

経営講演会

講演録

『3D プリンタでものづくりは変わるのか』

—3D プリンタ(積層造形)の進化と低価格化で生まれる新ビジネス—

(平成25年9月17日 講演)

講師 芝浦工業大学教授

安齋 正博 氏



りそな中小企業振興財団



講師 芝浦工業大学教授
安齋 正博 氏

◆プロフィールご紹介

主な経歴： 1988年 東京大学大学院工学系研究科博士課程修了
東京大学生産技術研究所助手
1992年 東京大学生産技術研究所講師
1993年 理化学研究所研究員
1995年 理化学研究所先任研究員
1999年 理化学研究所副主任研究員待遇
2008年 芝浦工業大学システム工学部機械制御システム学科 教授
2009年 芝浦工業大学デザイン工学部デザイン工学科 教授
東京大学生産技術研究所 研究員、
理化学研究所客員主幹研究員を兼務

この講演録は、平成25年9月17日に開催された、当財団主催の経営講演会を収録・編集したものです。なお、財団ホームページにも掲載しております。(<http://www.resona-fdn.or.jp>)

「3D プリンタでものづくりは変わるのか」

-3D プリンタ（積層造形）の進化と低価格化で生まれる新ビジネス-

芝浦工業大学デザイン工学部教授 安齋正博氏

皆さん、こんにちは。安齋です。

きょうお話しするのは、「**3D プリンタでものづくりが変わるのか**」。ここは私の得意とするところですが、サブタイトルが「3D プリンタ（積層造形）の進化と低価格で生まれる新ビジネス」となっております。

我々は、昔から **3D プリンタ**のことを「**積層造形**」と言っていますが、その辺のネーミングのこともお話ししたいと思います。この「生まれる新ビジネス」ですが、私はずっと工学にいた人間なのでビジネスをどうやってつくるかは苦手です。ですから、それは皆さんに考えていただいて、私はいままでの **3D プリンタ**のいろいろな経緯等を中心にお話ししたいと思います。

先程、理事長からご紹介がありましたが、約 21 年前に理化学研究所で短い時間で試作品をつくるというミッションが発生しました。私は、そのときに理化学研究所に行きました。ミッションの名前は「**ラピッドプロトタイピングシステム開発**」でしたが、その中の 1 つに「**3D プリンタ**」がありました。他に、早く試作品をつくるということですから**高速ミーリング**、皆さん聞いたことがあるかもしれませんが、早く削ってしまおうということも併せてやりました。他にもいろいろやりましたが、大体商品化したものや、うまくいったもの、世間に普及したものは高速で削るといふのと、**積層造形**です。高速で削ることに比べると、積層造形のほうはあまり普及していないという感じがします。

理事長からお話がありましたが、最近いろいろなところで「**3D プリンタ**」を取り上げています。先月号の『ニューズウィーク』に、「**3D プリンタ無限の夢**」というタイトルで、「何でもつくれる夢の技術は私たちの生活をどう変えるか」というサブタイトルがありました。私はこれを読んだときに、「いや、ちょっと困ったな」というのが実感でした。

「何でもできる」、本当に何でもできます。では、本当に何でもできるのかといえれば何もできない。矛盾していますが、どういうときは何でもできて、どういうときは何もできないのかをきちんと理解して使ってもらわないと、「安いから買ってきました。なんだ、こんなものか。これは使えない」となって 1~2 回使ってポイされるということになります。そして、「あの技術は使えないね」となって噂が広まってくると、「**3D プリンタ**はダメだ」となって、ネガティブに捉えられるとまずいなと思いながらこの本を読みました。

■フィギュア

よく出てくるのは**フィギュア**ですが、秋葉原で **3D** を使ってフィギュアを 1 体 30 万円ぐらいで売っている方がいらっしゃいます。私が主催するシンポジウムでそのお話をしてもらったことがあります。「ああ、そういう使い方がありね」ということです。まあ、玩具関係はよく出てきます。

最近の安い例ですが、プラスチックを溶かしたノズルからニョロニョロと出す。これは射出成型と一緒に。例えば、皆さんがよく知っているポリ袋、ポリエチレンを 200℃ぐらいに加熱し

てドロドロに溶かして、ノズルから出して、閉鎖された金型の中に押し込んでやる。これを射出成型といいます、その金型がないバージョンだと思ってください。

これをニョロニョロ積み重ねていく。それが最近、10万円ぐらいのキットで売り出されています。このように粘土で物をつくるときにいろいろな作り方がありますが、紐状にしてずっと積層して行って、最後に水で塗り潰して行って形をつくるというやり方がありますが、そういうイメージです。本当に積層です。これを積み重ねて行って、最終形状ができるよこの本では説明していますが、実は最初に**3次元のCADデータ**がないとダメです。

3次元のCADデータの前に必要なものは、「こういう製品を作りたい」というアイデアです。それを3次元のCADデータで表現する。これを**モデリング**といいます、その**モデリング**があって、それから**3Dプリンタ**がある。大雑把に上流から言うと3番目です。ですから、**3Dプリンタ**を買ってきても何もできません。どういうものをつくるか、どういう形を具現化するかというモデリングがないとダメです。3次元のCADデータと必ずセットです。ですから、順番は**アイデア、モデリング**、このデータの装置への転送になります。

いろいろな方法があって、先ほどの安いものはプラスチックを溶かして積み重ねていく方法でしたが、例えば、ギターのアプリケーションがあります。当然モデリングをしてすごく複雑な形状です。**3Dプリンタ**は、どんな形でもできます。もう一回言います。**3Dプリンタ**はどんな形でもできます。では、鉄やステンレスで作れと言っても無理です。これがネックです。一番のメリットは、どんな複雑形状でもできる。どんなに安い**3Dプリンタ**を持ってきても、どんなに難しい形でもできる。これが一番のメリットです。

■3Dプリンタの付加価値

私はこういうところに価値を見出したほうがよいのではないかと日頃から言っていますが、ナイキがゴム系の材料を使って、「あなたのためのシューズです」として提供しています。皆さんご存知のように、人の足の形は千差万別でそれぞれ違います。みんな我慢してとか無理して履いていますが、寸法と足の幅をパラメータに取っていないので当然合うはずがない。それを、個人の足のデータを取ってきてピッタリするような靴をつくる。

これは靴でなくてもいいわけで、個人のデータを取ってきてそれにピッタリするような何かをつくる。これで、1つのビジネスが起きるはずですが、しかし、その、何かがあるかというのはなかなか難しいです。「オーダーメイド」「テーラーメイド」という言葉がありますが、「あなたのための何々」「私だけの何々」ということですね。それができるようになると、かなり付加価値の高いものがつくれるのではないかと考えています。

昔から、ものづくりでは「高付加価値のものを作りたい」といつも言っていますが、「高付加価値とは何か」と質問すると「それは自分で考えてください」という話です。高付加価値というのは高い値段でも買ってくれる製品だと私は思っています。ですから、他の靴が1万円であろうが、「あなたのために作った靴ですよ」と言って5万円、10万円を買ってくださいと言って、「わかった、買う」となると付加価値が高いということです。

これはたまたま靴ですが、こういうシューズの作り方がこれから一般的になってくると思います。特に競技用などの特別な、例えば、ウサイン・ボルトが、ボルトモデルをそのままあなたに

合わせましようと言ったら結構高い値段で売れるかもしれません。ああいう人たちはスポンサー契約がありますからもちろんマイシユーズだと思えますが、そういうものが一般的になってくる。それが、新しい企業の始まりかなと考えています。

・人工骨

これは、後ほど詳しく話します。人工骨を作っています。東大病院の高戸先生と一緒にやっているベンチャーの鈴木さんという方が出ていますが、最初に骨を作ったのが元理研の私のチームで、鈴木社長とは骨をつくるパテントを 2003 年に出しています。ですから、いま東大病院でやっていますが、これは 1 つのアプリケーションです。インクジェットで石膏型をつくるという 3D プリンタの使い方を違う分野である人工骨に応用しました。要するに、工業製品用のモデルや石膏型をつくる 3D プリンタを、骨をつくる用途に置き換えた事例です。これをメインで話をしたいと思いますが、これは理研でやった技術です。

他に最近よく、ピストルを作りました、あるいは、どんな格好でも作れますよということを聞きます。これは、20 年前から全くこのとおりです。木みたいなのを作りますよ。材料がすごくよくなって、いろいろな材料が出てきたというのがあります。

・金型

もう 1 つ、これは日本発ですが、「金型をつくりますよ」ということで、レーザーで金属粉末を焼結します。焼結というのは、融点よりも低い温度でくっつけるわけです。焼結で作って、それだけだと金型の精度が出ないので、あとは高速で削ります。これはもともとパナソニックでやっていた技術ですが、私は関係しているのもう少し詳しく話します。

