

## 三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

### 1) 開発の取り組み内容

本研究開発は、大阪大学に技術プラットフォーム拠点（異方性カスタム設計・AM 研究開発センター：以降 阪大 AM 研究開発センター）を設置し、デライト最適化上流設計と付加製造技術を両輪に、異方性カスタムによる高付加価値化を特色に材質・形状制御法を確立することで、上流から下流を一貫して行う新しいものづくり手法や技術を体系化して地域実証するものである。

### ■実用化ツールの開発

#### 【技術アイデアの創出】

大阪大学の中野教授らは、結晶学や結晶塑性学などの材料工学をベースに、生体用材料を対象として、材料のナノ組織制御による材料異方性の研究を進めている。さらに近年 3D プリンタによる造形が普及してきており、個人に最適なカスタムなものづくりが実現に近づいてきている。そこで中野教授らは、「異方性」と「カスタム化」を高付加価値化の差別化技術として掲げ、金属 3D プリンタによる材料異方性を有するカスタムものづくりを H26 に研究対象として提案した。ここでは、地域資源活用を念頭に、多彩なプレーヤーが集い、関西の強みである難加工性材料を中心とした研究シーズと企業ニーズが交わる場として、三次元異方性カスタマイズ化設計・付加製造拠点を構築し、個人の多種多様なニーズに応えるものづくりの実現をめざすこととした。具体的には、家電製品、生体福祉製品、航空・エネルギー部材を当初ターゲットとし、さらにこの関西発の新ものづくり手法・技術を日本、さらには世界に向け発信する。

#### 【研究体制の構築】

SIP 開始時点で、開発技術の出口も考慮し、大阪大学を中心として、ターゲット製品の事業化を進める企業・団体と、ターゲット製品の事業化に関連技術を有する大学、および、開発技術を関西を中心とした中堅・中小企業に展開する拠点として、大阪産業技術研究所（当時：大阪府立産業技術総合研究所）からなる研究体制をとった。

大阪大学工学部では、主に 3D プリンタを用いた異方性を有する製品や部材の製造技術を開発する。本技術は、ターゲットである家電製品、生体福祉製品、航空・エネルギー部材の製造で共通的に活用するものである。

家電製品では、冷熱デバイスや照明シェードを対象とし、パナソニック㈱が事業化企業として参画する。

生体福祉製品では、動物用のカスタム骨インプラントを対象とし、実証試験を進める役割として、大阪府立大学、大阪大学医学部、東京大学が参画し、帝人ナカシマメディカル㈱、北須磨動物病院が事業化企業・団体として参画する。なおここで開発するツールや技術は人の骨インプラントへの応用も可能であるが、SIP 期間中に実証試験まで行うのは困難であるので、動物用インプラントをここでは対象とした。

航空・エネルギー部材では、ガスタービンの固定翼を対象とし、川崎重工業㈱が事業化企業として参画する。

また本 SIP で開発した技術の中堅・中小企業への展開は、大阪産業技術研究所が担当するが、これにあわせて京都大学で研究開発を進めているトポロジー最適化についても中堅・中小企業の強い武器になると考え、京都大学と連携して展開を進める体制とした。

#### 【研究テーマ提案（研究資金の獲得）】

大阪大学が中心となり H26 年に SIP に提案し、H26/9 に採択された。SIP は、大学における基礎研究をさらに産学官連携による実用化までを見据えた研究開発としてブラッシュアップさせ、社会実装を加速する研究開発テーマとして後述の大きな成果を残すことができた。

#### 【技術開発のマネジメント】

大阪大学は、H26/12 に阪大 AM 研究開発センターを設立した。阪大 AM 研究開発センターが中心となり、開発進捗管理、普及展開戦略立案などのマネジメントを実施している。本センターには、正副センター長以外に、事業化総括（パナソニック）、正副研究総括を配置し、課題の着実な推進のための体制を構築している。運用面では、拠点内の全機関が集まって、研究開発の進捗確認と情報共有、研究開発計画の見直し・是正などを実施する「全体会議」を通年開催している。また日常のマネジメントでは、「コア会議」と呼ぶ重要事項を論議・決定する機能を大阪大学内に設定、毎週開催することで意思決定を迅速に行うとともに、報告・連絡・相談等の情報共有を適切に行う制度を備えている。各拠点間の連携では、日常的なメールや Web 会議システム等、ICT の積極的な活用と、不定期ではあるが「課題別検討会」および「拠点巡回」の実施による直接対話により、各機関の研究開発の進捗管理や連携推進、課題や情報の共有など、円滑なマネジメントを図る取り組みを実践しており、有効に機能している。

