研究評価委員会
「積層造形部品開発の効率化のための基盤技術開発事業」(終了時評価) 分科会
議事録および紙面による質疑応答

日 時：2024年9月26日(木) 12:30~17:15

場 所：NEDO川崎2301~2303会議室(リモート開催あり)

出席者(敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長 平塚 貞人 岩手大学 理工学部 教授
分科会長代理 稲垣 育宏 日鉄関西マシニング株式会社 取締役
委員 岩崎 拓也 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 コンサルティング事業本部
デジタルイノベーションビジネスユニット
デジタルトランスフォーメーション推進部 シニアマネージャー
委員 田中 智久 東京工業大学 工学院 機械系 准教授
委員 浜岡 昭夫 株式会社日立製作所 モノづくり戦略本部 企画部 シニアエキスパート

<推進部署>

金子 和生 NEDO バイオ・材料部 部長
日高 博和 NEDO バイオ・材料部 次長
青柳 将 NEDO バイオ・材料部 部素材・プロセスユニット ユニット長
柳本 勝巳(PM) NEDO バイオ・材料部 部素材・積層造形チーム チーム長
高野 学 NEDO バイオ・材料部 部素材・積層造形チーム 主査
石井 和久 NEDO バイオ・材料部 部素材・積層造形チーム 専門調査員
笠島 都 NEDO バイオ・材料部 部素材・積層造形チーム 主事

<実施者>

京極 秀樹(PL) 近畿大学 名誉教授
千葉 晶彦(SPL) 東北大学 名誉教授
池庄司 敏孝 元近畿大学 次世代基盤技術研究所 元客員准教授
山中 謙太 東北大学 金属材料研究所 准教授
青柳 健大 東北大学 金属材料研究所 助教
眞部 弘宣 日本電子株式会社 3D 積層造形プロジェクト プロジェクト長
北村 真一 日本電子株式会社 3D 積層造形プロジェクト
君島 孝尚 技術研究組合 次世代3D 積層造形技術総合開発機構 専務理事
橋谷 道明 技術研究組合 次世代3D 積層造形技術総合開発機構 技術推進部 部長
永島 洋 技術研究組合 次世代3D 積層造形技術総合開発機構 技術推進部 副主任研究員

<オブザーバー>

白石 亮佑 経済産業省 製造産業局 素形材産業室 係長
藤本 辰雄 NEDO イノベーション戦略センター ナノテクノロジー・材料ユニット ユニット長
岡田 明彦 NEDO イノベーション戦略センター ナノテクノロジー・材料ユニット 主査

<評価事務局>

山本 佳子 NEDO 事業統括部 研究評価課 課長
木村 秀樹 NEDO 事業統括部 研究評価課 専門調査員
中島 史夫 NEDO 事業統括部 研究評価課 専門調査員
北原 寛士 NEDO 事業統括部 研究評価課 専門調査員

議事次第

(公開セッション)

1. 開会
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの説明
 - 5.1 プロジェクトの説明
 - 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋
 - 目標及び達成状況（概要）
 - マネジメント
 - 5.2 プロジェクトの詳細説明
 - 目標及び達成状況（詳細）
 - 5.3 質疑応答

(非公開セッション)

6. プロジェクトの補足説明
 - 6.1 レーザービーム方式の研究開発
 - 6.2 電子ビーム方式の研究開発
7. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

議事内容

(公開セッション)

1. 開会

- ・開会宣言 (評価事務局)

2. 分科会の設置について

- ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1に基づき事務局より説明。
- ・出席者の紹介 (評価委員、評価事務局、推進部署)

【平塚分科会長】 分科会長を拝命いたしました岩手大学の平塚です。私の専門は、材料加工であり、特に
鋳造工学と凝固プロセスを行っています。本日は、どうぞよろしくお願いいたします。

【稲垣分科会長代理】 日鉄関西マシニング株式会社の稲垣です。中間評価の際にも委員として携わりまし
た。元は日本製鉄でチタン合金を主体とする材料関係を行っており、本日の内容とも関わりが深い状
況です。よろしくお願いいたします。

【岩崎委員】 三菱UFJリサーチ&コンサルティングの岩崎です。私の専門は、製造業・素形材等の先端技
術調査をはじめ、最近では、積層造形を含む新しい技術を用いた現場の業務改善やDX推進コンサルを
専門としております。どうぞよろしくお願いいたします。

【田中委員】 東京工業大学の田中です。私は機械系に属しており、専門は生産技術になります。アディ
ティブのプロセスそのものというよりは、どのように設計に使うのか、あるいは、生産システムを仮
にラインの中に入れるといった場合に、どのような形で無駄なく他とのバランスを取っていただけるか、
こうした観点で研究をしております。よろしくお願いいたします。

【浜岡委員】 日立製作所の浜岡です。現職制としては、日立グループ全体の生産技術を見るといった立場
になりますが、2005年から2012年にかけて、社内ベンチャーの位置づけの下、光造形・樹脂・金属
を含めた積層造形において、社内のサービス・ビューロといった形で様々な運営をしてみたりまし
た。その後、「TRAFAM」が始まった頃より、技術推進委員として本分科会のPLである京極先生、SPL
である千葉先生には、いろいろと好き勝手を言わせていただきながら一緒に行ってきております。本
日は、評価委員という形になりますが、よろしくお願いいたします。

