

誰かに教えたくなる 科学技術の話 4

モノの印刷を可能にした 3Dプリンター



東京大学名誉教授 月尾 嘉男

世界を変革した印刷技術

印刷技術はドイツの金属加工職人の J・グーテンベルクが十五世紀中頃に発明したとされ、その技術により、現在では「グーテンベルク聖書」と命名される聖書が一八〇部印刷された(図1)。金属

図1 グーテンベルク聖書



Wikimedia Commons

活字を使用した凸版印刷の代表である活版印刷であれば、これが世界最初であることはほぼ確実であるが、文書や絵画を大量に複製する技術を印刷とすれば、はるか以前から存在している。

確認されている世界最古の印刷された文書は日本に存在する。七六四年に天下を平定した称徳天皇が戦乱で戦死した将兵の鎮魂と国家の安泰を祈念して陀羅尼経を木版で一〇〇万部印刷し、木製の小

図2 百万塔陀羅尼



Wikimedia Commons

塔に封入して全国の仏教寺院に奉納した「百万塔陀羅尼」で、法隆寺に四万数千が保存されている(図2)。それ以後、木製や陶製の活字なども発明されるが、主流は版木を使用する木版印刷であった。印刷は同一の内容を大量に複製して流通

することを可能にする技術で、二十世紀にラジオ放送が登場するまでは、情報を広範に伝達する最大の手段であり、社会に多大な影響をもたらした。その有名な事例は修道院内でしか閲覧できなかった写本の聖書の内容が印刷されて社会に流通することになり、十六世紀にM・ルターやJ・カルヴァンによる宗教革命が発生したことである。

最初の原理は日本で発明

「百万塔陀羅尼」からでも千三百年近

い歴史のある様々な印刷技術に共通する特徴は情報を平面に記録することであった。しかし、二十世紀後半になり、立体のモノを印刷する技術が登場した。それが今紹介する「3D(三次元)プリンター」である。最初に発想したのは名古屋屋市工業研究所に勤務していた小玉秀男所員で、一九八〇年に「立体図形作成装置」として特許を取得している。

集積回路の製造などに利用されるフォトリソグラフィという技術がある。集積回路の基板にフォトレジストといわれる有機物質を塗布し光線を照射すると、その部分だけが硬化し、微細な回路が生成される。この方法を繰返して何層も積層し立体を形成するのが小玉の発明した光造形法である。小玉はアメリカの学術雑誌に論文を発表したが反応はなく、勤務する研究所内でも評価されなかった。

ところが一九八六年にアメリカの技師C・ハルが3Dシステムズという会社を設立、翌年「SLA1」という光造形法で立体製品を製造する装置を発売し、これが世界最初の商用の3Dプリンターとなった。この業績により、ハルは、無線通信を発明したG・マルコーニ、トランジスターを発明したJ・バーディーンな

どとともに、二〇一四年にアメリカの「国立発明の殿堂」に顕彰されている。

この技術は設計した携帯電話を本格生産する以前に試作してみるといようなラピッド・プロトタイプング(高速試作)に利用され、装置の製造会社が次々と登場した。しかし、当初は装置が数百万円程度と高価であったため普及しなかったが、二〇〇九年に基本特許の保護期間が終了したため、一気に小型で安価な装置が発売されるようになり、急速に普及するようになった(図3)。

図3 3Dプリンターの市場規模(億\$)

