

「次世代型産業用3Dプリンタの造形技術開発
・ 実用化事業」

事後評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
評価概要（案）	2
評点結果	5

はじめに

本書は、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき研究評価委員会において設置された「次世代型産業用3Dプリンタの造形技術開発・実用化事業」（事後評価）の研究評価委員会分科会（2019年12月18日）及び現地調査会（2019年11月12日 於 日本電子株式会社 本社・昭島製作所 RD館1階記念ホール）において策定した評価報告書（案）の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第33条の規定に基づき、第61回研究評価委員会（2020年5月15日）にて、その評価結果について報告するものである。

2020年5月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会「次世代型産業用3Dプリンタの造形技術開発
実用化事業」分科会（事後評価）

分科会長 柳本 潤

「次世代型産業用3Dプリンタの造形技術開発・実用化事業」(事後評価)

分科会委員名簿

(2019年12月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	やなぎもと じゅん 柳本 潤	東京大学大学院 工学系研究科 機械工学専攻 教授
分科 会長 代理	ひらつか さだと 平塚 貞人	岩手大学 理工学部 物理・材料理工学科 教授
委員	いわさき たくや 岩崎 拓也	みずほ情報総研株式会社 経営・IT コンサルティング部 デジタル技術戦略チーム 主席コンサルタント
	おおつぼ やすひこ 大坪 靖彦	日立金属株式会社 金属材料事業本部 技術部 シニアアドバイザー
	つかもと まさひろ 塚本 雅裕	大阪大学 接合科学研究所 接合プロセス研究部門 レーザープロセス学分野 教授
	わたなべ よしみ 渡辺 義見	名古屋工業大学大学院 工学研究科 物理工学専攻 教授

敬称略、五十音順

「次世代型産業用 3Dプリンタの造形技術開発・実用化事業」 (事後評価)

評価概要 (案)

1. 総合評価

金属粉末を原材料とした三次元造形技術は、プロジェクト開始当時、欧米の企業が圧倒的に先行している分野であったが、ものづくり全般に大きな変革をもたらす可能性があるテーマでもあった。日本での研究開発を早急に実施しなければものづくりの要となる設計・製造・生産技術を海外に主導権を握られてしまう状況であり、国費を投じて装置開発等の研究開発を進めることは、重要かつ妥当である。本事業を開始するにあたり、国内外の3Dプリンタの技術動向を正確にキャッチし、目標設定された点が評価できる。世界最高水準の高速化・大型化3Dプリンタの技術が確立できたことは、大きな成果である。特許出願においては、PCT出願が必ずなされている点がすばらしい。展示会や講演会を通じた普及活動も一定の成果をあげていると判断される。プロジェクトの成果が、金型・工具、補修部品、医療用、エネルギー用、自動車部品、航空・宇宙用部品等の実用化へ期待できる点も評価できる。新会社のMAMSS (株式会社金属積層造形サポートシステム) において三次元積層造形データベースの一元化ができており、プロジェクト終了後のバックアップ体制が整っている点も大いに評価できる。

今後、実用化・事業化フェーズでは、ユーザーが必要とする高品質、低コスト、ユーザーフレンドリー等のスペックを実現した製品化に注力していただきたい。また、開発した装置等をマーケットに広めていくフェーズに入るが、競合となる海外装置と比較した場合の優位性や、本装置でしかできないことを十分にアピールするなど、効果的な販売戦略の検討を望む。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

金属粉末を原材料とした三次元造形技術は、プロジェクト開始当時、欧米の企業が圧倒的に先行している分野であったが、ものづくり全般に大きな変革をもたらす可能性があるテーマでもあった。日本での研究開発を早急に実施しなければものづくりの要となる設計・製造・生産技術を海外に主導権を握られてしまう状況であり、国費を投じて装置開発等の研究開発を進めることは、重要かつ妥当である。「第5期科学技術基本計画」の超スマート社会 (Society 5.0) 実現のための新たなものづくりシステム、「科学技術イノベーション総合戦略 2016」3Dプリンタ等の革新的な生産技術の開発など、上位の施策・制度の目標達成のために寄与しており、社会的貢献も高い。また、本事業は、金属三次元造形の製造装置に着目し、製造装置の国際競争力の確保を狙いつつ製品展開を行うという2段階構成になっており、その目的は極めて妥当なものである。目標達成には、粉末開発、機械制御、レーザー・電子ビーム等のエネルギービーム制御技術を有した大学、公的研究機関、企業の連携が必須であ

り、NEDO の関与は妥当である。

2. 2 研究開発マネジメントについて

国内装置開発は、高速・高性能、低価格のハードルの高い具体的目標値を設定しており、大きく評価できる。研究開発内容として、装置に付帯するCAM、熱変形ソフトウェア及び造形装置の活用に関連する造形条件データベース等の整備の追加及び促進するようにマネジメントが行われた。実施体制については、プロジェクトリーダー及びサブプロジェクトリーダーの強いリーダーシップの下、大学および公的研究機関と民間企業との間で互いに密な連携がなされていた。フィードバックをかけた研究開発が行われており、良好な体制が築けていたと評価できる。また、海外の最新動向を調査・ベンチマークし、新たな研究開発項目を追加するなど臨機応変に対応していた点が、評価できる。知的財産等に関する戦略については、成果の権利化及びその取扱いを技術研究組合が一元管理することで、管理面だけでなく、担当組合員の研究開発への専念が可能になっていることが評価できる。さらに、海外における将来のビジネス・販売を見据え、PCT出願している点も評価できる。

今後、装置の国内販売から海外展開を見据えた戦略や、非組合国内中小企業の技術の活用方法について明確にすることが望まれる。

2. 3 研究開発成果について

目標未達の項目があるものの、競合と比較して十分に競争力を有するレベルにまで達しており、十分な成果が得られている。特に、産業技術総合研究所を中心に、装置、材料、ユーザー企業との有機的連携が実現し、世界最高性能の鋳造用砂型3Dプリンタが開発されたことを評価する。また、三次元造形の金属溶融凝固観察、電子ビームのスモーク現象解明等世界初の成果も評価できる。成果の普及については、シンポジウムやセミナーを定期的に開催するなど、一般向けに十分な情報発信を行っている。セミナーにおいては入門編・実用編の2つを準備し、金属積層造形に不慣れなユーザーの教育まで行っており、大いに評価できる。特許出願は、必ずPCT出願も行うなど、知的財産権等の確保に向けても優れた取組がなされている。