要は、形は本当に何でもできます。では、どんな材料も使えるかという限定されています。これを、詳しく説明したいと思います。

少し前後しますが、私の大学で何をやっているかという、6 年前に新しい学部をつくる時に呼ばれて金型関係の学部、学科といいますか、領域をつくりたいので何とか協力してくれということで行きました。3D プリンタの他に、こういうマシニングセンター。これはプラ型を削るためにあります。これは、抜き型をつくって学生に実験をさせる。このようなプレス型と、プラ型と、射出成型ももちろんやらせていますが、こういうことを田町駅から歩いて 2 分ぐらいの地下で学生にやらせています。やっと今年の 3 月に卒業生を出して、私の領域は就職率 100%でしたが、そんなことを教育しています。

■アメリカの 3D プーム

・オバマ大統領の演説

本題に入りますが、こんなに最近「3D プリンタ」が言われているきっかけは、**オバマ大統領**が 2012 年に、「今後 4 年間で 1000 箇所のいろいろな学校に 3D プリンタを導入してデジタル工作教育をしよう」ということを言ったことがあります。

もう 1 つ。3D プリンタの研究をするために、そのインスティテュートも設立しました。3D プリンタというのは、多分オバマさんのスタッフが間違っって使った言葉だと思います。もともとあった言葉は「3D プリンティング」でした。これは、インクジェットを使います。「3D プリンティング」という言葉はありましたが、どうも間違っって全世界に使われていったようです。

関係者は、「**アディティブ・マニユファクチャリング**」と呼んでいます。アディティブという

のは、「足し算」のことです。溶接も広い意味ではアディティブ。メッキもアディティブ。足し算をしてずっと接着して形をつくる全般をアディティブ・マニファクチャリングと言います。

最初は、**積層造形**のことを**ラピッド・プロトタイピング**という言い方をしました。アディティブ・マニファクチャリングのイノベーション・インスティテュートをつくりましょうということがありました。これはアメリカの動きです。

・『MAKERS』

もう 1 つ、**クリス・アンダーソン**という方が『MAKERS』という本を出版しました。私の主張で言うと、3D プリンタにちょっとおべっかを使っているかなという感じですが、これがベストセラーになりました。原本が手に入らなかったのが日本語版を読むと非常につまらなくて、途中から読むのを止めました。

重要なところは、次の 3 点かと思います。①デスクトップのデジタル工作機械を使って物をデザインし、試作すること。②それらのデザインをオンラインのコミュニティで当たり前で共有し、仲間と協力すること。③デザインファイルが標準化されたこと。お陰で、誰でも自分のデザインを製造業者に送り、欲しい数だけつくってもらえることができる。また、自宅でも、家庭用のツールで手軽に製造できる。これが、発案から企業への道のりを劇的に縮めた。ここに、「企業」が出てきます。また、ソフトウェア、情報、コンテンツの分野で Web が果たしたのと同じことがここで起きている。これは、アメリカのごく一部で起こっているというように私は理解しています。

これをまとめると、自分でデザインします。先ほどの話で言うと、「こういうものをつくりたい」ということを紙に書いてもよいけれども、そのあとモデリングが必要だということです。要するに、3次元の CAD データをつくらなければいけないということです。

3次元 CAD データをつくったら、フェイスブックでもツイッターでもいいですが、全世界に「私はこんなものを考えました。誰かつくって」とネットを介し発信しました。そしたら、「私は、これだけの日数、コストで供給できます」というのが何百社から来ました。そのうち、一番安く早いところを選んでつくってもらいました。製品ができました。その製品をまたネットで、「こういうものを何ドルでつくりました。買ってください」と言ったらバカ売れしました。それで、その人がメーカーになりました。そういうストーリーです。ちょっとあり得ない……、あり得なくもないですかね。ネットを使う商売というのはものすごく速いスピードで進んでいますから、我々が「そんなことはあり得ないな」と思うのが実は 10 年後にあるかもしれません。ですから、100%否定はできません。

たったこれだけ、いま言ったオバマさんの話とベストセラーの話の 2 つだけです。

■日本の 3D プリンタ

では、日本でいろいろなお金を出して強力にこれをやりましょうとなると、ナノテクノロジーとかバイオテクノロジーとは、少し意味が違います。これは単なる 3D プリンタというツールですから、そこが全然違います。

ナノテクノロジーでも随分成果がありましたね。最近、iPS 細胞の研究があれだけ短時間でできたのは、実はヒトゲノムのマップづくりがあったと言われていています。マップづくりから始める

と非常に長い年月がかかりますが、いまはいろいろな情報を開示していますから DNA のマップづくりを随分やりましたね。そうすると、その研究の中から、どれが大事かというのを、かなり高い確率で決定することができます。だから、山中先生の場合も、iPS 細胞をあれだけ早い時間で決定して成果を得たとどこかで読んだことがあります。

そういうことを考えると、他にいろいろ**要素技術**があつて、実はその要素技術がいま非常にレベルアップ、ボトムアップしたので何とかできそうだという状態になっています。

・PC

何がよくなったか。**1つ**は、何と言ってもコンピュータがすごく安くなりました。私が 21 年前に初めて理化学研究所に入ったときに、3D をやるためにエンジニアリングワークステーションを買いました。1 台が 1,500 万円しました。いまは多分、同じ性能のコンピュータが 30 万円ぐらいだと思います。それだけ、劇的にコンピュータがよくなった。これは、皆さんも実感されているとおもいます。

実は、これは 3D プリンタだけの話ではなくて 3 次元の CAD 関連全般に言えることです。切削ミリングも、すごくよくなりました。それは、3 次元の CAD/CAM がよくなったということと、工作機械もよくなりました。そういうことで、コンピュータがよくなった。

・ソフト

そうすると、コンピュータの上に乗せて使うソフト。先ほどから言っていますが、3 次元の CAD ソフトが必要になってくる。ピンキリですが、昔は高いソフトウェアは数千万円でしたが、お互いに互換性がなくて、ある会社の仕事を請け負ったら、それと全く同じソフトを買わないとデータのやり取りができなかったのが 20 年前です。いまは、そういうことはありません。互換性が出てきて、ソフトがよくなって安くなった。

・ネットワーク

もう1つは、ネットワークを介していろいろな情報をやり取りできる。これは、すごく速いです。一昔前までは FAX の前に 1 時間も 2 時間もいた記憶があります。

・材料

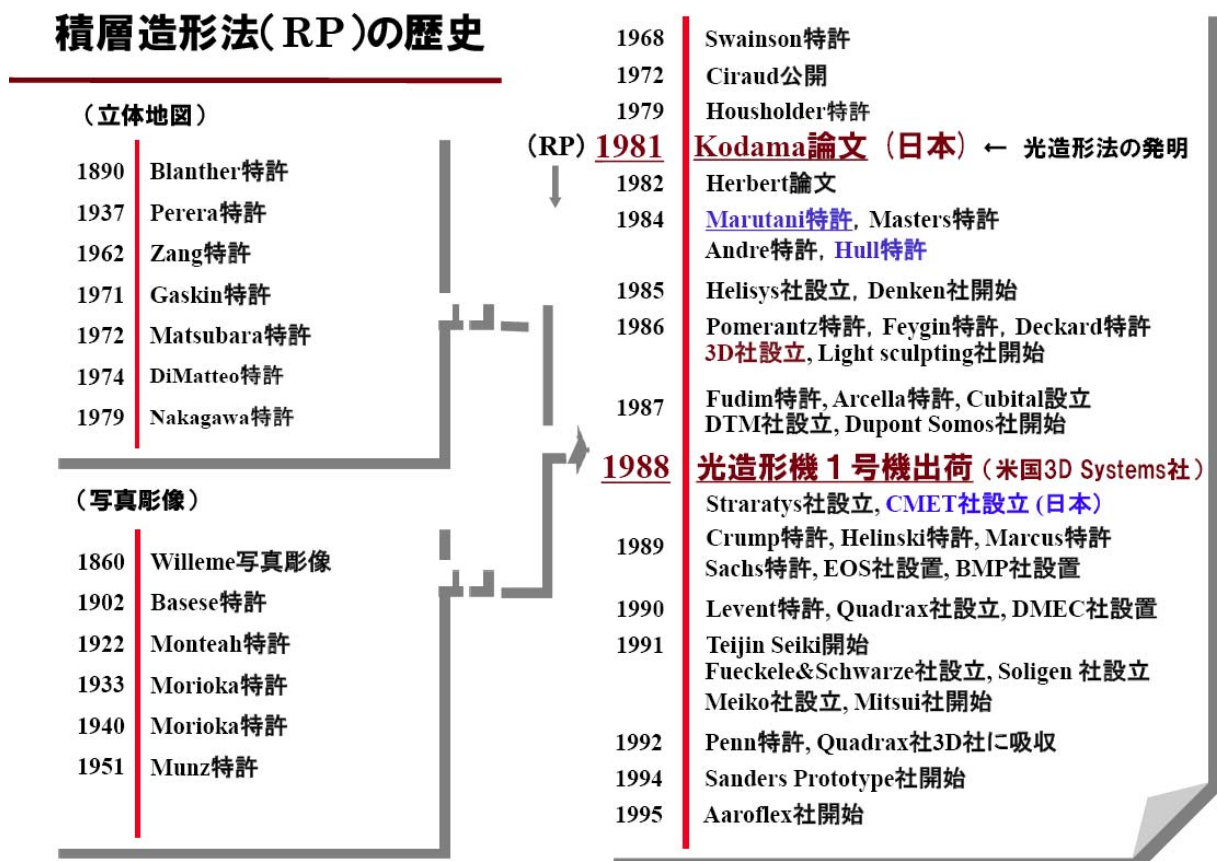
もう1つは、「積層造形のネック」については、「材料にかなり制約がある」という話をいつもします。つまり、使える材料が少ない、実際に使う製品の材料と同じものは使えないと言ってきました。最近、これがすごく増えています。

