令和元年度 特許出願技術動向調査 結果概要

3 Dプリンタ

令和2年2月

特 許 庁

問い合わせ先

特許庁総務部企画調査課 知財動向班

電話:03-3581-1101 (内線2155)

令和元年度特許出願技術動向調査

-3Dプリンター

1. はじめに

(1)調査背景

3 D プリンタに代表される三次元積層造形技術の進歩は、軽量でこれまでにない機能や複雑構造を有する製品の開発を加速してきた。また、商品企画・設計・製造プロセスのデジタル化の進展等も伴い、新たな付加価値を持つ製品の創製、商品企画から設計・生産までの時間の大幅短縮、地理的・空間的制約からの開放など、ものづくりに革命を起こす潜在力を秘めているとされる。我が国においても「科学技術イノベーション総合戦略 2016」に3 D プリンタ等の革新的な生産技術の開発に取り組むことが明記されている等、官民挙げて研究開発が進められてきている。このような背景のもと、3 D プリンタに関する特許の動向を調査し、本テーマにおける以下の点を明らかにすることを目的とする。

- ア、国内外の技術発展状況、研究開発状況を含む技術動向。
- イ、日本及び外国の技術競争力、産業競争力。
- ウ. 日本企業・政府機関が取り組むべき課題、今後目指すべき研究・ 技術開発の方向性。

(2)調査対象技術(技術俯瞰図)

3 D プリンタ (付加製造技術) ¹は、材料を付着することによって物体を3次元形状の数値表現から作成するプロセスを指す。

本調査で対象とする技術の範囲(技術の俯瞰図)に関して、まず全体 工程構成を図 1にて示し、次に詳細要素技術と応用産業(アプリケーション)を図 2に示す。

まず、付加製造技術の全体工程構成に関しては、図 1 に示すように、「造形」工程のみならず、形状データ作成を行う「前工程」と、造形工程後のサポート除去や表面処理などを行う「後工程」からなる。

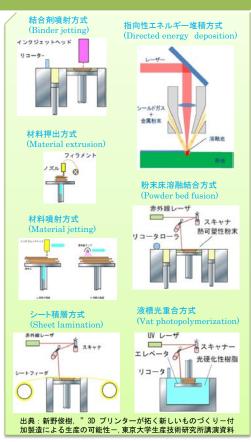
本報告書では、本テーマにかかる技術を「3Dプリンタ技術」または「三次元(3D)積層造形技術」、「付加製造技術(AM)」の何れかで呼ぶものとする。

3D CADデータ作成 出典:リコーHP https://www.ricoh.co.jp/ STL:Standard Triangulated Language 出典:リコーHP https://www.ricoh.co.jp/3dp/print_service/3dc ad_fix.html 出典: 丸紅情報システムズHP https://www.marubeni-sys.com/

前工程

造形

後工程





次に、詳細要素技術とアプリケーション技術に関しては、本調査では、 技術の俯瞰(図 2)で示したとおり、付加製造技術を下記6つの要素技 術に区分して整理を行った。

【付加製造技術における要素技術分類】

① 付加製造材料

付加製造の方式や用途に応じて、様々な材料が開発・実用化されている。主材料としては光硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、金属、セラミックスなどが用いられる

② 共通システム技術

付加製造方式によらず、付加製造装置であれば必ず備えているべきシステム技術を指す。

③ 付加製造方式

付加製造には、複数の方式が存在する。付加製造方式は、米国の標準化機関である ASTM によって大きく 7つの方式に分類され定義されてお

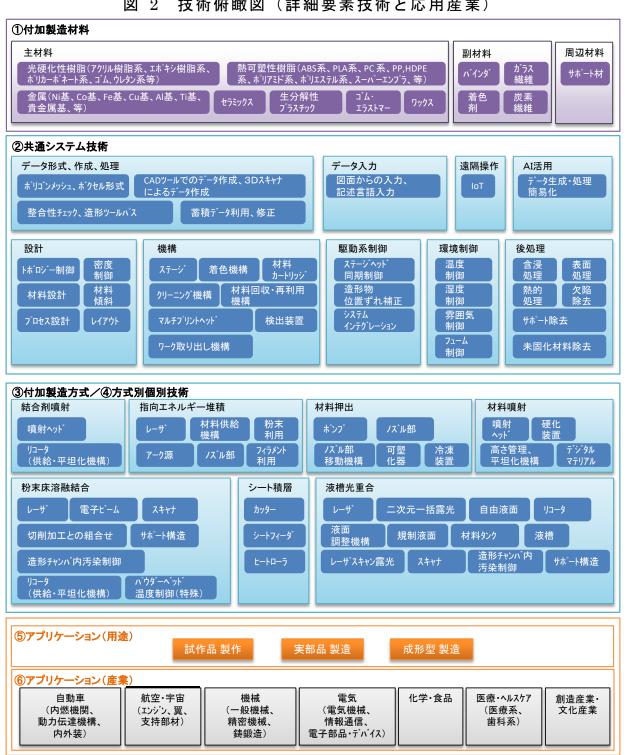
- り、本報告書では基本的にこの分類に基づいて整理を行なった。
- ④ 方式別個別技術

付加製造方式ごとに個別に有する機構・要素技術を指している。

(5)/⑥ アプリケーション技術 (用途別/産業別)

付加製造装置を使ったアプリケーション技術を指す。用途別と産業別 の2つに大別している。

技術俯瞰図 (詳細要素技術と応用産業) 図 2



(3)調査範囲

ア. 特許文献

出願年(優先権主張年): 2012年~2017年

出願先国・地域: 日本、米国、欧州、中国、韓国、イスラエル 1

使用した商用データベース: Derwent World Patents Index

(米国クラリベイト・アナリティクス社が提供)

イ. 非特許文献

発行年: 2013年~2018年

使用した商用データベース: Scopus (Elsevier 社が提供)

(4)調査手法

ア. 特許文献

3 D プリンタ技術に関する国際特許分類やキーワードを組み合せた検索によって抽出された特許公報の抄録、特許請求の範囲(クレーム)、図面を解析し、ノイズ除去、技術区分(表 1)付与を行った。

表 1 技術区分

分	類	概要
主たる技術内容		当該文献の主たる技術内容(主材料、造形物の構造・形 状・特性、データ関連、付加製造設備の機構、設計など)
形式・種類	付加製造材料	主材料(熱可塑性樹脂、ゴム・エラストマー、光硬化性 樹脂、金属、セラミックス、異種材料、建築用資材など)、 副材(フィラー、着色剤など)、周辺材(各種サポート 材)、主材料の形態(粉体、造粒体、液体など)など
	付加製造方式	結合剤噴射、指向エネルギー堆積、材料押出、材料噴射、 粉末床溶融結合、シート積層、液槽光重合、コールドス プレー
解決手段	共通システム技術	機構、駆動系制御、環境制御、製造システム、造形物検査、後処理、データ形式・作成・処理・入力、設計、サポート設計・作成
	方式別個別技術 造形対象	各付加製造方式個別の技術(レーザ、ポンプ、ノズルなど) バルク造形、表面造形、肉抜き形状、ポーラス構造、自
	追加对象	由形状流路、他の造形との組み合わせ
付加製造技術の 適用先	アプリケーション (用途別)	試作品製作、実部品製造、成形型製造など
	アプリケーション (産業別)	自動車、航空・宇宙、機械、電気、化学・食品、創造産 業・文化産業、医療・ヘルスケア、建築・土木など
課題		生産性、形状、原料特性向上、造形プロセス改善のため の原料特性向上、造形物の特性向上、作業性・環境向上、 コスト・効率向上など

