

# 三次元積層造形の応用 宝飾・歯科など高精細精密造形への展開



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

萩原恒夫

2013年10月09日

E-mail: [thagiwara@hino.email.ne.jp](mailto:thagiwara@hino.email.ne.jp)

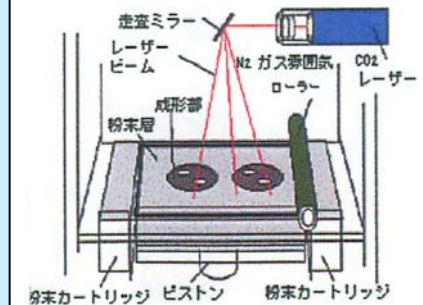
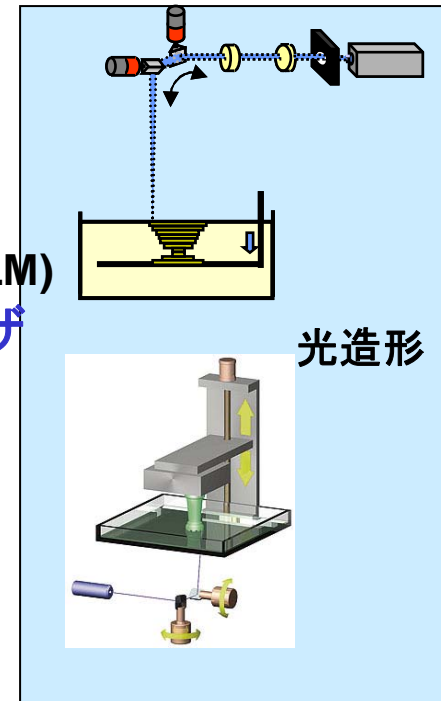
<http://www.thagiwara.jp>

# 目次

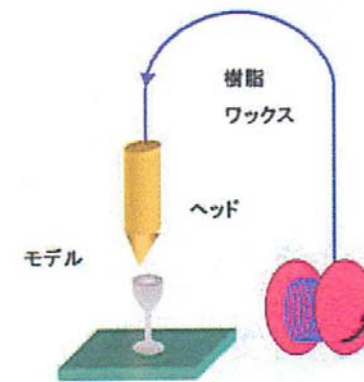
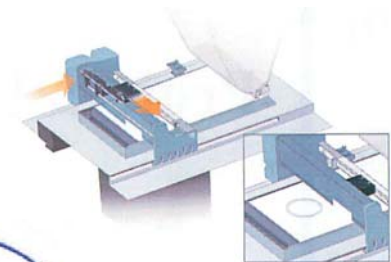
- 背景
- 3Dプリンター(三次元積層造形装置)の現状について
  - 各システムの比較
  - 材料
- DWS社の応用例の紹介
  - 宝飾・歯科など高精細精密造形への展開
    - 宝飾の応用例
    - 歯科の応用例

# 三次元積層造形法(AM法)

- ▶ **光造形法** (Stereolithography: SLA)  
液状感光性樹脂 / レーザビーム
- ▶ **粉末焼結積層法** (Selective Laser Sintering: SLS/Selective Laser Melting: SLM)  
ナイロン・金属粉末 / 炭酸ガスレーザー  
ファイバーレーザー
- ▶ **溶融樹脂積層法**  
(Fused Deposition Modeling: FDM)  
ABS ワイヤなど / 溶融押し出し
- ▶ **Inkjet法** (Z-Printer, Objet)  
Z-Printer: 石膏粉末 / 水  
Objet: 光硬化性樹脂 / ランプ
- ▶ **その他** (Laser Energy Net Shaping: LENS法、  
Laminated Object Manufacturing: LOM etc.)  
Fe, Ni 金属粉末 / 炭酸ガスレーザーなど  
紙 / ナイフなど



