

# 3Dプリンタの活かし方と可能性

---

**萩原恒夫**

2015年2月24日

E-mail: [hagiwara.t.ad@m.titech.ac.jp](mailto:hagiwara.t.ad@m.titech.ac.jp)

[Ts.hagiwara@gmail.com](mailto:Ts.hagiwara@gmail.com)

<http://www.thagiwara.jp>

**東京工業大学 大学院理工学研究科**  
(山形大学 有機エレクトロニクス研究センター 客員教授)

# 目次

---

- 3D Printerについて
  - 3Dプリンター(三次元積層造形装置)とは?
  - 3Dプリンターの動向
  - 3Dプリンターを取り巻く環境と市場動向
- 3Dプリンター用材料
- 活用について
- 今後の展望

# データから立体形状へ

機械加工法	操作	自由度	大量生産	単品製作	加工の具体例
除去加工 (切削)	除く	○		○	旋盤、マシニングセンター、研削 放電加工、フライス盤 等々
付加加工	加える	◎		○	溶接、ろう(ハンダ・銀ろう)付 け、 <b>三次元積層造形(AM)</b>
成形加工 (塑性)	除く 加える	△	○		射出成形 鍛造・圧延・せん断 プレス・曲げ・絞り

三次元積層造形(Additive Manufacturing: AM) => 3Dプリンター

**Additive Manufacturing (AM)**/2009 ASTM会議で名称定義

# 3D Printerとは

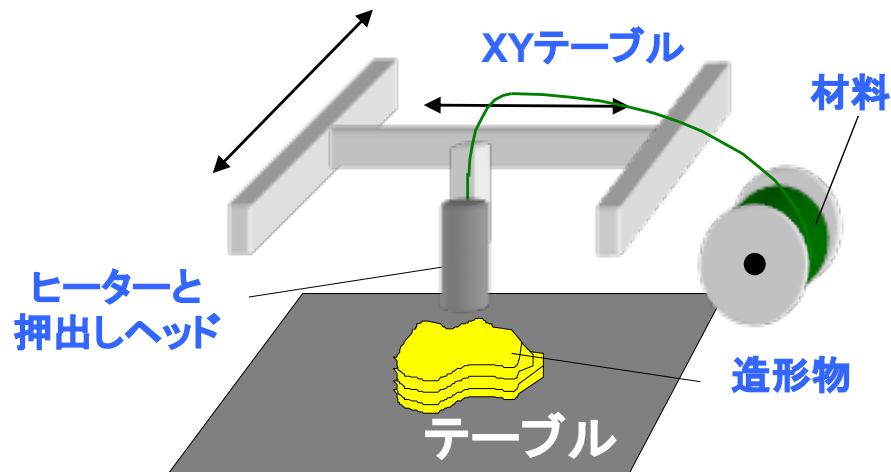
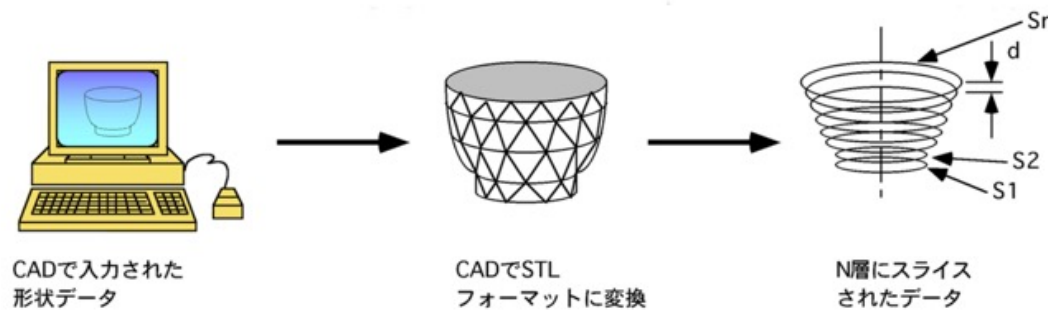
---

3次元データに基づき  
一層ずつ、  
積み重ねて立体を作成する装置

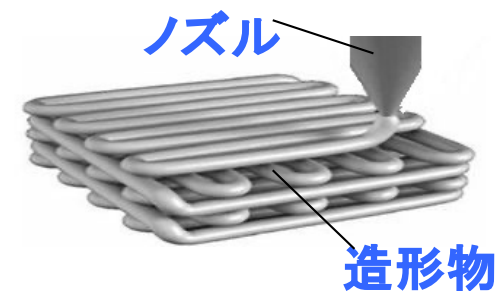
\$5,000以下をPersonal 3D Printer  
それ以上を (工業用)3D Printer  
(Terry Wohlers氏の定義)

# 3次元積層造形法(3D Printer)とは

3次元の形状データ(CADデータ)をもとに  
光硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、樹脂粉末、粉末金属などの積層材料を  
レーザー光、電子ビーム、インクジェット、溶融押出などの刺激により、  
一層ずつ(層状に)積み重ねて目的の三次元形状とする技術



Cube/3Dsystems



# 今、なぜ 3D Printer なのか？

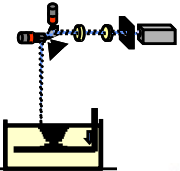
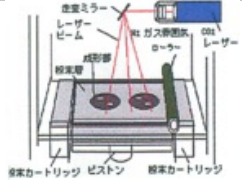
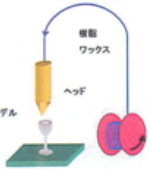

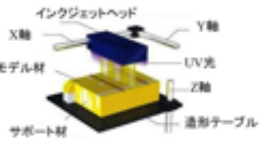
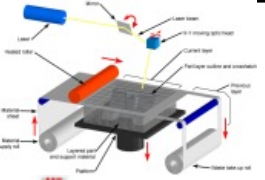
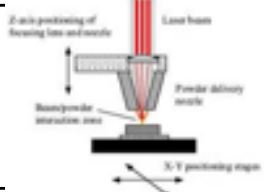
## 機が熟した!!

- 3次元データが比較的簡単に生成できるようになった。  
高性能PC／グラフィック環境の成熟  
3D CADシステムの低価格化と普及
- 各種積層造形装置の基本特許切れ  
多くが1980年後半に発明され、20年以上が経過
- FDM方式のオープンソース化  
→ 大学発ベンチャー機の大量進出; RepRap、BfB, Makerbotなどの成功
- クリス・アンダーソン “Makers” で話題に
- 米国オバマ大統領: 2012年から3Dプリンターへの取り組みを開始  
2013.02の一般教書演説で3D Printerで雇用を  
2013年の世界的な3D Printerへの期待
- 過剰ともいえる期待が、大きなエネルギーとなって突き進んでいる。  
小学生でも知っている話題・技術 ← 3Dプリンターがファッション化

# 3次元積層造形(AM)法

積層技術	英名	別名	材料	手段
液槽 光重合法	Vat Photo- polymerization	光造形法, SLA	感光性樹脂	LASER, ランプ
粉末床溶融 結合法	Powder Bed Fusion	粉末焼結法, SLS, SLM, EBM	PA粉末、金属粉	LASER, 電子線
材料押出法	Material Extrusion	溶融樹脂積層法, FDM, FFF	ABS, PCなど	熱
結合剤 噴射法	Binder Jetting	インクジェット法, Z-Printer法	石膏粉 水系バインダー	インクジェット
材料噴射法	Material Jetting	PolyJet法, MJM法など	感光性樹脂など	インクジェット
シート 積層法	Sheet Lamination	シート積層法, LOM法	紙、プラスチック シート	LASER, カッター ナイフ
指向エネルギー 堆積法	Direct Energy Deposition	LENS法など	金属粉末	LASER





**Additive Manufacturing (AM)/2009 ASTM会議で名称定義**

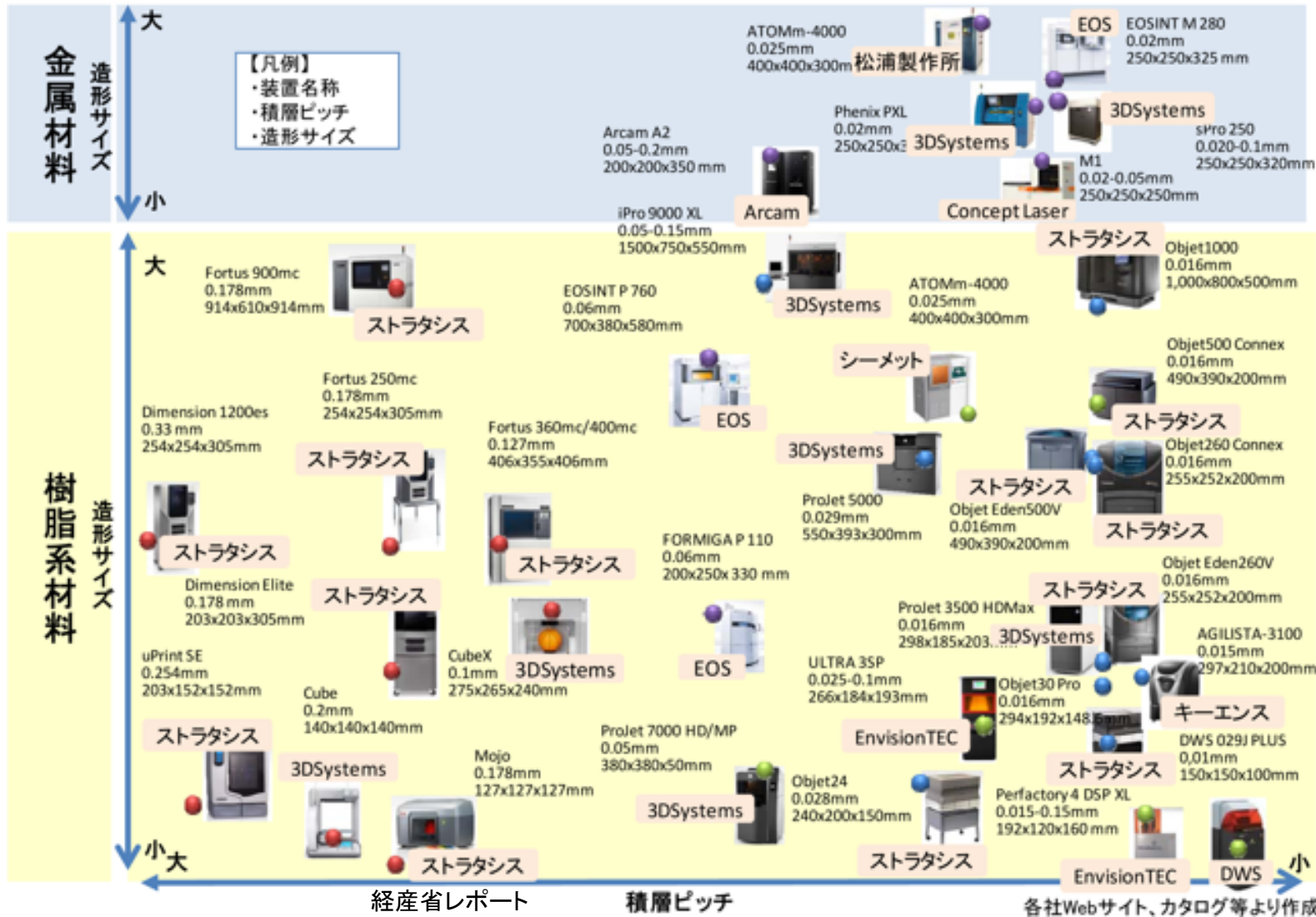
積層技術	英名	別名	材料	概略
液槽 光重合法	Vat Photo- polymerization	光造形法, SLA	感光性樹脂	
粉末床溶融 結合法	Powder Bed Fusion	粉末焼結法, SLS, SLM, EBM	PA粉末、金属粉	
材料押出法	Material Extrusion	溶融樹脂積層法, FDM, FFF	ABS, PCなど	
結合剤 噴射法	Binder Jetting	インクジェット法, Z-Printer法	石膏粉 水系バインダー	
材料噴射法	Material Jetting	PolyJet法, MJM法など	感光性樹脂など	
シート 積層法	Sheet Lamination	シート積層法, LOM法	紙、プラスチック シート	
指向エネル ギー堆積法	Direct Energy Deposition	LENS法など	金属粉末	