一方で、最終目標のうち価格が未達であり、今後のコストダウンが期待される。

また、単に装置・データ販売等にとどまらず、海外技術・製品との差別化ポイントを明確化した上で、従来実現できなかったことができるという点をしっかりとアピールし、成果普及に取り組んでほしい。

2. 4 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

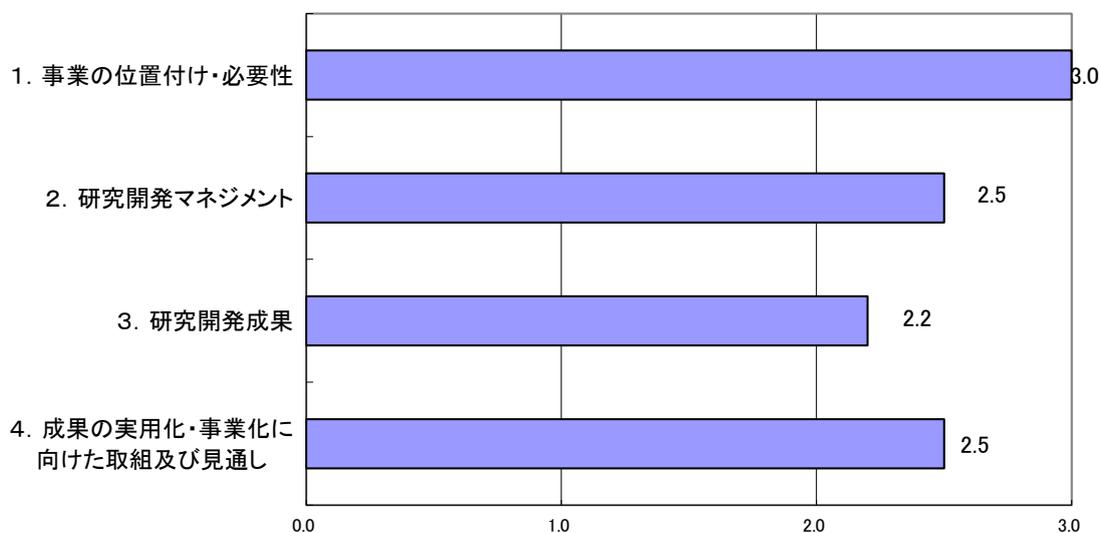
一部の製品においては、販売・納品実績もあり、また、個々の開発された装置においては、日本ならではの独自のアイデアが詰め込まれており、先行する海外技術にひけをとらないものと考えられる。プロジェクト内で取得したデータやレシピをデータベース化し、新会社のMAMSSで管理するなど、成果の実用化・事業化に向けて着実に進められている。プロジェクトの成果が、アプリケーションビジネスとして想定している金型・工具、補修部品、医療

用、エネルギー（発電）用、自動車部品、航空・宇宙用部品等の実用化への展開が期待できる点で評価できる。

今後、実用化・事業化フェーズでは、ユーザーが必要とする高品質、低コスト、ユーザーフレンドリー等のスペックを実現した製品化に注力していただきたい。また、フルスペック装置を上市することも重要であるが、一方で、安価な実験用3Dプリンタの需要も高いと想定されるので、スペックダウンを恐れず、廉価な装置の上市を期待する。

さらに、3Dプリンタの実用化・事業化のためには、三次元積層造形技術の浸透が不可欠であり、三次元積層造形でしかできない構造を具現化する独自の装置開発を望む。

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)					
1. 事業の位置付け・必要性について	3.0	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.5	A	A	A	B	B	B
3. 研究開発成果について	2.2	A	B	C	A	B	B
4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて	2.5	A	A	A	B	B	B

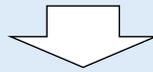
(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

〈判定基準〉

1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当 →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

社会的背景

3Dプリンタに代表される**三次元積層造形技術の進歩**は、これまでにない高機能製品の開発を加速するだけでなく、新たな付加価値を持つ製品の創製から設計・生産までの時間の大幅短縮、地理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、次世代のものづくりをリードするためには**三次元積層造形技術の開発・実用化**が喫緊の課題となっている。



現状の3Dプリンタ市場では、**海外企業製品のシェアが高く**、ユーザーは迅速かつ十分なサポートが受けられない、コストが高いなどの問題を抱えており、国内企業の競争力を確保するために**高性能3Dプリンタの国産化**が望まれている。

Additive Manufacturing: AM(付加製造技術)
材料を付加することによって、三次元形状に作成する製造法。粉体材料等を積層しながらレーザー等で固めることによって製造し、金属等の塊から切削加工する製造法と対照的なもの。

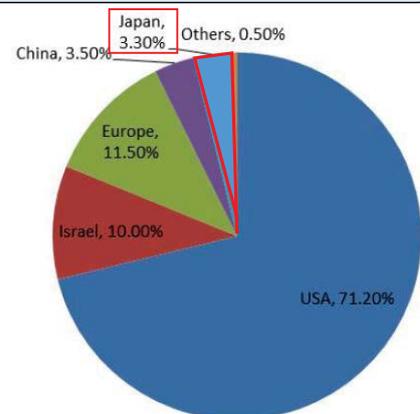
積み上げ型の製造法

レーザービーム or 電子ビーム

複雑な内部構造も自由自在に作れる

3D積層造形装置

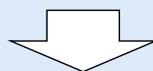
1層ずつ固めて積み上げる



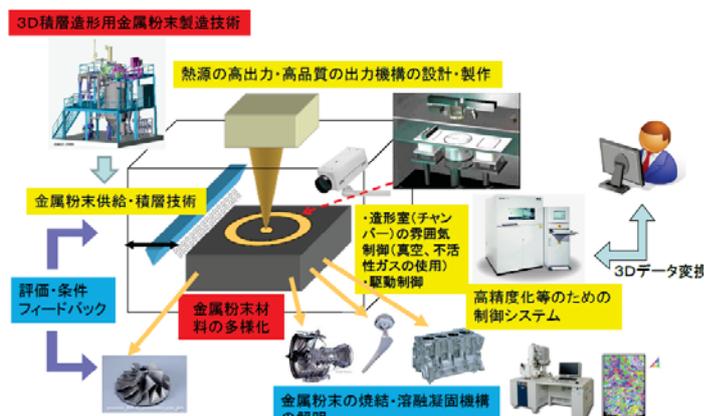
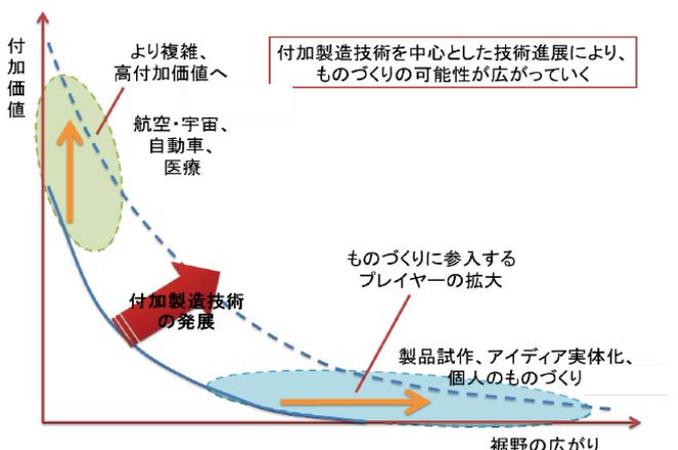
出典: (Wohlers report 2015による)