SLS/SLM



FDM

Inkjet

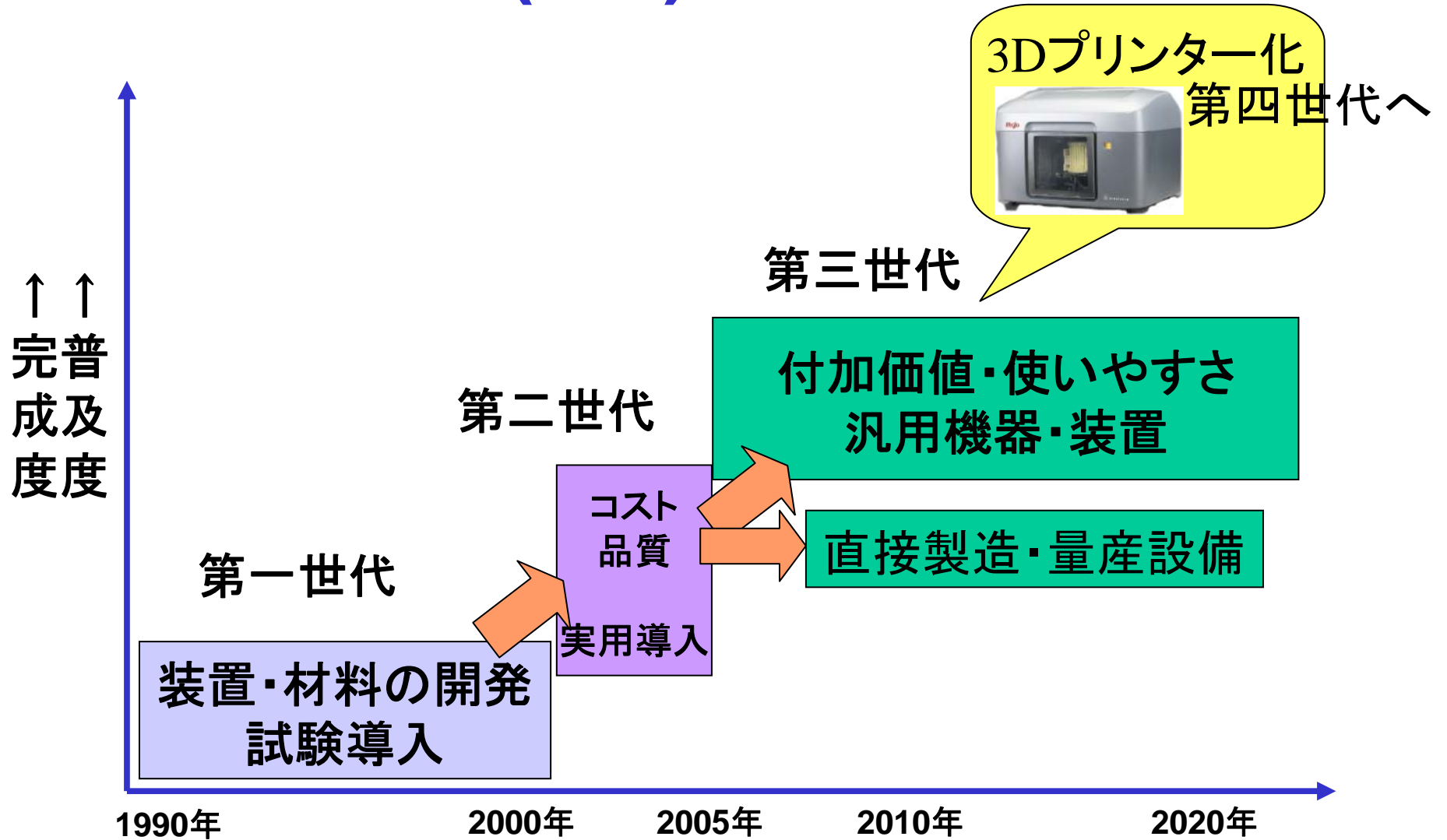
## 名古屋発 世界的大発明

- 1981 小玉秀男氏(名古屋市工試) 基本コンセプト発表(特許・論文)
- 1982 A. Herbert(3M社) 光造形システムの論文発表
- 1984 丸谷洋二氏(大阪府立総研) 論文発表
- 1984 C. Hull (UVP=3D systems) 米国特許出願
- 1986 テキサス大学ナイロン粉末のレーザー焼結(DTM社設立) → 3Dシステムズに買収
- 1987 3D Systems社 世界初の光造形実用機 (SLA-1)を製品化
- 1988 三菱商事 丸谷氏の技術に基づきSOUPシステムを製品化 → シーメット社
- 1988? LOM; レーザによる紙積層(イスラエル)
- 1988 Stratasys; 溶融樹脂の積層
- 1989 EOS; ナイロン粉末のレーザー焼結
- 1994 キラ; ナイフによる紙積層(日本)
- 1995 Z-Printer; MITのインクジェットによる粉末積層 → プリンター化
- 1999 Objet; 光硬化性樹脂をインクジェットで積層硬化
- 2000 Envisiontec; DLPによる光硬化性樹脂の積層硬化
- 2012 “Makers”ブーム到来

# 今、なぜ 3D Printer なのか？

- 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  
3次元データが比較的簡単に生成できるようになった。
- 積層造形(RP=AM)の経験の蓄積, 技術の大衆化・RM化
- 各種RP(AM)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; BfB, Makerbot, RepRapなどの成功
- 生活の質の向上と物作りへの欲求の増大
- クリス・アンダーソン “Makers”ブーム
- 米国オバマ大統領の一般教書演説における3D Printerへの言及
- 経済産業省の「ものづくり」への大きな期待
- メディアの過剰反応  
→ある種の「バブル」状態

# 積層造形(AM)装置市場の推移





# AM(3D Printer)装置の実際例

## 光造形(SLA)



NRM-6000/CMET



DW-029J/DWS



iPro8000/3Dsystems



Perfactory/Envisiontec

# AM(3D Printer)装置の実際例(つづき)

粉末焼結積層 (SLS)

電子線焼結



EOSINT P800/EOS



ARCAM Q10



sPro230/3Dsystems



Avance-25/松浦機械



# AM(3D Printer)装置の実際例 (つづき)

## Inkjet法

旧Z-Printer (石膏)



ProJet 660 Pro



砂型プリンター



S-Max/ExOne



旧Objet法(光硬化)



Objet 500 CONNEX



# AM(3D Printer)装置の実際例 (つづき)

## FDM法/Stratasys



uPrint



Dimension  
BST/SST 1200es



FORTUS 900mc



# (Personal) 3D Printer/FDM法



mojo  
128万円



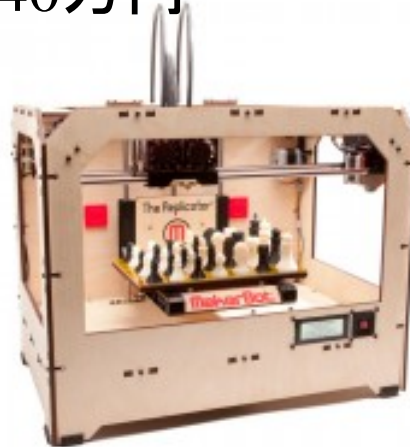
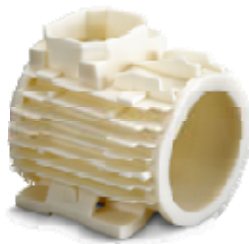
Bits from Bites (BfB)  
40万円



