

# 電子回路や自動制御模型の組み立て演習を取り入れた 遠隔講義の教材開発と実践

## Development and Practice of Training Equipment for Electronic Circuit and Automatic Control Systems Used for Remote Lectures

井 嶋 博

IJIMA Hiroshi

(和歌山大学教育学部物理教室)

2020年10月16日受理

### 要旨

本稿は、従来から実施していた、電子回路や自動制御の学習のための組み立てを伴う演習を取り入れた講義を、インターネットを用いた遠隔形態の講義に対応させるにあたって行った演習用教材の開発と、遠隔講義の実施方法やその結果について報告する。具体的には、従来対面でも対応していた演習活動の支援や、演習中に発生する様々な問題への対応の、遠隔での実施方法や、遠隔形態に合わせた教材の開発。また、これらの講義を遠隔形態で行ったことにより得られた新たな学習効果について述べる。

**キーワード：**遠隔講義、教材開発、電子回路、自動制御、PBL、アクティブラーニング

### 1. はじめに

新型コロナウイルスの世界的大流行により、人の健康被害だけでなく、感染拡大を抑制するための行動制限が、生活や経済活動に大きな影響を与えている。教育現場においても、校種を問わず、一時的な休校措置が取られ、活動再開後も様々な感染拡大の防止措置が取られている。本著者が所属する大学においても、しばらくの間は学生の完全入構禁止措置が取られ、講義についてはインターネットを用いた遠隔の形態でのみ実施されることとなった。また、対面での実施が前提となる実験や実習については、この期間実施されず、政府が発表した緊急事態宣言が解除された後、例外的措置として大学での対面による実施に至った。しかし、修学期間の延長はされないことから、当面実施されなかった科目については期間後半に集中して実施され、学生の受講負担に時間的な偏りが生じることとなった。

このような状況の中、例年では教材による演習を取り入れた講義を実施してきた著者は、その講義形態の特性から、遠隔形態での実施は困難と判断し、しばらくの間講義の実施を見合わせていた。しかし、上述したように、期間後半は学生の負担が増すと予測されたため、大学が修正した学年歴よりも1か月遅れであったが、遠隔により講義を開始することにした。ただし、これらの講義では、受講者自身で配線や組み立て作業を行うことから、組み立て手順を誤ると動作の不具合だけでなく、電子回路の配線ミスにおける過電流や発熱に起因した感電や火傷のリスクや、電子部品や機械

部品の破損が発生する。これらの問題に対して従来は、対面でも対応していたことから、遠隔形態で全て行うにあたって、演習の指示は遠隔形態に合わせて修正し、教材についても、学生が遠隔による指示で作業が滞りなくできるように従来用いていたものを改良し、新たに開発することとした。

一方、教材を期間中貸出し、自由な時間に受講できるようにしたことにより、教材を用いて自発的に発展的な学習をする受講生もおり、このことについては当初予想していなかった学習効果といえる。

本稿では、上述したような遠隔での講義において演習で使用するための電子回路と自動制御の学習教材の開発と、それらを用いた講義の実施結果について報告する。

### 2. これまでの講義で取り入れてきた演習の内容と遠隔形態へ置き換えたときの問題点

本稿で取り上げる講義は2科目であり、それぞれの講義名およびシラバスに記載した講義概要は次の通りである。

(講義1)

**講義名：**応用電子回路

**講義概要：**様々な素子を組み合わせた電子回路についてその仕組みを、それぞれの素子の役割をふまえて解説する。また、体験的に学習できるように、実際の素子を用い、ブレッドボード上で配線する演習を毎回取り入れる。

(講義2)

**講義名:** 制御・情報工学

**講義概要:** ロボットなどのメカトロニクス機器の設計ではコンピュータによる制御技術の知識が不可欠である。本講義では、計測・制御技術の基礎知識として、機械システムの動力学、制御技術とそれに関連したセンサ・アクチュエータ技術、コンピュータとAD・DA変換について講義する。また、メカトロニクス教材を用いて各要素の接続方法およびプログラミング演習を行い、内容の理解が深められるように授業を行う。

(講義1)については前期科目であり、本稿執筆時、評価も含め全て終了している。(講義2)は後期科目のため、現在進行中の講義である。これらの講義概要からもわかる通り、講義の内容を深めるにあたっては教材を用いた演習が不可欠であり、従来の講義でも、演習を積極的に取り入れてきた。ただし、受講生が電子回路や機械部品を組み立て、教材として利用するにあたっては、次のような問題が必ず発生する。