¹ イスラエルへの出願件数は、53件と僅かであったため、分析対象から除外した。

イ. 非特許文献

キーワード等を用いることにより、解析対象の論文を抽出し、抽出 された論文の詳細解析は抄録を解析対象とし、抄録を読みノイズ除去 を行うとともに、特許と同じ技術区分に従い技術分類付与を行った。

2. 本調査の結果概要

(1)市場環境

3 D プリンタの世界の市場規模は、2019 年時点では 138 億ドル(約 1 兆 5 千億円)で、2022 年には 230 億ドル(2 兆 5,300 億円)になると予想されている。また、 3 D プリンタ用材料の市場も拡大し、中でも金属系材料は 2016 年に対し 2020 年に 9 倍に拡大すると予想されている 1。

(2)政策動向

国内動向としては、金属造形を対象として、2014年4月、技術研究組合「次世代3D積層造形技術総合開発機構(TRAFAM)」²が発足した。また、セラミックス、樹脂についてもSIP「革新的設計生産技術」にて開発が行われた。

海外動向としては、米国で America Makes にて拠点作り、材料データベース構築などが行われ、欧州でもドイツ、イギリスで設計、材料開発、実用化研究などが国主導にて産学連携で行われている。中国、シンガポール、台湾でも国主導のプロジェクトが行われている。

(3)特許出願動向

出願人国籍・地域別ファミリー件数では、中国籍出願人による出願が 44.7%と最多で、次いで米国籍 21.6%、欧州国籍 14.4%、日本国籍 9.6%、韓国籍 6.6%、イスラエル国籍 0.2%となっている。特に中国籍出願人による出願の伸びが顕著である。特徴として、課題別でみると、日本国籍、米国籍、欧州国籍は、造形物の特性向上が最も多いが、中国籍は、生産性、形状が最も多い点が異なる。また、中国籍は、生産技術に関する出願のほうが品質向上の出願よりも多い。

(4)研究開発動向

研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数は、いずれの国・地域においても増加しており、欧州、米国、中国の各研究機関の順に多く、その他の国・地域も多いが日本は少ない。また、論文発表件数は、大学や公的研究機関がランキング 1~40 位を占めており、特許ファミリー件数上位ランキングにおいて、中国の大学を除いて、企業が 20 位以内を占めていることと好対照である。

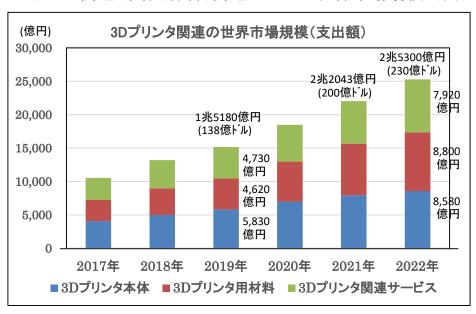
¹出典: IDC Worldwide Semiannual 3D Printing Spending Guide 2019 年 1 月 プレスリリース情報等 2 その後、2017 年度より関連の技術開発が統合されて「次世代産業用 3 Dプリンタの造形技術・実用化事業」として推進された。

3. 市場環境

(1) 3 D プリンタ関連の世界市場規模

図 3 に調査会社 IDC により予測された 3 D プリンタ関連の世界市場規模(支出額)を示す。調査会社 IDC によれば、3 D プリンタ関連の世界市場規模(3 D プリンタ本体 + 3 D プリンタ用材料 + 3 D プリンタ関連の世界市場規模(3 D プリンタ本体 + 3 D プリンタ用材料 + 3 D プリンタ関連サービス)が 2019 年に 138 億ドル(約 1 兆 5,180 億円)に達し、年間成長率が約 20%で、2022 年までに 230 億ドル(2 兆 5,300 億円)になると予想されている。 3 D プリンタ関連の市場シェアは 3 D プリンタ本体と 3 D プリンタ用材料が全体の 2/3 を占め、その中で 3 D プリンタ用材料がシェアを拡大すると予測されている。

図 3 3 D プリンタ関連(本体、材料、関連サービス)の世界市場規模 (支出額) 1



(2) 3 D プリンタ関連の日本市場規模

図 4 に 3 D プリンタ関連の日本市場規模(売上額)を示す。調査会社 IDC Japan によれば、3 D プリンタ関連の日本市場規模(3 D プリンタ 本体 + 3 D プリンタ関連サービス + 3 D プリンタ用材料)は 2017 年に 308 億円である。年間成長率は約 9.1%であり、2022 年の市場規模は 476 億円になると予想されている。

なお、その内訳は、3 D プリンタ本体が 189.8 億円、3 D プリンタ関連サービスが 144.5 億円、3 D プリンタ用材料が 141.7 億円である。また、2022 年の 3 D プリンタ関連の世界市場の売上額は 2 兆 5.300 億円

¹ 出典:IDC Worldwide Semiannual 3D Printing Spending Guide 2019年1月 プレスリリースの情報等を基に NSRI が作成

と予想されているので、日本の占める割合は約2%である。

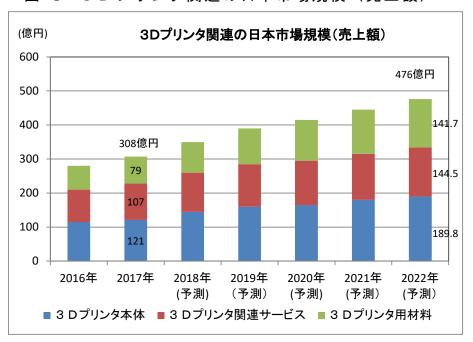


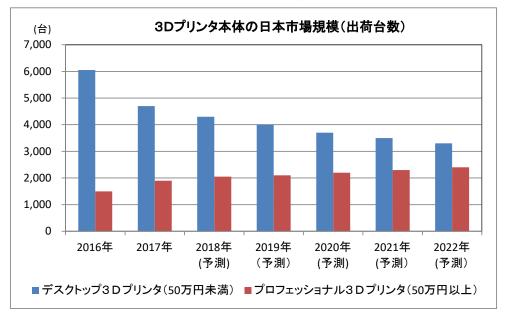
図 4 3 D プリンタ関連の日本市場規模(売上額) 1

図 5に3 Dプリンタ本体の日本市場規模(メーカ出荷台数)を示す。IDC Japan㈱によれば、2017年の3 Dプリンタ本体の日本市場は、デスクトップ3 Dプリンタ本体の出荷台数が 4,700 台(売上額は 6.7億円)で、プロフェッショナル3 Dプリンタ本体の出荷台数が 1,900 台(売上額は 114.3億円)である。デスクトップ3 Dプリンタは作製できるものに限界があるので、今後、デスクトップ3 Dプリンタは減少し、プロフェッショナル3 Dプリンタは堅調に増加して行くと見られている。