16万円

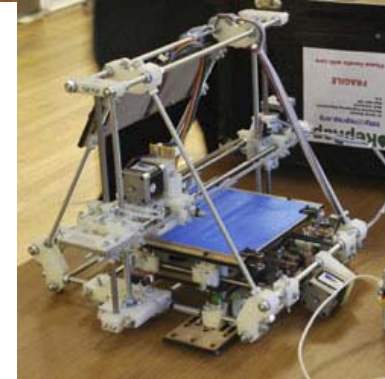


Cube



Makerbot Replicater

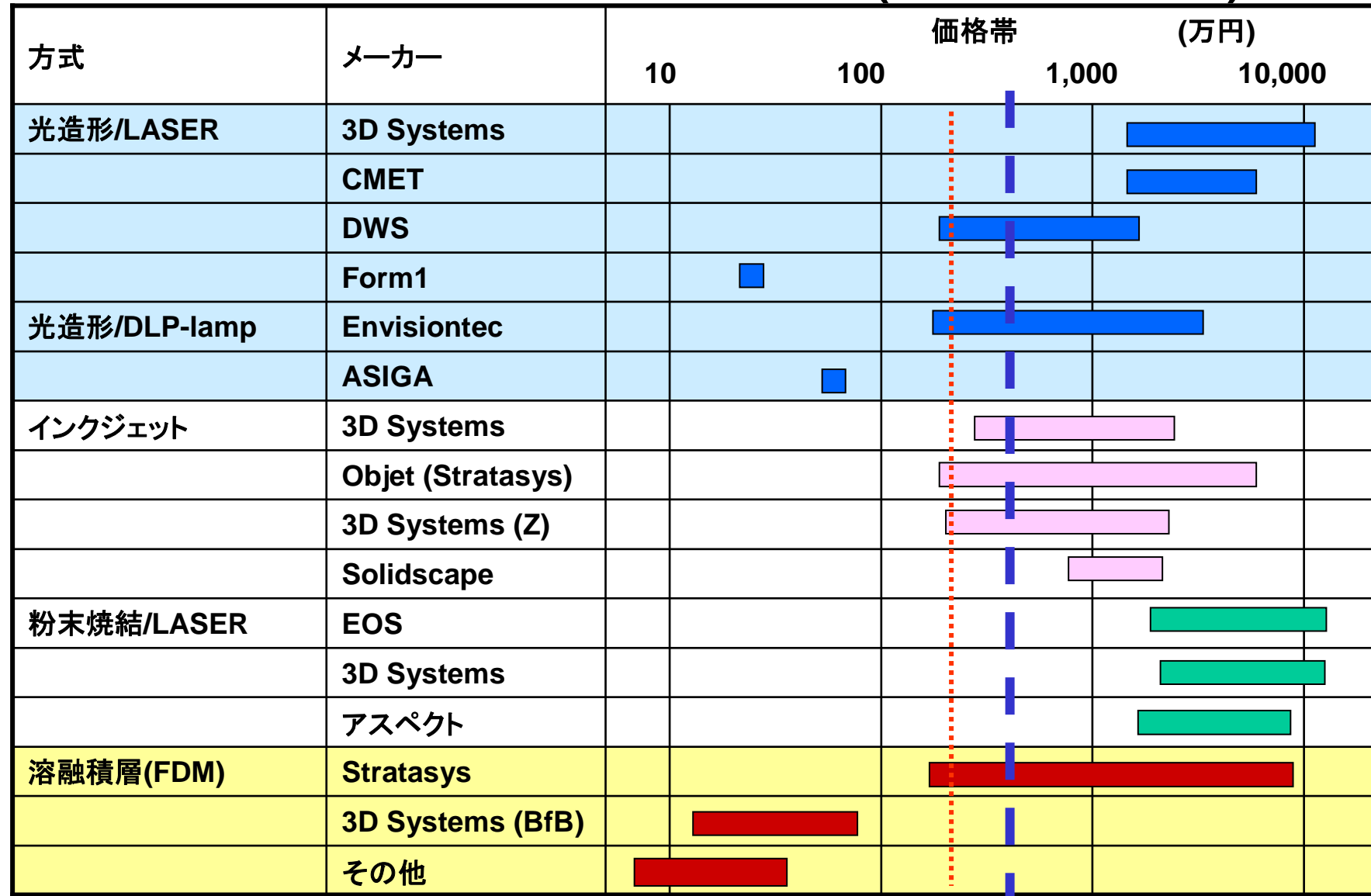
15万円



7~12万円

RepRap

# 3DPrinterの価格帯(対数表示)

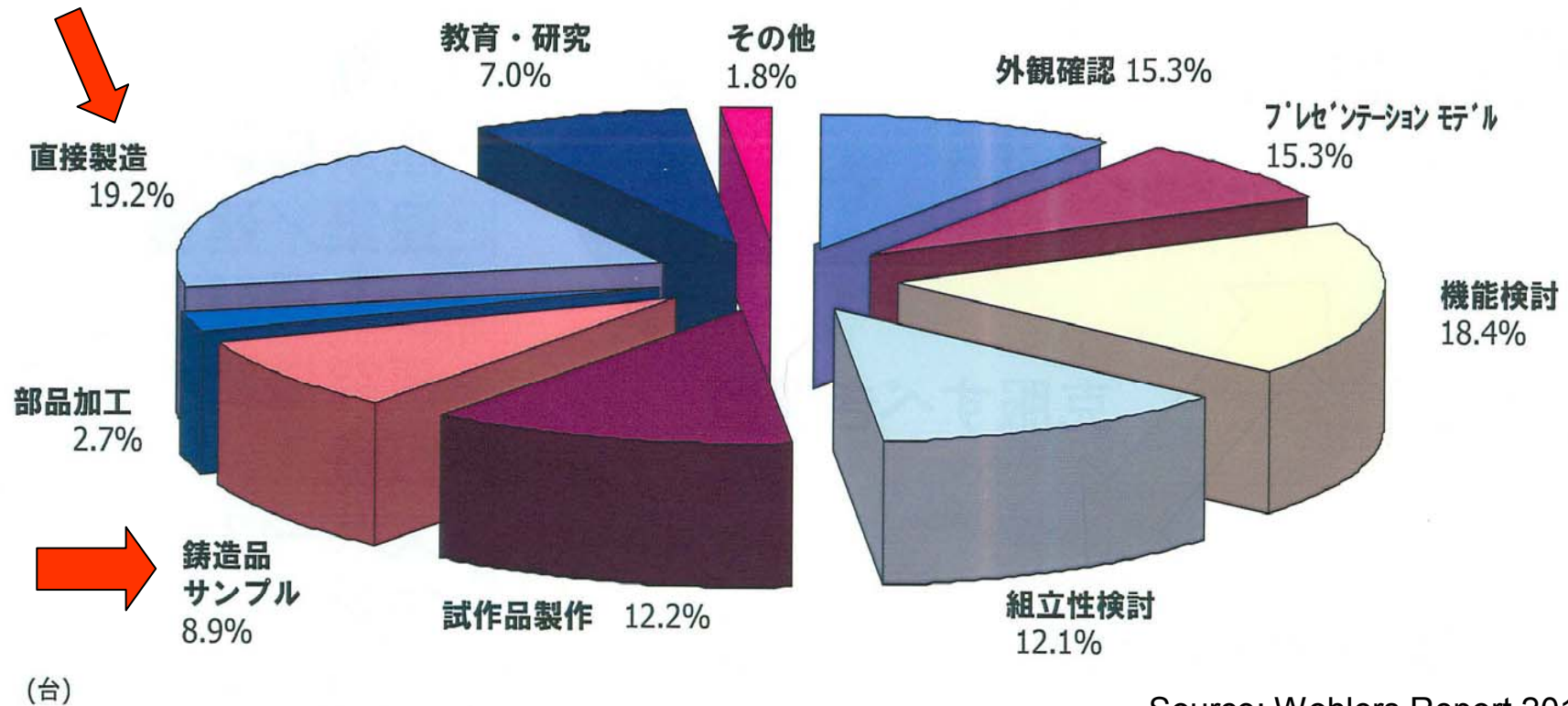


## 3DPrinterの材料例

方式	装置メーカー	材料		主用途
		カテゴリー	具体例	
光造形/LASER	3D Systems	光硬化性樹脂	エポキシノアクリレートハイブリッド	試作分野
	CMET	光硬化性樹脂	エポキシノ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
光造形/DLP-lamp	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
インクジェット	3D Systems	光硬化性樹脂	アクリレート系ノワックス	宝飾
		光硬化性樹脂	アクリレート系	歯科
	Objet (Stratasys)	光硬化性樹脂	アクリレート系	形状確認
	3D Systems (Z)	石膏	石膏ノ水	デザイン・フィギュア
	Solidshape	ワックス	ワックス+バインダー樹脂(Polyester)	宝飾
粉末焼結/LASER	EOS	ナイロン、金属粉	PA12, SUS, Ti, Al, Co-Cr	試作、生産
	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
熔融積層(FDM)	Stratasys	熱可塑性樹脂	ABS, PC, PEI, PPSF etc	試作、形状確認
	3D Systems (BfB)	熱可塑性樹脂	ABS, PLA	形状確認
	RepRap他	熱可塑性樹脂	ABS, PLA	ホビー



