オンラインによる電気電子実験で用いる教材の分析

中峯　浩・伊藤　伸一・関根　文太郎・多田　知正・原田　信一

Analysis of the teaching materials for online electronic experiments

Hiroshi Nakamine, Shinichi Itoh, Fumitaro Sekine, Harumasa Tada and Shinichi Harada

教職キャリア高度化センター教育実践研究紀要

第５号（2023年１月）

Journal of Educational Research
Center for Educational Career Enhancement

No.5（January 2023）

オンラインによる電気電子実験で用いる教材の分析

中峯浩・伊藤伸一・関根文太郎・多田知正・原田信一
（京都教育大学産業技術科学科）

Analysis of the teaching materials for online electronic experiments

Hiroshi Nakamine, Shinichi Itoh, Fumitaro Sekine, Harumasa Tada and Shinichi Harada

2022 年 8 月 10 日受理

抄録：新型コロナウイルス感染症（COVID-19）が猛威を振るっている。そのため、大学はオンラインで授業を行うことを余儀なくされた。座学の講義でさえオンライン授業ではデメリットがあることがわかっている。まして実験実習授業ではオンラインによる実施には困難を伴うことが明らかである。本論文では、著者の担当する電気電子実験についてオンライン化の可能性を検討する。まず、全国の教育系大学で電気を担当している教員にアンケートを行い、電気分野でのオンライン授業の現状を調べる。次に、その結果に基づいて、オンライン電気電子実験のモデルカリキュラムを作成する。

キーワード：オンライン授業、電気電子実験、アンケート、モデルカリキュラム、新型コロナウイルス感染症

Ⅰ．はじめに

新型コロナウイルス感染症が図 1 に示すように猛威を振るっている[1)]。そのため、ほとんどの大学生が図 2 に示すようにオンライン授業を受講した[2)]。オンライン授業にはメリットとデメリットの両者が存在する[3)]。オンライン授業のメリットとしては、「移動しなくても授業が受けられること」、「自分の好きな時間、ペースで授業を受講できること」、「リラックスした状態で授業が受けられること」、「教員に質問しやすいこと」などが挙げられる。一方、デメリットとしては、「授業に集中しにくいこと」、「オンライン環境への不安」、「人との交流が少ないこと」、「授業への意欲が低下すること」、「課題が多いこと」などが挙げられる。

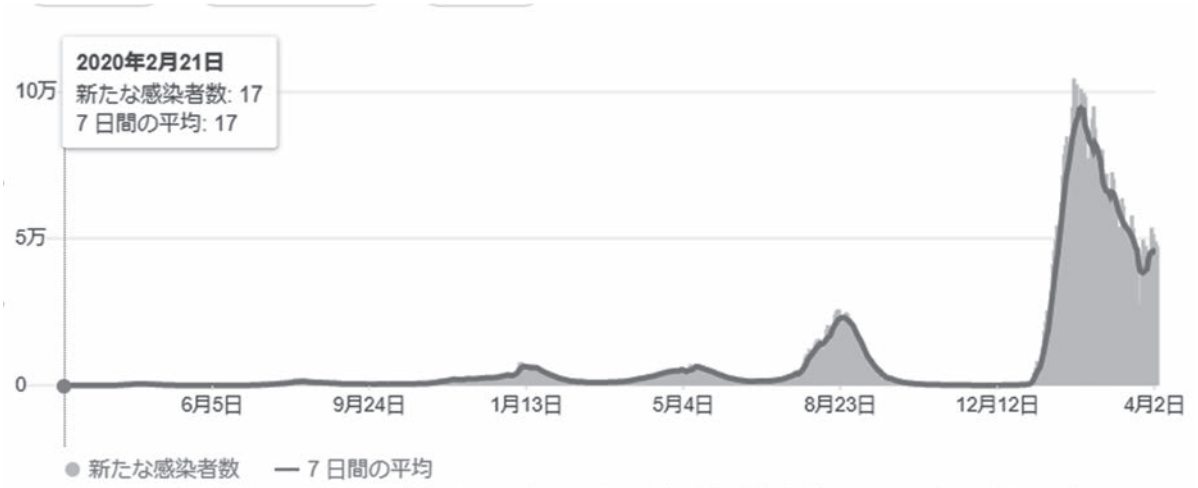

図 1　新型コロナウイルス感染症の日本における「新たな感染者数」および「7 日間の平均」
（出典：JHU CSSE COVID-19 Data）[1)]