-7-

¹ 出典:IDC Japan 2018年7月11日「国内 3Dプリンティング市場予測を発表」を基に NSRI が作成

図 5 3 D プリンタ本体の日本市場規模(メーカ出荷台数)1



(3) 3 D プリンタ用材料の世界市場規模(売上高)

図 6 に 3 D プリンタ用材料の世界市場規模(売上高)を示す。2017 年の 3 D プリンタ用材料の世界市場は 6,250 億円に拡大した。米国を始め欧州、中国などにおいてコンシューマー分野(個人・家庭、教育機関など)、産業分野ともに 3 D プリンタの導入が進んだことが背景にある。2018 年の世界市場は 6,666 億円、2019 年は 7,270 億円になると見込まれ、2020 年には 7,764 億円に拡大していくと予測される。

図 6 3 D プリンタ用材料の世界市場規模(売上高)1



¹ 出典: CMC リサーチ「3D プリンタと造形材料の市場動向」(工業材料(日刊工業新聞社)2016年6月号に掲載)及び CMC リサーチ 2019年版の2016年以降の情報を基に NSRI が作成

(4) 3 D プリンタ本体の世界市場シェア 1

パーソナルタイプのデスクトップ3Dプリンタの市場シェア

① XYZ プリンティング (台湾) 22%

② ウルチメーカ (オランダ) 9%

③ M3D (米国) 7%

4 フラッシュフォージ (中国) 6%

・工業用ハイエンドタイプのデスクトップ3Dプリンタの市場シェア

① Stratasys Ltd. (米国) 35%

② EOS GmbH () 19%

③ 3D Systems (米国) 10%

④ SLM Solutions (ドイツ) 6%

⑤ Concept Laser (ドイツ) 5% (現、GE)

4. 政策動向

(1)日本の3Dプリンタに関する技術開発の取組

表 2に、日本の三次元積層造形技術に関する主なプロジェクトを示す。

¹ 出典:セカプリ 2017.01.04「アメリカの市場調査会社が 2016 年のデスクトップ 3 D プリンタの 出荷台数が 27%増加と発表」https://sekapri.com/ 3 D printer/20170104-6456/

表 2 日本の三次元積層造形技術に関する主なプロジェクト 1

材料	技術開発 プロジェクト	技術開発テーマ	研究開発内容						
	次世代素材等レーザー 省) 2010~2014	加工技術開発プロジェクト(経済産業	Ti合金粉末積層造形加工の基盤技術開発。						
	次世代型産業用三次元 2014~2018	造形システム技術開発(経済産業省)	世界一の造形速度、造形精度を有する革新的積層造形装置 開発。						
金属		ロセス実現に向けた三次元積層造形技術 経済産業省) 2016~2018	3Dプリンタ装置技術開発、金属粉末材料開発、金属積層の 品質保証方法の開発及び金属積層造形技術の実用化実証。						
	SIP革新的設計 生産技術	3次元異方性カスタマイズ化設計・付加製造拠点の構築と地域実証	材質と形状の同時制御による異方性技術開発。						
	SIP革新的設計 構造材料	革新的プロセスを用いた航空機エンジ ン用耐熱材料創製技術開発	肉盛品の材料特性を取得・データベース化し、プロセス条件との相関関係を明らかにする。						
		超3D造形技術プラットフォームの開発 と高付加価値製品の創出	ナノ光造形装置の開発、 手術シミュレータ実体モデル製造 (金属・樹脂複合材含む)						
樹脂	SIP革新的設計 生産技術	Additive Manufacturingを核とした新 しいものづくりの創出	レーザーの研究とプロセスの開発、最適な材料特性の探索 などによる製造力向上。スポーツ用高機能・高意匠義足の デザインと開発などによる製品力向上。ノウハウを容易に 実現できる操作性の確立による設計力向上。						
12, 112		デザイナブルゲルの革新的3Dプリント システムによる新分野の進展支援と新 市場創出	ディスペンサ-光硬化式の標準型/バスタブ-レーザー式高 精度3Dゲルプリンティングシステムの開発。						
	SIP革新的設計 構造材料	リアクティブ3Dプリンティングによる テーラーメイドラバー製品の設計生産 と社会経済的な価値共創に関する研究 開発	テーラーメードラバー製品(テーラーメードシューズ)の 設計技術の確立(足部モデルやユーザーとのインタラク ションデザイン用スマホアプリ開発)。						
セラミッ	SIP革新的設計	高付加価値セラミックスの造形技術の 開発	3D積層造形技術(粉末積層造形、スラリー積層造形)とハイブリッドコーティング技術を組み合わせた複雑形状や3次元の機能表面などを有する高付加価値部材の実現。						
クス	生産技術	フルイディック材料創製と3Dプリン ティングによる構造化機能材料・デバ イスの迅速開発	セラミックス複合材料のインクジェット方式による3次元付加造形に係る基盤技術を確立。 オーダーメイド人工歯、3次元Li電池の開発。						

出所:各種技術情報を基にNEDO技術戦略センター作成(2018) 一部NSRI追記

2010年の「次世代素材等レーザー加工技術開発プロジェクト」(METI 執行)から始まり、本格的なプロジェクトとしては「三次元造形技術を核としたものづくり革命プログラム(次世代型産業用三次元造形システム技術開発)(2014年度~2018年度)」、「省エネルギー型製造プロセスの実現に向けた3Dプリンタの造形技術開発・実用化事業(2016年度~2018年度)」(いずれも METI 執行)があるが、これらは2017年度より統合されて「次世代産業用3Dプリンタの造形技術・実用化事業」(NEDO 執行)として推進されている。

また、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の研究テーマ「革

¹ 出典: NEDO 技術戦略研究センターレポート TSC Foresight Vol.32「金属積層造形プロセス分野の技術戦略策定に向けて」https://www.nedo.go.jp/content/100888376.pdf に、一部 NSRI 追記。

