

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

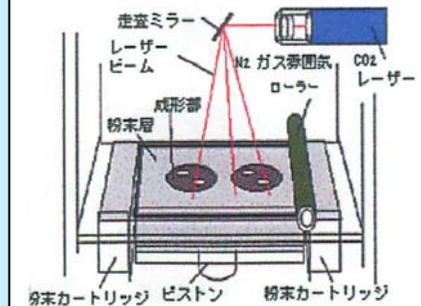
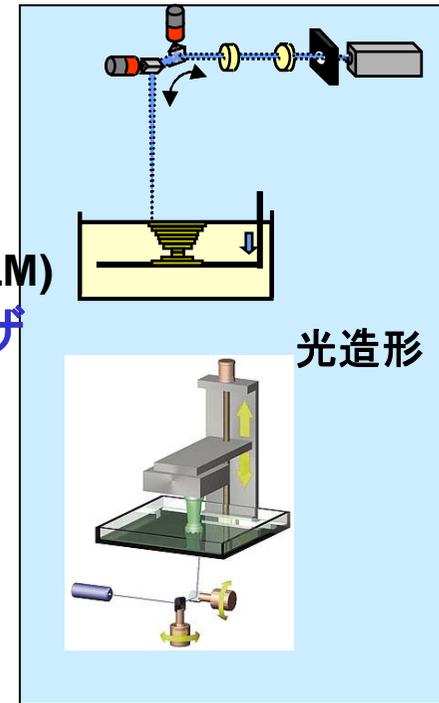
<http://www.thagiwara.jp>

目次

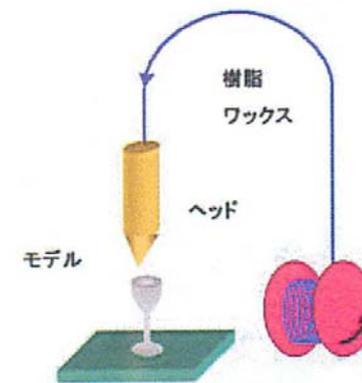
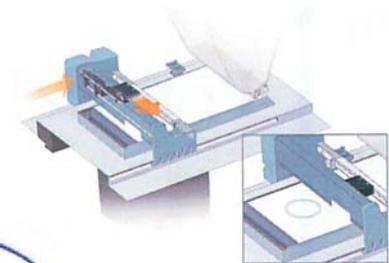
- 背景
- 3Dプリンター(三次元積層造形装置)の現状について
 - 各システムの比較
 - 材料
- DWS社の応用例の紹介
 - 宝飾・歯科など高精細精密造形への展開
 - 宝飾の応用例
 - 歯科の応用例

