

Zuken Innovation World 2018 事例講演

自由形状電子基板の“アディティブマニュファクチャリング”を実現する3Dプリンタシステム開発

講演者：株式会社 F U J I 開発センター 技術部 富永 亮二郎 様

株式会社 F U J I について

電子部品実装ロボット 工作機
新規事業
小型多関節ロボット 大気圧プラズマ 移動性「100」機 IPアドレス

資本金 5,870百万円 ※2018年2月末現在
売上高 1,022,022百万円※ 1,015,442百万円 ※2018年3月期
主要製品 電子部品実装ロボット・工作機
社員数 1,022名※ 1,022名 ※2018年3月末現在

Copyright © 2018 by FUJI CORPORATION. All rights reserved.

◆ 会社の紹介

株式会社 F U J I は、本社、開発拠点を愛知県知立市に置き、電子部品実装ロボット、工作機械の開発を行っています。近年は、新規事業の創出に積極的に取り組み、社名も「富士機械製造」から、「F U J I」に変えて新しいブランディングを行っています。
新規事業では、小型多関節ロボットや大気圧プラズマユニット、移乗サポートロボットなどの製品開発や、地域に根ざしたイングリッシュアフタースクールやカフェの経営なども展開しています。
今回の講演では、その新事業のひとつである、3Dプリンタシステム開発についてご紹介します。

アディティブマニュファクチャリングの代表選手

3Dプリンター

Copyright © 2018 by FUJI CORPORATION. All rights reserved.

◆ 開発の狙い ～フルアディティブでの電子デバイス製造～

3Dプリンタシステムの開発では、フルアディティブで電子デバイスを作る、アディティブマニュファクチャリングを取り入れています。
アディティブマニュファクチャリングとは、Additive = 足し算でものを付加的に作っていく製造方法です。反対にSubtract は引き算を意味し、不要なところを削り、必要なところを残すという切削の考え方になります。

このアディティブの技法の代表が3Dプリンタで、設計データの必要なところに材料を付与して造形する方法で、インクジェット方式、熱溶解積層方式、光造形方式など様々な手法が出てきています。またマルチカラーでの出力、金属の造形、高速・カスタム生産が可能で、スーパーエンプラによる義足への活用など、非常に進化しています。材料も、細胞を印刷したり、食品そのものを印刷するデジタルクッキングの事例も登場しています。また、ものを作る方法だけでなく、モノづくりのロジスティックチェーンそのものを変える力があると言われています。

3Dプリンターの今

マルチカラー 金属 高速+カスタム生産
スーパーエンプラ Made in 宇宙 デジタルクッキング
First 3D printer in space

Copyright © 2018 by FUJI CORPORATION. All rights reserved.

そしてアディティブ技法は、3Dプリンタでボディを作るだけでなく、電子回路にも使われるようになってきています。昨今の金属ナノコロイドや導電性ペーストなどの材料技術、印刷技術の向上により、導電性材料を設計データの「0、1」の1のところだけに選択的に付与して、電子回路を作るという方法が確立されつつあります。
アディティブのメリットは、鋳型やマスクツールが不要で、データと材料だけで作成でき、1個から作れるという生産の自由度にあります。
「3Dプリンタでボディを作る」、「印刷技術で電子回路を作る」ということに加え、我々の得意分野を活かし、「部品実装もアディティブ」ができると考えています。
この3つのアディティブを組み合わせることで、電子デバイスをフルアディティブで行う製造装置、システムを提供することが我々の狙いです。

フルアディティブがもたらす変化

	PCB製造	フルアディティブ 3Dプリンタ
生産オーダー	パネル	ピース
初期ツールコスト	ガラスマスク メタルマスク	なし
製造プロセス	足し算+引き算の工程 露光、現像、エッチング 電解めっき、無電解めっき レーザー、テスタ、FPI等 プレス、マニピュレータ、組立台、 はんだ印刷、実装、リフロー...	足し算のための工程 樹脂インクの印刷・硬化 導電インクの印刷・硬化 導電ペースト印刷・硬化 実装
形状	平面	平面 3D形状

Copyright © 2018 by FUJI CORPORATION. All rights reserved.

