

回路基板を 3D プリンタ・レーザー加工機で 出力する基板設計アプリケーションの開発

片山皓志郎¹ 長濱直輝² 光永法明³

¹ 摂津市立第一中学校

² 大阪教育大学連合教職大学院

³ 大阪教育大学

1 はじめに

現代の実用的な電子回路の多くは基板に実装されている。基板には主に電子部品の固定、配線の役割がある。学習、趣味、試作では基板は1枚から数枚あれば十分であることが多いことから、A) ユニバーサル基板と呼ばれる多数の穴が開いた基板に導線（スズメッキ線等）で配線する方法、B) 銅張積層板に手書き、あるいはポジ感光基板やアイロン転写により紙やフィルムに書いた配線を基板に転写してからエッチングし穴開けをして基板を作成する方法、C) 銅張積層板を CNC（基板加工機もしくは卓上 CNC フライス）で切削し配線と穴を形成方法で基板を製作することが多かった。また最近ではプリント基板製作サービスが安価になったことから自分で基板を製作せず、D) 製作サービスを利用する場合も増えている。A)ユニバーサル基板と B)の手書きの方法以外ではコンピュータ上の基板設計ソフトウェアを使って基板設計し、その出力を利用することが多い。A)ユニバーサル基板では基板への穴開けが不要でエッチング液の処理などが不要ですぐに基板が制作できるといった特長がある。しかし、ほかの方法と違い基板上に配線があらかじめ用意されていないので、部品をはんだ付けするだけでは基板が完成しない。B)ではエッチング液の廃棄の問題と穴開けが必要であり、C)では CNC が必要となる。D)は基板の入手までに数日から一週間程度の時間がかかる。

ところで最近安価になり普及してきた FDM 方式の 3D プリンタでは主に絶縁体の材料を積層して 3D モデルを製作できるが電子回路の配線に十分な導電性を持った材料は今のところ利用出来ない。そこで Konow^[1]は基板の絶縁部分を FDM 方式の 3D プリンタで制作し、配線についてはスズメッキ線等を利用することで 3D プリンタによる基板製作を実現している。3D プリンタ出力であるので長方形でないいわゆる異形基板の製作が容易で穴開けが不要である。

また部品の位置のマーキングを凹みで表す、配線経路が分かるような溝を作る、溝はスズメッキ線をはめ込むと抜けにくい断面形状としているといった特徴がある。一方で proof of concept のためとして機械設計 CAD で基板を設計しており、簡単に基板設計ができるとは言えなかった。そこで Konow の方法で基板を設計できるアプリケーション Cathird¹を開発した^[2]。これによりエッチング処理、穴開けの作業が不要で、手元で基板を作成できるようになった。基板への配線は必要であるが溝があるのでユニバーサル基板と違い迷わず配線できる。

また出力が数 W から数 10W のレーザー加工機では MDF やアクリル板といった絶縁体への彫刻、切断加工ができるが金属の加工（銅張積層板の銅の除去加工）は出来ない。しかし、Konow の方法と同様に配線をスズメッキ線等ですれば、MDF やアクリルを加工し基板として利用できる。そこで Cathird をレーザー加工機に対応させた^[3]。

本報告では既報^{[2][3]}に加筆し Cathird を紹介する。

2 3D プリンタでの基板実現

Konow^[1]の方法では図 1 のように部品面の部品の固定位置に部品形状に合わせた凹みを作っている。半田面にはスズメッキ線を沿わせる溝があり、部品の足とスズメッキ線をはんだ付けする部分は大きな凹みがある。溝の断面は図 2 のように菱形ではめ込む部分が少し狭くなっていて、スズメッキ線をはめると抜けにくい。これに部品を実装し完成した基板が図 3 である。これらの形状設計を Konow は機械系 CAD で手作業で行っている。Cathird では部品形状に合わせた凹みは部品の選択と配置だけで、配線の溝とはんだ付け部の凹みは配線を描くだけでできるようにする。ただし基板の厚さは 1.6mm 固定とする。

¹ <https://cathird.com/>



図 1 Konow 氏が公開している基板の部品面(左)と半田面(右) ([1]より引用し, 注釈を追加)

