

3Dプリンティングの最新動向とビジネス展開 ～産業界の動向と医療応用～

横浜国立大学 成長戦略研究センター 連携研究員
東北大学 大学院医工学研究科 非常勤講師

理学博士 萩原恒夫

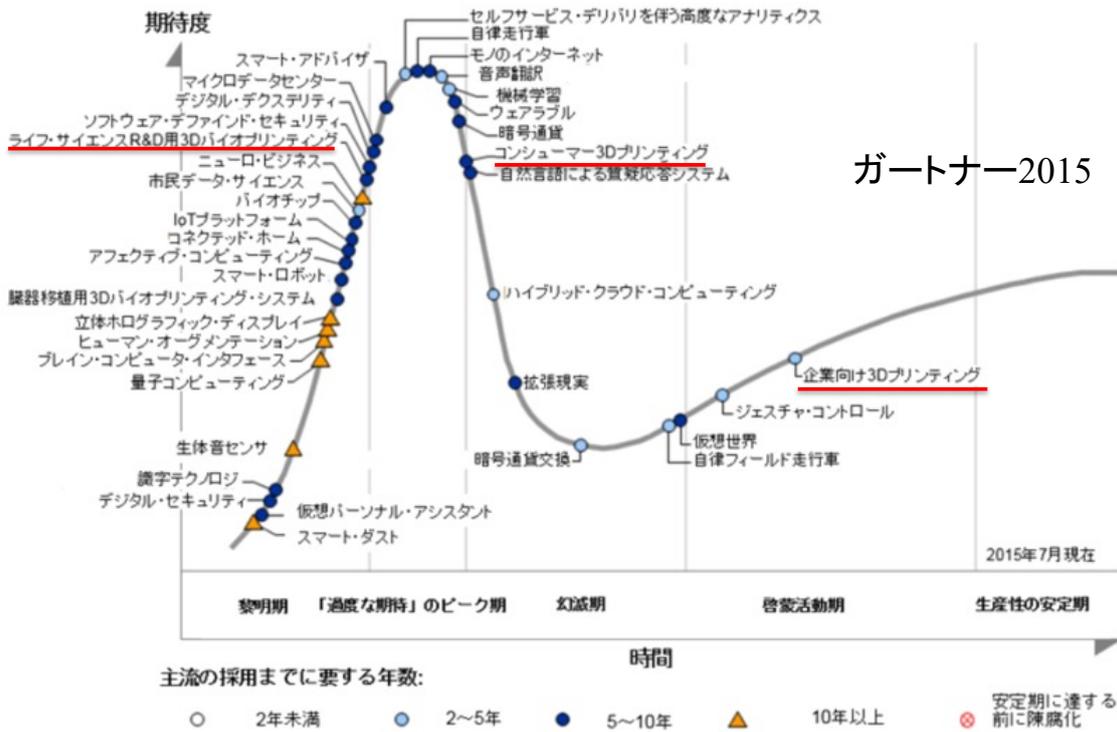
2016年07月29日

E-mail: ts.hagiwara@gmail.com

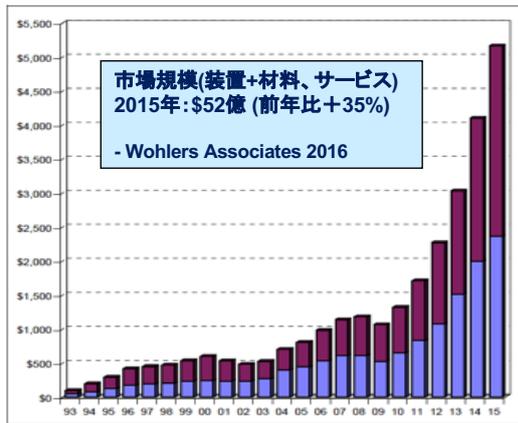
<http://www.thagiwara.jp>

目次

1. 3Dプリンターとその市場
2. 3Dプリンターの内外の動向
3. 3Dプリンターの医療・歯科への
応用



US\$M

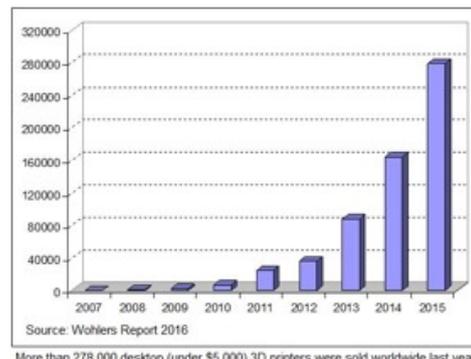
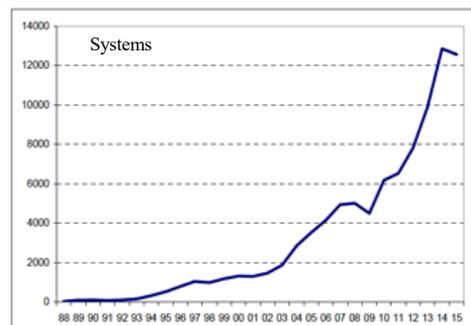