- ①組み立ての間違いによる動作の不具合。
- ②部品の不具合や破損。
- ③教材と講義内容との関連についての認識不足。

①や②の問題が発生した場合、教材の動作の不具合だけでなく、電気エネルギーを使用することから、感電や発熱による火傷のリスクがある。また③については教員が望んでいた結果が出ているにも関わらず、その結果が講義中に示した理論や原理との関連付けができず期待した学習効果が得られないことになる。このような問題に対して、従来は対面講義の中で個々に対応することで解決してきた。しかし、遠隔形態の講義においては、対面形態で実施していた時のようなきめ細かな対応が不可能になることから、遠隔形態に対応した新たな講義の方法や提供する教材を検討することとなった。

### 3. 遠隔講義方法とそれに合わせた教材の開発

2. で述べたように(講義2)は現在進行中であることから、ここでは全ての講義が終了している(講義1)を中心に講義方法と教材開発および講義資料作成において配慮した点を中心に述べる。実施した(講義1)のスケジュールを表1に示す。スケジュールは状況に合わせて変更を余儀なくされたため、講義の提供として使用したLMS(学習支援システム)であるMoodleの授業ページ最上部に常に最新のスケジュールを表示させるとともに、変更を行った際は連絡を行った。

#### 3.1. 講義方法

遠隔講義の方法としては、オンデマンド型とオンタイム型のどちらかを選択することになるが、1. に示

表1 受講生に示した(講義1)のスケジュール

Moodle掲載予定日	内 容	課題提出締切
6/1以降	(教材貸出)	
公開中	第1回: ガイダンス	7月15日
6月2日	第2回: 増幅回路の基本1	7月15日
6月9日	第3回: 増幅回路の基本2	7月22日
6月16日	第4回: RC直列回路と時定数	7月22日
6月23日	第5回: インダクタと昇圧回路	7月29日
7/1以降	(教材貸出)	
7月7日	第6回: フリップフロップ回路	8月5日
7月7日	第7回: マルチバイブレータ回路	8月5日
7月14日	第8回: 音声増幅回路1	8月12日
7月14日	第9回: 音声増幅回路2	8月12日
7月21日	第10回: 弛張回路	8月12日
7/14以降	(教材貸出)	
7月28日	第11回: 光センサの応用1	8月24日
7月28日	第12回: 光センサの応用2	8月24日
8月4日	第13回: 電波の受信原理	受講のみ

※通常と異なり1回105分×13回

したように(講義1)は1か月遅れての講義の開始となり、年度当初から大学生は講義方法や学年歴の修正など目まぐるしい学習環境の変化に対応していることから、受講者個々のスケジュールで受講できるようにオンデマンド型を採用することにした。ただし、受講生が2. に示した問題に直面した際、臨機応変に対応できるようにするためマイクロソフトが提供しているコミュニケーションツールであるTeamsを積極的に活用することにした。このツールはグループを作成しその中でチャットやテレビ会議がオンタイムで行えることから、素早い情報の提供と共有が可能となり、このツールを用いて原則いつでも質問などに対応できるようにした。

教材については、原則学生の大学への入構が禁止されていたことから、学生の入構許可書の発行を大学に申請し、教材受け渡しを大学で行えるようにした。ただし、遠方から通学している学生や規制している学生もいることを考慮して、大学に来られない受講生に対しては教材を郵送することにした。

#### 3.2. 教材の開発

配布する教材については、次のような配慮に基づいて開発した。

- ①各回で必要となる電子部品を、受講生が間違えずに取り出せること。
- ②大きな電気エネルギーを用いず、また発生させないこと。

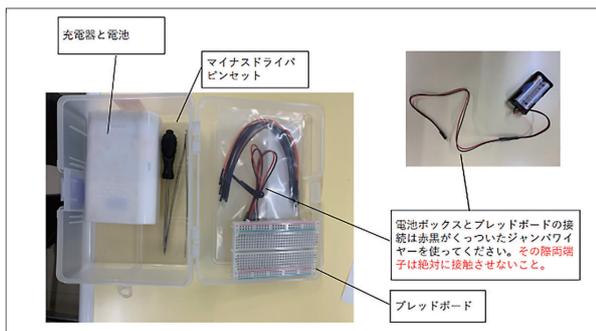
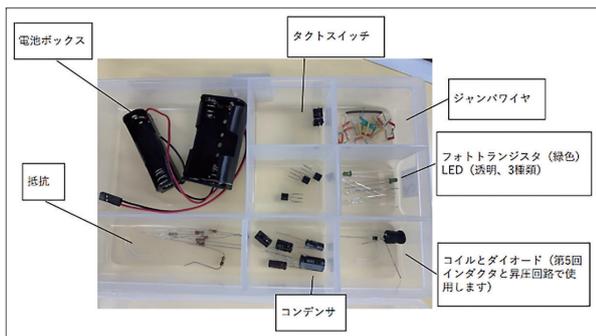