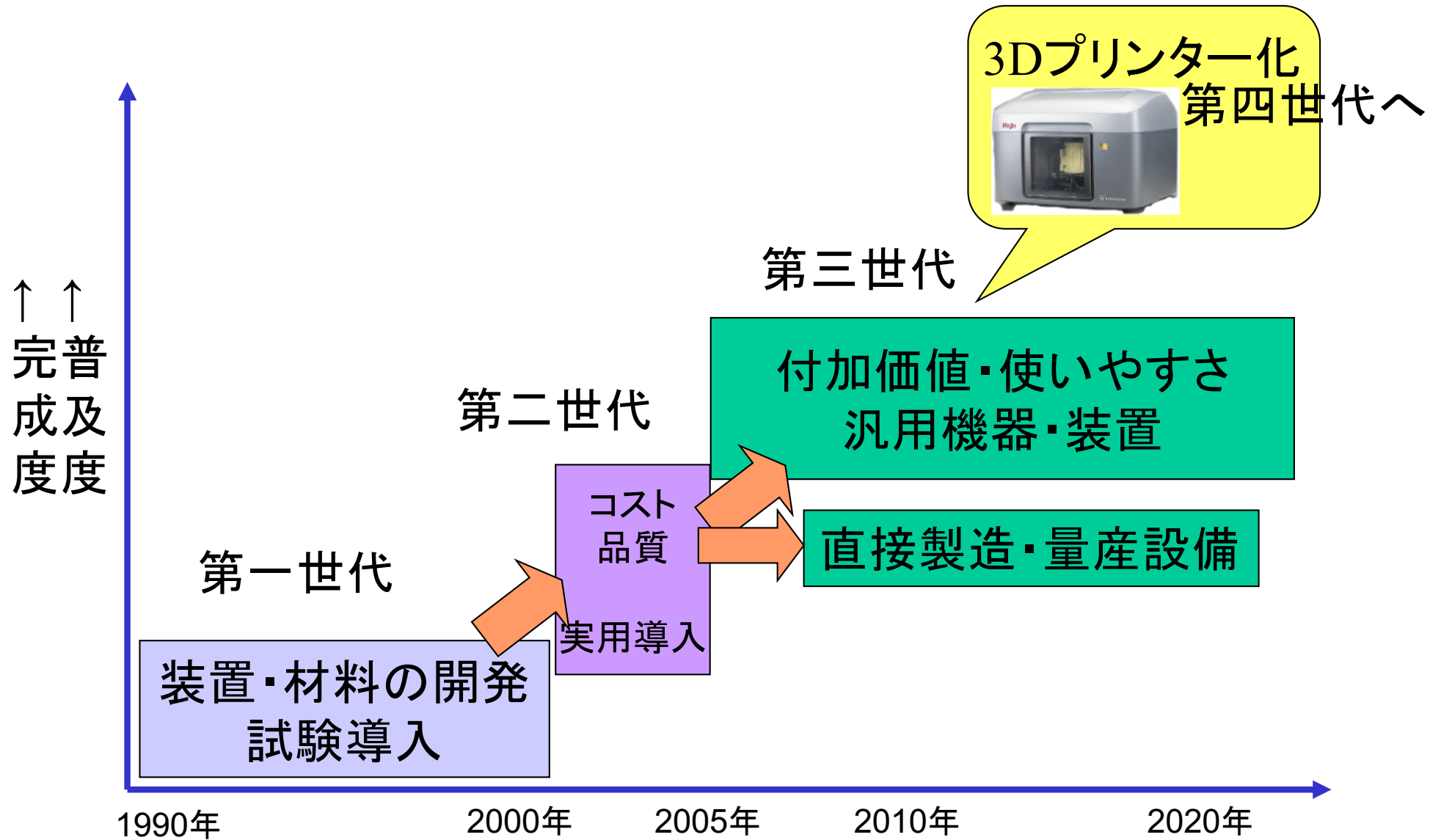
# AM装置(3D Printer)の仕様比較

## 主要な付加製造装置・3Dプリンタ(2013年現在)

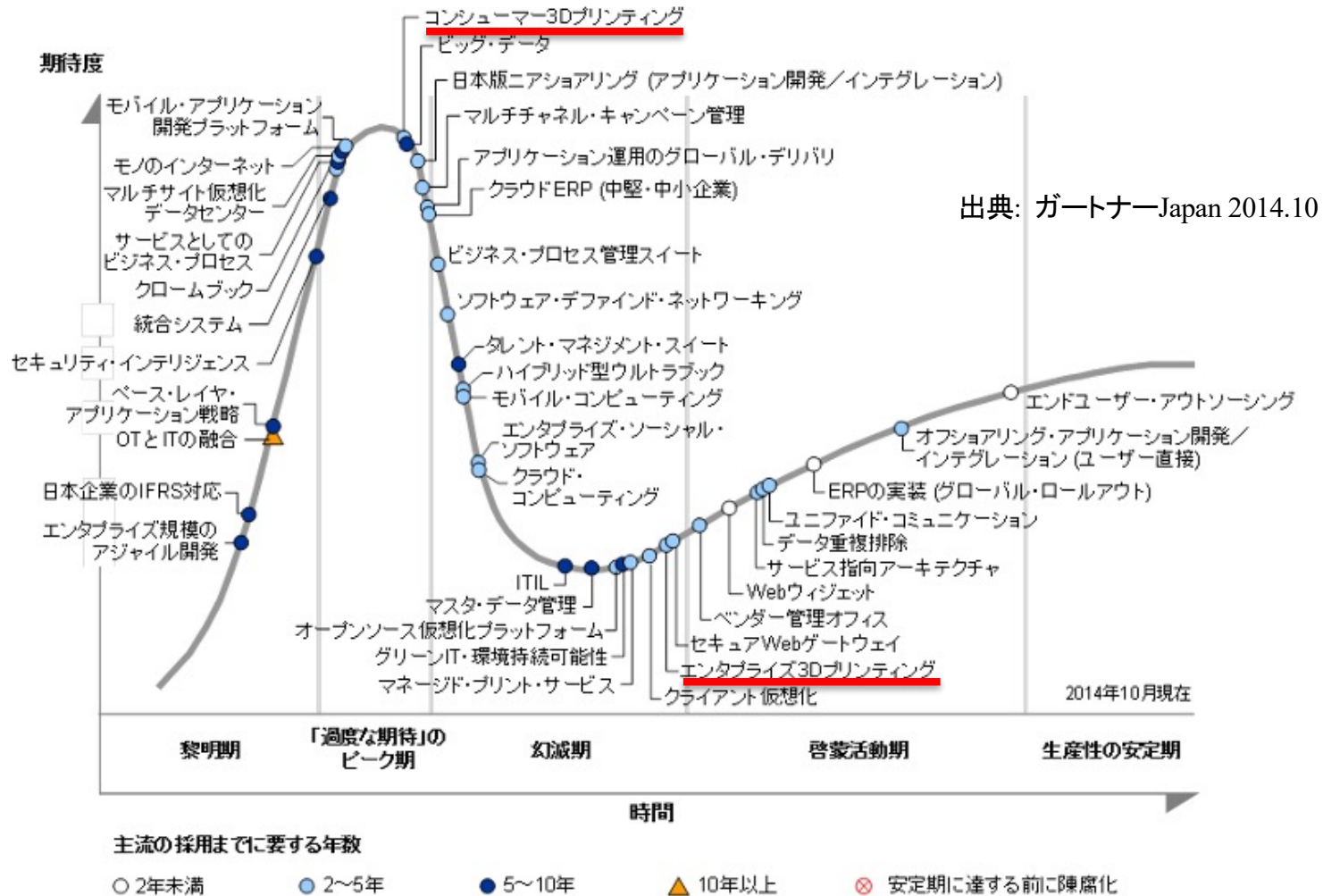
<b>熱溶解積層法 (FDM)</b> 	細いワイヤー状で提供される樹脂を高温で溶解させて造形する方法	<b>インジェット法</b> 	液化した材料をノズルによって必要な箇所に必要分積層させて造形する方法
<b>光造形法</b> 	液状の光硬化性樹脂に光を一層ずつ当てて造形する方法	<b>粉末焼結</b> 	金属等の粉末を薄い層状に敷き詰めてレーザー等で焼き固めて造形する方法



# AM装置の推移



# 日本のハイプ・サイクル2014年



3Dプリンタは、企業向けが「幻滅期から脱出へ」、  
一般向けが「“過度の期待”のピーク期？」

# Top 10 Strategic Technology Trends for 2015

Merging the Real World and the Virtual World	1	Computing Everywhere
	2	The Internet of Things
	3	3D Printing
Intelligence Everywhere	4	Advanced, Pervasive and Invisible Analytics
	5	Context-Rich Systems
	6	Smart Machines
The New IT Reality Emerges	7	Cloud/Client Computing
	8	Software-Defined Applications and Infrastructure
	9	Web-Scale IT
	10	Risk-Based Security and Self-protection

© 2013 Gartner, Inc. and/or its affiliates. All rights reserved.

2014.10.8 

## 3D Printing

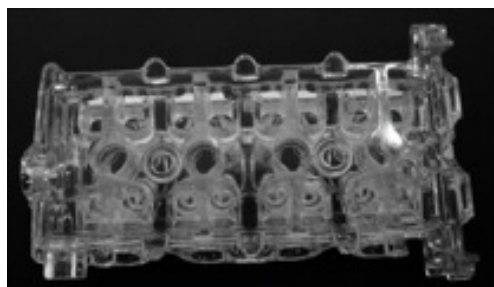
Worldwide shipments of 3D printers are expected to grow 98 percent in 2015, followed by a doubling of unit shipments in 2016. 3D printing will reach a tipping point over the next three years as the market for relatively low-cost 3D printing devices continues to grow rapidly and industrial use expands significantly. New industrial, biomedical and consumer applications will continue to demonstrate that 3D printing is a real, viable and cost-effective means to reduce costs through improved designs, streamlined prototyping and short-run manufacturing.

12

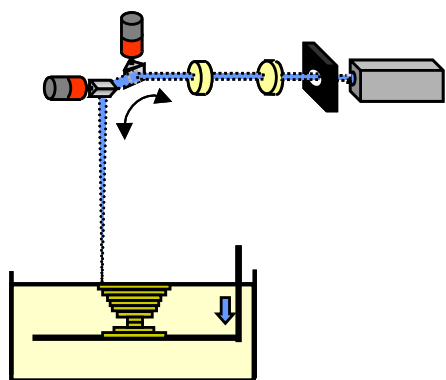
# 液槽光重合法(光造形)装置の例



NRM-6000/CMET



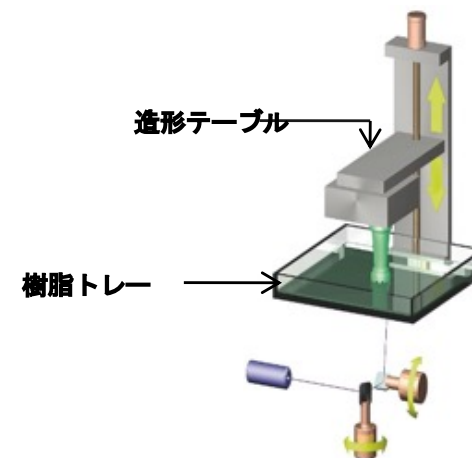
DW-029J/DWS



自由液面照射



Perfactory/Envisiontec



規制液面照射

# 粉末床溶融結合法(粉末焼結)装置の例

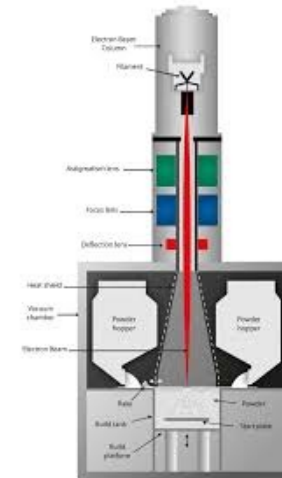
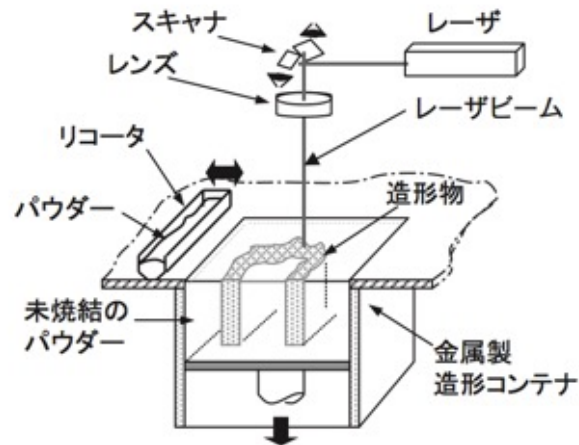
電子線焼結(EBM)



EOSINT P800/EOS



ARCAM Q10



# 材料押出法(FDM)装置の例 (Stratasys社)



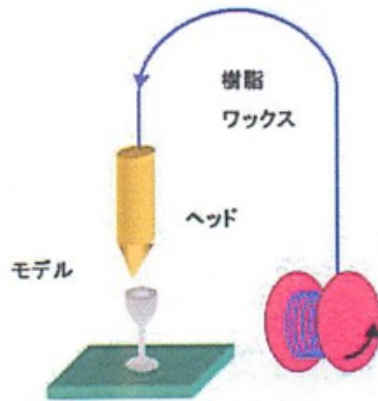
uPrint



Dimension  
BST/SST 1200es



FORTUS 900mc



# 結合材噴射法(インクジェット)装置の例

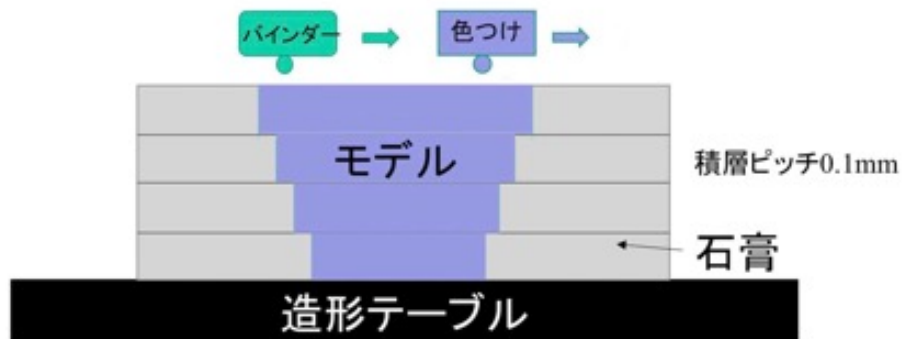
旧Z-Printer (石膏)