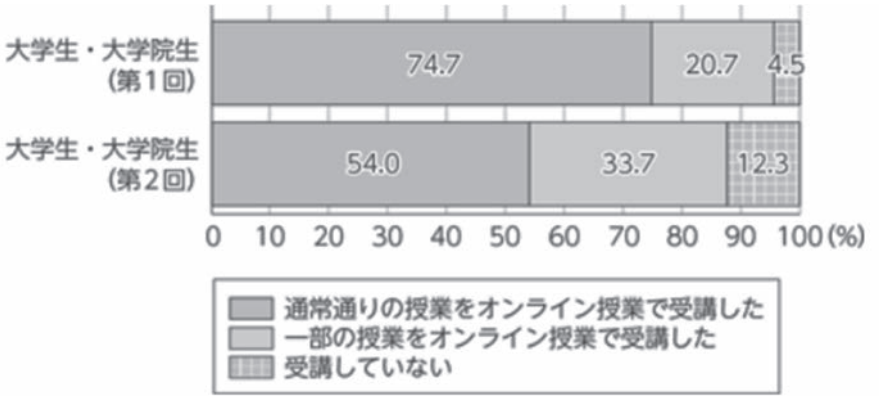

図 2　オンライン教育（授業）の受講状況
（出典：内閣府（2020）「第 2 回新型コロナウイルス感染症の影響下における生活意識・行動の変化に関する調査」）[2)]

このように、座学の講義でさえデメリットが多いことがわかる。まして、実験・実習科目については、さらなるデメリットが存在することは明らかである。そこで本論文では、まず著者の担当する電気電子実験をオンライン授業として実施するときのデメリットを整理する。そのために、全国の教育大学の電気担当教員に対してアンケート調査を行う。これにより、オンラインによる電気系実験の実施状況を調査する。つぎに、アンケート調査の結果に基づきモデルカリキュラムを作成し、今後の活用をめざす。

Ⅱ．電気電子実験の概要

学習指導要領[4)] によると技術分野の目標として、

> 技術の見方・考え方を働かせ、ものづくりなどの技術に関する実践的・体験的な活動を通して、技術によってよりよい生活や持続可能な社会を構築する資質・能力を次のとおり育成することを目指す。
> (1) 生活や社会で利用されている材料、加工、生物育成、エネルギー変換及び情報の技術についての基礎的な理解を図るとともに、それらに係る技能を身に付け、技術と生活や社会、環境との関わりについて理解を深める。
> (2) 生活や社会の中から技術に関わる問題を見いだして課題を設定し、解決策を構想し、製作図等に表現し、試作等を通じて具体化し、実践を評価・改善するなど、課題を解決する力を養う。
> (3) よりよい生活の実現や持続可能な社会の構築に向けて、適切かつ誠実に技術を工夫し創造しようとする実践的な態度を養う。

と示されている。

まず、「ものづくりなどの技術に関する実践的・体験的な活動」が重視されている。この目標を達成するためには、中学生に実習をさせる必要がある。それを指導する教師も当然、実験・実習を体験しておく必要がある。次に、「それらに係る技能を身に付け」とある。電気系の内容を含むエネルギー変換に関わる技能としては、回路図を読んだり書いたりする力、回路図通り部品を配置しはんだ付けにより回路を製作する力がある。さらに、「課題を解決する力を養う」とある。例えば、センサー入力に応じて出力であるアクチュエータを駆動する場面で、入出力の関係を課題設定し、それを解決するという力をつけることは可能である。また、電気という現象は目に見えないものであるが、それを可視化して理解させることも必要である。

ここに示した要件を総合的に扱い、中学校技術免許取得希望の学生に学ばせることを目標にしたものが、著者の担当している「電気電子実験」である。

電気電子実験で扱う内容は以下のとおりである。

(1) キット教材を用いたはんだ付け技能の習得と電子部品および電子回路の理解

電子回路を初めて製作する場合、目的を明確に示したほうが受講生のモティベーションを維持することができる。キット教材では、製作目標がはっきりしている（ex. ラジオ、ロボットなど）。また、電子回路基板としてパターンをあらかじめ印刷されているプリント基板を用いるためはんだ付けの成功度が高くなる。

