

3D プリンティングと医学の変容

初の 3D プリンタが製造されたのは 1980 年代であるが、3D プリンティングが幅広く応用されるようになったのは最近になってからだ。現在もこの産業はまだ黎明期にある。そのため、まずは 3D プリンティングの基本的な定義から確認してみるのがよいだろう。

3D プリンティングとは？

3dprinting.com では 3D (3 次元) プリンティング (あるいは付加製造 (additive manufacturing: AM) ともいう) を次のように定義している。

「3D プリンティング、あるいは付加製造とは、デジタル情報をもとに三次元の固体造形物を作成する方法をいう。3D プリンティングでは付加をすることで物体を作成する。付加製造で物体を作成するには、材料の層を物体全体が形成されるまで連続的に積層していく。これら個々の層は、完成した物体を薄くスライスした水平断面ととらえることができる。」¹

3D プリンティングの医療利用： ロボット義手、バイオプリンタ製人工心臓

3D プリンティングは、産業としては初期段階にある。医療用途の初期展開の一つには人工補装具がある。3D プリンタは、機械式義手等、誂えの人工補装具を製造できる。このようなロボット義手の事例については WebMD.com に掲載された動画付き記事「Will 3-D Printing Revolutionize Medicine?» (3D プリンティングが医療に革命か) 等で参照できる。²

ロボット義肢は、通常は非常に高価であるが、Robohand USA 社は特注のロボット義手「Robohand」を 2 千ドルで製作できる。前述の動画での紹介によると、一般的な医療用人工補装具の価格は Robohand と比較して最大で数百倍になることもあるという。

人間の組織・臓器の 3D プリンティング技術による製造はメディアでも注目されているが、それにはもっともな理由がある。患者自身の細胞に由来する組織・臓器をバイオプリンティング技術で形成すれば、現在の臓器移植に関する課題 (例えば組織適合性を有するドナーの特定) の多くを解決しうるのだ。

このような、複雑な臓器のバイオプリンティングは、期待される 3D プリンティング技術の中でも最も先進的であるが、既に多くの研究で概念実証が示されている。例えば、既に 3D プリンタを使ってひざの半月板、心臓弁、椎間板、その他の軟骨・骨、人工耳が作られた例がある。予測では、今後 20 年を待たずに完全に機能する人工心臓が 3D プリンティング技術で作られることとなるともいわれている。

3D プリンティング技術の医療向け利用の利点： カスタマイズと経済性

¹ What is 3D Printing?. 3DPrinting.com ウェブサイト参照。 Accessible at <http://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>

² Sonya Collins. Will 3-D Printing Revolutionize Medicine?. WebMD website. July 23, 2014. Accessible at <http://www.webmd.com/news/breaking-news/20140723/3d-printing>

3D プリンタを医療用途に利用する最大の利点は、注文に応じて医療用品・機器を製造できる能力にある。³ また、Robohand の例が示すように、高度な注文に対応が必要な用途への 3D プリンティングの活用によるコスト削減は非常に魅力的だ。

大量生産には従来通り伝統的な製造方法が最も経済的であるが、小規模生産においては 3D プリンティングの価格競争力はますます高まっている。⁴

現在の主要動向：オンデマンドに対応した医薬品設計及び 3D プリンタによる製造

現代医療に影響を与える 3D プリンティング技術の中でも短期展開で最も有望なものはプリントにより製造する医薬品とドラッグ・デリバリー・システムである。

セントラル・ランカシャー大学の科学者が、プリント技術を使った医薬品製造の新システムについて特許を取得しようとしており、この技術により大幅なコスト削減が可能と推測されている。同大学の Mohamed Albed Alhnan 博士は、「例えば肝臓疾患の患者に投与する医薬品等は、1 ミリグラムに満たない単位でも大きく影響する場合がある。また、現時点ではこのようなニーズに個別に対応するには非常に高額な費用がかかる。」という。⁵

伝統的な圧縮成型の医薬品は通常、単純な薬剤放出特性に限定される。3D プリンティング技術を用いれば、固形薬に含まれる複数の有効成分の間に繊細な障壁層を形成させ、薬剤放出を制御できるような医薬品が、より精密に個別的に製造できる。また、複数の薬剤を含有し、障壁層や多孔層の複雑な組合せを持つ医薬品を製造することもできる。

今後、各患者専用に最適な形で薬剤が放出されるように設計された独特の組み合わせの処方薬が用いられ、個別の患者に逃れた非常に精巧な投薬方法が導入されることとなる見込みは高い。

このような技術は、医薬品企業や病院では 5 年以内、一般には 10 年以内に導入されると予測されている。⁶

Mohamed Albed Alhnan 博士は、「将来的には、毎日の投薬量を定期的に変える必要のある患者がこのような機器を自宅に設置できるようになるよう望んでいる」という。⁷

セントラル・ランカシャー大学の研究者が開発した、医薬品原料を「インク」として錠剤を製造する 3D プリンタのデモ動画は「<http://youtu.be/FGobjxkkak>」にて閲覧できる。

³ Ibid.

⁴ Ibid.

