電子工作教材の製作指導

Electronics Workshop Teaching Materials Guidance

山 田 健 二^{※1}

Kenji YAMADA

An electronics workshop is great fun. If there are teaching materials fit for the syllabus of college of technology, they will be very useful to the engineering education. We consider that the teaching materials production can be connected with creative hands-on exercise education. The production was carried out as a part of Creative Engineering Project II in the Electronics and Mechanical Engineering Course. More complete works were made when the same subject was assigned to several groups of students than when a different subject was given to each individual. This is because each working group competed with each other, trying to make better teaching materials. This paper reports the results of the hands-on exercise guidance for three years from 2001 to 2003.

Keywords : Engineering Education, Electronics Workshop, Hands-on Exercise, Teaching Materials

キーワード：工学教育，電子工作，ものづくり，教材

1. はじめに

日本の産業教育に「ものづくり教育」が注目されている。高等専門学校（高専）でもその重要性が検討され各高専で様々な実践が続いている¹⁾。電気・電子・情報系のものづくりの中では、電子工作が面白い。はんだ付けによるものづくりは、今も昔も学生に人気のある実習である。本校電子情報工学科低学年の学生実験でも、市販品のテスターキット²⁾をはんだ付けによって組み立てる実習を平成6年度から毎年実施している。実習後に行うアンケートでは、ほとんどの学生が「面白かった。このような実習をまたやってみたい。」と述べている。こうした意欲に注目したい。興味や意欲を電子工作によって誘い出し、心地よい状態で実践的技術の習得を行えば教育効果が上がると考える。電気・電子・情報系の専門科目は目に見えない場面が多い中、実際に電子部品を手に取り加工し、それらの技術的要素を学びながらものを作り上げる過程は重要である。更に本教育研究では、部品類一式やマニュアルなど電子工作教材そのものを準備しようと試みる。回路設計や部品の選定、更に部品の袋詰めも行い、商品としての意識ももたせることが新しい。

電子機械工学専攻科1年と2年で創造工学演習ⅠとⅡを通年必修4単位でそれぞれ行っている。1年では解析力や設計基礎力を養い、2年ではその応用力と表現力を養うことを目的としている。学生はそれぞれの

学年で前期と後期にそれぞれ3コースの中から選択して演習を行う。電子機械工学専攻の3コースは、機械工学科・電気工学科・電子情報工学科の教員が担当し、1回当たり2時間(90分×2)の演習を15回行う。筆者は創造工学演習Ⅱ(後期)の電子情報工学科の演習として「電子工作技術演習」の題目で担当した。この演習内容を表1にまとめる。前半でトランジスタの動作原理や特性測定および増幅回路の設計演習を行い、回路シミュレータによるシミュレート結果と比較するなど回路設計基礎技術を習得する。また無線通信として通信技術の基礎を学ぶ。後半は、本学科で準備した電子工作教材を使ってはんだ付けの練習をしてもらい、電子工作教材の全体像を把握する。最後に電子工作教材そのものを製作する。基板加工機の演習は平成15年度に実施した。

本教育研究は創造工学演習Ⅱにおいて、平成13年

表1 電子工作技術演習の内容

	内 容	回数
前 半	トランジスタの動作原理	5
	トランジスタの特性測定	
	増幅回路の設計演習	
	回路シミュレータ演習	
	通信技術の基礎	2
	基板加工機演習(平成15年)	
後 半	導通チェッカーの製作	2
	FMワイヤレスマイクの製作	5
	発表とまとめ	1

平成16年9月27日受付

※1 石川工業高等専門学校

度から15年度の3年間の実践結果である。ものづくり教材そのものを学生が製作することで学生自身に新たな創造性を育ませ、感性豊かな技術者の育成を目指すものである。

2. はんだ付け練習用教材の試作

電子工作教材そのものを作るにあたり、学生に電子工作の全体像のイメージを持たせる必要がある。何か適当なはんだ付け技術の習得教材が必要であった。

そこで、はんだ付けの入門編として「導通チェッカー」、中級（上級）編として「FMワイヤレスマイク」の練習用教材を準備した³⁾。前者はトランジスタ1石のみを用いた簡単なものでトランジスタのスイッチング動作を利用する。完成品を図1に示す。回路の不具合を確認するために導通試験がよく行われる。そこでこうした導通チェッカーがあれば便利と考えた。また回路動作を理解することでトランジスタの使い方も学べる。そこで高専低学年の実習向けにもよいと考えた。後者はFMラジオをスピーカーに代用して用いるFMワイヤレスマイクである。文献4)を参考に練習用教材の製作を行った。LC共振回路に用いるコイルを実際に巻いて作る点が面白い。コイル間隔を変えて共振