(2) プログラミングの技能を習得し、所望の動作を実現することを身に付ける

micro:bit、Arduino などのマイコンボードを活用する。どのマイコンボードを用いた場合でも、センサーの入力に応じて出力を制御するという動作をさせる。例えば、簡単な例として光センサーで周囲の明るさを検知し、暗くなったら LED を点灯させるといったものである。入力と出力の組み合わせは無数にあり、受講生の課題設定により問題解決としてのプログラミングが重要になってくる。

(3) オシロスコープおよび波形発生器などを用いて電気信号を理解する

電気信号は目に見えない自然現象である。しかし、オシロスコープのような測定器を用いれば電圧の時間的変化を視覚的に確認することができる。この確認は、ほかの電気現象を理解するときに有益なものになる。

このように電気電子実験では、学習指導要領との対応を考え、かつ大学でのみ体験できるもの（ex. 各種マイコンボード、オシロスコープなど）を扱っている。したがって、重要性の高い講義科目である。しかし、内容から容易に想像できるようにオンライン授業にはそぐわない科目であることは明白である。

Ⅲ. オンライン実験に関するアンケート

表 1　アンケート対象大学一覧（29 大学 30 名　うち回答 19 名）

北海道教育大学旭川校　弘前大学　宮城教育大学　福島大学　茨城大学　宇都宮大学　群馬大学　埼玉大学
千葉大学　静岡大学　愛知教育大学　岐阜大学　三重大学　新潟大学　福井大学　上越教育大学
奈良教育大学　大阪教育大学　兵庫教育大学　岡山大学　広島大学　香川大学　鳴門教育大学　高知大学
福岡教育大学　大分大学　宮崎大学　鹿児島大学　琉球大学

これまで述べたように、電気電子実験はオンライン授業にそぐわないものであっても、オンライン授業として開講しなければならない事態は発生するものと考えられる。そこで、表 1 に示した大学に在籍する電気系教員に対して以下のことを尋ねた。

問①　オンラインで実験科目を開講されたことがありますか？
問②　それはどのような実験ですか？（校種・科目名・内容など）

回答結果を表 2 にまとめる。同表よりわかることは、「ブレッドボード」および「Tinkercad Circuit」を用いた実験に分けられるということである。

ブレッドボード（図 3）は回路試作のときに用いられるツールである。工学部や教育大学の技術系学科では広く用いられている。ブレッドボードは、はんだ付けを必要とせず、電子部品の取り替えを何度もできるため、完成度が高くなる。また、回路をチェックするときも配線のみを確認すればよい。はんだ付けのように、作業の巧拙による違いが出にくいところが特徴である。

一方、Tinkercad Circuit とは、Autodesk 社が提供している 3D モデリングソフトを用いた回路シミュレータである。実際に電子部品を使って電子回路を構成するわけではないことやブラウザ上で使うことが可能であることが特徴である。この特徴を使えば、オンラインで授業を実施することが可能である。ただし、実物の電気回路を体験できない点が課題として残る。

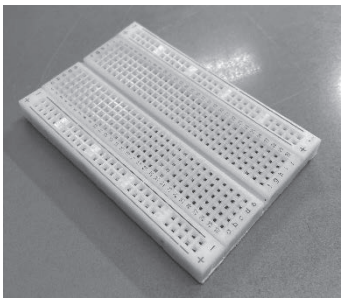

図 3　ブレッドボード

表 2　アンケート結果

問①	はい　4 名	いいえ　15 名
問②	中学校技術・電気分野（実習）一部分のみ，他の部分は対面で実施・ＬＥＤ照明回路のデザイン，ブレッドボードでの試作までの部分（アパートでできる部分）のみ；中学校技術・情報分野，Arduino を用いたフィジカルコンピューティングの入門部分	
	中学校技術　電気工学（電気に関する実習を含む。） ブレッドボードを用いた電気回路の製作実習．使用する部品は，炭素皮膜抵抗，光導線セル，ダイオード，ステップアップコンバータ，RGB LED，CdS セル，コンデンサ，インダクタ，タイマーIC(555)，バイポーラトランジスタ，コンパレータ，圧電ブザー，ロジック IC で，これらを使って電気の概念や電気回路の製作経験を深める．	
	中学校技術　電気工学実験 Tinkercad Circuit を用いた実験．具体的な内容：電気回路の測定実験(キルヒホッフの法則，テブナンの定理)，ダイオード，バイポーラトランジスタの特性取得実験，組み合わせ論理回路の製作実験(NAND による NOT, AND, OR, Exor, SR-FF 回路の製作，半加算器の製作)，演算増幅回路の動作実験(逆相増幅，正相増幅，加算回路，減算回路)． ※アナログテスタ/DMM とオシロスコープは対面で実施	
	中学校技術　教科内容指導論 II (オムニバスで 1/3 の担当) Tinkercad Circuit を用いた実験．具体的な内容：テスタの内部抵抗の影響の実験，コンデンサの充放電と時定数に関する実験(LTspice のデータで補充)，モーターの制御実験(H ブリッジ回路)． ブレッドボードを用いた照明回路等に関する実験．具体的な内容：LED の半減角の評価．照度応答型電気機器の製作実験，電気回路のモジュール化に関する実験．	