事業の目的

我が国ものづくり産業がグローバル市場において持続的かつ発展的な競争力を維持するため、**3Dプリンタを核とした新たなものづくり産業の創出**を目指し、3Dプリンタを普及させることにより、エネルギー効率の改善による**省エネルギー型製造プロセスの創出**を目指す。



少量多品種で高付加価値の製品・部品の製造に適した**三次元積層造形技術や金属等の粉末材料の多様化・高機能複合化等の技術開発**及びその周辺技術を開発する。

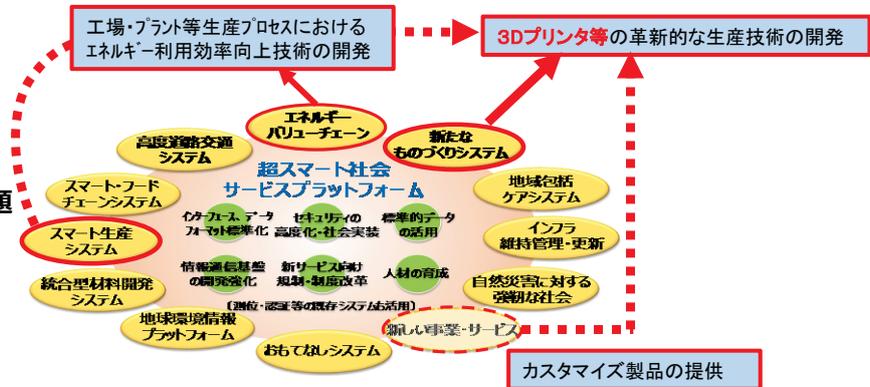


1. 事業の位置付け・必要性
(1) 事業の目的の妥当性

◆政策的位置付け

科学技術政策	第5期科学技術基本計画 (2016-2020)	超スマート社会 (Society 5.0) 実現のための12のシステム・課題「新たなものづくりシステム」
	科学技術イノベーション総合戦略2016	「3Dプリンタ等の革新的な生産技術の開発」
	日本再興戦略2016－第4次産業革命に向けて－	中堅企業・中小企業・小規模事業者の革新

内閣府「第5期科学技術基本計画」 Society 5.0実現のためのシステム・課題



日本再興戦略2016 中短期工程表 「中堅企業・中小企業・小規模事業者の革新⑨」

2013年度～2015年度	2016年度	2017年度	2018年度
<成長分野進出に向けた専門的支援体制の構築>			
平成26年度予算において、技術研究組合を設立し、次世代産業用3Dプリンタ技術等の開発を開始(2014年4月)	技術開発プロジェクトの推進、進捗状況を踏まえた更なる装置の検討		

2013年経済産業省立上げのプロジェクトを2017年よりNEDOが継続した。

1. 事業の位置付け・必要性
(1) 事業の目的の妥当性

◆技術戦略上の位置付け

主要課題	装置	金属材料	造形	
コスト低減	<ul style="list-style-type: none"> 造形速度の向上 安価な装置の使用 繰返し品質安定化技術 	<ul style="list-style-type: none"> 歩留まり向上 (粒度分布制御技術向上) 造形品が求める品質に応じた材料の使用 	<ul style="list-style-type: none"> 設計・開発期間の短縮 造形時間以外の加工処理時間 (サポート材の切断、熱処理時間等) の短縮 	1st STEP 市場に普及させるための共通技術開発
品質向上 安定化	<ul style="list-style-type: none"> 精度の向上 オンライン測定およびフィードバック制御技術 	<ul style="list-style-type: none"> 金属材料の品質特性の造形品に与える特性の影響の把握 従来測定項目でない要素の把握 金属材料の保管管理 	<ul style="list-style-type: none"> 造形条件の最適化 測定技術 (欠陥等) の向上 	
新規材料の使用	-	<ul style="list-style-type: none"> バルクでは困難な金属組成の粉体開発とその開発効率 (MI: マテリアルインテグレーション) 	<ul style="list-style-type: none"> 従来データを活用した造形条件の最適化 	2nd STEP 新規材料で価値を高めるための材料技術開発 (用途を特定)

ヒアリング結果よりTSCにて作成

1st STEP 研究開発	① 大きな造形物を精度良く、スピーディーに製造できる 3Dプリンタ装置本体の開発
	② 3Dプリンタに最適な流動性および溶融・凝固挙動の最適化を実現できる特性を有する 金属粉末材料製造技術の開発
	③ 溶融凝固プロセスを健全化できる最適レシピ (造形条件) と、造形物形状データと最適レシピに基づき、必要な造形物形状を造形するための 制御ソフトウェアの開発

