

LED 点滅回路と回路シミュレータを用いた電子回路学習教材の開発 Development of electronic circuit learning materials using LED blinking circuits and circuit simulators

舟越 久敏* 伊藤 増泉** 大羽 淳也***

Hisatoshi FUNAKOSHI* Mai ITO** and Junya OOBA***

* 岐阜大学教育学部

** 岐阜大学教育学部(卒業生)

*** 岐阜大学教育学部附属学校

論文要旨 本研究では、中学校技術・家庭科技術分野で行われる電気・電子回路の学習場面において、問題解決能力の育成に焦点を当て、回路シミュレータを活用した授業の構築を目的とする。授業の題材として、無安定マルチバイブレータによる LED 点滅回路の設計を取り上げ、電流の流れが回路図上で可視化される Web ベースの回路シミュレータを教具として採用し、シミュレータと実物の回路を用いた試行錯誤を取り入れた学習指導案を作成した。中学校第3学年 111 名を対象とした授業実践を行い、授業終了時に行った質問紙調査の結果から、回路シミュレータが生徒独自の課題設定や問題解決のための道具として十分活用できることが分かった。

1. はじめに

文部科学省が平成 23 年に公表した「教育の情報化ビジョン 21 世紀にふさわしい学びと学校の創造を目指して」では、教科指導における情報通信技術の活用(情報通信技術を効果的に活用した、分かりやすく深まる授業の実現等)を通して教育の質の向上を目指すことが掲げられた[1]。また、これまでの学習指導要領では、教員が何を教えるかということが中心に組み立てられていたことに対し、2021 年から全面実施される学習指導要領では、児童・生徒自身が何をできるようになるかということが中心に組み立てられている[2]。そして、中学校学習指導要領技術・家庭科編の技術分野において、4つの内容(A.材料と加工の技術、B.生物育成の技術、C.エネルギー変換の技術、D.情報の技術)全てについて問題解決能力の育成に焦点があてられた[3]。

このような背景の中、平成 30 年度に開催された岐阜県中学校技術・家庭科研究大会「エネルギー変換に関する技術」では、問題解決能力の育成として、試行錯誤に着目した授業が展開された。この授業実践では、ブレットボードで製作された

弛張発振回路の抵抗値とコンデンサの静電容量の値を生徒自身が選択し試作する活動を通して、危険であることを示す点滅の間隔を生徒自身が考え、点滅間隔の最適解を見出すことを狙っていた。しかし、この授業実践には、試行錯誤をねらいとした中で大きく 2つの問題点が挙げられる。

- ① 実際に用意できる抵抗とコンデンサに限りがあるため、設定できる値の自由度が低いという点。
- ② ブレッドボードから何度も抵抗とコンデンサを入れ替えるため、試行錯誤できる回数に限りがあるという点。

この2つの問題を解決するためには、中学校学習指導要領技術・家庭科編の技術分野における C.エネルギー変換の技術 内容の取扱い(5)の(イ)より、「課題の解決策を具体化する際には、繰り返し試行錯誤できる実験装置や ICT を活用したシミュレーション等を用いて試行・試作させることも考えられる。」とあるように、時代の流れに合わせてコンピュータを積極的に導入し、効果的に活用することが求められている。

そこで本研究では、中学校技術・家庭科の技術

分野で行われる電気・電子回路の学習場面において、回路シミュレータを活用することによる問題解決能力の育成を目的とした授業を構築する。授業の題材は、平成 30 年度に行われた授業実践の流れを継承して LED 点滅回路を用いることとし、生徒が独自に設定する課題の範囲を拡張し、多くの試行錯誤が行える授業の構築を目指す。

2. 教具として採用する回路シミュレータと LED 点滅回路

2.1. 回路シミュレータ Circuit Simulator Applet の特長

現在までに、回路シミュレータとして多くのソフトウェアが開発されており、利用目的の違いによってその機能や特徴は様々である。本研究で構築する授業では、Paul Falstad によって開発された回路シミュレータ Circuit Simulator Applet[4]を教具として用いることとした。この Circuit Simulator Applet は、無料で利用できる JavaScript による Web ベースの電子回路シミュレータである。図 1 に Circuit Simulator Applet のスクリーンショット画面を示す。

