

ヘルスケアと3Dプリンティング

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)

萩原恒夫 (HAGIWARA, Tsuneo DSc.)

2019年07月01日

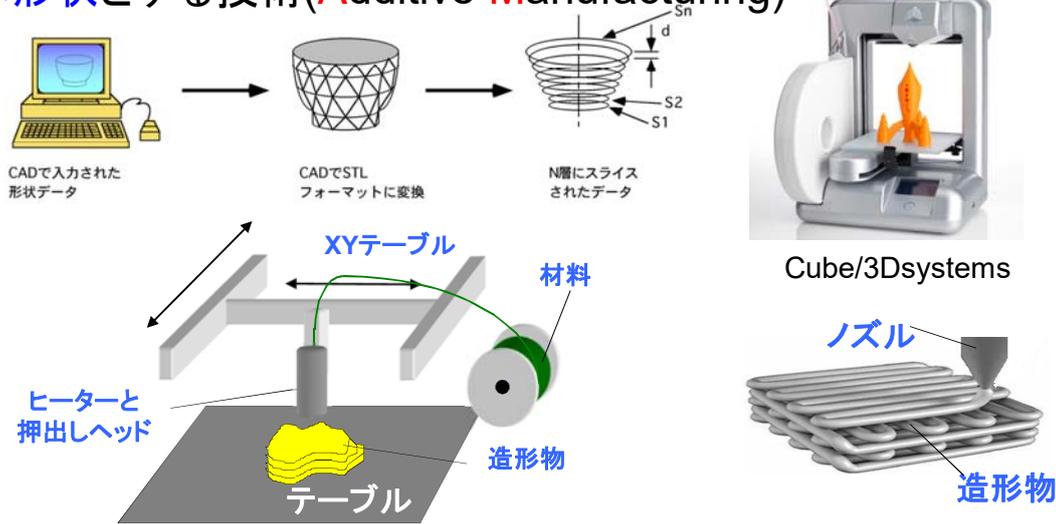
E-mail: ts.hagiwara@gmail.com

<http://www.thagiwara.jp>

目次

1. 3Dプリンティングについて
2. ヘルスケアとの関わり
3. 3Dプリンティングの具体的応用例
4. まとめ

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、粉末樹脂、粉末金属などの
 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、くっつけて積み重ねて目的の立
 体形状とする技術(Additive Manufacturing)



YNU 3Dプリンティング(AM法)一覧

| 積層技術 | 英名 | 別名 | 材料 | 手段 | 特長 | 用途 |
|----------------|----------------------------|----------------------|--------------------|----------------|------------------|------------------|
| 液槽光重合法(VPP) | Vat Photo-polymerization | 光造形法, SLA | 感光性樹脂 | LASER, LED | 高精度、高精細 大型、 | 試作 |
| 粉末床溶融結合法(PBF) | Powder Bed Fusion | 粉末焼結法, SLS, SLM, EBM | PA12粉末、金属粉 | LASER, 電子線 | 実部品(PA12粉, 金属粉) | 試作、製品 インプラント |
| 材料押出法(MEX) | Material Extrusion | 溶融樹脂積層法, FDM法, FFF | ABS, PEIなどの熱可塑性ワイヤ | 熱 | 簡易, ABS~スーパーエンブラ | 形状確認 高性能試作 |
| 結合剤噴射法(BJT) | Binder Jetting | インクジェット法, Z-Printer法 | 石膏、砂、金属粉、樹脂バインダー | インクジェット | 簡易、高速、フルカラー | フィギュア 砂型。金属製品 |
| 材料噴射法(MJT) | Material Jetting | PolyJet法, MJM法など | 感光性樹脂 ワックスなど | インクジェット | 比較的簡易 多彩な表現 | 形状確認 鋳造 |
| シート積層法(SHL) | Sheet Lamination | シート積層法, LOM法 | 紙、プラスチックシート、金属シート | LASER, カッターナイフ | 簡易 フルカラー | 立体地図 |
| 指向エネルギー堆積(DED) | Directed Energy Deposition | LENS法, DED法 | 金属粉末 | LASER | 金属 | 金属部品 |
| ハイブリッド | Hybrid | | 金属粉末 | LASER + 切削 | 精度・表面 | 金属製品 型 |