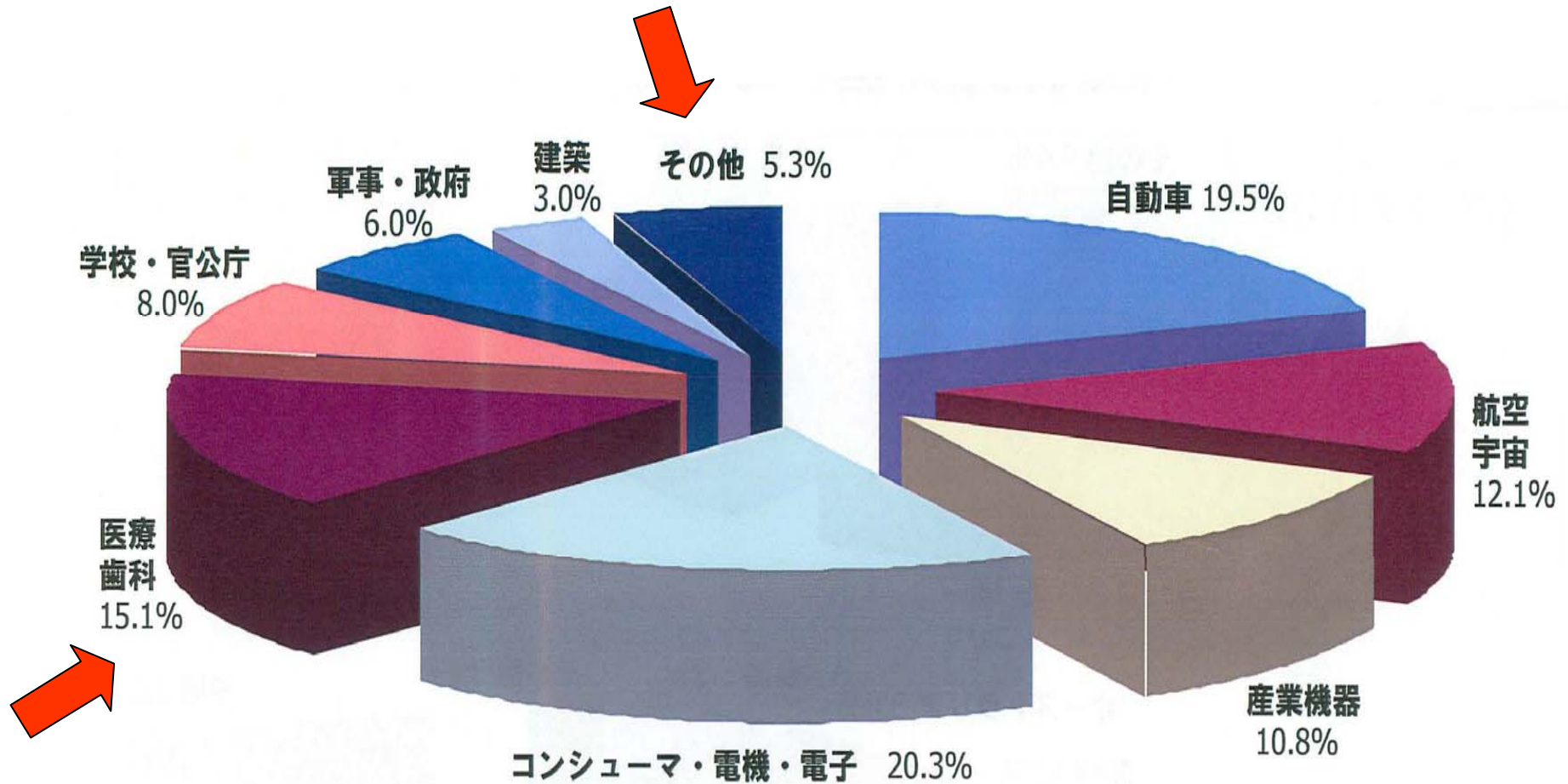
# どんな用途に使われているか



Source: Wohlers Report 2012



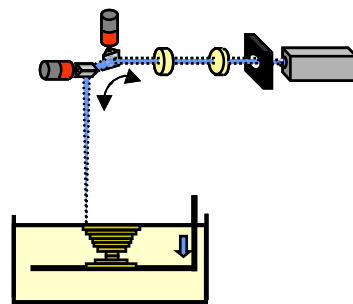
# どんな分野に使われているか



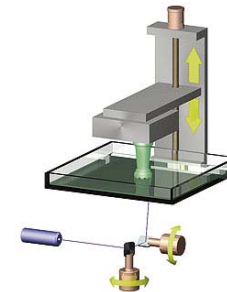
Source: Wohlers Report 2012

# 光造形とその特徴

- 最初に発明された積層造形(小玉秀男氏; 1981年名古屋)
- 液状感光性樹脂/LASERで硬化・積層
- 比較的大型の造形物が可能
- 透明の造形物が得られる
- 高精度・高精細な造形物が得られる。



光造形

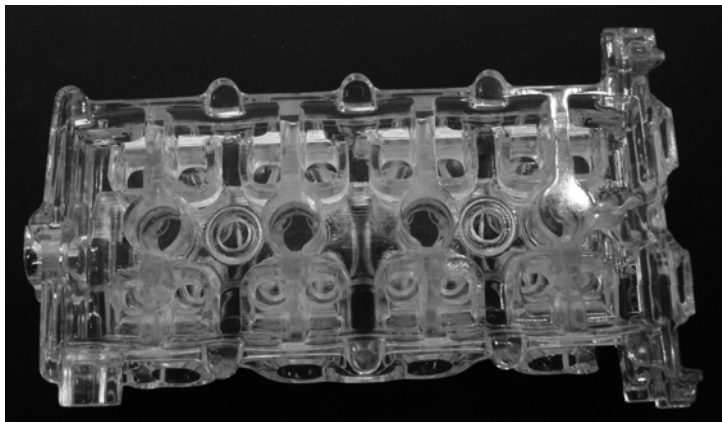


# 光造形の現状

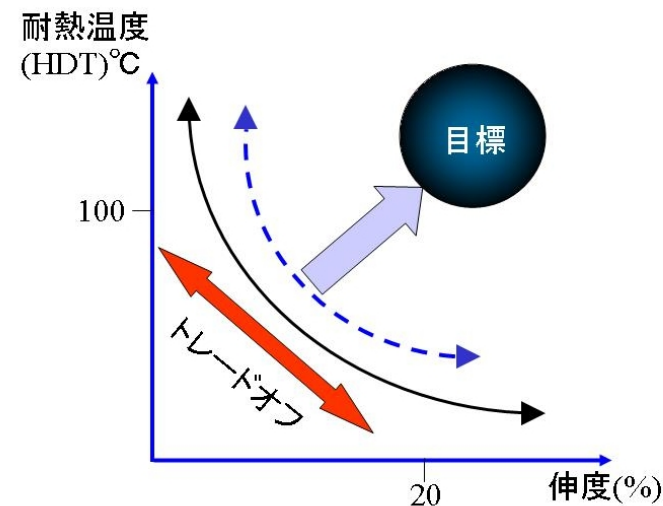
☆ 光造形は**高精度で透明なものが得られる**ことから日本でのRP装置として大きな役割を占めている。

(高精度試作品、機能性部品試作)

- 新規樹脂開発はすでに限界に近づいている。
  - 顧客の求める耐熱・靱性(Rapid Manufacturing用)はほとんど絵に描いた餅



高透明樹脂 TSR-829/シーメット



光造形用樹脂開発の現状

# 高精細・高精度が生きる光造形

## 1. 超精密鋳造

- 宝飾
- 歯科鋳造

## 2. 高精度

- 補聴器
- サージカルガイド
- 人工歯(仮歯)

