

## 研究テーマ 「基板設計技術を応用して学校をPRする」

長野県岡谷工業高等学校  
電気科 3年 市川明之介  
指導者 電気科 小井土 政範

### 1. 研究目的・概要

私が通う長野県岡谷工業高等学校は諏訪圏にあり、この地域は世界的にも有名な製造業・機械業が集まる一大産業拠点である。図1は本校の求人数を示すグラフであるが、新型コロナウイルスの影響を受けた令和元年ごろは求人数が低下したものの、その後はすぐに回復していることから、諏訪圏では専門的な人材が求められていることがわかる。

そんななか、令和6年度から岡谷工業高等学校の募集数が1クラス規模減少した。私としては、岡谷工業高等学校が諏訪圏の産業に必要な専門的な人材を送り出し、支えている役割を担っていると感じていたため非常に残念な出来事であった。

また、電気科の実習で回路パターン設計に関する実習を学んだ際、部品の配置一つにしても理由があり、配線幅やサイズ、部品の形状などを考えながらパターン配線を行うのがパズルのようにとても楽しかった。そのため、課題研究のテーマとして基板を設計する要素を取り入れたいと考えた。

そこで、これまで岡谷工業高等学校の電気科で学習した基板設計技術を応用して基板定規を製作・配布することで学校をPRすることとした。

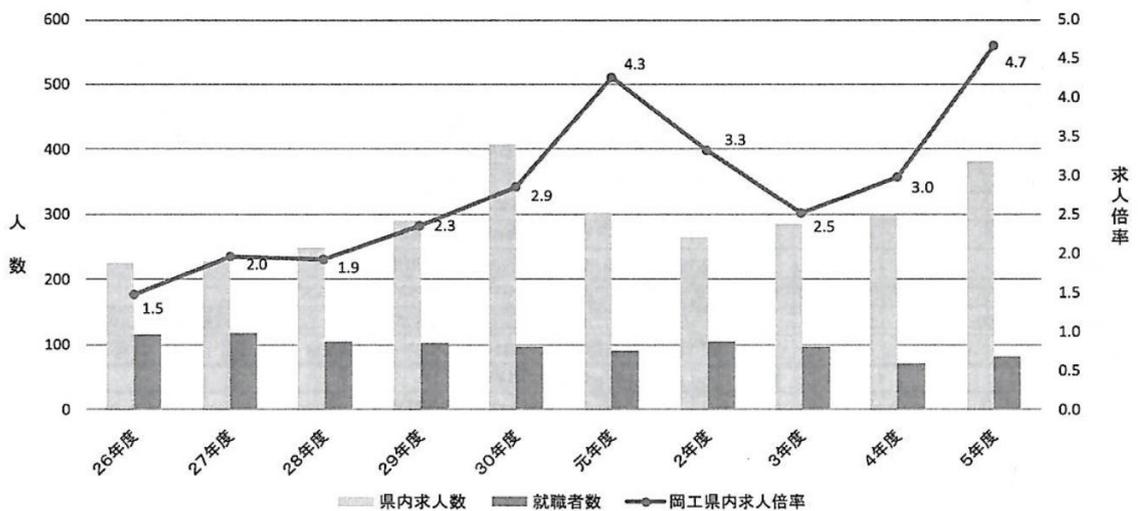


図1. 岡谷工業高等学校の県内求人倍率

### 2. 基板定規とは

どのような基板を作ろうかと考えていた際に、インターネットで「基板定規」というものを見つけた(図2、参考資料1)。これは家電製品などの内部に利用されるプリント基板を設計・製作する技術を応用し、さまざまな電子部品が配置・デザインされたものに実測できる目盛が振られたものである。電子部品は実装されておらず、「かっこいい定規」として利用することもできる。



図2. 市販されているプリント基板定規 (参考資料1より画像引用)

市販されているプリント基板定規をよく観察し、いくつかの特徴についてまとめる。

まず、「SMD」という表記に気がついた。これは Surface Mount Device の頭文字であり、表面実装される部品を示している。これまで学校で学習してきた部品はスルーホール (DIP) 部品であり、基板の貫通穴に部品を差し込むものであった。SMD であれば、基板面積に対して大量に部品を配置することが可能になるため回路密度が向上する。また、基板定規にとっては貫通穴がないためデザインの自由度が上がるとも言える。