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

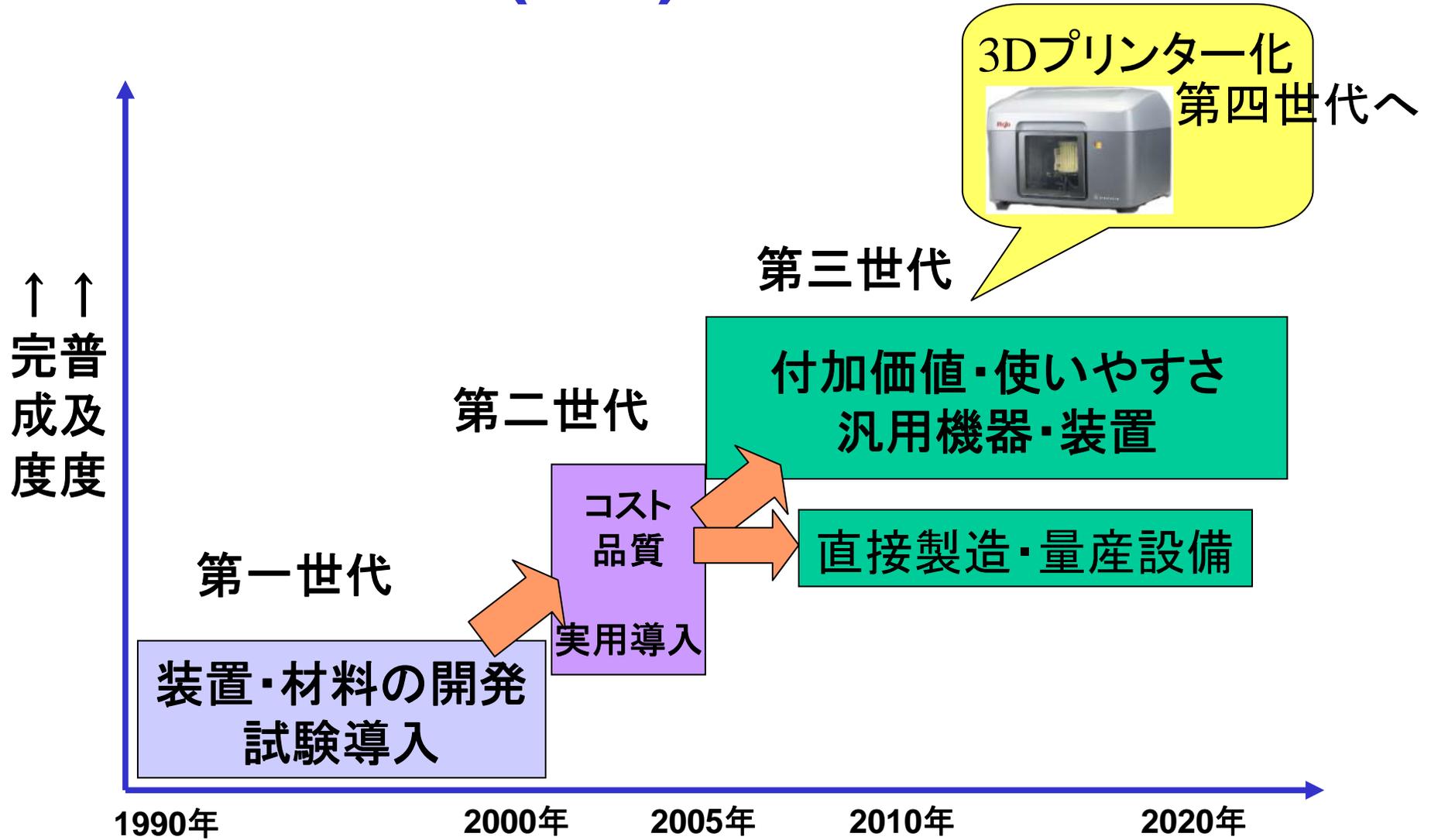
名古屋発 世界的大発明

- 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