砂型プリンター



ProJet 660 Pro



S-Max/ExOne





# 材料噴射法(インクジェット)装置の例



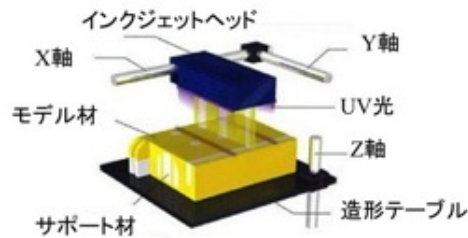
Objet 500 CONNEX/  
Stratasys



ProJet 3500/3Dsystems



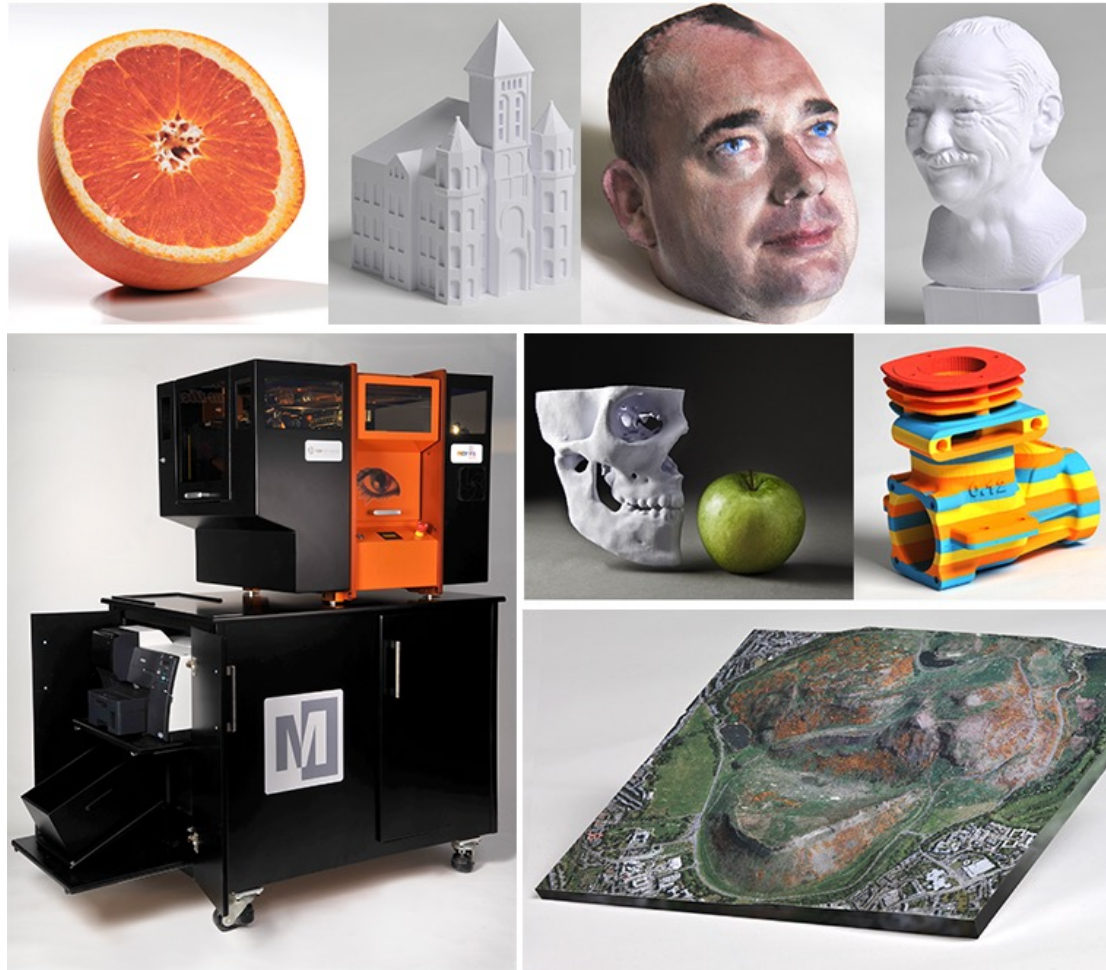
3Z/Solidscape



CONNEX3

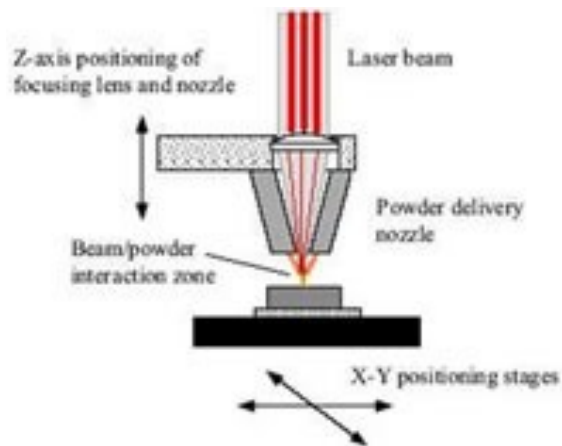
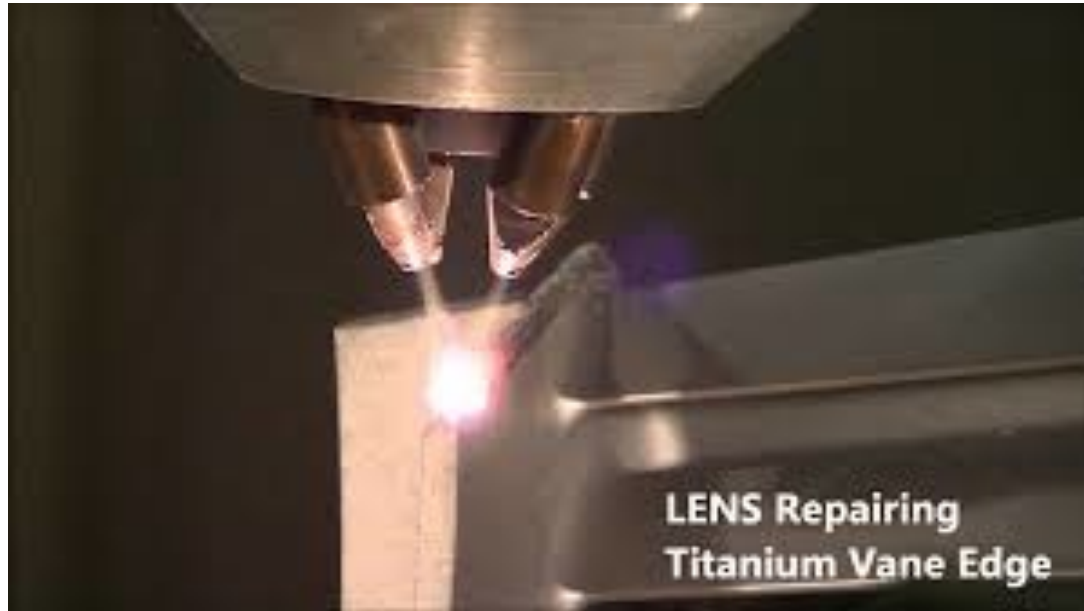


# シート積層法の例



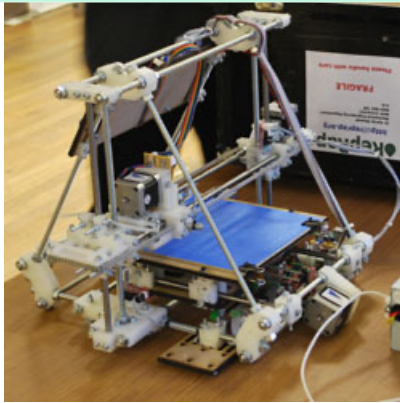
IRIS/Mcor社

# 指向エネルギー一堆积法の例



OPTOMECH社

# パーソナル 3D Printer



7~12万円  
RepRap



Cube 16万円



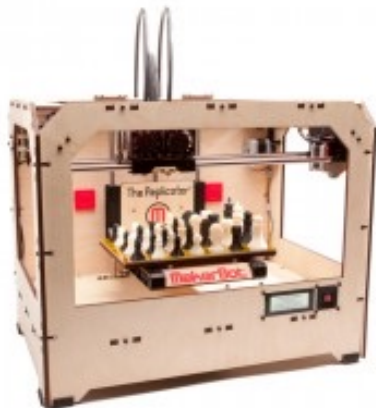
Bits from Bytes (BfB) 20万円  
40万円



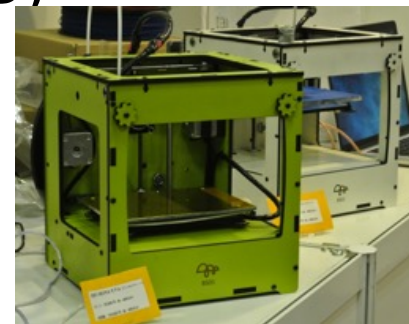
MUTOH MF-1000



Form1 / 光造形  
35万円



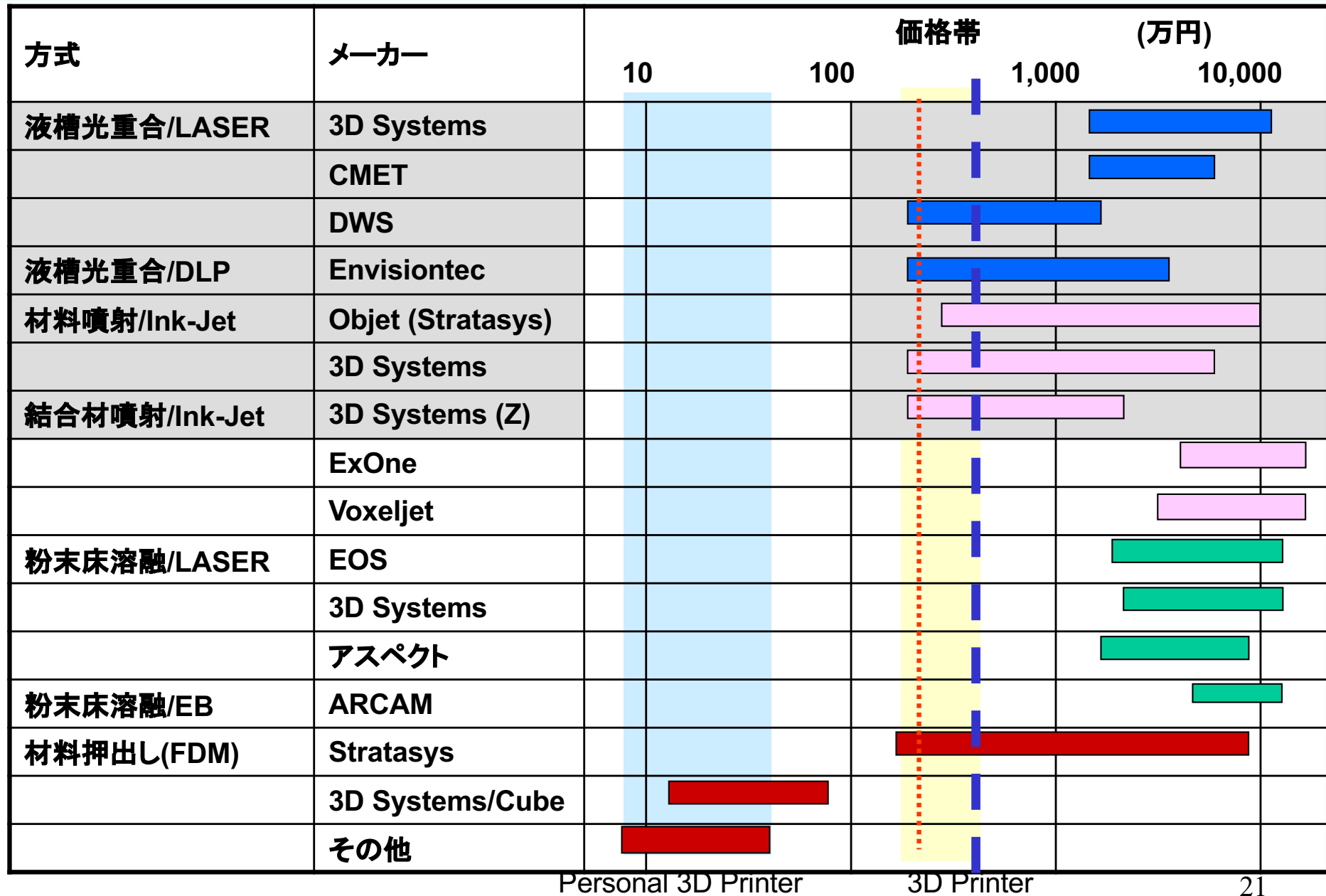
15万円  
Makerbot Replicater



BONSAI Mini / 10万円

# AM装置 (3D Printer)の価格

2015.01



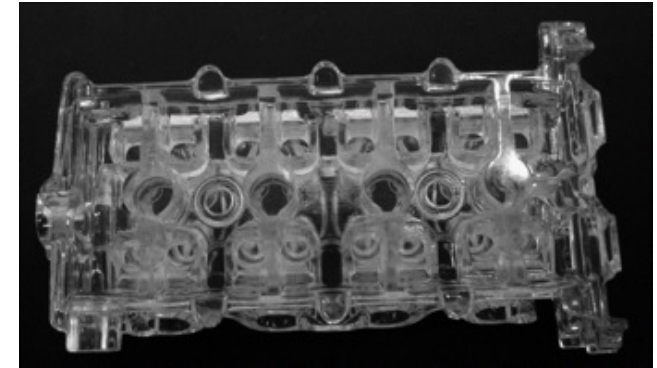
# AM装置(3DPrinter)の材料例

2015.01

方式	装置メーカー	材料		主用途
		カテゴリー	具体例	
液槽光重合/LASER	3D Systems	光硬化性樹脂	エポキシ/アクリレートハイブリッド	試作分野
	CMET	光硬化性樹脂	エポキシ/アクリレートハイブリッド	試作分野
	DWS	光硬化性樹脂	アクリレート系	宝飾、歯科
	Form1	光硬化性樹脂	アクリレート系	ホビー
液槽光重合/DLP	Envisiontec	光硬化性樹脂	アクリレート系	宝飾、歯科
	ASIGA	光硬化性樹脂	アクリレート系	宝飾、歯科
材料噴射/Ink-Jet	3D Systems	光硬化性樹脂	アクリレート系/ワックス	宝飾・歯科
	Objet (Stratasys)	光硬化性樹脂	アクリレート系	形状確認・歯科
結合材噴射/Ink-Jet	3D Systems (Z)	石膏、ポリマー粉	石膏/水、有機バインダー	デザイン・フィギュア
	ExOne	砂	砂+バインダー樹脂(フラン樹脂など)	砂型鑄造
	Voxeljet	砂、PMMA粉	砂/PMMA+バインダー樹脂	砂型鑄造、消失模型
粉末床溶融/LASER	EOS	ナイロン、金属粉	PA12, SUS, Ti, Al, Co-Cr	試作、生産、歯科
	3D Systems	ナイロン、金属粉	PA12, SUS, Ti, Al, , Co-Cr	試作、生産
	アスペクト	ナイロン、PP	PA12, PP	試作
粉末床溶融/EB	ARCAM	金属粉	Ti (合金)	医療(インプラント)
材料押出し(FDM)	Stratasys	熱可塑性樹脂	ABS, PC, PEI, PPSF etc	試作、形状確認
	3D Systems	熱可塑性樹脂	ABS, PLA	形状確認、ホビー
	RepRap他	熱可塑性樹脂	ABS, PLA	ホビー

# 各AM法の特徴

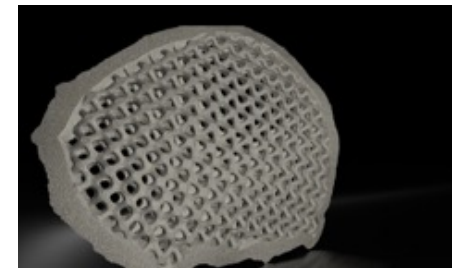
- 液槽光重合法(光造形法):
  - 高透明性
  - 高精度
  - 耐熱温度をのぞいてABS性能は達成
    - 透明でかつ耐熱性と靱性を持ったものが囑望
  
- 粉末床溶融(粉末焼結法):
  - 金属
    - 直接金属造形は粉末焼結法だけ
    - 各種金属、医療用チタン金属とその合金
  - プラスチック
    - ナイロン12粉末が主
    - 表面粗度がやや大
    - 造形物は不透明
    - アルミ粉・カーボンファイバで補強も
    - スーパーエンプラ(PEEK)も



TSR-829/シーメット

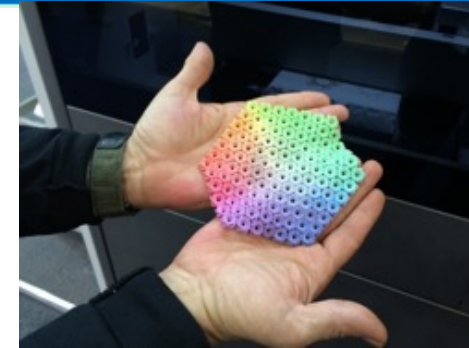


(NickelAlloy IN718/ EOS)



頭蓋骨インプラント(PEEKによる造形)/NTT-Data-E/前田  
23

- 結合剤噴射法(インクジェット; 旧Z-Printerなど)
  - 石膏素材
    - 表面粗度
  - フルカラーが得られる。
  - プラスチック素材でもフルカラーも(ProJet4500)
  - 砂型
  
- 材料噴射法(インクジェット; Objet方式など)
  - アクリル系樹脂
  - 2種を混合して軟～硬、無色～色つき、  
様々な表現が可
  - カラー造形物(2014.02); Objet500 CONNEX3
  
- 樹脂押し出し(溶融樹脂積層法; FDM)
  - ABS, PC, PC/ABS, PSSF, ULTEM
    - 汎用樹脂からスーパーエンブラまで
  - サポート材が限定
  - パーソナル機が家庭へ
    - ABS, PLA



ProJet4500造形物



Shoes 3D printed on the Objet500 Connex3 Color Multi-material 3D Printer, in one print run, using Vero Yellow, VeroMagenta and rubber-like TangoBlack Plus



Bike helmet 3D printed on the Objet500 Connex3 Color Multi-material 3D Printer in one print job using VeroCyan, VeroMagenta, and VeroYellow

Objet500 CONNEX3造形物



Personal機/AFINIA  
24



# 最近の3D プリンター関連トピックス

# インクジェットタイプのカラー化

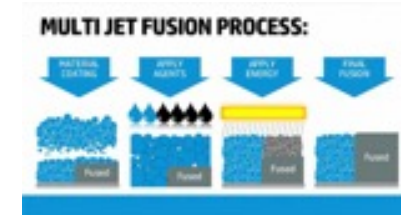
- 3Dsystems社/Projet 4500機( 2013年12月)
- Stratasys社/Objet 500 CONNEX3機( 2014年3月)
- HP社/Multi Jet Fusion 機( 2014年10月)



3DSystems/Projet 4500



Stratasys/Objet500 CONNEX3



HP/Multi Jet Fusion

# 廉価版光造形機

- Formlab社 **Form1**; 2012年7月発表, Form1+; 2014年6月発表
- 3Dsystems社 **Projet1200**機; 2013年12月発表
- DWS社 **X-FAB**機; 2014年1月発表、2015年1月発売
- AutoDesk **Ember**機; 2014年5月発表、2015年1月発売
- ASIGA **Pico2**, **KEVVOX mini**その他; 2014年11月発表
- XYZ, **Novel1**; 2015年1月発表



