

Title	量産工程における3Dプリンタに関するイノベーション
Author(s)	橋口, 伸樹; 児玉, 耕太; 三藤, 利雄
Citation	年次学術大会講演要旨集, 32: 82-85
Issue Date	2017-10-28
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/14989
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

量産工程における3Dプリンタに関するイノベーション

○橋口伸樹、児玉耕太、三藤利雄（立命館大学）

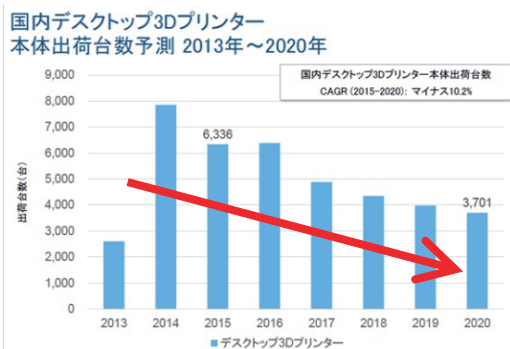
1. はじめに

3Dプリンタは、製品や生産プロセスのイノベーションにおいて研究報告があるものの、量産工程よりも試作工程や検証モデルの製作に利用されることが多い。部分的に量産工程や生産ラピッドプロトタイピング・ツール[1]に留まるケースが見られるが、製品の量産工程において積極的に利用されるものづくりもある。製品の市場近くにおいて、3Dプリンタを設置した工場を配置し、生産データや設備の制御パラメータはクラウドにて一元管理するローカルクラウド製造方式、部品を試作から製造まで3Dプリンタを用いて一貫生産するダイレクト・デジタル・マニュファクチャリング方式など、コスト低減のみを主たる目的とせず、3Dプリンタでしか実現できない生産方式を行なう試みが紹介されている[8]。

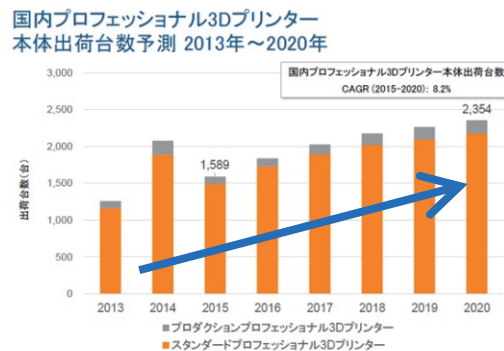
本研究では、プリント基板生産に3Dプリンタを適用する事例を紹介し、新市場における破壊的イノベーション[2][3][4]の可能性を述べる

2. 射出成形での市場における3Dプリンタ

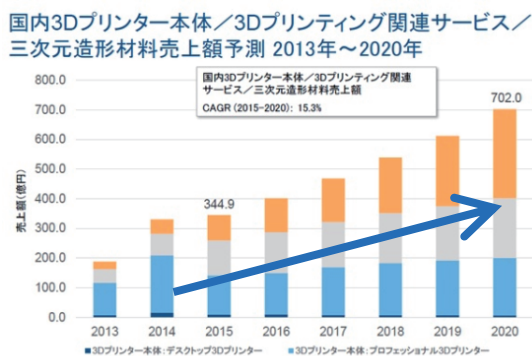
30年前程から工業製品の試作品製作では使用され、樹脂や金属を塗り重ねて立体的な造形物を作り出す。従来は金型を製作して射出成型機で量産部品を製作していたが、量産ラインでの1個作りで利用する報告が増加している。2013年においてオバマ米大統領が一般教書演説で「物の作り方を革命的に変える」と言及したことで多方面での活用が期待されている。世界の市場規模としては、2016年の約1.8兆円から2020年に約4兆円まで2倍以上の成長が見込まれており、国内デスクトップといった簡易な3Dプリンタの市場は縮小傾向にあるが、業務用途での国内出荷台数や3D造形材料の売上は今後も成長するという予測がある[5]。



(a) 簡易型3Dプリンタの出荷予測



(b) 業務用3Dプリンタの出荷予測



(c) 3Dプリンタ材料の出荷予測



(d) 業務用3Dプリンタ上位モデル例

図1. 国内3Dプリンタの出荷台数予測と業務用3Dプリンタの例

工業用途として、フィギュアやアクセサリ、宝飾品などに活用され、医療分野では人工骨や義肢、歯型やインプラント歯、動脈や臓器の模型などへの適用も進んでいる[6]。また文化財レプリカの制作や食品への商用利用の報告[7]もあり、多くの分野で用途に広がりを見せている。

