

3Dプリンタ

-概況編

概要

特長

仕組み

素材

出力の流れ

種類

3Dデータ

3Dデータツール

業務用プリンタ

個人用プリンタ

利用業界

課題、キーワード



地図模型 (韓国チェジュ島)



3Dプリンタによる出力 (作業、製品(フィギュア))



「3Dプリンタの実力」より



「3Dプリンタの実力」より

図62-1 3D-Pによる模型製作

概要

3Dプリンタ (以下本資料では「3D-P」と略記) : 3DCADソフトや3DCG (コンピュータ画像) ソフトにより3D (3次元) データを元にして積層法により立体物を造形する。従来の切削・プレス等の造形法では製作できない形状のものも低コストで製造可能。低価格の3D-Pが次々に誕生し、中小企業、一般家庭にも普及が進んでいる

光造形 (SLA/Stereolithography) : 液体ポリマーに光を当てて樹脂を固化積層して立体物を作る方法。1981年に発表された理論で、3D-Pの前身

積層による造形 : 3D-Pは事業用でも個人用でも造形の基本原則は同一。地図の立体模型のように、一層ずつ積み重ねて立体形状を作り上げる。層の成形法には種々の方式があり、熱で溶かした細い線状の樹脂で積層する熱溶解積層法 (FDM) がもっとも多い



図62-2 光造形法の仕組み ⑩

世界的な盛り上がり;
1. 装置の低価格化
2. ネットワークサービスの充実
3. 造形用材料の品揃え

2006-2011年頃の3D-Pの基本特許の期限が切れて、アメリカ企業が次々と関連製品を商品化してきて普及が進む。日本は出遅れで、今後は日本製造業の特長を活かした事業展開が求められる

表62-1 おもな立体の造形法 ⑩

切削加工	工作機械等で不要部分を除去
塑性変形加工	プレス等で素材を変形加工
鋳物・射出成型	型に溶融金属等を流し込み
積層法	3D-P等立体をスライス状にして積み重ね

日刊工業新聞社選定「2013年産業界10大ニュース」の第5位に「3D-P」 ⑬2013.12.20

参考 : #1 消費税増税決定、#2 アベノミクス効果、#3 TPP交渉に参加、#4 2020年東京五輪決定、
#5 **3D-P**、#6 東京エレクトロンと米アライドマテリアルズが統合へ、
#7 イプシロン打ち上げ成功、#8 エチレンセンター高炉、製油所再編、
#9 自動運転技術が具現化、#10 問われるコンプライアンス

表62-2 3C-P基本特許の期限 ⑪

造形法	権利者	特許切れ期限
SLA	A社	2003.3.11 2008.10.22 2010.1.26
FDM	B社	2019.10.30 2011.8.23
SLS	A社	2006.9.5
インク/粉末	C大学	2010.4.20 2011.8.23
インク/樹脂	A社	2016.8.24未
	B社	2019.5.3 未

注 : SLS : 粉末焼結

3Dプリンタはおもに日本で使われている用語で、英語ではAdditive Manufacturing/AMという

特 長

3D-Pは個人用のほかに技術の成熟した製造会社でも関心が高まっている。3D-Pでは1品当りの製造時間がかかるため、大量生産には向かないが、試作品、金型作り、完成品を直接出力するDDM (P13参照) が注目されている

表62-3 3D-Pの造形の長短
(金属の切削、塑性変形加工との対比)；

長 所	造形のスピード 造形に伴うスキルがほとんど不要 3Dデータ作成以降の指示不要 ほぼ全自動で造形が完了 造形できる形状の制限が少ない
短 所	3Dデータ作成スキルが必要 材料選択の幅が限定的 工業製品用の加工精度指定できない 工業製品としての強度がでない

従来法で加工不能な中空部の成形、内外2重構造、複数部品の一体造形などが可能になるものがある

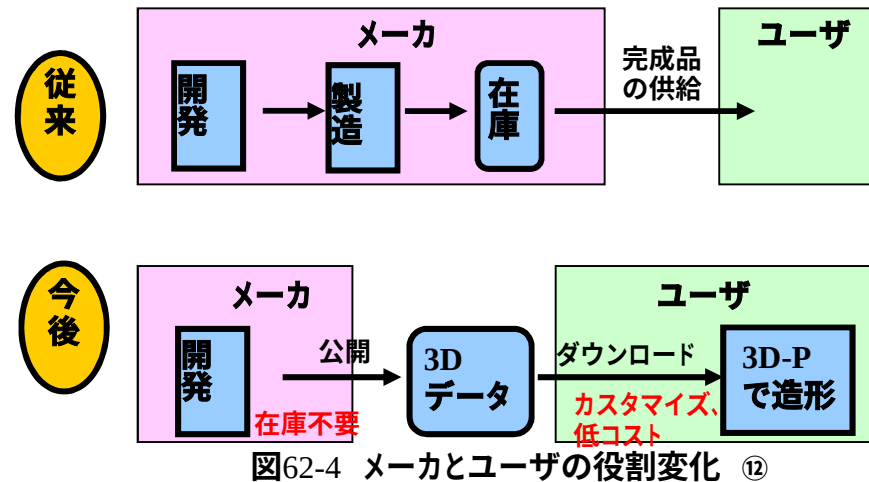


図62-4 メーカとユーザの役割変化 ⑫

とくに新製品開発では3D-Pの導入により量産開始までの期間短縮とコストダウンが可能となり、また、量産段階ではメーカに対比してユーザの役割シェアが大きくなる

A. 通常の設計



B. 3Dプリンタを使用して設計



図62-3 3D-Pと在来法の量産化手順の比較 (Stratasys)

開発時の3D-Pの活用 (商品企画～試作)

1. アイデアを迅速に形にして見える化
2. 複数のオプションを安価に比較検討
3. 業種、業務を超えた効率的なコミュニケーション
4. 量産へのサンプル、原型として活用 ⑪

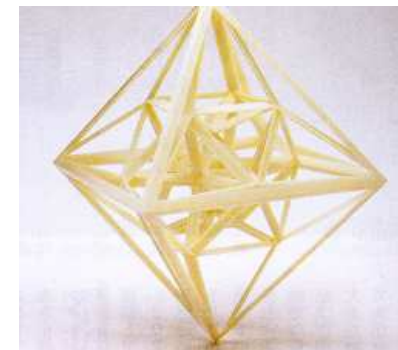


図62-5 複雑形状の3D-P出力 ⑬

仕組み

3D-Pの造形方法は、材料を薄い層として出力し、その層を多数積み重ねて一つの物体とすること。積層ピッチを小さくすれば、縁部の形状はより滑らかになるが、出力時間が長くなる