## 3. 造形物を直接利用

- 人工宝石(Digital Stone)
- フィギュア
- 特殊部品など



DWS 029J



Envisiontec  
/Perfactory



フィギュア一例

# イタリア・DWS社

- 2007年イタリア・Vicenza市に設立
  - Vicenza市: 古くから宝飾品の生産地
- 当初: 宝飾用途に特化
  - 歯科、一般用途に拡大
- 高精度・高精細が可能な小型光造形機に特化
- 従業員: 25名
- 総販売数約800台(2012末)





# 光造形装置 (規制液面法; 下部照射)

宝飾用

DIGITALWAX  
029J

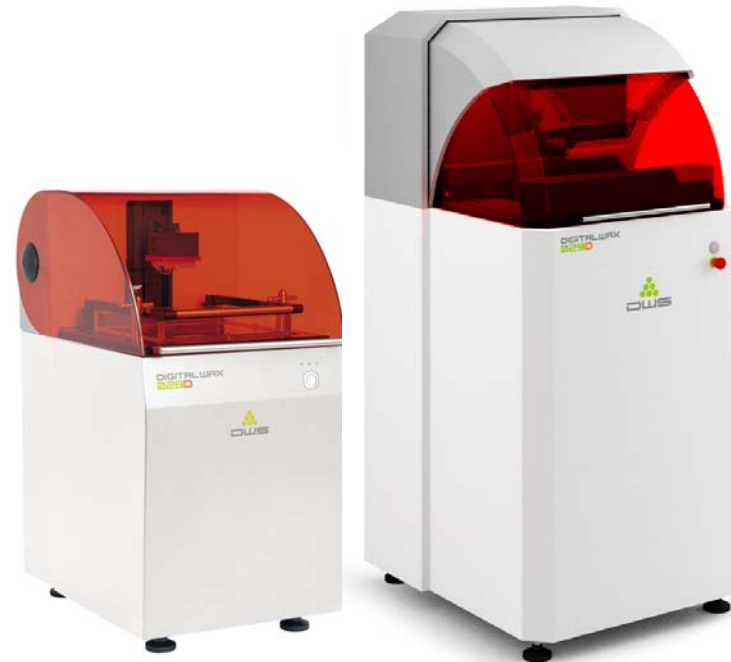


DIGITALWAX  
028J



DIGITALWAX  
029D

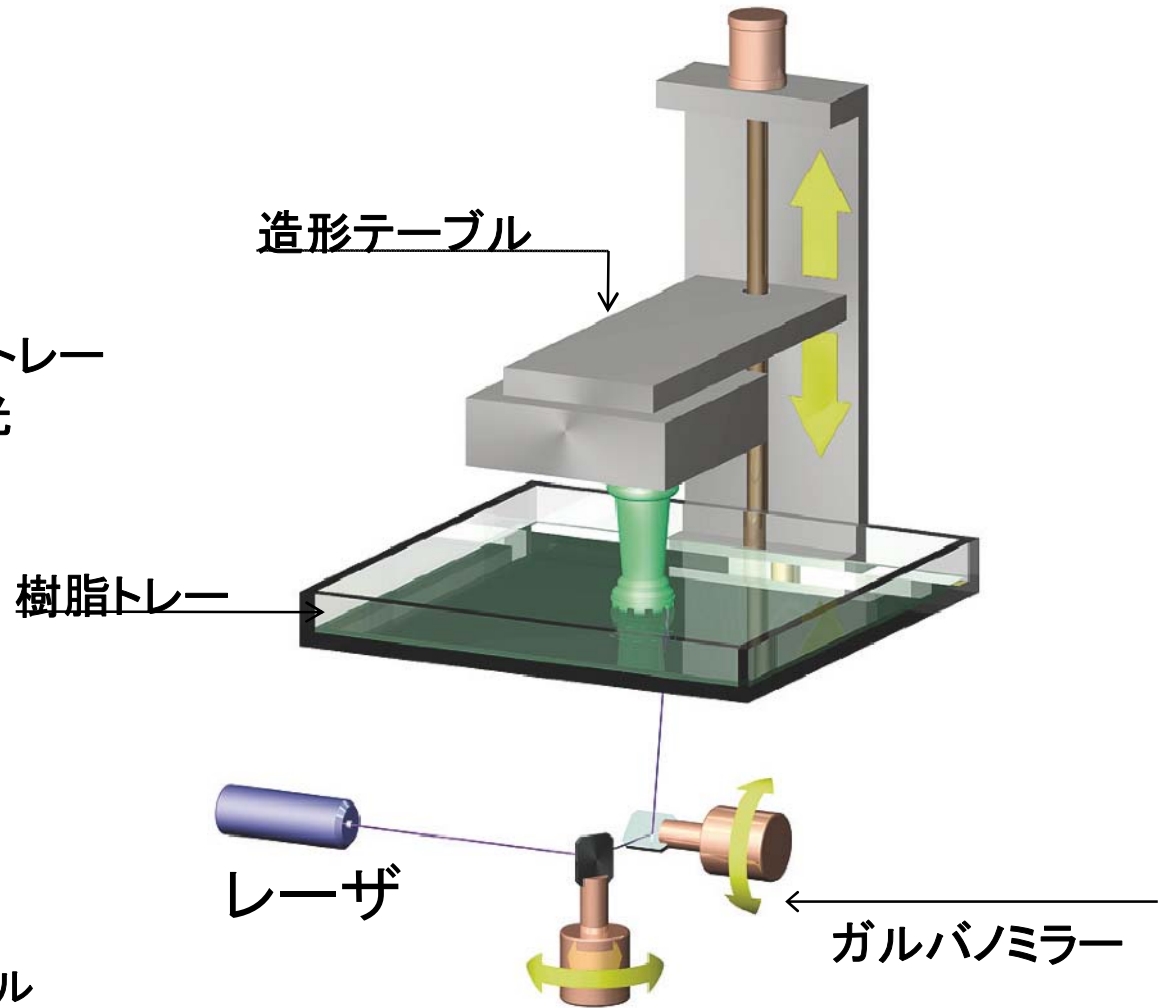
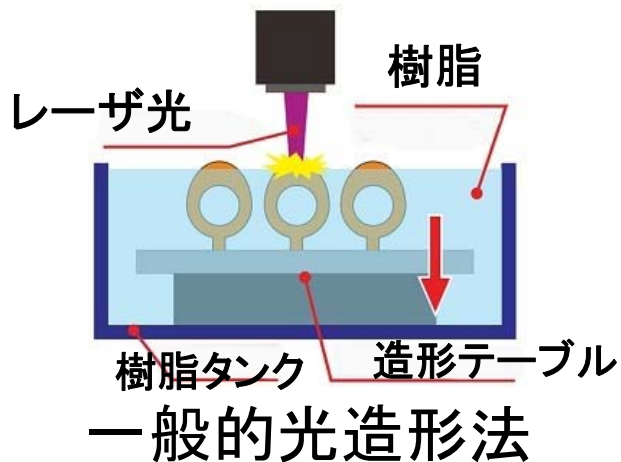
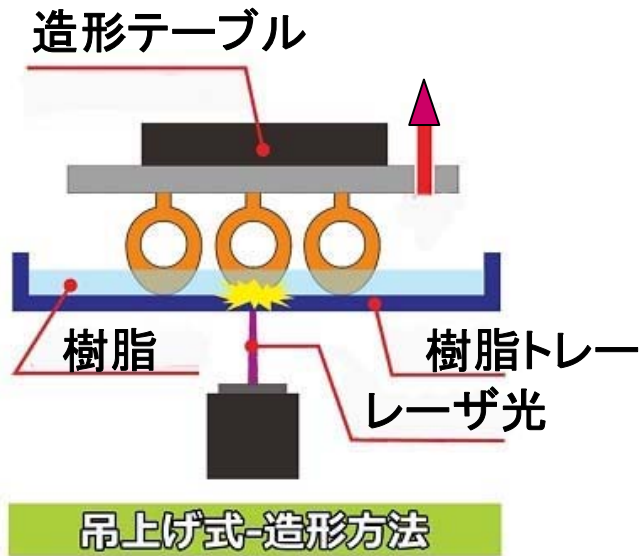
歯科用