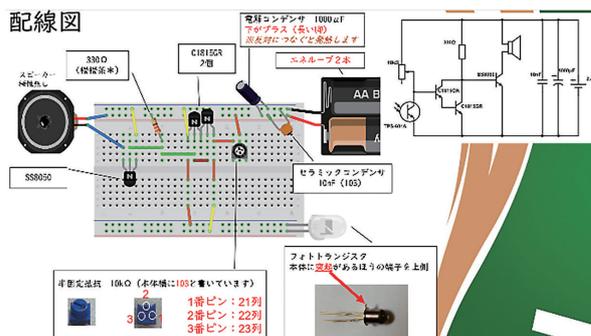
図1 1回目に配布した教材  
(受講生の確認用ファイルより)

- ③可能な限り部品点数を少なくして演習ができること。
- ④計測装置を用いず学習ができるようにすること。

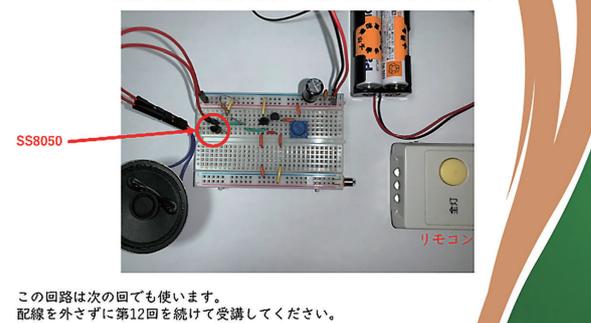
①および③に対する対応としては講義回数である13回全ての講義に使用する電子部品の数は膨大なため、3回に分けて配布するようにし、講義内容も、従来の知識積み上げ型の学習の流れを維持しながらも、同じ部品を使った演習ができる講義を続けてできるように配慮した。②については、起電力として、単2型の2次電池(充電電池)を2本直列(合わせて2.4V)を使用することを基本にし、これより大きな起電力を使用する演習を極力減らすことにした。またこの講義では正確な物理量の測定を必要としない内容であったため、④の対応としては従来演習で用いていた電圧・電流計、オシロスコープを用いず、それぞれの物理量についてはLEDの明るさやその時間変化を受講者の目で見てもよその量が確認できるようにした。第1回目に配布した教材を図1に示す。第2回、第3回ではこれらの部品を入れ替えて期間中不要な部品を取り除いた。

### 3.3. LMSを用いた講義での配慮

オンデマンド講義の資料としてはパワーポイントにより作成したスライドとともに講義者のカメラ動画とナレーションを埋め込んだ動画も提供し、演習を行うにあたっての注意事項の指示を行った。演習の指示のために作成したスライドの1例を図2に示す。回路図に従った配線はいずれの回もブレッドボードを用いて



**注意!** トランジスタSS8050は大電流を流すため熱くなります。異常ではありませんが、火傷に注意してください。



この回路は次の回でも使います。配線を外さずに第12回を続けて受講してください。

図2 演習の指示スライド(講義スライドより)

行い、そのための配線図におけるジャンパワイヤやジャンパケーブル、電気抵抗器のカラーバー等の色が付いた部品は全て配布した教材と同じ配色をスライドに埋め込んだ画像に示し、電子部品の極性や演習中に発生する問題など注意すべき点を掲載した。

## 4. 講義を終えての考察と学習効果

本稿で取り上げた講義では、

- ①受講者が撮影した演習の写真を提出。
- ②各回にそれぞれが学んだことと理解が難しかった点のレポートによる報告。

の2点を課題として課し、これらの課題と受講ログを受講者の評価に用いた。著者自身初めての経験で、受講生の理解度を測る評価が十分できているかは、まだまだ検証の余地が残されているが、不可と評価した受講生は幸いにして無く、講義開始当初、学習環境の問題などで、受講を断念する受講生がいるのではといった懸念については、払拭される結果となった。

受講生からの質問については、先に述べたコミュニケーションツールであるTeamsだけでなく、課題提出時にもLMSであるMoodleで受けるようにしたところ、様々な質問がその課題提出時に投稿され、中には講義で用いた専門用語の語源や、回路記号の決まりの由来など、対面授業では受けることがなかった質問も多くあった。また、学んだことを自己申告させたところ、講義では指示していなかった学習を受講者自身が行っ