次に、パターン配置されているものは、抵抗やコンデンサなどの明確な部品ではなく、それらのパッケージが配置されていることに気がついた。パッケージとは、部品のサイズを規定したものであり、例えば「1206」であれば、チップサイズ 3.2mm×1.6mm (1.2 inch×0.6 inch) の部品である。サイズの規定であるため、1206 には抵抗やコンデンサ、ダイオードなどが存在する。パッケージ化されることで、電子部品個々のパターンがある程度統一されるため設計する際にはとても便利になる。基板定規にはパッケージ名をシルクで示し、そのパターンが配置されていることから、「エンジニアにとって、パッケージごとのサイズを確認できる機能がある」といえる。

最後に、配線が全くされていないことに気がついた。本来のプリント基板では、回路を成立させるために部品間をパターン配線するはずであるが、基板定規では回路的な意味合いはまったくないため配線がされていなかった。

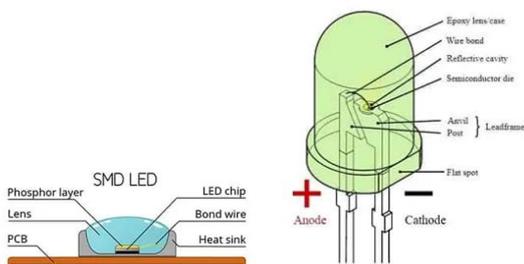
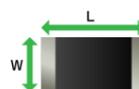


図3. LED の SMD と DIP



チップサイズ			
L (mm)	W (mm)	mm	inch
0.4	0.2	0402	01005
0.6	0.3	0603	0201
1.0	0.5	1005	0402
1.6	0.8	1608	0603
2.0	1.25	2012	0805
3.2	1.6	3216	1206

図4. チップサイズ規格

この基板定規はプリント基板のプロトタイプングを受注している企業のプロモーション用のアイテムであった。しかし、近年では個人ユーザが基板発注データをつくり、小ロットでの受注生産をおこなっているサービス (参考資料2) もあり、これならば高校生でもプリント基板定規を作れるのではないかと考えた。

### 3. 作品の製作

市販されている基板定規を参考に、PR用の作品を3つ製作した。

#### 3.1 モータドライバ基板定規

最初に製作したものはモータドライバ基板定規である。これは、市販されているプリント基板定規には回路的な意味合いがなかったため、ここに『「部品を実装すれば本当に利用できる」という機能美を追加すれば、それだけでもロマンがある』と考えたため製作することとした。

回路的にはHブリッジのDCブラシモータ駆動回路を設計した。使用する部品はすべて秋月電子などの電子部品の通販サイトにて販売されている入手性の良いもの限定することにした。また、基本的にはSMD部品を使用し、使用電源はDC12V、3633モータ（ロボコン等でよく使用されるモータ）を動作させることを前提とした回路を組んだ。部品を実装して本当に利用できるかの動作実験をするなかで、モータの正転逆転切替え時の逆起電力がFETの絶対定格（どんなときも超えてはならない値）を超えてしまい焼損する事がわかった。改めてモータドライバの設計を学び、逆起電力対策の保護回路とドレイン電流の許容値が大きいFETに変更することで解決した。なお、この動作実験は基板定規としては全く意味のないものではあるがロマンと学習のために行った。

また、最初の作品であるため、作成した基板データに基づいて業者に発注した場合、どのような製造状態になるのか確認するためにいくつかの評価ポイントを設定した。まず、目盛については、表面をものさしに、裏面を定規とした。これは、基板外形に沿って加工できない領域が想定されるため、ものさしのように外形いっぱいを目盛として使用することができるか試すためである。また、GNDベタに対してマスク処理（レジストをしない）することで目盛線を書くことができるのか試した。シルクの文字についても文字の高さが何ミリまで文字として読み取れるか試している。画像のシルク印刷にもチャレンジした。作成したデータを基に発注したものが図5である。想定した品質評価ポイントはすべてクリアされ、想定よりも質が良い製品となった。