■ :サービス ■ :製品(Products)

2次製品である型、成形物、鋳造物を含まない

<http://www.wohlersassociates.com>

2015年予想売上高: 3Dシステムズは1000億円、
ストラタシスは1150億円 (WSJ予測)





3D Printingとその材料の市場

2015年6月23日

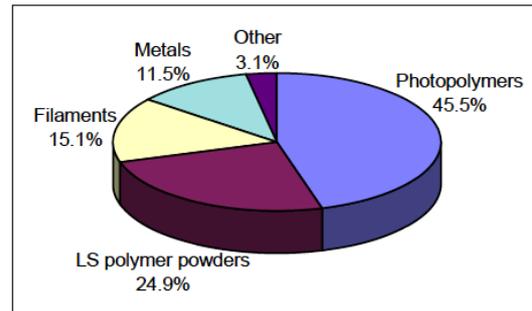
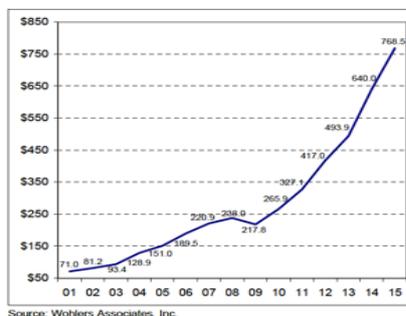
IDC Japan (株)

- ・2014年の国内3Dプリンター本体の出荷台数は約1万台、売上額は208億円(前年比 +80.3%)
 - 本体価格50万円未満のデスクトップ3Dプリンターが15億円(構成比7%)
 - 本体価格50万円以上の産業用3Dプリンターが193億円(同93%)
- ・3Dプリンター本体に周辺サービス/造形材料を含む2014年の総売上額は336億円
 - 周辺サービスの売上額は86億円(前年比成長率44.1%)
 - 造形材料の売上額は42億円(同49.1%)
- ・2014年~2021年の総売上額年間平均成長率は18.8%、2021年は1,124億円と予測

Wohlers Report2016(2016年4月版):

2015年の造形装置市場: US\$2,400M

	産業用: 12,550台
	Personal 28万台;
サービス	US\$2,800M
材料のみ	US\$770M
光硬化性樹脂:	US\$350M (45.5%)
粉末床熔融材料:	US\$192M (24.9%)
金属粉末材料:	US\$89M (11.5%)
熔融押し出し(FDM)材料	US\$116M (15.1%)
その他; 石膏粉末など:	US\$24M (3.1%)



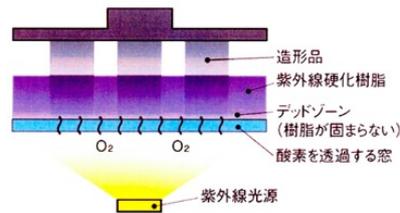
Source: Wohlers Associates, Inc.



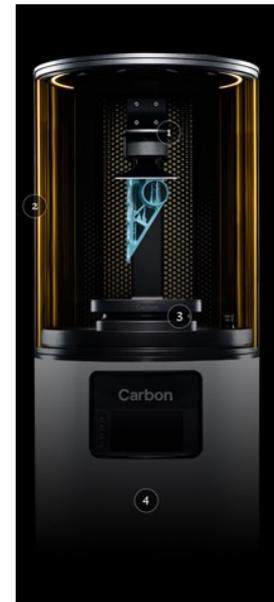
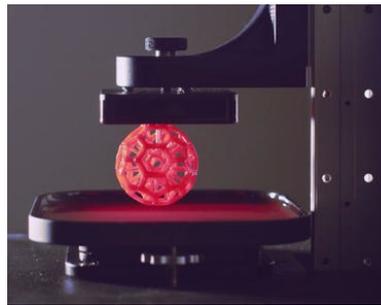
業界の動向(海外)

- DLP高速機 (Carbon3Dなど)
- Massivitがゲル光硬化で大型造形
- Xjet (インクジェットで金属造形)
- PEEKワイヤ (FDM化): INDEMATEC(ドイツ)
- Voxel8: デバイス作製
- NanoDimension: プリントサーキット試作板
- HP: (Multi) Jet Fusion機 (2016年5月上市)
- TRUMPF: PBF, DEDで再参入