Ⅳ．奈良教育大学の取り組み[5)]

電気系実験のオンライン実践例で特筆すべきなのが奈良教育大学の取り組みである。本節では、その取り組みについて概要をまとめる。

奈良教育大学で行われたオンライン実習は回路シミュレータ、Arduino および自動照明装置の製作の 3 つに分けられる。

まず、回路シミュレータは Tina-TI を学生のパソコンにインストールさせる。授業の手順は、以下のとおりで

ある。

（1）教師が使い方を実演する。教師の画面を画面共有して実演する。

（2）学生は例題や課題を解く。エラーが発生して自力で解決できない場合は、Teams の「手を挙げる」機能を活用して教師の個別指導を受ける。

教師の個別指導は、学生のパソコンの画面を画面共有し、学生のパソコンの制御を取得して、教師が学生のパソコンを操作してトラブルを解決する。

次に、Arduino の実習を行う。まず、学生宅に以下のものを郵送する。

・Arduino およびパーツの入ったキット
・ラジオペンチ
・テスタ
・パーツケース

授業の手順は以下のとおりである。

（1）ドライバーをインストールする
（2）Arduino IDE（開発環境）をインストールする
（3）Arduino 基板上の LED をチカチカ（L チカ）させる
（4）ブレッドボードを用いて L チカをさせる
（5）スイッチと LED を組み合わせた回路を製作する
（6）ボリュームとサーボモータを組み合わせた回路を製作する

このとき、教師の見本は書画カメラを通じて学生に配信する。課題の提出は動画をスマホで撮影し、Teams の課題提出サイトにアップロードさせる。

最後に、自動照明装置の製作をする。学生にあらかじめ以下のものを郵送しておく。

・電子部品　・はんだごて　・こて台　・はんだ　・ニッパー　・錫メッキ線　・マイナスドライバ
・洗濯ばさみ　・工作マット　・保護メガネ

見本の提示や学生への個別指導の方法は上記のものと同様であるが、自動照明装置の製作のときには学生のはんだ付けの様子を詳しく観察する必要がある。そのために、スマホスタンドを自作させ、スマホ画面を共有することにより、詳細なチェックを行う。

Ⅴ．モデルカリキュラム

本節では、Ⅱ節で述べた電気電子実験の内容を、ⅢおよびⅣ節で調査した内容を元にモデルカリキュラムを作成する。表３にカリキュラム例を示す。

表３　モデルカリキュラム（合計１５コマ）

コマ数	実施内容
1	回路シミュレータ Tinkercad Circuit の使用法説明
3	回路シミュレータを使って例題を解く
1	Arduino と Arduino IDE の使用法説明
3	Arduino を使って例題を解く
1	障害物回避ロボットの説明
3	障害物回避ロボットの製作
1	オシロスコープの使用法説明
2	オシロスコープを使った回路解析

まず、Tkintercad Circuit（図４）の使用法を説明する。Web 上で動作することからオンラインで受講する各自の手元のパソコンで URL を入力すればよい。画面右側にある電子部品のアイコンを選択し、部品どうしを接続する。その後、回路の動作をシミュレーションで体験することができる。このシミュレータの動作説明は教師側

の画面を共有することで行うことができる。

このシミュレータを用いることにより、アナログ回路、組み合わせ論理回路、演算増幅器回路の動作実験を行う。このときは、受講生各自のパソコンで動作させる。何か質問があれば、Google meet の挙手ボタンやチャット機能を使って伝えてもらう。簡単に答えられるものはその場で回答するが、難しいトラブルの場合は受講生の画面を共有してもらい対応する。