新的設計生産技術」「革新的構造材料」(内閣府、2014年度~2018年度) においても研究開発が推進されている。

(2)世界の3Dプリンタに関する技術開発と環境整備の状況

表 3に3 Dプリンタ技術に対する各国の取組例を示す。

表 3 3 D プリンタ技術に対する各国の取組例 1

	围	取組プロジェクト例	予算規模	内容	人材育成
米国		National Additive Manufacturing Innovation Institute (America Makesに改称)	3,000万ドル(国防省) 4,000万ドル(企業、州)	・3Dのパイロット拠点・材料データベース構築・次世代装置、造形プロセス・モデリングシミュレーションツール	1,000近い学校に3Dプリンタなどを設置
₽b	ドイン Direct Manufacturing 約14億円 材料開発、強度評価・Fraunhofer研究所、3D技術開発		・設計ルール、コスト分析、リペア、複雑形状、 材料開発、強度評価等産学官で研究 ・Fraunhofer研究所、Paderborn大学拠点で金属 3D技術開発	職業訓練校に3Dプリンタ 等の教育の場を提供	
欧州	英国	Manufacturing Technology Center 高付加価値製造 カタパルト	約60億円 239億円(総額)	・産学連携拠点・AM実用化研究・Arcam社装置を活用・Rolls-Royce,AirBus等が参画	100近い学校に3Dプリンタを導入、授業に使う
中	国	3Dプリンタ技術 産業連盟		・国、大学、企業による共同出資 ・清華大、北京航空航天大等が参画	一部の学校で3Dプリンタ を使う授業を開始
	ンガ ール	RIE2020計画	約30億円(南洋理工大)他、500億円/5年投資予定	・南洋理工大に研究センター立ち上げ(2014) ・防衛用AI、Cu合金、ハイブリッド構造等を研究	
台	湾	レーザー積層造形 産業クラスター		・3次元積層造形向けのレーザー技術、積層 造形産業用アプリケーションの研究を促進	
日本		TRAFAM SIP	62億円(総予算)	・粉末床溶融結合、レーザーデポ法等 ・世界最高水準の装置開発 ・異方性カスタマイズ技術開発等	

出所:「新ものづくり研究会」報告書(2014)を基にNEDO技術戦略研究センター作成(2018)

米国²では、オバマ政権下において、2011年6月、省庁横断的かつ産学官が連携する取り組みである大統領イニシアティブ「先進製造パートナーシップ(AMP)」が立ち上げられた。これを機に、米国内での先進製造促進基盤構築を目指す最大15の製造イノベーション研究所(IMIs)が発足した。この中の一つが、オハイオ州にある製造イノベーション推進機構(NAMII; National Additive Manufacturing Innovation Institute)であり、米国の大企業や大学からなるコンソーシアム、米国防総省や米航空宇宙局(NASA)などが資金を提供している。NAMIIは現在、America Makes という名称になっている。

ドイツ ³では、3 D プリンタによる金属造形でプレゼンスを発揮している。Nordrhein-Westfalen 州と Paderborn 大学が、Boeing 等と立ち

¹ 出典:NEDO TSC Foresight Vol.32「金属積層造形プロセス分野の技術戦略策定に向けて」

² 出典: ARC リポート 2017 年 7 月 「金属積層造形技術(3D プリンタ)の最新動向」

³ 出典: ARC リポート 2017年7月「金属積層造形技術(3D プリンタ)の最新動向」

上げた DMRC (Direct Manufacturing Research Center) においても、Lego Group 等の海外企業と提携する等、3 Dプリンタを中心に研究開発が進められている。資金は州政府や大学、企業が共同で拠出しており、DMRC のプロジェクト全体に対し、2016 年までに 1,100 万ユーロもの資金が投じられる予定である。

中国¹では、1980年代後半から大学を中心に積層製造技術の研究を行っていた。主な大学は、いずれも国家重点大学である清華大学(北京市)、華中科技大学(湖北省)、西安交通大学(陝西省)などであり、現在も研究の中心を担っている。国家的な支援の推進としては、2013年4月、科学技術部が「国家ハイテク研究発展計画(863計画)」に積層製造(3Dプリンタ)技術に対する支援政策を策定した。方針は、積層製造のコア技術と製造装置の研究開発である。

(3) 3 D プリンタ技術に関する国際標準化 1

積層造形技術に関しては、2009年に米国材料試験協会(ASTM)の専門委員会(F42)が発足し、それまで積層造形あるいはラピッド・プロトタイピング等と呼ばれていた3Dプリンタ技術を、Additive Manufacturing(AM、付加製造技術)と定義した。

また国際標準化機構(ISO)では、2011年から専門委員会(TC261)で標準化の議論が進められ、2019年時点で、25か国、オブザーバ8か国が参加している(幹事国・議長国はドイツ)。さらに。2013年7月にはISOとASTMが共同で標準化を進めていく計画を設定した。日本では、技術研究組合「次世代3D積層造形技術総合開発機構(TRAFAM)」が事務局となり、国内審議委員会が組織され、ISO/TC261と同様の4ワーキンググループ(①用語定義、②プロセスと材料、③サンプル評価、④データ処理と設計)が構成され、ISO及びASTMの審議に加わっている。

また、実運用時には造形品の設計データがどの装置にも適用できることが普及のためには重要であることから、3 D データフォーマット、データ処理・設計などのソフトウエア標準化が進められており、新しい3 D データフォーマット Additive manufacturing file format (AMF) が ISO/ASTM 共通の文書として発行され(2016 年)、引き続き検討されている。AMF では造形物内部の構造を数式で記述しており、色や材質、部位による複数材質の使い分けの指定が可能になった。我が国では、同様のデータ形式として富士ゼロックスと慶應義塾大学が共同開発した「.

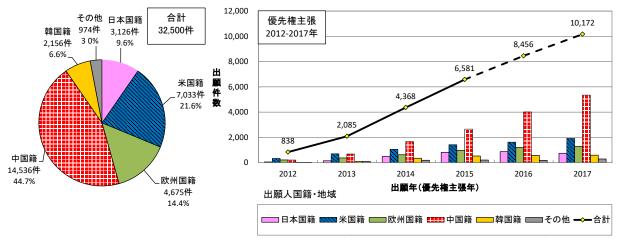
¹ 出典: AIST/加工技術データベース/3D Printer/国際標準化の動向 (2018年現在) http://www.monozukuri.org/mono/db-dmrc/3dprinter/overview/standard.html

5. 特許出願動向

(1)出願人国籍・地域別の出願動向

日本、米国、欧州、中国、韓国各国・地域への出願人国籍・地域別ファミリー件数推移及びファミリー件数比率を図 7 に示す。傾向は、<u>中国籍出願人による出願が 44.7%と最多で、次いで米国籍 21.6%、欧州国籍14.4%、日本国籍 9.6%、韓国籍 6.6%、イスラエル国籍 0.3%となっている。個別の出願人国籍・地域別推移を見ると、全ての国籍・地域の出願人による出願で増加傾向を示しており、特に中国籍出願人による出願の伸びが顕著である。</u>

図 7 出願人国籍・地域別ファミリー件数比率及びファミリー件数推移 (日米 欧中韓各国への出願)