基本原理

1. **選択的固体化方式**—流動性材料をシート状にならして必要な部分のみを固化する（光造形、粉末焼結法など）、
2. **選択的材料供給方式**—必要な場所に必要な材料を付着させる（FDM（熱溶解性積層法）など）、
3. **シート積層方式**—シートを1層分下層の上に重ねて接着し必要な形状を切り取る（紙積層法など）

卓上型の個人用3D-PではFDM方式が一般的。フィラメント状のワイヤ樹脂をテーブル上部にある**エクストルーダ**を通して溶融してノズルから射出し一層をテーブル上に成形する。成形が終わるとテーブルが1ピッチ下がり、次の層の成形作業を行う

サポート：出力途中でオーバハングとなる形状の部品では、「サポート材」という別構造を成形して、その上にオーバハング部を出力することが必要。サポート材は、手作業、専用の除去機器、溶解など機種に応じた方法で造形後取り外す。サポート材除去を活用して、たとえば、ピストン、シリンダ、コンロッド、クランクシャフトの相互に可動なエンジン模型を一度に造形できる ⑦

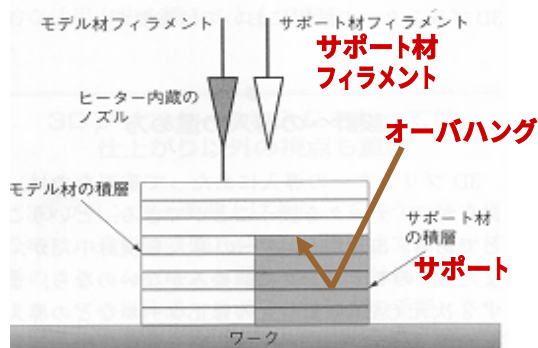
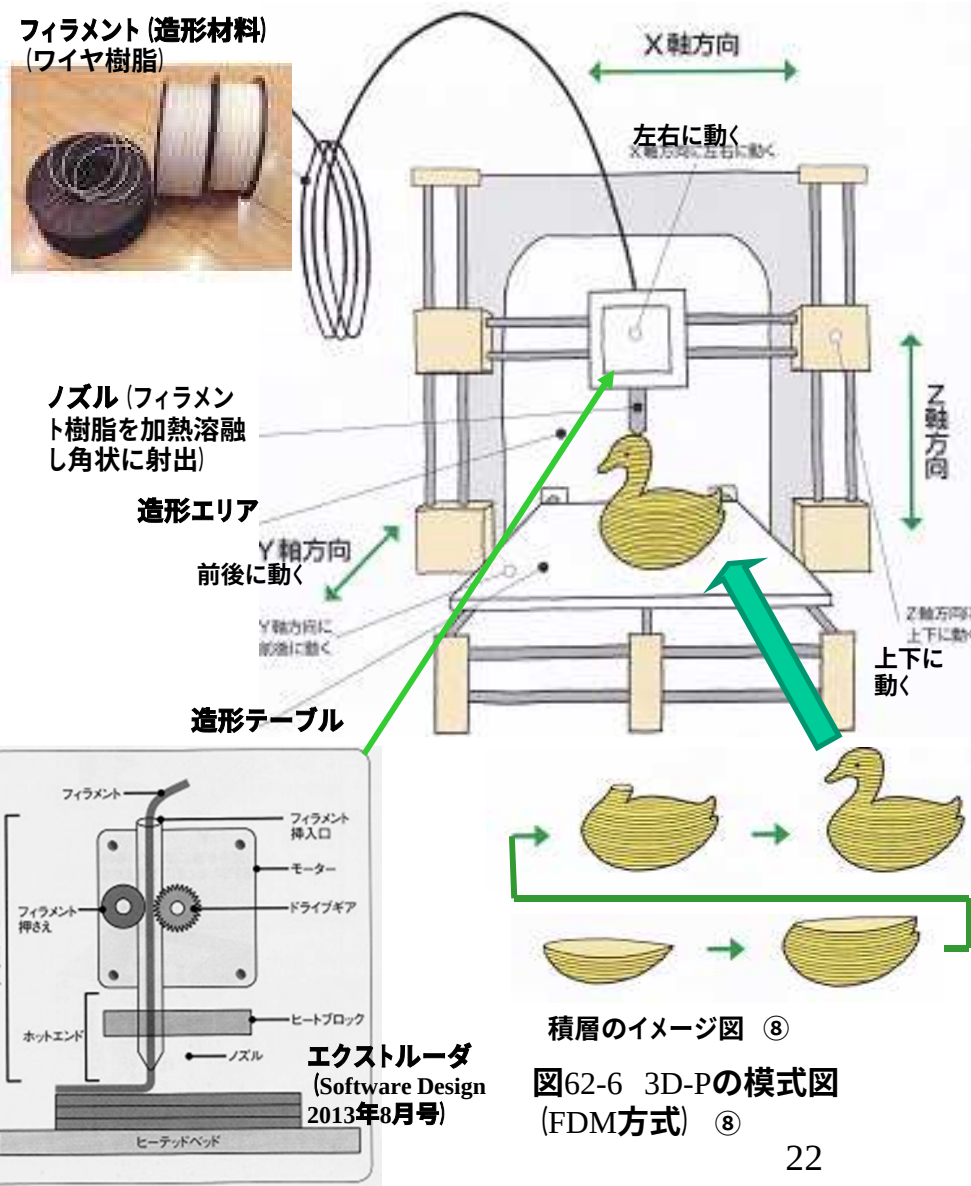
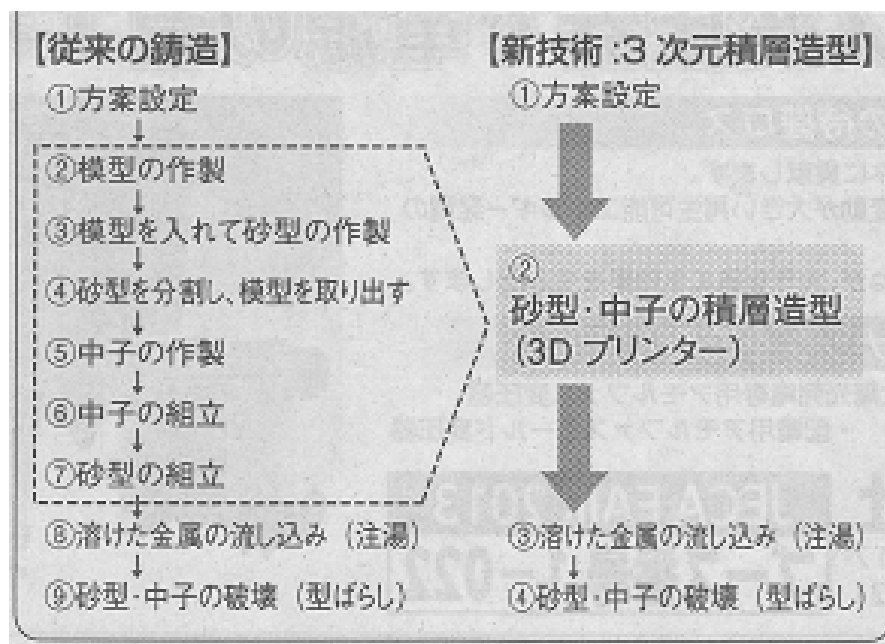