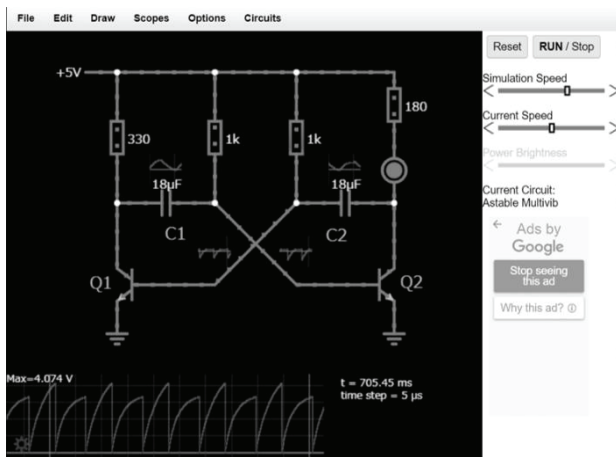


図 1 Circuit Simulator Applet の画面

Circuit Simulator Applet における最大の特長は、図 1 のスクリーンショットに示されるように、回路図上の黄色の点の動きによって、電流の大きさや流れる向きが視覚的に表現されることである。また、回路図上に配置した LED や直流モータな

どの負荷の状態（点灯・消灯，回転・停止など）も視覚的に表現される。さらに、画面右上部にあるスライダーを使って、シミュレーションスピードを自由に変更することができる。これらの特長は、動作が不明または複雑な回路について、その動作を理解するのに大きな手助けとなると考える。

また、先にも述べたように、Circuit Simulator Applet は Web ベースの回路シミュレータであるため、インストール作業は不要であり Web ブラウザがあれば、あらゆる OS でシミュレータを利用できる。したがって、Circuit Simulator Applet は文部科学省が推進する GIGA スクール構想[5]によって、学校現場に様々な OS のコンピュータが導入されつつある状況下においても、問題なく利用することができる。以上の理由から、本研究で目指す「試行錯誤を重ねる」ための回路シミュレータとして、Circuit Simulator Applet を採用することとした。

2.2. LED 点滅回路の選定

LED 点滅回路としては、発振回路やタイマー回路としてよく知られている無安定マルチバイブレータを採用することとした。図 2 に無安定マルチバイブレータによる LED 点滅回路の回路図を示す。

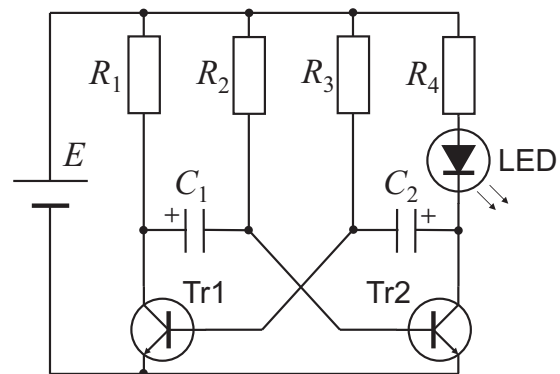


図 2 無安定マルチバイブレータによる LED 点滅回路の回路図

無安定マルチバイブレータによる LED 点滅回路において、LED の点灯時間 T_1 と消灯時間 T_2 は、直流電源 E の電圧が 3V の場合、以下の式で近似

的に求められる[6].

$$T_1 \cong 0.751 \cdot C_2 R_3 \quad (1)$$

$$T_2 \cong 0.751 \cdot C_1 R_2 \quad (2)$$

点滅周期は T_1 と T_2 の和となるため、点滅周期は抵抗 R_2 , R_3 , コンデンサ C_1 , C_2 の4つの素子の値によって決まることが分かる。しかし、4つの素子全てを設計の対象とすると、授業時間内に点滅周期の規則性を見つけ出し、生徒自身が考える点滅周期の最適解に到達することは、時間的にも難しいと考える。そこで、抵抗（炭素被膜抵抗）1個の価格はコンデンサ（アルミ電解コンデンサ）1個の価格の1/10であることと、中学校理科の第2学年で抵抗について学習することを考慮して、コンデンサの静電容量を一定にし、抵抗 R_2 と R_3 の値によってLEDの点滅周期や点灯時間を設定できるような回路を教具として設計・製作することとする。