3. 分科会の公開について

評価事務局より資料2及び3に基づき説明し、議題6.「プロジェクトの補足説明」及び議題7.「全体
を通しての質疑」を非公開とした。

4. 評価の実施方法について

評価の手順を評価事務局より資料4-1~4-5に基づき説明した。

5. プロジェクトの説明

- (1) 意義・社会実装までの道筋、目標及び達成度、マネジメント

推進部署より資料5-1に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

- (2) 事業全体像の具体的説明

実施者より資料5-2に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

【平塚分科会長】 御説明ありがとうございました。

それでは、ただいまの説明に対する御意見、御質問をお受けいたします。稲垣分科会長代理、お願
いいたします。

【稲垣分科会長代理】 御説明いただき、大変理解が深まりました。今後のアウトカム達成に向け、グローバル市場の見通しを拝見した際に、自動車、航空・宇宙は非常にマズプロで伸びていく分野だと思います。その一方、積層造形に向いていると考えるのが医療関係です。例えば、人工骨は人に応じたデザインが必要となり、積層造形が非常に適していると思います。今回のプロジェクトによる、そうした点でのアウトカム達成に向けたPR、もしくは、何か御見解があればお聞かせください。

【千葉 SPL】 御指摘の医療に関して、人工関節・股関節の場合、カスタム人工股関節が最も患者様のためにはよいと思っているものの、それが容易には認められない状況です。その背景としては、どのように品質保証をするかといった問題があります。一方、その点がしっかりと確保できたのならば、爆発的に使われていくとも思います。また、既存の加工法である溶解鍛造・型鍛造、切削は非常に時間のかかる工程であり、かつコストも非常に高いですが、今のアディティブは、鍛造品に匹敵するほどの強度も出ており、場合によっては、それ以上出せるとも考えます。しかしながら、人工股関節を例にすると、「骨頭」という大腿骨に当たる部分とステムのつなぎ目に「ネック部」というものがあり、そこを非常に細くせざるを得ないため、どうしてもその強度が足りないのではないかと懸念を多くの医師は持つようです。そうした意見が強くある中、我々が「今の鍛造品以上の強度が出せるため問題ない」と言っても、「そうであれば、しっかりとインスペクションをしてほしい」と返されます。ひとえに「骨頭系」と言っても、太さは10ミリ近くあり、そこをインスペクションするというのは、X線システムでは難しいところです。そうしたところで、まさに今回インスペクションフリーで原理的にレイヤーごとに欠陥を検出し、有無を見ていくものとなり、欠陥があれば補修をしていきます。このプロセスが確立されれば、インスペクションフリーのアディティブ製品ができ、そうすると、医療のみならず自動車部品等にも使われていくだろうと我々は期待しております。

【稲垣分科会長代理】 ありがとうございます。「Born-qualified」の話として理解いたしました。これから高齢化社会になれば、必ずニーズは大きくなると思います。実用化に向け、ぜひ引き続き注力いただければと思います。

【平塚分科会長】 それでは、岩崎委員、お願いいたします。

【岩崎委員】 研究成果がしっかり出ており、大変競争力のある技術が開発されたという印象を持ちました。質問はアウトカムの話になりますが、例えばプロセスレシピを自動でつくる技術ができ、それを世の中に広めていく場合、もともと要素技術であり、様々なところに使えることは理解ができるものの、国内の産業と考えた際には、導入しやすい領域、中長期的に一緒に横で伴走をしなければ浸透しづらい領域等の様々あると思います。そうすると、アウトカムの実現に向けて幾つかステップが出てくるのではないかと考えますが、そのあたりの見解はいかがででしょうか。

【京極 PL】 御指摘のとおり、この技術の実用化までには、もう一つ行う必要があると考えます。レーザーの場合だと、実際にオプション化は容易ではなく、もう少し時間がかかると思います。一方、今、公設試には非常に多くの装置が入っているため、そうした中小企業様が多く来られるところに入れていただきながら、第一段階としてやっていけたらよいと思っています。裾野を広げなければ、この技術は絶対に広がりません。何とかして日本にこの技術を根づかせないといけないと考えている次第です。

それからもう一つ、サービス・ビューロ様は非常に苦勞をされています。一生懸命に取り組まれますが、実際には相当困られており、この技術があれば大変役立つところがあるため、次の段階では、そうした点に加え、企業に対しては新しい製品を開発するところで、こうしたものを入れていただくと、非常にメリットをもたらすものと考えるところです。今回のプロジェクトだけではありませんが、この造形のところだけを見ると相当よい成果が出たと自負するものの、実際から言えば、もう少し設計のところも考えなければ、「よりよい」といった地点には到達し得ないと思います。次のプ