図62-7 出力中のサポート ⑪





木型、中子、砂型の製作過程を一度に達成！

図62-8 従来の鋳造の流れと3D-Pの比較 ⑬2013.5.29

素 材

3D-Pの造形用素材は現時点ではほとんどプリンタメーカ指定の純正品樹脂に限定されることが多い。しかし、金属部品を作る金属粉末の利用も徐々に広まってきている。全般的に素材の価格が高いことが課題

おもな素材（現時点ではABSかPLAが一般的）

1. **ABS**—プラモデルに使用される素材。硬過ぎず、塗装・接着も容易。熱変化でゆがみが生じ易い
2. **PLA**—植物由来で光沢がある。歪みが生じにくく大物でも安定してプリントが可能
3. **石膏**—石膏粉末を液体結合剤で固形化する。着色可能で粘土のような質感
4. **金属**—チタン、銅合金、ステンレス、アルミ等の金属粉末を焼結して固化。光沢のある仕上がり

注) ABS:Acrylonitrile・Butadiene・Styrene／アクリルニトリル・ブタジエン・スチレン共重合合成樹脂、
PLA:Polylactic Acid／ポリ乳酸

新素材が次々と開発され、製造業以外の医療、食品などにも裾野を拡大 ⑫

色:3D-Pで出力した製品は一般に素材の色と同じ「単色」である。石膏材出力ではカラー塗装も可能。また、最近ではFDM方式で複数ヘッドにして2色またはフルカラーにする装置も販売されている

例、(1)3D Systems社のProjet x60シリーズ、

(2)Stratasys社のObjet500 Connex 3Color Multimaterial 型など
(⑬2014.1.29)



ABS樹脂モデル(メッキ)

ABS樹脂ホイールメッキモデル／
Stratasys



砂型鑄造／EOSINT



金属タービンブレード／
EOSINT



PLA/MakerBot



図62-11 教育用カラー出力
(3D Systems)



図62-9 PLAフィラメント
4980円/1kg (楽天)



図62-10 ABSフィラメント5250円／1色
全9色 (ムトーエンジニアリング)



図62-12 各種素材による出力例



図62-13 3D-P製品の選べる素材 (stratasys)



図62-14 3D-P製品の選べる質感 (stratasys)

出力の流れ

造形元データとなる3DCAD、3DCG、3Dスキャンなどのデータは3D-Pに適合するように**STL形式**に変換され、3D-Pのドライバとなる。STLは三角のポリゴンのみで表現するデータフォーマットで、曲線・曲面は微小な三角形の無数の集まり(並び)で近似表現される ⑧

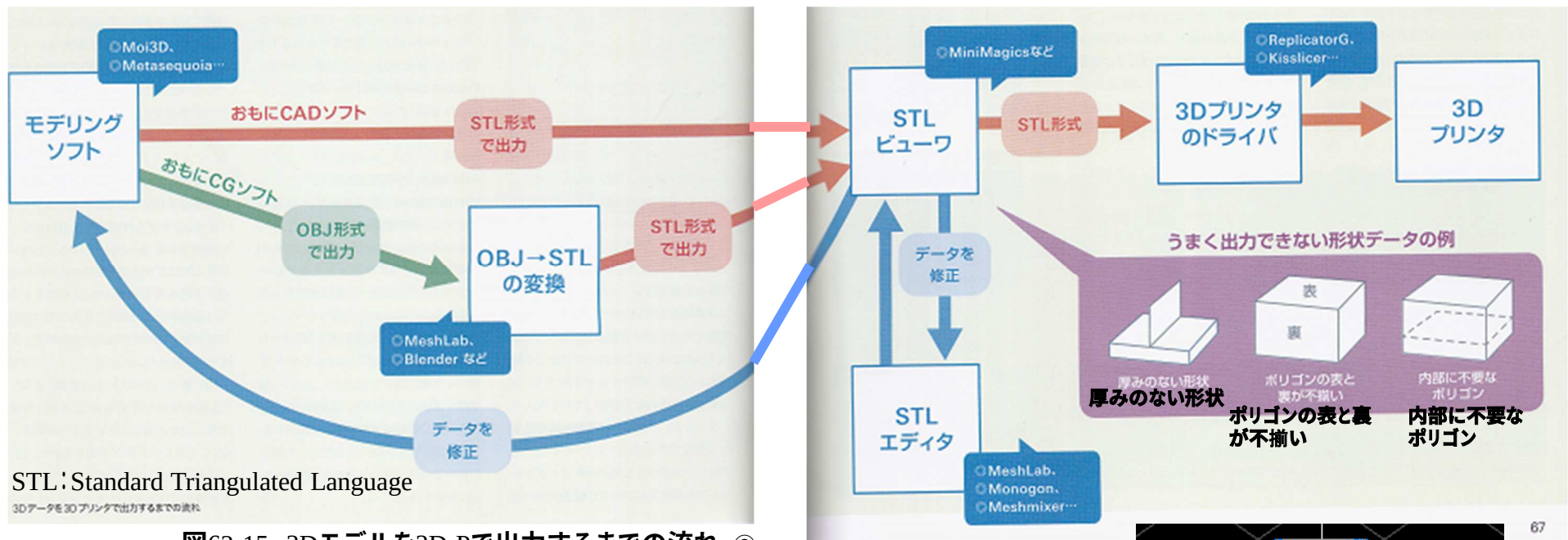
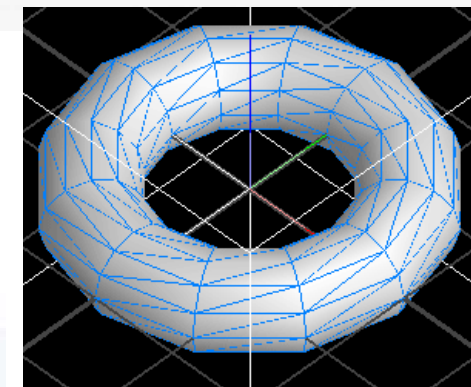
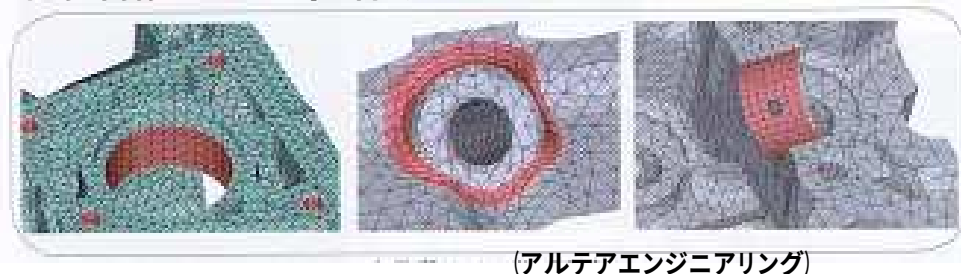