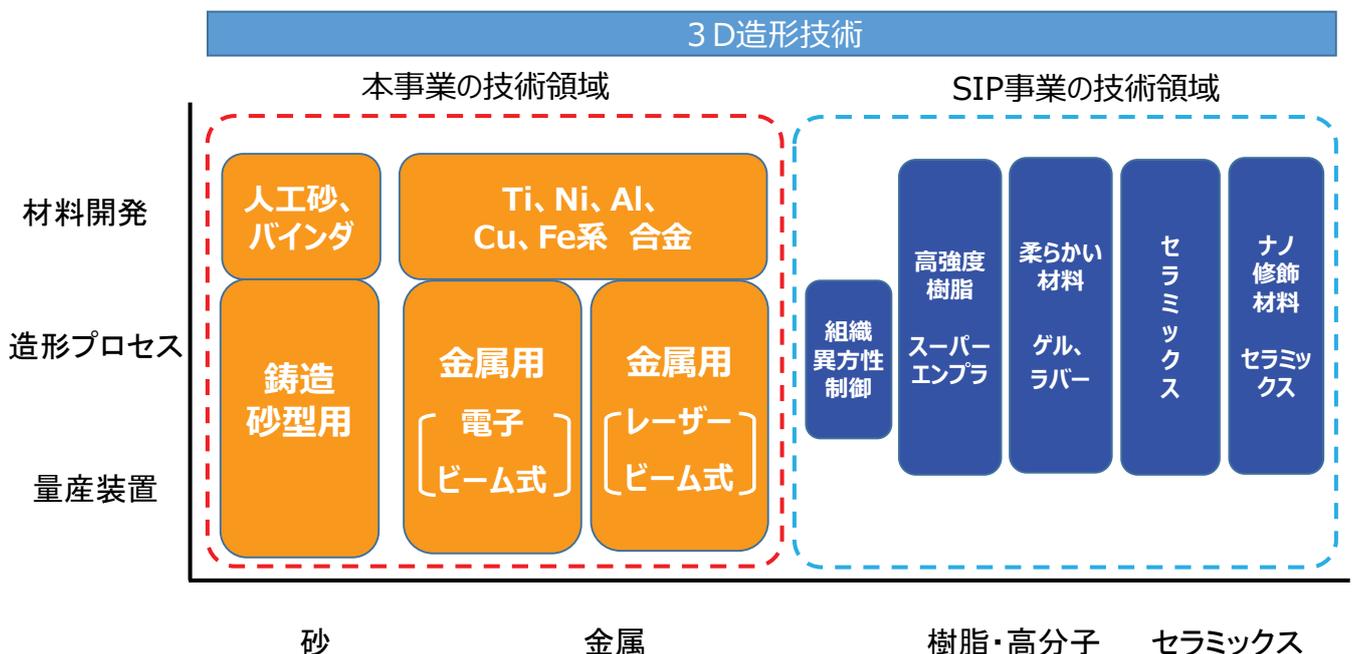
◆国内外の研究開発の動向と比較

国	取り組み・プロジェクト例	予算規模	内容
米国	National Additive Manufacturing Innovation Institute (NAMII) ⇒America Makesに改称	約30億円 (国防省より) 約40億円 (企業、州より)	・40以上の個別テーマ・プロジェクトを運営 ・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
欧州	ドイツ Direct Manufacturing Research Center、 Industrie 4.0とAMは強く関連付けられている。	約14億円 (2013年)	・設計ルール、コスト分析、リペア、複雑形状、材料開発、強度評価等を産学官で研究 ・Fraunhofer研究所、Paderborn大学 拠点で金属3D技術開発
	英国 Manufacturing Technology Center 高付加価値製造カバルト	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
中国	3Dプリンタ技術産業連盟 “Made in China 2025” (中国製造2025) の一部としてAMを強調		・国、大学、企業による共同出資 ・精華大、北京航空航天大学等が参画
シンガポール	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Al、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	91億円 42億円	・電子ビーム方式粉末床溶融結合法、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

MITI参考資料H25年10月15日、新ものづくり研究会 報告書などより

◆他事業との関係

■戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) /革新的設計生産技術 (2014年度～2018年度) とは、3D造形技術に対する対象となる材料の違いで開発技術の棲み分けがされている。
本事業：金属・砂型の3D造形技術、 SIP：スーパーエンブラ、ゲル、ラバー、セラミックスの3D造形



◆研究開発目標と根拠

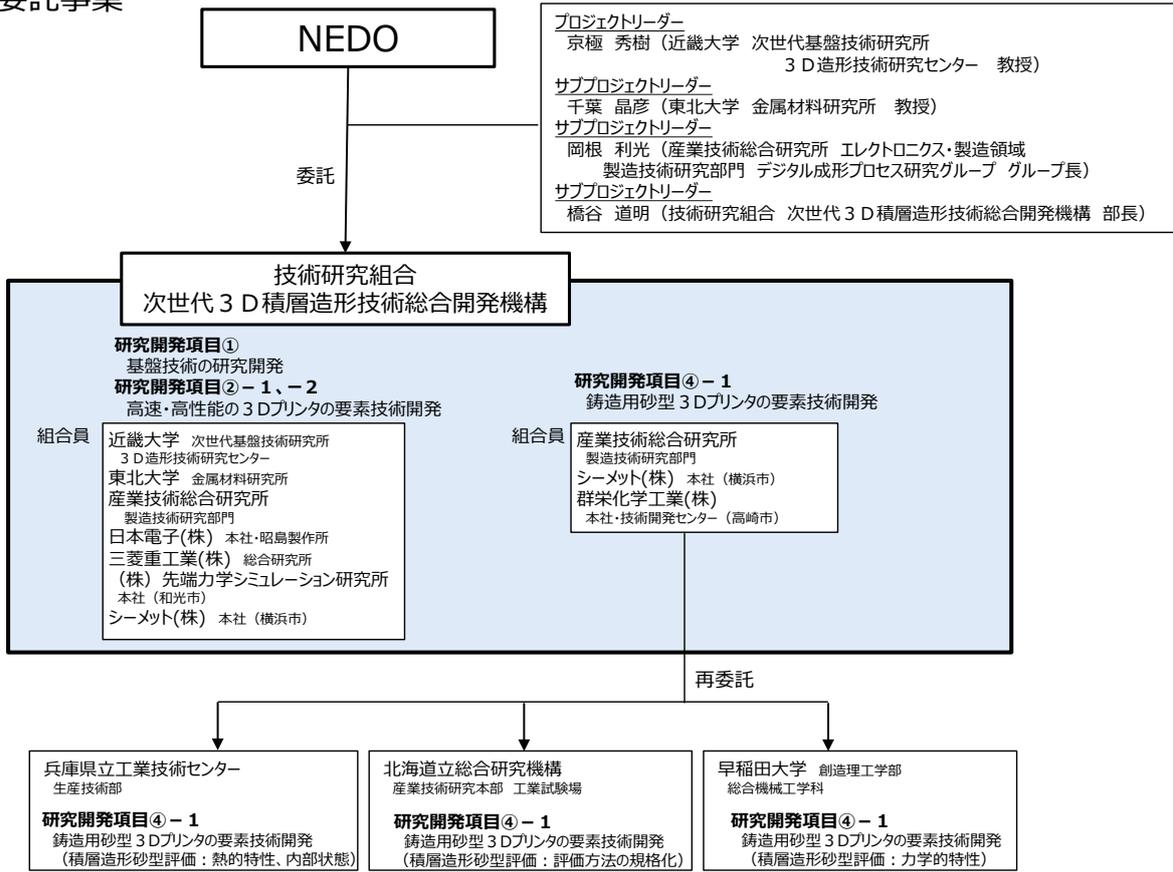
研究開発項目	最終目標	根拠
①基盤技術の研究開発	造形・材料データベースの構築とシミュレーション技術による最適な加工条件の導出	積層造形を普及させるには装置・材料に対応したレシピ、熱変形予測 シミュレータ、実際の造形結果データ等が必要
②高速・高性能の3Dプリンタの技術開発	(a) 電子ビーム方式 ・速度：500cc/h ・精度：±50μm ・造形サイズ：1,000 mm ×1,000 mm ×600 mm ・価格：5000 万円 (b) レーザービーム方式 ・速度：500cc/h ・精度：±20μm ・造形サイズ：1,000 mm ×1,000 mm ×600 mm ・価格：5000 万円	平成30 年度までに、積層造形速度が平成25 年時点の既存欧米装置の10 倍、製品精度が同 5 倍となる3 Dプリンタ装置が求められる。目標価格はユーザーサイドの希望額をもとに設定。
③ 金属等粉末製造技術及び粉末修飾技術の開発	真球形状で、高流動性と耐酸化性を有する、Ti系、Ni系、Al系、Cu系、Fe系の合金等粉末。低コスト化試作。	3 Dプリンタに適した真球形状、高流動性、狭幅粒度分布、微細サイズ、高純度等の性能を有し、かつ低コストなTi系、Ni系、Al系、Cu系、Fe系の合金等粉末材料が必要
④ 铸造用砂型 3Dプリンタの技術開発	・速度：10 万 cc/h ・造形サイズ：1,000 mm ×1,000 mm ×600 mm ・価格：2000 万円	平成29年度までに、積層造形速度が平成24年時点の既存欧米装置の10 倍、製品精度が同 5 倍となる3 Dプリンタ装置が求められる。目標価格はユーザーサイドの希望額をもとに設定。
⑤ 金属積層造形技術の実用化に向けた実証	組合員ユーザーによる量産技術としての評価認定、造形データベースの構築	想定されるユーザー企業を巻き込んだ技術力強化を推進し、競争力を強化する必要がある