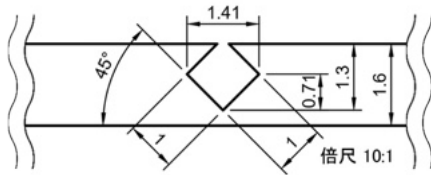


図 2 スズメッキ線を収める溝の断面

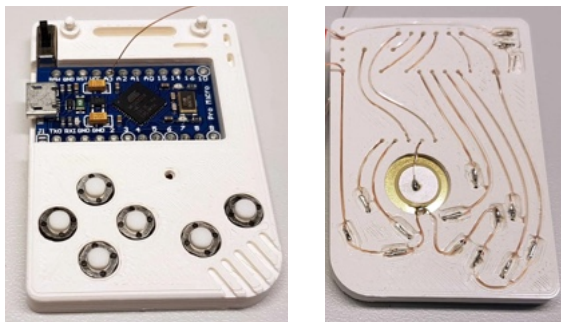


図 3 部品実装後の基板の部品面(左)と半田面(右) ([1]より引用)

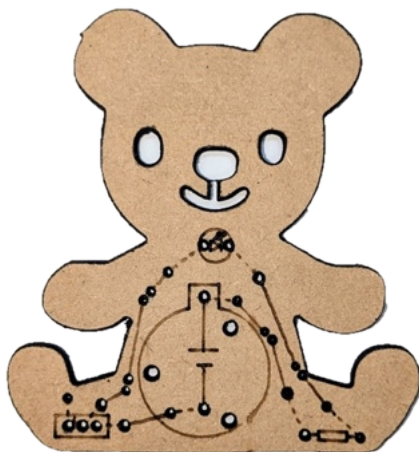


図 4 レーザー加工機で MDF を加工して作成した基板の例

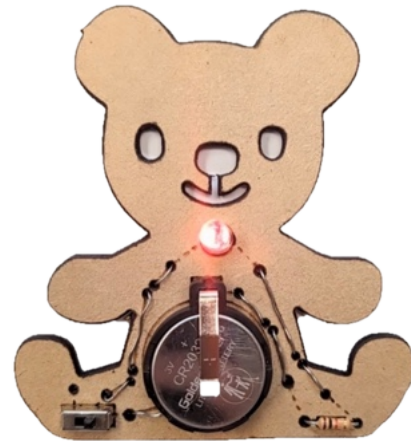


図 5 レーザー加工機で MDF を加工して作成した基板に部品を実装したところ

3 レーザー加工機での基板実現

レーザー加工機では 3D プリンタのように凹みや溝を作れないが彫刻(刻印)と切断ができる。また両面加工は位置ずれの問題が出やすいため、できれば片面からの加工で済ませたい。そこで部品の位置には回路図記号を示し、配線については線で表すことにする(図 4)。また図 2 の形状の溝を作れないため直線的でない配線をするとう基板から配線が浮く。そこで基板の部品面で直線的な配線をし、配線を曲げたいときには基板の裏面でつなぐようにする。部品面での配線は実線を彫刻し、裏面での配線(はんだ付け)は点線で彫刻する。これに部品を実装すると図 5 となる。はんだ付け用の凹みは片面からのレーザー加工では作れないが、適切なはんだ付けであれば凹みがなくてもアクリル板が溶けたり MDF が焦げることはなかった。

4 Cathird の UI 設計

Cathird の利用者としては基板設計 CAD を利用したことがなく電子回路にはじめて触れる人を想定する。そのときに作成する基板(作品)としてはスイッチを入れると LED が点灯するバッジあるいはキーホルダー程度の回路を想定する。そこで長方形の外形ではなく、自由な外形を作れるようにする。外形が自由に作れると言っても下書きがないと難しいので下絵を表示し、それをなぞれるようにする(図 5, 図 6)。外形が決まったら、部品(主に LED とスイッチ、電池)を配置し配線する(図 7, 図 8)。

5 Cathird の利用例

3D プリンタを使う初期の Cathird を使って 2 回生から 4 回生の大学生 11 名(大阪教育大学の技術教育コースの学生が 7 名、他コース 1 名、他大学 3 名)にキーホルダーを設計してもらい、3D プリンタで出力した基板に部品を取り付け配線してもらった。その際 Cathird に大きな不具合はなかった。Cathird を使って制作された作品の例を図 8 に示す。大きさは、平均で縦 74 mm×横 59 mm、厚さ 1.6 mm であり、印刷に 5 g のフィラメントを要した。3D プリンタ Ender3-v2 を用いると平均 29 分で印刷できた。