ASTMでは7分類、最近ではハイブリットを含めて8分類へ
 略称は3英文字表記へ: **VPP, PBF, MEX, BJT, MJT, SHL, DED**

YNU 産業用3Dプリンター (AM装置)(\$5,000以上)



液槽光重合(VPP)
ATOMm8000/CMET



粉末床溶融積層(PBF)
EOSINT P730/EOS



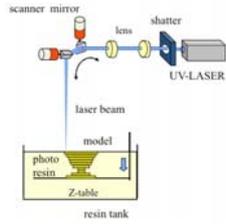
材料押し出し(MEX)
F123/Stratasys



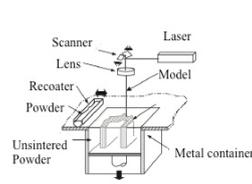
バインダー噴射 (BJT)
ProJet 660Pro/3DSystems



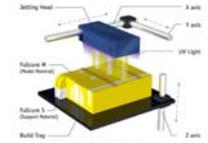
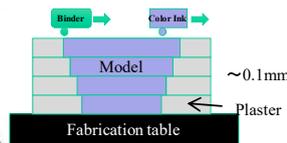
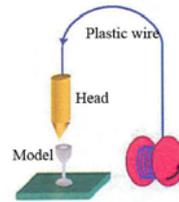
材料噴射(MJT)
J750/Stratasys



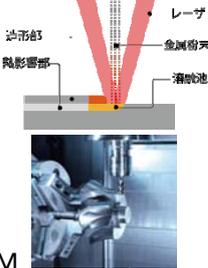
シート積層(SHL) /Mcor



DED/OPTOMECH

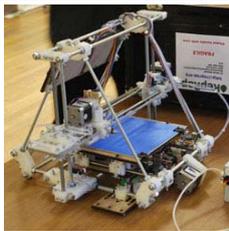


Hybrid (DED + 切削)
MAZAK/インテグレックスiAM



© Tsuneo HAGIWARA

YNU (パーソナル)3Dプリンター(\$5,000以下)