DIGITALWAX  
028D



# 装置構成例(レーザー・ガルバノタイプ)

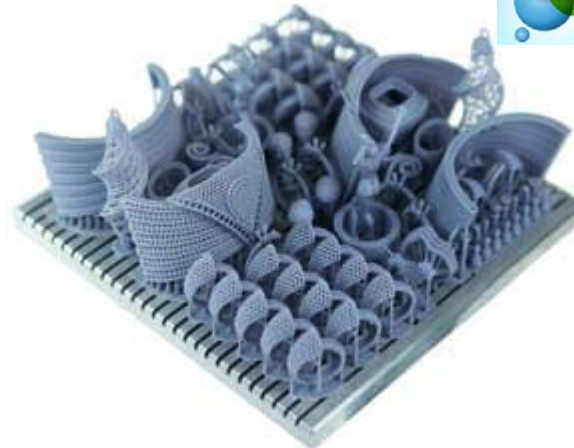


# DWS社製光硬化性樹脂材料

- 宝飾用途
  - 直接鋳造(ロストワックス代替)
  - ゴム型
  - Digital Stone (宝石様樹脂)
- 歯科用途
  - 鋳造
  - 人工歯(TEMPOLIS: 仮歯)
- モデル用
  - RP、工業デザイン
  - フィギュア