プロジェクトは未定であるものの、そうした観点も踏まえ、日本として次のステップに行くことが重要だと私自身は考えます。

【岩崎委員】 具体的かつ詳細な説明をありがとうございます。理解をいたしました。アウトカム達成までの道筋の中心に「社会実装」とあり、「公設試/サービス・ビューロ/企業」となっていた点で、その違いがあまり見えなかったことから伺った次第です。また、設計が必要といった点も、まさしく京極PLのおっしゃるとおりと考えます。そのあたりも含め、今後さらに広げるための活動を検討いただければと思います。ありがとうございました。

【平塚分科会長】 参考までにお聞きいたします。最後のスライドにあるユーザーの実証において、実用品の形状で欠陥予測やフィードバックを行い、欠陥の予測にも成功されたとの説明でした。この実用品に関して、具体的にはどのような製品であり、どういった材質になるのかを教えてくださいませんか。

【京極PL】 レーザーは、先ほど示したように一応は5種類に対応をしており、この分野でよく使われるIN718、Ti64、SUS316L、AiSi10Mgに加え、プラスアルファとしてCu合金になります。電子ビームについては、Ti64、炭素鋼のSCM440Cであり、アルミと純銅は、電子ビームのほうが多分得意だと思います。純銅ができれば、熱交換器等の需要があるといった話も伺っています。基本的に、広めていくために大事な材質の研究を実施しているところです。

【平塚分科会長】 ありがとうございます。先ほどレーザーのほうで、マニホールド（アルミ）のものができたということでした。電子ビームにおいては、どのようなものができましたか。

【千葉SPL】 インペラとギアであり、歯車の2種類を造形いたしました。

【平塚分科会長】 そうしたものをはじめ、様々実装できると思いますし、引き続き期待をしております。ありがとうございました。

それでは、田中委員、お願いいたします。

【田中委員】 目標に対する成果がしっかり出されており、すばらしいと思いました。その上で、少し伺います。まず目標設定として例えば対象とする欠陥サイズを50ミクロン以下、あるいは表面凹凸の検出精度を10ミクロン以下であるとか、X線で検出可能なサイズの欠陥をゼロにすると決められています。つまり、現状のX線CTの分解能で見られるところを目標設定にされていると思いますが、実際にそれを部品として、特に高付加価値の部品として使う際には、また別の欠陥サイズのターゲットが出てくると考えます。そうした点で、現状の値及び将来ここまで伸ばすといった見込みを含めた見解があれば、教えてください。

【京極PL】 今回は、強度的なところはプロジェクト外になるため行っていませんが、我々の経験からすると材質によって相当違っていくものと考えます。50ミクロン以下であれば大体球形になっていき、そうすると、引張強度についてはあまり影響がなくなっていくと思います。一方、疲労については影響があり、どうしても下がっていくことから、より小さな欠陥サイズにする必要があると思います。また、例えば10ミクロンを見ようと思っても、実際から言えば、見られません。我々も今、X線CTの中でボクセルサイズ39ミクロンで見えています。これは、ある程度領域を取って見ないといけませんし、絞ればある程度いけるのですが、そうすると非常に微小な領域しか見られない。こうした点が非常に難しいところです。

そして、今後企業に使っていただくことを考えると、我々のやっているものは基本的に構造部材であるため、強度も含めたデータベースをつくり、国として行っていく必要があると考えます。「日本としてどうするのか」を本当は議論すべきであるものの、今回のプロジェクトはモニタリングとフィードバックにフォーカスをしていることから、そちらまで予算を取れていません。委員のおっしゃる点はもっともであり、先ほどの人工骨の話に関しても、実際には使えないものとなってしまいます。これは経産省に言うべきなのか、NEDOに言うべきなのかは分かりませんが、国としてしっかり

とできる体制を取っていただければうれしい限りです。

【田中委員】 ありがとうございます。私も自分の研究にてダンパー等の複雑部品で応用を行おうとする
と、京極PLの言われるように、強度ではなく疲労が非常に心配になります。そうした観点から質問
をいたしました。

【京極PL】 我々が様々行った中で、例えばTi64は今回も表面性状が非常によいものであり、表面性Saで
いくと5ミクロンぐらいまでが「条件よし」となります。インコネルやステンレスであれば、Saで十
数ミクロンになります。表面性状がよいものは、本当によい条件で行えば欠陥がほとんど入りませ
ん。また、疲労試験に関してTi64で行ったこともあります。磨いてもほとんど見えないようなも
のは、通常の溶製材に近い疲労挙動が出ます。しかし、その際には、たまたま出てきたのだらうと考
えます。そこを狙うのは難しく課題でもあるのですが、鑄造材・鍛造材・AM材の使うところを設計者
に分かるようにしっかりと見せなくてはならないと私は思っています。我々だけでなく、国として
しっかりと見せなくては日本で絶対にAMは伸びません。アメリカは、NASA等の国の研究所が束にな
り、標準局も共に行っているわけです。そうした仕組みを日本としてもつくっていかなければ、日本
では広がらないと考えます。