XYZ, Novel1



ASIGA PICO2

KEVVOX Mini



Form1



Projet1200



DWS X-FAB



AutoDesk Ember



# 廉価版PBF機の発表(DTM基本特許:2014年消滅)

- Norge “ICE g”(ナイロン粉レーザー焼結; 約150~350万円)
- Sharebot “Snow White” (ナイロン66粉レーザー焼結;約250万円)
- Sintratec (ナイロン粉レーザー焼結;約55万円)



Norge ICE g



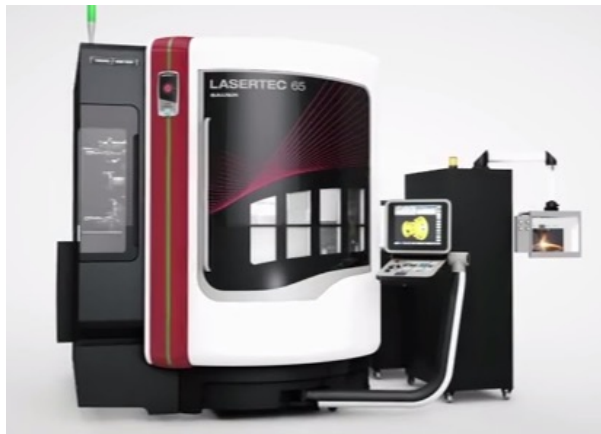
Snow White



Sintratec SLS機

# Hybridタイプ

- DMG-MORI (Direct Energy + 切削); 2013年12月
- MAZAK (Direct Energy + 切削); 2014年11月
- Sodick (金属積層 + 端面切削; 型用途); 2014年8月  
(松浦機械のLUMEXと同様Panasonic由来)



DMG-MORI/LASERTEC 65



MAZAK/インテグレックスiAM



Sodick/OPM 250L

# 国家プロジェクトは金属へ

- 経産省 3Dプリンタプロジェクト

三次元造形技術を核としたものづくり革命プログラム(次世代型産業用3Dプリンタ技術開発及び超精密三次元造形システム技術開発:TRAFAM); 2014年4月スタート

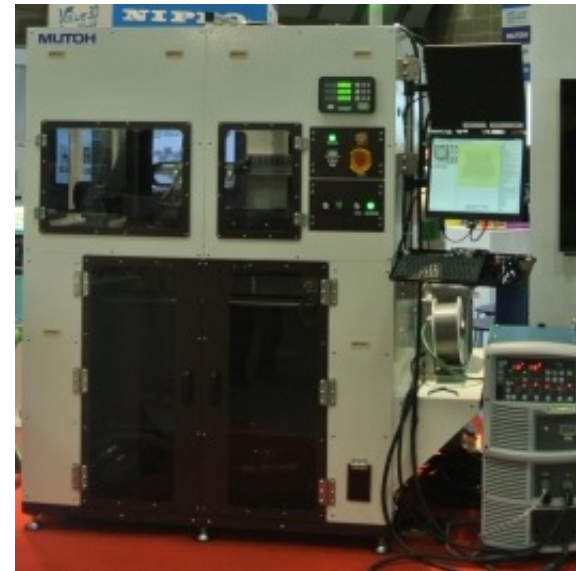
- 委託契約
- 大型コンソーシアム: 29者
- 予算規模: H26年度は、A. 次世代型産業用3Dプリンタ技術開発: 32億円、B. 超精密三次元造形システム技術開発: 5.5億円を上限
- A: 電子ビーム金属粉末積層タイプとLASERビーム金属粉末積層タイプ
- B: 砂型プリンター(H25年度実施の改定)

- 内閣府／NEDO

- SIPプロジェクト, 2014年下期スタート [o](#)

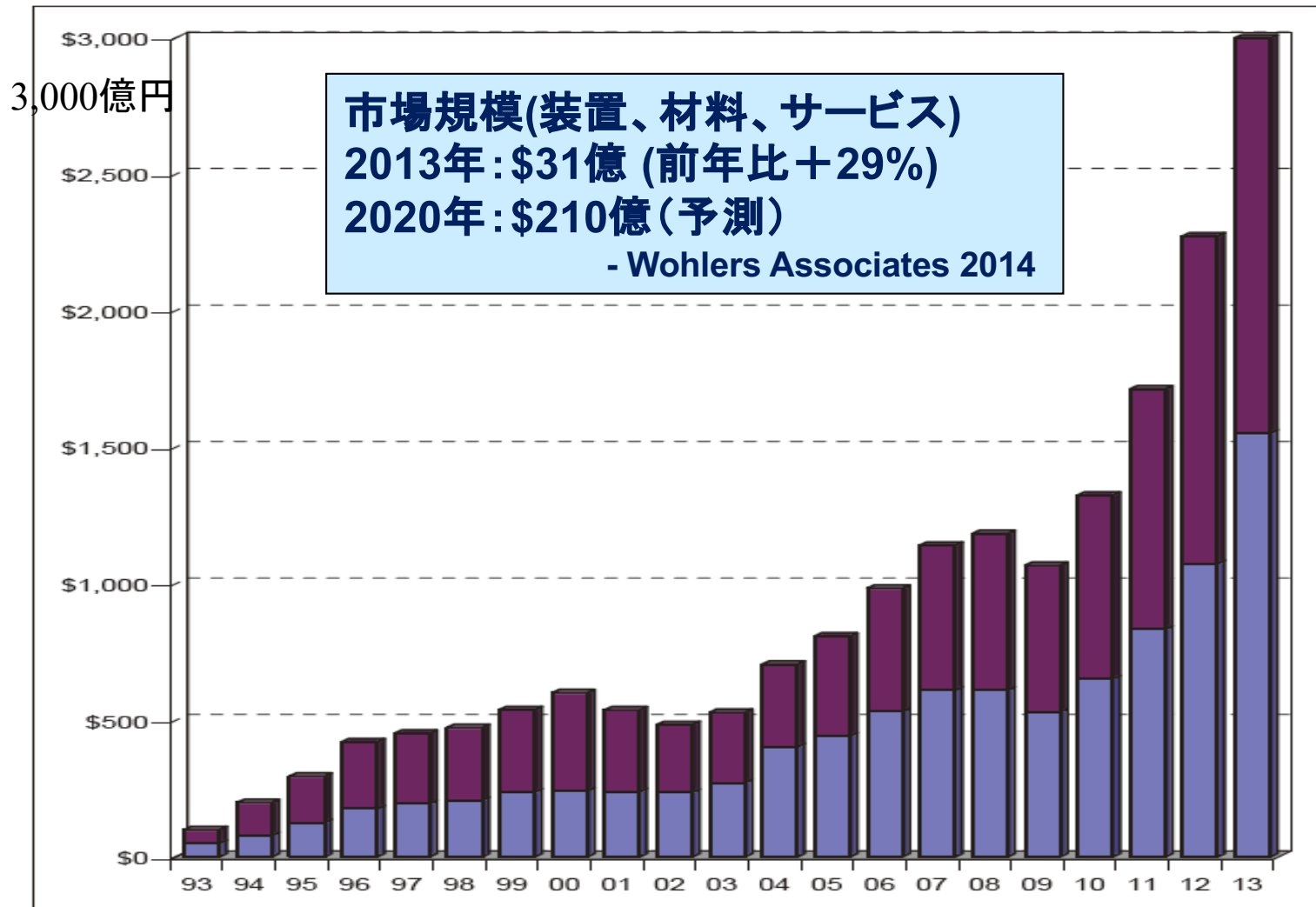
# 3D Printing 2015(東京)のトピックス

- 武藤工業
  - アーク溶接方式金属造形機(農工大、笹原教授と共同)
  - DLP機発表(予価: 50万円)
- TRAFAMが成果を公開



武藤: アーク溶接方式金属造形機 DLP機

# 3D Printer市場の推移



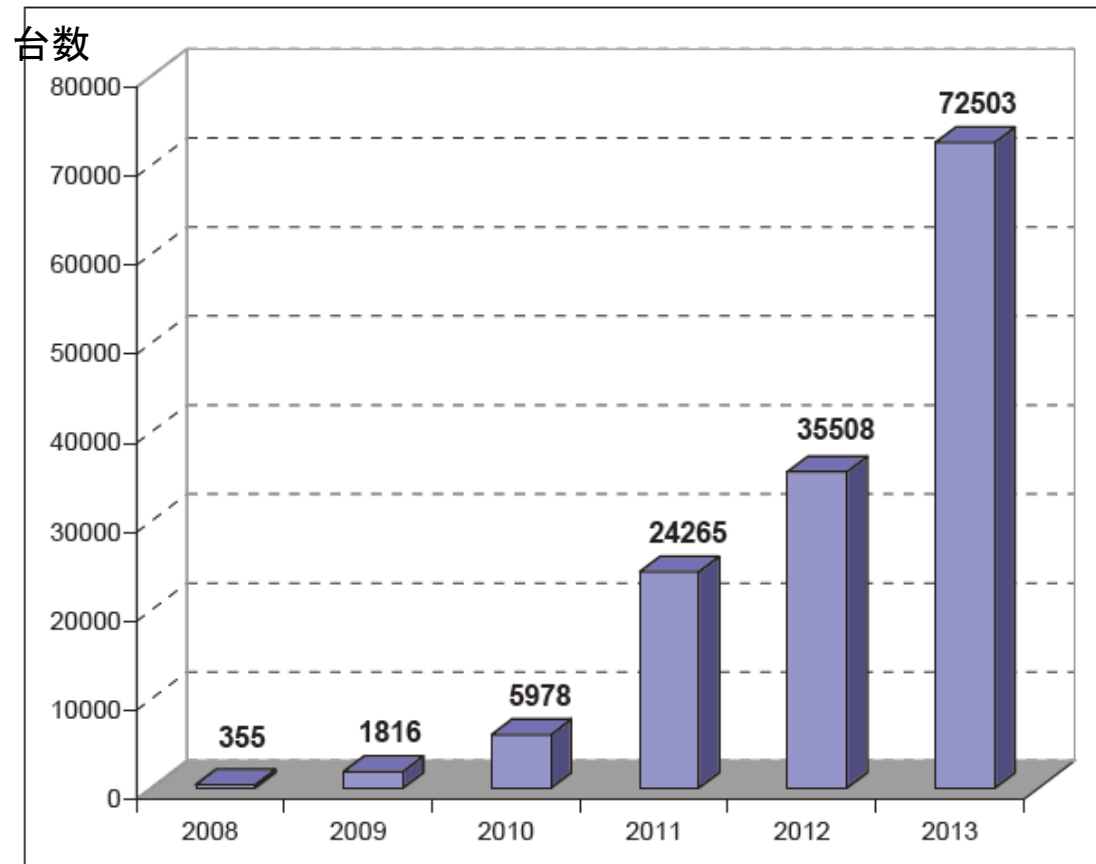
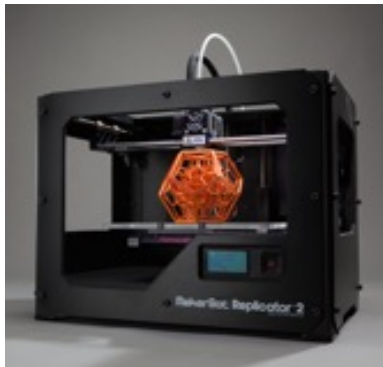
Source: Wohlers Associates, Inc.

■ :サービス      ■ :製品(Products)

2次製品である型、成形物、鋳造物を含まない



# パーソナル3Dプリンターの急伸

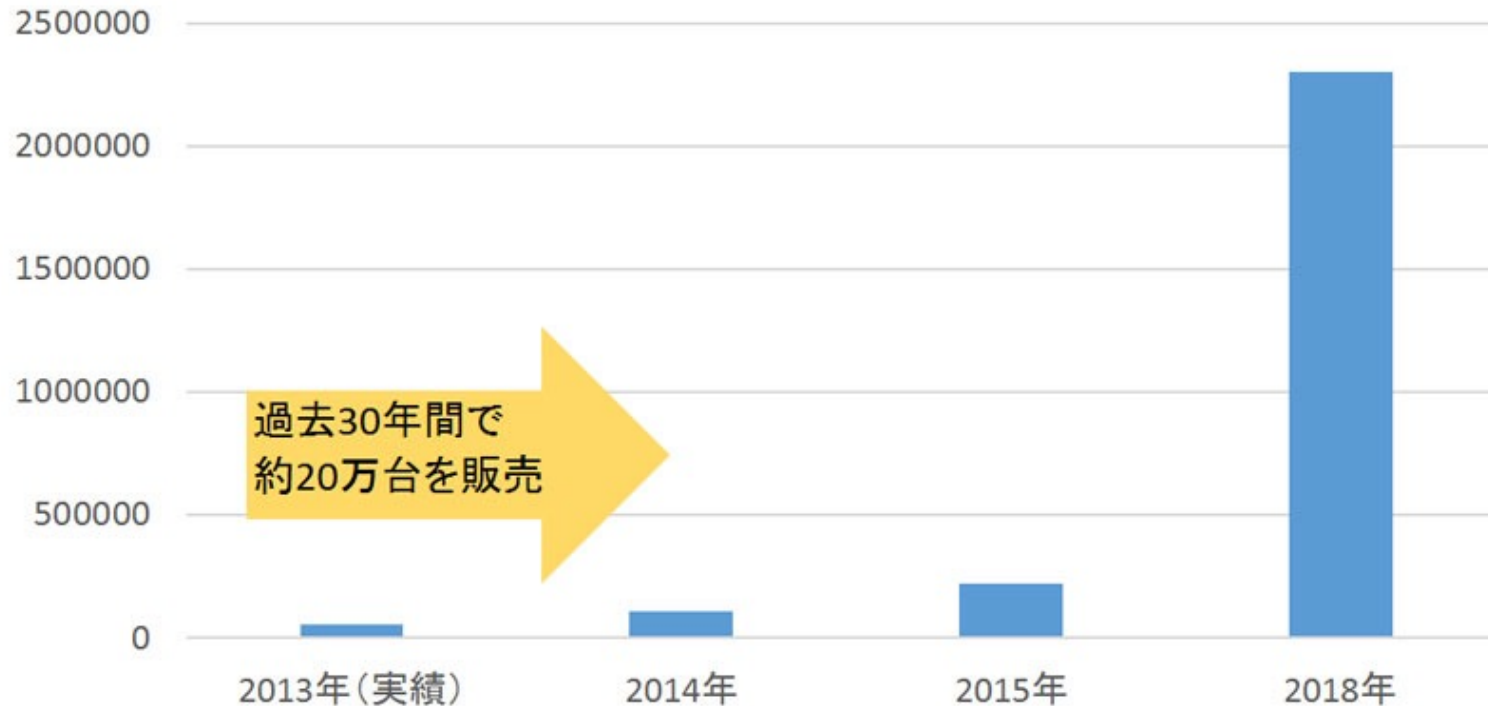


Source: Wohlers Report2014

- ・5,000ドル以下のパーソナル3Dプリンターの伸び。  
これらは、プロ用でもないし、工業用でもないものである。
- ・日本国内では2014年末までで1万台弱程度と推定(萩原聞き取り後推定)<sup>33</sup>