◆研究開発のスケジュール

研究開発項目		経産省直執行				NEDO事業		2019年度
		2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	
①基盤技術の研究開発	委託		設備導入	メカニズム解明 造形条件・ 材料データベース構築		メカニズム解明（溶解・凝固） 造形条件・材料データベース構築		最終目標
②高速・高性能の3Dプリンタの技術開発 (a)電子ビーム	委託・助成			新電子コラム、 改良型粉体供給・ 複層システム開発・高速化		新電子コラム、 改良型粉体供給・複層システム展開 量産試作機開発		
②高速・高性能の3Dプリンタの技術開発 (b)レーザービーム	委託・助成			試作機 モニタリング機能開発 1 kWレーザー開発		高速化（レーザー2 kW化）、 品質安定化改良・評価 量産試作機開発		
③ 金属等粉末製造技術及び粉末修飾技術の開発	助成			高性能製造技術の開発、 粉末分級技術の開発、 粉末修飾技術の開発		高性能化（真球化等）、 低コスト化試作		
④ 铸造用砂型 3Dプリンタの技術開発	助成			積層造形装置の試作・開発・評価 耐熱バインダ材料開発 高冷却積層铸造技術開発		高速化・複層化 実証 販売試作機開発	最終目標	
⑤ 金属積層造形技術の実用化に向けた実証	助成			設計・品質保証検討 試験運用・評価		応用試作・評価 導入検討	最終目標	
				中間目標				4