\$700~
RepRap機



BfB/3D Touch



MUTOH/MF-1100
20数万円



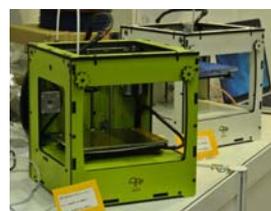
Ultimaker2+
30万円~



\$1,500
Makerbot/Replicater



BS Cube/BONSAI
2.98万円



BONSAI mini/10数万円



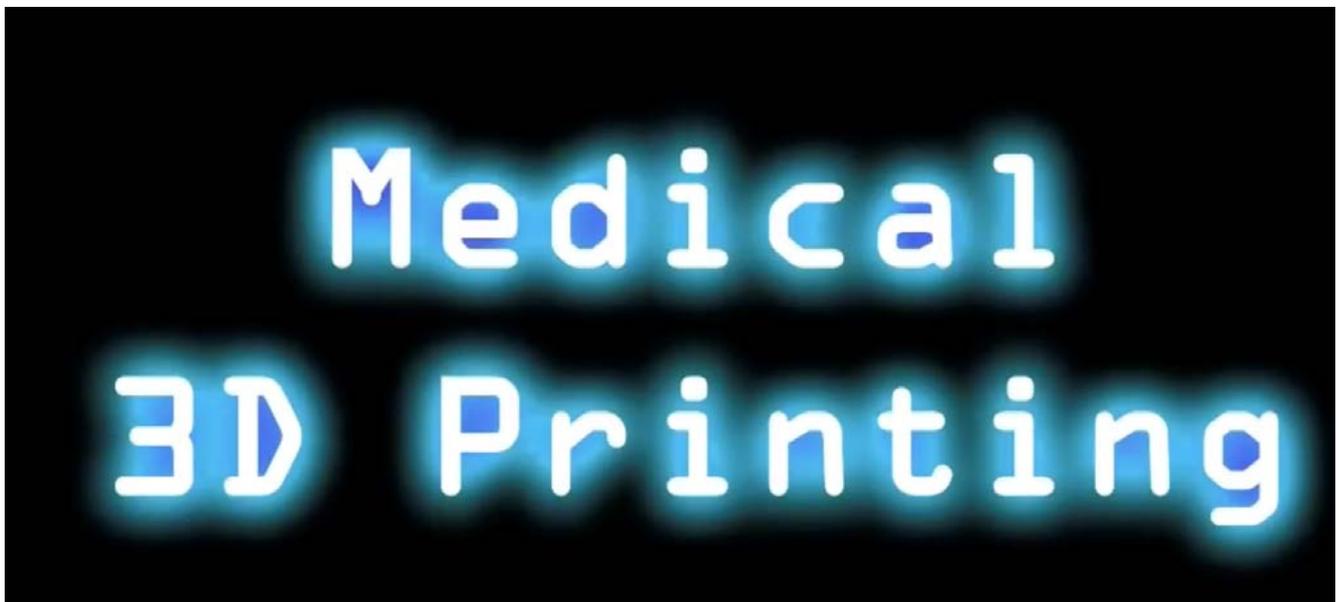
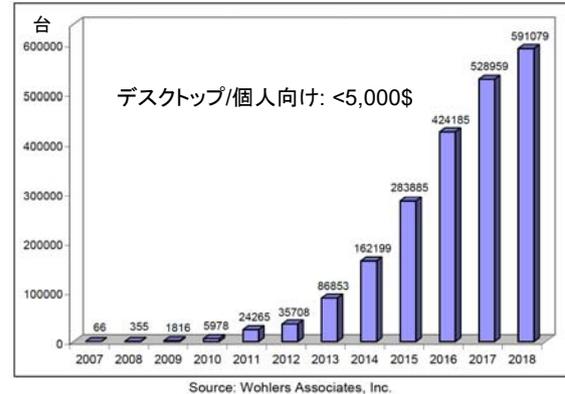
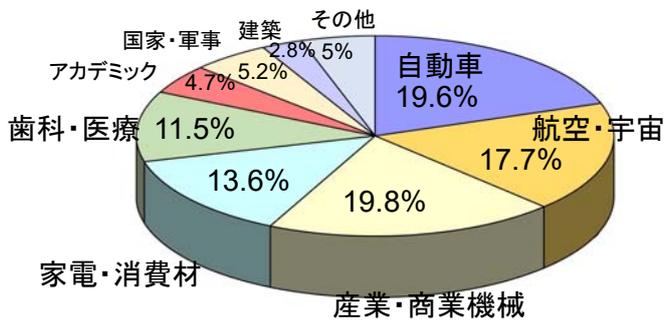
Form1+/SLA
\$3,000~

© Tsuneo HAGIWARA

YNU 3Dプリンティング市場(Wohlers Report 2019)



■ :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



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プリンターが最適

- X線CTやMRIの普及(DICOMデータ出力)
- 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普及
- 医療のデジタル化の発展
 - 手術検討用モデルの作製
 - ファントムモデルの作製
 - 放射線治療時のフィルターの作製
 - インプラントの作製
 - 骨折手術のガイド
 - 擬手・擬足
 - オーダーメイド補聴器
 - 歯列矯正モデルの作製



| | |
|-------|---|
| レベル1： | 非生体適合性材料による3Dプリンティング →医学モデル・臓器モデルへの応用 →治療用治具，医療機器部品への応用 |
| レベル2： | 生体適合性材料による3Dプリンティング →細胞と接触する器材への応用 →埋め込み型人工材料・人工臓器への応用 |
| レベル3： | 生分解性材料による3Dプリンティング →再生医工学のscaffold作製への応用 |
| レベル4： | 生きて細胞を含む3Dプリンティング →細胞プリンティング（細胞とゲルでの積層造形） →スフェロイド・細胞シートによる積層造形 →プレ組織による積層造形（積層アセンブリ） |