【千葉SPL】 私からも補足をいたします。欠陥に関する目標50ミクロン以上、表面トポロジー10ミクロ
ン以上に関して、まず前者の目標設定の根拠は2つほどあると思います。1つは、例えば現場で50ミ
クロン以下の欠陥を見つけるとなれば、X線CTのボルテージが250キロボルト、300キロボルトと
いったものを使わないと見られません。実際、中小企業ではそういう装置があるかという、多分あ
まりないと思います。そのため、100キロボルト程度で見える欠陥という50ミクロン以上ではない
か。要は、実用上の問題として、この技術を普及させるためには何がよいのか。あまりに細かい欠陥
を議論しても実際には使えないといったところから来ています。そして、もう一つの視点は、アディ
ティブではどのぐらいの欠陥ができるのかといった原理的な問題です。凝固学的な問題とプロセス上
の問題ですが、まず凝固学的な問題で欠陥ができるとしたら、デンドライト-デンドライト間の隙間
に生じる凝固割れになります。凝固割れになれば、恐らく100ミクロン以上の長さになり、幅が20
ミクロン、30ミクロンほどであり、原理的にできるものが凝固割れだとすれば、50ミクロンの目標
でよいだろうと考えました。

それから後者に関しては、「Lack of fusion」と言われる溶け残り欠陥ですが、それは粉末が溶け
ずに残っているわけです。粉末の粒径はレーザーであれば10ミクロンから50ミクロンほど、電子
ビームであれば45ミクロンぐらいから150ミクロンです。そうすると、実際に1個の粉末が溶け
残ったとしても、その周りに影響する規模というのは大体100ミクロン以上になります。それが粉末
の大きさから来ていると考えれば、原理的にアディティブマニファクチャリングでは、プロセス上
の欠陥を50ミクロン以上で設定しておけばよい。また、もっと細かい欠陥は粉末由来になります。ガ
スアトマイズ粉末を使うとガスが入っているのですが、そのガスポアは我々がコントロールをできな
い話です。要は、ガスのない粉末を使えばよいのですが、このプロジェクトにおいて、先ほど柳本PM
より説明のあったとおり、今回、我々は粉末に関する取扱いを研究していません。前者、後者とも、
非常に実用的であり、技術・学術的にも合理的であるといった根拠で立てていることを御理解いた
だきたく思います。

【田中委員】 ありがとうございます。非常にリーズナブルであるということで理解をいたしました。

【平塚分科会長】 それでは、浜岡委員、お願いいたします。

【浜岡委員】 これまでの説明を伺い、まさに京極PL、千葉SPLのおっしゃるとおりだと感じております。
そうした上で、最も気になる点がアウトカムとアウトプットの差をどのように埋めるかです。アウト
プットは、実際に目標を達成されたということでよいのですが、これができたからアウトカムにいけ

るかと言えば、そうではありません。まだ様々乗り越えなくてはならないハードルがあると思います。そして、確かに品質に関しては無欠陥ができれば非常に素晴らしいものの、「これで無欠陥にできた」と言っても、爆発的に普及するような気もいたしません。そこが、京極PLの言われた「こうしたものを設計等に入れていかななくては駄目だ」という点であることも大きく頷けます。一方、少し失礼な言い方になりますが、設計が重要だというのは TRAFAM が始まる前から皆が言っていた話であり、そこが全く進んでいないとも言えます。結局、設計側としては、我々はなぜアディティブを使わなくてはいけないのかといった面もあるのかもしれませんが、そうすると、次のステップとしてそこをどうやって埋めていかななくてはいけないのか。企業側、ユーザー側としても、それを使って効率よく製品をつくっていくような設計者を養成することが必要であるとして、企業側がそのように考えるかどうかというのは、また別だと思います。では、本当に実際に産業構造としてあまり日本国内で生産されなくなるといったことになるのであれば、どのように国内で利益を残していくのか。そうした際に、設計が非常に付加価値になると思うものの、設計者の養成というよりは、むしろ機能だけを与えると、どういう形状が理想であり、どういうつくり方にしていくのかというものが、AI 等を使って自動的にプロセス設計までの全てを行えるようにしなければ使われていけない印象を持ちます。しかしながら、それは非常にハードルが高く、相当先の長い話ではないかと考える次第です。

他方、欧米のほうの様々進んでいるという話も理解をしています。数年前に GE Additive がリープエンジンの燃料ノズルを出された際には、これは非常に普及するものと思いましたが、しかし、長い目で見ていくと、実際にはそれほど爆発的に普及している感じが感じられません。そうしたときに、「一体なぜだろうか」といった部分をどのように分析されるのか。今後、次のステップとして何をすべきかというところは非常に難しいと思いますが、何か御意見がありましたら、お聞かせください。

【京極PL】 本当に御指摘のとおりです。浜岡委員は、10年間ずっと TRAFAM の動きを見ていただいているため、そうした意見が出るのだと思います。今回のものに関しては、少なくともこのようにすれば欠陥が出ない製品をつくることができる。だが、そこに対するサポートをどのようにつけるのか。要は、Design for Additive Manufacturing (DfAM) の話になるわけですが、そこを含めた検討は今回行っていません。実際には、そうした点も含めた DfAM の話をして行わなければいけませんし、ある程度今回のシステムが開発できたら、レシピは一応出来ているため、押せばできるものの、それ以前の話になります。そして、一番大きいのはサポートの問題をしっかりとプラスアルファすることです。電子ビームのほうでも出ていましたが、製品の形状、大きさのところの問題として、「そう言ったけれども、この形のとくにできないではないか」といった話が多分出てくると想定します。そうしたところも含めた設計の話をプラスしなければ、容易にはできないと考えます。