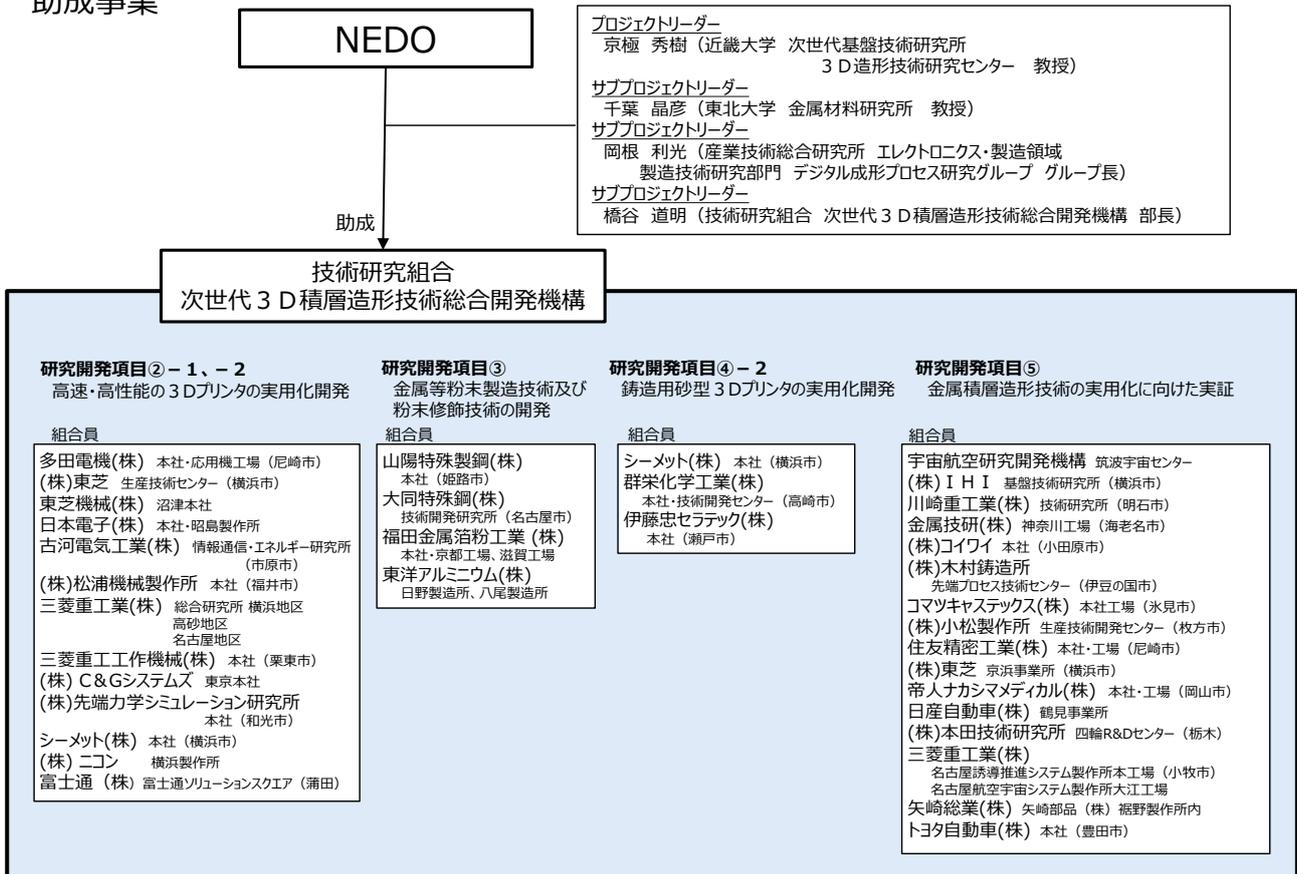
◆ 研究開発の実施体制

委託事業



◆ 研究開発の実施体制

助成事業



◆プロジェクト予算

次世代型産業用3Dプリンタの造形技術開発・実用化事業								[単位：百万円]
予算額	経産省直執行				移管 → NEDO事業		全期間	研究開発内容
	(25年度)	委託 (100%)			29年度	30年度	総額	共通になる部分 ・基盤研究 ・装置共通課題 ・FSとしてモニタリング技術
	148	26年度 3,749	27年度 1,824	28年度 700	360	595	7,376 (内NEDOプロ) 955	
(25年度)	助成 (補助率1/2)			29年度	30年度	総額	・各装置の実用化開発 ・ユーザー造形・実証 ・粉末製造、修飾技術	
----	----	----	28年度 420	726	533	1,679 (内NEDOプロ) 1,259		
事業額	(25年度)	計	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度	総額
	148		3,749	1,824	1,120	1,086	1,128	9,055

◆研究開発項目毎の目標と達成状況 (1)

◎大きく上回って達成、○達成、△一部達成、×未達

研究開発項目	最終目標	成果	達成度	今後の課題と解決方法
項目① 「基盤技術の研究開発」	造形・材料データベースの構築とシミュレーション技術による最適な加工条件の導出 (電子ビーム方式)	電子ビームでの課題である“スモーク現象”発生原因を解明し、粉末表面特性の改善により仮焼結温度を大幅に低下できた。また、造形条件におけるプロセスマップを機械学習法に依り短期間で作成することを可能にするるとともに、最適な加工条件の導出を可能とした。	◎	
	造形・材料データベースの構築とシミュレーション技術による最適な加工条件の導出 (レーザービーム方式)	熔融凝固現象の解明を行い、欠陥発生の原因を明らかにした。新たな熔融凝固モデルを提案し、熔融凝固現象を再現することができ、最適な加工条件の導出が可能となった。新たに形状記憶合金材料のNiTiの造形・材料データベースを構築できた。	◎	
項目②- 1 「複層電子ビーム方式の3Dプリンタ技術開発」	積層造形速度：500cc/h以上	6kW高出力電子銃を搭載した装置開発及び予熱と熔融時間の短縮により、209cc/hを達成。	△	500cc/h達成には複数の電子銃の制御が必要。
	造形物の精度：±50μm以下	新たな電子銃と照射機構を開発することにより、±11μmを達成。	◎	
	複層造形技術の実用化	複層粉末散布機構の開発を行い、複層造形品を造形し、達成。	○	
	最大造形サイズ：300mm×300mm×600mm以上	300mm×300mm×600mmの装置を2台開発。	○	
項目②- 1 「大型電子ビーム方式の3Dプリンタ技術開発」	積層造形速度：500cc/h以上	大面積高速電子ビームコラムの開発及び放熱対策により、最大367cc/hを達成。	△	500cc/h達成には複数の電子銃の制御が必要。
	造形物の精度：±50μm以下	大面積高速電子ビームコラムの高精度化により±47μm(実測値-3/+47μm)を達成。	○	
	最大造形サイズ：1,000mm×1,000mm×600mm以上	大面積電子ビーム照射技術の開発及び粉末自動供給装置の開発により500mm×500mm×600mmサイズの装置を開発。	△	1000mm×1000mmを可能にするためには偏向角を大幅に広げる電磁レンズが必要であるが、それを構成する大口径コアの国内調達先が存在しないため海外を含めて調査。

◆研究開発項目毎の目標と達成状況（2）

◎大きく上回って達成、○達成、△一部達成、×未達

研究開発項目	最終目標	成果	達成度	今後の課題と解決方法
項目②- 2 「複層レーザー ビーム方式の 3Dプリンタ技 術開発」	積層造形速度：500cc/h 以上	高性能ノズル・ヘッドの開発により510cc/hを達成。	○	
	造形物の精度：±20μm 以下	高性能ノズル・ヘッド及び5軸CAMソフトの開発により±19μmを達成。	○	
	複層造形技術の実用化	複層用ノズル及び複層用5軸CAMソフトの開発により複層造形品を造形し、達成。	○	
	最大造形サイズ：300 mm×300mm ×300mm 以上	300 mm×300mm×300mmサイズの装置と併せてφ2000× 1000mm (H)サイズの大型装置開発を行い、達成。	◎	
項目②- 2 「複層レーザ ビーム（マシ ニング）方式 の3Dプリンタ 技術開発」	積層造形速度：500cc/h 以上	高性能ノズル及び機構の開発（高出力化：6 kW）により 501cc/hを達成	○	
	造形物の精度：±20μm 以下	高性能ノズルの開発（高精度ノズル）及び造形プロセスの開発 により±12μm達成。モニタリング・フィードバック機能の開発により 高品質化を達成。	◎	
	複層造形技術の実用化	複層用ノズル及び機構及び複層用5軸CAMソフトの開発により3 種類の自動車用等複層造形品を造形し、達成。	○	
	最大造形サイズ：300 mm×300mm ×300mm 以上	300 mm×300mm×H100mmサイズの実証用装置開発。	○	
項目②- 2 「大型高速 レーザービーム 方式の3Dプリン タ技術開発」	積層造形速度：500cc/h 以上	レーザーの高出力化（1 kW及び2 kWシングルモードファイバ ーレーザーの開発）及びマルチレーザー制御システムの開発により 151cc/hを達成。	△	レーザーの高出力化とマル チビーム（4台）制御に よる検討実施。
	造形物の精度：±20μm 以下	高精度化のためのCAMソフトウェアの開発により±20μmを達成。	○	
	最大造形サイズ：1,000 mm×1,000 mm×600mm 以上	600 mm×600mm×600mmサイズの装置を開発。	△	1000mmサイズの実現 には、レーザーのマルチ ビーム化と、それにとま なう技術開発が必要。