YNU 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)

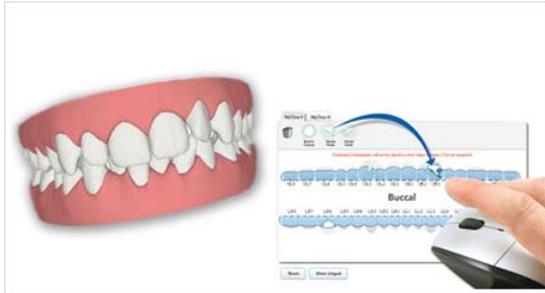
1. コンサルテーション(患者記録と処方書)



3. 造形によるアライナー作成



2. 3Dモデル(クリンチェック治療計画の作成)



直接造形ではなく、VPPで形状を作成後PCフィルムなどで圧縮成形

4. 治療開始



アスペクト 早野氏作成

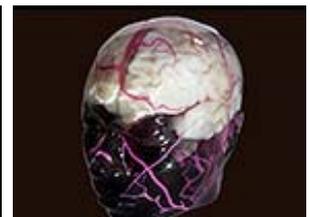
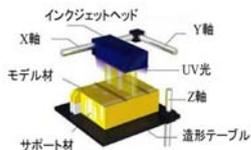
11

© Tsuneo HAGIWARA

YNU 医療用モデルの例



Stratasys J750

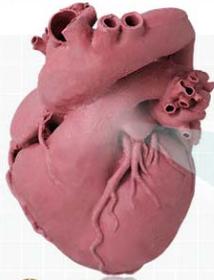


神戸大・杉本医師の例

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

12

© Tsuneo HAGIWARA



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



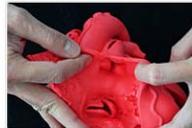
弊社の「再現力のある精密臓器シミュレーター」が
第5回「ものづくり日本大賞」内閣総理大臣賞を受賞いたしました。

▶ 詳細はこちら

心臓シミュレーター製品のご紹介 **NEW** 教育訓練に最適な「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



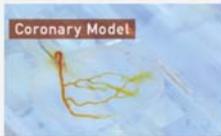
教育訓練用として、心臓の内部構造が「手に取って」確認出来る「ハンズオンモデル」
→製品情報を見る



完全オーダーメイド、透明、硬質のモデルなどもございます。
→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



スタンダードモデル



CTOモデル



CABGモデル



病変モデル



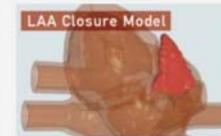
TAVIモデル



アブレーションモデル



心筋生検モデル



LAA Closureモデル



ASD Closureモデル



EVT&RDNモデル



トレーニング用ステント

https://www.heartroid.jp
株式会社JMC

YNU 石膏モデル/BJT方式(3DSystems社ProJet)



3Dシステムズ, 豊通マシナリーHPより

© Tsuneo HAGIWARA

YNU 義足、骨折補助具などの例



VPP/韓国・Graphy



PA12/PBF (東大・新野ら)