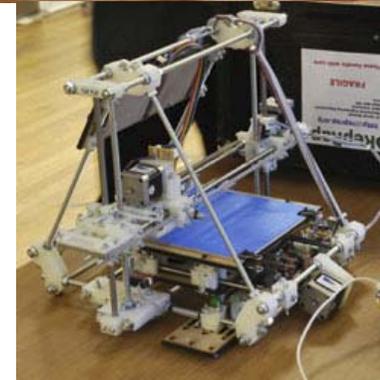


Cube



15万円

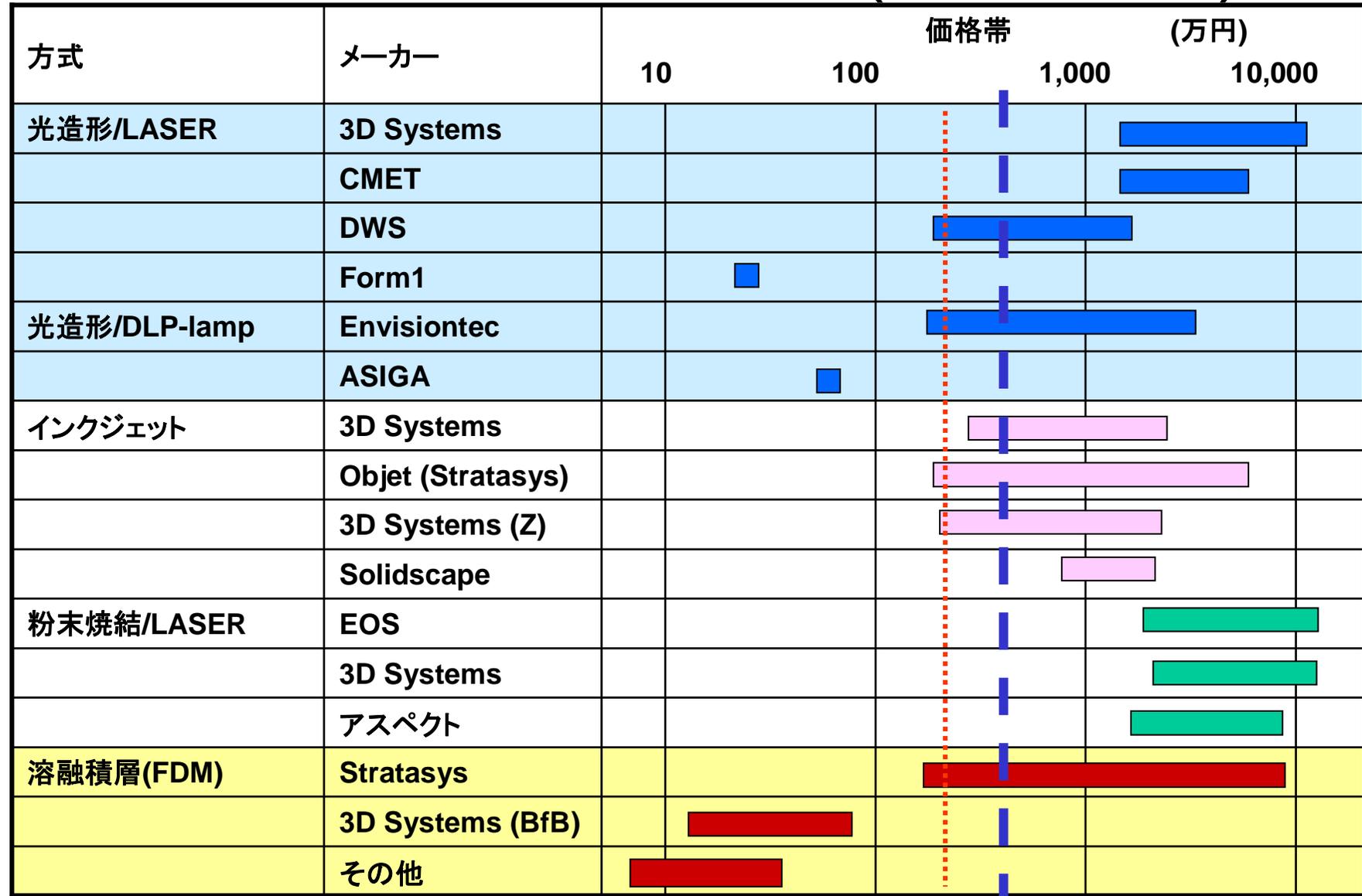
Makerbot Replicater



7~12万円

RepRap

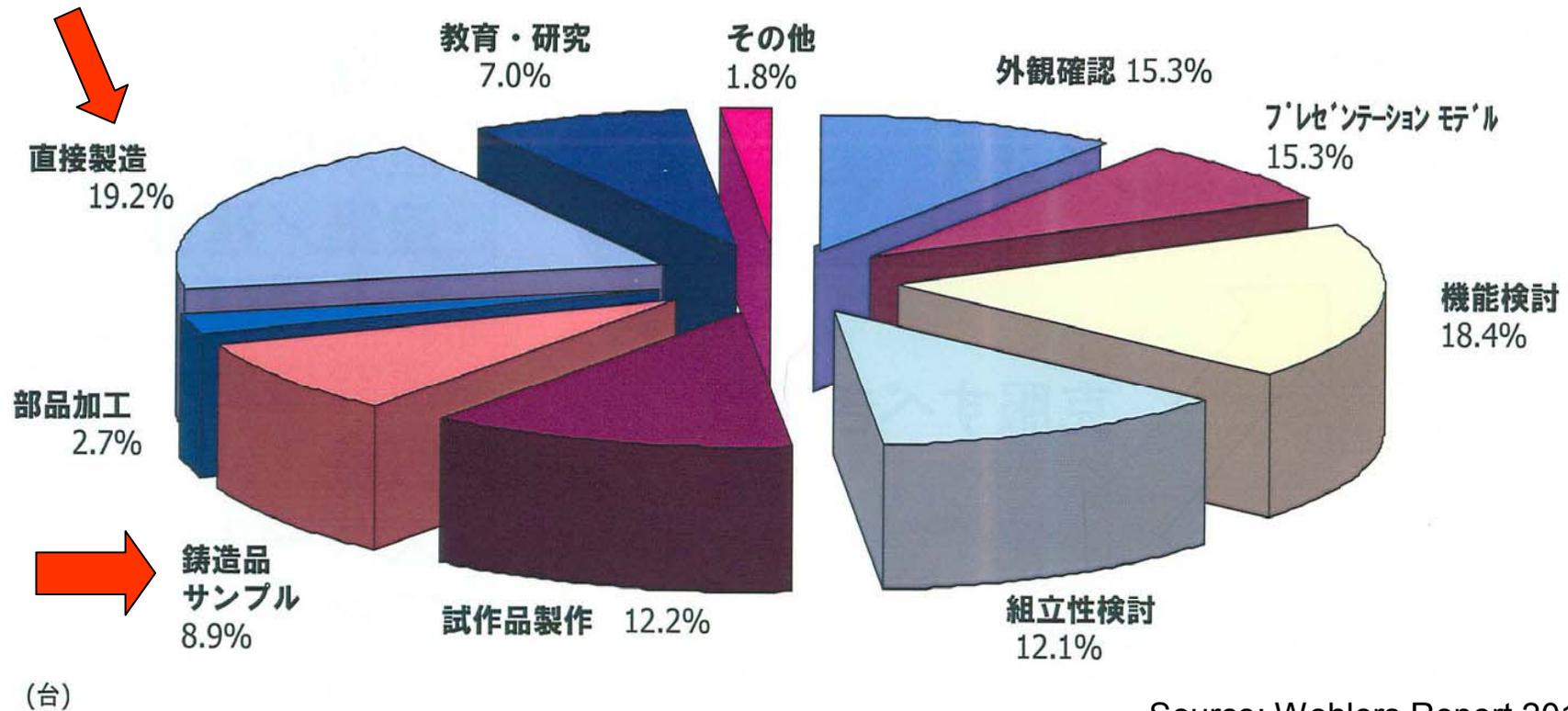
3DPrinterの価格帯(対数表示)