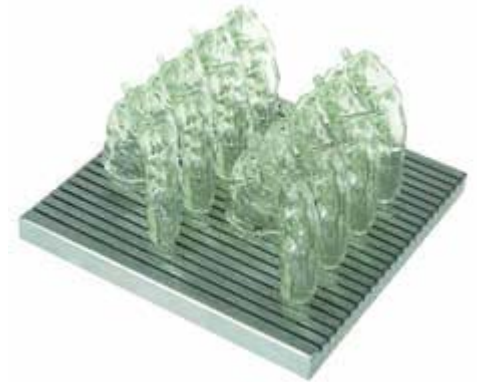


# 宝飾応用

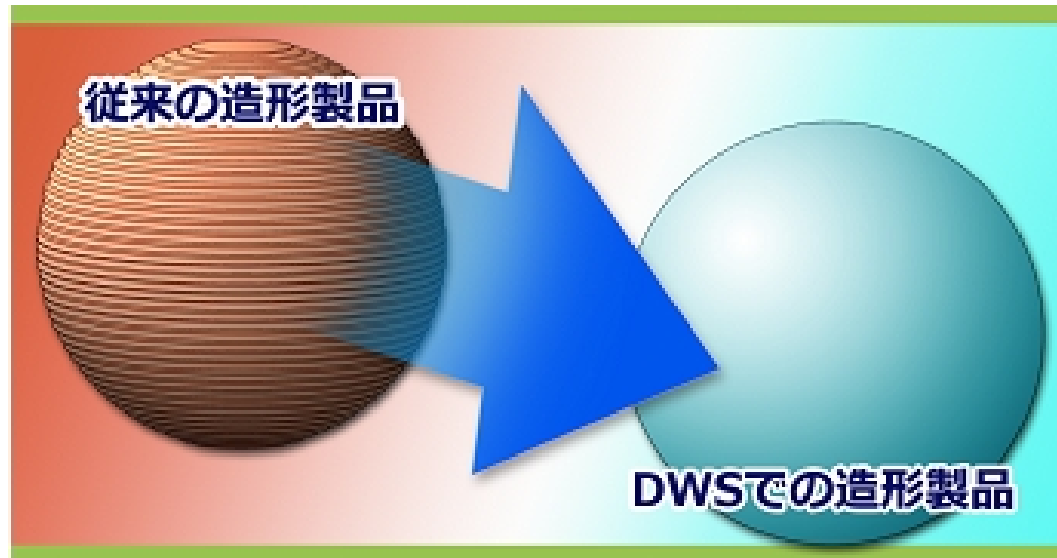




# 歯科応用



# DWS社の光造形物の特徴



- 優れた造形物精度
- 非常に滑らかな造形物表面
- 優れた鋳造品品位
- 鋳造製品の仕上げの低減・不要
- Rapid Manufacturingに不可欠

# 直接鑄造(ワックス代替)

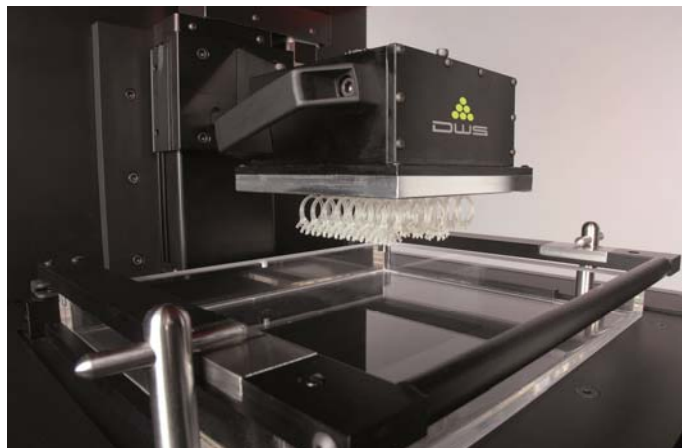
DC-500 樹脂の例



6hr @DW-028J



10hr @DW-029J<sub>26</sub>





# Digital Stone



- セラミック・ナノフィラー材料
- 皮膚刺激性なし
- デジタルデータから直接製作可能
- 5色、好みの色に調製可能
- 形状制限なし
- 市場に即投入可能

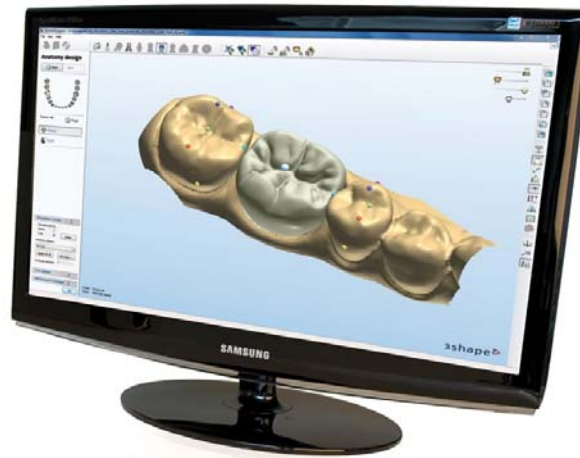


# 口腔内スキャナーが身近に

3shape



3shape



3shape TRIOS<sub>29</sub>

# 歯科への応用例



**RF 065, RF 068, RF 080**  
Partials, crowns and bridges



**RD 095, RD 096**  
Digital impression models



**DS 2000**  
3D Medical

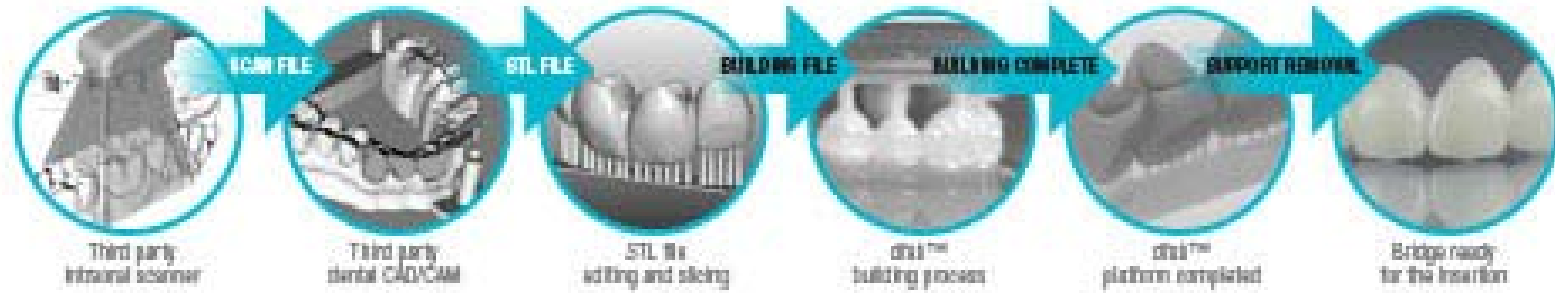


**DS 3000**  
Surgical guides



**Temporis:**  
Long term provisionals

# 新しい人工歯の製作方法



dfab™





# フィギュアー造形例





# DWS社高精度・高精細造形の 今後の展開

- 宝飾
  - 鑄造の完成度向上
  - Digital Stoneの性能向上
- 歯科
  - 鑄造性の向上
  - 人工歯のさらなる発展
- その他
  - ポップカルチャーへの適応拡大
  - 産業用途への展開

Thank you!

<http://dwssystems.com>

<http://www.digitalwax.asia>

<http://www.seaforce.co.jp>

萩原 恒夫 (HAGIWARA, Tsuneo)

E-mail: [thagiwara@hino.email.ne.jp](mailto:thagiwara@hino.email.ne.jp)