3. 量産工程における3Dプリンタの抱える課題

日本を含めた世界の製造企業の多くが、アジア（中国、ベトナム、インドネシア、タイなど）に製造拠点を設けてきた。製品の大量生産のためには、射出成型機や金型など巨大な製造設備と人手により運用・保守管理が必要である。製品コストの低減を図るため、当初は安価な人件費を求めるものの、その国の経済成長に伴って人件費は上昇していく。

今後の日本のものづくりにおける3Dプリンタの活用は、製品のコスト低減のみを目的とした金型の置き換えではなく、次のようなプロセス・イノベーションにより、生産性向上を図る方法が登場[8]している。

(1) ローカルクラウド生産方式

存在する市場の近くで3Dプリンタを中心とした工場を配置し、生産に必要な製品データはクラウド上にて一元管理場する。巨大な生産設備と管理人員も削減され、対象製品の市場近くに工場を配置したことで、市場までの輸送コストも低減可能になる。「Liquid Factory」[8]の報告事例では、あるシューズメーカーの生産方式の紹介しており、このメーカーではシューズ素材に必要な2種のポリウレタン素材を3Dプリント向けに独自開発している。



図2. シューズ用の開発素材

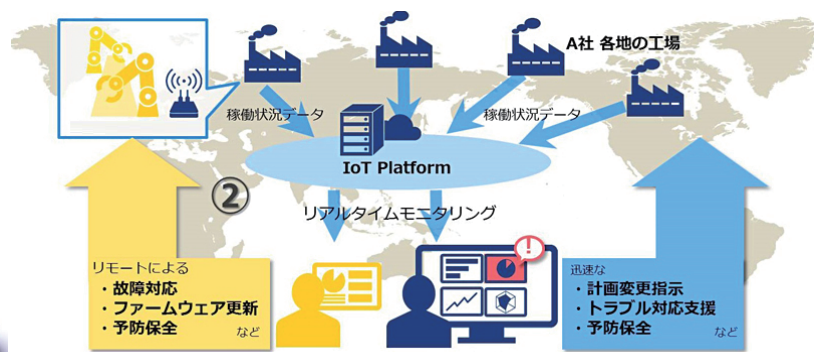


図3. ローカルクラウド生産の構成例

(2) ダイレクト・デジタル・マニファクチャリング方式

あるF1レース関係企業の活用事例が紹介されている[8]。F1レースにおいては一般商用車とは異なり、レース毎に軽量化と耐久性が常に求められ、改良設計が継続的に行われる。この企業は3Dプリント技術によりパーツの軽量化と性能向上に取り組んでおり、その結果として、性能と調達期間が大幅に改善し、設計と製造の効率化が実現した、とされている。

3Dプリンタで作られたのは、主に4種類のパーツにおいて、ハイエンドFDM型の3Dプリンタと高性能樹脂素材が使用されており、3Dプリンタにて試作から製造まで一貫して製作している。従来の手順で行っていた、設計、試作、検証、製造という製造プロセスにおいて、1種の3Dプリンタのソリューションで実現している。生産プロセスを置き換えるだけでなく、設計最適化や機能向上を行なうことで、生産方式において生産期間の短縮化や部品コストの削減を可能にしたとされている。



(a) ストラシス社3Dプリンタ



(b) 部品例：マフラー



(c) 部品例：油圧系ブラケット

図4. ダイレクト・デジタル・マニファクチャリング方式による部品製作の例

4. プリント基板における国内動向

プリント基板は、“生ものの商材”に例えられる。基板メーカーは利用顧客の近くにおいて、セットメーカーの設計変更に応じて短期間で対応を図ってきた。セットメーカーが試作や改版を行なうと、基板メーカーへ設計変更が伝えられ、その都度、新たな基板を納品してきた。2000年代に入り、進んだ円高と中国市場の台頭に伴い、日系セットメーカーは海外生産に移行すると、基板メーカーも付随する形で海外に移り、必然的に基板の海外生産額も増える傾向にある。