3. 回路シミュレータの整合性検証

回路シミュレータを試行錯誤のツールとして活用できるようにするためには、実回路の動作とシミュレータ上での回路の動作との間に大きな差異があってはならない。そこで、授業の教具として採用することにした回路シミュレータ Circuit Simulator Applet によって、題材となるLED点滅回路の動作が実回路と同様に再現できるかどうか、その整合性について検証する。

LED点滅回路の点滅周期と点灯時間について、回路シミュレータ上に描いた回路とブレッドボード上に製作した実回路との比較・検証を行う。解析および測定条件として、 $E = 3V$, $C_1 = C_2 = 220\mu F$, 抵抗 $R_1 = 330\Omega$, 抵抗 $R_4 = 47\Omega$ 一定とし、 R_2 と R_3 の値を変化させる。 R_2 と R_3 の値としてそれぞれ $1k\Omega$, $5.1k\Omega$, $10k\Omega$, $18k\Omega$ を用意した。また、LEDは定格順方向電圧が $2.0V$, 定格順方向電流が $20mA$ の赤色LEDであり、トランジスタ $Tr1$ と $Tr2$ はともに $2SC1815$ である。

図3は、LED点滅回路の点滅周期について、回路シミュレータによる解析結果と実回路による測定結果を比較したグラフである。また、図4はLED点滅回路の点灯時間について回路シミュレ

ータによる解析結果と実回路による測定結果を比較したグラフである。

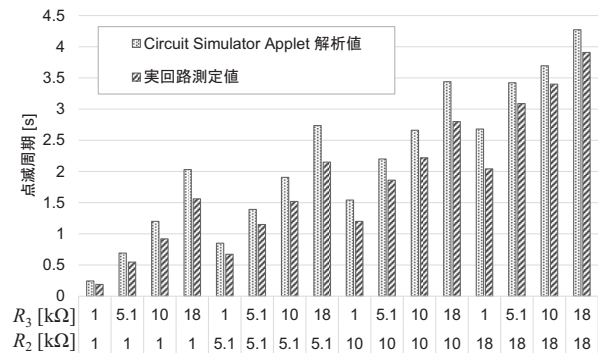


図3 LED点滅回路における点滅周期の比較

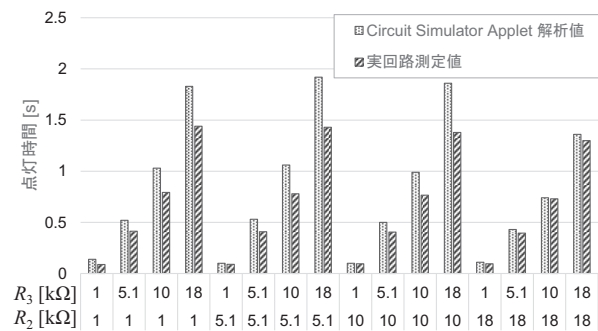


図4 LED点滅回路における点灯時間の比較

点滅周期と点灯時間のいずれにおいても、回路シミュレータによる解析結果は、実回路による測定結果と同様の傾向が得られており、回路シミュレータを用いた試行錯誤からLED点滅回路の点滅周期や点灯時間の規則性を見出すことは十分可能であると考えられる。また、回路シミュレータによる解析値と比べて、実回路による計測値が小さく、その誤差は最大で30%程度に収まっていることが確認できる。元来、回路シミュレータは電子機器の製作場面において、プロトタイプ製作の工数を減らすために使うものであり、精度を求める場合にはシミュレーションで値を絞り込んでから実回路による微調整を行うという、実際の製作プロセスと同様に活動を進めることができる。

以上の結果から、実回路の動作とシミュレータ上での回路の動作との間に大きな差異はなく、問題解決能力の育成を目指した試行錯誤の道具として Circuit Simulator Applet は授業で十分活用で

きると考える。

4. 教具の設計・製作及び授業実践

4.1. 教具の設計・製作と学習指導案の作成

Circuit Simulator Applet について、生徒が操作方法の習得にあまり時間を要せず、試行錯誤に専念できるようにするため、予め回路図を描いた解析用のデータファイルを用意した。図5はそのデータファイルを読み込んだ後の Circuit Simulator Applet の画面である。