Carbon 3D/CLIP 方式



図A 米Carbon3D社のCLIP (Continuous Liquid Interface Production)方式
精度ではなく連続的に造形することから、現在よりも25~100倍の高速度が図れるという。米Carbon3D社の資料を基に本誌作成。



201年3月



M1: 144x81x330mm

2015年11月 Frankfurt FormNext 2015にて: 萩原撮影

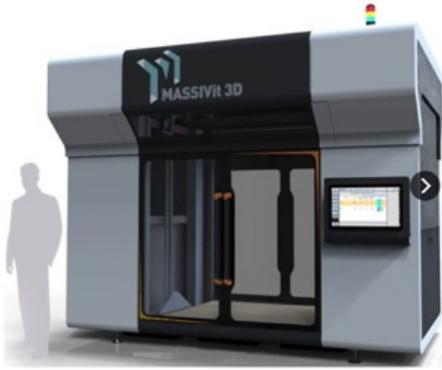
7

Carbon社 樹脂物性 (2016.04.08)

項目/樹脂,	Rigid PU RPU60	Rigid PU RPU70	Rigid PU RPU80	Elastomer EPU 60	High Temperature CE 220	PR 25
ベース樹脂	UMA/EA	UMA/EA	UMA/EA	MA/EA	BCNPE/MA	Ac
粘度(mPa·s)/25°C	4500-6000	2100-2300	700-800	3000-4000	450-500	1600-1800
比重/25°C	1.01-1.02	1.01-1.02	1.10-1.12	0.97-1.00	1.10-1.15	1.10-1.12
引張強度(MPa)	40-55	42-47	42-47	5-7	90-110	42-50
伸度(%)	120-140	90-120	45-90	250-300	2.5-4	3-5
引張弾性率(MPa)	1500-1700	1700-2200	1400-2100	5-7	3800-4500	1400-1500
曲強度(MPa)	40-45	55-71	58-63	-	140-160	75-85
曲弾性率(MPa)	1400-1500	1500-2200	1700-1900	-	3800-4200	2000-2500
アイゾット衝撃強度(J/m)	28-30	21-23	11-13	NA	22-25	18-21
HDT(°C)	49	55	57	-	191	45
表面硬度(Shore)				A55-60		
外観 用途	黒色不透明		薄青色 透過性?	無色透明 有色透明	褐色透過性	General Prototyping
モデル写真						

UMA: ウレタンメタクリレート, EA: エーテルアミン, MA: メタクリレート, BCNPE: ビスシアナトフェニルエタン

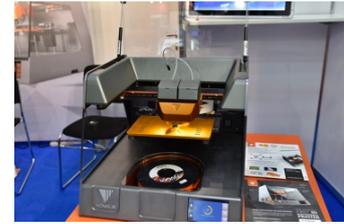
8



Massivit 3D/イスラエル



Xjet/イスラエル



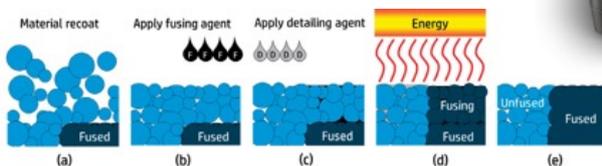
Voxel8



Nanodimension

HP社/(Multi) Jet Fusion 機

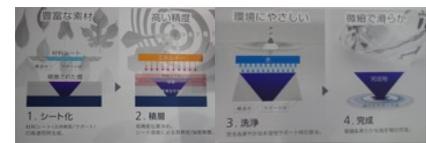
PA12樹脂粉末/バインダー(活性化剤)/光照射
 2014年10月発表
 2016年5月発売開始
 Shapewaysなどサービスビューロで
 まず展開が開始



国内の動向

日本の(新規)装置開発が活発化

- ハイブリッド機 DMG/MORI, Mazak, Sodick(OPM), 榎本工業(FDMと切削)
- UVフルカラーインクジェット機
 - ・ミマキエンジニアリング(慶応・湘南 田中准教授と協業)
- リコー: SLS機(アスペクトより), その他独自システム
- Canon: 独自の樹脂シート積層
- 経産省プロジェクト TRAFAM
- 内閣府/NEDOプロジェクト SIP