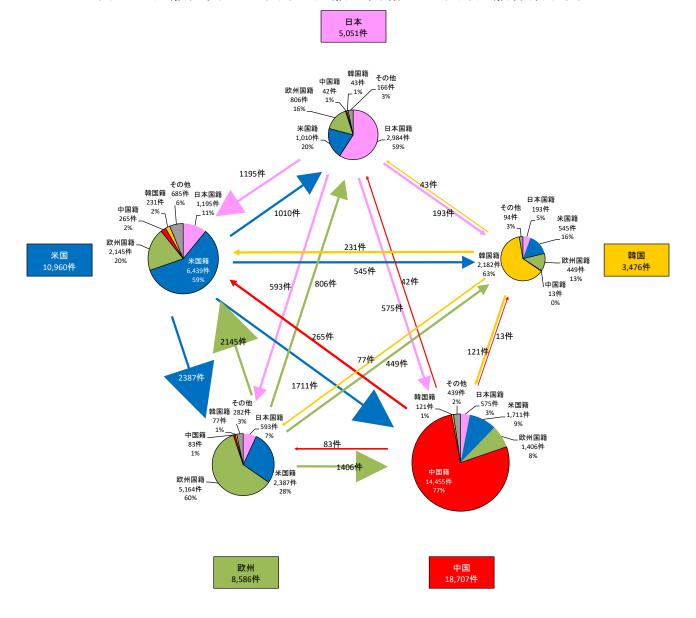
注)2016年以降はデータベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で、 全出願データを反映していない可能性がある。

(2) 日米欧中韓における出願収支

日米欧中韓への出願先国・地域別一出願人国籍・地域別出願件数収支を図 8 に示す。矢印の太さは件数に比例している。日本は、米国・中国・韓国との間で収支がプラスであるが、日本との間ではマイナスである。 米国は、欧州・中国・韓国との間で収支がプラスであるが、日本との間ではマイナスである。 欧州との間では件数の絶対値も大きい。欧州は、日本・中国・韓国との間で収支がプラスであり、米国との間ではマイナスである。 中国は、出願件数が 5 か国・地域中最大であるが、全ての国との間で収支がマイナスである。また米国・欧州からの出願件数が大きい。韓国は、中国との間でプラスであるが、米国・欧州・中国との間ではマイナスである。

¹ NEDO TSC Foresight Vol. 32「金属積層造形プロセス分野の技術戦略策定に向けて」

図 8 出願先国·地域別一出願人国籍·地域別出願件数収支

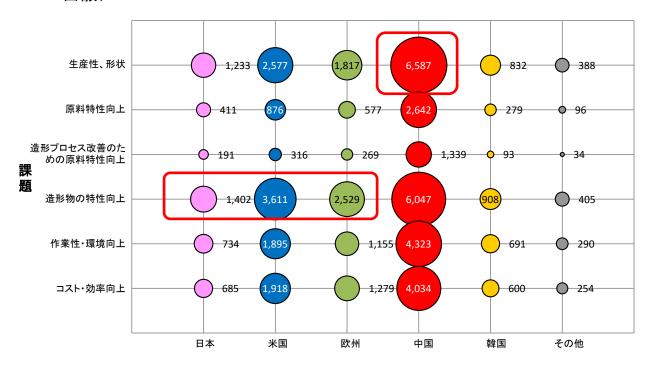


(3)技術区分別の出願動向

ア. 課題

課題全体の動向としては、図 9 に示すように<u>中国籍以外は、造形物の特性向上が最も多い。中国籍は、生産性、形状が最も多い点が異なる。</u>また、中国籍は、作業性・環境向上、コスト・効率向上が比較的多く、生産技術に関する出願のほうが品質向上の出願よりも多い。

図 9 出願人国籍・地域別ファミリー件数 (課題、日米欧中韓各国・地域への 出願)

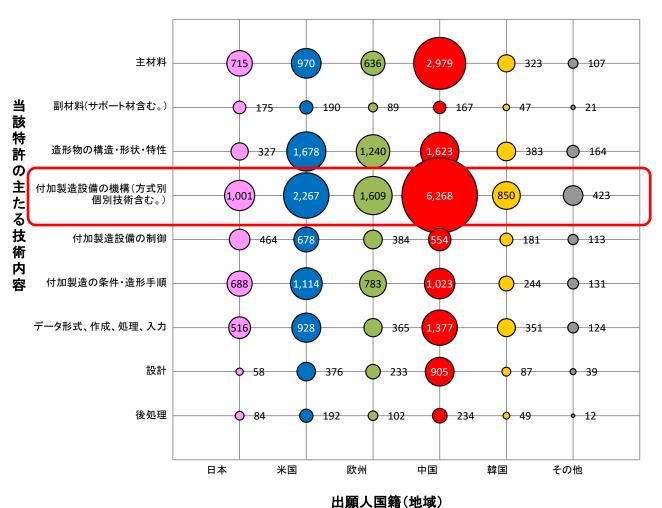


イ. 解決手段

(ア) 当該特許の主たる技術内容

各国籍・地域とも付加製造設備の機構(方式別個別技術含む。) が最も多い点は共通である。中国籍は、主材料が続いている。米 国籍、欧州国籍は、造形物の構造・形状・特性が2番目に多い点 が異なる。日本国籍は、主材料、付加製造の条件・造形手順、デ 一夕形式、作成、処理、入力、付加製造設備の制御が続くが、こ れらと最大の付加製造設備の機構とのファミリー件数の差が小 さい点が特徴である。

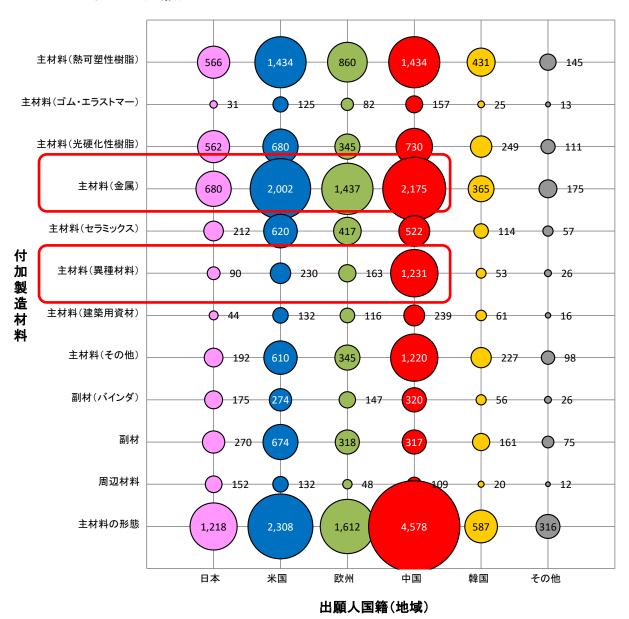
図 10 出願人国籍・地域別ファミリー件数 (当該特許の主たる技術内容、日 米欧中韓各国・地域への出願)



(イ) 付加製造材料

<u>材料の種類では、韓国籍以外は、主材料(金属)が最も多く、</u> 主材料(熱可塑性樹脂)が続く。韓国籍は、主材料(熱可塑性樹脂)が最も多い。<u>中国籍は、主材料(異種材料)、主材料(その</u>他)も多い。