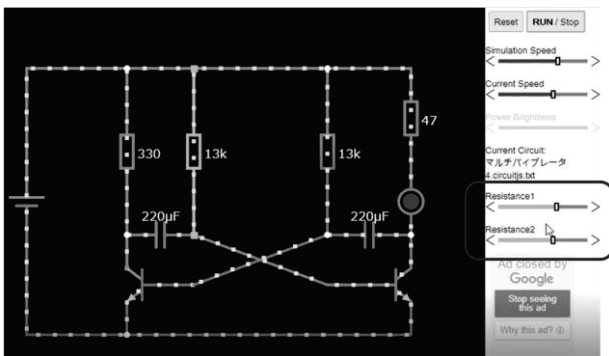


図5 Circuit Simulator Applet のスライダーによる素子パラメータ設定

トランジスタのベースに接続されている2つの抵抗(図5中では13kΩと表示されている抵抗)の値を、右側の枠内にある Resistance1 のスライダーと Resistance2 のスライダーによって変更できるように設定している。すなわち、生徒が操作する部分をスライダーのみに限定している。

また、実回路はブレッドボード上に製作することを想定していたが、現職教員の方々より、4つの抵抗のうち入れ替えるべき2つの抵抗がどれか分かりにくく、抵抗の入れ替えに時間がかかってしまい、十分な試行回数が得られないのではないかと問題点が挙げられた。そこで、図6に示すような、実回路での検証作業や微調整を行うための専用回路基板を、基板設計ソフト Autodesk EAGLE[7]を用いて設計し、CNCフライスをを用いて基板を製作した。製作した基板に部品を搭載し完成したLED点滅回路の外観を図7に示す。

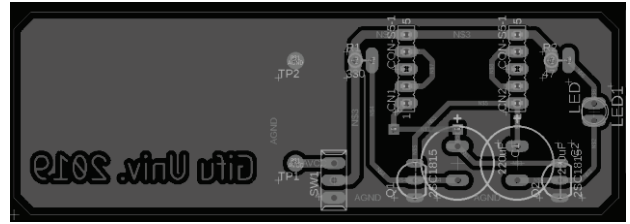


図6 LED点滅回路の基板配線パターン

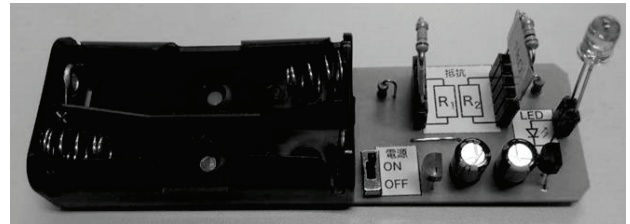


図7 製作したLED点滅回路の外観

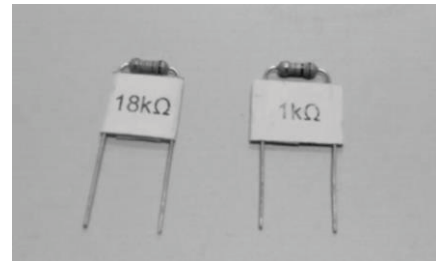


図8 抵抗値のラベルを付した抵抗素子



図9 グループ単位で利用する抵抗・LEDの部品箱

製作したLED点滅回路の特長は、図7に示すように、入れ替え可能な素子の部分にピンソケットを用いたことにより、ブレッドボードのように

LED点滅回路と回路シミュレータを用いた電子回路学習教材の開発

1. 本時のねらい

回路シミュレータの操作やLEDの点滅回路の作成を通して、抵抗やコンデンサなどの部品の働きを活用することで、点滅を速くしたり遅くしたりできることに気づき、注意や警告、危険を知らせるための点滅信号の特性を生かして、各自の目的に応じた回路を考えることができる。【工夫・創造】C(2)イ