図62-15 3Dモデルを3D-Pで出力するまでの流れ ⑧

計画から出力までのおもな手順: ⑩

1. 出力時に必要なサポートの検討、
2. 3Dデータの作成、
3. 3Dデータをプリンタに適合させるソフト変換、
4. 素材、積層ピッチ、作業時間、製品の大きさ、色彩の検討・選定、
5. 出力 (立体製品でも2次元印刷と同様に「プリント」と言う)



(Natural Science)

図62-16 ポリゴン表現の例

種類

製品に要求される強さ、硬さ、精度、色に応じた使用素材の種類、積層方式が採られる。一層分を積み重ねて固化するため、素材の材質に応じて、放熱冷却、レーザ光、紫外線、凝固剤・結合剤などの手段が使われる

表62-4 出力方式別種類 ⑩

手法	内容	強度	仕上げ(典型的ピッチ)	使用材料
光造形(SLA)	光硬化性樹脂をレーザで硬化	17.2~68.9MPa	樹脂による積層 (0.051~0.152mm)	熱可塑性樹脂ライクな 光硬化性樹脂
粉末焼結積層造形(SLS)	材料粉末をレーザで焼結	36.5~77.9MPa	樹脂による積層 (0.102mm)	ナイロン、金属
熱溶解性積層法(FDM)	押出材料を溶解して積層	35.9~67.6MPa	樹脂による積層 (0.127~0.33mm)	ABS、PC、PC/ABS、 PPSU
石膏による3Dプリンティング	液体結合剤を石膏粉末上にインクジェット印刷	低	樹脂による積層 (0.089~0.203mm)	石膏系粉末、液体結合剤
インクジェット	紫外線硬化樹脂を噴射して積層	49.6~60.3MPa	樹脂による積層 (0.015~0.030mm)	アクリル系光硬化性樹脂、 熱溶解型光硬化性樹脂

注) SLA/Stereo Lithography、SLS/Selective Laser Sintering、FDM/Fused Deposition Modeling

薄膜積層法 (LOM) :レーザで切断された紙、プラスチック板、金属箔を重ねていく方法。素材シートを重ねると、ローラで表面をプレスして裏面にある粘着成分が接着することを繰り返して積層する。サポート材が不要だが、もっとも無駄な素材が発生する。古来からの立体地図模型も同様の方法 ④

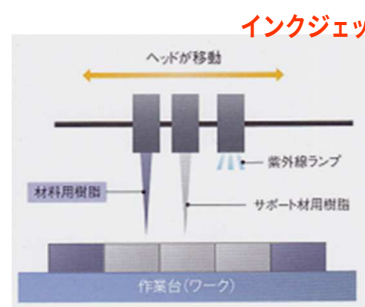
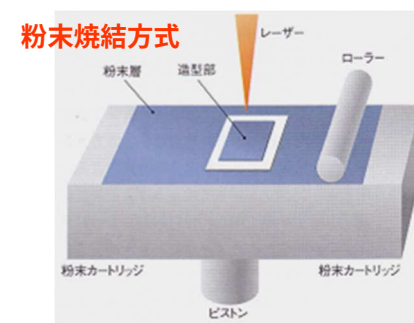
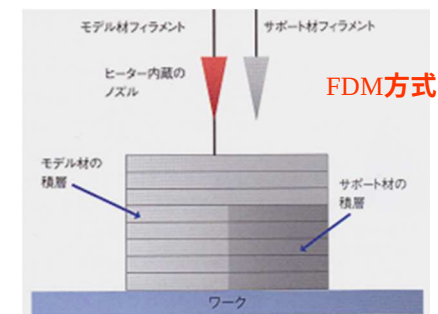


図62-17 各種出力方式の模式図 ⑩

●追加・更新資料



③ 木質

試作・組付け例

あらゆる設計データの試作モデルが造形可能です。



ABS樹脂 微細造形



ABS樹脂 電動のこぎり組付けモデル



ABS樹脂 建築モデル



ABS樹脂 エンジンブロック

3D積層砂型 /JMC

木の匂いや質感まで再現できる新素材

木粉とナイロン粉末を混ぜ合わせた新素材「ウッドライク」は、見た目はもちろん、木の質感や匂いも再現(写真は同素材で作った小物入れ)。よく利用されるナイロン樹脂よりも安価で大型の商品を作成できる。



EOSINT M

医療機器



金属

タービンブレード



航空機部品



金型(水管インサート)



3D Systems



図1●樹脂のフルカラー造形
樹脂粉末に対して、3色のバイ

図62-18 各種素材による3D-P製部品

3D データ

3Dの形状を表現する3Dデータ作成用ツールには**3DCAD**、**3DCG**などがある。3DCADが形状を数式で表現するのに対して、3DCGは曲線を持たず多数の微小な平面(ポリゴン)を集合させて近似的に曲面を表現する。その他立体物を**スキャン**して3Dデータを得る方法もある

3D-Pは3Dデータを造形して出力(プリント)する機械。3Dデータは2次元(紙)にプリントする「WORD」「EXCEL」のデータに相当

3DCAD、3DCGとも有償、無償のツールが利用可能。また、この段階を含めて造形物まで一貫請負のサービス企業も存在 ⑧

1. 3DCADの3機能:
1. 仮想の3次元部品を作成(部品モード)
 2. 部品を組み立ててアセンブリにする(アセンブリモード)
 3. 部品、アセンブリの2次元図面を作成(図面モード)

⑬2009.8.27

2. 3DCG:映像やゲーム用にデザインされた3DCGデータはSTL形式などのデータ変換をして3Dプリントに使用することができる

3. 3Dスキャナ:物体を3Dデータとして取り込む装置。コピー機などは2次元スキャンで紙に平面図形を出力するが、3Dスキャナは、まずレーザを対象物に照射し、反射光が戻ってくる時間とレーザの照射角度を解析してタテ、ヨコ、奥行きの3Dデータを生成する。写真を複数枚撮影しつなぎ合わせて3Dデータを作成ことも可能で、スマートフォンのアプリなども登場 ⑧

表62-5 3Dデータの比較表 ⑥

	3D CAD	3D CG	3Dスキャナー
メリット	正確な寸法や形状の定義	感覚的な形状が作り易い	現物から3Dデータを作成・複製が可能
デメリット	感覚的な形状や局所的な形状変更が苦手	工業部品向け正確な寸法の定義ができない	スキャンデータの修正・編集に手間がかかる