Canonの新しいシステム

その他、多数社が3Dプリンタービジネスに参入を予定

11

3Dプリンターの市場動向

- ▶ **装置・材料の市場規模とその今後の動向予測**
 - ・工業用 3DPrinter装置は徐々に浸透してきた。
 - 一部パーソナル機に食われ始めた。(3DSystems B2Bに特化)
 - いままで使わなかった分野で利用を開始
 - ・パーソナル市場
 - 造形に限界があることが認識されてきた。**
 - データベース公開**
 - ・3DPrinterは利用できる材料が限定的; 必ずしも使いたい材料が使えない。
 - **材料の開発なくして、今後の大きな発展は難しい**
 - **機能性材料に得意な日本のメーカーに期待**
- ▶ **現在の用途分野と、今後伸びが予測、或いは新たに形成される用途・市場について**
 - ・ 3DPrinterのデメリットはデータ作成と造形に時間がかかり、コスト高、これに見合うもの
 - ・ 個々人のデータが異なる **医療、歯科などに今後とも注目**

12

医療・歯科

- 金属造形により水管付き金型
- PBFで最終製品, 最終部品
- 宝飾, 補聴器, ファッション
- デザイン, アミューズメント



www.figure.fm



Guardian/Gareth Cattermole/Getty

13

医療・歯科への展開

人体の各種パーツは個人差が大きいいため、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。

- 3Dプリンタで造形された顎の骨(チタンまたはチタン合金)をインプラントに使用
- 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; Z-プリンタの利用
- 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
- 超音波による胎児の画像の3Dモデルを出力
- 耳の形状に合わせて3Dプリントした補聴器
- 身体の動きをサポートする補助具
- 義手や義足
- 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

- 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

14



医療応用に向けたバイオ3Dプリンティング技術

- レベル1: 非生体適合性材料を用いた
「医療用モデル」「装具」「医療機器部品」など
- レベル2: 生体適合性材料を使った「ステント」
「埋め込み型人工臓器」など
- レベル3: 医療再生用のスキャホールド(細胞培養の足場)を生体適合性材料で実現する
「再生医療用スキャホールド」
- レベル4: 生体材料(生物学的材料)を使った
「3D組織モデル」「細胞組織チップ」
「移植用組織」「バイオ人工臓器」など

富山大学 大学院 中村真人教授;第76回 日本臨床外科学会総会
シンポジウム「3Dプリンターが変える未来の医療」



材料噴射(インクジェット機)の生体モデル



Stratasys J750機の造形物
(DMS2016東京、Stratasysブースにて)





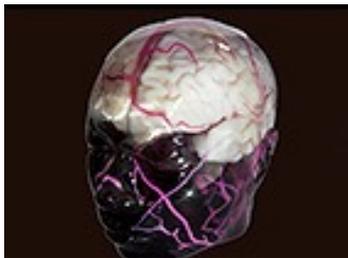
義足/PA12/PBF



骨盤/PA12/PBF



EOSINT P750



脳と血管/Stratasys Objet機



肝臓/Stratasys Objet機

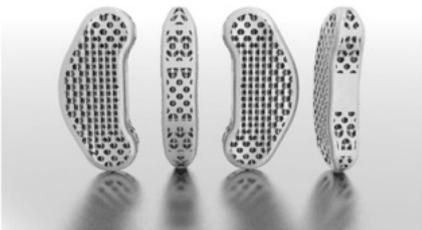


CONNEX 500

17

医療インプラント（生体親和性の向上）

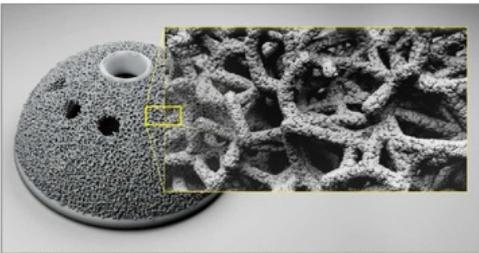
NTT DATA



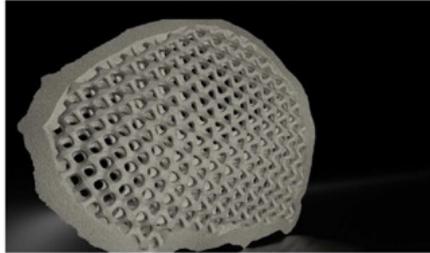
脊椎固定用インプラント



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

Copyright © 2011 NTT DATA ENGINEERING SYSTEMS Corporation

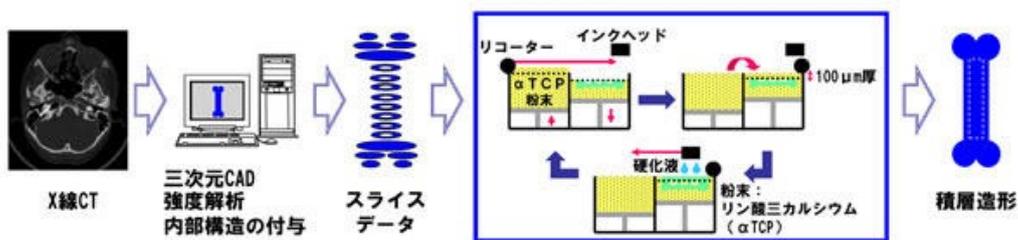
10



(Euromold2014, DMS2015)

