

3D printer とフレキシブル基板を用いた多層回路の構築

山本 時寛* 瀬川 典久† 石塚 裕己‡

概要. 銀ナノインク、金属箔回路などの研究開発が進んだことにより、紙や木材といった素材表面に回路を形成できるようになった。しかし、これらの回路を機能させるためには、電子部品を部品を回路上に実装することが必要になる。一般的に抵抗や部品は一般的に硬く、曲がらないために、銀ナノインク回路や金属箔回路などと相性があまりよくないことがわかっている。本研究は、先ほど述べた回路作成技術と 3D printer の出力技術を組み合わせた、新たなデジタルファブリケーション技術を提案する。本研究では、曲げられる多層回路を軟質フィラメントと 3D printer を用いて実現可能にすることを目的としている。この研究の成果によって、世の中に存在するさまざまな形状にあわせて IoT 機器などが開発することが可能になる。

1 はじめに

近年、3D printer の低価格化に伴い、多くのユーザーが 3D printer 活用して、さまざまな作品、実験に必要な治具を作成している。また、Thingiverse[1] などによって、印刷に必要な stl の情報は世界中に流通し、さまざまに活用されている。

しかしながら、3D printer を用いるユーザーの多くは、ABS や PLA のようなプラスチックを主成分とする樹脂を用いた構造を作成するのみである。また、それらの出力物に回路を埋め込むためには、導電性フィラメントを用いて配線を実装し、回路と結合することになる。しかし、導電性フィラメントは、一般に抵抗値が高く、また、接合する材質に制限があるために幅広く利用することができない。電子回路を構造物に簡易に埋め込むことができるようになれば、実際の電子機器に近いフレキシブル基板を埋め込んだ構造をプロトタイピングが可能になるはずである。

一方で、銀ナノインク回路 [3]、金属箔回路 [4] などの研究開発が進んだことにより、紙や樹脂といった素材上に簡易に回路を作成することができるようになってきている。これらは、従来のプリント基板作成とは異なり、プリンタを用いた印刷技術に基づいて回路を作成することができ、プリント基板作成に比べて、簡易かつ短時間で回路を作成できる。特に、銀ナノインクは、後処理が不要であることから多くの研究者に活用され応用が提案されている [2]。

しかし、印刷技術を用いた回路を実際に使用するためには、抵抗やコンデンサといった電子部品を回

路上に実装しなければならない。電子部品は一般的に硬く、曲がらないために、銀ナノインク回路や金属箔回路といった曲げられる回路上に実装すると、曲げによって電子部品が剥離する可能性がある。つまり、回路自体は曲げに強いものの、実装した電子部品は曲げに対して耐久性を有していない。

そこで、本研究では、3D printer で作成した object に電子回路を実装するための方法として、3D printer 内部に予め形成した隙間に、印刷に基づき作成された回路を入れ込む方法を提案する。これによって、多くの電子機器と同様に硬い外装内にフレキシブル基板を埋め込むような構造を実現できるようになり、3D printer を用いて市販の電子機器のような構造を実現できるようになるはずである。また、隙間の数や間隔を考慮することで、回路の多層化をも実現できるはずである。

2 本研究の手法の概要

図 1 に、本研究での実装手法を示す。提案手法は以下の 3 つのステップに分かれている。

1. 3D printer および軟質フィラメントを利用した折り曲げられる外装の出力
2. 印刷技術を活用し柔軟性に優れた金属箔回路の作成
3. 3D printer で出力した外装と、金属箔回路を組み合わせて多層回路を作成し、電子部品を実装

本研究では、作成した多層回路を定量的に評価する。提案手法を用いて柔軟な構造物内に回路を形成しその有用性を明らかにするために、評価項目として「外装出力時間」「折り曲げ耐性」「加圧による静電容量の変化」の 3 つを行い、多層回路の有効性を示す。