#### 【技術開発】

##### ・異方性を有する製品や部材の製造技術

H28 年度までに、タービン翼や骨インプラントで要求される異方性を実現可能な 3D プリンタの造形条件パラメータ（走査ビームパターンなど）の導出を行い、タービン翼に対してはインコネルにおける超高耐熱性、骨インプラントに対しては  $\beta$  Ti 合金における特定方向に骨と同様の低ヤング率な機能を発現できる造形が行えることを確認した。H29 年度にはこれらの造形パラメータの知見を応用して、タービン翼模型や骨インプラントの材質・形状同時制御での造形を行い、狙い通りの特性が再現できていることを確認した。H30 年度も継続して材料研究を実施するとともに、造形物の実用化に向けた有効性実証を行う。

##### ・家電製品（冷熱デバイスや照明シェード）

冷熱デバイスに関しては、H28 年度までに異方性を活用した製造の基本プロセスを確立し、目標性能を大きく上回る性能を得ることができた。H29 年度に当初計画の性能向上を達成するとともに、量産化の目処を立てて研究開発を終了し、事業化フェーズに移る。照明シェードに関しては、従来にない商品開発手法の構築をめざし、H27 年度にユーザーの潜在ニーズを抽出する新たな価値分析手

法とユーザーが上流設計に関与する超上流設計と 3D プリンタを中心としたカスタム生産を繋げるシステム構想を起案し研究開発をスタートした。H28 年度には、リードユーザー等の時代を先導する少数派意見に着目し独自に開発した「マイノリティ分析手法」を活用した新たな形状設計提案ツールを考案し、H28 年度末までにテストユースに向け VR 機能を搭載したプロトタイプの開発を終了しており、H29 年度からは SIP 外部企業でのテストユースを開始した。この時期から 3D プリンタ市場の拡大に合わせ、ユーザー参加型の形状設計ツールが世の中に普及してきたため、H29 年度には形状設計ツールの研究開発を完了させ、ユーザーが必要機能を盛り込み、個別開発する方針を決定した。その上で、本研究開発の大きな特徴であるユーザー価値分析処理にフォーカスを当て形状設計ツールから切り出すことで、従来、専門家が手計算で行っていた分析プロセスを見える化、半自動化して、一般の商品企画担当者や設計者が容易に利用でき、手軽にマイノリティの意見を反映した結果を導き出すことが可能な画期的な「マイノリティ分析支援ツール」を開発した。これについても、応用展開として、照明セード以外の商品を対象とした SIP 外部企業でのテストユースを開始している。

・生体福祉製品（動物用の異方性カスタム骨インプラント）

異方性カスタム骨インプラントの有効性と実用性を検証するために、H26 年度にインプラントの設計ツールを開発することを決定し、H27 年度に骨折整復（骨片データを分割して骨折前の位置に戻す）やインプラント設計（骨に沿ったプレート形状を自動生成する）等の必要機能の要素技術開発をスタートさせた。H28 年度にはそれらの機能モジュールを統合し、テストユースに向けてユーザーの声を反映したカスタム骨インプラントの設計ツールを開発し、H29/2 には実際のインプラント設計に適用し、カスタム品の有効性と設計ツールの実用性を確認した。続いて異方性を取り入れたカスタム骨インプラントの製造も H29/11 に完了しており、動物による埋入試験によりその異方性カスタム品の有効性を実証した。さらに H29 年度には異方性カスタム骨インプラントの実用化に向けて、コンソーシアムも設立しており、普及展開に向けた活動を行っていく予定である。

・航空・エネルギー部材（タービン翼）

H28 年度までに構造設計の検討や 3D 造形の精度評価を実施。H29 年度に 3D プリンタを用いて、異方性と等方性組織をそれぞれ必要な箇所配置する高耐熱な模擬翼の材質・形状同時制御による造形に成功した。H30 年度には模擬翼の性能検証を実施する予定である。

### 【技術の検証方法の決定】

SIP 開始時点から、参画している実用化企業・団体での技術検証を進めることを決定していた。さらに、技術の普及のためには、リードユーザー層をターゲットとした SIP 外部企業でのテストユースが重要であると H28 に考え、H29 年度からテストユースを開始できるよう、MMI（マンマシンインターフェース）を考慮した、設計ツールのプロト開発を前倒しして進めた。