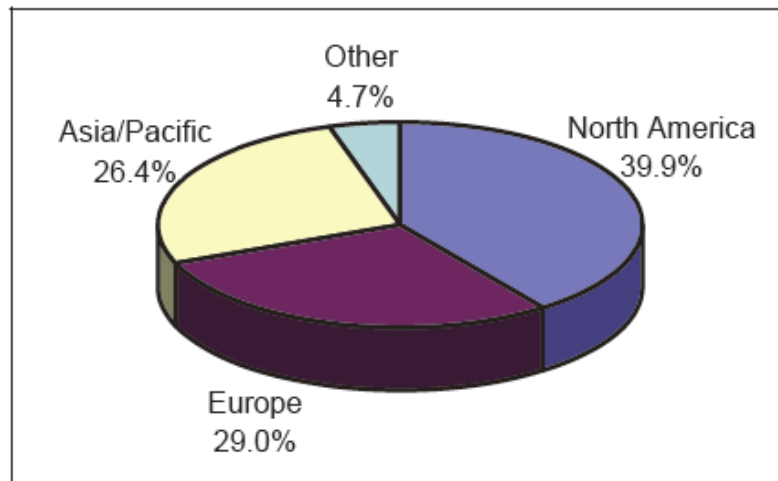
# 3D Printer市場の予測・台数

3Dプリンターの世界出荷の予測(台数)  
出所: 米ガートナー



- 経産省: 3Dプリンタ/付加製造技術の経済効果を、2020年に全世界で約21.8兆円と予測。
- 装置や材料で1兆円、
  - 3D出力サービスなどを含む付加製造技術で製造されたものの製品市場で10.7兆円、
  - 効率アップによるコスト削減で10.1兆円を合わせたものとなる。

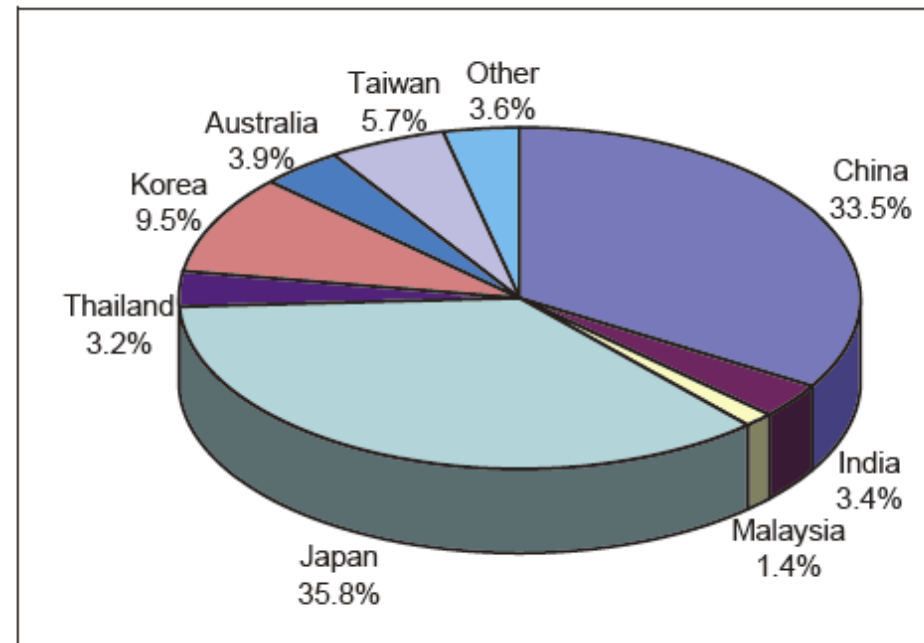
# 現状/地域別は



## 国別設置台数

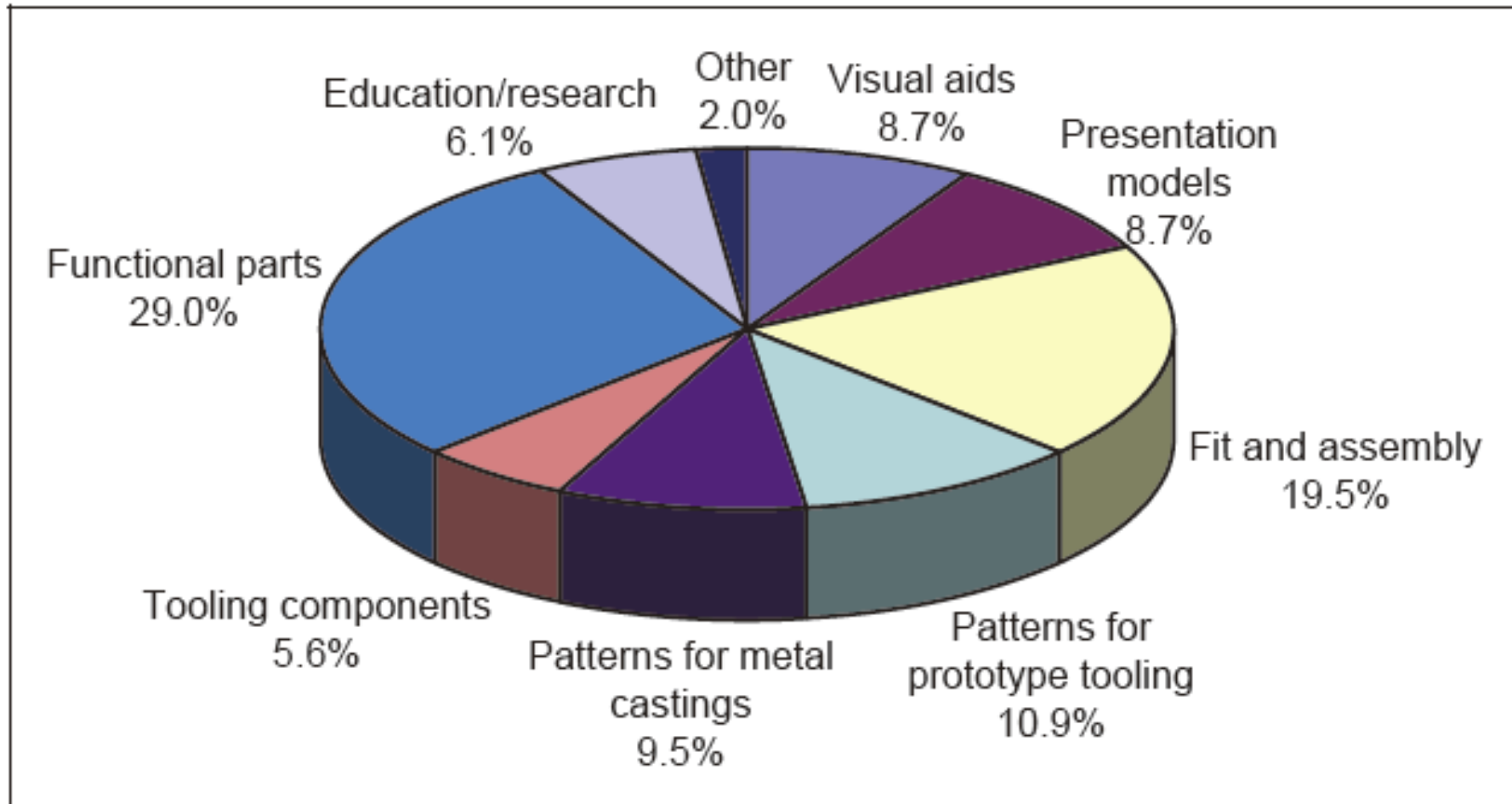
1. アメリカ... 38.0%
2. 日本... 9.4%
3. ドイツ... 9.1%
4. 中国... 8.8%

- Wohlers Associates 2014



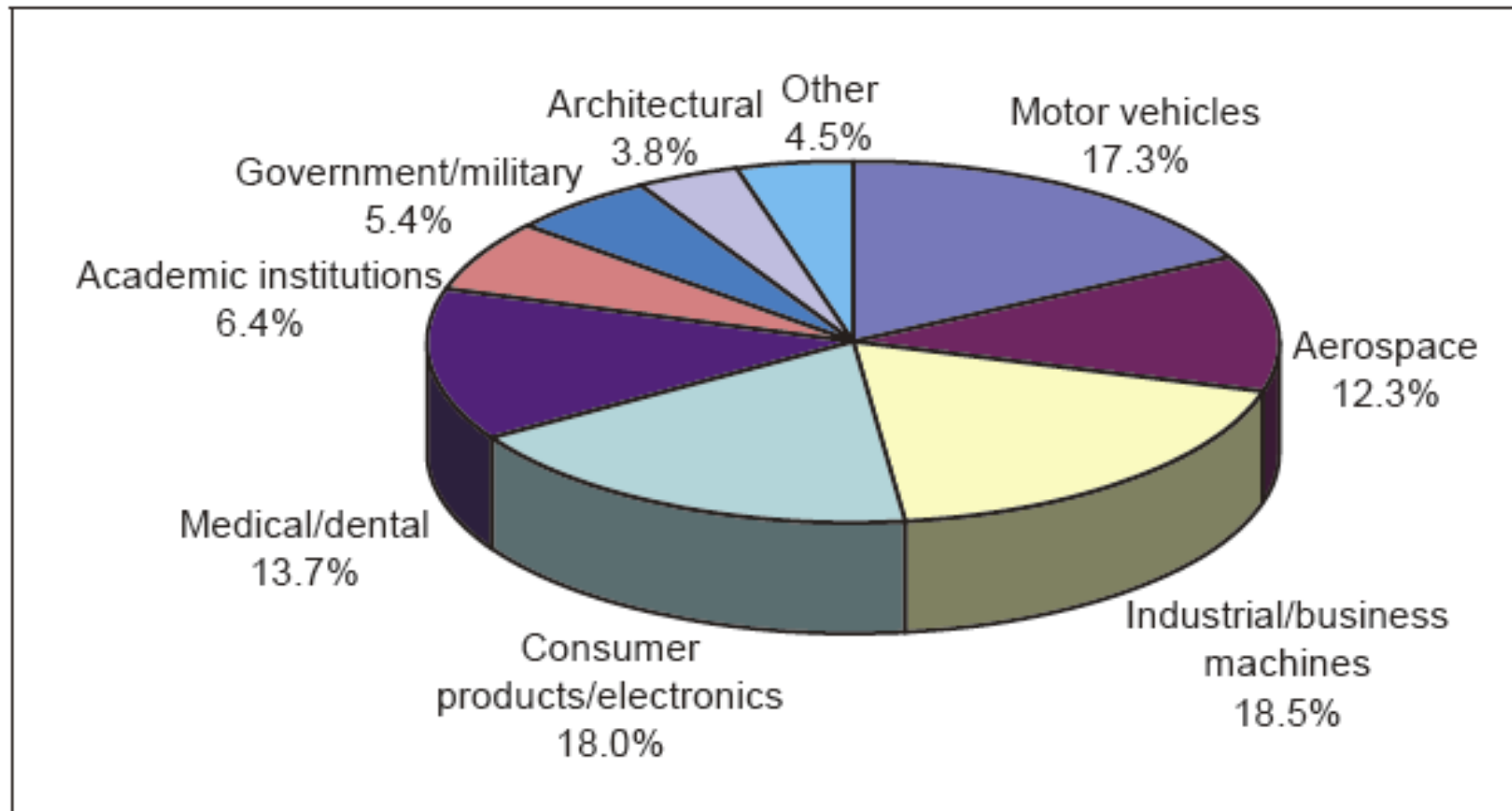
Source: Wohlers Report 2014

# 現状では どんな用途に使われているか



Source: Wohlers Report 2014

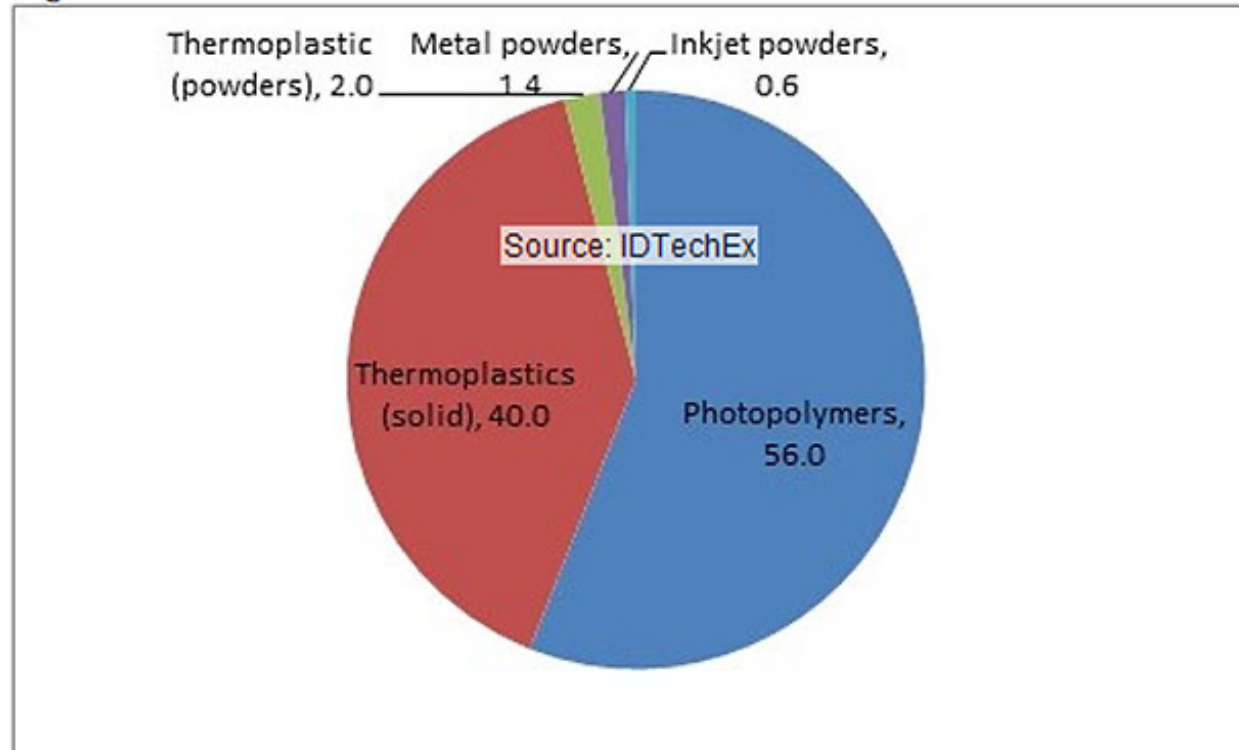
# どんな分野に使われているか (RP, RM, 3DPrinterすべてで)