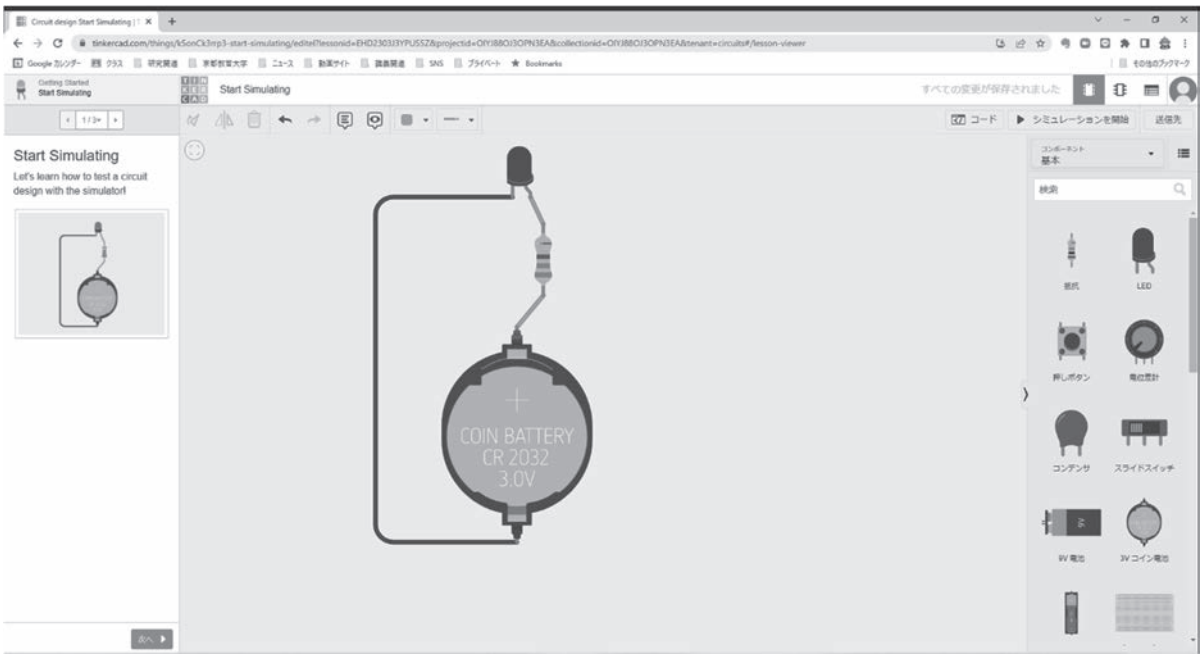

図４　Tkintercad Circuits の画面

次に、Arduino（図５）と Arduino IDE（図６）の使用法を説明する。Arduino IDE も Web 版が存在するため、受講者にはその URL を入力してもらう。Arduino を使って製作してもらう回路は、「LED の点滅」、「スイッチと LED」および「ボリュームとサーボモータ」の３種類である。回路はブレッドボード上に作成してもらう。そのため、回路チェックは比較的容易である。しかしながら、Arduino 本体と電子部品などはあらかじめ受講生に配布しておく必要がある。