一方、海外において、「DfAM」といった言葉はよいものの、それがしっかりとできているかと言えば、実際にはできていません。こうした部分は設計の方と実際にプロセスを行っている人間が話をする必要があります。そういう意味では、浜岡委員のほうが会社内で実行できてよいのではないかとと思います。ここ10年、TRAFAM 自体は、装置も何とか作り、国産のものが出来て、それなりに売り始めました。そして、今回は高品質のものをつくらないといけないため、モニタリング・フィードバック技術の開発を行いました。次の段階は、今、御指摘の部分をしっかりと実施するプロジェクトを立てていくべきだと思います。また、10年前と決定的に違う点として、今は企業も相当装置を入れられて実際にやられてきていることを考えれば、我々の考えているものが今後は可能になるのではないかとと思いますし、そうしたプロジェクトを本来は国としてやっていくべきではないかと個人的には思うところですが、千葉先生は、いかがでしょうか。

【千葉SPL】 これは、京極先生と私、または TRAFAM の NEDO プロジェクトを行っているから言えることかもしれませんが、今までのアディティブの分野のインスペクション技術、In-situ モニタリング技術

は、ほとんどがメルトプールだと考えます。そのメルトプールを追いかけていく技術は大変難しいものであり、欠陥予測等を行う技術はなかなか適用できないといった話になっていると思いますが、我々はそこではなく、面に着目しています。天面の欠陥発生の有無で、品質が決まる要素を丁寧にあらゆる科学技術を導入して追及していけば、恐らくインスペクションが必ずできるだろうと考えているのです。しかし、そこは今このプログラムで始まったばかりでもあります。うがった言い方をすれば、それを行っていないから、結局はインスペクション技術が中途半端なままになる。難しいAIを使い、In-situ モニタリング技術を駆使してやる技術は非常に面白いと思うものの、今回のプロジェクトを通して、天面を見ることは非常に合理的だといった確信をより強く持ちました。これからAMが本当に自動車でも提供できるのか。それに対し、私はこのプロジェクトが影響力を及ぼし、徐々に波及していくのではないかと期待をしているところです。言い過ぎかもしれませんが、そういう希望を持ってこれからもやっていきたいと思えます。

【浜岡委員】 どのように様々普及をさせていくのかといった際に、おっしゃるとおり、10年前とは違うところがあります。確かに、10年前に始めた頃は、基本的にはメタルのAMがパウダーベッドとデポジションでほぼ集約されたという印象がありました。一方、最近になると、バインダージェット、ワイヤーが出てくるといったように、またいろいろと騒がしくなっています。それから、樹脂系なども金属に負けないような強度を持った材料を出してきているといった状況もあります。そうしたものをまとめ、国全体で考えなくてはいけないことだと私も思います。どうもありがとうございました。

【平塚分科会長】 ありがとうございました。それでは、予定の時間が参りましたので、以上で議題5を終了といたします。

(非公開セッション)

6. プロジェクトの補足説明

省略

7. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

8. まとめ・講評

【浜岡委員】 本日は、お疲れさまでした。アウトプットに関して、全て計画どおりに目標を達成されたという素晴らしい成果を伺いました。そうした上で、議論の中で幾度か質問をいたしました。これからのアウトカムに向けては、さらに何が必要か。これは、先生方をお願いをする話ではないとも思いますが、今後のアウトカムにつなげるために必要となることは声を大にして言っていただきたいです。また、私としても、アウトプットからアウトカムにつながる部分がまだ弱いといった感想を正直持っています。これをつなげるためのハードルは多くありますが、実施者の皆様がおっしゃられたように、設備だけの問題ではなく、設計の問題等をサプライチェーン全体で考えていかなくてはならない話だと思います。今までの皆様の素晴らしい成果を実現するためにも、ぜひそうした提案を行っていただければありがたいです。引き続きよろしくお願ひいたします。

【田中委員】 いろいろと御説明をいただき、大変勉強になりました。目標に対する成果もしっかりと出されており、すばらしかったです。また、議論の中で言われていたように、プロセスそのものを高度化

することも大事だと思いますが、私の専門分野で言えば、これをどう設計に生かすか。あるいは、生産システムにどのように入れていくかが非常に重要であり、そうした方面の研究もこれから大事ではないかと思います。加えて、汎用モニタリングシステムをどのようにオプション化していくかも大変重要です。大学の研究者仲間に聞くと、いろいろな大学で例えば予算がついたとなれば、「今はやっているから、アディティブを入れましょう」となるものの、実際にはノウハウが非常に求められることから、ほとんど使われません。あまり条件出しがうまくいかず、結局は機械加工で時間をかけて作ったほうが精度がよくなっていきます。そうした意味では、モニタリングオプションを既にある機械にどのようにつけていくか。その成果を生かしていくことが今後大事ではないでしょうか。本日は、ありがとうございました。