3DPrinterの材料例

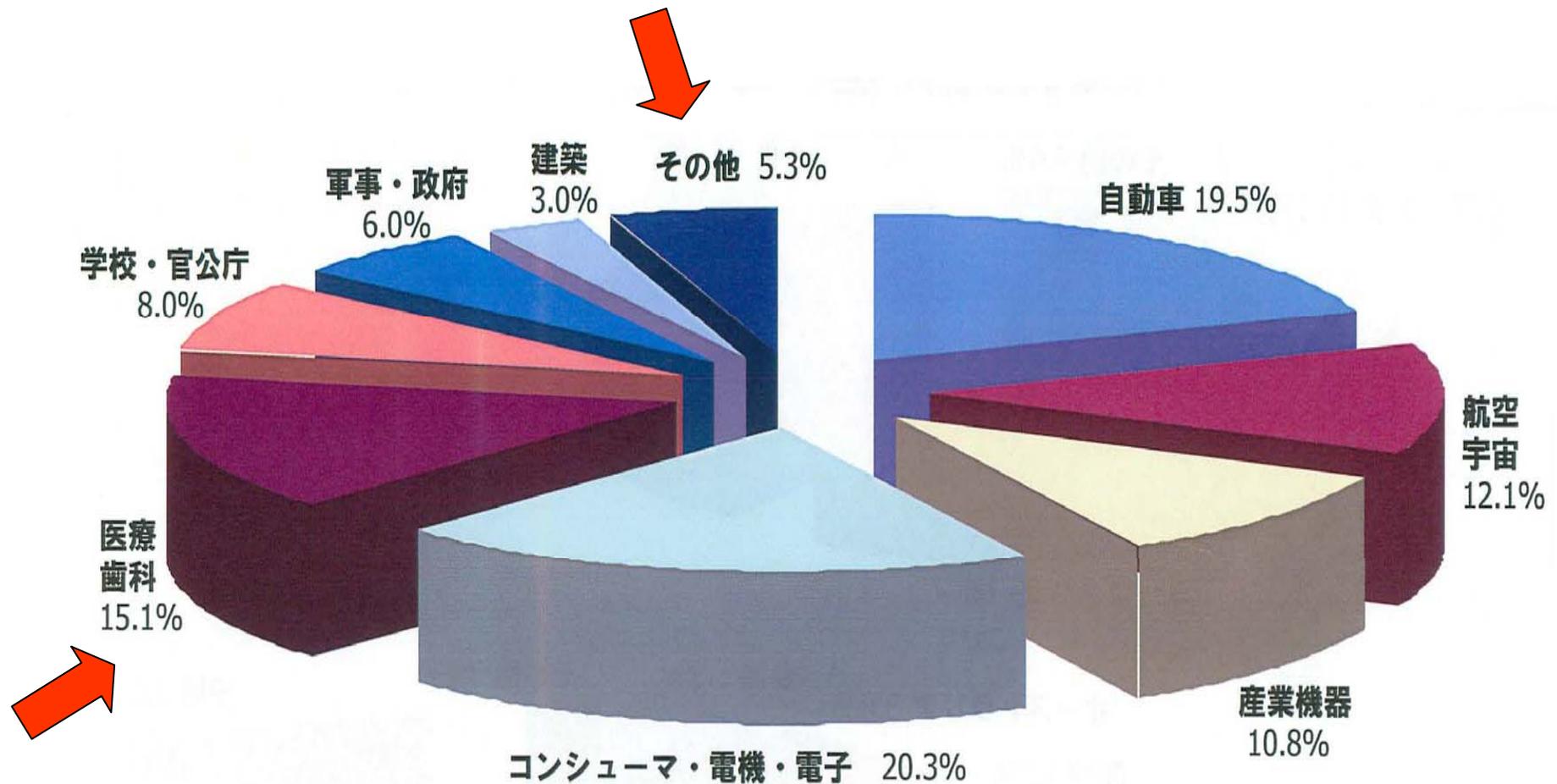
| 方式 | 装置メーカー | 材料 | | 主用途 |
|--------------|-------------------|----------|----------------------------|------------|
| | | カテゴリー | 具体例 | |
| 光造形/LASER | 3D Systems | 光硬化性樹脂 | エポキシノアクリレートハイブリッド | 試作分野 |
| | CMET | 光硬化性樹脂 | エポキシノアクリレートハイブリッド | 試作分野 |
| | DWS | 光硬化性樹脂 | アクリレート系 | 宝飾、歯科 |
| | Form1 | 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 |
| | Solidscape | 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