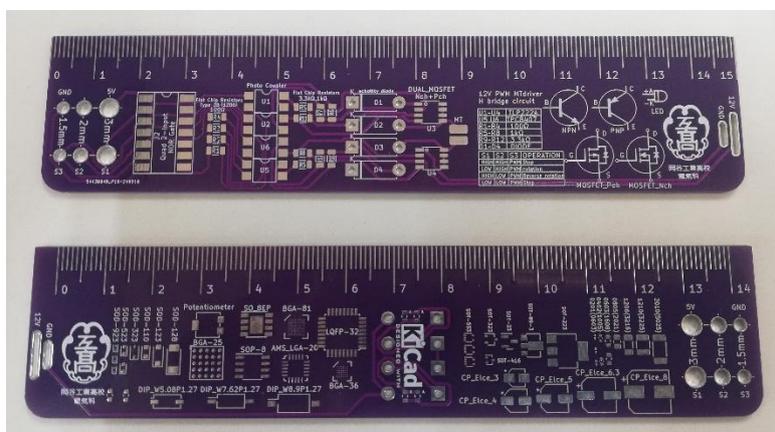


図5. モータドライバ基板定規（上：表面、下：裏面）

### 3.2 フリフリディスプレイ基板定規

モータドライバ基板定規では、実際に定規として使用することよりも、「実際に動作する回路を盛り込むこと」「製造の際の品質の確認」を優先的に考えたものであった。このことで基板設計に関するノウハウを学ぶことができたため、2つ目の作品では「定規として使用されること」を優先的に考えて設計することとした。特に通常の定規としての利用はもちろんだが、エンジニアにとってもロマンをくすぐる付加価値のある作品を目指した。

1つ目の作品の改善点として、定規としてはサイズが大きく手に収まらないのではないかと考えた。そこで、定規の幅を狭くした。また、筆箱に入れてもらうことを想定する場合、ものさしよりも定規のほうが使用する機会が多いと思い、目盛は定規にした。こうすることで四隅にフィレット（角を丸める加工）がかけられるため怪我や落下時の破損を抑えることができる。また、10mm ごとを目盛が目立つように、目盛の先端にスルーホールのランドを配置することで基板定規らしさを演出することとした。

基板定規の付加価値としては、表面には各種パッケージを印刷した。特に初心のエンジニアが間違えやすいトランジスタや FET の記号などを記載することで、専門的な人にとっても魅力的になると考えた。また、裏面ではマイコン (ATTINY44-PU) を配置し、この基板定規自体がひとつのマイコンボードとなるように設計し、目盛のスルーホール部分が入出力端子となるようにデザインした。さらに、マイコンを配置したことで LED を点滅させる回路などの簡単な制御ができるため、オンボード LED の考え方を拡張させ、デジタルバーサライタ機能を設計した。デジタルバーサライタは残像現象を利用した表示機の一つで、岡谷工業高等学校電気科の中学生体験入学ではんだ付け体験をするための教材（これを「フリフリディスプレイ」と名前をつけている）である。それと同じ機能を定規に搭載させた。部品の配置については、あえて LED と電流制限抵抗を離して配置することで、その間の配線もデザインとして見えるように工夫した。

