」といったように, 抵抗値や電圧を変化させることによって球の流量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・電流の関係を連想しやすいモデルとなっている.

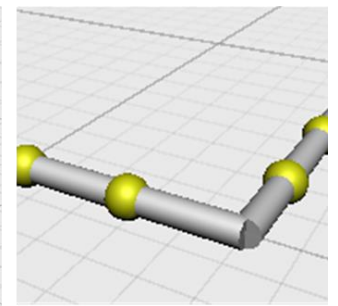
抵抗の出口付近には球の流量をカウントするカウンターと消費電力の大きさを示す水車のような機構を設置しており, 各抵抗を流れる電流や消費電力の大きさを比較することができる. 水車は,  $(電力)=(電圧) \times (電流)$  の関係に基づき, 球の流量が多いほどよく回り, なおかつ斜面の落差が大きいほどよく回る仕組みとなっている. このような関係についても, 「球の流量が多いほど, より多くの球が水車に回転力を加える」, また, 「落差が大きいほど, 球の勢いが増し水車により大きな回転力を加える」というような一般的な力学現象へのイメージから直感的に理解することができるのではないかと考えられる. これらのことから, このモデルは  $(電力)=(電圧) \times (電流)$  の関係を連想しやすいモデルとなっており, 「いかなる回路でも抵抗が大きいほど消費電力が大きくなる」といった誤概念や, 乾電池または豆電球の直列, 並列つなぎの結果の混同による誤概念<sup>[2]</sup>などの解消を促すことが出来るのではないかと考えられる.



(a) Resistance



(b) DC power source



(c) Wire

Fig.2 Modeling of circuit elements

#### (2)直流電源のモデル化

モデル化した直流電源を Fig.2(b)に示す. モデル内部のスクリューが回転することにより, 電源負極側に到達した球を電源電圧の高さ分持ち上げるような形となっており, これによって電流の循環を表現する.

#### (3)導線のモデル化

モデル化した導線を Fig.2(c)に示す. 処理速度改善の観点から物理演算は用いず, 球が線に沿って移動する向きや速さによって導線に流れる電流の向きや大きさを簡易的に示す.

### 3. 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として, 現時点で設計した回路に対応した 3D モデルを出力するシステムの開発と直流回路におけるいくつかの回路素子の学習モデルについての検討を行った. 今後はコンデンサやコイルなど, 他の素子についてのモデル開発, また現状のモデルについてより直感的なモデルの検討を行いたい.

#### 参考文献

- [1] 国立教育政策研究所: 「学習指導要領実施状況調査」 [https://www.nier.go.jp/kaihatsu/cs\\_chosa.html](https://www.nier.go.jp/kaihatsu/cs_chosa.html)(参照 2021.9)(2013)
- [2] 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)