周波数を調整するので、学生はインダクタンスを身近に感じるようである。電源として、最初は単3乾電池2本を用いていたが、軽量化のため最終的にコイン電池1個に改良してある。完成品を図2に示す。うまく同調すると80MHzから90MHz付近の周波数帯で受信できる。FMラジオから自分の声が聞こえると学生は感激し大変喜ぶ。こうした瞬間はものづくりの楽しさを味わう場面なので大切にしたい。この回路動作は電子回路の知識も必要とするため高専高学年の実習に用いると良い。以上の練習用教材によるはんだ付けを通じて、学生は回路設計技術、電子部品の取り扱い方、発振回路の基礎、そして電子工作教材の概要を学ぶ。この練習用教材は、作り方を間違えなければきちんと動作するので中学生向けの公開講座⁵⁾でも用いた。

電子工作教材を準備するにあたり一番苦勞するのは、はんだ付けの基板である。本学科では平成12年度に基板加工機⁶⁾を購入した。CAMソフトを用いて基板加工図を作り、このデータによって銅めっきした板の表面を削り、穴をあけ、外形を切り取る一連の基板加工によってはんだ付けの基板の準備ができるようになった。FMワイヤレスマイクの基板加工図を図3に示す。また図4にはそのマニュアルに用いた製作図

図1 導通チェッカー

図2 FMワイヤレスマイク

図3 FMワイヤレスマイクの基板加工図

図4 FMワイヤレスマイクの部品実装図

面を示す。この図は実際にはんだ付けをする時に最も重要である。製作しやすいように、部品を差し込む面（部品面）から見た穴と電子部品を示す記号を対応させて表示しておく必要がある。

電子工作教材の更なる教育的付加価値を求めて、導通チェッカーのマニュアルを英語に訳した。英語教材で英語を学ぶほかに、専門に関わる内容を英語で勉強する場があってよいと思う。学生は英語の授業とは異なる雰囲気では英語に触れるため新鮮に感じていた。基本用語や演習問題などを追加することで英語と専門の融合した授業展開にこの電子工作教材を用いることができるだろう。

3. 創造工学演習IIにおける取り組み

導通チェッカーとFMワイヤレスマイクを製作した後は、各自が考えて製作する演習（以下、創造電子工作と呼ぶことにする）に移る。まずは何を作るのかを考えさせた。そこで平成13年度は簡単に作れるものを模索し、14年度はどこまで作れるかに挑戦させた。そして15年度は実際に電子工作教材そのものの製作を行った。以下では、平成13～15年度の取り組みの中で、特に後半の創造電子工作の結果を中心に報告する。

3. 1 平成13年度の取り組み

何を作るかをはっきりさせて、必ず動作するものを目指した。作り方を誤らない限り動作不良はあってはならないという考えで指導した。作っても動作するかわからないものは、作り手の意欲を低下させ、商品としても価値が下がると説明した。学生はトランジスタを用いた回路を調べ、何を作るかを決め、その回路動作を理解し、部品を集めて製作した。筆者は電子工作教材に関係のある諸問題や現状に関心を持ってもらうために、各自が製作する課題に関係のある内容や話題も調べさせた。受講学生11人にそれぞれ与えた11題の課題一覧を表2に示す。調べたことの他に必ず各自の意見や考えも述べさせた。

これまでの学生実験のやり方は2名から3名の複数で行うことが多かったが、この演習では一人で全て行うことにした。トランジスタの静特性測定では、測定機器取り扱いのよい復習になったようである。また機械工学科出身の学生でオシロスコープを用いた波形観測に不慣れな学生もいたが、専攻科生同士で助け合い、全員が目的を達成できた。トランジスタを用いた電子工作演習では、試作後の動作不良を少なくするために、回路をなるべく簡単なものにするよう指導した。回路を簡単にすることは、動作不良があった場合の修理も容易になるからである。CdSなどの光センサを用いた「電子ホタルの製作」など比較的簡単な回路での場合は動作不良もなく、きちんと動作が確認できたが、回路動作が単純であるため完成後の達成感は少ないよう