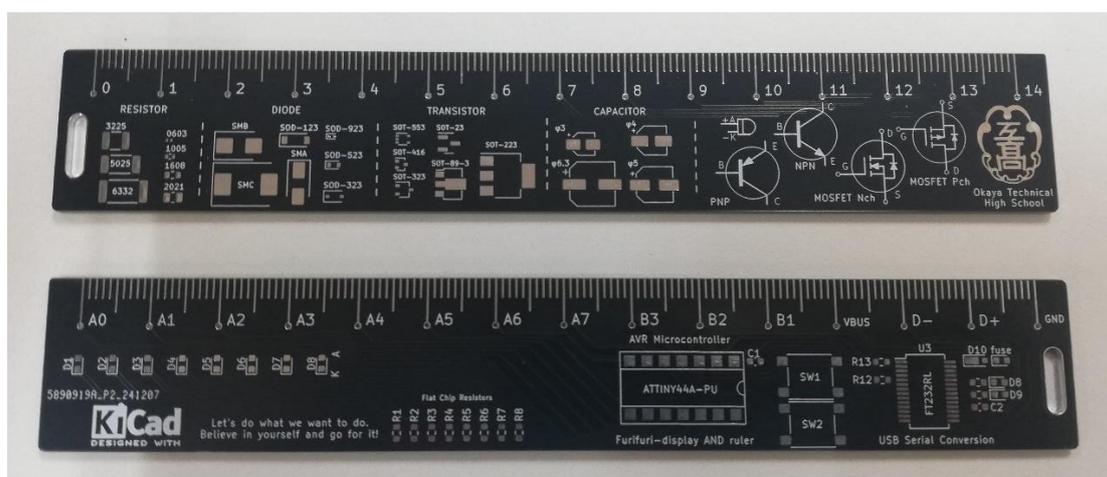


図6. フリフリディスプレイ基板定規（上：表面、下：裏面）

### 3.3 ものづくりフェアの景品

これまで製作した基板定規を配布していたことが岡谷市の工業振興課の方の目に止まり、先方より「ものづくりフェア岡谷（地元企業が展示・ワークショップを行う産業展）において、スタンプラリーの景品として使用させてもらえないか」という依頼があった。景品はカプセルトイに入れ、いくつかの景品をランダム抽選で配布するものであった。そのため、カプセルに入るサイズでの新たな作品として基板キーホルダを作ることとした。

カプセルに入るサイズはおおよそ 40mm×20mm 程度とかなり小さい。そこで、表面は「ものづくりフェア岡谷」のロゴマークをデザインすることとした。ロゴには著作権があったため、岡谷市の担当者の方を通じて利用の許諾交渉を行った。イラストデータを頂き、DXF データを抽出して、パターンデータに編集した。データをマスクデータとシルクデータに分割することで、銅箔部分（写真の銀色部分）とシルク部分（写真の白色部分）に分けることでデザイン的にも変化があるようにした。裏面はサイズが小さすぎるため、意味のある機能を追加することを止め、集積回路(IC)を中央に配置し、配線は無作為に伸ばすようなデザインとした。また、キーホルダとしてチェーンを通す穴を配置することで基板型キーホルダを製作した。



図7. ものづくりフェアの景品（基板キーホルダ）

## 4. 作品の配布

製作した3つの作品は以下のように配布した。

モータドライバ基板定規は岡谷工業高等学校の中学生体験入学・ROBOCON IN 信州（高校生ロボコンの大会）にて同時開催される工作教室・諏訪実業高等学校（令和11年までに統合予定）の文化祭にて、のべ200枚を配布した。配布した際に「すごい」と感心してもらえたことがとても嬉しかった。また、「岡谷工業高校で学ぶことで、こういうことができるようになるよ」と具体例を示して伝えることができたことは学校のPRとして良かったのではないかと感じた。また、諏訪実業高等学校の文化祭では、お互いの学校の専門性を知り、交流を深めることができた。

フリフリディスプレイ基板定規は岡谷工業高等学校の電気部が企画運営する工作教室（年2回実施）とエコロータリクラブにて、のべ150枚を配布した。本校の電気部では岡谷市・茅野市の小学生を対象にロボット教室・電子工作教室を実施しているがその機会を利用して配布した。もともとのづくりに興味がある小学生であったため、とても喜んでいただいていた。保護者の方からも「岡工に進学できれば、こういうものも作れるの？」と質問をされたり、「市販品？作ったの！？」と高校生が作れるとは思わなかった様子で、その技術力に感心してもらえた様子であった。エコロータリクラブとは地元企業の経営者が地域貢献のために集まる会であるが、そこへ参加させてもらい、学校の技術力のPRのために配布させてもらった。これをきっかけに、岡工生には技術があるということを経営者の経営者に直接的に知ってもらえることで、将来的な求人増につながれば良いと感じた。

ものづくりフェアの景品については、100個製造したが、配布することができなかった。これは基板を発注したJLCPCBは中国企業であり、ちょうど春節の時期と重なってしまったため、製造・物流のすべてがストップしたことでものづくりフェア当日に商品が届かなかったからである。私の計画性・社会に対する経験不足によっておこったミスである。製作したものは来年度以降の中学生体験入学等で配布してもらいたい。

#### 5. おわりに

本研究に際して、技術的なご指導いただいた小井土先生、配布する場を提供してくれた電気科・電気部の皆さんありがとうございました。

また、岡谷市工業振興課の担当者の方にはPRをする機会を頂きありがとうございました。おかげさまで自身の学習の機会ともなりました。感謝申し上げます。

#### 6. 参考資料

- (1) 業界人じゃなくても魅力的な「プリント基板の定規」

[https://k-tai.watch.impress.co.jp/docs/column/todays\\_goods/1065595.html](https://k-tai.watch.impress.co.jp/docs/column/todays_goods/1065595.html)

- (2) JLCPCB

<https://jlcpcb.com/jp/>