

2021 年度実施方針

IoT 推進部

1. 件名：(大項目) 積層造形部品開発の効率化のための基盤技術開発事業

2. 根拠法

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法 第 15 条第 2 号及び第 9 号

3. 背景及び目的・目標

第 4 次産業革命が進展する中、ものづくりの付加価値を高めていくためには、多品種少量生産、複雑形状、高機能化等が実現できる積層造形技術を積極的に活用することが有効である。また、世界市場が積層造形技術を活用した付加価値生産の流れに向かう中、その製造プロセスを前提とする機能を持った部品が一般化した場合、従来の工法（鋳造、鍛造等）では対応不可となる。このため、我が国のものづくり企業にとっても、早期に積層造形技術を活用した金属部品等の開発を促進する必然性が高まっている。

特に、我が国の素形材産業の競争力を強化していくためには、高い技術力を保有している企業群の稼ぐ力を引き出し、産業の底上げを行うことや、我が国のみならずグローバル市場から付加価値の高い事業を取り込んで収益性を高めていくことが急務である。

政策文書においても、「未来投資戦略 2018」（2018 年 6 月 15 日閣議決定）では、3D プリンタを活用して、顧客の多様なニーズに対応する多品種少量生産等が可能となり、高い現場力を有し、小回りの利く中小企業ならではの市場獲得のチャンスが生まれるとしている。また、「科学技術イノベーション総合戦略 2017」（2017 年 6 月 2 日閣議決定）では、3D プリンタなど新たな付加価値を持ったもの・コトを創出する革新的な生産技術の開発と導入支援に取り組むとしている。

また、金属の積層造形技術は、そもそもの現象解明の研究さえも十分には進んでいないため、付加価値が高い複雑形状、高機能の部品や機能性合金の造形では、品質の再現性を確保することが難しく、新規開発に多大なコストと時間がかかることが課題となっている。

国内では製品の試作までは行う企業が増加しているものの、実製品化・量産化に向けては、日本の品質要求レベルが非常に高いこともあり、ほとんど進んでいないのが現状である。ただし、装置・材料については、NEDO プロジェクト「次世代型産業用 3D プリンタの造形技術開発・実用化事業」で開発を行った。しかし、金属部品の積層造形を行うには、その材料、形状、大きさ等によって、ビームの出力量や速度、サポート材の配置等のパラメータを設定する必要があり、付加価値が高い複雑形状や高機能な部品の造形であるほど、最適なパラメータを見つけ出すことは容易ではなく、現在の積層造形技術では量産にあたっての品質の再現性を確保することが難しい。

その背景としては、品質に大きな影響を及ぼす金属の溶融凝固メカニズムが解明されていないことが挙げられている。このメカニズムが解明され、欠陥の発生要因が明確化できれば、高品質・高信頼の 3D プリンタが実現する。日本がこれを先んじて開発・社会実装し、高品質といった従来の日本のものづくりの強みを活かしつつ、短納期等のグローバルニーズにも対応することで、サポーティングインダストリーとしての競争力強化が求められているところ

である。

世界においては、America Makes や Horizon2020 のプロジェクトを進める欧米に加えて、中国製造 2025 を掲げる中国等において、先進的な企業を中心に金属の積層造形部品を本格導入するため、溶融凝固メカニズムの解明、インプロセスモニタリング機能による高品質化への取組及び造形レシピの収集によるノウハウの蓄積を加速化しようとしており、今後 5 年で航空宇宙分野、医療分野を筆頭に高付加価値製品への活用が急速に進む見込みである。これにより、今後我が国の素形材産業の競争力が脅かされる可能性がある。

以上の状況を踏まえ、本プロジェクトでは、積層造形における金属の溶融凝固現象を解明するとともに、高度な計測・機械制御技術を開発し、金属積層造形部品等における開発の効率化及び高品質の確保を目指す。

[委託事業]

研究開発項目① 「溶融凝固現象の解明による欠陥発生の予測技術の開発」

最終目標（2023 年度）

- 1) 欠陥発生予測システムの予測精度 95%以上

中間目標（2021 年度）

- 1) 欠陥発生予測システムの予測精度 80%以上

研究開発項目② 「高度モニタリング及びフィードバック制御機能の開発」

最終目標（2023 年度）

（レーザービーム方式）

- 1) フィードバック制御機能による造形プロセス中の 50 μ m 以上の欠陥率 0%

（電子ビーム方式）

- 1) 積層造形プロセスにおける粉末敷き詰め状態及び造形面について、精度 10 μ m 以下で凹凸を計測
- 2) フィードバック制御機能による造形プロセス中の 50 μ m 以上の欠陥率 0%

中間目標（2021 年度）

（レーザービーム方式）

- 1) 積層造形プロセスにおける粉末敷き詰め状態及び造形面について、精度 10 μ m 以下で凹凸を計測
- 2) 造形面の欠陥部分を再溶融する機能を開発

（電子ビーム方式）

- 1) 積層造形プロセスにおける粉末敷き詰め状態及び造形面について、精度 30 μ m 以下で凹凸を計測
- 2) 造形面の欠陥部分を再溶融する機能を開発
- 3) メルトプール形状を画像化する機能を開発
- 4) ビーム照射前に欠陥発生要因となる異常状態を検知する機能を開発