電子回路基板における日系企業の国内と海外の生産推移と将来予測

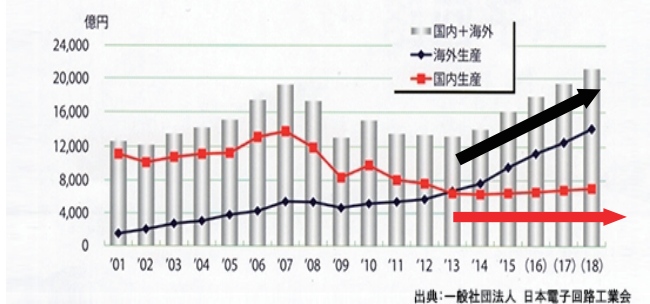


図5. 日系企業の電子基板の生産額推移と将来予測

国内における電子回路基板の生産額の歩み

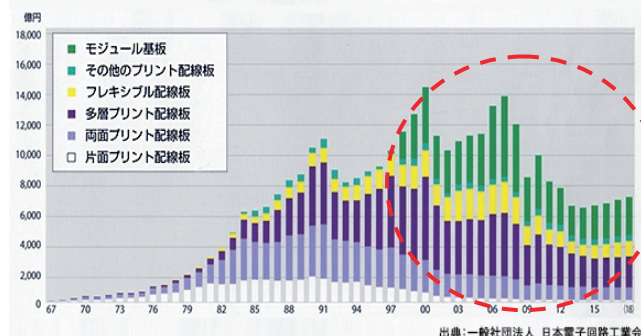


図6. 国内に電子基板の生産額推移

図5に電子回路基板の国内・海外の生産推移と将来予測を示す。国内生産は2008年以降は縮小傾向となり、ピークであった2007年に比べて2016年以降も半減が続いている。一方、日系企業での基板生産は、再び生産増加の傾向にあるものの、多くは海外生産が予想されている[9]。

図6には国内における電子回路の生産額の推移を示す。直近10年の傾向としては、多層基板、モジュール基板、高付加価値となる複雑系のプリント基板の生産が増えている。

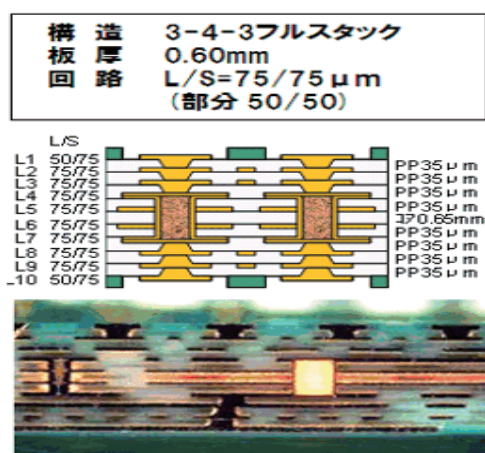


図7. 基板厚み $t=0.6\text{mm}$ 、10層の断面例

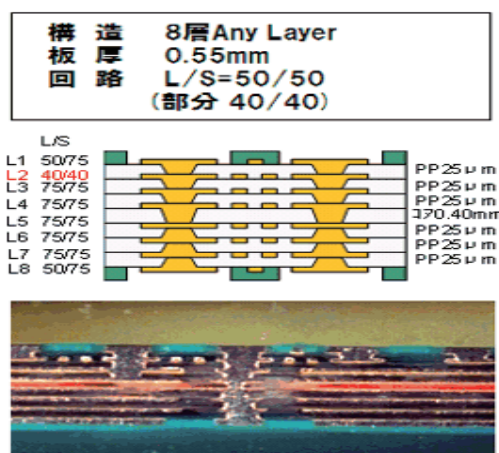


図8. 基板厚み $t=0.55\text{mm}$ 、8層の断面図

日系企業の基板メーカーの強みとしては、年間売上が数百億円以上の大手企業（イビデン社や日本シーエムケー社、キョウデン社など）が存在し、多層化やビルドアップといった生産工程が複雑な基板についても生産実績がある。IoTや自動化装置、ロボット分野向けの成長を受けて、多層化や高密度といった付加価値の高いプリント基板に需要の機会もある。一方で、単純構造で少ない層数の基板生産は、設備産業となる傾向にあり、中国および台湾勢企業による生産能力が圧倒的に強く脅威となっている。日本国内では少子化と高齢化が進み現場の労働人口は減少しており、工場の海外移転に伴ってノウハウや技術の伝承も課題となっている。

一般にプリント基板の製造工程は、配線部の積層やエッチングや穴あけなど、多数の工程を経ることが必要である。高密度実装やビルドアップ基板といった高付加価値のプリント基板加工においては、より複雑な工程を経るため、製作時間は長くなる傾向にある。今後は日系企業のプリント基板市場においても、以下の課題への対応が必要であると考えられる。