2. 本時の展開


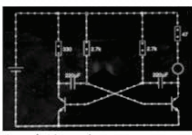
| 過程 | 生徒の活動・学習内容 | 教師の指導・援助 | 評価規準 |
|----|---|--|---|
| 導入 | <p>1 身の回りにおいて点滅回路が活用されている場面を想起する。</p> <p>○身の回りのどんなところで点滅回路が使われているか。</p> <ul style="list-style-type: none"> 歩行者用信号機の青の点滅。 車のウインカーやハザードランプ。 路切の警報機のところにある。 電池切れを知らせるLED。 工事現場のLED。 <p>2 極端に速く点滅したり遅く点滅したりする場合を見て、点滅の速度について考える。</p> <p>○自動車のウインカーがこんな速さで点滅していたらどうか。</p> <ul style="list-style-type: none"> 速いと何か急いでいる感じがして、事故になりそう。 遅いと、曲がるのか曲がらないのかわかりにくい、事故になりそう。 <p>LEDを使って、目的にあった点滅にするには、どうしたらよいだろう。</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> 点滅回路が身の回りのどんなところで使われているか確かめ、極端に速い点滅や遅い点滅を見ることで、目的にあった速さがあつたことに気付かせる。 昨年度学習している「ラズベリーパイ」で点滅している様子を見せる。コンピュータを使ってプログラミングすれば、点滅回路を作ることができたことを確かめる。 今回の点滅回路を見せることで、コンデンサや抵抗だけでも点滅回路を作ることができることに気付かせる。 |
| 展開 | <p>3 回路シミュレータの使い方を確かめる。</p> <p>○回路シミュレータを使ってみよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> 抵抗の値を自由に変わることができる。抵抗の値を変えると点滅が変わる。 <p>4 自分たちがイメージする点滅回路を決め、回路シミュレータを使って確かめて、点滅回路を作成する。</p> <p>○どんな点滅回路を作りますか、それを決めたら、回路シミュレータを使って、抵抗の大きさを調節しよう。目的に合った速さの回路を作ろう。</p> <p>①どんな点滅回路を作るか決める。</p> <ul style="list-style-type: none"> 自動車のウインカーはこんな速さだ。歩行者用信号機の点滅はもっとゆっくりの方がいいな。 ②シミュレータのR1、R2と点滅の関係について調べる。 ・R1は消灯の時間、R2は点灯の時間に関係している。抵抗の値を大きくすれば、その時間が長くなる。 ③シミュレータを使って、自分たちの目的に合った回路の点滅の仕方を調節する。 ・R1は1kΩで、R2は10kΩがよさそうだ。 ④調節したシミュレータのR1とR2の抵抗の値のいいものを実装し、実物で確かめる。 ・歩行者用の信号機の点滅は、この速さだ。○Ωと△Ωの抵抗を持ってこよう。 ⑤自分たちの目的に合った回路の点滅になるまで、シミュレータを使いながら、試行錯誤する。 ・少し、速い感じがする。シミュレータと少しズレがあるから、もう少し小さい値の抵抗にしよう。 <p>5 全体で交流する。</p> <p>○自分たちが作った点滅回路とその速さにしたわけを発表しよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> 歩行者用信号で、あんまり速いと慌てる感じがするので、そうならないように速さを調節した。 <p>6 本時のまとめをする。</p> <p>○今日の学んだことをまとめて書きましよう。</p> <p>抵抗やコンデンサを利用すると、電流を制御することができ、コンピュータを使わなくてもLEDの点滅を制御することができた。自動車のウインカーの速さも安全に生活するために法律で決まっていることも分かった。シミュレータを使うと、事前に試すことができ、とても便利だった。</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> 「Resistance1(R1)」「Resistance2(R2)」のみ調節する。他の部分を触ってしまった場合は、「1つ前の画面に戻す。」(速さが他の生徒とずれないようにするため) 学習の手順に従って進めるように助言する。 R1とR2のスライダーは自由に変えることができるが、抵抗は1k、1.2k、1.5k、1.8k、2.2k、2.7k、3.3k、3.9k、4.7k、5.6k、6.8k、8.2k、10k、12k、15k、18kの16種類あることを知らせておき、その値に近いところで調節するとよいことを助言する。 手当たり次第に抵抗を差し替えることを想起させることで、シミュレータを使うよさについて気付かせる。 「自動車のウインカーの点滅の速さは法律で定められているのだけれど、どうだろうか。」と問いかけて、ドライバーや歩行者が安全に生活できるようにするためであることに気付かせる。 |
| 終末 | | | <p>◆【評価規準】工夫・創造</p> <p>抵抗の特性を生かし、各自の目的に応じた点滅回路を考えている。</p> |