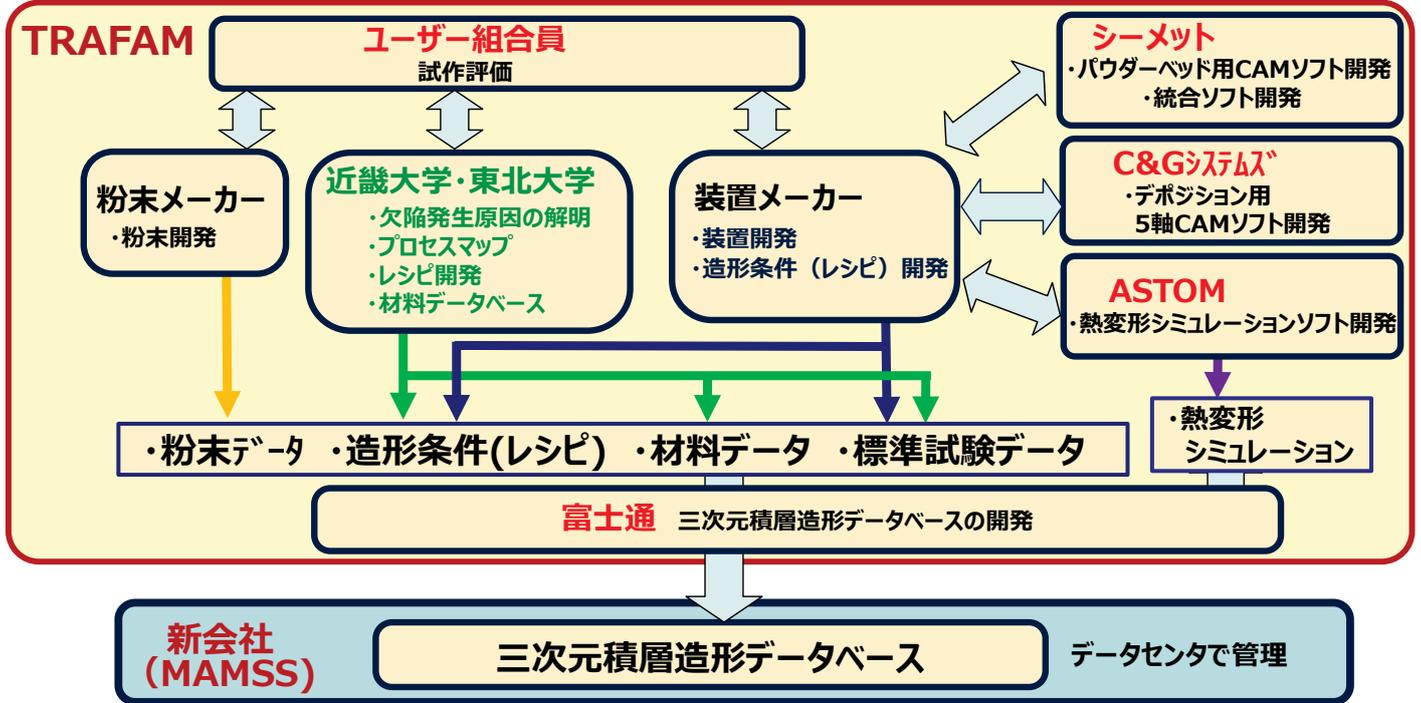
◆研究開発項目毎の目標と達成状況（3）

◎大きく上回って達成、○達成、△一部達成、×未達

研究開発項目	最終目標	成果	達成度	今後の課題と 解決方法
項目③ 「金属等粉末製 造技術及び粉末 修飾技術の開 発」	真球形状で、高流動性と耐酸化性を有する、 Ti系、Ni系、Al系、Cu系、Fe系の合金粉末。 低コスト化試作。	新アトマイズ法によるチタン合金系などの高融点、高活性金属 粉末、高機能表面修飾技術による高機能銅粉末、遠心アト マイズ法によるアルミ合金粉末製造技術も開発し、真球形状の 流動性に優れる製造技術を確認。また、解砕分散と遠心分離 を組み合わせた高精度分級機構の開発し、サテライトのない球 状を粉末を製造できるとともに、造形装置に相応しい粒度分布 の粉末を提供できる技術を確認。	○	
項目④ 「鋳造用砂型3 Dプリンタの技 術開発」	無機バインダー硬化システムの開発	無機バインダーをコーティングした砂と硬化剤のインクジェットとの 組み合わせによる硬化システムを開発し、造形、鋳造を実施し て性能を確認した。	○	
	高冷却性能を有する有機バインダーおよび鋳型 砂の開発	固体硬化剤をコーティングした砂とバインダーのインクジェットとの 組み合わせによる硬化システムを開発し、造形、鋳造を実施し て性能を確認した。	○	
	積層造形速度：10 万cc/h 以上	リコーター、インクジェット描画の高速化技術を開発、それを搭 載した積層造形装置を開発して、10万cc/hの速度を達成し た。	○	
	最大造形サイズ：1,000mm×1,000mm×600 mm以上	1,800mm×1,000mm×750mmの造形エリアを搭載した積層造 形装置を開発した。	◎	
	鋳型の製造コスト：1,000円/kg以下	材料のランニングコスト、装置の稼働コスト等を含めて1,000円 /kg以下を達成した。	○	
項目⑤ 「金属積層造形 技術の実用化に 向けた実証」	製品の特性と品質の安定性を評価することで量 産技術として確立する	・5機種の開発装置により開発した粉末を用いて試験片を作製し、引張試験、疲労試験、破壊靱性試験を行った結果、引張 特性は溶製材に匹敵する特性が得られたが、疲労特性、破壊 靱性特性については、HIPにより溶製材に匹敵する特性が得 られた。これらをデータベース化した。 ・ユーザ造形により実用可能な製品を造形。	○	

■ ソフトウェアおよびシミュレーション開発と達成状況

- ・目標 : 開発した各装置をユーザが効率率で有効に活用可能とするために、パウダベッド用CAMソフト及びデポジション用複層対応5軸CAMソフト、熱変形シミュレータ、材料・造形条件・品質データベースを統合化するソフトウェアを構築する。
- ・実施内容と成果 : 各ソフトウェアを開発するとともに、開発装置及びソフトウェア間のインターフェースを開発し、新会社（株式会社金属積層造形サポートシステム（MAMSS））を核としたユーザーと開発メーカー・大学間でデータを共有するシステムを開発した。