例えば、3D プリンタのメーカー最大手はアメリカの「3D システムズ」という会社ですが、先月、そこが恵比寿にショールームを開設しました。私はスピーチを頼まれて行きましたが、その社長さんが、「いま、100 種類を超える材料をラインナップしている」とおっしゃっていました。当然、その中には金属も含まれています。100 種類というと結構多くて、世の中に出てくる種類で言うと、金属で言えば鉄、アルミニウム、銅。プラスチックで言えば、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリ塩化ビニール。セラミックで言えば、アルミナート、エスアイシート、シリコンナイトライドでやると材料の 80~90% になります。ですから、実際に使われている種類はさほど多くありません。もちろん、いろいろな組み合わせがあるので無限です。でも、100 種類ぐらいの材料を 1 社で供給できるようになったのは昔に比べるとすごいことです。

・特許

もう1つ、これから問題が起きると思いますが**特許**。実は、3Dプリンタというのは二十数年以上も前の技術ですから、基本特許は切れつつあります。ただし、その周辺特許とか応用特許がたくさん出ているので、これからいろいろなメーカーがつくり出したときに、恐らく、周辺特許、応用特許に引っかかるトラブルが増加するのではないかと私は予測しています。ですが、アメリカのこういう追い風といいますか、それにプラスしていろいろな要素技術。簡単に言うと、コンピュータのハード、CAD、ネットワーク、材料の多様化、特許の期限切れ等が相乗効果を表して、これから使えるのではないかというような期待がどんどん膨らんでいるのが現状です。

さて、特許の話をしました。日本からも出ています。ここ(図1参照)に書いてある Kodama, Marutani というのは、光硬化性樹脂を UV レーザーで固めていって積層していく方法です。これは、世界的に認められています。実用化されたのが 1988 年ですから、かなり経っています。私が初めて見たのは 1988 年でシーメット、三菱商事がつくった会社です。その 1 号機は、たまたま私が助手をしていた前の前の職場の大学に入って、「こういうものがあるのなら、3次元でモデリングしたら何でも物がつくれる時代になるね」と当時思いました。しかし、先ほど言ったような問題がいろいろあってそうはなりませんでした。



参考：積層造形システム, 工業調査会 1996

(図1)

従って、「原理原則としてはあまり新しい技術ではありません。実用化されたのはこのぐらいです」ということです。図にストラタシスとか出ていますが、現在のメーカーで大きな会社は、アメリカではストラタシスと 3D システムズ、ドイツでイオス、あとヨーロッパに1つぐらいあります。

・CAD データ（モデリング）

例えば、光造形の原理。最初に 3 次元の CAD データありきです。3 次元の CAD データがなくてもスキャナで取り込んで 3 次元の CAD に変換するというやり方もあります。いま 3D スキャナは随分安くなっていますが、それでも元になるモデルが必要です。そういうのを一般的にマスターモデルといますが、それをどうやってつくるかという話になります。

結局は、モデリングが必要になるので、これが問題といえれば問題です。モデリングしたものに対して、三角パッチを貼って面をつくる。これを、STL フォーマットといい、これを更にスライスデータにします。皆さんもご存知の、CT スキャンのような感じです。我々の体を輪切りにして、そのデータをずっと組み合わせて積層すると我々の体になるという、それと全く一緒です。

このようなデータをスライスして、スライスしたデータを一層積み重ねていって、一段下がって、また一層積み重ねていくというのを何回も繰り返します。そうすると、こういう製品ができる。これとこれは「≒」ということになります

ですから、我々の体を CT でずっと切断してデータを得ます。得られたデータを積み重ねると、このデータで我々の体ができる、その全く逆を行っています。ですから、これがもともと存在するといいますが、これは存在しないので、基本的には 3 次元の CAD データをつくるという操作が必ず必要になってきます。当たり前ですが、3 次元の CAD データがあれば、3D プリンタでなくても物はつくれます。切削でも研削でも、放電加工でも、いろいろな加工方法があります。ですから、これがあった場合に必ず直結しているわけではありません。層の積み重ねには、いろいろな方法があります。これは、昔から変わってなくて 5 種類ぐらいしかありません。(図 2)

積層造形法

[加工法]

立体の断面形状通りに材料を付加
⇒ 付加加工法

[特長]

切削加工では困難な複雑形状が得られる。

[おもな用途]

製品開発における迅速な試作品製作。
⇒ “Rapid Prototyping”

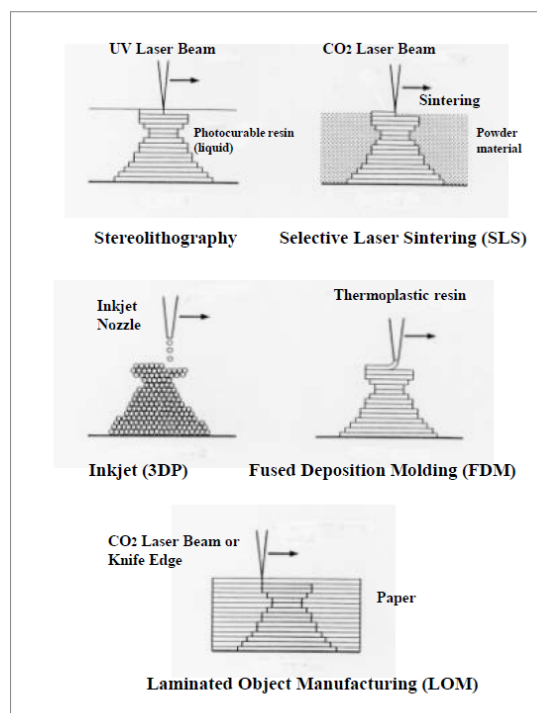
積層法：

光造形法、粉末固着法、粉末焼結法、インクジェット法、熔融樹脂堆積法、シート積層法

材料：

光硬化性樹脂、ワックス、ワックス粉末、樹脂粉末、金属粉末、石膏粉末、でんぶん粉末、熱可塑性樹脂、紙、樹脂シート 等

- ・Stereolithgraphy(SL)
- ・Selective Laser Sintering (SLS)
- ・Inkjet (3DP)
- ・Fused Deposition Molding (FDM)
- ・Laminated Object Manufacturing (LOM)



(図 2)

・積層造形法の種類

いま、3次元のCADデータをつくらなければいけないということが1つありました。もっとも欠点がありまして、これは層状に積み重ねていくので必ず**段差**ができます。これが、この方法の欠点です。例えば、反対側に球の形状をつくろうとしたとき、この方法でやっていくと最初は点なので、ここからどんどん積み重ねていくとひっくり返ります。そうすると、複雑形状のときには、例えば、フランジみたいな形状、途中から出っ張ってくるもの。これをずっとつくっていったら次の層を、T字型の形状を考えてください。ずっと積み重ねていったらそこだけギュッとT字型にすると、これは一層しかないからフニャッと壊れてしまいます。ですから、こういうのと一緒にずっと**サポート**をつくり、また上にT字型を乗せるというような形状をつくるときにはやります。いまは自動でできますが、もちろん高い機械です。その自動でやった後のサポートを取って仕上げするのは、ほとんどの場合は人がやっています。ですから、サポートを取るための**後工程**は人がやらないといけないという欠点がある。更には、当然ですが、3次元の**CADデータ**を準備しないとイケない。あと、材料にまだ**制限がある**というのが私の知っている限りでの欠点です。