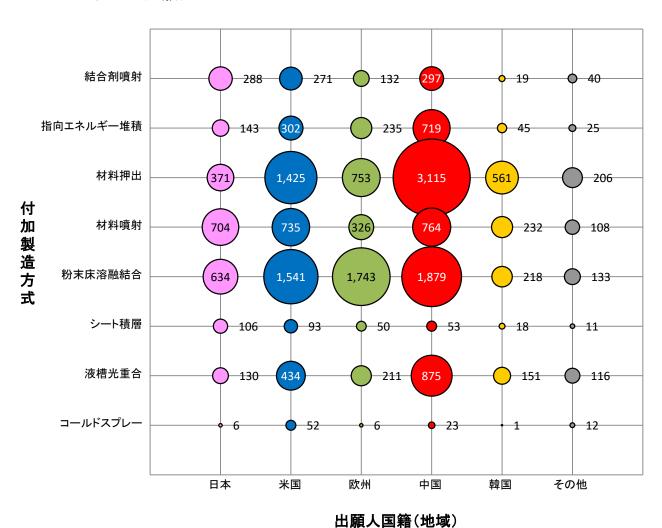
図 11 出願人国籍・地域別ファミリー件数(付加製造材料、日米欧中韓各国・ 地域への出願)



(ウ) 付加製造方式

国籍・地域によって傾向が異なる。中国籍は、材料押出が最も多く、粉末床溶融結合が続いている。その次に液槽光重合、材料噴射、指向エネルギー堆積が続いている。米国籍は、粉末床溶融結合が材料押出と並んで最も多く、材料噴射が続いている。コールドスプレーは、他の国籍・地域よりかなり多い。欧州国籍は、粉末床溶融結合が最も多く、材料押出が続いている。日本国籍は、材料噴射が最も多い点が他の国籍・地域と異なり、それに粉末床溶融結合、材料押出、結合剤噴射が続いている。韓国籍は、材料押出、液槽光重合が日本国籍より多い。

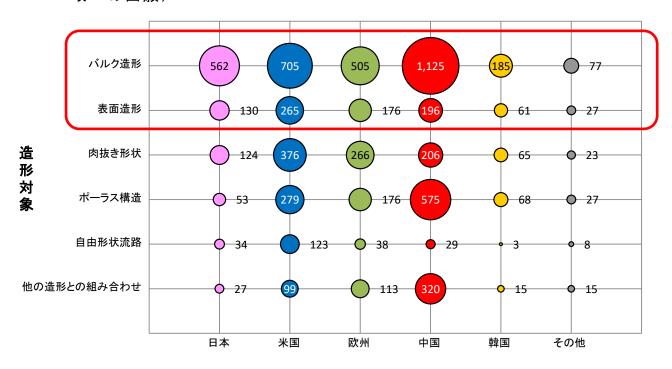
図 12 出願人国籍・地域別ファミリー件数(付加製造方式、日米欧中韓各国・ 地域への出願)



(エ)造形対象

各国籍・地域とも、バルク造形が最も多いが、表面造形も 20 ~35%程度ある。バルク造形に続いて、軽量化に関係する肉抜き 形状が続いている。中国籍は、ポーラス構造、他の造形との組み 合わせが続いている点が特徴である。米国籍は、自由形状流路が 比較的多い。

図 13 出願人国籍・地域別ファミリー件数 (造形対象、日米欧中韓各国・地域への出願)



出願人国籍(地域)

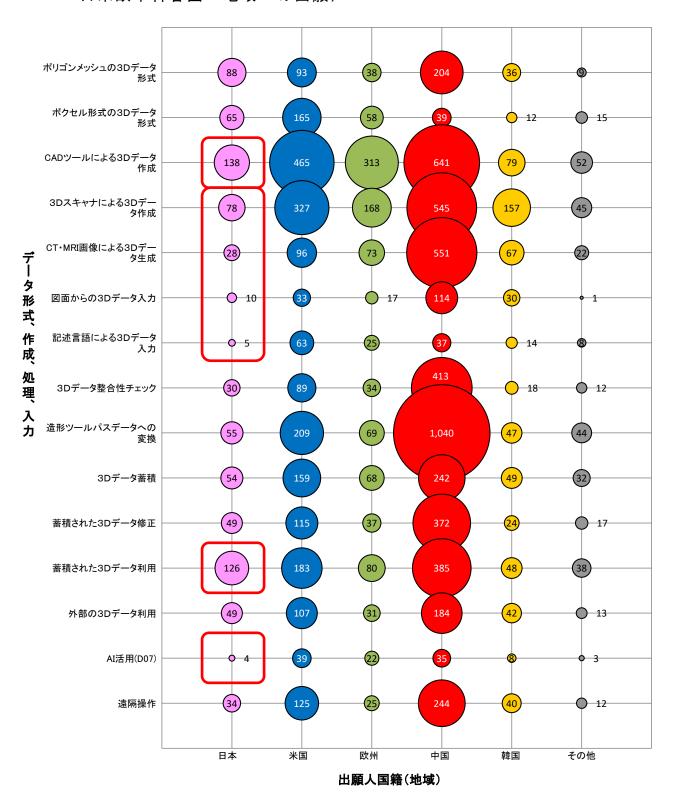
(オ) データ形式、作成、処理、入力

中国籍は、造形ツールパスデータへの変換が最も多い。CAD ツールによる3Dデータ作成、CT・MRI画像による3Dデータ 生成、3Dスキャナによる3Dデータ作成が次いでいる。

米国籍と欧州国籍は、CAD ツールによる3Dデータ作成が最も多い。3Dスキャナによる3Dデータ作成、造形ツールパスデータへの変換、CT・MRI画像による3Dデータ生成、蓄積された3Dデータ利用が次いでいる。

日本国籍は、CAD ツールによる3Dデータ作成、蓄積された 3Dデータ利用が最も多い。記述言語による3Dデータ入力、図 面からの3Dデータ入力が他の国籍・地域と比べて非常に少ない。 AI活用は、中国籍と米国籍が目立つ。

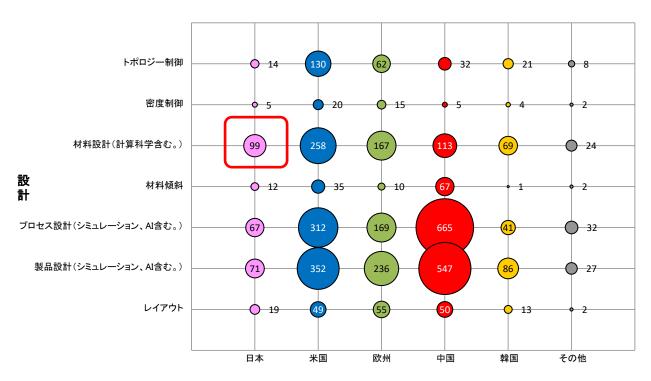
図 14 出願人国籍・地域別ファミリー件数(データ形式、作成、処理、入力、 日米欧中韓各国・地域への出願)



(カ)設計

日本国籍は、材料設計(計算科学含む。)が最も多い点が異な <u>る</u>。トポロジー制御、プロセス設計、製品設計が他の国籍・地域 と比べると少ない。

図 15 出願人国籍・地域別ファミリー件数(設計、日米欧中韓各国・地域への出願)