表2 各学生に与えた11題の課題一覧

No.	課題内容
1	マイクを更に小型にして実用化するための方法を調べ、設計変更せよ。
2	電子工作教材の製作に際して、あるいは使用に際しての注意書きを作成せよ。
3	はんだ付け練習用教材の電子部品を再選定し直し、その改善案をまとめよ。
4	よく売れるパッケージデザインの条件は何か。はんだ付け練習用教材の表紙デザインを改善せよ。
5	何らかの形で電子工作回路に関して特許申請ができるとする。特許について調べ、特許申請書を書いてみよ。
6	FMワイヤレスマイクの部品代総額は約2,000円。もし販売するなら価格をいくらにして、どのようにして売上向上をねらうか考えなさい。
7	鉛フリーはんだの現状と将来について調べよ。
8	青色発光ダイオードの特性・特許問題・発明の報酬問題について調べよ。
9	企業にも環境に関する認定が行われている。認定をうけるにはどういったことが必要か調べよ。
10	携帯電話からの人体への影響について調べなさい。
11	FMラジオの受信感度とアンテナの指向性について調べて、具体的値を算出せよ。

表3 製作品の一覧（平成13年度）

No.	製作品名（備考）
1	デジタル回路の製作
2	エフェクタの製作
3	アンプの製作
4	FMラジオの製作（2名同一テーマ）
5	電子ホタルの製作（2名同一テーマ）
6	テルミンの製作
7	ブザーの製作
8	うそ発見器の製作（市販のキット）
9	発振回路の製作

であった。創造力を刺激するテーマの与え方が今後の課題となった。一方「電子楽器（テルミン）の製作」など複雑な電子工作に挑戦した学生は、試作に手間取ったりアンテナ材料などの入手に時間を要した。部品入手が困難な場合は市販のものを利用し、個々に部品を集める時間と経費を削減した。指導教員1名で個別の製作品を丁寧に指導する時間は限られている。創造的なものづくりとなるように時間を有効に使うことが課題となった。製作品の一覧を表3にまとめる。全て動作確認ができた。これらは皆、トランジスタを利用した回路例であり、お互いの作品を紹介することで、学生はトランジスタの利用方法を知ることができた。

3. 2 平成14年度の取り組み

平成13年度の創造電子工作は、トランジスタを用いることを前提として、「トランジスタを使って何を作るか」から始めた。平成14年度は、7名の学生に

表4 製作品の一覧(平成14年度)

No.	製作品名(備考)
1	電波時計の製作(市販のキット)
2	超音波距離計の製作(市販のキット)
3	キッチンタイマの製作
4	温度計の製作
5	湿度計の製作
6	ボイスレコーダの製作
7	FMラジオの製作

まず何を作りたいかを探してもらうことから始めた。自分から進んでものづくりをする姿勢を作るには、まずは学生に作りたいものを作らせてみようと考えたからである。もちろん時間的、経済的にも作ることが可能であるものとした。学生からの希望をまとめると、時間・音・光・センサー・動くものといった内容であった。視覚的に分かりやすいものばかりである。しかしながらこれらの内容を、トランジスタを基本に設計することは困難である。そこでPIC(Peripheral Interface Controller)マイコンを利用することにした。ワンチップマイコンでプログラムの書き換えが可能である。乾電池2本でも十分動作可能で価格も開発環境も安価である。このPICマイコンは実に様々な応用ができる。PICマイコンを用いたものづくり教育は高専教育の現場でも最近数多く取り上げられている^{7)~10)}。PICマイコンは、ロボット制御^{7), 8)}やコンピュータ制御⁹⁾の勉強に利用されたり、創造的なものづくりの実習^{10), 11)}に使われている。今回学生が提案した回路は、全体的に昨年度に比べて複雑になったが、学生自身が興味を持つテーマなので製作してみることにした。今回PICマイコンにプログラムを書き込むライターは、市販のキットを購入して製作させた。プログラムを作り、その後のアセンブルはできたものの電子部品選定と回路図製作に時間を要した。そのため試作にかかる時間が少なくなった。全て用意された中では学生は動きやすい。ところが学生に自主的に行動させていくつかの判断を必要とすることをさせると、こちらが想定する以上に時間を要する。例えば湿度センサーの特性や価格を調べて、どこから入手できるかを尋ねてもどれにするか迷っている場合があった。昨年度と同様に、今回も各自が別々のテーマで製作しているため、何か問題が生じても基本的に学生自身で対処するしかなかった。指導する上で、他の学生が何を作っているのかや今どういう状況にいるのかが学生同士でもわかるような体制づくりが必要である。試作は基板加工機を用いずに行った。キットとして準備する段階ではなく、試作の段階なので動作のみならば完成できるだろうと判断したからである。PICマイコンは比較的ピン数の少ない18ピンのもの(16F84)を使用した。それでも基板上の配線が複雑になり、はんだ付けに苦勞する学生が多くいた。製作品の一覧を表4にまとめる。全て集積回路を用いたものである。No.1からNo.3までは動作を確認できた。No.1と2は市販のキットを利用したが、No.3の「キッチンタイマ」は個々の部品をユニバーサル基板上ではんだ付けをして製作した。時間計測部分にPICマイコンを利用し、ブザーの部分は防犯ブザーを利用してある。部品の値段を抑えて音量も十分なものに工夫されている。その他の工作物は試作が完了しても、その動作は未確認のままに終わった。演習後半で行う試作指導とその対応にかかる時間