Source: Wohlers Report 2014

# 3Dプリンター材料の現状

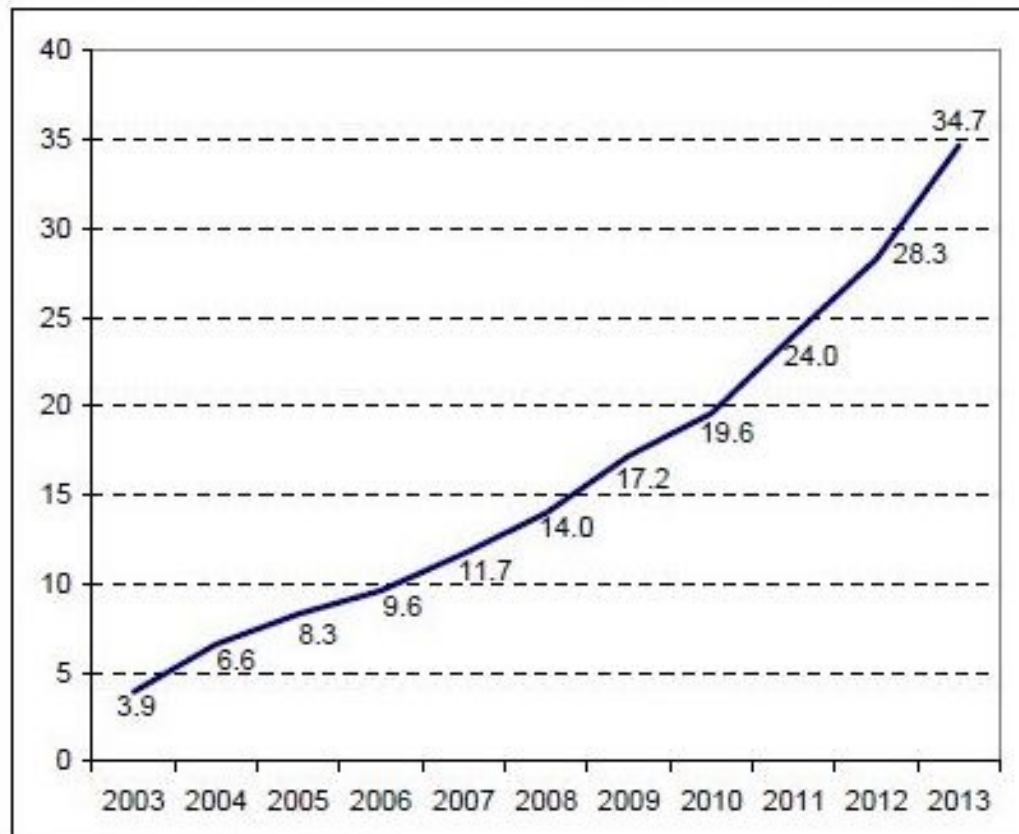
Fig. 1 The current breakdown of the materials market



3Dプリンタの材料: フォトポリマー、固形熱可塑性材料、粉末状熱可塑性材料、金属粉、粉体層積層インクジェット粉末の5種に分類して調査。

現在: フォトポリマー56%;%、固形熱可塑性材料;40%を占める。今後もその割合に大きな変化はないとみている。

# 造形物の最終製品への応用



Source: Wohlers Report 2014

October 15, 2014—In its research for *Wohlers Report 2014*, Wohlers Associates, Inc. found that revenues from the production of parts for final products represents 34.7% of the entire market for additive manufacturing (AM) and 3D printing—terms that are used interchangeably. Since 2003, this market segment has gone from less than 4% to more than one-third of total revenues from AM products and services worldwide.

In capturing this share of the market, the use of AM for this application grew by 65.4% in 2013 to an estimated \$1.065 billion, up from \$643.8 million the prior year. This is the first time in the history of AM for this market segment to reach the \$1 billion mark.

# AM技術がどんなところに利用されてきたか

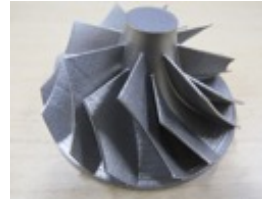
コンセプトモデリング	試作
3次元 CADデータの可視化 製品開発のデザイン デザイン検証	製品形状を得る 「要求事項通りの機能が設計されているか」 「部品の組み立てに問題が無いか」等を検証。
生産支援ツール	最終製品(部品)
型設計支援 生産のための治具作成	金属部品作成 航空機部品など 医療用品の作成 インプラント 歯科鑄造



# AM技術の用途

## • 従来の用途

- 意匠評価・機能評価・組付テスト
- 試作
- 鋳型製作
- 小ロット製品(航空機部品)

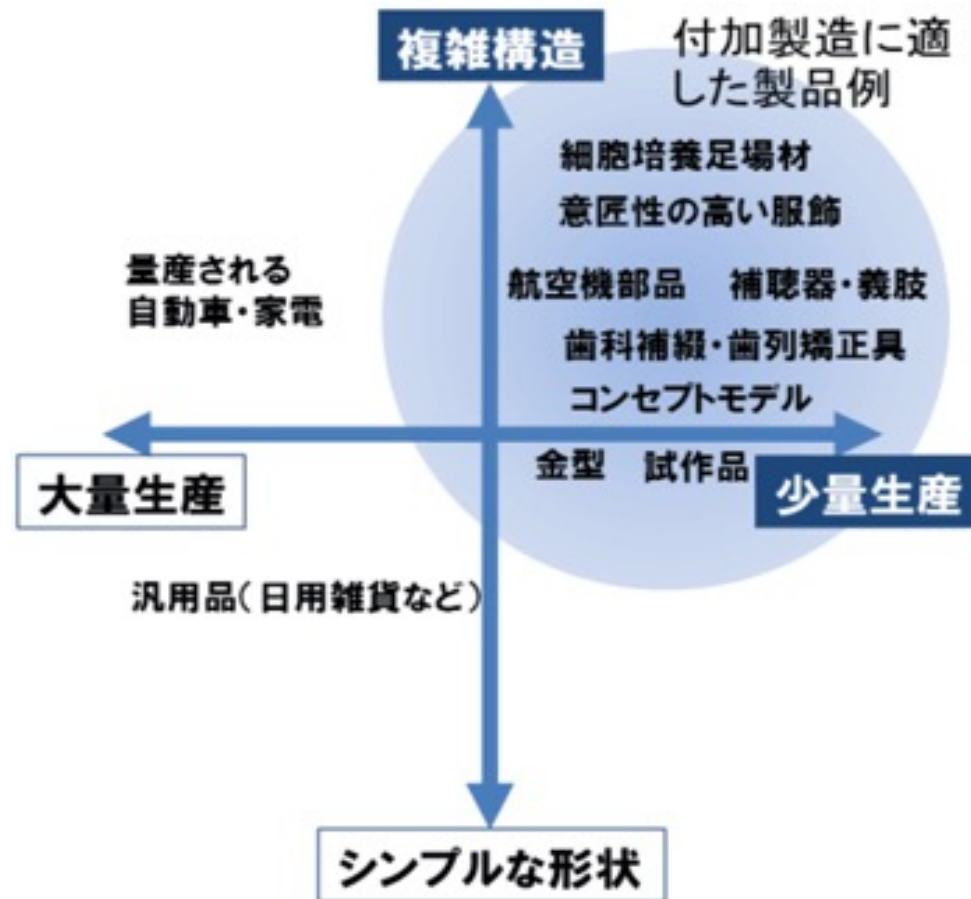


## • 新しい用途

- 医療・歯科
- 特殊金型(水管付)
- 製品・部品
- 宝飾
- デザインやアミューズメント



# 3D Printerの用途



出典：MRIレポート

# 3Dプリンター普及がもたらすモノづくり産業への影響

3Dプリンターが2013年ごろから話題になっていて、米国でブームになったのを機に日本でもマスコミなどで大に取り上げられるようになり、実はそれほど新しい技術でもないのだが、なかなか聞き馴染みの技術が持ち上げられている。本誌でも何度でも載せているが、もう少し事象があれればモノづくり産業への影響は甚大である。2009年には日米田産業界成長委員会による報告書も出た。以下は、3Dプリンターの課題と展望について私感を述べたものである。

## 課題と展望

そもそも3Dプリンターは、一般的には積層造形を指して呼ぶことが多い。この造形法の最大の特徴は、3Dデータ（一般的には3D-CADデータ）を準備すれば、どのような複雑な形状でも一体造形できるとである。これが従来のインジェクション成形とは異なり、粉末や液状材料（樹脂）をレーザーを使って、層を積み上げていく。この場合、3Dデータの準備が最大の課題となる。一般的には、3D-CADデータを準備すれば、どのような複雑な形状でも一体造形できるとである。これが従来のインジェクション成形とは異なり、粉末や液状材料（樹脂）をレーザーを使って、層を積み上げていく。この場合、3Dデータの準備が最大の課題となる。



一般的には積層造形を指して呼ぶことが多い。この造形法の最大の特徴は、3Dデータ（一般的には3D-CADデータ）を準備すれば、どのような複雑な形状でも一体造形できるとである。これが従来のインジェクション成形とは異なり、粉末や液状材料（樹脂）をレーザーを使って、層を積み上げていく。この場合、3Dデータの準備が最大の課題となる。

3Dプリンターの造形は、もはや材料ではなく、データによる材料である。これは、従来の材料とは異なり、データによる材料である。これは、従来の材料とは異なり、データによる材料である。

## 医療・航空機分野に期待 的を絞って開発を

粉末)を押し出して、D M) (材料は熱可塑性樹脂)の積層層。材料は紙・樹脂シート)があり、カゴ内の材料を細引きしている。実際の工業製品は異なる材料で製作するため、積層造形や製作したモデルは物性や精度の面で劣っており、試作品を作るビジネスモデルが出てきている。近年、マスコミでも報じられているのは、その価値が、それ以外の3Dプリンターでは医療機器や航空宇宙分野向けの高付加価値製品製作への応用が目ざれている。3Dプリンターでは、iPS細胞(人工多能性幹細胞)やES細胞(胚性幹細胞)から肝臓や腎臓などの臓器を直接、3Dプリンターでつくられるようになる。3Dプリンターで一番重要なのは、その技術を何に使うかである。最近、金属加工関連で盛んになってきているのが歯のクラウンの作成だ。スクリーンした歯形データを基に、3Dプリンターで作製する。研究中のものでは金属を使った緑用の人工関節の作成などもあ

にしか使用できない。最近、マスコミでも報じられているのは、その価値が、それ以外の3Dプリンターでは医療機器や航空宇宙分野向けの高付加価値製品製作への応用が目ざれている。3Dプリンターでは、iPS細胞(人工多能性幹細胞)やES細胞(胚性幹細胞)から肝臓や腎臓などの臓器を直接、3Dプリンターでつくられるようになる。3Dプリンターで一番重要なのは、その技術を何に使うかである。最近、金属加工関連で盛んになってきているのが歯のクラウンの作成だ。スクリーンした歯形データを基に、3Dプリンターで作製する。研究中のものでは金属を使った緑用の人工関節の作成などもあ

の一方、前述のように、このような形状でも製作できる。切削加工では加工が不可能な複雑な形状でも容易に製作できるという利点には今後、このような多機能性細胞やES細胞(胚性幹細胞)から肝臓や腎臓などの臓器を直接、3Dプリンターでつくられるようになる。3Dプリンターで一番重要なのは、その技術を何に使うかである。最近、金属加工関連で盛んになってきているのが歯のクラウンの作成だ。スクリーンした歯形データを基に、3Dプリンターで作製する。研究中のものでは金属を使った緑用の人工関節の作成などもあ

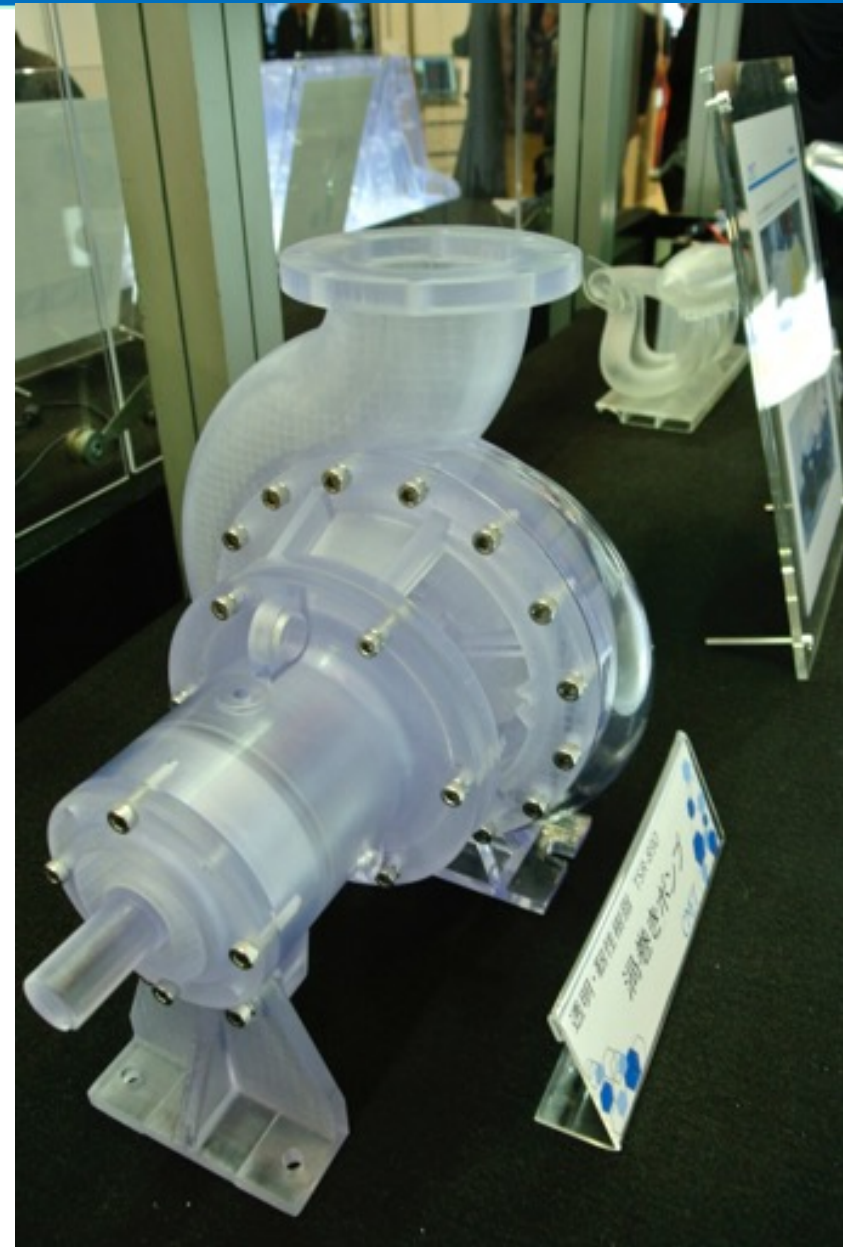
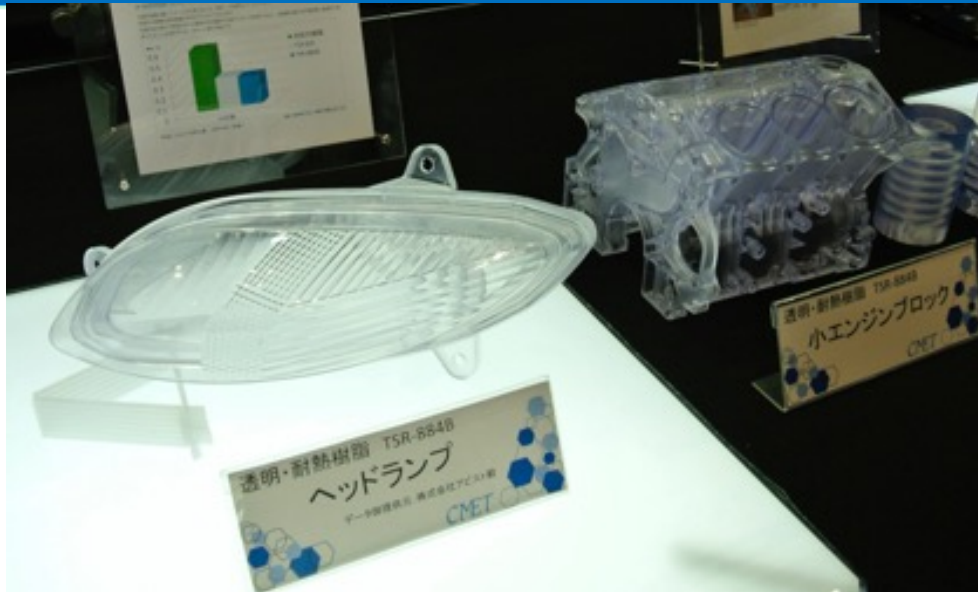
芝浦工業大学 デザイン工学科 教授