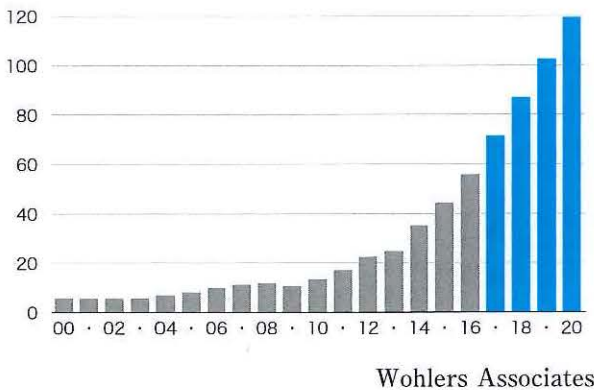
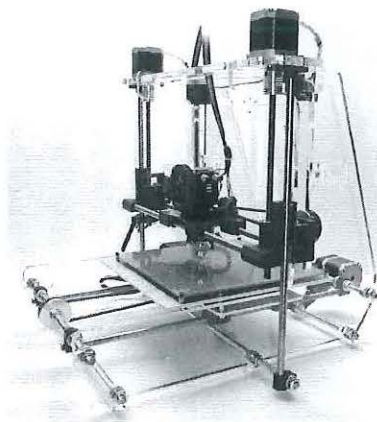


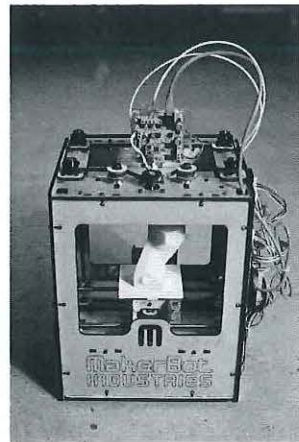
図5 簡易な3Dプリンター



Wikimedia Commons

現在では光造形法以外に何種かが開発されている。粉末焼結装置は金属やセラミックなどの固体粉末をレーザー光線で焼結させる方法、熱溶解法は樹脂の細糸をヒーターで溶解しながら立体を形成する方法、粉末接着技法は石膏の粉末を接

図4 簡易な3Dプリンター



Wikimedia Commons

図6 3D印刷技術で製作した彫像



Wikimedia Commons

着材料で固着しながら成型する方法、**インクジェット方式**は液状の樹脂をノズルから噴出しながら光線を照射して固化させる方法などである(図4)(図5)。

建物から生体にまで拡大する印刷

トム・クルーズ主演「ミッシヨン・インポッシブル」シリーズの第四作目「ゴースト・プロトコル」に、敵方の人物の顔を何枚か撮影し、その情報を合成して携帯可能な3Dプリンターで変装のためのゴムマスクを数分で作成する場面が登場する。これは一例であるが、上記の様々な装置を駆使すれば、意外なモノまで製造できる。以下に興味ある実例を紹介する。

結婚記念写真ではなく結婚記念彫像を

作成する商売が登場している。3Dスキャナーで人物を撮影し、その情報を合成して3Dプリンターで彫像を製作し彩色する。十センチメートル程度の彫像が約二万円で購入されている(図6)。常時は展示できない国宝の仏像や実在しないアニメーションの主役などを実物規模で製作し、それを展示することも普通になりつつある。

画一の製品の大量生産ではなく、個人の寸法に合致した製品を一品生産する技術も開発されている。個人の足型を測定し、スポーツシューズの専用の中敷を製作することは実用になっていくし、個人の走法に最適のスポーツシューズを一品生産することも研究されている。ゴルフクラブについても、金属を素材とする粉末焼結装置を使用して製造したバターが販売されている。

設計図面の情報で建物の縮尺模型を3Dプリンターで製作することは普及しているが、実物の建物を建造する動向も登場している。アメリカやイギリスの大学では、設計図面を参照してコンピュータ制御で自由に空間を移動するノズルからコンクリートを噴出し、基礎から上部に積層して壁面を建設し、別途、3Dプリ

ンターで製造した屋根を付加して建物を完成する技術が実験段階にある。

すでに実現し、利用されている建物も存在する。ドバイでは設計された建物を数センチメートル単位で水平方向に切断し、やはりノズルからコンクリートを噴出する大型の3Dプリンターで、それぞれの水平断面を印刷し、それらを現場に運搬して順番に積層していくことで実用になるオフィスを実現している。内装も3Dプリンターで製作し、工期や費用が七割程度削減されている。