他にどういうものがあるかといえば、いま光造形と言ったのはこれです(図 2)。UV Laser Beam (レーザービーム)、Photocurable resin (光硬化性樹脂)と書いてあります。これは、先ほどの原理で、**Stereolithography** (ステレオリソグラフィ) という積層法です。

その右側が **Selective Laser Sintering** (セレクトブレザー・シンタリング)。シンタリングというのは、焼結という意味です。皆さんがよく知っているセラミックの製品というのは溶かしてつくるわけではありません。粉の状態を押し固めて、それを焼き固めます。要するに、融点まで温度を上げません。なぜならば、それを形にするための型をつくる材料がありませんから。それを、焼結といいます。図には CO₂ Laser Sintering (シーオーツー・レーザー・シンタリング)、Powder Material (パウダーマテリアル)と書いてあります。先ほどは樹脂を使いましたが、この方法では粉を敷いておいて、そこを焼き固めていく。また一段下がって次の粉を敷いて、そこを焼き固めていく。それを、何回も繰り返すところは一緒です。

次に、**Inkjet Nozzle** (インクジェットノズル)と書いてあります。これは、インクジェットを使って粉を固めていくので、昔から「**3D プリンティング**」と呼ばれていました。プリンタに使うインクジェットをそのまま使ったので「**3D プリンティング**」と呼ばれました。私の想像では、**3D プリンティング**が**3D プリンタ**になって、これ全体を指すようになったようです。他に近いネーミングがないですから、確かにインクジェットを使ってお絵描きをしていますから、プリンタそのものです。

最初に、「こんな安いものが出ましたよ」というお話しをしたのがこれです。**Fused Deposition Molding** (フーズド・デポジション・モーディング)と書いてあります。ヒューズは、配電盤に入っているヒューズと一緒にです。デポジットは堆積するという意味ですから、要は溶かして堆積させて形をつくるという。**FDM**と呼んでいますが、これが安くてなかなか理解しやすいです。サンプラスチックレジンは当然ですが、熱硬化性樹脂にはできません。熱可塑性樹脂を使って溶かしていったら、ずっと積み重ねていくやり方です。この辺はアメリカでかなり使われていて、安いというのが特徴で材料も安い。

もう1つ、紙を使って積層していくやり方。紙に接着剤が付いていて、レーザーで紙を切って、それを積み重ねていくやり方。大体、これがメインです。いま一番脚光を浴びているのは、レーザーで溶かしているレーザーシタリングです。これが、金属などいろいろな意味で汎用性が高いということです。ヨーロッパも、ここが集中的に研究されています。これはたまたまレーザーですが、電子ビームを使っても構わないし、イオンビームを使っても構わない。いろいろ考え方があってありますが、現状ではこれが一番汎用性が高いということです。

一番使われているのはこの辺で、日本ではこの光造形がかなり使われています。なぜならば、メイド・イン・ジャパンだから。

■3D プリンタのまとめ

もう一回、復習します。特徴は、切削加工では困難な複雑形状が簡単に得られる。昔から使われていたのは、ラピッド・プロトタイピングと言われていて試作品をつくることに使われていました。

デメリットとしては、**材料が制約されます**。ここで言うと、これは光硬化性樹脂しか使えなくて、ここに書いてあるとおり石膏、デンプン。ここは熱可塑性プラスチックで、これは紙。ここが、もうちょっといろいろ使えるだろう。樹脂と金属粉末が使えるとかなり汎用性が広がるので、アプリケーションが広がるということです。ただし、原理上はいろいろな粉末のつくり方があるので、それさえやれば材料も何でもできると思いますが、もう高くなってしまってダメです。大体、市販で最初にクリアしないといけない最終的なネックはコストです。ですから、同じようなものができて倍高ければ誰も使ってくれません。そういう意味では、違ったアプリケーションを探さないといけない。大体にして材料は高い。石膏などは安いけれども、これ用に材料をつくるとなるとなかなか大変です。それぞれ呼び方があって**3D プリンティング**、これに携わっている人は「**3D プリンタ**」という言い方はしなかったので、「**RP 機**」とか「**積層造形機**」という言い方をしたので、ここから来ているのではないかと思います。

どのような用途があるかですが、最初に**3次元のCADデータ**が必要で、ここが出発点です。いま話しているのはここですから、「**3D プリンタは何ができるのか**」という話ですから、これは準備しなければいけませんよという話です。それは、よく覚えておいてください。

それから、一番は**アイデア**があって、次に**モデリング**して、そのモデリングしたものが売れ筋になるかどうか。売れ筋になったときに、**3D プリンタ**でつくったほうが一番早くマーケットに供給できるという図式がないと、**3D プリンタ**を使ってどんな商売をするのかという話になるとなかなか難しいです。ましてや、いままでものづくりのシステムが既に構築された中で、ここだけ**3D プリンタ**に置き換えようというのはなかなか難しいと思います。

もともとは、プロトタイプですから**試作品**から始まりました。試作品を使って、型はいろいろな種類がありますが、型というのは基本的にはコピーをするためのツール、大量生産するためのツールです。ですから、それを使って大量生産して部品をつくり、その部品を組み立てて製品をつくるためのコピー用のツールですが、それをつくるためにはプロトタイプ、最初にモデルが必要です。意匠確認をして「これでいいの？」とか、デザイナーは必ず意匠確認をします。そのためにもやるというのが、一般的な使い方でした。

そこからだんだん、いまこれが一番重要ですが**少量生産**の製品。製品というのは、それが実際に使えるということでプロトタイプではありません。ここが一番重要で、ここを見つけてこないといけない。どのようなものに使えば一番いいですか、他に幾らでもやりようがあるところに入参していても意味がありませんから、この手法が一番向いているアプリケーションを見つけたいといけません。

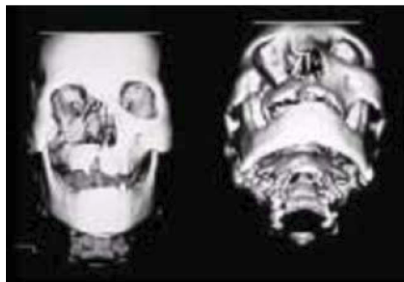
■事例：医療への応用

・人工骨

これから話すのは、医療の分野を見つけてきて「そこに使いました」という事例です。骨の話ですが、実はこのアプリケーションは古くて、例えば、慶應大学の小林先生がやり始めていましたが、こういう頭蓋骨のデータを CT で撮ってきて、そのままつくる (図 3)。

医療への応用

- 光造形モデルを用いた手術計画 -

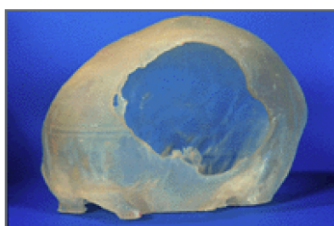


CT画像と光造形法による3次元実体モデル



口腔外科
手術計画用 (慶応大学)

頭蓋骨の欠損



※ 骨の部分は手作り

(図 3)

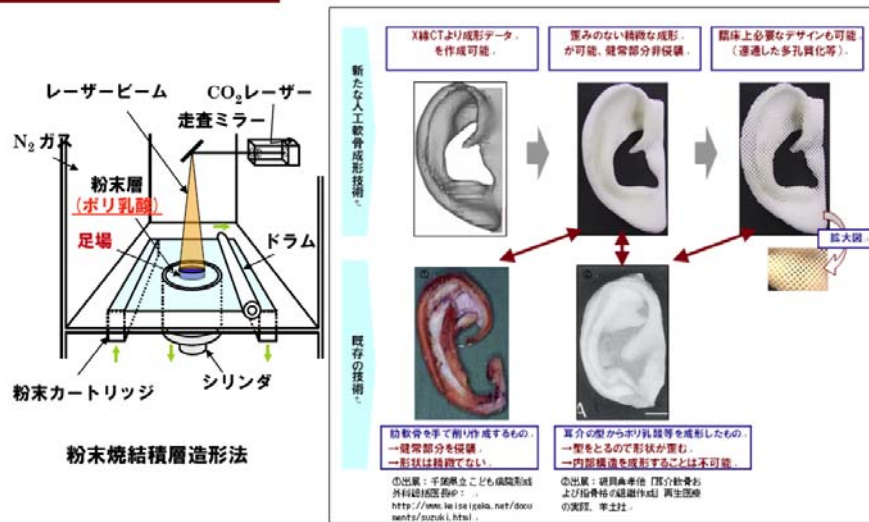
これで、どこを切るかとか、どういうふうにするかとか、実際に手術のシミュレーションをします。では、ここの骨を切ろうとか次のモデルをしますが、手術計画用ということで結構昔から随分使われています。あとは、これがまさにそうですが、欠損部分をどうやって蓋をするか。この場合は手作りですが、我々はこの蓋の部分を 3D プリンタでつくってしまおうということを提案して、いま病院で使われています。