た結果についての報告も多数あった。これについては多種多様な内容があったが、大まかにまとめると次のようになる。

- i) ブレッドボードによる配線の練習のため、回路図から自分で考えて配線を行った。
- ii) 指示はなかった部品を取り換えて回路の振舞いがどのように変わるか実験してみた。
- iii) 正確な物理量を自分が持っていた計測器で測定した。
- iv) 計測器がないので物理量が比較できるように提供された教材の中で計測できる実験方法を考えた。
- v) 示されていた回路で起こる現象が、複数の素子でも同時に起こるか実験してみた。

これらのような、受講生自身による学習活動は、従来の対面講義ではあまり見られない現象である。このような学習活動を行えた理由としては、

- ①毎回教材を回収していた対面講義と異なり、受講生が一定期間教材を所有していたこと。
- ②自分のペースで講義を受講し、演習を行えたこと。

が考えられ、定められた時間に講義を受ける対面形態よりも自分のペースで講義内容の理解を深め、演習の中で、疑問に思ったことや考えを解決するため、自身で目標や課題を設定して、活動する機会が得られたことによると考えられる。これらの活動は課題解決学習(PBL, Problem-based learning)といえ、予測していなかったにもかかわらず、能動的な学習(Active Learning)の効果が顕著に得られたといえる<sup>[1]</sup>。

#### 5. 補足：自動制御模型の演習を取り入れた講義について

3. および4. では前期科目であった「応用電子回路」の講義方法やその効果について報告したが、次に現在進行中の講義「制御・情報工学」について述べる。この講義では、自動制御とそれに関連した様々な技術である、コンピュータ、センサ、モータなどのアクチュエータ、機械の機構について学ぶ内容になっている。体系化させた講義を進めるために、この講義でも教材を用意して演習を取り入れた方法を取ってきた。図3は今回新たに開発した教材で、マイコンボード、距離センサ、モータ駆動回路を含め、個々の要素と自動制御装置としての開発手順やプログラミングの理解を得

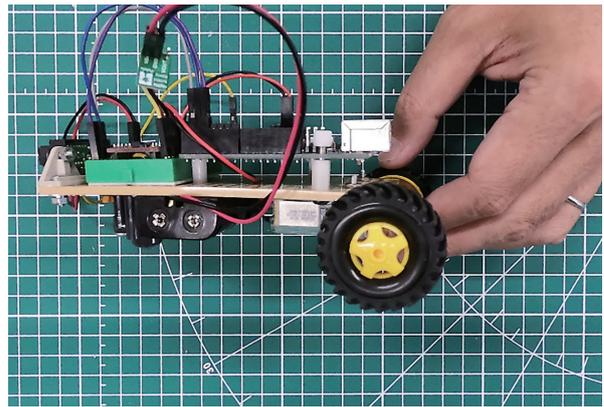


図3 自動制御の学習のための演習用教材

るための演習ができるようにしている。この教材でも電気回路を使用するため、3.2で述べた内容と同様の教材開発における配慮を行うため、低い起電力で動作するようにし、部品点数も少なくした。また一定期間受講生が保有することになることから、できるだけ小さく保管しやすいように設計した。

講義を進めていく上での問題点や学習の効果については本稿を執筆している現在、講義が進行中のため、その結果は別の機会に報告したい。

#### 6. おわりに

遠隔講義では、情報機器やそれを用いる教員や受講生の環境によって様々なトラブルが発生する。そのような環境であるにもかかわらずあえて教材を配布し演習を取り入れた講義を実施した。著者としては初めての試みであり、起こりえる様々な問題を予測して準備を行ったにもかかわらず、講義資料の誤植や、指示の間違いが講義を進めていく中で多数確認され、このような間違いの多くは受講生からの指摘を受けて修正を行うこととなった。また受講者からの発展的な学習についての質問を受け、改めてその学習活動に著者自身が興味を持つといった経験をこの授業では得る機会となった。このような経験は講義を始める時点では想定されなかったことであり、この講義は受講生とともに作り上げてきたともいえる。

講義を受講し、講義作りに協力してくれた受講生全員にこの場を借りて感謝の意を示したい。

#### 参考サイト

- [1] PBL型科目、和歌山大学キャリアセンター、  
<https://www.wakayama-u.ac.jp/career/careeredu/pbl.html> (2020年10月16日閲覧)