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 京都産業大学, 現在 株式会社コア

† 京都産業大学

‡ 大阪大学

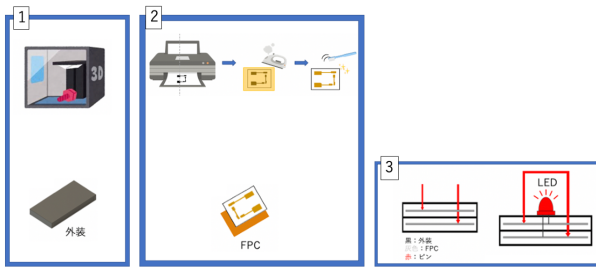


図 1. システム概要図

3 外装にピンを組み合わせた多層回路実装

3.1 多層回路を実現する手法

3D printer で出力した外装に金属箔回路を組み合わせて多層回路を実現するために虫ピンと LED ライト、ジャンパーピンを活用して実装を行う。

今回は一例として LED ライトを実装するが、LED ライトが実装できれば他のセンサーなども同様の手法で実装することができる。

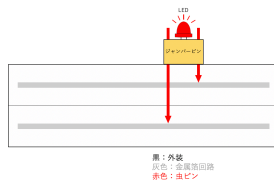


図 2. 回路実装方法

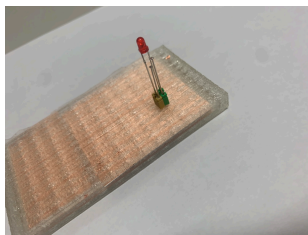


図 3. 実装回路

実装回路 (図 3) は、左から LED ライト 1 つ、虫ピン 2 つ、ジャンパーピン 2 つである。虫ピンを採用することによって、外装にジャンパーピンと組み合わせて刺すことができ、多層回路を実現可能にすることができる。虫ピンは多層になっている部分にそれぞれ長さを合わせて、2 つの銅箔回路に各虫ピンが到達するようになっている。

4 まとめ

本研究では、3Dprinter を活用した多層回路の実装・手法について調査した。Filaflex で作成した 2 層の外装に FPC を組み合わせ、虫ピンと LED ライト、ジャンパーピンを活用して多層回路を構築した。実際に LED ライトを光らせることに成功した。今回は一例として LED ライトを実装したが、本実験の結果より他のセンサーなども実装することができる。作成した多層回路の折り曲げ耐性を評価することで、実際にどれくらいの曲げに耐えることができるのか、どこまで実用的な部分で使えるのかの評価をした。90° までの曲げに耐えることに成功し、既存の曲げに対する制限も緩和することを示した。しかし、外装は今後用途に合わせて設計をする必要がある。尚、今回の実験は基礎的な特性の検討を行ったものであり、今後実験系を構築して詳細な実験を行う予定である。

今後の課題は、回路との長さを調節を行った後に、電子部品のはんだ付けを行い、迅速に部品の交換を可能にすることである。現時点では迅速に部品の交換ができず、部品を交換する場合は電子部品の長さを調節を行い、全ての部品が接続されているかを確認した後に、実装を行わなければならない。また、今後用途に合わせて外装をユーザーが設計する必要がある。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 20K11780 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Maker Bot Thingiverse, (2020/1/15 参照).
- [2] K. Kato, K. Saito, and Y. Kawahara. OrigamiSpeaker: Handcrafted Paper Speaker with Silver Nano-Particle Ink. In *Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '19, p. 1–6, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [3] Y. Kawahara, S. Hodges, B. S. Cook, C. Zhang, and G. D. Abowd. Instant Inkjet Circuits: Lab-Based Inkjet Printing to Support Rapid Prototyping of UbiComp Devices. In *Proceedings of the 2013 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, UbiComp '13, p. 363–372, New York, NY, USA, 2013. Association for Computing Machinery.
- [4] N. Segawa, K. Kato, and H. Manabe. Rapid Prototyping of Paper Electronics Using a Metal Leaf and Laser Printer. In *The Adjunct Publication of the 32nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '19, p. 99–101, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.