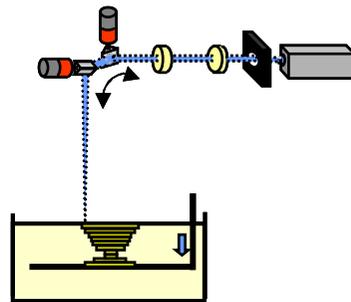


Source: Wohlers Report 2012

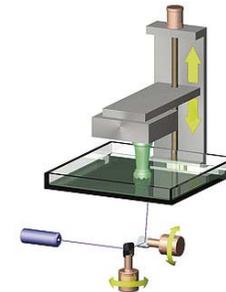
15

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

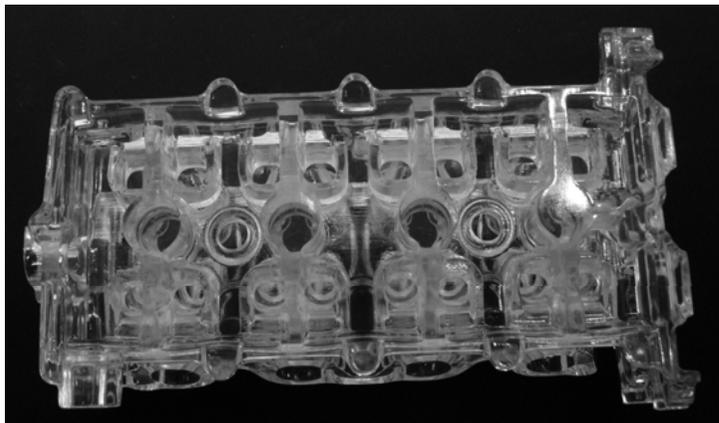


光造形の現状

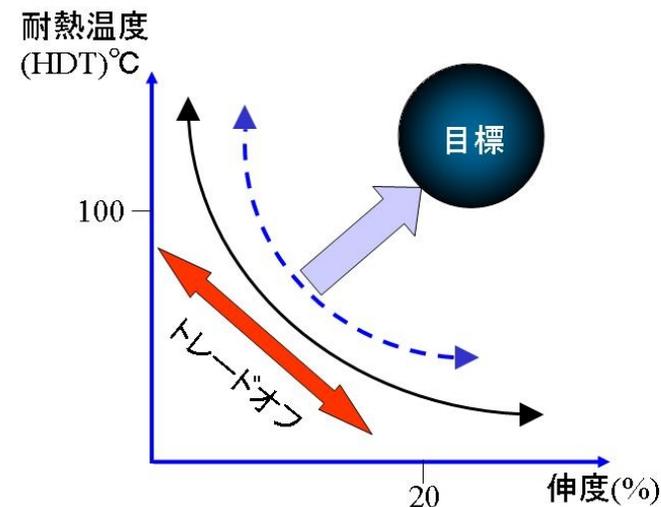
☆ 光造形は**高精度で透明なものが得られる**ことから日本でのRP装置として大きな役割を占めている。