・耳

他に例えば、耳のモデルをつくっています。(図 4) 耳がなくて生まれてくる子が 5,000 人に 1 人ぐらいいます。それで耳の軟骨を医者がつくって、これを実際にオペで入れてやる、インプラ

ントしてやる。そのときに耳のデータがないと困るだろうということで、あるほうの耳のデータを CT で撮ってきて、それをミラー上で反転して、ない耳のデータをつくる。これは光造形でつくりましたが、こういう耳をつくってやって、医者がこの耳をモデルにして作る。このモデルは、その子の耳でしかつけれないということで本当に**オーダーメイド**の例ですが、ちょっと洗練されていないですね。最終的には、医者が手で作っているということなので、工学的に見るとちょっと洗練されていない。

粉末焼結法による 組織再生用足場の成形



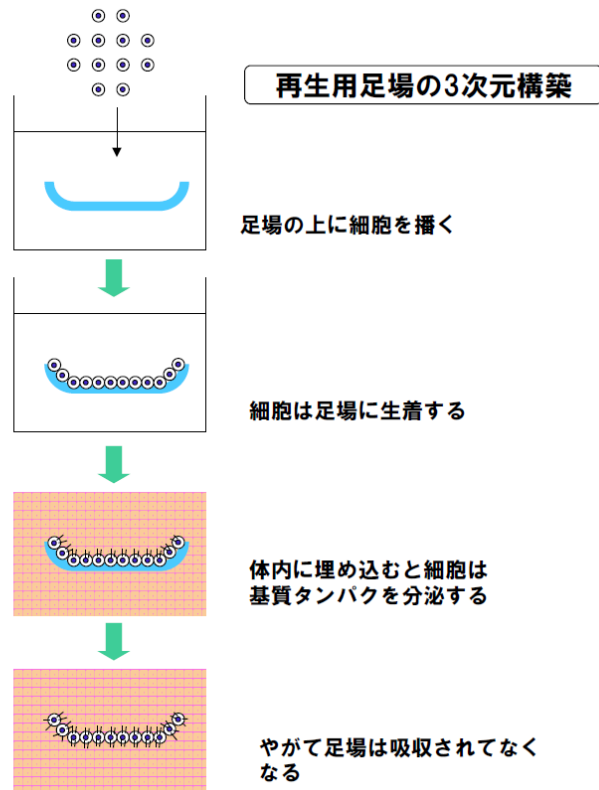
(図 4)

・細胞の足場

iPS の話ですが、実は私たちは iPS はやっていません。iPS は最近ですから。もともと肝細胞というのがあって、骨をつくる細胞を持ってきて培養すると骨しかできません。筋肉をつくる細胞を持ってきて培養すると、筋肉しかできません。そういう細胞は、7 種類ありました。そういうものを持ってきたときに、どうやって形をつくるかというのを昔からいろいろ研究していました。そういうものを、「足場」と言います。例えば、これを iPS 細胞だと思ってもらって結構です (図 5)。この場合は幹細胞ですが、図は昔つくったデータですから幹細胞ではありません。

積層造形法の骨再生医療 (組織工学) への応用

体内で分解する性質(生分解性)をもつポリマーを用いて足場を形成し、それに培養細胞を播いて足場上に生着させる。足場に生着した細胞を体内に埋め込む。やがて細胞自身が基質タンパクを産生分泌するとともに、ポリマーで出来た足場は吸収されていく。



(図5)

足場をつくっておいて、そこに細胞を乗せて培養しましょう。それを体内に埋め込んで、やがて足場はなくなるけれども細胞は形を残したまま生き続けるという。先月ニュースを見ていたら、京大が世界で初めて3Dプリンタを使って、小耳症の足場をつくりましたというのが載っていて、「へえ～」と思って見ていました。10年前からこれを言っていますが、細胞が違うだけですから考え方は一緒です。

このようなことがあったので、こういう足場を3Dプリンタで。この場合は、レーザーで樹脂を溶かすやり方を使いますが、ポリ乳酸を、本当はこれと同じのをつくりたいのですが、わかりやすいように耳にします。これは、NTTデータエンジニアリングシステムズでつくってもらいました。手を合わせて、ポリ乳酸でこんなのがつukれないかとやったら案外簡単にできた。そうしたら、こういう軟骨をドクターが切った・貼ったとやるのではなくて、これで形をつくってやって、ここに軟骨の細胞を埋め込んでやって、あとは体の中に入れておく。そうすると、ポリ乳酸は体の中でなくなりますから生分解性ポリマー。そうすると、足場がなくなって最終的には耳が残るだろうということを10年前に提案しました。あとで、別の骨の話詳しくします。

・その他事例

理化学研究所には、私以外にも、切削をするグループとか、3Dプリンタをつくるグループがあって、私はどちらにも顔を出しているいろいろな装置をつくりました。こういう話は当時はすごかったですが、いまはもうこんなのは簡単にできるようになっています。ですから、「こんなことをやりましたよ」ということだけを説明して、LEDを使って形をつくっているいろいろやりました。

例えば、**クラインの壺**(図6)とい立体を真ん中からカットした写真を見ると、「なるほど、こういうのはつukれないな」というのがよくわかると思います。これが、積層造形だとどんな機械でも簡単にできます。例えば、ここにコブがありますがこれは**動脈瘤**(図7)です。先週どこ

かのテレビで、脳の中にチタン合金を入れてクリップを入れますが、そこが破裂しないようにやる手術がありました。どのように血が流れるか、中空のモデルをつかって流動解析を行ったりしますが、データさえ持ってくれば何でもできる。これも CT データから持ってきていますが、スライスデータと同様に輪切りになっているので、そういう意味では非常にわかりやすい。



(図 6)



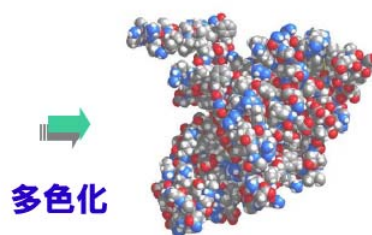
(図 7)

我々工学をやっている人間からすると、いろいろなアイデアを持ってきて複合化すると何でもできるということがあります。例えば、ABS、板、シートをつかって、そのシートを重ねて途中切って、また別の接着剤でくっつける。それで、最後にパカッと外してやると ABS ができるということを昔やりました。これは、切削と接着技術、更に積層技術を組み合わせます。車のバンパーをつくらうという目標でしたが、いろいろうまくいかなかったところがありました。

・タンパク質モデル

ここからは、うまくいった事例です。これ (図 8) はタンパク質のモデルですが、データさえあればこういうタンパク質のモデルは簡単にできますが、光硬化性樹脂でつくっているので射出成型をやったときの出来損ないみたいな感じのものができて、「こんなのでもいいの?」と言うと、研究者はすごく喜びます。でも、実際に CAD ではこのように表現されていて、これを何とかできないかというのを 1 つのテーマとしてやりました。何とかできるのかというと、できます。

積層造形モデルの多色化



“RecA” 蛋白質 (DNA組替え蛋白質の一つ)
“RecA” protein (for recombination of DNA)

(図 8)

これは、先ほどの 3D プリンティングです。例えば石膏とかスターチ、デンプンです。それにインクジェットで水を塗布すると、水をつけたところが水酸化物になり水和反応になって固まる。スターチと石膏、あとで出てくるリン酸三カルシウムという、水に浸けてこねると水酸化物ができて硬くなる材料があります。そういうもので、いま工業的に使われているのが石膏です。硫酸カルシウムに水を浸けて、これを繰り返すと最後にこれができる。

・酵素モデル

昔はモノクロでしたが、インクジェットを使っているのだから、フルカラーでやることを提案しました。シアン、マゼンタ、イエローを、お互いにオーバーラップさせて色つけをすると、こんな感じです。(図9)。

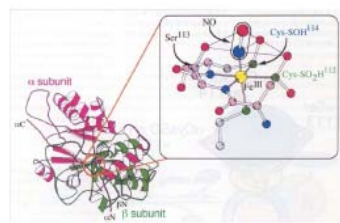
手のひらにのる分子模型



粉末積層法にて製作した分子模型 (原子の数: 約2,000個)



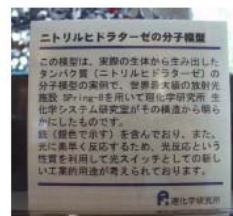
ニトリルヒドラーゼ
(光と一酸化窒素でスイッチする酵素)