配分が悪いことが分かる。試作を試みることは必要なことだが、動作原理をよく考えずにまずは作ってみようという態度の学生が多い。そのため試作後の動作不良の対処方法が分からず、問題点を探り、解決していく過程をどのように与えるかが課題となった。またははんだ付けが複雑になり電子工作に未熟な学生にとっては部品同士の配線をユニバーサル基板上で行うことはもはや限界であることが示された。

3. 3 平成15年度の取り組み

平成13年度と14年度の創造電子工作は、つくるものに重点をおいた。各自が別々のテーマで電子工作教材の試作を行うことは、その計画の見通しを各学生個人でたてることになる。この見通しを誤り十分な試作時間を確保することができない学生が現れた。また動作しない状況と原因不明の状況に疲れて、試作意欲を失ってしまう学生も現れた。これらが問題点であるが、時間や動くものといった学生がやってみたいと希望する内容のものは、PICマイコンを用いた設計・製作ならば可能であることを確認した。PICマイコンはプログラミングによって様々な動作が可能である。そこで平成15年度の創造電子工作では、PICマイコンに関するテーマを取り上げ、学生は皆同じテーマで電子工作教材そのものを製作するという方針で実施した。個別トランジスタを基本とした工作では、部品数も少なく、部品同士をつなぐ配線も単純であった。しかしながらPICマイコンを用いるとピン数が多くなり、部品同士の接続は難しくなった。このような複雑な回路では、はんだ付け不良を誘発し、動作不良の原因になる。そこで平成15年度は基板加工機を最初から積極的に活用していくことにした。6名の学生は3名、2名、1名の3グループ(A, B, C)に分けた。PICマイコンを使う際、マイコンにプログラムを電氣的に書き込むライターが必要である。また書き込んだマイコンが正常に動作するか、信号の入出力を確認できる動作チェックボードも必要である。そこでテーマをPICマイコンのライターキットと動作確認ボードのキットとした。ライターの回路はインターネット上で公開されている安価にできる回路¹²⁾のものを利用した。

この結果、いくつかの問題を解決することができた。まず製作する回路図面を同一としたため、各グループ

で使用する電子部品の共有化が実現できた。例えば試作時に失敗して急に電子部品が必要になった場合、同じ部品を使っているのだから部品の貸し借りができるのである。また製作する上での失敗の共有化が実現できた。例えば、あるグループはコネクタの配線番号を間違えていて、その原因は部品面の表と裏の勘違いであった。次に別のグループが同様の動作不良に悩んでいた際は、この失敗事例をもとに調べた結果、同様の誤りを見つけ迅速な問題解決に至っている。これは試作時間の短縮に効果があった。

他の問題として、一度試作に成功するとそれで満足するグループが昨年度までは多かった。皆別々のテーマなので他のグループの状況を把握していなかった。平成15年度は、皆同じテーマで電子工作教材そのものを製作したので、グループ間同士の作品を比較することができた。その結果、グループ間の競争意識が生まれ、試作1号の完成の後にも2号、3号と試作を繰り返す意欲をもたらし、試作も成功し、部品もそろっていたので、マニュアルを準備して電子工作教材として完成できた。

テーマは同じであっても各グループ別々の特徴を持つ。例えばグループAでは「楽しく簡単に初心者で

も作れるキット」をキャッチフレーズとした。PICライターキットの名前を「びっくり仰天」とし部品実装の図を詳細に描くことで電子工作の初心者でも気軽に簡単に作れるように工夫した。電子部品を袋詰した様子を図5に、そして部品実装図を図6に示す。グループBでは、PICライターの基板の大きさをできるだけ小さくすることに取り組んだ。図7の右から順に左に向かって示されるように、改良を加えるごとに小型にできた。グループBのキャッチフレーズは「教育的立場と商品的立場の融合」である。商品的立場としては先に述べたように基板面積を小さくすること。教育的立場は、マニュアルを全て英語に翻訳したことである。グループCでは、「初心者でも作れるPICマイコン開発環境の提供」をキャッチフレーズとした。完成したPICライターの様子を図8に、動作確認ボードの様子を図9に示す。図9から分かるようにLEDを円形に並べて、ルーレットの動作もできるようにしている。LEDによる動作確認ボードは横にLEDを並べたものがほとんどであるが、円形にすることで遊び心も取り入れたものに仕上がっている。電源供給部分に三端子レギュレータを用いて外部からプラグ接続で電源を供給する形にしてある。これにはスイッチング電源や