- ①高付加価値の基板（多層、高密度、ビルドアップ等）の生産効率化
- ②生産技術力や生産ノウハウの蓄積
- ③少量多品種の生産
- ④納品先のセットメーカーや製品市場に近い場所におけるローカル生産

5. プリント基板における国内動向

プリンタ回路基板用3Dプリンタの分野では、業務仕様の製品が登場している。例として、イスラエルのNano Dimension社が「Dragon Fly 2020 Pro」の発売を発表している[10]。以前よりデスクトップ型は発売していたが、今回の製品はその後継機となる。高精度なインクジェット印刷方式により基板配線の配線幅／配線間隔は高解像度（100 μ m/100 μ m）で印刷加工できる。配線材料は、絶縁及び導電性材料として誘電体インク（Agベース）を用いており、FR-4（ガラスエポキシ樹脂）同等の誘電材料となっているが、今後はNiやCuといった安価インク素材を検討されている。また、外側から穴が見えないベリードビアやめっき処理によるスルーホールを含む多層基板の製造が可能とされている。

プリント基板を社内で一貫して製作できるため、開発過程より機密性の高い設計情報を社外に出す必要がなく、製造情報を守れることも特長の一つである。最低発注数量を考慮する必要もなく、試作にかかる外注費用を抑えられることも期待できる。プリント基板に付きまとう複雑さやボトルネックを解消するので、電子機器の開発に携わる企業は開発サイクルを掌握できるようになり、迅速で安全かつ費用対効果に優れたハードウェア開発が可能になる。

通常の電子機器においては、単純な1枚の基板で構成されることはなく、複数枚の何層にも及ぶ多層基板が必要となる。セットメーカーは専用の生産設備を所有する基板メーカーに発注することが多く、最短でも1～2週間、又はそれ以上の調達期間と、数枚にて数万円から数十万円の費用が掛かることになる。こういった基板用3Dプリンタが普及すると、飛躍的に部材調達が行える可能性が出てきている。

6. まとめ

射出成形機の金型代わりではなく、3Dプリンタでないと実現できない生産方式により、プロセス・イノベーション行なう活用事例を報告した。直近の10年間における日系企業のプリント基板の生産状況は、配線層数の少ない単純な構造の基板から、多層で狭配線・狭ピッチによる高密度な高付加価値な基板の生産に移行しつつある。日系電機メーカーの海外進出に連動して、基板メーカーも付加価値の高いプリント基板の量産工程を海外移設することが進んでいる。基板メーカーは、優れた機能や性能を実現し、既存顧客に対して更なる満足度向上を狙うという持続的イノベーションを進めている。

これに対して、ローカルクラウド生産方式などによる基板生産は、3Dプリンタにとって新市場型の破壊的イノベーション、及びプロセス・イノベーションによる生産効率化が期待できると考える。

本研究で紹介したような電子回路のプリント基板向けの3Dプリンタは黎明期にあり、電子機器の量産工程で活用された報告事例は未だ少ないが、継続的な事例研究を行ない、電子機器の効率的な開発・生産方式のプラットフォームや生産方式について明確にしていきたい。

【参考文献】

- [1] Thierry Rayna, Ludmila Striukova, From rapid prototyping to home fabrication, How 3D printing is changing business model innovation, Technological Forecasting & Social Change, 102(2016), 214-224.
- [2] 『イノベーションへの解』 C・クリステンセン/M・レイナー
- [3] 『Christensen 教授の弁明：破壊的イノベーションを巡って 2006 年の論争』 三藤利雄 立命館経営学、55 (3)、pp. 153-182
- [4] 『レポー教授の破壊的イノベーション批判：白熱の攻防の先に何が見えるか』 三藤利雄 立命館経営学、55 (3)、pp. 153-182
- [5] IDC Japan (2016) 国内3Dプリンティング市場予測 2013～2020 年需要予測
- [6] TOPPAN WEB MAGAZINE (2017) , 3Dプリンタが切り開く世界
- [7] 世界3Dプリンタニュース <https://sekapri.com/business/20170303-6660/>
- [8] ものづくり情報サイト i-MAKER. news(2016) <http://i-maker.jp/>
- [9] 電子デバイス産業新聞 <http://www.sangyo-times.jp/article.aspx?ID=2056>
- [10] NanoDimension DragonFly 2020 Pro <http://www.nano-di.com/dragonfly-2020-pro>