欧州宇宙機関(ESA)は月面基地を現地で印刷する構想を発表している。最初に遠隔操縦できる3Dプリンターを月面に輸送し、現地の砂礫を材料としてドーム形状の建物を建設する。それが完成してから人間が到着する構想である。イギリスの3Dプリンターを使用して地上での実験が進行している。日本の建設会社は樹脂を素材とした建物を海中で印刷する構想を発表している。

3Dプリンターの利用が期待されている重要な分野は医療である。歴史のある義歯、義手、義足などだけでなく、肝臓など内臓の立体模型を作成し、それを使用して手術の事前確認をすることは実

用になっている。さらに生体細胞を素材とした人工の皮膚や耳介を3Dプリンターで生成する実験も成功しており、人工の心臓を印刷するための3Dプリンターも開発段階にある。

印刷素材を変更すると新規の分野も展開する。食材を投入すると一台でスパゲッティ、ピザ、ハンバーガーなどを製造する装置はアメリカで通信販売されている。LED（発光ダイオード）を混入したインクで印刷することにより極薄のLED照明器具を製造する技術も実現しているし、毛髪の直径以下の極小のリチウムイオン電池を印刷する技術もアメリカで研究されている。

社会を変革する3Dプリンター

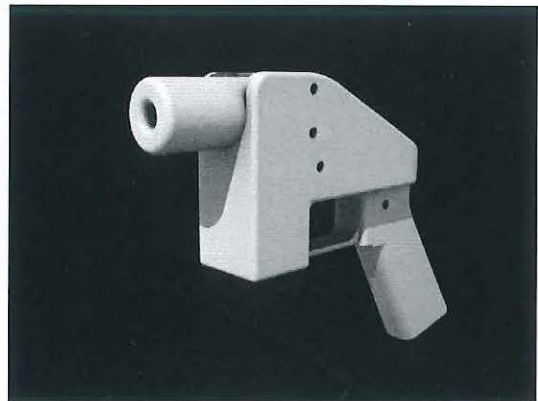
グーテンベルクの活版印刷技術が社会を中世から近世に変革したように、3D印刷技術も社会を変革することが予想される。未来学者A・トフラーは一九八〇年に「プロシューマー」という造語を提唱した。生産する「プロデューサー」と消費する「コンシューマー」は一体となるという意味である。製品の設計情報を受信して自宅の3Dプリンターで生産すれば、プロシューマーが誕生する。

その一段階前の事例が「ファブラボ」である。アメリカのマサチューセッツ工科大学に「センター・フォー・ビッツ・アンド・アトム」という組織がある。ビッツは情報、アトムは物質の単位で、両者を一体とするという意味である。そこが支援して二〇〇二年から世界各地に設置されている施設がファブラボで、3Dスキャナーや3Dプリンターと簡単な工作機械を用意している。

現在、世界に数百の施設が存在し、地域の人々が自由に出入りし、装置を使用して自分の発想で製品を設計し試作している。これまで新規の工業製品は先進諸国の巨大企業が開発、生産、販売し、発展途上諸国は消費するだけであった。しかし、ファブラボのような施設で3Dプリンターを自由に利用できれば、そこから世界に流通する製品が登場する期待がある。既存の産業構造の変革である。

しかし問題も発生する。二〇一三年に3Dプリンターで部品を製造し、組立ててピストルにする設計情報がインターネットで公開された。素材は樹脂であるから実弾の発砲回数には制約があるが、殺傷能力のある武器であった(図7)。アメリカの軍部では本国で生産した兵器を戦

図7 3D印刷技術で製造したピストル



Wikimedia Commons

地に輸送しないで、現地に建設した印刷工場に製造情報を送信して、武器を印刷する構想を検討している。

これは技術進歩ではあるが、製造情報が盗聴されれば、安価な3D印刷装置で最新の武器が大量に生産され市場に回ることも否定できない。インターネット内部では化学兵器や生物兵器の製造方法の情報も流通している。印刷素材を選択すれば、これらも印刷による大量生産が可能になる。このような時代に、どのように3Dプリンターという複製技術を利用するかが社会の課題になる。