安齋 正博

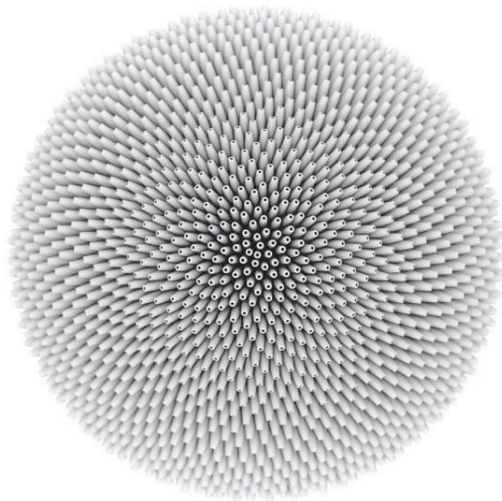
デザイン工学部

教授

OF 14



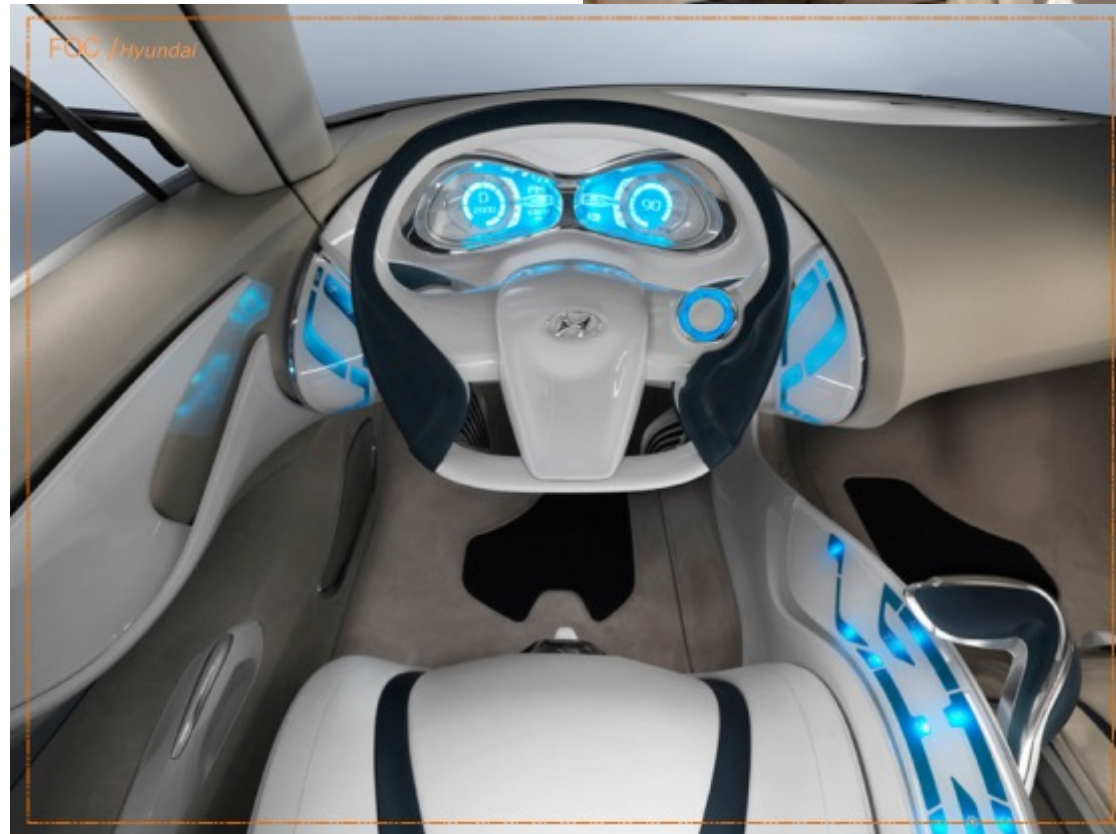
# デザインへの応用



JANNE KYTTANEN

アスペクト 早野氏作成

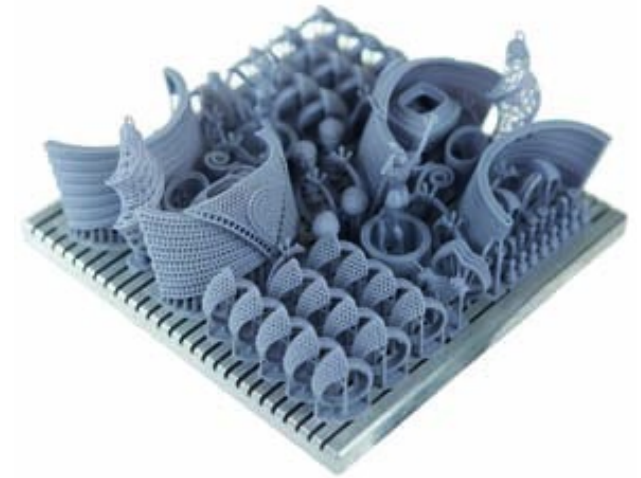
# デザインへの応用



JANNE KYTTANEN

アスペクト 早野氏作成

# 宝飾応用



# フィギュアー造形例







再現性の高い臓器シミュレーター開発企業  
株式会社クロスメディカル

世界トップクラスのクオリティで心臓を3Dモデル化。  
術前シミュレーションにより医師・患者の負担を軽減。

▶ モデル価格表 (PayPal決済)

▶ PayPal以外のカード決済

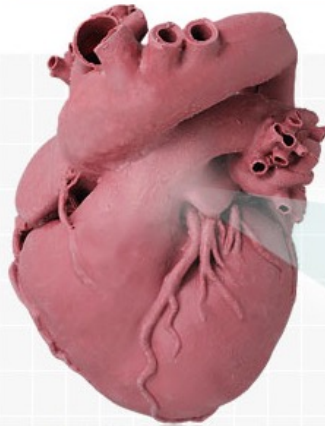
● 心臓シミュレータープロジェクトとは

● 製品情報

● クロスメディカルの強み

● 会社案内

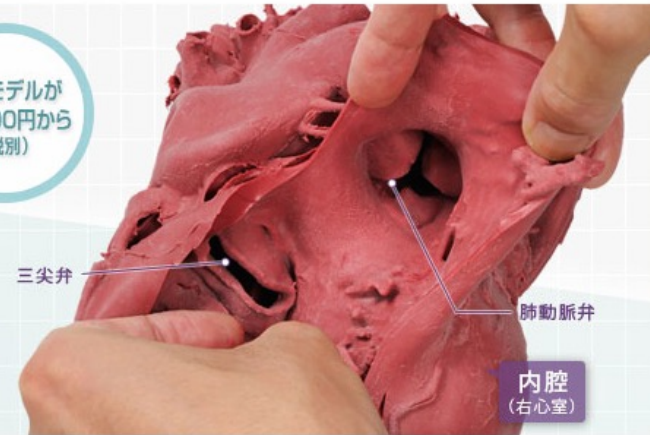
● お問い合わせ



心臓の  
内側まで  
リアルに再現

標準モデルが  
50,000円から  
(税別)

▶ 製品情報を詳しく見る



弊社の『再現力のある精密臓器シミュレーター』が  
第5回「ものづくり日本大賞」内閣総理大臣賞を  
受賞いたしました。

▶ 詳細はこちら

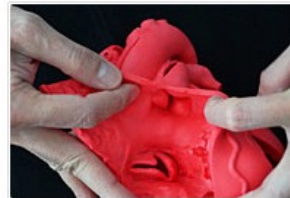
心臓シミュレーター製品のご紹介 **NEW**  
「生体心臓モデル」を驚きの価格で

カスタムモデル

心臓以外の臓器レプリカも  
製作可能



私たちは患者様のCTデータを基に、「3D生体モデル」を作っています。  
→製品情報を見る



教育訓練に最適な  
教育訓練用として、心臓の内部構造が「手に取って」確認出来る『ハンズオンモデル』  
→製品情報を見る



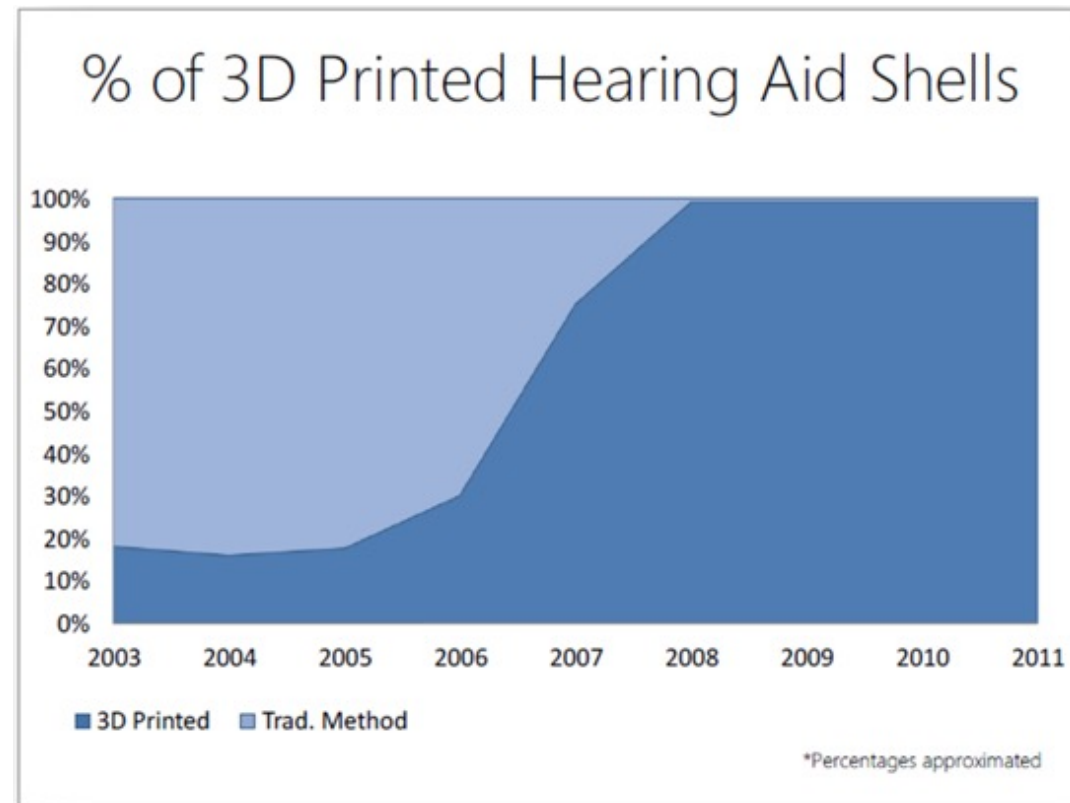
完全オーダーメイド、透明、硬質のモデルなどございます。  
→製品情報を見る



透明モデル、ソフトモデル、ハードモデル、体の他の部分も製作できます。  
→製品情報を見る

# オーダーメイド補聴器

- ここ2年ではほぼ100%を3Dプリンター装置で生産
- 欧州だけで1,000万人を超えるユーザー



アスペクト 早野氏作成

50

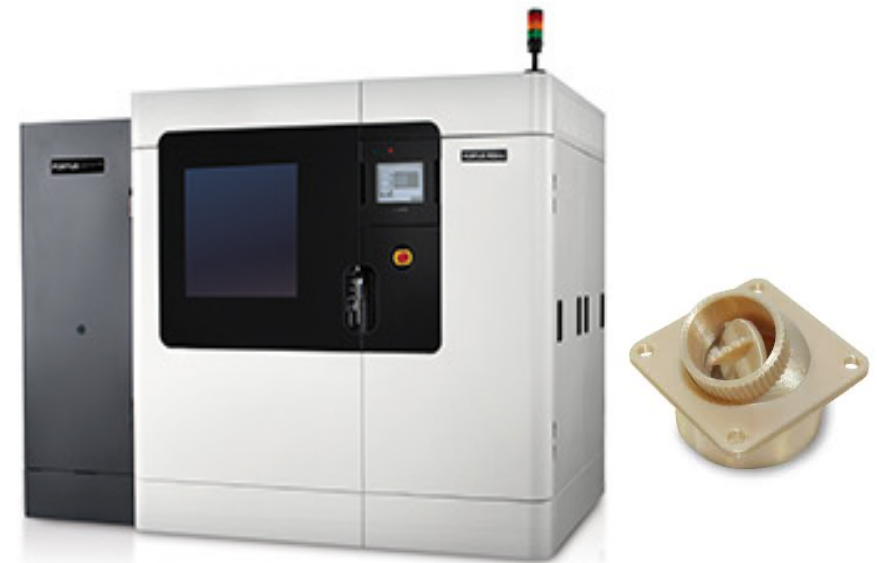
# 3D Printerの将来は？

1. プロ機は、3D Printerが周知されたことにより、試作や Rapid Manufacturingがさらに量が増加
2. 安価なパーソナルプリンター(FDM)が、取り扱い性の容易さから一般消費者へ大きく展開
  - 簡易な三次元データ作成ツールの普及が必要
  - ものづくりとは異なるマーケットが形成されると推定。
3. パーソナルプリンターは、装置だけでは採算がとれない。  
→装置・ソフト・材料及びデータのトータルビジネスとして展開
4. 一般向け造形サービス業が盛んに
  - 米国Shapeways → 日本DMM.comなど
5. 医療・歯科向けに注目
6. 新しいタイプのAM法の開発が開始
  - DMG-MORI: レーザー焼結と切削
  - 農工大・笹原/武藤工業: アーク溶接応用の積層

- より高性能な材料が要求されている。
  - FDM方式かSLS方式が最終製品に近い材料を利用するため、より役割が増加すると推定。
  - 造形物の一層の高精度化が求められる。



EOSINT-P 800  
粉末床溶融 (SLS)



FORTUS 900mc  
材料押し出し (FDM)

# 医療・歯科への応用

- X線CTやMRIの普及(DICOM)
- デジタイジング技術(スキャナー技術)の発展
- 口腔内スキャナーの開発
- 医療のデジタル化
  - 手術検討用
  - インプラントの作製
  - ファントムモデル
  - 骨折手術のガイド
  - 放射線治療時のフィルター
  - 擬手・擬足
  - 補聴器
  - 歯列矯正