【岩崎委員】 本日、御説明を伺いまして、技術開発・研究開発の観点においてしっかりと進められていることを理解いたしました。各種目標を達成したと宣言できるところまで至ったことは非常にすばらしかったと思います。かつ、いろいろな技術的成果を創出されてきたことも確認いたしました。また、最後に質問をしたところになりますが、レーザーと電子ビームといった技術も現象も違う2つのテーマがある中、それらが連携して特許を融通する、あるいは、メルトプールではなく表面性状と内部欠陥の相関を見ればよいといった新たな評価指標を生み出されたことも本当にすばらしい成果だと思っています。アウトカムの目標に向けても、話を伺う限り、解決すべき技術課題は既に明確になっていると考えます。技術戦略と事業戦略の両輪をより具体化して計画を立てていくことで、2030年に向けてのアウトカムの実現につながっていくと思いますので、今後とも引き続きの御検討をよろしくお願いいたします。

【稲垣分科会長代理】 本日は、御準備及び丁寧な説明をいただきまして誠にありがとうございました。非常に理解が深まった次第です。前回の中間評価の際に確認を行ったものから、特にアウトプットになっている技術課題について、短期間で非常に大きな成果を出していただいております関係者の皆様には敬意を表します。一方、これからの課題として、本日の議論・講評において幾度か上げられているように、アウトカムの目標達成が次のステップであり、大きな課題だと思います。これからの実用化に際して、例えばメーカーでオペレーティングが始まれば、課題や品質管理を含めたところが出てくると考えますので、関係者の皆様には引き続き連携いただきながら、ぜひ支援をいただけるようお願いを申し上げます。かつ、これから発展しようと思えば、コストを下げっていくのが非常に大きなテーマだと思いますので、その点もフォローをよろしくお願いいたします。本日は、大変お疲れさまでした。

【平塚分科会長】 最後に私から講評を行います。積層造形技術の欠陥現象を解明するといった基礎研究において、京極PL、千葉SPL共にすばらしい成果を出されておりました。また、欠陥防止のためのモニタリング技術も達成できており、大変よい成果を出されたものと理解いたします。今後のアウトカムに関して、いずれは実製品への応用を期待されますが、流れとしては、基礎研究から製造プロセス、プロセス研究のほうに移っていくと思います。具体的に申し上げますと、例えば製品を作る場合でも、肉厚では厚いところもあれば小さいところもあります。そういうものをどのように積層造形をしていけばよいのか。もしかしたらサポートが必要かもしれない。こうしたものがつながっていくと、実用化も早くなると思います。しかし、これを行うためには、国の支援も必要ですので、ぜひとも推進のサポートをお願いできれば幸いです。以上、私からの講評となります。ありがとうございました。

【北原専門調査員】 委員の皆様、御講評をありがとうございました。続きまして、実施者側、推進部署側からお言葉を頂戴いたしたく思います。それでは、京極PLよりお願いいたします。

【京極PL】 委員の皆様、本日は御多忙の中、我々のプロジェクト評価を賜りまして誠にありがとうございました。御意見を様々ないただきましたが、特にアウトカムに関する点は以前より頂戴しており、何と

かここまでやってきたところで、実用化・事業化につなげたいと我々全員が思っている次第です。また、TRAFAM 自体、このプロジェクトは10年間やってきております。委員の中には、当初から御評価をいただいている先生方もいらっしゃいますし、経済産業省及びNEDOの皆様にも長らく御支援をいただいております。次のプロジェクトが立ちましたら、我々は実現に向け頑張っておりますので、引き続き御支援、御協力のほどよろしくお願いいたします。本日は、どうもありがとうございました。

【北原専門調査員】 京極PL、ありがとうございました。続いて、NEDO バイオ・材料部の金子部長よりお願いいたします。

【金子部長】 ただいま御紹介にあずかりました金子です。本日は、先生方から技術面及び事業化面について多岐にわたる御示唆を頂戴いたしました。誠にありがとうございます。また、本事業は「新たなものづくりの手法」として2019年から5年間行ってきましたが、その大半がコロナ禍という状況下であり、研究開発が進めにくい社会状況でもありました。そうした中にもかかわらず、目標及び成果に関して、先生方から御評価をいただけたことを大変うれしく思います。京極PL、千葉SPL、企業の皆様のたゆみない努力について、私からも改めて敬意を表したく思います。そして、先生方からご指摘いただいた「アウトカムについての道筋」について、事業としては今回で終了となるものの、我々も事業化に向けての研究開発を行うにおいて、しっかりとフォローを行い、少しでも前進するように見ていきたいと思っておりますので、引き続き御指導をいただければ幸いです。本日は、どうもありがとうございました。

【平塚分科会長】 ありがとうございました。それでは、以上で議題8を終了といたします。

9. 今後の予定

10. 閉会

配布資料

資料 1	研究評価委員会分科会の設置について
資料 2	研究評価委員会分科会の公開について
資料 3	研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘と非公開資料の取り扱いについて
資料 4-1	NEDO における技術評価について
資料 4-2	評価項目・評価基準
資料 4-3	評点法の実施について
資料 4-4	評価コメント及び評点票
資料 4-5	評価報告書の構成について
資料 5-1	プロジェクトの説明資料（公開）
資料 5-2	プロジェクトの詳細説明資料（公開）
資料 6	プロジェクトの補足説明資料（非公開）
資料 7-1	事業原簿（公開）
資料 7-2	事業原簿（非公開）
資料 8	評価スケジュール
番号なし	質問票（公開 及び 非公開）