図 10 LED点滅回路と回路シミュレータを利用した授業の学習指導案

素子を差し替えることが可能な点である。また、入れ替え可能な素子として、2つの抵抗だけでなくLEDを加えている。LEDの色は赤色、黄色、黄緑色の3種類から選ぶことができる。また、差し替えできる抵抗については、生徒たちが一目で何Ωか分かるよう、図8のようにラベルを貼った。用意した抵抗は、E12系列で1kΩから18kΩまで計16種類を用意した。すなわち、これらの抵抗を組み合わせることにより256通りの点滅パターンを設定することができる。これらの部品は、図9に示すような部品箱に収められ、2~4人程度のグループ単位で利用できるようにしている。

これらの教具を用いて行う授業の流れを考えて、図10に示すような学習指導案を作成した。

【工夫・創造】に評価の重きを置く内容となっており、1時間の中でシミュレータと実物の回路を用いた試行錯誤を実施する。また、図11に示すようなシミュレータの起動の仕方や利用法、点滅回路基板への部品の装着法を示した資料を作成し、授業時に配布することとした。授業で生徒に

電流の制御と回路 3年 組 番 名前 ()

1 回路シミュレータを使ってみよう!

①sfic-share → 00技術 → www.falstad.com (サファリのアイコン) をダブルクリックする。



②選んだ色のLEDを実装しよう。上が+(プラス) 下が-(マイナス)。端子の長い方が+でしたね。



③電源をON!

自分たちの目的に合わせた点滅回路になったかな?



2 調節したシミュレータのR1とR2の抵抗の値に近い抵抗を探して実装しよう。

<前>

- 抵抗やLEDは自分の席のケースから取り出そう。
- 交換するときには、元の場所に戻そう。

①選んだ色のLEDを実装しよう。上が+(プラス) 下が-(マイナス)。端子の長い方が+でしたね。



②選んだLEDを実装しよう。抵抗を差し込むところは、写真のように両端になります。R1とR2を間違えないようにしましょう。



すると、下の画面が表示されます。



「Resistance1(R1)」「Resistance2(R2)」のみ調節する。他の部分を触ってしまった場合は、1つ前の画面に戻す。(速さが他の生徒とずれないようにするため)

図 11 授業で配布するプリント(説明用)

電流の制御と回路 3年 組 番 名前()

ミッション 1
ペアで話し合っ、どんな点滅回路を作るか決めよう。
例(自動車のウィンカー、歩行者用信号機)

ミッション 2
シミュレータを使ってR1、R2と点滅の関係について調べよう。

ミッション 3
シミュレータを使って、自分たちの目的に合った回路の点滅の仕方を調節しよう。R1とR2のスライダーは自由に変えることができます。
抵抗は1k、1.2k、1.5k、1.8k、2.2k、2.7k、3.3k、3.9k、4.7k、5.6k、6.8k、8.2k、10k、12k、15k、18kの16種類あります。その値に近いところで調節しよう。

○選んだ抵抗の値を下に書こう。

| | |
|----|----|
| R1 | R2 |
| Ω | Ω |

ミッション 4
調節したシミュレータのR1とR2の抵抗の値の近いものを実装し、実物で確かめよう。自分たちの目的に合った回路の点滅になるまで、シミュレータを使いながら、調節しよう。

○調整して決定した抵抗

| | |
|----|----|
| R1 | R2 |
| Ω | Ω |

○この点滅の速さにした理由

図 12 授業で配布するプリント(記述用)

取り組んでもらいたい内容は、図 12 に示すプリントに記入できるような形でまとめて、図 11 のプリントと併せて配布することとした。

4.2. 授業実践及び質問紙調査結果の分析

2020年1月20日および1月23日に、岐阜市内の中学校において、第3学年3クラス(111名)を対象とした授業実践を行った。授業での生徒の取り組みの様子を図 13 に示す。各クラスの授業終了時に、後述する項目について質問紙調査を行った。

今回の授業において、生徒には2人組で活動してもらった。活動時の生徒の傾向として、表現したい点滅回路を設定してから回路シミュレータや実回路に触れるのではなく、回路シミュレータ等に触れながら表現したい点滅回路を設定していた。また、表現したい点滅回路の点滅間隔を生徒自身の感覚のみで探求するのではなく、インターネットを利用して、自身で設計・試作した回路の点滅間隔の確認を行う生徒の姿も見受けられ