MJT/ストラタリス



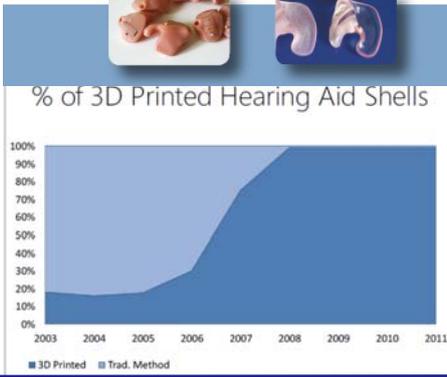
VPP/Carbon社



© Tsuneo HAGIWARA

YNU カスタムメイド補聴器例/VPP/EnvisionTEC

Rapid Manufacturing of Shells and Otooplastics with Perfactory²®



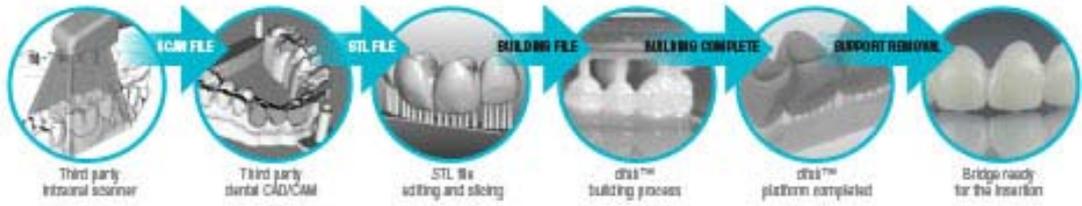
© Tsuneo HAGIWARA

YNU 歯科応用例/VPP/DWS社



DWS 029D 18

© Tsuneo HAGIWARA



3shape



3shape TRIOS



dFab™



Selection of the colour gradient

Starting Point

End Point



YNU 入れ歯の直接作製 / 3D Systems

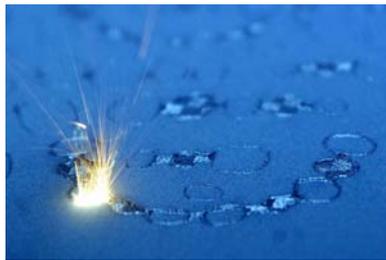
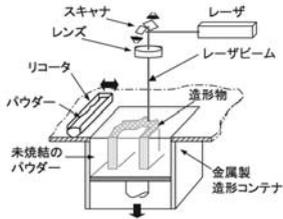
1. 高速DLP_VPP機
2. 歯列模型の作製
3. 入れ歯(デンチャーベース)の作製
4. Figure4 System (連続引き上げ方式)
5. 下図デンチャーが、30分で造形可
6. NextDent5100機: 100万円



YNU 金属PBFによる歯科への応用例



EOS/EOSINT-M280



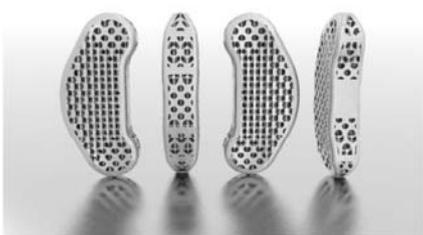
Direct Metal Laser Sintering (DMLS)

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

YNU PBF機のインプラント作製例/EOS社

医療インプラント（生体親和性の向上）

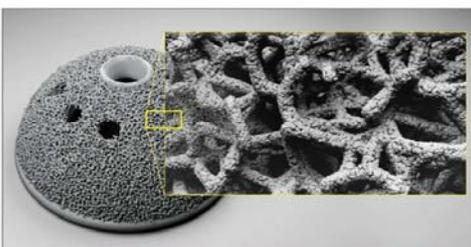
NTT DATA



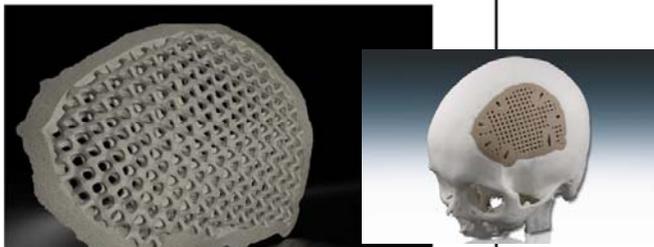
脊椎固定用インプラント



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

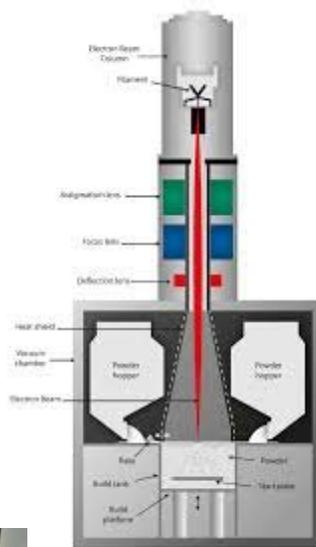
Copyright © 2019 NTT DATA ENGINEERING SYSTEMS Corporation