◆ フルアディティブがもたらす変化

通常のPCB製造とフルアディティブ 3Dプリンタによる製造方法とを比較すると、生産オーダーは、PCB製造ではパネル単位になりますが、3Dプリンタではピース単位に変えることができます。なぜならマスクがないからです。マスクレス化できると、インシャルコストも抑えることができ、製造プロセスもシンプルになります。また、材料の数 = プロセスの数になり、「樹脂インクの印刷・硬化」「導電インクの印刷・硬化」「導電ペーストの印刷・硬化」「実装」この4つのプロセスのみになります。
また、形状も平面だけでなく、3次元形状を作ることができます。
大量生産や電気的な品質、信頼性、ファイン化など、3DプリンタではPCB製造に追いつけない部分もありますが、3Dプリンタの長所と短所を理解して、長所が活かせるアプリケーションを探るところを意識して開発を進めています。

◆ 期待するアプリケーション

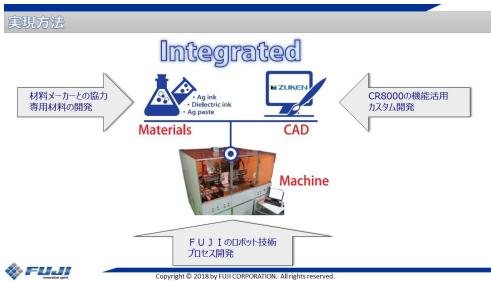


3Dプリンタにより、オンデマンド製造を実現したいと考えています。マスクレス化し生産量を自由に設定し、データと材料だけで作ることができる環境で、インシヤルコストもなくツーリングのリードタイムがいらないため、オンデマンド製造することが可能となります。

さらに、小規模設備で簡単に早く造ることができるため、3Dプリンタを設計者の隣に置き、設計者自身が製造物を手にできるような、自社内完結が可能な装置にしたいと考えています。

基板外形も製造後にカット不要で、意味を持たせた3D形状を自由に作ることができ、基板を作るといよりも筐体自体に電子回路を作るイメージです。これにより「異形状のウェアラブルデバイス」、少量多品種の「カスタム製品」、用途に応じてカスタムされた「通信用アンテナ」、必要などきに必要場所に置ける「IoTセンサー」などへの適用が可能となり、また内製化により守秘情報を守ることができる「試験ツール」への活用にも期待しています。

◆ 製造方法の紹介



当社はロボット技術のメーカーであり、装置の企画、生産プロセスを考えた装置の設計、製造をしています。その中で重要となるのが材料です。材料メーカーとコラボレーションし、専用材料の開発を進めています。

設計ツールはCR-8000 Design Forceを活用しています。図研と相談し、3Dプリンタならではの当社固有の設計ルールに合わせて、適切な設計フローの確立と、必要な専用のカスタマイズ項目の検討を行いながら活用しています。

1台の装置の中に、樹脂をインクジェットで造形するエリア、回路を形成するエリア、部品を実装するエリアがあり、この3つのモジュールを1台の装置に収めています。その中で、製造のレシピに従って、樹脂造形、回路形成、部品実装の工程を回してピースを加工し生産が完結する、というコンセプトでモノづくりをしています。

◆ 製造プロセスと工法について

この製造方法について、3Dプリンタと印刷回路の技術を組み合わせただけと言われることもありますが、その2つの技術を上手く組み合わせる最適化する技術こそが重要であり、その最適化の技術がなければ、この製造プロセスを作ることにはできません。

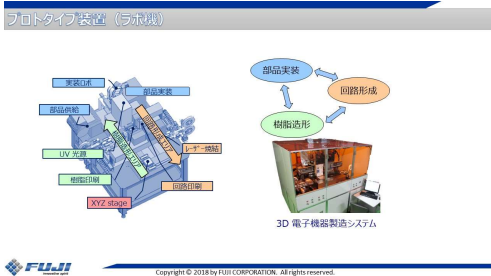
通常の3Dプリンタでは、樹脂表面に大きな凹凸があり、均一な電子回路が描けないところ、当社の3Dプリンタではそれをはるかに下回るフラットな表面に仕上げることができます。また、樹脂表面の銀インクを印刷する際にも材料の最適化と硬化プロセスの最適化により、濡れ広がることなく、印刷することができます。焼結時のクラックの問題に対しても、発生原因を突き止め、材料・硬化条件を最適化できたため、我々のプロセスではクラックが発生することはありません。

<回路形成>

低粘度の銀ナノ粒子のインクを用いることで、普通の銀よりもはるかに低温で銀を融解させることができます。このインクをpl単位（ピコリットル：1兆分の1リットル）でインクジェット印刷し、これを数回重ね、最終的に温度をかけて焼結するという手法をとっています。この手法により、均一に成長した、抵抗率は6μΩcmの銀配線を得ることができます。このため様々な配線を描くことができます。

<実装のプロセス>

はんだではなく銀ペーストを用いてマスクレスで印刷し、現状0.5mmの電極ピッチの部品を実装することができます。



◆ 3Dスタック工法

3Dプリンタは、造形物の厚みに比例し生産タクトタイムが増えていきます。そこに電子回路が入り、3次元化しようとする、Z方向に引き出す回路も増えて、さらにタクトタイムのインパクトが増えることになります。また、部品の上に部品を載せるという難しさも生じます。