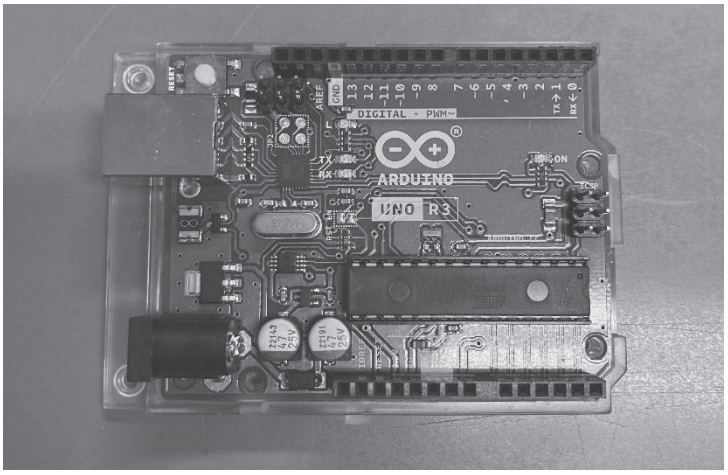

図５　Arduino 本体

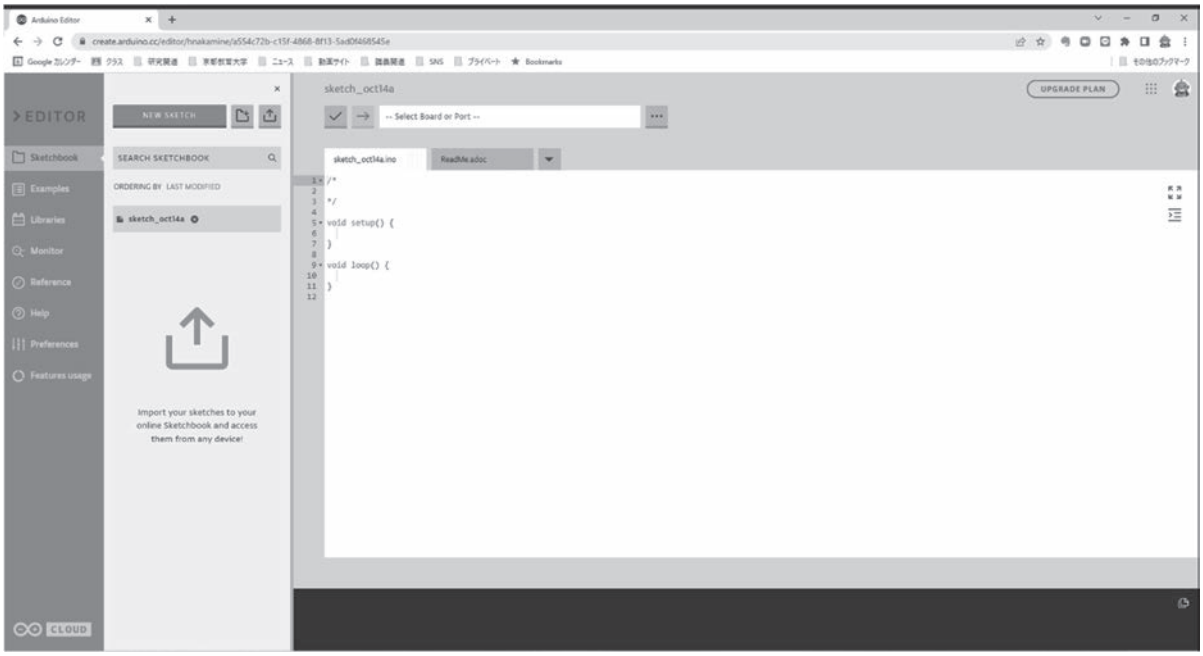

図６　Arduino IDE

さらに、はんだ付けをともなうロボットの製作を行う（図７）。このキットは、小学生高学年向けに販売されているもので製作そのものは難しいものではない。しかし、受講生の多くははんだづけを中学校の技術科以来は行っておらず、はんだ不良によるトラブルが多発するものと思われる。教師側の見本を提示するには書画カメラが必要である。受講生側のはんだづけの様子を確認するためには Web カメラが必要である。また、キット、はんだごてなどの受講生へ向けての郵送が必要である。



図７　光センサーよけロボ（株式会社イーケイジャパン製）

最後にオシロスコープによる電子回路の解析を行う。オシロスコープは、DIGILENT 社製の OPENSCOPE MZ を利用する（図８）。このオシロスコープは、電気波形をパソコンの画面に映し出す装置である。本来は据え置き型のオシロスコープを利用したいのであるが、受講生への郵送コストを考えると採用には踏み切れなかった。電子回路は、あらかじめ配布してあるブレッドボードや電子部品を利用すればいいので、このオシロスコープだけを配布すればよい。