以下、分科会前に実施した書面による公開情報に関する質疑応答について記載する。

研究評価委員会

「積層造形部品開発の効率化のための基盤技術開発事業」(終了時評価)分科会

質問・回答票(公開)

資料番号・ ご質問箇所	質問	委員名	回答	公開可 /非公開
資料5-1 P9	今後の市場予想について、2021年は実績と思われるが、例えば2022年、2023年の実績あるいは実績の見通し情報があれば教えてください(不明なら結構です)。	稲垣	2022年、2023年の実績あるいは実績の見通し情報はございません。 資料中注記に記載の通り、2022年度に実施した調査事業報告よりの引用となり実績の検証は実施できておりません。	公開可
資料5-1 P10	設計支援としてのAI適用について、当プロジェクトに反映できることがあれば教えてください。	稲垣	本研究の成果は、設計支援としてのAI適用を行う際に、設計時(造形前)に種々の形状の部品の最適プロセス条件を自動探索する技術として活用できる可能性があります。	公開可
資料5-1 P19	アウトカムの達成に向け、実用化に際しての標準類(例えば適用される金属毎のレシピなど)は提供できるようにの方針(P25~P28にある、手順書に含まれる)と理解して良いでしょうか。	稲垣	レーザー方式の手順書に関しては、要素技術研究での「プロセスマップ自動生成機能」及び「フィードバック制御機能」の操作手順を記載しています。 本システムでは、レシピを提供するのではなく、レシピを作成するためのシステムとなっています。装置や粉末が異なれば、それに対応した最適造形条件を提供するようになっていきます。	公開可
資料5-1 P41	汎用型モニタリング・フィードバックシステムは、電子ビーム方式、およびレーザービーム方式のいずれにも適用可能な技術でしょうか。	稲垣	P41の図は、レーザー方式に関する図ですので、電子ビーム方式とは異なります。 レーザー方式は同図に記載のように光学的な方式に対して、電子ビーム方式は電子ビーム照射により放出される反射電子を利用しております。	公開可
資料5-1 P44	2022年のJIMTOFでの出席に対するユーザーの反応はどのようなものでしたでしょうか。また、2024年のJIMTOFではアウトカム達成に向けた、プレゼンテーション施策は考えられていますでしょうか。	稲垣	2022年のJIMTOFに出席しました。そこではユーザーから、モニタリングフィードバック技術に期待する声を多数伺い、プロジェクトで開発中のモニタリング技術の実用化およびプロセス条件決定時間の短縮に対するニーズが大きかったです。 また、2024年のJIMTOF(2024.11.5-10@東京ビッグサイト)では、Additive Manufacturing AreaのTRAFAM展示ブースで本プロジェクトの研究結果を展示するとともに、11.7に開催されるTRAFAMセミナーにおいて、本研究結果を発表する予定です。	公開可
資料5-2 P6	コストの欄にある、電子ビーム方式のモニタリングについては他社には無い機能という内容は、コスト低減効果があるものと理解して良いでしょうか。	稲垣	歩留まりの向上に寄与するので、コスト低減につながります。	公開可
資料5-2 P21	レーザービーム方式において、造形条件決定までの試作造形期間が0.44週間と大幅に短縮されていますが、短縮された内容および0.44週間分の内容について教えてください。	稲垣	本事業で開発した欠陥予測システムのプロセスマップ生成機能の使用により造形条件決定までの期間が大幅に短縮できました。内訳は①造形機の準備、②プロセスマップ生成のための自動造形、③出力プロセスマップからの造形条件選択です。 ②は、従来は6パッチとしても、それぞれ試験片の取出し、評価、再度の造形準備の繰り返しがあり数週間必要でした。本手法では、最短1パッチ(1晩)で、造形・判定が可能となり、大幅に短縮することができました。	公開可
資料5-2 P27	電子ビーム方式において、4種類の合金のデータベースが構築されたこととありますが、ユーザーが4種類以外の金属材料を開発検討する場合、この4種類のデータベースがあれば、横展開していくことで効率的な開発が可能になるのでしょうか。	稲垣	これらの4種類の金属は、産業用金属の代表的なものであるため、プロセスマップ自動生成を行う際の基準条件として応用ができるものであると考えています。	公開可
資料5-1 P.9	市場規模予測が出ているが、各分野の内訳(比率)は2029年まで変わらないように見える。どこかの分野が先に市場を形成し(例えば実用が進んでいる航空機や医療)、その後他の分野にも広がっていく、という流れにはならないと予想しているということか? また、自動車も最も大きな市場とのことだが、具体的にどのようなところに使われているのか。	岩崎	・ご指摘の市場規模予測は、2022年度に実施した調査事業報告からの引用となります。 この予測は、市場レポートを基にした金属積層造形市場全体の動向についての概観となります。 一方で同調査にて、国内ユーザーに対してアンケート調査を実施(回答数102)した結果からは、積層造形技術を適用して製造する部品・部材の利用先の産業分野として、自動車と金型・工具が最も多く、航空・宇宙、重工業、電気・電子・半導体、医療機器・医療部材が続く結果となっています。 ・自動車分野については、上記アンケート結果などから積層造形活用の目的として「物性の優れた難加工材の複雑な造形」、「耐熱+軽量等のマルチマテリアルな造形」「マスカスタマイズによる高付加価値化」などがあげられており、AM工法の特徴を活かし、エンジン部品、車体フレーム、シャフトなどへの活用検討が進められているようです。 ・TRAFAM組合員のユーザー企業の意見から、大型製品の造形に苦勞しており、造形回数を重ねない良品が製造できないため、本プロジェクトで開発しているレーザー方式のシステムは、非常に有効だという意見があります。このため、本システムは、大型製品を対象とした航空・宇宙、エネルギー・産業機器分野、半導体装置分野の大型部品・部材、ギガキャスト向け金型などに有効なシステムと考えています。 ・我が国の最重要産業である自動車については、AMに対するニーズは大きいですが、コスト面等で課題が多いため、今後我が国として自動車の量産に向けた技術開発・専用の装置開発が必要であると考えています。	公開可
資料5-1 P.19	導入割合10%は非常に高い目標であると思うが、「目標を達成できる見込み」と結論づけている根拠は何か。	岩崎	「資料5-2/P8/アウトカム目標の達成見込み」に説明を記載しております。 2030年度までには、我が国における装置導入も大幅に増加していき、高品質で安定した製品製造技術の確立がますます要求されるようになると予測され、インプロセスモニタリング・フィードバック機能の導入は必須となると予測されます。 現状では、別紙に示す通り、海外製品でも有効なインプロセスモニタリング・フィードバック機能は開発されており、TRAFAMユーザーからも本システムの実用化が期待されていることから、実用化されれば導入が進むと考えます。	公開可
資料5-1 P.45	P39-40の中間評価への対応で「ユーザー検証実施を前提とした予算獲得」とあるが、具体的にどの項目がそれにあたるのか?	岩崎	2020年~2021年のNEDO内加速予算の獲得により、機器の入手の加速とともにその予算をユーザー検証に活用できるように対応しました。また、2022年度以降予算額の増加によりユーザー検証を着実に実施しました。	公開可
資料5-2 P.14	「最適条件から少しずらした造形条件でのFB制御を入れた造形において・・・」との記載があるが、モニタリング情報に基づいて最適条件からの変更必要量を算出している、という理解でよいか。	岩崎	ご指摘のようにモニタリングフィードバックシステムは、モニタリング情報に基づいて最適条件からの変更必要量を算出しております。成果として掲載したデータは、欠陥が発生する条件との比較のため、最適条件から少しずらした造形条件で動作確認した結果を示しております。	公開可
資料5-2 P.15	「開発機能、開発ソフトウェアを用いた、積層造形部品開発のリードタイムを推定したところ、従来6週間(42日)に対し、8日で可能となり、目標のリードタイム1/5を達成した。」とあるが、「推定」とはどういうことか?開発成果やユーザー実証で実際に確認したわけではないのか?	岩崎	実際の部品開発の期間は部品形状・サイズに依存するため、推定という言葉を使用しています。	公開可
資料5-2 P.18	造形密度の予測が可能であることがわかったとのことだが、欠陥の有無はどのように判断するのか?密度のみで判断するのか?	岩崎	P.18に示していますように、特定の表面性状パラメータと造形密度(内部欠陥)の相関があることがわかりました。開発したシステムでは、欠陥の判定を特定の表面性状パラメータで判定しております。 基本的に、本システムでは、まずプロセスマップ自動生成機能により最適造形条件を探索して、欠陥が出にくい条件で造形し、造形時に欠陥が出やすい造形表面と判断した場合には、再溶融して欠陥のない造形面とし、最終的に50μm以上の欠陥がない造形体を作製するシステムです。	公開可
資料7-1 P4-64~4-66	図4-2-53から図4-2-56にプロセスマップの例が掲載されているが、図によって解像度が大きく異なるのはなぜか?単に描画の問題か?	岩崎	単に描画の問題です。	公開可
資料7-1 P4-70~4-71	5)ユーザー実証(小型部品:ヘリカルギア) 欠陥率が記載されているが、これは50μm以上の欠陥の割合ということでしょうか?また、[2]種の装置において、それぞれの装置に適した条件を選択して造形を行っているが、両者ともにヘリカルギア向けに条件を最適化した訳ではない。従って、本結果は、フィードバック制御を使用しない場合の本研究での開発装置が既存装置に比べて装置性能に優れていることを示すものではない。との記載があるが、これはどういう意味か?ヘリカルギア向けに条件を最適化すると欠陥率はさらに低くなると思われるが、既存装置よりも品質の高い製品を造形できるということではないのか?	岩崎	今回使用した造形条件(レシピ)がヘリカルギア向けに試作を繰り返して最適化されたものではないため、フィードバック制御を用いない開発装置と既存装置でも、より欠陥率を下げられる可能性があるという意味です。	公開可