研究開発項目③ 「積層造形部品作製のための開発・評価手法の開発」

最終目標（2023 年度）

- 1) 開発・評価手法の開発のために必要な積層造形物に関する評価データを、金属材料 4 種類以上について蓄積する。
- 2) 積層造形部品を効率的に開発・評価する手法をユーザーが活用できる手順書として纏める

中間目標（2021 年度）

- 1) 開発・評価手法の開発のために必要な積層造形物に関する評価データを、金属材料

1 種類以上について蓄積する。

4. 事業内容および進捗（達成）状況

4. 1 事業の実施状況

2020 年における実施状況は、

研究開発項目①「熔融凝固現象の解明による欠陥発生の予測技術の開発」においては、

レーザービーム方式では、モニタリング装置を改良して、インコネル 718 合金を対象として、リアルタイムでメルトプール、パウダーベッド及び造形表面の画像データを収集するとともに、造形体の密度及び欠陥状況を X 線 CT により収集した。

また、モニタリング装置により得られた造形表面画像データを機械学習用の教師データとして取得し、これらの画像データを用いて機械学習を利用した欠陥予測のプロトタイプシステムを試作し、予測精度 80%以上を達成した。

電子ビーム方式では、Ti-6Al-4V 合金を対象として、パウダーベッドの放射率を計測し、シミュレーションによりパウダーベッドの熔融凝固を解析した。

また、表面形状のデータから欠陥の有無を予測するソフトウェアを試作し、予測精度 80%を達成した。

研究開発項目②「高度モニタリング及びフィードバック制御機能の開発」においては、

レーザービーム方式では、パウダーベッド及び造形表面の表面粗さの定量化のために、パターン投影法により高さ分解能 10 μm 以下を達成した。

また、メルトプールモニタリングによるスパッタの大きさを計測するとともに、造形表面の表面粗さ計測による再熔融機能を開発した。

電子ビーム方式では、光学式レイヤー表面計測装置を試験研究機に搭載し、10 μm 以下の表面凹凸形状の計測を達成した。

また、反射電子像を収集し、その画像を欠陥予測システムに転送し、その判断結果に基づき再熔融する機能を増設するため、造形制御システムを改造した。

研究開発項目③「積層造形部品作製のための開発・評価手法の開発」においては、

レーザービーム方式では、造形表面画像データの利用によるプロセスマップ作成手法を確立した。また、インコネル 718 合金を対象として、開発・評価手法の開発のために必要な評価データを蓄積した。

電子ビーム方式では、Ti-6Al-4V 合金を対象として、プロセスマップ探索手法を検証するとともに、開発・評価手法の開発のために必要な評価データを蓄積した。

4. 2 実績推移

2020 年度実績

委託事業

① 一般勘定

133 百万円

4. 3 知財、学会発表

特許

特許等件数（出願手続き中を含む）2 件

学会発表（口頭発表を含む）9 件（国内 6 件）

5. 事業内容

プロジェクトマネージャーに NEDO IoT 推進部 三代川洋一郎を任命して、プロジェクトの進行全体の企画・管理や、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。実施体制については、別紙を参照のこと。

5. 1 2021 年度（委託）事業内容

研究開発項目①「熔融凝固現象の解明による欠陥発生の予測技術の開発」においては、パウダーベッド方式（レーザービーム式及び電子ビーム式）の積層造形試験研究機を用いて造形プロセス中の熔融凝固現象の観察により、データ収集の継続と機械学習のアルゴリズムの改良を行い、欠陥予測精度の向上を図る。

研究開発項目②「高度モニタリング及びフィードバック制御機能の開発」においては、積層造形による部品等の造形にあたり、品質の向上、造形プロセスの繰り返し安定性を確保するため、積層造形プロセス中における造形前の粉末敷き詰め状態、造形後の表面を高分解能で三次元計測する機能及びメルトプールの温度分布を計測する機能を開発し、①の欠陥予測システムと連動した高度モニタリング及びフィードバック制御機能を開発・検証し、レーザービーム式及び電子ビーム式の積層造形試験研究機に実装して、評価と改良を進める。

研究開発項目③「積層造形部品作製のための開発・評価手法の開発」においては、レーザービーム方式及び電子ビーム方式の積層造形試験研究機により、キューブ形状や断面が変化する形状を用いてデータを収集し、形状因子に関するデータをプロセスマップ探索手法に反映させ改良と検証を行う。また、プロセスマップデータベースから部品の造形条件を決定する手法を考案するとともに、システムを構築して検証と初期データの蓄積を行う。

5. 2 2021 年度事業規模

委託事業

① 一般勘定

204 百万円（継続）

事業規模については、変動があり得る。

6. その他重要事項

（1）運営・管理

研究開発全体の管理・執行に責任と決定権を有する NEDO は、経済産業省と密接な関係を維持しつつ、当該研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。また、必要に応じて、外部有識者の意見を運営管理に反映させる。

（2）複数年度契約の実施

2019～2021 年度の複数年度契約を行う。

（3）知財マネジメントにかかる運用

「NEDO プロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に従ってプロジェクトを実施する。

（4）データマネジメントにかかる運用

「NEDO プロジェクトにおけるデータマネジメントに係る基本方針」に従ってプロ

プロジェクト実施する。

7. スケジュール

2021年 10月 中間評価

2021年 11月 技術推進委員会

8. 実施方針の改訂履歴

(1) 2021年1月、制定

(2) 2021年4月、事業実施体制の変更

(別紙) 事業実施体制の全体図