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

YNU 電子線PBF機(EMB機) の例/GE-Additive



ARCAM Q10



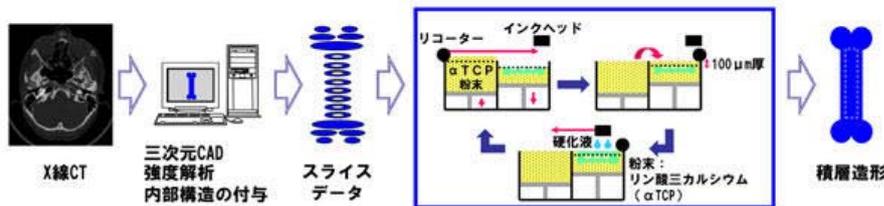
3

© Tsuneo HAGIWARA

YNU BJT機で「人工骨(CT-Bone)」

2018年4月17日に厚生労働省より製造販売承認を取得。同年5月より販売開始

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



世界初
同化する
3Dプリント人工骨

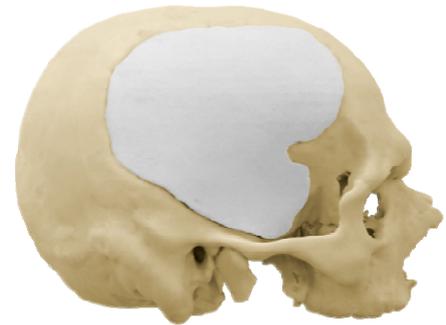
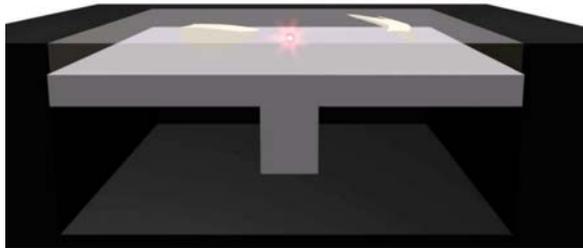
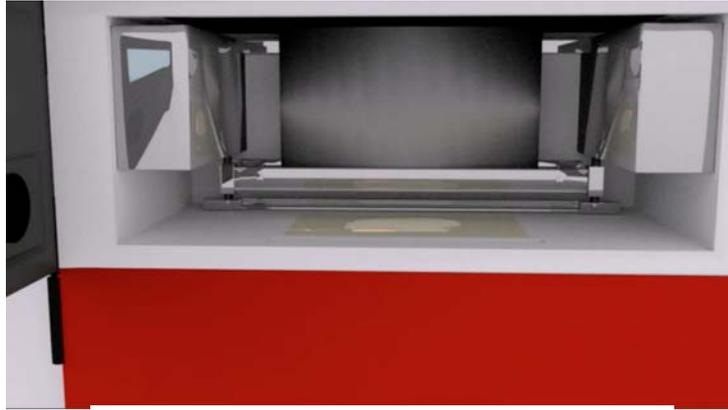
<http://makerslove.com/19763.html>