4. インターネットからのダウンロード:データはウェブからダウンロードし、プリント作業に重点を置く方法 ⑩

5. Webアプリを使ったカスタマイズ:Webアプリは花瓶、食器など特定のコンテンツにフォーカスされている。ほとんどはオンライン3Dプリントサービスの紐付きで3D製品まで委託することになる ⑩

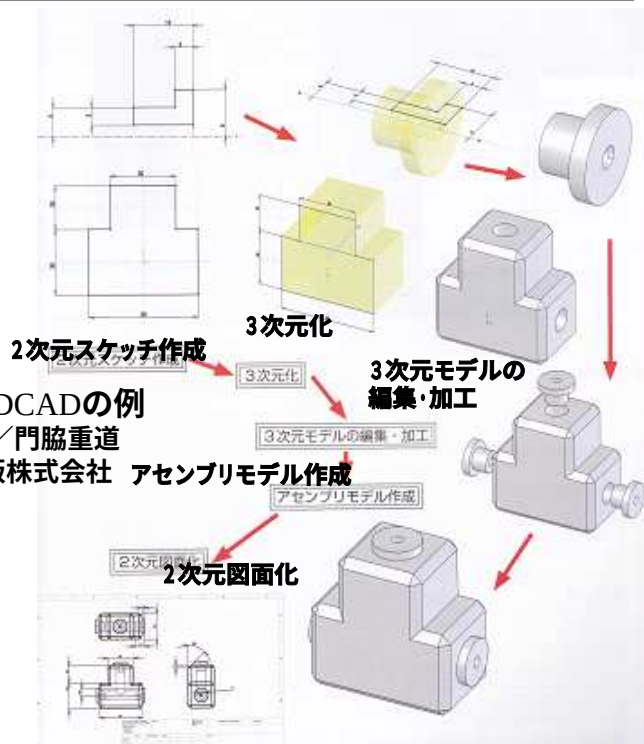


図62-19 3Dスキャン (3Dプリント・フィギュア社/⑧)

3Dデータツール

3D-Pを活用したモノづくりの中で、その利用者にとってもっとも重要な作業の一つが3Dデータの作成。このステップは3D-Pの機械を使いこなすよりスキルが必要。3D-Pの普及に伴ってこのデータ作成のツール(3D CAD、3DCG)を有償、無償で供給する業者、あるいは3Dデータ作成サービスの業者が増えている

表62-6 個人向けの3D-CAD／3D CGツール ⑧

	名 称	対応OS	メーカ	参考価格
3D CAD	Mol 3D	Windows	Triple Squid Software Design	36,750円
	Rhinoceros	Windows	Applicraft	151,200円
	123D Design	Windows/OS X/ほか	Autodesk	無償
	SketchUp Make	Windows/OS X	Trimble	無償
	SketchUp Pro8	Windows/OS X	Trimble	76,125円
3D CG	Blender	Windows/OS X/Linux	Blender Foundation	無償
	Metasequoia	Windows	テトラフェイス	5,000円
	MetasequoiaLE	Windows	テトラフェイス	無償
	Shade 3D	Windows/OS X	イーフロンティア	9,800円
	ZBrush	Windows/OS X	Pixologic	98,700円

出力サービスを請負う各社がSTL形式のほかにSTEP、IGES等のデータ形式も受け付けている。これらのデータファイルは本来異なるCADシステム相互間の変換を仲介する中間ファイル

STEP (Standard for the Exchange of Products model data): ISOで規格化を進めている製品データの交換フォーマット

IGES(Initial Graphics Exchange Specification): 米国ANSIが定めた図形データの中間ファイルフォーマット

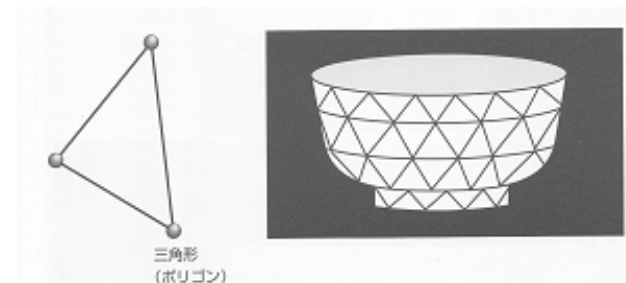
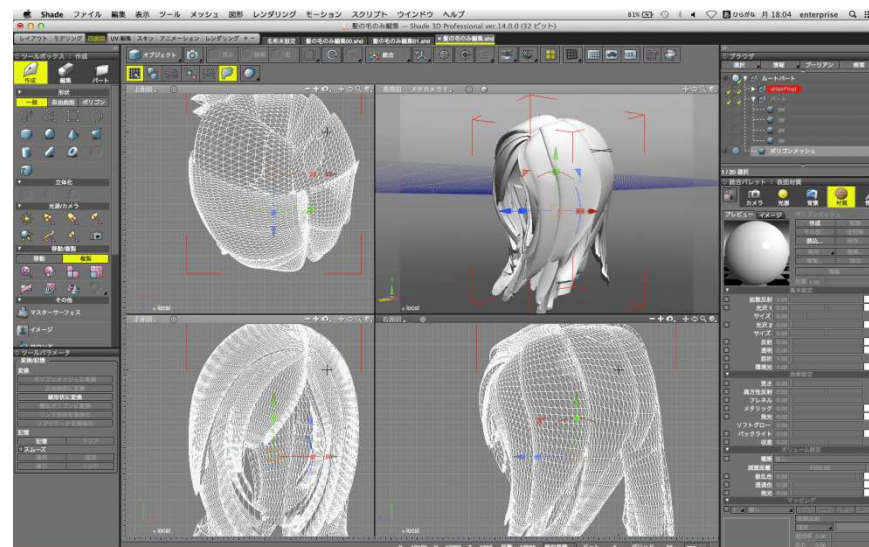
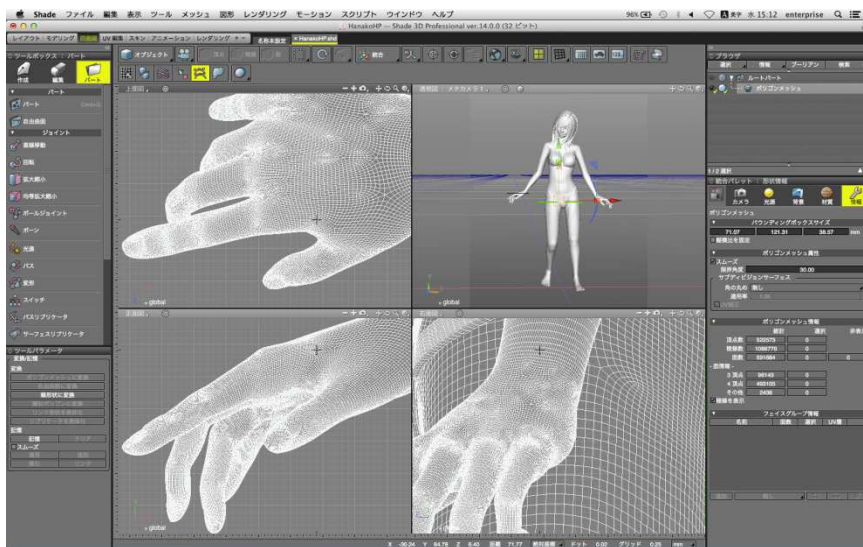
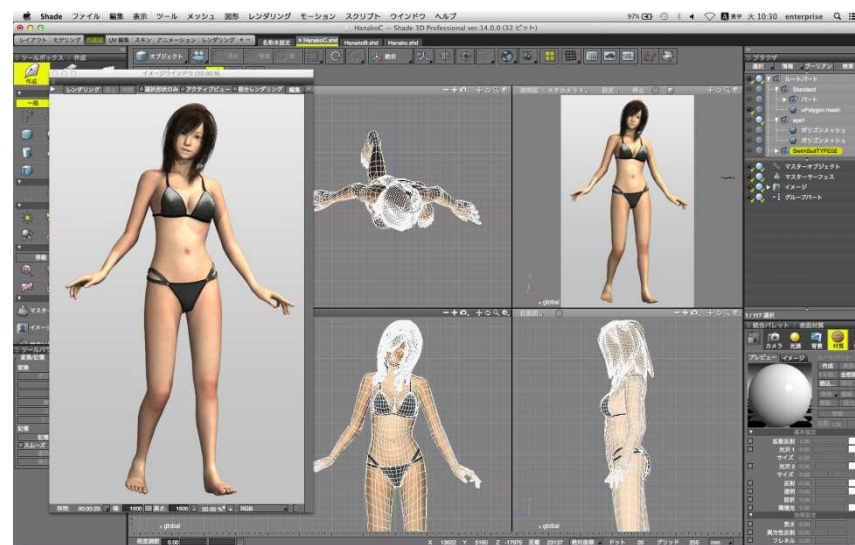