コイル状模式モデル



従来のBall & Stick 型模型



(理研ギャラリー)

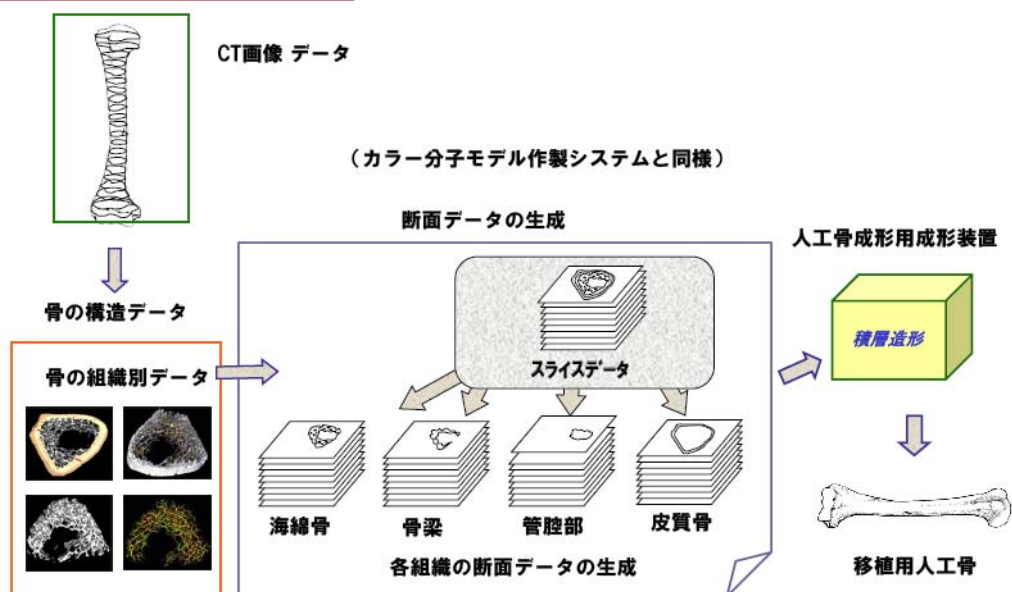
(図9)

これは石膏で透明、スケルトンではないので外側だけ色がつくようにして途中で止めている状態です。そうすると、こういうものができます。通常これは1m ぐらいあって、300万円ぐらいするという話です。そして、ものすごく時間がかかりますが、新しい酵素を発見するとこのように飾っておきます。それを、理研に入れた世界のカラープリンタ1号機を使い、20万円ぐらいしかかからずに2日ぐらいでできました。こういうリボン状のモデルもできるし、これがみんな繋がっている状態ですが、こういうポール・アンド・スティック状態、要するに宙に浮いたような状態ですね。それも、積層造形でつくることができます。

・人工骨

これは、カラーの工業用3Dプリンタで骨をつくった事例です(図10)。最初に人工骨ができるという話をしましたが、全く同じデータをつくって、スライスして骨の部位によって少し変えてやる。実際の人工骨というのは、実は削ってつくったりしています。医者が使うときにはある1つの種類ですが、こういう粉体をペースト状にしてやって体内に入れてやる。これは水で固まります。我々の体内はほとんど水なので、固まってやがて自分の骨になります。

骨の積層用データ



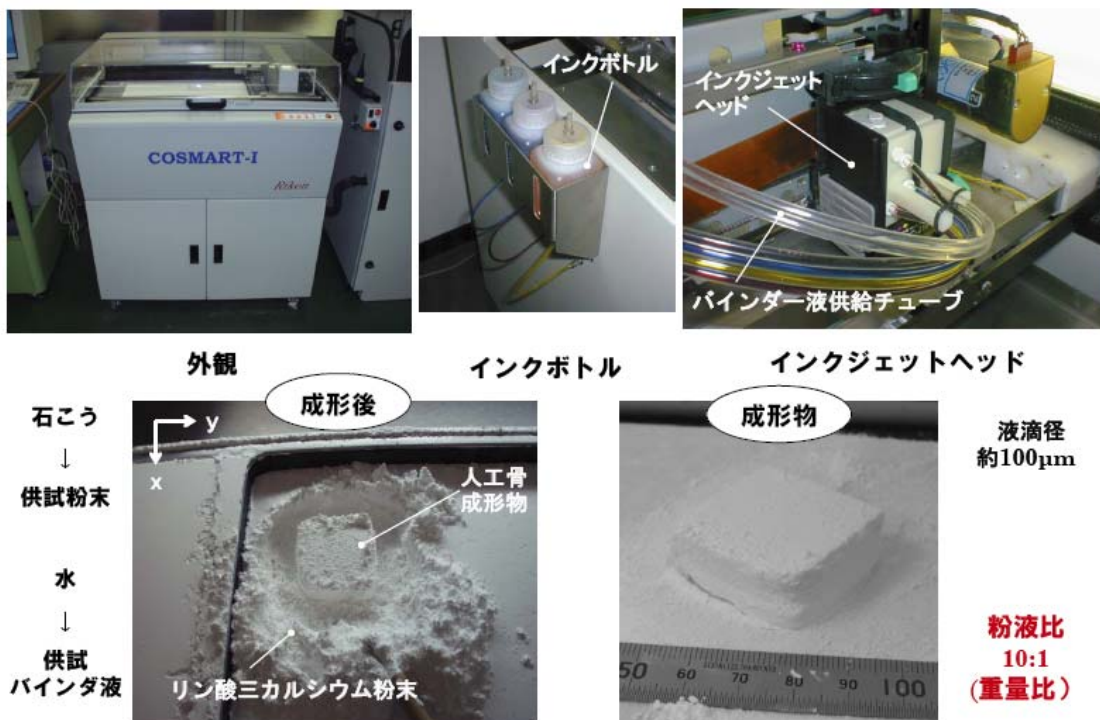
(図 10)

骨は非常に複雑な形状をしています。皮質骨という硬い骨があって、海綿骨という複雑な骨があり、中に髄腔という栄養や髄液が入っている、こういう形状をしています。ですから、全く同じ成分でこれと同じ形状ができるとそのまま使えるという発想になります。

この場合に重要なのは、インクジェットを使った 3D プリンタが必要で、水で固まる素材が必要。たまたまですが、これはリン酸三カルシウムという粉が水で固まるとハイドロキシアパタイトになります。ハイドロキシアパタイトは我々の骨の主成分です。軟骨に対して骨と言いますが、骨というのはハイドロキシアパタイトとコラーゲンのナノコンポジットでできています。ですから、すごく具合がいいわけです。実はこれは私が考え出したことではなくて、そういう粉を扱っていた、先ほどお話しした鈴木社長さんが私を訪ねてきて「こういうものがないか」ということから始まった研究です。ですから、「こんなので骨ができませんかね」というアプリケーションを持ってきた人がいて、それをやってみたらうまくいったという話です。もともと、このように体内に入れると骨になってしまう、置き換わるという素材を使っています。

・CTデータの CADデータ化

これは、先ほどお話ししたインクジェットで、ここにヘッドがあります (図 11)。まさに、キヤノンのインクジェットのヘッドを使っていて、これで粉が固まるようなバインダーを塗布する。塗布の仕方は、先ほど言ったような CT のデータを 3 次元の CAD データにして、いろいろな形状のところを、その部位によってフルカラーと一緒に何番目のインクジェット、何番目のインクジェットと分配してやるとこのようになって固まる。これは、前にいた職場の私の部下がドクター論文を取るためにやったものです。



(図 11)

システムとしてここが重要ですが、CT データが自動的に 3 次元の CAD データになって、それがスライスデータになります。ここからは自動です。ですから、これさえ用意してくれば、あとはアプリケーション次第です。そうすると、「データはこのようになります」、「これが、ウサギの骨です」、「このデータを使ってプリンタでつくと、このようにできます」、といった具合です。

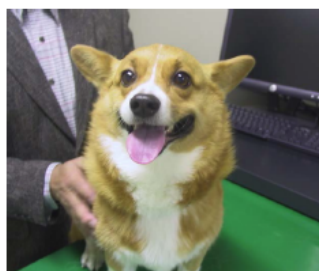
重要なのは、先ほどから何回も言っていますが、3D プリンタはどんな形もできます。ですから、こういう内部構造をつくれる装置は他にありません。切削ではできませんし、レーザーでも固めながらやることはできません。そういう意味では、これは 3D プリンタでしかできない。しかも、インクジェットで水を使ってリン酸三カルシウムを固めるという、そういう組み合わせでしかできないやり方です。皆さんは人口骨で思い出すのは、チタンやステンレスなど代替骨だと思いますが、あそこはすごく強度が必要で、これでは少し強度が足りないので使えません。将来の課題です。こういうことを、実はもう 10 年前、2003 年に『日経バイオビジネス』に発表しています。その頃は講演依頼も何もありませんでしたが、少し時代が変わってきました。