(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

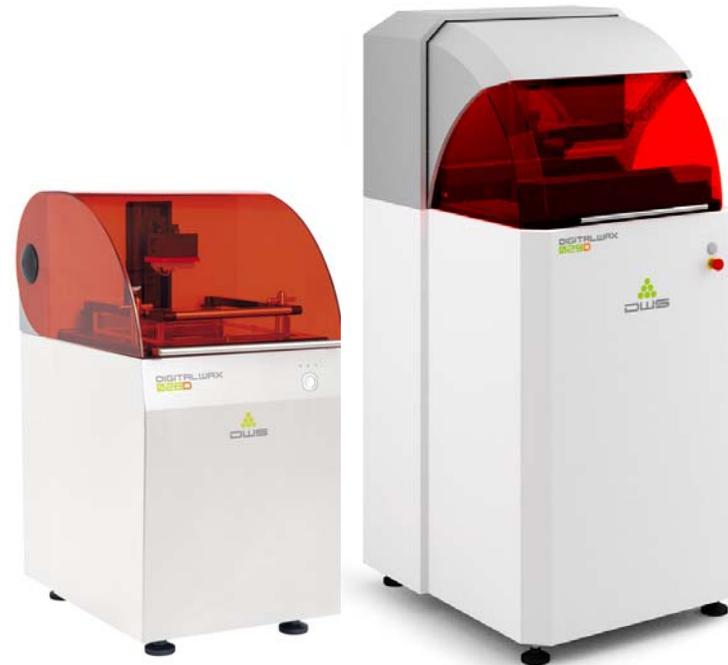


DIGITALWAX
028J



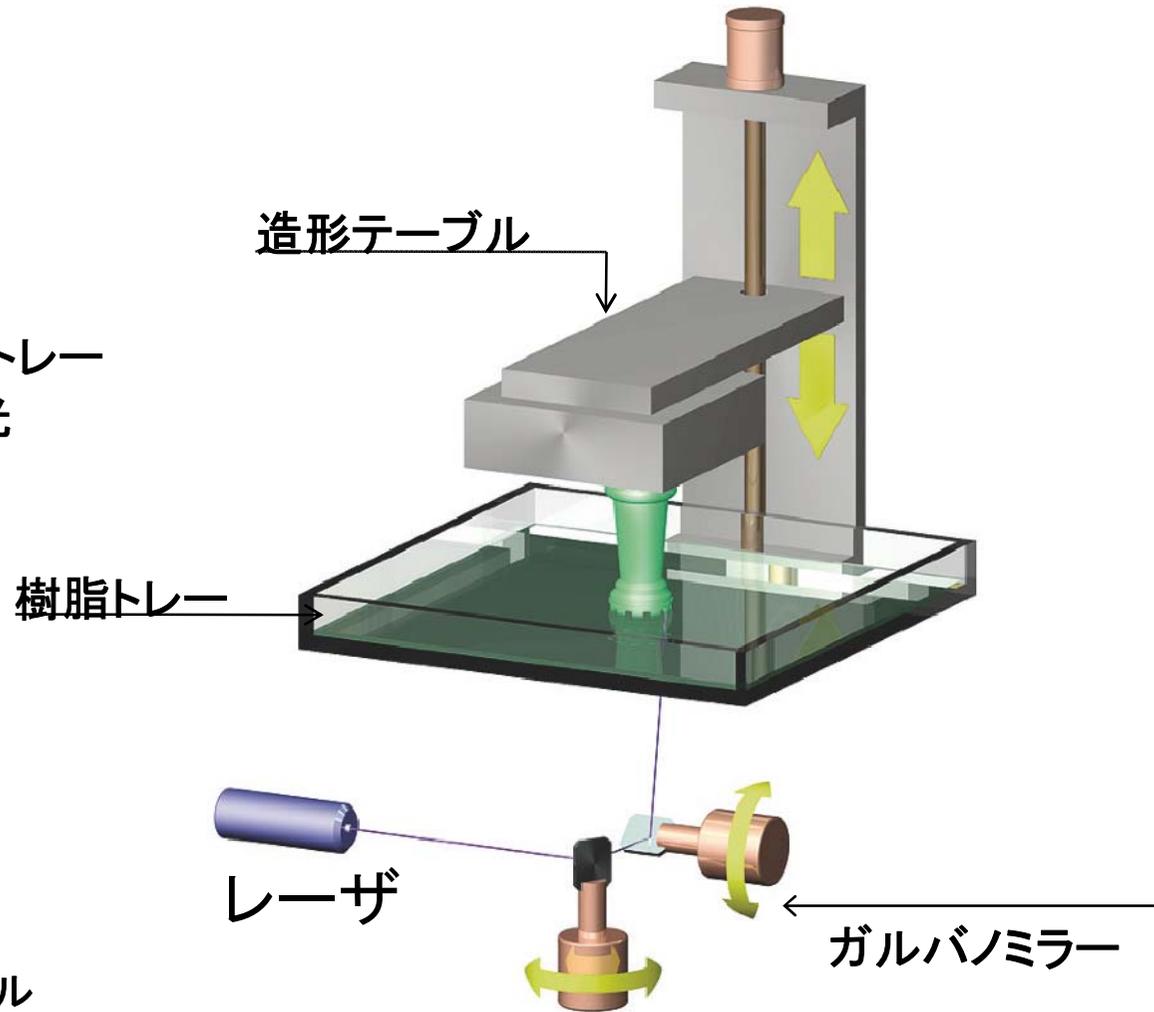
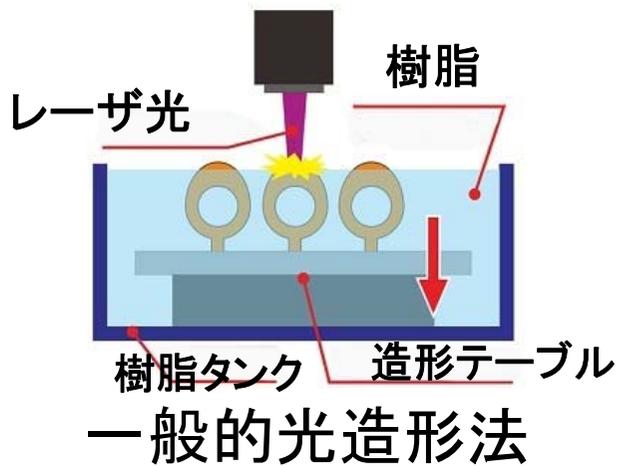
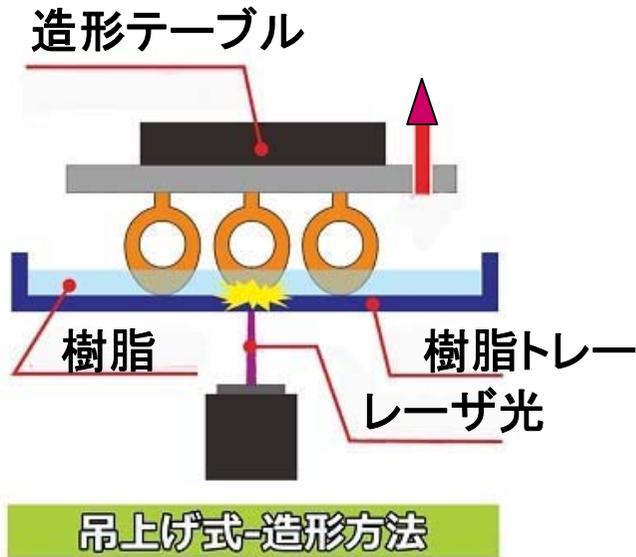
歯科用