開発目標	主な成果	①次世代型産業用3Dプリンタ 技術開発プロジェクト	
1. 実証装置	・開発装置 5 機種全ての実証試験を実施 ・目標 10 件に対して 19 件の検証を実施 ・機械特性、部品精度、機能（冷却性能、回転試験）等の評価を実施した。	電子ビーム方式 装置・ソフト開発 ・大学1機関、国研1機関 ・メーカー等企業5社	レーザービーム方式 装置・ソフト開発 ・大学1機関、国研1機関 ・メーカー等企業13社
2. 実証件数		材料開発 粉末メーカー4社	
3. 評価項目		ユーザー(組合員) 国研1機関、企業13社	

	機種	業界	造形部品名	目的
ユーザー組合員による実証評価	複層電子ビーム方式の3Dプリンタ技術開発 (日本電子)	産業機械 自動車 産業機械	エンジン部品 (図1) 熱交換フィン 高放熱部品	実機適用性の評価 熱交換性能の評価 複層部品造形の品質評価
	大型電子ビーム方式の3Dプリンタ技術開発 (多田電機)	エネルギー 航空機 産業機械	タービン翼部品(図2) エンジン部品 タービン部品 (図3)	造形安定性の評価 製造性に関する総合評価 実部品適用性評価
	複層レーザービーム方式の3Dプリンタ技術開発 (東芝機械)	航空機 エネルギー	エンジン部品 高温静止部品 (図4)	適用性評価 製造性に関する総合評価
	複層レーザービーム (マシニング) 方式の3Dプリンタ技術開発 (三菱重工工作機械)	産業機械 航空機 自動車 医療	動力伝達模擬部品(図5) ダクト模擬部品 (図6) トランスミッション部品 人工関節	複合加工性の評価 複雑形状部品の一体造形/チタン合金の大気中造形 複層部品造形 粗面化
	大型高速レーザービーム方式の3Dプリンタ技術開発 (松浦機械製作所)	宇宙 航空機 自動車 自動車 航空機	エンジン部品 (図7) エンジン部品 シリンダヘッド (図8) 足回り部品 (図9) エンジン部品	大型部品造形の品質評価 回転部品の実機適用性評価 大型部品の造形性評価 足回り部品の試作性評価 熱交換機部品の品質評価
	海外製3Dプリンタ	AM試作 AM試作	テストピース テストピース	AM用金属粉末の再使用調査と再生の実証 造形物の品質保証の実証

造形部品 (代表例)



図1 図2 図3 図4 図5 図6 図7 図8 図9 8

◆成果の普及（1）（論文、研究発表）

	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	総計
論文	0	0	0	2	4	3	9
研究発表・講演	0	17	11	30	41	54	153
受賞実績	0	0	0	0	0	3	3
新聞・雑誌等への掲載	0	9	4	7	16	29	65
展示会への出展	3	4	3	2	2	1	15

※2019年9月30日現在

<基調講演・招待講演(全12件)の例>

1. H. Kyogoku, "The current status and outlook of Additive Manufacturing in Japan", World PM2016 Congress& Exhibition, (2016.10), Hamburg, Germany.
2. H. Kyogoku, "The latest actions of the Technology Research Association for Future Additive Manufacturing (TRAFAM)", Additive Manufacturing European Forum (AMEF2018), (2018.10), Brussels, Belgium.

<代表的な論文>

1. Ikeshoji, T.-T., Nakamura, K., Yonehara, M., Imai, K. and Kyogoku, H., Selective laser melting of pure copper, JOM, Vol.70, No.3 (2018), pp.396-400.
2. Y. Zhao, Y. Koizumi, K. Aoyagi, D. Wei, K. Yamanaka, A. Chiba, "Molten Pool Behavior and Effect of Fluid Flow on Solidification Conditions in Selective Electron Beam Melting (SEBM) of a Biomedical Co-Cr-Mo Alloy", Additive Manufacturing, 26 (2019), 202-214.
3. Noriko WATARI, Yuzuru OGURA, Noriko YAMAZAKI, Yukihiko INOUE, Keisuke KAMITANI, Yasuyuki FUJIYA, Masahiko TOYODA, Saneyuki GOYA, Toshiya WATANABE, Two-fluid model to simulate metal powder bed fusion additive manufacturing, Journal of Fluid Science and Technology, 2018, Vol.13 No.2, p. JFST0010, Online ISSN 1880-5558, <https://doi.org/10.1299/jfst.2018jfst0010>

◆知的財産権の確保に向けた取組（特許、標準化）

	研究開発項目	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	計	総計
日本特許登録件数 (米国特許, 欧州特許)	電子ビーム (パウダーベッド)	0	0	7	7	1 (3, 1)	0 (1, 1)	15 (4, 2)	64 (19, 6)
	レーザー (パウダーベッド)	0	0	0	3	3	0	6	
	レーザー (デポジション)	0	0	3	17	5 (6, 0)	0 (2, 2)	25 (8, 2)	
	レーザー単体、 粉末, ソフト	0	0	2	2	3 (3, 0)	0 (0, 1)	7 (3, 1)	
	砂型, 砂材料	0	0	8	3	0 (3, 0)	0 (1, 1)	11 (4, 1)	

※2019年9月30日現在

<標準化活動>

1. 体制

- ・ISO/TC261(積層造形専門委員会)の**国内審議団体をTRAFAMが担当**(2014/6/3~)
- ・「国内審議委員会」およびTC261本体に準じた6つの「WG」を設置

2. 国内委員会/国際会議

- ・国内委員会: 年4回、投票審議: 年8-10回、他に 国際web会議、国内WG会議等を実施
- ・国際会議 年2回(欧州中心のISO/TC261と米国中心のASTM F42が協調)、日本代表は2013/7(第3回)から参加

3. 第8回ISO/TC261国際会議を**日本で開催(アジア初)** 2016/7/11-14 東京、15ヶ国参加

4. 2019/5に**日本単独の新規提案2件提出**、新JG設立を提案

- ・Test method of sand mold for metalcasting(JG77)
- ・ISO/TC261投票で新規提案及び新JG設立が承認された
- ・2019/9 第14回ISO/TC261国際会議(フランス)で**ファーストミーティングが開催された。**

5. **JIS原案作成**

- ・JIS B 9640「付加製造(AM)-用語及び基本的概念」2020 発行される予定