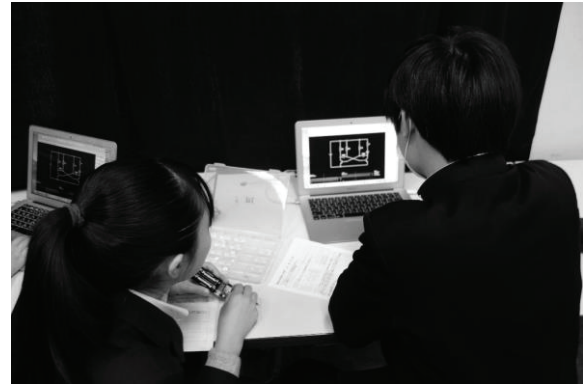


図 13 授業時のグループで活動する様子

表 1 発表された点滅回路とその理由

| 表現した点滅回路 | 理由 |
|----------|--|
| 歩行者用信号機 | 消灯時間を少し短くすることで歩行者が焦って速く渡ると考えた。 |
| ジェット機 | 速い点滅だと飛行機が落ちるような感じがしたから普段目にしていない丁度いい点滅を探した |
| お店のパトランプ | 近くのお店点滅は速すぎて目が回るから、ゆっくりな点滅にした。 |
| 時限爆弾 | より速い点滅の方が爆発する寸前を表現できると考えた。また、点灯時間が短いほうが爆弾に近いと思ったので、低い抵抗を使った。 |

た。製作した回路を全体交流する場面では、様々な点滅回路とそれに対する理由が発表された。表 1 に発表内容の例を挙げる。

表 1 より、目的に応じた点滅回路にするために点灯時間の間隔と消灯時間の間隔を試行錯誤した様子が見受けられる。また、探求活動や発表の中で、点灯時間をさらに短くしたいという声も聞き、用意した抵抗値の見直しも視野に入れるべきだと考える。

また、表 2 では、授業後に行った質問紙調査の質問内容を表に表したものである。Q3、Q4については、「そう思う」、「少しそう思う」、「どちらでもない」、「あまり思わない」、「思わない」の5段階評価、Q1、Q2、Q5については、自由記述で行った。表 1 の Q3 と Q4 の回答結果をまとめたグラフを図 14 に示す。

Q3 では、そう思う、少しそう思うと答えた人数が 104 人と全体の 93.7%であった。また、Q4 では、そう思う、少しそう思うと答えた人数が 97 人と全体の 87.4%であった。この結果から、試行錯

表 2 授業後に行った質問紙調査の内容

| 質問番号 | 質問内容 |
|------|---|
| Q1 | 何色の LED を使って、何を示す点滅を表現しましたか。 |
| Q2 | 目的に合った点滅を見つけるまでに、回路シミュレータで何通りくらい試しましたが、また、どのくらいの時間がかかりましたか。 |
| Q3 | LED の点滅間隔や点灯時間と抵抗値との関係について見つけることができましたか。 |
| Q4 | 目的の点滅を見つけるまでに、回路シミュレータが役に立ったと思いますか。 |
| Q5 | よろしければ感想をお願いします。 |