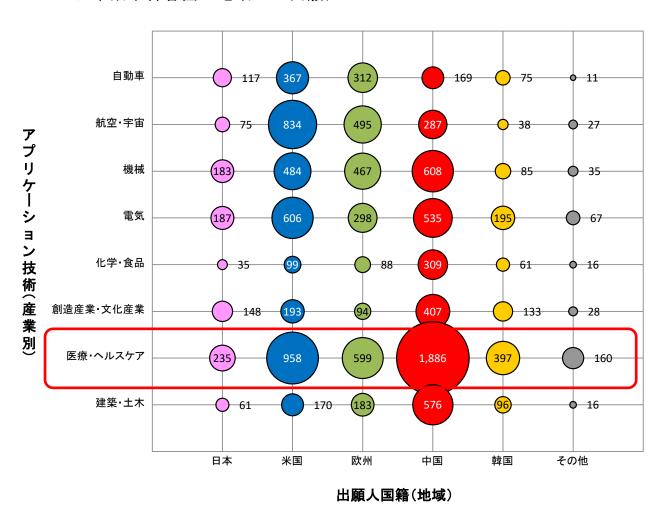


出願人国籍(地域)

ウ. アプリケーション

各国籍・地域とも医療・ヘルスケアが最も多い。 米国籍、欧州国籍は、航空・宇宙も多い。日本国籍は、医療・ヘルスケアに次いで電気、 機械が多く、創造産業・文化産業が更に次ぐ。

図 16 出願人国籍・地域別ファミリー件数(アプリケーション技術(産業別)、 日米欧中韓各国・地域への出願)



-22-

(4)主要出願人

 $2012\sim2017$ 年に日米欧中韓に出願された 32,500件を母集団とするファミリー件数上位ランキングを表 4に示す。首位のヒューレット・パッカードが 823件、2位の GE が 567件、シーメンスが 386件、以下、ユナイテッド・テクノロジーズ が 329件、セイコーホールディングス株式会社が 301件と上位 5 社が 2,406件を出願し、全体の 7.4%を占めている。出願人の国籍・地域を見ると、上位 20 位中、米国籍出願人が 7社を占めている。その他、中国籍が 5 社・機関、日本国籍が 5 社、ドイツ国籍が 2 社、その他国籍が 1 社となっている。

表 4 出願人別ファミリー件数上位ランキング(日米欧中韓各国・地域への出願)

日米欧中韓への出願						
順位	出願人名称	ファミリー 件数				
1	ヒューレット・パッカード(米国)	823				
2	GE(米国)	567				
3	シーメンス(ドイツ)	386				
4	ユナイテッド・テクノロジーズ(米国)	329				
5	セイコーホールディングス株式会社	301				
6	株式会社リコー	289				
7	キヤノン株式会社	278				
8	西安交通大学(中国)	231				
9	ゼロックス(米国)	221				
10	Sanwei International 3d Printing Technology Co. Ltd.(台湾)	177				
11	ボーイング(米国)	172				
12	ストラタシス(米国)	166				
13	株式会社ミマキエンジニアリング	157				
13	華南理工大学(中国)	157				
15	コンセプトレーザー(ドイツ)	155				
16	華中科技大学(中国)	141				
17	ローランド ディー. ジー.株式会社	140				
18	Changsha Yuandahua Information Technology Co. Ltd.(中国)	127				
19	浙江大学(中国)	125				
20	デスクトップ・メタル(米国)	124				

6. 研究開発動向

(1)全体動向

論文発表件数は、欧州、米国、中国の各研究機関の順に多いが日本は少ない。いずれの国・地域においても、論文発表件数は増加している。 特許と比べて、中国や日本の研究機関からの論文発表件数比率は少なく、 欧州の研究機関の比率が高いことも、論文発表動向の特徴である。

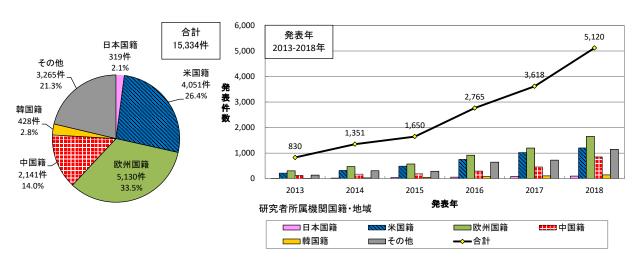


図 17 研究者所属機関国籍・地域別の論文発表件数比率と推移

(2)研究機関別の論文発表件数上位ランキング

論文の筆頭著者が所属する研究機関別の論文発表件数上位ランキングを表 5 に示す。米国、欧州、中国の研究機関がランキングの上位を占める中で、シンガポールの Nanyang Technological University(南洋理工大学)からの論文発表件数が他を引き離して 1 位となっており、同じく38 位の National University of Singapore ともに、同国が 3 D プリンタ研究に力を入れていることが見て取れる。

また、大学や公的研究機関がランキング 1~40 位を占めており、特許のファミリー件数(日米欧中韓各国・地域への出願)ランキングにおいて、企業が 1~20 位のほとんどを占めていることと対照的である。

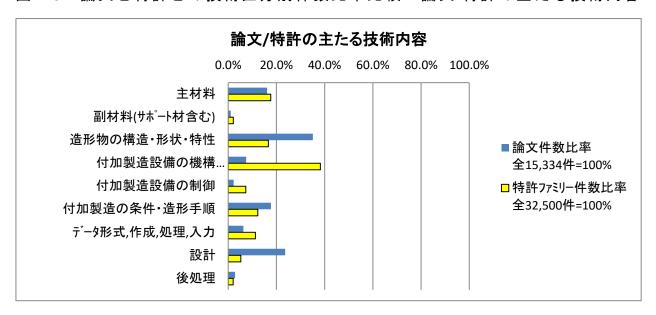
表 5 研究者所属機関別論文発表件数上位ランキング

順位	筆頭著者所属機関	発表件 数	順位	筆頭著者所属機関	発表件 数
1	Nanyang Technological University (シンガポール)	367	21	上海交通大学(中国)	72
2	華中科技大学(中国)	141	22	Purdue University(米国)	71
3	Pennsylvania State University(米国)	138	23	北京航空航天大学(中国)	67
4	University of Texas (米国)	135	24	華南理工大学(中国)	66
5	University of California(米国)	124	24	南京航空航天大学(中国)	66
6	Fraunhofer Institute (ドイツ)	112	26	Texas A and M University(米国)	65
7	西安交通大学(中国)	111	27	RMIT University(豪州)	64
8	Georgia Institute of Technology(米国)	108	27	中南大学(中国)	64
9	University of Nottingham(イキ*リス)	99	29	University of Illinois(米国)	62
10	中国科学院(中国)	93	29	McGill University(カナダ)	62
11	ETH Zuirich(スイス)	89	31	University of Southern California (米国)	61
12	Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg(ドイツ)	87	32	Universite catholique de Louvain (KU Leuven)(ベルギー)	60
13	State University of New York(米国)	85	33	University of Sheffield(イギリス)	59
14	Massachusetts Institute of Technology (MIT) (米国)	83	33	Lawrence Livermore NationalLaboratory (米国)	59
14	浙江大学(中国)	83	35	Technical University of Denmark (デンマーク)	58
14	Missouri University of Science and Technology(米国)	83		Delft University of Technology (オランダ [*])	58
17	清華大学(中国)	75	37	University of Alabama(米国)	55
18	Politecnico di Torino(イタリア)	74	38	National University of Singapore (シンガ゛ポール)	54
18	Indian Institute of Technology(インド)	74	38	西北工業大学(中国)	54
20	Politecnico di Milano(イタリア)	73	40	National Institute of Standards and Technology (NIST)(米国)	52