### 【技術検証】

設計および分析ツールに関しては、H29 年度より SIP 外部企業も含めたテストユースを実施して、効果の検証や企業からのフィードバックを受けており、これを通じて完成度向上を図っている。異方性を有する製品や部材の製造技術については、H29 年度より SIP 参画企業・団体でのテストユースに加え、SIP 外部企業からのテストユース要求も多数上がっており、一部並行して進めているところである。特

に動物用骨インプラントに関しては、H29年に動物での実証試験（設計ツール H29/2、製造技術 H29/11）を行い、当初の想定したとおりの効果（挿入手術の負荷軽減、治癒期間の短縮）が見込めることを確認できている。

#### 【知的財産の確保】

3Dプリンタによる製造方法については、大阪大学がメインとなり特許出願を実施している。このうち、基本特許に関しては、H21、H25年度に取得済み。

H26年度：1件、H27年度：4件、H28年度：4件、H29年度：1件。

また、異方性を有する製品や部材については、事業化を進める企業や団体が、特許出願を実施している。

H26年度：0件、H27年度：3件、H28年度：1件、H29年度：1件。

#### 【技術のツール化（装置、ソフト、ノウハウ）】

カスタム骨インプラントや照明シェードの設計ツールに関してテストユース向けのプロトはH28年度におおよそ開発できた。H29年度からはSIP外部企業を含めたテストユースを進めており、テストユースを通じて得られるFBを元にツールの完成度向上を図っている。一方、異方性を有する製品や部材の製造方法はノウハウであり、大阪大学にて保有している。

### ■ 出口戦略

#### 【ツールの出口戦略の決定（コンソーシアム、ベンチャー設立、販売、オープン利用など）】

- ・異方性を有する製品や部材の製造方法（ノウハウ）

SIP開始時点で阪大AM研究開発センターにて、技術・ノウハウを維持していくことを決定していた。企業からの要求に対しては、大阪大学で共同研究などの形をとって、技術移管していく予定である。

- ・カスタム骨インプラント

設計ツールや製造技術の進歩をもって成果普及の加速を図るため、H29/4にコンソーシアムを形成し、ツールや技術も含めたカスタム骨インプラントの普及展開を図っていくことを決定した。

- ・照明シェードの設計ツール、マイノリティ分析ツール

H29年度の時点では、テストユースを通じ有効性確認を完了した段階であり、パナソニック㈱から商品企画支援サービスとして提供を検討中である。

- ・トポロジー最適化

継続して大阪産業技術研究所に設置し、中堅・中小企業への普及展開活動を京都大学と連携し進める。

#### 【コンソーシアムの運営】

動物用カスタム骨インプラントの普及展開に向けて、先端獣医療コンソーシアムをH29/10に設立した。大阪府立大学が中心となり、26の動物病院、4企業が参加（H29/10時点）。SIPで開発した設

計ツールを駆使してカスタム骨インプラントを設計し、阪大 AM 研究開発センターで 3D プリンタを用いて製造し、大阪府立大学に供給し、試験利用を重ねる。H31 年度までの実用化をめざしている。

#### 【ベンチャー設立】

—

#### 【ツール販売】

マイノリティ分析支援ツールに関しては、パナソニック㈱の P B S S (Professional Business Support) 部門から商品企画支援サービスとして提供を検討中である。

#### 【ツールオープン利用】

H29/2 に大阪産業技術研究所に、京都大学で開発を行っているトポロジー最適化ツールを導入し、セミナーを開催したほか、SIP 外部企業である地域の中堅・中小企業でのテストユースを行っている。