図62-20 STLのポリゴン ⑨



図62-21 3Dスキャナ ⑩

●追加・更新資料



Shade 3D

図62-22 3D-Pによる人形の製作

業務用プリンタ

3D-P製品には高額のプロ用、業務用(数百万円～数千万円)と安価な個人用(約50万円以下)のものがある。機械部品の開発業務用としては、仕上がり品質の安定性、故障の修理サポートの点で「業務用」がおすすめ

表62-7 業務用プリンタの代表例 ⑩

本表は各社の主力製品を提示したものでお互いのグレードは同一レベルではない(普及機～ハイエンド機)

製造メーカー	3D Systems(米)	Stratasys(米)	EOS(ドイツ)	EnvisionTEC(ドイツ)	松浦機械製作所(日)
製品名	Projet3510HD A	Mojo B	P396 C	ULTRA4 D	LUMEX E
日本の代理店	D-MEC*3	丸紅情報システムズ、アルテック	NTT data	日本バイナリー	
参考価格(万円)	～1400	158		1200/Refractory4	
造形方式	紫外線樹脂硬化	FDM、インクジェット	粉末焼結	光造形	光造形+切削 複合
最大造形/mm	298x185x203	127x127x450	340x360x600	260x160x190	250x250x?
積層ピッチ/μ	32	178	60	50～100	50
造形可能素材	樹脂、石膏	ABS、PC、PP	樹脂、金属*1、砂*2	光硬化樹脂	鉄鋼系、Ti、ステンレス
特長	各種造形方式の品揃えが豊富	個人用からハイエンド機まで	3DCADデータより直接出力。迅速	微細造形、高強度、minな後加工	光造形と高精度切削加工を一体化

注) *3 :D-MECは当社が関係、その他の代理店;イグアス、SOLIZE Products、東朋テクノロジー、武藤工業

*1:マルエージング鋼、ステンレス、Co-Cr-Mo(高耐熱、歯のクラウン)、Ti合金(生体親和性)、Ni基超合金(高耐熱)、Al

*2:砂型鑄造の主型・中子

A Projet3510HD



B Mojo



C P396



D ULTRA4



E LUMEX



図62-24 ターボのインペラ
(Realwax/3D Systems)

図62-23 各社製品の写真

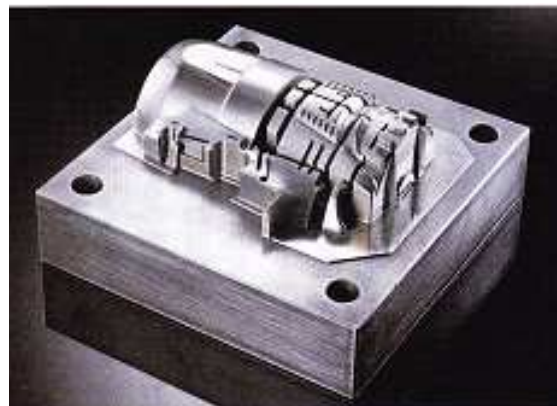


図62-25 金属製品 (松浦機械製作所) ③



図62-26 溶融金属積層方式金属3Dプリンタの開発
(富士通アイソテック／Web)



図62-27 バイオプリンタ (富山大学)

個人用プリンタ

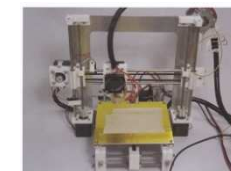
個人用プリンタは現在の3D-P普及の立役者。おもに卓上型で、趣味的なフィギュア製作から個人工房設立の助けとなっている。メーカー各社による一般消費者向け低価格の新機種投入が相次いでいる

RepRapプロジェクト(英)で公開されている3D-Pの設計図—多くの個人用廉価版3D-PはRepRapプロジェクトから派生している。3D-Pで最も価値のあるものをプリントしようとするならば、それは3D-P自体といえる。3D-P所有者はネットでRepRapの設計図にアクセスして、RepRap部品、本体枠組み、3D-Pの制御機構、加熱式造形テーブル、エクストルuder、Host Software(制御用アプリケーション)をプリントできる ⑧

表62-8 国産個人用プリンタ (Makerslove)

製造メーカー	名 称	価 格 万円*1	積層ピッチ mm	プリント容積 mm *2	重量 kg	素 材	特 長
GENKEI LLC	Atom 3D H	13	0.025	135x140x140	5	ABS、PLA	組立キットNET販売、高い剛性
Opencube	SCOOVO	18.9	0.1	175x150x150	15	PLA	低ランニングコスト、アフターサポート体制
Division Engineering	DS.1000	18.4	0.05	105x105x105	5	ABS、PLA、 ナイロン	細かいピッチ、高速化
ボンサイラボ*3	BS01	8	0.1	150x130x100	5	PLA、ABS	25cm立方の小型、低価格
ムトウエンジニアリング	Value3D Magix	21	0.1	200x200x170	17	PLA、ABS	業務用に迫る品質
ホットプロシード	Blade 1 I	13	0.1	100x100x100	5	PLA、ABS	高い精度、耐久性、サポート体制
(自作)	MENDEL Evolution	7	0.2	200x200x180	8	PLA、ABS	RepRapで扱いは難しい