- 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

<http://www.tetrapod.t.u-tokyo.ac.jp/sakai-tei/research.html>; 東大/理研 → Next 21

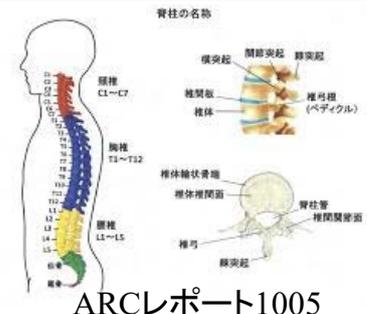
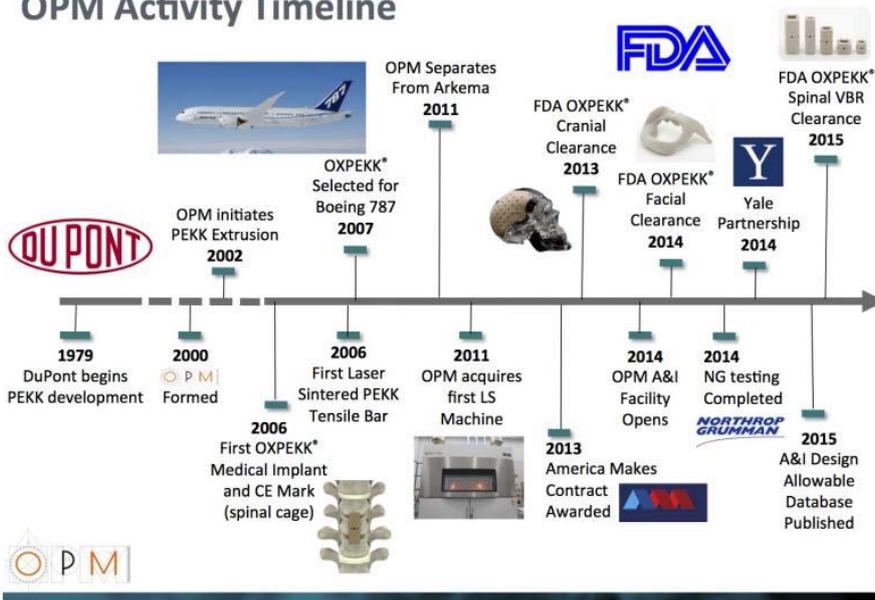
24