設計にかかった平均時間は、15 分 48 秒であった(途中で画像を選び直した 1 名を除く)。画像の選定に 1 分 38 秒、外形の設計に 3 分 48 秒、くり抜き箇所設計に 1 分 41 秒、回路の設計に 8 分 39 秒かかった。制作にかかった平均時間は、39 分 37 秒であった(72 分 39 秒と極端に長かった 1 名を除く)。電池ボックスの組み立てに 5 分 10 秒、部品のはんだ付けに 23 分 22 秒、電池ボックスの取り付けに 11 分 5 秒かかった。

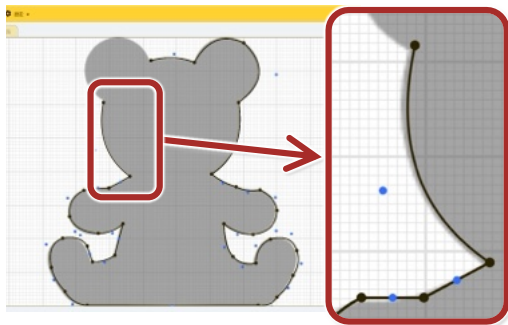


図 5 下絵をなぞって外形線を描く

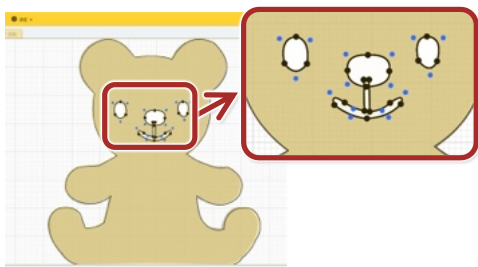


図 6 外形が完成すると図 5 から色が変わる。くりぬき箇所があればくりぬき線を描く。

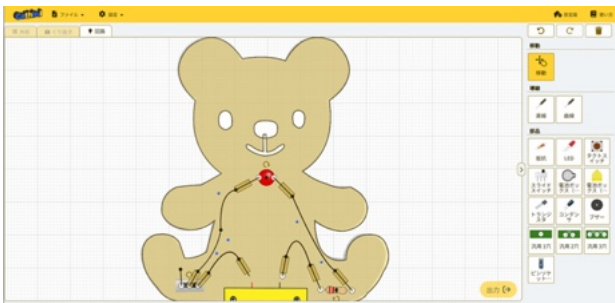


図 7 部品を配置し配線する(3D プリンタを利用する場合)

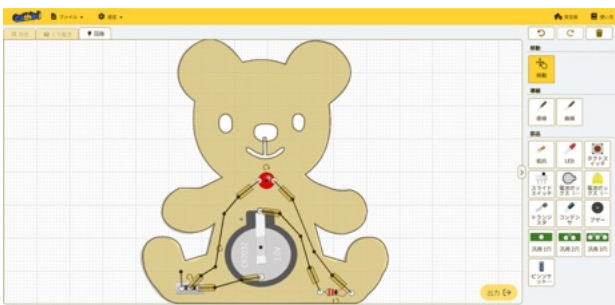


図 8 部品を配置し配線する(レーザー加工機を利用する場合)



図 9 大学生が制作したキーホルダーの例

参考文献：

- [1] Johan von Konow : JOHAN VON KONOW -my projects, <https://vonkonow.com/developing-3dpcb-3d-printed-circuit-board-with-lots-of-potential> (最終アクセス日 : 2026 年 4 月 8 日)
- [2] 片山 皓志郎, 光永 法明. 電気回路の基礎的な学習のための 3D プリンタで印刷する回路基板設計用 Web アプリケーションの開発, 日本産業技術教育学会第 67 回全国大会(鳴門)講演要旨集, p.60, 2024/8/17.
- [3] 片山 皓志郎, 長濱 直輝, 光永 法明. 3D プリンタ, レーザー加工機で出力する回路基板設計アプリ, 日本産業技術教育学会第 68 回全国大会(奈良)講演要旨集, p.212, P018, 2025/8/23.