H Atom 3D Printer



I Blade-1



: *1) 100円単位で四捨五入、*2) 高さx幅x奥行き、*3) クラウドファンディングで開発

表62-9 海外個人用プリンタの代表例 ⑧

製造メーカー	名 称	参考価格 万円*4	積層ピッチ mm	プリント容積 mm *4	特 長
3DSYSTEMS, Inc (米)	Cube F	16.5	0.2	140x140x140	組立キットNET販売、高い剛性
MakerBot Ind., LLC (米) *1	Replicator 2X G *2	32.6	0.1	246x152x155	低ランニングコスト、アフターサポート体制
XYZプリンティング (台湾) *3	ダ・ビンチ J	5.2	0.1	200x200x200	細かいピッチ、高速化

F Cube



G Replicator 2X



J da Vinci



いずれも本体重量=約5kg、造形可能素材=ABS/PLA、造形方式=FDM

*1 現在はStratasysの傘下、*2 2014年春より小型のReplicator Miniの発売予定/約14,400円、

*3 日経産業新聞2014.1.24 *4 表62-8に同じ

図62-28 各社製品の写真

利用業界

3D-Pは大量生産には向いていないが、産業界では自動車部品の試作品に始まり、量産用の金型、さらにはプリンタから直接完成品を出力するDDM (Direct Digital Manufacturing) までさまざまな可能性が模索されている ③

- 3D-Pの主な用途:
1. デザイン検討と試作
 2. コミュニケーション (設計⇔経営者、営業、他社担当者)
 3. 製造部門とのすり合わせ
- 容易に一品を製作

試作の活用:

3D-Pの第一の特長は「試作」。製品開発の各ステージを**共通の3Dデータ**と**試作**の修正を活用して、量産までのスピードアップと開発費の低減を図る

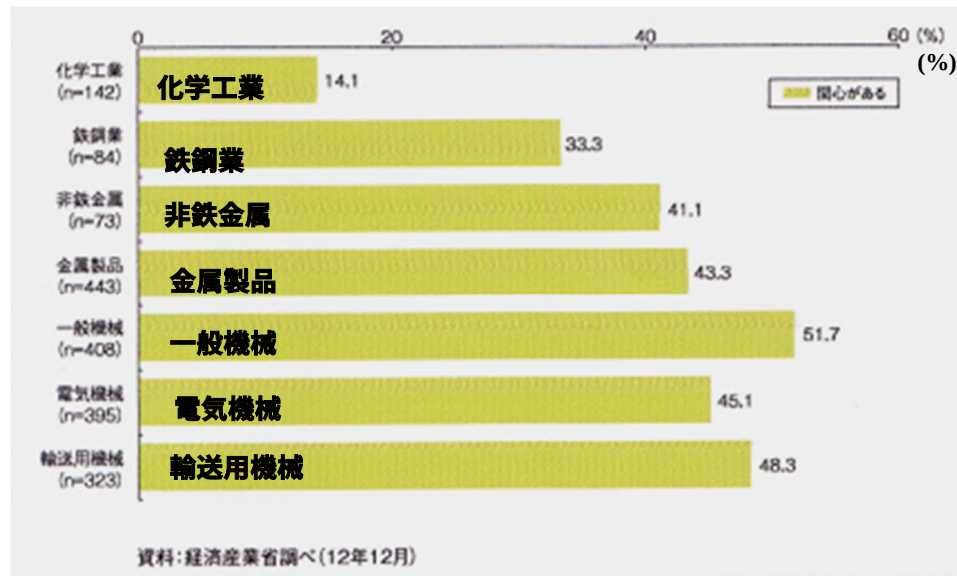
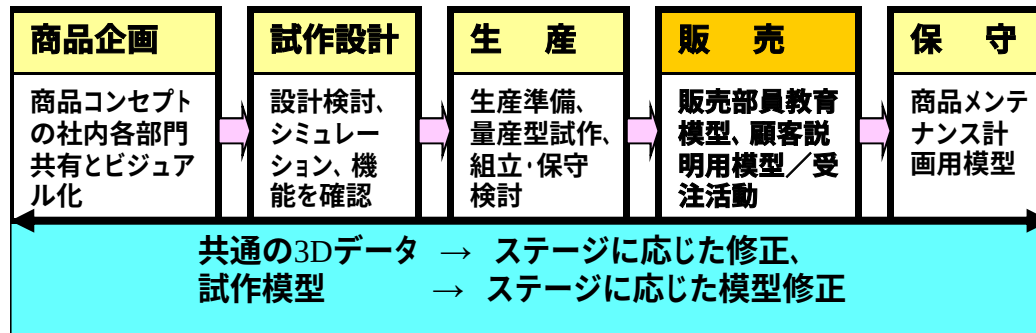