(3) 論文の主たる技術内容

論文では「造形物の構造・形状・特性」や「設計」を主たる技術内容としている。これに対して、特許は「付加製造設備の機構」に関する内容が中心であり、違いが際立っている(図 18)。

図 18 論文と特許との技術区分別件数比率比較:論文/特許の主たる技術内容



7. 提言

先述のように3Dプリンタ技術が適用される産業分野は多様で、適用目的や課題も異なる。そこで、まず3Dプリンタ適用の目的を類型化し(表 6)、次に、それら適用目的と産業分野との関連について整理し(図 19)、その後、産業分野ごとの課題について整理した(表 7)。

 最終製品製造
 プロトタイピング

 大
 マスプロダクション
 A

 マスカスタマイゼーション
 B

 一品一様製造 (一品単位の製品製造、補修や 補修部品製造、治具製造等)
 (製品仕様検討のための試作、金型製作のための元型作成など)

表 6 3 D プリンタ適用目的の類型化

図 19 3 D プリンタ適用目的と適用される産業分野

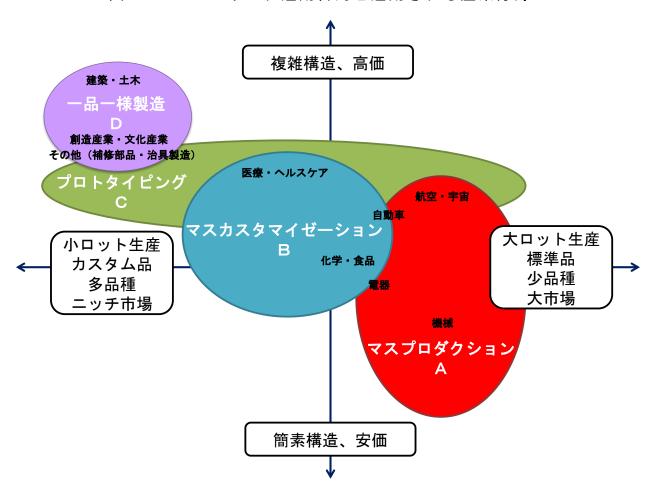


表 7 産業別の3 D プリンタ適用の目的と課題(濃い色ほど関係が強いことを示す)

	目的				課題								
産業	A	В	С	D	製造技術					応用技術			
					1	(3	4	5	6	(8	9
自動車													
航空·宇宙													
機械													
電器													
化学•食品													
医療・ヘルスケア													
建築・土木													
創造産業・文化産業													

<その他課題>

- 〇知財戦略
 - ・独自技術の確実で迅速な知財化
- O3Dプリンタ利用拠点整備
 - ・SIP成果の拠点活用、大学・研究機関の拠点活用口

【目的】

【課題】

- A マスプロダクション
- **(製造技術)** ン ① 低コスト化
- B マスカスタマイゼーション
- ② 高信頼性
- プロトタイピング□ 一品一様製造
- ③ 材料開発
- ④ データ生成・処理高速化・知的処理
- ⑤ 大型3Dプリンタ
- ⑥ 高付加価値化

(応用技術)

- ⑦ 適用されやすい分野での用途開拓
- ⑧ 材料分野、装置分野、後処理分野の連携強化及び拠点の整備
- ⑨ 3Dプリンタを用いた新たなビジネスモデル や設計手法の考案

以上のように、3Dプリンタ適用の目的を類型化し、さらに産業分野ごとに3Dプリンタ適用の目的と課題とを重み付けしたうえで、各課題に対する提言を以下にまとめた。特許及び研究開発動向調査と、アドバイザリーボードでの議論、ヒアリング調査などの結果から、特に重要と考えられるものに関しては下線を引いた。

【製造技術】

(1) 低コスト化

- 生産性、コスト・効率向上に関係する技術開発を加速すべきである。 特にこれらと関係の深い装置構造の簡略化とデータ処理に関係する技 術開発を加速すべきである。
- 造形プロセス改善に寄与する原料粉体の流動性向上等も加速する必要がある。
- 原料に対する要求特性を下げることのできるプロセス、装置の開発も重要と考えられる。
- 後工程と組み合わせた生産性向上も重要と考えられる。

(2) 高信頼性

- <u>検出装置、インプロセスモニタリングや造形物検査による信頼性向上の</u> ための技術開発を急ぐべきと考えられる。
- 造形物の高強度化と共に寸法精度を向上させることも大きな課題とい える。
- <u>生産性向上と並ぶ車の両輪として高信頼性のための技術開発を急ぐべ</u> きと考えられる。

(3) 材料開発

- 様々な付加製造方式、用途、産業に適合する材料開発を迅速に行うべき である。
- 原料特性とほぼ同じ特性の造形物を製造できる材料、再利用しても特性 の劣化が少ない材料をいち早く実現することが得策と考えられる。

(4) データ生成・処理高速化・知的処理(非専門家対応)

- <u>付加製造の前工程であるデータ生成では、記述言語、3Dスキャナ、図面からの3Dデータ入力の</u>開発を加速すべきと考えられる。
- <u>データ形式、作成、処理、入力や駆動系制御での AI 活用も加速すべき</u> と考えられる。

(5) 大型 3 D プリンタ

● プロトタイピングでの大型化、航空機や自動車用の大型部品、建設現場での利用のニーズは高まってきており、今後先取りして開発を進めるべきと考えられる。

(6) 高付加価値化

- 複雑形状造形、設計自由度の向上による市場拡大の可能性を評価しなが ら、ニーズに応じて技術開発を促進すべきと考える。
- さまざまな高付加価値の研究開発を促進することが必要と考えられる。
- 原料の色相、透明性向上や環境適性(水溶化など)の課題を解決する技術開発を促進することが得策と考えられる。

【応用技術】

(7) 適用されやすい分野での用途開拓

- <u>バルク造形よりコスト負担の少ない表面造形を拡大すべきと考えられ</u>る。
- <u>新規形状の造形物製作に加え、材料開発にも生かすことが出来る試作品</u> 製作への適用を更に拡大すべきと考えられる。

(8)材料分野、装置分野、後処理分野の連携強化及び拠点の整備

- <u>付加製造工程だけでなく、原料、後処理との連携を強化することで開発</u> を促進すべきと考えられる。
- 装置開発におけるハード部門とソフトウェア部門の連携も重要と考えられる。

(9) 3 D プリンタを用いた新たなビジネスモデルや設計手法の考案

● <u>3 D プリンタを用いたモノづくり工程(商品企画~研究開発~設計~試作~製造)のみならず、サプライチェーンや周辺サービスなども含んだ</u>新たなビジネスモデル、IoT活用の開発を加速すべきである。