# 医療・歯科への展開

人体の各種パーツは個人差が大きいため、個別の寸法に対応できる3Dプリンタが最適

医療・歯科分野における3Dプリンタの活用例。

1. 3Dプリンタで印刷された顎の骨(チタンまたはチタン合金)をインプラントに使用
2. 人工骨

コンピュータ断層撮影装置(CT)や磁気共鳴画像装置(MRI)の3Dデータを、3Dプリンタに取り込むことで作成

4. 臓器の手術をする前に、実物と同じ形状の3Dモデルを出力しておき、手術の手順を確認してから手術に臨むことへの活用

5. 超音波による胎児の画像の3Dモデルを出力

6. 耳の形状を3Dプリントした補聴器の補助具

7. 身体の動きをサポートする補助具

8. 義手や義足

9. 再生医療、BioPlotter, 足場(PLA)

iPS細胞などの先端医療

京都大学iPS細胞研究所と東京大学が、人体で最も複雑な形状とされる耳の軟骨の型を3Dプリンタで作製し、そこにiPS細胞を注入して耳を再生する研究など

10. 歯科向け: 口腔内スキャナーが身近に

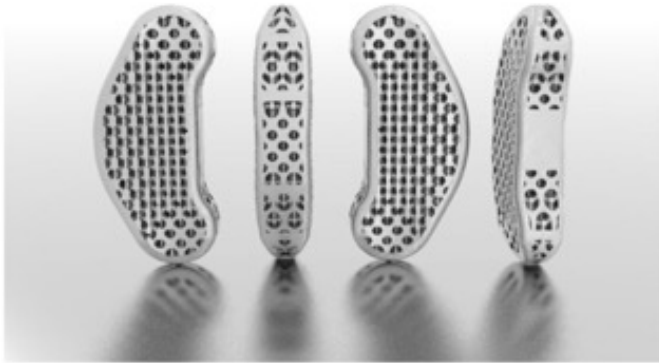
- 矯正歯科、鋳造、ストーンモデル、仮歯、人工歯など



# 粉末焼結法の応用例

## 医療インプラント（生体親和性の向上）

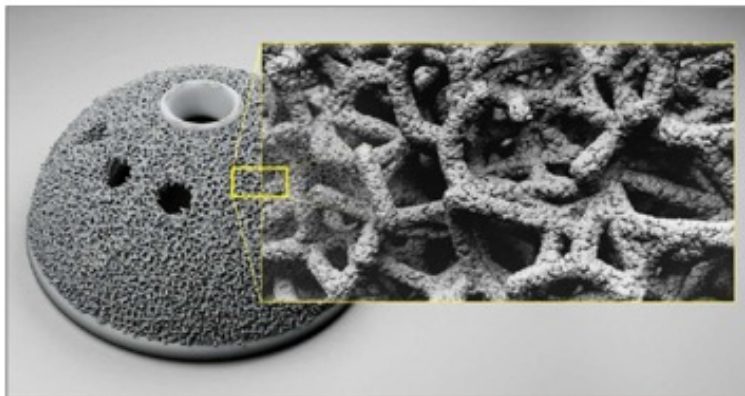
NTT DATA



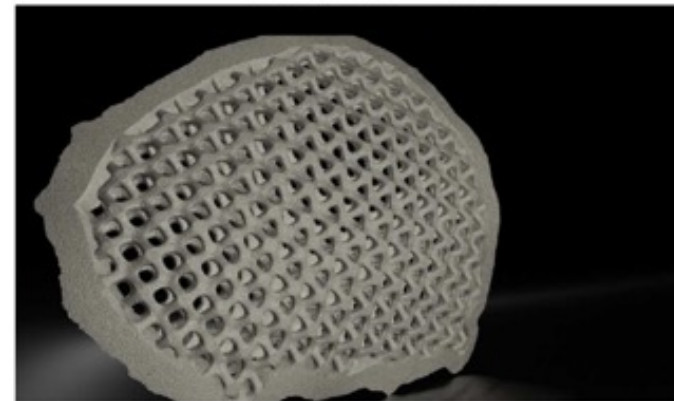
脊椎固定用インプラント



脛骨トレイ（膝関節インプラント）  
・応力遮蔽の対策



寛骨臼（かんこつきゅう、股関節の一部）インプラント  
・骨の成長によるインプラントとの親和促進



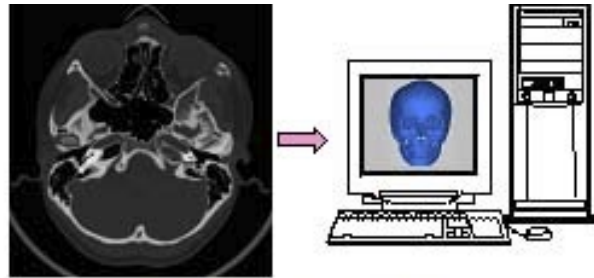
頭蓋骨インプラント（PEEKによる造形）  
・Custom-IMD project

NTT-data エンジニアリング前田氏、第4回AMシンポジウム資料より

# 東大、3Dプリンターで「人工骨」

## 医療技術革新、実用化へ

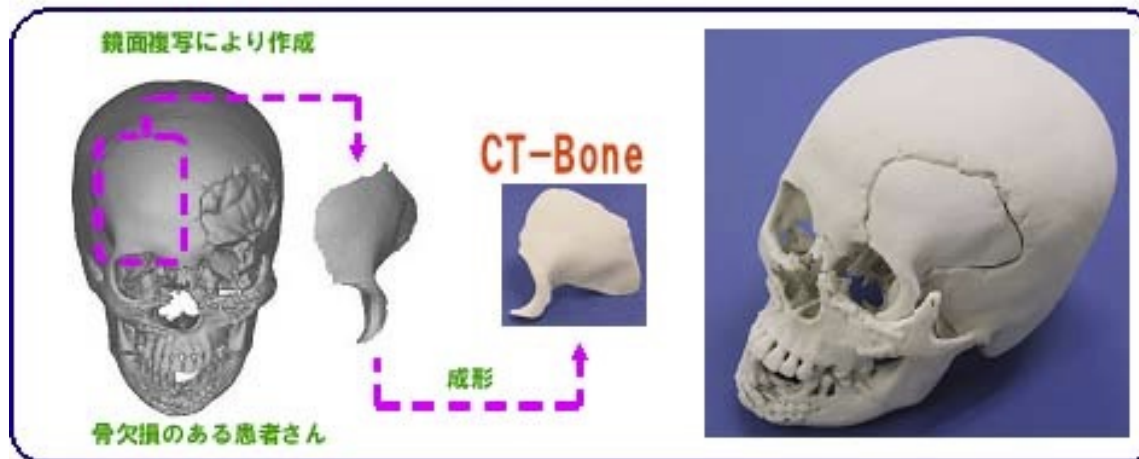
### 成形までの流れ



患者さんのX線CT画像  
→CADデータ

生体に安全な  
骨材料他

成形装置  
(三次元積層造形 (インクジェット方式))



<http://www.next21.info/lab/ctbone/index02.html>

56



# 神戸大 杉本医師の例



<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20130624/487213/>

57

# 活用事例(歯列矯正; Align Technology)

- インビザライン・システム 治療の流れ(HPから引用)

1. コンサルテーション(患者記録と処方書)



2. 3Dモデル(クリンチェック治療計画の作成)



3. 造形によるアライナー作成



4. 治療開始



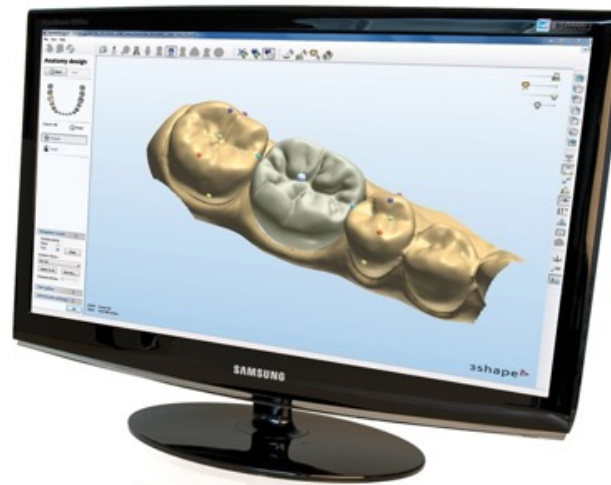
アスペクト 早野氏作成

# 口腔内スキャナーが身近に



sirona  
The Dental Company

3shape

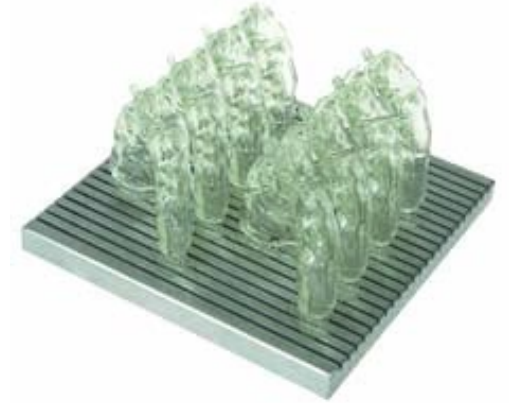
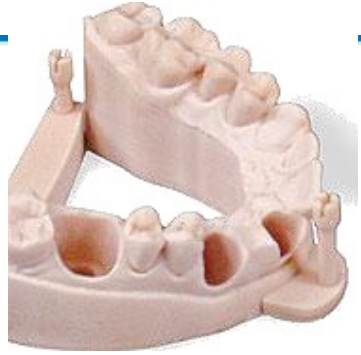


3shape



3shape TRIOS

# 歯科応用



# インクジェット方式/ProJet/光硬化性樹脂/ワックス

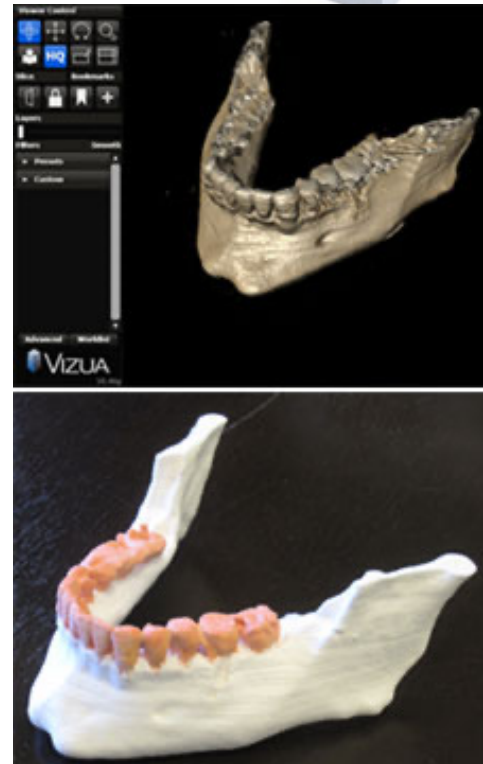
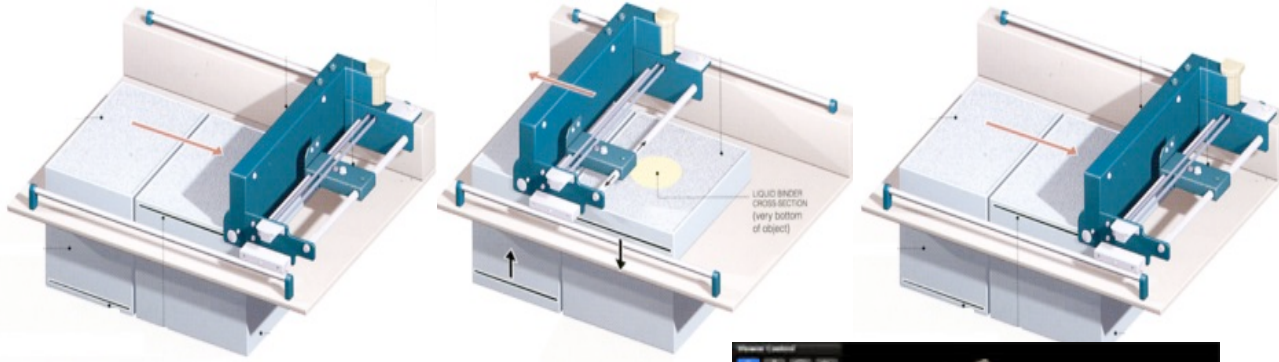


ProJet® 3510 DP



3Dシステムズ, 豊通マシナリーHPより

# インクジェット方式/ProJet/石膏粉



3Dシステムズ, 豊通マシナリーHPより

# インクジェット方式/Objet方式(光硬化性樹脂)

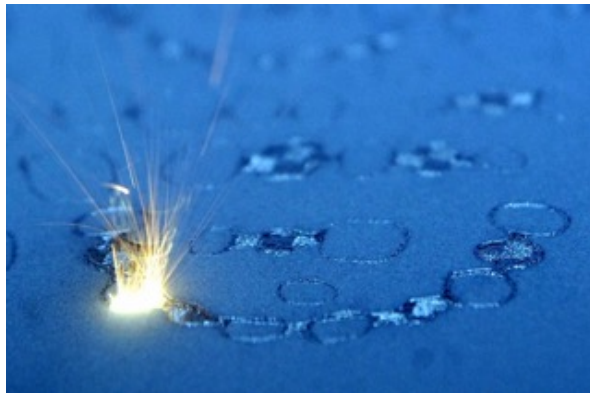


<http://www.stratasys.com>

# 粉末焼結法/EOSINT-M



EOS/EOSINT-M280



Direct Metal Laser Sintering (DMLS)

NTT-data エンジニアリング前田氏、第4回AMシンポジウム資料より



# 検索結果、3Dで出力＝専用装置を公開



ヤフー(2013/09/17)

ヤフーは、音声検索した物を3Dプリンターで出力する「さわれる検索」マシンを公表

65

# ディズニー、3Dプリンターは10年以内にすべての家庭導入されると予測(2013/10/26)

ウォルト・ディズニー・インターナショナルの会長は、3Dプリンターは、10年以内にすべての家庭になると予測。"私が思うに10年以内にすべての家庭では、多くの家庭が今2Dまたはレーザープリンターを持っているのと同様に、独自の3Dプリンターを持っています、"アブダビメディアサミット、毎年恒例アラブ首長国連邦の首都での日のイベント。技術が世界の動作方法を"革命"だろうと、技術は常にメディアやエンターテインメント業界で使用されています。彼は、ディズニーはすでにテーマパークにおける技術を利用する方法を模索していたと付け加えた。



# 3Dプリンターが飛躍するために 克服すべきハードル

---

- 1) 安いものは精度(解像度)が低い
- 2) 使えるもの(装置)は高価!
- 3) 造形速度(印刷スピード)が遅い
- 4) 複数の素材を使っの3Dプリントは希少
- 5) CADスキルが必要
- 6) 何を作ったら効果的かがわかりにくい。
- 7) 法的な整備も急務!

◎著作権、PL

# 誰もが容易に各種部品、部材を任意の材料で製造可能になるか?

- 答: No!
  1. 3D Printingで使える材料は限定的。  
汎用熱可塑性樹脂や一部エンジニアリング樹脂のみが使用可能
  2. 現状製品の精度でものを作るのはほとんど困難
  3. 少なからず積層段差が存在
  4. 金属の立体形状物を作成するためには極めて高価な装置と環境が必要  
→安価な装置には今後10年単位の年月が必要
  5. 3D Printingに使用できる材料のさらなる開発が必要

# ものづくり産業の基盤に変化はあるか

- 答: No!

- 従来の高品質で安価なものを大量に生産する分野には変化は起こらない。

- 個人の活動を中心とした生活付随物や表現・デザイン・ファッションなどの分野で展開される。

- 創作活動としてのものづくりは活発になる。

- 個人を対象とした「ものづくり」の仕組みができる。

# 3Dプリンティングの将来像

---

「大量生産・消費型の産業構造とは異なり、個人が自分の欲しいものを手軽に作成する、また創造していくという新しい構造の産業が生まれてくる」

# 3D Printer Now & Then



# Thank you !

---

萩原 恒夫 (HAGIWARA, Tsuneo)

E-mail: [ts.hagiwara@gmail.com](mailto:ts.hagiwara@gmail.com)

[hagiwara.t.ad@m.titech.ac.jp](mailto:hagiwara.t.ad@m.titech.ac.jp)

<http://www.thagiwara.jp>