図 14 質問紙調査 Q3・Q4 の回答結果

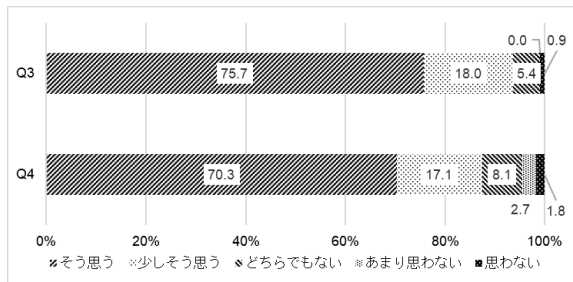


表 3 質問紙調査 Q5 の回答結果

| 番号 | 感想 |
|----|--|
| 1 | シミュレータを使うことでイメージしやすくおもしろかった。 |
| 2 | コンピュータで簡単に抵抗を変えられてよかった。コンピュータを使わなければ大変だった。 |
| 3 | 合成抵抗について指導し、これを生かすより緻密にできたと思います。でも楽しめて良かったです。 |
| 4 | 何をテーマにして点灯させるか考え、間隔を試したことが楽しかった |
| 5 | 実際にするより効率が良いかった。 |
| 6 | コンピュータの制御ではなく回路で調整できるのがすごいと思った。仕組みを知りたい |
| 7 | 点滅の様子を変えるだけで、伝わり方が違うと思った。 |
| 8 | 抵抗の組み合わせがいっぱいあっておもしろかった。 |
| 9 | シミュレータで確認できたので良かった。 |
| 10 | 自分でカスタマイズできるのがとても楽しかった。コンピュータと実物が使えて面白かった。 |
| 11 | 点滅の速さを変えて合ったものがつくれて面白かったです。 |
| 12 | 「点滅はどのような仕組み」で起こっているかを、身近なことをつなげて考えさせられる時間となりました。シミュレータによって点滅の減少を論理的に捉えることができ、抵抗がどんな役割を担っているか「見える形」で学ぶことができたと思います。プログラミングの観点の上でもシミュレータを使用することは、作業を効率的に進めていくことにもつながり、授業にかかる時間も短縮でき、密度の濃い作業につながると思います。 |

誤を踏まえた授業に回路シミュレータを導入することの有用性を示すことができたと考え。

次に Q2 の質問について結果をまとめると、回路シミュレータを試した回数の平均は 10.1 回(最低回数 1 回, 最高回数 100 回), 試した時間の平均は 10.2 分(最短時間 1 分, 最長時間 30 分)であった。しかし、この質問の回答では、表現した

い点滅回路を見つけ出すのにかかった回数や時間だけでなく、点灯時間や点滅間隔と抵抗値の関係性を見つける際に試した回数や時間を含めてものが混在してしまっているため、本来の質問内容に対する分析は困難であると判断する。

さらに、Q5 の感想の欄で得られた回答から抜粋したものを表 3 に示す。表 3 に示す記述内容として、回路シミュレータを使用することにより点滅のイメージがしやすかった、作業の効率が良かった等の意見があり、授業で回路シミュレータを活用する有用性を確信する結果となった。しかしながら、意見の中には少数ではあるが「つまらなかった」や、「授業が難しかった」等の意見もあり、Circuit Simulator Applet の設定の見直しや導入の更なる工夫が求められる。

5. まとめ

本研究では、無安定マルチバイブレータによる LED 点滅回路を題材として、電流の流れが回路図上で可視化される Web ベースの回路シミュレータ Circuit Simulator Applet を活用して、問題解決能力の育成を目的とした学習教材を開発した。

本研究の教具として採用した Circuit Simulator Applet は、無料で利用できるにもかかわらず、プロユース仕様の回路シミュレータに匹敵する計算精度を有しており、電子回路学習用の教具として十分活用できることが分かった。次に、試行錯誤するための十分な時間を確保するために、専用基板による LED 点滅回路を開発し、この LED 点滅回路と回路シミュレータを利用して授業実践を行った。授業後に行った質問紙調査の結果から、LED の点滅間隔や点灯時間と抵抗値との間に関係性を見出すことができた生徒の割合が 90%を超え、学習内容に対する理解の促進が示唆された。また、感想の欄で得られた回答から、回路シミュレータを授業に導入する有用性を示すことができたと考え。

文 献

- [1] 文部科学省：教育の情報化ビジョン～21 世紀にふさわしい学びと学校の創造を目指して～、https://www.mext.go.jp/component/a_menu/educatio

- n/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2017/06/26/1305484_01_1.pdf(最終アクセス日:2020年1月28日)
- [2] 文部科学省：幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申)(中教審第197号), https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902_0.pdf (最終アクセス日:2020年1月28日)
- [3] 文部科学省：中学校学習指導要領解説 技術・家庭科編, 開隆堂 (2017)
- [4] Paul Falstad : Circuit Simulator Applet, <https://www.falstad.com/circuit/> (最終アクセス日:2020年1月28日)
- [5] 文部科学省：GIGA スクール構想の実現について, https://www.mext.go.jp/a_menu/other/index_00001.htm (最終アクセス日:2021年1月3日)
- [6] CQ 出版社：無安定マルチバイブレータの発振周波数はいくつ?, <https://cc.cqpub.co.jp/system/contents/1500/> (最終アクセス日:2021年1月3日)
- [7] Autodesk : EAGLE | PCB 設計・電気回路図ソフトウェア, <https://www.autodesk.co.jp/products/eagle/overview> (最終アクセス日:2021年1月3日)