図62-30 3D-Pについての製造業企業の関心 ⑭

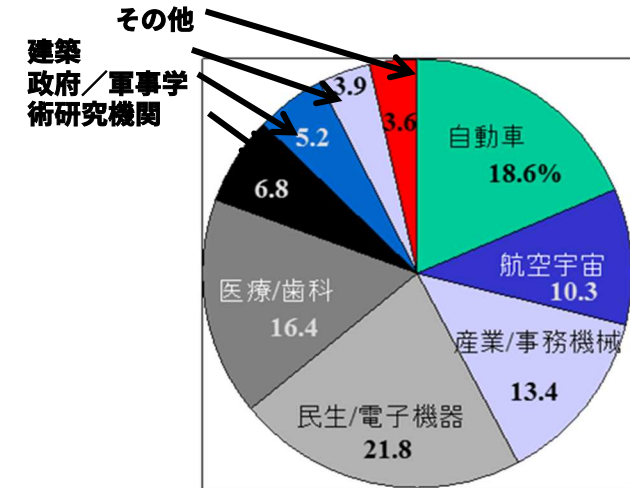


図62-29 活用分野 ⑪

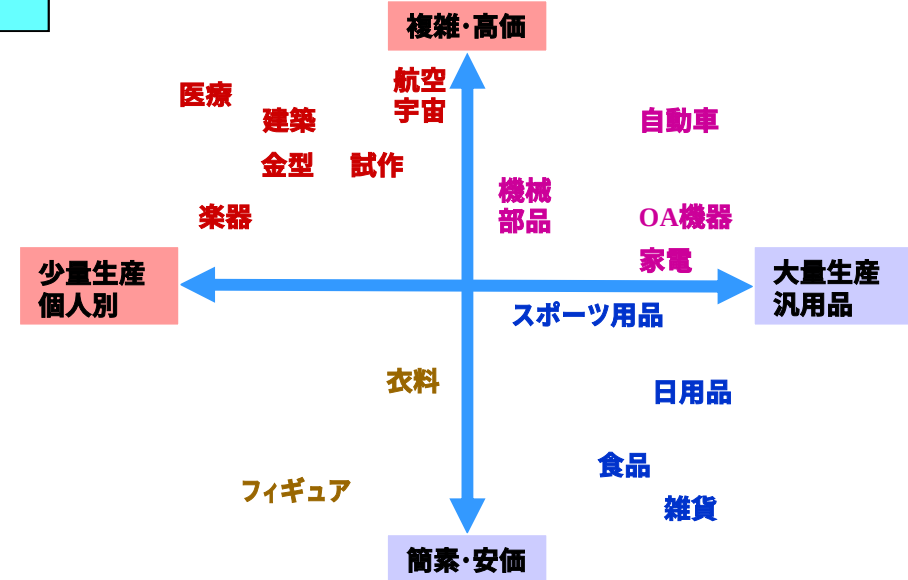


図62-31 産業別の3D-P適応性 ⑪

課 題

DDM	産業界では自動車部品の試作、量産品の金型に始まり、3D-Pから直接出力する各種のDDM(Direct Digital Manufacturing)製品の可能性が模索されている。3D-Pで利用できる素材も進化してきており、CFRPはアルミと同程度の強度で重さは半分。自動車、航空、医療の業界ではパーツの大幅な低コスト化、軽量化、リードタイムの短縮を狙って3D-P導入を図っており、2025年の世界の経済効果は1000～2000億ドルと期待
素材の多様性	3D-Pの製作品は在来加工法に比べて形状の自由度は大きい、使える材料の種類は特定の樹脂などに限られている。業務用ハイエンド機種では材料選択の幅は増えているが、まだ制約は強い。今後素材のバリエーションを増やすニーズは大きい。とくに多様な金属材料の幅を広げることは3D-P製品の市場拡大に重要
3D-P生産の改善課題	3D-Pによる造形が試作品製造から量産に向かって進むには克服すべき課題が多い。コスト、造形可能な大きさ、造形スピード、品質・精度、多様な材質、後処理などを改善して、複雑・高価、少量生産から新たな用途開発への展開が求められている ⑪
日本独自の市場形成	3D-Pの分野では、今日本は米・欧をキャッチアップする状況にあるが、その先には機器開発後の日本のものづくりの強さにより、3D-Pを活用した新しい市場創出の戦略を早期にまとめることが肝要
クラウドファンディング	インターネットを通じて不特定多数の人々に比較的少額の資金提供を呼びかけ、一定額が集まった時点でプロジェクトを実行すること。防災、ファンによるアーティストの支援、政治運動、ベンチャー企業への出資、映画、フリーソフトウェアの開発など対象分野は多様。個人メイカーズが3D-P関連の新事業立ち上げにも注目されている資金調達法 (例: ボンサイラボがこの基金集めで3D-Pを開発/日経ものづくり/2014.1)



溶融樹脂をノズルからと出する熱
溶融積層方式の3D-P。 4 x 2 x
0.9mの造形エリアを持つ。炭素繊維強化ABSを16kg/hr吐出する

● 図62-32 3D-Pによる自動車ボディの製作
(日経ものづくり 2015年3月)

キーワード

RepRap	RepRap は、「高速試作機の複製」のことで、プラスチックの物体を作成することができるフリー（自由）なデスクトップ3D-P。RepRap に使われている多くの部品はプラスチックで作られており、RepRap 自身で作成することができる。そのため、RepRap は、誰でも時間と資材が与えられれば作成することができる 自己複製機械 (Wikipedia)
STLファイル	Standard Triangulated Languageは三次元形状を表現するデータを保存するファイルフォーマットのひとつ。STL形式の正式名称は、Stereolithography。三次元形状を小さな三角形の集合体として表現するシステムで、色やカーブ形状などの表現は行うことが出来ない (Wikipedia)
ABS樹脂／ PLA樹脂	いずれも3D-Pに使われる標準的な素材。ABS樹脂は熱可塑性、常用耐熱温度は70~100℃、剛性、硬度、加工性、耐衝撃性、曲げ疲労性など機械的特性のバランスに優れる。表面の美観に優れる。一方、PLA樹脂はポリエステル類に分類されるポリ乳酸で、長くつながった高分子。ポリ乳酸は植物起源の素材から合成できる生分解性のバイオプラスチック (Wikipedia)
メイカーズ ムーブメント	参考資料①の出版がきっかけで、3D-Pを使って個人がものの「作り手」になるという世の中の変化。このトレンドで低価格の3D-Pが登場し始め、従来、金型を使わなければならないものが個人で製作可能となった。3D-Pやレーザーカッターのようなデジタル工作機械をデスクトップに置き、専門知識を持たない人たちでもモノをデザイン・製作できるようになった。

参考資料

注) トポロジー＝図形と図形の空間的な位置関係を管理するモデルまたは機能。位相幾何学

- ① MAKERS クリス・アンダーソン (関美和 訳) NHK出版 2012.10.25
- ② 3Dプリンターで世界はどう変わるか 水野操 宝島社 2013.10.24 ※
- ③ (特集) 3Dプリンター-無限の夢 Newsweek日本版 2013.8.6 ※
- ④ 3Dプリンターが創る未来 クリストファー・バーナット (訳 小林啓倫) 日経BP 2013.12.16
- ⑤ 3Dプリンター革命 水野操 (株)ジャムハウス 2013.7.13 ※
- ⑥ (連載 14回) 3Dプリンターの使い方 日刊工業新聞社 2013.7.29~12.25
- ⑦ (連載 24回) ものづくり革命 3Dプリンターの挑戦 日刊工業新聞社 2013.9.4~11.14
- ⑧ 3Dプリンタ<デスクトップが工房になる> (株)インプレスジャパン 2013年10月
- ⑨ 3Dプリンタではじめるデジタルモノづくり 門田和雄 日刊工業新聞社 2013.10.30
- ⑩ はじめての3Dプリンタ 水野操ほか 技術評論社 2013.10.25
- ⑪ 機械設計 2014年1月号 日刊工業新聞社 ※
- ⑫ 3Dプリンター完全マスター 日経トレンド編集部 (編) 日経BP 2013.11.19
- ⑬ 史上最強図解 これならわかる機械工学 大高敏男 ナツメ社 2014.1.3
- ⑭ ものづくりにおける3Dプリンタ 日本政策投資銀行レポート No.202-1 2013.12.18

- ⑫ (特集) 開花宣言 3Dプリンタ 日経ものづくり 2013年3月
- ⑬ 日刊工業新聞の記事
- ⑭ ものづくり白書 2013年版 経済産業省
- ⑮ 各HP、パンフレット、新聞・雑誌記事

(※印は「光和商事蔵書にあり」)