⁵ 3D Printed Drugs Could Revolutionise Prescriptions. The Telegraph. October 31, 2014. Accessible at <http://www.telegraph.co.uk/news/health/11202016/3D-printed-drugs-could-revolutionise-prescriptions.html>

⁶ Ibid.

⁷ Ibid.

3D Printing and its Transformation of Modern Medicine

June 2015

While the first 3 dimensional printer was produced in the 1980s, the broader applications for 3D printing have only more recently taken shape. Even now, the industry is in its infancy. So much so, that it is best that we start with a basic definition of 3D printing itself.

What is 3D Printing?

3dprinting.com defines 3 dimensional printing (or additive manufacturing, AM) as follows:

3D printing or additive manufacturing is a process of making three dimensional solid objects from a digital file. The creation of a 3D printed object is achieved using additive processes. In an additive process an object is created by laying down successive layers of material until the entire object is created. Each of these layers can be seen as a thinly sliced horizontal cross-section of the eventual object.⁸

Medical Uses for 3D Printing: Robohand & The Bioprinted Heart

3D Printing is at an early stage as an industry. Some of the early developments for medical use have included prosthetics. 3D printers can produce highly customized prosthetics, such as mechanical hands like the Robohand demonstrated in a video embedded in a WebMD.com article entitled "Will 3-D Printing Revolutionize Medicine?".⁹

Robotic limbs have typically come at a very high cost, but Robohand USA can build a custom version of their Robohand product for USD\$2000. The video referenced here states that the typical medical prosthetic costs up to 200 times more than the Robohand.

Human tissue and organ fabrication through 3D printing methods appears has been a hot topic of discussion in the media, with good reason. Bioprinting of tissues and organs derived from a patient's own body cells would eliminate many of the current challenges for organ transplants, such as finding a donor who is a tissue match.

This bioprinting of complex organs is the most advanced application of 3D printing that is anticipated. But, many studies have already provided proof of concept. For example, 3D printers have already been used to create a knee meniscus, heart valve, spinal disk, other types of cartilage and bone, and an artificial ear.¹⁰ It has been estimated that we may have less than 20 years to go before seeing the first fully functioning printable heart.¹¹

Advantages of 3D Printing for Medical Use: Customization and Cost Efficiency

⁸ See *What is 3D Printing?*. 3DPrinting.com Website. Accessible at <http://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>

⁹ Sonya Collins. Will 3-D Printing Revolutionize Medicine?. WebMD website. July 23, 2014. Accessible at <http://www.webmd.com/news/breaking-news/20140723/3d-printing>

¹⁰ C. Lee Ventola, MS. *Medical Applications for 3D Printing: Current and Projected Uses*. Pharmacy and Therapeutics. October 2014; 39(10): 704–711. Accessible at <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4189697/>

¹¹ *Ibid.*

コメントの追加 [h1]: ?

The greatest advantage of 3D printers for medical applications is their ability to produce custom-made medical products and equipment.¹² And, as the example of the Robohand illustrates, the cost savings offered by 3D Printing in applications that demand a high degree of customization are very compelling.

While traditional manufacturing methods remain the most cost effective approach for large-scale productions, 3D printing costs are becoming more and more competitive for small production runs.¹³

Current Key Progress: Drugs Designed and Printed On Demand

The most promising near term developments in 3D printing that impacts modern medicine is printed medicines and drug delivery devices.

Scientists from the University of Central Lancashire are patenting a new system of printing drugs. And, it's estimated to offer significant cost-savings. Dr. Mohamed Albed Alhnan, from the University, noted that "with some medication, such as that given to a liver patient, a fraction of a milligram of a drug makes a big difference and at the moment it is extremely expensive to tailor to these needs."¹⁴

Traditional compressed dosage form medications are typically limited to a simple drug-release profile. The 3D printing methodology allows for a more precise and individualized manufacture of medications forming sophisticated barriers between active ingredients in solid medications to control drug release. 3D-printed printed dosage forms can also be manufactured with a complex combination of barriers and porous layers, often loaded with multiple drugs.

コメントの追加 [h2]:

It's likely that we will see highly sophisticated medications that are tailored to the patient with their unique combination of prescribed medications designed to release from their pill in a manner deemed specifically appropriate for that patient.

It is predicted that the technique will be used by pharmaceutical firms and hospitals within five years and by the public within a decade.¹⁵

According to Dr. Mohamed Albed Alhnan "Eventually, we hope to see that units can be kept at home for patients who continuously need to change their daily dose."¹⁶

A video demonstration of a 3D printer fabricating a tablet using the drug-polymer "ink" developed by researchers at the University of Central Lancashire is accessible at the following link:
<http://youtu.be/FGpbiJxkkak>

¹² *Ibid.*

¹³ *Ibid.*

¹⁴ *3D Printed Drugs Could Revolutionise Prescriptions.* The Telegraph. October 31, 2014. Accessible at <http://www.telegraph.co.uk/news/health/11202016/3D-printed-drugs-could-revolutionise-prescriptions.html>

¹⁵ *Ibid.*

¹⁶ *Ibid.*