DIGITALWAX
029D



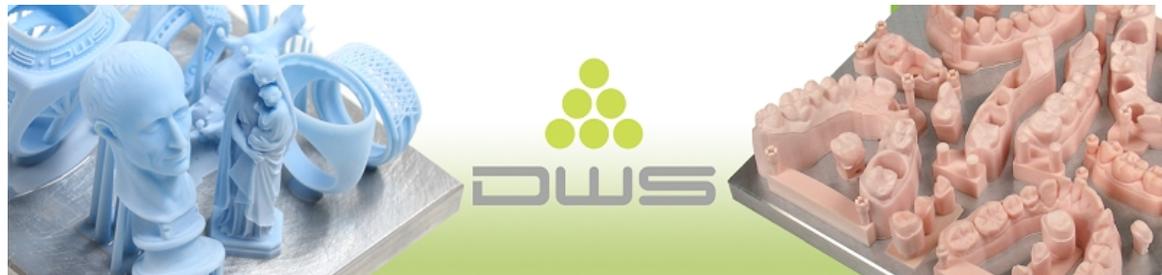
DIGITALWAX
028D

装置構成例(レーザー・ガルバノタイプ)

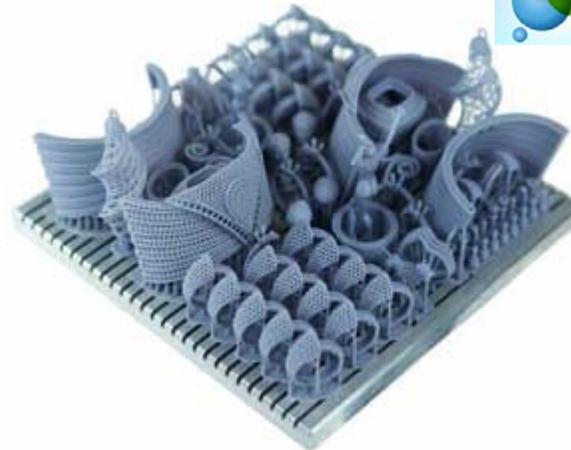


DWS社製光硬化性樹脂材料

- 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



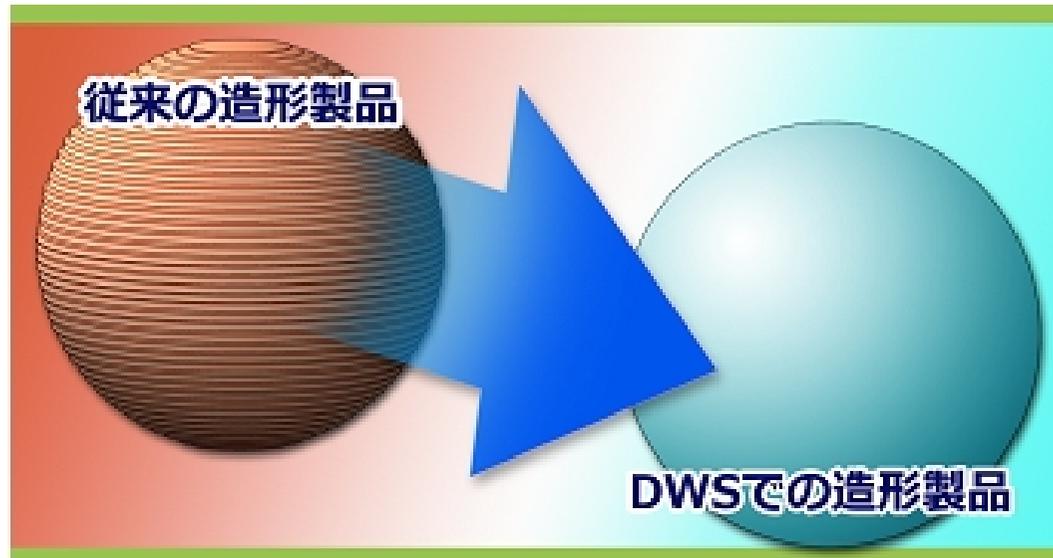
宝飾応用



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)

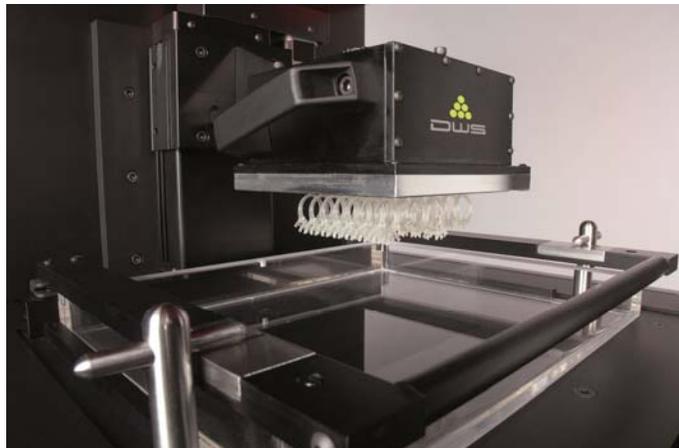
DC-500 樹脂の例



6hr @DW-028J



10hr @DW-029J₂₆



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

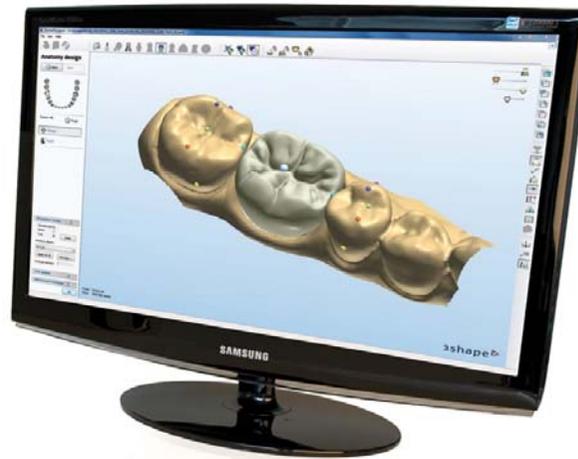