そこで、「3Dスタック工法」という独自の方法で、**3次元のモジュールを作っています**。例えば、厚さ12mmの3次元の造形物を作りたいときは、一度に12mmを作らずに、あらかじめ厚さ方向に4つにスライスした3mmにユニットに分けます。そこに必要な電子回路、必要な部品を割り当てて設計し、それらのユニットを横に並べて同時並行で製造し、最後に4つのユニットをスタック積層して12mmに仕上げます。

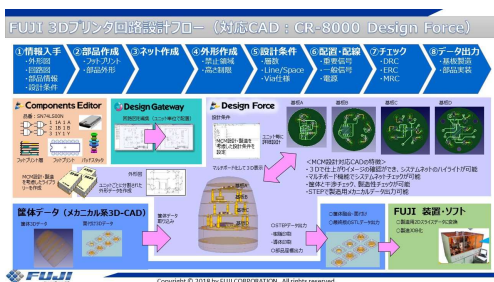
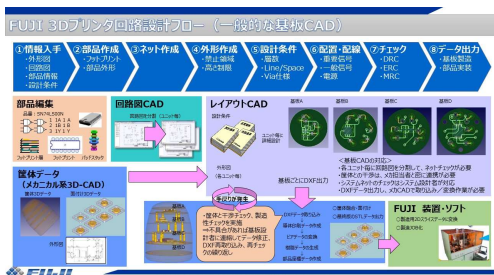
この各ユニットを作るときにバネピンを内蔵させることで、バネピンによって上下のユニット間の電気的な接続が確保でき、3次元のモジュールが完成します。これが当社の3次元化の手法です。この方法により、1stフロア、2ndフロア、3rdフロアと、階層別に部品を配置することができます。

ただ、一般的な基板設計ツールでは、3Dプリンタと印刷回路を使った設計、各ユニットに分割した設計、3次元にスタック積層したモジュールの設計は非常に困難です。

まず、銀ペーストのバンブという特殊なフットプリントを用いるため、個別のライブラリ登録が必要となります。また、1つの3次元モジュール回路を複数のユニットに分割して設計し、その後スタック積層した状態で回路検証をしなければなりません。さらに、最終形状は3次元であるため、メカCADで3次元データを作成し、それを2次元のレイアウトCADで設計しなければならず、ユニット間のネット接続を把握することも難しくなります。その結果、筐体との干渉や、ユニット間のバネピン位置のズレなどが発生して手戻りとなったり、ユニット間のネット接続チェックが不確かのまま製造しなければならないというリスクが発生します。

◆ FUJI 3Dプリンタ設計フロー（CR-8000 Design Force）

これに対して、CR-8000 Design Force を使うと、部品作成時に **Components Editor** に銀ペーストのフットプリントや製造に必要な情報をあらかじめライブラリ登録できます。次に **Design Gateway** で回路図を編集する際に、ユニット単位で分割せずにレイアウトを考えることができます。筐体データは、メカCADで作ったSTEPを **Design Force** に取り込むことができ、**3次元でビジュアルを確認しながら設計**することができます。そして、4つに分けた各ユニットをマルチボード機能でスタック積層し、さらに各ユニット間のネット接続を確認した上で、最終的にメカCADに出力し、製造工程に流すことができます。このように、CR-8000の機能をつまく活用することで、3Dスタック工法の3次元モジュールを設計することができます。



◆ パートナーとの事例紹介

当社では、この3Dプリンタを活用した検証の取組みを、パートナー企業と進めています。

<A社>

IoTセンサの製造。電源、マイコン、通信機能、電源制御、センサの機能を1モジュールに搭載し、さらに加速度センサやジャイロセンサなどセンサ機能を変更でき、センサ自体をオンデマンドでユニット単位で製造できるように検証を実施している。

<B社>

小型の無線温度センサの製造。
狭小での使用目的にあった小型化設計ができ、ツールレスでの生産による製品の多様性を実現している。

<C社>

個人の爪の形状をデジタル化し、一人ひとりの爪にピッタリなNFC機能付きのネイルを制作。ネイルに銀インクでNFCのアンテナを印刷、NFC（近距離無線通信）のパッケージと受動部品を実装。

◆ 最後に

現在、装置販売に先立ち、サンプルの受託製造を近日中に開始予定です。ご興味のある方、ご相談をお待ちしています。新しい製造技術の探索目的や、通常のPCBでは設計が難しい形状製品、回路と筐体の複合などの分野に興味がある方、ぜひご相談ください。