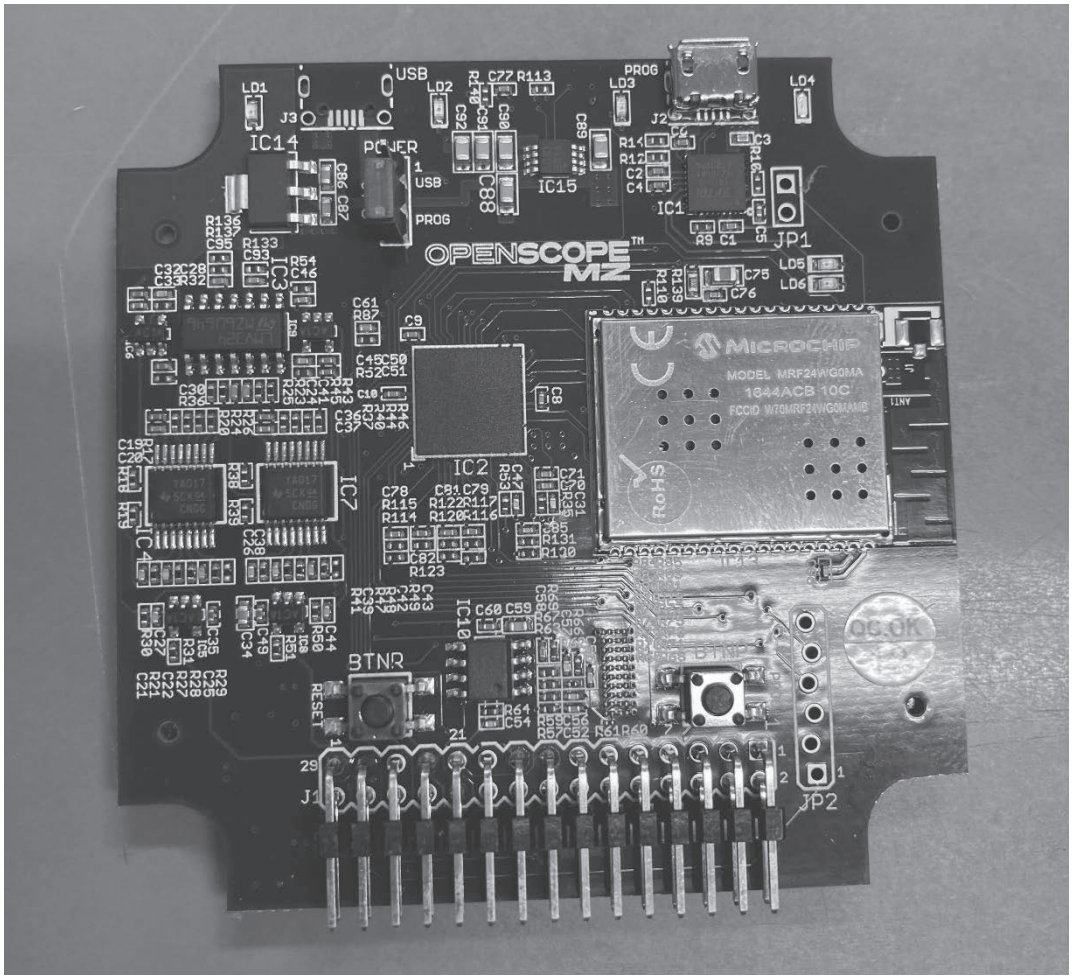

図８　OPENSCOPE MZ（オシロスコープモジュール）

Ⅵ. おわりに

本論文では、まず電気系教員に対するアンケートを行った。その結果、オンラインによる電気実験を行っているところは少数であることがわかった。これは、オンラインの画像のみでは細かなはんだづけなどのトラブルを確認できないということやあらかじめ道具、工具および部品などを受講生に送っておかなければならないことがネックになっているからだと思われる。

そのため、オンラインで電気電子実験を行うためには、Web 上で完結する電子回路シミュレータ、プログラミング環境が必須であり、また受講生に送付するものを最低限に抑えることや小型・軽量なものを採用することなどが必要になってくる。そのための予算措置および体制が整えば、オンラインによる電気電子実験の実施は可能であると考えられる。

なお、本研究は「令和３年度 教育研究改革・改善プロジェクト経費」を利用して行われたものである。

参考文献

1）JHU CSSE COVID-19 Data　https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19　(2022.4.5 閲覧)
2）総務省「令和 3 年版　情報通信白書」
https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r03/html/nd122230.html　(2022.4.5 閲覧)
3）岡田佳子「学生からみたオンライン授業のメリットとデメリットーオンライン環境下のアクティブラーニングに焦点を当ててー」長崎大学教育開発推進機構紀要、Vol.11、pp.25-41 (2021)
4）文部科学省「中学校学習指導要領解説　技術・家庭編」p.22 (2017)
5）藪哲郎「オンラインによる電気実験実習の実施」奈良教育大学次世代教員養成センター紀要、Vol.7、pp.79-90 (2021)