図5 電子部品の袋詰 (グループA)

図7 PICライターの基板改良 (グループB)

図6 PICライターの部品実装図 (グループA)

図8 完成したPICライター (グループC)

図9 完成した動作チェックボード（グループC）

9V電池などへの対応ができる工夫がある。

平成13年度から15年度の3年間に渡る本演習の出席率は、平成13年度が84%，平成14年度が76%，そして平成15年度は99%であった。学生の気質にもよるが、平成15年度のやり方は出席率向上にもつながった。

4. まとめ

電子工作に着目した工作キットの製作指導について報告した。

平成13年度と14年度は、何を作るかを模索した。学生はそれぞれ異なるテーマであったため、電子部品の選定や動作不良への対応に時間を要した。このため試作がほとんど繰り返されずに終わる場合が多かった。先を見通した計画立案と実行が課題となった。平成15年度はテーマを絞り、グループで競わせることにした。基板加工機も積極的に用いた。この結果、部品の共有化と失敗の共有化が実現でき、動作不良の解消が迅速にできた。また競うことで試作に何度も挑むことができた。ものを作って、動作させて、完成するプロセスを体験することは、新たな創造を産み出す基礎をつくる。作る側から作らせる側へのアプローチは学生にとって新鮮であり、自分で何かを創造して作ったという実感をもたらす。一連の作り方を指導することで、今度は学生自身のアイデアで様々な電子工作教材そのものが実現すると思われる。今回の演習では学生による授業評価を実施していないが、今後は学生からの評価を行い演習に反映させたいと思う。

電子工作教材の内容を電子情報系科目と連携させると、ものづくりを含んだ創生授業科目として展開できるだろう。今回製作したPICライターと動作確認ボードの工作教材は、本校電子情報工学科3年の学生実験の「PICマイコン入門」（平成16年度後期）で使用した。電子工作教材の内容を今後も充実させ学生実験への導入を行っていく予定である。

謝 辞

本研究をすすめるにあたり、専攻科ならびに電子情報工学科の教職員の皆様には大変お世話いただきました。ここに感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 世話校福井工業高等専門学校：国立高等専門学校協会教育方法改善プロジェクト「ものづくり」教育の現状と新しい在り方について（最終報告），（2002）
- 2) 三和電気計器(株) <http://www.sanwa-meter.co.jp>
- 3) 常光英利，的場隆一，山田健二：電子工作キットの開発と教育への適用，平成13年度北陸地区学生による研究発表会講演論文集，（2002）27
- 4) 鈴木憲次：ラジオ&ワイヤレス回路の設計・製作，CQ出版社，（1999）
- 5) 山田健二，鈴木久博：中学生のための電子工作入門，石川工業高等専門学校トライアル研究センター年報第2号，（2004）11－12
- 6) 日本LPKF <http://www.lpkf.co.jp/>
- 7) 山口健二，後野昭次，河合光久：機械工学科の低学年学生を対象としたPIC制御教育の試み，論文集「高専教育」第26号，（2003）381－386
- 8) 犬塚勝美，小関 修，渡辺正人：PICとMind-Stormsとを用いたロボットコンテストの事例報告，論文集「高専教育」第26号，（2003）399－404
- 9) 藤本 浩，中村金良，石田浩一，伊藤 尚，櫻本逸男，門脇重道：PICを用いたコンピュータ制御教育，論文集「高専教育」第26号，（2003）441－446
- 10) 羽瀧仁恵，西田鶴代，加藤真二：ワンチップマイコンを用いた創成実習とその教育効果，論文集「高専教育」第27号，（2004）501－506
- 11) 千葉悦弥，管 隆寿：PICを用いた創造的製作実習の試み，論文集「高専教育」第27号，（2004）519－524
- 12) シリアルポート接続PICライターの製作
<http://cgi.biwa.ne.jp/~jr3roc/pic/>

著 者 紹 介

山田 健二

最終学歴 1992年豊橋技術科学大学大学院
電気電子工学専攻修士課程修了
専門分野 表面電子工学
所属・役職 石川工業高等専門学校電子情報
工学科助教授
学 位 博士（工学）
所属学会 日本工学教育協会，日本物理学
会，応用物理学会，電子情報通
信学会