・アプリケーションの重要性

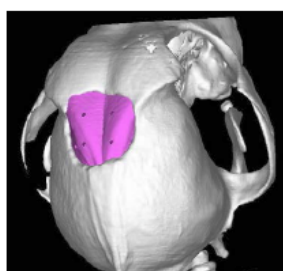
ここからがすごく大変です。我々は形をつくるだけ。要するに、3D プリンタは形をつくるだけですが、骨、何か別な目的になるとその目的できちんと使えるかどうかを評価しなければいけません。すると、人工骨の「動物実験をやろう」という話になるわけです。これは、東大獣医学科の家畜センター長の佐々木教授の研究室で、我々がこれをつくることを提案し、佐々木先生はそれで動物実験、あるいは臨床をしたという話です。そこから先が、ヒトへの臨床に繋がります。

これは、犬の頭蓋骨です (図 12)。骨肉種になってポコッとコブみたいなものができて、そこを切除した。これを 3D プリンタでつくって入れて、また元に戻しました。

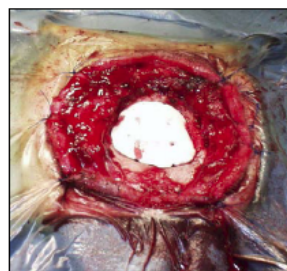
動物臨床試験（東大動物病院）



患者犬
(6歳齢ウェルシュコーギー)



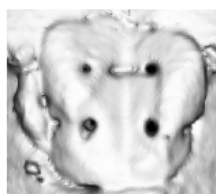
骨欠損部の補填データ
(約27×27 mm)



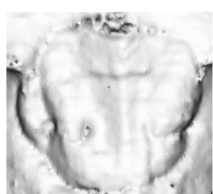
積層造形による人工骨の補填術
(腫瘍摘出2週間後)

X線CTによる頭部の経過観察

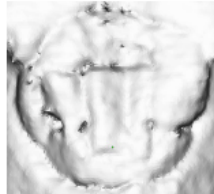
手術直後



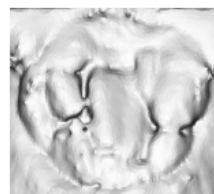
手術3ヵ月後



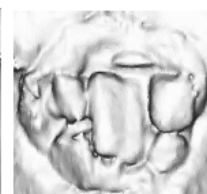
手術7ヵ月後



手術10ヵ月後



手術16ヵ月後



※ 補填術後3ヶ月、6ヶ月、補填16ヶ月後においても人工骨にずれはなく、人工骨周囲には新生骨が認められた。

参考：最新インクジェット技術【2007年版】、技術情報協会 1420

(図 12)

これは、3D プリンタでつくった骨で手術をして治った栄誉ある患者犬です。名前は聞いていません。保険はきかないのすごいい値段を払ったと思います。このようなものを 3D プリンタでつくっておいて、こちら側に穴を開けてオペして、ずっと CT で追っていきます。

何がいいかという、人工骨だったのが時間の経過とともに、境界がわからなくなってこういう穴が全部埋まってしまう。人工骨が自分の骨に全部置換されます。

なぜかという、骨は、骨芽細胞と破骨細胞がセットになって、つくっては壊し、つくっては壊すということを年がら年中やっています。人工骨が自分の骨と全く同じ成分でできているので、細胞がだんだんこちらへ移ってきて生着して、つくって壊す、をやり始めます。そうすると、やがて人工骨だったのが自分の骨になるという話です。

何回も言いますが、これは私のアイデアではないです。もともと工業用途を前提に開発してきたベンチャーの方が、たまたま「こういうことに使えないか」と言って来たのです。当時、その会社はたしか2人だったと思います。いまは100人を超えています。その方が持ってきたこの材料を使い3Dプリンタでつくったら「使えそうだ」ということで東大病院の家畜センターの先生たちも巻き込んでやりました。ですから、**アプリケーション**がすごく大事だということです。

・顎骨

これは、人に使った例です (図 13)。顎変形症の部分のデータを取って、あなたのために作るというものです。人間の形というのは線対称ですから、ここでデータを取ってミラーイメージでつくって、少し修正すると、何となく左右対称にできるというやり方です。ですから、ないところも一個だけだとまずいですが、何となく CAD 上でつくって合わせ込みをしてやると、「あなたのため」のデータになります。もう、東大病院では100例以上やられていると聞いています。

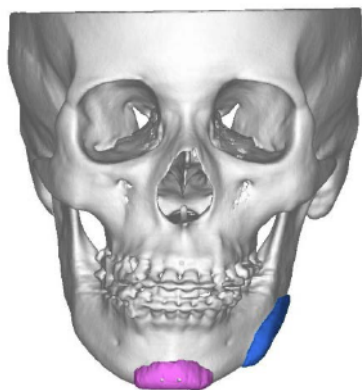
適用患者

診断名：顎変形症

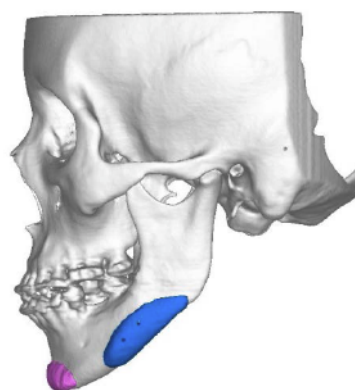
手術日：6月27日

年齢：38歳

性別：女性



正面図



側面図

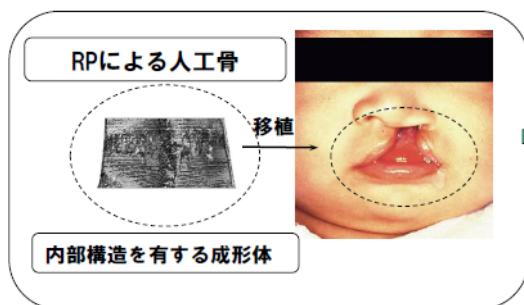
(図 13)

・人工耳・口蓋

小耳症というのは、これです (図 14-右)。

期待される社会的効果

粉末積層造形法による人工骨



先天性骨欠損症 (口唇口蓋裂)

社会的貢献

- ・ 骨や軟骨の疾患に関する医療技術の進展に寄与
- ・ 患者のQOL(Quality Of Life)の向上

年間出生数 120万人
口唇口蓋裂 1/400-500
小耳症 1/4000-6000



※ 強力な医工連携が必要

(図 14)

これは、いわゆる口唇口蓋裂です (図 14-左)。いまは医者がすぐ縫ってしましますが、中は縫うことができないので、頭蓋骨が成長していった最終的に縫合とってこのようにくっつきませんが、それがくっつかなかった状態です。そうすると、口の中と耳の側が繋がってしまい、慢性の中耳炎になったりします。医者の対応は、シリコン樹脂でキャップをします。最終的には、患

者さんに対して「あなたのための骨を設計してあげます」と言って、さっきのように置換して、2年ぐらいで完全に蓋をして、あとは自分の骨になります。患者のクオリティオブライフの向上に使えるといいなということです。これは製造業で試作用、あるいは石膏型用に使っていたものを、骨用にアプリケーションを変えただけです。だから、アプリケーションを見つけることが、非常に大事だという事例です。

・インプラント用人工歯等

ここからは、会社からいただいていた事例なので資料はお配りしていません。

最近よく言われていることで、これは NTT データエンジニアリングシステムからいただいた事例で金型の話です。

金型は、いままでのつくり方があるから金型のつくり方をこれに変えたと言うと、「あるシステムの中の1つを3Dプリンタに変えただけで、使えないだろう」とお思いになるかもしれませんが、実はこれですごくいい効果があり、徐々に普及しています。

何がいいかと言うと、プラ型は一般的に水で冷却します。なぜかと言うと、例えば、ポリエチレンだと200℃ぐらいで溶かして金型内に射出しますが、当然、自然冷却には時間がかかるので強制的に冷却して、まだ熱いうちに出してしまいます。

冷却サイクルの短縮化ですね。冷却効果があるほど早く製品をつくれますが、単純に早くしたただけだと製品が変形します。冷却のための配管にドリルで穴を開けると直線的になります。すると、金型の表面に温度勾配ができて、冷えているところと冷えていないところが出てきます。それを、製品面に沿って配管してやる。「面沿いに3次元の配管をする」という表現をしますが、そうすると、面で冷却するので温度勾配が非常に少なくなります。