結合材噴射型3Dプリンターで「人工骨」

CTデータに基づいた3D ink-jet printerによる積層造形



ヒト臨床試験：顎骨発育不全による顔面非対称の26歳女性

人工骨の設計

カスタムメイド人工骨を用いた手術

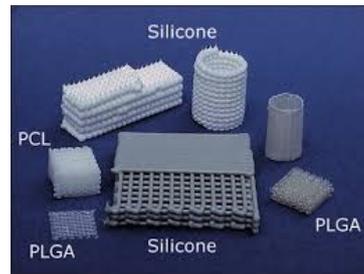
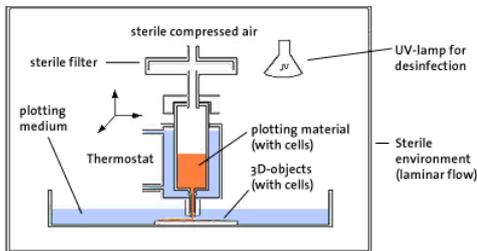
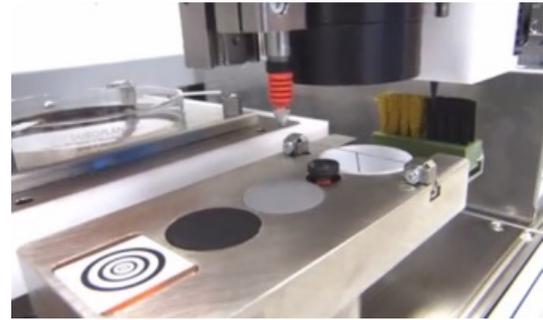
術後CT

特性

- ・手術時間の短縮
- ・低侵襲
- ・形状適合性が高く、操作性が良好



Bio3Dprinting/EnvisionTEC(ドイツ)



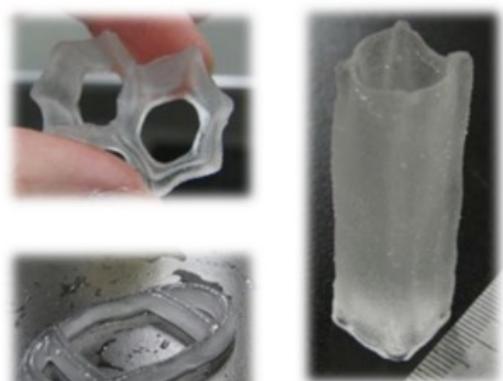
3D Bio-Plotter



Bio3Dprinting/山形大・古川ら

3Dゲルプリンターが造形するゲルは、人工血管、アクチュエーター、形状記憶材料の製造など、様々な製品に応用可能です。

- アプリケーション**
- 産業製品・機器
 - 吸収剤 緩衝剤
 - 防護剤 表面コーティング剤
 - 超低温凍結受け
 - 形状記憶合金材料
 - 医療品・機器
 - 人工血管
 - 人工心臓
 - コンタクトレンズ
 - バイオチップ
 - 医療・再生医療
 - オーダーメイド脳内血管
 - オーダーメイド軟組織
 - オーダーメイド臓器
 - Soft & Wet手術特製・訓練用模型
 - 3D・透明・高強度な細胞培養足場
 - ヘルスケア
 - GOJの向上
 - CO₂削減・エコ
 - 超低温凍結受け
 - 超低温凍結内壁
 - 生分解性ソフト材料



コンピュータコントロールにより、複雑な空洞構造を短時間で自在に造形します。

- 機能**
- コンピュータ制御による複雑な空洞構造造形 (数μm-100μm)
 - 高強度ゲルの造形 (圧縮破壊強度2.5MPa)
 - 高強度出力レーザー (20mW)
 - 短時間で光造形可能 (4mm, 5分で造形)
 - 低出力UVレーザーで安全簡単に安全な操作可能

- ・自由形状
- ・高強度
- ・低摩擦
- ・物質透過性
- ・生体適合性

光造形の歯科応用例/DWS社



材料噴射機/Objet機(光硬化性樹脂)の例



Thank you !

萩原 恒夫 (HAGIWARA, Tsuneo)
E-mail: ts.hagiwara@gmail.com
<http://www.thagiwara.jp>