© Tsuneo HAGIWARA



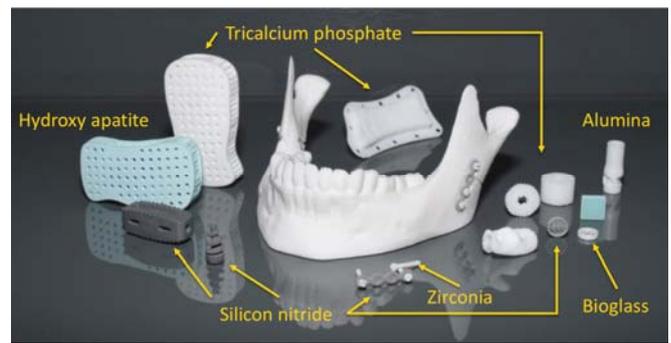
<http://www.osseomatrix.com>

OPM Activity Timeline

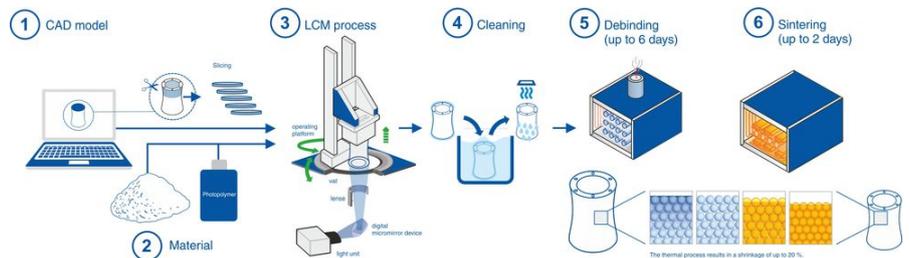


<http://oxfordpm.com/cmfi-orthopedics/osteofab-implants>

YNU VPPによるHAp, TCPインプラントの作製



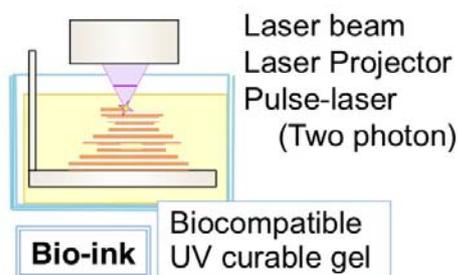
ヒドロキシアパタイト(HAp)
インプラント
3DCeram-Shinto



LithozのCeraFab7500のプロセス

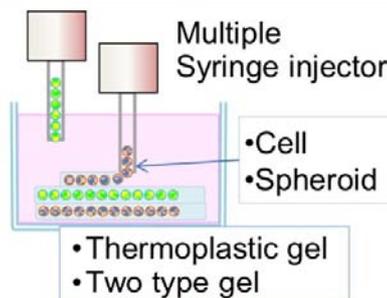
YNU いろいろなBio3D Printer

(A) Bio-Stereo Lithography

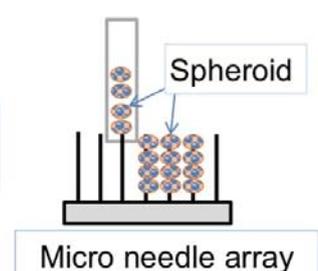


(B) 3D Bio-Plotter / Printer / Dispenser

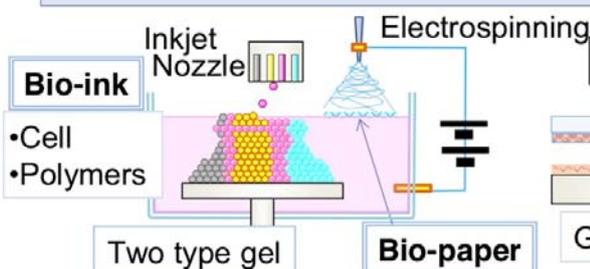
B-1) Extrusion



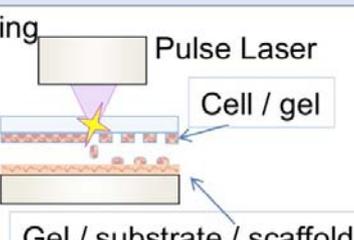
B-2) Manipulation



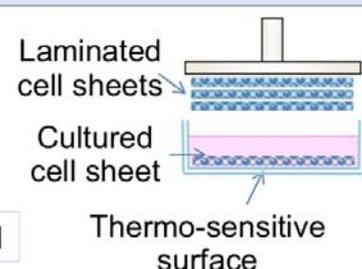
(C) Inkjet 3D Bioprinter / Electrospinning



(D) Bio-Laser Printer (LIFT/MAPLE-DW)



(E) Cell sheet Lamination

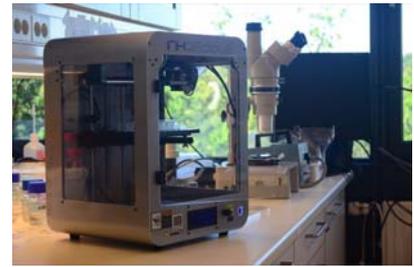




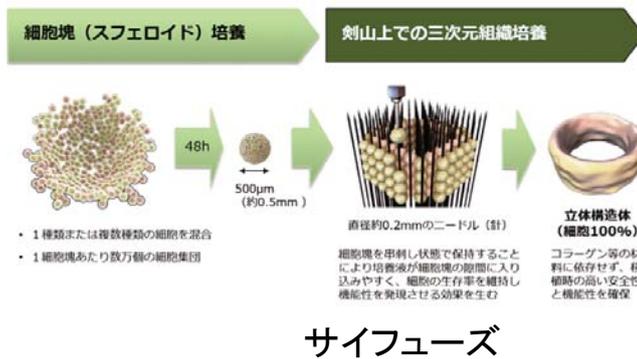
EnvisionTEC



Organovo



CELLINK



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プリンターが最適

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
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; Z-プリンタの利用
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. 耳の形状に合わせて3Dプリントした補聴器
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
10. 歯科向け: 口腔内スキャナーが身近に
 - 矯正歯科、鑄造、ストーンモデル、仮歯、人工歯など



YNU 3Dプリントのオーダーメイド製品



オーダーメイド・インソール/PA12/PBF



神戸大・SIPプロジェクト



オーダーメイド・イヤホン/オンキヨー



オーダーメイド・めがね
/HOYA-マテリアライズ/PBF₁

© Tsuneo HAGIWARA

YNU 検索結果、3Dで出力=専用装置を公開



ヤフー

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

有り難うございました。

萩原 恒夫 (HAGIWARA, Tsuneo DSc.)
E-mail: ts.hagiwara@gmail.com

<http://www.thagiwara.jp>