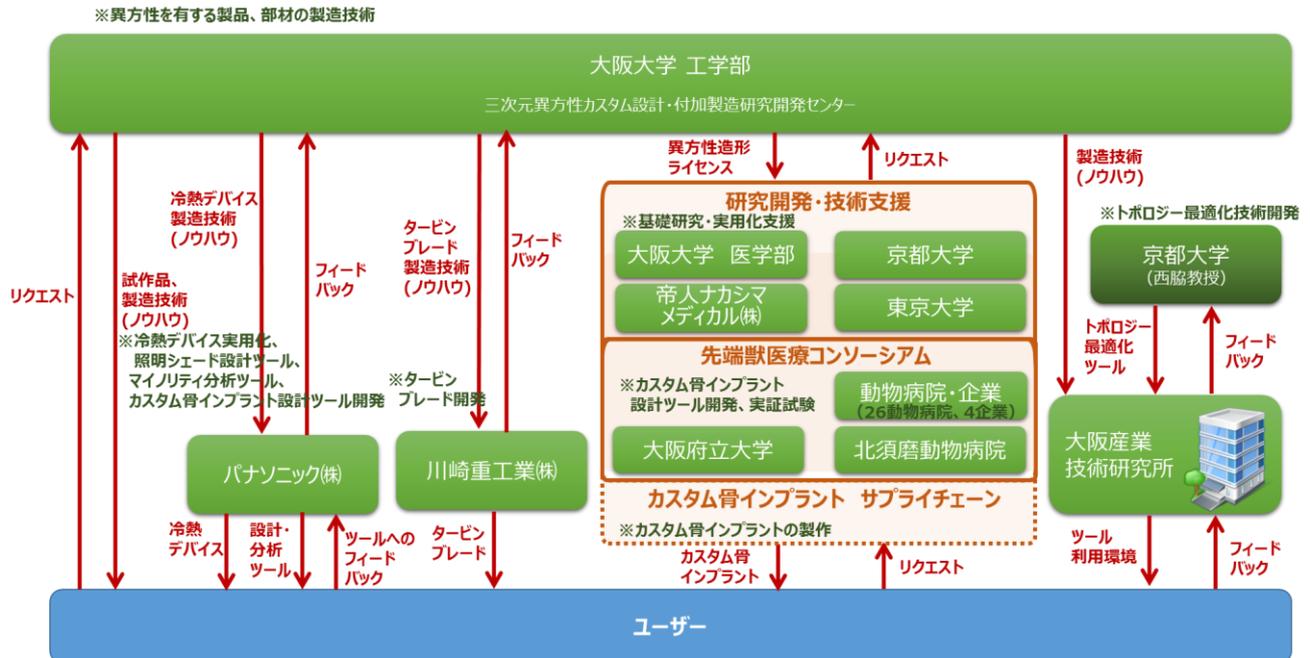
また阪大 AM 研究開発センターでは、2 方式の金属 3D プリンタを H27/3 に設置し、関西の中堅・中小企業へ、異方性技術の前提となる金属 3D プリンタ普及を促進するための、テストユースを数多く実施している。

#### 【技術の PR】

年間を通じて多数の学会や研究会、セミナーでの発表を実施。この他、イノベーションジャパン (H29/8)、関西設計・製造ソリューション展(H29/10)などの展示会に出展し、積極的に成果の PR を行った。また、H29/6 には高耐熱性材料 (複合シリサイド) の開発についてプレスリリースを実施。朝日新聞や日刊工業新聞に掲載された。

## 2) 開発のタイムライン (詳細別紙)

### 3) 開発形態ダイアグラム



### 4) 成功要因と課題

- ・異方性を有する製品、部材を事業化する企業がプロジェクトに参加し、開発技術の製品適用を早い段階から進めることで、実用化に向けた課題の洗い出しができ、実用化レベルの高い技術にすることができた。
- ・人を対象とした骨インプラントなどの医療部材の実用化には時間がかかるため、伴侶動物を対象として開発を進めた。この結果、SIP 期間内に技術の有効性が確認でき、将来的に人を対象とした医療での適用に向けた道筋を構築できた。
- ・動物用骨インプラント実用化に向けては、コンソーシアムを設立した。26 の動物病院、4 企業が参加しており、迅速な展開が見込める。
- ・当初開発を進めていた設計ツールから抜き出す形で、マイノリティ意見の抽出・反映が可能な分析支援ツールを開発した。SIP 外部企業でのテストユースを通じて有効性が確認できており、成果の出口を広めることができた。
- ・トポロジー最適化ツールを大阪産業技術研究所に設置し、テストユース可能な環境を構築した。大阪産業技術研究所を利用する中堅・中小企業への普及が進んでいる。しかし、より多くの企業への普及を図るためには、処理能力の高速化（設備の改善）や、SIP 終了後の継続に対して、各種保守および運営費用の捻出が課題である。
- ・阪大 AM 研究開発センターでは、異方性技術の前提となる金属の 3D 造形の普及もめざし、セミナーの開催や試作やそれに向けた相談を数多くの企業に向けて実施した。この結果、金属 3D 造形の普及展開が進んでいるが、さらに普及展開を図るためには、試作のための材料などを継続して確保することが必要となっている。

#### 5) 場・仕組みからの FB

動物用骨インプラント普及に向けた先端獣医療コンソーシアムでは、SIP 成果である骨インプラントの実用化に向けた活動を開始している。26 の動物病院が加入しており、実際の手術等でのコメントをフィードバックする形で、インプラントおよびその設計ツールの改善を図っていくこととしている。