口腔内スキャナーが身近に

3shape



3shape



3shape TRIOS₂₉

歯科への応用例



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



RD 095, RD 096
Digital impression models



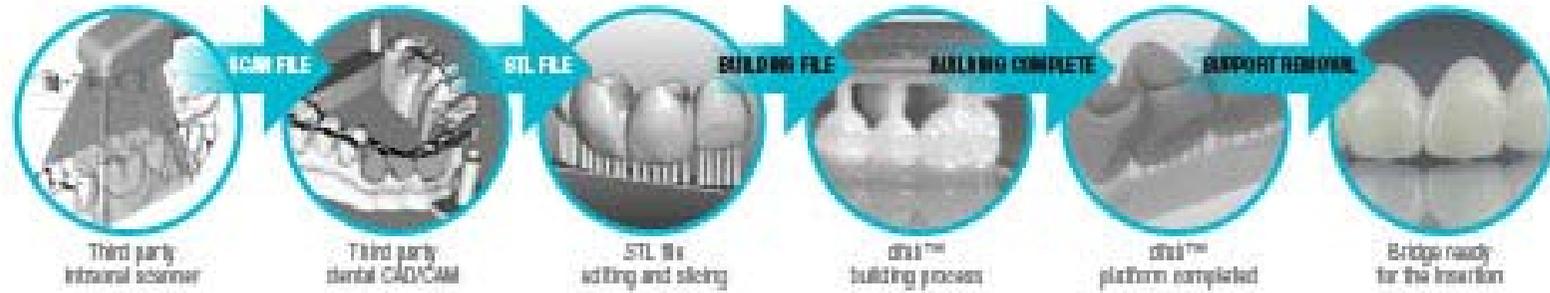
DS 2000
3D Medical



DS 3000
Surgical guides



Temporis:
Long term provisionals



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://dwssystem.com>

<http://www.digitalwax.asia>

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

萩原 恒夫 (HAGIWARA, Tsuneo)

E-mail: thagiwara@hino.email.ne.jp