これは、子供向けの金型のインサートですが、少し難しい形状に冷却の配管をすると成型のサイクルタイムは大体半分になる。極論すると、点ではなく面を冷やしているので早く冷える。さっきお話ししたように、温かいうちに取り出すと、固まっているところを、これから固まろうとするところが凝固収縮で引っ張ってきて反ってしまいます。それが低減されるということです。このような複雑形状の中に複雑な配管をしています。

でも、全部そうやって型をつくったほうがいい訳ではありません。実は、冷やさなくてもいいところがあるので、実際の成型したところの製品面に当たるところだけ冷やそう、こういうところ。これを、うまく組み合わせることによって、これでも1/3は時間を短くしています。おまけに、全部つくると、工程から考えるとどうしても高くなって時間がかかるので、ハイブリッドしてやると具合がいいという事例です。

私はいま歯の具合が悪くて。ヨーロッパでは当たり前になったコバルトクロムという材料を使っています。最近、日本ではコバルトがダメになるということで、厚生労働省から「体に悪い」と言われていますが、ヨーロッパではコバルト系の合金で「あなたの歯をつくりましょう」という。こんなブリッジが可能なのでしょうか。これは、インプラントを4箇所して、それで被せているのでしょうか。私は歯医者ではないのでわかりませんが、この長さで1つのブリッジは無理なので4箇所インプラントしているのでしょうか。そして、ここはブリッジで何もなくて、ここもブリッジで何もなくてというような……。そのための歯を、こうやってつくっているのでしょうか、ブリッジ用の。

これはインプラント用の体内に埋め込むやつですが、コバルトクロムはよく出てきます。あとは、チタン。ヨーロッパではすごく流行っています。日本のやり方は少し違うやり方ですから、こういうものをどんどんつくっていく。

変わったところでは、PEEK材、スーパーエンブラを使ってジェット戦闘機の配管のダクトをつくっています。こんなものは何万台もつくり、せいぜい100機ぐらいです。これは複雑な形状をしています、PEEKで大丈夫なのだろうかという話があります。私は、日本でこういうのをチタンで削り出してつくっているのを見たことがあります、すごい複雑形状でした。五軸加工で、1個100万円ぐらいの値段です。

医療用のブランケット、A380のドアヒンジ、タービンエンジンの例もあります。

これはあくまでも紹介しているのであって、これがいいということは一言も言っていません。積層造形ですと積み重ねていったのと、鍛造でつくった材料を削り出してやったのでは、当然、素材の組織や特性が違うので、それが使えるかどうかは私はよくわかりません。例えば、クリープ評価とか何かやらないといけませんね。何万時間も持たせるとか、という評価をやっているのかは不明ですが、こういう複雑形状をつくるのには適しているということで、これが実際に全部使われているということではないと思います。

・その他用途

これは、**燃料噴射装置**です。普通は塊から削り出すのが一般的です。

これは**タービン**です。タービンブレードというのは穴をたくさん開けて冷却効果を持たせますが、最適な流体の流れになる穴の位置をこういうモデルで実験します。それが可視化のモデルです。こういうのが、他ではちょっとできないやり方です。砂型をつくらせて鋳造するにしても、これをつくるのは大変ですよ。

次の、**モニュメントのようなもの**は、よく言われている軽量化の例ですね。同じ強度を持つのであれば、こうやってできるだけ中空にする。例えば、この中を全部ハニカムにして、強度を持たせて軽量化するようなことにはいいかもしれません。

これも生体のインプラントで、ヨーロッパではよく使われています。

これは複雑形状のもので、これはオリンピックで使った自転車のヘルメットです。こういうのを1万、20万つくるわけではありませんから、こういうものをつくる時には具合がいい。

最初の、金型をつくる時の話を覚えていますか。レーザーシタリングでやった後、削って金型をつくる。これは深溝ですが、これが反転するとリブになる。このような立ち壁になりますが、こういう切削は実は苦手です。これは、マツウラというところでデータをいただいています。これは、先ほどの冷却の話と一緒に。こういう製品があったら、製品面にこのような冷却を配管するわけです。いままでの加工ではできなかったのが、3Dプリンタでやると、できる。そうすると、これは均一に冷えています、従来の直線的に穴を開けたやり方では、冷えているところと、冷えていないところがある。そうすると、さっきお話ししたような、凝固収縮によって変形が起きます。

先ほどのハイブリッドと同じ考え方ですが、全部金型はこのほうがいいということではありません。溝が多いところは、先ほどの方法がいいが、こういう平坦なところ、金型で言うとキャビ

コアや、あるいは、いわゆる意匠面、表面に出る面は穴があると困るので、普通に削るほうがいい。別のところでは、加工法のハイブリッドを考える。

それでやると、このようにほとんど反りがなくて、片方はここが曲がっていて、1桁ぐらい違ったような変形が出てきます。そうすると、先ほどと同じで、冷却時間は1/3ぐらいで変形をなくしたと言えます。ですから、いままでの射出成型等のつくり方ではなくてこういうものを組み合わせていくと問題を解決できる。タクトタイムと、サイクルタイムと、あとは精度の問題。そういうものが解決できるという提案になっています。

もう1つ、ソライズさん(昔はインクスといった会社)での使い方の例を紹介します。これは、従来の使い方です。車のインテークマニホールド、空気を吸入するところです。エンジンテスト用ですから、製品ではこれを長時間もつ材料に置き換えます。これは、ナイロンにグラスファイバーが入っています。これは光硬化性樹脂を使った材料で、最も典型的なアプリケーションです。要は、透けて見えるスケルトン、可視化です。カムカバーの下でエンジンでカムが動いている状態や、オイルの感じが見えます。

これはリフレクター、反射板です。こういうのでつくってアルミ蒸着してやって、反射率、明るさの試験モデルです。この形状でOKなら、違う材料で量産する。

これは、よく使われるケースで車のダッシュボード、インテリアです。よくインパネと言われますが、昔からモデルをつくって、検討をよくやられます。ですから、カーメーカーでも家電メーカーでも、試作部門では昔から3Dプリンタを使っています。

例えば、モーターショーなどで1台、2台つくるときには、こういうもので形をつくり、革張りにしたり、着色してもっともらしいものをつくって、「何年モデル」として出すというのは一般的です。工業製品でプロトタイプをつくることは、家電メーカーでも昔から行っています。そういう分野にアプリケーションを求めるのは、難しいかなと思います。

■まとめ

そろそろ時間なので復習しますと、この方法はどんな形でもつくれますが、欠点もあります。他の加工方法と同じく、材料にも制限があります。ただ、将来、安価な方向にだけ目を取られるとアプリケーションが狭まってしまうのですが、例えば、オバマさんが言ったように学校に1,000台入れる。日本は大体50県あるので、1県に10台ずつで500台。1,000台だと1県に20台ずつ。なんか効果がありそうかなと思いますが、まず無理です。小学校の先生は使えないし、3Dプリンタの技術研修をやったら日教組が黙っていないと思います。

では、何に使えるかという**アプリケーション**次第だと思います。先ほど、たまたま私は医療でアプリケーションを求めてうまくいきましたが、実はものづくりの人よりも、いろいろな人がアプリケーションを求めたほうがいいと思います。

それは、先ほど話した**メーカーズ**の最初に出てきたことです。つまり、ネットワークを介してものづくりをするときに、ネットワークを介して製品のアイデアを皆からもらうことが1つの方法だと思います。それがよければ、それをカスタマイズするなりして、製品として世界に発信する。そういうことをしない限りは、ニッチ市場でやるしかない。ニッチも素敵ですが、ニッチなところを探すのは大変です。

何回も言いますが、この方法の欠点をきちんと覚えておく必要があります。いまのものづくりは3次元のCADデータは当たり前ですから、3次元CADデータ製作の必要性は欠点ではないと思いますが、段差ができるとか、最終仕上げをしないといけないとか、材料にまだまだ制限があるというようなことを踏まえて、「こういうものでこのぐらいの精度でいいけれども、これで製品になる」という製品をつくれるのなら、安価なものでもOK。

しかし、積層造形の機械はピンキリなので10万円から、高いものになると2億円ぐらい。積層造形でもっと高いのは半導体をつくるステッパーで20億円ぐらいします。

よく質問に出るので最初から言いますが、精度は、レーザーで言うとビームを絞ってパウダーを小さくする。あるいは、パウダーでなくても、材料を小さく固めていくとステッパーの例も含めてナノまでできるでしょう。

「どういうものに使ったらいいか」というのは、先ほどから言っていますが、私はノーアイデアです。私にそういうアイデアがあれば、自分で会社を興してせっせと何かをつくっております。

時間となりましたのでこれで終わりたいと思います。ご清聴ありがとうございました。

(平成25年9月17日(火) グランドパレスホテルにて)